

平成26年度  
中国・四国地区高等専門学校

専攻科生 研究交流会

予稿集

—情報・制御部門—

平成26年4月25日(金)～26日(土)

RCC文化センター

# 情報・制御部門

## 【発表題目一覧】

### ＜ポスター発表＞

セッション名:IP <p.7-p.38>

4月25日(金)14:45~15:15 (7F:701~704)

- IP-01 SFQ回路を用いた超伝導アービタの検討  
柳瀬 祐太 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IP-02 シングルサインオンにおける認証システムの検討  
岡本 真希男 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IP-03 サーマルカメラとパーティクルフィルタを用いた湾岸領域における移動物体の追跡  
藤本 武 ( 大島 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IP-04 アクセスログ分析に基づいたサーバ攻撃の簡易な対処法の研究  
米澤 将人 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IP-05 バラバシ=アルバートモデルに有向性を持たせたグラフの性質の研究  
榎本 陽一 ( 高知 : 機械・電気工学専攻 )
- IP-06 Webを利用した受講状況収集システムの開発  
児山 昂生 ( 新居浜 : 電子工学専攻 )
- IP-07 実写画像による機関室ウォークスルーシミュレータの製作  
市川 颯 ( 弓削 : 海上輸送システム工学専攻 )
- IP-08 引き込み制御を用いた低コントラスト化による距離画像圧縮の試み  
加藤 涼子 ( 松江 : 電子情報システム工学専攻 )
- IP-09 壁面のみを監視する美術館問題の研究  
藤田 千穂 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IP-10 魚の遊泳行動のためのステレオカメラシステムの開発  
森本 真樹 ( 阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )
- IP-11 画像処理による指先ジェスチャの認識に関する基礎研究  
森本 龍之助 ( 高知 : 機械・電気工学専攻 )
- IP-12 説明業務支援における画面デザインの検討  
三宅 康朗 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )

- IP-13 ビリヤードにおける物体検出システムの開発  
滑 卓也 ( 松江 : 電子情報システム工学専攻 )
- IP-14 セキュリティ要求工学を適用したファイルサーバの構築  
山本 恭平 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IP-15 オープンソース間の連携検証とFreeBSDコミュニティへの貢献  
和田 惇平 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IP-16 風力発電の出力予測のための風速データを用いた統計モデルによる風速の予測  
香川 真人 ( 阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )

## <口頭発表>

セッション名: I1 <p.39-p.50>

4月25日(金)13:00~14:30 (6F:611)

- IK-01 座標認識コードの形状変化を用いたサークルコードの傾き検出  
早苗 孝将 ( 米子 : 生産システム工学専攻 )
- IK-02 成長型ニューラルガスによる手書き文字のグラフ化とその特徴の解析  
横部 拓也 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IK-03 形式検証を用いたOSEKソフトウェアの構築  
森上 翔太 ( 宇部 : 生産システム工学専攻 )
- IK-04 銀微粒子による太陽電池の光吸収効率の改善  
前田 佑太 ( 阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )
- IK-05 動作解析を用いたバットスイング時における特徴量についての一考察  
南部 彰伸 ( 香川 : 創造工学専攻 )
- IK-06 時間制約のある巡回経路探索プログラムの開発  
山口 達也 ( 香川 : 電子情報通信工学専攻 )

セッション名:12 <p.51-p.62>

4月25日(金)13:00~14:30 (6F:612)

- IK-07 災害時における道路混雑度の評価  
入江 哲矢(香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-08 無線電話の欧文暗語による受話学習支援ソフトの開発  
國本 志帆(広島 : 海事システム工学専攻 )
- IK-09 非線形微分方程式の解析プログラムの研究 平衡点の $\alpha$ 波について  
横田 尚希(宇部 : 生産システム工学専攻 )
- IK-10 マルチコプターを用いた環境計測ロボットの開発  
三島 啓寛(阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )
- IK-11 画像処理を用いた移動・変化する細胞核の追尾と細胞核内スポットの計測  
廣江 翼(米子 : 生産システム工学専攻 )
- IK-12 香川高専におけるeduroamの導入  
大森 脩平(香川 : 電子情報通信工学専攻 )

セッション名:13 <p.63-p.74>

4月25日(金)13:00~14:30 (6F:613)

- IK-13 お遍路のためのライフログアプリケーションの開発  
岡野 有里(香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-14 道路標識情報の自動認識に関する研究  
岩本 華代子(弓削 : 生産システム工学専攻 )
- IK-15 Webシラバスの開発  
大田 和樹(宇部 : 経営情報工学専攻 )
- IK-16 並走性を考慮した二次元魚群行動シミュレーション  
櫛田 佳那(阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )
- IK-17 ネット選挙の意義とその問題点 -ネット選挙解禁(平成25年参議院議員選挙)とその動向-  
日浦 勇次(広島 : 産業システム工学専攻 )
- IK-18 タブレット端末を用いたブロック配置型プログラミング学習アプリの開発  
鷺見 知洋(米子 : 生産システム工学専攻 )

セッション名:14 <p.75-p.86>

4月25日(金)15:30~17:00 (6F:611)

- IK-19 Twitterユーザの感情推定に関する研究  
津田 達也 ( 松江 : 電子情報システム工学専攻 )
- IK-20 密に結束された金属丸棒の員数計数  
石村 祐子 ( 徳山 : 情報電子工学専攻 )
- IK-21 組立型待ち行列システムにおける最適なバッファ配置  
佐伯 浩一 ( 宇部 : 経営情報工学専攻 )
- IK-22 センサーネットワークを用いた省エネ教育支援システムの開発  
岡田 雅一 ( 弓削 : 生産システム工学専攻 )
- IK-23 Webアンケートシステムの開発  
荻田 哲平 ( 香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-24 LED光刺激に対するマアジの遊泳行動解析システムの構築  
藤川 明広 ( 阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )

セッション名:15 <p.87-p.98>

4月25日(金)15:30~17:00 (6F:612)

- IK-25 エンドサイトにおける安価なマルチホーム環境の提案  
田口 奨也 ( 徳山 : 情報電子工学専攻 )
- IK-26 婦人用靴下の通気性と滑り抑制が疲労感および快適性に与える影響  
村上 智大 ( 松江 : 電子情報システム工学専攻 )
- IK-27 操船シミュレータにおける操縦性悪化船の作成  
城戸 裕晶 ( 大島 : 海洋交通システム学専攻 )
- IK-28 海上における要救助者発見システムの基礎研究  
福本 崇 ( 弓削 : 生産システム工学専攻 )
- IK-29 概念辞書を用いた略語判定システムの作成  
久保 圭史 ( 香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-30 空間囚人のジレンマゲームにおける適応的な長距離移動の効果  
斎藤 将也 ( 阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )

セッション名:I6 <p.99-p.110>

4月25日(金)15:30~17:00 (6F:613)

- IK-31 人工知能を用いたエネルギー発酵のモデル化  
宮岡 まこと ( 弓削 : 生産システム工学専攻 )
- IK-32 非等方性バイラテラルフィルタを用いた古文書画像の画質改善  
寺崎 希 ( 徳山 : 情報電子工学専攻 )
- IK-33 画像ヒストグラムに基づくファジィ画像拡大のパラメータの推定  
大島 拓也 ( 大島 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IK-34 パターン認識を用いた透視画像処理における角度情報の活用に関する検討  
齊藤 想 ( 香川 : 創造工学専攻 )
- IK-35 群ロボットによる広域空間清掃のための位置測定システム  
河坂 竜磨 ( 香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-36 VLF信号のニューラルネットワークによるデータ解析  
長尾 康史 ( 津山 : 機械・制御システム工学専攻 )

セッション名:I7 <p.111-p.120>

4月26日(土)9:15~10:30 (6F:611)

- IK-37 重回帰分析を用いた工数予測における欠損値処理の比較  
渡辺 竜 ( 香川 : 創造工学専攻 )
- IK-38 ブレーンストーミング支援アプリケーションの開発  
田中 貴大 ( 香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-39 ハールウェーブレットによる経済時系列データの解析の基礎研究と応用  
塩原 隆太 ( 大島 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IK-40 受注加工工程管理システムの解析と改良  
秋田 浩孝 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )
- IK-41 グラフの辺削除がランダムウォークに与える影響に関する予想と検証  
中島 淳平 ( 徳山 : 情報電子工学専攻 )

**セッション名:18 <p.121-p.130>**

**4月26日(土)9:15~10:30 (6F:612)**

- IK-42 小型水中遊泳ロボットの開発 ー駆動機構の検討ー  
川上 蓮也 ( 阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )
- IK-43 顔追跡によるStructure from Motionにおけるスケール不定性の解決  
前田 尚活 ( 徳山 : 情報電子工学専攻 )
- IK-44 歩行データ計測システムの開発  
長瀬 颯 ( 香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-45 モーションキャプチャをもちいたスポーツ選手に共通する特徴抽出  
奥谷 健太 ( 香川 : 創造工学専攻 )
- IK-46 水田除草ロボットにおける画像処理を用いた移動軌跡の取得  
坂出 一樹 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )

**セッション名:19 <p.131-p.140>**

**4月26日(土)9:15~10:30 (6F:613)**

- IK-47 mbedを用いた体導音測定装置の制作  
田中 遼平 ( 宇部 : 生産システム工学専攻 )
- IK-48 プラズモニック導波路を用いたひずみ計測デバイスの検討  
日下 晃佑 ( 阿南 : 電気・制御システム工学専攻 )
- IK-49 相対論的フライトシミュレータの開発  
藤村 有輝 ( 香川 : 電子情報通信工学専攻 )
- IK-50 Androidを用いたロボット遠隔操作システムの試作  
松内 良平 ( 香川 : 創造工学専攻 )
- IK-51 説明業務支援システムにおけるインスタンス生成についての検討  
福谷 遼祐 ( 津山 : 電子・情報システム工学専攻 )

# SFQ 回路を用いた超伝導アービタの検討

柳 瀬 祐 太

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. 緒言

半導体素子に代わる新しい高速論理素子の1つとしてジョセフソン接合を用いた超伝導素子が注目されている。ジョセフソン接合は、高速スイッチング素子として知られ、 $10^{-12}$ 秒レベルの高速スイッチング特性と $10^{-6}$ ワット以下の低消費電力特性を持つ。また、超伝導閉路内に生じる磁束は、量子化されて $2.07 \times 10^{-15} \text{Wb}$ の非常に小さいエネルギーで安定して存在できる。この磁束量子(Single Flux Quantum: SFQ)をジョセフソン接合のスイッチングで制御する SFQ 回路は、さらなる高速化と低消費電力化を実現できる。

本研究では、この SFQ 回路に着目し、コンピュータ内部の共有バスにおいて、データアクセスの競合を処理するアービタの構成法を検討する。SFQ 回路は $10^{-12}$ 秒レベルの高速スイッチングで動作するがこれに対応できる高速アービタを構成することが目的である。

## 2. SFQ 回路

SFQ 回路は、ジョセフソン接合と超伝導閉路で構成される超伝導回路で、ジョセフソン接合のスイッチングにより超伝導閉路内に磁束量子を生成、消滅させることができる。図1に SFQ 回路としきい値特性を示す。

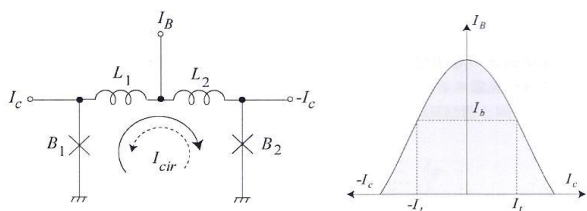


図1. SFQ 回路としきい値特性

図1の SFQ 回路において  $B_1, B_2$  はジョセフソン接合、 $L_1, L_2$  は等価インダクタンス、 $I_B$  はバイアス電流、 $I_c, -I_c$  は入力電流を表す。また図1のしきい値特性では、磁束量子が生成されるバイアス電流と入力電流の範囲を表している。図中の灰色の領域の外側で SFQ が生成され、内側の領域では生成されない。ここで  $I_t$  と  $-I_t$  はバイアス電流  $I_B$  における入力電流のしきい値である。

SFQ 回路では、このジョセフソン接合のスイッチング

動作を利用して電流の流れを制御し超伝導閉路内に時計回りまたは反時計回りの電流を生成させる(図中の  $I_{cir}$ )。超伝導閉路内に生成される磁束量子の有無を論理1と論理0に対応させ、論理回路を実現する。

## 3. アービタ

アービタは競合処理回路とも呼ばれ、2つ以上の入力の変化順序を識別する回路である。コンピュータシステムを構成するには、CPU、メモリ、入出力装置の各デバイス間でデータ通信を行うためのバスが必要であり、バスは複数のデバイスで共有するため、各デバイスの使用要求の競合を処理するためのアービタが必要である。各デバイスの使用要求の信号は非同期で発せられるので、これらを検知して、最も早く到達した信号の到達時間を高い分解能で検知する必要がある。

超伝導アービタとしては、磁気結合型の超伝導量子干渉素子(SQUID)を用いたもの<sup>1)</sup>が提案されており、その構成を図2に示す。図中、 $G_1, G_2, G_3, SG_1, SG_2$  は磁気結合型 SQUID であり  $L_1, L_2, L_3$  は超伝導線の等価インダクタンス、 $R_1, R_2, R_3$  はダンピング抵抗である。また、 $i_B, i_{CB}, i_{SB1}, i_{SB2}$  はそれぞれの SQUID に加えるバイアス電流および制御電流である。 $i_{I1}, i_{I2}$  が入力されると  $G_1, G_2$  が電圧状態にスイッチし  $i_{G1}, i_{G2}$  の電流が変化する。 $i_{G1}, i_{G2}$  は、 $G_1, G_2$  のゲートに互いにフィードバック接続されて入力されているため、 $i_{G1} > i_{G2}$  あるいは  $i_{G1} < i_{G2}$  となり、 $SG_1, SG_2$  のどちらかがスイッチし、 $i_{O1}, i_{O2}$  が出力される。この回路の特性として、入力の時間差が小さいと出力に遅延時間が発生するが、必ず  $i_{O1}, i_{O2}$  のどちらかが出力される。

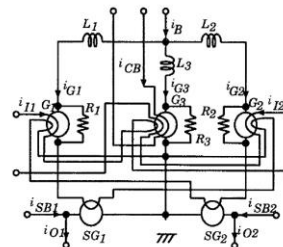


図2. アービタの一例

磁気結合型 SQUID を用いたアービタは、1つの SQUID を構成するのに2つのジョセフソン接合が必要である。



さらに、すべての SQUID を磁気結合型で構成しているため、SFQ 回路に比べ回路規模が大きく、占有面積が大きくなってしまふ。そのため SFQ 回路をもとに小型で素子数の少ないアービタの構成が求められる。

#### 4. SFQ 回路による超伝導アービタの検討

SFQ 回路をもとに、2つの入力順序を識別するアービタを図3に示す。図中の  $B_1 \sim B_4$  はジョセフソン接合、 $L_1 \sim L_3$  は等価インダクタンス、 $R_1, R_2$  は抵抗、 $I_B$  はバイアス電流、 $I_1, I_2$  は入力パルス電流、Clock は読み出し用クロック信号である。

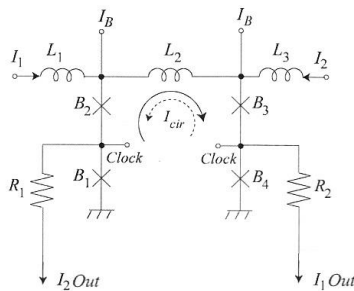


図3. アービタ

$I_1, I_2$  の入力信号を入れ、超伝導閉路内に時計回りあるいは反時計回りの磁束量子を生成する。 $B_2, B_1$  あるいは  $B_3, B_4$  がスイッチしない程度の大きさで  $I_B$  がそれぞれ加えられた状態を初期状態とする。 $I_1$  より入力パルスが入ると、 $B_2$  が電圧状態にスイッチし、 $B_1, B_2, L_2, B_3, B_4$  の超伝導閉路に磁束量子が生成され、時計回りの周回電流  $I_{cir}$  が生じる。このとき  $B_3, B_4$  の臨界電流値を超えないように設定し、磁束量子を超伝導閉路に保持する。その後、読み出し用のクロック信号 Clock を入力すると、 $B_4$  が電圧状態にスイッチし、出力パルス信号が  $I_1Out$  に出力される。 $I_1$  の入力パルス信号が入った後に  $I_2$  の入力が入っても  $I_1$  によって生じた周回電流が回路内を流れているため、 $I_2Out$  には出力されない。これにより、どちらの入力が早く入力されたか検知することができる。 $I_2$  の入力パルスが  $I_1$  の入力パルスより先に入ってきたときも同様に超伝導閉路に磁束量子が生成され、反時計回りの周回電流  $I_{cir}$  が生じ、 $I_2Out$  の出力を得ることができる。

#### 5. シミュレーション結果

アービタの入出力特性を超伝導回路シミュレータ JSIM によって調査した。 $I_1$  と  $I_2$  の入力時間をずらしながら、これを入力位相差として出力  $I_1Out, I_2Out$  のどちらかが出力されるまでの遅延時間を測定する。

$I_1$  の入力時間を開始後 50ps に固定し、 $I_2$  の入力時間を 150ps にして、入力位相差が 100ps の場合のシミュレーション結果を図4に示す。左図の入力に対して出力で  $I_1Out$  のみ出力されており、 $I_1$  と  $I_2$  の変化順序を決定することができた。しかし入力位相差が小さくなると周回電流  $I_{cir}$  が互いに打ち消し合うように発生し  $I_1Out, I_2Out$  の出力が出なくなった。

シミュレーション結果を図4に示す。左図の入力に対して出力で  $I_1Out$  のみ出力されており、 $I_1$  と  $I_2$  の変化順序を決定することができた。しかし入力位相差が小さくなると周回電流  $I_{cir}$  が互いに打ち消し合うように発生し  $I_1Out, I_2Out$  の出力が出なくなった。

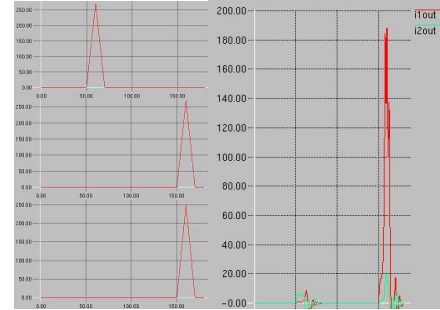


図4. シミュレーション結果  
(左：入力上から  $i_1, i_2, clock$  右：出力)

入力位相差を縮めてシミュレーションした結果を図5に示す。横軸が入力位相時間で縦軸はそれに対する出力遅延時間の関係を表している。

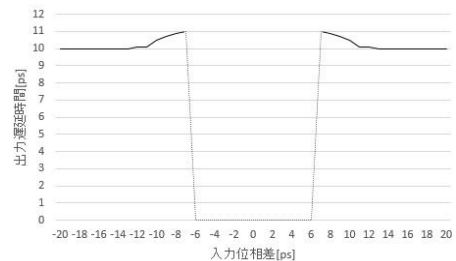


図5. 入力位相差と出力遅延時間の関係図

入力位相差が 6ps 以上のとき、入力信号  $I_1, I_2$  の入力順に応じて早い方の出力が得られた (図5の実線)。その遅延時間はおよそ 11ps 程度であった。また、入力位相差が 6ps 以下になると入力信号  $I_1, I_2$  が互いの周回電流を打ち消し、出力は得られなくなった (図5の破線)。

アービタの要件として前述したとおり、互いの入力が接近しても、どちらの入力が先に入力されたかを検知する必要があり入力位相差が 6ps 以内でも出力が得られる必要がある。

今後の課題としては、入力位相差が小さい場合でも入力の順序を検知できるように、検知の分解能を高めることがあげられる。具体的な方法としては、入力の一部をフィードバックしてジョセフソン接合のスイッチングを互いに抑制する回路を付加することが挙げられる。

#### 文 献

- 1) 河合雅弘, 佐藤洋一郎, 籠谷裕人, 岡本卓爾, SQUID の 2つのしきい値を利用した超伝導論理回路の構成法, 電子情報通信学会, 2003, pp.855-862.

# シングルサインオンにおける認証システムの検討

岡本 真希 男

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. 緒 言

近年、認証を必要とする Web サービスは増加の一途をたどっている。学術機関や企業などが提供する学術 e リソースや電子ジャーナル、データベースなどのサービスを利用するには、ユーザが正規のユーザであることを証明しなければならない。ユーザ本人であることを電子的に確認するにはユーザ ID やパスワードなどの電子データによって認証が行われる。サービスごとにアカウントが存在しており、複数のサービスを利用するユーザにとってアカウント管理やログイン手順が煩雑になり、図 1 のようにユーザはアカウントの認証を繰り返すことになる。また、アカウント管理者やシステム管理者側もアカウントの分散は、認証システムの変更やユーザの属性変更を行う際の作業量が増える可能性がある。複数のサービスを 1 つの ID とパスワードでログインできるようにと、近年日本で活発に推し進められているプロジェクトが学術認証フェデレーションである<sup>1)</sup>。

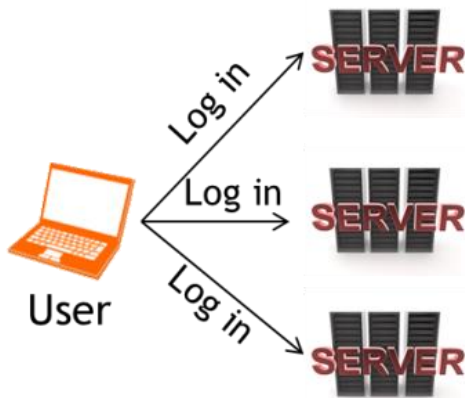


図 1 通常のログイン

本研究では、シングルサインオンを用いた認証について、セキュリティ上の問題点や個人情報の取り扱いについて調査していく。津山工業高等専門学校で構築されているネットワークを参考にして認証システムを構築しどのような通信が行われているか調査する。

## 2. シングルサインオン

シングルサインオンは、ユーザが一度だけの認証で複数のサービスを利用できる技術である。(図 2) シングルサインオンを実現する方法として、各サ

ービスに分散している認証基盤を切り出して 1 つの認証基盤に集約する方法がある。しかし、一極集中型の認証サーバでは情報漏洩やシステムトラブルなどのリスクが集中してしまい理想的ではない。現在、多くの国立大学や高等専門学校は学術認証フェデレーション(以下、学認)という連合に参加している。学認は Shibboleth を用いてシングルサインオンを実現している。Shibboleth は学術機関に分散している認証基盤を連携させることによってユーザの認証を実現している。

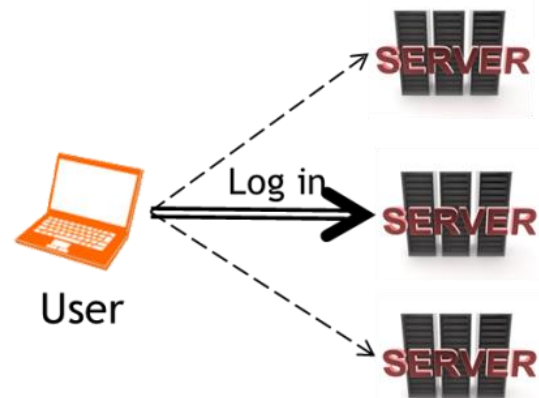


図 2 シングルサインオン

## 3. Shibboleth を用いたシングルサインオン

Shibboleth ではユーザの認証を行う IdP (ID Provider)、サービスを提供する SP (Service Provider)、IdP のリストを管理する DS (Discovery Service) が連携してシングルサインオンを実現している。図 3 に認証の流れを示す。

IdP は各学術機関が管理している。IdP 自身はユーザの情報を保持しておらず、情報は LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) や Active Directory など既存の認証基盤を参照している。また、LDAP に格納されているユーザの情報を元にして、SP が要求する属性を取得するために、名称の変換やドメインの追加などの変換や SP に送信して良い属性情報かどうか、規約(ポリシー)を確認している。

SP はユーザにサービスを提供すると共に、IdP への認証要求とユーザの属性情報の受信を行っている。

DS は基本的に SP の Web ページに埋め込まれている。

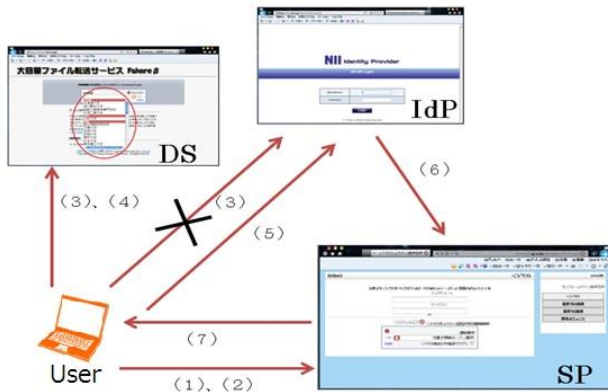


図3 認証フロー

- (1) ユーザが SP にアクセスする。
- (2) シボレスログインなどのログインボタンをクリックすると所属機関の IdP にリダイレクトされる。(2 回目以降)
- (3) (2) の時点で SP はユーザの所属が分からないので、DS にリダイレクトされる。
- (4) DS の一覧から自分の所属機関を選択する。
- (5) 所属機関の IdP に ID とパスワードを入力する。
- (6) IdP から SP に認証が完了されたことが通知される。
- (7) ユーザは SP のサービスを利用できる。

#### 4. 属性情報

IdP は SP から要求されたユーザの属性情報を送信しなければならない。送信される属性のなかには個人を特定できるものも含まれている。学認参加以前に収集した個人情報とは目的外利用となるため本人の同意が必要になる。独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律（平成 15 年 5 月 30 日法律第 59 号）により、利用目的以外の目的での保有個人情報の提供には、本人の同意が必要となる<sup>2)</sup>。

IdP にはユーザの属性情報の送出についてユーザに承認を得るための機能を実現する uApprove.jp というユーザ同意取得システムがある。この機能を使うとユーザの判断で属性の送信の可否を決めることができるが、SP が要求する必須の属性について送信の抑制ができないため、送信を中止する場合は SP へのアクセスも中止となる。

#### 5. 認証環境の構築

現在、津山工業高等専門学校のネットワーク構成図をもとに認証環境を構築中である。表 1 と表 2 に構築中の環境を示す。また認証スイッチとして Hitachi Cable Apresial320-52GT を使用する。認証スイッチで行う認証方式は Web 認証を用いる。

表 1 サーバ環境

OS	CentOS 6.4 x86_64
CPU	Intel Core 2 Duo E7500
メモリ	2GB
HDD	160GB

表 2 利用するサーバ

サーバ	バージョン
DHCP サーバ (ISC DHCP)	4.1.1
DNS サーバ (BIND)	9.8.2
RADIUS サーバ (FreeRADIUS)	2.1.12
LDAP サーバ (OpenLDAP)	2.4.23

## 6. 結 言

シングルサインオンは便利な仕組みであるが、パスワードが漏洩するとシングルサインオンを用いているサービスすべてに不正アクセスされる危険性がある。

認証システムが構築でき次第、セキュリティ上の問題や属性利用の観点から考察を行う。セキュリティに関しては、通信路を流れるパケットを解析し問題がないか調査する。属性利用に関しては、IT に詳しくないユーザが利用する場合を想定して属性情報を送信する危険性や必要性を分かりやすく伝達する仕組みを考察していく。

## 文 献

- 1) 学術認証フェデレーション (GakuNin) , <https://www.gakunin.jp/> (2014) .
- 2) 独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律, <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H15/H15HO059.html> (2014) .
- 3) 岡本真希男, Shibboleth 認証による学術認証フェデレーションの研究,平成 25 年度卒業研究報告書,津山工業高等専門学校
- 4) 学術認証フェデレーションで利用を推奨する属性, <https://meatwiki.nii.ac.jp/confluence/pages/viewpage.action?pageId=12158166> (2014)

# サーマルカメラとパーティクルフィルタを用いた 湾岸領域における移動物体の追跡

藤本 武

大島商船高専 電子・情報システム工学専攻 1年

## 1. 緒言

近年、漁港近辺において密漁や盗難などの事件が多発しており<sup>[1]</sup>、湾岸部を対象に犯罪防止を目的とした移動物体の検出・追跡を行う監視システムが注目されている。動物体の検出・追跡を行う監視システムに関する研究は多く報告されている。その中でも、移動物体の追跡にパーティクルフィルタを用いたシステムは、複数の仮説を保持できるため、頑健な物体追跡が可能である<sup>[2]</sup>。

一方、カメラを用いた監視システムにおいては、可視光カメラを用いたシステムが報告されている<sup>[3]</sup>。しかし、可視光カメラを用いた監視システムでは夜間時に照明を使用しなければならず、監視システムの自動化が難しい。

夜間も利用できるカメラにはサーマルカメラがある。近年のサーマルカメラは従来より性能が向上し、頑丈で安価になってきており、監視カメラとして注目されている。熱を検出対象とするため夜間でも利用が可能である。しかしながら、サーマルカメラは Full HD カメラなどに比べて解像度は低く、得られる画像は濃淡のみで情報量が少ないといった問題がある。

本研究では湾岸部を対象に、解像度の低い、情報量の少ないといった問題も抱えるサーマルカメラからの動画像に対して、パーティクルフィルタを用いた物体検出がどこまで可能かの検証を目的とする。

## 2. パーティクルフィルタ

移動物体の追跡法としてパーティクルフィルタがあげられる。パーティクルフィルタとは複数の粒子(パーティクル)を用いて、前状態からの予測と現在の観測情報から、現在の状態を推定する。本システムでは加速度を一定と仮定して、次のような状態ベクトルを考える。

$$\vec{x} = (x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z})^T \quad (1)$$

粒子の状態ベクトルは粒子の位置 $(x, y, z)$ と各軸方向の速度 $(\dot{x}, \dot{y}, \dot{z})$ の6次元からなる。パーティクルフィルタを用いた移動物体の追跡は、以下で述べる「予測」「観測」「リサンプリング」の処理を複数の粒子に対して繰り返すことで行われる。

### 2.1 予測

時刻 $t$ の粒子状態は以下の式より予測される。

$$\vec{x}_t = F\vec{x}_{t-1} + \vec{w} \quad (2)$$

$\vec{x}_t$ は時刻 $t$ における粒子状態、 $\vec{x}_{t-1}$ は時刻 $t-1$ における粒子状態である。また $F$ は粒子の状態変

化を定義した行列で、 $\vec{w}$ は粒子の持つノイズである。

### 2.2 観測

パーティクルフィルタでは位置 $(x, y, z)$ にある粒子 $i$ に対し尤度 $\pi_{(x,y,z)}^i$ を考える。尤度 $\pi_{(x,y,z)}^i$ とは粒子が存在する確からしさを数値化したものである。尤度 $\pi_{(x,y,z)}^i$ は入力画像と背景画像のRGB成分を対象に背景差分によって求める。

また、求めた尤度 $\pi_{(x,y,z)}^i$ から粒子の重み $g_{(x,y,z)}^i$ を求める。重み $g_{(x,y,z)}^i$ は複数ある全ての粒子の尤度合計で各粒子の尤度を正規化して求める。

$$\pi_{(x,y,z)}^i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{d^2(u,v)}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

$d(u,v)$ は画像座標 $(u,v)$ における入力画像と背景画像の違いを表す量である。点 $(u,v)$ は世界座標 $(x,y,z)$ を観測したときのカメラの画像に対応する点である。この $(u,v)$ は3.1のカメラキャリブレーションにおける式(4)により求める。 $\sigma$ は粒子の分散で全ての粒子に対して同じ値を用いている。

### 2.3 リサンプリング

観測により求めた各粒子の尤度 $\pi_{(x,y,z)}^i$ に比例した確率で粒子を選択すると、物体が存在すると思われる領域に粒子が集中する。また、物体中心位置は重み $g_{(x,y,z)}^i$ を用いて粒子の重み付き平均座標 $(x_0, y_0, z_0)$ とし、物体の大きさは物体中心位置からの粒子の分散より求める。

## 3. カメラキャリブレーション

本研究では、三次元上にパーティクルを散布し、二次元上で尤度の計算を行うため、カメラキャリブレーションを行い、三次元空間である世界座標と、二次元画像平面である画像座標を対応付ける必要がある。カメラキャリブレーションとは、カメラによって撮影された画像からカメラの位置や特性を推定し、パラメータとして表現することである。

### 3.1 カメラパラメータ取得

世界座標の点 $P=(x, y, z)$ 、 $P$ に対応する画像座標の点 $p=(u, v)$ とすると、これらの点の関係は、点 $P$ の同時座標表現 $P=(X, Y, Z, 1)^T$ と点 $p$ の同時座標表現 $p=(u, v, 1)^T$ を用いて、以下の式で表現できる。

$$sp = A[R|T]P \quad (4)$$

ここで、 $s$  は画像スケール係数、 $[R|T]$  はカメラの外部パラメータ行列、 $A$  はカメラの内部パラメータ行列である。外部パラメータは、カメラの三次元空間における位置姿勢を表し、内部パラメータは三次元空間を二次元空間平面へ投影するためのパラメータである。カメラの内部パラメータ行列  $A$  及び外部パラメータ行列  $[R|T]$  は Intel 社の画像処理向けライブラリである OpenCV ライブラリを用いて求めた。内部パラメータ行列  $A$  は  $6 \times 8$  マスのチェックパターンを利用し、外部パラメータ行列  $[R|T]$  は世界座標系の座標値と画像座標系の座標値を利用して求めた。

## 4. 実験

### 4.1 実験環境

実験はサーマルカメラ AXIS Q1921 Thermal Network Camera(検出素子: 非冷却マイクロボロメータ, 解像度  $384 \times 288$ )と PC(CPU: Intel(R) Core(TM) i7-3770CPU 3.40GHZ, メモリ:16GB)を用いて行った。動画は毎秒 30 フレーム, サーマルカメラの拡大機能を用いた解像度  $768 \times 576$  のグレースケールの設定である。使用する粒子数は 4000 を用い、これを 1 つの粒子集団とした。

### 4.2 実験方法

本実験では、ヨット, バイクなどのさまざまな移動物体が存在する陸上及び海上部分を含む漁港をサーマルカメラで撮影し、その動画像を使用した。陸上領域と海上領域に範囲を決めて粒子を撒き、移動物体検出を行った。実験に使用した湾岸部のカラー画像を図 1 に示す。こちらは可視光カメラで撮影したものである。粒子の初期配置は図 2 のように決まった領域内でランダムに位置するように設定した。

### 4.3 実験結果

図 3(b)に示すように地上領域の追跡では、進入してきた車両に粒子が集まり、粒子は車両の追跡を開始した。その後車両が画面外に出ると、粒子は追跡をやめて初期配置に散らばった。海上領域でも進入してきた船舶に対し、車両と同じように粒子が追跡した。陸上および海上領域の粒子の追跡結果から、三次元上にまいた粒子が物体を追跡できることが確認できた。また、図 3(b)のように進入してきた車両全体を楕円で囲み物体領域を示すことができた。

一方海上領域での追跡においては、図 4(a)において黒い四角で囲った部分のように波面の白い部分に粒子が集まってしまう移動物体を正しく判別できなかった。波面の変化に背景学習が対応できなかったためであると考えられる。また、陸上・海上ともに速度の速い物体も検出できなかった。

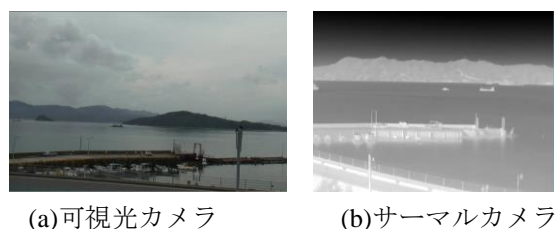


図 1 湾岸部画像

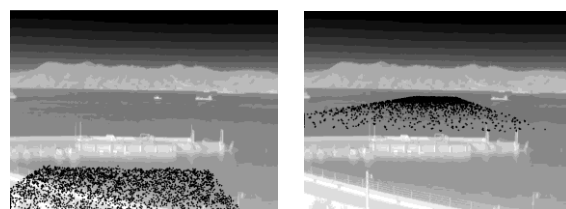


図 2 粒子の初期配置

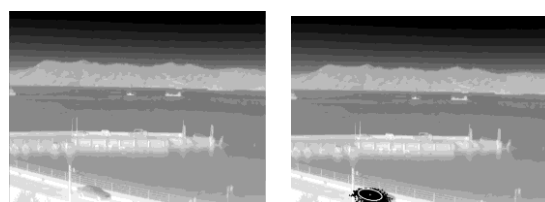


図 3 車両の検出

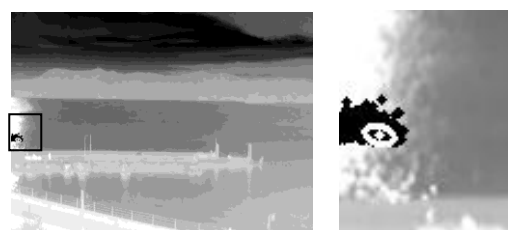


図 4 波面の検出

## 5. 結言

サーマルカメラからの画像に対してパーティクルフィルタを用いた移動物体の追跡はできた。今後は、波面の複雑な明るさの変化や速度の速い移動物体に対応できるような検出手法を検討しなければならない。また今回の実験では 1 つの移動物体しか認識できていないので、2 つ以上の移動物体を同時に追跡できるようにしなければならない。

### 参考文献

- [1]海上保安庁：海上保安レポート 2012,日経印刷株式会社,(2012).
- [2]加藤文和,「パーティクルフィルタとその実装法」CVIM チュートリアルシリーズ,コンピュータビジョン 最先端ガイド1, 八木康史, 斎藤英雄 (編), 第 3 章, pp.75-102, (2009), アドコムメディア.
- [3]松村遼, 岡村健史郎, “パーティクルフィルタを用いた物体の進入退出検出”, 電気・情報関連学会中国支部, 第 59 回 連合大会講演論文集, pp. 419-420, (2008).

# アクセスログ分析に基づいたサーバ攻撃の簡易な対処法の研究

米澤 将人

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. はじめに

近年、ネットワークサーバに対する攻撃は増加しており、攻撃手法も多様化している。脅威は増しており、適切なネットワーク管理が行える環境が求められている。

そこで本研究では、本校ネットワークサーバのアクセスログ分析から攻撃手法を分析し、OSSを用いて簡易で適切な対処法を検討する。最初に、本校のアクセスログをまとめ現状を分析していく。次にOSにFreeBSDを用いてサーバを仮想化し、ハニーポットを構築し情報収集することで現状を把握する。学内で攻撃テストを行った後、学外に公開し適切な設定や環境が構築できているか評価を行っていく。

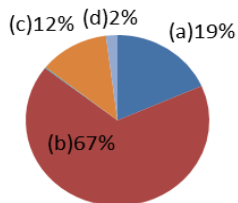
最終的には解析結果を基に、簡易なIDSを構築する。安全な環境づくりとして、サーバ構築のマニュアル作成も行っていく。

## 2. ネットワーク攻撃対策

### 2.1 現状のアクセスログ分析

最初に、本校のネットワークサーバに対する現在の攻撃状況をアクセスログの分析から確認した。現在、本校ではSINET系とCCCN系の2系統のネットワーク経路があり、各サーバへのアクセスを記録している。アクセス制限としてTCP Wrapperを用いており、基本的には許可した範囲のIPアドレス以外を拒否するようにしている。

メールサーバにおいては、先行研究によりPostfixの設定を変更することで迷惑メールの遮断対策がなされた。一例としてオープンリレー対策のため逆引きできないIPアドレスは拒否するようにされている。図1には一ヶ月のメールの受信割合を示す。



- (a) Client host rejected: Access denied
- (b) Client host rejected: cannot find your hostname
- (c) Lost connection
- (d) Relay to inside

図1 メールサーバの受信ログ

アクセスログ解析の結果から、ネットワーク攻撃としてはDNSサーバに対するDNSamp攻撃やプロキシサーバに対するSYN FLOODING攻撃などのDDOS攻撃が多い。そして、数は少ないがsshやtelnetに対する辞書攻撃や総当たり攻撃なども発見された。

現在の設定で得られるログの中で、受信拒否の多いものは表1のようになっている。これらはボットネットと呼ばれる乗っ取られたコンピュータで攻撃されていることが多い。ポートに関しても脆弱性のあるアプリケーションや広く用いられているポートが狙われやすい。

表1 攻撃の多いアクセスログ

国	ポート	プロトコル
中国	80	HTTP
アメリカ	1433	SQL
日本	53	DNS

IPアドレスで禁止してしまうと、正規の利用者も弾いてしまう可能性があるため、注意が必要である。ポートに関しては利用していないポートを閉じることが大切である。また、脆弱性のあるプロトコルはなるべく使わないように気をつけるべきである。

### 2.2 ハニーポットを用いての攻撃テスト

現在、攻撃の収集やメインサーバへの攻撃を守る方法としてハニーポットの構築が注目されている。その中でも仮想環境を作ることで、安全に攻撃方法を収集する方法がある。

FreeBSDにはjail<sup>1)</sup>と呼ばれる仮想環境を作る機能がある。これは図2のようにメイン環境の中にリソースをホスト環境と共有しないサブシステムを作ることで、セキュリティ的に安全な部分と危険な部分を分離させることができるものである。

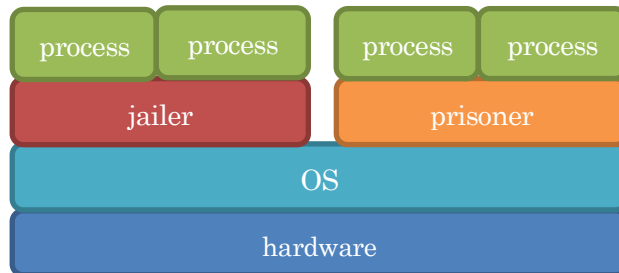


図2 jailの構造

他にも kippo などに代表されるリアルタイムで攻撃の状況を確認できる OSS もあり、攻撃手法を収集することができる。今回は主にこれら2種類の方法で実施していく。

また、ハニーポットの専門サイト<sup>3)</sup>やセキュリティサイトを用いることで、攻撃傾向の最新情報を入手することができる。これらの情報とハニーポットのログを用いることで、学内ネットワークのセキュリティ向上を目指していく。

### 3. 実施結果

#### 3.1 運用の効率化

現在より効率の良い運用をするため、Denyhosts とシェルスクリプトによる改善を行った。Denyhosts を用いることで、今までポートレベルでアクセス制御していたのに加え、図3のように IP レベルで制限することができる。

拒否する IP アドレスはプロトコルごとに、規定値を超えた回数のアクセスがあったものを拒否リストに載せていく。これにより一定期間アクセスを制限し、サーバの負荷を軽減することができる。

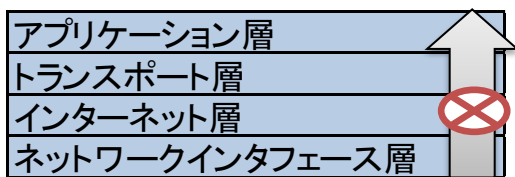


図3 アクセス制限

次にログ整理の効率化を行った。ログは一定の形で生成されるため、シェルスクリプトで効率化することができる。それに加えエクセルのマクロを用いることで、自動でグラフ化を行えるようにした。

本研究では検知にシグネチャ型を用いており、パターンに応じた判断をしているため、定期的に新たなパターンがないか検査する必要もある。こうしたものは、規定値を超えた場合に管理者にメール送信などで報告するのが一般的である。そのため、低すぎて頻繁に検知することや、高すぎて異常に気付けないことがないように項目ごとに細かく設定する必要がある。

#### 3.2 仮想環境の構築

仮想環境を構築し、学内で実験を行った。構築には Full jail を構築し、ホストの jailer とユーザの prisoner の両方で同じサービスを使えるようにしている。また、kippo によるハニーポットの構築を行うことで、ssh を用いてログインしたユーザの動作を記録できるようにした。

これらの環境を構築後は他のホスト PC から簡易な攻撃テストを行った。攻撃テストに使うことができる OSS は、一般的に悪用の危険性があるため公開されていない場合が多い。そこで、シェルスクリプトを作成して実験を行い、ログを確認した。自作スクリプトで行ったため、限定的な結果となった。

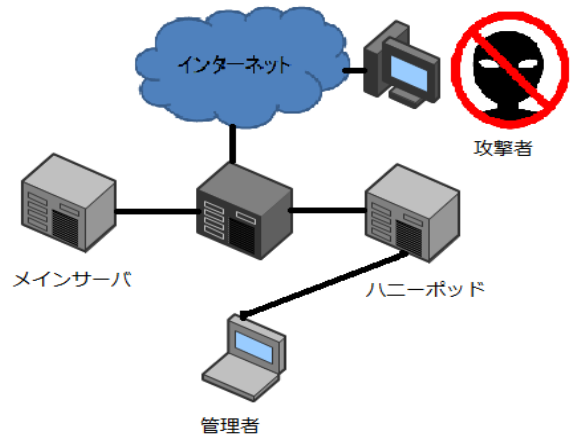


図4 ハニーポットの仕組み

実際の攻撃には、侵入の形跡を消すことや侵入後に攻撃のソフトをダウンロードすることが多いと報告されている<sup>2)</sup>。

今後公開サーバで運用する際には、マルウェアを発見する OSS やログの消去・改変を検知する設定を併用して用いることで、脆弱性や改善点を見つけていく。

### 4. おわりに

本研究ではアクセスログからのシステムの効率化と仮想環境の構築を目指している。今後はハニーポットを用いた攻撃テストを公開サーバで行い、現状を把握することで現在のシステムの改良点を見つけるとともに、マニュアル化などによりネットワーク管理者の支援を行っていく。改善後は安定性やセキュリティが向上したかを通常の公開サーバとして運用を行い、評価を行う。

実際にサーバを公開する際には、攻撃者による乗っ取りで自サーバがボットネットにならないよう、最新の注意を払い構築・運用をする必要がある。

### 文 献

- 1) Guido to FreeBSD jails : [http://www.alpoweruser.com/35.00-Jails\\_guide\\_article.php](http://www.alpoweruser.com/35.00-Jails_guide_article.php)
- 2) The honey project, <http://www.honeynet.org/>
- 3) 佐々木宣文,後藤大地: 実践 FreeBSD サーバ構築・運用ガイド,技術評論社,(2012)

# バラバシ=アルバートモデルに有向性を持たせた

## グラフの性質の研究

榎 本 陽 一

高知高専 機械電気工学専攻

### 1. はじめに

複雑ネットワークは近年急速に発展してきた分野で、主に物と物の繋がりについて研究する分野である。私が行っている研究では、通常方向性を定義せずに生成するバラバシ=アルバートモデル(BA モデル)のグラフの生成方法に基づいて、方向性を定義したグラフを生成した場合、そのグラフにどのような特性がみられるのかを観察し、その結果の根拠を数式を用いて示すのがこの研究の最終的な目標である。

### 2. 使用する言葉の説明

- ① ノード 一つの点
- ② エッジ ノードとノードのつながりを表す線。
- ③ グラフ いくつかのノードとエッジの集合。
- ④ 次数分布  $p(k)$   $k$  本のエッジを持ったノードが全体の何割を占めるかあらず数値。
- ⑤ BA モデル Albert-Laszlo Barabasi, Reka Albert が発表したネットワークのモデル。[1]

### 3. BA モデルの構築方法

- ①初期の状態としてすべてのエッジどうしがつながっているを考える。
- ②そのグラフに一つのノードを加える。
- ③加えられたノードから、現在存在するグラフの各ノードへとエッジがのぼされる確率は各ノードそれぞれが持っているエッジの数に比例する。これを各ノードすべてについて計算し、加えられたノードからエッジが伸びるかどうかの判定を行う。

ただし、加えられたノードからでていくエッジの数は決まっている物とし、必ず最終的にはその数のノードが出て行くようにする。

- ④これらを繰り返す。

### 3. BA モデルの性質

BA モデルのグラフの構築方法に基づいて作られたグラフは、次数分布が以下のような性質を持つ。[2]

$$p(k) = \frac{2m^2 t}{m(t+1)^2} \propto \frac{1}{k^2}$$

ここで、 $k$  はあるノードから出ているエッジの数、 $m$  は、追加されたノードから出て行くエッジの数、 $t$  は、 $(t+$ 初期のノードの数) が最終的なノードの数になる数値。

### 4. 実験の方法. また、有向性を持たせた上でのグラフの構築方法

#### 4.1. 定義したパラメーター

上記の BA モデルでは、有向性は定義されていない。有向性を持たせてグラフを構築する際、以下の3つのパラメーターを定義する。

- ・  $n$  最終的なノードの総数。
- ・  $amp$  追加されたノードから出るエッジの数。
- ・  $per\_in$  追加されたノードから出るエッジが  $in\_edge$  になる確率。(1- $per\_in$  が  $out\_edge$  に成る確率)

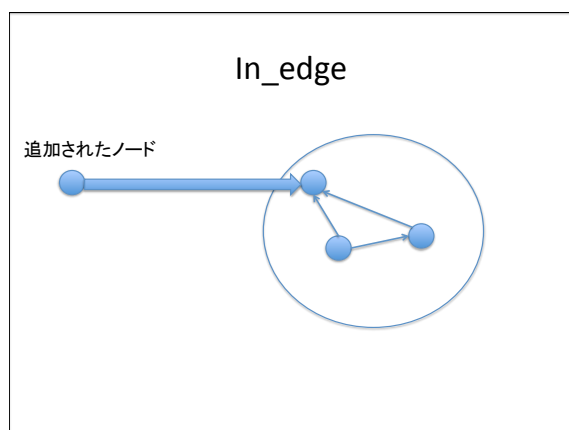


図 1 in\_edge のイメージ



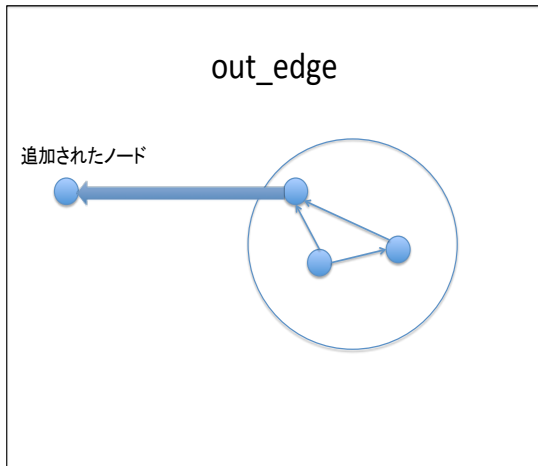


図 2 out\_edge のイメージ

#### 4.2. 実験方法

- ①一つの方向に向かって円環になっているグラフをノード数 20 で考える.
- ②per\_in,amp,n を定義する.
- ③グラフをパラメーターに従って構築していく.
- ④有向性を考慮した上での次数分布やその他の項目についてグラフを調べる.
- ⑤以上を per\_in,amp,n のすべての組み合わせについて行う.

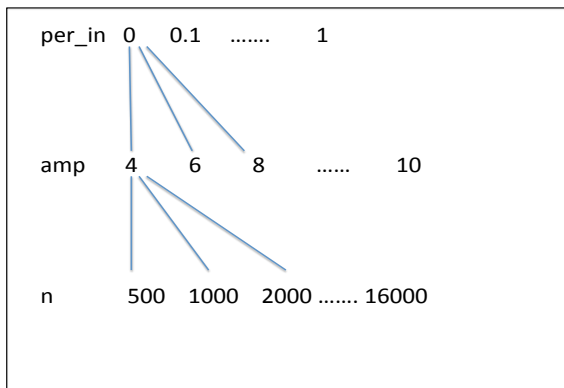


図 3 「すべての組み合わせについてグラフを構築する」のイメージ

#### 4.3 グラフについて調べた項目

- ①グラフの次数分布.
- ②グラフの次数分布を両対数グラフでプロットしたもの.
- ③両対数グラフ上に引いた近似線の傾きを「per\_in,n,amp」のそれぞれを横軸にとってプロットしたもの.
- ④一つのグラフについて,ひとつのノードから到達できるノードの数を数えて,それをすべてのノードについて調べ,合計した数.(destination)

## 5. 実験結果

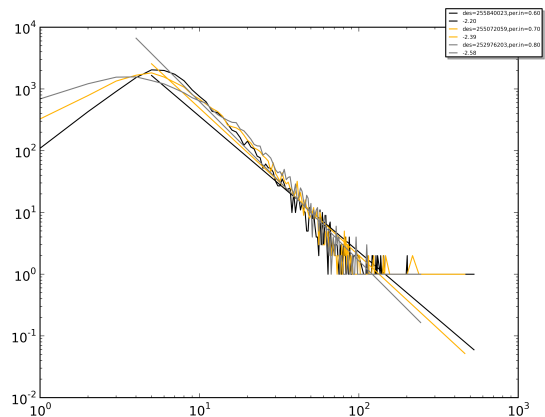


図 4 「グラフについて調べた項目」②の一例

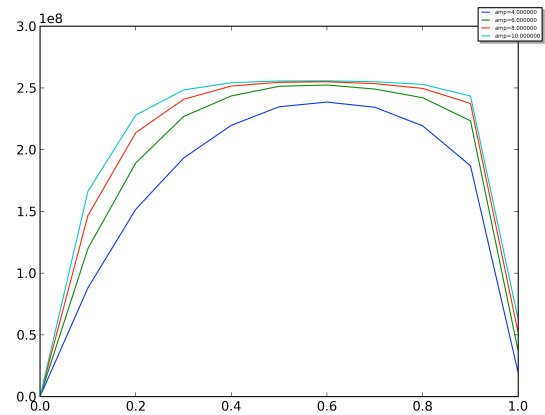


図 5 「グラフについて調べた項目」④の一例

## 6. 考察

両対数グラフに近似曲線を引く際,適切でないと思われる引き方をしている部分があるのでそれを訂正,また,出てきた結果から,気になる部分をもっと細かく調べる.たとえば, per\_in を 0.1 刻みから 0.01 刻みにするなど,以上二つを行う.

## 7. 参考文献

[1] Albert-Laszlo Barabasi,Reka Albert (1999)  
Emergence of scaling in random networks  
Science 286 pp509-512

[2]増田直紀・今野紀雄(2005) 複雑ネットワークの科学 産業図書

# Web を利用した受講状況収集システムの開発

児 山 昂 生  
新居浜高専 電子工学専攻

## 1. 緒 言

近年、コンピュータおよびネットワーク技術の発達により、授業や演習にコンピュータを利用する教育機関が増加している。すでに多くの学校において、ネットワークに接続されたコンピュータが導入され、文書作成ツールや表計算ソフト、プレゼンテーションソフトの利用、プログラミングなどの演習が行われている。

しかし、コンピュータを利用した授業や演習には、進捗に個人差がみられる。これは、コンピュータの利用に慣れていない学生の進捗に遅れが出てしまうためである。操作が苦手、特定の操作が理解できない、などの様々な原因により彼らの進捗は遅れていると考えられる。コンピュータを利用した授業や演習では、教員はこれらの進捗の遅れのある学生について、個別に対応することが必要になる。

また、授業中に不適切な作業を行う学生に対しても、課題に集中するように指導することが必要になる。

しかし、複数のコンピュータが設置されている環境では、教員が学生全員の進捗状況を把握することは困難である。

そこで本研究では、コンピュータを利用した授業および演習において、教員を補助するシステムの開発を試みる。このシステムでは、学生が使用しているコンピュータのディスプレイのキャプチャ画像を自動的に取得しデータベースに蓄積する。また、学生自身の進捗状況の報告なども同様にデータベースに蓄積する<sup>1)</sup>。そして、これらを解析することで、学生の進捗状況や受講状況を自動的に把握するシステムである。

## 2. システムの概要

本システムの概略図を図1に示す。今回は、スライド提示型授業での利用を想定したシステムの開発を試みる。このシステムは、教員があらかじめ用意した講義用スライドを学生に提示し、学生が入力した発言やディスプレイのキャプチャ画像、実行中のアプリケーション名などをデータベースに蓄積するものである。また、学生側から送信された、それらのデータの解析やリアルタイムでの閲覧などを可能にするものである。

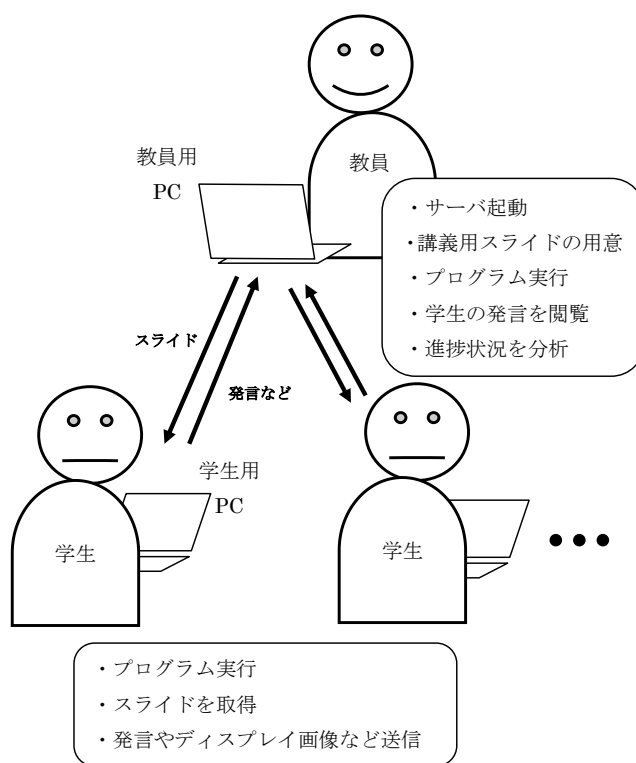


図1. システムの概要図

システムの開発に当たっては、運用が簡単、費用がかからないこと、を重視する。

費用をかけないために新規にハードウェアを導入せず、既存のネットワークとパソコンを利用する。

そのため Web サーバとデータベースを使用し、教員と学生間のデータの送受信を行う。学生側のプログラムおよびデータ解析を行うプログラムには、Visual Studio C# を利用する。

また、運用を簡単にするために Web サーバとデータベースの管理には Uniform Server<sup>2)</sup>を利用する。Uniform Server は USB メモリ上にファイルを展開することで持ち運びできる WAMP 環境である。Uniform Server を実行することで、OS が windows のパソコンにおいて、PHP 言語の利用可能な Web サーバ Apache とデータベースサーバ MySQL を動作させることができる。

これにより、新たにサーバ用のパソコンを導入する必要もなく、費用を軽減できる。また、USB メモリで持ち運びが可能であるため、使用する場合のみ持参し起動させることができる。これにより運用も簡単になる。

### 3. システムの構成

今回開発するシステムの構成図を図 2 に示す。

データベースの構築には MySQL を利用する。データベースの利用を簡略化するために、データベースのテーブルは「発言」を記録するためのもの一種類のみにする。このテーブルに、発言者の IP アドレスと発言時刻、進捗状況の報告やスクリーン画像などの「発言」を記録する。

学生側のプログラムは、教員が用意した受講用スライドをネットワーク経由で取得し、表示する。また、学生の発言や進捗状況の報告、デスクトップ画像、使用アプリケーションの情報などを「発言」としてネットワーク経由でデータベースに蓄積する。この際、発言者の使用するパソコンの IP アドレスと発言時刻もデータベースに蓄積する。この IP アドレスで発言者を特定する。学生が閲覧しているスライドを切り替えた際にも時刻と IP アドレス、スライド番号を「発言」として保存する。

教員側のプログラムは、講義中にリアルタイムでデータベースに接続し、学生の発言や進捗状況の報告を抽出する。また、デスクトップの画像や実行中

のアプリケーションの情報を解析し、進捗が遅れている学生や不適切な作業を行う学生を抽出する。

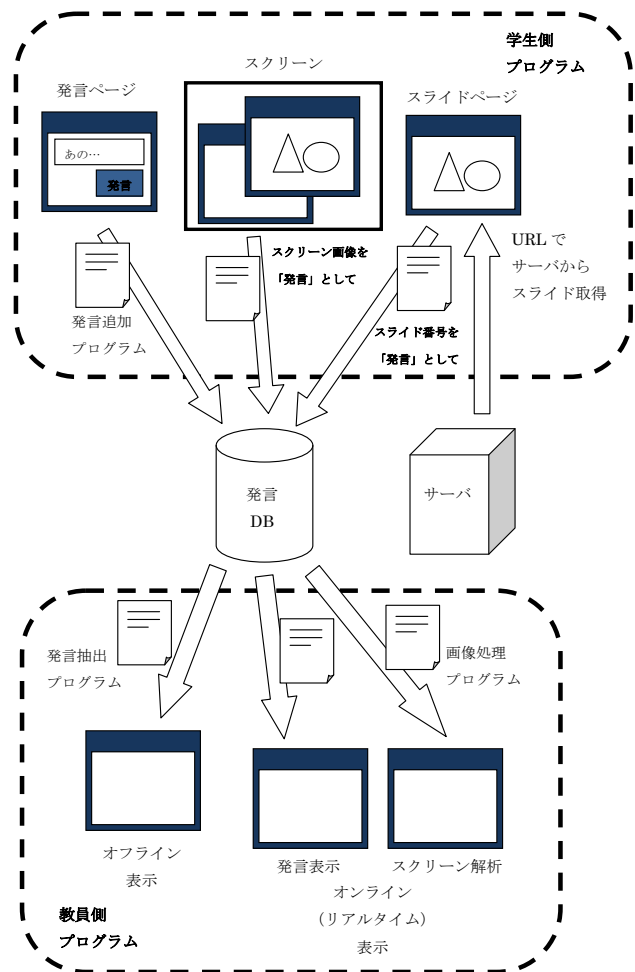


図 2. システム構成図

### 4. 結 言

今回の研究ではまず、学生にスライドを提示し、彼らのコメントや進捗の報告を収集するシステムの開発を行う。その後、スクリーン画像などの収集、解析を行うプログラムを製作することで、システム全体の開発を試みる。

### 文 献

- 1) 占部弘治, 「スライド提示型授業における受講状況を収集するシステムの開発と実践」, PC カンファレンス 2012 論文集, 2012, pp 347-349.
- 2) The Uniform Server, <http://www.uniformserver.com/>.

# 実写画像による機関室ウォークスルーシミュレータの製作

市川 颯

弓削商船高専 海上輸送システム工学専攻

## 1. 緒言

弓削商船高等専門学校の商船学科では、練習船「弓削丸」を活用し、航海訓練を実施し、その一環として機関室において船用機器に関する基礎的な技術の訓練に取り組んでいる。この訓練は、低学年次生には導入的な体験によって、船用機関への興味を喚起し、機関コースの高学年次生に対してはより実践的な訓練によって、船舶機関士としての資質を育成していくものとなっている。

しかし、校内練習船実習には多くの準備と費用が必要であり、定められたスケジュールに沿って実施せざるをえない。したがって、個々の学生の興味や能力の違いの応じた十分な実習時間を各学生に与えられるとは限らない。

そこで、校内練習船実習の他に、補強となる実習、類似した体験を手軽に得る方法として、仮想現実感(VR)技術を応用できると思われる。特に商船高専の練習船の機関室での実習の補強には、機関室ウォークスルーシミュレータシステムが有効であろう。

機関室ウォークスルーシミュレータシステムを利用すれば、校内、寮、自宅にいながら練習船機関室内を自由に歩き回っているかのような体験ができよう。さらにそのシステムが様々な機器や装置の説明をする機能などを持つものであれば、学生は個々のペースで自分に必要な自学自習に取り組むことができるであろう。

## 2. シミュレータの開発

ウォークスルーシミュレータは、VR技術の応用の一種であり、コンピュータで構築された偽りの世界(仮想空間)の中に入り込んで歩き回るかのような感覚を、人間に与えることを目的としたシミュレータである。

本研究では、本校の練習船(弓削丸)の機関室の中の光景の、数多くの写真を撮影し、それらを変形し合成して仮想空間に配置、その仮想空間を眺めた視界の画像を、利用者の選んだ視点と方向についてリアルタイムに表示するシステムを開発した。

このシステムを構築する為に、機関室内の通路に60cm間隔で設定した72個所の点を視点とし、それぞれの視点から写真を撮影した。この60cmと

いう間隔は成人男性の平均的な歩幅を参考に設定した。また、視点の高さは通路床面から140cmに設定した。これもまた成人男性の平均的な視点の高さに近いものとした。

機関室内の写真は、三脚に据えたジンバル雲台に載せたデジタルカメラにより撮影を行った(図1)。ジンバル雲台は、カメラの視点を動かすことなく撮影方向を変えることのできる装置である。



図1 写真撮影に使用した機器

それぞれの視点から、前後左右上下の30方向(表1)ずつの写真を撮影し、その30枚の画像を変形して合成、視点1箇所ごとに一続きのパノラマ画像とした(図2)。この作業を72個所の視点において繰り返した。撮影枚数は計2160枚である。

表1 各視点ごとの撮影方向

仰角 [度]	方位角 [度]
+90	0
+60	0, 90, 180, 270
+30	0, 60, 120, 180, 240, 300
0	0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315
-30	0, 60, 120, 180, 240, 300
-60	0, 90, 180, 270
-90	0



図2 30枚の写真を合成した円筒パノラマ画像

### 3. アンケート調査

開発した機関室ウォークスルーシミュレータシステムの教育効果を調査する目的で、平成26年1月20日、本校商船学科の1年生を対象に、システムを活用した授業を行った後、アンケート用紙を配布し、協力を募った。なお、本校の商船学科1年生は、まだ機関コースと航海コースに分かれることなく、両方の分野の内容を学んでいる。

アンケート用紙には、寮や自宅からシステムを利用するためのインターネットアドレスと、システムの利用方法を記載し、回答の前に任意で機関室ウォークスルーシミュレータシステムを体験できるようにした。本校商船学科1年生のうち33名がアンケートに協力してくれた。

アンケートの内容は表2のとおりであり、それぞれの項目について表3の選択肢から選ぶ形で回答してもらった。

表2 アンケート内容

項目	質問内容
A	教室での授業で活用してほしいですか？
B	弓削丸での実習の前の予習に使ってみたいですか？
C	弓削丸での実習の後の復習に使ってみたいですか？
D	操作は簡単でしたか？ (簡単そうに見えましたか？)
E	画面の表示は解りやすそうでしたか？

表3 アンケートの選択肢

選択肢	肯定度
そう思う	4
どちらかというと、そう思う	3
どちらとも、言えない	2
どちらかというと、そう思わない	1
そう思わない	0

アンケートの結果は表4のとおりであった。その結果をグラフ化すると図3のようになった。

表4 アンケートの結果

肯定度	4	3	2	1	0
項目A	16	11	4	1	1
項目B	17	11	4	1	0
項目C	17	11	4	1	0
項目D	18	11	3	1	0
項目E	14	12	2	3	1

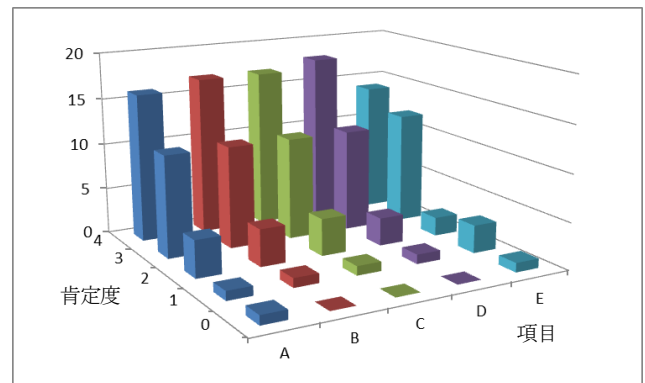


図3 アンケート結果のグラフ

### 4. 結 言

アンケートの結果、協力してくれた学生の大部分が、機関室ウォークスルーシミュレータの使用について、ストレスを感じることなく、手軽に利用できるものという印象を持ったことが確認できた。

また、多くの学生が、機関室ウォークスルーシミュレータが学習に役立つ教材であると考えたことも分かった。したがって、一定の教育効果を期待できるものであることが示されたと言えよう。

今後、機器の説明を充実させ、実習や講義でも活用しながら、予習や復習におけるニーズの高い内容を盛り込むなど、学習意欲を刺激する工夫に取り組み、実際の教育現場で活用しながら、内容の充実と工夫を進めていくことで、その教育効果をさらに高め、また応用範囲を広げていくことができると思われる。

なお、開発した機関室ウォークスルーシミュレータシステムは既に、インターネットで公開中である (<http://www.center.yuge.ac.jp/~mukose/yugeER/>)。

# 引き込み制御を用いた低コントラスト化による距離画像圧縮の試み

加藤 涼子

松江高専 電子情報システム工学専攻

## 1. 緒言

近年、計測技術の発展に伴い、研究や開発以外に個人が三次元データを扱う機会が増加している。特に今後は3Dプリンターの普及に伴い、ますますネットワークを介した三次元データのやり取りが増えると考えられる。しかし、距離画像や三次元モデルをはじめとする三次元データは二次元画像に比べ圧倒的にデータ容量が大きい。そのため、送受信時にデータの転送時間だけでなく、多大なネットワーク負荷がかかると予想される。これらを遠隔手術やロボットビジョンなどへ応用する場合、転送時間が長くなるほどリアルタイムでの処理は難しくなる。したがって、転送時間を短縮しネットワーク負荷を軽減するために、可能な限りデータを圧縮することが求められている。

三次元データの圧縮は、主に三次元データの表現方法の一つであるサーフェスモデルにおいて、頂点を統合しメッシュ数を削減することで実現される[1]。しかし、上記の方法を用いた場合、その圧縮効率・復元精度は圧縮対象の形状に大きく左右されることが考えられる。

そこで、圧縮対象の形状に左右されず圧縮を行うために、ポリゴン数を減らすのではなく点群そのものに対しての圧縮を試みる。本研究では、三次元計測装置から得られる距離画像を対象とし、同期現象による引き込み制御により点群の座標値を揃えることで距離画像を低コントラスト化し、圧縮効率・復元精度の向上を目指す。

## 2. 同期現象

同期現象とは、異なる振動数で振動している複数の振動子が、相互作用によって時間の経過とともにそれらの持つ振動数がある一定の値に引き込まれる現象である。

同期現象を表す数理モデルの一つに Kuramoto モデルがあり、(1)式で表すことができる[2]。

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\theta_j - \theta_i) \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

ここで、 $\theta_i$ は*i*番目の振動子の位相、 $\omega_i$ は*i*番目の振動子の固有振動数、 $K$ は各振動子の結合強度、 $N$ は振動子の個数である。

先行研究[2]より、二次元画像においては Kuramoto モデルを適用し、画像を低コントラスト化することで効率的な圧縮ができることが分かっている。本稿では、この手法を距離画像に適用する手法について述べる。

## 3. 圧縮・復元の手順

距離画像のそれぞれの頂点を、固有振動数および座標値に応じた初期位相値を持つ振動子であり、各振動子は結合強度  $K$  で結合していると仮定し、図1の流れに従って圧縮・復元処理を行う。

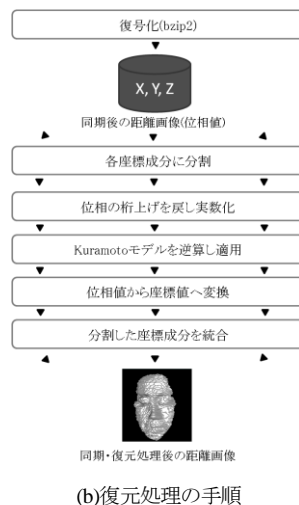
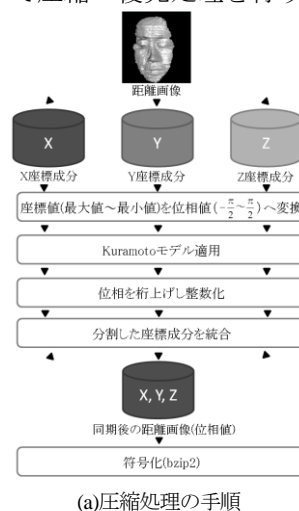


図1 距離画像の圧縮・復元方法

## 4. 実験

本手法の圧縮効率・復元精度を検証した。検証にあたり、検証用の画像として図2に示す距離画像(解像度  $128 \times 128$ )を用いた。ここで、原画像の頂点数は3823個、z軸方向最大値は586.0mm、z軸方向最小値は529.0mmであった。実験の手順は図1に従うものとし、閾値・整数化時の桁上げ数を与えて処理を行った。ここで閾値とは、位相値の範囲が初期位相値の何分の一になるまで同期現象を適用するかを示したものである。なお、今回はz軸のみに対し同期現象を適用し、圧縮効率・復元精度を検証した。

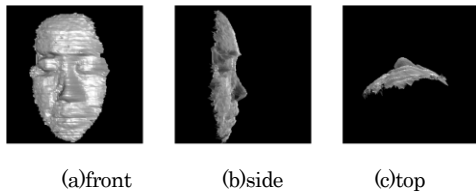


図2 原画像

(頂点数: 3823 個, z 軸方向最大値: 586.0, z 軸方向最小値: 529.0)

評価指標には圧縮効率、復元精度を採用した。圧縮効率は原画像に対する圧縮後画像のサイズ比を割合[%]で表し、圧縮率とする。復元精度は、復元後画像と原画像の絶対誤差の平均値[mm]で表す。いずれの指標も算出される値が小さいほど圧縮効率・復元精度が高くなる。

## 5. 実験結果

閾値・桁上げ数を変化させながら圧縮・復元処理を行ったときの圧縮率を図3に、原画像と復元後画像の絶対誤差の平均値を図4に、また復元後画像を図5にそれぞれ示す。

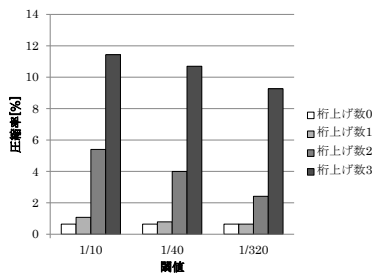


図3 圧縮後画像の圧縮率

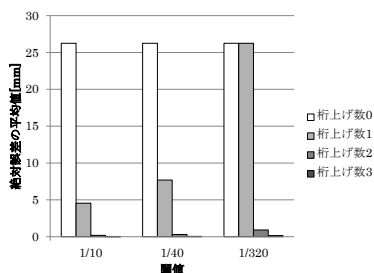
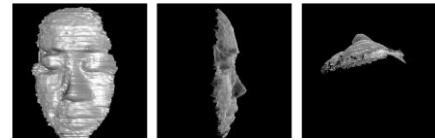
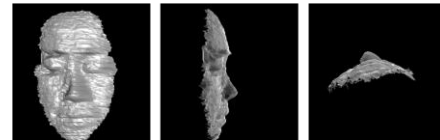


図4 復元後画像の絶対誤差の平均値

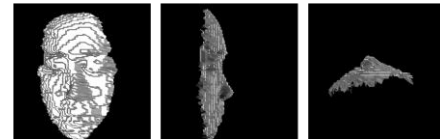
図3より、桁上げ数を減らすことにより圧縮率が大幅に減少し、圧縮効率が大幅に向上することが分かる。図4より、桁上げ数を増やすことにより復元後画像の絶対誤差の平均値が大幅に減少し、復元精度が大幅に向上していることが分かる。



(a)閾値 1/10, 桁上げ数 3 (圧縮率:11.4%)



(b)閾値 1/10, 桁上げ数 2 (圧縮率:5.40%)



(c)閾値 1/320, 桁上げ数 2 (圧縮率: 2.42%)

図5 復元後の距離画像

図5の距離画像をそれぞれ原画像と比較すると、図5(a), (b)の場合にはほとんど目に見える画像の劣化がないのに対し、図5(c)の場合には明らかに画像の劣化が生じている。また、図5(a)と図5(b)では圧縮率が倍近く異なる。このことから、今回の実験において目視で劣化が分からない精度で最大5.40%の圧縮率を達成できたことが分かった。

## 6. 結言

本研究では、同期現象を用いて引き込み制御による距離画像の低コントラスト化を行い、圧縮効率・復元精度について検証した。その結果、距離画像においても二次元画像と同様に高圧縮・高精度復元できる可能性を導くことができた。今後は、パラメータの調整によりさらなる高圧縮・高精度復元目指し、また既存の三次元データ圧縮手法との圧縮効率・復元精度の比較を行い、本手法の有効性を検討する。

## 文献

- 1) T. Matsuoka, "Isosurface Generation using Contour Volumetric Method", Richo Technical Report No.26, November, 2000.
- 2) 蔵本由紀, 河村洋史, "同期現象の数理", 位相記述によるアプローチ, 中村勝弘, 培風館, 2010.
- 3) 石原裕之, 吉岡賢吾, 廣瀬誠, "同期現象を用いた画像圧縮", 精密工学会動的画像処理実利用ワークショップ 2013 (DIA2013), 2013.

# 壁面のみを監視する美術館問題の研究

藤田 千穂

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. 緒言

現在、地理情報システムや GPS などの様々な幾何的情報がコンピュータ上で処理されている。これらの技術は計算幾何学と呼ばれる分野で得られた成果の応用であり、本研究で扱う美術館問題もその一つである。美術館問題とは、様々な単純  $n$  多角形美術館において、その美術館の内部を監視する監視員の最少人数を求める問題である。この問題は 1973 年に V. Klee により提唱され、1975 年に V. Chvátal によって解かれた。その結果は「どのような  $n$  多角形の美術館に対しても、その美術館を監視するには高々  $\lfloor n/3 \rfloor$  人の監視員がいれば十分である。」というものであり、この定理は Chvátal の美術館定理と呼ばれる。ただし、この定理は監視員の必要あるいは十分条件を求めるものであるため、与えられた  $n$  多角形美術館に対して、監視員の必要最少人数を必ずしも得ることはできない。

1975 年以降、美術館問題は様々な拡張がなされている。美術館内部に展示品を設置する問題や監視員の移動が許可された問題など、拡張パターンは様々である。本研究はこれらの拡張問題のように、オリジナルの美術館問題をもとに条件をつけて近似アルゴリズムを設計することを目的としている。その条件とは、1.  $n$  枚の壁を持つ美術館に対し、各壁に重みを付加する、2. 割り当てる重みの数は各壁から見ることが出来る頂点の数以下の値とする、3. 美術館の内部全体の監視は不必要の 3 点である。これらの条件をもとにした近似アルゴリズムの設計は、整数計画問題としての定式化と、線形計画問題としての定式化の二つの方法で行うことを試みる。いずれも数理計画問題に属する問題であり、与えられた条件のもとで関数を最大化あるいは最小化することが目的である。先述したように、美術館を監視する監視員の必要最少人数を求めることが本研究の主な目的である。そこで、数理計画問題の最小化について着目し、計算により監視員の必要最少人数を導出した。その方法について検討し、結果について報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 壁面に重みを付加した美術館

定式化を行うにあたり、任意の  $n$  多角形美術館を用意する必要がある。本稿では複雑さを避けるため、図 1 のような簡易な美術館を用いる。この美術館の角の数、壁の枚数は共に 8 である。角はそれぞれ  $v_i$  とし、壁は  $e_i$  とする。

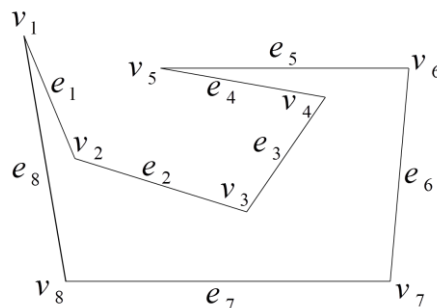


図 1. 8つの頂点と壁を持つ美術館

### 2.2 整数計画としての定式化

図 1 の美術館をもとに、整数計画問題として定式化を行う。定式化を行うにあたり、まず求めたい監視員の必要最少人数を定義する。これを  $z$  で表し、 $z$  は目的関数と呼ばれる。

$$\min z = v_1 + v_2 + \dots + v_8 \quad (1)$$

次に、本研究の美術館問題における条件 2. を考慮し、各壁の制約条件を不等式制約で表す。

$$\left. \begin{aligned} v_1 + v_2 + \dots + v_8 &\geq W_{e1} \\ v_1 + v_2 + \dots + v_8 &\geq W_{e2} \\ &\vdots \\ v_1 + v_2 + \dots + v_8 &\geq W_{e8} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

全ての変数は 0 または 1 をとるため、以下の条件を加える。

$$v_1, v_2, \dots, v_8 \in \{0, 1\} \quad (3)$$

(3)式において  $v_i = 1$  であればその角に監視員を配置し、 $v_i = 0$  のときは監視員を配置しないか、またはその角から壁を監視できないことを表す。

### 2.3 線形計画への緩和

数理計画問題において、全ての変数が整数をとる整数計画問題では、厳密解を得ることができる。し



かし、整数計画問題は NP 困難のクラスに属しており、厳密解を常に効率的に求めることは非常に困難である。

そこで、制約条件が線形不等式あるいは線形等式となる線形計画問題への緩和を試みた。2.2 節の(3)式を、以下のように変更した。

$$v_1, v_2, \dots, v_8 \geq 0 \quad (4)$$

このように制約条件を緩和すると、厳密解を得られる保証はなくなるが、多項式時間で計算が可能となる。よって、まずは線形計画問題へ定式化し、実際に計算により監視員の必要最少人数を求めることを試みた。

### 2.3.1. maxima を用いた線形計画問題の解法

線形計画問題を解くにあたり、LISP で記述された数式処理システム”maxima”を利用した。maxima には線形計画問題を解く代表的なアルゴリズムであるシンプレックス法が実装されているため、この点に着目し目的関数を導出することにした。省略されているが、プログラムは図 2 の通りである。なお、図 1 の美術館を用いて定式化を行っている。

```
[ --> load("simplex");
[ --> obj:v[1]+v[2]+v[3]+v[4]+v[5]+v[6]+v[7]+v[8];
[ --> g[1]:v[1]+v[2]+v[8]>=1;
[ --> g[2]:v[2]+v[3]+v[8]>=2;
[ --> g[3]:v[3]+v[4]+v[6]+v[7]>=2;
[ --> g[4]:v[4]+v[5]+v[6]>=1;
[ --> g[5]:v[4]+v[5]+v[6]>=1;
[ --> g[6]:v[3]+v[4]+v[6]+v[7]>=2;
[ --> g[7]:v[3]+v[7]+v[8]>=1;
[ --> g[8]:v[1]+v[2]+v[8]>=2;
[ --> g[9]:v[1]>=0;
[ --> g[10]:v[2]>=0;
[ --> g[11]:v[3]>=0;
[ --> g[12]:v[4]>=0;
```

図 2. シンプレックス法を用いたプログラム

## 3. 実験結果

図 2 のプログラムを実行したところ、図 3 の結果が得られた。実行結果より、目的関数  $z$  (図中の”obj”に該当する) は 4 であることがわかった。つまり、図 1 の美術館では、4 人の監視員がいれば、それぞれ条件を満たしながら美術館を監視することが可能

であるということである。このプログラムでは監視員の必要人数を求めるだけでなく、監視員の配置場所も導出しているため、人数と配置場所を同時に求めることができる。しかし、図 3 からわかるように、角  $v_8$  には 2 人の監視員が配置されるという重複が生じている。そこで、制約条件を以下のように変更し、図 2 のプログラムに加えた。

$$0 \leq v_1, v_2, \dots, v_8 \leq 1 \quad (5)$$

このように制約条件を変更することで図 4 のような結果が得られ、すべての角に監視員が 1 人ずつ配置されていることがわかった。

```
[ (%i19) cond:makelist(g[i],i,1,16)$
[ (%i20) minimize_lp(obj,cond);
[ (%o20) [4, [v5=0, v7=0, v6=0, v4=1, v3=1, v8=2, v2=0, v1=0]]
```

図 3. 図 2 のプログラムの実行結果

```
[ (%i31) cond:makelist(g[i],i,1,24)$
[ (%i32) minimize_lp(obj,cond);
[ (%o32) [4, [v5=0, v7=0, v6=1, v4=0, v3=1, v8=0, v2=1, v1=1]]
```

図 4. 制約条件を変更したプログラムの実行結果

## 4. 結 言

本研究では壁面に重みのある美術館問題を提案し、線形計画法を用いて近似アルゴリズムを設計した。その結果、美術館を監視する監視員の必要人数と配置を求めることができた。しかし、求めた結果が必ずしも最小であるという保証は得られないため、結果の検討とより厳密なアルゴリズムを設計する必要がある。よって、今後の課題は本研究を整数計画問題として解くことと、問題の複雑さのクラスを決定することの 2 つである。

## 文 献

- 1) Aldo Laurentini, Guarding the walls of an art gallery, The Visual Computer, 15, 1999, pp. 265-278.
- 2) Subir K. Ghosh, Approximation Algorithms for Art Gallery Problems in Polygons, Discrete Applied Mathematics, Volume 158, Issue 6, 2010, pp. 718-722.
- 3) 浅野哲夫・和田幸一・増澤利光, アルゴリズム論, 2003, pp. 195-199, オーム社.
- 4) 坂和正敏・矢野均・西崎一郎, わかりやすい数値計画法, 2010, pp. 23-54, 森北出版株式会社.

# 魚の遊泳行動のためのステレオカメラシステムの開発

森 本 眞 樹

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. 緒言

最近、日本の漁業は衰退している。よって、漁業を効率よくすることは重要であり、新しい漁法を考えなければならない。魚の行動を理解することは、漁業において大きな一つの課題であり、多くの研究が存在する。しかし、魚は知的動物のひとつであり、その行動を科学的に理解するのは複雑であるが、カオス・フラクタル解析による複雑性解析で、動物の行動を解析することができる。我々は過去に、水槽内における魚の二次元的な行動解析を行ってきた。したがって、より明確にするために三次元での魚の行動を知る必要がある[1]。

## 2. 実験方法

本研究では、三次元空間内の魚の遊泳軌跡を抽出するためにステレオカメラを用いる。そして、カオス・フラクタル解析で魚の遊泳行動を解析する。まず、撮影した映像を画像処理し、水槽内の魚の三次元的な軌跡を得る。ここで、水中での様々な環境による刺激で魚の行動の複雑さの変化を知るために、カオス・フラクタル解析を行う[2]。

### 2. 1 撮影方法

本実験では、ステレオカメラで水槽内の魚の遊泳を5分間撮影する。ステレオカメラを図1のように設置する。カメラAはXZ平面上の座標を、カメラBはYZ平面上の座標を観察する。これらの2台のカメラの同期をとるために、点滅LEDを使用する。点滅LEDは水槽の角に設置し、魚の遊泳が光による影響を受けないように、点滅LEDを黒いボックスで覆う。

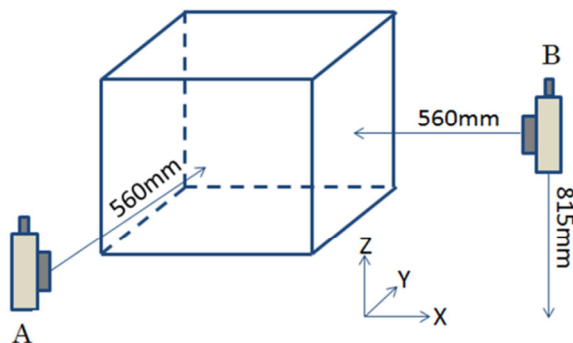


図1 ステレオカメラを設置した図

### 2. 2 画像処理

撮影した動画を静止画にし、二値化処理を行うと、図2に示すように魚全体の重心の座標を得ることができる。ここで、精度のよい測定にするために、R成分とB成分の閾値を適切な値に調節する。

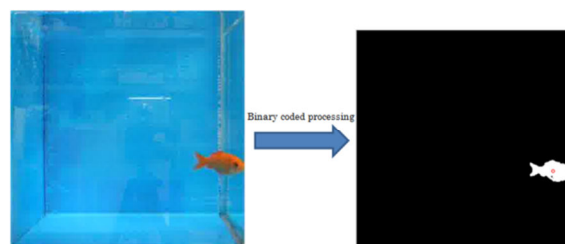


図2 YZ平面の二値化処理

### 2. 3 座標の補正

二値化処理によって座標 $(x, y, z)$ を得ることができた。しかし、これらの座標は正確な座標 $(x', y', z')$ とは言えない。ゆえに、座標を修正する必要がある。得られた座標を以下の補正式[1]を用いて、より正確な座標を得る。

$$x' = x + \Delta x$$

$$\Delta x = x_d \cdot \frac{x - x_c}{x_{inner-width}/2}$$

$$\left[ \begin{aligned} & \left( 1 - \frac{x - x_{outer-min}}{x_{outer-width}} \right) \cdot \left( \frac{y - y_{inner-min}}{y_{inner-width}} \right) \\ & + \left( \frac{x - x_{outer-min}}{x_{outer-width}} \right) \cdot \left( \frac{y - y_{outer-min}}{y_{outer-width}} \right) \end{aligned} \right] \quad (1)$$

$$y' = y + \Delta y$$

$$\Delta y = y_d \cdot \frac{y - y_c}{\left( \frac{y_{inner-width}}{2} \right)} \cdot \left( 1 - \frac{x'}{x_{outer-width}} \right) \quad (2)$$

$$z' = z + \Delta z$$

$$\Delta z = z_d \cdot \frac{z - z_c}{\left( \frac{z_{inner-width}}{2} \right)} \cdot \left( 1 - \frac{x'}{x_{outer-width}} \right) \quad (3)$$

## 3. 実験結果

図3は、XZ平面とYZ平面方向の正規化された軌跡を示す。これらの2つのデータを組み合わせて三次元の遊泳軌跡(図4)を得る。図4を見るとわか

るように、魚が水槽内を複雑に遊泳していることがわかる。そして、図5には Savitzky-Golay 法を用いてノイズを除去する前の遊泳軌跡を示す。

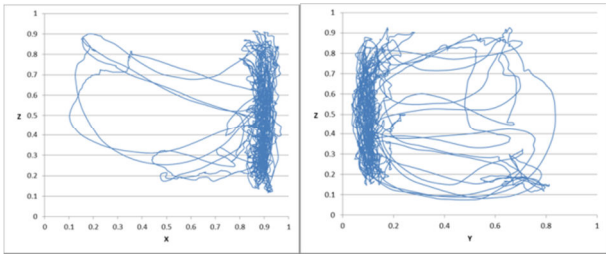


図3 XZ方向とYZ方向の遊泳軌跡

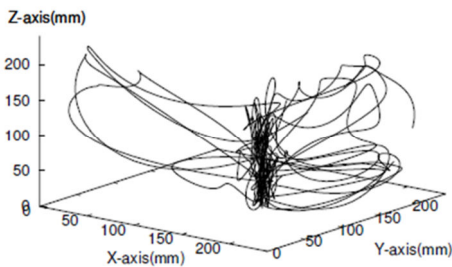


図4 金魚の三次元遊泳軌跡(スムージング処理後)

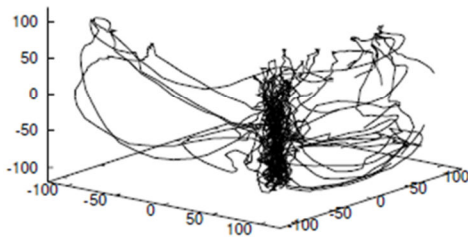


図5 金魚の三次元遊泳軌跡(スムージング処理前)

### 3. 1 カオス解析

魚の行動の実験結果についてカオス解析を行う。図6は、遊泳速度の標準の時刻歴 $|v(x, y, z, t)|$ を示す。時刻歴から、魚の泳ぐ速度は増加と減少を繰り返していることがわかる。このことから、水槽内の魚の行動が複雑であることがわかる。我々はこのような間欠的な魚の遊泳行動メカニズムを理解するために、複雑系解析をする必要がある。図7は、時系列データにタイム・ラグ( $\tau = n \cdot \Delta t$ )を使用して、三次元再構成空間に再構築したグラフである。軌道は Takens の埋め込み定理を利用し、立体の特定の領域の中を満たす。この軌道パターンは、自然界または生物系において観察することができる典型的なカオス現象の1つを示す。次に、私たちはリアプノフ指数を使用して、カオス解析を行い、 $\lambda = 5.216127$ となった。 $\lambda$ が1以上であることから、本実験の魚の遊泳行動にはカオスが存在することがわかる。

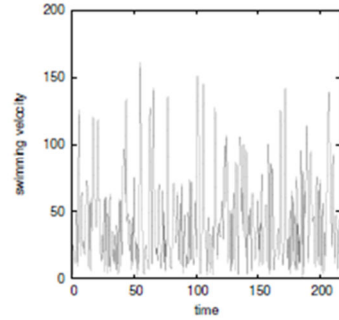


図6 魚の泳速データ

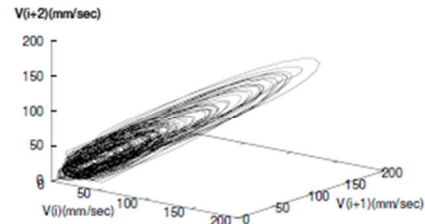


図7 リターンマップ( $\tau = 0.12$ )

### 3. 2 フラクタル解析

図6から増加と減少のパターンを示しており、観察時間が異なった場合でも、非常に類似している。これは、時間フラクタルが存在していることを示す。したがって、フラクタル性の分析ツールとして方程式(4)を示されるような樋口の定式[2]を使用する。

$$L_m(k) = \left\{ \left( \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{N-m}{k} \rfloor} M_m(i, k) \right) \frac{N-1}{\lfloor \frac{N-m}{k} \cdot k \rfloor} \right\} / k \quad (4)$$

この定式から、フラクタル指数 $D = |-1.9976|$ を得ることができる。

### 4. 結言

ステレオカメラ・システムおよびその画像再構成アルゴリズムを使用して、魚の三次元遊泳軌跡を抽出することができた。さらに、三次元空間内における魚の行動をカオス・フラクタル解析することができた。水槽内での実験結果に関する複雑さ分析を実行し、三次元での行動パターンに関する解析法の有効性を示した。

### 文献

- [1] K.Nimkerdphol, M.Nakagawa, "Effect of Sodium Hypochlorite on Zebrafish Swimming Behavior Estimated by Fractal Dimension Analysis", Journal of Bioscience and Bioengineering, Vol.105, No.5, pp.486-492, 2008
- [2] T.Higuchi, "Fractal Analysis of Time Series", Proceedings of the Institute of Statistical Mathematics, Vol.37, No.2, pp.209-233, 1989.

# 画像処理による指先ジェスチャの認識に関する基礎研究

森本 龍之助  
高知高専 機械・電気工学専攻

## 1. 緒言

ここ数年、タッチによる直感的な操作ができるインターフェイスを持つ、タブレット端末やスマートフォンといった情報端末が人気を集めている。さらに最近では、ウェアラブルデバイスと呼ばれる、腕時計型やメガネ型、リストバンド型などの情報端末が姿を現しだした。本研究では、特にメガネ型端末が将来人気を集めるであろうことに焦点をあて、画像処理による指先ジェスチャの認識によって、より直感的に操作できるようなメガネ型端末を想定したソフトウェアの開発を行う。カメラから得られた映像から OpenCV を用いて画像処理を行い、ジェスチャを認識することで様々な操作を実現することを目的としている。

## 2. メガネ型端末について

メガネ型端末とは、メガネ型のディスプレイに映像を映し出すことができ、搭載されているプロセッサにより様々な処理を1つの端末で行うことができる。通信機能等も搭載されており、スマートフォンの形を変えたもの、とすることができる。

メガネ型端末には光学透明型のものやビデオ透明型がある。図1は光学透明型の端末の1つである。これらの端末には、カメラが標準搭載されている場合が多い。



図1 メガネ型端末の一例(エプソン HP より)

## 3. 画像処理による手の抽出

ジェスチャを認識するにはカメラの映像から指の検出が不可欠である。想定されるデバイスには深度センサーなどのトラッキングデバイスはないのでカメラからの情報のみで検出する必要がある。

まず、画像から手を抽出する。カメラの映像しか情報が無い場合、色による抽出となる。手の抽出

は HSV(H:色相, S:彩度, V:明度)による領域の抽出で行う。複数の手の画像から手の部分以外を、ペンタブレットを用いて削除して、残った手の部分だけの HSV 値を調べヒストグラムにしたところ図2に示すように H は  $0\sim 20^\circ$  ( $360^\circ$ 換算で  $0\sim 40^\circ$ )であることがわかる。横軸は色相の角度で縦軸はピクセル数を示す。同様に S, V についての結果も取り、実際に手の抽出を行う。使用したオリジナル画像を図3に示す。

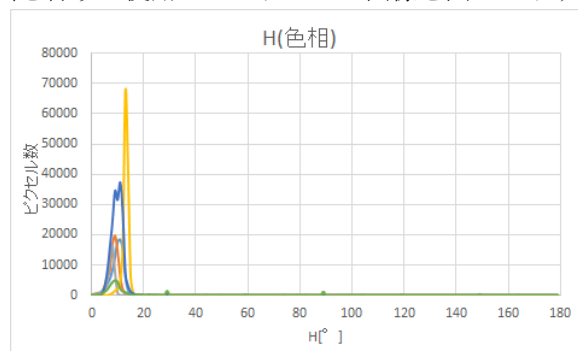


図2 6つの手の画像の色相ヒストグラム



図3 対象となる手のオリジナル画像

単に HSV だけで抽出すると背景の類似色も抽出されてしまう。抽出の際は、HSV で抽出し2値化した後、ラベリング処理を行う。ラベリングとは画像の中で連結している画素の固まりをその集合単位で抽出するものである。これによって、図4のように、HSV による抽出ででてきた小さなものを削除し、一定の大きさをもつ手と左側のドアのみを残し、さらに一番大きな面積をもつ手のみをターゲットにする

ことができる。また、同時に重心も求めることができる。これらの処理で手の抽出は完了する。

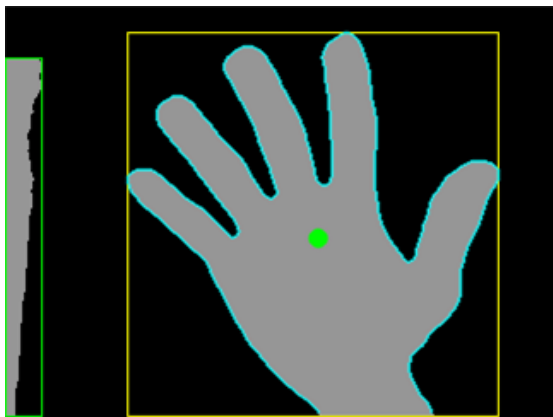


図4 手の抽出処理画像(○は重心を示す)

#### 4. 画像処理による指の検出

手の抽出が完了したので次は指の検出を行う。抽出した点の輪郭部に、ある程度の間隔ごとに点をプロットする。その点と点の間を結ぶ線を作り、それぞれの角度を調査することで指先と指の付け根を調査する。3点から角度を求める場合は、内積だけでは求めることができないので、内積と外積を使う。中心点からの各点に対するベクトルを $\vec{a}$ 、 $\vec{b}$ とすると、内積と外積と逆正接より角度は次に示す式(3)で求まる。実際に、輪郭上の各点の角度をそれぞれ求め、条件に当てはまる角度を指先と手の付け根と仮定し表したものが図5である。

$$\cos \theta = \frac{(\vec{a}, \vec{b})}{|\vec{a}| \times |\vec{b}|} \quad (1)$$

$$\sin \theta = \frac{|\vec{a} \times \vec{b}|}{|\vec{a}| \times |\vec{b}|} \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{|\vec{a} \times \vec{b}|}{(\vec{a}, \vec{b})} \quad (3)$$

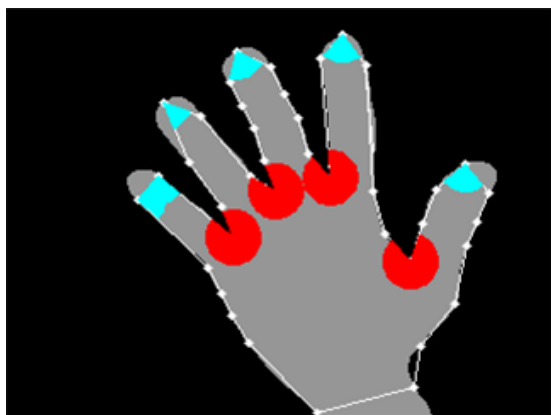


図5 指先と手の付け根の検出画像

図5の小指のように、指先を示す角度が2つ検出される場合がある。この問題に対しては、各座標を

一度リスト化し、全てのリスト内の座標同士の距離を調査し、2点の距離が近いもの同士で座標の平均をとることで、1つにまとめている。また、指の付け根と重心の距離を元に、誤検出を取り除いたりという作業も行っている。最終的に得られた結果を図6に示す。

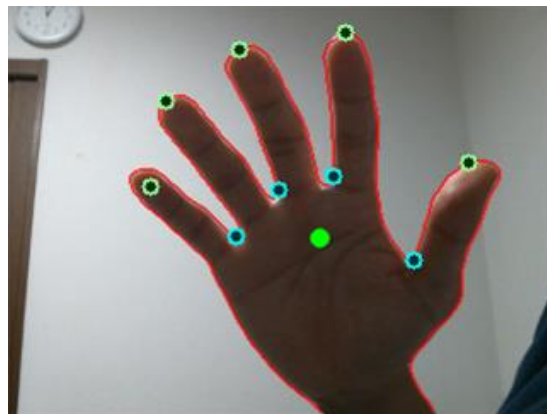


図6 最終的な指の検出画像

指の付け根が、画像上で確認できる範囲では手を左右に回転させても問題なく検出することは可能である。

#### 5. 結 言

手に近い色の環境や複雑な手の形を検出することは、画像からだけでは非常に難しく、ある程度の妥協は必要であるといえる。しかし、手が図のように正面にある状態であれば、ゲー・チョキ・パーなどの形は問題なく検出することができた。また、1枚の画像だけでなくカメラからの映像に対しての連続的な処理でも同様に検出でき、満足な結果が得られたといえる。

実際にジェスチャの検出となると、手の回転や移動について考える必要がある。今後はそれらの動きに対応させ実際にジェスチャの認識を行い、操作ができるようにしていきたい。また、最終的にはパソコンではなくモバイル端末での動作となるので、プログラムの最適化や Windows に依存するものの変更が必要となってくる。

#### 文 献

- 1) 永田雅人, 実践 OpenCV 2.4 映像処理&解析, (2013), カットシステム.
- 2) 飯島幸太, カメラから取り込んだ画像からリアルタイムでゲー・チョキ・パー認識をする, Interface, 6号 (2011).
- 3) 田雨, ジェスチャ操作を用いた仮想環境による遠隔地との共同インタラクション支援, 筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科修士論文, (2011), pp.18-21.

# 説明業務支援における画面デザインの検討.

三宅 康 朗

津山高専 電子情報システム工学専攻

## 1. 緒 言

近年、我々の生活において IT は無くてはならないものとなった。特に企業や行政、学校などでは IT による業務支援が不可欠である。文章作成や表計算、メールまで、業務でパソコンを利用しない日はない。IT による支援は業務の手間や煩雑さを解消し、業務をスムーズに進めることができる。もちろん不動産業も IT による業務支援は行われている。物件情報の検索は Web 上で可能になり、書類もワープロでテンプレートを作成できるようになっている。しかし、まだ不動産業において IT 化されていないものがある。それが今回の研究対象の重要事項説明である。

重要事項説明とは不動産取引の契約前に当事者へ重要事項を説明することである。この重要事項説明は、契約後に次のようなトラブルが起きることが多い。

- (1) 宅建主任者の負担が大きい
- (2) 重要事項説明の内容が抜ける
- (3) 説明記録が残らない。

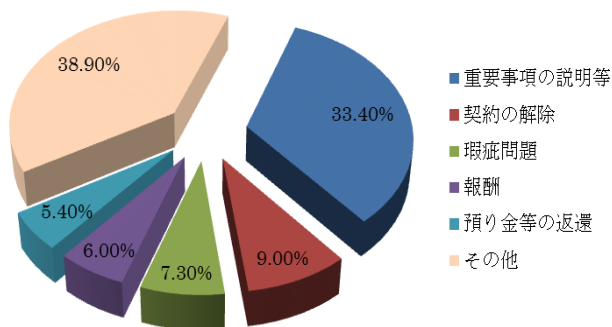


図1 22年度の苦情、紛争相談の割合

なぜこのようなトラブルが発生するかというと重要事項説明は書面と口頭で行われるためだ。重要説明では宅建主任者が1時間以上かけて説明するため負担が大きい。また「説明が抜けていた」や「説明不足で分からなかった」などの理由で訴訟を起こされることもある。そこで、「説明業務支援ソフトウェア」を検討・作成し、問題解決を図った。なお、今

回の研究は共同研究である。

## 2. 支援ソフト

重要事項説明の問題を解決するためには、支援ソフト使用者の手間を省き、当事者へ不足なく説明し、記録に残す必要がある。そのために、入力をテンプレート化し、説明を分かりやすくアニメーションと音声(一部は合成音声)で行う支援ソフトを作成したい。また、住所や名前など可変的な情報にも対応できるソフトの開発を目指す。支援ソフトウェアの流れを図2に示す。私はこのうちのプレゼン作成ソフトの作成を行う。

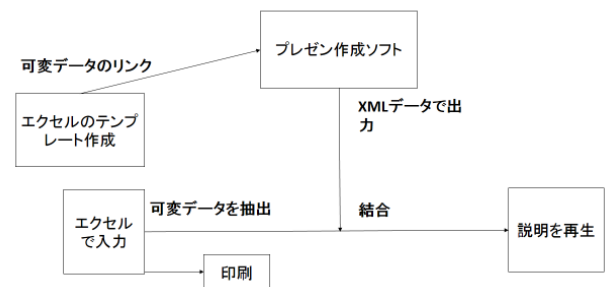


図2 システム全体の流れ

- (1) エクセルのテンプレート作成 (主任者)
- (2) 可変要素 xml ファイルをプレゼン作成ソフトに読み込む
- (3) プレゼン作成ソフトで説明画面のテンプレート作成、テンプレ xml ファイル作成
- (4) エクセルにお客様情報を入力
- (5) 可変データを抽出してテンプレ xml ファイルと結合
- (6) それもとに説明画面の再生

## 3. プレゼン作成ソフト

プレゼン作成ソフトとは、説明画面を作成するソフトである。可変的なデータや音声に対応したパワーポイントのようなソフトを目指す。このソフトにおける機能は、大きく分けると入力、編集、出力に分けられる。

### (1) 入力

可変要素 xml ファイルをプレゼン作成ソフトに読み込む。

### (2) 編集

文字、画像を編集（座標や大きさ、アニメーションなど）し、説明画面を作成する。

### (3) 出力

テンプレ xml ファイルとして出力する。

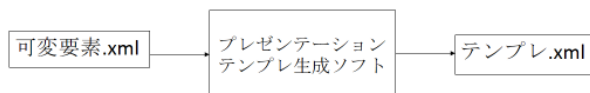


図 3 プレゼン作成ソフトの全体の流れ

## 4. プレゼン作成ソフト

まず入力から出力まで一通り行うことのできるプレゼン作成ソフトを作成する。そのため画像、音声は無視して考え、スライド 1 ページ分のものをテンプレ xml ファイルとして出力するものを作成した。なお今回 C# を利用し、プレゼン作成ソフトを作成した。操作画面を以下に示す。

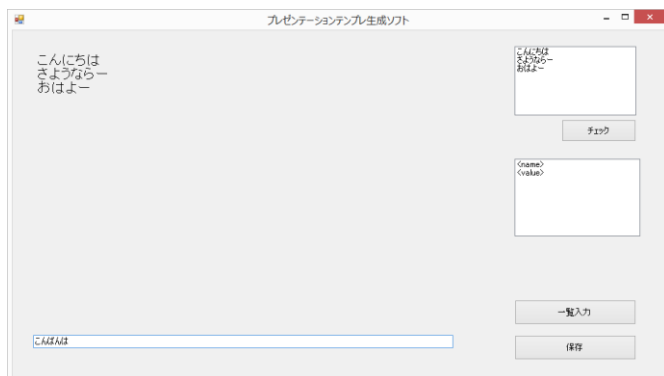


図 4 プレゼン作成ソフト

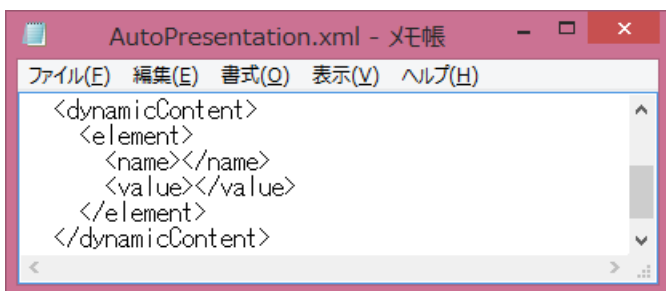


図 5 可変要素 xml

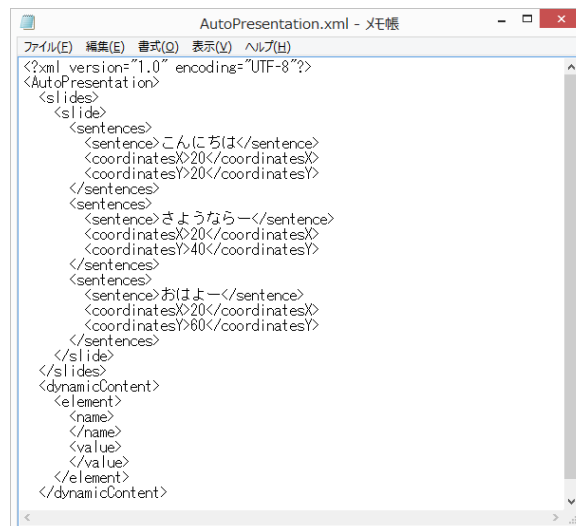


図 6 テンプレ xml

図 5 の可変要素 xml ファイルのうち、element 属性の中の要素 (name、value) を読み込み、図 4 の右のボックスに表示させる。また、左下から文字を入力すると、左上のスライドに表示される。そして、右下の保存ボタンを押すと図 6 のようなテンプレ xml が出力される。設定内容は文字の内容と座標情報である。

このソフトにおける最低限の一連の流れを実装することができた。

## 4. 結 言

今回最低限の機能は実装したが、これでは文字の内容と座標を xml として出力することしかできない。また、スライドも 1 つしか設定できない。したがって、これからは画像や音声、アニメーション、複数のスライドに対応したプレゼン作成ソフトを作成する必要がある。そのため、これからもプログラミングの勉強、開発、改善を繰り返しプレゼン作成ソフトを開発していきたい。そして最終的には全体のシステムが一通り動くようにしたい。

## 文 献

- 1) 大島秀平: 説明業務支援ソフトウェアの作成、平成 23 年卒業研究報告書、津山工業高等専門学校(2012)
- 2) 福谷遼祐: 説明業務支援ソフトウェアにおける制御構造の構築、平成 24 年卒業研究報告書、津山工業高等専門学校(2013)

# ビリヤードにおける物体検出システムの開発

滑 卓也

松江高専 電子情報システム工学専攻

## 1. 緒 言

本研究室では現在、自動でビリヤード競技を行うロボットの開発を行っている。ロボットに競技をさせるためにはまず台上の物体の種類や位置を認識させる必要がある。さらに、認識した手球と的球とポケットの位置情報からどの球をどのポケットに落とすのかを判断し、正しい方向へ手球を撞く動作をさせる。本研究の目的はビリヤードにおける台上の物体（球、キュー、ポケット等）を検出し、手球を撞く方向を求めるシステムの開発である。最終的には開発したシステムによってロボットを制御する予定であるが、当面は算出した方向をインターフェースで示し人間のプレイを補助する事を目標として開発を行う。本稿では球の位置検出プログラムについての解説と評価実験について報告する。

## 2. 実 験 方 法

### 2.1 システムの概要

本システムは web カメラとパソコンで構成され、カメラで撮影した台上の画像から台上の物体の種類、位置情報を検出する。カメラは Microsoft Life Cam Studio を使用する。カメラの解像度は  $1920 \times 1080$  pixel である。図 1 に示すようにビリヤード台の外寸は  $2850 \times 1580$  mm であり、カメラ 1 台で撮影する台の範囲は約  $1600 \times 1000$  mm とする。台全体の撮影には 3 台のカメラを使用し、手球と的球の位置関係を検出する。

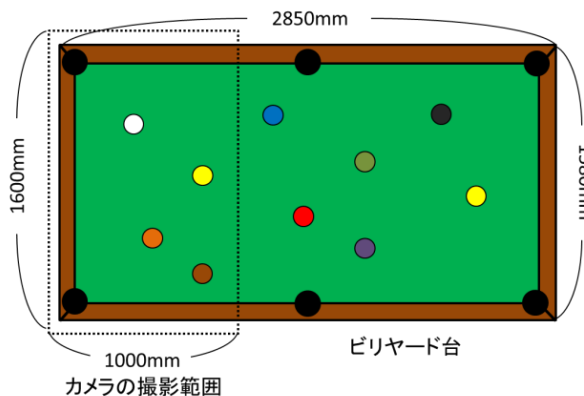


図 1. ビリヤード台とカメラの撮影範囲

位置検出プログラムのフローチャートを図 2 に示す。ユーザはまず撮影範囲が映るようカメラを設置する。次にチェックパターンを用いたカメラキャリブレーションを行い、画像座標系と世界座標系を対応付ける射影行列を算出する。また、球領域の検出に用いる台上

の背景画像を撮影する。ユーザは台上の球画像を撮影する。プログラムは球画像と背景画像との比較を行い、球領域候補を検出する。検出した候補の中から球領域ではないものを除去し、残った球領域の中心座標を算出する。算出した画像座標と、キャリブレーションによって得られた射影行列によって世界座標を算出し、球の空間座標を得る。

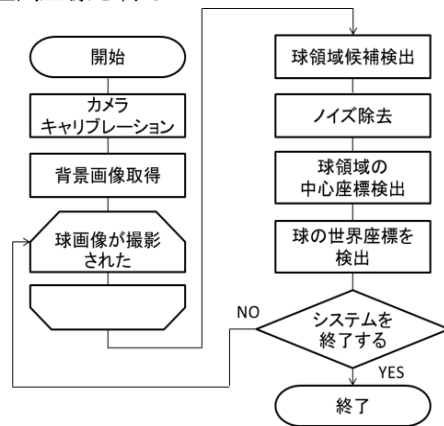


図 2. 位置検出プログラムのフローチャート

### 2.2 球領域と 2 次元位置座標の検出

球領域候補の検出には図 3 の(a), (b)に示すような検出対象の写った球画像と、球画像と同じ位置で撮影された背景画像を用いる。

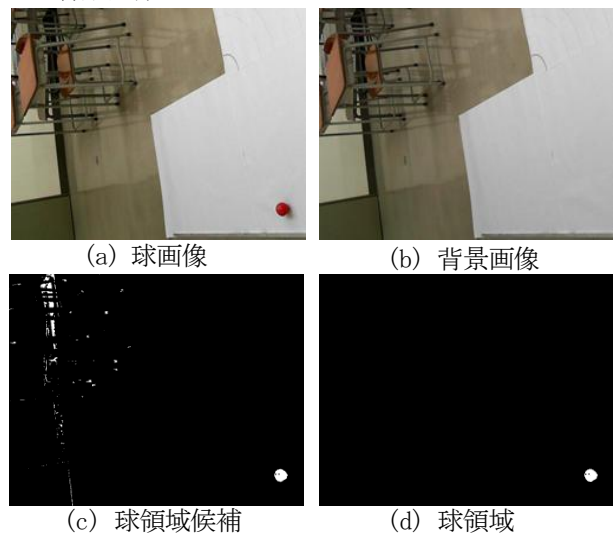


図 3. 球領域検出に用いる画像と結果画像

2 画像の色の変化から、背景画像に写っていない球を検出するために、2 画像の同座標上の画素の RGB をベ



クトルと見なし、角度を算出する<sup>1)</sup>。画素のRGB値が近いほど角度は小さくなり、角度が一定値以上であった球画像の画素を背景にないものと判断し、球領域候補と見なす。図3(a), (b)の比較から検出した球領域候補が図3(c)である。候補の中には台の輪郭線や、外光の変化によって生じる球領域以外のノイズが含まれる。これらの領域は球領域と比べて、形状が細長い、面積が極端に大きい、又は小さいといった特徴がある。この特徴を利用し、ノイズを削除する。図3(c)から選別された球領域画像を図3(d)に示す。球領域の外接矩形の重心を球領域の中心座標として算出し、画像内における球の位置座標とする。

### 2.3 球の空間位置座標の検出

球の2次元位置座標から空間位置座標を検出するためには、世界座標系と画像座標系の対応が必要である。式(1)において空間内の球の位置は世界座標系(X,Y,Z)である。Z軸をビリヤード台平面に対して垂直方向に設定すると、球のZ値は変化しないため、球の位置は台平面上の(X,Y)で表される。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

球の位置(X,Y)を算出するためには画像上の対応点(x,y)と現実空間上の球のZの値と射影行列Pが必要である。(x,y)は検出した球領域の位置座標である。世界座標系におけるZ座標の原点はビリヤード台平面であり、よって球のZ値は球の半径である。射影行列Pは中心射影方式に基づき、カメラの内部パラメータと外部パラメータで構成される。内部パラメータと外部パラメータはカメラキャリブレーションによって算出する必要があるが、本システムではOpenCVに実装されているZhangの手法<sup>2)</sup>を用いる。

図4に示すように画像内の球領域の中心a(x,y)と現実空間内の球との対応点Aを結ぶ直線が球の中心(X,Y,Z)を通過すると仮定すれば、Zの値が決定することでaの座標(x,y)から実際の球の位置(X,Y)を算出することができる。

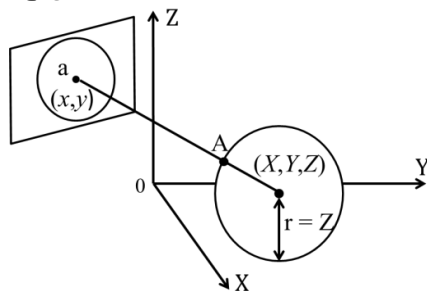


図4. 球位置検出

## 3. 実験結果

### 3.1 空間位置座標算出プログラムの評価

開発した空間位置座標算出プログラムの評価を行った。一辺100mmの格子パターンを撮影し、画像上の格子の交点(x,y)を手動で取得、プログラムに入力して空間位置座標(X,Y)を算出した。さらに算出した空間位置座標と真値の差より算出誤差を求めた。画像中心よりY軸方向にのみ移動させた場合のY軸方向の誤差の絶対値を図5に示す。グラフのY軸における原点は画像中心である。

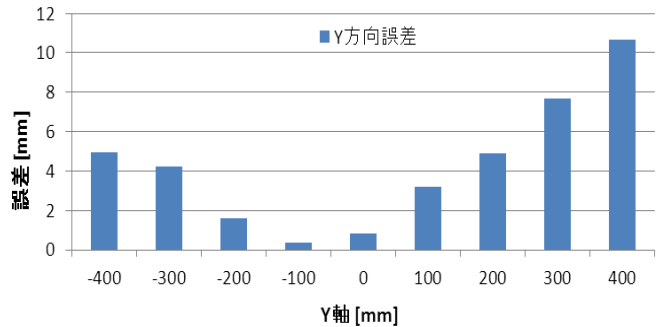


図5. 測定誤差

図5から、誤差の大きさはY=-100の地点から遠ざかるにつれ大きくなる傾向にあることがわかる。また、誤差によるずれの方向は常に測定値が真値の内側に分布するようになっている。誤差の最も小さい点が軸の原点である画像中心と一致しないのは、レンズの特性やカメラ設置時のずれによってレンズの中心が画像中心と一致しないためであると思われる。

## 4. 結 言

今回の実験では平面から2次元位置座標を取得して空間位置座標に変換した時の検出誤差を調べた。今後は球画像を用いた球の空間位置座標検出実験を行い、立体的な物体の空間座標検出時の誤差の傾向を調べ、誤差の補正方法を考える必要がある。

## 文 献

- 1) 内山英昭, 斉藤英雄: 戦略解析に基づくビリヤード支援システム, 情報処理学会研究報告, EC(エンタテインメントコンピューティング), Vol.2007, No.18, pp.71-78(2007)
- 2) Zhang, Z.: A Flexible New Technique for Camera Calibration, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.11, pp.1330-1334(2000)

# セキュリティ要求工学を適用したファイルサーバの構築

山本 恭平

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. はじめに

現在、ファイルサーバのような情報サービスシステムは、企業から個人まで広く普及している。情報サービスの提供を行うシステムは、利便性とセキュリティのバランスを考慮して構築しなければならない。しかし、実際にシステムを運用するとセキュリティの脆弱性が発見され、その脆弱性が社会問題となることも多い。そのため、セキュリティの脆弱性を把握し解決する必要がある。しかし、セキュリティの脆弱性をすべて把握することは難しい。

さらに、相手の機能要求をすべて満たそうとするとセキュリティの強度は低くなってしまふ。逆にセキュリティの強度を高くすると、利便性が低下する可能性がある。このトレードオフを配慮するには、すべての要求を満たすのではなく、本当に必要な要求が何なのかを分析する必要がある。セキュリティ要求工学はこのようなトレードオフを、主機能要求だけでなく、セキュリティなどの非機能要求の面からも要求分析を行うことができる。

本研究では、セキュリティ要求工学の一つであるセキュアトロポス(Secure Tropos)を使用して要求分析を行う。対象のシステムはファイルサーバとし、その中でも基本的な機能である書き込みと読み込みについての機能要求と非機能要求についてどのような要求があるか、その要求を満たすためにどのような制約が必要なのか、制約を満たすための解決策をまとめ、実際に要求を満たすことができるファイルサーバを運用することを目的とする。

## 2. セキュリティ要求工学

### 2.1 セキュリティ要求工学

セキュリティ要求工学は、セキュリティに関する要求をいかにしてまとめるかといった技術や技法の集大成のことである<sup>1)</sup>。要求工学と同様に要求を獲得するためには、要求自身(WHAT)、要求が必要な理由(WHY)、要求の対象(WHO)が必要となる。セキュリティ要求工学ではWHATはセキュリティ要求や運用ポリシーなどの仮定が当てはまる。WHYはセキュリティゴールといい、組織にとっての資産に対する組織の方針であり、機密性、完全性、可用性などが含まれる。WHOは人・組織やシステムが該当する。

### 2.2 セキュアトロポス

セキュアトロポス<sup>2)</sup>とは、セキュリティ要求工学の分析方法の一つで、Haralambos Mouratidisらによってエージェント指向のトロポス(Tropos)を基に提唱されたセキュリティ要求の獲得・分析を主目的とする解析方法である。セキュアトロポスの特徴は以下になる。

- ・セキュリティに特化した方法論を提供することで、システム開発者がセキュリティに関する問題の解決に集中することができる
- ・システムの分析だけではなく、システムを取り巻くシステム環境の分析が行える

セキュアトロポスのプロセスは、初期要件、後期要件、アーキテクチャ、詳細設計の順になっている。初期要件では、アクター間の依存関係とセキュリティ制約を表すアクター図と各アクターにおける詳細なゴールの分析が行われる。後期要件では、設計対象となるシステムと動作環境などについて分析を行う。

初期要件で使用されるアクター図とゴール図は、図1に代表されるモデルによって表される。

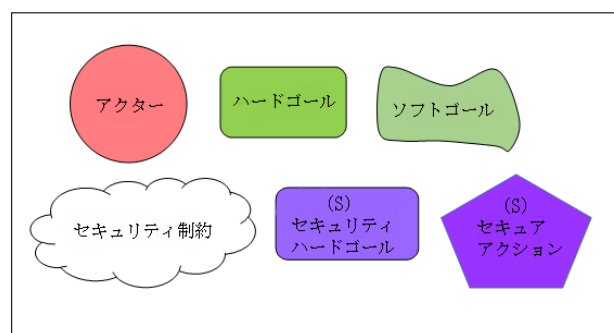


図1 セキュアトロポスモデルの一部

ハードゴールは、明確に定義できるゴールを示し、ソフトゴールは明確に定義できない非機能要件を表している。セキュリティ制約は図1のように雲か八角形で表し<sup>2)</sup>セキュリティ上の制約を示す。セキュアハードゴールは、アクターのセキュリティに関する戦略的利益を示し、セキュアアクションは、セキュリティハードゴールがどのように実行されるのかを示す<sup>2)</sup>。

次にセキュリティ依存関係について説明する。セキ

セキュリティ依存関係は、依存者(Depende)、依存物(Dependum)、依存先(Dependee)の三つから成り立つ<sup>3)</sup>。それぞれの関係は、図2のようにDを用いて表す。アクター1が依存者、ハードゴールが依存物、アクター2が依存先となっている。

次章で本研究における基本的な要求と簡易的であるがアクター図について説明する。

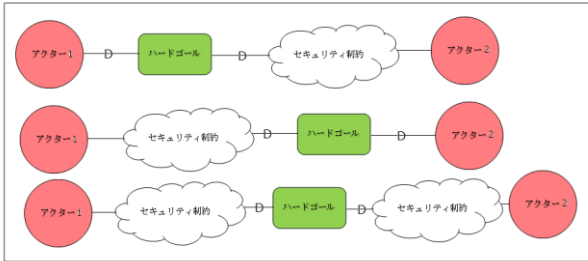


図2 セキュリティ依存関係の記述方法

### 3. 初期要求

本研究では、対象の情報システムとしてファイルサーバを想定する。本来、情報システムを構築する際には、相手とのヒアリングを重ねてシステム的设计を行うのが一般的である。しかし、本研究ではヒアリング対象者がいないため、ファイルサーバの基本的な機能であるデータの書き込みと読み込みに注目して分析を行う。

一般的にファイルサーバには、個人ユーザのフォルダと共有フォルダの2種類が必要となる。ファイルサーバには管理者が必要となり、管理者はファイルサーバにユーザからの情報を基にアカウントなどのデータを登録する必要がある。これらを基にアクター図を作成した。作成したアクター図を図3に示す。

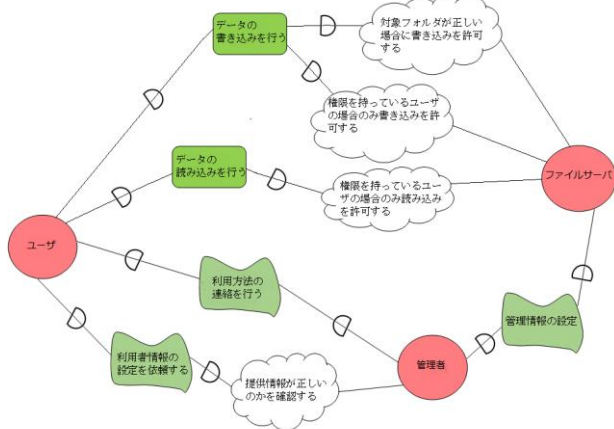


図3 作成したアクター図

アクターとして、「ユーザ」、「管理者」、「ファイルサ

ーバ」が考えられる。「ユーザ」は「ファイルサーバ」に対して「データの書き込みを行う」が正しいフォルダへの書き込みを行う必要があるので、「対象フォルダが正しい場合に書き込みを許可する」と「権限を持っているユーザの場合のみ書き込みを許可する」という制約が必要になる。また、「データの読み込みを行う」場合は「権限を持っているユーザの場合のみ読み込みを許可する」制約が必要になる。「ユーザ」と「管理者」の関係は「ユーザ」は「管理者」に「利用者情報の設定を依頼する」ことでアカウントを作成・変更してもらう。しかし、第三者などによって情報を変更されると困るため、管理者側で「提供情報が正しいのかを確認する」制約が必要となる。一方で「管理者」は「ユーザ」に「利用方法の連絡を行う」ことでユーザが正しく使用できるように気を配る必要がある。

本来このアクター図を元にゴール図を作成するが、本稿のページ数の関係から省略する。

### 4. おわりに

本稿では、セキュリティ要求工学とセキュアトロポスについて述べ、本研究での要求と初期要求の結果として簡易的なアクター図の作成を行った。しかし、データの書き込みと読み込みという基本的な機能の従属的な機能のみであり、ファイルサーバを運用する上で要求とセキュリティ分析が不十分である。そのため今後は、アクター図やゴール図を基に新たな要求を見つけ出し、発見した要求への対象法を考える必要がある。

後期要件では、動作環境としてFreeBSDかFreeNASを使用し、研究室での運用を検討している。最終的に、要求を満たすファイルサーバを構築、運用を行う。

### 文 献

- 1) 吉岡信和・Bashar Nuseibeh, セキュリティ要求工学の概要と展望, 情報処理 特集セキュリティ要求工学の実効性, Vol.50 No.3 通巻 529号 (2009),187-192.
- 2) Haralambos Mouratidis・田口研治, セキュアトロポス (Secure Tropos)概論, 情報処理 特集セキュリティ要求工学の実効性, Vol.50 No.3 通巻 529号 (2009), 198-202.
- 3) H. Mouratidis・P. Giorgini, Secure Tropos: dealing effectively with security requirements in the development of multiagent systems (2006).

# オープンソース間の連携検証と FreeBSD コミュニティへの貢献

和田 惇平

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. はじめに

ソースコードの入手と改良・再配布が自由なソフトウェアを、オープンソースソフトウェア(以下 OSS)という<sup>1)</sup>。これまでに様々な OSS が開発されてきており、同時に開発者と利用者によって、オープンソースコミュニティが作られている。ここでは、Web サイトやメーリングリストにおいて、OSS を使用して発生したバグ情報や次バージョンへの要望などの情報が流れており、次の開発へと活かされている。

OSS はバージョンが上がると新機能の搭載や、既存機能の変更をされることがある。システム構築時、また OSS のバージョンアップ時において、構築されたシステムにおける OSS の連携や互換性などは、利用者が独自で検証しなければならない。

そこで、本研究では OSS である FreeBSD<sup>2)</sup>を主体として、各種オープンソース間の連携や互換性の検証を行い、オープンソースコミュニティへの情報提供を行うことを目的とする。同時に、これまで発生した問題の分析と解決、バージョンアップに伴うシステムの問題や不具合を検証、改善方法を検証し、OSS 活用を促進することを目指す。

## 2. FreeBSD と OSS の活用

本研究では、OS として FreeBSD を中心に各種 OSS を利用したシステム構築を取り上げ、設定情報の整理や発生する問題点の解決を行い、OSS コミュニティへ情報提供を行う。

まず中心となる FreeBSD については、FreeBSD 本体のインストールから環境設定までを実際に行うことで、手順や各種設定の方法を確認・整理しておく。

FreeBSD へと導入する各種アプリケーションについては、導入と設定の検証、応用システムの構築を行うことにより、各バージョンの FreeBSD と各種アプリケーションの互換性や連携の検証ができる。

同時に、これまでの FreeBSD のバージョンアップに伴うファイルシステム、コンパイラ、リポジトリ等の変更点や、各バージョンの性能をまとめて整理、検証・比較および活用できるようにすることで、FreeBSD の環境整備を行う。また、検証した結果を広く共有するため、検証結果のマニュアルを作成していく。

これらの検証・環境整備を中心に、Web サイトや

メーリングリストで流れている問題点の検証を行い、改善方法を報告することで、最終的に FreeBSD コミュニティへと貢献するとともに、OSS の活用を促進していく。

## 3. FreeBSD のインストールと環境設定

### 3.1 FreeBSD のインストール

本研究でこれまでに構築を行ってきた FreeBSD のバージョンは、8.3, 8.4, 9.1, 9.2, 10.0 である。8.x, 9.x, 10.x と、バージョンが上昇した時にインストーラや各種設定を行う方法が大幅に変更されている。

各インストーラの特徴として、8.x 系では最初にキーマップと国の設定を行った直後に `sysinstall(8)` が開き、利用者が自分で必要な設定を選択して行く必要がある形式になっている。この形式では利用者が自分で必要なものだけを最初に設定できるため、余分な設定を省くことができるという利点がある。一方、利用者の知識によって、どのような設定をしなければならないか分からないという欠点もある。

9.x 系になるとインストーラは `sysinstall(8)` から `bsdinstall(8)` に変更されており、インストーラの質問に答えていくだけで基本的な設定はすべて行うことができる。これにより、利用者に関わらずインストールが可能という利点がある。しかし、形式の仕様上必要のない設定にも回答しなければならず、比較的時間がかかるという欠点がある。

10.x 系は質問の順番や質問内容がいくつか変更されているものの、形式は 9.x と同等であり、利点・欠点も 9.x 系とほぼ変更はない。

また、DVD と比較して持ち運びが容易かつ端末への接続も容易なことから、今後の作業効率が向上すると判断したため、インストール用の USB メモリも作成した。

### 3.2 基本環境の設定

インストール直後の FreeBSD には、デフォルトの環境設定しかされておらず、残りの環境や必要なアプリケーションの取得などは、すべてユーザが自分で行っていく必要がある。

最初に行う基本設定として、`ntpd` を用いたシステムの時刻設定や、`FTP` 通信を行うための設定などがある。その内の一つとして、設定が比較的複雑な、日本語環境の構築方法を述べる。

日本語環境を構築する方法は大きく分けて 2 種類あり、ユーザ毎のログインクラスによって言語環境を変える方法と、ユーザ毎にシェルと呼ばれるベースプログラムの設定を変えて言語環境を構築する方法である。本研究では、基本となる後者の方法を取り上げた。また、日本語での編集を可能にするために `vim` と呼ばれるテキストエディタ、`FreeBSD` の日本語マニュアル、そしてマニュアルを呼び出す際の出力制御を行う `lv` を導入する。その後、シェルの設定ファイルを書き換えることで日本語設定は完了する。

`FreeBSD` では `ZFS` と呼ばれるファイルシステムも構築することができる。`ZFS` の最も大きな特徴として、物理記憶領域を仮想記憶領域として切り分ける機能があり、既存のファイルシステムとの比較検証、活用は今後の研究課題となっている。

### 3.3 FreeBSD のインストール用マニュアル作成

本研究ではインストールマニュアルも作成しており、これまでの研究で作成した `FreeBSD` のインストール用マニュアルは `FreeBSD9.1` と `FreeBSD10.0` のマニュアルの 2 種類である。

## 4. アプリケーションの導入と応用

### 4.1 アプリケーションの導入方法について

`FreeBSD` においてアプリケーションを導入する方法で最も一般的なものは、`ports` や `Packages` を用いてネットワーク経由、もしくはすでに `FreeBSD` のイメージファイルへ同封されているものをインストールするものである。本研究においては、最も基本の操作を確認するためと、外部ネットワークにつながっていない端末も想定しているために、基本的にアプリケーションの導入にはソースコードをコンパイルして手動での導入を行っている。

`FreeBSD10.0` において `pkg(8)` コマンドが `port_` コマンドに置き換わって標準搭載され、本校内からではプロキシサーバを介したインターネットでのアプリケーションのダウンロードをする必要がある。

### 4.2 これまでに検証したアプリケーション

これまでの研究において、いくつかのアプリケーションを用いてシステムを構築し、検証を行ってきた。

`FreeBSD` との一般的な組み合わせである `Apache`

`Web` サーバの構築を行った。その後、`CGI` 環境を整えてから `Web` カウンタの導入検証を行った。導入は完了したがコンパイル時に警告を出し、正常な動作を確認することができなかった。また、`ImageMagick` という高機能な画像処理ソフトウェアについても検証を行ったが、同様にコンパイル時のエラーが出ている。これらの原因検証は今後の課題である。

### 4.3 アプリケーションの応用例

アプリケーションの応用例として、本校の校内ネットワークで用いている掲示板システムの構築を行っている。この掲示板システムは、`FreeBSD` をベースに `X Windows System` という GUI 機能を追加する `OSS` を導入し、`Firefox` を用いて本校内の連絡事項を液晶ディスプレイへ表示するというものである。これらのアプリケーションはすべて `Packages` を使用し、`X Windows System` はインストールディスクから、`Firefox` はネットワーク経由で導入を行っている。実際に構築した環境は `FreeBSD8.4` と `9.1` のみであり、`10.0` では最終の構築検証はできていない。

### 4.4 各アプリケーションのマニュアル作成

これらのアプリケーションの導入方法や問題発生 の状況もマニュアル化しておく必要がある。現状マニュアルを構築しているのは、掲示板システムの構築マニュアルのみであるため、こちらも今後の研究の課題である。

## 5. おわりに

今後の研究では、これまでの研究での成果と課題を今一度整理しマニュアル化を進めると同時に、残っている課題を解決していく必要がある。

また、新たな課題として `FreeBSD10.0` における `ZFS` 環境の構築方法、バックアップへの応用方法や、文献<sup>3)</sup>に掲載されている高可用性技術の実装、特性および効果の検証を行っていく。

これらの課題解決と並行して、`FreeBSD` コミュニティの `Web` サイトやメーリングリストの確認も行い、最終的には `FreeBSD` のコミュニティへと貢献を行えるように研究を進めていく。

## 文 献

- 1) Open Source Initiative, <http://opensource.org/>
- 2) FreeBSD Project, (1995-2014), <http://www.freebsd.org/ja/>
- 3) 佐々木宣文, 後藤大地著, 実践 `FreeBSD` サーバ構築・運用ガイド, (2012), 230-260, 技術評論社

# 風力発電の出力予測のための

## 風速データを用いた統計モデルによる風速の予測

香川 真人

阿南高専 電気・制御情報工学専攻

### 1. 緒言

2011年に発生した東日本大震災以降、原子力発電に代わる安全で環境にも優しい再生可能エネルギーを用いた発電方法が注目を集めている。中でも風力発電はエネルギー枯渇の心配がない純国産のエネルギーであり、二酸化炭素を排出しないため環境に優しい発電方法である。一般に、風力発電は電力系統に接続され運用されている。今後風力発電の需要が増え、電力系統への連携量が増加すると周波数変動等の問題が発生し、電力系統が不安定な状態になると懸念されている。このことは、風速が不規則かつ非線形に変化し、さらに風力発電の出力は風速の3乗に比例する[1]。

ここで、風力発電の出力を予想することができれば、その予測値に基づき、電力会社は火力発電所や水力発電所の出力を事前に制御できることから、電力系統の安定的な運用が可能となる。

そこで、本研究は風力発電の出力を予測する初期段階として、文献[2]を基に風速変化を統計的に予測する。予測モデルとして、相関関係による風速の予測を行うモデルを考案した。考案したモデルは5点間の相関関係の風速変化の予測を行う。この手法では文献と違い多くの地点との相関関係を用いることにより、より詳細な予測値を得ることが可能であると推定できる。予測値と実測値を比較しこのモデルの評価を行った。

### 2. 予測アルゴリズム

本研究では、気象庁のアメダス気象データ[4]による降水量、風向、風速、気温、日照時間などの観測データの中から図1に示す地点の風速のデータをもとに風速変化の予測を行った。観測点は、予測地Sおよび予測地を囲むように4点(S<sub>1</sub>~S<sub>4</sub>)を選択した。データのサンプリング間隔は10分とする。期間は2013年1月1日~2013年1月7日までの1週間である。

ここで、過去の風速のみに基づく風速モデルを式1のように設定する。

$$S(t+6) = S(t) + \sum_{i=1}^4 a_i S_i(t) / (1 + \sum_{i=1}^4 a_i) \quad \dots (1)$$



図1: アメダス気象データによる観測地点

tはt=1,2,...,1008 すなわち1週間168時間に一致する。S(t)[m/s]は時刻t[m]における風速である。

S(t+6)は時刻tのデータを基にした6ステップ後、すなわち1時間後の風速の予測値である。a<sub>1</sub>, ..., a<sub>4</sub>は観測地Sとそれぞれの観測地との風速の相関係数である。相関係数a<sub>i</sub>(i=1~4)は式2を用いて決定する。

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^t (S(j) - \bar{S})(S_i(j) - \bar{S}_i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^t (S(j) - \bar{S})^2 (S_i(j) - \bar{S}_i)^2}} \quad \dots (2)$$

各パラメータには観測地Sと各観測地の風速データを用いる。各地点での相関係数を表1に示す。これらの値を式1に代入し予測を行った。

表1: 各地点との相関係数

池田	京上	徳島	日和佐
0.1544879	0.3900032	0.4649331	0.2063284

また、本研究では、風速の予測の評価として平均絶対誤差(MAE)、相対誤差(RE)を用いた。ここで平均絶対誤差(MAE)は予測値との絶対誤差の平均であり、正確度を示す。また相対誤差(RE)は予測値の精度を示すものである。本研究では、平均絶対誤差および相対誤差

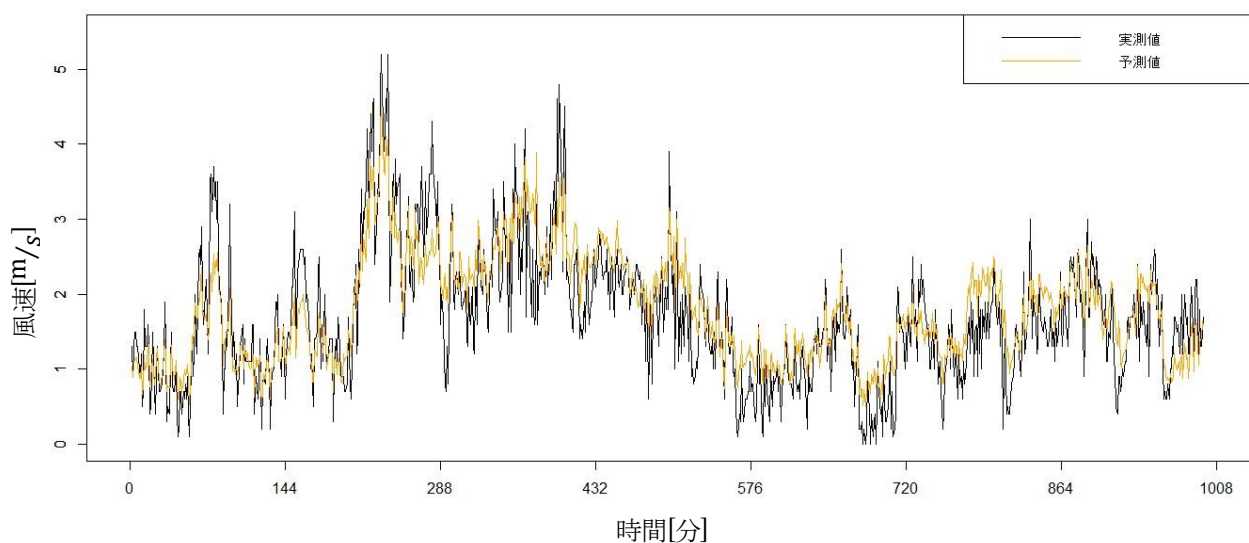


図 2:予測結果

を元に 1 時間後の風速予測の評価を行う。

### 3. 予測結果

予測アルゴリズムを用いた予測値と実測値のグラフを図 2 に,相関係数,MAE,RE を表 2 にそれぞれ示す。

表 2: 評価結果

相関係数	MAE(m/s)	RE(%)
0.8753225	0.1136855	21.08191

表 2 より予測値と実測値には強い相関があることがわかる。このことから,予測値と実測値の間には相対誤差が約 21%見られることがわかる。21%は決して小さな誤差ではない。

次に予測を行いたい地点では風向が $S_1, S_2$ との観測点と強い相関があることがわかっている。そこで風向を意識し予測地と $S_1, S_2$ の風速のみを用いて予測を行った。その結果を表 3 に示す。

表 3:風向を意識した評価結果

相関係数	MAE(m/s)	RE(%)
0.9780315	0.2020551	15.13247

この結果より,風向を意識したモデルのほうが RE の値が約 15%程度であり,先の結果より高精度になっている。このモデルを使う上で風向の情報をより詳細に入力値に追加することができれば,精度の向上につながると考えられる。また,表 3 に示す風向を用いたモデルでは観測点が 3 点である。そこでより精度をあげるために,予測値のほかに観測点と

して風向の相関が高い観測点を増やす必要があると考えられる。

### 4. 結 言

風力発電は風により出力が変化するため電力システムの運用への負担が大きい。そこで本研究では,気象庁が無償でデータを公開しており,容易にデータの収集が可能な,気象庁アメダス気象データを基に統計モデルを用いて風力発電出力予測のための風速予測を行った。

その結果,相対誤差が約 21%であった。また風向を意識したモデルならば約 15%程度であった。この精度は高精度であるといい難い。しかし,文献[2]にもあるように相対誤差が 15%~20%程度ならば大規模風力発電所の風力発電機の予測制御や電力システムの運用に役立つものと推測される。

今後はより精度の高い予測を行っていくために,機械学習アルゴリズムを用いて予測を行っていく。

### 文 献

- [1] 牛山泉,  
"風車工学入門基礎理論から風力発電技術まで",2002
- [2] 小玉成人, 松坂知行,  
"風況データ自動収集システムを用いた風速の予測",  
計測自動制御学会東北支部第 236 回研究集会,2007
- [3] 石川友規, 滑川徹,  
"風速予測モデルの検討とカルマンフィルタに基づく  
短期風力発電予測", 第 55 回自動制御連合講演会,2012
- [4] "気象庁気象観測データ"  
(<http://www.jma.go.jp/jma/menu/obsmenu.html>)

# 座標認識コードの形状変化を用いたサークルコードの傾き検出

早 苗 孝 将

米子高専 生産システム工学専攻

## 1. 結 言

独自に考案した円形バーコード（サークルコード）を用いた本型・カード型入力インタフェース、およびそれらを用いたアプリケーションを開発してきた<sup>1)</sup>。しかし、サークルコードについては回転角度の認識はできるものの、傾きの検出を行うことができず、今後応用が期待されるAR（拡張現実）コードとして使用するには不十分であった。

そこで、サークルコードの傾き検出方法として、サークルコードの構成要素である座標認識コードの形状変化、特に、面積（ピクセル数）の変化を利用した方法を提案し<sup>2)</sup>、iOSに実装して評価を行ってきた<sup>3)</sup>。しかし、この方法では座標認識コードの直径およびカメラとの距離を仮定しなければならず、実環境での利用には不向きであった。

本研究では、座標認識コードの形状変化として、面積ではなく、中心座標から上下左右の内側接触点までの長さの比を用いて傾きを推定する方法を検討した。

## 2. サークルコード

サークルコードの構成を図1に示す。サークルコードは以下の4つの同心円で構成される。

- 最も内側の同心円（図1(a))を座標認識コードと呼び、この閉じた円を検出することにより2次元座標とサークルコードの大きさを決定する。
- 最も外側の同心円（図1(b))を回転角度認識コードと呼び、回転角度を認識するとともに、16ビット情報コードの読み取り開始位置を決定する。
- 残りの2つの同心円（図1(c))を16ビット情報コードと呼び、それぞれの同心円を8等分し、計16ビットの情報を表す。

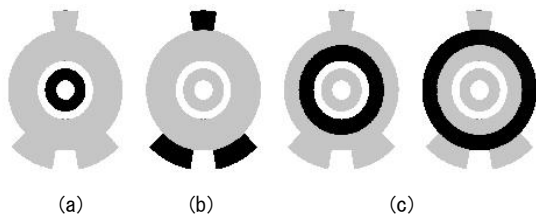


図1 サークルコードの構成

サークルコードは、表すことのできる情報量が16ビットと少ないものの、2次元座標、回転角度、拡大率など情報の種類の豊富さおよび認識の容易さに優れ、

しかも複数のコードを同時に認識できるという特長がある。また、70度まで傾いても認識可能である。

## 3. 傾き検出方法

### 3.1 傾きの定義

図2に示すように、座標認識コードの中心を原点としたX、Y、Zの3方向の回転軸を考えた時、それぞれの軸に関する回転のうち、Z軸方向の回転は回転角度認識コードを用いて検出が可能である。残るX、Y軸の回転を「傾き」と定義し、それぞれの回転角度を $\theta_x$ 、 $\theta_y$ とし、原点に向かって時計回りを正、逆を負とする。

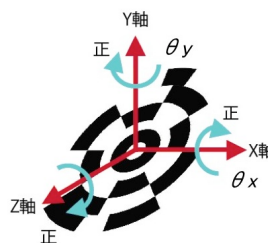


図2 回転方向の正負

### 3.2 座標認識コードの形状変化

座標認識コードをX軸、Y軸それぞれに0~60度まで15度ずつ傾けたときの形状変化を図3に示す。

図3よりX軸、Y軸のみ回転した場合と、X・Y軸両方に回転した場合のそれぞれに対称性がみられることがわかる。

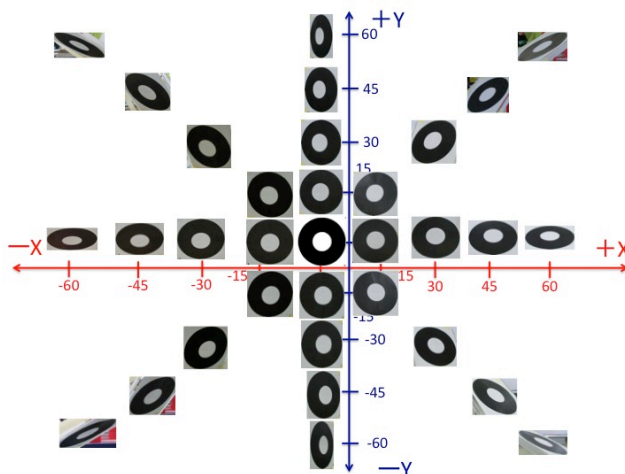


図3 座標認識コードの形状変化



### 3.3 回転方向の判定

図4に示すように、撮影した座標認識コードにおいて上下左右の端の4点を結んだ四角形を考え、四角形の中心座標から垂直・水平方向の内側円の接触点までの長さを、それぞれ $a_1, a_2, a_3, a_4$ とする。表1に示すように、 $a_1$ と $a_3$ および $a_2$ と $a_4$ の大小関係を用いて回転方向の判定を行うことができる。

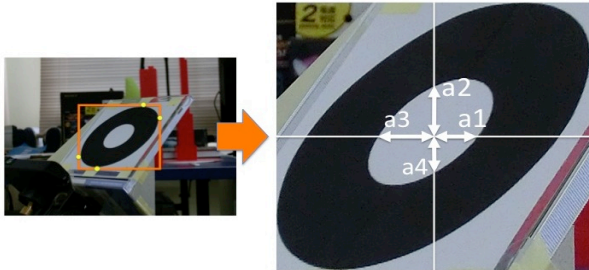


図4 中心座標から内接点までの長さ

表1 回転方向の判定と $\alpha$ の決定

回転方向		回転方向の判定	回転角度の推定	
$\theta_x$	$\theta_y$	判定条件	$\alpha_1$	$\alpha_2$
+	0	$a_1 = a_3, a_2 > a_4$	$a_3/a_1=1$	$a_2/a_4$
-	0	$a_1 = a_3, a_4 > a_2$	$a_3/a_1=1$	$a_4/a_2$
0	+	$a_2 = a_4, a_3 > a_1$	$a_3/a_1$	$a_4/a_2=1$
0	-	$a_2 = a_4, a_1 > a_3$	$a_1/a_3$	$a_4/a_2=1$
+	+	$a_3 > a_1, a_2 > a_4$	$a_3/a_1$	$a_2/a_4$
+	-	$a_1 > a_3, a_2 > a_4$	$a_1/a_3$	$a_2/a_4$
-	+	$a_3 > a_1, a_4 > a_2$	$a_3/a_1$	$a_4/a_2$
-	-	$a_1 > a_3, a_4 > a_2$	$a_1/a_3$	$a_4/a_2$

### 3.4 回転角度の推定

回転角度の推定には表1に示すように、 $a_1$ と $a_3$ および $a_2$ と $a_4$ の比を用いる。それぞれを $\alpha_1, \alpha_2$ とする。 $a_1$ と $a_3, a_2$ と $a_4$ のうち数値が大きい方を分子、小さい方を分母として算出する。

撮影した画像の各回転角度における $\alpha_1, \alpha_2$ の値を図5に示す。図5(a)および(b)より、X軸またはY軸のみに回転した場合には、角度 $\theta(\theta_x, \theta_y)$ と $\alpha(\alpha_1, \alpha_2)$ の関係は、

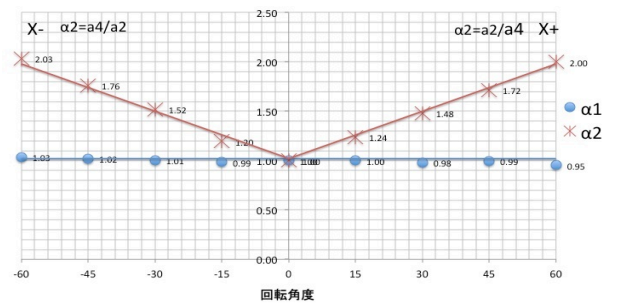
$$\theta = 60\alpha - 60 \quad (1)$$

で表されることが分かった。図5(c)および(d)より、X軸・Y軸両方に回転させた場合、0~30度までは(1)式を用いて推定が可能であると考えられる。

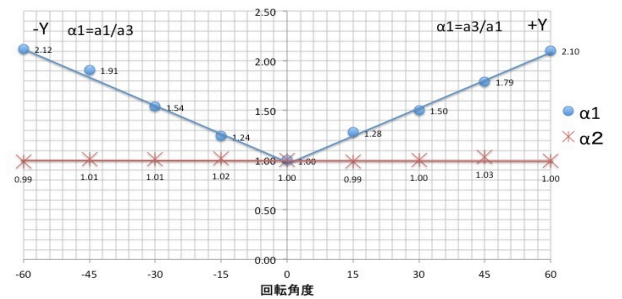
## 4. 結 言

座標認識コードの形状変化である $a_1, a_2, a_3, a_4$ の大小関係を用いて回転方向の判定および回転角度の推定が行えることがわかった。今後はX軸Y軸両方に回転した場合の精度の高い測定を行い、回転角度が大き

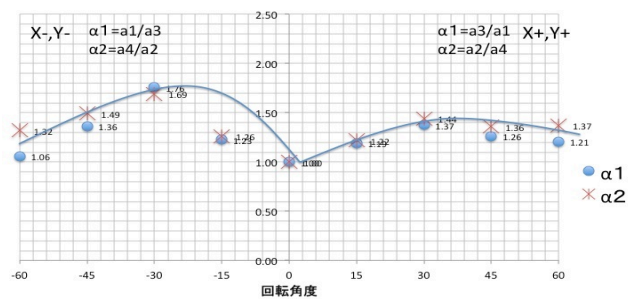
い場合にも(1)式が適用できるかどうかの検討を行う。



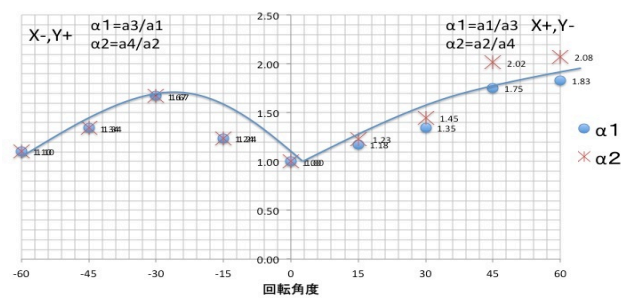
(a) X軸についてのみ回転



(b) Y軸についてのみ回転



(c) X軸Y軸両方について回転



(d) X軸Y軸両方について回転

図5  $\alpha_1$ と $\alpha_2$ の測定結果

## 文 献

- 1) 村田大介, 河野清尊, サークルコードを用いた入力インターフェースとその応用, 第18回計測自動制御学会中国支部学術講演論文集, (2009), p108-109
- 2) 山根祐紀, 和田泰浩, 河野清尊, サークルコードへの傾き検出機能の実装, 第20回計測自動制御学会中国支部学術講演論文集, (2011), p188-189
- 3) 早苗孝将, iPad/iPhoneへのサークルコード傾き検出機能の実装と評価, 中国・四国地区高等専門学校専攻科生研究交流会予稿集情報・制御部門, (2013), p109-110

# 成長型ニューラルガスによる手書き文字のグラフ化と

## その特徴の解析

横 部 拓 也

津山高専 電子・情報システム工学専攻

### 1. 緒 言

一般に、文字画像の認識は、歪みやノイズのような画像の欠損がある場合、認識が難しくなる。しかし、人間は CAPTCHA 文字や手書き文字のように大きな歪やノイズがあっても文字を認識することが可能である。人間など視覚が発達した動物の脳では、それを実現するために、コンピュータのように画像の画素ごとの類似性を用い判断するのではなく、画像に含まれる幾何学的特徴とその組み合わせ方の類似性を用い認識をしていると考えられている。しかし、コンピュータで画像から直接、文字の幾何学的特徴を直接扱うことは難しい。もし、文字の骨格をグラフとして取り扱うことが出来れば、文字の幾何学的特徴がグラフの構造的特徴として表される。グラフの構造的特徴は比較的簡単にコンピュータで取り扱うことが出来る。そして、その文字の骨格を表すグラフ(骨格グラフ)を用いれば、文字認識において文字の構造そのものを用いることが可能となる。本研究では、成長型ニューラルガスを用いた文字画像から文字の骨格をグラフとして取り出す手法を提案し、提案手法により生成した手書き文字の骨格グラフの特徴を解析した。

### 2. 手 法

#### 2.1 処理の流れ

今回提案する文字の骨格グラフ化の流れを図1に示す。まず、画像処理として文字画像にグレースケール処理を施す。次に画像処理を施した文字画像から骨格グラフを生成するため、成長型ニューラルガスによる処理を行う。最後に、余分なエッジを消すためノードの再接続処理を行う。

#### 2.2 文字骨格のネットワーク化

本研究では、文字骨格をグラフとして取り出すため成長型ニューラルガスを用いた。成長型ニューラルガスは Fritzke が 1995 年に発表した既存の自己組織化マップを改良した手法である<sup>1)</sup>。成長型ニューラルガスの手法で生成されたネットワークは、入力的位置関係を保存する能力がある。

成長型ニューラルガスは複数のユニットにより構成

される。それぞれのニューロンは、そのニューロンの場所を表す、参照ベクトル  $W_c = (W_{cx}, W_{cy})$  を持つ。ニューラルガスへの入力は、 $\xi = (x, y)$  で表され、入

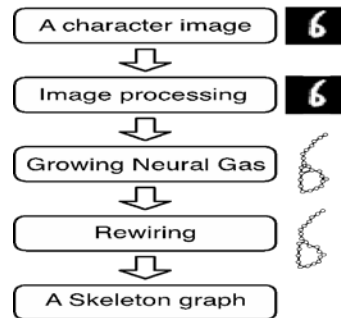


図1 処理の流れ

力には、 $0 \leq x < W$  ,  $0 \leq y < H$  の条件がある。  $W$  ,  $H$  はそれぞれ画像の横、縦のサイズを表す。成長型ニューラルガスの重み更新アルゴリズムは次のとおりである。

1. 2つの接続しているニューロンをランダムな位置に配置する。
2. 入力画像の文字上にある入力ベクトル  $\xi$  をランダムに選ぶ。これは、文字上にあるピクセルの座標を選ぶことに対応する。
3.  $\xi$  に最も近いニューロン(勝者ニューロン)  $S_1$  と、次に近いニューロン  $S_2$  を選ぶ。
4.  $S_1$  につながるエッジの age を増やす。
5.  $S_1$  の誤差は、 $W_{S_1}$  から  $\xi$  を引いたベクトルのノルムの2乗とする。

$$\Delta \text{Error}(S_1) = \|W_{S_1} - \xi\|^2 \quad (1)$$

6. 勝者ニューロン  $S_1$  とそれに繋がっている隣接ニューロン  $n$  を、入力パターンに近づける。  $\epsilon_b$  と  $\epsilon_n$  は学習係数である。

$$\Delta W_{S_1} = \epsilon_b (\xi - W_{S_1}) \quad (2)$$

$$\Delta W_n = \epsilon_n (\xi - W_n) \quad (3)$$

7.  $S_1$  と  $S_2$  がエッジで繋がっていれば、エッジの age を 0 にし、繋がってなければ、エッジを作成する。
8. 規定の値より age が大きくなった場合、エッジ

を取り除く。その結果ニューロンが孤立したのなら、そのニューロンを取り除く。

9. 規定の回数学習後、Error が最も大きいニューロン  $f$  を探し、 $f$  に隣接するニューロンの中で最も Error が大きいニューロン  $q$  を探す。  $f$  と  $q$  の間にニューロン  $r$  を挿入する。  $q$  と  $f$  の Error はそれらに定数  $\alpha$  をかけることで減らし、  $r$  の Error はこの更新後  $q$  の Error とする。

$$W_r = 0.5(W_q + W_f) \quad (4)$$

10. 規定回数、学習を行った後全てのニューロンの Error を 0 にする。
11. 規定の回数学習していなければ、手順 2 に戻る。

## 2.3 エッジの再接続

成長型ニューラルガスで作成した骨格グラフは、余分なエッジを含むことがある。成長型ニューラルガスは三角形のサイクルを作りやすい傾向にある。特に、線が重なる場所などの線が太い場所では三角形のサイクルが生成されやすい。 Toussaint が提案した Relative Neighborhood Graph アルゴリズム<sup>2)</sup>を用い、余分なエッジを削除する。

## 3. 結果

### 3.1 文字の骨格グラフ化

まず、提案手法による文字の骨格化を行う。今回用いる文字画像は、MNIST のデータベースである。MNIST は文字認識のために作成された数字の手書き画像データセットである<sup>3)</sup>。画像は  $28 \times 28$  ピクセルで、60000 個の訓練用画像がある。MNIST の文字画像をグラフ化した結果の一部を図 2 に示す。図 2 を見ると、グラフが文字の形状になっていることがわかる。

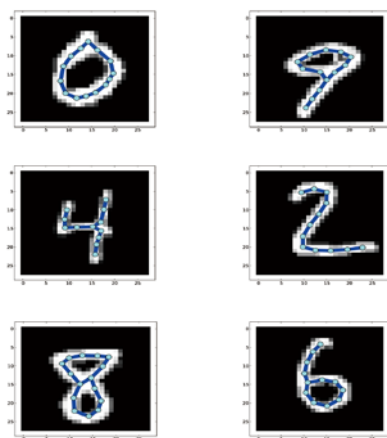


図 2 MNIST の骨格グラフ化

### 3.2 骨格グラフの特徴

60000 個の訓練用画像を全て骨格グラフ化し、そのグラフの特徴量を計算した。今回計算した特徴量は、ノード数、平均頂点間距離、サイクル数、三叉路数、四叉路数、鋭角数である。これら特徴量の数字ごとの平均を表 1 に示す。表 1 を見ると、サイクル数、三叉路など文字毎の特徴がある程度上手く捉えられていることがわかる。0 のサイクル数が完全に 1 となっていないことや、1 のサイクル数が完全に 0 ではないことは、おそらく書き手による手書き文字の癖などで、不必要な部分で文字が繋がっていたり、不必要なハネがあるからであると推測される。表 1 から、これらの特徴を組み合わせる事で認識が可能であると推測される。

表 1 骨格グラフの特徴

	0	1	2	3	4
ノード数	13.0	9.84	13.2	12.9	12.2
平均頂点間距離	3.54	3.57	4.13	4.13	3.54
サイクル数	0.98	0.046	0.39	0.29	0.30
三叉路数	0.12	0.14	1.22	1.02	1.62
四叉路数	0	0.00068	0.014	0.0073	0.015
鋭角数	0.14	0.26	0.477	0.34	0.29

## 4. 結言

本研究では、成長型ニューラルガスとエッジの再接続による文字の骨格グラフ化の手法を提案した。提案手法を用い手書き文字を処理した結果、骨格グラフは文字の骨格を忠実に再現出来たと言える。また、生成された骨格グラフは、文字特有の幾何学的性質がそのグラフの特徴量として現れることがわかった。今後は MNIST の手書き文字画像を、骨格グラフの特徴量を用い、サポートベクタマシンなどで文字を識別していく。

## 文献

- 1) B. Fritzke, A Growing Neural Gas Network Learns Topologies, Advances in Neural Information Processing Systems, **7**, 625/632 (1995).
- 2) G. T. Toussaint, The relative neighbourhood graph of a finite planar set, Pattern Recognition, **12**, 261/268 (1980).
- 3) Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, Gradient-based learning applied to document recognition, Proceedings of the IEEE, **86**, 2278/2324 (1998).

# 形式検証を用いた OSEK ソフトウェアの構築

森上 翔太

宇部高専 生産システム工学専攻 1 年

## 1. はじめに

現在、自動車システムなどの大規模なシステムは日々複雑化しながら、より大規模なシステムへと成長し続けている。大規模なシステムの設計は、システムアーキテクチャを定義し、その後細部システムに段々と詳細化していくという方法がとられており、それらをサポートするためのツールは数多くある。しかし、これらのツールを用いた開発事例が少ないため、ツールの有用性の検証が難しい。

そのため、今回の特別研究では、システムアーキテクチャ記述言語のひとつである AADL[1]を用いたケーススタディとして OSEK ソフトウェアの構築を行い、システムアーキテクチャ記述言語を用いた開発の有用性について検証することを目指す。

## 2. AADL とは

製造業の現場で働く技術者達が大規模なシステムを制作する際に、アーキテクチャ記述言語に求められる点は以下の 7 項目であり、それらの概要と AADL がどの様に満たすかを以下に示す。[2]。

なお、アーキテクチャ記述言語とは、システムアーキテクチャの標準的な記法を定めた言語である。アーキテクチャ記述言語を用いることによって、開発者間の対話や初期段階の決定の具体化に繋げることができる。

- 1) システムの時間的な考えを表現することができる。
  - ・システム A から B へ処理が移動する際に待機する時間を記述可能
  - ・記述した待機時間に矛盾が無いかの検証が可能  
⇒サポートツール OSATE を用いることで可能
- 2) 階層的アーキテクチャを表現することができる。
- 3) ハードウェアやソフトウェアなどのそれぞれの繋がりを説明できるモデリング性能を持っている。
  - ・複数の制御用コンピュータの繋がりを記述可能
  - ・必要な周辺機器の接続を記述可能  
(図 1、図 2 参照) [2]
  - ・各コンピュータ間のデータの流を記述可能  
(図 3 参照) [2]  
⇒AADL のライブラリで記述可能

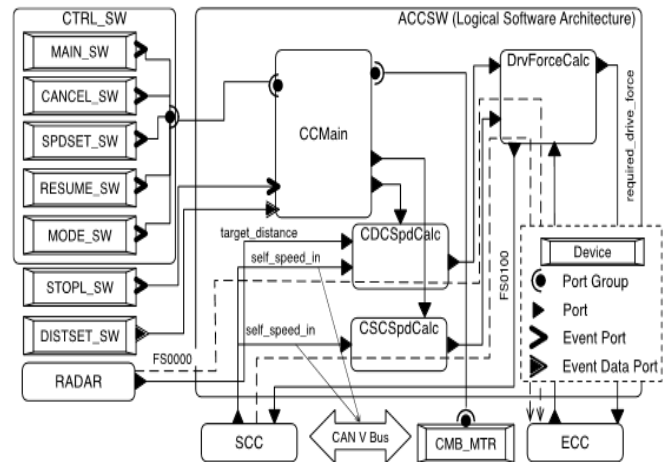


図 1. システムアーキテクチャモデル (図)

```

system ACCSys -- Top-Level Component
end ACCSys;
system implementation ACCSys.SysArch -- System Architecture
subcomponents
  ACCSW: system ACCSoftwareLog; -- Subsystems
  DSCHW: system DSCHardware;
  CTRL_SW: system control_switch; -- Peripherals
  ECC: system engine_control;
  SCC: system skid_control;
  RADAR: system radar_sensor;
  (snip)
connections
  GC0000: port group CTRL_SW.pg_ctrl_sw_status->ACCSW.
    pg_ctrl_sw_status;
  DC0100: data port SCC.self_speed->ACCSW.self_speed_in;
  DC0500: data port ACCSW.required_drive_force->ECC.
    required_drive_force;
  can_msg_v_r_0004: bus access DSCHW.hs_can_bus_v
    -> ACCSW.hs_can_bus_self_speed_in;
  (snip)
flows
  EE0100: end to end flow SCC.FS0100 -> (snip) -> ECC.FS0500
    {Latency=>70 Ms;};
  (snip)
end ACCSys.SysArch;
    
```

図 2. システムアーキテクチャモデル (テキスト)

```

system implementation ACCSys.RunArch
extends ACCSys.SysArch -- Runtime Architecture (System)
subcomponents
  ACCSW: refined to system ACCSoftwarePhy.imp;
end ACCSys.RunArch;
system ACCSoftwarePhy -- Software Runtime Architecture
extends ACCSoftwareLog -- Logical -> Physical
features
  self_speed_in: refined to in data port kph_fxp_type;
  FS0100: refined to flow path {Latency => 60 Ms;};
end ACCSoftwarePhy;
data kph_fxp_type -- Refine Data Type Definition
extends kph_type
properties
  Source_Data_Size => 16 Bits;
  Data_digits => 5;
  Data_scale => 2;
end kph_fxp_type;
    
```

図 2. データの流れ

- 4) 全体図や細部など様々な抽象化レベルでのモデリングができる。
  - ・ハードウェア、ソフトウェア接続のシステム全体のモデリングが可能
  - ・ハードウェア内部の接続モデリングが可能
  - ・ソフトウェア間のデータ交換モデリングが可能  
⇒AADLは様々なレベルでのモデリングが可能
- 5) 言語仕様の開放性が高い
  - ・標準化された SAESstandard に基づく  
⇒シームレスな言語仕様
- 6) 変動性の高いモデリング機能を持つ。
  - ・外部、内部仕様は AADL のライブラリを用いることで変更可能  
⇒インターフェイスの追加が容易
- 7) 高いシステム保障ができる。
  - ・表記はBNF(Back Naur Form)に基づく
  - ・OSATEを用いることで形式検証が可能
  - ・標準化されたエラーモデリングを利用できる  
⇒高いシステム保障を実現

これらの要求を満足するアーキテクチャ記述言語のひとつとして、文献[2]による比較調査結果を参考に、AADLを用いたケーススタディを行うことに決めた。

### 3. 研究内容

AADLを用いた大規模システム制作のケーススタディを行うにあたって、nxtOSEKを用いた組み込みプログラムを構築していくこととする。nxtOSEKとは、オープンソースのLEGOMINDSTORMS NXT用開発、実行環境のことであり、自動車電子制御用OSの標準規格である、OSEKに対応したマルチタスクスケジューリング機能を持つ言語のことである。

実際にAADLを用いてシステムを開発すると、まず、ソフトウェアやプラットフォームなどがどのように繋がっているか、必要な周辺機器は何かがあるのかを示したシステムアーキテクチャを記述する。

次にそれらのソフトウェアがどのようなデータを入力するのかを示すソフトウェアアーキテクチャを記述する。そして、モードの遷移や同期がある場合にはそれがどのような条件で発生するのかを示す振る舞いのモデリングを行う。

最後に、システムやソフトウェアがどのようなデータ

のやり取りを行っているか、その時に何秒待機するのかなどを示す、ランタイムアーキテクチャモデリングを行う。この際に、作成されたアーキテクチャからソースコードのテンプレートを自動で導出することができるプラットフォームもあるが、今回のプラットフォームであるnxtOSEKには自動導出のための外部ツールが用意されていないため、手作業でソースコードへと変換していく必要がある。そして、この手順で制作されたアーキテクチャが正しく時間を守って遷移しているかどうかなどは、AADLのサポートツールであるOSATEなどを使うことで実現できる。

今回の特別研究ではこの流れに従ってnxtOSEKでキャンディソーターを制作することによって、質の高いシステムを作成することができるかどうか検証する。

### 4. 結言

これまでの特別研究では、アーキテクチャ記述言語の概念や形式検証についての学習を行ってきた。今後は、実際にAADLとnxtOSEKを用いてシステム制作を行うに当たり、AADL、nxtOSEKについての知識の取得までにかけた時間や、アーキテクチャ作成時に全体のシステムや細部のシステムを記述する際にかけた時間、細部から全体への出戻りの発生回数などについて細かく記録をする予定である。これにより、有効性の議論をより正確に行うと共に、他のAADLと同じく、ADLをベースとしたSysMLなどと比較することによってより、AADLの有用性について検証していく必要がある。

### 参考文献

- [1] Peter Feiler, 『SAE AADL V2: An Overview』, Software Engineering Institute of Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA 15213 (2010).
- [2] Sin'ichi Shiraishi, 『Qualitative Comparison of ADL-Based Approaches to Real-World Automotive System Development』, Journal of information Processing, Vol.21, NO.1, pp.34-45 (2013).

# 銀微粒子による太陽電池の光吸収効率の改善

前田 佑太

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. 緒言

電力供給不足および環境に関する問題から、再生可能エネルギーの可能性に関する研究が活発に行われている。再生可能エネルギーには太陽光、水力、風力、地熱など複数の手法がある。そのうち太陽光エネルギーは十分に得られることが期待されているため、光電変換を用いた太陽電池については多数の研究機関で発電効率の向上を目的とした研究が行われており<sup>1-4)</sup>、太陽光発電パネルに用いられる太陽電池の発電効率は向上している。太陽電池の効率を上げるには様々な方法があり<sup>5-8)</sup>、太陽電池表面での入射光反射を減少させる、または吸収する光の波長域を広げるのがその例である。我々は太陽電池の光吸収効率を向上させるため、銀微粒子貼付による表面プラズモン共鳴(Surface Plasmon Resonance:SPR)を用いた方法を考案した。これにより、従来の太陽電池の光吸収効果の増強及び発電効率の向上が可能となる。

## 2. 実験方法

本研究では考案した太陽電池の光吸収効率を改善する方法の評価を FDTD 法 (Finite-difference time-domain method)によるシミュレーションを用いて行った。図1に本研究で用いた構造を示す。

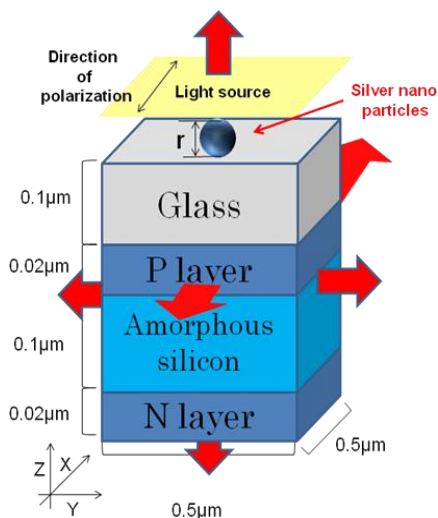


図1 解析構造

入射光は Y 軸方向に直線偏光するパルス光を用いた。太陽電池の構造としては Z 軸方向に太陽電池の n 層、アモルファスシリコン、太陽電池の p 層、ガラス板とし、厚さをそれぞれ 0.02 $\mu\text{m}$ 、0.1 $\mu\text{m}$ 、0.02 $\mu\text{m}$ 、0.1 $\mu\text{m}$ とした。X 軸、Y 軸方向は長さを 0.5 $\mu\text{m}$ の正方形とした。また光源から銀微粒子との距離は 0.03 $\mu\text{m}$ とした。太陽電池構造の側面および上面、下面から拡散される光強度を検出し、それらの総和を拡散光強度として評価する。また評価は入射光強度を基準としてそれぞれの結果について比較を行った。

この解析構造に対し、我々は貼付する銀微粒子の直径  $r$  を 100~200nm の範囲で変化させた場合の拡散光強度への影響を確認した。また入射光のピーク波長を 600nm、700nm、800nm と変化させた場合の拡散光強度への影響を確認した。

## 3. 実験結果

各波長付近における銀微粒子の有無における比較と銀微粒子の直径の変化における拡散光強度の変化の比較を示す。

### 3.1 各波長付近での銀微粒子の有無による比較

図2、図3、図4に波長がそれぞれ 600nm、700nm、800nm 付近による波長と拡散光強度の関係を示す。

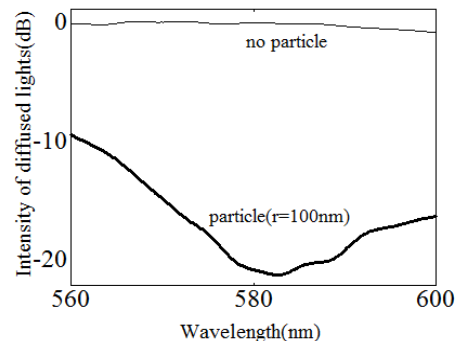


図2 波長 600nm 付近による拡散光強度との関係

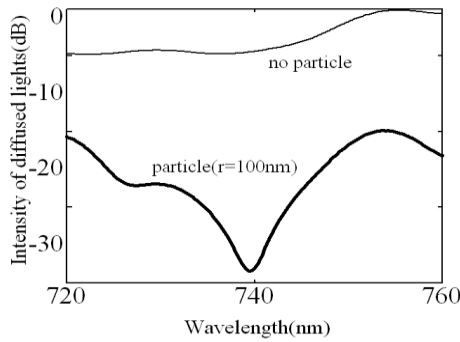


図3 波長 600nm 付近による拡散光強度との関係

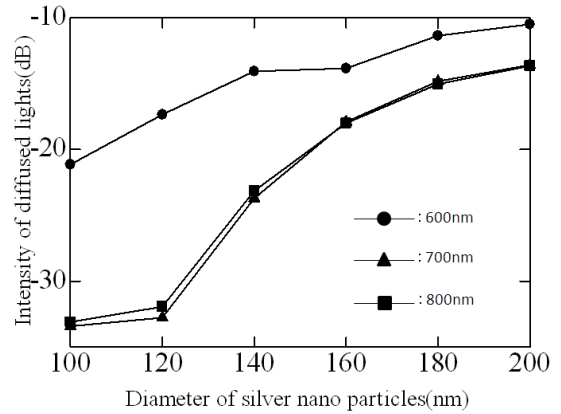


図5 銀微粒子直径による拡散光強度との関係

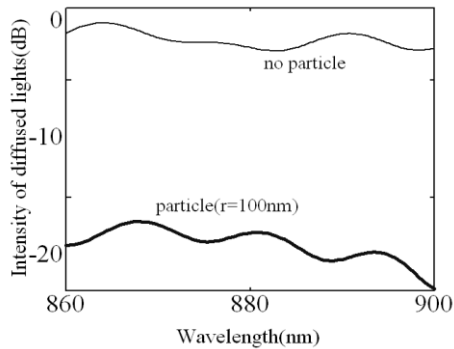


図4 波長 800nm 付近による拡散光強度との関係

図2, 図3, 図4は銀微粒子を貼付していない場合と  $r$  が 100nm の銀微粒子を貼付した場合とを比較した結果である。全てにおいて銀微粒子を貼付しない場合、入射光が太陽電池にほとんど吸収されていないことがわかる。一方、銀微粒子を貼付した場合、全体的に拡散光強度が減少した。さらに、図2では波長 580nm 付近で拡散光強度が-21.1dB, 図3では波長 740nm 付近で拡散光強度が-33.4dB と、著しい拡散光強度の減少が見られた。しかし、図4から波長 800nm 付近では著しい拡散光強度の減少は見られなかった。以上のことから、銀微粒子を貼付することで太陽電池による光の吸収が大きくなることが明らかとなった。

### 3.2 銀微粒子の直径の変化における拡散光強度の変化の比較

図5に銀微粒子の直径による拡散光強度との関係を示す。

波長 700nm, 800nm を 600nm と比較した場合、銀微粒子の直径を小さくすると拡散光強度が小さくなっており、これは太陽電池による光の吸収が大きくなっていると考えられるが、波長 700nm と 800nm を比較した場合、大きな変化は無かった。

## 4. 結 言

我々が考案した銀微粒子貼付による表面プラズモン共鳴を用いた太陽電池の吸収波長特性改善方法について、時間領域差分法により解析を行った。銀微粒子の直径を 100~200nm で変化させた場合、直径が大きくなるにつれて拡散光強度も大きくなる。さらに入射光の波長を 600~800nm 付近の範囲で変化させた場合、銀微粒子を貼付していない構造と、貼付した構造を比較して拡散光強度が減少することが明らかになった。これは銀微粒子貼付における局所的電場増強効果によるものといえ、太陽電池における光の吸収特性が改善できたことを意味する。本研究の成果から、銀微粒子の貼付により、発電効率を上昇させることが可能であると考えられる。

## 文 献

- 1) W. Wang et al., Nano Lett., vol.10 (2010), pp. 2012.
- 2) Z. Gai-Ge et al., Chin. Phys. Lett., vol.28 (2011), pp. 054213.
- 3) Q. Gu., Chin. Phys. Lett., vol.43 (2010), pp. 465101.
- 4) N. Do et al., Appl. Phys. Lett., vol.60 (1992), pp. 2186.
- 5) H. Atwater et al., nature materials., vol.9 (2010), pp. 205.
- 6) F. Beck et al., Appl. Phys. Lett., vol.96 (2010), pp. 033113.
- 7) C. Haase et al., Appl. Phys. Lett., vol.91 (2007), pp. 061116.
- 8) C. Hagglund et al., Appl. Phys. Lett., vol.92 (2008), pp. 053110.

# 動作解析を用いたバットスイング時における特徴量についての一考察

南部 彰 伸  
香川高専 創造工学専攻

## 1. 緒 言

野球の動作指導では、指導者の知識や一般的にコツやカンと呼ばれる暗黙知が含まれる経験値<sup>(1)</sup>によって指導が行われることが多い。その結果、指導者の意図が選手に伝わりにくい場合や、選手の理解が困難となる場合等の問題が生じ、選手のパフォーマンス向上の弊害となりうるということが考えられる。最悪の場合、選手の怪我に繋がる可能性も存在する。

本研究は野球のバットスイング動作に注目し、指導者の経験知を定量的に表現するための基礎的研究を行う。以下の観点に着目し、野球の打撃動作における熟練度の差異によって生じる特徴量として用いることが可能か検討することを目的とする。

- ① 打撃動作中の体重心移動
- ② 打撃動作中の股関節の角度
- ③ 3次元モーションキャプチャより得た打撃動作中の体幹軸角度
- ④ バットスイング時間
- ⑤

## 2. 実験方法

被験者を香川高等専門学校高松キャンパス高学年野球部のレギュラー選手を熟練者、非レギュラー選手を未熟練者とし、各1名のバットスイング動作中の動作解析を行った。

図1に示すように被験者の頭部と各関節に再帰反射マーカを付け、図2に示すようにバットスイング動作を3台のカメラで撮影した。



図1 マーカ取付位置



図2 撮影風景

## 3. 実験結果

### 3.1 体重心移動について

バットスイング動作中の並進運動時の体重心移動を調べるため、図1のようにバランス Wii ボードを設置し、体重心移動の軌跡をグラフに出力した。各軸方向の値を被験者の脚部長さで割り、出力値を無次元化し、投手方向の最大重心移動割合  $\zeta_{YMAX}$  の考察を行った。投手方向の最大体重心移動距離の比率  $\zeta_{YMAX}$  を表1に示す。ここで、値の有効桁を3桁とした。

並進運動の体重心移動は回転運動の補助的な役割を持つことがわかっている。表1より、熟練者の  $\zeta_{YMAX}$  は未熟練者の約2.02倍であることがわかる。これは、熟練者は試合等で得た経験値によって回転運動をスムーズに行うために重心移動が大きくとっていると考えられる。

### 3.2 股関節角度について

各被験者の股関節の角度を調べるため、動作解析を用いて図3に示すような大腿軸の立体角  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  の平均角度  $\theta_{1mean}$ ,  $\theta_{2mean}$  を求めた。求めた大腿軸の立体角を表2に示す。ここで、値の有効桁を4桁とした。

表1  $\zeta_{YMAX}$  の比較

	$\zeta_{YMAX}$
熟練者	0.501
未熟練者	0.248

表2 右および左大腿軸角度[deg]

	$\theta_{1mean}$	$\theta_{2mean}$
熟練者	23.32	37.65
未熟練者	15.03	29.73



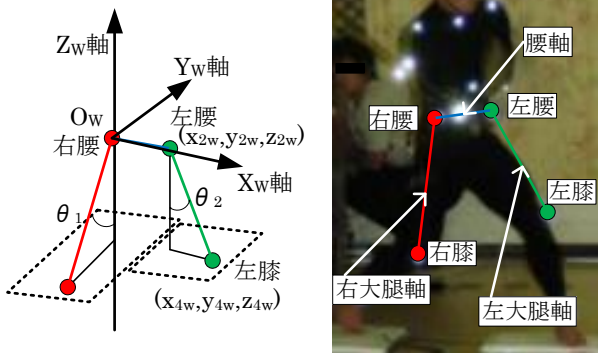


図3 股関節の立体角

表 2 より熟練者の  $\theta_{1mean}$  は未熟練者の 1.55 倍,  $\theta_{2mean}$  は未熟練者の 1.27 倍であることがわかる. 立体角が大きいということは膝を曲げ, 腰を落とした動作であることが言える. 熟練者は腰を落とすことで重心位置を低くし, 安定したバットスイングを行っていると考えられる.

### 3.3 体幹軸角度について

バットスイング動作中の体幹軸角度を調べるため, 動作解析を用いて図 4 に示すような肩中点, 腰中点を直線をつなぐことで軸を生成し, 生成した軸の立体角  $\theta_6$  の平均角度  $\theta_{6mean}$ , 最大角度差  $\Delta\theta_{6max}$  を求めた. 求めた体幹軸の立体角を表 4 に示す. ここで, 値の有効桁を 4 桁とした.

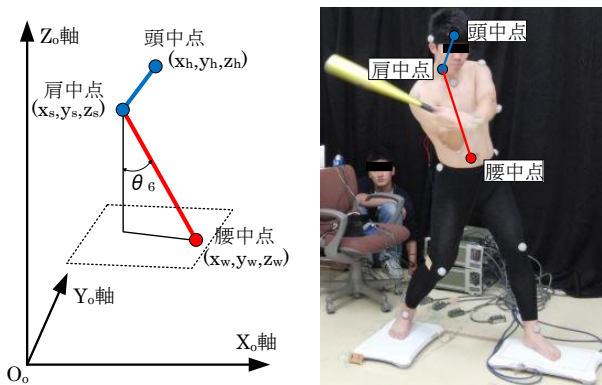


図4 体幹軸の立体角

表 4 肩中点—腰中点の立体角 [deg]

	$\theta_{6mean}$	$\Delta\theta_{6max}$
熟練者	77.21	5.632
未熟練者	78.43	6.809

表 4 より, 未熟練者の  $\Delta\theta_{6max}$  は熟練者の 1.21 倍であることがわかる. これは, 未熟練者の肩中点—腰中点をつないだ体幹軸のブレが大きいのと言える.

### 3.4 バッティング時間について

バットスイング動作の所要時間を調べるため, 動作解析を用いて各被験者のバットスイング時間を求めた. 安定したスイングであるかを調べるため, 並進運動の平均所要時間  $T_h$ , 回転運動の平均所要時間  $T_k$  および全動作の平均所要時間  $T$  を求めた. バットスイング動作時間を表 8 に示す. ここで, 値の有効桁を 4 桁とした.

表 8 バットスイング時間および分散

	$T_h$	$T_k$	$T$
熟練者	1.391	0.5167	1.908
未熟練者	0.9267	0.7073	1.634

表 8 より, 熟練者の全動作の平均所要時間に対する並進運動時の平均所要時間は未熟練者の 1.29 倍であることがわかる. これは, 表 1 に示すように熟練者の方が投手方向の最大重心移動割合が大きいことが影響していると考えられる.

## 4. 結 言

本研究結果より以下の内容の特徴量として用いることが可能と言ったことがわかった.

- ・投手方向の体重心移動,
- ・大腿軸の立体角,
- ・肩中点と腰中点を繋いだ体幹軸の立体角,
- ・バットスイング動作所要時間の分散

## 文 献

- (1)大崎正 “暗黙知を理解する”, 人文自然科学論集第 127 号(2009), P.21-39, 東京経済大学
- (2)田子考仁, 阿江通良, 大月克英, 石井喜八, “野球バッティング時における回転または並進運動の有効性”, 日本体育学会第 50 回大会号(2001), P.373, 社会法人日本体育学会
- (3)生月佑弥, “バッティングフォームにおける初心者と上級者の違いに関する研究” ([http://sun.ac.jp/prof/hemmi/Sotsuken/2005\\_Sotsuken/Soturon2005Youyaku\\_Ikitsuiki.pdf](http://sun.ac.jp/prof/hemmi/Sotsuken/2005_Sotsuken/Soturon2005Youyaku_Ikitsuiki.pdf))

# 時間制約のある巡回経路探索プログラムの開発

山口 達也

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. 緒言

旅行の際に観光地を巡るとき、旅行者を支援するための時間制約のある複数の目的地を効率的に巡回する経路探索プログラムの開発をする。現在、インターネット上でよく見られる経路探索サービスは、2点間や経由地点を入力し、経路の移動を見るものが多く、実際に観光地に行くと行けない地点が現れます。

本プログラムは、Google Earth を使った座標の入力と、生成した経路の Google Earth 上への表示を行い他のプログラムとの差別化する。ユーザーが条件や情報を入力し、ユーザーが満足できる経路を出力することを目指している。また、どんな街にでも対応できる汎用性のあるプログラムを目指している。

現在、中間発表までに課題となっていた時間制約のある巡回経路探索の関数を実装し、評価関数について検討した。

## 2. プログラムの流れ

出発地点と複数の目的地を入力し、目的地に対して条件を設定したり、目的地の情報を入力して実行する。プログラムはユーザーが満足できるように巡回経路を探索し、結果(経路、距離、所要時間)を表示する。

条件として、出発する時間や出発地点に帰ってくる時間、目的地に到着したい時間。情報として、目的地の滞在時間や優先度を用いる。

## 3. 実験結果など

探索プログラムは Visual C++ で開発している。

探索プログラムは、地点の入力や経路の出力に Google Earth を、部分的な経路探索に Google Maps を利用する。Google Earth の地図をクリックすることで入力し、Google Earth 上には、地点と地点を線で結び経路を表示する。

Google Maps で求めた部分的な経路の距離と所要時間を用い、巡回経路を作成する。Google Maps は、入力された目的地間の経路の距離や所要時間を取得するために用い、本研究において重要である。図 1 の URL 中の 3 つのパラメータ saddr (出発地点の座標)、daddr (到着地点の座標)、dirflg (移動手段: 車な



図 1 Google Maps と URL

ら d, 徒歩なら w) を指定して URL を送り、出力される Web ページの HTML ソースを取得することで部分的な経路探索の情報として距離と時間を得る。

## 4. 時間制約のある巡回経路探索



図 2 条件ダイアログ

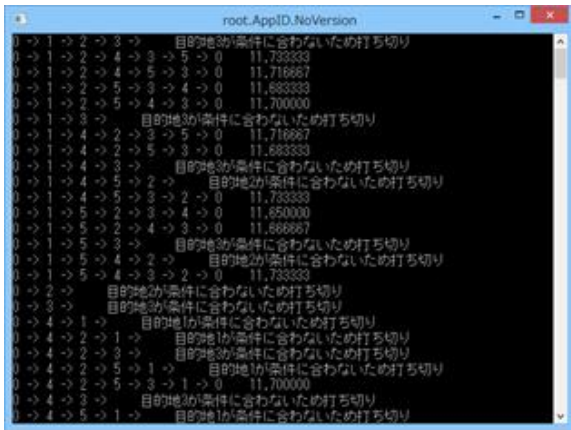


図3 経路探索結果

目的地点のパターンは以下の4つとなり、経路はこれらの地点を組み合わせる。

- 時間制約があり、必ず訪問する地点
  - 時間制約が無く、必ず訪問する地点
  - 時間制約があり、必ず訪問しなくても良い地点
  - 時間制約が無く、必ず訪問しなくても良い地点
- 時間制約のある巡回経路探索は、以下の通りである。

1. 図2の条件ダイアログで目的地点に条件を付加したり、情報を入力した後実行する。
2. 目的地点を総当たりで巡回経路を組んでいく。
3. 途中で時間制約に合わない地点をたどろうとするとその経路を候補から除外する。
4. 地点を追加した結果、出発地点に戻る時間の条件を超えた時、それまでに必ず訪問する目的地が経路に全てある場合、今追加した地点を経路から除外し出発地点に戻る経路を作成し候補とする。

そして出力された複数の候補を評価式に当て、評価値の高い上位の候補を出力する。

図3は、目的地点が5個の場合の探索結果である。

- 目的地点1は、到着希望時刻を9時から10時の間で滞在時間は30分として、優先度を最大とする。
  - 目的地点2は、到着希望時刻を10時から11時の間で滞在時間は30分として、優先度を最大とする。
  - 目的地点3は、到着希望時刻を11時から12時の間で滞在時間は30分として、優先度を最大とする。
  - 目的地点4は、滞在時間30分として、優先度を最低とする。
  - 目的地点5は、滞在時間30分として、優先度を最低とする。
- 地点0は出発地点を表している。1行目や6行目の

ように、目的地点の時間制約と比べて、早く着いたり遅く着いたりして条件に合わない場合、探索を打ち切り候補から外されているのが分かる。また、条件を満たし解の候補となっている経路の後ろの値は、出発地点に戻って来る時間を表している。

図3には無かった出発地点に戻る時間の条件を超えた時のパターンを以下に示す。

目的地点1と3を必ず訪問する。

- 巡回経路が0→1→2→3→4の場合、目的地点4で出発地点に戻る時間の条件を超えた時、目的地点4を削除し目的地点5を追加しても条件を超えるならば、0→1→2→3→0という経路を作成する。
- 巡回経路が0→2→3→5→4の場合、目的地点4で出発地点に戻る時間の条件を超えた時、この経路は候補から除外する。

## 5. 評価関数

出力された経路は、ユーザーが満足するような経路でなければならない。経路を評価するとき必要な要素は、効率的な経路になっているか、優先度の高い目的地が多く経路に含まれているか、時間以内に多くの地点を巡回できているかなどである。

現在検討している評価式を以下に示す。

出力された経路の目的地点*i*の優先度*P<sub>i</sub>*の総和を*P*として、

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

とする。出力された目的地点間の部分的な経路の重み*W<sub>i</sub>*を

$$W_i = \frac{\text{地点}i\text{と地点}i+1\text{間の距離}}{\text{全ての地点間の最短距離}} \quad (2)$$

として、その総和*W*を次のようにして求める。

$$W = \sum_{i=0}^n W_i \quad (3)$$

そして、評価値を次のようにして求める。

$$\text{評価値} = (P - W) \times \text{経路の目的地点数} \quad (4)$$

この評価式では、*P*から*W*を引くことにより、効率的な経路を通らなければ評価は高くなる。また、それに経路の目的地点数を掛け算することで、訪問する目的地点が多いと評価が高くなる。

## 4. 結 言

時間制約のある巡回経路探索関数の実装と評価式の考案をした。現在、評価式の妥当性を評価する方法を検討している。

# 災害時における道路混雑度の評価

入江 哲矢

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. 緒言

あるネットワークにおいて、任意の異なる2頂点間の最短経路を求める。頂点の数を  $n$  とすると、この最短経路は全部で  $n(n-1)$  通り存在する。このとき、ネットワーク上の各辺が、これら  $n(n-1)$  通りの最短経路のなかで、何回使われたのかを数える問題を最短経路数え上げ問題という。本研究では、数え上げ問題を用いた災害時の道路混雑度の評価方法について考える。また本稿では、旅行時間や交通需要を考慮に入れた最短経路数え上げ問題、Near Shortest Path を用いた数え上げ問題について取り上げ、それぞれの場合について道路混雑度評価の結果を示す[1]。

## 2. 前提条件

混雑度評価を行うにあたり、モデルを簡単にするために前提条件を設けることにした。まず、前述したように災害地モデルとして香川県詫間町周辺を用い、他地域からの流入は考えない。また、時間帯によらず人口は一定である。次に、移動手段は自動車とし、移動速度は一定である。最後に、道路容量や道路幅は考慮しない。ただし、道路幅は考慮する。これらを前提条件とし、道路混雑度の評価を行った。

## 3. 道路混雑度の評価

最短経路を求める際のアルゴリズムとしてダイクストラ法を用いる。また、移動時間を評価の基準とし、最短経路を求める。そのための旅行時間  $T$  を式(1)に定義する。それぞれ旅行時間  $T$ 、頂点間の距離  $l$ 、移動速度  $v$ 、係数パラメータ  $k$  を示す。係数パラメータ  $k$  は道路車線数により変化する。

$$T = l/kv \quad (1)$$

次に交通需要を考慮するための評価関数について示す。一般的な最短経路数え上げ問題は、全頂点間の経路に様に需要が存在すると仮定して数え上げられるが、災害時は地域ごとに人口のばらつきがあるため、各道路の需要(使用人数)に差が生じる。それらを考慮するための評価関数を式(2)に定義する。それぞれ、辺  $e$  の混雑度  $C_e$ 、辺  $e$  を通る最短経路の集合  $P_e$ 、経路  $p$  の始点の集落の人口  $H_p$ 、避難や救助を含んだ移動率  $f$  を示す。

表1 旅行時間と交通需要を考慮した数え上げ

Rank	辺を通った人数(人)	辺の数(本)
1	~ 0	72
2	1 ~ 800	2
3	801 ~ 1600	1
4	1601 ~ 2400	37
5	2401 ~ 3200	8
6	3201 ~ 4000	13
7	4001 ~ 4800	21
8	4801 ~	1

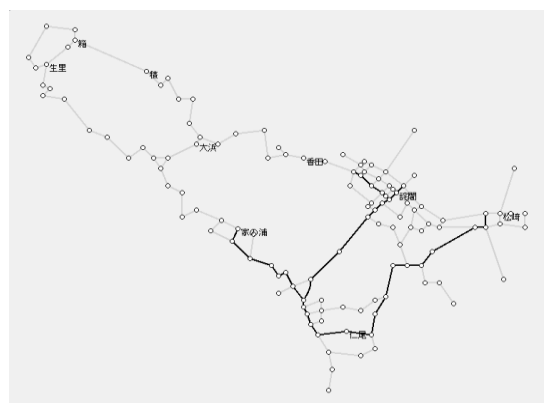


図1 表1におけるランク6以上の辺

$$C_e = \sum_{p \in P_e} H_p \times f \quad (2)$$

式(1)と式(2)を考慮した最短経路数え上げ問題を用いて、道路混雑度の評価を行う。結果を表1、図1に示す。

## 4. Near Shortest Path の導入

頂点間の最短距離を  $l_s$ 、Near Shortest Path に含まれる経路距離を  $l_n$  とした時、Near Shortest Path とは式(3)を満たす経路である。  $\varepsilon$  の範囲は  $0 \leq \varepsilon \leq 1$  とすると、Near Shortest Path に含まれる経路の距離は  $l_s$  以上であり  $l_s$  の2倍以下である[2]。

$$(1 + \varepsilon) \times l_s \geq l_n \quad (3)$$

数え上げ問題に Near Shortest Path を導入する。一般的な最短経路数え上げ問題は、頂点間の最短経路を全ての組み合わせについて求め、経路に含まれる辺

を数え上げていくものであるが、ここでは最短経路の代わりに Near Shortest Path を求め、経路に含まれる辺を数え上げる。しかし、最短経路が一意に決まるのに対し、Near Shortest Path は複数見つかる場合がある。また、すべての頂点間の経路数が等しいわけではなく、ある頂点間の経路数と別の頂点間の経路数には差が出てくるため、これまで通り数え上げただけでは問題がある。そこで、交通需要を考慮するための評価関数である式 (2) を式 (4) に変更する。これは、頂点間の経路数によって数え上げる人数を変えるためである。 $n$  は Near Shortest Path の経路数を示す。

$$C_e = \sum_{p \in P_e} H_p / n \times f \quad (4)$$

表 1 に示すように、最短経路数え上げ問題では Rank1 の辺 (1 度も経路に含まれない辺) が 72 本あったが、Near Shortest Path を導入することで、Rank1 の辺が減ることを期待する。結果を表 2 と図 2 に示す。

### 5. 避難所の導入

これまでの地図データに避難場所を追加し、集落から避難所への移動とその際の混雑度の評価を行う。これまでと同様に、数え上げ問題を用いて混雑度の評価を行う。結果を表 3 と図 3 に示す。ただしこれは、移動パターンを各集落から避難所への移動のみとし、集落から各避難所への移動は一様に行われるものとした場合のものである。

### 6. 結 言

本稿では、最短経路や Near Shortest Path を用いた道路混雑度、災害時の道路混雑度の評価について考え、それぞれある条件の下で評価結果を求める事ができた。しかし、現実の道路混雑度を正しく評価できているとは言えず、多くの課題を残すこととなった。また、本稿で示した災害時の道路混雑度評価は、移動パターンは各集落から避難所のみである、集落から各避難所への移動は一様に行われる、この 2 つを想定した場合の結果である。しかし、実際の災害現場では家族や親せきの家へ移動する車や、救急車などの緊急車両の移動が考えられる。また、地域によって避難場所は決められているためそれらを考慮する必要がある。

### 文 献

- [1] 木下龍一, 佐々木美裕: 道路交通容量を考慮した最短経路数え上げ問題, 南山大学, 2007.
- [2] W. Matthew Carlyle, R. Kevin Wood, Department of Operations Research, Naval Postgraduate School, Monterey, California 93943F, 2

表 2 Near Shortest Path での数え上げ ( $\epsilon = 0.2$ )

Rank	辺を通った人数(人)	辺の数(本)
1	~ 0	21
2	1 ~ 800	0
3	801 ~ 1600	0
4	1601 ~ 2400	94
5	2401 ~ 3200	24
6	3201 ~ 4000	16
7	4001 ~ 4800	0
8	4801 ~	0

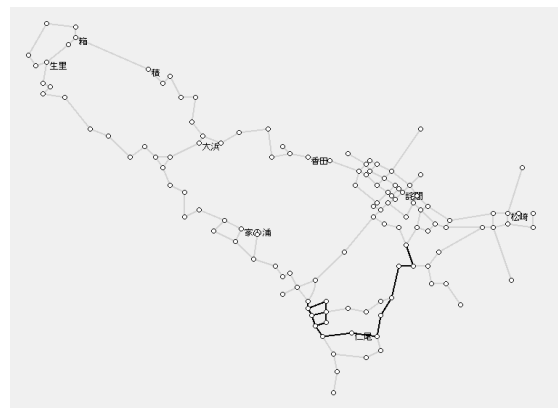


図 2 表 2 におけるランク 6 以上の辺

表 3 集落から避難所へ移動した場合の数え上げ

Rank	辺を通った人数(人)	辺の数(本)
1	~ 0	48
2	1 ~ 800	4
3	801 ~ 1600	34
4	1601 ~ 2400	21
5	2401 ~ 3200	14
6	3201 ~ 4000	15
7	4001 ~ 4800	12
8	4801 ~	7

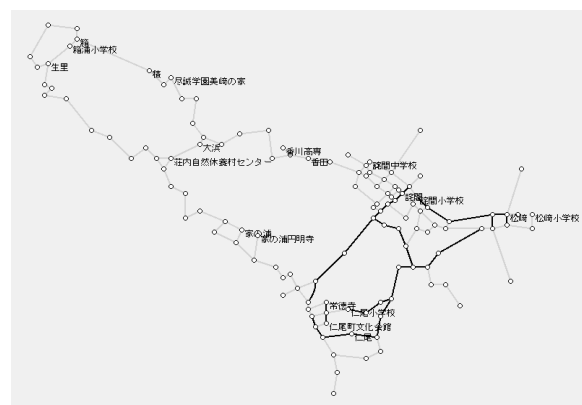


図 2 表 3 におけるランク 6 以上の辺

# 無線電話の欧文暗語による受話学習支援ソフトの開発

國 本 志 帆

広島商船高専 海事システム工学専攻

## 1. 緒 言

現在、本校商船学科航海コースにおいては、総務省により第一級海上特殊無線技士（以下、一海特とする。）の長期型養成課程の認定を受けているため、指定の単位を取得すれば免許が取得可能となっている。一海特の取得には、無線電話で使用されている欧文暗語の1分間50字の速度で約2分間の送話（話す）及び受話（聞き取り）が行えるようにならなければならない。しかしながら、授業及び実験実習を通して行われている。しかしながら、授業及び実験実習において、送話及び受話の試験に時間を要することから、各自の予習を終えていることが前提となっているため、個々の学生の合否確認が主となっているように見受けられる。また、合格水準を満たすため、長い補講時間を要する学生が見受けられ、事前に自学習できる環境が整備されていないのが主因と考えられる。

そこで、自学習が可能となる支援環境を整えるため、送話と受話があるが、比較的開発し易いと考えられる受話の学習支援ソフトを開発することとした。

## 2. 電気通信術の実技試験について

欧文暗語の送話及び受話の試験は、電気通信術の実技試験の中の1つで、総合無線通信士、海上無線通信士（第四級を除く）、航空無線通信士、第一級海上特殊無線技士および航空特殊無線技士の国家試験において実施される。

送話においては、問題用紙に記載されている欧文暗語を表1に示す欧文通話表に従い発声する。

受話においては、機器から流れる欧文通話表による欧文暗語を聴取し、解答用紙に記入する。

ここで使用される欧文通話表は通信に限らず多くの業種で用いられ、多くの派生規則がある。日本も加盟するIMO（国際海事機関）が欧文通話表を採用しているため、本校の訓練は、この欧文通話表に基づいて行っている。

表1 欧文通話表

文字	使用する語	文字	使用する語	文字	使用する語
A	Alpha	J	Juliet	S	Sierra
B	Bravo	K	Kilo	T	Tango
C	Charlie	L	Lima	U	Uniform
D	Delta	M	Mike	V	Victor
E	Echo	N	November	W	Whiskey
F	Foxtrot	O	Oscar	X	X-Ray
G	Golf	P	Papa	Y	Yankee
H	Hotel	Q	Quebec	Z	Zulu
I	India	R	Romeo		

欧文暗語とは、5字ごとに区切られた意味を持たないアルファベットの羅列を意味する。受話の実技試験における実際の解答例を図1に示す。

商船 一郎

```

BDFRW  WUVJH  JFVKW  IGI ZP
BTINK  L TSLK      NN  HIXTM
JPE CS  MD  OJ  BTEHY  ACEGP
  R      Y
JGFGE  MLDOO  LARSB  RFCUV
GQNUZ  QQRSD  EUVKY  CQOPM
    
```

図1 受話の実技試験の解答例

白紙の解答用紙に折り目を付けて区切り、5字ずつ固まりになるよう記入するという方法である。

## 3. 受話学習支援ソフトの開発

学生が手軽にPC単体のみで自学習が完結する受話学習支援用に、キーボード入力された解答から自動採点可能なソフトをJAVA言語により開発した。

本ソフトの内容をフローに従って説明する。

### 3.1 問題の生成

初級、中級、上級の難易度から問題を選択する。難易度は、送話の速さが遅いものを初級、速いものを上級、中級は国家試験の送話の速さと同等（約2分間）としている。A~Zのアルファベットをランダムに100字で構成された問題を自動生成する。また、問題生成において、A~Zの全てのアルファベットが含まれるようにしている。

### 3.2 問題の送話

アルファベットの1文字の音声ファイルを、自動生成された問題に従って送話する。

### 3.3 キーボード入力による解答

送話される問題を聴取し、キーボード入力により画面に解答する。キーボード入力による解答途中の画面を図2に示す。

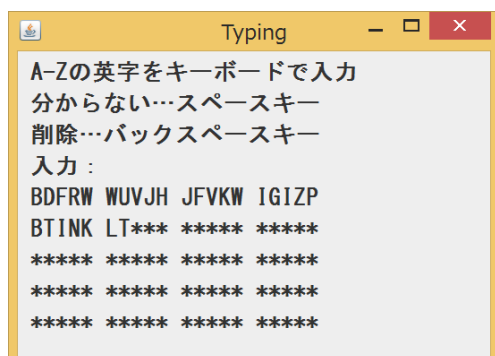


図2 受話学習支援ソフトの入力途中画面

入力部分は、図2に示すように、未記入文字にあらかじめアスタリスクマークを表示し、5字ごとに区切って表示することにより、解答者が入力の進捗状況を容易に把握できるようにした。さらに、訂正する場合に必要な入力した文字の削除は、バックスペースキーを押すことにより可能であり、分からない場合はスペースキーを押すことにより1字スキップすることが可能である。

### 3.4 採点

送話終了後、キーボード入力による解答と正解を比較し、採点により合否判定を行う。日本無線協会の示す採点要領に従い、80点以上を合格とする。採点においては表2で示す減点項目により、100点満点からの不良点減点方法で得点を求め、減点が100点を超える場合は得点を0点とする。

表2 減点項目

誤字、冗字	1字ごとに	3点
脱字、書体不明瞭	1字ごとに	1点
抹消、訂正	3字までごとに	1点
品位		15点以内

採点処理は、キーボード入力により取得した文字列と正解の文字列を比較し、一致しない文字を抽出する。次に、抽出した文字の中から空白の部分の脱字とし、それ以外の文字を誤字とし、それぞれ計算し、減点する。また、抹消、訂正においてはバックスペースキーが押された回数により計算し、減点する。冗字は無駄な文字・不必要な文字を指し、品位は5字を余白なく続けて書く、落書きをする等のことを指し、本ソフトにおいては、このような事象は起こりえないので、考慮する必要が無かった。

### 3.5 正解及び合否・得点等の出力

採点終了後、図3に示すように表示画面の上部に

解答者が入力した文字が出力され、下部に送話された問題である正解、合否、得点、減点内容の順で出力される。上部入力部分における空白で表示されている箇所がここでいう脱字にあたる。図3の場合、得点は79点なので不合格となり、減点21点の減点内容は誤字6字で-18点、脱字3字で-3点、訂正は2字で-0点となっている。

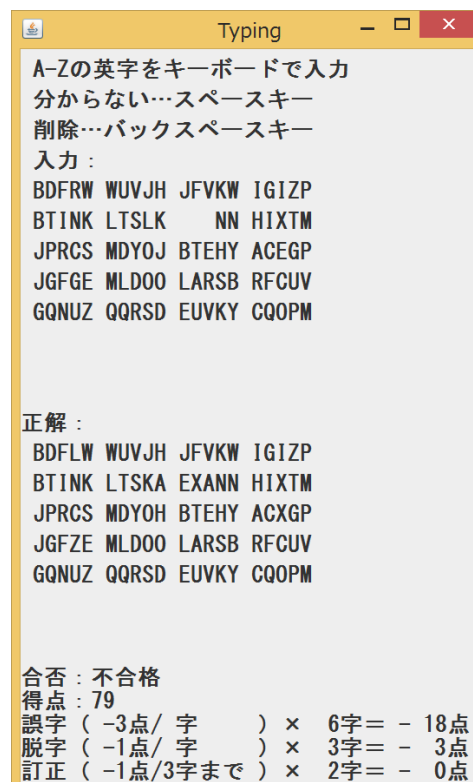


図3 受話学習支援ソフトの採点終了後画面

## 4. 結 言

無線電話の自学習が可能となる支援環境を整えるべく、受話の学習支援ソフトを開発した。

本ソフトは、難易度を選択することにより、学生の個々の習熟度に合わせて学習することができ、キーボード入力された解答から自動採点が可能である。したがって、受話における学習支援として、最低限の環境が整備できたと考える。

今後は、本ソフトのモニターを実施し、学生及び教員の意見を取り入れ、より良いものとなるように改善していきたい。また、学生の結果を集中管理し、学生個人または全員の学習成果及び進捗状況の把握が容易に分かりやすく出力が行えるようにしていくことも考えている。最後に、実際の試験においては、筆記により解答するため、手書き認識機能を付加することで、より実際の試験に近い環境での自学習が可能となり、本ソフトの完成と考えている。

# 非線形微分方程式の解析プログラムの研究

横田 尚希

宇部高専 生産システム工学専攻 1 年

## 1. はじめに (研究の背景と目的)

人間が暮らしている世の中での全ての現象は非線形である。そこで本研究の目的は、非線形微分方程式の解析を目的として、平衡点や $\alpha$ 枝などを解析するプログラムの構築を行った。

非線形現象の解析を行う上で自律系と非自律系を問わず分岐集合を計算する場合には、Jacobi 行列の計算が必要になる。この Jacobi 行列の成分を計算するアルゴリズムは昨年度までに完成しており、今回は、そのデータを用いて Lorenz 方程式の平衡点を求め $\alpha$ 枝を描くプログラムの作成を行った。プログラムの作成には、Freemat を用いて行った。Freemat とは、MATLAB 互換のある無償の数値解析ソフトであり、GUI の製作からファイルの入出力方程式の図式化に至まで様々な機能を要するソフトウェアである。

## 2. 研究方法 (実験方法)

### 2.1 Lorenz 方程式

今回解析に使用した Lorenz 方程式とは

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -\sigma x + \sigma y \\ \frac{dy}{dt} &= -xy + rx - y \\ \frac{dz}{dt} &= xy - bz\end{aligned}$$

である。この 3 つのパラメータ $r, b, \sigma$ を変更していく事で様々な解軌道が現れる。

### 2.2 平衡点

平衡点とは、微分方程式が持っている速度が 0 の点、つまり

$$\frac{dx}{dt} = f(x) = 0$$

x:微分方程式の初期値

t:時間

dx/dt:速度

を求めることで得ることができる。

平衡点は Newton 法を用いて計算を行っており、ここで得られた平衡点をもとに固有値・固有ベクトルの計算などを行っている。

### 2.3 Newton 法による平衡点の計算方法

Newton 法により変数の修正量の導出を行い、平衡点を導出する。ここで  $h$  は近似値の修正量であり、以下の式で表される。

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= x_n + h \\ h &= -DF^{-1}(x_n)f(x_n)\end{aligned}$$

$f(x_n)$ は、関数 $f(x)$ の第  $n$  次近似、 $x_n$ まわりの Taylor 展開を示す。 $Df(x_n)$ はそれを微分したものであり、

$DF(x_n) = \frac{\partial f_i}{\partial x_i}$ である。これは Jacobi 行列となる。

### 2.4 $\alpha$ 枝について

非線形微分方程式の平衡点では、それぞれ固有ベクトルを持つ。固有ベクトルで、不安定な平衡点の方向に軌道を描くものを $\alpha$ 枝と呼ぶ。また、安定な平衡点へ戻ってくる軌道を $\omega$ 枝という。今回の研究では、平衡点から $\alpha$ 枝の軌道が限りなく安定な平衡点に近づく $\omega$ 枝を得られるパラメータを探すことを目的としている。

### 2.5 固有値の選別

微分方程式の平衡点から固有値・固有ベクトルの計算を行う。ここで、固有値の実数部が負の場合、平衡点近傍の解軌道は、安定な平衡点へと収束する。 $\alpha$ 枝を描くためには、虚数部が 0 かつ実数部が正となる固有値の選別が必要になる。

### 2.6 データの計算

求めたいデータを `adata[]` とし、以下の式

$$\text{adata}[ ] = x[ ] + \text{vr}[ ] * \text{deigen}$$

`x[]`:平衡点

`vr[]`:固有ベクトル

`wr[]`:固有値の実部

`deigen`:固有ベクトルの大きさだけずらす。

平衡点

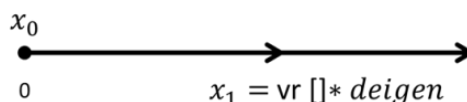


図 1: 平衡点の近傍

で求めることができる。



### 2.7 数値積分での解軌道の計算

上で求めた  $a_{data}$  を初期値とし数値積分を行う。数値積分を繰り返す事によりグラフが描写される。

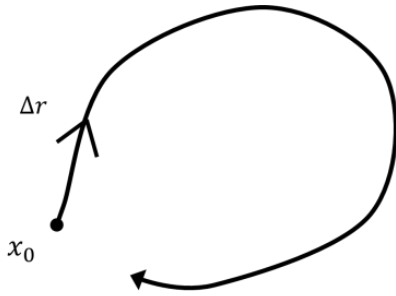


図 2: 図 1 からある程度の時間経過後

図 1 の状態から数値積分を繰り返した結果、図 2 のように平衡点に戻ってくるようなグラフになることが分かる。

$\Delta r$  は、「2.6 データの計算」で使用した  $deigen$  のことである。

解軌道は安定な平衡点に収束していくか、もしくは、不安定な平衡点だった場合、時間が経つとそこから離れていくカオスとなる事も考えられる。また微分方程式の平衡点は複数存在するため、どのような動作になるかは、微分方程式のパラメータに大きく依存する。

### 3. 研究内容

Freemat により作成したプログラムの実行結果を図 6 に示す。変分方程式は Maxima により導出を行っており、そのデータを基に Freemat で平衡点を求める計算を行っている。Freemat では、GUI を作成するプログラム (`heikouten_gui.m`) と平衡点を計算するプログラム (`newton.m`) によって構成されている。

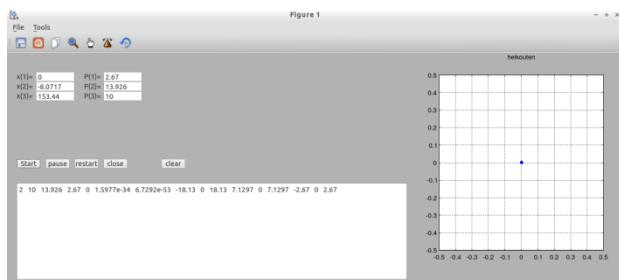


図 6: Freemat の実行結果

図 6 の実行結果では  $x(1), x(2), x(3)$  は Lorenz 方程式の  $x, y, z$  に対応しており、 $P(1), P(2), P(3)$  は  $r, b, \sigma$  のそれぞれに対応している。GUI により、初期値を変更できるようになっており、Start ボタンを押すことにより平衡点を求めるプログラムが動作を開始し平衡点の値を下の表に、右上のグラフには平衡点の値をグラフ表示できるようになっている。

下の数値では左から、Newton 法を用いた回数、3

つのパラメータの値、変数の値、それぞれの固有値の実数部、虚数部、絶対値が出力される。

この値を基に  $\alpha$  枝を描くと図.3 図.4 のような図になる。



図 4:  $r=20$  の場合

図.3 では、Lorenz 方程式のパラメータ  $r$  を 10 と設定した時の  $\alpha$  枝となる。平衡点より右側に  $\alpha$  枝が描かれていることがわかる。

図.4 では、 $r$  を 20 と設定した時の  $\alpha$  枝となる。こちらでは、平衡点の左側に  $\alpha$  枝が描かれていることがわかる。

上記のことから、平衡点から出た  $\alpha$  枝が最初の平衡点へ戻るパラメータ  $r$  の値はこの  $r=10$  と  $R=20$  の間にあると考えられる。

### 4. 結言 (今までのまとめと今後の方向性)

本研究により、Maxima によって導出された変分法定式を用い Freemat で平衡点を求めるプログラムを作成することができた。

今後の課題として、平衡点の固有値・固有ベクトルから数値積分によって解軌道が最初の平衡点に戻ってくるようなパラメータの初期値を求めることができるプログラムに改良することである。また、平衡点だけでなく、固定点や分岐現象などを解析できるようなプログラムに改良を行うことによって、更に非線形現象をより深く解析できると考える。

### 参考文献

[1]非線形微分方程式の解析プログラムの研究 平衡点 杉 悠司

[2]Lorenz System の解析及び解析方法について 小柴 等

# マルチコプターを用いた環境計測ロボットの開発

三 島 啓 寛

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. 緒 言

現在日本の農業においては、農業従事者の高齢化に伴い耕作放棄地の増加など様々な問題が生じている。これらの問題に対して、高齢者でも農業生産が可能な環境作りや労働量の軽減、若者にとって魅力ある農業環境の構築などが求められており、その解決策の一つに農業ロボットによる効率化・自動化が挙げられる。

日本における農業ロボットの研究としては、果実の自動収穫ロボット<sup>[1]</sup>や、トラクターの自動化<sup>[2]</sup>などが挙げられる。その中で薬剤散布・防除ロボットに関する研究開発も進められているが、これらはベース機体が数百万円以上であり、中大規模圃場向けの用途である。また、騒音や周囲への薬剤飛散も問題となり住宅地に隣接する場合にも適用に限界がある。

そこで本研究では、小規模圃場を対象とした小型、軽量、低騒音な薬剤散布ロボットを検討する。本研究では応用範囲の広さから世界中で様々な研究<sup>[3-4]</sup>が進められている小型 UAV (無人航空機: Unmanned Aerial Vehicle) に着目し、小型マルチコプターを用いた薬剤散布ロボットを提案、その実用性やコスト等を検討する。

## 2. 協調型薬剤散布システム

本研究では、小規模圃場での運用に必要な小型、軽量、低騒音で低価格を実現するため小型マルチコプターを用いた薬剤散布ロボットを提案し、その実用性やコスト等を検討する。UAVの自律化に伴い制御装置やGPS、カメラ等のセンサを搭載する必要があり、一台のUAVで環境計測と薬剤散布を同時に実現するためには機体の大型化が避けられない。

そこで、この解決策として図1に示すように複数のUAVに機能を分散し環境計測機体と薬剤散布機体を協調制御することで小型化、軽量化を図る手法を提案する。

環境計測機体には、小型の位置・環境計測用センサ (GPS, カメラ, レーザレンジファインダなど), データ送受信装置, 自律航行用マイコン等を搭載し, 各種センサの情報に基づき自律制御を行う。

薬剤散布機体には、薬剤用タンク, 噴霧ノズルおよびデータ送受信装置, 噴霧制御システムを兼ねた自律

航行用マイコンを搭載する。また、環境計測機体との協調動作のために、搭載カメラや超音波ソナー等を用いて環境計測機体の指令に追従する機能を実現する。

また、将来的にはUGV (無人陸上車両: Unmanned Ground Vehicle) とも協調制御を行うことで、水稲や大豆, 果樹園など散布場所に適した組み合わせでより効率的な散布が可能となるシステムが期待できる。

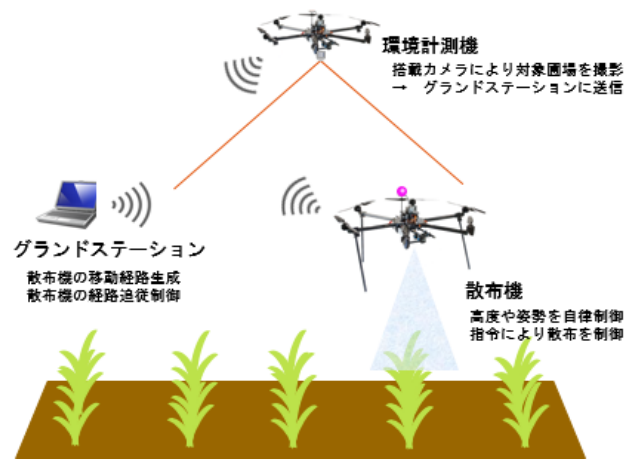


図1 協調型薬剤散布システムの構成

## 3. 環境計測用マルチコプター

環境計測用機体に求められる性能として、カメラやソナー等の各種センサによる計測と、その情報をリアルタイムでPC(Grand Station)に送信する機能、また、自動で飛行制御する機能などが挙げられる。今回はそのベースとなるシステムの構築と動作確認を行う。

環境計測用機体の構成は、大まかに既存のマルチコプターと、センサ各種を備えた制御用マイコンボード(以下制御用ボード)の2つの部分に分けられる。この構成には、既存のマルチコプターに標準で搭載されているフライト用ボードはそのままに、制御用ボードにユーザ独自のプログラムを実装するだけで様々な機能を拡張することができるという利点がある。また、陸上機や水上機への応用にも期待できる。

既存のマルチコプターにはenRoute社のZion4を用いている。Zion4は受信機(Futaba社製)から得られるエルロンなどの各種制御信号によってモーターをコントロールする一般的なラジコンである。この受信機とフライ

ト用ボードの間に制御用ボードを挟み、機体をコントロールする信号を制御用ボードから出力することで機体をコントロールする。提案するシステムを図2に示す。本システムでは手動での操縦も行えるように、「パススルーモード」と「自律制御モード」の2種類のモードを切り替えることが出来るシステムを構築した。

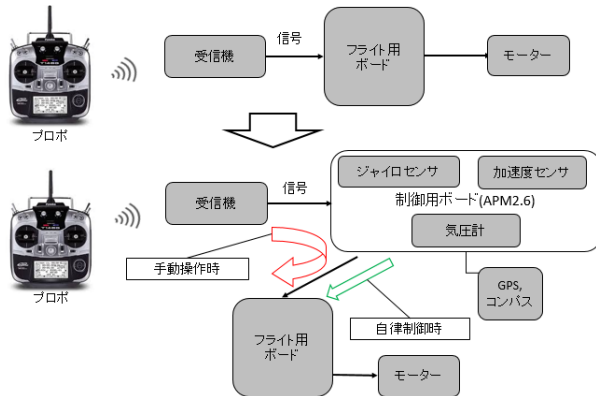


図2 環境計測用機体の構成

#### 4. 飛行実験

提案するシステムを搭載した実機による飛行実験を行った結果を報告する。今回は、制御用マイコンとしてArduinoベースである3DRobotics社製APM2.6を用いてシステムを構築した。

##### 4.1 RC信号解析

制御用ボードからどのような信号を出力すればZion4のフライト用ボードに操作量として与える事ができるのかを調べるため、ラジコンの受信機から出る信号を解析した。表1に解析結果の一例を示す。また、エルロン、エレベータ、スロットル、ラダーの各操作に関しては、全て同様の出力値であった。

表1 解析結果

stick position / output signal	minimum	center	maximum
ON time[μs]	1109	1524	1933
Duty Ratio[%]	55	75	95

period : 2000[μs]

このデータを基に、パススルーモードでは制御用ボードが受信機から受け取った信号と同じものをフライト用ボードへ出力し、自律制御モードでは制御用ボードがセンサ等のデータを基に自動で制御用信号をフライト用ボードへ出力し機体をコントロールする。

##### 4.2 手動制御によるデータ計測

制御用ボードからの信号による操縦の検証と同時に、

制御用ボードが各種データを取得でき、さらにそれをワイヤレスでPCに送信することが出来るか実験した。

図3はGPSによる位置情報(軌跡, 現在位置)を、Google Earth上に表示したものである。これらの情報は無線通信によりPC上でリアルタイムに観測することが出来る。GPSの誤差は約2.5[m]以内であった。



図3 現在位置とその軌跡

#### 5. 結 言

本研究では、複数のUAVを用いた協調型薬剤散布システムを提案、その実現のため環境計測用マルチコプターのベースとなるシステムの構築を行った。通常のラジコンの構成に制御用マイコンボードを加える事で、各種センサによる計測、無線通信、自律制御を実装する。また、このシステムの構成は基となる機体への依存度が低く、陸上機や水上機などの別機体へ応用できるという利点がある。

今回はシステムの検証として、手動による飛行実験と自律制御の実験、および無線通信による計測データの観測を行った。その結果、制御ボードからの信号による自律制御の可能性と、無線通信による機体情報の観測を実現した。

今後の課題として、自律制御の安定化と、GPSデータを基に機体の位置を自律制御する機能の実装が挙げられる。

#### 文 献

- [1] 林, 齋藤, 落合, 山本他, "プラットフォーム移動型イチゴ収穫ロボットの開発", 農業環境工学関連学会 2012年合同大会公演論文集, A44, 2012.
- [2] 藤本, 佐藤, "トラクタ用農作業フィールドコンピュータの開発", 農業環境工学関連学会 2012年合同大会公演論文集, A31, 2012.
- [3] 松井, 真田, 石井, "小型飛行ロボットと陸上支援システムの協調作業に関する研究", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集2010, 1A2-C16, 2010.
- [4] 野波健蔵, "民生用自律無人航空機 UAV・MAVの研究開発の現状と展望", 日本機械学会論文集(C編) 72巻 721号, 2006.

# 画像処理を用いた移動・変化する細胞核の追尾と細胞核内スポットの計測

廣 江 翼

米子高専 生産システム工学専攻

## 1. 緒言

乗り物や動物、ボール等、移動する物体の認識が精度高く実現できれば、幅広い分野で応用が可能である。一方、PCやカメラの性能向上と価格低下、オープンソースでのツールの提供により、強力な画像処理技術を安価に入手できる環境が整ってきた。

こうした状況のもと、画像処理による移動・変化する物体の認識のひとつとして、生物細胞の周期およびDNA損傷の解析に取り組んでいる。これは鳥取大学大学院医療系研究科 機能再生医科学専攻 遺伝子再生医療講座の栗政明准教授から共同開発を提案されたもので、細胞の観察により得られた多量の画像情報（15分おきに150枚）から、細胞核の形態、DNA損傷および細胞核周期を同定する情報を抽出し、解析するための画像処理システム（以下「本システム」という）を開発しようというものである。

## 2. 本システムの概要

本システムは、放射線を照射、あるいは抗がん剤を投与した細胞に2種類の蛍光タンパク質（DNA損傷検出用と染色体複製検出用）を付加し、このときの細胞を培養顕微鏡で15分おきに150枚撮影した2種類の画像から、

- ① 移動し形態が変化する細胞核を追尾・抽出し、
- ② 抽出した細胞核周辺のノイズを除去し、
- ③ 細胞核内のスポット数（蛍光タンパク質が光る点の数）を計測する

という過程を自動化しようというものである。

本システムの開発には、MacBookPro (MacOS 10.9.1) と ImageJ 1.47v を用いた。ImageJ<sup>1)</sup>は、アメリカ国立衛生研究所 (NIH) の Wayne Rasbaund 氏によって開発されたオープンソースの画像処理ソフトウェアである。マルチプラットフォームであり、Java1.1以降のVM上で動作する。

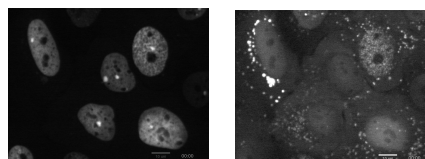
### 2.1 バイオセンサーを用いて撮影された画像

細胞に生じるDNA損傷、細胞周期の移行を観察し評価するために人工タンパク質（バイオセンサー）を付加し、波長を変えたレーザー光を照射して15分おきに約37時間撮影する。

- (1) GFP-53BP1 融合タンパク質 (DNA 損傷検出用)  
緑色蛍光タンパク質 GFP と 53BP1 タンパク質 (鳥取大学で遺伝子配列に改変を加えた) を融合させた人工タンパク質。53BP1 の DNA 2 本鎖切断損傷に特異的に集積する性質と組み合わせることで、損傷箇所が緑色のスポットとなって検出することができる。

- (2) PCNA-DsRed 赤色蛍光タンパク質 (DNA 複製検出用)

DNA の複製が起きている箇所に特異的に集積するタンパク質。細胞周期のうちの DNA の複製が活発に行われる S 期 (DNA の複製を行う時期) において赤いスポットを多数検出することができる。細胞周期の識別に利用される。



(a)GFP-53BP1 画像 (b)PCNA-DsRed 画像  
図1 培養顕微鏡で撮影した細胞画像

### 2.2 本システムの機能

本システムでは以下の3つの過程を自動化する。

- (1) 細胞核の追尾

GFP-53BP1 画像においた細胞核の輪郭抽出と中心点の測定を繰り返すことで細胞核を追尾する。

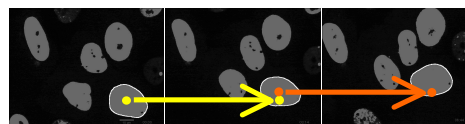


図2 細胞核の中心点の測定方

- (2) 細胞核の切り取り

抽出した細胞核の輪郭を囲う長方形より 10px 上下左右に大きい長方形の範囲で、細胞核を切り取る。同時に PCNA-DsRed 画像においても細胞を同様に切り取る。

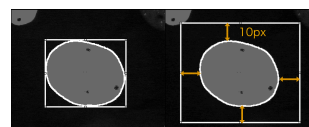
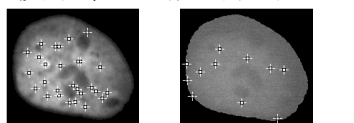


図3 細胞核の切り取り範囲の決定方法

(3) 細胞核のスポット数の計測

細胞核内の局所的な濃度のピーク値を測定することで、DNA 損傷箇所および DNA 複製箇所を両細胞核から検出し、その数を測定する。



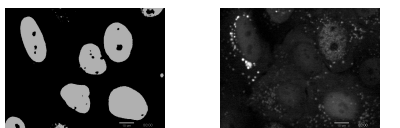
(a)GFP-53BP1 画像 (b)PCNA-DsRed 画像  
図4 各細胞核のスポット数計測

### 3. 解析・測定手順

ImageJ のマクロを用い自動化を行った。その際、細胞核の輪郭抽出には ImageJ の Wand tool を、スポット数の計測には Find maxima を用いた。

【手順1】画像の二値化

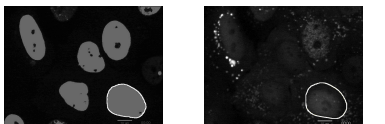
与えられた画像のうち GFP-53BP1 画像から細胞核の輪郭を抽出できるように閾値を手動で調整し、ImageJ のコマンドを用いて二値化する。(図5)



(a)GFP-53BP1 画像 (b)PCNA-DsRed 画像  
図5 二値化

【手順2】追尾する細胞核の選択

GFP-53BP1 画像のうち一番最初の画像(スライス)において追尾したい細胞核内にマウスポインタを移動し Wand tool を用いて輪郭を抽出する。(図6)



(a)GFP-53BP1 画像 (b)PCNA-DsRed 画像  
図6 輪郭抽出

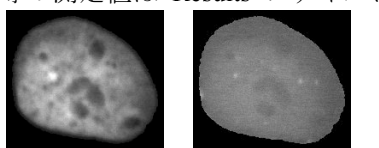
【手順3】細胞核の追尾と切り取り

(3-1) 選択した細胞核の上下左右から 10px 大きい長方形を範囲とした画像を切り取る。

(3-2) 切り取った画像において、細胞核の周囲のノイズを除去する。

(3-3) スライスの一つを進め、前スライスでの細胞核の中心座標 (x,y 座標の平均値) を Wand tool に与え、細胞核の輪郭を抽出する。

この手順を全てのスライスに対して自動で行う。このとき切り取った画像はスタックに保存され、細胞核の中心座標等の測定値は Results ファイルに書き込まれる。



(a)GFP-53BP1 画像 (b)PCNA-DsRed 画像  
図7 切り取り・ノイズ除去

【手順4】スポット数の計測

検出されたスポット数が見た目と同じになるように Noise tolerance 値を調節し計測を行う。スポット数の計測結果は Results ファイルに書き込まれる。

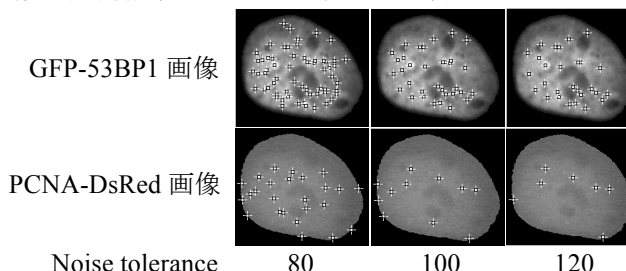


図8 Noise tolerance 値によるスポット数の検出

### 4. 測定結果

図9と図10にある1つの細胞核におけるスポット数の測定結果を示す。図9より、輝度が一定であれば、Noise tolerance 値を変えても DNA 損傷スポット数は同じ傾向を示すことがわかった。

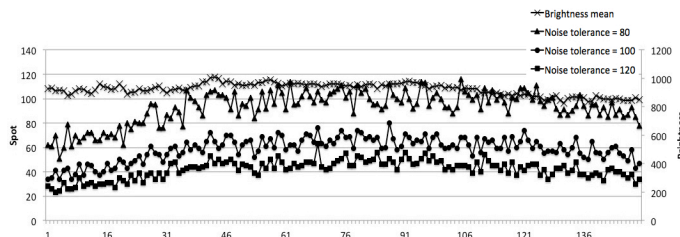


図9 DNA 損傷スポット数と輝度の変化

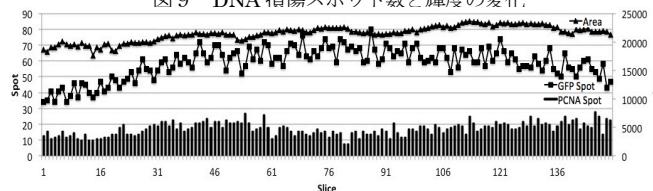


図10 DNA 損傷および DNA 複製スポット数と細胞核面積の変化 (Noise tolerance=100)

### 5. 結言

本研究では以下の条件を除く細胞核の追尾とスポット数の測定を自動で行えるようになった。

- ①他の細胞核との重複
  - ②細胞核の画像範囲外への移動
  - ③細胞核の輝度の低下(細胞分裂の発生)
- 今後の課題は以下の通りである。

- 1) 上記条件における追尾停止・再実行処理の実装
- 2) 輝度による Noise tolerance 値の自動設定
- 3) 手順3と手順4の統合
- 4) 細胞核の移動が大きい場合の追尾方法の検討

### 文献

1) ImageJ <http://imagej.nih.gov/ij/>

# 香川高専における eduroam の導入

大 森 脩 平

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. ま え が き

インターネットが全世界に普及し我々にとってネットワークは身近なものとなった。それに加えてネットワークの大規模化,コンピュータの演算処理能力の向上によりデータ量は増大,相対的にインターネットも高速通信が求められるようになった。従来,LAN ケーブルを使用した有線 LAN が主流であった。それは無線 LAN が技術やコストといった様々な面でまだまだ不十分であったためである。しかし現在では無線 LAN は安価で扱いやすく高速通信にも対応しており,各個人でも簡単に利用できるようになった。スマートフォンやタブレットといった端末機器の登場によりなお一層無線 LAN が多くの目的に使用される時代となっている。

## 2. 背 景

将来技術者としてネットワークに関わりたいと考え,そのためにはネットワークの知識を身につけたいと考えた。また新たに国際無線ローミング基盤 eduroam を導入するためその準備を行う必要があった。

## 3. 目 的

無線 LAN の学習および構内無線 LAN 環境の構築を行う。国際無線ローミング基盤 eduroam の調査と設定を行う。

## 4. 校 内 状 況

2013 年 4 年,キャンパス無線 LAN が更新された。学生や教員が端末機器で簡単に利用できる。ユーザ名と高専共通認証サーバのパスワードで認証する。校内には 121 台のアクセスポイントが取り付けられどこからでも繋がる。図 1 は学内の通信状況である。アクセスポイントを無線 LAN コントローラが管理し,RADIUS サーバが RADIUS 認証を行う。現在の無線 LAN は

・ SSID:takuma-wl-a 学生用/教員用

・ SSID:takuma-wl-t 教員専用

・ SSID:takuma-wl-g ゲスト用

以上の三つの無線 LAN が利用でき,主に学生は“takuma-wl-a”を使用する。接続後,ブラウザに認証ページが表示されユーザ名とパスワードで認証した後に無線 LAN が利用できる。またこの“takuma-wl-a”のネットワークを校内 47 箇所通信状況を観測した。各アクセスポイントには LED が表示され,その色で通信状況を確認できる。校内 47 箇所全てのアクセスポイントは正常に稼働し,また通信時と切断時に LED 色が切り替わることを確認した。これによってほぼ校内全域で無線 LAN が使用できるといえる。

## 5. eduroam

香川工業高等専門学校として eduroam 参加を目指す。eduroam は国際無線ローミング基盤である。eduroam に機関が参加していた場合,機関のメンバーは他の eduroam 参加機関で無線 LAN サービスを利用できる。図 2 は eduroam の仕組みを表している。RADIUS プロキシツリーという手法によって eduroam の利用者はどこの機関を訪問していても無線 LAN が利用できる [1].世界中で展開しているが,現在日本では教育機関のみの参加である。しかしながら大手の大学機関が参加しているのみであり,高専としての参加機関はなく本校が初の参加となる。日本では「eduroam JP」として国立情報学研究所がサービス展開している [2]. 必要機材は RADIUS サーバ,無線 LAN コントローラである。RADIUS サーバはユーザー認証を集中的に管理し,アクセスポイントの後ろに配置される。無線

LAN コントローラはアクセスポイントの代わりに暗号化や認証機能を担う。また,eduroam の認証方法に「eduroam 仮名アカウントシステム」を採用する。これは学認フェデレーションと連携しており,学認で 認証し取得した使い捨てアカウントでログインできる システムである。それによって簡単にかつ低コストで運用することができるが訪問前に自機関で取得していなければならない等,手間が掛かるといった点がある [3]。その使い捨てアカウントの認証には shibboleth 認証を用いる。これは連合アイデンティティと呼ばれる認証基盤であり,シングルサインオンを実現する。これによって複数の領域での認証ができる。eduroam 仮名アカウントシステムもこの方式が採用され,学認の 認証だけで利用することができる。図 3 が eduroam 仮名アカウントをシングルサインオンを使用して発行している様子である。RADIUS Idp を立ち上げる必要がなく大変利便性に富んでいる [3]。

## 6. 結 論

無線 LAN 機器の設定設置を行った。また,キャンパス用無線 LAN の接続及び通信状況を確認した。本キャンパスでは研究などでデータのやりとりや調査などで頻繁に PC や端末機器を利用するので,利便性に富んでいる。さらに,国際無線 LAN ローミング基盤 eduroam の参加準備を行った。これにより eduroam の運用ができれば,別の eduroam 参加機関への訪問時にも手軽に無線 LAN が使用できる。しかしながら eduroam は主に大学だけで利用されており,高専の参加数については未だ零である。これからの eduroam の知名度の上昇と参加機関数の増大が望まれる。

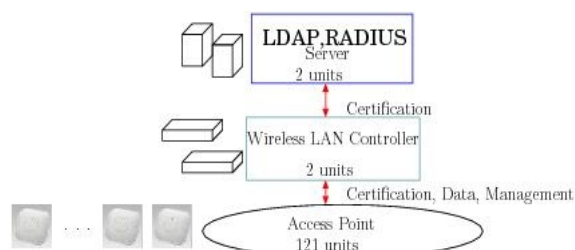


図 1:校内無線 LAN 状況

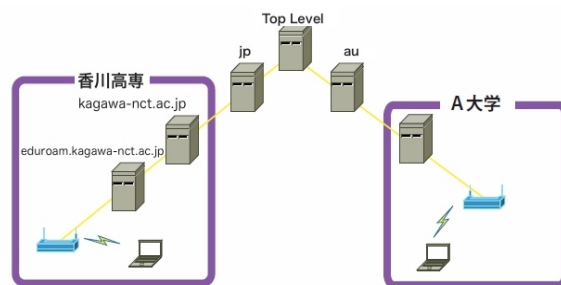


図 2:eduroam の仕組み

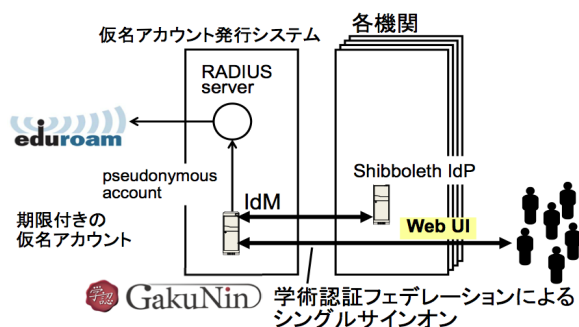


図 3:eduroam 仮名アカウントシステム

## 文 献

- [1]七尾晶士, 水木敬明, 後藤英昭: eduroam アカウントサービスについて, 東北大学情報部情報基盤課ネットワーク係
- [2] eduroam JP <http://www.eduroam.jp>
- [3]樋口秀樹: シングルサインオンの基礎知識, 国立情報学研究所学術基盤推進部基盤規格課

# お遍路のためのライフログアプリケーションの開発

岡野 有里

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. 緒言

現在、インターネットの普及などによりライフログの利用者は増加傾向にある。ライフログとは生活の記録をデジタルなデータとして残した記録のことであり、行動の記録<sup>1)</sup>、食事の記録<sup>2)</sup>など、ユーザーによって様々な用途がある。このような生活の記録を残すことで、後で確認して思い出すことができたり、自分の行動パターンや考え方を発見できたりするといった利点がある。ライフログのデータ形式は、文章や写真、位置情報などを含む。その中でも位置情報は視覚的に捉えにくい情報であるため、地図上への可視化を行う。さらに、位置情報といえば旅の記録を残すのに役立つ。そこで本研究では、お遍路記録に特化したアプリケーションを開発する。

## 2. システム概要

本システムは、位置情報が含まれたライフログの地図上への可視化を行った。ライフログの記録には位置情報を簡単に付加できる Twitter を、地図部分は Google マップを利用した。Twitter はアカウントの公開、非公開設定が可能のため、プライバシーの面で安全といえる。Twitter からの情報の取得には Twitter API を、その情報を Google マップ上へ表示させるのに Google Maps API を使用する。Twitter を利用してローカルではなくインターネット上に保存することで、どんな環境からでも閲覧可能なシステムにした。

図1は本システムの概要図である。ユーザーは予め、位置情報を含んだ『つぶやき』をスマートフォンから Twitter に投稿しておき、Web ブラウザ上から本システムを使用する。

## 3. 実装方法

### 3.1 OAuth 認証

Twitter API を使用するには認証が必要であるため本システムには OAuth 認証を実装した。OAuth 認証とは Web サービス向けのアプリケーションで主流となっている方式であり、ユーザー名とパスワードの代わりに専用のキーを使って認証を行うため、ユーザーはアプリケーションに Twitter のパスワードを渡すことなく安全にアプリケーションを利用することができる。

図2に OAuth 認証の流れを示す。図2中の(1)から(5)は以下の通りである。

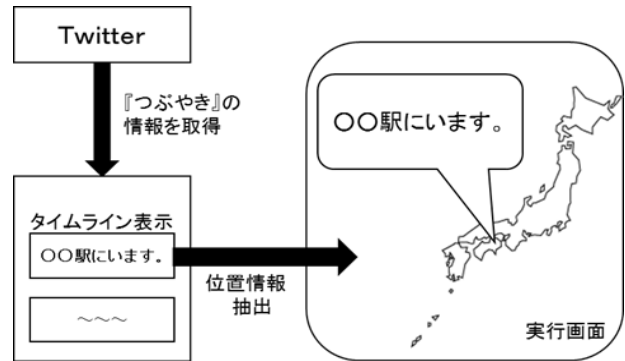


図1 システム概要図

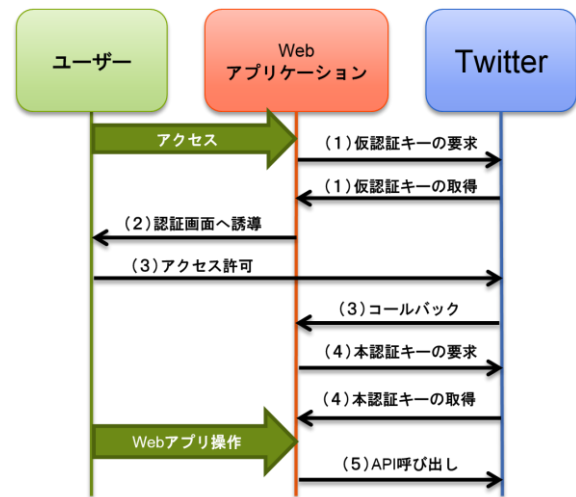


図2 OAuth 認証の仕組み



図3 アクセス許可画面



- (1) 専用の URL にアクセスして仮認証キーを取得する。仮認証キーは本認証キー取得のために一時的に必要なキーである。
- (2) ユーザーをTwitterの図3の認証画面へ誘導する。
- (3) ユーザーがアプリケーションからのアクセスを許可すると、あらかじめ設定したコールバック URL にリダイレクトされる。
- (4) 仮認証キーを使って専用の URL にアクセスし、本認証キーを取得する。
- (5) 本認証キーを使って、Twitter API の呼び出しを行う。

### 3.2 位置情報の可視化

OAuth 認証で取得した本認証キーを使って、Twitter から『つぶやき』の情報を取得した。『つぶやき』の情報に位置情報が含まれていたなら、位置情報と『つぶやき』の情報をセットにして地図部分に渡して位置情報の可視化を行った。

### 3.3 検索機能

地図上に記録を表示するだけではライフログとして使いにくいので、過去の『つぶやき』からキーワード検索を行う機能を実装した。Twitter API には、キーワードやユーザー名、日付などで検索できる検索 API があるが、表 1 のように検索可能範囲に制限があり、本アプリケーションの検索には適していない。そこで、特定ユーザーの『つぶやき』を全て取得する API を使用して検索機能を実現した。

表 1 各 API で取得できる『つぶやき』

	自分の公開アカウント	自分の非公開アカウント	他人の公開アカウント
検索 API	約一週間前まで	取得できない	約一週間前まで
特定ユーザーの『つぶやき』を取得する API	全て	全て	全て

### 3.4 期間指定表示機能

「2014/3/1」から「2014/3/5」までといったようにユーザーに日付を入力してもらい、その指定期間内に含まれる『つぶやき』に絞り込んで表示させる機能を実装した。



図 4 実行画面

## 4. 実行結果

本アプリケーションにログインすると図 4 のような画面が表示される。『つぶやき』に含まれている位置情報をもとに地図上の該当の場所にマーカーと吹き出しを設置した。また、記録同士の時系列を分かりやすくするために記録同士を順番に線で結んだ。そして吹き出し内には、Twitter のユーザー名、プロフィール画像、『つぶやき』本文、投稿日時、前の地点からの経過時間が表示され、写真を『つぶやき』に付加した場合は、写真も表示される。

## 5. 結言

本研究では、位置情報を含んだお遍路記録を地図上に可視化する Web アプリケーションを開発した。本アプリケーションを実際に使用してもらったところ、「使い方が分かりづらい」、「ログイン後に表示される記録の件数が多く見づらい」、「同じ場所でも何度も記録すると記録同士が重なって見づらい」といった意見があったので改善する必要がある。

## 文 献

- 1) 佐藤一夫, プライバシー保護を考慮したケータイこう堂ログの利活用について, 情報処理学会誌, 50-7(2009), 598-602.
- 2) 相澤清晴, ライフログの実践的活用: 食事ログからの展望, 情報処理学会誌, 50-7(2009), 603-612.



し、内部を切り取る。この画像から標識情報を認識するために、画像の拡大または縮小を行い、大きさをそろえておく。

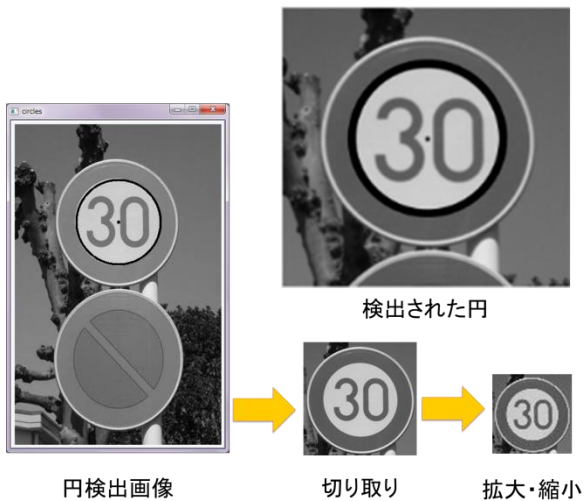


図3 標識部分の切り取り，拡大・縮小

### 3.3 標識の認識 (テンプレート照合)

検出した標識情報とあらかじめ作成しておいたテンプレート画像の正規化相互相関を求める。これは、2つの画像がどれだけ類似しているかを輝度値の共分散を用いて求めるものである。共分散で算出された値は、2種類の単位の違う要素を用いることがあり、使用する要素によって最終値が異なる。そのため、共分散の結果をそれぞれの要素の標準偏差の積で割ることによって値を-1から1の範囲収める。1に近づくにつれて類似度が高いと判断できる。

本システムでは、閾値を0.7程度に設定しているため、それ以上の値になったテンプレート画像と同じ標識情報をもっていると認識する。



図4 標識情報の認識

### 3.4 認識した情報の提供

透過型ディスプレイを用いて運転者に情報を提供する。例として速度規制の標識を挙げる。認識した標識情報が30km/hだった場合、GPSで取得した走行速度と比較し、5km/h程度の超過なら黄色、それ以上なら赤色のように、ディスプレイの上部の色を変化させることで警告する。さらに音声もしくは効

果音をつけて運転者に伝えることも考えられる。

### 超過なし



### 超過あり



※イメージ

図5 超過時の警告

## 4. 結 言

本研究では、道路標識情報を自動認識し、その情報を運転者に提供するシステムの開発をおこなっており、現在3.3の標識の認識までの開発が終わっている。

今後は、3.4の情報を提供する部分の処理を完成させる必要がある。また、開発していく過程で、認識した情報をどのように運転者に知らせるべきかを考察していく予定である。

また、現在完成した処理についても課題がある。現システムはUSBカメラの前に標識を印刷したカードまたは静止画を提示して処理をおこなっている。走行中に撮影した動画から標識を認識するためには、検出する円の大きさや角度を考慮しなければならないため、パラメータの調整や別の認識方法の検討し、認識率が高く、処理速度の速いシステムにする必要がある。

## 文 献

- 1) 警察庁交通局，速度規制の目的と現状，[http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/regulation\\_wg/1/siyou4.pdf](http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/regulation_wg/1/siyou4.pdf)
- 2) デジタル画像処理編集委員会，デジタル画像処理，(2011)，208-214，財団法人 画像情報教育振興協会 (CG-ARTS 協会)
- 3) 永田 雅人，実践 OpenCV 映像処理&解析，(2009)，140-149，株式会社カットシステム

# Web シラバスの開発

大 田 和 樹

宇部高専 経営情報工学専攻

## 1. 諸 言

近年、情報ネットワークの整備とともに高等教育においても IT の活用が進展しつつある。特に、教育課程の編成や計画を表すシラバスや講義要領などをネット上に掲載し、インターネットを介して学内外へ公開する学校が増加している。宇部高専にもインターネット上でシラバスを公開しているが、検索機能等がなく目的の科目を見つけ出すことが不便である。また、シラバスをインターネット上に公開にするまで多くの手順を踏んでおり、大きな労力となっている。

そこで、本研究の目的は、「Web シラバスシステム」を構築することで、学生がよりシラバスを閲覧しやすくするとともに教員等のシラバス作成作業を省力化することである。

本研究の目標は、先行研究で試作された「Web シラバスシステム」<sup>1)</sup>を Moodle のモジュール化することで、汎用的な e ラーニングシステムの一機能として「Web シラバスシステム」を利用できるようにすることである。

## 2. Moodle

Moodle とは、代表的なオープンソース LMS(Learning Management System)の 1 つであり、e ラーニングシステムの作成を支援するソフトである。その特徴としては、インストールやアップグレードが容易であることや、フリーソフトであるためライセンスコストが不要であり、多くのサーバに追加費用をかけることなくインストールできることが挙げられる。日本の大学、高等専門学校において、最もシェアが高いオープンソース LMS である<sup>2)</sup>。

平成 25 年度までは宇部高専においても図 1 のような e ラーニングサイトを Moodle で構築・運用していた実績がある。

また、Moodle では、モジュールを使うことで、さまざまな機能を追加することができる。モジュールは、Moodle インストール時に利用できる標準モジュールや第三者から寄贈された拡張モジュールがある。また、モジュールは自分で作成することもできる。モジュールを利用することで、柔軟にシステムを構築することができる<sup>3)</sup>。



図 1 宇部高専 e ラーニングサイト

## 3. シラバスシステムの種類と特徴

Web のシステムとして構築されている代表的なシラバスシステムの特徴は以下のとおりである。

### ● 一覧表示型

開設されている全科目のシラバスのリストを表示する。利用者はリストから欲しい情報を探しシラバスを表示する。

メリット 開設されている科目を一度に見ることが出来る。

デメリット 情報の取捨選択が難しい。

### ● 階層型

大区分(学部、学科)から小区分(学年)へと階層を下げていき、利用者が求めるシラバスを表示する。

メリット 情報があらかじめ整理されている。

デメリット 管理が大変である。

### ● 検索型

利用者の見たい情報の項目やキーワードでシラバスを検索して指定項目と一致するシラバスを表示する。

メリット 探したいシラバスをすぐ見つけることができる。

デメリット 必要な情報が漠然としているとシラバスを見つけれない。



# 並走性を考慮した二次元魚群行動シミュレーション

櫛田 佳那

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. 緒言

生物の中には、群れを成して行動するものが多く存在する<sup>1)2)</sup>。群行動は、餌の捕食や天敵からの防衛に効果を発揮するとされており、これらの生物が自然の中で生き残るために大きな役割を果たしている。また、鳥や魚などの群れは自然に発生し、全体の動きを統率する特定の個体がいなくても全体の動きが適正に保たれることが知られている<sup>3)</sup>。このような群の自律的な振る舞いや自己組織化現象は、動物の生態行動への探求だけではなく、工学的分野からも注目されてきた。

本研究チームでは、漁業への応用を目的として魚群中の魚行動のモデル化を行っている<sup>4)</sup>。作成した魚モデルは、魚の群行動の解明に資することができるだけでなく、ロボットに対してその行動ルールを適用することで、シンプルかつ効果的な群ロボットシステムの構築を可能にすると考えている<sup>5)</sup>。これらの研究の最初のステップとして、私たちは平面上を移動する小型の二輪ロボットを作成し、それに魚モデルを搭載しようと試みている。作成した魚モデルの評価を目的として、モデルを適用した小型ロボットの動きをコンピュータ上で再現した。さらに、このシミュレーションで得られた結果を、リアプノフ指数やフラクタル次元といった数学的な方法を用いて定量的に解析し、実際の水槽実験のデータと比較した。この水槽実験は、徳島県の水産研究所の協力の下で行われたものである。

## 2. これまでの研究

私たちの研究チームでは、魚モデルを適用するために、平面上を移動する小型の二輪駆動ロボットを作成した。ロボットは大型のタッチディスプレイ上に設置され、検知されたロボット位置の周囲にはグラデーションの円が描かれる(図1)。青色のグラデーションはロボットが発生させる斥力を、赤色のグラデーションは引力を示している。

この表現は、個々のロボットだけではなくロボットの周囲の環境にも適用される。は水槽壁に沿って泳ぐ性質をもっているため、壁には斥力だけでなく引力も設定されている。加えて、水槽中央の漁網は青いグラデーション円の列で表現される。これらのグラデーション円は漁網の縦糸を表しており、円の間隔がそのまま網目間隔に対応している。

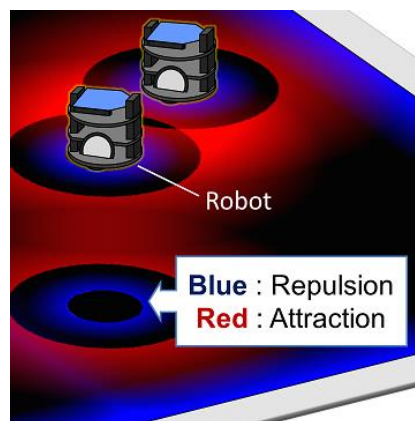


図1 シミュレーションシステム

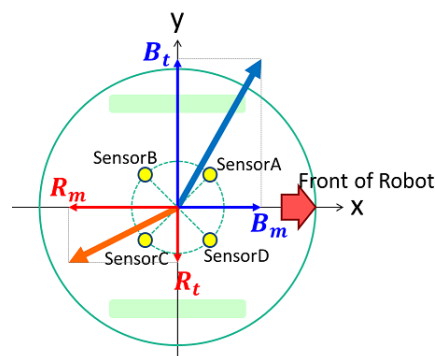


図2 ロボットが受ける力

これらの色情報は、ロボット底面のカラーセンサによって読み取られ、引力・斥力のベクトルとして表される。これを、それぞれ図2のように分解する。ロボットの直進方向をxの正軸方向としたとき、引力・斥力のx成分( $B_m$ ,  $R_m$ )はロボットの直進運動に作用する。同様に、y成分はロボットの旋回運動に作用する(外的要因による速度変化)。

また、実際の魚には自身の意思がそなわっており、これによって動きに乱数的なゆらぎが生じる(内的要因による速度変化)。これはアーラン分布乱数によって表現する<sup>6)</sup>。ロボットの最終的な速度変化は、外的要因による速度変化と内的要因による速度変化の和によって決定される。

このように考案した魚モデルを評価するために、同様の条件を用いて、コンピュータ・シミュレーションを行った。その結果、ロボットは適切に忌避・誘引の

挙動を示し、実際の魚と同じように群の形成・分離・再構成の動きを見せた。しかし、その移動軌跡は水槽実験で得られた本物の魚の軌跡とは大きく異なっていた。また、得られた泳速について解析を行い、速度分布、リアプノフ指数、フラクタル次元について実魚とシミュレーションロボットの挙動を比較した。この数学的な分析によって、実魚との違いが明らかになった。特に、図3に示すフラクタル次元については、水槽実験とシミュレーションの間には全く別の傾向があることがわかった。

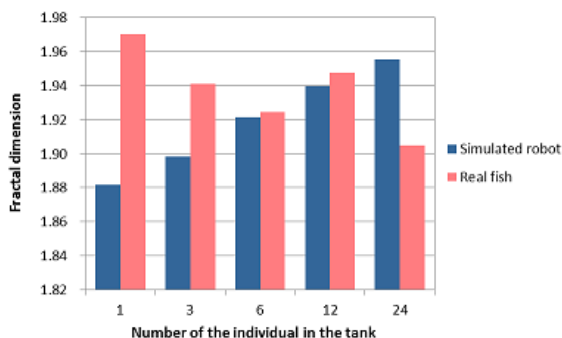


図3 泳速のフラクタル次元

### 3. 並走性を考慮したプログラム

これまでの研究の結果から、魚モデルの改良が必要となった。

そこで、忌避と誘引だけではなく、並行遊泳のルールを加えることでより実魚に近い性質を持つ魚モデルを構築できるのではないかと考えている。

広く知られている魚の反応領域モデル<sup>7)</sup>では、魚は忌避・誘引を行う反応領域の間に、他者との並行遊泳を行う領域を持つ。これを、緑色のグラデーション円で表現する。ロボット底面のカラーセンサによって読み取られたG成分は、他の色成分と同様にベクトル化される(G)。また、直前のフレームでのGベクトルは、G'として保持される。

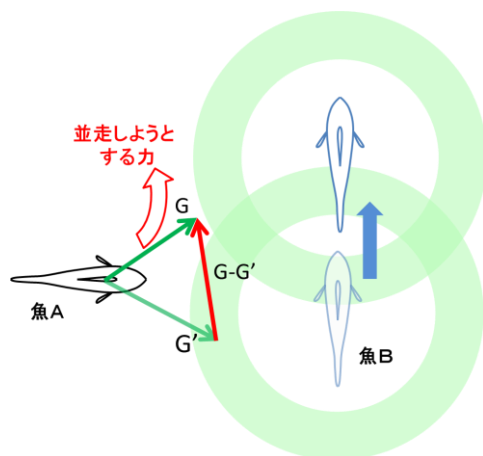


図4 並走性の考慮

引力や斥力と同様に、このG-G'をx成分・y成分へ分解し、そのy成分をロボットの旋回方向に対して適用することで、ロボット同士が並走しようとする力を持てるのではないかと考えている。

現在は、これを踏まえてシミュレーションの改良を行っているところである。

### 4. 結 言

この研究の最終目的は魚ロボットの開発である。その前段階として平面上を移動する小型の二輪駆動ロボットを作成し、魚モデルを適用する。本報告では、小型ロボットの動きをコンピュータ上でシミュレートすることで魚モデルの評価を行っている。ロボットや障害物の周りに発生する力を色情報として表現し、ロボットはカラーセンサでその情報を読み取ることによって自分へかかる力の方向と向きを算出する。

これまでの研究では、魚の行動ルールのうち引力・斥力について考慮したモデルを作成していた。しかし、シミュレーション結果と実魚を用いた水槽実験結果で数学的な分析・比較を行うと、その違いが明らかとなった。そこで、遊泳のルールを追加することによって進展が得られるのではないかと考えた。現在は、並行遊泳についてのルールを考慮したシミュレーションの改良を行っているところである。

### 文 献

- 1) Craig W. Reynolds, "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model", Computer Graphics, Volume 21, Number 4, July 1987
- 2) Shin I. Nishiyama, Takashi Ikegami, "Emergence and Maintenance of Relationships among Agents", Biol. Bull. 202, pp. 296-305, June 2002
- 3) Hiro-Sato Niwa, "Self-organizing Dynamic Model of Fish Schooling", J. theor. Biol. (1994) 171, pp. 123-136
- 4) Koji Fukuda, Ryuzaburo Sugino, Mio Musashi, Noboru Morizumi, "Realization of Fish Behavior in an Edge Region Using a Mobile Robot and Its Chaos Analysis", IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp. 1063-1068, Dec.2010, Tianjin, China, 2010.
- 5) Nobuo Sannomiya, Akira Shimada, and Hiroshi Nakamine, "Modeling of Autonomous Decentralized Mechanism in Fish Behavior", the Society of Instrument and Control Engineers, Volume 29, Number 2, pp. 221-219 (in Japanese)
- 6) Ryuzaburo Sugino, Mio Musashi, Noboru Morizumi, "Evaluation for Chaotic Behavior of Fish Locomotion and Its Application for Mobile Robot" Information and Systems Conference, 110(166), pp. 147-152, July. 2010 (in Japanese)
- 7) Andreas Huth, Christian Wissel, "The Simulation of the Movement of Fish Schools", J. theor. Biol. (1992) 156, pp. 365-385

# ネット選挙の意義とその問題点

## — ネット選挙解禁（平成 25 年参議院議員選挙）とその動向 —

日 浦 勇 次

広島商船 産業システム工学専攻

### 1. 緒 言

昨今、日本においてインターネットの普及は急速であり、その利用者数は 9652 万人、人口普及率は 79.5% に上っている（平成 24 年末）。こういった背景の中、昨年公職選挙法が改正され、選挙運動の一部としてこれまで禁止をされていたインターネットを活用した活動が解禁された。解禁後、初の選挙は昨年 7 月の参議院議員選挙であった。本研究では、ネット選挙の意義、ネット選挙解禁による影響、利点や問題点などの追及を目的とする。

### 2. 探究・調査方法

まず、選挙について調べる。そして、ネット選挙が解禁したことによって候補者や政党、有権者がどのような選挙運動ができるようになったかなどを調べる。またどのようなことをすると公職選挙法に違反してしまうかなども調べる。つまり選挙を規制する公職選挙法について理解を深め、今回どういったところが改正されたことによってネット選挙が解禁されたのかなども調べていく。

### 3. 探究・調査対象・内容

#### 3. 1 選挙とは

組織や集団において、その代表や役員を投票などによって選出することである。

公職選挙法における「選挙」とは、選挙権を有する者が、全国または一定区域において、一定数の議員・都道府県知事・市区町村などの公職に就くものを投票によって選出することである。公職選挙法において「公職」とは、衆議院議員、参議院並びに地方公共団体の議会の議員及び長の職をいう。

表 1：選挙の種類

公職選挙法による選挙の種類	定数
衆議院議員総選挙	480 人
参議院議員通常選挙	242 人
地方公共団体の議会の議員及び長の職	地方自治体の定めるところによる

#### 3. 2 公職選挙法

1950 年に、衆議院議員選挙法(1925 公布)、参議院議員選挙法(1947 公布)を一本化し、さらに地方公共団体の長および議員に関する選挙法を統合して制定された法律。公職選挙法の目的は、日本国憲法にのっ

とり、衆議院議員、参議院議員ならびに地方公共団体の長および議員を公選する選挙制度を確立し、その選挙が選挙人の自由に表明せる意思によって公明かつ適正に行われることを確保し、もって民主政治の健全な発達を期することにある。例えば、資金力の差などで選挙運動に差が出たりしては公平でないので選挙運動に使えるお金の上限などが選挙ごとに公職選挙法に設定されている。

#### 3. 3 文書図画とは

文書図画とは、選挙運動に使う通常葉書やビラなどのことである。公職選挙法の改正により、コンピュータなどのディスプレイ上に表示された文字などの表示に該当するインターネットのホームページやブログ、電子メール、メールマガジン、ツイッターなども、公職選挙法第 142 条で規定される「文書図画」と考えられている。

#### 3. 4 ネット選挙解禁とは

ウェブサイトなどを利用する方法により、選挙運動ができるようになること。ウェブサイトなどを利用する方法とは、インターネットなどを利用する方法のうち、電子メールを利用する方法を除いたものをいう。例えば、ホームページやブログ、SNS（ツイッター、フェイスブックなど）、動画共有サービス（YouTube、ニコニコ動画など）、動画中継サイト（Ustream、ニコニコ動画の生放送など）などがある。

「電子メール」は、「特定電子メールの送信の適正化などに関する法律（特定電子メール法）第 2 条第 1 号に規定する電子メール」をいう。具体的には、総務省令において、以下の 2 つが定められている。

1. その全部又は一部においてシンプル・メール・トランスファー・プロトコルが用いられる通信方式（SMTP 方式）。

2. 携帯して使用する通信端末機器に電話番号を送受信のために用いて通信文その他の情報を伝達する通信方式（電話番号方式）。

この改正により、より候補者からの情報が受け取りやすくなり、候補者と一般有権者との距離が縮まることが期待されている。



	 	政党	候補者	第三者(有権者個人など)
ウェブ サイト 利用	ホームページ、ブログなど	○	○	○
	ツイッター、フェイスブックなど	○	○	○
	動画のネット配信	○	○	○
電子メ ール利 用	選挙運動用電子メールの送信	○	○	×
	選挙運動用ビラ・ポスターを添付したメールの送信	○	○	×

図1：ネット選挙解禁でできること

### 3. 5 選挙運動

選挙運動とは、「特定の選挙について、特定の候補者の当選を目的として、投票を得又は得させるために直接又は間接に必要かつ有利な行為」とされている。選挙運動期間中のみ認められる。例えば、街頭演説や文書図画の頒布など。しかし、下記のごとく選挙運動が禁止されている者もいる。

1. 選挙事務の関係者（投票管理者、開票管理者、選挙長）
2. 特定公務員（選挙管理委員会の委員と職員、裁判官、検察官、会計検査官、公安委員会の委員、警察官、収税官吏及び徴税の吏員）なお、特定公務員に限らず一般職公務員及び一定の特別職（自衛隊員、外務職員、裁判所職員、国会職員等）が選挙運動を含めた政治的行為を行うことについては、その地位利用の有無に関わらず、国家公務員法および地方公務員法などにより一定の制限が加えられている。
3. 未成年者（労務に従事することは禁止されていない）
4. 選挙犯罪又は政治資金規正法違反を犯したため、選挙権及び被選挙権を持たない者

### 3. 6 改正にあたっての注意点

先にあげた者は、ネット上でも選挙運動をすることができない。公務員や教員の地位を利用した選挙運動も今まで通り禁止されている。

この改正により、選挙ポスターや選挙用ビラをデータにしてWebサイトに表示することは問題なくなるが、プリントアウトして頒布することはできない。

### 3. 6 問題点

インターネット選挙運動を広く認めると様々な問題が起こることが予想される。以下は、その代表的なものである。

#### 1. デジタルディバイドの問題

インターネットをよく利用する人々と、そうでない人々の間で、受け取る情報量や発信する情報量に格差（情報格差）が、デジタルディバイドである。一般に若年層はインターネットを多く利用し、高齢者

や社会的弱者の利用は少ないと言われている。そのため、選挙運動に係る情報が高齢者などに伝わりにくいのではないかと、という指摘がある。また、インターネットの使用によくなれた候補者が、選挙運動の情報の発信において有利になる、との指摘もある。

#### 2. インターネットの悪用の問題

次のような、インターネットの悪用・いたずらの類が想定される。候補者に対する誹謗中傷が、インターネット上に掲載されたり、候補者のホームページに書き込まれたりする。候補者などのホームページを装った偽のホームページ（いわゆる「なりすまし」）がつくられる。候補者などのホームページが、別の者により書き換えられる。候補者などのホームページのサーバ・ダウンを狙った攻撃が、インターネットを介して行われる。

#### 3. インターネット利用に付随する費用増加の問題

候補者などがホームページ作成に多額の費用をかけたたり、また送信先の電子メールアドレスを収集するために多額の費用をかけたたりする可能性を否定できない。このような事態になれば、費用があまりかからないことがメリットとされるインターネット選挙運動の趣旨に反することとなる。

## 4. 結 言

本研究を進めてきて、ネット選挙や公職選挙法についてのことを調べてきた。しかし、まだまだ追及していかなければならないことがたくさんあるのでさらに調べを進める。

### 参考 URL

総務省, [http://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo\\_s/](http://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/)  
 日本共産党, [http://www.jcp.or.jp/akahata/aik13/2013-04-26/2013042605\\_01\\_0.html](http://www.jcp.or.jp/akahata/aik13/2013-04-26/2013042605_01_0.html)

# タブレット端末を用いたブロック配置型プログラミング学習アプリの開発

鷲見 知洋

米子高専 生産システム工学専攻

## 1. 緒言

プログラミング学習ソフトとしてはScrach<sup>1)</sup>とSqueak eToys<sup>2)</sup>があるが、必ずしも初心者向けではない。そこで、小中学生など初めてプログラミングを学習する人が気軽に楽しく学習に取り組めることを目的として、ブロック配置型プログラミング学習アプリケーションを開発した。

本アプリケーション（以下「本アプリ」と呼ぶ）は、タブレット端末（iPad）を用いて、処理に対応したブロックをタッチパネルの直観的な操作によって配置することでプログラムを作成できるものであり、処理ブロックはPAD (Problem Analysis Diagram)<sup>3)</sup>の構造表記を参考にして定義するとともに、制御対象は気軽に楽しめるようキャラクタとした。

## 2. 本アプリの概要

### 2.1 制御対象

本アプリは、キャラクタ（人）をスタート位置から1マスごとに移動させ、ゴールである宝箱（箱）に辿りつかせる。その途中にある壁（壁）にぶつからないように、しかも障害物（丸あるいは●●）があった場合には、それを取り除いて進まなければならない。この一連の処理を各動作に対応した処理ブロックを配置することによって記述させようというものである。

キャラクタ行動領域については、難易度（障害物の有無）によって2つのステージを設けた（図1）。



図1 ステージ選択

### 2.2 画面構成

本アプリは「ステージ選択画面」、「ブロック配置画面」および「キャラクタ行動画面」の3つの画面から構成される。3つの画面の遷移を図2に示す。

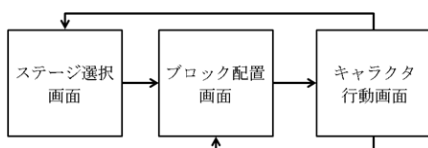


図2 画面構成

### [1] ステージ選択画面

図2に示す2つのステージのどちらかを選択する画面で、選択後はブロック配置画面へ遷移する。

### [2] ブロック配置画面

選択したステージをクリアするために、適切な順序で処理ブロックを配置する（プログラミング）。

### [3] キャラクタ行動画面

作成したプログラムに従ってキャラクタを行動させる。

## 2.3 処理ブロックの表記

図3にPADと本アプリの構造表記の対応を示す。

### ● 順次処理

PADと同様に処理を単体、連続で配置していく。

### ● 反復処理

PADと異なり反復させる処理を制御ブロックで囲む。反復条件は回数のみ可能とした。

### ● 分岐処理

PADと同様に、条件（次のマスに障害物があるか無いか）によって分岐し異なる処理を実行する。

分類	PAD 構造表記	本アプリケーション構造表記
順次処理		
反復処理		
分岐処理		

図3 PAD との比較

## 3. 処理ブロック

ブロック配置画面で使用することができる処理ブロックを図4に示す。

処理ブロックはキャラクタの行動を表わす「動作処理用ブロック」、行動の反復処理を行う「反復処理用ブロック」、および行動の分岐処理を行う「分岐処理用ブロック」の3つに分けられる。

分類	名称	表示画像	動作前	動作後
動作処理 (連鎖)	進む	↑		
	戻る	↓		
	右を向く	↻		
	左を向く	↻		
	振り返る	↻		
	取り除く	🚫		
反復処理	繰り返す (始め)	n回 ↻		
	繰り返す (終わり)	↻		
分岐処理	もし障害物があったら	Yes/No		

図4 処理ブロック一覧

### 3.1 動作処理用ブロック

- 「進む」ブロック ↑  
キャラクターを向いている(頭)方向へ進ませる。
- 「戻る」ブロック ↓  
キャラクターを逆方向へ進ませる。
- 「右を向く」ブロック ↻  
キャラクターを右へ90°回転させる。
- 「左を向く」ブロック ↻  
キャラクターを左へ90°回転させる。
- 「振り返る」ブロック ↻  
キャラクターを180°回転させる。
- 「取り除く」ブロック 🚫  
進行方向の次のマスにある障害物を取り除く。  
(分岐処理用ブロックと組み合わせる必要がある)

### 3.2 反復処理用ブロック

- 「繰り返す (始め)」ブロック n回 ↻  
反復処理の開始を表すブロックである。
- 「繰り返す (終わり)」ブロック ↻  
反復の終わりを表すブロックである。

### 3.3 分岐処理用ブロック

- 「もし障害物があったら」ブロック Yes/No  
進行方向の次のマスに障害物があるか無いかという条件の結果によって一致の場合と不一致の場合で行動を分岐させる。

## 4. 処理ブロックの配置とプログラムの実行

図5に示すブロック配置画面内のテーブルから処理ブロック(図4)を選択し、対応する行のマスに配置する。行数は最大20行とした。

処理ブロック配置後は画面右下の「実行」ボタンをタップすることでブロック配置画面から図6のキャラクター行動画面へと切り替わる。

キャラクター行動画面では「デバッグ」、「動かす」の順にボタンを押すことで、ブロック配置画面で作成したプログラムに従ってキャラクターが行動する。戻るボタンでブロック配置画面に戻ることができる。

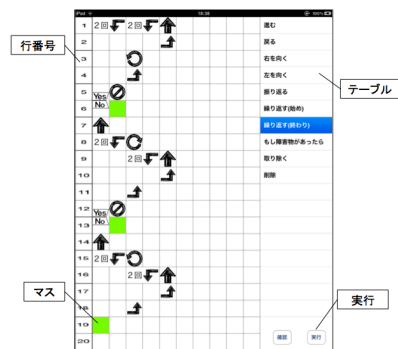


図5 ブロック配置画面 (ステージ2の場合)

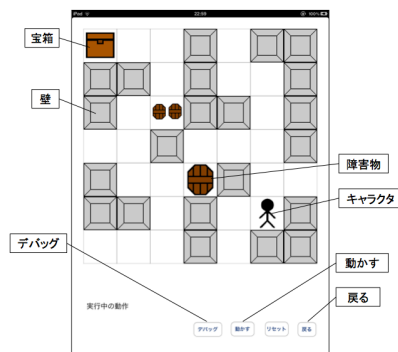


図6 キャラクター行動画面 (ステージ2の場合)

## 5. 結 言

iPadで動作するブロック配置型プログラミング学習アプリケーションを開発し、「動作処理」、「反復処理」、「分岐処理」を学習できるようにした。

今後の課題としては以下のことが挙げられる。

- 1) ブロック配置画面において、次の行に配置可能な処理ブロックを明確に示すことができるようにする。
- 2) 「多分岐処理」、「副プログラム」などの処理を追加し、それぞれを使用したステージを作成する。

## 文 献

- 1) Scratch <http://scratch.mit.edu/>
- 2) Squeak eToys <http://etoys.jp/squeak/squeak.html>
- 3) PAD <http://www2.ee.knct.ac.jp/el/E2/L210/algorithm/pad1.html>

# Twitter ユーザの感情推定に関する研究

津田 達也

松江高専 電子情報システム工学専攻

## 1. はじめに

近年、Twitter や Facebook, ブログなどのCGM(Consumer Generated Media)が普及してきている。とくに Twitter は最大投稿文字数 140 文字と短文向けであるが、リアルタイム性が高い点、個人の主観的な意見が多く含まれる点が特徴である。このため、投稿を解析することで市場マーケティングや株価への影響などを推定する研究が盛んになってきている<sup>1)</sup>。

一方、上記の目的から Twitter ユーザの感情をツイートから推定する研究も行われている<sup>2), 3)</sup>。一般にCGM における感情推定の精度は低く、英語圏における研究で約 86%の識別率が得られているが、日本人ユーザを対象とした研究ではまだまだ精度が低い。

本研究では、形態素解析と tf-idf 手法による感情推定システムを提案する。

## 2. 感情推定と形態素解析

感情推定とは、発話者の発言を解析し発話者がどのような感情を持っているかを判別することである。CGM において、発話者の感情を推定することができれば、サービスの向上や適切なコンテンツの提供、発話者の嗜好情報の抽出などに役立つ。

Twitter での投稿データなどのテキスト文に対する感情推定では、テキスト全体、あるいは文や文中の句、形態素に対して感情極性の推定が行われる。句や形態素単位の感情極性の判定には、一般に感情語辞書が用いられる。

形態素とは、文法において意味を持つ最小単位の文字列を指す。形態素解析とは、文字列を単語ごとに区切り、辞書を用いて品詞や活用形、原形を判別する自然言語処理技術の1つで、仮名漢字変換や機械翻訳などで使われる。

## 3. 提案手法

### 3. 1 感情の3値分類

本研究では感情を「Positive」、「Negative」、「Neutral」の3値とする。Positive とは、喜び、楽しみ、感謝などのポジティブな感情とする、Negative とは、悲しみ、怒り、不安などネガティブな感情とする。Neutral は驚きなど、どちらでも無い感情と感情が無いものが含まれる。感情語としては名詞、形容詞、動詞、感動詞、顔文字を対象とする。

### 3. 2 感情語辞書の構築

取得した Twitter のツイートデータを感情コーパスとし、文章の感情に影響していると思われる語と顔文字を感情語候補として抜き出す。そして、抜き出した語を形態素解析によって、形態素に分割する。

さらに、各形態素に対して手動で感情分類を行い、Positive, Negative の感情に含まれるものに対しては形態素を原形に変換し、感情語として感情語辞書に追加する。たとえば、「楽しかった」は「楽しかった」と形態素が分割され、それを原形に変換すると「楽しい+た」となる。ここで、「楽しい」を Positive として感情語辞書に追加する。「た」は感情が連想されないため追加しない。顔文字の場合は、その顔文字そのものを感情語辞書に追加する。

また、感情語を感情語辞書に追加していく過程で感情語の出現回数を算出し、tf-idf 法により感情語に重み付けをする。本研究では tf-idf をつぎのような式で定義し、重み  $w$  を算出する<sup>3)</sup>。

$$w_t = tf \cdot idf$$
$$tf = \frac{\text{感情}a\text{における感情語}t\text{の頻度}}{\text{感情}a\text{における総感情語数}}$$
$$idf = \log_2 \left( \frac{\text{総感情数}}{\text{感情語}t\text{が現れた感情数}} \right) + 1$$

### 3. 3 形態素解析を用いた感情推定

本研究で構築した感情推定システムの動作を示す。

**Step 1:** ツイートデータと感情語辞書の顔文字とのマッチングを行い、マッチした場合顔文字に対応する感情の重みを加算する。さらにツイートデータから顔文字を削る。

**Step 2:** ツイートデータに対して形態素解析を行い、分かち書きした上で形態素を原形にする。原形が無いものはそのままの形とする。

**Step 3:** 原形にした形態素と感情語辞書に登録された感情語とのマッチングを行い、マッチした場合感情語の感情として重みを加算する。

**Step 4:** ツイートデータの Positive の重みの合計値と Negative の重みの合計値を比較し、大きいほうをそのツイートデータ

の感情とし、差が 0(マッチする感情語が無い)の場合は Neutral とする。

Step 5: 全データに対して Step 4 までを繰り返す。

## 4. 実験

### 4.1 データ収集

本研究では、19人のTwitterユーザから合計3184件のツイートデータを収集した。このとき、公式ツイート、非公式ツイート、リンク付きツイート(http://とwww.の付くもの)は、対象ユーザ以外の発言が含まれる可能性があるため実験データには用いない。

また、取得したツイートには他のユーザへのリプライ(@username ~)やハッシュタグ(#~)が含まれているものがあるので、この場合はユーザ名部分やハッシュタグ部分を取り除く。

### 4.2 感情語辞書の構築

収集したデータのうち7割の2218件を感情コーパス用のデータ、残り3割の966件をテスト用のデータに分ける。つづいて、3.1で説明した方法に従い感情コーパス用のデータから感情語辞書の構築を行う。結果として、Positiveの感情に分類される語が総数766個、顔文字が総数125個、Negativeの感情に分類される語が総数278個、顔文字が総数69個となった。ただし、一部の語は重複を含む。

本研究では、形態素解析器としてMeCab、形態素解析辞書にIPA辞書を用いた。

### 4.3 感情語辞書の構築

3.2の方法に従い、テスト用の各データに対して感情推定実験を行った。表1(1)に重み付けなしの感情語の出現回数だけの推定、(2)にtf-idf法による重み付けをした感情推定の結果を示す。ここでの識別率とは、全データのうち正しく感情を判別できた数の割合である。また、表3に表2(1)、(2)における感情ごとの精度、再現率、F値を示す。また、これらを以下のように定義する。

$$\text{精度} = \frac{\text{正しく感情 } d \text{ と判別した数}}{\text{感情 } d \text{ と推定した数}}$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{正しく感情 } d \text{ と判別した数}}{\text{感情 } d \text{ のデータ数}}$$

$$\text{F 値} = \frac{2 \cdot \text{感情 } d \text{ の精度} \cdot \text{感情 } d \text{ の再現率}}{\text{感情 } d \text{ の精度} + \text{感情 } d \text{ の再現率}}$$

表1 重み付けの有無による識別率

	識別率
(1)感情語出現回数のみ	0.7908
(2)tf-idf法による重み付け	0.8043

表2 感情ごとの精度、再現率、F値

	精度	再現率	F値
(1) Positive	0.7845	0.8605	0.8207
Negative	0.5000	0.5299	0.5145
Neutral	0.8569	0.8105	0.8330
(2) Positive	0.7730	0.9109	0.8363
Negative	0.5313	0.5812	0.5551
Neutral	0.8858	0.8003	0.8409

### 4.4 考察

表1より、tf-idf法のほうが精度は高いが、その差は約0.014と大きな違いではなかった。また、本実験ではユーザ単位で学習用データとテスト用データに分けているため、精度が約80%と高くなった。とくに、顔文字の使用とその種類についてはユーザによって偏りがあるため、本提案手法では、未知データでの精度劣化が予想される。

このことから、複数の識別器によるboostingを行うことで未知データでの精度を上げられると考える。

## 5. まとめ

本研究ではTwitterユーザの感情推定を行うboosting手法の応用への足がかりとして、形態素解析とtf-idfを用いた感情推定実験を行った。その結果、約80%の識別率で感情推定ができた。

今後の課題としては、広範なデータに対しての実験、boostingを行うための各種処理の追加、否定語への対応などが考えられる。

## 文献

- 1) 奥村 学: マイクロブログマイニングの現在, 電子情報通信学会信学技報, Vol. 111, No. 427, pp. 19-24 (2012).
- 2) F.H.Khan, Saba Bashir, Usman Qamar: TOM: Twitter opinion mining framework using hybrid classification scheme, Decision Support Systems, Vol 57, pp.245-257 (2014).
- 3) 篠山 学, 松尾 朋子: 顔文字を考慮した対話テキストの感情推定に関する研究, 香川高等専門学校研究紀要, pp.151-153(2010).

# 密に結束された金属丸棒の員数計数

石 村 祐 子

徳山高専 情報電子工学専攻 1 年

## 1. 諸 言

金属丸棒の製造工場では金属丸棒を員数ごとに結束して出荷している。この場合、結束前後のいずれかの工程において結束した金属丸棒の員数に誤りがないか、確認のために員数を計数する作業が行われている。この計数作業を手作業で行う際は、数えた棒にシールを貼るなどして間違いの無いように慎重に計数をしているが、手間がかかり時間もかかる。この作業を効率化するために、金属丸棒の員数計数を支援するシステムの開発する。システムの導入コストを軽減するため、スマートフォンやタブレットのような携帯端末を用いた員数計数支援システムの開発を目指す。

本研究では、対象を密に結束された金属丸棒と限定し、端末で動かすための処理量の少ない員数計数アルゴリズムについて報告する。アルゴリズムの精度を検証するため、パソコン上でプログラムを組み実行する。また、本研究では高速画像処理ライブラリ HALCON[1]を用いて実験する。研究に用いる入力画像は、将来的に員数計数支援システムで使うタブレット(東芝 REGZA Tablet AT500)のカメラ機能を用いて撮影する。画像サイズは 2592×1944 ピクセルである。

## 2. 理 論

画像処理は、画像サイズが大きくなるほどメモリを使い、処理は重くなる。そこで、画像処理の回数を少なくして、座標計算を中心に金属丸棒(以下、丸棒)の員数を計数するアルゴリズムを考える。

密に結束した丸棒は、図 1 のように丸棒の中心と丸棒間の隙間を線で結ぶと 3 方向の直線が出来るよう、規則的に並ぶ。このことを利用して、丸棒の中心位置を計算する。入力画像の一例を図 2 に示す。密に結束した丸棒間の隙間には、多くの場合、影が出来る。この影を取り出すことで、丸棒間の隙間領

域を抽出し、隙間の座標を求める。

まず、ノイズ除去のために入力画像をマスクサイズ 5 のガウシアンフィルタで平滑化する。次に、2 値化処理を行い影領域を抽出する(図 3)。2 値化で得た影領域は、隣り合った隙間の影がつながっていたり、丸棒表面の金属光沢により一カ所分の隙間の影が複数に分かれて抽出されたりすることがある。一カ所分の隙間領域を正しく認識するために、closing 処理で分かれてしまった本来一つである隙間領域を結合し、その後 opening 処理でつながってしまった隣り合った隙間領域を分割する(図 4)。影領域の中の連結成分を隙間領域として取り出す。この時、面積が定めた範囲にない連結成分は、雑音もしくは隙間以外の影とみなして捨てる。

ここまでの処理で得た丸棒間の隙間領域に対し、隙間領域の重心の座標(以下、隙間座標)を求める。この隙間座標をもとに、丸棒の中心の座標(以下、中心座標)を計算する。隙間座標間の距離を、すべての隙間座標に対して計算し、その中で最も小さかった 3 つの距離の平均を、隙間座標間の最短距離とする。図 5 のように最短距離にある隙間座標を結ぶ一本の線分 AB に注目すると、線分を延長した先に中心座標 M, N が存在する。最短距離にある隙間座標を線でつなぐと正六角形で丸棒を囲める。正六角形の頂点から中心へ線を引くと 6 つの正三角形が出来るため、正六角形の辺の長さと同じ正六角形の頂点と中心を結ぶ線の長さは等しい。これより、AB と AM, BN の長さは等しいと言える。線分 AB と中心座標 M, N が同一直線上にあり、AB の長さと AM, BN の長さが等しいと分かっているため、M, N の座標を求めることが出来る。

最短距離にある二つの隙間座標を結ぶ全ての線分

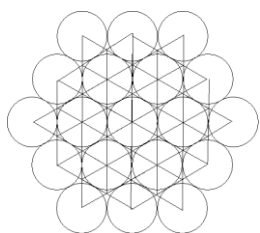


図 1 結束した丸棒の並び



図 2 入力画像例

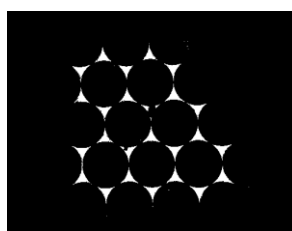


図 3 2 値化後

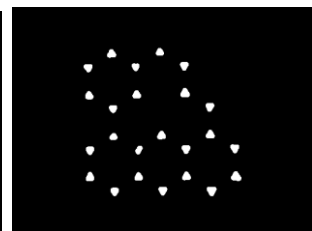


図 4 opening・closing 後

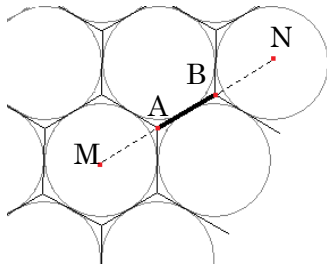


図5 線分から中心座標を求める

について、線分の延長線上の中心座標を求める計算をすると、一つの中心座標が最大6回計算で出てくる。複数回出てきた中心座標を取り除くため中心座標を求めた後、二つの中心座標間の距離を計算し、その距離が最短距離よりも短かった場合は、先に出てきた中心座標を残し、後から出てきた中心座標を捨てる。全ての中心座標間の距離を計算して取捨選択を行い、最終的に残った中心座標の数が計数結果である。

### 3. 実験

日中の室内で20本の密に結束された丸棒を撮影したテスト画像67枚を使い、アルゴリズムの評価実験を行った。このテスト画像は、明るい室内でライトを一切使わず撮影したものである。検出率、誤検出率は以下の式で計算する。

$$\text{検出率} = \frac{\text{正解数}}{\text{期待数}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

$$\text{誤検出率} = \frac{\text{誤検出数}}{\text{期待数}} \times 100 [\%] \quad (2)$$

入力画像が20本の丸棒を写した画像であるため、丸棒間の隙間の大きさは有る程度大きな物である。そのため、opening処理、closing処理で用いる円形マスクの直径はそれぞれ40, 20を用いた。明るい室内用の閾値である17を用いて検出を行ったところ、検出率は99.9%、誤検出率は1.8%という結果を得ることが出来た。

使用したマスクサイズは訓練データに20本の丸棒の画像を用いた時に検出率が良かった値である。入力画像の員数によって、隙間領域の大きさが何ピクセルになるか異なるため、マスクサイズは入力画像の員数に合わせた値を使う。同様に、closing, opening後に連結成分が隙間領域か隙間領域でないかを判断する値の範囲も、員数によって決定する。2値化の閾値は、入力画像が明るい部屋でライトを使



図6 途中結果画像

わずに撮影されたものであった場合、画像全体の輝度の分布が一様になるため、閾値は画像全体に対して固定とした。しかし、撮影場所が暗い部屋でライトを使わなければならない場合、輝度の分布が一様でなくなるため、固定の閾値は使えず、閾値は動的なものにする必要がある。

図6は隙間座標から中心座標を求めた後、複数回出た中心座標を捨てる前の状態を示した画像である。入力画像の上に画像処理で得られた隙間領域を描画し、二つの隙間座標間が最短距離になる線分を白い線で、線分から求められた中心座標を半径50ピクセルの白い円で描いている。最大6方向から計算を行うため、いくつかの隙間領域が抽出できなくても、他の隙間領域から中心座標を求める事が出来る。図6の場合では2箇所の隙間領域が抽出出来ないが、全ての中心座標を求めることが出来ている。しかし、誤って丸棒の下を隙間領域として抽出している。この誤って抽出した影により、図6下部の誤検出が出てしまう。

### 4. 結言

金属丸棒の中心座標を、丸棒間の隙間領域を利用して自動計算する員数計数アルゴリズムを提案した。評価実験ではテスト画像に明るい室内でライトをつかわずに撮影したのを用い、輝度の分布が一様になるため閾値は固定した。しかし、最終的に開発する支援システムは暗い工場内での使用を考えているため、ライトを使用して撮影することになる。ライトを使用した場合は固定した閾値は使えない。そのため、現在は画像を読み込み、最適な閾値を求める方法を研究している。

### 文献

[1]HALCON Reference Manual 10.0.3, MVTec Software GmbH

# 組立型待ち行列システムにおける最適なバッファ配置

佐伯浩一

宇部高専 経営情報工学専攻 1年

## 1. はじめに

生産システムでは、需要の変動など様々な原因により、工程間で仕掛品の過不足が生じ、生産性が低下する。また生産システムにおける仕掛品の中間在庫料は、スペースの制約や保管費用の抑制のために制限される。したがって、下流の加工機械のための在庫スペース不足や、在庫量があらかじめ定められた最大在庫量に達すると、上流の加工機械は停止する。この現象はブロッキングと呼ばれる。一方、上流からの仕掛品の配給不足によっても下流の加工機械は停止する。この現象はスタービングとよばれる。このような問題は性能評価やシステムの管理を複雑にする。生産システムの設計・管理を行うためにはシステムの構成要素パラメータの変化によって性能指標が受ける影響を知らなければならない。このような解析に待ち行列理論が用いられる。待ち行列理論とはサービス窓口とバッファからなる待ち行列システムにおいて、客の到着間隔やバッファ容量を設定し、確率論を応用して客の待ち時間等の性能指標を数学的に求めようとするものである。本研究では組立型待ち行列システムを採用している。ほかには直列型待ち行列システムや合流型待ち行列システムなどがあるが、これらに比べ構造が複雑なため、複雑な生産システムにも対応することができると考えられる。また組立型待ち行列システムは他の待ち行列システムに比べ、あまり研究がなされていない。

そこで本研究では、組立型生産システムを待ち行列理論を用いてモデル化し、シミュレーションによってバッファ及びサーバーの効率的な配分・配置を検討し、生産システムにおける効率的なアルゴリズムを導く。

## 2. 従来研究

待ち行列システムにおいて、窓口のサービス時間とバッファのサイズはともにスループットの大きさに影響を与える要素である。

スループットの最大化に関連する研究は、さらに次のように分類できる。(1) 直列型待ち行列システムにおけるサービス時間が異なるノードの配置。(2) 直列型待ち行列システムにおけるバッファサイズの配置。(3) 組立型待ち行列における資源配置で考える。

### (1) 直列型待ち行列システムにおけるノード配置

サービス時間が異なるノードに配置について、Patterson (1964)はスループットの解析を行い、Davis (1966)は、資源配置についてサービス時間が

低い場合や高い場合を混合させたシステムについて大規模なシミュレーションを行った。Anderson and Moodie (1969)は、バッファ容量とステーション数に関連したシミュレーションして、さらに回帰曲線を用いて解析をした。Payne *et al.* (1972)も、無限バッファのシステムについて、20個のノードを持つシステムに対してシミュレーションを行った。その他、Carnall and Wild は、4つのノードで、各ノードのサービス時間が一定でない場合の直列型システムの場合において、様々なワークステーションについて確率的に変化するサービス時間を考慮した直列型ラインについてシミュレーションを行った。さらに、上記のアプローチは、在庫管理、工程管理のシステム等に幅広く応用されている。

### (2) 直列型待ち行列システムにおけるバッファ配分

直列型待ち行列システムシステムにおけるバッファ配分（バッファサイズの配置）について、有効な解決手法が確立されておらず、従来の研究のほとんどは大量の数値実験に基づく経験則の発見である。たとえば、Gershwin (1987), Dallery and Frein (1993), Conway and Maxwell (1988)はシミュレーションや近似解法にスループットを求め、最適解を導いた。Mitra and Mitrani (1990)は、極小型ブロッキングを持つ直列型待ち行列システムに対するバッファ配分について、数値結果に基づいていくつかの経験則を提案した。その結果、ラインの中央に位置するノードの優先的にバッファを配分すべきであることがわかった。さらに、Hill and So (1991)は、比較的長い生産ラインで数値実験を行い、Hill and So (1993)は、スループットを最大にする最適なバッファ配置パターンを導いた。

### (3) 組立型待ち行列システムにおけるバッファ配分

Dallery and Gershwin (1992), Gershwin (1994)は、スループットや在庫レベルを計算する手法を提案し、Kut (1997)は、Dallery and Gershwin, Gershwinの提案に基づいて、最適バッファ配置を求めるアルゴリズムを提案した。従来の研究のほとんどは、直列型待ち行列システムまたは組立ノードが一つのみの組立型待ち行列待ち行列システムを対象としている。そして有効な解決手法が確立されておらず、主に大量の数値実験に基づく経験則の提案に止まっている。従って、(1)



複数の組立ノードを対象にする研究や、(2)システマティックな解決手法が欠如しているといえる。

### 3. 組立型待ち行列システム

この節では組立型待ち行列システムについて説明する

図1のようなノードからなるツリー状の待ち行列システムを仮定し、各ノードは単一窓口（サーバー）であり、ノードkの窓口のサービス時間はサービス率 $\mu_k$ の指数分布に従うとする。

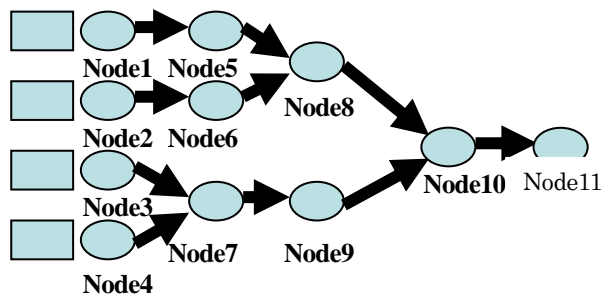


図1.組立型待ち行列システム

### 4. 数値解析

この節では、C言語によるシミュレーションおこい、スループットの検証をする。

#### 4.1 均一バッファ配置

ここでは、本研究で用いる組立型待ち行列モデルの全ノードのバッファのサイズ均一にした場合を考える。下図および表はバッファのサイズを1から20まで変動させた際のスループットの変動である。結果から、バッファのサイズが大きくなるにつれてスループットの値も大きくなっていることがわかる。またスループットの増加量は緩やかに減少していることがわかる。

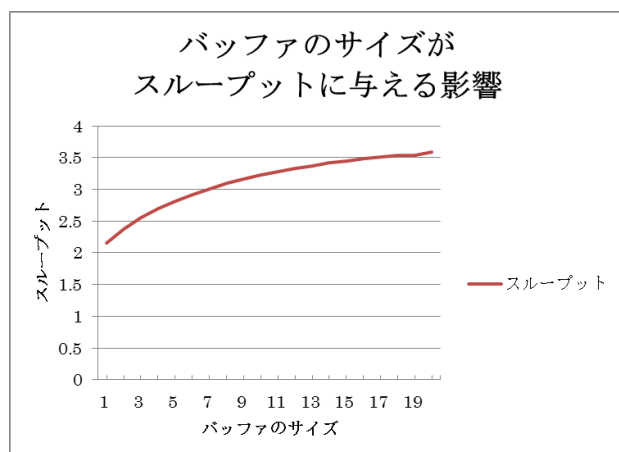


図2.バッファのサイズがスループットに与える影響

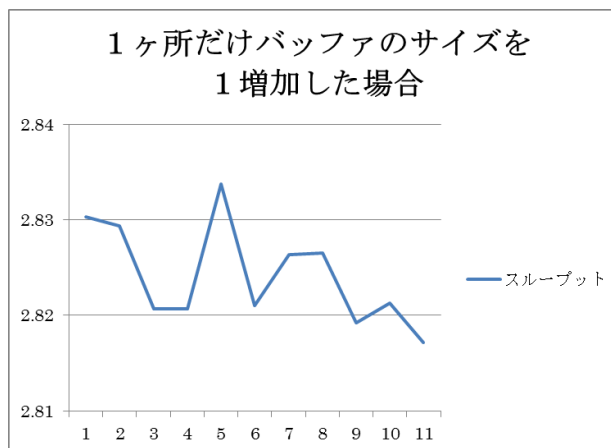


図3.1ヶ所だけバッファのサイズを1増加した場合

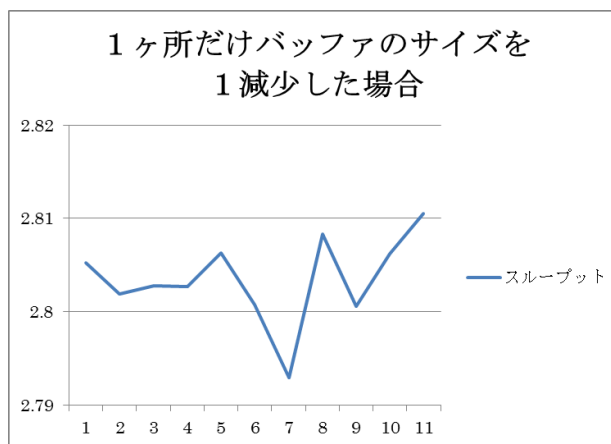


図4.1ヶ所だけバッファのサイズを1減少した場合

#### 4.2 1ヶ所だけバッファのサイズを変更した場合

1ヶ所だけバッファのサイズを変更した場合について考える。(ただし、初期条件として全てのノードのバッファは5とする。)まず、バッファのサイズを1だけ増加した場合について考える。結果からノード5のバッファを増加させたときにスループットの値が最も増加していることがわかる。

次に、バッファのサイズを1だけ減少した場合について考える。結果からノード7のバッファを増加させたとき減少させたときにスループットの値が最も減少していることがわかる。

### 5. まとめ

シミュレーションの結果、バッファのサイズを大きくするにつれてスループットが向上することがわかった。また、バッファのサイズを1ヶ所変更した場合においてスループットの動きに規則性はないものの、最終ノードのバッファサイズはスループットにあまり影響を及ぼさなかった。今後はプログラムの改善、スループットを最大にするバッファ配置パターンを考える。

# センサーネットワークを用いた省エネ教育支援システムの開発

岡田 雅一

弓削商船高専 生産システム工学専攻

## 1. 緒言

東日本大震災は、日本社会の様々な分野に影響を与え、中でも福島原発事故による電力不足の問題は、大きな問題となった。将来、安定したエネルギー供給の方法が確立したとしても、節電や省エネ活動は、我々の責務であるといえるだろう。

エネルギー消費量を削減するためには啓蒙活動が重要であることが指摘され、小中学校での活動が注目されている<sup>1),2)</sup>。

本研究では、学校をターゲットとした「センサーネットワークを用いた省エネ活動を支援するシステム」を開発する<sup>3)</sup>。このシステムは、教育現場に特化した省エネ活動を支援するもので、安価で設置が容易であるという特徴を持っており、センサーネットワークを用いてデータの収集・可視化を行う。

## 2. EAC デバイスの開発

### 2.1 EAC(Eco Assist Clock)の概要

本研究で開発する EAC デバイスの概要図を図 1 に示す。EAC には、光、温度、風センサー、LED、無線通信モジュール、情報表示用 LCD、制御をコントロールするマイコンを搭載した壁掛け時計である<sup>4)</sup>。

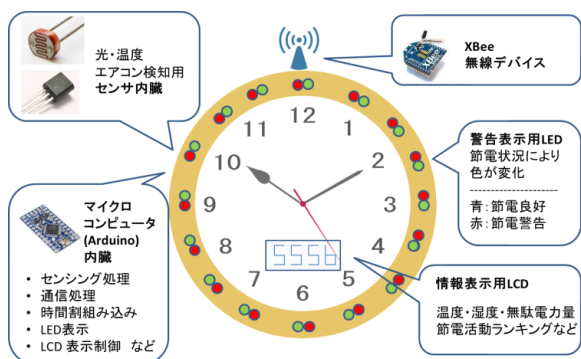


図 1: EAC の概要

### 2.2 搭載する主な機能について

#### 2.2.1 教室照明の ON/OFF 検知

時計上部に CdS を実装し光強度を検出する。本システムでは正確な電力量を計測する必要はなく、ON 時間が検出できれば、概算電力消費量が算出可能である。

#### 2.2.2 教室内エアコンの ON/OFF 検知

照明と同様に ON 時間を検出できれば、電力量の概算値が算出可能である。エアコンからの送風の有無を検出するために、エアコンの吹き出し口に、風量によって変化するウインドリアクターと赤外線距離センサーモジュールを用いた検出装置を開発した。

## 3. 省エネ教育支援システムの開発

### 3.1 概要

省エネ教育支援システムは、各教室に設置された複数台の EAC によって構築される、センサーネットワーク網を利用し収集したデータの可視化及びクラウド上へのアップロード、測定データの管理などを行う、教育機関に特化した、生徒や学生の省エネ活動を支援するサービスを提供するシステムの総称である。システムの概要図を図 3 に示す。

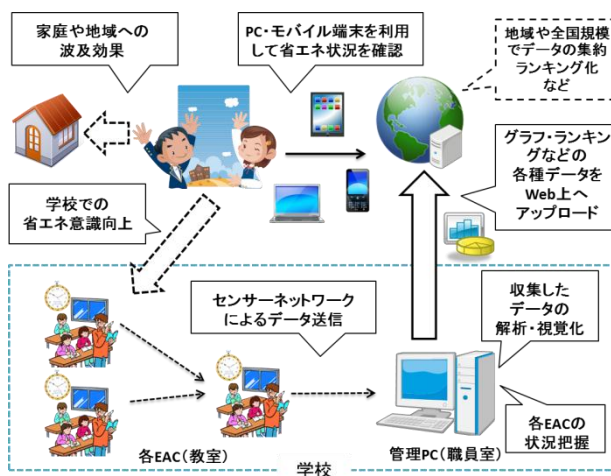


図 3: 省エネ教育支援システムの概要

### 3.2 システムに搭載する機能について

#### 3.2.1 各 EAC によるデータ収集と Web サーバへのアップロード

教室の EAC に搭載されたセンサーによって測定された照明とエアコンの動作状況は、Zigbee を介して一定間隔で管理 PC に送信される。EAC から管理 PC へ送信されるデータのフォーマットを図 4 に示す。送信データは、教室 ID、照明とクーラの ON/OFF の状況、現在の教室の室温である。



図 4：シリアル通信での送信内容

### 3.2.2 Web 上への情報表示

Web ページでは、各 EAC で収集した電力消費データのグラフ化や省エネランキング化などを視覚化する。情報の可視化を行うことで、直感的に電力消費や節電の状況を容易に把握することが可能となる。

## 4. 動作試験結果

EAC と省エネ支援システムのプロトタイプを開発し、教室において動作実験を行った。内容は、EAC 本体の動作確認および、管理 PC によるデータの収集、可視化が設計どおりに行われているか確認した。

### 4.1 EAC の開発

試作した EAC の実装基板を図 5 に示す。

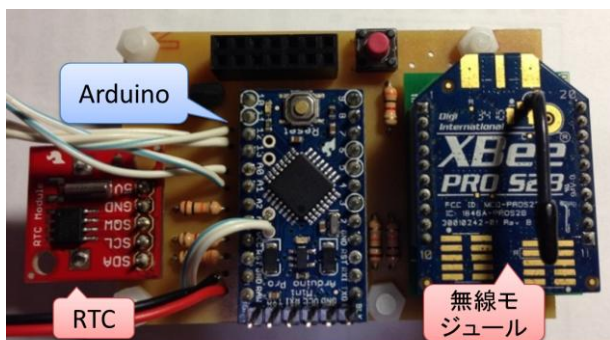


図 5：開発した EAC 基板

### 4.2 省エネ教育支援システムの動作実験

収集した各種データの可視化処理の流れを図 6 に示す。本システムでは、開発環境として XAMPP を用いて Web 環境を構築した<sup>5)</sup>。図 7 は、実験で収集した照明の ON/OFF データを元に作成した HP の画面である。このページは、1 日分の理想と実際の消費電力量をグラフ化したものである。縦軸が照明の電力消費量、横軸が時間となっている。理想消費電力量とは、登録されている時間割と収集した照明の ON/OFF データと比較し、教室使用の有無に基づいて算出される理想の消費電力量である。表示ページには、グラフの他に、測定したクラスの時間割と、実際に使用した電力量と料金の概算値を表示する。またページ上部の選択ボタンにより、1 日、1 週間と 1 か月分の測定データの表示も可能となっている。

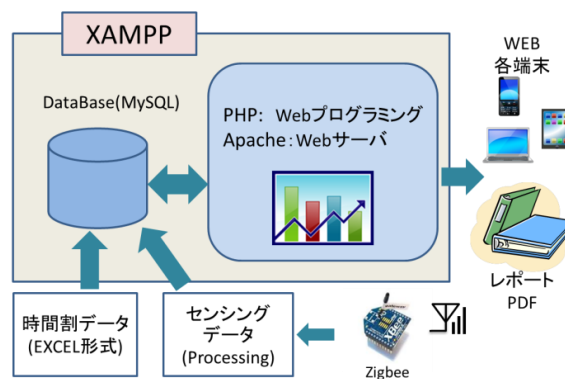
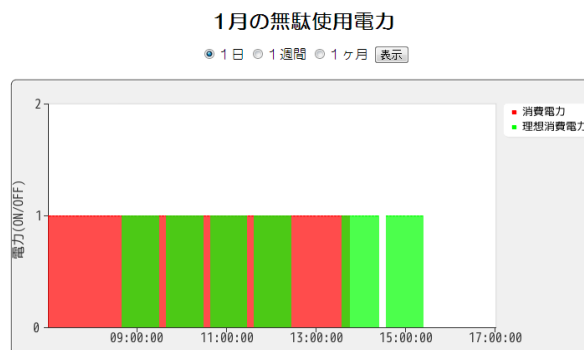


図 6：データ処理の流れ



時間/曜日	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日
1 限	数学 1	数学 1	数学 1	数学 1	情報処理 1
2 限	総合英語	体育	数学 2	数学 1	情報処理 1
3 限	操縦・通信	総合英語	英語表現	英語表現	国語
4 限	操縦・通信	国語	地歴 1	体育	英語表現
5 限	船舶学概論 (N)	芸術	数学 2	化学	物理
6 限	船舶学概論 (E)	芸術	保健	化学	物理
7 限	初年次教育	国語	基礎英語	HR	初年次教育

今週の消費電力は8wです

1時間あたり780wh

1時間あたり17.16円

図 7：開発した Web ページ

## 4. 結 言

本研究では、教育機関に特化したシステムを提案し、基本部分の開発と動作確認を行った。結果として、EAC の基本動作と、本システムにおいて EAC からのデータ取得、登録、可視化についても Web 上で動作する事を確認することができた。今後の課題は、複数台での稼働実験、HP のユーザビリティの向上などを予定している。

## 文 献

- 1) 三浦秀一, 小学校における省エネルギー教育の実践と効果, 第 2 回エネルギー・資源学会研究発表論文集, (2003), p275-278
- 2) 小峯裕己, 学校における省エネルギー実施要領, 省エネルギー・省資源大作推進室会議, (2007)
- 3) 葛目幸一他: センサーネットワークを用いた省エネ活動支援システムの開発, 弓削商船高専・研究紀要,(2012),PP.52-56
- 4) <http://www.arduino.cc/>
- 5) <http://www.apachefriends.org/jp/index.html>

# Web アンケートシステムの開発

荻 田 哲 平

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. 緒 言

多くの学校において紙ベースの授業評価アンケートが行われているが、集計の手間や経費が大きい、数が多くてかさばるなどの問題がある。その問題を解決するには、紙を必要としない Web アンケートを利用すれば良いが、現在無料で公開されている Web アンケートサイトでは、アンケートがそのサイトで集計されてしまう、集計結果が一定の日数を過ぎると消えてしまうなどいくつかの問題がある。

本研究室では、オリジナルの e ラーニングシステムを開発しており、アンケート機能も有する。しかしアンケートとしては最低限の機能しかなく、アンケートの集計結果が数値でしか表示できないため、見にくい等問題点が多い。本研究では、このアンケートシステムを改良し、より使いやすいシステムとする。本稿では、本校で毎年大量に行われている授業評価アンケートを対象とする。

## 2. Web アンケートシステムについて

Web アンケートシステムとは、ブラウザ上でアンケートに答え、その中間・最終集計結果をブラウザ上で即時に閲覧できるシステムのことである。Web アンケートシステムには、調査する人が自由にアンケートを設計し、集めたデータを CSV 形式で取得できるもの、集計結果を棒グラフなどの形式で表示できるもの、ブラウザ上で簡単な統計解析ができる有料のシステムまで、さまざまなものがある。研究・教育上は統計解析のようなシステムを無料で活用できることが望ましい。

## 3. 関 連 研 究

本研究を進めるにあたり、以下の二つの関連研究が存在した。

(1) プライバシを保護した授業評価アンケートの実装

ペーパーレス化、省力化を図り、一つの授業において複数回のアンケートを実施すること、その年の授業自体にアンケート結果をフィードバックして授業の改善・向上を目的とする。集計結果の表示にグ

ラフ等はいないが、回答者のプライバシーの保護のために暗号化の技術を用いている<sup>1)</sup>。

(2) 統計解析用 Web アンケートシステムの構築を支援する PHP クラスの基本概念

統計解析用 Web アンケートシステムの有用性、それを構築することの困難さ、アンケートシステムを開発する上での問題・課題を提示し、研究の意義を明らかにする<sup>2)</sup>。

## 4. 本 シ ス テ ム の 設 計

(1) 現状のアンケート方法

現在、本校の授業評価アンケートは紙で行い、それをスキャナーで取り込んで集計している。しかしこの方法では集計に時間がかかる、スキャナーの読み取り誤りがあるといった問題がある。集計結果は、集計の電子データと回答用紙を授業担当者に返却し、授業担当者がコメント等の書き込みをして、公開用データを作成している。だが学生の意見は授業担当者が手動で入力する必要がある、公開用データを作成するまでに時間がかかるといった問題がある。

(2) 現 e ラーニングシステムのアンケート機能

現状のアンケート機能では、単一選択方式、複数選択方式、二択方式、自由記述方式のアンケートの作成、回答、集計が可能となっている。また集計結果は、選択方式では選択肢ごとの回答者数、自由記述では回答された文章の列挙となっている。

(3) 本アンケートシステムの機能

本システムは現在ある e ラーニングシステムに組み込むことで実現する。

本研究では授業評価を対象としており、LDAP によるユーザ認証を用い、単一選択方式と自由記述方式の 2 つを実現する。集計結果は、各選択肢の回答者数ではなく 5 段階評価の選択肢の回答合計の平均値が必要となる。集計結果の表示としては数値ではなく、レーダーチャートを用いる。自由記述の集計は、現システムと同様列挙とする。以上の処理は全て Web 上でを行い、授業担当者は Web 上でアンケートの集計結果を確認でき、コメントを書き込むことで公開用データを作成できる。

単年度の集計結果だけでなく、同一担当科目においては、前年度との比較が容易にできる集計機能も実現する。

## 5. 本 シ ス テ ム の 実 現

### (1) 開発環境

本システムは、Linux と Windows の両方で動作できるように開発する。Linux では、Web サーバに Apache、システム開発に PHP 言語を用いる。Windows では、それらの統合環境である Xampp を用いる。レーダーチャートの描画には、PHP で実現されたグラフィブラリ pChart を用いる。

### (2) 実験システムの実行例

本システムは、授業科目ごとにログインページが用意されており、LDAP 機能を用いて、ログイン認証を行う。ログイン後は、図 1 に示すサイドメニューが表示される。

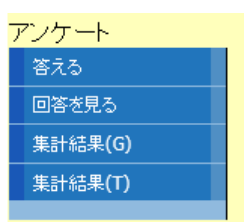


図 1 ログイン後のサイドメニュー

サイドメニューから、「答える」を選択すると、図 2 に示す回答フォームが表示され、回答を行うことができる。現 e ラーニングシステムのアンケート集計結果を、図 3 に示す。アンケートは 17 問あり、問 1 から問 16 は単一選択方式、問 17 は自由記述方式による問いである。本システムでは、図 4 に示すように、問 1 から問 16 までの集計結果から、質問ごとの平均値をレーダーチャートで表示することができる。

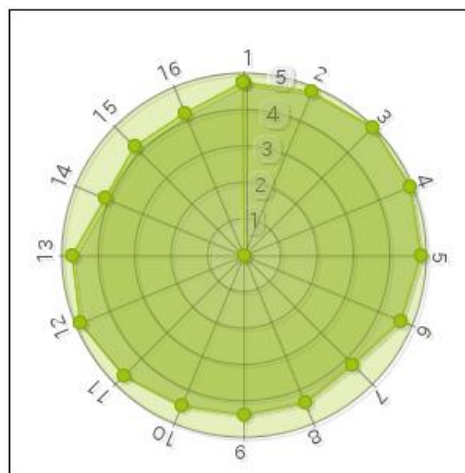


図 4 本システムの集計結果

## 6. 結 言

現在開発しているシステムでは、単年度の設問ごとの集計と、レーダーチャートの表示が実現できている。今後は、授業担当者によるコメント入力フォームと、公開用データの表示フォームの開発を行う。また、年度ごとの推移を表示する機能の開発も行う。

## 文 献

- 1) 谷川浩司, 中西透: “プライバシーを保護した授業評価アンケートの実装”, 信学技報 ISEC2006-59, pp145-151, 2006
- 2) 穴沢務: “統計解析用 Web アンケートシステムの構築を支援する PHP クラスの基本概念”, 経営論集(北海学園大学), 1, 4, pp.113-126, 2004

No: 1	
【質問】	授業のガイダンスが実施されていますか。
【選択】	<input type="radio"/> [5] されている <input type="radio"/> [4] どちらかといえばされている <input type="radio"/> [3] どちらともいえない <input type="radio"/> [2] どちらかといえばされていない <input type="radio"/> [1] されていない
No: 2	
【質問】	シラバスに沿って授業が実施されていますか。
【選択】	<input type="radio"/> [5] されている <input type="radio"/> [4] どちらかといえばされている <input type="radio"/> [3] どちらともいえない <input type="radio"/> [2] どちらかといえばされていない <input type="radio"/> [1] されていない
No: 3	
【質問】	授業は定時に開始・終了されていますか。
【選択】	<input type="radio"/> [5] されている <input type="radio"/> [4] どちらかといえばされている <input type="radio"/> [3] どちらともいえない <input type="radio"/> [2] どちらかといえばされていない <input type="radio"/> [1] されていない

図 2 アンケート回答フォーム

回答日時	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2014/02/27(09:22)	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[4]	[4]	[3]	[5]	[5]	[4]	[1]	[1]	[1]	
2014/02/27(09:21)	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[4]	[4]	[5]	
2014/02/27(09:21)	[3]	[3]	[5]	[5]	[5]	[3]	[3]	[3]	[4]	[4]	[3]	[4]	[4]	[3]	[4]	[4]	
2014/02/27(09:12)	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[5]	[4]	[4]	[4]	[2]	
2014/02/27(09:22)	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	いい授業だと思います

図 3 現 e ラーニングシステムの集計結果

# LED 光刺激に対するマアジの遊泳行動解析システムの構築

藤川 明広

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. 緒 言

光に集まる性質を持つ魚は多く、日本の各漁場で LED 集魚灯を用いた漁業が行われている。しかし漁業者はどのような条件で何色の LED 光が効果的なのかを経験に頼って使用しているのが実情である。その理由は、LED 光に対する魚群の遊泳行動を定量的に評価することを扱った研究が十分に行われていないからである。そこで、LED 光刺激に対する魚の遊泳行動の定量的な評価を得ることが出来れば、LED 集魚灯を利用した漁業のさらなる効率化が期待できると考えた。昨年度は海水魚に対する研究の準備として、まず淡水魚であるキンギョについて、LED 光に対してどのような行動特性を示すのか実験でデータを取得した[1]。

本年度は研究の次の段階として共同研究を行っている徳島県海部郡の水産研究所にてマアジの LED 光に対する遊泳行動解析システムの構築とそれを用いたマアジの遊泳データの取得を目的とする。マアジを実験供試漁に用いた理由は、マアジが一年を通して集魚灯に集まる大衆魚であり、飼育が海水魚の中でも比較的容易であるため本実験に用いる事にした。

## 2. 円形水槽の導入

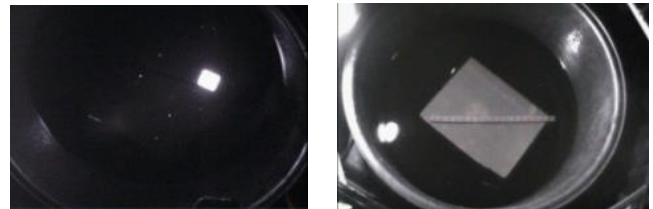
昨年度の実験では、小型の正方形の水槽の一角に LED 光発生装置を置いて遊泳軌跡の抽出を行った。しかし、キンギョが正方形の水槽の壁に滞在することが多く純粋な LED 光に対する遊泳データを得ることが出来なかった。

本年度から円形的水槽を用いて軌跡の抽出を行う。LED 光発生装置は水槽の中央に設置する予定である。これは、試験魚が水槽の壁に滞在しないようにすることと、LED 光を中央に置くことで水槽の全方位に平等に光が伝わるので、方向による水槽内の光量の偏りを無くすことが水槽を変更した理由である。

## 3. 赤外線投光器

暗所環境でのマアジの遊泳を撮影するにあたってマアジの不可視領域の赤外線を撮影用照明として採用する。実験を行う際には、撮影装置全体を遮光シートで覆い赤外線投光器(YKmusen YIR-CS88、発光波長 850nm、照射角度 120°)を撮影用照明として用いる。撮影用照明として使用する赤外線投光器はマ

アジにとって不可視である必要があるため、当初は 945nm の赤外線投光器を使用する予定であったが、水深 50mm 程度までしか魚影を視認することができなかった。そこで 850nm の赤外線投光器を用いたところ、水深 300mm 程度までならば軌跡抽出のための画像処理を行えるような画像を得られたため、これを採用した。しかし、赤外線投光器の変更にあたって波長がマアジの可視領域に近づいたことによる影響が懸念された。マアジの可視領域は 700nm までであることが分かっているが、確認のためハロゲン灯照明下での遊泳行動と比較実験を行う。



(a) 945nm の赤外線 (b) 850nm の赤外線

図 1 赤外線投光器の比較

## 4. 実験方法・条件

図 2 の概要図に示すような撮影装置を構築し、円形水槽の上部から CCD カメラ(THE IMAGING SOURCE 社 DFK23G274、1/3 インチ)を用いて撮影を行う。昨年度までは、デジタルビデオカメラ(SONY HDR-PJ760V)での撮影を予定していたが、データの移動時間の短縮やデータの解像度などの利点から CCD カメラでの撮影に変更した。

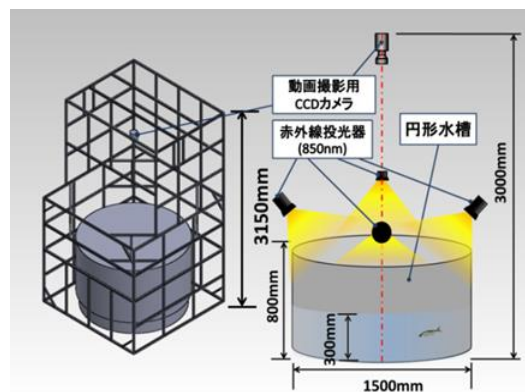


図 2 実験装置概要図

実験は冬期に行ったため、水温は低く、またヒータを使用しての水温調節も行っていない。マアジの遊泳に適した水温は16°C~23°Cであり実験環境は遊泳に適していない[2]。そのため実験データとしての正確性を問われるだろうが、取得した遊泳データの比較を行う。

使用するデータは2つのケース

- ・実験(a) : H26.1.24,水温 11.2°C,赤外線(850nm)
- ・実験(b) : H26.1.24,水温 11.2°C,ハロゲン照明

である。実験(b)は撮影用照明としてハロゲン投光器を水槽の両端に設置し外光がある場合の行動を撮影する。理由は可視光を照射した場合と不可視であるとされている赤外線投光器を照射した場合のマアジの行動を比較するためである。

### 5. 実験結果

図3には円形水槽における実験で得られた遊泳軌跡を示す。実験(a)の撮影には赤外線投光器(850nm)を撮影用照明として使用しており、ある程度自然に遊泳しているように見える。ハロゲン照明を用いた実験(b)は不自然に一定の壁面に滞在しており、あまり動きを見せなかった。どちらの実験でもマアジは壁面を好んで遊泳しているように見られた。

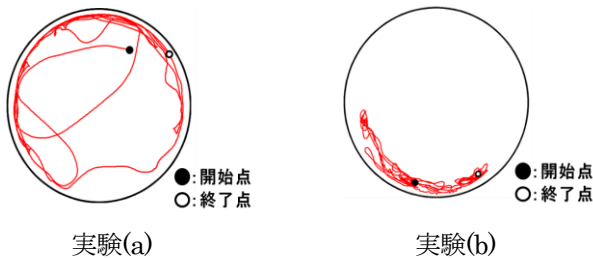


図3 遊泳軌跡

図4には遊泳速度ノルムを示す。

遊泳速度ノルムを比べると実験(a)は、実験(b)と比べて活発に遊泳していることが分かる。実験(b)は、撮影に使用した照明に対して反応していたため遊泳速度が全体的に下がったのだと考える。平均遊泳速度は、実験(a)では31.03(mm/sec)。実験(b)では18.78(mm/sec)であった。

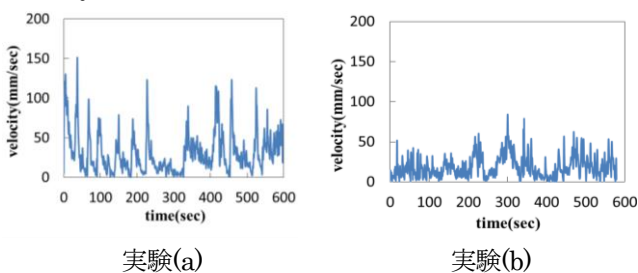


図4 遊泳速度ノルム

図5には遊泳速度ノルムから得た、三次元リターンマップを示す。遊泳行動に周期性がある場合、円の外周をなぞるように楕円が描かれるのだが、今回得られた三次元リターンマップは中心を塗りつぶすように描かれている。これは遊泳行動にカオス性があることを表している。

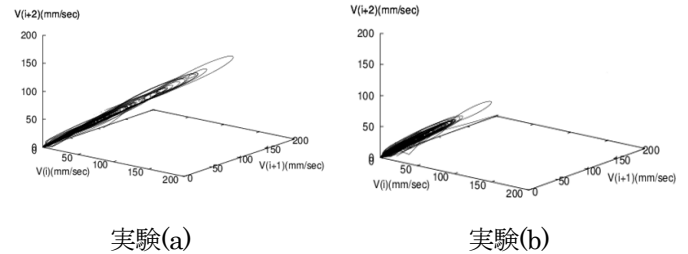


図5 三次元リターンマップ

### 6. 結 言

マアジの遊泳パターンの解析を目的に、実験システムの構築を行った。マアジを実験供試魚として得られたデータは、キンギョでの実験同様に壁面付近を好んで遊泳する傾向が見られたがキンギョでの実験のように水槽の角で長い時間滞在するという結果は見られなかったため、光刺激に対するより純粋な反応を見ることができると期待している。本研究における実験は冬期に行ったデータであるため、水温は低く、マアジ本来の遊泳データとは異なったデータが得られた可能性があるため、来年度は水温などの環境を整えて反復して実験を行い、実験の正確性を高める必要がある。

LED光刺激をマアジに与えた際の遊泳軌跡のデータはないため、得られるデータの予測は難しいが、刺激光がマアジに誘引効果がある場合は光源付近で遊泳すると仮定し、光刺激に対する誘引・忌避についての考察を行う予定である。またマアジは群れ行動をとるため、光刺激を与えた魚群の遊泳行動の解析も必要だと考えている。それにより複数尾のマアジによる魚群の軌跡抽出プログラムの開発も必要である。

### 文 献

- [1] 田村元帥 光刺激が魚類の集魚効果に及ぼす影響, 阿南高専平成23年度卒業論文, 2011.
- [2] 秋元聡, 宮内正幸, 吉田幹英 筑前海域におけるマアジの漁獲量変動と水温及びイワシ類漁況との関係について, 福岡水海技七研報 第10号, 2000.
- [3] 杉野隆三郎, 田中広志 生物の行動を探る道具としてのカオス・フラクタル理論, 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌, Vol.16 No.1. 39-54, 2009.
- [4] 徳島県立農林水産総合技術支援センター LED(発光ダイオード)集魚灯を利用した曳き網漁業の操業指針, 2010.

# エンドサイトにおける安価なマルチホーム環境の提案

田 口 奨 也

徳山高専 情報電子工学専攻

## 1. 緒言

急速なインターネットの普及により、Web 上でのサービスが増加した今、インターネット回線の可用性が重要なものとなっている。

インターネット回線の可用性を高める手段として、マルチホームが挙げられる。マルチホームとは、複数の IP アドレスを単一のマシンに割り当てることによって、インターネット回線の負荷分散や冗長性の確保を図る技術である。しかし、現在主流である BGP を用いたマルチホーム[1]は多くのコストを必要とする。SCTP を用いたマルチホーム[2]が提案されているが、現在 SCTP を用いてサービスを提供している例は非常に少ないため、現状では有用な利用ができない。また、2つ以上の ISP へ同時に接続する技術として PPPoE マルチセッションが知られているが、これは動的に経路を切り替えるものではなく、事前に登録された情報をもとに静的にルーティングを行うものである。

そこで筆者は、中小企業や個人向けに、障害検知時には経路を動的に切り替え、通常時には TCP コネクション単位で負荷が低い回線を選択して通信を行うマルチホーム環境を提案する。

## 2. 実現方法

今回筆者が提案する方法は、サイトの出口ルータに障害検知機能と送信元 IP アドレスの付け替え機能、WAN 回線の負荷分散機能を持たせることにより実現される。

障害検知機能は出口ルータを通過するパケットを監視することによって実現する。障害検知のアルゴリズムはまだ決定しておらず、今後の実験でいくつかのアルゴリズムを検証し、精度を確認していくものとする。

送信元 IP アドレスの付け替え機能は、どの ISP を利用するかを決定する際に必要である。これは ISP がセキュリティの向上を目的として、自組織が付与した IP アドレス以外からの通信を遮断する、いわゆる流入フィルタリング (Ingress Filtering) [3]を実施しているためである。送信元 IP アドレスの付け替えの機能は、FreeBSD9.0 に実装されている NAT システムを利用することとした。

負荷分散技術は、TCP コネクションの開始時に、各 ISP に対応したインタフェースからパケットを送

り、最も早く応答を返してきた ISP を利用するものとした。

## 3. 研究内容

### 3.1 実験ネットワーク

以下に本研究で使用する実験ネットワークを示す (Fig.1)。

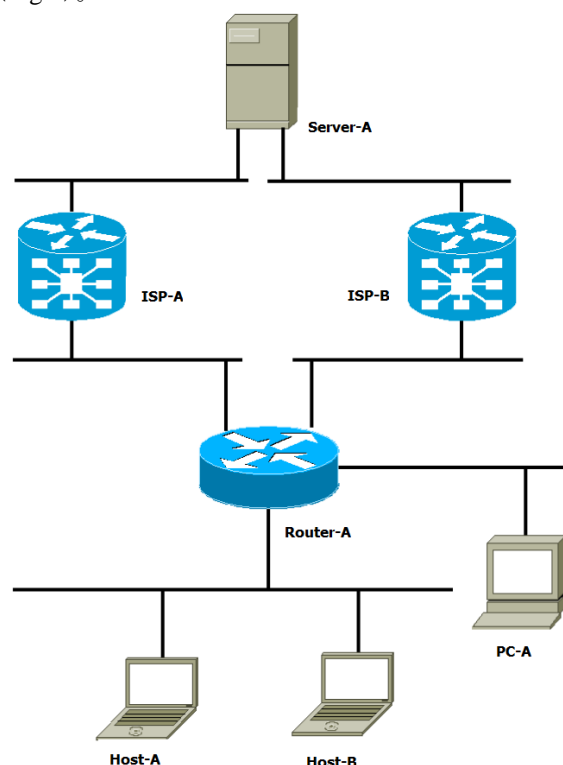


fig.1 実験ネットワーク

今回筆者が作成するシステムは Router-A 上で動作する。Router-A の実態は、FreeBSD9.0 がインストールされた PC である。OS として FreeBSD9.0 を選択した理由は、パケットをキャプチャする機構が実装されているためであり、詳細は 3.2 節に示す。

### 3.2 パケット迂回機構

FreeBSD9.0 にはパケットを迂回する機構 (IPFIREWALL、Divert Socket) が実装されている。

IPFIREWALL とは FreeBSD に実装されたファイアウォールである。通常のファイアウォールにない特



微的な機能として、特定の packets を直接プロセスに転送することができる。

Divert Socket とは BSD 系 OS 特有のソケットであり、IPFIREWALL がプロセスへ packets を転送する際に利用される。プログラムにおける扱いは RAW SOCKET とほとんど同じである。

本研究ではこれらの機構を用いたプログラムを作成し、障害検知機能と負荷分散機能を実現する。

### 3.3 システムのアルゴリズム

以下に、システムのアルゴリズムを表すシーケンス図を示す (Fig.2)。

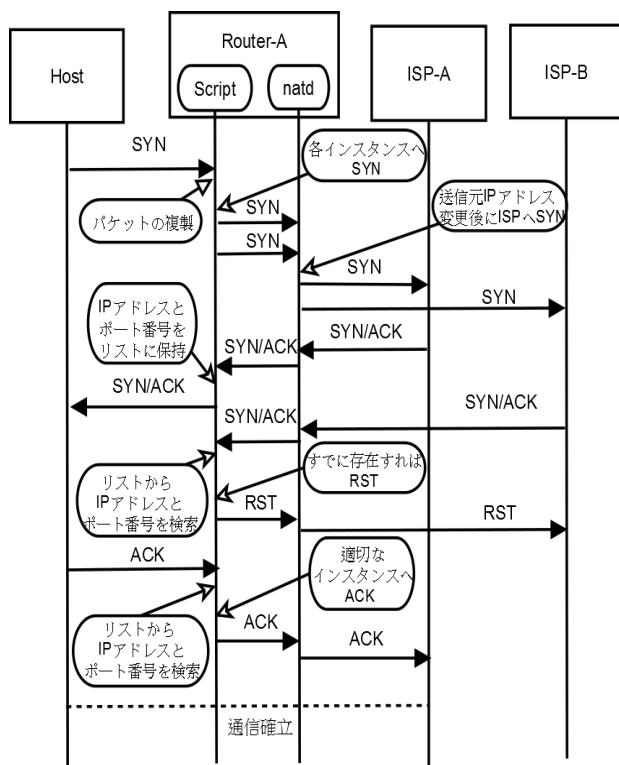


Fig.2 シーケンス図

Script と natd はそれぞれ Router-A 内で動作するプロセスである。Script は筆者が実装するものであり、これと natd の連携によってサイト内でのマルチホームが実現可能となる。natd とは FreeBSD に実装された NAT のデーモンである。特定の packets をプロセスに転送するために、前述の IPFIREWALL と DIVERT SOCKET が利用される。

### 3.4 実装

最初の実装案は、natd のソースを改変しシステムを実現するというものであった。しかし、natd 自体が元々大きなプログラムだったこともあり、実装途中でデバッグに多くの時間を取られると感じた

め、中断した。

代替案として、natd はそのまま使用し、natd へ packets を転送する前に障害検知機能と負荷分散機能を実装したプログラム (3.3 節の Script) で packets を処理することとした。現在はこのプログラムを作成している途中である。デバッグのことを考慮し、実装は Python+Scapy (Python の packets 処理モジュール) で行っている。

現在までに、以下のことが確認できている。

- (1) natd を用いることで送信元 IP アドレスの付け替えが可能である (実験ネットワークで検証済み)
- (2) Python から Divert Socket を取り扱うことができる (テストプログラムで確認済み)
- (3) Python+Scapy が FreeBSD9.0 内で利用できる (R1 へ導入済み)
- (4) FreeBSD9.0 内で Divert Socket を用いた packets キャプチャプログラムが正常に動作する (テストプログラムで確認済み)

## 4. 結言

これまでの研究で、筆者の構想するシステムの実現可能性について示すことができた。今後は引き続き実装を行い、システムの完成を目指したい。

実装とテストにあたり、以下の点が問題点として挙げられる。

- (1) 障害検知のアルゴリズムをどうするか
- (2) UDP packets の取り扱いをどうするか
- (3) スクリプト言語での実装であるが、動作速度は問題にならないか

(1) については、システム構築後にいくつかのアルゴリズムをテストして精度を調査し、採用するアルゴリズムを決定するものとする。

(2) については、現状では対策がない。ただし、DNS packets については、出ルータに複数の DNS 情報を登録することによって対処できるであろう。

(3) については、テストを行い、問題になるようであれば全体あるいは一部を C 言語で再度実装し直すものとする。

## 文献

- [1] IPv4 Multihoming Practices and Limitations; RFC 4116; IETF
- [2] Stream Control Transmission Protocol; RFC4960, IETF
- [3] Ingress Filtering for Multihomed Networks; RFC3704, IETF

# 婦人用靴下の通気性と滑り抑制が疲労感および快適性に与える影響

村 上 智 大

松江高専 電子情報システム工学専攻

## 1. 結 言

靴下には靴と素足の間の緩衝材としての役割や汗を吸収して乾燥させ、通気性をよくする機能を備えている。しかし、靴下を着用することで歩行時に生じる靴下の足底部と靴との間のずれによる疲労感や通気性の悪い靴下により生じる蒸れからくる不快感から精神的な疲労感が生まれていると考えられる。

そこで、予備実験として図1および図2に示す加工を施した靴下2条件について、一般的な靴下と比較した。なお、靴はスニーカーと革靴である。

### ① 足底メッシュXタイプ

足底部中央部分にX状にメッシュ織りを施したもの：滑り抑制および通気性を期待



図1. 足底メッシュXタイプ

### ② ダウンストップ糸タイプ

足底部の踵骨および中足趾節関節部分にダウンストップ糸使用：滑り抑制を期待



図2. ダウンストップ糸タイプ

その結果、足底メッシュXタイプは他の条件に比べ、最も下肢表面温度の上昇が抑制された。また靴内の足の滑りにおいては、ノーマルタイプに比べ抑制できていることが示された。さらに、ダウンストップ糸タイプは、すべての条件に比べて靴内の足の滑りが抑制できていることが

示された。

そこで本実験では予備実験の結果をもとに新たな靴下を作製し、その疲労感および快適性を検討することを目的とする。

## 2. 実 験 方 法

### 1) 被験者

歩行に支障をきたす疾患を持たず、医師からの運動制限のない健康な若年女性7名であり、各被験者には実験の目的及び方法を十分に説明し、実験への参加同意を得た。

### 2) 靴下条件

新たに作製した靴下を以下に示す。なお、コントロールとして基本的な材質は同じ一般的な靴下と比較した。

#### メッシュX型ダウンストップタイプ

足底部中央部分にX状にメッシュ織りを施し、中足趾節関節から近位趾節間関節部分にダウンストップ糸を使用。



図3. メッシュX型ダウンストップタイプ

### 3) 靴条件

スニーカーとパンプスの2種類の靴を用い比較した。

### 4) プロトコル

被験者には十分にトレッドミルに慣れさせたのち、20分間のトレッドミル歩行(4.8 km/h)および30分間の安静を1セットとして、1日に4セット(4条件)実施した。

### 5) 測定項目

下肢動作、下肢筋活動(5箇所)および靴内の滑りを動作計測装置および筋電計を用いて5分毎に計測した。なお、計測した10歩行周期から、無作為に抽出した3歩行周期分を分析対象とした。また、靴内温湿度(前足部)および下肢表面温度(6箇所)を温湿度データログおよび

サーモグラフィカメラを用いて 10 分毎に計測した。さらに疲労感および快適感について各条件終了後に主観調査を実施した。

### 3. 実験結果

計測項目のうち靴内の滑りおよび下肢表面温度を以下に示す。

#### 1) 靴内滑り量

外踝および靴のつま先と踵部分に貼り付けたマーカーからつま先部分の角度を計測し、その角度変化をもって靴内の足の滑りとして評価した。図 4 につま先角度のばらつきを示す。歩行 0 分から 20 分まで 5 分ごとに計測したつま先角度のばらつきである。(変動係数 = 標準偏差 ÷ 平均値 × 100%)

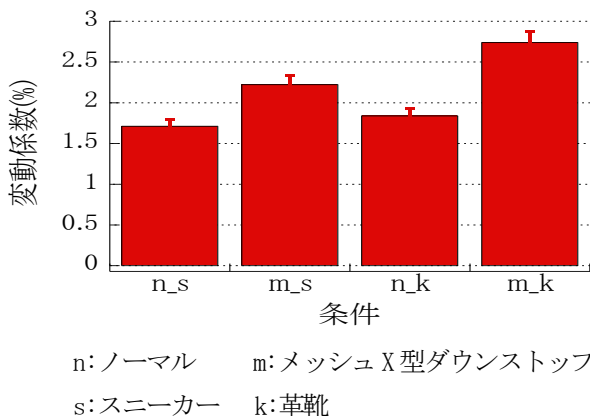


図 4. つま先角度の変動係数

スニーカー使用時およびパンプス使用時ともにメッシュ X 型ダウンストップタイプの方がコントロールに比べてばらつきが大きくなる傾向を示した。特に、パンプス使用時にその差が顕著に表れた。

#### 2) 下肢表面温度

パンプス使用時の土踏まず部分の表面温度変化量を図 5 に示す。コントロールは歩行開始 10 分で約 2.0°C 上昇し、終了時には約 3.0°C まで上昇した。一方で、メッシュ X 型ダウンストップタイプの温度上昇はコントロールに比べて緩やかで、10 分で 1.0°C、終了時には約 2.0°C の上昇となった。

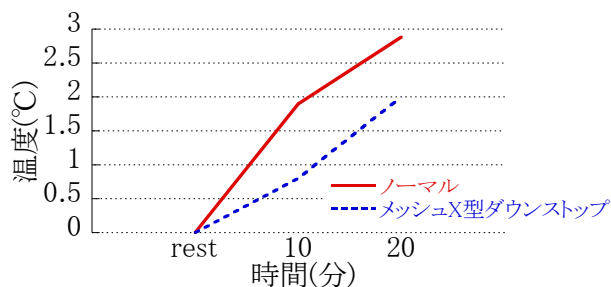


図 5. 土踏まずの下肢表面温度変化量

### 4. 考察

靴内滑り量におけるつま先角度の変動については、歩行時の単脚支持期の間であるが、この間、足圧の中心は前足部に向かう。特につま先離地の際は中足趾節間関節を支点として脚が動く。この間の、つま先角度の変動(ばらつき)にダウンストップ糸の有効性は認められなかった。特に女性では筋力が弱いと重力に対して足指の踏んばりが不足してしまい外反母趾や浮き指になりやすい。その結果、歩行などの際に前足部で踏んばることができず、体のバランスを崩してしまう。本研究で用いた靴下はつま先から 43mm 位置から 22mm 幅でダウンストップ糸を織り込んであるが、この位置では加重ができなかったため、滑りが抑制できなかったと考えられる。また、メッシュ生地が滑りを誘発したとも考えられる。

足部の皮膚温は環境気温に支配され、特に外気温が 20°C 以下に低下すると皮膚温は急激に低下し、31°C 以上では手足ほど高温を示すことが報告されている<sup>1)</sup>。本実験は、室温 25°C 湿度 50% の環境で実施したが、運動による足部の温度上昇がみられた。これは血流量の増大によるものと考えられるが、メッシュ X 型ダウンストップタイプの靴下着用時には、その温度上昇が抑制された。足底部は足背部に比べて水分の蒸散量が多い。その部分をメッシュ生地にすることで効率的な熱放散が起こったと示唆される。

### 5. 結言

今回の実験で、靴下の違いによる疲労感、快適性といった主観的差異までは認められなかったが、土踏まず部分の織り方をメッシュ状にすることで下肢表面温度の上昇が抑制できることが認められた。

今回は短時間の歩行であったが、このような温度上昇が長時間に及んだ際、疲労感や不快感が起こる可能性があり、今後は長時間歩行時の影響について明らかにしていきたい。

### 文献

- 1) 岩崎房子, 斜木祐里, 小柴朋子, 田村照子 22~34°C 環境下における足部の温熱整理特性, 日本家政学会誌, vol. 51 No. 7 587~593 (2000)
- 2) 鹿子木和寛, 飯盛光葉, 末田加奈, 古賀稔健, 塚本祐二, 山邊素子, 島田達夫 女子看護大生の足型の実態, コ・メディカル形態機能学会誌, vol. 4, No. 2

# 操船シミュレータにおける操縦性悪化船の作成

氏名 城戸 裕晶

大島商船高等専門学校 海洋交通システム学専攻 2年

## 1. はじめに

本校に平成 22 年に、ビジュアル型操船シミュレータが導入された。操縦体験できる供試船の操縦性能は 11 船種であるが、それぞれの船種 1 隻ずつの操縦性能しか操船体験ができない。すなわち、同じ船種で、操縦性能が良い船と操縦性能が悪い船の両方を体験するとか、また徐々に操縦性能が悪くなった船を体験することなどはできない。

「操船」に関して、教科書には「操縦性の悪い船」「スパイラル試験での不安定ループ幅」などの項目が出てくる。また「IMO の操縦性基準の内容」についても記載されている。これらからしても、学校教材的に「操縦性の悪い船」の操船体験ができる環境が必要ではないかと考える。

本研究では供試船の中で元々操縦性能の悪いとされている VLCC を例にとり、その VLCC を手本にして更なる操縦性悪化シリーズを作成することを目的とする。



図 1 訓練イメージ

## 2. 研究の手順

研究方法として、次の手順で行った。

- ① 操船シミュレータの構成と、それに含まれている VLCC モデルについて調査した。
- ② 本研究の目的の一つである、操縦性悪化船を作り出すための、ファーストタイムシミュレーションが行えるパソコン船体運動モデルを作成した。
- ③ このシミュレータ内 VLCC モデルをもとに、ほぼ似た動きをするパソコンファーストシミュレーションモデルを同定する方法についても吟味した。

## 3. 研究成果

2. で述べた方法により、シミュレータに内含されている VLCC モデルのパソコンへの移植ができ、パソコン上にて同じ動きをするファーストシミュレーションが可能となった。可能となったことで、ファーストシミュレーションを用いてスパイラル試験、逆スパイラル試験がパソコン上にて短時間で実施できるようになった。

船体の中で船体・機関・プロペラはそのまま操縦性を悪化したシリーズを作る。その方法は、舵高さを変えずに、舵面積を縮小することとした。そして、ファーストシミュレーションを用いて、スパイラル試験の  $\delta-r$  曲線の傾き(舵に対する旋回力の大きさを表す)を悪くする(すなわち小さくする)ようにして、悪化船シリーズを作成した。

## 4. 実証実験

実証実験を行うにあたり、操縦性擬似化システムの構成を、図 2 を使って説明する。システムの構成は、特設舵輪(手前)、悪化船モデルマシン(左側)、悪化船追従マシン(右側) から成っている。まず、特設舵輪はゲーム用のハンドルタイプのジョイスティックとセンサリングパソコンを組み合わせて作成した。特設舵輪から発せられる命令舵角は、悪化船モデルマシンへ LAN 経由で伝達され、そのマシン内で制御舵角を計算・決定した後 LAN 通信によって、悪化船追従マシンへ伝達される。

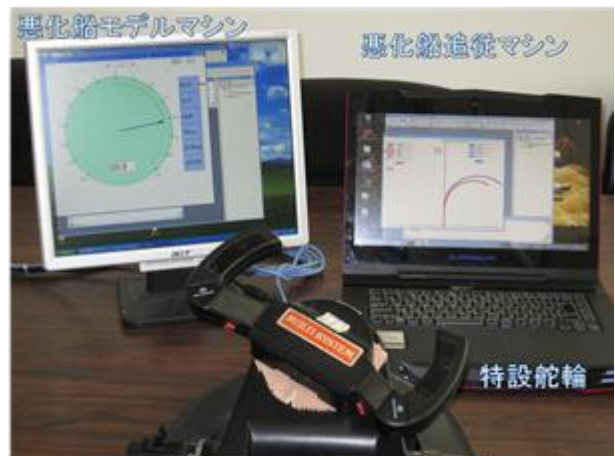


図 2 システム構成図

操縦性擬似化システムの実証実験を行った。実験の結果を図3～図5に示す。

図3は、悪化船の動きに追従マシンの船の動きを合わせた(もちろん、操船者は、悪化船を操縦している、と思っている。)旋回試験の航跡結果である。図でわかる通り、航跡は完全には、一致しなかった。また図6に示す通り、Z試験の航跡結果も完全には一致しなかった。

図3を見ると、悪化船が先行しており、追従船の方は追いついていない。悪化船は舵面積が小さいため、旋回性はさすがに悪くなっているが、操舵しても船速の落ちが少ない。一方、追従船は悪化船の針路変化に追従しようと、頻繁に舵を取ることで、当然のように6～7割に船速が落ちてしまう。これらのことから、追従船は、悪化船が通っていった航跡をなぞりはするが、時間的には遅れてしまうものとする。図4の+10° Z試験の航跡についても、第一カーブ～第二カーブまでは航跡はあっているが、少しずつ悪化船の方が前を走り、追従船は後を追っている。しかし、第三カーブあたりから、船速の違いが起因して、旋回性にも差が出てきている。

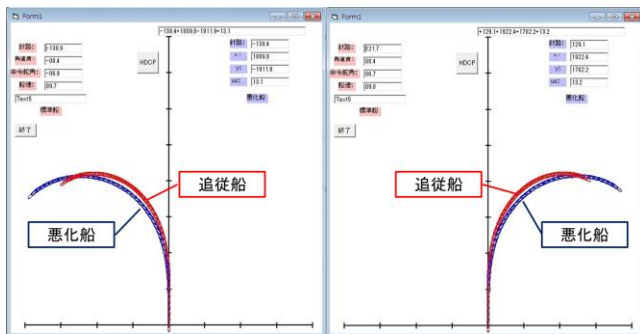


図3 パソコン上における実証実験の旋回試験

航跡

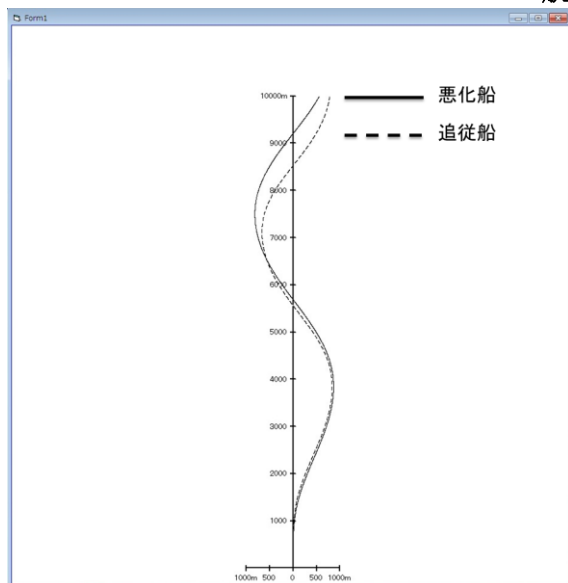


図4 パソコン上における実証実験のZ試験航跡

では、この図5の+10° Z試験の結果をP-δ(針路-舵角)曲線のタイムヒストリーで見てみる。実線が悪化船のもので、破線が追従船の動きである。操船者は悪化船に+10° Z試験を実施するべく、±10° 舵を針路に応じて、きりかえしている。それに対し、追従船の方は、悪化船の舵に対する針路の変化に追従すべく、±3～5° で対応している。針路変化を見ると、悪化船の舵に対する針路の応答を、追従船は忠実になぞっていることがわかる。

舵角に対する針路の応答が、これくらい合致してくると、そのことを知らない操船者は、本システムが間接的に操縦している追従船を「悪化船」と思い込んで、「悪化船をちゃんと乗りこなした」と認識したと考えてもおかしくはないだろう。しかし、前出したように船速の追従が不全であることが起因して、航跡については追従船が後追いしてしまうのである。

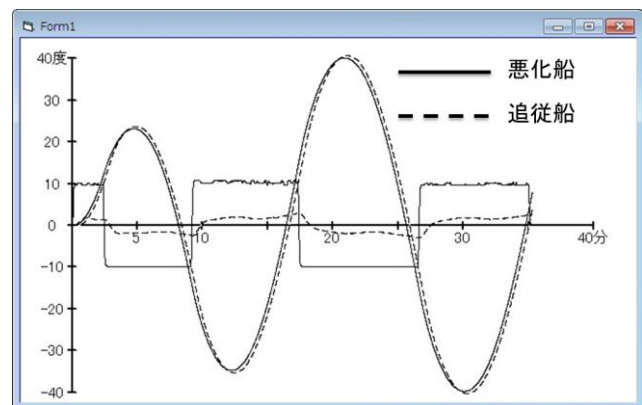


図5 パソコン上における実証実験のZ試験結果 (P-δ 曲線)

参考文献

- (1) 岩崎寛希：初心者のための操船シミュレータを用いた大型船操船訓練に関する研究，神戸商船大学学位論文，2003.
- (2) 日本造船学会：第3回操縦性シンポジウム，1981.
- (3) Kijima, k., Katsuno, T., Nakiri, Y., and Fukukawa, y. : On the Maneuvering Performance of a Ship with the parameter of loading condition, 日本造船学会論文集，第168号，1990.
- (4) 芳村康男：浅水域の操縦運動数学モデルの検討 -MMG モデルの浅水域への適用について-，関西造船協会誌，第200号，1986.
- (5) 日本造船学会：操縦性研究の設計への応用，運動性能研究委員会，第12回シンポジウム，pp91，1995.
- (6) 小瀬邦治，佐伯敏郎：運動操縦の新しい数学モデルについて，日本造船学会論文集，第146号，1979.

# 海上における要救助者発見システムの基礎研究

福 本 崇

弓削商船高専 生産システム工学専攻

## 1. 緒 言

平成 24 年の日本における海難事故のうち、船舶事故以外の乗船中の事故者数は、海上保安庁によると 939 人であり、平成 23 年と比較すると 84 人増加している。このうち死者・行方不明者数は 259 人で平成 23 年と比較すると 31 人増加している。また、死者・行方不明 259 人の事故内容別にみると、海中転落が 112 人(43%)と最も多く、次いで病気 81 人(31%)、負傷が 38 人(15%)となっており、海中転落が約半数を占めている 1)。

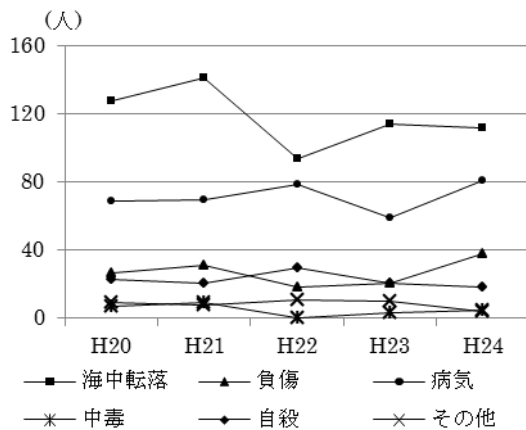


図 1 事故内容別死者・行方不明者数の推移

海中転落者の死者・行方不明者が他に比べ多い理由としては、海中転落者の発見が困難であり、発見してから海上保安庁に救助要請が行くまでに時間がかかり過ぎることが挙げられる。海上保安庁は対策として、海難情報の早期入手を掲げ「緊急通話用電話 118 番の有効活用」や「防水パック入り携帯電話等連絡手段の確保」に関する周知活動を実施していくとともに、海上保安庁が海難発生から情報を入手するまでの所要時間を 2 時間以内にすることを目標としている。

このように海中転落者の救助において重要なことは海中転落者の早期発見である。したがって、本研究では、海上における要救助者発見システムを構築し、海中転落者の早期発見を目指す。具体的には、カメラを用いてリアルタイムで海上の監視を行い、海中転落者がいる場合には顔認識システムによって

発見し、船室においてあるコンピュータに警告を出す。それを見て、乗組員が海上保安庁に対して救助要請を出すことで、早期発見及び、救助につながる。

## 2. 実験方法など

### 2.1 理論・原理

画像認識は、学習と認識の 2 つのフェーズからなる。学習フェーズでは、コンピュータに対して認識させたい対象画像を集め機械学習を行い、検出器と呼ばれる学習結果データを作成する。認識フェーズでは、その検出器を使用して入力画像に対して顔の検出を行い、その結果を認識結果とする。

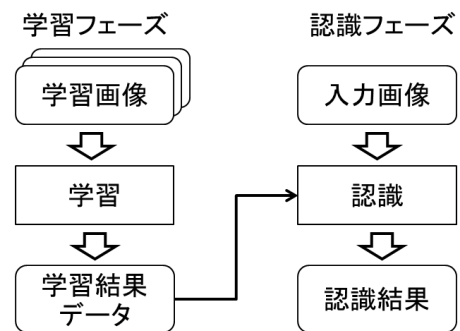


図 2 学習と認識の流れ

本研究では OpenCV と呼ばれる画像処理ライブラリを使用する。このライブラリには、既存の検出器とコンピュータにパターンを学習させるための機械学習関数が用意されている。最終的にシステムに使用する検出器は自作する予定であるが、まずは、既存の検出器を使用して実験を行う。使用する検出器は正面を向いている顔を検出する検出器と横顔を検出する検出器である。

本研究のシステムは、認識率を下げることもなく誤動作を起こさないようにすることが要求される。OpenCV では誤動作が比較的多いように考えられるため、最終的には検出器を自作することを目標の一つとしている。

### 2.2 実験内容

海でのシステム運用を考えているので、海での実験

画像を入手したいが、最初の段階としてプールで実験をし、どの程度水の中で顔の検出を行えるかを調べた。実験に使用するものとしては、マネキン(上半身のみ)・救命胴衣・ビデオカメラである(図3)。



図3 実験に使用したマネキンと救命胴衣

マネキンを用いた理由は、現在は、季節が冬ということもあり、外気温も低く人間がプールに入るのは危険だと考えたからである。実験を行うにあたり、このマネキンの顔が顔認識によって検出されることを確認した。

実験方法としては、まず人に見立てたマネキンに救命胴衣を着させ、プールに入れる。このときに、マネキンが人と同じようにある程度の質量をもつように、図4のように、マネキンの背中に穴をあけ水が入るようにした。次に、ビデオカメラを使用してそのマネキンの様子を撮影する。撮影する際には、角度や距離などを変えながら撮影を行った。最後に、その録画した動画に対して顔の検出を試みた。



図4 マネキンの背中に穴をあけた様子

### 3. 実験結果など

顔の検出が成功した場合と失敗した場合があった。検出に成功している様子が図5であり、検出に失敗している様子が図6である。また、今回の実験では顔の検出において水が与える影響に関して調べ

たかったため、救命胴衣を外して水に沈ませた状態で実験を行った。

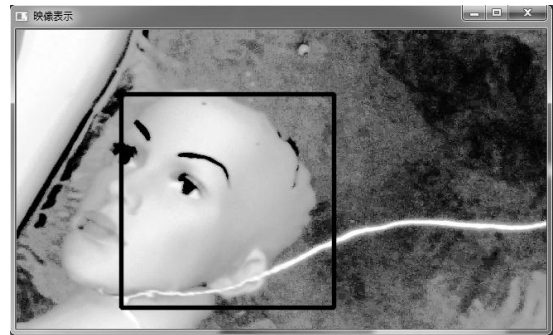


図5 顔の検出(成功例)

顔の検出に成功している場合の特徴としては顔のパーツが全て見えており、顔の位置が水面とほぼ同じ高さであるという特徴があった。

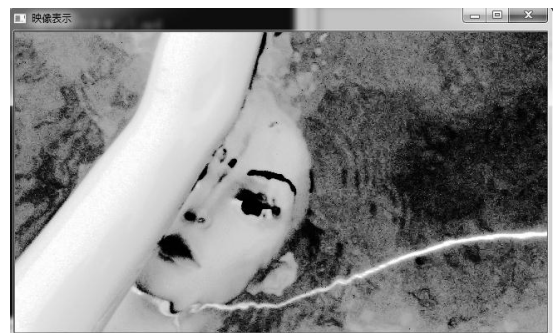


図6 顔の検出(失敗例)

顔の検出に失敗している場合の特徴としては、腕が顔に重なっているものや、顔の角度などで顔のパーツの一部が隠れてしまっているものが多く見られた。また、顔がある程度沈んでしまうと検出しにくかった。

### 4. 結 言

今後の課題としては、海上での人の顔の向きが実際にどうなるのかを調べることである。最初は下向きなのかと考えていたが、実験した結果上向きの方が多いのではないかと考え始めた。これを明らかにし、今使っている既存の検出器よりも精度の良い検出器を作成したい。また、来年には海で実験を行う。安全性が確保されれば協力者を募り人の動画を撮影したい。

### 文 献

- 1) 海上保安庁, 海難の現状と対策について, 平成 24 年版

# 概念辞書を用いた略語の原語判定システムの作成

久保 圭史

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. 緒言

日本語には様々な略語がある。略語とは元の名称を省略した単語(原語)のことであり、1つの略語が複数の原語を持っている場合もある。例えばADという略語の原語はアシスタントディレクターや西暦、広告など複数存在する。このように1つの略語に複数の原語がある場合、文章中の略語がどの原語なのか分からない場合がある。そこで本研究では略語の原語を判定することを目的とする。他の文献では、略語の推定手法として Crowdsourcing を用いる手法がある<sup>1)</sup>。この手法のメリットとして略語を判定する精度が高いことがある。しかしインターネット上の不特定多数の一般人により判定するためコストがかかってしまう。

## 2. システムの概要

本研究の目的は AD などの略語が文章中にあった場合、複数ある原語のうち、どの原語のことを指しているかを調べることである。そのためにあらかじめ原語の種類ごとに、略語が用いられている文章を集めておく(原語別用例文と呼ぶ)。次に原語を知りたい文書中の単語と、原語の種類ごとに集めた文章中の単語の類似度を計算する。全ての原語の文章との類似度を計算し、最も類似度の高い原語を出現した文章中の原語とする。具体的には原語別用例文内で西暦、広告といった原語を含む文章の原語の係り先の単語を取り出す。次に入力文の略語の係り先の単語を取り出しそれぞれの類似度を求める。同じ意味の場合、単語の係り先の単語の類似度は高いはずであるため原語を判定できると考える。

本研究ではプログラミング言語に Perl, 形態素解析器に JUMAN, 係り受け解析器に KNP, 概念辞書に EDR 電子化辞書を用いる。システムの概要を図1に示す。

まず略語の原語を知りたい文を入力する。入力文を形態素解析し、1つの単語ごとに分割する。次に分割したデータの係り受け解析を行う。係り受け解析したデータから、略語が係っている単語を抽出する。入力文から取り出した係り先の単語と原語データベース内にある原語ごとの係り先の単語に対しそれぞれ類似度を計算する。原語の種類ごとに、略語の係り先の名詞を

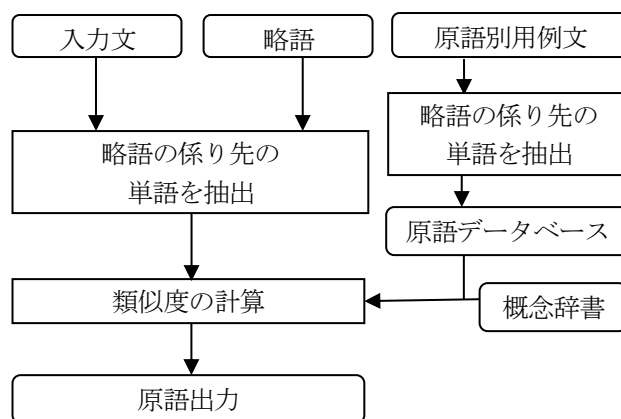


図1 システム構成図

保存した原語データベースを作成する。前後の名詞の類似度が一番高い原語を結果として出力する。

## 3. 1 形態素解析

本研究では、入力文を係り受け解析するためにまず形態素解析を行う。形態素解析とは、書かれた文を最小の単位である形態素に分割しそれぞれの形態素に品詞を付与することである。本研究では形態素解析器として JUMAN を用いる。

## 3. 2 係り受け解析

本研究では、形態素解析したデータを係り受け解析し、略語の係り先を見つける。係り受け解析とは構文解析の一種であり、形態素解析した形態素を文節にして、どの文節に係っているかを調べる自然処理技術である。本研究では、係り受け解析器として KNP を用いる。KNP に JUMAN の出力データを入力することで入力文を係り受け解析したデータを取り出すことができる。KNP を使用することにより略語の係り先の単語を取り出すことに成功した。

## 4. 概念辞書を用いた類似度の計算

本研究では、入力文の略語の係り先の単語と原語データベース内の各原語の係り先の単語に対して、概念辞書を用いて概念間の類似度を計算することで、略語



の原語を判定する。本研究では概念辞書に EDR 電子化辞書を利用する。EDR 電子化辞書には単語辞書や対訳辞書などがあるが特に概念辞書を用いる。概念辞書は概念見出し辞書と概念体系辞書というデータが入っている。概念見出し辞書は英語または日本語の単語がどの概念番号なのかを調べることができる。概念体系辞書は 41 万の概念に対してそれらの間の上位下位関係が記述されている上位下位シソーラスである。

次に上位下位シソーラスにおける概念間の類似度の計算方法について説明する。概念間の類似度の計算式には式(1)を用いる。類似度  $sim$  は 2 つの単語の概念の深さを  $di$ ,  $dj$  それらの共通の上位の深さを  $dc$  としたとき式(1)で求めることができる。

$$sim = \frac{2dc}{di + dj} \quad (1)$$

概念体系辞書は単語ごとに複数の上位概念を持っていることがあるため、本研究では単語が最上位の概念にたどり着くまでの全ての経路を調査する。類似度を計算したい 2 つの単語の全ての経路を保存し、総当たりで類似度を計算する。計算した結果最も高い値を 2 つの単語間の類似度とする。原語データベース内の 1 つの原語に複数の単語を保存しているため、1 つの原語に対し全ての単語の類似度を平均しそれを原語の類似度とする。原語データベースの全ての原語に対し上記の処理を行い最も値の高い原語を略語の原語とする。

#### 4. 評価実験

提案手法が有効であるか調べるため評価実験を行う。実験には 3 つの原語を持つ略語を 3 つ用いる。例文はインターネットから略語が含まれている文を複数収集する。収集した例文は人手により原語ごとに分類する。分類した例文を 1 つの原語につき 8 文ずつ計 72 文用意する。そのうち各 3 文を原語別用例文として原語データベースを作成する。残りそれぞれ 5 文を評価例文とする。評価例文を本システムに入力し正しく判定された文の数を調べる。

評価実験の結果を表 1 に記す。評価実験の結果、入力文 45 文中判定ができた文章は 11 文であった。また概念辞書に単語がなかったため類似度を判定することができない文が 11 文あった。判定することができなかった分を除くと正解率は 32 パーセント(34 文中 11 文)となった。

#### 4. 考察

正解率が低かった理由として、まず評価実験で用いた原語別用例文の数が少ないことが挙げられる。原語

表 1 実験結果

略語	原語	正解率(%) (正解数/入力数)
AD	西暦	0(0/5)
	広告	100(2/2)
	アシスタント ディレクター	0(0/5)
AR	アフレコ	0(0/5)
	拡張現実	100(2/2)
	アルゴン	60(3/5)
AC	交流電源	20(1/5)
	アーケード ゲーム	0(0/5)
	公共広告機構	100(3/3)

別用例文が少ないとその原語で使われる単語を十分に集めることができず、評価例文を入力したとしても類似度が低くなる。また係り先の品詞の違いによる問題がある。異なる品詞に係る単語では類似度が低くなる傾向が見られた。例えば、「拡張現実」を原語とし「AR」を略語とする次の 2 文「AR 技術の一つとして」と「サイト内に AR が隠されている」に対する KNP の出力は、「技術」、「隠す」になり、「隠す」の方がより類似度が低い。この理由は、名詞と動詞では共通の上位概念の深さ  $dc$  が小さい場合が多いからである。

この問題の解決方法として、原語別用例文の文に対し、動詞に係り先となる文と名詞に係り先となる文を全原語データベースで同じ数だけ用意すること、また係り先の単語の品詞を調べ原語データベース内の単語の品詞ごとに重みをつけることが考えられる。さらに係り先の単語を比較すると共に、係り元や入力文内の略語と同一の品詞全てを比較対象とすることが挙げられる。

#### 4. 結 言

本研究では略語の原語を判定することを目的とする原語判定システムを作成している。本稿では概念間の類似度の計算を用いた原語判定システムについて述べた。しかし略語の係り関係を用いた類似度の計算のみでは正解率が低いことがわかった。今後の課題は、略語の係り関係を拡張した場合の精度を調べることである。

#### 文 献

- 1) 酒井敏彦他, Crowdsourcing System を用いた略語の推定手法の提案, 研究報告音声言語情報処理, 2011-SLP-89, 3 (2011), pp.1-5.

# 空間囚人のジレンマゲームにおける適応的な長距離移動の効果

齋藤 将也

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. はじめに

協力は人間の基本的な側面であり、コストをかけて他者に利益を与える利他行動である。この利他行動は利益のみを享受する利己行動と比べて自然選択において生存に不利だと考えられる。そのため、なぜ協力が進化するかについて様々な研究がされてきた[1]。これまでの研究において、特殊なメカニズムのない混合集団では協力が進化しないことが分かっている[2, 3]。したがって、協力を進化させるための様々なメカニズムが考えられており、その中の一つとして空間構造がある。協力は固まることで強くなるため、この空間構造による局所性が協力を促進することが知られている[2]。またこの局所性は個体密度が中間の時に最大となるため、その状態が協力を最も進化させることが報告されている[4]。

一方で、このように空間上の個体密度が最大でない時、個体の移動を考慮することができる。この移動は人間や動物の持つ特徴的な形質の一つであり、協力の進化に対する移動の効果についても研究が行われている[5, 6]。これまでの研究において、ランダムな方向に移動するモデルにおいて、高い頻度で移動する場合、協力の進化を妨げることが報告されてきた[5]。これは、高頻度の移動により空間上の局所性が失われ、従来の空間構造のないモデルと同様の状態になるためだと考えられている。したがって、移動は基本的には協力の進化に悪影響をもたらすと考えられてきた。しかし、ランダム移動ではなく個体が選択的に移動することで、それとは逆の結果がもたらされる可能性がある。特に協力個体が利己個体から離れるように移動するとき、協力にとって良い影響があるかもしれない。この観点から、より協力を促進する移動として、適応的移動が考えられ、適応的移動が協力を促進することが分かった[7, 8, 9]。また、この発展として移動先の状況を比べて、より協力者の多い場所を選べるような移動モデルの場合、より協力が進化することが分かっている[10, 11, 12]。このように個体の適応的移動は協力を進化させる。しかし、これらの研究において、その移動のモデルはすぐ隣に動く局所的な移動しか考えられておらず、長距離の移動については考慮されていなかった。適応的な長距離移動によって、非協力者からより遠くに逃げられることができ、より協力が促進されるのではないだろうか。一方で、高頻度の移動と同じように、長距離の移動によって空間的局所性が失われ、従来の空間構造を考慮していないモデルの

状態になり、協力の進化が妨げられる可能性もある。そこで、本研究では、協力の進化における適応的長距離移動の効果について、進化シミュレーションを用いて研究を行った。この適応的長距離移動によって協力が促進されるのか、またこれまでの移動モデルと比べて、どのような違いがあるかについて調べることを目的とする。

## 2. モデル

本研究のモデルでは、 $M \times M$ の周期境界条件の正方形格子上空間構造を考える。各格子には1個体、あるいは個体がない空の状態のみが存在する。空間における個体密度は $\rho$ とする。各個体は1世代に1回、近傍の $n$ 個体と囚人のジレンマゲームを行い、それぞれのゲームの利得行列にしたがって利得を得る。各個体は囚人のジレンマにおける協力 $C$ もしくは裏切り $D$ の片方の戦略のみを持ち、ゲームでその戦略を出す。

シミュレーションの初期設定として、個体密度 $\rho$ に従い個体数を決め、ランダムに初期戦略を決め、空間上に個体を生成する。

### (1) 移動

個体は移動を行う。個体の位置から最大移動距離  $d_{max}$  の範囲内にある、空いている位置に移動する。複数空いている場合はランダムに選択される。最大移動距離は以下の計算式にしたがって、計算される。

$$d_{max} = \text{round} \left( \left( \frac{n_D}{n} \right)^\alpha d \right)$$

ここで、 $n_D$ は個体の近傍の裏切り者の個体数である。 $n$ は近傍の個体数を表す。 $\alpha$ は近傍の個体数が最大移動距離 $d_{max}$ に対してどの程度影響するかを表すパラメータである。 $\alpha = 0$ の時、近傍の状態に依らず無作為に移動する。 $\alpha$ 及び $d$ は予め与えられるパラメータである。

### (2) 利得計算

各個体は近傍の個体とそれぞれ囚人のジレンマゲームを行い、それぞれのゲームから利得を得る。ジレンマゲームで、2人の個体が協力した場合、両個体共に利得 $R$ を得る。一方の個体が協力し、他方の個体が裏切りを行った場合、協力した個体は利得 $S$ 、裏切った個体は裏切りへの誘惑 $T$ を得る。両方が裏切った場合は両個体共に利得 $P$ を得る。

(3) 戦略模倣

各個体は自分の近傍の個体において、最大の利得を持つ個体の戦略を模倣する。同じ利得の個体が複数いる場合、その中からランダムに選択する。以上の3つの流れでこのステップを1世代に1回行う。

3. 実験結果

計算機上で進化シミュレーションを行った。実験パラメータとして  $M = 50, \rho = 0.3, n = 8, R = 1, S = 0, P = 8$  を用いた。今回実験で用いた移動の種類を以下に示す。

- $\alpha = 0 ; d = 1$  : 無作為局所的移動 (RSM)
- $\alpha = 0 ; d = 8$  : 無作為長距離移動 (RLM)
- $\alpha = 0 ; d = 24$  : 無作為全範囲移動 (RGM)
- $\alpha = 1/3, 1 \text{ or } 3 ; d = 1$  : 適応的局所的移動 (ASM)
- $\alpha = 1/3, 1 \text{ or } 3 ; d = 8$  : 適応的長距離移動 (ALM)
- $\alpha = 1/3, 1 \text{ or } 3 ; d = 24$  : 適応的全範囲移動 (AGM)

今回用いた移動の種類において、どの移動がより協力を進化させるかを議論するために、裏切りへの誘惑  $T$  に対する協力者の割合についてシミュレーションを行い移動種類の違いを調べた。図1にその実験結果を示す。

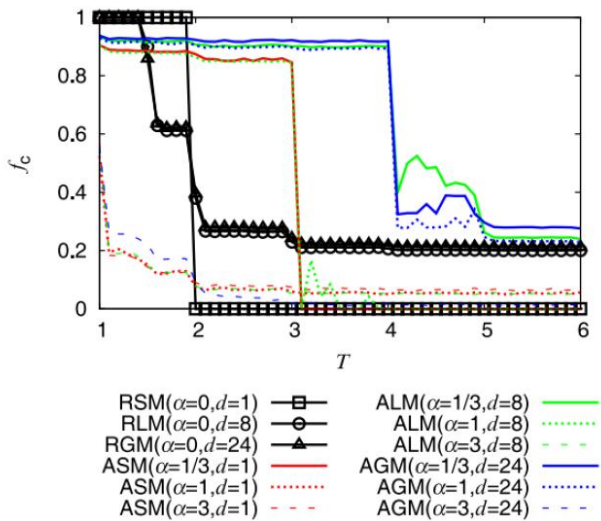


図1 裏切りの誘惑に対する協力者の割合の変化

縦軸は 20 試行中の  $t = 4001 \sim 5000$  の協力者の割合の平均を表しており、横軸に裏切りへの誘惑  $T$  を表している。

図1を見ると、裏切りへの誘惑  $T$  が非常に高い状況下 ( $T > 3$ ) で無作為移動のモデルの全てで高い協力が保たれていない一方で、 $\alpha = 1/3$  の適応的長距離移動 (ALM, AGM) のモデルにおいて、協力が進化していることが分かる。 $\alpha = 1/3$  の場合は近傍に小数の裏切り者がいた場合でも個体は移動する。したがって、協力を進化させるには裏切り者に対する感応性が重要なことが分かる。それは、周りに非協力者が

存在した場合、この設定では裏切り個体にとって代わられる前に協力者はその場を離れることができ、そこから遠く離れたところで協力者の固まりを効果的に作るためであると考えられる。

4. おわりに

本研究では、移動がどのように協力の進化に影響を及ぼすかについて研究してきた。その中で、適応的長距離移動について焦点をあてて、空間囚人のジレンマモデルを構築し、シミュレーションにより、適応的長距離移動が協力の進化に与える影響を考察してきた。その結果、適応的長距離移動により、協力が促進されることがわかった。特に、これまでのランダムな移動及び局所的移動の研究と比べて、裏切りへの誘惑が非常に高く協力の進化が不利な状況下でも協力が進化することが確認された。それに加えて、適応的移動において、裏切り者に対する感応性が協力の進化に重要な要因であることが分かった。

文 献

- 1) R. Axelrod, "The evolution of cooperation", BasicBooks, New York, 1984
- 2) M. A. Nowak, "Five rules for the evolution of cooperation" Science 314, 1560-1563, 2006
- 3) M. Perc, A. Szolnoki, "Coevolutionary games - a mini review", BioSystems 99, 109-125, 2010
- 4) Z. Wang, A. Szolnoki, & M. Perc, "Percolation threshold determines the optimal population density for public cooperation" Phys. Rev. E 85, 037101, 2012
- 5) M. Vainstein, A. T. Silva, & J. Arenzon, "Does mobility decrease cooperation?" J. Theor. Biol. 244, 2006, 722-728
- 6) E. A. Sicardi, H. Fort, M. H. Vainstein, J. J. Arenzon, "Random mobility and spatial structure often enhance cooperation", J. Theor. Biol. 256, 240-246, 2009
- 7) L. L. Jiang, W. X. Wang, Y. C. Lai, & B. H. Wang, "Role of adaptive migration in promoting cooperation in spatial games", Phys. Rev. E 81, 036108, 2010
- 8) H. X. Yang, Z. W. Wu, & B. H. Wang, "Role of aspiration-induced migration in cooperation", Phys. Rev. E 81, 065101, 2010
- 9) X. Chen, A. Szolnoki, & M. Perc, "Risk-driven migration and the collective-risk social dilemma" Phys. Rev. E 86, 036101, 2012.
- 10) D. Helbing, & W. Yu, "Migration as a mechanism to promote cooperation" Adv. Complex. Syst. 11, 641-652, 2008
- 11) D. Helbing, "Pattern formation, social forces, and diffusion instability in games with success-driven motion" Eur. Phys. J. B 67, 345-356, 2009
- 12) D. Helbing, & W. Yu, "The outbreak of cooperation among success-driven individuals under noisy conditions", Proc. Natl Acad. Sci. USA 106, 3680-3685, 2009
- 13) F. Fu & M. A. Nowak, "Global Migration Can Lead to Stronger Spatial Selection than Local Migration", J Stat Phys 151, 637-653, 2013

# 人工知能を用いたエネルギー発酵のモデル化

宮岡 まこと

弓削商船高専 生産システム工学専攻

## 1. 緒言

2011年の東日本大震災をきっかけに、クリーンエネルギーなどが見直されるようになった。その一つに、廃棄物を用いたエネルギー発酵による方法があり、日本で年間に排出される1700万トンもの食品廃棄物を利用して、水素などのエネルギーを生成するための研究開発が日々行われている。水素は、電気に変換することなく直接、エネルギーとして使用できるなど利点が多い。しかし、発酵により水素を効率よく生成させるためには、最適な廃棄物と菌の配合比の探索や、発酵に日数を要することが重要な課題となっている。

ところで、生体情報処理の代表的な手法に、ニューラルネットワーク (NN) と遺伝的アルゴリズム (GA) がある[1]。脳にある神経細胞のメカニズムを情報処理に応用したのが NN であり、複雑なパターンに対する学習能力を持たせることができる。その一方、GA は、生物間で行われる交叉、突然変異、淘汰により環境へ順応する進化の流れをコンピュータ上でモデル化した手法である。これにより、膨大な組み合わせから最適な組み合わせの解を探索できる。

本研究では、NN と GA を用いて、効率よく水素を発生させる手法に取り組む。手順は、次の通りである。

- 1) 水素発酵試験を、廃棄物の割合や培養温度など様々な条件下で行い、水素の生成量などのデータを収集する[2]。
- 2) 入力を廃棄物、汚泥、培養温度、出力を水素の生成量として NN を学習させる。これにより、発酵日数を経ることなく瞬時に実験結果を予測できる。
- 3) GA を用いることで、NN に対する膨大な入力の組み合わせから、最適な組み合わせを探索する。以上により、従来の手法で問題となっていた2つの課題の解決を目指す。

## 2. データ収集

### 2.1 廃棄物と菌種

年間に排出される廃棄物の多くは食品廃棄物である。そこで、本実験では食品廃棄物を想定した表1に示すドッグフードを流動状に細かくしたものを使用した。この原材料は、肉類、菜類、小麦粉、増粘多糖類、ビタミン類などで構成されている。

表1：ドッグフードの成分

成分	含有率
タンパク質	6.0%
脂質	3.5%
食物繊維	0.5%
灰分	4.0%
水分	82.5%

菌種は、愛媛県上島町の弓削浄化センターから提供していただいた下水消化汚泥を用いた。

### 2.2 実験方法

水素の生成量は、汚泥と廃棄物の配合比と培養温度に依存している。そこで、NN で使用するデータ収集のために、次の条件で発酵試験を行った。

配合比：汚泥と廃棄物の合計は50gであり、配合比の組み合わせは、1:1, 1:2, 1:4, 1:0, 0:1, 2:1の6種類とした。

培養温度：50℃と60℃の2種類を用いた。

初期 pH：6.0~7.0の範囲のものを使用し、pHの調整は行っていない。

発酵日数：90日後のガス量を測定した。

次に、試験装置の概略図を図1に示す。

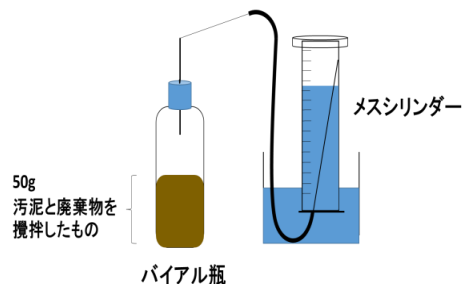


図1：生成ガスの回収の様子

実験器具は、100ml バイアル瓶、250ml メスシリンダー、2000ml ビーカー、ニードル付チューブを使用した。

この実験により、10組のデータセットを取得した。

### 3. ニューラルネットワーク

本研究で使用した NN は 3 層からなる階層型で、入力層に廃棄物、汚泥、温度を印加すると、出力層から水素の生成量が得られる。10 データセットのうち、8 組を学習用に、残りの 2 組を汎化能力の確認用に使用した。表 2 に、NN で使用した設計パラメータを示す。

表 2：設計パラメータ

学習係数	0.00001
慣性項係数	0.4
入力層ユニット数	4
隠れ層ユニット数	20

図 2 に NN の学習の様子を示す。

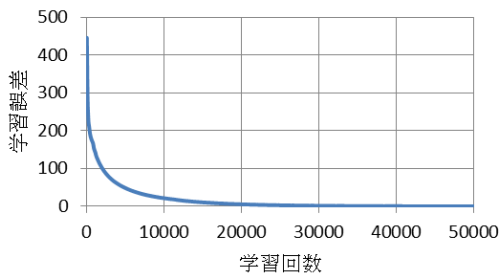


図 2：学習回数と学習誤差

ここで、学習誤差は、次式で算出される。

#### 学習誤差

$$= \frac{1}{2} \sum_{\text{パターン}=1}^8 \{\text{教師信号} - \text{NN 出力}\}^2$$

学習結果を、表 3 に示す。表中の色付きのセルは、学習後に未学習の 2 データセットを入力したときのものである。

表 3：NN の学習結果

データ No.	教師信号	1万回学習 NN出力	5万回学習 NN出力	備考
1	1.42	3.72	1.48	
2	2.80	2.71	2.60	
3	20.88	16.81	20.70	
4	13.46	13.87	20.70	未学習
5	9.19	12.35	9.42	
6	7.42	6.80	7.42	
7	19.65	16.64	19.27	
8	9.33	10.64	9.64	
9	3.88	6.18	-1.07	未学習
10	1.11	1.72	1.03	

### 4. 結 言

5 万回の学習では、1 万回のものより、既学習データに対する学習精度がはるかに優れているが、両方の未学習データにおいては、教師信号と NN 出力がやや異なり劣っている。これは、学習に使用したデータの数が足りないことが原因として考えられる。そのため、現在、学習に必要なデータを追加で収集している。

今後は、より多様なデータに対して NN の学習を行い、既学習と未学習のいずれの環境にいても、適切な予測が行えるシステムを作成する。さらに、GA を用いた、NN の最適な入力値の探索を行う予定である。

### 文 献

- [1] 村上彩, 非線形多変数系に対するインテリジェントデカップラの設計に関する研究, 平成 20 年度情報工学科卒業論文.
- [2] 草野陽子・久保倉宏一・吉武和人, 食品廃棄物を用いた水素発酵条件の最適化, 福岡市保健環境研究廃棄物試験研究センター

# 非等方性バイラテラルフィルタを用いた古文書画像の画質改善

寺 崎 希

徳山高専 情報電子工学専攻

## 1. 緒 言

古文書は一点一点が歴史的価値を持っている。しかし、古文書は紙や羊皮紙等を媒体としているため汚損や破損、経年変化が見られる。これらの歴史的な文書が持つ情報を後世に伝えるため、文書をデジタル化し、不朽のものにすることが現在行われている。しかし、デジタル化された古文書の文字には汚損や経年変化によるノイズが重畳しているため、画質改善の技術に対する需要が高まっている。

これまで、古文書画像や文書画像のノイズを除去して画質改善を行うために、多くの研究が行われてきた。Gangammaらは、カーブレット変換とマセマティカルモルフォロジを組み合わせたノイズ除去を提案した<sup>(1)</sup>。白井らは、異方性拡散と距離画像を組み合わせたノイズ除去手法を提案した<sup>(2)</sup>。Fanらはウェーブレット拡散を用いたノイズ除去手法を提案した<sup>(3)</sup>。Hedjamらは、類似する画素を同じ領域の画素として振り分けてノイズ除去を行う手法を提案した<sup>(4)</sup>。画質改善を行うためには、文字のエッジを保存しながら、平滑化によって背景領域のノイズを抑制する処理が効果的であると考えられる。この処理によって背景から文字が浮かび上がるため、文字を読みやすくなる。また、古文書画像中の文字は方向性を持った線状構造であるため、異方的なパターンにも対応できるような処理が有効であると考えられる。

そこで本研究では、画像が線状の異方的なパターンを含むような場合でもエッジを保存して平滑化を行うことができる非等方性バイラテラルフィルタを用いて、古文書画像の画質改善を行う。処理後の画像について、詳細分散 (Detail Variance : DV) 及び背景分散 (Background Variance : BV) を用いて、画質改善の度合いを客観的に評価する。また、他の手法を用いて画質改善を行った結果との評価を比較し、画質改善に関して非等方性バイラテラルフィルタを用いることについての効果の考察を行う。

## 2. 実 験 方 法

本研究では、羊皮紙や紙を媒体とした古文書の画像に対して処理を行う。まず、原画像から彩度成分を抽出し、抽出した彩度成分に非等方性バイラテラルフィルタと等方性バイラテラルフィルタ処理を行う。その後、DV・BVを用いて処理後の画像の評価を行う。

### 2. 1 等方性バイラテラルフィルタ

等方性バイラテラルフィルタ<sup>(5)</sup>は、マスク中の各

画素の画素値に、注目画素からの距離による空間方向の重みと、注目画素の画素値との距離による信号方向の重みをかけてエッジ保存平滑化を行う。等方性バイラテラルフィルタにおいて、画素 $i$ での出力 $f_i$ は次の式で与えられる。

$$f_i = \frac{\sum_{j \in W_i} w_x(x_i, x_j) w_d(d_i, d_j) d_j}{\sum_{j \in W_i} w_x(x_i, x_j) w_d(d_i, d_j)} \quad (1)$$

ここで、 $d_i$ は画素 $i$ の画素値、 $W_i$ は画素 $i$ の近傍画素の集合である。 $w_x$ は空間方向の重みであり、等方的なガウス関数が用いられる。 $w_d$ は信号方向の重みであり、 $w_x$ と $w_d$ はそれぞれ次の式で与えられる。

$$w_x(x_i, x_j) = \exp(-\alpha \|x_i - x_j\|^2) \quad (2)$$

$$w_d(d_i, d_j) = \exp(-\beta \|d_i - d_j\|^2) \quad (3)$$

### 2. 2 非等方性バイラテラルフィルタ

非等方性バイラテラルフィルタ<sup>(6)</sup>は、等方性バイラテラルフィルタの空間方向の重みを信号の勾配テンソルに基づいて非等方に拡張したものである。画像信号が異方的な変化を含む場合でも、エッジを保存して線状構造を強調するように改良されている。信号方向の重みは等方性バイラテラルフィルタと同様の式であり、空間方向の重み $w_x$ は次の式で与えられる。

$$w_x(x_i, x_j) = \exp(-\alpha (x_i - x_j)^T A_i (x_i - x_j)) \quad (4)$$

$A_i$ は次のように計算する。まず、各画素での勾配 $g_i$ を $3 \times 3$ の差分フィルタを用いて求め、勾配テンソル

$$G_i = g_i g_i^T \quad (5)$$

を求める。勾配テンソル $G_i$ を次の式で平滑化する。

$$\tilde{G}_i = \frac{\sum_{j \in W_i} w_x(x_i, x_j) G_j}{\sum_{j \in W_i} w_x(x_i, x_j)} \quad (6)$$

次に、 $\tilde{G}_i$ を固有値分解して固有値 $\lambda_{i1}$ 、 $\lambda_{i2}$ と固有ベクトル $u_{i1}$ 、 $u_{i2}$ を求める ( $\lambda_{i1} \geq \lambda_{i2}$ とする)。さらに、 $0 < \gamma \ll 1$ として固有値が $[\gamma, 1]$ の範囲となるように

$$\tilde{\lambda}_{i1} = \begin{cases} \gamma + (1 - \gamma) e^{\frac{-\delta}{(\lambda_{i1} - \lambda_{i2})^2}}, & \tilde{\lambda}_{i2} = \gamma \end{cases} \quad (7)$$

とスケール変換する。そして、 $A_i$ を次の式で求める。

$$A_i = \tilde{\lambda}_{i1} \mathbf{u}_{i1} \mathbf{u}_{i1}^T + \tilde{\lambda}_{i2} \mathbf{u}_{i2} \mathbf{u}_{i2}^T \quad (8)$$

### 2. 3 DV・BV

DV・BV<sup>(6)</sup>は画像の客観的評価に用いられる。DV (Detail Variance) は詳細分散であり、エッジなど画像の詳細領域の画素値の分散を表す。一方、BV (Background Variance) は背景分散であり、画像の背景領域の画素値の分散を表す。この指標を用いて、エッジ保存平滑化処理後の DV が大きければエッジ保存ができておりとみなすことができ、BV が小さければ背景領域を平滑化できているとみなすことができる。DV と BV は次の式で求められる。

$$DV = \frac{1}{M} \sum_{(i,j) \in A} \{x(i,j) - xd\}^2 \quad (9)$$

$$xd = \frac{1}{M} \sum_{(i,j) \in A} x(i,j) \quad (10)$$

$$BV = \frac{1}{K-M} \sum_{(i,j) \in B} \{x(i,j) - xb\}^2 \quad (11)$$

$$xb = \frac{1}{K-M} \sum_{(i,j) \in B} x(i,j) \quad (12)$$

ここで、DV は詳細領域の画素値の分散、xd は詳細領域の画素値の平均、A は詳細領域、BV は背景領域の画素値の分散、xb は背景領域の画素値の平均、B は背景領域、K は画像全体の画素数、M は詳細領域の画素数、x(i,j) は画素値である。

## 3. 実験結果

図 1(a) と (b) を見ると、原画像から抽出した彩度成分では、原画像中で薄くなっている文字がはっきりしていることが分かる。しかし、背景領域のノイズが原画像よりも顕著に現れてしまっている。この彩度成分にフィルタ処理を行った結果(c)と(d)を見ると、非等方性バイラテラルフィルタ処理後の画像ではエッジを保存できているが、ノイズをあまり抑制できていないことが分かる。一方、等方性バイラテラルフィルタ処理後の画像では、ノイズの抑制はできているが、エッジがぼけてしまっていることが分かる。

DV と BV を用いて画像評価を行った結果を図 2 に示す。DV の値は  $\beta$  が大きいときに非等方性バイラテラルフィルタの方が大きくなっている。BV の値は等方性バイラテラルフィルタの方が小さくなっている。これは、 $\beta$  が小さいときに等方性バイラテラルフィルタではエッジ保存ができておらず、 $\beta$  が大きいときに非等方性バイラテラルフィルタ処理では背景のノイズがあまり抑制できていないためだと考えられる。

## 4. 結 言

これまでに、等方性バイラテラルフィルタと非等方性バイラテラルフィルタを用いて古文書画像の画

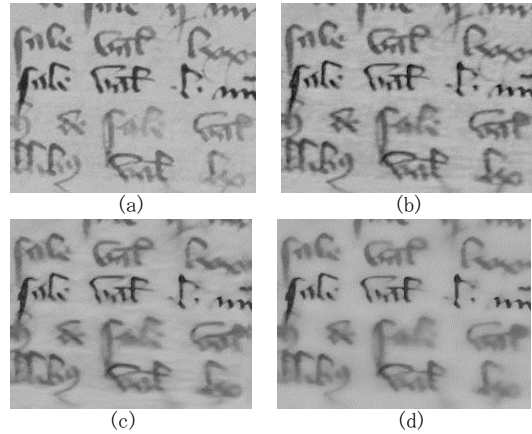


図 1 (a) 原画像の一部  
(b) (a) から抽出した彩度成分  
(c) 非等方性バイラテラルフィルタ処理結果  
(d) 等方性バイラテラルフィルタ処理結果

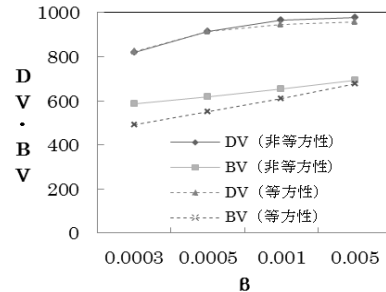


図 2 DV・BV を用いて客観的評価を行った結果

質改善を行い、DV・BV を用いて処理後の画像の評価を行った。その結果、非等方性バイラテラルフィルタの方がより詳細部の保存ができて、等方性バイラテラルフィルタの方がより背景領域の平滑化ができることが分かった。

この結果に基づき、今後は、非等方バイラテラルフィルタと等方性バイラテラルフィルタを組み合わせた画質改善に取り組み、その処理結果について客観的評価を行う。また、客観的評価だけでなく、専門家に依頼して、主観的評価についても取り組む。最終的には、ユーザが簡単に古文書画像の画質改善を行えるようにするため、ソフトウェアの作成を行う。

## 文 献

- 1) B. Gangamma, et al., Computation Intelligence and Computing Research (ICCIE), 2010 IEEE Int. Conf. on (2010), pp. 1-6
- 2) 白井ら, 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ研究会報告 (2013), pp. 1-6
- 3) L. Fan, L. Fan, C. Tan, Document Analysis and Recognition, 2003. Proc. 7th Int. Conf. on (2003), pp. 1188-1192
- 4) R. Hedjam, M. Cheriet, Visual Information Processing (EUVIP), 2010 2nd European Workshop on (2010), pp. 61-65
- 5) 井上, 浦濱, 映情学誌, Vol. 58, No. 1 (2004), pp. 115-120
- 6) 岡崎, 中静, 信学論 A, Vol. J86-A, No. 2 (2003), pp. 125-131

# 画像ヒストグラムに基づく ファジィ画像拡大のパラメータ推定

大島 拓也

大島商船高専 情報システム工学専攻 1年

## 1. 緒言

画像の拡大法には一般的に sinc 関数による画像の拡大法がもちいられることが多い。しかし、この方法にはエッジの鮮明さを保ちながら滑らかに画像を拡大するという点に問題があった。そこで本研究ではこの問題の解決のためにファジィ推論を用いた拡大法における画像特性 (ヒストグラム) の影響について検討する。

ファジィ推論は非線形性の記述に優れている。ファジィ集合を用いて非線形部分をあいまいに分割でき、各分割領域に対応してファジィルールを記述できる。しかし、線形性の領域ではその計算コストと精度が結びつかないという欠点がある。

しかし、この二つの画像処理は互いの欠点を補える関係にある。したがって実用性を求めるため、ここではファジィ推論による手法と sinc 関数による補間との組み合わせによる画像処理を試みた。

## 2. ファジィ推論による画像の拡大手法

本研究で使用するファジィルールは、まず図 1 に示す補間点  $f$  を周囲の画素値の差分  $|a-b|$  と  $|c-d|$  から決定する。これをファジィルールの前件部とする。そして、ファジィ推論に用いるファジィラベル Small, Large を表わすメンバーシップ関数(図 2)とファジィテーブル(表 1)これを後件部  $W_k$  とする。以上よりエッジ及び信号細部を保存する補間を構成する。

if  $e(k)$  is {Small and Large} then  $W_k$  is  $w_k$  ...式(1)

ファジィ推論の出力は重心法を採用し、式(2)から出力を決定する。

$$y = \frac{\sum_{k=0}^m \mu_k(x) \cdot W_k}{\sum_{k=0}^m \mu_k(x)} \quad \dots \text{式(2)}$$

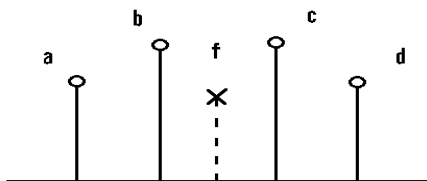


図 1 ファジィ推論による拡大法

表 1 ファジィテーブル

$c - d$ \ $a - b$	Small	Large
Small	$\frac{b + c}{2}$	b
Large	c	$\frac{b + c}{2}$

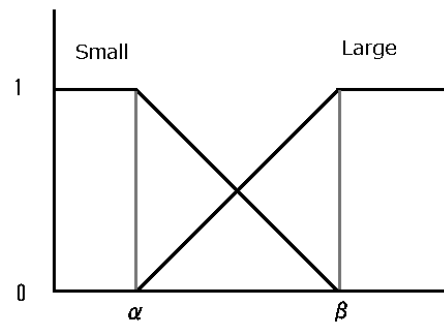


図 2 メンバーシップ関数

## 3. 研究内容

### 3-1. 実験画像

実験には  $256 \times 256$  画素、256 階調グレースケールの標準画像を用いる。



図 3 Girl



### 3-2. 拡大法

拡大法には sinc 関数による拡大法(共一次内挿法、共三次内挿法、三次畳込内挿法) とファジィ推論による拡大法を併用する。図にある  $\alpha, \beta$  をチューニングパラメータといいこの値を変化させ画像ごとに最適な値を検証する。

### 3-3. 検証法

検証には式(3)の MSE(平均二乗誤差)を用いる。MSE は画像の劣化を評価する指標の一つであり、この数値が低いほど誤差は小さいとみなせる。これにより原画像と復元画像との比較を行い画像の評価を行う。

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} |f(i,j) - g(i,j)|}{N_1 \times N_2} \dots \text{式(3)}$$

## 4. 実験結果と考察

結果の比較のために、実験に使用した原画像と比較用の復元画像を図3に示す。それぞれ(a)が原画像、(b)が三次畳込み内挿法、(c)が  $\alpha=0, \beta=80$  で、斜め方向の画素値から補間したファジィ推論による拡大法、(d)が  $\alpha=0, \beta=80$  で、画素値の平均値から補間したファジィ推論による拡大法である。



図4 結果画像の比較

画像を比較すると(b)の画像は他の画像に比べ全体的にぼけている。(c)と(d)の画像は原画像との誤差が少なく、ぼけを感じるものの目視ではあまり違いを感じられなかった。しかし、(c)と(d)の画像を見比べると(b)の画像はエッジが強く、(c)の画像の方が滑

らかになっていることが分かる。

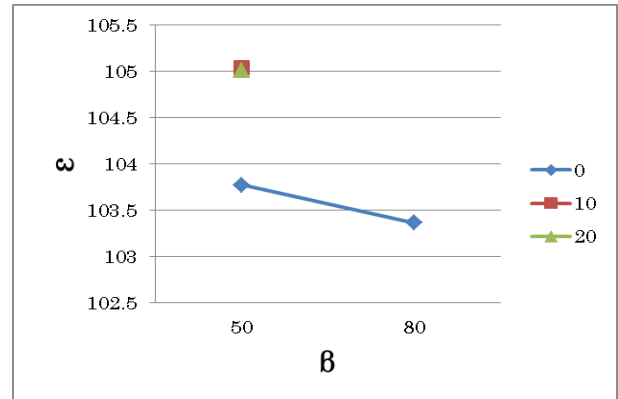


図5  $\alpha, \beta$  間を変化させたグラフ

図5はファジィ(平均)のチューニングパラメータ  $\alpha, \beta$  を移動させたグラフである。このグラフではチューニングパラメータの範囲が広いほど誤差が少なくなった。

表2 拡大法の評価

	共一次	共二次	三次畳込み込み	ファジィ(平均)	ファジィ(クロス)
$\epsilon$	105.71	193.14	197.09	103.36	110.28

MSE による評価を表2に示す。これにより本実験では、ファジィ(平均)で最も良い結果を得た。

## 5. 結言

- 1) Girl の画像を使った拡大法では MSE の評価から最も誤差が少ないのはファジィ(平均)、次が共一次内挿法であった。
- 2) 本実験ではチューニングパラメータの範囲が広いほど誤差が少ないという結果だった。

今回は Girl という画像で実験を行ったが、この画像以外の画像ではどのような特性が得られるか検討していきたい。

## 参考文献

- (1)高木幹雄, 下田陽久監修:新編画像解析ハンドブック, 東京大学出版, PP.1363-1373, 2004
- (2)木村誠聡, 田口亮, 村田裕: “ファジー推論を用いたデジタル画像の拡大に関する一手法”第13回デジタル信号処シンポジウム講演論文集, PP.255-260, 1998”

# パターン認識を用いた透視画像処理における角度情報活用に関する検討

齊 藤 想

香川高専 創造工学専攻

## 1. 諸 言

現在、血管閉塞や脳梗塞などの血管病変において、体内にガイドワイヤなどを挿入して治療する Interventional Radiology (IVR) が広く普及している。一方、IVR では X 線照射量が抑えられているため、X 線透視画像上にはランダムノイズが重畳し、ガイドワイヤなどの認識能が低下してしまう。その結果、治療時間が長引くことによる、患者の長時間の被曝が大きな問題となっている。そこで先行研究により開発されたパターン認識を用いて、画像処理を行うことで画質向上を目指した。しかしノイズが多く重畳する透視画像では、パターン認識により信号線だけを取り出すことは困難である。そこで本研究では従来のパターン認識に新たな情報として、信号の走行方向である角度情報を加え、パターン認識の精度向上を目指し、誤認の低減、信号線の均一化を目的とした。

## 2. パターン認識手法

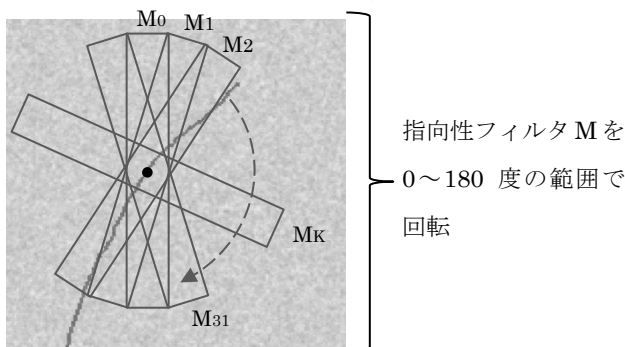
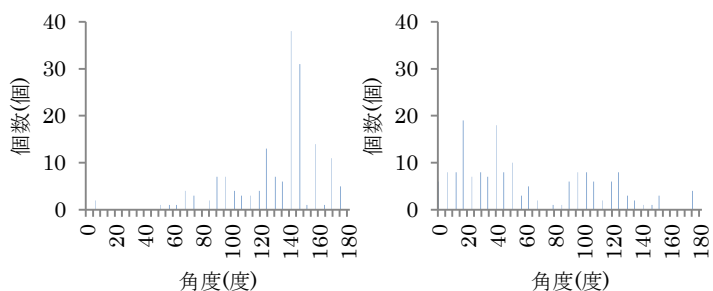


図1 パターン認識手法イメージ図

図1に示すのはパターン認識手法のイメージ図である。パターン認識では注目画素において、0 から 180 度の範囲で回転させた  $M_0 \sim M_{31}$  の 32 個の領域の中で、最も小さな平均値を有する領域の方向を検出する。これにより線状陰影の走行方向が得られるが、この走行方向は後段の画像処理に用いており、パターン認識の精度向上に用いる試みはこれまでの研究では行われていなかった。そこで今回この角度情報をパターン認識に付加することで、精度向上を狙う。

## 3. 角度情報の有益性

角度情報を実際のパターン認識に用いる前に、その有益性を調査した。線状陰影を含む画像において、 $13 \times 13$  ピクセルの範囲で、実際に線状陰影が走行している場合と走行していない場合において、線状陰影の走行方向に一致した個数をカウントした。図2は  $CNR=0.8$  における結果を示しており、それぞれの場合での一致個数の比較をしている。 $CNR$  は 1.0 以下になると、線状陰影が非常に観察しづらくなるが、この条件の下での角度情報における検出能を調べた。なお、背景ノイズの周波数特性は実際の IVR において用いられる検出器に近いものを用いて調査を行った。



(a) 線状陰影が走行している場合 (b) 線状陰影が走行していない場合

図2 一致個数を示すヒストグラム

図2の結果より実際に線状陰影が走行している場合は図2(a)の結果からその角度に対してセンシティブな特性があることが分かる。またその角度周辺 ( $\pm 15$  度) での一致個数も比較的多かった。一方、線状陰影が走行していない場合は図2(b)の結果に示すように特異なスペクトルはなく、比較的均一に分布した。そこで範囲全体の画素数に対して、中心画素の持つ角度  $\pm 15$  度の範囲における一致個数の割合を調べた。

表1 全領域における一致個数の割合

		CNR		
		0.8	0.9	1
線状陰影が走行している場合	一致個数(個)	110	77	83
	割合(%)	65.1	45.6	49.1
線状陰影が走行していない場合	一致個数(個)	28	22	48
	割合(%)	16.6	13.0	28.4

各 CNR においてそれぞれの場合で範囲全体の画素数に対する一致個数の割合を求めた結果、線状陰影が走行している場合はいずれの CNR においてもその割合は 50%前後を示し、比較的高い値が得られた。線状陰影が非常に観察しにくい、CNR=0.8 の条件下においても、このように他の CNR の場合と同等程度の検出が行えていることが分かった。一方、線状陰影が走行していない場合は走行している場合と比較すると、その割合は低く、それぞれの場合には顕著な差があるという結果を得られた。この結果より、角度情報によっても線状陰影の有無の明らかな判断ができると言える。さらに CNR が低い場合においても高い検出能力を得られたことから、角度情報を実際のパターン認識に適用することにより、精度向上の可能性を調べた。

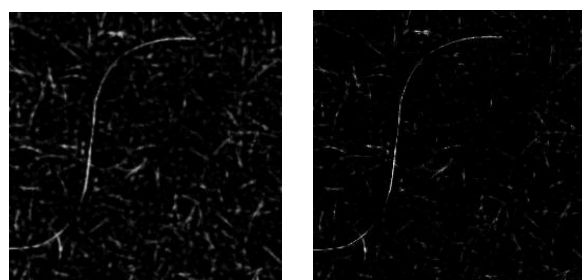
#### 4. 角度情報付加方法

角度情報をパターン認識に適用するに当たって、フィルタの中心画素との角度の一致割合を向上させるため、解析時のように単純に 13×13 ピクセルの範囲で一致個数をカウントするのではなく、線状陰影の走行方向に合わせた範囲を取り、カウントを行うことにした。なお、一致角度の範囲は解析時と同様に中心画素±15度の範囲とした。範囲全体の画素数に対する、中心画素±15度の角度を持つ画素数の割合を一致率とし、以下のように角度情報をパターン認識に適用させた。

- 一致率が 0.5 以上の場合  
パターン認識画像の値を 1.5 倍し、強調する。
  - 一致率が 0.5 未満の場合  
パターン認識画像の値を 0.7 倍し、抑制する。
- なお検証段階であるためこの値は暫定的であるが、この手法によって誤認の低減、線状陰影の均一化を目指した。

#### 5. 従来のパターン認識との精度比較

図 3 には従来のパターン認識と角度情報を付加したパターン認識との精度比較の結果を示す。従来のパターン認識に比べ、新たな情報として角度情報を付加した場合、パターン画像上での誤認は目立つ箇所こそ残っているものの、明らかに減らすことが出来ているように見える。しかしながら、線状陰影の途切れの問題を改善する効果に関しては、このパターン画像からでは明らかな判断が出来ない。そこでこの問題に焦点を当てて、より詳細に調べることとした。



(a) 従来の場合 (b) 角度情報を付加した場合  
図 3 パターン認識精度の比較

#### 6. 線状陰影の均一性

従来のパターン認識と角度情報を付加したパターン認識のそれぞれの手法において、線状陰影の途切れがみられる画素数をカウントし、線状陰影全体に対して線状陰影として認識されていない割合を求めた。ここでは CNR、背景ノイズの周波数特性を変えて比較を行った。実際の IVR において用いられる検出器に近いノイズの粒状性を示す場合の結果を図 4 に示す。図 4 の結果から CNR の違いにより、線状陰影として認識できていない割合に差はあるものの、それぞれの手法における差はほぼ見られないことが分かった。これはいずれの背景ノイズの粒状性においても同様のことがいえる結果となった。一方、実際の IVR の検出器に近いノイズの粒状性を示す場合が線状陰影を線状陰影として認識出来ていない割合が最も高かった。

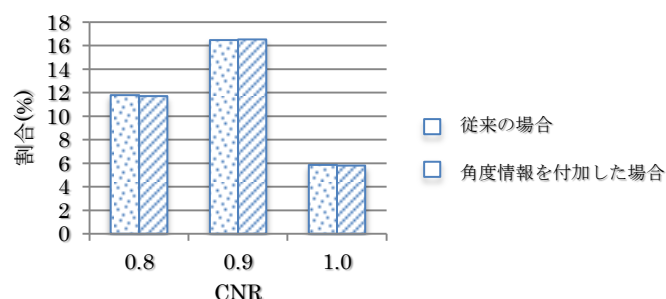


図 4 線状陰影の均一性

#### 7. 結 言

角度情報の持つ有益な情報をパターン認識に用いて、今まで実現できていなかった誤認の低減、線状陰影の均一化を図ったが、角度情報を付加ことによるハードウェアの規模の増大に対する効果としては小さかった。

#### 文 献

- 1) 大谷正紀, ノイズの多い背景画像における線状陰影走行角度検出法, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.109, No.123, pp.79-84.

# 群ロボットによる広域空間清掃のための位置測定システム

河 坂 竜 磨

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. 緒 言

現在、家庭用清掃ロボットが販売および普及しているが、対照的に業務用の清掃ロボットは普及していない。その理由としては、集塵容量やバッテリー容量の問題から業務用ロボットに求められる広域空間の清掃タスクそのものが困難であることが挙げられる。また、清掃ロボットを大型化・多機能化すると、ロボットの単価が上がり、導入コストの増大や故障の際の影響が大きくなるという問題がある。そこで、解決策として群ロボットを用いた手法が挙げられるが、そのためには協調制御アルゴリズムとロボットの位置測定システムが必要となる。そこで、本研究では清掃タスクに必要な測定精度と経済性を兼ね備える超音波を用いた位置測定システムを提案する。本研究では過去に「FSKを用いた超音波測距システム」の開発を行い、測定距離 8m に対する測定精度は±20cmであることを確認している。本研究ではこのシステムを応用し、超音波受信器を天井の4隅に設置し、ロボットの頭頂部に設置された超音波送信器との距離を測定することでロボットの位置測定を行う位置測定システムを提案する。本研究では、超音波送受信器と送受信器間の距離測定処理を管理するオーガナイザーを製作し、静体の位置測定実験を行うことで動体の位置測定の可能性について検討した。

## 2. FSKを用いた超音波測距システム

超音波測距では、超音波スピーカが超音波を空気中に放射した時刻と超音波マイクロフォンがその超音波を受信した時刻を測定し、式(1)に基づいて送受信器間の距離  $L$  を算出する。

$$L = (t_R - t_T) \times 360 \text{ [m]} \quad (1)$$

ここで、 $t_R$ [s]は超音波受信時刻、 $t_T$ [s]は超音波放射時刻、360[m/s]は音速である。超音波測距には、一般的に振幅偏変調(ASK: Amplitude Shift Keying)が用いられる。ASKには回路設計やマイコンプログラミングが容易であるという利点がある一方で、測定距離の長距離化に伴う振幅減衰の影響から測定誤差が徐々に増加するという欠点が存在する。本研究では、天井に多数の超音波受信器を配置することを想定するため、受信器の数を抑え、経済性を確保するためには測定距離を可能な限り長くすることが必

要である。そこで、本研究では変調方式に周波数偏変調(FSK: Frequency Shift Keying)を用いた。FSKは信号に応じて搬送波周波数を変化させるため、振幅減衰に起因する測定誤差は発生せず、ASKよりも長距離の測定に適している。ただし、2つの近接周波数の超音波を交互に放射するため、反射等の影響により受信波には2つの超音波を合成したうなりが発生する。うなりとは、合成波の振幅が被合成波の差分周波数で周期的に増減する波であり、周波数は被合成波周波数の平均周波数である。超音波測距システムが行う周波数特定において、うなりにより受信波の振幅が0に近くなると、受信波周波数を正確に特定できなくなるため、誤計測が発生する。よって、うなりの影響を軽減することがFSKを使用する上で重要である。また、本研究では39.7kHzと40.7kHzをそれぞれ低周波数、高周波数として使用した。

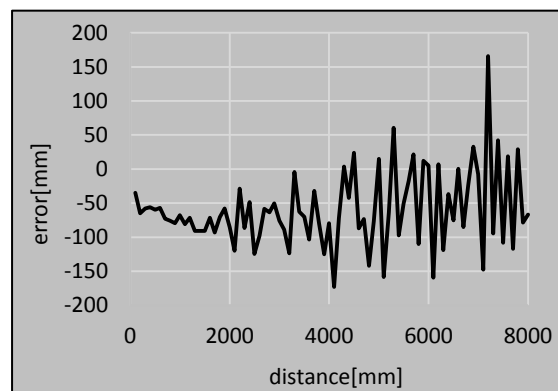


図1 距離測定精度

## 3. 超音波位置測定システム

図2に位置測定システム(本システム)の構成を示す。本システムでは、天井の4隅に受信器を設置し、ロボットの頭頂部に送信器を取り付ける。また、各デバイスの管理を行うオーガナイザーを4つの受信器とケーブルを用いて接続し、送信器およびPCと無線通信を行う。本システムは各受信器と送信器間の距離を測定し、余弦定理を用いてx-y平面上における円弧の交点を求めることでロボットの位置を

測定する。測定開始時、オーガナイザーは送信器へ超音波放射指示を送信すると同時に、受信器へ距離測定開始指示を送信する。送信器は超音波放射指示受信後、低周波超音波を放射し、超音波の安定後、高周波超音波へ切り替える。受信器は距離測定開始指示受信から高周波超音波受信までの時間を測定し、その結果をオーガナイザー経由で PC へ送信する。この時、測定結果は低周波超音波の受信時間を含んでいるため、送信器で設定されている定値の低周波超音波放射時間 $\Delta t_L$ を測定値から引く。また、オーガナイザーと送信器の間は無線通信のため、超音波放射指示から超音波放射開始までには無線通信による遅延 $\Delta t_d$ が存在する。 $\Delta t_d$ は7ms~10msであり、距離に換算すると2.38m~3.4mであるため、 $\Delta t_d$ を推定する必要がある。

オーガナイザーは4つの受信器の測定値を PC へ送信し、PCのプログラム内で距離値へと変換する。この時、変換後の距離値を、各受信器座標を中心とする球 $S_0 \sim S_3$ の半径と定義する。そして、ピタゴラスの定理を用いて3次元的な距離値から床平面上における2次元的な距離値へと変換することにより、各受信器のx-y座標を中心とする4つの円弧 $C_0 \sim C_3$ の半径を得る。その後、4つの円弧の半径に含まれる測距誤差を考慮し、円弧 $\{C_0, C_1, C_2\}$ ,  $\{C_1, C_2, C_3\}$ ,  $\{C_2, C_3, C_0\}$ ,  $\{C_3, C_0, C_1\}$ の交点を求め、4つの交点の重心を送信器の座標として得る。しかし、円弧 $C_0 \sim C_3$ の半径は $\Delta t_d$ による誤差を含んでいるため、3つの円弧の交点は1点に定まらない。そこで、3つ中2つの円弧の交点をそれぞれ $P_0(C_0, C_1)$ ,  $P_1(C_1, C_2)$ ,  $P_2(C_0, C_2)$ とし、それらを頂点とする三角形 $P_0P_1P_2$ の最短辺を $L_{min}$ と定義する。そして、球 $S_0 \sim S_3$ の半径から $L_{min}$ の4分の1を引き、 $L_{min}$ が1cm以下になるまで以上の処理を繰り返す。そして、 $L_{min}$ の中点を3つの円弧の交点として扱う。

#### 4. 実験結果

実際に超音波送受信器、オーガナイザー、PCプログラムを作成し、測定精度を検証するため静止体の位置測定実験を行った。この時、目標の測定精度はロボットの直径である30cmとした。実験は、幅2.39m奥行き3.56m高さ2.43m室内空間で行い、図2に示す9点に送信器を設置し、各点に対して100回の位置測定を行った。結果を表1に示す。表中においてErrorは100回の測定誤差の平均、Failed Timesは測定失敗回数を表す。

結果として、点centerとそれに隣接する点での精度は許容範囲にやや満たないことを確認した。また、空間の端での測定においては、測定失敗回数と測定

誤差の増加を確認した。この原因には、超音波スピーカとマイクロフォン間の相対角度が、中央付近での測定に比べて鈍角になったことに起因する受信波の振幅低下と壁の反射によるうなりの影響が挙げられる。スピーカとマイクロフォンの角度の問題はスピーカの数を増やすことで改善できるが、うなりの影響に関しては改善の見通しが立っておらず、今後の課題と言える。

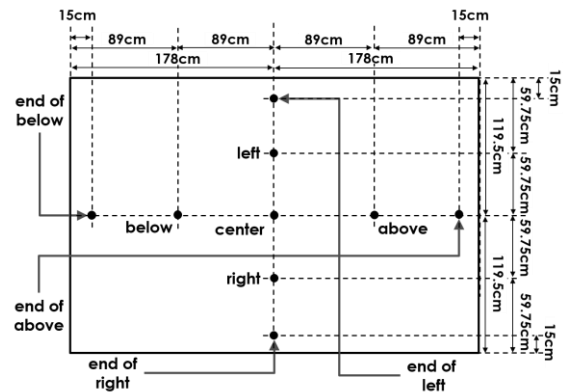


図2 送信器の設置位置

表1 実験結果

Point Name	Error[cm]	Failed Times
center	14.97	0
above	21.50	0
below	28.76	0
left	32.30	0
right	14.35	0
end of above	38.27	38
end of below	111.94	0
end of left	31.01	0
end of right	104.53	16

#### 5. 結言

既存の超音波測距システムを応用した位置測定システムを提案し、回路およびプログラムの製作とそれらを用いた位置測定実験を行った。その結果、中央付近では静止体の位置を測定できたが、空間の端での位置測定にはいくつかの課題があり、今後の改善が必要である。

#### 7. 参考文献

- 1) T. Kosaka, H. Suzuki : "Development of Robot Location Detection System Using Ultrasonic Wave", NCSP' 14, 2PM1-4-1, 2014

# VLF 信号のニューラルネットワークによるデータ解析

長 尾 康 史

津山高専専攻科 機械・制御システム工学専攻

## 1. 結 言

日本は世界でも類を見ないほどの地震大国である。1995年の阪神淡路大震災や、2011年の東日本大震災など、死者・行方不明者が5,000人を超える大規模なものも珍しくなく、地震のリスクを無視出来ない環境にあるといえる。しかしながら地震の発生は不定期であり、未曾有の大地震を想定した恒久的な対策法はどれも多大なコストがかかる。そこで地震のリスクを現実的なコストで抑えるべく、地震の前兆現象を把握する事で地震を未然に予見するための研究が進められている。

地震の前兆現象として、大気（特に電離層）の擾乱という現象が挙げられる。擾乱とは定常状態に対しての大気の乱れを指し、広義には高気圧や低気圧、台風なども大気の擾乱として扱われるが、地震発生に伴う電離層擾乱の時間的、空間的スケールはそれらより小さいものである。

大気の擾乱は肉眼やカメラなどでとらえる事は難しい。そこで本研究では、電波を反射する性質を持つ電離層に対し電波を投射、反射した電波を解析する事で擾乱の有無やそのパターンを分類する事を目的とする。投射する電波にはVLF（超長波）帯電波を使用する。これは先行研究[1]において、反射後のVLF帯電波が地震の影響を受けている事が示されているためである。また擾乱は地震によってのみ起こる現象では無いため、擾乱発生の有無の他にパターンの分類が必要となる。これには各種ニューラルネットワークを適宜使用する。これは地震と擾乱の物理的な因果関係が不明であっても解析が可能である点、研究室内で過去多く取り扱われている解析手法である点などからである。

## 2. 実 験 方 法 など

本研究において使用するデータは、2011年より津山高専敷地内で観測しているオーストラリアからのVLF帯電波の振幅である。解析にあたり、データの下処理としてデータ点の圧縮、季節による影響の除外、正規化を行う。

データ点の圧縮とは、元データの2分、10分毎に平均を取る事で、データ点数を少なくする事を指す。これは元データが秒間50点という膨大な量であるため計算に時間がかかる事、SOM(自己組織化マップ:後述)にかける際に次元数が多くなる事を防ぐ目的がある。季節性による影響とは、本研究において

は専ら昼夜の長さの季節による変化をさす。電離層は日光によってもその形態を変化させるため、季節による影響を受けてしまう。影響を除去するために、任意の日より過去15日分の各時間毎の平均をとり、結果生まれた24時間分のデータを任意日より減算する(式(1))事で、任意日とその近日の差分のみを残す処理を加える。

$$x(t) = D(t) - \overline{d_{15}(t)} \quad (1)$$

ここで

$x(t)$  : 処理後の時間  $t$  における振幅

$D(t)$  : 任意日の時間  $t$  における振幅

$\overline{d_{15}(t)}$  : 任意日より過去15日についての、時間  $t$  における振幅の平均

とする。これら処理を加えたものを基礎データとし、各種ニューラルネットワークにかける。

### 2.1 基礎データを SOM にかける方法

ニューラルネットワークの一種である SOM(自己組織化マップ)は、与えられた高次元データの類似度を、低次元のマップ状に表現するモデルである。今回使用するデータの次元数は、2分間の平均を取ったものでも720次元という高次元なもので、そのまま肉眼でパターンを分類する事は難しい。そこでこの SOM を利用し、機械的に擾乱の有無やパターンの分類を試みる。

### 2.2 統計量を SOM にかける方法

先行研究[2]の時点で、地震の前兆現象として、夜間における平均振幅と標準偏差が挙げられている。本研究ではそれら以外の統計量も地震と関連性があるのではないかという過程のもと、基礎データの平均、分散、歪度、尖度を取り、それらを SOM にかける事で地震の前兆特定を試みる。なお、それぞれの定義を以下式(2)~(5)に示す。

$$\text{平均} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

$$\text{分散} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3)$$

$$\text{歪度} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S}\right)^3}{n} \quad (4)$$

$$\text{尖度} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^4}{n} \quad (5)$$

ここで

n : データ点数

S : 標準偏差

$\bar{x}$  : 平均値

をしめす。

### 3. 実験結果など

前述の二つの方法を、共通したデータにおいて実施した。使用したデータに関する情報を、以下表 1 に示す。

表 1 使用データ

期間	開始	2012-01-16	
	終了	2012-12-31	
	日数	336	
通信基地局	送信	オーストラリア西部(NWC)	
	受信	津山高専	
期間内発生地震 (通信基地局間, M6.0 以上)	M6.7	2012-02-06	
	M6.0	2012-02-06	
	M6.3	2012-08-18	
	M7.6	2012-08-31	
	M6.1	2012-11-02	
	M6.0	2012-12-11	

なお、24 時間に満たない不完全なデータは除去している。

3.1 基礎データを SOM にかける方法の結果結果を、以下図 1 に示す。

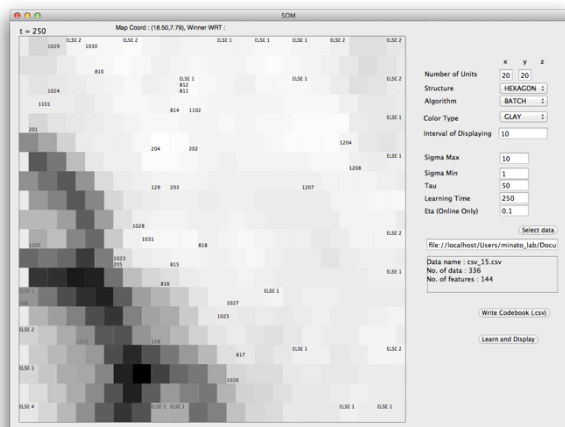


図 1 基礎データ直接 SOM 時結果

図中の数字は、地震発生日とその過去 10 日分の月日を示している。図より、いくつかのパターンへ分類は出来ているものの、そのすべてに地震の前近日が含まれてしまっている。

3.2 統計量を SOM にかける方法の結果結果を、以下図 2 に示す。

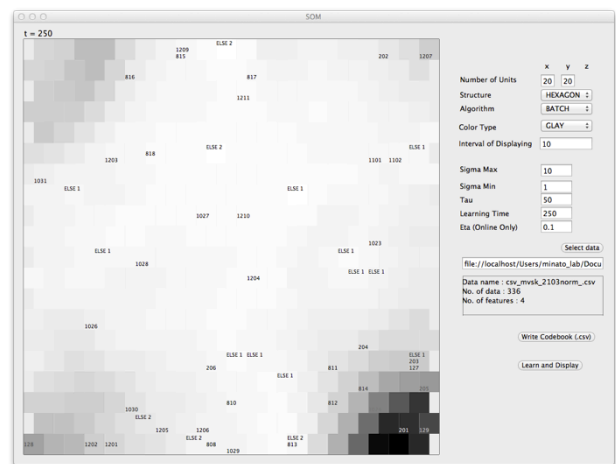


図 2 統計量 SOM 結果

図より、特定の日(2/1, 3/29 など)が隔離されすぎており、パターン分類がうまく出来ていない事がわかる。また、上記の様な特定日を排除し SOM にかけた場合も、再度隔離されすぎる日が発生してしまった。

### 4. 結 言

以上をふまえ、基礎データそのものでは地震の前兆判断は難しいと判断する。また統計量を使用した場合も、特徴に差が出過ぎてうまくパターン分類ができていないため、元データの処理など再度検討する必要があると考える。

今後は、より細かい元データの下処理を行う事や、現状と異なった解析手法として、時間成分を考慮出来るウェーブレットやSOM<sup>2</sup>などの手法の使用を検討している。

### 文 献

- 1) M.hayakawa, "VLF Waveguide Propagation: The Basics", 2010
- 2) M.hayakawa, "The use of subionospheric VLF/LF propagation for the study of lower ionospheric perturbations associated with earthquakes", 2010
- 3) 樋口龍雄・川又政征, MATLAB 対応 デジタル信号処理, (2000), 昭晃堂

# 重回帰分析を用いた工数予測における欠損値処理の比較

渡 辺 竜

香川高専 創造工学専攻

## 1. 緒 言

ソフトウェア開発において、開発プロジェクトを成功させるために、開発の初期段階においてコスト見積が行われる。正確なコスト見積を行うことがプロジェクト成功のためには重要である。

開発プロジェクトのコスト見積を行う方法として、重回帰分析を用いて過去の開発プロジェクトの実績データから工数を予測する方法が工数予測手法として広く用いられている<sup>2)</sup>。ここで、工数とは作業量を表すメトリクス(プロジェクトを説明する指標)のことであり、[工数=人員×時間]である。工数を時間で割ると、必要となる人員が求められることから、工数を正確に予測することが正確なコスト見積につながる。重回帰分析によって過去の開発実績データを基に構築した予測モデルを、開発を行うプロジェクトに適用することで工数を予測し、コスト見積を行う。

しかし、重回帰分析を行う上で、過去の開発実績データに欠損値(データが欠落している部分)が含まれていると、重回帰分析を行えない問題がある。欠損値が生じる原因としては、記録漏れや収集メトリクスの異なるデータの結合などがある。欠損値を含むデータに対して重回帰分析を用いるために、欠損値処理を適用し、欠損値のないデータを作成することで重回帰分析を行う。

欠損値処理は、欠損値を削除したり、別の値で補完したりすることにより、欠損値のないデータを作成する方法の総称である。適用する欠損値処理によって作成されるデータが異なるため、欠損値処理によって重回帰分析を用いた工数予測の精度は異なる。

そこで、本稿では、適用する欠損値処理によって作成されるデータを基に工数予測を行い、工数予測精度の比較を行う。

## 2. 欠 損 値 処 理

以下に、比較した欠損値処理の手法の詳細を示す。

### ・平均値挿入法

平均値挿入法は、欠損値部分に欠損値を含むメトリクスの平均値を補完値として挿入する方法である。

### ・リストワイズ除去法

リストワイズ除去法は欠損値を1つでも含むプロジェクトを削除する手法である。

### ・類似度に基づく補完法

類似度に基づく補完法は、欠損値を含むプロジェクトに類似しているプロジェクトから補完値を算出する方法である<sup>3)</sup>。

### ・プロジェクト削除法(P 削除法)

リストワイズ除去法の問題点を解決し、類似度に基づく補完法の特性を活かした手法である。リストワイズ除去法には、欠損率が高いデータに適用した場合に、全プロジェクトを削除してしまうリスクがある。また、類似度に基づく手法には、欠損率が60%以下のデータに対して予測精度が低下しない特性がある。

以下のような手順で工数を予測する。

- ① メトリクス数のうち60%以上が欠損値であるプロジェクトを削除する。
- ② 残りの欠損値部分に対して類似度に基づく補完法を適用する。

### ・プロジェクト・メトリクス削除法(P.M 削除法)

リストワイズ除去法と類似度に基づく補完法の特性を生かしたP削除法に加え、さらに欠損率の低いデータの作成を目的とした手法である。具体的な手順を以下に示す。

- ① メトリクス数のうち60%以上が欠損値であるプロジェクトを削除する。
- ② プロジェクト数のうち60%以上が欠損値であるメトリクスを削除する。
- ③ 残りの欠損値部分に対して類似度に基づく補完法を適用する。

## 3. 評 価 実 験

評価実験の目的は、適用する欠損値処理の違いによる工数予測精度の比較である。欠損値処理を適用したデータを基に重回帰分析による工数予測モデルを構築する。そして、構築した予測モデルによる予測値と実測値を比較することで、それぞれの欠損値処理の工数予測精度を比較する。データセットは、予測手法の評価に広く利用されているISBSGが収集したデータ<sup>4)</sup>から作成した。

評価実験では精度評価に良く用いられるLeave-one-out法を用いた、その説明を以下に示す。



- ① データに含まれる全プロジェクト  $n$  件から、1 件のプロジェクトを抽出する。
- ② 抽出した 1 件のプロジェクトを現行プロジェクトに見立て、 $n-1$  件のプロジェクトから線形重回帰分析による工数予測を行う。
- ③ 工数の予測値と実測値から誤差を求める。
- ④ 抽出するプロジェクトを変更し、①～③の手順を全プロジェクト  $n$  件に対して行う。
- ⑤ 求めた誤差から、適用する欠損値処理による工数予測精度を求める。

評価指標には MBRE を用いた。MBRE は過大見積もりに秀でた MRE と過小見積もりに秀でた MER をバランスよく評価する指標 BRE の平均値である。MRE は、実測値に対する予測値の相対誤差であり、MER は、予測値に対する実測値の相対誤差である。MRE, MER, BRE は以下の式で求めることができる。ここで、 $X_i$  は実測値、 $\hat{X}_i$  は予測値、 $i=0,1,2,\dots,n$  である。

$$MRE = \frac{|X_i - \hat{X}_i|}{X_i} \quad (1)$$

$$MER = \frac{|X_i - \hat{X}_i|}{\hat{X}_i} \quad (2)$$

$$BRE = \frac{|X_i - \hat{X}_i|}{\min(X_i, \hat{X}_i)} \quad (3)$$

MBRE は値が小さいほど予測精度が高いことを示す。

#### 4. 実験結果

表 1 に各欠損値処理の評価実験による MBRE の値を示す。表 1 より、リストワイズ除去法が最も MBRE が小さく、続いて P 削除法、類似度に基づく補完法、P.M 削除法、平均値挿入法となった。

表 2 は、各欠損値処理における欠損値補完を行う前のデータのメトリクス数と欠損率である。ここで、欠損率とは全データに含まれる欠損値の割合のことである。表 2 より、P.M 削除法のメトリクス数は、他の欠損値処理と比べて少なくなっている。

また、P 削除法の欠損率は 40.1% であり、類似度に基づく補完法の欠損率は 66% となっている。

#### 5. 考察

リストワイズ除去法によって作成されるデータは欠損率が 0% であるため、正確な情報を持つデータが残るので、MBRE が最も小さくなったと考えられる。

P 削除法は、欠損率が 60% 以下のデータに類似度に基づく補完法を適用したことにより、特性を生かすことができ、類似度に基づく補完法より MBRE が小さくなった。

表 1 各欠損値処理による MBRE

手法	MBRE
平均値挿入法	2.397
リストワイズ除去法	0.786
類似度に基づく補完法	1.979
P 削除法	1.907
P.M 削除法	2.123

表 2 各欠損値処理の削除後のデータ

手法	メトリクス数	欠損率[%]
平均値挿入法	5	66
リストワイズ除去法		0
類似度に基づく補完法		66
P 削除法		40.1
P.M 削除法	2	2.8

P.M 削除法は、P 削除法同様に、リストワイズ除去法と類似度に基づく補完法の特性を考慮した手法であったが、メトリクス数を削除するために、他の欠損値処理と比べ、メトリクス数が少なくなった。したがって、予測モデル構築に十分なメトリクス数とならなかったことが原因で、類似度に基づく補完法より MBRE が大きくなったと考えられる。

#### 6. 結 言

本稿では、データに適用する欠損値処理による工数予測精度を比較した。その結果、リストワイズ除去法が最も精度が高く、続いて、P 削除法、類似度に基づく補完法、P.M 削除法、平均値挿入法となった。しかし、最も精度が高くなったリストワイズ除去法は、データの欠損率が高いと予測モデル構築ができないというリスクがあり、汎用性に乏しい。

したがって、P 削除法、および P.M 削除法の予測精度を向上させるために、削除基準欠損率や削除順番の変更、補完値算出方法、実験に用いるデータセットの見直しなどを行うことが課題である。

#### 文 献

- 1) ISBSG Estimating, "Benchmarking and Research Suite Release 11 : International Software Benchmarking Standards Group," <http://www.isbsg.org/>, 2009.
- 2) E. Mendes, I. Watson, C. Triggs, N. Mosley, and S. Counsell, "A Comparative Study of Cost Estimation Models for Web Hypermedia Applications," *Empirical Software Engineering*, Vol.8, No.2, pp.163-196, 2003.
- 3) 田村晃一, 柿元健, 戸田航史, 角田雅照, 門田暁人, 松本健一, 大杉直樹, "工数予測における類似性に基づく欠損値補完法の実験的評価," *コンピュータソフトウェア*, Vol.26, No.3, pp.44-55, 2007.

# ブレインストーミング支援アプリケーションの開発

田 中 貴 大

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. はじめに

企業などで会議を行う場合、その効率化を図る手段として、各々が自由に多くのアイデアを出し合うブレインストーミングという手法が用いられている。ブレインストーミングでは、出た多数のアイデアをまとめ、整理する必要がある。そこで用いられるのが KJ 法という整理法である。本研究では、KJ 法<sup>[1]</sup>を Android 端末で用いることができるアプリケーションを開発し、ブレインストーミングの効率化を図ることを目的とする。

## 2. KJ 法

KJ 法は、社会に与える影響が大きいアイデア発想法であり、実践した人に対して働きかける力がある<sup>[2]</sup>。一つは、自分の内面にある発明や発見に対する強い喜びを感じさせてくれる点である。この喜びは創造的な体験そのものであり、その体験の結果、心の病を直し、そして人々の創造性を育ててくれる。もう一つは、現場の経験を活用できるようにするという点である。現場の経験こそ最も耳を傾ける言葉であり、新しいものを生み出す。現場の事実を受け止め、新しいものを生み出す1歩とすることができる。このような力を持つ KJ 法を、よりスムーズに行うことができるものを開発できれば非常に意味のあることであると考えられる。

## 3. 従来のアイデア発想ソフト

アイデア発想を手助けするソフトウェアは様々な存在している。付箋やカードにアイデアを書きとめておくだけのものや、カードを線で繋ぎ、カード同士の関係性を示せるものもある。タブレット型アプリケーションのものは少なく、ほとんどが Windows のソフトウェアである。しかし、KJ 法を1から10まで正確に行えるソフトウェアは無く、あくまでアイデアを書きとめるだけのものが多い。一応、カード同士を線で繋ぐという図解化を行えるものもあるが、カード同士をグループ化してまとめ、束ねたり、その上ではらわたを出すという操作ができるものはなかった。よって、KJ 法の作業を行うことに特化したアプリケーションを開発することは意味のあることだと考える。

## 4. ICT-KJ 法

Android アプリケーションで用いることができる KJ 法を ICT-KJ 法として開発する。ICT-KJ 法では、通常の方法で行う KJ 法のいくつかの不便な点を解消し、さらなる効率化を図る。まず、KJ 法にはアイデアを書く紙が必要不可欠でありこれを準備する必要がある。ICT-KJ 法では、タブレット上でカードを作成し、表示できるためその準備を省くことができる。また、KJ 法にはグループ化という作業がある。ブレインストーミングと KJ 法のグループ化には、頭の働きにギャップが存在し、KJ 法を行う上で大変な作業となる。このグループ化を自動で行うことができ、スムーズな進行を可能とする。複数のタブレットで操作領域を共有することもできる。1つの大きなメインタブレットを用意し、自分のタブレットで作ったカードをメインタブレット方向にフリックすることで、メインタブレットに自分で作ったカードを表示できる。これにより、大人数で行う KJ 法も実現できる。さらに、KJ 法の基本的な段取りをアプリケーション内で確認でき、初心者に段取りの検索の手間を与えない。

## 5. 現在の取組状況

ICT-KJ 法の開発を目指す上で、現在実現できたものを以下に示す。

### (1) カード型の図形の表示

文字を表示するカード型の図形を表示する。画面のボタンを押すことでカード型の図形を表示できる。

### (2) 文字の入力

カードに文字を入力する。表示した図形に入力できる文字数を考え、行数と行毎の文字数に制限をつけ、図形に文字が収めることができた。また、文字数に制限を付けることが妥当なのかは再検討をする必要がある。

### (3) カードの移動

KJ 法を行うにあたってカードの移動は必要不可欠なので、タッチ操作でカード型の図形を動かせら

れるようにした。

#### (4) KJ法の段取りの説明

アプリケーション内でKJ法の段取りを確認できるようにし、初心者でも参加しやすくする。説明の画面へ移る方法にはフリックを採用した。画面を右にフリックすることで、画面遷移できる。遷移後の画面を図1に示した。

#### (5) カードの複数表示

カードを複数表示できるようにした。ボタンを押すごとに、カード型の図形を表示できる。この段階については新たにプロジェクトを作成し、先ほどまでのものとは別々に開発した。今回は、カードをランダムな座標に表示するようにしている。図2に示したのは、ボタンを2回タッチした結果である。カードが2つ表示できていることがわかる。

#### (6) ツールボックスとダイアログによる文字入力

カードの作成やグループ化などの作業を、ドラッグで移動可能なツールボックスで行えるようにした。図3に示す。ドラッグで移動可能なので、より画面を自由に使用できる。ツールボックスは常にカードの上になるように表示される。また、ツールボックスで行えるのはカードの作成のみとし、カードに文字を入力する方法に関してはダイアログを使用した。カードをタッチすると、図4のような文字を入力できるダイアログが表示される。また、タッチ操作と区別するために、カードの移動は長押し操作で行うようにした。

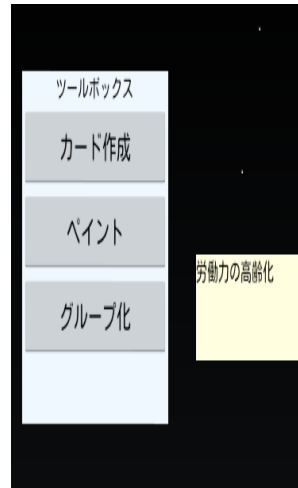


図3 ツールボックス

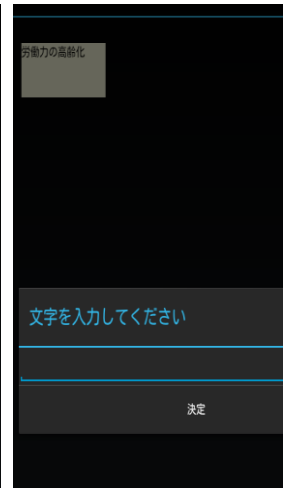


図4 ダイアログ

## 6. 考察

ICT-KJ法において、カードの生成は移動型のツールボックスを介して行うことにした。これが最善とは限らないが、現状これで開発を進める。説明画面への遷移に右フリックを採用していることや、文字入力やカードの移動にそれぞれ、タッチと長押しを採用していることについても、それが妥当なのかは再度検討する必要がある。また、ツールボックスのボタンはまだ機能していないので、今後カードの複数表示をツールボックスのボタンで行えるようにする。文字入力のダイアログについてであるが、文字入力を行ったあと、カードの位置が変わってしまうという現象が起きた。カードが変わってしまう位置は、ツールボックスの位置に左右されることが確認できたが正確な原因までは判明していない。

## 6. おわりに

現在開発しているのは、タブレットで通常のKJ法を一通り行えるようにするという段階であり、ICT-KJ法の特徴である、グループ化の自動化や操作領域の共有化などに取り組めていない。各操作の妥当性の検討や、ICT-KJ法が実際に使えるかどうかの検証も行う必要があるので、開発を急ぐ必要がある。早急にICT-KJ法を開発し、実際に使用し改善点を見つけ、より使いやすいICT-KJ法を目指す。

## 文 献

- [1]川喜多二郎，“発想法”，1967，中央公論社
- [2]川喜多二郎，“続・発想法”，1970，中央公論社

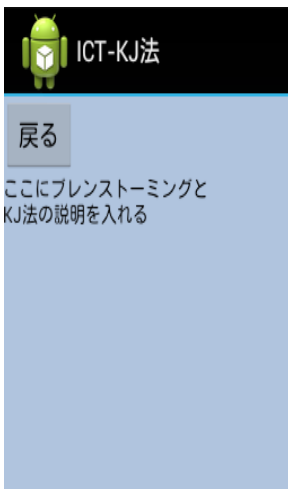


図1 画面遷移



図2 カードの複数表示

# ハールウェーブレットによる経済時系列データの解析の基礎研究と応用

塩原隆太

大島商船高専 電子・情報システム工学専攻 1年

## 1. はじめに(研究の背景と目的)

近年、ファイナンスや経済学の分野でもウェーブレットは注目を浴びている。ウェーブレット変換によって、周波数特性の時間的変化を把握できる。また、ウェーブレット変換を応用することでデータの不連続点(エッジ)の検出、信号の平滑化、ノイズ除去が可能である。

時間的に局在した波の重ね合わせとして表現するウェーブレットは、定常な正弦波の重ね合わせとして時系列信号を表すフーリエ変換に比べ以下の点で、非定常信号の時間周波数分析に有効である。

- (1) データの周期性を仮定する必要がない。
- (2) 時間周波数分析を周波数に応じて階層的に行うことができる。

経済データのほとんどは、不規則にジャンプし、変動幅が時間の経過とともに減衰と拡大を繰り返すのでフーリエ変換は経済データを扱うのが苦手である。短時間フーリエ変換では時間に関する情報は残されるが、解析する時間幅が一定に固定されてしまうため、時間と周波数を同時に解析するには物足りないものである。一方、ウェーブレット変換では時間に関する情報は残され、周期を仮定する必要もないので、経済データに対してはウェーブレット変換を用いるのが良いと考えられる。

本研究では国内の景気動向の指標である日経平均株価や為替レートにウェーブレット解析の手法の1つであるハールウェーブレットの Ordered 型アルゴリズム, In-Place 型アルゴリズムを適用することによって、ウェーブレット係数の規則性を確認する。また、逆ハールウェーブレットを各データに適用することで有効性を検討する。

## 2. 基本ウェーブレットの基礎概念

考えられる現象から得られるサンプル(取りうる量は $2^n$ 個)を用いて考えられる現象の関数を近似する。

近似関数を表現するためには、基本ウェーブレット、基本ステップ関数が重要になる。ハールの簡易ウェーブレットは単位ステップ関数を拡大、移動することで入力信号に合致する近似関数を得る。同じ高さを持つ2つのステップの和は基本ステップ関数となる。基本ステップ関数は以下の値を持つ。

$$(c \times) \phi_{[0,1[}(r) := \begin{cases} 1(c) & \text{if } 0 \leq r < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

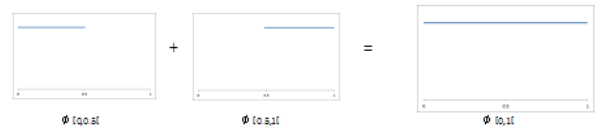


図1: 基本ステップ関数

また、隣り合うステップの差が基本ウェーブレットとなる。基本ウェーブレットは以下の値を持つ。

$$(c \times) \psi_{[0,1[}(r) := \begin{cases} 1(c) & \text{if } 0 \leq r < 1/2 \\ -1(-c) & \text{if } 1/2 \leq r < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

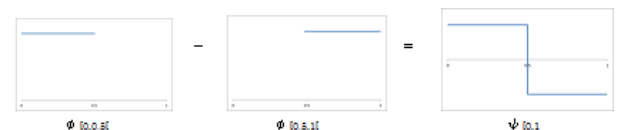


図2: 基本ウェーブレット

基本ステップ関数, 基本ウェーブレットは以下の2つの式で表すことができる。

$$\phi_{[0,1[} = \phi_{[0,0.5[} + \phi_{[0.5,1[}$$

$$\psi_{[0,1[} = \phi_{[0,0.5[} - \phi_{[0.5,1[}$$

この2式より近似関数を以下のように表現できる。

$$\check{f} = c_0 \times \phi_{[0,0.5[} + c_1 \times \phi_{[0.5,1[}$$

$$= \frac{c_0 + c_1}{2} \times \phi_{[0,1[} + \frac{c_0 - c_1}{2} \times \psi_{[0,1[}$$

第1項の $\frac{c_0 + c_1}{2}$ はサンプル全体の平均値を表し、第2項の $\frac{c_0 - c_1}{2}$ はサンプル値の変化度の $-1/2$ 倍をあらわす。近似関数を高さの平均, 変化で表現する手法がハールウェーブレットである。具体的なアルゴリズムについてはここでは割愛する。

## 3. 実験環境

本実験を行うための環境として、

- MATLAB Version 5.03
- PC (DELL/Vostro 200)

を使用した。

#### 4. 経済データのウェーブレット変換

データ数 64 個の月別日経平均株価(2008 年 7 月～2013 年 10 月)とデータ数 128 個の米ドル/円の月別為替レート(2003 年 3 月～2013 年 10 月)に Ordered 型ハールウェーブレット変換, In-Place 型ハールウェーブレット変換それぞれを適用した。

図 4 から図 6 における左図は In-Place 型ハールウェーブレット変換による各スケープのウェーブレット係数, 中図は Ordered 型ハールウェーブレット変換の各スケープにおける初期関数を近似する簡易ステップ関数における値を並べた結果で, 右図は各スケープにおける簡易ウェーブレットの係数を並べた結果を示す。

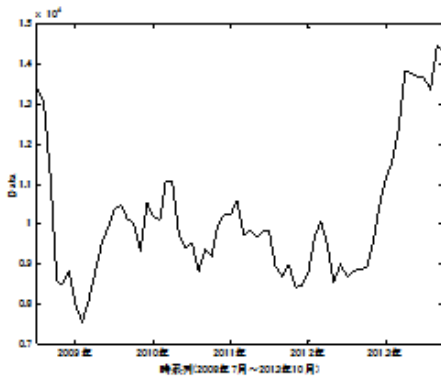


図 3: 日経平均株価(2008 年 7 月～2013 年 10 月)

変換結果が意味するものは, データの変動の度合いである。例えば, 図 5 右図の位置 0 を見ると大きい変化が 2008 年から 2012 年にあることがわかる。これは 2008 年のリーマンショックによる日経平均株価の大暴落が起きたことによるものだと考えられる。

また逆ハールウェーブレット変換を用いてデータ圧縮, ノイズ除去が可能である。以下の図はウェーブレット係数 300 以下のウェーブレット係数を 0 とし, 逆変換を行った結果である。実線はデータ圧縮を行った結果, 点線はデータ圧縮を行っていない元データ, それぞれを示す。

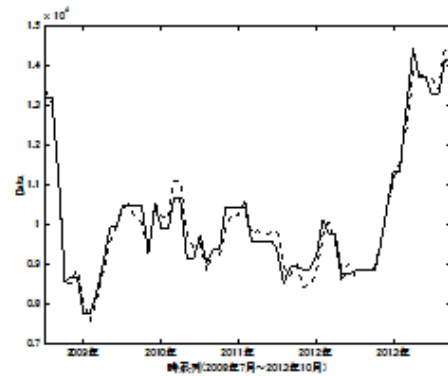


図 7: In-Place 逆ウェーブレット変換によるデータ圧縮

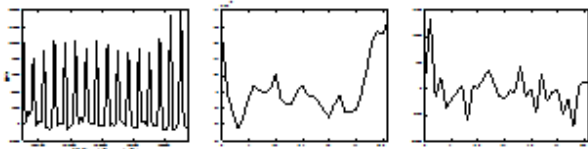


図 4: スケープ 1

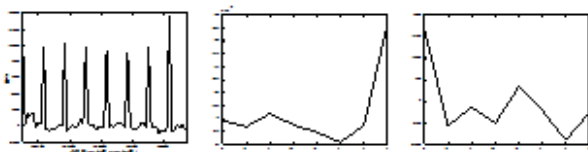


図 5: スケープ 3

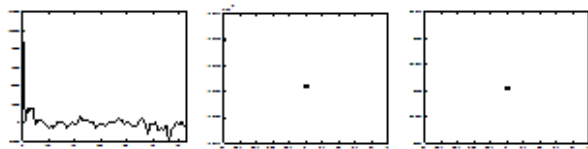


図 6: スケープ 6

In-Place 型変換における 2 スケープ数か月に渡っての平均值, 変化量の  $-1/2$  倍それぞれを得る。

Ordered 型変換における図 4 から図 6 の中図の配列は  $2^n$  スケープ数か月に渡っての平均值, 右図は変化量の  $-1/2$  倍を得る。

#### 5. 結言

本研究の成果を以下に示す。

- (1) ハールウェーブレットのアルゴリズムを研究した。
- (2) ハールウェーブレット変換によって時系列データの変動の大きさを数値として得られた。
- (3) ウェーブレット逆変換によって時系列データの詳細な復元。また, ノイズ除去, データの圧縮が可能となった。

今後の課題としては, ウェーブレット係数の周期性の確認を行い, 未来の時系列データの予測が可能になるかどうかの確認を行い, その有効性の確認を行う。またウェーブレットのその他の応用についても検討する。

#### 参考文献

- (1) イヴェス・ニイベルゲルト: ウェーブレット変換の基礎, 森北出版
- (2) ウェーブレットによる経済分析: 稲田正和/鎌田康一郎
- (3) Wavelet 事始め 経済, 金融への応用/Masato Shimura
- (4) Haar ウェーブレットおよび SOM による信号処理 /Ishirangeen Udarath Wanigasekara

# 受注加工工程管理システムの解析と改良

秋 田 浩 孝

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. 緒 言

近年企業の IT 化が進んでおり、一般企業の中で IT を導入していないところはほぼなくなってきた。もちろん IT を導入することによる企業へのメリットは存在するが、逆に問題も存在する。その問題の中の一つに導入後の保守管理を行わなければならないという点がある。この問題に直面している外部企業から本研究は依頼を受けた。企業はステンレス加工事業を行う会社であり、中でも個別の受注生産に力をいれている。上記のような特徴があるため図面や受注のリストが大量になり、それらのデータを統合、編集するソフトが必要となった。そこで十数年前に本校の専攻科生が依頼を受け、受注加工工程管理システムとして制作した。

企業はこのシステムをいままで運用してきたが、改良したい点が出てきた。そこで本研究では受注加工工程管理システムの改良を目標とする。

## 2. 分析・要望

企業は既存システムを使用してはいたが、仕様の把握が成されていなかったため、システムの分析から行った。既存のシステムはデータ部分に SQL Server、インタフェース部分に Access を使用している。データベースの.mdf ファイルとそれを編集するインタフェースを提供する Access の.mdb ファイルから構成されており、インタフェースはデータの照会、入力、編集などを行うことができる 7つのフォームから成り立っている。操作画面におけるボタンとデータの繋がりを図 1 に示す。

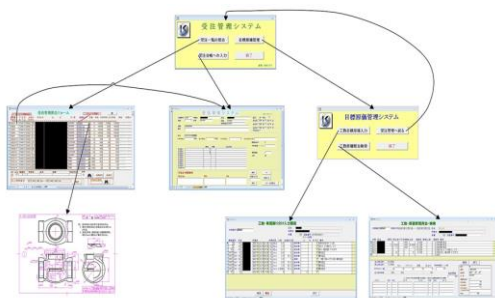


図 1 アプリケーション外観

今回の企業からの具体的な要望はシステム分析、デ

ータの可視化、インタフェースの利便性の向上、検索機能の強化である。

## 3. 復元と解析

企業のシステムを解析する前に自分のパソコンに同じ形でシステムを実装するためにシステムの複製を行った。複製は、SQL Server の完全バックアップを用いて行った。完全バックアップとは特定のデータベース内のデータをすべて含んだバックアップをとる方法である。このすべてのデータの中にはデータを複製するために必要なログを含んでおり、このデータを使って研究用のパソコンに既存システムを複製した。

解析は処理の流れを Access VBA のプログラムを追うことによって行った。プログラムの要所要所にコメント文で内容を書き記す事によって、他人が見てもある程度流れがわかるようにし、引き継ぎや第三者による改変に対して順応性を高めた。また、解析中にプログラムに使用する名前とフォームに表示される表題が違うといった事が幾度か見られたので、混乱を避けるためにこれの統一を行った。

## 4. 可視化の検討・実施

まずどのような可視化が有用なデータとなるかを検討してから可視化を実行した。

最初に上がった案は一つの作業番号に関して工数を機械ごとに分類して可視化を行うというものだ。だがこの方法に必要なデータである工数のデータが作業員の作業時間を元に入力されていた。そこで各作業番号の作業員の工数を可視化するシステムに切り替えてシステムの構築を行った。構築後、このシステムを実際に見てもらったのだが、いままで企業側が入力してきたデータの信憑性が低い場合や例外が発生している場合が多く、その場合可視化の意味がなくなってしまうなどの問題が発生してしまった。

そこで次に作業番号ごとに比較して同じ商品同士で工数にどの程度の差があるのかを可視化する方法を考えた。これに関しても入力されたデータの信憑性が低い場合があり、入力した人によって入力基準にぶれがある。しかしこの方法ならば例外は目に見

えて突出した形で表され、現場の人の経験による判断により除外することができる。このシステムを使用した例を図2に示す。

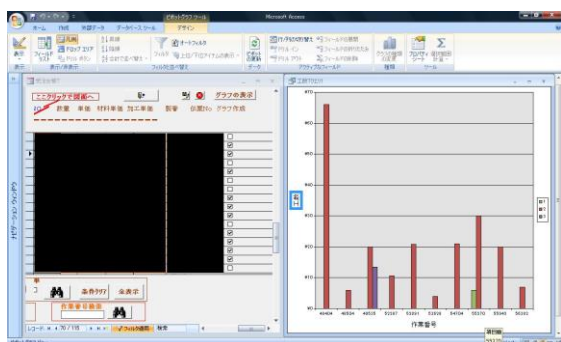


図2 アプリケーション外観

ここまで作成した後に、企業がまったく新しい受注工程管理システムを導入したため、この可視化システムは現状過去のデータの分析に用いられている。新規導入システムに可視化システムを移行することも考えているが、新規導入システムは外部企業の商品であり、起動には認証があるため研究用のパソコンにインストールことはできず難航している。

### 5. 検索機能の強化

現在、製品作成の工程ごとに作業員が自由に記述できる備考欄が存在する。しかし、完全に自由に記述できるので、同じ意味の備考を記述しようとしても人や時期が違うだけで、その表現方法にはばらつきが生まれてしまう。上述した事由から、備考欄のワードより製品を検索しようとしても、意味が同じで表現が違うワードを検索することができない。これを解決するために、既存システムの備考欄に入力されていたワードから必要と思われるワードを選出し、そのワードから作業員が入力したい意味に最も近いワードを選び、備考欄に記述する。ワードの選出は、既存システムに入力されていたワードすべてとしてしまうと膨大すぎる量になってしまうため、企業が必要としたワード群の中から出現率の高い順に選出する。

またワードの表示は、50音順や材料、工程などの大まかな種類別などを考えており、プルダウンメニューを使用しての実装を考えている。分類する種類の一覧を表1に示す。

表1 備考名とその比率

備考名	比率
-----	----

工程名	57%
時間	4%
寸法 (幅×高さ×奥行き)	3%
寸法 (直径)	6%
処理個数	30%

### 6. 結 言

これまでの研究では企業の受注工程管理システムの構造解析と受注工程管理システムのデータの可視化に成功している。現行の可視化では、ある程度業務を理解している人の判断でデータをより分けてなんとか可視化している状況である。これでは利用者が限定されてしまい、新入社員の方が扱う場合などには特に扱いにくいものになってしまうだろう。これを改善するにはフィルターを設けて一定以上、または以下の数値を切り捨てるなどの処理が考えられるが、どこからの値が異常だという明確な基準がないためこの処理方法で例外を検知するのは難しいと考えられる。まずこの可視化を有用なものにするには、企業の入力基準を明確に設定するところから始めなければならないと考える。

また、今年度に入り企業が使用しているシステムが新しいもの変わったため、今後は可視化システムの移行を進めていきたい。また、検索機能の強化として、備考欄からの検索の実装を行っていく。備考欄の過去のデータは十数万件あるため、すべて人の手で自由に書かれているので自動化して単語に選り分けるのは難しいと考えている。

### 文 献

- 1) 森廣雅道, 後藤由香利, 三宮健太郎, 靄浩二, web 技術を利用したデータベースシステムによる業務効率化(2), 大分工業高等専門学校紀要, 巻 45 号(2008), 22-27
- 2) 小山誠, 酒井哲也, 真鍋俊彦: 新聞記事からの用語定義の抽出と固有表現クラスに基づく分類, 情報処理学会, (2004), 45-51
- 3) 渡邊 真人: Microsoft Access VBA による CSV データの作成, 近畿大学豊岡短期大学論集, 巻 4 号(2007), 31-38

# グラフの辺削除がランダムウォークに与える影響に関する予想と検証

中 島 淳 平

徳山高専 情報電子工学専攻

## 1. 緒 言

グラフ上のランダムウォークとは、グラフ上の頂点を推移確率行列に従い遷移する確率過程のことをいう。また、ランダムウォークの全訪問時間とは、グラフ上の全ての頂点を少なくとも1回以上訪問するまでにかかる時間の期待値のことをいう。

グラフ上のランダムウォークの推移確率行列は、グラフの構造によって決定される。したがって、グラフの辺を1本削除すると、ランダムウォークに何らかの影響が生じることが予想できる。しかし、辺を削除することがランダムウォークに対してどのような影響を与えるかは明らかになっていない。本研究では、この影響を明らかにするために計算機実験を行い、実験結果に基づく2つの予想を立て、検証のための再実験を行った。

## 2. 実験方法など

グラフには多種多様な構造があり、研究当初から全てのグラフに対して辺削除の影響を調べることは難しいと判断した。そのため、実験対象を構造が単純な Lollipop グラフに限定した。Lollipop グラフとは、完全グラフ内の頂点1つと、パスグラフ内の次数1の頂点1つを辺でつないで得られるグラフのことをいう。また、Lollipop グラフのクリークをスターグラフに置き換えたグラフを、本稿では箒グラフと呼ぶことにする。図1は Lollipop グラフと箒グラフの例である。

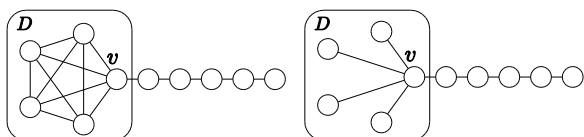


図1 Lollipop グラフ (左) と箒グラフ (右)

グラフ上のランダムウォークについても、多くの種類が存在する。実験では、単純ランダムウォークを対象にした。単純ランダムウォークとは、任意の頂点  $v$  から隣接する別の頂点へ移動する確率を  $1/\deg(v)$  とするランダムウォークのことである。

頂点数  $n$  の Lollipop グラフ上における単純ランダムウォークの全訪問時間は、 $\Theta(n^3)$  であることが知られている。また、箒グラフについても、単純ランダム

ウォークの全訪問時間は、 $\Theta(n^2)$  であることが知られている<sup>1)</sup>。この2つの差異がどのように生じるかを確認するため、Lollipop グラフに辺削除操作を行い箒グラフへ変形させる過程で生じるグラフについて全訪問時間を調べた。

グラフ  $G$  上の単純ランダムウォークにおいて、 $G$  に含まれる頂点  $v$  から出発したときの全訪問時間を  $C_G(v)$  と表すことにする。

Lollipop グラフ  $L$  内のクリークに含まれる頂点の集合を  $D$ 、 $D$  に含まれる  $L$  の間接点を  $v_0$  とする。また、 $L$  と同じ頂点数の箒グラフを  $B$  とする。

$L$  において、全訪問時間を最大とする出発地点は  $v_0$  であることが知られている。そのため、本実験では  $v_0$  から出発した場合の全訪問時間  $C_G(v_0)$  について調べた。

クリークに含まれる頂点数  $|D|$  が十分小さいとき、頂点数が  $|D| - 1$  となるグラフを列挙することができる。したがって、Lollipop グラフを箒グラフに変形させる過程で出現するグラフを全て列挙することが可能である。しかし、 $D$  に含まれる頂点数が大きくなると、変形過程で出現するグラフの数が増える。これら全てについて全訪問時間を調べることは現実的ではない。そのため、 $|D|$  が大きいグラフに対しては、削除する辺の順番をランダムに選択し、その過程で出現するグラフについて全訪問時間を調べた。

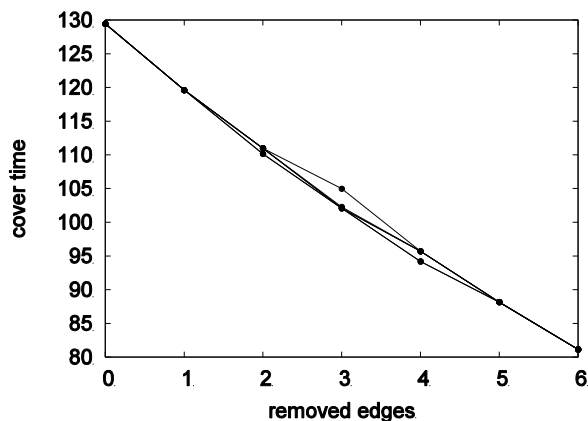


図2 変形過程における全訪問時間の変化



### 3. 実験結果と予想

グラフの頂点数を 10,  $|D| = 5$ とした時の実験結果のグラフを図 2 に示す. グラフの横軸と縦軸は, それぞれ削除した辺の本数と全訪問時間である.

この実験の結果から, グラフの頂点数がクリークの頂点数より十分大きい Lollipop グラフ  $L$  に対して, 次の 2 つの予想を立てた.

予想 1  $L$  を 箒グラフ  $B$  に変形させる過程で得られるグラフ  $G$  から 1 本の辺を削除して得られるグラフの集合を  $N(G)$  とする. この時, 任意の  $H \in N(G)$  に対し,  $C_G(v_0) \geq C_H(v_0)$  が成り立つ. すなわち, 削除した辺の本数に対して, 全訪問時間は単調減少である.

予想 2  $L$  から  $r$  本 ( $0 \leq r \leq (|D| - 1)(|D| - 2)/2$ ) の辺を削除して得られるグラフを  $G$ ,  $L$  と同じ頂点数を持つ箒グラフを  $B$  とする.  $G$  の全訪問時間  $C_G(v_0)$  は,  $L$  の全訪問時間  $C_L(v_0)$  と  $B$  の全訪問時間  $C_B(v_0)$  を結ぶ直線を越えない. すなわち, 以下の不等式を満たす.

$$C_G(v_0) \leq \frac{C_B(v_0) - C_L(v_0)}{(|D| - 1)(|D| - 2)/2} r + C_L(v_0)$$

### 4. 予想の検証

2 つの予想の正しさを検証するために, 再度実験を行った.

図 2 のグラフにおいて, 削除した辺の数が 3 のとき全訪問時間が極端に大きくなる点が存在する. この全訪問時間をとるグラフを確認したところ, 間接点  $v_0$  に頂点数 3 の完全グラフと 1 つの頂点が接続している構造をしていた. この事実から,  $D - \{v_0\}$  の誘導部分グラフが 1 つのクリークと複数の孤立した頂点から成るとき, 全訪問時間は大きくなると推測した. このような構造を持つグラフについて, 全訪問時間を調べた.

実験結果のグラフを図 3 に示す. これはグラフの頂点数を 50, Lollipop グラフに含まれるクリークの頂点数を 25 としたときの実験結果である.

全訪問時間が削除する辺の数に対して単調減少になっていることが実験結果から確認でき, 予想 1 に対する反例は見つからなかった. また, Lollipop グラフ  $L$  を 箒グラフ  $B$  に変形させる過程で生じるグラフの全訪問時間は,  $L$  の全訪問時間と  $B$  の全訪問時間を結んだ直線の付近に分布していることが確認できた. この事実から直線を越えるような全訪問時間が存在しないとは断言できない. したがって, 予想 2 が成り立っているとは言い難い.

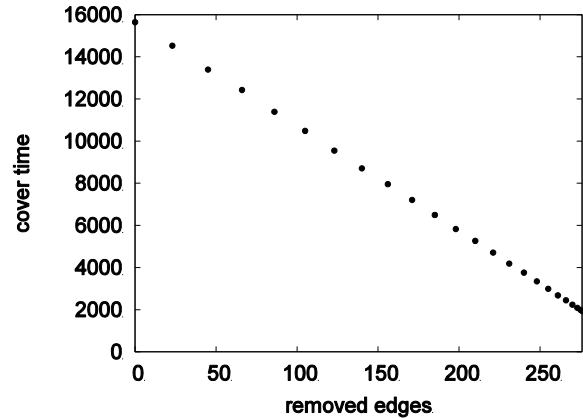


図 3 推測した構造に対する実験結果

### 5. 結 言

本稿では, Lollipop グラフを 箒グラフに変形させる過程で, 全訪問時間がどのように変化するかを調べ, その変化の性質に対して 2 つの予想を立てた. さらに, その予想に対して検証実験を行った. その結果, 予想 2 は成り立っているとは言い難いという結論に至った. 一方で, 予想 1 に対しては反例が見つからなかった.

今後は, 予想 1 に対し検証実験を継続して行うと共に, 予想 2 に対し予想の修正と検証実験を行いたい. また, 予想の証明についても検討したい.

Lollipop グラフ内のパスグラフを, サイクルやクリークなどに置き換え同様の実験を行った. その結果, パスを木で置き換えたグラフでは予想 1 が成り立っていたが, 閉路を含むグラフで置き換えた場合には成り立っていなかった. また, 単純ランダムウォークではなく,  $\beta$ ランダムウォーク<sup>2)</sup>で同様の実験を行った結果, 2 つの予想は明らかに成り立っていなかった. これらの現象についても詳しく調べていきたい.

### 文 献

- 1) G.ブロム, L.ホルスト, D.サンデル, 森 真(訳). 確率論へようこそ, (1995), シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社.
- 2) S.Ikeda, I. Kubo, and M. Yamashita, The hitting and cover times of random walks on finite graphs using local degree information, Theoretical Computer Science, 410-1 (2009), 94 - 100.
- 3) D.A. Levin, Y. Peres, and E.L. Wilmer, Markov chains and mixing times, (2009), AMS Bookstore.
- 4) 中島 淳平, 山内 由紀子, 来嶋 秀治, 山下 雅文, グラフの辺削除がランダムウォークに与える影響に関する実験, 第 66 回電気関係学会九州支部連合大会講演論文集. 08-2A-08 (2013), 415.

# 小型水中遊泳ロボットの開発 — 駆動機構の検討 —

川上 蓮也

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. 緒言

実際の魚は自分と似ている魚と魚群を形成する傾向にあり、逆に似ていない魚とは忌避行動をとる傾向にあることが知られている。この習性を利用することにより、魚と見た目や動きが似ているロボットを実際の魚と一緒に遊泳させることで、魚群制御の可能性について検証することができるのではないかと考えた。魚ロボットによる魚群制御が可能となれば、選択漁業や汚染海域を回避させるといったことなどに利用できると考えられる。

## 2. 駆動モデルの製作

### 2.1 駆動機構の設計・製作

製作するロボットの駆動機構は、アジ型と同じように魚体の後半部と尾ひれを左右に振ることができるように設計する必要がある。また、実際の魚は、魚体の後半部と尾ひれで振動の振幅や位相が異なっており、振れ角は最大 30 度ほどである。この動きを実現するため、アクチュエータを 2 つ用いて図 1 のような駆動モデルを考えた。使用するアクチュエータには小型化が容易で他の魚ロボットに用いられていない超音波リニアアクチュエータ (図 2) を用いることにした。

駆動モデル機構部分の 3DCAD を図 3 に示す。アクチュエータの移動点と支点までの距離は振れ角が最大 30 度になるように設計している。

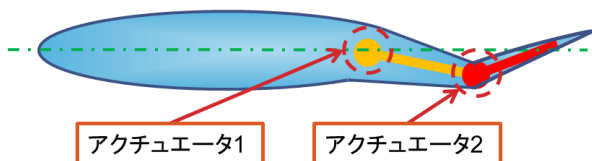


図 1 遊泳型小型ロボットの駆動モデル

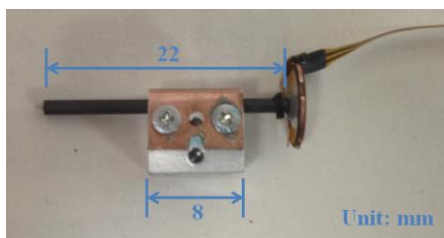


図 2 超音波リニアアクチュエータ

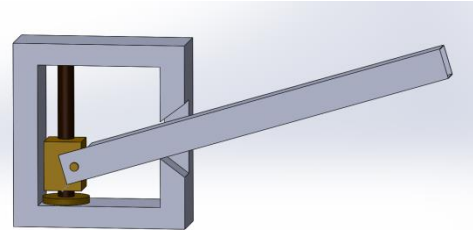


図 3 駆動機構の 3DCAD

### 2.2 駆動回路の製作

既存の駆動回路は PC との通信やエンコーダによる高精度な位置決めが行えるなど非常に多機能であったが、回路の大きさや 1ch しか駆動できないことが問題になったため、駆動に必要な機能だけを絞り込み、新たに駆動回路を製作することにした。

まず、製作する回路のマイコンとして超音波リニアアクチュエータを動作させるための PWM 制御が行えることや、今後センサを取り付けるうえで必要となる A/D 変換端子が複数あること、比較的小型であることなどが求められる。これらのことを考え、マイコンには SuperH ファミリの 7125 を用いることにした。SH7125 は 5[V] の電源で動作するため、アクチュエータを駆動させるためにはマイコンから出力される振幅 5[V] のパルス信号を 30[V] へ昇圧することが求められる。このため、昇圧素子としてコーセルの DC/DC コンバータ SUW30515 と東芝のモータドライバ TB6617FNG を用いることにした。

駆動回路の機能構成を図 4 に、実際に製作した回路とそれに乗せるマイコンボードを図 5 に示す。

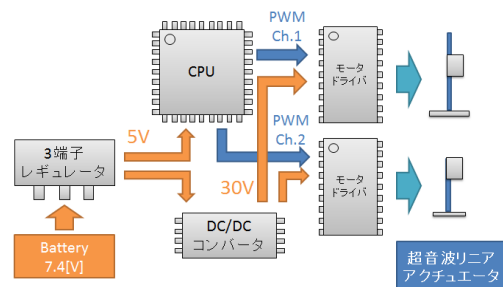


図 4 駆動回路の機能構成

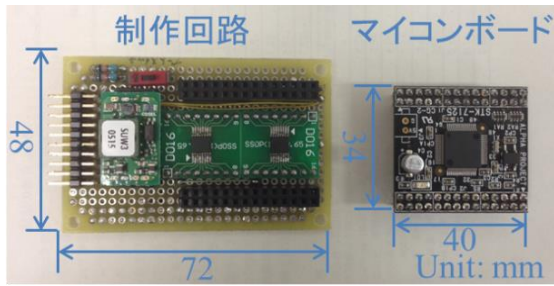


図5 製作した駆動回路とマイコンボード

### 3. 実験方法

SH7125は、MTU2という多機能タイマモジュールを内蔵しているため、これを用いて複数のPWM信号を発生させている。図6には、実際に製作した駆動モデルを示す。Aのサイズは30×28[mm]、Bのサイズは25×23[mm]、厚みはいずれも10[mm]である。

実際に効率を落とさずに二つのアクチュエータを往復運動させると、お互いの移動のタイミングが異なることが分かった。これは、同じ効率で駆動させると駆動速度が等しくなるのが原因である。二つのアクチュエータは移動距離が異なるため、距離の比に応じた効率にすることで移動のタイミングを整えることにした。今回は基本的な駆動実験としてオープン制御を行うので、負荷によって駆動のタイミングがずれる場合があると考えられる。

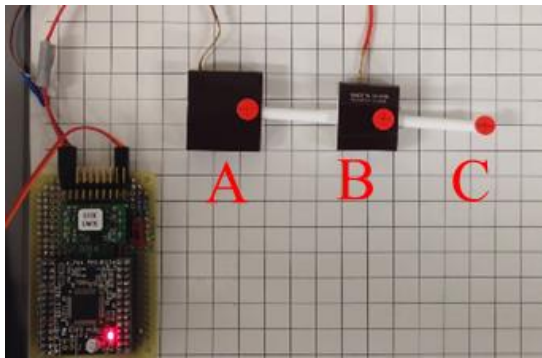


図6 製作した駆動モデル

### 4. 実験結果

前述したように、実際の魚は魚体の後半部と尾ひれで振動の位相や振幅が異なるが、まずは同じ位相、振幅であるものとして実験を行った。この実行動画を0.1秒ごとの画像に分割し、その画像の赤いシールの座標を1周期分プロットすることで動作の軌跡をとった。これを図7に示す。この図から、左右の振れ角がほぼ同じの揺動運動ができていることがわかる。しかし、実測値の振れ角は計算値より小さくなっている。これは、オープン制御のため、接地面との摩擦の影響を受けたのだと考えられる。

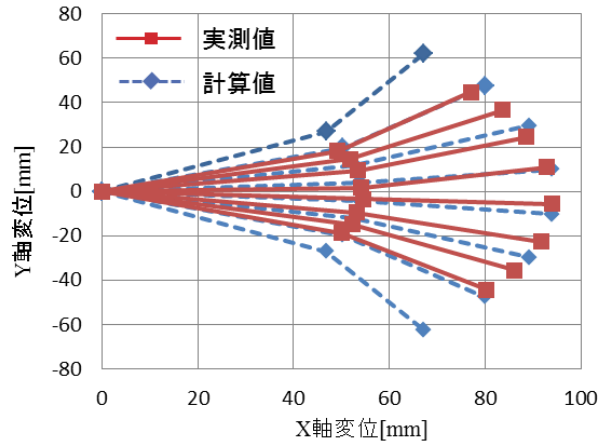


図7 駆動モデルの計算値と実測値

### 5. 結言

本研究では、マアジの遊泳方法に似せた小型水中遊泳ロボットの駆動機構について設計、製作し、動作を確認した。その結果、基本的な駆動動作は確認できた。しかし、やはりオープン制御のためモーションが負荷の影響を受けてしまうことも確認した。また、今回の実験では、実際の魚の遊泳フォームのように魚体後半部と尾ひれ振動の位相や振幅の変化を考慮することはできなかったが、その駆動に必要な機能の重要な部分を構築することができたといえる。しかし、超音波リニアアクチュエータを用いた機構ではゆっくりと駆動させることはできても浮沈制御などが行えない可能性が高い。

今後の展開としては、フィードバック制御を行うことで負荷に対する影響を小さくすることや、超音波リニアアクチュエータよりトルクが多く確保できると考えられる電磁石サーボを用いた駆動モデルを検討する必要がある。このことを検討・考慮しつつ、障害物回避、浮沈制御のための重心移動機構などを備えた遊泳型小型ロボット全体を設計、製作していく。

### 文献

- 1) T. Nakayasu, E. Watanabe, "Biological motion stimuli are attractive to medaka fish", *Animal Cognition*(2013).
- 2) 多田雅志, 本田逸郎, 浅見敏彦, "自律推進する魚モデルの遊泳に関する数値的研究," 日本機械学会論文集, vol.76-B(2010), pp.595-600.
- 3) 平山元朗, 永松哲郎, 上田耕平, "高速遊泳魚の尾鰭の運動解析," 鹿児島大学水産学部紀要, 49(2000), pp.17-25.
- 4) 平田宏一, 春海一佳, 瀧本忠教, 田村兼吉, 牧野雅彦, 児玉良明, 富田宏, "魚ロボットに関する基礎的研究," 海上技術安全研究所報告, 2(3)(2003), pp.281-307.

# 顔追跡による Structure from Motion におけるスケール不定性の解決

前田 尚活

徳山高専 情報電子工学専攻

## 1. はじめに

動画像からカメラの位置・姿勢および環境の幾何形状を推定する手法の一つに、Structure from Motion(SfM)法がある。この技術は、カメラの位置・姿勢の推定に着目すれば自己位置推定手法と捉えることができ、幾何形状の推定に着目すれば三次元形状復元手法と捉えることができる。さらに、入力に動画像以外を必要としないため、応用範囲の広い技術である。しかし、動画像のみからカメラの位置・姿勢および幾何形状を推定するため、推定結果にはスケールの不定性が存在する。そのため、実世界と仮想世界を位置合わせし合成する複合現実感などの分野においては、実世界と仮想世界のスケールの違いを何らかの計測手法を用いて取得する必要がある。この問題を解決するために、GPSを併用する手法[1]やレーザレンジファインダを併用する手法[2]が提案されている。しかし、これらの手法ではカメラ以外のセンサを新たにに取り付ける必要があり、SfMの利点を損ねてしまう。これに対し本研究では、動画像中に存在する静止した顔を検出・追跡することで、スケールを推定する手法を提案する。人の顔は身近に存在し、平均的な大きさが既知である。また、顔検出技術は高精度化が進んでおり、画像中から安定して顔の検出・追跡を行うことが可能である。

## 2. スケール不定性の解決方法

SfM法では動画像をフレームごとに分割し、以下の3つのステップを適用する。ここでは、①と②はVisualSFM[3]というアプリケーションを用いて行う。

- ① 各フレームの自然特徴点の抽出
- ② 各フレーム間での特徴点のマッチング
- ③ カメラ位置・姿勢、幾何形状の復元

③にはバンドル調整法が一般的に用いられる。本研究では、③のバンドル調整法の評価関数 $E_p$ に、顔検出に基づくスケール制約の項 $E_s$ を追加した以下の評価関数を用いる。

$$E = E_p + \omega E_s \quad (1)$$

ここで、 $\omega$ は各項のバランスを取るための重みを表す。この評価関数を最小化することによりカメラ位置・姿勢および幾何形状の復元を行う。

## 2. 1. バンドル調整法

外部パラメータはカメラの位置と姿勢の情報から成る行列である。バンドル調整法は、自然特徴点の再投影誤差を最小にする外部パラメータ、自然特徴点の三次元座標を推定する手法である。以下の式は透視投影変換の式である。

$$s \begin{bmatrix} \hat{u} \\ \hat{v} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$\sqrt{\quad}$  推定した二次元座標  $\hat{p}$       自然特徴点の三次元座標  $q$        $\downarrow$   $\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$   
 $\uparrow$  内部パラメータ       $\uparrow$  外部パラメータ  $c$

透視投影変換により推定した二次元座標 $\hat{p}$ が画像上の自然特徴点の座標 $p$ に近づくほど、高精度で外部パラメータと自然特徴点の三次元座標を推定できているということになる。再投影誤差を最小にするということは、全自然特徴点の $p$ と $\hat{p}$ の距離の和が最小になる外部パラメータと三次元座標を求めることである。以下に、バンドル調整の評価関数 $E_p$ を示す。

$$E_p(C, q) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \frac{1}{nm_i} (p_{ij} - \hat{p}(C_i, q_j))^2 \quad (3)$$

$n$ は動画像のフレーム数、 $m$ は $i$ 枚目の画像の特徴点数である。

## 2. 2. 顔の検出・追跡

動画像の全フレームにおいて顔を検出する。連続したフレームで顔が検出された場合、前フレームの顔領域との相違度が閾値以下なら同じ顔と判断し、画像上の顔の座標を保存する。顔の検出にはHaar-like検出器を、相違度の計算にはSum of Squared Difference(SSD)を用いる。なお、Haar-like検出器に

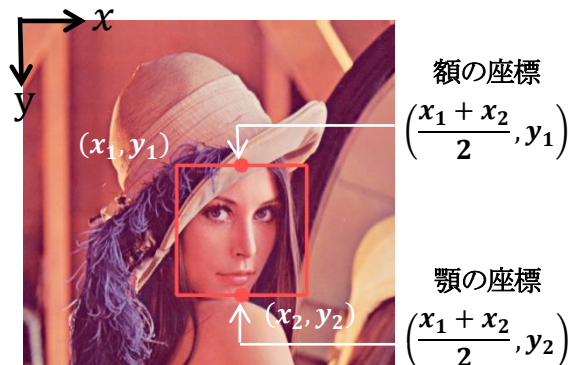


図1 顔領域の座標および額と顎の座標の定義

よる顔領域の画像上の座標は、図1のように $(x_1, y_1)$ と $(x_2, y_2)$ の2点で与えられる。本研究では、 $((x_1 + x_2)/2, y_1)$ を額の座標、 $((x_1 + x_2)/2, y_2)$ を顎の座標と定義し、額から顎までの大きさを顔の大きさと定義する。

### 2. 3. スケールの推定

SfM法においてスケールの不定性の問題は、動画像のみからでは大きさに関する情報を得ることができないことが原因で生じる。つまり、特定の物体の大きさに関する情報を与えることで、スケールを算出することが可能となる。そこで、画像中から検出した顔領域の大きさより、実環境のスケール $s$ の推定を行う。SfM法で復元した顔の平均的な大きさと、実際の人の平均的な顔の大きさ $L$ の差を誤差として、以下のように算出する。

$$E_s(s) = (L - \frac{s}{k} \sum_{i=1}^k F_i)^2 \quad (4)$$

$F$ はSfM法で復元した個人の顔の大きさ、 $k$ は動画像中の顔の数である。 $F$ は、顔を追跡した $n$ フレームの画像群において、三角測量法を用い1番目と $n$ 番目のフレームから額、顎の三次元座標をそれぞれ求めることで導出する。図2からわかるように、三角測量法には各カメラの位置・姿勢とカメラから額・顎方向への向きの情報が必要となる。カメラの位置・姿勢は外部パラメータから、カメラから額・顎方向へのベクトルは内部パラメータから算出する。

### 2. 4. 初期値の導出

本研究で用いる評価関数は非線形であるため、最小化するために非線形最小二乗法を用いる。非線形最小二乗法を精度よく解くためには精度の高い初期値が必要になる。そこで、評価関数を最小化するた

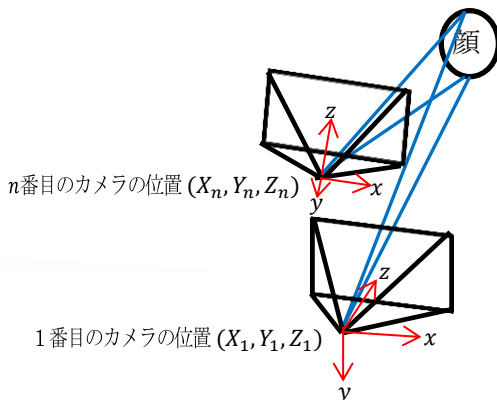


図2 三角測量の概要図

めに未知数である外部パラメータと自然特徴点の三次元座標、スケールの初期値を求める。外部パラメータと自然特徴点の三次元座標の初期値はVisualSfMを用いて、スケールは1人の個人の顔の大きさ $F$ と、平均的な顔の大きさ $L$ の比を算出することで求める。

### 3. 実験

カメラで112mの直線を移動しながら撮影した動画像(3419フレーム)に対して提案手法を適用した。推定した外部パラメータから復元した、カメラの移動軌跡を図3に示す。この図は、撮影環境を上空から見ている。実験では3名の顔(合計116フレーム)を検出しスケールの推定が行われた。推定されたカメラの移動距離は107.4mであり、ほぼ正しいスケールが推定されていることが確認できる。また、図3からわかるように、復元したカメラ軌跡は112mの手前付近から曲がっている。この原因は、誤差が累積するという問題がSfM法に存在するからだと考えられる。

### 4. 結言

SfM法において、動画像中の静止した顔を追跡することによりスケールの復元を行った。本手法を用いることにより、実スケールでの自己位置推定や三次元形状復元が可能となる。本研究では静止した顔を追跡することによりスケールを復元したが、安定して追跡できる既知の静止物体であれば顔以外でも提案手法を適用可能である。例えば、顔の代わりに道路標識を用いると実スケールでの立体的な地図を作成できるなど、多くの場面での応用が考えられる。SfM法にはスケールの不定性以外にも、誤差が累積するという問題がある。今後はこの問題を解決するために、顔の三次元座標を既知として、誤差の累積を抑制する手法を検討する。

### 文献

- [1] 桑秀行, 武富貴史 他. GPS 測位の信頼度と外れ値を考慮した動画像とGPSからのカメラ位置・姿勢推定, CVIM173-36, pp.1-8, 2010.
- [2] 松井建樹, 山下淳 他. 全方位レーザと全方位カメラからなるレンジファインダを用いた配管の3次元形状復元, RSJ2009AC111-01, pp.1-4, 2009.
- [3] W.Changchang. VisualSfM: A visual structure from motion system, 2011. <http://www.cs.washington.edu/homes/ccwu/vsfm/>.

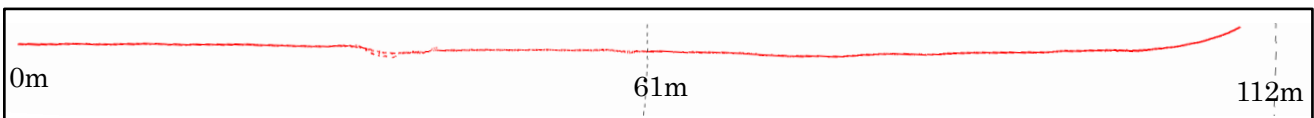


図3 復元したカメラ軌跡

# 歩行データ計測システムの開発

長 瀨 颯

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. はじめに

健康維持のための歩行は、軽い簡単な運動でも持続することによって身体へのさまざまな効果も期待できる。しかし、ただ歩行するだけでは自分がどのくらいの時間歩行し、どのくらいの歩数であるかを計算することは難しく、身体への負担や効果も把握できない。それらの問題を解決し、より効果的な歩行をサポートするためには、歩数、歩行距離、歩行時間、消費カロリーといった歩行データをモニタリングできるシステムの利用が有効である。また、歩行を楽しく行えるようなシステムにすることでウォーキング意欲の向上、持続に繋がり、結果として健康維持や生活習慣病の改善などが期待される。

過去の特別研究では歩行データを計測し、スペクトル解析法と歩幅変数を用いて歩数と歩行距離を求める研究が行われている<sup>1)</sup>。しかしながら、計測に用いるセンサとスマートフォン、タブレット型 PC がそれぞれ独立しているため、取得したデータを処理するために無線通信を用いなければならない。そこで、本研究では加速度センサが内蔵されている Android 端末を用いて、健康維持のための歩行が継続できない人にも有効な手段となるシステムの開発を目標とした。

## 2. 歩行と健康

健康を保つためには、1日1万歩を目安に歩くことよといわれている<sup>2)</sup>。しかし、1日に1万歩歩くことは難しいので、自分で意識しながら歩くこと、体調に合わせた目標を定めて楽しみながら行うこと、持続することが大切である。歩行には様々な効果があり、生活習慣病の予防、心臓や肺の活性化、ストレス解消、老化防止、健康改善効果などが挙げられる。

本研究では、歩行データを確認しながら歩行することによってウォーキング意欲の向上、持続に繋がり、結果として健康維持や生活習慣病の改善などを図ることが期待できる。歩行データは歩数、歩行距離、歩行時間、消費カロリーから成る1次元ベクトルと定義する。以下にそれぞれのデータの定義を示す。

(1) 歩数: 歩数は右足, 左足をそれぞれ 1 歩とした

ときの総歩数

(2) 歩行距離: 歩行運動での累計の距離

(3) 歩行時間: 歩行運動を行った累計の時間

(4) 消費カロリー: 歩行運動で消費されるカロリー量

歩行距離は身長から算出した歩幅と計測した歩数を用いて行う。自由歩行では、同側の踵が再び接地するまでの距離は、身長の約 89% とされている。従って、歩幅はその 1/2 となる。歩行距離は式(1)で表わされる。

$$\text{歩行距離} = \frac{\text{身長} \times 89\%}{2} \times \text{歩数} \quad (1)$$

消費カロリーの計測には METS を用いて導出した。METS は、運動種別の運動強度のことであり、活動、運動を行ったときに安静状態の何倍のエネルギーを消費しているかを表すものである。

## 3. 歩行データ計測システム

歩行データの収集には加速度センサを用いた歩行運動の計測が必要である。本研究では加速度センサが内蔵されている Android 端末を用いることにし、図 1 にシステムの構成を示す。データ処理では取得した加速度センサの値から歩行データを算出する。歩行データを計測するにあたって Android 端末を用いる長所は、小型なものが多く持ち運びが容易であること、3 軸加速度センサが搭載されていること、多くの人が所持しており身近に使用されていることなどがある。

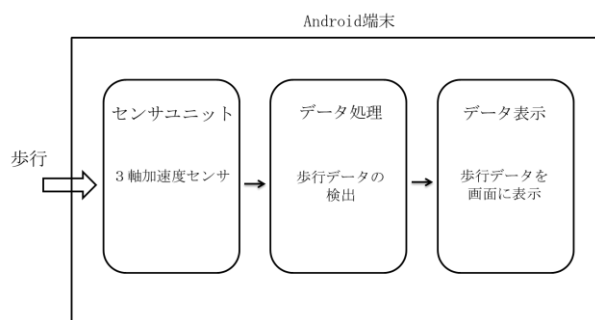


図 1 システムの構成

#### 4. 歩数カウント方法

歩行データ計測システムの歩数をカウントするために、まず歩行時の加速度センサの値に着目した。Android 端末を腰に装着し、50 歩歩いたときの加速度センサの値を図 2 に示す。横軸は時間[s]を表し、縦軸は G 値を表す。ここで G 値は式(2)の計算式で算出した値であり、加速度センサから受け取った X 軸, Y 軸, Z 軸それぞれの値の大きさが重力加速度の何倍かを表す。

$$G \text{ 値} = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}{9.8} \quad (2)$$

本研究では Android 端末を左右どちらかの大腿部に設置して歩行すると考える。グラフから G 値の変化が大きい成分と小さい成分が交互になっていることがわかる。G 値の変化が大きい成分は Android 端末を設置している足の歩行であり、G 値の変化が小さい成分は Android 端末を設置していない足の歩行である。そこで、G 値の変化が大きい成分を High, 小さい成分を Low とし、それぞれのしきい値を分けて、歩数をカウントすることにした。

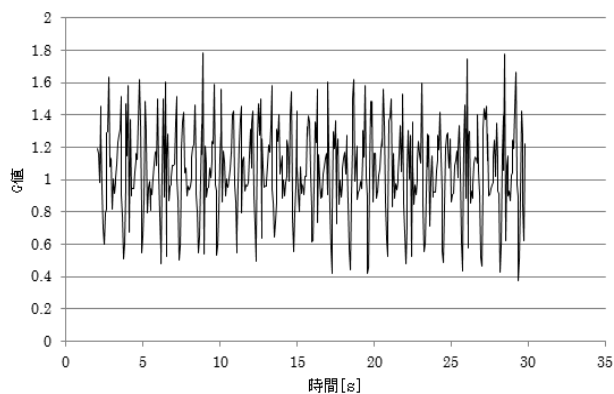


図 2 歩行時の加速度センサの値

#### 5. 歩行実験

歩行データ計測システムを用いて歩数や距離がどのくらいの精度で計測できるのかを調べるために、歩行実験を行った。歩行データ計測システムの起動後、使用するユーザーの身長と体重を登録して歩行を開始する。歩行実験は平坦な道で歩数をカウントしながら、500[歩]ごとに測定値を記録し 5000[歩]歩行した。

結果から、今回開発した歩行計測システムの歩数誤差は 5%以下であることがわかった。一般的な歩数計の誤差が 10%以下程度であることから、高い精度であると考えられる。しかし、距離誤差は 15%程度である。これは、使用するユーザーの歩幅によるものだと考えられるので、距離の算出方法を考え直す必要がある。

#### 6. システムの工夫

歩行を楽しく行えるようなシステムにするため、仮想の四国八十八ヶ所巡りを行うプログラムを作成した。図 3 に歩行計測システムの表示画面を示す。四国八十八ヶ所巡りは幅広い年齢層の人たちが信仰心のためだけでなく、健康のため、ストレス解消のために行っている。それを模倣して、算出した歩行距離から次のお寺までの距離を示し、お寺の画像も表示できるようにした。その結果、運動の目標の設定ができ、歩行運動を継続して行えることが期待できる。



図 3 歩行計測システムの表示画面

#### 7. まとめ

本研究では歩行データ計測システムによる歩数カウントや歩行データの計測を可能とした。また、仮想の四国八十八ヶ所巡りを行うプログラムを作成し、歩行を楽しく行えるようなシステムとした。

今回は平坦な道で歩行実験を行ったが、少しでも高低差がある道では誤差は大きくなるので、階段や坂道での計測を可能にするシステムの開発も考えている。今後の課題として、歩行距離や消費カロリーを算出する方法の見直し、計測した歩行データの保存、バックグラウンドで動作するシステムの開発などが挙げられる。

#### 文 献

- 1) 磯崎尚人, 歩行データ計測システムの開発, 香川高等専門学校特別研究論文 (2013).
- 2) 進藤武洪, ウォーキングを楽しもう, 日新報道 (1988).

# モーションキャプチャをもちいたスポーツ選手に共通する特徴抽出

奥谷 健太  
香川高専 創造工学専攻

## 1. 緒言

スポーツ選手や職人の技術には、長年の経験により身体に蓄積された知識が存在しており、その中に「暗黙知」と呼ばれるものが存在する。一般的に「暗黙知」を他人と共有できているかどうかを確認することは困難であり、スポーツや技術の指導において「暗黙知」を直接他人に伝達することは不可能だが、各人が独自に習得したのにもかかわらず、同じような「勘」「こつ」が結果的に発達することはあり得る<sup>(1)</sup>とされている。スポーツの上級者や職人と呼ばれる人間において、共通する特徴動作が存在するとすれば、これは「上級者の暗黙知」の共通要素、上級者における必要条件と考えることができる。そこで本研究では、この共通する特徴を定量的なデータとして表現することを目的とし、従来の言葉による定性的な指導よりも具体的かつ確実な指導方法の確立を目指す。



図1 マーカー取り付け位置

## 2. 研究目標

本研究ではモーションキャプチャで得られたデータを元に、動力学解析によるバットスイング動作時における四肢の関節負荷の推定を行い、推定結果より動作中における関節や筋肉の動きの解析を行う。複数被験者に対して解析を行うことにより、上級者と呼ばれる人間に共通する特徴が存在しないかどうかを解析し、特徴を抽出する。

今回は解析システムの構築に主眼を置く為、単純動作の解析を行い、解析システムの評価を行った。

## 3. 研究結果

今回はモーションキャプチャのしやすさの観点からシャドーボクシング動作時の右腕に限定して運動計測・動力学解析を行った。

### 3.1 モーションキャプチャによる運動計測

本研究では3次元モーションキャプチャ技術をもちいて身体運動の画像計測を行う。モーションキャプチャを行うにあたり、図1に示す様にマーカーを解析対象に取付けた。

撮影には3台の高速度ビデオカメラを用い、図2に示す様に被験者の右前方、右、右後方の三方向から撮影を行った。

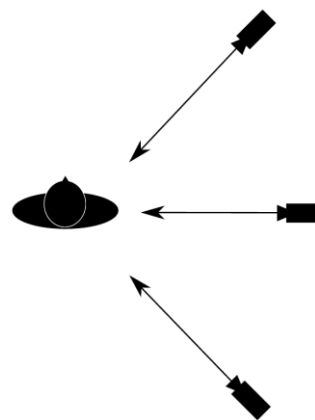


図2 カメラ配置

### 3.2 計測データの平滑化

計測した生のデータには高周波ノイズが含まれている為、微分の際に高周波成分が増幅され、速度・加速度のデータに影響を及ぼす。<sup>(2)</sup>ゆえに高周波ノイズを除去し、マーカー座標データの平滑化を行う必要がある。高周波ノイズの除去にはローパスフィルタをもちいた。図3に示す高速フーリエ変換(FFT)による周波数分析結果より、フィルタのカットオフ周波数は4Hzが妥当と判断した。



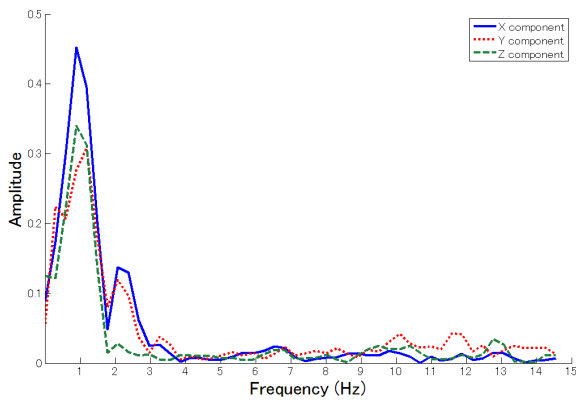


図3 前腕マーカー変位のFFT解析結果

ローパスフィルタ処理の有無によるマーカー加速度の比較を図4に示す。

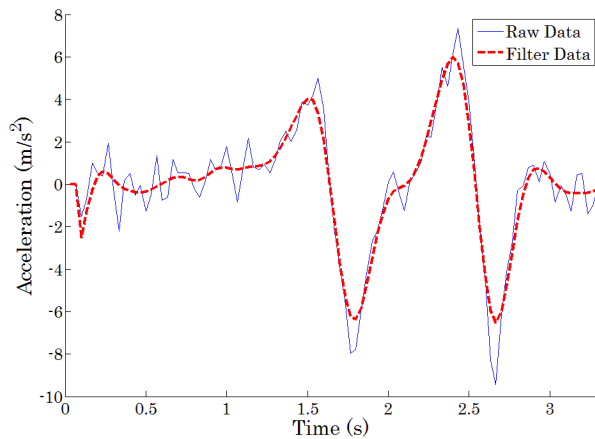


図4 フィルタの有無における加速度データの比較

### 3.3 動力学解析

オイラーの運動方程式より、運動時の関節に作用するモーメントを推定することができる。<sup>(2)</sup> 測定データから推定した各関節に作用するモーメントを以下に示す。

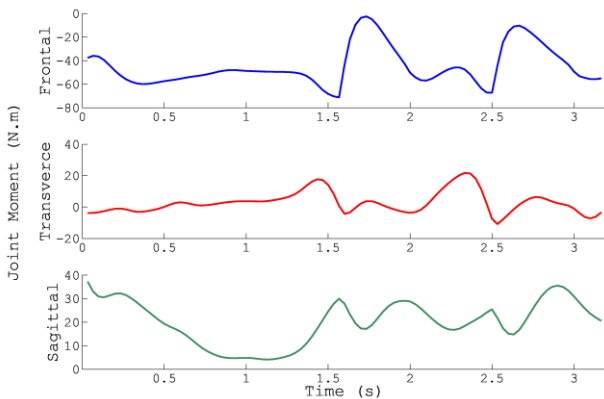


図5 運動時の肩関節に作用する推定モーメント

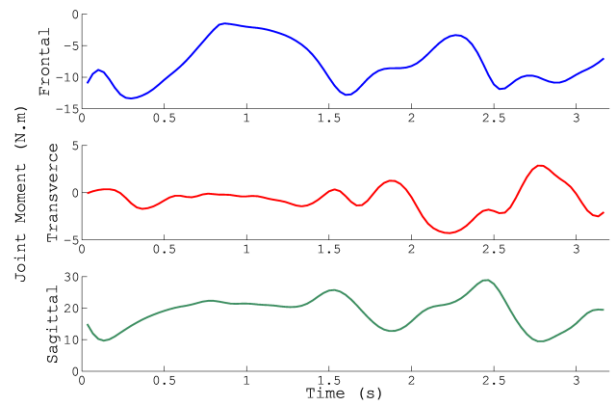


図6 運動中の肘関節に作用する推定モーメント

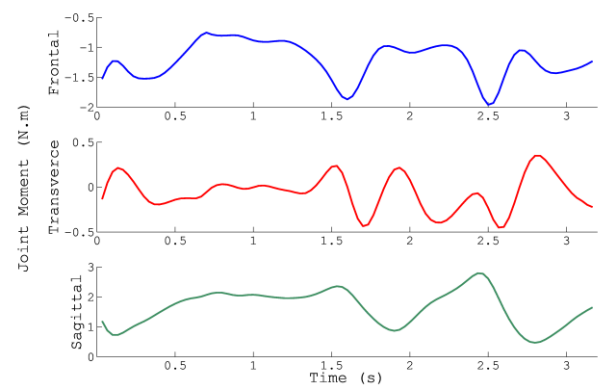


図7 運動中の手首関節に作用する推定モーメント

今回の測定動作では、1回目の腕の伸展が計測開始から1.5秒後、2回目の伸展が2.3秒後に行われた。図5、図6より腕の伸展時に肘関節、肩関節の矢状面上の関節モーメントが上昇していることが分かる。このことから腕の伸展時には肩、肘周りの筋肉がパワーを生成し、腕を伸展させていると推定できる。

## 4. 結 言

今回作成した解析システムでは、3次元モーションキャプチャで計測した運動データから関節の負荷を推定することができた。推定結果が絶対的に正しいのかの評価は困難であり、時間経過に伴う負荷傾向の評価しか行えなかったが、本研究では複数人に共通する特徴を抽出することが目標であるため、負荷の相対的な特徴抽出には利用可能だといえる。

## 文 献

- 1) 大崎正瑠, "暗黙知を理解する", 東京経済大学人文自然科学論集, Vol.127(2009), pp 21-39
- 2) David A. Winter, (長野明紀・吉岡伸輔訳), "バイオメカニクス人体運動の力学と制御", ラウンドフラット社, (2011)

# 水田除草ロボットにおける画像処理を用いた移動軌跡の取得

坂 出 一 樹

津山高専 電子・情報システム工学専攻

## 1. 緒 言

水田の除草は、省力化と除草効果が高いことから除草剤を用いた化学的防除法が主流となっている。しかし、近年では消費者ニーズの多様化、低農薬志向、環境への負荷低減などの理由から除草剤を用いない水稲栽培が要望されている。農薬を用いない除草法として、歩行型除草機に代表される機械的除草、アイガモ農法に代表される生物的除草法などがある。しかし、どちらの除草法も作業を行う手間やコストの問題がある。そのため、化学薬品の使用量を低減し、労力をあまり必要とせず、経済的負担を軽減するような除草法が望まれている。我々の研究グループでは、これらを解決する方法として除草ロボットを提案し、開発を行っている。

これまでに我々は、小型で、かつ簡易な操作で動かすことができる除草ロボットを目標とし、不整地を走行できる車体や稲苗検出センサーの開発を行ってきた<sup>1),2)</sup>。除草ロボットに必要な技術として、これまでのハードウェア開発に加え、除草ロボットの移動軌跡の取得と未除草エリアを推測するソフトウェアの開発が必要である。そこで、本研究では画像処理を用いた除草ロボットの移動軌跡取得法の開発を行っていく。

## 2. 研究概要

将来的な除草ロボットシステムを図1に示す。水田付近に取り付けられたカメラにより、水田内を自律走行する除草ロボットをリアルタイムで撮影する。撮影された画像は、付近の小屋内に設置された計算機に送られ、画像処理によって除草ロボットの位置座標が求められる。これに併せ、水田を走行する除草ロボットの現在位置を把握しながら、まだ除草していないエリアを推測する。この推測アルゴリズムは計算機内で実行され、推測結果は無線機を介して除草ロボットに送信される。

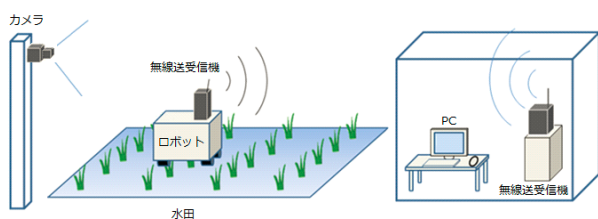


図1 将来的な除草ロボットシステム

## 3. 実験方法

はじめに、画像処理を用いた除草ロボットの移動軌跡取得法の有効性を確認するために、室内に限定した実験を行った。図2に実験システムを示す。除草ロボットの代わりに小型のロボットを用意し、位置座標の取得が容易になるよう赤い球体を取り付けておく。水田モデルとなる1.8m四方の枠内にロボットを放ち、水田モデルの真上および斜め上（俯瞰方向）に設置されたカメラにより、水田モデル内を走行するロボットの様子を撮影する。なおロボットは水田モデル内を不規則に走行するようプログラムされている。

撮影した動画データから1秒間隔で静止画像を切り出し、画像処理を行うことによって小型ロボットに取り付けられた赤い球体の位置座標を取得する。動画データから得られた座標を1つのグラフにプロットし、流線で結ぶことでロボットに取り付けられた赤い球体の移動軌跡、すなわちロボットの移動軌跡を得ることができる。

ここで実際の水田の環境を考えた場合、水田の真上にカメラを取り付けることは不可能である。そのため本研究では図2の実験環境にて、小型ロボットが走行する様子を真上カメラと俯瞰カメラの2台で同時に撮影し、俯瞰カメラから得られる座標 $(x', y')$ を真上カメラから得られる座標 $(x, y)$ へ変換する座標変換法を提案する。実環境に置き換えると、図1に示した水田付近に取り付けられた俯瞰カメラから得られた位置座標を、真上カメラから得られるであろう位置座標に変換する。

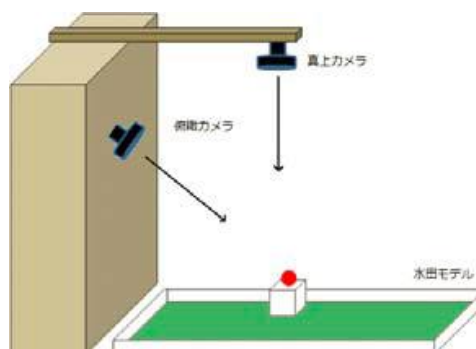


図2 実験システム

俯瞰カメラから取得できる座標( $x'$ ,  $y'$ )を真上カメラから取得できる座標( $x$ ,  $y$ )へ変換する座標変換手法として、1次線形回帰モデル式を用いる。また、俯瞰カメラによる画像には奥行きが存在するため、カメラから遠方になるほど座標情報に変化があると考えられる。そのため水田モデルを  $y$  座標に応じていくつかのエリアに分割し、それぞれのエリアで最小二乗法を用いて線形回帰モデル式を導出する。真上カメラから得られた座標( $x$ ,  $y$ )を真値と仮定し、俯瞰カメラから得られた座標( $x'$ ,  $y'$ )に対してそれぞれの式を適用し、座標変換適用前後で適用座標と真値にどの程度の誤差が生じるかを調べる。

#### 4. 実験結果

まず、水田モデル内を走行する小型ロボットの様子を2台のカメラでそれぞれ同時に10分間撮影し、画像処理を行い得られた小型ロボットの移動軌跡を図3に示す。これまでに、水田モデルに5つの分割方法(分割なし, 2分割, 3分割, 4分割, 5分割)を適用し、前項の実験を行った。図4は、水田モデルを5分割した場合における線形回帰モデル式を用いて、図3(b)に示す俯瞰カメラで得られた座標を真上カメラから得られる座標に変換した移動軌跡である。また表1に、真上カメラから得られた移動軌跡と各分割数による線形回帰モデル式を用いた変換移動軌跡の各座標の平均絶対誤差を示す。これらの結果から、水田モデルのエリア分割数を増やすことで、変換座標と真値の誤差を減少させられることが確認できた。

表1 各分割数による平均絶対誤差

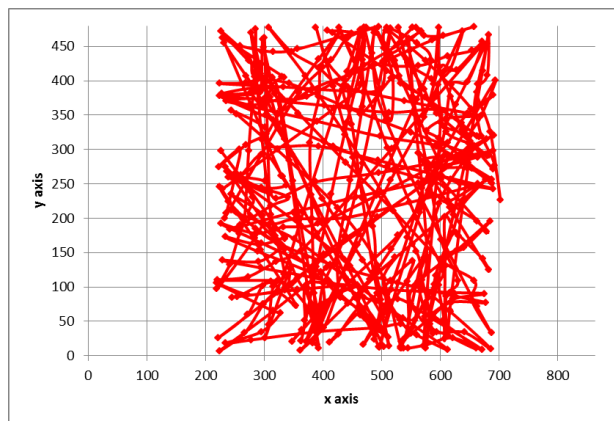
分割条件	x 座標[mm]	y 座標[mm]
分割なし	91.0	195.5
2分割	31.3	72.7
3分割	24.5	59.8
4分割	21.1	56.4
5分割	20.7	41.4

#### 5. 結 言

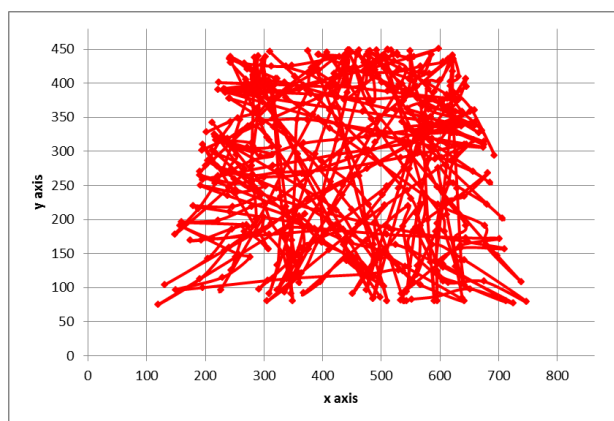
これまでの実験結果から、屋内環境における画像処理を用いた除草ロボットの移動軌跡取得法の有効性を確認することができた。今後は実験環境を屋外へと移し、より大きな水田モデルを用いて研究を展開していく予定である。

#### 文 献

- 1) 八田浩之ほか：「接触式稲株センサーによる水田除草ロボット」, ロボティクス・メカトロニクス講演会'12 講演論文集, 1A1-G01, 2012
- 2) 網島大地ほか：「水田除草ロボットにおける畦検知時の走行制御」, ロボティクス・メカトロニクス講演会'13 講演論文集, 1A1-Q03, 2013



(a) 真上カメラ



(b) 俯瞰カメラ

図3 ロボットの移動軌跡

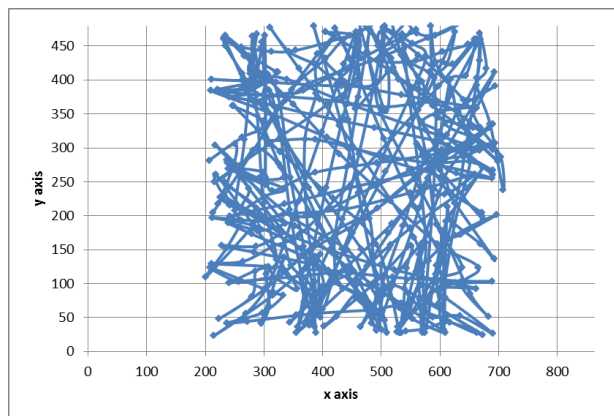


図4 変換後の移動軌跡 (5分割)

# mbed を用いた体導音測定装置の製作

田中遼平

宇部高専 生産システム工学専攻 1 年

## 1 はじめに

現代社会において老人の孤独死が問題となっており、プライバシーの問題からカメラを用いない新しい監視方法が求められている。一方で体導音を利用した健康状態を調べる研究が行われている<sup>(1)</sup>。体導音とは、体内にある音源によって引き起こされた振動が体内を伝搬し、体表面に設置したセンサによって測定された音のことである。医者はこのような体内の音を聴診器で聞くことで病気の早期発見等に活用している。体導音を検出するために、NAM マイクロフォンを用いた研究が行われている<sup>(2)</sup>。NAM マイクロフォンは市販されている電子聴診器に比べて安価に作製できるため、製品化を考える上では有利となる。また、近年ではマイコンの開発が進み、簡単かつ安価に計測装置を構成することが可能となっている。そこで、NAM マイクロフォンを用いて作製された体導音センサとマイコンを組み合わせることで、遠隔地で健康状態を把握でき、早朝でも病気を発見できるようなシステムを小型かつ安価で提供できることが期待されている。

本研究では、小型の ECM を用いて作製された体導音センサを用いて脈拍音を測定し、遠隔地でも健康状態が把握できる装置の作製が目的である。

## 2 研究方法

本研究では、小型 ECM(エレクトレットコンデンサマイクロフォン)を使って作製された体導音センサと mbed LPC1768 を組み合わせた測定装置を作製した。この測定装置は体導音センサによって体導音を測定し、測定したデータを mbed に取り込んで Excel ファイルとして保存し処理を行うものである。

## 3 研究内容

### 3.1 体導音センサ

体導音センサは株式会社プリモの小型 ECM である EM166 を改良したものをを用いて作製されたものである。

図 1 に体導音センサの構造を示す。厚さ 2mm・直径 21mm の塩化ビニル円盤を土台とし、ECM を固定す

る。直径 21mm・厚さ 2mm のアクリル円筒を高さ 6mm に加工し、土台に組み合わせケースとする。ウレタン樹脂をケース内に充填し ECM を封入する。これによって体導音を検出することが可能となる。

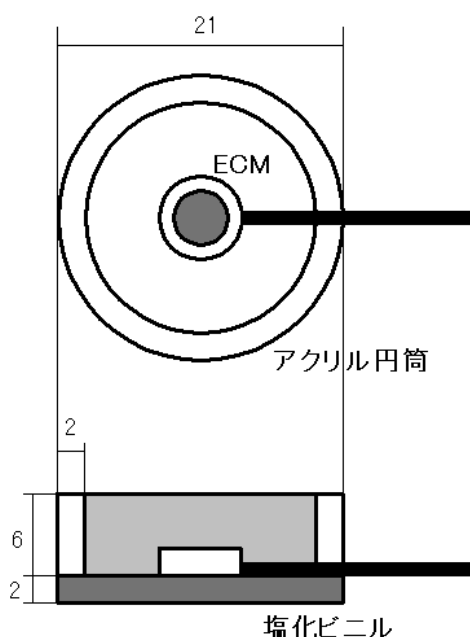


図 1 体導音センサの構造

図 2 が ECM を使って作成された体導音センサである。マイクロフォンのケースに大きな穴をあけ、ダイヤフラムを露出させた形で用いられている。

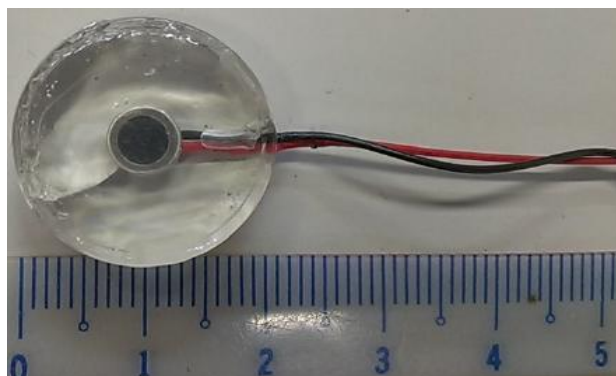


図 2 体導音センサ

### 3.2 mbed

本研究の測定装置に搭載するマイコンとして NXP

社の mbed LPC1768 を用いた。mbed は 32bit のプロトタイピング用のワンボードマイコンおよびそのプログラミング開発環境から構成されるシステムである。表 1 に mbed LPC1768 の仕様を示す。

mbed は 8bit マイコンに比べ高い処理能力を持っており、メモリ容量も大きいので、音の情報を扱う点で優れている。また、Ethernet や USB などのインターフェースも内蔵されており拡張性も優れている。

表 1 mbed LPC1768 の仕様

プロセッサ	ARM Core-M3
プロセッサ動作周波数	96MHz
フラッシュメモリ容量	512KB
RAM 容量	32KB
供給電圧	4.5 - 9.0V
デジタル入出力	26
アナログ入力	6
PWM 出力	8
アナログ出力	1

### 3.3 回路

マイクロフォンから得られる信号が小さいため、オペアンプを用いた増幅回路を作成した。図 3 に体導音測定装置の回路図を示す。

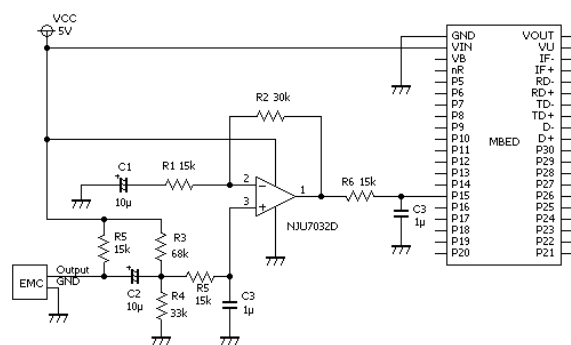


図 3 体導音測定装置の回路図

### 3.4 体導音の測定

図 4 が本研究で作製した体導音センサと mbed を組み合わせた体導音測定装置である。

作製した測定装置の有効性を確かめるために体導音の測定を行った。体導音センサを手首に当て、6 秒間脈拍音を測定した。今回の測定では測定時間は 6 秒間、サンプリング周波数は 1000Hz と設定し、体導音センサを手首に当てることで脈拍音を測定し

た。図 5 が作成した装置での測定結果である。

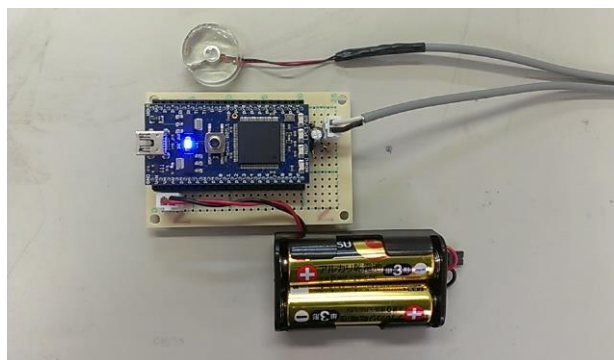


図 4 体導音測定装置

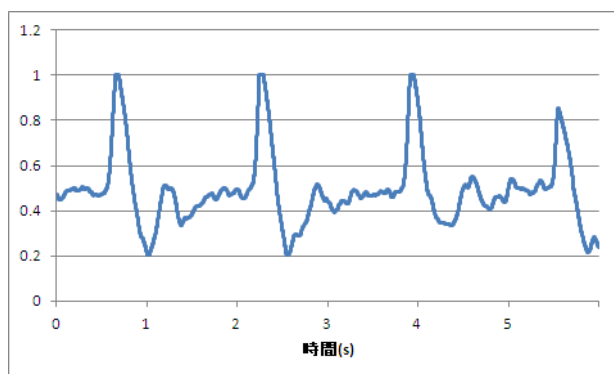


図 5 体導音の測定結果

## 4 結言

本研究では体導音センサと mbed LPC1768 を用いて測定装置を作製した。体導音センサはケース内に ECM をウレタン樹脂で埋めることで作製されたものである。mbed LPC1768 は他の 8bit マイコンよりも高い処理能力を持っており、音の情報を扱うのに適している。本研究では ECM を用いて作製された体導音センサと mbed を組み合わせた測定装置の作製を行った。また、作製した装置の有効性を確かめるために脈拍音を測定した結果、上手く体導音を測定できていることが分かった。

### 参考文献

- (1) FUMIAKI Ehara, TOSHIKI Tsuruda and KANYA Tanaka “Development of Heart Rate Measurement Method Using Body Conduction Sound Sensor”, Applied Mechanics and Materials Vol.103, pp.616-621, 2012.
- (2) Shota Shimizu, Makoto Otani and Tatsuya Hirahara “Frequency characteristics of several non-audible murmur (NAM) microphones”, Acoust. Sci. &Tech. 30, 2, pp.139-142, 2009.

# プラズモニック導波路を用いたひずみ計測デバイスの検討

日下 晃 佑

阿南高専 電気・制御システム工学専攻

## 1. 緒 言

主に電子分野や医療分野において MEMS(Micro Electro Mechanical System) や NEMS(Nano Electro Mechanical System) といったマイクロ・ナノスケールの微細な製品が研究・開発されるなど、近年の微細機械加工技術の発展は著しい。それに伴い、マイクロ・ナノスケールでのひずみ計測が求められるようになった。MEMS や NEMS などの微小デバイスにおいて機械特性の計測は非常に重要である。そういった背景から、マイクロスケールやナノスケールでの機械特性計測方法は広く研究されており、その計測精度は向上している。しかしながら、既存の技術ではマイクロ・ナノスケールでのひずみ計測は困難である。

そこで我々は表面プラズモンポラリトン(Surface Plasmon Polaritons : SPPs) のマルチモード干渉(Multi-mode interference : MMI)を用いたマイクロ・ナノスケールの動的金属ひずみ計測デバイスを考案した。SPPs は光の回折限界を超えることができるため、マイクロ・ナノスケールの計測デバイスを製作することが可能である<sup>1)</sup>。しかしながら、SPPsを用いたひずみ計測デバイスは現在報告されていない。

本研究では FDTD 解析ソフト MEEP でのシミュレーションを行った。

## 2. 実験方法

図 1 に本研究で解析したギャップ構造<sup>2),3)</sup>を示す。

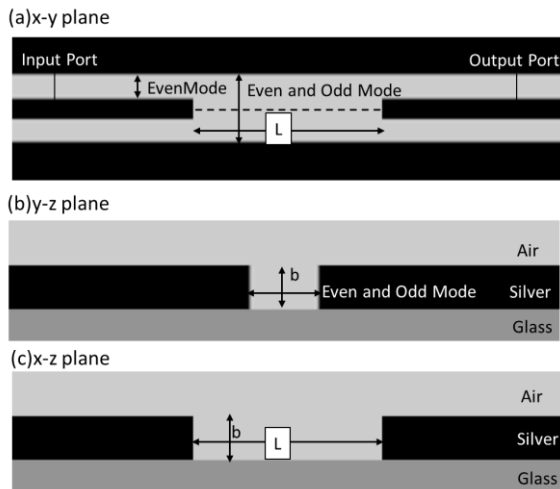


図 1 ギャップ型導波路の構造

(a)は X-Y 平面の断面図で、銀層でカットした。モー

ドが 1 列しか通れない細い導波路が Even モード、2 列通過できる中央の太い導波路が Even と Odd モードである。ここでは Even モードを 200nm, Even と Odd モードを 500nm に設定した。また、Even モードと Even と Odd モードを通過するモードは共に基本モードである。

Even と Odd モードの長さ L を変えることによる出力強度の変化量を測ることでひずみを計測する。(b)は Y-Z 平面である。b は導波路の深さであり、ここでは 1000nm に設定した。そして(c)が X-Z 平面である。これは、構造の中心でカットしたもので、破線で示してある。入射光の波長は実験を考慮し、可視光である 633nm とする。金属層には 633nm 波長域において反射特性の良い銀を用いている。

そして、金属層の下に基板としてガラスを用いる。また、空気及びガラスの屈折率はそれぞれ 1.00, 1.45 とし、銀の屈折率は Drude モデルによって与えられるものとする<sup>4)</sup>。

## 3. 実験結果

まず構造を決定するために実行屈折率を求める。図 2 に、上記の構造におけるギャップの幅(Even と Odd モードの大きさ)を 100nm ごとに変化させた場合の実行屈折率を求めた結果を示す。

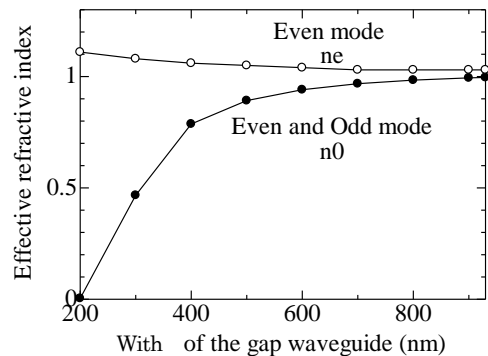


図 2 実行屈折率

MMI のビート長は(1)式を用いて求める。Even モードを  $n_e$ 、Even と Odd モードを  $n_o$  とする。

$$L = \frac{\lambda}{n_e - n_o} \quad [\text{nm}] \quad (1)$$

結果,  $L=500\text{nm}$  の値で計算すると, ビート長は約  $4.1\mu\text{m}$  となる.

これらの値を基に MEEP でシミュレーションを行った結果を図 3 に示す.

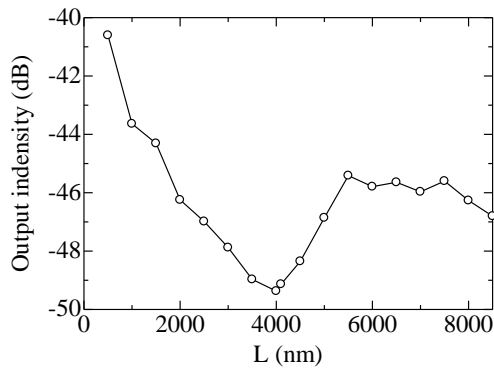


図 3 ギャップ型導波路のシミュレーション結果

ここでは  $L$  の値を  $500\text{nm}$  から  $8500\text{nm}$  の範囲において  $500\text{nm}$  ずつ変化させた場合の出力強度を示している. この図を見ると  $500\text{nm}\sim 4000\text{nm}$  までは出力は減少し,  $4000\text{nm}\sim 5500\text{nm}$  まで増加し,  $5500\text{nm}\sim 7500\text{nm}$  まで停滞, その後減少しているのが分かる. 減少から増加に転じる点が  $4000\text{nm}$  付近なのは, MMI のビート長が約  $4100\text{nm}$  である点からも予想通りであるが,  $5500\text{nm}\sim 7500\text{nm}$  における出力の停滞域では本来出力は増加するはずである. 出力が停滞した理由は半周期データで再計算するなどして再解析する必要がある.

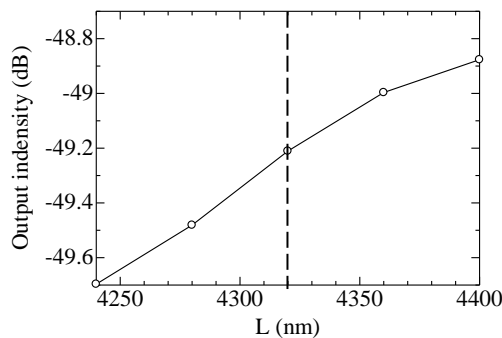


図 4  $L=4.3\mu\text{m}$  付近の電界強度

図 4 では,  $L=4320\text{nm}$  を中心に  $40\text{nm}$  ずつデータをとっている.  $L=4320\text{nm}$  を基準に  $40\text{nm}$  だけ  $L$  を大きくすると, 約  $0.33\text{dB}$  出力が増加し,  $L$  を  $40\text{nm}$  小さくすると, 約  $0.49\text{dB}$  出力が小さくなった. このことから, トレンチ型と同じく少なくとも  $40\text{nm}$  のひずみを計測できることが確認できた. しかし, トレンチ型に比べ出力が  $20\text{dB}$  小さく, 出力の変化量にもばらつきがあった.

最後に,  $L=4100\text{nm}$  及び  $L=8000\text{nm}$  の時の電界強度分布を図 5 に示す. 図 5 は特定の範囲の光強度を正規化して表したものである. ここでは  $0\sim 1$  の強度を示している.

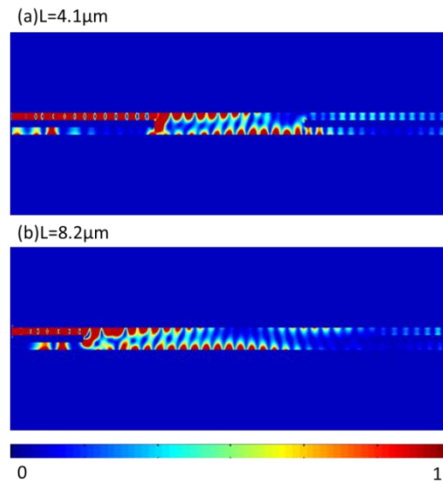


図 5 電界強度分布

(a)と(b)の画像を比較すると, (a)の場合, Input ポートと反対側の壁面の電界強度が強くなっているのに対し, (b)では再び Input ポート側の壁面で電界強度が強くなっており, ちょうど 1 周期分の波が入っている事が分かる. このことから, ギャップ型導波路がプラズモニック導波路として機能している事が分かる.

Output ポート側へ近づく程電界強度が弱くなっているのは, 導波路の損失によるものと考えられる.

#### 4. 結 言

本研究では表面プラズモンポラリトンのマルチモード干渉による影響を用いたひずみ計測デバイスについての検討を行った. その結果, ギャップ型導波路は  $x$  軸方向のひずみを計測できることが確認できた.

しかし導波路内での損失が非常に大きく, 出力強度は減少した. このことから, 今後損失を減らすため構造の変更を検討するとともに別形状の導波路との比較も必要である. 現時点で導波路の出力部を 1 本減らすことで  $2\text{dB}$  の出力増加ができることを確認している.

#### 文 献

- 1) 高原純一, プラズモニック導波路, 応用物理, 第 80 巻 第 9 号(2011), pp.772-778.
- 2) F.M.Kong et al., Propagation Properties Of The Spp Mode In Nanoscale Narrow Metallic Gap, Channel, And Hole Geometries, Progress In Electromagnetics Reserch(PIER), Vol. 76(2007), pp. 449-466.
- 3) Y. Kou et al., Multimode interence demultiplexers and splitters in metal-insulator-metal waveguide, Opt. Express, Vol. 19(2012), pp. 6042-6047.
- 4) P. B Johnson et al., Optical Constants of the Noble Metals, Phys. Rev. B 6(1972), pp. 4370-4379.

# 相対論的フライトシミュレータの開発

藤村 有輝

香川高専 電子情報通信工学専攻

## 1. 緒言

ブラックホールの存在する空間でのCGでは、強い重力場により光が曲がるため、測地線の方程式を用いた光の軌跡計算が必要である。そのような描画システムが開発されている<sup>1), 2)</sup>。本研究は、それを発展させブラックホールの周辺を動く飛行体から見える光景を描画するプログラムを開発し、フライトシミュレータとしてまとめることを目的とする。

## 2. 測地線の方程式

飛行体から見える光景を描画するためには、飛行体の軌道を求め、飛行体の位置を視点とする光線追跡を行う。ある時刻において飛行体が静止する局所 Lorentz 系を考える。その座標系で光線の方向を決定し、座標変換を行い元の座標系で光線追跡を行う。自由落下をしている飛行体の軌道は、測地線の方程式

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x^\mu}{d\tau^2} + \Gamma^\mu_{\alpha\beta} \frac{dx^\alpha}{d\tau} \frac{dx^\beta}{d\tau} &= 0 \\ g_{\alpha\beta} \frac{dx^\alpha}{d\tau} \frac{dx^\beta}{d\tau} &= -c^2 \end{aligned} \quad (1)$$

に基づく<sup>3)</sup>。

光線の追跡は測地線の方程式、ヌル条件

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x^\mu}{d\lambda^2} + \Gamma^\mu_{\alpha\beta} \frac{dx^\alpha}{d\lambda} \frac{dx^\beta}{d\lambda} &= 0 \\ g_{\alpha\beta} \frac{dx^\alpha}{d\lambda} \frac{dx^\beta}{d\lambda} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

に基づく。また光線追跡の初期値は局所 Lorentz 系で決定する。局所 Lorentz 系を $x^{\mu'}$ を用いて表す。

局所 Lorentz 系でのヌル条件

$$\eta_{\alpha\beta} \frac{dx^{\alpha'}}{d\lambda} \frac{dx^{\beta'}}{d\lambda} = 0 \quad (3)$$

を満たすように光線の初期値を定める。これを元の座標系に戻すため座標変換

$$\frac{dx^\mu}{d\lambda} = \frac{dx^\mu}{dx^{\nu'}} \frac{dx^{\nu'}}{d\lambda} \quad (4)$$

を行う。座標変換行列 $\frac{dx^\mu}{dx^{\nu'}}$ は条件

$$\eta_{\mu\nu} = g_{\rho\sigma} \frac{dx^\rho}{dx^{\mu'}} \frac{dx^\sigma}{dx^{\nu'}} \quad (5)$$

を満たす。

## 3. 波長の変化

強い重力場が存在する場合、光源体から発せられる光の波長は重力場の影響によって変化する。また、光源または視点が運動することによっても波長が変化する。波長が赤色(長波長)にずれる場合を赤方偏移、青色(短波長)にずれる場合を青方偏移と呼ぶ。

重力場による波長の変化は重力場赤(青)方偏移、運動による波長の変化は光のドップラー効果によるものである。

球対称の Schwarzschild ブラックホールが原点に存在するとする。原点から距離 $r_e$  離れている光源体が波長 $\lambda_e$  で光を発した場合、原点から $r_o$  離れた位置での波長は、ブラックホールの半径を $r_g$  とすると

$$\lambda = \lambda_e \frac{\sqrt{1 - r_g/r_o}}{\sqrt{1 - r_g/r_e}} \quad (6)$$

で示すことができる<sup>4)</sup>。式(6)が重力場赤(青)方偏移による波長の変化を表す式である。

次に光のドップラー効果を式として表す。光源体と視点との相対速度が $V$  であるとする。光源の進行方向と光源が放つ光の方向の角度を $\theta$  とする。光源が視点に対し、近づく場合を $\theta = 0^\circ$ 、遠のく場合を $\theta = 180^\circ$  とする。光源が振動数 $\nu_e$  の光を放った場合、視点に入ってきたときの振動数は

$$\nu = \nu_e \frac{\sqrt{1 - (V/c)^2}}{1 - (V/c)\cos\theta} \quad (7)$$

で示すことができる。

振動数と波長の関係は

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (8)$$

である。

## 4. 飛行体の運動を考慮したレイトレーシング

飛行体の運動を考慮した描画方法は次のとおりである。描画対象は無限遠の画像としてキューブマップを用いた。

(1) 飛行体の運動の軌道を測地線の方程式を用いて求める。



- (2) (1)で求めた軌道のある座標( $x_k, y_k, z_k$ )で、ある時刻で飛行体が静止するような局所 Lorentz 系を定義し、その点での座標変換行列 $\frac{dx^\mu}{dx^{\nu}}$ を求める。
- (3) 座標( $x_k, y_k, z_k$ )を視点とし、局所 Lorentz 系でスクリーンの1画素に対応する光線の初期値を決定する。
- (4) 局所 Lorentz 系で決めた光線の初期値から座標変換により、元の座標での光線の初期値を決定する。
- (5) (4)での値を用いて測地線の方程式に基づく光線追跡を実行する。
- (6) 描画対象は無遠く存在するため、光線追跡を途中まで行い、以降は直進することとする。
- (7) 光の直進する方向から描画対象の色を取得する。
- (8) スクリーンの全画素に対して(3)から(7)を実行し色を取得し画像を表示する。

## 5. 波長変化を考慮した色決定

RGB 値で表わされる色のほとんどは複数の波長の色が混ざって表現されているため、RGB 値から波長への表現はできない。波長から RGB 値を求めることは可能である。そこで本研究では波長で背景色を指定する。描画する色の決定手順を以下に示す。

- (1) 4章の手順(7)で光源の波長を得る。
- (2) 視点の位置と取得した光源の位置、ブラックホールの半径から赤方偏移を計算する。
- (3) 光のドップラー効果を計算する。
- (4) 求めた波長を RGB 値に変換する。

## 6. 描画結果

球対称な Schwarzschild ブラックホールを含む系を考え、画像を作成した。背景画像は、+x 方向を紫(380nm)、-x 方向を黄(570nm)、+y 方向を青(460nm)、-y 方向を緑(520nm)、+z 方向を赤(660nm)、-z 方向を水色(480nm)とした。

ブラックホールより十分遠い位置で飛行体が進む方向を視点とした場合の描画結果を示す。飛行体がほぼ静止した場合、速さをもった場合について波長の変化を考慮しない場合とする場合で描画を行う。

飛行体が+x 方向から-x 方向に進む場合の描画結果を図1、図2に示す。

それぞれ左の図が静止した状態、右が速度を持った状態である。図1から左図に比べて右図の方がブラックホールに近づいて見える。これにより光行差が再現されている。

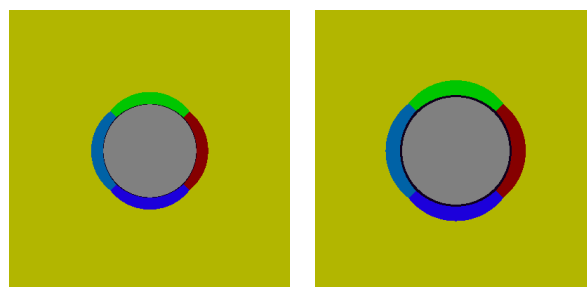


図1 波長の変化を考慮しない場合の描画結果  
左：静止 右：運動

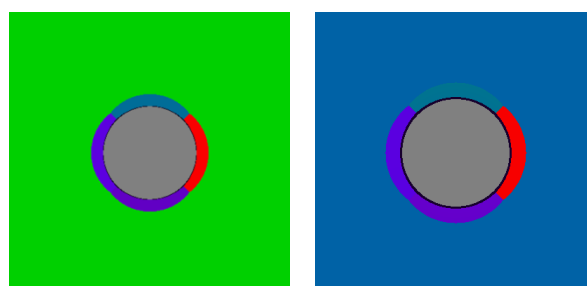


図2 波長の変化を考慮した場合の描画結果  
左：静止 右：運動

図2から静止している状態では重力場のみが影響するので、飛行体の方がブラックホールに近い場合、色が全体的に青方偏移している。速度を持った場合では、-x 方向に進んでいるため、進行方向である緑色の部分は青色に青方偏移している。

## 7. 結 言

飛行体の運動を考慮した場合の光線追跡を行う方法とその方法による描画結果を示した。また、運動及び重力場による波長の変化を考慮した場合の描画結果を示した。

今後の課題として、星の色をその温度の黒体放射によって表現すること、また他の運動体がある場合にも対応させること、フライトシミュレータとしてまとめるために1枚にかかる描画時間の短縮があげられる。

## 文 献

- 1)佐藤哲, 博士論文“重力場での光線追跡に基づくブラックホール時空の可視化に関する研究”, (2001)
- 2)奈良聡之, 高橋裕一, 福間一巳, “測地的変差を用いた光線追跡法”, 平成19年度電気関係学会四国支部連合大会講演論文集, (2007), p.288
- 3)内山龍雄, “一般相対論性理論”, (1978), 裳華房
- 4)佐藤 哲, 岩佐 英彦, 竹村 治雄, 横矢 直和, “重力場光線追跡法のための光の軌道と波長の計算法”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 Vol.1996年情報・システム, No.2(1996), p.425

# Android を用いたロボット遠隔操作システムの試作

松 内 良 平  
香川高専 創造工学専攻

## 1. 緒 言

現在日本では少子高齢化が進んでおり、65 歳以上の高齢者人口の割合は、2025 年には 48%に達すると予測されている<sup>1)</sup>。また人口減少も同時に進んでおり<sup>2)</sup>、介護師の人手不足も問題になると考えられる。体の不自由な方にとって、一人で生活し家の中を移動する際、危険が伴うことが多い。

ロボットの遠隔操作が可能となれば、介護を必要とせず離れた場所の物を回収し、操縦者まで回収物を運んでくることのできる。

現在急速にスマートフォンの普及が進んでいる<sup>3)</sup>。スマートフォンは、アプリケーションをインストールすることで様々な機能を追加できる。スマートフォンをロボットのコントローラとして用いることが出来れば、ロボットを製作する際に新たにコントローラを準備する必要がなくなるためコストダウンに寄与する。

本研究では、スマートフォンの代用として、OS に Android を用いたタブレットをコントローラに利用した走行体の遠隔操作システムを開発する。走行体に搭載したカメラからの映像およびセンサ情報を確認しながら、走行体を単純な指の動きにより感覚的に操縦できることを目標とする。

## 2. 実 施 項 目

- ①ソフトウェアの開発環境を整えた。
- ②USB ケーブルを用いて有線通信を行い、センサの状態をタブレットに受信・表示するシステムの開発を行った。
- ③DC モータを 2 個使用して走行体を製作した。
- ④USB ケーブルを用いて有線通信を行い、走行体をタブレットで制御するシステムの開発を行った。
- ④Wi-Fi を用いて走行体とタブレットの通信を無線化した。
- ⑤Wi-Fi カメラからの映像をタブレットで受信し、画面上に表示するシステムの開発を行なった。
- ⑥Wi-Fi カメラの性能について検証した。

## 3. 研 究 成 果

### 3.1 センサ情報受信システム

図 3.1 に示すように、タブレットと USB 接続したマイコンボード Arduino MEGA ADK に、スイッチを接続した。Android ADK を用いてプログラムを作成

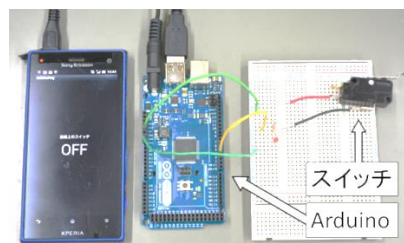


図 3.1 センサ情報受信システム

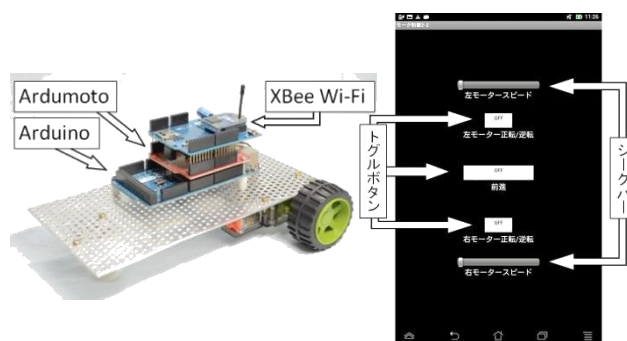


図 3.2 作製した走行体と操作画面

し、スイッチの ON/OFF の状態をタブレットの画面上で確認することができた。

### 3.2 モータ有線制御システム

本システムには Arduino MEGA ADK にモータドライバの拡張基板 Arduimotor を追加して使用した。Arduimotor に DC モータ(マブチモータ FA-130) を 2 個接続し、モータ制御システムのハードウェアとして、図 4.2 に示す走行体を作製した。Android ADK を用いて走行体制御プログラムを作成した。スマートフォン画面上のシークバーをスライドさせることでモータへの出力に対する DUTY 比を変化させ、モータのスピード制御を行い、画面上のトグルスイッチで回転方向の変更が可能であることを確認した。

### 3.3 通信の無線化

タブレットと走行体の無線通信には Wi-Fi(無線 LAN)を用いることにした。他の通信手段として Bluetooth が存在するが、Wi-Fi カメラを用いることを考え、一対多の通信が可能である Wi-Fi を選択した。Wi-Fi を用いた通信方法には、2 つのデバイスが

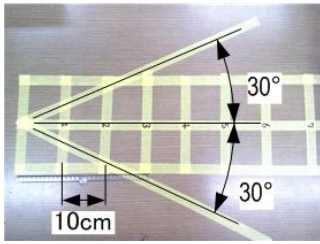


図 3.3 測定フィールド

直接通信するアドホックモードと、無線 LAN ルータなどのアクセスポイントを介して通信するインフラストラクチャーモードの 2 種類がある。アドホックモードに対応している Android 端末は少数であるため本研究ではインフラストラクチャーモードを採用した。

### 3.4 モータ無線制御システム

本システムでは、インフラストラクチャーモードを選択したため、タブレットと走行体は Wi-Fi ルータを介して無線通信を行う。作成したアプリケーション画面のシークバーをスライドさせることでモータの回転速度が調節でき、トグルボタンで回転方向が変更できることを確認した。

### 3.5 カメラ映像受信システム

本システムでは Wi-Fi カメラとして、TREK 2000 International 社製の「Ai-Ball」を使用した。Ai-Ball の最大の特徴は、本体の寸法が  $35 \times 30 \times 32$  mm (L×W×H) と非常に小さく軽量であるため、ロボットに搭載しやすいことである。

インターネット上に、Wi-Fi カメラの MJPEG ストリームをスマートフォンの画面に表示するという本システムに適した Android アプリケーションのソースコードが無料公開されていたため、ソースコードを該当記事からダウンロードし、Eclipse 上にビルドした。このアプリケーションを Ai-Ball に合わせて最適化し、インフラストラクチャーモードで Wi-Fi カメラの映像をタブレットの画面に映し出すことができた。

### 3.6 Wi-Fi カメラの視野について

採用した Wi-Fi カメラの性能評価を行うため、図 3.3 に示す測定フィールドを作製しカメラの視野について検証した。測定フィールドは 10cm 毎に線を引いており、中心となる線から  $\pm 30^\circ$  の角度をつけた線を引いた。

Ai-Ball の仕様では視野角は  $\pm 30^\circ$  となっており、図 3.4 のように Ai-ball を走行体に搭載したときカメ

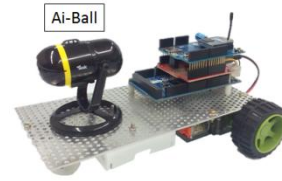


図 3.4 Ai-Ball を搭載した走行体



図 3.5 撮影した映像のキャプチャ

ラ部の高さは床から約 8.6cm である。よって左右  $\pm 30^\circ$  以上の範囲および三平方の定理よりカメラからの距離が約 15cm までの床は死角となる。

測定フィールドの左端に、カメラを載せた走行体を配置した。この状態で撮影した映像のキャプチャを図 3.5 に示す。図 3.5 より、仕様書通り視野角は  $\pm 30^\circ$  であり、カメラからの距離が約 15cm の所までは死角となっていることを確認した。

## 4. 結 言

本研究は、走行体を遠隔制御するためのシステムを 4 段階に分けて開発を行った。開発したシステムの実機実験を行い、以下の結論を得た。

- ①センサの情報をタブレットに表示することが可能
- ②DC モータの回転方向・速度を有線通信および無線通信で制御することが可能
- ③Wi-Fi カメラの映像をタブレットの画面に表示することが可能
- ④Wi-Fi カメラの視野が仕様書通りであることを確認

以上のことより、走行体を遠隔操作するうえで基礎となるシステムが開発できたとと言える。

今後の研究として、画面レイアウトの機能性についての検証・改良および、モータ無線制御システムとカメラ映像受信システムの統合が考えられる。

## 文 献

- 1) 総務省統計局：高齢者人口の現状と将来、  
<http://www.stat.go.jp/data/topics/topics051.htm>
- 2) 内閣府：将来推計人口でみる 50 年後の日本、  
[http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/zenbun/s1\\_1\\_1\\_02.html](http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/zenbun/s1_1_1_02.html)
- 3) IDC：IDC Worldwide Mobile Phone Tracker,  
<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24442013>

# 説明業務支援システムにおけるインスタンス生成についての検討

福 谷 遼 祐  
津山高専 電子・情報工学専攻

## 1. 研究の背景

近年、企業や行政、学校などにおいて、ITによる業務支援が広く普及している。例えばワープロソフトでの書類作成や表計算ソフトでのグラフ作成、電子メールでの連絡など、現代社会においてパソコンを利用しない日はないと言っても良いくらい IT 技術は社会に浸透している。これら IT による業務支援は従来業務の代替がほとんどであり、主な目的は業務の効率化である。業務の手間や煩雑さを軽減し、業務をスムーズに進めるために IT は活用されている。

これは、不動産についても例外ではない。Web 上での物件情報の検索や比較が可能になり、各種書類もパソコンを用いて作成できるようになっている。しかし、未だ不動産において IT 化されていない部分がある。それが重要事項説明である。

## 2. 重要事項説明とは

重要事項説明とは不動産取引を行う際、当事者へ重要事項を説明することである。この重要事項説明は、書面と口頭で行われるため、「説明が抜けていた」や「説明不足で分からなかった」などの理由で契約後に問題となるケースが多く、訴訟となることもある。このような不動産取引における苦情や紛争の原因として、重要事項説明に関連する理由が最も多い。国土交通省による平成 21 年度の不動産における原因別の苦情・紛争相談の割合を図 1 に示す。

重要事項説明は専門的な用語を用いた説明が多く、内容も多岐にわたるため 1 件あたり 1 時間半程度の時間が必要となる。これは説明を行う者にとって、とても負担の大きな業務である。加えて、契約後に説明不足などの問題が発生することを防ぐためには、記録を残しておくことが必要と考えられた。不動産におけるこれらの問題点を解決するためのシステムを構築することが、従来の研究の主な目的であった。

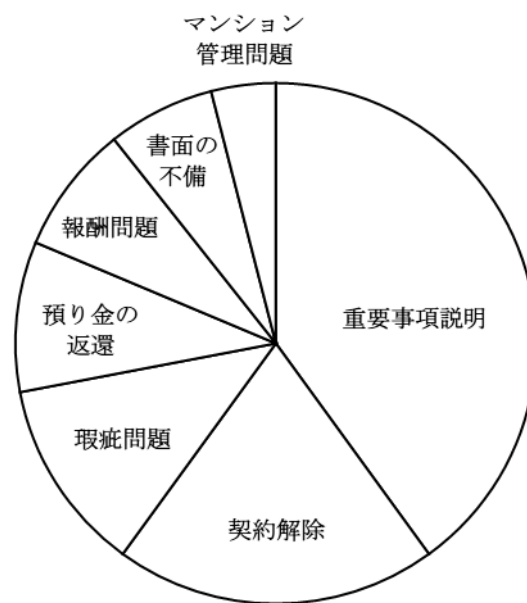


図 1 不動産における問題

従来の研究では、主に津山市の住宅産業センター<sup>2)</sup>で使用されている契約形態に合わせた説明業務支援システム（以下支援システム）の構築を行った<sup>3)4)5)</sup>。

しかし、不動産業のケースのみに対応しては、仕様が特化したものになってしまい、汎用性の低い支援システムとなってしまふ。そこで、本研究ではより汎用性の高い支援システムの構築を目指して大幅な仕様の改善を行うことを目標とした。

これにより、契約や説明が必要になってくる業務において、人為的ミスやトラブル、また説明する側と説明される側両方の負担を低減することを目指す。

## 3. 従来の研究

従来の研究では、住宅産業センターにおいて実際に使用されている契約書などを用いて動作する支援システムを構築した。この支援システムが持つ機能とそれを利用した実際の動作の流れとしては、以下の様なものになっている。

- ① Microsoft Excel を用いて作成した契約書のテンプレートに情報を入力する
  - ② Excel ファイルにリンクした Word ファイルを実際の契約書として印刷
  - ③ Excel ファイルの内容をもとにプレゼンテーションを実行
- これらの手順を図にしたものが以下の図 2 である。

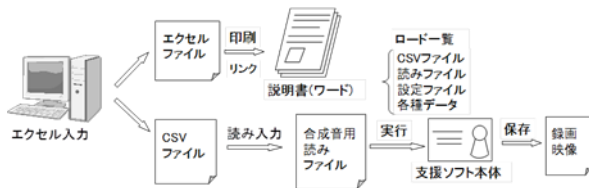


図 2 動作の流れ

この支援システムは、先に述べたように汎用性に乏しく、使いやすいとはいえないものであった。Excel ファイルに情報を入力する方法を採用しているが、これでは支援システムの利用者が契約書の変更を行う際に大変な手間と時間がかかってしまうことが大きな問題点である。さらに、もともと使用している契約書の形式は住宅産業センターに限らず Word で作成されたものがほとんどである。このため、情報を入力するファイルやプレゼンテーションとして出力する形式を選ばない支援システムを作成することが必要であると考えられた。

#### 4. これまでの成果

本研究では汎用性の高い新たな支援システムを構築するため情報の入力方法を以下の図 3 のように単純化している。

- ① 既存の契約書に情報抽出用のタグをつける
- ② 説明用プレゼンテーションに情報書き込み用のタグを付ける
- ③ 契約の際、契約書のタグに情報を紐付けていく
- ④ 契約書からタグを消去する（印刷するため）
- ⑤ プレゼンテーションのタグに情報を書き込む



図 3 新システムの動作

このような方法を用いることで、将来的な拡張性も確保しつつ、より単純化された支援システムを構築することができると思われる。具体的な情報の入力・出力用のファイル形式として、Microsoft Office シリーズが採用する OOXML 形式を最初に対応することとした。これは、Microsoft Office の利用者が非常に多く、よく利用される形式であるためである

#### 5. まとめとこれからの展望

これまでで、Microsoft Office に対応した支援システムを開発してきたが、システム全体として動作するまでは開発が進んでいない。このため、Microsoft Office への対応を第一に、その後他のオフィススイート（OpenOffice, LibreOffice など）による情報の入出力ができるように対応する形式拡張する予定である。また、プレゼンテーションに関しては、合成音声などで説明を行う独自の形式への対応も進めようと考えている

#### 文 献

- 1) 広瀬祐一郎：宅地建物取引業法施行状況調査（平成 21 年度）の結果について、国土交通省総合政策局不動産課不動産指導室，10（2011）
- 2) 住宅産業センター：<http://www.jyutaku-sangyo.co.jp/>（2014）
- 3) 大島秀平：説明業務支援ソフトウェアの作成，平成 23 年度卒業研究報告書，津山工業高等専門学校（2012）
- 4) 福谷遼祐：説明業務支援ソフトウェアにおける制御構造の構築，平成 24 年度卒業研究報告書，津山工業高等専門学校（2013）
- 5) 三宅康朗：説明業務支援ソフトウェアにおける画面作成の検討，平成 24 年度卒業研究報告書，津山工業高等専門学校（2013）