

空から情報を収集する 小型無人航空機システム

Small Unmanned Aerial Vehicle System for Advanced Information-gathering

池之座 将太

Ikenoza Shota

古川 徹

Furukawa Toru

大津 文隆

Otsu Fumitaka

佐藤 則道

Sato Norimichi

日立グループは、少人数で運用可能な小型無人航空機システムの開発に取り組んでいる。技術的な特長としては、(1) 自律飛行制御、(2) 空中メッシュネットワーク、(3) 情報解析の自動化・可視化が挙げられる。2011年2月には、陸上自衛隊の装備品としてUAV（近距離用）JUXS-S1の初号機を納入した。

今後は防衛分野以外のニーズも高くなり、さらに市場が拡大することが予想される。引き続き多彩な小型無人航空機のラインアップにより、要求シーンに適したシステムを提供することで、安全・安心な社会の実現に貢献していく。

1. はじめに

近年、自然災害や事故現場などにおける上空からの情報収集へのニーズが高くなっている。特に無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)は、人が到達しにくい被災地や紛争地域などにおいて、安全にかつ効率よく情報を取得することができる有効な手段として注目されている。2011年3月に発生した東日本大震災において、福島第一原子力

発電所の被害状況把握に無人航空機が活躍したことは記憶に新しい。

無人航空機は、東日本大震災時にグアムから飛来した米軍のグローバルホーク(RQ-4 Global Hawk)に代表される大型無人航空機と、機体質量100 kg以下の小型無人航空機に大別される。大型無人航空機は、各種センサー(カメラ、レーダなど)、航法機器、通信器材を豊富に搭載し、遠距離・高高度を飛行できる機体と、これを支援する大規模な地上装置で構成され、専門の組織が運用している。

一方、最近では携帯電話やPC(Personal Computer)、カメラなどに代表される電子機器の進展が目覚ましく、これまでと同等以上の機能・性能が、より一層小型・軽量で実現できるようになってきている。これらの最新技術を積極的に取り入れることで、災害監視や防衛の現場において少人数で容易に運用可能な小型無人航空機システムの開発を推進してきた(図1参照)。

ここでは、日立グループの小型無人航空機システムの特

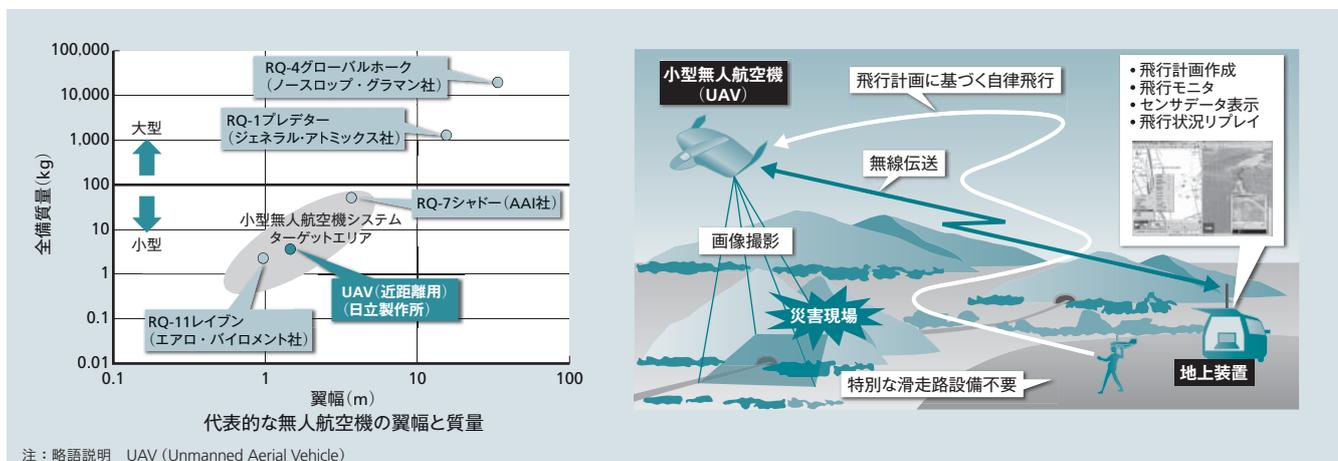


図1 | 世界動向に対する小型無人航空機システムのターゲットエリアと運用イメージ

世界中で多種多様な無人航空機が開発されている中、日立グループは少人数で運用可能な機体質量100 kg以下をターゲットとし、被災地や紛争地域などの現場で容易に上空から情報収集できる小型無人航空機システムを開発した。

長と納入実績，および今後の取り組みについて述べる。

2. 小型無人航空機システムの特長

小型無人航空機システムを支える技術は多岐にわたる。以下に，特にキー技術となる自律飛行制御，空中メッシュネットワーク，情報解析の自動化・可視化について述べる。

2.1 自律飛行制御

無人航空機は当初，人手によるラジコン (Radio Control) 操縦で制御されていた。すなわち，操縦者による操作は無線を介して無人航空機に伝送され，それに従って無人航空機が制御されていた。このため，無人航空機の制御は操縦者の技量に大きく依存していた。

今日では，操縦の容易さや安全性から，自律飛行制御が多く用いられている。自律飛行制御とは，無人航空機に搭載された航法機器を用いて所定の飛行計画に従い，自律的に飛行させるための制御である。高性能かつ小型・軽量，低価格な航法センサー〔GPS (Global Positioning System)，INS (Inertial Navigation System)，高度計，対気速度計など〕や処理装置の出現が，自律飛行制御型の無人航空機の普及の背景となっている。

小型無人航空機システムにおける自律飛行制御の方式は以下のとおりである。まず，地上装置を用いてあらかじめ飛行計画 (複数の飛行通過点から成る計画) を作成し，無人航空機へセットする。飛行中の無人航空機は，周期的に航法センサーで得られたデータから自機位置・姿勢を算出している。この処理は突然の外乱にも対応できるようにリアルタイムで実施され，飛行計画で指示された飛行通過点へ到達するように，駆動系〔プロペラモータ，操舵 (だ) 翼〕を制御する (図2参照)。

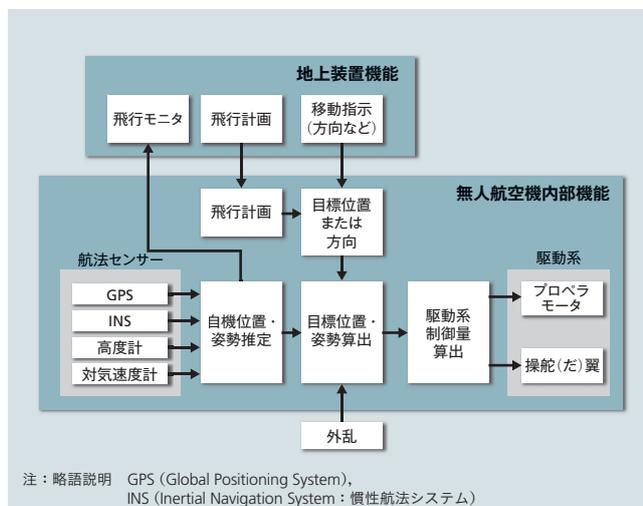


図2 | 基本的な自律飛行制御方式

小型無人航空機の自律飛行制御方式を示す。自機の航法センサーから自機位置・姿勢を推定し，次の飛行通過点に到達するように駆動系を制御する。

飛行計画は，一般に緯度，経度，高度から成る飛行通過点などを指定する。飛行中にあらかじめ設定した飛行計画を変更したい場合は，無線を介し，無人航空機に変更した飛行計画を再設定することができる。また，地上装置を用いてリアルタイムに無人航空機へ移動指示 (方向，高度，速度の変更) をすることも可能である。

2.2 空中メッシュネットワーク

小型無人航空機システムの主要目的は画像などの情報取得であるが，情報をさらに有効に活用するためには画像などのリアルタイム伝送が求められる。一般的に，無線通信において画像などの大容量データを伝送する場合，高周波数帯で周波数帯域幅を広く取る必要がある。しかし，高周波数帯の電波は伝搬損失が大きく，見通し外通信が困難である。小型無人航空機が飛行する高度においては，地形や地物の影響によって見通しの確保が困難なことが多い。このような問題を解決する手段として，この小型無人航空機システムにはアドホックネットワーク技術による自動通信中継機能を付与している。画像取得用の小型無人航空機と同時に中継用の小型無人航空機を飛行させることで，直接通信ができない山の向こう側の状況をリアルタイムで把握できる。また，無線機は無線LAN (Local Area Network) 技術であるCSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 方式を採用しており，アドホックネットワーク技術と組み合わせることで，複雑な設定なしで柔軟なネットワークの構築を実現している。これらの技術により，複数の小型無人航空機と地上装置がネットワークに混在する空中メッシュネットワークを容易に構築できる。さらに，一斉配信 (マルチキャスト) 機能を有しているため，複数地上装置間での情報共有を実現している (図3参照)。

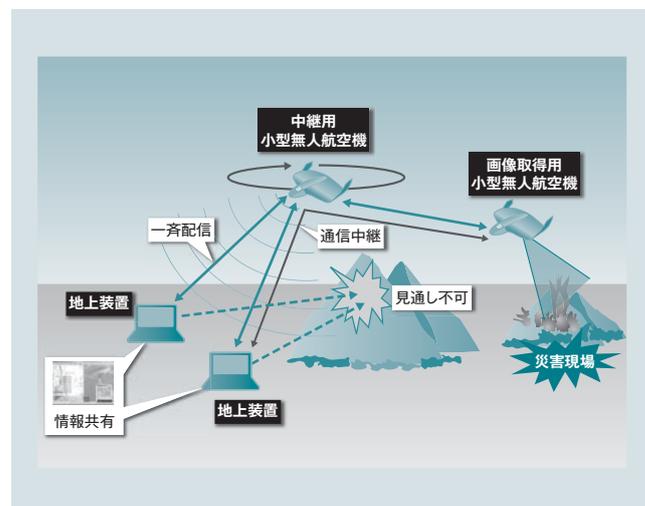


図3 | 空中メッシュネットワークのイメージ

複数の装置が柔軟なネットワークを構築する。中継用小型無人航空機を飛行させることで，見通し外の小型無人航空機とのリアルタイム通信が可能となる。

今後は、超解像度技術など、さらに高度な画像・動画の圧縮・復元技術を適用し、狭帯域な周波数においても、より高品質な情報共有の実現をめざしていく。

2.3 情報解析の自動化・可視化

空中から取得した情報は、当初、人手によって目標を抽出するなどの情報解析を実施していたが、膨大な取得画像に対するユーザー負荷軽減のため、近年では情報解析の自動化が求められてきている。

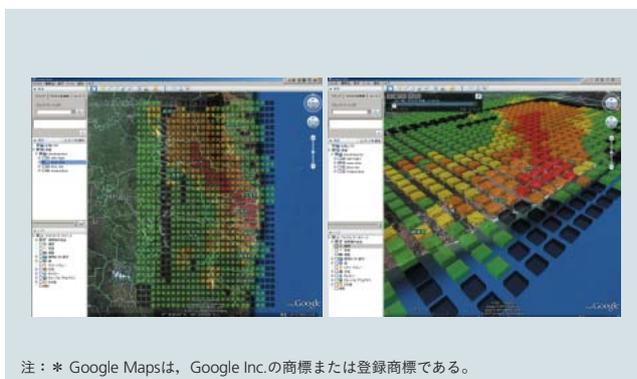
防衛用途を例にとると、目標を撮影した映像だけではあまり意味を持たない。目標がいつ、どこで撮影されたかを正確に知る必要がある。この小型無人航空機システムでは画像を伝送する際に、撮影時間、撮影位置、機体の姿勢、およびカメラの傾きなどのさまざまな情報を同時に伝送している。一方、地上装置側には地表高度データを持つデジタル地図が実装されているため、カメラの撮影エリアや目標の位置が算出できる(図4参照)。この位置の算出が正確で迅速なほど、次のミッションが効果的に実行できる。

一方、環境計測の分野では、計測した情報の可視化ニーズも高い。一例として、放射線量率計のような環境センサーを小型無人航空機に搭載した場合の可視化例を図5に示す。計測した情報を効果的に可視化することで、取得した情報の把握が容易になる。

そのほかにも、複数の撮影画像を地図上に逐次貼り合わせて最新の広域画像を作成する画像貼り合わせ(モザイクキング)技術や、連続撮影画像から移動目標を自動検出し、目標の位置、移動方向、速度を算出する移動目標自動検出技術を開発中である。情報解析の自動化・可視化技術は、特に発展が期待されている技術であり、開発を推進している。



図4 | 目標位置の算出例
撮影画像で指定した目標の位置座標を算出し、地図上に目標情報を表示する。



注：* Google Mapsは、Google Inc.の商標または登録商標である。
図5 | 環境情報の可視化例
計測した放射線データをGoogle Maps*上で可視化した例を示す。可視化により、情報が視覚的に把握できる。

3. 納入実績

日立グループは、陸上自衛隊の装備品として、UAV(近距離用)JUXS-S1の初号機を2011年2月に納入し、2012年6月現在、16機を納入済みである。

UAV(近距離用)JUXS-S1は、小型無人航空機と地上装置で構成されている。大きな特長は容易な運用性であり、2名の人員によって携行し、運用が可能である。

小型無人航空機は、翼幅約1.5 m、質量約4 kgと小型軽量である。手投げ離陸や狭いエリアへの着陸を実現し、離着陸には特別な装置・施設を必要としない(図6参照)。携行時には分割することができ、コンパクトに収納可能である。情報取得用のセンサーは、可視カメラなどが用意されている。

地上装置も同様に、携行可能な収納状態にすることができる。小型無人航空機の飛行時は地上装置を展開し、取得した情報の表示や目標の探知などの処理が可能となる

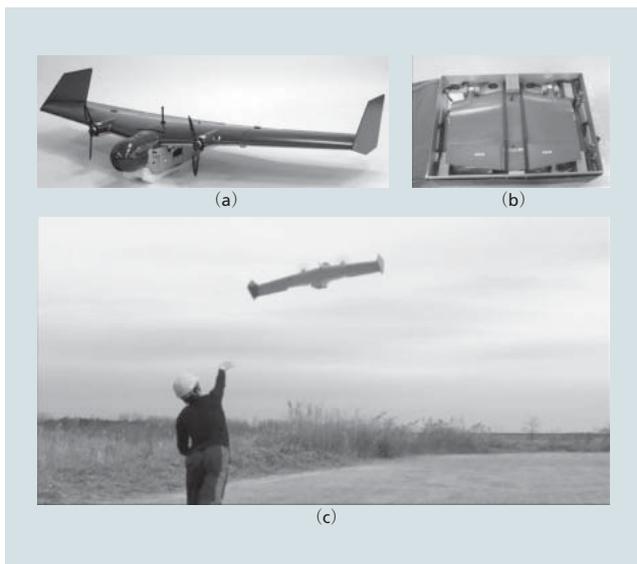


図6 | UAV(近距離用)JUXS-S1の外観と手投げ離陸の様子
機体は小型軽量であり、少人数での携行・運用が容易である。組立時を(a)に、収納時を(b)に示す。手投げ離陸(c)も実現し、離着陸に特別な装置・施設を必要としない。



図7 | 地上装置の収納・携行時および展開時の外観
地上装置は胴体と同様に、小型軽量である。小型無人航空機からの情報は表示部によって確認することができる。

(図7参照)。

危険な領域に人を投入しなくても済む無人機分野の効果は極めて高いことから、防衛分野だけでなく、さまざまな分野で無人機化への動きがますます加速すると考えられる。日立グループは、引き続き小型無人航空機分野に注力し、「空中の賢い目 (Smarter eye of the sky)」としての役割の一翼を担っていく。

4. 今後の取り組み

小型無人航空機に限らず、さまざまな無人機により高い機能・性能が要求されるとともに、多用途化が求められている。

日立グループは、UAV (近距離用) に代表される翼幅1.5 m無人航空機以外にも、翼幅4 m無人航空機、係留型無人航空機などを開発している。

翼幅4 m無人航空機は、翼幅1.5 m無人航空機よりもシステムを大型化し、航続時間、航続距離を格段に延伸する。適用場面は、離島の監視や被災した原子力発電所の撮影のような、遠く離れたエリアの長時間監視・観測を想定している。

係留型無人航空機は、飛行中も地上装置と常時無線(電源ケーブル、通信ケーブル)接続しており、長時間上空に滞空することができる無人航空機である。適用場面は、災害時における被災地の通信インフラ、イベント時などの一時的基地局、高い障害物に囲まれた不審なエリア内の長時間監視などを想定している。

このように多彩なラインアップをそろえることで、用途に適したシステムを提供できる。

5. おわりに

ここでは、日立グループの小型無人航空機システムの特長と納入実績、および今後の取り組みについて述べた。

現在は防衛分野が主な市場であるが、それ以外の分野でのニーズも高くなってきており、世界的な市場の拡大も期待されている。日立グループは、今後も無人航空機技術、情報共有・解析技術など、さまざまな先端技術力とともに運用ノウハウを結集し、次世代小型無人航空機システムの開発に積極的に取り組み、安全・安心な社会の実現に貢献する。

執筆者紹介



池之座 将太

2001年株式会社日立アドバンスシステムズ入社、日立製作所 ディフェンスシステム社 装備システム本部 エンジニアリング部 所属
現在、小型無人航空機システムの開発・設計に従事



大津 文隆

1982年日立製作所入社、ディフェンスシステム社 装備システム本部 エンジニアリング部 所属
現在、小型無人航空機システムの事業企画・提案活動に従事



古川 徹

1989年株式会社日立アドバンスシステムズ入社、経営統括本部 経営企画部 所属
現在、日立アドバンスシステムズの経営企画に従事



佐藤 則道

1993年日立製作所入社、ディフェンスシステム社 装備システム本部 航空・通信システム設計部 所属
現在、小型無人航空機システムの開発・設計に従事