

マンガに登場する科学者キャラクターの類型分類

(国立情報学研究所) 藤吉隆雄

This study categorized Scientist characters in Science Manga, especially Science Story Manga, on 2 D plane. First axis is based on the specialist – generalist. Second axis is baby face – heal. This study focuses mainly Boys Comics (Shonen Manga) and consider the trends.

(National Institute of Informatics) FUJIYOSHI, Takao

科学マンガ(主として物語科学マンガ系)に登場する科学者像を、2つの座標軸により分類する。第1の軸はスペシャリストとゼネラリストの軸である。第2の軸は善玉と悪玉の軸である。主に少年マンガのキャラクターを分類し、その傾向を考察する。

問題と目的

マンガをシステム論的スキーマで分析する試みのひとつに伊藤(2005)がある。そこで提案されているマンガ総体モデルでは、マンガ作者、マンガ作品、読者はそれぞれジャンル平面(または同等の平面)を移動すると説明されている。また、マンガ総体モデルにはマンガ三体モデルが内包されており、マンガ作品の内部構造は、キャラ、コマ構造、言葉の三要素としている。伊藤は「統計的处理をすればこの理論の正しさがわかる」と主張するが、どのような統計処理をすれば良いのか伊藤は説明していない。そのため、そのジャンル平面は具体的には何を指すのか不明であった。

これに対して、ジャンルを少年マンガに、マンガ作品での注目要素をキャラの増減に限定して統計処理の方法を検討した研究として藤吉(2010)がある。さらに、ジャンル平面上の座標軸が何であり得るかの研究としては藤吉(2020)がある。

そこで、本研究では今まで検討が不十分であった座標軸としてステレオタイプを導入する。伊藤のモデルでいうジャンル平面(または同等の平面)を構成する2軸のうちの一つに、渡辺(2008)が手塚治虫マンガの調査で検討した善玉・悪玉の分類を導入する。他の一つには、スペシャリスト・ゼネラリストの軸を導入する。

以上の背景から、少年マンガの科学者キャラのステレオタイプに特定の傾向があるかを検討する。

方法

本報告では藤吉(2010)の調査による史料を、藤吉(2020b)の方法に準じて分類する。藤吉(2010)で抽出された168体の科学者類似キャラについて、その性質を次の6種に分類する。

専門深化的スペシャリスト、スペシャリスト、中庸型、ゼネラリスト、万能的ゼネラリスト、不明

このうち専門深化的スペシャリストから万能的ゼネラリストまでは、数直線上に並べてスペシャリスト・ゼネラリスト軸として扱える。

次に、同様に、その性質を次の6種に分類する。

確信の悪性、過失の悪性、中庸性、通常の良性、正義の良性、不明

このうち、過失の悪性から正義の良性までは、数直線上に並べて善玉・悪玉軸として扱える。」

本研究では主にこの2軸に科学者類似キャラを配置して検討する。

また、伊藤(2005)のモデルではキャラとキャラクターが区別されており、それを統計的に検討するために藤吉(2010)ではキャラクター性という分類を導入した。本研究でも、補助的にそのキャラ

ラクター性を用いることとし、次の 6 種に分類する。

主役級キャラクター、重要キャラクター、一般キャラクター、中間キャラ、単純キャラ、キャラ性なし

これも主役級キャラクターから単純キャラまでを、数直線上に並べてキャラクター性軸として扱える。

このように設定した座標軸に 168 体の科学者類似キャラを配置して、その傾向を観察する。

結果と考察

科学者類似キャラを、善玉・悪玉軸ースペシャリスト・ゼネラリスト軸に配置してみると、スペシャリストで中庸性に多くのキャラが集まっている。これは、科学者キャラかつ医師類似キャラが集合しているものである。これらの医師類似キャラは、キャラ性分類ではほとんどが単純キャラであるのが特徴となっている。学会に参加している聴衆として描かれている者であり、ストーリー上ではほとんど背景の役割しか果たしていない。

そこで、この結果から単純キャラを除いてみると、善玉キャラはゼネラリスト、悪玉キャラはスペシャリストとして描かれている例が多いように観察される。

結論

観察された結果はスペシャリストの科学者が悪玉として描かれる傾向が見て取れ、特定の領域の科学者が悪玉として描かれる可能性が示唆された。また、悪玉が科学を使う時には合目的的に特定の科学技術を使っているのみであり、善玉は科学の全領域(または多領域)を駆使して悪玉と戦うという構図が示唆された。

以上より、少年マンガの科学者キャラのステレオタイプには、善玉はゼネラリスト、悪玉はスペシャリストとして描かれる傾向があるとの結論を得た。

本研究はパイロットスタディであるので手法的な限界がある点を 2 つ付記しておく。

第 1 には善玉・悪玉の分類がある。「勝てば官軍」の言葉に代表されるように、正義は相対的なものでしかない。そのため、本研究での善玉・悪玉の分類は、単なる勝者側・敗者側という分類を恣意的に言い換えているだけの可能性がある。

第 2 には読みの揺らぎの問題がある。属性の検討には、個人的主観を排するために複数、できれば多人数で判定する方が良い。しかし、本研究では筆者一人で判定しているため、ある特定の傾向に偏って判定されている可能性がある。

参考文献

伊藤剛、『テヅカ・イズ・デッド ひらかれたマンガ表現論へ』、NTT 出版、2005

藤吉隆雄、「少年マンガのキャラクターに見る科学の表象」、日本マンガ学会第 10 回大会、2010

藤吉隆雄、「科学技術を扱うマンガのマンガ表現総体モデル上での座標平面の検討」、日本サイエンスコミュニケーション協会第 9 回年会、2020

渡辺政隆、『一粒の柿の種ーサイエンスコミュニケーションの広がり』、岩波書店、2008

幼少時からの自然科学教育の試み

—幼稚園からの実践報告—

(NPO 法人 Science and Art, 早稲田大学) ○安井万奈
(NPO 法人 Science and Art, 東京都市大学) 森田直樹・萩谷 宏
(NPO 法人 Science and Art) 今関沙和・伊野 航・吉村 風

Attempt of natural science education from childhood (practical report from kindergarten)

(Science and Art (NPO), Waseda Univ.) ○Mana Yasui

(Science and Art (NPO), Tokyo City Univ.) Naoki Morita, Hiroshi Hagiya

(Science and Art (NPO)) Sawa Imazeki, Wataru Ino, Kaze Yoshimura

Abstract: More than 20 years have passed since the subject of science was replaced by life science in the first and second grades of primary school. Although it is unclear whether the loss of science subjects is a factor, there is now a growing concern that students are not taking science courses in university entrance examinations. If, as a child, you were surrounded by rice fields and could play freely in the sea and rivers, you would probably develop a scientific mind and your talent would flourish, but this is not the case in a big city. However, this is not the case in the big city. In order to raise children who love science, we believe that it is necessary to create an environment where children can be exposed to science from at least kindergarten age. Science and Art (NPO) has been running a natural science class for young children at Buddy Sports Kindergarten. In this article, we will report on how we ran the class, its effectiveness and the challenges we faced.

Keywords: Early Childhood Education; Natural Science Classes in Kindergarten; Feedback from Young Children

小学校の1、2年生で理科の科目が生活科に変わってから20年以上が経過した。理科の科目がなくなったことに要因があるかは不明だが、今頃になって大学受験における理系離れが問題視されている。現在大学で理系に所属している大学生・大学院生に質問をもちかけると、かなり多くの学生から「自分が理系だと感じ、ずっと理科を勉強したいと思ったのは幼稚園の年中・年長から小学校の低学年であった」との答えが返ってくる。子供の頃、家の周りを田畑で囲まれ、海や川で自由に遊び回れる環境にあれば、放っておいても理科の心が育ち、その素養が花開くこともあろうが、都会での生活ではそうはいかない。特に近年は防犯の面でも子供を野外で自由放っておくことは難しくなっている。東京で活動する我々にとって、理科を好きな子供たちを育てるには、少なくとも幼稚園の年中の時点から理科に触れられる環境を作ることが必要であると考え。NPO 法人 Science and Art では、世田谷を中心として関東に7箇所の園舎をもつバディスポーツ幼児園の幼児を対象に自然科学教室を行ってきた。設立から5年が経過したことを機にその運営方法、効果、課題について報告する。

活動の詳細

幼児小学生向け自然科学教室開催概要。

場所: バディスポーツ幼児園(1982年開園、理事長: 鈴木威)(開催地: 世田谷(船橋、芦花)、江東、豊洲、4カ所の園舎)年少は体験クラスのみ、年中(ミドル)4クラス、年長(シニア)4クラス、小学校1年生2クラス、小学校2年生1クラス、小学校3年生1クラス。ほかに、夏休み特別クラス

幼稚園児・小学生向け10講座/年開講。定期的に開催している幼稚園での自然科学教室の時間割を表1に示す。

他にも各種イベントにて自然科学教室を実践。

準備は主に同日の午前に行っていることと、通常保育が

終了してからの開講になるため、午前には特にクラスの予定を入れていない。

時間	月	火	水	木	金	土	日
10:00							
11:00						小3	不定期イベント
12:00							
15:00							
16:00	ミドル	ミドル		ミドル	ミドル		
17:00	シニア	シニア		シニア	シニア		
18:00	小1	小1		小2			
19:00							

表1: バディスポーツ幼児園における自然科学教室の時間割例(年度ごとに変更あり)

プログラムについて

プログラムの構成は、自然科学を都会の子供に意識してもらいたいという理念のもとに、季節に重点を置くよう心がけている。また、保護者らのニーズに応えるために、物理・化学・生物・地学の 4 つの分野を念頭において、プログラムを作っている。現在オリジナル・改変を含め 200 ほどのテーマを準備しているが、これらの子供の理解度と興味により、どれを行うかについては臨機応変に組み立てている。

幼稚園児を指導する上での問題点と工夫

幼児向けの教室を行う上で以下の 4 点が問題として挙げられる。本発表においてはこれらに対してどのように対処しているかを紹介する。

- ・幼稚園児を長時間座らせること。
- ・園児同士が喧嘩したときの対処。
- ・危険な道具を使用する時の安全について。
- ・長時間あきさせない工夫。

子どもの目線とそれによって気づかされること

幼稚園児に自然科学を教えられるのだろうか、と思われるかもしれないが、実践している我々としても考えていたよりはるかに多くの発見があり、子供たちの目を通した自然科学のありように驚かされることが多い。

例：子供は恐竜が大好きで、博物館や夏休みのイベントで恐竜の骨格標本を見に行っては興奮して帰ってくるが、幼稚園児の中で恐竜の骨と恐竜が同じものではないということを知り愕然とした。「骨に肉が付いた状態がこの恐竜のイラストであって、骨はその中の芯の部分であり、骨の状態で生きて歩いていたわけではないんだよ！」実際に何歳くらいから、恐竜の化石(骨格標本)と生きていた頃の姿が本当は同じものであるとわかってくるのかは、はっきりとはわからないが、多くの幼稚園児が復元図の意味をわかっていないことに驚かされた。この他にも観察、図鑑、推理、子どもからのフィードバックについて報告する。

保護者の反応

子どもの心をつかめたとして、最初の懸念は保護者にそれが伝わるかどうかである。(教室として運営している以上、成果を期待している保護者も多い。)これらの解決策として、保護者とのやりとりを交換ノートとして行っている。その日に行ったことをプリントで貼り付け、家庭でもできる関連事項を書くなどその後の発展にも配慮・工夫をしている。親からの反応は、教室のコンテンツを吟味するのに非常に役立っている。

今後の課題—考えさせる学習への移行—

幼稚園児は楽しませることで自然科学に対する事象に興味を持ち、理科に対するハードルを下げられることができたが、現段階では与えられるものに取り組むことに主軸をおく指導である。今後、事象に関して自分で疑問を持ち、自分の力でそれを解決するという”流れ”を子供たちに自然に持たせられることを目的として、段階的に誘導していく必要がある。すでに何人かの園児は、好奇心から、指導している内容以上のことをしたり、混ぜたり振ったりなどの行動における時間や大きさなどのパラメータを独自でさまざまな方向に振ることで、こうやった場合はどうなるのだろう？という疑問を解決するなど、将来が楽しみな行動を見せている。勉強に変わったとたんに急にやる気をなくす事が無いよう今後も“楽しむ”方向に持っていけるよう行動や言動を見守っていく必要があると感じる。



図1:幼稚園での実験の様子。炭酸ガスの科学。

謝辞：本事業を行うにあたり、事業初期の頃より本活動に多大なるご理解をいただき、活動場所及び機会を提供していただいたバディスポーツ幼稚園 鈴木威 理事長に深く感謝いたします。

「豚のヒレはどこの肉？」「進化を味わう」食育と理科

—実践報告—

(NPO 法人 Science and Art, 早稲田大学) ○安井万奈
(NPO 法人 Science and Art) 今関沙和・伊野 航・吉村 風
(NPO 法人 Science and Art, 東京都市大学) 森田直樹・萩谷 宏

"Where is the pork tenderloin?" "Taste the evolution" Food education and Science(practical report)
(Science and Art (NPO), Waseda Univ.) ○Mana Yasui
(Science and Art (NPO)) Sawa Imazek, Wataru Ino, Kaze Yoshimura
(Science and Art (NPO), Tokyo City Univ.) Naoki Morita, Hiroshi Hagiya

Abstract: Science and Art (NPO) regularly dismantles piglets to learn about the parts of the pig that are sold in supermarkets, such as fillet, loin, belly, thigh, etc., through practical training in myology. Each part of the pig is cooked and the students are encouraged to think about the function and taste of the muscles. We also compare various edible organisms, tracing their evolutionary lineage, and consider what evolution means through taste.

Keywords: Myology workshop; Food education; Anatomy; Evolution of edible creatures; Tasting and impressions.

概要:

NPO 法人 Science and Art では定期的に食用の子豚を丸ごと一頭解体しながらその「ロース」「ヒレ」「バラ」「モモ」などの部位について筋肉の役割を学習した後、調理して食べるという食育活動を行なっている。また、進化の系統を辿りながら様々な素材を味わうことで「進化とはなにか？」について味覚から考える試みも行った。

はじめに

私たちが食べている様々な食材は、元は生き物であり、それぞれが進化の歴史を持って今に至っている。しかし、私たちはその事実にもあまりにも無関心で、スーパーに並ぶそれらの品を、好き嫌い、栄養、価格などの要素で購入し調理して食している。

豚の「ヒレ」とか「ロース」とかどこかわかる？ こう聞かれて確実にどこの場所の肉であるかを答えられる人は多くないであろう。そして「カエル」が魚と鳥の中間の味がすると聞いて、食べてみようと思いそれが簡単に食べられる機会も多くはない。この試みではそれらの疑問を解決して、自分たちが食べているものと、その味の仕組みについて考える機会を提供したいと考えた。

子豚の筋学実習

本実習のために、食用として販売されている内臓を抜いて毛を処理した子豚を一頭購入した。価格は2〜30,000円。4〜5kg。冷凍で届くため、解凍に1〜2日かかる。実習の時間にちょうど良く解凍するタイミングが難しい。

皮がついた状態では中の筋肉が見えないので事前の準備として、解剖の心得のある学生に子豚の皮を剥いてもらう。豚の油で解剖用のメスが切れづらくなるので、メスはいくつか用意する必要がある。足首などの複雑な場所の皮は時間がかかる上に綺麗に解体出来ないのであえて外さない。同様の理由で頭は外さない。準備ができれば全員が講師として呼び出した元東京



図1: 子豚の筋学実習で使用した内臓を抜いて毛を取った食用の子豚

大学医学部解剖学教室の犬塚則久博士による豚の筋学の講習を受ける。その後、子豚の部位を次々と解体し、スーパーで売られている豚肉が豚の身体でどのように機能していたかを学習する。部位ごとに皿に乗せ、それぞれを塩のみで調理して、筋肉の役割と味に関係があるかをそれぞれが体験する。



図2:豚の筋学、進化の系統樹の講義の様子(左)、子豚の解体の様子(右)

進化を味わう

進化の系統樹に沿って「クラゲ」「ナマコ」「ホヤ」「ヤツメウナギ」「シヤケ」「サメ」「カエル」「ワニ」「ニワトリ」「豚」「牛」「謎肉(クイズ)」を準備し。それぞれを一口サイズに加工し、塩のみで調理した。材料の入手は品揃えの良いスーパーとインターネット、特殊な店舗等にて、数日前から当日にわたり行った。それぞれの食材を進化の順に列に並べて各自紙皿に乗せて食す。最初に全員が一通り食したのち、何度でも食材が残っている限りリピートして味を確認した。

結果と効果

参加者は、子豚の身体の中に様々な筋肉が存在しており、それが全て解体して見られること、それがスーパーで売っている部位と同じものであることを頭の中で繋げるのに忙しいようであった。味に関しては、子豚であることから、まだ脂身がついておらず、いずれの箇所も淡泊な味わいであるため、味での区別をつけるのは難しかった。解体は子豚・試食は成豚で行うべきか検討している。

進化を味わう試みに関しては、日頃食べつけないものも多かったため、奇妙な味の方に興味が向き、比較というより、味そのものに対するコメントが多かった。肉の味は進化も重要かもしれないが、その生き物が普段食べているものに関係しているのではないかという推測も出るなど、活発な議論が行われた。まず、この試みは3年前に行ったものであり、開催に関して covid-19 感染症の影響は受けていない。今後このようなイベントを行えるかどうかはこれからの感染の状況によると考える。



図3:進化を味わう。系統樹に沿った食材を並べた皿。

謝辞: 本企画に講師としてご参加いただきました、元東京大学医学部解剖学教室犬塚則久博士の技術と知識に深く感銘するとともに、NPO 法人 Science and Art にいつも深いご理解をいただけていることをこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

サイエンスコミュニケーションの実践的な工夫

—COVID19 防止策を行いながら—

(特定非営利活動法人 くらしとバイオプラザ21) ○佐々義子
(赤門小規模保育園) 久具山圭子
(港区立みなと科学館) 福島郁子

Practicing device of science communication-Under COVID19 prevention

(non profit organization Life-Bio plaza 21) Yoshiko Sassa
Akamon small-scale nursery school Keiko Kuguyma
(Minato Science Museum) Ikuko Fukushima

Abstract: Under COVID19 prevention, some Science classroom for children were held by On-line or meeting at science museum and so on. The number of participants was reduced, all of tools were sterilized and protocols were reconsidered to make time short. At the end, better method and better explanation for children were obtained.

Keywords: Science communication, covid 19 prevention, Online activity

はじめに

新型コロナウイルス感染症拡大の中、多くのサイエンスコミュニケーションが実施できなくなった。そこで、オンラインで実施した事例、対策を講じながら実施した事例を紹介し、それぞれのメリット、デメリットを整理した。制限の中で実施するために、実験内容をみなおすなど、新しい知見をえることができた。

1. オンライン開催

(1) プライバシー保護と安全確保

画面に顔や名前がでるので、本名以外の名前に変更してもらったり、顔を出したくない人はカメラをオフにしたりするなどの説明を行う必要がある。背景も映り込んでしまうことも予め、説明が必要。

参加者がカッターや包丁などは使わないようなプロトコルを考案したり、パソコンのそばで水を使う実験をして水をこぼしたりしないように、実験道具をトレイに入れたり、キーボードには配布した大きめのビニール袋をかけたりするなどの注意を促した。

(2) 事例1 キッチンサイエンス

参加しやすくなるように、材料や道具を事前に配布するか、どこの家庭でもある物だけを資料にするかを決めてから計画を立てた。給食施設がない場合は食材を衛生的に計量ができないので、事前に各参加者に材料を購入するように依頼した。

加熱調理時の安全確保、飽きないように時間は1時間以内にして、間に人形劇などをいれて関心を喚起した。

(3) 事例2 遠隔実験

紙の顕微鏡を組み立てて、自分でつくったプレパラートを観察する実験、紫芋粉末の溶液を使った酸アルカリ実験を行った。紙顕微鏡では、複雑な作業をすませたキットを配布して阿知賀ええ

組み立てないようにしたり、酸アルカリ実験では、参加者と配信者の作業が同期しやすいように、同じ敷き紙の上に道具を並べたりして実験を行った。

2. 対面での親子バイオ実験教室

(1)自治体と会場のルールの確認

公立科学館などは所管の自治体のルールに従うので、自治体のルールを確認して、実施する日はどのようなケースに該当するかを予め確認した。

(2) 衛生管理

参加者には、体調管理、検温、連絡先記入、手指消毒、マスク着用、とご協力いただいた。

講師、スタッフも参加者と同じように体調管理に努めて実験教室に参加した。

実験台ごとにひとり、または親子一組がすわって、実験台内で実験を完結させ、道具の共同使用はないようにした。

着席位置も他人同士が向かい合う事ができるだけないように配置し、向かい合う場合も 2m 以上（実際には 3m 弱）間が空くようにした。

器材はできるだけディスポを使い、消毒して使いまわさないですませるようにした。

関係者で入室できる人は決めておき、役割のない関係者の見学は行わなかった。

(3) 実験内容の検討

実験台ごとにひとり、または一家族として、実験台ごとに完結するようにした。実験教室の時間を短縮するために材料や使う道具を変えて、簡潔に行えるプロトコルに変更したりした。2020 年度はエタノールが入手しにくかったので利用する量を減らすためにスケールを小さくした。

3. まとめ

新型コロナウイルス感染症対策としてオンライン、対面でいろいろな工夫して実験教室を行った。オンラインになったり、時間を短縮したりしたためにできなくなったこともあるが、手順をみなおすきっかけになるなどの得られたことも少なくなかった。今後、対策が不要になってもよいところをとりいれていきたい。全国から参加できることも大きな利点であった。

科学演示論争を科学する～浮力がうまれる、自転車をこぐ、飛行機が飛び～

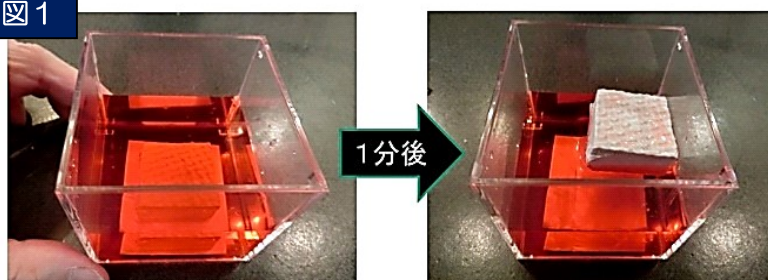
夏目雄平（千葉大学国際教育センター）

理科教育界、科学演示の場ではいくつかの論争がある。ここでは、

- 1 「浮力」はいつどうやって「発生」するのか？
- 2 自転車を足でこぐと進むのはなぜか？
- 3 飛行機が浮き上がるのはどうして？

という代表的なテーマについて、その論争を紹介する。そして、論争のテーマにおける科学コミュニケーションとしての対処について考える。

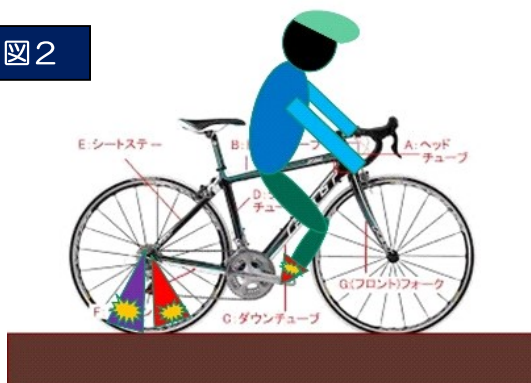
図1



■ 1 浮力；実験例を示す。図1のように、超はっ水テープを貼った容器に軽い（水より密度が小さい）物体を押し付けながら水を注ぐと、押し付けをはなし

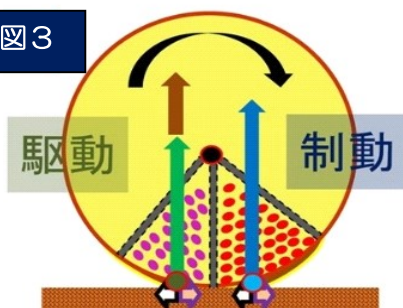
ても底から離れない。しかし、約1分後に物体は浮かび上がる。物体の底にある空気（低圧になっている）の層に周辺から水が浸透してくるためである。物体の底で水が「連結性」を持ったためとも言える。このような「浮力の発生」現象では何を「浮力」と考えるかで論争が起こる[1,2]。

図2



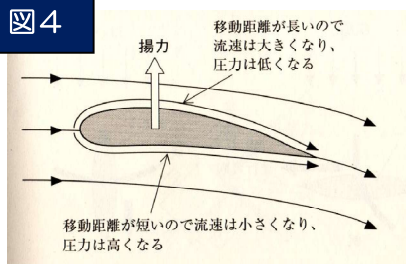
■ 2 自転車；図2のように人間が足でこぐと言うのは何をしているのだろうか[3]？ 車輪はこころがないといけない。それには、図3のように剛体と扱わないで粘弾性体として、弾性的な収縮とその反発を考えるべきである[4]。車輪の前方側が収縮、後方側がその反発としての膨張である。人間はそれを助ける働きを（粘弾性体の）筋肉でしている。当然、車輪と地面の接点は複数である。そこでは静止摩擦的なピン止め効果が働い

図3



ている。エネルギーは足の筋肉、足首、ペダル、チェーン、車軸、スポーク、タイヤ-----と伝わってくるが「力」で途中のプロセスを表現するのは難問である[5]。そのため「摩擦力に動いた距離を掛けてえられる『仕事』の概念」などが論争のマトとなっている。

図4



■ 3 飛行機；これは上に持ちあげる揚力の発生のメカニズムの問題である。よくある図4のような18世紀に作られたベルヌーイの定理に基づく翼の上面と下面での滑らかな流線の速さの差だけでは結果の記述だけであって説明が不十分である[6]。子ども達におなじみの薄い翼を持った紙飛行機が飛ぶことも示せない。そこで、航空工学の専門家も巻き込んで多くの論争が沸き沸き起こった。ここでは、20世紀初頭に作られたクッタ・ジュコフスキーの定理が必要である[7]。図5のように、翼の周りの空気の流れの形成には循環（渦）の発生が必須である。演示では図6（イベント会場の写真）のように円柱を回転させて

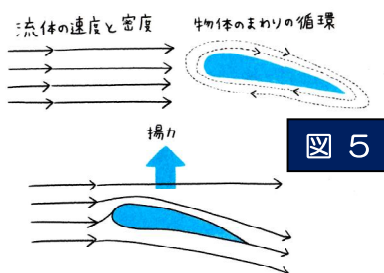


図5



図6



図7

出来る。

★科学コミュニケーションで用語の定義を伝えることは重要であるが、それがそのまま科学の本質とは言えない。一般的に使われている定義には必ず限界がある。そのため、その不完全さを追究することが、次なる研究（深い理解の段階）に進む手がかりにもなっている。そこで、現場では「ほんとうのところは何が起きているのか？」という本質をまず説明してから、一般的な用語の定義を紹介することが探究的な深いコミュニケーションになるであろう。

- [1] 夏目雄平、「理科の探検」（SAMA 企画）2021 年 8 月号。図1は p.120 の図。
- [2] 夏目雄平、「やさしい化学物理～化学と物理の境界をめぐる」（朝倉書店）。
- [3] 図2は <https://www.qbei.jp/info/bicycle-maintenance/358> に著者が追記した。
- [4] 夏目雄平、「理科の探検」（SAMA 企画）2016 年 10 月号。図3は p.55 の図。
- [5] 夏目雄平、「やさしく物理～力・熱・電気・光・波」（朝倉書店）。
- [6] 日本機械学会編、石綿良三、根本光正「流れの不思議」（講談社）図4は p.160 の図。
- [7] 大西光代分担執筆『流体の章』、左巻健男編著「始まりから知ると面白い物理の授業（山と溪谷社）に収録、図5は p.237 の図。
- [8] 図7は <https://chemeng.web.fc2.com/ice/pche09.html> のもの。