

国際 ICT 利用研究学会

国際 ICT 利用研究  
研究会講演論文集  
第 3 回

2018 年 3 月 18 日)

@立正大学 品川キャンパス

### 第3回 国際ICT利用研究学会 研究会

下記のように第3回研究会を開催しますので、ご案内申し上げます。

本研究会の講演論文集は後日 OnLine edition: ISSN 2432-7956 として Web 上に置きます。

また、会員により発表された内容で査読を経た論文については、Transactions of the IIARS (IIARS 研究会論文誌) に掲載します。

山下倫範 (立正大学)

日時 2018年3月18日(日) 13:00-17:00

会場 立正大学 品川キャンパス 11号館8階第6会議室(会場へのアクセス)

※当日は、山手通り側の入り口は閉鎖されています。大崎警察署脇の峰原坂を少し上がったところにある正門入り口から迂回して3階からエレベータにてお越しください。

参加費 無料

#### プログラム

13:00 開会の挨拶 上山俊幸(千葉商科大学)

第1セッション(13:05-14:05, 座長 福田真規夫(太成学院大学))

13:05-13:20

○木川明彦(宮城大学)

デジタルフォレンジックを題材とした授業構想

13:20-13:35

○高橋和希, 佐久間貴士(高崎商科大学)

マーケティングフレーム 3C を採用した観光支援アプリケーションの開発(仮題)

13:35-13:50

○田中雅章(ユマニテク短期大学)

紙芝居を活用したプレゼン習得の試み

13:50-14:05

○次郎丸沢(OME)

国際バカロレアと日本における化学教育の比較

14:05-14:20

○岩永直樹, 鎌田光宣(千葉商科大学)

アンケート調査から見た日本におけるeスポーツの課題と展望

14:20-14:35 休憩

第2セッション(14:20-15:20, 座長 宮田大輔(千葉商科大学))

14:35-14:50

大島悠平, 富安泰成, ○奥原 俊, 武藤晃一(藤田保健衛生大学)

学習への動機付けが視線に及ぼす影響の調査

14:50-15:05

○今井 優 (立正大学 (外部研究員))

pix2pix による空中写真を対象とした土地被覆分類の試み

15:05–15:20

○白木洋平, 大石悠平 (立正大学)

高空間分解能衛星を用いたアオサ分布の判読に関する一考察 – 千葉県谷津干潟を例として

15:20–15:35

○福田真規夫 (太成学院大学)

AI の基礎を教育しよう

15:35–15:50 休憩

第3セッション (15:35–16:35, 座長 佐久間貴士 (高崎商科大学))

15:50–16:05

田巻櫻子, ○田中敏幸 (慶應義塾大学)

Wi-Fi および端末センサ情報を用いた3次元屋内位置測位手法の検討

16:05–16:20

○宮田大輔 (千葉商科大学)

Euler 関数の拡張とその計算

16:20–16:35

○Jiro SUZUKI (Shinshu Univ.)

Note on the Lehmer totient function problem

16:35–16:50

○鈴木治郎 (信州大学)

長野県は長寿県か? – 生命表から見る長寿県 –

16:55 閉会

# デジタルフォレンジックを題材とした授業構想

木川 明彦<sup>†</sup>

<sup>†</sup>宮城大学大学院 事業構想学研究科

キーワード：デジタルフォレンジック、情報セキュリティ、フォシリテーター、当事者意識

## 1 はじめに

昨今、情報セキュリティに関する適切な知識や感性は、社会人として身に付けておくべき必須のスキルと言える。しかし一方で、情報セキュリティ対策自体が生産性を生む行為でないためか、担当者のみがしっかり理解していればいいという意見や考え方が少しばかり存在していることも事実と考える。このことは、何を意味しているのだろうか。近年の報告では、情報セキュリティに関する「担い手不足」がよく耳にされる。平成28年度からIPAが実施している「情報セキュリティマネジメント試験<sup>1</sup>」は、ITパスポート試験の上級試験として、ITを利活用する全ての者を対象に、情報セキュリティマネジメントを担う人材育成を推進していくため実施されているものである。このことは、情報セキュリティに関する実務を担当技術者のみのこととして扱わず、ユーザーサイドにも少し踏み込んだ学習が必要であるということを示唆していると考えられる。

こうした背景のもと、デジタルフォレンジック(以下、DF)を用いた教育の構想は、情報セキュリティに対する知識や感性に具体性を持たせることができるきっかけになるのではないかと考える次第である。従って、本稿では「情報セキュリティ教育」といった文脈の中で、利活用、その展開を試みる。具体的には、文献の調査から、DFの実施手順、分類を俯瞰し、情報教育への利活用、方法、アプローチを考察する。

<sup>1</sup>IPA 「<https://www.jitec.ipa.go.jp/sg/about.html>」  
情報セキュリティに関する経営課題を「技術面の対策」の視点だけでなく、「人による管理面の対策」の視点からも捉え、その能力開発・啓発活動を実施している。

## 2 デジタルフォレンジックの概要

DFとは、元来、警察や検察といった法執行機関における「犯罪の立証のための電磁式記録の解析技術およびその手段<sup>2</sup>」であり、不正や隠蔽、事件が起きた場合の法的な証拠物として、フォレンジックサイエンスの中から登場してきた手続きの総称である。そうした意味からも「デジタル鑑識」と呼ばれる場合が多い。

近年、DFが重要となってきた背景として、「デジタル化の進展」やそれに伴った「コンピュータ犯罪の増加」、国民の権利意識の増大に伴う「民事訴訟の増大」があると報告<sup>3</sup>されている。また、昨今では、DFをこうした機関のみでなく、広く一般化し、一般企業での利活用も試みられている。そういった背景から見れば、上記の定義付けは極めて犯罪性・違法性が高い場合のみを想定したものとなってしまう、本稿の趣旨と反する。そこで本稿では、「種々のインシデントが発生した際に、将来行われうる裁判で証拠として使用できるようにするための電磁的記録の収集や分析の技術およびその手順<sup>4</sup>」という定義を用いたいと考える。

### 2.1 フォレンジック調査の分類

DFの分類軸としては、①調査手順による分類、②実施主体による分類、③想定される状況による分類がある<sup>5</sup>。

<sup>2</sup> 警察白書から引用した定義である。他にもDFの定義に関しては、「NIST、デジタル・フォレンジック辞典、デジタル・フォレンジック研究会」など様々な団体が行っている。

<sup>3</sup> (編)佐々木良一『デジタル・フォレンジックの基礎と実践』より4頁

<sup>4</sup> (編)佐々木良一 上掲 3頁

<sup>5</sup> さらに、調査対象に伴う分類があるが、本稿では割愛す

まずは、①調査手順による分類である。手順に関しても報告主体によって微妙な差異があるが、大きく分けると以下ようになる。

[NIST<sup>6</sup>による調査の手順]

①収集 (事前調査を含む)	データの完全性を保護するガイドラインと手続きに従いながら、関連するデータを識別し、ラベル付けし、記録し、ソースの候補から取得する。
②検査 (データの復元を含む)	データの完全性を保護しながら、収集した大量のデータを自動的手法と手動的手法の組み合わせを使ってフォレンジック的に処理することにより、特に注目に値するデータを見定めて抽出する。
③分析	法的に正当と認められる手法および技法を使用して検査結果を分析することにより、収集と検査を行う契機となった疑問を解決するのに役立つ情報を導き出す。
④報告	適正な資料の作成。 分析結果を報告する。

企業にとって大切なことは情報漏洩があった場合、その要因が企業外部者によるものであったのか、企業内部者によるものであったのか、明確にすることである。それによって、調査の流れは大きく変化し、その後の展開が変化する。また、注意しなければならないのは、組織内のセキュリティーポリシーとの兼ね合い、法令順守の視点であると考え。他の報告書でも必ず言及されていることだが、DFの実施に関しては、情報技術の専

る。

<sup>6</sup> IPA による報告『セキュリティ関連 NIST 文書』  
www.ipa.go.jp/security/publications/nist/index.html

門家に加え、法的な知識を用いた専門家を含め、チームを構成しなければならないと言われている。また、平常時の実務を想定するならば、個人のプライバシーとの兼ね合いも生じてくると感じられる。現在、個人で扱うログの量は膨大となっており、社内のメール記録だけ取ってみても相当の量である。日常的に監視するものでないにしても、それに耐えうる環境を整備しておく必要があると考えられる。

次に、②実施主体による分類と③想定される状況による分類である。

②実施主体による分類

①法執行機関による実施	警察・検察・官庁など
②一般企業による実施	民間企業・大学など

③想定される状況による分類

①組織の規定などに違反した場合
②組織間の契約条項に違反した場合
③法律行為に違反した場合

まず「②実施主体による分類」である。本稿の趣旨は一般企業での利活用、教育現場での展開であるため、法執行機関による DF の手法には触れない。なぜならば、実施主体によって、想定される状況は違ってくると考えられ、それに伴い DF の手法も変化するものだと考えられるためである。壊れた情報機器からデータを抽出するのも DF の領域であるし、消されたデータを情報機器から復元するのも DF の領域である。こうした幅広い領域を精査することが次の展開に役立つものだと考える。

次に、「③想定される状況による分類」である。当然、訴訟に至らないケースもあるが、インシデントが発生した場合、ログの解析、検証は、組織の取り組みとして行わなければならないと考える。また、実際に訴訟になってしまった場合、民事訴訟か刑事訴訟の違いによって、証明責任の配分に違いが生じると考えられる。さらに、想定される

ケースとして、当事者となった場合、訴訟を「提起する方」と「提起される方」の両方の立場になることが考えられる。

以上のことを踏まえ、これからは、セキュリティ対策の一環として、DFの手法・手順を理解しておかなければならなくなると感じられる。上記の整理が何の意味があるかと言えば、いずれも訴訟や問題発生を前提に、それに耐えうる体制作りが今後より重要なものになるということである。

## 2.2 DFの民間企業での利用

向井ら<sup>7</sup>は、DFに対する必要性を民間企業へのヒアリング調査として報告している。興味深いのは、なぜ必要なのかという問いに対して、「情報セキュリティマネジメントのために」という回答が一番多く、違法行為が認められる場合において、「法的紛争時の対応のために」「行政や取引先との関係のために」といった理由が続くことである。これは、DFといったものが自社のセキュリティマネジメントに大きく影響するということを自覚している一つの評価になると考える。また、違った先行研究<sup>8</sup>においては内部監査に用いることができるのではないかと報告がなされている。このように、DFは、非日常的なものから日常的なものに変化していることが見てとれる。こうした知見をもとに、次の項目に入っていきたい。

## 3 大学教育の利活用

DFは、内閣官房情報セキュリティセンターからH26年7月に発行された「情報セキュリティ研究開発戦略」において16の重点分野の1つとなっている。しかし、佐々木<sup>9</sup>は「日本においては、①十分な技術力を持つデジタルフォレンジック技術者や研究者（中級—上級レベル）、ならびに、②デ

ジタルフォレンジック知識のある技術者（初級レベル）がいずれも不足しているといわざるを得ない。」と警告を鳴らしている。これに関連して、大がかりなDF教育を実施しているのが東京電機大学である。同校では、2015年度から希望者のみを集い、DF教育を実施したとの報告がある。カリキュラムは後述するが、難易度は、詳細は不明だが、前年度は大学院を対象としていたということも鑑み、中級・上級に該当するものと考えられる。また、筆者としては、こうした教育活動に対し、リアクションを求めている現状にある。

こうした教育の実践にはクリアしなければならない課題が多い。何より、教育の担い手の課題がそれである。他にも、時間的制約、能力的制約、環境的制約をクリアするには所属する学部・学群の理解が重要であり、これらの理解のもと、同校の教育が行われていることを忘れてはならない。

しかしながら、当事者意識の育成や担い手の育成、ファシリテーターの育成といった視点から見ると、非常に興味深いものであると考える。

【東京電機大学・2015年度実施カリキュラム<sup>10</sup>】

(1)デジタル・フォレンジック入門
(2)ハードディスクの構造、ファイルシステム
(3)フォレンジックのためのOS、Windows
(4)フォレンジック作業の基礎
(5)フォレンジック作業・データ保全
(6)フォレンジック作業・データ復元
(7)フォレンジック作業・データ解析1
(8)フォレンジック作業・データ解析2
(9)上記の演習
(10)ネットワークフォレンジック（攻撃法、マルウェア、ログの取り方）
(11)上記の演習
(12)代表的な対象におけるDFの方法1
(13)代表的な対象におけるDFの方法2
(14)法リテラシーと法廷対応
(15)デジタルフォレンジックの今後の展開
(16)学力考査と解説

<sup>7</sup> 向井徹,足立正浩「フォレンジックビジネス関連ビジネス動向」『日本セキュリティ・マネジメント学会誌23巻1号』(57-59p, 2009)

<sup>8</sup> 山内洋嗣・山田悠・他「デジタルフォレンジックの監査役監査への利活用可能性」『監査役 No.675』(50-56p, 2018)

<sup>9</sup> 第339号コラム「デジタル・フォレンジック人材育成カリキュラム等の検討」

<https://digitalforensic.jp/2014/12/01/column339/>

<sup>10</sup><https://digitalforensic.jp/wp-content/uploads/2017/02/community-13-2016-06-1sasaki-1.pdf>

## 4 DFを題材とした教育の構想

DF教育を実施する最大の狙いは学生に「当事者意識」を学習者に抱かせることであり、情報セキュリティといった漠然としたイメージに具体性を持たせることにあると考える。そうしたイメージの定着にはそれ相応の学習期間が必要であると考えられる。また、実施内容は学習者のレベルに合わせたものでなければならない。見込まれる効果としては、DFの一連の流れの中で、情報セキュリティの課題を見つめなおし、自身がどういった立場に置かれているのか見直す良い機会になると考えられる。

また、想定されるシチュエーションも多様である。情報漏洩一つでも、故意な情報漏洩はただの法令違反であるが、非意図的なインシデントには人為的なものか非人為的なものかの違いがあり、情報セキュリティ対策を考える上で非常に重要になると考える。具体的に示せば、人為的なものには、誤操作や管理ミスなどによる情報漏洩や喪失などのケースが考えられる。また、非人為的なものには自然災害により情報機器が破損してしまうケースが考えられる。こうしたことを、リアルに想像させ、情報セキュリティ教育を展開していくことが今後重要となってくると考えられる。

## 5 考察

上記のことから、DFを利用した情報セキュリティ教育への利活用を考察してきた。筆者はDF教育の実施を問題意識に対して一定の効果が認められると考える。しかしながら、実際にはDFを扱う講義は少なく、実施されているのは、情報セキュリティに関する講義の中での一コマ程度のものであると理解している。環境が整っていない現場でセメスターでの開講や特別講義で実施することは現実的に困難と感ぜられる。従って、佐々木らの研究成果、リアクションを待って体系化していくのが現実的な研究方法になるようにも感ぜられる。また、「学生の習熟度」や「対象となる学生の研究領域」によっても、実施可能な範囲、内容は変わってくるものだと考えられる。また、教育

の担い手の課題もある、情報科学の教員だけであっても困難な部分が生じてくるのは先に述べた通りである。問題は山積しているが、研究の視座として本稿をまとめている次第である。

## 6 結語

本稿では、情報セキュリティ教育において、どのように学習者に当事者意識を抱かせるかということを中心に論考してきた。DFは比較的新しい分野であり、今後より重要性を増していく情報技術の一つと考える。以前から、ゲーム理論を用いた情報セキュリティ教育などの存在があったが、DFはより現実的に実感できるものであると考える。広く推奨するためには、まだ整理、体系化が出来ていない部分が多く、筆者の研究不足を反省するところであるが、今後の研究課題として、本稿を締めるものとする。

今後も微力ながら、情報セキュリティ教育、情報教育に関する研究に一石を投じていきたいと考える所存である。

## 主要参考文献

- [1] (編)関西大学社会安全学部『事故防止のための社会安全学—防災と被害軽減につなげる分析と提言—』(2013, 関西大学)
- [2] 佐藤謙二「ITリテラシー教育の一環としての情報セキュリティ教育の要件について」『国土舘大学紀要情報科学第37号』(7-17p, 2016)
- [3] 川邊俊一・島田義孝・他「IoT・人工知能野高度化・普及に対応したデジタルフォレンジックのあり方の検討」『警察学論集第69巻5号』(54-76p, 2016)
- [4] (編)佐々木良一『デジタル・フォレンジックの基礎と実践』(東京電機大学出版局, 2017)
- [5] 山内洋嗣・山田悠・他「デジタルフォレンジックの監査役監査への利活用可能性」『監査役 No.675』(50-56p, 2018)

# 観光振興資源発掘を目的としたアプリケーションの開発

高橋和希<sup>†</sup>      佐久間貴士<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 高崎商科大学 商学部

キーワード：オタク，観光，3C，スマートフォンアプリケーション

## 1 はじめに

近年，スマートフォンの急速な普及に伴いアプリケーション（以下，アプリ）が多様化している。位置情報を利用したゲームアプリ「Ingress（イングレス）」を用いて観光振興の可能性についての調査を山田ら（2015）が行っている。その調査結果は「地域の魅力を提案することができるのはエージェント=観光者であることから、Ingress を通じた地域発掘の可能性の高さに観光振興としての将来性を期待できるのではないかと考えられよう。」<sup>1</sup>と報告されている。次に野村総合研究所オタク市場予測チームは高い専門性，独自の評価軸などを兼ね備えている事からオタクを事業戦略に活用できるのではないかと考え，活用案を提案している。その中に「商品やサービス企画の元ネタとして活用する提案」<sup>2</sup>という案を出している。

本研究では野村総合研究所のオタク活用提案と山田ら（2015）の調査結果を元にマーケティングフレーム 3C とその補助フレームを採用した観光資源発掘を目的としたアプリ開発と検証を目的とする。

## 2 アプリの仕様

オタクをアプリに参画させるためにオタク特有の情熱や消費性向を踏まえたマーケティングフレーム 3C (Collection, Creativity, Community) を採用した。3C だけでは製品の特性によっては効果が出づらい可能性があるため，補助フレームも同時にアプリ内に組み込むことにした。補助フレームについての詳細は図 1 に示す。

イベント (Event)
情報やアイテムの収集、自身の作品の披露を行う場所が果たす役割は大きい。インターネットの利用によって誰でもいつでも発表や情報収集をすることが可能になったが、バーチャルワールドの限界を補うために、リアルワールドにおいても特別な場が年に数回程度は用意されている。バーチャルに形成されたコミュニティのメンバーが 1 箇所に集まることによって、情報交換や仲間内の交流が促進されるといった効果もある。
聖地 (Holy Land)
それぞれのオタクジャンルには「聖地」と称される場所が存在する。「聖地」には 2 種類ある。1 つは憧れの製品が生産される工場など、訪れる事が難しいために聖地化したものである。もう 1 つはオタクの憩いの場である。たとえば秋葉原やメイドカフェなど、こちらは容易に訪れることができる場所である。
伝説 (Legend)
オタクにおける「伝説」とは、該当分野においてオタクの憧れとなる逸話を指す。伝説として語られるほどに道をきわめた人（聖人）や貴重な物にまつわるエピソードが多く、オタクにとって追及すべき理想像の具体例となっている。

図 1 3C 活性化のための補助フレーム  
(出典:野村総合研究所『オタク市場の研究』  
pp. 33-34 を元に作成)

本研究では補助フレーム内の主に「聖地」の要素を採用した。アプリを使用することによって起こるゲーム「外」ネットワーク効果を起こしやすくするためである。アプリを使用することにより

<sup>1</sup> 参考文献[1], 358 頁

<sup>2</sup> 参考文献[2], 35 頁



入手できる情報は、他人と共有したくなるような観光地特有の情報を組み込んでいる。アプリ内の流れを図2に示す。観光の隙間に発生する隙間時間内にアプリを利用してもらうことにより観光中にアプリを利用しても、その行動の邪魔にならないデザインとしている。

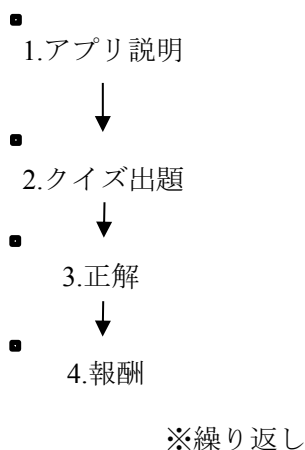


図2 アプリ内進行フローチャート

### 3 検証

開発したアプリが効果的に機能しているのかを確認する検証を行った。被験者にアプリを利用してもらい、ヒアリング調査に回答してもらうといった内容にした。ヒアリング調査の質問内容を図3に示す。被験者にはアプリを使用した後の行動面と心理面についての質問を行った。

- ① アプリの評価に関する質問
- ② ネットワーク「外」効果に関する質問
- ③ オタク因子に関する質問

被験者は高崎商科大学に通う学生10名である。

①	あなたはオタクですか。
②	アプリ内に収録されていた観光地の情報に満足しましたか。
③	アプリ内に収録されている問題数に満足しましたか。
④	本アプリの情報を共有しあえる集団へ入りたいと思いますか。
⑤	アプリ内に収録されていた情報を共有したいと思いましたか。
⑥	アプリ内に収録されていた情報を誰かに共有しましたか。

⑦	本アプリに他の観光地情報が追加されたら本アプリを再度利用しますか。
⑧	検証に関して簡単な感想をお聞かせください。

図3 ヒアリング調査質問一覧

### 4 検証結果と考察

本稿ではマーケティングフレーム3Cとその補助フレームを採用した観光振興資源発掘アプリの開発を行い、効果的に機能しているか検証を行った。検証結果としては被験者の9人が質問1に対して自分はオタクであると回答している。オタク因子に関する質問に関して、ほとんどの被験者がアプリに満足しているという回答が得られた。一部の不満足と回答した被験者はアプリ内のクイズの問題数に不満を抱いており、ゲーム部分の物足りなさを訴える被験者がいた。またネットワーク「外」効果に関する質問に関しては、誰かに情報を共有したいといった回答は得られたが、実際に情報を共有した（ネットワーク「外」効果を起こした）被験者は2人であった。被験者の回答の中に観光地への興味を示す回答が得られなかった。これらの回答の改善案として

- ・観光地へ興味を惹けるような仕掛けを増や
  - ・情報共有を促せるような仕掛けを増やす
- といった案が考えられる。

### 参考文献

[1] 山田浩義, 志摩憲寿, ”位置情報ゲーム「Ingress (イングレス)」を用いた観光振興の可能性に関する研究-横須賀市を事例として-“, 公益社団法人日本都市計画学会, 都市計画報告集 No14, (2016)

[2] 野村総合研究所オタク市場予測チーム, ”オタク市場の研究“, 東洋経済新報社, (2005/10/27)

[3] 田中辰雄, 山口真一, ”ソーシャルゲームのビジネスモデル フリーミアムの経済分析“, 勁草書房, (2015/5/25)

[4] 高橋和希, 佐久間貴士, ”マーケティングフレーム3Cを採用した観光支援アプリの開発“, 第2回国際ICT利用研究会全国大会公演論文集, pp.131-134 (2017)

# 紙芝居を活用したプレゼン習得の試み

田中 雅章\*1・神田 あづさ\*2・内田 あや\*3・大森 晃\*4

Email: m\_tanaka@jc-humanitec.ac.jp

\*1: ユマニテク短期大学 幼児保育学科

\*2: 仙台白百合女子大学 人間学部

\*3: 名古屋文理大学短期大学部 食物栄養学科

\*4: 東京理科大学

## ◎Key Words 教育法, 教授法, 教育方法と技術

### 1. はじめに

学生にプレゼンテーションの技術を習得させる一般的な方法は PowerPoint を使った方法が多い。この方法は PowerPoint でスライドを作成した後に発表を行う。この方法は、PowerPoint でスライドを作成する操作習得と PowerPoint でスライドを作成する時間に費やすため、本来の発表技術を習得するために余分な時間を要する。そのため、プレゼン技術の習得に多くの時間をかける方法を試みた。

学生が図書館にある紙芝居の中から一つを選び、それを実演することでプレゼンの発表練習をする。この時に PDCA サイクルと協働教育を実践することで、プレゼン教育の経過を報告する。

### 2. プレゼン習得プログラム

プレゼン習得プログラムの流れを図1に示す。①教授法の講義では、様々な教授法を到達させるための方法を解説した。しかし、座学講義だけではその内容を理解し、適切なプレゼンが実践できるまで内容を理解するのは容易な事ではない。そこで、後半は紙芝居を実演しながら前半で解説した教授法を体験することでプレゼン技術の習得を目指した。②紙芝居実演1回目では、授業担当者が紙芝居実演の見本を見せたうえで、受講学生全員が一人ずつ紙芝居の実演を行った。③紙芝居に関する講義では、紙芝居に関する歴史や紙芝居の演じ方を得る内容である。この講義では、紙芝居を日本で生まれ、独自の進化を遂げてきた文化財であり、単なる教材ではないと位置付けている。それを受けて、④紙芝居実演2回目、ふたたび受講学生全員が一人ずつ紙芝居の実演を行った。

### 3. PDCA サイクルの実践

プレゼン技術を向上させるには、学習サイ

クルに基づいたマイクロティーチングを実践することが重要である。学習サイクルは、経営工学におけるマネジメント手法の一つである PDCA サイクル、Plan (計画)、Do (実施・実行)、Check (点検・評価)、Act (処置・改善) のサイクルを教育に応用した教授法の品質改善法である。学習サイクルにおける Check では相互評価法を導入した。

②と④の紙芝居の実演における評価活動は、学生による相互評価活動を行っている。この手法は評価基準が学生のプレゼン技術の向上に応じた評価結果を得ることができる。

### 4. まとめ

著者らは 2002 年からプレゼンの実践授業で相互評価法を導入している。学習者は、自分の紙芝居を演じる評価に他者の評価を受け入れ、教材の使い方や教授法、話術の問題点の改善を試みることによって紙芝居の演じ方などの技術向上が観察できた。その結果、知識や発表技術の再構築が可能となった。より完成度の高い紙芝居を演じることが可能となり、さらに理解しやすい紙芝居技術を会得できるようになる。

相互評価の実践に対して、紙芝居を演じる技術向上に前向きな学生はトレーニング機会がより多くなることを望んでいる。一般的に難易度の高い学習課題になると十分な練習時間を設けるなどの配慮が求められる。従って、紙芝居を演じるのは1回行うのが限界であった。本研究のように制約された時間の中で、2回の発表を行うのは容易なことではない。その活動は教育実習や社会でのプレゼン発表へつなげるための経験として非常に大切である。今回の試みで、プレゼン技術を向上させるために実践する意義があったと云える。

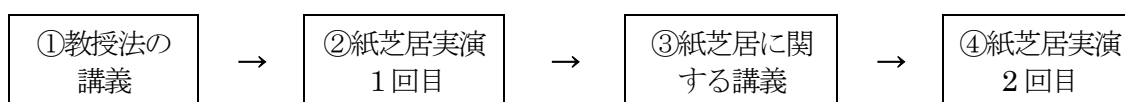


図1 プレゼン習得プログラムの流れ

# 国際バカロレアと日本における化学教育の比較

次郎丸 沢<sup>†</sup>

<sup>†</sup>株式会社 OME

キーワード：イギリス，日本，化学教育，比較

## 1 はじめに

筆者が家庭教師を担当している生徒 A がイギリスの中学に転校した。現在は高校に進学しており、引き続き指導中であるが、その中でイギリスの教育方針に多く触れ、そこから感化される部分が非常に多かった。

そこで、本稿ではイギリスの教育と日本の教育について、化学教育と国際バカロレアの 2 点に着目して比較していく。

なお、本稿の執筆および発表に当たってはプライバシーに関する守秘義務を遵守し、匿名性の保持に十分な配慮をした。

## 2 背景と目的

国際バカロレア (International Baccalaureate、以下 IB と表記) とは、国際バカロレア機構 (本部ジュネーブ) が提供する国際的な教育プログラムである[1]。IB は、1968 年、チャレンジに満ちた総合的な教育プログラムとして、世界の複雑さを理解して、そのことに対処できる生徒を育成し、生徒に対し、未来へ責任ある行動をとるための態度とスキルを身に付けさせるとともに、国際的に通用する大学入学資格 (国際バカロレア資格) を与え、大学進学へのルートを確保することを目的として設置されている[1]。現在、認定校に対する共通カリキュラムの作成や、世界共通の国際バカロレア試験、国際バカロレア資格の授与等を実施している[1]。

日本では IB の教育プログラムの開発・導入等を通じ、平成 27 年 10 月 1 日国際バカロレア認定校等は 32 校あるところを 2018 年度までに 200 校に増す、と閣議決定している[2][3]。

そんな中、筆者は IB 認定校に通う中学 2 年生の

生徒 A を指導する機会を得、現在 IB の 1 年目であるが継続して指導している。生徒 A は英語を母国語とする父親と日本語を母国語としつつ英語も堪能な母親を持つ生徒である。日本では 7~8 割の授業を英語で行う、IB ディプロマ・プログラムに認定されている学校 (以下、B 校と記述) に通っていた。一度日本のカリキュラムに則った小学校 (以下、C 校と記述) に転校したが後に B 校に戻り、イギリスにある寮が併設されている independent school に転校した (以下、D 校と記述)。D 校も IB ディプロマ・プログラムに沿ってカリキュラムが組まれているため、History や Geography などのコモディティ色の強い教科では明確な差 (例えば、History では数カ月にわたってヒトラーの事について学習する、など) が見られたが、その他の教科では B 校のカリキュラムと決定的な差は無かった。

しかし、日本の公教育や私立学校の教育とは大きく違っており、その違いは教育に従事する者として、教育とは何かを再考させるきっかけとなった。ここに、IB 教育と日本の教育の違いの事例を報告する。

## 3 比較(教育の目的)

IB 認定校では、以下の 10 の人間像を教育における目標と位置付けている[4]。

- i. 探求する人
- ii. 知識のある人
- iii. 考える人
- iv. コミュニケーションができる人
- v. 信念をもつ人
- vi. 心を開く人
- vii. 思いやりのある人

- viii. 挑戦する人
- ix. バランスのとれた人
- x. 振り返りができる人

例えば、B校では4のコミュニケーションができる人を育成するために、半年に一度クラスで意見を5分程度の持ち時間でスピーチを行う場を設け、中学2年生時には発表する際に効果的な点を20個挙げて、その中から少なくとも3つを使用して発表することを求めている。

一方、日本の教育基本法では、教育の目的について、「教育は、人格の完成を目指し、平和で民主的な国家及び社会の形成者として必要な資質を備えた心身ともに健康な国民の育成を期して行われなければならない。」と規定し、教育の目的を以下の5つであるとしている[5]。

1. 幅広い知識と教養を身に付け、真理を求める態度を養い、豊かな情操と道徳心を培うとともに、健やかな身体を養うこと。
2. 個人の価値を尊重して、その能力を伸ばし、創造性を培い、自主及び自律の精神を養うとともに、職業及び生活との関連を重視し、勤労を重んずる態度を養うこと。
3. 正義と責任、男女の平等、自他の敬愛と協力を重んずるとともに、公共の精神に基づき、主体的に社会の形成に参画し、その発展に寄与する態度を養うこと。
4. 生命を尊び、自然を大切に、環境の保全に寄与する態度を養うこと。
5. 伝統と文化を尊重し、それらをはぐくんできた我が国と郷土を愛するとともに、他国を尊重し、国際社会の平和と発展に寄与する態度を養うこと。

IBの目標と日本の教育基本法の目標の違いは、目標の設定方法である。IBの目標はまずゴールのみが示されているのに対して、日本の教育基本法ではゴールのみならずそのゴールに至るまでのプロセスおよび状態を示している。これは、教科書検定の仕組みにも反映されており、日本では教科書を文部科学省が検定するのにに対して、イギリ

スでは教科書検定が存在しない。

## 4 比較(教育内容)

IBの化学教育に触れると、日本の化学教育とのレベル差に驚かされる。IBでは日本の高校では教えていない内容や日本では見られないような視点の問題を見つけることが出来る。

### 4.1 錯イオンが着色する仕組み

宿題の1つに「フェノールフタレイン溶液がアルカリ性で赤色に着色する理由を答えよ」という問題が出されていた。これは錯イオンがなぜ着色をするかという問題であるが、日本の高校では取り扱っていない[6]。電子のスピンを日本の高校で教えていないので着色の仕組みまで教えることが出来ないことが理由であると考えられるが、イギリスでは電子のスピンまで教えていて着色の基本的な仕組みを授業で教えている。

### 4.2 オクタンであるかどうかのテスト

無色の3種類の液体(水酸化カルシウム水溶液・オクタン・水)のうちオクタンであるかどうかをテストする方法を考えよという問題が出されたことがある。オクタンは日本では高校の教科書には記載されているが、授業で取り上げられることは少なく、大学入試で取り上げられる場合もガソリンの主成分である炭化水素である説明が付けられる[7]。

一方、IBで上記のような問題が出題されるといふ事は、①オクタンを知っているか、アルカンの命名方法である「数詞+アルカンの語尾である-ane」のどちらかを理解しており、さらにアルカンの化学的性質を理解していることを求めている、②イギリスのガソリンスタンドではオクタン値を大きく表示させているが、その知識からオクタンがガソリンの成分であることを想起させる、のどちらかで正解に達することを求めていると思われる。

## 5 結論

本稿ではイギリスの教育と日本の教育について、数学教育と国際バカロレアの2点に着目して比較

した。日本では化学を学問として教えていくのに対して、イギリスでは有用性を軸にして教えていることが分かった。また、イギリスの教育ではゴールが重要であるのに対して、日本ではゴールだけではなくそのゴールに至るまでのプロセスおよび状態を重要視していることが分かった。

イギリスの教育と日本の教育は、他にも IT の利用法で大きな開きがある。今後は、このような他の視点から比較することで、より深い知見を求めていきたい。

## 参考文献

- [1] 文部科学省, “国際バカロレアとは”, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kokusai/ib/1307998.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/ib/1307998.htm), 2015-10-30 閲覧
- [2] 文部科学省, “国際バカロレア認定校”, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/kokusai/ib/1307999.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/ib/1307999.htm), 2015-10-30 閲覧
- [3] 閣議決定, “日本再興戦略”, [http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou\\_jpn.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf), 2015-10-30 閲覧
- [4] 国際バカロレア機構, “国際バカロレア (IB) の教育とは?”, International Baccalaureate Organization, 2014
- [5] 井上 正仁, 山下 友信, “六法全書”, 有斐閣, 2015
- [6] 山口 佳隆, “金属錯体の形と色”, 化学と教育, 65 卷 (2017) 4 号 p. 198-201
- [7] 早稲田大学 入学センター, “2016 年度 基幹/創造/先進理工学部 入試問題「物理・化学」”, <https://www.waseda.jp/inst/admission/assets/uploads/2015/12/eea31ce90a2984adee5d0a9a6da9320b.pdf> (2018 年 3 月 9 日閲覧)

## アンケート調査から見た日本における e スポーツの課題と展望

岩永 直樹<sup>†</sup> 鎌田 光宣<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 千葉商科大学 人間社会学部

キーワード：e-Sports, ビデオゲーム, プロゲーマー, 賞金

### 1 はじめに

現在、e-Sports の競技人口は 1 億人以上であり、トッププロゲーマーとなると賞金、契約金などで数千万円の収入があると言われている。世界大会も数多く開催され、最近では教育の世界にまで拡大している。ところが、日本では e スポーツの認知度が低く、プロゲーマーに対する社会的な理解も十分とは言えない。(図 1) テレビゲーム大国の 1 つである日本で e スポーツが普及していない現状についてアンケート結果を基に述べる。

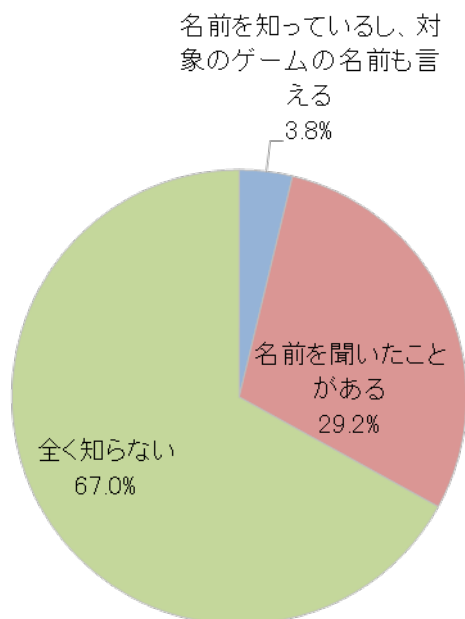


図 1 日本における e-Sports の認知度

#### 1.1 e-Sports の定義

e-Sports とは Electronic Sports の略である。主に、コンピューターゲームにおける対戦型ゲームを用いて、プレイヤー同士で競い合い勝敗を決める。一般的に、反射神経および高度な戦略を必要とするコンピューターゲームが用いられるとされている。

#### 1.2 市場規模

市場規模は 2016 年には 4 億 6300 万ドル(およそ 523 億円)に達するとみられ、2019 年までには 11 億ドル(およそ 1243 億円)規模に成長するとみられている。欧米では賞金のかかった大規模なゲームのイベントが開催され、大会によっては賞金総額が 22 億円というものや、優勝賞金が約 8 億円といったものもある。

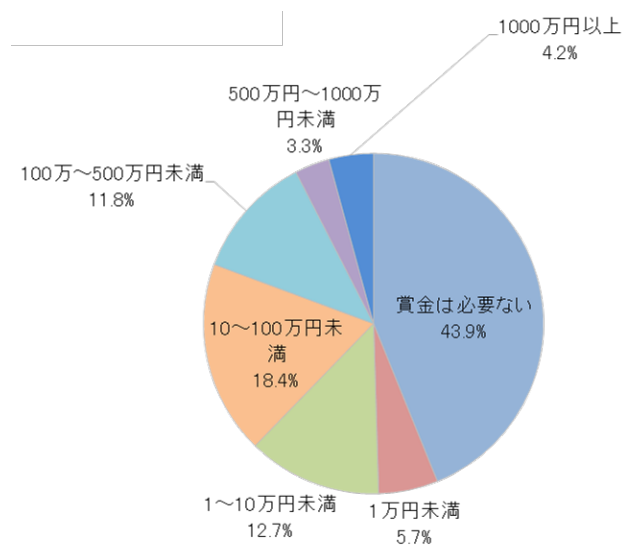


図 2 e-Sports 大会の優勝賞金に適している金額はいくらか

図 2 から、日本での認知度が低いためか多額の賞金をかける必要はないといった考えになっている。

#### 1.3 歴史

日本ではかつてゲームとは、トランプ、囲碁、将棋、ボードゲーム等を指していた。日本においてこれらは娯楽として親しみが深い。現在は

ニンテンドースwitchやPlayStation4、スマホゲーム、パーソナルコンピュータ(PC)によるオンラインゲームといったように電子機器を用いたものを指している。

一方、海外においてはゲームは競技を指す場合がある。競い合う勝負ごとであれば、スポーツもゲームに含まれる。日本のコンピューターゲームといった電子機器を用いたゲームは、英語圏では昔からビデオゲームと呼称されていた。海外初のビデオゲームとしてはコンピューター上にチェスの盤面を表示して戦うもので、この時からスポーツとしての認識もあった。

ゲーム産業の発展は1970年米国 MAGNAVOX による世界初のコンシューマハード「Odyssey」を発売したことで急速に拡大したのが最初ではあるが、アタリショックの影響により多数のゲーム会社が潰れ、市場が冷え込む。日本は1978年にアーケードゲーム市場が拡大していき、1983年に任天堂のファミリーコンピュータ(ファミコン)が世界でヒットし、さらに1994年にはソニーがPlayStationでゲーム業界に参入と瞬間間にコンシューマゲーム市場までも拡大した。

海外と比べ電子機器によるコンシューマ、アーケードゲーム市場の進歩は日本が圧倒的に進んでいたのが特徴である。

しかし、海外でも、1985年にコンシューマゲーム米国版ファミリーコンピュータが成功をおさめると同時にコンピュータゲーム市場が発展していた。IBM製PC/AT互換機の低価格・高機能化が進み、一般家庭にもPCが普及したことによる。インターネットの普及に伴い、グラフィックに力をいれたオンラインゲームを中心に発展していった。

1990年代に、FPS(First Person shooter)と呼ばれるジャンルのゲームが盛り上がりを見せた。これは、主人公の本人視点でゲーム中の世界・空間を任意で移動し、武器もしくは素手などを用いて戦うアクションゲームの一種である。中でも、「Quake」シリーズを用いた大会が多く開催された。

韓国では数年前よりRTS(Real-time Strategy)と呼ばれるジャンルのゲーム、特に「StarCraft」が大流行している。韓国のプロゲーマーは世界的

に見てもレベルが高く、大会がテレビ中継されるなど注目度も高い。韓国では、小学生が将来になりたい職業の上位にプロゲーマーが入るなど、eスポーツの認知度が高い。

近年は、MOBA(Multiplayer online battle arena)と呼ばれるジャンルが世界的に流行している。プレイヤーが2つのチームに分かれ、味方プレイヤーと協力しながら敵チームの本拠地を破壊して勝利を目指すスタイルのゲームのことである。中でも「LoL(LEAGUE of LEGENDS)」と「Dota2」はプレイヤー数、大会賞金ともに増え続けている。

最近では、ドイツやイングランドのサッカーリーグが、続々と傘下にeスポーツチームを発足している。イベント開催などを通じ、サッカーファンとゲームファンの交流を促進し、また若年層をスポーツ業界に取り込む狙いもある。アメリカのプロバスケットボール協会NBAも、2018年より公式eスポーツリーグを発足させる予定である。

日本は海外と比べても電子機器のゲーム市場においては群を抜いて進んでいたのにも関わらずe-Sportsに関しては海外に大きな遅れをとっている。

#### 1.4 プロゲーマーの収益

プロゲーマー、プロゲーミングチームの収益となるものは、主に大会の賞金、スポンサー料、イベント出演料、そして動画配信ビジネスの4つである。特にネットの動画配信については、毎日試合の様子を配信し、ネットを通じてユーザーとの直接コミュニケーションをとっていくことで安定した収益を確保している。eスポーツの動画配信サービスでは、ゲームビデオのストリーミングに特化した米アマゾン傘下のTwitchと、「YouTube Gaming」を開設したYouTubeの2つが有名である。日本ではOPENREC.tvが徐々に認知度が高まりつつある。

## 2 日本のeスポーツの課題

### 2.1 日本と海外の「スポーツ」の認識の違い

日本ではスポーツというと野球、サッカーなど体を使う運動というイメージが根付いている。

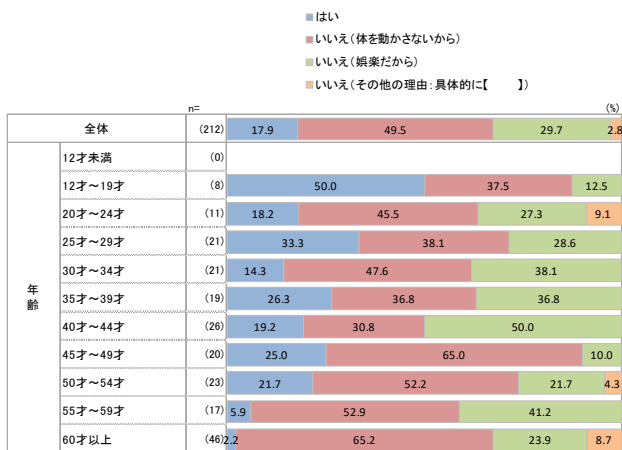


図3 e-Sportsはスポーツと言えるか

図3の通り、体を動かさないから、又は娯楽だからスポーツと言えないと答える割合が40代から増えている。

最近になりe-Sportsがメディアに報道されるようにはなったが、未だにゲームは遊びといった考えからは離れていない。これもゲームの歴史からすれば当然である。対して、海外はゲームを競技として捉える。プロゲーマーによるパフォーマンスをテレビや、生配信サイトで取り上げ、マスコミから企業、一般の人までが注目し、経済が動くことでプロゲーマーが職業として認識されている。

### 2.2 人気ゲームのジャンルが異なる

eスポーツでは、緻密な戦略や俊敏な操作が要求されるFPSやRTSなどの人気が高い。しかし、これらのジャンルのゲームは日本では全く人気がなく、ゲームを知らない人が大半であることがアンケートをみると明らかだ。(図4)

## 3 日本におけるeスポーツの展望

日本ではこれまでeスポーツのプレイヤーが少なく、国内に競争相手がいないためにレベルが上がりにくいという難点があった。しかしながら、いくつものプロチームができたり、プロリーグが立ちあがったりしており、世界に通用するようなプロゲーマーも徐々に生まれている。

囲碁や将棋などは、参加費が無料で、第三者から賞金が拠出される仕組みで成り立っている。

e-Sportsもこのような仕組みを取り入れるべきである。

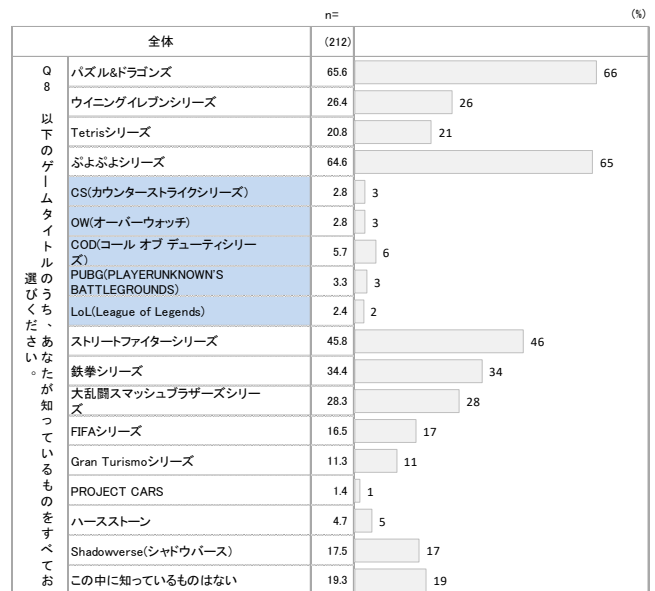


図4 知っているゲームタイトル  
青い項目はFPSやMOBA

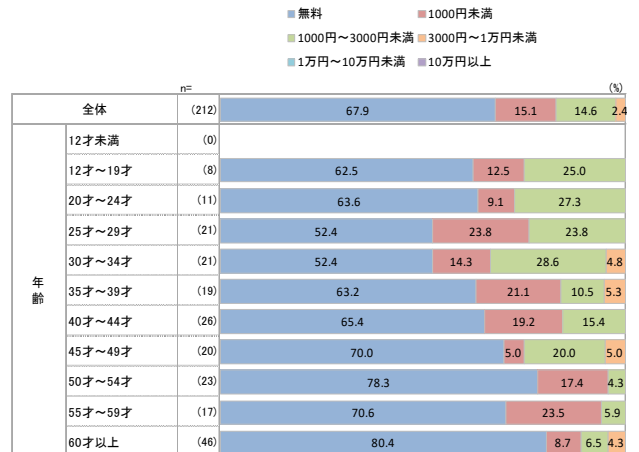


図5 e-Sportsの大会の観戦チケット(入場料)はどの程度が適当と考えるか

図5を見ると無料と答える割合が多いことから集客するには賞金や運営費は第三者提供が望ましいだろう。

図6をみるとe-Sportsをスポーツと言えると回答した人の多くは動画や生配信を毎日、週4~5日と高い頻度で見てる事がわかる。現在は個人のゲーム実況者による動画が主流であ



るが、テレビ局とゲーム会社が協力した、完成度の高い映像コンテンツの登場を期待したい。

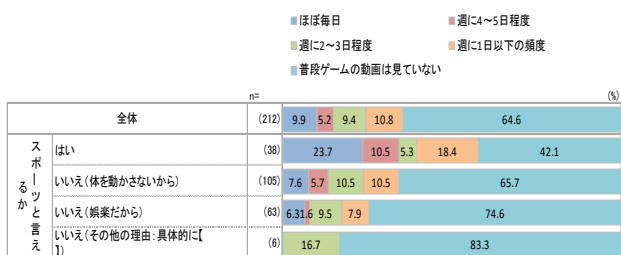


図6 e-Sports をスポーツであると捉えてる人がゲーム配信、動画等をみる頻度

初めて観戦する人の敷居を低くし、観客が広がれば、スポンサーがつき、さらに市場全体が拡大していくであろう。結果日本の e-Sports の認識は大きく変わる。

参考文献

[1] 日本 e スポーツ協会, <http://jespa.org/>  
 [2] eSports Yearbook, <http://esportyearbook.com/>  
 [3] 筧 誠一郎, 【特集】e スポーツの可能性について, CUC view & vision, No.43, pp.16-20, 2017  
 [4] 神部 勝之, e-Sports で日本が立ち遅れている現状, 映像情報メディア学会誌, Vol. 66, No. 2, pp.106-109, 2012  
 [5] 経済産業省, 平成 2 8 年度コンテンツ産業強化対策支援事業 (オンラインゲームの海外展開強化等に向けた調査事業) 報告書, [http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/H28FY/000848.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000848.pdf)  
 [6] みずほ銀行 産業調査部 コンテンツ産業の展望 ゲーム産業 [https://www.mizuhobank.co.jp/corporate/bizinfo/industry/sangyou/pdf/1048\\_03\\_05.pdf](https://www.mizuhobank.co.jp/corporate/bizinfo/industry/sangyou/pdf/1048_03_05.pdf) 2017年12月19日

注

調査対象 全国に居住する 18 歳から 69 歳の男女 212 名  
 実施期間 2018 年 3 月 2 日から 3 月 5 日  
 調査方法 インターネットリサーチ  
 利用調査機関 株式会社マクロミル

## 学習への動機づけが視線に及ぼす影響の調査

大島 悠平<sup>†</sup>      富安 泰成<sup>†</sup>      奥原 俊<sup>†</sup>      武藤 晃一<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 藤田保健衛生大学 医療科学部

キーワード：動機づけ，視線，医療事務

### 1 はじめに

近年、医療業界では人の視線をアイトラッキング技術で計測し、神経発達症の診断、治療といった患者への適用だけでなく、医療従事者への教育に対して活用が期待されている。

アイトラッキング技術を看護教育の介入とした西村ら[1]は、危険予知教育により、平均注視停留時間、および危険箇所のマーキング数が教育後において有意に増加したと報告している。また、臨床工学技士の教育において血液透析装置用シミュレータを用いたトレーニングで、注視点など視点解析を行い、教育への応用を検討している[2]。

以上のようにアイトラッキング技術は医療従事者の教育に応用が検討されており、教育効果の客観的な評価法として期待されている。しかし、上記で挙げた教育内容は、医療現場で患者と直接に関わる業務が中心であり、患者と直接に関わらない医療事務業務での、研究は報告されていない。医療事務業務は、医療保険制度や福祉政策が複雑に変化する現代社会で今後も業務改善や教育が重要な課題となっている。

そこで、本研究では医療事務業に関する教育に焦点を当てる。本研究は看護師、臨床工学技士で熟練者の作業視点を解析し、教育に応用していることに着目をして、医療事務業の視線から学生に対して有効な教育を実現することが最終的な目標である。そのため、本稿では、学生に対する動機づけが視線に及ぼす影響について医療事務業で頻繁に行われる書類業務における文章理解に関して調査を実施する。本研究は動機づけが視線に及ぼす影響を調査するために被験者に試験を課すことを伝えたグループと伝えていないグループを比較し、分析・評価を行う。

### 2 アイトラッキング

学習への動機づけが視線情報に与える及ぼす影響の調査を行うために Tobii 社のアイトラッカー Tobii Pro Glasses2 を使用した。Tobii Pro Glasses2 は、文字を目で追っている視線情報の有効性が確認されている。Tobii Pro Glasses2 では、Gaze Plot と呼ばれる円が注視点、直線が注視点間を表しており、視線を分析することができる (図 1)。

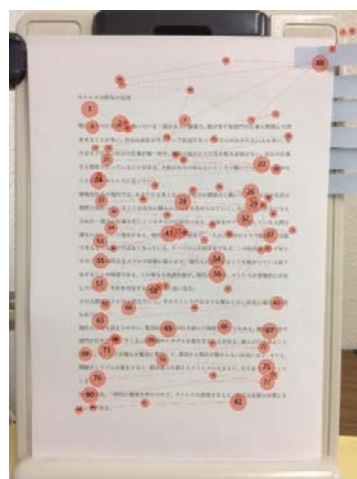


図1 Gaze Plot

図2の被験者が文章のどこを読んでいるかを時系列で座標に変換し、グラフ化したものである。

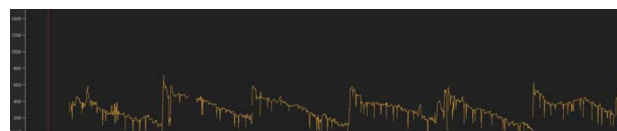


図2 視線と文章の関係を図式化

### 3 実験

本研究では、試験を課すことを伝えたグループと伝えていないグループの動機づけによる違いが文章を読む視線に及ぼす影響を検証する。

実験は、19歳から22歳までの大学生12名(男

性5名、女性7名)を、実験後にテストがあることを予告したグループ6名(以下、予告ありグループ)と、予告をしなかった被験者のグループ6名(以下、予告なしグループ)に分けた。その後、被験者が椅子に座った状態でアイトラッカーを装着し、6ページ(3種類、各2ページ)の文章を黙読してもらい、視点の記録をした。その際、被験者にはできるだけ頭部を動かさないようにと指示を与えた。最後に、被験者に対して文章に関するテストを行った。テストは、1種類の文章につき4問の合計12問で実施した。

#### 4 結果

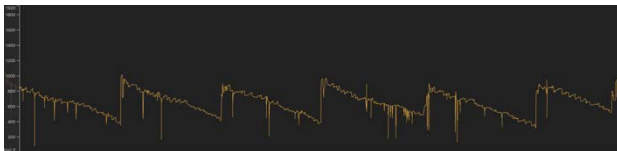
はじめに本研究で実施したテストの結果(表1)を示す。表1は、各グループの被験者をAからFとし、被験者のテストの点数を集計した結果である。表1のテスト結果から予告ありグループと予告なしグループの間には点数の差は確認されなかった。

表1 テストの結果

被験者	予告あり(点)	被験者	予告なし(点)
A	9	G	7
B	11	H	10
C	11	I	9
D	8	J	8
E	7	K	11
F	8	L	11
平均	9.00	平均	9.33

次に予告ありグループと予告なしグループの被験者の視点情報を図3に示す。

予告ありグループ



予告なしグループ



図3 視点情報のグラフ

上記の図3は、注視点が時間の流れとともにどう動いているかを示したものである。

予告ありグループのグラフは、縦軸に対する線の振れ幅が小さく、変化がなだらかであることがわかる。また、グラフが等間隔で階段状になっている。文章を左端から右端まで読んで次の行へ進む動きであると考えられる。学生はテストが実施されることを予告され、文章を理解しようとはせずに読んでいたことが考えられる。

予告なしグループのグラフは、あまりに大きな振れ幅はノイズであることが予測されるが、ブレが多いことが見て取れる。上下に激しく視線が動いていることが読み取れ、文章に集中できていないことが考えられる。以上を踏まえると学生は、学習の動機づけを行うことで視線が変動したことがわかった。

#### 5 終わりに

本研究は動機づけが視線に及ぼす影響を調査するために被験者に試験を課すことを伝えたグループと伝えていないグループを比較し、分析・評価を行なった。その結果、試験を課すことを伝えたグループと伝えていないグループにテストの結果の違いは見られなかった。しかし、試験を課すことを伝えたグループと伝えていないグループの視線の振れ幅は、違いがあり、学生に対する学習の動機づけが視点行動の違いを表していることがわかった。今後の課題として、本研究で実施した実験をより詳細に分析するために被験者の数を増やし、調査を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 西村礼子, 大河原知嘉子, 大黒理恵, 他1名, 眼球運動測定器を用いた危険予知教育前後の視覚情報処理機能の変化, 医学と生物学, 157(5), pp.642-648, 2013.
- [2] 西手芳明, 竹澤真吾, 血液透析シミュレータシステムの汎用性の評価と教育への応用, 日本血液浄化技術学会会誌 24(1), pp.2-9, 2016.

# pix2pix による空中写真を対象とした土地被覆分類の試み

今井 優<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 立正大学 地球環境科学部 外部研究員

<sup>†</sup>yu.kosame@gmail.com

キーワード 土地被覆分類, 空中写真, 深層学習, AI, pix2pix

## 1 はじめに

土地被覆は、広域における自然環境の現況把握や、国土利用を計画する際等に基盤となる、有用性の高い情報である。特に、地理情報システム (GIS) で利用可能な形式であれば、様々な空間データと重ねあわせることが可能である。

国内の土地被覆情報としては、環境省による「自然環境保全基礎調査 植生調査」[1] の成果や、高解像度土地利用土地被覆図 [2] 等が公開されている。前者は詳細な現地調査と空中写真判読により、2005 年開始の第 6・7 回については現在も作成が進められている。後者は衛星画像や地上情報等から、ベイズ推定と目視による編集により作成されたものであり、どちらも労力と時間を要するため、高頻度な更新は難しい。

近年、コンピュータの高性能化に伴い、深層学習の技術が発展してきた。このことから、今まで人による判断が必要とされた業務の自動化が期待されている。土地被覆情報に関しても判読や分類、データの作成等を省力化できる可能性がある。そこで、本研究では深層学習を用いた空中写真に対する土地被覆分類の自動化を試み、検証を行った。

## 2 方法

教師データとして、空中写真データは地理院タイル (写真 2007 年～) のズームレベル 18, 土地被覆データは「第 6・7 回 自然環境保全基礎調査 植生調査」の成果を相観レベルに凡例を統合したもの、「基盤地図情報 基本項目」[3] の建築物、道路縁データを使用した。道路縁については面データに変換して使用した。凡例を図 1 に示した。関東 1 都 6 県の内陸部で、上記の植生図が整備されており、1/2,500 の縮尺の基盤地図情報が提供さ

れている範囲から、ランダムで約 125m 四方の区画をそれぞれ 5,446 メッシュ抽出した。これらを 4:1:1 の割合で学習用, テスト用, 評価用に分割した。

深層学習モデルの構築には、汎用的な画像変換プログ



図 1 教師データの土地被覆の凡例

ラム「pix2pix」[4] を用いた。実行環境は、OS: Ubuntu 16.04, GPU: GeForce GTX 1080 Ti のデスクトップマシンで、NVIDIA ドライババージョン: 390.25, Docker コンテナ (affinelayer/pix2pix) を使用し、反復回数 5 回と 10 回で実行した。batchsize は 10 に設定した。

## 3 結果・考察

反復回数 5 回と 10 回で施行したところ、処理時間はそれぞれ 157.375 分, 159.350 分とあまり変わらなかった。反復回数 10 回での結果の方が 5 回するときよりも、境界がやや明瞭になった。

反復回数 10 回のモデルを、モデル構築には使用していない画像に対して適用した結果の一部を図 2 に示した。水田は畑や他の凡例に認識されることが多かった。畑は比較的正しく抽出されているが、樹林等で誤抽出されることもあった。草地については教師データに少ないためか、ほとんど抽出されなかった。落葉広葉樹は丸みのあるテクスチャ、針葉樹は尖りのあるテクスチャの森林を抽出している傾向があり、人による判読と類似している印象を受けた。ただし、影の強い画像では「その他/除外」と認識されていた。

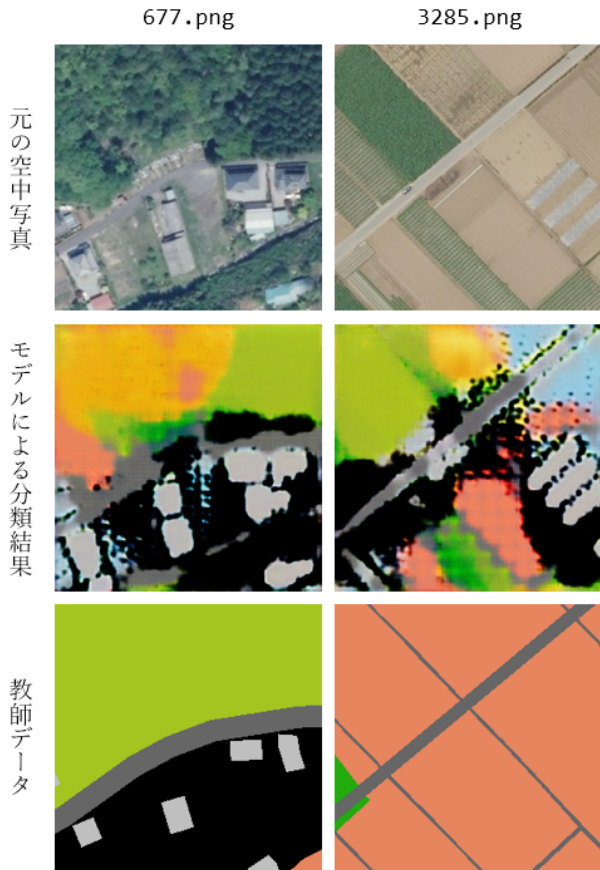


図2 構築した深層学習モデルによる土地被覆分類の結果

- [4] Phillip Isola, Jun-Yan Zhu, Tinghui Zhou, Alexei A. Efros. Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks. 2016. arXiv:1611.07004v2
- [5] 今井 優. 近年の GIS 技術とデータの動向. 国際 ICT 利用学会研究会講演論文集 第 1 回. 2017.

#### 4 まとめと今後の課題

現時点では実用に耐えないものの、以前今井（2017）の成果 [5] より精度が向上した様子が見られた。

教師データの空中写真と土地被覆の年代が必ずしも一致しておらず、正解でないことも多いため、深層学習モデルの推定結果に対しての定量的な評価ができていない。今後、既存の土地被覆データ等と比較する等の評価を行い、改善点を見つけていく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 環境省. 第 6-7 回 自然環境保全基礎調査 植生調査 <http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-025.html?kind=vg67>
- [2] ALOS 解析研究プロジェクト. 日本域高解像度土地利用土地被覆図 2016 年 9 月リリース版 (バージョン 16.09) [http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/jlulc\\_jpn.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/jlulc_jpn.htm)
- [3] 国土地理院. 基盤地図情報ダウンロードサービス <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>

# 高空間分解能衛星を用いたアオサ分布の判読に関する一考察

## －千葉県谷津干潟を例として－

白木 洋平      大石 悠平  
立正大学 地球環境科学部

キーワード：リモートセンシング，地理情報システム，谷津干潟，アオサ

### 1 はじめに

潮汐によって海水面が変動し満潮時には海面下，干潮時には海面上に現れ，平坦で緩やかな傾斜を持つ粘土や泥によって形成される土地を干潟という。干潟では一般的に河川を通じた有機物や栄養塩類の供給が行われる。この有機物や栄養塩類は，砂泥中のバクテリアや貝類，藻類や植物プランクトンによって消費される。さらに，この植物プランクトンも干潟の砂泥に生息する原生生物やゴカイ類，カニなどの甲殻類，アサリなどの貝類といった底生生物によって消費され，最終的に底生生物は魚や鳥に捕食される。このような干潟特有の一連の食物連鎖は，バクテリアによる窒素の除去や藻類による窒素・リンの吸収に伴う富栄養化の防止，ろ過性動物（貝類）による有機物の除去といった水質浄化作用だけではなく，多様な生物種の保全や幼稚仔の保育場の提供，鳥類への餌場・休息場の提供といった生物生産能力を兼ね備えた生態的機能にも大きな影響を与えている。また，干潟では度々潮干狩りやバードウォッチング，自然観察，環境学習等も行われていることからわかる通り，人々にとって親水の場としての側面も多分に有している。しかしながら，近年では市街地化や沿岸開発の影響により世界的に干潟が減少していると報告がなされている[1]-[3]。日本においても例外ではなく，1954年から1973年における経済の飛躍的な成長期，いわゆる高度経済成長期には，沿岸地域の開発に伴う埋立て工事により，全国の干潟の約4割が減少したことが報告されており[4]，1945年から1977年における干潟の，

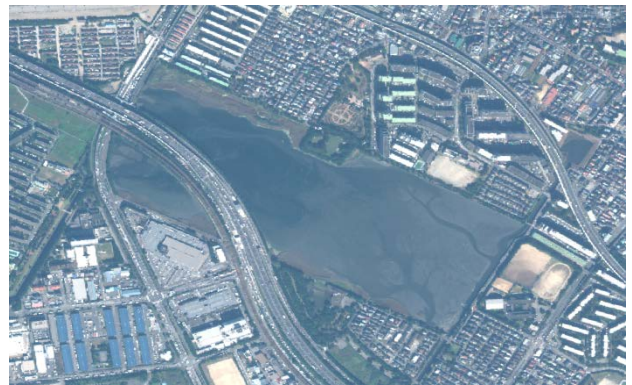


図1. 谷津干潟（WorldView-3より作成）

消失率は東京湾で89.2%，伊勢・三河湾では54.48%，瀬戸内海で35.5%との報告もなされている[5]。

このようなことから，現在までに残されている貴重な干潟を健全な状態に戻し，さらに維持・管理，保全していくことが重要となってくるが，そのためにはまず現状の確認や変化を知るための定期的にモニタリングを継続して行っていくことが必要となってくる。しかしながら，広大な面積を有する干潟において徒歩での現状把握は多大な時間や高額な費用が掛かるため，現実的ではない。このような背景のなか，近年では干潟の現状把握や管理を行うために広範囲の情報を得ることができ，周期的に対象地域を観測することができるリモートセンシングの技術がたびたび利用されている。

そこで本研究では，図1に示す千葉県谷津干潟を研究対象地域とし高空間分解能衛星を用いた環境評価の可能性について検討を行うこととした。

## 2 研究対象地域の概要

谷津干潟は、東京湾奥部の千葉県習志野市に位置する干潟であり、高度経済成長期において直接的な埋め立てによる消失はまぬがれたものの、周囲が護岸で覆われているといった極めて特殊な潟湖干潟であることで知られている。面積は約 40ha、谷津川と高瀬川によって東京湾に繋がっており、これらを通じて海水の交換が行われている。また、寒冷地から温暖地まで行き来する渡り鳥の休憩地としても知られており、1993 年にはラムサール条約に日本で初めて干潟として登録されている。しかしながら、近年では干潟内に大型緑藻類のアオサが異常繁殖（グリーンタイド現象）し、底生生物の斃死や腐敗による底泥の嫌気化、水鳥の減少など環境への影響が問題視されている。また、アオサ類が枯れずに越冬するなどの現象も起こっており、景観の悪化やアオサの腐敗に伴う悪臭の増加など様々な懸念がなされている。そこで、本研究では干潟環境に悪影響を与えているアオサの分布状況の抽出について検討を行うこととした。

## 3 解析方法

### 3.1 使用データ

本研究では分解能が衛星直下で 1.24m の高空間分解能センサを有する WorldView-3 を利用した。WorldView-3 は DigitalGlobe の商業地球観測衛星であり、1999 年に発売された Ikonos, 2001 年に QuickBird, 2007 年に WorldView-1, 2008 年に GeoEye-1, 2009 年に WorldView-2 に加わり、2014 年 8 月 13 日に DigitalGlobe の 6 番目の衛星となっている。また、WorldView-3 は WorldView-2 と比較して分解能が向上しただけではなく、2 号を踏襲したコースタル、黄色、レッドエッジ、近赤外の波長の他に、中間赤外に 8 バンドの波長データが新設されている。なお、本研究では、2015 年 4 月 16 日を研究対象日としていることを追記する。

### 3.2 NDVI を利用したアオサ分布の抽出

アオサ類をはじめとする藻類の分光反射率は、可視光領域で低く、近赤外領域で高くなるという植物と同様の特徴を持っている。このような特徴を利用して植物の活性度を推定する方法を植生指標という。植生指標とは、植物による光の反射の

特徴を生かし衛星データを使って簡易な計算式で植生の状況を把握することを目的として考案された指標であり、植物の量や活力を表している。代表的な植生指標には、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index : 正規化植生指標) があり、これまで多くの研究で利用されており、以下 (1) 式によって算出される。

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad \dots (1)$$

ここで、NIR は近赤外領域の反射率、R は可視光領域の赤の反射率である。植物と同様の分光反射特性を有するアオサ類と非植物の砂泥地や貝類とは差が生じることが予想され、これを利用することでアオサの分布を把握することが可能であると考えられる。

### 3.3 底質指標を利用したアオサ分布の抽出

谷津干潟は場所によって水深が異なるため、NDVI を用いた評価では深度が大きい地点に存在するアオサを定量的に評価することが極めて困難となる。そこで、本研究では既往研究にてたびたび利用されている底質指標 (Bottom Index : BI) を用いることでアオサの分布について評価を行うことを試みた[6]。なお、底質指標は以下 (2) 式によって算出される。本研究では 2 つのバンドの DN (Digital Number) を使い、消散係数比を導入して水深の影響を補正した。

$$BI_{ij} = \log(DN_i - DN_{deep_j}) - K_{ij} * \log(DN_j - DN_{deep_j}) \quad \dots (2)$$

ここで、 $BI_{ij}$  はバンド i, j から導出される底質指標、 $DN_i$  はバンド i の DN 値、 $DN_j$  : バンド j の DN 値、 $DN_{deep_i}$  はバンド i の深海での DN 値、 $DN_{deep_j}$  : バンド j の深海での DN 値、 $K_{ij}$  はバンド i, j の水中消散係数比である。なお、 $K_{ij}$  は衛星画像の DN の自然対数を読み取り、バンド i, j について散布図を作成したときの回帰直線の傾きとしている。

## 4 結果および考察

図 2 に谷津干潟における 2015 年 4 月 16 日におけ

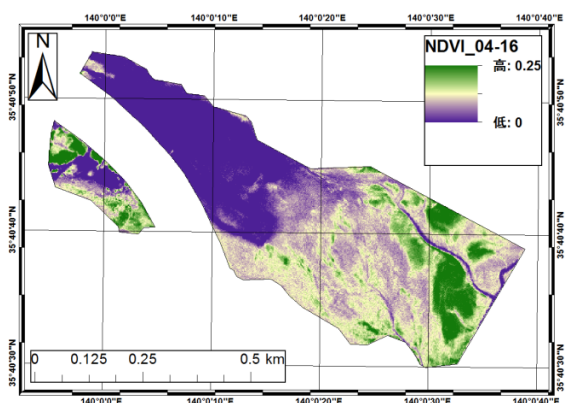


図2 谷津干潟におけるNDVI分布図(4月16日)

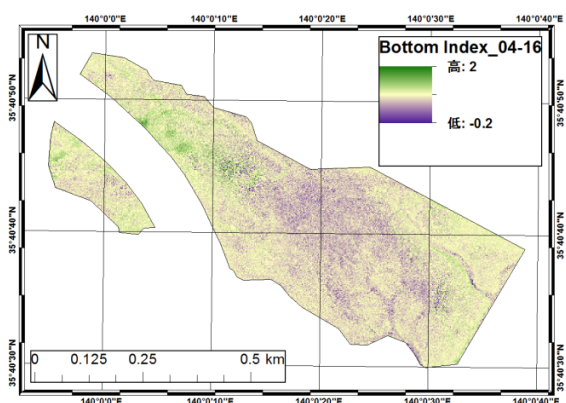


図3 谷津干潟における底質指標分布図(4月16日)

るNDVIの分布図を、図3に底質指標分布図を示す。これによると、NDVIは主に東側で高い値となり、西側において低くなっている傾向を見ることが出来る。谷津干潟内の地形は2011年に発生した東北地方太平洋沖地震によって大規模な液状化が発生し、地形形状が大きく変化したことが知られており、特に西側において地盤が低下したことが明らかにされている[7]。このことから、干潟西側のアオサは水面下に沈降している可能性が考えられ、これによりこのような分布になったものと考えられる。一方、底質指標の分布図を見ると、NDVIとは異なり西側に緑色の底質が広がっている様子が見て取れる。現況の査から谷津干潟の底質はアオサ或いは砂泥によって構成されているため、これはアオサの分布を捉えているものと考えられる。

## 5 まとめと今後の課題

本研究では、千葉県谷津干潟に着目し、干潟

環境の悪化を引き起こしているアオサの詳細な分布について高空間分解能WorldView-3を用いて評価を試みた。その結果、底質指標の可能性について論じることが出来た。しかしながら、干潟西側は干潮時においても水が引くことがなく、底質指標で得られた値がアオサを捉えていることを確認することが出来なかった。そのため、今後はこれらの地域において詳細な調査を行うことが必要となってくる。

## 参考文献

- [1] N. J. Murray., R. S. Clemens., S. R. Phinn., H. P. Possingham. and R. A. Fuller. Tracking the rapid loss of tidal wetlands in the Yellow Sea, *Frontiers in Ecology and the Environment*, DOI: 10.1890/130260, 2014.
- [2] Z.Y. Wu., Y. Saito., D.N. Zhao., J.Q. Zhou., Z.Y. Cao., S.J. Li., J.H. Shang. and Y.Y. Liang. Impact of human activities on subaqueous topographic change in Lingding Bay of the Pearl River estuary, China, during 1955–2013, *Scientific Reports*, **6**, 37742, 2016.
- [3] Y. Chen., J. Dong., X. Xiao., M. Zhang., B. Tian., Y. Zhou., B. Li. and Z. Ma, Land claim and loss of tidal flats in the Yangtze Estuary, *Scientific Reports*, **6**, 24018, 2016.
- [4] 環境庁自然保護局(編)1994. 第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書(干潟, 藻場, サンゴ礁調査), 環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター, 東京, 291pp.
- [5] 菊池泰二 2000. 干潟は, いま: 総論. 海洋と生物 129:300–307.
- [6] D. R. LYZENGA, Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data, *INT. J. REMOTESENSING*, 1981, VOL. 2, NO. 1, pp71-82
- [7] 国指定谷津鳥獣保護区保全事業 <http://yatsu-hozen.com/entry/geographical.html> (2018年3月17日参照)



# AIの基礎を教育しよう

福田真規夫

太成学院大学 経営学部

キーワード：AI, 機械学習, ディープラーニング, 情報教育, 高等教育

## 1. はじめに

近年, AI(Artificial Intelligence:人工知能の意)についての話題がビジネス界やIT界において, 急速に多くなってきている<sup>1)</sup>が, 同時にAIについての期待や不安も広がってきている。一方, 大学など高等教育の現場では, 学生らが卒業後に社会に出て, ビジネスの世界でいきなりAIと関わることも多くなることが想像される, その対応も今後検討していかなくてはならない。

大学において, ICT (Information Technology and Communication) は, 情報教育, 統計解析および卒業研究など様々な分野でも多く活用されている。特にインターネットを利用した情報検索やメールなどの各種コミュニケーションツールは日常的に使われている。しかし, AIに関しては, その専門分野に関わる学生達, 教育研究にあたる教員以外の者にとっては, まだ未知の世界であり, 漠然としている。しかも, 周りもAIについての知識や経験が不足しているため, 漠然とした不安がみなぎっている状況にもある。

本研究では, このような状況を少しでも改善し, AIに対する正しい認識を学生や教員が持つために, 概略レベルの知識や見識を持たせることが必要であるという前提で, 現在行われている情報教育の中に, スポット的にAIに関する教育を組込むことを提案するものである。

本稿は, AI教育の必要性と, 具体的にどのような教育をすべきかについて述べたものである。

## 2. 教育で採り上げるAI

AIと言ってもその範囲は広く, 様々な解釈や定義がされている。人工知能は汎用型人工知能(General AI)と特化型人工知能(Narrow AI)と大きく分けて2つのものがあるが, 前者は, SF映画などに登場するAIのように, 人間と同じように自律的に考え行動することを実現しようとするものである。しかし, これは, AIの究極の理想形であって, 対象があまりにも膨大で複雑過ぎ, 実現するには, まだ多くの課題があり, 実現の目途は立っていない。

本研究では, 実用化が進んでいる後者の特化型人工知能についての教育を行うことを提案するものである。この特化型人工知能は, 過去の膨大な蓄積データから学習し, 特定の分野の問題解決や作業を独自に行うことができる人工知能とされている。

この教育においては, 具体的には, 特にディープラーニング(深層学習: Deep Learning)について採り上げる。その具体的な例として, 画像認識, 自動運転など, 特定の目的に範囲を絞った活用がされるものである。この特化型の人工知能には機械学習が採用されている。これは, 大量のデータの中から特定の事象のデータを解析して, その中から特徴やルールを学習し, 判断や予測を行う技術<sup>2)</sup>である。さらに, ビッグデータとされる膨大な量のデータから, どこに注目して解析するかについて, 従来は人間が行っていたことをAIが自動的に行ってくれるので, 人間では判断や解析できなかったものも解析できるようになった。

このようなしくみは, 従来型のコンピュータのアーキテクチャーでは実現不可能なため, ニューラルネットワークという考え

方を使って行う。ニューラルネットワークは人間の脳の神経構造を模したもので、「ニューロン」と呼ばれる神経細胞のネットワークである。脳の神経細胞は、たくさんのニューロンのつながりで階層化されており、この階層構造を模したものである。この階層は入力層、中間層、出力層の3層から成り立つ。

例えば、多くの画像の中から特定の人物の画像を探す画像解析を説明すると、入力層から中間層までは、画像から対象となる人物の複数の特徴を抽出し、中間層から出力層では、それらの特徴を組み合わせることにより、さらに複雑な特徴を抽出し最終的な判断を行う。

また、コンピュータの高性能化や、扱うデータの大規模化によって、より精度が高くなり、中間層の多層化によって、より高い性能が発揮できるようになった。

### 3. AIの教育について

本研究で提案している教育は、例えばAIに関する科目を現行のカリキュラムのどこかに追加設置して、通常の授業と同様に半年間あるいは1年間の期間で教育を行うというものではない。

例えば、ICTの基礎を教養的に学ぶような現行の情報教育の中の科目の中で、90分1コマの授業を2コマから3コマ程度スポット的に挿入して実施するものを想定している。

具体的には表1のような構成で教育を行う。表中の1から4の章は、各約45分の講義を想定している。これらの教育項目はすべて講義を想定している。

次に、このような教育を行うにあたり、まだ3コマ程度の時間的に余裕がある場合、さらに理解を深めるために、実際にAIアプリケーションを作成するような演習授業も行うことも可能である。例えば、IBM社の人工知能Watsonを使ったAPI作成ツールは、2018年3月現在では無料で公開されており、例えば自然言語による音声を認識してテキストへ変換するものや、日本語の文章を英語に翻訳する簡単なAIアプリケーションを作成するなどの演習を行うことができる。これは、インターネットに接続されたPCを使って実施できる。ただし、アプリケーションを開発できる環境の設定が必要となる。

### 4. まとめと今後

このような教育を実施した結果、学生達は、人工知能に関する基礎的な概念を獲得することが可能になる。このことで、人工知能に関するさまざまなニュースに接しても、そのニュースの示していることを理解でき、また、社会で人工知能を活用するような機会があった時に、躊躇することが少なく接することができるのではないかと思う。また、人工知能に対する漠然とした不安を抱いたり、過度の期待を持つことが抑制され、冷静に接することができるのではないかと期待する。

表1. 教育項目

章	項目	概略
1	人工知能とは	人工知能の定義と今までの歴史
2	機械学習	ニューラルネットワークを使った機械学習
3	ディープラーニング	多層化による学習
4	ビッグデータ	ビッグデータの技術と事例
5	AIの適用事例	現在使われているAIや今後の発展の方向と問題点

### 参考文献

- 1) 総務省，平成28年版情報通信白書ICT白書，総務省，2016年7月
- 2) 機械学習研究会，機械学習&ディープラーニング，技術評論社，2017年4月
- 3) 神崎洋治，人工知能解体新書，サイエンス・アイ新書，2017年4月

# Wi-Fi および端末センサ情報を用いた 3次元屋内位置測位手法の検討

田巻 櫻子<sup>†</sup>      田中 敏幸<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学 理工学部

キーワード：屋内測位, 3次元, Wi-Fi, 端末センサ情報

## 1 はじめに

近年, 位置情報サービスの増加に伴い, GPSを受信できない屋内や地下での位置測位技術が求められている. 従来の屋内位置測位手法では, 新しくBluetooth等のビーコンを設置したり, 事前に電波強度のレファレンスデータを作成したりと, コストや手間のかかる方法が主流となっている. また, 2次元での推定が主である. そこで本研究の目的は, 事前情報を用いずにスマートフォンなどの携帯端末が保有している情報のみから, 屋内での端末の位置を3次元で推定することである. 具体的には, 端末に内蔵されている加速度センサ, 地磁気センサ, 気圧センサの情報を用いた位置推定 (PDR: Pedestrian Dead-Reckoning) をベースとし, 複数のアクセスポイント (AP) からのWi-Fiの受信強度の情報を用いたプロキシミティベースの位置補正を組み合わせる. 本稿では, この2種類の情報から, 位置測位を行なうまでのアルゴリズムを示す. また, 3次元的な動きを伴う歩行実験を行ない, アルゴリズムの検証を行なった結果を示す.

## 2 位置推定のためのアルゴリズム

始めに, 位置推定の全体像を説明する. 推定開始の初期位置は既知であると仮定する. 推定を開始してからは, サンプル周期ごとに各APからの受信電波強度の判定を行ない, どのAPも閾値を超えない場合にはPDRによる推定を続け, 閾値を超えるAPが存在する場合にはWi-Fiを用いた補正を行なう.

続いて, ベースとなるPDRによる推定について説明を行なう. 東西方向をX軸, 南北方向をY軸, 高度方向をZ軸とする. 位置の絶対座標を  $\mathbf{r} = (X, Y, Z)$ , 進行方向の方位角を  $\psi$ , 歩幅を  $l$ , 高度を  $h$  とすると,  $n+1$  歩目の位置  $\mathbf{r}_{n+1}$  は,

(1)

$$\begin{cases} \mathbf{r}_n = (X_n, Y_n, Z_n) \\ \mathbf{r}_{n+1} = \mathbf{r}_n + (l_{n+1} \sin \psi_{n+1}, l_{n+1} \cos \psi_{n+1}, h_{n+1} - h_n) \end{cases}$$

により計算される. つまり, 位置を得るには, 歩数, 歩幅, 進行方向, 高度の4つを推定する必要がある<sup>[1]</sup>.

歩数推定に関しては, 端末の3軸をxyzとし, 時刻ごとの加速度  $\mathbf{a} = (a_x, a_y, a_z)$  に対して,

$$|\mathbf{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (2)$$

によって計算される加速度ノルムのピークを検出することで算出する.

歩幅  $l$  の推定については, 単位時間中の加速度の鉛直成分  $a_v$  の最大値  $\max(a_v)$  と最小値  $\min(a_v)$  を用いた経験則に基づいた,

$$l \approx \sqrt[4]{\max(a_v) - \min(a_v)} \times r_f \quad (3)$$

により計算する.  $r_f$  は推定値を一步の長さに合わせるための係数で, 各個人に固有で, 一般的には0.5程度であり<sup>[2]</sup>, 本研究では0.5に設定している.

進行方向推定は3軸地磁気センサの値を  $(B_{px}, B_{py}, B_{pz})$ , 硬磁性体によるオフセットを  $(V_x, V_y, V_z)$  で表わし,

$$\tan \psi = \frac{(B_{pz} - V_z) \sin \phi - (B_{px} - V_x) \cos \phi}{(B_{py} - V_y) \cos \theta + (B_{px} - V_x) \sin \theta \sin \phi + (B_{pz} - V_z) \sin \theta \cos \phi} \quad (4)$$

のように計算する<sup>[3]</sup>. この時,  $\phi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$  はそれぞれ携帯端末のロール角, ピッチ角, ヨー角を表わす. (4)式で計算される  $\psi$  が, 北からの時計回りの方位角となる.

高度推定に関しては, 気圧から高度を求めるため, 物理的に決まっている計算式

$$h = \frac{\left(\frac{P_0}{P}\right)^{1/5.26} - 1}{6.5 \times 10^{-3}} \times T \quad (5)$$

に従って算出する<sup>[4]</sup>. ここで,  $h$  は現在地の高度,  $P_0$

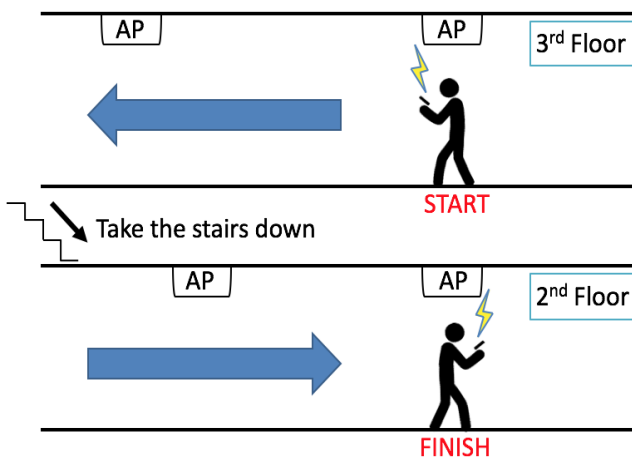


Fig. 1 How the walking experiment was conducted.

は海面気圧,  $P$ は現在地の気圧,  $T$ は現在地のケルビン温度を表わす.

最後に, Wi-Fiによるプロキシミティベースの位置補正について説明する. 電波強度が閾値を超えるAPが存在する場合, 携帯端末はそのAPの近傍に存在することが保証される. そこで, 閾値を超えるAPが検出された場合, その時刻の推定位置のX, Y座標を, そのAPのものに置き換えることで, 推定位置を補正する.

### 3 実験方法

実験用端末としてXPERIA SO-04Gを用い, 歩行実験を行なった. 端末は実験の間常に手に保持されていた. Fig. 1に実験方法を示す. 実験日時は2017年12月5日の16:30ごろ, 実験場所は慶應義塾大学矢上キャンパス26棟の2階と3階である. 3階の廊下の中程から歩行を開始, 北西方向へ廊下の中心を進み, 25棟と26棟の境目にある階段を使い2階まで下り, 南東方向へと廊下の中心を歩いて戻った. また, 位置補正には, 歩行経路にもともと設置されていたkeiomobile2を発信している4つのAPを使用した. このとき, 端末内の加速度センサ, 地磁気センサ, 気圧センサの値とWi-Fiからの受信電波強度の情報をTable 1に示すサンプリング周期で取得した. 取得した実験値は, サンプリング周期ごとにそれぞれのセンサ情報をサーバーへ送信し, テキストファイルに保存した. その後, 保存されたデータを用いて, 端末位置の推定を, Wi-Fiによる補正がある場合とない場合の2種類に

ついて行なった.

実験を行なう上で注意した点として, 実験に用いた端末の性能の問題を挙げる. 実験端末では, Wi-Fiからの受信電波強度の情報を5秒ごとに, 5秒間の強度を平均した値でしか更新できないという問題があった. このため, 歩行実験では各APにおいてのみ, APの手前1 mの位置で停止, 10秒間待機したのち1歩を踏み出し停止する動きを4歩分繰り返した. この問題は将来端末のセンサ性能が向上すれば解消されると考えている.

### 4 結果

Fig. 2に, 補正前と補正後の位置推定の結果のうち, 真上から見た場合のものを示す. 図で, 黒線は広さや角度を正確に示した廊下, 青丸は3階, 緑丸は階段, 赤丸は2階での一步ごとの推定位置を示している. 補正前の場合は2階での推定値が廊下から外れ, 最大で5.7 mの誤差が生じているが, 補正後は推定値が廊下の中に戻されたことが確認され, 誤差の最大値は3.2 mにまで低減された.

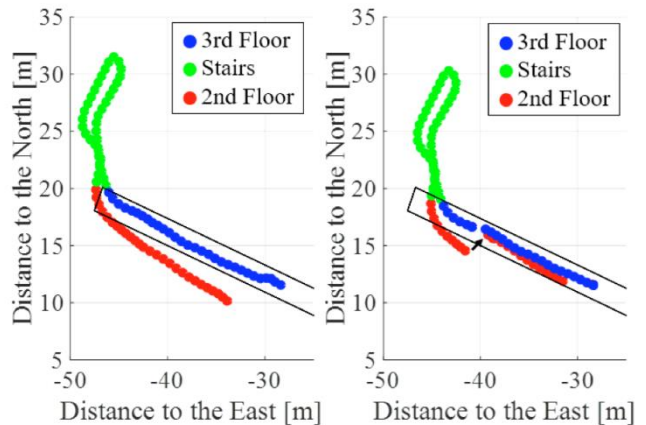


Fig. 2 Position estimation without correction on the left, with correction on the right.

Table 1 Sampling time of each sensor

Sensor Name	Sampling Time [s]
Accelerometer	0.02
Magnetometer	0.2
Pressure Sensor	0.2
Wi-Fi Signal Strength	5.0

## 5 おわりに

本稿では、Wi-Fiおよび端末センサ情報を用いた位置推定のアルゴリズムを提案し、歩行実験を行ない、携帯端末の位置推定を行なった。Wi-Fiによる補正がある場合とない場合の2種類の推定を行ない、補正の有用性を示した。今後は、初期位置の決定法、マップの利用などについて研究を進めることで、最終的に屋内でのナビゲーションアプリの作成が可能であると考えている。

## 参考文献

- [1] 上坂大輔, 村松茂樹, 岩本健嗣, 横山浩之: 手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニング手法の提案, 情報処理学会論文誌, 52-2, 558/570 (2011)
- [2] Fang, L., Antsaklis, P.J., Montestruque, L., et al.: Design of a Wireless Assisted Pedestrian Dead Reckoning System—The NavMote Experience, IEEE Trans. IMS, 54-6, 2342/2358 (2005)
- [3] Talat, O.: Implementing a Tilt-Compensated eCompass using Accelerometer and Magnetometer Sensors, Freescale Semiconductor Application Note, AN4248 (2015)
- [4] Brown, A. and Schmid, T.: Integrity Monitoring of the Global Positioning System Using A Barometric Altimeter, Proc. ION National Technical Meeting, 245/253 (1988)

# Euler 関数の拡張とその計算

宮田 大輔

千葉商科大学 商経学部

## 1 Euler 関数

$n$  以下の自然数で  $n$  と互いに素なものの個数を  $\varphi(n)$  で表し Euler 関数と呼ぶ。すなわち

$$\varphi(n) := \sum_{\substack{1 \leq k \leq n \\ \gcd(k, n) = 1}} 1$$

であるが,  $n = p_1^{e_1} \cdots p_r^{e_r}$  のように素因数分解されるとき,  $\varphi(n)$  は次式で与えられる。

$$\varphi(n) = n \prod_{k=1}^r \left(1 - \frac{1}{p_k}\right)$$

## 2 Euler 関数の拡張

### 2.1 Jordan's totient 関数

Euler 関数には様々な拡張があるが, その一つに Jordan の totient 関数 [2] がある。自然数  $n, m$  について Jordan の totient 関数  $J_m(n)$  は,  $n$  以下の自然数から  $m$  個を重複を許して選び, その  $m$  個と  $n$  の最大公約数が 1 となるようなものの総数を与える。すなわち

$$J_m(n) := \sum_{\substack{1 \leq k_1, \dots, k_m \leq n \\ \gcd(k_1, \dots, k_m, n) = 1}} 1$$

であり,  $n = p_1^{e_1} \cdots p_r^{e_r}$  のように素因数分解されるとき,  $J_m(n)$  は次式で与えられる。

$$J_m(n) = n^m \prod_{k=1}^r \left(1 - \frac{1}{p_k^m}\right)$$

### 2.2 高次 Euler 関数

$n$  以下の自然数で  $n$  と互いに素なものの  $m$  乗和を  $\varphi_m(n)$  とする。すなわち

$$\varphi_m(n) := \sum_{\substack{1 \leq k \leq n \\ \gcd(k, n) = 1}} k^m$$

とし, これを  $m$  次 Euler 関数 [3] と呼ぶ。

いま,  $n$  以下の自然数の  $m$  乗和を

$$\begin{aligned} P_m(n) &:= \sum_{k=1}^n k^m \\ &= a_{m,1}n + a_{m,2}n^2 + \cdots + a_{m,m}n^m + a_{m,m+1}n^{m+1} \end{aligned}$$

とすると,  $\varphi_m(n)$  は

$$\begin{aligned} \varphi_m(n) &= \sum_{d|n} \mu(d) d^m P_m\left(\frac{n}{d}\right) \\ &= \frac{n^m \varphi(n)}{m+1} + (-1)^{\omega(n)} \sum_{k=1}^{m-1} a_{m,m-k} n^{m-2k} (\text{rad}(n))^k J_k(n) \end{aligned}$$

で与えられる。ただし  $\varphi_m(1) = 1$  である。また  $\mu(n)$  は Möbius 関数と呼ばれ,  $n$  が無平方のとき  $\mu(n) = (-1)^{\omega(n)}$  であり, そうでなければ  $\mu(n) = 0$  である。

なお,  $\varphi_2(n)$  と  $\varphi_3(n)$  は, 2015 年に当時高校生だった三谷樹氏によって与えられた [3]。

### 3 Summatory 関数の計算

数論的関数  $f(n)$  に対して,

$$F(n) := \sum_{k=1}^n f(k)$$

を  $f$  の summatory 関数と呼ぶ。例えば

$$M(n) := \sum_{k=1}^n \mu(k)$$

は, Möbius 関数の summatory 関数であり, Mertens 関数と呼ばれる。Deléglise ら [1] は時間計算量  $O(n^{2/3})$ , 空間計算量  $O(n^{1/3})$  で  $M(n)$  を求めるアルゴリズムを提案している。このアルゴリズムを利用して  $O(n^{2/3})$  で Euler 関数の summatory 関数を求めるアルゴリズムを構成できることが知られている。

今回, Jordan's totient 関数の summatory 関数を

$$\Phi_m(n) := \sum_{k=1}^n J_m(k)$$

とし,  $\Phi_m(n)$  を  $O(n^{2/3}m)$  で求めるアルゴリズム (整数の算術演算は  $O(1)$  でできるものとする) を得たので報告する。

### 参考文献

- [1] M. Deléglise and J. Rivat, “Computing the Summation of the Möbius Function”, *Experimental Mathematics*, Vol.5, No. 4, pp.291–295, 1996.
- [2] L. Dickson, *History of the theory of numbers. Vol. I: Divisibility and primality*, Chelsea Publishing Co., New York, 1996.
- [3] 飯高茂, オイラー関数の歴史と現在, 第 26 回数学史シンポジウム所報, 2016.

# Note on the Lehmer totient function problem オイラーの $\phi$ 関数に関するレーマーの予想について

鈴木治郎<sup>†</sup><sup>†</sup> 信州大学

(国際 ICT 利用研究会第 3 回研究会発表)

<sup>†</sup>szkjiro@shinshu-u.ac.jpキーワード レーマーの予想, オイラーの  $\phi$  関数

## 1 はじめに

正の整数  $n$  に対して定義されるオイラー (Euler) の  $\phi$  関数とは,  $n$  以下の正の整数であって  $n$  と互いに素な数の個数を表す関数のことである. とくに  $n = p$  が素数であるとき

$$\phi(n) = \phi(p) = p - 1$$

である.

E.H. レーマー (Lehmer) は 1932 年に

**性質 1 (レーマーの予想)**  $n$  が合成数, つまり素数でなければ  $\phi(n)$  は  $n - 1$  を割らない

と予想した.  $n = p$  が素数であれば, 上にあげた性質により  $\phi(p) = p - 1$  は  $n - 1 = p - 1$  を割る. 今日のネットワーク社会において公開鍵暗号は, 誰でも盗聴可能なネットワークを安全に利用するための基本技術である. とくにウェブの HTTPS で用いられる公開鍵暗号方式 SSL は RSA という素因数分解の計算困難性に数学的基礎を置く方法である. そして

**性質 2 (素因数分解と  $\phi$  関数)**  $n$  の素因数分解を得ることと  $\phi(n)$  を求めることは同等の計算困難性をもつ

がわかっているために, もしもレーマーの予想が誤りであれば,  $n - 1$  の素因数分解を通じて  $\phi(n)$  の値を知ることができる場合が生じる. したがって  $n$  の素因数分解が容易になる合成数が少なからず存在するという意味で, 数学の社会への応用としても興味ある問題である.

このレーマーの予想に対して, Huan Xiao はこの予想を証明したとする論文 [2] を arXiv に投稿した.<sup>1</sup>

山下倫範氏にこの論文のことを教えてもらった<sup>2</sup>筆者は, その論文の確認をしてみた. 証明には誤りが見つかった. かつてフェルマーの最終定理を和田秀男氏 [3] とともに研

究していた筆者は, アマチュアの方々から「難問を (初等的に) 解決した」と称する手紙をもらう機会がたびたびあったので, このような論文を読み解くのに慣れている. そこで, こうした証明の誤りを読み解く上での注意点を交えて Xiao の論文について簡単に解説する.

## 2 Xiao の証明

レーマーは予想を発表した論文 [1] において次の 2 つの性質を証明している.

**性質 3 (レーマーの定理 1)**  $\phi(n)$  が  $n - 1$  を割るならば  $n$  は相異なる奇素数の積である<sup>3</sup>.

**性質 4 (レーマーの定理 4)** 合成数  $n$  の素因数の個数が 6 以下であれば,  $\phi(n)$  は  $n - 1$  を割らない.

### 2.1 帰納法で証明する?

Xiao は次の性質を証明の出発点とした [2].

**性質 5 (レーマーの定理の言い換え)** 合成数  $n$  に対して  $\phi(n)$  が  $n - 1$  を割るならば,  $n$  の素因数の個数は 7 以上であり, また  $n$  の素因数はすべて相異なる.

ここで Xiao は次の形で証明すると論じている.

**性質 6 (Xiao の証明方法)** レーマーの予想を満たす  $n$  の素因数の個数に関する帰納法で証明する. 相異なる  $k$  個の任意の奇素数の積  $n = p_1 \cdots p_k$  について  $\phi(n) = (p_1 - 1) \cdots (p_k - 1) \nmid n - 1$  を仮定する. このとき, ある  $k + 1$  個の素数の積  $n = p'_1 \cdots p'_{k+1}$  において  $\phi(n) = (p'_1 - 1) \cdots (p'_{k+1} - 1) \mid n - 1$  を仮定すれば<sup>4</sup>  $\phi(n) = (p'_1 - 1) \cdots (p'_k - 1) \nmid p'_1 \cdots p'_k - 1$  が証明できて, 帰納法の仮定に矛盾する.

<sup>3</sup>証明は簡単である.  $p^2 \mid n \Rightarrow p(p-1) \mid \phi(n) \Rightarrow p \mid n-1$ , しかし素数  $p$  は  $n$  の約数なので  $n-1$  は割らない.

<sup>4</sup>帰納法のから得られる命題の対偶である.

<sup>1</sup>2017 年 11 月 16 日と記載されている.

<sup>2</sup>2018 年 3 月 9 日のことである.



## 2.2 帰納法の代案

帰納法や背理法で示すとしてある場合、トートロジーあるいは定義されない状況がよくあるので注意したい。適当な書き換えができるならば、その書き換えをした上で考察したほうがよい。次のようにすれば帰納法表現も背理法表現も避けることができる。

$L$  をレーマーの予想を満たさない合成数  $n$  の集合、すなわち

$$L = \{n \in \mathbb{N} \mid n \text{ は } \phi(n) \mid n - 1 \text{ である合成数}\}$$

とする。レーマーの定理 1 により、 $L$  は

$$L = \bigcup_{k \geq 2} L_k, \quad L_k = \{\text{相異なる } k \text{ 個の素数の積}\} \cap L$$

と表せる。このとき

**性質 7 (添字の最小値の存在)**  $L \neq \emptyset$  であれば、任意の  $k < K$  について  $L_k = \emptyset$  かつ  $L_K \neq \emptyset$  となる最小の自然数  $K$  が存在する<sup>5</sup>。

$n \in L_K$  に対してはレーマーの定理 1 により、相異なる奇素数  $p_1, \dots, p_K$  が存在して  $n = p_1 p_2 \cdots p_{K-1} p_K$  と表せて、 $n \in L$  なので次を満たす。

$$(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)(p_K - 1) \mid p_1 \cdots p_{K-1} p_K - 1 \quad (1)$$

この関係は適当な整数  $\alpha \neq 0$  により

$$\alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)(p_K - 1) = p_1 \cdots p_{K-1} p_K - 1 \quad (2)$$

と書き換えられる。整除性に関する性質は、0 に相当する数で割る誤りが多いので、式の操作として割らない形に書き換えて読み直すべきである。

## 2.3 Xiao の計算

Xiao は  $n - 1$  に対して次の 2 つ式変形を提供した。

$$p_1 \cdots p_{K-1} p_K - 1 = (p_1 \cdots p_{K-1} - 1)p_K + p_K - 1 \quad (3)$$

$$p_1 \cdots p_{K-1} p_K - 1 = (p_1 \cdots p_{K-1})(p_K - 1) + p_1 \cdots p_{K-1} - 1 \quad (4)$$

(2) と (4) を合わせれば

$$\begin{aligned} (p_1 \cdots p_{K-1})p_K - 1 & \\ & \stackrel{(2)}{=} \alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)(p_K - 1) \\ & \stackrel{(4)}{=} (p_1 \cdots p_{K-1})(p_K - 1) + p_1 \cdots p_{K-1} - 1 \end{aligned}$$

<sup>5</sup>レーマーの定理 4 から  $K \geq 7$  であり、その後、何人かの仕事でこの下限は更新されている。

が得られる。 $p_1 \cdots p_{K-1} - 1$  について解けば

$$\begin{aligned} p_1 \cdots p_{K-1} - 1 & \\ & = \alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)(p_K - 1) - (p_1 \cdots p_{K-1})(p_K - 1) \\ & = (p_K - 1)\{\alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1) - p_1 \cdots p_{K-1}\} \end{aligned}$$

である。 $\beta = \alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1) - p_1 \cdots p_{K-1}$  とおけば

$$\beta(p_K - 1) = p_1 \cdots p_{K-1} - 1 \quad (5)$$

と表せる。また (2) と (3) から

$$\begin{aligned} \alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)(p_K - 1) & \\ & = p_K - 1 + p_K(p_1 \cdots p_{K-1} - 1) \quad (6) \end{aligned}$$

を得る。(6) の両辺に  $\beta$  を乗じてから (5) を代入する。

$$\begin{aligned} (p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)\alpha\beta(p_K - 1) & \\ & = \beta(p_K - 1) + \beta p_K(p_1 \cdots p_{K-1} - 1) \\ & = (p_1 \cdots p_{K-1} - 1)(1 + \beta p_K) \end{aligned}$$

この関係にもとづき Xiao は

$$(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1) \mid p_1 \cdots p_{K-1} - 1$$

を主張した。しかし証明できているのは

$$(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1) \mid (p_1 \cdots p_{K-1} - 1)(1 + \beta p_K)$$

までである。係数部分  $1 + \beta p_K$  を計算しておく。

$$1 + \beta p_K = \alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1) - (p_1 \cdots p_{K-1} - 1)$$

であり、 $K$  の最小性の仮定により 0 にはならない。 $(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)$  と  $1 + \beta p_K$  が互いに素ならばよいが、少し計算すれば、この 2 数の公約数は  $p_1 \cdots p_{K-1} - 1$  と  $\alpha(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)$  の公約数になることがわかる。 $K$  の最小性から、それは  $(p_1 - 1) \cdots (p_{K-1} - 1)$  の倍数ではない。しかしそれ以上のことはわからない。

## 参考文献

- [1] D.H.Lehmer, on Euler's totient function, Bulletin of the American Mathematical Society, 38: 745751.1932.
- [2] Huan XIAO, On the Lehmer's problem involving Euler's totient function, arXiv:1711.08313v1, 2017.
- [3] 鈴木治郎, 和田秀男先生の数学, 国際 ICT 利用研究学会論文誌第 1 巻第 1 号, pp.102-110, 2017

# 長野県は長寿県か？ —生命表から見る長寿県—

鈴木治郎<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 信州大学 全学教育機構  
(国際 ICT 利用研究会第 3 回研究会発表)

<sup>†</sup>szkjiro@shinshu-u.ac.jp

キーワード 生命表, 平均寿命, 平均余命

## 1 はじめに

筆者の勤務先のある長野県は、2017年に発表された<sup>1</sup>都道府県別平均寿命において女性が1位(小数点第2位までなら、1位の長野県と2位の岡山県は同じ値である)、男性が2位の、いわゆる長寿県である[1]。前年に1位だった男性が「なぜ下がったか」などまことしやかな解説がなされたりもしている。

ところで「長寿県」ということばを耳にしたとき私たちはどんなことをイメージするだろうか。例えば「健康に暮らせる」、「自然・生活環境がよい」、「地域特性に応じた食生活がよい」などがあるだろうか。

実際のところ、長野県と2位以下の都道府県との間に特筆するだけの差を見つけることができるのだろうか。ここでは厚生労働省の発表している生命表[1]を通じて「長寿」の実情を見ていきたい。

## 2 平均寿命とは

平均寿命とは、0歳における**平均余命**のことである。 $n$ 歳における平均余命 $e_n$ は、 $l_k$ で $k$ 歳における生存数を表すとき

$$e_n = \frac{1}{l_n} \sum_{k>n} l_k$$

で定義される。生存数 $l_n$ は、実際の人口動態統計における $n$ 歳での死亡者数 $d_n$ を10万人当たりの死亡数 $d'_n$ に換算して扱うとき

$$l_n = 10000 - \sum_{k \leq n} d'_k$$

にほぼ等しい。「ほぼ」の部分は生命表作成の理論にもとづき多少の修正が行われるからである。ここではその厳密な定義までは触れない。

<sup>1</sup>都道府県別平均寿命算出の根拠となる完全生命表は、5年毎の国勢調査データにもとづく作成される。毎年の平均寿命国際比較は、都道府県別までは算出しない簡易生命表による。

## 3 平均余命の読み方

平均寿命は長命化していることは間違いないが、最近の伸びはどうなのだろうか。直近の数字は2015年、その前は2010年のそれぞれ国勢調査にもとづくものである。

長寿県・長野の場合、この5年間に男性で0.87歳(43位)、女性で0.49歳(38位)である。「長寿県」であったがゆえにもう伸び止まりしているのだろうか。

### 3.1 寿命の脱出速度

『シンギュラリティは近い』で著名なカーツワイルは、様々な未来予測をしている。その中で**寿命の脱出速度**という概念を提唱し「20年後には私たちの寿命は1年に1歳以上伸びる(2001年)」と予想している[2]。そうなれば、私たちは平均的には死ななくなるわけで、その変化が技術でもたらされるものならば、とくに高齢者の平均余命から確認できるであろう。

彼の予想からもうすぐ20年になる。例えば上の長野県の数字をもとにすれば、1年に0.1~0.2歳程度の伸びである。

テクノロジーの影響がただちに現れるなら、私たちの**晩年期にある年代の平均余命**に注目するとよいと思える。発表では晩年期の平均余命に注目したい。

### 3.2 死亡率と幼少期の谷

年齢ごとの死亡率をグラフにすると幼少期に一つのピークがあり、ある年齢を超えると死亡率は「老化」の影響で徐々に増大していく。発展途上国とOECD諸国の平均寿命の違いは、幼少期の死亡率の改善の影響が大きく現れる。

発表では長寿県・長野の状況を比較するために、都道府県別完全生命表から平均寿命の長い端からは男性1位(滋賀県)と2位(長野県)、女性1位(長野県)と2位(岡山県)をとりあげる。短い端からは男性の1位から3

位までの青森県, 秋田県, 岩手県をとりあげる。これら  
の3県は女性でも短い端から6位までに含まれる。

### 3.3 死亡率では

厚生労働省は都道府県生命表と同時に年齢調整死亡率  
も公表している [3]。この資料にもとづく女性死亡率  
には都道府県別の差異がほとんどない。ところが男性で  
は多少特徴的な様子が見られる。発表ではこの点にも注  
目したい。

## 4 データ処理について

ここで扱った厚生労働省発表資料は、概況に含まれる  
情報は Excel ファイルでも公開されている。また都道府  
県ごとの生命表として CSV ファイルでも公開されてい  
る [1]。しかしながら政府発表資料の Excel ファイルは機  
械可読性の悪い形に作られていることが多く、この資料  
も例外ではない。

そこで本論で作成した図表は、発表資料である PDF フ  
ァイルを統計解析ソフト R のライブラリである tabulizer[4]  
で処理して得られるデータを用いた。tabulizer はオーブ  
ンソースの Java ライブラリ tabula[5] を利用しており、R  
以外からの利用も可能である。

## 参考文献

- [1] 厚生労働省, 平成 27 年都道府県別生命表の概況,  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/tdfk15/>,  
2017
- [2] R.Kurzweil, The law of accelerating returns,  
<http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>, 2001 Mar. 7.
- [3] 厚生労働省, 平成 27 年都道府県別年齢調整死  
亡率の概況, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/other/15sibou/>, 2017
- [4] tabulizer tutorial,  
[https://ropensci.org/tutorials/tabulizer\\_tutorial/](https://ropensci.org/tutorials/tabulizer_tutorial/),  
v0.1.22, 2018 Mar 14 checked.
- [5] tabula, <http://tabula.technology/>, latest 2018 Feb.  
27.