

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 6 回

2019 年 10 月 6 日

@千葉商科大学

## 第6回 国際ICT利用研究学会 研究会（第3報）

下記のように第6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(非会員共著者は1名まで)については、Transactions of the IIARS (IIARS 研究会論文誌) No.2, もしくは Journal of IIARS (IIARS 学術研究論文誌) Vol.3 以降に掲載します。

山下倫範（立正大学）

日時 2019年10月6日（日） 11:45-16:30

会場 千葉商科大学（会場へのアクセス）6号館3階631教室（下段案内図参照）

参加費 無料

### プログラム

11:45 開会の挨拶 上山俊幸（千葉商科大学）

第1セッション（11:50-12:50, 座長 座長 田中雅章（ユマニテク短期大学））

11:50-12:05

○伊藤良浩, 木川 裕（日本大学）

インターネット利用による認知機能回復の可能性について

12:05-12:20

○阿部美里（立正大学）

学生目線による学内ICT環境についてのアンケート分析結果

12:20-12:35

○芝地芳貴, 白木洋平（立正大学）, 岡村仁史, 縄 和泰（正則高校）

情報倫理教育がウイルス対策への意識に与える影響

12:35-12:50

○竹井 潔（聖学院大学）

情報倫理専門誌のキーワード分析による情報倫理の課題と傾向

12:50-13:00 休憩

第2セッション（13:00-14:00, 座長 木川 裕（日本大学））

13:00-13:15

○鎌田光宣（千葉商科大学）

VTuber (Virtual YouTuber)を支える技術とコンテンツビジネスの新たな可能性

13:15-13:30

○奥原 俊（藤田医科大学）, 菅原 良（明星大学）, 伊藤孝行（名古屋工業大学大学院）

エージェントにおける交渉の自動化に関する一考察

13:30-13:45

○田中雅章（ユマニテク短期大学）, 神田あづさ（仙台白百合女子大学）

紙芝居を活用したプレゼントレーニングの試み

13:45-14:00

○福田真規夫（太成学院大学）

ある未来予測と今後の教育への提案

A proposal for education derived from a future prediction

14:00-14:15 休憩

第3セッション（14:25-15:25, 座長 田中敏幸（慶應義塾大学））

14:15-14:30

○斉藤慧太, 白木洋平（立正大学）

夏季イベント開催時における暑熱環境の調査およびその対策に関する研究

14:30-14:45

○新間隆登, 佐藤響平, 後藤真太郎（立正大学）

農業遺産評価におけるジオインフォマチックスの役割

ー比企丘陵のため池に係わる水管理コミュニティの評価への適用ー

14:45-15:00

○佐藤響平, 後藤真太郎（立正大学）

環境保全型農業における稲と雑草との競合と土壌成分との関係評価

15:00-15:15

○今井 優（立正大学・外部研究員）

航空レーザ計測データからの森林情報の推定

15:15-15:25 休憩

第4セッション（15:25-16:30, 座長 宮田大輔（千葉商科大学））

15:25-15:40

○松本 響（立正大学）

齡構造モデルを用いたミナミシロナガスクジラにおける個体数予測

15:40-15:55

○青木和昭（立正大学）

疑似カラー画像を用いた気圧配置の予測に関する研究

15:55-16:10

長瀬 潤, ○田中敏幸（慶應義塾大学）

ジャイロ効果による自立型二輪車のデジタル制御

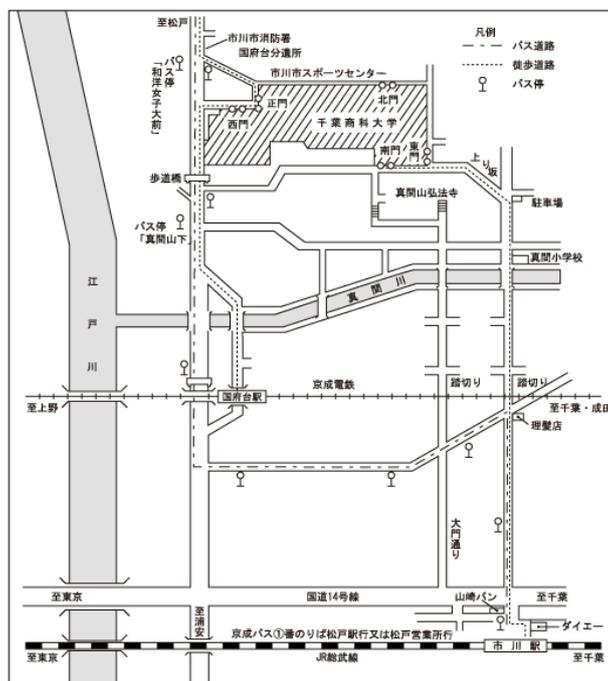
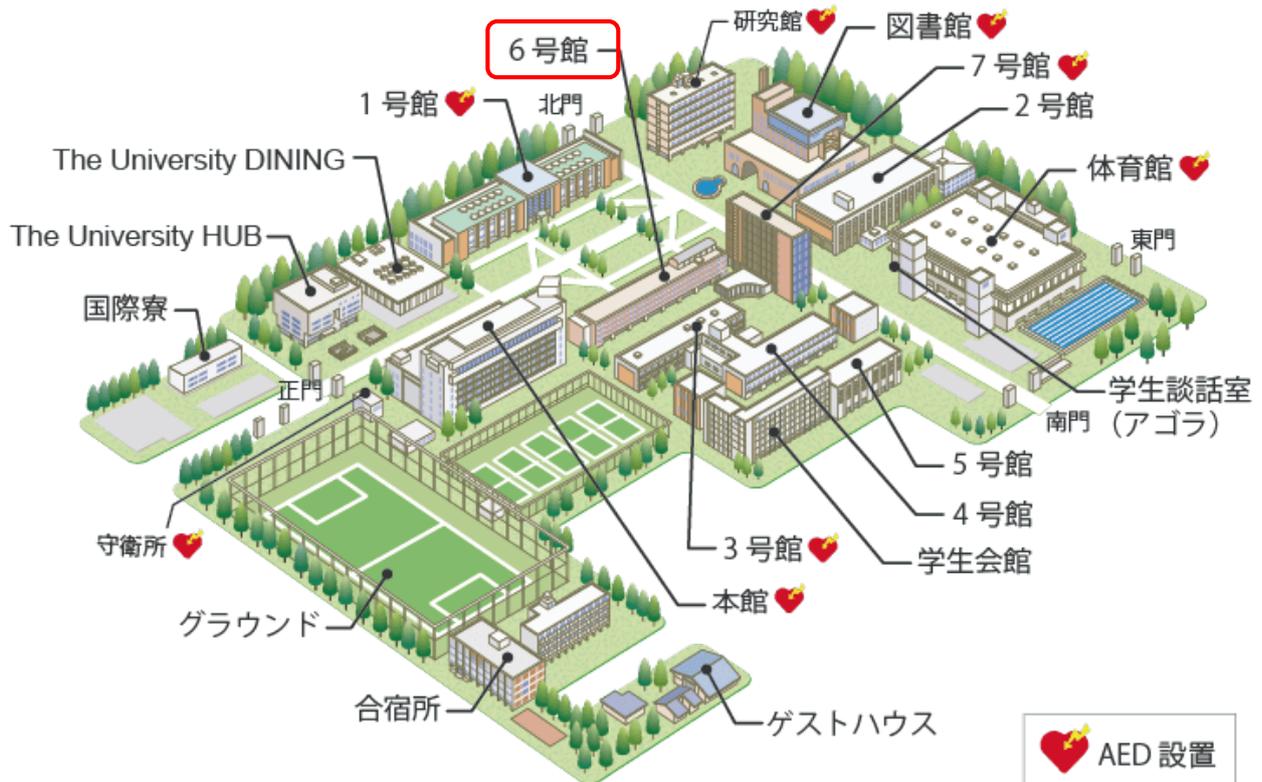
16:10-16:30

○鈴木治郎（信州大学）

8クイーン問題を題材にした人工知能の理解学習

16:30 閉会の挨拶 上山俊幸（千葉商科大学）

## 千葉商科大学 構内図とアクセス



\* JR 総武線 市川駅下車 徒歩約 20 分

バス利用の場合は、駅前京成バス 1 番のりばから松戸駅行または松戸営業所行に乗車約 10 分 和洋女子大前下車 徒歩 3 分

\* 京成線 国府台駅下車 徒歩約 10 分

\* 北総線 矢切駅下車 徒歩約 20 分

バス利用の場合は、駅前京成バスのりばから市川駅行に乗車約 10 分 和洋女子大前下車 徒歩 3 分

\* JR 常磐線 松戸駅京成バス 1 番のりばから市川方面行に乗車約 20 分 和洋女子大前下車 徒歩 3 分

# インターネット利用による認知機能回復の可能性について

伊藤 良浩 木川 裕  
日本大学 法学部

キーワード：MCI（軽度認知障害）、認知症、高齢者

## 1 問題の所在

我が国の高齢化率は、平成 19 年に 21.5%と初めて 21%を超え<sup>1</sup>、「超高齢社会」と呼ばれるようになり、その後も高齢者数は増加の一途をたどっている。総務省統計局<sup>2</sup>によれば、平成 31 年 4 月 1 日現在の我が国の総人口は 1 億 2625 万 4 千人と発表されており、そのうち 65 歳以上の高齢者は 3575 万 2 千人であり、全体の 28.32%を占めている<sup>3</sup>（図 1）。

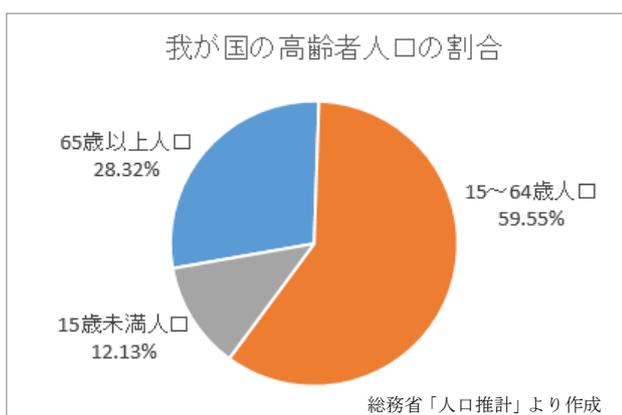


図 1. 我が国の世代別人口構成

ところで、高齢者の増加は当然、寿命と大きく関係してくる。我が国の平均寿命<sup>4</sup>は、男性 81.09 年、女性 87.26 年（平成 29 年）であり、これに対

して、健康寿命<sup>5</sup>は、男性 72.14 年、女性 74.79 年（平成 28 年）であり、健康寿命を延ばすことでそれぞれの寿命の差を縮めていくことが重要である。しかし、この健康寿命の維持の大きな障害となるのが認知症である。

国内の認知症有病者数は、平成 24 年時点で約 462 万人と算出されており、当時の高齢者人口（3079 万人）に占める割合は約 15%であり、これは 7 人に 1 人が認知症であることを示している。また、認知症の前段階とされる MCI（Mild Cognitive Impairment）こと軽度認知障害の有病者数も約 400 万人と推定されており、全体の約 13%にあたる<sup>6</sup>。

本稿では、この高齢化にとっての障害となる認知症を避けるため、MCI 状態から回復させるための非薬物的アプローチについて考察するものである。

## 2 我が国の高齢化と世界の状況

ここで「高齢者」という用語の定義について考えてみたい。高齢者という用語は、「高齢社会白書<sup>7</sup>」にあるように、「文脈や制度ごとに対象が異なり、一定の定義が」なく、また、日本老年学会ワーキンググループの報告書<sup>8</sup>のように、75 歳以上を高齢者とする新たな提案など統一されていない。

<sup>1</sup> 内閣府「平成 20 年版 高齢社会白書」平成 19 年度 高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況 第 1 章第 1 節 高齢化の状況 p2

<sup>2</sup> 総務省統計局「人口推計」平成 31 年 4 月 1 日現在（確定値）、<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/new.html>

<sup>3</sup> 図 1 は総務省統計局「人口推計」資料より筆者が作成。15 歳未満人口は 1532 万人、15~64 歳人口は 7518 万 1 千人となっている。

<sup>4</sup> 令和元年版 高齢社会白書、p6

<sup>5</sup> 同上、p27

<sup>6</sup> 朝田隆「都市部における認知症有病率と認知症の生活機能障害への対応」平成 25 年 3 月、[http://www.tsukuba-psychiatry.com/wp-content/uploads/2013/06/H24Report\\_Part1.pdf](http://www.tsukuba-psychiatry.com/wp-content/uploads/2013/06/H24Report_Part1.pdf)

<sup>7</sup> 内閣府「令和元年版 高齢社会白書」p2、[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s1s\\_01.pdf](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf)

<sup>8</sup> 高齢者の定義と区分に関する、日本老年学会・

そこで、用語を統一するため、本稿では一般的な傾向として認知されている 65 歳以上を対象とする。

前述したように、我が国の総人口は 1 億 2625 万人であり、65 歳以上の高齢者は 3575 万人となっている。これは、全体の 28.32%（平成 31 年 4 月時点）にあたり、世界で最も高い水準である。

平成 30 年時点の資料<sup>9</sup>によれば、日・伊・独・仏・英・米の 6 か国で、日本は 28.1%と 1 番高く、次にイタリアが 23.3%、ドイツの 21.7%、フランス 20.1%、イギリス 18.7%、アメリカ 15.8%の順となっている。

これを平成 22 年時点と比較すると、日本は 23.0%、イタリアが 20.3%、ドイツの 20.8%、フランス 16.8%、イギリス 16.6%、アメリカ 13.1%となり、高齢化の進行率は、日本は 5.1%、イタリアが 3.0%、ドイツの 0.9%、フランス 3.38%、イギリス 2.1%、アメリカ 2.7%であった（図 2）<sup>10</sup>。これを見ても、日本の高齢化進行率が他国から群を抜いて高いことが理解できる。

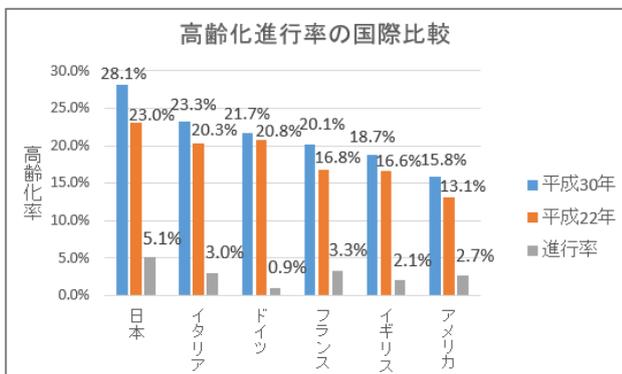


図 2. 高齢化進行率の国際比較(主要 6 개국)

違う視点から見れば、長生きをすることが出来る国であるというポジティブな視点をもつことも可能であるが、現状、日本で「少子高齢化」が問題視されているということはポジティブな面だけ

日本老年医学会 高齢者に関する定義検討ワーキンググループからの提言（概要）, [https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/proposal/pdf/definition\\_01.pdf](https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/proposal/pdf/definition_01.pdf)

<sup>9</sup> 総務省統計局「5. 国際比較でみる高齢者」, <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1135.html>

<sup>10</sup> 同上「表 7. 高齢者人口の割合（上位 10 개국）

では語れないということの証明であろう。

### 3 我が国の社会保障費の現状

「超高齢社会」の問題点は「社会保障制度への圧迫」である。日本では、「国民皆保険制度」・「高額療養費制度」・「後期高齢者医療費制度」などといった福祉制度が存在しており、国民一人が高い医療費の全額を出さなくても、医療を受けることが出来る仕組みが出来上がっているため、気軽に病院で診察してもらうことが出来る。ただ、そのたびに社会保障費の出費が増えていくという仕組みになっている。ここに、病気にかかりやすい高齢者の増加となれば、出費が増えることは明らかである。

たとえば、平成 29 年度の「社会支出」・「社会保障給付費」の内訳<sup>11</sup>において、「社会支出」の総額は 124 兆 1837 億円のうち、政策分野別に見ると 56 兆 9399 億円が「高齢」に割り当てられており、全体の 45.9%を占めている。また、41 兆 8713 億円が「保険」に割り当てられており、全体の 33.7%を占めている。これら二つだけで約 8 割弱の社会支出を占めているのである。

また、「社会保障給付費」の総額は 120 兆 2443 億円のうち、機能別に見ると「高齢」が 56 兆 5211 億円となっており、全体の 47.0%を占めている。また、「保険医療」が 37 兆 7436 億円となっており、全体の 31.4%を占めている<sup>12</sup>。

このように、高齢化による社会保障費の増加は多方面にも影響を与えかねない現状である。

### 4 認知症と軽度認知障害(MCI)

前述したように、国内の認知症有病者数は、平成 24 年時点で約 462 万人に加え、軽度認知障害（MCI : Mild Cognitive Impairment）の有病者数も約 400 万人と推定されており、これら二つを合わせると約 862 万人となり、約 28%程度の高齢者達

（2018 年）」と平成 27 年版 高齢社会白書,p12 の資料から 6 개국のデータの未集計、筆者が作成。

<sup>11</sup> 国立社会保障・人口問題研究所「平成 29 年度 社会保障費用統計」（令和元年 8 月）,p6,表 4 政策分野別社会支出を参照。

<sup>12</sup> 同上,p12,表 9 機能別社会保障給付費を参照。

が認知症もしくは認知症予備軍と言える。

この調査が実施されたのが今から7年前であることから、現在ではさらに多くの認知症、MCIを有病している可能性がある。

また、厚生労働省の推計では2025年には認知症有病者の率が18.5%に増加し、5人に1人が認知症の高齢者になるとしている。

ところで、MCIと認知症は異なり、厚生労働省による健康情報サイトであるe-ヘルスネットの説明によれば、「正常と認知症の間ともいえる状態」であり、「記憶力に障害があって物忘れの自覚があるが、記憶力の低下以外に明らかな認知機能の障害がみられず、日常生活への影響はないかあっても軽度のもの」とされる。しかし、MCIは「年間で10～15%が認知症に移行する」認知症の前駆状態でもありと考えられている。

これを放置することは認知症またはアルツハイマー病への片道切符になりかけない可能性があり、注意が必要である。認知症は種類によっては治るものと治らないものがあるが、高齢者認知症の原因の約6割がアルツハイマー型認知症<sup>13</sup>となっており、現状の医療では完治することは難しくゆっくりと進行し、重症化する可能性もある。

しかし、MCIは低下した認知機能が回復するという研究<sup>14</sup>もあり、「MCIと特定された人のうち、健忘型MCI単一領域障害では38.7%、非健忘型MCI単一領域障害では57.0%、健忘型MCI複数領域障害では25.7%、非健忘型MCI複数領域障害20.9%の人が健常認知機能に回復した」とされる。

## 5 MCIに対する非薬物的アプローチ

前述のように、MCIが回復可能であるのなら、実際にどのような方法があるのだろうか。MCIの対処アプローチとして、薬物療法はなく、①栄養、②運動、③知的活動といった非薬物的アプローチ

を行うことが理想<sup>15</sup>とされている。

この様に、MCIという段階もしくは、健常な状態の時点での改善もしくは予防が大切であることは明らかである。その活動として、非薬物的アプローチを自主的に行うことが重要となる。

そこで、我々は「知的活動」をベースにしたインターネット活動に焦点を当てている。もちろん、栄養や運動の重要性は誰もが認めるところである。しかし、本研究では、直接的に脳に刺激を与えることのできる「知的活動」の可能性に着目した。

では、知的活動とは何か。“The Florida Cognitive Activities Scale (FCAS)”によれば、チェス、ボードゲーム、テレビ・ラジオの視聴、電話での会話、人への訪問などが知的活動として挙げられている。このFCASは、高齢者集団の認知活動を評価するために使用される25項目のスケールと2つのサブスケールがあり、より高い認知能力と頻繁な認知能力や認知活動の維持・改善に関するスケールとして開発された。上記以外にも、日常会話、買い物、園芸・ガーデニングによって認知症のリスクが減少することが挙げられている。この様な活動によって、認知機能の維持・改善を図ることができると考えられているのである。

本研究では、これらの活動をインターネットを介して行うことで、より活発な知的活動を能動的かつ合理的に行うことが可能になると考えている。

## 6 高齢者のインターネットの利用

これらのことを踏まえた上で、65歳以上のインターネット利用率を見てみる。

インターネットが普及する中、情報通信白書によれば、平成26年度末から平成30年度末における高齢者のインターネット利用率は65歳から69歳<sup>16</sup>は約7割、70歳から79歳は約5割、80歳以

<sup>13</sup> 認知症ネット「アルツハイマー型認知症（アルツハイマー病）とは | 初期症状や予防法など」<https://info.ninchisho.net/type/t10>（2019/10/3 参照）

<sup>14</sup> 「日本人高齢者におけるMCIからの回復および認知症への進展率」（健康長寿ネット）公益財団法人長寿科学振興財団、<https://www.tyojyu.or.jp/net/topics/news/2017/83-MCI-ninchisho.html>

<sup>15</sup> 水上勝義「軽度認知障害（MCI）症例にはどう対応すべきか？」精神雑誌（2009）111巻1号、p29、<https://journal.jspn.or.jp/jspn/openpdf/1110010026.pdf>

<sup>16</sup> 平成30年度末のグラフについては、これまでの65-69歳という区切りではなく資料が60-69歳に変更されたため省略した。

上は約2割とほぼ横ばいで推移している<sup>17</sup>(図3)。これは、13歳から59歳までが各階層で9割を超えていることと比較して非常に低い状況と言える。

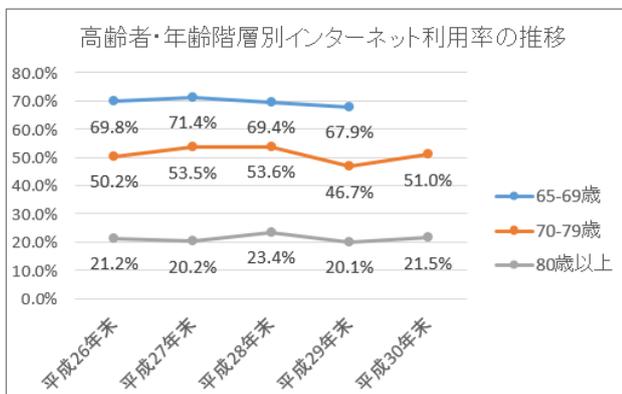


図3. 高齢者・年齢階層別インターネット利用率の推移

## 7 高齢者のインターネット利用調査

高齢者のインターネット利用に関するプレ調査を実施した。被験者は、60歳から89歳までの12名（内訳：60代男性7名、70代男性2名、80代女性3名）であり、アンケート実施時期は、9月末である。

まず、インターネットの利用の有無についての質問については、60代・70代ともに「ある」と回答、80代女性は3名とも「ない」と回答した。

次に、携帯電話について所有の有無と、所有している場合はスマートフォンかガラケーかについて尋ねたところ、60代男性のうち5名がスマートフォン、2名がガラケーとの回答であった。70代男性2名はスマートフォン、80代女性のうち2名はガラケー、1名は所有していないとの回答であった。

3つ目に、SNSの利用についてスマートフォン、利用者のみに尋ねたところ、60代の男性のうち4名が「利用している」他は「利用していない」との回答であった。

4つ目に、「もし認知機能を回復させるアプリがあるなら利用しますか」との質問を行った。これについて、60代・70代の男性全員が、そういう状

況になれば「利用する」との回答であったが、80代女性1名は、使い方がわかれば「利用する」と回答したが、女性2名は、わからないので「利用しない」との回答であった。

今回の調査はプレ調査ということもあり、被験者も非常に少なく年代もかなり偏っていて、ほとんど参考にはならないだろう。しかし、新しいことにチャレンジすることは、それがネットやスマホのようなものであっても高齢者にはハードルが高いのかもしれない。

## 8 今後の課題

今回の調査は不十分なものであったが、今後はもっと多くの高齢者の方々への直接のヒアリング・アンケート調査を実施する予定である。

具体的には、今回のアンケート内容を拡充し、幅広く利用状況と今後の可能性を探っていければと考えている。

高齢になるにつれて新しいものを学習する力（意欲）が低くなってしまふのかもしれないが、逆に考えると、脳にとっては大きな刺激となるはずである。そうだとすると、単に利用を促すだけではなく、高齢者の方々に利用してもらえるシステムの構築こそが急務なのかもしれない。

我々にとって、高齢者問題は遠い課題ではない。1日1日と年齢を重ねることが楽しみになるような、そんな素晴らしい未来の一助になれるように研究を続けたいと思う。

## 参考文献

- [1] 牧迫飛雄馬、「老年健康科学～運動促進・知的活動・社会参加のススメ」, p143・p147, 株式会社ヒューマン・プレス, 2019

<sup>17</sup> 図3は「平成28年版～令和元年版情報通信白書（総務省）」ICTサービスの利用動向 属性別イ

ンターネット利用率データを集計し筆者が作成。

## 学生目線による学内 ICT 環境についてのアンケート分析結果

阿部 美里 (立正大学地球環境科学部)\*

キーワード: 情報化投資額, ICT 環境, 費用対効果

### 1 はじめに

35 年前, 元カーネギーメロン大学長のリチャード=サイヤート氏は「未来の偉大な大学とは, 立派なコンピュータシステムを備えた大学ということになる」([2]) と確信をもって予言していたが, 蓋し明察であり, 今日では「偉大な大学とは優秀な ICT システムを具備した大学である」と翻訳されよう。しかるに, 厳しさの増す大学ガバナンスに希求されるべき ICT システム具備については, 新陳代謝する情報システムに十分な投資をしたうえで迅速な意思決定を下すというマネジメントの問題でもあろう。大学における ICT システムを推進する／しないの選択は, とすれば旧套墨守に陥りやすい大学将来の運命を大きく左右するといっても過言ではなかろう。

大学 ICT 推進の中で, 基盤たるべき情報システム環境を常時整備してゆくというのは決して安くはない投資と考えられるが, その投資が適切であるかどうかを判断する材料の一つとして公益社団法人私立大学情報教育協会(以下, 私情協)が調査報告している「私立大学情報化投資額調査」があげられよう。

本稿では, 私情協による 2017 年度情報化投資額調査報告を参考に, 学生がどのような意識 (ICT システムの利用充実度および満足度, リプレイスなど) を有しているのかについてのアンケートを実施し, その調査結果を報告する。

### 2 調査目的

情報化投資額とは, それぞれの大学の ICT システム・設備にどれだけの投資をしているかという額を指す。これは学生が毎年度納付している授業料の中から投資されている。その投資は我々学生にとってどのように反映されているのか, アンケート調査によって分析したいと考えた。

### 3 アンケート分析結果

今回のアンケートは, 著者が在籍している立正大学地球環境科学部環境システム学科の 2 年生から 4 年生を対象として実施した。

#### 3.1 2-4 年生対象アンケート

- 調査期間: 2019 年 7 月 15 日-7 月 26 日

- 対象者: 環境システム学科 2 - 4 年生
- 調査方法: web アンケート (webclass)
- 有効回答数: 74 件
- 回収率: 28.5 %

#### 3.1.1 情報処理技術に関して興味・関心度

男女別に情報処理技術に興味・関心度を調査すると, 「興味・関心あり」と答えた割合で男性が約 82 %, 女性が約 67 % となった。男性の方がこの点に関して興味・関心度が高い傾向と分かった。

#### 3.1.2 学内 ICT の充実度・満足度

ICT 設備別に利用充実度・満足度の調査を実施し, 段階別に点数をつけ, 評価を表にまとめた。

表 1: 学内 ICT システムの充実度・満足度評価

A: 充実・満足している, B: やや充実・満足している, C: 今一つ, D: 充実・満足していない, X: 利用したことがない

1) 授業教室, 2) PC 教室, 3) PC 教室 (3 号館), 4) 図書館システム, 5) 履修システム, 6) 成績表示システム

	A	B	C	D	X	
	4 点	3 点	2 点	1 点	人数	合計
1)	1.89	1.18	0.27	0.00	0	3.34
2)	1.89	1.09	0.27	0.03	0	3.28
3)	2.11	1.18	0.08	0.01	2	3.38
4)	1.95	0.73	0.30	0.00	9	2.97
5)	1.57	1.14	0.38	0.04	0	3.12
6)	1.89	1.09	0.24	0.04	0	3.27
合計	11.30	6.41	1.54	0.12	11	19.36

合計点から読み取ると, 学部コンピュータ室の評価が高く, 図書館システムの評価が低いことが分かる。図書館システムにおいては, そもそも利用したことがないと回答した方が多く以上のような結果となった。一つでも「充実・満足」以外を選択した方に理由を述べてもらおうと, 「Wi-Fi 接続の悪さ」や「最新の OS・ソフトの更新がされていない」などの声が多く挙げられた。

#### 3.2 1 人当たりの大学情報化投資額

2017 年度情報化投資額調査によると, 立正大学は「入学定員数規模 1 万人程度」のグループに分けられており, 一人当たりの情報化投資額は中央値 7.0 万円, 平均値 8.3 万円と報告されている。

この情報を参考に, アンケートでは適切と思われる大学情報化投資額はいくらぐらいか調査実施すると, 中央値

\* misato.abe9514@gmail.com

6.25 万円, 平均値 6.46 万円という結果を得た。この結果は実際に投資されている額よりも低い金額である。

また, 立正大学は 8 学部中 7 学部が文系学部であり, 残り 1 学部が文理融合学部となっている文系よりの大学である。上記とは源資が異なり, 著者が所属している地球環境科学部のコンピュータ室は, 学費の中の実験実習費(環境: 19.5 万円, 地理: 6 万円)から所属学生一人当たり年 2 万円ほどが拠出されている。このことを踏まえた上で, 適切と思われる投資額を調査したところ, 中央値 2.0 万円, 平均値 2.46 万円となった。中央値は実際に投資されている額と同額であった。平均値は 2.46 万円となり, 実際の投資金額よりも高いことが分かった。

### 3.3 学内リプレイスについて

最後に学内のリプレイス(設備の入れ替え)について, リース・レンタル利用か買取利用のどちらが好ましいか調査した。予算の都合など, 様々な考慮する点はあると考えるが, 学生がより利用しやすい環境を調査したく, 以上の設問を用意した。

#### 3.3.1 レンタル派の意見

リース・レンタル利用する場合, 最低 3 年から 4 年利用することが義務となっている。アンケートの結果, 62% の学生はレンタル利用が好ましいということが分かった。選択した人の意見は, 「情報システムは常に新しいものを取り入れて利用したい」, 「本学科では情報分野の研究を行っているので 4 年程度のリプレイスは必要であると考え」などの意見があった。

#### 3.3.2 買取派の意見

一方で買取利用の方が好ましいという学生は, 38% であった。選択した理由は, 「更新されていく設備について, 新たに使用方法を覚える必要がない」, 「長期利用した方が安く済む」などの意見が挙がった。

レンタル, 買取利用両者の意見を学生に求めたが, レンタル/買取についての誤解に基づく意見も少なからず見受けられた。例えば, 「レンタル利用の方が安く済む」や「レンタル設備を破損したら混乱する」などという意見があった。必ずしもレンタルが安価であるとは言い切れないこと, リース品を破損したら修繕補償費用が嵩む等等, こちら側が質問する上での基礎的知識が回答者には不足していたことが感じられた。

## 4 おわりに

今回のアンケート調査結果から, 学内の ICT システムにおいて, 広い視野では満足・充実している傾向となった。また, 自然科学系学部にも所属している学生は専攻授業により必要となるソフトなどが比較的多くあるため, 学部専用のパソコン端末においてはより満足・充実している結

果となった。

今回, アンケートの回収率が 28.5% と非常に低く, 一部の学生意見しか反映できなかったことが課題点であった。今後, 学生にアンケートを依頼する際は, 今回と異なる手法を用意すべきと考えた。

また, 満足度・充実度の評価分析方法を多角的に施し, 最終目的となる, 学生目線による ICT 環境について結論づけてゆきたい。

## 参考文献

- [1] (公社) 私立大学情報教育協会, 平成 29 年度私立大学情報化投資額調査集計結果, 2009 年 9 月-2018 年 9 月
- [2] Cyert R., Wall Street Journal, November 30, 1984, 18p.
- [3] 山下倫範, 立正大学における遠隔システムについて, 立正大学情報メディアセンター年報, 第 1 号, 2012.12, 17-35
- [4] 大学 ICT 推進協議会 (AXIES), 高等教育機関における ICT 利活用に関する調査研究, <https://axis.jp/ja/ict/2015>, <https://axis.jp/ja/ict/2016>, (2019.10.01 参照)
- [5] 酒井博之-辻晴彦-稲葉利江子, 高等教育における ICT 活用に関する大学規模による分析, 日本教育工学論文誌, 39 (Suppl), 69-72, 2016
- [6] 阿部美里-山下倫範, 情報化投資額の費用対効果に関する学生の意識について, 2018 年度国際 ICT 利用研究会合同大会 (CD 版), 日本大学, 2018.12.8, D3-6, 251-254

# 情報倫理教育がコンピュータウイルス対策への意識に与える影響

芝地 芳貴<sup>†</sup> 白木 洋平<sup>†</sup> 岡村 仁史<sup>‡</sup> 縄 和泰<sup>‡</sup>  
<sup>†</sup>立正大学 地球環境科学部 <sup>‡</sup>正則高校 情報科

キーワード：情報倫理教育，コンピュータウイルス対策，アンケート調査

## 1 はじめに

近年のスマートフォンやタブレット端末などの爆発的な普及は青少年（本稿では小中高生と定義する）のモバイルデバイス保有率の変化にも大きな影響を与えており、たとえば内閣府によって公開されている青少年のインターネット利用環境実態調査[1]によると、平成22年度から平成29年度におけるスマートフォンの普及率は、小学生が2.1%から29.9%、中学生が1.3%から58.1%、高校生が3.8%から95.9%となっている。モバイルデバイスの利活用は従来までの据え置き型の通信手段とは異なり SNS を代表とするコミュニケーションツールの利用や動画・音楽の視聴、あるいは情報検索などが「どんな場所でも」「手軽に」行うことが可能というメリットがある。しかしながら、モバイルデバイスを用いて誰でも（正しい知識がない人でも）手軽にインターネットに接続することができるようになったことで、近年ではサイバー犯罪（コンピュータ技術や電気通信技術を悪用した犯罪）が身近なものになってきている。青少年が被害に遭う事例も非常に多く報告されており、たとえば警視庁・文部科学省によって公表されている「夏休みを迎える君たちへ～ネットには危険もいっぱい～」[2]によると、コミュニティサイトで被害にあった子供の数は平成20年から平成28年の間で約2.2倍との報告がなされている。

サイバー犯罪に巻き込まれないための最も有効な手段として、これらに対する正しい知識の教授、すなわち教育が挙げられる。そこで本稿では、東京都に位置する私立高等学校（以下、本稿ではA高校と記す）の2年生を対象とし、情報倫理について講義を行った事前と事後でサイバー犯罪への意識に変化が発生するかアンケート調査によって

明らかにすることとした。なお、本稿ではサイバー犯罪のうち特にコンピュータウイルスを中心に講義することとした。

## 2 研究方法

### 2.1 事前アンケートの概要

事前に行ったアンケートを図1および図2に示す。このアンケートでは主にインターネットの利用状況やコンピュータウイルスに対する知識などを問う設問によって構成されている。また、事後アンケート結果との関係性について評価を行うために記名式としているが、「回答したくない質問には未回答でも構わない」との配慮も行っている。なお、事前アンケートの有効回答数は223名である。

事前アンケート

2年 組 番号 氏名

このアンケートは、大学の研究の目的として使用します。成績などには含まれませんので、正確にお答えください。また、今回の研究では、事前アンケートと事後アンケートを比較するものとなっておりますので、お手数ですがお答えをお願いします。  
アンケートの中で、回答したくない質問がございましたら、その質問は未回答でも構いません。

1 あなたは1日に何回インターネットに接続してパソコンを利用しますか。  
1. 30分未満 2. 30分～1時間 3. 1～3時間  
4. 3～5時間 5. 5時間以上 6. 全く利用しない

2 あなたは1日に何回インターネットに接続してスマートフォンを利用しますか。  
1. 30分未満 2. 30分～1時間 3. 1～3時間  
4. 3～5時間 5. 5時間以上 6. 全く利用しない

3 あなたはインターネット（パソコン・スマートフォンなど）を利用する際に、それらが持つ危険性について意識していますか。  
1. 意識している 2. 少し意識している  
3. あまり意識していない 4. 全く意識していない

4 あなたはコンピュータウイルスについて、どの程度知識がありますか。  
1. 大分理解している 2. 少し理解している  
3. あまり理解していない 4. 全く理解していない

5 問4で「大分理解している」「少し理解している」を記入した方は、その知識をどこで得ましたか。（複数回答可）  
1. 小学校の授業 2. 中学校の授業 3. 高校の授業  
4. テレビ番組やニュース 5. 書籍や論文 6. インターネット  
7. その他( )

6 あなたはウイルス対策が必要だと考えますか。  
1. 必要 2. 必要ない 3. 場合による

7 あなたは自分のパソコンを所持していますか。  
1. 所持している 2. 所持していない

図1 事前アンケート（表面）

8 問7で「所持している」を選んだ方は、パソコンを主にどのような用途で利用していますか。  
(複数回答可)

1. ネットサーフィン    2. メールやSNS    3. ゲーム  
4. 音楽を聴く    5. 読書    6. その他(                    )

9 あなたは、パソコンにアンチウイルスソフトを入れていますか。  
1. 入れている    2. 入っていない    3. 入れているか分からない

10 あなたは、パソコンを常に新しい状態にアップデートしていますか。  
1. アップデートしている    2. アップデートしていない  
3. アップデートしているか分からない

11 あなたは、自分のスマートフォンを所持していますか。  
1. 所持している    2. 所持していない

12 問11で「所持している」を選んだ方は、スマートフォンを主にどのような用途で利用していますか。  
(複数回答可)

1. ネットサーフィン    2. メールやSNS    3. ゲーム  
4. 音楽を聴く    5. 読書    6. その他(                    )

13 あなたは、スマートフォンにアンチウイルスソフトを入れていますか。  
1. 入れている    2. 入っていない    3. 入れているか分からない

14 あなたは、スマートフォンを常に新しい状態にアップデートしていますか。  
1. アップデートしている    2. アップデートしていない  
3. アップデートしているか分からない

図2 事前アンケート（裏面）

**事後アンケート**

2年 組 番 氏名 \_\_\_\_\_

このアンケートは、大学の研究の目的として使用します。成績などには含まれませんので、正直にお答えください。また、今回の研究では、事前アンケートと事後アンケートを比較するものとなっておりますので、お手数ですが記入をお願いします。アンケートの中で、回答したくない質問がございましたら、その質問は未回答でも構いません。

1 あなたは、インターネットやSNSを利用する際に、それらが持つ危険性について意識していますか。  
1. 意識している    2. 意識していない

2 授業を受けて、コンピュータウイルスについての理解は深まりましたか？  
1. 深まった    2. やや深まった  
3. あまり深まらなかった    4. 全く深まらなかった

3 あなたは、ウイルス対策はやるべきだと考えますか？  
1. やるべき    2. 必要ない

4 パソコンのウイルス対策として、どのようなことを今後やっていきますか？  
1. アンチウイルスソフトを入れる    2. アップデートを頻繁にする  
3. 何もやることはない    4. その他(                    )

5 スマートフォンのウイルス対策として、どのようなことを今後やっていきますか？  
1. アンチウイルスソフトを入れる    2. アップデートを頻繁にする  
3. 何もやることはない    4. その他(                    )

6 最後に 授業のご感想をお願いします。

ご協力ありがとうございました。

図3 事後アンケート

## 2.2 情報倫理に関する授業の概要

本授業では、グループワークを中心に行い、「インターネット閲覧時に、ウイルス感染の通知画面が出てきてしまったら、どのような行動をするか」と「ウイルスに感染してしまったら、どのような被害が考えられるか」についてグループごとに議論を行ってもらい、最後にコンピュータウイルスの解説および対策事例について紹介を行った。

## 2.3 事後アンケートの概要

事後に行ったアンケートを図3に示す。このアンケートでは主に授業を聞いたことでコンピュータウイルスの理解が深まったか、あるいはウイルス対策の必要性について知識が深まったか、などを問う設問で構成されている。なお、事前アンケートと同様に事前アンケート結果との関係性について評価を行うために記名式としているが、「回答したくない質問には未回答でも構わない」との配慮も行っている。なお、事前アンケートの有効回答数は227名である。

## 3 結果および考察

事前アンケートおよび事後アンケートにて得られた結果について以下に記す。

### 3.1 事前アンケート結果

まず、問1は□30分未満32名(14.3%) □30分～1時間13名(5.8%) □1時間～3時間20名(9.0%) □3～5時間3名(1.3%) □5時間以上7名(3.1%) □全く利用しない148名(66.4%) 未回答0名(0.0%)、問2は□30分未満3名(1.3%) □30分～1時間20名(9.0%) □1時間～3時間110名(49.3%) □3～5時間54名(24.2%) □5時間以上35名(15.7%) □全く利用しない1名(0.4%) 未回答0名(0.0%)、問3は□意識している89名(39.9%) □少し意識している107名(48.0%) □あまり意識していない18名(8.1%) □全く意識していない9名(4.0%) 未回答0名(0.0%)、問4は□大体理解している11名(4.9%) □少し理解している85人(38.1%) □あまり理解していない94名(42.2%) □全く理解していない32名(14.3%) 未回答1名(0.4%) となった。問5は当てはまったすべての項目を集計し、□小学校の

授業 22 名 (7.2%) □中学校の授業 62 名 (20.2%) □高校の授業 5 名 (1.6%) □テレビ番組やニュース 40 名 (13.0%) □書籍や論文など 9 名 (2.9%) □インターネット 37 名 (12.1%) □その他 12 名 (3.9%) 未回答 120 名 (39.1%) となった。問 6 は□必要 187 名 (83.9%) □必要ない 2 名 (0.9%) □場合による 33 名 (14.8%) 未回答 1 名 (0.4%)、問 7 は□所持している 55 名 (24.7%) □所持していない 167 名 (74.9%) 未回答 1 名 (0.4%) となった。問 8 は当てはまったすべての項目を集計し、□ネットサーフィン 33 名 (11.7%) □メールや SNS 16 名 (5.7%) □ゲーム 12 名 (4.2%) □音楽を聴く 24 名 (8.5%) □課題 24 名 (8.5%) □その他 9 名 (3.2%) 未回答 165 名 (58.3%) となった。問 9 は□入れている 57 名 (25.6%) □入っていない 25 名 (11.2%) □入れているか分からない 110 名 (49.3%) 未回答 31 名 (13.9%)、問 10 は□アップデートしている 58 名 (26.0%) □アップデートしていない 25 名 (11.2%) アップデートしているか分からない 107 名 (48.0%) 未回答 33 名 (14.8%)、問 11 は□所持している 220 名 (98.7%) □所持していない 1 名 (0.4%) 未回答 2 名 (0.9%) となった。問 12 は問 8 と同様に当てはまったすべての項目を集計し、□ネットサーフィン 127 名 (17.6%) □メールや SNS 191 名 (26.5%) □ゲーム 129 名 (17.9%) □音楽を聴く 189 名 (26.2%) □課題 76 名 (10.5%) □その他 7 名 (1.0%) 未回答 2 名 (0.3%)、問 13 は□入れている 46 名 (20.6%) □入っていない 63 名 (28.3%) 入れているか分からない 113 名 (50.7%) 未回答 1 名 (0.4%)、問 14 は□アップデートしている 167 名 (74.9%) □アップデートしていない 34 名 (15.2%) □アップデートしているか分からない 21 名 (9.4%) 未回答 1 名 (0.4%) となった。

### 3.2 事後アンケート結果

まず、問 1 は□意識している 197 名 (86.8%) □意識していない 30 名 (13.2%) 未回答 0 名 (0.0%)、問 2 は□深まった 154 名 (67.8%) □やや深まった 72 名 (31.7%) □あまり深まらなかった 1 名 (0.4%) □全く深まらなかった 0 名 (0.0%) 未回答 0 名 (0.0%)、問 3 は□やるべき 223 名

(98.2%) □必要ない 4 名 (1.8%) 未回答 0 名 (0.0%)、問 4 は当てはまったすべての項目を集計し、□アンチウイルスソフトを入れる 81 名 (31.4%) □アップデートを頻繁に行う 141 名 (54.7%) □何もやることはない 17 名 (6.6%) □その他 6 名 (2.3%) 未回答 13 名 (5.0%) となった。問 5 は問 4 と同様に当てはまったすべての項目を集計し、□アンチウイルスソフトを入れる 66 名 (25.8%) □アップデートを頻繁に行う 176 名 (68.8%) □何もやることはない 9 名 (3.5%) □その他 5 名 (2.0%) 未回答 0 名 (0.0%) となった。最後の問 6 では、「Norton セキュリティを毎回買うのを渋っていたが、今度から導入しようと思った。」や、「アップデートをサボってきたので、ちゃんとやっておきたい」などがあつた。

### 3.3 考察

事前・事後アンケートに対する回答を考察すると、授業による情報倫理教育はウイルス対策への意識に少なからず影響している様子が見て取れる。インターネットの危険性については、小中学生の時点で学んでいる生徒が多く、そのためこれについて意識している生徒が多い傾向が見られた。しかしながら、コンピュータウイルスについての理解をしている生徒は少なく、理解している生徒の中でも小中学校の授業で学んだ生徒は少なかった。したがって、危険性について小中学校の授業で教える際に、コンピュータウイルスや、その他マルウェアなどの危険性と対策について、さらに深い内容にするなど情報倫理教育の徹底および工夫を行っていくことが必要だと考えられる。

## 4 まとめと今後の課題

本研究では、A 高校の 2 年生を対象として、事前および事後アンケート調査をもとに情報倫理教育がコンピュータウイルス対策への意識に与える影響について評価を行った。本稿では詳細な結果について解析不足のため記すことができなかったが、情報倫理教育はコンピュータウイルスへの意識を向上させるために一定の効果があることが伺えた。今後の課題として、事前・事後アンケートから得られた結果を詳細に分析すること、さらに

大学生にも同様のアンケートを行うことでどのような違いが見られるか検討を行うことなどが挙げられる。また、コンピュータウイルスの危険性を学んだ上で、どのような対策が出来るかを考えてもらうように促す教育について検討を行うことも重要であると考えている。

## 参考文献

- [1] 内閣府, 青少年のインターネット利用環境実態調査, <https://www8.cao.go.jp/youth/youth-harm/chousa/h29/net-jittai/pdf/sokuhou.pdf> (2019-9-30) .
- [2] 警視庁・文部科学省, 夏休みを迎える君たちへ～ネットには危険もいっぱい～, [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2017/06/27/1386963\\_1\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2017/06/27/1386963_1_1.pdf) (2019-9-30) .

# 情報倫理専門誌のキーワード分析による 情報倫理の課題と傾向

竹井 潔  
聖学院大学 政治経済学部

The issues and trends in information ethics  
based on keyword analyses in the journals concerning Information Ethics

Kiyoshi Takei  
Faculty of Political Science & Economics, Seigakuin University

## 要旨：

英国において何が情報倫理の重要課題であるかを検討するために課題項目を調査した。情報倫理の専門誌における各論文のキーワードを分析することにより情報倫理の重点課題やトレンド等を確認することを試みた。

## キーワード：

情報倫理の課題、キーワード分析

## Abstract：

To identify important ethical problems in information ethics in the UK, the issues following were investigated. The key issues and trends in information ethics were examined by analyzing keywords in papers published in the journal of information ethics.

## Key words：

Issues in information ethics , keyword analysis

## 1. はじめに

情報倫理の課題は新しい IT 技術とともに出現してくる。筆者は英国においてどのような情報倫理の課題があるかを検討した。主に英国の研究者との対談等で 2017 年頃から確認してきたものである。

情報倫理において英国で何が重要課題であるか、対談等を通して一応把握はしているが、果たしてそれらの課題に対してどの程度論文が書かれているのか、調査をすることにした。

本稿では、情報倫理の課題として挙げられた項目に対して、情報倫理の専門誌 *Ethics and Information Technology* を取り上げて、各論文のキーワードを分析することにより情報倫理の重点課題やトレンド等を確認することを試みた。[1]

## 2. 情報倫理の課題項目について

英国における情報倫理の課題について、オックスフォード大学やケンブリッジ大学の研究者との対談等により情報倫理の課題項目を整理した。結果は以下の通りである。

What is the big problem about Ethical issues in UK  
(Especially Information society.)

1. Autonomous cars
2. Revenge pornography
3. Internet addiction (Online addiction)
4. Privacy
5. Intellectual Property right
6. Online bullying

7. Digital divide
8. The right to be forgotten
9. Anonymity
10. Moral Artificial Intelligence
11. Sustainability
12. Diversity
13. Responsibility (for what? for whom? whose?)
14. Government Surveillance
15. DSS(Decision-Support Systems)
16. Big Data, AI ... relationship between private and public service
17. Harassment
18. Fake news
19. Cyber security
20. Code of conduct, Normative

2009年にオックスフォードのOII訪問時、当時の所長William Duttonより英国での一番大きな課題はデジタル・デバイドの解消であるといわれた。[2]情報環境はこの10年で大きく変化した。ハード面はWiFiは駅や公共施設、鉄道、バス、店等で完備しており、あらゆるところでWiFiにアクセスできる環境が整ってきている。電車やバスではWiFiのみならず、電源も完備しており、スマートフォンやタブレット、ノートパソコン等の使用に配慮がなされてきている。しかしながら、いまだにデジタル・デバイドは高齢者を中心に解消することはなかなか難しい現状である。[3]

最近ではAIブームになり、オックスフォードの研究者に確認したところ、情報倫理の課題項目の中でも一番大きな話題、関心事は自動運転等であった。自動運転の責任の問題やDSS等、AI倫理の領域がこれからますます議論されてくる場所である。また、NHSにおける個人データのプライバシーの問題やリベンジポルノ等、最近の重要な課題も大きな関心事であった。

### 3. 情報倫理の専門誌のキーワードからの分析

以上、これらの情報倫理課題項目が最近の情報倫

理専門誌においてどの程度研究テーマの論文として掲載されているのかを検証してみることにした。

情報倫理の専門誌のキーワード等から、先に述べた情報倫理の課題項目に該当するものをチェックし情報倫理課題の傾向を探った。その試みとして情報倫理の専門誌 *Ethics and Information Technology* の2017年から2019年9月迄の論文を取り上げた。*Ethics and Information Technology* の論文は、onlineのものも含む。対象となる論文数は、2017年3月～12月26本、2018年3月～12月44本、2019年3月～9月迄24本である。キーワードによる分析例を表1に示す。尚、項目2の *Revenge pornography* は *Moral problem* の一つとして表記した。

表1. *Ethics and Information Technology* による情報倫理の課題分析例

Article	Data science ethical considerations: a systematic literature review and proposed project framework
Keyword	Big data, Data science, Ethics, Code of conduct
Author	Jeffrey S. Saltz, Neil Dewar (2019)
Ethical issues	
1.Autonomous cars	
2.Moral problem(Revenge porn, etc.)	
3.Internet addiction (Online addiction)	
4.Privacy	
5.Intellectual Property right	
6.Online bullying	
7.Digital divide	
8.The right to be forgotten	

9.Anonymity	
10.Moral Artificial Intelligence	
11.Sustainability	
12.Diversity	
13.Responsibility (for what? for whom? whose?)	
14.Government Surveillance	
15.DSS(Decision-Support Systems)	
16.Big Data, AI ... relationship between private and public service	1
17.Harassment	
18. Fake news	
19.Cyber security	
20.Code of conduct, Normative	1

*Ethics and Information Technology* の論文におけるキーワード分析による情報倫理の課題傾向の結果を表2に示す。

表2. *Ethics and Information Technology* による情報倫理の課題傾向

Ethical issues	2017	2018	2019	SUM
1.Autonomous cars	2	3	2	7
2.Moral problem(Revenge porn, etc.)	8	6	0	14
3.Internet addiction (Online addiction)	1	0	1	2
4.Privacy	3	5	6	14
5.Intellectual Property right	1	0	0	1
6.Online bullying	0	0	0	0

7.Digital divide	0	1	1	2
8.The right to be forgotten	0	0	0	0
9.Anonymity	0	1	1	2
10. Moral Artificial Intelligence	8	15	5	28
11.Sustainability	7	15	9	31
12.Diversity	0	1	1	2
13.Responsibility (for what? for whom? whose?)	6	4	3	13
14.Government Surveillance	0	1	5	6
15.DSS(Decision-Support Systems)	0	3	5	8
16.Big Data, AI	2	0	9	11
17.Harassment	0	0	0	0
18.Fake news	0	0	0	0
19.Cyber security	0	3	1	4
20.Code of conduct, Normative	3	3	6	12

Moral problem は、様々な倫理的問題が含まれているが、主に出てきたキーワードは、Computer Game, Wikipedia, Overstimulation, Virtual reality, Scandal or Sex crime などである。

Sustainability はキーワードそのものが該当するものはなかったが、Sustainability の概念を情報社会の持続可能性ととらえて、キーワードを選択した。主なキーワードは、Public value, Value change, Value sensitive design, Human value, Value declaration, ethical commitments, RRI(responsible research and innovation), e-health, Participatory design, Computing technology of future, Quantum technology 等、幅広いキーワードを含めたものとなった。その結果、Sustainability は 2017 年～2019 年の合計では一番多い。2018 年は新しいインターネット技術として quantum technology に関する論文が多かった。

2 番目に多いのが Moral Artificial Intelligence で

ある。2018年に *Ethics and Information Technology* において ”Special Issue: Ethics and Artificial Intelligence “の特集号もあり論文件数が多かった。Autonomous car や Big Data、AI そして Moral Artificial Intelligence を合わせると AI 関連を扱った論文は 46 件となり、AI に関心を寄せた論文が多い。Big Data、AI 関係は 2019 年に増えてきている。

2018 年は AI や quantum technology 等の新しい技術に関するものが多いのが特徴である。2019 年も 9 月までであるが、Big Data、AI 関係が多く、引き続き Sustainability と AI 関連が多い。

Privacy のテーマも年々増えていく傾向にある。特に Big Data の個人情報に関する取り扱い等重要課題である。

Responsibility の問題は AI など、新しい技術に対する責任の問題である。常に倫理の中心概念であり、今後も重要なテーマである。

Code of conduct, Normative は 2019 年増えてきている。倫理規範のテーマは Decision-Support Systems, Responsibility 等とあわせて今後 AI 倫理を中心に増えていくと思われる。

今回の取り上げた論文誌は倫理と情報技術に関するものであり、当然 AI や IT に関する最新技術と社会や人間への影響、責任、倫理的側面が議論の対象となる。

情報倫理も学際的で社会科学、法学、政治、心理学等、様々な領域と関係してくるところも多いが、それぞれの課題については各専門領域で議論がなされることが多い。Online bullying , The right to be forgotten , Harassment や Fake news は今回取り上げた *Ethics and Information Technology* において 2017 年以降の論文のキーワードは見当たらなかった。

#### 4. おわりに

情報倫理の課題として挙げられた項目に対して、情報倫理の専門誌 *Ethics and Information Technology* の論文のキーワード分析を試みた。結果として、やはり一番大きな話題、関心事である自動運転や AI 倫理に関することはキーワード分析の結果でも多かった。また、ビッグデータ等に

おける個人データの取り扱いでのプライバシーの課題も大きい。

情報倫理の大きな課題は AI はじめ新しい技術等に関することが多く、Digital divide の解消に向けて、今後 Sustainable という概念のキーワードに情報倫理の課題が包括されていくように思われる。

今回は *Ethics and Information Technology* の論文の 2017~2019 という期間限定でキーワード分析をした。情報倫理の領域は学際的であり、範囲が広い一論文誌のみで当然バイアスは出てくる。しかし今回は、専門誌での取り扱っているテーマやキーワードから今回分析対象とした範囲内で情報倫理の課題と傾向がある程普度明らかとなった。

#### 【文末注・参考文献】

[1] *Ethics and Information Technology*, springer, vol.19-1, vol.19-2, vol.19-3, vol.19-4, 2017

*Ethics and Information Technology*, springer, vol.20-1, vol.20-2, vol.20-3, vol.20-4, 2018

*Ethics and Information Technology*, springer, vol.21-1, vol.21-2, vol.21-3, 2019

(<https://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10676>) 最終アクセス 2019.9.23

[2] 竹井潔「英国におけるデジタル・デバイドの現状と課題」聖学院大学論叢第 22 巻第 2 号, 2010, pp.99-119

[3] 竹井潔「英国における高齢者のデジタル・デバイドの現状と課題」国際 ICT 利用研究 第 5 回研究会講演論文集, 2019, pp.1-6

# VTuber (Virtual YouTuber) を支える技術と コンテンツビジネスの新たな可能性

鎌田光宣

千葉商科大学人間社会学部

kamata@cuc.ac.jp

**要旨** VTuber (Virtual YouTuber) とは、人物の代わりにイラストあるいは 3DCG で描かれたアバター（キャラクター）を使い、動画配信を行っている人の総称である。アバターを用意し動画を配信するための環境が用意しやすくなったことから、近年、VTuber が急増している。YouTuber と同様に、投稿した動画の再生回数に応じた広告収入などが主な収益となっている。

**キーワード** YouTube, ユーチューバー, モーショントラッキング, HMD, ライブ配信, 動画配信, アバター, V チューバー

## 1 はじめに

小学生が将来就きたい職業の上位に“YouTuber（ユーチューバー）”が登場するなど、動画配信が手軽な、そして夢のあるビジネスとして注目を集めている。日本では“Hikakin”や“はじめしゃちょー”といった人気のユーチューバーがおり、彼らはテレビタレントと同様に振る舞い、また自ら動画を編集して配信している。

さらに近年、インターネットに自らの顔をさらすことに抵抗がある、あるいはキャラクターになりきって演じたい、という人たちの要望から、人物の代わりにイラストあるいは 3DCG で描かれたアバター（キャラクター）を使い、動画配信を行う“VTuber (Virtual YouTuber)”と呼ばれるものが誕生した。

VTuber は、YouTuber と同様に、投稿した動画の再生回数に応じた広告収入などが主な収益となっている。アバターを作って動画を配信するための機材の価格が下がり、ソフトウェアも入手しやすくなったことから、VTuber を世に送り出す人が急増している。

本稿では VTuber を支える技術と、VTuber によるコンテンツビジネスの今後について述べる。

## 2 VTuber の歴史

VTuber の始まりについては諸説があるが、2011 年 6 月 13 日に YouTube にて投稿を開始した“Ami Yamato”が世界初の VTuber だと言われている。これはモーションキャプチャー等を使用しておらず、編集作業で 3D モデルを動かした CG アニメであった。その後、企業が運営する

VTuber が登場したが、“VTuber”という言葉が確立したのは 2016 年頃であり、その先駆けとなったのは“キズナアイ”である。日本で徐々に人気が出はじめ、動画の字幕に英語を付け始めてから海外でも認知されるようになった。そして、約 1 年でチャンネル登録者数 100 万人を突破した。VTuber は企業の広告にも出演するようになり、例えば日清は VTuber の“輝夜月 -KAGUYA LUNA-”とコラボレーションした CM を作り話題になった。

## 3 VTuber を支える技術

### 3.1 VTuber に必要なもの

VTuber となり情報を発信するにあたり必要なものは以下の通りである。詳細については次節以降で説明する。

1. アバターの準備
2. アバターの操作
3. ボイスチェンジャー
4. ライブ配信ソフトウェア
5. ライブ配信サービス

### 3.2 Avatar (Character) の準備

VTuber になるにあたり、まずはアバター（キャラクター）を用意する必要がある。3DCG モデルを 1 から作る方法もあるが、高いスキルレベルとコストが求められる。

一般的に、用意された CG モデルを利用するか、キャラクターをカスタマイズして用いることができるサービスを利用することが多い。

例えば“Vカツ”[5]は3Dキャラクターメイキングからアニメーション、表情付けなどを無料で行えるVチューバー支援サービスである。用意された3Dモデルに対して、キャラクターカスタムシステムによってパーツの種類や色を選択し、パラメータを変更するだけで多様なキャラクターを作ることができる。

### 3.3 Avatar(Character)の操作

アバター（キャラクター）の操作方法として、大きく分けて、コントローラーを用いるもの、カメラの入力を用いるもの、モーションキャプチャシステムを用いるものがある。

コントローラーを用いるものは、テレビゲームのキャラクターを操作する様子に似ている。テレビゲーム用のコントローラーを使い、それぞれのボタンに役割を持たせて画面内のキャラクターを操作する。

スマートフォンだけでアバターの操作ができるアプリケーションでは、顔の向きを認識して画面内のキャラクターを動かすことができる。主に顔のアップやバストアップで表示されるキャラクターを操作するのに適している。

モーションキャプチャ(Motion Capture)によりキャラクターを操作するシステムとして、家庭用製品としては“HTC VIVE”[6]が有名である。これは HTC と Valve Corporation が共同開発した HMD (Head Mount Display; ヘッドマウントディスプレイ) であり、主に Valve が提供するゲーム配信プラットフォーム“Steam”のVRゲーム向けHMDと位置づけられているほか、バーチャルキャストをはじめとする他社の多くのVR関連サービスでも推奨HMDになっている。高い位置に2か所のセンサーを取り付け、屋内に設定したプレイエリア(最大4.6×4.6mの空間)の中をプレイヤーが自由に動き回ることができるのが特徴である。

なお、いずれの操作方法においても、マイクから入力された音声によりキャラクターの口元を自動的に制御する仕組みが取り入れられていることが多い。

### 3.4 Voice Changer

必須の装置ではないが、ボイスチェンジャーを利用して声色を変えることで、演者の正体を隠す役割と、アバターの個性をより強調する役割を担っている。

リアルタイムで音声変換できるソフトウェアやハード

ウェアはいくつもあるが、中でも、ローランドのボイス・トランスフォーマーは、ピッチ (pitch) やフォルマント (formant) をリアルタイムに高音質で加工することができ、ミュージシャンを含め多くのアーティストに愛用されている。

### 3.5 ライブ配信ソフトウェア

リアルタイムで動画を配信することを“ライブ配信”とも呼ぶ。ライブ配信を行うことで、リアルタイムで視聴者からのコメントを募り紹介するといった、視聴者参加型の番組を作ることができる。ライブ配信は収録済み動画の配信と異なり、配信側も視聴者側もある種の緊張感を共有し、参加しているという実感が得られやすい。

“N-Air”[7]は株式会社ドワンゴが配布しているライブ配信ソフトである。“Streamlabs OBS”(Open Broadcaster Software)をベースにしており、Webカメラやゲームなどの映像をニコニコ生放送などの配信サービスに簡単に配信できるなど、生放送に便利な機能が豊富に組み込まれている。クロマキーで背景を合成する機能はもちろん、ライブ配信の来場者数やコメント数を表示することもできる。

この“N-Air”をはじめ、録画機能を搭載しているソフトウェアでは、事前に録画を行い、編集後にYouTubeなどに動画を投稿する事も可能である。

### 3.6 ライブ配信サービス

ライブ配信において有名なサービスをいくつか紹介する。

“ニコニコ生放送(ニコ生)”[8]は、ニコニコ動画のライブ配信サービスで、視聴者が放送中の画像上にコメントをつけることができ、リアルタイムで放送画面上に文字が字幕のように流れるのが特徴である。ライブ配信の先駆け・代表的存在である。

“TwitCasting LIVE(ツイキャスト)”[9]は、Twitter、Facebookのアカウントを使ってライブ配信を行えるサービスである。PCだけでなく、スマートフォンからも簡単に配信ができることから多くの利用者を獲得した。

“YouTube Live”[10]は、世界最大の動画サイト“YouTube”のライブ配信サービスである。配信中に配信者と視聴者がチャットで交流することができる。また、配信が終了した動画を自動アップロードし、通常の動画と同じように再生させることができる。

他にも“Facebook LIVE”や“LINE LIVE”など、ライブ配信を行なえるサービスが続々と誕生している。

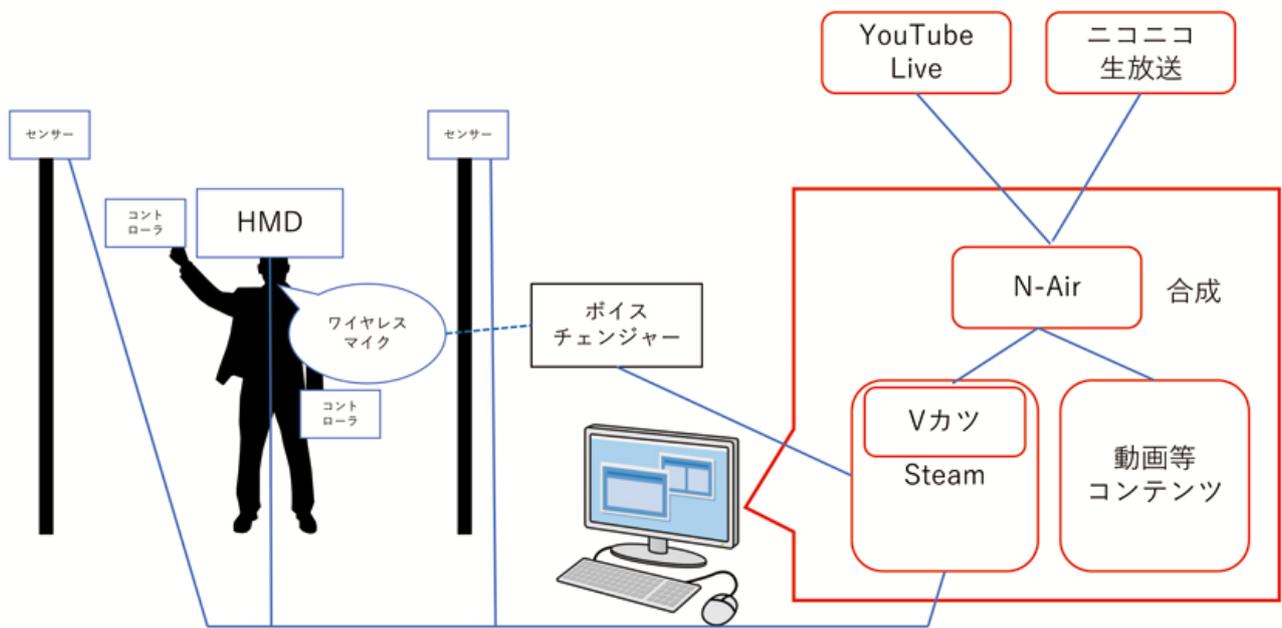


図 1: システム構成図

### 3.7 構築した環境

VTuber としてライブ配信を行う実験を行った。システム構成図を図 1 に示す。

アバターは前述の“V カツ”を利用して作成し，“HTC VIVE”で動きを制御する。音声変換には Roland の“VT-4 Voice Transformer”を用いる。

ライブ配信ソフトウェアとして“N-Air”を用い、予め用意した動画を組み合わせるなどしたうえで，“YouTube Live”にて配信を行った。

## 4 VTuber の収入

VTuber が動画配信により収入を得る主な方法を、YouTube のサービスを例として以下に紹介する。

投稿者は自身の動画にインストリーム広告、オーバーレイ広告、サイドバー広告などを設定することができ、広告先のページが開かれたり、広告が決められた秒数以上視聴された場合に広告収入が得られる仕組みである。ただし、1 か月の収入が 8,000 円（2019 年 9 月現在、日本において）を超えなければ支払われない。

“スーパーチャット”は、主に生配信の時に、視聴者がコメントにお金を乗せて投稿できるシステムである。俗に“投げ銭”とも呼ばれる。

“YouTube チャンネルメンバーシップ”を利用すると、YouTube の利用者は月額料金を払うことで、VTuber 等が開設しているチャンネルからバッジや絵文字といった様々な特典を得ることができる。70% がチャンネル開設者 (VTuber) の収益になり、30% が YouTube の収入となる。ただし、YouTube チャンネルメンバーシップは、チャンネル登録者数が 3 万人以上（2019 年 9 月現在）いなければ利用することができない。

## 5 まとめ

近年、スマートフォンで簡単に動画の撮影と投稿が行えるようになったことから、主要なコミュニケーション手段として動画配信が用いられるようになってきた。その中で、動画を継続的に公開し、さらにはユーチューバーとして広告収入を主な収入源として生活する人々が出てきた。そしてここ最近、アバターを通してキャラクターを演じ、演者の情報をできるだけ公開せずに情報発信を行う“VTuber”と呼ばれる人々が登場した。

これまでも、多くの人がブログなどで情報発信を行い、読者とのコミュニケーションを行ってきた。そこへ動画という手段が新たに加わっただけとも言えるが、これまでマスメディアの独壇場だった映像や音声情報の発信が個人にも可能になったことで、人々の意識に大きな変化

が現れることが考えられる。

本稿ではVTuberと、VTuberが収入を得る仕組みについて説明した。個人でYouTuberやVTuberとなり、多大な収入を得ている人がいることから、夢を掴もうと多くの人が動画配信の世界に飛び込んでいる。今後はマスクミや大手芸能事務所も続々と参入してくるであろうことが想像に難くない。

一方で、フェイクニュースや、情報モラルの低い若者の動画投稿による意図しない炎上（批判的なコメントを伴って拡散する現象）や、広告収入を狙って故意に炎上させるなど、良くない一面も持っている。情報リテラシー教育および情報モラル教育の重要性が、今後ますます高まっていくだろう。

## 参考文献

- [1] 桑名由美,“YouTube 完全マニュアル”, 秀和システム, 2018
- [2] バーチャルエコノミスト 千莉, “マニア必見!究極のVTuber 解説本 行動経済学でバーチャル YouTuber の本質を分析”, Amazon Services International, Inc. ,2019
- [3] バーチャルエコノミスト 千莉, “アニメ 2.0: VTuber が日本を救う”, Amazon Services International, Inc. ,2019
- [4] CGWORLD 編集部, “わいわいバーチャル YouTuber”,CGWORLD, 2018 年 5 月号, No.237, pp.32–59, 2018
- [5] V カツ, <http://vkatsu.jp/> (参照:2019-10-01)
- [6] HTC VIVE, <https://www.vive.com/jp/> (参照:2019-10-01)
- [7] N-Air, <https://n-air-app.nicovideo.jp/> (参照:2019-10-01)
- [8] ニコニコ生放送, <http://live.nicovideo.jp/> (参照:2019-10-01)
- [9] TwitCasting LIVE, <https://twitcasting.tv/> (参照:2019-10-01)
- [10] YouTube LIVE, <https://www.youtube.com/live> (参照:2019-10-01)

## エージェントにおける交渉の自動化に関する一考察

奥原 俊 (藤田医科大学 医療科学部)

菅原 良 (明星大学 明星教育センター)

伊藤 孝行 (名古屋工業大学 大学院工学研究科)

キーワード:自動交渉, 交渉問題, エージェント

### 1 はじめに

ICT を含む情報技術の発展のため, 自動交渉エージェント [1],[2] の重要性が高まってきている. 自動交渉とはマルチエージェントシステムモデルの 1 つであり, エージェント同士がそれぞれの合理性に従って合意形成を行う仕組みのことである. エージェントは社会において知的な処理を自律的に行われる異種のシステムを示しており, 実現が望まれている. 近年では複数のエージェント間の競合が発生し, 自動交渉によって合意を自動的に得るような仕組みが現実に必要なとされてきている.

### 2 自動交渉と合意形成

自動交渉のエージェントの研究ではマルチエージェントシステムの分野で広く行われており, 2010 年前後から国際ワークショップや国際競技会が開かれ, 次世代の重要な技術として注目されている. 自動交渉のエージェントに関する研究では, エージェントは自分の好みを秘匿した状態で, 交渉プロトコルに基づき交渉し, 合意を得る. エージェントの好みは多論点の効用関数 (多属性効用関数) で表されている. 交渉プロトコルは, 数多くのプロトコルが提案されているが, 仲介型のプロトコル, 繰り返し型のプロトコル, 提案交換型プロトコルが一般的である.

また, 自動交渉では, エージェント同士の交渉において, どのような戦略で交渉すると合意するか等の研究も進められている. ここで述べる交渉 (negotiation) とは合意に到達することを目指して討議する [3] ことである. そして, 自動交渉では, ステークホルダーの意見の一致を図り, 合意形成することに関連した研究が進められている.

### 3 自動交渉の説明の可能性

自動交渉では多論点の効用関数で交渉を実現しているため, 人が自動交渉を行っているエージェントがどうして合意に到達したかわからない問題がある. その理由として, 従来の多くのプロトコルでは合意形成する場合, 交渉している論点, 及び制約のある効用値以上かどうかを閾値から判断した結果で合意を表現していることがあげられる. 特に論点, 制約を複数ある場合, 人には効用値を閾値で合意形成を決定すると理解が困難になる.

### 4 おわりに

本研究では, エージェント同士の交渉である自動交渉に関する研究について述べた. マルチエージェントシステムの 1 つの分野である自動交渉には, 人が理解することが困難である. 今後の課題として, 上記の研究内容を調査し, マルチエージェントシステムのモデルからより詳細に分析することである. そして, 人間に説明が可能なモデルの構築をする予定である.

### 参考文献

- [1] Ito, T., Hattori, H. and Klein, M.: Multi-issue Negotiation Protocol for Agents : Exploring Non-linear Utility Spaces, Proc. of 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-2007), pp. 1347–1352 (2007).
- [2] Jennings, N. R., Faratin, P., Lomuscio, A. R., Parsons, S., Wooldridge, M. and Sierra, C.: Automated Negotiation: Prospects, Methods, and Challenges, Group Decision and Negotiation, Vol. 10, pp. 199–215 (2001).
- [3] 佐久間賢, 交渉力入門, 日本経済新聞社, 1989.

## 紙芝居を活用したプレゼントレーニングの試み

田中雅章（ユマニテク短期大学）\*

神田あづさ（仙台白百合女子大学）

キーワード：教育法，教授法，教育方法と技術

### 1 はじめに

学生に社会人を身に付けさせる事は、将来社会人となる必要なキャリア教育の一つである。保育士養成課程で学ぶ学生は、そのほとんどは保育所や幼稚園などの保育現場へ就職する。これらの現場では、保育者が絵本の読み聞かせや紙芝居を実演する機会が多くある。また、他の養成課程に比べ臨地実習が多い。実習先で絵本の読み聞かせや紙芝居を実演する機会も恵まれる。

そこで、臨地実習に臨む学生のために実習先で紙芝居がスムーズに演じられる技術を習得してほしいと考え、異なる科目の担当者が共通する教材として紙芝居を取り上げ、その理解を深めるために協働教育を試みた。まず、児童文化では児童文化財としての紙芝居について歴史と理論を講義した。また、教育方法と技術（情報機器及び教材の活用を含む）では、教材としての紙芝居をテーマに教授法を学んだ。学生は実際に紙芝居を演じながら、教育技術や教授法を実践した。

本稿で述べる協働教育は、保育が専門の担当者と教育が専門の担当者が紙芝居を統一テーマとして互いに協力をしてより効果的な授業を実践することにある。この試みは保育士養成課程で学ぶ学生が現場で紙芝居の実演ができるように、保育の専門教科である児童文化と教職の教育方法の技術の受講により、紙芝居の深い学びを行うための試みである。

### 2 紙芝居の理解

紙芝居の起源といわれるものに、江戸時代から明治にかけて盛んに行われていた「のぞきからくり」がある。これは大道芸のひとつで、情景を描いた絵を観客にレンズ越しに覗かせ、演じ手は観客に物語を語り聞かせながら紐を操作するなどして次々に絵を差し替えて見せる見世物である。

同じく紙芝居のルーツにあたるものとして「写し絵」がある。「写し絵」は、19世紀の代表的な映像装置だった幻燈（マジック・ランタン）が、江戸時代に日本に伝わったものがもとになったとされており、寄席などで演じられて庶民の人気を集めていた。そして、現在の紙芝居は、ストーリーの展開に従って画面を一枚ずつ抜くスタイルである。

紙芝居の歴史などを講義で理解した後に実践を行った。

### 3 プレゼントレーニング

学生は相互評価を効率よく行うために7名程度のグループを形成した。次に紙芝居を演じる準備として、図書館で紙芝居を選書する。さらに紙芝居の下読みを充分に行う。この場合の効果的な下読みは絵と文字を確認しながら、ト書きに注意し、作者の意図や情景を描きながら演じるシミュレーションを繰り返す。

グループ内で1人ずつ演じる紙芝居を鑑賞しながら学生同士で客観的に評価を行う。紙芝居を鑑賞する側の学生は、間接体験となる。それを通して、自らのスキルの不足点を発見し、演じる技術や話法を学生同士が互いに評価した。

次に、グループの代表者が全員の前で1人ずつ紙芝居を演じる。聴講する学生は各代表者の演じる様子を評価する。評価者が多いため、後処理を効率化するため紙ではなく学生が所有するスマートフォンを利用することにした。評価データはクラウドファイルに集約される。集約された評価データはパソコン分析し処理が行われる。分析結果をレーダーチャートで可視化処理をしたレポートを学生に配布した。

学生は、出力された分析結果レポートに基づきグループ内でリフレクション活動を行う。この活動を行う事で紙芝居の演技力を身に付ける取り組みを実施した。

### 4 まとめ

本稿では紙芝居を上達する方法を試みた。紙芝居を上達する方法を試みた。紙芝居を上手に演じるためには、まず紙芝居の事を知ることが重要である。紙芝居の歴史や変遷、構造や仕組みを知ることによって紙芝居の理解を深めることができる。次に紙芝居の演じ方を上達させるには、模範となる演じ方をよく見て鑑賞することがその効果を十分に高める。さらに何度も実際に紙芝居を演じることである。ここで注意したいのはただ演じるだけではなく、他人の目で演じる内容を評価してもらうことである。

### 参考文献

- [1] 田中雅章，協働教育に基づく紙芝居理解の試み，ユマニテク短期大学紀要，1号（創刊号），pp.66-73（2018）。

\* m\_tanaka@jc-humanitec.ac.jp

## ある未来予測と今後の教育への提案

福田真規夫（太成学院大学 経営学部）\*

キーワード：ジャックアタリ，未来予測，未来の教育

### 1 はじめに

本稿は、フランスの経済学者であるジャックアタリ博士の書「2030 年における未来予測」[1] をベースに、特に ICT の研究・教育に関わる者として、今後の教育にどのようなことを留意したら良いかについて提案するものである。したがって、本稿の「2. 未来予測」から「3. 未来を予測する技術的な裏づけ」までは、その書の内容を参考にしたり、一部引用したものである。

### 2 未来予測

本稿の前提となる未来予測は、「ジャック・アタリ博士による 2030 年未来予測」で、ジャック・アタリ著林昌弘訳、プレジデント社 2017 年 8 月発行の書で、章構成は、第一章 憤懣が世界を覆いつくす、第二章 解説、第三章 99% が激怒する、第四章 明るい未来となっている。

著者のアタリ博士は、1943 年 11 月の生まれのフランスの経済学者、著述家、アドバイザー、未来学者で音楽家としても知られている。過去には、ミッテラン元大統領のアドバイザーや「ヨーロッパ復興開発銀行」の初代総裁を務め、非営利組織「プラネット・ファイナンス」を創立した。フランス経済成長自由委員の委員長なども努めるほかにコンサルタント会社「A&A」の創立者であり会長でもある。また、これまで小説やエッセイを含め 50 冊以上の本を出版しており、中でも 2008 年の金融危機を予言した「21 世紀の歴史」は世界中でベストセラーとなった。

ここでは、その著書の概要について解説する。

#### 2.1 世界の現状

本書「未来予測」では、「第一章 憤懣が世界を覆いつくす」として、現在進行しつつある世界の動向について、「2.1.1 順調に見える世界」として、未来も希望が持てる状況について述べ、逆に「2.1.2 悲惨な状態になりつつある世界」に分けて述べている。

#### 2.2 順調に見える世界

ここでは、世界の現状について、順調に状況が向上していることについて述べている。

- 向上し続ける生活水準
- 続伸する平均寿命
- 減少する極貧
- グローバル化によりコスト削減が推進

- 新たなコミュニケーション手段の普及  
インターネットの普及で、僻地で暮らす人々でも先進国なみのコミュニケーション手段を得た。
- 農業、教育、医療の分野におけるイノベーション  
各種センサーの IOT 接続で、農業の生産効率の上昇、遠隔診療の普及拡大が実現。
- 技術進歩（ロボット）によって減る苦役
- 共有経済（シェアリングエコノミー）の発展  
社会資源を各自の所有から、一つの資源をシェア（共有）することで、資源の有効活用を図る。
- 協働と利他主義の推進  
人道と利他主義に基づく活動が拡大する。また、NGO 活動、フィランソロピーも活発になる。
- 強化される民主主義  
世界中で、独裁者からの解放、公正な選挙が拡がり、報道や結社の自由を監視している。

#### 2.2.1 悲惨な状態になりつつある世界

ここでは、2.2 とは反対に、世界で起こってるネガティブな動きについて述べる。

- 高齢化する世界人口  
世界中で高齢者の割合は、1950 年には 5.1%、2000 年には 7.7% となった。
- 医療サービスの乏しい地域での人口爆発  
最貧国（主にサヘル地域）の人口は 9 億 5400 万人（2015 年）で 30 年間で倍増している。
- 地球環境の悪化  
都市部では大気汚染が深刻、農地は、32
- 気候変動が世界におよぼす悪影響  
温暖化で 1 億 5780 万人の人々が居住地域の移動を余儀なくされている。
- 農業の暗い未来  
窒素汚染の 40% は化学肥料の投入、農業などによる水質汚染である。
- 加速する富の偏在  
富裕層上位 10
- 貧困化する先進国の中産階級  
中産階級は、収入が横ばい、ないしは減少。
- はびこり続ける極貧  
7 億 7,600 万人が栄養失調状態である。
- 破綻寸前の医療システム  
エイズ感染者は 3,700 万人。

\* fmakkey1@gmail.com

- 脆弱な国際金融システム  
主にシャドーバンキングが担っている。
- 知的所有権の侵害  
モラルの低下，模造薬品や食品による健康被害
- 超大国アメリカの危うい経済成長  
貧困層は 4,780 万人。インフラ設備の老朽化。
- 不透明な中国の経済成長  
過剰投資と内需不足，企業と銀行は過剰債務。  
貧富の差（都市部と農村部で 3 倍）。
- 政治力のないヨーロッパ  
高い若者の失業率

### 3 未来を予測する技術的な裏づけ

#### 3.1 イノベーションの大波

ここでは，特に技術の変革について述べている。

- 人間とコンピュータの計算能力差は 3.5 倍に縮小。
- 知識・医療分野は次第に自動化される。
- 人間は機械と会話するようになる。
- モノは数十億人の人々とインターネットで接続される。
- 3 D プリンターが産業界や家庭に浸透する。  
製造現場は高度になる。先進国に回帰。一般家庭ではカスタマイズしたモノが作れる。
- 企業は AI（人工知能）を使って自律的な情報システムを構築。
- 個人は，学習，会話，知覚，作曲，感情の刺激のためにコンピュータ（ロボット）と会話する。
- ロボット工学の発展は，人間の人工物化を加速
- バイオテクノロジーで臓器の再生，3 D プリンターで人間のパーツ（部品）が作れる。

#### 3.2 各要素の未来

特に社会の要素の未来について述べている。

- 健康の未来  
がんの早期治療，感情のしくみが解明される。
- 教育の未来  
注意力，集中力，記憶力，思考力，独創力などを高めることができるようになる。
- 労働の未来  
ロボット化で従来の仕事や企業がなくなり，データサイエンティスト，バイオテクノロジーやナノテクノロジーの技術者が重用される。
- 水資源の未来  
海水淡水化のコストが低下，特にアフリカ。サブサハラ地域には大きな効果が得られる。

- 自動車の未来  
リチウム・空気電池の導入。
- 娯楽の未来  
仮想現実によって，客が映画の場面を作ったり，ストーリーを操作できるようになる。
- 芸術の未来  
3 D プリンターは創造するためのあたりまえの道具になる。観客は，作品と対話が可能になる。

### 4 未来予測と今後の教育への提案

以上のような未来予測に対応して，情報処理教育を担当し研究している者として，今後の特に ICT 教育の中に次のような要素を入れていくことを提案するものである。

- ① セマンティックウェブによる対話型 Web の開発。  
セマンティックウェブは，2019 年現在，まだ実用化に至っていない状況にあるが，やがては Web の主流になると思われる。
- ② バイオテクノロジーと情報処理の関係の探求。  
生物の情報処理のしくみがさらに解明され，それを情報処理システムに応用されることが多くなることが予想される。そのため，生物の情報処理とコンピュータサイエンスを結びつけた技術についての教育を ICT 教育の中に組み込んでいく。
- ③ ブロックチェーンの理解と学習。  
今後ますますグローバルな社会への拡がりが進むにつれて，情報システムとしてブロックチェーンの仕組みを使うのが既定になる。社会のあらゆる情報システムがブロックチェーンになると思われるので，ITC 教育の中にも当然組み込んでいく必要がある。
- ④ データサイエンティストの基礎的教育。  
IOT の爆発的な普及によるビッグデータの爆発的な発生で，その効果的な分析のために，データサイエンスについての教育を広める必要がある。

### 参考文献

- [1] ジャック・アタリ，（林昌弘訳），2030 年ジャック・アタリの未来予測，プレジデント社，2017 年 8 月

# 夏季室内イベント開催時における暑熱環境の調査とその対策に関する研究

齊藤 慧太<sup>†</sup> 白木 洋平<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>立正大学 地球環境科学部

キーワード：室内気温，暑熱環境評価，地理情報システム

## 1 はじめに

わが国では1年を通じて様々な大規模イベントが行われているが，これらの開催は地域経済に大きな影響を与えることが知られている。既往研究によると，たとえば2012年10月に北九州市で開催された「B-1 グランプリ in 北九州」では市内への経済波及効果額が約26.5億円[1]，2014年10月に北九州市で開催された「全国餃子祭り in 北九州」では市内への経済波及効果額が約7.5億円と推計されている[2]。また，日本最大級のイベントとして知られているコミックマーケットは日本のみならず世界中から参加者が集まることが知られており，その経済効果は正確な数値は明らかにされていないものの，一説には百数十億円とも言われている。このことから，地域経済を支える一つとして地域の特性を活かしたイベントを開催することは極めて有効な手段として考えられるが，一方で施設の収容能力やスタッフの対応能力を大幅に超える参加者が集まった場合，様々な想定外のアクシデントが発生することがある。典型的な例として，夏季に行われるイベントでは熱痙攣や熱失神，熱疲労，熱射病といった，いわゆる熱中症を引き起こすリスクが高くなることが知られており，屋外・屋内ともに毎年のようにニュースとなっている。前述のようなリスクが必ず発生すると想定した場合，これに備えてスタッフに対する適切な救護方法の教授や救護施設の設置，熱中症に対する注意喚起などは重要な対策となる。しかしながら，イベント開催時における会場の気温やその時間変化を情報として蓄積し，来場者の体調に影響を及ぼす可能性がある気温と判断された場合は主催者側が早急な行動を起こすシステムを構築すること，また参加者が気温やその時間変化の傾

向について事前に情報を取得・把握することが可能なシステムを構築することなども，熱中症の発生リスクを軽減させる有効な手段となる。

本研究では，日本最大級のイベント（以下，イベントAと記す。）を研究対象とし，暑熱環境データの連続的な取得およびそのデータの可視化を試みることで熱中症の危険箇所の把握およびその変化の傾向について考察を行うこととした。

## 2 研究方法

### 2.1 暑熱環境評価パラメータの取得

暑熱環境について評価を行う際，既往研究では度々暑さ指数（湿球黒球温度（WBGT: Wet Bulb Globe Temperature））が用いられている。暑さ指数とは気温，湿度および放射熱を考慮した指数であり，以下の（1）式および（2）式で表される。

$$\text{WBGT}(\text{°C}) = 0.7 \times T_w + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a \quad \dots (1)$$

$$\text{WBGT}(\text{°C}) = 0.7 \times T_w + 0.3 \times T_g \quad \dots (2)$$

ここで， $T_w$ は湿球温度， $T_g$ は黒球温度， $T_a$ は乾球温度であり（1）式は屋外の場合，（2）式は屋内の場合（太陽放射の影響がない場合）の計算式となる。人体生理（熱中症）との関連を議論する上ではWBGTの利用が現実的である[3]と言われているが，その一方で計測装置を観測地点に設置することが必要となってくるため，混雑が予想されるイベント会場で測定を行うには不向きである。また，ハンディタイプのWBGT計測器も存在するものの，補正の必要性が指摘されている[3]。そこで本研究では，より簡便に，かつ混在が予想され

るイベント会場においても情報を得ることができない不快指数（THI: Temperature-Humidity Index）を用いて暑熱環境の評価を行うこととした。不快指数にはいくつかの定義があるが、気温と湿度を使用する場合には以下の（3）式で表される。

$$THI = 0.81T + 0.01H(0.99T - 14.3) + 46.3 \dots (3)$$

ここで、Tは気温、Hは湿度である。

また、気温と湿度の取得方法は T&D 社の温湿度記録計「おんどとり TR-73U」を用いており、会場内の地点（24 箇所）を徒歩によって連続的に取得した。なお、得られた不快指数に対する一般的な感覚は「～55：寒い」「55～60：肌寒い」「60～65：何も感じない」「65～70：快適」「70～75：暑くない」「75～80：やや暑い」「80～85：暑くて汗が出る」「85～：暑くてたまらない」となっている。

## 2.2 地理情報システムを用いた可視化

暑熱環境を可視化は、現状の把握や対策の立案を行う際の有効な情報となりうる。そこで本研究では、地理情報システム（以下、GIS（Geographic Information System）と記載する）を用いて得られた情報の可視化を試みた。

## 3 結果および考察

GIS を活用した会場の不快指数分布を考察すると、同じ会場内においても場所によって異なった暑熱環境である様子が見て取れた。また多くの地点が「75～80：やや暑い」に分類されている様子が見て取れるが、一部の地点では「80～85：暑くて汗が出る」となる箇所もあることがわかった。このことから、同じ会場内においても不快を感じる場所が異なることがわかるが、本研究ではさらに時間帯によって不快指数の値が変化するかについて評価を行うこととした。その一例を図 1 に示す。これによると、たとえば地点（ID\_1）は 12 時 30 分の時点では「80～85：暑くて汗が出る」となっているが、2 時間後の 14 時 35 分には 78.5、すなわち「75～80：やや暑い」まで低下している様子が見て取れる。このことから、不快指数の分

布は常に一定ではなく、時間帯によって大きく変化することが明らかになった。そのため、前述したような熱中症の発生リスクを軽減させる有効なシステムについて検討する際には時間帯別に異なったものを検討する必要がある。

## 4 まとめと後の課題

本研究では、イベント A を研究対象とし、暑熱環境の調査として会場内の不快指数分布と、時間帯による不快指数の面的な変化について評価を行なった。その結果、不快指数の分布は常に一定ではなく、時間帯によって大きく変化することが示唆された。しかしながら本研究ではどのような要因で不快指数分布が形成されるか、あるいはどのような要因で不快指数分布が変化するかについては議論を行っていない。そのため、今後は不快指数に影響を与える要因などについても検討を行っていく予定である。

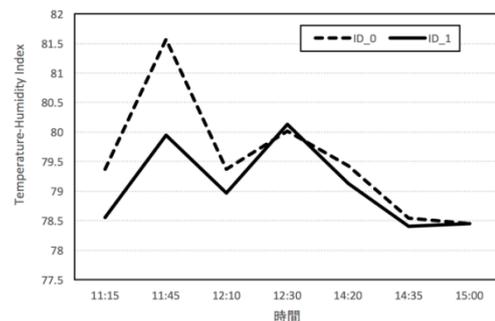


図 1. 不快指数の時間変化 (ID) 1 および ID\_2 の例)

## 参考文献

- [1] 南博 (2013) B-1 グランプリ in 北九州への来場者の評価および開催に伴う経済波及効果に関する研究, 都市政策研究所紀要, 7, 75-98.
- [2] 南博 (2015) 「食」をテーマとした集客イベントの地域活性化効果の検証～「全国餃子祭り in 北九州」を事例として～, 都市政策研究所紀要, 9, 99-124.
- [3] 環境情報科学センター (2013) ヒートアイランド現象に対する適応策及び震災後におけるヒートアイランド対策検討調査業務, <https://www.env.go.jp/air/report/h25-02/>

# 農業遺産評価におけるジオインフォマティクスの役割 ー比企丘陵のため池に係わる水管理コミュニティの評価への適用ー

後藤真太郎・佐藤響平  
立正大学地球環境科学部環境システム学科

キーワード：ジオインフォマティクス，農業遺産，文化財，GIS

## 1. はじめに

比企丘陵ではため池を沼と称し、地形的には谷津田地形にあることから、谷津沼といわれている。この地域では約 300 のため池があり、1500 年以上前から天水のみに頼った農業が営まれています。この歴史の中で養われた谷津沼農業文化に改めて着目し、日本・世界農業遺産に登録申請するため、滑川町、熊谷市、深谷市、東松山市、小川町、嵐山町、吉見町、寄居町で構成される協議会が 2017 年 7 月 7 日に発足し、申請に向けた様々な活動が実施されている。それ等の横軸を貫く活動が望まれおり、農業遺産登録後を視野に入れ、これを維持するために、農業遺産登録をテコにして比企丘陵に位置する自治体の活性化を目指すことは文化の維持のためにも必然である。

谷津沼農業文化では、農業を営んで生活していくために地域資源である風土を利用しながらヒト、モノ、自然、水土をトータルなエコシステムとして共創されて形成されてきたものであり、まさに、風土共創の賜物である。

立正大学谷津田イノベーション研究会（代表：後藤真太郎）は発足から 1.5 年の団体であり、産学官連携や農福連携により、谷津田でのコメ作り、日本酒造り、ぶどう園・オリーブ園準備、農泊ツアー、エコツーリズムなどが精力的に進められている。各々の事業をくくる仕組みが必要となってきたりる。

本研究は、2020 年の農業遺産登録申請を目標に、これまで風土共創によって築かれてきた谷津沼農業文化にかかる多様な要素にジオインフォマティクスを適用する目的とする。本報告は、ため池の基盤となるため池を中心とする水管理コミュニティの可視化への適用事例を報告する。

## 2. 農業遺産評価項目

### (1) 食料および生計の保証

主な農産品（環境配慮型農業の推進）

特産品の基準・選定

ツーリズム

伝統的取り組みの復活・活用

### (2) 生物多様性および生態系機能

固有種、遺伝資源

生物多様性調査・保全

### (3) 知識システムおよび適応

制度

地域住民対象人材育成

### (4) ランドスケープおよび土地と水資源管理

の特徴

ランドスケープ

地形的特徴評価

谷津田地形生成要因

谷津田地形の分布

水利システム

文化遺産評価

文化財評価（神社・仏閣）

農業文化・コミュニティ

### (5) その他

財源

推進体制

## 3. 谷津田地形の抽出

比企丘陵には第四紀更新世前～中期頃の河成堆積物（物見山礫層など）が分布し、その礫層の下位には、不整合に、第三紀中新世中期（約 1 千万年前）の砂岩、泥岩など（岩殿層など）がある。また、谷頭凹地の維持・拡大には、まれに崩壊などが起こり、水流の作用があまり強力でない、湿潤・寒冷な環境が好都合である。

比企丘陵は外秩父山地から東方に半島状に突き出した丘陵であり、北部は江南台地、南部は東松山台地、東部は吉見丘陵に接している。丘陵内では、高根山（標高 105m）、二宮山（標高 132m）、大立山（標高 113m）など標高 100m 前後の山が、丘陵の西半分の地域に散在して突出した丘陵地形をつくっている。このような平坦な平野の外縁の山地との境界では、現在の市ノ川・滑川およびその支流に至る水路による開析が進み、広い谷底と小谷が発達した谷頭凹地を生んだ。

この谷頭凹地をせき止めてできたため池は浅い地下と地上との水循環システムに支えられた景観の典型例として機能してきた。

本研究では、特定のため池に着目し、上記の生成要因を明らかにするため、地形、地質、植生データなどを GIS 化し、計測データを追加してデータベースを構築するとともに、他地域の谷津地形との比較を行うため、谷津地形の抽出アルゴリズムを作成し、比企丘陵の特徴を明らかにする。

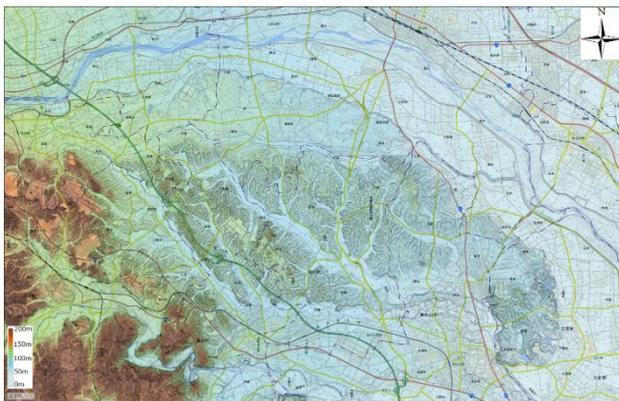


図 1 比企丘陵の谷津田地形の分布 1

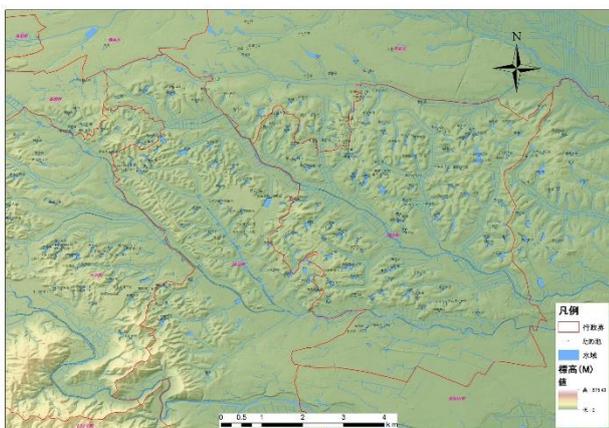


図 2 比企丘陵の谷津田地形の分布 2

#### 4. 水管理システムの評価

ため池は 1500 年前から小字を中心として水管理が行われている。本研究では大字福田地区を対象とし、ため池からはじまる農業用水の分布について検討する。大字には淡州神社が鎮座し雨乞いのお祭りが継続されている点に着目し水管理の文化に焦点を当てたい。

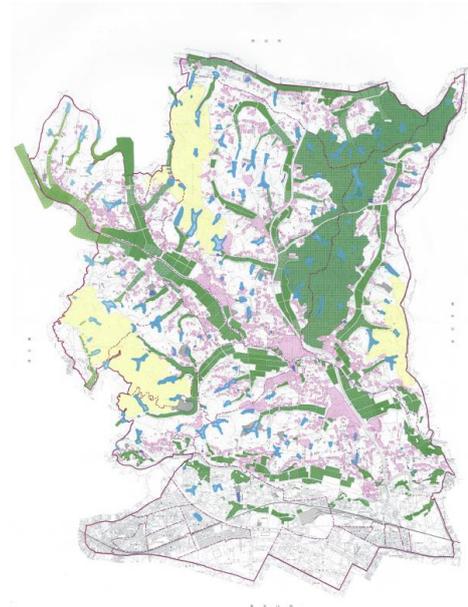


図 3 滑川町の谷津田分布

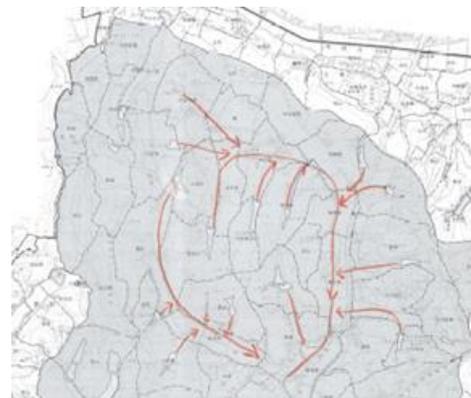


図 4 滑川町大字福田における農業用水の流向分布

#### 参考文献

- [1] 後藤真太郎 (2018) : 比企丘陵の風土共創—ヒト・サト・マチのエコシステム—、立正大学
- [2] 田村俊和、宮下香織 (2007) : 川と谷の始まりを丘陵地に探る、地理 52(5)、pp20-27.

# 環境保全型農業における稲と雑草との競合と土壌成分との関係評価

佐藤 響平 後藤 真太郎  
立正大学 地球環境科学部

## 1 はじめに

埼玉県のとげ丘陵には 300 以上のため池があり、谷津地形でのため池を水源とする農業は 1500 年前から行われている。しかしながら、沼下に位置する圃場は地理的影響から、生産効率が悪く、就農者の減少も相まって、耕作放棄地が増加している現状である。このような現状を脱却するため近年では、農作物の収量を目的とせず、生態系の保全などを視野に入れた農業の再生が行われつつある。そのうちのひとつに環境保全型農業による水稲栽培が取り組まれているが、環境保全型農業は、生産者の勘や経験で栽培している場合が多く、栽培におけるの基準となるデータなどは少ない。細谷(2017)の研究 [1]により環境保全型農業での窒素循環と収量成立機構については説明がされているが、環境条件と物質循環における関係性については十分な説明ができるまでに至っていない。これまでに筆者は、環境保全型農業におけるイネの活性度と日射量等の環境条件を UAV から得られた RGB 画像によって面的に観測し、関係性について評価を行えるか検討してきたが [2]、今年度よりマルチスペクトルカメラを導入して研究を進めているため、本発表では、マルチスペクトル画像を用いた環境条件の把握にあたり、イネと雑草との競合を計測する際の稲の抽出アプローチに焦点を絞り報告する。

なお、本研究で対象とした稲の品種は彩のかがやきであり、研究対象地は、埼玉のとげ丘陵の小江川にある谷津田を対象とした。

## 2 研究方法

### 2.1 UAV による研究対象地の撮影とオルソ補正

本研究では、UAV にマルチスペクトルカメラを搭載し、高度を 30m に設定したのち研究対象地の上空を空撮した。

これにより Red・Green・Red-edge・Near Infrared の 4 つのスペクトル反射画像と UAV 自体に搭載

されているカメラの RGB 画像の計 5 種の画像を取得した。

取得した各画像は複数枚あり、撮影地点により地物の位置や形状にずれが生じているため、オルソ補正を行い 1 つのオルソ画像に処理した。なお、本研究で用いた UAV は DJI 社の Mavic Pro、マルチスペクトルカメラは Parrot 社の Sequoia を用い、オルソ補正には Agisoft 社の Metashape Professional (Ver. 1.5.5.9097) を用いた。

### 2.2 指標によるマルチスペクトル画像の解析

リモートセンシングでは、分光反射特性と呼ばれる光がある物体から反射する際のそれぞれの特徴的な反射率の特性をもとに物体や地域の計測・観測・解析を行うのが一般的な方法である [3]。

本研究では、得られたマルチスペクトル画像をもとに NDVI・NDWI・SAVI の 3 つの指標を用いて解析を行った。

NDVI は植物の活性度を -1 から 1 に正規化して表した指標である。1 に近いほど活性度は高い。

NDWI は帯水状況を -1 から 1 に正規化して表した指標である。

SAVI は土壌の影響を考慮し、NDVI を改良した指標である。

また、近赤外画像(以下 NIR 画像)のみでの解析も行った。

以下にこれらの指標の解析のための演算方法と演算によって得られた画像から稲を抽出する手法について記す。

#### 2.2.1 近赤外画像による稲の抽出

植物の分光反射特性を見ると近赤外において高い反射率を確認できる。

陸域の植物の抽出などでは、土壌状況の影響などから、NIR 画像のみでの解析はあまり行われませんが、本研究の様な水田では、植物の周囲は水で囲まれており、影響が少ないため、分析に使用した。

得られた NIR 画像を用い、稲の値から閾値を設

定し、稲以外を除去するマスキレイヤを作成し、稲の抽出を試みた。

## 2.2.2 NDVI 画像による稲・雑草の抽出

NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)正規化植生指数は

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

で表すことができる。

稲の抽出は NIR 画像と同様の手順で行った。

## 2.2.3 NDWI 画像による稲の抽出

NDWI(Normalized Difference Water Index)正規化水指数は

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$$

で表すことができる。

稲の抽出は NIR 画像と同様の手順で行った。

## 2.2.4 SAVI 画像による稲の抽出

SAVI(Soil Adjusted Vegetation Index)土壌調整植生指数は

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)}(1 + L)$$

で表すことができる。

この時 L は土壌の影響を除去する補正パラメータであり、高植被率の時は L=0、低植被率の時は L=1、通常の補正では 0.5 を用いる。

今回は L=1 を用いた。

稲の抽出は NIR 画像と同様の手順で行った。

## 2.3 教師付き分類による土地被覆データをもちいたイネの抽出

4つのスペクトル反射画像をコンポジットしたのち、稲の地点を手動で判別し、4つのスペクトル反射画像内の稲の特徴を教師データとした土地被覆画像を作成した。

教師データは、200箇所(稲のポリゴンデータ)と稲が生えていない50箇所(稲のポリゴンデータ)を使用した。

稲の抽出は NIR 画像と同様の手順で行った。

## 3 結果および考察

作成した NIR 画像・NDVI 画像・NDWI 画像・SAVI 画像をそれぞれ図 1~4 に示す。

なお、NDWI 画像のみグレーカラーを反転して表示している。

図 5~8 は拡大した同地点を比較した画像である。また、作成した土地被覆分類画像を図 9 に記す。

これらによると、NIR 画像と SAVI 画像の稲が顕著に表されていることがわかる。

以上の結果より、本研究における稲の抽出において、有効な画像は、NIR 画像または SAVI 画像であることが考えられる。また、NDVI 画像は抽出のみにおいては効果を発揮しないことが分かった。

## 4 今後の展望

### 4.1 RGB オルソ画像でのイネと雑草の抽出方法の検討

2.2 から 2.3 で記した方法はいずれも解析の際に、人間の主観で、閾値または教師データを設定するものであり、設定者ごとに閾値が異なる点、教師データの偏りで精度が変化する点、処理のたびに設定を行う必要がある点などの問題点がある。

また、抽出の際、反射率での抽出ではイネと雑草を判別することが困難なため、演算結果の画像にはイネと雑草が混在している可能性がある。

そこで新たに深層学習による画像認識を用いたイネと雑草の判別と検出を今後の課題として考えている。

理由として、深層学習における画像認識では、検出対象の形状の特徴量によって検出を行うため、反射率が近いために引き起こされる稲と雑草の混在を回避できる可能性がある点、直接地物の検出が行えるため、マスク処理の手順の省力が見込める点が挙げられる。

先行研究では、油ヤシを自動検出する研究が多く、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)や SVM 分類器等が用いられている [4][5]。

### 4.2 データセット作成にあたる分解能の比較

画像分類における物体検出において、データセットの作成は、結果精度に直結するため、重要なプロセスである。

本発表では、今後行う物体検出のためのデータセット作成の際、どの程度の分解能(高度)の画像が適しているか判断するため、研究対象地の RGB オルソ画像について、30m・20m・10m の 3 パターンを用意して比較を行った。

図 10 にそれぞれの画像を示す。

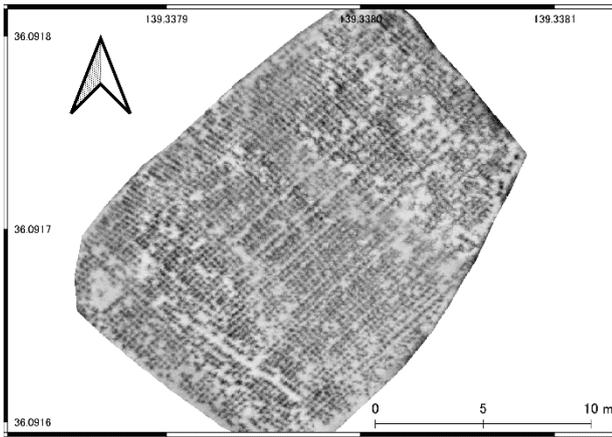


図 1 NIR 画像 (圃場全体)

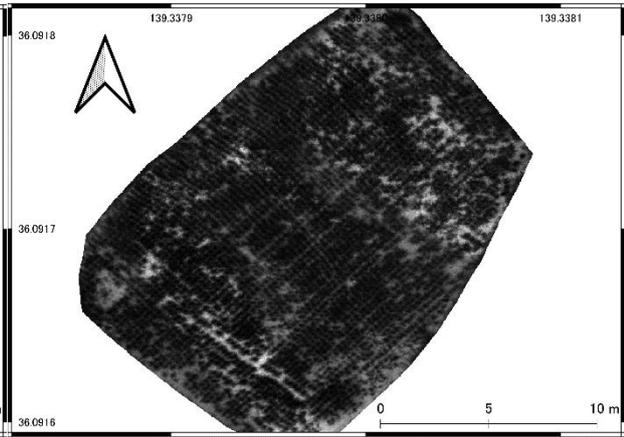


図 2 NDVI 画像 (圃場全体)

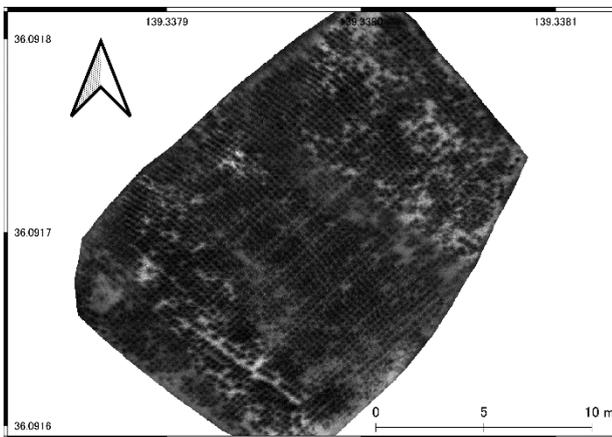


図 3 NDWI 画像 (圃場全体)

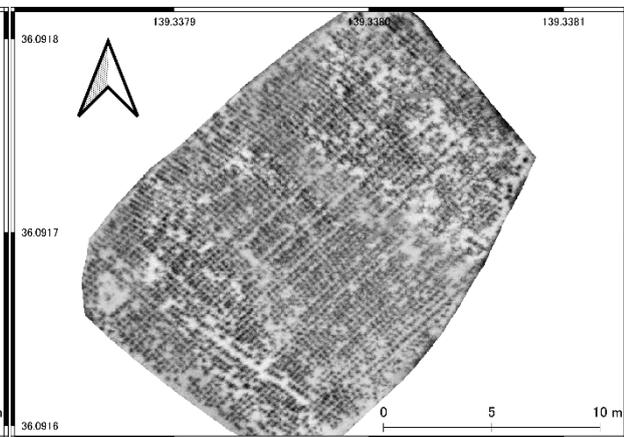


図 4 SAVI 画像 (圃場全体)

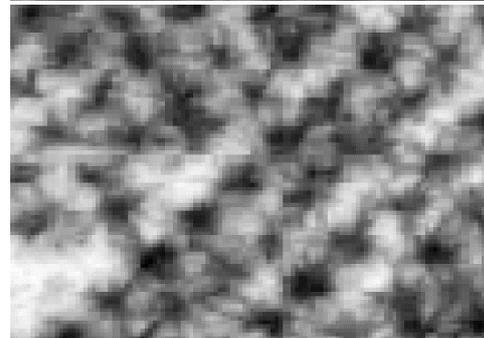
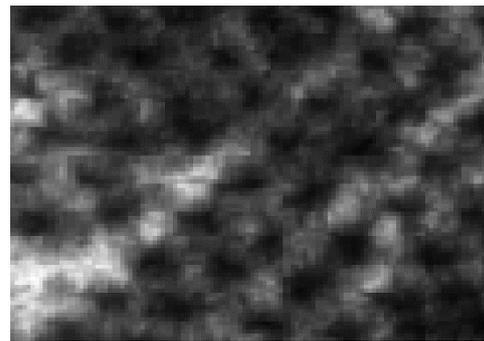
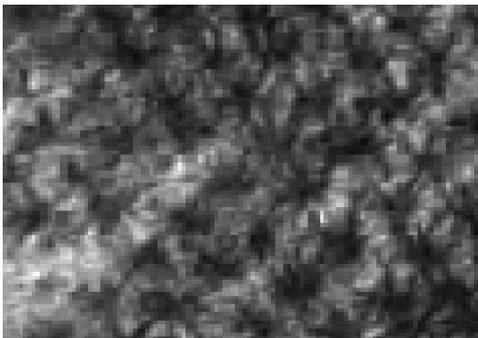
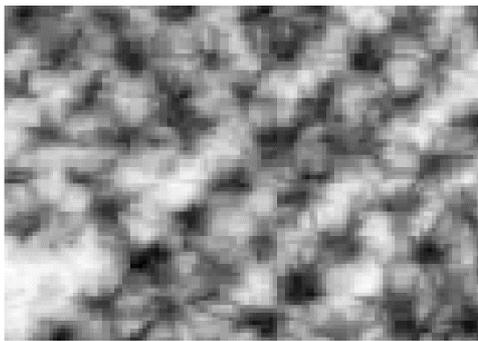


図 5 NIR 画像 (左上) : 図 6 NDWI 画像 (左下) : 図 7 NDVI 画像 (右上) : 図 8 SAVI 画像 (右下)

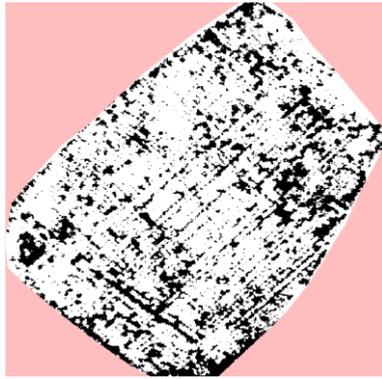


図 9 土地被覆分類画像

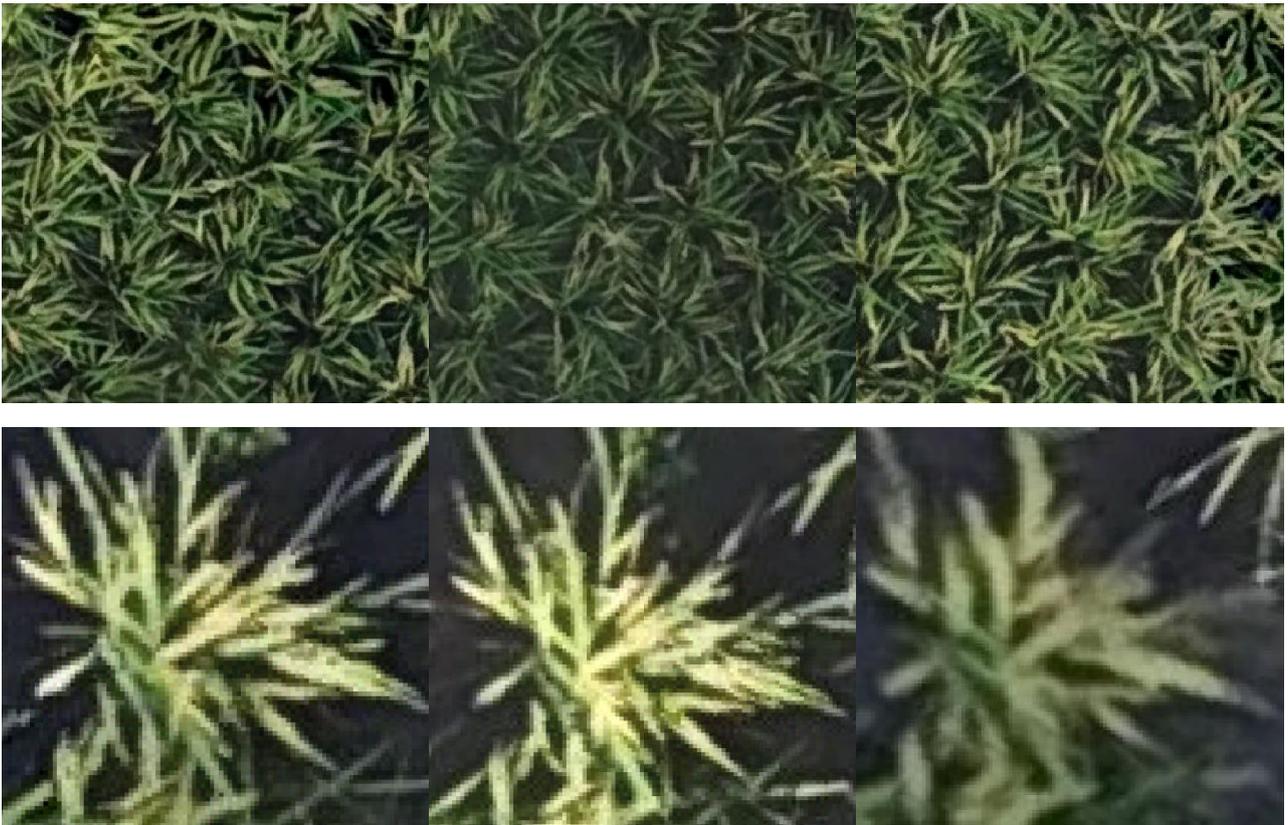


図 10 オルソ画像 (左から 10m・20m・30m)

#### 参考文献

- [1] 細谷啓太,自然栽培水田における窒素循環と収量成立機構,岩手大学院連合農学研究科,2017
- [2] 佐藤響平,水田管理における GIS の適用手法に関する研究-谷津田での自然栽培農業への適用-,立正大学地球環境科学部環境システム学科,2018
- [3] 井上吉雄・坂本利弘・岡本勝男・石塚直樹・David Sprague・岩崎亘典,農業と環境調査のためのリモートセンシング・GIS・GPS 活用ガイド,森北出版株式会社,2019/1/23
- [4] Nurulain abd Mubin・Eiswary Nadarajoo・Helmi Zulhaidi Mohd Shafri・Alireza Hamedianfar,Young and mature oil palm tree detection and counting using convolutional neural network deep learning method, International Journal of Remote Sensing Volume40,2019
- [5] Yiran Wang・Xiaolin Zhu・Bo Wu,Automatic detection of individual oil palm trees from UAV images using HOG features and an SVM classifier, International Journal of Remote Sensing Volume40,2019

# 航空レーザ計測データからの森林情報の推定

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 森林, 林業, 航空レーザ, 点群, point cloud, 深層学習

## 1 はじめに

日本の国土の約7割を占める森林は、木材資源の生産、水源の涵養、土砂災害の抑制、温室効果ガスである二酸化炭素の吸収・固定等の多くの機能を持ち、また生物多様性を担う重要な生態系の一つでもある。しかし、森林面積の約4割の人工林の多くは、林業就業者の減少等により、間伐等の森林整備が行き届いていないことも多い。そのため、森林環境税・森林環境譲与税が創設され、2019年から人工林や林業就業者数等に応じて地方自治体への譲与が開始された。この財的資源を有効活用するためには、まずは迅速で正確な現況把握が必要であり、航空レーザ計測は森林を迅速かつ網羅的に調査する上で有効な手段である。これまで、レーザ計測で得られる点群 (point cloud) を活用した森林情報推定が行われてきたが [1][2]、近年急速に発展している深層学習の技術を用いることで、より高精度な推定や一般化を実現できる可能性がある。そこで本研究では、航空レーザ計測データを対象に深層学習による新たな樹種や材積量の推定手法を検討した。

実用的な森林情報データを作成するには、1. 林分単位で境界線の作成 (セグメンテーション) 2. 林分別に樹種をクラス分類 3. 林分別に平均胸高直径や材積量を推定という3段階の工程が必要と考えた。本発表では、2の樹種のクラス分類についての試行を発表する。

## 2 方法

### 使用データ

深層学習モデルを作成するためのデータとして、「静岡県ポイントクラウドデータベース」(<https://pointcloud.pref.shizuoka.jp>) に登録されている森林地域を計測している点群データを対象とした。本発表では平成30年12月に計測された「(国)152号周辺航空レーザ測量業務 (浜松市発注)」の点群データを用いた。樹種情報としては「平成30年度天竜森林計画図」(ふじのくにオープンデータカタログ <https://opendata.pref.shizuoka.jp/dataset/fuji-25.html>) の GIS (地理情報システム) データを使用した。このデータは、縮尺 5,000 分の 1 の精度で、各林班の空間情報と樹種や材積量、林齢等を記録しているものである。

### データセットの作成

点群データを 3D 点群処理ソフトウェア「CloudCompare」を用いて属性値を持った 2 次元画像データに変換した。属性値としては、赤、緑、青の明度、最大高 (m)、点の密度 (個数) の計 5 つを採用した。解像度は 0.25m で、点が存在しない箇所は欠損値とした。

次にその画像データと森林計画図データを GIS ソフトウェア「QGIS」上で重ね合わせ、単一の樹種で構成されている林班に限定して、その範囲内から 25m 四方の区画で画像データを抽出した。このようにして、点群と樹種の情報が関連づいたデータセットを作成した。

### CNN モデルの構築

モデルの構築には、機械学習ライブラリ「TensorFlow」を容易に扱うためのフレームワーク「Keras」を使用し、CNN (Convolutional Neural Network: 畳み込みニューラルネットワーク) モデルを構築した。サンプル数は 25、Epoch 数は 10 回と 100 回で試行した。

## 3 結果

Epoch 数にかかわらず、精度 (Accuracy): 0.12 となり、今回のわずかなデータセットからは有効なモデルを構築することはできなかった。

## 4 今後に向けて

今回、点群データから CNN モデル作成までの処理の流れを確立することができた。今後はサンプル数の増加と並行し、樹高や点の垂直方向のばらつきといった新たな属性値の検討も行うことで、モデルの精度を上げていきたい。

## 参考文献

- [1] 朱 林, チャタクリ スバス, 島村 秀樹, 航空レーザ計測データによる林相分類手法の研究, 写真測量とリモートセンシング, 2016, 55 巻, 5 号, p. 303-313.
- [2] 中武 修一, 山本 一清, 吉田 夏樹, 山口 温, 宇野女 草太, 航空機 LiDAR による単木樹種分類手法の開発, 日本森林学会誌, 2018, 100 巻, 5 号, p. 149-157.

# 齢構造モデルを用いた ミナシロナガスクジラにおける個体数予測

松本 響

立正大学 地球環境科学部

†m.hibiki2007@gmail.com

キーワード ミナシロナガスクジラ, 個体数, 性成熟年齢, 第2次世界大戦

## 1 研究の背景

Branch[4]によれば, ミナシロナガスクジラの個体数は (*Balaenoptera musculus intermedia*) は捕鯨により 256,000 頭 (95 %信頼区間 235,000-307,000) から 395 頭 (95 % 信頼区間 235-804) まで減少し, これは利用前の個体数における 0.15 % (95 %信頼区間 0.10-0.28 %) であったと推定されている。その後は年率 6.4 % (95 %信頼区間 2.4-8.4 %) で増加し [4], 1997 年の個体数は 2,280 頭 (95 % 信頼区間 1,160-4,500) であり [2], これは利用前の個体数と比較して 0.9 % (95 %信頼区間 0.7-1.0 %) と推定されている [4]。また, これらの推定値は IWC (国際捕鯨委員会) で合意された [7]。ミナシロナガスクジラの生物学的に妥当な増加率に関しては, 初出産年齢と生存率 (成獣と 1 年目), 年間妊娠率, 雌の出生割合をもとに年率 4.1 % と推定されている [3]。また, シロナガスクジラ (*Balaenoptera musculus*) については増加率 5 % が得られている [15]。本稿では, これら 3 つの増加率を参考にし, 齢構造モデルを用いて性成熟年齢の変化を仮定することにより, 現在のミナシロナガスクジラの個体数変動を考察する。また, 第二次世界大戦中は捕鯨を中断していたが, この期間中も捕鯨が続いていた場合にミナシロナガスクジラの個体数がどのように推移していたかについても考察する。

## 2 先行研究結果

本報告は, 以下の先行研究結果を参考にしたものである。また, Taylor et al.[15] で用いられているシロナガスクジラのパラメータをミナシロナガスクジラに適用している。

表. 1 先行研究結果

生物名	研究結果	引用元
シロナガスクジラ	幼獣の生存率 $S_0$ : 0.819	[15]
	年間非幼獣の生存率 $S_A$ : 0.975	[13, 15]
	出生間隔 $IBI$ : 2.5 年	[15]
	繁殖開始年齢 $AFR$ : 11 歳	[15]
	繁殖雌の最高年齢 $O_e$ : 65 歳	[15]
	上記のパラメータで得られた個体数増加率 $r$ : 0.05	[15]
ミナシロナガスクジラ	年間増加率 : 6.4 % († 2.4–8.4 %)	[4]
	生物学的に妥当な年間増加率 : 4.1 % (SD=0.019)	[3]
	最大年間増加率 : 8.5 %	[3]
	最小個体数 : 395 頭 († 235–804)	[4]
	1997 年の個体数 : 1,740 頭 († 1,020–2,830)	[4]
	利用前の個体数 : 256,000 頭 († 235,000–307,000)	[4]
	1997 年の南極域個体数 : 2,280 頭 († 1,160–4,500)	[2]

†:95% 信頼区間

## 2.1 ミナシロナガスクジラの捕獲数

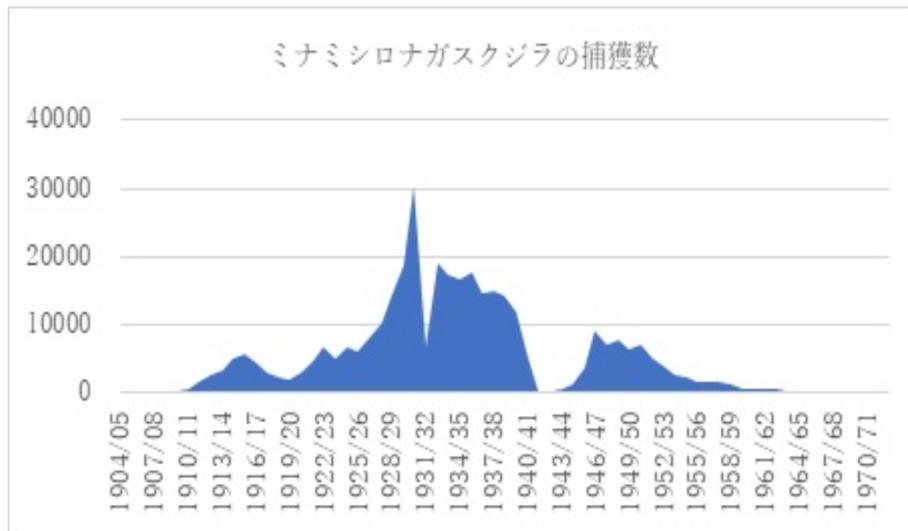


図. 1 ミナシロナガスクジラの捕獲数 ([5] より作図)

## 2.2 性成熟年齢

表. 2 シロナガスクジラの性成熟年齢

性成熟年齢	引用元
およそ 10 歳	[12]
5 歳	[10]
5-15 歳	[11]

## 2.3 性成熟年齢の変化

シロナガスクジラと同様のナガスクジラ科に属するナガスクジラ (*Balaenoptera physalu*) とクロミンククジラ (*Balaenoptera bonaerensis*) を参考にする。Lockyer[9]によると、南半球のナガスクジラでは、1910年級の10年と比較して、1958年級の6歳で成熟する性成熟年齢の低下を示している。Zenitani and Kato[16]によると、クロミンククジラの tmp (性成熟の指標として耳垢栓の変移相を使用して推定された両性の平均性成熟年齢) [8] は、1940年代中頃のコホート (= シーズンの開始年 - 捕獲時の年齢) または 1950年代中頃のコホートのおよそ10-12歳から、1960年代後半または1970年代初期のコホートのおよそ7歳まで減少した。しかし、1970年代初期のコホートまでの tmp はもはや減少せず、7-8年で一定であるか、1970年代初期コホートから1990年代初期のコホートまでわずかに増加したことが新たに確認された [16]。また、Bando et al.[1]によれば、tmp は1990年代のコホートにおいてもおよそ7-8にとどまっておらず、1970年代から1990年代後半のコホートに対しても Zenitani and Kato[16]と同様の傾向が確認された。

これらの研究の成果を考慮すると、ミナシロナガスクジラにおいても性成熟年齢が低下した可能性は十分に考えられるため、性成熟年齢の低下が生じたと仮定する。

### 3 研究方法

ここではミナシロナガスクジラの個体数変動を計算するためにレスリー行列を用いる。また、以下に具体的な方法を記述する。

$$P_{a+1,t+1} = S_a P_{a,t} (a < a_r)$$

$P_{a,t}$  は  $a$  歳の  $t$  年の個体数である。 $a$  歳の生存率  $S_a$  は、Taylor et al.[15] をもとに  $a \geq 1$  のとき  $S_a = 0.975$  と仮定する。

$$E_t = \frac{C_t}{\left( \sum_{a=a_r}^{70} P_{a,t} \right)}$$

$E_t$  と  $C_t$  は  $t$  年の捕獲率と捕獲数である。また、 $a_r$  は捕獲開始年齢である。ミナシロナガスクジラの捕獲数  $C_t$  は Branch et al.[5] によって得る (図 1)。また、1904/05 年は 1904 年 7 月 1 日から 1905 年 6 月 31 日までに捕獲された数を表している。他の年も同様である。

$$P_{a+1,t+1} = S_a P_{a,t} (1 - E_t) \quad (a_r \leq 69)$$

$$P_{70,t+1} = S_a (P_{69,t} + P_{70,t}) (1 - E_t)$$

捕獲開始年齢  $a_r$  以降の生存率  $S_a$  は捕獲率  $E_t$  を引いて求める。また、寿命に関しては Sears and Calambokidis[14] をもとに 70 歳以上生きると仮定し、 $a = 70$  については結合年齢階級を置くことにする。

$$P_{1,t+1} = S_0 F_{a,t} P_{a_m,t} \quad (a_m \leq a \leq a_{65})$$

0 歳の生存率  $S_0$  は、 $S_0 = 0.819$  であり [15]、 $F_{a,t}$  は  $a$  歳の  $t$  年の繁殖率、 $a_m$  は繁殖開始年齢 (= 性成熟年齢 + 1) である。また、出生間隔が 2.5 年 [15] であり、雌のシロナガスクジラは 1 回あたり 1 頭を産む [6] ため、性比を  $1/2$  と仮定すると、繁殖率  $F_{a,t} = \frac{1}{2} \frac{2.5}{2} = 0.2$  として求められ、Taylor et al.[15] をもとに雌の繁殖可能な最大年齢を 65 歳と仮定する。

繁殖率  $F_{a,t}$  には次のように密度効果を加える。 $a \geq a_m$  のとき繁殖率  $F_{a,t} = 0.2 - k \sum_{a=1}^{70} P_{a,t}$  とする。密度効果の強さ  $k = \frac{0.2 - x}{K}$  とする。 $x$  は最大固有値が 1 になる時の繁殖率である。

第二次世界大戦による捕獲中断がなかった場合の個体数変動は、大戦後の捕獲数と同様になるとは考えられないため、第二次世界大戦の仮定を考える以前の行列で得られた 1930 年代後半の捕獲率をもとに計算を行う。

### 4 今後の課題

年齢構造モデルを作成するためには、捕獲開始年齢についての知見が必要である。そのためには、体長と年齢の関係から、どのような年齢から捕獲が開始されたかを決定する必要がある。既に Lockyer[10] 等によるシロナガスクジラの体長と年齢に関する研究が報告されていることから、IWC の捕獲データベースの体長データを取得し、Lockyer 等の結果をもとに捕獲開始年齢の推定を試みる予定である。

## 謝辞

横浜国立大学環境情報研究院の松田裕之教授と松田研究室の方々には有益なアドバイスを頂きました。また、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 中央水産研究所の宮川光代博士と国立研究開発法人 水産研究・教育機構 東北区水産研究所の柴田泰宙博士にも多くのアドバイスを頂きました。

## 参考文献

- [1] Bando, T., Kishiro, T. and Kato, H. 2014. Yearly trend in the age at sexual maturity of Antarctic minke whales examined by transition phase in earplugs collected during JARPA and JARPAII surveys. Paper SC/F14/J08 presented to the Expert Workshop to Review the Japanese JARPAII Special Permit Research programme, Tokyo, February 2014. 10.  
<https://www.icrwhale.org/JARPAIIRewiew.html>,  
(参照 2019-10-03) .
- [2] Branch, T.A. 2007. Abundance of Antarctic blue whales south of 60 ° S from three complete circumpolar sets of surveys. *Journal of Cetacean Research and Management* 9(3): 253-262.  
[https://archive.iwc.int/pages/view.php?search=%21collection15+%k=&modal=&display=list&order\\_by=title&offset=0&per\\_page=240&archive=&sort=DESC&restypes=&recentdaylimit=&foredit=&ref=265](https://archive.iwc.int/pages/view.php?search=%21collection15+%k=&modal=&display=list&order_by=title&offset=0&per_page=240&archive=&sort=DESC&restypes=&recentdaylimit=&foredit=&ref=265),  
(参照 2019-10-03).
- [3] Branch, T.A. 2008a. Biologically plausible rates of increase for Antarctic blue whales. IWC Scientific Committee document SC/60/SH8:7.  
<https://iwc.int/sc60docs>,  
(参照 2019-09-27) .
- [4] Branch, T.A. 2008b. Current status of Antarctic blue whales based on Bayesian modeling. IWC Scientific Committee document SC/60/SH7:10.  
[https://www.researchgate.net/profile/Trevor\\_Branch/publication/214839285\\_Current\\_status\\_of\\_Antarctic\\_blue\\_whales\\_based\\_on\\_Bayesian\\_modeling/links/540aa5f00cf2d8daabfa7d6/Current-status-of-Antarctic-blue-whales-based-on-Bayesian-modeling.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Trevor_Branch/publication/214839285_Current_status_of_Antarctic_blue_whales_based_on_Bayesian_modeling/links/540aa5f00cf2d8daabfa7d6/Current-status-of-Antarctic-blue-whales-based-on-Bayesian-modeling.pdf),  
(参照 2019-09-27) .
- [5] Branch, T.A., Allison, C., Mikhalev, Y.A., Tormosov, D. and Brownell Jr, R.L. 2008. Historical catch series for Antarctic and pygmy blue whales. IWC Scientific Committee document SC/60/SH9:11.  
<https://iwc.int/sc60docs>, (参照 2019-09-27).
- [6] COSEWIC. 2002. COSEWIC assessment and update status report on the Blue Whale *Balaenoptera musculus* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. ?vi + 32.  
[https://www.sararegistry.gc.ca/virtual\\_sara/files/cosewic/sr\\_blue\\_whale\\_e.pdf](https://www.sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_blue_whale_e.pdf),  
(参照 2019-09-27) .
- [7] International Whaling Commission. 2009. Report of the Sub-Committee on Other Southern Hemisphere Whale Stocks. *Journal of Cetacean Research and Management supplement* 11:220-247.  
[https://archive.iwc.int/pages/view.php?search=supplement&k=&modal=&display=list&order\\_by=title&offset=0&per\\_page=240&archive=&sort=DESC&restypes=2&recentdaylimit=&foredit=&ref=294](https://archive.iwc.int/pages/view.php?search=supplement&k=&modal=&display=list&order_by=title&offset=0&per_page=240&archive=&sort=DESC&restypes=2&recentdaylimit=&foredit=&ref=294),  
(参照 2019-10-02) .
- [8] Kato, H. 1987. Density dependent changes in growth parameters of the southern minke whale. *Scientific Reports of the Whales Research Institute* 38:47-73.  
<https://www.icrwhale.org/04-C.html>, (参照 2019-10-11).
- [9] Lockyer, C. 1972. The age at sexual maturity of the southern fin whale (*Balaenoptera physalus*) using annual layer counts in the ear plug. *ICES Journal of Marine Science* 34(2):276-294.
- [10] Lockyer, C. 1981. Growth and energy budgets of large baleen whales from the Southern Hemisphere. *Mammals in the seas* 3:379-487.  
[https://www.researchgate.net/publication/37862904\\_Growth\\_and\\_energy\\_budgets\\_of\\_large\\_baleen\\_whales\\_from\\_the\\_southern\\_hemisphere](https://www.researchgate.net/publication/37862904_Growth_and_energy_budgets_of_large_baleen_whales_from_the_southern_hemisphere),  
(参照 2019-10-03) .
- [11] Mizroch, S. A., D. W. Rice, and J. M. Breiwick. 1984. The blue whale. *Marine Fisheries Review* 46(4):15-19.  
<https://spo.nmfs.noaa.gov/content/blue-whale-bala>

enoptera-musculus,  
(参照 2019-10-03) . .

- [12] Ohsumi, S. 1979. Interspecies relationships among some biological parameters in cetaceans and estimation of the natural mortality coefficient of the Southern Hemisphere minke whale. Report of the IWC 29:397-406.  
[https://archive.iwc.int/pages/view.php?search=1979&k=&modal=&display=list&order\\_by=title&offset=0&per\\_page=240&archive=&sort=DESC&restypes=2&recentdaylimit=&foredit=&ref=33](https://archive.iwc.int/pages/view.php?search=1979&k=&modal=&display=list&order_by=title&offset=0&per_page=240&archive=&sort=DESC&restypes=2&recentdaylimit=&foredit=&ref=33),  
(参照 2019-10-03) .
- [13] Ramp, C., Brub, M., Hagen, W. and Sears, R. 2006. Survival of adult blue whales *Balaenoptera musculus* in the Gulf of St. Lawrence, Canada. Marine Ecological Progress Report 319: 287-295.  
<https://www.int-res.com/abstracts/meps/v319/p287-295/>,  
(参照 2019-10-03) .
- [14] Sears, R. and Calambokidis, J. 2002. Update COSEWIC status report on the Blue Whale *Balaenoptera musculus* in Canada, in COSEWIC assessment and update status report on the Blue Whale *Balaenoptera musculus* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. 1-32.  
[https://www.sararegistry.gc.ca/virtual\\_sara/files/cosewic/sr\\_blue\\_whale\\_e.pdf](https://www.sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_blue_whale_e.pdf),  
(参照 2019-09-27) .
- [15] Taylor, B.L., Chivers, S.J., Larese, J. and Perrin, W.F. 2007. Generation length and percent mature estimates for IUCN assessments of cetaceans. Administrative Report LJ-07-01, Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, California. 24.  
<https://swfsc.noaa.gov/textblock.aspx?Division=PRD&ParentMenuId=229&id=7576>,  
(参照 2019-10-02) .
- [16] Zenitani, R. and Kato, H. 2006. Temporal trend of age at sexual maturity of Antarctic minke whales based on transition phase in earplugs obtained under JARPA surveys from 1987/88-2004/05. Paper SC/D06/J15 presented to the JARPA Review workshop, Tokyo, 4-8 December 2006. 9.  
<https://www.icrwhale.org/JARPARReview3.html>,  
(参照 2019-10-03) .

# 疑似カラー画像を用いた気圧配置の予測に関する研究

青木 和昭<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 立正大学 地球環境科学部 環境システム学科

<sup>†</sup>kazu@ris.ac.jp

キーワード 気象、気圧配置、機械学習、疑似カラー画像

## 1 はじめに

気象分野の研究では、再解析データをはじめとした格子点データの普及が進んでおり、計算機を用いた大規模データの解析や予測が行われている。代表的な例としては、天気予報や気候変動予測などを行う気象予測が挙げられる。気象予測に用いられるデータの一つとして、高気圧と低気圧の配置を示す気圧配置がある。天気予報のニュースでもよく耳にする「西高東低の冬型の気圧配置」などは、気圧配置の分類の一つである。西高東低冬型の気圧配置の場合、太平洋側では晴天となり乾燥し、日本海側では雨や雪が降りやすくなる。気圧配置のパターンは、吉野ら [1] によって 15 種類に分類されている。

気圧配置に着目した気象現象の研究を行う場合、気圧データから天気図を作成し、天気図を読み取り分類する必要がある。気圧配置の事例を抽出するためには、過去数十年に渡って蓄積された気圧配置図のデータから、専門家が目視によって分類する必要がある。データ数が多くなればなるほど作業量は増えることとなる。過去に蓄積されたデータの分類に加えて、現在も観測データは増加し続けているため、気圧配置を自動的に分類する手法を開発することで、気象学の研究に寄与することが期待される。

本研究では、機械学習によるクラス分類手法を用いて、JRA-55[2] データを対象とした気圧配置の分類・予測のための予備検討を行う。

## 2 対象データ

### 2.1 気圧配置

気圧配置として有名なものは「西高東低冬型」「南高北低夏型」などが挙げられる (図 2)。気圧配置の種類は、吉野ら [1] によって大きく分けて 6 種類、さらにそれらを細かく分類することで 15 種類に分類されている。吉野らによる分類を表 1 に示す。

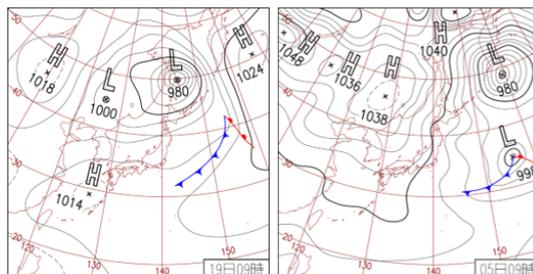


図 1: 西高東低冬型と南高北低夏型の気圧配置

### 2.2 JRA55[2]

気象データとして JRA-55[2] を用いる。JRA-55 とは、気象庁と電力中央研究所で 1958～2013 年の 55 年間の長期再解析を行ったデータである。長期再解析とは、現在から過去に遡ってデータの同化を行ったものである。JRA-55 は気象庁や筑波大学計算科学研究センター、National Center for Atmospheric Research(NCAR[3]) によってアーカイブされており、3 時間毎、6 時間毎や月平均のデータが取得可能である。データは取得可能なパラメータによっていくつかのカテゴリーに別れており、本研究ではこれらのデータの内、anl\_surf125 というデータを用いる。

JRA-55 は GRIB(GRId Binary) というデータ形式でデータを配布しており、これは WMO(The World Meteorological Organization) が提唱した規格である。GRIB は格子点データの高圧縮パッケージ法である。気象データの規格では NetCFD(Network Command Data Form) という規格もある。NetCFD は気象データを扱うための標準的なフォーマットの一つで、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) の報告書のデータ形式は NetCFD でアーカイブされている。NetCFD を扱うためのソフトウェアも豊富に存在している。

JRA-55 では種々の気象データを取得可能であるが、本研究では気圧配置に最も関係が深いと考えられる海面更生気圧データを利用する。GRIB 形式から海面更生気圧

表 1: 気圧配置の分類

気圧配置の分類 [1]	
I	西高東低冬型
II	気圧の谷型 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 低気圧が北海道またはサハリン付近を東に進む</li> <li>b. 低気圧が日本海から北東に進む</li> <li>c. 低気圧が台湾から日本の太平洋岸を東～東北東に進む</li> <li>d. 二つ玉低気圧、または日本海と太平洋に低圧部</li> </ul>
III	移動性高気圧型 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 日本の北方または北部を東に進む</li> <li>b. 日本列島上、主として本州の上を東に進む</li> <li>c. 帯状高気圧</li> <li>d. 日本の太平洋岸または南方を東に進む</li> </ul>
IV	前線型 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 日本列島上をほぼ東西方向に走る主として停滞性の前線</li> <li>b. 太平洋岸または日本南方をほぼ東西方向に走る主として停滞性の前線</li> </ul>
V	南高北低夏型 (原則として太平洋高気圧が日本列島を支配)
IV	台風型 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 台風が南九州より南方の会場にある場合</li> <li>b. 台風が本州およびその接岸地帯にある場合</li> <li>c. 台風が北日本にある場合</li> </ul>

データを抽出するためには、wgrib というコマンドを利用する。wgrib に PRMSL というパラメータを与えることにより、海面更生気圧データのみを取り出すことができる。取り出したデータは東西南北 1.25 度の全球格子データである。ここから、日本周辺地域として北緯 15～60 度、東経 105～175 度のデータを対象データとした。なお、本発表では予備検討のため、気象庁作成の天気図を用いて分類を行った。

	西高東低冬型	気圧の谷型	移動性高気圧型	前線型	南高北低夏型	台風型
1981	71	110	109	43	28	4
1982	57	103	121	51	28	9
1983	78	109	104	44	28	5
1984	77	105	107	40	28	4
1985	53	126	104	42	28	5
1986	67	95	100	65	28	10
1987	56	113	124	41	28	9
1988	65	101	96	76	28	5
1989	60	101	106	66	28	8
1990	52	117	110	38	28	17

### 3 分類手法

#### 3.1 気圧配置分類結果

吉野らの分類に従って、1981～1990 年の気圧配置分類を行った。分類は、1 日のうち 9 時の天気図を対象とし、はじめに 15 種類に分類を行い、その後 6 種類の大分類にまとめた。

分類結果から、年ごとの気圧配置パターン出現数は把握できるが、どのパターンがどの季節に出現していたかといったことは表からは読み取ることができない。そこで、各パターンを擬似的に色分けして疑似カラー画像を作成することを検討した。

図 2: 1981～1990 年の気圧配置分類結果

#### 3.2 疑似カラー画像

気圧配置の分類結果を色分けすることで、年ごとの特徴や傾向の可視化を行った。結果を図 3 に示す。

同様に、近年のデータとの比較のため、1981～1990 年と 2018 年の 8 月、9 月の分類結果を疑似カラー画像化した結果を図 4 に示す。

図より、年ごとの気圧配置パターンが可視化されており、特徴や傾向が理解しやすくなっていることがわかる。図 4 からは、夏場の気圧配置パターンの傾向が若干変化しており、台風が長期間続いていることや、南高北低夏型の気圧配置が少なくなっている様子が伺える。こうした疑似カラー画像を利用することで、気圧配置出現パターンのトレンド予測が可能か、検討を進める予定である。

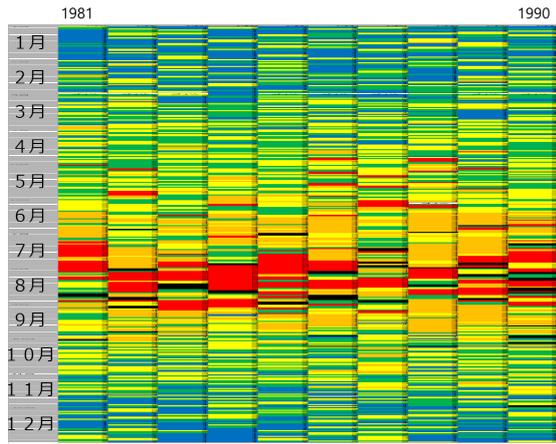


図 3: 1981~1990 年の分類結果の疑似カラー画像（青：西高東低冬型、緑：気圧の谷型、黄：移動性高気圧型、橙：前線型、赤：南高北低夏型、黒：台風型）

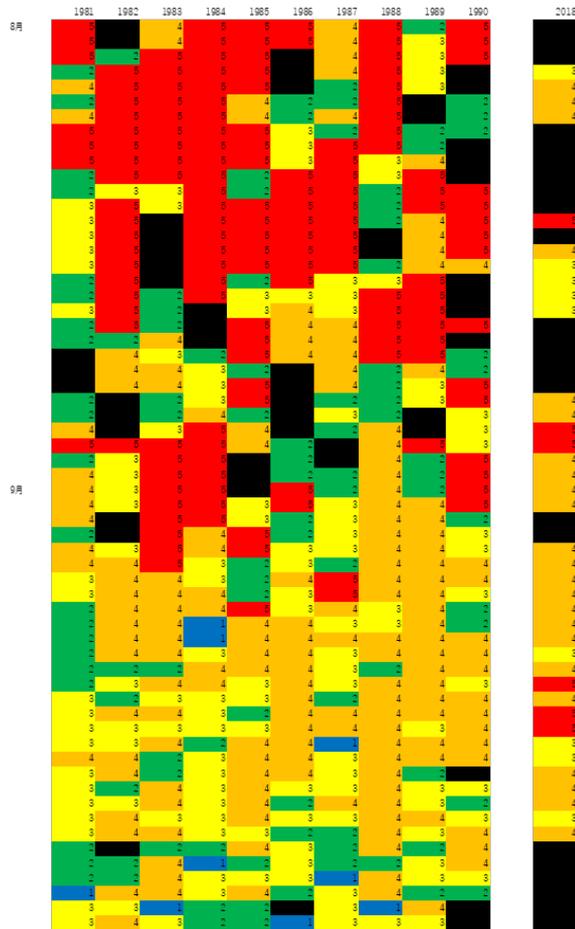


図 4: 1981~1990 年、2018 年の 8 月および 9 月の分類結果の疑似カラー画像（青：西高東低冬型、緑：気圧の谷型、黄：移動性高気圧型、橙：前線型、赤：南高北低夏型、黒：台風型）

気温や気圧などの気象データを疑似カラー画像化し、トレンド予測を実施した既存研究として、伊勢らの研究がある [4]。伊勢らは、世界各地の気温を格子点で表現したデータを疑似カラー画像化し、深層学習の画像解析手法を適用することで 10 年間の気温の上下変動を 97% の精度で予測した。

#### 4 おわりに

本研究では、気圧配置の分類結果を疑似カラー画像によって可視化し、年ごとの傾向や特徴を捉え、予測の可能性を議論した。今後は、疑似カラー画像を用いて深層学習の画像解析手法を適用することで、気圧配置パターンのトレンドを予測する手法を開発する。

#### 参考文献

- [1] 吉野正敏, "日本の気候 最新データでメカニズムを考える", 二宮書店, 2002.
- [2] Kobayashi, S., Y. Ota, H. Harada, A. Ebata, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics, J. Met. Soc. Japan, 93, 5-48, doi: 10.2151/jmsj.2015-001.
- [3] National Center for Atmospheric Research, Research Data Archive, <https://rda.ucar.edu/>, 2019 年 10 月 1 日参照.
- [4] T. Ise and Y. Oba. Forecasting Climatic Trends Using Neural Networks: An Experimental Study Using Global Historical Data. Frontiers in Robotics and AI, 6:32, 2019.

# ジャイロ効果による自立型二輪車のデジタル制御

長瀬 潤 田中敏幸  
慶應義塾大学 理工学部

キーワード：ジャイロ効果、二輪車、安定性、デジタル制御

## 1 研究背景および目的

バイクは低燃費，低コスト，省スペースなどといったメリットを持っていて，非常に重要な交通手段の一つである．一方で転倒する方向について自由度を持っており，安定化，安全化することが難しく，それによる危険性といったデメリットも持っている．日本においてもバイクの事故は事故全体の 20% 近くを占めており，またバイクの事故類型別割合をみると，単独転倒事故が多く発生している [1]．これは安定性・安全性の欠如が原因であると推測される．

現在，二輪車の安定化を題材にした研究は数多く行われている．例としては S. Lee[2] や竹囲氏ら [3] の研究などが挙げられる．いずれも研究結果が挙げられているが，これらの研究は低速 中速域での走行時での安定化である．このように二輪車を題材にした研究では，静止状態での安定化に対する研究は少なく，ほとんど議論されていない．また二輪車の安定化の研究で主に使われている手法として，重心の移動，ハンドル操作，リアクションホイールなどが存在するが，外乱の影響や応答時間が長いことに対する考慮はされていない．

そこで本研究でバイクを静止状態に限定し，バイクにジャイロを取り付け，ジャイロが発生するトルクを利用して，高い安定性が確立された自立制御バイクを提案する．1970 年代に佐藤氏らの研究 [4] で使われていたジャイロ二輪車を参考にプロトタイプとしてバイクを作製した（以下，ロボットバイクとする）．使用しているロボットバイクを以下の Fig. 1 に示す．傾斜センサ，サーボモータ，回転モータ，ジャイロ，マイコンボードを用いて，デジタル制御でバイクを静止状態で自立制御することを目的とする．

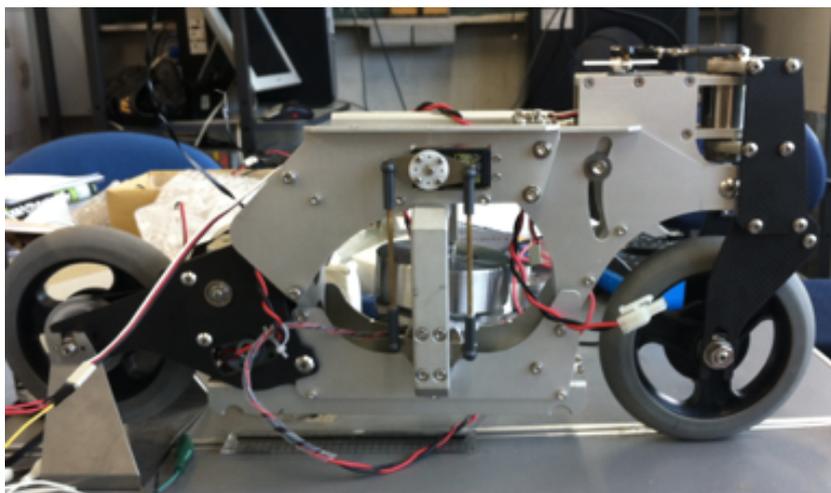


図 1 Robotic bike

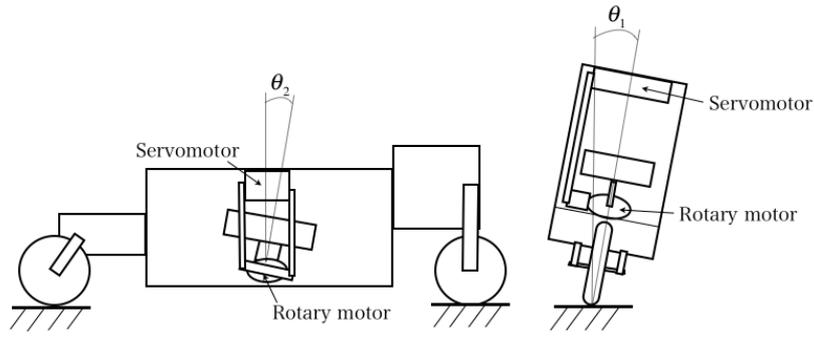


図2 Basic form of robotic bike - side and back view schematic

表1 The explanation of each parameter

$\theta_1$	The roll angle of the robotic bike [rad]
$\theta_2$	The roll angle of the gyro [rad]
$m_1$	The mass of the body of the robotic bike [kg]
$m_2$	The mass of the gyro unit [kg]
$l_1$	The distance from the wheelbase line to the center of gravity of the robotic bike [m]
$l_2$	The distance from the servo motor shaft to the center of gravity of the gyro unit [m]
$I_1$	The moment of inertia of ground axis ( $\theta_1$ ) [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]
$I_2$	The moment of inertia of the servo motor axis ( $\theta_2$ ) [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]
$I_3$	The moment of inertia of the spin axis of the gyro [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]
$\omega$	The angular velocity of the spin of the gyro [rad/s]
$g$	Gravitational acceleration [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

## 2 提案手法

### 2.1 運動方程式

ロボットバイクの原理的構造を Fig. 2 に示す. ロボットバイクの基本的挙動を考えるために, ロボットバイクの運動方程式は固定座標系を用いて Euler 方程式から導く. ジャイロの回転軸の微小変動について  $\theta_1, \theta_2$  に関する運動方程式は次のように記述される [4].

$$I_1 \frac{d^2\theta_1}{dt^2} = I_3\omega \frac{d\theta_2}{dt} + m_1gl_1 \sin \theta_1 + \varepsilon f_1^*(\theta_1, \frac{d\theta_1}{dt}, \theta_2, \frac{d\theta_2}{dt}) \quad (1)$$

$$I_2 \frac{d^2\theta_2}{dt^2} = -I_3\omega \frac{d\theta_1}{dt} + m_2gl_2 \sin \theta_2 + \varepsilon f_2^*(\theta_1, \frac{d\theta_1}{dt}, \theta_2, \frac{d\theta_2}{dt}) \quad (2)$$

この2式に含まれる各パラメータについてはそれぞれ以下の Table 1 に示す. 関数  $\varepsilon f_1^*$  および  $\varepsilon f_2^*$  はそれぞれ  $\theta_1$  および  $\theta_2$  軸回りに加わる非線形トルクを表す. ここで近似, 線形化を行い, 数式を整理すると

以下の (3), (4) 式に変換することができる.

$$\ddot{u} + b_1\dot{u} - u - k\dot{v} = 0 \quad (3)$$

$$\ddot{v} + b_2\dot{v} - n_0^2v + k\dot{u} + Ku = 0 \quad (4)$$

ただし, (3),(4) 式の係数については以下に示す.

$$k = I_3\omega/\sqrt{m_1gl_1I_2}$$

$$m_0 = \sqrt{I_1/I_2}$$

$$n_0^2 = m_2l_2I_1/m_1l_1I_2$$

$$t = \sqrt{I_1/m_1gl_1}\tau$$

$$\theta_1 = u, \theta_2 = m_0v$$

$$\dot{u} = du/d\tau, \ddot{u} = d^2u/d\tau^2$$

また  $K$  は制御トルク,  $b_1, b_2$  はダンピング係数を表す.

## 2.2 ジャイロ効果

時計回りに高速回転しているジャイロをロボットバイクに対して任意の角度・角速度で前後方向に傾けることによって任意のトルクの力をロボットバイク全体に与えることができる. ジャイロをロボットバイクの前輪方向に傾かせた場合, ロボットバイク全体を右側に傾けるようにトルクを与えることができる. 一方でジャイロをロボットバイクの後輪方向に傾かせた場合, ロボットバイク全体を左側に傾けるようにトルクを与えることができる. この様子を Fig. 3 に示す.

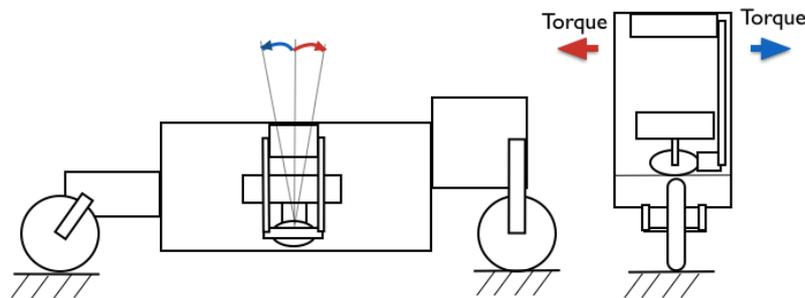


図3 How the gyro effect works

## 2.3 制御方法

Fig. 4 に本研究で使用しているメインのフローチャートを示す. まず, (3), (4) 式から特性方程式を求める. そして求められた特性方程式に対して, フルビッツの安定判別法を用いて安定性を調べる. このときの安定条件を満たすような  $b_1, b_2, K$  の組み合わせを探す. その見つかった組み合わせから PC 上でバイクとジャイロの初期条件に合わせた様々なシミュレーションを行う. 加えてマイクロコンピュータ上でバイク実機を用いて実験を行う時と同じ条件下でシミュレーションを行い, ロボットバイクおよびジャイロの挙動の変化を調べる.

次に, 実機の制御について説明する. まずシミュレーション上で得られた  $b_1, b_2, K$  を用いてバイクの初期状態を設定し, アルゴリズムをマイクロコンピュータ上に送り込み, 制御を開始する. 制御の流れとし

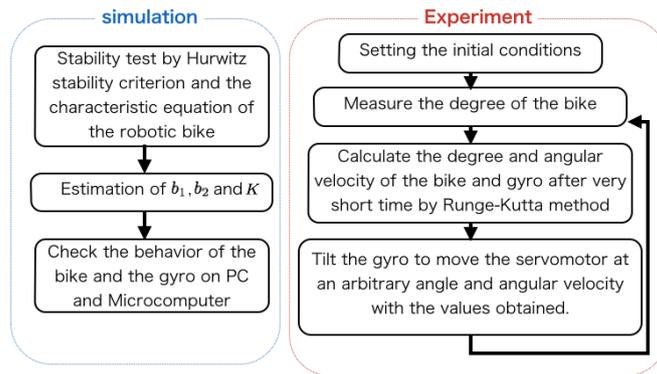


図4 Main Flowchart

ではロボットバイクの傾きを計測，微小時間後のバイクおよびジャイロの理想の角度・角速度をルンゲ・クッタ法を用いて計算する．最後に得られたそれらの値からジャイロを任意の角度・角速度に傾かせて任意のトルクを発生させる．この一連の流れを繰り返すことでロボットバイクを自立させることができると考えられる．

### 3 結果

#### 3.1 シミュレーション結果

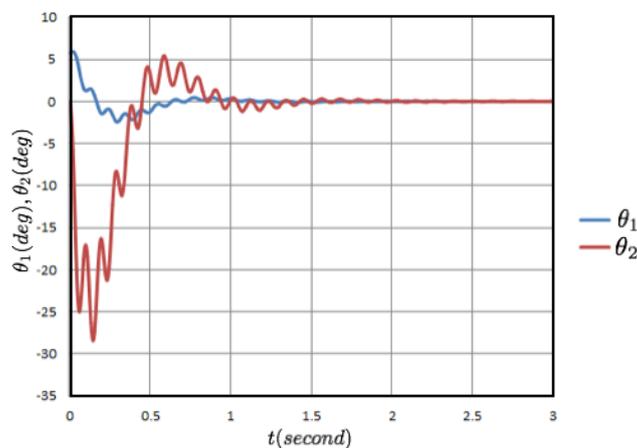


図5 simulation result

特性方程式からフルビッツの安定判別法を用いて得られた  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $K$  の組み合わせは  $b_1 = 0.1$ ,  $b_2 = 0.5$ ,  $K = 1.23$  であった．次に PC 上で初期条件を  $u = 0.1$ ,  $v = \dot{u} = \dot{v} = 0.0$  とし，ロボットバイクとジャイロの傾きの変化を調べた．結果，ロボットバイクとジャイロの傾きが安定的に収束するために必要な，アルゴリズムの1ループにかかる時間限界は 0.08 秒未満であることがわかった，次にマイコンボードを用いて，同様の初期条件でロボットバイクとジャイロの傾きの変化を調べると Fig. 5 のようになった．このとき実際にかかるアルゴリズムの計算時間は 140 マイクロ秒であった．これは PC 上でのシミュレーションで求められた上記の時間限界を十分に下回っており，かつジャイロが角度限界 ( $-40^\circ \leq \theta_2 \leq 40^\circ$ ) の範囲内で動いているので，シミュレーション上では安定的にロボットバイクとジャイロの傾きが収束すること

が確認できた。

## 3.2 実験結果

まず第 1 にロボットバイクの初期状態を設定し、ジャイロを回転させ、 $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0.0$  のときの直立静止状態の自立実験を行った。結果、ジャイロを回転させずに自立する時間である 0.9 秒に比べて、平均して 3.1 秒と長く自立した。次にシミュレーションと同様の条件である、 $u = 0.1, v = \dot{u} = \dot{v} = 0.0$  のときから自立実験を行うと以下の Fig. 6 の結果となった。このときジャイロの挙動についてはシミュレーションと同様の動きになるように設定した。

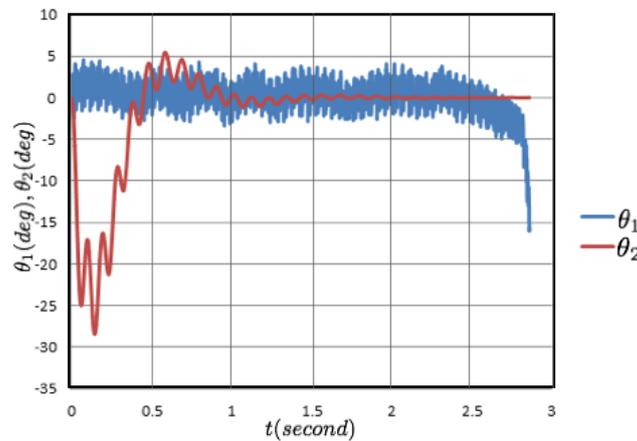


図 6 Experimental result

目視する限りではロボットバイクは傾いた状態から直立状態まで起き上がり、自立したのちに倒れてしまうというように見受けられた。しかし Fig. 6 が示しているように傾斜センサーで読み取られた値では常に  $\pm 3^\circ$  の範囲で動いてしまっている。これはロボットバイクの傾きが急激に変化することによって、またジャイロが高速に回転することで生まれる振動によって傾斜センサーの値に誤差が生まれてしまっていると考えられる。

## 4 結論

本研究ではロボットバイクを静止状態に限定し、高い安定性を持つようなジャイロを備えた小型の自立バイクモデルを構成した。ロボットバイクの方程式の線形モデルを導出した。ロボットバイクが高い安定性のもと、素早く自立する条件を探し出し、シミュレーション上でロボットバイクとジャイロの傾きが  $0^\circ$  に収束できることを確認した。実験結果としてはジャイロを動かさない時に比べ、2.2 秒ほど長く自立することを確認した。これによりジャイロを使用することで安定性が増すことが確認された。さらに高い安定性を持たせるためにロボットバイクの傾きの急激な変化や振動によるセンサーの誤差を修正する必要があると考えられる。

## 参考文献

- [1] 警視庁, ”二輪車の死亡事故統計”

[http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/roadplan/2rin\\_jiko.htm](http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/roadplan/2rin_jiko.htm) (2015年1月10日現在)

- [2] S. Lee, W. Ham, “Self-stabilizing strategy in tracking control of unmanned electric bicycle with mass balance”, IEEE international conference on intelligent robots and systems, pp. 2200-2205, 2002.
- [3] T. Takei, M. Tsuruta, J. Okumura, T. Nakabayashi, and T. Tsubouchi, “Stabilized motion of a small sized bike robot only by steering control”, The 11th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, pp. 466-471, Mar. 2010.
- [4] 佐藤力, 宮下照夫, ” ジャイロ二輪車”, 計測自動制御学会論文集, Vol. 17, No. 4, pp. 515-523, 1981.

# 8クイーン問題を題材にした人工知能の理解学習

鈴木 治郎<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 信州大学 全学教育機構

<sup>†</sup>szkjiro@shinshu-u.ac.jp

キーワード 遺伝的アルゴリズム, 制約充足問題, アンプラグド情報教育

## 1 はじめに

さいたま市で保育所の入所希望者への割当てに、のべ30人×50時間=1500人・時間かかっていたものが、人工知能に処理させたら数秒で終わり、人工知能の威力に驚いたニュースがあった[1]。この「保育所割当て」などの制約充足問題（CSP; Constraint Satisfaction Problem）は、従来コンピュータを用いてさえも、最適解を得ることは困難であり、さまざまな「よい解」を得る試みがなされてきた計算困難問題の一種である。さいたま市の事例は、その計算困難問題にヒューリスティックで挑んでいたことになる。

このニュースで扱われた割当て問題の類似問題には、勤務シフトや時間割作成など、私たちにとって身近な問題例がある。だから情報科学の教養として、その困難さ（人手でやろうなんてばかげたことを考えない）を知っておくべきものではないだろうか。

そうはいつても実行にコンピュータ利用を伴わずに扱えるような問題はあまりないし、コンピュータ利用のもとで「コンピュータってすごい」で終わらずに困難さの本質を実感することは、上の問題に限らず一般に容易とはいえない[2]。

ここでは制約充足問題の解法でも標準的なアプローチの一つである遺伝的アルゴリズム（GA）を取り上げて、手作業での体験（アンプラグド情報教育の一種）をする。その体験において、人間とは異なる解決方法となるアルゴリズムのあることを学ぶ。さらに、そのアルゴリズムにおいて問題のスケール増大に対する線形に近い作業時間の増大までを実感できれば、この問題に限らず情報科学の発見したよいアルゴリズムをさらに学習しようという動機となることも期待して授業実践をした。それを報告をする。

## 2 8クイーン問題とは

8クイーン問題とは、8×8マスのチェス盤上に8個のクイーンを、お互いに利き筋に当たらないよう配置する問題である。クイーン（Q）の利き筋の例を次図に示す。

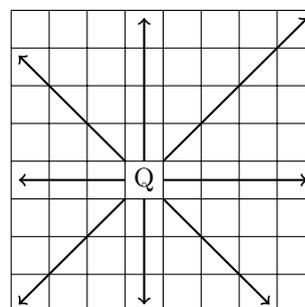


図1. クイーン Q の利き筋

盤面サイズ  $N \times N$  に  $N$  個のクイーンを、同様な制約のもと配置する問題を  $N$  クイーン問題という。  $N$  クイーン問題は制約充足問題（CSP; Constraint Satisfaction Problem）の一種であり、計算量的にみて NP 問題の一種であることがわかっている。

## 3 遺伝的アルゴリズム（GA）とは

遺伝的アルゴリズム（GA; Genetic Algorithm）では解決したい問題に対して、適当な遺伝子型（GTYPE）を設定し、その表現型（PTYPE）が問題自体の特徴を表すような構成を与える方法である。遺伝子型の設計がうまくできた問題では、表現型が問題解決を示す状態へと高速に到達できる特徴がある。

GA の特徴を以下にまとめる。

- 遺伝子型 GTYPE と表現型 PTYPE をもつこと
- 表現型 PTYPE が選択を受けること
- 進化（遺伝子型 GTYPE への交叉および突然変異）の実行ができること

$N$ クイーン問題は有名な GA の対象問題であるため、GA をプログラムに実現する実例としてよく紹介されている。しかしながら、プログラミング上は最も手間のかかることの多い表現型をプログラムとして簡易に計算できる解釈を組み入れることが多く、手作業で判断しやすい GTYPE の設計は必ずしも行われない [3]。

### 3.1 GTYPE と PTYPE の設計

ここではチェス盤の第 1 列から第  $N$  列での配置が第何行であるかの値を、GTYPE の座 1 から座  $N$  とする遺伝子型を採用した。この遺伝子型と表現型の読み替えは座標の考えにより容易である。以下で実例は実習でも用いた  $N = 5$  の場合にあげていく。

表 1.  $N = 5$  での GTYPE の例

座	1	2	3	4	5
GTYPE	4	1	3	2	2

座 →	1	2	3	4	5
1		Q			
2				Q	Q
3			Q		
4	Q				
5					

図 2. 上の例の PTYPE (クイーン Q の配置)

### 3.2 適応度の計算

適応度はクイーンの利き筋にお互いに何個配置されているかを数え、その個数が少ないほど適応度が高いとする。図 2 では、横方向が 1 つ、左下から右上への斜め方向が 1 つの合計 2 個である。なお一列に  $n \geq 3$  個以上配置される場合は、並ぶ方向ごとに、配置方向の数に  $n - 2$  を加算することにした。

座 →	1	2	3	4	5
1		Q			
2	Q		Q		
3					
4				Q	Q
5					

図 3. 一列に 3 個以上ならば PTYPE の例

図 3 では、横方向が 2 つ、左下から右上への斜め方向が 1 つ、左上から右下への斜め方向が 1 つで合計 4 方向ある。また左上から右下への斜め方向は 3 個並ぶので 1 加算する。合計 5 を適応度に使う。

### 3.3 選択

実習では乱数を初期配置として 8 個体を与え、そこから適応度上位 (適応度の小さいもの) 3 個体を選択の結果、残すものとした。

### 3.4 交叉

最上位個体の各座を  $A_1, A_2, \dots, A_5$ , 第 2 位個体の各座を  $B_1, B_2, \dots, B_5$ , 第 3 位個体の各座を  $C_1, C_2, \dots, C_5$  とするとき、次表にしたがって 4 個体を与えた。交叉の位置を固定したのは実習作業を簡単にするためである。

表 2.  $N = 5$  での交叉の実際

$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_4$	$B_5$
$B_1$	$B_2$	$B_3$	$A_4$	$A_5$
$A_1$	$A_2$	$A_3$	$C_4$	$C_5$
$C_1$	$C_2$	$C_3$	$A_4$	$A_5$

### 3.5 突然変異

交叉で得た 4 個体に対して、乱数で変異させる座を選び、その座を乱数により置き換えた。実習ではサイコロを振り、6 のときは無視して 1 ~ 5 までの目を用いた。

### 3.6 繰り返し

交叉および突然変異で得られた 8 個体に対して、選択を行う。以下、適応度 0 の個体が得られるまで、

選択 → 交叉 → 突然変異

を繰り返す。

## 4 実習の実際

以上を実習作業させるために、手順書 (両面印刷 1 枚) およびワークシート (両面印刷 1 枚) にまとめ、ゼミ参加学生全員に配布し、実習はグループワークの形で実施した。作業補助にチェス駒およびサイコロも提供した。

## 5 実習の総括

実習の進行を阻害する行動としては、以下のものが頻繁に見られた。

- 手順書にない作業を想像したのか、それを行おうとする

- 手順書を一步一步進めることなく結果を想像しようとする
- 手を動かさず手順書を長い時間眺める

このため、実習開始前にも十分に注意したつもりだったが、

- コンピュータ向けのアルゴリズム体験という、人間の思考とは異質な解決方法を体験するための実習であり、手順書から結果を想像することは困難であること
- 手順書は単純に一步一步、ただちに作業を進めるためのものであり、結果を想像することなくただちに作業を行うこと
- 手順書に書かれていないことは何もする必要はないこと

を実習中の学生に繰り返し伝え、実習を促すこととなった。

脱初心者レベルのプログラミング経験者のいるグループでは実習の進行が比較的スムーズだったことを考えると、実習を指示する手順書やワークシートの不備に進行阻害の原因を考えるよりも、見慣れない様式である手順書に対して手が止まる多くの学生をいかにして実習に入らせるかが重要な問題であると感じた。

その進行阻害要因を改善するために2期目の実習で手順書に加筆したのが、作業目安の時間である。そこに指示された時間を経過する前に作業を進めることを期待したのだが、いくらか実習状況の改善につながっている。

$N = 5$ とした理由は、なるべく小さなサイズの  $N$  クイーン問題から導入するためである。 $N = 4$ では本質的に解が一意であること、ヒューリスティックでも相当数の学生が頭の中で解けることから避けた。 $N = 6$ にスケールアップしても、作業量はあまり変わらない。収束を早めるためには、複数のグループが共同することで、選択対象になる個体数を増やす工夫をするとよい。

## 参考文献

- [1] 例えば、「保育所入所、AIが数秒で選考、手作業50時間分が数秒で終了、さいたま市で実験」産経 Biz <https://www.sankeibiz.jp/macro/news/180505/mca1805050500003-n1.htm>, 2018年, 2019年9月閲覧
- [2] Tim Bell 他, コンピュータを使わない情報教育アンプラグドコンピュータサイエンス, イーテキスト研究所, 2007年

[3] 伊庭齊志, 遺伝的アルゴリズムの基礎, オーム社, 1994年

# 遺伝的アルゴリズム (GA)

## 課題作業手順

---

### Nクイーン問題とは

8×8のチェス盤上に、8個のクイーンをお互いに駒をとられない（効きがない、という）位置関係に配置する（エイト・クイーン問題）というパズルを起源とする。チェスのクイーンは将棋の飛車と角の働きを合わせた駒であり、縦・横・斜め方向に（途中に遮る駒がない限り効きがある）。盤面サイズを一般化したものをNクイーン問題という。

---

### 作業概要

N=5の場合のNクイーン問題を、遺伝的アルゴリズム (GA) により解く試みを体験する。遺伝的アルゴリズムとは、遺伝子にあたるGTYPEと表現型にあたるPTYPEから構成される。GTYPEには適合度に応じた進化の淘汰圧が働く。GAにおいて、GTYPEには交叉および突然変異を起こさせる。交叉および突然変異で新たに生じた各GTYPEに対して、それぞれPTYPEをもとにした評価値を計算する。この評価値を適合度と考え、適合度上位のGTYPEだけを残し、それらに交叉、突然変異を起こさせる。この過程を、問題への解とみなせるGTYPEが出現するまで繰り返す。

---

### 約束事などの設定

#### GTYPEと初期配置

作業開始前の初期配置は各シートごとに乱数で決定済みである。

#### PTYPE

各個体ごとの座1から座5までの数字（1から5）は次の解釈を通じてPTYPEとする。

- 座1の値yは5×5の盤面の第1列のy番目にクイーンがあること（これがPTYPEの座1への対応）を表す。

- 座2, 座3, 座4, 座5についても同様に解釈することで各個体ごとに、5×5の盤面にクイーンが5個配置される。

#### 評価値

GTYPEに対する評価値は、次のようにPTYPEを通じて計算する。

- 5×5の盤面で、縦・横・斜めのいずれかに駒の並んだ状態のあるごとに1加算する。
- ある列に3個の駒があり、かつ4個以上はないときは状態の個数に1加算する。
- ある列に4個の駒があり、かつ5個はないときは状態の個数に2加算する。
- ある列に5個の駒があるときは状態の個数に3加算する。
- 同順位の扱い。3個体を選ぶのに同順位でどれにしたらよいか、というときは「一番上」など、グループで適当な方法で定めればよい。

## 評価値の計算例（評価値5）

### GTYPE

	座1	座2	座3	座4	座5
個体	2	1	2	3	3

### PTYPE

	◎			
○		◎		
			◎	○

左下から右上斜め，2段目の横方向，3段目の横方向，左上から右下斜めの4方向に並ぶことから評価値4，さらに◎は斜め方向に3個並ぶので1加算して評価値5になる。

## 評価値の計算例（評価値2）

### GTYPE

	座1	座2	座3	座4	座5
個体	4	1	3	2	2

### PTYPE

	○			
			○	○
		○		
○				

2段めの横方向，中央から右上斜めの2方向に並ぶことから評価値2になる。

## 作業手順

- すべて作業シート上で進めるため，初期配置を作業シートに転記する
- 初期配置にある8個体に対して評価値（「約束事の設定」の項を参照）を計算する
  - 配置確認マスに5個のクイーンを並べて確かめるとよい
  - 縦・横・斜めに並んでいる駒の方向の数および並んでいる個数の確認による
  - 作業時間目安2から3分（各個体ごとに配置5秒，並び確認10秒，8個体合計2分）
- （淘汰）評価値の小さい順に順位をつけ，上位3個体のみを次のステージに持っていく。
  - ただし初期配置で最初から評価値0，すなわち5クイーン問題の解がすでにあるときは終わりとせず，体験演習なので，評価値0を除く上位3個体を選び，次のステージに持っていく
- 8個体中，上位3個体のもつ数値を，次のステージの各個体1から3に転記する。
- （交叉）個体1と2，個体1と3について，左3つの数値と右2つの数値とを順に並べて，全部で4個体を作る
  - 目安30秒（各個体5秒で4個体合計20秒）
- （突然変異）交叉のステップで得た4個体のそれぞれに，サイコロを振った目にしたがった突然変異を定める。
  - サイコロの目にしたがって変異を起こさせる座を決める。6の目は5で割った余りの1とする。
  - もう一度サイコロを振り，突然変異後の値を定める。 6の目は5で割った余りの1とする。
  - 以上を4個体すべてに対して繰り返す。
  - 目安40秒（各個体10秒）
- （評価値の計算）設定の項の説明にしたがって交叉で得た4個体，突然変異で得た4個体の合計8個体すべてに対して計算する。
  - 目安2分（ステップ1参照）
- （淘汰）上のステップ2に戻り，繰り返す。

# 遺伝的アルゴリズム演習

初期配置							
個体	座1	座2	座3	座4	座5	評価値	順位
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

## 配置確認

y	座1	座2	座3	座4	座5
1					
2					
3					
4					
5					

順位上位3個体							
個体	座1	座2	座3	座4	座5		
1						8個体から抽出	
2							
3							
交叉子孫						変異位置	変異値
1左と2右							
2左と1右							
1左と3右							
3左と1右							
個体	突然変異子孫					評価値	順位
交叉1	上の交叉4個体と同じ						
交叉2							
交叉3							
交叉4							
変異1							
変異2							
変異3							
変異4							

順位上位3個体							
個体	座1	座2	座3	座4	座5		
1						8個体から抽出	
2							
3							
交叉子孫						変異位置	変異値
1左と2右							
2左と1右							
1左と3右							
3左と1右							
個体	突然変異子孫					評価値	順位
交叉1	上の交叉4個体と同じ						
交叉2							
交叉3							
交叉4							
変異1							
変異2							
変異3							
変異4							

# 遺伝的アルゴリズム演習

個体	順位上位3個体						
	座1	座2	座3	座4	座5		
1						8個体から抽出	
2							
3							
交叉子孫						変異位置	変異値
1左と2右							
2左と1右							
1左と3右							
3左と1右							
個体	突然変異子孫					評価値	順位
交叉1	上の交叉4個体と同じ						
交叉2							
交叉3							
交叉4							
変異1							
変異2							
変異3							
変異4							

個体	順位上位3個体						
	座1	座2	座3	座4	座5		
1						8個体から抽出	
2							
3							
交叉子孫						変異位置	変異値
1左と2右							
2左と1右							
1左と3右							
3左と1右							
個体	突然変異子孫					評価値	順位
交叉1	上の交叉4個体と同じ						
交叉2							
交叉3							
交叉4							
変異1							
変異2							
変異3							
変異4							

個体	順位上位3個体						
	座1	座2	座3	座4	座5		
1						8個体から抽出	
2							
3							
交叉子孫						変異位置	変異値
1左と2右							
2左と1右							
1左と3右							
3左と1右							
個体	突然変異子孫					評価値	順位
交叉1	上の交叉4個体と同じ						
交叉2							
交叉3							
交叉4							
変異1							
変異2							
変異3							
変異4							

個体	順位上位3個体						
	座1	座2	座3	座4	座5		
1						8個体から抽出	
2							
3							
交叉子孫						変異位置	変異値
1左と2右							
2左と1右							
1左と3右							
3左と1右							
個体	突然変異子孫					評価値	順位
交叉1	上の交叉4個体と同じ						
交叉2							
交叉3							
交叉4							
変異1							
変異2							
変異3							
変異4							