

リスク工学グループ演習 研究成果報告書

Vol. 15

令和2年1月

筑波大学大学院システム情報工学研究科

リスク工学専攻



巻 頭 言

今日、私たちの生活は、航空機や自動車などの移動体、巨大システムの事故、都市・地域災害の発生、エネルギー供給の途絶、気候変動、情報システムにおける個人情報盗用や電子的詐欺など、さまざまなリスクに囲まれています。リスク工学専攻は、このような多様なリスクを科学的かつ工学的な方法により解明できる高度な技術をもち、実社会で活躍できる高度専門職業人の養成を目的としています。

この目標を達成するためには、リスク解析・評価のための基礎理論や関連情報処理技術の習得がもちろん必要です。しかし、それにも増して重要なのは、現実のリスクに関連する問題について豊富な知識と関心を持ち、これらの問題に対して広い視野と強いリーダーシップをもって、問題設定から工学的手段による解決までの一連のプロセスを理解し、プロジェクト運営能力を発揮して具体的な解決手段を考案・開発できる能力を身につけることです。

リスク工学専攻では、こうした能力を養成するために「リスク工学グループ演習」という科目を必修科目として開設しています。この演習において、博士課程前期の1年次生は3名から4名のグループを組んでプロジェクト型研究を行います。4月から11月までの半年間をかけて学生が主体的にテーマおよび目標を設定し、週1回程度のミーティングなどを行いながら研究を進めます。そして、本専攻に所属する学生が学年横断的に参加する演習で口頭やポスターによる発表会を行い、報告書にまとめます。

参加する学生の視野を広げるために、研究テーマは原則としてグループ員学生の専門分野以外から選ぶようにしています。そのため、最初は分野の違いに戸惑う学生も少なくありません。しかし、学生の熱意とアドバイザー教員の指導によって得られる成果は通常の授業のレポートの域をはるかに超え、関連学会で発表するに至るものもあります。

グループ演習の発表会は公開講演会として実施しています。また演習の最後となるポスター発表は専攻の修士学生全員と教員が参加した本格的な発表会とし、研究発表における実践的な訓練の場となっています。このポスターは、その後、本学総合研究棟Bの7階ギャラリーにおいて常設展示されています。

このように、グループ演習は本専攻での教育活動における重要な特色の一つとなっています。

本報告書は平成31年度（令和元年度）に実施したグループ演習の成果をまとめたものです。学類(学部)学生のみなさんはもとより、他専攻・他研究科の院生や教員の皆様にも本専攻の教育活動の一端をご覧頂きたいと思えます。本専攻のホームページには、最終発表会における発表スライドも掲載しております。是非ご一読いただき、リスク工学専攻の研究・教育活動にご興味を持っていただければ幸いです。

令和2年1月

リスク工学専攻長	遠藤靖典
リスク工学グループ演習 世話人	鈴木研悟、木下陽平
リスク工学専攻 広報委員会 委員長	谷口綾子

目 次

- 1 班 強化学習を用いたゲームエージェントの評価
- 2 班 世界各国の個人情報保護制度の調査及び解決方法の提案
- 3 班 大規模災害時における電柱倒壊リスク分析
- 4 班 形態素解析を用いた大規模停電に関するツイート分析
—北海道胆振東部地震におけるケーススタディー—
- 5 班 統計的手法を用いたブロックチェーン技術の広がりに関する分析
- 6 班 日中の通信傍受に対する意識調査
- 7 班 天気とバス利用の関係の調査分析～筑波大学循環線を対象に
- 8 班 救急車の赤信号交差点進入時のリスク要因分析及び被害軽減ブレーキの導入課題
- 9 班 情報受信者の違いによるリスク認知の齟齬とその原因の共通性
- 10 班 消費者による電源ごとの受容度の比較分析
- 11 班 地震ハザードステーションの利活用に関する調査・研究
- 12 班 個人の認知スタイルを考慮した学習効果の高い教材の提案

強化学習を用いたゲームエージェントの評価

リスク工学グループ演習1班

小清水亮太 宮澤一矢 原和希 HUANG YUMENG

アドバイザー教員 高安亮紀 遠藤靖典

1. 研究背景

1.1. 第3次 AI ブームの到来

近年、AIの実用化が急速に進み、第3次 AI ブームが到来している[1]. 「ビッグデータ」と呼ばれる大量のデータを用いることで人工知能 (AI) 自身が自ら知識を獲得する「機械学習」の実用化や、知識を定義する要素 (特徴量) を人工知能 (AI) が自ら習得するディープラーニングの登場が、ブームの背景にある. 第3次 AI ブームの到来により、機械学習を用いた研究が多くなされている.

1.2. 強化学習

機械学習を用いた手法の一つとして強化学習がある. 強化学習とは、エージェントがある環境において経験から累積される報酬を最大にする行動を自主的に学習する機械学習の一種である. 強化学習はシステム制御の分野で多く利用され、自動運転技術や自律ロボットの行動選択などに応用されている[2][3]. 強化学習はゲーム開発の分野でも、ゲームのリリース前に動作に不具合がないか確認するテスト作業や、適切な難易度になっているかゲームバランスの確認を行う作業に利用され、ゲームの品質の向上につながっている[4].

近年では、強化学習を用いることで強いゲーム AI が提案されている. 2015 年には Google DeepMind 社によってコンピュータ囲碁プログラム AlphaGo が開発され、プロ囲碁棋士に対して勝利を収めた[5]. また、2017 年には人工知能 Ponanza がプロの将棋棋士に勝利を収めている[6].

2. 研究目的

近年では強化学習を用いた強いゲーム AI が作成されるようになってきているが、その強化学習手法間の結果や特徴の違いを把握し、評価することは現実問題において適切な手法を選択できるようにするために重要である.

そこで本研究では、Ms.Pacman というゲームを題材とし、そのエージェントを作成する. エージェントの作成に使う手法として、各種強化学習手法を用いる. そして各種手法によるエージェントの獲得する得点や特徴を評価する.

3. 手法

3.1. 強化学習モデル

強化学習では、対象のタスクに対して行動や状態を以下のようにモデル化する.

- 状態 S: Environment(環境)から取得される現在の状態を示す (操作するキャラクターや敵の位置など) .
- 行動 A: 行動を示す (左右に移動, ジャンプするなどの行動) .
- 報酬 R: 状態 S の時にある行動をした際に, 得られた利益.

状態遷移は, マルコフ性に基づいて遷移していく, つまり $t+1$ ステップ目における状態は, t ステップ目での状態と行動のみに依存して, $p(S_{t+1} | S_t, A_t)$ で決定する. 以下の手順で学習が進行する.

1. Environment から時刻 t における状態 S_t を観測する
2. Agent が方策 $\pi(a_t | s_t)$ に従って行動 a_t を決定する
3. 行動 a_t を行うことによって, 状態遷移確率 $p(s_{t+1} | s_t, a_t)$ にしたがって未来の時刻 $t+1$ における状態である s_{t+1} が決定する
4. 行動 a_t によって得られた報酬を返す報酬関数 $R(s_t, a_t, s_{t+1})$ が決定する
5. 1 に戻り, 同様に繰り返す

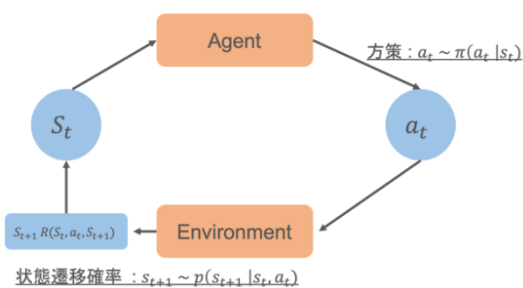


図 1 強化学習のフロー図

3.2. 方策

強化学習の目的は, 可能な限り多くの報酬得られるように方策を最適化していくことである. つまり, Environment から取得される「報酬 R」と「状態 S」を元に方策を

改善していく. 方策の代表例として, greedy 法や局所解に陥るのを防ぐために確率 ϵ でランダムに行動し, 確率 $1-\epsilon$ で greedy 法をとる ϵ -greedy 法などが存在する.

3.3. 行動価値関数

行動価値関数とは, 状態 s での行動 a の価値を推定する関数である. この関数によって, 状態 s を入力として, 次を取るべき行動として何が最適な行動なのかを推定・評価することが出来る. この行動価値を得るための代表的な手法の 1 つが Q-Learning である. Q-Learning では Q 値と呼ばれる, ある状態 s において, ある行動 a を行ったときの価値を以下の式 (1) に基づいて更新していく. ここで状態は s , 行動は a , 報酬を R , 時間割引率を γ , 学習率を α とする.

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha (r_{t+1} + \gamma \max_{a'} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s, a)) \quad (1)$$

$r_{t+1} + \gamma \max_{a'} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s, a)$ が報酬の期待値と現在の行動価値の誤差となっており, この値を 0 に近づけることを目的として式 (1) を更新していく. この学習方法を TD 学習と呼ぶ. そして, Q 値を求めていき, 状態と行動による Q 値を示された Q-Table と呼ばれる表を埋めていく. この Q-Table に基づいて次を取るべき行動として最適な行動を決定することが出来るようになる. 図 2 の左側が Q-Table の例となる.

3.4. Deep Q Network (DQN)

Q-Table は取りうる状態空間を全て羅列する必要がある. 状態数が少なければ, Q-Table $Q(s, a)$ を構成することが可能であるが, 複雑な実世界においては状態数が莫大になり, テーブル関数では表現することは

困難となる。そこで Q-Learning における行動価値関数 $Q(s, a)$ をディープニューラルネットワークにより近似する手法である Deep Q Network (DQN) [7] が使用される。DQN では Q 値そのものを推定するのにニューラルネットワークを使う。ニューラルネットワークの重みパラメータである θ を用いて、行動価値関数を近似する。実際には、 $Q_\theta(s, a)$ と $Q_\pi(s', a')$ の 2 つのニューラルネットワークを用いている。 $Q_\theta(s, a)$ は最適な行動を選択して、 Q 関数を更新する役割を担っており、一方で、 $Q_\pi(s', a')$ は行動の結果の s' で取るべき行動 a' の価値を推定、評価する役割を担っている。式 (2) が DQN の更新式となる。

$$Q_\theta \leftarrow Q_\theta + \alpha (R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q_\pi(s', a') - Q_\theta(s, a)) \quad (2)$$

図 3 のように、状態を入力データとして、出力層の各ノードが各行動の行動価値つまり Q 値を推定するようになっている。また、通常のニューラルネットワークでは、Target となる正解データに基づいて θ の最適化を行うが、DQN では明確な正解データが用意されていないため、Target データ、つまり教師あり学習における正解データの代わりとして式 (3) を使用する。

$$\text{target}_{DQN} = R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q_\pi(s', a') \quad (3)$$

したがって、誤差関数は式 (4) のように定義され、これを TD 誤差と呼ぶ。この誤差を元に誤差逆伝播法を用いてニューラルネットワークのパラメータである θ を最適化することによって、最適な Q 値を推定出来るようになる。

$$L = E \left[\frac{1}{2} (R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q_{\theta-1}(s', a') - Q_\theta(s, a))^2 \right] \quad (4)$$

3.5 Double DQN

Double DQN (DDQN) [8] とは、DQN における Target データ (式(3)) を改良した手法である。DDQN では、行動価値関数 Q に対して、価値と行動を選択するニューラルネットワークと、その行動を評価するニューラルネットワークの 2 つに役割を分ける。これによって、通常の DQN の計算では行動価値の推定が過大評価されてしまうという問題に対して対応することが出来る。Double DQN の計算では過大評価な推定を抑えて、より正確に推定することが可能になる。式 (5) が DDQN における Target となる式である。

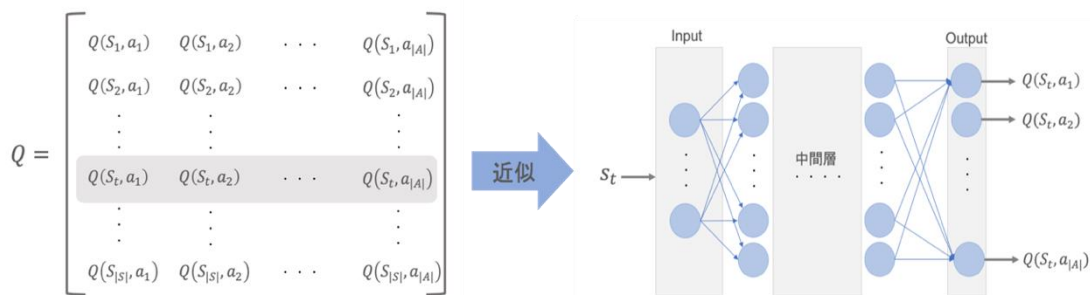


図 2 Deep Q-Network の例

$$\begin{aligned} & \text{target}_{DDQN} \\ & = R(s, a) + \gamma Q_{\pi}(s', \text{argmax}_a Q_{\theta}(s', a)) \quad (5) \end{aligned}$$

まず DQN では、次状態 s' のもとで取るべき最善の行動の評価値 $\max_{a'} Q_{\pi}(s', a')$ を用いて Q_{θ} を更新する。つまり、次にとるべき行動の選択とその評価を 1 つのニューラルネットワーク Q_{π} を用いて行っていることになる。一方で Double DQN は、次の状態 s' で取るべき行動 a をニューラルネットワーク Q_{θ} を用いて、 $\text{argmax}_a Q_{\theta}(s', a)$ により決定する。そして、その行動 a の評価には DQN と同様に Q_{π} を用いて $Q_{\pi}(s', a)$ を求め、 Q_{θ} を更新する。これにより、次の行動選択を Q_{θ} で行い、その選択の評価を Q_{π} で行うことが可能になるため、行動価値の推定が過大評価されるのを防ぐことが可能になる。

3.6 Dueling Network

Dueling Network とは DQN のアーキテクチャの 1 つである。Q 関数は、状態 s のみで決定することが可能な情報と行動 a によって決定する情報に分離することが可能であることに着目し、これら 2 つの情報を分けて学習する手法である。これによって、ある状態 s 自体の価値を行動 a に対する評価を介することなく直接的に表現することが可能になる。Dueling Network は、DQN, DDQN などの手法と組み合わせて、収束を早める効果やパフォーマンスを向上する効果が期待出来る。

4. 実験

4.1. 実験環境

本研究では、OpenAI[10]が開発した強化学習のシミュレーション用環境である

OpenAI Gym[11]を使用した。OpenAI Gym にはアメリカのアタリ社が開発した家庭用ゲームである Atari2600 に対応したゲームが数多く含まれている。今回はその中でも Ms.PacMan というゲームを対象に実験を行う。図 3 がゲームの操作画面となる。ゲームルールは、PacMan を操作してゴーストから逃げつつ、画面上にある pill を食べ、クリア及び高得点を目指すゲームとなっている。通常の PacMan との大きな違いはゴーストの動きにランダム性が導入されており、絶対に安全であるルートが存在しないことである。



図 3 Ms. PacMan の画面

今回は強化学習の手法として、DQN[7], DDQN[8], Duel. DQN[9], Duel. DDQN[9]の 4 つの手法をディープラーニング実装ライブラリの 1 つである Keras および Keras-RL[12]を用いて実装し学習、評価を行った。入力データとして図 3 のようなゲーム画面を畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を使用して読み込むことにより、Q 値を求め、学習を行った。

4.2. 実験結果

表 1 が各手法の実験結果となる。横軸が学習を行ったステップ数となっており、縦

軸が学習後のモデルによって 10 回テストを行った平均獲得報酬となっている。

4.3. DQN vs DDQN

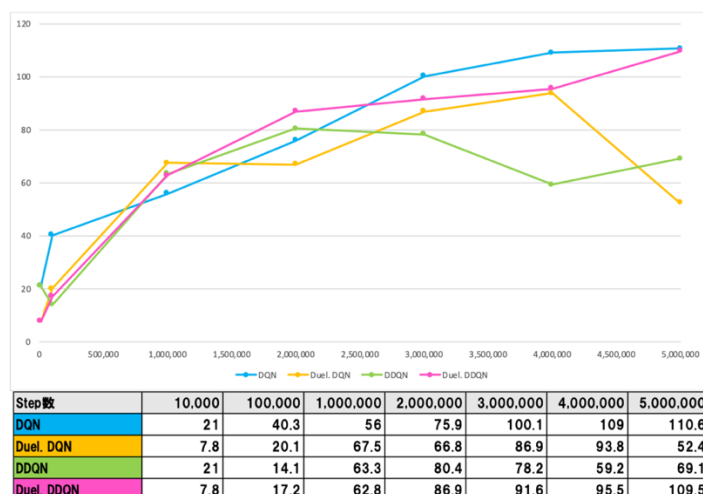
DQN と DDQN を比較するとほとんどのステップ数にて、DQN の方が報酬を多く獲得することが出来ていることが見て取れる。DDQN の提案されている論文[8]でも DQN と DDQN の性能は全体では DDQN の方が優れている傾向にあるが、一部のゲームにおいては性能が悪化すると報告されており、今回対象にした Ms. Pacman においても悪化するという傾向を確認することが出来たと言えるだろう。しかしながら、今回は比較のためにハイパーパラメータやニューラルネットワークのアーキテクチャは同様のものを使用した。DDQN の提案されている論文では各々最適なパラメータの探索も行っており、DDQN において Target network の更新間隔を調整することによってパフォーマンスが向上するということが報告されている。そのため、DQN の方が優れていると断言は出来ない。今後 DDQN のパラメータ調整を行っていく必要があると考える。

4.4. DQN vs Duel. DQN

次に DQN と Duel. DQN を比較する。DQN は報酬の伸びがなだらかであり、安定していることが見て取れる。一方で Duel. DQN は各ステップにおける報酬のばらつきが大きい。このことから、学習が不安定になっていると考えられる。これは、Duel. DQN は DQN と比較して学習において調整すべきハイパーパラメータの数が多く、今回の検討においては、ハイパーパラメータの調整が不足しているためであると考えられる。

また、Duel. DQN では、4,000,000 ステップ程度で最高獲得報酬を記録し、それ以降は過学習によって、報酬が低下している特徴もみられる。実際に提案論文[9]において、Duel. DQN は収束を早める効果があると報告されている。本研究でも同様に DQN と比べて収束を早めることが出来ていることを確認することが出来た結果であると言えるだろう。以上のことから、Dueling Network を使用することによって収束を早めることが出来るが、学習をより安定させるためには、ハイパーパラメータの探索を

表 1 比較結果(DQN, Duel.DQN, DDQN, Duel.DDQN)



行うことが重要であるという知見が今回の検討によって得られた。

5. まとめ

本研究では Ms.PacMan というゲームを対象に各種強化学習手法を用いて実験を行った。また、各種手法の実験結果の比較、考察を行った。結果として、今回の実験では手法として DQN を用いて 5,000,000 ステップ学習させたものが平均獲得報酬が最も大きいという結果となった。また、今回の問題における各手法の結果や特徴について評価することができた。

今後の課題としては、まず今回実験していない手法についての実験、評価を行うことがあげられる。例えば高精度を出す手法として Rainbow[13]という複数の手法を統合した手法が提案されている。このような今回実験できなかった手法についても評価を行う必要がある。

また、ハイパーパラメータや層の構成により精度が変わることが考えられるため、それらの適切なチューニングを行うことも検討する必要がある。

参考文献

[1]総務省. 平成 28 年版 情報通信白書 | 人工知能 (AI) の研究の歴史,
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc142120.html> .

[2]WAYVE, leaning to drive in a day.
<https://wayve.ai/blog/learning-to-drive-in-a-day-with-reinforcement-learning>

[3] Andres El-Fakdi, Marc Carreras “Policy gradient based Reinforcement Learning for real autonomous underwater cable tracking”, 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(2008)

[4] 株式会社 BrainPad, 深層強化学習によるゲーム AI の開発支援, <https://ai.brainpad.co.jp/case-study/2631/>

[5] David Silver et al. “Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search”, Nature529, 484-489(2016).

[6]HEROZ 株式会社, Ponanza における強化学習とディープラーニングの応用,
<https://www.slideshare.net/HEROZ-JAPAN/ponanza-83900718>

[7] Mnih, Volodymyr, et al. "Human-level control through deep reinforcement learning." Nature 518.7540 (2015)

[8] Van Hasselt, Hado, Arthur Guez, and David Silver. "Deep reinforcement learning with double q-learning." Thirtieth AAAI conference on artificial intelligence. 2016.

[9]Wang, Ziyu, et al. "Dueling network architectures for deep reinforcement learning." arXiv preprint arXiv:1511.06581 (2015).

[10]OpenAI, <https://openai.com>

[11]OpenAI Gym, <https://gym.openai.com/>

[12] Matthias Plappert, keras-rl, GitHub repository, <https://github.com/keras-rl/keras-rl>,

[13] Matteo Hessel, Joseph Modayil, Hado van Hasselt, Tom Schaul, Georg Ostrovski, Will Dabney, Dan Horgan, Bilal Piot, Mohammad Azar, David Silver. “Rainbow: Combining Improvements in Deep Reinforcement Learning ” arXiv:1710.02298v1 [cs.AI] 6 Oct 2017

世界各国の個人情報保護制度の調査及び解決方法の提案

リスク工学グループ演習2班

太田諭 崔子歆 QIN QIWEN 田口 渉

アドバイザー教員：西出 隆志

1. 研究背景

近年、モバイルインターネット、ビッグデータ、クラウドコンピューティング、人工知能などの新世代の情報技術の急速な発展に伴い、ネットワークとデータを取り巻くサービスとアプリケーションが爆発的に増加し、ますます多くのアプリケーションシナリオが公開されている。コンピュータを用いた通信技術の発達とともに、情報の重要性が高まり、攻撃技術が発達している。サイバーセキュリティのリスクと問題、及び近年の頻繁なランサムウェア攻撃、国境を超えた通信詐欺、データ侵害、サイバー攻撃など、世界規模で個人情報保護の分野に大きな影響を及ぼしている。

個人情報は、社会が各個人を理解または識別し、活動を実行するための基盤である。ただし、個人情報の不適切な使用は、個人の権利を侵害し、人々の尊厳と自由を危険に晒す。さらには個人及び財産の安全上のリスクをもたらす可能性がある。したがって、個人情報の保護は個人情報の使用の前提条件であり、ビッグデータの時代において、ますます重要な問題となっており、それに伴い個人情報を取り扱うIT企業が法律違反となるリスクが増加している。

2. 研究目的

本研究では、諸外国で個人データ保護に関する法律の制定が増加していることに着目し、その法律ごとにどのような特性があるのか、調査・分類を行うことで、IT企業が諸外国でビジネスを行う際に、プライバシー保護に関する法律に対してどのように行動すべきか考察を行い、提案することを本研究の目的とする。

3. インターネット上での個人情報の侵害

3.1 個人情報が侵害されやすい理由

電子ネットワークはオープンスペースであり、それを境界のない「第七大陸」と呼ぶこともある。電子ネットワークによって、人々は情報に自由にアクセスできる。

デジタル技術とインターネットにより、デジタル情報をコピーして瞬時に世界中のあらゆる場所に送信することができ、個人のプライバシーが転送されると、地理的な制限なしにタイムリーにダウンロードすることが可能である。情報を広めるためのより単純な方法は、情報所有者に多くのリスクをもたらす。

また、インターネット上の多数の消費者の個人情報は、ネットワーク経済の時代に企業間の競争のための戦略的無形資源となり、これが多数のオンライン個人情報の侵害を引き起こす可能性がある。

3.2 個人情報を侵害する主な方法

3.2.1 個人の侵害

インターネット上での侵害は、個人的な形式が最も一般的であり、その形式は多様である。主な特徴としては、個人がインターネット上で他人の個人情報を不正に宣伝、開示、または譲ることが挙げられる。

海外では個人のプライバシーが侵害されているという事例がある。1996年1月、フランスのミッテラン大統領に解任された私立の医者が、ミッテランの健康記録を公開したドキュメンタリー本「最高の秘密」を発表した。その本はミッテランド大統領のプライバシーを侵害し、医師の職業倫理も侵害したため、パリの裁判所はその本の出版を禁止した。しかし、この本の全文を電子ファイルの形でインターネットに公開している人々がいるため、それが誰でも読むことができる「開かれた秘密」となった。

3.2.2 ハッカーの侵害

ハッカーとは、コンピュータ情報システムへの不正アクセスを行うものと定義され、通信ソフトウェアを使用して違法なネットワークを通じて公衆またはそのコンピュータ上の情報を傍受または改ざんし、情報システムのセキュリティを危険に晒す。

ハッカーの攻撃は他の人々のコミュニケーションのセキュリティを危険に晒す可能性があり、ハッキングソフトウェアは暗号化されていない e-メールを容易に入手し、e-メールの内容を改ざんする可能性がある。ハッカーによる攻撃は、個人情報のセキュリティを侵害する可能性があり、一部の Web サイトでは不完全なセキュリティ対策

やコンピュータプログラムの抜け穴があり、クレジットカードの口座の機密情報、投資有価証券情報などの情報を妨害されずに盗取できる。

3.2.3 Web サイト運営者による侵害

Web サイト運営者によるプライバシーの侵害には、主に Cookie が用いられる。Cookie は Web ユーザが閲覧したサイトや商品を記録することができる追跡技術である。

そのため、多くの Web サイト運営者は、Cookie を用いてユーザを違法に監視し、情報を収集することでビジネス目的を達成する大規模な個人データベースを構築している。

3.2.4 ソフトウェア及びハードウェアの提供者による侵害

一部のソフトウェア及びハードウェアの提供者は、製造する機器のシリアル番号を無差別に識別し、個人情報を収集する。有名な事例として、1999年に Intel が販売した商品に識別可能なシリアル番号を付け加えたことが挙げられる。この時、反対者はシリアル番号の本質は Cookie であると述べた。

4. 世界のプライバシー保護法律の現状

世界中の国々でのプライバシー保護の法律は、基本的に直接保護と関節保護の2種類に分けられている。

4.1 直接保護

この種の保護は、米国で発生したもので、プライバシー権の侵害を独立した権利の侵害として直接認識し、加害者が負担する。このようにして、被害者のプライバシーの損

失が補償される。

米国では、プライバシーを保護する法律は、1967年の情報自由法と1974年のプライバシー法の2つに基づいている。プライバシー法は、連邦政府が情報を扱う際の様々なことや機密性に関する詳細な規則を定めている。

プライバシーに関する法律は、多くの国際法がある。カナダ、スウェーデン、ドイツ、フランス、ノルウェー、デンマーク、オーストリアなどの国では、個人情報の取り扱いに関する法律が多くある。例えば、カナダ人権法、スウェーデンデータ法などがある。

4.2 間接保護

このような保護方式は、プライバシー権は独立した人格権とはみなされず、プライバシー権を含む事件は他の侵害に別々に含まれ、法的な保護を求めることができる。もし侵害を訴える場合、プライバシーに対する独立した訴訟はない。

中国のプライバシー保護方式は間接保護となっている。例えば、民法では、市民の名前、肖像、評判、名誉に対する権利を侵害した場合の民事責任はそれぞれ第99条、第100条、第101条、第102条に規定されている。

5. 各地域の法律及び条例

ここでは、世界各地の個人情報保護制度に関する法律、及び条例について調査した結果を示す。調査対象とした地域はヨーロッパ (EU)、中国、ブラジル、アメリカ (カリフォルニア州)、ロシア、オーストラリア、の6つである。各地域の調査結果を項目ごとにまとめた表を、それぞれ表1から表6

に示す。

表1：ヨーロッパ (EU)

国	EU, GDPR
制定, 施行日	2018/5/25施行
責任主体	EEA内在住のユーザーを対象にしている企業
概要	加盟国が国ごとに整備していた個人情報保護法を加盟国全てで統一個人の情報のコントロール権を個人に戻すことを目的とするEUが認めていない国への情報移転を認めない
提訴権利者	加盟国の国民
権利	アクセス権, 訂正権, 削除権等
罰則	初回かつ意図的でない場合書面での警告 2000万ユーロもしくは前会計期間の売上の4%, どちらか高い方

表2：中国

国	中国, 中華人民共和国サイバーセキュリティ法
制定, 施行日	2017/6/1 施行
責任主体	中国国内のネットワーク事業者
概要	インターネットで業務を行う個人, 組織の真实性を明確化 回線の提供, ドメイン登録等を行う場合, 事業者は個人確認をしなければならない 真実の身分情報を公開しない場合サービスを提供できない
提訴権利者	中国政府
権利	本人確認の義務化, 虚偽申告を受領した際企業にも責任があると明示 中国国内の情報インフラを攻撃する組織, 個人に対する処罰の明確化
罰則	罰金, 業務改善要求
特記事項	個人情報の使用に関する責任が明確化されていない
罰則適用事例	2017/9 阿里雲計算有限公司が真実の身分証明書未提示のユーザーにネット接続サービスを提供 即時改善と登録情報の真実性確認を要請

表3：ブラジル

国	ブラジル, Lei Geral de Proteção de Dados
制定, 施行日	2018年8月 成立
責任主体	ブラジル国内でデータ処理を行う組織
概要	「機微データ」というカテゴリを作り それらを本人の明示的な同意なしの商用利用を禁止 収集した情報の国外持ち出しは政府が認めた場合のみ可能
提訴権利者	ブラジル国民
権利	収集した情報に関して本人がアクセスできるようにする
罰則	データベースの破壊 罰金5000万レアル(約14億5000万円), もしくは年間売上高の2%の低い方
特記事項	機微データ: 人種, 思想, 宗教観, 健康状態 EUのGDPRを参考にしている

表4：アメリカ (カリフォルニア州)

国	アメリカ, CCPA
制定, 施行日	2020/7施行予定
責任主体	カリフォルニア州居住者の個人情報を取得する者
概要	取得・利用する情報に関するプライバシーポリシーを公開 オプトアウト権行使のためのページの作成を義務化
提訴権利者	州の住民
権利	個人情報に関する被害を受けた場合 厳格な証明なしに救済を求めることができる
罰則	一件あたり最高7,500ドルの罰金
特記事項	適用対象者の所在地を限定しないため州外にも適用されるリスク
罰則適用事例	なし

表5：ロシア

国	ロシア, No242-FZ
制定,施行日	2015/9/1施行
責任主体	ロシア国内向けのウェブサイトを通じてロシア国民の個人情報を収集するウェブサイト
概要	ロシア国民の個人情報を扱う会社は原則ロシア国内に置かれたデータベースを使用する
提訴権利者	ロシア政府
権利	違反者への訴訟を起こすことができる
罰則	ブラックリストへの登録, 罰金 ブラックリストに登録されたwebサイトはロシア国内からのアクセスを遮断される
特記事項	十分に個人情報を保護できていると判断した国には持ち出し可能 それ以外の国へは権利者が同意している場合可能
罰則適用事例	2016/10 アメリカLinkedInに対しデータ保護庁がロシア国内からの接続を遮断

表6：オーストラリア

国	オーストラリア, Assistance and Access Bill 2018
制定,施行日	2018/12 可決
責任主体	オーストラリア国内のIT企業
概要	政府に製品へのバックドア設置を要求された場合従わなければならない
提訴権利者	オーストラリア政府
権利	バックドア設置を強要
罰則	最高1,000万AUD(約7億7600万円)の罰金
特記事項	IT企業の製品はグローバル展開されるため世界全体でセキュリティリスクが高まる恐れ
罰則適用事例	なし

6. 各地域の法律の比較

ここでは、5.の各地域の法律及び条例に基づいて比較をし、各地域の法律の相違点を表7に示す。アメリカ、ロシア、オーストラリア、中国、EU、ブラジルの6つの地域は、法律のタイプや対象、活動拠点によって、3つのグループに分けられる。

表7：各地域の比較

国	アメリカ	ロシア	オーストラリア
主体	国民	政府	政府
目的	国民の情報保護	国民の情報保護	治安維持
IT企業限定か	限定しない	限定する	限定する
対象の活動拠点	国内外問わず	国外	国内
罰金以外の罰則	なし	あり	なし

国	中国	EU	ブラジル
主体	政府	国民	国民
目的	治安維持	国民の情報保護	国民の情報保護
IT企業限定か	限定する	限定しない	限定する
対象の活動拠点	国内	国内外問わず	国内
罰金以外の罰則	あり	なし (罰金もない場合がある)	あり

- 6.1 グループ1：アメリカ，EU
 - a. 活動拠点は国内外問わない
 - b. 対象がIT企業に限らない
 - c. 国民の個人情報を不当に得ようとする組織への牽制目的であると考えられる
 - d. 国民情報保護タイプ
- 6.2 グループ2：オーストラリア，中国
 - a. 活動拠点は国内限定である
 - b. 対象がIT組織に限る
 - c. 個人情報に対しての規制が目的ではなく、国に対して不利益になる行為を規制しようとしていると考えられる
 - d. 不利益規制タイプ
- 6.3 グループ3：ロシア，ブラジル

活動拠点，対象，目的，タイプがグループ

1とグループ2の間である。

7. 考察

ここでは分類に対して企業が取るべき対策を考察する。

7.1 国民の個人情報保護を保護するタイプ

- a. 情報流通の規制よりも、個人の情報は持ち主が操作できるようにすることを目的としている
- b. 正当な手続きをすれば情報の持ち出しは可能である
- c. 各国の規約を理解し手続きを行い、必要に応じて取り扱いに関する警告を表示すればこれまで通りの業務を行うことは可能である
- d. サイトの規約、取り扱い指針、警告の整備を行えば比較的安価に業務継続は可能である

7.2 国に対する不利益を牽制するタイプ

個人情報保護よりも、国外への情報流出を止めることを目的としており、データベースなどを国内に設置する必要があるため資金や人員が必要になる。

- a. 個人情報保護タイプよりも目的にばらつきがあり共通の対策を立てるのは難しい
- b. 場合によっては対象国へのサービスを止めるのも選択肢に入る。例えば、オーストラリアに拠点を置くのはあまり望ましくないと見える。
- c. 国への申請や設備の増設などが必要になり、業務継続にはコストがかかるため、場合によってはサービス停止も視野に入れたほうが良い可能性がある

8. 今後の課題

本調査では、グローバルIT企業が海外に拠点を置く際にとるべき対応について考察し、まとめた。しかし、法律について不透明な部分が多くあり、考察の妥当性の確認が取れておらず、実際に提案した対応をとるだけで問題が解決するという確実な根拠が今のところない。したがって、今回の提案した対応が妥当であるのか日本企業へのヒアリングなどを通じてより詳しく調べていくことが今後の更なる課題である。

参考文献

- [1] IJJ.news vol. 150,
<https://www.ijj.ad.jp/news/ijjnews/2019/pdf/vol150.pdf>, IJJ
- [2] Financial and Social System of Information Security
<https://blog.goo.ne.jp/hosiei/e/fc1bfaf0921b6d3d06c0f45e73a273c2>
- [3] Client Alert ロシアにおける個人情報保護の強化
http://www.bakermckenzie.co.jp/material/dl/practice/intellectualproperty/ClientAlert_201410_IP_IT_EC_Personal_Data_in_Russia_.pdf
- [4] Brazil's New General Data Privacy Law Follows GDPR Provisions, Melanie Ramey, CROSS-BORDER TRANSFERS, DATA PRIVACY, INTERNATIONAL
- [5] EU 各国における個人情報保護制度に関する調査研究報告書, 株式会社 IT リサーチ・アート
- [6] 個人情報保護をめぐる国内外の動向 (法の域外適用の在り方及び国際的制度調和への取り組みと越境移転の在り方関係)

https://www.ppc.go.jp/files/pdf/190304_shiryoku1.pdf, 個人情報保護委員会

[7] データ越境移転に関するルールの動向
-対応を迫られる GDPR

<https://japan.zdnet.com/article/35107016/>,
ZDNet Japan

リスク工学グループ演習

大規模災害時における電柱倒壊リスク分析

リスク工学グループ演習 3 班

船越 康太 田宮 圭祐 山添 貴哉 TU NIANZHI

アドバイザー教員: 木下 陽平

1 テーマの背景・目的

近年、日本では大規模な自然災害が頻発している。例えば、1995 年の兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災) は、死者 6,432 名、重傷者 43,792 名、住宅被害 104,906 棟などの被害をもたらした。また、2011 年の東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) は、死者 15,822 名、重傷者 4,691 名、住宅被害 127,290 棟などの被害をもたらした。地震以外にも、2018 年の大阪府を直撃した台風 21 号や、2019 年に千葉県を直撃した台風 15 号なども我々の生活へ大きな被害を与えた。このように、日本は自然災害が発生しやすい国土であり、今までも甚大な被害を受けてきた。

自然災害による被害は一次災害と二次災害の 2 つに大別される。一次災害とは、地震や台風などの災害そのものによってもたらされる直接的な被害のことで、例として、家屋やビルの倒壊、道路の損壊などが挙げられる。一方、二次災害とは、一次災害をきっかけに連鎖的に発生した被害のことで、例として、火災や断水、停電などのライフラインの寸断が挙げられる。兵庫県南部地震では、約 8,100 本の電柱の倒壊、東北地方太平洋沖地震でも 56,000 本の電柱が倒壊し、停電や交通機関の寸断などの二次災害をもたらした。

ライフラインが寸断された状況で交通機関も寸断された場合、被災者は長期的に避難所・仮設住宅での生活を強いられることになり、そのような劣悪な環境で長期間生活することによって二次災害に加え、さらなる健康被害などを引き起こす負の連鎖が続いてしまう可能性がある。したがって、災害前に二次災害への対策をしておくことは重要であり、災害規模が予測できない一次災害と比べ、二次災害は事前に無電柱化をしておくなどの措置をとることで、事前対策が可能であ

る。しかし、平成 28 年度時点で日本全国にはおよそ 3,578 万本の電柱があり [1]、それらすべてを無電柱化することは難しい。そのため、事前に災害リスクを予測しリスクの高い地域から無電柱化を進める必要がある。そこで、我々は大規模災害時に電柱が倒壊することによる災害リスクを定量的に評価することを研究目的とした。

2 関連研究

道路ネットワークの防災機能に関する研究は原田ら [2] によってされている。原田らは、限られた予算の中で災害時にも機能する道路の整備を目的とし、平常時の道路機能に加えて災害時の道路機能を計上し、道路整備の費用対効果を算出する手法を提案した。原田らの研究では災害時の道路機能も考慮されているが、災害時の項目に電柱倒壊などは含まれていない。

無電柱化のもたらす効用についての分析は石井ら [3] がおこなっている。石井らは無電柱化の便益が地域ごとに異なることに着目し、各地域で無電柱化がもたらす便益を費用便益分析を用いて客観的に評価した。しかし、便益の評価項目には景観の改善効果・ライフラインの安定化・バリアフリー化で構成されており、災害時における損害などが考慮されていない。

3 手法

本研究では GIS シミュレーションを土台とした自作プログラムを作成した。分析時には、電柱の位置データとして 2018 年版東電タウンプランニングのつくば市電柱データ、道路網のデータとして 2016 年版 DRM デジタ

ル道路地図, その他地図の構成要素として 2016 年版ゼンリン ZmaptownII を使用した. 分析に使用したソフトは, MATLAB 2016b(macOS 10.13.4, CPU:2.7GHz Intel Core i5) と ArcGIS10.6.1(Windows10 Pro, CPU:3.4GHz Intel Core i5) である.

エリア内の電柱は高さが 10m で, 倒れる方向は一様分布に従うものと仮定し, 倒れる確率は兵庫県南部地震の際に倒れた電柱の割合 [4] を参考に一律 0.5% とした. そして, エリア内の電柱一本一本に対して「電柱が倒れ, かつ残った道幅が 2.5m 以下になる確率」, 「電柱が倒れ, かつ残った道幅が 2m 以下になる確率」を定めた. 定め方の例を図 1 に示す.

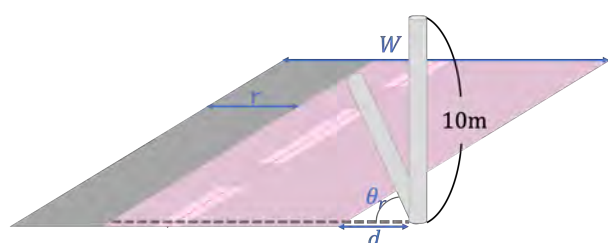


図 1: 電柱と道路閉塞の概念図

ここで,

W : 道幅 [m]

r : 残す道幅 [m]

d : 電柱から道路までの距離 [m]

θ_r : 残った道幅が r となるときの角度 [rad]

である.

この場合「電柱が倒れ, かつ残った道幅が r [m] 以下になる確率 P_r 」は

$$P_r = 0.5 \times \frac{\cos^{-1} \left(\frac{W+d-r}{10} \right)}{\pi}$$

と表される. これらを MATLAB を用いて実装し, GIS シミュレーションにより可視化した.

4 結果と考察

本研究では, つくば市内の道路を対象に, 一般的な乗用車 (車幅 1.7 1.9m 前後) と作業用車 (車幅 2.3m 程度

のトラックを想定) それぞれの車幅限界を鑑みて, 残った道幅の基準は 2m, 2.5m として分析を行った. また, 閉塞率の計算は道路を表すリンク 1 本単位 (交差点又は T 字路間で結ばれる線) で行っており, リンク内にて 1 本でも電柱が倒壊し, かつ任意の幅以上に閉塞していた場合そのリンクは閉塞されたとみなす.

シミュレーション・計算結果を図 2, 図 3 に示す.

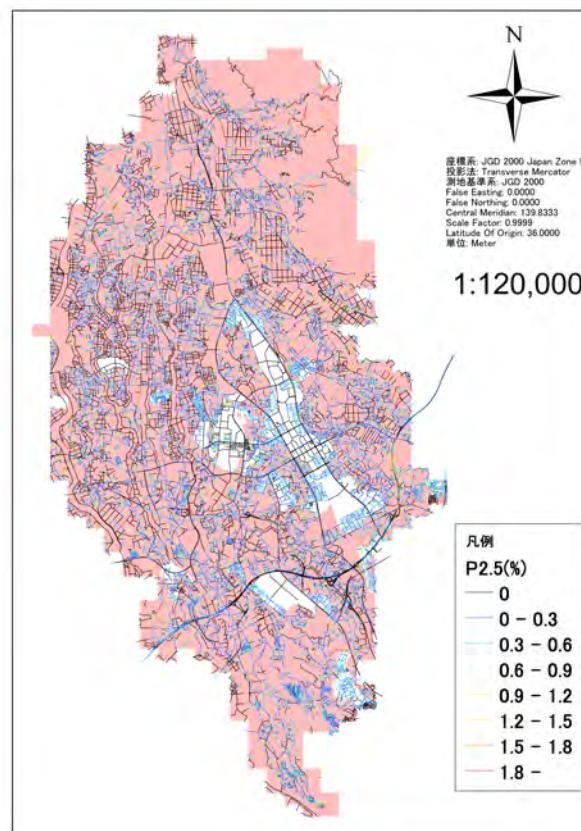


図 2: つくば市内での $P_{2.5}$ の分布

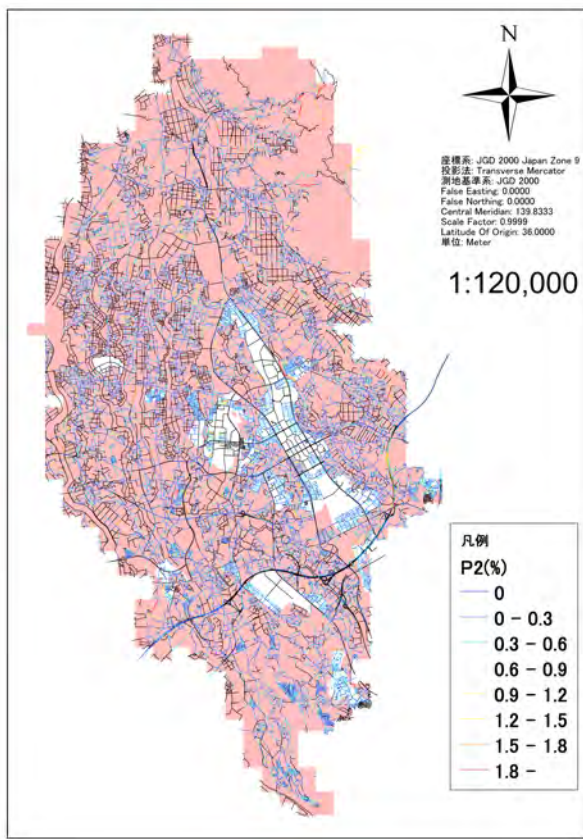


図 3: つくば市内での P_2 の分布

$P_{2.5}$ の最大値は 2.80%，平均値は 0.28%， P_2 の最大値は 2.51%，平均値は 0.25% となり，電柱倒壊率も相まって非常に低い水準となった。大学周辺の緊急輸送道路である国道 408 号線・県道 24 号線付近 (図 4) に着目すると，西平塚交差点以北及び以東は目立った閉塞が見られなかった。とはいえ，豊里方面に向かう西方向の区間は，値は低いものの連続的に閉塞リスクが存在する。住宅街のような道路の集中するエリアでの閉塞リスクも確認され，例えば学園の森 2 丁目周辺 (図 5) では，閉塞率が 1% 以上となるリンクが多く見られた。なお，この結果は P_2 を表しており，乗用車でのアプローチも難しくなる恐れのあるエリアである。

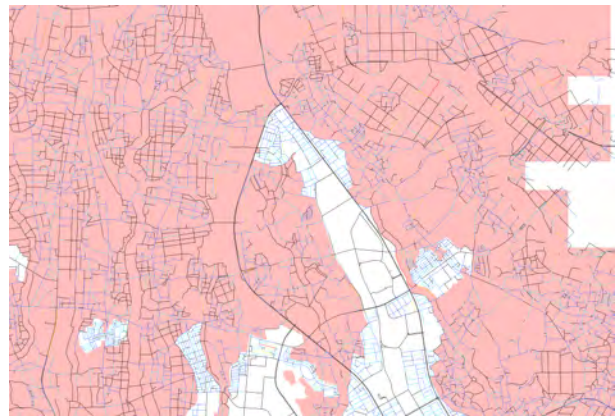


図 4: 県道 24 号線・国道 408 号線周辺の P_2 の分布



図 5: 学園の森 2 丁目周辺の P_2 の分布

このように，確率に基づくモデルでも潜在的な閉塞リスクのあるリンクを確認できた。緊急輸送道路での目立った閉塞リスクは見られなかったが，住宅街ではいくつか見られ，自立して歩くことが難しい人を引率した避難をする際のリスク認知や，復旧現場の末端部分でのボトルネック把握に対する知見となり得る。

ケーススタディとして，図 6 に，ある 1 回のシミュレーション結果を示す。

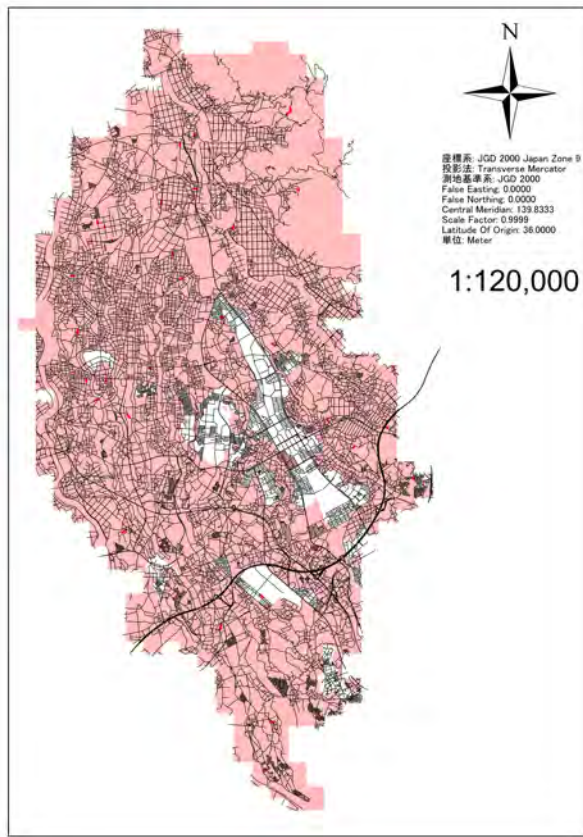


図 6: つくば市内でのある 1 回のシミュレーション結果

ここでは、閉塞の生じたリンクのみ着色している。幹線道路での閉塞は確認されず、一部では住宅街の街路の閉塞が確認できる。経路シミュレーションにこの結果を反映することにより、より具体的な時間損失の計測が可能となる。しかし、閉塞率はリンク毎に大きく異なり、個別のケースに関して分析を進める必要がある。

5 今後の課題

本研究では、電柱の倒壊によって引き起こされる道路網寸断のリスクを計算した。道路網寸断以外にも電柱倒壊リスクは存在するため、今後の課題として、それらを本研究の提案手法の勘定に入れることが考えられる。具体的には、

- 道路の閉塞状況と交通量に基づいた迂回にかかる時間、ガソリンなどの支出

- 電柱などの設備の本体価格と修理価格に基づいた経済損失

- 道路の復旧難易度と復旧速度に基づいた復旧時間

などを計算し、これらのリスクも考慮し、無電柱化など二次災害対策を進めていく上での優先順位を選択する。

6 まとめ

本研究では、電柱が倒れる確率、倒れる方向、倒れた電柱が道路閉塞に及ぼす影響を考慮し、東京電力電柱データと DRM デジタル道路地図に基づいて、大規模地震を想定した電柱の倒壊に関するシミュレーションを設計した。その結果、潜在的な閉塞リスクのあるリンクを確認した。そして、これらの結果をもとに閉塞の生じたリンクマップを作成した。本研究は二次災害の事前予防にとって重要な意味があると考えられる。

参考文献

- [1] 国土交通省，電柱本数の推移，https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_03.html.
- [2] 原田剛志・小野剛史・倉内文孝・高木朗義，道路ネットワーク防災機能の便益評価に関する研究，土木学会論文集，Vol.73，No. 2，109-123，2017.
- [3] 石井友梨・郭家鳴・田中孝直・廣瀬俊，無電柱化に関する費用便益分析。
- [4] 商務流通保安グループ 電力安全課，東日本大震災時の評価，https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/001_s02_00.pdf.

形態素解析を用いた大規模停電に関するツイート分析 —北海道胆振東部地震におけるケーススタディー—

グループ演習 4 班

児島 怜, 段 煙煙, 新田 和樹, 楊 嵐
(アドバイザー教員: 庄司 学)

1 はじめに

1.1 研究背景

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震では、最大震度7を記録し、北海道全域の約295万戸の大規模停電を引き起こした [1]。本地震以外に最大震度7を記録した例を挙げると、1995年の兵庫県南部地震では兵庫県および大阪府において約300万世帯、2011年の東北地方太平洋沖地震では東北地方および関東地方において約845万世帯の大規模停電を引き起こした。これらの地震による大規模停電は、交通機関やライフラインといった社会インフラだけでなく製造業をはじめとする産業に対しても打撃を与えた。特に、北海道胆振東部地震では国際的な観光都市であることから、観光産業への影響も見られた。図1は、2016年度から2018年度までの北海道への観光入込客数の推移を示しており、2018年度9月の観光入込客数は前年比の約15%減少している。北海道経済部観光局によると、観光消費の影響額は約292億円と推計された。また、北海道は日本全体の4分の1の農地面積を保有しているほどの代表的な農業地域であり、稲作、畑作、酪農など大規模な農業を展開している。酪農家や牛乳工場では、停電の影響により生乳の廃棄が相次ぐなど農林水産業に対しても影響を与えた。北海道庁によると、農林水産業の被害額は約397億円と推計された。以上のように、地震による大規模停電がもたらす影響は横断的に広がっている。そこで本研究では、停電による

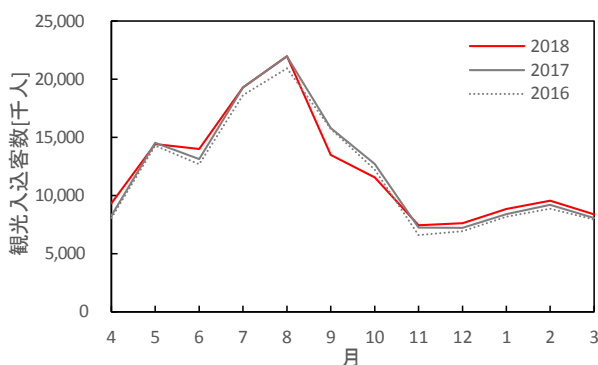


図1 観光入込客数の推移

影響を評価するために、北海道胆振東部地震における大規模停電に関するツイートの分析を行う。ツイート分析を行う手法の一つとして、本研究では形態素解析を用いる。形態素解析とは、辞書と呼ばれる単語の品詞等の情報にもとづき、テキストデータ(文章)を形態素(言語で意味を持つ最小単位)に分割し、それぞれの形態素の品詞等を判別する手法である。この処理によって、各単語の出現頻度または共起度(ある文字列とある文字列が同時に出現する度合い)を分析することが可能である。ツイート分析および形態素解析に関する既往研究については、次に記す。

1.2 既往研究

西村ら [2] は、観光庁の宿泊旅行統計データおよび東日本地域の宿泊業者に対し実施したアンケート調査結果を用いて、東日本大震災後を対象とした宿泊需要の減少に関する実証分析を実施した。その結果、震災による需要の減少や、復興需要による被害の軽減効果が時間・空間的に明らかとなった。また、震度が小さく観光資源や周辺のインフラ被害のない地域における需要減少は風評被害の影響を大きく受けているものと推察した。

庄司ら [3] は、東日本大震災において停電の被害率とその解消過程が異なる茨城県北茨城市、水戸市、日立市、および神奈川県横須賀市をそれぞれ取りあげ、Twitter 情報に基づいて停電の時空間分布の特徴を分析した。その結果、地震災害時における停電情報の時空間分布のセンシングにおいて Twitter 情報が極めて有用であり、町丁目程度の空間領域の停電の経時変化を適切に把握可能であることが明らかとなった。

湊ら [4] は、著者の心理情報を具体化するために茶筌 (Chasen) を用いた形態素解析により、(1) 事故や企業トラブルの概要に関する記述 (2) 事故または企業トラブルに関する感想文の2種類の文書を評価した。形態素解析の結果、感想文においては概要を記述した文章に比べ、形容詞、副詞、連体詞の出現頻度の比は約2倍の値となった。また、副詞における tf-idf 分析を求めることは、概要と感想文を分類する手段として使用できる可能性があることが示

唆された。

1.3 研究目的

そこで本研究では、北海道胆振東部地震における大規模停電の影響を評価することを目的とし、停電情報の可視化および形態素解析を用いたツイート分析を行う。停電情報の可視化では、北海道電力が公開している停電情報に基づいてデータを収集し、GISを用いて停電地域の遷移状況の可視化を行う。形態素解析を用いたツイート分析では、(1) 頻出単語 (2) 共起ネットワーク (3) 停電戸数と共起関係強度について3つの分析を行う。

2 停電情報の可視化

停電情報に関して、Twitter、Facebook、Google等の検索機能でデータを収集し、停電情報を時間的および空間的に明らかにする。その際に、各時間帯における停電解消地域および停電戸数のデータを収集し、(1) 停電戸数の遷移状況 (2) 停電情報の時空間分布センシングの2つの分析を行った。また、停電情報の時空間分布センシングではGIS（地理情報システム）を用いた。GISとは、地理情報および付加情報をコンピュータ上で作成、保存、利用、管理、表示、検索するシステムである。人工衛星、現地踏査などから得られたデータを、空間、時間の面から

分析・編集することができる。今回は、北海道の停電解消地域を時間的および空間的に示すために分析に用いる。

2.1 停電戸数の遷移状況

北海道胆振東部地震発生後、離島などを除いた道内全域約295万戸で停電が発生した。道内全域停電は1951年の北海道電力創設以来初の出来事である。北海道電力の公式Twitterアカウントでは停電戸数および停電解消戸数を公開していた [5]。図2に停電戸数の遷移状況を示す。図2より、9月7日6時に停電地域の約半数は解消し、9月8日6時に停電地域の約99%は解消した。今回の停電は、2日余りにわたって北海道の人々に深刻な影響を与えた。

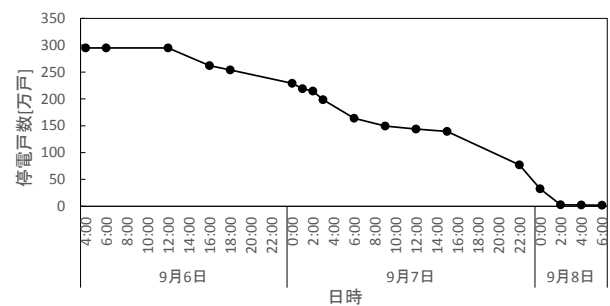


図2 停電戸数の遷移状況

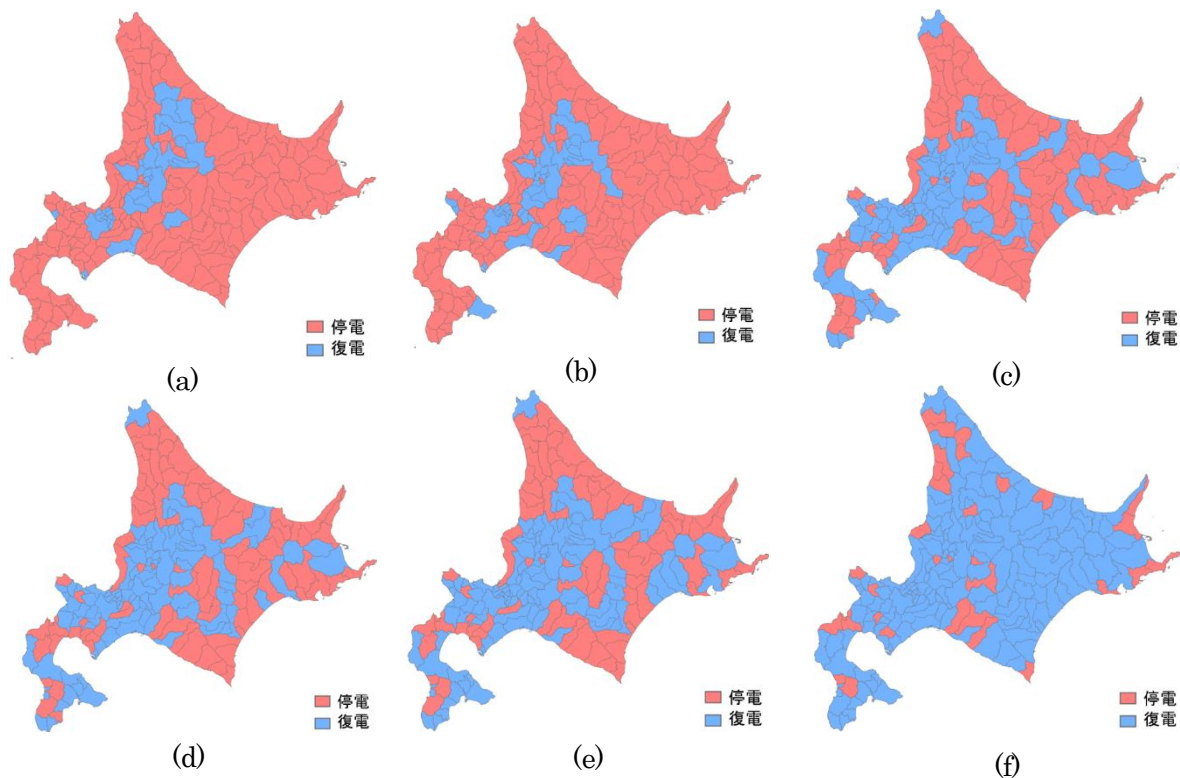


図3 停電情報の時空間分布センシング
(a)9月6日16時, (b)9月6日18時, (c)9月7日1時,
(d)9月7日2時, (e)9月7日3時, (f)9月7日6時

2.2 停電情報の時空間分布センシング

停電情報の時空間分布センシングを行うにあたり、2種類のデータを集めた。1つは国土交通省が公開している国土数値情報から北海道の行政区域データ [6]、もう1つは北海道電力のホームページから各時間における停電解消地域の市町村名である。これらのデータをGISに入力することで、時系列の停電解消地域を示す地図を作成する。しかし、具体的に停電解消地域の記述がある資料を不足しているため、資料がある6つの時間帯における図を作成した。図3より、停電解消の地域順序は北海道中央部から東西方向へ拡大して、9月7日3時以降に南北方向へ徐々に回復したことが分かる。

3 形態素解析を用いたツイート分析

3.1 形態素解析による頻出単語の集計

3.1.1 分析手法と結果

形態素解析とは、文法的な情報の注記の無い自然言語のテキストデータから、対象言語の文法や、辞書と呼ばれる単語の品詞等の情報にもとづき、形態素の列に分割し、それぞれの形態素の品詞等を判別する作業である。今回、私たちは北海道胆振東部地震に関するツイートデータを抽出し、頻出単語の集計を行った。方法は、地震が発生した2018年9月6日3時7分以降ある2018年9月6日～2018年9月8日の3日間の6, 12, 18, 24時のそれぞれ10分間のツイートをTwitter [7]の検索機能によって検索ワードを「札幌」に設定して収集した。(例:「札幌 since:2018-09-06_06:00:00_JST until:2018-09-06_06:10:00_JST」)検索ワードは「札幌」としたのは震央である北海道胆振地方中東部に比較的近く、北海道の都市の中で最も人口が多いことから、地震による被害を様々な人々が受けたと考えたためである。引用ツイートやリツイート、自動生成ツイートとみられるものは除外した総ツイート数は4383だった。形態素解析器にはMeCab [8]を使用し、名詞に分類された単語を集計した。集計結果から作成した表においては数字と意味を持たないアルファベット、記号は除いた。

3.1.2 考察

検索ワードが「札幌」であったため、「札幌」と「北海道」が多数検出され、続いて「地震」「停電」「復旧」「電気」が上位を占めた。「地震」に続いて「停電」が続くことから北海道胆振東部地震のもたらした大規模停電の影響の大きさが伺える。そのほかにも「断水」や「充電」、「余震」も多数検出され、これらの単語が大きな問題、あるいは関心であったこ

とが明らかになった。「無事」「大丈夫」「情報」は無事をTwitter上で報告しているだけでなく、「実家」「家族」「友人」などと合わせて被害にあった方々を心配するツイートが多かった。「みたい」が非常に多かったのは、人々が正しい情報が分からない中で断定を回避する表現を使用したからだと考えられる。「道路」や「信号」は道路陥没や停電に伴う信号機の停止などを指していて、インフラに多大な影響を与えたことから多く検出された。

表1 形態素解析による頻出単語の集計結果上位60

順位	単語	回数	順位	単語	回数	順位	単語	回数
1	札幌	4526	21	大丈夫	267	41	時間	143
2	北海道	838	22	心配	253	42	中止	142
3	地震	776	23	中	253	43	何	139
4	停電	711	24	被害	228	44	予定	139
5	復旧	626	25	連絡	207	45	余震	137
6	市	538	26	店	185	46	ニュース	134
7	電気	526	27	今	180	47	北	130
8	日	480	28	月	178	48	地域	129
9	区	422	29	今日	175	49	充電	126
10	こと	385	30	震度	175	50	水	122
11	よう	371	31	私	167	51	旭川	122
12	人	333	32	所	166	52	これ	120
13	情報	306	33	ところ	166	53	確認	117
14	方	302	34	断水	161	54	事	116
15	市内	295	35	実家	155	55	うち	116
16	無事	292	36	大変	153	56	駅	115
17	みたい	290	37	明日	150	57	中央	112
18	時	290	38	気	149	58	日本	109
19	そう	285	39	営業	149	59	—	108
20	さん	272	40	状況	145	60	家	108

形態素解析による頻出単語の集計

3.2 共起ネットワーク

3.2.1 分析手法と結果

頻出単語の集計後、同一ツイート上にある単語同士の組み合わせをカウントし、共起関係を測った。共起関係とは、1つの文中にある単語が現れたとき、その文中に限られた単語が頻繁に出現する関係のことを示す。本論文 [9] では同一ツイート上にある単語同士を共起関係であると定義した。

例:「今は停電と水は断水まではいってないけど濁っ

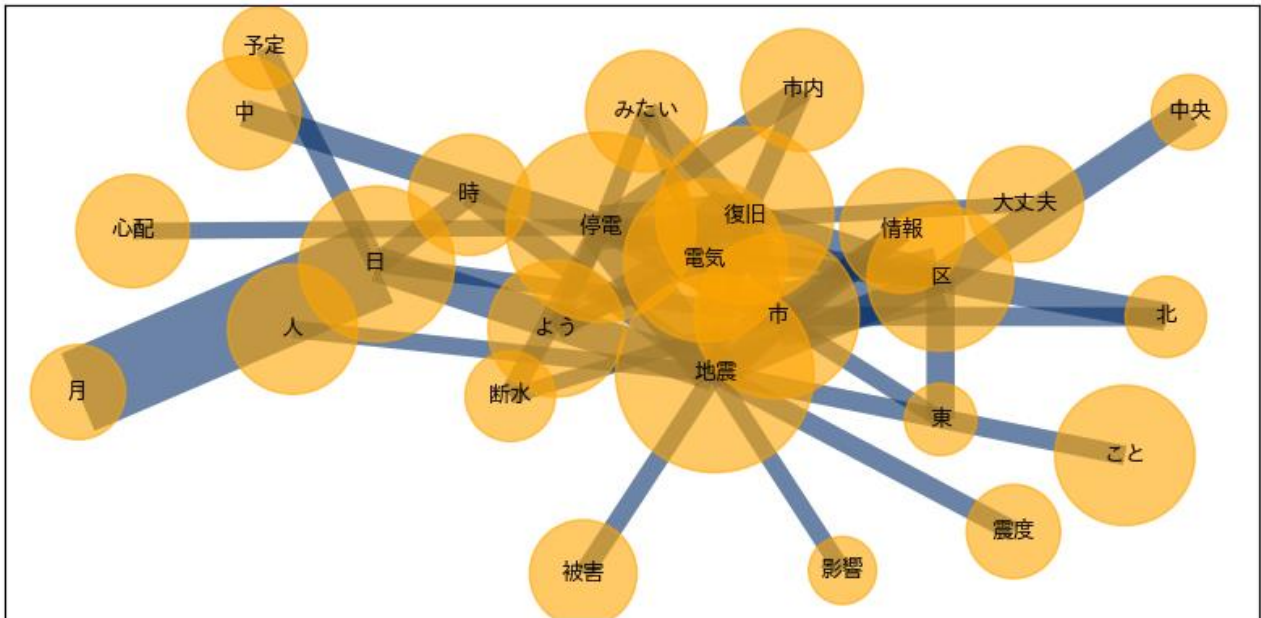


図 4 共起ネットワーク

てて不便です。」

「今」「停電」「水」「断水」「不便」の5つの名詞が検出され、(今, 停電)、(今, 水)、(今, 断水)、(今, 不便)、(停電, 水)、(停電, 断水)、(停電, 不便)、(水, 断水)、(水, 不便)、(断水, 不便)の10種類の組み合わせが共起関係としてそれぞれカウントされる。各ツイートを一つの集合として捉え、単語の出現順序は考慮しない。そのため共起関係は無向グラフで描かれる。表1から検索ワードである1位の「札幌」とそれに深く関係する2位の「北海道」がその他の単語と共起関係をもつのは自明であり、この2単語は除外した。これを総ツイート4383に対して行いカウントされた結果が図4である。図に表示されている単語は単独で90回以上集計され、なおかつ70回以上他の単語と共起関係を示し、かつ、数字と意味を持たないアルファベット、記号を除いたものに限っている。黄色い円の広さはその単語の頻出度合いを表し、青い線は太いほど、その単語同士が共起関係にあることを示している。位置は意味を持たない。

3.2.2 考察

図4から上記の共起関係を持っていることが明らかになった。特に「停電」、「電気」、「地震」について以下で示す。右側の単語は「停電」、「電気」、「地震」とそれぞれ共起関係を持つ単語を示し、その順序はカウントされた回数が多い順、つまり共起関係が強い順で並べた。

停電 ↔ 地震、中、復旧、断水、市内、みたい、影響、大丈夫、心配

電気 ↔ 復旧、停電、区、よう、地震、市、みたい、こと、水道、水、市内

地震 ↔ 停電、市、日、区、情報、時、震度、

こと、被害、影響、人、電気、復旧、東

が結びついていて、「停電」、「電気」、「地震」に対し、ツイートした人がどのようなことに関心を抱いていたのかが図4では視覚的に明らかになった。北海道胆振東部地震は北海道全域にわたる大規模停電が起こったため、その復旧がどれほどかかるかに非常に関心があったようだ。また停電に伴う断水の被害も受けていて、それらが頻出の単語だった。「市」、「日」、「時」、「区」はどの地域がどの程度の震度の地震が起こり、いつ停電しているのかというような情報が発信されていたからである。

3.3 停電戸数と共起関係強度の時系列変化

3.3.1 分析手法と結果

図4の共起ネットワークにおいて、強い共起関係を持っていた(停電, 復旧)とそれと近い意味で同じく強い共起関係を持っていた(電気, 復旧)の時系列による共起関係の増減を調査することによって、時系列で解消していった停電戸数とこれらの2つの共起関係の関連性を調査した。方法は、2018年9月6日6時~2018年9月8日6時までの期間で6, 12, 18, 24時でそれぞれ共起関係を測り、それを集合の

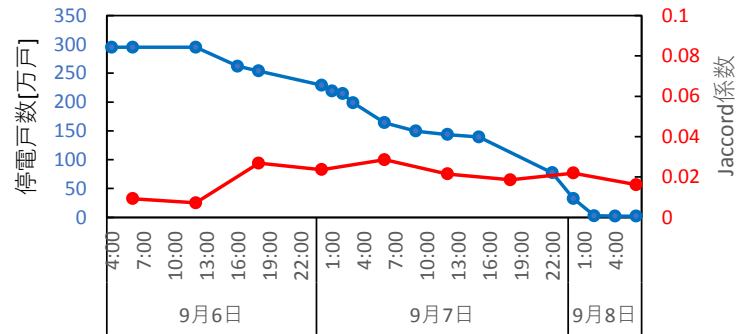


図5 停電戸数と共起関係の時系列変化

類似度を測る Jaccard 係数を用いて値を算出した。

$$\text{Jaccard 係数} = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (1)$$

A : 「停電」「電気」のいずれかを要素に持つ共起の発生回数

B : 「復旧」を要素に持つ共起の発生回数として値を算出

3.3.2 考察

図5は青色のグラフが北海道全域の停電戸数を表すのに対して、赤色のグラフは(停電, 復旧)と(電気, 復旧)の共起関係を合計することで算出した Jaccard 係数を示している。停電が解消し始めてから初めて計測された9月6日18時以降に(停電, 復旧)と(電気, 復旧)の Jaccard 係数は大幅に増加し、その後もツイートされ続けていることから停電からの復旧をツイート上で報告する人が多かったのだと思われる。このことから Twitter が停電復旧時、重要な情報発信・収集源であることが言え、現実状況の変化によって共起関係の強度が変化することを示した。

4 まとめ

本研究では、北海道胆振東部地震における大規模停電の影響を評価するため、停電情報の可視化および形態素解析を用いたツイート分析を行った。

停電情報の可視化では、北海道電力が公開している停電情報に基づいてデータを収集し、GISを用いて停電地域の遷移状況の可視化を行った。これにより停電戸数および停電地域の遷移状況を明らかにすることができた。

形態素解析を用いたツイート分析では、(1) 頻出単語 (2) 共起ネットワーク (3) 停電戸数と共起関係強度について3つの分析を行った。頻出単語の分析では、MeCabを用いて形態素解析を行い名詞に分類された単語の集計を行った。集計結果では、「地震」

「停電」「復旧」「電気」が上位を占めており、北海道胆振東部地震による停電の影響の大きさが伺えた。そのほかにも「断水」「道路」「信号」等が検出され、インフラに対する影響も見られた。共起ネットワークの分析では、同一ツイート上にある単語同士の組み合わせをカウントすることで共起関係を測った。その結果、特に「地震」との共起関係が最も強い単語は「停電」であることが示され、地震による停電の影響が甚大であることが明らかになった。停電戸数と共起関係度の分析では、Jaccard 係数を用いて停電の復旧過程がどのようにツイートで反映しているのかを分析した。その結果、9月6日18時頃に Jaccard 係数は大幅に増加し、その後もツイートされ続けていることから停電からの復旧をツイート上で報告する人が多かったのだと考えられる。このことから Twitter が停電復旧時、重要な情報発信・収集源であることが言え、現実状況の変化によって共起関係の強度が変化することを示した。

本研究は、大規模停電による横断的な影響をツイート分析することで網羅的に調査することを目的としていた。しかし、ツイート内容には偏りがあるため網羅的に分析するのは難しく、今後この点を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 2018年北海道胆振東部地震・大阪府北部の地震被害調査報告書；土木学会，2019
- [2] 西村泰紀，梶谷義雄，多々納裕一；大規模災害による宿泊業への影響評価—市町村宿泊旅行統計とアンケート調査に基づく東日本大震災のケーススタディ；土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.69, No.5, 2013, pp.I_217-I_227
- [3] 庄司学，高橋大；Twitterを利用した地震災害時における停電情報の時空間分布のセンシング；平成27年度電気学会電子・情報・システム部門大会
- [4] 湊淳，鈴木慎吾，村上雄太郎，伊多波正徳，小澤哲；形態素解析を用いた事故・リスクに関する記述の分析；日本感性工学論文誌，Vol.13, No.2, 2014, pp.341-346
- [5] Twitter；北海道電力株式会社；https://twitter.com/Official_HEPCO
- [6] 国土交通省；国土数値情報；<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>（2019/6/24 確認）
- [7] Twitter；<https://twitter.com/>
- [8] MeCab：Yet Another Part-of-Speech and Morphological Analyzer；<https://taku910.github.io/mecab/>（2019/10/12 確認）
- [9] Z. S. Harris；Co-Occurrence and Transformation in Linguistic Structure；Vol.33, No.3, Part 1, pp.283-340
- [10] 吉川武時，長尾真編；言語の機械処理；三省堂，1984

統計的手法を用いたブロックチェーン技術の 広がりに関する分析

リスク工学グループ演習 5 班

小島航太 姜国志 佐藤匠 大隈優也

アドバイザー教員：面和成

背景

近年、ビットコインの話題とともに、その基盤技術であるブロックチェーンを応用し、革命的なサービスが生み出されている。これは、ナカモトサトシが 2008 年にブロックチェーン技術とそれを利用したビットコインという仮想通貨を提唱した論文「A Peer-to-Peer Electronic Cash System」[1]を發表したことが始まりである。そしてブロックチェーン技術なくして暗号通貨が実現しなかったのは言うまでもないが、暗号通貨なくしてブロックチェーン技術の発展がなかったのもまた事実である。ブロックチェーン技術を用いれば参加者が一定のルールのもとで共同運営する改竄不可能な台帳を構築することができる。これを活かし、さまざまな分野での応用が検討され始めている。論文が發表されて以来、暗号通貨にとどまらないブロックチェーン技術の産業応用として医療や IoT、マーケティングなど多岐にわたる分野で展開されている。図 1 から、年々世界中でブロックチェーン技術市場[2]が増加していくことが分かる。

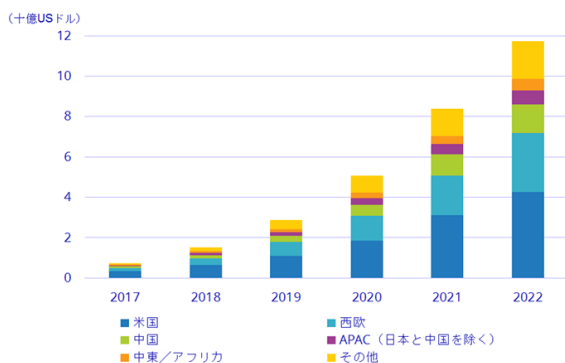


図 1：ブロックチェーン技術市場 支出額予測

目的

Bitcoin(blockchain)原著論文がどのように引用されているのかを分析することで、ブロックチェーン技術が情報分野・他分野に与えた影響度の調査を目的とする。

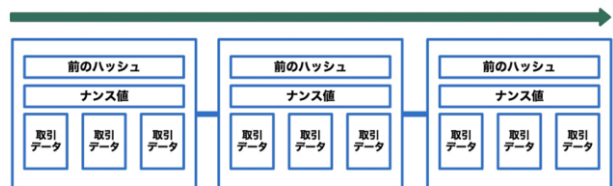
ブロックチェーン技術の応用についての論文は多く存在するが、ブロックチェーン技術が情報分野・他分野に対して与えた影響度を示した研究はなされていない。そこで論文發表から現在に至るまで、ブロックチェーン技術が応用された情報分野・他分野に関する影響度を統計的手法を用いて分析を行い、時代背景と共に考察を行う。

ブロックチェーン技術

ブロックチェーンとは、分散型ネットワークを構成する複数のコンピューターに、暗号技術を組み合わせ、取引情報などのデータを同期して記録する手法である。



一定期間の取引データをブロック単位にまとめ、コンピューター同士で検証し合いながら正しい記録をチェーン(鎖)のようにつないで蓄積する仕組みであることから、ブロックチェーンと呼ばれる。別名「分散型台帳」。ビットコインなどの仮想通貨(暗号通貨)に用いられる基盤技術である。



ブロックチェーンのメリットとして、ブロックチェーンには一度記録された情報を改ざんできないという特徴がある。上記でも述べたようにブロックチェーンは、データがチェーン状に連なったものだが、そこにはハッシュ値と呼ばれる特殊な文字列が使用されており、高度な計算が必要である。仮想通貨であるビットコインは、この耐改ざん性の特徴を取引履歴の記録に活かすことで、改ざんされないこと高い信頼性の高い台帳を実現している。他にも、ブロックチェーンは管理者不在の非中央集権であり、それぞれが自立して機能しているため、信頼関係が全くない不特定多数がP2Pネットワークで管理されており、個別で価値のやりとりが可能である。ただし、ブロックチェーンには耐改ざん性を持つ一方で、取り消し不可能であったり、取引の承認に時間がかかるというデメリットがある。

分析手法

ブロックチェーン技術が暗号通貨以外の学術的な分野にどのように広まったのかを調査する。

本調査での調査対象は次の「対象データ」で詳しく述べるが、Google Scholar[6]における文献情報のうちブロックチェーン技術を提案したBitcoin 原著論文[1]に関連するもののタイトル及び発表年を抽出する(I)。次にタイトルに使用された単語とその発表年を関連付けてリストアップ及び出現回数のカウントをする(II)。その後単語がどの分野に関するものかの分類(III)を行い、「何年に」「どの分野に関する単語が」「何回」出現したかの統計を取った。

(I)において、Webブラウザを通じた抽出を行った。

(II)において、言語はPython3、自然言語処理ライブラリとしてTreeTaggerを用いた。

(III)において、一般語の除外は辞書やGoogle検索結果を見たうえで班員の判断で行った。単語ごとの学術的分野の分類は日本学術振興会のキーワード一覧[8]を基準とし、以下の分野に分類した。「情報学、環境学、人文学、社会科学、数物系科学、化学、工学、生物学、農学、医歯薬学」

対象データ

[6]において、検索キーワード“bitcoin”を指定してヒットした文献のうち、Googleのシステムにより優先度順に並び替えられた検索結果上位1000件。なおこの優先度は[7]において以下のように述べられている。

Google Scholar aims to rank documents the way researchers do, weighing the full text of each document, where it was published, who it was written by, as well as how often and how recently it has been cited in other scholarly literature.

分析結果

まず初めに、(III)によって分類した各分野における単語数を下記の表1にまとめた。また、各分野で出現した具体的なキーワード例を表2にまとめた。

表1：各分野の単語数

情報学	社会科学	工学	人文学	化学	
1699	721	49	27	25	
数物系科学	農学	医歯薬学	環境学	生物学	計
23	11	10	10	2	2577

表2：各分野の出現キーワード例

情報学	Bitcoin	transaction	network	digital	P2P
社会科学	market	law	financial	economic	governance
工学	electricity	architecture	infrastructuring	frequency	device
人文学	art	language	philosophy	myth	literature
化学	oil	carbon	lense	metal	plastic
数物系科学	spectrum	wavelet-based	topology	hypergraph	lasso
農学	commodity	production			
医歯薬学	brain	hospital	patient	medical	implant
環境学	energy	environment	energy-efficient	earth	gas
生物学	rat	linden			

次に、図2に各分野における分類された単語の割合を示す。情報学が約66%を占め、次に社会科学が約30%を占める結果となった。なお、ブロックチェーン技術が暗号通貨以外の学術的な分野にどのように広まったのかに注目するため、情報学(暗号通貨を含む)を除いた分類結果を図3に示す。社会科学が全体の約80%を占め、次に工学が約5%、人文学、化学、数物系科学が約3%、農学、医歯薬学、環境学はともに約1%、生物学はほぼ0%という結果になった。

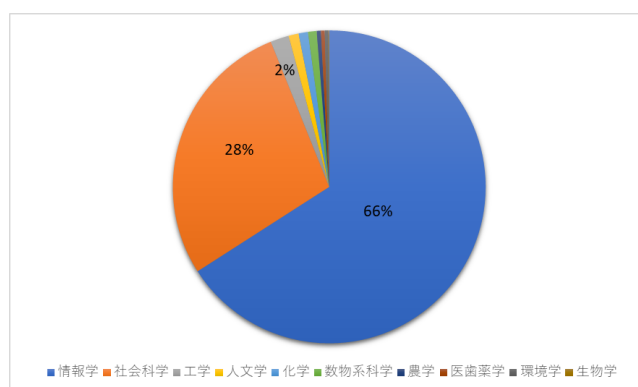


図2：各分野の単語割合

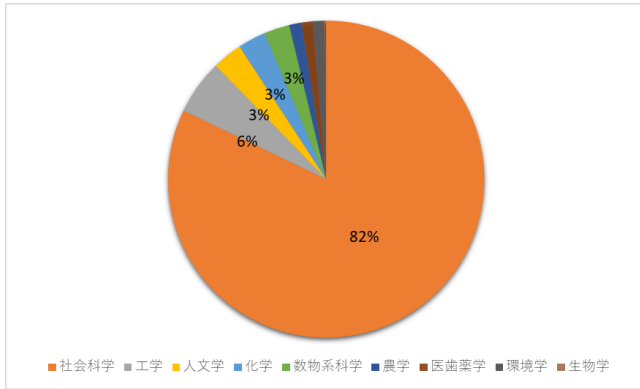


図3：各分野の単語割合(情報学除く)

次にブロックチェーン技術が各分野において、年代別変化とともにどのように展開されてきたかを注目する。そこで各分野の2008年から2019年までの時系列推移を図4に示す。なお情報学は除いた。また、社会科学を除いた時系列推移を図5に示す。まず社会科学の分野が2011年頃を初めに大きく展開されてきたことが見て取れる。さらに社会科学に注目すると2015年、2018年が最も大きく展開されていることがわかる。同じく数物系科学も2011年頃を初めに展開されている。次に、図5に注目すると、工学、化学が2012年から徐々に展開されている。また、人文学、農学、環境学の分野が2014年を境に展開され始めている。他にも、生物学や医歯薬学の分野では展開されている数は少ないが、新たな分野の領域として展開されている。

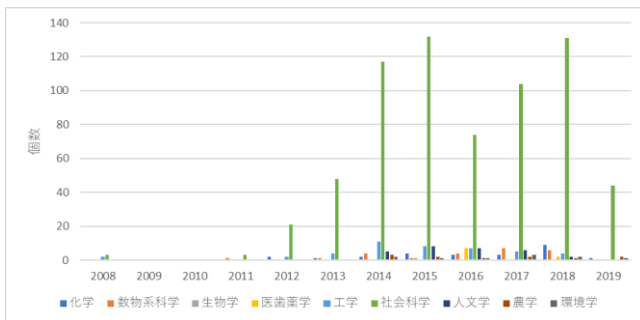


図4：各分野の時系列推移

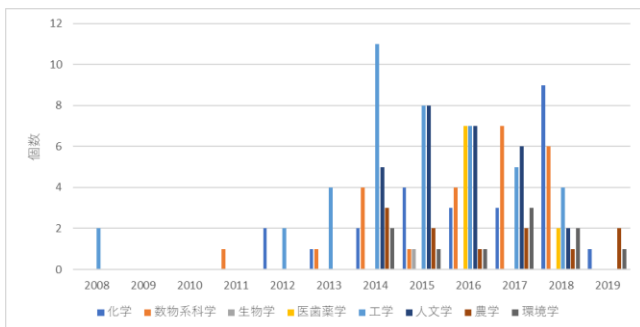


図5：各分野の時系列推移(社会科学除く)

考察

社会科学、数物系科学が2011年頃を初めに展開されてきた背景として、2011年6月にマウントゴックス運営のビットコイン取引所がハッキングを受けたことで、世界中にブロックチェーン技術が注目されたと考えられる。例えば社会科学の分野では、ブロックチェーン技術の特徴である非中央集権や耐改ざん性を活用することで、各国の運輸会社と複数の取引関係を持つことができ、情報を共有することができるのではないかと考えることができる。また2014年にマウントゴックスはハッキングを受け、ビットコイン約480億円と顧客の資産28億円が消える事件を起こし、4月にはマウントゴックスが破綻した。さらにFinTechの気運の高まりにより、各分野でさらにブロックチェーン技術が注目されたのではないかとと思われる。他にもビットコインが誕生してから、現在に至るまでブロックチェーン技術が進化していることも大きく関係していると考えられる。ブロックチェーン技術は、大きく3つの世代に分けられており、それぞれブロックチェーン1.0、ブロックチェーン2.0、ブロックチェーン3.0に分かれ進化してきた。各世代について軽く触れる。ブロックチェーン1.0は暗号通貨のための技術であり、ブロックチェーン2.0は、金融領域への活用、ブロックチェーン3.0が非金融領域の活用である。そしてちょうどブロックチェーン3.0の世代が2014年頃に登場した結果、人文学、農学、環境学の分野が2014年を境に展開され始めたと考えられる。また、工学、化学の分野もブロックチェーン3.0の領域に含まれるが、2014年より前の2012年からブロックチェーン技術が応用できると考えられていた可能性が高い。今後、ブロックチェーン3.0からさらに進化を遂げ、今回取り上げた分野以外にも展開されるのではないかと考える。そしてさらなる社会の発展が期待されるだろう。

まとめ・今後の課題

本調査では、ブロックチェーン技術が暗号通貨以外の学術的な分野にどのように広まったのかに関して、Google Scholarを用いてBitcoin原著論文に関連するタイトル及び発表年を抽出した。タイトルに使用された単語とその発表年を関連付けてリストアップ及び出現回数のカウントし、単語がどの分野に属するか分類を行い統計を取った。その結果、社会科学の分野が約30%を占め、時系列推移では2015年や2018年が大きく社会科学の分野に展開されていることがわかった。社会情勢や時代背景から統計結果を考察したが、多くの議論の余地がある。例えば、ブロックチェーン技術において、「ブロックチェーン」、「スマートコントラクト」、「ダブス」に注目し、それぞれがどのような分野に応用されてきたのかを分析する事で暗号通貨などの情報学分野について調査可能である。

本調査では、情報学（暗号通貨含む）と社会科学以外の分野の母数が少なく、調査対象として深く考察が出来なかったため、各分野の結果に対して詳細な事由を示す事が理想とされる。

参考文献

- [1] Satoshi Nakamoto, “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, 2008.
(<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>)
- [2] 世界／国内ブロックチェーン関連市場予測を発表
<https://www.idcjapan.co.jp/Press/Current/20180905Apr.html>
- [3] ブロックチェーンの情報なら Blockchain Biz 【Gaiax】
<https://gaiax-blockchain.com/>
- [4] ブロックチェーンの今と未来 | 天才エンジニア「未踏」の挑戦
<https://www.procommit.co.jp/mitou/blockchain>
- [5] IDC Japan 株式会社 - Home
<https://www.idc.com/jp>
- [6] Google Scholar (<https://scholar.google.co.jp/>)
- [7] About Google Scholar
(<https://scholar.google.com/intl/ja/scholar/about.html>)
- [8] 日本学術振興会 科学研究費助成事業 系・分野・分科・細目表等 平成 29 年度 系・分野・分科・細目表 付表キーワード一覧
(https://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/02_koubo/saimoku.html)
- [9] マウントゴックス事件と暴落の関係 | 多発する仮想通貨流出 - 問題視される安全と将来性
<https://boxil.jp/beyond/a4423/>
- [10] ブロックチェーン活用事例 10 選 — 2019 年はブロックチェーン 3.0 時代へ
https://www.softbank.jp/biz/future_stride/entry/technology/20190712/

リスク工学グループ演習

日中の通信傍受に対する意識調査

リスク工学演習 6 班

北田大樹 邢欧婭 小林樹 藤谷知季

アドバイザー教員 掛谷英紀

1. 背景

近頃、アメリカ政府の主張による Huawei の通信傍受疑惑によって、通信傍受への関心が世界的に高まってきている。通信傍受とは、直接の相手でない者が、故意または偶然に、当事者間の同意なく、その通信を受信すること[1]である。通信傍受は、犯罪捜査やテロ対策を名目に警察機関による犯罪捜査等[2]に使われ、犯罪者の逮捕に繋がるという良い面もある一方で、その悪用による被害や影響もありうる。たとえば、国家や企業による監視により、いつどこで見られているかわからないという不安を人々が持つようになる。最悪の場合、独裁国家の助長に繋がる恐れもある。より具体的な被害として、攻撃者が通信の秘密を暴露するための仕組みであるバックドアを見つける恐れがある。これらによって、個人情報や政治的意見の流出が考えられ、人々のプライバシーが著しく損なわれる恐れがある。

過去の違法な通信傍受の疑惑や事例の代表的なものを 3 点紹介する。まず 1 つ目は、アメリカ政府機関のインターネット傍受が 2013 年にあった。これは、アメリカ国家安全保障局 (NSA) が Microsoft, Google, Facebook, Apple 等に圧力をかけ、インターネット傍受していた問題である。対象は、個人・政府機関・教育機関等様々であり、収集していた情報は電子メール・文書・写真利

用記録・通話等幅広く全世界に渡って収集していた。具体的に収集したデータ数としては、イランが 140 億件/月で、パキスタンは 135 億件/月、アメリカ国内は 30 億件/月で、全世界では 970 億件/月に達した。

2 つ目は全国民を対象とした大量通信傍受を商売にする産業が 25 カ国にまたがって存在しているということ [Wikileaks\[4\]](#) 上で 2011 年に発覚した事件である。その企業数は現在確認されているだけでも約 160 社で、2001 年 9 月 11 日のアメリカ同時多発テロ事件があってから活気づいており、多国籍監視・盗聴システム販売企業は事実上無秩序に世界中のあらゆる国へ販売し、警察・軍隊・情報局などがこのシステムを購入しているという内容である。この暴露によると、例えば携帯電話がスタンバイ状態であったとしても位置を追跡することが可能にするシステムが存在しているため、国民の活動や通話記録を監視することができるという。

3 つ目は北朝鮮当局による通信傍受である。この問題を調査しているジャーナリスト [\[5\]](#) によると、北朝鮮当局は、中国から携帯電話用盗聴器・電波妨害機を購入し、中国から密輸している業者や家族と連絡を取る脱北者、送金ブローカーなどを対象にして、位置のみならず通話内容まで把握できるようにしているという。

このように過去 10 年の IT 技術の著しい進歩によって、携帯電話といった通信端末による通信傍受の事例が数多くある。

ここで、Huawei の通信傍受疑惑の騒動の概要を示す。アメリカ政府が Huawei 製品に対して安全保障上の懸念があるとして、2019 年 5 月 15 日に安全保障上リスクがある外国企業からの通信機器の調達を禁止する大統領令に署名し、事実上 Huawei 製品を禁輸した。さらに、同盟国をはじめ各国に Huawei 排除に同調するように圧力をかけている。アメリカの主張に肯定派の国の例として、日本では携帯大手 3 社が Huawei 製スマホの発売延期し、ソフトバンクが 5G システムの提携先をファーウェイから変更した。また、オーストラリアは海外ユーザーの通信傍受の恐れがあるとして、政府が国内の 5G ネットワークからファーウェイを排除することを決定[6]した。アメリカの主張に否定派の国の例として、イギリスでは中国政府の諜報活動に関する具体的な証拠がないとし、仮に諜報活動の証拠が出たとしても中国政府に命じられれば従うほかない状態[7]となっており、政府公認のセキュリティテスト施設を Huawei が運営していることも決まっている。ただ、5G ネットワークに関しては参加の可否を延期している。また、ドイツはファーウェイのスパイ行為や通信傍受疑惑を否定し、Huawei に 5G ネットワーク構築の参加を容認[8]している

2. 目的

通信傍受や情報漏洩への世界的な意識の高まりを受けて、本調査では通信傍受に対する意識およびその高低と日常活動との関係を明らかにする。また、日本と中国で調査を行い両国間の結果の比較も行う。なお、通信傍受に対する意識との関係を調べる日常活動として、筆者らは「日常のセキュリティ活動」と「SNS におけるプライバシー意識」を選定し次のような作業仮説を設定した。

- (1) 日常のセキュリティ意識が低い(高い)ほど通信傍受に対する意識も低い(高い)のではないか。
- (2) SNS におけるプライバシー意識が低い(高い)ほど通信傍受に対する意識も低い(高い)のではないか。

次章では具体的な調査の手法について説明する。

3. 調査手法

調査はアンケートを用いて行い得られた結果から以下の分析を行う。

- ① 通信傍受に対する意識の日中比較分析
- ② 通信傍受に対する対策の日中比較分析
- ③ 通信傍受に対する意識の高低と日常活動との関係分析

次にアンケート調査の概要について述べる。

● アンケートの概要

アンケート調査は日本と中国で実施した。調査方法、期間、回答数を表 1 に記す。

アンケートの質問は、通信傍受に対する意識に関するパート、通信傍受に対する対策に関するパート、普段のセキュリティ行動及び SNS のプライバシー意識に関するパートの 3 つに分かれている。

表 1 アンケートの概要

	日本	中国
調査方法	Google フォーム	We Chat フォーム
調査期間	10/3~10/10	9/3~9/18
回答数	72	84

それぞれの項目における質問の例を表 2

に示す。

表2 質問内容の例

項目	質問内容
通信傍受に対する意識に関するもの	・自分の端末やネットワークが通信傍受されていたら気になりますか。 ・気になる理由/気にならない理由をお答えください。
通信傍受に対する対策に関するもの	・通信傍受に対する対策の有無を教えてください。 ・対策の具体的な行動を教えてください。
普段のセキュリティ行動・SNSのプライバシー意識に関するもの	・スマホ・PCにアンチウイルスソフトをインストールしていますか。 ・SNSをいくつ利用していますか。

4. 結果

4.1 回答者の特徴

日本のアンケート回答者は全員筑波大学の学生である。そのの所属内訳を図2左図、中国の回答者の年齢内訳を図2右図に示す。

中国の回答者は10代から60代以上と幅広いため、10代20代のグループ(34人)と30代以上のグループ(50人)に分割して分析を行う。

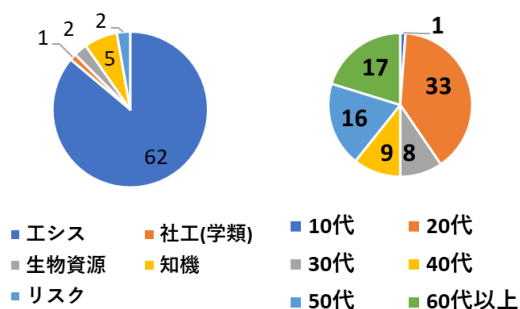


図2 日本の回答者の所属内訳(左図)と中

国の回答者の年齢内訳(右図)

4.2 通信傍受に対する意識に関する質問の結果

図3に通信傍受に対する意識に関する質問の結果を示す。各棒グラフ中の数字は回答者数を、棒の幅は各グループの総回答者数に対するパーセンテージを表す(例. 日本で「非常に気になる」と回答した人数は36人で日本の総回答者数72人の50%)。

これによると中国の回答者は日本の回答者に比べて通信傍受が「気になる」と回答する割合が高い。そこで図4の結果をさらに「気になる」「気にならない」に分類し、

- ① 日本の回答者と中国10代20代の回答者
- ② 日本の回答者と中国30代以上の回答者

において2グループ間の回答に有意な差があるか調べた。帰無仮説 H_0 :「回答者のグループと通信傍受に対する意識は独立」に対して χ^2 検定を行ったところ①の χ^2 値が1.17, p値が0.279で H_0 は5%水準で棄却されなかったが、②の χ^2 値は6.68, p値が0.0098となり H_0 は5%水準で棄却され中国の30代以上の回答者は日本の回答者に比べて通信傍受に対する意識が高いことが分かった。

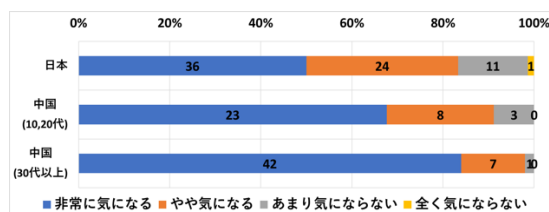


図3 通信傍受に対する意識に関する質問の回答

図4は、各グループで「気になる」と回答した人(日本：60人，中国10代20代：31人，中国30代以上：49人)が通信を傍受されたら嫌な情報(複数選択可)として選択した人のパーセンテージを示している。

日中で共通する結果として住所とカードの情報は他の情報に比べて選択される割合が高い。一方で、日中で異なる結果として、氏名は日本の回答者が選択する割合が低いが中国では高い。逆にメールアドレスは中国で低いが日本で高い。また、中国の10代20代は職業・通学先・勤務先、検索・購入履歴、パソコンやクラウドに保存している情報を選択する割合が他のグループに比べて高い。

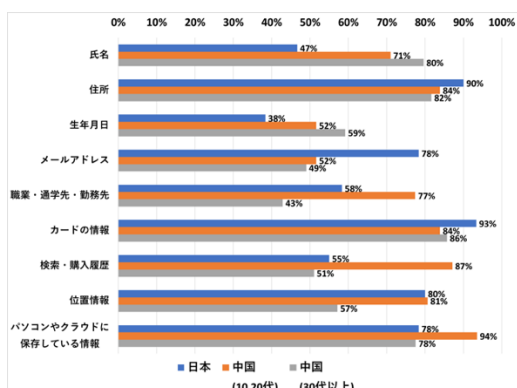


図4 傍受されたら嫌な情報に関する質問の回答

4.3 通信傍受に対する対策に関する質問の結果

「気になる」と回答した人に対策をしているか質問をした回答をまとめたものが表3である。日本では対策の有無は半々程度であるが中国10代20代では対策をしないほうが多く30代以上では逆に対策をしているほうが多い。

対策をしない理由として最も多かったのはどのグループも「対策方法を知らないか

ら」であった。しかし、対策をしている人の具体的な対策(複数回答可)についての回答は日中で異なる結果を得た。図5は対策として選択されたもののパーセンテージを示している。

これによると「不正なサイトにアクセスしない」以外の対策は日本よりも中国の方が選択される割合が高い。中国の30代以上は「重要なメールの暗号化や OpenPGP などの利用をする」や「添付ファイルにパスワードをかける」の割合が特に高く通信傍受に対する意識だけでなく具体的な対策においても差が表れる形となった。

表3 対策の有無に関する質問の結果

	対策している	対策していない
日本	30人	30人
中国 (10代20代)	11人	20人
中国 (30代以上)	30人	19人

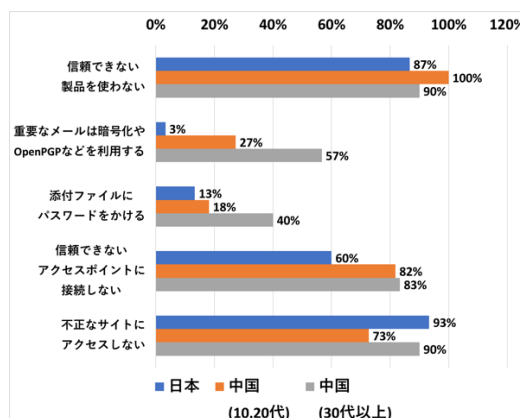


図5 通信傍受に対する具体的な対策

4.4 普段のセキュリティ行動及び SNS でのプライバシー意識と通信傍受に対する意識の関係

ここでは日本のアンケート調査結果を用いる。その理由は中国の回答者 84 人のうち「気にならない」と回答した人数は 4 人であり関係の分析に十分なデータ数を得られなかったからである。

普段のセキュリティ行動については「スマホ・PC へのアンチウイルスソフトのインストール状況」の質問と通信傍受に対する意識との間に明確な関係は見受けられなかったが、「パスワードの使いまわし」に関する質問(図 6)は「気にならない」と回答する人がパスワードを使いまわすと回答する割合が高く、「公衆 Wifi の利用」に関する質問(図 7)でも「気にならない」と回答する人が公衆 Wifi を利用することに抵抗はないと回答する割合が高い。

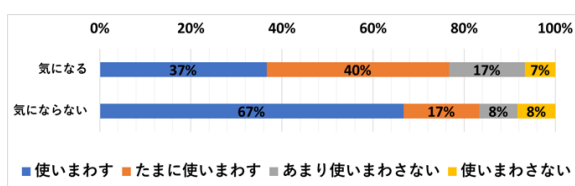


図 6 パスワードの使いまわしに関する質問の回答結果

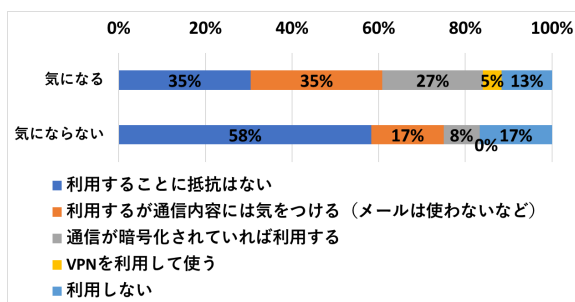


図 7 公衆 Wifi の利用に関する質問の回答

SNS でのプライバシー意識に関する質問については「SNS における非公開設定の度

合い」と「SNS に自分の写った画像を投稿することへの抵抗」についての回答を図 8 及び図 9 にまとめている。非公開の度合いについては「気にならない」と答えたうちの 67%が非公開にしていないと回答している。また、画像投稿への抵抗についての質問でも 42%が「抵抗がない」と答えている。標本数は少ないが SNS での非公開設定をしないこと、自分が写った画像を投稿することへの抵抗がないことと通信傍受に対する意識の関係が示唆される。

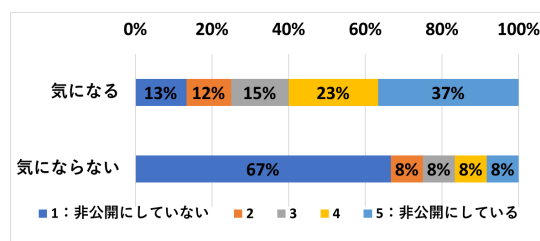


図 8 SNS における非公開設定の度合い

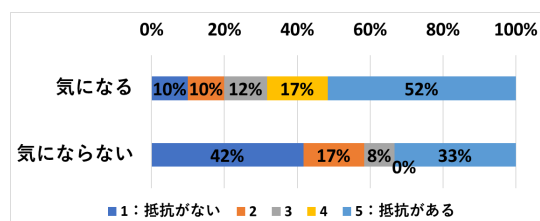


図 9 SNS に自分の写った画像を投稿することへの抵抗

5. 考察

本研究ではアンケート調査によって日本人と中国人の通信傍受に対する意識の差を解明することと、作業仮説である①セキュリティ意識が低い人ほど、通信傍受に対する意識も低い傾向にある。②SNS におけるプライバシー意識の低い人ほど、通信傍受に対する意識も低い傾向にある。の 2 点を検証して解明することを目的としていた。

図3, 5から, 30代以上の中国人は通信傍受に対する意識が高いだけでなく, 対策に関するリテラシも高いことがわかる。これは, 30代以上ですでに仕事で機密情報を扱う経験があることや, 社内での情報管理に関する研修等によるものではないかと考えられる。

図6, 7からは, セキュリティ意識が低い人ほど通信傍受に対する意識も低い傾向にあることが読み取れる。これは作業仮説①を支持していると言える。

図8, 9からは, プライバシーに関する意識が低い人ほど, 通信傍受に対する意識も低いことが読み取れる。これは作業仮説②を支持していることを意味している。

以上のことから, アンケート調査でターゲットとした日本の大学生は, SNSにおけるプライバシー意識とセキュリティ意識が低い人ほど, 通信傍受に対する意識も低いことがわかった。

図4では中国人の若者が職業・通学先・勤務先, 検索・購入履歴等の情報を取られることを嫌がる傾向にあることが確認できた。これらは社会信用システムによってすでに政府によって収集されているデータであるにも関わらず嫌がっていることから, 社会信用システムに対する嫌悪感を抱いているか, それらの情報が取られることによる犯罪が日本より多いと推測することができる。また, 日本人の方がメールアドレスを抜き取られることを嫌がる傾向にあるが, これは迷惑メールを始めとする犯罪が日本に横行しているからではないかと考えられる。

通信傍受された内容が, 犯罪に利用されるケースと, 政府に利用されるケースの2つがあるが, 中国人の場合は前者である可能性が高いと考えられる。中国では通信傍受は当たり前で[9]政府が個人情報を持っていることに対して国民は違和感を抱いていないと予想されるのがその理由である。

一方, 日本の場合は政府が通信傍受することは, 特定の犯罪が絡むケースを除いて認められていない。そのため, 理由は異なるが中国と同様に犯罪に利用されることや, 自分のプライバシーが犯されることに対する危機意識が高いのだと考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究から, 日本の大学生のプライバシー意識とセキュリティ意識の2つと, 通信傍受に対する意識の間には正の相関があることが示唆された。また, 日中間や中国における年代の違いにおけるセキュリティ意識の違いも見出された。

今後は, 日本で大学生に限定していた調査対象を, 他の年代にも範囲を広げて検証する必要があると考えられる。

参考文献

- [1]コトバンク. 通信傍受.
- [2]朝日新聞. 警察の通信傍受, 昨年1万回超 12事件で82人を逮捕.
- [3]Glenn Greenwald, Ewen MacAskill (2013年6月11日). "Boundless Informant: the NSA's secret tool to track global surveillance data". the guardian.
- [4] Wikileaks. The Spy files.
- [5]高英起.不正発覚で処刑も…北朝鮮, 携帯電話の盗聴に巨額予算.
- [6] 日本経済新聞「ファーウェイ豪法人会長, 5G締め出しで事業見直す」 2019年2月5日.
- [7] Financial Times, UK says Huawei is manageable risk to 5G.
- [8] 独, ファーウェイの参加容認=5G整備で.時事通信社.2019年10月14日
- [9] 中国型情報化-アメリカ型情報化へのオルターナティブ-, 土屋大洋

天気とバス利用の関係の調査分析～筑波大学循環線を対象に

グループ演習7班

野澤健三 高梨絵理華 李燦時

アドバイザー教員 鈴木勉

1 背景

天気は日常生活に大きく影響を及ぼすが、天気自体はその時にならなければ正確には分からない。この状況が気象予報の登場により変化し、新聞やテレビ等のメディアにより1日や1週間の対策がしやすくなった。ほとんどの気象予報においては観測値と計算機による予測結果が多く用いられ人が予測することは減少しつつあるが、部分的には気象予報も資格を持った人間が気象予報の値を定めている。そのため、場合によっては実測値と予報値に差が生じることや予報が外れることがある。実際の天気と経済との関係について、天候デリバティブとともに研究がなされている。そして様々な保険会社によって代表的な天候とその影響について公表されており、その一例として損保ジャパン日本興亜のものを図1に示す [1]。天気や天候は経済に影響を与えており、そ



図1: 天気とその影響

の影響の仕組みについて研究が進んでいるが、天気予報のもたらす影響について調べているものは皆無であった。そこで我々は、天気予報のもたらす影響について、様々な影響があると考えられる中で、天気が交通機関に与える影響を調査し、分析を行う。そうすることによって混雑予想や雨天時のバスの遅延を予測することが可能になると考える。

2 研究内容

関東鉄道バスより得た筑波大学循環のIC利用者の記録と日本気象協会から過去のつくば市の天気予報のデータと気象庁より過去のつくば市の実天気データを得て統計的処理を行い、天気予報と交通手段との関係を調べる。ここで、気温や降水確率など様々な天気予報の種類があるなかで、比較的關係性が高

いと考えられる観測された天気での降水の有無や降水に関する天気予報の尺度を用い、IC利用者との関係を分析する。また、筑波大学関係者を対象としたアンケート調査を行い、天気予報と天気による通勤通学手段への影響について分析を行う。これらの分析結果を交えて天気予報の交通手段に与える影響を統計的に分析しアンケート調査の評価を行う。

3 既存研究

既存研究として重回帰分析を用いて分析を行っている行楽地に与える天候の影響についての研究 [2] や気象情報の消費者行動に与える影響に関してなど天候が与える影響についての既存研究が存在する [3]。しかし、天気予報及び天気が交通機関に与える影響の調査は行われていないため、本研究で扱う。

4 インタビュー調査の概要

天気が変わる時、利用する交通手段も変わる可能性がある。天気が変わる時にバスや電車などの公共交通機関を利用することが考えられ、経験的に公共交通機関を利用する乗客が増えている。しかし、実際の天気が変わった場合、その影響はどのくらいかわからない。交通手段の選択に対して、雨の時に傘を準備状況も影響があるはずなので、実際の天気と天気予報による交通手段の選択と傘の準備状況が明らかにするため、筑波大生を対象に普段、雨と突然の雨の時に通学手段についてインタビュー調査を行った。

5 インタビュー調査の分析

今回の調査対象は筑波大生として、得られた回答数は30であり、年齢層はすべて20代である。30人の内、ほとんどはカード(ICカードまたは定期券)を使ってバスを利用し、約93.3%である。現金を使う学生が2人(約6.7%)しかない(図2)。

調査結果によって、天気情報の入手媒体と天気予報での重視項目がわかった。図3のように、天気情報を入手する方法について、学生が一番利用する方が天気予報アプリである(約83.3%)。ウェブサイト・検索を利用する学生が43.3%であり、天気予報をあまり気にならない学生が1人しかない。そして、

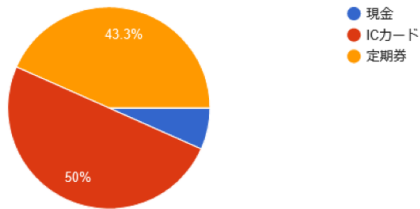


図 2: バス利用時の支払い手段

図 4 に示すように天気予報を見る時、重視する項目は降水確率（約 80 %）と気温（約 73.3 %）である。天気マークを見る人も多く、約 63.3 %であった。降水量や風向、風速などの指標に対して、学生はあまり見ないようだ。つまり、学生に対して、降水確率が気になるが、より具体的な天気データは注意しないと考えられる。

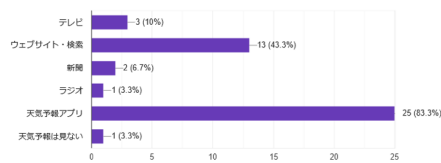


図 3: 天気情報の入手媒体

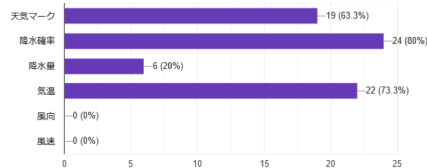


図 4: 予報での重視項目

続いて天気情報と交通手段について、普段（雨が降らない時）バスを利用しない場合（図 5）、自転車や徒歩を選んで通学する学生が一番多く、バスを利用する場合（図 6）に 19 人であって、人数も多い。そしてよく利用する路線（多数は筑波大学循環を利用する）では、片道の通学時間と利用頻度を聞いて、大学地区の周り、宿舎やつくば市内から通学している学生が多いと推測され、バス停までの距離が短い、バス停に行くことが便利であるということが考えられる。

雨が降る時に、バスを除いた場合に徒歩で通学する学生が一番多くなっていて（図 7-図 8）、雨が降る時のバスの利用状況ではバスを利用する学生も多くなっている。それは筑波大学循環に乗る乗客が増えていることが示唆される。雨の時、自転車や自動車を利用する学生が減少し、雨に濡れないように徒歩やバスを選んだ可能性がある。突然の雨の場合、徒歩とバスを選択する学生が一番多く、予報で雨の時と比べて自転車を選擇する学生が少なくなった。それは突然の雨の時に、傘を準備しないので、そのまま

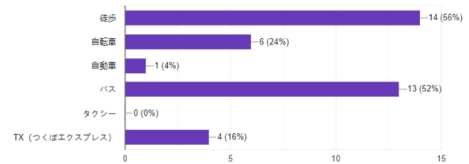


図 5: 普段の時の通学手段（バスを除く）

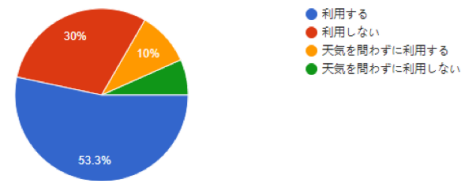


図 6: 普段の時バスを利用する状況

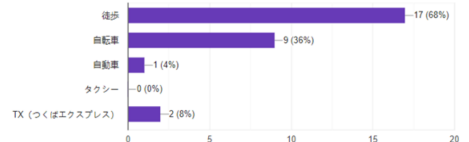


図 7: 雨の時の通学手段（バスを除く）

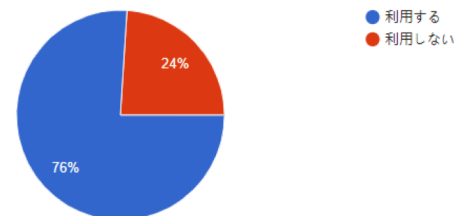


図 8: 雨の時バスを利用する状況

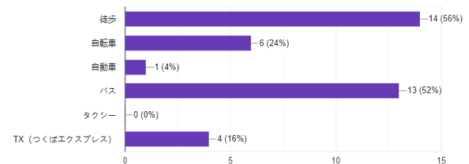


図 9: 突然の雨の時の通学手段

に自転車を乗ると濡れてしまう可能性があつて、自転車をやめると推測される。

そして雨の程度によってバスを利用するか利用しないかの決定も変わるかもしれない。図 10 と図 11 によって、予報で雨（3～10mm）以下の場合バスを利用する学生が突然の雨の場合より減少し、他の状況は変わらないようだ。それは突然の雨の時に、傘などの器具を準備しておらず、濡れないためバスを利用することだと考えられる。しかし、雨（3～10mm）の場合、予報で雨の時に 24 % の学生がバスを利用して、突然の雨の時にバスを利用する学生が 28 % になった。

6 天気予報および実天気

天気予報については前日 21 時を初期値とした翌日の 7 時から 24 時までの 1 時間おきの天気予報で、降水量と気温と風速といった項目がある。天気予報と実天気について、予報降水量と観測された降水量において比較を行い降水に関する指標の計算および予報

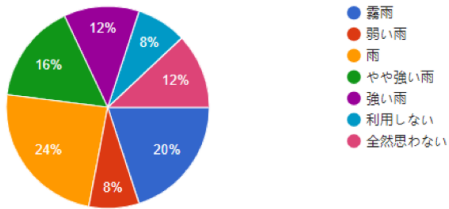


図 10: 予報で雨の程度とバスの利用状況

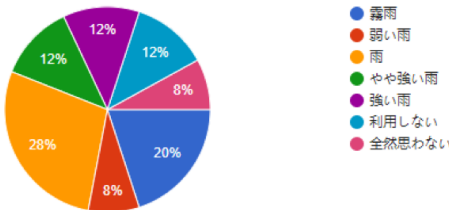


図 11: 突然の雨の程度とバスの利用状況

の天気と観測された天気をそれぞれの分析を行った。

降水に関する指標としては見逃し率と空振り率がある。降水の有無の定義を表 1 に、見逃し率と空振り率の定義について下に示す。

表 1: 降水確率と傘の準備状況

	観測降水量
降水あり	1mm 以上
降水なし	1mm 未満

$$\text{見逃し率} = \frac{\text{降水なしと予報して降水があった回数}}{\text{全予報回数}}$$

$$\text{空振り率} = \frac{\text{降水ありと予報して降水がなかった回数}}{\text{全予報回数}}$$

本研究では天気予報と実天気からこれらの見逃し率と空振り率を 1 時間ごとに着目し、見逃し、空振りしているものに関してをピックアップし、バス乗降車数統計データに当てはめ分析を行う。

まず、バスのデータが 15 か月分であったため直近の 15 か月の天気について、統計的処理を行った。つくば市における雨の特性について、10 月から 4 月にかけては雨が少なく、雨が降る日が約 10 % 以下であった。また 5、6 月では約 25 % 程度で、9 月では約 50 % 程度であった。雨天時にはかなりの高確率で見逃し又は空振りが発生していた。降水のあった日と見逃し又は空振りが発生した日付を記録し、次のバス乗降者数統計データとの関係性を分析していく。また、使用した予報データでは見逃しもしくは空振りのあった日は 15 か月で 70 日あった。

7 バス乗降車数統計データ

提供していただいた 2018 年 4 月 1 日から 2019 年 6 月 30 日までの IC 利用者の資料の集計を行い、1 日毎の利用者について筑波大学循環線の右回りと左回りと循環線全体の 3 種類を図 12 に示す。

IC 運賃支払いの導入からの 15ヶ月 (456 日間) の記録について、図 12 からいくつか突発的に利用者が多いことが確認できる。2018 年の 4 月 6 日や 2019 年の 4 月 8 日といった筑波大学の入学式当日や 11 月 3,4 日の雙峰祭の日に突発的に IC 利用者の数が特に増えている。他の利用者が多い日では卒業式前後と夏休み開始直後と 1 月末の推薦入試、2 月末の前期入試、3 月中旬ごろの後期入試といった要因があると考えられる。筑波大学循環線ではバスの利用者数に関し

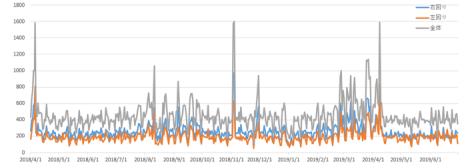


図 12: 循環線利用者数の推移

て全数調査を年に 2,3 度実施しており、その結果について図 13 に示す。図 13 から過去 5 年の調査実施日

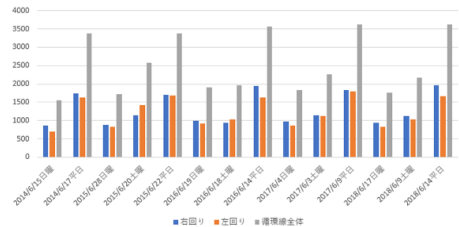


図 13: 循環線利用者全数調査結果

は晴れまたは曇りで、平日では約 3500 人、土日では約 1700 人に筑波大学循環線が利用されている。この全数調査結果と IC カード利用者の記録で同日のものを循環線全体について利用者数の比較結果を表 2 に示す。

6 月については 2 年分の IC 利用者の結果があり、図 12 の IC 利用者の推移では比較的安定している時期であるため、基本的にはバス利用者のうちこの割合で IC 利用者がいると推測する。ただ、筑波大学循環線は筑波大学関係者の利用が非常に多いと考えられ、定期利用者が残りの 8 割程いると推測できる。学生については夏季休業、春季休業で利用者が減少すると考えられ、その他関係者は通年で一定であると推測される。バスの利用者について平日と休日での

表 2: 2018 年全数調査と IC 利用者の比較

	全数調査結果	IC 利用数	割合
6/17	1751	314	0.179326
6/9	2161	407	0.188339
6/14	3630	378	

利用者数の差が大きいため、母数の大きい平日について着目していく。まず、平日における月毎の 1 日平均利用者数と月毎の雨の日の 1 日平均利用者数について図 14 に示す。図 14 における点線はこのデー

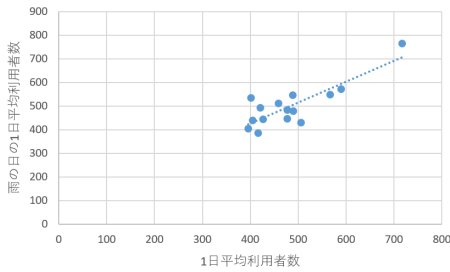


図 14: 月毎の 1 日平均利用者数

タにおける近似直線 ($y = 0.8864x + 70.441$) である。このときの R2 係数は 0.699 で平日における利用者の 1 日平均と雨の日の 1 日平均は関係があるように見えたが、T 検定における P 値の値は 0.26 となり有意差がないと考えられる。

また、平日における月毎の 1 日平均と月毎の見逃しのあった日の 1 日平均と月毎の空振りのあった日の 1 日平均について図 15 に示す。図 15 では横軸に平日の月毎の 1 日平均利用者数とし、縦軸に見逃し又は空振りのあった日の 1 日平均利用者数である。水色の点が見逃しのあった日の 1 日平均利用者数のデータで、オレンジ色の点为空振りのあった日の 1 日平均利用者数のデータである。

図 15 ではどちらも R2 係数は 0.5 未満でデータ間のばらつきが大きく、良い説明変数であるとは言えない。ここで、空振りに関するデータでは 2 つほど空振りの無い月があるので、このデータを外したものを図 16 に示す。図 16 では近似直線 ($y = 1.013x$

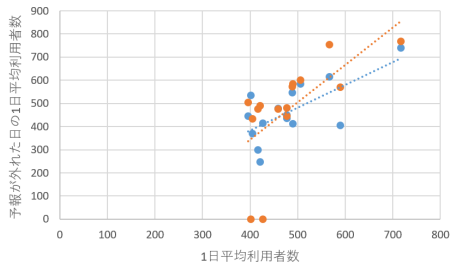


図 15: 月毎の 1 日平均利用者数と見逃しと空振りのあった日の 1 日平均利用者数の相関

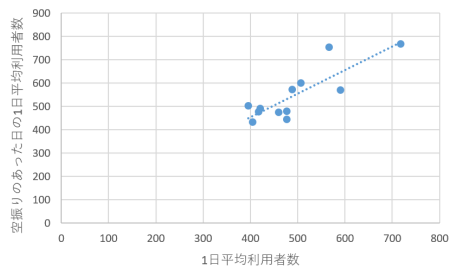


図 16: 月毎の空振りのあった日の 1 日平均

($+ 50.708$) と R2 係数は 0.6949 となり、T 検定における P 値は 0.0048 と十分に小さく有意差があると言える。

8 考察

普段筑波大学循環周りでは徒歩や自転車、バスを利用する学生が多く、雨の時には徒歩や自転車をやめてバスを利用する学生も多い。学生に対して天気予報よりも実際の天気が交通手段の選択に影響がある。

突然の雨に対して交通手段としてバスを利用する人の多くは IC 利用者ではなく、定期券の利用者だと考えられる。IC 利用者では雨のある日には乗客数が雨以外の日以上になった月が多いが、定期利用者数の増加数は更に大きいと考えられる。

9 結論

関東鉄道バスより得た筑波大学循環の IC 利用者の記録と日本気象協会から過去のつくば市の天気予報のデータと気象庁より得た過去のつくば市の実天気データから統計的処理を行った。また、アンケート調査を行う事によって上記統計的処理との比較を行った。結果、天気とバスの乗降車数データからバスの乗降車数は天気によって変動することが分かった。また、加えてインタビュー調査からも変動が示唆される結果となった。

10 今後の課題

本研究では前日予報と実天気の降水量のみで調査を行ったが、前日の天気や当日の気温も影響すると考えられ、これらも考慮しつつ調査分析できると良い。既存研究であったように今後重回帰分析等を用いて更に天気が交通機関に与える影響を細分化し調査する。また、筑波大学循環バスには定期利用者が多い等の特徴が挙げられるため今回は交通 IC カード利用のみであったが定期利用に関しての調査を行い、更に大学で行われているイベント等天候以外の影響も今後は更に考慮していくべきである。

11 謝辞

関東鉄道株式会社自動車部のデータ提供に感謝する。日本気象協会のデータ提供に感謝する。

参考文献

- [1] 損保ジャパン日本興亜：“主な天候リスクと企業利益の関係”，2014。
(https://www.sjnk.co.jp/hinsurance/art/weather_derivative/mrelation/).
- [2] 厚木麻里. 行楽地に与える天候の影響についての研究. 2017.
- [3] 小山太郎. 気象情報の消費者行動に与える影響について.

救急車の赤信号交差点進入時のリスク要因分析 及び被害軽減ブレーキの導入課題

リスク工学グループ演習第8班

木南優希 木下仁視 根本美里 陳昭衡

アドバイザー教員 齊藤裕一

1. はじめに

2019年8月、東京都千代田区において、赤色灯をつけ、サイレンを鳴らし、スピーカーで緊急性を伝えながら走行していたパトカーが、赤信号の交差点を直進する際に男児と衝突する事故を起こした^[1]。まちの治安を守るために日々訓練をしているパトカーを運転する警察官であっても、交通事故を発生してしまうことがある。

ここで、パトカーは、道路交通法において緊急自動車に指定されており、緊急用務を遂行するために右側通行の特例や停止義務免除の特例等が定められている^[2]。故に、赤信号を示す交差点でさえ、車両は直進が可能である。緊急自動車の種類としては、パトカーの他にも、消防車や救急車、自衛隊の車両、また電力会社の所有車両等、様々な車両が挙げられる。

緊急自動車の中でも、救急車の需要は年々高まっている。平成30年版消防白書^[3]によれば、救急車による全国の救急出動件数は634万2,147件となり、増加傾向にある。救急車の出動件数が増加するほど、先のパトカーの事故と同様の事例を発生させる事故リスクが上昇することは想像に難くない。

そこで、救急車が関与する交通事故の発生を防ぐ研究は取り組まれてきた。新藤ら^[4]は、消防隊員を対象にドライブレコーダーを用いた振り返り訓練を実施し、交通事故防止に向けたコミュニケーション施策として有効性を示し

た。山田ら^[5]は、緊急走行時の映像を活用した運転教育資料を作成し、紙面上の資料に比べ疑似走行が可能な点等の有用性を挙げた。秋月ら^[6]は、救急車の緊急走行時と救急隊の屋外活動時に遭遇する交通事故危険の制御に資する知見を得るために、事故の根本的原因及びヒューマンエラーを抑制する運転態度を明らかにした。

上記の既往研究を見ると、救急隊員、人間の認知力や技能を向上させ、交通事故防止を発生させないように研究が取り組まれてきた。

2. 目的

先のパトカーの事故事例が発生しているように、人間の能力向上のみでは交通事故発生は防げず、交通事故防止には、救急車を取り巻く科学技術の視点を考慮する必要がある。

そこで、本演習では、赤信号交差点に進入する救急車に着目し、赤信号交差点進入時のリスク要因を分析し、事故防止対策に有用と考えられる科学技術を調査し、救急車を取り巻く科学技術の実現可能性について検討する。

はじめに、救急車の赤信号交差点進入時のリスク要因を把握するために、総務省消防庁が公開する「消防ヒヤリハットデータベース」を用いて、事故発生の背景にある要因の連鎖関係を記述する分析(DREAM)を実施した。次に、特定したリスク要因に有用だと考えられる科学技術を調査し、現役の救急隊員へのインタビューに基づき、救急車を取り巻く科学技術の実状、並びにその実現可能性を明らかにする。

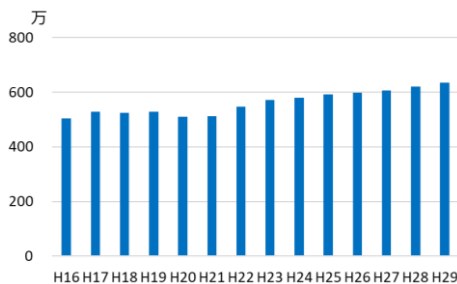


図1 全国の救急出動件数^[3]

3. 救急車の赤信号交差点進入時のリスク要因分析

DREAMを用いた分析の目的は、赤信号交差点に進入する際に救急車の運転者が直面するリスクの背景要因を調査することである。

3.1 消防ヒヤリハットデータベース⁷⁾

消防ヒヤリハットデータベース（以下、消防ヒヤリハットDB）は、総務省消防庁が公開している、全国の消防本部の事故及びヒヤリハット事例情報をアンケート方式の調査票によって収集・共有・蓄積するシステムである。調査票の一例を図2に示す。

本演習において、消防ヒヤリハットDBに「救急」業務内の「交通事故」事例は350例ある。その内、交差点進入時の場面に限定することで53の事例を分析対象とする。

3.2 分析手法 DREAM

Driving Reliability and Error Analysis Method（運転の信頼性と誤りの分析方法）の頭文字を取った「DREAM」という分析方法を採用し、救急車の交差点進入時におけるリスク要因を分析する。DREAMは、限りある運転者の能力を補完する先進運転支援（ADAS）を目的とする車両支援機能の開発を促進するために編み出された分析・技法であり、道路交通環境下における事故・インシデントの因果関係の情報を分類し、その得られた知識を保存できる点で優れている。

消防ヒヤリハットデータベース事例回答シート (No. 070400)

【事例概要について】

1. 事故・ヒヤリハットの別	ヒヤリ
2. 体験した事例の名称	緊急走行（救急車）で赤信号交差点を直進するため進入した際、一旦停止した右側車線後、直進した大型トラック後方で見えなかった車両が右から交差点内に進入し衝突しそうになった。
3. 体験した事例の中心的事象	列時もあり交通量が少なかったため直進し、トラックの後方に後続車両が「いるかもしれない」と予測しなかったため。
4. 体験した事例の原因・理由	横断車が前を見て直進する際、アクセルを踏む前に再度右を確認すべきであった。後行進入していたため衝突はしなかったが、速度によっては事故に繋がっていた。

【体験した事例の直接的な原因について】

1. 体験した事例の直接的な原因	状況判断に問題があった。
------------------	--------------

【体験した事例について】

1. 発生日時	平成 17年 6月 6日	午後 2時頃
2. 発生した当時の天候	曇	
3. 発生した活動環境	屋外：緊急走行車線は、片側1車線、交差する車線は、中央分離帯あり別な車線	
4. 体験した事例の経緯	回答者が、自分自身で直進した。	
5. 事故の程度（ヒヤリハットの程度、直に危険したときの程度）	直進の危険をしていた（させていた）だろう。	
6. どのようなことが起きたのか（起きたようになったのか）	交通事故。	
7. 事例体験時の活動	緊急、【 】	
8. (7の活動中) どのような作業中に発生したか	その他：現場へ緊急出動で走行中	
9. 同様の体験は、これまでどの程度の頻度で体験していますか。	初めて体験した。	

図2 消防ヒヤリハットデータベース一例

3.3 DREAM 適用事例

DREAMの分析手順は、次の5ステップで、

- ① 事件事例情報の収集
- ② 事故概要の詳細化
- ③ 事故の重大因子の選択
- ④ 重大因子の起こり得る寄与要因の選択
- ⑤ 寄与要因の関連検討

となる。手順①②は消防ヒヤリハットDBによって満たされる。なお、重大因子や寄与要因はDREAM付録の表中から選択していく。

ここで、図2で示した事例について分析してみたい。図2の調査票には、図3のようなヒヤリハット現場の描写が描かれている。事故概要を通じてヒヤリハットの発生に導いた重大因子は、見えない車両を認識しないまま発進した「早すぎる行動(Too Early Action)」に当てはまる。早すぎる行動を引き起こす要因となったのは、大型トラック後方の車両を認識できない「状況の誤判断(Misjudgment of the Situation)」があった。さらに、状況の誤判断を招く要因となったのは、大型トラックにより後方を確認できない「見誤り(Missed Observation)」や、車両は接近してこないだ

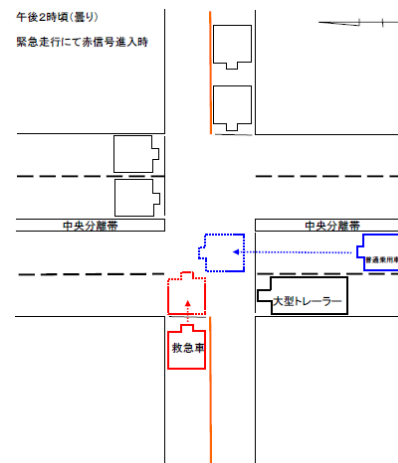


図3 ヒヤリハット現場の描写

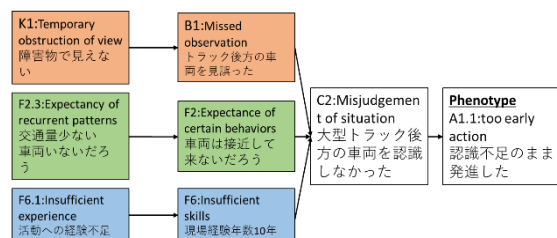


図4 DREAM 分析の一例

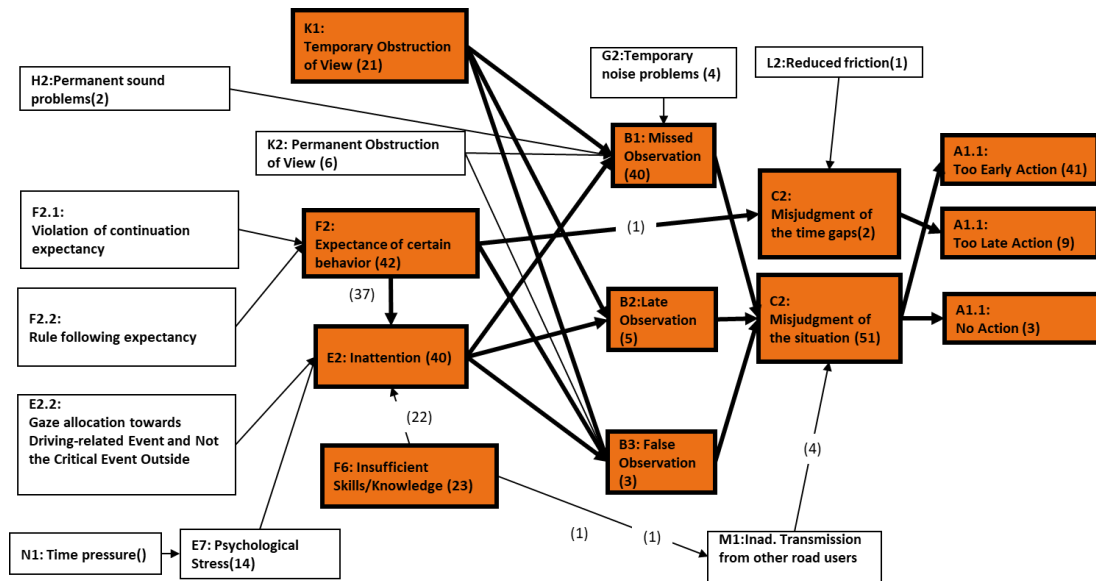


図5 DREAMによるリスク要因分析結果

ろうという「期待(Expectance of certain behavior)」, 経験年数の少なさによる「技術不足(Insufficient Skills)」が挙げられる。このようにして、ヒヤリハットの発生という結果を視点にして、それに関与した背後要因の連鎖を可視化していく。これらの関係を整理すると、図4のとおりになる。

3. 4 結果と考察

消防ヒヤリハットDB53例をDREAMによって分析した結果は図5のとおりである。括弧内の数字はリスク要因として選択された個数であり、顕著なものに色付けしている。

救急車が赤信号交差点進入時においてヒヤリハット発生を経験する重大因子は「早すぎる行動」である。早すぎる行動を引き起こすのは「状況の誤判断」であり、一般車両は停止してくれるだろうという「期待」、また停止した車両の死角に起因する「見誤り」が大きく関係している。

図2の一例にもあるように、「救急車は赤信号交差点進入前に一時停止し『左右確認後』、発進したら大型トラック後方で『見えなかった』車両」によって、すなわち人間の死角からの車両によってヒヤリハットに遭遇している。一般車両の運転者は停止してくれるだろうという期待が救急車の運転者は有すると推察されるが、救急車は赤信号交差点前で一時停止し、安全には最大限配慮している。

では、停止車両の死角といった人間の認知能力では把握しきれない範囲を補ってくれるものは、科学技術だと考え

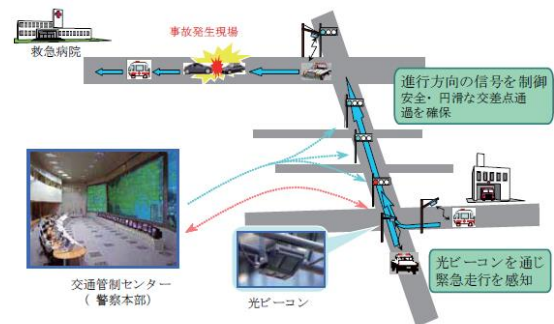


図6 現場急行支援システム(FAST)^[8]

る。救急車を取り巻く環境に科学技術が導入されていれば、交通事故には至らずヒヤリハットで収まる場面が増加するという仮説を立てる。

4. 救急車を取り巻く科学技術

救急車を「外」部からサポートするような科学技術と、救急車事自体に装備された「内」部の科学技術に大別される。

4. 1 救急車外部の科学技術

救急車外部の技術として、現場急行支援システム(FAST)が挙げられる(図8参照)。FASTは、緊急自動車が緊急走行を行う際に、優先的に走行できるよう信号制御を実施するシステムである。信号制御をおこなうことで、救急車は、赤信号交差点に進入することが減少するため、交通事故に遭遇するリスクは低下するだろう。高田らの研究^[9]によれば、FASTが救急車の交差点通過時における走行速度の向

上、また走行挙動の安定性改善に顕著な効果をもたらしていることを明らかにした。しかしながら、ヒヤリハットの遭遇が減ったという記述は見当たらない。

FASTの技術が導入されれば、ヒヤリハット遭遇率は減少するだろうが、信号機や交通管制センター等のまち全体の大規模な整備が必要となることから、FASTの導入が進まないと察するため、本演習ではFASTの詮索には焦点を当てないこととする。

4.2 救急車内部の科学技術

救急車内部の技術として、先進運転支援システム(ADAS)が挙げられる。ADASには、衝突被害軽減ブレーキ、車線逸脱抑制装置、後方視界情報提供装置、高機前照灯装置、ペダル踏み間違い時加速抑制装置等がある。これらの技術の中で、救急車の交差点進入時に有用だと考えられるのは衝突被害軽減ブレーキである。衝突被害軽減ブレーキの概要は図7に示される。交差点での死角からの車両という突然のイベント発生に対して、人間の知覚・認識・判断・操作に代わって、機械システムが衝突を防ぐ、あるいは軽減させる衝突被害軽減ブレーキを作動させる。これによって、事故・ヒヤリハットを未然に防ぐ、あるいは被害を軽減させる対策は強固となる。

しかしながら、書籍やWeb等で救急車に衝突被害軽減ブレーキが導入されているか否かについて調査してみると、導入されていない実態が見えてくる。衝突被害軽減ブレーキは救急車の安全を向上させるに資すると考えられるが、なぜ導入されていないのか。これは本演習の問いである。現役の救急隊員にインタビューを実施し、救急車への衝突被害軽減ブレーキの導入課題を検討する。



図7 衝突被害軽減ブレーキの概要⁸⁾

5. 衝突被害軽減ブレーキの導入課題

はじめに、救急車に衝突被害軽減ブレーキが導入されていない仮説を設定し、次に、インタビューする消防本部を選定し、さらに、救急搬送に従事する救急隊員のヒヤリハットへの意識や衝突被害軽減ブレーキの希望有無を調査する。仮説を検討し、救急車への衝突被害軽減ブレーキの導入課題を定性的に把握する。

5.1 仮説の設定

繰り返しになるが、救急車に衝突被害軽減ブレーキが導入されていれば、交差点での死角からの車両という突然のイベント発生に対して、人間の認知・判断・操作の機能に加えて、機械システムの認知・判断・操作によってヒヤリハットを回避できる安全は高まると考えられる。現実的に導入されていないことを鑑みると、衝突被害軽減ブレーキが作動することが救急車にマイナスに働くとも考えられる。このことから、以下2点の仮説を設定し、その仮説の検証のために用いるインタビュー項目を箇条書きで記す。

仮説1：傷病者への影響

前方の障害物（一般車両等）に対する警報に運転者が気付かない場合には、自動でブレーキが作動する。この時、0.7Gほどの加速度が救急車には発生しうる。急ブレーキが生じることから、傷病者搬送に影響があり、導入が進まない。

- ・ 傷病者搬送中に救急車内で実施されている活動について。
- ・ 救急車への衝突被害軽減ブレーキ導入の希望有無（希望有の場合、衝突被害軽減ブレーキ作動時に0.7Gの加速度が発生するが、それでも導入希望か）
- ・ 急ブレーキをしない運転の心がけ

仮説2：費用対効果

リスク要因分析で使用した消防ヒヤリハットDB53例には、救急隊員の経験年数及びヒヤリハット体験頻度が記載されている。この情報から、救急隊員は約2年に1回ヒヤリハットに遭遇していると推定できる。救急車は、出動件数が多く車両の整備や更新を考える時、衝突被害軽減ブレーキを導入するコストに対して費用対効果が低く、導入が進まない。

- ・ 交差点進入時のヒヤリハット経験の有無

・ 救急車の更新年数

5. 2 消防本部の選定

A 消防本部と B 消防本部の 2 つを選定した。選定理由は簡条書きで示す。

【A 消防本部】

- ・ 県内で最大の救急出動件数であり、ヒヤリハット事象に多く遭遇している可能性がある。
- ・ 広域化によって財政面に余裕が生まれ、科学技術に投資している可能性がある。
- ・ 東日本大震災の被災によって、順次、救急車を更新し、科学技術を導入した可能性がある。

【B 消防本部】

- ・ A 消防本部とは対照的に、県内で救急需要の少ない消防本部である。
- ・ 研究機関と連携している可能性がある。

5. 3 インタビュー結果

A 消防本部から 2 名、B 消防本部から 1 名にインタビューを実施し、その回答を以下に示す。

A 消防本部・αさん (26 才) 経験年数 : 3 年
傷病者搬送中の救急車内の活動
容態観察, 心肺蘇生, 特定行為の救命処置. 針等を扱い, 救命処置には危険を伴っている。
救急車への被害軽減ブレーキ導入の希望有無
導入できるならば希望する。
0.7G の加速度が生じるが, 導入希望有無
希望しない。
急ブレーキしない運転の心がけ
ブレーキペダルに足を構える意識, 車間距離を広めに確保する, もらい事故をもらわないようにする, またコメントアードライブ。
赤信号交差点進入時のヒヤリハット経験
無。
救急車の更新年数は何年か
10 年以上. 数十万 km 走行している。

以後、救急隊員に共通する「傷病者搬送中の救急車内の活動」のような質問はしないこととする。

A 消防本部・βさん (25 才) 経験年数 : 5 年
救急車への被害軽減ブレーキ導入の希望有無

希望しない。衝突被害軽減ブレーキの機能・性能を把握していない。
急ブレーキしない運転の心がけ
危険予知。イメージを膨らましている。
赤信号交差点進入時のヒヤリハット経験
無。
救急車の更新年数は何年か
10 年以上. 故障が生じた時。

なお、A 消防本部の救急車に衝突被害軽減ブレーキは導入されていない。また、広域化しているとはいえ財政面に余裕はなく、計画的な救急車の更新を実施していると回答を得た。

B 消防本部・γさん (35 才) 経験年数 : 12 年
救急車への被害軽減ブレーキ導入の希望有無
希望しない。事故を起こさないように訓練を積んでいる。
急ブレーキしない運転の心がけ
危険予知。図 3 のヒヤリハット現場は、トラックの死角に加え、徐行が始まった中央分離帯が越えてからも危険が潜んでいる。
赤信号交差点進入時のヒヤリハット経験
頻繁にある。
救急車の更新年数は何年か
故障や走行距離によって更新される。

なお、B 消防本部は、最先端の技術は取り入れているものの、衝突被害軽減ブレーキは導入されていない。図 3 を見た時に、即座にトラックの死角以外にもヒヤリハット発生箇所を指摘し、ヒヤリハット経験が頻繁にあるという発言から、危険予知が高いものであると感じた。

5. 4 仮説の検証と導入課題

インタビューの結果から、

- ・ 傷病者搬送中は救命処置を実施によって危険を伴っているため、救急車は安定的な走行が求められる。このことから、0.7G という衝突被害軽減ブレーキの減速加速度は避けるべきである。
- ・ ヒヤリハットへの認知のずれはあるものの、ヒヤリハットにいつ遭遇してもおかしくない業務である。と現役の救急隊員の意見が見えてきた。

したがって、「仮説1：傷病者への影響」について、救急隊員は、衝突被害軽減ブレーキの減速加速度が激しいことに起因して、衝突被害軽減ブレーキを希望しない風潮があり、これによって救急車への衝突被害軽減ブレーキ導入が進まない。「仮説2：費用対効果」について、救急車は10年以上乗ったり、数十万km走行したりするうえ、ヒヤリハットに遭遇し、衝突被害軽減ブレーキは作動見込みありと考えられるため、費用対効果は高いと考える。人命を搬送する高貴な職業のため、コストを考えることはナンセンスでもある。

総じて、救急車に衝突被害軽減ブレーキが導入される時は、衝突被害軽減ブレーキの減速加速度が現在よりも小さくなり、傷病者搬送に影響を与えないようになり、救急隊員に衝突被害軽減ブレーキの性能を理解が得られた時である。むしろ、0.7Gほどの加速度が生じうる衝突被害軽減ブレーキというより、走行速度の抑制に働きかけるインテリジェント・スピード・アダプテーション (ISA) の活用が安全性向上のうえで効果的になりうるかもしれない。

6. まとめ

救急出動件数が増加傾向にある昨今、救急車の赤信号交差点進入時におけるリスクに着目し、DREAMという手法で、「救急車は赤信号交差点前で一時停止し安全には配慮しているが、人間の死角からの車両によってヒヤリハットに遭遇する」リスクを特定した。

人間の能力を補う、救急車への衝突被害軽減ブレーキの導入を検討したが、現役の救急隊員のインタビューを通じて、「衝突被害軽減ブレーキの減速加速度が現在よりも小さくなり、傷病者搬送に影響を与えないようになり、救急隊員に衝突被害軽減ブレーキの性能を理解が得られた」時に導入が進むと言えるかもしれない。しかしながら、本演習の取り組みの結果は、あくまで、数名の隊員のインタビューを通じて被害軽減ブレーキの導入に対する意見について回答を得たに過ぎない。したがって、被害軽減ブレーキの導入における課題を把握できたことに留まっており、現実に導入した際の効果の推定等は、今後の課題になる。

その効果推定と、被害軽減ブレーキの機能・性能を把握していないという意見を鑑み、技術に対する理解・教育を行うことが今後の課題となる。

参考文献

[1]東京新聞 Web 版：

<https://www.tokyonp.co.jp/article/national/list/201908/CK2019081902000125.html> (最終閲覧日：2019年10月14日)。

[2]交通法令研究会緊急自動車プロジェクトチーム編：五訂版緊急自動車の法令と実務，東京法令出版，2008。

[3]総務省消防庁：平成30年消防白書

https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/h30/items/h30_hakusyo_all.pdf (最終閲覧日：2019年10月14日)

[4]新藤貴久，細谷昌右，高井啓安：交通事故防止に有効なコミュニケーション醸成方策に関する検証，消防技術安全所報，No.48，pp.84-91，2011。

[5]山田正人，林雅史，山下孝文：緊急走行の実写動画を活用した運転技術教育資料の作成，消防機器の改良及び開発並びに消防に関する論文平成23年度，pp.21-30。

[6]秋月万恵，糸井川栄一：救急業務における交通事故の人的要因に関する研究—背景要因と抑制要因に着目して—，筑波大学大学院システム情報工学研究科修士論文，2015。

[7]総務省消防庁 HP：

<https://internal.fdma.go.jp/hiyarihato/index.html> (最終閲覧日：2019年10月14日)

[8]内閣府：平成30年版交通安全白書

https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h30kou_haku/index_zenbun_pdf.html (最終閲覧日：2019年10月14日)

[9]高田邦道，稲葉英夫，南部繁樹：金沢市における現場急行支援システム (FAST) の導入効果，国際交通安全学会誌，Vol.34，No.3，pp.301-308，2009。

情報受信者の違いによる リスク認知の齟齬とその原因の共通性

9 班（伊藤誠教授）

筑波大学システム情報工学研究科

リスク工学専攻

加藤、木村、広瀬、布施

背景

インターネットやスマートフォンなどの普及により、一昔前よりも多くの情報が誰でも簡単に手に入れられる社会が形成されつつある。このような社会はとても便利であり、情報収集や知識の習得が容易になったといえるだろう。

しかし、一見すると良い社会であるが、「誰でも」という部分に落とし穴があると私たちは考えている。誰でも情報を手に入れられるということは、情報を正確に理解するための前提知識を持たない人々も含まれてしまうのだ。このことによって情報が多くの人に向けて発信された際、受け取り手の違いにより、コミュニケーションの齟齬が生まれてしまう。この現象は、多くの情報について当てはまり、重要な情報の 1 つである、リスク認知に関するものも例外ではない。

そこで我々は、実際に社会で起こっている問題について、情報受信者の違いによるリスク認知の齟齬と、その原因の共通性に着目し、本研究を行うこととした。

目的

本研究の目的は、過去、もしくは、現在生じているリスク認知の齟齬の原因を分析・分類することにより、今後、情報を発信する際に、情報受信者の違いによって、齟齬が生じにくい形での発信ができるようにすること、または、どのようなタイプの齟齬が起きるかを事前に予測し、適切な対処を行うための一助とすることである。

仮説

仮説として、以下の 2 点を挙げた。

- ①分野が同じであれば、共通する要因が多いことが予想されるため、分野が同じ事例は同じクラスタに分類される。
- ②分野は違うが、齟齬の発生要因が近い事例は同じクラスタに分類される。

我々は以上のような仮説を設定し分析を行った。

手法

本研究における手法を説明する。研究の流れとしては、図 1 のようになっている。

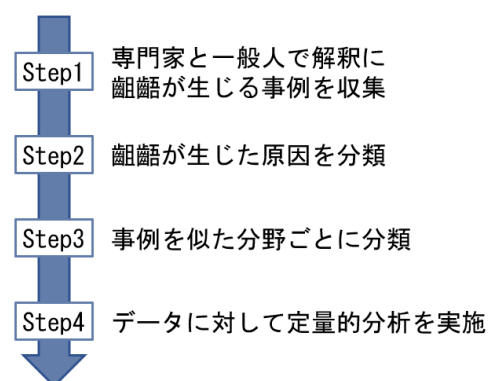


図 1. 研究の手順

収集した事例は図 2 に示すように、内容のテンプレートを作成し、具体的な事例の内容を当てはめていく。

分野	どの分野の事例か
内容	事例の内容
一般人の視点	一般人はどう考えているか
専門家の視点	専門家はどうか考えているか
損失	どんな損失があるか
本来どうあるべきか	本来どうあるべきか
将来予測	将来どのような事態になると考えられるか



分野	エネルギー
内容	太陽光パネルの設置により、森林破壊や住民が不利益を被る
一般人の視点	生活水の汚染や森林破壊等が不安である
専門家の視点	十分な審査と発電量が必要である
損失	地下水の汚染、森林破壊
本来どうあるべきか	環境に配慮したうえで、住民の理解が得られるとよい
将来予測	今後、太陽光発電量が増加すれば問題も増えるのではない

図 2. 事例を当てはめる様子

次に、それらの事例に対して齟齬が起きる原因について議論し、要素として書き出していく。それら原因が意味する内容については図 3 で示している。

個の利益 v s 最大利益	個人の利益を追求した結果、最大利益が失われてしまう
短期利益 v s 長期利益	短期利益を追求した結果、長期利益が失われてしまう
代表性バイアス	代表的な事象にあてられて、他の事象でもその事象の印象に引きずられてしまう
意思決定者	最終的な意思決定者が恣意的な観点を含んで計画を判断してしまう
危険理解度	危険性を理解しているかどうか
慎重	情報を多面的にチェックせず一つの情報で判断してしまう
手間	横着して手間をかけるかどうか
主観と客観	客観的な根拠ではなく、主観的な根拠（偏見？）から判断してしまう
利便性	利便性を優先するかどうか
コスト	初期投資を渋って、拠出額が不十分な場合。逆もしかり
環境	環境に対する悪影響に配慮するかどうか

図 3. 原因の内容

それぞれの事例がどの原因の項目にあてはまるかを考える。原因があてはまるか否かは 0/1 を埋めることで表す。図 4 は 0/1 表を埋める様子を示している。

	個の利益 v s 最大利益	短期利益 v s 長期利益	代表性バイアス	意思決定者	危険理解度	慎重	手間	主観と客観	利便性	コスト	環境
紫外線の危険性	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
国産車販売制限	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
火力発電所	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
オゾン層問題	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
自動車の排気ガス	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
森林の太陽光パネル	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
交通計画の実施	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
騒音対策	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
法務の事案	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0
鉄道廃線	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
クルマ社会	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
自動運転のリスク除去	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
シーサイドライン	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
有名な番号	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
パスワード簡単	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
情報流出	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
PC子機	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Google アシスタント	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
バックドア	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
NIMBY問題	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
ハザードマップ	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
防波堤	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
避難訓練	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
授業停止	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
経路所・場所の閉鎖	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
税金等の過剰利用	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0

図 4. 各事例の 0/1 表

ここからは各手順の詳細な説明にうつる。

続いて、各事例を解析する手法について説明する。この 0/1 表を使って、各事例同士の共通項や類似点を割り出すために解析を行う。

具体的には、事例同士のクラスタリングと原因同士の関係性を割り出すための判別分析を行う。クラスタリングは、階層的クラスタリングと kmeans 法を採用する。

①階層的クラスタリング

それぞれのクラスタリングは Windows 版統合開発環境 RStudio で行う。階層的クラスタリングは各事例の似ているものから順にクラスタが生成されてデンドログラムを描けるため、共通度が直接的にわかる[1]。クラスタの似ている度合いはクラスタ間距離で判断する。今回の実験では、クラスタ間距離に、階層的クラスタリングを行う際に最も採用率の高いユークリッド距離を用いる。

また、階層的クラスタリングの中で、群平均法、McQuitty 法、ワード法で実験した結果を比較し、最も分類が直観に合うものを分析する。これら 3 つは各手法の中でも分類感度が高く、広く用いられているものである[2]。

②kmeans 法

kmeans 法はクラスタの平均を用い、あらかじめ決められたクラスタ数「k」個に分類

する手法である[3]。各事例がどのように分類されたか視覚的に判断できるため、こちらの手法でも分析を行う。初期値であるクラスタ数は3、4、5個の3種類で実行する。RStudioでkmeans法を行う関数kmeansでプロットするグラフは、縦軸が第1主成分、横軸が第2主成分を表している。

③ 判別分析

判別分析は多変量解析手法のひとつで、 $Z = W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + \dots + W_nX_n + A_0$ (定数) について、 Z の符号 ($Z > 0$, $Z < 0$) により標本を2群に判別するための分析である。多変量解析において最も一般的な分析手法は重回帰分析であるが、本研究における標本データでは従属変数がカテゴリ変数であるため、判別分析を用いている。

結果

解析手法ごとに(k-means、階層的クラスタリング、判別分析)それぞれの解析結果を以下に示す。

① k-means

クラスタリング数(k)を3・4・5個で解析を行った。一番分類が直観に合うクラスタ数を3にて行った解析結果を示す(図5)。

クラスタ数を3にて行った場合、クラスタIにおいては代表性バイアスが関係する事例が多くみられた。また交通分野と防災分野が同じクラスタに属していることが見られる。防災分野に関してはクラスタIとクラスタIIに属するものとに別れており、クラスタIIでは主に防災と環境問題の両方が属していることがわかる。クラスタIIIでは主にサイバーセキュリティの問題と環境問題が属している。

② 階層的クラスタリング

データ間の距離には、最も採用されることの多いユークリッド距離を採用した。解析には、群平均法、McQuitty法、ウォード法の3つのクラスタリング手法を用いた。その中で最もウォード法

を用いた解析結果を示す(図6)。

最初に個別の状態からクラスタリングされるものや、やや孤立するものがあることがわかる。特に、「シーサイドライン」と「有名な暗号」は最もよく似ていることがわかる。他にも「パスワード簡単」と「情報流出」や、「交通計画の実施」と「鉄道廃線」など「森林の太陽光パネル」や「防波堤」などはやや孤立する傾向にあることがわかる。

③ 判別分析

判別分析の解析結果を図7に示す。表中の数字は正準判別関数係数であり、数値の絶対値が大きいほどxとyの相関が強いことを示している。また、正準判別関数係数の符号が正ならばxとyには正の相関が、負ならば負の相関が存在していることがわかる。関係性強くみられるものとして「代表性バイアス」→「危険理解度」、「利便性」→「意思決定者」、「個の利益と最大利益」→「主観と客観」、「コスト」↔「環境」が見られた。一方関係性が低いとされたものは「危険理解度」と「代表性バイアス」があげられる。

考察

k-meansが階層的クラスタリングよりも個体間の距離がわかりやすい結果となった。また、クラスタリングされるものは同じ分野のものが多くみられる。一方異なる分野が同じクラスタに属する要因としては、同一の要因があるためだと思われる。交通分野と防災分野の共通する要因としては、「代表性バイアス」、「危険理解度」、「主観と客観」の3つがあげられる。「鉄道廃線」と「交通計画の実施」、「車社会」が同一クラスタであり、事故に関する事例も同じクラスタになっている。サイバーセキュリティ分野にも同じことが言える。

階層的クラスタリングにおいては大きいクラスタで考えてもやはり共通してクラスタリングされる項目があるので、それらは似通っていると考えられる。また孤立しているものとして火力発電所

が見られるが、当てはまる要因が他の事例と比べて多いことが考えられる。

次に要因同士の判別分析を考察する。強い関係性が見られるのは「コスト」と「環境」である。これは初期投資等のコストが長期的に環境問題につながる場合が多いためだと考えられる。また「利

便性」と「意思決定者」に関しては意思決定者が利便性を考慮して意思決定を行うことが考えられる。

「危険理解度」と「代表性バイアス」にも強い関係性が見られ、一般的な代表性バイアスの多くが危険かどうかに関するバイアスのためだと考えられる。

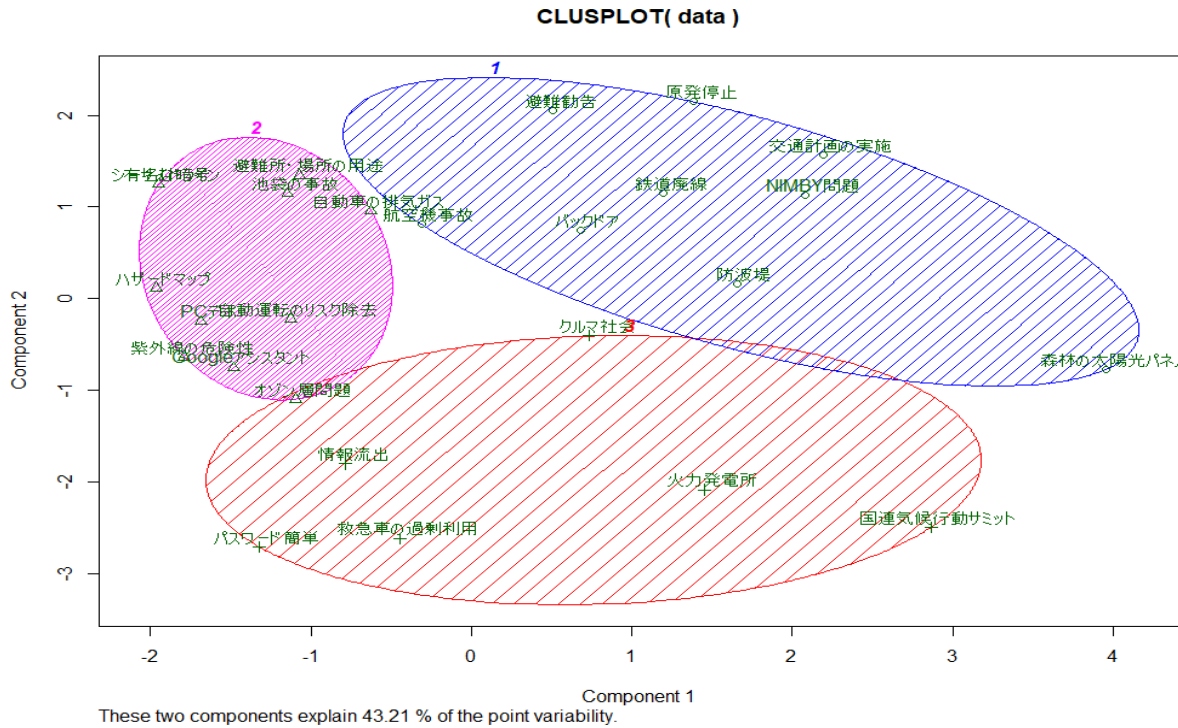


図 5. kmeans(クラスタ数3)の結果

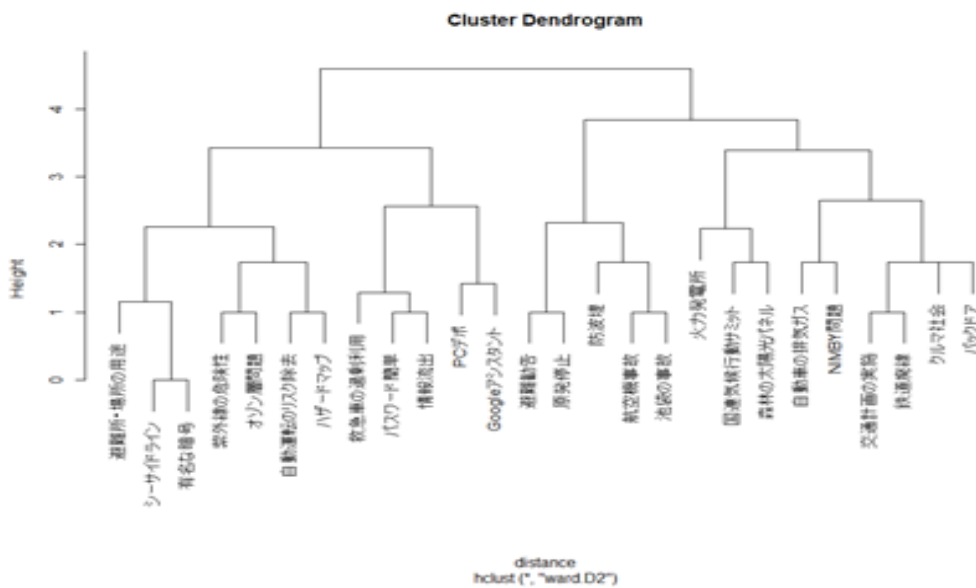


図 6. 階層的クラスタリング(Ward法)の結果

x\y	個の利益 vs 最大利益	短期利益 vs 長期利益	代表性バイアス	意思決定者	危険理解度	慎重	手間	主観と客観	利便性	コスト	環境
個の利益vs最大利益								1.053			
短期利益vs長期利益			0.663		0.671						
代表性バイアス					1.486			0.803			
意思決定者									1.000		
危険理解度	-0.809		-1.257								
慎重											
手間			0.895		0.873						
主観と客観	0.872			-0.819							
利便性				0.882							
コスト											1.000
環境										1.000	

図 7. 判別分析の結果

結論

異なる分野のものがある同一クラスターに属するとき、共通する要因として「代表性バイアス」、「危険理解度」、「主観と客観」が挙げられたことから、分野の垣根を越えて齟齬の原因として共通することが多い要因だと考えられる。

「代表性バイアス」が多い理由として、マスメディアやSNSで話題になった事象について注目され、考え方が偏る人口が多いと考えられる。近年は、SNSで話題になった事柄は、テレビやネットニュースなどのメディアでも高い頻度で取り上げられることが多いため、以前より顕著になっていると考えることもできる。対策するには、話題になった事柄での内容が同じ分野で普遍的に当てはまるかどうかを客観的に判断する必要がある。

「危険理解度」が挙がる理由は、一般人の知識がないことや実態を知らないことから危険の理解度に差異につながることでどのような分野でもありうることであるからと考えられる。これの対策として専門家同様の知識をつけることは前提を覆すことになり、適切ではない。専門家のように知識を得るのではなく、主観的に危険があるかどうかを判断せずに、専門家や信頼できる情報源から正しい情報を得ることが重要である。上記の2つは判別分析の結果から大きく関係していることが分かるように、対策も「自分で正しい情報を手に入れ、理解度を深める」という点において似たも

のになる。

「主観と客観」は、主観的な根拠からリスクを判断してしまうことだが、これは身の回りの環境や自分にとって利益かどうかを優先してしまうことから起きるため、分野を越えた原因だと考えられる。判別分析の結果から、「主観と客観」と「個の利益 vs 最大利益」に関係があることもその根拠となる。対策するには、上記2つと似ているが、まず広い視野を持って事例について調べることと、社会全体の利益を冷静に判断することが必要である。

全体の結論として、齟齬が起きる原因として可能性の高い上記の要因を対策することが重要であると言える。また、何か話題になる事例が起きた時に非専門家だけが情報を集めようとするのではなく、専門家も積極的に正しい情報を発信する必要もあるだろう。偏った意見を持ったまま事例について考えてしまうことを防ぐために行動することが第一だと考えられる。

今後の課題

本研究に対する課題として事例の分野ごとの偏りがあるため、さらに多くの事例を集めて偏りを無くして解析すればより適切なデータが取れる。また、他の解析方法として数量化 1 類を考えていたが、知識の不足などから不可能だった。

今後の研究としては、今回挙げた内容以外の原因の可能性を探ることや、他の解析方法を試すことが挙げられる。また、本研究ではアンケートなどで非専門家の意見を集めていなかったため、アンケートを取って実際に情報に対する考え方や価値観などを集めるアプローチも考えられる。

まとめ

本研究では、情報受信者の違いによって受け取った情報に対する齟齬が発生する事例について調べ、発生の原因を考え、解析を行った。解析手法としてクラスタリングを採用したことで、事例に共通する原因を割り出し、考察することができた。また、原因にも関係性があると考え、判別分析の結果関係性のある原因同士を割り出すこともできた。結果として、SNS やマスメディアなどで得た情報や、自分の周りのみの情報で意見を持つことが多く、そもそもの知識不足も相まって齟齬が発生することが、分野間を越えて多いのであると分析した。この結果をもって、今後発信された情報に対する非専門家の受け取り方やその後の行動がより齟齬のない方向へと変わるには、ある一点からの視点や事例だけでなくより多くの意見を聞き、専門家や正しい情報源から情報を得ることが適切であること示すことができた。

参考文献

- [1] 明治大学工学部応用化学科データ化学光学研究室(金子研究室), “階層的クラスタリング (クラスタ分析)、近いクラスタを結合していく”, 作成日:2019/1/28, 閲覧日:2019/10/14, <https://atachemeng.com/hierarchicalclustering/>
- [2] データ科学便覧, “R による階層的クラスタリング”, 閲覧日:2019/10/14, https://data-science.gr.jp/implementation/ida_r_hierarchical_clustering.html
- [3] データ分析基礎知識, “クラスタ分析の手法③ (非階層クラスタ分析) ”, 閲覧日:2019/10/14, https://data-science.gr.jp/implementation/ida_r_hierarchical_clustering.html

消費者による電源ごとの受容度の比較分析

リスク工学グループ演習 10 班

井本隆志 加藤亮二 Geng Yankang Feng Jing

アドバイザー教員 鈴木研悟

1. 研究背景・目的

1.1. 研究背景

世界の年平均温度は上昇しており、世界の平均気温は、図 1 から分かるように 100 年で 0.73 度上昇しており 1990 年代半ば以降は高温になる日が多い^[1]。またこの地球温暖化問題についてはパリ協定、また京都議定書で議論された。この地球温暖化の原因として考えられるのは、温室効果ガスの増加が挙げられ、火力発電所などから排出される排ガスがその原因の 1 つとして考えられる。この対策として日本では、環境問題解決のため再生可能エネルギーの推進が行われている。

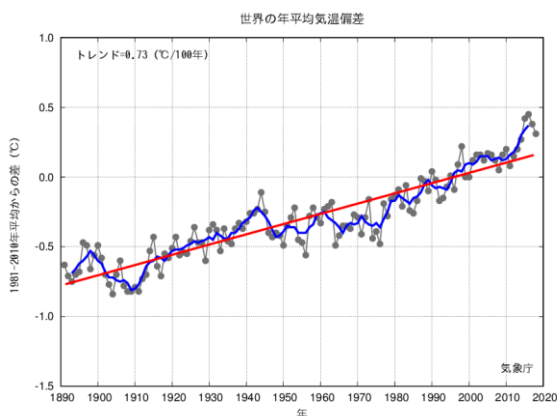


図 1 世界の年平均気温の推移

再生可能エネルギーの利点としては、温室効果ガスを出さないこと、また国内で生産できるため自給率を上げられるという点である。欠点としては、コストが高いため電気代が高くなる可能性、また気候に左右されやすいため安定供給が困難という点^[2]である。再生可能エネルギーの例として、風力発電、太陽光発電、水力発電、バイオマス発電などが挙げられる。日本の再生可能エネルギーの電源比率は、約 15%で他の先進国と比較すると低い数値となっている。先進国の中でもカナダの再生可能エネルギーの電源比率は、約 63%で日本の約 4 倍程度^[2]である。

日本の政府は、日本の電力の自給率の低さや環境問題を解決するために、「長期エネルギー需給見通し」^[3]を発表し、2030 年度までに再生可能エネルギーの電源比率を 22-24%に引き上げることを決定した。長期エネルギー需給見通しでは、再生可能エネルギーの電源比率を引き上げるもののほか、自給率を上げること、電力コストを下げることを決定している。

また日本では、2016 年度から電力自由化をスタートしており消費者は、電力自由化^[4]により好きな電力会社を選択出来る時代となり、再生可能エネルギーを導入している電力会社を消費者が選択するかという点が課題となる。

1.2 研究目的

日本の政府が目標としているエネルギーミックスと消費者が求める将来のエネルギーミックスの割合の差を検証することで、政府と消費者の考える電源構成の違いがわかり、今後の政府のエネルギー政策の一助となると考える。また政府と消費者の考える電源比率に違いがある場合には消費者が再生可能エネルギーを導入して

いる電力会社を選択しない可能性があるため、電源比率の差を明らかにすることは、重要である。そのため、電力を購入する消費者が好むエネルギーミックスと日本の政府が将来目標としているエネルギーミックスの割合との差を検証することを目的とする。

2. 調査手法

本実習では、ロジットモデルとコンジョイント分析を用いて、消費者が電力を購入するときに重視する要因を明らかにして、消費者が選択するエネルギーを求めらる。

消費者が電力を購入する状況を想定するために、消費者は複数の電力会社から1つの電力会社と契約する状況を想定してもらおう。ここで、想定する電力会社は1種類の発電方法しか持たないものと仮定する。現実では、電力会社は数種類の電源(火力や水力など)から構成し、電気を売っているが、今回の調査はあくまで消費者の選好を明らかにする目的のため、単純化し、1つの電力会社は1つの電源しか持たないものとする。なお、現実の電力会社は複雑な電源構成が価格などに影響しているが、消費者が受け取る価格などの情報は、シンプルな情報(例えば、10円/kWhなど)である。そのため、1つの電力会社はいつの電源しか持たないと仮定しても問題ないものとする。すべての電力会社は、価格、CO2排出量などのK個の変数によって説明できる。これらの変数を属性と呼び、消費者がある電力会社を選択した場合、電力会社の属性の値によって、得られる満足度は異なり、この満足度を定量化したものを効用とする。消費者は効用がもっとも大きくなるよう電力会社を選択するものとする。

2-1 ロジットモデル

ロジットモデルにおいて消費者 n が電力会社

i を選択する確率 P_{ni} は以下の式で表される。

$$p_{ni} = \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_j \exp(V_{nj})} \quad (1)$$

ここで、 V_{ni} は、消費者 n が電力会社 i を選択したときの効用である。

$$V_{ni} = \sum_{k=1}^K \beta_k \cdot x_{nik} + C \quad (2)$$

x_{nik} は電力会社 i 、消費者 n についての属性 K の値、 β_k は属性 K が効用に与える影響の大きさを表す係数である。

2-2 コンジョイント分析

式(2)の係数である β_k と C はコンジョイント分析と呼ばれるアンケート手法により推計される。調査者は回答者が選択可能な電力会社の組み合わせを表すカードを数種類用意し、その中から2枚を回答者に提示してどちらをより購入したいか選んでもらう。図2に例示する通り、各カードにはそれぞれの属性値が記されている。異なる属性値が記載されたカードの様々な組み合わせについて回答を得ることで、回答者がどの属性値の値を重視して、電力会社を選択しているか明らかにすることが出来る。

本実習で採用した属性およびコンジョイント分析のカードに記した属性値の範囲は表1に示す通りである。各属性については、班員で協議し、電力消費者が電力会社を選択するときに影響すると考えた属性である。「電気料金」、

「CO2排出量」の水準については、国内の様々な発電方法の値を調査し、それらの最大値、中央値、最小値に近い値を用いた。自給率については、発電資源を「輸入」しているときに0、「国産」の場合は1である。過酷事故リスクについては、発電、または、発電資源によって、過酷事故リスクがない場合を0、ある場合を1と

する。なお、各属性を設定するに当たり、「価格」、「CO2 排出量」、「過酷事故リスク」について、値が高くなると選択確率が低くなり、「自給率」について、値が高くなると、選択確率が低くなるのではないかと想定している。

表 1 属性と属性値の範囲

属性(単位)	属性値の範囲
価格(円/kWh)	10,20,30
CO2 排出量 (g-CO2/kWh)	0,500,1000
自給率	0,1
過酷事故リスク	0,1

アンケートにおいて、各属性と属性値が効率よく比較できるよう、直交表^[5]を用いて、表2のように各カードを作成した。なおアンケートは、作成した9枚のカードをすべて比較できるよう36通りの組み合わせを用意し、アンケート回答者には36通りの組み合わせについて、それぞれ比較してもらい、回答を得る。

表 2 電力会社

No	属性値(単位)			
	価格 (円/kWh)	CO2 排出量 (g-CO2/kWh)	自給率	リスク 過酷事故
電力会社 A	10	0	0	0
電力会社 B	10	500	1	1
電力会社 C	10	1000	0	0
電力会社 D	20	0	1	1
電力会社 E	20	500	1	0
電力会社 F	20	1000	0	1
電力会社 G	30	0	0	1
電力会社 H	30	500	0	0
電力会社 I	30	1000	1	0

コンジョイント分析のアンケート調査は Google フォームを用いて行った。表3と図3にアンケートの概要と回答者の内訳を示す。また、アンケート調査では、回答者に以下の状況を想定して回答してもらう。以下は実際に行ったアンケート調査から引用している。

【本調査の想定状況】

本調査では、皆様は以下の状況を想定してください。

- ① 今月、つくば市に引っ越してきました。
- ② 新生活を始めるに当たり、電気会社と契約する必要があります。
- ③ そこに、2つの電力会社が訪れ、それぞれ属性値を提示しています。
- ④ あなたは、どちらか1社と契約する必要があります。提示された条件以外に条件の違いはありません。

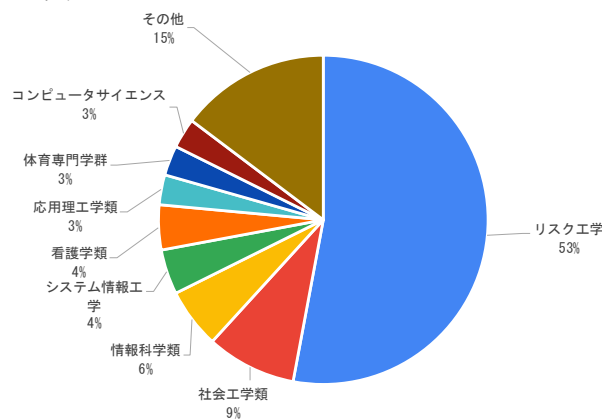


図 2 回答者の専攻内訳

表 3 アンケートの概要

調査方法	google フォーム
調査期間	9/6-9/28
調査対象	筑波大学生
回答数	68
有効回答数	68

3 分析

消費者を対象として、各エネルギー電源の受容度影響される要因を明らかにする。

3.1 アンケートの結果整理

仮説：アンケートで考えられる 4 つの要因は消費者の購買意欲に影響を与える。

Step 1: モデルに入力できる形式にするため、アンケート結果を Excel の offset 関数により、整理する。

Step 2: ロジスティクスモデルの構造

SPSS を用いて、二項ロジットモデルから、アンケート結果を分析し、消費者の効用を明らかにする。

3.2 結果

まずはモデルの要約：Cox&Snell の寄与率と Nagelkerke R2 乗の寄与率から、この回帰モデルの寄与率は 0.268~0.358 と考えられる。Nagelkerke R2 乗は Cox&Snell R2 乗の調整値である。一般的に、Nagelkerke R2 は 0.2 以上なら、モデリング結果は許容範囲内だと思う^[7]。

本分析の要約は表 4 に示し、条件を満たしているため、モデルが有効であるといえる。続いて、分類テーブルを表 5 に示す。アンケート結果整理した後、「この電力会社は選択する」の場合は、データ表に 1 で示す、逆に選択しないの場合はデータ表に 0 で示す。観測はアンケートの真実値である。予測は、計算したモデルの関数値 0, 1 である。データ数は選択肢 (72 項) * 人数 (68 人) = 4896 件。0 と 1 各 2448 件。その中、予測と観測が一致のは: 1334 件 (両方が 0) と 2150 件 (両方が 1) の数量である。予測が観測と一致しないのは: 1114 件 (予測が 1, 観測が 0 の数量) と 298 件 (観測が 1, 予測が 1) の数量である。正解率の計算は下式で示す:

$$\frac{1334}{1334+1114} = 0.545$$

$$\frac{2150}{298+2150} = 0.878$$

$$\frac{1334+2150}{1334+1114+298+2150} = 0.712$$

これは、予測したモデルが実測値の約 7 割を説

明していることを示す、ダミアンケートでランダムやっているの 50% ぐらいの結果より精度が高い、モデル式に意味があると認める。

表 6 は、モデルの推計結果を示すのは：価格、CO2 排出量、過酷事故リスクが上がった場合、効用が減少し、自給率が上がれば、効用が上昇する。(表 6) 方程式中の変数について、仮説は：方程式中の各独立変数は方程式の従属変数に有意ではなく、各変数の係数は 0 である。有意確率が 0.1 というのは、10 回に 1 回有意ではなくということである。有意確率が 0.05 というのは、20 回に 1 回起こりうるということになる。つまり、有意確率が小さいほど、仮説成立の確率が小さくなり、方程式中の各独立変数は従属変数に有意と認める。一般的に、有意確率 0.05 以下ならいい従属変数と思われる^[8]。ここのサンプル数量が不足、故に 0.091 でも有意と認める。

表 4 モデルの要約

Cox-Snell R2 乗	Nagelkerke R2 乗
0.268	0.358

表 5 分類テーブル

	予測		正解の割合	
	0	1		
観測	0	1334	1114	54.5%
	1	298	2150	87.8%
全体のパーセント	71.2%			

表 6 方程式中の変数

	係 数	有意確率
価格	-0	0.000
二酸化炭素	-0	0.000
自給率	0.1	0.091
過酷事故リスク	-1	0.000
定数項	4.2	0.000

4 考察

4.1 消費者受容性影響要因

各変数の尺度が差異があるので、消費者は各変数について感度を直観的に示すため、各変数は以下の式で数値幅を統一する。表 7 はその結果である。

標準化係数 =

(変数の最大値-変数の最小値) × 非標準化係数

表 7 標準化係数

価格	二酸化炭素	自給率	過酷事故リスク
-2.720	-1.000	0.138	-1.423

表より、消費者の電力選択に影響を与えた要因は、価格(|-2.720|) > 過酷事故リスク(|-1.423|) > 二酸化炭素排出量(|-1.000|) > 自給率(|0.138|)である。ここの自給率はダミ変数で示し、1 の場合は国産、0 の場合は輸入。過酷事故リスクもダミ変数で示し、1 の場合はリスクあり、0 の場合はリスク無しと設定される。価格、過酷事故リスクと二酸化炭素排出量は全部マイナス影響である。要するに、これらの変数の値が高くなる、消費者に選択される可能性が低くなる。

式(2)より、消費者が各電源を選択したときの効用が明らかになる。これに現実の電源の値(火力発電や水力発電等)を代入することで、現実の電力に対する消費者の効用を把握することが出来る。次に求めた各効用から、式(1)を用いて、実際値を始めて使い、各電力の選択確率を求めることが出来る。

結果を表 8 に示す。また、2013 と 2030 年の消費者は現時点の消費者と同じ選好を有すると仮定し、計算し、モデルで消費者の効用と選択確率を計算する。その結果を表 9 に示す。また、表 8 と表 9 の中で各電源選択確率値/総和選択確率値の割合を占める、消費者の効用が最大となる電源構成を図 4 に示す。

図 4 を見ると、2030 年太陽光を電源としての価格が下がるので、割合の増加がある。また、再生エネルギー価格の下がるに影響された化石燃料の割合が低くなる。これは、消費者は低価格、二酸化炭素排出量少ない、過酷事故リスク低いエネルギーが好きである、電力選択を変更することを示している。すなわち、一つエネルギー少々の価格変動でも、購買意欲に大きな影響されるだけではなく、マーケット各エネルギーの割合に影響するという事である。

今回分析した結果と政府が 2030 年の目指す電源構成(図 5)と比較すると、政府の再生エネルギー構成割合は本モデル予測する割合より少ない、これは、一方、そこで作る図 4 は、他の外的要因を考えず、消費者選択確率でエネルギー割合を決めてエネルギー構造表を作るの原因である。例えば、再生エネルギーの多い供給の実現に難しいかもしれない。または、今回構造したモデルは、ただ消費者の好みを確率の形で考える純粋な希望予測である。

表 8 2013 年電源構成予測

2013	β	火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
価格	-0.136	12.3	13.7	24.2	11	10.1	21.6	29.7
CO2	-0.001	864	476	0	0	0	0	0
自給率	0.138	0	0	1	1	0	1	1
過酷事故リスク	-1.423	0	0	0	0	1	0	0
定数	4.219							
		火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
効用	v	1.68	1.88	1.07	2.86	1.42	1.42	0.32
選択確率		0.13	0.16	0.07	0.42	0.10	0.10	0.03

表 9 2030 年電源構成予測

2030	β	火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
価格	-0.136	12.9	13.4	12.7	11	10.1	13.9	29.7
CO2	-0.001	864	476	0	0	0	0	0
自給率	0.138	0	0	1	1	0	1	1
過酷事故リスク	-1.423	0	0	0	0	1	0	0
定数	4.219							
		火力	LNG	太陽光	水力	原子力	風力	バイオマス
効用	v	1.60	1.92	2.63	2.86	1.42	2.47	0.32
選択確率		0.08	0.11	0.23	0.29	0.07	0.19	0.02

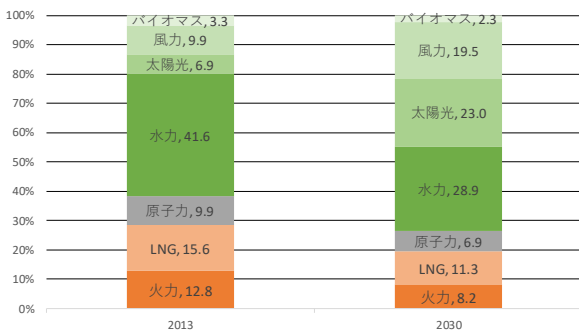


図 4^[9] モデルで予測図

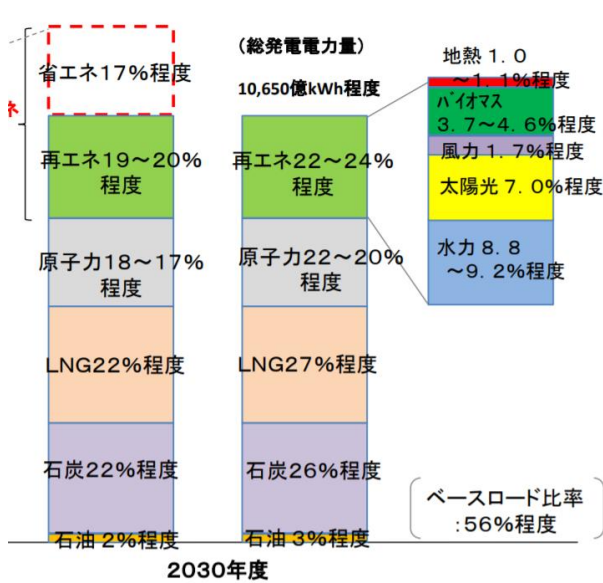


図 5 2030 年政府のエネルギー構成目標^[9]

5.まとめ

本演習では、ロジットモデルとコンジョイント分析を用いて、消費者が電力を購入するときに重視する要因を明らかにし、求めたモデルから消費者が望むエネルギーミックスを明らかにした。その結果、消費者が電力会社を選択するときは、価格、過酷事故リスク、二酸化炭素排出量、自給率の順番で優先していることがわかった。過去に東日本大震災などを経験していることから、過酷事故リスクについて敏感であると考えられる。自給率が最も低かった原因としては、消費者に直接関わらないからと考えられる。ま

た政府の再生可能エネルギー構成割合は本モデル予測する割合より少ないことがわかった。そのことから消費者は再生可能エネルギーについての受容度は政府の予想より高いことが分かる。今後の課題としては、アンケート対象者を増やすこと、が挙げられる。

参考文献

- 国土交通省・気象庁「世界の気象庁」
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html
- 経済産業省・資源エネルギー庁「再生可能エネルギー」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/outline/index.html
- 経済産業省・資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し」
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/pdf/report_01.pdf (最終閲覧日 2019/10/11)
- 経済産業省・資源エネルギー庁「電力自由化」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/electricity_liberalization/what/
- 鈴木研悟, 田部豊, 大田純, 近久武美: 北海道の家庭部門における暖房・給油機期の選択行動のモデル解析, 日本機械学会「No. 14-11」第 19 回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集, 2014. 06. 28
- Monodukuri「直交表で水準数が余る時, 足りない時の対処法」
<https://www.monodukuri.com/gihou/article/75>(最終閲覧日 2019/10/11)
- 内田治: SPSS によるロジスティック回帰分析 第 2 版, 株式会社オーム社, 2016
- 君山由良: コンジョイント分析, データ分析研究所, 統計解析書シリーズ A-58 2010
- 経済産業省・資源エネルギー庁「2030 年エネルギーミックス実現へ に向けた対応について~全体整理~」
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/025/pdf/025_008.pdf

地震ハザードステーションの利活用に関する調査・研究

グループ演習 11 班 河合晃太郎・小山翼・安蘇陽

アドバイザー教員 梅本通孝

1. 研究背景・目的

1.1. 研究背景

「地震大国」である日本では、阪神淡路大震災や東日本大震災等の甚大な被害を受け、地震リスク評価への関心が高まっている。そのような中で、地震ハザードステーション J-SHIS（以下「J-SHIS」）は、地震防災に資することを目的として、日本全国の「地震ハザードの共通情報基盤」として活用されることを目指してつくられた Web サービスである。J-SHIS は、地震調査研究推進本部が作成した「全国地震動予測地図」及び関連する地震ハザード情報をわかりやすく提供できるリスク認知ツールとして開発された。

「全国地震動予測地図」（図 1）は、将来日本で発生する恐れのある地震による強い揺れを予測し、予測結果を地図として表したものである。「全国地震動予測地図」の作成の過程では、長期評価及び強震動評価のために、震源断層及び地下構造のモデル化に関する膨大な量の情報が処理されている¹⁾。これら情報は地震ハザード評価やそれら情報の利活用において非常に重要なものであり、「全国地震動予測地図」を、最終成果物としての地図そのものだけでなく、その作成の前提条件となった地震活動・震源モデル及び地下構造モデル等のハザード評価に関わるデータも併せた情報群としてとらえることにより、「地震ハザードの共通情報基盤」として位置づけ、インターネットを利用してそれら情報を公開するためのシステムとして、J-SHIS が開発された。

J-SHIS を利用することにより、「全国地震動予測地図」として整備された約 250m メッシュの全国

版「確率論的地震動予測地図」、主要断層帯で発生する地震に対する詳細な強震動予測に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」、それらの計算に用いられた全国版深部地盤モデル、約 250m メッシュ微地形分類モデルなどを、背景地図と重ね合わせてわかりやすく表示、閲覧することができる。さらに、住所や郵便番号などによる検索機能により、調べたい場所での地震ハザード情報を、簡単に閲覧することができる。

近年、東日本大震災の影響により市民の防災意識が高まっている。そのような中、地震動予測を行い、防災意識を周知する J-SHIS はより一層注目を集めている。しかし、このシステムを用いても、東日本震災、熊本大震災をはじめとする大地震の多くは予測できていなかったのが現状である。そのようなことから近年、地震予測に対する批判意見が出てきている。

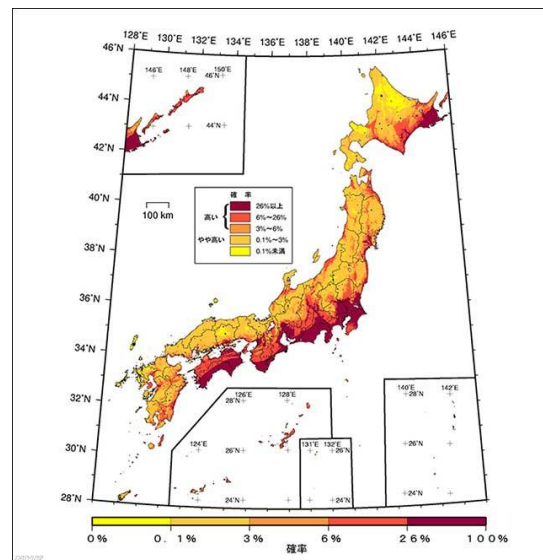


図 1: 全国地震動予測地図

1.2. 研究目的

このような状況を受けて、より現実的に、かつ有効に、J-SHIS というリスク認知ツールを活用していく必要がある。そのため本研究では、J-SHIS の開発者側と利用者側それぞれが、J-SHIS を活用していく際に必要な要素を明確化することを大きな目的とした。そこで、①リスク認知ツールにおける必要な要素の明確化②リスク認知ツールの利用者の利用方法の明確化を行うことを目的とし、J-SHIS の利活用に関する調査研究を行った。

2. 研究の流れ

本研究では、まず J-SHIS の結果算出方法に関する対立が起きていることを仮定し、調査を行った。まず文献調査によって J-SHIS の作成方法・過程を調査し、その開発経緯と予測モデル算出方法を把握した。その後、J-SHIS を作成している研究機関である防災科学技術研究所（以下防災科研）へのヒアリング調査を行い、開発側（J-SHIS 推進派）の見解の整理を行った。また、それに対する批判意見の考察・整理を行うため、批判意見を公表している研究者（J-SHIS 批判派）の文献調査を行った。

このような J-SHIS の算出方法に関する両意見の整理を行ったところ、そこにおける対立と別に、結果の活用方法に関する対立構造があり、そこでは科学的な立場だけでなく、結果を政策的に利用する政府を含む三者の構造になっているという新たな仮説が生じた。この仮説に基づいた文献調査をし、J-SHIS に代表されるリスク認知ツールを提供する・享受する際にどのような要素が必要になるかを明らかにした。

3. 調査結果

3.1. J-SHIS の開発経緯

防災科研の地震動予測地図工学利用検討委員会が、地震動予測地図の利用に関してまとめた報告

書では、最終成果物として地図だけでなく、作成の前提条件となった地震活動・震源モデルおよび地下構造モデル等の評価プロセスに関わるデータも併せた情報群としてとらえることにより、「地震ハザードの共通情報基盤」として位置づけるべきとの提言がなされていた²⁾。この提言を実現するため、防災科研と三菱スペース・ソフトウェアは、全国地震動予測地図のインターネット公開システムとして「地震ハザードステーション J-SHIS」を構築し、平成 17 年 5 月より公開運用を開始した。J-SHIS は、観測された自然現象としての地震情報と開発した地震動予測地図をリンクさせ、ハザードマップ・ハザードカルテといった形で利用者に情報提供を行うサービスであり、利用者は web 上やアプリを通じて、地震動予測地図のモデル理解・災害対策を行うことができる。

3.2. 批判派の意見とは

批判派の代表者としてのロバート・ゲラー氏（東京大学工学部名誉教授）と島村英紀氏（武蔵野学院大学特任教授）の文献調査を行った。ロバート・ゲラー氏と島村英紀氏の批判意見を以下に述べる。

3.2.1. ロバート・ゲラー氏の意見

ロバート・ゲラー氏は、「何万年もしくはそれ以上の時間スケールにおいて、地震や非地震の総すべり量とプレート間の相対運動の量は一致しなければならない³⁾」と述べている。現在ではこのプロセスは、定期的でも周期的でもないことが判明しており、東日本大震災はこれを証明するものであったと述べている。

また彼は、地震予知が不可能であることを率直に国民に伝え、政府が行っている東海地震予知体制を廃止し、大震法（大規模地震対策特別措置法）を撤廃するべきであるという見解を示している。なぜなら、このような東海地域に限らず、日本全土が地震の危険にさらされており、現在の地震学では、特定の地域のリスクレベルを的確に評価する

ことはできないからである。その代わりに、研究者は国民と政府に「想定外に備える」ことを勧告しなければならないという旨を述べている。

3.2.2. 島村英紀氏の意見

島村氏は、「破壊現象」である地震の予測の難しさについて、以下のように述べている。

—物理学でも工学でも、ものが壊れる現象の解明は非常に難しい。地震に限らず、金属疲労による破壊も同じだ。破壊現象の解明や予測（地震で言えば地震予知）の成功例は、どの学問分野でも、ほとんどない⁴⁾。—

また地震予知研究で着目されている「前兆現象」についても、以下のように述べている。

—肝心の「前兆」なしに大地震が起きてしまったり、逆に、前の成功例と同じ「前兆」が出たのに大地震が起きなかった例がたくさん経験されるようになってしまった。つまり、報告されてきた前兆現象に、科学を進める上で重要な「再現性」も「普遍性」もほとんどないことが明らかになってきてしまったのである⁴⁾。—

このように島村氏は、「破壊現象」である地震を予測することの非現実性、また「前兆現象」に基づいた予測方法の有効性の低さを指摘している。

3.3. 仮説①

批判派の文献調査を踏まえて、地震予測の賛否ではなく、確率評価をする上での算出方法をめぐり対立が起きているのではないかという仮説を設定、防災科研へのヒアリング調査と批判派の方から頂いた文献の調査を行った。

3.4. ヒアリング調査結果

本節では、防災科研の研究職員の方に行ったヒアリング調査で得られた知見について示す。

表 1: ヒアリング調査概要

調査日時	2019年8月2日
調査場所	防災科学技術研究所
調査対象	同研究所研究職員1名

備考	文献調査において浮上した疑問点を予めメールにて連絡し、ヒアリング調査時に回答してもらった。
----	---

3.4.1. 地震予測結果の算出方法への批判について

J-SHIS における地震の発生確率の評価は、BPT (Brownian Passage Time) 分布もしくはポアソン過程のどちらかの評価方法に基づいて行われている。

BPT 分布は、対象の断層の過去の活動時期が分かる場合に用いられる。この手法では、過去の最新の地震活動からの活動間隔が BPT 分布に従うとしており、最新活動からの経過年数から、その時点から何年以内に再び地震が起こるかの確率が求められる。つまり、最新活動から時間が経過しているほど地震の発生確率は高くなるため、その断層で一度地震が発生すると発生確率は 0 に近くなり、翌年の J-SHIS マップでは危険度がかかなり低くなるという特徴がある。つまりこの BPT 分布を用いた評価方法は、「地震が周期的に発生している」とする地震周期説に基づいた手法であるといえる。また、実際にこの評価方法を用いた算出結果を、危険度として J-SHIS マップに公表している断層は南海トラフの地震のみである。

それに対しポアソン過程による評価方法は、対象の断層の過去の活動時期が不明な場合に用いられ、「平均的に何年間隔で地震が発生するか」という情報のみを用いた統計的な評価を行う。実際には過去の活動時期が明確な断層は少なく、過去の活動データがない地震がほとんどであるため、J-SHIS で示されているほとんどの地震がポアソン過程に基づいて評価されている。ポアソン過程では最新の活動時期を考慮しない統計的な評価を行っているため、BPT 分布のように、一度地震が発生

してもその危険度は変化しない。

J-SHIS の批判派であるロバート・ゲラー氏は、「地震が周期的に発生している」とする地震周期説が間違っているという意見を根拠に、確率的な地震動予測地図を批判している。しかし「地震周期説」を批判しているならば、その批判対象となるのは、この説に基づいた BPT 分布による評価方法である。さらに先述の通り、BPT 分布によって評価された地震は南海トラフの地震のみであり、ほとんどの地震はポアソン過程によって評価されている。そのため、批判派が BPT 分布を用いた評価方法を批判するのは理解できるが、「確率的な地震動予測」全てを批判するのは矛盾しており、ポアソン過程を用いた評価方法による地震予測は批判対象ではないというのが、J-SHIS 推進派である防災科学研究職員の方の見解であった。

3.4.2. 地震予測結果の政策的利用について

地震予測を行う研究者側（防災科研等）と、その予測結果を政策的に利用する側（政府等）の間で、地震予測に関する考え方についての齟齬が生じているという認識が、ヒアリング調査によって明らかとなった。研究者側は、地震予測は「(時間的に) 遠くはよく見えるが近くは見えづらい」ものと表現しており、例えば今後 1 年未満での発生確率など近い未来での予測はほぼ不可能で、現在行われている「今後 30 年」の予測が、なんとか予測できる最短の未来であることを前提としている。しかしこのような前提が政策的利用の際には十分に考慮されておらず、公表された危険性のみが一人歩きしてしまっている状況があると、ヒアリング調査において述べられている。

3.5. 批判派の方の文献調査結果

批判派の意見等の情報収集のため、J-SHIS における地震予測を特に批判している地震学者であるロバート・ゲラー氏（東京大学工学部名誉教授）の文献調査を行った。なお、批判派に関しても推進

派と同様ヒアリング調査でのコンタクトを試みたが、ヒアリング対象者の都合上実施できなかったため、文献調査という方法をとった。本節では、この文献調査によって得られた知見について示す。

ロバート・ゲラー氏が批判しているのは、

- i)地震予測の手法が本当に正しいものであるのかの検証が行われず、科学的根拠のないまま実用化されたこと
- ii)地震予測において前提とされている地震周期説が正しくないこと
- iii)ほぼ不可能である地震予知（予測）研究に莫大な国家予算が投じられていること

の 3 点が挙げられる。i)についてロバート・ゲラー氏は、地震予測において固有地震の大きさと繰り返す時間を決定する計算過程は客観的根拠が実質的に存在せず、科学的検証を受けないまま実用化されてしまったことを指摘しており、このような計算過程で作成された地震動予測地図（ハザードマップ）と実際の地震活動が一致しているかを、まず検証しなければならないと述べている⁵⁾。また ii)についてロバート・ゲラー氏は、1970 年代に米国コロンビア大学の研究グループが、地震周期説が正しくないことを証明する研究結果を報告していることを述べている⁶⁾。彼らは地震周期説に基づき、発生場所や規模、危険度などの詳細情報を盛り込んだ地震予言を発表したが、その全ての検証結果は「不合格」であり、地震周期説によって大きな地震が集中して起きるとされた場所とそうでない場所において、実際に起きた地震に差異はなかったことを報告している。このような研究結果が公表されているにもかかわらず、地震周期説に基づいた手法で地震予測を行うのは間違いであると、ロバート・ゲラー氏は述べている。iii)については、実際に予測できなかった大地震が発生しているにもかかわらず、このような予測研究に莫大な国家予算が投じられていることを批判している⁵⁾。中で

も、南海トラフにおいて発生するといわれている東海地震への防災対策には特に莫大な予算が投じられており、ロバート・ゲラー氏は強く批判している。また、予測がほぼできていない現状を踏まえると、全国どこでも地震が発生するリスクが存在するため、特定の地域に絞って危険度を公表するのは間違いであると述べている。このようにほぼ不可能である地震予知（予測）研究よりも、海沿いの護岸工事や建物補強、災害に備える防災教育などに予算を充てるべきであることが述べられている。

このような文献調査を通じて、批判派は地震予測の研究手法について批判すると同時に、その結果を政策的に利用する際の活用方法に対しても批判をしていることが明らかとなった。つまり、**研究側・批判側の両方が、地震予測結果を政策的に利用する際の活用方法、特に東海地震の危険性の公表の仕方に肯定的でないことが明らかとなった。**

3.6. 仮説②

以上の推進派へのヒアリング調査、批判派の文献調査を踏まえ本研究では、政策的立場と科学的立場で、J-SHISにおける地震予測結果の利用方法についての意識が異なるのではないかという仮説を設定し、推進派・批判派に次ぐ新たなステークホルダーである政策的立場についての調査を行った。

3.7. 政策的立場の利用意図の調査

上記の仮説を踏まえ、政策的立場である政府が公表している防災に関する資料の文献調査を行った。本研究では、J-SHIS 批判派が特に批判していた東海地震における政府の資料を対象に調査を行い、政府側の見解を調査した。その結果、政府が地震予測結果を用い、東海地震の危険性を強く主張し、東海地域における防災対策に大きな予算を投じているのは、予測結果に基づく科学的な理由だけでなく、経済的な理由も存在することが明らかになった。つまり、予測結果によって算出された東海地域の危険度が特に高いという理由だけでなく、

東海地域は多くの自動車工場が位置するなど日本の経済を支える土地であるため、もし東海地震が発生した際の経済的打撃が大きいという理由によるものであることが明らかとなった。

また政府は、以上のような理由から東海地震の危険性を主張しているが、**地震予測の不確実性を考慮していないわけではないことも明らかになった。**内閣府の資料⁷⁾では、統計データ等に基づく地震発生確率予測手法などいずれの手法も、現時点においては、地震の発生時期や場所・規模を確度高く予測する科学的に確立した手法ではないことが述べられており、内閣府の管理下にある地震調査研究推進本部の資料⁸⁾には、東北地方太平洋沖地震のような低頻度の地震の評価には限界があり、その説明が3.11以前に十分になされていなかったため、このような科学的限界を、情報の受け手側に応じて丁寧に説明していくことが重要であるという旨が述べられている。

4. 三者の立場の関係性のまとめ

以上の調査より、J-SHIS・地震予測に関する対立は、J-SHIS 推進派（研究者側）・J-SHIS 批判派・政策的立場（政府）の三者による構造であることが明らかになった。

a) J-SHIS 推進派

防災科学技術研究所等のJ-SHIS 推進派は、地震予測は「(時間的に) 遠くはよく見えるが近くは見えづらい」ものであり不確実性を伴うものであるため、予測結果の利用の際には、このような科学的限界を考慮した公表をするべきであるという考えを示している。

b) J-SHIS 批判派

ロバート・ゲラー氏に代表されるJ-SHIS 批判派は、推進派が地震予測の前提としている地震周期説がそもそも正しくないため、地震予測は不可能なものであるとしている。そのため全国どこでも

地震が起こるリスクは十分に存在し、特定の地域に絞って危険性を主張することは間違いであり、そのような研究に予算を充てるのではなく、全国的な防災力の向上に励むべき、という考えを示している。

c) 政策的立場

地震予測結果を政策的に利用する立場である、内閣府をはじめとする政府側もまた、J-SHIS 推進派である研究者側と同じように、地震予測の不確実性を理解しており、そのような科学的限界を丁寧に説明していくべきと考えている。東海地震については、日本の社会・経済活動に深刻な影響を及ぼすおそれがあるため、十分な対策を行っていくべきであるという考えを示している。

5. 結論

仮説①では、地震予測の評価手法をめぐる対立が起きているという仮説のもと、J-SHIS 推進派と J-SHIS 批判派という、科学的立場の中での2つの立場からなる構図を予想し、推進派である防災科研、批判派であるロバート・ゲラー氏のそれぞれの意見・見解について調査を行った。しかしこの調査を行ったことで、**対立の構図が科学的立場の中だけでは収まらず、政策的立場である政府を含む三者の対立構図であることが明らかとなった。**

4章より、地震予測の結果の利用について、つまり結果を公表し防災力向上に励む面に関しては、三者それぞれ意見が異なることが分かっている。しかし地震予測の不確実性・難しさに関しては、三者ともほぼ同様の考え方を示していた。科学的立場でない政府でさえも地震予測の不確実性を認めており、その説明を行っていくべきという考えを示しているが、実際にはいまだそのような説明は十分になされていないのが現状である。地震リスク認知ツールである J-SHIS をこの先より有効活用し、全国的な防災力の向上を有効に進めていくた

めには、特に予測結果を政策的に利用する立場である政府が、このような科学的限界を十分に説明していくことが必要であると考えられる。そのうえで、東海地震等、日本の社会・経済にとって危険度の高い地震リスクを公表していくことが求められる。一方、一般市民等利用者側は、J-SHIS をリスク認知ツールとして利用する際、単に与えられた情報をそのまま鵜呑みにするのではなく、そのツールの信頼性や根拠などについて十分に理解したうえで利用していく、リスク情報のリテラシーが必要であると考えられる。

6. 参考文献

- 1) 早川俊彦, 高橋真理, & 成田章: 地震ハザードステーション J-SHIS の構築. MSS 技報, 23, 19-27, 2013
- 2) J-SHIS について : <http://www.j-shis.bosai.go.jp/about>
- 3) Geller, Robert J. "Shake-up time for Japanese seismology." Nature 472.7344: 407, 2011
- 4) 島村英紀: 一回も成功したことがない日本の「地震予知」に未来はない, <https://ironna.jp/article/3313?p=3>
- 5) ロバート・ゲラー: 日本は知らない「地震予知」の正体, 双葉社, 2011
- 6) ロバート・ゲラー: 科学はデータに忠実でなくてはならない～検証されていない予測モデルを鵜呑みにするな, 学外特別投稿, 2018
- 7) 内閣府: 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について (報告) 本文, 2017
- 8) 地震調査研究推進本部: 新たな地震調査研究の推進について-地震に関する観測, 測量, 調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策-, 2012

個人の認知スタイルを考慮した学習効果の高い教材の提案

リスク工学グループ演習 12 班

内田航 嶺井雄太

アドバイザー教員 古川宏

1. 背景

漢字を覚えるという場合や数学を学ぶといった場合、従来は講義形式の対面型授業やテキストを基本とした教材による学習が主流であった。しかし、近年の学習における教材には、多様な（マルチモーダルな）形態の教材が増加している。マルチモーダルな教材の一つに e-learning を利用した教材が挙げられる。e-learning とは、インターネットを利用した学習形態の事で、パソコン、タブレット PC、スマートフォンといったデジタルデバイス上で学習することが出来るため、ネットワークに接続さえすれば自分の自由な時間に学習できるというメリットがある。また、音声や動画を利用して好きな場所で学習が可能なビデオ教材やテレビ授業による学習教材も増えている。しかし、これらの教材だけでは、全ての環境で最善策とはなりえない。従来型の対面型授業、人と人との授業と併用し支え合うことで、教育効果の相乗効果が期待できる場合もある。

最適なシーンで最適な教材を選択することが、これからの学習において重要と言える。

学習教材の他に、学習の題材にも種類があり、学習効果に影響する。歴史、英単語、漢字など暗記が必要なものや、数学、理科などの計算力が求められるもの、英会話、体育など実技が伴うものまで様々な種類の題材が存

在する。教材と題材の組み合わせは多岐にわたり、それぞれに適した学習方法があると考えられる。

また、人間が学習する際、情報処理の仕方や課題遂行のための方策には個人差があり、このような個人に生まれつき備わる無意識的な特性を「認知スタイル」として分類することができる。認知スタイルの代表的なものに「視覚型」と「言語型」の分類を挙げることができ、この分類では個人のイメージが視覚的であるのか言語的であるのかが基準となっている。^[2] 具体的には、視覚型の人、心の中で絵を思い浮かべるような視覚的イメージを用いて認知行動を行うのに対し、言語型の人、心の声のような言語的な手がかりを用いてそれらの認知活動を行いやすいといわれている。視覚型と言語型では、それぞれ得意とする情報処理が異なり、特性も異なることから、認知スタイルに適した教材を用いて学習ができることが望ましい。ある題材の学習において認知スタイルの特性と教材の性質が十分に合致していない場合、学習効果が著しく低下する可能性が考えられる。このリスクへの対策として、学習者には学ぶ題材によって自分の特性に合った教材を選択できるような知識が必要である。そこで、教材や題材の種類と認知スタイルの間に存在する学習効果との関連性を検討することが重要であると考えられる。

表1 各学習方法のメリット、デメリット^[1]

学習方法		メリット	デメリット
非同期型 オンデマンド	eラーニング	<ul style="list-style-type: none"> ● 職場や自宅などで学習できる ● 自分のペースで学習できる ● 進捗状況やテスト結果などのフィードバックが即座に確認できる ● 結果をもとに最適な学習方法が選択され、効果的に習得できる ● 操作説明など、画面上の動きが分かりやすい ● 音声や動画により、学習理解度をさらに深められる 	<ul style="list-style-type: none"> ● スポーツなどの実技が伴う学習では、効果的に習得しにくい ● 一般的に、リアルタイムに講師側との交流が取れない
	モバイルラーニング	<ul style="list-style-type: none"> ● いつでも気軽に学習できる ● そのほか、eラーニングのメリットと同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 学習画面が小さい ● 文字の入力などに制限が出やすい
	ビデオ DVD	<ul style="list-style-type: none"> ● 自分のペースで学習できる ● 操作説明など、画面上の動きがわかりやすい ● 音声により、学習理解度をさらに深められる 	<ul style="list-style-type: none"> ● ビデオや DVD 機器がある場所ではしか習得できない ● 学習者側からの操作やアクションが行えない
	書籍 テキスト	<ul style="list-style-type: none"> ● いつでも気軽に学習できる ● 自分のペースで学習できる 	<ul style="list-style-type: none"> ● 文字と静止画のみのため、動きがある解説がわかりにくい
同期型 リアルタイム	遠隔授業 テレビ授業	<ul style="list-style-type: none"> ● 職場や自宅などで学習できる 	<ul style="list-style-type: none"> ● 遠隔を行うための機材を個別に設置する必要がある ● 学習する時間が決まっている
	対面授業 集合研修	<ul style="list-style-type: none"> ● 人対人で、詳しい内容を直接学べる 	<ul style="list-style-type: none"> ● 開催会場に出向く必要がある ● 学習する時間が決まっている

2. 既往研究

廣瀬^[2]らは、参加者に15の漢字（「鹽」、「草鞋」、「枇杷」など）を2分間記憶させ、その後2分間の読みのテストを行う実験を実施した。テスト結果として、全体的に言語型よりも視覚型の方が平均正答数が低い傾向にあることが示された。また、漢字を覚えてもらった後50分後の遅延再生時の記憶量は、視覚型では低下し、言語型では保たれることがわかった。

新田^[3]らは、参加者に19の名詞句（「冷えたビール」、「真っ赤なリンゴ」など）を覚えてもらい、その後再生テストを行った。結果として、認知スタイルには有意傾向が見られ、廣瀬らの結果とは異なり視覚型が言語型よりも記憶再生成績が高いことが報告された。

Chen^[4]らは、参加者にエネルギーを題材にした3つのマルチメディア教材（文章と画像で構成される教材・ビデオ教材・アニメーション教材）を学習させ、10問のテストで学習効果を確認した。その結果、視覚型はビデオ教材を用いた場合、学習効果が最も高く、ビデオ教材やアニメーション教材のようなダイナミックな教材は視覚型に適していることが示された。

また、Kolloff^[5]らは、確率が数式で表された言語的教材と確率の樹形図が示された視覚的教材を用いて数学の確率の問題を解かせ、実験参加者の学習効果を比較した。事前の予想では、視覚型の実験参加者には視覚的な教材が適している、言語型の実験参加者には言語的な教材が適していると考えられた。しかし、結果は教材の種類と認知スタイルの間に明確な関連を示すものではなかった。

このように、認知スタイルと教材の関連を示す研究があるものの、学習効果に与える影響を明確に支持する結果は十分には得られていない。そこで、各認知スタイルの特性と教材の種類、加えて題材の種類が学習効果に与える影響を調査し、さらに吟味する必要があると考えられる。

3. 目的

ある題材に対する学習効果は、教材の種類と学習者の認知スタイルに関連していると考えられる。従来のテキストなどの教材と比べて、マルチモーダルな教材が必ずしもすべての学習者にとってより効果的とはいえない可能性もある。視覚型の教材は言語型認知スタイルの学習者には効果的ではなく、言語型の教材は視覚型認知スタイルの学習者には効果的ではないというような、学習効果を低下させる認知スタイル・教材・題材の組み合わせが存在すると考えられる。

そこで本研究では、学習者の認知スタイル、学習教材、学習の題材の組み合わせが学習効果に及ぼす影響について検討することにする。そして、効果的な学習方法、効果を低下させるため避けるべき学習方法を明らかにする。

4. 予備実験

本研究では、3章で述べた目的から、学習者を認知スタイルにより分類し、様々な題材について、視覚型教材と言語型教材で学習した効果を測定する実験を行う。これに先立ち、本実験の準備として、試験的に予備実験を行った。

4.1 準備

【認知スタイルの識別テストの作成】

実験参加者の認知スタイルを識別するテストとして、

幅広く活用されている VVQ を利用する。質問項目は以下の通りであり、合計得点が高いほど視覚型、低いほど言語型の認知スタイルであるとされる。

1. 言葉を使うことが必要な仕事をするのが楽しい*
 2. 空想が時々非常に鮮明ではっきりしていて、実際に自分がそれを体験しているように感じることがある
 3. 新しい単語を覚えるのが楽しい*
 4. 同義語（同じ意味の言葉）を簡単に思いつくことができる*
 5. 想像力は普通の人よりも高い
 6. ほとんど夢は見ない*
 7. 本を読むのがかなり遅い
 8. 眼を閉じて友人の顔を思い浮かべることができる
 9. だれもがイメージをえがいて考えることができるとは思わない*
 10. 何かのやり方について、人に教えてもらうより、自分でその「説明」を読む方がよい*
 11. 夢は非常に鮮明ではっきりしている
 12. 普通の人より言葉が流暢だ*
 13. 空想ははっきりせず、ぼんやりしている*
 14. ほとんど努力しないで語いが増える*
 15. イメージを使って考えることが多い
「はい」か「いいえ」で回答し、「はい」の数を得点とする
- *：逆転項目

【教材の作成】

以下の3つの題材について、それぞれ「視覚型」、「言語型」の教材を作成した。一部既存のコンテンツを利用した。

- 難読漢字
 - 視覚型：難読漢字の読みと、そのイメージを表すイラストを同時に表示
 - 言語型：難読漢字の読みを文字のみで表示
- 料理
 - 視覚型：「ゴーヤチャンプルーの作り方」を動画で表示(YouTubeの動画^[6]を利用)
 - 言語型：「ゴーヤチャンプルーの作り方」を文字のみで表示
- 機械システム
 - 視覚型：トイレタンクの仕組みをイラストと説明文で表示
 - 言語型：トイレタンクの仕組みを説明文のみで表示



豆腐はキッチンペーパーで全体を包み、重しをして冷蔵庫で1時間ほど水切りする。
※ 平たいバットなどがかませ、均一に重しをかけるとうい

図1 料理の視覚型教材(YouTube^[6]より)

- ① 豆腐はキッチンペーパーで全体を包み、重しをして冷蔵庫で1時間ほど水切りする
※平たいバットなどをかませ、均一に重しをかけるとよい

図2 料理の言語型教材

【テストの作成】

上で作成した3つの題材に関する学習効果を測定するテストを作成した。料理に関しては、視覚型の問題と言語型の問題の2種類を作成した。

【事後アンケートの作成】

テスト実施後、教材の対する感想や自分の認知スタイルに対する認識などを問う事後アンケートを作成した。質問項目は以下の通り。

- 教材の難易度
- 言語型の教材と視覚型の教材のどちらが自分に合っていると思うか
- 同じ題材の過去の学習経験の有無
- 自分の認知スタイルに対する認識
- 個人属性(所属、性別、年齢)

4.2 予備実験の概要

予備実験の概要は以下の通りである。

表2 予備実験の概要

目的	作成した教材、テストの妥当性の検証
調査方法	対面による実験
対象者	大学生、大学院生
サンプル数	4人
実施期間	2019年8月5日～9月25日

4.3 結果

予備実験の結果の概要は以下の通り。

表3 予備実験の結果概要

認知スタイル	視覚型1人、言語型3人
漢字テスト(18点満点)	平均16点、最高18点
料理テスト(5点満点)	平均4.5点、最高5点
機械システム(5点満点)	平均3.75点、最高5点
その他感想	・トイレタンクは自分で直したことがあるため、簡単 ・漢字のテストの順番が学習した順番と同じだったので簡単だった

【考察】

- VVQにより、実験参加者を視覚型と言語型に分類できることが確認できた。→本実験でもVVQを活用
- 漢字テスト...テストの順番などの影響もあり、難易度が簡単であった。→出題する漢字とテストの順番の再検討が必要
- 料理テスト...難易度が簡単であったため、再検討が必要
- 機械システム...難易度はおおむね妥当であった。

5. 本実験

4章の予備実験を踏まえて、教材、テストなどに修正を施し、本実験を実施した。

5.1 準備

【教材の修正】

予備実験を踏まえて、教材の修正を行った。修正点は以下の通り。

- 難読漢字...出題する漢字を難しいものに変更した。

【テストの修正】

予備実験の結果を踏まえて、以下の通りテストの修正を行った。

- 難読漢字...出題順を無作為に並べ替えた。また、事前に多くの漢字を知っている人をサンプルから除外するため、事前にもテストを実施することとした。
- 料理...選択式から記述式に変更した。また、問題数も5題から10題に増やした。

5.2 本実験の概要

本実験の概要は以下の通り。

表4 本実験の概要

目的	認知スタイルと教材型の組み合わせによる学習効果の差異の測定
調査方法	対面による実験
対象者	大学生、大学院生
サンプル数	26人
実施期間	2019年10月3日～8日

まず、実験参加者にVVQ試験紙に回答してもらい、認知スタイル(視覚型、言語型)で分類するそれぞれの群をさらに2つに分け、それぞれ視覚型教材と言語型教材で学習を行ってもらった。実験の流れ、各群のサンプル数は図3の通り。

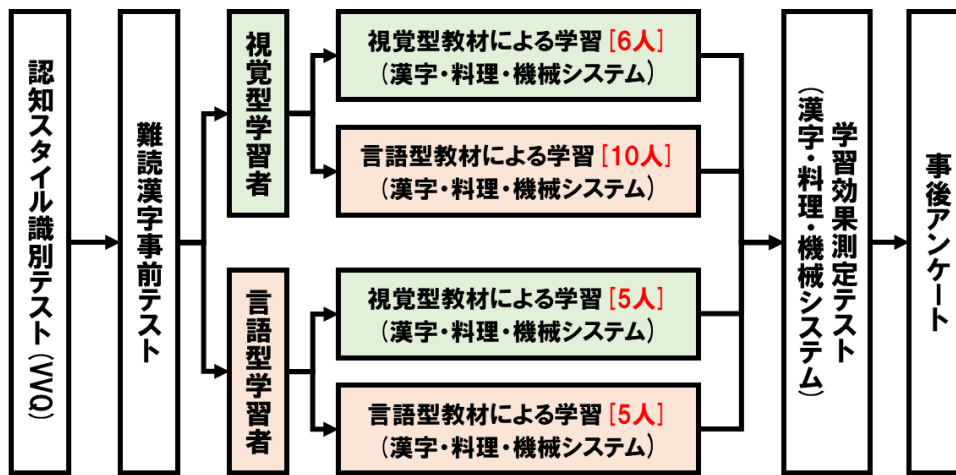


図3 本実験の流れ、各群のサンプル数

5.3 結果

5.3.1 視覚型教材と言語型教材の学習効果の比較

まず、VVQによる認知スタイルの区別はせずに、視覚型教材による学習者と言語型教材による学習者でテストの成績を比較する。なお、事前テスト、事後アンケートにより「出題される漢字の読みを4つ以上知っていた人」、「トイレタンの仕組みについて学習したことがある人」は、それぞれのテストの成績の分析から除外している。

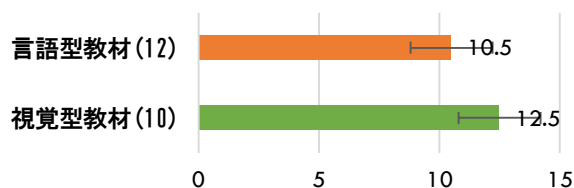


図4 漢字の教材型による学習効果

(平均値、18点満点、N=22、 $t=1.457$ 、 $df=20$ 、n. s.)

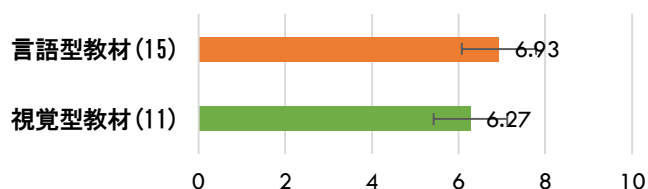


図5 料理の教材型による学習効果

(平均値、10点満点、N=26、 $t=-0.953$ 、 $df=24$ 、n. s.)

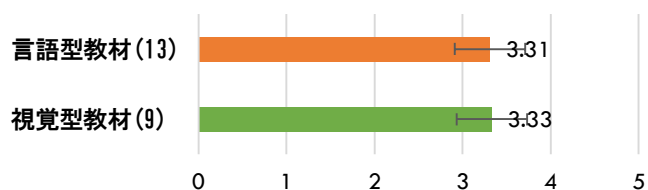


図6 機械システムの教材型による学習効果

(平均値、5点満点、N=22、 $t=0.065$ 、 $df=20$ 、n. s.)

図4~6はそれぞれ、「漢字の教材型による学習効果(平均値)」、「料理の教材型による学習効果(平均値)」、「機械システムの教材型による学習効果(平均値)」の比較である。いずれも統計的に有意ではないが、漢字については視覚型教材、料理については言語型教材の平均値が高い傾向がみられる。これは、漢字の学習においては、その漢字が持つ視覚的イメージを読みと一緒目にするこことより定着度が高いことを示唆する。一方で、料理の学習においては、映像に目がいってしまうことにより細かい分量や時間などの数値が定着しにくいことが原因として考えられる。機械システムの学習については、教材型による平均値の差異はみられなかった。

5.3.2 認知スタイルと教材型による学習効果の比較

次に「視覚型認知スタイル視覚型教材学習者」、「視覚型認知スタイル言語型教材学習者」、「言語型認知スタイル視覚型教材学習者」、「言語型認知スタイル言語型教材学習者」の4グループでの学習効果の比較を行う。

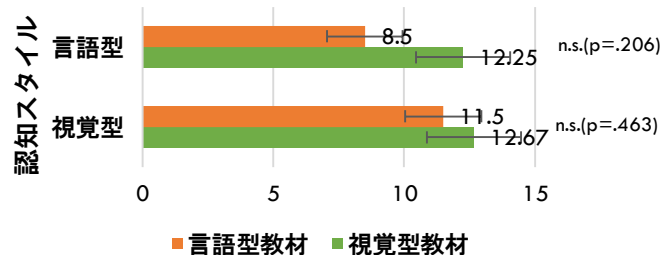


図7 漢字の学習における4グループの学習効果の比較

(平均値、18点満点、N=22)

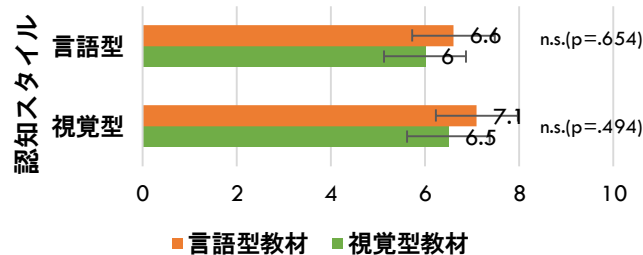


図8 料理の学習における4グループの学習効果の比較

(平均値、10点満点、N=26)

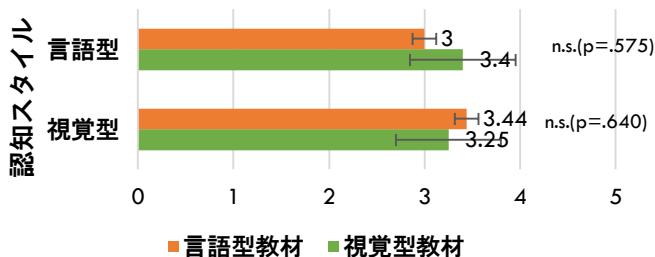


図9 機械システムの学習における4グループの学習効果の比較(平均値、5点満点、N=22)

図7は、漢字の学習における4グループの比較である。5.3.1で述べたように、おおむね視覚型教材の平均値が高いが、学習者の認知スタイルを考慮すると、言語型の認知スタイルの学習者において、平均値の差が大きい。漢字の場合、言語型認知スタイルであっても、自分の型とは異なる視覚型の教材の平均値が高くなるという結果になった。

図8は、料理の学習における4グループの比較である。5.3.1でも述べた通り、概して言語型の教材の平均値が高いという傾向が見られたが、これは認知スタイルが視覚型であっても言語型であっても変わらない。必ずしも視覚型の認知スタイルの人が視覚型教材で学習すべきとはいえないという結果になった。

図9は機械システムの学習における4グループの比較である。機械システムの学習では、視覚型認知スタイルの学習者は言語型教材、言語型認知スタイルの学習者は視覚型教材の平均値が高いという傾向がわずかながら見られる。この結果からも、自分の認知スタイルと同じ教材型による学習が必ずしも効果的であるとはいえないという結果が示唆された。

5.3.3 認知スタイルと教材型の一致、不一致による学習効果の比較

次に認知スタイルと教材型が一致している学習者と一致していない学習者で、学習効果の比較を行う。

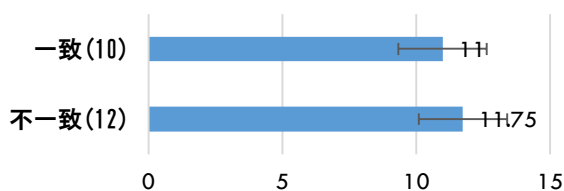


図10 漢字の学習における認知スタイルと教材型の一致、不一致による学習効果の比較(平均値、18点満点、N=22、t=0.523、df=20、n.s.)

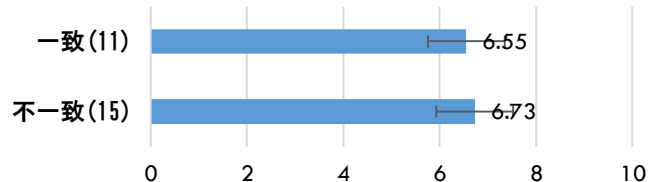


図11 料理の学習における認知スタイルと教材型の一致、不一致による学習効果の比較(平均値、10点満点、N=26、t=0.267、df=24、n.s.)

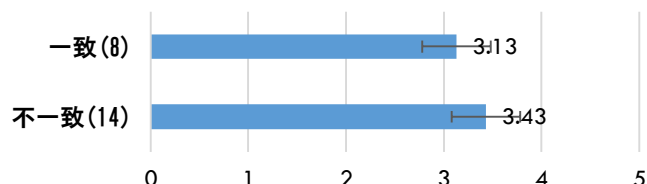


図12 機械システムの学習における認知スタイルと教材型の一致、不一致による学習効果の比較(平均値、5点満点、N=22、t=0.873、df=20、n.s.)

図10～12はそれぞれ漢字、料理、機械システムの学習において、学習者の認知スタイルと教材型が一致しているグループと一致していないグループの平均値の比較である。いずれの場合も、認知スタイルと教材型が一致していないグループのほうが一致しているグループよりも平均値が高いという結果が得られた。これは前述の内容と同様、視覚型認知スタイルの人が視覚型教材で学習したり、言語型認知スタイルの人が言語型教材で学習することが必ずしも最善ではないということを示唆しているといえる。

5.3.4 実験参加者の認知スタイル、教材型に対する認識

最後に、事後アンケートの結果により、視覚型、言語型それぞれの認知スタイルの学習者が、どちらの型の教材を好むのか、その傾向について考察する。

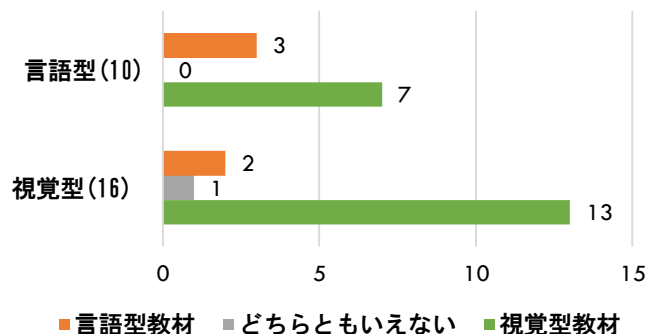


図13 学習者の認知スタイルと好む教材型(漢字、N=26)

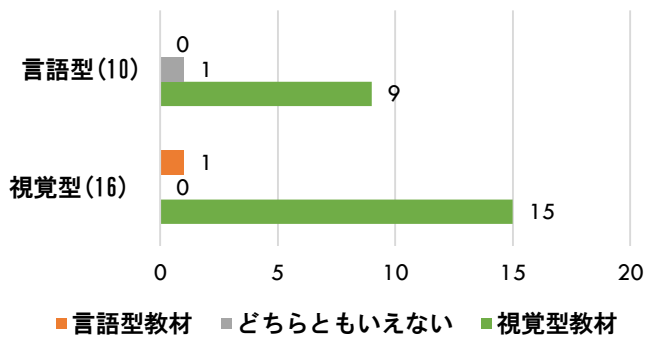


図 14 学習者の認知スタイルと好む教材型
(料理、N=26)

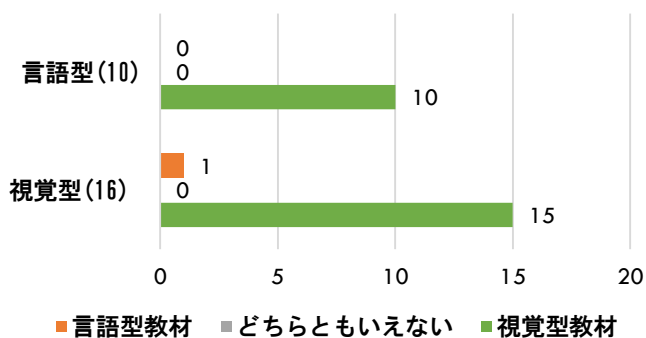


図 15 学習者の認知スタイルと好む教材型
(機械システム、N=26)

図 13～15 は、漢字、料理、機械システムの教材において各認知スタイルの学習者が、それぞれどちらの型の教材を好むか比較したものである。いずれの題材においても視覚型、言語型認知スタイルに関わらず、視覚型教材が好まれる傾向にある。しかし、5.3.1、5.3.2、5.3.3 で述べたように、題材によっては認知スタイルに関わらず言語型教材がより効果的な場合がある。また、視覚型認知スタイルの学習者にとって、言語型教材がより効果的な場合もある。このことは、近年普及が進んでいる、e-learning など、効果的に学習できることを謳っている視覚型教材に潜むリスクであるといえることができる。

6. まとめ

本研究では、学習者の認知スタイルの違いと教材の種類の違い、学習する題材の違いが学習効果に与える影響を明らかにすることを目的とした。実験では、参加者の認知スタイルを視覚型と言語型に分類し、様々な題材及び教材で学習する場合の学習効果の比較を行った。その結果を踏まえ、学習者の認知スタイルに対して効果的な学習方法、学習効果を低下させるリスクがある学習方法は何か検討した。

実験を通して、学習者の認知スタイルと教材型が一致していない場合（言語型×視覚型教材、視覚型×言語型教材）が一致する場合に比べて学習効果が高いことが示された。この結果から、認知スタイル特性と同じ型の学習教材の組み合わせが必ずしも、学習効果を向上させる最適な組み合わせではないことが明らかになった。

また、認知スタイルが視覚型の学習者は、言語型教材を活用することで効果的に学習できる場合がある。この

ことは、近年普及が進んでいる、e-learning など、効果的に学習できることを謳っている視覚型教材に潜むリスクとともに、従来からの書籍やテキストによる学習の有用性を示す結果といえる。

本研究では、より効果的な認知スタイルと教材型の組み合わせを提案することができたが、筑波大学の一部の学生を対象にしたことや、認知スタイル特性のより詳細な側面まで考慮した教材に修正する必要もあるため、過大な一般化をしないように気をつける必要がある。

7. 今後の課題

本研究では、参加者にアンケートと実験に協力してもらい学習効果を分析したが、問題点として、十分な参加者を確保することができなかったことが挙げられる。例えば、廣瀬^[2]らの研究では 48 名が参加し、新田^[3]らの研究では 158 名が参加している。これらの研究と比較すると、本研究では実験参加者の人数が少ないため、実験参加者を異なる認知スタイルに分類できても、各認知スタイルとの間で明確な学習効果の差が認められなかったのかもしれない。

また、教材の内容においても、視覚型教材と言語型教材の区別をイラストの有無のみで行っている点や、語句や仕組みの暗記という限定的な内容の教材になっている点において更なる改良を行い、認知スタイルそれぞれの特性に適した教材を検討する必要があるといえる。言語型の学習者が言語型教材を用いた場合に学習成績が最も低いという結果や、題材による学習効果の違いまで明らかにできていない点なども教材に原因があると考えられる。

認知スタイルの識別についても、今回は「視覚型」と「言語型」を識別する VVQ 質問紙を用いたが、認知スタイル質問紙は他にも多くのものが開発されている。質問項目の内容が具体的な SOP 質問紙や、認知スタイルを物体イメージ型と視覚イメージ型に分類する OSIQ 質問紙などが既に使用されている。今後は、これらの質問紙も活用することで、より詳細な学習効果の分析の余地があると考えられる。

参考文献 (web ページの最終閲覧は 2019 年 10 月 14 日)

- [1] SATT ; 「e ラーニングとは」, <https://satt.jp/dev/e-learning.htm>
- [2] 廣瀬真喜子 ; 「漢字の読みの記憶における認知スタイルの影響 : 言語型/視覚型との関連からの検討」, 琉球大学教育学部紀要, 143-148, (2005), <http://ir.lib.u-ryukyu.ac.jp/bitstream/20.500.12000/2132/1/Vol67p143.pdf>
- [3] 新田寛子, 宮崎拓弥 ; 「認知スタイルと感情的情報の種類の違いが記憶課題に与える影響」, 北海道教育大学紀要, 13-22, (2016), <http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/bitstream/123456789/7863/1/66-2-kyoiku-02.pdf>
- [4] Chih-Ming Chen, Ying-Chun Sun ; 「Assessing the effects of different multimedia materials on emotions and learning performance for visual and verbal style learners」, Computers & Education, 1273-1285, (2012), <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0360131512001273?token=AEFC220EEEB4B7B84BDFB5CEF43C94150128858DFC3E91E2719A5D414C815B103558D2602C30885439D28D189DA68918>
- [5] Bas Kollöffel ; 「Exploring the relation between visualizer-verbalizer cognitive styles and performance with visual or verbal learning material」, Computers & Education, 697-706, (2012), <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0360131511002338?token=9860DD4E0CA4AFBFC920967345207CCAD8606E361EB82238BD601230732DD3EDB75DCB1BA633B515AFFBB70A9FB8A467>
- [6] YouTube : ゴーヤチャンプルーの作り方, <https://www.youtube.com/watch?v=rV3ZDo4wCB8&t=29s>