

# 化学反応を利用した日常的な実体インタフェースの提案

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:27



2021年度研究会推薦博士論文速報

[ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

## 石井 綾郁

(日本電信電話 (株) コミュニケーション科学基礎研究所 研究員)

## ■キーワード

ユビキタスコンピューティング／実体インタフェース／化学反応

**【背景】** 身近な「もの」を利用した実体インタフェース**【問題】** 装置が高コストであり，導入・作成・保守が困難**【貢献】** 誰もが日用・作成可能な実体インタフェースの実現

「ユビキタスコンピューティング」は，Mark Weiserにより提唱されたインタフェースの究極のあり方を示すビジョンである。このビジョンでは，成熟した技術は人々の意識から消え，日常空間に溶け込んだ透明な存在になると予想されている。ユビキタスコンピューティングを実現するため，さまざまなインタフェースの研究が行われている。最近では，日常生活に元から存在する実物体自体をインタフェースとする「実体インタフェース」が提案されている。たとえば，水で満たされたチューブ内部の上昇気泡を画素として使用するディスプレイや，服自体をセンサやディスプレイとして使用する手法が盛んに研究されている。このようなインタフェースは，生活空間内の実物体と仮想情報とが文字通り溶け込んでおり，ユーザが一般的な道具と同等の認識で使用できるというメリットがある。

本研究では、このような実体インタフェースの日常的な使用およびユーザによる作成（パーソナルファブリケーション）を可能にする手法の確立を目的とする。実体インタフェースの既存技術は、現段階では多数の可動部品を使用した大掛かりな装置になる傾向がある。たとえば、前述した水中の気泡を用いたディスプレイの研究では、細かい泡の発生・制御のため、列ごとに電磁バルブや拡散器などの可動部品が必要であり、機構が大掛かりになってしまう。よって、装置の作成・保守コストが高く、生活の中での日用や作成が困難である。

そこで、日常的な実物体に対する化学反応を利用する。特に、1種類の物質が2種類以上の別の物質に分かれる反応である分解を利用することで、新たに別の化学物質を用意して反応を起こすことなく、物体自体から生成する物質をインタフェースの構成要素として使用する。これにより、かさばる可動部分が不要で単純な機構のインタフェースが実現できる。分解には電圧印加や加熱により起こるものがある。そこで、コンピュータ制御による通電や、コンピュータ制御によるレーザー光での加熱に起因する分解を利用し、日常的な利用やパーソナルファブリケーションが可能な実体インタフェースを実現する。

本研究では次の2種類のアプローチを検討する：（1）電気分解を利用した日常的な液体表面・湿潤面での情報表示インタフェース。（2）レーザー加工による木材表面の炭化（＝熱分解）を利用した回路ファブリケーション手法。これに基づき、

以下の複数のインタフェース手法の提案・システム実装およびその評価を行った。

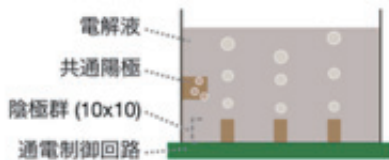
- 電気分解により発生する気体を画素として利用する，液体表面での情報表示手法“BubBowl”<sup>5)</sup>，<sup>6)</sup>
- 電気分解気泡を利用したアート作品への応用を模索する2点の表示デバイス“UTAKATA”・“Bubble Mirror”<sup>3)</sup>，<sup>4)</sup>
- 電気分解により生成するイオンを利用し，湿潤面上にカラーパターンを表示する手法<sup>1)</sup>
- レーザー加工機で木材表面を部分的に炭化させ，木材に直接センサや回路を作成する手法“CircWood”<sup>2)</sup>

以上の提案手法では，インタフェースの作成時や使用後に環境負荷の高い物質を使用・排出しないため，サステナブルなインタフェース設計の可能性を開拓できたと考えている。また，提案インタフェースが独自に有する「ゆらぎ」や，実物体ならではの不完全さのような特徴を活用した，新たな体験創出の可能性についても検討した。

## 化学反応を利用した日常的な実体インタフェース

### 電気分解を利用

#### 生成気泡による表示



#### 生成イオンによる表示



### 炭化を利用

#### レーザー炭化による木製回路基板



レーザー焦点ぼかし&繰り返し照射



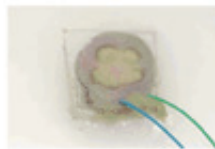
炭化部分は導電性を持つ配線として機能

#### BubBowl[5,6]



コーヒーやゼリー表面での表示

#### イオンディスプレイ[1]



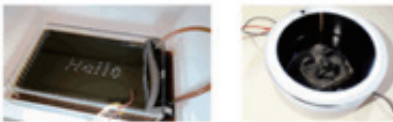
砂や食品表面でのカラーパターン表示

#### CircWood[2]



一般ユーザーによるタッチセンサなどのDIYが可能

#### UTAKATA Bubble Mirror



アート表現の模索[3,4]

### ■Webサイト／動画／アプリなどのURL

<https://sites.google.com/view/ishii/>

### 参考文献

- 1) Ishii, A., Ikematsu, K. and Siio, I. : Designing Electrolysis Ion Display on Everyday Open Wet Surfaces, In Designing Interactive Systems Conference (DIS '22), ACM, New York, NY, USA, pp.1020–1034 (2022).

- 2) Ishii, A., Kato, K., Ikematsu, K., Kawahara, Y. and Siio, I. : CircWood: Laser Printed Circuit Boards and Sensors for Affordable DIY Woodworking, In Proceedings of the 16th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '22), ACM, New York, NY, USA, Article 11, pp.1–11 (2022).
- 3) 石井綾郁, 福島真花, 田中波輝, 的場やすし, 池松 香, 椎尾一郎 : 電気分解気泡表示のアートへの応用, 芸術科学会論文誌, 20巻, 5号, pp.231-244 (2021).
- 4) Ishii, A., Fukushima, M., Tanaka, N., Matoba, Y., Ikematsu, K. and Siio, I. : Electrolysis Bubble Display based Art Installations, In Proceedings of the 15th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '21). ACM, New York, NY, USA, Article 13, pp.1–9 (2021).
- 5) 石井綾郁, 椎尾一郎 : 電気分解気泡による液体表面への情報表示, コンピュータソフトウェア, 37巻, 4号, p.4\_64-4\_75 (2020).
- 6) Ishii, A. and Siio, I. : BubBowl: Display Vessel Using Electrolysis Bubbles in Drinkable Beverages, In Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '19). ACM, New York, NY, USA, pp.619-623 (2019).

(2022年5月31日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（理学）**

**大学：お茶の水女子大学**

**正会員**

---

**推薦文 [情報環境領域] ヒューマンコンピュータインタラクション研究会**

本論文には、身近なものに対する化学反応をコンピュータ制御するという手段を採用した、生活空間に溶け込む情報機器を作るための新技術が示されています。応用例として、電気分解を制御して飲み物に泡で情報提示を行うカップが示されています。このように情報機器の在り方を変えそうな興味深い成果を本研究は挙げています。

**研究生活** もともと実体のある「もの」をハックするような技術にこだわりがあり、大好きな実体インタフェースの研究で博士号を取得できたことについて、心から幸せを感じています。

研究生活はもちろん楽しいことばかりではなく、特に予備実験がうまくいかず挫折

しかけることが何度もありました。このようなときは指導教官である椎尾一郎先生をはじめとする研究室のメンバに何度も支えられ、なんとか形にすることができました。このような苦勞を超えて成果を創出できたときは、計り知れない喜びがありました。

博士課程は、自分の追求したいことに精一杯取り組める、とても貴重で幸福な時間だったと思います。私自身、修士2年の6月ごろまでは博士課程に進学するなど思ってもいませんでしたが、今振り返ってみると、博士に進学して本当に良かったと感じています。進学を検討している方には（健康に配慮の上、自分のペースで）、ぜひ精一杯楽しんでもらえると私としても嬉しいです。







# グラフィカルユーザインタフェース上の表示領域と選択領域が異なるターゲットの選択に関する研究

♡ 10

情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 09:29



2021年度研究会推薦博士論文速報

## [ヒューマンコンピュータインタラクション研究会]

薄羽 大樹

(ヤフー (株) )

### ■キーワード

グラフィカルユーザインタフェース／ターゲット選択／モデル化

**【背景】** 表示領域と選択領域が異なるターゲットが増加

**【問題】** そのようなターゲットのモデルが存在しない

**【貢献】** 表示領域と選択領域が異なるターゲットの操作時間と成功率の予測を可能にした

ターゲット選択とは、コンピュータの画面に表示されるボタンなど（ターゲット）をクリックやタップによって選択することである。たとえば、アプリケーションのアイコンを選択することで、そのアプリケーションを起動できる。このとき、PCでは、主にマウスでカーソルを動かしアイコンをクリックすることで、また、スマートフォンでは、指で直接アイコンをタップすることで、ターゲットの選択を行うだろう。

マウスでカーソルを操作し、ターゲットを選択するまでの時間（操作時間）は「フィッツの法則」で予測できることが知られている。フィッツの法則は、

$$MT = a + b \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right)$$

で表され、 $MT$  は操作時間、 $A$  はターゲットまでの距離、 $W$  はターゲットの大きさ、 $a$ 、 $b$  は定数である。つまり、近くにあるターゲットや大きいターゲットは速く選択され、距離が遠くなると、また、ターゲットが小さくなると、その分、操作時間が増加する。

一方で、スマートフォンなどのタッチスクリーンにおいて、指でターゲットを選択する場合、ユーザがタップしたい位置と実際にタップされる位置にはズレが生じる。そのズレを考慮できるように修正されたフィッツの法則は「FFitts Law」と呼ばれる。また、指でのターゲット選択においては、ユーザが画面のどこをタップするのかを予測することで、タップの成功率（ターゲット内をタップできれば成功、ターゲットの外をタップしてしまうと失敗）を予測できる。

上述のような、操作時間や成功率を予測できる数式のことを「モデル」、モデルを構築することを「モデル化」と呼ぶ。ヒューマンコンピュータインタラクションの分野では、日々、新たなモデルの構築や、FFitts Lawのように、既存モデルの修

正が行われている。

近年のPCやスマートフォンの画面を見てみると、ターゲットの「表示領域」と「選択領域」が異なることが多い。ここで、表示領域とは、ターゲットの画面上に表示される大きさのこと（見た目）であり、選択領域とは、実際にそのターゲットをクリックやタップできる範囲（当たり判定）のことである。たとえば、図のナビゲーションバー Aを見てみると、「Home」というテキスト（表示領域）よりも大きい選択領域が設定されている。

既存のモデルは、表示領域と選択領域が等しい状況を前提としており、上述のような表示領域と選択領域が異なる状況には適用できない（つまり、操作時間や成功率は予測できない）。これに対し、博士論文では、表示領域と選択領域が異なる状況でも操作時間や成功率を予測できるモデルを構築した。それによって、選択領域が増加するほど操作時間が減少することを明らかにした<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>。特に、指での操作においては、表示領域が増加しても操作時間が減少する。また、成功率は選択領域が増加するほど増加することが分かった<sup>4)</sup>。モデルを参考にすることで、これまでよりもより速く・正確に操作できるナビゲーションバーを開発できる。また、モデルを参考に、たとえば、ナビゲーションバーを開発することで、ユーザはより速く正確にナビゲーションバー内のターゲットを選択できる。

ナビゲーションバー A

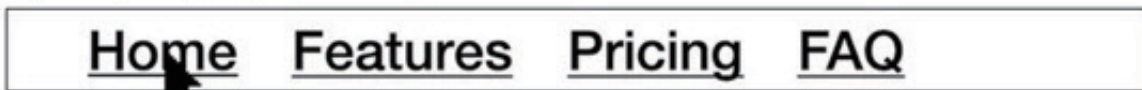


選択領域の可視化（橙色）



「Home」というテキストよりも大きい範囲を選択可能

ナビゲーションバー B



選択領域の可視化（橙色）



「Home」のみがリンクになっている

## 参考文献

- 1) 薄羽大樹, 山中祥太, 宮下芳明 : Motor WidthとVisual Widthが異なる状況下でのポインティング性能, 情報処理学会論文誌, Vol.60, No.4, pp.1184-1199 (2019).
- 2) Usuba, H., Yamanaka, S. and Miyashita, H. : A Model for Pointing at Targets with Different Clickable and Visual Widths and with Distractors, In 32nd Australian Conference on Human-Computer

Interaction (OzCHI '20), 1-10 (2020),

<https://doi.org/10.1145/3441000.3441019>

3) Usuba, H., Yamanaka, S. and Miyashita, H. : Touch Pointing Performance for Uncertain Touchable Sizes of 1D Targets, In Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '19), 20:1-20:8 (2019), <http://doi.acm.org/10.1145/3338286.3340131>

4) Usuba, H., Yamanaka, S. and Miyashita, H. : Modeling Movement Times and Success Rates for Acquisition of One-Dimensional Targets with Uncertain Touchable Sizes, Proc. ACM Hum.-Comput. Interact., Vol.5, No.ISS, Article 487 (Nov. 2021), 15 pages (2021), <https://doi.org/10.1145/3486953>

(2022年5月11日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

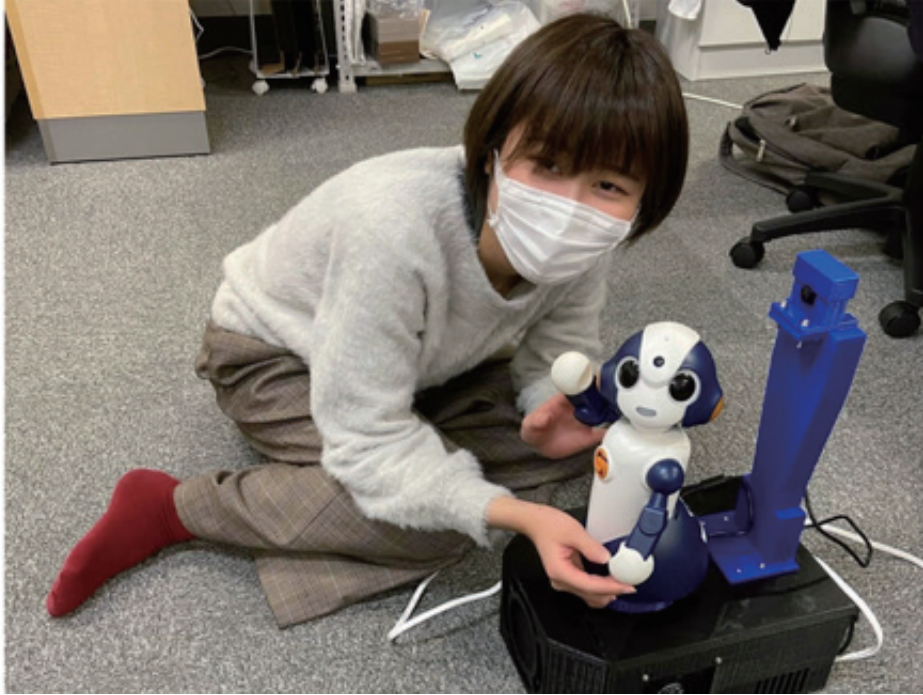
**学位種別：博士（理学）**

**大学：明治大学**

---

**推薦文 [情報環境領域] ヒューマンコンピュータインタラクション研究会**ターゲット選択（コンピュータの画面に表示されているボタンなどをクリックする操作）において、ターゲットの見た目とそのターゲットを実際にクリックできる範囲が操作性に与える影響を数式で表すことに成功している。どういうターゲットだとその操作性がどうなるのかが数式から分かるので、本研究成果はきわめて有用である。

**研究生活** 博士前期課程からモデル化の研究に興味を持ち、この研究テーマを開始し、5年間の研究生活を経て、博士論文として完成させることができました。学部1年生から博士後期課程に渡ってご指導いただいた宮下芳明先生、在学中に発表した多くの論文にかかわってくださった山中祥太さん、ならびに、研究に携わってくださった方々へ深く感謝します。



# 人とのパートナー関係構築のためのエージェントへの社会性付与



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:30



**2021年度研究会推薦博士論文速報**

**【ヒューマンコンピュータインタラクション研究会】**





高橋 ともみ

( (株) サイバーエージェント / MLエンジニア )

■キーワード

Human-Agent Interaction / 対話エージェント / 社会的存在感

**【背景】** エージェントは未だモノとしての側面が強い

**【問題】** エージェントの社会的存在感の低さ

**【貢献】** エージェントへの社会性付与の有効性を明らかにした

昨今ではチャットボットや販売員ロボット、スマートスピーカに搭載された音声アシスタント等、日常生活でエージェントを見かける機会が多くなった。それらの

エージェントがより人と対等で親密な存在となることができれば、ユーザが自然に積極的にエージェントに話しかけるようになり、ユーザ固有の情報を収集しやすく個人に適したサービスを提供しやすくなったり、一人暮らしの孤独感の効果的な低減等の感情面でのサポートをしやすくなったりといった利点が考えられる。また、内閣府のムーンショット目標においても“人生に寄り添って一緒に成長するAIロボットを開発する”ことが目指されている。本研究では「人と同等に社会的な存在として見做され、人と共生する親密な相手となり得るエージェント」をパートナーエージェントと呼ぶこととし、その実現に有効な手法を提案した。

本研究ではパートナーエージェントの実現のための重要な課題として、エージェントの社会的存在感の低さに注目した。社会的存在感とは人がエージェントから人間のような性質を感じとる度合いのことである。エージェントは社会的に接されにくいことが知られており、エージェントへ話しかけることに抵抗感を覚えたり、街中で販売員ロボットが話しかけていても無視されてしまったりすることから、エージェントはいまだ「モノ」としての側面が強いことが伺える。

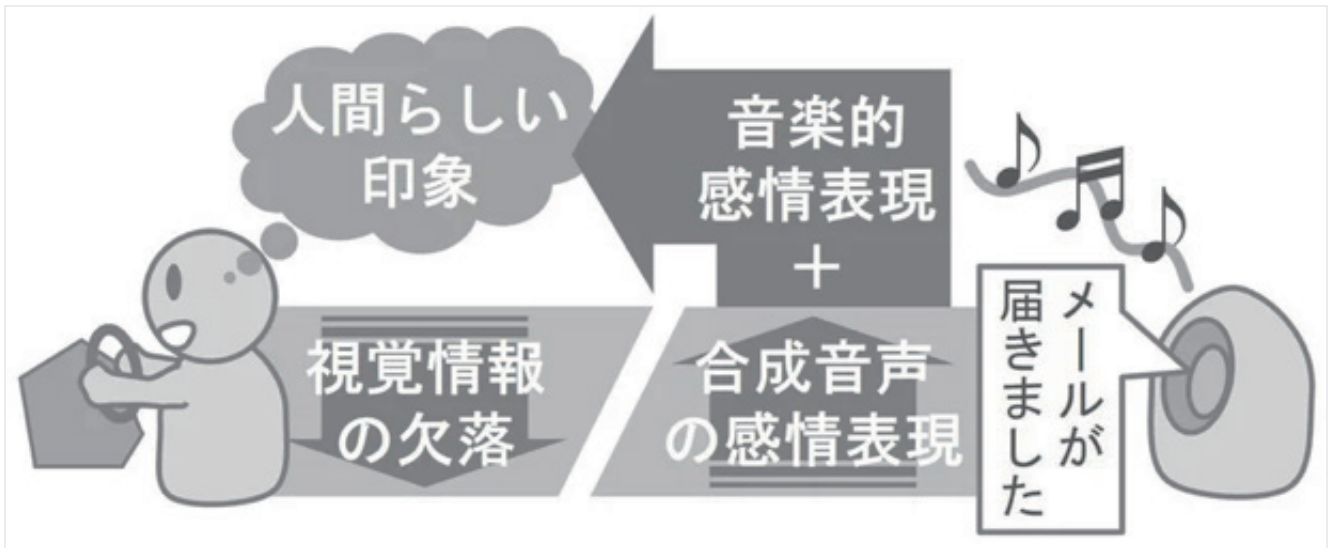
社会的存在感を向上させるため、本研究ではエージェントに人間の持つ社会性を付与することを目指した。既存研究の中には社会的存在感を向上させるためにエージェントの提示方法を物理的な身体を持つロボットに限定したり、その外見を人間に酷似させたりといった取り組みが存在するが、本研究ではCGエージェントとロボットの両方を対象とし、その提示方法や外見を制限することなく対象のエージェ

ントに機能として付与できる手法を狙った。また、人間の忠実な再現だけでなく人間とは異なる表現方法の導入も図った。

具体的には、研究1：場面に応じた適切な感情表現、研究2：対話における主導権の交代、研究3：協働時の気遣い—の3つの要素を対象に研究を行った。

研究1では、エージェントの感情表現の希薄さに着目し、表情による感情伝達効果の検証と、聴覚情報のみ使用した新たな感情表現方法として、合成音声に感情を表す音楽を付与するという音楽的感情表現の提案・効果検証を行った。研究2では、対話中の主導権の偏りによって生じる一方的な印象や対話意欲の低下に着目し、選択肢式の対話において主導権を相手に応じて適応的に切り替える適応混合主導対話を提案した。研究3では、人がロボットを操作する場面における操作者とロボット間のパートナー関係の構築に着目した。人が遠隔操作ロボットを介して接客を行う場面を想定し、ロボットが操作者への気遣いを示すことで操作者が操作対象のロボットを社会的な他者として見做すことが可能かを検証するための実証実験を行った。

これらの研究における提案手法はいずれもエージェントを社会的に接してもらえ  
る存在へと近づけるものであり、本研究を通してエージェントの社会的存在感を向  
上させパートナーエージェントを実現するための基本的な要素技術を開発できた。



■Webサイト／動画／アプリなどのURL

<https://www.youtube.com/watch?v=80xmJq-HNFc>

<https://youtu.be/uJ3zsLH8dsE>

(2022年5月31日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

取得年月日：2022年3月

学位種別：博士（工学）

大学：京都工芸繊維大学

---

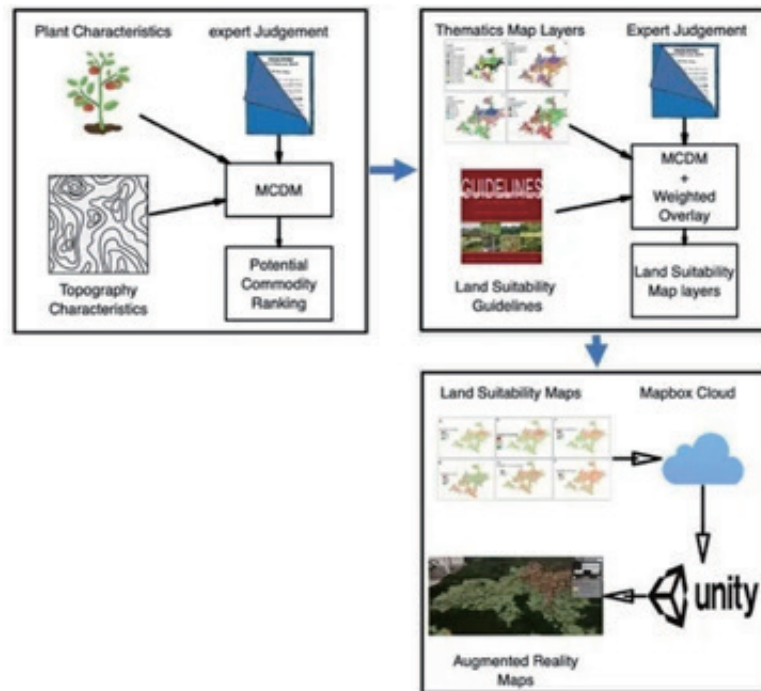
**推薦文 [情報環境領域] ヒューマンコンピュータインタラクション研究会**

ドラマを盛り上げる挿入歌のように発話に音楽を重畳して感情を伝えるAIスピーカや、遠隔接客のストレスを受けた操作者を気遣う遠隔操作ロボットなど、きわめて斬新な提案をしている。また、それらは企業との共同研究やインターンにおいて社会的ニーズに即して実施され、大きな実用性・将来性を持つことから推薦に値する。

**研究生活** 小学生のころ、ロールプレイングゲームをプレイする中でNPC (Non-Player Character) との会話や振る舞いに機械的な印象を受け、「いつかまるでゲームの中で生きているような人間らしいNPCを作りたい」と感じたことがきっかけで情報工学を志望し、インタラクティブ知能研究室に所属するに至りました。研究活動の中で、NPCに限らずスマートフォン等に搭載された音声アシスタントや店頭で見かけるPepperのような店員ロボットにおいても人間らしさは重要であると感じるようになりました。たとえば、音声アシスタントに話しかける際に「モノ」に話しかけるような恥ずかしさや抵抗を感じたり、店員ロボットが話していても平然と無視されているのを見かけたりといった経験はないでしょうか。それらの人間らしさを高めることができればこのような状況を打開することができる。考え、人間と同等に社会的に接してもらえるエージェントの実現に向けて、対話や感情表現の観点から研究開発を行ってきました。人間らしい性質をエージェントの

機能として実装することや、その機能によって実際にどのような効果が得られるかを心理実験により定量的・定性的に明らかにすることに面白さを感じます。





# Research on a Geographic Information System (GIS) to Assist Farmers in Making a Decision Regarding Commodity Selection and Land Evaluation

♡ 1

情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 10:46



## 2021年度研究会推薦博士論文速報

[グループウェアとネットワークサービス研究会]

**Hanhan Maulana**

(インドネシア コンピュータ大学 講師)

邦訳：農民の農作物選択と土地評価に関する意思決定を支援する地理情報システム (GIS) に関する研究

### ■キーワード

地図情報システム (GIS) / 意思決定支援 / VR/AR (仮想現実 / 拡張現実)

**【背景】** インドネシアでは農業関連データをオープンデータとして公開

**【問題】** 農家が農産物選択や土地評価に関する意思決定のために、オープンデータの利活用が困難

**【貢献】** VR/AR (仮想現実 / 拡張現実) 技術による土地利用状態可視化、適切農作物提案など地理情報システムの高度化

地理的条件は、農業の意思決定（たとえば、農作物の選定、育成や収穫などの栽



培管理など) に大きな影響を与える要因の1つである。現在、地理的条件に関するデータは、さまざまなオープンデータサイトで広く公開されている。現状、これらのデータは、農業の意思決定の支援には対応できていない。また、農業の意思決定には大量のデータが必要である。一方、大量の地理空間データを効率的に扱うシステムとして、地理情報システム (GIS) がある。しかし、これまで、農業にGIS技術を必ずしも十分に活用されてこなかった。その要因の1つに農家のITリテラリーの総じて高くなく、地図情報やGISの利用が容易でないことが挙げられる。本研究では、農業へのGIS技術の活用が十分行われていない地域を対象に、農家の農作物選定を支援する地理情報システム (GIS) の構築を目指す。研究フィールドとして、GIS技術の活用が十分でなかった地域で、実際の農家からのフィードバックが得られた点から、インドネシアを対象とした。

本研究では、農家の意思決定を支援するための地理情報システム (GIS) の枠組みを提案する。農業GISの研究の動機となる課題は、農家が意思決定を支援するためにGISを直接かつ実用的に利用できるようにすることである。本研究は、大きく3つの段階に分かれる (図-1参照)。第1段階は、対象地域での潜在的な商品選択のための意思決定システムを開発することを目的とする。この段階では、効率的な農業を支援するための作物品目ランキングを作成する。第二段階では、多基準意思決定法 (MCDM) と地理情報システム (GIS) 法を統合して、潜在的な商品に対する土地の適合性を評価する。この研究では、3つの主決定基準と9つの副決定基準を使用する。これにより、より適切で正確な土地適性マップを作成する。最後の研究

段階は、GISとVR/AR（仮想現実／拡張現実）技術による視覚化機能を統合し、インタラクティブな3Dマップを構築する。本研究では、農民が地図を理解しやすくするために、土地適性マップを可視化するモバイルベースのシステムを提案する。そして、ユーザビリティの面を充実させるために、システムに拡張現実の機能を装備する。GISでは、適切な情報のみを提供し、混乱させないように、情報の提示を制限する必要がある。また、適切なデバイスを選択することで、親しみやすさの面を高めることができる。

本研究では、2つのテスト手法でシステムの評価を行う。1つ目は実装システムの性能評価（使用環境下でのシステムのレスポンスタイム、スループット）、2つ目はシステムのユーザビリティ（システムに対するユーザの反応）を調べるためのアンケートによる定性評価である。評価結果によって、全体として、構築したシステムの良好な地図情報の可視化を実現することが確認できた。ただし、一部の農家では土地適性マップを理解することがまだ困難であるなど、改善点は残されている。現在、構築したシステムにコラボレーション機能の追加を行っている。このコラボレーション機能によって、農家、GIS専門家、その他のステークホルダー間の知識交換を促進することができる。これにより、農家が土地適性マップに対する理解を深めることが期待される。本研究ではフィールドとしてインドネシアの農業を対象としているが、得られた成果は同様のGIS技術の農業への活用が十分でない地域にも還元できると考える。現在、そのために、他地域への適用を検討している。

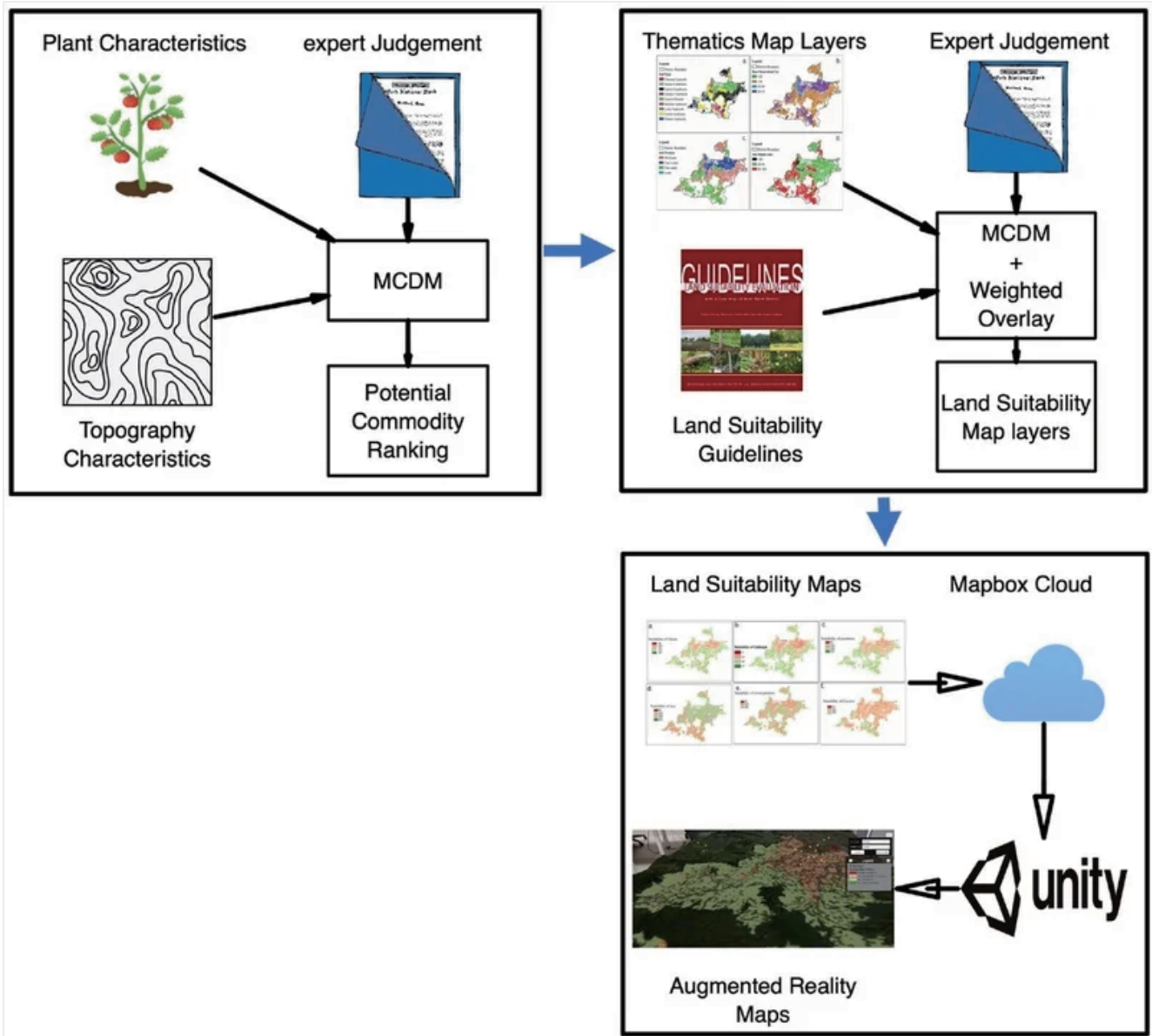


図-1 研究の流れ

(日本語訳) 金井秀明 (指導教員)

(2022年6月1日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（知識科学）**

**大学：北陸先端科学技術大学院大学**

---

**推薦文 [情報環境領域] グループウェアとネットワークサービス研究会**

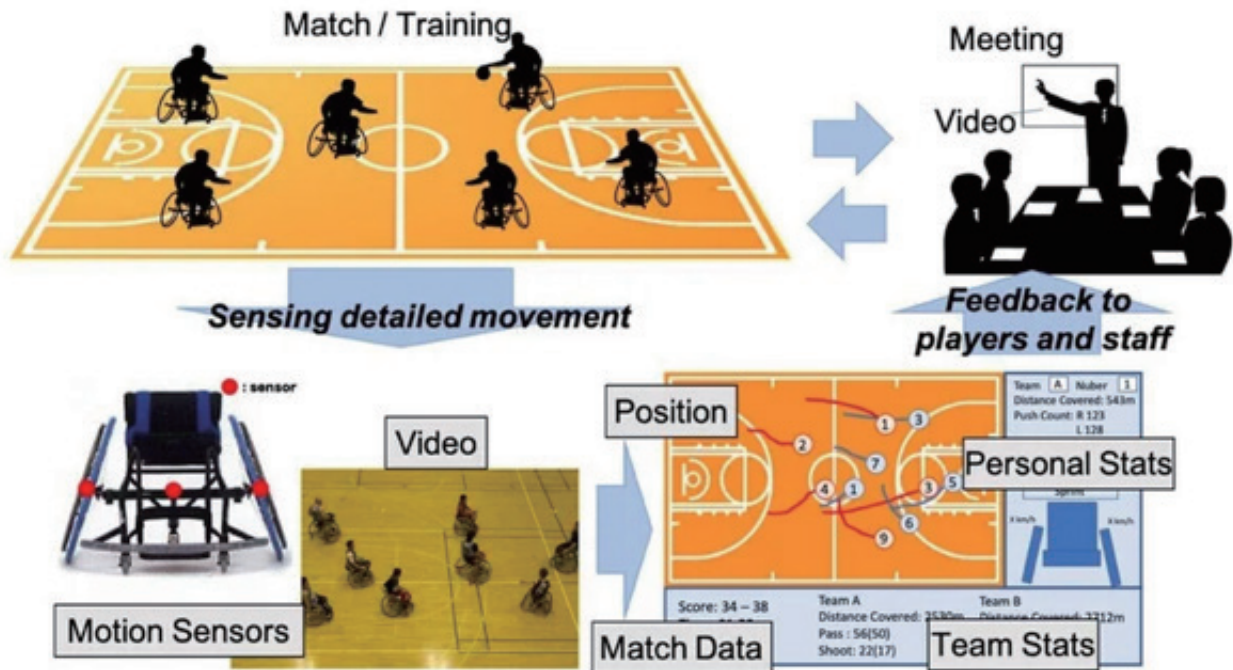
研究は、Precision Agriculture（ITによる精密農業）に関するものである。インドネシアの農業土地利用を対象に、VR/ARによる土地利用状態可視化、適切作物提案など地理情報システムの高度化を実現した。農業のIT化に貢献し、情報技術の社会への浸透の一例として注目される分野である。

**研究生活** この研究のテーマは、農業環境に生まれた私の経歴と、地図への興味から始まっている。近年、インドネシアの農業は不作を主な原因として衰退している。私は当初、土地適合性マップがあれば、農家が作物の選択に関する意思決定を行う際に、不作のリスクを減らすことができると考えていた。問題は、インドネシアの農家は伝統的な農家であり、コンピュータの初心者である。一方、GISは一般的にコンピュータベースのシステムである。このギャップをなくすためには、実用的に使えるGISを構築する必要があると考えた。すなわち、農家にとって身近なデ

バイスを活用したシステムで、地図の可視性を高めてGISを高度化することである。このテーマは難しく、農家の現実問題を扱うという幅が広い。大量のデータと大量の地図が必要である。しかし、このテーマは私の興味から生まれたものなので、博士研究としてやり遂げることができた。最後に、私の研究テーマに理解を示してくださった金井秀明准教授と、私の研究生活を支えてくださった研究室の皆様に感謝する。

**▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。**

新型コロナウイルス感染症やコロナワクチンについては、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。\*非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



# Single Modal Motion Sensing for Low-Cost Data Collection in Sports

♡ 1

情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 10:48



## 2021年度研究会推薦博士論文速報

### [モバイルコンピューティングと新社会システム研究会]

長谷川 凌佑

(大阪大学大学院医学系研究科 特任研究員)

邦訳：スポーツにおける低コストデータ収集のための単一モーダルモーションセンシング

#### ■キーワード

スポーツセンシング／信号処理／画像処理／位置推定／行動認識

**【背景】** アマチュアスポーツにおけるデータ活用への需要の高まり

**【問題】** 分析にあたる人員不足や時間の制約

**【貢献】** 低い人的コストにおけるデータ収集・分析の実現

近年、スポーツの分野においてデータ活用への関心が高まっている。多くのプロスポーツにおいてデータ分析の専門家がチームに参加しており、練習や試合のデータを収集・分析を行うのは一般的になった。一方で、大学などのアマチュアスポー

ツではデータの活用がまだ盛んではない。これは、スタッフの数が少ないことが大きな要因だと考えられる。スタッフの数が少ない場合、日々の練習や試合からラベリング作業によってデータを収集するのは難しい。また、コート予約時間などが決まっていることが多く、データ収集に多くの時間をかけることはできない。そのため本研究では、分析にあたる人員不足や時間の制約が課題となり、センサ取り付けの手間を少なくするといった工夫が必要である。したがって、我々はデータを取得するデバイスをカメラ、あるいは慣性センサの1種類に限定し、そのデバイスから分析に必要なデータを取得できるような手法の設計を行う。本論文では、あらゆる分析において基礎的なデータである選手の位置と応用的なデータである行動を分析に必要なデータと考える。

これを実現するため、第一に、車いすスポーツに焦点を当て、車いすの車輪と椅子下に取り付けた慣性センサから位置推定を行う手法を検討した。本研究では、センサから短期間における車いすの変移と方向を獲得し、これを積算することにより基点からの位置を推定する自律航法と呼ばれる手法を用いた。また、自律航法における誤差の蓄積に対処するために3種類の補正手法を提案し、その効果を検証した。これにより、自律航法における位置誤差のたまり方を確認し、位置補正される頻度による位置推定精度への影響を明らかにした。

第二に、映像内にうつる人物に対して骨格の検出を行い、人物の姿勢に対してロバストな位置推定方法を提案した。運動時におけるさまざまな姿勢に対処するため



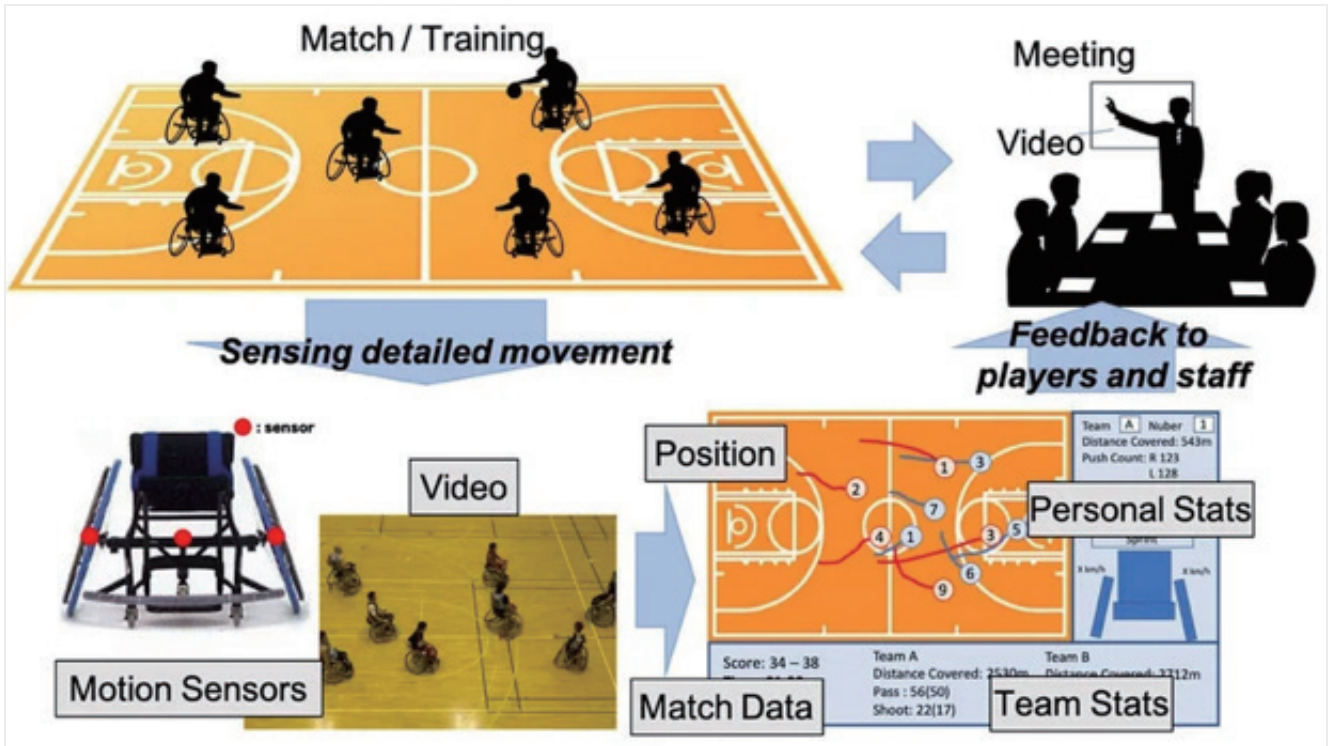
に、腰の骨格を利用し、さらに下半身の骨格を用いた位置補正手法を提案した。その結果、補正により平均誤差の削減に成功し、人物とカメラの間にある障害物によって足元が隠れた場合に対しても他の手法と比較して誤差の増大を最小限に抑えた。

第三に、慣性センサを用いて車輪の動きから車輪に力が加えられたタイミングを推定し、各区間における操縦行動の分類手法を提案した。また、両車輪の動きからターンの分類を行った。さらに、これらのデータを利用して漕ぎ方の癖やコート内の場所に応じた漕ぎ方の差異を定量的に把握することができ、技術向上に有用な見通しを得た。

最後に、スポーツ映像に特化した行動推定手法を提案した。スポーツでは同じ動きでも異なる行動に区別される場合があるが、既存の行動認識手法では人物中心の四肢の動きに焦点を当てているため、そのような行動の分類が難しい。そのため、スポーツにおける行動判断には位置が大きく関係していると考え、位置情報を加味した行動推定手法を提案した。その結果、位置情報を考慮しない場合に比べて精度を向上させることができた。

これらの貢献により、さまざまな環境において人的コストが少なく簡単に実用可能なデータを自動で収集できることを示した。本論文は、データの活用をアマチュアスポーツのように人的コストに制限のある環境においても普及させるための基礎

を築いた。



(2022年4月15日受付)

(2022年8月15日note公開)

取得年月日：2022年3月

学位種別：博士（情報科学）

大学：大阪大学

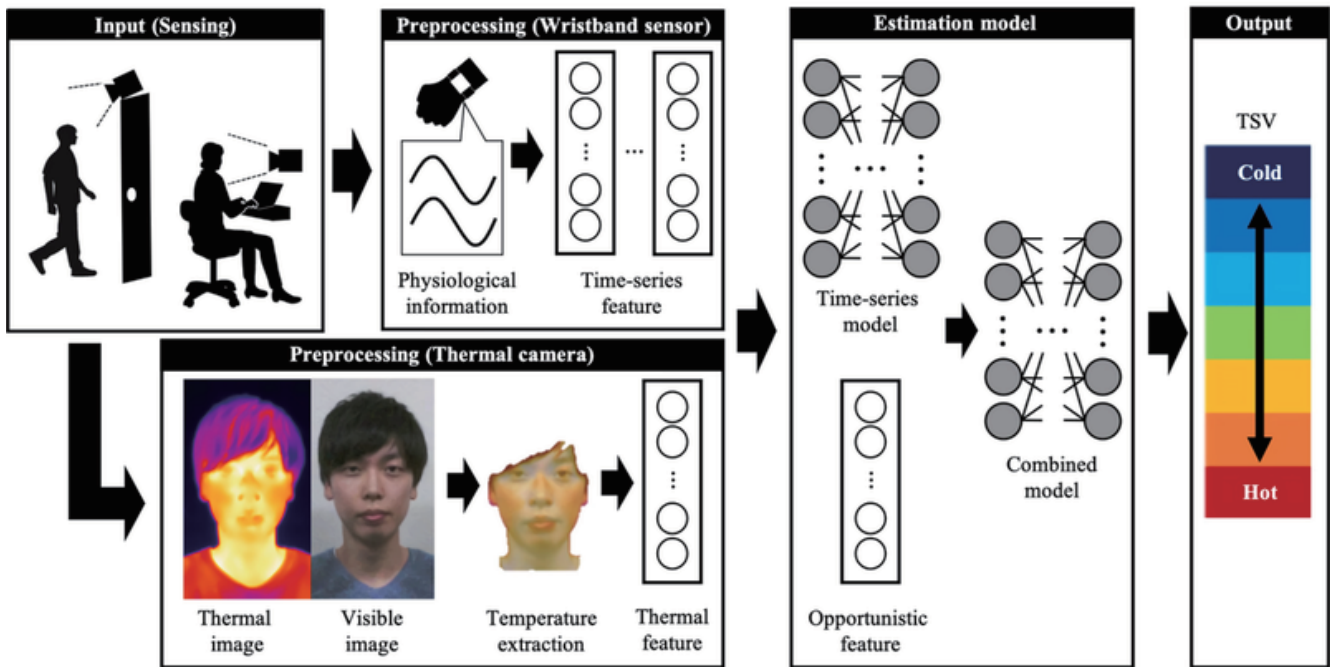
正会員

---

### 推薦文 [情報環境領域] モバイルコンピューティングと新社会システム研究会

プロスポーツにおいてはデータ活用が盛んに行われているが、アマチュアスポーツにおいては、主にデータ収集・整理のコストが大きいことから、データ活用技術は未成熟である。本論文では、アマチュアを対象に、カメラあるいは慣性センサ等の情報量が限られたセンサを用いて、有用なスポーツ補助が可能になる情報技術を開発する。

**研究生活** 私は小学校から大学までサッカーを続けてきており、研究員に配属したときはちょうどスポーツ界でのビッグデータ解析による成果が顕在化しはじめたころでした。そのため、私もこのようなスポーツを支援できるようなことがしたいと考えこのテーマを選択し、やりがいをもって研究に努めることができました。博士課程1年目には新型コロナウイルスの感染拡大によりデータ収集がストップするといったこともあり大変な時期もありましたが、これをきっかけに、いかに安全にスポーツ活動を再開できるかといった研究にも着手しました。そのつながりからスポーツ医学の道へ進む決断ができ、良い機会になったと感じています。最後に、本研究を進めるにあたってご指導いただいた東野輝夫先生、内山彰先生に、この場をお借りして、心より感謝申し上げます。



# Estimation of Thermal Sensation Based on Machine Learning via Physiological Sensing

♡ 1

情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 10:49



2021年度研究会推薦博士論文速報

## [モバイルコンピューティングと新社会システム研究会]

吉川 寛樹

(京都橘大学工学部情報工学科 助教)

邦訳：生体センシングによる機械学習に基づく温冷感推定

### ■キーワード

生体データ / 機械学習 / 不均衡データ

**【背景】** 快適な空調環境が労働生産性や学習効率を高める

**【問題】** 同じ空調環境であっても個人ごとに異なる温冷感の推定

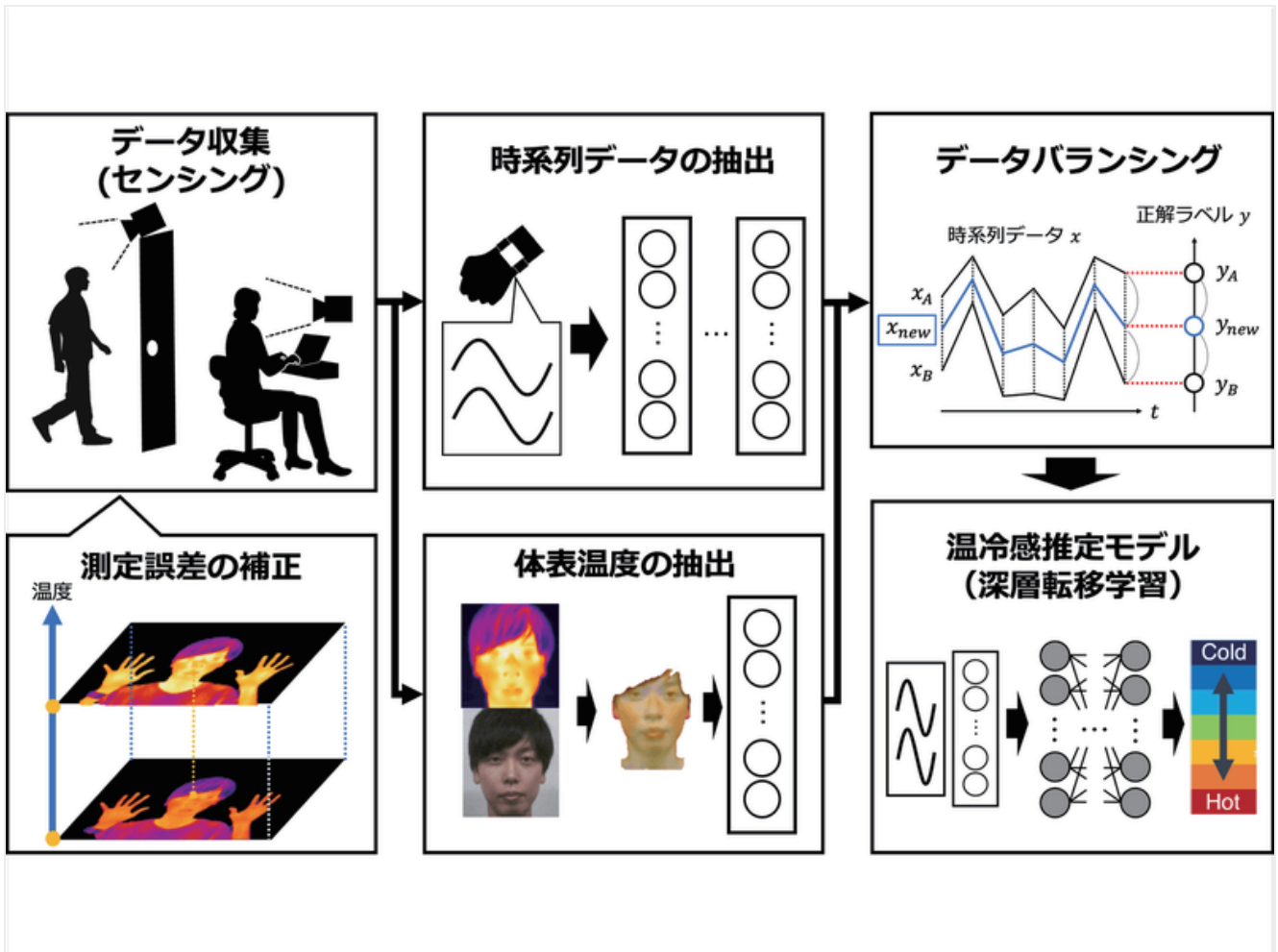
**【貢献】** 異なるデータ種の組合せによる温冷感推定手法を提案

**【応用例】** オフィスや学校の空調に対する衣服や座席位置のレコメンド

快適な空調環境が労働生産性や学習効率を高めることが分かっている。しかし、それらが求められるオフィスビルや学校などにおいて利用者が求める空調環境を常に提供することは、空間的な不均質性、外気温の変化、人の密度変化などにより理想的な環境が動的に変化することから困難である。さらには衣服や代謝の影響により同じ空調環境であっても温冷感が個人で異なることも分かっている。

本研究では、サーモグラフィや腕時計型センサを用いてユーザ個人の屋内環境に対する体温、心拍、発汗などを生体反応をセンシングし、前述のように動的に変化する個人の温冷感を、サーモグラフィなどによる横断面的な情報と腕時計型センサによる時系列情報を組み合わせることで推定する手法を提案した。サーモグラフィによる体表温度センシングは温冷感の推定に有効であることが分かっている

1)、2) 一方で、測定対象のユーザがカメラの画角に収まっている必要があり、人の移動が伴う環境ではセンシングが断続的となってしまう。そこで、腕時計型センサなどから得られる時系列的な情報と組み合わせるために、本研究では訓練済みの機械学習による推定モデルを他の推定モデルに活用する転移学習を用いた。性能評価では既存手法と比較し、静的な環境と動的な環境で取得したデータを含むデータセットに対して、F値が5.8%向上することを確認した<sup>3)</sup>。本研究結果はオフィスでの衣服や座席位置のレコメンドなどに応用することで、ユーザの屋内空調環境に対する不快感を軽減することが期待される。



■Webサイト／動画／アプリなどのURL

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3097882>

参考文献

- 1) Aryal, A. and Becerik-Gerber, B. : A Comparative Study of Predicting Individual Thermal Sensation and Satisfaction Using Wrist-worn Temperature Sensor, Thermal Camera and Ambient Temperature Sensor, Building and

Environment, Vol.160, p.106223 (Aug. 2019).

2) Ranjan, J. and Scott, J. : ThermalSense: Determining Dynamic Thermal Comfort Preferences Using Thermographic Imaging, in Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, ACM, pp.1212–1222 (Sep. 2016).

3) Yoshikawa, H., Uchiyama, A. and Higashino, T. : TSVNet: Combining Time-Series and Opportunistic Sensing by Transfer Learning for Dynamic Thermal Sensation Estimation, IEEE Access, Vol.9, pp.102835-102846 (2021).

(2022年4月15日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（情報科学）**

**大学：大阪大学**

**正会員**

---

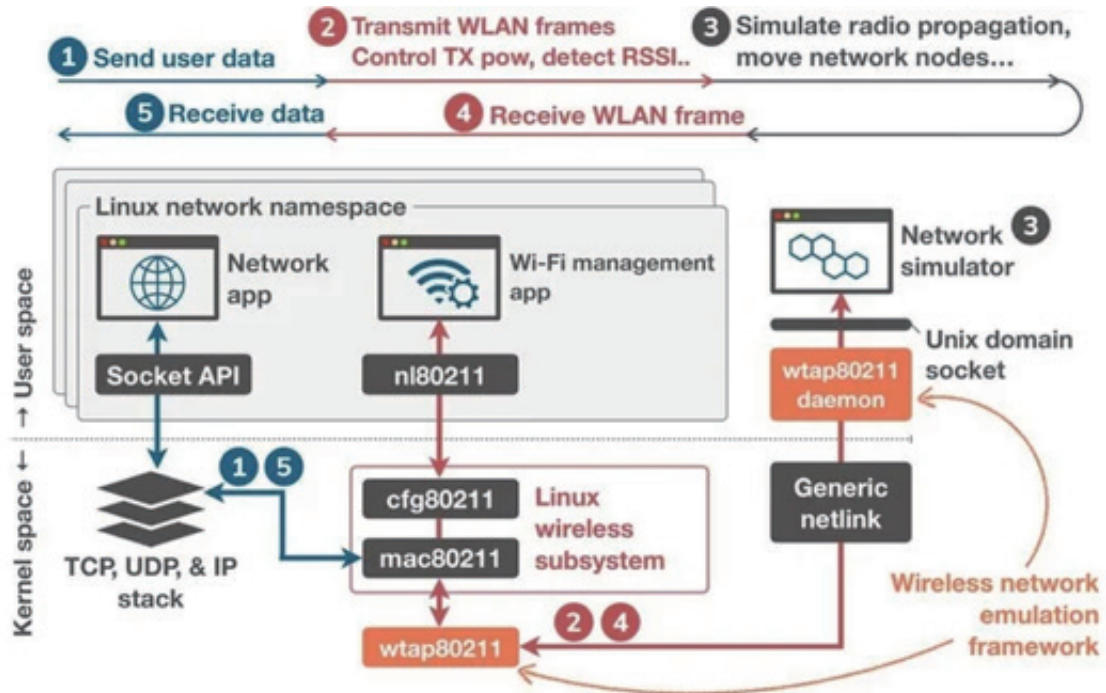
## 研究生活

**博論の研究テーマを決めたきっかけ**：生体センシングに興味があり博論の研究テーマ



マが決まりました。未知の部分が多い生体を情報技術によるセンシングの観測として切り取ることで反応のメカニズムにアプローチするこの分野は研究活動を始めた当初から私にとって非常に興味深い分野でした。

**執筆・研究生活での体験談・苦労話など**：学部時代に研究活動を始めた当初、指導していただいていた先生から最初に読んでみたらと渡されて苦労しながら読み込んだ論文の著者の方に、博士後期課程の学生になってから参加した国際会議のポスター発表で声をかけていただいてディスカッションできたことは博士後期課程を修了する上で大きなモチベーションになりました。



# A study toward the practical use of WLAN-based vehicular network systems

♡ 1

情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 10:50



2021年度研究会推薦博士論文速報

[モバイルコンピューティングと新社会システム研究会]



加藤 新良太

(静岡大学創造科学技術大学院自然科学系教育部)

■キーワード

無線LANエミュレーション／仮想無線LANドライバ／Linux

**【背景】** 災害時通信手段としてWi-Fi車車間通信の需要が増加

**【問題】** Wi-Fi車車間通信の実効性能の知見が乏しく実環境下の評価も困難

**【貢献】** Linux向け無線LANシステムのエミュレーション評価環境を実現

2022年現在、多くの市販車はカメラや超音波センサなどのさまざまな車載センサを搭載し、運転者の死角にいる人や障害物等を自動検知して運転者に警告する機能を持つ。一方で、たとえば、ブロック塀で囲まれた交差点等の視界の悪い道路では、カメラ等の車載センサの視界がブロック塀に遮られ、交差点を通過しようとする別の車を検知できずにその車との出会い頭事故を起こすリスクがあり、車載センサのみでは事故防止に不十分である。そこで、障害物があってもある程度と障害物を回り込んで届く電波による無線通信を利用して、車同士で視界の悪い交差点に差し掛かる前にお互いの現在位置や、自車両や他車両がセンサで検知した人や障害物の位置を伝え合えば、死角にいる人や車との衝突前に交差点の前で停止するなどして事故を防ぐことが可能となる。この車同士で無線通信をすることを車車間通信と呼び、その通信規格にはWi-FiをベースにしたIEEE 802.11p/IEEE 802.11bdや、携帯電話網で使われる通信技術をベースにした Cellular V2Xがある。また、車車間通信で車載センサの情報等を共有して自車両の周辺状況を把握することを Cooperative awareness (協調認識)<sup>1)</sup> と呼ぶ。車車間通信機能を活用する車を社会に普及させるためにはいくつか課題があるが、その1つに車載無線通信機器(以後、車載器)が正しく動作するか確認することが挙げられる。もし、正しく動作するか不明まま車載器を使用中に、それが誤作動を起こして車の現在位置などを正しく伝えられなければ、防げるはずの事故を防げず、車車間通信の利点が損なわれる。

車載器の不具合を可能な限り減らすためには、車載器のコンピュータ基板や通信

用のチップとアンテナなどのハードウェアと、それらハードウェアの動作に必要なオペレーティングシステム（OS）やアプリケーション等のソフトウェアが意図した通りに動くことが重要となる。しかし、実際の道路上で本物の車と車載器を使った動作テストの実施は現実的ではない。なぜなら、形状や道路周辺にある建物などの条件が同じ道路はなく、時間に応じて車の通行量等も違うことから再現性の確保が困難であり、誤作動を起こす可能性を持つ車載器を公道などで使うことはできず、仮に許可が出ても実験に必要な車載器や車と運転手等の用意に莫大な金銭的かつ時間的なコストがかかるためである。そこで、もし、実際の道路上で車載器を使って車車間通信をした場合の動作をコンピュータ上で再現できれば、それらのコストをかけずとも車載器の動作を確認することが可能となる。

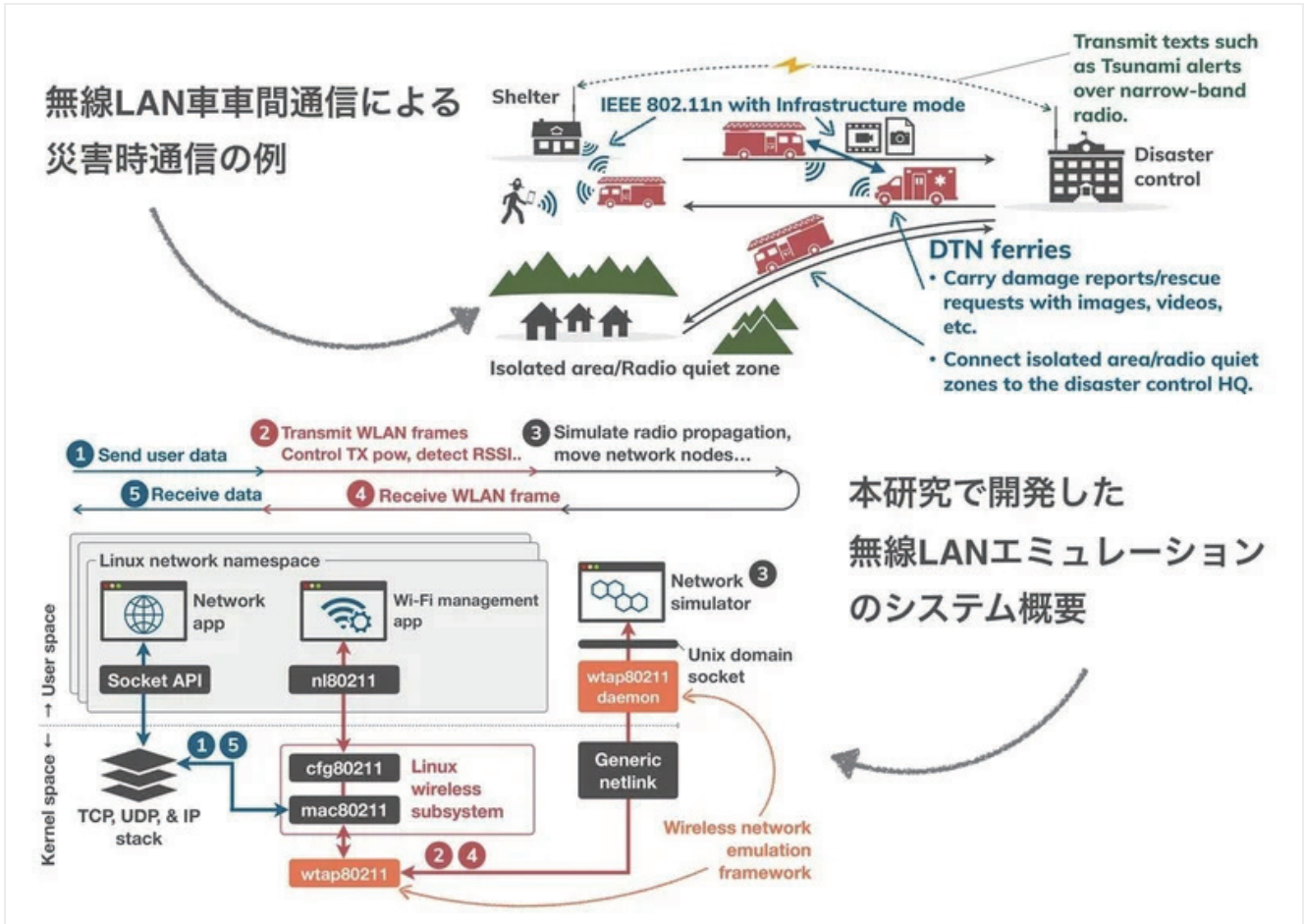
そのような都合の良い方法を実現可能な技術の1つに車車間ネットワークエミュレーションがある。車車間ネットワークエミュレーションとは、コンピュータプログラムを用いてある車や車載器の動きを再現する仮想の車や車載器をコンピュータ上に作り出し、その仮想の車や車載器を本物の車載器の操作に用いるソフトウェアで動かしてみることで、ソフトウェアが意図した通りに動作するか確かめる方法である。

車車間ネットワークエミュレーションを実現する方法はこれまでにいくつか考えられているが、それらの多くは車車間通信特有のアプリケーションにどう作用するか再現することに主眼を置いていた<sup>2)</sup>。たとえば、走行中の車同士の無線通信で

は、車の位置が常に変わることで、送信点と受信点の電波の伝わり方が常に変動する。また、混んでいる道路では多くの車がそれぞれ現在地や車載センサで検知情報を送信しようとするため、電波をうまく受信できない可能性がある（たとえば、大勢がいる部屋の中で全員喋り出すと誰が何を言っているのか聞き取ることが難しいことと似ている）。車車間通信の可否は死角にいる人や障害物を検知できる数に影響するため、その影響がどの程度なのか調べることに主眼が置かれていた。一方で、車載器の不具合を減らす意図で車車間ネットワークエミュレーションを行う場合は、車載器の通信機能を制御するOSの機能が正しく動作するか確かめることが重要となるが、これまでの方法ではOSではなくアプリケーションに主眼が置かれており、車載器のOSの動作を再現することが困難であった。そこで、私の研究では、Linuxと呼ばれるOS上でWi-Fiによる無線通信を行う際の一連の処理を再現できる新たな車車間ネットワークエミュレーション技術を開発した<sup>3)</sup>、<sup>4)</sup>。

新たに開発したエミュレーション技術はLinuxで動作するWi-Fi用制御プログラムの動作を再現できる。このWi-Fi制御プログラムはLinuxを用いる車載器でも使われているため、その車載器の動作の再現をはじめ、スマートフォンやPC間でWi-Fi通信を行う際の動作も再現できる。本物の車載器では、OSはデバイスドライバと呼ばれる特殊なプログラムを介してWi-Fi通信機器と通信してOSとWi-Fi通信機器間で、周波数や送信電力の設定値や、送信するデータや受信したデータをやりとりすることでWi-Fi介して通信する。一方、開発したエミュレーション技術では、ネットワークシミュレータと呼ばれるプログラムでWi-Fi通信機器を再現しつつ、新た

に開発したネットワークシミュレータとLinuxのWi-Fi制御用プログラム間をつなぐ仮想のデバイスドライバ (wtap80211) を用いることで、ネットワークシミュレータとWi-Fi制御用プログラムの間で送信電力等の設定値や送信・受信されるデータをやりとりすることを可能とした。このため、実際のWi-Fi通信機器や車を用意しなくとも、それらの動作をネットワークシミュレータで再現すればLinux OSのWi-Fi制御プログラムの動作を再現し、それが意図したとおりに動作するか確認することができる。このため、その実証実験の準備に係るコストの低減ができるほか、このエミュレーション技術はラップトップ1台でも実現でき、これまで実施が困難だった車載器の動作検証などをより簡単に行うことも可能となった。



■Webサイト／動画／アプリなどのURL

開発したエミュレータのソースコード

参考URL : <https://github.com/ishilab/wine-tap>

参考文献

1) ETSI EN 302 637-2 v1.4.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service. <https://www.etsi.org/deliver/etsi>



[en/302600\\_302699/30263702/01.04.01\\_60/en\\_30263702v010401p.pdf](#)

2) Sommer, C., German, R. and Dressler, F. : Bidirectionally Coupled Network and Road Traffic Simulation for Improved IVC Analysis, IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol.10, No.1, pp.3–15 (Jan. 2011).

3) Kato, A., Takai, M. and Ishihara, S. : WiNE-Tap: Wireless LAN Emulator with Wireless Network Tap Devices, Ad Hoc Networks, Vol.123, No.102690, Elsevier (2022).

4) WiNE-Tap on Github (<https://github.com/ishilab/wine-tap>)

(2022年4月15日)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（情報学）**

**大学：静岡大学**

**正会員**

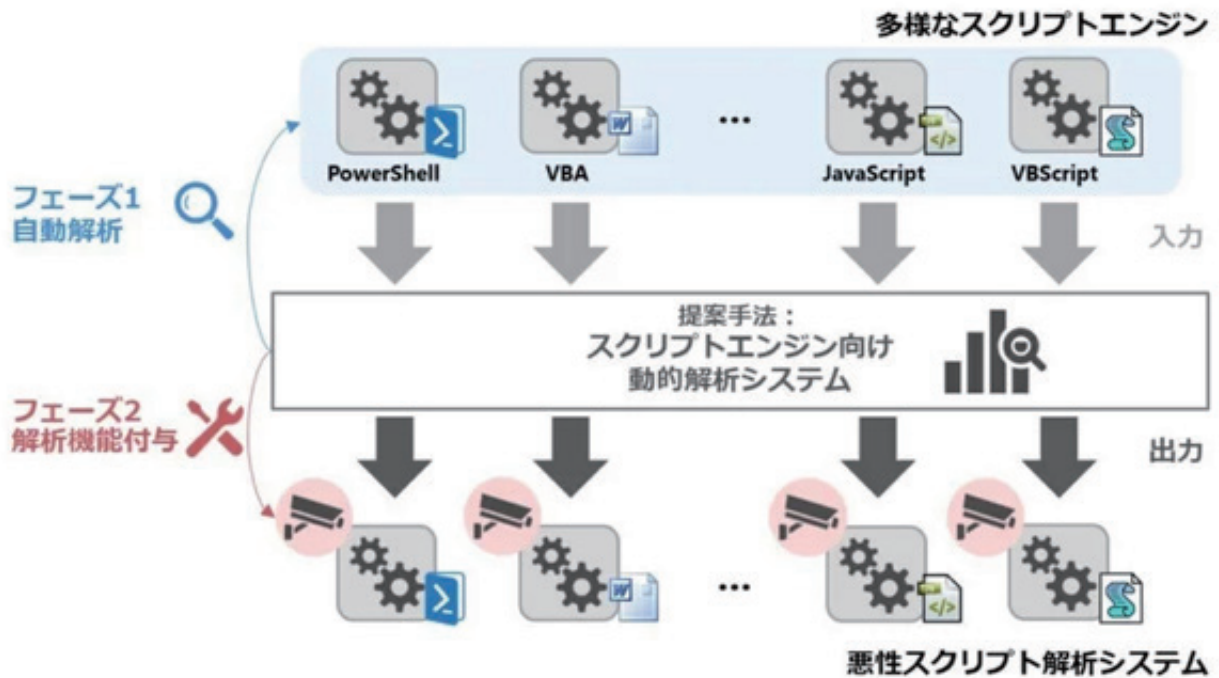
---

**推薦文【情報環境領域】モバイルコンピューティングと新社会システム研究会**

車載センサで歩行者等を検知し安全走行するような車載システムの実環境評価は、誤動作による事故リスク等があり困難である。本論文は、Linux上で無線通信による車車間通信を行うエミュレータを開発し、交通シミュレータと連携させることで、車載システムの車車間連携時の評価や動作検証を実現する実用的な論文である。

**研究生活** 「博士（はかせ）」という言葉自体は聞き慣れている人も多いかもしれませんが。たとえば「〇〇について色々なことを知っている人」を〇〇博士と呼ぶことは普通にあります。一方で、「博士（はくし）」という学位を表す意味を指した途端にその言葉の重みは「博士（はかせ）」とは比べ物にならないくらい重い意味を持ちます。私のように博士という学位を取るまでには普通9年（学士4年、修士2年、博士3年）もかかります。小学校入学から中学卒業までにかかる時間と同じです。それだけ長い期間いるので、大学に支払う授業料や生活費も多くかかるし、厳しい審査をくぐり抜けて論文誌に研究成果を発表して博士論文の執筆と厳しい最終試験に合格しなければ学位はもらえません。正直、博士の学位取得への道は茨の道ですし、誰でも取れるものではありません。たとえその人に素質があっても金銭面など環境が博士取得をあきらめさせることもあります。一方で、その厳しい困難を乗り越えて得られる「博士」という学位を得たあとに見える世界は大きく変わります。たとえば、私がLAでインターンをしている際にシリコンバレーにあるIT企業

の社員と話す機会があり、その際に博士の学位を持っているかいないかで先方の態度が変わったことが印象に残っています。ビジネスの場なので顔には出しませんが相手に耳を傾ける際の真剣さがまったく違っていました。博士の学位の有無がその人の価値を証明するものとして認められるものなのかを肌で感じた瞬間でした。私はもとより自分で成し遂げたいことがあり、それがきっかけでコンピュータや通信分野、果ては今の仕事に繋がっていきなりします（それが何かはこの話と直接関係ないので省略します）。しかし、その成し遂げたいことは私個人でできることでは到底なく、むしろ国自体を動かすあるいは国境を跨がないとできないことで他者との協力が必要不可欠です。他人の協力を得るにはまず自分の話に耳を傾けてもらう努力をする必要がありますが、聞き手との利害や興味が合わなければ人に話を聞いてもらうだけでも案外難しいものです。一方で、アメリカでの体験は博士の有無によってこれほど周りが変わるのかと衝撃をあたえるものでした。「博士（はかせ）」が意味するところはその人個人が何か秀でていることであり、ある意味「博士（はくし）」も厳しい審査に合格した個人という意味では同じ意味かもしれませんが、一方で、私は「博士（はくし）」の最大の価値は、個としての能力や価値を表すものではなく、それによって「周りからの協力を得やすい」という点です。何かしらの資格として協力関係を築きやすく、なおかつ世界で通用する資格として博士はその取得に費やした時間や労力に見合うだけの価値あるものです。協力を得やすいということは、裏を返せばその分果たすべき責任も大きくなり大変なこともあります。が、もし、これを読んで博士のその価値に少しでも魅力を感じたのであれば博士取得を目指してみてください。



# Automation of Building Malicious Script Analysis Systems for Diverse Execution Environments



情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 10:54



2021年度研究会推薦博士論文速報

## [コンピュータセキュリティ研究会]

碓井 利宣

(NTTセキュリティ・ジャパン (株) 研究員)

邦訳：悪性スクリプト解析のためのシステム自動構築に関する研究

### ■キーワード

悪性スクリプト／動的解析／仮想機械

**【背景】** 多様な言語で作成された悪性スクリプトの効率的な解析が困難

**【問題】** スクリプトの言語やエンジンごとに個別に解析システムの構築が必要

**【貢献】** スクリプトエンジン自体の解析に基づき解析システムの構築を自動化

今日では、プロセッサが直接実行するバイナリプログラムのみならず、スクリプトエンジン（インタプリタとも呼ぶ）を通して解釈実行するスクリプトが普及している。それに伴って、悪意のある挙動を持ったスクリプトである悪性スクリプトが、攻撃者に広く用いられている。こうした悪性スクリプトに対策を講じるには、解析によってその挙動を明らかにする必要がある。この挙動の解析には一般に、実行時の振る舞いの観測によって解析する動的解析が用いられる。そうした動的解析

で多様な悪性スクリプトを詳細に解析するには、スクリプトの言語やエンジンごとに、個別に解析システムを構築する必要がある。しかしながら、それにはスクリプトエンジンの内部構造の情報を要し、多様な言語やエンジンに対して手動でそうした情報を取得して、解析システムを構築するのは、かかる労力の観点から現実的でない。一方、攻撃者は悪性スクリプトを多様な言語で容易に作成できる。本研究ではこれを、悪性スクリプトを作成する攻撃側とそれを解析する防御側の間に生じる、労力の非対称性の問題と定義した。

この問題を解決するため、本研究では、スクリプトエンジンを解析することで内部構造の情報を取得し、解析システムを自動的に構築する手法を提案した。この手法では、図のように、テスト用のスクリプトをスクリプトエンジンに入力し、実行中の状態を観測してさまざまな解析をすることで、内部構造の情報を取得する。そして、その情報に基づいてスクリプトエンジンに解析機能を付与することで、解析システムを構築する。特に、一般的なプログラム解析の根幹を成す、スクリプトAPI (Application Programming Interface) トレース、マルチパス実行、テイント解析の3つの解析機能を付与する手法を提案した。

## 1. スクリプトAPIトレース

悪性スクリプトの挙動は、主にスクリプト言語の提供するAPIを通じて実現される。そのため、実行中に呼び出されたAPIと、その引数や戻り値を追跡できれば、詳細な挙動を明らかにできる。この実現のために、追跡したいAPIを呼び出すテス

ト用のスクリプトを用いてスクリプトエンジンを解析し、どのAPIがスクリプトエンジンのどの部分に実装されているかと、そのAPIの引数や返り値がメモリ上のどの位置に出現するかを明らかにする手法を提案した<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>。

## 2. マルチパス実行

マルチパス実行とは、条件分岐によって生じる特定の条件下でのみ実行される経路も含め、スクリプトの持つすべての経路を実行する技術である。悪性スクリプトは、たとえば特定の時刻以降でなければ悪質な挙動を示さないなど、条件分岐を悪用した解析妨害を用いる。マルチパス実行は、条件分岐を制御することで、こうした解析妨害の背後に隠された挙動も網羅的に解析できる。

この実現のために、スクリプトエンジンが解釈実行に用いる仮想機械（Virtual Machine, VM）を解析する手法を提案した。この解析では、特定の回数および特定の成否のパターンで条件分岐をするテスト用のスクリプトを入力に用いる。その回数を手掛かりにVMを解析して、条件分岐を司るVM命令を発見するとともに、条件の成否のパターンを手掛かりに、条件分岐フラグを検出する。これらを利用して条件分岐を制御することで、任意の実行経路をたどれるようにし、マルチパス実行を実現する手法を提案した<sup>4)</sup>。

## 3. テイント解析

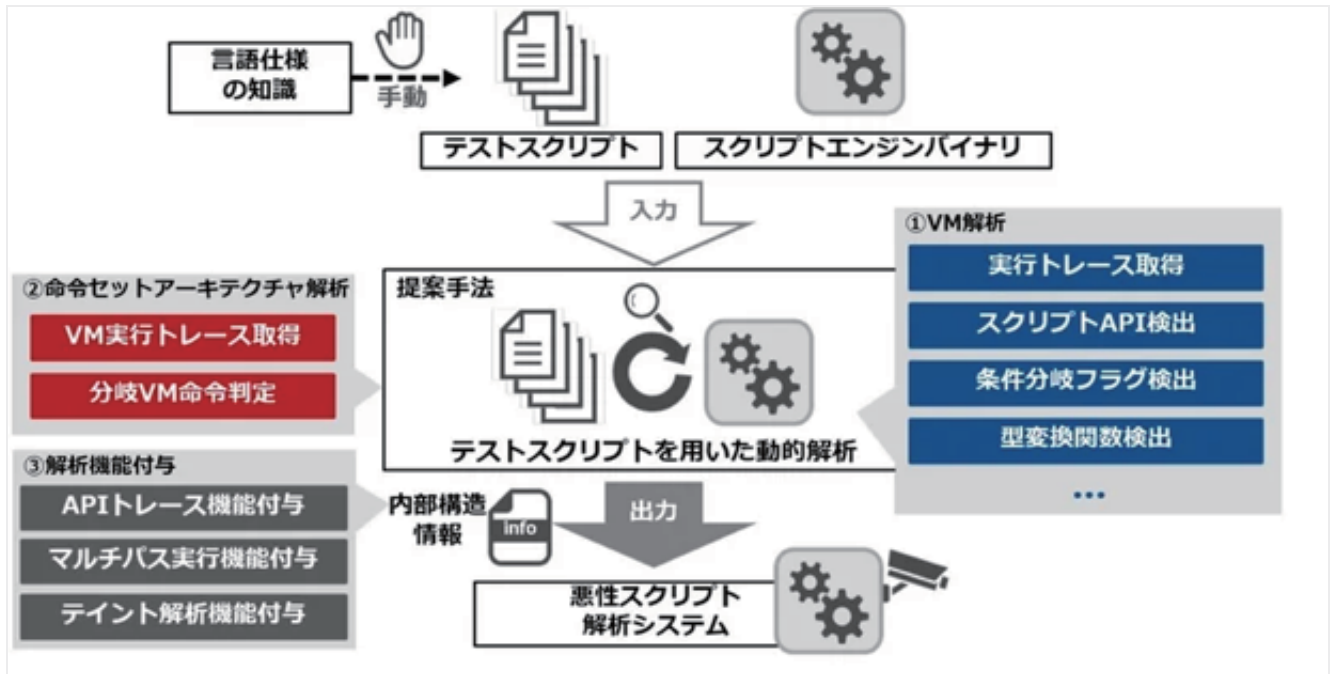
テイント解析とは、プログラム中のデータの流を追跡する技術である。この技

術ではまず、興味のあるデータ（たとえば、機密の文書ファイル）に対し、テイントタグと呼ばれる属性情報を付与する。そして、実行中のデータの移動に合わせて、対応するタグを伝播させていく。その後、特定の個所（たとえば、ネットワークインタフェース）で、データに付与されたタグを確認することにより、そのデータの由来を認識できる。この例では、確認時にタグが付与されていれば、機密の文書ファイルがインターネット上に漏洩しようとしていることが分かる。

このテイント解析によって、悪性スクリプトが用いるデータの持つ意味を解析できる。この実現のために、まず、バイナリ向けの既存のテイント解析技術をスクリプトに適用したところ、タグの伝播が途絶えてしまう問題が生じることを発見した。調査により、この問題がスクリプトエンジン内の型変換（たとえば、文字列型から整数型への変換）に起因することを明らかにした。そこで、型変換を伴うテスト用のスクリプトを用いてスクリプトエンジンを解析し、型変換によって伝播が途絶える個所を特定して、強制的に伝播させる手法を提案した<sup>5)</sup>、<sup>6)</sup>。

本研究では、提案した3つの手法によって個々の解析システムを構築し、実際の攻撃で用いられた悪性スクリプトを解析して有効性を示すとともに、それらの組合せで、多様な悪性スクリプトに対して、多角的で詳細な解析を実現できることを示した。





## 参考文献

- 1) 碓井利宣, 大月勇人, 川古谷裕平, 岩村 誠, 三好 潤 : スクリプト実行環境に対する解析機能の自動付与手法, コンピュータセキュリティシンポジウム2018 論文集, pp.1016–1023.
- 2) Usui, T., Otsuki, Y., Kawakoya, Y., Iwamura, M., Miyoshi, J. and Matsuura, K. : My Script Engines Know What You Did in the Dark: Converting Engines into Script API Tracers, In Proceedings of the 35th Annual Computer Security Applications Conference (ACSAC 2019), ACM, pp.466–477 (2019).
- 3) Usui, T., Otsuki, Y., Ikuse, T., Kawakoya, Y., Iwamura, M. and Miyoshi, J. : Automatic Reverse Engineering of Script Engine Binaries for Building Script API Tracers, Digital Threats: Research and Practice Vol.2, No.1, Article 5, ACM

(2021).

4) 碓井利宣, 古川和祈, 大月勇人, 川古谷裕平, 岩村 誠, 三好 潤 : スクリプト実行環境に対するマルチパス実行機能の自動付与手法, コンピュータセキュリティシンポジウム2019論文集, pp.961–968.

5) 碓井利宣, 幾世知範, 川古谷裕平, 岩村 誠, 三好 潤, 松浦幹太 : スクリプト実行環境に対するテイント解析機能の自動付与手法, コンピュータセキュリティシンポジウム2020論文集, pp.932–939.

6) Usui, T., Otsuki, Y., Kawakoya, Y., Iwamura, M. and Matsuura, K. : Script Tainting Was Doomed From The Start (By Type Conversion): Converting Script Engines into Dynamic Taint Analysis Frameworks, In Proceedings of the 25th International Symposium on Research in Attacks, Intrusions and Defenses (RAID 2022), ACM, To appear (2022).

(2022年4月15日)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日 : 2021年9月**

**学位種別 : 博士 (情報理工学)**

**大学 : 東京大学**

**正会員**

---

### 推薦文 [情報環境領域] コンピュータセキュリティ研究会

攻撃者は悪性スクリプトをさまざまな言語で実装できるが、その挙動を解析するシステムを言語ごとに個別に実装するのは、容易でない。本論文では、スクリプトエンジンの解析で実行の仕組みを取得し、スクリプトの解析機能を自動で付与する手法を確立した。本手法により、人を含む解析システムの生産性が飛躍的に向上する。

**研究生活** この研究は、とあるスクリプト言語で作成された悪性スクリプトを効率的に解析したいという、現場の解析者の素朴な課題から始まったものです。こうした課題にストレートに答えて、特定のスクリプト言語向けの解析システムを構築した研究は、従来でも多数ありました。しかし、こうした従来通りの課題に取り組むのではなく、攻撃者（攻撃側）と解析者（防御側）を取り巻く状況を改めて俯瞰したからこそ、攻撃側と防御側の間に生じる労力の非対称性の解消という新たな課題と、解析システムの自動構築という解決手法を発見でき、より深みのある研究を実現できたように思います。このことから、現場の素朴な課題にも、少し見方を変えれば、先端的な研究課題が潜んでいる、ということを知ることができました。こうした博士課程での学びが、現場の課題の解決と先端的な学術貢献とを両立できる

研究者への道標となることを、強く願っています。



No.	データ内容	個人数	行数	列数	データ種類
1	購買履歴	400	38,087	7	オープンデータ
2	健康診断	198,740	964,636	49	匿名加工情報
3	交通ICカード	31	584	10	個人データ（同意取得）
4	世帯支出	8,333	8,333	25	合成データ
5	糖尿病患者	71,518	101,766	50	オープンデータ
6	世帯収入	32,561	32,561	16	オープンデータ
7	ローン借入	42,538	42,538	145	オープンデータ
8	疑似人流	6,432	901,465	9	合成データ
9	傷病レセプト	288,568	39,363,878	15	匿名加工情報
10	医薬品レセプト	279,199	31,465,504	21	匿名加工情報

## 個人情報への識別リスク評価に基づいた匿名化に関する研究



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 10:56



2021年度研究会推薦博士論文速報

[コンピュータセキュリティ研究会]



伊藤 聡志

(愛知学院大学商学部 講師)

■キーワード

匿名化／再識別／匿名加工情報

**【背景】** ビッグデータからは個人が識別される恐れがある

**【問題】** データをどう評価／匿名化すればよいか分からない

**【貢献】** さまざまなデータをさまざまな手法で評価／匿名化した

私たちの身の回りでは、さまざまなデータが集められている。たとえば、誰がい

つどこで何を買ったか、電車に乗ってどの駅からどの駅まで移動したか、どんな病気になって何の薬を処方されたか、などの情報は常に収集・蓄積され、ビッグデータとして保存されている。この集めたデータを分析すると、うちの店の商品はどんな人に売れているのか、どの駅や路線を利用する人が多いのか、病気を治すためには何の薬が有効なのか、などといった、社会にとって非常に有益な情報を得ることができる。

しかし、ビッグデータはとても役に立つものであると同時に、とても危険なものである。なぜならば、データから個人が識別／特定されてしまう恐れがあるからである。たとえば、あなたは数学のテストで100点、英語のテストで0点を取り、数学で100点をとったことは友達に自慢し、英語が0点だったことは秘密にしているとす。後日、試験結果が（学生の名前を隠して）公開されたところ、数学のテストで100点をとった学生は1人だけであることと、数学で100点をとった学生の英語の点数は0点であることが分かってしまった。これを見たあなたの友だちは、すぐに「数学で100点をとった学生」をあなただと特定し、あなたの英語の点数が0点であることに気づくであろう。このように、データの中の個人は簡単に識別／特定されてしまい、その個人が知られたくない情報などが他の人に知られてしまう。

私が研究しているのは、そういった「データから個人が識別／特定される」ことを防ぐための「匿名化」という技術である。危険なデータを加工することによって、そのデータを見た人が特定の個人を識別できないような安全なデータにする、

というのが匿名化の目的である。たとえば前述したテストの例の場合、「数学が100点であった」という情報を「数学が80～100点であった」という情報に加工すれば、当てはまる学生の人数が増えるので、あなたの友だちはこの学生があなたであるとは特定できないであろう。このように、データの値を加工することによって個人が特定されるのを防ぐことができる。

しかし、そんな匿名化には大きな問題点がある。それは、どんなデータをどのように加工すればよいか分からないことである。世の中にはさまざまなデータがあって、それぞれが異なる情報を持っている。匿名化はデータを加工する技術であるので、それらの情報は匿名化によってある程度失われてしまう。そして、変えたくない重要な情報というのはデータによって異なるであろう。「データの持つ重要な情報はできるだけ変えたくないけれど、個人が識別されてしまうリスクは下げたい……」といったことを考え始めると、データをどのように匿名化すればよいかを決めることはとても難しくなるのである。しかも、その重要な情報というのがデータによって違うとなると、なおさらである。

私が書いた博士論文では、データを匿名化することによって重要な情報がどれくらい変化してしまうのか？ということをも、多種多様なデータ（下表参照）をさまざまな手法によって匿名化する実験などによって理論的／実験的に調査している。たとえば論文6章では、約28万人分のレセプトデータを  $k$ -匿名化という手法で匿名化すると、識別される人数の割合を24.9%から2.9%まで減らすことができる代わ



りに、高血圧に対するある傷病の相対リスクが相対誤差で0.073変化し、傷病／医薬品間の順位相関はほとんど変化しない、ということを実験的に明らかにしている  
1) .

この論文の結果が、データをどう匿名化するかを決める際の道標となることを、私は期待している。

### 参考文献

1) 伊藤聡志, 池上和輝, 菊池浩明: 健康診断データとレセプトデータの匿名加工情報を用いた疾病リスク分析, 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.9, pp.1560-1574 (2021).

## 本論文で用いるデータセット

No.	データ内容	個人数	行数	列数	データ種類
1	購買履歴	400	38,087	7	オープンデータ
2	健康診断	198,740	964,636	49	匿名加工情報
3	交通ICカード	31	584	10	個人データ (同意取得)
4	世帯支出	8,333	8,333	25	合成データ
5	糖尿病患者	71,518	101,766	50	オープンデータ
6	世帯収入	32,561	32,561	16	オープンデータ
7	ローン借入	42,538	42,538	145	オープンデータ
8	疑似人流	6,432	901,465	9	合成データ
9	傷病レセプト	288,568	39,363,878	15	匿名加工情報
10	医薬品レセプト	279,199	31,465,504	21	匿名加工情報

(2022年5月21日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

取得年月日：2022年3月

学位種別：博士（数理科学）

大学：明治大学

## 正会員

---

### 推薦文 [情報環境領域] コンピュータセキュリティ研究会

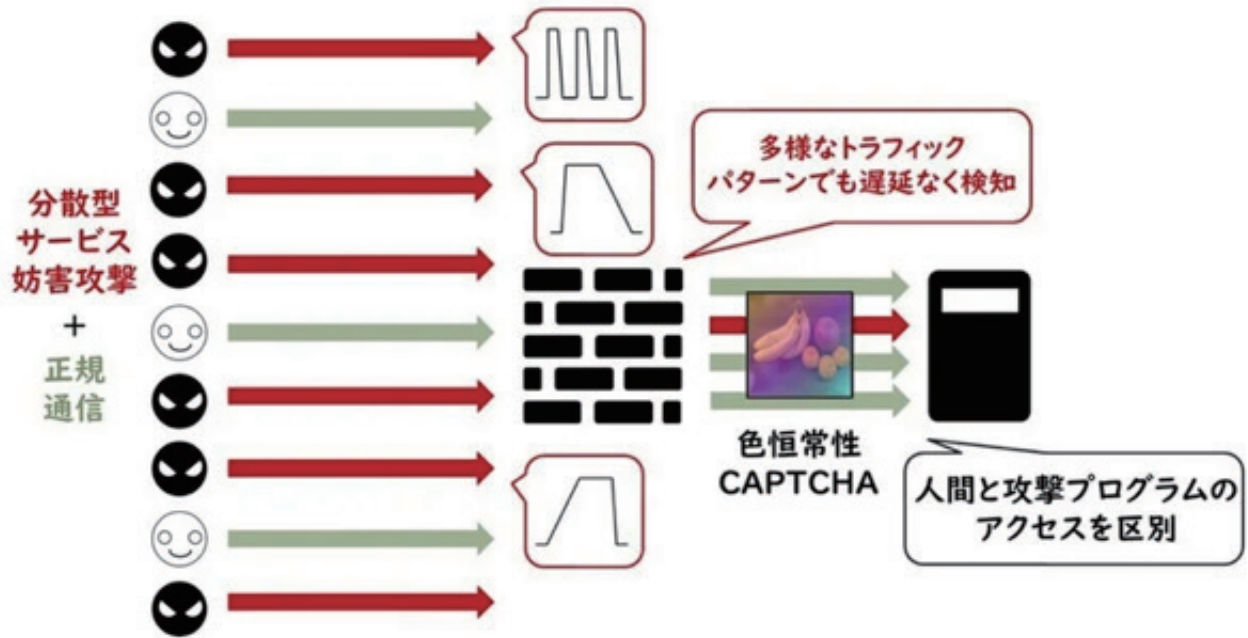
個人情報を含むビッグデータの匿名化を試みた研究である。特筆すべき点は、本稿で検討されているデータの多種多様性、購買履歴、世帯収入、ローン借り入れ、糖尿病患者、健康診断、疾病レセプト、乗降履歴、移動履歴が含まれている。プライバシー損失リスクを定量化するための数理モデルはどの分野においても有益であろう。

**研究生活** 学部3年生のころ、指導教員の先生が紹介してくれた卒業研究テーマ案の中に匿名化がありました。数学が好きでデータ分析に興味があった私は、なんとなくこれは自分にピッタリな研究テーマだと感じ、匿名化を研究することを決めました。その予感は運よく当たり、匿名化やデータのプライバシーリスク評価の研究はとても楽しく、学会発表やコンテストへの参加を通してさまざまな知見や経験を得ることができました。ただ、まさか卒業論文だけでなく、修士論文や博士論文も匿名化を題材として書くくらい長い付き合いになるとは思いませんでした。

自分がなぜ博士課程に進むことを決意したのかは、正直よく分かっておりません。

修士のころに同分野の先輩方に進学するかどうかを悩んでいることを相談したら、多くの方に「一度就職しといたら？」と言われましたし、大学の同期や後輩に進学しようかなあところぼしたら「お前正気か？」といった反応をされました。ただ、なんとなく博士に進学したら面白そうだなあと感じ、進学を決めました。その予感はまた運よく当たり、博士論文執筆など大変なことはたくさんありましたが、今では進学してよかったと胸を張って言えます。博士に進むかどうかを決める際に、自分の予感を当てにしてもよいかもしれません。





## 分散型サービス妨害攻撃の検知および防御手法に関する研究



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 10:58



2021年度研究会推薦博士論文速報

[コンピュータセキュリティ研究会]

臼崎 翔太郎

(宮崎大学工学部教育研究支援技術センター 技術職員)

## ■キーワード

分散型サービス妨害攻撃／マルチウィンドウ監視／CAPTCHA

**【背景】** 分散型サービス妨害攻撃は攻撃ホストの特定が困難**【問題】** 正規サービスの質を維持しながら攻撃を防ぐ対策の確立が課題**【貢献】** 正規通信を維持して高度な分散型サービス妨害攻撃の被害を軽減

インターネットサービスの提供を妨害する分散型サービス妨害（Distributed Denial-of-Service, DDoS）攻撃は、社会に深刻な被害をもたらすサイバー攻撃である。この攻撃は正規の通信と攻撃にかかわる通信との区別が困難であることから、正規のサービスを維持しながら攻撃を防ぐ対策の確立が課題となっている。また、検知を回避しようとする攻撃手法も確認されており、そのことを念頭に置いた対策を考えなければならない。本研究は「検知を回避しようとする攻撃の検知」と「攻撃ホストと正規ホストの区別」という課題について、2つの研究で解決に取り組んだ。

DDoS攻撃検知は、既知の攻撃を確実に検知するシグネチャ型と、異常検知手法

で攻撃検知を試みるアノマリ型に大別される。未知の攻撃も検知できることからアノマリ型が広く利用されるが、少なくない誤検知が発生する。誤検知を減らすために検知器のパラメータを調整してもそれが運用時にも適切である保証はなく、攻撃者にパラメータを知られるとそれを悪用して検知を回避されることもある。

本研究ではこの問題に対して、攻撃方法を調整されても検知できるように、異なるパラメータを設定した複数の検知器で同時に監視するようにした<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>。なかでも攻撃のピーク継続時間を調整して検知回避を狙う高度な攻撃を検知するため、関連するパラメータである「ウィンドウサイズ」を異なる複数の値で同時監視し、攻撃の開始と終了を遅延なく検出する手法を提案した。攻撃期間の特定の精度に関する実験を行った結果、提案手法は短期間の攻撃に対しても高い攻撃検知精度があることを確認した<sup>1)</sup>。

検知したDDoS攻撃の被害を緩和するには攻撃パケットのフィルタリング、サーバの負荷分散といった策が考えられる。DDoS攻撃では負荷分散が非常に有効だが、本来は通す必要のないトラフィックであるためフィルタリングが根本的な対策となる。一方、アノマリ型検知手法では誤検知が発生するため、検知したホストから真に攻撃に関与したホストのみを排除するのが望ましい。そのためにはログデータやパケットのペイロードなどを解析したり、人手で監視したりするという手段が考えられるが、分析コストが増大する。

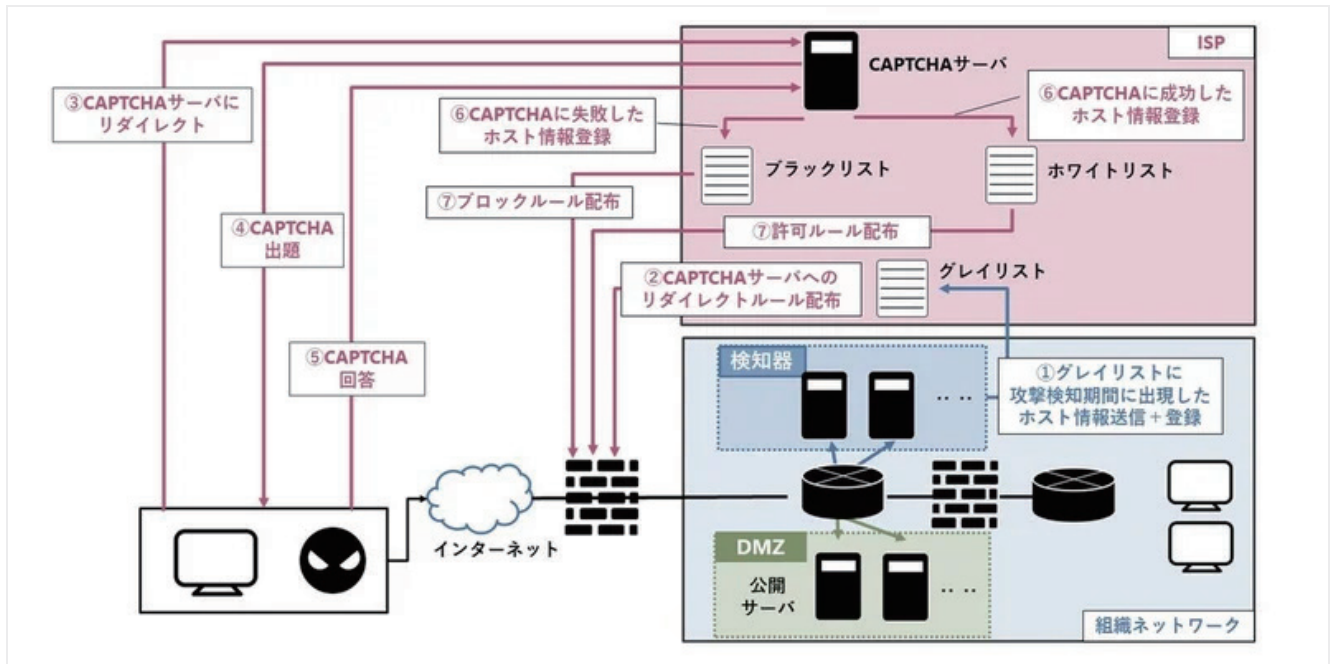
HTTP通信に着目すると、正規通信の多くは人間が、攻撃通信の多くはプログラム

によるアクセスである。そのことから、人間と機械を区別できるCAPTCHA技術を用いて、攻撃ホストを特定することにした。この手法はペイロードやログ解析を必要とせずに、既存手法と比べて簡便に区別ができる。被疑ホストを特定した後、関連ホストから再度アクセスが来た場合はCAPTCHAを課し、それを突破できないホストを攻撃として排除する。

しかし単純なCAPTCHAでは機械学習技術で機械を人間と誤認させることができる。CAPTCHAをDDoS攻撃対策に使う研究はあるものの、その強度は十分に考慮されていない。そこで、機械による再現が困難である人間の高度な色覚機能の「色恒常性」を利用したCAPTCHAを新たに開発した<sup>3)</sup>。提案手法を実装し性能評価を行った結果、既存手法と同等のユーザビリティを維持しつつ機械攻撃耐性を向上できることを確認した。

最後に上記2つの機能を連携させたシステムについて考察し、正規ホストとの通信を維持しつつ高度なDDoS攻撃の被害を軽減できる可能性を示した。インターネットサービスが社会基盤となっているなか、本研究がより実用的な形で実現されることで、大規模攻撃により社会機能が麻痺することを防ぐ効果が期待できる。





## 参考文献

- 1) Usuzaki, S., Arikawa, Y., Yamaba, H., Aburada, K., Kubota, S., Park, M. and Okazaki, N. : A Proposal of Highly Responsive Distributed Denial-of-Service Attacks Detection Using Real-Time Burst Detection Method, Journal of Information Processing, Vol.26, pp.257-266 (2018).
- 2) 臼崎翔太郎, 油田健太郎, 山場久昭, 朴 美娘, 岡崎直宣 : 複数ウィンドウサイズの効率的監視によるバースト形態に依らないDDoS攻撃検出手法の検討, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2019) 論文集, pp.495-504 (2019).
- 3) Usuzaki, S., Aburada, K., Yamaba, H., Katayama, T., Mukunoki, M., Park, M. and Okazaki, N. : Proposal and Evaluation for Color Constancy CAPTCHA,

Artificial Life and Robotics, Vol.26, pp.291-296 (2021).

(2022年5月27日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（工学）**

**大学：宮崎大学**

**正会員**

---

**推薦文 [情報環境領域] コンピュータセキュリティ研究会**

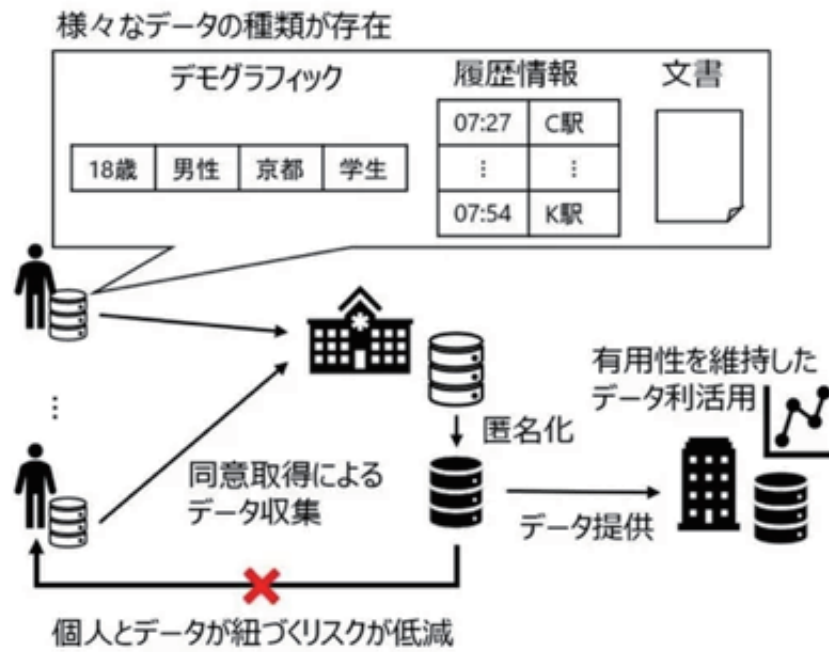
分散型サービス妨害攻撃は、通常の通信と攻撃による通信との区別が困難で、攻撃トラフィックのみを効果的にブロックすることが難しい。この博士論文では、攻撃の発生と攻撃ホストの特定を正確に判定するという観点から、正規の通信をできるだけ維持しながら効果的に攻撃を防御する方法を検討し、新たな知見を示している。

**研究生活** 研究テーマの一部は、学部4年生当時の指導教員の先生からいただいたものでした。博士論文を書くにあたってテーマを自分なりに整理したところ期せずして先生が当初考えられていた構想と近い内容になり、自分としては先生の視座の一端に触れることができたようでした。

博士課程では、研究は一筋縄ではいかないということを痛感しました。実際にアイデアをより現実的な形で実現させるにはまだまだ分厚い壁があり、未熟なところの多々残るものとなりました。また、在学中に大学職員として働き始めたため、限られた時間で博士論文を執筆することにもなりました。

博士課程の生活は、研究のことを深く考えられる貴重な時間でした。余計なことを考えずにああでもないこうでもないと頭を悩ませられる機会は人生でもなかなかないだろうと思います。研究の捉え方が変わって、誠実に思考する力が身に付いていくのを肌で感じ、進学という道を選んでよかったと思えました。





# A study on Utility-aware Privacy-preserving Techniques



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 10:59



2021年度研究会推薦博士論文速報

[コンピュータセキュリティ研究会]

## 三本 知明

( (株) 国際電気通信基礎技術研究所 研究員)

邦訳：有用性を考慮したプライバシー保護技術に関する研究

### ■キーワード

ビッグデータ／プライバシー保護／匿名化

**【背景】** ビッグデータの収集・活用時のプライバシー保護の必要性

**【問題】** プライバシー強度とデータの有用性の両立

**【貢献】** 有用性の低下を抑えたプライバシー保護技術の提案

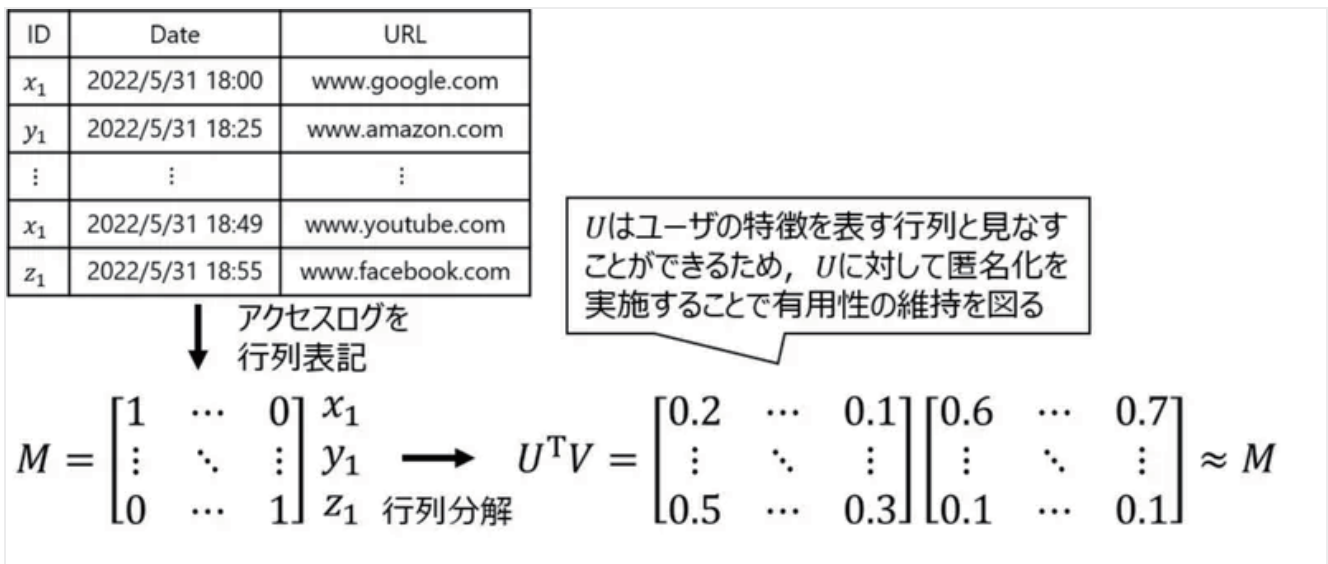
コンピュータの性能の進化と計算機科学の発展により、ビッグデータの取り扱いが可能となり、その利活用が活発になりつつある。特に年齢や性別をはじめとするデモグラフィックデータや履歴情報、さらには遺伝子情報などの個人に関する情報は利用価値が高く、今後も幅広い分野でこれらのデータ活用が進んでいくことは明らかである。しかしその一方でプライバシーの問題が表面化しつつある。不正な第三者による攻撃に対しては、古くから暗号化などの対策が講じられてきたが、プライバシーについては正規のデータ利用者からの攻撃も考える必要がある。これはデータからデータ提供者の意図に反してプライバシー情報が漏洩する可能性がある

ためであり、実際そのような事例は多数報告されている。たとえば2000年代前半、マサチューセッツ州は医療分野研究の発展のため、個人名を削除した医療データの一部を研究機関等に公開していた。しかし別に公開されていたデータの生年月日、性別、郵便番号を突合することで、医療データセットに含まれる州知事のデータが特定可能であり、結果として州知事の医療情報を特定できてしまうという事例があった。したがってプライバシー保護技術は、データ利用者が目的とする分析は可能だが、その他の個人に関する情報が漏れないような処理をすることが求められ、単純なデータの暗号化や個人名をデータから削除するといった方法では不十分である。

このような目的を達成する方法の1つとして匿名化がある。匿名化は特異なデータを削除する、データを四捨五入するなどにより丸める、またノイズを加えるなどデータを歪めることで個人のプライバシーを保護する。しかし元のデータを歪めることで、同時にデータの有用性が低下するという課題がある。このようにプライバシーとデータの有用性にはトレードオフの関係があり、その両立に向けてさまざまな研究が行われている。

本研究では1. 統一的かつ受容性の高い指標に基づき、2. 任意のデータに対してプライバシー保護とデータ利活用の両立を実現することを目標に、複数のプライバシー保護技術の提案を行った。

1. プライバシーの強度はデータ提供を行う各個人にとって理解しやすいものである必要があるため、最も広く利用されている  $k$ -匿名性に基づく指標を基準とした。有用性に関しても、プライバシー保護技術が機械学習など目的のデータ分析の結果に与える影響に基づいた指標を定義した。
2. データの形式（静的・動的）と構造（構造化・非構造化）の観点からデータの種類を4タイプに分類した上で、それぞれのタイプごとに有用性の低下を抑えたプライバシー保護技術を提案した。たとえばWebアクセスログのような動的な構造化データは静的データと比較して情報量が多いため、データを行列に変換し、さらに行列分解を適用することでプライバシー情報のみを抽出、匿名化することでプライバシー強度の維持しつつ有用性の低下を抑える手法を提案した<sup>1)</sup>。評価実験では実際のWebアクセスログデータを利用した実験を行い、提案手法の有効性を示した。



## 参考文献

1) Mimoto, T., Hidano, S., Kiyomoto, S. and Miyaji, A. : Anonymization Technique Based on SGD Matrix Factorization, IEICE Trans. Inf. Syst. 103-D(2): 299-308 (2020).

(2022年5月31日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（工学）**

**大学：大阪大学**

---

### **推薦文【情報環境領域】コンピュータセキュリティ研究会**

本論文ではデータの利活用はさまざまな課題を解決するとして期待される一方で、データに含まれるプライバシー保護の実現は不可欠である。本論文では、Webアクセスログやネット記事など、実際にさまざまな機関に入手されるデータを対象として、プライバシーと有用性の両立に向けたプライバシー保護技術を提案した。



**研究生活** 私は社会人博士として大学で3年間研究活動を行いました。会社では研究員として研究開発に従事しており、大学では仕事に関連した研究を行うことができました。特に大学の研究では1つの課題にさまざまな角度からアプローチし、時間をかけて深く突き詰めて考えることができ、より深く広い知識と経験を得ることができました。

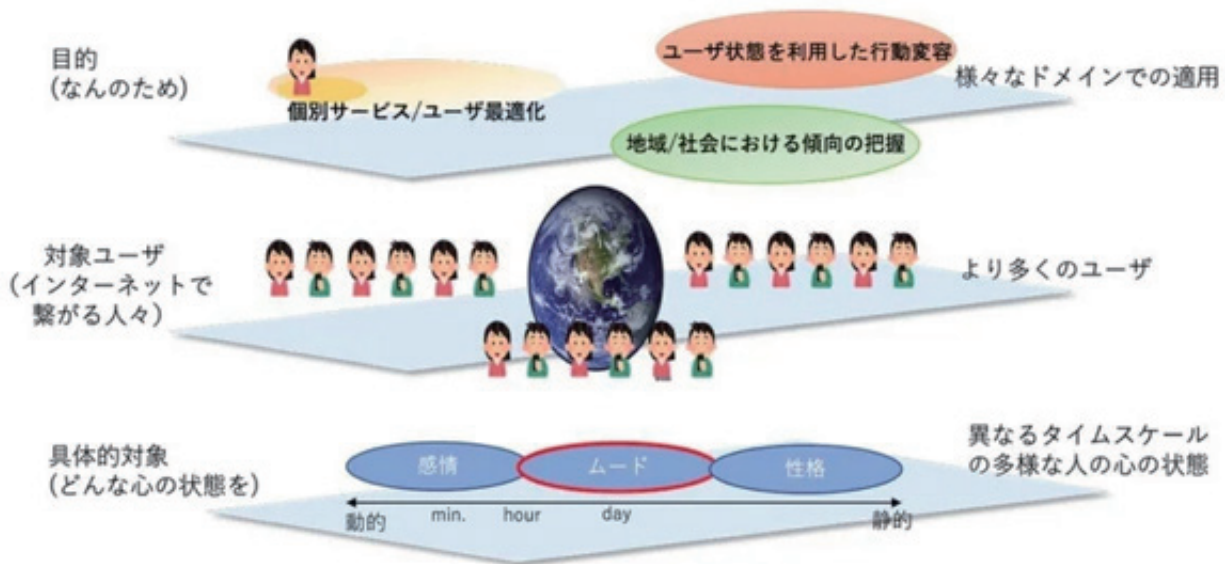
今回、働きながらの学生生活は決して平坦なものではなく、大学に行く時間確保のための調整などさまざまな面で会社の皆様にご協力いただきました。また博士論文の執筆や公聴会の準備についても家族の理解と支えがあり、ここまでたどり着くことができました。お世話になった皆様には深く感謝いたします。



**▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。**

新型コロナウイルス感染症やコロナワクチンについては、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。\*非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。

インターネットユーザの内面状態推定システム



# Estimating Emotional States of Internet Users in Real-World Situation



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 11:02



## 2021年度研究会推薦博士論文速報

### [ユビキタスコンピューティングシステム研究会]

佐々木 航

(慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 助教)

邦訳：実世界におけるインターネットユーザの感情推定

#### ■キーワード

affective computing / emotion estimation / human computer  
interaction

**【背景】** インターネットユーザの感情推定はさまざまなサービスに影響を与える

**【問題】** 実社会におけるインターネットユーザの感情状態の推定は困難

**【貢献】** 検索キーワードを用いた感情推定と大規模ユーザの感情動向の評価

コンピュータ技術の発達やインターネットの普及に伴って、私たちの生活は著しく変化し続けている。人々は多くのモバイルデバイスを携帯・利用し、それらの上で多種多様なアプリケーションを使い、対面せずともインターネットを介してコミ

コミュニケーションを行い、生活必需品にとどまらないさまざまなモノをオンラインショップで購入する。さらに、COVID-19感染症の影響もあり、自身が保有するコンピュータからインターネットを介してテレワークやオンライン授業が一般的に実施されている。

また、私たち人間にとって感情は非常に重要であり、思考や行動などに様々な影響を与えることが知られており、相手の感情状態を理解することで円滑なコミュニケーションが築けることも分かっている。インターネットで世界中の多くの人々が繋がり、インターネットを介して生活を送る時代で、インターネットを利用しているユーザの感情状態の検知は、ユーザの感情状態を理解したユーザフレンドリーなサービスの実現やオンラインコミュニケーションのサポートなどに寄与することが期待される。しかし、ユーザの負担を考慮した実社会におけるインターネットユーザの感情状態の推定は困難である。

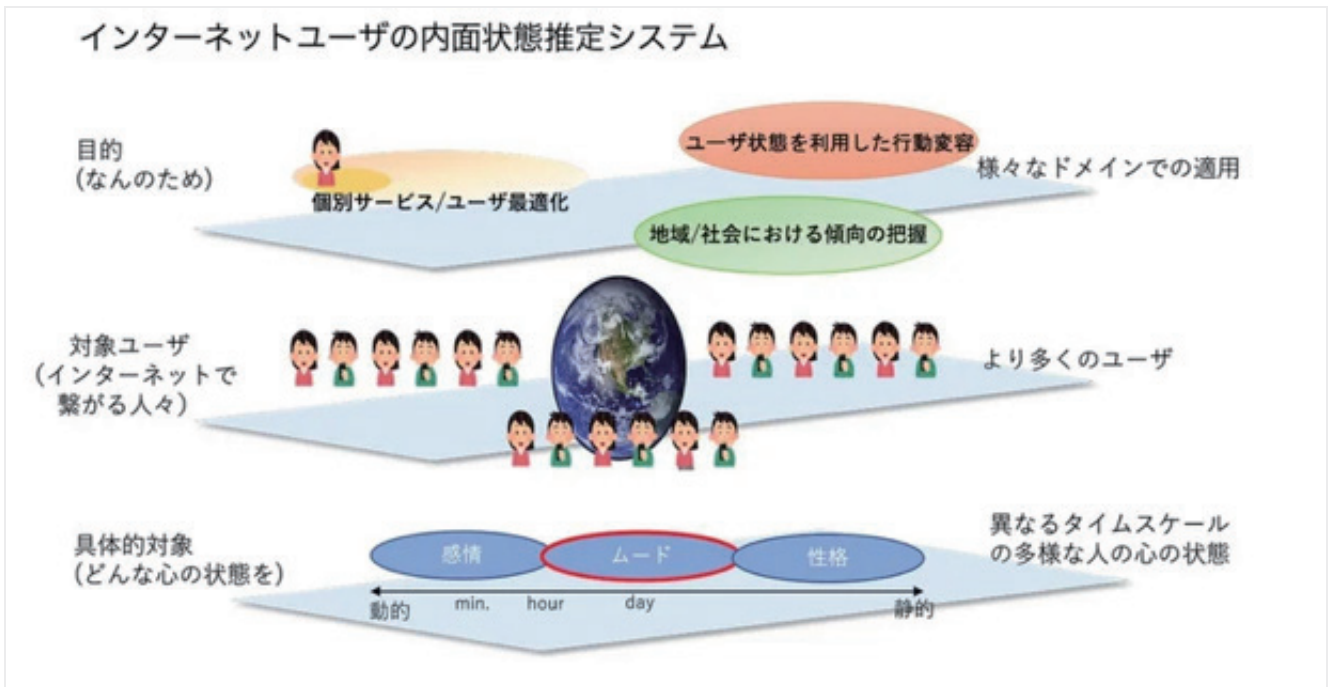
そこで本研究では、インターネットユーザの感情状態を理解するための要素としてユーザの検索エンジンへの入力キーワードに着目することで、実社会におけるインターネットユーザの感情状態を推定する。インターネットユーザは検索エンジンを日常的に使用しており、ウェブ検索エンジンへのユーザのクエリ情報は容易に収集でき非侵襲的なデータであり、ユーザの負担が少なく社会受容性も高いためである。

約460人の被験者による90日間のデータ収集実験によって収集された、検索ウェブクエリからユーザの気分度合いを推定する“search-Query Mood Model” (QMM) を構築した。また、QMMの推定モデルは、スマートフォンセンサーデータから気分の程度を推定する別のモデル“Sensor Mood Model” (SMM) を構築し、QMMに組み合わせることでラベルデータを増加させた。その結果、機械学習モデルの性能評価を示す指標であるAUC (Area Under the Curve) を参照すると、QMMのAUCは11%向上した。

この気分状態推定モデルを用いることで、1,100万人以上のユーザを対象とした大規模なデータ分析を実施した結果、(1) 人々の気分の1週間のリズム (月曜日気分スコアが下がり、毎週末に気分スコアが向上する) を示し、(2) COVID-19の流行における人々の気分の浮き沈みがCOVID-19の新規患者数と反比例する

(COVID-19の新規感染者が増加するほど気分スコアが減少する) 傾向にあることを説明できた。また、都道府県ごとの分析では、COVID-19の患者数が多い都道府県ほど気分の落ち込みが有意に大きいことが分かった。そして、(3) 数時間単位の細かい時間分解能において、多くのユーザの気分状態に影響を与えた可能性のあるビッグニュース (有名女優の自殺のニュース) と気分スコアの連動性を検出した。さらに、(4) 最近100件の広告案件について、いつ、誰が、広告を閲覧し、クリックしたかなどの履歴ログを解析し、その広告をクリックしたユーザの気分には明確な傾向がある広告のクラスを特定した。

ユーザの感情状態を理解することは、ユーザフレンドリーな情報サービスを構成する重要な要素の1つである。しかし、現実のWeb分野では、ユーザのそのような状態を推定することはまだ実現されていない。そこで本研究では、検索クエリとモバイルセンサデータを組み合わせて、ウェブユーザの気分状態を推定する新しい手法を提案した。その結果、全国的なムードスコアが複数の異なる時間軸のシナリオで変化することや、ユーザの反応が気分に影響される特定のウェブ広告クラスの存在など、複数の興味深い結果を得ることができた。



## 参考文献

- 1) Sasaki W. et al. : Nation-wide Mood: Large-scale Estimation of People's Mood from Web Search Query and Mobile Sensor Data, arXiv preprint

arXiv:2111.05537 (2021).

2) Sasaki, W. et al. : Investigating the Occurrence of Selfie-based Emotional Contagion Over Social Network, Social Network Analysis and Mining 11.1 (2021): 1-14.

3) Sasaki, W., Nakazawa, J. and Okoshi, T. : Comparing ESM Timings for Emotional Estimation Model with Fine Temporal Granularity, Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers (2018).

(2022年5月20日)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（政策・メディア）**

**大学：慶應義塾大学**

---

**推薦文 [情報環境領域] ユビキタスコンピューティングシステム研究会**

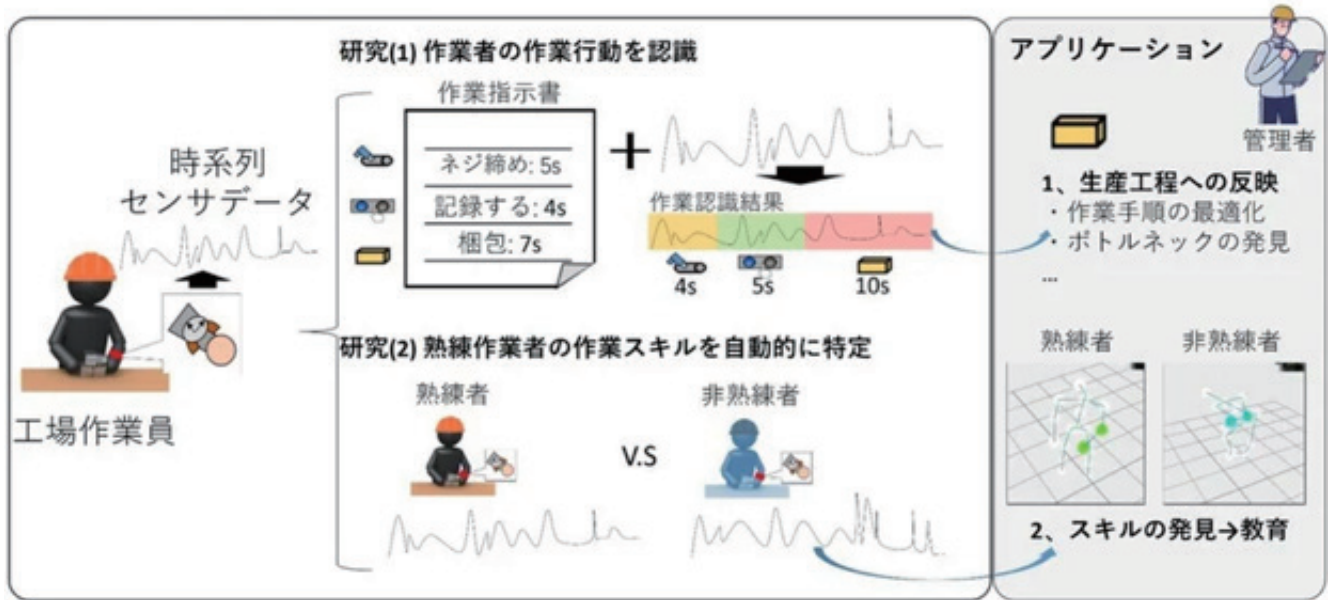
感情状態の推定はさまざまなサービスに応用可能で今後の社会に大きく寄与すると考えられる。本研究ではスマートフォンセンサと検索クエリを用いた2段階感情推定モデルを構築しインターネットユーザの感情状態の推定を可能にした。インターネットユーザ1,100万人に用いることで週次リズムや新規COVID-19感染者数との関係を明らかにした。

**研究生活** 私は他者からの観察が難しい人間の感覚、感情、思考などの内面状態に興味があり、情報工学の技術からこのような内面状態を理解し、Well-Beingの向上を目標に現在も引き続き研究しています。学部2年次に研究室に所属して以来、自らの好奇心に従い、自分自身によって問題発見し、解決するアプローチを考え、実験を通して評価することで研究を続けてきました。

研究生活は山登りに似ていると思います。なかなか成果が出ずにシステム実装や実験準備などに「苦しみつつ」ひたすら山を登り続けます。ときには、研究という山登りの最中に、大自然の景色を望むかのごとく興味深い考察を「楽しむ」ことができます。そして成果が認められると登頂達成です。ただし、またすぐ次の山が現れ、「そこに山があるから」と次の山登りが始まります。私はまだ山を1つ登ったにすぎません。この山登りをまだまだ楽しんできたいと思っています。



最後に学部時代から研究指導してくださった中澤仁教授, 大越匡准教授, 徳田英幸  
名誉教授にこの場を借りて深くお礼申し上げます.



# Research on Sensor Data Processing Methods for Recognizing and Understanding Factory Work Activities



情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 11:04



**2021年度研究会推薦博士論文速報**  
**[ユビキタスコンピューティングシステム研究会]**

**夏 清心**

**(大阪大学大学院情報科学研究科 マルチメディア工学専攻 原研究室  
特任助教)**

邦訳：工場作業行動の認識および理解のためのセンサデータ処理手法に関する研究

**■キーワード**

ウェアラブルセンサ／行動認識／工場作業

**【背景】** ウェアラブルセンサの普及による産業の分野における作業行動センシング

**【問題】** 工場などの環境での行動認識のための学習用データ収集の困難さ

**【貢献】** 学習データを用いずに行動認識を行う手法の提案

スマートウォッチなどのウェアラブル機器が私たちの日常生活に広く浸透している。スマートウォッチには、加速度センサなどのさまざまなセンサが搭載されており、我々の日常生活行動のセンシングに有用である。工場などの産業の場面におい

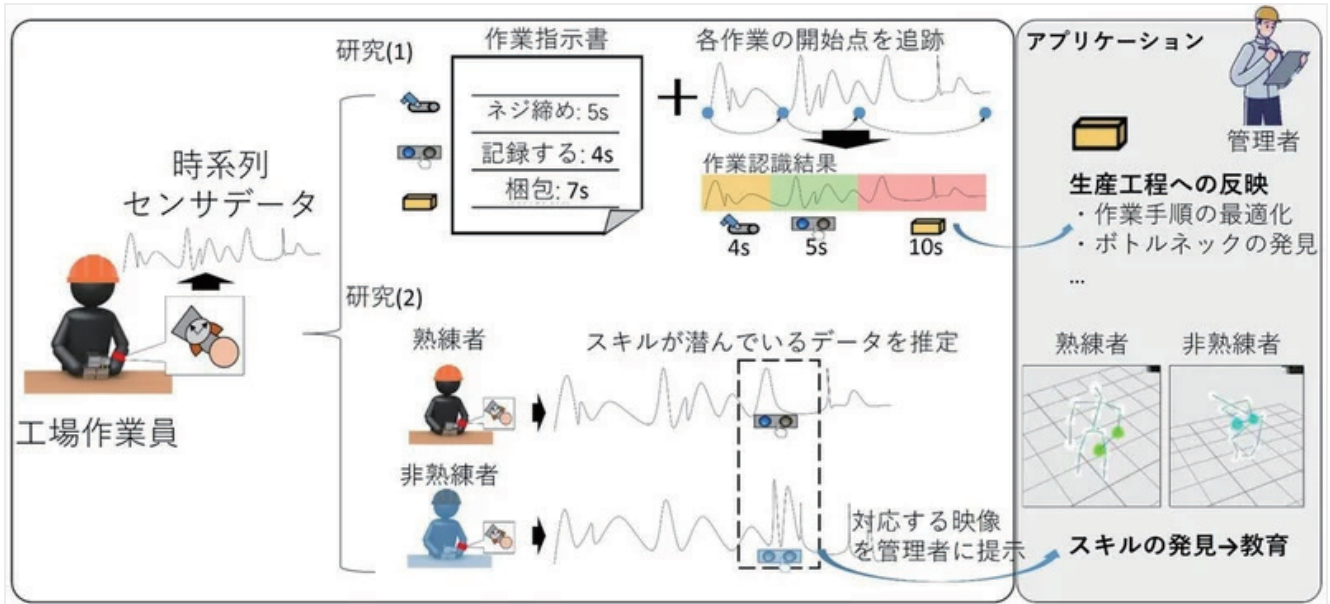
ても、スマートウォッチなどのウェアラブル機器を用いることで、作業者の活動状況を把握することができるようになると期待される。多くの工場ではライン生産システムが採用されているが、ライン作業を行う多数の作業者から収集した加速度などのセンサデータを分析することで、(1) 作業者の作業行動を認識し、ラインのボトルネックとなる作業や作業者を見つけ出す、(2) 熟練作業者の作業スキルを自動的に特定し、その情報を用いて他の作業者の作業スキル向上のための教育に活かすことなどが可能となる。

(1) のために工場作業の行動認識を実現することは容易ではない。工場の作業活動は、日常的な活動（たとえば、歩く、走る）と異なり、複雑な動作を伴い、製品の違いによっても変化する。また、工場などの環境において、カメラなどを設置してラベル付き学習用データを十分な量だけ用意するのも困難である。そこで、本研究では、ライン管理者が作成して作業指示に用いる作業指示書を作業ラベルの代わりに用いる手法を提案した<sup>1)</sup>。この指示書から、操作の順序（例：ネジ締め操作の準備の後にネジ締め操作を行う）および標準的な時間（例：ネジ締め操作には通常5秒かかる）を得た。また、ある操作から別の操作への切り替わりのタイミングでは、センサデータのトレンドが変化することに注目し、ある操作の開始点の候補を得た。次に粒子フィルタ（非線形なトラッキングアルゴリズムの1つ）を用いて、操作の標準時間や順序と照らし合わせて、もっともらしい操作の開始点を開始点の候補から見つけた。このとき、異なるタイミングで行われた同じ操作のセンサデータの類似度が高いなどの情報も、粒子フィルタ内で利用した。すべての操作の

開始点が推定できれば、作業者がいつどの行動を行っているかが分かった。

また (2) については、これまでは産業エンジニアなどが手作業で熟練者と非熟練者の作業時の映像を比較し、作業スキルを特定していたため、大きなコストを必要とした。本研究では、熟練者と非熟練者の間の行動の差異に作業スキルが存在すると仮定している。そこで、熟練者と非熟練者から収集した作業時のセンサデータを分類するニューラルネットワークを適用した<sup>2)</sup>。ニューラルネットワークが作業時のデータを分類できれば、そのニューラルネットワークは熟練者と非熟練者の行動の差異を捉えていると言え、そのニューラルネットワークの内部を解析すれば、行動のどこに差異が潜んでいるかが分かる。本研究では、アテンション機構（ニューラルネットワークの各コンポーネントの重要性を表す一連の値、重みが大きいほど、差異を捉えしやすくなる）を適用し、その注目値に基づいてスキルが潜んでいる活動の候補を発見できる。この手法により、その候補に対応する映像を自動的に抽出し、産業エンジニアに提示することができる。

以上のように、本研究の成果により、工場の作業生産性の向上や、産業エンジニアの負担が軽減されることが期待される。



## 参考文献

- 1) Xia Q., Wada A., Joseph K., Maekawa T. and Namioka Y. : Unsupervised Factory Activity Recognition with Wearable Sensors Using Process Instruction Information. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies. Vol.3, Issue 2, Article 60 (June 2019), 23pages (2019) , <https://doi.org/10.1145/3328931>
- 2) Xia, Q., Wada, A., Yoshii, T., Namioka, Y. and Maekawa, T. : Comparative Analysis of High- and Low-Performing Factory Workers with Attention-Based Neural Networks. In: Hara, T., Yamaguchi, H. (eds) Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services. MobiQuitous 2021. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol.419. Springer, Cham (2022),

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-94822-1\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94822-1_26)

(2022年5月28日)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2021年9月**

**学位種別：博士（情報学）**

**大学：大阪大学**

**正会員**

---

**推薦文 [情報環境領域] ユビキタスコンピューティングシステム研究会**

本研究は、知的な工場を人間行動のセンシングの観点から目指したものである。工場の製作機械の稼働状況などのデジタル化は進んでいるが、工場内の工員の作業のデジタル化は進んでいない。本研究では、工員の作業をウェアラブルセンサを用いて認識する人工知能を開発しており、生産効率の向上やボトルネックの検出などの応用が見込まれる。人間を取り込んだスマート工場実現のための重要な研究として博士論文速報に推薦する。

**研究生活** 私は約10年前にモバイルデバイスのセンサデータの分析にかかわる研究を開始しました。最初のプロジェクトは、スマートフォンのモーションセンサを使用したダンスマシンのプロトタイプ開発でした。自身の作品を人に紹介すると良い反応が返ってきて、とても嬉しかったです。

私の博士課程の研究は電機メーカーと共同で行いました。工場には解決が難しい実務上の問題が多くあり、工場内の工員の活動を計測可能なセンサ技術はその解決の糸口となります。多くの既存研究では、高価な機器や大量の学習データこれらの問題を解決しようと試みていますが、実際のシナリオではそのようなアプローチの適用は困難です。私の研究は実際の現場にセンサ技術を容易に導入するための重要な第一歩だと考えています。将来的には、様々なセンサ技術が私たちの周りに実装されるでしょう、そして私たちの仕事や生活をより幸せかつ快適にしてくれることを願っています。

最後に3年間に渡り研究をご指導くださった前川卓也准教授にこの場を借りて深くお礼申し上げます。





## インシデントの初動対応の自動化

背景: ネットの普及とインシデント

- スマートフォンやタブレット, インターネットの普及
- フィッシングによるパスワード漏洩など
- ウイルス感染による電子カルテの閲覧不可など

課題: インシデント対応での人の負荷の増加

- 複雑化するインターネット
- フィッシングやウイルス感染などのインシデントの増加
- インシデント対応に要する時間の増加
- 対応者への精神的及び身体的負荷

目的: インシデント対応に係る人への負荷の軽減

- 事前準備作業の軽減
- 手動操作による情報収集やネットワーク機器の制御
- 誤操作・誤判断の防止

目的達成の手法: 初動対応の自動化

- インシデント通知メールの受信, 解析
- 情報収集と関連するネットワーク機器の制御
- コンピュータ(端末)のネットワークからの隔離

成果: 人の負荷の軽減

- 迅速なインシデントの初動対応
- ウイルス感染拡大などの被害拡大の抑制
- 深夜, 休日作業の削減

# コンピュータセキュリティインシデント対応の自動化に関する研究

♡ 1



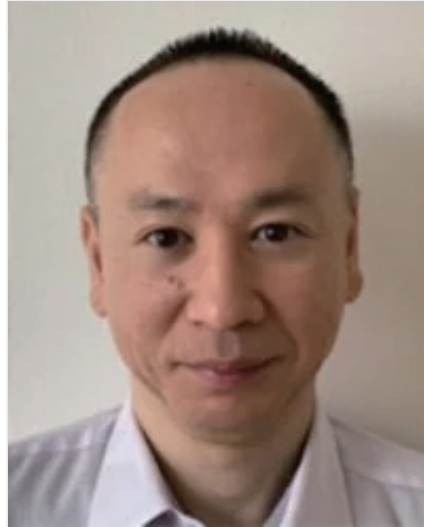
情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 11:05



2021年度研究会推薦博士論文速報

[インターネットと運用技術研究会]



大森 幹之

(鳥取大学 情報基盤機構)

■キーワード

セキュリティ／インシデント対応／自動化／オーケストレーション

**【背景】** フィッシング被害やウイルス感染などのインシデントの頻発

**【問題】** インシデントへの手動での対応に要する時間や人への負荷の増加

**【貢献】** 自動化による初動対応時間の短縮，被害拡大の防止，深夜や休日の勤務・  
誤操作・御判断の削減

スマートフォンやタブレットといったコンピュータ（端末）とインターネットの

普及により、インターネットを介してコンピュータを悪意のある第三者が不正に操作しようとするサイバー攻撃も増加している。サイバー攻撃を受けるとさまざまな被害が発生し得る。たとえば、個人の銀行口座から預金が第三者によって不正に引き下ろされることがある。また、病院では電子カルテといった医療情報が第三者によって不正に暗号化され閲覧不可能となることにより、患者の治療を医師が継続できなくなることも発生し得る。

これらの被害は未然に防ぐことが望ましい。そのためには、被害に繋がり得る事象、すなわち、コンピュータセキュリティインシデント（以下インシデントという）に対して迅速かつ適切に対応することが重要である。

インシデントの例としては、銀行口座からの預金引き出しに必要な情報となり得る口座番号や氏名、生年月日といった個人情報の漏洩が考えられる。これらの情報は、メールやショートメッセージなどを偽装するフィッシングと呼ばれる手法などにより詐取され得る。また、電子カルテを不正に暗号化し閲覧不可とするランサムウェアへの感染もインシデントの一例と考えられる。ランサムウェアに感染するとコンピュータ上の情報が暗号化され、閲覧可能に復元するには高額な身代金の支払いが求められる。

一方、コンピュータやネットワークの構成やその設定、運用、管理は日々複雑化している。インシデント対応のためには、この複雑化しているネットワーク構成や

設定などを把握しておく必要があり、高度な知識や技術力が求められる。その結果、インシデント対応は経験豊富な管理者に集中しがちである。また、経験豊富な管理者であっても、人である以上、手動による対応では誤りの発生を防ぐことは難しい。以上のように、インシデント対応にあたっては、管理者である人への負荷と依存が増大し、人が手動で迅速かつ適切にインシデントに対応することが難しくなりつつある。

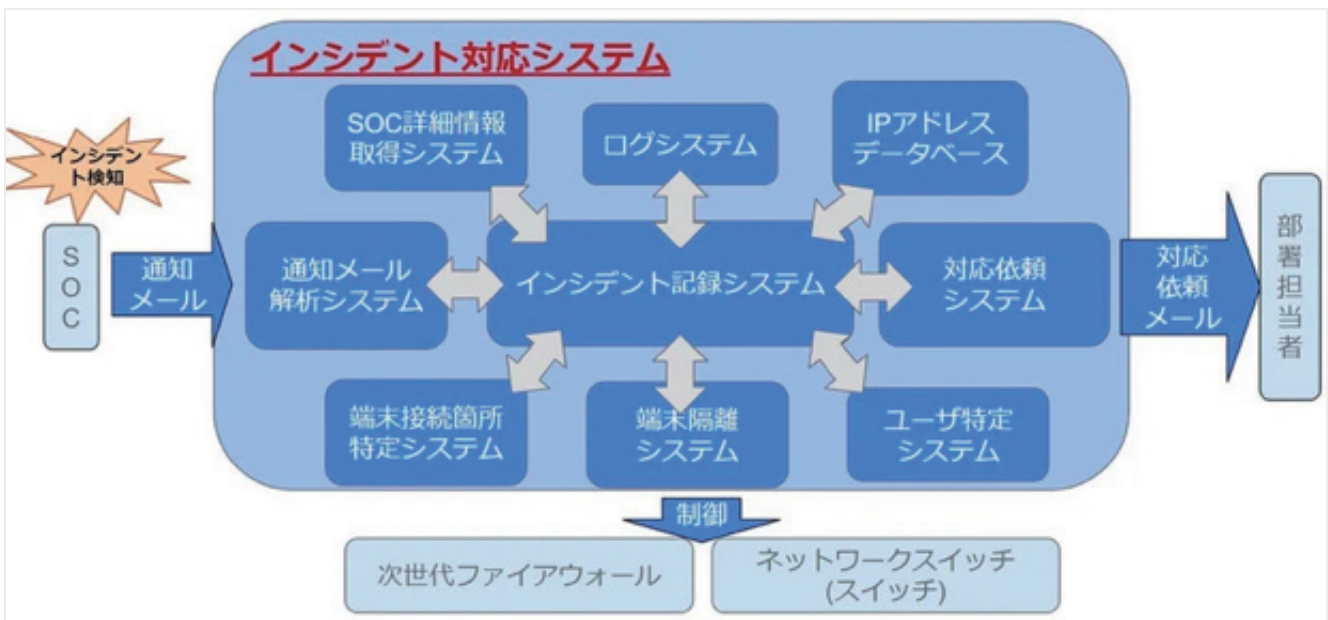
そこで、本研究では、人への負荷と依存を削減した迅速で適切なインシデント対応の実現を目的とし、以下のようにインシデントの初動対応に必要な処理を自動化するインシデント対応システムを開発した。なお、インシデント対応システムは複数の構成要素からなり、それらの連携によって、さまざまな機器の制御や連絡を自動化する。

まず、ネットワーク構成を自動的に検出し、コンピュータの接続箇所を迅速かつ正確に自動的に検出した。これにより、手動操作による平均所要時間（約12分）の1.6%（約5秒）でコンピュータの接続箇所の特特定が可能となった。また、手動操作によって発生していた接続箇所の誤った特特定を防止できるようになった。

次に、コンピュータの接続箇所の特特定に資するWeb認証の電子証明書の更新に必要なネットワーク機器の再起動を自動化し、通信断を最小限に抑えた。これにより、1台の再起動の所要時間から17.2%の増加のみの109秒でネットワーク機器の

再起動を完了できた。その結果、鳥取大学の実ネットワークにおいて、全体の通信断を109秒にとどめつつ、288台のネットワーク機器の再起動を実現できた。

最後に、上記の技術を組合せ、SOC（Security Operation Center）からのインシデント通知メールを受信してからコンピュータをネットワークから隔離し、関係者へ連絡するまでの初動対応を自動化した。これにより、手動操作で30分から数日を要していた初動対応を40秒以内で完了できた。また、人が初動対応を行わずに済み、人による業務時間外でのインシデント対応を大幅に削減できた。さらに、それまで手動操作で発生していた誤操作を防ぐことができた。加えて、迅速な初動対応により、被害の拡大を未然に防止できた。



## 参考文献

- 1) Ohmori, M. and Okamura, K. : AXARPSC: Scalable ARP Snooping Using Policy-Based Mirroring of Core Switches with ARP Log Contraction, Journal of Information Processing, Vol.29, pp.198-204 (Mar. 2021).
- 2) Ohmori, M. and Okamura, K. : The Equal Deepest Vertex First Reboot: Rebooting Network Edge Switches in a Campus Network, Journal of Information Processing, Vol.28, pp.214-221 (Mar. 2020).
- 3) Ohmori, M. : On Automation and Orchestration of an Initial Computer Security Incident Response by Introducing Centralized Incident Tracking System, Journal of Information Processing, Vol.27, pp.564-573 (Sep. 2019).
- 4) Ohmori, M., Miyata, N. and Suzuta, I. : AXARPS: Scalable ARP Snooping Using Policy-Based Mirroring of Core Switches, Proc. the 33rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2019) pp.667-676 (Mar. 2019).
- 5) Ohmori, M., Fujio, S. and Higashino, M. : The Deepest Vertex First Reboot: Rebooting Network Edge Switches in a Campus Network, Proc. the 15th International Symposium on Frontiers of Information Systems and Network Applications (FINA-2019), pp.151-160 (Mar. 2019).
- 6) Ohmori, M., Higashino, M., Kawato, T., Fujio, S. and Nakashima, K. : On-Demand Suspicious Host Isolation Adopting Software Defined Network Approach on a Computer Security Incident Response, Journal of Information Processing, Vol.27, pp.234-243 (Mar. 2019).

(2022年6月20日受付)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（情報科学）**

**大学：九州大学**

**正会員**

---

**推薦文 [情報環境領域] インターネットと運用技術研究会**

本論文では、迅速かつ適切なインシデント対応を実現するため、発生個所の特定や被害端末の隔離といった初動対応の自動化手法を提案し、大幅な所要時間短縮ができることを実環境にて示している。日々複雑化するネットワーク運用においてきわめて実用性の高い研究であり、研究成果の実装により多くの環境への適用が期待できる。

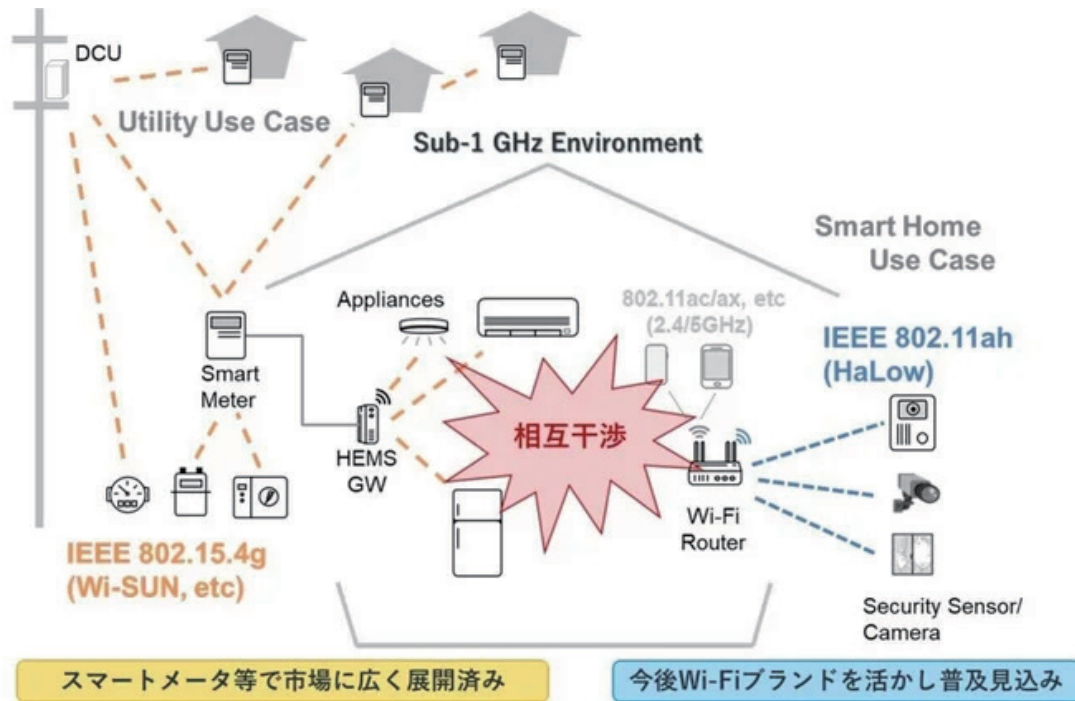
**研究生活** 研究というのは長い人生をかけて最終ゴールに到達するもので、博士論文はそのはじめの一步です。しかし、その一步目で、自身の研究に価値を見出せ

なかったり、理想を追い求めすぎてしまったりすることも若いころにはよくあることです。かくいう私は、初めて情報処理学会に投稿した論文で、条件付き再録の判定をいただいたにもかかわらず、査読者の方の労力も顧みず、自身で論文の内容に納得できず取り下げてしまいました。

博士課程では、付け入る隙がまったくない完成度の高い研究が理想かもしれませんが、しかし、必ずしも完璧でなくてもよいのでしょう。実際、多くの学術論文では今後の課題を挙げるのが世の常です。博士課程では、理想は高く持ちつつも、欲張りすぎないことが重要なのかもしれません。はじめの一步を確実に踏み出していけば、結果は自ずと後から付いてくるのでしょうか。焦らず、じっくり楽しみながら歩んでいきたいものです。







# Research on Sub-1 GHz Frequency Band Wireless Coexistence for the Internet of Things



情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 11:07



2021年度研究会推薦博士論文速報

## [コンシューマ・デバイス&システム研究会]

永井 幸政

(三菱電機 (株) 情報技術総合研究所 グループマネージャー)

邦訳：IoTのための異種無線通信システム間の周波数共用に関する研究

### ■キーワード

周波数共用 / IoT / 強化学習

**【背景】** モノのインターネット (IoT) 向けにSub-1GHz帯で無線通信方式が乱立

**【問題】** IoTの普及に伴い無線通信システム間の相互干渉が発生し性能劣化

**【貢献】** 機械学習を用いたアクセス方式等により相互干渉を低減し性能を改善

インターネットやセンサ技術の進化などを背景に、世界中のさまざまなモノがインターネットにつながり、その数は増加している。たとえばWebアクセスや、動画などの大容量通信に使われるWi-Fiは、2.4GHz/5GHzなどの周波数を使用している。5G携帯電話システムでは、Sub6やミリ波が新たな周波数帯域として追加されるなど、通信方式や通信用途によってさまざまな周波数帯域が使い分けられている。今回、これらモノのインターネット (IoT: Internet of Things) を実現する無

線通信技術として、920MHz (Sub-1 GHz) 帯を使用するものに注目した。代表的なものとして、IEEE 802.15.4g, Wi-SUN, SigFox, LoRaWAN, IEEE 802.11ah/Wi-Fi HaLowなどの無線通信規格が市場に投入されている。これらの規格は、従来の携帯電話システムやWi-Fiと比較して低速なものの、環境モニタリングやスマートメータのように多数のIoT端末から情報を収集する用途で使用されている。しかしながら、免許不要の特定小電力無線として注目を浴びるSub-1 GHz帯は、利用可能な周波数資源が限られていることに加え、上述した複数の無線方式が乱立することから、今後IoTの普及に伴い無線通信システム間の干渉が課題となる。無線通信システム間の干渉は、お互いの電波が衝突、あるいは送信を抑制してしまうことで、通信速度の低下や遅延時間の増大などを引き起こす。特に、国内ではスマートメータ等に広く使用されるIEEE 802.15.4g無線通信方式と、今後無線LANシステムの拡張として普及が見込まれるIEEE 802.11ah無線通信方式の相互干渉が深刻な課題になると考えられる。

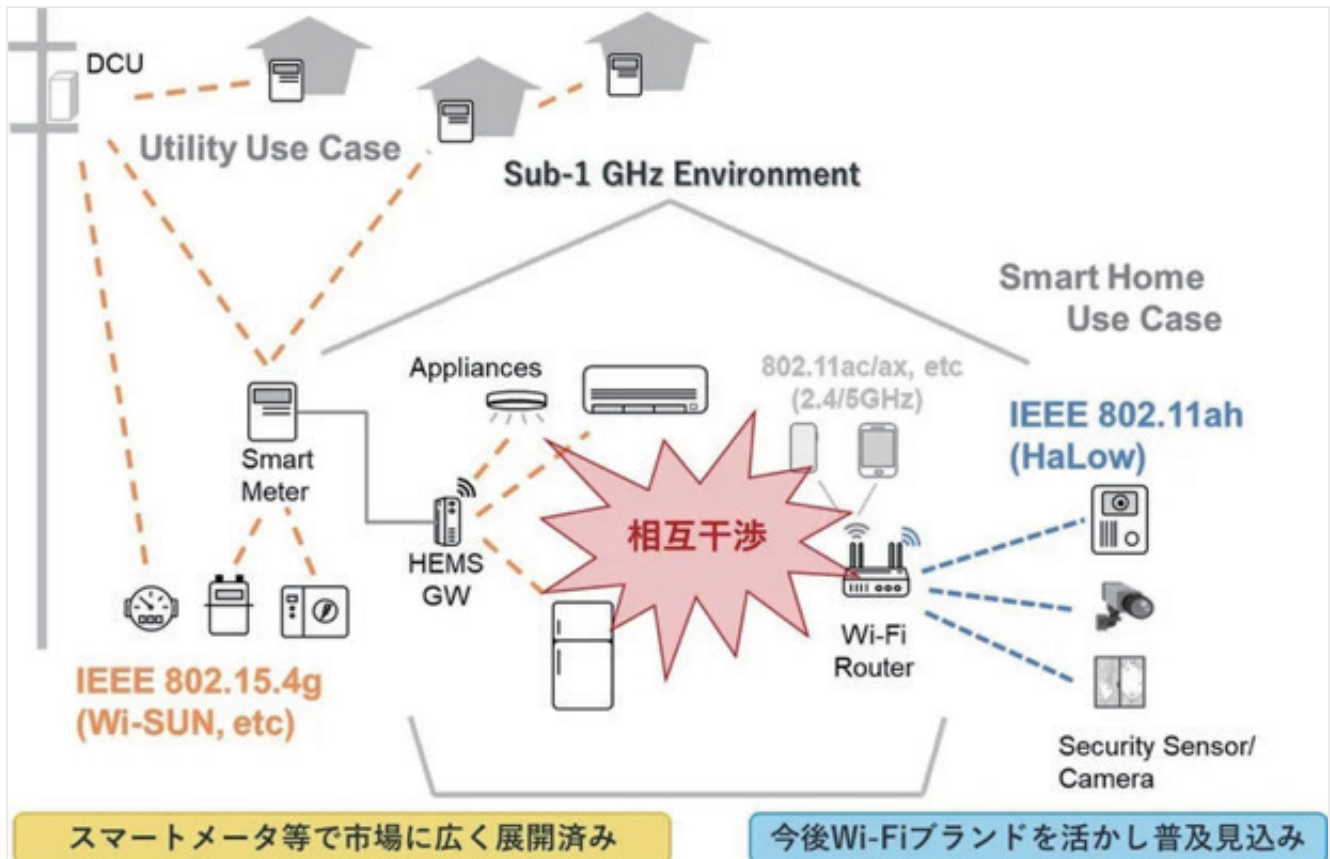
この課題を解決するために、本研究ではIEEE 802.15.4gとIEEE 802.11ahの相互干渉低減による周波数共用を目的に、IEEE 802.11ah改良方式 ( $\alpha$ -Fairness ED-CCA, Q-Learning based CSMA/CAの2方式) と、IEEE 802.15.4g改良方式 (Hybrid CSMA/CA, Active Carrier Senseの2方式) を提案した<sup>1)</sup>, <sup>2)</sup>。IEEE 802.11ah改良方式は、機械学習を用いてIEEE 802.11ahの過剰な送信を抑制しIEEE 802.15.4gの送信機会を増加させる手法である。IEEE 802.15.4g改良方式は、IEEE 802.15.4gの送信機会を増加させるために既存の消極的な送信方法を見直すだけで

なく、通信方式が異なるIEEE 802.15.4gとIEEE 802.11ahの共存時に、相互の干渉推定を行う手法である。

また、本研究を進めるにあたり、2018年にIEEE 802.15.4gとIEEE 802.11ahの相互干渉課題を解決すべくIEEE 802.19.3標準化作業班の設立を行った。同作業班に対する50件以上の寄書提案に加え、作業班役員として同作業班を牽引し、2021年4月にIEEE 802.19.3TM-2021として標準規格策定に成功した<sup>3)</sup>。本標準化では、Sub-1GHzの無線通信の研究開発に取り組む研究者・開発者で、ユースケースとシミュレーション条件など評価手法についても議論を行った。

本研究では、上述したIEEE 802.19.3作業班で合意したユースケースとパラメータに対しネットワークシミュレーション評価を行った。IEEE 802.11ah改良方法では、送信抑制に伴うIEEE 802.11ahのPDR (Packet Delivery Rate) 低下と遅延増加と引き換えに、IEEE 802.15.4gのPDRと遅延を改善することで、周波数共用時のFairness Indexを改善できることを示した。IEEE 802.15.4g改良方式では、IEEE 802.15.4gの送信機会増加に伴うIEEE 802.11ahのPDR低下と遅延増加と引き換えに、IEEE 802.15.4gのPDRを改善することで周波数共用時のFairness Indexを改善できることを示した。以上のことから、本研究で提案したいずれの改良方式も従来方式との相互運用性を担保しつつ、Sub-1 GHz帯を使用するIEEE 802.15.4gとIEEE 802.11ahの周波数共用時の公平性を改善できることを示した。

今後は、IoTの普及に伴い課題となるSub-1GHz帯における無線通システム間の干渉を低減させる周波数共有手法として実用化を進めていく。



## 参考文献

- 1) Nagai, Y., Guo, J., Orlik, P., Sumi, T., Rolfe, B. A. and Mineno, H. : Sub-1 GHz Frequency Band Wireless Coexistence for the Internet of Things, IEEE Access, pp.119648–119665 (2021), [doi: 10.1109/ACCESS.2021.3107144](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3107144)
- 2) Nagai, Y., Sumi, T., Guo, J., Orlik, P. and Mineno, H. : IEEE 802.19.3 Standardization for Coexistence of IEEE 802.11ah and IEEE 802.15.4g

Systems in Sub-1 GHz Frequency Bands, J4, Journal of Information Processing, Vol.29, pp.465-477 (2021), [doi: 10.2197/ipsjip.29.465](https://doi.org/10.2197/ipsjip.29.465)

3) IEEE 802.19.3-2021, IEEE Recommended Practice for Local and Metropolitan Area Networks--Part 19: Coexistence Methods for IEEE 802.11 and IEEE 802.15.4 Based Systems Operating in the Sub-1 GHz Frequency Bands, in IEEE Std 802.19.3-2021, pp.1-79 (Apr. 2021), [doi: 10.1109/IEEESTD.2021.9416944](https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2021.9416944)

\*本稿の著作権は著者に帰属します。

(2022年5月31日)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（情報学）**

**大学：静岡大学**

**正会員**

---

**推薦文 [情報環境領域] コンシューマ・デバイス&システム研究会**

Sub-1GHz帯は、IoT向け機器の無線通信帯域として注目されているが、さまざまな無線通信方式が乱立しており多数デバイスの相互干渉によって性能劣化の課題がある。本論文は、機械学習と耐干渉アクセス方式による自律的周波数共有手法を提案し、複数の無線通信システムを効果的に収納可能なことを示した。提案手法は、IEEE 802.19.3標準仕様にも採択され国際的にも高く評価されている。

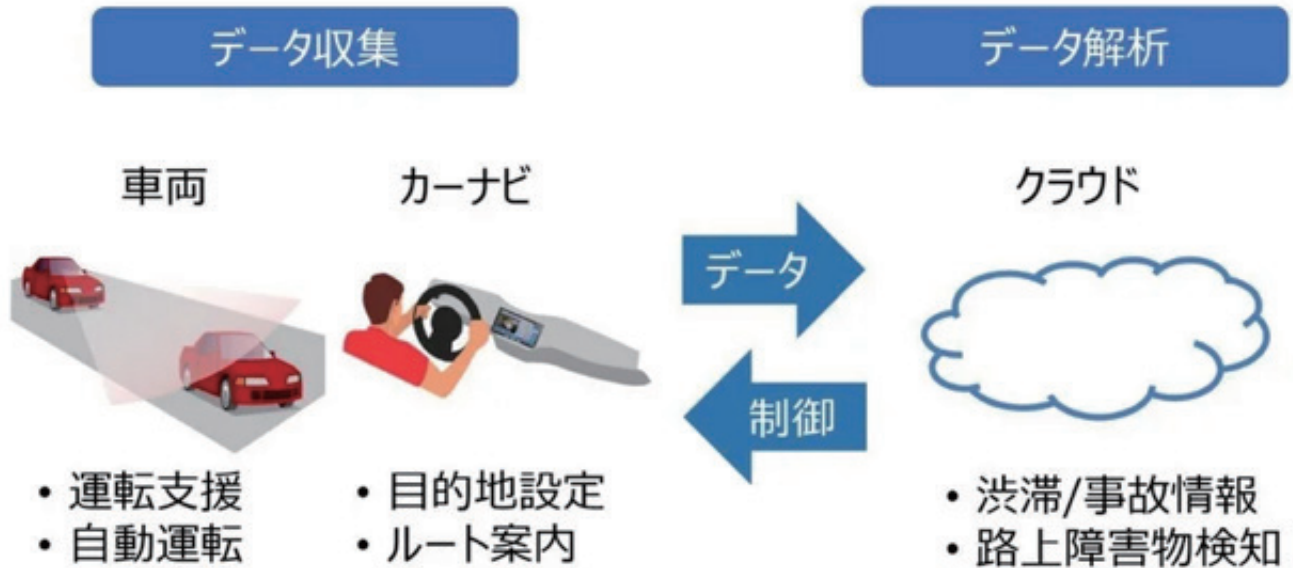
**研究生活** 私は、米国研究所（MERL）への赴任が、社会人博士課程進学のきっかけとなりました。研究員の90%以上がPh.Dを取得していたこともあり、周囲の研究員との議論を通じて、体系立てて研究成果をまとめていく重要性に改めて気が付かされました。また、米国ではホテルや、飛行機の予約をするときでさえ、「Dr.」「Mr.」「Mrs.」などを選択することになり、日々の生活の中で「Dr.」を意識することになりました。さて、博士課程では、事前審査会から逆算し、論文採録、論文投稿などの時期を決めていくこととなります。業務、授業、シミュレーション、論文投稿、さらには国際標準化の推進など日々必死に追われましたが、思い返すと新しい発見に満ちた楽しい時間の連続でした。これから博士号取得に取り組まれる皆さんも、ぜひ楽しんでみてください！

最後に、本研究を進めるにあたり、ご指導ご鞭撻をいただきました峰野博史教授に心よりお礼申し上げます。また、博士課程入学の機会を与えていただきました、

MERL, 三菱電機（株）, 水野忠則教授, 徳永雄一教授に感謝いたします.







## カーナビゲーションのための地理空間情報の伝達に関する研究



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 11:09



2021年度研究会推薦博士論文速報

[コンシューマ・デバイス&システム研究会]

**関口 隆昭****( (株) 日立製作所 研究開発グループ 主任研究員)****■キーワード**

プライバシー／データ圧縮／位置参照

**【背景】 自律動作するモビリティの普及****【問題】 制御に必要な地理空間情報を滞りなく伝達することが必要****【貢献】 実世界の情報を収集してカーナビへ配信，利用する際の個別課題の解決**

近年，サイバーフィジカルシステム（CPS）の普及が進んでいる。CPSは，実世界でセンサシステムが収集した情報をサイバー空間上で解析し，その結果に基づいて実世界を制御する。特に自動車などのモビリティの場合，実世界の制御にはリアルタイム性や信頼性が強く求められるため，車載装置などのエッジ側は単純なセンサシステムとしてではなく，制御に必要な地理空間情報を自身に保持し，自律的に動作可能なシステムとして構成する必要がある。

以上の背景を踏まえ，本研究では，カーナビへの地理空間情報の伝達をターゲットとして研究に取り組んだ。特に，自律動作するモビリティの適用範囲が高速道路だけでなく一般道や細街路まで拡大する世界を想定し，その際に課題となる，

- (1) 物理空間上の情報をカメラで取得する際にプライバシーを保護する方式,
- (2) モビリティへの地理空間情報配信を高速化する方式, (3) 複数のサービスから配信される地理空間情報間の位置参照精度を向上する方式の開発を目指した.

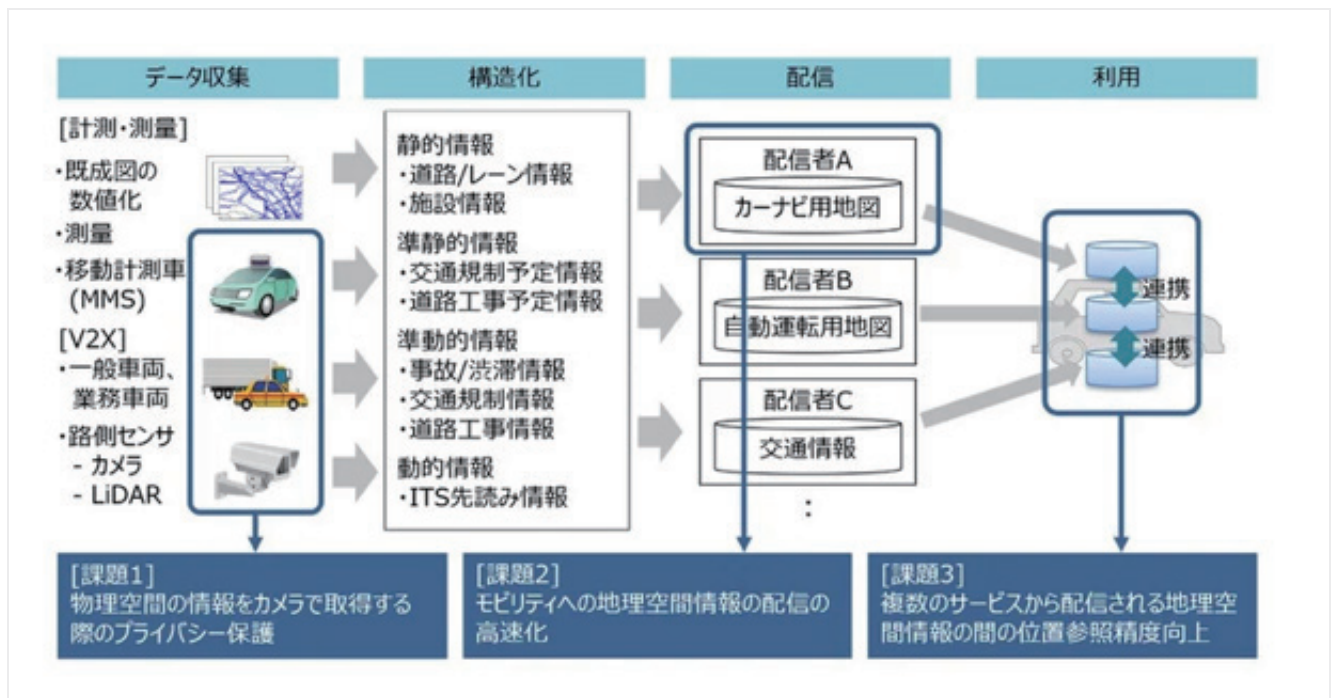
まず最初に、プライバシー保護と映像閲覧の両立を図るため、閲覧者と被写体の関係に基づき被写体ごとに異なるレベルの画像処理をエッジ側で行うことでプライバシーを保護するシステムを提案した。提案システムでは映像内の被写体の同定処理が課題であり、この処理の実現に影響を与える被写体情報の通信遅延に関してプロトタイプシステム上で評価することにより、特定の利用形態のもとでの提案システムの有効性を確認した<sup>1)</sup>。

次に、圧縮データの伸張処理による性能低下をユーザが感じないように、地図データの多くを占める固定長レコードを対象に高速伸張可能な圧縮方式を提案した。提案方式では、列指向データ圧縮をベースに、組み込みシステムのキャッシュ効率化と複数の軽量な符号化方式を利用することで、Zlib相当の圧縮率と非圧縮時同等の読み込み性能の実現を図った。提案方式をカーナビに実装して評価することで、実現性を確認した<sup>2)</sup>。

最後に、カーナビの経路情報を自動運転システムに伝達する機能を対象に、位置参照精度の向上を図った。動的な位置参照方式の1つであるOpenLRの一致率を、物理データフォーマットと最短経路計算に起因する誤りを削減することで改善すると

ともに、変換前後の経路の形状の差異を確認し、経路の一致を自動判定する方式を提案した。提案方式を実装し、特定の地図データを用いて評価することで、提案方式の実現性を確認した<sup>3)</sup>。

以上の提案方式により、本研究で着目した自律動作可能なモビリティの適用範囲を一般道や細街路に拡大する際の課題を解決し、地理空間情報をカーナビへ滞りなく伝達可能なシステムの実現に貢献した。



## 参考文献

- 1) 関口隆昭, 加藤博光: カメラ映像における閲覧者と被写体の関係に基づくプライバシー保護システムの提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.47 (8), pp.2660-

2668 (Aug. 2006).

2) 関口隆昭, 永井 靖, 名越末男, 正嶋 博, 福永良一：車載地図更新向け列指向データ圧縮の高速化, 情報処理学会論文誌 (CDS), Vol.7 (1), pp.1-9 (Jan. 2017).

3) 関口隆昭, 丸 三徳, 尾崎友哉, 天谷真一：カーナビ連携車両制御のための経路情報変換の高信頼化, 情報処理学会論文誌 (CDS), Vol.8 (2), pp.56-65 (May. 2018).

(2022年5月24日)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（情報学）**

**大学：京都大学**

**正会員**

---

**推薦文 [情報環境領域] コンシューマ・デバイス&システム研究会**

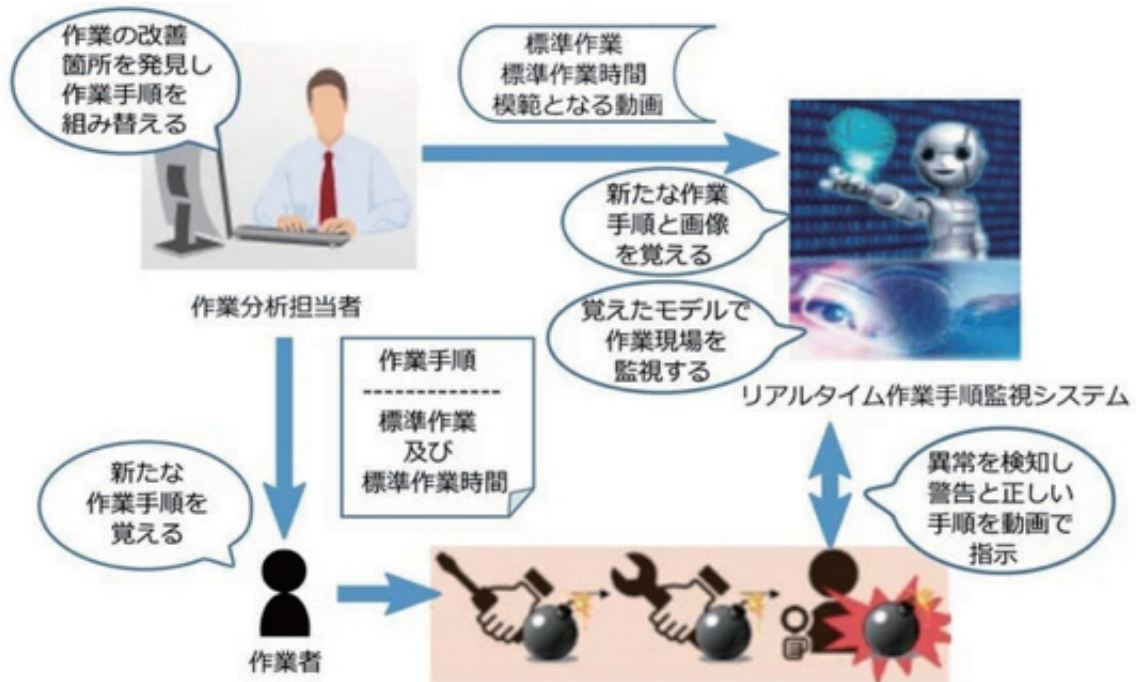
カーナビゲーションシステムへの地理空間情報の伝達に関する方式を俯瞰し、デー

夕収集時のプライバシーを保護する方式，地理空間情報の配信を高速化する方式，地理空間情報の間の位置参照精度を向上する方式を，自動車システムの一般的な制約下で実践的なレベルで提案，評価している点が，研究会の立場から意義があります。

**研究生活** 大学を卒業して以来，会社では製品開発にかかわっている期間が長く，学会活動と疎遠になっていましたが，職場より学位取得をすすめられ後押しをしていただきました。博士課程在学中に海外の研究所への出向が決まるなど大変な面もありましたが，リモートでも熱心にご指導をいただいた大学の先生方，学位取得に向けてさまざまなご協力をいただいた職場の方々のおかげで，なんとか学位を取得することができました。ご指導，ご協力をいただいた皆様に，この場を借りて改めてお礼申し上げます。

論文を執筆する過程で，対象とする研究分野全体を俯瞰して考えることができ，自分が専門とする分野を再認識することができたように感じています。社会人学生として得られた経験を活かし，今後も社会課題の解決に役立つ研究を進めていきたいと考えています。





# 深層学習技術を利用したインダストリアル・エンジニアリングの効率化に関する研究



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 11:10



2021年度研究会推薦博士論文速報

[コンシューマ・デバイス&システム研究会]





村井 浩一

( (株) システック井上 DXコンサルタント)

■キーワード

深層学習／労働生産性向上／インダストリアル・エンジニアリング (IE)

**【背景】** 製造業では人材不足を補うために労働生産性向上が必要とされている

**【問題】** 労働生産性向上を目的としたIE改善活動を行う人材も不足している

**【貢献】** IEに深層学習技術を利用して効率的に改善活動が行える手法を提案

日本国内の製造業では、モノづくりの現場を支える人材の不足が重要な課題とし



てあげられている。人材を十分に確保できない状況下で製造業が発展を遂げ続けるには、労働生産性の向上が必要とされており、製造現場ではそのための手段の1つとして、インダストリアル・エンジニアリング（IE）を用いた改善の取り組みが行われている。IEとは、勘や経験などの主観に頼っていた改善活動に代わり、改善対象に対して公平で客観性のある基準を用いて科学的にアプローチし、ムダをなくすとともに価値を最大限に引き出すための手法である。しかし、国内の多くの中小製造業では、IEを用いた改善活動を推進していく人材も不足しており、IEを有効に活用することができている企業は一部に限られている。

そこで本研究では、IEに対してデジタル技術を用いることにより、製造現場での改善活動や人材育成を効率的に進めることができるシステムについて研究を行った。製造業におけるデジタル技術活用の有効性はさまざまなところで述べられているが、中小企業を中心とした製造業においては、IT技術者の育成や確保は容易ではないという声が多くあげられている。この課題を解決するために、本研究ではデジタル技術の1つとして深層学習技術を利用した。深層学習は、従来人間が自然に行うタスクをコンピュータに学習させ、実行することができる技術であり、その学習に使用する特徴量についても、学習時にデータから自動的に抽出される仕組みとなっているため、高度なIT技術や統計に関する専門知識を用いた特徴量の設計などを必要としない。これにより、IEやITに関する専門知識を持つ人材が不足している状況においても、深層学習技術がIE活動におけるタスクの一部を担当するという形で、効率的に改善活動や人材育成を進めることが可能になるものと考えられる。

本研究においては、IEの中でも基本とされる「時間研究」と「動作研究」に対して深層学習技術の適用を行った。「時間研究」とは、作業の標準化を定めることや、作業に含まれるムダな要素を発見し、その排除や改善を行うことを主な目的としたIE手法である。また、「動作研究」とは、作業の中に含まれる人間の身体動作などの動きを分析し、非効率な動作の排除や動作の組み換えなどにより、最良の方法を定めるためのIE手法である。IEによる改善活動の流れを図-1に示すが、本研究で対象とした範囲は、作業分析時に用いた製造現場の作業時の動画から生成したデータで学習した畳み込みニューラルネット（CNN）を用いて、製造現場の作業者の作業状況や動作の特徴を把握し、そこから、作業手順の誤りや作業時間のバラツキの検出や<sup>1)</sup>、熟練技能者と初心者における作業時の身体動作や工具の使い方の違いを検出する部分<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>である。本研究について、スパナとボルトを使用した金具の組立作業を実験環境として準備し、熟練者と初心者についての作業時間や動作特徴の検出精度に関する評価実験を行い、その有効性について明らかにした。

今後の展望として、他のIE手法に対しても同様に深層学習技術を利用し、改善活動や人材育成を効率的に進めることができる仕組み作りを目指していきたいと考えている。

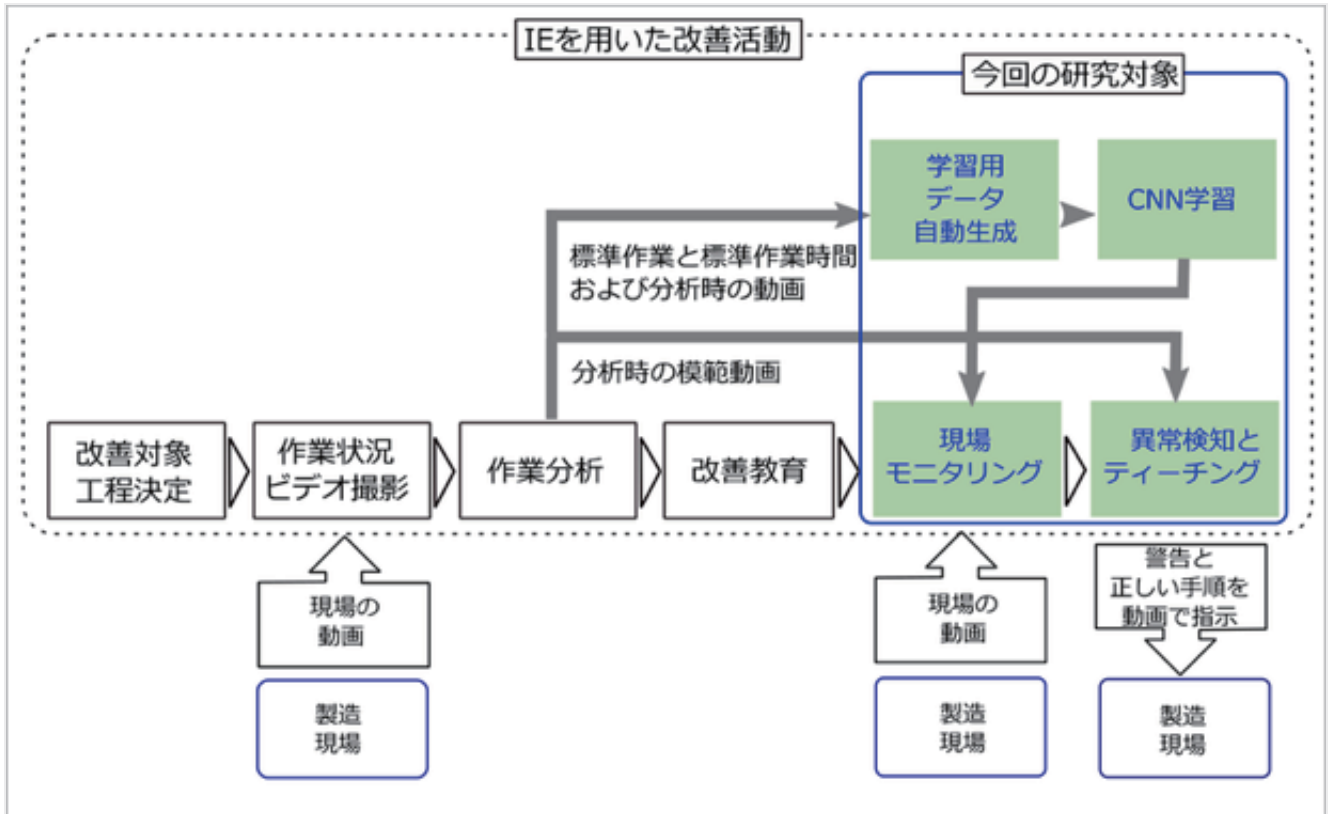


図-1 IEを用いた改善活動の流れ

## 参考文献

- 1) 村井浩一, 今井哲郎, 荒井研一, 小林 透: 製造現場の作業分析結果を利用したカメラと深層学習による作業手順のリアルタイム監視システム, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol.10(3), pp.1-10 (2020).
- 2) Murai, K., Imai, T., Arai, K. and Kobayashi, T. : Feature Extraction System during Bolt Tightening Work by Regression CNN and Classification CNN, IEEE International Conference on Consumer Electronics (2021).
- 3) 村井浩一, 今井哲郎, 荒井研一, 小林 透: 回帰と分類用の深層学習を用いた

製造現場での作業動作特徴抽出システム, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol.11(3), pp.1-11 (2021).

(2022年5月30日受付)

(2022年8月15日note公開)

-----  
**取得年月日：2022年2月**

**学位種別：博士（工学）**

**大学：長崎大学**  
-----

**推薦文 [情報環境領域] コンシューマ・デバイス&システム研究会**

工場などの製造現場では労働生産性の向上が求められており、そのための手段の一つとしてインダストリアル・エンジニアリング（IE）による改善活動が進められています。本論文ではこのIEに対して人工知能技術を用いることにより、従来に比べてより効率的に改善活動を進めることができる手法について述べられております。

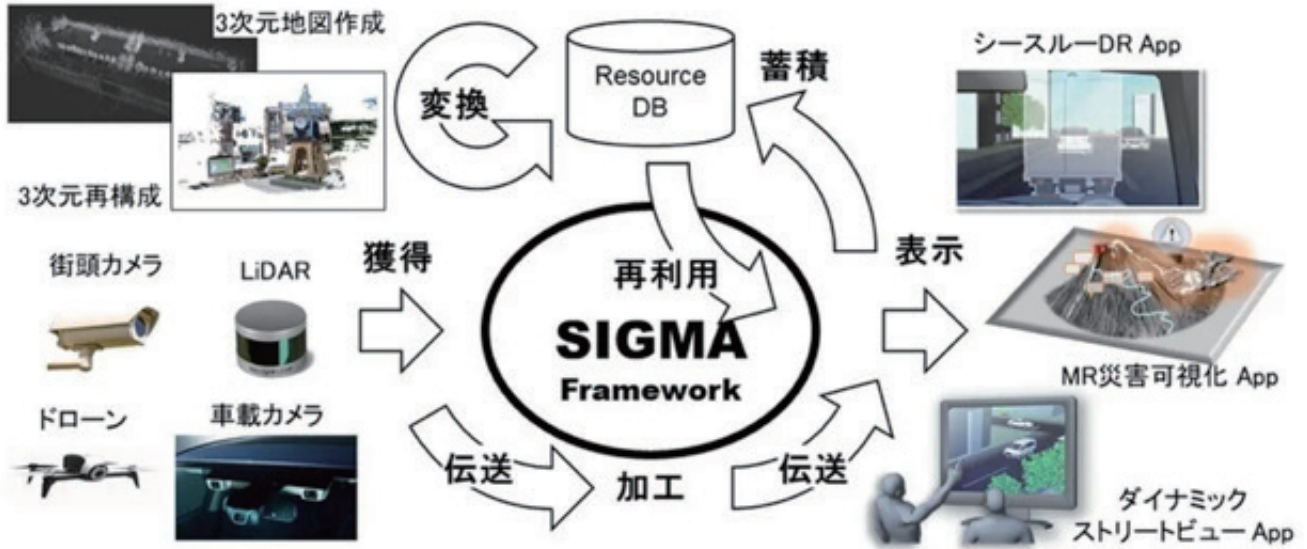
**研究生活** 本研究テーマは、これまでシステム・インテグレーターとして長年に

渡り製造業の皆様との触れ合いを通して工場におけるさまざまなご苦勞をお聞きかせいただき、その中で、“少しでも日本のモノづくりに貢献したい”との思いから生まれたものです。昨今、DX（デジタル・トランスフォーメーション）が注目を集めていますが、製造業において変革を目指すためには、モノづくりに携わる“ひとりづくり”が不可欠だと思っています。そのために、“自分ができることは何か？”を考えた結果、そのひとつの答えが今回の研究テーマであるインダストリアル・エンジニアリング（IE）分野における貢献です。

社会人学生ということもあり、在学中は、仕事と研究を両立させるために、いかにして時間を作り出すかという点において苦勞が多かったのですが、土日やゴールデンウィークも研究に費やすことを許し、支え続けてくれた家族にはとても感謝しています。

そして何より、私をご指導してくださった長崎大学の小林教授をはじめ、多くの先生方には大変お世話になりました。この場を借りて、お礼申し上げます。





# 実世界を対象とした時空間映像データの高度利用システムに関する研究

♡ 1

情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 11:12



2021年度研究会推薦博士論文速報  
[デジタルコンテンツクリエイション研究会]

山崎 賢人

(三菱電機 (株) 情報技術総合研究所 研究員)

■キーワード

時空間映像データ / 検索機構 / 画像接合

**【背景】** 時代のニーズによるカメラの増加

**【問題】** オープンデータを扱うシステムと効率的な利用方法の不足

**【貢献】** システム構築手法と新たな利用方法の提案

将来、いたるところに設置された監視カメラや自動車の車載カメラなどによって、実世界を観測した映像が常時記録される社会が訪れようとしている。今後も我々の暮らす社会に存在するカメラの数は、増加の一途をたどるであろう。今まで、カメラから得られる映像は、カメラの所有者などの特定の組織でのみ活用される非公開データとして存在した。しかし、近年では国交省主導の3D都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクト「PLATEAU」をはじめ、さまざまなプロジェクトが始動しており、オープンデータ化の機運が高まっている。

これらの背景から、カメラが遍在する社会において、得られた観測データはオープンデータ化する時代が来ると予想できる。本研究では、先見した社会を見据え、

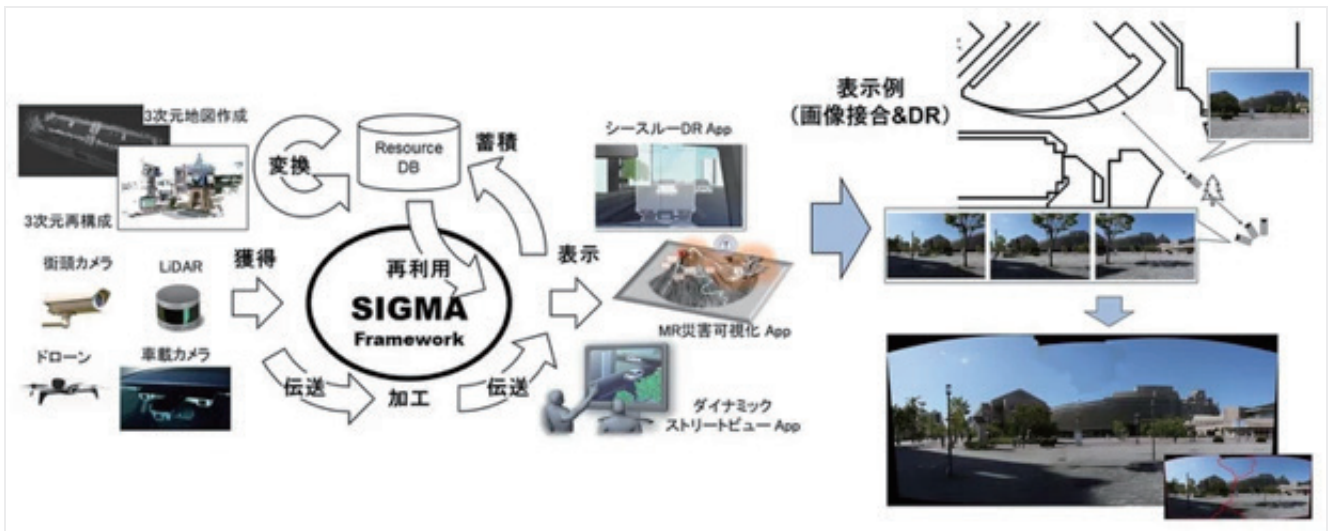
これらの観測データをオープンデータとして収集・蓄積するシステムを設計・構築した。本システムの開発目標は、時間的かつ空間的に遍在する大量の観測データを一元管理し、ネットワークを介してさまざまなアプリケーションで利用可能にする仕組みを提供することである。この観測データを本研究では時空間映像データと称した。時空間映像データを共有するために、主に登録・蓄積・検索・利用の4つの機構を検討してきた。この4つの機構の中でも本システムを実現する上で核となる機構のひとつである検索機構を設計し、時空間映像データに対して、カメラの特徴を活かした検索手法の提案を試みた。利用方法は多視点幾何を用いたコンテンツ生成手法であるイメージベースドモデリング・レンダリング (Image-based Modeling and Rendering : IBMR) を想定しているため、一般的なIBMRを概観し、これらの処理の流れを抽象化した上で、検索手法を体系的にまとめた後に、カメラで撮影した画像に対して、カメラの特徴を活かした検索手法を提案するとともに、それを可能とするシステムを設計した。

同時に、本論文ではシステム設計からのアプローチだけではなく、利用方法からのアプローチについても検討した。利用方法の一例として、視野角によって生じる死角と遮蔽物によって生じる死角を、複数視点のカメラ映像を接合することで同時に解消する画像接合手法を提案した。視野角によって生じる死角は特殊な光学系を採用する方法や複数視点からのカメラ映像を接合する方法などで解消できる。一方、遮蔽物によって生じる死角については、隠背景を観測して、遮蔽物が占める領域に投影・合成する隠消現実感技術 (Diminished Reality : DR) によって解消でき



る。しかし、これらの死角は同時に発生し得るため、各々を個別に解決すると非効率になる可能性がある。そこで本研究では、画像接合技術と隠消現実感技術に共通する考え方を整理し、両者を同時に解決する手法について検討した。その結果、画像接合のための境界線決定時に、遮蔽物を基に生成したマスク画像を用いることで、広視野画像から遮蔽物を除去した画像を生成できることを確認した。

本速報は、文献1)、 2) に基づいて執筆しました。



## 参考文献

- 1) 山崎賢人, 关 斯琨, 松木 輝, 木村朝子, 柴田史久 : SIGMA Retriever : イメージベースドモデリング・レンダリングのための検索機構の設計と実装, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ (DCON) , Vol.10, No.1, pp.16-27 (2022).
- 2) 山崎賢人, 岡原浩平, 木村朝子, 柴田史久 : 画像接合技術に基づく広視野画像

のための隠消現実感達成法, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ (DCON),  
Vol.9, No.1, pp.34–42 (2021).

(2022年5月31日)

(2022年8月15日note公開)

---

**取得年月日：2022年3月**

**学位種別：博士（工学）**

**大学：立命館大学**

**正会員**

---

**推薦文 [情報環境領域] デジタルコンテンツクリエイション研究会**

この論文は、街中にある多くのカメラの映像をオープンデータとして有効活用するために、VRの観点からさまざまな活用例を想定したシステム的设计に関するもので、さまざまな角度から撮影した映像を用いて生成したパノラマ画像中から不要な物体を除去する方法について述べている。このシステムによりアプリ開発が容易となり、有用性も大いに期待できることから、推薦論文として推薦する。

**研究生生活** 社会人4年目の2018年9月に大学院に入学し、企業での研究員と大学院生を両立させながら博士号を取得しました。この間、2つの組織に所属し、並列してさまざまなものをこなしました。

独立した2つの組織に属するという事は、スケジュール管理能力や突発的なトラブルに対する対応力などが求められます。何度も心が折れそうになりましたが、絶対にやり遂げると強く思い、そのためにはどうすればいいのか？を思考し続け、それを実行する突破力を磨きました。

社会人ドクターは人それぞれ異なった環境下で博士号の取得を目指します。思うようにいかないことも多かったですが、この苦しい時期を乗り越えた先で見た景色は、今までとは異なった景色です。博士号を取得してよかったと思います。

最後になりますが、この苦しい時期を乗り越えることができたのは、さまざまな方々の支えがあったことです。人への感謝は忘れないように、人としても成長したいと思います。今回の博士号取得に対してご指導・ご支援をいただいた立命館大学 柴田史久教授、大学関係者各位、および三菱電機（株）関係者各位には感謝の意を表します。

