

RISK ENGINEERING

BULLETIN OF DEPARTMENT OF RISK ENGINEERING

リスク工学研究



Department of Risk Engineering
Graduate School of Systems and Information Engineering
University of Tsukuba

目 次

[巻頭言]

学位プログラム制のスタートに際して……………	遠藤 靖典 ……	1
------------------------	----------	---

[特集]

人を含めた系の安全性向上のためのシェアードコントロール……………	齊藤 裕一 ……	3
「リスクの本質」を考える体系構築のために……………	甘利 康文 ……	9
合成開口レーダー研究の現状とリスク・レジリエンス社会……………	木下 陽平 ……	15
ゲーミングの学理とエネルギーシステム研究への応用……………	鈴木 研悟 ……	21
間違える数値計算－数値計算のリスク－……………	高安 亮紀 ……	27

[活動報告]

2019年度リスク工学研究会（RERM）……………	高安 亮紀・齊藤 裕一 ……	32
2019年度 リスク工学グループ演習……………	鈴木 研悟・木下 陽平 ……	34
2019年度リスク工学専攻公開・説明会……………	谷口 綾子・鈴木 研悟 ……	35
2019年度インターンシップ・就職支援企画……………	西出 隆志・片岸 一起・三崎 広海 ……	37

[表彰者寄稿]

大学院生活の振り返りと今の私への影響……………	川崎 航太 ……	39
社会人からの博士課程進学……………	長谷川大輔 ……	41
研究生生活を振り返って……………	北島 慧 ……	43
表彰のきっかけとなった研究について……………	佐藤 哲平 ……	45
本質を見誤ってはいけない……………	内田 大樹 ……	47
「学部生」と「院生」の決定的な違いとその違いによって得たもの……………	太田 洋平 ……	48
リスク工学専攻で学んで良かったこと……………	舟橋 聖人 ……	50
研究を通して学んだこと……………	濱中理紗子 ……	52
研究室生活を振り返って……………	金澤 佑哉 ……	54
大学院生活を振り返って……………	齋藤 貴史 ……	56

[研究会・講演会]

TSUKUBA CONFERENCE（筑波会議）2019……………	白田裕一郎 ……	59
Joint Seminar 減災・レジリエンス研究教育推進コンソーシアム共同シンポジウム……………	古川 宏 ……	61

[新任挨拶]

着任のご挨拶……………	木下 陽平 ……	64
着任のご挨拶……………	齊藤 裕一 ……	65

[所属教員研究業績一覧]

トータルリスクマネジメント分野	67
サイバーリスク分野	79
都市リスク分野	85
環境・エネルギーリスク分野	95

[巻頭言]

学位プログラム制のスタートに際して

遠藤 靖典

いよいよ2020年4月から本学の大学院で学位プログラム制による新たな教育体制がスタートする。本学では開学以来の大きな改組再編となる。リスク工学専攻はリスク・レジリエンス工学学位プログラムとして新たな一歩を踏み出す。

本学の前身は1872年に設立された師範学校を創基とした東京高等師範学校であり、東京教育大学を経て1973年に新構想大学として開学した。開学以来本学は「開かれた大学」「柔軟な教育研究組織」「新しい大学の仕組み」を基本理念としており、開学時の学群・学類制もそれらを受けたものである。新たにスタートする学位プログラム制もそれらの理念を受けたものであることは言うまでもない。ただし、学位プログラム制への改組再編の意義は必ずしも十分に知られていない。そこで、ここで改めてその点について触れよう。

本学の組織の特徴は教員組織と教育組織が分離しているところにある。教員組織を系、大学院の教育組織を研究科・専攻といい、教員は系から研究科の専攻に赴いて教育を行う。このシステムであれば、系と研究科・専攻は必ずしも同じものである必要はない。しかし、本学では系と研究科・専攻が一对一に対応している組織が多い。一方、社会の大学への要請、すなわち大学に養成してほしい人材像は、社会のダイナミックな変化を受けて毎年のように変わっていく。現状のシステムでは、そのようなダイナミックな変化に柔軟に対応できるカリキュラムの対応は困難である。

そこで社会の必要とする人材を育成すべく、研究科・専攻に代えて学位プログラム制を導入したのである。一見すると学位プログラムは専攻の名称変更には過ぎないように見えるが、そうではない。

やや細かい話になるが、新たに設置される研究群は研究科と同規模ではあるが、組織的には研究群がこれまでの専攻に対応する。また、学位プログラムは専攻と同規模ではあるが、組織的には専攻の中の1コースに過ぎない。専攻を組み替えるには文部科学省への申請が必要になるが、専攻の中のコースの組み換えは大学独自の判断で可能である。そのため、学位プログラムは社会のニーズに柔軟に対応できるのみならず、学位プログラム自体の自由な組み換えも可能になっている。これまで専攻間を跨いでは構築しにくかった教育カリキュラムが、様々な系から多様な教員を出すことにより、相当な自由度を持って実現できるのである。

これは、見方を変えると、必要のない学位プログラムは解消もあり得る、ということである。今や大学と雖も安穩としていられない時代であり、世の中の流れにしっかりと乗っていなければならない時代なのである。今後、この流れは益々加速していくであろう。そのような時代の流れを読み切り、以下に先手を打っていくかが大学にも問われているのである。

特集 ーこれからのリスク・レジリエンス工学研究ー

2020年4月、リスク工学専攻は、「リスク・レジリエンス工学学位プログラム」に生まれ変わります。それに先立ち、本専攻が積み上げてきたリスク・レジリエンス工学にかかわる最新の知見と今後の展望を特集しました。

人を含めた系の安全性向上のためのシェアードコントロール
「リスクの本質」を考える体系構築のために
合成開口レーダー研究の現状とリスク・レジリエンス社会
ゲーミングの学理とエネルギーシステム研究への応用
間違える数値計算－数値計算のリスク－

齊藤 裕一
甘利 康文
木下 陽平
鈴木 研悟
高安 亮紀

[特集]

人を含めた系の安全性向上のためのシェアードコントロール

齊藤 裕一

1. はじめに

自動運転システムには、さまざまな形態がある。SAE (Society of Automotive Engineers) による「自動運転レベル (level of Driving Automation: LoDA)」では、0~5のカテゴリで分類する¹⁾。この分類は、自動車運転に要求される動的運転タスクをサブタスク (縦方向の制御、横方向の制御、周囲環境の監視) で分割し、人間または機械へのサブタスクの割り当て方に主眼を置く。自動運転システムは、事故削減等に寄与することが期待される。しかし、自動運転システムの形態は多様であり、そのシステムの形態に応じて人が置かれる状況、期待される役割も異なり、緊急時においてシステムの要請に人が適切に対応できない **Human out of the loop** 等のヒューマンファクター視点からみた問題が生じかねない²⁾。すなわち、自動運転システムへの懸念の一つは、人を含めた系の安全性・信頼性にある。

安全性・信頼性を確保するうえで、人と自動化システムのコミュニケーションのデザインは要である。本稿では、モビリティの主要な手段であった馬車における乗り手と馬のコミュニケーションの仕方に遡り、人と機械の役割と協調について考察したうえで、シェアードコントロール技術の動向を概説したい。

2. 乗り手と馬の対話

1900年頃、モビリティの主要な手段は、馬車から自動車に移った。自動車の原型は、馬車の車体にガソリンエンジンを取り付けた

ものである。現代の自動車は、アクセルを踏むと加速し、ブレーキを踏むと減速し、馬一頭が発揮する仕事率を1馬力と定めた馬力は、著しく向上した。また「人間工学」という概念の導入によって、計器類、スイッチ類、操作装置等は、著しく向上した³⁾。この100年ほどの自動車技術の発展は、機械としての信頼性の向上、また人間機械系としての運転者の運転負担軽減が主である³⁾。しかし、モビリティの手段が馬車から自動車に移り、100年ほどが経過した現代、ほとんどの構成部品は馬車から自動車へ継承されたが、現時点において損なわれているものがある。代表的なものをつぎに挙げたい。

1. 人の指示がなくとも馬は崖から飛び降りないなど、馬の安全本能と知能
2. 乗り手と馬の双方の意志、または環境の文脈を理解し合うなど、双方がインタラクティブに対応する能力

2.1 馬を操る御者

馬車は、乗客の移動、また荷物の運搬を目的に運用されたものであり、御者とは、手綱、鞭を手に取り、馬車上から馬を操るものを指す。図1は、御者、馬、荷車を馬車システムとして表現した系の構成である。

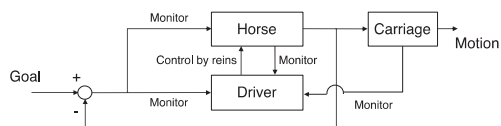


図1 御者・馬・荷車のシステム

御者は、手綱などの操作によって発進・停止を指示し、また加速・減速・進行方向を制

御し、馬の前進する力が馬の身体に取り付けた轡具を通じて馬車（荷車）を前進させる。馬は、複雑な地形を上手く進み、障害物を回避し、駆ける速さを変え、また周囲の馬と適切な距離を保つなどの高い自律性を有する。馬の操り方には、きつい手綱遣い（Tight rain）と緩い手綱遣い（Lose rain）がある⁴⁾。きつい手綱において、御者は、馬に意志をしっかりと伝えて馬を直接的にコントロールする。すなわち、御者が主で、馬が従の関係にある。一方、ゆるい手綱において、馬は、きつい手綱と比較して高い自律性を有す。賢い馬が道の案内を行い、御者はリラックスしながら運行に多くの注意を払わなくてもよい⁴⁾。すなわち、馬が主で、御者が従の関係にある。

御者主体の運行、また馬主体の運行の状態は、静的なものではなく、動的に変化する。たとえば、御者が馬を直接的にコントロールする場合でさえ、脅威が出現すれば、馬の意志・判断のもと馬はその脅威を回避するだろう。極端な例ではあるが、御者の指示がなくとも馬は崖から飛び降りないだろう。また緩い手綱遣いのもと御者が運行に注意を払っていない場合でさえ、馬が進むべき道の判断に迷えば、馬の意志・判断に基づいて徐々に速度を落とし、馬の歩調、構え、耳の動きなどを通じて、馬は御者に働きかけを行うだろう。すなわち「御者が主で、馬が従の関係」、また「馬が主で、御者が従の関係」は静的なものではなく、動的に変わるものである。

2.2 人馬一体という馬術観

乗馬者が馬に跨がり、人の身体でもって馬を操る乗馬には、「人馬一体」という言葉がある。人馬一体とは、乗馬者が馬に物理的な力でもって指示（手綱を使う、鞭を使う）を送る馬術観ではなく、乗馬者の状態（膝、脚、踵での圧力、手、手綱での信号などのボディランゲージ）の変動を通じて意志が馬に伝わる、馬が乗馬者の意志を汲む、また乗

馬者は、馬の歩調、構え、耳の動きから馬の感情（緊張、警戒心、リラックスなど）を読み取る馬術観を指す。人馬一体を体現できる乗馬者と馬の関係は、移動のための道具ではなく、パートナーとなる。たとえば、馬の背に乗った乗馬者が固まった（腹筋・背筋に力を入れ、手綱を固く握る）ごく僅かの力を感じ、馬は「止まれる合図」と判断し、馬自らの意志・判断で肢の動きを止める⁵⁾。すなわち動的に変化する環境また乗馬者の状態のもと、乗馬者と馬の双方の意志、また文脈を理解し合うなど、双方が対話・コミュニケーションする能力を有している。人馬一体の馬術観を表現したシステムは、図2に示される。身体的なインタラクションは生じうるが、主に、周囲の監視ならびにモニタリングを通じて対話・コミュニケーションが実現される。

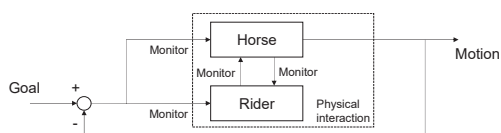


図2 人馬一体の馬術観を表したシステム

3. 運転者の役割

自動車運転における運転者の情報処理の過程は、知覚、状況理解、行為選択、行為実行の繰り返しと捉えることができる。運転者は、環境の変動の出現を知覚し、その原因を特定し、どのような変動の出現が生じ得るか（状態推移）を予見しつつ、状況に応じた行為を選択・実行することによって出現した変動に適切に対処することが要求される。これは、自動車（機械）を介した運転者（人間）と実世界（環境）のインタラクションであり、インタラクションの対象は、主に環境である³⁾。

現在、交通事故の発生要因は、人的要因、車両要因、環境要因の三つに大別でき、人的要因が関与する事故が約9割に達すると言わ

れる。運転者は、知覚、状況理解、行為選択、行為実行の繰り返しの過程における各フェーズに対応した失敗をする。情報処理の過程における各機能のパフォーマンスは、(1) タスクと環境の要因（再現性に乏しい脅威の出現、不確実さ、複雑さ、時間的余裕など）、(2) 運転者固有の要因（作業負荷、知識、経験など）によって左右されるためである⁶⁾。

3.1 機能配分の動的変更

運転の知能化が著しく進展している現在、運転者が担ってきた動的運転タスクの一部を機械に代替させることが増えてきた。人間と機械の共通の目標達成に向けて、人また機械が何をすべきかを決定することを機能配分（役割分担）という⁷⁾。機能配分は、設計者が一度定めた配分から変更がなされない「静的機能配分⁷⁾」と、動的に機能が再配分される「動的機能配分⁷⁾」に分類できる。

機能配分に関する研究のはじまりとして、“Fitts list”⁷⁾がある。“Fitts list”は、人と機械が有する能力を比較し、機能ごとに人と機械のどちらがより優れた能力を有するかをリストとして整理したものである。人と機械が有する能力を比較し、機能ごとに人と機械の間でより優れた能力を有する方に機能を割当てる方式は、設計者が一度定めた配分から変更がなされないことから「静的機能配分」である。しかし、人の方が優れている能力とはいえ、対応のための時間が十分でない場合など、常に人の方が優れているとは限らない。

現在、前方の障害物との衝突可能性が極めて高い緊急時に作動する衝突被害軽減のための自動ブレーキの機能は、事故回避のうえで必要なものとして社会に受容されている。「歩行者の無謀な飛び出し」という脅威の出現に対して、人の対応が間に合わない時間余裕であっても、機械の迅速・強力な対応のもとにおいて事故回避が可能ながある。すなわち、状況に応じて、動的運転タスクの一

部を人から機械へ、また機械から人へ動的に変更できる「動的機能配分」が不可欠となる。

3.2 衝突被害軽減のための自動ブレーキ

自動車の運転において、安全の責任は、運転者が負う。国土交通省が推進する先進安全自動車ASV（Advanced Safety Vehicle）では、運転支援技術開発のための基本理念を掲げ、「ドライバー支援の原則」では、運転の主体は、あくまで運転者であり、運転支援技術は、運転者を側面から支援することを明確に謳う。自動車の運転において、運転者の能力の限界を超えた場面が発生する。衝突被害軽減のための自動ブレーキの機能を紹介したい。

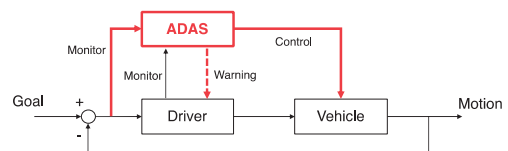


図3 運転者・支援機構・車両のシステム

システムが常に周囲環境を監視しているなか、障害物との衝突可能性が高まったとき、システムは、警報を運転者に与える。警報の役割は、運転者へ適切な回避行動の実行を指示することにある。警報を与えた後、システムは、運転者の回避操作の有無を監視し、運転者の対応が見られないならば、運転者へ適切な回避行動の実行を指示するための弱い減速を与える警報ブレーキを作動させる。なお、警報ブレーキは、運転者へ「適切な回避行動を実行すること」を指示するだけでなく、障害物との衝突余裕時間を延長し、運転者が主体的に車両安全の確保に関与できる機会を与える。さらに、なおも運転者に適切な回避行動がみられないならば、「回避行為の実行に失敗した」と判断し、システムが運転者に代わって衝突回避・被害軽減を図る強いブレーキを迅速に実行する。現在、操舵によ

る回避行為があった場合、各駆動輪のブレーキ圧を緻密に制御し、車両の回頭性を高める（運転者の回避操作を支援する）機能を備えたものもある。このように、衝突被害軽減ブレーキシステムは、運転者に働きかけを行い、運転者の対応行動の有無を確認し、回避行為の実行に失敗したと判断したときのみ、機械の判断に基づき、システムは人に代わって回避操作を代行する。

3.3 権限の共有と委譲

権限の共有と委譲の概念を用いて、人と機械における動的な機能配分を考察する。権限の委譲とは、人が担っていたタスクをある時点で機械に譲り渡す⁷⁾ ことであり、また機械が担っていたタスクを人に譲り渡すことである。権限の共有とは、人と機械が力を合わせて一つのタスクの実行にあたることであり、権限の共有には、3つの形態がある⁷⁾。

1. 能力伸展：人の行為に機械が力を添えることによって人の行為の質を高めようとする形態
2. 負担軽減：人の負担を軽減しようと機械が手助けする形態
3. タスク分割：タスクを互いに共通部分をもたないサブタスクに分割し、人と機械が各々に割り当てられたサブタスクを担当する形態

衝突被害軽減ブレーキシステムを例にとり、権限の委譲と共有の概念を説明する。なんらかの障害物に直面し、システムが「運転者は回避行為の実行に失敗した」と判断したならば、これは、事故回避のうえでシステムが「回避行為の権限を人から機械へ委譲させ、被害軽減を図るブレーキを代行する必要がある」と判断したことを意味する。また、操舵による回避操作があった場合に、システムが「各駆動輪のブレーキ圧を緻密に制御し、車両の回頭性を高めた」ならば、これは、事故回避のうえでシステムが「人と機械が回

避行為の権限を共有し、人の能力の質を高める必要がある」を判断したことを意味する。誰の判断のもと、何のタスクに関わる権限を委譲するか、また共有するかを決定することは、機能配分の動的変更の本質的な部分である。

4. シェアードコントロール

シェアードコントロールとは、人と機械が制御権限を「共有」しながら特定の動的運転タスクを実行するものである。シェアードコントロールは、権限共有の仕方によって2つの形態に区分されうる⁹⁾。

- ハプティックシェアードコントロール
- ミキシングインプットシェアードコントロール

ハプティックシェアードコントロールは、人と機械の間でステアリング、またはアクセルペダルの操作端を共有し、機械の操作量によって生じる触力覚のフィードバックを継続的に受けながら人が操作入力を決める形態である（図4）。これに対して、ミキシングインプットシェアードコントロールは、人と機械の間で操作端を共有せず、両者の操作入力が制御装置に入力された後で統合される形態である（図5）。たとえば、ミキシングインプットシェアードコントロールは、衝突被害軽減ブレーキに併用される操舵回避支援（各駆動輪のブレーキ圧を緻密に制御し、車両の回頭性を高める）の機能を指す。ただし、シェアードコントロールと呼ぶ場合は、通常、ハプティックシェアードコントロールの形態を指すことが多い。

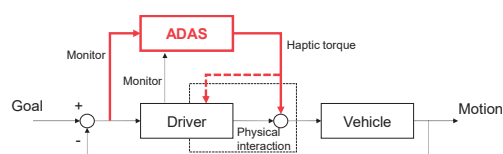


図4 ハプティックシェアードコントロール

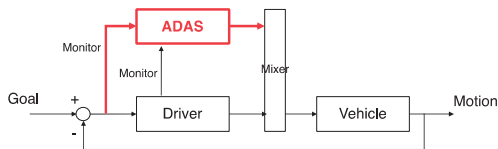


図5 ミキシングインプットシェアードコントロール

4.1 シェアードコントロールの特性

1. 人は制御ループ内に常に留まる
2. 人は継続的に触力覚のフィードバックを受ける
3. 人は継続的に機械とインタラクションし続ける
4. 人は操作パフォーマンスの向上、または負担軽減の利得を得る

操作端を介した機械による制御介入の度合いは、動的に変更可能であることから、シェアードコントロールにおける人と機械の協調状態には、人または機械が主体となり運転する状態がありうる。すなわち人が主で、機械が従である協調状態、また機械が主で、人が従である協調状態である。たとえば、ステアリングの操作端を共有し、運転者と自動化システムが操作レベルで協調しながら車両の横方向制御を実行する例を考えよう。操舵反力トルクの支援量の強さを可変とする場合、手動運転と自動運転の状態間をシームレスに移行できる、または状況に応じて自動化システムの介入度合いを動的に変更できる。これは、Level of Haptic Authority (LoHA) と呼ばれる⁸⁾。LoHAの動的変更、すなわち制御権限を共有したなかで「いつどのように操作主体を人から機械へ、機械から人へ移すか」を決定することは、シェアードコントロールにおける機能配分の本質であろう。

4.2 権限共有手法への適応とその難しさ

バトンリレーの競技を想像しよう。走者がつぎの走者にバトンを渡すとき、観戦者は、走者によるバトン引き継ぎの失敗を目撃す

る。十分に練習を積んだ走者でさえ、タイムプレッシャーのもとで失敗するのである。このことは、権限委譲に基づく動的機能配分の例でも同様である。自動運転システムが、縦と横方向の制御を担当し、運転者は、安全運転に係る周囲環境の監視を担当しているとしよう。多様な要因によって、運転者は、情報処理の過程における各機能のパフォーマンスを十分に発揮できていないとは限らない。運転者の準備ができていないなか、機械がなんらかの理由によって縦と横方向の制御を継続できなくなり、機能配分の変更の指示（バトンの引き継ぎ）を出したとしても、運転者は、そのバトンを引き継げないであろう。

これに対して、シェアードコントロールの思想は、操作端の操作権限の共有を通じて、自動化システムの制御ループのなかに人を積極的に関与させる、また人の関与を維持し続けようとするものである。しかしながら、これも実は容易ではない。ここで、二人三脚の走者らを想像してみよう。二人三脚は、二人一組になり、お互いの内側の足を紐で結び、肩を組んだ状態で「スピード」を競う競技である。スピードを出すうえで、蹴り出すタイミング、速度、また歩幅を合わすことが重要であろう。すなわち、両者は、お互いの意図を読み合うことを要求される。なお、紐の結び方の強度も大事である。ある程度、ゆとりをもつ紐の結び方の方が、歩幅の調整が効くからである。すなわち、シェアードコントロールにおける人と機械の協調状態には、人または機械が主体となり運転する状態がありうるが、二人三脚と同様の現象が起きる。操作端を操作レベルで共有することから、お互いが意図を読み合う必要がある故に、操作レベルでのコンフリクトが生じうる。車線維持支援システムにおいて、運転者はハンドルを握った状態を保ち、自動化システムは、車線中央を維持する操舵トルク制御を実行する。自動化システムの規範は、車線中央を走行す

ることであるが、一般の運転者の規範はそうではない。通常、運転者は、車線をはみ出さないように走行する。すなわち、自動化システムは最適化に基づく制御を行う一方で、運転者は満足化に基づく制御を実行する。運転者は、自動化システムへの適応を求められる。

つぎに、親子で二人三脚を走る姿を想像しよう。親と子供の身長差は大きい。親子で二人三脚を走る場合、大抵、親の方が子供を無理に引っ張っている姿を見る。シェアードコントロールにおける自動化システムの介入度合いの動的変更は、馬と乗り手の関係におけるきつい手綱遣い (Tight rain) と緩い手綱遣い (Lose rain) の具現化として捉えることもできる。ここで、親は自動化システム、子供は運転者として見なせる。この場合、親(自動化システム)が主で、子供(運転者)が従の関係をもつ。緩い手綱遣いのもとでの車線維持支援システムにおいて、運転者は完全に受け身の状態になり、機械の意図に引っ張られるのである。ちなみに、この状態のもと、自動化システムがなんらかの理由によって横方向の制御を継続できなくなり、機能配分の変更の指示を出したとしても、運転者は、そのバトンを引き継げないということが既にわかっている。すなわち、権限を共有しているからといって、緊急時においてシステムの要請に人が適切に対応できない Human out of the loop が発生しないという訳ではない。

制御権限を共有したなかで「いつどのように操作主体を人から機械へ、機械から人へ移すか」を決定することは、シェアードコントロールにおける機能配分の本質であるが、人を含めた系の安全性向上のためにシェアードコントロールの設計を改めて整理する必要があると認識している。人と機械が円滑に協調できるシステムデザインを探求したい。

5. おわりに

本稿では、馬車における乗り手と馬のコ

ミュニケーションの仕方に遡り、馬車から自動車へ継承されていないもの、すなわち馬の知能、双方がインタラクティブに対応する能力を述べた。現在、運転の知能は著しく進歩しつつあるが、双方が対話・コミュニケーションする能力は損なわれたままである。これに対して、人と機械の間で操作端を共有し、自動化システムの制御ループのなかに人を積極的に関与し続けようとするシェアードコントロールは、有用な手段の一つになりうる。人と機械の双方が対話・コミュニケーションできる技術の構築・向上を目指したい。

参考文献

- [1] SAE : Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-road Motor Vehicles, Surface Vehicle Recommended Practice J3016, 30 pages, 2018
- [2] 伊藤誠 : 自動車の自動運転におけるヒューマンファクター, 信頼性, Vol. 39, No. 6, pp. 310-317, 2017
- [3] 赤松幹之 : 自動車人間工学とモバイル人間工学, 人間工学, Vol. 38, Supplement号, pp. 150-151, 2002
- [4] Frank O. Flemisch : The H-Metaphor as a Guideline for Vehicle Automation and Interaction, NASA/TM—2003-212672, 2003
- [5] 三木田照明 : 馬を楽しむ乗馬術, あさ出版, 2016
- [6] M. R. Endsley : Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors, Vol. 37, No. 1, pp. 32-64, 1995
- [7] 稲垣敏之 : 人と機械の共生のデザイン, 森北出版, 2012
- [8] D. A. Abbink, M. Mulder, E. R. Boer : Haptic Shared Control: Smoothly shifting Control Authority?, Cogn. Technol. Work, Vol. 14, No. 1 pp. 19-28, 2012

[特集]

「リスクの本質」を考える体系構築のために

セコム株式会社 IS 研究所 甘利 康文

1. はじめに

リスクを一般化、科学の対象にして、その知見を利活用する体系である工学を構築するためには、その第一歩として、それを同定、評価し、何らかの尺度で表す必要がある。

絶対温度の単位に名を残すケルビン卿の名言に「あなたが語っているものについて測ることが出来て数で表せるならば、それについて何かを知ったことになる。しかしそれを数で表せないならば、その知識は貧弱であり不十分である」、「測れないものは、良くすることはできない」[1]がある。これは、リスクを考える際にも、そのまま当てはまる。

世の中一般では、リスクの評価は、事故（インシデント）が発生する確率（生起確率）でなされたり、想定される被害金額でなされたりしているが、リスクを一般化して科学的に評価する場合、このような態度は妥当で、その本質についているのだろうか。

本稿では、リスクを同定、評価する際に直面する課題を示し、そこからリスクを科学的に考えるための問題を抽出することで、リスクやレジリエンスの本質的な検討に必要な方向性について考えてみる。

2. リスク評価の2つの視点

リスクは、対象となるオペレーション（OP）に影響を及ぼす事象（インシデント）の「生起確率」とその「影響度（ダメージ）」の関数として定義され、双方の観点から評価されるべき対象である [2]。

リスクマネジメント（RM）の実務においては、リスクは、「リスクマップ（リスクマ

トリクス）」と呼ばれる手法で整理、理解されている。起こりうるインシデントを「起こりやすさ」（生起確率）と「影響度」（インシデント生起時のダメージの大きさ）を2軸にとった平面（表）にプロットする形で、視覚的に示し、理解するもの（図1参照）である。

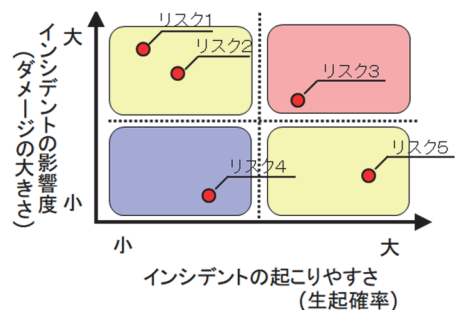


図1 「リスクマップ」によるリスクの整理

この手法は、実務では使われている¹一方で、学的な観点からは、次章以降で示すような課題が残っている。

3. リスク評価の課題

3.1 「生起確率」評価に関して

機器の故障などの、物理的に起きるインシデントを考える場合、「①系の統計的性質の不変性（エルゴード性）」を相当程度まで仮定でき、また「②相当数の母数を前提」できることも多く、その生起確率は（頻度主義的観点から）科学的に同定できることが多い。一方、「人の振る舞い」や「世の動向」の影響を受ける犯罪や風評などの、人間の恣意性が

¹ 保険数理では、リスクはインシデントの「生起確率」と何らかの手段で評価したその「影響度」の積、すなわち影響度の期待値として表される。

関係する対象を考える場合には「その前提²」について十分に注意する必要がある。

リスクを考えることは、基本的には、所与の「これまで」の情報（過去）をよすがに「これから」（未来）に思いを馳せることである。そのため、所与の情報（前提）には十分に気をつける必要がある。

3.2 「影響度」評価に関して

リスク評価の2つの尺度、インシデントの「生起確率」とその「影響度」のうち、後者の科学的な評価には課題が残る。

時刻 t_0 に発生したインシデントで、あるOPの操業度が落ち、復旧の努力により時刻 t_r に復旧したとする。そのイメージを図2に示す。

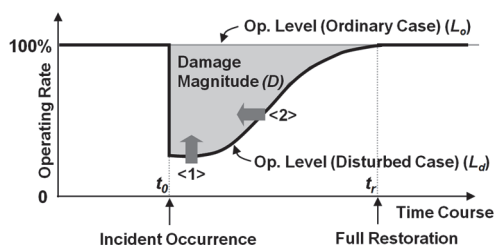


図2 インシデント発生時におけるクライスマネジメントの2つの方向性と影響度の大きさ

RMには「インシデントの生起確率を下げる」だけでなく、それにもかかわらずインシデントが発生した場合の対応として、「操業度低下をなるべく抑えること」（図2中の<1>）、及び「操業度低下期間を出来るだけ短縮すること」<2>の2つが求められる。OPへのダメージを低減するこれらの対応は、クライスマネジメント（CM）と総称される。図2に示したグラフの落ち込みの部分の面積（ D ）は「インシデントのOPへの影響度（ダメージ）」の大きさと説明されている。

図2のグラフで示される考え方 [3] は、

² 「数値」となった情報は、往々にして「一人歩き」し、そのよすがとなった前提は忘れられがちである。

世の中において、リスク対応としてのBCP/BCMを考える際に使われ、実際、具体的対策の多くが、これに準拠して行われている。

しかしながら、図2はいわゆる科学的な意味を持つグラフではなく、「既に発生してしまったインシデントによるダメージ」を基にして、CMの2つの方向性<1><2>を理解するための概念図である。そのため、この図の考え方では、「まだ発生していないインシデントによるダメージ」の評価は難しい。

例えば、全く同じ対策があらかじめ講じてある状態で、同じインシデントが発生したとしても、OPへの影響（ダメージ）は偶然性に左右されて、一意には定まらない。

また、世の中一般では、何らかのインシデントが発生した際のダメージは、金額で評価され、損失額として表されることが多い。すなわち、ダメージは、売買当事者間の合意で決まるモノの値段と同じように、何らかの価値観のもと、関係者の合意によって「主観的に評価される対象³」ということである。

これらの理由により、実務においてリスクの影響度、すなわちインシデント生起の際のダメージを事前評価する際には、図2に示す方法論は使われず、多くの場合、評価者の経験や直観によってなされている。

すなわち、未だ発生していないインシデントによるダメージに関しては、それが物理的なものであったとしても、必ずしも科学的、体系的に扱われているわけではないということである。人の恣意性が関わる社会的なインシデントについては、なおさらである。人の恣意性が関わる分野においては、インシデントの生起確率、影響度、双方ともに評価者の主観から独立させて扱うのは難しい。

³ 例えば地震による建物倒壊を考えた場合、物理的な観点からは、地盤の揺れという外力によって、物質の形状が変わるという事象が起こっているに過ぎない。その物理的な「物質変形」をダメージとしてどう評価するかは、関係する人間の「価値のモノサシ」（価値観）に大きく左右される。

リスクを評価する場合の2つの尺度、インシデントの「生起確率」とその「影響度（ダメージ）」のうち、少なくとも一方が、評価をする人間の経験や直観によって評価されているということは、リスクについても、必ずしも、体系的、科学的観点から評価されているわけではないということの意味している。

4. 「価値とは何か」という問題

「価値」は客観的、物理的なものではない。物理的には同じものの価値が、状況や人によって全く異なったものとなる。

ダメージ、すなわち「価値の毀損」を本質的に評価するためには、「価値の何たるか」を知る必要がある。しかしながら、世で行われているリスクの議論の多く [4] は、その検討を棚上げにして「価値の毀損」たるダメージを所与のものとするか、もしくは、ダメージの検討に踏み込まない形で行われている。リスクを定量化し、数理モデル（数式）にのせて理解する多くのアプローチ [5] では、リスクが影響を与える客体の「価値」、そしてその毀損（ダメージ：影響度）を、所与のものとして変数として扱っており、「価値の何たるか」には触れていない。

「価値とは？」は、哲学的な問いかけ（Axiology）であり、科学的方法論では追究することが難しい。リスクをエンジニアリングの対象として扱う場合における、インシデントの「生起確率」に主眼がおかれ、その「影響度」（価値の毀損）の検討がおざなりになっているという現状は、おそらくは、これが遠因となって生じているものと考えられる。

5. リスクの本質に迫るための視座

RMとは「起こる可能性はあるものの、『まだ起こっていないインシデント』を考えて、周囲（OP）への影響を同定、それを制御しようとする取組」である。リスク工学は、こ

れをエンジニアリングの枠組みで科学的に行おうとする挑戦である。

はたしてこのようなことはできるのであろうか。また、この挑戦を行うために我々が使える道具（方法論）にはどのようなものがあるのであろうか。

5.1 「リスクの科学」はなぜ難しいのか

現代人は「世界が自分の外側に広がり、そこにいる自分は、視覚、聴覚などの知覚によってその世界を認識している」という観念に捕らわれている。「認識する『主体』」と「認識される『客体』」があり、「認識の主体（主観）である『意識』が、自分の周りの『世界』を客体（客観）として理解している」という考え方「（物心）二元論」は、デカルトによるものであり、近現代の科学技術を大きく進歩させる基盤となった。今の科学技術は、基本的にこの考え方の上に構築されている。

「『実体をもつ存在』に関わる事象」の認識は人によって大きくはブレない。そのため、ある一人の認識、理解をもとにして論を展開しても一般性は失われない。このことは科学の基盤となり、近現代の技術もこれを前提に構築されている。

一方、二元論は「人の意識という認識主体は、客体を『正しく』把握できるのか」という人の認識に関する一大問題を生じさせた。概念や感覚、価値などの「実体をもたない存在」が認識対象（客体）の場合、認識主体としての人がもつ感覚（主観）、すなわち認識は、「人それぞれ」になる [6] のが普通である。自然界で具体的な形を持たない存在が対象（客体）の場合、ある一人の認識をもとにそれを一般化し「万人が納得できる知見（科学的な知）」にしようとしても、一筋縄では行かないのはこれが理由である。

リスクについて考えることは、「まだ起こっていないインシデント」を考えることである。この客体は「まだ起こっていない」が

ゆえに「実体を持たない」。それゆえ、その認識は「人それぞれ」となって、二元論によって立つ「今の科学の方法論」でリスクを扱うことを難しくしている。二元論による体系だけに頼ってはいは、リスクの本質は捉えきれないということである。

5.2 現象学

二元論に対して「因と果を逆に捉える考え方」がある。フッサールが体系化した「現象学」である。

現象学は、認識を『主観（意識）がそれを感じている』ということが原因となって、私たちの主観に、外の世界に『それがある』という確信を抱かせる結果をもたらす」とする考え方であり、いわば「内なる意識にもたらされた『感じ』を主、外の世界を従」とする認識論である。

外の世界の「客観的な存在」を前提する必要がある二元論に対し、『人の抱いた感じ』を主、外を従」とする現象学では、外の世界の「客観的な存在」を前提しない。

モノゴトの認識主体は、肉体の外に出られない「意識」である。そのため、意識には、「外の世界の実際」という「客観」を知ることとは決してできない。ここから、人間にとって「本当の意味での『客観』はあり得ない」という当然の帰結が導出される。

一方で、肉体に閉じ込められた意識には、目や耳などの感覚器官から、外の世界の知覚情報や、記憶や無意識的な知識などからの情報が「提示される⁴」。認識の主体である意識は、これらの情報を根拠なく信じ込むことしかできない。肉体から外に出られない私たちの意識は、このようにして、主観的に世界を把握、理解しているわけである。

⁴ これを「意識に立ち現れる（現象する）」と表現する。現象学（哲学）における「現象」とは、意識への「立ち現れ」であり、一般によく使われるこの言葉の別の意味、「物理的に生起する事象」のことではない。

モノゴトは、主観としての意識の前に立ち現れる（現象する）のであって、私たちの外側にあるのではない、とするのが現象学の出発点、基本理路である。リスクのような実体を持たない対象を考察する際の方法論として、現象学の視座は非常に有用である。

5.3 構造主義科学論

ここでは、概念であって実体を伴わない存在である「リスク」を体系的、科学的に扱うための方法論として有効と考えられる科学論、「構造主義科学論」[7]を紹介する。構造主義科学論は、フッサールが人の認識の大本とした「現象」を基点に構築された。

ある一人、甲が「メープル樹液」と「ハチミツ」を口にした時に感じる味覚的感觉から、同一性を見出し、その同一性を同じ「甘い」というコトバ（言語モデル）で表した（コードした）とする。別の人間、乙が、これら2つから得る味の感觉が、甲が感じた感觉と違っていたとしても、乙の意識においても、「メープル樹液から感じる感觉」と「ハチミツから感じる感觉」から、同一性を見出せたとすると、その同一性を指し示す「甘い」というコトバは、乙にとっても対象を理解するためのツールとして有効に機能する。

甲乙2人の意識に、別々に立ち現れた（現象した）「味」は異なっているかも知れない。しかし、2人がそれぞれ感じている「味の感觉」が本当に同じなのかは問題とはならない。複数の人間の別々の意識に「同じ感觉」を現象させ、「同一性」を感じさせる原因ならば、それらを「同じもの」として、同じコトバ（甘い）を（恣意的に）割り当てて、そのコトバで、世界を切り分け（分節）、認識、意思疎通しても問題は生じないということである。

構造主義科学論では、科学を「（複数の）人の意識に立ち現れる『現象』から『同一性』をもつもの（同形の構造）を見出し、その同

一性に対して『コトバ』を割り当てて『言い表す(コードする)』営み』としている。

ここで言うコトバ(コード)には、「甘い」のような文字通りの「言葉」になる場合、天気図や元素の周期律表のように「図、表やグラフ」となる場合、「 $f = m \cdot d^2r/dt^2$ 」, 「 $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ 」, 「♂♀」のような「数式」や「記号」になる場合など、様々な形態がある。

いずれの場合でも、科学とは「複数の人々の意識に同じように立ち現れる現象をコトバで言い表すこと」であり、コトバで言い表される対象は「同一性(同形の構造)を伴って意識に立ち現れる現象」である。この際のコトバは、抽象化された「要素と要素の関係性」、すなわち「現象に見出される同一性、構造」を表現する道具であり、それによる表記(コード)が「モデル」である。

現象学を基盤とする構造主義科学論は、二元論による外の世界(客観世界)を前提しない。「各人の意識に立ち現れる『現象』から、そこに潜在する『同一性』を見出し、それを『コトバによってより上手に表現(コード)し、理解(モデリング)する』ための営み』をもって「科学」とするのが構造主義科学論である。

「より上手に」という部分は「科学の進歩」に関係する。「天体の動き」という現象を、より上手に、理解しやすく「表現できる」がゆえに、天動説よりも地動説の方が、より妥当な考え方であるとする。また「力が作用した物体は、その方向に動きだす」という言語によるモデルよりも、「 $f = m \cdot d^2r/dt^2$ 」のような数理モデルの方が、現象をよりうまく説明出来るがゆえ、言語モデルではなく、数理モデルを採用するというのも、構造主義科学論的な態度である。

5.4 構造構成主義

構造主義科学論の延長線上に、人間の恣意性が大きく関わる分野をも「科学的」に扱う

ことを目指して構築された体系が「構造構成主義」[8]である。

構造構成主義は「モノゴト(の現象)は、その人間の関心に相関する形で意識に立ち現れる(認識される)」という「関心相関性」を主張する。ある複数/複数回の対象から同一性を見出すためには、その対象が現象として意識に立ち現れてくるように「注意を向けなければならない」、そして、その「関心」には、なんらかの「きっかけ(契機)」によって、その有り様が変わる性質(契機相関性[9])があるとしている。

「モノゴトは『なんらかのきっかけで発した、その人間の持つ関心』に相関する形で意識に立ち現れる⁵⁾』という関心相関性は、二元論に取り憑かれている多くの現代人には相当奇異に感じられるかも知れない。しかし、この考え方は、「人それぞれ」バラバラの認識となるリスク、それに関係する「価値の毀損(ダメージ)」,そしてその大本になる「価値」を考察する際に役立つ道具となる。

6. おわりに

人は、「インシデントの存在」に関する知見がある範囲でしかリスクを考えることができない。その知見は、同様のインシデントが既に起こったことでもたらされている。

今から千年前の平安時代に「微生物による感染症」のリスクはあったのだろうか[10]。リスクは、インシデントの生起確率とその影響から同定、評価される概念的存在である。平安時代、「はやり病」というインシデントは「存在していた」としても、「微生物による感染症」は「存在していなかった」。微生物を知る手段である顕微鏡がなく、さらにはその概念すらなかったからである。リスクの

⁵⁾ 目の前にあり、視界に入っているはずの鼻の頭やメガネのフレームも、通常は関心を向けていないことから意識の前に立ち現れず(現象しないがゆえに)「見えない」。

大前提であるインシデントが存在しなかったならば、そのリスクは「存在しなかった」と考えるのが妥当であろう。

そもそも「存在する」とはどういうことだろうか。社長も従業員も建物や設備も全部あるのに、倒産によって会社は存在しなくなる。また、これらの全てが、物理的には別のものとなっているのに、何百年も続いている（存在している⁶）と言われる会社もある。

リスクの本質に迫るには「『存在するとは』について考えること（*Ontology*）」が欠かせない。もう間もなく「リスク・レジリエンス工学学位プログラム」がスタートするが、「『存在する』とはどういうことか」が解き明かされなければ、「それを脅かす」リスクの本質には迫れないし、「その維持」であるレジリエンスの本当に触れることも難しくなる。

ニーチェは「事実はない。あるのは解釈だけである」と主張（*Perspectivism*）したが、リスクやレジリエンスを扱ううえにおいては、特にこれが言える。これらの「知の体系」を構築するためには、「起こる可能性はあるものの、まだ起こっていないインシデント」という漠とした対象を相手にして、「人それぞれ」バラバラとなる「その解釈」を科学の対象として考えていかなければならない。

現在のリスクやレジリエンスに関する取り組みは、現在までの科学の方法論で扱いやすい「各論」を中心に議論されている。一方、各論だけでは「体系」の構築は難しい。「リスク、そしてレジリエンスを体系づけるための哲学」、それに基づく総論的な検討、議論が求められているということである。

本稿で示した視座、紹介した方法論が、そのための端緒になれば幸いである。

⁶ ある対象を構成する要素が、全て別のものに置き換えられた場合に、「その対象は置き換え前後で『同じ』と言えるのか」という「同一性」に関する問題（「テセウスの船」）。

参考文献

- [1] W. Thomson: *Popular Lectures and Addresses Volume 1* (1889), p.73 <http://www.archive.org/details/popularlecturesa01kelvuoft>
- [2] 遠藤靖典編著: *リスク工学の基礎*, コロナ社 (2008) など
- [3] 内閣府: *事業継続ガイドライン あらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応* (2013) など
- [4] 日本リスク研究学会: *リスク学事典*, 丸善出版 (2019) など
- [5] A. J. McNeil et al.: *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*, Princeton University Press (2005) (塚原英敦ほか訳『定量的リスク管理 基礎概念と数理技法 (2008)』共立出版など)
- [6] 竹田青嗣: *現象学は〈思考の原理〉である*, 筑摩書房 (2004)
- [7] 池田清彦: *構造主義科学論の冒険*, 講談社 (1998)
- [8] 西條剛央: *構造構成主義とは何か 次世代人間科学の原理*, 北大路書房 (2005)
- [9] 桐田敬介: *契機相関性の定式化へ向けて - 構造構成主義におけるその都度性の基礎づけ, 構造構成主義研究, Vol.3, pp.159-182* (2009)
- [10] 遠藤靖典: *リスクの非実在性*, *リスク工学研究, Vol.14, p.1* (2018)

[特集]

合成開口レーダー研究の現状とリスク・レジリエンス社会

木下陽平

1. はじめに

21世紀に入り、地球観測研究は新たな時代を迎えている。地球表面の形状を測る測地・測量の分野においては、古くは紀元前200年頃にはギリシャ人の天文学者であったエラトステネスが、太陽が作る影を利用して地球の円周を測定、その誤差は現在知られている値と比べて1.7%のずれという驚異的なものであった。近代では水準測量、三角測量などの測量法により地球の形状、変形に対して誤差数mmの高精度測量が実現している。また1980年代には全球測位衛星システム（GNSS）の一種であるアメリカの全地球測位システム（GPS）が軍事利用制限を解除したことで研究・一般でも利用可能になり、専用の受信機を設置して市販あるいは無償利用可能な解析ソフトを利用すればだれでもセンチメートルからミリメートルの位置決定精度を実現できるようになった。衛星測位技術は今や従来の測量方法に変わる新しいグローバル・スタンダードとなっている。

このように書くと、今の時代はすでに十分な測量体制・観測網が発達していると考えられるかもしれない。しかし上述の測量手法が共通して持つ短所は、観測器を設置した点（観測点）での値しか得られないことである。これは水準測量であれば測定したい地点に人が赴いての測量作業が必須であること、大型地震や噴火活動など発災直後の場合には発災地近傍の観測は危険を伴うため水準測量・三角測量はそもそも実施困難であること、GNSSの場合には事前に観測器を設置する必要があることを意味している。現実には事前

にGNSS受信機を設置しておくことは経済コストの制約があるため、世界で最も稠密なGNSS観測網を展開している日本においても観測点密度は平均20 kmに1点程度である。GNSS観測のみでは地震時断層運動の詳細を明らかにするには不十分である。地殻変動や地盤沈下など地形の変形は要因究明の基礎物理情報であり、また平常時においても国土管理の基盤情報や災害発生リスク管理、レジリエントな社会構築の観点から、正確な測量情報は重要不可欠である。

GNSSなど従来の測量手法を補完する手法として、災害危険地域から離れた遠方から計測を実現するリモートセンシングの手法がある。リモートセンシングとは電磁波や磁気などの情報を利用して計測対象に直接接触することなく情報を得るための手段であり、身近な例で言えばスマートフォンに付いているカメラや自動ドアの赤外線センサーもリモートセンシングの一種と言える。

中でも測地測量の分野で近年注目を集めているのがマイクロ波を用いて高空間分解能イメージングを実現した合成開口レーダー（SAR）である。SARは主に人工衛星や航空機に搭載されたレーダーセンサーからマイクロ波を照射、地表面からセンサーに戻ってくる散乱波を受信し、パルス圧縮処理や合成開口処理などを施すことで高分解能化した画像を生成する。その空間分解能はプラットフォームが衛星の場合は数メートルから1メートル程度、航空機の場合は数十センチメートルを実現している。SARは他のリモートセンシング技術には無い特徴として、マイクロ波を用いているため昼夜問わず観測可

能、一般に雲を構成する水粒子より長波長のマイクロ波を用いるため雲や火山噴煙の影響をほぼ受けないといった特徴がある。これらの特徴は災害発生時に大きなアドバンテージとなる。例えば光学衛星の場合、高い解像度や高頻度観測、直感的な理解が可能という利点がある一方で、悪天候時など雲に覆われている領域は観測不可能であったり夜間はそもそも観測できないといった大きな制約を受ける。SARはこれらの制約を受けず地表面の様子を観測できるため、衛星軌道のタイミングが合いさえすれば発災直後の災害関連情報を確実に取得することができる。またセンサーの改良とともに高分解能化して現在では1メートルに迫る分解能を実現した衛星SARは、都市モニタリングへの応用も関心が高い。

本稿ではSAR、特に衛星搭載型のSARとその応用技術について概観するとともに、最も利活用の多いInSARに着目して解決すべき課題を整理し、SARが災害リスク・レジリエンス社会にどのように寄与できるか検討する。

2. 合成開口レーダーとその応用技術

前述の通り、合成開口レーダー（SAR）はマイクロ波を用いることから受信信号には散乱時の強度（散乱強度）に加えて位相の情報を持つ。一般にSAR強度画像（あるいは単にSAR画像）と呼ばれる画像プロダクトはこれらのうち散乱強度情報のみを用いて画像を生成しており、視覚的にはモノクロ画像のように見える。散乱強度は地表面のどこも具合（粗度）や被覆状況（植生、人工物、水面など）を反映しているため、土地利用分類や浸水範囲推定、極域の氷床モニタリングなどに用いられている。

一方、SARには散乱強度情報をそのまま判読する利用方法の他にも多数の応用技術が開発されている。中でも最も利用・研究されているのがSAR干渉法（Interferometric

SAR, InSAR）である。InSARは散乱強度画像では用いていない位相の情報を「ものさし」として用いることで、2時期の観測間に生じた地表面変位を衛星（センサー）視線方向について数cmから数mmの精度で、かつ2次元のマップとして検出可能な技術である。InSARはERS-1やJERS-1、Radarsat-1などの定常SAR観測衛星が打ち上げられ始めた1990年代前半から地球科学分野を中心に研究で利用され始め、その黎明期では地震時地殻変動や火山噴火活動前後の山体変形、SRTM DEMのような地形データの作成などで目覚ましい成果を上げている [1]。図1には地震時地殻変動をInSARで捉えた一例として2016年熊本地震の時に生じた地殻変動を捉えたInSAR画像を示しており、図中の縞が 2π 周期の位相変化を表している。地震や火山現象などの発生源から遠い地点では地表面変位は生じていないと仮定すれば、遠方の点から発生源までの間に位相が何サイクルしたかを読み取れば地表面の変位量が求まる。図1の熊本地震の例では、GNSS（緑色の四角記号）では捉えきれない断層運動の複雑さをInSARが捉えている様子が分かる。

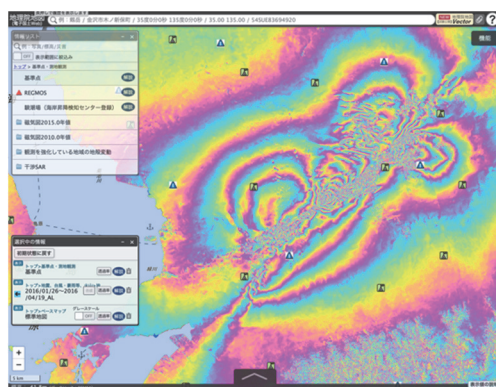


図1 2016年熊本地震に伴う地殻変動を捉えたInSAR画像 [2]

InSARの他にもよく用いられる解析技術としてはオフセットトラッキング（Offset

Tracking) と呼ばれる画像各点の相関処理による地表面変位検出技術や、マイクロ波送受信時の電磁波の偏向(偏波)情報を利用して、地表面での散乱特性を詳細に分類、高精度な土地利用分類などに用いられるSARポラリメトリ(Polarimetry)などがある。オフセットトラッキングは従来光学画像で用いられていた技術をSARに応用したもので、InSARでは検出限界となる数メートル以上の地表面変位に対しても適用可能かつ、2次元画像の位置合わせなので衛星視線方向の他に衛星進行方向の変位成分も推定できるという長所がある。オフセットトラッキングは変動量の大きい現象に適用され、氷河流動やマグニチュード7を超えるような比較的大きい地震による地殻変動の検出事例が多い。

SARポラリメトリはマイクロ波の偏波方向を水平(H)および垂直(V)に分け、送信時のH-Vと受信時のH-Vから4つの組み合わせ(HH, VV, HV, VH)を用いて解析する。散乱源の偏波特性に着目したポラリメトリの利用可能性は広く認知されているものの、実際に4偏波観測が行われる例が少ないことも相まって未だ基礎研究段階であり、今後のSARセンサーの発展を含めて研究が待たれる分野である。主な利用事例は土地利用分類や災害情報抽出である。

研究のみならず産業界への応用も含めて現在最も注目を集めるSAR解析技術はSAR時系列解析であろう。SAR時系列解析は同一衛星(センサー)で同一領域を繰り返し観測し、蓄積した多数のSARデータから後述の大気伝播遅延の寄与を分離して地表面変位(主に変位速度)をミリメートルオーダーの精度で推定する技術である。SAR時系列解析はInSARと同じく位相の情報を利用して変位を推定しており、解析手法については大きく2種類に分類できる。一つは多数のInSAR画像を先に生成して、変位速度や階段関数などで構築した時系列モデルを最小

二乗法的に推定する手法で、SBAS(Small Baseline Subset)法と呼ばれている。もう一つは、建物や電柱、大きな岩石など散乱特性が時間的に不変と見なせる被照射物を含む点をPersistent Scatterer(PS)として抽出、各PS点の位相時系列から地表面変位を推定するPS法(あるいはPS-InSARとも呼ばれる)である。それぞれの手法で一長一短あるものの、いずれの手法においても多数のSARデータを利用することで地表面変位成分を他の誤差成分から切り離す点は同じであり、その有効性を示した文献は今では枚挙に暇がない。SAR時系列解析は高精度に変位速度を推定できる利点を活かし、地盤沈下、断層面の非地震性すべり、火山周辺のマグマ活動モニタリングなどに適用されており、事例によってはGNSSと遜色ない精度で地表面変位を推定できている事例もある。またPS法についてはPS点毎に変位速度が推定できるので、InSARでは困難な都市人工物も計測対象とすることが可能である。

3. SAR利用の課題

これまでSARとその応用技術について簡単ながら概観してきたが解決すべき課題も多い。紙数の都合上、本稿では代表的な解析手法である衛星搭載型SARによるInSARについて解決すべき課題を挙げてみる。主な課題は次の通りである。

- (1) 地球大気(主に対流圏・電離層)で生じる電波伝搬遅延効果の重畳
- (2) 2π の周期性を持つ位相の任意性(位相ステップ)を取り除いて連続的な変位マップにするための位相アンラッピングの際のエラー
- (3) 観測タイミングが衛星軌道によって制限され、時間的に密な観測ができない
- (4) 解析や判読に専門知識が必要
- (5) 近年・近未来のSAR衛星増加に伴うSARのビッグデータ化

これら5つの課題のうち、(1)と(2)はInSARの観測精度・信頼性に関わる基礎研究としての課題、(3)と(4)は防災・社会実装を考えた時に深刻な課題に分類できる。(5)については衛星SARが25年以上利用されてきたことで衛星数の増大や後継機の打ち上げなどによって生じた課題であり、今後SARの利用・発展を考えれば学術・社会実装のいずれの観点においても重要な課題である。

(1)の大気伝播遅延効果は、地球大気が真空中と異なる屈折率を持つことでマイクロ波の位相速度・群速度および幾何学的な最短伝播経路が変化する現象である。高校物理では光の伝播におけるスネルの法則として知られている現象と同じであり、InSARの場合は対流圏水蒸気や電離圏電子数の擾乱などの空間的不均質を反映して、位相速度の変化による見かけ上の変位として現れる。InSARによる地表面変位検出において地球大気の影響は深刻な誤差源であり、場合によっては10cm以上の見かけ上の変位を引き起こすなど微小変位の検出を妨げている。

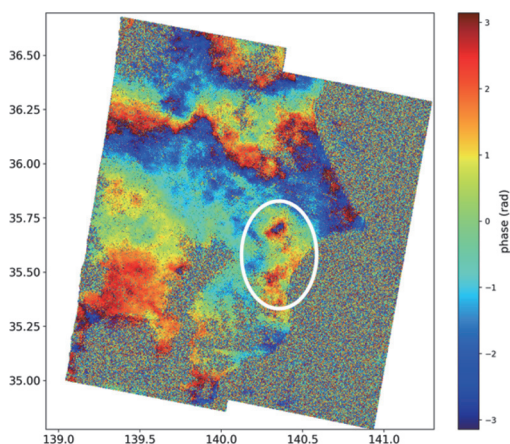


図2 Sentinel-1によるInSAR画像

図2は欧州宇宙局のSentinel-1 SARから得られたInSAR画像を示しており、図中の白円で囲んだ領域（千葉県東部）に地盤沈下のシグナルが含まれている。白円外側の広い範

囲にみられる位相変化はそのほとんどが地表面変位ではなく、実は大気伝播遅延による見かけの変位つまりはノイズであり、図2の例のみでは地盤沈下シグナルと大気ノイズを区別することはできない。2016年熊本地震など大規模な地殻変動がターゲットであれば大気伝播遅延の効果は相対的に小さいためそれほど問題とはならないが、数cm以下の地殻変動をターゲットとする際には深刻な問題となる（図3を参照）。大気伝播遅延の問題は1990年代後半にはInSAR研究者の間で広く認識されており、物理特性の異なる電離層と対流圏の寄与に分けて補正手法研究が行われている。例えば対流圏で生じる伝播遅延の補正手法は、GNSSや他衛星データなど独立した観測データに基づくもの、日々の天気予報でも用いられている数値気象モデルを用いた物理的補正手法などがある。これらはいずれも一定の補正効果を示しているものの一長一短であり、2020年1月執筆時点においてスタンダードとなり得る補正手法は未だ提案されていない。InSAR伝播遅延誤差の補正技術開発は今なお重要な研究課題となっている。

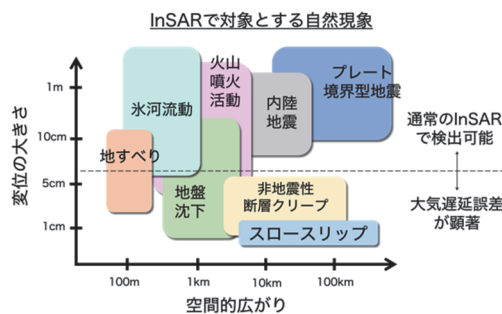


図3 InSARで対象とする自然現象の変位・空間スケール

一方、電離層の遅延効果については近年公表された論文で、電離層遅延がマイクロ波の周波数に依存する（分散性を持つ）ことを利用したRange Split-Spectrum法という手法が有効であることが示されており [3]、細部の

技術的課題はあるものの電離層遅延補正のスタンダードとなりつつある。

地表面変位を利用した研究では伝播遅延効果は取り除くべきノイズであるが、視点を変えて大気伝播遅延効果をノイズではなく大気シグナルとして積極的に利用しようという動きも近年活発になってきている。SARの高空間分解能を活かして、対流圏の遅延シグナルについては気象現象の理解(例えば[4])や数値気象モデルへデータ同化による予報精度向上、電離層シグナルについてはそもそも観測の少ない電離圏ダイナミクスの理解を目的として、日本やイタリアなどの研究グループで研究が進んでいる。

(2)の位相アンラッピングの問題は本稿では詳細は省略するが、InSARの位相情報を変位に変換するために必要な処理で、InSAR処理自動化の障害となっている。信頼性の高い2次元・3次元位相アンラッピングアルゴリズムの開発は数学・情報処理分野での研究課題として国際的に取り組まれている。

(3)の観測頻度の制約は特に防災・社会実装の点で問題になることが多い。現在運用されている衛星SARは、ある1地点を同じ軌道上の位置から観測する時間間隔(回帰周期)がおおよそ10日から2週間程度となっている。これはすなわち欲しいタイミングにSAR観測が実現する可能性は低いこと、時間的に密な観測は不可能であることを意味している。この点が行政での防災利用や産業での導入を阻む大きな障害となっている。最近ではフィンランドのICEYEや日本のQPS研究所など、国内外のベンチャー企業が安価な小型SARを多数打ち上げてコンステレーションシステムを構築し、観測頻度の課題を解決してビジネスとして成立させようという動きが活発になっている。今後の推移に注目したい。

(4)の課題については特に民間利用での障壁のように思えるが、実は研究者にとっても

同様である。筆者の知る限りInSARを利用してみたいという潜在的ユーザーは少なくないが、多くの場合データの選択・取得方法や解析ソフトの種類・利用方法、そして得られた結果の解釈の仕方など、技術面・知識面で壁を感じて利用に躊躇してしまうケースは多いようである。現在は以前に比べて無償ソフトや無償データも手に入るようになり、またInSARに関する講習会なども行われるようになってきたため利用への敷居は徐々に低くなっているように思うが、まだ十分とは言えない。利用者側の努力とともに、筆者を含むInSAR研究者の側からも普及に向けて一層の努力を期待するところである。

(5)は観測頻度・分解能・観測幅などセンサーの性能が向上したことにより近年新たに生じた課題である。例えばJAXAのALOS-2は1シーン50km四方程度の観測データサイズがおおよそ6GB、Sentinel-1は1シーン250km×200kmあたりでおおよそ5GBである。InSARなど解析処理を行えば容量はさらに何倍にも増大する。なおSentinel-1が提供するプロダクトは1日あたり約3TB、1年では1PBのペースで蓄積されている。2021年に打ち上げが予定されているNASA-ISROのNISARの場合だと1年で1.5PBのデータアーカイブが見込まれている。これからのSARビッグデータ時代に向けて、InSAR解析の自動化、クラウドコンピューティング・AIの活用による効率的なデータ処理・情報抽出など新たな研究課題が生じている。

4. おわりに

ここまでSAR、特にInSARについてその概要と研究課題を駆け足で紹介してきた。最後の本章ではリスク研究・レジリエンス社会構築の観点からSARがどのような貢献が可能か検討してみたい。

SARは他のリモートセンシング技術の例に漏れず事象の影響範囲がキロメートルオー

ダーを超えるような広域にわたるものを得意としている。自然現象では地震や火山活動に伴う地殻変動、雪氷域の氷河流動や洪水・浸水であり、人間活動に関連する現象では地盤沈下や土地利用分類などである。一方で数十メートルあるいはそれ以下の空間スケールを持つ現象はSARそのものの空間分解能とスペックルの制約から、SARの適用は容易ではない。分解能による制約はセンサーの性能向上が必須であり開発側の進展を待たねばならないが、スペックルをはじめとするノイズの影響については観測データの数を増やすことである程度低減可能である。近年Sentinel-1やイタリア宇宙局のCosmo-SkyMedなど複数機体制の衛星SARシステムが構築されるようになり、観測頻度・データ蓄積の問題は徐々にではあるが改善に向かっている。空間スケールが小さく変化の早い都市域を対象とした研究はSARにおいても今後研究の加速が期待される分野であろう。

無論これまでSARを用いて行われてきた研究についても、間接的ではあるがレジリエンス社会構築への貢献はある。例えば地震時地殻変動の研究では、地震を引き起こした断層の幾何学的形状、すべり分布などの運動学的情報について、InSARを用いることでこれまでになく詳細な空間情報を得ることが可能になった。これは地震学的知見の深化すなわち地震現象の理解に貢献しており、地震学の基礎研究としてではあるが地震災害リスクの理解向上に貢献している。また浸水域推定や建物倒壊箇所の推定など、発災直後の被害状況をSARで推定する研究も盛んに行われており、SARは主に災害サイクルにおける「発災直後」や「前兆期」での情報取得を通じてその真価を発揮することができよう。

SARは原理的に人間そのものを対象とすることはできず、また主要な交通手段である自動車や電車なども技術的制約から対象とされた研究は少ない。しかしながら人流や交通

関連情報などの社会学的情報とSARから得られる情報を統合できれば、リスク・レジリエンス社会にも寄与する革新的な研究につながる可能性を秘めている。これは大きな挑戦であるが、今後の研究に期待したい。

参考文献

- [1] M. Simons, P. A. Rosen, *Interferometric Synthetic Aperture Radar Geodesy, Treatise on Geophysics, 2nd Edition*, Elsevier, 2015.
- [2] 国土地理院, 「地理院地図」, <https://maps.gsi.go.jp/>
- [3] G. Gomba, A. Parizzi, F. De Zan, M. Eineder, R. Bamler, *Toward Operational Compensation of Ionospheric Effects in SAR Interferograms: The Split-Spectrum Method*, IEEE TGRS, 2016.
- [4] Y. Kinoshita, M. Shimada, M. Furuya, *InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan*, *Geophysical Research Letters*, vol. 40, 2013.

[特集]

ゲーミングの学理とエネルギーシステム研究への応用

鈴木 研 悟

1. はじめに

リスク工学専攻は、2020年度から、リスク・レジリエンス工学学位プログラムとして生まれ変わる。今ある課題を診断する意味あいの「リスク」に、強靱な社会を目指すという意味あいの「レジリエンス」が加わることで、社会システムのデザインに貢献するという組織の目標が、より明確になったように思う。実際、リスクの診断とレジリエンスの評価は、持続可能な社会システムを築くうえで、ともに重要な役割をになう。Sustainability Scienceの目標は、自然と社会との相互作用の基本的な性質を理解したうえで、社会システムを持続可能な姿に作り変えることである[1][2]。すなわち、長期にわたる安定的な運用のためにシステムの観察・制御・デザインを行うということであり、まさにリスク・レジリエンス工学が求められる分野といえよう。

ところで、持続可能な社会の実現をさまざまな要因とはどのようなものであろうか。エネルギーシステム分野では、持続可能なエネルギー供給に関わる政策課題は、Energy Security, Economic Efficiency, Environment, and Safetyの頭文字をとって3E+Sと要約される。これらの政策課題の間には、しばしばトレードオフをとまなう複雑な相互依存関係がある。例えば、過酷事故リスクを避けるために原子力発電を止めると、少なくとも短期的には化石燃料消費が増え、輸入資源の途絶リスクや温室効果ガスの排出増を招く。こうしたトレードオフ関係は、エネルギー企業、製造業者、政府、および消費者といった利害関係者の間で、政策課題の優先順位をめぐる対立を

引き起こす。例えば、日本政府は原子力発電を低炭素かつ純国産の電源とみなしているが、3.11の後、原子力に対する国民の信頼は大幅に低下している。また、気候変動に対する日本の取組は産業界からは極めて野心的とみなされているが、パリ協定の目標を達成するためには不十分だとの指摘もある。こうした政策課題をめぐる温度差は、長期的な政策目標についての合意形成を難しくしてしまう。

このように、エネルギーシステムは、多様な利害関係者と技術・市場・環境との相互作用を含む複雑な多主体系である。このシステム全体を安定に運用してゆくためには、自然界の法則をベースとする既往の工学的観点のみならず、社会や人間のふるまいについての社会科学的・人文科学的観点が必要となる。さらに、そうした諸学の積み上げた知見を総合し、現実のシステムの全体像を概念化するような、分野融合的な方法論が求められる。

本稿では、そうした分野融合的な方法論の1つであるゲーミングを取り上げ、エネルギー・環境分野をはじめとするリスク・レジリエンス工学研究への応用可能性を示す。

2. ゲーミングの学術的基盤

ゲームを扱う学問といえば、ゲーム理論が有名であろう。ゲーム理論は、多主体系を利得関数と戦略集合の組として表現し、望ましい性質を満たす解を求める手法である。例として、囚人のジレンマと呼ばれる単純なゲームを表1に示す。2人のプレイヤーAとBそれぞれに「協力」と「非協力」の2つの選択肢が与えられている。カッコ内の数字は、左がA、右がBの得点であり、両者の選択肢の

表1 囚人のジレンマゲーム

		B	
		協力	非協力
A	協力	(3,3)	(1,4)
	非協力	(4,1)	(2,2)

組合せに応じて変化する。社会全体の利益は、2人がともに「協力」を選んだときに最大となる(3+3=6)。しかし、各人の視点に立つと、相手がいずれの選択肢を選んだ場合でも、自分の得点は「非協力」を選んだ時のほうが高い。そのため、両者がともに「非協力」を選ぶという、社会全体にとって望ましくない解が選ばれてしまう。このゲームは、自分の損得が他者の行動に左右されるにもかかわらず、肝心の他者の行動が事前にわからない状況を想定している。すると、上記の非協力解（ナッシュ均衡解という）は、他者の行動という多主体系に特有の不確実性が社会全体にとって望ましい選択を妨げるメカニズムを説明しているといえる。エネルギー問題と関係の深い気候変動分野では、ゲーム理論は、国家間の相互作用が温暖化対策の進展を妨げるメカニズムの説明や、国家間の対立を解消する理論的な可能性の検討に用いられている [3][4]。ただしゲーム理論は、ナッシュ均衡のような解概念を所与とする演繹的アプローチを採用しており、現実の人間がどのようにゲームをプレイするかを示すものではないことに留意する必要がある。

ゲーム理論とは対照的に、社会心理学分野では、人間がある社会的状況でどのようにふるまうかを調べる目的で、協力者に実際にゲームをプレイしてもらい、その結果を分析する実験研究が行われてきた。特に、社会の持続可能性が問われるようになった1960年代以降、社会的ジレンマ状況、すなわち「自己利益の追求と社会全体の厚生との間に食い違いが生じる」状況 [5] をテーマとする研究が盛んに行われてきた。これらの研究は、統

制された複数の条件下で囚人のジレンマのような比較的単純なゲームを複数回行い、条件間での協力率の有意差を検定する帰納的アプローチを採用した。一連の研究は、参加者数、話し合いの可否、各自の選択が公開されるかどうか、他者への信頼度といった諸条件が社会全体の協力率に与える影響を明らかにした [6] [7]。ただし、多くの研究は条件と協力率の関係のみに着目し、条件の違いが協力率を左右するメカニズムには言及しなかった。佐藤・戸田・山岸 (1985) [8] は、そのようなメカニズムの重要性に着目し、社会状況が囚人のジレンマのように固定されず、参加者の行動に応じて変化する「木こりゲーム」を用いた実験を行った。その結果、社会的ジレンマが他者と協力して資源を守り育てる状況と認識されれば成員同士の協力が進んで社会全体が豊かになるが、他者を出し抜く競争の状況と認識されると非協力的行動が増えて全員が貧しくなるというような、成員の主観的現実と社会のたどる経路との関係が示された。このように、社会的ジレンマの実験研究は、人間による社会状況の認知とそれに基づく行動を、社会の持続可能性を左右する不確実性の源ととらえ、その特性を明らかにしてきた。

ただし、これらの研究が用いたゲームはいずれも、意思決定に必要な情報がすべて事前に与えられる完備情報ゲームである。このことは、すべての参加者が自分の置かれた状況についての認識を統制された状態でゲームが始まることを意味する。一方、現実世界の意思決定者は、社会システムの構造がよくわからない中で手探りの意思決定を繰り返しながら、社会に対する主観的現実を形成してゆく。そのプロセスは人によって異なるし、他者との相互作用や社会状況の動的な変化にも左右される。例えば、あるエネルギー事業者が新技術の研究開発に熱心に投資しても、当初思っていたほどにはコストダウンが進まなかったとする。一方で、市場での価格競争が

激化し、利益を出しづらい状況になったとしよう。事業者は、研究開発投資の費用対効果や資源価格を律する法則を正確に知ることはできないため、限られた情報と思考に基づいて、新技術への投資をどの程度熱心に行うかを定めることになる。そこで、ブレークスルーを信じて投資を続ける事業者が多ければコストダウンが進み、新技術への転換に対する期待も高まるだろう。一方、競争に負けることを恐れて投資を減らす事業者が多ければ、新技術はあまり進歩せず、技術転換への機運はしぼんでゆくだろう。このように、意思決定者の主観的現実、それも複数の意思決定者の間で共有される世界観とでもいべきものに起因する不確実性は、社会システムがたどる経路を大きく左右すると考えられる。

この種の不確実性を実験的に検討するためには、意思決定者の現実認識に幅を生じさせている社会構造に焦点を合わせる必要がある。ただし、そうした社会構造を表現するゲームはある程度複雑な構造をもたざるをえず、実験条件の統制が難しくなる。また、持続可能性をテーマとする研究が、対象の社会システムが長期的に安定な経路をたどる条件の解明を目指す以上、研究者が事前に設定した仮説の検証のみならず、新たな仮説の探索と発見も同時に進める必要があるといえよう。

ゲーム理論とも心理学実験とも異なり、ゲームを発見的に用いる手法をゲーミングという。この手法は、実験条件をあえて統制

せず、各参加者の現状認識が毎回異なる状態でゲームを行う。ゲーム理論、心理学実験、ゲーミングの方法論的な違いを図1に示す。社会の構造や規則をゲームとして表現する点は共通である。その上で、ゲーム理論は、ナッシュ均衡やマクシミン均衡のような求解条件を与えた時のゲームの結果を演繹的に求める。一方、心理学実験は、ゲームの結果ではなく、ゲームの結果を左右する心理的傾向を帰納的に求めることを目的とする。そのため、例えば参加者が2人と3人の条件で囚人のジレンマゲームを行い、両条件での協力率の統計的有意差を根拠に「成員数が多いほど協力的行動が起きやすくなる」ことを推論する[9]。これらの手法に対し、ゲーミングは、まず参加者を変えて複数のゲームを行い、結果にどのような違いが認められたかを観察した上で、所与の規則(=ゲーム)の下でそのような違いを生じさせた可能性のある条件を推論する。こうした推論に頼る以上、ゲーミングの成果は統計的検定のような強い説明力をもたず、「のちに厳密に検証されるべき、示唆や仮説として扱われるべき」である[10]。そうした限界はあるものの、ゲーミングには「他の手法では見落とされるかもしれない重要な可能性群を発見し、それらの可能性とゲームの構造との関係を見出すのに役立つ」[11]という独自の価値がある。特に、エネルギーシステムのような複雑な多主体系のふるまいを左右する条件を探求するために

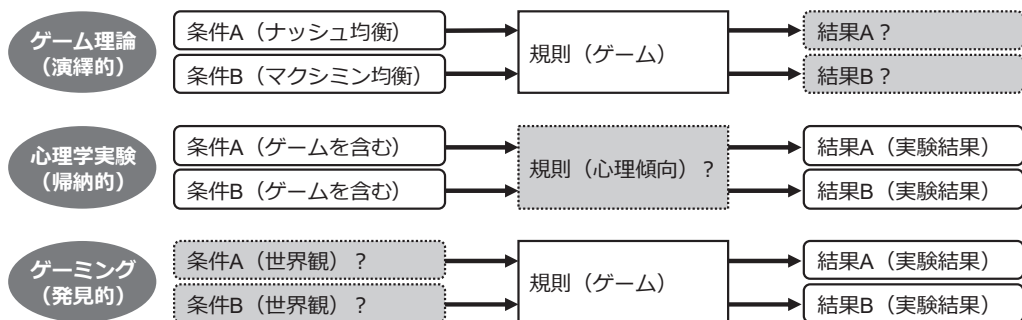


図1 ゲーム理論、心理学実験、ゲーミングの方法論の違い

は、こうした発見的アプローチが大いに役立つと期待できる。

3. エネルギー市場のゲーミング実験

ゲーミング実験の例として、競争市場におけるエネルギー転換を扱った研究の概要を紹介する。詳細は論文を参照されたい [12][13]。

競争的なエネルギー市場に参加する事業者は、再生可能エネルギーへの投資による長期的利益と価格競争による短期的利益のどちらを優先するかという葛藤に直面している。研究の目的は、この葛藤とエネルギー転換の関係を明らかにし、市場制度設計に役立つ知見を得ることである。実験に用いるゲームの要件は、参加者が現実の事業者の直面する葛藤を仮想的に経験できることである。上記の葛藤は、価格競争、新技術への投資効果、および化石燃料価格の不確実性に起因する。そこで、ゲームの構造的与件を以下のように定め、投資効率や化石燃料価格の推移を非公開とすることで、これらの不確実性を再現した。

- (1) プレイヤーは競争市場に参加する事業者であり、化石燃料か再生可能エネルギーから最終エネルギーを生産し顧客に販売する。これらの資源・エネルギーは各1種類しか存在しない。ゲームの目的は、最終的な資金の最大化である。自分の顧客にはエネルギーを供給する義務がある。
- (2) 開始時、再生可能エネルギーのコストは高いが、研究開発（R&D）投資と生産実績に応じて低下する。一方、化石燃料価

格は開始時には安価だが次第に上昇する。

- (3) 市場は競争的であり、顧客は毎期、価格の高い事業者から安い事業者へ移動する。
- (4) 市場全体の利益は、競争よりも投資を重視しエネルギー転換を起こす時に最大となる。競争が優先され転換が遅れると、一部の事業者がもうかる場合はあるものの、市場全体の利益は減少する。

ゲームの概念図を図1に示す。詳細は省くが、この概念図を表現する形式的モデルを構築し構造的与件を満たすようパラメータを調整した。さらにゲームプログラムをVBAで開発し、PC6台を用いる実験環境を構築した。

1ゲームの参加者は5人とし、筑波大生35人を対象に7回の実験を行った。ゲームは28期行い、参加者には終了時の利益に応じて報酬を支払った。ゲーム中、将来の不確実性に対するプレイヤーの認知を調べるため、価格競争（以下Q1）、再生可能エネルギーへの投資（以下Q2）、将来の化石燃料価格（以下Q3）への不安の強さを7段階で問う質問紙調査を、ゲーム開始時と5期・10期・15期・20期・25期の終了時の計6回行った。

実験結果の概要を図3に示す。横軸は25期終了時の市場全体の総利益、縦軸は総再生可能エネルギー生産量である。数字はゲームの番号である。総利益は、200[G]を超えるゲーム（3・4・7）と赤字のゲーム（1・2・5）に二極化していた。再生可能エネルギー生産量は、利益が多いゲーム3・7で多く、利益が少ないゲーム1・2・5で少なかった。ただし

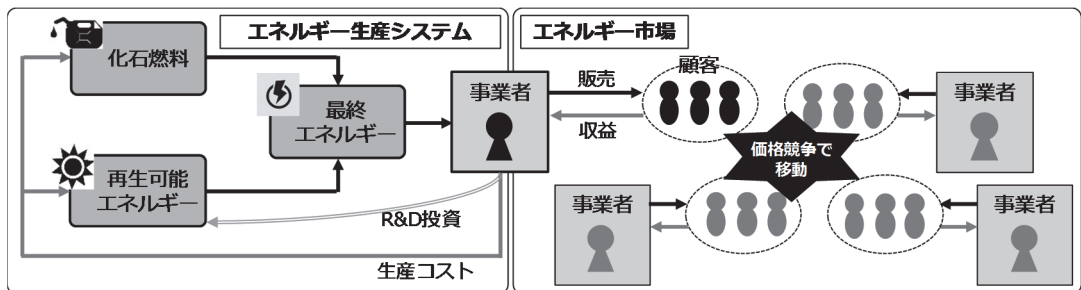


図2 実験に用いるゲームの概念図 [13]

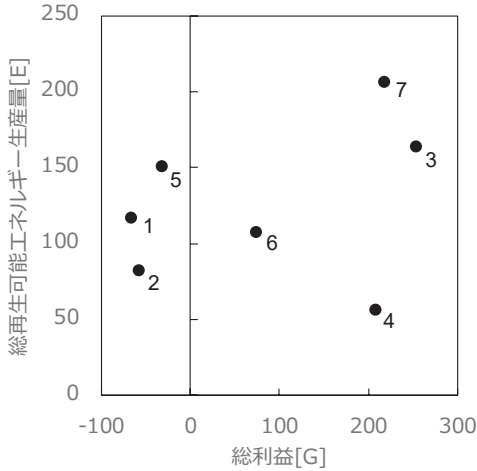


図3 実験結果の概要 [13]

ゲーム4は、総利益が多いにも関わらず再生可能エネルギーはもっとも少なかった。

詳しく調べると、ゲーム3と7では価格競争が穏やかであり、R&D投資も継続して行われていた。一方、ゲーム1・2・5では競争が激しく、投資額が次第に減少していた。またゲーム4は、1人のプレイヤーが再生可能エネルギーを顧みない戦略をとり、前半には販売価格を下げて顧客を集め、後半には価格を吊り上げて利益を独占していた。その結果、フリーライダーとして振る舞った特定のプレイヤーが大きな利益を上げる一方で、市場全体のエネルギー転換はほとんど進まなかった。

次に、質問紙調査の各設問について、35人の参加者の回答を、時系列パターンの類似性に基づき、クラスター数を3とする階層クラスタリングにかけた。どの設問についても、

3つのクラスター名を、回答の平均値が低い順にC1, C2, C3とした。図4は、各ゲームについて、各クラスターに属するプレイヤーの人数を、設問別に集計したものである。ゲーム1・2・5では、価格競争(Q1)や化石燃料価格(Q3)への不安が強いC3のプレイヤーが過半数を占めていたが、ゲーム3と7では、比較的不安が弱いC1やC2のプレイヤーが多かった。再エネ投資への不安(Q2)についても、やや弱いと同様の傾向が認められた。また、独占が進んだゲーム4では、不安が強いC3のプレイヤーは多くなかった。

以上の結果から、エネルギー転換が進んだゲームでは、多くのプレイヤーが投資と競争の葛藤をあまり強く感じず、市場全体が長期的な利益を目指していたが、転換が進まなかったゲームでは、葛藤の末に短期的な利益が重視され、競争的な世界観が共有されていたと考えられる。また、競争的なプレイヤーが協調的な市場に1人だけ混ざると、不安の水準が高まる前にフリーライドが成立し、エネルギー転換が進まなくとも示唆される。今日のエネルギー政策に目を向けると、FITや炭素税のような、新技術を相対的に有利にする政策が中心である。これらの政策には、フリーライドを防ぐ効果は期待できても、競争的な市場環境が事業者に与える不安を和らげるとは考えにくい。エネルギー転換を進めるためには、過度な競争を防ぐための制度設計が、合わせて必要ではないかと考えられる。

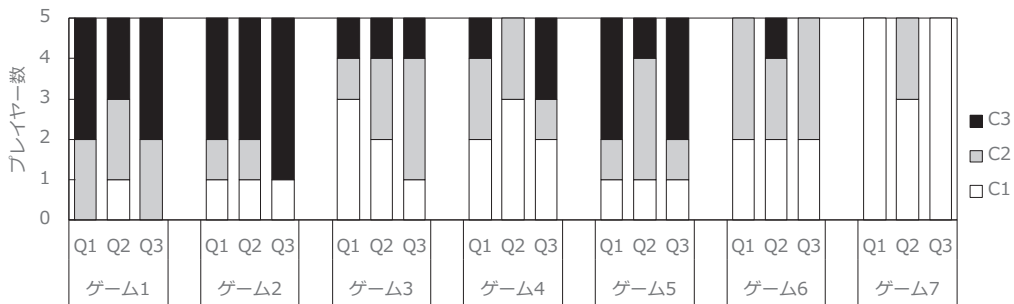


図4 ゲームによる不安の強さの違い [13]

4. おわりに

ゲーミングは、様々な学術領域の隙間にあることから専門家が少なく、それを扱う学術書も限られる。一方で、その優れて分野融合的な特性が、社会システムのリスク・レジリエンスをはじめとする複合的テーマの研究に役立つことは疑いない。本稿が、このユニークな学術的手法に対する読者の理解を少しでも助けるのに役立てたならば、これ以上の喜びはない。なお、エネルギーシステム研究という文脈におけるゲーミングの役割についてはより詳細なレビューを執筆している [14]。また、本稿では割愛した教育やリスク・コミュニケーション手法としてのゲーミングの役割についても既報を参照されたい [15] [16]。

参考文献

- [1] R.W. Kates, W.C. Clark, R. Corell, J.M. Hall, C.C. Jaeger, I. Lowe, J.J. McCarthy, H.J. Schellnhuber, B. Bolin, N.M. Dickson, S. Faucheux, G.C. Gallopin, A. Grübler, B. Huntley, J. Jäger, N.S. Jodha, R.E. Kasperson, A. Mabogunje, P. Matson, H. Mooney, B. Moore 3rd, T. O'Riordan, U. Svedin, *Sustainability Science*. *Science* 292 (5517): pp 641–642, 2001.
- [2] H. Komiyama, K. Takeuchi, *Sustainability science: building a new discipline*, *Sustainability Science*, 1, pp 1–6, 2006. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED066885.pdf>.
- [3] P.J. Wood, *Climate Change and Game Theory*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219, pp.153-170, 2011.
- [4] S.J. DeCanio, A.S. Fremstad, *Game Theory and Climate Policy*, *Ecological Economics*, pp.177-187, 2013.
- [5] 川越敏司, *実験経済学*, 東京大学出版会, 2007.
- [6] R.M. Dawes, *Social Dilemmas*, *Annual Review of Psychology*, 31, pp.169-193, 1980.
- [7] 三井宏隆, *実験室場面における社会的ジレンマ研究について*, *実験社会心理学研究*, 23(1), pp.53-59, 1983.
- [8] 佐藤香, 戸田正直, 山岸俊男, *社会的ジレンマにおける行動の時系列的分析*, *心理学研究*, 56(5), pp.277-283, 1985.
- [9] G. Marwell, D.R. Schmidt, *Cooperation in a Three-Person Prisoner's Dilemma*, *Journal of Personality and Social Psychology*, 21 (3), pp.376-383, 1972.
- [10] R.L. Akoff, *Scientific Method: Optimizing research decisions*, John Wiley and Sons, Inc., 1962.
- [11] T.C. Schelling, *Experimental Games and Bargaining Theory*. In M. Shubik (Eds.), *Game Theory and Related Approaches to Social Behavior*. John Wiley and Sons Inc., 1964.
- [12] K. Suzuki, K. Nakai, A. Ogihara, *Design of Simulation and Gaming to Promote the Energy Transition from Fossil Fuels to Renewables*, In R.Hamada, et al. (Eds.) *Neo-Simulation and Gaming Toward Active Learning*, Springer, pp.201-210, 2019.
- [13] 鈴木研悟, 荻原嵐, 中井啓太, *エネルギー転換政策の検討に資するゲーミング実験の設計と実践*, *シミュレーション&ゲーミング*, 印刷中, 2020.
- [14] 鈴木研悟, 本城慶多, *エネルギーシステム研究におけるゲーミングの役割*, *シミュレーション&ゲーミング*, 29(2), pp.55-65, 2020.
- [15] 鈴木研悟, *分野融合的なエネルギーシステム教育のためのゲーミング設計*, *シミュレーション&ゲーミング*, 26(1), pp.9-19, 2016.
- [16] 鈴木研悟, *ゲーミングを用いたエネルギーシステム教育の学習効果の評価*, *シミュレーション&ゲーミング*, 29(2), pp.67-77, 2020.

[特集]

間違える数値計算 – 数値計算のリスク –

高安亮紀

1. はじめに

「数値計算・数値解析」という言葉、日頃よく耳にすると思いますが、「数値計算・数値解析」とは何でしょうか。本稿は、まずこの二つの言葉を明確に区別する事から始めます。今日、筆者が知る限り、「数値解析」は同じ言葉で二つの使い方をされます。一つは、「数値解析」とは数値を用いて代数的操作によって解くことができない数学の問題を解決する手法とする使い方、数値計算・数値実験・数値シミュレーションなどと同義のように使用されます。もう一つは、「数値解析」とは応用数学の一分野で、上記の数学問題を、数値を用いて近似的に解く手法に関する数学的な概念を研究する分野とする使い方。筆者は後者の立場で、数値解析という言葉を使います。すなわち、数値を用いた計算を数値計算、数値計算に関する数学分野を数値解析とします。

さて、区別をはっきりさせたところで質問があります。数値計算の結果はいつも正しいのでしょうか？ 普段、数値計算を頻繁に利用するけれども、その計算結果を闇雲に信じてはいませんか。あるいは「数値計算には誤差がある」という知識がある人は計算結果は正しいかもしれないし、間違っているときもあるだろうと認識されているかもしれません。本稿の目的は、数値計算の結果が間違える事がある例をいくつか紹介し、数値計算の不正確さ・不確実性を明確にし、数値計算による間違いのリスクを明らかにする事です。

では、古典的な電卓（電子卓上計算機）の

計算結果から紹介します。お手元の電卓¹に以下の計算をさせてみて下さい。

$$\begin{array}{r} 100\ 000\ 000 \\ -) \quad 9\ 999\ 999.99 \\ \hline \end{array}$$

答えは…

$$\begin{array}{r} 100\ 000\ 000 \\ -) \quad 9\ 999\ 999.99 \\ \hline 90\ 000\ 000.0\ (?!?) \end{array}$$

流石にこれはまずい。一目で間違えに気づきます。筆者の手元のiPhoneの電卓は9桁の表示領域があり、これに2桁加えた11桁の固定小数で計算が実行されます。すると

$$\begin{array}{r} 100\ 000\ 000.00 \\ -) \quad 9\ 999\ 999.99 \\ \hline 90\ 000\ 000.01 \end{array}$$

一見、正しい答えが計算されているように見えますが、表示できる数値が9桁のため

$$\begin{array}{r} 100\ 000\ 000.00 \\ -) \quad 9\ 999\ 999.9900 \\ \hline 90\ 000\ 000.01 \end{array}$$

このように最後の「1」は消えてしまいます。数値計算が間違えた時、一番の問題は結果が間違っているでも実行した計算機は知らせてくれない事です。この問題は結果を見れば間違いに気づきますが、少し複雑化した次の場合はどうでしょうか。

¹ 電卓がない？ スマホ (iPhone) の電卓で大丈夫です。

2. フェルマーの最終定理

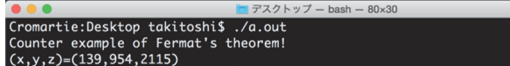
「3以上の自然数 n について、 $x^n+y^n=z^n$ となる0でない自然数 (x,y,z) の組が存在しない」これは17世紀、数学者のフェルマーによって古代ギリシャの数学者ディオファントスの著作「算術」の余白に「この定理に関して、私は真に驚くべき証明を見つけたが、この余白はそれを書くには狭すぎる」というメモとともに書かれた定理で、長い間数学の未解決問題として残っていた問題です。そして1995年、この定理はイギリスの数学者ワイルズによって完全に証明され [1]、その証明の顛末を含めて、大変脚光を浴びました。

筆者はこの定理の証明に関して、これ以上書ける事はないのですが、数値計算を使うと以下の主張ができます。

$(x,y,z) = (139,954,2115)$ において
 $139^3 + 954^3 = 2115^3$
 が成り立つ! ?

これはフェルマーの最終定理の反例です。根拠として筆者の稚拙なC言語のコードと実行画面は以下です。

```
#include <stdio.h>
int main(void){
    int x=139, y=954, z=2115;
    if (x*x*x+y*y*y==z*z*z){
        printf("Counter example of Fermat's theorem!\n");
        printf("(x,y,z)=(%d,%d,%d)\n",x,y,z);
    }
    return 0;
}
```



もちろん (!) 筆者の数値計算結果は間違っており、これは符号付き整数の計算機内での表現が引き起こす間違いが原因です。正しくは

$$(x^3, y^3, z^3) = (2685619, 868250664, 9460870875)$$

となり反例にはなりません。数の表現範囲(精度)が足りなかったのです。

3. Rumpの例題

では十分精度があれば、正しい結果が得られるのでしょうか? 先の例では32ビット符号付き整数という数値を用いて失敗しました。もっと数の表現範囲が増える64ビット浮動小数点数(double型と呼ばれる計算機上での小数の標準的表現方法)や128ビットのdouble-double(dd)型、あるいはそれ以上の10進100桁の精度を使って計算したら… 次の例はRumpの例題 [2] として有名な例題です。

「2変数 a,b を引数に持つ非線形関数

$$f(a,b) = (333.75 - a^2)b^6 + a^2(11a^2b^2 - 121b^4 - 2) + 5.5b^8 + a/(2b)$$

について $a=77617$, $b=33096$ のときの値を求めよ」

この関数、最大8次の多項式があるので、手計算はまずやりたくありません。そこで数値計算の出番ですが、先ほど懲りましたので、今回はいくつかの精度(double型, dd型, 100桁小数)で計算をしてみます。

```
Cromartie:kv-0.4.28 takitoshi$ ./a.out
float: 1.172603964885603
double: 1.1726039400531787
dd: 1.1726039400531786318588349045202
mpfr: 1.1726039400531786318588349045201801386294247991745872490224603850242357
5167199487623292527799552002
```

計算結果はどの数値も1.17260…であり、おそらくこの数値が正しい値であろうと数値計算の結果から予想できます。しかし、真の値は $f(a,b) = -0.827396059946821\dots$ 符号さえも合っていません。一体何が起きているのでしょうか。

Rumpの例題は $a=77617$, $b=33096$ のとき $a^2=5.5b^2+1$ という等式が成立する事を巧みに利用して、「桁落ち」という数値計算の誤差が発生するように作られています。従って、単に精度を上げれば計算が正しいとは限らない。さらに恐ろしい事に、数値計算をしている際に突如このような間違いが起らないと言い切れないのです。

ちなみにRumpの例題は122桁の小数を使うと正しく計算できるようになります。しかし、普通、そこまで多数桁の計算をする気にはならない。またRumpの例題の亜種として柏木の例題「 $a=10^9$ に対して、 $(a^2+1)(a+1)(a-1)-a^4+1/7$ のときの値を求めよ」というもの [3] もあります。

4. 連立一次方程式

ここまでは関数値の評価などの数値演算に起こる間違いの事例を紹介しました。もう少し実用的な数値計算についても考えてみます。基本的な数値計算として、連立一次方程式の求解を考えます。数値計算法としては掃き出し法やGaussの消去法という名前の計算方法を使います。いま、連立一次方程式

$$\begin{cases} 64919121x - 159018721y = 1 \\ 41869520.5x - 102558961y = 0 \end{cases}$$

が与えられた [4] とします。連立一次方程式の求解も手計算は複雑になるため、できれば数値計算を実行したくなります。実行速度はとて速く、解は

$$x = 1.45867 \times 10^8, y = -5.95501 \times 10^7$$

と瞬時に計算されます。しかし、実際の解は

$$x = 205117922, y = 83739041.$$

またしても数値計算は計算間違いを指摘することができずに、間違った結果を返してしまいました。連立一次方程式の求解は様々な数値解法に現れる最も基本的な数値計算です。さらに大規模な問題に対しては数値計算の結果を確認しづらい面もあります。そのような問題を数値計算する際、解が正しいのか疑い出すと修論も手につかなくなってしまいます。

5. 数値誤差に対する処方箋

一体どのようにしたら数値計算の間違いを正しく認識する事ができるのでしょうか。そのための一つの方法として、**数学の知識を使う事が考えられます**。電卓の例は自明にして

も、フェルマーの最終定理に対してはこの定理が数学的に証明されている事から反例は原則ありえません。Rumpの例題に対しては、「桁落ち」という数値計算に起こる誤差を知っておくと怪しいと考える事ができます。さらに連立一次方程式では「行列の条件数」という数を考えると

$$\text{cond}(A) = 1.52008 \times 10^{16}$$

という数値が計算され、これは数値解の相対的な誤差が最大10進16桁ほど混入する可能性を示唆しています。先に述べた64ビット浮動小数点数が、概ね16桁の精度を持つと言われているため、この誤差の大きさは致命的です。すなわち解は1桁も合わない事になります。実際に前節の例では1桁も数値が合いませんでした。このように、数学の知識と数値計算を合わせる事で、数値計算に対するリスクを制御しようというのが一つのアプローチ方法です。そしてこの考え方が筆者の研究活動の根源です。

数値計算の名誉挽回のために、これらは人工的に作成された問題である事を強調しておきます。しかし、このような問題が実際の数値計算において起きうる事は数値計算のリスクとして認識して欲しいところです。今日の計算機で使用されている64ビット浮動小数点数の規格の制定に尽力したW. M. Kahanの言葉 [5] を借りると、

浮動小数点演算によって得られた結果と真値に大きな差が生じることは非常に稀であり、つねに心配するにはあまりにも稀であるが、だからといって無視できるほど稀なわけではない。

という事になります。非常にオブラートに包まれた感じがしますが、毎日の数値計算に対して杞憂するほど、数値計算は間違えない事も事実です。

6. おわりに

最後に、筆者の研究テーマである「精度保証付き数値計算」について紹介して、本稿を擧筆したいと思います。「精度保証付き数値計算」とは数学的に正しい結果を数値計算によって導く手法全般、数値計算結果の品質保証だけでなく、計算機を援用する数学解析手法も「精度保証付き数値計算」といいます。精度保証付き数値計算を実行するためには数値計算に生じる全ての誤差（図1、離散化誤差、打ち切り誤差、丸め誤差等）をすべて把握する必要があります。手法の基本原則として、区間の端点に浮動小数点数を用いる（機械）区間演算という演算規則を使用して、数値の代わりに区間を利用して数値計算を実行します。精度保証付き数値計算は計算を間違えないので、先のような例に遭遇すると区間の幅が著しく増大したり、解の検証が失敗して、エラーとなり警告を發します。これにより数値計算の間違いを見落とす事はありません。

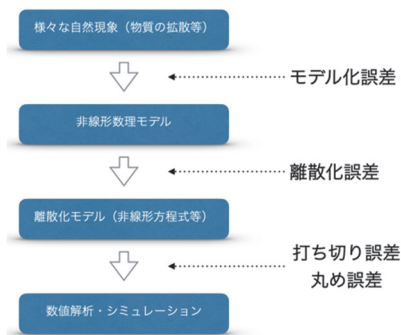


図1 現象のシミュレーションに生じる誤差

一方で、課題として、本来の数値計算に比べて実行速度が遅い（検算を伴うため、原則、数値計算よりも実行時間を要する）、警告を發して計算が度々失敗するなど、本来の数値計算に比べて「有用性」の面で劣る部分があります。従って、精度保証付き数値計算の有用性を世の中に浸透させ、多くの人に使ってもらうための研究が、今後、本分野の研究者には必須です。また、「精度保証付き数値計算は難しい」、「数学も計算機の知識も必要で敷居が高い」、「細かな職人芸が必要になる」、「プログラミングによる実装力が必要」という理由で研究対象としても敬遠されがちです。

筆者の研究に対する基本姿勢は、精度保証付き数値計算を使って何が出来るかを示す事であり、様々な数理モデルに現れる微分方程式（偏微分方程式・遅延微分方程式・常微分方程式）を対象に、精度保証付き数値計算による計算機援用証明を研究主題としています。数理モデルの間違えない数値計算は、すなわち現象の正しい理解へとつながり、モデルの信頼性検証が可能になります。最近の興味は、スペクトル法を用いた微分方程式に対する厳密な数値求積法の開発とその応用です。今後も精度保証付き数値計算を使ってできる事を発信し続けます。

参考文献

参考文献

- [1] A. Wiles, Modular elliptic curves and Fermat's Last Theorem, *Annals of Mathematics*, 141 (3), pp. 443-551, 1995.
- [2] E. Loh, G. W. Walster, Rump's Example Revisited, *Reliable Computing*, 8(3), pp. 245-248, 2002.
- [3] <https://twitter.com/mkashi/status/1176148600373633024?s=20>
- [4] U. W. Kulisch, W. L. Miranker, *The Arithmetic of the Digital Computer: A New Approach*, *SIAM Review*, 28, pp. 1-40, 1986.
- [5] W. M. Kahan, *The Regrettable Failure of Automated Error Analysis*, A Mini-Course prepared for the conference at MIT on *Computers and Mathematics*, 1989.

活動報告／研究会・講演会

[活動報告]

2019年度リスク工学研究会（RERM）

高安亮紀・齊藤裕一

（埼玉県環境科学国際センター 温暖化対策
担当 主任）

1. はじめに

リスク工学研究会（RERM: Risk Engineering Research Meeting）は、リスク工学に関連する研究や先進事例の発表および「リスク」を共通のキーワードとする異分野間の交流の場として2002年度より始まった。リスク工学研究会は、今年度で18年目を迎え、開催回数は、通算で187回（2020年1月時点）となった。これまで、RERMは、主に（1）専攻内の教員による講演を通じて学際性の高さ等を各々が知る場所、（2）学内関係者同士でお互いの各分野の最先端の状況等を知る場所、また（3）学外の大学ならびに企業からの招待講演を通じて様々な分野での最先端の成果・課題等を知る場所として機能してきおり、ここでは、最近の社会動向を反映したリスクに係る話題、また今後重要になる分野の話題等が語られてきた。

本報告書では、本年度のRERMの活動を報告する。

2. 各研究会の概要

本年度に開催された研究会は、第178回から第187回の計10回であった。各回の講演題目ならびに講演者を以下に記したい。詳細な講演概要については、過去のRERMの情報を含め、リスク工学専攻のウェブサイト <https://www.risk.tsukuba.ac.jp/rerm.html> より参照いただける。

1. 第178回5月20日（月）

「気候変動の不確実性と集団の意思決定」
本城 慶多 氏

2. 第179回6月3日（月）

「合成開口レーダー干渉法（InSAR）で大気を診る：GPSに続く宇宙測地技術の気象学的応用へ」
木下 陽平 氏
（システム情報系 助教）

3. 第180回6月17日（月）

「福島第一原子力発電所の事故と廃炉作業の現状」
今井 賢樹 氏
（東京電力HD立地地域部リスクコミュニケーター）
「企業はどのような人材を求めているか」
石田 守也 氏
（東京電力HD立地地域部原子力センター）

4. 第181回7月1日（月）

「ヒヤリハットデータ解析に基づく先読み運転知能の高度化」
齊藤 裕一 氏
（システム情報系 助教）

5. 第182回10月7日（月）

「公的統計の品質向上に関する取り組み」
高橋 雅夫 氏
（独立行政法人統計センター 情報技術センター長）

6. 第183回10月21日（月）

「ターミナル駅周辺地域のエリア防災対策」

村上 正浩 氏
 (工学院大学建築学部まちづくり学科 教授／TKK助け合い連携センター長)

7. 第184回11月18日(月)

「博士の企業就職というキャリアパス」
 佐波 晶 氏
 (大日本印刷株式会社 ABセンター ICT
 事業開発本部 事業開発第2ユニット第4部
 /部長)

8. 第185回12月2日(月)

「スケーリングブロックチェーン：安全性
 と分散性と拡張性のジレンマ」
 Chris Dai 氏
 (株式会社レシカ 代表取締役社長)

9. 第186回12月16日(月)

「自動車運転におけるタスクディマンド
 コントロール」
 佐藤 稔久 氏
 (産業技術総合研究所自動車ヒューマンファ
 クター研究センター/筑波大学客員准教授)

10. 第187回12月23日(月)

「自転車の交通安全について - 双方向通行
 に危険性評価 -」
 山中 英生 氏
 (徳島大学大学院社会産業理工学研究部 教授)

今年度のRERMの企画の内訳は、学外の
 大学・企業からの招待講演6件、リスク工学
 専攻の新任教員からの最新の研究成果の報
 告2件、レジリエンス研究教育推進コンソ
 シアムからの話題提供2件である。このうち
 の第184回のRERMでは、通常とは異なり、
 システム情報エリア支援室レジリエンス研
 究教育推進コンソーシアム事務局が企画し

た。コンソーシアムの詳細については、ウ
 ェブサイト <https://r2ec.jp> を参照されたい。こ
 の企画では、内部進学者の増加、および学生
 に研究・キャリアについて改めて考える機会
 を提供することを目的とし、コンソーシアム
 参画機関で働く博士号取得者をお招きして、
 「企業における博士号のキャリアパス」と題
 し、自機関の事業紹介およびリスク工学研究
 との繋がり、また企業で働く上での博士号
 の意義についてご講演を戴いた。これまで、
 RERMの企画は、リスク工学専攻の教員な
 らびに博士後期課程学生(今年度の学生企画
 は2件、第186回と第187回)が担い、分野
 におけるテーマの設定、講師探しと依頼、事
 務手続き、広報、当日の講演会場の準備、司
 会を担当してきた。これに対して、本年度は、
 レジリエンス研究教育推進コンソーシアム事
 務局からの企画を新たに開催し、この企画
 は、レジリエンス社会の実現を推進する人材
 の育成に関わる話題提供の場所であった。こ
 れは、RERMの新しい取り組みの一つであ
 り、次年度以降も継続する予定でいる。

3. おわりに

外部から、社会人学生として入学したいと
 いう問い合わせを受ける際、このRERMの
 講師陣の豊富さに魅力を感じる人がいらっ
 しゃるようである。RERMは、本専攻の学
 際性の強さ、独自性を認識される研究会で
 あり、今後、広報活動も含めて、さらなる
 RERMの発展に向けた工夫を検討してい
 きたい。

最後に毎回リスク工学研究会を運営してく
 ださったGP-TAの皆様、各回の講師をご紹
 介いただきました先生・学生の皆様に感謝申
 上げます。

[活動報告]

2019年度 リスク工学グループ演習

鈴木 研 悟・木 下 陽 平

1. 演習の概要

「リスク工学グループ演習」は、当専攻の博士前期課程における必修科目です。本演習では、学生が3～4人のグループを作り、自身の研究とは異なる分野のテーマを選定し、その分野に明るい専攻教員からアドバイスを受けながら、リスク工学に関連する課題の設定、問題の分析、および解決方法の提案に取り組みます。所属する研究室とは異なる仲間・教員との共同作業となるため、自身の専門を超えた分野横断的な学びを得られると同時に、異分野の専門家と協働で課題を達成する訓練にもなります。

2. 今年度の演習内容

本年度の演習は、おおよそ例年通り、以下のスケジュールで行われました。

- ・テーマ選定 4月中
- ・中間発表会 7月12日
- ・最終発表会 10月17日
- ・ポスター発表会 10月28日

本年度は博士前期課程の入学者数が多かったため、過去最高の12グループが成果発表を行いました。

- 1) 強化学習を用いたゲームエージェントの評価
- 2) 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) 大規模災害時における電柱倒壊リスク分析
- 4) 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) 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) 日中の通信傍受に対する意識調査
- 7) 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) 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) 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) 消費者による電源ごとの受容度の比較分析
- 11) 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) 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

自然災害が相次いでいることを背景に、地震が社会インフラに与える影響を扱った課題が3件あったほか、情報セキュリティ、都市交通、人と機械の学習、電源の社会的受容性など、技術と社会の関係性が生み出すさまざまな課題に焦点を合わせた、ユニークなテーマについての報告がなされました。

これらの報告の詳しい内容は、専攻/学位プログラムのWebサイトにおいて公開しております。ぜひ一度ご覧ください。

3. おわりに

本専攻は次年度から「リスク・レジリエンス工学学位プログラム」として生まれ変わりますが、グループ演習は引き続き、博士前期課程の教育において重要な役割を果たします。来年度はどのような課題が提出されるのか、引き続きご注目いただければ幸いです。

[活動報告]

2019年度リスク工学専攻公開・説明会

谷口綾子・鈴木研悟

2019年度の専攻公開・説明会は4月と5月に開催された。主な狙いは、専攻の教育内容や修了後の進路についての情報を、進学を検討する学生・社会人に向けて発信することである。さらに、2019年度は科学技術週間のイベントとしても登録し、市民との交流の場としても活用された。実施内容と実施結果を以下に報告する。

1. 実施内容

2019年度の開催日は4月20日（土）と5月6日（月・休）であり、いずれも総合研究棟Bで行われた。このうち4月の専攻公開は、システム情報工学研究科全体の一般公開と合わせて行われ、筑波研究学園都市の科学技術週間[1]における催し「キッズユニバーシティ」の一つとも位置づけられている。

専攻公開の中核となる全体説明会の内容は、2回とも以下の通りであった。

(1) 専攻の概要説明

遠藤専攻長から、教育目標、履修する授業内容、表彰と奨学金といった専攻教育の概要について説明があった。

(2) 学生による学生生活と教員紹介

専攻に在籍する学生から、学業中心とする学生生活と、所属する研究室の教員の紹介があった。

4月の発表者は安藤毅宙氏（サイバーリスク分野）、川嶋優旗氏（都市リスク分野）、渡辺春菜氏（都市リスク分野）、5月の発表者は楊博雅氏（環境・エネルギーリスク分野）、峰亮太郎氏（トータルリスクマネジメント分野）であった。

(3) 入試について

梅本准教授から、大学院入学試験の内容とスケジュールについて説明があった。

(4) 学生の実績紹介

古川准教授から、入学者数・留学者数・進路実績・インターンシップ実績・表彰学生の成果といった過去の実績・データに基づく専攻紹介があった。

(5) 質疑・補足

担当教員が質問に答えるとともに、(1)-(4)では説明しきれなかった事柄を補足した。

全体説明会とは別に、専攻に所属する各研究室のブースが設置され、来場者は興味のある研究室の研究内容や成果を自由に見て回ることができる。各ブースには研究室に所属する大学院生が待機しており、研究や学業のことだけでなく、研究室の雰囲気や学生の日常など、全体説明では伝えづらい側面がフォローされている。

また4月の専攻公開では、科学技術週間の一環として、キッズ向けのスタンプラリー、火力・風力・太陽光エネルギーで動く鉄道模型、霧箱による放射線観察といった一般向けのコンテンツも用意された。会場も、これまでの総合研究棟B1階の112会議室から当専攻の主なフィールドである7・8階に移し、研究室ブースを吹き抜け構造のギャラリーに置くことも試みられた。

2. 実施結果

4月の来場者は106名であった。このうち学外からの参加者は59名、学内からの参加者は31名、不明が16名であり、学外からの参加者のほうが多い傾向が認められた。学外

からの参加者のうち32名は他大学生、高専生、および社会人であり、本専攻への進学を検討する参加者と思われる。また、27名は小中学生と保護者の方、キッズユニバーシティ参加者であり、科学技術週間とのコラボレーションの効果と推察される。

5月の来場者は26名であった。このうち学外からの参加者は8名、学内からの参加者は8名、不明が2名であり、学内からの参加者の方が多かった。来場者が4月より少なかった理由としては、まず4月が終日開催なのに対し5月は午後のみの開催という尺の違いが挙げられる。他にも、5月は研究科や科学技術週間とのコラボレーションがなかったことや、4月開催からあまり時間が経っていないことが影響している可能性もある。今後の開催計画については、来場者のフォローアップ（実際に本専攻に進学したか等）もふまえて、検討を続ける必要がある。



図1 展示ブースの一例

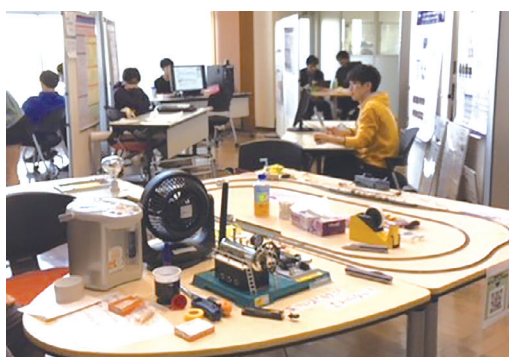


図2 様々なエネルギーで動く鉄道模型

なお、来場者に参加のきっかけを聞いたところ、学外参加者は専攻Webサイト、学内参加者からはメールや教員の紹介との回答が多かった。専攻Webサイトが対外的な広報活動において重要な役割を担うことや、教員からの案内メールや授業等でのアナウンスが学類生への広報に有効なことが改めて示された。

7・8階での開催と科学技術週間との連携は今年度からの新しい試みであった。吹き抜け構造のギャラリーにおけるブース展示は開放的な印象であり、運用上の問題も生じなかった。また、スタンプラリーを目的に来場する小中学生や保護者の方も多く、一般向けのイベントとしてもある程度の効果を取めたといえよう。当日の賑わいを鑑みると、受付を済ませずにふらりと立ち寄っただけの参加者もある程度いたようであり、来場者の実状を把握する工夫は、次年度以降の課題といえる。

3. おわりに

今年度の専攻公開においても、例年と同様、大勢の大学院生が準備と運営に協力してくれた。博士後期課程の学生により構成されるGP-TAは、他の学生の統括から細々とした準備まで、教員の手の届かないところを担当してくれた。学生生活・教員紹介を依頼された学生も快く引き受けてくれた。また、会場準備や研究室ブース対応には、大勢の学生が参加してくれた。改めてお礼を申し上げたい。

リスク工学専攻は、2020年度から、リスク・レジリエンス工学学位プログラムにリニューアルする。オープンキャンパスは引き続き行う予定なので、私達の教育・研究活動に少しでも興味のある方はぜひ足を運んでください。お待ちしております。

参考文献

- [1] 文部科学省，平成31年度筑波研究学園都市科学技術週間イベント情報，
<https://stw.mext.go.jp/event/tsukuba.html>

[活動報告]

2019年度インターンシップ・就職支援企画

西出 隆志・片岸 一起・三崎 広海

1. はじめに

リスク工学専攻就職委員会では、学生へのキャリアサポートとして、就職およびインターンシップの募集情報を学生用メーリングリストにより周知している。さらに、インターンシップの単位認定、キャリアガイダンスを行っている。以下では、本年度における後者2つの活動について報告する。

2. インターンシップの単位認定

就労体験を通じた能力涵養と適性の客観評価、進路決定に益することから、インターンシップへの参加を推奨している。この後押しとして、計画書・報告書・報告会に基づいた単位認定を行っている。これらに相当する授業として以下がある。

前期課程科目：

リスク工学前期インターンシップA (1単位)

リスク工学前期インターンシップB (2単位)

後期課程科目：

リスク工学後期インターンシップA (1単位)

リスク工学後期インターンシップB (2単位)

またリスク工学専攻は外部組織とレジリエンス研究教育推進コンソーシアムを構成しており (<https://r2ec.jp/>)、コンソーシアムに属する組織へのインターンシップも推奨している。

3. キャリアガイダンス企画

本専攻では、既に就職活動を終えた学生らが就職活動における体験を後輩学生らに発表し情報交換会する場としてキャリアガイダンスを、2009年度から開催している。本年度も、2020年2月13日(木)15:00~16:00に開催予定である。本キャリアガイダンスでは複数の研究分野の学生らの就活体験記からリアルな就職活動の実例を知ることができることから、在学生らが自身の今後の就職活動をスムーズに進めるための情報収集の場として機能している。本音でのやりとりができる場であり、今後も継続すべき有意義な企画であると言える。

2018年度 表彰者

○システム情報工学研究科

研究科長賞 川崎 航太

○リスク工学専攻

専攻長賞（研究部門）

長谷川大輔

専攻長賞（研究部門）

北島 慧

専攻長賞（教育・社会貢献部門）

佐藤 哲平

優 秀 賞

内田 大樹

優 秀 賞

太田 洋平

優 秀 賞

舟橋 聖人

優 秀 賞

濱中理紗子

優 秀 賞

金澤 佑哉

優 秀 賞

齋藤 貴史

[表彰者寄稿]

大学院生活の振り返りと今の私への影響

川崎航太

1. はじめに

私は平成31年3月にリスク工学専攻の博士前期課程を修了し、現在はプラント制御システムの設計・開発業務をしています。学生生活を振り返ると、学部時代やサークル活動など様々なことがありましたが、中でも大学院での2年間は特に有意義で今の自分を形作っていると感じます。そして修了時に研究科長賞まで受賞することができたことを大変光栄に思います。これもひとえに周りの皆様・環境に恵まれていたためで、岡島先生をはじめ研究に関わった方々への感謝はこの場では伝えきれないほどです。

本稿では、リスク工学専攻と研究室で過ごした日々を振り返りながら、当時の経験が今の自分にどう影響を与えているか書いていきたいと思います。これからリスク工学専攻に進まれる方、現在所属されている方の参考となれば幸いです。

2. 研究室生活について

平成28年4月～平成31年3月を新エネルギーシステム研究室（岡島研究室）で過ごしました。毎日の生活を振り返ると、9時頃に研究室に行き、昼の休憩で外にご飯を食べに行き、夜は麻雀をする、という理想的な生活をしていました。長い間休んだり、逆に追い込まれて徹夜したり、ということもなく、安定したペースで日々を過ごしていたと思います。研究テーマとしては、卒業論文のテーマから3年間継続して、太陽光発電システムの故障診断について研究していました。家庭用太陽光発電システムの故障を早く正確に検

知するための手法を、企業や産総研の方々と共に検討していました。研究の進め方としては、自身でやったことを先生、先輩、共同研究先とのディスカッションで説明して、方向性が間違っているときにアドバイスをくださるという流れでした。言われたことをやるだけではなく、自ら考えて色々試してみるのが好きだった私の性格には合った進め方でした。今思えば先生方が気を遣って、私に合わせてくれていただけかもしれませんが。

研究進捗自体は順調で大きな壁にぶち当たることもなかったのですが、研究成果を論文など成果物としてまとめる作業は苦手だったので、苦勞した記憶があります。早く研究を進めたいのに、文章に起こしたり、グラフを整理したりするのは面倒だなあと考えながら嫌々やっていました。ただこの経験は大変貴重なものだったと今感じています。というのも、会社での仕事は細分化されており、プロジェクトの最初から最後まで一人で関われることはなかなかないためです。今の仕事ではプラント制御システムの設計・開発から、試運転や運用開始後のアフターサービスまで比較的広く関わる仕事をしていますが、自分で見られる業務範囲には限界があります。実験などデータ収集から始め、データ整理、手法の検討、手法の評価、結果のまとめと、1つのプロジェクトの全貌を眺めた研究での経験から、自身の業務が全体から見たら何なのか、他の人の業務をやりやすくするために何ができるのか、など考えられるようになれたと思います。これが研究をやってきてよかったと感じ、今の自分に影響を与えることです。

研究以外で、リスク工学専攻で学べてよかったと感じ今の自分に影響を与えていることについても書きたいと思います。他の方と比べると感じますが、領域の広さです。周りを見ても、学んできた領域の広さに関しては負けていないと感じます。専門に特化して学部から含め6年間やってきた人と比べると、どうしても浅くはなってしまいますが、最初の一步が一番大事で今の時代、細かいことは必要な時に調べれば済むと勝手に思っています。なんとなく聞いたことがあって、こんなワードで調べればよさそう、という感覚をもっているだけで違います。

授業、専攻演習、RERM、グループ演習を通じて、自身が所属していた「環境・エネルギーリスク」だけでなく、「トータルリスク」、「サイバーリスク」、「都市リスク」を学んだので、それぞれ業務に役立つ事例を思い返してみたいと思います。私が所属する部署で進めている、プラント操業のビッグデータから、AIで今後の運用を自動化・最適化するという開発には、トータルリスクで学んだ知識が直接生きています。また、プラント内のシステム間の通信に関わった際は、サイバーリスクで学んだ暗号化技術が活かされました。まだ1年目であるため、どれも主戦力として大きく貢献できたわけではありませんが、広く学んでいたおかげで、適切なワードで調べながら業務についていくことができたと感じています。都市リスクも今後役立つ機会があると信じています。

大学院生活で経験し、今の仕事にも良い影響を与えていることとして2つのことを書きました。研究というプロジェクトに一貫して関わられたこと、リスクというワードを軸に工学を幅広く学べたことです。2つともベクトルが違うだけで、広く経験し吸収したことで視野が広がり、今の仕事にも活かされているという意味では似ているかもしれません。また、業務に直結しなくとも、学生時代に経験

したことはこれからも生きてくると思うので、もっと挑戦しておけばよかったと感じています。個人的には、学生生活の中で海外経験を積めなかったことは特に後悔していません。国際学会や卒業旅行では行きましたが、長期間の経験を積めば、言語力はもちろん人間として大きく成長できていたと思います。海外経験に限らず何か迷っている方は、先生や両親とも相談しながら、ぜひ挑戦してみてください。

3. おわりに

本稿の執筆にあたり、研究室生活を振り返ると、やりがいにあふれ、書ききれない経験ができたのだと改めて実感しました。同時に自分ひとりではどうにもならなかったと再認識し、先生方・先輩方・研究室メンバーの皆様に感謝の気持ちがでてきました。

私はリスク工学専攻と研究室での生活を通して、広い知識を身に着けながら、様々な経験ができたと思います。今後社会人として過ごす中で、この2年間で得た経験をベースに、より広く、深く工学を学びながら社会に大きく貢献していきたいと思います。

末筆ながらリスク工学専攻の益々のご発展を心より祈願しております。

社会人からの博士課程進学

長谷川 大 輔

1. はじめに

まず、平成30年度リスク工学専攻長賞の受賞にあたり、大学4年生の頃から博士の学位授与までご指導を頂いた鈴木勉先生ならびにリスク工学専攻の先生方に心より深謝の意を表す。私は修士卒業後、4年間自治体・民間会社向けSIerでのシステム開発業務を経験した後、退職して3年間博士課程を過ごした。卒業した現在は民間企業の研究開発職に就いている。本稿ではそんな私が博士課程に進学したきっかけと在学中の生活、博士論文の執筆と卒業後の進路について記したいと思う。なお、修士課程の生活や進学の意義については、他の寄稿や平成25年度紀要にある私の執筆などをご参照いただけると幸いである。

2. 進学に至るまで

私は修士課程において、人口や施設の分布といった地域の特徴に合わせた、公共交通サービスの適正化について研究していた。社会人として企業で働く中、地方部において、地域の足であるバス・鉄道の廃線、タクシー業者の廃業によって引き起こされる交通不全が全国で顕在化していった。その社会課題の解決に対し、自身の研究を深化させることによってわずかばかりでも貢献できるのではないかという思いが生まれたことが博士課程への進学を意識したきっかけである。さらに、研究に打ち込むという経験と博士号の取得によって、問題発見から解決の道筋立てと関連知識の習得、分析スキル向上などの自分のキャリアを広げることに繋がることも考えた。

進学にあたって、社会人ドクターとして企業に籍を置きながら博士号の取得を目指すのも手であったが、研究する時間の確保、モチベーションの維持が難しいことが懸念されたため、私は日本学術振興会特別研究員、通称学振DCを取得した上で課程博士となることを選択した。

これには多くのメリットがあり、まず博士課程で必要となる研究費・生活費の不安なく研究に打ち込める点、次に博士号を取得するために必要な研究の独自性・新規性と、研究の実施計画をたてて、博士論文を体系的に整理できる点、そして学振の申請書は将来アカデミックポストに向けた、研究計画を立てる上でのトレーニングとなることがあげられる。修士課程からそのまま進学する人は基本的にチャレンジする学振だが、博士課程に進学する方が少なくなった現状では採択の倍率も低くなっている。社会人から博士号取得を目指す人にとっても、申請書を作成するだけでもメリットが大きく、学振以外の奨学金・研究資金などの外部資金獲得においても同様なものを作成する必要がある。以上のことから学振の申請書の作成は是非チャレンジすべきである。

3. 在学中の生活

普段の生活については、自身の研究だけでなく研究室で持つ様々な研究プロジェクトに関わったことや、自身の研究に関係のある自治体の会議に参加するために出張が多かったこと、いくつかの授業のTAを担当していたことで、自身の研究の時間を確保するにはある程度のマネジメントが求められた。こう

した中無事に修了できたのは研究室や専攻の仲間いろいろな場面で助けていただいたおかげである。また、周囲に博士課程の学生も多かったことから研究内容の相談ができたこと、リスク工学専攻で年2回行われる達成度評価委員会を経て、成果が体系的に整理されていたのも大きい。これらは自身の研究に対する視野が広めることに繋がったことや、教育指導の機会を得たことを考えると、社会人ドクターを選んでいては経験できない貴重なものであった。

4. 博士論文の作成

博士論文が受理され、卒業に至るまでに必要となるのは論文の掲載数なのとは言うまでもない。卒業要件となる論文の掲載数は専攻HPを参照していただきたいが、多くの博士号取得者はそれより多くの論文掲載数となっている。社会人ドクターの方はすでに研究実績がある方もいらっしゃるが、博論の主要な章ごとに1つ以上の査読論文があることが通常であると思われる。

また、博士論文の内容は各章の位置づけを明確にし、全体としてのまとまりを持たせる必要がある。この点については審査時に主査・副査の教員からもチェックが入る項目であろう。（私が聴講した博士論文の審査会では必ずと言ってよいほどこの指摘があった）限られた時間の中で研究を進めるにあたり、入学前に博論全体が体系的に示されている研究計画を立てることの重要性がわかるであろう。

5. 卒業後の進路について

博士号を取得した後の進路であるが、修士からストレートで進学している方は基本的に大学・研究機関のアカデミックポストや民間の研究部門を目指すと思うが、近年では民間企業における研究職、もしくは技術職での博士採用も増加してきている。また、社会人を

経験している場合は、専門性の高さ、分析能力の高さが民間企業に評価されるケースは多い。私自身も縁があって民間企業にてタクシーの配車アプリより得られた車両情報を用いた、AIを使ったタクシーの走行ルート効率化や、自動運転バスなどの新しい交通サービスを支えるアルゴリズム構築の開発業務に就いている。業務においては交通・地理情報の専門的知識だけでなく、短いスパンでの仮説立てから解決までの流れの構築と、その論拠となる分析スキルが求められ、博士在学中に得たスキルを活かしている。同僚の方々も技術的な向上心が高く、研究活動では得られなかった知識を日々得られる点からも、博士号取得による自身のキャリアアップを実感している。

6. おわりに

本稿では、博士号取得を目指す社会人の方の視点から、進学の方法とその後の進路について述べた。

在職しながらの取得を目指すのが基本である一方で、機会損失は発生するものの、研究に専念するためには離職し課程博士となった上でキャリアアップを目指す選択を私は選んだ。それによって以前の業務では得ることの出来なかった体験を経て、自身のスキルを活かした業務に就くことができ、技術者だけでなく研究者のキャリアも開けたと考えている。これも周りの学生、先生だけでなく家族。友人など様々な方の支えあってこそであった。末筆ながら、リスク工学専攻の益々のご繁栄とご発展を祈っております。

研究生活を振り返って

北 島 慧

1. はじめに

まず、リスク工学専攻長賞の受賞にあたり、遠藤靖典教授、高安亮紀助教、イリチュ美佳教授には長年にわたり丁寧な指導を頂いたこと、この場を借りて御礼を申し上げます。

このような貴重な機会を頂いたので、今専攻に所属されている方および進学を考えている方に向けて、私が大学院生活で学んだことについて簡単に述べさせていただきます。

2. リスク工学について

「リスク工学って何ですか？」

これは何度も就活で聞かれ、答えに詰まった質問でした。就活をしていた当時はこの質問および専攻と研究との関連性についてもあまり納得がいく答えができなかったことを覚えています。

大学院を終了した今、この質問に答えるならばリスク工学とは、不確実性を制御しようとする学問だと答えます。不確実な物事に対して、完璧に予測・計測を行った上で制御するのでなく、柔軟に対応し、ある程度リスクを制御しようとする学問がリスク工学だと思っています。リスク工学を通じて想定外の事柄に対してどのように処理するかを学びました。

3. リスク工学専攻で良かったこと、悪かったこと

リスク工学専攻でよかったことは専攻の先生方との距離が近いことだと思います。

少人数の授業が多く、密度が濃い指導を受けられること、懇親会等で直接専攻について

意見する場がある、など先生方と様々な意見交換ができます。

もし、専攻について不満がある場合には、そのような場で建設的な議論が行えます。自分が学ぶ環境をよりよいものにするために意見が言える、またその意見が適切であれば対応していただけるので非常によい環境だと思っています。

逆に、悪かった点として、専門分野が大きく違う人と深い議論をすることが難しいということが挙げられます。専攻演習等で他の人の発表を聞いていても研究の分野や使用する手法等が大きく違うため、議論を深めることができませんでした。自分が勉強不足であったということもあるのですが、全体として専門のギャップを埋めるような活動がもう少しあってもよいのではないかと思います。

4. 専攻で学んだこと

大学院生活の中で多くの学びがありました。その中で自分で目標を立て、それを評価することは社会人になった今、非常に重要なことだと感じています。

リスク工学専攻では目標を設定すること、それに向かって具体的な行動を起こし、一定期間で評価することを達成度評価で求められます。具体的に自分の目標や現状について考えることは普段あまりしていなかったので、達成度評価前は資料作成に非常に苦労しました。ただ、先生方のコメントなどの助けもあり、それぞれの項目についてありがたい姿を具体的にイメージできるようになってからは、少しずつ実際の行動に落とせるようになっていきました。自分で学ぶことが求められる社

会人になった今、達成度評価でこのような能力を鍛えることができたのは、非常によかったと思います。

5. 専攻長賞の受賞について

私が専攻長賞を頂くことができたのは、環境と運に恵まれたからです。丁寧に指導して下さる先生方・先輩方がいたこと、研究内容が自分にとって負担でなかったこと、研究をしていて予想していた結果も予想がつかなかった結果も得られたこと、これらは全て、環境と運に恵まれたといえます。結果として幸運にも業績をいくつか上げることができ、賞を頂くことができました。

私は運はどうしようもないが、環境はある程度選ぶことができるし、変えることができると考えています。研究の負担が大きいと感じた時は先生に相談してみる、行き詰った時に気軽に話を聞いてくれる友人を持つなど、よい環境を作るということを意識して大学院生活を送っていました。環境を整えて研究に臨めばよい結果が出て出なくてもよい大学院生活を送れるのではないのでしょうか。

6. おわりに

自分の大学院での生活は楽しく、学び多く、充実したものでした。時間を自由につかえたことで、多くのことを経験することができました。リスク工学専攻、ソフトウェア基礎グループという恵まれた環境が、研究や研究生生活を非常に支えてくれました。

専攻に在籍されている方やこれから進学を考えている方にとっても、リスク工学専攻がよい環境であってほしいと思います。リスク工学専攻の益々のご発展を心より祈願し、本稿の結びの言葉とさせていただきます。

[表彰者寄稿]

表彰のきっかけとなった研究について

佐藤 哲平

1. はじめに

まず平成30年度リスク工学専攻長（教育・社会貢献部門）の受賞にあたり、ご指導いただいた面和成准教授にこの場を借りて感謝の意を表す。

この度表彰者寄稿という貴重な機会を頂いたわけだが、自分はM1で受賞したため、本稿を執筆している現在はM2で、本原稿の提出締め切りが修士論文の締め切りのすぐ後でその後に学会発表も控えているため、あまり執筆に時間を割くことができない。よって本稿では受賞のきっかけになった、2018年に起こったCoinCheck社における暗号通貨流出事件に関する研究についてまとめるに留めることにする。

2. 事件について

2018年1月26日に仮想通貨取引所であるCoinCheckから当時のレートで数百億円分のNEMが流出した。CoinCheck社の発表[1]によれば、従業員の端末がマルウェアに感染し、その端末を踏み台にして通信を傍受されたことでNEMの秘密鍵が窃取され、その秘密鍵を使用して不正送金が行われたと想定されている。

この事件では不正送金された通貨が繰り返し送金され、大量のアカウントに拡散された。これを受けて、有志がモザイクと呼ばれるNEMの独自通貨を作成する機能を利用して、流出通貨を受け取ったアカウントの追跡を行った。

NEM.io財団は2018年3月22日に、3月18日から追跡用モザイクの無効化を開始したこ

とを発表[2]したが、その詳細については明らかにされていない。

3. モザイク

モザイクとはNEMのブロックチェーン上でユーザが独自の通貨を発行して、それをNEMのプラットフォーム上でやり取りすることができるNEMの機能である。

4. モザイクによる追跡

NEMを始めとする暗号通貨では中央集権的な機関が存在していないため、それが流出に関連する不正なものであったとしても、特定のアカウントの入出金を不可能にする、法定通貨における資産凍結のようなことはできない。しかし、犯人が実質的な利益を得るためにはその暗号通貨を法定通貨に交換する必要がある、その交換を阻止することで犯人の不当な利益を得ることを防ぐことができる。ある暗号通貨と、他の暗号通貨や法定通貨に交換するための機関が仮想通貨取引所であり、流出NEMを追跡する有志はNEMを扱う取引所に対して受け取ったNEMがCoinCheck社から流出したものであることを警告し、他の通貨と交換しないよう流出NEMが通ったアカウントに対して目印をつけて交換を阻止しようとした。この目印として使用されたのがモザイクである。

今回の事件で、取引所への警告のために発行されたとみられるモザイクは以下の2つで、有志はこれらのモザイクを拡散の過程で流出通貨を受け取ったアカウントに対して送付している。

• [mizunashi.coincheck_stolen_funds_do_](#)

```
not_accept_trades*owner_of_this_account_
is_hacker
```

- ts*warning_dont_accept_stolen_funds

取引所は取引をするアカウントが所有するモザイクを確認し、追跡用モザイクを所有していた場合取引を停止するという対策をとることができる。

5. 調査結果

本章では流出通貨と追跡用モザイクの調査の結果を簡単に示す。

流出通貨を受け取ったアカウント（汚染アカウント）の推移を図1に示す。流出NEMは1日あたり約700のアカウントを通して拡散していったことがわかる。



図1 累積汚染アカウント数の推移

モザイク付与率（汚染アカウントのどれだけの割合がモザイクを受け取っているか）の推移を図2に示す。モザイクは、汚染アカウントを逃すことなくすべてに送信されることが理想であるが、最終的には10%程度の付与率にとどまった。

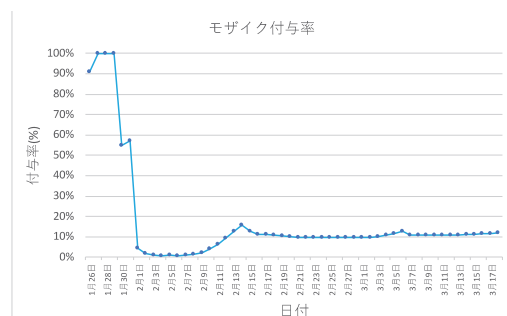


図2 モザイク付与率の推移

6. 追跡用モザイクの効果

本事例において、追跡のためのモザイクは2ヶ月程度で無効化されたが、それまでに取引所を介した大量の流出通貨の換金が明らかになっていないこと等から、この事例によりトークンを用いた流出通貨の追跡の一定の効果が実証されたものと考えられる。

7. おわりに

本稿ではリスク工学専攻長賞（教育・社会貢献部門）の受賞のきっかけとなった研究について簡単に紹介した。詳細に関しては我々の論文を参照してほしい [3]。

この事件は当時社会の関心が高く、我々の研究チームはこの研究に関して複数の新聞社とテレビ局の取材を受けた。これは狙った結果ではないが、結果的に社会に何らかの貢献ができたのであれば嬉しく思っている。

参考文献

- [1] 仮想通貨NEMの不正送金に関するご報告と対応について - コインチェック株式会社. <https://corporate.coincheck.com/2018/03/08/46.html> Accessed: 2020-1-12
- [2] Coincheck Hack Update: Removal of Mosaic Tagging System <https://medium.com/nemofficial/coincheck-hack-update-removal-of-mosaic-tagging-system-18b4157ff060> Accessed: 2020-1-12
- [3] 佐藤哲平, 今村光良, 面和成, “コインチェック事件における流出NEMの追跡に関する実態調査 (情報セキュリティ),” 電子情報通信学会技術研究報告=IEICE technical report: 信学技報, vol.118, no.30, pp.35-41, 2018.

[表彰者寄稿]

本質を見誤ってはいけない

内 田 大 樹

大学院で情報工学の研究をすれば、IT企業に就職して活躍できるだろうか。ならば世のプログラマーはみな情報工学を学んだことがあるのだろうか。それならば、企業の提供するプログラミングスクールにはなぜ一定の需要があり、ビジネスとして成立しているのだろうか。

大学院で研究発表を行うことによって、プレゼンのスキルが身につくだろうか。大学院を修了しなくとも口頭発表やスライドの作成が達者な者はいるし、大学院生の中にも発表が下手な者が数多く存在する。では論文を書くことで、日本語の長文を理路整然と述べるスキルが身につくだろうか。では英語のスキルはどうだろうか。

筆者はリスク工学専攻にて、自動車の自動運転や運転支援の仕組みに関する研究を行った。卒業後はIT企業にエンジニアとして就職し、モバイルゲームの開発を行っている。当然、大学院で学んだ知識が業務に活用されることはほとんど無い。筆者のコンピューターサイエンスに関する知識は情報工学分野で大学院を卒業した同期と比較すると乏しいものであるが、日々勉強することによってカバーしている。反対に、もし筆者が自動車メーカーに就職していれば、大学院生活で得た知識を活用する機会は豊富にあっただろう。

この話の重要な点は、体験的に得られる知識と本質的な物事の見方を切り離さなければならぬということである。

リスク工学専攻に所属する学生らの研究テーマは幅広く、都市防災を取り扱うものや、サイバーセキュリティを扱うもの、

ヒューマンインターフェースを扱うものなど、様々である。これが意味することは、研究テーマとして取り扱う「都市防災」「自動運転」などはあくまでもリスク工学の考え方をを用いる対象、すなわち、「何に対して行うか」ということであり、本質的にリスク工学専攻で学ぶべきことは「どういった考え方で行うか」ということである。

大学院で自身の研究テーマを設定し、研究活動という体験を積み重ねていけば、そのテーマに関する知識は次第に蓄積されていくことだろう。しかし、それが真の意味で、その研究に精通することにはならない。どのようなテーマに対しても、本質的に、目的を果たすための問題解決方法を考え、仮説検証を繰り返すことができなければ意味がない。なぜならば、社会に存在する、あなたが生きていく上で直面するであろうテーマは、1つだけではないのだから。その点において、人生の中で知識を得る作業に終わりは存在しない。常に、あらゆる事象に直面し、それに関する知識を獲得しながら、本質的な考え方を適用する。その繰り返しをする。その繰り返しの連続の中で、「大学院」という数年間で得た特定分野に関する知識が、果たしてどれほど大きなアドバンテージになるのだろうか。大学院では、研究成果を残すために必要な行動が何か考え、実行することが当然大切だが、それと同時に「自身の人生」というレイヤーでも何が必要かを考え、行動することを忘れてはいけない。人生設計において、大学院卒業後は研究者としての道に進むか一般企業に就職するかは人それぞれであるが、どちらにせよ本質を見誤ってはいけない。

[表彰者寄稿]

「学部生」と「院生」の決定的な違いとその違いによって得たもの

太田 洋平

1. はじめに

まず、リスク工学専攻優秀賞という素晴らしい賞を頂けて大変嬉しく思っております。それも研究のご指導を頂きました羽田野先生や気象研究所の関山様、最大限のサポートを頂きました先輩や同期の皆様のおかげだと思っております。この場を借りて感謝申し上げます。本寄稿では「学部生」と「院生」でどのように変わったのか私自身感じたことを述べるとともに、私の研究に対する姿勢、大学院生活、就職活動、二年間で得たものなどを紹介できたらと思っております。拙い文章ですが、最後まで読んでいただけると幸いです。（※1：研究内容についての記載は全くありませんので、気になる方は個人的に連絡の程よろしく願いいたします。）（※2：本寄稿で書いてあることは完全に個人的な意見ですので一意見として認識していただけると嬉しいです。）

2. 「学部生」と「院生」の違い

いきなり結論ですが、「学部生」と「院生」の決定的な違いは「考える力」だと思います。「学部」までは講師の授業を聞いて、テストを受けて、単位をとる。実験もテキストがあり、その通りに進めていだけ。荒い言い方をすると何も考えなくても卒業することができます。しかし、「大学院」に入ると、いきなり何を研究するのか考えなくてはなりません。その上で何を目的として、どのような手法を使うのかも全て自分で考えます。もちろん教授や先輩のサポートはありますが、院に入ってすぐの期間が一番きついです。しかし

考えないと卒業はできません。必然と研究に結びつくような話題を自ら探しに行きます。最初のころは毎日、歴代の先輩方の論文を読み、少しでも改善案がないか、粗探しみたいなことをしていました。そんなことをしながらテーマを見つけても、専門的な知識が全くないので研究は全然進みません。研究テーマのメインがデータ解析でしたが、プログラミングスキルもそこまでありません。しかし、その分野について詳しい人（私の場合は気象研究所の関山さん）のアポイントメントを自ら取りに行き、積極的に専門知識を身につけ、優秀な同期にプログラミングを教わることでなんとか結果が付いてきたみたいな感じでした。今思えば、助けられてばかりの私が優秀賞を頂けるなんてとてもツイていたと思います。

3. 「大学院生活」

大学院生活が楽しいかどうか。これは本当に環境次第だと思います。といっても環境が良くなるのかどうかは自分次第だと思います。私は同期とはとても仲が良く、同じ研究室のメンバーや隣の研究室のメンバーと切磋琢磨していました。論文の提出が近づくと、皆で朝まで研究に取り組んだり、一般的に辛いと思われることも仲間と一緒にだと良い思い出として残っています。このメンバーだからこそ優秀賞を頂けるまで研究に取り組み、充実した大学院生活を送れたと思っています。「一人にならない」ことが大学院生活の重要なキーワードだと思います。

4. 「院生」でやるべきこと

院生でやるべきことは研究のほかにもあります。それは「就職活動」です。正直、私は他の院生より就職活動を重要視していました。なぜなら人生の大半は社会人として過ごすからです。卒業してから後悔することのないように気になる職種のインターンには必ず参加し、実際の仕事内容や会社の雰囲気などを知り、この会社で私がどのように活躍できるのかを想像していました。就活する前は学部が工学システム学類ということもあり、某大手電機メーカーを希望していました。しかし実際にインターンに行ってみて、想像していたものと全く異なりました。社会人となった今、大学の同期で集まり、「思っていた会社と違う」「転職したい」という声を聞くと、やっぱりきちんと就職活動してよかったなと思います。

5. 身についた力

研究や就職活動を経験して身についた能力は「積極性」です。今、私は大学や院で専門にしていたこととは関係の少ないゼネコンの設計職で働いています。環境としては学部生から院生に変わった時と似ています。専門的な知識がないので全く仕事も進みません。しかし、仕事内容はやりがいがあるものばかりで、環境や人もとても良いです。加えて私には「積極性」があります。周囲の話に耳を傾け、貪欲に少しでも新しい知識を習得することを心掛け、何かできることがあれば自ら仕事をもらいに行きます。私はまだ社会人一年目で会社に利益をもたらしているとは言えません。しかし周囲の人には積極的な姿勢は評価していただいていると思います。「積極性」の他にも最初に述べた「考える力」、就職活動や研究発表で必要不可欠な「コミュニケーション能力」など様々な能力を二年間で身につけることができたと思います。

6. おわりに

一年目は報告書を書く機会が非常に多いのですが、私はよく文章を書く際に「業務の報告書として適切に文言を修正しなさい」「思っただけが先走ってしまい伝わりづらいので具体的に」「文章は簡潔に」など注意されることが度々あります。この寄稿を上司に読まれたら真っ赤になって返ってくるでしょう。しかし素晴らしい寄稿は他の優秀な同期が書いてくれると思います。私は当時考えていたこと、今感じていることをそのまま文章にしました。最後に伝えたいことは大学院での研究生生活でも、社会に出ても受動的にならないことが大切である！ということです。振り返ってみると、とても充実した楽しい大学院生活でした。皆様もどうか振り返った際に充実していたなと思えるような大学院生活を過ごせるように頑張ってください。

[表彰者寄稿]

リスク工学専攻で学んで良かったこと

舟 橋 聖 人

1. はじめに

まず、私を平成31年度リスク工学優秀賞に選出頂いたことを感謝致します。本賞を受賞できたことを非常に誇りに思います。受賞にあたり、リスク工学専攻在籍時に数々のご指導を頂きました岡島敬一教授、鈴木研悟助教に深く感謝申し上げます。また、研究活動では産業技術総合研究所、太陽光発電研究センター、システムチームの皆様にも大変お世話になりました。この場をお借りして感謝申し上げます。

私は2019年の4月から新社会人となりました。既に入社して1年弱（原稿執筆時は2020年1月上旬）の時を過ごしました。本稿では入社後に感じた、リスク工学専攻で私が学んで良かったことを書きたいと思います。

2. 学んで（やって）良かったこと

リスク工学専攻在籍時には様々なことを経験することが出来ました。今ではそれが大きな財産になっていると思います。「経験は財産である」とよく言われますが、最近この意味を理解しました。在籍生の皆様、これからリスク工学専攻（2020年以降はリスク・レジリエンス工学学位プログラム）に入学する皆様、在学中において研究はもちろんのこと、様々なことに挑戦して沢山のことを経験して欲しいと思います。

以下、私がリスク工学専攻在籍時にやって良かったことを紹介します。

✓ 研究

私の研究テーマは太陽光発電システムの故障診断でした。研究内容の詳細は紙面の都合

上省きます。修士1年次は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のプロジェクトとして太陽電池製造メーカー及び産総研と共同研究を行っていました。また、太陽光発電システム関連の認証機関に出張して数々の実験を行いました。

研究を通して身についたことはスケジュールを管理する能力です。研究生活では学会やゼミ・専攻演習の発表、グループ演習など様々な場面において期限があります。数々の期限を必死にこなしていったことで、見通しを立てることが上手くなったと思います。

また、私の研究に関わる方が指導教官の他にも沢山いたことが非常に良かったと感じています。時には容赦のない突っ込みにめげることもありましたが、色々なタイプの方への発表や議論を通して発表力・説明力・精神力が向上したと思います。

✓ 国際学会と英語の講義

修士2年時に国際学会で韓国に行きました。この学会は主にアジア圏からの参加者が多く、それぞれの地域特有の英語なまりが確認できたのが面白かったです。私は口頭発表を行い、十分に準備すれば英語でも発表できると分かったことが大きな経験です。おまけに、韓国のユッケは美味しい、韓国では本当に辛い物しか出てこないと分かったことも大きな経験です。

また、修士2年時にはMillar先生のライティングの講義を通年で受けていました。Millar先生の講義は使用言語が英語のみで、受講者の半数以上が外国籍の在学生でした。その為、講義中のディスカッションは非常に

ハードでした。英語はある程度出来ると思っていましたが、まだまだ勉強（特にスピーキング）が必要だと痛感しました。

今日のグローバル化の影響もあり、多くの日本企業の昇進条件等にTOEICの点数が含まれます。英語の勉強をしたくない人も多いとは思いますが、やって損することはありません。在学中は英語の勉強もすることをお勧めします。

✓ リスク工学の授業

リスク工学専攻では、自身の専門科目の他に沢山の関連科目の講義を受講することができます。リスク工学専攻の関連科目の受講によって自身の見識を深めることが出来たと思います。

特に、谷口先生の社会心理学の講義、鈴木研悟先生の経済学の講義が印象に残っています。これらの講義では、それぞれの分野の名書を輪読形式で学生が発表しました。先生方の選ぶ教材は非常にわかりやすく、社会心理学や経済学の基礎知識を得られました。（谷口先生の講義を受講しない方は「影響力の武器」という本を読むことを薦めます。この本は確か図書館で借りられます。余談ですが、図書館には沢山の名書がある為、面白そうな本を探して読んでおくべきでした。）

✓ 電験3種の勉強

研究室の同期や先輩が第三種電気主任技術者（以下、電験3種）試験を勉強していたこと、電気設計のエンジニアとして就職採用されたことから電験3種の勉強をしました。修士2年の就職活動が終わって（5月の始め頃）から勉強を進め、無事9月の試験に合格できました。

現在、私は電気・計装設備のエンジニアとして、上下水プラントの電気設計をしています。業務の上で、電験3種で学んだ知識が非常に役立っています。

✓ つくばマラソン

私は学部生3年次から卒業するまでの4年間つくばマラソンを走りました。マラソン友人との交流や体力維持の観点から走ってよかったと思います。研究室生活は運動不足になりがちです。運動不足の解消と気分転換の為に定期的な運動をおすすめします。ちなみに、私は新社会人になってからはゴルフを始めました。

3. おわりに

研究生活を振り返ると、筑波大学大学院、リスク工学専攻という環境は非常に恵まれていたと思います。研究活動では、何か分からないことがあった際にも指導教官や共同研究先の研究者、更には同期や後輩など幾らでも周りに頼れる方々がいました。また、講義や課外活動でも筑波大学にいて大抵のことは何でもできる環境がありました。しかし、私自身はまだまだやり残したことがあると感じています。私が在学時にやり残したことの1つは旅行に行くことです。私は旅行が割と好きですが、在学中はお金が無かったことを理由に旅行にあまり行きませんでした。海外旅行にもっと行っておけば良かったです。学生時代は借金をしてでもやりたいことをやった方が良くと思います。お金は将来の自分が返してくれます。時間は還りません。

最後に、しつこいですが「経験は財産」です。研究を中心に沢山のことを経験して実りのある学生生活を送って下さい。

末筆ながらリスク・レジリエンス工学学位プログラムの更なるご発展を心より祈っております。

[表彰者寄稿]

研究を通して学んだこと

濱 中 理紗子

1. はじめに

修士論文の作成にあたり、ご指導いただいた指導担当の梅本先生、研究のアドバイスをいただいた糸井川先生や都市防災研究室のみなさまに感謝申し上げます。優秀賞をいただき、このような寄稿を書かせていただけることを光栄に思います。本稿では、学生時代を振り返りながら、在学中に学んだことや、現在の仕事で役立っていることについて記述いたします。

2. 修士研究と現在

私は大学院の2年間、都市防災研究に所属し「リスクコミュニケーション」に関する研究を行っていました。研究の一環として防災カードゲーム「アレがない！どうする？」を開発し、千葉県流山市と埼玉県八潮市の自治体にご協力をいただき、自治会でこのゲームを用いたワークショップを実施しました。このようなワークショップの実施を通して、「防災行動に効果的なワークショップの要素」を明らかにすることを目的に研究を行っていました。卒業後は、ゼネコンの都市開発を行う部署から内定をいただき入社しました。現在は、1年間の大阪での研修制度の中で、作業所、設計部、見積部の3つの部署を4ヶ月ごとのローテーションをしています。私は、大学時代に建築について勉強をしたことがなかったため、苦勞の多い1年間でしたが、リスク工学専攻や都市防災研究で学んだことが役に立った場面がありました。

3. 学生時代の思い出

学生時代、一番の思い出は研究の一環で行った防災ワークショップです。ワークショップで実施する防災カードゲームの開発から始まり、ゲームのマテリアルの作成、企画書の作成、行政への営業活動、自治会との打ち合わせ、ワークショップの実施という流れ全てを行いました。梅本先生にご指導いただきながら、行政へプレゼンする材料の作成を行い、ご縁があり2つの自治会でワークショップを実施することが決まりました。

過去にはワークショップを用いた、防災行動に関する研究はいくつか行われていますが、ワークショップ終了後、当日にアンケートを行うことで、これから防災行動をしようかという防災行動意図の調査することに留まっており、実際の防災行動について実施の有無を確認しているものではありませんでした。そのため、私の研究では、ワークショップから2ヶ月経過後に実際に防災行動を行ったかどうかを郵送アンケートによって確認するというを試みました。しかし、個人情報の問題などがあるため、全ての参加者に配布することは難しい状況でしたが、自治会長に配布の協力をしていただいたことで、全ての参加者に追跡アンケートを送り、ワークショップ後の実際の防災行動実行有無についてパネルデータとして分析することができました。このことは、ワークショップ前に市役所の方や自治会長と何度も打ち合わせを行ったことなど密に連絡を取り合って準備段階から一緒に作り上げたことが、アンケート配布の際にいろいろと協力していただけた

ことにつながったと思いました。

ワークショップ全体を振り返ると、ワークショップの進行を務めた学生ファシリテーターも重要な役割を果たしていたと感じます。参加者に近い距離で寄り添い、親身に話を聞くことで、参加者の意見をまとめたり、バラティ豊かなさまざまな意見を引き出し、グループ内のディスカッションを円滑に進めることにつながったのではないのでしょうか。

以上のように、私は研究を通してコミュニケーションの大切さを改めて実感しました。

4. 今役に立っていること

私は、リスク工学専攻の授業の中で、「リスクコミュニケーション」や「都市リスク分析」といった都市リスクの分野が最も興味のある授業だったため、特に力を入れて取り組んでいました。

「リスクコミュニケーション」の授業では、心理学的な視点から、人に行動してもらうためにはどのような呼びかけや工夫をすることが効果的であるかということについて勉強しました。そこで学んだことが社会人になって、作業所勤務のローテーションで、職人さんとコミュニケーションを図る際に役に立ちました。

作業所では新入社員業務の一つに、場内清掃があります。現場の中には、注意喚起を示したり通路の誘導を表示したりするさまざまな看板やポスターが掲示されているのですが、それらのポスターを撤去した後、ポスターが散らかっていたため、整理整頓を呼びかけるポスターを作成しました。その時に、「ポスターを片付けてください。」という直接的な内容ではなく、実際に私たち新入社員が片付けている様子の写真を撮り、それをポスターに載せて吹き出しで「私たちが頑張っけて片付けました。いつもきれいに整理整頓してくださいありがとうございます。」という表

示にしました。そのことで職人さん一人一人が、きちんと整頓をしてくれるようになったことや、職人さんから話しかけてもらうようになり、コミュニケーションのきっかけになりました。

5. おわりに

研究生活を振り返ると、安全なまちづくりをフィールドで、人と接しながら作り上げていく研究はとても意義深く、やりがいもありました。都市防災は自然現象と人間の特徴を考慮しなければならない非常に難しいテーマであると思います。私の場合、大学院の2年間を通して感じたコミュニケーションの重要性について、現在は研修を受けている身ですが、仕事をする上でも役に立つことがありました。来年から本配属でどの部署になるかはわかりませんが、弊社が作る生活空間が安全で快適なものになるよう取り組んでいきたいと思っています。

リスク工学専攻の授業は、自分の専門以外の分野についても学ぶことができる環境であります。例えば、専攻演習では自分が学んでいる分野とは異なる分野の方と一つのテーマを決めて研究をするグループワークがありますが、そういった仲間と積極的にコミュニケーションをとり、お互いの研究や専門分野を共有することは、自分の知識の幅を広げるチャンスだと思います。

最後に、筑波大学はさまざまな学部分野がある総合大学であるため、専攻にとどまらず、自分の興味関心を持ったことがあればなんでも学べる環境にあるので、自分の可能性の幅を広げるためにも、何事にも恐れずチャレンジしてみてください。

[表彰者寄稿]

研究室生活を振り返って

金澤 佑哉

1. はじめに

この度、リスク工学専攻優秀賞に選出していただき大変光栄に思います。指導教員である遠藤靖典教授はじめリスク工学専攻の諸先生方、ソフトコンピューティング基礎グループの皆様、公益財団法人鉄道総合技術研究所中澤伸一氏、土方大輔氏、小田急電鉄株式会社野中俊昭氏のお陰で、このような名誉ある賞を頂くことができました。この場を借りて心より感謝申し上げます。

2. 授業について

リスク工学専攻で過ごした2年間で授業について今思い出すことは、グループ演習と専攻演習です。

グループ演習では、自分とは違う研究室のバックグラウンドが全く違うメンバーとグループを組み、テーマを決めて発表まで行いました。自分が経験したことがない分野について触れるのは骨が折れますが、よい経験になりました。就職してから、社内の全く違う仕事をしているメンバーと共同作業を行うときにこのときの経験が役に立っています。

専攻演習では、年間を通して専攻内全員の発表を聞き、自分も発表をします。他研究室の研究を聞いてもさっぱりわからないこともあります。あまり自分の専門外の研究の話聞くこともないので、よい時間だったと思います。個人的には自分が発表した後の質疑応答の時間が本当に嫌で苛立ってしまうこともありましたが、バックグラウンドなしの人に説明することがプレゼンテーション・コミュニケーション能力を培うよい練習の場で

あったと感じています。

3. 生活について

リスク工学に限らず、学部生時代に比べると授業の数が圧倒的に少ないです。よって、自由にできる時間がたくさんありました。私はこの時間の多くを、自分が好きなことに使いました。何もすることがない日は冷房暖房完備の研究室にとりあえずいき、研究室のメンバーとしゃべり、気が向いたら研究などに触れ、ごはんに行き、さらに自分の趣味に没頭するなどして過ごしていました。今だから思うのは、思いっきり自由に過ごしておいてよかったということです。毎日研究室でずっと研究をすることが悪いことだとは思いませんが、卒業後に大学院生活のような自由な生活をすることは一般的に難しいので、自分で有意義な時間の使い方をしたと思えるように過ごすことが大切なのだと感じます。私はとても楽しい2年間でしたので、学生時代に今も戻りたいくらいです。

4. 研究について

生活について、私は自由に過ごしたと述べましたが、研究をしなければ卒業することができません。私は遠藤研究室に所属していて、公益財団法人鉄道総合技術研究所の委託研究ということで研究を行っていました。テーマが決まってからは、卒業するまで月に一回鉄道総研の方々とのミーティングが設けられていました。遠藤先生の方針として、進捗がなくても必ず資料は用意するということがだったので、ミーティング前日に何か差分出さなきゃとプログラムをいじってお茶を濁す

だけの時も多くありましたが、毎月少しずつ研究を行っていました。そのおかげか、B4のときは自分でもさっぱりわからなかった自分のテーマへの理解が進み、少しずつ進捗が生まれました。

集中力が1時間と持たず、研究のモチベーションが出せない自分としては、そういった環境で、毎月少しは研究に触れなければならない環境がよかったのだと今は感じています。むしろラッキーだったのではないかと感じています。さらにラッキーだったことは、毎月学外の方とミーティングをすることで、説明する力がついていったこと、萎縮せずに自分の意見をいうことができるようになったことでした。B4の頃はプレゼンテーションがものすごくいやだったのが、卒業するころには特に何も感じることなくできるようになりました。就職活動・就職してからの業務を通して、成長できてよかったと感じています。

5. 今後入学を考えている方へ

リスク工学専攻では、達成度評価、グループ演習、専攻演習、各授業のレポート、自身の研究とほかの専攻に比べるとやらなければならないことが多い気がします。しかし、研究室の先輩、先生方を頼り、うまくやれば、そこまでの時間をかけずとも何とかできます。うまくやって自分が頑張りたいことを中心に頑張ればよいと思います。

時間はたくさんあるので有意義な時間にできることを願っています。

6. おわりに

拙い文章ですが大学院時代の生活について書いてきました。私がリスク工学専攻で過ごした2年間は楽しく、いつの間にか成長できて、とてもよい時間だったと胸を張って言えます。本当に戻れるならば戻りたいくらいです。そのような専攻・研究室であったと本稿

を通して少しでも知っていただければ幸いです。

最後に、リスク工学専攻優秀賞に選出していただけたのは、環境による幸運だったと感じています。冒頭でも申し上げましたが、本校の掲載に至るまで、遠藤靖典教授をはじめ、様々な方々にご支援をいただきました。再度、深く感謝申し上げます。

[表彰者寄稿]

大学院生活を振り返って

齋藤 貴史

1. はじめに

社会工学類時代から御指導をいただきました、指導教員の糸井川先生、同じく都市防災研究室の梅本先生に心より感謝申し上げます。また、所属しておりました都市リスク分野をはじめ、授業・実習でお世話になりました教員の皆様にもこの場をお借りして御礼申し上げます。

この度、専攻優秀賞の受賞者として、このような執筆の場を設けていただきましたことを深く感謝いたします。本寄稿では、リスク工学専攻・博士前期課程の2年間と、私自身の研究生活を振り返ります。

2. リスク工学専攻での2年間

私がリスク工学専攻を選んだ理由は、都市リスク以外の分野も、幅広く学ぶことができるからであります。理工学群社会工学類時代、私は都市計画を学んできました。これまでに学んだ都市計画の分野以外にも環境やトータルリスク、サイバーと幅広く学び、自分自身の視野を広げることができる専攻であると強く感じ、リスク工学専攻への進学を決めました。

入学後、他分野の授業を受けることに対し、私は若干抵抗感がありました。なぜならば、初めて学ぶため、授業についていくことができるのか、と不安だったためです。授業が始まった後も、初めのうちは全く分からず、理解するのもやっとという状況でした。しかしながら、講義を聞くにつれ、学びだけではなく、「自分自身の研究で使えるところはないか」、「私たちの生活にどうかかわるの

か」と意識しながら取り組むことができました。このため、今となっては他分野の講義を受けてよかったと感じております。

また、授業以外でも、リスク工学研究会(RERM)において、専攻の教員だけではなく、他大学の教員らによる話を聴講する機会があります。普段の講義では聞くことができない、非常に興味深い話を聞くことができた点も、リスク工学専攻に進学してよかったと思っています。

3. 研究生活

私が地域防災をフィールドに研究をしたいと思うきっかけとなったのは、2011年の東日本大震災です。私自身も被災し、停電でラジオ以外から情報を入手できず、不安な時間を過ごしたことは今でも覚えております。停電が復旧し、テレビのニュースを見たところ、迫りくる巨大な津波、流される建物、がれきに覆われた街の姿等、これまでに見たことがない映像に、私は言葉が出ませんでした。震災から数日後、このような大災害は記録に残すべきだと考え、私は大震災関連の新聞記事のスクラップ始めました(震災から9年近く経った現在も、幅広く災害に関する記事のスクラップを続けております)。

はじめのうちは、漠然とスクラップを続けておりました。スクラップを続けるうちに、「私は防災に興味があるのではないか」、「地域防災を研究し、人の命を助けるために貢献したい」と思い、社会工学類に入学しました。

次に、研究室生活を振り返ります。社会工学類4年次からリスク工学専攻修士2年までの3年間、都市防災研究室に所属しました。

学類4年次の卒業研究は、内閣府の地区防災計画のモデル地区の活動報告書のレビューと自治体の防災担当の職員を対象にインタビューを行い、地区防災計画策定の行為が、策定の前後も含め地域コミュニティの防災力に与えた成果・課題を明らかにすることを目的に研究を行いました。修士では、地区防災計画を策定した自治会の役員と住民対象のアンケート調査し、自治会の防災対策の現状を明らかにすること、災害対応活動の構成要素に基づき、災害時の自治会活動のパフォーマンスを構造的・定量的に評価すること等を行いました。

研究は初めてのこともあり、何をすればよいのか全くわからず、苦しんだこともありました。その中でも、指導教員や研究室の先輩方からのアドバイスのおかげで、研究に取り組むことができました。

3年間の研究活動が続ける中で、私は、自分なりの問題意識を持つことが重要であると痛感しました。研究を始めた最初のうちは、研究活動によって自分自身に得られるものはあまりないのではないかと考えていました。しかし、研究を進めるうちに、単純でも構わないから、自分自身で疑問をもつことが、研究活動につながるということに気付くことができました。

また、学会や授業、ゼミだけではなく、リスク工学専攻では、リスク工学専攻特別演習Ⅰ、Ⅱで、教員や都市リスク分野以外の学生に向け、自分自身の研究内容を発表する機会があります。この演習では、研究を知らない人、初めて聞く人に対し、分かりやすく説明する必要があります。わかりやすい説明、一目で伝わるようなスライドの作成といった、「伝える技術」を習得できたことも、研究活動を通じて得ることのできた副産物であると強く感じております。

4. おわりに

今回の執筆を通じ、私は指導教員である糸井川先生、都市防災研究室の梅本先生、授業等でお世話になったすべての先生方、さらには研究室のメンバーのおかげで今があると改めて強く感じました。繰り返しになりますが、御礼申し上げます。

大きく言える立場ではございませんが、最後に、私から伝えたいことがあります。それは、「何気ないことの積み重ねが、最後は大きな成果となる」。初めのうちは漠然とした不安があったとしても、諦めず続けることによって、学びだけではなく、学び以上の気づきを得られます。リスク工学専攻での生活、さらには研究活動を通じて得られたものは、今となってはかけがえのないものとなったと強く実感しております。研究や勉学に励む学生の皆様、今は不安かもしれませんが、諦めずに取り組み、代えがたい“何か”を得てほしいと思います。

最後になりますが、リスク工学専攻のますますの御発展を心より祈念いたします。

研究会・講演会

[研究会・講演会]

TSUKUBA CONFERENCE (筑波会議) 2019

白 田 裕一郎

1. はじめに

2019年10月2～4日、つくば国際会議場にてTSUKUBA CONFERENCE (筑波会議) 2019が開催された。レジリエンス研究教育推進コンソーシアムでは、サブセッション「レジリエンス社会の実現に向けた防災・ヒューマンファクター・サイバーレジリエンス」(オーガナイザー: 白田裕一郎・松原悠, 参加者46名) を開催した。

2. サブセッション趣旨

近年の社会情勢の不安定化により、従来のリスクマネジメントの考え方・方法論では対応できない不測の事態が数多く発生し、リスクマネジメントを超える新たな概念が希求されるようになってきている。そのような状況を背景として、「不測の事態や状況の変化に柔軟に対応し、求められる機能を維持提供し続け、回復する能力」であるレジリエンスが、リスクに代わる新たな概念として注目されている。これらに対応するため、2017年12月26日、企業、研究機関、大学の協働により、レジリエンス研究教育推進コンソーシアムが発足した。

本サブセッションでは、同コンソーシアム参画機関である筑波大学、防災科学技術研究所、セコム株式会社、国家災害防救科技中心(台湾)の協働により、レジリエンス社会の実現に向けた防災およびサイバーレジリエンスの取組・在り方について多角的に検討する。

3. サブセッション実施報告

サブセッションは、遠藤靖典専攻長による開会挨拶に始まり、筆者による趣旨説明を経て、3人のスピーカーによる研究発表が行われた。

一人目のスピーカーは、防災科学技術研究所のChi-Wen Chen氏で、発表タイトルは“Mass Movement Warning System in Taiwan Using Soil Water Index”であった。Soil Water Indexという指標を使った台湾のMass Movement警告システム、数学的モデリング、解析結果について報告がなされた。



写真1 Dr. Chi-Wen Chen

二人目のスピーカーは、筑波大学のHusam Muslim氏で、発表タイトルは“Human Factors Solutions For Improving Human Interaction with Automation”であった。人的要因の欠陥を予測できるシステムの構築、システムが人間に要求するさまざまな行動が人間の能力の限界を超えないかどうかの評価について報告がなされた。



写真2 Mr. Husam Muslim

三人目のスピーカーは、セコムの島岡政基氏で、発表タイトルは“Cybersecurity toward Resilient Social Infrastructure”であった。レジリエンスの意味、サイバースペースにおける不確実性、セキュリティと安全性の違いについての報告がなされた。



写真3 Dr. Masaki Shimaoka

その後、全体ディスカッションが行われ、積極的な発言により、次の事項を共有することができた。

- ・各分野におけるレジリエンスにまつわる状況は大きく異なる。
- ・多様なメンバーが属するシステムでは、変化は急激であり、前提条件も劇的に変化することが実際に生じている。レジリエンス社会の実現は困難であるが、緊急な課題となっている。



写真4 Discussion

4. おわりに

「レジリエンス」という同一の目的を持つ異なる分野の者同士が、互いの共通点、相違点を探るという取り組みは非常に有意義であった。このような「分野横断型」の研究交流・協議の場を今後も設定し、レジリエンス社会の実現に向けて積極的な活動を進めていきたい。



写真5 登壇者・出席者による集合写真

[研究会・講演会]

Joint Seminar 減災・レジリエンス研究教育推進コンソーシアム 共同シンポジウム

古川 宏

1. はじめに

レジリエンス研究教育推進コンソーシアム(13の企業・研究機関・大学が参加)は、レジリエンス分野における世界の知の拠点と教育の中核となる活動の推進を目的としている[1]。その活動の一つがシンポジウムの開催であり、本年度はJoint Seminar 減災との共同シンポジウムとして、2019年10月25日(金)に、関西大学 梅田キャンパス KANDAI MeRISEにおいて開催した。Joint Seminar 減災は防災に関する研究会であり、災害対応研究会と関西大学社会安全研究センターとの共催によって発足され、阪神・淡路大震災の直後から活動されている(詳しくは[2]を参照)。

今回は、レジリエンスに関する人材育成に注目し、テーマを「『想定外』を想定できるこれからの人材育成とは—教員・学生・企業の視点から—」とした。19の学会・団体・企業に後援をいただいた。参加者は一般24名を含む75名にのぼり(図1)、本テーマに対する広い分野の方からの関心の高さを示している。



図1 参加者集合写真

2. 第1部 講演と話題提供

レジリエンス研究教育推進コンソーシアム会長の林春男氏(防災科学技術研究所)による開会挨拶の後、講演1本、話題提供4本からなる第1部を実施した。

1) 講演:「筑波大学におけるレジリエンス人材育成」と題し、筑波大学システム情報系教授の岡島敬一氏より講演をいただいた。学生に“なぜヒューマンエラーが発生するのか”という点を掘り下げてもらうため、「失敗まんだら」による事故発生の体系化と、これを用いた複数の授業における具体的取組について紹介をいただいた。過去の事故の知識を学ぶことにより、未経験の事故を想像できる創造性の涵養を目指されている。

2) 話題提供1:「DRIジャパンにおけるレジリエンス人材育成」と題し、DRIジャパンの理事長である長瀬貫隆氏よりご講演をいただいた。経営・危機管理の観点から、想定外の中でサバイバルするためには、新しい環境に対応する戦略を有すること、具体的には事業継続計画(BCP)、事業継続マネジメント(BCM)、そして経営の変革(innovation)を持つことが必要とのことである。

3) 話題提供2:「日本電気におけるレジリエンス人材育成」と題し、日本電気株式会社セキュリティ研究所所長である谷幹也氏よりご講演をいただいた。日本電気で実施されている、想定外のサイバーセキュリティ攻撃を対象とした総合演習について紹介があった。各部門の対応や、各部門間の連携の確認とともに、

「最悪の事態」に備えた経営トップによる記者会見の模擬体験も含まれている。また、従業員の危機感を醸成するための抜き打ちでの攻撃メール訓練などについても紹介があった。

4) 話題提供3:「関西大学におけるレジリエンス人材育成」と題し、関西大学社会安全学部教授である永松伸吾氏よりご講演をいただいた。防災や安心・安全に特化した学部である社会安全学部について、具体的には、安全・防災・減災という問題に関して分野横断型の教育・研究を行っていく必要があるとのコンセプトやカリキュラムについて、特に特徴的な実践的科目であるクライシスマネジメント、合意形成、危機管理計画立案、危機管理本文運営についての紹介があった。

5) 話題提供4:「社会人学生からみたレジリエンス人材育成」と題し、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博士前期課程在学の木下仁視氏よりご講演をいただいた。火災出場の経験から考える想定内と想定外、防災訓練の現場から得た志、そして社会人学生という選択について、東京消防庁に籍を置かれている木下氏だからこそその貴重な内容であった。学生生活において得られる知識・能力の中でも、知識の修得と伝達、問題意識の形成は、特に社会に還元できると期待しているとのことである。

3. 第2部 パネルディスカッション

休憩の後、セコム株式会社 IS 研究所リスクマネージメントグループリーダーの甘利康文氏をモデレーターとしてお迎えし、本シンポジウムのテーマである「『想定外』を想定できるこれからの人材育成とは」と題し、パネルディスカッションが行われた。パネラーとして、第1部で講演された岡島氏、長瀬氏、谷氏、永松氏が登壇された。第1部の各ご講演に対する会場からの応答として、ご意見・ご感想ペーパーによって聴講者からの意見・感想が集約されたもの、さらに会場からの新

たな質問などを中心として、短時間ながらも密度の濃いディスカッションの場となった。

最後に、筑波大学システム情報系教授で、リスク工学専攻長である遠藤靖典氏より、閉会の挨拶をいただいた。



図2 パネルディスカッションの様子

4. おわりに

筆者は、コンソーシアム参画機関の一員として総合司会を担ったことから、当日の様子を紹介させていただいた。

アンケート集計結果によると、78%の方が本シンポジウムに満足したという結果が得られた。人材育成というテーマ設定についても高い評価があり、次回のシンポジウムでも人材育成を扱ってほしいと、さらに各々の講演についてもっと深掘した詳しい内容を聞きたいとの声もあった。人材育成が関心度の高いテーマであることを改めて確認することができたことに加え、関西地区においてレジリエンス研究教育推進コンソーシアムの活動を広めることができたことも、本シンポジウムの成果となった。

参考文献

- [1] レジリエンス研究教育推進コンソーシアム Web ページ, 閲覧日 2020-01-20, <https://r2ec.jp/>.
- [2] Joint Seminar 減災 Web ページ, 閲覧日 2020-01-20, <https://js-gensai.jp/>.

新任挨搵

[新任挨拶]

着任のご挨拶

木 下 陽 平

1. はじめに

2019年4月1日よりリスク工学専攻に着任しました助教の木下陽平と申します。この場をお借りして私自身の簡単な経歴と研究内容、今後の抱負についてご紹介いたします。

2. 略歴

実のところ大学卒業時点において、私は大学教員を含め研究者になるつもりはありませんでした。私は最終的には学部・大学院と北海道大学理学部（理学院）の地球物理学という分野で学位・博士号を取得しましたが、元々は大学卒業後は高校生の時から考えていた気象予報士として仕事がしたいと思っていました（気象予報士の資格は4年生の秋に取得できました）。ただ、資格取得時点で就職活動を始めたところで新年度の就職には到底間に合いませんので、学生期間の延長のつもりで大学院へ進学しました。まさかこれが私の人生のターニングポイントになるとは当時は想像もしていませんでした。学部4年生の卒業研究で、今の自分の武器である合成開口レーダー（SAR）というものに出会い、さらに修士課程では「SARを気象学に応用することは原理的には可能だが、まだ研究はほとんどされていない」ということを知り、「いつの日にかSARを天気予報の精度向上に役立てることができる、そしてそれを自分の手で実現できるかもしれない」と思い、この時点で気象予報士の道から変更して研究者の道に入りました。SARと気象学という（狭いですが）分野横断的な研究テーマで博士号を取得後は、東京大学工学部の水文学系研究室で2年間ポス

ドク、（一財）リモート・センシング技術センターで2年間研究員を経験し、今年度より筑波大学リスク工学専攻に着任したという次第です。なので私本来の専門分野は地球物理学（特に測地学・気象学）になりますが、この他にも結果的に水文学・土木工学・リモートセンシング等の研究分野や民間企業の勤務経験など多様な経験をしており、今後の研究を進めていく上で大きな糧となっています。

3. 今後の研究・教育についての抱負

私は基本的な研究スタンスを「(科学的に・世界的に見ても)面白いことをする」としてしています。「科学的に面白いこと」というのは言うは易しで行うは難しですが、この原則は常に心に持ち続けていきたいと思っています。具体的な研究内容は、気象学的応用も含めてSARの新しい利用可能性を模索していきたいと考えています。そのために自分自身の専門分野に縛られることなく、広く知識を吸収し貪欲に研究を進め、価値ある論文を1本でも多く公表していきたいと考えています。

教育においても授業・研究指導を通じて「学問は面白い」ということを学生に伝えていきたいと考えています。また私が考えるもう一点重要なこととして、「何を研究しようが真摯に取り組めば社会人として必要な素養は必ず身に付く」とも是非知ってもらいたいと思っています。当然ながら専門知識は分野に依存しますが、その基礎はあくまで「読み書きそろばん」とあると信じています。学生には就職・進学などの進路に囚われず、一人の人間として大きく成長して社会に出て行って欲しいと思っています。

[新任挨拶]

着任のご挨拶

齊 藤 裕 一

1. はじめに

2019年4月にリスク工学専攻の助教に着任しました齊藤裕一です。2015年の3月に、筑波大学のリスク工学専攻で、博士（工学）の学位を取得しております。研究の専門分野は、人間機械系、またヒューマンファクターです。とくに、交通移動体などの高リスク環境において生じうるリスクの解析、自動化におけるヒューマンマシンシステムの諸問題の解決、高安全・高信頼のためのシステム安全制御の設計等の研究を行っています。

2. ヒューマンファクター学

ヒューマンファクターの言葉を使用するとき、度々、混乱を招きます。これは、複数の意味を持つからです。(1) 事故原因のうち人間が関わる要因、(2) 人また機械などで構成されるシステムが、安全かつ効率よく目的を達成するために考慮しなければならない人間側の要因¹⁾、(3) 人の優れた特性を活かしつつ、負の面を適切に補うことにより、人を含めた系の安全性、信頼性、ならびに効率向上をめざす学問領域²⁾です。米国では、複数形でヒューマンファクターズと呼びます。これは、人間工学に加えて、認知工学、組織論、社会学、安全学等の分野と関連するより広い分野の複合領域であると捉えているためです²⁾。AI技術、また知能機械の高自律化等、高度技術の進展は著しく、社会の変化、また高度技術の進展に伴う未知の問題解決のうえでは、「ヒューマンファクターの諸問題」を工学的に解決できる人材を育てることが期待されます。ここで、ヒューマンファクター学は、

「人また機械等で構成されるシステムが、安全かつ効率よく目的を達成するために必要とされる人間の能力、限界、特性等に関する知識、また手法等の実践的学問」を指します。

3. 教育・研究の抱負

私は、リスク工学専攻の教職員との連携を取りながら、近い将来の現実問題の解決を見据えたヒューマンファクター学に関する総合的な教育を行っていかうと思います。ヒューマンファクター学の体系は、広範にわたり、既存の知見等が解決したい領域に適用できるとは限りません。その領域に応じた知見の獲得や手法の構築が要求されることから、ヒューマンファクター学の修得には、課題解決の経験蓄積が重要です。これに対して、(1) 産学の連携を通じて（例えば、レジリエンス研究教育推進コンソーシアム）、相互の課題認識等を共有し、(2) 未知の問題に対処する、または挑戦する機会を提供し、(3) 課題解決の成功・失敗経験の蓄積の支援を図りたいと思います。研究では、人と機械の特性の相互理解に基づくべき形態を具体化し、人と機械の共生を図るための理論体系の学術的進展を目指します。どうぞよろしく願いいたします。

参考文献

- [1] 河野龍太郎, 医療安全へのヒューマンファクターズアプローチ—人間中心の医療システムの構築に向けて, 日本規格協会 (2010)
- [2] 古田一雄, ヒューマンファクター10の原則, 日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会 (1999)

所属教員研究業績一覧

● トータルリスクマネジメント分野

伊藤 誠	佐藤(イリチュ)美佳
遠藤 靖典	古川 宏
三崎 広海	齊藤 裕一

● サイバーリスク分野

面 和成	片岸 一起
西出 隆志	

● 都市リスク分野

糸井川栄一	鈴木 勉
谷口 綾子	梅本 通孝
木下 陽平	

● 環境・エネルギーリスク分野

岡島 敬一	羽田野祐子
鈴木 研悟	高安 亮紀

氏 名：伊藤 誠 (ITOH, Makoto)

専門分野：認知システム安全工学

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 情報学群情報科学類, エンパワーメント情報学プログラム

学 歴：

1993年 3月 筑波大学第三学群情報学類 卒業

1996年 3月 筑波大学大学院工学研究科 退学

取得学位：

1999年 3月 博士（工学）（筑波大学）

主要経歴：

1996年 4月 筑波大学助手 電子・情報工学系, 先端学際領域研究センター勤務

1998年10月 電気通信大学助手大学院情報システム学研究科

2002年 4月 筑波大学講師 電子・情報工学系

2008年 8月 筑波大学大学院システム情報工学研究科准教授

2013年12月 筑波大学システム情報系 教授

所属学会：Human Factors and Ergonomics Society, IEEE, 自動車技術会, ヒューマンインタフェース学会, 計測自動制御学会, 日本品質管理学会, 電子情報通信学会, 日本交通科学協議会等

主要論文等：

- Huiping Zhou, Makoto Itoh, Satoshi Kitazaki: Effect of instructing system limitations on the intervening behavior of drivers in partial driving automation, *Cognition, Technology & Work*, 2018 (in press)
- Haneen Farah, Giulio Bianchi Piccinini, Marco Dozza, Makoto Itoh: "Modelling Overtaking Strategy and Lateral Distance in Car-to-Cyclist Overtaking on Rural Roads: A Driving Simulator Experiment," *Transportation Research Part F* (in press).
- Hiroshi Takahashi, Makoto Itoh: "A driving simulation study on visual cue presented in the peripheral visual field for notifying driver's attention," *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 31, No. 2, 2019 (in press)
- Frank Flemish, David A. Abbink, Makoto Itoh, Marie-Pierre Pacaux-Lemoine, & Gina Wessel, "Joining the blunt and the pointy end of the spear: towards a common framework of joint action, human-machine cooperation, cooperative guidance and control, shared, traded and supervisory control," *Cognition, Technology & Work*, Vol. 21, No. 4, pp. 555-568, 2019
- Jieun Lee, Toshiaki Hirano, Makoto Itoh: Conversation in Automated Vehicles: Does Relation

Between Driver and Passenger Affect Driver Fatigue and Driving Performance?, TRB Annual Meeting (to appear)

基調講演, 招待講演:

- 伊藤誠:「レベル3の自動運転を実現することの価値」, 自動車技術会ヒューマンファクター部門委員会・ドライバ評価手法検討部門委員会合同シンポジウム, ヒューマンファクターの側面から考える運転自動化技術の未来と課題解決への糸口を探る, 東京, 2019年12月10日
- 伊藤誠:「障害を持つドライバーのための運転支援と自動運転」, 第13回障害と自動車運転に関する研究会, 新潟, 2019年10月26日
- 伊藤誠:「交通運輸産業に係わる自動化の現状と課題について」, 青森県交運労協『第25回青森県交通シンポジウム』, 青森, 2019年10月24日
- 伊藤誠:「自動車の自動運転の現状と見通し」, 関西大学社会安全学部・独立行政法人自動車事故対策機構共催シンポジウム「自動運転の普及に伴う新しい運転適性診断のあり方」, 大阪, 2019年10月21日
- 伊藤誠:「自動運転レベル2,3のHMI」, 日本交通医工学研究会学術総会, 名古屋, 2019年7月15日
- 伊藤誠:「自動車の自動運転における安全性について」, IEEE Reliability Society Japan Joint Chapter Seminar, 東京, 2019年6月22日, など

外部資金獲得状況:

- 基盤研究(C) 課題番号 17KT0153「ロボットに対する信頼感の構造:製造元への信頼を考慮に入れた分析」, 2017-2019年度, 2017年度1,200千円, 2018年度1,300千円, 2019年度1,000千円
- 基盤研究(A) 課題番号 17H00842「ヒューマンマシンシステム高安全化のための相補的共有制御の体系化」, 2017-2019年度, 2017年度11,300千円, など

受賞:

- 2019 Highly Commended Award, Journal of Intelligent and Connected Vehicles
- Finalist Best Paper Award (5th FAST-Zero 2019), など

学会活動:

- International Journal of Human Factors and Ergonomics, Editorial Board Member (2015.10-)
- リスク研究ネットワーク 会長 (2017.9-)
- 自動車技術会 ヒューマンファクター部門委員会 委員 (2006.4-)
- 日本品質管理学会 理事 (2012.11-2016.10, 2017.11-)
- 電子情報通信学会 安全性研究会委員長 (2019.4-)

社会活動:

- 国土交通省・経済産業省自動走行ビジネス検討会 安全性評価環境づくりWG委員 (2017.5-)
- 第5,6期先進安全自動車推進計画 委員 (2012.3-)
- 道路交通安全マネジメントシステム国内審議委員会委員 (道路交通安全マネジメントシステム専門委員会委員) (2009.5-)
- デミング賞 委員 (2017.1-)
- 日経品質管理文献賞小委員会委員 (2010-)

氏 名：佐藤（イリチュ）美佳（SATO-ILIC, Mika）

専門分野：統計科学, データマイニング, 多次元データ解析

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 理工学群社会工学類

学 歴：1991年 3月 北海道大学大学院工学研究科修士課程情報工学専攻修了

1994年 3月 北海道大学大学院工学研究科博士後期課程情報工学専攻修了

取得学位：1991年 3月 修士（工学）（北海道大学）；1994年3月 博士（工学）（北海道大学）

主要経歴：1994年 4月 北海道武蔵女子短期大学, 講師

(1997年: Department of Data Theory, Leiden University, Leiden, Netherlands, Visiting Researcher)

1997年 4月 筑波大学社会工学系, 講師

2000年11月 筑波大学社会工学系, 助教授 (2007年: 准教授)

(2012年: University of Paris (UPMC), Paris, France, Invited Professor)

2013年 4月 筑波大学システム情報系 教授

(2014年: University of Paris (UPMC), Paris, France, Invited Professor)

2017年 4月 独立行政法人 統計センター 理事

所属学会：ISI IASC, IEEE Senior Member, 日本統計学会, 日本知能情報ファジィ学会,

日本計算機統計学会, 日本分類学会, 日本OR学会, Tensor Society

最近の主要論文等：

- M. Sato-Ilic, Probabilistic Metric Based Multidimensional Scaling, *Procedia Computer Sciences*, Elsevier, 2019 (in press).
- M. Sato-Ilic, Homogeneous Cluster Analysis, *Procedia Computer Sciences*, Elsevier, Vol. 140, pp. 269-275, 2018.
- M. Sato-Ilic, Cluster-Scaled Regression Analysis for High-Dimension and Low-Sample Size Data, *Advances in Smart Systems Research*, Vol. 7. No. 1, pp.1-10, 2018.
- M. Sato-Ilic, Knowledge-based Comparable Predicted Values in Regression Analysis, *Procedia Computer Sciences*, Elsevier, Vol. 114, pp. 216-223, 2017.
- M. Sato-Ilic, Fuzzy Correlational Direction Multidimensional Scaling, *Soft Computing Applications*, Springer, Switzerland, Vol. 2, pp. 841-850, 2016.
- M. Sato-Ilic, Two Covariances Harnessing Fuzzy Clustering Based PCA for Discrimination of Microarray Data, *Lecture Notes in Bioinformatics*, Springer, Germany, pp. 158-172, 2013.
- M. Sato-Ilic, L.C. Jain, *Innovations in Fuzzy Clustering*, Springer, Germany, 2006.

外部資金獲得状況：日本学術振興会科学研究費補助金（基盤C）「高次計量による高次元小標本型ビックデータ解析とその社会的応用」, (代表) (2017-2019)

受 賞：

- Best Paper Award, M. Sato-Ilic, Probabilistic Metric Based Multidimensional Scaling, *Complex Adaptive Systems*, Philadelphia, USA, 2019
- 2nd Runner-Up Theoretical Paper Award, M. Sato-Ilic, Homogeneous Cluster Analysis, *Complex Adaptive Systems*, Chicago, USA, 2018
- Best Research Paper Award, Y. Toko, K. Wada, S. Iijima, M. Sato-Ilic, Supervised Multiclass

- Classifier for Autocoding Based on Partition Coefficient, 10th International Conference on Intelligent Decision Technologies, Gold Coast, Australia, 2018
- Award of Appreciation, M. Sato-Ilic, Cluster-Scaled Intelligent Data Analysis, 3rd International Conference on Smart Computing & Informatics, Bhubaneswar, India, 2018
 - 1st Runner up Theoretical Paper Award, M. Sato-Ilic, Knowledge-based Comparable Predicted Values in Regression Analysis, Complex Adaptive Systems, Chicago, USA, 2017
 - JANOS FODOR Award, M. Sato-Ilic, Soft Data Analysis based on Cluster Scaling, Soft Computing Applications, Arad, Romania, 2016
 - 1st Runner up Theoretical Paper Award, M. Sato-Ilic, Multidimensional Joint Scale and Cluster Analysis, Complex Adaptive Systems, San Jose, USA, 2015
 - Recognition as Program Co-Chair for 2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, M. Sato-Ilic, The IEEE Computational Intelligence Society, Beijing, China, 2014
 - 1st Runner up Theoretical Paper Award, M. Sato-Ilic, P. Ilic, On A Multidimensional Cluster Scaling, Complex Adaptive Systems, Philadelphia, USA, 2014
 - Best Theoretical Paper Award, M. Sato-Ilic, P. Ilic, Fuzzy Dissimilarity Based Multidimensional Scaling and Its Application to Collaborative Learning Data, Complex Adaptive Systems, Baltimore, USA, 2013
 - Best Theoretical Paper Award, M. Sato-Ilic, On Fuzzy Clustering based Correlation, Complex Adaptive Systems, Washington D.C., USA, 2012
 - Best Theoretical Paper Award, M. Sato-Ilic, Symbolic Clustering with Interval-Valued Data, Complex Adaptive Systems, Chicago, USA, 2011
 - 教育貢献賞, 筑波大学 大学院システム情報工学研究科, 2011
 - Fellow, International Society of Management Engineering, 2011
 - 1st Runner-Up Award (Theoretical Development in Computational Intelligence), M. Sato-Ilic, Generalized Aggregation Operator based Nonlinear Fuzzy Clustering Model, ANNIE2010, St. Louis, USA, 2010
 - Excellent Paper Award, M. Sato-Ilic and D. Wu, Fuzzy Cluster Number Selection based on Alignment of Similarities, The 6th International Symposium on Management Engineering 2009, Dalian, China, 2009
 - Excellent Paper Award, M. Sato-Ilic, Regression Analysis Considering Fuzzy Block Intercepts, International Symposium on Management Engineering, Kitakyusyu, Japan, 2007
 - 2nd Runner up Award (Application in Computational Intelligence), M. Sato-Ilic and S. Ito, Principal Component Analysis Considering Weight based on Dissimilarity of Objects in High Dimensional Space, ANNIE2007, St. Louis, USA, 2007

学会・社会活動：

- 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 外部評価委員会委員 2019-現在
- 公認会計士試験出題委員（金融庁）2017-現在
- Editor in Chief of International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms, Published by Inderscience Publishers, UK, 2007 -現在
- Associate Editor of IEEE Transactions on Fuzzy Systems, USA; Information Sciences, Elsevier, Netherlands; Neurocomputing, Elsevier, Netherlands, 2016-現在, 2014-現在, 2006-現在
- 日本統計学会（理事, 2010-2011；代議員, 2013-2015）；日本知能情報ファジィ学会（理事, 2013-2015; 評議員, 2015-2019）；日本計算機統計学会（理事, 2001-2003）
- Council of International Association Statistical Computing, International Statistical Institute, 2009-2013

氏 名：遠藤 靖典 (ENDO, Yasunori)

専門分野：機械学習，特にクラスタリングアルゴリズムの開発，ファジィ推論の鉄道ブレーキ制御への応用，関数解析学的手法による不確実システムの解析

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻，理工学群工学システム学類

学 歴：

1990年 3月 早稲田大学理工学部通信工学科 卒業

1995年 3月 早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程 修了

取得学位：

1995年 3月 博士（工学）（早稲田大学）

主要経歴：

1994年 4月 早稲田大学理工学部 助手

1997年 4月 東海大学工学部通信工学科 講師

2001年10月 筑波大学機能工学系 講師

2004年 8月 筑波大学大学院システム情報工学科リスク工学専攻 助教授～システム情報系 准教授

2012年 6月～11月 International Institute for Applied Systems Analysis 客員研究員

2013年12月 筑波大学システム情報系 教授

所属学会：電子情報通信学会，情報処理学会，IEEE

主要論文等：

- Y. Oi, Y. Endo, *Kernel Fuzzy c -Regression Based on Least Absolute Deviation with Modified Huber Function*, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics , Vol.23, No.3, pp.571-576 (2019.5.20).
- Akitoshi Takayasu, Suro Yoon, Yasunori Endo, *Rigorous numerical computations for 1D advection equations with variable coefficients*, Numerical Analysis, arXiv preprint arXiv:1803.02960 (2018.3).
- Y. Endo, T. Hirano, N. Kinoshita, Y. Hamasuna, *On Various Types of Even-sized Clustering Based on Optimization*, The 13th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence, Springer, LNAI 9880, pp.165-177 (2016).
- Y. Endo, S. Miyamoto, *Spherical k -Means++ Clustering*, The 12th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (MDAI 2015), LNAI 9321, Springer, pp.103-114 (2015).
- Y. Endo, N. Kinoshita, *Objective-Based Rough c -Means Clustering*, International Journal of Intelligent Systems, Vol.28, Issue 9, pp.907-925 (2013).
- Y. Endo, S. Miyamoto, *Various Types of Objective Functions of Clustering for Uncertain Data*,

Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems “Managing Safety of Heterogeneous Systems”, Y. Ermoliev, M. Makowski, K. Marti (Eds.), Springer, Vol.658, pp.241-259 (2012).

- 野中俊昭, 中澤伸一, 遠藤靖典, 大山忠夫, 吉川広, プレーキ制御の研究・開発, 日本鉄道車両機械技術協会誌 (R&m), Vol.16, No.11, pp.12-17 (2008).
- Y. Endo, K. Horiuchi, *Risk Analysis of Fuzzy Control Systems with (n+1)-inputs and 1-output FLC*, Fuzzy Sets and Systems, Vol.147, No.3, pp.341-361 (2004).
- 遠藤靖典, 宮本定明著, 最適化の基礎, コロナ社 (2018).
- 遠藤靖典著, あいまいさの数理, コロナ社 (2015).
- 遠藤靖典編著, リスク工学の基礎, コロナ社 (2009).
- 遠藤靖典, 村尾修編著, リスク工学との出会い, コロナ社 (2008).
- 遠藤靖典著, 情報通信ネットワーク, コロナ社 (2001).

外部資金獲得状況：

- 滑走制御シミュレータに適用する粘着モデルの構築, 財団法人鉄道総合技術研究所受託研究 (2017).
- 言語ルールによる位相的クラスタリング技法の確立ーポスト深層学習へ向けて, 日本学術振興会科学研究費補助金, 基盤研究(C) (研究代表者), 日本学術振興会 (2017~2019).
- 言語ベースクラスタリング技法の確立ーモデルベースからの転換, 日本学術振興会科学研究費補助金, 基盤研究(C) (研究代表者), 日本学術振興会 (2014~2016).

受賞：

- 筑波大学 BEST FACULTY MEMBER 表彰 (2019.2.18).
- Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (IFSA-SCIS 2017) Best Paper Award (2017.6.30).
- 筑波大学・大学院システム情報工学研究科 教育貢献表彰 (2011.4.6), (2008.4.9).
- 日本知能情報ファジィ学会 貢献賞 (2010.9.14).
- 日本鉄道車両機械技術協会「R&m」誌 優秀賞 (2009.5.21).
- 日本ファジィ学会 奨励賞 (1997.6.4).
- 電子情報通信学会 平成5年度 米澤ファウンダーズ・メダル受賞記念特別賞, 論文賞 (1994.5.14).

学会活動：

- Program Committee, The 16th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (MDAI 2019).
- Program Committee, 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2017).
- Program Committee, The 14th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (MDAI 2017).
- General Chair, The 11th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (MDAI 2014).

社会活動：

- 知識・経験とリスク認知, エル・ネット「オープンカレッジ」, 教育情報衛星通信ネットワーク el-Net, 文部科学省 (2003.10.18, 13:00-13:50).
- 財団法人 東京都老人総合研究所 協力研究員 (平成13年4月~平成15年3月).

氏 名：古川 宏 (FURUKAWA, Hiroshi)

専門分野：認知システム工学（認知的インタフェース，空間認知とナビゲーション支援，モバイル行動支援，メンタルモデルと知識獲得・学習法，動的状況の理解支援）

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻，情報学群情報科学類

学 歴：

1995年 3月 東北大学大学院工学研究科原子核工学専攻博士後期課程 修了

1995年 4月 東北大学大学院工学研究科 研究生（～1996年9月）

取得学位：

1995年 3月 博士（工学）（東北大学）

主要経歴：

1996年10月 日本原子力研究所原子炉安全工学部人的因子研究室 博士研究員

2001年 9月 筑波大学電子・情報工学系 助教授

この間 2003年2月～12月 アメリカカリフォルニア大学認知科学研究所 客員研究員

2007年 4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 准教授

2011年10月 筑波大学システム情報系 准教授

所属学会：ヒューマンインタフェース学会，モバイル学会，日本原子力学会，計測自動制御学会，日本ロボット学会，情報処理学会，IEEE，など

主要論文等：

- H. Furukawa, Z. Wang, A route evaluation method considering the subjective evaluation on walkability, safety, and pleasantness by elderly pedestrians, *Advances in Decision Sciences, Image Processing, Security and Computer Vision, ICETE 2019. Learning and Analytics in Intelligent Systems*, vol 3 (2020) pp. 408-416.
- H. Furukawa, Z. Liu, A qualitative model to estimate users' fear of environmental conditions for evacuation route guidance, *Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2018)*, 7-9 January, 2018, Dubai, pp. 473-479.
- H. Furukawa, K. Yang, Experimental study on cognitive aspects of indoor evacuation guidance using mobile devices, *Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017*, 15-17 March, 2017, Hong Kong, pp. 801-805.
- H. Furukawa, A learning method to support user's understanding about complex systems based on functional models: An empirical study on young and elderly users of mobile phones, *Proc. 13th International Conference on Computer Modelling and Simulation*, Cambridge, UK (2011)

pp. 370-375.

- H. Furukawa, Adaptable user interface based on the ecological interface design concept for multiple robots operating works with uncertainty, *Journal of Computer Science*, No. 6, Issue 8 (2010) pp. 904-911.
- 金本光一, 原田中裕, 古川宏, 「背景雑音中の各種アラームの知覚（聞こえ）に関する実験的検討」, 学会誌「医療機器学」, 第84巻4号（2014） pp. 396-404.
- 周鵬, 古川宏, 「各国の医療事情を考慮した外国人向け医療事情支援ガイドの開発」, モバイル学会誌, vol. 5(2)（2015） pp. 43-48.
- H. Obari, K. Ito, S. Lambacher, Y. Kogure, T. Kaya, H. Furukawa, The impact of e-learning and m-learning on tertiary education employing mobile technologies in Japan, *Proc. E-LEARN 2012 - World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, Montreal, Canada (2012)

外部資金獲得状況（一部）：

- “安全・安心歩行者ナビにおけるユーザ個性・状況・環境変化への適応化機構の開発”，平成29年度 基盤研究(C)（2017年～2019年）（研究代表者）
- “高齢者利用と緊急時誘導における迷い不安を軽減する経路案内法の実証的研究”，平成26年度 基盤研究(C)（2014年～2016年）（研究代表者）
- “ユビキタス環境におけるデジタル教科書とモバイルラーニングの融合に向けた研究開発”，平成23年度 基盤研究(C)（2011年～2013年）（研究分担者）

受賞（一部）：

- 2018年3月15日, 田中優輝（指導学類生）, 田村博研究奨励賞最優秀賞, 特定非営利活動法人モバイル学会（シンポジウムモバイル18の発表論文から選定）
- 2016年4月6日, 2015年度 教育貢献賞, 筑波大学システム情報系
- 2015年3月12日, 稲留雅子（指導大学院生）, 田村博研究奨励賞最優秀賞, 特定非営利活動法人モバイル学会（シンポジウムモバイル15の発表論文から選定）

学会活動（一部）：

- 特定非営利活動法人モバイル学会理事（2010年1月～現在）, 理事長および会長（2016年3月～）
- 日本原子力学会HMS研究部会運営委員会役員（2006年10月～現在）
- 日本原子力学会HMS研究調査委員会委員（1999年4月～現在）

社会活動（一部）：

- モバイル学会第26回モバイル研究会「教育とICT・モバイル」, 担当（2018年9月29日開催）
- 招待講演：「未経験トラブルへの対応力強化のためのメンタルモデル獲得の支援」, 日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会2017年夏期セミナー（松江, 2017年7月15日）
- 招待講演：教育講義「認知的インタラクションにおけるトラブルーメンタルモデルとヒューマンインタフェースの役割」, 第2回日本医療安全学会学術総会（東京大学, 2016年3月6日）
- 日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会2014年夏期セミナー「意思決定プロセスとしてのリスクコミュニケーションー原子力の未来に向けて」, 実行委員会委員長（2014年8月7～8日開催）
- 日本原子力学会HMS研究部会 東京電力福島第一原子力発電所事故調査検討委員会 委員（2012年9月～2015年5月）

氏 名：三崎 広海 (MISAKI, Hiroumi)

専門分野：統計学，計量経済学，計量ファイナンス，高頻度データ解析

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻，社会工学専攻，理工学群社会工学類

学 歴：

2009年 3月 東京大学大学院経済学研究科経済理論専攻統計学コース修士課程 修了

2013年 3月 東京大学大学院経済学研究科経済理論専攻統計学コース博士後期課程 修了

取得学位：

2013年 3月 博士（経済学）（東京大学）

主要経歴：

2010年4月 日本学術振興会特別研究員DC2（～2012年3月）

2013年4月 東京大学先端科学技術研究センター 助教

2015年4月 筑波大学システム情報系社会工学域 助教

所属学会：日本ファイナンス学会，日本統計学会，Econometric Society，日本経済学会，日本
応用数理学会

主要論文等：

- Misaki, H., “Financial Risk Management with High-Frequency Data,” International Symposium on Theories and Methodologies for Large Complex Data, *in press*.
- Misaki, H., “Comparing Robustness of Realized Measures under Round-off Errors, Price Adjustments and Serial Correlations: A Simulation Study,” *International Journal of Computational Systems Engineering, in press*.
- Misaki, H., “Practical Application of the SIML Estimation of Covariance, Correlation and Hedging Ratio with High-Frequency Financial Data,” In: Czarnowski I., Howlett R., Jain L., (eds.) Intelligent Decision Technologies 2019, Smart Innovation, Systems and Technologies, vol. 142, Springer, Singapore, pp.53-63, 2020.
- Misaki, H., “The SIML Estimation of Integrated Volatility and Covariance,” Ritsumeikan One Day Workshop on Probability and Statistics, Ritsumeikan University, October 2019.
- 三崎広海, 「高頻度金融時系列データによるボラティリティ推定量の比較と資産運用への応用」, 2019年度統計関連学会連合大会, 滋賀大学, 2019年9月
- 常見真宏・三崎広海, 「NT-GHARモデル：週末を考慮したGHARモデルの拡張」, 第13回日本統計学会春季集会, ポスターセッションP-32, 日本大学, 2019年3月.
- Misaki, H., “On the Error of Realized Measures of Volatility in Finance,” International Conference on “Data Science, Time Series Modeling and Applications” (ICMMA 2018), Meiji

Univ., February 2019.

- Misaki, H., “An Empirical Analysis of Volatility by the SIML Estimation with High-Frequency Trades and Quotes,” In: Czarnowski I., Howlett R., Jain L., Vlacic L. (eds.) *Intelligent Decision Technologies 2018, Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 97, Springer, Cham, pp. 65-75, 2019.
- Misaki, H., “Comparison of Financial Volatility Estimators: RK, TS, PA and SIML,” *International Symposium on Statistical Theory and Methodology for Large Complex Data*, pp. 11-18, 2018.
- Misaki, H., “Recent Developments in the SIML Estimation of Integrated Volatility with High Frequency Financial Data,” *International Symposium on Statistical Analysis for Large Complex Data*, pp. 9-18, 2016.
- Misaki, H. and N. Kunitomo, “On Robust Properties of the SIML Estimation of Volatility under Micro-market noise and Random Sampling,” *International Review of Economics & Finance*, Vol. 40, pp. 265-281, 2015.
- Kunitomo, N., H. Misaki and S. Sato, “The SIML Estimation of Integrated Covariance and Hedging Coefficient Under Round-off Errors, Micro-market Price Adjustments and Random Sampling,” *Asia-Pacific Financial Markets*, Vol. 2, Iss. 3, pp. 333-368, 2015.
- 三崎広海, 「粒子フィルタによる信用リスクの推定」, 『日本統計学会誌』, 第41巻 (第1号), pp. 1-21, 2011年9月.

外部資金獲得状況：

- 日本学術振興会科学研究費補助金 (特別研究員奨励費) 「フィルタリングによる信用リスクの推定」 (研究代表者), 2010年度～2011年度.
- 公益財団法人野村財団・社会科学研究助成 「高頻度データによる資産価格の分散・共分散推定」, 2016年度～2017年度
- 公益財団法人野村財団・社会科学研究助成 「ティックデータを利用した深層学習によるボラティリティ予測－時系列モデルとの融合として－」, 2019年度～2020年度
- 日本学術振興会科学研究費補助金 (若手研究) 「気配価格を利用したボラティリティ予測モデルの補正とその応用」 (研究代表者), 2019年度～2020年度

受賞：

- 2015年度JAFEE論文賞 (応用部門), 日本金融・証券計量・工学学会 (JAFEE), 2016年2月.
- 教育貢献賞, 筑波大学, 2018年4月.

氏 名：齊藤 裕一 (SAITO, Yuichi)

専門分野：人間機械系，システム安全制御，認知工学，ヒューマンマシンインタラクション

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻，情報科学類

学 歴：

2008年 3月 芝浦工業大学システム工学部機械制御システム学科 卒業

2010年 3月 芝浦工業大学大学院工学研究科修士課程機械工学専攻 修了

2015年 3月 筑波大学大学院博士後期課程システム情報工学研究科リスク工学専攻 修了

取得学位：

2015年 3月 博士（工学）（筑波大学）

主要経歴：

2010年 4月 富士重工業株式会社電子技術部 社員

2011年10月 産業技術総合研究所知能システム研究部門 第二号職員

2015年 4月 東京農工大学大学院工学府機械システム工学専攻 特任助教

2019年 4月 筑波大学システム情報系 助教

2019年 5月 東京農工大学工学府・工学部産官学連携研究員

所属学会：IEEE，Human Factors and Ergonomics Society，計測自動制御学会，自動車技術会

主要論文等：

- Yuichi Saito, Pongsathorn Raksincharoensak, Effect of Risk-Predictive Haptic Guidance in One-Pedal Driving Mode, *Cognition, Technology & Work*, Vol. 21, No. 4, pp. 671-684, 2019
- 井上慎太郎, 齊藤裕一, 山崎彬人, 木下俊貴, 佐藤文哉, 伊藤太久磨, 清水司, 齋藤創, 内田信行, 井上秀雄, ポンサトーンラクシンチャラーンサク, 人間と機械の分担率に基づくリスク回避のための協調型操舵支援システム－緩ブレーキ支援と連係する駐車車両回避場面の高齢ドライバ実験的検討－, *自動車技術会論文集*, Vol. 50, No. 6, pp. 1646-1652, 2019
- 松實良祐, 大屋魁, 伊藤太久磨, 齊藤裕一, 美尾昌宏, 橋本宣彦, 永井正夫, 井上秀雄, 鎌田実, 高齢ドライバの生活道路での予見的制動介入に対する受容性に関する調査, *自動車技術会論文集*, Vol. 50, No. 3-4, pp. 911-917, 2019
- 齊藤裕一, 自動車運転の安全性と信頼性の向上のためのシェアードコントロール, *信頼性*, Vol. 41, No. 3-4, pp. 183-190, 2019
- Umar Zakir Abdul Hamid, Yuichi Saito, Hairi Zamzuri, Mohd Azizi Abdul Rahman, Pongsathorn, Raksincharoensak, A Review on Threat Assessment, Path Planning and Path Tracking Strategies for Collision Avoidance Systems of Autonomous Vehicles, *International Journal of Vehicle Autonomous Systems*, Vol. 14, No. 2, pp. 134-169, 2018

- Yuichi Saito, Pongsathorn Raksincharoensak, Shared Control in Risk Predictive Braking Maneuver for Preventing Collisions with Pedestrians, IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, Vol.1, No.4, pp.314-324, 2016
- Yuichi Saito, Makoto Itoh, Toshiyuki Inagaki, Driver Assistance System with a Dual Control Scheme: Effectiveness of Identifying Driver Drowsiness and Preventing Lane Departure Accidents, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol.46, No.5, pp.660-671, 2016
- 齊藤裕一, 三本喬之, ポンサトーンラクシンチャラーンサク, 潜在リスク予測ドライバモデルに基づくブレーキ制御支援システムの設計と有効性評価, 自動車技術会論文集, Vol. 47, No. 6, pp. 1417-1423, 2016

招待講演等：

- 齊藤裕一, セイフティクッション：走行環境の文脈とドライバの運転状態に基づく潜在危険度の推定, 自動車技術会ヒューマンファクター部門委員会, 2019.08
- Yuichi Saito, Akito Yamasaki, Shintaro Inoue, Takuma Ito, Pongsathorn Raksincharoensak, Visual Cues with HUD: Driving Behavior Analysis of Elderly and Experienced Drivers in Hazard Anticipation Scenes, The 25th International Display Workshops, 2018. 12

外部資金獲得状況：

(研究代表者のみ)

- 2019年度 - 2021年度 科研費若手 19K14939 「知識情報の獲得・更新に基づくリスク推定と予見的安全制御を実現する運転支援システム」(計429万円)(研究代表者)
- 2019年度 共同研究 マツダ株式会社「飛び出しの予測と走行環境に合わせる車両の動かし方の研究(計約200万円)(研究代表者)
- 2019年度 共同研究 トヨタ自動車株式会社「ヒヤリハットデータに基づく潜在リスク予測モデルの評価」(計約240万円)(研究代表者)
- 2016年度 - 2017年度 科研費若手B 16K18049 「潜在リスク環境での状況認識強化と予見的安全制御のためのシェアードコントロール」(計416万円)(研究代表者)

受賞：

- 2018年 第68回公益社団法人自動車技術会賞・論文賞
- 2017年 Andrew P. Sage Best Transactions Paper Award
- 2017年 Finalist for Best Paper Award of FAST-zero International Symposium
- 2015年 公益社団法人自動車技術会大学院研究奨励賞
- 2015年 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・優秀賞
- 2015年 公益社団法人自動車技術会関東支部ベストペーパー賞
- 2009年 公益社団法人自動車技術会関東支部ベストペーパー賞

学会活動：

- 2020年1月-現在 IEEE SMC Shared Control Technical Committee, Co-chair
- 2018年4-8月 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2018 実行委員会
- 2015年4月-現在 IEEE SMC Shared Control Technical Committee, Member

氏 名：面 和成 (OMOTE, Kazumasa)

専門分野：情報セキュリティ

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 情報学群情報科学類

学 歴：

1997年 3月 大阪府立大学機械システム工学科 卒業

1999年 3月 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程 修了

2002年 3月 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程 修了

取得学位：

1999年 3月 修士 (情報科学) (北陸先端科学技術大学院大学)

2002年 3月 博士 (情報科学) (北陸先端科学技術大学院大学)

主要経歴：

2002年 4月 株式会社富士通研究所

2008年 4月 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科 特任助教

2011年 6月 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科 准教授

2016年 9月 筑波大学システム情報系 准教授

所属学会：電子情報通信学会, 情報処理学会

主要論文等：

- M. Imamura and K. Omote, "Difficulty of decentralized structure due to rational user behavior on blockchain", NSS 2019, LNCS, Vol.11928, Springer-Verlag, pp.504-519, 2019.
- T. Sato, M. Imamura and K. Omote, "Threat Analysis of Poisoning Attack against Ethereum Blockchain", WISTP 2019, LNCS, Springer-Verlag, 2019 (To appear).
- S. Kaneko, A. Yamada, Y. Sawaya, T.P. Thao, A. Kubota and K. Omote, "Detecting Malicious Websites by QueryTemplates", SecITC 2019, LNCS, Springer-Verlag, 2019 (To appear).
- K. Emura, G. Hanaoka, Y. Kawai, T. Matsuda, K. Ohara, K. Omote, Y. Sakai, "Group Signatures with Message-Dependent Opening: Formal Definitions and Constructions", Security and Communication Networks, Vol.2019, article ID 4872403, 36 pages, August 2019.
- M. Oya and K. Omote, "Early Detection of Remote Access Trojan by Software Network Behavior", Inscrypt 2018, LNCS, Vol.11449, Springer-Verlag, pp.658-671, 2018.
- M. Imamura and K. Omote, "Network Deployments of Bitcoin Peers and Malicious Nodes based on Darknet Sensor", WISA 2018, LNCS, Vol.11402, Springer-Verlag, pp.117-128, 2018.
- G. Osada, K. Omote and T. Nishide, "Network Intrusion Detection based on Semi-Supervised

- Variational Auto-Encoder”, ESORICS 2017, LNCS, Vol.10060, Springer-Verlag, pp.344-361, 2017.
- N. Kawaguchi and K. Omote, “Malware Function Estimation using API in Initial Behavior”, IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E100-A, No.1, pp.167-175, January 2017.
 - K. Emura, A. Kanaoka, S. Ohta, K. Omote and T. Takahashi, Secure and Anonymous Communication Technique: Formal Model and its Prototype Implementation, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, Vol.4, No.1, pp.88-101, 2016.

外部資金獲得状況（一部）：

- ブロックチェーンを基盤とする高信頼性を持った自律分散型監視技術，科学研究費補助金 基盤研究(B)，研究代表者，研究課題番号（19H04107），2019年度～2021年度.
- ブロックチェーン技術を基盤とした仮想通貨等のサイバーリスクに関する調査研究，野村アセットマネジメント株式会社，研究代表者，2018年度～2019年度
- Webに関する新たな技術におけるセキュリティに対する機械学習応用に関する研究，株式会社KDDI総合研究所，研究代表者，2019年度
- サイバーセキュリティおよびクラウドコンピューティングに関する研究，株式会社KDDI，研究代表者，2017～2018年度
- 多彩な機能を有する準同型認証子およびデータ軽量認証手法に関する研究，科学研究費補助金 基盤研究(C)，研究代表者，研究課題番号（16K00183），2016年度～2018年度
- 遠隔操作ウイルスの早期検知手法に関する研究，公益財団法人 大川情報通信基金 通信・インターネット分野，研究代表者，2016年度
- 準同型認証子による効率の良いデータ認証手法に関する研究，科学研究費補助金若手研究(B)，研究代表者，研究課題番号（25730083），2013年度～2015年度

受賞：

- 2019年12月 国際会議WISTP Best Paper Award 受賞
- 2014年 7月 マルチメディア，分散，協調とモバイルシンポジウム優秀論文
- 2005年 6月 優秀発明賞Aランク受賞（富士通中央表彰）
- 2004年10月 コンピュータセキュリティシンポジウム優秀論文賞
- 2001年10月 コンピュータセキュリティシンポジウム学生論文賞

学会活動（抜粋）：

- 電子情報通信学会 ISEC 研究会幹事，2019/05 ～
- 電子情報通信学会 英文誌「Special Section on Security, Privacy, Anonymity and Trust in Cyberspace Computing and Communications」，編集幹事，2018/09 ～
- 情報処理学会，論文誌査読委員，2016/04 ～
- 電子情報通信学会 和文論文誌A編集委員会，常任査読委員，2014 ～
- マルウェア対策研究人材育成ワークショップ (MWS2019)，プログラム委員，2019
- The 7th International Symposium on Computing and Networking (CANDAR 2019)，プログラム委員，2019
- The 20th World Conference on Information Security Applications (WISA 2019)，プログラム委員，2019
- The 14th International Conference on Information Security Practice and Experience (ISPEC 2018)，実行委員長，2018/09/25-27

氏 名：片岸 一起 (KATAGISHI, Kazuki)

専門分野：現代情報理論, ネットワークセキュリティ, レジリエントネットワーク

担 当：システム情報工学研究科, 情報学群情報科学類, 学術情報メディアセンター

学 歴：

1980年 3月 名古屋工業大学工学部電子工学科卒業

1982年 3月 筑波大学大学院理工学研究科理工学専攻修士課程修了

1987年 3月 筑波大学大学院工学研究科電子・情報工学専攻博士課程修了

取得学位：

1982年 3月 工学修士 (筑波大学)

1984年 3月 工学修士 (筑波大学)

1987年 3月 工学博士 (筑波大学)

主要経歴：

1987年 4月 国際電信電話株式会社 研究所 第一特別研究室 研究員

1990年 2月 株式会社 ATR 自動翻訳電話研究所 音声情報処理研究室 研究員

1993年 4月 国際電信電話株式会社 ネットワーク計画部 技術企画課 課長補佐

1995年 2月 国際電信電話株式会社 研究所 ネットワークエンジニアリング支援グループ 主査

1999年 2月 筑波大学 電子・情報工学系, 学術情報処理センター 助教授

2004年 4月 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 学術情報メディアセンター 助教授,

2007年 4月 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 学術情報メディアセンター 准教授,

2011年10月 筑波大学システム情報系 情報工学域, 学術情報メディアセンター 准教授

所属学会：情報処理学会

主要論文等：

- Kazuki KATAGISHI and Kazuo TORAICHI, "Compactly Supported Sampling functions for Signal Space Composed of Piecewise Polynomials of Arbitrary Degree," Proceedings of the 18th WSEAS International Conference on Applied Mathematics (AMATH'13), Budapest, Hungary, pp.30-36, Dec. 2013
- Keiichirou KURIHARA and Kazuki KATAGISHI, "A Simple Detection Method for DoS Attacks based on IP Packets Entropy Values," 2014 Ninth Asia Joint Conference on Information Security, Whuhan, China, pp.44-51, Sep. 2014.
- Jianyi Wang and Kazuki KATAGISHI, "Image Content-Based Email Spam Image Filtering," Journal of Advances in Computer Networks, Vol.2, No.2, pp.110-114, June 2014.
- Keiichirou KURIHARA and Kazuki KATAGISHI, "DOS Attack Detection Using Source IP Address Entropy and Average Packet Arrival Time Interval," Proceedings of the IASTED International

Conference on Computational Intelligence (CI2015), Innsbruck, Austria, pp.237-244, Feb. 2015.

- Yue Gao and Kazuki KATAGISHI, "Improved Spatial Pyramid Matching for Sports Image Classification," 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing, California, USA, pp.32-38, Feb. 2016.
- 佐藤聡, 三宮秀次, 片岸一起, 中井央, 亀山啓輔, "既設ファイアウォールシステムを活用した認証シャッターの実装方式", 情報処理学会研究報告, Vol.2019-IOT-46, No.4, pp.1-6, Jun. 2019.

外部資金獲得状況:

- 平成14年11月-平成19年10月 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業「フルーエンシ情報理論にもとづくマルチメディアコンテンツ記述形式」(研究代表者:寅市和男) 研究分担者
- 平成14年度-平成16年度 総務省特定領域重点型研究開発「超解像度医療画像の記述・配信・提示技術の研究開発」(研究代表者:寅市和男) 研究分担者
- 平成14年度-平成16年度 文部科学省都市エリア産学官連携促進事業育成事業1「次世代型マルチメディア情報の記述・配信・提示方式」(研究代表者:寅市和男) 研究分担者
- 平成17年度-平成18年度 国際コミュニケーション研究奨励金「ユビキタス社会におけるデジタルメディア作品制作支援のための次世代型記述・配信・編集・提示技術」研究代表者
- 平成17年度-平成19年度 文部科学省都市エリア産学官連携促進事業(発展型)「筑波研究学園都市エリア・安全・安心な都市生活のためのユビキタス映像情報サーベイランス」, テーマ1:「モバイル高精細映像モニタリングシステム」(サブリーダー:寅市和男) 研究分担者
- 平成20年3月-平成21年3月 独立行政法人情報通信研究機構(NICT)平成19年度高度通信・放送研究開発委託研究「新世代ネットワークの構成に関する設計・評価手法の研究開発」(サブテーマ名:認識機能を基にしたコンテンツオリエンテッドネットワーク技術) 研究代表者
- 平成22年3月-平成23年2月 科学技術振興機構平成21年度「企業研究者活用型基礎研究推進事業」(研究課題:フルーエンシ情報理論によるマルチメディア共通記述形式の実用化に関する研究) 研究代表者

受賞:

- 平成14年度: The ISITA2002 Paper Award for Young Researchers (指導学生の受賞)
- 平成20年度: Best Paper for the 12th WSEAS International Conference on CIRCUITS
- 平成21年度: 情報処理学会第72回全国大会学生奨励賞(指導学生の受賞)

学会活動:

- (社)情報処理学会会誌編集委員会専門委員会(アプリケーション分野) 編集委員(2002.4~2006.3)
- IASTED International Conference on NPDPA, International Program Committee Co-Chairs (2002.10)
- IEEE PACRIM'03, Session Co-Chairs. (2003.8)
- 日本芸術科学会デジタルミュージックコンテスト実行委員・審査委員(2005.8~2007.3)
- SICE Annual Conference 2008, Session Chair on Signal Processing (3) (2008.8.20)
- IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing, Session Chair on Semantic Multimedia (2016.2.3)

社会活動:

- (財)国際科学振興財団つくばWAN運用管理委員会委員(2007.4~2011.3)
- つくば市サイバー攻撃対策協議会委員(2013.7~現在)

氏 名：西出 隆志 (NISHIDE, Takashi)

専門分野：暗号技術

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 情報学群情報科学類

学 歴：

1997年 3月 東京大学理学部情報科学科 卒業

2003年 5月 University of Southern California Computer Science 専攻 修了

2008年 3月 電気通信大学情報通信工学研究科情報通信基礎学 単位取得退学

取得学位：

2003年 5月 Master of Science (University of Southern California)

2008年 9月 博士 (工学) (電気通信大学)

主要経歴：

1997年 4月 日立ソフトウェアエンジニアリング (現日立ソリューションズ)

2009年10月 九州大学大学院システム情報科学研究院 助教

2013年 4月 筑波大学 システム情報系 准教授

所属学会：電子情報通信学会, 情報処理学会, International Association for Cryptologic Research, ACM, IEEE

主要論文等：

- Noboru Kunihiro, Wen-jie Lu, Takashi Nishide, and Jun Sakuma, "Outsourced Private Function Evaluation with Privacy Policy Enforcement," 17th IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), pp.412--423, 2018.
- Takuya Kitamura, Kazumasa Shinagawa, Takashi Nishide and Eiji Okamoto, "One-time Programs with Cloud Storage and Its Application to Electronic Money," ACM International Workshop on ASIA Public-Key Cryptography (APKC), pp.25--30, ACM, 2017.
- Hikaru Tsuchida, Takashi Nishide, Eiji Okamoto, and Kwangjo Kim, "Revocable Decentralized Multi-Authority Functional Encryption," Indocrypt, LNCS 10095, pp.248--265, Springer-Verlag, 2016
- Keisuke Hasegawa, Naoki Kanayama, Takashi Nishide, and Eiji Okamoto, "Software Library for Ciphertext/Key-Policy Functional Encryption with Simple Usability," Journal of Information Processing, Information Processing Society of Japan, Vol.24, No.5, pp.764--771, Sep., 2016.
- Takanori Suga, Takashi Nishide, and Kouichi Sakurai, "Character-based Symmetric Searchable Encryption and Its Implementation and Experiment on Mobile Devices," Wiley Security and Communication Networks, vol. 9(12), pp.1717--1725, DOI: 10.1002/sec.876, 2016.
- Nobuaki Kitajima, Naoto Yanai, Takashi Nishide, Goichiro Hanaoka, and Eiji Okamoto, "Fail-Stop Signatures for Multiple-Signers: Definitions, Constructions, and Their Extensions,"

Journal of Information Processing, Vol.24, No.2, pp.275--291, March, 2016.

- Takashi Nishide and Kouichi Sakurai, "Distributed Paillier Cryptosystem without Trusted Dealer," 11th International Workshop on Information Security Applications (WISA'10), LNCS 6513, pp.44—60, Springer-Verlag, 2011.
- Takashi Nishide, Kazuki Yoneyama, and Kazuo Ohta, "Attribute-Based Encryption with Partially Hidden Ciphertext Policies," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E92—A, No. 1, pp.22—32, 2009.

外部資金獲得状況（一部）：

- 2017～2019年，科研費 基盤C，データ秘匿計算の具体的問題構造に基づく機能性・効率性向上，代表
- 2018年，財団法人電気通信普及財団研究調査助成，暗号に基づくワнтаイムプログラムの実現，代表
- 2014～2016年，科研費 基盤C，機密データの漏洩防止と安全利用を同時に実現する暗号技術の確立，代表
- 2013～2015年，公益財団法人倉田記念日立科学技術財団 倉田奨励金，安全なデータアウトソーシング実現のためのセキュリティ技術の研究，代表
- 2011～2013年，科研費 若手B，分散環境に適した効率的な暗号データ共有法の研究，代表

受 賞：

- コンピュータセキュリティシンポジウム2015優秀論文賞 -- 田中和磨，矢内直人，岡田雅之，金山直樹，西出隆志，岡本栄司，“BGPSECにおけるアグリゲート署名の導入，”
- 平成22年度 情報処理学会 論文賞 -- 志村正法，宮崎邦彦，西出隆志，吉浦裕，“秘密分散データベースの構造演算を可能にするマルチパーティプロトコルを用いた関係代数演算，” 情報処理学会論文誌 (IPSJ), Vol.51, No.9, pp.1563—1578, 2010.

学会活動（抜粋）：

- 電子情報通信学会 英文論文誌A「離散数学とその応用小特集号」（2021年度出版）編集幹事
- The 20th International Conference on Information and Communications Security (ICICS) 2018 Program Committee
- International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA) 2018, Technical Program Committee member
- 情報処理学会 コンピュータセキュリティ研究会 (CSEC) 専門委員 (2018～)
- The 19th International Conference on Information and Communications Security (ICICS) 2017 Program Committee
- 2017年度情報処理学会論文誌「高度化するサイバー攻撃に対応するコンピュータセキュリティ技術」特集号 編集委員
- 情報通信システムセキュリティ研究会 (ICSS) 専門委員 (2016～)
- International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA) 2016, Technical Program Committee member

氏 名：糸井川 栄一 (ITOIGAWA, Eiichi)

専門分野：都市リスク管理, 地区安全計画

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 社会工学専攻, 理工学群社会工学類
学 歴：

1978年 3月 東京工業大学工学部建築学科卒業

1980年 3月 東京工業大学大学院総合理工学研究科社会開発工学専攻修士課程修了

取得学位：

1980年 3月 工学修士 (東京工業大学)

1990年12月 工学博士 (東京工業大学)

主要経歴：

1980年 4月 建設省建築研究所第六研究部都市防災研究室 研究員

1985年 4月 建設省住宅局住宅建設課技術係長

1986年 4月 建設省建築研究所第一研究部住宅計画研究室 研究員

1996年 4月 建設省建築研究所第六研究部都市防災情報研究室 室長

2001年 2月 筑波大学 教授 社会工学系

2004年 4月 筑波大学システム情報工学研究科 教授

2011年10月 筑波大学システム情報系 教授

所属学会：日本建築学会, 日本都市計画学会, 日本火災学会, 地域安全学会, 日本災害情報学会,
日本災害復興学会, 日本OR学会

主要論文等：

- Yuta Suzuki and Eiichi Itoigawa, Effectiveness of Safety Routing Method in Real-Time Evacuation Guidance based on Incomplete Information under Post-Earthquake Fires, Fifth International Conference on Urban Disaster Reduction - Decades Review on Recovery: Learning from Best Practices, September 16 – September 18, 2019, Taipei, Taiwan, USB-Memory.
- 樋本圭佑, 糸井川栄一, 岩見達也, 相対リスクに基づく建築物の延焼防止性能検証, 日本建築学会環境系論文集, 第84巻, 第764号, 2019.10, pp.883-891.
- 鈴木雄太, 糸井川栄一, 地震火災時の不完全情報下におけるリアルタイム避難経路の最適化, 地域安全学会論文集, 地域安全学会, No.35, 2019.11, pp.153-262.
- 清水純平, 糸井川栄一, 地震火災時の不完全情報下における不確実な避難誘導情報の活用意図に関する研究, 地域安全学会論文集, 地域安全学会, No.35, 2019.11, pp.163-171.
- 齋藤貴史, 糸井川栄一, 地震災害時の自治会活動パフォーマンス評価 – 地区防災計画を策定した自治会を対象として –, 地域安全学会論文集, 地域安全学会, No.35, 2019.11, pp.37-47.
- 井本隆志, 糸井川栄一, 大地震時のマンション防災における行政支援の課題の調査 – 住民の安全な在宅避難に向けて –, 地域安全学会論文集, 地域安全学会, No.35, 2019.11, pp.97-105.
- 内田航, 糸井川栄一, 震災時における就業者の通勤行動と自転車利用に関する研究 – 2018年大阪府北部地震を対象として –, 地域安全学会論文集, 地域安全学会, No.35, 2019.11, pp.135-141.
- 鈴木 雄太, 糸井川 栄一, 地震火災時のリアルタイム避難誘導支援を目的とした避難経路可視化システムの開発, 地域安全学会梗概集, No.44, 2019.5, pp.51-54.

- Yuta Suzuki, Eiichi Itoigawa, Risk Analyses of Evacuation guidance of Real-Time Route Updating based on Incomplete Information under Post-Earthquake Fires, IWUOR 2019, 2019.7.19, Nanzan University.
- 樋本圭佑, 糸井川栄一, 岩見達也, 村岡宏, 木本勢也, 泉潤一, 茶谷友紀子, 蛇石貴宏, 中村正寿, 加來千紘, 安井昇, 高橋済, 松山賢, 防火地域・準防火地域に建つ建築物の延焼防止性能検証に関する研究 その1 相対延焼リスクに基づく検証手続きの整備, 日本建築学会学術講演梗概集 (防火), 2019.8.
- 茶谷友紀子, 村岡宏, 中村正寿, 樋本圭佑, 木本勢也, 蛇石貴宏, 泉潤一, 安井昇, 高橋済, 竹谷修一, 松山賢, 糸井川栄一, 防火地域・準防火地域に建つ建築物の延焼防止性能検証に関する研究 その2 事務所・物販店舗を対象としたケーススタディ, 日本建築学会学術講演梗概集 (防火), 2019.8.
- 木本勢也, 村岡宏, 中村正寿, 樋本圭佑, 泉潤一, 蛇石貴宏, 茶谷友紀子, 加來千紘, 安井昇, 高橋済, 竹谷修一, 松山賢, 糸井川栄一, 防火地域・準防火地域に建つ建築物の延焼防止性能検証に関する研究 その3 共同住宅・学校を対象としたケーススタディ, 日本建築学会学術講演梗概集 (防火), 2019.8.

外部資金獲得状況：

- 総務省消防庁消防防災科学技術研究推進制度, 地震火災時の不完全な覚知火災情報に基づくリアルタイム避難誘導支援に関する研究 (2018-2020)
- 科学研究費補助金 基盤(C), 市街地火災時の安全な避難を目指した住民の初期消火活動効果とその限界に関する研究 (2017-2020)

受賞：

- 1991年5月 1990年度都市計画学会論文奨励賞

学会活動：

- 地域安全学会 理事／学術委員会 委員／「リスクコミュニケーションのモデル形成事業」特別委員会 委員長
- 日本建築学会 防火本委員会 都市防火小委員会・委員

社会活動：

- 国土交通省「建築防火基準委員会」委員 (2011～2020)
- 茨城県鹿嶋市 「鹿嶋市学校防災教育推進委員会」委員長 (2012～2019)
- 東京都 「東京都地域危険度測定調査委員会」委員 (2015～2020)／「避難場所調査検討委員会」委員 (2014～2017, 2019-2020)
- 東京消防庁 第24期火災予防審議会委員・地震防災部会 部会長 (2019～2020)
- (公社) ロングライフビル推進協会「主要構造部・避難WG」委員 (2018-2019)／「市街地火災WG」委員 (2018-2019)
- 独立行政法人 建築研究所 客員研究員 (2008～2019)
- (株) 応用地質「損害保険料率算出機構『地震時の出火率予測手法高度化に関する研究委員会』」委員 (2019)／「東京消防庁委託『地震時における出火要因に関する調査研究委員会』」委員

氏 名：鈴木 勉 (SUZUKI, Tsutomu)

専門分野：立地科学，都市解析，都市レジリエンス，地理情報科学

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻，社会工学専攻（社会工学学位プログラム，サービス工学学位プログラム），社会システム・マネジメント専攻，生命環境科学研究科環境科学専攻，理工学群社会工学類，地球規模課題学位プログラム（学士）

学 歴：

1987年 3月 東京大学工学部都市工学科卒業

1989年 3月 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻修士課程修了

取得学位：

1995年 9月 博士（工学）（東京大学）

主要経歴：

1989年 4月 （財）電力中央研究所 研究員

1996年 4月 筑波大学社会工学系 講師

2001年 4月 カナダ・アルバータ大学理学部地球大気科学科 客員研究員（～同年12月）

2003年 3月 筑波大学社会工学系 助教授

2003年 4月 青山学院大学総合研究所 客員研究員（～2006年3月）

2003年 6月 韓国・漢陽大学校都市大学院 客員教授（～同年7月）

2004年 4月 筑波大学大学院システム情報工学研究科 助教授

2005年12月 筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授

2011年10月 筑波大学システム情報系 教授

所属学会：日本オペレーションズ・リサーチ学会，日本都市計画学会，大韓国土・都市計画學會，応用地域学会，地理情報システム学会，日本建築学会，地域安全学会，日本気象学会，Regional Science Association International

主要論文等：

- 鈴木 勉：拠点と軸の組合せに着目した都市構造の数理解最適化，都市計画論文集，Vol.53, No.3, pp.1472-1477, 2018.
- 鈴木 勉・長谷川大輔：路線網形状を考慮したバス・デマンド型交通併用効果の分析，GIS－理論と応用，Vol.27, No.1, pp.1-11, 2019.
- Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki: Spatial distribution of pedestrian space in central Tokyo, *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, Vol.7, No.2, pp.108-124, 2019.
- Liling Liu and Tsutomu Suzuki: Quantifying e-bike applicability by comparing travel time and physical energy expenditure: A case study of Japanese cities, *Journal of Transport & Health*,

Vol.13, pp.150-163, 2019.

- 鈴木 勉・石井儀光・長谷川大輔・劉 俐伶：均等性と集積性の指標を用いた都市内人口分布の長期的変化の分析－ジニ係数とモラン係数による過去・現在・未来の都市空間構造－，都市計画論文集，Vol.54, No.2, pp.191-196, 2019.
- 劉 俐伶・長谷川大輔・石井儀光・鈴木 勉：世界主要都市の都市空間構造の比較分析－均等性と集積性の指標を用いた都市内人口分布比較－，都市計画論文集，Vol.54, No.3, pp.1512-1517, 2019.
- 田宮圭祐・鈴木 勉：行政界による影響に着目した道路網の接続度に関する定量分析，都市計画論文集，Vol.54, No.3, pp.652-657, 2019.

外部資金獲得状況：

- 2018年度 - 消防防災科学技術研究推進制度「地震火災時の不完全な覚知火災情報に基づくリアルタイム避難誘導支援に関する研究」，研究分担者（研究代表者 糸井川 栄一）.
- 2019-2021年度 日本学術振興会科学研究費（基盤研究(B)）「空間移動・輸送ルート設計の最適戦略に関する理論・応用研究」，研究代表者.
- 2019-2022年度 日本学術振興会科学研究費（基盤研究(B)）「水害時の住民避難をより安全にする広域避難対策の社会的実装を図る計画技術の構築」，研究分担者（研究代表者 梅本 通孝）.

受賞：

- 2002年度 日本応用数学会 論文賞（応用部門）
- 2006年度 筑波大学大学院システム情報工学研究科 教育貢献賞
- 2010年度 日本都市計画学会 2009年年間優秀論文賞
- 2016年度 地理情報システム学会 学会賞（学術論文部門）
- 2018年度 日本オペレーションズ・リサーチ学会 フェロー

学会活動：

- 2014年 - 応用地域学会 応用地域学研究編集委員
- 2016年 - 日本オペレーションズ・リサーチ学会 表彰委員

社会活動：

- 2009年 - 守谷市 地域公共交通活性化協議会 委員
- 2009年 - 常総市 公共交通活性化協議会 会長
- 2013年 - 神栖市 地域公共交通活性化協議会 委員
- 2014年 - 筑西市 地域公共交通会議 委員
- 2016年 - 茨城県 県西地域公共交通確保対策協議会 会長
- 2017年 - 八千代町 公共交通会議 委員
- 2019年 - 茨城県 都市間高速バス実証実験協議会 会長
- 2019年 - 土浦市 地域公共交通活性化協議会 会長
- 2019年 - 板東市 地域公共交通会議 委員
- 2019年 - 鉾田市 地域公共交通会議 委員
- 2019年 - 阿見町 立地適正化計画策定委員会 委員長

氏 名：谷口 綾子 (TANIGUCHI, Ayako)

専門分野：都市交通計画, 態度・行動変容研究, リスク・コミュニケーション, 新技術の社会的受容

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 社会工学専攻, 理工学群社会工学類

学 歴：

1995年 3月 北海道大学工学部土木工学科 卒業
1997年 3月 北海道大学大学院工学研究科土木工学専攻 修了
2003年 3月 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 修了 (課程短縮)

取得学位：

1997年 3月 修士 (工学) (北海道大学)
2003年 3月 博士 (工学) (北海道大学)

主要経歴：

1997年 4月 日本データサービス株式会社
2003年10月 東京工業大学工学部土木工学科科学研究支援員
2004年 4月 日本学術振興会特別研究員 (PD) (東京工業大学)
2005年11月 筑波大学大学院システム情報工学研究科 講師
2011年10月 筑波大学システム情報系 講師
2012年11月～2013年8月 カールスタッド大学 (スウェーデン) 客員研究員 (JSPS 特定国派遣研究者)
2013年 4月 筑波大学システム情報系 准教授
2019年10月 筑波大学システム情報系 教授

所属学会：土木学会, 都市計画学会, 日本心理学会, 日本社会心理学会, 日本災害情報学会, 日本行動計量学会

主要論文等：

- 谷口綾子, 佐々木洋典, 藤本宣, 中原慎二: 交通行動と健康診断データ・心的傾向の関連分析－神奈川県大和市職員を対象として－, 土木学会論文集D3, Vol. 73 No.5, pp. I_1173-I_1182, 2017.
- 谷口綾子: 大学生の服装に交通手段が与える影響 – 運動着・部屋着の服装規範と許容度に着目して –, 実践政策学, 第3巻1号 (2017年春号), pp.85-90, 2017.
- Taniguchi, A., Gräås, C., Friman, M. (2014) Satisfaction with travel, goal achievement, and voluntary behavioral change, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 26, Part A, September 2014, Pages 10-17.
- Taniguchi, A., Fujii, S., Azami, T., Ishida, H. (2014) Persuasive Communication Aimed at Public Transportation-Oriented Residential Choice and Promotion of Public Transport,

Transportation, Volume 41, Issue 1, pp. 75-89.

- 谷口綾子, 林真一郎, 矢守克也, 伊藤英之, 菊池輝, 西真佐人, 小山内信智, 藤井聡: 小学校における土砂災害避難行動誘発のための授業プログラム構築とその効果分析, 災害情報, No.11, pp. 43-54, 2013.
- モビリティ・マネジメント入門 –人と社会を中心に据えた新しい交通戦略–: 学芸出版社, 2008. (京都大学藤井聡教授との共著)

外部資金獲得状況 (平成24年度以降抜粋, 代表のみ):

- 平成24年度 日本学術振興会 特定国派遣研究者 (スウェーデン カールスタッド大学)
- 平成26-29年度 科学研究費 (基盤A) (代表) 健康に配慮した交通行動誘発のための学際的研究
- 平成26-28年度 一般社団法人日本損害保険協会 自賠責運用益拠出事業: 優先配慮行動を促す道路上のコミュニケーションと交通安全
- 平成29-31年度 科学研究費 (挑戦的萌芽) (代表) 道路上の異モード間コミュニケーションの生起と社会的受容
- 平成30-33年度 科学研究費 (基盤B(代表)) ASEAN諸国におけるモビリティ・マネジメントの実行可能性に関する実証分析

受賞 (抜粋):

- 平成15年度 日本都市計画学会 論文奨励賞
- 平成16年 第1回米谷・佐佐木賞 博士論文部門
- 平成20年度 第34回交通図書賞 「モビリティ・マネジメント入門」
- 平成20年度 教育貢献表彰 筑波大学大学院システム情報工学研究科
- The best poster presentation award: "The Relationship Between Transitions in Children's Travel Behaviour and Mental and Physical Health in Japan", 3rd International Conference on Transport and Health (ID 1938), held in Barcelona, Spain, June 2017.

学会活動 (抜粋):

- 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 論文編集委員
- 日本災害情報学会 学術委員会 論文編集委員

社会活動 (抜粋):

- 内閣府 規制改革推進会議 委員 2019年10月～
- 国土交通省 社会資本整備審議会 委員 2020年3月～
- 藤沢市 都市計画審議会 委員 2019年8月～
- 国土交通省 航空局 熊本空港特定運営事業等審査委員会 2017年1月～2018年3月
- 国土交通省総合政策局 エコ通勤等承認・普及促進委員会 委員 2017年8月～
- 東京都渋谷区 渋谷区都市計画審議会専門部会 2017年9月～
- 東京都足立区 足立区総合交通計画改定協議会委員 2017年10月～2019年3月
- 防衛省 防衛施設整備に関する有識者会議委員 2017年4月～
- 国土交通省 行政事業レビュー有識者委員会 委員 2017年4月～2018年3月
- 独立行政法人国際協力機構 (JICA) ラオス国ビエンチャン公共交通管理能力強化プロジェクト Joint Coordination Committee アドバイザー 2019年3月～
- 内閣府 内閣府 民間資金等活用事業推進委員会 委員 2012年9月～

氏 名：梅本 通孝 (UMEMOTO, Michitaka)

専門分野：都市・地域防災, 都市リスク管理, 原子力災害対策

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 理工学群社会工学類

学 歴：

1994年 3月 筑波大学第三学群社会工学類 卒業

1996年 3月 筑波大学大学院修士課程環境科学研究科環境科学専攻 修了

2006年 3月 筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科リスク工学専攻 修了

取得学位：

1996年 3月 修士（環境科学）（筑波大学）

2006年 3月 博士（社会工学）（筑波大学）

主要経歴：

1996年 4月 日本原子力研究所 原子炉安全工学部 研究員

2006年 4月 筑波大学大学院システム情報工学研究科 研究員

2007年 4月 筑波大学大学院システム情報工学研究科 講師

2011年10月 筑波大学システム情報系 講師

2015年 4月 筑波大学システム情報系 准教授

2016年 9月～2017年 9月 ニュージーランド マセィ大学 災害研究共同センター 客員研究員

所属学会：地域安全学会, 日本都市計画学会, 日本自然災害学会, 日本建築学会

主要論文等：

- 濱中理紗子, 梅本通孝：防災カードゲームを用いたリスクコミュニケーションが市民の防災行動に及ぼす効果 - 参加者への追跡調査に基づく検討 -, 地域安全学会論文集, No.35, pp.207-215, 2019.11
- 田中皓介, 梅本通孝, 糸井川栄一：河川氾濫水害に際した住民の避難意思決定要因の構造分析, 地域安全学会論文集, No.33, pp.187-197, 2018.11
- 梅本通孝：ニュージーランドにおける災害対応の体系とその特性, 地域安全学会論文集, No.31, pp.37-47, 2017.11
- 齋藤愛美, 梅本通孝, 糸井川栄一：活動の実質化と持続性に着目した自主防災組織の活動度の定量的評価の試み, 地域安全学会論文集, No.29, pp.37-46, 2016.11
- 田中皓介, 梅本通孝, 糸井川栄一：既往研究成果の系統的レビューに基づく大雨災害時の住民避難の阻害要因の体系的整理, 地域安全学会論文集, No.29, pp.185-195, 2016.11
- 大金誠, 梅本通孝, 齋藤愛美, 糸井川栄一：自主防災活動への現役世代の参加促進に関する研究 - 茨城県東海村を対象として -, 地域安全学会論文集, No.29, pp.197-205, 2016.11

- 梅本通孝, 糸井川栄一, 太田尚孝, 中野慎吾: 茨城県神栖市におけるL2津波想定と住民アンケートに基づく津波避難リスクの評価, 地域安全学会論文集, No.24, pp.73-82, 2014.11.
- 齋藤愛美, 梅本通孝, 糸井川栄一, 太田尚孝: 自主防災活動の実質化と持続性に着目した評価要因の抽出, 地域安全学会論文集, No.24, pp.91-100, 2014.11.
- 梅本通孝, 糸井川栄一, 太田尚孝: 住民アンケートに基づく避難行動特性を考慮した津波避難リスク評価の試み - 茨城県神栖市におけるL2津波想定を対象として -, 日本都市計画学会論文集, Vol.49, No.3, pp.327-322, 2014.11.
- 吉田太一, 梅本通孝, 糸井川栄一, 太田尚孝: 海水浴客の津波避難行動特性に関する研究 - 大洗サンビーチ海水浴場を対象として -, 地域安全学会論文集, No.21, pp.149-158, 2013.
- 梅本通孝, 糸井川栄一, 小嶋崇央: 液状化被災地における転居・居住継続に関する要因分析 - 茨城県潮来市日の出地区を対象として -, 地域安全学会論文集, No.18, pp.483-493, 2012.
- 梅本通孝: 県域間に及ぶような長距離避難における住民の避難手段選択に関する研究, 都市計画論文集, Vol.46, No.2, pp.131-141, 2011.
- 八木下沙織, 梅本通孝, 糸井川栄一: 住宅用火災警報器の設置促進に関する研究 - 茨城県下の4市を対象として -, 地域安全学会論文集, No.15, pp.453-462, 2011.
- 梅本通孝: 国民保護対策における県域間避難に関する都道府県の準備・検討の現状, 地域安全学会梗概集No.27, pp.63-66, 2010.
- 梅本通孝, 糸井川栄一, 熊谷良雄, 岡崎健二: 住宅耐震化に対する居住者の実施意図に関する研究 - 静岡市・千葉市・水戸市の一般市民を対象として -, 日本建築学会計画系論文集, No.645, pp.2451-2458, 2009.

外部資金獲得状況:

- 平成27年度 日本学術振興会科学研究費(特別研究促進費)「平成27年9月関東・東北豪雨による災害の総合研究」(研究分担者) 850千円
- 平成27年度 茨城県東海村委託事業 地域社会と原子力に関する社会科学研究支援「東海村内の自主防災活動をより活発化させるためにはどうしたら良いか?」(研究代表者) 700千円
- 平成26~28年度 日本学術振興会科学研究費(基盤研究C)「沿岸地の防災と観光の両立に向けた住民・一時来訪者の津波避難のリスク評価と改善方策」(研究代表者) 4,810千円
- 平成23~24年度 日本学術振興会科学研究費(若手研究B)「市民の災害リスク認知の地理情報化手法の開発と減災対策の実効性向上のための応用」(研究代表者) 4,290千円
- 平成20~22年度 日本学術振興会科学研究費(若手研究B)「原子力災害や国民保護対策による県域間避難の効率的実施方策に関する研究」(研究代表者) 3,680千円

学会活動:

- 日本都市計画学会学術委員会委員 (2018年4月~現在)
- 地域安全学会理事 (2014年5月~現在)
- 日本建築学会防火委員会都市防火小委員会委員 (2011年4月~現在)

社会活動:

- 茨城県常総市水害対策検証委員会 委員 (2015年12月~2016年6月)
- 茨城県常総市復興ビジョン懇話会, 同復興計画策定委員会 委員 (2015年11月~2016年2月)
- 茨城県稲敷市都市計画審議会 会長 (2011年3月~現在)

氏 名：木下 陽平 (KINOSHITA, Yohei)

専門分野：衛星測地学, 地球物理学

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 理工学群社会工学類

学 歴：

2009年 3月 北海道大学理学部地球惑星科学科 卒業

2011年 3月 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻博士前期課程 修了

2014年 3月 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻博士後期課程 修了

取得学位：

2011年 3月 修士（理学）（北海道大学）

2014年 3月 博士（理学）（北海道大学）

主要経歴：

2013年 4月 日本学術振興会特別研究員 DC2

2014年 4月 日本学術振興会特別研究員 PD

2015年 4月 東京大学大学院工学系研究科 学術支援専門職員

2015年 6月 東京大学大学院工学系研究科 特任研究員

2017年 4月 一般財団法人リモート・センシング技術センター 研究員

2019年 4月 筑波大学システム情報系 助教

所属学会：日本測地学会, 日本気象学会, 日本リモートセンシング学会, 水文・水資源学会, 日本地球惑星科学連合, American Geophysical Union

主要論文等：

- Y. Kinoshita, M. Tanoue, S. Watanabe, and Y. Hirabayashi, Quantifying the effect of autonomous adaptation to global river flood projection: Applications to future flood risk assessments, *Environmental Research Letters*, Vol.13, No.1, 9 pages, January 2018.
- Y. Kinoshita, Y. Morishita, and Y. Hirabayashi, Detections and simulations of tropospheric water vapor fluctuations due to trapped lee waves by ALOS-2/PALSAR-2 ScanSAR Interferometry, *Earth, Planets and Space*, Vol.69, No.104, 15 pages, August 2017.
- Y. Kinoshita and M. Furuya, Localized Delay Signals Detected by Synthetic Aperture Radar Interferometry and Their Simulation by WRF 4DVAR, *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, Vol.13, pp.79-84, May 2017.
- Y. Kinoshita, M. Shimada, and M. Furuya, InSAR observation and numerical modeling of the water vapor signal during a heavy rain: A case study of the 2008 Seino event, central Japan, *Geophysical Research Letters*, Vol.40, No.17, pp.4740-4744, August 2013.

- Y. Kinoshita, T. Hobiger, M. Furuya, and R. Ichikawa, Are numerical weather model outputs helpful to reduce tropospheric delay signals in InSAR data?, *Journal of Geodesy*, Vol.87, No.3, pp.267-277, March 2013.
- T. Hobiger, Y. Kinoshita, S. Shimizu, R. Ichikawa, M. Furuya, and Y. Koyama, On the importance of accurately ray-traced troposphere corrections for Interferometric SAR data, *Journal of Geodesy*, Vol.84, No.9, pp.537-546, September 2010.

•

外部資金獲得状況：

- 2013-2014年度 科学研究費補助金, 特別研究員奨励費「SAR気象学：InSARデータからの気象情報の抽出と地殻変動研究への応用」研究代表者

学会活動：

- 日本地球惑星科学連合大会「SAR」セッションコンペーナ (2017-現在)
- 日本リモートセンシング学会 JpGU小委員会 委員 (2017-現在)
- InSAR地殻変動研究コミュニティ “PIXEL” コアメンバー (2015-現在)

氏 名：岡島 敬一 (OKAJIMA, Keiichi)

専門分野：新エネルギーシステム

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻, 理工学群工学システム学類

学 歴：

1993年 3月 東京大学工学部化学工学科 卒業

1998年 3月 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻博士課程 単位取得退学

取得学位：

1999年 3月 博士（工学）（東京大学）

主要経歴：

1998年 4月 静岡大学工学部物質工学科 助手

2005年 8月 筑波大学大学院システム情報工学研究科 講師

2012年 5月 筑波大学システム情報系 准教授

2017年 4月 筑波大学システム情報系 教授

所属学会：エネルギー・資源学会, 日本エネルギー学会, 日本太陽エネルギー学会, 日本LCA学会, 電気学会, 日本機械学会

主要論文等：

- A. Joubi, K. Okajima, "Development of an Energy Potential Estimation Model for Concentrated Solar Plants Penetration in The GCC Region", International Journal of Smart Grid and Clean Energy, Vol.9, (2020). (in printing)
- K. Kawasaki, K. Okajima, "A method for the detection of decrease in power in PV systems using satellite data", Smart Grid and Renewable Energy, Vol.10, pp.1-15 (2019).
- M. Huda, K. Okajima, K. Suzuki, "CO2 Emission from Electricity Generation in Malaysia: A Decomposition Analysis", Journal of Energy and Power Engineering, Vol.11, pp.779-778 (2017).
- M. Huda, K. Okajima, K. Suzuki, "Identifying Public and Experts Perspectives towards Large-scale Solar PV System using Analytic Hierarchy Process", Energy Procedia, Vol.142, pp.2554-2560 (2017).
- 岡島敬一, 大石叡人, 「立地制約を考慮した風力発電の導入および事業性に関する評価」, 日本エネルギー学会誌, Vol.96, pp.493-502 (2017).
- K. Okajima, M. Hakura, "Evaluation of Heat and Current Characteristics of Bypass Diodes for Fault Detection in Photovoltaic Module", J. Energy and Power Eng., Vol.11, No.3, pp.179-186 (2017).
- M. Huda, K. Okajima, K. Suzuki, "Tapping the Potential of Large Scale Solar PV System in Sabah; the Feasibility Analysis", Energy and Power Engineering, Vol. 9, No. 2, pp.108-118 (2017).

- T. Nakai, K. Okajima, T. Yokota, R. Yamada, "Power drop detection in PV string by analyzing I-V characteristics", J. Int. Council on Electrical Eng., Vol.7, No.1, pp.7-14 (2017).
- S. Nagashima, Y. Uchiyama, K. Okajima, "Hybrid input-output table method for socioeconomic and environmental assessment of wind power generation systems", Applied Energy, Vol.185, Part 2, pp.1067-1075 (2017).
- Y. Akimoto, K. Okajima, Y. Uchiyama, "Evaluation of current distribution in a PEMFC using a magnetic sensor probe", Energy Procedia, Vol.75, pp.2015-2020 (2015)
- Y. Akimoto, K. Okajima, "Experimental study of Non-destructive Approach on PEMFC Stack Using Tri-axis Magnetic Sensor Probe", J Power and Energy Eng., Vol.2015, No.3, pp.1-8 (2015).
- K. Okajima, T. Nasu, S. Choi, "Evaluation of 1 kW Class PEM Fuel Cell Stack under In-situ Conditions Considering Individual Cells", J. Energy and Power Eng., Vol.8, pp.1543-1551 (2014).
- 「水素エネルギー入門」, JTEX・日本技能教育開発センター, 154頁, (2016).
- 「「エネルギー学」への招待－持続可能な発展に向けて－」(内山洋司 編著 / 岡島敬一 他著, 日本エネルギー学会編), 第8章 「「エネルギー学」と技術導入」 コロナ社, pp.126-138 (2014).

外部資金獲得状況：

- 「太陽光発電設備のリスク分析」NEDO太陽光発電システム長期安定電源化基盤技術開発／太陽光発電設備の信頼性・安全性向上プロジェクト再委託 (2019年度, 1,725千円)
- 「太陽光発電設備のリスク分析」NEDO太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト再委託 (2016～2018年度, 7,126千円)
- 「発電特性量低下部位把握を容易とするシステムの開発」NEDO太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト再委託 (2015～2018年度, 8,337千円)
- 「震災対応蓄電池導入と環境負荷低減活用のコベネフィット分析」科学研究費基盤研究(C) (2012～2014年度, 5,330千円)

受賞：

- 「モジュール不具合を考慮したPVシステム信頼性の検討」2011年度論文賞, 日本太陽エネルギー学会, 2012年
- 「廃棄・リサイクルを含めた太陽電池のライフサイクル評価」第11回茅奨励賞, エネルギー・資源学会, 2007年

学会活動：

- エネルギー・資源学会編集実行委員 (2010年度～), 副委員長 (2019年度～)
- 日本エネルギー学会「エネルギー学」部会幹事 (2010年度～), 学融合分科会長 (2018年度～)
- 日本太陽エネルギー学会100%再生可能エネルギー研究部会幹事 (2016年度～)

社会活動：

- 経済産業省データセンター・サプライチェーン重要施設向け自家用発電設備等利用促進対策事業審査委員会 委員長 (2019年度)
- 日立市新エネルギー推進協議会 会長 (2017年度～)
- 資源エネルギー庁・日本科学技術振興財団「エネルギー教育推進事業」関東甲信越エネルギー教育地域会議委員 (2016年度～)

氏 名：羽田野 祐子 (HATANO Yuko)

専門分野：環境工学

担当：リスク工学専攻；工学システム学類

学 歴：

1988年 3月 東京大学工学部原子力工学科卒

1990年 3月 東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻修士課程修了

1990年 9月 東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程中退

取得学位：

1990年 3月 工学修士（東京大学）

1997年 5月 博士（工学）東京大学

主要経歴：

1990年10月 東京大学 工学部 助手

1995年 4月 米国ハーバード大学 物理学科 客員研究員

1997年 4月 米国ロスアラモス国立研究所 地球環境科学部門 大気グループ 研究員

1998年 4月 理化学研究所 基礎科学特別研究員

2000年 4月 筑波大学 機能工学系 助教授

2015年 4月 筑波大学システム情報系 教授

所属学会：日本応用数理学会, American Geophysical Union, 水文・水資源学会, 土木学会,
日本原子力学会

主要論文等：

(1) (著書, 分担執筆)

- Masato Furuya, Yuko Hatano, Tomoo Aoyama, Yasuhito Igarashi, Kazuyuki Kita and Masahide Ishizuka, "Correlation-study about the ambient dose rate and the weather conditions", EGU, 2016.
- Hiroki Oka and Yuko Hatano, "Stochastic modeling of the migration of Cs-137 in the soil considering a power law tailing in space", EGU, 2016.
- 岡宏, 羽田野祐子, 山本昌宏: 土壤中放射性核種の下方浸透のモデル化と移流拡散による濃度予測. Workshop on Environmental Radioactivity p.258-265 (2015).
- 古谷真人, 五十嵐康人, 北和之, 青山智夫, 石塚正秀, 羽田野祐子: 空間線量率の変動と気象条件の相関に関する研究. Proceedings of the 16th Workshop on Environmental Radioactivity p.183-189 (2015).
- 山本昌宏, 羽田野祐子: 農地除染の問題: 土中のセシウム濃度の長期予測の数学的な解決の試

み(結). 数学セミナー, 2015年6月号(通巻644号), p.62-68 (2015).

- Hiroyuki Ichige, Inryo Kou, Yuko Hatano, Modeling of atmospheric- and underground migration of radionuclides in the 100 km vicinity of Fukushima, Collaboration between theory and practice in inverse problems, マス・フォア・インダストリ研究 No. 2, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 滝口孝志, 藤原宏志編, ISSN 2188-286X, 162-182 (2015).
- Hiroyuki Ichige, Shun Fukuchi, Yuko Hatano, Stochastic model for the fluctuations of the atmospheric concentration of radionuclides and its application to uncertainty evaluation Atmos. Environ., 103, 156, 2015.

外部資金獲得状況:

2015-2019年度 基盤S「偏微分方程式の係数決定逆問題の革新的解決と応用」(研究分担者)

受賞:

- 1999年2月 第31回 日本原子力学会賞 奨励賞「チェルノブイル大気中放射性核種濃度の長期予測」
- 2012年 教育貢献賞 筑波大学

学会活動:

- 2007-2011 内閣府 原子力安全委員会 輸送部会 専門委員

氏 名：鈴木 研悟 (SUZUKI, Kengo)

専門分野：エネルギーシステム工学，エネルギー経済，ゲーミング

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻，工学システム学類

学 歴：

2003年 3月 筑波大学第三学群工学システム学類 卒業

2011年 3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博士後期課程

取得学位：

2008年 3月 修士（工学）（筑波大学）

2011年 3月 博士（工学）（筑波大学）

主要経歴：

2011年 4月 一般財団法人日本エネルギー経済研究所 研究員

2012年 4月 北海道大学大学院工学研究院 助教

2016年 4月 筑波大学システム情報系 助教

2017年 4月 北海道大学大学院工学研究院 招へい教員（兼務）

所属学会：エネルギー・資源学会，日本シミュレーション&ゲーミング学会，日本機械学会，
日本エネルギー環境教育学会，International Association for Energy Economics

主要論文等：

- 鈴木研悟, 荻原嵐, 中井啓太: エネルギー転換政策の検討に資するゲーミング実験の設計と実践, シミュレーション&ゲーミング, 印刷中 (2020).
- 鈴木研悟: ゲーミングを用いたエネルギーシステム教育の学習効果の評価, シミュレーション&ゲーミング, 29巻2号, 印刷中 (2019).
- 鈴木研悟, 本城慶多: エネルギーシステム研究におけるゲーミングの役割, シミュレーション&ゲーミング, 29巻2号, 印刷中 (2019).
- K. Suzuki, K. Nakai, A. Ogihara: Design of Simulation and Gaming to Promote the Energy Transition from Fossil Fuels to Renewables, R.Hamada, et al. (Eds.) Neo-Simulation and Gaming Toward Active Learning, Springer, 201-210, (2019).
- Y. Aoyama, Y. Tabe, R. Nozaki, K. Suzuki, T. Chikahisa, T. Tanuma: Analysis of Water Transport inside Hydrophilic Carbon Fiber Micro-Porous Layers with High-Performance Operation in PEFC, Journal of The Electrochemical Society, vol.165, no.7, pp.F484-F491 (2018).
- 鈴木研悟: 分野融合的なエネルギーシステム教育のためのゲーミング設計, シミュレーション&ゲーミング, 26巻1号, 9-19 (2017).
- 田部豊, 内山真理, 嶋田遼, 鈴木研悟, 近久武美: レドックスフロー電池内の活物質輸送が電

- 流密度分布と性能に及ぼす影響解析, 日本機械学会論文集, 83巻849号 (2017).
- 赤澤眞之, 鈴木研悟, 田部豊, 近久武美: 分散協調型コジェネレーションにおける需要家選択の社会最適誘導条件解析, 日本機械学会論文集, 83巻847号, 1-13 (2017).
 - Y. Aoyama, K. Suzuki, Y. Tabe, T. Chikahisa, T. Tanuma: Water Transport and PEFC Performance with Different Interface Structure between Micro-Porous Layer and Catalyst Layer, Journal of The Electrochemical Society, vol.163, no.5, pp.F359-F366 (2016).
 - 鈴木研悟, 中西高裕, 田部豊, 近久武美: 北海道における風力発電所の分散配置による出力低下リスクの低減効果解析, 日本機械学会論文集, 80巻812号, pp.1-14 (2014).
 - K. Suzuki, Y. Uchiyama: Quantifying the risk of an increase in the prices of non-energy products by combining the portfolio and input-output approaches, Energy Policy, vol.38, pp.5867-5877 (2010).

外部資金獲得状況:

(1) 研究代表者

- 2019–2021年度, 科学研究費若手研究(B), 「エネルギー政策共創のためのゲーミング・ワークショップの提案」, 総額 442万円.
- 2019–2020, 公益財団法人 科学技術融合振興財団 助成金, 「ゲーミングを基盤とするエネルギー政策評価法の提案」, 総額 135万円.
- 2017–2018年度, 公益財団法人 科学技術融合振興財団 助成金, 「エネルギー市場政策検討のための化石燃料代替ゲームの開発」, 総額 65.2万円.
- 2015–2016年度, 科学研究費若手研究(B), 「再生可能エネルギーの出力変動対策と熱源低炭素化のための電力・熱統合システムの提案」, 総額 390万円.

(2) 研究分担者

- 2013–2015年度, 環境省, 環境研究総合推進費, 「コジェネレーションネットワーク構築のためのCO2削減・経済性・政策シナリオ解析」(代表者: 近久武美).
- 2012–2014年度, 科学研究費基盤研究(B), 「凍結固定化法による固体高分子形燃料電池内の反応および気液輸送機構の解明」(代表者: 近久武美).

受賞:

- 2019年4月, 筑波大学システム情報系 教育貢献賞
- 2017年11月, 日本シミュレーション&ゲーミング学会 2017年度奨励賞
- 2016年6月, エネルギー・資源学会 第4回茅賞

学会活動:

- 日本シミュレーション&ゲーミング学会 学会誌編集委員 2019年7月～現在
- エネルギー・資源学会 代議員 2013年6月～現在

社会活動:

- 牛久市 環境審議会 委員 2016年7月～現在
- 慶應義塾大学 SDM「持続可能社会システム論」講師 2016年6月～現在
- 帯広市 町内会防犯灯プロポーザル選定委員会 委員 2013年4月～2014年8月

氏 名：高安 亮紀 (TAKAYASU, Akitoshi)

専門分野：数値解析，精度保証付き数値計算，無限次元力学系

担 当：システム情報工学研究科リスク工学専攻，理工学群工学システム学類

学 歴：

2008年 3月 早稲田大学教育学部理学科数学専修 卒業

2012年 3月 早稲田大学大学院基幹理工学研究科博士後期課程 修了

取得学位：

2012年 3月 博士（理学）（早稲田大学）

主要経歴：

2011年 4月 日本学術振興会特別研究員 DC2

2012年 4月 日本学術振興会特別研究員 PD

2013年 4月 早稲田大学基幹理工学部応用数理学科 助教

2015年 4月 早稲田大学理工学術院総合研究所 次席研究員

2016年 4月 筑波大学システム情報系 助教

所属学会：日本応用数理学会，日本数学会，日本シミュレーション学会

主要論文等：

- A. Takayasu, J.-P. Lessard, J. Jaquette, H. Okamoto, Rigorous numerics for nonlinear heat equations in the complex plane of time, submitted 2019. (arXiv:1910.12472)
- A. Takayasu, A computer-assisted proof for nonlinear heat equations in the complex plane time, to appear in *RIMS Kokyuroku Bessatsu*, 2019.
- A. Imakura, K. Morikuni, A. Takayasu, Verified partial eigenvalue computations using contour integrals for Hermitian generalized eigenproblems, *J. Comput. Appl. Math.*, Vol. 369, 112543, May 2020.
- K. Matsue, A. Takayasu, Rigorous numerics of blow-up solutions for ODEs with exponential nonlinearity, *J. Comput. Appl. Math.*, Vol. 374, 112607, Aug. 2020.
- A. Takayasu, S. Yoon, Y. Endo, Rigorous numerical computations for 1D advection equations with variable coefficients, *Jpn. J. Ind. Appl. Math.*, Vol. 36, No. 2, pp. 357-384, Jul. 2019.
- K. Matsue, A. Takayasu, Numerical validation of blow-up solutions with quasi-homogeneous compactifications, submitted 2017. (arXiv:1707.05936)
- A. Takayasu, M. Mizuguchi, T. Kubo, S. Oishi, Accurate method of verified computing for solutions of semilinear heat equations, *Reliable computing*, Vol. 25, pp. 74-99, July 2017.
- M. Mizuguchi, A. Takayasu, T. Kubo, S. Oishi, A method of verified computations for solutions to semilinear parabolic equations using semigroup theory, *SIAM J. Numer. Anal.*, Vol. 55, No. 2, pp. 980-1001, Apr. 2017.

- M. Mizuguchi, A. Takayasu, T. Kubo, S. Oishi, Numerical verification for existence of a global-in-time solution to semilinear parabolic equations, *J. Comput. Appl. Math.*, Vol. 315, pp. 1-16, May 2017.
- A. Takayasu, K. Matsue, T. Sasaki, K. Tanaka, M. Mizuguchi, S. Oishi, Numerical validation of blow-up solutions of ordinary differential equations, *J. Comput. Appl. Math.*, Vol. 314, pp. 10-29, Apr. 2017.
- M. Mizuguchi, A. Takayasu, T. Kubo, S. Oishi, On the embedding constant of the Sobolev type inequality for fractional derivatives, *NOLTA, IEICE*, Vol. 7, No. 3, pp. 386-394, Jul. 2016.
- N. Hoffman, K. Ichihara, M. Kashiwagi, H. Masai, S. Oishi, A. Takayasu, Verified computations for hyperbolic 3-manifolds, *Exp. Math.*, Vol. 25, Issue 1, pp. 66-78, 2016.
- K. Tanaka, A. Takayasu, X. Liu, S. Oishi, Verified norm estimation for the inverse of linear elliptic operators using eigenvalue evaluation, *Jpn. J. Ind. Appl. Math.*, Vol. 31, Issue 3, pp. 665-679, Nov. 2014.
- A. Takayasu, X. Liu, S. Oishi, Remarks on computable a priori error estimates for finite element solutions of elliptic problems, *NOLTA, IEICE*, Vol. 5, No. 1, pp. 53-63, Jan. 2014.
- A. Takayasu, X. Liu, S. Oishi, Verified computations to semilinear elliptic boundary value problems on arbitrary polygonal domains, *NOLTA, IEICE*, Vol. 4, No. 1, pp. 34-61, Jan. 2013.

外部資金獲得状況（一部）：

- 2015-2017年度 科学研究費補助金, 若手研究 (B) 「非線形放物型方程式に対する解の精度保証付き数値計算理論の研究」研究代表者 (15K17596)
- 2016-2020年度 科学研究費補助金, 基盤研究 (B) 「有限要素法に基づく精度保証付き数値計算の高度化に関する研究」研究分担者 (研究代表者: 小林 健太, 16H03950)
- 2018-2021年度 科学研究費補助金, 若手研究 「双曲型偏微分方程式に対する解の精度保証付き数値計算理論の研究」研究代表者 (18K13453)
- 2019-2022年度 科学研究費補助金, 基盤研究 (C) 「近似パラメータを含む Navier-Stokes 方程式の数学解析」研究分担者 (研究代表者: 久保隆徹, 19K03577)

受賞（一部）：

- EASIAM 2011 Student Paper Competition 3rd Prize (2011)
- 日本応用数学会 2015年度若手優秀講演賞 (2016)
- JSST 2016 Outstanding Presentation Award (2016)
- 日本応用数学会 2017年度年会 最優秀賞ポスター賞 (2017)

学会活動（一部）：

- 日本応用数学会 学会誌「応用数理」編集委員 (2012.4-2015.3)
- Secretary of the Special Section on *NOLTA* journal (2014.8-2015.7, 2015.10-2016.7)
- Assistant Secretary of *Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering* (2014-2016)
- 数理人セミナー 世話人 (2015- 現在)
- 日本応用数学会 年会実行委員 (2012年度, 2016年度)
- 日本応用数学会 JSIAM Letters 編集委員 (2017.4-2018.3)
- 日本応用数学会 JSIAM Letters 幹事編集委員 (2018.4- 現在)
- 日本応用数学会 若手の会 運営幹事 (2019.4- 現在)

●リスク工学シリーズ● (コロナ社 刊)

本シリーズは、社会のリスク問題を工学の立場から解決していくことに関心のある人のためのテキストシリーズであり、全10巻で構成されています。1～4巻はリスク問題を総論的に捉えており、5～10巻は各論として、「トータルリスクマネジメント」、「環境・エネルギーリスク」、「サイバーリスク」、「都市リスク」の四つの専門分野からリスク工学の基礎と応用を幅広く紹介しています。

<p>1. リスク工学との出会い 遠藤靖典・村尾 修 編著 伊藤 誠・掛谷英紀・岡島敬一・宮本定明 共著</p>	<p>これまでケーススタディ的に扱われてきたリスクを工学的観点から再構築しようという試みが「リスク工学」である。本書はシリーズ第1巻として、リスク工学がいかに私たちに身近なものであるか、その全体像を物語風に平易に概説する。 978-4-339-07921-0 (2008年4月発行) A5・176頁 本体価格2200円</p>
<p>2. リスク工学概論 鈴木 勉 編著 稲垣敏之・宮本定明・金野秀敏・岡本栄司・内山洋司・糸井川栄一 共著</p>	<p>本書は、現代社会におけるリスク発生とその解決をめぐる問題の中で、リスクの多様性を伝えるために、トータルリスクマネジメント、サイバーリスク、環境・エネルギーリスク、都市リスクの4分野に焦点を当てて解説する。 978-4-339-07922-7 (2009年5月発行) A5・192頁 本体価格2500円</p>
<p>3. リスク工学の基礎 遠藤靖典 編著 村尾 修・岡本 健・掛谷英紀・岡島敬一・庄司 学・伊藤 誠 共著</p>	<p>本書は、リスク工学に携わる読者に必要とされる基礎知識を書き記したものである。数学的定理や工学的方法論だけではなく、リスク工学を学ぶ際に必要な心構えともいべき話題も提供されている。入門者には必読の書。 978-4-339-07923-4 (2008年9月発行) A5・176頁 本体価格2300円</p>
<p>4. リスク工学の視点とアプローチ —現代生活に潜むリスクにどう取り組むか— 古川 宏 編著 佐藤美佳・亀山啓輔・谷口綾子・梅本通孝・羽田野祐子 共著</p>	<p>本書では、リスク工学における多様な視点や手法を用いた課題への取り組み方を理解して、実践的な知識を身につけるために、大量データからの情報抽出、生体認証、交通、災害、環境、ユーザの過誤などを取り上げて解説する。 978-4-339-07924-1 (2009年5月発行) A5・160頁 本体価格2200円</p>
<p>5. あいまいさの数理 遠藤靖典 著</p>	<p>科学の対象となるあいまいさには、言葉の表現によるものと現象の生起によるものがある。前者は論理、後者は確率により体系化されてきた。本書では、それらの理論について、歴史的経緯を踏まえながらわかりやすく概説する。 978-4-339-07925-8 (2015年4月発行) A5・224頁 本体価格3000円</p>
<p>6. 確率論的リスク解析の数理と方法 金野秀敏 著</p>	<p>確率論的リスク解析のアドバンストなテキスト。定量的な解析を実行するための数理的方法の提供を目的としている。数理モデルの理論的背景や数理構造を整理したのち、多くの適用例を示しつつ、応用時の諸問題を解説する。 978-4-339-07926-5(2010年10月発行) A5・188頁 本体価格2500円</p>
<p>7. エネルギーシステムの社会リスク 内山洋司・羽田野祐子・岡島敬一 共著</p>	<p>エネルギーを社会に大量に供給し続けるには、資源的、経済的、技術的、環境的、安全的な面においてつねにリスクがある。本書は、エネルギー供給に係るさまざまなリスクについて、それらを定量的に分析する方法を解説する。 978-4-339-07927-2 (2012年5月発行) A5・208頁 本体価格2800円</p>
<p>8. 暗号と情報セキュリティ 岡本栄司・西出隆志 共著</p>	<p>情報セキュリティで守られているからこそ、情報ネットワークは有用なインフラとなり得ている。この情報セキュリティにもリスク工学的な考え方が必要であり、本書ではリスク工学の一環として暗号技術とその周辺の基礎と応用を解説する。 978-4-339-07928-9 (2016年5月発行) A5・188頁 本体価格2600円</p>
<p>9. 都市のリスクとマネジメント 糸魚川栄一 編著 村尾 修・谷口綾子・鈴木 勉・梅本通孝 共著</p>	<p>本書では、都市域において、平常時ならびに災害時に発生するリスク問題を、さまざまな具体的事例によって解説し、分析した結果を紹介するとともに、リスクを低減させる処方箋(マネジメント)を可能な限り提示し、読者の便を図った。 978-4-339-07929-6 (2013年12月発行) A5・204頁 本体価格2800円</p>
<p>10. 建築・空間・災害 村尾 修 著</p>	<p>本書ではまず都市と災害の関係について触れ、それから災害対応の循環体系(災害→緊急対応→復旧・復興→被害抑止)に対応させながら都市・建築空間について具体的な事例を紹介・解説していく。最後に未来に向けて現在の課題を示す。 978-4-339-07930-2 (2013年9月発行) A5・186頁 本体価格2600円</p>

(定価は本体価格+税です)

筑波大学大学院

理工情報生命学術院 システム情報工学研究群



リスク・レジリエンス工学 学位プログラム

リスク工学専攻は、2020年度から「リスク・レジリエンス工学学位プログラム」に生まれ変わります。

本紀要も「リスク・レジリエンス工学研究」にリニューアルし、刊行を続けて参ります。グループワークの報告書と合わせて、引き続きWebサイトにバックナンバー・全文を掲載しますので、ぜひご覧ください。

リスク・レジリエンス工学学位プログラムWebサイト

<https://www.risk.tsukuba.ac.jp/>



〈編集担当〉

責任者 遠藤 靖典

編集担当 鈴木 研悟

木下 陽平

リスク工学専攻

事務室

電話 029 - 853 - 7361

FAX 029 - 853 - 5809

問合せメールアドレス

bulletin@risk.tsukuba.ac.jp

専攻ウェブ

<https://www.risk.tsukuba.ac.jp>

「リスク工学研究」は2020年度から「リスク・レジリエンス工学研究」に
リニューアルします

「リスク工学研究」 Vol. 16

発行 令和2年3月31日
発行者 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
代表 遠藤 靖典
〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1
Tel. 029-853-7361
印刷所 谷田部印刷(株)
茨城県つくば市谷田部1979-1
Tel. 029-836-0350



Department of Risk Engineering
Graduate School of Systems and Information Engineering
University of Tsukuba