



The power of innovative research.

時代を躍進するNII研究者による研究シーズ集

2018

# 産業と学術の連携が、 新たな未来価値創造のきっかけを作ります

『NII SEEDs』は、  
国立情報学研究所(NII)の産業応用の可能性がある研究成果をご紹介します、  
産業界や官公庁等の皆様に共同研究や技術相談等の  
テーマ探しのツールとしてご活用いただくことを目的に発行しています。  
各シーズは担当研究者のレポート形式となっています。  
ご興味を持たれた企業・自治体等の皆様は、下記に記載いたしましたお問い合わせ先、  
国立情報学研究所 研究戦略室までご連絡ください。  
研究者との面談や、産官学連携活動プログラムのご紹介等、  
さらなる情報交換の機会をご提案いたします。

ご相談・お問い合わせ

国立情報学研究所 研究戦略室 Email [nii-ura@nii.ac.jp](mailto:nii-ura@nii.ac.jp)  
NIIが提案する産官学連携活動 HP <http://www.nii.ac.jp/research/iga/>

## C o n t e n t s

はじめに	01	屋内もスマホでナビゲーション 音響測位、可視光通信技術	橋爪 宏達 20
Researcher file no.1 吉田 悠一	02	「形式手法」をものづくりへ	
Researcher file no.2 杉山 磨人	04	——高品質・高効率な製品開発に向けて	蓮尾 一郎 21
Researcher file no.3 岡田 仁志	06		
<b>■研究シーズ 2018</b>			
<b>01 情報基礎科学 — 基礎理論の深みを解き明かす</b>			
実際の入力構造を活用し、より効率的に 計算を行うアルゴリズムを研究	岩田 陽一 09	美しいCGの動きを数値で構築する 新しい計算手法を開発	安東 遼一 22
データを理解しやすく、 意味をとりやすくするデータ解析技術	宇野 毅明 10	実世界への応用を目指した 高精度な3次元復元技術の開発	池畑 諭 23
ネットワークを介して モノの動きのデザインをする	岸田 昌子 11	放送映像アーカイブに蓄積されている 映像ビッグデータからの知識発見	片山 紀生 24
社会の多様な要望に応える マッチングアルゴリズムの設計	横井 優 12	多視点と多焦点の相互変換に基づく 柔軟な3次元画像処理	児玉 和也 25
定数時間アルゴリズムで 連続最適化問題を高速計算	吉田 悠一 13	デジタルアーカイブを活用する 知識ディスカバリー環境構築技術	高野 明彦 26
<b>02 情報基盤科学 — 理論・実践から情報システムを創り出す</b>			
無線周波数やエネルギーを最大限に活用する 無線通信プロトコル設計	金子 めぐみ 14	水中シーンの3Dビデオ撮影に向けた マルチスペクトルRGB-Dカメラの開発	鄭 銀強 27
コンピュータの新たな建築技術： 水没冷却と光無線	鯉淵 道紘 15	<b>05 知能システム科学 — 知能システムの実現を目指して</b>	
大規模インターネットデータからの 情報抽出およびその応用	福田 健介 16	時系列データ活用技術の開発とその応用	小林 亮太 28
<b>03 ソフトウェア科学 — 多様化する知識創成型社会を支える</b>			
データ相互運用問題における 問合せ最適化手法	加藤 弘之 17	裁判官の判断を シミュレーションするシステム	佐藤 健 29
双方向変換の深化による 自律分散ビッグデータの相互運用基盤技術	胡 振江 18	データやモデルの幾何的構造を 大切にした機械学習技術の研究	杉山 磨人 30
機械学習ソフトウェアの品質向上	中島 震 19	<b>06 情報環境科学 — 情報社会を多角的に捉える</b>	
		ブロックチェーンの応用による 経済共同体の可視化	岡田 仁志 31
		特許一覧	32
		NIIが提案する産官学連携	

## はじめに

国立情報学研究所(以下、NII)では、産業応用の可能性を秘めた情報学の研究最前線をご紹介しますため、『NII SEEDs』を発行しています。本年度も、新たな研究の進捗状況や成果を継続的に発信することで、産業界や官公庁の皆様とNIIとのイノベーションを目指した連携の契機となることを願い、2018年度版『NII SEEDs ～時代を躍進するNII研究者による研究シーズ集2018』を発行いたします。

近年、社会的課題の解決につながる日本発のイノベーション創出の重要性が叫ばれ、大学や学術機関においても社会貢献や産業化につながる研究開発活動が強く期待されています。NIIでは、長期的視点に立った基礎研究ばかりでなく、社会的課題の解決を目指した実践的な研究や学術ユーザー向けの情報基盤技術の開発も行っており、新たなイノベーションへのシーズとなる素材も少なくないと考えています。これを踏まえ、研究成果を社会実装や産業応用に結びつける機会を設けることで、企業の皆様との連携によるイノベーションを目指した活動の活性化等、研究成果の社会への還元に取り組む所存です。

事業や社会のために技術を利用される産業界や官公庁の皆様は、情報学研究者の活動を知っていただき、その研究成果や産業応用の可能性をご理解いただくことが、NIIがイノベーション創出に向けて貢献するための第一歩であると認識しています。『NII SEEDs』に目を留めていただくことで、皆様にNIIの研究活動に興味を持っていただき、共同研究や技術相談等を通じたパートナーシップを作り出すための契機に、あるいは、学術界の方にはNIIとの共同研究のパートナー探しに、役立てていただければ幸いです。これらのパートナーシップを元に、皆様とともにイノベーション創出、社会的課題の解決につなげていきたいと考えています。

国立情報学研究所 副所長  
相澤 彰子



Researcher file no.1

情報学プリンシプル研究系 准教授

# 吉田 悠一

Yuichi Yoshida

研究シーズ >>> P.13



京都大学工学部情報学科在学中に、検索エンジンなどを開発するベンチャー企業Preferred Infrastructureを共同で設立。2012年同大学院博士課程を修了後、国立情報学研究所の特任助教となり、2015年准教授に。定数時間アルゴリズムの研究により、平成23(2011)年度 日本学術振興会育志賞、平成29(2017)年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞。

## 究極的に速いアルゴリズムとは何か 数学の基礎研究が生み出す 画期的な応用

どんなにデータが増えても一定時間で処理してくれるという「定数時間アルゴリズム」。その開発を進める吉田は、実は、理論計算機科学という基礎研究が本業だ。基礎研究から応用へ、柔軟な思考を武器に吉田は挑戦を続けている。



## アルゴリズムの数学的研究からビッグデータ時代に求められる応用の研究へ

「学部時代、プログラミングばかりやっている状況で、もっと数学的に深いことをやりたいと思うようになり、理論計算機科学の研究室に入りました」と、吉田悠一は話を始めた。

研究室に配属されると「定数時間アルゴリズム」というテーマに出会う。普通のアルゴリズムは計算時間が扱うデータの数( $N$ )に依存する。このため、 $N$ が増えなくても計算時間が増えるようなアルゴリズムを設計する。しかし、「定数時間アルゴリズムでは、データの数がどんなに大きくなっても、計算時間は同じになるようにします。データを全部見ないで問題を解くので誤差が入りますが、それを許容できる範囲で高速化するのがです」

「究極的に速いアルゴリズムとは何か」という理論的な問いに興味をもった吉田は研究に打ち込み、定数時間で解ける問題と解けない問題を分ける必要・十分条件を明らかにした。「これで、理論的な研究はほぼ完成しました」

そして、ビッグデータの時代を迎え、定数時間アルゴリズムへの期待は高まっている。「最近のデータ量はギガとかテラのレベルなので、 $N$ に依存するアルゴリズムではとても計算が追いつかない」というのがその理由だ。吉田自身も「応用に乗り出すと、次の理論的課題が見つかるのでは」と考え、実際に高速で動くアルゴリズムの開発に着手した。



## ウェブサービスの背後で行われる計算の高速化に貢献

といっても、定数時間アルゴリズムは万能なわけではない。どんな問題に適用できるのだろうか。

「例えば、公開中の映画の中から『あなたにお勧めの作品』を教えてくれるサイトがありますね。ああいうサービスでは、いろいろなやり方でお勧めを選ぶのですが、その1つとして『テンソル分解』という方法があります」

テンソルとは行列を高次元にしたものだが、ここでは話を簡単にするために行列で話を進めよう。ある人が、どんな作品を見て、星を何個つけたかというデータをたくさん集めると、人物(行)と作品(列)で決まる位置に星の数を置いた行列ができる。しかし、全員がすべての映画を見るわけではないので、この行列には星の数が入らない「穴」がたくさんできる。

これらの穴の数値を復元するために行われるのが、もとの行列をより小さな行列の積で表す行列分解(高次元の場合はテンソル分解)である。そして、「あなた」の行で、復元された星の数の多い作品が「お勧め」になる。

「積をつくる小さい行列の行(または列)の数を『ランク』と呼びます。ランクが低すぎても高すぎてもデータの復元が不正確になるため、最適な値を選ぶ必要があります。現在は交差検証と呼ばれる重たい処理や勘で選択されていますが、定数時間アルゴリズムならランクの最適値を一瞬で与えてくれます」。このように、定数時間アルゴリズムは1つの値を出力する問題が得意なのだという。

定数時間アルゴリズムの応用に取り組む一方で、吉田の数学的な興味は「深層学習(ディープラーニング)」というまったく別のテーマに向かっている。「実は、深層学習がなぜうまくいくのかについての理論的な解析はまだできていないのです。この問題をきちんと扱える数学的理論をつくりたいと思っています」

数学に軸足を置く研究の中から、また、新たな応用が生まれるかもしれない。

Researcher file no.2

情報学プリンシプル研究系 准教授

# 杉山 磨人

Mahito Sugiyama

研究シーズ >>> P.30

2006年京都大学工学部情報学科卒業。2012年京都大学大学院情報学  
研究科知能情報学専攻博士課程修  
了。京都大学博士(情報学)。独マッ  
クスプランク研究所研究員、フン  
ボルト財団ポスドクフェロー、大  
阪大学助教を経て、2017年から国  
立情報学研究所准教授。機械学習、  
データマイニングの研究に従事。

## 「情報幾何」で深層学習の謎を解く 新しい機械学習手法を創り出す

今、AIの手法として熱い注目を集める深層学習。

しかし、深層学習によってなぜ複雑な認識ができるようになるのか、その学習構造には謎が多い。

杉山は日本発祥の情報幾何を用いてその学習構造を明らかにし、

さらには新しい機械学習の手法を見いだそうとしている。



## 情報を統計的な確率分布として表す 情報幾何との出会い

2017年4月に大阪大学からNIIに移籍してきた杉山磨人は、ゲーム機「ファミコン(ファミリーコンピュータ)」と同年だ。ファミコン全盛期に育った杉山は、もちろんゲームが好きだったし、父が操るパソコンの画面を後ろからのぞいたりもしていたという。「情報学に進んだのはごく自然な感じで、あまり悩んだ記憶はありません」。大学4年生の時に機械学習の研究室に入り、「研究者も面白そうだな」と思い、博士課程へ。博士研究員(ポスドク)として赴任したドイツのマックスプランク研究所でも機械学習の研究を行い、助教として戻ってきた大阪大学で、甘利俊一博士(当時、東京大学工学部教授)が1980年代に提唱した「情報幾何」が自分の研究分野と関連が深いことに気づいた。情報交換をしていた津田宏治 東京大学教授が、論文などを紹介してくれたのだ。「論文を読んで興味がわき、真面目に研究してみようと思いました」

情報幾何では、情報を統計的な確率分布として表す。確率分布がたくさん集まっている空間に適切な構造を導入すると、確率分布どうしの関係性、つまり情報の間の幾何学的な関係性が明らかになる。例えば、分布と分布の間がどれくらい離れているかなどが分かる。そして学習は、ある確率分布から別の確率分布に動くことを意味している。移動することが学習に対応しているのだ。「ですから、学習の前後で確率分布がどう変わったかを調べれば、学習の構造が分かるのではと…」。情報を幾何で扱うという直感的に明快な手法で、杉山が解明しようとしているのは、今話題の機械学習法「深層学習(ディープラーニング)」の学習構造だ。



## 深層学習の学習構造をホワイトボックスに 機械学習のスピードアップも

深層学習は脳の情報処理をモデルにしている。脳では神経細胞が多層構造を形成しており、いろいろなネットワークをつくって情報を並列に処理している。このような情報処理を実現しようという動きは昔からあり、1970年代には入力層・処理層・出力層の3層からなるニューラルネットがかなりの成果をあげていたが、近年、コンピューターの発達により複数の処理層を用意できるようになって、その認識能力が劇的に向上した。

韓国のイ・セドル九段に勝利した囲碁のAI(人工知能)「AlphaGo(アルファ碁)」も深層学習を使っている。しかし、どのように学習しているかという学習構造には謎が多い。いくら優秀でも中身がブラックボックスでは、例えば自動運転などでは安全を保障する上での大きな問題となる。杉山は、ニューラルネットの構造をいろいろと変えてみて、確率分布がどのように動き、どのような構造が学習の何を担っているかを明らかにしたいと考えている。

新しい機械学習の手法を見いだすことも試みている。情報幾何を使えば、最短で目的とする分布に到達できる道筋が分かるので、機械学習法のスピードアップを図ることが考えられる。また、相互作用をしている複雑な情報群の中から、ある現象を生じるのに最も効くものは何かという特徴選択を情報幾何によって解明し、迅速で効果的な学習法を編み出したいと思っている。

情報幾何によって機械学習に何がもたらされるのだろうか、どんなAIの未来がつくられるのだろうか、その成果に期待がかかる。



Researcher file no.3

情報社会相関研究系 准教授

# 岡田 仁志

Hitoshi Okada

研究シーズ >>> P.31

東京大学法学部第一類(私法コース)および第二類(公法コース)卒業。大阪大学大学院国際公共政策研究科博士前期課程修了。同・博士後期課程を退学し、同研究科・個人金融サービス寄附講座助手を経て、現職。博士(国際公共政策)。専門は情報制度論。仮想通貨の登場が国家・経済・社会に及ぼす影響について考究する。



## サイバー世界の興亡を見つめる 社会科学者のまなざし

サイバー世界にも覇権を巡るさまざまな動きがある。

今、NIIの社会科学者の一人が注目しているのは、仮想通貨の行方だ。

情報制度論の研究者として、既存の学問体系ではカバーしきれない

仮想通貨の課題に向き合っている。





## 人間の「欲望」を不正防止に組み込む ブロックチェーンとマイニング技術

「仮想通貨の典型であるビットコインシステムには中心がなく、P2P（ピアツーピア：すべての参加者がネットワークの一部として対等であるような方式）による完全な分散型の電子マネーで、これを実現したことは現象として興味深い」と岡田仁志は言う。「Satoshi Nakamoto」と名乗る人物がその仕組みを発明し、2009年から運用が始まっている。

発明の肝は、公開帳簿システムに技術的な不正対策を組み込むだけでなく、人間の欲望をも組み込んだことにあるようだ。具体的には、碁盤の目のように並んだノードが流れてくる取引を記録し、さらにつながっている最大8個のノードに取引を送る。ノードは、誰もがボランティアで提供できる自由参加型だ。現在は1万1000程度のノードが世界中に散らばっている。そして公開帳簿の不正を防ぐのが、マイニングという仕組みだ。

公開帳簿であるブロックは、取引をかき集めて煮凝りのように固めてしまい、取引を取り出せないように加工したものだ。これをマイニングという。単純な計算を繰り返し、ある数字が発見されると、ブロックが固まる。最も早く固めた者が、新規発行のビットコインを報酬として得る。ブロックを次々とつなげたものがブロックチェーンで、時系列に並んだ公開帳簿だ。マイニングには誰でも参加できるが、採掘マシンは熱を発するので寒冷地が有利で、中国東北部や西域付近に集中している。

中心のないP2Pネットワークでは、参加者の一部が結託して偽の情報を流すことができる。こうした不正の可能性があるので、完全に分散型の通貨というのは存在しなかった。ところが仮想通貨は「先着1名しか報酬が得られないので、結託して共同謀議を図るヒマがない。そこが仮想通貨の技術的な跳躍なのです」。いまだに仮想通貨は動き続けていて、10分ごとに1個のブロックが生成されている。



## 直接民主制か帝国か 仮想通貨の潮流を注視

「社会現象としては興味深いシステムではあるのですが、持続可能かといえば、そうとも言えない。仮想通貨は分散と集中のはざまで揺れています。それがどう仮想通貨の構造と関わっていくのか、そこが社会科学として面白いところで、常にその動向を観察しています。システムに機能不全が生じた場合には、その要因を研究者らと議論し、解決策を探求します」

例えば、昨年に相次いだ仮想通貨の分裂問題。仮想通貨のほぼ完全なコピーが登場して、分裂と称して動き出す。仕組みはよく似ていても、一方は共同合意で進める分散システムで、他方は一企業が電子通貨を発行するシステムだ。後者は本質的には一企業でコントロールできる。ある国の中央銀行がコントロールすれば、それは電子通貨になる。「本国通貨で受け取るか、海外発行の電子通貨で受け取るかは国民の自由だということになれば、本国通貨が消えてしまうこともある。通貨の乗っ取りですね」

今後、ブロックチェーンを使ってあらゆるサービスが提供されるようになると、サービスと反対方向には何らかの通貨が流れる。ホテルを予約して代金を送金すると、ブロックチェーンを通して電子キーが手元に運ばれてくる。仮想通貨とブロックチェーンは別物ではなく、表裏一体なのだ。こうしたブロックチェーンエコノミーの時代が到来しようとしている。そのとき、仮想通貨は、直接民主制の分散システムでいくのか、それとも誰かが帝国をつくるのか。その歴史的展開から片時も目が離せない。

# 研究シーズ

# 2018

## 研究シーズの見方

この研究の属する分野や関連する分野を記載しています。

6つのカテゴリーを設け、各シーズを分類しています。

研究がスタートした経緯、このシーズの概要が分かるようになっています。

担当研究者紹介

The screenshot shows a research page with the following sections:

- 研究分野** (Research Field): ネットワーク ▶ 制御理論 ▶ 不確かなシステム
- ネットワークを介してモノの動きのデザインをする** (Designing the movement of things using networks)
- 研究概要** (Research Overview): 制御とは、入出力がある動的システム（プラント）から望みの出力を得るために自動的に入力を調整する仕組みのことです。もともと、制御システムと情報システムは密接に結びついていますが、ネットワークを介して情報とのやり取りが行われることで、従来の制御システムとは異なる特徴が現れます。例えば、ネットワークを介して遠隔地から制御を行うことは本来不可能なことであり、このことで多くの不可能が可能になる一方、リソースの制約、情報損失、ランダムな通信遅延、信号の干渉など、これまで気にしてこなかった問題が起これば、プラントが不安定になったり、制御性能が劣化した分することがあります。この新しい制御の枠組みにおける問題の解決を目指します。
- 研究内容** (Research Content): ネットワークを介した制御に特有な問題の一つは、通信や計算、電力といったリソースの制約があります。本研究では、要求される制御性能を満たしながら、有限の取得、データの通信、センサーやアクチュエータの稼働のためのエネルギーなどを削減するアルゴリズムの開発を目的としています。基本となるアルゴリズムは直感的ですが、システムに応じて工夫が必要です。具体的には、プラントの数理モデルと取得データを用いて、次の三つを決定するアルゴリズムから成り立ちます。
  - ① 対象のプラント状態の予測
  - ② データの取得としてネットワークへ送る最適なタイミング
  - ③ 各センサーやアクチュエータの稼働について、アクチュエータへの制御の送信の必要性
- 産業応用の可能性** (Industrial Application Possibility): ネットワークを介した制御では、制御コストや管理コストが削減され、システム構成の自由度も上がるため、大規模で複雑なプラントの制御が可能になります。例えば、ネットワークを介して遠隔地から制御を行うことは、工場内の設備や発電機やインフラなど、危険な場所での作業による作業などに役立てられます。また、ネットワーク内で時々刻々と変化する需要と供給のデータを収集・把握し、システムを定量的に制御する技術は、電力や交通などの社会インフラの運用に欠かせません。遠隔地制御においては、全てのセンサーやアクチュエータが同時に稼働されることは稀であり、ネットワークを介した制御はその中核を担います。
- 研究者の紹介** (Researcher Introduction): Masako Kishida 岸田 昌子 (Masako Kishida) 情報学大学院システム工学専攻 准教授
- 研究者の連絡先** (Researcher Contact): Contact Information | 情報学大学院システム工学専攻 岸田 昌子 | Email: kishida@ipc.jp

研究者の連絡先

主要項目の説明を最大2点まで、図説しています。

本編は研究の内容と、産業応用の可能性の2項目に分けて説明しています。

# 実際の入力構造を 活用し、より効率的に 計算を行う アルゴリズムを研究



Yoichi Iwata  
**岩田 陽一**  
情報学プリンシプル研究系  
助教

## 研究内容

### ● 最短路クエリ問題

グラフ理論における「最短路クエリ」は、ネットワーク上の2点についての最短距離を聞く極めて重要な方法で、幅広く応用されています。しかし、これは一般的に考えると、従来の方法からの改善は見込めません。一方、「現実の大規模グラフ」は言うなれば「核」と「房」からなる「樹木のような」特殊な構造をしていることが知られています。そこで、私たちはその樹木のような構造を表す「木幅」という微細な指標に対しても効率的に入力できるアルゴリズムを設計し、現実のグラフに対して非常に効率的に動作することを実験で証明しました。

### ● 分枝限定法

「分枝限定法」は、易しくして解きやすくした緩和問題の解を用いて探索(枝刈り探索)を行う、「NP困難問題」を解くために広く用いられている汎用手法です。しかし理論上で想定し得る最悪のケースが起こった場合、枝刈り探索をしないで全探索を行うのと同じような手間がかかってしまい、極めて効率が悪くなります。そこで、実際には緩和問題と元の問題の解が比較的近いことに着目し、それがあてはまるケースについては、枝刈りなしの全探索よりも遥かに効率的に動作することを理論的に証明しました。

コンピュータで計算を行うためのアルゴリズムの研究は大きな発展を遂げてきました。さまざまな問題に対して効率的に働くアルゴリズムが数多く開発されてきた一方で、その効率化に限界も見えてきました。例えば、広く信じられている  $P \neq NP$

予想の下では、どんなNP困難問題も多

項式時間で解くことはできません。また充足

可能性問題(SAT)の難しさに関する

「SETH」という仮定を用いると、グラフ理

論における「到達可能性クエリ」を従来の

方法より良くすることはできないのです。し

かし、これらの効率化の限界は想定し得る

全てのケースを考えた場合の限界であっ

て、実際に扱いたい特殊なケースに限れば、

必ずしもあてはまるわけではありません。ま

た、対象が非常に大規模なグラフだったとしても、

到達可能性クエリなど、効率的に処理できてい

るものもあります。そのような実際の応用時に現

れる特殊なケースに対して、効率的に働くアルゴ

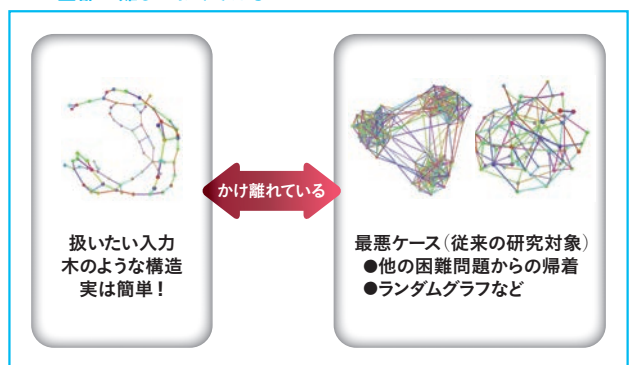
リズムの開発とその解析を行っています。

### 研究背景・目的

## 産業応用の可能性

- 大規模ウェブ・ソーシャルグラフに対する距離や関連度などのクエリ処理、クラスタリングなどのデータマイニングに対する効率的なアルゴリズム開発
- モデル検査、静的解析、プランニングなど、個々の目的に特化したより効率的なソルバ開発

図 「一般には難しい」=「とても難しい入力が存在」  
全部が難しいわけではない



研究者の  
発明

◆特開2015-184704: ネットワーク管理装置、ネットワーク管理方法及びプログラム

# 01 情報を理解しやすく、意味をとりやすくするデータ解析技術

基礎理論の深みを解き明かす

02 情報基盤科学  
理論実践からシステムを創り出す

03 ソフトウェア科学  
多様な知識を統合し社会を支える

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを分析する

05 知能システム科学  
知能システムの表現を目標として

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

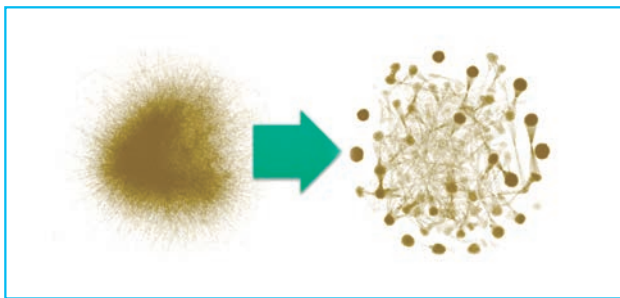


Takeaki Uno  
**宇野 毅明**  
情報学プリンシプル研究系教授

## 研究内容

私たちは、「データ研磨」というデータに含まれる共通性や特徴的なパターンをあぶり出す技術を研究しています。これにより、従来のクラスタは、「例えば、こういう行動パターンの人達やこういう特徴を持つ人達がいる」という形で、具体的に説明できるようになります。病気の原因や買い物行動をライフスタイルや移動パターン、居住地などと結びつけたり、ブログや苦情などのテキストから、重要なトピックを網羅的かつ意味のとりやすい形で見つけたりすることができます。故障や失敗などの原因となる要因のパターンも見つけることができます。また、ネットワーク解析にえば、コミュニティ構造もあぶり出すことができます(図)。開発した超高速アルゴリズムを使えば、100万件以上のデータでも10分ほどで結果を得ることができます。

図 データ研磨により、ネットワークのコミュニティ・クラスタ構造を浮かび上がらせる



### 研究者の発明

- ◆特開2017-045342: 結婚支援装置および結婚支援方法
- ◆特開2008-309665: 最短経路探索方法
- ◆特開2003-241822: サプライチェーン製品管理での流れ管理に基づく管理方法
- ◆特開2009-230186: あいまい頻出集合の探索方法及び探索装置

### 研究背景・目的

企業活動のさまざまな場面でビッグデータが活用され始めています。これをビジネスの発展につなげるには、例えば、買い物データやアクセスログから顧客の嗜好の全体像を正しく理解する、工場のログから生産性や故障につながるきっかけを理解する、というように「ビッグデータの持つ意味を正しく捉えること」が重要になります。しかし、従来の統計や機械学習、セグメント分析や2x2による分析では、あまりにも一般的すぎる特徴しか捉えられず、一方で個別の案件は特殊すぎたり、多くの要因が入りすぎたりしているため、たとえ全体、あるいは一部のデータを可視化しても、ノイズや関係ない事象が多すぎて本質に迫ることは難しいものです。外部情報に頼らず、データがデータ自身だけで語れる意味を、自動的に導き出す解析技術が重要です。

## 産業応用の可能性

データを理解したい分野、例えば、マーケティング、病気と健康、工場の生産性、テキストデータの分析、移動データ、生産活動や売上げのデータ分析など、個別の意味と全体像を理解してビジネスを進める、さらに、それらから自動的に推薦や意思決定を行う場面で使えます。こういったデータ解析では、まず自分の持つデータは何に使えるか、どうやってデータをとるか、何を目標にするか、といった課題設定が難しく、それを専門知識なしで見当をつけるのはたいへん難しいものです。まずは、データや課題をお持ちになって、何ができるか、何をすべきか、相談されることをお勧めします。お気軽にお越しください。

# ネットワークを介してモノの動きのデザインをする



Masako Kishida  
**岸田 昌子**  
情報学プリンシプル研究系  
准教授

## 研究内容

ネットワークを介した制御に特有な問題の一つに、通信や計算、電力といったリソースの制限があります。本研究では、要求される制御性能を満たしながら、情報の取得、データの通信、センサーやプラント駆動のためのエネルギーなどを削減するアルゴリズムの構築を進めています。基本となるアルゴリズムは直感的ですが、システムに応じて工夫が必要です。具体的には、プラントの数理モデルと取得データを用いて、次の三つを決定するアルゴリズムから成り立ちます。

- ① 将来のプラント状態の予測
- ② データを取得してネットワークへ送る最適なタイミング
- ③ 各サンプリング時刻において、アクチュエータへの制御信号の送信の必要性

図1 ネットワークを介した新しい制御の枠組みの問題解決を目指す



制御とは、入出力がある動的システム（プラント）から望みの出力を得るように自動的に入力を調整する仕組みのことです。もともと、制御システムと情報システムは別個に扱われていましたが、IoT（Internet of Things）の普及に伴い、ネットワークを介して情報をやり取りしながらプラントの制御を行うことが不可欠になってきています。このことで多くの不可能が可能になる一方、リソースの制限、情報損失、ランダムな通信遅延、信号の干渉など、これまで気にしなくてよかった問題が起り、プラントが不安定になったり、制御性能が劣化したりすることがあります。この新しい制御の枠組みにおける問題の解決を目指します。

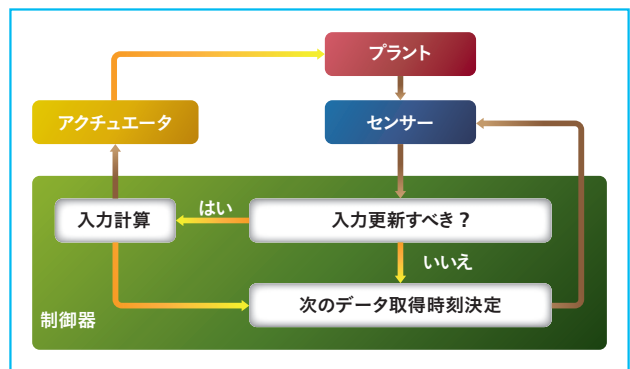
### 研究背景・目的

## 産業応用の可能性

ネットワークを介した制御では、初期コストや管理コストが削減され、システム構成の自由度も上がるため、大規模で複雑なプラントの制御が可能になります。例えば、ネットワークを介した遠隔監視制御技術は、工場内の故障の早期発見やメンテナンス、危険な場所でのロボットによる作業などに役立てられます。

また、ネットワーク内で時々刻々と変化する需要と供給のデータを収集・把握し、システムを安定的に制御する技術は、電力や交通などの社会インフラの運用に欠かせません。最近話題のIoTは、全てのモノがネットワークを介してつながり制御される技術であり、ネットワークを介した制御はその中核を担います。

図2 要求を満たしながらリソース消費を削減する制御アルゴリズム



研究者の  
発明 ◆該当なし

01 情報基礎科学 基礎理論の深みを解き明かす

02 情報基礎科学 理論実践からシステムを創り出す

03 ソフトウェア科学 多様化する知識創成型社会を支える

04 情報メディア科学 メディアの振る舞いを探求する

05 知能システム科学 知能システムの表現を目指す

06 情報環境科学 情報社会を多角的に捉える

01 情報基礎科学  
基礎理論の深さを解き明かす

# 社会の多様な要望に応えるマッチングアルゴリズムの設計

02 情報基盤科学  
理論実践からシステムを創り出す



Yu Yokoi  
**横井 優**  
情報学プリンシプル研究系助教

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

## 研究内容

マッチングシステムを必要とする個々の問題では、その運営機関の制度や問題意識に由来するさまざまな要望があります。例えば、割当て先の組織がダイバーシティに関する制約を持っていたり、一定数以上の割当ての保証を求めている状況が考えられます。そのような多種多様な問題に対処するため、マッチング理論を拡張する研究を行っています。一見似たように見える問題でも、その背後にある数学的構造の違いにより、問題の難しさや然るべきアプローチ方法が大きく異なることがあります。問題の本質的構造を見抜き、組合せ最適化理論などを活用しながら、高速に公平なマッチングを求めるアルゴリズムを設計しています。

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを捉える

## 産業応用の可能性

マッチング理論は、人や組織の間のマッチングを求める様々な場面で役立ちます。中でも、特に大きな貢献を見せる場面として、公共性が高く規模の大きいシステムの開発・改良があげられます。制度の透明化やアルゴリズムの公開が求められる公共性の高いシステムにおいては、参加者に納得してシステムを利用してもらうために、計算結果の正当性が理論的に保証されていることが必要不可欠です。加

05 知能システム科学  
知能システムの表現を目標として

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

研究者の  
発明

◆該当なし

## 研究背景・目的

学生の進学コースの割当てや研修医の病院への配属など、多数の参加者の希望に基づきマッチングを求めたい場面は社会に数多く見受けら

れます(図1)。その多くに、参加者が提出する希望順位リストを入力データとしてマッチングを計算するコンピュータシステムが用いられています(図2)。私はその計算を支えるアルゴリズムの理論研究を行っています。適切なアルゴリズムを設計することによって、一部の参加者に理不尽な思いをさせたり、虚偽のデータ申告を誘発したりすることのないような公平な仕組みづくりを目指します。社会の変化に伴い現れる多様な問題に対処するための柔軟な理論づくりが求められています。

図1 マッチング問題のモデル化

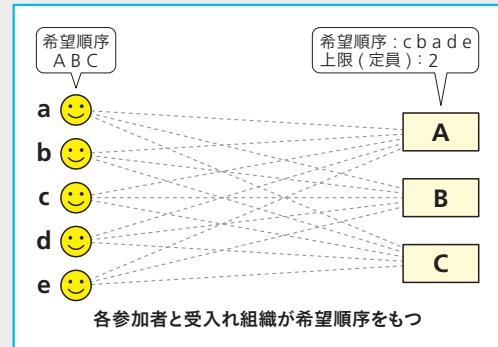
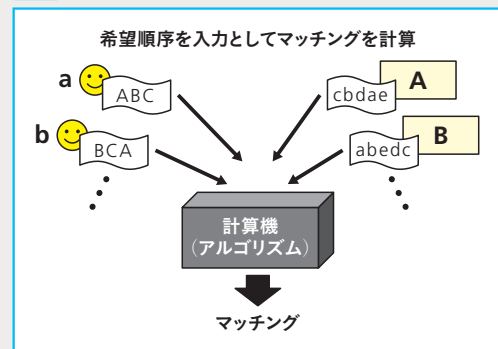


図2 アルゴリズムのイメージ



えて、大規模な問題を扱う際には、実用可能な速度で必ず出力が得られることを保証する必要があるため、アルゴリズムの計算量の改善が欠かせません。

# 定数時間アルゴリズム で連続最適化問題を 高速計算



Yuichi Yoshida  
**吉田 悠一**  
情報学プリンシプル研究系  
准教授

## 研究背景・目的

ビッグデータという言葉によく表現されているように、近年のデータはこれまでより格段に大きくなってきており、それを効率的に処理するアルゴリズムの必要性が高まっています。コンピュータサイエンスでは、伝統的には「多項式時間アルゴリズムこそが効率的」と考えてアルゴリズムを作ってきたわけですが、ビッグデータに対しては多項式時間アルゴリズム（例えばデータサイズの3乗時間かかるアルゴリズム）では遅すぎます。理論的にはこれらのアルゴリズムの計算時間を改善することは難しい・できないことが分かっている場合が多いのです。しかし、出力に一定の誤差を許すことで、より高速なアルゴリズムを作ることができないか、というのが私の研究の中心的な問いです。

## 研究内容

機械学習などに現れる連続最適化問題に対する「定数時間アルゴリズム」の研究を行っています。定数時間なのでデータサイズがいくら大きくなっても常に一定の時間で終了します(図)。特に以下の二つの問題に対して、誤差保証付きの定数時間アルゴリズムを示し、また実験で既存手法に対して数百～数千倍高速であることを確認しました。

### ・(多変数の)二次関数最小化

回帰や行列分解などの応用を持ちます。

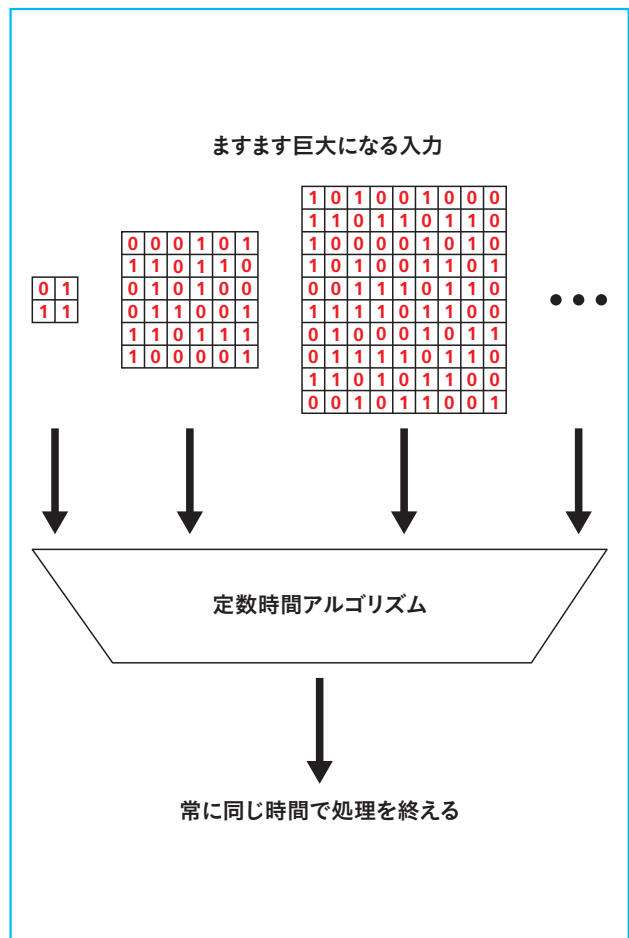
### ・テンソル分解

テンソルとは行列を拡張したものであり、購買記録や動画などを表現するのに適したデータです。テンソル分解とは、テンソル中に潜む重要な特徴を得る手法です。

## 産業応用の可能性

- 回帰や行列分解などの二次関数最小化で表現できる問題を高速に計算
- 購買記録や動画などのテンソルで表現できるデータから重要な情報を高速に抽出
- その他の連続最適化問題の高速計算

図 「定数時間アルゴリズム」の動作の様子



研究者の  
発明

◆ 該当なし

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

# 無線周波数やエネルギーを最大限に活用する無線通信プロトコル設計

02 情報基礎科学  
理論実践から新システムを創り出す



Megumi Kaneko  
**金子 めぐみ**  
アーキテクチャ科学研究系 准教授

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

## 研究内容

この無線資源が欠如するという問題の解決に向けて、5G移動体通信システムや次世代無線アクセスネットワーク（無線LAN・IoT無線センサーネットワーク等）のための無線周波数などの割り当てや干渉を防ぐ方法を主に研究しています。ランダムに変動する無線通信路や干渉状況をうまく活用し、システム全体の性能・各ユーザーの通信品質要求・周波数やエネルギー利用効率等、相反する性能指標を同時に達成できる優れた無線資源の割り当て方法や、クラウドとデバイスの双方のアクセスがスムーズになるような環境設計に取り組んでいます。

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを追求する

例えば、広い通信エリアを細分化して高密度にカバーし、それらをクラウドで連携させてコントロールしようとする「クラウド無線アクセスネットワーク」のための「無線資源割り当て法」や、無線資源の基本要素を複数ユーザーが同時に利用できる5G要素技術の候補である、非直交多元接続「NOMA」を活用した「非直交無線資源割り当て法」を考案しました。

05 知能システム科学  
知能システムの実現を目指して

06 情報環境科学  
情報社会を多面的に捉える

## 産業応用の可能性

- 5G移動体通信システムのための基本的な要素技術
- 応用に向けた無線アクセスプロトコル設計の方向性
- 無線資源割り当て・干渉制御法の性能の理論的解析の提供

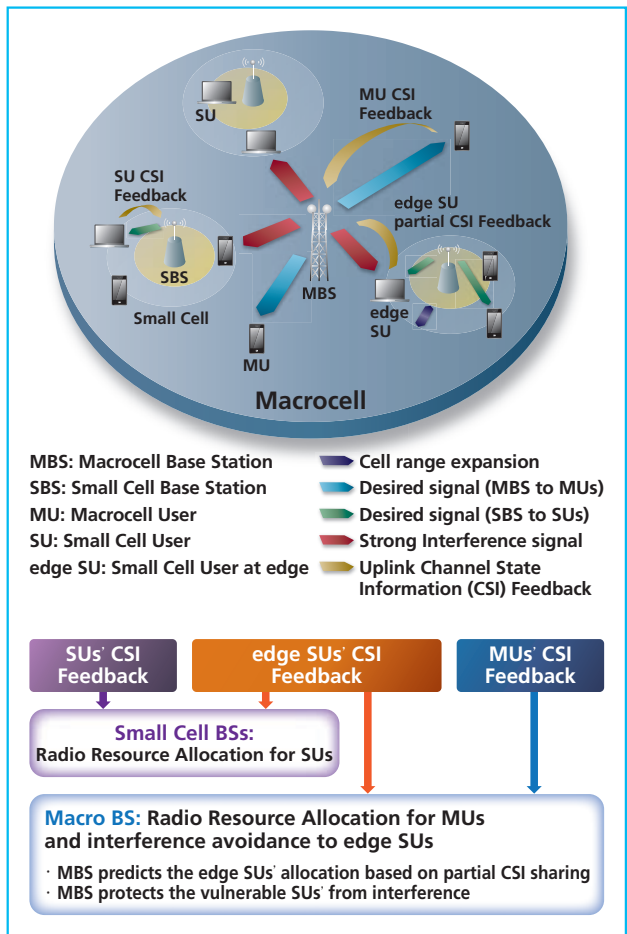
研究者の  
発明

- ◆ “Method for transmitting/receiving data in communication system”, US7916688
- ◆ “Apparatus and method for resource allocation considering buffering in relay wireless communication system”, US2008/0205323 他

### 研究背景・目的

現在、移動体通信加入者は全世界で45億人を超え、2020年には物と物が直接無線で通信するM2M(Machine to Machine)やIoT(Internet of Things)に対応する機器も500億個に達することが予測されており、爆発的なデータ量の増加が予想されています。その一方で、使用可能な無線資源である周波数はすでに限界を迎えており、今後の膨大なデータ通信量に対応しきれない厳しい状況になっています。その中で、現在一般に使用されている4Gの次の技術である5G移動体通信システムや、次世代無線アクセスネットワークに要求されているのは、さまざまな性能への要求（伝送速度・遅延・通信品質・省電力等）を高レベルで同時に保証することです。

図 スモールセルネットワークのための提案 無線資源割り当て法





# コンピュータの 新たな建築技術： 水没冷却と光無線



Michihiro Koibuchi  
**鯉渕 道紘**  
アーキテクチャ科学研究系  
准教授

## 研究内容

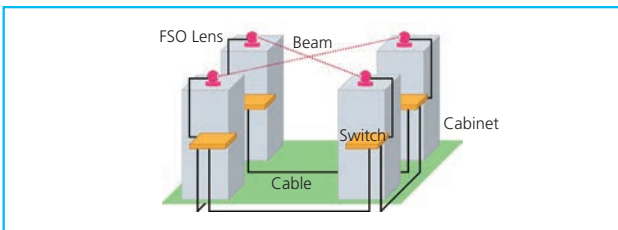
### • 水没冷却

電気絶縁性を得て、かつ、水中への放熱を可能にするために、コンピュータのマザーボード全体に薄膜コーティングを施しました。その結果、水没冷却は高負荷時の最新のXeon（ジエオン）プロセッサの温度を、空冷と比べて20度ほど低下させることができました。ただし現在の技術では耐久性に課題があります。

### • 光無線

ネットワークの「高いメンテナンス性」「通信パターンに応じた柔軟性」「省資源化」をすべて達成するために、ケーブルの代わりにレーザービームを使います(図)。現状のイーサネットの光源を用いて40Gbpsに近い通信を達成しています。マシンルーム内のラック上で多数のレーザービームが相互に干渉しないような光無線端末レイアウトを特許出願中です。

図 光無線データセンター / スパコンの全体像



### 研究者の 発明

- ◆特許第5024530号：三次元集積電気回路の配線構造及びそのレイアウト方法
- ◆特開2015-139151：情報処理装置用ネットワークシステム

コンピュータの熱、配線について研究しています。

**水没冷却**：水にはコンピュータの冷却材である空気、鉱物油と比べて冷却性が数倍～数十倍高いという優れた特徴があります。私たちは既

### 研究背景・目的

存の空冷の「扱いやすさ」と現状の液浸冷却を越える「効率的な冷却」を両立する水没コンピュータにより、プロセッサチップの発熱問題の緩和を目指しています(写真)。

**光無線**：現状のスパコン、データセンターのネットワークはケーブルで相互接続して構築するため、総配線長が1,000kmを超えるなどメンテナンスが困難で並列計算処理ご

とに適したネットワーク構成に変更することが難しくなっています。この2点の問題を光無線通信(ケーブルレス)の採用により突破することを目指しています。

### 水没コンピュータのテスト



## 産業応用の可能性

### • 水没コンピュータ

マイクロな点では、コンピュータの最発熱部であるプロセッサチップの3次元統合積層の排熱問題が解決できるかもしれません。マクロな点では将来、水没コンピュータを温水プールや水族館の水槽内に設置し、その熱を二次利用する、あるいは、海や河川に設置するなど従来と違うデータセンターの形が見えてくるかもしれません。

### • 光無線

長いケーブルなしでデータセンターを構築できます。さらに、ネットワーク構成を運用中に変更できるので、AI/ビッグデータ処理などで、現在では想像がつかないようなデータセンターの使い方が現われても設備の増設なしに、相応に対応可能です。

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

# 大規模インターネット データからの情報抽出 およびその応用

02 情報基盤科学  
理論実践から新システムを創り出す



Kensuke Fukuda  
**福田 健介**  
アーキテクチャ科学研究系  
准教授

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識形成型社会を支える

## 研究内容

最近の研究内容として二つのトピックを紹介します。一つ目はインターネット上の悪意のある振る舞いを同定するための新しいデータ源として、DNS (Domain Name Services) を用いた手法に関して研究を進めています。私たちのアプローチでは、権威サーバーへの集成的なDNSアクセス(DNS 反射波)から、大規模ネットワークスキャンの送信元を検出することに成功しています(図1)。

二つ目に、ネットワーク管理のためのログマイニングの研究を行っています。ネットワーク管理者は、ネットワーク機器から生成されるログから何か異常が起きていることを知ることができますが、ログは大量かつ多様なため、トラブルシューティングやトラブルの予測に活用することは簡単ではありません。私たちは、NIIが構築・運用する学術情報ネットワーク(Science Information NETwork : SINET)のログデータを例として、因果推論技術を用いたログ出力の因果解析フレームワークを研究しています(図2)。

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを捉える

05 知能システム科学  
知能システムの表現を目標として

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

インターネットは私たちの生活に欠かせない重要なインフラとなっていますが、ネットワークを正しく、効率良く運用していくことは簡単ではありません。

例えば、ウイルス、DDoS (分散型のサービス妨害)、設定間違い等のネットワーク上の異常なトラフィックを早期に検出し、自ネットワークを防御する必要があります。また、ネットワークを構成する機器は複雑に接続されており、機器の監視を行っていてもネットワーク不調の原因を知ることは容易ではありません。私たちは、インターネット上のインフラからアプリケーションにまたがるさまざまな大規模データを集め、これらのデータに適したマイクロ・マクロな解析手法を適用することで、ネットワークの安全性、効率性を高めるための研究を行っています。

図1 DNS 反射波

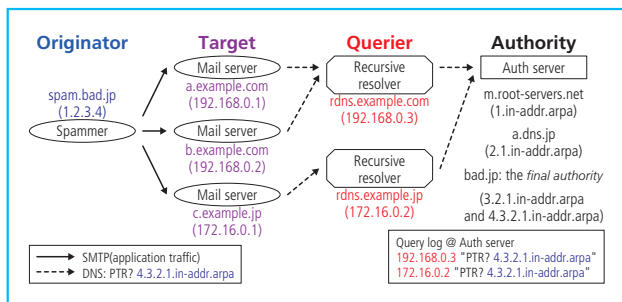
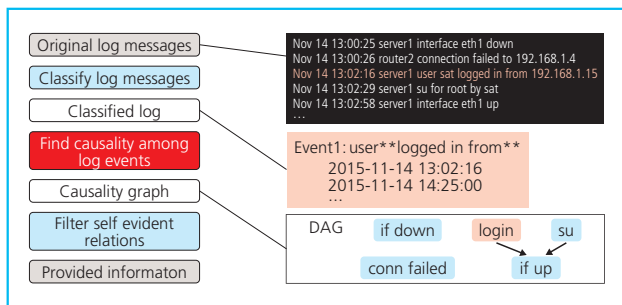


図2 ネットワークログ解析



## 産業応用の可能性

DNS反射波は、インターネットサービスプロバイダー等で内部に存在する悪意のあるユーザーを検出する際に有効な技術と期待しています。また、ログ因果推論解析は、あ

るログが生成された際に、その原因を特定したり、そのログから派生しうるトラブルを予測したりすることが可能になると考えています。

研究者の  
発明

◆該当なし

# データ相互運用問題 における 問合せ最適化手法



Hiroyuki Kato  
**加藤 弘之**  
コンテンツ科学研究系  
助教

## 研究内容

近年、データ相互運用におけるスキーマの統合手法は、データ全体をカバーするスキーマによる統合から、各データピア間のスキーママッピングを利用するP2P (Peer to Peer) に基づく手法(図)へと移行しています。また、Web上での情報交換フォーマットとして、W3C (World Wide Web Consortium) で制定されたXML (Extensible Markup Language) は、例えば、ワードファイルの中身を異なるOS上で共有する時に利用されるなど、日常生活のさまざまな場所で使われています。同様にW3Cで制定されたXMLデータに対する問合せ言語であるXQueryも、さまざまなところで使われています。XML/XQueryの問合せ処理の難しさとして、「順序に関する厳しい制限(heavily ordered)」が指摘されています。このような厳しい制限のもとでも、全てのXQueryエンジンで効率的に問合せが実行できる基盤技術を開発しました。

## 産業応用の可能性

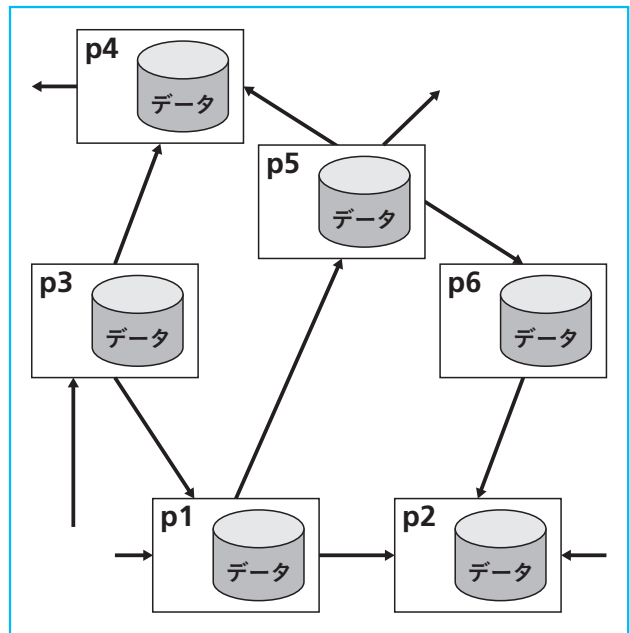
XQueryを使ったデータ相互運用アプリケーションの高速化や既存のXQueryエンジンの高速化に適用できます。実際、海外のXML/XQueryデータベース企業が本研究

異なる場所に存在している同じ意味を表すデータを統一的に扱う問題は「データ相互運用問題」と呼ばれ、データベースの研究分野では古

くから継続して取り組まれてきた課題であり、新しい技術や応用とともに発展し続けています。特に近年、生成されるデータはかつてないスピードで増加しており、このような現状から本課題に対する新しい要求とその解決手法が数多く提案されています。データ相互運用では、スキーマの違いを記述しているスキーママッピングを通じて問合せが実行されるため、効率の良い問合せ処理が課題となっています。本研究では、データ相互運用時の問合せの最適化に取り組んでいます。

### 研究背景・目的

図 P2Pに基づくデータ相互運用の概念図



の成果に興味を示しており、上記の「順序に関する厳しい制限」についてのパフォーマンスを解析するための分析ツールの提供を、当該企業から受けています。

研究者の  
発明

◆該当なし

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

02 情報基礎科学  
理論実践からシステムを創り出す

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを解析する

05 知能システム科学  
知能システムの表現を指し示す

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

# 双方向変換の深化による自律分散ビッグデータの相互運用基盤技術

02 情報基盤科学  
理論実践からシステムを創り出す



Zhenjiang Hu  
**胡 振江**  
アーキテクチャ科学研究系 教授

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

## 研究内容

これまでの研究成果を踏まえて、双方向変換技術を深化させ、自律分散データの相互運用の基盤技術を確立します。具体的には次の三つの目標に分けてこれらを実現します。

### ● 目標1

「双方向変換の深化」では、モジュール化、静的解析・自動検証、強力なデバッグ機構と学習支援により、大規模・高信頼で系統的な開発を可能とする環境を構築します。

### ● 目標2

「双方向変換による新たな基盤の構築」では、自律分散ビッグデータの相互活用のための新たな基盤となるビューパッシング機構を確立し、非同期並列処理により効率化を実現します。

### ● 目標3

「双方向変換の実例への応用」では、社会の実問題であるサイバーフィジカルシステム(Cyber-Physical System:

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを捉える

05 知能システム科学  
知能システムの表現を目標して

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

## 産業応用の可能性

分散データの同期により、次の産業応用が考えられます。

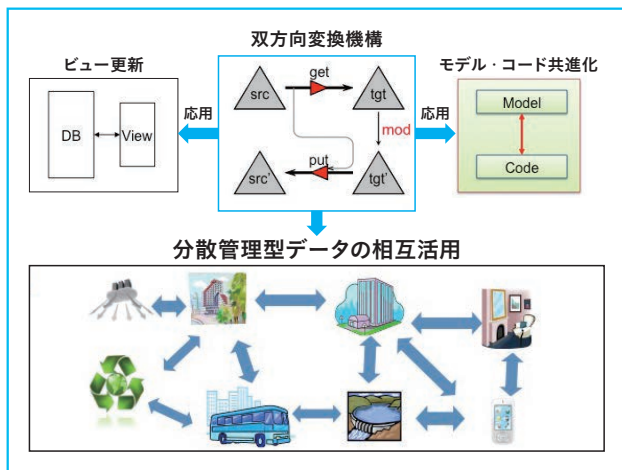
- CPS・IoTにおけるデータの相互運用のための高信頼システムの構築
- 自己適応可能なスマートシステムの効率的な開発

研究背景・目的

近年ビッグデータの利活用が進んでいますが、データを集中管理する手法はネットワーク技術の点で厳しい局面を迎えています。その打開策として、データを集めることなく自律分散的にビッグデータの効率的な分析、共有、相互活用を行う新しいソフトウェア基盤技術が求められています。本研究では、NII が世界トップレベルの研究成果をあげている、二つのデータベース間での整合性を保証する双方向変換技術を「高信頼・大規模・高効率」の方向へ深化させるとともに、その技術をネットワークに拡張し、正確かつ効率の良い分散管理手法を実現し、ライブラリーとして実装します。そして、その実装を現実の問題に適用し解決することで、応用による実証と提案手法の改善を行います。

CPS)におけるデータの相互運用、各種データの統一管理等の問題に取り組み、ビューパッシング機構の有用性を示すことを目的としています(図)。

図 双方向変換とその応用例



- 組織の中における相互依存の各種データの高信頼管理
- 組織やチームでの共同作業を効果的に行うための支援

研究者の発明 ◆該当なし

# 機械学習ソフトウェアの品質向上



Shin Nakajima  
**中島 震**  
情報社会相関研究系教授

## 研究背景・目的

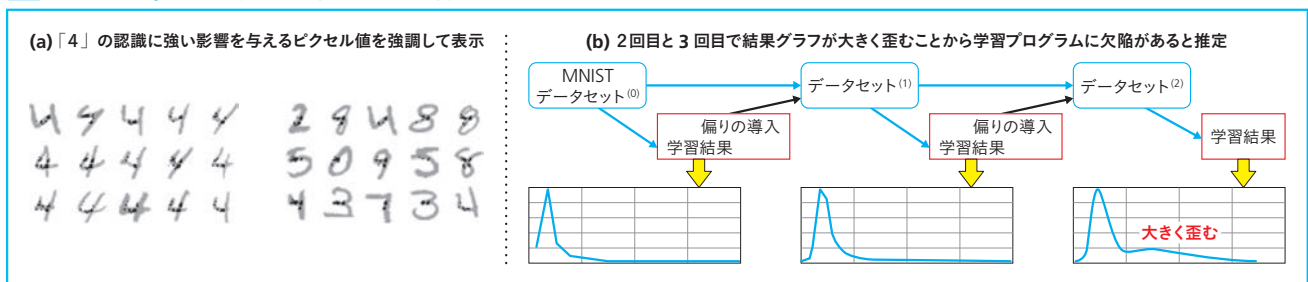
ソフトウェア技術が社会基盤システムに浸透するとともに、不具合の影響が社会的な問題になってきました。今、「Society5.0」の実現技術として、サイバーフィジカルシステム（CPS）の研究が進められています。実世界の現れとしてのデータを活用することで超スマート社会を実現するものです。ここで必要となる技術、つまり膨大な量のデータから有用な情報を取り出す技術は、従来から機械学習として研究が進められてきました。その面白さは未知の結果を得ることでありますが、これは正解値が不明ということでもあります。正解が未知なので、不具合があるかないかを調べる検査が困難です。本研究は、機械学習ソフトウェア・システムのディペンダビリティを向上させる技術の確立を目的としています。

## 研究内容

ハードウェアや装置の主な不具合の原因は、物理的な劣化などの偶発的な故障とされます。ソフトウェアは物理的な実体がありません。開発過程で混入した欠陥に起因する決定論的な故障が原因です。機械学習はソフトウェア技術で実現されるので決定論的な故障に左右され、また、学習結果は膨大な量のデータからなるデータセットに依存し

ます。データは実世界の現れであって、その変化を予測できません。入力データセットの偶発的な故障に影響されるもいえます。本研究では、適切な偏りを導入して効果的な検査を可能にする「データセット多様性」という考え方で、機械学習ソフトウェア・システムのディペンダビリティを調べる方法を研究しています(図)。

図 データセット多様性：手書き数字認識の適用例



## 産業応用の可能性

ソフトウェア・システムが安心して利用可能なことを保証する方法に、システム開発者から独立した第三者機関の評価制度があります。セキュリティ分野では、評価・認証の規格ISO/IEC 15408 (JIS X 5070)が決められました。攻撃に対するシステムの耐性を確認し、安心して使えることを保証します。近い将来、機械学習利用ソフトウェア・シ

ステムに対して、同様な評価制度が規格化されるでしょう。評価作業では、データセットを工夫し、対象システムのディペンダビリティを調べます。本研究の成果は、機械学習ソフトウェアの開発者自身が行うディペンダビリティ向上の作業で利用できますし、また、第三者機関が行う評価手法の基礎技術としても利用可能です。

研究者の  
発明 ◆該当なし

01 情報基盤科学 基礎理論の深みを解き明かす

02 情報基盤科学 課題解決からシステムを創り出す

03 ソフトウェア科学 多様化する知識創成型社会を支える

04 情報メディア科学 メディアの振る舞いを解析する

05 知能システム科学 知能システムの表現を目標して

06 情報環境科学 情報社会を多角的に捉える

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

# 屋内もスマホで ナビゲーション 音響測位、可視光通信技術

02 情報基礎科学  
理論実践から情報システムを創り出す



Hiromichi Hashizume  
**橋爪 宏達**  
アーキテクチャ科学研究系  
教授

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

## 研究内容

屋内ナビゲーションのための位置計測では、屋外のGPSの測位精度(数メートル)より高い精度が要求されますが、私たちはそのために「位相一致法」というミリメートル精度の計測原理を開発しました。この手法は、スマートフォンのビデオカメラを使った光の信号と併用すると特に効果的なため、私たちは可視光通信技術も研究し、二つの技術を合わせることで、屋内における高精度の測位を可能にしました。ビデオカメラの可視光通信は低速な通信速度しか得られないのが欠点でしたが、測位利用の副産物として「仮想正弦波解析」という新しい通信技術を開発し、従来の通信速度を10倍程度更新しました。

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを模索する

## 産業応用の可能性

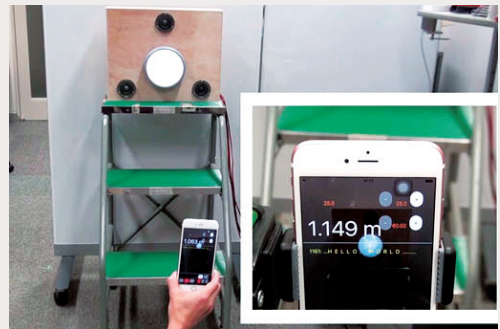
実験室内の音響計測では、位相一致法により、3メートルの位置で35ミクロンの計測精度を達成し、これは世界記録になっています。このため同方式を工場の生産ラインで、加工対象の精密な位置決めにも使うことも検討されています。ビデオカメラを使う可視光通信では、私たちの方法ではリア

05 知能システム科学  
知能システムの表現を目指して

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

### 研究背景・目的

屋外では便利に使えたスマートフォンの地図ナビゲーションも、デパートなどのビルの中に入ったとたん、機能しなくなります。これはGPS衛星からの、自分の位置を知る(測位する)ための電波が届かなくなるためです。屋内でGPS相当の電波を出しても、壁や家具で乱反射するので測位には使えません。屋内ではそれに代えて、音や光を使う測位方法が有望です。音や光を使うと、測位だけでなく、催し物の内容など一般の情報を伝達することもできます。私たちの研究は、音響および光による測位と通信機能をスマートフォンに付け加えることで、屋内での新しいスマートフォンの利用形態を提案します。



音と光によるスマホの屋内測位(右下画面)。位置の数値に合わせて、光信号で送られた“HELLO, WORLD”の文字が表示されている

ルタイム音声を送ることができるため、催し物の各コーナーの説明をその位置にいる人に可視光通信で行えるはず。自動車のテールランプと車載カメラによる車車間通信にも応用できます。

研究者の  
発明

- ◆特許第5305324号: 位相一致法(精密な音響測位技術。電波や光でも可能)
- ◆特開2017-192122: 情報送信装置、情報受信装置、情報伝送システム及びプログラム、測位システム、照明器具並びに照明システム(可視光通信で理論最高速を達成)

# 「形式手法」をものづくりへ

## —高品質・高効率な製品開発に向けて



Ichiro Hasuo

### 蓮尾 一郎

アーキテクチャ科学研究系 准教授 / システム設計数理国際研究センター長

## 研究内容

形式手法を自動車制御などの物理情報システムに適用するためには、従来、コンピュータでの計算を前提として扱ってきた「離散的要素」と物理系の連続ダイナミクスや確率・時間などの「連続的要素」の両方を包含するような理論拡張が必要となります(図1)。私たちは独自のアプローチとして、形式手法の拡張過程そのものを「論理学」「圏論」といった抽象数学を駆使して解析、高次(メタレベル)の理論を構築し形式手法の諸技法を一挙に拡張します(図2)。一方、応用面では、これらの理論研究の成果を制御理論、最

## 産業応用の可能性

この研究では産業応用志向が一つの特徴です。具体的な方向性として二つのアプローチで進めています。一つ目のアプローチでは国内外の企業と協働し、実際の製品設計プロセスに対し形式手法の支援を行います。ここでは現状の開発プロセスに適用することで、具体的・実践的な形式手法の適用実現とその効果を実証します。二つ目のアプローチは、将来の製品設計プロセスにおける形式手法の果たす役割を追求します。ここでは、ソフトウェアを中心とした先駆的な製品設計プロセスを実践するカナダのウォータールー大学の自動運転車プロジェクトをテストベッドとして形式手法の産業応用について先駆的研究を行います。

研究者の  
発明

◆特許第5843230号：ハイブリッドシステムの検証方法、および検証装置

今日、製造業においては高度な情報処理技術を用いた自動化とソフトウェア支援により、設計から生産までの製造工程のあり方を根本的に変える

取り組みが進んでいます。この背景を踏ま

え、従来、ソフトウェア開発に用いられてきた

「形式手法」と呼ばれる数学的手法を工業

製品の開発に適用し、製品の信頼性や開

発効率を画期的に向上させることは、それ

らが計算機制御され、その機能・複雑さ・

社会的責任を増している今日、学術的・産

業的に非常に重要なトレンドとなっています。

本研究では、JST ERATO「蓮尾メタ数

理システムデザインプロジェクト」を通して先

進的形式手法の研究、さらに産業界の実問題

に対する応用・実装を進め、形式手法の効果

実証、実用化を目指すことを目的としています。

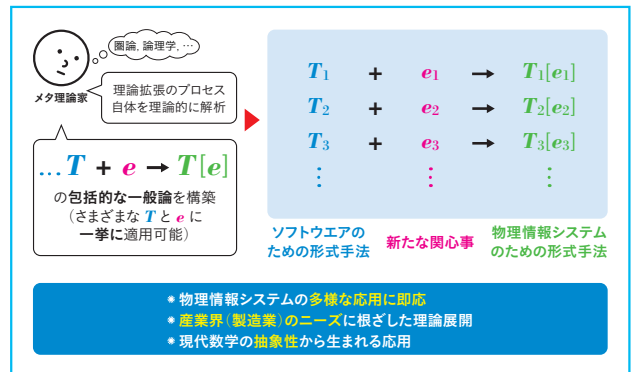
### 研究背景・目的

化理論を用いて具体化、また機械学習等の実践的ソフトウェア工学手法を活用して実用化を目指します。

図1 形式手法の拡張：ソフトウェアから物理情報システムへ



図2 独自の方法论：メタ理論による移転



01

情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

02

情報基礎科学  
理論実践からシステムを創り出す

03

ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

04

情報メテア科学  
メテアの振る舞いを形式化する

05

知能システム科学  
知能システムの表現を目指す

06

情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

# 美しいCGの動きを 数値で構築する 新しい計算手法を開発

02 情報基礎科学  
理論実践から新システムを創り出す



Ryoichi Ando  
**安東 遼一**  
コンテンツ科学研究系  
助教

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

## 研究内容

視覚的に美しい現象を再現可能にするアルゴリズムの開発を目標としたこの研究テーマでは、視覚的に特徴的な渦、水しぶきといった要素を計算する「アダプティブ計算法」に取り組んでいます(図1)。アダプティブ計算法では、大規模な流体が計算可能になり、同時に視覚的に重要ではない計算が少なくなるため、全体のコストを抑えられる利点があります。

新たな数学的モデルに着目した研究では、流体の数学的な問題をあるエネルギー関数の最小問題に置き換え、流体現象を数学的に美しく数値計算できるアルゴリズムの開発に取り組んでいます。例えば、流れ関数を用いた数式モデルでは、これまで困難だった「2層流体の数値計算法」を開発しました(図2)。

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを探求する

05 知能システム科学  
知能システムの表現を目指して

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

## 産業応用の可能性

私の研究は、映像業界で応用されています。また、開発されたアルゴリズムは、ビジュアルシミュレーションでありながら、高い計算精度を実現し、その研究内容は数値流体力学の産業界で応用できます。

コンピュータグラフィックス (CG) のための美しい映像を実現する、数値流体力学の新しい計算手法の開発に取り組んでいます。こだわるのは視覚的な美しさと数学的な美しさの二面性。前者は水しぶきや渦の動きを効率よくとらえられるアルゴリズムの開発、後者は自然現象の特徴をシンプルな数式で記述できる新しい数学モデルの構築をテーマとしています。この成果は主に映画の特撮分野で応用され、アニメーションのリアルな動きを創り出しています。

研究背景・目的

図1 アダプティブ計算法

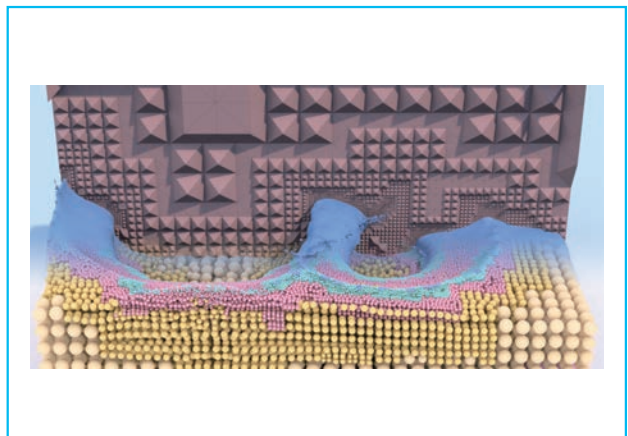
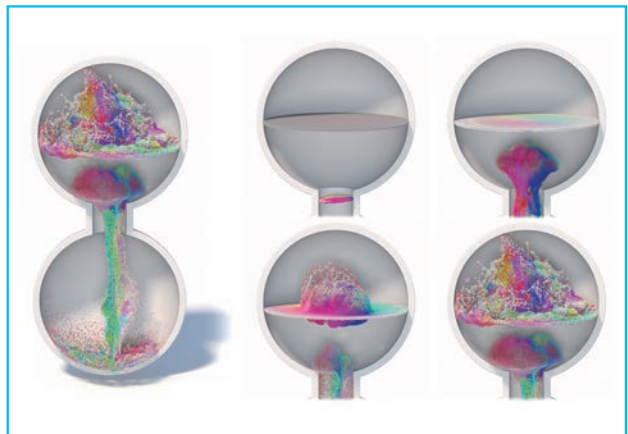


図2 2層流体



研究者の  
発明

◆該当なし



# 実世界への応用を 目指した高精度な 3次元復元技術の開発



Satoshi Ikehata  
**池畑 諭**  
コンテンツ科学研究系  
助教

## 研究内容

### ・フォトメトリックステレオ法

フォトメトリックステレオ法は様々な方向から被写体に光を当てて、陰影の変化から3次元復元を行うアプローチです。数理的には光が被写体に反射してカメラに到達する過程をモデル化し、その逆問題を最適化する過程で被写体の法線画像を復元します。しかし、相互反射のような複雑な物理現象をモデル化することは困難で、既存研究では単純な光学系のみが扱われてきました。そこで私たちは、困難なモデル化をCGデータを用いた機械学習によって代替し、より汎用的な対象に対してこの手法を適用することを実現しました(図1)。

### ・建築物内部の3次元復元

建築物は人間が住みやすいように注意深くデザインされており、「壁は平面で地面に対して垂直である」等の共通ルールが幾つも存在します。そのようなルールを上手く利用することで、高度な3次元情報を復元することが可能になります。これまでに、復元された3次元モデルに対して「部屋」、「壁」、「天井」等の構成要素への階層的構造化手法を実現し、間取り図の生成、ナビゲーションシステム、CAD編集等に活用してきました(図2)。

3次元復元は、撮影された被写体の形状や距離等の3次元情報を復元することを目的としたコンピュータビジョンの研究分野です。例えば、自動運転車が周囲の環境を理解して安全に走行するためには、建物や他の車までの距離の情報が不可欠です。あるいは3Dプリンターで出力するために被写体の形状をスキャンするといった用途も考えられます。人間がさまざまな手掛かりを利用して奥行きを知覚するのと同様に、復元する対象やアプローチは多岐にわたり、それぞれが独自の研究分野を形成しています。私はこの分野で、陰影の変化を利用して被写体の法線画像を復元する「フォトメトリックステレオ法」および「建築物内部の3次元復元」をテーマに取り組んできました。

### 研究背景・目的

図1 機械学習に基づくフォトメトリックステレオ法のアイデア

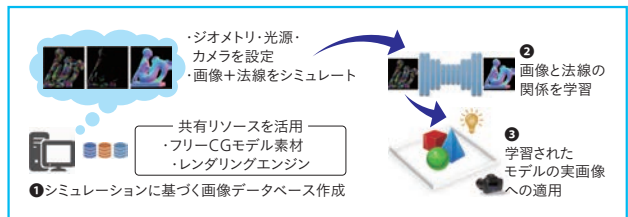
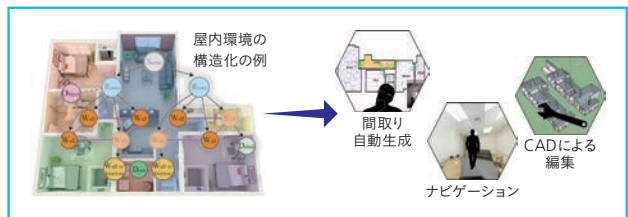


図2 構造化された屋内3次元モデルとその応用



## 産業応用の可能性

3次元復元技術は今後以下のような応用が期待されています。

- 重要文化財の形状保存
- 屋内ナビゲーションや家具配置のシミュレーション
- タンパク質の形状復元、人工関節や臓器の生成のための人体測定
- 自動運転技術やロボットの制御
- VR、ARコンテンツの生成

研究者の  
発明

◆該当なし

01 情報基礎科学 基礎理論の深みを解き明かす  
 02 情報基盤科学 理論実践からシステムを創り出す  
 03 ソフトウェア科学 多様化する知識創成型社会を支える  
 04 情報メディア科学 メディアの振る舞いを探求する  
 05 知能システム科学 知能システムの表現を目指して  
 06 情報環境科学 情報社会を多層的に捉える

# 放送映像アーカイブに蓄積されている映像ビッグデータからの知識発見



Norio Katayama  
**片山 紀生**  
 コンテンツ科学研究系 准教授

## 研究背景・目的

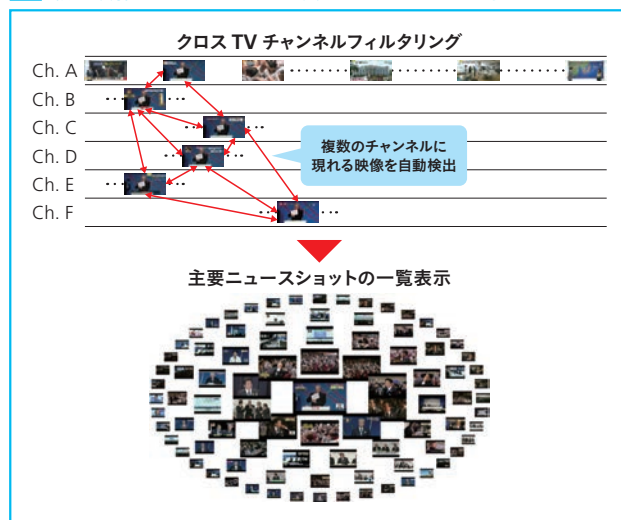
近年の計算機技術の進展により、大量の映像を蓄積する大規模映像アーカイブの構築が可能になっています。NIIでも、「NII TV-RECS」と呼ばれる学術研究目的のテレビ放送アーカイブを構築しており、映像解析や映像検索など映像処理技術研究の実験データとして、また、放送内容の時間的推移などテレビ放送に関する社会学的分析の一次資料として使用されています。一方、大量の映像を処理・解析することは、最新の計算機技術をもってしても容易なことではありません。そこで、映像ビッグデータからの知識発見を効率的に行うための技術について、基礎的な映像処理からユーザーインターフェースまでさまざまな手法について研究しています。

## 研究内容

取り組んでいる研究課題の一つに、放送映像アーカイブに蓄積されているニュース映像から主要なニュースショットを抽出し一覧表示する技術があります。放送映像アーカイブには大量のニュース映像が蓄積されていますが、どのような内容が放送されたのか、全体像を把握するのは容易ではありません。そのため、それらの重要さを自動的に評価し、ランキングする仕組みが必要になります。ニュース映像の重要さは、内容解析手法によって評価することも考えられますが、この技術では情報フィルタリングによるアプローチをとっています。「視覚的に有用なニュース映像は、複数のチャンネルで共通して現れやすい」という前提に基づき、複数チャンネルに共通して現れる、同一またはほぼ同一なニュース映像を映像照合技術によって検出し、それらの出現チャンネル数によって視覚的有用性を評価しています。そして、それらの一覧表示方法として、出現チャンネル

ル数が多いものほど大きく表示するタグクラウド型の表示方法を提案しています(図)。

図 放送映像アーカイブからの主要なニュースショットの抽出



## 産業応用の可能性

社会に映像があふれる時代になり、大量の映像を扱うための技術は以前にも増して重要になっています。産業応用としては、例えば、以下のものが考えられます。

- 放送映像アーカイブシステムにおけるニュース映像検索のためのユーザーインターフェース

- 与えられたニュースピックに対して視覚的有用性が高い映像を選び出す映像発見システム
- 長期間にわたって蓄積された大量のニュース映像に対する自動ランキングシステム

### 研究者の発明

◆特開2012-142784：類似映像フレーム抽出方法、及び類似映像フレーム表示方法、そのような方法を用いる類似映像フレーム抽出装置、及び類似映像フレーム抽出プログラム

# 多視点と多焦点の相互変換に基づく柔軟な3次元画像処理



Kazuya Kodama  
**児玉 和也**  
コンテンツ科学研究系 准教授

## 研究背景・目的

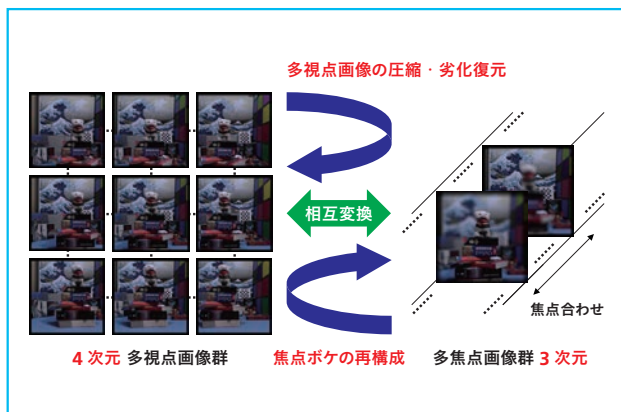
画像の撮影、蓄積、処理、伝送、表示技術は成熟し、私たちを取り巻いています。実際、3次元テレビや Nintendo 3DS のように、映像メディアに「立体感」を付与する「3次元画像」の取り組みも実用化の段階を迎えました。一方、「立体感」を含みつつも、はるかに大きな枠組みである「臨場感」の実現を目指し、本来の「3次元」空間そのものを再現する映像メディアが構想されはじめています。すなわち、従来のように「像」を再現するのではなく、それを発生させる「光線」自体の再現を扱う新しい3次元画像処理「光線情報処理」が研究の対象となっています。

## 研究内容

3次元空間中を飛び交う光線そのものを取得、再現すれば、対象をさまざまな方向から同時に複数人で観察することはもちろん、視覚的障害物を隠蔽、回避すること等も可能です。「臨場感」を必要とするイベント会場やデジタルサイネージ上に、より高度な視覚環境を提供する、柔軟な映像メディアが構築されるのです。

空間中を飛び交う光線を効率的に記述、処理するための基本技術として、複数の視点から撮影した「多視点画像群」と、複数の焦点合わせで撮影した「多焦点画像群」の関係性を導出し、これらの相互変換に基づく光線群の分解、再構成を提案しています(図1)。

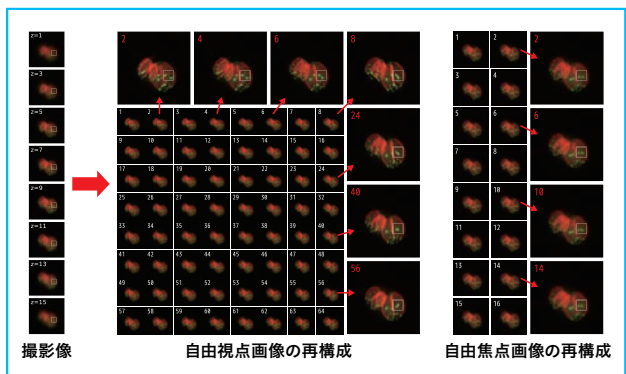
図1 多視点と多焦点の相互変換



## 産業応用の可能性

当該の基本技術についてはすでに特許も取得し、現在はいくつかの発展的研究に取り組んでいます。例えば、光線情報と等価である多視点画像群は膨大な冗長性を含んでおり、その高能率圧縮にはより次元の低い多焦点画像群への変換が極めて効果的であることが明らかになりました。また、単にその冗長性を削減するのではなく、いったん多焦点画像群を介し集約することで、取得光線情報上の雑音や欠損部分等の劣化を安定に復元する手法も示されています。他方で、逆向きの変換により、レンズの集光の解析に基づく視点、焦点合わせ、ボケ味の変更といった、対象の3次元分布を反映した仮想的なコンテンツ操作も実現しました(図2)。

図2 顕微鏡画像群に対する仮想的な視点や焦点の操作



研究者の  
発明

◆特許第4437228号：焦点ぼけ構造を用いたイメージング装置及びイメージング方法

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

02 情報基盤科学  
理論実践からシステムを創り出す

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

04 情報とデータ科学  
メディアの振る舞いを探求する

05 知能システム科学  
知能システムの表現を目指して

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

# デジタルアーカイブを 活用する 知識ディスカバリー 環境構築技術



Akihiko Takano  
**高野 明彦**  
コンテンツ科学研究系  
教授

## 研究内容

データの相互運用性を保証する国際的標準であるIIIF (International Image Interoperability Framework) 等に準拠するデジタルアーカイブ構築を推進しています。その上で、複数の異なるデジタルアーカイブから必要な情報を取

## 産業応用の可能性

本研究の成果は、すでに多くのサービスで実際に利用されています。連想計算エンジンを活用したサービスには、Webcat Plus、新書マップ、ブックタウンJIMBOU、文化遺産オンラインなどがあります。デジタルアーカイブでは、渋沢敬三アーカイブ、藤本義一アーカイブ、永六輔デジタル記念館など、特定の人物に注目したサイトを構築しました。また、組織に蓄えられてきた情報のデジタルアーカイブとして、NHK放送文化アーカイブ、アドミュージアム東京の広告情報アーカイブ、日本アニメーション映画クラシックスなどを構築しました。信頼できるデータベースに蓄えられた情報を時間軸で眺めるツールとして、TIMEMAPシステム(<https://timemap.info/>)を開発・公開しています。福岡市科学館のサイエンスナビでは、別フロアでの展示体験を科学雑誌や科学映像コレクションと連想検索で結びつけて、子供たちの科学への興味を育てるサービスを展開して好評です。

ミュージアムやライブラリー、大学など社会や文化の記憶を蓄えてきた組織を中心に、デジタルアーカイブの構築・公開が進められています。

### 研究背景・目的

しかし、発信に当たってはそれぞれのコレクションとしての存在価値を主張することが重視され、異なるデジタルアーカイブ間での情報の相互運用性は一般には保証されていません。本研究では、複数の情報源(デジタルアーカイブ)から多様な情報を集めて、それらを意味的に関連付けて利用するための統一的な利用環境の実現を目指します。現在よく使われているキーワード検索ベースの横断検索では決して実現できない、ユーザーに新しい気付きをもたらすディスカバリーサービスを構築します。

集して、それらを時間や位置情報に基づいて一覧するための基本技術を追求しています。また、メタデータや解説文の類似度に基づいて、異なる種類の情報を相互に関連付ける連想計算エンジン(GETA)も開発済みです。

福岡市科学館サイエンスナビの科学知識ディスカバリーサービス



### 研究者の 発明

- ◆ US Patent 6,446,065 : Document retrieval assisting method and system for ...
- ◆ US Patent 6,457,004 : Document retrieval assisting method, system and service ...
- ◆ US Patent 6,654,738 : Computer program embodied on a computer-readable ...

# 水中シーンの3Dビデオ撮影に向けた マルチスペクトルRGB-Dカメラの開発



Yinqiang Zheng

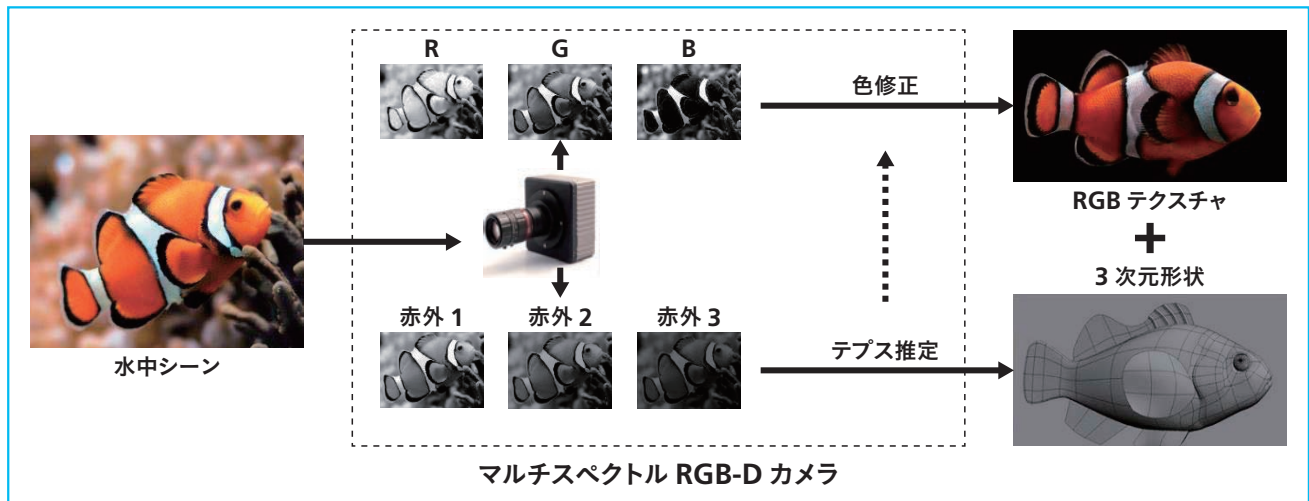
**鄭 銀強**

コンテンツ科学研究系  
助教

## 研究内容

水中の対象物の3次元形状やRGBの色を正しく測定できるようにするため、水中シーン専用の「マルチスペクトルRGB-Dカメラ」の研究開発を推進しています(図)。このカメラの最大の特徴は、水の吸収特性に基づく革新的な「Trispectral Depth Sensing」という3次元復元方法です。RGBカラーについても、水の影響を除いて、対象物本来の色に修正することができます。高速並列処理により、3次元形状とRGB色を統一して、高解像度3次元ビデオをリアルタイムで出力することができます。

図 水中3次元復元方法を用いた「マルチスペクトルRGB-Dカメラ」



## 研究背景・目的

地球表面のおよそ70%は海であり、人類の生存と発展のために天然資源や海洋生物の調査が盛んに行われています。海中にあるものの状態を正しく認識するためには、光の三原色であるRed、Green、Blue (RGB)の色と3次元形状、モーションがとても重要です。これらの情報は、3Dビデオの撮影データから取得することができます。現在、商品化している3Dビデオからこれらの情報を取得する方法として、人間の視覚システムを模倣するステレオ (Stereo)、ストライプや格子状のパターンを利用するストラクチャードライト (Structured Light)、光の飛行時間を測定するタイム・オブ・フライト (Time-of-Flight) などがあります。しかし、水中の対象物の3次元形状やRGBの色を正しく測定するのはまだ難しいです。

## 産業応用の可能性

マルチスペクトルRGB-Dカメラは、魚の3次元行動軌跡解析による養殖技術の高度化や、水の中に隠れている文化遺産の3次元デジタル化、珊瑚の成長状態の調査など、さまざまな応用分野で役立つことが期待されます。

研究者の  
発明

◆該当なし

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

02 情報基礎科学  
理論実践からシステムを創り出す

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを探究する

05 知能システム科学  
知能システムの表現を再指して

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

# 時系列データ 活用技術の開発と その応用

02 情報基礎科学  
理論実践からシステムを創り出す



Ryota Kobayashi  
**小林 亮太**  
情報学プリンシプル研究系  
助教

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識形成型社会を支える

## 研究内容

時系列データとして、脳から計測されたデータに着目してきました。神経細胞間の電気信号のやり取りを詳細に計測することは、現在の実験技術では困難です。そこで、脳計測データから神経細胞の情報処理のメカニズムを調べる手法の開発に取り組んできました。特に、私たちが開発した神経細胞モデルは、スイス連邦工科大学ローザンヌ校(EPFL)が2007～2009年に開催した予測コンテストにおいて優勝しました(図1)。このモデルは、脳のコンピュータシミュレーションの要素技術として使われつつあります。

NIIに着任してから、ウェブ・ソーシャルメディアから得られるデータの分析技術の開発を始めました。ウェブ上では、1分間に300時間以上のYouTube動画、30万以上のツイートといった膨大な量のコンテンツが生まれ続けていますが、人々に注目されるのはそのほんの一部です。ウェブコンテンツの公開後にどれだけ人々の興味を引くかを予測できるようになれば、マーケティングや魅力的なコンテンツ開発を効率的に行うことが可能になります。私たちは、ウェブコンテンツ(ツイート、署名サイト)が将来どれだけアクセスされるかを予測する技術を開発しました(図2)。

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを捉える

05 知能システム科学  
知能システムの実現を目指して

06 情報環境科学  
情報社会を多角的に捉える

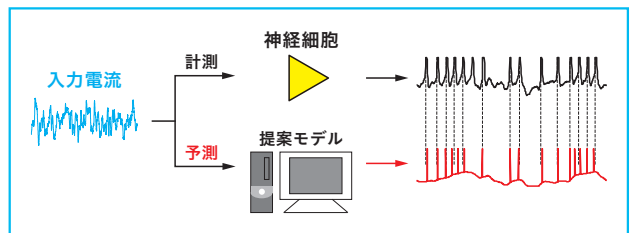
研究者の  
発明

◆該当なし

### 研究背景・目的

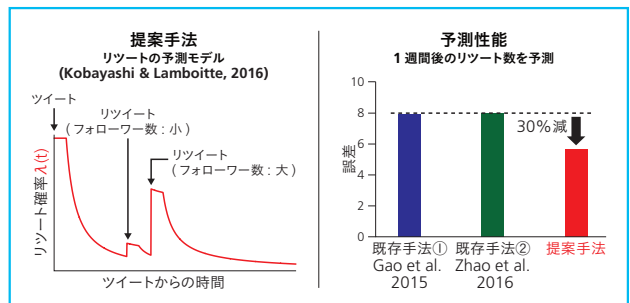
近年になって、ウェブ履歴、メールの送受信記録、サーバーのアクセスログ、センサーデータ、心電図・血圧等の生体計測データをはじめ、さまざまな時系列データを入手できるようになってきました。このようなデータを有効に活用するためには、データの背後に潜むルールを発見することが重要です。標準的なデータマイニングの手法では、高頻度のパターンを探索することによってルールの抽出が行われます。しかし、時系列データの場合には可能なパターンの組み合わせ数が莫大となるため、スーパーコンピュータを使ったとしてもルールの抽出は困難です。そこで時系列モデルに基づいて、データから隠されたルールを発見する手法を開発しています。

図1 実際の神経細胞が生成するパルス(スパイク)を正確に再現する数理モデル



上(黒): 実験データ、下(赤): 開発した神経細胞モデルによる予測結果

図2 将来のリツイート数を、ツイート直後のデータから予測する手法



上: 提案手法の模式図、下: 予測精度の既存手法(左: Gao et al., WSDM 2015, 右: Zhao et al., KDD, 2016) との比較

## 産業応用の可能性

- ウェブ履歴データを活用した効率的なマーケティング手法
- 脳波、筋電図、心電図などの生体データから人の状態をモニタリングする技術

# 裁判官の判断をシミュレーションするシステム



Ken Satoh  
**佐藤 健**  
情報学プリンシプル研究系教授

**研究背景・目的**

社会にインターネットが普及したことにより、電子商取引や SNS でのプライバシー問題など、今までの社会制度とは異なる社会システムが導入され、新たな法的問題が生じています。本研究の究極の目的は、そのような急激な社会変化に対する法的問題の解決を情報学によりサポートすることです。

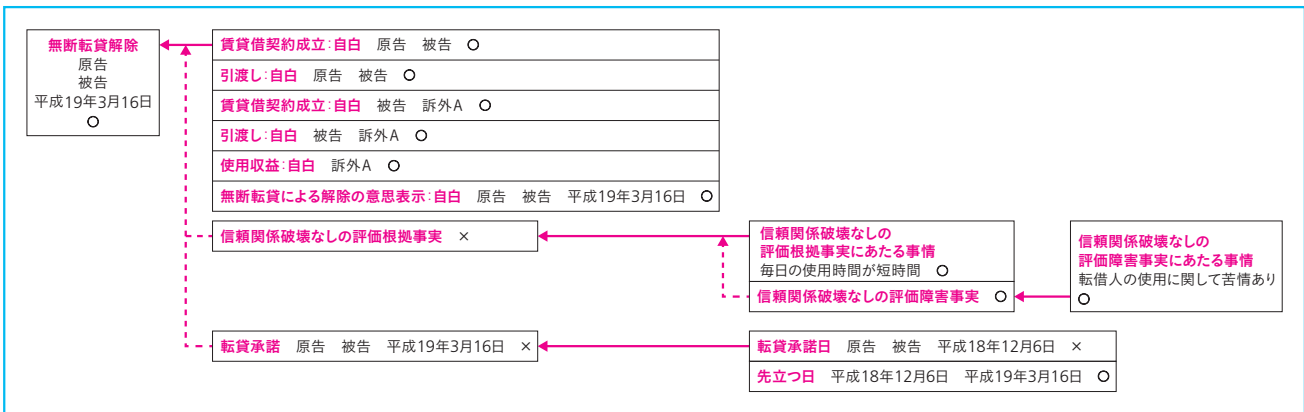
## 研究内容

その第一歩として、現在、裁判官が行っている法的推論の一部である「要件事実論」と呼ばれる理論のコンピュータ上の実装を行っています。「要件事実論」とは、民事裁判において、判決を決定する主要事実の成立・不成立が証拠から導かれないときに、その主要事実の成立・不成立のデフォルト値で代用する理論のことです。この理論は、人工知能における「非単調推論」と呼ばれる不完全情報下での合理的推論の定式化と密接に関連しており、その定式化を用いて、「要件事実論」を実装しています(図)。現在、民法条文および最高裁判例からルールを抽出し、1万ルールを実装しています。

## 産業応用の可能性

「要件事実論」は現在、法科大学院、司法研修所で教えられている理論です。したがって、法曹(裁判官・検察官・弁護士)が用いている法的理論といえます。応用としては、「要件事実論」の教育のためのツールおよび実務における訴状の主要事実の欠陥のチェック、また、「要件事実論」の法的推論提示システムを用いて当事者間の準備書面、答弁書の提出の効率化を図ることができます。

図 法的推論提示システムによる推論過程の可視化



研究者の  
発明

◆特許第6112542号: 法的推論提示方法、法的推論提示システムおよびプログラム

01 情報基礎科学 基礎理論の深みを解き明かす

02 情報基礎科学 理論実践から知識システムを創り出す

03 ソフトウェア科学 多様化する知識創成型社会を支える

04 情報メディア科学 メディアの振る舞いを探究する

05 知能システム科学 知能システムの表現を指し示す

06 情報環境科学 情報社会を多角的に捉える

01 情報基礎科学  
基礎理論の深みを解き明かす

# データやモデルの幾何的構造を大切にした機械学習技術の研究

02 情報基盤科学  
理論実践からシステムを創り出す



Mahito Sugiyama  
**杉山 磨人**  
情報学プリンシプル研究系 准教授

03 ソフトウェア科学  
多様化する知識創成型社会を支える

04 情報メディア科学  
メディアの振る舞いを捉える

05 知能システム科学  
知能システムの実現を目指す

06 情報環境科学  
情報社会を多層的に捉える

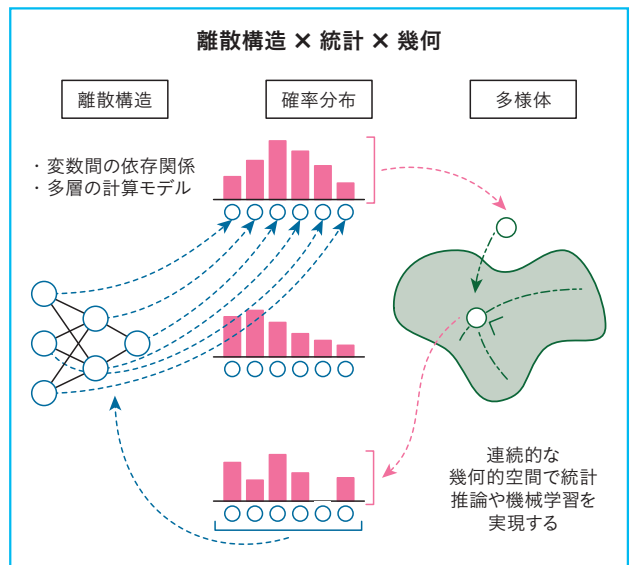
## 研究背景・目的

人工知能の要素技術である機械学習がさまざまな応用分野で注目されています。機械学習の目的は、経験から学習して自動的に賢くなる計算機プログラムをつくることで、自動運転、音声認識、創薬、不良品検知、ゲームなど応用は多岐にわたります。インターネットやIoTの普及などによるデータ量の増加（いわゆるビッグデータ）、GPU等の計算機ハードウェアの発達、そして学習アルゴリズムの理論的発展によって、いろいろなことが一気にできるようになり、とてもエキサイティングな状況です。しかし、機械学習の応用分野が広がるにつれて、より高い信頼性が求められます。そこで、機械学習の健全性を担保し、さらなる応用の可能性を広げるための理論的および実践的研究を進めています。

## 研究内容

データに内在する構造や、機械学習で用いる計算モデルが持つ構造に着目し、これらを適切に取り扱うための機械学習手法を研究しています。これによって、データが多数の変数で記述されているとき、どの変数(の組合せ)が効いているのか、計算モデルが複雑な構造を持っているとき、どの構成要素が重要なのか、といったことを調べることができるようになり、より信頼性の高いデータ解析が実現できます。具体的には、情報幾何を用いて構造を持つ対象の空間や幾何を解析し、各対象が持つ情報量を分解します(図)。また、パターンマイニング技術によって、膨大な解空間から必要な候補を高速に見つけ出します。これらの技術の集積によって、信頼性が高く効率的な機械学習手法を構築すると同時に、情報理論的、統計的観点から、機械学習で得られる結果をより深く評価します。

図 離散構造を持つデータや計算モデルを幾何的空間で捉えることで、機械学習や統計的解析を実現



## 産業応用の可能性

情報幾何を用いた情報量分解技術は、汎用的な手法として、幅広いデータ解析に使えます。特に、データが多数の変数で表現されているときには、変数間の関連を調べることができるので、例えばヘルスケアへの応用などが考えら

れます。また、一般には、データがグラフやネットワークなどの離散的な構造を持っているとき、その構造を適切に考慮することができるので、化合物データや時空間データの解析などが可能です。

研究者の  
発明

◆該当なし



# ブロックチェーンの応用による経済共同体の可視化



Hitoshi Okada  
**岡田 仁志**  
情報社会相関研究系  
准教授

## 研究背景・目的

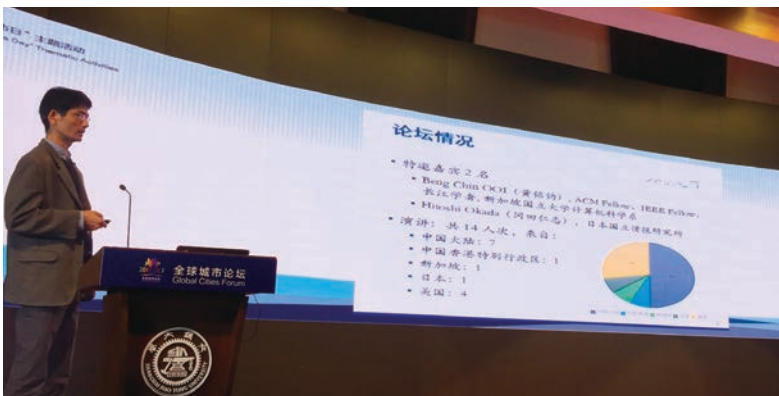
ブロックチェーンは分散型仮想通貨の基盤技術として発明されました。仮想通貨とブロックチェーンは二層関係にあります。上位のレイヤーにおいて、シェアリング・エコノミーの「鍵」や「アセット」が送信されます。下位のレイヤーでは、経済行為とは反対の側に向けて、金銭的価値が流通します。すなわち、下位レイヤーの「金流」は、上位レイヤーの「商流」と不可分一体の関係にあります。経済活動はかつてないイノベーションを経て、新しい二層構造に再統合される途上にあります。ブロックチェーンを契機とした経済共同体の再編成における経済と社会の諸問題について、学際的な視点に基づいて探究しています。

## 研究内容

ブロックチェーンの応用可能性として注目されるのが、シェアリング・エコノミーに代表される自律分散型の経済プラットフォームです。中国のような消費大国においては、あらゆる資源よりも人間のニーズが上回る傾向にあり、シェアリング・エコノミーの進展なくして持続的経済の維持はありません。国境を越えて民泊予約や車両予約などのサービスが展開される時代には、特定のサービス主体を信頼する従来の構造から、信頼できる第三者の存在を必要としないブロックチェーン社会への構造転換が不可欠です。迫りくるスマートエコノミー時代の基盤としてのブロックチェーンの可能性について、国内外の共同研究者の協力を得て学際的に研究しています。

## 産業応用の可能性

これまでの経済活動では、産業ごとのプレーヤーが情報の結節点となって、情報の非対称性をコントロールしていました。ブロックチェーンの時代が到来すると、情報の非対称性は解消され、経済共同体の活動はP2P (Peer to Peer) ネットワークを支えるノード(結節点)によって共有されます。このような変革の時代にあって、経済共同体における意思決定の主導権を掌握するのは、かつて非対称性の中心に位置した企業ではなく、経済活動のプラットフォームとなるブロックチェーンを提供することに成功した企業です。ブロックチェーンを契機とした経済共同体の再編成の方向性について、海外の研究者と連携して多角的に研究しています。



上海交通大学で開催された国際会議「Global Cities Forum」に Distinguished Guest (来賓) として登壇し、ブロックチェーンを応用したスマート・キーの概念について実演をまじえて講演した。写真は、ラポルトウール(記録係)による公式報告の様子。NIIの研究者を招待したことなどが紹介された。

研究者の  
発明 ◆該当なし

# 特 許 一 覧

発明の名称	NII 発明者	共同出願	登録番号
画像情報検索表示装置、方法および画像情報検索表示プログラム	梶山 朋子		特許第4441685号
量子鍵配送方法および通信装置	渡辺 曜大		特許第4231926号
時系列データ分析装置および時系列データ分析プログラム	市瀬 龍太郎		特許第4734559号
情報共有システム、情報共有サーバ、情報共有方法、及び情報共有プログラム	本位田 真一	●	特許第4799001号
シーケンシャル・コンテンツ配信装置、シーケンシャル・コンテンツ受信装置及びその方法	曾根原 登		特許第4734563号
コンテンツ提示装置、コンテンツ提示方法及びコンテンツ提示プログラム	曾根原 登		特許第4403276号
文章コンテンツ提示装置、文章コンテンツ提示方法及び文章コンテンツ提示プログラム	曾根原 登	●	特許第4143628号
断片的自己相似過程を用いる通信トラヒックの評価方法及び評価装置	計 宇生		特許第4081552号
焦点ぼけ構造を用いたイメージング装置及びイメージング方法	児玉 和也		特許第4437228号
情報資源検索装置、情報資源検索方法及び情報資源検索プログラム	神門 典子		特許第4324650号
アクティブコンテンツ流通システム及びアクティブコンテンツ流通プログラム	本位田 真一		特許第4392503号
渋滞予測情報生成装置、渋滞予測情報生成方法、及び経路探索システム	本位田 真一	●	特許第4729411号
コンテンツ販売装置及びコンテンツ販売方法	曾根原 登		特許第4304278号
文書インデキシング装置、文書検索装置、文書分類装置、並びにその方法及びプログラム	曾根原 登	●	特許第4362492号
映像提供装置及び映像提供方法	相原 健郎		特許第4359685号
投影画像補正システム及び投影画像補正プログラム	佐藤 いまり		特許第4982844号
デジタルコンテンツ登録配信装置、システム及び方法	曾根原 登		特許第4956742号
三次元集積電気回路の配線構造及びそのレイアウト方法	鯉淵 道紘		特許第5024530号
量子鍵配送方法、通信システムおよび通信装置	渡辺 曜大		特許第4862159号
時刻基準点情報伝送システムおよび受信器	橋爪 宏達		特許第4621924号
あいまい頻出集合の探索方法及び探索装置	宇野 毅明		特許第5267847号
集配経路選択システム	佐藤 一郎		特許第4374457号
学習データ管理装置、学習データ管理方法及び車両用空調装置ならびに機器の制御装置	稲邑 哲也	●	特許第5224280号
車両用空調装置及びその制御方法	稲邑 哲也	●	特許第5177667号
経路切替方法、サーバ装置、境界ノード装置、経路切替システム及び経路切替プログラム	漆谷 重雄	●	特許第5062845号
ダイレクトバス確立方法、サーバ装置、発信者ネットワーク装置、ダイレクトバス確立ネットワーク、及び、それらのプログラム	漆谷 重雄	●	特許第4999112号
仮想立体画像表示装置及び仮想立体画像表示方法	藤山 秋佐夫	●	特許第5263960号
バス管理制御方法、バス管理制御プログラム、バス管理制御装置およびバス管理制御システム	漆谷 重雄	●	特許第4806466号
排出量取引システム及び排出量取引方法	佐藤 一郎		特許第5207195号
量子リピーター、及び、拡張されたエンタングルメントを生成するためのシステム及び方法	根本 香絵	●	特許第5296924号
距離測定方法、距離測定用受信局装置及び位置測定システム	橋爪 宏達		特許第5305324号
イジングモデルの量子計算装置及びイジングモデルの量子計算方法	山本 喜久		特許第5354233号
映像表示装置	越前 功		特許第5373662号
エンタングルメントを成功裏に生成する速度を高めるための方法及び装置、並びに、該方法及び装置を使用する量子リピーター	根本 香絵	●	特許第5414006号
量子リピーター、及び、拡張されたエンタングルメントを生成するためのシステム及び方法	根本 香絵	●	特許第5414007号
音声言語評価装置、方法、及びプログラム	板橋 秀一	●	特許第5544575号
LSI演算装置及びその故障検出方法	米田 友洋		特許第5582472号
計測装置、計測システム、および計測方法	橋爪 宏達		特許第5593062号

発明の名称	NII 発明者	共同出願	登録番号
情報検索表示装置、方法および情報検索表示プログラム	曾根原 登		特許第5599068号
情報検索表示装置、方法および情報検索表示プログラム	曾根原 登		特許第5608950号
情報検索表示装置、方法および情報検索表示プログラム	曾根原 登		特許第5608951号
情報提供装置、方法、およびプログラム	曾根原 登	●	特許第5614655号
制御サーバ、制御方法及び制御プログラム	青木 道宏	●	特許第5682932号
ドップラーレーダーシステム、ドップラーレーダー送信装置及び送信波最適化方法	橋爪 宏達		特許第5704695号
画像照合装置、画像照合方法及びコンピュータプログラム	佐藤 真一		特許第5713398号
速度・距離検出システム、速度・距離検出装置、および速度・距離検出方法	橋爪 宏達		特許第5739822号
情報処理装置、日程決定方法及びコンピュータプログラム	河原林 健一		特許第5733722号
検索木描画装置、検索木描画方法及びプログラム	計 宇生	●	特許第5754676号
符号化装置、この方法、プログラム及び記録媒体	小野 順貴	●	特許第5789816号
語順並べ替え装置、翻訳装置、翻訳モデル学習装置、方法、及びプログラム	宮尾 祐介	●	特許第5800206号
音響信号解析装置、方法、及びプログラム	小野 順貴	●	特許第5807914号
データ配送システム及びデータ配送装置及び方法	福田 健介	●	特許第5818262号
データの分散管理システム及び装置及び方法及びプログラム	福田 健介	●	特許第5818263号
音響信号解析装置、方法、及びプログラム	小野 順貴	●	特許第5911101号
画像検索装置、方法、及びプログラム	佐藤 真一	●	特許第5979444号
半導体チップ、半導体チップ接続システム	米田 友洋		特許第6029010号
距離測定方法及びレーダー装置	橋爪 宏達		特許第6029287号
光を用いた超伝導量子ビットの状態検出	根本 香絵	●	特許第6029070号
光パラメトリック発振器とそれを用いたランダム信号発生装置及びイジングモデル計算装置	山本 喜久	●	特許第6029072号
語順並べ替え装置、翻訳装置、方法、及びプログラム	宮尾 祐介	●	特許第6040946号
信号処理装置、方法及びプログラム	小野 順貴	●	特許第6005443号
音声言語評価装置、パラメータ推定装置、方法、及びプログラム	小野 順貴	●	特許第6057170号
信号処理装置、信号処理方法及びコンピュータプログラム	小野 順貴		特許第6099032号
視線インタフェースを用いた対話的情報探索装置	神門 典子		特許第6099342号
顔検出防止具	越前 功		特許第6108562号
法的推論提示方法、法的推論提示システムおよびプログラム	佐藤 健		特許第6112542号
イジングモデルの量子計算装置及びイジングモデルの量子計算方法	宇都宮 聖子	●	特許第6143325号
語順並べ替え装置、翻訳装置、翻訳モデル学習装置、方法、及びプログラム	宮尾 祐介	●	特許第6083645号
ドップラーイメージング信号送信装置、ドップラーイメージング信号受信装置、ドップラーイメージングシステム及び方法	橋爪 宏達		特許第6179940号
濃淡画像符号化装置及び復号装置	チョン・ジーン		特許第6188005号
フリップフロップ回路	米田 友洋		特許第6210505号
超伝導量子ビットの初期化方法	根本 香絵	●	特許第6230123号
生成モデル作成装置、推定装置、それらの方法およびプログラム	小野 順貴	●	特許第6241790号
イジングモデルの量子計算装置、イジングモデルの量子並列計算装置及びイジングモデルの量子計算方法	宇都宮 聖子	●	特許第6255087号
イジングモデルの量子計算装置	山本 喜久	●	特許第6260896号
適応的測位間隔設定システム、適応的測位間隔設定方法、行動モデル計算装置、及び行動モデル計算プログラム	高須 淳宏	●	特許第6253022号
量子鍵配送システムおよび量子鍵配送方法	山本 喜久	●	特許第6257042号
音声信号処理装置及び方法	小野 順貴	●	特許第6278294号

# NIIが提案する 産官学連携

国立情報学研究所(NII)は情報学分野の研究と情報基盤事業に取り組み、社会が抱える課題を解決する実践的な研究開発の推進を目指しています。そのためには産官学の連携が不可欠であり、一層の連携強化を推進するため、企業や自治体の皆様のご要望に沿えるよう産官学連携活動を推進してまいります。

## 企業・自治体等のご期待



先端技術・シーズ発見



ソリューション探索



スキル獲得・人材育成

## NIIの産官学連携活動

### NII湘南会議

世界最先端研究情報の共有

### 産官学連携交流会

#### 産官学連携塾

先進成果情報の提供

### トップエスイー

トップレベルIT人材育成

### NII公募型共同研究

#### 包括連携共同研究

#### 共同研究・受託研究

新成果の協働創出

#### 学術指導

コンサルティング・アドバイス

## ご相談・お問い合わせ

研究者によるコンサルティング(学術指導)、受託研究・共同研究などのご相談について、ご希望の研究者や、課題目標などをお伺いしコーディネートします。  
詳しくは以下までお問い合わせください。

国立情報学研究所 研究戦略室 Email [nii-ura@nii.ac.jp](mailto:nii-ura@nii.ac.jp)  
NIIが提案する産官学連携活動 HP <http://www.nii.ac.jp/research/iga/>



<http://www.nii.ac.jp/>



2018年4月1日発行

〒101-8430  
東京都千代田区一ツ橋2-1-2 学術総合センター  
TEL 03-4212-2000(代表)  
HP <http://www.nii.ac.jp/>  
Facebook <https://www.facebook.com/jouhouken>  
Twitter <https://twitter.com/jouhouken>

©National Institute of Informatics