

March 2017

vol. **5**

JST ERATO
Kawarabayashi Large Graph Project

NEWSLETTER

本プロジェクトは「公式」行事として、感謝祭（8月）とWINTER FESTA（12月）を毎年開催している。それぞれの趣旨についてもう一度ここで述べたいと思う。

感謝祭では、当該年度に発表される「優れた」研究論文を一堂に集めて、当該研究者に発表してもらっている。感謝祭を開始した当初は、本プロジェクトの研究者のみに講演してもらっていたが、現在は、本プロジェクトの研究者を含め、日本中の研究者に講演いただいている。

ここでキーワード「優れた」について、少し補足したい。「優れた」研究成果とは、本プロジェクトが情報系であるので、所謂各分野の「トップ会議」に採用された論文を中心に選んでいる。ここで重要なのは、研究者の「名前」では全く選ばず、論文だけで判断している点である。その結果、講演者はほぼ全員20代、30代となっている（トップ会議の発表者の平均年齢と変わらなくなっている）。

感謝祭の様に、15~20本のトップ会議だけの発表を行う研究集会は、日本ではおそらく皆無であろう（MIRU、IBISなどの国内情報系の主要会議等でも、トップ論文発表のセッションは存在するが、）。多くの若手研究者が、感謝祭の発表から刺激を受け、トップ会議に通すことができるような仕事を多数行ってほしいと思う（そして翌年の感謝祭で発表してほしい!）

WINTER FESTAは、情報系の「国内学会」の枠を超えた「レベルの高い」研究集会を意図している。情報系は、決して一つの学会で閉じているわけではない。本プロジェクトをみても、情報処理学会、電気通信学会、人工知能学会、言語処理学会、OR学会、応用数理学会、物理学会、数学会、応用物理学会等を主戦場としている研究者がいる。これらの学会は、それぞれ独立に活動しており、会員同士の交流は多いとは言えない。しかしながら、明らかに研究対象に重複があるので、研究交流が必要であると長年感じてきた。またこのような研究交流で重要なこ



2016.12.22~23 情報系 WINTER FESTA Episode2
(学術総合センター)



国立情報学研究所 情報学プリンシパル研究系 教授/ビッグデータ数理国際研究センターセンター長。専門分野は離散数学におけるグラフ彩色問題、グラフ構造理論とアルゴリズム、ネットワークフローとパス問題。

主な受賞に、日本数学会2015年度日本数学会春季賞 [2015]、第9回日本学術振興会賞、第9回日本学士院学術奨励賞 [2013]、ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA13) Best Paper Award [2013]、公益財団法人船井情報科学振興財団 船井学術賞船井哲良特別賞 (アルゴリズムのグラフマイナー理論の研究とその応用) [2011] がある。

とは、研究の質が保証されることである（他分野の価値基準がわからない以上、交流相手の価値観を信じる必要があるため）。これらの点を考慮して、現在の日本の情報系の主要大型プロジェクトを会するイベントを企画することにした。

両イベントとも、研究コミュニティに受け入れられてきたと思う。両方とも、講演依頼、または参加依頼を断られることは全くない（むしろ「売り込み」すらある）。また両イベントの参加者数も200~300人であり、回数を重ねるごとに上昇傾向にある。主催者(?)として、研究コミュニティへのアピールは十分に行われたと自負している。

当然ながら課題もある。WINTER FESTAは、大型プロジェクト関係者のみが発表可能になっているので、部外者にとっては参加しにくい研究集会なのかもしれない。感謝祭は、論文発表分野でややバイアスがあるのかもしれない。そして最も大きな課題は、本プロジェクト終了後に両イベントを継続できるかである。2017年度、そしておそらく2018年度までは両イベントとも、本プロジェクトが主催できると思うが、その後はどうするかはまだ決まっていない。とはいえ、両イベントとも、誰かに引き継いでほしい Season 10, Episode 10を目指してほしいと思う。

安定な状態を計算するアルゴリズム



グラフ・ネットワークにおける理論と最適化グループ

澄田 範奈

Hanna Sumita

国立情報学研究所 特任研究員

2015年3月、東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了。2015年4月より現職。安定性に着目した組合せ最適化問題の研究に従事。

雑誌や新聞、テレビCMなどの広告枠を売りたい人と、広告枠を買い手が何人かいるとします。売る側は、それぞれの広告枠を誰にいくらで売るかを決めます。売る側は当然収益を大きくするように割当と価格を決めたいわけですが、問題は客がそれぞれ広告枠に対する希望をもっているため何も考えない売り方では客が不満をもつということです。商品に対して自分が感じる価値以上の金額を出す人はおそらくいないでしょう。また、他の人に割当てられた広告枠がどうしても欲しい人は妨害行動に出るかもしれません。客が不満をもたない中で収益を大きくするには、どのような割当と価格付けをすれば良いのでしょうか？

私の研究では、人々が自分の利益を最大化するように行動する状況で、誰も不満をもたないような「安定した」状態を制約にもつ最適化問題を扱っています。安定した状態を考慮した最適化は、今後何が起きるかの予測も可能にするため重要です。しかし、その解の計算を単純に行う（前述の例では、全ての割当と価格付けを試す）と膨大な計算時間がかかってしまいます。私は、このような問題に対して効率良く解を計算することを目指しています。特に前述の問題では、簡単に解を計算することが理論上難しいのですが、近似的に良い解を計算する高速アルゴリズムを提案しています。



各商品を **誰に** **いくらで** 売るか？

商品



客



機械学習モデルを人間にわかりやすく



グラフィマイニング & WEB&AIグループ

原 聡

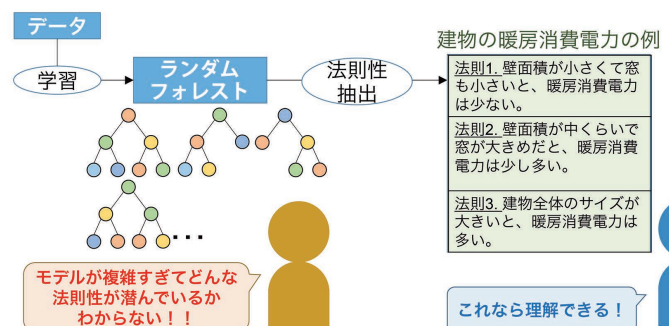
Satoshi Hara

国立情報学研究所 特任助教

2013年3月、大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年4月から2016年3月までIBM東京基礎研究所研究員。2016年4月より現職。特徴選択など、機械学習技術を使ったデータからの知識発見に興味を持つ。

私は機械学習モデルがデータから獲得した法則性を人間にわかりやすいように解釈する方法について研究しています。近年の機械学習技術の発展は目覚ましく、画像認識や言語翻訳など様々な問題において高い性能が得られるようになりました。この高い性能の背後には、機械学習モデルがデータから暗黙的に獲得した何らかの法則性が潜んでいます。このような暗黙的な法則性を人間が理解することができれば、より高度なデータ分析や意思決定へと応用できます。例えば「モーターから異音が出るときは故障の可能性が高い」という法則性が得られれば、故障に先んじて保守点検をすることができます。

機械学習モデルからこのような法則性を明示的に取り出すことは必ずしも簡単なことではありません。現在、機械学習でよく使われている手法は深層ニューラルネットやランダムフォレストなどの複雑なモデルです。これらのモデルの中身はブラックボックスになっていて、モデルがデータからどのような法則性を学習したのか人間には理解できません。私は特にランダムフォレストに着目して、そこから人間にわかりやすい簡便な法則性を抽出する方法の研究に取り組んでいます。

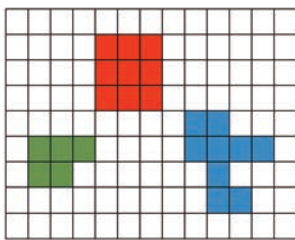


人口の増減というと、都道府県・市区町村といった行政区分を単位として語られることが多いと思います。しかし、移動や出生・死亡といった人口変化をもたらすイベントは、行政区分の境界線に規定されるとは限りません。

総務省が提供する『地域メッシュ統計』は、日本全体を約500m四方のセルで区切りその内部での居住者数と世帯数を記録しています。我々は、このデータを用いて、図のような居住クラスターを抽出し、その内部での人口変化に注目しました。このような自然発生的に形成されたクラスターは、個人の居住地選択やその地域の社会経済的要因など様々な情報が集約された帰結であるとみなせ、うまく特徴を抽出できれば人口変動の予測に活かせる可能性があります。

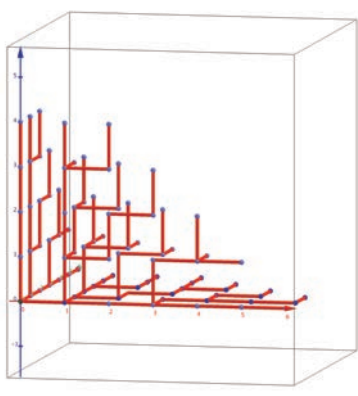
統計的な手法を用いたところ、幾つかの空間的特徴量（たとえば、クラスターの形状の複雑さを定量化したものが、クラスター内人口密度や性比といった基本的な情報に匹敵するくらい人口増減と関係することがわかりました。今後は、他の国や地域についても分析

して知見の頑健性を検証するとともに、クラスターの成長・縮小過程についても分析していきたいと考えています。



- ・色付きセルには少なくとも1人居住者がいる
- ・色付きセルのかたまりがクラスター
- ・赤と青のクラスターは面積が同じだが形状の複雑さが違う（青の方が複雑）

私はアルゴリズム、グラフ理論、および計算幾何学に興味を持って研究しています。本プロジェクトでは、ユークリッド空間上の物体をデジタル化する際に、ユークリッド幾何のような性質を満たすようにするにはどうしたらよいか、という課題に取り組んでいます。現在、アナログなデータの多くはデジタル化されるようになりました。たとえば、画像は数値データを縦横に並べた行列で表現され、PCなどの画面にはピクセルの集まりとして表示されます。デジタル空間での幾何計算のための精緻な体系をつくるには、ユークリッド幾何における公理系と同様の公理系を確立することが望めます。それによって、デジタル空間での正確な計算が可能になると考えています。この問題に取り組む上での最初のステップは、まっすぐな線分について調べることです。過去のいくつかの研究において、デジタル線分の精緻な体系を定める5つの公理が既に確立されています。これら5つの公理に加えて、デジタル線分は普通の意味での線分に似ていることが望めます。それが出来ると、デジタル線分の定義を自然な形で拡張することによって、ユークリッド幾何における凸な物体や星形の物体などの他の幾何図形を、デジタル空間においても定義できるようになります。



3次元デジタル空間におけるデジタル線分の実例

デジタル線分の一つの応用先は、医療画像における腫瘍や心臓などの画像の切り出しです。腫瘍や心臓は1つの星形の物体もしくは2つの星形の物体の併合として近似的に表現できます。そのため、デジタル線分の研究成果が応用できるわけです。いくつかの医療画像は立体画像として、ボクセル(voxel)によって表現できますが、3次元以上の次元のデジタル空間においてどのようにデジタル線分を定義すべきか、ほとんど分かっていません。それゆえに、私の研究では、高次元におけるデジタル線分の精緻な体系の満たすべき性質について理解すること、および通常の線分とデジタル線分の見かけがどの程度異なるのか評価すること、に焦点を当てています。

居住クラスターの空間的特徴と人口変動との関係



複雑ネットワーク・地図グラフグループ

関口 卓也

Takuya Sekiguchi

国立情報学研究所 特任研究員

2012年3月、東京工業大学大学院社会理工学研究所博士課程修了。日本学術振興会特別研究員を経て、2016年4月より現職。進化ゲーム理論、集合的意思決定、空間データ分析に関心を持つ。

整合性の取れたデジタル線分の研究



ネットワーク・アルゴリズムグループ

Man Kwun Chiu

マン クワン チュウ

国立情報学研究所 特任研究員

2014年1月に香港科技大学においてコンピュータ理工学の博士号を取得。その後、同大学のポスドクとして勤務。2015年7月より現職。現在の研究テーマは整合性の取れたデジタル線分、およびその他の計算幾何学の諸問題。

リサーチアシスタントたちは今… 2

2012年10月のプロジェクト発足以来、現在まで述べ68人（現役18名、OB・OG 50名）もの学生の皆様に Research Assistant または Project Assistant として参加していただいています。OB・OGの中から4人の方にコメントをいただきました。



大槻 兼資

現在：株式会社NTTデータ数理システム 研究員
旧：グラフ・ネットワークにおける理論と最適化グループRA
(RA期間：2013年1月～2014年8月)

私は現在、主に数理最適化に関わる実務を行っています。具体的には、積み荷安定性などの制約を満たしながら荷物を上手にトラック

に詰め込んでいく“積み付け問題”や、荷物の集積所から何台かのトラックを使って各顧客に荷物を配送するときどのトラックがどの顧客をどの順番で回ればよいかを求める“配送計画問題”などに取り組んでいます。こうした実務では、ほとんどのケースで高速に動作するアルゴリズムを考案するといった、数理的感覚に立脚した技能が大きな改善をもたらすことが多々あり、河原林巨大グラフプロジェクトにおいて大規模な道路ネットワーク上で実際上高速に動作するアルゴリズムを開発・実装した経験が大いに生きています。

また最近、機械学習系のプロダクト開発や研究活動にも関わり始めました。こうした活動においてはプロジェクトの関係者と交流する機会もあり、大変刺激的な日々を送っています。今後、プロジェクトでの経験や、プロジェクトを通して得た人脈を活かして、有意義なプロダクトの開発や研究活動を行いたいと考えております。



平原 秀一

現在：東京大学 大学院情報理工学系研究科
博士課程1年（日本学術振興会特別研究員）
旧：グラフ・ネットワークにおける理論と最適化グループRA
(RA期間：2014年6月～2016年2月)

河原林ERATOプロジェクトには修士課程の2年間RAとして在籍していました。現在

は東京大学の博士課程に進学し、日本学術振興会特別研究員(DC1)として計算量理論の研究をしています。最近、アメリカのラトガース大学に一ヶ月半、イギリスのオックスフォード大学に一ヶ月間訪問する機会を得て、現地の教授と共同研究をしていました。ERATOプロジェクトに参加することによって、近い分野の研究者と意見交換することができたり、知的好奇心をそそるような発表を聞く機会を得ることができました。また、感謝祭で2度も自分の研究成果を発表させていただく機会を得ました。いずれの機会でも、一流の研究者からフィードバックをいただくことができました。このプロジェクトの重要な点は、世界を舞台に活躍している国内の一流の研究者が一堂に会する場を提供していることです。私も彼らのように世界を舞台に活躍し、人類に少しでも貢献できる研究をするを目標に精進したいと思っています。



川本 達郎

現在：産業技術総合研究所 人工知能研究センター 研究員
旧：複雑ネットワーク・地図グラフグループRA
(RA期間：2012年11月～2014年3月)

“投票クラスタリング”という、大衆の主観（感想・感覚）をグラフに変換し、それをクラスタリングすることで集約するシステムを作り、研究しています。「人間にはできるけど、計算機には難しい」という作業はたくさんあります。一方、人間が行う場合「作業量は限られる・動作が決定論的ではない」という問題もあります。両者はトレードオフであり、人間と計算機の作業の上手いバランスをとるのが、投票クラスタリングの考え方です。このトレードオフは、グラフのスパースネスとして現れます。スパースグラフの構造検出性能は、近年主に統計物理と理論計算機科学で研究が進んでおり、これが核となっています。河原林ERATOは、定期ミーティングや関係者の方々との議論を通じて、私の視野を物理以外へと大きく広げてくれました。今後、背後の理論研究とともに、投票クラスタリングが様々な場所でインフラとなるように発展させていきたいです。



福田 俊

現在：大日本印刷株式会社
旧：ネットワーク・アルゴリズムグループRA
(RA期間：2013年4月～2015年2月)

私は現在、大日本印刷株式会社でビッグデータを活用した新たなマーケティングの取り組みを行っています。例えば、私達が行っている取り組みの一つに、生活者の価値観に着目した「生活者DNA®・商品DNA」があります。これは生活者の価値観を独自の手法で判別するもので、購買行動等とかけ合わせて、生活者をより深く理解することを可能にし、得意先企業のマーケティング活動にご活用いただいています。大日本印刷は、印刷以外にも幅広い分野で事業を展開しており、このような企業のマーケティング支援にも取り組んでいます。

購買行動等のビッグデータを分析する際は、ロジックの組み方で分析にかかる時間が大きく変わります。それらを扱う上で、河原林巨大グラフプロジェクトを通じて学んだ数理最適化の考え方が役に立っており、今後も、プロジェクト参加の経験を日々の仕事で活かしていきたいと考えています。

主要な研究成果 2016年8月～2017年2月 国際会議発表論文

論文名	著者	会議名
Dynamic Influence Analysis in Evolving Networks	Naoto Ohsaka, Takuya Akiba, Yuichi Yoshida, Ken-ichi Kawarabayashi	VLDB2016, New Delhi, India, Sep 5-9
Fully Dynamic Betweenness Centrality Maintenance on Massive Networks	Takanori Hayashi, Takuya Akiba, Yuichi Yoshida	VLDB2016, New Delhi, India, Sep 5-9
The Constant Inapproximability of the Parameterized Dominating Set Problem	Yijia Chen, Bingkai Lin	FOCS2016, New Brunswick, NJ, USA, Oct 9-11
Testing Assignments to Constraint Satisfaction Problems	Hubie Chen, Matt Valeriote, Yuichi Yoshida	FOCS2016, New Brunswick, NJ, USA, Oct 9-11
Exponential Lower Bounds for Monotone Span Programs	Robert Robere, Toniann Pitassi, Benjamin Rossman, Stephen A. Cook	FOCS2016, New Brunswick, NJ, USA, Oct 9-11
How to determine if a random graph with a fixed degree sequence has a giant component	Felix Joos, Guillem Perarnau, Dieter Rautenbach, Bruce Reed	FOCS2016, New Brunswick, NJ, USA, Oct 9-11
Minimizing Quadratic Functions in Constant Time	Kohei Hayashi, Yuichi Yoshida	NIPS2016, Barcelona, Spain, Dec 5-10
Budgeted stream-based active learning via adaptive sub modular maximization	Kaito Fujii, Hisashi Kashima	NIPS2016, Barcelona, Spain, Dec 5-10

主要受賞 2016年8月～2017年2月

受賞年月	受賞者	受賞名	主催団体名
2016年8月	江崎 貴裕	Best Poster Award	Asia-Pacific Econophysics Conference 2016
2016年9月	塩浦 昭義	第6回日本オペレーションズ・リサーチ学会 論文賞	日本オペレーションズ・リサーチ学会
2016年12月	河瀬 康志	Best Paper Awards	ISAAC2016

お知らせ 当プロジェクトより以下の方が転出されました。

氏名	転出時期	転出先
江崎 貴裕 特任研究員	2016年12月	国立研究開発法人 科学技術振興機構 さきがけ研究者
Bruce Alan Reed 特任研究員	2017年1月	CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique, France) 研究員
小関 健太 特任助教	2017年2月	横浜国立大学 環境情報研究院 社会環境と情報部門 特任教員(准教授)

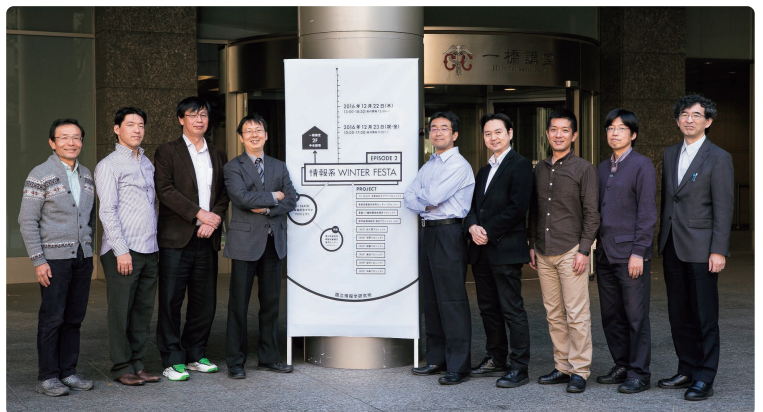
イベントの様子



2016.8.9～10 ERATO 感謝祭 SeasonIII (学術総合センター)



2016.9.7～8 中間報告会 (ラフォーレ倶楽部 伊東温泉 湯の庭)



2016.12.22～23 情報系 WINTER FESTA Episode2 (学術総合センター)

