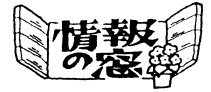


## 2019年春季研究発表会ルポ



佐藤 圭介 (神奈川大学), 小林 隆史 (立正大学), 鮎川 矩義 (東京理科大学)

## 1. はじめに

2019年3月14日(木)・15日(金)に、千葉工業大学津田沼キャンパスにて2019年春季研究発表会が開催された。花粉が飛び交ってはいたものの陽気の中での開催となった。会場となった津田沼キャンパスはJR総武線(快速・緩行)津田沼駅から目と鼻の先にある非常にアクセスのよいキャンパスであり、2日間で約360名もの参加者があった。今回の研究発表会では、3件の特別講演および117件の研究発表があり、研究発表では計35のセッションが設けられた。

## セッション名一覧

意思決定関連, 輸送・交通(1)・(2), 確率統計関連(1)・(2), 離散最適化(1)~(3), 連続最適化(1)~(4), 信頼性(1)・(2), マーケティング(1)~(3), ゲーム理論, 地域課題と産官学連携, 都市・地域・国土(1)~(3), 金融関連(1)・(2), 生産管理, エネルギー・環境, 信用リスク・リスク管理, グラフ・ネットワーク, 機械学習と最適化, モデリングとアルゴリズム, スケジューリング(1)・(2), 空間設計・施設配置, 観光科学, 公共関連

セッションの名前から、基礎理論から応用まで多岐にわたってオペレーションズ・リサーチの研究が行われていることが見て取れる。中でも今回は、ORを適用する具体的な対象の名を冠したセッション名が目につく。

## 2. 特別講演1

1日目の午後、西日本電信電話株式会社代表取締役副社長の黒田吉広氏による「新たな価値の提供と『つなぐ使命』の完遂」と題した特別講演が行われた。略歴などの紹介があった後、黒田氏が登場し、講演タイトルにもある「新たな価値の提供」と「『つなぐ使命』の完遂」、そして、近年西日本を襲った災害への対応について語られた。

具体的な内容に入る前に、西日本電信電話の沿革、つまり、日本電信電話公社からの民営化から通信事業の3社への分割の歴史が語られた。なかでも西日本電信電話は当時の概念でいう「県内通信」を担当することとなったが、人口をもとにした分割であったため、同様の事業を行う東日本電信電話株式会社に比べて担当地域が広く、管理すべき設備が多いという説明がなされた。

そのような背景のもとで、「『つなぐ使命』の完遂」について、今年(2019年)6月に開催されたG20大阪サミット、2020年の東京オリンピック(静岡県で自転車競技が開催)、2021年のワールドマスターズゲーム2021関西、2024年開業目標の大阪へのIR(統合型リゾート)招致、2025年の大阪・関西での万博と、連続して起こる大規模な国際イベントを支える通信に話題が及んだ。そして、それらのイベントに連動して起こる4K・8K映像からIoTまでの大小さまざまなトラヒックの発生やサイバー攻撃に対して、ネットワークの仮想化やセキュリティの強化により対応していくことが説明された。

次に、「新たな価値の提供」として、「AIを活用した道路路面診断ソリューション」「ドローンによるインフラ点検サービス」「会話データ分析による業務改善」「RPAを用いた提携作業の自動化」「エネルギービジネスへの取り組み」が紹介された。中でも「ドローンによるインフラ点検サービス」は、この講演の2日前に新会社設立のプレスリリースがなされたという、タイ



図1 黒田吉広氏による特別講演

ムリーな話題であった。西日本電信電話社内で培ってきた実績をもとに、この新会社は、橋梁の下に敷設されたケーブル、山間部にある鉄塔、広範に設置されたメガソーラーなどのインフラをドローンにより撮影した後、3Dモデルを作成することで点検作業のデジタル化を実現し、さらに、AIによる診断まで行うという。

講演を聴講した感想として、既存の事業の高度化と新事業の開拓という両面で挑戦を続けている企業なのだという印象を受けた。インフラ業はORの代表的な産業であり、ORを学んだ学生の就職先としても見聞きするので、学会としてもノウハウの提供や学生の育成などの点でさらに貢献できればよいのではないかと考えた。

### 3. 特別講演2

1日目の午後、特別講演1と学会賞表彰式に続いて、日本オペレーションズ・リサーチ学会会長の齊藤裕氏による「デジタル社会とOR」と題した特別講演が行われた。齊藤裕氏からは、略歴および所属企業の紹介の後、「システムと社会の変化」「日本の強み」「ORへの期待」の3点について語られた。

「システムと社会の変化」では、日本・中国・その他アジア・北米・欧州におけるデジタル化への取り組みがレビューされた。中国では「中国製造2025」、北米では「Industrial Internet」という言葉があるが、「モノ（製品）」から「コト（サービス）」へ、所有から共有へ、クローズドな環境からオープンな環境へ、個別最適から全体最適へと変化が進んでいる点で共通しているとのことであった。その中で、日本では「Society 5.0」というコンセプトが政府から打ち出され、産業をデータでつなぎ、経済の発展のみならず環境問題・少子高齢化・都市化などのさまざまな社会課題をも解決することを目指していることが紹介された。

そのような世界の状況を踏まえて、「日本の強み」は何か？ 齊藤氏からは、3現（現場・現物・現実）主義や改善活動に代表されるボトムアップ文化がキーワードとして紹介された。IoTによりデジタル化されたデータがどんどん蓄積されてきている近年、現場がわからない、現物を見ていない、現実に起きていることを経験していないと、データの意味がわからないため有効活用できないが、3現主義に基づいて改善を行ってきた日本は、データを有効活用できるとのことであった。一方で、ユーザーが求める価値がモノ視点からコト視点へと変化してきているため、現代のユーザーの視点でデータを活用することの重要性も語られた。



図2 齊藤裕氏による特別講演

「ORへの期待」について、まず、ORとAIの組み合わせが今後進展していくだろうとの展望が示された。次に、配送計画・生産計画・生活インフラの運用に関する事例が紹介されたが、それらの事例は、AIで熟練者のノウハウを形式知化している点が特徴的であった。今後、ORには、Society5.0やCyber Physical Systemを支える技術としてさらに発展してほしいという期待が示され、その中でOR学会には、ORに対する産業界の認知度・リテラシーの向上、幅広い領域への応用を視野に入れた産業界・学術界の人的ネットワーク構築と連携、データドリブン型AIとの組み合わせによる合理化された意思決定支援、の3点を期待しているとのことであった。

齊藤氏が用意されたスライドの最後には、(OR学会の)「学生会員は社会人になっても会員継続を！」とのメッセージがあった。このメッセージが、学会の会長としての立場からのみ発せられたものではないことは、講演を聴講して十分に理解ができた。ORを教える大学教員として、卒業や修了などにより社会に巣立った学生とも関係を継続的に維持する努力が必要であると感じた。

### 4. 特別講演3

2日目の午前には、第7回近藤賞受賞者である山下浩氏より、「ORをめぐる冒険：ビジネスと研究の両面からの報告」と題し、特別講演が行われた。はじめに吉瀬章子氏より、山下氏の経歴の紹介と今回の受賞理由の説明がなされた。吉瀬氏は山下氏と出会った1987年の研究集会について話され、「コメントがいつも鋭かった」と当時を振り返られた。山下氏は、「製品開発と研究」と「数理学による問題解決環境の夢」について講演された。これまでを振り返り、その時々でどんなことを考えていたか、冗談も交えつつ、軽快に語られた。あつという間の一時間であった。

はじめに山下氏は、モデリング言語 SIMPLE の開発経緯について話された。山下氏は「1980 年頃に伊理先生から高速自動微分を教わったことと、私自身が非線形計画に興味があったことが開発のきっかけである」と述べられた。当初は SIMPLE や数理計画ソフトウェアの思想に共感する人は少なく、風当たりが強かったという。山下氏は当時の気持ちを「モデリング言語はとても面白いと感じていた。いつかきっと大事な技術になると信じ、信念をもって研究開発を進めていた」と語られた。また山下氏は、SIMPLE の背景にある思想やその具体的な実現方法についても解説された。そして最後に、現在の数理システムにおけるソフトウェアの代表的な応用例について紹介された。どれも今日の社会に欠かせない重要な応用例であったが、山下氏は、「みなさんが知っているもっとすごい応用例もあるのですが、これについては残念ながら言えません」と述べられ、会場の笑いを誘った。

また、山下氏は、数理計画ソフトウェアの理論基盤を支えている、ご自身の研究についても話された。「1984 年の Karmarkar 法以降、多項式オーダー解法に関する理論研究が主流であったが、どちらかと言えば実用に興味があった。特に、非線形計画問題に内点法を拡張できないかを考えていた」と当時を振り返られた。山下氏は「解法を思いついたきっかけは小島政和氏との電話にある」と述べられた。「内点法は KKT 条件に対する Newton 法とみなせるという観察を聞き、なるほどと思ひ、そこから方針が見えた」という。「手始めに 2 次錐計画問題、その後で半正定値計画問題に取り組んだ。次に、局所的収束速度や大規模問題に対する信頼領域法について研究した」と述べられた。これらの理論的成果に基づく解法が、実装され、ソフトウェアとして幅広い場面で活用されているのである。山下氏は一貫して「理論より実用」と仰っていたが、実用への熱い気持ちをもちつつ、理論研究も行う、OR の模



図 3 山下浩氏による近藤賞受賞講演

範的な研究者である、といったほうが適切ではないかと筆者は感じた

次に山下氏は、数理科学による問題解決環境の夢について話された。夢に向けた具体的な一つの形として、数理システムの VAP (Visual Analytics Platform) を取り上げ、開発経緯を述べられた。特に印象に残っているのは「データマイニングソフトを作ったが、実は開発初期はデータマイニングの専門家は一人もいなく、ゼロから作り上げた」というエピソードであり、夢に向かって突き進む山下氏の力強さが感じられた。その後で山下氏は、実際のユーザからの報告に基づく、VAP の活用事例について紹介された。最後に山下氏は、「さまざまなツールがシームレスに連携して、データをやり取りし、単独では不可能であった統合的・複合的な分析を可能にすることが VAP の目標である」と述べられ、今後の展望を示された。

最後に山下氏は「どうしてこのような道を歩んできたか説明できればよいが、論理的な説明は不可能でした。自分が自然と感じるやり方で、つまり、やりたいことをやりたいようにやってきた、というのが本音です」と述べられた。また、「多くの人に助けられたラッキーな人間であった」と述べられ、感謝の言葉で講演を締めくくられた。

## 5. 学会賞表彰式

1 日目の午後、学会賞表彰式が行われた。はじめに、第 7 回近藤賞が山下浩氏 (株式会社 NTT データ数理システム) に授与された。続いて、第 20 回業績賞が池上敦子氏 (成蹊大学) に授与された。次に、第 44 回普及賞が岳五一氏 (甲南大学) と鈴木敦夫 (南山大学) 氏に授与された。引き続き、第 43 回実施賞が公益財団法人鉄道総合技術研究所に授与された。最後に、2018 年度新フェローの平井広志氏 (東京大学)、増山博之氏 (京都大学)、後藤順哉氏 (中央大学)、福村聡氏 (JFE システムズ株式会社)、諸星穂積氏 (政策研究大学院大学)、渡辺隆裕氏 (首都大学東京)、鈴木勉氏 (筑波大学) にフェロー記が贈呈された。

## 6. 研究発表 1 日目

1 日目・2 日目とも、各セッションの各発表はどれも興味深かったが、紙面の都合上、ここでは筆者らが聴講した中から独断と偏見で選んだ発表を、簡単にはあるが紹介したい。これを読んで興味が出てきたら、アブストラクトを読んだり講演者にコンタクトを取るなどして研究を深めていただければ幸いである。



「輸送・交通 (1)」における藤山康太氏 (電子航法研究所) らの発表「空域編成問題に対する Normalized-cut を用いた近似解法」では、航空機が飛び交う日本の空域を、セクタと呼ばれる、航空管制官が配置される単位に分割する問題が扱われた。この問題は、航空無線施設などが存在する特定の地点 (ウェイポイント) をグラフの頂点、事前に計画されている経路において隣接している頂点間を枝とした重み付きの無向グラフを考え、それを所与の  $k$  個の部分グラフに分割する問題にモデル化された。そして、カット枝の重み和と部分グラフ内の重み付き次数和の比を表す **normalized-cut** の最小化を目的関数とし、グラフのラプラシアンに対するスペクトル法を用いた近似解法が提案された。質疑応答では、発表者から、本研究はウェイポイントの分割のみを出力するものであり、セクタ境界は別のアルゴリズムで求めることになるとの説明がなされた。

「離散最適化 (1)」の安藤和敏氏 (静岡大学) による「モンテカルロ法による最小費用全域木ゲームの Shapley 値の計算」では、Shapley 値の近似計算についての報告があった。提案手法はモンテカルロ法により Shapley 値の計算のボトルネック (= プレーヤ集合上の置換に関する計算) の効率化を図るものである。精度保証には Hoeffding の不等式が用いられ、パラメータの挙動を精緻に解析することで、より良い精度保証が達成できることが報告された。また、藤井智仁氏 (九州大学) による「分配束を表現する  $M$  凹関数」では、 $M$  凹関数の新たな性質が報告された。任意の分配束はある意味で劣モジュラ関数と関連づけられることが知られている。発表者らは、同主張が  $M$  凹関数に限定しても成り立つことを証明した。証明では任意の分配束が半順序集合のイデアルの族として表現できる事実が用いられた。また、証明で構成する  $M$  凹関数の性質について活発な議論が行われた。

「連続最適化 (2)」では、呂寛氏 (東京工業大学) による「効率的な集合上の最適化問題に対する MIP スキーム」の発表があった。線形多目的最適化問題における効率解 (パレート最適解) の集合上の最適化問題は OE 問題と呼ばれる。ある強い仮定 1 と、最適解が存在するという比較的緩い仮定 2 の下で妥当な、OE 問題の混合整数計画問題 (MIP) としての定式化が知られていた。発表者らは、双対問題の観察から、仮定 1 が不要かつ、問題規模がより小さい、効果的な MIP を提案した。実際に計算性能が飛躍的に改善されることが数値実験で示された。

「離散最適化 (2)」における内田恭貴氏 (小樽商科

大学) らの発表「頂点彩色問題に対する近似解法のための新しい初期解生成アルゴリズム」では、よく知られたグラフの頂点彩色問題に対して、タブーサーチなどの近似解法で最終的な出力結果がよくなるよう、探索を開始する元となる初期解としてよいものを生成する問題が扱われた。発表者らは、リサイクル法と呼ぶ、制約を満たす  $k+1$  色彩された頂点たちにおいて最も少なく使用されている色の頂点をほかの色に変更し、これを探索の初期解とする方法を提案した。計算機実験の結果、貪欲法で初期解を生成する場合に比べて、最終的な出力結果としてより少ない色彩数が得られるケースが多いとの報告がなされた。

## 7. 研究発表 2 日目

「マーケティング (2)」では、黒田祥太氏 (東京理科大学) による「企業の外国税額制度による戦略行動」の発表があった。多国籍企業が低税率国に子会社を置くことを考える。外国での利益にはその国での租税と本国での (国外での利益への) 租税が課せられる (二重課税)。近年では、二重課税の問題を解決するべく、多くの国が外国税額控除 (FTCs) 制度を設けている。発表者は、こういった状況下での最適戦略を各国の生産量の観点でモデル化した。需要や価格を変えてさまざまなシナリオを検討し、余剰 FTCs が海外事業のインセンティブになりうることなど、興味深い知見が報告された。

「グラフ・ネットワーク」の宮内敦史氏 (理化学研究所) による「ロバスト最密部分グラフ抽出」では、データの不確実性を考慮して密度 (= 集合内の枝重み和 / 集合サイズ) が高い頂点部分集合を探す問題が導入された。枝重みの取りうる範囲が与えられる場合と、枝重みへのサンプリング・オラクル (期待値 = 真値) が与えられる場合を考慮し、それぞれについて、アルゴリズム提案と精度保証解析の結果が報告された。また、人工グラフを用いた数値実験によって提案アルゴリズムの有効性が示された。

「連続最適化 (4)」の Poirion Pierre-Louis (RIKEN-AIP) による「A new random projection method for Linear Programming」では、線形最適化問題の高速解法に関する報告があった。係数行列にランダム行列をかけると、制約式の本数が少ない緩和問題が得られる。制約式がすべて等式制約の場合について緩和問題の近似精度が知られていたが、本講演では、この結果が不等式制約の場合にも拡張できることが報告された。

「スケジュールリング (2)」の呉偉氏 (成蹊大学) による「Jリーグのためのスポーツスケジュールリング」では、望ましいスケジュールを構築するための0-1整数線形最適化モデルが提案された。現場で考慮される制約条件を調べ、望ましいスケジュールを二段階の最適化法で求めることが報告された。これは、一段階目でHome-Awayパターンを決め、二段階目で得られたパターンにチームの割当を実際に行うというものである。さらに、計算時間の短縮に有効な妥当不等式についても議論された。今後の課題にあげられたACLの日程を考慮したスケジュール作成は、一Jリーグファンとして大変待ち遠しいものである。

## 8. 懇親会

1号館の20階にて行われた懇親会には約130名の出席があった。齊藤会長の挨拶に続いて、小宮一仁氏 (千葉工業大学長) から歓迎の挨拶の後、木村俊一副会長の乾杯の音頭で懇親会が始まった。懇親会場は、20階という高さもあり、南側には東京湾、北側には習

志野市内を一望できる大変展望の綺麗な会場で、参加者は各々夜景を眺めながら談笑し、交流を深めていたと感じた。懇親会で提供された料理は大学の食堂からの提供と聞いていたが、大変豪華で特にデザートフルーツ盛りやケーキは手をつけるのがもったいないくらい綺麗であった。懇親会の半ばで、実行委員長の上明也氏 (千葉工業大学) より参加者への御礼と実行委員の紹介があった後、土肥正氏 (広島大学) から、次回開催の案内があった。たくさん食べ、たくさん会話を楽しみ大いに盛り上がった懇親会であった。

## 9. おわりに

大会実行委員長である千葉工業大学の井上明也先生をはじめとした実行委員のみなさま、学生さんを含めたスタッフのみなさまのおかげで、直接的に得た知識、間接的に受けた刺激ともに、非常に多い研究発表会となりました。心より感謝申し上げます。また、電気通信大学の高橋里司先生には今回の執筆の機会を与えていただきました。お礼申し上げます。