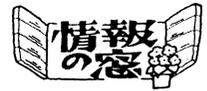


第69回シンポジウムルポ



高野 祐一 (東京工業大学)

1. はじめに

2013年3月4日、第69回シンポジウムが政策研究大学院大学のモダンなデザインのキャンパス、その中にある想海楼ホールという豪華絢爛な名前の会場にて101人の参加者を集めて開催された。

本シンポジウムは「ORと最適化の最前線」をテーマとして4件の講演から構成されている。まず、講演に先立ち、実行委員長の土谷氏(政策研究大学院大学)から開会の挨拶があった。土谷氏は「なんでもありのシンポジウムが好きなので、さまざまな分野の方に講演を依頼した」と話し、「皆が話を聞きたいと思う講演者の方に快く講演を引き受けてもらえたのも私の普段の人徳のおかげだと思います…もちろん冗談です。」と述べて聴衆の笑いを誘っていたが、このような素晴らしい講演者をそろえて和やかな雰囲気の中でシンポジウムを運営することができるのも、いつも朗らかな土谷氏の人柄による部分が大きいと感じた。

2. OR(数理科学)による問題解決のための統合環境の構築とその未来

山下浩氏(数理システム(株))

土谷氏の開会の挨拶を受けて「私は講演を依頼されたときに若干抵抗したのですが…」というウィットに富んだ前置きから山下氏の講演は始まった。OR(数理科学)的手法は現実世界の問題解決に貢献しているが、その一層の進化・発展のためにはさまざまな分野の技法を統合的に活用していくことが重要になる。そのため、数理システムでは2008年ごろから統合プラットフォームの開発に取り組んでいる。山下氏の講演では、コールセンターの問い合わせのログデータからテキストマイニングによって問い合わせをトピックに分類し、翌月の問い合わせ数をデータマイニング手法で予測し、その予測値から数理計画問題を解いて翌月の必要人員のシフトを作成し、作成されたシフトを基に離散シミュレーターを使ってコールセンターの呼損数のシミュレーションを行うというデモが示された。

このデモによって、統合プラットフォームのイメージをつかみ、その重要性を実感することができた。また、分散した多種多様なデータの収集・選択・統合から、さまざまなOR的手法を活用して企業が意思決定を行うまでの一連の流れを自動化したいとの考えが述べられた。

講演の後半では、統合プラットフォームを構成する個別の技法に関連する話題について説明がなされた。オンライン学習、転移学習、教師なし形態素解析、汎用偏微分方程式ソルバーなど話題は多岐にわたり、山下氏本人も「あちこちに話が飛ぶ散漫な展開になりますが…」と述べていたが、逆に言えばこのことは山下氏の興味の幅広さ、尽きることのない研究への情熱を示すものと言える。特に最新の国際会議で発表された研究成果について楽しそうに紹介されている姿が印象的であり、若い自分も負けてはいられないとの思いを強くした。

3. 分野横断型融合研究のすすめ

武田朗子氏(慶應義塾大学管理工学科)

武田氏は、数理最適化の解法研究(非凸計画・ロバスト最適化)で得たスキルを武器に、代数方程式、統計的機械学習、金融工学、電力などの分野に参入して数多くの研究業績を挙げている。本講演ではロバスト最適化の適用例として、太陽光発電システム導入計画と2値判別問題が紹介された。

ロバスト最適化とは、不確実データの範囲をあらかじめ設定し、最悪事態の発生を想定して最適化を行う手法である。太陽光発電システム導入計画においては、導入後の日射量が導入時点では不確実であるために、ロバスト最適化法の出番となる。武田氏の研究では、最適化モデルの性質を調べることで太陽光パネルの最適サイズが容易に求まることを示し、実際の日射量データを使った数値実験も行っている。要するに、理論面と実用面のバランス感が絶妙だと言える。

また、2値判別問題に対して、武田氏は各クラスの観測点の動きうる範囲を設定し、ロバスト最適化法を

適用した判別モデルを提案している。さらに、このモデルは観測点の動きうる範囲を楕円、凸包、縮退凸包と変えることで、既存判別モデル（ミニマックス確率マシン、フィッシャー判別モデル、サポートベクターマシン）と等価になることが説明された。このような研究成果はOR分野では高く評価されるものだが、武田氏の論文は機械学習分野の研究者から「新しいモデルを提案していない」と批判されてしまったそうで、武田氏はこのような研究に対するモチベーションの違いが分野横断型研究の難しさだと述べていた。なお、武田氏の判別モデルは（等価な既存モデルが存在しない）新しい判別モデルを含んでいるため、新しいモデルの提案とみなすこともできる。要するに、研究のモチベーションが異なるOR・機械学習のどちらの分野の研究者が見ても、武田氏の研究は素晴らしいのである。

4. 日本海を実験域としたオペレーショナル海洋学

広瀬直毅氏（九州大学応用力学研究所）

（狭義の）オペレーショナル海洋学とは「体系的かつ長期間定期的に海況を観測し、即座に分析して情報を伝達する活動」と定義される。例えば、「昨日大漁したから漁場Aへ！」→「漁場Aは潮が速いから漁場Bへ！」→「漁場Bは魚が少ないから漁場Cへ！」といったように漁船を進めていくと時間と費用のロスが多い。さらに漁船の排出するCO₂を減らしたいという動機もあり、このような状況を改善することがオペレーショナル海洋学の目標の一つと言える。海洋学と聞くとORとはあまり関係がなさそうに思えるが、オペレーショナル海洋学は目的から使用される手法までORと共通点が多く、分野横断型融合研究の可能性が感じられる。

広瀬氏は、全海洋と類似の性質を独自に保有することからミニ海洋として注目されている日本海を対象として研究を行っている。講演の中で、日本の漁業も近年では零細化が進み、支援する必要があることが指摘された。また、広瀬氏らが作成した「海の天気予報」は携帯電話向けに配信され漁業者からのアクセス数も多いことが報告された。

講演の後半では、データ同化（観測データによって数値モデルを修正すること）について説明がなされた。データ同化の利点として、各所で観測された海況データに合うように海況全体のモデルを修正することで海

況全体の高精度の情報を得ることができる。広瀬氏はデータ同化モデル（DREAMS_Marginal）を利用して放射性物質の流出シミュレーションを実施し、本講演では川内原発と玄海原発を想定したシミュレーション結果が報告された。

最後に、日本の海況予測は海洋関係の組織がそれぞれ別々の海況予測を行い各業務に利用している状況であるが、フランスやオーストラリアのように海況予測システムを国家レベルで統合化し、海洋立国として世界一の海況予測精度を目指すべきとの提言がなされた。

5. 時空間ネットワークを使って電車・バスを円滑に接続する

田口東氏（中央大学情報工学科）

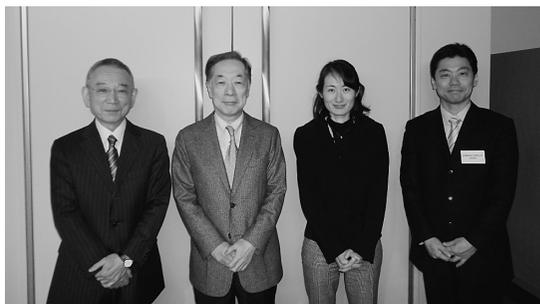
利用者の少ない地域では、公共交通機関（電車・バス）の運行頻度は低くなる。しかし、高齢化・過疎化が進む地域にとって公共交通機関は不可欠な移動手段である。田口氏の講演は、運行頻度が低い公共交通機関の乗換接続を円滑にして待ち時間を短縮することで、地域の住民が利用したいと思えるような交通機関を目指すというものである。

本講演では、乗換接続を円滑にするために相互乗換を増加させることに着目した。例えば、11:55着・11:56発のバスと12:00着・12:05発の電車があった場合、バスから電車へは少ない待ち時間で乗り換えることができるが、電車からバスへ乗り換えるには次のバス（例えば1時間後）を待たなければならない。しかし、バスの停車時間を延ばして12:00以降に発車させることができれば、電車→バス、バス→電車の双方向で円滑に乗換を行うことができる。これが相互乗換のアイデアである。田口氏は、「JRの時刻表を動かすのは難しいだろう」との予想から列車の時刻表は固定し、「極端な改善は受け入れられない」との考えからバスの着発時刻だけを変更して相互乗換箇所を増加させるという方針をとった。こうすれば、バス本数は変わらず、バスの運行順序もほとんど変わらずに乗換接続を改善することができる。OR手法による改善案を企業に受け入れてもらうためには、いきなり極端な改善策を提案するのではなく、重要なところから段階的に改善していくことが成功の秘訣なのだろうと感じた。本講演では、バスの停車時間が無駄に長くなることを防ぎながら相互乗換箇所を増加させるための数理計画モデルが紹介された。また、田口氏の講演では、改訂時刻表の性能をビジュアルで見せるさまざまな工

夫があり、このような工夫も企業に改善案を受け入れてもらうために有効だろうと感じた。

6. おわりに

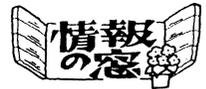
本シンポジウムでは、山下氏の講演からは研究への飽くなき情熱を、武田氏の講演からは分野横断型融合研究の面白さと難しさを、広瀬氏の講演からは海洋学分野における分野横断型融合研究の可能性を感じることができた。また、田口氏の講演からは企業でORを採用してもらうための秘訣を学ぶことができた。しかしながら、シンポジウムのルポは単独で執筆しなければならぬためプレッシャーが大きく、自分は講演者の発言を予稿集に必死でメモをとり、講演の間は少しも気を抜くことができない大変な思いをした。自分は講演者の話をここまで集中して聞くことがこれまで



シンポジウムの講演者
(左から、田口氏、山下氏、武田氏、広瀬氏)

あったらどうか…？ というわけで、読者の皆様にもぜひ積極的にルポを担当していただき、この緊張感とプレッシャーを感じていただければと思う。

2013年春季研究発表会ルポ



鈴木 淳生 (名城大学), 小市 俊悟 (南山大学)

1. はじめに

2013年3月5, 6日に2013年日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会が, 東京大学工学部6号館ならびに2号館において行われた. 両日とも, 春めいた日差しに包まれた本郷キャンパスに400名を超える参加者が集い, 活発な議論が交わされた.

2. 研究発表

研究発表は, 「OR一般 (1, 2)」「離散最適化 (1-7)」「金融 (1-4)」「スケジューリング」「ゲーム理論」「連続最適化 (1-3)」「医療スケジューリング」「都市・地域・国土 (1-3)」「確率モデル (1-3)」「意思決定」「AHP」「待ち行列 (1-3)」「輸送・交通 (1, 2)」「信頼性 (1, 2)」「予測」「政策・行政」「サプライチェーン」といった通常セッションに「不確実性環境下での意思決定科学」「評価のOR (1, 2)」の特別セッションを加えた計40のセッション(企業事例交流会を除く), 合計124件の発表があった.

「OR一般 (1)」のセッションの, 大堀隆文氏(北海道工業大学)による「日本OR学会会員増強に向けた2つの試み」と題する研究発表では, はじめにOR学会員が1995年をピークに減少している現状が報告された. これはわれわれにとって大きな問題である. この問題を解決の方向に導くための試みが2つの研究部会の設立である. ひとつは「OR普及」を目的とした研究部会であり, もうひとつは「複雑系」というほかの学問分野との交流を目的としたものである. また2つの研究部会はともに年6回北海道で開催予定である. 本発表ではOR学会会長をはじめ多数の方から質問・コメントがあり, 活発な議論が行われた.

「スケジューリング」のセッションでは, 小野内雄一氏(南山大学)により「大学の定期試験時間割作成問題」と題する研究発表が行われた. 南山大学の研究グループは過去に大学の時間割作成問題の研究を行っているが, 今回はこれを改良して定期試験時間割の作成を試みるものであった. 定式化は2段階で行い, は

じめは科目の試験を行う曜日・時限と教室を決め, 次に試験監督者を割り当てている. 定期試験は通常の講義と同じ曜日・時限に実施するのが望ましいが, 現実には受講者数が多い講義は複数の曜日で開講されているため土曜日などに行われているようである. そこで本研究では, 講義と同じ曜日・時限に実施できない場合はペナルティを課し, このペナルティの総和を最小化することを目的としている. 実際のデータを用いての計算結果では, 90%以上の科目が講義と曜日・時限が同じであったことが示された.

「意思決定」のセッションにおいて「2次計画における黄金シフト双対生」と題する研究発表が木村寛氏(秋田県立大学)により行われた. はじめに8変数の2次計画問題としてフィボナッチ数列を係数に持つ2次計画問題(フィボナッチ2次計画問題)の最小化問題(主問題)を取り上げ, 「主問題の最適解と最小値」と「双対問題の最適解と最大値」の大変美しい関係が示された. 続いて n 変数の2次計画問題として黄金2次計画問題が提示された. これも先の問題を同様に主問題と双対問題を考え, それぞれの最適解が示された. その結果, 主問題と双対問題の最適解には3つの関係が成立することが明らかになった.

「都市・地域・国土 (1)」のセッションにおける渡部大輔氏(東京海洋大学)の研究発表「鮮度保持を考慮した水産流通の施設配置に関する研究」は鮮度保持の限界を表すカバー距離を用いて施設の最適な配置を行うものである. 本研究の対象としている水産加工・流通施設の配置問題を集合被覆問題および, 最大被覆問題として定式化を行い, その結果が提示された. 前者ではカバー距離を10 kmから70 kmまで拡大させると最適施設数は減少し, 70 kmの場合は普代村と本吉町の2カ所に配置することが最適であることが示された. また後者では, カバー距離を30 kmと固定すると5つ施設を配置すれば八戸から石巻までがカバーされることが示された.

「金融 (2)」のセッションで小澤正典氏(慶応義塾大学)により, 「年金における給付カットと国庫補助

金」についての発表が行われた。年金積立金は少子化、受給者の増加などにより減少している現状の報告から始まった。そして本発表では給付金のカットだけでなく、厚生年金に国民年金補助金以上の国庫補助金を導入することを提案し、給付カット率と国庫補助金を組み入れた厚生年金の数理計画問題が示された。目的関数はカットされた後の給付額の現在価値の最大化であり、制御されるのはカット率と国庫補助金である。実際の厚生年金と国民年金のデータを用いた計算機実験により、カットを直ちに行う必要があること、厚生年金にも国庫補助が必要であることが示された。

「金融 (3)」のセッションにおける「需要安定化のための動的価格決定問題について」と題する佐藤公俊氏（早稲田大学）の発表では、「需要のピークがある商品」のピークを平準化する価格決定モデルが提案された。モデル化は2段階によって行われた。第1段階は小売り価格を決める動的価格決定モデルであり、第2段階は原材料を調達するときの総期待費用を最小化する原材料調達モデルである。前者では最適価格の解析解を需要の関数として導出している。後者では最小費用関数の性質を導き、最適な発注後在庫量を求めている。このモデルは電力などに適用することが可能なため、聴衆からたくさんの熱心な質問があり関心の高さがうかがえた。

「輸送・交通 (2)」のセッションでは、高松瑞代氏（中央大学）による「PASMOデータを用いた駅構内売店のコンビニ化による購買行動変化の分析」の発表が行われた。鉄道系売店がコンビニ店へ変化したことにより、鉄道利用客の購買行動にどのような変化が起こったのかを分析するものである。まず店舗の形態が変わったことで店内滞留時間が増加したことが報告された。これはレジシステムが変更されたこと、コンビニ化により品ぞろえが豊富になったことが理由として挙げられた。さらに2010年には常連客であった平日男性乗車客が流出した一方、女性客、男性降車客、土休日客が増加していることが明らかにされた。また、2010年と2012年では駅利用客の半数が異なっているということも興味深い点である。フロアから多数の質問が寄せられ議論が白熱した大変関心の高い話題であった。

「政策・行政」のセッションでは、瀧川孝盛氏（筑波大学）の研究発表「地域の基幹病院を中心とした外来患者フローモデル」が行われた。はじめに大病院へ患者が集中することで本来診察しなければいけない人

を診察できない状況が発生していることなど、医療提供体制と患者の医療機関選択の問題点が述べられた。次に外来患者がどの医療機関で受診するかをモデル化している。初診の場合は非集計ロジットモデル、再診の場合はマルコフモデルを用いて記述している。茨城県の県南県西を対象地域として分析を行い、大病院への患者集中を減らすことができる可能性について述べられた。

「離散最適化 (1)」のセッションでは、以下の4件の研究について報告があった。山田悠一郎氏（静岡大学）らは「非凸エネルギー関数最小化に対するプライマル・アルゴリズムの適用」について発表された。画像処理に関連したステレオ対応問題は、適当な有向グラフに付随した非凸エネルギー関数の最小化問題として定式化できる。一方、同じく有向グラフに付随した凸エネルギー関数に対してはその最小化についてプライマル・アルゴリズムが提案されている。本発表では、ステレオ対応問題に現れるエネルギー関数がある種の非凸関数と凸関数の和に表され、さらに、その場合にも凸エネルギー関数に対するプライマル・アルゴリズムが適用可能であることに着目し、非凸エネルギー関数最小化の局所探索アルゴリズムを設計して計算機実験を行ったことが報告された。実験の結果は、パラメータにもよるが、アルゴリズムの有効性を感じさせるものであった。発表後は、藤重氏の「結果のパラメータ依存は、近傍の探索方向に関係するのではないか」というコメントを含むいくつかの質問やコメントが出た。

村上啓介氏（青山学院大学）らは、「最適匿名化手法」について発表された。個人情報を含むデータを公開するために、一部のデータを秘匿し、個人が特定できないようにする手法として、 k -匿名化法がある。ここで、 k は各個人に対応し得るデータ（レコード）の最低限の個数を表す。 k -匿名化法の具体的な方法として、適当な二部グラフの k 個の辺素な完全マッチングを求める方法があるが、村上氏らは1,000万人といった大規模なデータの処理と、情報損失の少なさを念頭においた新たなアルゴリズムを開発した。計算機実験の結果も、新たなアルゴリズムの特徴を示すものであった。

鮭川矩義氏（東京工業大学）らは、クラスタリングなどに現れるクリーク分割問題について、その推移性制約と呼ばれる制約式のうち、冗長な制約式となるものを目的関数の重みベクトルに基づいて簡単に判別す

る方法を提案された。具体的には、完全グラフの枝 e, f, g について、その重み $c(e)$ と $c(f)$ がともに負であれば、推移性制約 $x(e) + x(f) - x(g) \leq 1$ は冗長であるというものである。鮎川氏は、さらに、 $c(e) + c(f)$ が負であれば、冗長であるという予想を発表された。

宮内敦史氏（東京工業大学）らの発表もクリーク分割問題に関するもので、その問題に対する初めての近似アルゴリズムが提案された。その近似アルゴリズムは、一般のクリーク分割問題を2分割のクリーク分割問題に制限し、さらに2分割のクリーク分割問題を2次計画問題を利用して解くものである。2分割のクリーク分割問題の最適解は一般のクリーク分割問題の2近似解となるが、さらに、2分割のクリーク分割問題の解を2次計画問題に対して一般に知られた $O(\log n)$ 近似アルゴリズムを利用して求めることで、結局、一般のクリーク分割問題に対する $O(\log n)$ 近似解が得られる。

「連続最適化 (2)」のセッションにおいては、以下の3件の研究について報告があった。有馬直彦氏（東京工業大学）らは、最近、多くのNP困難問題が帰着できることで注目されている Completely Positive Programming (CPP) に関して、一般の2次制約2次関数最適化問題 (QOP) もまた、ある条件下で等価な CPP に帰着できることが報告された。その条件は、双方の問題の制約式に階層構造を導入し、それを利用して問題を書き直すと、CPP の許容領域の閉凸包が QOP の許容領域となることに基づいて、それらが一致する十分条件として与えられている。この結果を、0-1混合線形制約2次最適化問題 (MIQP) に適用すると、非常に簡略な CPP が得られることから、この事実を利用した MIQP を解くアルゴリズムの開発が期待されるということであった。

田中彰浩氏（筑波大学大学院）らは、行列の共正値性の判定について、Sponcel らの単体分割を用いた判定法の一部を変更した判定法を提案された。Sponcel らの判定法では、共正値行列の集合 C^n の部分集合 M^n の選び方に自由度があるが、田中氏は、その M^n として、対称行列の固有値分解とそれに基づく最適化問題の最適値から定まる行列の集合を利用する。新たな提案手法をクリーク問題を用いて Sponcel らの結果と比較したところ、その有効性を確認できたということである。さらに、発表では、単体分割についても、 M^n を定めるのに利用している最適化問題から得られる情報を用いて工夫することで、より有効な判定

法となることが報告された。

松川恭明氏（筑波大学大学院）らは、近年注目されている非対称錐上の最適化問題について、非許容内点から直接最適解を求める非許容型主内点法を提案された。ここで、非許容内点とは、対象としている錐の内点ではあるが線形等式制約を満たさない点のことである。提案手法では、内点から出発し、最適性を改善する中心化ステップと許容性を改善する許容ステップを繰り返す。提案手法は、許容内点の存在を仮定せず、さらに双対錐も利用しないものであり、非常に広範な錐最適化問題に適用できるものと感じられた。会場からは、提案手法の計算量について質問があった。



研究発表会の様子

3. 特別講演

3.1 一日目

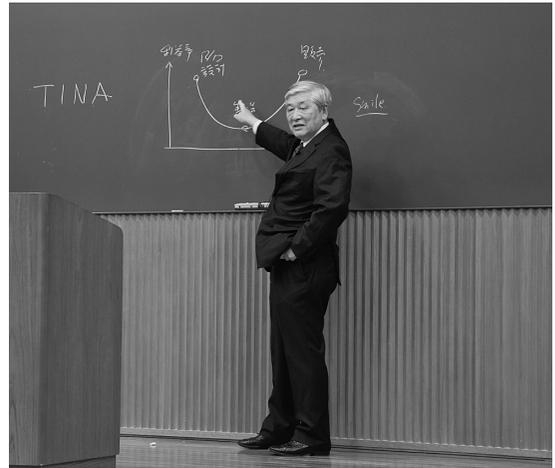
一日目の午後は2013年春季研究発表会実行委員長室田一雄氏（東京大学）による講師の紹介につづいて、野口悠紀雄氏（早稲田大学ファイナンス総合研究所顧問）による「日本経済のゆくえ」と題する特別講演が行われた。著名な先生の講演とあって会場は開場とともに超満員となり、熱気であふれていた。講演内容は「ORと経済学の関係」、本講演のメインである「日本経済のゆくえ」、そして「OR学会のみなさまへ」の3つであった。ORと経済学は「制約条件下での最適化問題という同じ問題を扱っている」という点がある一方、アプローチが異なり、これが「胡散臭い」ものであると述べられた。これに関係して経済学者のケインズと物理学者マックス・プランク、哲学者のバートランド・ラッセルとのやりとりを紹介された。プランクとラッセルはともに学生時代に経済学を学んだがプランクは「経済学は難しすぎる」ので、ラッセルが「やさしすぎる」ので転向したという話である。マックス

の言う「難しさ」が「胡散臭さ」と関係するのではないかと指摘された。次に数理計画法で一国の経済全体を運営できるのかという問題を提起され、これが1930年代に大きな論争になったことを紹介された。数理計画法において最適化するには、目的関数が定義され、制約条件がきちんとわかっていなければならない。しかしながら、現実の経済で完全にこれを知るのは難しいのである。そのため、市場メカニズムの試行錯誤の過程で最適化を目指していかなければならないということであった。

つづいて話題は現在の日本経済に移り、鉄鋼会社は減益にもかかわらず株価は上昇しており、これはバブルと考えざるをえないこと、以前より円安になっているにもかかわらず輸出量は減少していることの説明があった。また自動車産業の利益が大幅に増加しているとの新聞報道は事実であるが、この理由として、2011年は東日本大震災により自動車生産がストップしていたからであり、日本経済がよくなっているのではなく元に戻っただけであるという主張もなされた。データをどう読むかで違った印象を与えることに関して「うそには3種類ある。うそと真っ赤なうそと統計である」という作家の言葉を引用されたのが印象的であった。現在の日本は輸入が輸出を上回っており、貿易収支の赤字は拡大しているので、円安によって日本経済が活性化するというのは全くの間違いであるという大変興味深いことも述べられた。さらに黒板に「単純だが重要である」スマイルカーブを描き、設計と販売は利益率が高く、米Apple社は設計と販売に特化していることから時価総額が最近まで世界一であると聞くとさながら授業を受けている感覚になり新鮮であった。また中間の製造は利益率が低くなるため「ものづくりで競争してはいけない」と、近年決算で赤字を計上した企業を例にとって主張を展開された。

最後のパートは「OR学会のみなさまへ」ということであるが、まずは教育が落ちてきているという次の話題を提供された。アジアでの大学の工学部ランキングにおいて、シンガポール、香港、韓国の大学が上位であり、日本の大学が順位を下げているのは日本の大学が古い体質から抜け出せていないことがその理由である。つぎに米IBM社のように「製造業」と「サービス業」の区別がつかなくなってきていることからわかるように、現在製造業をリードしている企業は、製造過程を重視している企業ではない。現代は変革している。したがってこのような変革を生きながらえるた

めに、日本の産業を変えていくことを前向きに、そして積極的にOR学会のみなさんも進めていただきたいという言葉で本講演は終了となった。



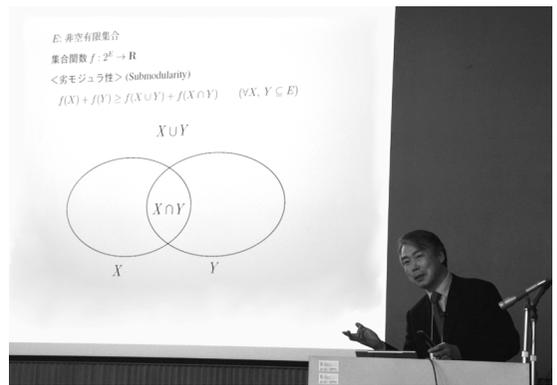
スマイルカーブを描く野口悠紀雄氏

3.2 二日目

二日目の特別講演の講演者は、第4回近藤賞を受賞された藤重悟氏であり、「劣モジュラ構造に魅せられて」という題目で話をされた。藤重氏の語り始めは、ずばり「賞というものにはそれほど思い入れはない」というもので、会場の笑い緊張を誘ったが、「ただし、この賞により、これまでに伝えられなかった感謝の気持ちを伝える機会をいただけた」と続けられ、それを受けて会場は和やかな雰囲気になった。

藤重氏は、まず自身の研究生活を振り返り、「運・鈍・感」の3つの「ん」の重要性を簡単に語られた後、伊理氏との出会いを契機に劣モジュラ構造に代表される組合せ最適化の分野を深く研究していくことになったことを話された。藤重氏の代表的な業績のなかでも初期の成果であるグラフ実現問題に対するほとんど線形時間アルゴリズムについて、一時、Bixbyらに間違いがあると指摘されたが、それを論破することでアルゴリズムが正しいことを世界に認めてもらったという話は、藤重氏がこれまで世界を相手に研究されてきたことを改めて実感させるエピソードであった。その後、Tardosの最小費用フロー問題に関するワーキングペーパーを手に入れたことからその問題に対する容量スケール型強多項式時間アルゴリズムを考案するに至る研究過程を、現在のような電子メールでやり取りするような時代との違いとも絡めて話をされた。そ

して、自身の研究経歴の紹介の最後に、藤重氏の業績として、おそらく最も有名なものであろう劣モジュラ関数最小化に関する強多項式アルゴリズムについて話されたが、それを発表したときの年齢が、奇しくも Fulkerson が亡くなった年齢と同じであり、そのことに運命のようなものも感じると述べられた。その後の話は、題目にあった「劣モジュラ構造」に関して、劣モジュラ関数の定義に始まり、分配束や劣モジュラシステム、劣モジュラ多面体、基多面体などを紹介されたが、この辺りの内容は、専門的でもあるので、藤重氏が推薦された2冊の本「グラフ・ネットワーク・マトロイド」や「Submodular Functions and Optimization」を読んでいただくことにしよう。藤重氏が、講演のなかで、ひとつ主張されたのは、Birkhoffの定理として知られる「分配束と、集合の分割に関する半順序のイデアルとの対応関係」について、それを陽に述べられたのは伊理氏であり、Birkhoff-Iriの定理と呼ぶべきものであるということであった。



劣モジュラ関数を紹介する藤重氏

藤重氏の講演は、おそらくまだ話されたい内容があったと思われるが、終わりの時を迎え、藤重氏は最後に「今日の話は易しい話」と締めくくられた。この言葉の受け止め方は、人それぞれであろうが、藤重氏の貢献により、劣モジュラ構造が明快なものになったことは間違いないであろう。

第31回企業事例交流会ルポ



黒木 裕介 ((株)東芝)

2013年3月5日、第31回企業事例交流会が、2013年春季研究発表会のセッションとして、東京大学本郷キャンパスにて開催され、二つのサブセッションに分けて合計4件の発表が行われた。通常、ルポは企画委員ではない方が書くのだが、今回はご指名を受けて、企画委員・コーディネータを務めた報告者が筆を執ることになった。せっかくの機会なので、サブセッションごとの冒頭に話した、今回の企画に至った「想い」をここにまとめておこうと思う。ORでは、データからの意思決定の方法の研究を古くから進めてきた一方で、世の中ではビッグデータという標語で意思決定や戦術決定のための研究分野が別に湧き起っているように見える。ORの側からすでに知られた知見などを提供していきけるのではないかと期待していること、OR学会員にもビッグデータ分野の応用を知ってもらって積極的に知識を活かしていただけるよう興味を持ってもらうこと、人的交流を図ることを意図した。これらの考えは、研究発表会のテーマ「つながるOR」とも合致し、研究発表会の一セッションとして収まりが良かった点は自負できる。

1. Jubatus：オンライン学習と分散学習を融合したビッグデータ解析基盤

比戸将平氏 ((株)Preferred Infrastructure)

ビッグデータに対するオンライン・ストリーム処理を行うために、分散並列・リアルタイム性・機械学習による「深い解析」を特徴とした、オープンソースソフトウェアであるJubatusの事例をご紹介いただいた。

従前より、データベース・データ工学業界では、集計・見える化・検索・ルール処理などを行ってきたが、ビッグデータが集まってきて高速処理をしようとする、データのVariety（複雑さ）が増えてしまうので、例えば見える化をするにしても、どの軸でまとめれば知見が得られるかを人間が判断するのは困難になる。それをコンピュータに代用させるために、機械学習の手法を入れ込んでいる。

分散リアルタイム機械学習は、ローカルマシンによ

る頻繁なモデル更新を同期させようとする、ネットワーク負荷的に性能向上が困難になる。この解決がコア技術で、データ自体は共有せず、モデル（パラメータセット）のみを共有するという割り切りが特徴だ。まず複数サーバ上にモデルを展開し、そこへランダムにトレーニングデータが入力されるようにする。それらのモデルを共有することで、統合モデルを生成し各サーバで共有する。予測したいデータが入力されたら統合モデルで検証する。これにより、機械学習でいうところのtrainingとtestという重い処理で、サーバ数に比例した性能向上が見込める。モデルを共有する処理は、サーバ数におよそ比例したコストがかかる。この後、それぞれの処理に対するアイデアの紹介があった。

今後の発展としては、店舗内行動分析のようにデータをサンプリングしてよい場合にも、異常検知のようにデータをサンプリングしてはいけない場合にもモデル統合ができるように、複数のアルゴリズムを開発し、切り換えられるようにしていきたいとのこと。

コメンテータからは、リアルタイム性が活きる応用は異常検知以外にあるか、という鋭い質問があったが、監視カメラでメタ情報を付加して情報をリッチにしておくといった例が示された。その例ではどんなものを貯めておこうかというモデルが必要で、マイニングの考えと整合性が悪そうだけれど乗り越えられるかと追加質問が出されたが、Jubatusは前処理に利用し、人間が試行錯誤するためにはBazilという別のソリューションを提供しているとのことご回答であった。

2. ネット通販向けのレコメンデーションシステム提供サービスについて

加藤公一氏 (シルバーエッグテクノロジー(株))

インターネット通販事業での売上げ向上を最大目的に、レコメンドサービスや広告サービスを提供している。あるECサイト（ネット通販サイト）で何を買ったかによって変化する、つまり人によって異なる、ターゲティング型広告に取り組んでいる。サイトに誘

導するための広告だけではなく、初めてサイトを訪れたときに見せる広告も人によって変化させるという landing-onpage 最適化にも取り組んでいる。商品を選んだ後に、その商品を購入した人がほかにどんな商品を買ったかのレコメンドをするのは、聴衆もユーザとして、よく経験しているとおり。また、購入後に送られてくるメールを購入者ごとに変化させたり、商品発送時に同梱する広告を購入者ごとに変化させたりして、効果的にレコメンドを提供できる。これらのサービスの元となるデータや分析手法は同じものであり、出力の仕方が異なる。

技術面としては、JavaScript の 2~3 行のアドオンをつけ加えるのみで導入できる。発信される情報は、個人の ID がハッシュされた値と、商品の ID がハッシュされた値の組だ。よって、だれが何を買ったか・興味を持ったかが取得できる。一方で、ハッシュ値を受け取ることにより、個人情報を取得しない点が重要である。閲覧者が何を見ているかは、EC サイトでからリアルタイムに情報を取得し、レコメンドは ASP サービスを用いてリアルタイムに返している。それにより、何が流行りかをすぐに反映できる。

一方、数学的なデータを提示しているだけではビジネスとしては不十分であり、エンジニアリングや人間系がとても大事である。システム的なことでは、サーバを常時運用することや、短時間でデプロイ（配備）することができることなどだ。アルゴリズム面では、手動でのパラメータチューニングはどうしても必要である。例えば、推してほしい・レコメンドしてはいけないなどの「意志」をコンサルティングしながら反映する必要がある。また、常にモニタリングして売上げの低下などに敏感になり、パラメータチューニングすることも必要で、業種による違いも手動で設定する必要がある。

コメンテータからは、EC サイト側はどんな指標を見て、レコメンドサービスがうまくいっているのかを判断するのか、という質問が出たが、それに対する回答としては、サービスが成功報酬型（レコメンドしたページで購入したら何%かを支払う）を取っているので、サービス側でその情報を取得しており、EC サイト側もその情報を見て判断できるとのことだった。

フロアからは、最近レコメンドや広告が多すぎて嫌になっているが将来はどうなるのかというコメントがあった。それに対しては、だからこそビジネスチャンスがあり、顧客が触れなければならない情報を絞るこ

とに貢献できるとのご回答であった。

3. ソーシャルゲームにおける離脱リスク評価モデルの構築

井澤正志氏 ((株)gloops)

ソーシャルゲームという、うがった見方をすると中毒を引き起こしているのではないかと（コメンテータからの質問にもあり）と揶揄されるテーマからか、導入に多くの時間を割き丁寧に説明された。ゲームをプレイし続けることで（実生活では感じにくい）自己成長が目に見え、（実生活では評価されることがなくても）他者から称賛されるところに、ユーザが価値を置いているのだらうと個人的に分析しているとのこと。

企業としての目的は、ユーザに「おもしろい」「楽しい」を届けることであり、データ分析をすることはカスタマーサポートであり、あくまでも問題解決のツール、手段である。手段が目的化してはいけないと意識して取り組まれていることも強調されていた。問題解決のステップとして、データで特定できるのは、問題の特定およびどこで問題が起きているかまで。なぜ問題が起きているかは、ユーザの心理の動きに対して仮説を立案し、仮説に基づく解決をしていくことが必要。そのため個人的にターゲットユーザと同じ体験を実践されているとのこと。技術的な内容としては、離脱リスク評価の構築について扱われた。ある月の情報を元に、次の月のログイン日数を予測するモデルの構築を行った。このとき、独立変数の選定が重要であるが、ソーシャルゲームでは、カードの取得欲求、装備の強化欲求、カード装備の腕試し欲求のサイクルで、ゲームを続ける動機づけを行っているので、カードの取得をするための「ガチャ」や、装備の強さを表す「デッキ設定」、腕試しの「バトル」の頻度などには強い相関、依存関係があるのが自然である。SPSS を用いて単純に線形回帰を行ったところ、共線性が問題になったが、変数を絞り込み、カバー率は 40~60% 程度となった。発表事例は 2012 年の 10 月実績を元にしたものだったが、発表時点では、利用費用などに応じてクラスタ化し、パラメータ設定などして精度は上がっているとのこと。

とにかくデータは多数あり、分析していただける方を募集しているとのことなので、興味のある方は挑戦していただければと思う。

4. オンライン広告における機械学習活用事例

田島玲氏 (ヤフー(株)Yahoo! JAPAN 研究所)

オンライン広告を大きく、ディスプレイ広告・リスティング広告・その他と分けて、そのなかから、ディスプレイ広告と、リスティング広告の興味関心連動型広告について事例をご紹介いただいた。ディスプレイ広告は、ウェブページの右端などに一定の面積をもった静止画像・動画像などを表示させる広告で、テレビ広告のような、認知度向上を狙うことが多い。合計の表示回数(インプレッション数)を固定したなかで、広告主が用意した複数の画像のどれを用いるかを決定することで、CTR (click through rate, 表示されたうちクリックされる率)の向上を図る問題といえる。事例も挙げていただいたが、画像を見ただけでは実際にどれがクリックされやすいかわからない。クリック率は1%未満であることから推定は容易ではなく、2011年の改訂以来、シンプルな手法である pursuit method を用いている。一般に、強化学習の手法は安定的な入力データを仮定するが、1週間の中でも週日と週末で振舞いが異なるなど、現実のデータは安定的ではない。そこで、シンプルなモデルの中でパラメータチューニングを行うほうが、性能はよくなる。

続いては興味関心連動型広告である。リスティング広告は大きく検索連動型と興味関心連動型に分けて考えているが、検索時間自体は短いと考えられるため、記事の興味に合わせた広告を出すことで、広告の効果



企業事例交流会の様子

を上げることを意図している。ページリクエストがあってから広告データベースから結果を返すまで例えば100 ms 以下などの応答速度条件を満たすため、次の2段階構成が一般的。まずどんなページを見たかなどの情報から転置インデックスを用いたマッチングで、ある程度のlonglistまで落とし込み、そのうえでもっと精緻な機械学習のモデルを使ってリランキングを行う。モデル化においては、期待収益(=入札額×CTR)の順序尺度まで考えているとのこと。コメントからは、新しいことを始める手間とチューニングの手間はどのようにバランスをとっているかという質問が寄せられたが、社内では、研究所+とんがった人+開発陣で勢いよく始めて、落ち着いてきたら開発陣で担当しソフトランディングされているとのことであった。