

1. はじめに

国際会議ICCOPT 2016 (The 5th International Conference on Continuous Optimization)の本会議に先立ち、サマースクールが2016年8月6日(土)、7日(日)の2日間にわたって開催された。会場は国立オリンピック記念青少年総合センターで、4人の講師による連続最適化・離散最適化を横断するチュートリアル講演があった。国内外から222名の参加者があったとのことである。

2. 1日目午前

Michael Friedlander氏 (University of British Columbia)を講師として、“Level-set methods for convex optimization”というタイトルで講演が行われた。

機械学習や信号処理で出現する大規模な凸最適化では、目的関数が扱いやすい構造をもっている一方で、制約式は複雑であることがあり、そのために既存の解法で解くのが困難になってしまうことがある。本講演では、「レベル集合法」による解決法について、解説がなされた。「レベル集合法」は、制約付き最適化問題を、より単純な一連の部分問題に変換することで解けるようにする技法群である。目的関数と制約式の役割を交換し、生成したパラメーターに依存したレベル集合による制約をもつ問題を次々に近似的に解いてい

くアプローチで、低ランク半正定値行列による半正定値計画や疎性に着目した最適化、データ解析における一般化線形モデルなど、多岐に及ぶ応用がある。講演では収束に関する理論的側面と、実際の計算で観察できるメリットについて解説がなされた。

3. 1日目午後

Kim-Chuan Toh氏 (National University of Singapore) を講師として、“Large scale convex composite optimization: duality, algorithms and implementations”というタイトルで講演が行われた。

$$\min_{x \in \mathcal{X}, y \in \mathcal{Y}} \{\theta(x_1) + f(x) + \phi(y_1) + g(y) \mid \mathcal{A}^*x + \mathcal{B}^*y = c\}$$

(ただし、 $x=(x_1, \dots, x_m)$, $y=(y_1, \dots, y_n)$ で、 f, g, θ, ϕ は凸関数、 $\mathcal{A}^*, \mathcal{B}^*$ は線形作用素 $\mathcal{A}, \mathcal{B}$ の随伴)の形で表現される凸複合最適化問題に対して、関数や行列の分類に応じて、二次計画から二次錐計画、半正定値計画など、それぞれの問題クラスと関連する場合について、各問題に特徴的な構造を細分化して、詳細な理論的解説が行われた。さらにそれらの理論を、大規模な問題に対する効率的で頑健なアルゴリズムに応用する方法として、拡張ラグランジュ関数による解法の枠組みと、部分問題をsemismooth Newton-CG法を用いて効率的に扱うことについて、詳細な数値実験の結果とともに、解説がなされた。



1日目午前の講演の様子



1日目午後の講演の様子

4. 2日目午前

Antoine Deza氏 (McMaster University)を講師として, “Algorithmic and geometric aspects of combinatorial and continuous optimization”というタイトルで講演が行われた.

フィールズ賞を獲得したSmaleによる問い, 線形計画問題が強多項式時間で解けるかどうか, すなわち, 入力データ長に対して独立で, 次元と制約の数に対して多項式で計算複雑度が記述できるアルゴリズムが存在するかは, 長年興味深い問題として扱われている. 線形計画問題に対する解法としては, 単体法と主双対内点法が実用上, 成功を取めていることは周知であろう. 単体法が実行可能多面体の境界に属する頂点をたどって最適解に到達するのに対して, 内点法は実行可能多面体の内部を通して最適解に近づくことで, 実行可能多面体の境界の組合せ的複雑さを回避している. 講演では, 内点法の効率を評価する一つの尺度として, 中心曲線の曲率から定義する多面体の曲率について詳細に解説された. 線形計画に対して, 組合せ的観点, 幾何学的観点, アルゴリズム的観点のそれぞれから, 結果と予想についてレビューがあった. 多面体の境界と中心曲線の関係, 直径と曲率の関係について述べられ, Hirsch予想に対する反例が示された.



2日目午前の講演の様子

5. 2日目午後

室田一雄氏 (首都大学東京)を講師として, “Convex analysis approach to discrete optimization”というタイトルで講演が行われた.

非線形離散最適化に対する凸解析的アプローチとして知られる離散凸解析の理論の解説がなされた. まず, 劣モジュラ関数, 整凸関数, M凸関数, L凸関数など, 離散的な凸関数の基本的な各クラスが取り上げられ, 劣モジュラ性と凸性, 凹性との関係が解説された. 離散的な凸関数のそれぞれの違いや特徴がわかるように, 和, スケーリング, 合成積, ネットワークによる変換といった基本的な演算について, 各クラスが閉じているかの観点で説明があり, M凸関数とL凸関数のルジャンドル変換の下での共役性, 分離定理やフェンシェル型最大最小定理に基づく双対性についても, じっくりと説明がなされた.

離散凸関数最小化に対するアルゴリズムについては, 各クラスで, 局所最適性による大域的最適性の保証が成り立つものの, 局所最適性を定義する近傍の取り方が違ってくるという, 離散の世界ならではの状況が確認された. その事実を踏まえたうえでの降下法タイプのアルゴリズムと, その効率化についても解説された.



2日目午後の講演の様子

6. おわりに

サマースクールの会場は, 前回の東京オリンピックゆかりの地で, サマースクール開会のときはちょうど, 奇しくも地球の反対側ではリオデジャネイロオリンピック開会式が開催されているというタイミングであった. 当会議でも, 実行委員, スタッフの方々のご尽力により, 次回東京オリンピック招致をもたらした要因の一つであろう, 日本の「おもてなし」の心を感じることができ, 海外からの参加者の満足度も高いようであった.

ICCOPT 2016 Tokyo: Conference ルポ



檀 寛成 (関西大学), 林 俊介 (東北大学)

1. はじめに

2016年8月8日(月) から11日(木) の4日間にわたり, The 5th International Conference on Continuous Optimization (ICCOPT2016) が東京都港区の政策研究大学院大学で開催されました. 本会議は Mathematical Optimization Society (MOS) が主催となって開催される会議の一つです. MOSが主催する会議としては, 最適化分野全体をカバーする ISMP (International Symposium on Mathematical Programming) が最大のもので, ICCOPTは連続最適化に焦点を当てたもので, 3年に1度開催されています.

ICCOPT2016のホームページ[1]によると参加者は約680名, 発表は540件とのことで, 非常に大規模な会議となったようです. これは3年前にリスボンで行われたICCOPT2013の2倍近い規模であるとのこと. また, 日本で開催されたMOS主催の会議としては1988年に東京で開催されたISMPがよく知られていると思いますが, 本誌に掲載された当時のルポ[2]を見ると, ISMP1988の参加者は671名, 発表は557件 (特別講演などを含む) とのことなので, ICCOPT2016はISMP1988とほぼ同規模の会議になったようです.

2. 会議の様子

限られた紙面ですべての様子を網羅するのは難しいと思いますので, ここでは開会式, 閉会式とPlenary Talkを比較的詳細に紹介し, ほかのイベントについては概要を述べるにとどめたいと思います.

2.1 Opening Ceremony

初日(8/8)は, まず最初にICCOPT2016の実行委員長である水野眞治先生 (東京工業大学) から開会の挨拶がありました. 東京でこれだけ大きな大会が開催できたこと, そして多くの方からのご参加をいただいたことに対して感謝の気持ちを述べられていました. 続いてMOSを代表してMOS役員メンバーのJacek



開会の挨拶をする水野眞治先生 (実行委員長)



歓迎の挨拶をする大山達雄先生 (本学会会長)

Gondzio氏 (The University of Edinburgh) から水野先生をはじめ実行委員会の方々への感謝の挨拶がありました. その際, 日本の素晴らしさ, 日本で開催することの意義が強調されており, 大変誇らしく思いました. その後, 大山達雄先生 (政策研究大学院大学) から, 開催大学の理事・名誉教授と, 日本オペレーションズ・リサーチ学会会長という両方の立場での歓迎の挨拶がありました. 前者の立場としては政策研究大学院大学の由来や創立意義について, 後者の立場としてはORにおける最適化の重要性についてのお話がありました. さらに, MOS前会長のPhilippe Toint氏 (The University of Namur) が登壇し, 連続最適化の分野で多大な貢献をされ今年7月に亡くなられた

Roger Fletcher氏への哀悼の言葉がありました。Fletcher氏は準ニュートン法のBFGS公式やDFP公式の‘F’にあたる方としても大変有名です。

2.2 Plenary Talk

本会議では、1日1名ずつ、計4名によるPlenary Talkが行われました。これら4件のPlenary Talkはいずれも政策研究大学院大学内の最も大きい部屋で行われましたが、その部屋だけでは参加者全員を収容できないため、ほかの部屋へも同時中継が行われていました。

初日(8/8)の講演はShuzhong Zhang氏 (University of Minnesota) による“Variants of the ADMM and Their Convergence Properties”でした。Zhang氏は連続最適化では著名な研究者で、特に非凸二次計画や半正定値計画などで多大な功績を挙げています。本講演では、交互方向乗数法 (Alternating Direction Method of Multipliers: ADMM) にスポットを当て、最近の研究状況についてわかりやすく説明されていました。交互方向乗数法は、分離可能な構造と分離不可能な構造を併せもつ最適化問題に対して、ラグランジュ関数等を導入することにより、分離可能な構造をうまく活用して最適解を求めていく手法です。この手法は大規模問題に対して特に効果を発揮するとされており、以前からもよく知られた手法ではありましたが、ビッグデータを取り扱うニーズが出てきている今日において再び注目を集めているとのことでした。

2日目(8/9)の講演はFrancis Bach氏 (INRIA) による“Linearly-convergent Stochastic Gradient Algorithm”でした。Bach氏は連続最適化というよりはむしろ機械学習の研究者ですが、最近、連続最適化の世界でも機械学習に対する関心が高まっており、その流れでICCOPTのPlenary Speakerとして招待されたそうです。本講演では、有限和で表される目的関数をもつ最適化問題に対する確率的勾配アルゴリズムとその一次収束性に関する解析結果の紹介がなされました。元々、この手法は機械学習における教師あり学習に出てくる最適化問題が動機となって考えられたそうですが、連続最適化の専門家以上に数学的な収束解析を行っており、実用面だけでなく理論面でも高度なアルゴリズムである印象を受けました。

3日目(8/10)の講演はFlorian Jarre氏 (Heinrich Heine Universität Düsseldorf) による“Nonlinear Minimization Techniques without Using Derivatives”でした。この講演はタイトルからもわかるように「微

分を使わない最適化法」に焦点を当てたものです。ニュートン法にしる逐次二次計画法にしる、われわれが教科書で学ぶ(非線形計画問題に対する)最適化アルゴリズムのほとんどは微分を用いることが前提となっています。しかしながら、対象とする関数が微分不可能である場合や、関数値の評価自体に計算コストがかかる場合など、微分を使わずに最適化を行うことが要求される場面が現実には多くあります。個人的にはこの手の話題にはあまり詳しくなく、微分を使わない最適化法といえば昔から知られているNelder-Mead法(滑降シンプレックス法やアムース法などとも呼ばれる)くらいしか頭に浮かばなかったのですが、一変数関数に対する「3次スプライン補間」や「最小二乗3次スプライン」を用いた手法やそれらのステップサイズ選定への応用(直線探索ならぬ曲線探索)、さらには多変数関数に対するヘッセ行列近似法など最適化の教科書には出てこないような話題も聞くことができました。ただ、それぞれについて深く立ち入って説明するというよりは、さまざまなテクニックを浅く広く話されるといった内容でした。

最終日(8/11)の講演はJong-Shi Pang氏 (University of Southern California) による“Difference-of-Convex Optimization for Statistic Learning”でした。Pang氏は言うまでもなく連続最適化の世界では誰もが知るトップレベルの研究者で、相補性問題や変分不等式問題といった均衡問題の分野で多大なる功績を残しています。しかし、本講演ではそれら均衡問題の話ではなく、DC (Difference-of-Convex) 最適化に関する話題が提供されました。DC最適化問題とは、二つの凸関数の差として表される関数(DC関数と呼ばれる)を用いて記述されるような最適化問題です。本講演では、統計的学習の分野に現れる非凸双基準最適化問題を例に挙げ、DC最適化におけるいくつかの停留性(stationarity)の概念(d-stationarity, weak d-stationarity, C-stationarity, lifted stationarity, etc.)とそれらの数学的性質が紹介されました。また、最後のスライドでは、最適化の研究者と統計的学習の研究者との価値観のギャップについてコメントされ、そのギャップの橋渡しをすることが今後の研究の目的だ、と強いメッセージを残されていました。

ところで、Pang氏の講演は内容自体の面白さもさることながら、司会のDefeng Sun氏 (National University of Singapore) との掛け合いが何度も会場に笑いを生んでいたことが印象的でした。(元々、Jie



Jong-Shi Pang氏による Plenary Talkの様子



国立新美術館での講演の様子

Sun氏が司会を務める予定だったそうですが、なぜか Defeng Sun氏に代わっていたようです。) 最初の Pang氏の紹介ではSun氏が“Jong-Shi received his PhD from Stanford University many many years ago.”と必要以上に「昔」であることを強調して会場の雰囲気盛り上げていましたし、最後の質疑応答の際にはSun氏が「本学会の最後の質問だぞ？」と参加者をあおり、Pang氏も「俺はディナーの約束があるからそろそろ終わるぞ」と乗っかってきて、会場は笑いの渦に包まれたまま閉会式へと移りました。

2.3 Semi-plenary Talk

本会議では次の8名によるSemi-plenary Talkが行われました(発表順)。

- Mirjam Dür (Universität Trier)
- Caroline Uhler (Institute of Science and Technology)
- Elad Hazan (Princeton University)
- Yu-hong Dai (Chinese Academy of Sciences)
- Katsuki Fujisawa (Kyushu University)
- Erick Delage (HEC Montréal)
- Jonathan Kelner (Massachusetts Institute of Technology)
- Rachel Ward (University of Texas at Austin)

これらの講演は2件ずつがペアになり、同時刻に開催されました。Semi-plenary Talkでは、連続最適化分野の最新のトレンドから周辺の研究まで、多岐にわたる話題が提供されていました。たとえば、Mirjam Dür氏の発表では、最近国内でもホットなテーマである共正値最適化に関する話がありましたし、当学会代表として登壇された藤澤克樹先生(九州大学)からは、大規模最適化問題(特に半正定値計画問題)を解くための計算機インフラの話がありました。

2.4 Best Paper Prize

ICCOPT2016では、若手研究者による論文を対象としてBest Paper Prizeを選定・授与しました。最終選考まで残った3名の受賞候補者が1日目午後のBest Paper Prize Sessionで登壇し、論文内容を紹介しました。受賞がかかっていたためでしょうか、3名とも発表時間を超過するというハプニングがあり、司会をされていた吉瀬章子先生(筑波大学)も困惑と苦笑の様子でした。最終的にMengdi Wang氏(Princeton University)がBest Paper Prize (Young Researcher Prize in Continuous Optimization)を受賞しました。

2.5 一般発表・ポスターセッション

一般発表は4日間で12セッションが設けられ、政策研究大学院大学内の17部屋(時間帯によっては一部の部屋が講義等に利用されていたようです)と、政策研究大学院大学のすぐ隣にある国立新美術館内の2部屋を利用して行われました(片方のSemi-plenary Talkも国立新美術館で行われました)。また、1日目の夕刻には、政策研究大学院大学の1階フロアにてポスターセッションも行われました。部屋によっては立ち見も出るほどの盛況ぶり、活発な議論が繰り広げられました。発表ではさまざまな話題が取り上げられていましたが、昨今のトレンドを反映し、機械学習関係の話題が多かったように思います。また、この会議は連続最適化に関する会議ではありますが、離散最適化との境界領域に属するものも多く見られました。

また、日本の大学院生が発表する姿も多く目に付きました。話を聞くと「国際学会デビュー戦」という大学院生も多かったようです。ぜひこの経験を今後に生かしてほしいと思います。

2.6 Closing Ceremony

閉会式はJong-Shi Pang氏のPlenary Talkが終

わったあと、Pang氏から実行委員長の水野眞治先生に直接マイクが渡されるという形で行われました。まず、水野先生から680名もの参加者があったことと、本会議を成功裏に終えることができたことに対してお礼の挨拶がありました。その際、参加者から水野先生に対して惜しめない拍手があったことは言うまでもありません。次に、会場関係で尽力されました土谷隆先生（政策研究大学院大学）が登壇されました。土谷先生によると、大会2日目(8/9)は猛暑（最高気温37度）のため供給電力が限界に来ており、ブラックアウトが大変恐ろしかったそうです。われわれ参加者はそのようなことは露ほども想像もせず、涼しい部屋で聴講・発表していましたが、主催者側にはさまざまな気苦労があったことを再認識させられました。また、「1988年のISMPでは実行委員で最年少メンバーだったのに、今回は髪の毛がだいぶ灰色になってしまった」と嘆いて(?) いらっしゃったのも印象的でした。次に実行委員として尽力された村松正和先生（電気通信大学）が登壇され、「タカシ（土谷先生）はいつも話が長いので私は手短かに話します」と一言。これで会場はドツと笑いが起きましたが、その後、3年前のリスポンから今回の東京開催までの流れを話され、その間ローカルメンバーがすごく頑張ってくれたことを強調されていました。最後は実行委員メンバーが全員登壇し、一人ひとりの紹介があった後、会議は華々しく閉会となりました。

3. 参加者間の交流

本学会では、開催期間にさまざまな形で参加者の交流の場が設けられていました。

まず、開催日前日には、Registrationと連動する形でWelcome Receptionが開催されました。この日はSummer Schoolの2日目でもありましたので、Summer Schoolの後に六本木まで足を運び軽食を楽しむ姿が見られました。

また、1日目の夕刻には、ポスターセッションと同時刻にReceptionが開催され、軽食・ドリンクが提供されました。ポスターセッションの会場とReceptionの会場は隣接していたため、行き来する人の姿も多く見られました。この日は初日ということもあり、久しぶりの再会を喜ぶ姿が多く見られました。

2日目の夜には、政策研究大学院大学から徒歩5分ほど、六本木の住宅街に入っていくと突如現れる居酒屋を貸し切ってConference Banquetが開催されまし



Conference Banquetの様子



Conference Banquetにおける村松先生と土谷先生
(ISMP1988の法被が登場！)



Student Socialの様子

た。2階建ての会場は満員大盛況で、参加者同士の交流を楽しみました。会場が“Japanese izakaya style”ですので料理も日本のものが中心で、枝豆・刺身・寿司・すき焼きなど、海外からの参加者には珍しいであろうものが並んでいました。特に、すき焼きを生卵につけて食べることにかなり驚いていた様子でしたが、筆者が「日本の卵は生でも大丈夫だから！」と言って食べてみせると、同じテーブルにいた海外からの参加者も、最初は恐る恐る、最後は「おいしいね」と言いながら食べてくれました（お世辞ではなかったことを祈ります）。また、会場の1階では樽酒の鏡開きも行われました。海外からの参加者は「鏡開き」というス

タイルに興味津々な様子で、多くの方が樽から酒を汲む写真を撮り、日本酒を楽しんでいました。

3日目の夕刻には学生同士の交流会 Student Social が開催されました。筆者は参加していませんが、参加した日本の大学院生に話を聞くと、海外から参加した学生にたどたどしくも研究内容を紹介するなどして、交流を深めたようです。

4. おわりに

会議の参加者には会議のロゴ入り手ぬぐいとうちわが配られました。海外からの参加者にもよいお土産になったのではないのでしょうか。また会議期間中の東京は本当に暑い日々でしたが、休憩場所に置かれたミネラルウォーターとアイスキャンディー（「ガリガリ

君」）は、会議で疲れた体をクールダウンしてくれました。

これだけの規模の国際会議となると、準備や運営に相当な労力が必要であったことは想像に難くありません。今回の会議は、実行委員長の水野先生をはじめ、実行委員のみなさまや、特注のビブスを着て会場運営に走り回った大学院生などのご尽力なしには開催できなかったであろうと思います。この場を借りてお礼を申し上げたいと思います。

参考文献

- [1] <http://www.iccopt2016.tokyo>
- [2] 吉瀬章子, “第13回国際数理計画シンポジウムルポ,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **34**(2), pp. 105–108, 1989.