

会議報告

The 8th Conference on Artificial General Intelligence, AGI-15

開催地：Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities

開催日程：2015年7月22日(火)～25日(金)

1. 会議概要

汎用人工知能 (Artificial General Intelligence: AGI) とは、用途を特化したうえで知的に見える振舞いを開発者が実装する従来のいわゆる人工知能 (Narrow AI) ではなく、本物の人間の知能のように、未知の問題を含む種々の問題に汎用的に対処できる知能を、機械の上で実現したものである。第8回の汎用人工知能国際会議 (AGI-15) は東ベルリンのブランデンブルク門近くに位置する Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities の Einstein Hall で行われた。

投稿された72本の論文のうち、32%の23本が口頭発表に、26%の19本がポスター発表に採録されたとのことである。論文と発表スライドは、AGI-15のホームページ (<http://agi-conf.org/2015/>) の Schedule のメニュー項目から参照することができる。

2. チュートリアル

今回は3件のチュートリアルがあった。最初のチュートリアルは、José Hernández-Orallo氏による比較評価方法に関するものだった。比較評価は彼の長年の興味の対象ということで、人工知能の評価に使えるありとあらゆる評価方法をタスク指向の評価 (task-oriented evaluation) と能力指向の評価 (ability-oriented evaluation) に分けて紹介していた。これらの違いについて、

- ロボット掃除機：タスク指向 (機能が明確なので)
- 赤ん坊：能力指向 (成長するまでは何の機能もないが、多様なことを学ぶことができるため)

という例を用いて説明していたのが面白く、また説明方法として参考になった。

タスク指向の評価の場合、そのタスクに特化した Narrow AI の評価には良いものの、AGI システムが一般的な問題に対応できる能力を評価することはできない。このため、AGI に対しては、能力指向の評価が望まれる。能力指向の評価としては、IQ テストのような人間中心のアプローチ (anthropocentric approach)、動物の比較評価に用いられるチンパンジー中心のアプローチ (chimpanzee approach)、子供の発達の評価に用いられる認知発達アプローチ (cognitive development

approach)、チューリングマシンの生成する列を推定させる情報理論的アプローチ (information-theoretic approach) などが比較検討されていた。さらに、これら既存の評価方法の抱える問題への対処として、講演者らによって提唱されている universal psychometrics の紹介があった。universal psychometrics についてはちょうど本を書いたところだそうで、出版前のチェックをしてくれる人を募集中とのことだった。

2件目は、Ben Goertzel氏による人型ロボットにおける AGI のチュートリアルだった。ここでは、Goertzel氏もメンバを兼ねている Hanson Robotics 社の開発したロボットのコミュニケーション能力の話、および実際のロボット Sophia によるデモンストレーションが行われた。

音声による会話が可能なだけでなく、話者に反応して表情豊かに対応できる点が Sophia の特長となっていて、そのために開発したソフトウェアはすべてオープンソースで公開されている。

なお、肌の素材がスポンジ状の独自開発素材 Frubber (flesh rubber) で、見た目がリアルであることに加え、触ったときの弾力も人間の肌に近かった。すべてのロボットは David Hanson 氏がデザインしているとのこと。

3件目の Potapov 氏のチュートリアルは、MDL (Minimal Description Length) 基準によるモデル選択をより AGI 的な枠組みで扱う話を、複数の画像のマッチングを輪郭線の抽出によって行う例を主に用いて説明していた。従来の MDL 原理から発展させた Representational MDL (RMDL) 原理を用いることで、プログラム表現の選択を含めた基準で評価できる、という話だった。

3. 基調講演

基調講演は、2日目と3日目に1件ずつ実施された。

2日目の基調講演は、Jürgen Schmidhuber 氏によるものだった。“The Deep Learning RNNaissance” というタイトルで、前半にオメガ (いわゆる singularity) に収束していくまでの過去と未来の話を、後半にリカレントニューラルネットワーク (RNN) の話をしていた。

Schmidhuber 氏が特に力説していたのは、リカレント政策勾配 (Recurrent Policy Gradient) 法 [Wierstra 10] を用いて、レーシングカーシミュレータ上での運転の学習に成功した話である。リカレント政策勾配法は、政策勾配法に Long Short-Term Memory (LSTM) RNN を組み合わせた強化学習アルゴリズムである。強化学習で深層学習というと、近年 Deep Q Network (DQN) がよ

く話題にのぼるが、政策勾配法の場合、Q-learningと違って部分観測下での学習が可能である。こちらの方法ももう少し注目されていてよいように感じた。

3日目の基調講演は、Frank Wood氏による確率的プログラミング(Probabilistic Programming)に関するものだった。確率的プログラミングとは、確率変数をもったシステムを記述できるプログラミング言語である。[Gordon 14]によると、通常関数型・命令型言語に

- (1) 確率分布からランダムに値を振り出す能力
- (2) 観測を元に変数の値を決定する能力

を加えると、確率的プログラミング言語となる。講演中ではAnglican言語が詳しく扱われていたが、これまでにすでに多くの言語があり、C, Scheme, SML, Haskellなどのポピュラーな言語の拡張としても実装されている。

確率変数をもったシステムを記述できることによつて、通常のプログラミング言語と同様に実行可能であることは当然として、すべての可能性を並行的に実行したり、実行結果から確率変数をベイズ推定することが可能になる。つまり、システムを確率的プログラムとして記述するだけで、推定方法を全く意識することなく、さまざまな推定問題を解くことができる。

個人的に興味深かったのは、帰納プログラミングへの応用[Perov 14]であった。これは、文法を確率的過程と見立て、プログラムの生成規則ごとに確率を割り当てておいて、確率的プログラムをベイズ推定により求める、というものである。生成規則ごとの確率の割り当て方として、既存のプログラムをサンプルとしてたくさん食わせて、そこから推論する、というアプローチをとっている。

Wood氏は、講演中に筆者の研究に触れて下さったり、講演後も声をかけて下さったのだが、筆者の理解不足、英語力不足であまり深い話ができなかったのが残念である。

4. 特別講演

GoodAIという会社の開発したBrain Simulatorの説明があった。Brain Simulatorという表現を聞くと「ついに脳と同等の機能を実現するAGIが開発されたのか!?!」と思いがちだが、実物は、いろいろなアルゴリズムを組み合わせていくための枠組みを提供するものである。ユーザは専用のvisual editorを用いて、入出力をマウスでつないでいくことでシステムを簡単に構築できる。

GoodAIは、2015年7月にゲーム会社のKeen Software Houseからスピンアウトした汎用人工知能を開発する会社とのことである。AGI-15のmain sponsorとなっており、会場にはGoodAIのTシャツを着た人達が20人ほど来ていた。

5. 一般発表

一般発表としては、筆者自身によるものも含め、23件の発表があった。ここでは、受賞した発表のみ紹介する。

Kurzweil Prize for Best AGI Paperは、Joscha Bachの“Modeling Motivation in MicroPsi 2”に対して贈られた。MicroPsiは、Dietrich Dörnerの認知モデルであるPsi理論のJoscha Bachによる実装であり、この発表はMicroPsi 2において動機付けがどのようにモデル化されているかを説明したものである。

次にKurzweil Prize for Best AGI Ideaについてであるが、実は、受賞者のEray Özkuralの発表したセッションは、知人のBamberg大学の先生と話し込んでいて完全に聞き逃してしまった。後で聞いたところによると、彼は最初に「スライドを用意していないので語る!」と宣言した後、全宇宙の物理法則をSolomonoffのuniversal inductionで説明する話をぶち上げていたらしい。

Cognitive Science Society Prize for Best Student Paperは、Abdul Rahim Nizamaniらによる研究に贈られた。これは、未知の環境(不思議の国)に放り込まれた学習主体(アリス)が少しずつ環境を学習する過程を模した、Alice in Wonderlandというシステムを構築したものである。このシステムは発達心理学などの理論に基づいて構築されているとのことで、環境を説明する説(Theory)の適応度が1に収束するように説を更新していくことで学習を進めていく。簡単な計算、命題論理による推論、英文の文法上の正しさを経験のみから自動的に学習することに成功している。

率直な感想としては、不思議の国のアリスにたとえるのは誤解を生む表現だと思う。環境が変化したときに経験的事実を忘却するわけではなく、まっさらな状態から学習し、途中での環境変化も想定していないようなので、単に、生まれたばかりの赤ん坊にたとえるほうが近いだろう。

6. おわりに

今年のAGIの参加者数は、米国外で開催されたAGIでは過去最多であったとのことで、盛況であった。また、来年はニューヨークでの開催であり、さらに参加者が増えるのではないかとのことだった。

その一方で、全体を通して和気藹々とした雰囲気があったように思う。筆者自身は初めての参加であったが、以前にもお会いしたことのあるJosé Hernández-Oralloによると、AGIの大らかな雰囲気が好きで5年前から毎年参加しているとのこと。事実彼は、今回だけでも、チュートリアル1件、一般発表2件、ポスター1件の発表をこなし、さらにPC Memberとして名前を連ねていた。

個人的にも、学ぶ点が多かった。この会議の魅力の一

つは、おそらく、認知科学、計算論、計算的神経科学、ロボット工学などといったさまざまな専門性をもった研究者が、AGIの解明という共通の困難な目的に向けて、垣根を超えてアイデアを交換できるところにあるのだろう。また論文を通して予算を工面して参加したいと思う。

◇ 参考文献 ◇

- [Gordon 14] Gordon, A. D., Henzinger, T. A., Nori, A. V. and Rajamani, S. K.: Probabilistic programming, *Int. Conf. on Software Engineering (ICSE Future of Software Engineering)*, IEEE (2014)
- [Perov 14] Perov, Y. N. and Wood, F. D.: Learning probabilistic programs, *CoRR*, Vol. abs/1407.2646 (2014)
- [Wierstra 10] Wierstra, D., Foerster, A., Peters, J. and Schmidhuber, J.: Recurrent policy gradients, *Logic J. IGPL*, pp. 620-634 (2010)

[片山 晋 (宮崎大学)]

The 21st ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD 2015)

開催地: Hilton, Sydney (オーストラリア, シドニー)

開催日程: 2015年8月10日(月)~13日(木)

<http://www.kdd.org/kdd2015/>

1. KDD 2015

KDDはデータマイニングに関する国際会議で、この分野では最難関会議と位置付けられている。ICMLやNIPSなどの機械学習の国際会議でも発表される、データマイニングに必要なアルゴリズムや手法に関する発表に加え、実問題を取り上げ、その定式化やモデル化についての発表がなされる。ほとんどは北米で開催され、その他の地域で開催されるのは、2009年のパリ、2012年の北京に続き3回目となる。筆者は8回目の参加で、2009年以降は続けて参加している。

開催地のシドニーはオーストラリア最大の都市である。会場のホテルは、オペラハウスまで約2km離れた市の中心部にあり、著名なショッピングモール Queen Victoria Buildingの向かいである。スポンサーは27社であり、その多くはネット系企業とデータ分析関連企業だが、Visa社が新たに加わっていた。スポンサーからの資金35万USDは過去最大とのことであった。

例年、4日の開催期間のうち、初日はワークショップ・チュートリアルで、残り3日間が本会議である。オープニングで発表された初日で登録者数は1182人で、一昨年のシカゴの1176人とほぼ同じだが、昨年のニューヨークの2134人よりは北米以外の開催のため減少したようだ。39か国から参加があり、上位は米:382、豪:292、中:115とのことである。筆者が見た印象では、日本からの参加者が50~60人ぐらいであった。アカデミアとインダストリの参加者はほぼ半分ずつである。

2. 招待講演

招待講演は4件であった。1件目のRonny Kohaviは、相関ルールの説明としてよく用いられる「おむつとビール」をICML 1998で紹介したことをはじめ、長きにわたりインダストリアルなデータマイニング業界で活躍している。今回は検定により利用者のユーザエクスペリエンスを測るA/Bテストについての講演*1であった。A/Bテストとは、Webなどのインタフェースでどれが良いかを調べるために、それぞれのインタフェースをランダム割付けをしてクリック率などを計測し、統計的検定によってその有効性を調べるものである。具体例を示し、その結果を聴衆に予測させるなど、内容はもちろん、プレゼンテーション自体も素晴らしいものであった。A/Bテストの成功例を示しつつも、短期的な反応を測るような指標を設定してしまうと逆効果になってしまうと注意し、そして、本当の意味で良い目標設定というのは非常に難しいと強調していた。

2件目はHugh Durrant-Whyteによるオーストラリアでの産業・科学分野への機械学習技術の適用事例の紹介であった。産業分野では、ボーリングによるサンプリングで鉱床の分布を予測し、さらにそれを自動で掘削する様子や、ラジコンヘリを用いた農地の病害虫や雑草の監視を紹介していた。科学分野ではオーストラリアの空間データ分析ポータル*2を紹介し、地磁気・地下の温度などの分布が見られる様子をデモンストレーションしていた。その他、地下水予測や岩石の磁場の変化に基づく大陸移動の調査などのほか、非常に多岐にわたる事例を紹介していた。全般的には、空間統計の流れをくむガウス過程によるベイズ推定を用いたものが多かった。ベイズアンで事後分布を求めるとき、モデルは地質学者、尤

*1 資料: <http://bit.ly/KDD2015Kohavi>

*2 <http://nationalmap.gov.au>

度関数は地球物理学者、正規化項はデータ分析者の分担というの面白い見方であった。

3件目の **Daphne Koller** は、確率的グラフィカルモデルの研究で知られており、『**Probabilistic Graphical Models**』などの著書がある。今回は2012年に設立した大規模オンライン学習(MOOC)サイト“**Coursera**”の紹介である。まず、受講者数1400万、協力機関数122など **Coursera** が拡大している様子が紹介された。続いて、受講者が講義を継続できたか、終了できたか、卒業証書は就職などにどう影響したかなどの分析結果が紹介された。継続して受講される講義の要因として、アニメーションなどの多用など想像できるものもあるが、ビデオの長さとは関係なく、早口の講義というのがあげられていて意外であった。中国とインドの受講者は非常に多いが、中国では経済をよく受講するのに対し、インドでは工学や統計が人気であり、国により大きく傾向は異なるようだ。25～35歳が全体の4割を占め、35%は大卒・40%は院卒以上の学歴であり、学ぶということをすでに学んだ人にはMOOCは有効だが、そうでない場合にはあまり有効ではないようだ。大学のコースとして・キャリアのためというのは年齢とともに減少することや、MOOCの修了証書も雇用にとってプラスとなっていることなどの紹介もあった。最後の **Susan Athey** は、機械学習による予測器の変化を用いて社会学・政治学に必要な因果の分析を行うというものであった。

3. チュートリアル・ワークショップ

チュートリアルは12件で、去年の11件とはほぼ同数である。最初に聴講したのは、相関ルール抽出アルゴリズム **FP-Growth** で著名な **Jiawei Han** らによる自然語処理の固有表現抽出に関するものである。固有表現抽出とは、何かの対象について述べている部分を識別し、それらが何について述べているのかに基づいて型に分類する問題である。固有表現の先頭部分などを分類器を使って見つける教師ありの方法に加え、頻出するパターンは何らかについての記述であるとの仮定で頻出パターンマイニングを用いる方法を紹介していた。少ない教師情報からでも、句構造の情報を用いて行う弱教師あり学習 (**weakly supervised learning**) や、**Wikipedia** や **Freebase** など他の目的でつくられたセマンティック情報を用いる遠距離学習 (**distant supervised learning**) など最近の研究の紹介もあった。

筆者が聴講した残り二つのチュートリアルはいずれも並列計算を用いた大規模学習についてである。床に座って聴講する人がいて、いずれも非常に盛況であった。最初のもは、新たな並列データ処理基盤 **Petuum** の研究グループによるものであった。**Petuum** だけでなく、現在普及が進んでいる **Spark** や、中規模向けの **GraphLab** など、各データ処理基盤の内部状況や長所・短所がうまくまとめられていた。もう一つは、**Spark** を使ったプロ

グラミングの紹介であった。**Python** をフロントエンドとした **PySpark** を用いたプログラミングについて、アルゴリズムの具体的な紹介があった。

ワークショップは15件で、去年の26件よりは減っていた。筆者はチュートリアルの方に参加したため、ワークショップの詳細については紹介できない。

4. 一般発表・受賞

KDD には、手法・理論・モデルなどの提案や改良を対象としたリサーチトラックと、手法などを実問題に適用した事例を対象としたインダストリアル & ガバメントトラックの2種類の研究発表がある。米国開催の昨年は、リサーチ1036件・インダストリアル197件と多数の投稿があったが、それよりは減少し、今年はそれぞれ819件と189件であった。今年の採択数はそれぞれ160件と68件であり、採択率は14.6%→19.5%と22%→36%と緩和されている。その他、国別の投稿者数が公開された。公開はグラフであったので概数とともに示す。米:670, 中:90, 日:60, 豪30, 台:20, 印20, 独:20, 香港:15, イスラエル:10, シンガポール:10。分野別の傾向では、一昨年から増加した医療関係は今年も多く、ソーシャルネットワーク関連は例年どおり多かった。ビジネスインテリジェンスや推薦システム関連も去年より多めの印象である。画像などのパターン認識系はあまり扱わないせいか深層学習関連は、**ICML** などと比べ発表は少ない。時空間的な取得条件が異なる複数の特徴をどう一つの予測モデルにまとめるかについて論じたものが多いように思った。

受賞についてまとめておく。学生ベストペーパーは2件で、**PageRank** 計算の効率化と、2012年の米大統領選の支持者分析についてであった。ベストペーパーは、外部から観測できる公開部分と、自身のみが観測できる部分からなる社会ネットを効率的に分析する方法についてであった。**Test of Time** 賞は、**P. Domingos** らによる2000年のデータストリーム、**T. Joachims** による2002年のランキング学習、**Minqing Hu** らによる2004年の顧客レビュー分析に関するものであった。会議運営への貢献により与えられるサービス賞は **PrefixSpan** で著名な **Jian Pei**、今までの業績に対して与えられる **Innovation** 賞は分布クラスタリングの **DBSCAN** で著名な **Hans-Peter Kriegel** に贈られた。データ分析コンペティションの先駆けである **KDD Cup** は、MOOCでの途中脱落を予測する問題であった。日本から受賞者が出ており、2位は金融エンジニアリンググループと新日鉄住金ソリューションズの合同チームで、1位には小畠耕平らの国際共同チームであった。

個人的に関心のあった一般発表をいくつかあげておく。

- **A Deep Hybrid Model for Weather Forecasting**: 時空間予測問題のために、深層学習系の深層信念ネッ

トワークと、ガウス過程や Boosted 決定木など複数のモデルを組み合わせた。

- **On Estimating the Swapping Rate for Categorical Data** : 統計的開示制御の保護手法として公開レコード間で属性の値を交換する手法があるが、どの属性が交換されたものかを推定することで、公開データの分析精度を向上させる。
- **Graph Query Reformulation with Diversity** : 化学式をグラフマッチで検索するが、多数の候補が出すぎないようにうまくグルーピングして提示する方法の提案。
- **Debiasing Crowdsourced Batches** : クラウドソーシングで複数の回答をまとめて求める場合に、同時に行ったジョブの影響で生じることのあるバイアスを除去する方法。
- **Dynamic Matrix Factorization with Priors on Unknown Values** : 利用者が選んだアイテムを評価すると選択バイアスを生じるが、それを効率的に除去して予測する。

- **Certifying and Removing Disparate Impact** : 人種など社会的に判断に影響してはならない要因を除外して、予測する公正配慮型データマイニングの新たな手法。

5. おわりに

チュートリアルや講演資料の多くは会議のホームページで公開されている。会議関連の Twitter のツイートは <http://together.com/li/853305> にまとめておいたので参考にされたい。2016 年は、アメリカのサンフランシスコ市にて 8 月 24 ~ 27 日の開催で、1 日長くなる。その他、Industrial & Government トラックは、Applied Data Science トラックとなり、PC チェアの選出手順が Research トラックと同格になること、教育関連のサブトラックや標準化活動を新たに創設する旨のアナウンスがあった。さらに、再来年の 2017 年はカナダの東海岸ハリファックスに決まったとのことである。来年も多く IT 系企業が集まっているシリコンバレーのすぐ近くでもあり、非常に盛り上がるであろう。

[神嶌 敏弘 (産業技術総合研究所)]