

## （ELCの多彩な研究者との相互刺激が鍵）

このように、一般的なプログラムの良し悪しを評価できるのと同様に、学習するプログラムの良し悪しも評価することができる。しかし、学習するプログラムの場合、不完全な情報に基づいて意思決定をするという特殊な状況で問題を扱わなければならない。これが、計算という枠組みを捉える新しい視点となり、ELCプロジェクトに集まる異分野の研究者に対しても大きな刺激となる。計算の原理を解明するためには、さまざまな視点から計算という現象を捉えることが不可欠だからだ。

その結果として、思いもよらないアプローチから問題解決へのヒントが見つかるケースも多い。瀧本さん自身も、分野の

異なるチームの研究者との話し合いの中から、全く新しい機械学習の方法論を開発している。その結果は、機械学習に関する国際会議で招待発表を行うほど、世界的にも高い評価を受けているのだ。

## （人工知能実用化の先にあるもの）

すでに私たちの社会はコンピュータなしでは成り立たないが、現状では、その情報を元に意思決定するのはあくまでも人間が主体であると言える。しかし、ビッグデータの活用をはじめ、私たちが日々手にする情報は増え続けるばかり。人間の情報処理能力には限界があるから、将来的にさらに情報量が膨大になっていった場合、高度で専門的な意思決定の場面では、人工知能に頼らざるを得ない時代

が訪れることだろう。

「その時に大切なことは、物理学の法則によって安心して乗れる飛行機のように、人工知能も計算科学的アプローチで理論保証され、誰からも信頼されるようにならなければならないということです」と語る瀧本さん。

私たちが安心して身を委ねられる知的情報システムのアルゴリズム開発を目指して、瀧本さんの研究はこれからもいっそう重要性を増していきそうだ。



## ELCトピックス

### 日本初開催の国際会議CCCで研究成果を発表

2016年5月29日～6月1日、国際会議「計算複雑性に関する会議(CCC)」が、日本教育会館(東京都千代田区)で開催されました。この会議は計算限界を主要テーマとする国際会議の中で最もレベルの高いものです。会議では34件のトップクラスの研究成果が発表され、日本からは東京大学博士課程1年の平原秀一さんが、本プロジェクトの領域代表者である東京工業大学の渡辺治教授との共同研究について発表しました。また、会期中は、参加者同士による活発な意見交換も行われるなど、日本で初めて開催された国際会議は成功のうちに幕を閉じました。



### 豆知識 国際会議で発表する方法

CCCのような国際会議で自分の研究成果を発表するためには「査読」という関門を突破しなければなりません。国際会議で発表を望む研究者は、自分の研究成果を英語の論文にまとめ、会議の主催者宛てに事前に投稿します。こうして世界中から投稿された論文は、同じ分野の研究者によって評価され、点数が付けられます。そして得点の上位者のみが優秀な研究成果と認められ、国際会議で発表を許されるのです。研究成果の素晴らしさはもちろんのこと、いかに英語で自分の成果をアピールできるかも重要な評価ポイントになります。

# ELC NOW

Autumn 2016 vol.3

発行/計算限界研究センター

〒108-0023 東京都港区芝浦3-3-6

キャンパス・イノベーションセンター東京 5F 502号室

<http://www.al.ics.saitama-u.ac.jp/elc/>

編集委員長/内澤啓(山形大学)

副編集委員長/堀山貴史(埼玉大学)

取材・執筆/トーマス青木東京事務所 青木一夫

デザイン/FACE Inc. 高橋健次

取材撮影/平良耕

Exploring the Limitations of Computation

# ELC NOW

Autumn 2016

## vol.3

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 多面的アプローチの統合による計算限界の解明

# 人工知能に理論保証を



先ごろ、囲碁のプロ棋士に4勝1敗でコンピュータが勝ったと話題になった。

しかし、コンピュータはなぜ1敗したのだろうか？

将来、コンピュータによって実用化が期待される自動運転や医療診断に対して、

私たちが命を預けられるほどの信頼感を抱くためには、

そうしたミスが発生する原因や頻度をきちんと評価する基準が必要だろう。

ELCプロジェクトのメンバーである九州大学教授・瀧本英二さんは、

コンピュータが実現する知的情報システムの可能性と限界を研究し、

そこに、理論保証を与えることで、安心して機械に身を委ねられる未来を創ろうとしている。

瀧本さんに、その研究内容と、人工知能の将来性について語ってもらった。

【ELCプロジェクトとは】

文部科学省の新学術領域研究として、計算の限界を解明し、革新的な解析手法や未解決問題への足がかりとなる成果を目指す。とくに、21世紀の数学の7大未解決問題の一つ「P≠NP予想」をはじめとした計算限界の解明に向けて、新たな道筋を探求している。

# 人工知能に理論保証を



九州大学・システム情報科学研究所・情報学専攻  
**瀧本 英二** 教授  
 たきもと・えいじ / 1991年東北大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了、博士号(工学)取得。同年同大学工学部助手に採用。同大学情報科学研究科助手、同研究科准教授、カリフォルニア大学サンタクルーズ校客員研究員などを経て、2008年から現職。2013年から文科省科研費「新学術領域研究多面的アプローチの統合による計算限界の解明」に参画。

## 人工知能に安心感を抱けるか

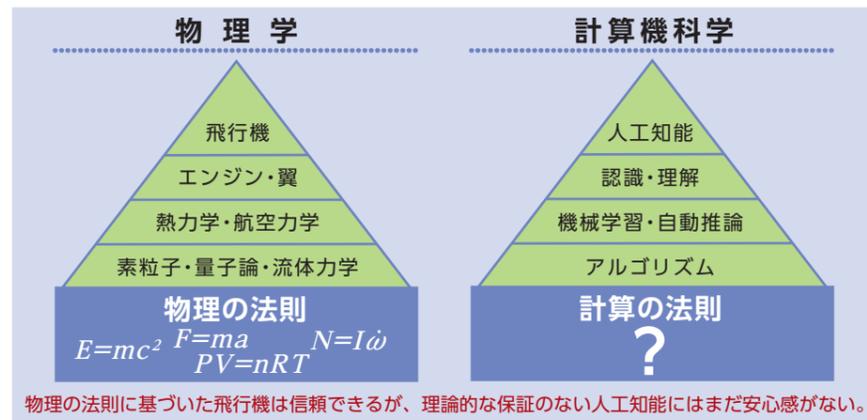
私たちは今、飛行機に安心して乗っている。その信頼感はどこから来ているのだろうか。それは、飛行機が空を飛ぶ理屈がよく理解され、飛行機が直面する環境に照らしあわせて、墜落しないことが物理学の法則に基づいて保証されているからである。

では、人工知能のような高度な知的情報システムに対する信頼感を保証するものはなんだろう。

「確かにコンピュータは囲碁のプロ棋士に勝ちましたが、だからといって、全面

的に人工知能を信頼できることにはつながりません。人工知能や機械学習などの技術は、さまざまな実験や試行錯誤の結果として進化してきたため、それを支える理論がまだ確立されていないのが実状だからです。物理学が飛行機に信頼感を与えているように、人工知能に信頼感を与えていくものが計算機科学(コンピュータサイエンス)だと考えています」と、瀧本さんは語る。

つまり、物理学のさまざまな法則が飛行機の安全基盤を支えているように、「P≠NP」予想をはじめとする計算の法則が、人工知能の安心基盤を支えていくものと



## 「二分法」によるクイズ王のを見つけ方

条件/クイズは全部で100問/クイズエキスパートは8人  
 その中に少なくとも1人は全問正解者がいる  
 人工知能は一度も間違えていないエキスパートたちの多数派の答えに従う

### 例① 多数派が全て正解の場合



### 例② 多数派が全て不正解の場合



### 例③ 正解者・不正解者が同数の場合



● 正解者 ● 不正解者  
 ※このほかにもさまざまな組み合わせがあるが、人工知能は最大3回の不正解で全問正解者を見つけることができる。

算時間』の短さで評価できるのと同じように、学習をするプログラムの良し悪しも評価できるはず。そこで、コンピュータが行う学習を計算の一種と捉えて指標を決め、その良し悪しを数値化して評価しようというのが『計算学習理論』なのです(瀧本さん)。

## クイズエキスパートの中からクイズ王を探す

それでは、学習をするプログラムの良し悪しとは何かを「N人のクイズエキスパート」という問題を例に考えてみよう。

あなたは自分で作り出した人工知能でクイズ大会予選に出場することになった。100問の問題に○×形式で解答し、成績上位者に残れば決勝へ進める。その大会には、優勝経験のある8人の有名なクイズエキスパートが参加することが事前にわかっている。さらに、8人の中の誰かは不明だが1人は今大会の100問すべてに正解できるクイズ王である。大会本番で他の参加者の解答を観察できることを知ったあなたは、「クイズ王をいち早く見つけ、以降はそのクイズ王の回答をまねする」という戦略で人工知能を設計し、大会に臨むことを思いついた(ずるい?)。では、人工知能が間違える数を最小限に

して、全問正解するクイズ王を探し出すにはどうすればよいだろう?

素朴な戦術として思い浮かぶのは、8人の中からランダムに1人を選び、その人が間違えたら、それまで全問正解している別の person を選び直すというやり方。仮に人工知能が信じたエキスパートがクイズ王ではなく、次々に不正解を出したとしても、最大8-1=7回間違えれば全問正解者を見つけることができる。つまり、93点以上取れることが理論的に保証される。

しかし、もっと良い戦略がある。それは、1度も間違えていないエキスパートたちの多数決に従うという方法だ。例えば1問目で5人と3人に分かれたら5人に従う。この5人が正解なら人工知能も1勝。5人が間違いなら人工知能も1敗だが5人が脱落する。次の問題でも多数派が正解なら人工知能も正解、間違いなら人工知能も不正解だが半分以上が脱落する。人数の組み合わせはいろいろあるが、この方法だと最大でも3回間違えるだけで、必ずクイズ王見つけ出すことができる。つまり97点以上取れることが理論的に保証される。

ちなみに今回の例ではエキスパートの人数が8人だったが、もしエキスパートがN人いた場合、後者の方法を用いると間違える回数の最大値はlog<sub>2</sub>Nで表される。仮にエキスパートが1000人いても、

log<sub>2</sub>1000≒10となり、最大10回の間違いで全問正解者を見つけられる計算になる。これを「二分法」という。

## 間違える回数がかかることが大切

「N人のクイズエキスパート」問題では、エキスパートたちは正しかったり、間違えたりする。誰が全問正解するかわからないし、誰が次の問題に正解するかもわからない。このように情報が不完全な中で次の問題に臨まなければならない。機械学習とはまさにその手順を考えること。最大7回間違えてクイズ王を見つける素朴な戦術と、最大3回間違えるだけでクイズ王を見つけられる「二分法」では、明らかに後者の方が優れた手法と言える。

ひるがえって、将来、機械学習が医療診断に応用された場合を考えてみよう。1000回診断して100回間違えるシステムでは問題があるが、1回しか間違えないのなら実用化への道が開けるだろう。

「このように、学習の精度が数値によって保証されると、安心感や信頼感が得られます。医療診断や自動運転といった応用分野では、特に重要になるでしょう。」と、瀧本さんは人工知能の実用化において理論保証がいかに大切かを語る。(裏面に続く)