

## AIMaP 研究集会等実施報告書

(Part 1/4) 名称・重点テーマ・キーワード等

項目	内容
名称	数学連携ワークショップ「Society5.0と数学～量子コンピュータと人工知能を題材に～」
採択番号	2017K008
重点テーマ	量子計算、機械学習
キーワード	量子コンピュータ 人工知能 機械学習 スマート社会 量子情報科学 ディープラーニング
主催機関	文部科学省 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所「数学アドバンス イノベーションプラットフォーム (AIMaP)」
運営責任者	溝口佳寛
開催日時(開始)	2018/03/18 9:30
開催日時(終了)	2017/03/18 12:00
開催場所	東京大学 駒場キャンパス 12号館 1225教室

(Part 2/4) 最終プログラム・参加者数

項目	内容
最終 プログラム	9:30 開会 9:35-9:50 「Society5.0の基盤構築に向けて」 小谷元子（東北大学 大学院理学研究科数学専攻 教授・材料科学高等研究所所長 ／総合科学技術・イノベーション会議議員／理化学研究所理事） 9:55-10:25 講演1「量子コンピュータへの挑戦－物理・工学・数学の融合領域－」 藤井啓祐（京都大学 大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 准教授） 10:30-10:40 休憩 10:40-11:10 講演2「人工知能・機械学習における課題、数学の役割と期待について」 鈴木大慈（東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授 ／理化学研究所 革新知能統合研究センター／JST さきがけ数学協働領域研究者） 11:15-11:45 講演3「人工知能・機械学習の研究を始めてみて」 坂内健一（慶應義塾大学 理工学部 数理科学科 准教授／KiPAS 主任研究員 ／理化学研究所 革新知能統合研究センター） 12:00 閉会  【関連URL】 <a href="http://mathsoc.jp/meeting/tokyo18mar/renkeiWS.html">http://mathsoc.jp/meeting/tokyo18mar/renkeiWS.html</a>
参加者数	総計 150 人（内訳不明）

(Part 3/4) 論点・現状・今後の展開

項目	内容
当日の論点	<p>概論「Society 5.0 の基盤構築に向けて」 講師：小谷元子（東北大学 大学院理学研究科数学専攻 教授・材料科学高等研究所所長／総合科学技術・イノベーション会議議員／理化学研究所理事）</p> <p>【講演要旨】政府の科学技術政策の基本方針である「第5期総合科学技術基本計画」（2016年1月22日閣議決定）では、「超スマート社会」（Society 5.0）の実現を目指すことが提唱されている。そして、そのための基盤技術を支える横断的な科学技術として「数理学」が挙げられ、その振興を図ることが述べられている。この「Society 5.0」の実現のための基盤技術として例えば人工知能があるが、現在の人工知能の中核技術である機械学習が力を発揮するには多くのデータがそろっていることが必要である。このような現行の人工知能の限界を克服し、多くのデータがそろわない状況でも対応できることが求められるようになっており、統計的手法だけでなく、様々な分野の数学が貢献できる可能性があるものと考えられる。また、昨今注目を集めている量子コンピュータや量子情報処理に関する研究においても、数学が貢献できる可能性がある。今回は、人工知能や量子コンピュータに関する研究を題材に、数学の貢献できる可能性について議論したい。</p> <p>講演 1 題目：「量子コンピュータへの挑戦－物理・工学・数学の融合領域－」 講師：京都大学 大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 准教授 藤井啓祐氏</p> <p>【講演要旨】もっとも根本的な物理法則は量子力学である。この量子力学を計算の原理として採用し、重ね合わせや波の干渉などの量子力学的現象を積極的に用いて計算するコンピュータが量子コンピュータである。素因数分解に代表される特定の問題や、材料開発や化学物質の設計などにその威力が発揮されると期待されている。また、Google, IBM, Intel, Microsoft などの巨大 IT 企業に加え、多くのベンチャー企業が立ち上がりつつあり、世界各国で産官学民を巻き込んだ基礎研究が繰り広げられている。量子コンピュータの理論は、情報科学と物理学の融合領域であることは言うまでもなく、量子デバイスの実装や量子コンピュータ上で動くソフトウェアなどは工学とも関連する。また、量子コンピュータにおける重要なトピックは数学とも密接に関</p>

連している。量子コンピュータの潜在能力と密接に関連する計算複雑性理論、量子コンピュータを雑音から守るための量子符号理論、従来のコンピュータに対して指数加速することが保証されている量子アルゴリズムの一つであるジョーンズ多項式（組紐不変多項式）の近似アルゴリズム、雑音に対して堅牢であると期待されているトポロジカル量子計算とブレイド群のユニタリー表現、多くの量子アルゴリズムの高速化の基礎となっている固有値問題、これから量子アルゴリズムの応用が期待される機械学習など、がその例である。本講演では、量子コンピュータの現状とその仕組みについて簡単に紹介し、量子コンピュータと数学との連携が期待されるトピックについていくつか紹介していただいた。

#### 講演 2

題目：「人工知能・機械学習における課題、数学の役割と期待について」

講師：東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授／理化学研究所 革新知能統合研究センター／JST さきがけ数学協働領域研究者

鈴木大慈氏

【講演要旨】現在、インターネットや計算機の発展に伴い取得可能なデータ量が急速に増大している。そのような多種多様なデータを有効に扱うために人工知能技術が強く注目されている。その中でも機械学習は、現在の人工知能技術を中心的に支える基盤技術としてその重要性を増している。機械学習自体は統計学や最適化といった様々な学問の上に成り立っており、特にその技術発展において数学の果たしてきた役割は非常に大きい。実際、機械学習はそのアルゴリズムの導出から各種方法論の正当性を保証する学習理論まで、確率論や関数解析といった数学の成果を用いつつ数学を基本言語としてその体系が形作られてきている。

本講演では、機械学習の現状とともに、機械学習にどのような形で数学が用いられているかを事例を挙げながら紹介し、また数学によってもたらされるどのような思考過程が問題解決に役立っているかを説明していただいた。さらに、機械学習研究の要点を論じつつ、数学者が機械学習に参入する際に有用なアプローチの仕方なども議論した。

#### 講演 3

題目：「人工知能・機械学習の研究を始めてみて」

講師：慶應義塾大学 理工学部 数理科学科 准教授／KiPAS 主任研究員  
／理化学研究所 革新知能統合研究センター

坂内健一氏

【講演要旨】講演者は今まで慶應義塾大学理工学部で、純粋数学の数論幾何分野において、特に代数多様体の Hasse-Weil L 関数にまつわる予想について、ポリログという数

	<p>論幾何的 (motivic) な対象を切り口として、一貫して研究を進めて来た。この様な状況の中、2016年10月より突如、理化学研究所革新知能統合研究センター数理科学チームの非常勤主任研究員 (PI) を兼務することとなり、2017年4月より本格的にチームを発足させ、人工知能・機械学習の研究にも関わる様になった。現時点で研究は始まったばかりであるが、本講演では講演者が人工知能・機械学習研究に関わる様になった経緯と、現在数理科学チームでの研究の取り組み、および、人工知能・機械学習や他の情報系・応用数学分野と接することで得られた率直な印象を披歴していただいた。</p>
<p>研究の現状と課題 (既にできていること、できていないことの切り分け)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 超スマート社会実現に向けた数理科学の貢献可能分野と展開可能性を、人工知能 (機械学習・統計) という切り口だけにとどまらず、量子コンピュータや量子情報処理に関する研究の現状から問題解決へ考える機会を数学会会員に提供した。</li> <li>2. 物理・工学等他分野と数学との学際領域のコミュニティの必要性が今後に向けて必須であること、関連する分野の国際学会の現状認識共有と日本の立ち位置への危機感および若い世代を尊重して人材を確保すべきことなどの意識などを共有することができた。</li> <li>3. 日本の課題は国際学会での存在感が産学ともに希薄であることに象徴される。人材をどう育成するかが大きな課題である。</li> <li>4. 実際に研究に取り組む中での自己肯定と発信力についての支援の必要性の示唆があり、これを活かしていくための実際の施策の検討が必要。</li> </ol>
<p>新たに明らかになった課題、今後解決すべきこと</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) スマート社会実現に向けての明確なビジョンの浸透</li> <li>2) 過去の常識にとらわれない人工知能・機械学習の次世代を担う人材獲得・育成</li> <li>3) 産業界と連携した国際学会でのプレゼンス向上</li> <li>4) 個々の研究者・研究者コミュニティの交流推進と発信力強化</li> <li>5) もう少し時間をとって双方向の意見交換の場を設けることが必要</li> </ol>
<p>今後の展開・フォローアップ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 開催模様の発表等による本ワークショップの概要の発信による現状の課題共有と人材育成の必要性の意識醸成をはかりたい。</li> <li>2) 本ワークショップのテーマでの継続的な研究集会の開催により持続的に関心を持ってもらいたい。</li> </ol>

(Part 4/4) 写真

項目	内容
----	----

添付写真 1



添付写真 2



添付写真 3



添付写真 4



添付写真 5



添付写真 6





添付写真 7



添付写真 8



添付写真 9



(2017/08/24b)