

▼ CONTENTS

- 02 響き合う人とデーター 統数研プロジェクト紹介
第20回「ものづくりデータ科学研究センターと共同研究部門」
- 06 シンポジウム報告
統計数理研究所 樋口前所長退任記念シンポジウムを開催
第2回統計数理研究所-ウルク大学ワークショップ「リスクと統計学」
第7回統計数理研究所リスク解析戦略研究センター 金融シンポジウムの開催
「Training Workshop Series VI Advanced Statistical Analysis in "R" with Forestry Related Data」
共同開催報告
- 08 研究教育活動
特任教員紹介／2019年10月-12月の公開講座実施状況
統計数理セミナー実施報告(2019年11月～2020年1月)
2019年度若手研究者クロストークの開催報告
- 10 統数研トピックス
ノースカロライナ州立大学とMOU締結
統計数理研究所、国立極地研究所が共同で立川移転10周年記念講演を開催
統計数理研究所子ども見学デー2019を開催／男女共同参画・研究力アップセミナーを開催
南和宏准教授と阿部穂日さん(総研大学生)がコンピュータセキュリティシンポジウム2019において
「PWS優秀論文賞」を受賞
Stephen Wu助教が ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems の
2018年最優秀論文賞を受賞
「東アジアの核拡散と欧州の核不拡散のトレード・オフ」の刊行／大分工業高等専門学校の訪問
中国山東省大数据局の訪問／計算機展示室の見学
- 13 総合研究大学院大学複合科学研究科統計科学専攻関係
大学院説明会について
- 13 お知らせ
公開講座
- 14 共同利用
2019年度共同利用公募追加採択課題
- 14 外部資金・研究員等の受入れ
受託研究・受託事業等の受入れ／外来研究員の受入れ／寄附金の受入れ／寄附財産の受入れ
- 16 会議開催報告
「第3回 NOE (Network Of Excellence) 形成事業顧問会議」の開催
- 16 刊行物
Annals of the Institute of Statistical Mathematics
- 18 コラム

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構

統計数理研究所二ユース



データ科学を起爆剤として、 従来のものづくりを刷新



▲吉田亮教授

データ科学と計算科学の融合で 材料開発に新境地を拓く

これまで主に実験とシミュレーションによって進められてきた材料開発の分野が、データ科学の導入によって劇的に変わろうとしている。その取り組みが今、世界中で注目を集める「マテリアルズ・インフォマティクス (MI)」だ。

アメリカでは2011年に国家プロジェクト「Materials Genome Initiative (MGI)」がスタート。実験やシミュレーションのデータを利用した機械学習アルゴリズムによって、従来は10~20年ほどかかっていた材料開発にかかる時間を半減することを目指すものだ。

これに続きヨーロッパでも2015年に「Novel Material Discovery Laboratory (NoMaD)」が、また中国では2016年に「北京マテリアルズ・ゲ

ノム・エンジニアリング・イノベーション連盟」が設立された。

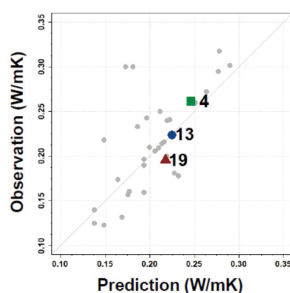
特に盛り上がりを見せているのが日本だ。物質・材料研究機構の情報統合型物質・材料研究拠点 (NIMS) が以前から材料データの収集とデータベース整備に取り組んでおり、2015年7月に科学技術振興機構 (JST) のイノベーションハブ構築支援事業として、情報統合型物質・材料開発イニシアティブ (MI²I: “Materials research by Information Integration” Initiative) を始動。これが日本におけるMIの学術創成のきっかけとなった。現在は、統計数理研究所の吉田亮教授が物質・材料記述基盤グループのグループリーダーを務めている。

さらに、2017年には吉田がセンター

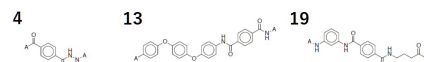
長となり、統数研に「ものづくりデータ科学研究センター」が発足。データ科学の予測技術を駆使して、材料開発や特定の機能をもつ新物質の発見に取り組んでいる。

材料分野をデータ科学の応用領域の一つとして有望視する吉田は、「材料や物質の世界は物理法則や理論があるので、これらとデータ科学の組み合わせによって、どういう構造の物質をつくれば、こんな機能を発現するだろうということのある程度の精度で予測できます。実際に作って検証する段階では難しさもありますが、ワークフローは非常にシンプルです。計算科学やデータ科学によって高い到達点を目指せると信じています」と意欲を語る。

転移学習による高分子熱伝導率の予測



予測対象 (メソゲン基を骨格とする新規合成高分子)



外挿領域に存在

モデルの訓練に使用した19個の高分子

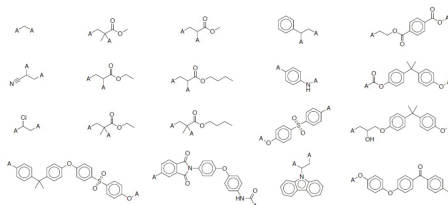


図1：転移学習による高分子物性（熱伝導率）の予測。高分子熱伝導率の19件の訓練データを用いて、XenonPy.MDLの高分子のガラス転移温度、低分子化合物の比熱容量等の訓練済みモデルを転移し、外挿性を持つ予測モデルを構築することに成功した (Yamada and Liu et al., ACS Cent Sci, 2019)。

第20回 「ものづくりデータ科学研究センターと共同研究部門」

ものづくりを戦略目標とするデータ科学の研究拠点として、統計数理研究所が2017年7月に設立した「ものづくりデータ科学研究センター」。2019年10月にはマテリアルズ・インフォマティクス (MI) のオープンソースプラットフォーム「XenonPy (ゼノンパイ)」を公開。また、三菱ケミカル (MCC) との共同研究部門「ISM-MCCフロンティア材料設計研究拠点」を立ち上げるなど、活発に取り組を進めている。同研究センターの方向性や現状を紹介する。

オープンサイエンスの 土壌づくりを目指す ものづくりデータ科学研究センター

材料分野にデータ科学を応用し、成果を上げるためには、まず環境を整える必要がある。現状に足りないのは、オープンな研究開発の土壌だ。

材料研究のデータ量はデータ科学の

他の応用領域に比べて圧倒的に少なく、MIの適用領域が限定されているのが実状。原因として、データ取得の高コスト性や、研究者のニーズの多様性によるコモンデータベース創出の難しさが挙げられる。だが、もっとも大きいのは、競合相手に対する情報秘匿の意識が高く、研究者にデータ公開に対するインセンティブが働きにくいことだ。

産業界ではデータ科学の有用性がここ2、3年で急速に認識されつつあり、成果も出始めているものの、オープンデータベースの開発は進んでいない。しかも、先端領域に近づくにつれてスモールデータの傾向はより顕著になる。コミュニティ全体でコモンデータを創出しようという動向も低調だ。

「画像認識や自然言語処理、AIなど、

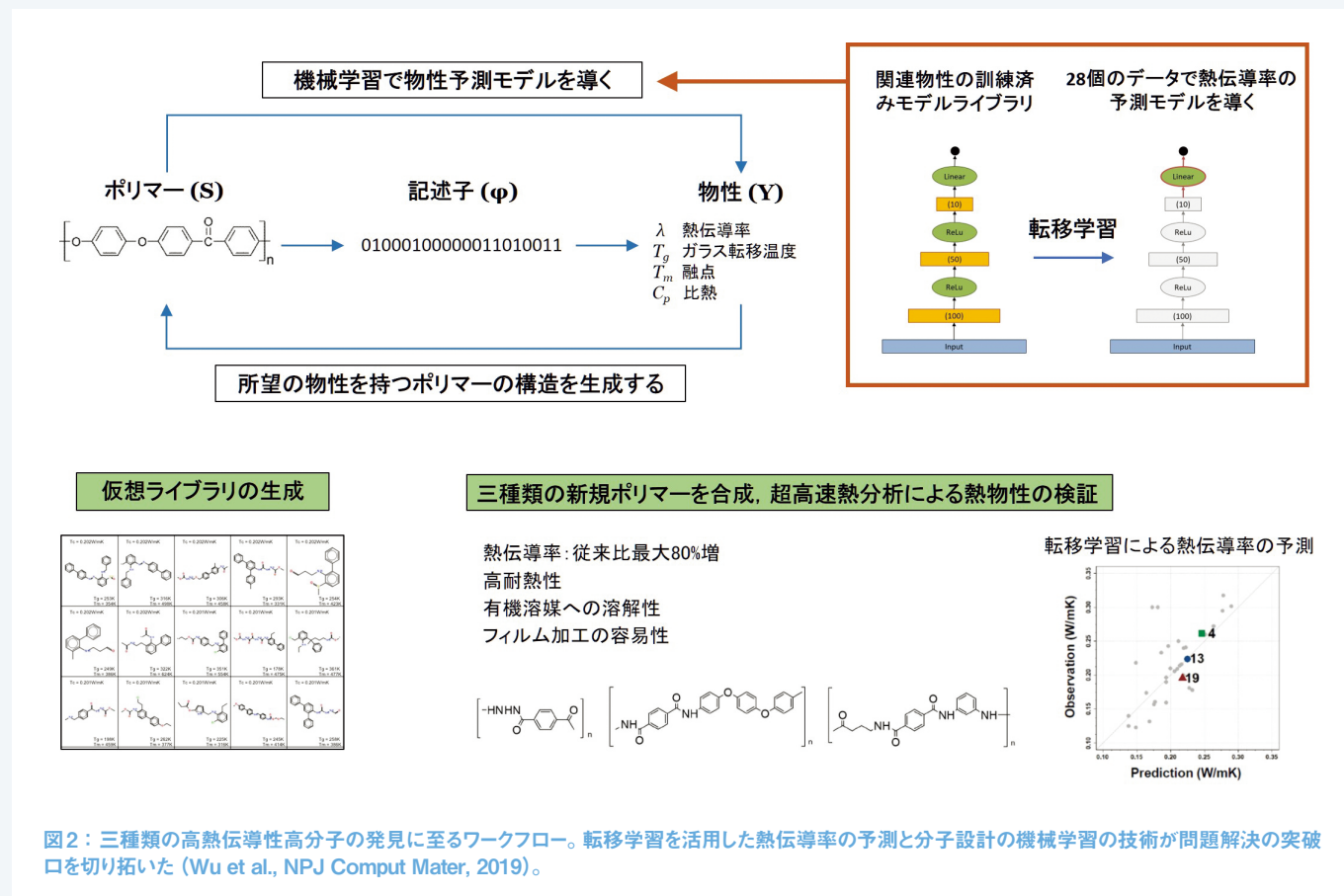
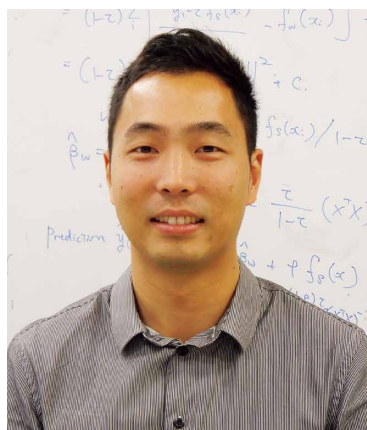


図2：三種類の高熱伝導性高分子の発見に至るワークフロー。転移学習を活用した熱伝導率の予測と分子設計の機械学習の技術が問題解決の突破口を切り拓いた (Wu et al., NPJ Comput Mater, 2019)。



▲Stephen Wu 助教

データ科学をドライビングフォースにしたテクノロジーが発展している分野には、いずれもオープンデータの素地があります。材料分野にもオープンデータ、オープンサイエンスのカルチャーが育てば、飛躍的な発展の可能性があるでしょう」と吉田は指摘する。

こうしたなか、産学連携へ向けた動きも出始めている。MI²コンソーシアムには法人会員82社、アカデミア会員10人が参加しており、双方から材料研究者、データ科学研究者、アルゴリズムの専門家など多彩な顔ぶれが集まっている。

ものづくりデータ科学研究センターが目指すのも、オープンな環境で産学連携の新たなモデルをつくることだ。「企業とタッグを組めば、理論・計算・実験それぞれの分野のトップレベル研究者と協働できる。いろいろなアイデアをもらえ、お互いに得るものが大きい」と吉田は言う。その言葉どおり、センターにはさまざまな企業や他分野のアカデミアの研究者がひっきりなしに訪れ、1日中活発なディスカッションが続く。

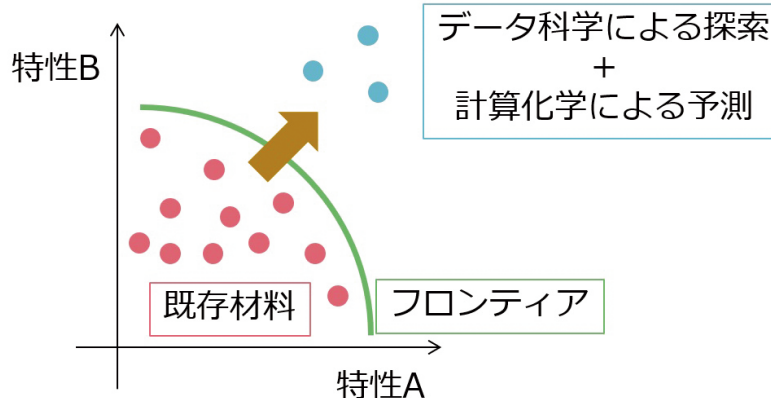


図3：三菱ケミカルとの共同研究部門による研究のイメージ。

「転移学習」により少数の訓練データから予測精度の高いモデルを導き出す

MIにおけるオープンサイエンスの一つの取組みとして、統数研のChang Liu 特任助教とStephen Wu 助教、吉田を中心とするものづくりデータ科学研究センターのチームとNIMSの共同研究グループが、2019年10月、物性予測タスク訓練済みモデルの包括的ライブラリ「XenonPy. MDL」を公開した。このモデルデータベースと「転移学習」と呼ばれる機械学習の技術を組み合わせることで少数の訓練データから優れた予測モデルを構築する可能性が示された。MI分野の現状を打開するものとして画期的だ。

XenonPy.MDLは低分子、高分子、無機材料の45種類の特性を対象として開発した約140,000個の機械学習の訓練済み予測モデルからなる。MIのさまざまなタスクを実行する機械学習アルゴリズムが実装されており、ユーザーはAPI経由でXenonPy. MDLの訓練済みモデルを再利用し、材料設計のさまざまなワークフローを構築できる。

このソフトウェアの鍵を握るのは、あるタスクで訓練されたモデルを他のタスクに転用する転移学習と呼ばれる解析手法だ。

機械学習は、訓練データとテストデータの類似性に基づいて予測を行うため、周辺に訓練データが全く存在しない領域では予測能力を失う。しかし、今回の共同研究では、関連するタスクで大量のデータを用いて事前学習を行い、獲得した汎用的な特徴抽出器を目標ドメインに転移すれば、目標タスクの訓練データが極めて少数だったとしても、転移されたモデルには既存データとは大きく異なるドメインの予測能力が備わっていることを明らかにした(図1)。この論文は、アメリカ化学会の論文誌ACS Central Scienceに掲載された。

「データ科学の応用領域として、MI分野は社会的・経済的にも影響力が大きく、やりがいがあります。将来的にはXenonPyをMIのオールインワンのプラットフォームに成長させることがチームの目標です」とWuは話す。

この他、“スモールデータ問題”がより顕著な「高分子MI」の分野でも、転移学習を応用することで成果を出してい



▲白鳥和矢三菱ケミカル主席研究員

る。ものづくりデータ科学研究センター、NIMS、東京工業大学の共同研究で、高熱伝導性高分子を設計・合成し、従来の高分子に比べて約80%の熱伝導率の向上に成功したもので、機械学習が自律的に設計した高分子が実際に合成・検証された初の事例となった(図2: Wu et al., NPJ Comput Mater, 2019)。さらに、2019年度からは第2ラウンドとしてJST-CREST 熱制御領域「高分子の熱物性マテリアルズインフォマティクス」(代表: 森川 淳子(東工大)、機械学習・計算科学グループ代表: 吉田) もスタートしている。

材料メーカーとタッグを組み 新規物質探索に ブレイクスルーを

産学連携のプロジェクトも立ち上げた。ものづくりデータ科学研究センターと三菱ケミカル(MCC)との共同研究部門「ISM-MCCフロンティア材料設計研究拠点」だ。両者の知見を持ち寄り、データ科学による解析技術と計算化学による予測技術を融合して新規物質探索を行うMIの基盤技術を構築することが目的(図3)。

データ科学に基づく物質探索では入力されたデータとの類似性から物性を予測するため、入力データに類似した範囲でのみ物質の探索が行われる。これに対し、計算化学では既存データの有無とは関係なく未だ現実には作成されていない材料、素材の性質を予測することが可能だ。

統数研の保有するデータ科学技術と、MCCの強みである計算化学技術を融合することで、既存データの範囲には含まれない革新的な特性を有する材料を見出すための物質探索アルゴリズムを構築するとともに、高分子、触媒、無機材料といった具体的な材料設計課題に適用しながらアルゴリズムの高度化を図る。

さらに、この研究部門で構築したアルゴリズムは、学術成果として積極的に発信していく。MI分野において、オープンイノベーション、オープンサイエンスを促進するチャレンジだ。

このプロジェクトに参画するMCCの白鳥和矢主席研究員は語る。「これまで

の計算化学、材料分野のシミュレーションの多くは、物理法則に従って材料の性能を予測するものでした。分子など小さなサイズや短時間の現象であれば高精度に予測できる半面、物質探索においてはその計算コストが問題になることも多くあります。観点の異なるデータ科学の考え方を取り入れることで、革新的な特性を有する材料を見出すアルゴリズムが構築できると期待しています」。

同研究部門には、両者の研究員に加えて、MCCの親会社である三菱ケミカルホールディングスにおいてデジタル・トランスフォーメーションを推進する先端技術・事業開発室のデータサイエンティストも参加している。

「日本の強みであるものづくりや材料科学の技術をデータ科学と組み合わせれば、世界に勝てる戦略が見えてくるはずです」と吉田が話すように、チーム全体に従来のものづくりをMIで革新しようという気概が満ちている。(広報室)



写真: 共同研究部門「ISM-MCCフロンティア材料設計研究拠点」のメンバー

統計数理研究所 樋口前所長退任記念シンポジウムを開催

2019年11月5日(火) 統計数理研究所 樋口知之前所長の退任記念シンポジウム「データ駆動型研究を先導するベイズモデリング—モデリングは人がやるのか、AIが代替するのか—」を一橋講堂にて開催しました。樋口前所長は同年3月に任期満了で本研究所を退任され、本シンポジウムは6月5日に創立75周年を迎えた統計数理研究所の記念事業の一環として行われました。

樋口前所長の挨拶の後、樋口前所長にゆかりのある先生方による4つの講演と樋口前所長の記念講演、パネル討論が行われ、シンポジウム閉会後には如水会館にて意見交換会が行われました。

シンポジウムでは、東京大学医科学研究所の井元清哉教授による「バイオインフォマティクスとベイズモデリング」、筑波大学ビジネスサイエンス系の佐藤忠彦教授による「消費者行動理解のためのベイジアンモデリング」、東京大学地震研究所の長尾大道准教授による「固体地球科学とデータ同化～樋口先生の20年間にわたるご指導に感謝を寄せて～」、株

式会社ブリヂストン花塚泰史氏による「樋口先生とブリヂストンと私」と題した講演が行われました。続いて樋口前所長の退任記念講演「ベイズモデリングと歩んだ30年」が行われ、会場では真剣に耳を傾ける来場者の様子が見え「幅広い分野におけるモデリングの有用性が良く分かった」「今後の展望と示唆を得て勉強になった」という感想がありました。

パネル討論「AI社会での数理モデリングと現場主義の意義と価値」では、パネリストに東京大学生産技術研究所の合原一幸教授、東北大学流体科学研究所の早瀬敏幸教授、大阪大学 産業科学研究所の鷲尾隆教授、株式会社ブリヂストンの花塚泰史氏を迎え、モデレーターの樋口前所長の司会進行のもと「現場主義」「人とAI」「教育システム」について活発な討論が行われました。

本シンポジウムは446名の来場者を迎え大変盛況となり、講堂ロビーの展示、閲覧コーナーでは多くの来場者が樋口前所長著作の冊子や記事が掲載された雑誌類を手に取っていました。(広報室)



第2回統計数理研究所-ウルム大学ワークショップ「リスクと統計学」

2019年10月8-10日、本研究所とMOUを締結しているドイツ・ウルム大学にて、第2回統計数理研究所-ウルム大学ワークショップ「リスクと統計学」を開催しました。日本側からは10名が参加いたしました。その内訳は、統計数理研究所(5名)、東北大学(2名)、名古屋工業大学(1名)、東京大学(1名)、Eurecom(1名)です。

集会は、ローカルオーガナイザーの E. Spodarev 教授のリーダーシップの下で十分に準備されたもので、Villa Eberhardt というウルム大学所有の歴史的な建造物が会場として用いられました。サイエンティックプログラムとしては22件の口頭発表、6件のポスター発表がありました。特に会の冒頭で伊藤副所長による統計数理研究所の紹介の時間を

設けていただきました。

ウルム大学は東北大学ともMOU協定を結んでいることもあり、次回の第三回集会は、東北大学、ウルム大学、統計数



理研究所の3者の共同主催で、東北大学にて開催する予定です。今回のワークショップ開催にあってご支援いただいた所長、リスク解析戦略研究センター長ならびに事務局の皆様

には、この場をお借りし厚くお礼を申し上げます。

<https://www.uni-ulm.de/mawi/2nd-ism-uulm-joint-workshop/>

(栗木 哲)

第7回統計数理研究所リスク解析戦略研究センター 金融シンポジウムの開催

令和元年12月5-6日に、フクラシア丸の内オアゾにて、統計数理研究所リスク解析戦略研究センター第7回金融シンポジウムを開催致しました。データサイエンスや機械学習などの新たな解析方法の確立および情報技術の発展は金融の実務に大きな影響をもたらしています。こうした背景から、本シンポジウムは、最新の技術・政策・実務といった多方



面の報告を集めるため、金融の未来を知るための議論を目的としています。そのため、「産官学」を網羅した講演構成とした上で、オピニオンリーダーである当局、中央銀行の方々、金融庁 総合政策局 政策立案総括審議官 松尾元信様、日本銀行 決済機構局 FinTech センター長 副島豊様、日本銀行 金融機構局 審議役 亀田制作様に登壇していただきました。5日は、「金融データの数理と確率・統計モデル」・「ビッグデータ分析技術のフロンティア」という2つのテーマのセッション（口頭発表6件）がありました。また、6日は、「超高齢社会におけるアクチュアリアルモデリング」・「金融デジタル化の諸展開」・「金融社会を支える地域金融・会計・技術」という3つのテーマのセッション（口頭発表9件）がありました。これらのセッションを通して、分野間の垣根を超えた活発な議論が交わされました。なお、本シンポジウムの参加者は162名でした。（長幡 英明）

「Training Workshop Series VI Advanced Statistical Analysis in "R" with Forestry Related Data」共同開催報告

令和元年12月11～12日の二日間に渡り、ベトナム・ハノイのMOU締結研究機関Forest Inventory and Planning Institute (FIPI)において、「Training Workshop Series VI Advanced Statistical Analysis in "R" with Forestry Related Data」を開催しました。本ワークショップはベトナムにおける森林資源管理の実施に関わる人材育成を念頭に、統計解析ソフトRの基本的な使い方を習得し、参加者が実際に収集・蓄積しているデータに対してRを用いた統計解析ができるようになることを目的にしています。今回は、すでにRを使った経験のある受講生を主な対象とし、初日は、Rでの解析に向けたデータの入力、データの読み込み、様々な演算と基本統計量の計算、グラフ作成などの基本的な作業を復習しました。2日目は、初日に復習した一連の作業を応用し、成長予測モデルの非線形回帰によるパラメータの推定およびモデル選択に基づく推定結果の評価を行いまし

た。今回もRを使えるようになりたいという意欲的な参加者が多く、初日から非常に熱心に課題に取り組んでいました。なお、開催に当たりFIPI副所長Dr. Nguyen Hung Dinhから多大な協力を得ました。今回のワークショップ参加者は15名でした。（吉本 敦）





公文 雅之

リスク解析戦略研究センター 特任准教授

特任
教員紹介

1

2019年8月よりリスク解析戦略研究センターに勤めております、公文雅之と申します。金融工学等に現れる諸問題を賭けの数理にもとづき賭けゲームとして定式化すると、様々な賭けゲームにおける最適戦略の資金過程には共通して統計科学において基本的な情報量が現れます。現在こういった最適戦略資金過程の情報量構造を、通常の測度論のような確率分布を前提としないゲーム確率論の立場から解明することを目指しています。そして私の生涯の研究分野であります情報幾何学に関して、キュムラント情報幾何を生み出すシステム空間の不変な微分幾何学的構造の探究から導かれる幾何学にもとづいたシステム空間の情報幾何学に取り組んでいます。さらにゲーム確率論と情報幾何学を融合した視点から捉える新たなマーティンゲール理論を構築し、多数が参加する市場取引ゲームや統計物理学への適用を探索することに励んでいます。どうぞよろしくお願いいたします。



上原 悠楨

社会データ構造化センター 特任助教

特任
教員紹介

2

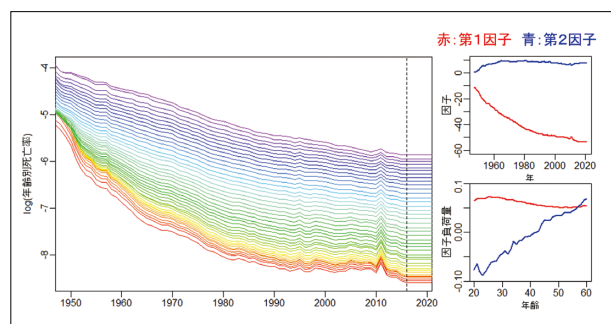
2018年3月にリスク解析戦略研究センターの特任研究員に、そして本年度4月より同センターおよび社会データ構造化センターの特任助教に着任いたしました、上原悠楨と申します。専門は、確率微分方程式モデルの統計理論です。本モデルは大規模時系列データの表現モデルとして利用されており、私は特に飛躍を含む非正規ノイズにより駆動されるモデルを中心に研究を行なっております。加えて、当該モデルのシミュレーションおよび統計解析を行うパッケージ構築にも取り組んでおります。また、最近では時空間データ解析のための統計理論に興味を持ち研究に取り組み始めています。統計数理研究所では、多分野の解析手法や実問題を学び、自らの知見を広げるとともに汎用的な統計手法の構築を目指して行きたいと考えております。何卒よろしくお願いいたします。

2019年10月-12月の公開講座実施状況

11月6日(水)~7日(木)に、国立環境研究所の深谷肇一講師と当研究所の野村俊一講師、伊庭幸人講師によるリーディングDAT講座L-B1「統計モデリング入門」の講義が行われました。GLMからベイズモデリングについては深谷講師と伊庭講師が担当し、状態空間モデルによる時系列解析—KFASによる実践モデリングに関しては野村講師が

担当しました。補足としてベイズモデルと状態空間モデルの講義を伊庭講師が行いました。

12月19日(木)~20日(金)に、当研究所の伊庭幸人講師、福水健次講師、今泉允聡講師、持橋大地講師、電気通信大学の庄野逸講師、理化学研究所の瀧川一学講師によるリーディングDAT講座L-B2「機械学習とデータサイエンスの現代的な手法」の講義が行われました。伊庭講師によるイントロダクションから始まり、福水講師によるカーネル法：基礎から最近の発展までを説明し、今泉講師が行列データ・テンソルデータの機械学習について講義しました。翌日は庄野講師によるニューラルネットワーク入門から始まり、瀧川講師による決定木・回帰木に基づくアンサンブル学習について説明し、最後は持橋講師によるガウス過程の基礎と応用の講義をしました。



リーディングDAT L-B2講座資料より

統計数理セミナー実施報告(2019年11月~2020年1月)

毎週水曜16時から所内研究教育職員および外部の方が1人40分ずつ、1日に2人の講演を行っています。2019年11月~2020年1月のセミナーは下記の通り行われました。

日程	氏名	タイトル
2019年11月 6日	長島 健悟	変量効果メタアナリシスの予測区間
11月 6日	伊藤 翼	多変量小地域推定問題における信頼領域の構成について
11月13日	菊地 和平	重力異常値の DMA 解析に基づく地震活動の推定
11月13日	山下 智志	データサイエンス技術の社会実装の課題と方向性： Web クローリングデータによる不動産収益の面的評価法を例に
11月20日	金藤 浩司	環境データの解析に用いられる確率分布に関しての一考察
11月20日	劉 暢	XenonPy：材料設計を加速する機械学習プラットフォーム
11月27日	松井 知子	A robust high dimensional Bayesian filter
11月27日	芝井 清久	国際調査と軍事紛争のデータを活用した社会の分析
12月 4日	足立 淳	古代DNA統計解析からわかる失われた生物の多様性の歴史
12月 4日	加藤 昇吾	角度データのための混合効果モデル
12月11日	栗木 哲	期待ミンコフスキー汎関数の摂動展開とその応用
12月11日	小山 慎介	ホークスモデルの統計力学
2020年 1月 8日	梁 政寛	Interpretable machine learning
1月 8日	稲垣 佑典	Web 調査における不適当回答行動の分析
1月15日	船渡川 伊久子	治療前後データの経時データ解析
1月15日	加藤 直子	科学のアウトリーチ活動を利用した来場者調査方法論の開発
1月22日	濱口 拓男	潜在的なグラフとその観測が特徴付けるものについて
1月22日	野間 久史	Clinical Trial Data Sharingシステムを活用した大規模臨床試験エビデンス統合解析
1月29日	間野 修平	一般化ベータ分布の母数推定と歴史的津波規模データへの適用
1月29日	野口 瑤	ベイズ最適化と第一原理計算を用いた有機分子の探索

セミナーの開催予定はホームページにてご案内しています。<https://www.ism.ac.jp/>

(メディア開発室)

2019年度若手研究者クロストークの開催報告

12月10-11日、静岡県掛川市つま恋リゾート彩の郷において、2019若手研究者クロストークが開催されました。昨年度までの4機構連携企画、総研大との共同開催に加え、今年は、I-URICフロンティアコロキウムとの同日同場所開催です。同じく研究者間の異分野融合の促進を目標として企画している二つのイベントには、2名の講師による講演、ポスター発表、懇親会はフロンティアコロキウムと合同開催となりました。そして、クロストーク独自に異分野融合研究を進めている2名の講師による講演と、少人数での共同作業の中から融合研究について考えるグループワークを開催しました。遺伝研の斎藤成也教授と極地研の塩見こずえ助教による講演では、個人的な経験から分野を横断した融合研究について大事な要素をシェアしました。その後、参加者たちはグループワークで実践してみる機会による、組織と分野を超えた研究交流の活性化を期待されます。初めての若手研究者クロストークと



I-URICフロンティアコロキウムの共同イベントでしたので、企画委員・幹事としての苦勞が報われるのですが、この企画の将来の発展のためにとてもよい前例になると思います。来年のクロストークも楽しみにいただければ幸いです。

(Stephen Wu)

ノースカロライナ州立大学とMOU締結

2019年11月13日、統計数理研究所においてノースカロライナ州立大学 (NCSU) とのMOU (Memorandum of Understanding) 調印式が行われました。このMOUは、URAステーションが窓口となり、締結が実現しました。このMOUは共同研究の推進、教育研究に係るスタッフ交流、及び学生の交流を目的としています。

当日はNCSUから、College of EducationのProf. Stephen PorterとProf. Paul D. Umbach、統計数理研究所からは椿所長、伊藤副所長、北村シニアURA、本多URAが出席し、MOUの取り交わしを行いました。今後NCSUとは特に研究IRの分野で継続的に研究交流を推進していくことが

両者で話し合われました。

(URAステーション)



統計数理研究所、国立極地研究所が共同で立川移転10周年記念講演を開催

統計数理研究所と国立極地研究所は昨年、立川市へ移転して10周年を迎えました。立川市民への感謝の気持ちを込め、11月3日(日)の「たちかわ楽市2019」において地域還元の一環として記念講演と展示を行いました。

極地研伊村智副所長による「南極の池で見つけた不思議な世界」と題した講演では、南極の氷の下で生息するコケボウズという苔の説明と映像を交えながら研究紹介が行われました。統数研前田彦准教授による「日本人は何を

考えてきたか—『日本人の国民性調査』から—」と題した講演では1953年から5年毎に実施している『日本人の国民性調査』という社会調査について説明を行い、「次に生まれかわるなら男か女か」「家を継がせるため他人の子供を養子にするか」などの質問に対する調査結果が紹介されました。

講演会場隣の展示ブースでは南極の氷やペンギンの卵の標本、『日本人の国民性調査』紹介パネルなどが展示され多くの来場者が興味深く見学をしていました。(広報室)



前田准教授の講演



展示ブースの様子

統計数理研究所子ども見学デー2019を開催



12月1日(日)、統計数理研究所子ども見学デー 2019が立川市・立川観光協会主催の立川体験スタンプラリーとの同時開催で実施されました。1Fアトリウムの一部が工事中のため来場が心配されましたが、当日は231名の来場者を迎え、にぎやかな雰囲気の中で行われました。

今年はデータサイエンス共同利用基盤施設も出展し、「データ科学の世界へようこそ」と題して、江戸時代の珍しい卵料理などの色々なデータを紹介しました。

統数研のプログラムはBB弾サンプリング実験やじゃんけんコーナー、「トースター&スタッツ」「統数研紹介」のDVD上映などを行いました。親子連れや多くの来場者が研究者の

説明を受けながらサンプリング実験に参加し、最強アプリのじゃんけんと対戦して、遊びながら統計学に触れる楽しいイベントになりました。（広報室）

男女共同参画・研究力アップセミナーを開催

2019年11月22日（金）、統計数理研究所、国立極地研究所の共催で、男女共同参画・研究力アップセミナー「研究成果をもっと効果的に広報するには～メディアリレーション対策～」を開催し、近隣の研究所の教職員、自治体などから30名が参加しました。

国立極地研究所 国際・研究企画室 飯塚三保子URAの司会のもと、同研究所男女共同参画推進室長の伊村智副所長の開会挨拶で始まり、基調セミナーとして「メディアとのよりよい付き合い方～効果的なプレスリリースを目指して～」と題し、情報・システム研究機構 広報室副室長 岡田小枝子主任URAが講演しました。

続いて国立極地研究所広報室 寺村たから学術支援専門員、統計数理研究所URAステーション 北村浩三上席URAに

より、各研究所のプレスリリースまでの手続きが紹介されました。

女性を含む多くの研究者にとって、研究成果を社会へ伝える重要性を再認識する価値のあるセミナーとなりました。

（URAステーション）



南和宏准教授と阿部穂日さん（総研大学生）がコンピュータセキュリティシンポジウム2019において「PWS優秀論文賞」を受賞

南和宏准教授と阿部穂日さん（総研大後期課程3年）が、



（左より）南准教授と阿部さん

情報処理学会コンピュータセキュリティ研究会（CSEC）とセキュリティ心理学とトラスト研究会（SPT）の共催による「コンピュータセキュリティシンポジウム2019」において『PWS優秀論文賞』を受賞しました。

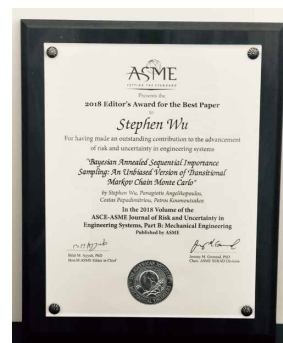
『PWS優秀論文賞』はPWS（Privacy Workshop）セッションにおける発表論文のうち、プライバシー保護技術の発展やプライバシーリスクの正しい啓発に特に貢献すると認められた論文1編に贈られる賞で、南准教授と阿部さんの共著の論文「表データの最適セル秘匿処理に対するマッチング攻撃とその実証的評価」が対象となりました。（広報室）

Stephen Wu助教が ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems の 2018年最優秀論文賞を受賞

Stephen Wu助教他が国際論文誌「ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering」の『2018年最優秀論文賞』を受賞しました。

これは同誌2018年3月号に掲載された論文「Bayesian Annealed Sequential Importance Sampling: An Unbiased Version of Transitional Markov Chain

Monte Carlo」での受賞となり、システム工学のリスクや不確実性に関する研究の進歩に大きく貢献したことが認められました。（広報室）



「東アジアの核拡散と欧州の核不拡散のトレード・オフ」の刊行

科研費（研究成果公開促進費）の支援を受けて拙著『東アジアの核拡散と欧州の核不拡散のトレード・オフ』を刊行いたしました。

タイトルにあるように本書は核拡散問題を独自のゲーム・モデルから分析し、現代に東アジアに核問題が解決されずに残った原因のひとつが部分的核実験禁止条約および核不拡散条約締結をめぐる欧州の核不拡散交渉にあったことを提唱する内容になっています。

多角的交渉を分析するゲーム理論分析では非零和ゲームによって最適な利得配分を定めることが基本的課題となり、本書でも利得配分に焦点を当てています。本書で独自の交渉分析を試みたのは、フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンが非零和 n 人ゲームを構築する過程で活用した零和 $n+1$ 人ゲームに多角的交渉に隠された問題点を浮かび上がらせる

可能性を見いだしたことがきっかけでした。

この交渉モデルから、歴史的には別個の事象として扱われてきた欧州の核不拡散交渉と東アジアの核不拡散交渉に関連があり、それが現代の欧州の解決と東アジアの未解決をもたらしただけであることを明らかにしました。日本を取り巻く核問題の解決の一助となれば幸いです。

（芝井清久）



大分工業高等専門学校の訪問

2019年9月26日（木）大分工業高等専門学校第4学年の生徒38名と教諭2名の訪問を受け入れました。初めに、



北村浩三上席URAより情報・システム研究機構および統計数理研究所概要紹介が行われました。続いて日野英逸准教授による「スカスカの科学：スパースモデリング」と題する研究紹介が行われ、機械学習の手法であるスパースモデリングについて説明がありました。研究紹介の中では、巨大ブラックホールとその影の存在を初めて画像で直接証明することに成功した際の画像処理にもスパースモデリング手法が用いられたことも紹介され、生徒たちは強い関心を示していました。その後、本多啓介主任URAの案内で計算機室、計算機展示室の見学が行われ、実際に見るスパコンに興味津々の様子でした。生徒たちにとって最新の研究や設備に触れ、進路を考える貴重な訪問となりました。（広報室）

中国山東省大数据局の訪問

2019年10月28日（月）、中華人民共和国山東省大数据（ビッグデータ）局の職員17名が海外研修の一環で本研究所を訪れました。

中国山東省は情報化社会の構築に力を注いでおり、日本のビッグデータ関連機関を訪問し、専門家からの講義を受講する等、職員の研修によって日本とより深い交流を希望しています。

当日は北村浩三上席URAの司会挨拶から始まり、岡本基主任URAによる研究所の概要説明、庄建倉准教授による研究紹介が行われました。通訳を通して活発な質疑応答も交われ、関心の高さが伺えました。その後、本多啓介主任URAの解説でスーパーコンピュータや計算機展示室の施

設見学が行われ、スパコンを写真に収める姿が多く見られました。（広報室）



● 計算機展示室の見学

2019年11月19日(火)と28日(木)、計算機展示室の見



学が行われました。19日は現在統計学1階交流アトリウムに常設展示されている統計的制御シミュレーション装置(SILTAC)の開発に関わった方4名が訪れ、田村義保名誉教授が計算機展示室及び展示ケースの案内と説明を行いました。見学者からは多くの質問が出、懐かしい計算機の前で記念写真を撮影しました。28日は研究者1名が訪れ、本多啓介主任URAが計算機展示室の案内と説明を行いました。以前使用していた計算機や物理乱数発生装置を見て、「1年前から気になっていた展示室の見学が出来て貴重な体験をした」とのご感想でした。(広報室)

総合研究大学院大学複合科学研究科統計科学専攻関係

● 大学院説明会について

2019年11月8日(金)に、会議室1(D222)において、2019年度第2回大学院説明会を開催し、26名の参加者がありました。これは、昨年度同時期の参加者(28名)と、ほぼ同数となります。このことから、「統計」の需要の高まりが続いていることを実感しました。また、社会人と学生の割合はそれぞれ62%と38%でした。

大学院説明会の前半は全体説明を行い、募集要項、カリキュラム、修了後の進路、学生の研究テーマなどを紹介しました。後半は、希望者に対して教員との面談を行いました。

また2018年度第1回から、教員との面談の待ち時間に在学学生と対話ができる「在学学生との対話コーナー」を設けてい

ますが、面談の受付終了時間まで参加者が絶えないほど、盛況でした。(研究推進課・大学院係)



Information

● 公開講座

一般社会人・学生を対象に、下記の公開講座を開催します。

① Rによる時系列解析入門(川崎 能典)

日時:5月12日(火)10時~16時(5時間)
講師:川崎能典(統計数理研究所)
申込受付:3月30日(月)10時~4月6日(月)10時
受講料:5,000円
会場:統計数理研究所
定員:100名(応募者多数の場合は抽選)
講義レベル:初級

時系列の図示/定常性/自己共分散関数/自己回帰(AR)モデル/自己回帰移動平均(ARMA)モデル/時系列の変換/時系列の予測/多変量自己回帰モデル:これらをフリーソフトウェアRで実行し、出力を理解できることを目標

に解説を加える。講義内で行うデモに関してはソースコードを配布する。(※時間の制約上、実習と銘打つほどの時間は確保できないので予めご了承の上お申し込みください。)

受講者に期待する予備知識やレベル:

相関、回帰、推定・検定等の基本的知識に基づき、重回帰分析の実行や結果の解釈が一通りできるレベルにあること。

参考書:

●北川源四郎「時系列解析入門」岩波書店、2005年。
その他:本講座(初級)では状態空間モデリングは扱わない。

② スパース推定

日時:7月7日(火)10時~16時(5時間)
講師:川野秀一(電気通信大学)
申込受付:5月18日(月)10時~5月25日(月)10時
受講料:5,000円
会場:統計数理研究所

定員: 100名 (応募者多数の場合は抽選)

講義レベル: 中級

スパース推定とは、データ発生構造の疎性に着目した統計的推定法である。近年ビッグデータ (特に、超高次元データ) 解析の一手法として注目を浴びはじめ、今後その重要性がますます高まるものと期待されている。本講座では、正則化法に基づいたスパース推定の入門的内容について概説する。具体的には、正則化法からはじめ、lasso法を軸としたスパース推定法、スパース推定の推定値を得るための計算アルゴリズム、構築したスパースモデルの評価方法について解説する。

受講者に期待する予備知識やレベル:

大学初級程度の微分積分学や線形代数学と、学部程度の統計学の基礎知識は前提とします。

参考書:

●川野秀一、松井秀俊、廣瀬慧 (2018) スパース推定法による統計モデリング、共立出版。

C 多変量解析法

日時: 8月24日 (月) ~ 27日 (木) 10時 ~ 16時 (20時間)

講師: 馬場康維・清水信夫 (予定) (統計数理研究所)、今泉忠 (多摩大学)

申込受付: 7月6日 (月) 10時 ~ 7月13日 (月) 10時

受講料: 20,000円

会場: 統計数理研究所

定員: 100名 (応募者多数の場合は抽選)

講義レベル: 初級

多くの現象は一つの変数で観測されるものではなく多数の変数の観測によって把握される。すなわち多次元のデータによって現象が表現される。得られた多次元のデータを用いて、数量の推測をする、判別をする、あるいは尺度を作る等の手法の総称が多変量解析法である。重回帰分析、判別分析、主成分分析、因子分析、数量化など、多変量解析の古典的・標準的な手法の解説をする。また、クラスター分析、共分散構造分析などの解説をする。

受講者に期待する予備知識やレベル:

平均、分散、標準偏差等、統計学の基礎的な概念を知っていることを前提とする。手法の数学的な説明よりは、用い方に重点をおいた解説を行うが、理解をたやすくする点から、大学初級程度の線形代数と微分積分の知識があることが望ましい。

教科書: 資料を配布します。

●一般講座の他、系統的な講座編成により現代的な統計科学の姿を示す「リーディングDAT講座」や、医学・健康科学分野のデータサイエンスを基礎から最先端まで詳説する医療健康データ科学研究センターの「系統的教育コース・公開講座」も開講予定です。

詳細は、以下のwebサイトをご覧ください。

<https://www.ism.ac.jp/lectures/kouza.html>

(情報資源室)

共同利用

2019年度共同利用公募追加採択課題

【共同利用登録】3件

分野	研究課題名	研究代表者 (所属)
e7	名目金利の下限を考慮したマクロ経済モデルのパラメータ推定	砂川 武貴 (神戸大学・特命准教授)
g5	ミニマルな擬似乱数の開発	松本 眞 (広島大学・教授)
d8	日本沿岸域における気候変動影響評価と適応策の検討	阿部 博哉 (国立環境研究所・特別研究員)

【一般研究1】1件

分野	研究課題名	研究代表者 (所属)
c5	データ同化による機能性液膜の物性値推定に関する研究	白鳥 英 (東京都市大学・講師)

(研究推進課・共同利用係)

外部資金・研究員等の受入れ

受託研究・受託事業等の受入れ

委託者の名称	研究題目	研究期間	研究経費 (円)	受入担当研究教育職員
国立大学法人京都大学 学長 山極 壽一 代理人 医学・病院構内共通事務部長 廣瀬 幸司	京都大学大学院における臨床統計家育成のための教育カリキュラムの標準化のための研究開発	H31.4.1 ~ R2.3.31	6,788,600	椿 広計 所長

委託者の名称	研究題目	研究期間	研究経費(円)	受入担当研究教育職員
国立大学法人京都大学 学長 山極 壽一 代理人 医学・病院構内共通事務部長 廣瀬 幸司	レジリエンスを高め、うつ病の発症を予防するための若年者向け認知行動療法アプリの開発	H31.4.1～ R2.3.31	130,000	データ科学研究系 野間 久史 准教授
学校法人日本医科大学 理事長 坂本 篤裕	非小細胞肺がんの転移活性を評価し、術後補助化学療法の効果を予測するバイオマーカーの実用化に関する研究	H31.4.1～ R2.3.31	650,000	医療健康データ科学研究センター 長島 健悟 特任准教授
国立研究開発法人科学技術振興機構 分任研究契約担当者 契約部長 岩田 一彦	求解軌道のマクロ表現によるアルゴリズム制御理論の創出	R1.10.1～ R2.3.31	11,154,000	数理・推論研究系 坂田 綾香 助教
国立研究開発法人科学技術振興機構 分任研究契約担当者 契約部長 岩田 一彦	離散幾何学が拓く計算系統学の新展開	R1.10.1～ R2.3.31	520,000	モデリング研究系 早水 桃子 助教
国立研究開発法人科学技術振興機構 分任研究契約担当者 契約部長 岩田 一彦	機械学習と計算科学に基づく熱物性マテリアルズインフォマティクス	R1.10.1～ R2.3.31	3,900,000	データ科学研究系 吉田 亮 教授

(研究推進課・研究推進係)

外来研究員の受入れ

氏 名	職 名	研究題目	研究期間	受入担当研究教育職員
田中 潮	大阪府立大学大学院理学系研究科・助教	群集の多様性に関する個体ベース空間明示モデリング	2019.10.3～ 2020.3.31	島谷 健一郎 准教授
廖 怡雯	National Central University, Earthquake-Disaster & Risk Evaluation and Management (E-DREaM) Center, Research Assistant	ETASモデルとクーロン応力伝達に基づく推定した断層面を組み込んだ余震予測	2019.10.28～ 2019.11.3	庄 建倉 准教授
Arthur Pewsey	University of Extremadura, Professor	シリンダー上のデータのための統計モデルに関する研究	2019.11.9～ 2019.11.26	加藤 昇吾 准教授
常 莹	Southern University of Science and Technology, Postdoctoral Researcher	中国四川—雲南地域の地震リスク解析	2019.12.6～ 2020.1.20	庄 建倉 准教授
劉 月	Institute of Earthquake Forecasting, China Earthquake Administration, Associate Researcher	ETASモデルと発震機構の組み合わせによる地震発生に対する応力変化の影響	2019.12.2～ 2019.12.31	庄 建倉 准教授
Amel Benali	University of Sciences and Technology Houari Boumediene, PhD Student	地震発生率について規則的な信号のモデリング	2019.11.25～ 2020.1.27	庄 建倉 准教授
Siddharth Vishwanath	The Pennsylvania State University, PhD Student (Graduate Assistant)	位相的データ解析	2019.11.24～ 2020.1.9	栗木 哲 教授
黄 顕貴	Institute of Statistical Science, Academia Sinica, Distinguished Researcher	積分型統計量の漸近挙動とその組合せ構造の解析	2019.11.10～ 2019.12.23	栗木 哲 教授
Xiaolei Lu	The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen, Post-Doctoral Fellow	突然変異とガン種の相関解析に対する機械学習的接近	2019.11.9～ 2019.11.24	栗木 哲 教授
村上 幸弘	Delft Institute of Applied Mathematics, PhD Student	系統ネットワーククラスについて	2020.1.6～ 2020.1.17	早水 桃子 助教
Elisa Varini	Institute of Applied Mathematics and Information Technology, National Research Council (CNR-IMATI), Researcher	時空エネルギー領域の中で地震活動のマルチレベルダイナミクスの解析	2020.1.8～ 2020.1.24	庄 建倉 准教授
Xiaolei Lu	The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen, Post-Doctoral Fellow	突然変異とガン種の相関解析に対する機械学習的接近	2019.12.5～ 2019.12.11	栗木 哲 教授

(研究推進課・共同利用係)

寄附金の受入れ

受入決定年月日	寄附者	寄附金額(円)	担当教員	寄附目的
R1.12.11	ムサシノ機器株式会社代表取締役社長 杉山 直樹	200,000	瀧澤 由美	電磁波による測位に関する研究助成

(財務課・予算・決算第二係)

寄附財産の受入れ

受入決定年月日	寄附者	寄附財産名称	受入教員	寄附目的
R2.1.15	デル株式会社代表取締役社長 大塚 俊彦	計算サーバー (DELL PowerEdge R6515)	上野 玄太	統計数理の研究の推進に貢献するため

(財務課・資産管理・検収係)

会議開催報告

「第3回NOE (Network Of Excellence) 形成事業顧問会議」の開催

統計数理研究所では、2019年12月17日(火)に第3回NOE (Network Of Excellence) 形成事業顧問会議を開催しました。

NOE形成事業の形成NOEおよびNOE型研究センターの改組後初の開催となった今回の会議では、それぞれ6つのNOEを推薦元とする6名の顧問全員にご参集いただける機会となりました。

本会議ではNOE推進室長の山下副所長が司会進行を務め、まず、椿所長から研究所の概要とNOE形成事業の変遷を、また、伊藤副所長から昨年度開催された国際外部評価における指摘事項の対応についての状況を説明した後、リスク科学、次世代シミュレーション、調査科学、統計的機械学習、ものづくりデータ科学、医療健康データ科学の各代表からNOEの活動紹介を行い、各セクションで顧問と質疑応答を行う形式で進められました。

施設見学や休憩を挟みつつ、予定時間を大幅に押して6

時間半の開催となりましたが、最後の総括まで、非常に活発な熱い討論が行われました。各顧問から、時流や国内外の社会状況を含めた様々な見地においてのご意見、ご助言を得ることができ、本研究所が大学共同利用機関としてコミュニティのニーズに最大限応えるため、事業を発展運営させていくための大変貴重な機会となりました。

本会議の詳細については報告集を作成し、NOE形成事業のウェブサイトでも公開する予定です。(NOE推進室)



刊行物

Annals of the Institute of Statistical Mathematics Volume 72, Number 1 (February 2020)

Invited Article: Second Akaike Memorial Lecture (with Discussion)

Mike West

Bayesian forecasting of multivariate time series: Scalability, structure uncertainty and decisions1

Jouchi Nakajima

Discussion of "Bayesian forecasting of multivariate time series: Scalability, structure uncertainty and decisions"33

Chris Glynn

Discussion of "Bayesian forecasting of multivariate time series: Scalability, structure uncertainty and decisions"37

Mike West

Reply to discussion of “Bayesian forecasting of multivariate time series: Scalability, structure uncertainty and decisions”	41
---	----

Regular Articles

Xin He and Junhui Wang

Discovering model structure for partially linear models	45
---	----

Zehua Chen and Yiwei Jiang

A two-stage sequential conditional selection approach to sparse high-dimensional multivariate regression models	65
---	----

Yves Guy Berger

An empirical likelihood approach under cluster sampling with missing observations	91
---	----

Michael Kohler and Adam Krzyżak

Estimating quantiles in imperfect simulation models using conditional density estimation	123
--	-----

Lutz Dümbgen and Ehsan Zamanzade

Inference on a distribution function from ranked set samples	157
--	-----

Taku Moriyama and Yoshihiko Maesono

New kernel estimators of the hazard ratio and their asymptotic properties	187
---	-----

Weihua Zhao, Weiping Zhang and Heng Lian

Marginal quantile regression for varying coefficient models with longitudinal data	213
--	-----

Victor Konev and Bogdan Nazarenko

Sequential fixed accuracy estimation for nonstationary autoregressive processes	235
---	-----

Francesco Bravo

Semiparametric quantile regression with random censoring	265
--	-----

Benjamin Poignard

Asymptotic theory of the adaptive Sparse Group Lasso	297
--	-----

(メディア開発室)



動的治療計画と統計学の潮流

江口 真透

数理・推論研究系

研究者とは常に何かしら新しいことを探し求める動物であります。私は平成7年4月にこの研究所へ移り、25年後の令和2年の3月に定年退職となります。今から3年前のことですが、「統計で面白い話題は未だ残ってるの?」という素朴な疑問を研究仲間と話し合っていました。退職の間際になり、まだそんなことを考えているのかと恥ずかしい限りですが冒頭の愚かな格言が私の言い訳となります。

その頃、AlphaGoが発表され、囲碁の元世界チャンピオンとの対戦に圧勝したニュースや人工知能の描く明るい未来像と対照的に心臓移植の優先順位を決めるために深層学習が出した低いスコアに苦悶する患者の顔が映りだされたテレビ番組が印象的でした。深層学習が出した説明のない決定を受け入れるしかないのでしょうか。ニューラルネットの非凸最適化の世界へ舞い戻ったような複雑な気分が支配していました。そんなざわざわとした気持ちで統計学への自分の方向を見失いかけた頃のことでした。たまたま見つけた動的治療計画 (Dynamic Treatment Regime, DTR) の論文にあった発想に共感して有志で基本文献の読書会をしました。

従来の医療統計では治療を一つの介入と考えて介入の効果をできるだけ不偏に推測することが大きな目的となります。DTRでは患者の状態を観測して患者の個人ごとのアウトカム (治療効果、生存時間など) を最適にする治療を選ぶことが目的となります。治療を介入として捉えるのではなく、一人一人に対してより良い選択をすべきものであるとして積極的に担当医師の診療をサポートする点に新しい視点があります。DTRでは患者個人の初診からの全ての履歴を一つの軌跡として考え、その軌跡データを基にして、個人の最適多重ステージの治療決定を求めることが目標となります。こういった形式は統計学では活発には議論されてなかったようですが機械学習では強化学習の枠組みで研究されています。

強化学習は時間に支配された状態・行動・報酬の3つの要素からなるプロセスを考えます。それぞれの時点で、ある行動を取ると状態が変化し、その変化によって報酬が得られるとします。その行動をそれまでの状態の観測に基づき将来の報酬を最大にする多重決定問題として定式化され

ます。DTRも大筋ではこの枠組みで考えることができますが異なる点もあります。強化学習の多くはプロセスにマルコフ性が仮定されていますがDTRではより良い治療の選択のためには初診からすべての治療と中間共変量履歴が必要となります。実際、診療の現場では初診からすべての診察結果がカルテに記録され、そのカルテから総合的な医師の判断によって次なる治療が決められます。このようにDTRに基づく治療の決定も全履歴の関数として下図のように定式化されます。報酬はアウトカムになりますが、その条件付き平均 (価値関数) を不偏に推測することがキーとなります。この点は既存の医療統計と同様に重要な課題となりますが多重ステージにおいてステージごとに議論するところが大きく違う点になります。履歴に依存した多重逐次ランダム化はより良い治療計画には重要な点となりますがより深い研究が必要だと思っています。

今後、DTRがどのように発展するか興味深いところです。医療統計に限らず、ファイナンスにおける経済活動の最適な計画、生態学における生物多様性の保存のための方策決定など適用範囲は開かれ多くの社会の問題解決にも適用できるように思われます。データの高度化により、異質なデータの統合やグローバルなデータの獲得が容易くなった現代において単一のステージの推論ではなく、時間によって支配されている多重なステージの推論を考える要請が高くなるでしょう。このように統計学の研究方向も静的な予測・検証から動的な決定問題へと流れが変わるような気がするこの頃です。

