追手門学院大学 研究シーズ　目次

■数理・データサイエンス

システムの最適化とその応用（小原 敦美）…… 1

主観的意思決定とパフォーマンス評価（小畑 経史）…… 2

コンピュータの能力を極限まで引き出そう！（幸谷 智紀）…… 3

データサイエンスの数理の新たな展開（鈴木 讓）…… 4

システム最適化と機械学習技法の開発（巽 啓司）…… 5

計量経済学における推定・検定問題とその実証分析（谷崎 久志）…… 6

ランダム現象がもたらす秩序と決定論的な系から生ずるカオス現象（盛田 健彦）…… 7

データの分析方法を開発・提案する統計学の研究（山村 麻理子）…… 8

古くから研究されている微分方程式について新たな発見をしたい（反田 美香）…… 9

関数の無限和を道具とする数学理論の研究（野井 貴弘）…… 10

確率解析―ランダムで微分できない関数についての微積分学（平井 祐紀）…… 11

論理学から人工知能まで（本浦 庄太）…… 12

※所属学部、職位、氏名五十音順に掲載

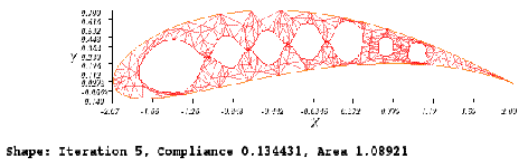
システムの最適化とその応用

研究内容

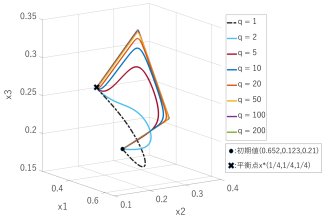
●システム制御・最適化の研究

・様々な相互作用を及ぼしあう大規模・複雑な動的システムのモデル化・最適化とそれらの応用を研究している。最適化は身近な問題から様々な工学分野で用いられるばかりか、自然科学や経済・金融を含む社会科学でも有用な基盤技術としてますます重要性になってきている横断的な分野である。例えば、数万点に及ぶ部品の形状の設計・材料選択は最終的な一つの工業製品の性能向上に大きく影響するし、金融資産の最善の投資、人的資源有効活用のための最適人員配置などは、経済システムや経営主体にとって利潤最大化のために重要な手段である。特に近年では、データサイエンスと関わりの深いパターン認識や推論などを扱う機械学習・数理統計に関わる研究やシステム開発では必須の基礎技術・知識となってきている。

左：流体中の構造物の軽量化



右：グラフ上の非線形拡散現象



新規性・優位性

▶相互作用する複雑な現象の個々の性質を考慮し、枝葉を刈り本質のみを残して、システム制御や最適化の様々な標準的モデルに近似し利用することに、多大な工夫を費やしている。

▶構成した数理モデルに対し、新規なシステム制御や最適化手法も提案している。

応用・活用例

＜様々な現象の数理モデル化とその解析・活用に関する研究＞

●商業ネットワーク、交通・流通網、インタネットなどの人・モノ・情報・疫病などの拡散現象のグラフ上へのモデル化、現象の解析、性質や性能向上のためのグラフ（ネットワーク）構造の最適化

●障害物回避運動、スウィングバイ（惑星の運動エネルギーを利用した人工衛星の加速技術）軌道への運動体の最適遷移制御

小原　敦美

教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：計測自動制御学会
システム制御情報学会
日本応用数理学会
IEEE, SIAM

委員等　：Information Geometry (Springer Nature)編集委員

産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

主観的意思決定とパフォーマンス評価

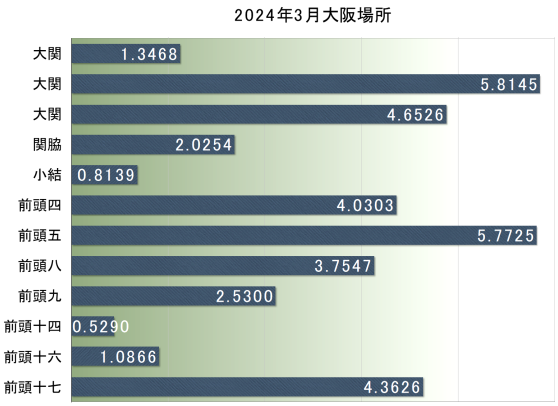
研究内容

●主観的意思決定のメカニズム

・主観的な意思決定法であるAHP（階層化意思決定法を対象にして、個人の好みのような客観的には測れない評価基準による判断を数理的に扱うための研究を行っている。人間の主観的評価の奥にある数理的なメカニズムの解明を目指す。

●スポーツ選手／チームのパフォーマンス評価

・事業体の経営効率性評価手法であるDEA（データ包絡分析法）、一対比較から対象の総合評価を得る一対比較法、時間と共に変化する回帰分析である変化係数などを使って、スポーツにおける選手やチームのパフォーマンスを評価する研究を行っている。
右の図は大相撲の対戦成績から力士の総合的なパフォーマンス指標を算出し視覚化したもの。



新規性・優位性

▶主観的な好みの判断にもとづいて作成される一対比較行列の性質を数理的なアプローチで解明することを目指している。

応用・活用例

＜評価対象の数値化に関する研究＞

●消費者の主観的な嗜好の分析、最適な経営戦略の選択、スポーツ選手／チームの評価をもとにした勝敗予想などに利用できる。

小畑　経史

教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：日本オペレーションズ・リサーチ学会
日本計算機統計学会
日本数学会

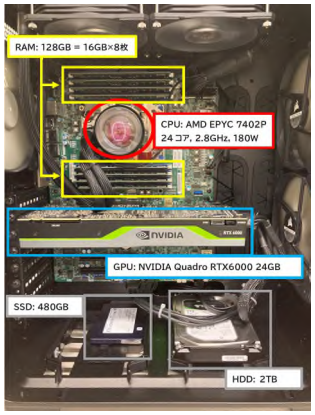
産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

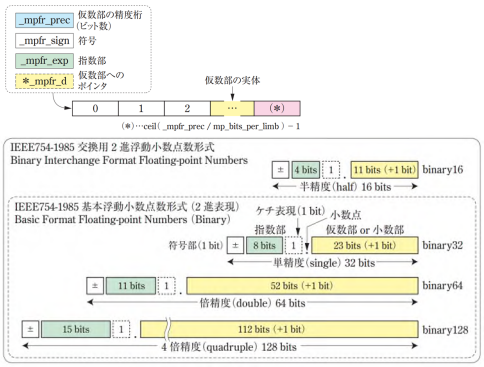
コンピュータの能力を極限まで引き出そう！

研究内容

●可変長精度高性能計算法とその応用に関する研究

・現代のコンピュータは、スマートフォンからスーパーコンピュータまで、複数の処理を同時に実行できる「並列処理」の機能を備えている。コンピュータの頭脳に当たるCPUは、複数の命令を一括して実行できるAVX2やSVEをはじめとするSIMD(Single Instruction, Multiple Data)命令が利用できるコアを複数持つマルチコアアーキテクチャが普通であるし、もっと多数のコア（メニーコア）を持つGPUはAI・深層学習では必須のハードウェアである。我々の研究室では、特に多数の桁数の計算を必要とする条件の悪い問題に対応できるよう、現代のコンピュータの並列化特性を生かした「多倍長精度数値計算」の高速化の研究に力を入れるとともに、深層学習の応用方法や、学習成果の再現性を担保するための研究を進めつつある。





新規性・優位性

▶スマートフォンからスパコンまで、コンピュータの規模とアーキテクチャに応じた高速化手法を生かした高性能計算の追求ができる。

▶AIも含む様々な科学技術計算の特性に応じた精度の選択を行える可変精度数値計算ライブラリの開発を継続的に行っており、他の信頼性の高いライブラリも含めて比較検討できる。

応用・活用例

<Webアプリケーションへの応用に関する研究>

●多倍長精度数値計算のWebサービス化とその高速化：MPFRgraphとして公開
https://cs-tklab.na-inet.jp/mpfrgraph/

●PHP, Node.js(JavaScript), PythonによるWebプログラミング教材の開発

幸谷　智紀

教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：情報処理学会
日本応用数理学会
SIAM

委員等　：日本工学教育協会・校閲委員

産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

データサイエンスの数理の新たな展開

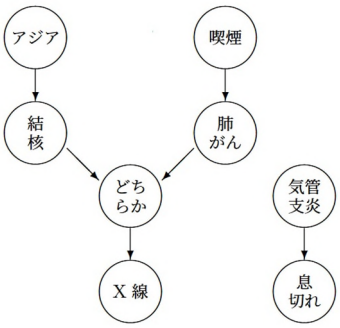
研究内容

●因果探索の研究

・二つの確率変数 (X,Y) があるとき、データに基づいて「どちらが原因で、どちらが結果であるか」を観測データから推定する方法を研究している。 (X,Y,Z) のように三つ以上確率変数がある場合や非線形の関係がある場合にも拡張できる。現在は、特に交絡が存在する場合の因果構造の探索を検討している。

●非正則な統計モデルの学習係数の研究

・非正則な統計モデルにも適用できるWAICやWBICtといった情報量基準の挙動を分析するうえで、学習係数を求めることが重要である。本研究では、特に項目反応理論といって、試験問題の難易度や識別力、受験者の能力を評価するモデルの学習係数を数学的に導出している。



新規性・優位性

▶交絡を含む一般的な因果探索の定式化を行い、独立成分分析（ICA）との関係を明らかにしている。最短経路問題を用いて最適な順序を効率よく求める方法を提案している。

▶縮小ランク回帰などのモデルでしか学習係数は知られていなかったが、広く利用されている項目反応理論について、広中の特異点解消理論に基づいて学習係数を導出した。

応用・活用例

＜複雑な問題を数学的に証明し、実用的なデータサイエンスに応用＞

●グラフィカルモデルの変数間の方向を見出す問題への応用

●項目反応理論(テスト理論)への応用

鈴木　譲

教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：日本数学会、日本人工知能学会、
AAAI(米国人工知能学会)、日本統計学会、
日本行動計量学会、日本計算機統計学会

委員等　：日本行動計量学会 理事
Behaviormetrika および Japanese Journal of Statistics and Data Science の Coordinate Editor
日本行動計量学会 優秀賞、出版賞
大阪大学名誉教授

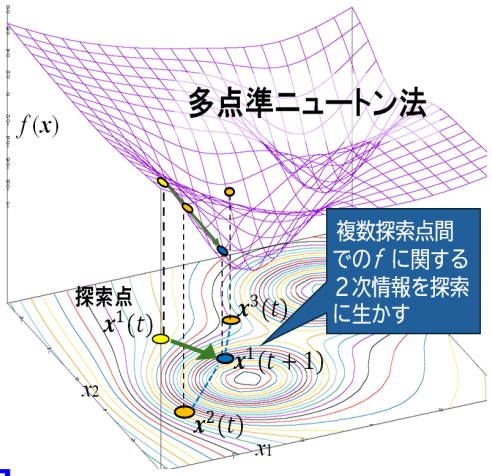
産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

システム最適化と機械学習技法の開発

研究内容

●数理的手法とメタヒューリスティック解法の融合

・決定変数が連続的で局所解が多数ある求解困難な大域的最適化問題に対する近似解法の開発。従来の手法は厳密解を求める理論的な数理的手法と、現実的な時間内にシンプルな方法で多点探索することで近似解を求める手法とに大別できるが、この２つの手法を融合する枠組を提案、多数の探索点により得られる情報を共有しつつ数理的に求解する手法として、最小化すべき関数の2次情報を共有する多点準ニュートン法を開発



●大型公共物の補強度合予測のための機械学習の適用

・大型インフラ構造物を構築の際の、熟練者による補強度決定問題を自動的に解決する機械学習法の開発。各区間の建設時に、その状況の観測情報を入力として、出力の関係性が容易に解釈可能な多クラス線形サポートベクトルマシンやリカレントニューラルネットワークによる識別器構築を行う

新規性・優位性

▶根本的に求解方針が大きく異なる数理的な手法とメタヒューリスティックな手法を融合的に組合せ、計算コストを抑えつつ両手法の長所を兼ね備えた方法を開発

▶機械学習の適用研究では、ブラックボックス性の高い非線形の識別関数ではなく、入出力の単調性を反映し説明可能性のある識別器をボトムアップ式に構成する手法を開発

応用・活用例

＜実社会における応用・適用＞

●セキュアに分散したデータ状況下で最適化や機械学習を行うような人工知能の機械学習の連合学習やドローン制御のためのマルチエージェント分散最適化への適用が可能

●土木工学への応用例として、実際の大型公共インフラ構築物の建築時のデータにより提案する機械学習法を有効性を検証

巽　啓司

教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：日本オペレーションズ・リサーチ学会
システム制御情報学会
計測自動制御学会
IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers）

委員等　：日本オペレーションズ・リサーチ学会 関西支部運営委員
計測自動制御学会 知能工学部会運営委員
システム制御情報学会 研究発表講演会実行委員

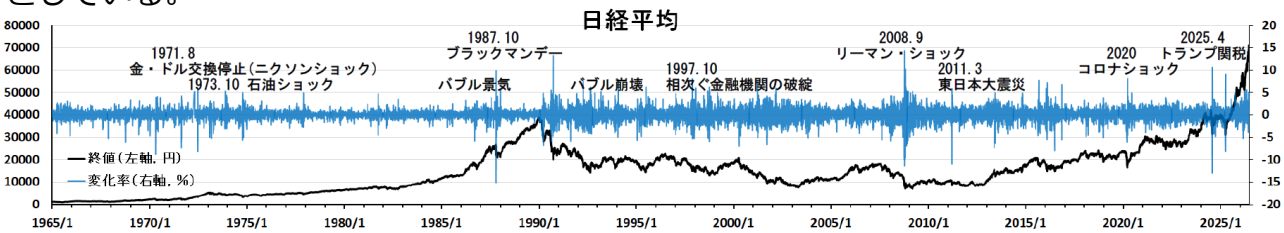
産学官連携オフィス　✉ sangakukan@otemon.ac.jp

計量経済学における推定・検定問題とその実証分析

研究内容

●株価変動とその要因分析に関する研究

- 下のグラフは1965～2026年の日経平均の終値の日次データ（黒）とその対前日変化率（青）であるが、経済が好況期では変化率の変動幅が小さく、不況期には変化率の変動幅が大きいと言われている。何らかの外的ショック（1973年石油ショック、1987年ブラックマンデー、2008年リーマン・ショック、2011年東日本大震災、2020年コロナ、2025年トランプ関税等）があった場合にも経済が不安定になり変化率の幅（すなわち、株価変動）が大きくなる。その他にも、様々な要因によって株価変動が生じることが知られている。このように、株価の変動要因を解明する研究を行っている。
- また、株価変動の要因分析を行うためには、株価変化率の分散を毎期推定できる計量モデルを用いる必要がある。代表的な計量モデルとして状態空間モデルや分散不均一モデルなどがあり、さらに様々な拡張がなされている。これら計量モデルの推定問題も研究テーマとしている。



新規性・優位性

▶株価はその時々の経済状況に密接に関係している。特に、株価の変動の大きさ（株価変化率の分散）は景気動向に依存する。分散が小さいときは好況、大きいときは不況となる。したがって、株価変化率の分散を推定することによって、日々の景気動向を実感できる。

応用・活用例

＜観測不可能な変数を推定する研究＞

●経済データを季節要因と経済成長要因とに別々に推定することができる。

●計量モデルに含まれるパラメータが時間とともに変動すると考えた場合、可変パラメータの推定ができる。

谷崎　久志

教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

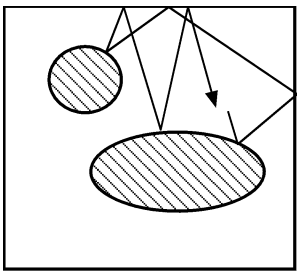
所属学会：日本統計学会
日本経済学会

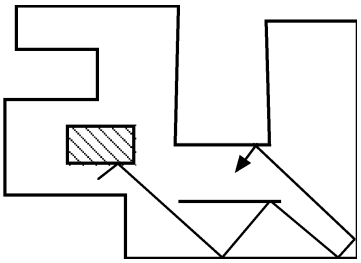
委員等　：元 日本統計学会 理事
元 日本統計学会 和文誌 編集委員長
元 日本学術会議 連携委員

産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

ランダム現象がもたらす秩序と決定論的な系から生ずるカオス現象

研究内容





●決定論的およびランダム力学系の研究

・水の入ったグラスにインクを一滴たらすと時間の経過とともにグラス全体に拡散して一様に行き渡る。一つ一つの分子のレベルで見ると水の中を予測できないような動きをしており、ランダムで、秩序があるとは思えないにも関わらず、その総体がもたらす現象はとても規則正しい。一方、右図のように壁で閉鎖された部屋の中を壁に反射しながら一定の速度で運動する質点の運動は、最初に動き出す方向が決まれば、何時間後にどこをどの方向に質点が動いているかが完全に予測できるはずだが、初期データをサンプルデータとする確率過程としては相等に複雑で、いわゆるカオス現象をもたらす。

・これら二つの対極的な系に類する様々な数学的モデルの性質や相互の関係を、熱力学由来の数学的形式論を用いて解析し、そのメカニズムを解明するという研究を行なっている。

・得られた結果を代数学や幾何学のような純正数学に応用することも試みている。

新規性・優位性

▶確率現象と決定論的力学系の様々な数理モデルに対して、それぞれの個性に重点を置いた研究に基づいて、それらを統一的に扱う枠組みでの研究を行なっている。

▶数学の理論を他の分野に応用しようとする方向の研究とは逆に、現実に生ずる現象から抽出した性質をもつ数理モデルを用いて得られた結果を代数学や幾何学といった純正数学に応用する点が特徴的。

応用・活用例

＜予測困難な数理現象の長時間挙動に関する研究＞

●分子運動論、熱力学、情報理論、数理ファイナンスと関係する力学系や確率過程を扱う研究で、純粋数学の範疇に属するものの、VUCA(変動性、不確実性、複雑性、曖昧性)の時代への理論的対応のヒントを与える可能性を期待している。

盛田　健彦　　所属学会：日本数学会

教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

産学官連携オフィス　✉ sangakukan@otemon.ac.jp

データの分析方法を開発・提案する統計学の研究

研究内容

●統計学の研究

・データ分析の手法を開発する理論的な研究と、実際のデータを用いた応用的な研究の双方に従事している。

●理論研究（数学における研究）

・時系列解析、多変量解析、モデル選択、時空間統計解析、スパース推定といった統計学分野において、数理統計学の視点から新たな分析モデルの開発などを行っている。現在は特にスパース推定を用いる時空間統計解析の手法に焦点を当て、様々なデータへ適用するための分析モデルの構築を目指している。

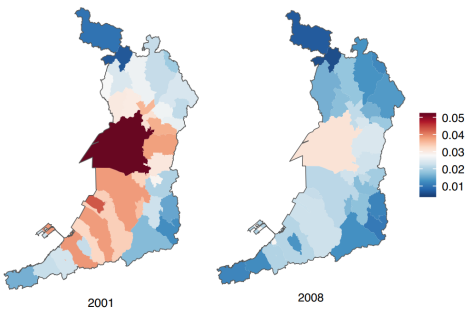
●応用研究（データサイエンスにおける研究）

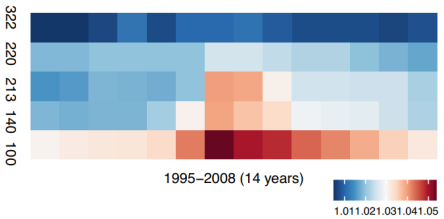
・現実のデータを収集し、統計的手法およびアルゴリズムを用いて問題解決を図ることを目標としている。共同研究の一環として、データの前処理、分析モデルの提案・検証、結果の解釈といった工程を担当している。

時空間統計解析の分析例

大阪府の犯罪率

（左:2001年，右:2008年）





1995-2008年 犯罪率の変化

(上から，能勢町，箕面市，泉佐野市，堺市，大阪市)

新規性・優位性

▶理論と応用の双方の研究に取り組んでいるため、統計分析手法を構成する数学的な背景を深く理解した上でデータ分析を行うことが可能である。これにより、分析過程で生じる不具合に対しても適切に対応し、問題解決に努めることができる。

応用・活用例

＜データ分析を必要とする分野や組織との研究、社会貢献活動＞

●厚労省との医療介護問題に関する調査研究／広島・長崎原爆放射線の健康影響に関する調査研究／クジラの回遊と身体状態に関する国際捕鯨委員会への報告研究

●大学内や学外者への統計相談／小・中・高等学校での数学の特別授業

山村　麻理子

准教授

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：日本統計学会
地理情報システム学会

委員等　：日本統計学会誌 和文誌 編集委員
応用統計学会 奨励論文賞 (2011)
International KES-IDT International Programme Committee (2022-2023)

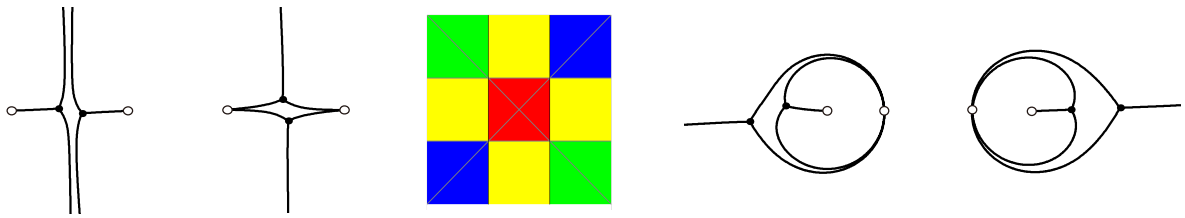
産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

古くから研究されている微分方程式について新たな発見をしたい

研究内容

●微分方程式についての研究

・自然科学をモデル化するときによく現れる微分方程式について研究をしている。微分方程式には具体的に解を書き下すことが困難なものがあり、私が扱っている微分方程式もWKB解と呼ばれる解を構成することができるが、一般的に発散する。そこで解の性質（大域的性質と呼ばれる。）を調べることが可能であるBorel総和法と呼ばれる手法を扱う。この手法を用いてWKB解に数学的な意味づけを行うのが完全WKB解析である。私は古くから様々な分野で研究されている超幾何微分方程式について完全WKB解析の立場から研究を行い、WKB解と超幾何微分方程式の解の関係やグラフの分類（図参照．色ごとにグラフの形状が異なり左右にあるグラフがその例である。）などの研究に取り組んでいる。



新規性・優位性

▶私の研究対象である完全WKB解析は大きなパラメータを含む微分方程式の解を扱うため、パラメータに関する漸近解析への応用も期待できる。例えば車と道をパラメータとしたとき多くの車がある条件の基、長い道を走るときの平均速度を完全WKB解析から求められると期待する。このように純粋数学の分野である私の研究も世の中に活躍できる結果が得られると期待する。

応用・活用例

＜パラメータに関する漸近解析の研究・自然科学への応用＞

●車の交通流への活用
●粒子の交通流モデルへの応用

反田　美香　　所属学会：日本数学会

講師

理工学部
数理・
データサイエンス学科

産学官連携オフィス　✉ sangakukan@otemon.ac.jp

関数の無限和を道具とする数学理論の研究

研究内容

●フーリエ解析やウェーブレット解析をキーワードとする数学理論の研究

・フーリエ解析やウェーブレット解析に関連する数学理論について研究をしている。例えば、関数がウェーブレット（さざなみを表す言葉）と呼ばれる関数の無限個の和で表すことができるための条件について研究をしている。この研究の意義は、関数をウェーブレットの無限個の和で表すことができるとき、その表現式における係数の情報から元の関数がもつ滑らかさなどの特徴的な情報を引き出せることである。
このような「関数の無限個の和」は解析学の理論の発展に貢献してきた。例えば、どの点においても微分不可能な連続関数は関数の無限個の和で表せる。（右図を参照）

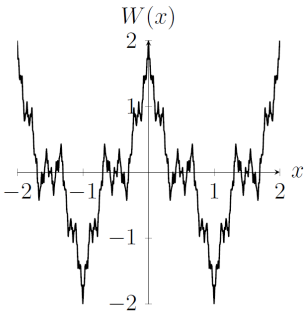


図 A: どの点においても微分不可能な連続関数 $W(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^n} \cos(3^n x)$ のグラフ

新規性・優位性

▶関数解析学や関数空間論における論文を多数出版しており、これらは第三者により執筆された本や論文に多数引用されている。
▶信号処理などの工学系分野で応用されているフーリエ解析などの実用的な数学は、複素数に値をとる関数に対する微分積分（複素解析学）の知識が必要となる場合が多い。共同研究者との共著で複素解析学の本（[詳解]複素解析学、日本評論社）を出版している。

応用・活用例

＜工学・情報系分野への応用＞

●数値計算、AI・データ解析の数理への応用研究、確率微分方程式

野井　貴弘

講師

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：日本数学会
International Society for Analysis, its Applications and Computation

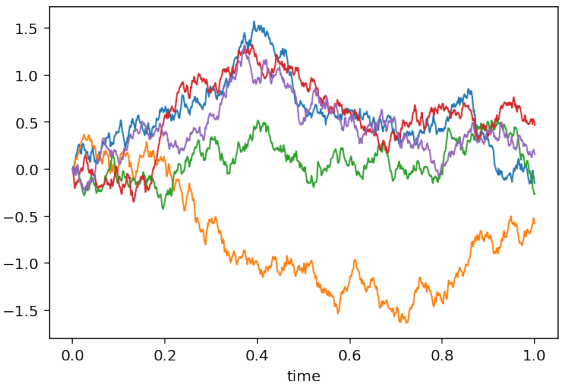
産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

確率解析―ランダムで微分できない関数についての微積分学

研究内容

●経路ごとの確率解析

・時間経過にともない滑らかに変化する現象を調べるためには、微分積分学や微分方程式といった手法が用いられる。一方、世の中にはランダムなノイズの影響により、非常に複雑で滑らかでない変化をする現象も数多く存在する。その典型例はブラウン運動と呼ばれる微小な粒子の運動で、最も重要な確率過程の一つである。この手の現象と通常の微積分学はあまり相性がよくないが、確率積分や確率微分方程式という確率論的な手法を用いると調べることができる。確率過程に関するこれらの解析手法は、確率解析と呼ばれている。確率解析においては現象の背後にある確率分布が重要であるが、それを正確に推定することは容易ではない。そのため、確率分布の選択によらない形で確率解析の理論を展開することが、一つの重要な課題となっている。私もそのような観点から確率解析の研究を行っている。



ブラウン運動の経路

新規性・優位性

▶本研究では、経路ごとの確率解析のうち、主にファイナンスへの応用に適した手法の発展を目指している。

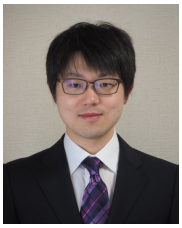
▶本研究では、連続なパスに比べるとこれまで十分に調べられていない、ジャンプを持つような経路を中心に扱う。これはファイナンスへの応用上も重要である。

応用・活用例

＜ファイナンスの問題への応用＞

●資産価格過程の確率分布がわからない状況に適用可能なファイナンスモデルの構築

●従来のセミマルチンゲールモデルで扱うことができないような現象を扱うためのモデルの構築



平井　祐紀　　所属学会：日本数学会

助教

理工学部
数理・
データサイエンス学科

産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**

論理学から人工知能まで

研究内容

●論理学・論理推論の研究

・数学における記号論理を基礎として、アナウンスや命令といったコミュニケーションの行為が知識や義務の状態をどのように変化させるのかを推論する「動的認識論理」と呼ばれる論理の研究を行っている。また、システムとユーザが対話をしながら論理的な推論を進める枠組みに関する研究を理論と実装ともに行っている。

●自然言語処理に関するの研究

・ChatGPTのような言語モデルの能力向上に関する研究を行っている。たとえば、専門用語を学習させることで専門的な文書を取り扱えるようにしたり、外部の情報を参照しながら質問に回答させたりする研究である。また、言語モデルの論理的な推論能力の向上にも興味を持っている。

2.1 Epistemic Logic

Epistemic Logic is a kind of modal logic which is used to reason about knowledge, belief, preference and so forth. Its mathematical treatment is the same as that of ordinary modal logic.

Definition 2.1.1. Let $\mathcal{P}$ be a set of *atomic propositions* and $\mathcal{E}$ a set of *epistemic expressions*. The language $\mathcal{L}(\mathcal{E})$ is defined by the following rule:

$$\varphi ::= \top \mid p \mid \neg\varphi \mid \varphi \vee \psi \mid \langle e \rangle \varphi,$$

where p ranges over $\mathcal{P}$ and e over $\mathcal{E}$. ⊣

Here, $\langle e \rangle$ is generally called a *modality* or an *operator*, while in the context of epistemic logic we call it an *epistemic operator*. The dual operator $[e]$ of $\langle e \rangle$ is given by $\neg\langle e \rangle \neg$. The boolean connectives $\wedge$, $\rightarrow$ and $\leftrightarrow$ are defined as usual. The intended meaning of $[e]\varphi$ varies from logic to logic: for example, agent e knows, belives or prefers φ.

新規性・優位性

▶数学・論理学の研究および自動推論の研究のバックグラウンドをもち、論理推論に関して理論を中心に実装も研究している。

▶自動推論および自然言語処理に関して、大手電機メーカーでの研究開発経験があり、業務発明としていくつかの特許を取得している。

応用・活用例

＜論理推論と自然言語処理に関する研究＞

●論理学に基づいた論理推論方式の提案とその妥当性の理論保証

●結果や痕跡から原因や全体像を仮説する推論システムにユーザがフィードバックを与える方式の提案と適切な仮説に収束することの理論保証

●大規模言語モデルを用いた組織内の文書に関する質問応答システムなどへの応用

本浦　庄太

助教

理工学部
数理・
データサイエンス学科

所属学会：日本数学会
人工知能学会
言語処理学会

委員等　：米国数学会 “Mathematical Reviews” Reviewer
「JSAI2025全国大会」大会委員

産学官連携オフィス　✉ **sangakukan@otemon.ac.jp**