

MIMS/CMMA News Letter



明治大学
先端数理科学インスティテュート (MIMS)

Meiji University, Meiji Institute
for Advanced Study of Mathematical Sciences (MIMS)



文部科学省 共同利用・共同研究拠点
「現象数理学研究拠点」(CMMA)

MEXT Joint Usage / Research Center
"Center for Mathematical Modeling and Applications" (CMMA)

VOLUME

03

October
2015

発行者

明治大学 先端数理科学インスティテュート

〒164-8525 東京都中野区中野4-21-1 明治大学中野キャンパス 高層棟8階

Tel: 03-5343-8067 / FAX: 03-5343-8068

Web site: <http://www.mims.meiji.ac.jp/index.html>

Leader Message

共同利用・共同研究拠点運営委員会

拠点運営委員会委員長 杉原厚吉

MIMSが共同利用・共同研究拠点到認定されたことを受け、MIMS所長の諮問機関として共同利用・共同研究拠点運営委員会が設置され、拠点の運営に当たっている。運営委員は、明治大学から4名、学外から8名の12名から成る。文理融合を推進するために、数学・数理科学に加えて、心理学、経済学、脳科学、計算科学、社会科学、数理生物学、複雑系科学、確率・統計学などの分野に渡って委員をお願いした。

拠点運営委員会の主な任務は、拠点運営にかかわる長期的戦略について所長に提言すること、および共同研究集会などの公募に対する申請を審査して、採択すべきものを決めることである。共同研究集会については、2014年度は6件、2015年度は7件を採択している。その中には、感性工学システム、反応拡散方程式と時空間パターン、生物の動的集団の形成、折り紙科学などの話題、さらに錯覚の数理的手法と心理学的手法を対比させ融合の道を探る国際研究集会なども含まれている。さらに、2015年度からは共同研究集会を研究集会型と共同研究型の二つのカテゴリーに分離し、共同研究型の募集をスタートさせた。

本拠点は、現実世界の複雑現象を数理モデリングによって理解し、それを応用する現象数理学に焦点を合わせている。特に、支配方程式が確立されていないために数理的手法の浸透が遅れている社会現象、生物・生命現象をもカバーする文理融合型の共同研



究の推進に力を入れている。運営委員の専門分野に広がりをもたせたのもそのためであるし、共同研究集会の採択においてもこれを重視している。

MIMSは決して大きな研究組織とは言えないが、本拠点作りの基盤となったグローバルCOEプログラム「現象数理学の形成と発展」を通して培ってきた社会現象、生物・生命現象をも対象とした数理モデリング手法の研究実績の特徴を生かし、国内の共同利用・共同研究拠点としてのみならず、国際的にも最先端の拠点としての役割を果たしていく所存である。

都心に近くアクセスの便がよいという本拠点の地の利を最大限に生かして、数学・数理科学分野の多くの方々に共同研究集会の提案をいただけることを願っている。

関係各位の御支援、御鞭撻を心からお願いする次第である。

融合研究プロジェクトの紹介

2015年度MIMSの主な研究活動は自然科学、社会科学分野にまたがって5つの融合研究プロジェクトである。

本号ではそれら5つのプロジェクトの中から2つを紹介する。

「人とデジタル製造と数理の融合研究プロジェクト」

“Interdisciplinary Research Project for Mathematical Sciences, Human, and Digital Fabrication”

プロジェクト・リーダー：荒川 薫(MIMS所員／総合数理学部・教授)

新しいモノ作りのあり方の提案とその社会実装を行い、私達の暮らしに精神的満足感を与えると共に持続可能な社会を実現するために、人とデジタル製造と数理の融合研究プロジェクトを発足させた。このプロジェクトは、文部科学省/JSTの事業「革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)」に2013年にトライアルとして採択され、2015年から正式にCOIとしてスタートした研究プロジェクト「感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点」において明治大学が担当する研究に基づいたものである。

このプロジェクトでは、18世紀の産業革命以来、人々に浸透した大量生産大量廃棄のモノ作りを改め、個々の人が、自分が本当に満足できるものを一つずつ自ら作成して使用するという新しい形態のモノ作りを提案する。このようなモノ作りとして、従来ではオーダーメイドがあるが、オーダーメイドは費用と時間を大幅に要するため、一般の人々が日々使う物に適用するのは難しい。もちろん、昔は皆、自分の身の回りのものは自分で作ったが、従来技術によって作られるものは、ごく簡単なものに限られ、仕上がりも洗練されていない。

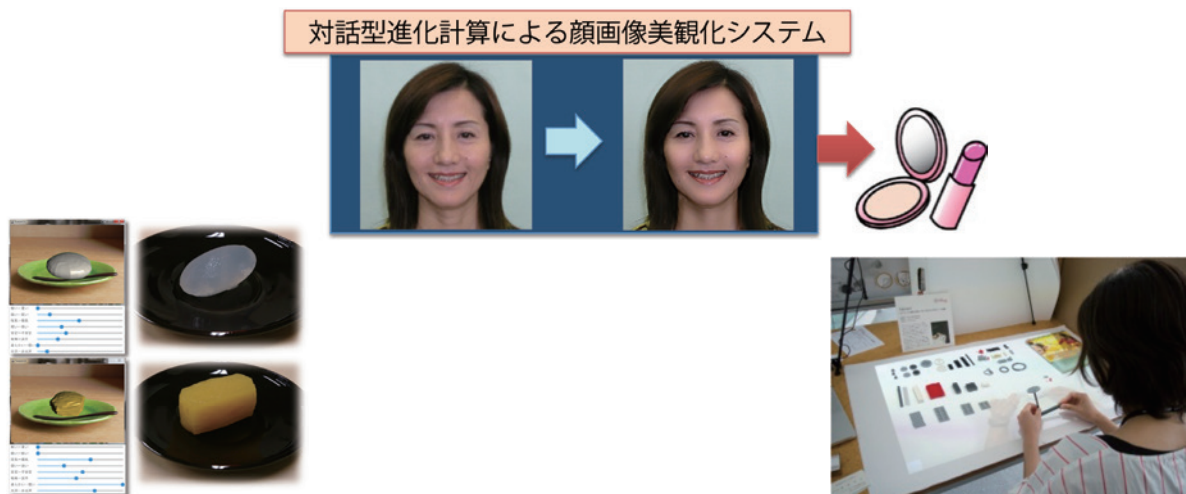
しかし、近年の3Dプリンタに代表されるデジタルファブリケーション技術の発展により、一般の人がモノの製造を比較的に簡単に行うことができるようになってきた。これは、アクセサリやスマートフォンケースのような身近なものから自動車の部品や建造物まで、従来は専門の製造業者でないと作られないようなものを一般の生活者が、ある程度洗練された品質で作ることを可能とする。

このように、一つ一つ、個人の理想のモノを作れるようになると、大量生産による商品の売れ残りが発生せず、また人々は皆モノを大事に使い、モノの廃棄も減って、地球資源の枯渇を防ぐことにも貢献する。

しかし、ここで問題になるのは、一般の人がどのようにして自分が本当に満足できるものを3Dデータとして具現化するかである。現在は、インターネット上で誰かが用意してくれた3Dデータをそのままダウンロードして使うだけであるが、それでは、既製品を買うのとそれほど変わらない。

そこで、本研究プロジェクトでは、個人が、本当に欲しいと思う物を自らデザインし、作ることを支援するためのクリエイティブインタラクション技術の研究開発を数理学ととの融合により行う。人の感性の数理モデルに対して、インタラクティブな技法を導入し、各個人の嗜好を反映した最適な物体デザインを行うための方式を研究開発する。これにより、これまでの大量生産・大量廃棄が行われてきた消費社会を改め、人々が心から満足できる物を手に入れ満ち足りた生活を送ることができる社会の実現を目指す。

本研究は、明治大学総合数理学部やMIMSの教員が中心となり、COIプロジェクトと一緒に押し進める慶應義塾大学、関西学院大学、山形大学の研究者達と連携し、複数の企業も巻き込んで実施される。



「折紙科学と計算科学融合研究プロジェクト」

“Interdisciplinary Research Project for Mathematical Sciences and Origami-Based 3D Printer”

プロジェクト・リーダー：萩原一郎(MIMS所長／研究・知財戦略機構)

オバマ大統領も革命を起こすとしている積層型3次元プリンター（以下、Lay3D）は、日本人が最初に発明したものだが「役に立たない」との評判から製品化を諦めた。しかし、ある米国人は「必ず物になる」と確信し、製品化の努力を続け今日の状況をきたしている。Lay3Dと20世紀の豊かさを齎した型製作の関係を図1のリバースエンジニアリング（以下、RE）の流れで見る。REは製造現場で最も広く使用されている技術である。まず、対象物を写真で撮ると無数の散乱点が得られる。散乱点を使って表面の三角形メッシュ（以下、STLデータ）が作られる。Lay3Dには、このSTLデータが使用される。コンピューターはSTLデータができて初めて構造形状の認識が可能となる。CADには3次式以下の有理関数を使用されるから、構造全体を一つの関数で表現することはできない。いくつかにセグメントされ、各セグメントが3次式以下の有理関数で表現されたCAD パッチ同士を必要な滑らかさで接続し構造全体のCADとなる。型はこのCADで製作される。前置きが長くなったが、本研究の折紙式プリンター（以下、Ori3D）は、このセグメント技術を用い、各セグメントの2次元展開図を求めて各セグメントを3次元に起こし接合するもので、図1に見るように第3の製法である。折紙も山線・谷線付の2次元型紙から生成されるが、通常、2次元展開すると重なりが生じるため重なりが生じないよう適切に構造を近似した一つの展開図が作られる。一つの展開図で作れるように構造を近似し、しかもその山線・谷線を作る能力は素晴らしくORIGAMIと国際語にもなっている所以ではあるが、実物通りのものが要求される製造現場では所謂折紙ではダメなのである。図2に折紙式3Dプリンターの工程と、完成品のぬいぐるみと積層型プリンター製との比較を示す。図3で、反転螺旋型円筒折紙構造(RCS)でOri3DとLay3Dを比較する。Ori-3Dで得られる同図(I)は、折紙の展開収縮機能を有すが、同図(III)のLay-3Dで得られるものは動かない静物である。このRCSは、元々は右端の同図(V)の折紙式2次元展開図で得られたものであるが、一般にはこの展開図を思い描ける人は非常にまれである。しかし、RCSの3次元データがあれば、Ori-3Dで同図(IV)の展開図が得られる。同図(II)は、同図(IV)の展開図を基にアルミ材で作ったものである。紙の場合、同図(IV),(V)の展開図から同図(I)の3次元構造の作製は容易だが、アルミの場合は、同図(IV)からの方が同図(V) からより圧倒的に造り易い。Ori3Dでは、無数の組み合わせの2次元展開群が得られる。人間より、器用さの劣るロボットでも折れる2次元パターンの組み合わせも得られており、これまで不可能とされていた折紙ロボットも現実味が帯びて来る。本科研の目的は、折紙ロボットを実現し、我々の手で図1に示す、まさに第3の製造法を確立することである。積層型の二の舞は避けたい。

科学研究費基盤研究(A) (平成27年度～29年度)
「3D折紙式プリンターシステム」構築のための折り易い展開図とロボットの開発

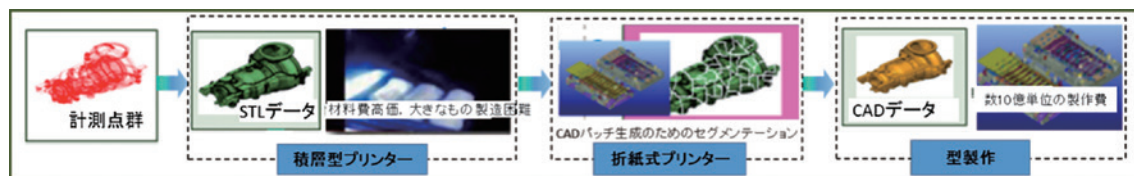


図1 リバースエンジニアリングの流れから見た3つの製造法

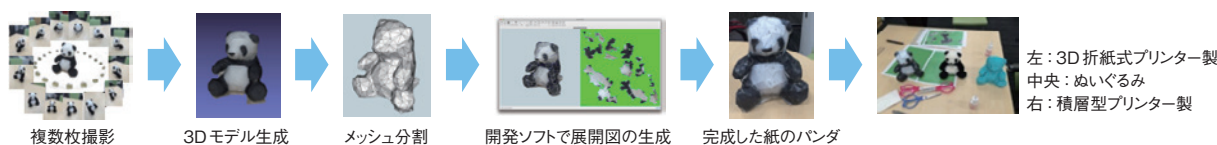


図2 折紙式3Dプリンターの工程と、完成品のぬいぐるみと積層型プリンター製との比較

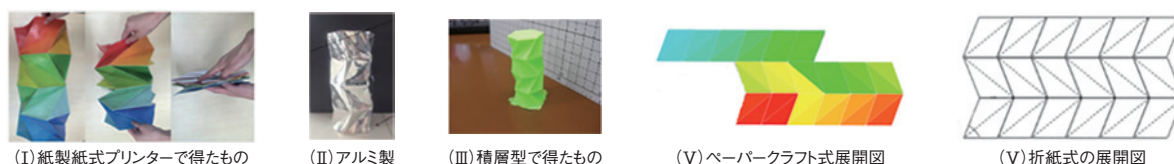


図3 反転螺旋型折紙構造の2種類の2次元展開図と折紙式と積層型プリンター、で得られたもの比較

現象の共通原理を導く縮約理論

池田幸太

(明治大学 総合数理学部/MIMS所員 講師)



自然界は複雑で多様性に満ちています。現象を数式によってモデル化し、全く異なるように見える現象のなかに普遍的な法則を見つける。また、数式を通じて現象のメカニズムを深く理解し、その本質を解明していく。それが現象数理学における数学の重要な役割でしょう。

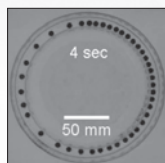
反応拡散方程式はその成功例の1つでしょう。イギリスの数学者・チューリングのアイディアに基づいた「チューリングパターン」が特に有名です。反応拡散方程式は相互作用と拡散を組み合わせた単純な式で構成されますが、自己組織的な時空間パターン、すなわちチューリングパターンを生成します。この事実は1990年代に入り一気に注目されます。観察や実験を通じて、チューリングパターンが生物に備わっている可能性が示唆されたのです。実際、サザナミヤッコ、ゼブラフィッシュといった魚の体表模様とその生成過程は、チューリングパターンに酷似しています。チューリングパターンは全く異なる現象にも登場し、例えば緑地が砂漠化する過程で地表に現れると指摘されています。

反応拡散方程式が生み出すもう1つの代表的な時空間パターンはパルス波でしょう。神経パルス波を再現するフィツヒュー・南雲方程式、BZ反応を表すオレゴネーターにはパルス波が現れます。他にも、樟脳船の運動における樟脳分子の分布をパルス波と見なせます。実は樟脳船が複数個存在すると、「渋滞」と同等の挙動を示します。この事実は末松J.信彦氏(MIMS所員)らによって実験的に観測されました。ここで私は、樟脳船と車の渋滞の関係性に注目しました。そもそも渋滞は車が引き起こす現象として有名ですが、数理科学的な研究によりその発生メカニズムの解明が進んでいます。したがって、樟脳船と車のメカニズムにおける類似性を指摘できれば、現象の共通原理を導くことができます。私は「中心多様体縮約」という理論を用いることで、樟脳船の運動を記述する単純なモデルを導出しました。このモデルはOVモデルと呼ばれる車の運動を記述する方程式と共通した性質を数多く持ちます。したがって樟脳船と車の運動は共通原理によって支配され、樟脳船が「渋滞」することが分かりました。

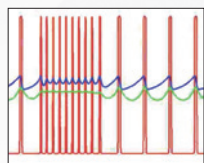
私は樟脳船において得た結果をさらに推し進めるべく、フィツヒュー・南雲方程式やそれに類する反応拡散方程式におけるパルス波の集団運動と「渋滞現象」の関係性について現在調べています。車、樟脳船、パルス波はともに自己駆動粒子として振る舞い、互いに相互作用を及ぼします。したがって同等のメカニズムが存在するはずですが、残念ながら、これまで私が研究した限りでは、フィツヒュー・南雲方程式におけるパルス波は渋滞を引き起こしません。果たしてパルス波は渋滞を引き起こすのか、そのメカニズムとは何か。疑問は深まるばかりです。



車の渋滞



樟脳船の渋滞



パルス波の渋滞

引用元

Figure 1: 車の渋滞

<http://iopscience.iop.org/1367-2630/10/3/033001/fulltext/#nj265378fig4>

Figure 2: 樟脳船の渋滞

<http://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.81.056210#supplemental>

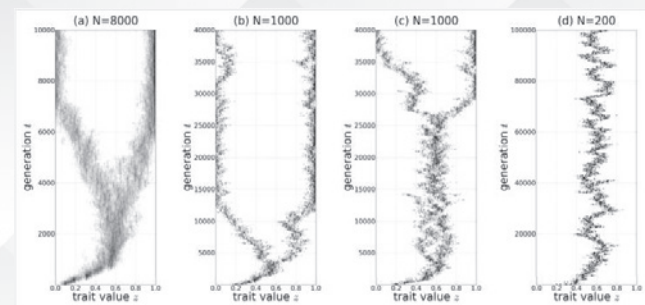
生物の進化と数学

若野友一郎

(明治大学 総合数理学部/MIMS所員 准教授)



私は生物の進化を数学を用いて解明するという研究をしています。皆さんご存知のように、現在、生物の進化を説明する科学理論として最も有力なものは、ダーウィンが唱えた自然選択説です。ダーウィンは、生物界においては生まれてきた子供のうち、ごく一部のものだけが生き残り、さらにごく一部のものだけが繁殖して子孫を次世代に残せるという事実から、自然選択が優れた遺伝子を選び出すというプロセスを繰り返した結果として、現在見られるような生物の驚くべき適応(キリンの首や魚の鱗など)が生まれたと主張しました。「優れている」とは、ダーウィンの進化理論では、「たくさんの子孫を残せる」という意味です。生物は互いに複雑な相互作用の中で生きていますから、どのような形質を持てば優れているかは、必ずしも明らかではありません。ジャンケンを考えれば、相手がグーを出すのと分かっていたら、パーを出す遺伝子が優れていることになりませんが、相手が何を出すかが分からない状況では、なにが優れているかが、簡単ではありません。このような状況を考える理論は、ゲーム理論と呼ばれ、経済学において誕生したのち、直ちに進化生物学にも応用されました。また別の問題として、偶然によってたくさん子孫を残しても、ダーウィンの定義によれば優れていることになります。このことは、大型哺乳類や絶滅危惧種のような、個体数が少ない生物では特に重要です。極端な話として、10個体しかいない種があったとすると、10個体すべてが等しい能力を持っていたとしても(すなわち、どの個体も平均すれば1個体の子供を残せるとしても)、偶然によって数世代後には、誰か1個体の子孫だけになってしまいます。このような揺らぎは、進化生物学では遺伝的浮動と呼ばれ、20世紀初頭から盛んに研究されてきました。そこでは主に、確率論の数学が使われています。また、ダーウィンの進化理論が論理的に正しく働くためには、突然変異によって常に親とは異なる遺伝子が生まれてくる必要がありますが、ここにも偶然の要素が潜んでいます。このように、生物の進化の中には、ゲーム理論や確率論が活躍する要素がたくさん入っており、それらを駆使することによって、生物の進化の理論がより進むと考えています。



自然選択は、1種類の生物集団を2種類に分裂させる効果を持つことがあります(進化的分岐)。この現象が起きるためには、個体数Nが十分大きい必要がありますが、その個体数が何個体程度なのかを示したのが、このシミュレーション結果です。横軸zは生物の形質値を示しており、縦軸は時間です。突然変異・ゲームの自然選択・遺伝的浮動がコンピュータによってシミュレーションされています。図の黒の濃さが、各瞬間にどのような形質値を持った個体が何個体くらいいるかを示しています。個体数が十分大きいとき(N=8000)には、確率的な揺らぎを無視した理論が予測するとおり、進化的特異点(この例ではz=0.6)に集団が到達するや否や、進化的分岐がおきます。一方で、個体数が中間的な場合(N=1000)では、進化的分岐が速やかにおきる場合と、かなり長い待ち時間ののちにおきる場合があります。これは確率的な揺らぎの影響です。個体数がさらに小さい場合(N=200)には、進化的分岐が起きなくなります。この最小個体数は、ゲーム理論と確率論を用いて導くことができます。

ポスト・ドクターの紹介、MIMS Ph.D.プログラム学生の紹介

●MIMS.Ph.Dプログラム学生 Part II (D1, D2,)



Supanut Chaidee (最終学歴: Master of Science (Mathematics). Faculty of Science, Chulalongkorn University)

研究課題: Mathematical Modeling and Analysis of Fruit Skin Patterns

チームフェロー: 杉原厚吉(主/モデリング), 砂田利一(数理解析), 上山大信(シミュレーション)



Thai Thao Phuong (最終学歴: Master of Science, School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology)

研究課題: Origami robotic for industrial application

チームフェロー: 萩原一郎(主/シミュレーション), 三村昌泰(モデリング), 小川知之(数理解析)



仲小路博史 (最終学歴: 東京理科大学大学院理工学研究科情報科学専攻 修士)

研究課題: サイバー攻撃のプロファイリング技術の研究

チームフェロー: 菊池浩明(主/モデリング), 二宮広和(数理解析), 池田幸太(シミュレーション)



山口通智 (最終学歴: 東北大学大学院情報科学研究科 修士(工学))

研究課題: CAPTCH のバリアフリー化に関する研究

チームフェロー: 菊池浩明(主/モデリング), 二宮広和(数理解析), 杉原厚吉(シミュレーション)



奥野拓也 (最終学歴: 広島大学大学院理学研究科数理分子生命理学専攻 修士(数理))

研究課題: 個人の購買行動に関する研究

チームフェロー: 中村和幸(主/シミュレーション), 田野倉葉子(モデリング), 二宮広和(数理解析)



新原功一 (最終学歴: 情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 情報セキュリティ専攻 修士(情報学))

研究課題: 悪意のある内部犯の検知手法の研究

チームフェロー: 菊池浩明(主/モデリング), 中村和幸(シミュレーション), 田野倉葉子(数理解析)



Kabir Muhammad Humayun (最終学歴: Master of Science, Department of Mathematics, University of Milan)

研究課題: Mathematical Modeling of Vegetation Patterns and Desertification

チームフェロー: 三村昌泰(主/モデリング), 小川知之(数理解析), 上山大信(シミュレーション)



楊 陽 (最終学歴: Master of Engineering, School of Software Engineering, Huazhong University of Science and Technology)

研究課題: Study on the finite element modeling of the paper structure and simulation of the paper sheet during the printer transportation process

チームフェロー: 萩原一郎(主/シミュレーション), 中村和幸(数理解析), 三村昌泰(モデリング)



Julian Andres Romero Llano (最終学歴: Bachelor of Mechatronic Engineering, Department of Mechatronic Engineering, Universiad Autonoma de Occidente)

研究課題: Kansei Analysis Based on Brain Signals Using New Optimized Control Model

チームフェロー: 萩原一郎(主/シミュレーション), 杉原厚吉(数理解析), 荒川薫(モデリング)

【セミナーイベントリスト】

CMMA Colloquium (No.014)

第14回現象数理学コロキウム

「自己組織化再考」

日時: 2015年7月3日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

講師: 津田一郎 (Ichiro Tsuda) (北海道大学)



CMMA Colloquium (No.015)

第15回現象数理学コロキウム

「機械による数学 ―人工知能は数学者になれるのか?」

日時: 2015年9月18日

場所: 明治大学 中野キャンパス 高層棟3階 307教室

講師: 新井紀子 (Noriko Arai) (国立情報学研究所)

第3回MIMS/CMMA Lecture Series

“Mathematical approach of the individual and

collective decision process in social networks”

-A continuous PDE modelling idealizing the spread of the decision in discrete social networks.

Application to the alimentary choice in obesity spread.

日時: 2015年9月24, 25日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

講師: Jacques Demongeot (Université Joseph Fourier

- Grenoble)

自己組織化・錯覚と数理の融合プロジェクト合同セミナー

【反応拡散と錯視】

日時: 2015年6月26日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

「フットステップ錯視とその周辺」

講師: 杉原厚吉 (Kokichi Sugihara) (明治大学/ MIMS

所員)

「反応拡散系に現れるパターンを捉える」

講師: 三村昌泰 (Masayasu Mimura) (明治大学/

MIMS所員)

「錯視現象への非線形科学的アプローチ」

講師: 三池秀敏 (Hidetoshi Miike) (山口大学)

「FitzHugh-Nagumo 方程式による視覚の時間周波数特性

の再現とモーションシャープニング現象」

講師: 長 篤志 (Atsushi Osa) (山口大学)

第13回 自己組織化セミナー

「脳由来の自己駆動素子の環状水路上での集団運動に対

する実験的・数理的考察」

日時: 2015年9月12日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

講師: 井倉弓彦 (Yumihiko Ikura) (北海道大学)

MIMS 錯覚と数理の融合研究セミナー

“Can touch correct visual illusions?”

日時: 2015年7月8日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

講師: Qasim Zaidi (Graduate Center for Vision

Research, State University of New York, USA)

MIMS 錯覚と数理の融合研究セミナー

“Visual perception of 3D-mirror and 3D-rotational

symmetry”

日時: 2015年7月30日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

講師: Tadamasawa Sawada (School of Psychology,

Higher School of Economics in Moscow, Russia)

第6回CMMA 月例セミナー

“Approach to Design of Mechanical Devices Using

Foldable Structures”

日時: 2015年7月13日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

講師: 石田祥子 (Sachiko Ishida) (明治大学/ MIMS

研究員)

第7回CMMA 月例セミナー

“Fragility of Monocular Vision Suggested by a

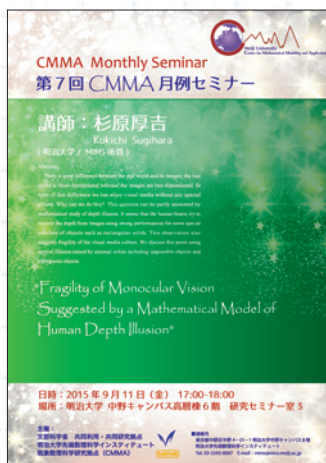
Mathematical Model of Human Depth Illusion”

日時: 2015年9月11日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

講師: 杉原厚吉 (Kokichi Sugihara) (明治大学/ MIMS

所員)



MIMS 現象数理学カフェセミナー

“A reaction diffusion model for understanding

phyllotactic formation”

日時: 2015年6月24日

場所: 明治大学 中野キャンパス 8階

講師: 田中吉太郎 (Yoshitaro Tanaka) (明治大学/

MIMS Ph.D.)

MIMS 現象数理学カフェセミナー

“Continuous flattening of polyhedral surfaces”

日時: 2015年7月22日

場所: 明治大学 中野キャンパス 8階

講師: 奈良知恵 (Chie Nara) (明治大学/ MIMS研究員)

共同利用・共同研究拠点

MIMS 現象数理学拠点 共同研究集会

【錯覚と数理の融合研究ワークショップ】

日時: 2015年9月7, 8日

場所: 明治大学 中野キャンパス 研究セミナー室3

「ストライプ線を用いた渋滞対策案とホロウマスク型錯視立

体の数理創作」

講師: 友枝明保 (Akiyasu Tomoeda) (武蔵野大学/

MIMS研究員)

「錯覚のメディア応用」

講師: 宮下芳明 (Homei Miyashita) (明治大学/ MIMS

所員)

「視覚復号型暗号と画質」

講師: 山口泰 (Yasushi Yamaguchi) (東京大学)

「乗算的および加法的色変換による色の錯視」

講師: 北岡明佳 (Akiyoshi Kitaoka) (立命館大学)

「自然な画像・動画編集と情報圧縮」

講師: 谷田川達也 (Tatsuya Yatagawa) (東京大学)

「名前がヒトの認知に及ぼす影響」

講師: 植田一博 (Kazuhiro Ueda) (東京大学)

「ハイブリッド画像とその応用」

講師: Peeraya Sripan (King Mongkut's University of

Technology)

「『化粧写真』における撮影トリックの解説」

講師: 渡邊肇 (フォトグラファー)

「錯覚から探る認知メカニズム」

講師: 福田玄明 (Haruaki Fukuda) (東京大学)

「不可能立体の進化と映像文化への反省」

講師: 杉原厚吉 (Kokichi Sugihara) (明治大学/ MIMS

所員)