Meiji GCOE
News Letter
http://gcoe.mims.meiji.ac.jp/

明治大学グローバルCOEプログラム
現象数理学の形成と発展
Meiji University Global COE Program
Formation and Development of Mathematical Sciences
Based on Modeling and Analysis

vol. 3
March 2010

02 事業推進担当者インタビュー
三村昌泰, 草野完也, 二宮広和, 上山大信
「現象の本質はそこに現れるパターンから 取り出せるか？」

10 若手研究者インタビュー
日高徹司「自然現象の奥に潜むダイナミクスの変化を検出する時系列解析と実証分析」

11 活動記録
教育・研究活動／受賞

現象の本質はそこに現れるパターンから 取り出せるか？

**今回の事業推進担当者インタビューは形を変えて、
現象数理学GCOEプログラムの中でパターンに関わる
研究をしている４人の方に座談会形式で
今抱えている問題意識について話し合っていただいた。**

左から　草野完也先生、三村昌泰先生、
二宮広和先生、上山大信先生

—まずみなさんのご研究について簡単に説明してください。

上山　ではまず私から。パターン形成、特に動きを伴うパターン形成に興味を持っています。今特に興味を持っているのは化学反応で生じる沈殿が作り出すパターンです。実験では沈殿でパターンが出てくるまでには、場合によってはおおよそ一カ月かかるのですが、その途中がダイナミックなのです。パターンを作る要素は小さな結晶ですが、それらがたくさん集まってマクロなパターンが出来る。そのモデリングとシミュレーションによって沈殿のパターン形成のしくみを理解したいと考えています。このしくみが理解できれば、工学的な応用もあると聞いています。メカニズムが分かり、しかも制御できれば、それを使った新しいものづくりができる可能性があります。

二宮　私は反応拡散系の方程式を数学的に研究しています。反応拡散系というと化学反応かと思われますが、数理生物学とか広い意味の反応に現れる方程式です。私が扱っている研究の１つは爆発問題で、爆発の有無を調べています。「その方程式を見ただけで何が感じ取れるか」を数学で表現しようとしています。もう１つの大きなテーマは、パターンを生み出す解を数学的に作ることです。このほかに、最近はもう少し現象的なことをやろうと考えて、筋肉やスポーツのモデリングや、心臓に微細動が起きるような傷の形を調べるという研究をしています。私は、どちらかといえば必ずしも数学と現象を１つに扱っているわけではなくて、それぞれを別に見ています。

三村　僕は一番年上なのでみなさんよりは色々なことをやってきました。学生のころはソリトン（津波のような孤立波）の数値計算をやっていました。当時ですから、計算機で解を求めて、それを手書きで描いて動画を作るという、まったくの力仕事でしたが、そこで初めて現象が示すパターンの不思議さに感動しました。学位は偏微分方程式の数値解析で取りましたが、方程式に有効な数値解法とはどんなものかと考えたとき、方程式だけからでは分からなくて、その背後にある現象を知らなければ難しいことに気が付きました。そこで現象そのもの、特に現象が作り出すパターンに興味を持ったわけです。最初に手がけたのは赤潮に現れるパターンでしたが、その後生物現象に現れるパターンに興味が移っていきました。こうして、計算機による解法の研究から入って、現象に興味を抱いて解析のほうに進んでいったのです。そのうちに、この３つがうまくつながらなければ現象に現れるパターンは理解できないんじゃないかと思うようになったのです。モデリング、シミュレーション、解析の３つが一緒になることが、今回活動している現象数理学のもととなっています。

草野　現象数理学と物理学の境界領域にいていろいろな顔を持っています。研究者になった頃はプラズマの研究をしていました。実験装置の中でうまく条件を整えるとプラズマが自分自身で形を作り直す（自己組織化）現象が見られます。これは非常に面白いが非常に複雑な非線形現象なので、線形の数学では時間的変化を追うことはできません。３次元のシミュレーションにはスーパーコンピュータが必要で、大学院生の頃にやっとその第１世代が出たので、それを使って研究をしていました。プラズマの後には太陽の研究をしています。太陽の表面で起きる爆発現象（フレア）が、プラズマの自己組織化現象とよく似ていたので、天体で起きる爆発現象をいかに数値シミュレーションで解くかという研究を始めました。これは今も続けています。最近はフレアの予知に取り組んでいます。もう１つの顔は、横浜にある地球シミュレータセンターに５年ほどい

Program Member Interview

プログラム メンバー インタビュー

三村昌泰 Mimura Masayasu

所属・役職：先端数理科学インスティテュート所長
明治大学理工学部教授
専門・学位：現象数理学、工学博士・京都大学
班・研究内容：拠点リーダー（研究統括）
数理解析班・非線形非平衡現象の解析およびモデリング

草野完也 Kusano Kanya

所属・役職：先端数理科学インスティテュート所員
名古屋大学太陽地球環境研究所教授
専門・学位：シミュレーション科学、理学博士・広島大学
班・研究内容：班リーダー
シミュレーション班・
大規模階層系のモデリングおよびシミュレーション

たことがあり、地球で起きる現象、特に雲、空に浮かんでいる雲が、どう生まれて、消えていくかをシミュレーションで探る研究をしています。先ほど二宮さんが反応拡散系と言われましたが、数学的な枠組みでは、太陽表面の爆発も雲も同じです。雲は水が変化を起こしていてその中で拡散も起きている。太陽の場合は磁場と流体のエネルギー変換がある種の反応をしているのです。僕はいろんな現象をかじってまして、その共通性にも興味があります。それでMIMSにも合流させていただいています。

複雑モデルの大規模シミュレーション手法と抽象化された単純モデルの数学的手法はつながるか？

三村　ではここからはフリートークで。草野さんが言われた自己組織化とパターン形成の関係は、古くから言われていることですね。そこで聞きたいのですが、草野さんの大規模なコンピュータ・シミュレーション手法と二宮さんの抽象化された数学的アプローチは、つながるところがありますか。

草野　パターンの記述の仕方が1つ問題だと思います。物理学の世界では現象を記述するときにはミクロなものから積み上げていきますが、数学の場合にはそれは不要で、とにかくその現象を記述できればいい。例えば物理で自己組織化を考えるときには、熱力学的なアプローチと、もっと第一原理的なアプローチとがあります。プラズマの自己組織化も、基本的に（熱力学的に）自由エネルギーのようなものを定義して式を記述できれば、それを解けばある程度の形が出てきます。しかしそのアプローチでは時間的な発展は解けない。それを知りたければやはりもっとミクロなレベルで、つまり磁場とかエネルギーを考慮して解かなくてはいけない。そういう違いがあります。

三村　草野さんの研究の1つであるフレアの話は、非常に抽象化したレベルでみると、弛緩振動（注：非線形振動の1つ）みたいなものだと思うのですが。そこまで落とすと数学は入りやすくなる。でも、観測実験をやっている人には「認められない」ということになるのでは？

草野　その通りです。だから記述するときの変数に何をとってくるかがポイントです。今言われたのは、少しマクロな変数ですよね。物理の世界でも、爆発が起きる頻度を1つの変数と考えて、たくさん起きるときと起きないときの変化を比べることがあります。物理変数ではなく、そういう新しい変数を数学的な観点で見つけると新しい記述の方法が広がります。

三村　生命現象については、ミクロレベルの情報を取り入れて、非常にぼう大な変数を持つシステムを作るというボトムアップ的なやり方があります。ところが僕はどちらかというとトップダウン的で、現象を抽象化することから捉えて「これはこうなっている」と指摘する。このことから、両者はなかなかつながらないのです。

草野　例えば気象の業界では、流体力学の方程式を少数自由度にバッと落として解いたりします。何か解が出てくるが、それで気象問題が理解できるか、例えば台風の発生メカニズムが分かるか、というと、全然役に立ちません。メカニズムを表せたとして、それが雲のどんな本質をとらえているのかというと非常に言いにくいですね。「つなげる」ときに、「どこまで現象を再現できるか」あるいは「表現できるか」というつなげ方と、もっと理論的に「このミクロな方程式にはこういう変数がちゃんと出てきます」というつなげ方があると思います。

三村　その通りだけれど、それはかなり難しいのではないかと思っています。

二宮　概念をうまく取り出すことが大事だと思います。例えば（カオスの理論に登場する）ローレンツ・アトラクタは物理や化学の人たちの間でも認められているのではないですか？　もともとは流体の問題から出ているわけですし。

三村　あれはけっこう物理的なセンスで、どの項までをとったらいいかを、うまく示したものだね。物理の世界でも認められていますか？

草野　概念としてはおそらく認められていると思います。でもそれが物理現象の理解にどれほど役に立つかは疑問ですね。

三村　生物でも同じで、例えばアラン・チューリング（イギリスの数学者）が生物のビッグイベントである細胞分化や形態形成などに数理的な概念を提唱したのですが、それで生物の本質が本当にわかるかと問われると明確に答えられない。

二宮　現象を理解するための概念が足りないから、それを積み上げなければならないということですね。

三村　その通り。ただ僕はその方法論がまだないと思う。少し悲観的になったけれど、現象数理学がこれからやらなければならないのはそこのところだと思うのです。

パターンの中に本質的な情報があるのか？

上山　そういう意味では形、つまりパターンを中心に置くことはあり得ると思います。目に見えるから比較しやすい。

草野　ところが、その記述の仕方はまだ何か原始的だなと僕は思っています。生物現象ではポピュレーション（集団）で表現しますよね。

三村　それは何を見たいかが問題で、例えば

Program Member Interview

プログラム メンバー インタビュー

二宮広和 Ninomiya Hirokazu

所 属・役 職：先端数理科学インスティテュート所員
明治大学理工学部准教授
専 門・学 位：非線形偏微分方程式、博士（理学）・京都大学
班・研究内容：数理解析班・反応拡散系の解構造の数理解析

上山大信 Ueyama Daishin

所 属・役 職：先端数理科学インスティテュート所員
明治大学理工学部准教授
専 門・学 位：現象数理学、博士（理学）・北海道大学
班・研究内容：シミュレーション班・シミュレーション支援解析

僕が今やっている大腸菌のコロニー形成は、何千万ものセルが集まってできているので、現れるパターンはポピュレーションで表現するのが便利なのです。しかしながら、個々のセルの振る舞いは表現できないという欠点があるのだけれど。

草野　そうですね。ただ、観測できるものを直接記述しなくてもいいと思うのです。例えば量子力学の波動方程式（に現れる変数）は直接には観測できない。観測できるのはそのノルムをとったものです。解釈の仕方によって、我々が観測できるものが出てきたりするわけです。これを参考にすれば、「直接には観測できないが、結果として、観測可能なものが得られる（または予測できる）数学的体系を作ればよい」とも言えるのです。

三村　しかし経済現象とか生命、生物現象には物理のような第一原理がない。例えば大腸菌は、数が多いときと少ないときで振る舞いが変わり、条件によっては新しい機能やパターンが生まれたりもする。そういうものには今のところ法則がわからない。そこで僕はそれを非線形性という枠で捉えようとしているのです。

草野　気象でもそうですよ。僕らは雲を水の粒から、つまり第一原理から解こうとしているのですが、雲1個を解くのに地球シミュレータを全部使わなければならない。到底天気予報などはできません。予報をする場合は、マクロな変数でモデル化します。そのモデルは、第一原理から演繹的に導かれたものではなく、それなりに説明はあるが直感的なものです。物理学者は「第一原理から解けばおそらく全てが導かれる」と信じていますが、いつも「全て」が求められているわけではない。例えば爆発現象なら、たいていは「爆発が起きるか起きないか」だけ記述できればよく、それに足りる変数は何かを考えるわけです。ただし、爆発は非常に複雑な過程を経て起きるわけで、それを説明できる変数でなければならない。

上山　それは我々と一緒かもしれない。僕らの立場では「厳密性を外しても、現象の本質を抽出していると信じているもの」をモデルと呼ぶのです。

三村　ただ、例えば燃焼爆発を研究しているような化学工学の研究者の「爆発」と、数学者の「爆発」はものすごく違う。そして歩み寄りもない。僕が自分の簡単なモデルで爆発の話をすると、「そんな簡単じゃないよ」と一言で終わりにされてしまう。

草野　僕も経験がありますね。先ほど言った熱力学的なアプローチで、ある意味で勝手に定義した自由エネルギーを使い、それを増やした時に解がどう分岐するかを考えて、そこで爆発するんじゃないか、という説明をしたことがあります。わりとみんな興味を持ってくれたのですが、それで太陽フレア爆発が予知できるのかというと、そんなことはない。実際にそのマクロな自由エネルギー（もどき）を測ってみて、単にそれだけでは判定できないことが分かり、もっと細かいところまで見ようということになる。それでモデルがリバイスされていくのです。

上山　例えば数学でいう爆発問題は、ある種の特異点がどこにあるかを探すのだと思うけれど、パターンの立場からすると、それは変なパターンですよね。

二宮　空間パターンとしてはそうですね。でも、モデルを作る人にとっては、この方程式だったらどういうことが起きそうだと予見する、つまり数学的な経験みたいなものがモデリングに影響を与えていると思います。そういう数学的な経験を数学の中に盛り込んで行く概念を作って行きたいと思います。

三村　二宮さんは非線形偏微分方程式の研究をしているのだけれど、僕はそれを「方程式を通して非線形性を研究しているのだ」と言えるのではないかと思っています。方程式の解構造から非線形性を見るのではないのですか？

草野　非線形構造の分類ができるといいのですか。

三村　そう。例えば反応拡散系だったらこう、とか、渋滞だったらこんな非線形性がある。僕は生物学も化学の教育も受けていないのですが、その分野のモデリングをやっているのは、本当は非線形構造を解明したいから。だから対象は何でもよいわけです。

草野　ちょっと話しを戻しますが、例えばパターンを考えるときに、現象数理的な分類は何かあるのですか。

三村　それはまだないですね。AとBのパターンを比べるのに、重ね合わせてズレの量を調べて、ある程度ズレが多いと、違うとする方法を考えたことがあるけれど、例えば動物の縞模様については、この方法では同じシマウマ同士でも全部「違う」となってしまった。数学的なノルムより、もっと大らかなノルムで分類しなければいけないのだけれど、やり方が分からない。しかし、実験屋さんたちはコロニー・パターンの分類をやっていて「コロニー・パターンは5つに分類できます」といった結果を出している。これは僕から見るといかがわしい（笑）。つまりどうやって線を引くかというルールが今の所ないのではと思っているからです。

草野　なるほど。雲もそうですよ。雲の分類はたくさんあるけれど、もともとは見た目です。理論的には困りますが。僕らは第一原理からシミュレーションをするから、出来上がるまでどんな雲になるか分からないんです。シミュレーションが終わってから、やっぱり見た目で（爆笑）判断するしかない。その分類をした結果として、この雲はこういう条件からできるんだな、ということが分かる。しかし、所詮はみな雲なんですよ。もともとの方程式は全部同じ、アルゴリズムも同じなのです。

三村　だから、形を数学的に分類するのはちょっ

と難しい。形をどう定義するのかということだけでなく、錯視の問題もある。だまし絵のように、見えない物体が見えたりする。でもそれは意外に真実を見ているのかもしれない。

ーコンピュータに機械学習させたらどうですか？

草野　フレアの予測でもそういうアプローチがあります。ある時点の黒点の形や大きさを入力、フレアが起きたか起きないかを出力にして、ニューラルネットを何段階か作って何十年分もコンピュータに学習させるのです。予測させると一番当たるのはこの方法です。一方、第一原理から予測するのはほとんど当たらない。気象の問題も同様にして経験を注入していった方が予測性は高くなります。

三村　面白いね。なぜ？

草野　よく分かりません。まだ信頼性はそんなに高くないですが、確かにニューラルネットで学習させたほうが良いのですよ。

二宮　パターンの中に本質的な情報が入っているということですね。

草野　そうだと思います。

パターンから現象の本質を取り出す方法論が確立できるか

二宮　なぜそれを我々は取り出せないのですかね。

草野　フレアについていえば磁場のエネルギーがもともとの爆発の原因らしいのだけれど、それがはっきりとした形には出て来ないのです。たとえば太陽表面には磁場が突き刺さっているのですが、形として観察できるのは法線方向の磁場成分だけです。本当は、そこに流れる電流が作る水平方向の磁場がエネルギーを持っている。この形さえ分かれば予測できるかもしれない。

二宮　（黒点の）配置も関係があるのですか？

草野　配置とか大きさが関係します。大きな黒点は爆発しやすいというのは経験的に分かっている。しかし、物理的に、いや直感的にはそうだろうと思うけれど厳密には説明できない。何か僕らの知らない黒点のメカニズムとか太陽の中のいろいろな現象を反映して、黒点の大きさと電流量などには何らかの関係があるのだと思うのです。それを説明できない。

三村　以前「中国からエチゼンクラゲが日本に流れて来る場所を予測したい」という話を聞いたことがあるけれど、それは気象や海流データを使ったシミュレーションより漁師さんが決めた方がよく当たるらしい。

草野　漁師さんは何か本質を見抜いているから解ける。何をセレクションしているかが大事ですね。

三村　そう、それを数学的にはっきり示せればいいと思う。

草野　最近は、何が重要かをコンピュータ・シミュレーションでセレクションしようという研究もあります。アンサンブル的なアプローチで、いろいろなシミュレーションをやるのです。例えば「この海域だけちょっと温度を上げたらどうなるか」という風に、解のセンシティビティーを調べるのです。これはまさしく計算機実験です。僕も最近、太陽の磁場の状況を作っておいて、ここを押したら爆発するだろうか、という実験をやっています。

三村　事業推進担当者のメンバーである柴田さん（広島大学）の生体内ネットワークの研究でも同じことをしているね。ここを潰すとどのような遺伝子が発現するか、とか。すごく似ていますね。

草野　そうですね。

上山　お話を聞いて分かったのですが、そもそも「なぜマクロなモデルでうまくいくのか」ということが分かっていないのですね。トップダウンで、例えば非線形性から入っていってなぜもっともらしいモデルができてしまうのかが分からない。

三村　うん、そこで何が本質的なものか、ということを取り出せる可能性があるね。その方法を見つけなければ、これからはやっていけない気がする。つまりぼう大な情報をすべて受け入れてやるしかないという方法では、現象の本質が理解できなくなると思う。

草野　気象や宇宙天気というのも、モデリングしてマクロ変数で記述するのですが、そこはもう直感でやっている。もう少しちゃんとした数学というか、数理的アプローチでそのマクロモデルを導き出すことができると、非常に役に立つと思います。

ー自然界には人の想像を超えた不思議で美しい形や模様が存在している。しかしながら、それがどのような仕組みでできたのか、そしてそれによってどのような機能が現れるのかといった非常に素朴な疑問はまだまだ明らかにされていない。パターンの科学はその素朴な疑問に答えようとしている。

― 2009年度採択「現象数理若手プロジェクト代表者」に聞く ―

【現象数理若手プロジェクトとは】
現象数理学を実践する若手研究者育成のため、若手研究者自らがコーディネーターとなって、現象数理学分野の研究者を組織して実施するプロジェクト計画です。2009年度は3件のプロジェクトが採択されました。

日高 徹司 Hidaka Tetsuji

所属：明治大学大学院理工学研究科基礎理工学専攻D1
MIMS Ph.D.プログラム学生
専門：時系列解析手法を用いた、ブランドの売上や価値に対する広告効果の研究
プロジェクトアドバイザー：岡部靖憲（事業推進担当者）

採択研究課題：自然現象の奥に潜むダイナミクスの変化を検出する時系列解析と実証分析

― ご自身の研究テーマを教えてください。

マーケティング、特に広告効果に関する研究です。マーケティングでは単年度の効果だけを考えると広告よりも値引きなどの販促策が効果的ですが、それだけではブランド力が低下して数年後には売れなくなってしまいます。そのため、最近では広告の長期的な効果への関心が高まっていて、私もそれを測定する手法の開発を目標に研究をしています。しかも、単なる仮説の検証に留まるのではなく、例えば「こうだから、TVに何億円、新聞に何億円かけるべきです」という次のアクションを具体的に示唆できるような実用的な研究を心がけています。

しかし、マーケティングが対象とする現象は複雑で特に長期的な広告効果の把握は既存手法だけでは困難です。そこで新たな手法として、観察データから仮説を引き出す「観察型」と、注目している現象を制御して仮説を検証する「実験型」の2つアプローチの開発に取り組んでいます。後者の実験型では「タグチメソッド」を応用した調査手法に取り組んでいますが、前者の観察型では「データから仮説を引き出す」必要性があるため、従来の統計学などではなかなか実現できません。

そこでモデルを仮定せずに時系列データの定常性を調べる岡部靖憲教授の「KM_2O-ランジュヴァン方程式論」（以下KM_2O）に注目しました。KM_2Oは「データからモデルを引き出す」ところが特徴で、まさに目的に合致していました。既に短期的な広告効果の抽出などの実務でも広く活用されています。さらに広告の長期効果の抽出にまで発展させられればと期待しています。

― このプロジェクトではどんな研究をしているのですか。

広告の長期効果は「残存効果」と「ダイナミクスの変化」に分類されると考えられますが、先行研究では残存効果のみしか扱っておらず不十分だと感じていました。KM_2Oに少し工夫をすると、ダイナミクスの情報を含んだ多次元の時系列データを得られます。さらに、この多次元データに自己組織化マップを適用することで、その特徴を視覚的に捉えることが可能になりました。マップ上には「時点間のダイナミクスの類似性＝マップ上の距離」として表現されます。つまり、似たようなダイナミクスを持つと考えられる時点が自動的にクラスターを形成します。同一クラスター内は同じ、異なるクラスター間は異なるダイナミクスだとはっきり示せます。そして重要なのは、クラスターからクラスターに移動する時点、つまり「ダイナミクスが変化した時点」が分かることです。直前の広告などがその変化を引き起こしたという仮説が導けます。また、従来の「変化点検出手法」と大きく異なるのは、「一時的な変化」と「ダイナミクスの変化」をマップ上で識別できる点です。例えば、ある時点だけがマップ上の遠い地点に配置されても、次の時点でまた同じクラスターに戻る場合は「一時的な変化（異常値）」と捉えられます。消費財のPOSデータに適用すると、既存手法では検出されないが、マーケター達は直感的に感じていたダイナミクスの変化を検出できました。時系列データに関する重要な情報を2次元マップ上に「可視化」するという手法で、ある程度のブレークスルーを創れたのではないかと感じています。

しかし、数学的な厳密性、特に「定常性」という性質との関係について調べる必要性も感じており、今はそのことに取り組んでいます。今回の手法は時系列データが得られる全ての現象に応用できる手法なので、様々な自然現象への適用も試みたいと思っています。

活動記録

教育・研究活動

●Advanced Mathematical Sciences Ⅱ 「数理医学の新しい展開」– Mathematical modeling of cancer growth and treatment –

開催期間：2009年10月27日～30日
会場：明治大学駿河台校舎紫紺館4階会議室
コーディネーター：三村昌泰（拠点リーダー）
合原一幸（東京大学）

10月27日
10:30 -12:00 「I: Mathematical modelling of avascular solid tumour growth and development」 Mark CHAPLAIN・University of Dundee, U.K.
13:00 -14:30 「I: Early tumour growth models」 Luigi PREZIOSI・Politecnico di Torino, Italy
14:40 -16:10 「II: Mathematical modelling of tumour-induced angiogenesis」 Mark CHAPLAIN・University of Dundee, U.K.
16:20 -17:50 「II: Multiphase models of tumour growth」 Luigi PREZIOSI・Politecnico di Torino, Italy

10月28日
10:30 -12:00 「III: Mechanical effects in tumour growth」 Luigi PREZIOSI・Politecnico di Torino, Italy
13:00 -14:30 「III: Mathematical modelling of cancer invasion and metastasis」 Mark CHAPLAIN・University of Dundee, U.K.
14:40 -16:10 「IV: Vasculogenesis and behaviour of cell aggregates」 Luigi PREZIOSI・Politecnico di Torino, Italy
16:20 -17:50 「IV: Mathematical modelling of vascular growth」 Mark CHAPLAIN・University of Dundee, U.K.

10月29日
10:30 -12:00 「V: Mathematical modelling of cancer treatment therapies: cell-cycle specific drugs, chemotherapy and radiotherapy」 Mark CHAPLAIN・University of Dundee, U.K.
13:00 -14:30 「V: Kinetic models of cell ECM interaction」 Luigi PREZIOSI・Politecnico di Torino, Italy
14:40 -16:10 「Intermittent androgen suppression for prostate cancer: Modeling」田中剛平・東京大学
「Intermittent androgen suppression for prostate cancer: Data analysis」平田祥人・東京大学

10月30日
10:30 -12:00 「Mathematical exploration of HIV infection」 岩見真吾・東京大学・JSTさきがけ
13:00 -14:30 「Nonlinear diffusion and a tumor growth model of contact inhibition」Michiel BERTSCH・Istituto per le Applicazioni del Calcolo “Mauro Picone”,Italy、明治大学GCOEアドバイザー
14:40 -16:10 「Traveling waves arising in tumor growth models」 三村昌泰・明治大学、拠点リーダー

●現象数理談話会（GCOE Colloquium）

第4回 現象数理談話会
開催日：2009年10月23日
会場：明治大学生田校舎第二校舎A館3階309教室
16:30 -17:30 「使っているうちに賢くなっていく対話型画像処理研究の動向を探る－対話型進化計算を導入した非線形画像処理システム－」荒川　薫・明治大学、事業推進担当者

第5回 現象数理談話会
開催日：2009年11月6日
会場：明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
16:30 -17:30 「「面白さ」の計算科学：エンターテイメントコンピューティング－その誤解と真実－」宮下芳明・明治大学

第6回 現象数理談話会
開催日：2009年12月7日
会場：明治大学生田校舎第二校舎A館4階401教室
16:30-17:30 「なぜ起こるクラゲ大発生－海洋生態系の異変現象－」 上　真一・広島大学

●「非線形時系列に対する現象数理学」の発展シンポジウム

世話人：岡部靖憲（事業推進担当者）
中村和幸（MIMS研究員）

第3回「複雑系現象の時系列解析3」－経済現象・物理現象－
開催期間：2009年11月19日～20日
会場：明治大学駿河台校舎大学会館3階第1会議室

11月19日
10:00 -11:30 「サービス工学と時系列・多変量データ解析」 石垣　司・産業技術総合研究所
13:00 -14:30 「商品の販売データに潜むダイナミクス変化の可視化」 日高徹司・明治大学大学院D1
15:00 -16:30 「時系列構造把握のための分析結果解析と可視化」 中村和幸・明治大学、MIMS研究員

11月20日
10:00 -11:30 「間欠的時系列のマルティフラクタルPDF理論による解析－乱流を題材にして－」 有光敏彦・筑波大学、有光直子・横浜国立大学
13:00 -14:30 「時系列の諸分解について」松浦真也・愛媛大学
15:00 -16:30 「黒点・太陽風・地磁気・オーロラ・地震の時系列の構造抽出(2)」岡部靖憲・明治大学、事業推進担当者

●MAS Seminar

(Mathematical Sciences based on Modeling, Analysis and Simulation Seminar)
オーガナイザー：三村昌泰（拠点リーダー）
上山大信（事業推進担当者）
若野友一郎（事業推進担当者）
池田幸太（GCOE-現象数理SPD）

第14回 MAS Seminar
開催日:2009年10月7日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階205教室
16:30 -17:30 「Pattern formation in smoldering combustion under micro-gravity」出原浩史・明治大学研究推進員、大学院GPポスト・ドクター

第15回 MAS Seminar
開催日:2009年10月14日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階205教室
16:30 -17:30 「New type of evaluation method for level of service criterion using financial theory」大塚一路・東京大学

第16回 MAS Seminar
開催日:2009年11月4日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階205教室
16:30 -17:30 「Numerical and mathematical analyses of water-circulator-induced flow in ponds」
中澤　嵩・岡山大学大学院

第17回 MAS Seminar
開催日:2009年11月11日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階205教室
16:30 -17:30 「Phase-field models of liquid-phase epitaxy」
Vladimir CHALUPECKY・九州大学

第18回 MAS Seminar
開催日:2009年11月18日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階205教室
16:30 -17:30 「Localized bioconvection of Euglena caused by phototaxis in the lateral direction」
末松J.信彦・広島大学GCOE研究員、MIMS研究員

第19回 MAS Seminar
開催日:2009年11月25日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階205教室
16:30 -17:30 「Reaction-diffusion model on tumour growth with contact inhibition」
若狭　徹・早稲田大学、MIMS研究員

第20回 MAS Seminar
開催日:2009年12月16日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階205教室
16:30 -17:30 「Crack formation processes in drying paste」
狐崎　創・奈良女子大学

● MEE Seminar

(Mathematical Ecology & Evolution Seminar)
オーガナイザー:若野友一郎(事業推進担当者)
中橋　渉(GCOE-現象数理PD)

第7回 MEE Seminar
開催日:2009年10月6日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40 -16:10 「The evolution of phenotypic traits in a predator-prey system subject to Allee effect」
Jian ZU・明治大学大学院D1、JSPS特別研究員DC1

第8回 MEE Seminar
開催日:2009年10月13日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40 -16:10 「Option market analysis with evolutionary game theory」
吉川　満・明治大学大学院D1、明治大学研究推進員

第9回 MEE Seminar
開催日:2009年10月20日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40 -16:10 「On the asymptotic approximation of gene frequency distribution」三浦千明・東京大学大学院

第10回 MEE Seminar
開催日:2009年11月10日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40 -16:10 「Adaptive evolution in humans revealed by the negative correlation between the two phases of molecular evolution: polymorphism and fixation」
五條堀淳・総合研究大学院大学

第11回 MEE Seminar
開催日:2009年11月17日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40 -16:10 「Evolutionary transition to cultural communication 」
田村光平・東京大学大学院

第12回 MEE Seminar
開催日:2009年11月24日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40 -16:10 「Models of cultural evolution」井原泰雄・東京大学

第13回 MEE Seminar
開催日:2009年12月8日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40-16:10 「Theoretical study of differences in the desire to learn,"Incentive divide"」朝岡　誠・東京大学

第14回 MEE Seminar
開催日:2009年12月15日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階207教室
14:40- 16:10 「Asymptotic dynamics of a population density under selection-mutation」
Sepideh MIRRAHIMI・Paris 6 University,France

◆その他定期セミナー(共催)

● RDS Seminar

(Reaction Diffusion Systems Seminar)
主催:文部科学省科学研究費補助金基盤研究(S)
「非線形非平衡反応拡散系理論の確立」
組織委員:二宮広和(明治大学、事業推進担当者)
廣瀬宗光(明治大学、MIMS研究員)
若狭　徹(早稲田大学、MIMS研究員)
谷口雅治(東京工業大学)
中村健一(電気通信大学)

第7回 RDS Seminar
開催日:2009年10月5日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階208教室
16:30 -17:30 「On the dynamics of shadow systems」Wei-Ming NI・University of Minnesota, U.S.A.・東京工業大学

第8回 RDS Seminar
開催日:2009年10月12日、19日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階208教室
10月12日
16:30 -17:30 「Calculus of variations and applications to differential equations」(前半)
10月19日
14:40 -15:40 「Calculus of variations and applications to
15:50 -16:50 differential equations」(後半)
Chao-Nien CHEN・National Changhua University of Education,Taiwan

第9回 RDS Seminar
開催日:2009年10月19日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階208教室
17:00 -18:00 「Gierer-Meinhardt系における、遺伝子発現の時間遅れがパターン形成に与える影響について」李　聖林・岡山大学

第10回 RDS Seminar
開催日:2009年11月2日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階208教室
16:30 -17:30 「粘菌運動に関連した自由境界問題の解の存在と性質」
物部治徳・東北大学

第11回 RDS Seminar
開催日:2009年11月9日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階208教室
16:30 -17:30 「鉄棒体操における運動発展 ーベクトル場と状態点の相互発展ー」大金邦成・九州大学

第12回 RDS Seminar
開催日:2009年11月16日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階208教室
16:30 -17:30 「交差拡散を伴うLotka-Volterra型競合モデルについて」
山田義雄・早稲田大学

第13回 RDS Seminar
開催日:2009年12月7日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館4階402教室
「De Giorge conjectures and related topics」
10:30 -11:30 「The conjectures of Bernstein and de Giorgi: parallel histories」
13:30 -14:40 「A counterexample to de Giorgi conjecture in higher dimensions」
14:50 -15:40 「Beyond de Giorgi conjecture: classification of finite Morse index solutions」
Michal KOWALCZYK・Universidad de Chile, Chile

第14回 RDS Seminar
開催日:2009年12月21日
会場:明治大学生田校舎第二校舎A館2階208教室
16:30 -17:30 「Interior set approach for motion of spiral steps by generalized mean curvature flow」
大塚　岳・明治大学研究推進員、MIMSポスト・ドクター

◆その他研究集会(共催)

● The second Chile-Japan Workshop on Nonlinear Elliptic and Parabolic PDEs

開催期間:2009年12月1日～4日
会場:明治大学駿河台校舎紫紺館4階会議室
その他共催:Center for Mathematical Modeling Universidad de Chile,
Fondo Basal Chile, MIMS Project Research funds,
The JSPS grant in aid for scientific research;
Basic Research (S) (No.20224013)
Basic Research (B) (No.20340037)
Basic Research (A) (No.19204014)
Organizing Committee:
Patricio FELMER (Universidad de Chile, Chile)
Michal KOWALCZYK (Universidad de Chile, Chile)
Masayasu MIMURA (Meiji University, GCOE Program Leader)
Hirokazu NINOMIYA (Meiji University, GCOE Program Member)
Manuel DEL PINO (Universidad de Chile, Chile)
Kazunaga TANAKA (Waseda University)
Eiji YANAGIDA (Tohoku University, MIMS Research Fellow)
12月1日
10:40 -11:20 「On existence of positive solutions to a quasilinear system in the subcritical case」
Raúl MANÁSEVICH・Universidad de Chile, Chile
11:30 -12:10 「Stability of standing waves for a system of NLS with a three-wave interaction」
Masahito OHTA・Saitama University
13:40 -14:20 「Entire solutions for a nonlinear biharmonic equation with negative exponents」
Ignacio GUERRA・Universidad de Santiago, Chile
14:30 -15:10 「On the Landesman-Lazer condition for fully nonlinear elliptic equations」
Patricio FELMER・Universidad de Chile, Chile
15:30 -16:10 「Connecting orbits for a semilinear parabolic equation」Eiji YANAGIDA・Tohoku University, MIMS Research Fellow
16:20 -17:00 「Weak Harnack inequality for Lp-viscosity solutions of fully nonlinear PDEs with unbounded ingredients」
Shigeaki KOIKE・Saitama University
12月2日
10:00 -10:40 「On the uniqueness of higher bound state solutions of a semilinear equation」Marta GARCÍA - HUIDOBRO・Universidad Católica de Chile, Chile
10:50 -11:30 「A local mountain pass type result for a system of nonlinear Schrödinger equations」
Kazunaga TANAKA・Waseda University
11:40 -12:20 「Multiple radial solutions of elliptic 4th order supercritical equation」
Juan DÁVILA・Universidad de Chile, Chile
13:40 -14:20 「Blow-up for a semilinear parabolic equation with large diffusion on RN」
Kazuhiro ISHIGE・Tohoku University
14:30 -15:10 「New solutions for phase transitions in entire space」

Manuel DEL PINO・Universidad de Chile, Chile
15:30 -16:00 「On radial solutions of inhomogeneous nonlinear field equations」Norihisa IKOMA・Waseda University
16:05 -16:35 「Some remarks on the Landau-De Gennes energy functional」José Alberto MONTERO・Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
16:40 -17:10 「On the uniqueness of positive solutions of two-point BVPs of Emden-Fowler equations」 Satoshi TANAKA・Okayama University of Science

12月3日
10:00 -10:40 「Finite-energy sign-changing entire solutions for semilinear elliptic equations」 Monica MUSSO・Universidad Católica de Chile, Chile
10:50 -11:30 「Point vortex turbulence - a recursive hierarchy」 Takashi SUZUKI・Osaka University
11:40 -12:20 「Multiple-layered solutions to the elliptic Allen-Cahn equation in Hyperbolic Space」Mariel Sáez TRUMPER・Universidad Católica de Chile, Chile
13:40 -14:10 「Stable patterns for shadow systems and a nonlinear "hot spots" conjecture」 Yasuhito MIYAMOTO・Tokyo Institute of Technology
14:15 -14:45 「On the heat equation in a half space with a nonlinear boundary condition」 Tatsuki KAWAKAMI・Tohoku University
14:50 -15:20 「Singular backward self-similar solutions of a semilinear parabolic equation」 Shota SATO・Tohoku University
15:40 -16:10 「Some stability results for the FitzHugh-Nagumo type systems」Chao-Nien CHEN・National Changhua University of Education, Taiwan
16:15 -16:45 「Surface evolution by Allen-Cahn type equation with unbalanced triple-well potential」Takeshi OHTSUKA・Meiji University, MIMS Research Fellow
16:50 -17:30 「Infinite dimensionality of global attractors for some quasilinear parabolic equations」 Mitsuharu ÔTANI・Waseda University

12月4日
10:00 -10:40 「Critical exponent for fully nonlinear elliptic and parabolic equations」Alexander QUAAS・Universidad Federico Santa Maria, Chile
10:50 -11:30 「Homogenization limit of recurrent traveling waves in a 2D cylinder with saw-toothed boundary」 Hiroshi MATANO・University of Tokyo, MIMS Research Fellow
11:40 -12:20 「Remarks on receptor-based models for pattern formation in hydra」 Izumi TAKAGI・Tohoku University
13:40 -14:20 「Some entire solutions of reaction-diffusion equations」Hirokazu NINOMIYA・Meiji University, GCOE Program Member
14:30 -15:10 「The role of the Toda system in some semilinear elliptic problems in Rn」 Michal KOWALCZYK・Universidad de Chile, Chile

●現象数理学：冬の学校「パターンダイナミクス1-2-3」

開催期間：2009年12月9日～11日
会場：明治大学駿河台校舎紫紺館3階会議室
主催：文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (S)
「非線形非平衡反応拡散系理論の確立」
組織委員：三村昌泰（拠点リーダー）
西浦廉政（北海道大学、MIMS研究員）
小川知之（大阪大学）
上山大信（事業推進担当者）
若狭　徹（早稲田大学、MIMS研究員）

12月9日
13:00 -14:30 「生まれ，広がり，ぶつかる世界－パターンダイナミクス入門－」西浦廉政・北海道大学、MIMS研究員
14:50 -17:50 「反応拡散方程式における平衡解の安定性解析入門」森田善久・龍谷大学

12月10日
10:00 -12:00 「反応拡散系に現れる振動パターン」
13:30 -14:30 小川知之・大阪大学
14:50 -17:50 「安定パターンの形状と非線形ホットスポット予想」宮本安人・東京工業大学

12月11日
10:30 -12:00 「最大値の原理から見たパターン形成」二宮広和・明治大学、事業推進担当者

◆その他イベント（共催）

●ようこそ！不可能立体ワンダーランドへ エッシャーのだまし絵の世界を立体に！

開催期間：2009年11月18日～26日
会場：明治大学生田図書館 Gallery ZERO
主催：明治大学先端数理科学インスティテュート
2009年度MIMSプロジェクト研究
「錯覚の数理モデリングとその応用」
担当者：杉原厚吉・明治大学、事業推進担当者

受賞

小泉拓、杉原厚吉、第25回NICOGRAPH論文コンテスト（2009年NICOGRAPH秋季大会）優秀論文賞、「エッシャー風タイリングの計算機支援設計」、芸術科学会、東京工科大学、2009.10

杉原厚吉、第1回錯視コンテスト入賞及び審査員特別賞「羽倉賞」、錯視作品「なんでも吸引4方向すべり台」、日本基礎心理学会、日本女子大学、2009.12

■ Advanced Mathematical Sciences II '09 "Mathematical modeling of cancer growth and treatment" 講義概要

2009年10月27日～30日、駿河台校舎紫紺館において、明治大学大学院各研究科博士後期課程横断型カリキュラム「プロジェクト系科目」の一環として、数理科学分野で新しい展開を見せている数理医学の講義が、コーディネーター三村昌泰教授（拠点リーダー）のもとで行われた。本年度は、その早期解決が要求されている「癌増殖機構の数理的解明」に焦点を当て、この分野で最先端の研究を推進しているMark Chaplain教授（ダンディー大学、イギリス）とLuigi Preziosi教授（トリノ工科大学、イタリア）の連続講義を中心とし、国内外で活躍している研究者を講師陣としたオムニバス形式で講義が行われた。この分野は、現象数理学の観点からも注目されているテーマであり、本学のみならず他大学からの参加者も多く、非常に有意義な集中講義であった。以下に、今回の集中講義において、我が国における若手研究者の一人として"Mathematical exploration of HIV infection"を講義して頂いた岩見氏による両先生の感想を掲載する。

聴講して

この20年間で、欧米を中心に、数理科学が臨床医学や実験医学といった分野の良きパートナーになりつつある最中、日本の数理科学は、未だ"後進的"であると言わざるを得ません。このような違いが出た一つの理由としまして、日本では数学が他の分野と遊離して、独自の発展・成功を遂げたことが挙げられます。しかし、数学は、生命科学を中心とした複雑怪奇な現象の中から「コアとなる構造・法則・情報」を抽出するパワーを持っている学問であると私は考えております。明治大学先端数理科学インスティテュートの掲げる「現象数理学」という新分野の展開は、今後、日本における数学のあり方を変えていくことに繋がると感じさせられました。私が学生であった頃を思い返すと、海外の著名な先生方の講演を聞くためには、海外での学会や国際会議に参加したり、研究室を訪問するといった手段を取るしか方法がありませんでした。ましてや、大学の授業で世界の最先端レベルの講演が聴けるということは考えられませんでした。このような経験をしていたので、2009年10月27日（火）～30日（金）に、明治大学の各研究科横断型カリキュラムのプロジェクト系科目Advanced Mathematical Sciences II「数理医学の新しい展開」で開催された"Mathematical modeling of cancer growth and treatment"は、刺激的かつユニークな講義であり、私にとっては羨ましい限りでした。特に、数理モデルを用いた癌研究のリーディングパーソンである、Luigi Preziosi教授とMark Chaplain教授による10回の連続講演は、大変貴重なもので、今後の私の研究にとって建設的であり有益なものでした。

Preziosi教授は、複数の視点から、癌形成を捉えようとしていました。なぜならば、癌形成は、初期、中期、末期において、そのメカニズムは、全く異なり、単一の数理モデルでは、捉えきれないからです。つまり、癌成長過程における時空間的異質性を、異なる時間スケール、空間スケールとして捉え、モデリングしていました。また、複数のスケールを同時に捉えるために、階層的なモデル研究もされていました。ヒトゲノム計画に特徴づけられるゲノム科学の進歩、また、分子生物学全盛の現在、「小さなスケール」の現象が徐々に解明されています。一般的に、生命科学者は、可能な限り小さなスケールの現象を探索しがちですが、実際の癌形成などの「大きなスケール」の現象は、このような小さなスケールの現象が積み重なった上に成り立っています。従って、氏が取り組んでいるような、階層的モデリングは、癌研究に限らず、非常に重要なテーマであると感じました。また、氏のバックグラウンドが、流体・気体力学であることもあり、数理モデルは、機械学的なフレームワークが中心でした。私の専門とは、少し違うフレームワークを駆使しての研究でしたので、はじめは戸惑いましたが、非常に興味深く聞くことができました。

一方、Chaplain教授の研究は、より医学的な応用を意識したものでした。特に、効果的な癌治療の確立を視野に入れていると感じました。例えば、癌形成の中期過程で、癌は、「血管新成」という現象を誘導します。これは、血管新成因子を出すことで、細胞増殖の秩序を失った癌細胞が、酸素や養分を求めて、周辺の血管と自身を繋げるように毛細血管を形成する現象です。血管新生が進んでいくと、癌形成の初期過程とは異なり、その増殖速度は格段に早くなり、また、形成された血管を通して様々な場所に転移する危険性が出てきます。そこで氏は、癌の血管新生をモデリングすることで、癌形成のベースラインを確立し、どのような治療戦略が効果的であるのかということを検証していました。また、化学療法・放射線療法などの効果を検証する研究も行っていました。とても印象的であっ

たのは、乳癌における手術の際に、氏の数理モデルを用いた研究から考えられた、乳癌の再発率を下げる治療方針を、実際に、採用している病院があるということでした。これは、同じように医学領域で理論研究を行っている私にとって、うれしくもあり、そして、くやしくもありました。

このように、様々な学問を巻き込んで、数理科学の立場から、新たな提案を行っていくことは、本来の数理科学のあるべき姿であり、今後果たしていかなければならない責任のように思っています。医学領域の理論研究（理論疫学・理論免疫学・理論ウイルス学など）は、非常に重要で、今後かならず必要とされる分野であるにも関わらず、日本では専門的に取り扱っている大学・研究所がなく、研究者人口も少ないのが現状です。そんな中、明治大学の今回の講義群は、まさに、「数学」と「医学」のインターフェイスで行われている研究紹介でした。明治大学先端数理科学インスティテュートの掲げる「現象数理学」は、数学と諸分野をつなぐ数理科学の重要な役割を担っていると思いました。

岩見真吾　（科学技術振興機構（JST）さきがけ研究員
東京大学大学院数理科学研究科／京都大学ウイルス研究所）

～2010年度「Advanced Mathematical Sciences I, II」のご案内～

2010年度の大学院における「プロジェクト系科目」4科目のうち、英語で行われる「Advanced Mathematical Sciences I, II」の予定・内容については以下のとおりとなっております。詳細は、決まり次第WEBページにてお知らせいたしますので、今しばらくお待ちください。

●「生物界に現れる形と模様の数理」2010年9月開講予定（駿河台校舎）

メインスピーカー：Philip MAINI(The University of Oxford, UK)

自然界にある我々が想像することのできない不思議な形や模様は、それを見るだけで充分美しい。自然に沸き上がる疑問は、「それらは自然がもつ神秘の中で生まれたのか？」、あるいは「誰かが指令してそれを実行する誰かが作り上げたのだろうか？」この問題を数学、もっと広く数理科学の視点から眺めることから、本講義では特に、生物界に現れる不思議な形や美しい模様(Patterns and waves in biology)をトピックに取り上げ、具体的な現象を交えて、その最先端について国際的に活躍している研究者を講師陣として迎えてすすめていく。

●「産業数理への誘い」2010年10月下旬開講予定（駿河台校舎）

メインスピーカー：Avner FRIEDMAN(The Ohio State University, U.S.A)

近年、産業界における技術と数理科学は連携しながら発展している。計画数学、統計学、システム工学、シミュレーション技術等はもとより、情報セキュリティー、制御、ウェーブレット、金融工学、バイオなどは特に顕著な例である。２１世紀は、まさしく、このような拡がりをもった産業数理(Industrial Mathematics)が花開く時代である。本講義では特に、Industrial Mathematics: A course in solving real world problemsに焦点を当てて、具体的な現象を交えて、その最先端を英語で紹介する。

なお、日本語で行われる「先端数理科学I, II」については以下の日程・内容で開催される予定です。

●「渋滞と数理」2010年8月2日～5日（駿河台校舎）

●「錯覚と数理」2010年12月6日～9日（駿河台校舎）

詳細は、決まり次第WEBページ等にてお知らせいたします。皆様のご来校をお待ちしております。

【編集後記】少しずつ、ニューズレターの発行も軌道に乗ってきました。今回、初めて自身がインタビューを受けたのですが、ライターという職業の難しさがよくわかりました。我々が適当にしゃべることを文章にわかりやすくまとめることは本当に困難な作業でしょう。我々が適切にわかりやすくしゃべることができればライターさんも楽なのでしょうが…（U）

明治大学グローバルCOEプログラム
Meiji University Global COE Program
Formation and Development of Mathematical Sciences Based on Modeling and Analysis

明治大学先端数理科学インスティテュート
Meiji Institute for Advanced Study of Mathematical Sciences

Meiji GCOE News Letter

問い合わせ先
明治大学　教学企画部　グローバルCOE推進事務室
〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田1-1-1
TEL:044-934-7661/FAX:044-934-7660
gcoe@mics.meiji.ac.jp
http://gcoe.mims.meiji.ac.jp/

2010年3月10日発行　vol.3　明治大学グローバルCOEプログラム「現象数理学の形成と発展」　ニューズレター
©明治大学先端数理科学インスティテュート　※掲載記事の無断複製、無断転載を禁じます