

日本数理生物学会 ニュースレター

June
2012

67



TABLE OF CONTENTS

Newsletter of the Japanese Society for Mathematical Biology No. 67

June 2012

【2011年大久保賞受賞者特別寄稿】

研究のすすめかた：論理と情熱と倫理について

近藤 倫生..... 1

【特集】

2011年度卒業論文・修士論文・博士論文 5

【研究会報告】

生体系のランダム行列理論

小山 信也.....9

『ゲーム理論ワークショップ2012』参加報告記

大槻 久..... 12

【ニュース】

第22回数理生物学会大会のお知らせ..... 14

学会事務局からのお知らせ 14

研究集会カレンダー 16

編集後記 16



【2011 年大久保賞受賞者特別寄稿】

研究のすすめかた：論理と情熱と倫理について

近藤倫生*

1. 研究奨励賞受賞にあたって

学会賞の副賞，あるいは遂行義務のある権利として数理生物学会のニュースレターに寄稿する機会をいただいた。編集委員の望月さんから頂戴した「若手を encourage（鼓舞）する」という目的にあっているかどうかはわからないけれど、「自他ともに認める若手」であった頃の僕のように「研究ってなんだ？」，あるいは「自分にもやっていけるだろうか？」とモヤモヤしている若い研究者の考える材料になればと思い雑文を書かせていただくことにした。「若手研究者」だった頃は自分の研究の事さえ考えていればよかったし，ベテラン研究者を外野からあれやこれやと無責任に論評するのも気楽でよかったのだけれども，30代も後半に差し掛かり40が眼前に迫ると逆に知るひと知らぬひとから論評され，研究のあれこれについて聞かれる事も多くなり，自然と「私にとって研究とはなにか」を考えさせられる機会も増えてきた。はっきりとした指針を定めて研究を進めてきたという訳でもないが，問われては答え，あるいは時の過ぎるのにしたがって，自分なりの研究の作法のようなものが定まってきたようだ。

研究のすすめかたに関する話題にもいろいろあるが，この雑文では幸せな研究生活を送るうえで支えになるかもしれない「気の持ちよう」について，いま僕が考えていることを書いてみたい。論文の書き方や発表の仕方，研究室の運営方法に関する書籍や作文はよく目にするけれども，幸せな研究生活を送る方法についてのものはあまりないようだ。たとえば，インターネットで検索すると「幸せな猫との生活」，「パンのある幸せな生活」，「幸せな新婚生活」，「幸せな生活を送るための生活習慣」などなど，世の中には幸せになるための行程がこんなにたくさんあるのかと驚かされるほどおおくの書籍が見つかるが，そのなかに「幸せな研究生活」と題うったものは一つも見つからない。これは不思議なことだ。研究生活というくらいで，研究者にとって研究はまさしく「生活」の一部なので，それを自分のこころの充実とどう結びつけられるかというのは大事なことであるはずなのに，というわけでこの雑文は研究生活についてのものではあるが，論文の引

用回数を増やす方法とか，どうしたら就職できるのかとか，トップジャーナルに載りやすい研究テーマの選び方とか，そういう類の事を期待されるとそれは裏切る事になってしまう。もちろんこのような処世術的なハウツーものは時に重要だろうけれども，正直なところ僕にはよくわからないし，この手の蘊蓄は好きな人が他にたくさんおられると思うのでそちらを参考にしていただいたらよい。

自然科学の研究は人を説得することがその大事な要素の一つだから，説得の技術に関する過去の知恵をひもとくとそれが参考になる。アリストテレスは2000年以上も前のギリシアの哲学者だが，人を説得する上で重要な三つの要素として「ロゴス (logos)」，「パトス (pathos)」，「エトス (ethos)」をあげている。ロゴスはロジック (logic；論理) の語源であって，したがってロゴスによる説得とは物事の論理をつかった説得のことだろう。パトスとはパッション (passion；感情) と深い関連を持つ言葉だ。パトスによる説得とは，感情への訴えかけによる説得と言い換える事ができるだろう。最後のエトスとはエシックス (ethics；倫理) の語源で，話者のひととなりを目指す。倫理で説得するというとピンとこないが，話者の誠実さに心うたれてこの人についていってみようかと決意するのはそんなに珍しい事ではないと思う。このようにアリストテレスは論理・感情・倫理を「説得の三要素」として挙げたが，これら三要素は有意義な研究生活を送る上でも大事な役割を果たしていて，これらのうちのどれが欠けてもその実現は難しいように思われる。

論理 (ロゴス) が研究において大事であることに異論を挟む人は少ないだろう。とくに，数理生物学は論理的な筋道の確かさを大事にする研究分野だから，論理のない数理生物学というのはそもそも成立しない。数学を利用する事で実現できる厳密な論理や，誰もが信じて疑わない仮定から意外な発見が導かれると私たちは魅了される。数理生物学を志す研究者もそんな「論理の力」の魅力の虜になった方が多いのではないのか。論理が重要な役割を果たすのは，人を説得するときだけではなくないだろう。研究計画を立てるときにも論理はとても大事な役割を果たす。とくに，ど

* 龍谷大学理工学部環境ソリューション工学科

んな研究を進めるべきか考えるとき、未開拓の研究分野の新しい一步を踏み出すとき、意識的にせよ無意識的にせよ私たちは過去の研究を振り返り整理し、なにがなされるべきかを論理的に考える。そういう意味で論理は、私たちはどのように研究を進めるべきかという本稿のテーマときっても切り離せない関係にある。論理は研究推進の最大の武器だ。

無意識の論理と言えば、将棋の羽生善治さんがエッセイで書かれていた中にとっても印象に残っている言葉がある。次の一手を決断する際に働く直感に関する内容だった。将棋は複雑なゲームだから、最善の一手を見つけることは簡単ではない。自分がこれを指すと、相手はこうさすかもしれないし、ああ指すかもしれない。それに対してこんな風に指すと相手はこう指すだろうから…と、可能性は先を読めば読むほど広がって収拾のつかないことになる。そんななかで最善の一手を見つける方法だが、羽生さんは「まずどんな風にうつのが最善の一手かが頭に浮かぶので、次にどうしてそれが最善かを考え、確認する」というような意味のことを書かれていた。そうか、考えてから決めるのではなくて決めてから考えるのだ。いわゆる直感だが、これと同じ事が研究生活でも起きている。自然科学には未解決の課題が無数にある。そのなかからどの課題に取り組むかという「読み」を間違えると研究生活はなかなか大変だ。研究が思い通りにすすまないとストレスになる。それに、良い研究テーマも悪い研究テーマも同程度に大変であることが多いので、悪いテーマに捕まると良いテーマに割ける時間も減ってしまう。だから短期・長期の研究計画をうまく立ててくれないといけないのだが、それは容易ではない。短期的に得られた研究成果によっては長期の研究計画が大きく変わってしまうこともあるし、研究を進めているまさにその途中で分野全体の流れが大きく変わってしまう事もあるからだ。したがって、多くの候補の中から一つの研究課題を選ぶときには、ちょうど将棋と同じ要領で、直感が大事な役割を果たすだろう。そのような課題を選ぶ直感はきっと気づかずにおこなっている論理的思考であって、論理を磨く普段からの訓練の賜物なのだと思う。

いずれにせよ、研究はうまくいった方がうまくいかないよりも幸せなのは確かだろう。だから、論理を扱う力は、充実した研究生活を送る上での大事な基礎体力であるに違いない。しかし、論理という道具だけでは私たちは研究を進める事はできない。それを支える感情（パトス）が必要だ。道具があっても、なにかを作りだしたいという感情がなければ、なににも生み出せないのと同じだ。そして、もっと重要な事は、そのような「この研究を進めたい」という感情の伴わない研

究で満足を得るのは簡単ではないという事だ。

研究から満足を得る上で感情が大事だということを人に説明するときいつも使うたとえ話がある。「裏山にキノコを探しにいく」話だ。過去の研究のレビューから次のことが洞察されたと想像してほしい。幸運な事に、自宅の裏山にはどうやら体毛の生えた珍しいキノコが自生していて、それを見つけたと報告すれば重要な研究成果として評価されそう。ただ、そのキノコは1日かけてやっと一周できる裏山に1本だけ生えていて、少なく見積もっても1週間ほど探索しないと見つける事はできない。さてこのとき、キノコ探しに出かける気になれるかというのがここでの問題だ。僕は、たとえそれがどんなに重要な成果だとしても、とてもキノコ狩りにいく気にはなれない。体毛の生えたキノコに興味がないからだ。そんな時間があつたら、いま取り組んでいる研究課題について考えたい。多くの研究者もそうだろう。そこに研究成果が落ちて（生えて？）いることがわかっていたとしても、その努力を支えてくれる気持ちの高揚がなければ研究はできない。ましてや見つかるかどうかかわからない、新しい発見を探索しにいくのであればなおさらだろう。

このように、重要な研究テーマとそれにとりくむための論理があっても、論理をふるう努力を支える情熱なくては決して豊かな研究生活を送ることはできない。しかし、研究者の努力を支える情熱はひととおりでないことに注意が必要だ。たとえば、研究者のなかには評価されるためなら裏山にキノコ探しに行く人もいるだろうし、そういう研究者もなにかしらの情熱に支えられていることは僕も知っている。研究を支えるさまざまな情熱については、国立台湾大の三木健さんが自身のブログで書いておられたことが印象に残っている。少し長いがそのまま引用する。

…「認識科学」と「設計科学」は織物のように組み合わせさせて文明を豊かにすることでしょう。文明を豊かにすることとは、より多くの欲を満たすということかもしれない。認識科学と設計科学はそれぞれ、世界を知りたい、世界を変えたい、という人の持つ根本的な共通した欲を満たすもの（であるべき）。しかし、別の種類の欲もある。CNSに論文を載せたい、賞をとりたい、ほめられたい、最先端にいきたい、有名になりたい、勢力を拡大させたい、ボーナスがほしい、研究費がほしい、もてたい。このように科学という手段を使って自分のためだけの欲をみたく、自分のための科学とも言えそうな「利己科学」は、周りの科学者も道連れに欲の連鎖を招いて美しい織物を蝕み、やがて糸くずへと戻してしまふ…

三木さんが「欲」と呼んでいるのは、研究者を研究に駆り立てる感情（パトス）のことだと思って良さそうだ。彼は「世界を知りたい」という感情と「世界を変えたい」という感情を「人の持つ根本的な共通した」欲であるとした上で、それらと対比する形で「有名になる」、「有名なジャーナルに論文を掲載する」、「賞をとる」などの「自分のためだけの欲」をあげ、こちらについては科学を駄目にしてしまう欲であると指摘している。

もちろん「自分のためだけの欲」はいつも科学を害する訳ではないだろう。例えば、「自分のためだけの欲」にかられて裏山にはいった研究者が例のキノコを見つけたならば、その動機がCNSだろうが「もてたい」だろうが、それが重要な研究結果であることには違いない。問題なのは「自分のためだけの欲」と、「世界を知りたい（変えたい）」という本来の目的が対立してしまうときだ。そのような場面には、研究をしているとよく出くわす。たとえば、論文のストーリーにそぐわない実験結果が出たとき、誰も気づかないが重要な役割を果たす（そして正当化困難な）仮定を自分の数理モデルに（たとえばリバイス中に）見つけたとき、散布図になかったことにしたいデータポイントを1点発見したとき、うまくはいかないだろうと知っている研究課題で大型研究費を当てる自信があるとき、先達の業績を差し置いて自分自身の論文を引用する（してもらおう）ことを思いついたとき、（邪念の多い僕だからかもしれないが）数え上げればきりが無い、「世界を知りたい（変えたい）」という欲よりも「自分のためだけの欲」が優先されると、ときとして本来の目的であったはずの「世界の理解」はおおきく後退してしまう。

この「自分のためだけの欲」を抑え、真に意義ある研究をするのに必要なのが倫理（エトス）だろう。倫理が欠けた情熱と論理は、科学をろくでもない方向に引っ張っていくに違いない。すべての研究者が「いいジャーナル」に論文を掲載するために、あるいは研究費を獲得する事を第一目標に研究を始めたらなにが起きるか想像するのはそんなに難しい事ではない。たとえば、研究者による論文のねつ造がしばしば話題に上るが、その背景には何を「発見」すれば受けるかを見極める緻密なロギスと名誉へのものすごいパトスがあるに違いない。（データを自由にねつ造できたとして、ではトップジャーナルに載る論文が何報も書けますか？僕には書けません。）エトスのないパトスとロギスは危険だ。そんな研究はしないほうがマシだ。

というわけで、論理と感情、倫理がどのように私たちの研究生活と関わっているのか見えてきた。「論理」を使って生物や自然の秘密の中に分け入っていくのが

自然科学だとするのなら、それを駆動する燃料は「感情」だ。そしてその「感情」は正しい「倫理」によって支えられていなくてはいけない。利己的な欲望に基づく感情は、自然の秘密を隠してしまう危険があるからだ。ここで問いをもう一歩だけ深めてみよう。私たちの「倫理」を支えているのは何だろうか。

研究者が「自分だけの利益」ととらわれず誠実に研究を進める事ができるのは、自然を、そして自然を探索しようとする人間の営み（自然科学）を愛しているからではないか。僕の研究生活は大学院生のころからはじめてまだ15年にしかないが、それでもこれは僕にとっては人生の3分の1以上を占めている無視できない時間だ。それにもかかわらず自然理解のゴールが間近に迫っている気配はない。この間にさまざまな研究について知る機会もあったし、新しい発見もあったけれども、そういった進展と同じかあるいはそれ以上のスピードで疑問や不思議な事が増えていく。では、自然探求の魅力は薄れていくかということそんなことはなくて、研究生活を続ける事で垣間みることのできる自然や生物の世界はあまりにも不思議で、面白くて、心惹かれてしまう。ゴールは見えないものの、目の前に新たに現れるすべての道があまりにも素敵すぎるのだ。研究者が知ることのできる自然は全体のほんの一部にすぎないし、僕が研究を通じて直接関わることのできるのはそのさらに一部なのだろうが、この中にさえ驚くほどの巧妙さや不思議さが詰め込まれているように見える。ましてや複雑な自然の全体では、いったいどれほどすごいことになっているのだろうか。そして、これらの不思議は互いにどんな風につながっているのか。この圧倒的な不可思議を意識している科学者のなかで、「自分だけの利益」を追求する気になれる者がどれだけいるだろうか。そして、この自然に同じように魅せられた研究者たちやそこに積み重ねられてきた知識を思うとき、見なかったものを見たと言ったり、見たものを見えなかったと言い張ったりする気にはなれる者がどれほどいるだろうか。研究の倫理を支えているのは人智を越えた自然への畏れ、そしてそれにも関わらず自然を理解しようとしてきた先人たちへの共感や憧れではないかと思うのだ。

ここで面白い事に気づく。先に、論理と感情、倫理と研究生活との関わりを振り返り、そこでは「倫理（エトス）」が「感情（パトス）」を支え、「感情（パトス）」が「論理（ロギス）」を駆動すると書いた。しかし、倫理を支えているのは何かということを考え始めたら、今度はこの三者の役割がすっかり逆転してしまったように見える。つまり、「論理」によって見いだされた発見が私たちの自然を畏れる「感情」につながり、その「感情」が「倫理」を支えているように見えるのだ。研

究者は「論理」を駆使して自然を探索しているけれども、そこから自然に隠された不思議や美しさを見いだせば見いだすほど、より強く自然に惹かれるようになるだろう。私たちの自然への愛情や憧憬が論理に根ざす研究活動によって育まれているとも言える。そして、このような自然に対するポジティブな感情に私たちの研究が支えられているとき、私たちは自然が私たちに見せてくれたものを裏切ろうとはしない、つまり研究への誠実さが保たれるのではないだろうか。

ここで注意しておくといけないことがある。この「論理」から「感情」、そして「倫理」へとつながる逆の経路がうまく働くには、それまでの研究が誠実に行われている必要があるという事だ。誠実に研究がなされていなければ、研究者は自然が見せてくれた姿に心躍らせる事はできないし、したがって倫理を支えてくれるはずの自然への愛情も育まれないからだ。このことから面白い想像が可能だ。研究を進める上で鍵となる三つの要素である論理、感情、倫理の間に正のフィードバックが働く可能性があるのだ。正のフィードバックシステムの持つ一つの特徴は、フィードバックの働く方向に依存して、複数のまったく異なる状態に到達するという事である。実際、ちょっと考えてみると、この「論理」-「感情」-「倫理」のフィードバックは働き方によって、まったく異なる「研究観」と「科学的発見」を生み出すように思える。私たちが誠実に研究を行うほど、得られた知識や発見は研究者にとってもその自然観を左右する重要なものとなり、したがって研究者の倫理をより高める事になるだろう。そのような研究からは、我々の自然理解をより深めてくれるような本質的な発見が生まれるに違いない。これを良いフィードバックと呼ぶなら、それとは逆の悪いフィードバックもある。研究者が自分だけの利益を優先して不誠実に研究をすすめていたら、学界におい

て「発見」は一時的には「発見」と認められるかもしれないが、そしてその研究者は「ゲームに勝つ」ことはできるかもしれないが、少なくとも自然を理解したという気持ちを持つことはできないだろう。そして、このような自然へのアプローチからは、自然への愛情や過去の研究者たちへの憧憬も生まれる事なく、したがって不誠実な本質的ではない「発見」が垂れ流される事になってしまうかもしれない。

僕の研究はほんとうに生態系や自然の理解に貢献しているだろうか。自分なりに誠実に研究を進めているつもりはあるけれど、よいジャーナルに論文を載せたり、賞をもらったりする事にも大きな喜びを感じる。そして、研究成果をあげるうえでのちょっとした「不誠実」への誘惑を感じる事がまったくないといえばそれも嘘になる。悪いフィードバックの連鎖への引き金は僕のなかにもやはりあるようだ。事実、今回の大久保賞受賞という身に余る光栄を経験して、これまでの研究を評価していただけた事にとっても強い充実感を感じるのと同時に、このような光栄をまた経験したいという「自分のためだけの欲」もまた自覚している。だからこそ、この喜びに道を踏み外さないように、これまでよりも謙虚な気持ちで誠実に研究に取り組んでいきたいと思う。研究をすすめるうえで誠実さがいかに大事であるかは、学生時代の指導教官であった東正彦さんと山村則男さん、そして数理生物学会を支えてこられた先輩たち、議論を戦わせた同僚たちに学ぶところがとても大きかった。これまで私を支えてくださったすべての方、そして誠実に研究をすすめてこられたすべての先人たちに心から感謝したい。そして、自分の弱さを見つめながらも自分のためだけの利益に捕らえられることなく研究を進めるすべての研究者たちに、この不可思議な自然がその秘密を見せ続けてくれたらと思う。

【特集】

2011 年度 卒業論文・修士論文・博士論文

卒業論文

内田さちえ 奈良女子大学 理学部 情報科学科 高須研究室

個体ベースモデルを用いた感染症の空間的拡大の研究

感染症の数理モデルの多くは力学系として記述される。本研究は、個体ベースの観点から従来の力学系モデルに基づく研究を再検討することを試みる。個体は連続空間上の点として表され、各個体は個別の感染率と隔離率をもち、一定のルールで感受性から感染、隔離へと進化する。さらに出生と死亡を考慮し、個体群動態と感染率などのパラメータの進化動態を解析する。

木原由美子 大阪電気通信大学 工学部 応用化学科

アリの行動を媒介とした相互作用を持つ「荷物」のパターン形成—フラクタル凝集体からコンパクト・クラスタへ—

アリには何かに当たると物を持っていなければ物を持ち上げ、物を持っていれば持っている物を降ろすという性質がある。この簡単な規則を利用して、フラクタル凝集体と同じ形状で置かれた荷物のパターンがどのような形に変化するのかを調べた。モード（荷物を置いた後移動する場所を選ぶ規則）が異なると荷物と荷物の間に空白の存在する割合が違うが、フラクタル凝集体状に置かれた荷物を1つにまとめることができた。

鈴木彩香 奈良女子大学 理学部 情報科学科 高須研究室

ライチョウの個体群存続可能性分析

個体ベースの確率論的個体群動態モデルを用い、絶滅危惧種に指定されている日本ライチョウの個体群について、絶滅リスク評価を行った。生存率を下げると、またクラッチサイズの分散を大きくすると、絶滅確率が上がることを確認した。また、ライチョウは集団間の移動があることがわかっているため、空間移動を考慮したモデルの解析を行った。結果、集団間の移動率が大きくなると個体数ゼロになる頻度が低くなる結果を得た。

富永貴大 大阪電気通信大学 工学部 応用化学科

都市火災（四條畷市）における樹木の役割 セルオートマトン法によるシミュレーション研究

四條畷市で都市火災が起こった時を想定して、樹木がどのような役割を果たすのか、セルオートマトン法を用いてシミュレーションを行った。四條畷市地図を参考にしながら2次元セル(100×100)の状態量を定めた。火災規則は「日本建築学会近畿支部研究報告集」の山田篤ら研究を参考にした。樹木比率を変えて焼失セル数を調べた結果、樹木比率が0と0.9の時を比べると焼失セル数が約3分の1まで下がることがわかった。

馬場圭一, 林正博 大阪電気通信大学 工学部 応用化学科

南海沖地震による津波の予測：東北地方太平洋沖地震による津波の解析より

地震により発生する津波のシミュレーションをセルオートマトン法により行った。シミュレーション結果は、宮城と青森の2箇所で津波到着時刻をほぼ再現出来、引き波から始まることも再現出来た。このプログラムを用いて南海沖地震を想定した津波のシミュレーションを行った。そして、和歌山では15分に大阪では40分に津波が到着し、いずれも引き波から始まることを予測した。

播摩大輔, 橋本健吾 大阪電気通信大学 工学部 応用化学科

JR 大阪駅からの人の避難における誘導灯の効果—セルオートマトン法によるシミュレーション研究—

JR 大阪駅避難時における人の流れをセルオートマトン法によるシミュレーションにより調べた。その結果、・誘導灯を出口の前に配置した場合、短時間に全員避難できた。・誘導灯を出口の側には配置しない場合、誘導灯のせいで遠方の出口に誘導されたり、迷ったりするため、誘導灯が無い場合よりも避難に時間がかかった。すなわち、誘導灯があれば良いのではなく、避難経路が明確になるように配置する事が大切であることがわかった。

半田正法 大阪電気通信大学 工学部 応用化学科 阿久津研究室

プレート型境界地震による前震、本震構造の自己組織

† 掲載されている論文のより詳しい要旨は、JSMB Newsletter No.67 Supplement (pdf版のみ発行)として日本数理生物学会ホームページにアップロードされ、公開される予定です。

的発生：Spring-block 模型によるシミュレーション

定常的に移動する下部プレート上の複数のプレートが起こす地震について Spring-block 模型を用いてシミュレーションを行い調べた。0~1000 時間ステップ間では、本震→余震構造になっている。その後、時間を進めていくと前震→本震→余震構造に変化していった。その後 9000 ステップまで計算を続けたが地震の起き方には変化することは見られなかった。

守永一彦 九州大学 理学部 生物学科 数理生物学研究室

数理モデルによる線虫の化学走性と神経回路

線虫のジアセチル・銅イオンに対する正・負の化学走性に関わる神経回路を対象にした。カルシウムイメージングにより得られた単一神経細胞の入力への応答形状を、微分方程式により近似した。結果、ジアセチルと銅イオンが同時に線虫に与えられる状況下では、忌避行動を引き起こす神経の活動回数を増加させると示唆された。この現象はジアセチルを感知する AWA 神経の特徴的な活動様式と AIA 介在神経によるところが大きいと考えられる。

山口諒 九州大学 理学部 生物学科 数理生物学研究室

異所的種分化における平均待ち時間の推定

地理的隔離によって集団間に生じた遺伝的差異が付随的に生殖隔離を引き起こす異所的種分化について、低頻度の移入を想定した 2 集団モデルを用いて解析を行った。集団間の遺伝的距離を定義し、その挙動を確率過程として捉えることで拡散近似を適用した結果、種分化までの平均待ち時間を定式化した。また、この近似の適用範囲を検討した。得られた予測は Individual-based Model によって確かめられている。

修士論文

飯野理美 奈良女子大学大学院 人間文化研究科 情報科学専攻 高橋研究室

配偶なわばりをもつ魚類の多種共存のモデル

タンガニイカ湖に生息する *Petrochromis polyodon*, *p. famula*, *p. trewavasae* の 3 種の摂餌なわばりは入り乱れて分布している。同種オスは配偶なわばりがあるために互いに 1m 程離れて分布している。3 種の魚の共存にはたす配偶なわばりの役割をモデルにより調べた。配偶なわばりにより 2 種が共存できるが、3 種の共存のためにはさらに父親の子供の数への影響が重要

となることが示された。

池川雄亮 大阪府立大学 理学系研究科 生物科学専攻

生活史段階に依存した正および負の局所的相互作用と種の共存

植物が環境ストレスを緩和して近接個体を助ける正の相互作用を facilitation という。従来の研究では、一方向的な正の相互作用にのみ注目していたが、本研究では facilitation を受ける側から与える側への抑制の効果を同時に考慮し、それらが群集動態に与える影響について格子モデルを用いて調べた。その結果、環境が良いとき、抑制の効果によって、facilitation を受ける種が与える種を競争排除した。一方、環境が悪いときは、抑制の効果がほとんど現れず、facilitation の効果によって 2 種が共存した。

伊藤公一 京都大学 生態学研究センター 山内研究室

植物における個体間の協同効果を伴う对被食防衛の進化動態

植物では、協同効果 (Associational Effect) と呼ばれる对被食防衛における個体間の相互作用が存在することが知られている。そのような状況下では、防衛は協力形質の一種と捉えることができる。本研究では、協同効果存在下における防衛レベルの進化を、適応ダイナミクスの手法を用いて解析した。結果、防衛の相互作用が存在している場合、防衛レベルに二型が生じうるが、三型以上の多型は生じえない事が示された。

右衛門佐誠 大阪府立大学大学院 工学研究科

ユリカモメの群れ運動の解析

本研究ではユリカモメの群れを対象とし、ステレオカメラにより得られた動画データに対して画像解析を施し、各個体の 3 次元的位置座標を再構築した。得られたデータをもとに群れ運動の解析を行った。解析の結果、これまでのステレオカメラを用いた研究では時間的もしくは空間的な解像度の限界から困難であった羽ばたきによる振動をとらえ、数値化することに成功した。

高科直 九州大学 システム生命科学府

海洋保護区の理論的研究

数理モデルを用いて海洋保護区導入の妥当性を解析した。捕食者と被食者からなる系を考察し、様々な管理計画について包括的な解析を行った。海洋保護区の導入が個体群動態に与える影響は、種や管理計画に依存することが分かった。捕食者は保護区の割合が高まるほど個体群サイズが増加したが、被食者の個体群サイ

ズは、被食者のみを保護する場合に限り増加し、その他の管理計画下においては個体数が減少することが分かった。

野下浩司 九州大学 理学部 生物学科 数理生物学研究室

腹足類殻形態への理論形態学のアプローチ

腹足類の多くはらせん状に巻く殻をもつが“巻き”のパターンは多様である。本研究は、殻の“バランス”と“つくりやすさ”から腹足類の殻形態の多様性と規則性のある程度説明できることを理論形態学的解析により明らかにした。網羅的な腹足類標本の測定からは、陸生種は海生種に比べ強い形態的制約を受けていることが示された。また、殻口の傾きが殻のバランスとつくりやすさの両方を改善する上で重要な形質であることがわかった。

早川良 大阪府立大学大学院 工学研究科

日本人の名前のサイズ頻度分布

日本を含むいくつかの国で、名字のサイズ頻度分布の希少領域にべき則が成り立つことが知られている。我々はいくつかの氏名データを解析することで同様のべき則が日本人の名字だけではなく名前のサイズ頻度分布の希少領域でも成り立つことを見出した。これに対し、名付け過程を特徴付けるモデルを提案し、仮想的な個体集団の名前の分布を数値的に解析した。その結果、実測されたサイズ頻度分布を定量的に再現することに成功した。

原悠輔 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻 榎森研究室

聴覚皮質における音情報統合の神経機構

聴覚による外界の認識は、生物にとって非常に重要な機能の一つである。聴覚系において、認識のメカニズムは不明な点が多く、特に高次中枢での情報処理については、あまり研究が進んでおらず、その知見も少ない。本研究では、聴覚系のニューラルネットワークモデルを作成し、その神経メカニズムを調べた。本モデルは、一次聴覚野、FD層、FB層の3層から構成される。本研究の結果は、まとまった音情報をどのように取り出し、結合するのかについて新しい知見を与えるものである。

堀端泰樹 電気通信大学 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻 榎森研究室

多感覚統合による味覚認識の神経機構

味覚認識は味覚だけでなく嗅覚や視覚また過去の記憶と密接な関係があり、多感覚の情報を統合することで真の味覚認識（“風味”の認識）に至ると考えられる。本研究では、味覚野において眼窩前頭皮質からの

下行性入力を受け、多感覚の情報を統合するニューラルネットワークモデルを作成し、味覚のコーディング方法、物の味を覚える学習時、または学習後の他感覚の味覚への影響を提案する。

武藤義孝 電気通信大学大学院 情報理工学研究科 先進理工学専攻 榎森研究室

コウモリのエコーロケーションにおける標的検知の神経機構

コウモリは自ら発したパルス音と標的からのエコー音を比較して、標的の位置、相対速度などの情報を捕える。本研究では、コウモリの聴覚系の神経ネットワークモデルを作成し、コンピューターシミュレーションを行うことで、ヒゲコウモリが背景信号と標的の羽ばたきをどのように区別し、認識するための神経機構を解明する。

山田翔一 北海道大学大学院 環境科学院 高田研究室

タイトル：温度依存的適応度を仮定した性決定に関する量的遺伝モデル

温度依存性決定を用いる生物の初期性比や実効性比へ生息域の温度分散や温度依存的適応度が与える影響を調べた。また同様に初期性比へ狭義の遺伝率が与える影響を調べた。その結果、温度分散や温度依存的適応度が初期性比へ与える影響は遺伝率に影響されることや、温度依存的適応度が実効性比へ与える影響の傾向は温度分散に依存しないことが分かった。さらに、遺伝子性決定が温度依存性決定へ進化する条件について考察した。

渡邊大樹 大阪電気通信大学大学院 工学研究科 総合電子工学専攻

蟻の集団採餌行動における化学走性と渋滞

最近、太陽などの光の角度（視覚情報）によってアリは巣穴の位置を把握していることが萩原らの研究によって明らかにされた。萩原らの研究を基に、化学情報（フェロモン）に加えて視覚情報を取り入れた採餌行動モデルを構築した。このモデルについて、敏感アリ・鈍感アリの個体数の比率、鈍感アリの感度、餌場の配置や供給量によって採餌効率がどのように変化するのか、シミュレーションを行った。得られた結果を鈍感アリの混入と採餌効率の関係に着目して分析した。

博士論文**江夏洋一** 早稲田大学 基幹理工学研究科**Permanence and global asymptotic stability of equilibria for mathematical models with time delays**

本論文では、異世代間の種内・種外競争や感染症潜伏期間などを考察するために用いられる時間遅れを含めた数理モデルにおいて、定常解の安定性に関する成果を報告する。具体的には、遅延微分方程式系および関連する差分方程式の解のダイナミクスに関わる以下の研究を行った。1. 時間遅れをもつ協力型 Lotka-Volterra モデルのパーマネンス 2. 非線形接触項と時間遅れをもつ感染症モデルの内部平衡点の大域漸近安定性 3. 上記感染症モデルにおける内部平衡点の大域漸近安定性を保つ離散スキーム

大森亮介 九州大学大学院 システム生命科学府 システム生命科学専攻 数理生物学研究室**疫学モデルにおける不均一要素の理論研究 THEORETICAL STUDY ON HETEROGENEOUS FACTORS IN EPIDEMIOLOGICAL MODELS**

理論疫学とは感染症の流行ダイナミクスを理論的に解析する学問であり、理論疫学において感染症の流行ダイナミクスは SIR モデルと呼ばれる数理モデルが使わ

れる事が多いが、SIR モデルの基本式は実際の感染症の解析に使えない事が多い。その理由として、病原体の抗原性の進化、感染率の季節変動性、感受性を持つ宿主の年齢、宿主体内での病原体の増殖ダイナミクス、宿主の接触ネットワークが挙げられる。本論文では、病原体の抗原性の進化、感染率の季節変動性、宿主体内での病原体の増殖ダイナミクスに注目し、これらを SIR モデルに適用し解析した。

佐伯晃一 九州大学 システム生命科学府 数理生物学研究室**自己寛容に関する理論的研究：制御性 T 細胞とアナジーについて**

自己寛容とは免疫システムが自分の体に対して反応しないことである。これは免疫系が元々持っている性質ではなく、成立には特別なメカニズムが必要となる。本論文では、自己寛容に関わる二つの機構、制御性 T 細胞とアナジーに着目しその意義について数理モデルを用いて議論した。制御性 T 細胞は他の T 細胞の働きを抑制する。アナジーは抗原認識後に誘導される不活性化状態で、T 細胞と抗原提示細胞の相互作用が弱い時などに誘導される。ここでは適応度の考えを導入し、外来抗原を排除する利益と自己抗原を攻撃する不利益を定式化することで、これらがどんな時に有利となるかを調べた。

生体系のランダム行列理論

小山信也*

1. ランダム行列理論とは

ランダム行列理論は、1950年代から主として物理学を舞台として発展してきた。最近、この理論を生物学へ応用する試みがなされている。本稿では、近年発見されているランダム行列理論と生物学の関係を、OIST（沖縄科学技術大学院大学）にて2012年4月15日から20日まで開催された国際会議「生体系のランダム行列理論（Random Matrix Theory for Complex Systems）」の報告とともに概観したい（原題の直訳は「複雑系」だが、本会議の主題と本稿の趣旨を鑑み、敢えて「生体系」と意識した）。

はじめに「行列がランダムである」とはどういうことかを振り返っておく。「数をランダムに選ぶ」という場合、1つの数だけを選んでそれがランダムかという間には意味がない。いくつもの数を選んで始めて、何らかの傾向や偏りが現れ得る。同じ数ばかり何度も選ぶのは明らかに恣意的だが、逆に、一度選んだ数を二度と選ばないのもまた恣意的である。ランダム性はたくさんの元を選ぶ際の様子であるから、確率の言葉で定義される。実数 x が分散1、平均0でガウス分布しているとき、確率分布関数は $P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$ で与えられる。ランダム性の一つの定義に、 x がガウス分布に従うこと、すなわち、 $a \leq x \leq b$ となる確率が $\int_a^b \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx$ となることとする方法がある。

すると、2次の正方実行列 $H = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$ をランダムに取るときの確率分布関数は次式で与えられる。

$$P(H) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left(e^{-(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2)/2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\text{tr } HH^T/2}.$$

さらに、 H が対称行列であるという制約を課すと、測度 $(d\alpha)(d\beta)(d\gamma)(d\delta)$ を、固有値を変数とした測度で書き換えられる。このようにランダムという概念は、行列をどのような集団から選ぶかによって、ランダムさを規定するための測度が定まるものである。

ランダム行列理論のもう一つの特徴は、行列の次数を無限大に飛ばすことである。 N 次行列の適当な集団を定めると、そこに属する行列は N 個の固有値を持つが、その N 個の固有値の間隔分布を表す密度関数は、

集団を定めるごとに決まる。そして $N \rightarrow \infty$ としたとき、その密度関数は集団に固有の形となる。これが、ランダム行列の各集団に対して計算されている相対関係（correlation）関数である。

そして驚くべきことに、この相対関係関数が、数学や物理学の諸分野で謎とされる様々な現象を正確に記述するという事実が、これまでにいくつか発見されてきた。これらがランダム行列理論に価値を与え、この理論は年々、より多くの物理学者や数学者たちを惹きつけているように思われる。

私は整数論の研究者であるが、整数論で最大の謎とされているリーマン・ゼータ関数の複素零点の間隔分布が、ランダム行列のあるモデルの相対関係関数で表されるという有名な予想がある。ランダム行列理論はリーマン予想解決の鍵であるとすら考えられている。これが私がランダム行列に興味を持ったきっかけであり、整数論の研究者でありながらランダム行列に関するサーベイ [1],[2] を書かせて頂いた理由でもある。

2. 生物学との接点

では、ランダム行列理論が生物学と関わる理由は何だろうか。それはまず何よりも、生体ネットワークの特徴である「莫大な頂点数」が、ランダム行列理論で次数を無限大に飛ばす状況と似ていることであろう。

たとえば、ある細胞が400万個のタンパク質からなる場合、遺伝子転写ネットワークは400万個の頂点を持つ有向グラフとなる。そしてそのラプラシアン（随伴作用素）は、400万次の正方行列となる。このような巨大な行列について、いわば無限次行列の理論であるランダム行列理論が何らかの情報を与えてくれるのは自然なことに思われる。実際、一見無秩序に見えるDNAやたんぱく質の分子配列の中に、ランダム行列理論によって統計的な普遍性の説明がつくものがある。

だが単に頂点数が巨大であるというだけなら、生体系に限ったことではない。物理学における分子数や量子数もまた巨大である。しかし実は、生体系には、他の物理系には見られない決定的な特徴があるのだ。それは、頂点の多様性である。たとえば物理学において電子はどれも完全に同じものであるが、生体ネットワークを構成する要素は、タンパク質であれニューロ

*東洋大学理工学部生体医工学科

ンであれ、あるいはマクロに目を転じて動物の個体が種の保存のためになすネットワークを見たとしても、それらをなすグラフの頂点たちは、一つ一つがすべて異なる、個性豊かなものたちなのである。

したがって、生体ネットワークの解析のためには、単に巨大な行列を考えればよいというものではなく、より深い理論が必要となる。こうした要請に応えるものがランダム行列理論であると、最近考えられてきているようである。これについては、§3.4「講演(7)について」で再び触れる。

さらにもう一点、生体系に対してランダム行列が持つ独自の応用がある。それは、行列の次数を無限大に飛ばし極限を取る過程が、生体の増殖や成長のモデルになり得るということである。これについては、§3.3「講演(5)について」で解説する。

3. 会議の概要

会議では、招待講演者による3時間の基調講演が9コマ行われた。講演者はいずれも世界的に傑出した研究者たちであり、これだけの豪華な顔ぶれが出そろった国際会議は前例がないとの声に参加者から上がっていた。魅力的な講師陣に惹かれ、はるばる海外から参加した外国人たちが全体の8割(30名以上)を占めていて、日本人はむしろ少数派(5~6名程度)という、国際色豊かなOISTらしい会議であった。また、各講演者に3時間という時間が充てられたことにより、各々の理論をじっくり聞くことができたのも、この会議の価値を高めたと言える。以下に、招待講演者と演題を挙げる。

- (1) Edouard Brézin (IHES, フランス高等科学研究所): “Introduction to random matrices” (ランダム行列入門)
- (2) Remi Monasson (École Normale Supérieure, フランス国立高等研究所): “Statistical physics approaches to high-dimensional inference” (高次元の考察のための統計力学的手法)
- (3) Alexei Morozov (Institute of Theoretical and Experimental Physics, モスクワ理論実験物理学研究所): “Faces of matrix models” (行列モデルの様々な側面)
- (4) Surya Ganguli (スタンフォード大学): “The statistical mechanics of compressed sensing and memory through random matrices” (ランダム行列を用いた計測圧縮と記憶に関する統計力学)
- (5) P. Wiegmann (シカゴ大学): “Random matrices, growth models and hydrodynamic singularities” (ランダム行列, 成長モデルと流体力学的特異点)
- (6) J. Zinn-Justin (CEA): “Random matrix and ran-

dom vector theory: The renormalization group approach” (ランダム行列とランダムベクトルの理論: 再正規化群の手法)

- (7) Haim Sompolinsky (ヘブライ大学): “Neuronal circuits with random connectivity” (ランダムな連結度を持つ神経回路)
- (8) Simona Cocco (École Normale Supérieure, フランス国立高等研究所): “Inference of interactions from correlations: algorithms and applications” (間接作用を除いた相互作用の考察: アルゴリズムと応用)
- (9) M. Vergassola (パスツール研究所): “Statistics of the maximum eigenvalue in random matrices” (ランダム行列の最大固有値の統計理論)

この会議の著しい特徴は、参加者の分野が多種多様であったことである。講演者の顔ぶれや演題からもわかるように、物理学者、生物学者、数学者など多岐に渡る分野の人々が集った稀有な集まりであった。演題から見て取れる生体分野の講演は(2)(4)(5)(7)(8)であるが、その他の講演も、生物学的な応用を視野に入れ、それを最終目標の一つと意識していたものが多く、まさに会議の主題が「生体系のランダム行列理論」であったと言える。以下、ランダム行列がどのように生物学に関わっているのか、その接点の説明に力点を置きながら、生体分野の講演を順を追って解説する。

3.1 講演(2)(8)について

講演(2)の演題にある「高次元」とは、頂点数がきわめて多いネットワークを意味する(ただし前述のように生体系の特徴として単に個数が多いというだけでなく、各頂点の性質がすべて異なるという意味での多次元性をも内包していると考えられる)。そうした生体ネットワークの扱いにおいて、ニューロンなどの要素間には直接的な相互作用(interaction)と他の要素を介しての間接的な関係(correlation)の2種類が介在するが、このうち直接的な相互作用のみを取り出して解析することが必要であり、講演(2)ではそのための手法が解説された。それによってネットワークの状況にある種のランダム行列によって表示することが可能になり、ランダム行列理論が神経ネットワークのメカニズムの解明に応用できる可能性が生まれる。講演(2)はその理論の解説であり、共同研究者による講演(8)では、実際にタツノオトシゴやオオトカゲの表皮や網膜の神経に複数の電極から刺激を与えて信号の伝搬を測定した実験結果との整合性に関する報告がなされた。

3.2 講演(4)について

生体は、過去の記憶を現在に生かして行動する。ここでいう記憶とは、直近の過去に関するものである。

熱い湯に触れて手を引っ込めるという防衛反応は、一瞬の間、熱さを記憶することによって可能となる。ミクロのレベルでも、防衛反応をはじめとする様々な反応が記憶によって機能している。この講演の主題は、記憶のメカニズムである。本項では、ベクトル \mathbf{x} の第 i 成分を、ベクトルに添え字をつけて x_i で表すものとする。 N 個のニューロンからなるネットワークを想定し、整数値で表される離散的な時刻 n におけるニューロン i ($i=1,2,3,\dots,N$) の状態を実数値 $\mathbf{x}(n)_i \in \mathbb{R}$ で表すことにより、時刻 n における全体の状態を N 次元ベクトル $\mathbf{x}(n) \in \mathbb{R}^N$ で表す。 $\mathbf{x}(n)$ は、時刻 n における外部からの刺激 $s(n) \in \mathbb{R}$ と、時刻 $n-1$ からの記憶の影響 $W\mathbf{x}(n-1)$ によって定まる (W は $N \times N$ 行列)。 $s(n) \in \mathbb{R}$ の影響力は成分の位置 i ごとに一定であるとし、その影響を表す係数ベクトルを $\mathbf{v} \in \mathbb{R}$ とすると、ネットワークの状態は、漸化式

$$\mathbf{x}(n) = W\mathbf{x}(n-1) + \mathbf{v}s(n)$$

によって記述される。刺激の履歴を表すベクトル (の第 k 成分) を $\mathbf{s}_k = s(n-k)$ によって定義すると、ネットワークの現在の状態に関する \mathbf{s} の下での条件付き確率分布 $P(\mathbf{x}(n)|\mathbf{s})$ が定義できる。記憶とは、過去が現在に及ぼす影響のことであるから、 $P(\mathbf{x}(n)|\mathbf{s})$ の \mathbf{s} による依存度を指すわけだが、これは、統計学でいうフィッシャー情報行列

$$J_{k,l}(\mathbf{s}) = \left\langle -\frac{\partial^2}{\partial \mathbf{s}_k \partial \mathbf{s}_l} \log P(\mathbf{x}(n)|\mathbf{s}) \right\rangle_{P(\mathbf{x}(n)|\mathbf{s})}$$

によって与えられることが知られている。これを用いると、 $\mathbf{x}(n)$ が含む情報のうち、時刻 k 前の情報の影響が残っている分が対角成分 $J_{k,k}$ によって与えられることが計算できる。ここで k を渡らせて和を取れば、総記憶量となる：

$$J_{\text{total}} = \sum_{k=1}^{\infty} J_{k,k}.$$

講演では、ニューロンのなすネットワークが円環形や格子状であるようなモデルに対し、行列 W に応じた記憶量の評価式を示し、その結果とランダム行列の理論式との比較を行った。また、 W が正規行列であるときを正規ネットワークと名付け、その場合には記憶量が行列 W に依らずに定まるなど、いくつかの結果 ([3]) が解説された。

3.3 講演(5)について

講演(5)では、確率密度関数を変形させた「変形ギンブル集団」と呼ばれるある特殊なランダム行列モデルにおいて、行列の次数をいきなり無限大に飛ばさずに、一つ一つ大きくしていくと、そこで現れる複素関数のグラフが、生体の成長モデルとなる現象を紹介した。

一般的な通念として、ランダム行列は概念的に無限

次行列であり、次数を無限大に飛ばした極限の結果に興味を持つのがこれまで普通であった。講演(5)のように、無限大に飛ばす過程が生体の成長モデルになるということは、新鮮な驚きであった。

3.4 講演(7)について

生体ネットワークは、各要素間を結ぶ有向線分に活性化と抑制の2種類があることが特徴だが、実は、より深い特徴として、それらの有向線分の種類が、頂点ごとに傾向を持つことがある。たとえば、ニューロンやタンパク質の中には、周囲の要素をやたら活性化したがるものや、その逆にやたら抑制したがるものがあるので、有向線分の種類が均等に配置されるわけではない。これは、行列の言葉に翻訳すると、列ごとに要素の符号に傾向があることである。生体ネットワークを解析するには、そうした特殊な条件下での行列を扱う必要がある。初期のランダム行列理論では、こうした制限のついた行列の集団については何も知られていなかった。それがここ数年、急速に解明されるようになり、生体系への応用が可能となった。たとえば、列ごとに符号条件を課したランダム行列について、最大固有値の振舞いや、固有値の分布関数などが計算されている。この講演では、そうした結果 ([4]) が紹介され、生物学への応用の可能性が論じられた。

4. OIST について

会場となった OIST (沖縄科学技術大学院大学) は、2012 年秋からの院生入学を予定している新設の大学である。英語を公用語とし、世界最高レベルの研究機関を目指し、外国人教員が半数以上を占める。院生受け入れに先立ち数年前から様々な研究プロジェクトが行われており、今回の会議もその一環であった。東大を退官後 OIST に赴任された数理論理分野の氷上教授と、生物分野のミラー教授が、この会議の主催者であった。素晴らしい環境に加え、参加者一人ひとりに対する主催者の細やかな気配りのおかげで、大変意義のある会議になったと感ずる。氷上教授、ミラー教授への感謝を述べ、結びとしたい。

参考文献

- [1] 小山信也「素数からゼータへ、そしてカオスへ」日本評論社、2010 年。
- [2] 小山信也「量子カオスの数論的側面」日本物理学会誌 **24** (2004) 436-443.
- [3] S. Ganguli, D. Huh and H. Sompolinsky “Memory traces in dynamical systems” PNAS **105** (2008).
- [4] K. Rajan, L.F. Abbott and H. Sompolinsky “Stimulus-dependent suppression of chaos in recurrent neural networks” Physical Review E **82**, 011903 (2010).

『ゲーム理論ワークショップ 2012』 参加報告記

大槻 久*

1. はじめに

『ゲーム理論ワークショップ 2012』は、3月6、7日の二日間に渡って静岡大学浜松キャンパスで開催された。例年、このワークショップは3日間の日程で開催されるが、今年は一日短縮した二日間での開催となった。その代わりに両日とも午前午後を目一杯使った充実したプログラム構成だった。口頭発表は24件、出席者も50名規模で、短縮日程の開催ではあったが例年通りの参加者であったと思う。本大会の開催にあたっては、会場や懇親会等の多くを静岡大学の守田智先生にお世話して頂いた。

このワークショップは、私が年間を通じて出席する学会・研究会の中で最も領域横断的なものと言って間違いない。というのも、文系からは経済学、社会学、政治学、心理学等、理系からは生物学をはじめ、物理学、情報学などから多種多様な研究者が集まる会だからである。手法こそ「ゲーム理論」で共通しているものの、取り扱う話題は驚くほど幅広い。

このワークショップはもともと2004年に、一橋大学（当時は京都大学）の岡田章先生、京都大学の関口格先生ら、経済学のゲーム理論研究者を中心に始められた会である。翌2005年には九州大学の巖佐庸先生もプログラム委員に加わり、当時大学院生だった私もその年からワークショップに参加するようになった。2009年からは私もプログラム委員に加えて頂き、現在に至っている。

2. ワークショップのスケジュール

3日間開催の年を例にとると、ここ数年は1日目は理論生物学寄りの発表で占められることが多い。我々生物学者がこのワークショップに参加し始めたのは2005年であり、当時は生物学関連の発表はわずか数件だったが、2012年を例に取ると、全24件の口頭発表中11件が生物学関連の話題であった。プログラム委員の一人として、多数の理論生物学者が参加して下さることは大きな喜びである。

2日目は社会心理学者や行動経済学者による実証研究の紹介等があり、そして2日目午後から3日目にかけて、正当派とも言うべき経済学におけるゲーム理論

の発表が続く。おそらく、このワークショップに初めて参加した生物系の方々は、その高度な数学と緻密な論理に面食らうかもしれない。というのも、証明は多くの場合難解で、ゲーム理論の専門用語を知らないについて行くのがなかなか難しいからだ。私も、2005年に初めて参加した際にとっても驚いたことを記憶している。と同時に、数学科に在籍していた当時を思い出す不思議な懐かしさがあった。

しかしながら、我々生物学者の研究の目的が生命現象の解明にあるように、文系の研究者の発表にも明確な経済学、社会学等の問題意識があるわけで、それらはしばしば我々の日常と密接な関係があるテーマであり面白い。例えばオークション理論はその一つである。インターネット上に多く存在するネットオークションは、時として欲しいものを安価で簡便に手に入れることができるので、利用したことがある方も多いのではないだろうか。オークションと言えば、最高値をつけた人がその額で落札する「ファーストブライズ・オークション」が当たり前のように聞こえる。しかし、Googleの広告サービス（検索した時に横に出てくる宣伝の順番付け）では、最高値をつけた人が、二番目に高い入札額で落札する「セカンドブライズ・オークション」が使われており、その背景にはゲーム理論的思考があると言う。このような面白い具体例を聞くと、（証明が理解できたかはともかくとして）ゲーム理論の奥深さに魅了される。その他にも、研修医と病院が互に行きたい／受け入れたい相手の順番を持っている時に、どのような割当をするか（マッチング問題）等、日常に潜むゲーム理論の問題は聞いていて純粋に面白い。

私が参加していて思うに、ここ数年、文系理系双方の研究者が、相手方の理解を強く意識して発表をするようになったと思う。これは異分野の研究者の交流を促進するという面でも、また研究手法自体の相互理解という面でも非常に良い傾向だと思う。例えば理論生物学では均衡概念としてESSを重視するが、経済学ではESSほどの強い安定性を要求することは少なく、どちらかと言えばNash均衡点（とその精緻化）を重視することを知ったのも、このワークショップである。また、私自身の研究の話になって恐縮だが、動物の提携

*総合研究大学院大学 先端科学研究科

のモデルを考えていた時に、このワークショップで経済学における様々な対応概念を教えて頂いた。

そういう意味で本ワークショップの懇親会も、普段はめったに接することのない方々とざっくばらんに話ができる良い機会だ。例えば、Fisher 性比のことを経済学の方に話したら「それは私たちも勉強しました」と言われたことがあって驚いた。対象は違うかもしれないが、ゲーム理論という共通言語を持っているからこそ話が通じ合うのである。質疑応答の場ではなかなか聞けない初歩的なことも、懇親会だと遠慮なく質問することができて良い。逆に生物のことについて質問されるときは、他分野の人から見て自分の研究がどのように映るか、どのように理解されているかを知ることができる。普段の学会で専門家の前でしか話さないことを考えると、これは非常に貴重な機会だと思う。

3. 生物系セッション

ワークショップではいくつかの企画セッションが開催され、関連したテーマに関して 4 人程度の講演者が発表を行う。その中の一つとして、毎年 2 時間程度の生物系セッションの枠を頂いている。近年のテーマを挙げると、2009 年は有限集団ゲームと空間構造下のゲームについて、2010 年は性比理論と協力の進化について、2011 年はレプリケーター方程式とグループ形成についてのセッションをそれぞれ企画した。

今年は進化生物学をテーマに据えて、4 人の招待講演者に話題提供を頂いた。東大の島田尚さんには、大進化における種の存続時間分布を説明する、シンプルな共進化生態系モデルを紹介頂いた。島田さんのバックグラウンドは物理学で、今回の講演内容もゲーム理論よりもむしろ生態学に近いものであるが、幅広い聴衆から興味を持ってもらえる話題と確信し、講演をお願いした次第である。次に東大の小林豊さんには、空間構造下における学習戦略の進化、特に社会学習の進化条件について話して頂いた。琉球大の土畑重人さんにはアミメアリの裏切り者の例を通して、自然界におけるマルチレベル選択についてご紹介頂いた。最後に、東北大の高橋佑磨さんにはアオモンイトトンボにおける頻度依存淘汰の実証例について、ご自身の理論研究も織り交ぜてご紹介いただいた。

どの方の質疑応答においても、非生物系の方からも質問が寄せられ、生物系の話に関する関心の深さを伺い知ることができた。4 人の講演者の皆様にはこの紙面をお借りしてあらためて御礼申し上げたい。

4. 参加するには

タイトルに「ゲーム理論ワークショップ」とあるだけに、かなりゲーム理論寄りの話をしないとイケないと思われるかもしれないが、我々数理生物学者にとってこのワークショップの敷居はそれほど高くない。例

えば種間相互作用やギャップダイナミクス等、「相手」や「隣人」ありきの話は広い意味では全てゲームである。また、仮に「相手」が存在しない最適繁殖戦略等の話であっても、そのモデリング手法や解析手法をこのワークショップで紹介頂けること自体が意義深いことだと考えている。そこで皆様には少し大胆に(?) なって頂いて、ぜひ来年のゲーム理論ワークショップ 2013 への参加を検討して頂けたら幸いである。

発表申し込みに関して、一つだけ通常の学会と異なる点があるのでご説明したい。経済学（他の分野でもそうかもしれない）では、公表済の論文をベースに研究発表を行うことが多い。そのため、発表申し込みに際しては「完成された論文」の pdf 等を添付するように案内に記載されている。しかしながら、我々の分野では、まだ未発表の成果に関して学会で研究発表を行うことが多い。そのような事情を勘案し、本ワークショップでは完成された論文の代わりに「extended abstract」というものの提出をお願いしている。これは、研究の概要と成果を 3, 4 ページ程度に短くまとめた文書のことである。更に、競争が激しい分野であるとか、共著者の了解を得る必要がある等の理由で、extended abstract の提出すらためらわれる方もいらっしゃるだろう。そのような場合でも、事情を一言添えて頂ければ、問題なく事を進められるよう対処できるので、ぜひご安心頂きたい。

5. おわりに

進化ゲーム理論は 70 年代に登場し、動物の儀礼的な行動を見事に説明するなど一世を風靡した。また協力の進化研究においても、直接互惠性におけるしっぺ返し戦略や、囚人のジレンマの二次元格子シミュレーションなど、我々の記憶に残る研究が多い。

一方で、ゲーム理論という単語が明示的には出て来ないものの、その本質がゲームである生命現象は、我々が思うより多いように思われる。例えば、宿主と寄生者の共進化はお互いの先を越そうとするゲームであるし、シグナルの送信者と受信者の系は、相手を巧みに騙して多くの利益を搾取しようとする敵対的なゲームとして捉えることもできる。ゲノム刷り込みという現象は、ゲノム間のコンフリクトというゲームから生じた進化的産物であるし、異性間性淘汰も二つの性が自身の適応度を上げようとするゲームであると言える。

登場から 40 年を経て、進化ゲーム理論は進化生態学の古典的理論となる一方で、今回の生物系セッションの 4 講演からも分かるように、今なお生命現象を理解する為の中心的な枠組みの一つであると言える。このニュースレター読者の皆様には、ご自身の研究の中に潜む「ゲーム理論」を見つけて頂き、ぜひ本ワークショップにてご紹介頂きたい。

ニュース

■第22回日本数理生物学会大会のお知らせ

第22回日本数理生物学会大会 (JSMB12, Okayama)

日時: 2012年9月10日(月)～12日(水)

場所: 岡山大学大学院自然科学研究科棟

大会委員長: 梶原 毅 (岡山大学大学院環境生命科学研究科 kajiwara@ems.okayama-u.ac.jp)

大会副委員長: 佐々木 徹 (岡山大学大学院環境生命科学研究科 sasaki@ems.okayama-u.ac.jp)

日本数理生物学会22回大会を、9月10日(月)～12日(水)の日程で、岡山大学大学院自然科学研究科棟を中心に開催いたします。会場の場所については、http://www.okayama-u.ac.jp/tp/access/soumu-access_tsushima_n.html をご覧ください。

本大会は岡場で開催される初めての数理生物学会大会です。4年前には日中数理生物学コロキウムを開催いたしました。今回はさらに多くの方々に楽しんでいただける大会を企画する予定であります。

一般講演への申し込み、要旨提出期限、懇親会参加申し込み期限等については以下のようになっていますので、お忘れなきようお願いいたします。最新の情報につきましては、順次大会ホームページにてお知らせいたします。

一般講演(口頭、ポスター)発表申し込み期限 7月31日

講演要旨提出期限 8月8日

懇親会参加申し込み期限 8月20日

会費、懇親会費の事前払込期限 7月31日

何かご不明の点がございましたら、下記メールアドレスより大会事務局までご連絡ください。

電子メールアドレス jsmb12@ems.okayama-u.ac.jp

多数の会員の方の参加を期待しております。よろしくお願いします。

■日本数理生物学会事務局より

幹事長 山内 淳

1. 会費納入のお願い

今年度または過去の会費未納の方は、下記口座への納入をお願いいたします。

【ゆうちょ銀行の振替口座】

口座番号: 00820-5-187984

口座名称(漢字): 日本数理生物学会

口座名称(カナ): ニホンスウリセイブツガッカイ

【他銀行から振込】

店名(店番): 〇八九(ゼロハチキュウ)店(089)

預金種目: 当座 口座番号: 0187984

2. Biomath メーリングリスト登録のお願い

日本数理生物学会では、会員と会員でない数理生物学に関心をお持ちの方々との交流や情報交換を目的とする、Biomath メーリングリストを運営しています。Biomath メーリングリストには、学会や会員からの重要な情報(大会情報、国内外の公募情報、研究会や定例セミナーの情報、学会賞の情報など)が投稿されますので、日本数理生物学会に新規に入会されるときには、合わせてBiomath メーリングリストへの登録をお願いしています。また、現在会員の方でBiomath メーリングリストに未登録の方にもぜひ登録いただきますようお願いいたします。つきましては、未登録の方には、お手数ですが、以下のいずれかの方法でBiomath メーリングリストへご登録ください。

- (1) Biomath メーリングリストに自分で登録する: 登録は本文も件名も空白の電子メールを biomath-ml-subscribe@brno.ics.nara-wu.ac.jp にお送りいただくと、確認メールが返送されます。それに返信していただくと入会することになります。
- (2) Biomath メーリングリストに登録するが、登録作業は事務局にしてもらいたい: 登録を希望する電子メールアドレスを以下の方法で事務局までお知らせください。

・郵便: 〒520-2113 滋賀県大津市平野2丁目509-3 京都大学生態学研究センター
山内 気付 日本数理生物学会事務局

- ・E-mail : kato.satoshi.0@gmail.com (会員関係担当幹事：加藤聡史)
- ・Fax : 077-549-8259 (幹事長：山内淳)

登録された皆様の電子メールアドレスは厳重に管理します。登録者以外からは投稿できないシステムになっておりますので迷惑メールの心配もありません。配送頻度も週に1通程度となっております。その他、Biomath メーリングリストに関しましては <http://biomath10.biology.kyushu-u.ac.jp/~jsmb/jsmbj/?Biomath-ML> に記載しております。合わせてご覧ください。また、何か不明の点がございましたら、上記事務局宛に遠慮なくお問い合わせください。

3. 事務的事項のお問い合わせ先について

入会、退会、所属先の異動など、会員情報の変更につきましては、会員関係担当幹事の加藤聡史 (kato.satoshi.0@gmail.com) までご連絡ください。また、

会費関係のお問い合わせは会計担当幹事の江副日出夫 (hezoe@b.s.osakafu-u.ac.jp) へ、それ以外の事項につきましては、幹事長の山内淳 (a-yama@ecology.kyoto-u.ac.jp) へお問い合わせください。

4. 数理生物学会が主催・共催・後援する学会・研究集会

- (1) 「日中韓数理生物学コロキウム」(日本数理生物学会共催)
2012年5月22日～25日：釜山
- (2) 「生物数学の理論とその応用」(代表：佐藤一憲)
2012年11月13日～16日：京都大学数理解析研究所420号室
- (3) 「数学と生命現象の関連性の探求 ～新しいモデリングの数理～」(代表：瀬野裕美)
2012年12月17日～21日：京都大学数理解析研究所111号室

研究集会カレンダー

2012 年 6 月 1 日付 (前号 No.66 からの差分)

2012 September–December

Sep 24–26 九州大学

第 84 回日本遺伝学会

<http://gsj3.jp>

Oct 14–17 タワーホール船堀

生命医薬情報学連合大会

<http://cbi-society.org/>

Oct 21–25 慶応大学

The 4th Foundations of Systems Biology in Engineering

<http://fosbe2012.org/>

Oct 26–28 千里ライフサイエンスセンタービル

「細胞を創る」研究会 4.0

<http://www.jscsr.org/>

Oct 31– Nov 3 Shanghai, China

The 2012 IEEE 4th International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications

<http://formes.asia/pma12/>

Nov 7–9 Montreux, Switzerland

The Montreux LC/MS 2012 conference: Special highlights on Metabolomics and Clinical Chemistry

<http://www.lcms-montreux.com/>

Nov 7–10 Tempe, AZ

12th International Symposium on Mathematical and Computational Biology

<http://www.biomat.org/>

Nov 23–25 奈良女子大学

第 31 回日本動物行動学会

<http://www.ethology.jp/>

Dec 11–14 福岡国際会議場

第 35 回日本分子生物学会

<http://www.mbsj.jp/>

編集後記

67 号をお届け致します。今回は、小山信也さんによる「生体系のランダム行列理論」の紹介、大槻久さんによる「ゲーム理論ワークショップ 2012」の参加報告記を掲載致しました。いずれも読み応えのある力作で、執筆者のお二人には感謝致します。また 2011 年大久保賞受賞者の近藤倫生さんには「研究のすすめかた：論理と情熱と倫理について」と題してご寄稿いただきました。若い方には、幸せな研究生活を送るにはどうしたらよいか、研究テーマをどう選ぶべきか、大いに参考にしていただけたと思います。35 歳の私にもとても勉強になりました。他に、卒業論文・修士論文・博士論文の 200 字サマリーを掲載致しました。より詳しい要旨はオンライン版をご覧ください。卒業生の皆様のさらなるご活躍を楽しみにしています。(黒澤)

日本数理生物学会ニュースレター第 67 号

2012 年 6 月発行

編集委員会 委員長 望月 敦史

mochi@riken.jp

理化学研究所基幹研究所

〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

発行者 日本数理生物学会

The Japanese Society for Mathematical Biology

<http://www.jsmb.jp/>

印刷・製本

(株) ニシキプリント