

【第4回 数理生物学対談「合原一幸 教授」】

「好きなこと」だけを研究テーマに

語り手 : 合原一幸\*

聞き手 : 岩見真吾†

はじめに

数理生物学会ニュースレターの新しい試みとして、いわゆる“大御所”と呼ばれる先生方との対談企画を行っております。編集長の岩見が聞き手となって、日本数理生物学会編集部のメンバーと共に東奔西走し、語り手となる大御所を直撃します。研究の話はもちろん、先生方が大切にしているポリシー、若い会員が知らない昔話、また、これからの数理生物学会の在り方など、存分に語ってもらおうと思います。先生方が非常にお忙しいのは百も承知ですが、もしも依頼があった場合には、是非、対談のお話をお受け頂ければ嬉しいです。さて、第四弾では、日本を代表する数理工学者、東京大学の合原一幸先生を直撃しました。なお、今回の対談は、京都大学ウイルス・再生医科学研究所の小柳義夫所長のご厚意で、所内のセミナー室をお貸し頂けたので、一部公開対談となりました。皆様、是非お楽しみ下さい：

岩見 今日はお忙しい中ありがとうございます。よろしくお願ひします。

合原 よろしくお願ひします。

岩見 おそらく1時間ちょっとぐらいだと思います。

合原 1時間はかからないんじゃない？30分ぐらいでしょ。

岩見 でも結局いつも結構長くなるんですよ。盛り上がってくると。盛り上がらなかつたらすみません(笑)。まずはじめに、先生の研究の経歴というか、どういうところから始まって今の研究に至ったかっていうのを少し教えていただければと思うんですけども。

合原 それは長くなるよ(笑)？

“三代目”から研究者へ

岩見 全然OKです(笑)。一番初めは数理工学ですか？

合原 いや、僕は学部は電気系の強電(電気エネルギーの輸送、およびその機械的エネルギー・熱エネルギー)

ギーへの変換を扱う電気工学の部門の俗称)なんですよ。

岩見 あ、そっちなんですね。

合原 なんてかって言うと、うちの実家が、発電所や大きな工場とかの電気工事をする電気設備の会社で、おじいちゃんが作ったからから僕三代目で(笑)。だから若い頃から、周りの電気工事士さん達から三代目と呼ばれながら育ちました。

岩見 三代目ってすごい響きですね(笑)。

合原 僕は人に親分肌とか言われるんだけど、それは三代目だから(笑)。で、三代目として後を継がないといけないので、東大工学部の電気工学科で勉強するために東大に行った。

岩見 それでなんですか！すごいですね。



図1 東京大学教授 合原一幸先生

合原 そのまま4年生になって、そこで就職してたらもっとリッチな人生を送ってたんだけどね。だからここは1つの分岐点だったんだよね僕自身の。当時、東大の電気(現在の電気系工学専攻)には推薦制度ってのがあって、大学院入試を受けなくても何人か大学院に行けたんですよ。

岩見 あ、学部から院ですか。

合原 そうそう。それで、「行けるんだけどどうしますか」って言われたので、まあどうせ跡継ぐんだから5年間ぐらいは一番好きな研究しようかなと思って。で、僕は元々生物好きだったので、ここでついに生物の研究と繋がりが出来た。

岩見 なるほど。そこでなんですかね。

\*東京大学生産技術研究所

†九州大学大学院理学研究院生物科学部門

合原 子供の時から僕は昆虫少年なので。そういえば、数理生物学会って昆虫少年みたいな感じの人があんまりいないような気がするんですけど、いるんですかね？なんかフィールドで虫を追いかける感じの人があんまりいない気が...

岩見 そういう人は生態学会にたくさんいるイメージですね。

合原 ああ、そっちなんだね。まあ、それは置いて、そういう経緯で5年間だけ生物のことをやろうかなど。当時、生体工学という分野があってね、まあ生物というよりは医学に近い、医用生体工学とかそういう感じの分野があって、電気電子系で生物っぽいことをやれるのはそこしかなかった。ただもう一つ、大学院で本来の電力系の方をやるっていう選択肢もあって、かつ、推薦の話をしてもらった先生が電力系だったんで、そこは相当悩んだんですよ。でも結局生物の方に行った。で、そこで出会った宇都宮敏男先生（東京大学・名誉教授）がとてもいい先生で、要するに何にも指導しない。今の僕と全く一緒。その先生見て、（放任主義は）いいなって学んだ。だからテーマも全部自分で決めるんですよ。で、机は用意してあげますと。

岩見 場所だけ提供するんですね（笑）。

合原 うん、好きなことをやりなさいと。それで好きな研究をやる。で、最初は循環器系のモデルとかもちょっとやってたんだけど。

岩見 へえ！そうなんですか。

合原 うん、結構面白いんだよ循環器系も。毛細血管の部分まで入れるともものすごく複雑なネットワークで、ネットワーク理論的に面白いんですよ。あと、ショートカットするルートとかもあってそれはそれで面白かったんですけど、当時、甘利俊一先生（東京大学・名誉教授）が、雑誌「数理科学」（サイエンス社）で、甘利先生が言うところの数理脳科学の基礎みたいな内容の連載をしてたんですよ。それ読んで、ああもって面白いなと思って、脳の理論に興味を持った。

岩見 修士の初めはまだ甘利先生は指導教官じゃなかったんですか？

合原 博士まで違う。ポスドクで甘利研に入った。

岩見 あ、そうなんですか！それは知りませんでした。

合原 それで甘利先生の神経統計力学っていう理論を独学でやって、修士論文を書いて、それを甘利先生に見せたら面白がってくれて、その辺から脳寄りになってくんですよ。

岩見 そういう流れだったんですね。

合原 甘利先生のこの理論ってのは一種の統計力学で、神経の数を無限大に持って行ってマクロな式を導くわけだけど、僕がやったのは甘利先生の単純なマカロック・ピッツ型ニューロンモデルにヒステリシスを持たせたモデル。まあ不応性みたいなもんなんですけど。それを入れた時にマクロな振る舞いがどう変わるかっ

ていうのを調べたら、かなり違うんですよ。

岩見 なるほど。

合原 分岐集合でいうと、マカロック・ピッツだと、カスプカスタロフになる。当時カスタロフ理論ってのがあってね、勾配系の分岐理論なんですけど、ヒステリシスを入れるとバタフライカスタロフが出てくるんですよ。

岩見 バタフライカスタロフっていうのはなんなんですか？

合原 蝶の羽みたいな形の分岐集合。僕は虫の中でも蝶が好きなので、すごく嬉しかった。バタフライカスタロフを折り紙で折ったりしてね。それでその時に思ったのは、ニューロンをちょっと複雑にするとマクロな振る舞いがすごい変わるけど、そもそも本当のニューロンってどれくらい複雑なのかなって。

岩見 確かにそうですね。

合原 それで博士課程に行って、その辺を勉強し始めた時に、松本元先生（当時、電子技術総合研究所）が東大に講義に来られたんですよ。理学部の方にね。僕は工学部だったんだけど、面白そうだったから行ってみたわけ。それで、終わってからずっと議論とかしてたら、いっぺん見に来いって言われて、それでヤリイカの実験を見た。

岩見 あ、そこでヤリイカなんですか。

合原 それで実際の神経がどれくらい複雑か知りたかったんで、具体的な研究になったって感じ。ラッキーだったのは、松本先生ってゴッドハンドって言われてたぐらい神経の切り出しがうまくて、ものすごい綺麗なデータが出るんですよ。その神経を使えたので、世界で最初に、ヤリイカの神経で僕らはカオスを発見できた。それで、学位論文はそのヤリイカの神経の振る舞いと、その数理モデルの Hodgkin-Huxley 方程式の解析だった。

岩見 今日講演でおっしゃってたあのクリティカルスローイングダウンの。（この日は、京都大学数理解析研究所で行われた「第15回生物数学の理論とその応用」にて、合原先生が「感染症やがんへの数理工学的アプローチ」と題して特別講演を行った。）

合原 そうそう、あれはあの時の。

岩見 にしてもイカあんな風に綺麗に出るんですね。

合原 ヤリイカはものすごい綺麗に出る。それもまあ松本先生のゴッドハンドのおかげなんだけど（笑）。

岩見 そこが一番初め生物に行ったところという。

合原 そうだね。

岩見 で、その後は甘利先生の所に。

合原 うん。それで、普通D3で就職するじゃないですか。で、ちょうど僕の指導教員の宇都宮先生の定年退官と僕の卒業が一緒だったんですよ。だから僕が最後のドクターで。それで宇都宮先生が就職担当だったんで、どうしますかって聞かれて。東京電機大学の小

谷誠先生（東京電機大学・名誉教授）から来いって誘われてたんだけど、ただ甘利先生のところで勉強しなかったの、一年待ってくださいと（笑）。いい時代だった。

岩見 すごいですね（笑）。

合原 今は学振のポスドクって3年ぐらいあるじゃないですか。当時1年だった。

岩見 ああ、そうなんです！

合原 だからその学振のポスドクで1年間甘利先生のところにいて、それから電機大に就職した。

岩見 ちょっと全然勘違いしてました。博士の頃から甘利先生なのかと思ってました。

合原 違うんですよ。

岩見 そこからどれくらいで東大に戻られたんです？

合原 僕のキャリアは割と10年単位が多くて、東大に、博士とポスドク入れてちょうど10年、そのあと電機大に行って10年。で、電機大って電子回路めちゃくちゃすごい学生とか、プログラミングものすごい学生とかいるんですよ。だから結構面白い研究ができて。あと卒論生とか、今だと研究室ごとに数人とかだけど、当時その縛りがないので、ある時は研究室の卒論生が数十人だった（笑）。

岩見 数十人?! 6人とかでも大変なのに、数十人! どうするんですか、数十人の卒論生。

合原 数十人は無理やろ? そもそも僕は指導しないんだし（笑）。グループに分けて、グループ形式で研究をやってもらった。

岩見 なるほど、そういう風にするんですね。

合原 で、誕生日ごとに飲み会やってたから、ほぼ毎週で楽しかった。やっぱ数十人いると結構優秀な学生も混じってるので、電機大の、母校の教授になってる教え子もいますよ。

岩見 先生が指導した学生って全部合わせると、間違いなく覚えてないと思うんですけど、オーダーでいうと1000…?

合原 いや1000はいないと思うけど、電機大に10年いて1年30人いたとして300人ですよ。流石に東大だとそんなにいないけど、ただうちは異常に博士の数が多いで... まあ相当です。全然覚えてないけど（笑）。僕名前って覚えられないんだよね。名刺交換するじゃないですか。で、ちょっと見てからしちゃうでしょ。しまったらもうすでに忘れてんの（笑）。

岩見 どうやったら名前覚えてもらえるんですか？

合原 ...よくわからない（笑）。で、おまけに結構僕は顔がくどいから、向こうは覚えてるんだよね。だからあちこちで挨拶をされて、名前とか覚えてないからなるべくすり抜けようとするんだけど、そのまま会話になったりするじゃない。だから必死になって話しながら思い出そうとするんだけど。結局最新の名刺くださいとか言って（笑）。

岩見 最新の名刺（笑）!

合原 だいたい変わってないんだけどね。

岩見 それなかなかいいですね!

合原 だから人の顔と名前覚える才能が全くないんですよ。まあ覚える気もないんだけど。そもそも覚える必要もないよね、政治家じゃないんだし。

岩見 そうですね。重要な人はそのうち覚えていきますからね。話は少し戻るんですけど、先生は完全放任主義なんですか？

## 学生ほったらかしで有名な研究室

合原 放任主義です。それはもうさっき話した宇都宮先生がそうで、それが良かったっていうのと、甘利先生もそうなんです。電機大の後は甘利研の助教授になったんだけど、甘利先生もほったらかして、あまり指導はしないと。つまり、あの研究室に行くと指導してもらえないってのを、もう全員知ってるわけ。そういう学生が来るから、みんな優秀なんです。

岩見 めちゃくちゃ優秀ですよ。

合原 まあ伸びる学生はほったらかすと予想外の方向に伸びたりするので、とてもいいのです。

岩見 名だたる先生が出てますよね。

合原 うん。特に数理だから、実験だったらやっぱ実験のテクニックとかあると思うんですけど、まあそんなに教えなくてもね。もちろん議論とかはしょっちゅうしますけど。フリータイムってのを毎週設けて、議論したい人は誰でも来なさいって言って。議論したい人は来るわけね。だからその議論がないと、研究室セミナー以外では2年間ほとんど話さずに終わる学生もいる。増田（増田直紀: Senior Lecturer at University of Bristol）みたいに毎週のように来る学生とかもいるし。僕は、小学校から大学院まで運動部にいたので、その習慣で学生の名前は呼び捨てです。すみません。で、増田や平田（平田祥人: 東京大学・准教授）とかしょっちゅう来る。おまけにどんどん論文書くので、僕の土日はそのチェックでつぶれる。

岩見 ああ、すごいですね。ちなみに、先生さきほど昆虫少年っておっしゃってましたけど、やっぱり蝶が大好きなんですか？あと僕フクロウってのも聞いたことあるんですけど。

合原 あれは、岩波（岩波書店）の知り合いの編集者が企画を持ってきて、「集める！」っていう本を出しますと。その企画書を見たら、8人の人が自分のコレクションの自慢をするという内容。こんな本売れないじゃないですかって言ったら、「いや先生、今こういう本が売れる」って。やっぱり売れなかった（笑）。で、僕本当の趣味は他にあるんですけど、本当の趣味って人に教えたくないでしょ。だから二番目の趣味のフクロウグッズを書いたんだけどね。それ岩波アクティブ

新書っていうんですよ。今はもう岩波アクティブ新書そのものがなくなっちゃった。たぶん軒並み売れなかったんでしょね（笑）。でも僕自身は嬉しいし、出張で地方の本屋さん行くと売れ残ってたりするんだけど、絶対買うね。

岩見 ははは（笑）

合原 僕しか買ってないと思う（笑）。

岩見 これは他にもいろんな先生方が？

合原 例えば、東京医科歯科大学の藤田紘一郎先生（東京医科歯科大学・名誉教授）は寄生虫の専門家なんですけど、彼の趣味は寄生虫の収集なんです。彼のすごいのは、自分のお腹の中でも飼ってるんだよね。

岩見 おお！それはハードですね。

合原 サナダムシ。何メートルもあるんだよ。で、彼が言うには、これ飼ってるから花粉症にならないと。それで僕は花粉症が当時結構ひどかったんで、じゃあサナダムシ飲んだ方がいいですかって聞いたら、いやそれだけのためだったら飲まなくていいかなって。なんか名前つけて飼ってましたよ。キヨミちゃんとか言ってたかな。藤田先生によるとすごい健康になるんだって。寄生虫を体内で飼ってるよ。

岩見 え、それ大丈夫なんですかね。

合原 先生すごいスマートですよ。きっとサナダムシに栄養取られてんだらうね（笑）。やっぱ結構（対談）長くなるなあ。

岩見 そうなんですよ。もう20分経っちゃいました。あとやっぱり合原先生といたら聞いとかなきゃダメなのが、人工知能とかニューラルネットワークとか、その辺の昔の研究と今どういう風に変わってきたかっていうのを、読者みんな興味あると思うんで、できるだけ分かりやすく教えていただけると嬉しいです。

## 人工知能研究の昔と今

合原 えっと、ニューラルネットワークってのは今までに3回ブームがあって、第2次ブームぐらいの時に僕が研究を非常にアクティブにやってた。その時に書いた「ニューラルコンピュータ」（東京電機大学出版局）って本が僕の本では唯一よく売れた（笑）。で、今のディープラーニングに必要な技術は全部あの本に書いてあるんですよ。

岩見 もう理論自体は結構昔からあるんですか？

合原 だって今ディープラーニングで使ってる誤差逆伝播学習って、原理は甘利先生が1967年に論文書いてるわけで。第2次ブームの時に、ラメルハートとかヒントン達がそれを再発見して、再発見だけではなくて良いアルゴリズムを作ったんです。それで学習の効率が結構上がったんですけど、基本的にディープラーニングに限ると理論的には新しいものはない。ただこの30年で何が変わったかって言うと、学習に必要な

ビッグデータが手軽に使える。それからそれを使って学習するだけのコンピューターパワーがある。この二つなんです。その二つが前とは違って、かつうまく学習させるためのいろんなノウハウがたくさんあって、それを使ってみるとまあいいものができる。さらにそれがオープンソースで、いろんなものがある。学習して、いいものができるようになったらそれはどんどん使えばいいわけですから、いいものができるかどうかポイントで。でも理論的には深みがないので、もうちょっとダイナミクスを前面に出したようなAIをきちんと考える必要があるってのが今やってることで、今日の午前中のAMED（日本医療研究開発機構）のシンポジウムはそれだった。



図2 AIの今を語る

岩見 僕はそんなに専門家じゃないので素人知識なんですけど、AIとダイナミカルシステムって相性があまり良くないっていうイメージがあるんですけど。静的なデータに対して結構AIって強いじゃないですか。それを動的なデータに行くってのは結構...

合原 今のAIにとっては難しい。でも脳自体はダイナミカルに情報処理しているので、例えば今のAIで取り込めてない部分ってネットワーク構造なんだけど、ディープニューラルネットってフィードフォワードなんだよ。で、レイヤーがディープになってると。それで入力から出力への写像を作ってるわけ。でも写像という意味では、実は三層で十分なんです。第2層の中間層のニューロン層を十分たくさん増やせば、入力層から出力層への任意の連続写像を任意の精度で近似できるって事は証明されている。だから三層でいいんだけど、ディープでやると結構うまくいくと。（実際の）脳でも小脳は三層なんですよ。で、大脳は割とディープになってるんです。つまり脳も使い分けてる。だからいろんなニューラルネットをうまく使ってるのがおそらく脳で、その中で特にダイナミクスは今のAIにはほとんど取り入れてない。例えば構造がディープニューラルネットはフィードフォワードなんだけど、脳って必ず逆行性の結合持ってるんですよ。だからトップダ

ウンの方向の結合が必ずあって、むしろそっちの結合の方が多かったりするんです。

岩見 それは生理的に結合してるってことなんですか？

合原 うん。その結果、ダイナミクスが生み出される。それからギャップジャンクションってのもあって、ニューロンとニューロンが直接くっついてる。つまり化学シナプスだけでなく電気シナプスで直接結合してるのも結構いろんなとこにあって、そこは全然違う。さらに学習則も、ヘブ学習なんかは昔から使ってきてるんだけど、それ以外にも STDP (Spike-Timing-Dependent synaptic Plasticity) とか、いろんな学習則があるんですよ。それも今の AI には上手く入ってないと。それからさらに、ニューロンの動作モードにも色んな動的モードがあってね、それが今のニューラルネットは単純にマカロックピッツをアナログにしたような静的モデル。だからそのダイナミクスが全然入ってないんですよ。そういう意味で、岩見さんが言ったみたいに現代の AI はダイナミクスが全然取り入れられてない。でもそれは必ずしも相性が悪いわけではなくて、動的な脳の数理モデルがうまく創れてないからです。

岩見 まだじゃあ理論ができてないっていう。

## シンギュラリティは到来しない

合原 でも脳はそれをやってるのでね。だから今 WPI (世界トップレベル研究拠点プログラム) の東大 IRCN (ニューロインテリジェンス国際研究機構) で医学部の人たちと一緒にやってるのは、そこをやっぱりきちっと解明したいなっていうのがあって。あとついでに言うとうと、シンギュラリティ (技術的特異点: 人工知能が発達し、人間の知性を超えることによって、人間の生活に大きな変化が起こるといった概念) の問題ってのがあるでしょ？

岩見 はい。

合原 で、カーツワイル達は、基本的に脳をデジタルと思ってるんですよ。

岩見 ほうほう。

合原 そこからして全然違ってるんだけど、仮にデジタルで近似するって問題を考えたときに、技術的にはもちろんビット数とか処理速度は増えると。でも増えても、AI を実装するのはチューリングマシンだから、脳を実現できるかって言った時に、脳全体の情報処理をアルゴリズム化できなかつたら、別にビット数が増えようと計算速度が上がろうとできないものではないでしょ。だから今のままではシンギュラリティ起こらないんですよ。

岩見 そうですね、マスコミとかは変な方向に持って行ってますよね。

合原 ディープラーニングとかで脳のモデルができ

ちゃってると思ってるけど、そこは全然できてないの

岩見 そうですね。やっぱりその脳の仕組みを模したようなアルゴリズムとか、理論を作っていくってのが一番近道なんですかね。

合原 えっと、脳ってのはいろんな知能を持っているので、その中の特定の能力を取り出して、そこを深めていく、それはできてるわけですよ。単純計算では早い時期に脳を超えてるし、論理もいくらかでも深い論理構造を作れると。それから最近のディープラーニングで、静止画の認識に関しては抜群。音声認識もかなりできてますと。そういう段階なんだよね。だからある機能を取り出せば、そこを深めていくことは可能だと。でもそこで取り出しきれないものとか、認識できないものが脳にはたくさんあるので、だからいつまでたっても届かないかなと思う。

岩見 先生は脳科学者っていう風に言われるんですか？そういう風には言われませんか？

合原 学会によってはそう言われちゃうこともあるよね。

岩見 言われちゃう (笑)。

合原 自分では全然思っていないけど。

岩見 先生自身はどのように... 僕とかだったら数理工学者になるんですけど。

合原 僕らは数理工学って呼んでるよね。やっぱり数理工学者ってのが一番しっくりくる。大学院から、やってたこと自体は数理工学だし。甘利先生の論文を基にしてやってたので。

岩見 僕も学部は大阪府立大学の工学部の数理工学科だったんですよ。潰れちゃいましたけど。

合原 あ、数理工学あったんだ。

岩見 あったんです実は。

合原 それはすごいね、あんまりないもんね。

岩見 そうなんですよ、多分、大阪府立大学と東大とあと京大ですかね。なので数理工学科で、物理と数学を半分ずつぐらい勉強できたんです。

合原 九大も作つたらいいじゃない (笑)。

岩見 僕のカじゃどうにもならないです (笑)。

合原 IMI (九州大学マス・フォア・インダストリ研究所) があるから数理工学があってもおかしくないけどね。

岩見 そうですね。まあ個人的には学生の時に両方見れて良かったですね。

合原 うんうん。

岩見 あとやっぱり、理学部の数学だとあんまり応用の方に意識は向かないじゃないですか。で、工学部だと、理学的な勉強ってあまりしないじゃないですか。だから数理工学科ってちょうどバランスが良くて。

## 数学はリテラシー

合原 あ、そこは重要で、いま東大の教育に関してもいろいろ言ってるんですけど、これまでの教養課程でやってた数学よりももうちょっと上のレベルの数学を、文科系も含めてみんなにやらせるのがいいかなって。

岩見 あ、文科系も入れるんですか。

合原 やっぱある意味リテラシーなので、数学は。アメリカとかはそこに気づいてるでしょ。だからそのレベルを上げないって感じはあるね。例えばAI研究者とかデータサイエンティストがどんどん足りなくなってるのは、そういう教育してないからね。

岩見 確かにそうですね。

合原 だから教育すればいいんですよ。今の学部レベルよりもうちょっと高いレベルの数学を教えた方が良く、数理工学はそこを教えるわけ。3、4年生でね。

岩見 そうですね、やっぱり微積とか線形とかで終わっちゃうんじゃないかと、もっと。

合原 もうちょっと上のレベルね。線形代数でも、学部の教養課程で教える今のレベルのもうちょっと上まで教える方がいい。解析にしても幾何にしても。

岩見 そうですね。やれば結構面白いですからね。

合原 うん、で、ちゃんと教育すればかなりの人が理解できると思うんで、その仕組みを作るのが多分必要です。

岩見 なるほど。その後にやるかどうかは選べばいいと。

合原 うん。そういうことです。だからもうリテラシーですよ。

岩見 確かに。もうそういう時代になってきましたもんね。あといくつかまだお聞きしたいんですけど、先生は数々の大型プロジェクトを成功させてると思うんですけど、やっぱりプロジェクトの間ってのはめっちゃくちゃ忙しいんですか。

合原 めっちゃくちゃ忙しいよ(笑)。どうやってんだってよく聞かれるからさ、簡単なんだと。

岩見 ほう、簡単ですか。

合原 朝9時から夜11時まで、土日もなく働けば、簡単にできる。

岩見 なるほど...(笑)。

合原 ふふ、それができるかどうかです。

岩見 けどそれ強烈ですね。

合原 まあでも夜11時から朝9時まで空いてるんだからね(笑)。睡眠は削れないからね。

岩見 そうですね確かに。

合原 でもまあ僕は6時間でいいかな。僕は6時間で持つんですよ。大体睡眠って1.5時間が単位になるじゃない。

岩見 はい。

合原 だから6時間か7.5時間で、7.5時間寝るのがベストだけど、まあ6時間でも。

岩見 1番しんどかったとか重かったプロジェクトはやっぱりFIRST(最先端研究開発支援プログラム)の合原最先端数理モデルプロジェクトですか?

合原 FIRSTは重かったね。

岩見 規模も凄かったですよね。僕らも入れて頂いたんですけど。

合原 まあ、あの規模でやると、数学をベースにしていろんな分野をカバーする研究ができる。それが僕の一番やりたいことだったので、そういう意味ではあれはやってよかったかなとは思うけども、まあ忙しかったね。

岩見 そうですね。僕はあの時すごいなと思ったのは、これスピンオフの方の話になっちゃうんですけど、周期倍分岐のカオスのやつでドレスを作ったじゃないですか。あれで東京コレクション出たんですよ。

合原 あれは実はFIRSTの前なんです。ちょうどFIRST始まった時に東コレだったので、一応FIRSTの成果にちょっと入ったんですけど。

岩見 あ、ERATO(戦略的創造研究推進事業総括実施型研究)の合原複雑数理モデルプロジェクトの時ですか。

合原 ERATOとFIRSTの間の時。

岩見 東コレってどんな雰囲気なんですか?

合原 あのね、僕舞台にあげさせられたからね。

岩見 ほんとですか!

合原 それでね、ちょうどモデルが8人くらいいたのかな。で、全員着替えるのに3分ぐらいかかるんですよ。3分30秒だったかな。だから僕の役割は、この着替える時間を確保するために3分30秒何か喋ってくださいと。カオスに関して。

岩見 東コレですか(笑)?!

合原 東コレのステージだよ?!

岩見 厳しいですね(笑)!

合原 それで素人相手にさ、3分30秒カオスの話して、その間にモデル達がドレスを着替えて、次のドレスで出てくる。で、注意されたのは、3分30秒より長くても短くても困りますと。ぴったり3分30秒間何か話してさっさと引っ込んでくださいと。もう1つは、聴衆が理解してるかしてないかは全然気にしないで結構ですと。

岩見 なるほど(笑)。

合原 誰も理解してないわけですよ(笑)。だって3分30秒じゃちゃんと話せないし。理系の学生に話しても無理じゃない。それでもまあ一応話したら、全然わかんないとか言って大騒ぎになって。

岩見 ははは(笑)!

合原 でもファッションの人たち面白いと思うのは、それを楽しむところがあって。いい人たちですよ。

岩見 なるほど。

合原 だから全然わかんないってみんな喜んでるわけ。もういろんなファッション雑誌に載ってね。わかんないから。とても面白い人たちだと思いましたよ。

岩見 すごいですね。いやーでも本当に、いつも先生の講演聞いてると、色んなことをされていて多才というか。

## 自分の興味を脳に問う

合原 まあでも好きなことしかやってないからね。それは学生もそうで、テーマを与えないってのはどういう意味かっていうと、数理なんて別に実験ないからどんな研究でもできるわけですよ。それだったら自分の一番興味があることを、まず自分の脳に問いなさいと。そうすれば、自分が何に興味を持ってるかっていう答えが出てくる。まあなかなか簡単には出ないんですけど、とにかく自分がやりたいと思うテーマ設定をなさいと。で、これを卒論からやらせるんですよ。そうすると、いきなりは出来ないから、大体卒論生は研究の途中で野垂れ死にで終わるわけね。

岩見 野垂れ死に（笑）。

合原 まあ半年しかないからね。でもその経験が重要で、九大もそうだろうけど、入試で勝ち抜いてるから問題与えられたらみんないい点取れるわけ。

岩見 そうですね。

合原 でも問題作った経験がないわけね。ある意味初めて問題を作る経験をするわけですよ。だからそれはできないのが当たり前で、ただ卒論で一回失敗すると、かなり学ぶ。で、修士に入って、修士もだいたいテーマ変えさせるんだだけ。

岩見 あ、変えさせるんですね、それはすごいですね。

合原 まあ本当に好きなことだったら変わらないこともあるんですけど、中途半端に同じことをズルズルやってもね。てか言わなくても変える学生が多いかな。そのまま続ける学生はあんまりいないですね。それでテーマ変えると、卒論の経験が活きて、卒論よりは先に進んで、野垂れ死ぬと（笑）。

岩見 また野垂れ死ぬんですか（笑）。

合原 こんな感じでうちの学生たちははじめは論文書けないから、DCとかあまりもらえないんだよ。野垂れ死ぬから。でも2回野垂れ死ぬので、まあ学位論文の頃にはまあまあなことをやって出て行くと。そんな流れになってます。

岩見 なるほど。じゃあ僕はちょっとテーマを与えてやらせすぎなのかもしれないですね。

合原 でもまあ、それは研究室のやり方とか、学生さんとのマッチングの問題とかあるので。だって多分僕らのやり方は特異点だと思う。だから甘利先生と僕ぐらいしかちゃんとそれで成功はしてないと思う。

岩見 いやーなかなか厳しいですね普通は。それすごいですね。

合原 うん。でもまあうちは、ほったらかされるので有名だから。ほったらかされてみようじゃないかって肝が据わった学生が来るわけだから。いきなりそれやっても多分難しい。

岩見 そうですね。ずっとほったらかしてきたっていう歴史みたいなものが（笑）。

合原 そうそうそう（笑）。ほったらかされて成長していった前例がいっぱいあるから。

岩見 確かにそうですね。ポスドクの人結構多いですよ先生のところ。

合原 ポスドク多いねえ。

岩見 今何人ぐらいいるんですか。

合原 今はもうだいぶ減ったけど、でも10人ぐらいいますよ。

岩見 おほ、すごいですね。

合原 で、ポスドクはまあ一応プロなので、一応ほったらかすんだけど、あれやってねとかこれやってねとか言うことはあります。プロだから。

岩見 まあそうですね、学位とってて。

合原 うん。学生とはちょっと違うね。

岩見 先生の研究室を出て、この数理生物学会でも中心的になってる先生がたくさんいらっしゃいますよね。

合原 この学会は結構多いんだよね。

岩見 合原先生のところまで学位とってなくても、合原先生の研究室を経由して行って、数理生物学会で活躍されてる先生方とか。

合原 あ、それも多だね。

岩見 めちゃめちゃ多いですね。森下先生（森下喜弘：理化学研究所・ユニットリーダー）と大槻先生（大槻久：総合研究大学院大学・講師）とか。

合原 森下は博士修了生だね。大槻は修士まで。で、中岡（中岡慎治：北海道大学・特任講師）はポスドクで来た。小林（小林徹也：東京大学・准教授）、増田もうちで学位をとってるね。みんな活躍してるよねえ。

岩見 めちゃくちゃ活躍されてますよ。最後になりますが、これいつもお聞きしてて。この先まだまだ研究されると思うんですけど、どういう方向に、どういう風な研究をされるのかという。答えられる範囲で構わないんですけど。

## 将来の夢は昆虫学者？

合原 僕はね、昔からインタビューの度に結構将来のこと聞かれて来てるんだけど、「将来は昆虫学者になりたい」って答えてきてたんですよ。

岩見 ほうほう。

合原 で、それが変わったのが2007年なんです。2007年に、バンクーバーでneuroethologyの国際会議があっ

たんですね。で、当時あの会議って3年に1回しかなくて結構重要な会議なんです。でも僕は別にそれは意識してなくて、当時、他の研究でバンクーバーにはしょっちゅう行って、たまたま僕が行くタイミングでそのneuroethologyの国際学会があるって分かって、それでたまたま出てみたわけ。そしたらびっくりしたことに、neuroethologyの会議には、現代の昆虫学者がいるんですよ。

岩見 昆虫学者ですか。

合原 うん。僕の昆虫学者のイメージは、子供の時に虫を採って標本箱に並べる、そこから来てる。

岩見 そうですね、虫採り網を持って。

合原 うん。昆虫学者ってのは世界中の秘境に採りに行って、珍しい昆虫で標本箱を飾るんだっていう、そういうイメージだったんですよ。ところがその会議に出てわかったのが、現代の昆虫学者ってのは昆虫の脳をやってると。

岩見 そうなんですね。

合原 たとえば、モルフォ蝶っていう青くてものすごい綺麗な蝶がいて、南米だとそんな珍しい蝶じゃないんだけど、その聴覚をやってるとかね。そんな研究がボロボロあるわけ。それで、あーそっか昆虫学者って今はここにいるんだと思って。で、ふと考えたら、僕って脳のモデルの研究やってるじゃないですか。だから実は彼らがやってるとほとんど近いことやってたわけよ。

岩見 なるほど。

合原 将来は昆虫学者って思ってたんだけど、もうほとんど昆虫学者になってた(笑)。だから夢が叶ってたわけです。知らないうちに。それで、予備校や高校の講演とかちょこちょこやるんだけど、あと学生たちにも話すんだけど、子供の時に夢があって、何らかの事情ですぐには叶わなくても、僕みたいにしつこく50過ぎまで夢を持ち続けてたら、こういう形で叶うことがありますよ。結構偉そうに熱弁をふるってたわけよ。夢をずっと持ち続けろって。とりあえずそれで夢叶ったかなーって思ったんだけど、実はやっぱり叶ってないなって思ったのが...

岩見 叶ってないんですか(笑)。

合原 それは2011年。ブータンシボリアゲハっていうシボリアゲハがいてね。これは1933年と34年にオスが3頭、メスが2頭採られた後、誰も採ってなかった。

岩見 へえ、幻だったんですね。

合原 幻だった。本当に幻の蝶だった。ただ2010年に、ブータンの森林の保護をするような人が撮った写真がネットに流れたんですよ。で、どうもブータンシボリアゲハに見えるわけ。マニア界限で大騒ぎになって(笑)。それで、日本から採集隊が行った。その副隊長が東大の博物館の矢後さん(矢後勝也: 東京大学・助教)。矢後さんって言うんだけど蝶が専門で(笑)。

岩見 ややこしいですね(笑)!

合原 で、彼らが採ったんだよ、2011年に。で、その幼虫とか卵とかその辺までかなり解明してね、これすごい仕事なんですよ。NHKの番組にもなってるよ。

岩見 すごいですね!

合原 ただ、ブータンは仏教国なので、標本なんかは持ち出せないんですよ。

岩見 ああ、なるほど。

合原 でもその後ブータン国王陛下夫妻が日本に来日されたんだよね。その時に、2頭日本に贈呈して下さい、1頭は東大に。で、それを見せてもらったわけ。そしたらもう感動してやっぱり夢叶ってないじゃんって(笑)。

岩見 ははは(笑)。

合原 ほらやっぱり最初の僕のイメージが正しかったんじゃないかって。だから今の夢は、やはり昆虫学者になることです(笑)。

岩見 いやーさすがです(笑)。いいオチがつかしました。今日はありがとうございました。

### 【合原一幸教授プロフィール】

氏名: 合原 一幸 (あいはら かずゆき)

職位: 東京大学・教授

連絡: aihara@sat.t.u-tokyo.ac.jp

生年月日: 1954年6月23日

### 略 歴

1977年3月	東京大学工学部電気工学科卒業
1982年3月	東京大学大学院工学系研究科 電子工学専攻博士課程修了 工学博士取得
1982年4月	日本学術振興会奨励研究員
1983年4月	東京電機大学工学部助手
1986年10月	東京電機大学工学部専任講師
1988年10月	東京電機大学工学部助教授
1993年4月	東京大学大学院工学系研究科助教授
1998年4月	東京大学大学院工学系研究科教授
1999年4月	東京大学大学院 新領域創成科学研究科教授
2003年10月	東京大学生産技術研究所教授 現在に至る

## 業績

## (英文原著論文)

1. Takahashi, N., Hirata, Y., Aihara, K. and Mas, P. (2015) A Hierarchical Multi-oscillator Network Orchestrates the Arabidopsis Circadian System. *Cell* 163(1): 148-159.
2. Fujioka, E., Aihara, I., Sumiya, M., Aihara, K. and Hiryu, S. (2016) Echolocating Bats Use Future-target Information for Optimal Foraging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113(17): 4848-4852.
3. McMahon, P.L., Marandi, A., Haribara, Y., Hamerly, R., Langrock, C., Tamate, S., Inagaki, T., Takesue, H., Utsunomiya, S., Aihara, K., Byer, R.L., Fejer, M.M., Mabuchi, H. and Yamamoto, Y. 617 (2016) A Fully-programmable 100-spin Coherent Ising Machine with All-to-all Connections. *Science* 354(6312): 614-617.
4. Inagaki, T., Haribara, Y., Igarashi, K., Sonobe, T., Tamate, S., Honjo, T., Marandi, A., McMahon, P.L., Umeki, T., Enbutsu, K., Tadanaga, O., Take-nouchi, H., Aihara, K., Kawarabayashi, K., Inoue, K., Utsunomiya, S. and Takesue H. (2016) A Coherent Ising Machine for 2000-node Optimization Problems. *Science* 354(6312): 603-606.
5. B. Schäfer, C. Beck, K. Aihara, D. Witthaut, and M. Timme: "Non-Gaussian Power Grid Frequency Fluctuations Characterized by Lévy-stable Laws and Superstatistics," *Nature Energy*, Vol.3, No.2, pp.119-126 (2018).
6. Ma, H., Leng, S., Aihara, K., Lin, W. and Chen, L. (2018) Randomly Distributed Embedding Making Short-term High-dimensional Data Predictable. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115(43): E9994-E10002.

7. Leleu, T., Yamamoto, Y., McMahon, P., and Aihara, K. (2019) Destabilization of Local Minima in Analog Spin Systems by Correction of Amplitude Heterogeneity. To be published in *Physical Review Letters*.  
など 512 編

## (著書・総説)

1. 合原一幸 (1988) 『ニューラルコンピュータ-脳と神経に学ぶ』東京電機大学出版局
  2. 合原一幸 編著 (1990) 『カオス-カオス理論の基礎と応用』サイエンス社
  3. 合原一幸 編著 (2004) 『脳はここまで解明された-内なる宇宙の神秘に挑む』ウェッジ
  4. 合原一幸, 神崎亮平 編著 (2008) 『理工学系からの脳科学入門』東京大学出版会
  5. 合原一幸 編著 (2015) 『暮らしを変える驚きの数理工学』ウェッジ
  6. 合原一幸 編著 (2017) 『人工知能はこうして創られる』ウェッジ
- など 著書110件 総説・解説313件

## (賞など)

1. 日刊工業新聞技術・科学図書優秀賞 1991年10月
  2. (財)国際AI財団・AI学術研究賞 1992年11月
  3. 日本神経回路学会・平成9年度論文賞 1997年11月
  4. 東京テクノフォーラム21・ゴールドメダル賞 2000年4月
  5. Daiwa Adrian Prize 2010 2010年12月
  6. 日本応用数学会・2016年度業績賞 2017年6月
- など 22件