

シンセシオロジー 3周年記念座談会

今年でシンセシオロジー創刊から3年が経ち、今回も著者による座談会を開催いたしました。執筆により得られたもの、またシンセシオロジーの特徴の一つでもある査読者との議論への感想もお聞きしております。

シンセシオロジー編集委員会



座談会出席者

吉川 弘之	編集委員、科学技術振興機構 研究開発戦略センター、産総研
赤松 幹之	編集幹事、産総研
駒井 武	地圏資源環境研究部門
諏訪 牧子	生命情報工学研究センター
木下 佳樹	組込みシステム技術連携研究体
渡利 広司	イノベーション推進本部 イノベーション推進企画部
中村 安宏	企画本部
脇田 浩二	地質調査情報センター

赤松 科学的発見という基礎研究の成果を発表する通常の学術論文誌とは異なり、シンセシオロジーでは「研究のシナリオを書いてください」とお願いしています。そういうこれまでとは異なる視点で論文を書く中で、あらためて気づいたことや得られたものがあるのではないかと思います、発刊3周年を記念して著者の皆さんと吉川最高顧問においでいただきました。

最初に、自著論文の概要と執筆時の感想をお話いただけますか。

自著論文で表現したかったこと

駒井 私の論文は「土壌・地下水汚染のリサイクル技術」という、環境・エネルギーと地質の二つの領域にまたがる研究です。大気や地表水のリスク評価に比べて土壌や地下水のリスク評価の方法論は世界でも確立していなかったもので、それらの汚染が人の健康に与えるリスク評価技術を開発したというものです。

実は、普通の論文とどこが違うのかというのを自分でもあまりわからないまま、時系列的に書き上げて、最終的にはそれを構成的に非常にスマートにまとめたつもりでいたのですが、小野副理事長と富樫評価役に査読いただいた結果が散々でして「これではわからない」(笑)。時系列、やめました。書きたかったのは「こういうメンバーがいて、こういう構成があれば製品化できる」、その1点だけです。これまでの論文誌は、そういうものを全部はぎ取って論理だけを書いていますので、一般読者がよくわからないと思うのです。学術論文もち

ろん重要ですが、こういう構成を中心としたスタイルもこれから重要になってくるのではないかと思います。

諏訪 私のテーマは「循環発展的なプロジェクト構造のバイオインフォマティクス戦略」という、2001年からのデータベース作りとそれを使った共同研究の話です。2001年にヒトゲノムが解読されるというエポックメイキングな事件があったのですが、そのゲノム配列の中から、ヒトの細胞膜内で、外から受けた刺激の情報を細胞内部に伝える創薬の重要な標的タンパク質の遺伝子、GPCRを網羅的に探し出し、その機能解析を行うための計算パイプラインを作りました。そしてその応用結果を機能解析総合データベース(SEVENS)として練り上げました。研究のはじめからデータベース公開といういわゆる製品化までは2年でしたが、この成果がその次の要素技術になって、そこから大きな共同研究が循環的に次々に広がって行ったという内容を書きました。バイオインフォマティクスという分野は、結果が出るまでが比較的短期間でして、しかも何を対象として選んでもいい分野なので、機動的に動くことができ、いろいろな共同研究者と次々に話を発展できたと思っています。

論文を書くに当たって一番困ったのは「研究シナリオを示す」というところです。私はこの研究の中で、自分でシナリオを描いた記憶は一切ない(笑)。描いたとすれば最初の1~2年で、そこから先は自然発展的に物事が進んできて、それにのっかってきたという感じなのです。ただ、結果的には

非常に最短コースを歩んでこられたと思っています。

通常の論文は、すべて終わった後で、一番きれいいに見せるために最適化したものを書くわけです。駒井さんは「時系列をやめて構成し直した」とおっしゃられました。私の場合は時系列そのものが新たな発展を生んでいったので、その時系列が重要だと思っていました。それと、普通の論文に書けないことは失敗談と思うのです。「失敗しました」と言ったら、あと通らなくなる。この論文誌では、失敗したからこそ、次の展開につながるのだという議論ができるところが面白いと思いました。

あともう一つ、困ったことといえば、異分野の方にわかりやすく説明しなければいけないということでした。赤松さんに査読をいただいたのですが、「こんなのでは全くわからない」と（笑）。すべての分野の人にわかるような用語を使うこと、これは苦勞しました。

木下 タイトルは「臨床情報学のための野外科学的方法-技術移転の方法論に向けて-」です。重厚なキーワードを並べましたが、昨年3月までの6年間、システム検証研究センターで活動してきた技術移転活動について記したものです。システム検証というのはソフトウェアシステムのバグ、つまり障害を見つけたり、修復したりする技術です。私どもは産総研に改組される以前の電総研ではプログラミングの意味論に関する理論研究をやってきたのですが、産総研になって、そういうアカデミックな研究をしているものが、どのようにして社会に貢献するために、やるべきことはシステム検証である、と考えました。しかし、意味論研究から産業でのシステム検証活動への貢献までを、ウォーターフォール式に順にたどっていたのでは日が暮れてしまう。そこで、アカデミックな研究と技術移転を並行して行っていく、という活動を試みました。大学の先生も、教育と研究の両方をやっておられて、研究内容がそのまま教育に結びついているわけではないけれども、そのおかげでうまくいっていることもたくさんある。私達も研究と技術移転・産学連携を並行してやってみようと考えました。“臨床”という言葉は、システム検証とお医者さんの診断の類推をして医学から借りてきた言葉です。また、“野外科学”は、文

化人類学者の川喜田二郎さんが提唱されていた言葉です。

「帰納法、演繹のほかにアブダクションが大事」ということで、本格研究を進める上でアブダクションのプロセスも大事なのではないかとこの論文に記しました。

渡利 「セラミックス製造の省エネプロセスの確立」という非常にシンプルなタイトルで論文を投稿させていただきました。企業で稼働しているセラミックスの製造プロセスを対象とした研究開発についてまとめたものです。研究のポイントはバインダー技術で、バインダーとセラミックス製造のエネルギー消費の関係性を理解し、新しいバインダー技術で製造の省エネ化を図りました。

論文を書くに当たって、民間企業との成果を果たして書いていいのかという、自分自身の戦いがありました。ただ、書き進んでいくうちに、どういうふうに分人たちが考えてシナリオを作ったのか、どういう要素技術によってどんなものを抽出してできたのかという、ストーリー性が非常に大事だということが分かり、どうにかまとまったという感じです。

そして、難しい研究課題や社会のニーズでも、課題と構成要素を明確化することによってほとんど解決できるのではないかと、ということがわかりました。企業との共同研究をして、こういうふうな形でシンセシオロジーにまとめられたというのは、私にとって非常に名誉だったと思っています。どうもありがとうございました。

中村 私の論文は「ものづくり産業の国際競争を支援する電気標準」です。例えば、「ものの寸法」は、物差しを作っている企業が責任を持ってその精度を保証するわけですが、その企業は定期的に、社内の標準器を校正機関に持ち込んで社内基準がずれていないかを確認します。その校正機関はもっと上位の機関に、自らの標準器を校正してもらおうということで、最終的には国の標準へ繋がっています。このようにいろいろな物理量には、それぞれに必ず「国の計量標準」があるのですが、現在、およそすべての計量標準は産総研が実現し、維持管理と産業界への供給を行っています。ですから、私たちの使命は、国家計量標準を実現し、産業界



木下 佳樹 氏



中村 安宏 氏

において計量の正しい値を保証し、これを通して我が国のものづくり産業の国際市場での展開を側面支援することです。コンデンサ(キャパシタ)は我が国の主要産業の一つですが、最近、大容量のコンデンサが蓄電池用として期待されています。また、キャパシタンス標準の精度に対する要求レベルも高くなっています。キャパシタンスの国家標準は昔からあったのですが、今のニーズに合ったキャパシタンス標準を新たに開発し、それを校正事業者を通して世の中に供給したことを書きました。

「シナリオを書け」と言われると、どうやってここまで来たのかを振り返らなければいけない訳ですが、そもそも国家標準は最高精度の標準になりますので、どこまでも高い精度が良いわけです。何となく世界のトップを目指すという感じでやってきたのですが、産業ニーズや、世界の他の国々の標準と見比べ、最短時間で、しかもリーズナブルなコストで実現できるスペックがどんなものかということが、論文を書いていて自分の中に整理できました。

もう一つは、供給した標準が産業の現場の方にうまく届いているのかということです。産業現場では時間とコストの問題がより厳しくなってくるので、「国家標準レベルの精度は産業現場では要らない、精度は多少悪くても、もっと簡便に、もっと安く、もっと早く供給して欲しい」という話が出てくる。そこで、シナリオをもう一度見直して、次に必要な研究開発をしたという、実際に追う形でストーリーを書きました。

脇田 「シームレスな 20 万分の 1 の日本地質図」というタイトルですが、シームレスとは継ぎ目がない状態を指します。産総研地質情報総合センターの前身である地質調査所では、明治の頃は富国強兵の、第二次世界大戦後は復興の鉱物資源探査開発のために地質図を作ってきました。その後、地質情報もその利用目的があいまいになってきたという面が若干あって、地質学も、例えば日本列島はどうしてできたのか、この岩石や鉱物はどうしてできたのだろうかというような、産総研で言えば第 1 種基礎研究に集中していく形になりました。私も入所以来、日本列島がどうしてできたかということを真剣に考えて、ひたすらそのことの結果として地質図を出して

いた時期が長くありました。その結果、日本中の地質図がそれぞれの研究者のアイデアでバラバラにできてしまった。そこで、産総研発足後、ユーザーの利便性を考えた地質図のあり方を考えて、最新情報を用いて統一規格で作り直すこと、境界を最新の知見でデジタル化してつなげるようにしようと、シームレス地質図のプロジェクトを立ち上げました。地質図が完成して数年たった段階も利活用が進んでいますが、その基本理念と作るプロセス、波及効果と反響等について書いています。データベースをどうやって作ったかとか、社会にどうやって役立ったかというような論文はどこにも載せるところがないので、いいチャンスだったと思います。昔、実学だったものがピュアなサイエンスになって、また実学に戻りつつあるという時期に、こういう活動をして、それを論文で発表させていただいたということで大変ありがたく思っています。

論文執筆によって得られたもの

赤松 自分であらためて見直して、ストーリーなり、シナリオが実はあったのだということに気がつくということが共通に起きているのではないかと思います。それがどういうふうに次に生かされているだろうかということに私は関心があるのですが、いかがですか。

中村 標準の場合、開発し供給することに視点がいきがちなのですが、研究室の人には、「標準が供給された後、どう波及していくのか」というところまで最初にシナリオとして考える」ということを言えるようになりました。

赤松 実際に普及させるプロセスが研究者の間で今まであまり共有されていなかったということですね。地質にも同じような印象を私は持っているのですが、いかがですか。

脇田 第 3 期に向けて次世代シームレスというプロジェクトが立ち上りましたし、JIS や国際標準化との連携や GEO Grid のシステムの中での活用の広がりが出てきました。多くの若手研究者を含めて、情報技術分野と連携して地質情報をどのように利活用すべきかというユーザー志向が明確になっ



脇田 浩二 氏



赤松 幹之 氏

たという上で、波及効果は大きかったと思います。

駒井 最終的には国家で標準となる方法論を開発して、できれば法制度や社会システムの中に組み込んでほしいという思いがスタートラインです。社会にいかに普及させるか、省庁に働きかけて、お金をかけずに汚染問題を解決したい、これはリスクマネジメントの鉄則です。

ただ、今、ものすごく苦勞しています。製品化ができて、社会的システムも回っている。問題は、そこから先の「コストとリスク」の関係でちょっと停滞気味です。第3期は経済モデルをやるのですが、「死の谷」の2回目を迎えているような感じがします。

木下 アカデミックな研究と技術移転を並行仕様とした結果、現場の研究員に非常に大きな負担がかかった場合もあります。技術移転だけ、あるいはアカデミックな研究だけではなくて、「両方必要だ」と主張したわけですが、個別の研究員に対して過度の負担がかかった場合もあるようです。

赤松 木下さんがやられた現場のことを解決するための社会学的な方法論に対して、あまり価値のないことではないかとサイエンティストが思っている可能性があるのですね。それは自然科学とは違う理論があって、学問の営みの一部だと理解できることによって、気持ちが良くなるというか、つらさがなくなるのではないかという気がするのです。

木下 社会学的、自然科学的の対照の他に、クオリタティブ（質的）な議論とクオンティタティブ（量的）な議論があると思うのです。量的な議論ができればそっちのほうが精密な議論ができるのでいいに決まっているわけです。しかし、どんな量を測ればいいのか明らかだとは限りません。そこをいかげんに決めて、その上に精密な量的議論を展開しても、砂上の楼閣というものです。計算機科学では、異なる価値の体系をいくつも相手にしなければなりませんので、量的な議論に入る前に、どんな量を問題にするべきかという議論をする必要のある場合が多いのです。そのような議論は必然的に

質的議論になります。質的な議論でもある程度精密なことは言える場合もありますので、そういったことをもうちょっと強調したいと思っています。

駒井 今、私も一番悩ましいところは「社会的なアプローチ」です。リスク評価技術は科学的なアプローチなのですが、一般の人にそのリスク評価の結果を受容していただけるかどうかです。自治体や企業と話しているのは社会的な受容性の部分なので、そういった分野にも産総研がこれから進出するのが私はいいいと思っています。社会系の人をどれくらい採用できるかという問題はありますが（笑）。

吉川 私も同じことを長年考えてきて、それで「設計学」というのを作るわけですが、これまで、「設計は学問ではない」と言われて、個別の設計者が作りっ放しだった。ですから、蓄積もないし、物理学のように日進月歩にならないわけですから、量的に表現できない、科学ではないと差別意識みたいなものを持って見られているわけです。それは広い意味でいうと、理学部が偉くて、工学部は偉くないという構造になっているわけですね。結局、私は「クオリタティブな問題を科学にする」方法を考えようとしたわけです。多くの問題が定性的にしかできないということは、その問題は科学の対象として大きな問題を抱えていて、それをやっている人は尊敬されるべきなのですね。

木下 私は、物理学ではないものの、理学部出身なのですけれど、私達の分野では定性的な議論をしようとするのはむしろ理学部の人に多くて、工学部の方は計算機のパフォーマンス等で定量的な議論をしがちです。定量的な議論が偉くて、差別されるのは理学部のほうだったりします（笑）。

赤松 諏訪さんの場合は、量的に1個でゴールが決まるのではなく、質的なものが入って循環的になっている。ある種のスパイラルを起さないと次に行かないという気がしたのですが。



駒井 武氏



吉川 弘之氏

諏訪 おっしゃるとおりです。質的なものは明確には説明できないのですが、確かに入っていて、その質のレベルが途中で変わっていきます。ある時点で学問的なニーズがあって、さらに世の中の時世の流れみたいなものがそこに混ざってくると、ある種のベクトルができます。そのベクトルに対してどうするかをそのつど考える。循環的に、もう1回基礎に戻る、ということが繰り返されるというイメージが強いです。

赤松 渡利さんは、ストーリー性が大事だと強調されておられましたね。

渡利 私は2年前からイノベーション推進室でいろいろなプロジェクトを担当していますが、構成学の考え方はプロジェクトの立ち上げや、テーマを理解するのに非常に勉強になりました。最近、もう一つの活動として、企業との共同研究を進めています。最近の傾向として、産総研職員と企業の人との間で、共同研究テーマの提案がうまくできないのです。なぜかという、お互いに持っている課題をもとに、それをうまくブレークダウンしていくような構成学を持たないからです。要素技術のどれを選択するのか、どれを基礎研究のターゲットとして進めれば花開くかを考えます。相手のニーズを把握し、十分にコミュニケーションを取りながらシナリオを作る等、一連の構成学の考え方は技術を社会に出すためには必要だと思います。今の産総研にとっては構成学をつくるという学問が一番大事なのかと感じました。

木下 企業の方と共同研究の相談をするとき、言葉が通じないというか、半年ほどたったら実は全然通じていなかったというような経験をもっています。

渡利 ターゲットをどれだけ絞り込んだ議論ができるかという前準備の段階だと思うのですが、産総研内でも語彙が難しいですね。

赤松 シンセシオロジーに他の分野の研究者がわかるように書くというのは、訓練になりますね。

渡利 普通は、他分野の研究論文を読んでもわけがわからないですが、シンセシオロジーを読むと流れがわかる。質問を先に読むと、皆さんがどういう問題意識をお持ちで、どこがポイントかわかる。科学の知識を持っていたら、すべての学問に対応できるというのがシンセシオロジーの論文のいいところだと思います。

査読者との議論を通じて

赤松 査読者との議論が一つの特徴でもあるのですが、査読者との議論の質はどうお感じになりましたか。

駒井 すごく勉強になりました。2回ほどやりとりして、シナリオを作ったら明解になったので非常にありがたい経験だったと思います。私のところは企業とのお付き合いがものすごくあるのですが、企業の人にはものづくりとか製品化に対して真剣です。産総研の研究開発は、製品化の最後のところまでいくシナリオを書いていない嫌いがあると思っています。シナリオを書くことで研究プロジェクトや最短での製品化提案ができるのではないかと思います。

諏訪 最初は、産総研の本格研究の枠組みの中で自分の研究をどう説明するかを書かなければいけないと思っていたのです。無理やりそれに合わせたら、ねじれがあって自分もつらかったのですが、「設計したものを自由に披露してほしい」と言われて、気が楽になって書けました。私自身、自分の研究を振り返ることが出来て勉強になりましたし、非常にいい論文にさせていただきました。ただ、このような議論は産総研の職員に対してだからできる話だと思うのです。今後、産総研外の人へも論文投稿依頼を広げていかれると思いますが、普通の論文は査読でそんなにやりとりはしませんので、それだけの時間的コストをかけてくださる産総研以外の方がいらっしゃるのか、ということは気になりますね。

赤松 吉川先生、皆さんのお話を聞かれていかがでしょうか。



渡利 広司 氏



諏訪 牧子 氏

吉川 駒井さんは、土壌・地下水汚染の新しいリスク評価技術のみならず科学技術政策論まで踏み込み、システム設計をやっておられる。渡利さんはセラミックス製造の省エネプロセスという大目的を実現するためにあらゆる分野の話が出てきます。これを私は「超領域の設計」と言っているのですが、一つ一つの研究が総合されて「構成」ができるのだろう。諏訪さんは、生命科学と情報通信、ICTの合体したバイオインフォマティクスの中で幅広い研究が統合されている。木下さんの臨床情報学は、ある意味では構成学的设计そのもの、構成の本質問題を議論している。中村さんは、グローバルイノベーションも含めて標準の重要性が高まってきた背景もあり、広い範囲の研究をされている。脇田さんのシームレスな日本地質図は、これまで、知識ベースは研究論文にならなかったのですが、その背後にある大きな問題を抽出したということ。

このように、シンセシオロジーで扱う科学には、多様な問題の背後に、ある種の抽象的ではあるが、普遍的な構造があるのではなからうかと思っているのです。第1種基礎研究の方法論とは違う、それに匹敵するような、これが第2種基礎研究だと言えるようなものが蓄積された論文群から抽出できるのではないか。それが私の楽しみです。

シンセシオロジーへの期待

赤松 最後に、シンセシオロジーというジャーナルへの期待をお願いします。

木下 安全や信頼性を論じるときにはリスク評価が必ずあること、それからディペンダブルな信頼性の高いソフトウェアはこう作るべきである、という筋書きでやってきました。それ以上の抽象的なレベルで考えたことはなかったのですが、今、吉川先生がおっしゃった共通の構造が自分の目の前にあるような気がしてきました、この辺も追求してみたいと思いますし、そういう方向をシェアしてくれるような著者が現れるといいなと思っています。

諏訪 サイエンスという以上、再現性がなくてはいけません。こういうやり方をしたら何%成功したとか、失敗したとか、結果と結びつけた上で研究の構造の分類をすると面白いと思います。それと、世の中の流れや外部の環境とのインタラクションを考えて、その年代における研究集団の成果と、その後の時系列変化に伴う再現性の変化を見られるといいですね。

赤松 社会状況の変化によって同じ方法で失敗するかもしれないということですね。失敗を書いてほしいという話もときどき聞くのですが、勇気が要りますね（笑）。

脇田 私達の分野で言えば、最近、「地質多様性」ということを提案しているわけですが、そういうものを融合した形で構成学として新しい学問を提案していく。それをやった結果、また新たな失敗例、成功例の論文を出していくという道もつくっていただければいいなと思います。

中村 標準は構成学においても共通インフラ的なところがあるのかなと思っていて、自分でも感心しているところですが、“標準”というキーワードで、他の分野との連携・融合が進められると思います。

渡利 最近、産総研の中で「分野融合が重要だ」と言っているのですが、社会の大きな問題はすべて融合化されています。せっかくの機会ですから、シンセシオロジーを書いた人に実学をやってもらいたいです。ブレークダウンしていくと、こんな研究要素があって、こういうプロジェクトができますよというふうに実学に落とすことが次の課題かなと思います。

赤松 書いて偉そうなことを言っているだけではなくて、やってみるということですね（笑）。

駒井 若手の研究者にこういった意識を持ってほしいです。連携講座で社会系の学生に講義をしているのですが、去年から構成学の話を取り入れたら、すごく興味を持っています。全体の俯瞰や、構成をしっかりとすることは社会科学としても、これから企業に行く人にとっても重要な部分ですので、若い人たちに普及することが大切だと思います。また、イノベーションスクールで今年モデレーターをしたのですが、ポストクラスの特にシステム科学やバイオ系の人が興味を持っています。

吉川 戦略プロジェクトは、明らかにシンセシオロジーの思想に基づいてつくっているのだと思うのですが、それをもう少し分析的にして、産総研の外にもアピールできるようになるといいと思います。第4期科学技術基本計画では、課題解決型イノベーションと言っているんだけど、その方法論がないのです。それを「ここにあり」ということをぜひ実証していただきたいと思いますね。

赤松 実践したことを基にして論文に書くだけではなくて、その論文を書く中で得られたことを活かして再び実践しながら実証していくことを目指していきたいと思っています。きょうはありがとうございました。