

新ジャーナル座談会

システムデザイン工学と構成学

慶應義塾大学理工学部は1996年にシステムデザイン工学科を発足させ、10年以上にわたって工学の新しい教育を行い、卒業生の活躍が注目されています。シンセシオロジー（構成学）とシステムデザイン工学の共通点に興味を持って、編集委員会から小野委員長と赤松編集幹事が2008年11月10日横浜市の矢上キャンパスを訪問し、学科長の菱田公一教授と学科創設のキーパーソンの1人である谷下一夫教授に加わっていただき座談会を開きました。

シンセシオロジー編集委員会



座談会出席者

| | |
|-------|--------------|
| 谷下 一夫 | 慶應義塾大学理工学部教授 |
| 菱田 公一 | 慶應義塾大学理工学部教授 |
| 小野 晃 | 編集委員長 |
| 赤松 幹之 | 編集幹事 |

産総研における本格研究とシンセシスの現状

小野 産総研では、2008年1月から年4回のペースで、『シンセシオロジー』というジャーナルを発刊しています。日本語では「構成学」と言っているのですが、アナリシス主流のサイエンスの世界でシンセシスに光を当てよう、というものです。2001年に産総研ができてから、従来の基礎研究である第1種基礎研究と、企業が行っている製品化研究の間を接続するものとして、第2種基礎研究を軸にしてやっていこうということが共通認識としてできてきました。このジャーナルは、第2種基礎研究の方法論を確立し、本格研究を実践し、イノベーションを加速することを目的にしています。

第1種基礎研究は、自然を対象にアナライズします。それによっていろいろな法則や定理、あるいは要素技術が得られるわけですが、それだけでは社会的な価値にまだ遠く、要素技術を統合・構成していくところが第2種基礎研究のポイントと考えています。

では、このジャーナルでは何を記述するのか。社会的な価値を持つ目標を実現するための「研究のシナリオ」と「要素技術の統合・構成のプロセス」を記述しようということです。ところが、これがなかなか書き方が難しい。社会的な価値を持つ研究目標から出発して、どのような要素技術が

必要なか選択し、もしそのようなものがなければ新たに開発していく、さらにそれらを統合・構成して社会的な価値に持っていくという循環的な作業が大事と思っています。

『シンセシオロジー』では「シナリオの提示と要素の選択」、「要素間の関係付けとそれらの統合・構成」を書いてほしいと著者をお願いしています。これまでも研究者は論文のイントロで「社会とのつながり」を書くには書いていたのですが、実際は著者は書きっ放し、査読者も読みっ放しで、そこがだめだからということでリジェクトされることはないわけです。著者の見識が窺われてイントロは読んで楽しいですし、私も一生懸命書いたほうですが、『シンセシオロジー』ではそれをシナリオとして書いてもらって査読の対象にしようということです。従来の論文と違ったオリジナリティがそこにあるだろうと思っています。

『シンセシオロジー』の評価はまだ定まっていないのですが、著者たちからは「今までの学術誌では書けないことが書けた」という意見をもらっています。このジャーナルでは1つの論文に対して査読者を2人、著者と同じ専門分野の人と他分野の人をつけますが、氏名を公表しています。査読者は、研究の内容が分野外の人にも理解できるように著者をサポートする立場です。査読者からは「シナリオが面白い」、「他分野の論文が理解できて、査読意見が言え

たことは驚き」、また、一般読者からは「査読者と著者との議論が新鮮で面白い」、産業界からは「シナリオをきちんと作って研究するという姿勢は産業界にも参考になる」というポジティブな評価をいただいています。

基礎研究の成果を社会で使うための方法論を探る

赤松 昔、応用研究と呼んでいたものに産総研の吉川理事長が「第2種基礎研究」という名前をつけた根底には、「応用研究は、既にある結果を使ってやるだけだと見られがちである。しかし、そこにも“学”はあるはず。だから、基礎研究なのである」ということがありました。

このジャーナルの狙いは、基礎研究の成果を社会に使えるようにする研究のアプローチの共通的な方法論が、論文を集めることによって見えてくるのではないだろうか、ということです。そして、要素技術的な研究の成果を社会に使うためにもどのような方法論をとればいいのかを読者である研究者が学び、次に何をやらなければいけないか、どういふ観点でものを見なければいけないかということを獲得できる、そのための学術誌というふうに考えています。

それから、査読者の氏名を公表しているもう1つの理由は、どういう観点で査読、評価しているのかをオープンにすることによって、その論文がどれだけクオリティで書かれているかを見せていこうという狙いもあります。査読者が「意外に他の分野の研究がわかる」というのは理由があって、この研究の成果を社会で使っていくためには何をやらなければいけないか、社会のニーズはどういうところにあるのかということから書くようにすると、門外漢であっても、この世界はここが大事ということがわかります。だからこそ、著者が気づけなかった観点の抜けや、論理の飛躍などがむしろ見える。そこがこのジャーナルの査読の面白いところですし、著者と査読者の協働作業でできた論文という面があるところも他の論文誌とは少し違うのかなと思っています。

要素技術がなければシンセシスはできない

菱田 共感する部分は非常にあります。プロセスをどうやって作っていくかという方法論を理解できない学術の縦割りの社会が残っているので、シンセシスカテゴリ論文を作れるくらいになってくれば、すごいものだと思います。ただ、続けていくことは大変な労力が要るなと想像します。難しいのは、要素技術とその積み重ねのメソロジーをどのように評価するか、そのオリジナリティをどのように評価するかということに尽きるのではないかと思います。

要素技術とシンセシスは両輪です。私は「良い畑の良いニンジン、トマト、キュウリができないとおいしいミックスジュ-

スは絶対できない」とよく言うのですが、それぞれの要素を持ってきたときの方法論のどこにオリジナリティがあるのか、ここのプロセスが一番難しい。しかし、要素技術を集めたシンセシスの塊みたいな開発プロセスの論文を書けるということはあるかもしれませんが、問題が起きたら、また要素技術に戻る、それは我々が考えているのと同じです。

小野 慶應大学ではシステムデザイン工学科を創設しましたが、ご紹介いただけますか。

慶應大学におけるシステムデザイン工学のチャレンジ

谷下 システムデザイン工学科ができたのは1996年4月ですが、80年代に機械工学教育の将来検討を進める中で、工学はある時代の特定なニーズに応じてかなり進歩するけれども、時代のニーズが変わっても普遍的な工学原理を持てる人材を出すべきだという議論がありました。当時のシステムデザイン工学科は、機械、電気、それから計測の先生がいましたが、今は建築の先生も入っています。

理念は「要素技術の工学から統合技術の工学への変革」ですが、“デザイン”という言葉は、狭い意味の“設計”ではなく、統合原理を実現するということです。小野さんが「社会とのつながりがシンセシオロジーの大事な点」とおっしゃいましたが、我々も「自然や人間・社会とシームレスな連結」を重視しています。従来の工学が持っていた現象の本質を探るアナリシスの軸、法則や理論をもとにした設計・合成主体のシンセシスの軸、もう1つはシステムを取り巻く社会の軸という、この3次元の枠の中で、今言った理念が実現できるのではないかと考えています。

今まで、エンジニアはどちらかというと与えられたスペックを満たすことを一生懸命やっていたのですけれども、自分でスペックを作れるような、提案型のエンジニアがこれから必要なのではないか、そういう観点を持てるエンジニアなら自立できるのではないかとということがもう1つのポイントです。企業の社長さんは文系が多いとよく言われますが、技術系の多くの人が社会のリーダーになってほしい。そのためには統合的な視野を持つことが大切だと考えています。



小野 晃氏

システムデザイン工学科の教育カリキュラムは、自然科学のメカニクスと人工科学の制御・情報に大きく分けられます。メカと制御・情報がイコールウエイトでわかるような人材を我々は出したいと考えています。

菱田 カリキュラムは、1年生は物理、化学、数学が基本ですが、2年生になると設計のデザイン、力学、あとは電磁気と数学です。4年生になって、例えば建築の意匠設計をやりたいという学生も電磁気から全部とらないといけない。学生にはすごく負担になるのですが、一貫して揺るぎなく、そこはやっています。片や、浅く、広くなってしまう面もありますが、足りない部分は専門課程の大学院になって絞り込むという形で、そこはある程度うまくいっています。システムデザイン工学科は、科目が多くて、厳しい先生も多いと知られていますが、人気は非常に高いです。

赤松 システムデザイン工学科の卒業生は社会でどのように活躍されていますか。

卒業生にみる「システムデザイン工学」の効果

谷下 卒業生のケーススタディを紹介します。

A君は、1期生で、今、MITでバイオの研究者です。彼は、縦割り式の分野で網羅的な知識はありませんが、どういう方向で何をやるかという判断がいい。目標設定ができますから、必要な知識を自分で身につけられる。機械工学科時代にはなかなかいなかった人材です。

B君は、ベンチャーキャピタルに就職しました。必要な基本知識を身につけるのに時間がかかるのですが、非線形的な成長をして、最終的には研究テーマのポイントをこちらが言わなくてもかなり押さえることができました。

C君は、生意気で本当に困ったのですが、センスが良く、ポイントをつかむのが上手で、ドクターの学生が長い間うまくいかなかった実験の問題点を解決しました。

「システムデザイン工学科の学生に見られる特徴」としては、幅広いカリキュラムのため、個別分野の習熟度の深さは不足していますが、必要に応じて習熟度を自主的に高められるし、全体を見通す力を持っています。また、自分の専門意識が全くないため、何でも自分の専門と思ってやってしまう。また、いろいろなことに興味を持っている人が多いです。趣味が広く、ベンチャー企業に就職する人も目立ちます。

学生からの感想を幾つか紹介しますと、

「就職活動の時に困った。人事の人が必ず出身学科について質問してくるので。機械系、電気系のどちらかと、

「環境をやりたいかったが、勉強すべきことが多く、シス

テムデザイン工学科に入ってよかったか不安になる」、

「今はたくさん引き出しを作る時期。必要になったときに専門的な勉強をすることは、そんなに難しくない」

「システムデザイン工学科の科目は、他学科に比べたら浅いのでは。そこに不安を感じる」、

「就職活動で、限られた専門知識を要求される」、

「システムデザイン工学科では、多くの高性能な筋トレの道具が揃っている感じがする」、

「システムデザイン工学科では幅広い学問を身につけるといっている一方で、専門性が不足している不安がある。特に、メディアで〈これからの時代はスペシャリスト……〉と言われると自信を持てなくなる」。

システムデザイン工学教育の成果としては、幅広い知識や視野を持つことに若者が共感していると同時に、横断型の科学技術に対する直感的な認識がありますし、能動的で、前向きで明るい学生が非常に多い。そして物事を把握する能力が抜群です。問題はいろいろあるのですが、我々はおおむね成功したと思っています。

ジェネラルな教育を経て“とがった”教育で人材を輩出する

菱田 大学ですから、アカデミアがアカデミアを作って、次に育てなければいけません。ジェネラリストの教育をした後に、とがった教育をすると、とがった子がすべてを見て、さらに自分の仕事の専門性を引っ張ることができる。初めから専門に入っていくのとはちょっと違った意味での専門性が非常に強くなって、学会の論文も非常にいいものを書いてくれるし、アクティブな人材が増えています。特にシステムデザイン工学科の1期から3期の創成期の子たちが、次の世代を担うような人材になっています。

赤松 博士課程になったときに、システムデザイン工学科出身者とそうでない出身者で違いはありますか。

谷下 『シンセシオロジー』の査読者の意見にあった「他分野の論文が理解できる」というのは、まさにシステムデ



赤松 幹之氏

ザイン工学科出身者ですね。専門的なことまでは理解できないけれども、どういう考え方なのか、どういうところが面白いのか、という理解の仕方は、縦割り式で育ってきた人とは違います。

菱田 就職についてですが、本当は「システムデザイン」で採ってほしいのですが、そういうわけにもいなくて、機械および電機系でシステムデザイン、それと建築系みたいなところも含めて、入れてもらっているというのが現状です。人事の課長以上は「結構ですね」と言うけれども、現場に行くと、例えば熱流動がちゃんとわかっている人が欲しいという話になってしまいます。しかし、それはほんの5年くらいの話で、そのあとは、みんな、システムデザインみたいなことをやっているわけです。

小野 先ほどの「スペックを作る技術者」という、まさにそういう感じがしますね。

システムデザインは演習の中で学ぶ

赤松 カリキュラムとしては、幅広く勉強することによって、新しい分野に展開できるようになっていると思うのですが、システムデザインそのものの教育というか、我々で言う「シンセシスをする」という授業もあるのですか。

菱田 秋にシステムデザイン工学演習があります。いろいろな先生がシステムデザイン工学の概念に従って演習をするという、ミニ卒論みたいなものです。この中に建築系だと意匠設計が入ってきたり、環境や都市計画などがありますが、私は風車を設計させています。コンセプトデザインをきちんと入れて、例えば地下鉄の出入りに付けて、どこから風が吹いても動くような風車を作ろうと思うと、いろいろな風車を調べなければいけない。どのくらいエネルギーがとれて、どのくらいの効率かを調べて、フードの中におさまるにはどれくらいのものを作ればいいのか。そして、実験をして、後でレポートを書かせる。

システムデザイン工学教育の真似事のようなものかもしれませんが、その周りは要素の座学が全部並んでいます。

赤松 システムデザインをすることを演習の中で学ぶということですか。

菱田 システムの方法論を教えようという話は毎回出てくるのですが、今のところ、それしかないです。

小野 それは我々の悩みと同じですね。

シンセシオロジーのロジックの1つ、「説得できるかどうか」

赤松 例えば、卒論のときに、これはシステムデザイン的に価値がある研究だという評価はどうされるのですか。

菱田 そこはなかなか難しいですが、「人をいかに説得できるか」というのは、システムデザインとしては大事なことです。アクティブで単純な解析だけではなくて、こうやって作りましたとか、こういうふうにしてインテグレーションして、こういう評価が出ましたということですね。うちの学科の卒論は、ベストプレゼンテーション賞という、アナリシスだけではない形で学生を評価する賞があります。これは「自分がちゃんと主張ができているのだ」ということで、学生は喜んでいきます。

専門集団になってしまうと、どうしても他人の評価をするのが面倒くさくなるのですが、無理してでもやらないと、先ほどのお話のイントロのバックグラウンドができてこないのです。その価値観の共有は学科の中で絶えず意識して、広げるようにしないと分野はできません。

小野 そうですね。我々も論文のリジェクトとアクセプトの境目がまだはっきりしないのです。非常に多様で、組み立てや構成の方法が人によってさまざまなために類型化できない。今の段階は、それをストックして、やがて見えてくることを期待している、という段階です。

菱田 ストックがすごく大事で、そこに集まっている人たちがどういう共通の尺度で測れるか、ということだと思います。論文を書いた人だけを評価するのか、そこに最低限のルールができるかということ、そうではないのですが、それでも最低限のものを書きながら、さらにシステムデザイン工学らしい価値観をどう評価するか。これは結構時間がかかります。それから、強引に意見をぶつけて喧嘩しなければいけません。それをやらないと同じような価値観は出てこないです。



菱田 公一氏

赤松 菱田先生がおっしゃったように、「説得できるかどうか」が大事で、それはある意味、シンセシオロジーの中のロジックの1つだと思うのです。どこに価値があるからこれをやっていったのだ、ということをはっきりと説明できるまで考えてやったかどうか、というところが1つの価値だと思うのです。システムデザインの方々に『シンセシオロジー』に投稿していただくというのもいいかもしれませんね。

次の産業に必要な基盤となる要素技術の目利き、それがシンセシオロジー方法論

菱田 今、日本のR&Dで一番欠けているのは、基礎研究に近い、必要な部分をきちんと押さえることだと思うのです。それをいかに技術系のトップが理解できて、会社の中にその技術を蓄積していけるかということが次の世代の産業にもものすごく効いてくる。

例えば、炭酸ガスレーザーで加工機の基盤の部分を作っていた会社がやめてしまった。金型を作っていた人たちも全部いなくなって、次に、金属加工をレーザーでやろうとしてもだれもいない。それは基盤技術をなくしてしまうことになります。また、15年前にNANDフラッシュを作ったけれども、何に使っていいのかわからないと、その研究をしていた人たちがリストラされて、今、対応できていないということもあります

次の産業育成のときに、それを支える基盤技術がどこなのかというところに目をつけて、その部分をどう評価して会社の中に残していくのか。この方法論ができれば、「そこは基盤技術として残すべきだ」と言える。それは非常に大事なことだと思います。

赤松 トヨタ自動車の梅山部長と対談したときも(本誌1巻2号、2008)、「目利きが必要だ。それが統合の1つの力になる」とおっしゃっていましたが、システムデザイン工学科の卒業生が企業の中で目利きになっていくというのはあるべき姿ですね。

菱田 経済原理だけで切ってしまうところに問題があると思います。

大学・公的研究機関と企業との連携のあり方

小野 産学連携でいえば、産総研も必ずしもうまくいっていると思えなくて、現実には産業界からの委託研究額が小さいのです。産総研の全予算が年間約1,000億円なのですが、産業界から直接研究費で来るのは全部集めても30億円くらいです。

菱田 産学連携に関して、我々は知的資産センターを作ってコンソーシアムを組んで、技術移転のほうはだいぶ進みました。ただ、産業界との連携に関しては、先生との個人的なつながりが主になります。やはり国ベースのプロジェクトでどう参画していくかという話になると思います。

赤松 『シンセシオロジー』の論文に、「産総研になって他の専門の人たちと一緒にやれたことでブレイクスルーが起きた」という話がときどき出てきます。大学も、企業連携をしたときに、専門の先生方を組み合わせるとこの企業といいことができますね、ということがマネージできるのではないですか。

菱田 そう思います。それには大学の教員たちが“おせっかい”にならないとダメなのです。「ちょっとお邪魔して、おせっかいさせてもらいますよ」というくらいの気持ちで他人を紹介するという風土を作らないとできないですね。

谷下 今、言われた、“おせっかい”というか、ざっくばらんにディスカッションできる場が意外とないような印象を受けます。企業の方が来ても、かなりスペシフィックなプログラムに関して「何か意見がありませんか」みたいなことは結構あるのですが、ジェネラルにいろいろな問題を含めて交流できるような場が欲しいですね。

菱田 企業が明日のR&Dのためだけのテーマを持ってこられると、産学連携はたぶんうまくいかないです。そこで大切なのは、やはり「目利きができる」ということです。自分だけの尺度ではなく、それ以上のものを測れるような素養のある人がメジャーを持って測って、そこでテーマを落としてくれて、育てる。そこに大卒の国の指針が入って、お金が落ちるといふふうにしなないといけないでしょうね。

だから、産業界も、自分の独自技術と、基盤になっているプラットフォームをある程度共通化しないといけないでしょう。例えば車のコンピュータのコントローラーは一緒にしましようとなってきましたね。ああいう類のことが全部でき



谷下 一夫 氏

て、その標準化の中にたぶんシンセシスの話が入ってきて、方法論が入ってくる。さらにそこを刺激する基盤技術に対してのメッセージが強く出る、その後には学術論文としてできる、というルーチングを作っていただけると非常にいいと思います。

小野 まさに産業界も競争するだけではなくて、共通の何か基盤を作る、それは自分たちだけでできなければ、大学とか公的機関と協力するといった意識がほしいですね。

産学連携は話が華やかですが、大学と我々公的機関の関係は、今まであまり議論がされてこなくて、こんなふうにお話しするのは私も初めてのような感じがしまして、共通の関心が随分たくさんあるにもかかわらず、組織として付き合うのはちょっと疎遠だったかなと思います。今後の課題ですね。

技術者が元気になる仕組みをつくる

菱田 日本の技術者が元気になる仕組みが必要だと思います。プロフェッショナルエンジニアもそうだけれども、社会のシステムを作って、そこでぐるりと回ったら、資格が得られて儲かるように欧米は作るわけです。日本は最後まで作らない。そうするとどうなるかというと、ぐるりと回らないで、途中でストンと落ちるのです。

技術者のステータスを上げるには資格が大切だと思います。典型的なのは TOEIC です。TOEIC は民間企業がやっている資格ですが、TOEIC で何点とったら、大学院の英語の試験を免除しますというところまでいきました。自分のキャリアの証しとして使えるわけです。

これは国家論になってしまうかもしれないけれども、シンセシオロジーの話と、今残さなければいけない基盤技術と、問題解決型の課題に対してどうやるか、というのはもう明らかに「環境問題に関連したエコの生命で我々はどう

やって生きていくか」ということで、そういう基盤技術は技術屋がやらなければいけないわけです。

谷下 さっきの自立型とか、提案型技術者というのは、世の中の技術者のステータスを上げるということなのです。ジャーナルもそうですね。

小野 我々は『シンセシオロジー』に大学や企業の人にも投稿してもらいたいと切に願っています。そこで企業の技術者も夢を語る。会社の枠内だけではなくて、技術者としての自身の夢を語る機会にならないかと考えています。

きょうはどうもありがとうございました。

(2008年11月10日)

略歴

谷下 一夫 (たにした かずお)

1969年慶應義塾大学工学部機械工学科卒業、1975年米国ブラウン大学大学院博士課程修了、Ph.D., 工学博士(東京工大)、1992年慶應義塾大学理工学部教授、2000年ESM2(France)招聘教授、バイオメカニクスや生物流体力学を基に新しい医療技術の開拓を目指している。特に、バイオメカニクスに基づく組織再生にも取り組んでいる。日本学術会議連携会員、日本機械学会副会長、日本機械学会フェロー、International Union of Theoretical and Applied Mechanics ; Working Party Member, Member of European Academy of Science 等、日本機械学会バイオエンジニアリング部門業績賞、功績賞、論文賞、米国脳放射線学会 MAGNA CUM LAUDE CITATION 賞。

菱田 公一 (ひしだ こういち)

1976年3月慶應義塾大学工学部機械工学科卒業、1982年3月同大大学院工学研究科博士課程修了。1982年4月に慶應義塾大学理工学部の助手に就任し1986年4月専任講師となる。その間、英国ロンドン大学インペリアルカレッジ機械工学科客員研究員として二相流のレーザー計測法の開発研究に従事、1999年4月助教授(理工学部)1997年教授となり現在に至る。専門は熱流体工学、流体計測。2004-2006年日本機械学会理事、2007年度、日本流体力学会会長などを歴任。