展 望

大学で何を学んだか —これからの新しいカリキュラムの方向を考える—

What did I Learn at University?

— A New Direction of Curriculum for the New Era —

乾 敏 郎^{*1*2} ^{*1}京都大学大学院情報学研究科 ^{*2}JST ERATO 浅田共創知能システムプロジェクトToshio Inui^{*1*2}^{*1}Department of Intelligence Science and Technology, Graduate School of Informatics, Kyoto University^{*2}JST ERATO Asada Synergistic Intelligence Project

科学の進歩はめざましく、学問はますます細分化され、細く深く学ばなければ研究できない状況になってきている。しかし一方で新しい学問が次々と勃興し、そのような分野で研究を進めようとする多くの知識を持たなければならない。これは若い学生や院生にとっては大変大きな問題であり、ややもするとごく表面的な知識だけで研究を進めようとするため、よい成果が得られないという結果になってしまふ。私達の研究分野の周りでもそのようなことは実際に起きている。例えば認知神経科学がその一つである。また一方で新しいロボット研究、例えば認知発達ロボティクスなどの分野もそうである。

したがって認知神経科学やロボティクス・サイエンスなどにおいて、これから研究を進めようとする学生のための新しいカリキュラムを考えることは極めて重要である。ここではまず筆者自身が大学時代に教えてもらったことを紹介し、次にこれからどのようなカリキュラムが必要であるかを考えてみよう。

私は約 40 年前に、当時大阪大学基礎工学部にあった生物工学科で学んだ。生物工学科の英語名は Biophysical engineering, すなわち生物物理学で、物理や工学の立場から生物の仕組みを考えようとする日本で唯一のユニークな学科であった。当時、生物工学科は六つの研究室から構成されていたが、私は当初から細胞レベル以上の研究に関心があったので、生物計測学研究室に入った。細胞レベル以上の研究をしていた三つの研究室で、当時進められていた研究課題の概略を、当時の学科案内から抜粋して表 1 にまとめた。また表 2 は当時私が履修していた時間割だが、生物系、物理系、工学系の講義がバランスよく用意されていたことが分かる。

ただ生物学といっても、神経生理学などはほとんどが数理的理論や分析法の研究の紹介であったし、工学の研究においても生物工学用に工夫された講義の内容であった。神経生理学の講義では、ケーブル方程式や拡散方程式などの紹介から、ホジキン・ハックスレイのモデル、ケーブル方程式の解法までが丁寧に解説された。分子生物学では、筋収縮の機構、生態学とイオン輸送などの現象と同時に、生物物理学的な理論がかなり詳しく紹介されている。これも神経生理学と同様に、数理的な色彩が極めて強い講義であった。講義の最後は生命の起源と進化で、ミラー放電の現象や、自己増殖系や進化系のモデルなどについても言及された。当時のノートを見ると、数学の講義のノートのような錯覚を今でも覚える。

2 年生向けの生物工学概論 B では、エレクトロニクスの歴史や通信工学の歴史などとともに、生体工学の簡単な紹介、当時では新しい生命の捉え方・考え方の紹介までされた(図 1 参照)。またシステム基礎論は、線形システム論と非線形システム論の講義であった。後期の非線形システム論では非線形システムの基本的な取り扱い方(非線形に対する漸近解の求め方などを含む)が紹介されたが、個々の工学的手法の紹介とともに生物学の例を使って説明されているのが特徴である(図 2 参照)。また、信号解析論 A では、確率過程の考え方、自己相関関数、相互相関関数の紹介から、ウィーナー・ホップ方程式まで講義された。

今振り返って当時のカリキュラムを見ると、生物工学の研究に将来必要となる基礎的な知識とともに、それぞれの項目を学習するにあたって、適切な生態系や神経系の例を通して丁寧に紹介されていた点が印象に残る。また、時間割(表 2)を見て分かるように、個々のトピックスは各講義のなかで出てくるものの、基礎研究に必要な知識が身につけられるように、講義が用意されていることがよく分かる。

しかしこの 30~40 年の間にこの分野も飛躍的に進歩した。ますます多くのことを勉強しなければならない。少なくとも当時の学部講義では学べなかった新しい知識として、例えば表 3 のような知識も必要になってきた。問題は、学部で教えるべきはどのような知識かということである。多

原稿受付 2009 年 11 月 15 日

キーワード: Rapid Progress of Science, New Direction of Curriculum, Cognitive Developmental Robotics, Cognitive Neuroscience

^{*1}〒 606-8501 京都市左京区吉田本町^{*2}〒 606-8224 京都市左京区北白川追分町 89-3^{*1}Sakyo-ku, Kyoto-shi, Kyoto^{*2}Sakyo-ku, Kyoto-shi, Kyoto

表 1 当時の研究室で進められていた研究課題（一部）

生物計測学研究室

生物系にみられる特徴としては、①確率的なふるまい、②自発的な振動現象（リズム）、③学習・適応、④非線形な情報処理、⑤自己組織、⑥階層的なシステムの形成、⑦進化・消滅などがあげられますが、これらが特徴的にあらわれるような現象をとりあげ、その計量化と数学的な解析を進めていきます。

1. 視覚および皮膚振動感覚によるパターン認識の特性の解析と、盲人用文字図形読取装置などの開発
2. 動物の運動制御プログラムの学習プロセス、神経回路におけるコーディングおよび心拍動リズムなどの実験およびモデルによる解析
3. 形態形成・生態系・遺伝現象・集団(群)行動などにみられるダイナミクスの数理的および計算機シミュレーションによる解析

生体情報制御研究室

1. 各種図形に対する視線移動のオンライン記録と解析
2. 人の随意運動の解析とその中枢プログラミング機構の解明及びモデル化
3. 神経回路網による運動パターン発生機構のモデリングとシミュレーション
4. 相互抑制神経回路網におけるリズム現象

神経科学研究室

1. 小脳性反響回路の動作と可塑性・記憶の脳内機序
2. 小脳による歩行運動の制御機構
3. 網膜および脳における視覚情報処理とその発生生物学

表 2 学部のカリキュラム

	生物系	物理系	工学系
3 年前期	神経生理学 A 分子生物学 A 生物学通論	物理数学 物理実験学 統計熱力学 B 量子力学 量子力学演習	電子計測学 A 信号解析論 A システム基礎論 A 数学 B 統計数学 生物工学演習
3 年後期	神経生理学 B 分子生物学 B 生物化学	物理数学 統計熱力学 B 量子力学 統計熱力学演習	電子計測学 B 信号解析論 B システム基礎論 B 数学 B 統計数学 信号解析演習
4 年前期	特論 D（有働） 特論 E（堀田） 生物化学		特論 A（南雲） 特論 B（鈴木） 特論 C（杉江） 組織工学

表 3 現在必要と思われる基礎知識

生体計測学	脳イメージングの計測技術、観測問題、信号処理、EEG、EMG など
非線形数学	ニューロン、非線形振動、カオス、流体力学
統計科学 1	主成分分析、独立成分分析、回帰分析、因子分析
統計科学 2	ニューラルネットワーク、学習アルゴリズム、視覚計算論、時系列予測
ロボットの力学と制御	運動学、動力学、位置制御、力制御
行動実験と分析法	心理物理実験法、実験計画法など
認知科学 認知神経科学	言語を含む人間の持つ高次機能とその神経基盤
感覚知覚情報処理	視覚／聴覚／体性感覚の情報処理

くの分野にわたる研究を進めるにあたって、必要な基礎知識とともに、新しく考え出されてきた現代的な理論や、新

たに発見された現象などを、少しでも分かりやすく教えてもらえれば、学生にとってはその後の研究に大いに生かせると考えられる。もちろん前述の認知神経科学や認知発達ロボティクスにおいては、表 2 にある信号解析論、システム基礎論、神経生理学などは今でも必須の科目であろう。

ところで私は今、下記のような研究会に定期的に出席している。

- (1) 身体性情報学研究会
- (2) ロボティック・サイエンス研究会
- (3) 京大認知心理と認知リハビリテーション研究会
- (4) ベビーサイエンス研究会

いずれの研究会も先端的で、かつこれから大いに実りが期待される魅力的な研究分野である。これらすべての分野で上記の問題を考えていく必要があるだろう。科学の歴史を見れば、異分野から来た研究者が独創的で重要な業績を残していることが多い。誌面の関係で科学史については述

図1 生物工学概論 B のノートより

べないが、大切なことは、多くのトピックスを広く浅く教える方向ではなく、様々な方法論をしっかりと身につけ、論理的に思考・議論することだと思う。

ここでもう一度、表1と表2を見ると、この姿勢がいかにかに現代的であるかが分かるであろう。しかも、当時第一線で活躍しておられた先生方が真剣に取り組まれておられたことがよく分かる。講義ではまさにこの点が大切であり、第一線で現在研究を進められている先生方が表2や3を基礎に新たなカリキュラムを組まれ、相互に綿密に打ち合わせされた上での講義を、どんな形でもよいから実現したいと思っ

図2 システム基礎論 B のノートより

ている。さらにそのような講義を多くの大学での単位として認められるような仕組みが考えられないものであろうか。

乾 敏郎 (Toshio Inui)

1976 年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系修士課程修了。1991 年より京都大学文学部教授。1997 年より京都大学大学院情報科学研究科教授。2005 年より JST ERATO グループリーダー。現在に至る。専門は認知神経科学。コミュニケーション機能の神経基盤や認知発達のモデル化の研究を行っている。日本神経心理学会理事、日本認知心理学会理事、日本高次脳機能障害学会評議員、日本眼科学会評議員、日本学術会議連携会員。文学博士、工学修士。