

S2 特別講演 2 2日目(9月16日)

「複雑系と生命」

開催趣旨

第1日の特別講演(S1)についての案内文の中でも述べたように、1980年代のCBI学会は、分子回路素子や計算機のための生物素子、Biocomputingなどにも関心をもっていた。また、生物素子という視点からは、必然的に生命系の特徴的な発展(進化と発生)の仕組みや、脳の仕組みの解明とその工学的応用にも関心をもっていた。当時、通産省(現、経済産業省)のバイオチップ計画の実質的なリーダーであり、その後、理化学研究所 脳科学総合研究センターの設立や発展に深く関与した松本元氏は、「脳型コンピュータ」開発に挑む理論基盤を、非線形非平衡理論である言っていた(神沼 松本 88)。言うまでもなく、量子力学は線形重ね合わせの原理に立脚している。化学や生物学の基礎である熱力学や統計力学は、平衡理論である。だから、生体のような複雑な化学反応系の記述には、非線形理論が必要であり、発生や形態形成や脳の働きに象徴されるような、生命のダイナミックな様相を理解するには、非平衡の統計力学が必要だという考えは、ごく自然に受け入れられていた。また、そうした理論は、いずれ疾患の理解や医薬品の研究開発においても、広く受け入れられるようになるであろうと予想されていた。

一方で、物理学者や数学者の間でも、これからは、カオスやフラクタルを生む複雑系を相手にしなければならないという動きが、顕著になっていた。例えば、素粒子論で知られたゲルマン M. Gell-Mann は、複雑系の研究を標榜するサンタフェ研究所 Santa Fe Institute に加わった(Gell-Mann94)。この研究所には、遺伝子ネットワークの提唱者であるカウフマンがいた(Kauffman95)。複雑系研究の問題は、必要性は容易に理解できるのに、数学的な扱いが難しいことである。また実際問題の解明に役に立つような理論をつくることは、さらに難しいことである。最初の演者である蔵本由紀氏は、このような視点から見て大変優れた仕事をされてきた方であり、その定年退官記念講演は、複雑系は難しいと思われる我々にとっても、大変興味深いものである(蔵本 04)。同氏の著された啓蒙的な本(蔵本 07)とともに、この講演の参考としてぜひお読みいただきたい。

もうひとつの演題は複雑系の視点から見た脳のモデルである。脳は計算や情報の専門家にとっても究極の課題であろう。そうした課題は、当然 Chemo-Bioinformatics、すなわち CBI 学会の課題でもあると考えるが、現在の CBI 学会の主要な関心は、創薬 Drug Discovery にある。この視点からの関心は、脳疾患の理解と治療薬の開発とその適切な使い方が問題になる。

CBI学会が活動を始めた1980年代に較べると、脳や心の研究は、画期的に進歩している。その基盤になっているのがCT、PET、NMR/MRI、fMRI、光トモグラフィなど、計算機を駆使したさまざまな撮像装置の進歩である。その基盤には、物理学とそれを応用した計測法がある。それゆえ物理的な(したがって生物化学的な)故障は、原理的に発見できるし、実際に発見されつつある。しかし脳は情報処理系であるから、脳の疾患は、情報処理系の障害という視点からも明らかにされなければならない。実際に、うつ病の治療には、認知療法 Cognitive Therapy が有効だとする考えもある(例えば Burns99)。問題が情報処理系に関するものであるとすれば、情報工学者の活躍する余地も大いにあると思われる。

脳がどのように脳になってきたか、また、その過程でどのように脳として働いてきたかは、ある時点の脳だけではなく、進化の系譜や発生の系譜をたどりながら理解する必要がある。それには、さまざまな科学や数学が動員されなければならないだろう。第2の演者である中田力

氏は、臨床医であると同時に、fMRIを用いた脳機能計測装置の先駆者であるが、さらに流体力学の渦理論にヒントをえた独創的な脳モデルの提唱者でもある。このモデルは、発生学的な視点と、複雑系における自発的な構造生成（ベルナル対流）や回路網の自己組織化、さらに脳の最表層における高電子密度層が水の出入りを想定した空隙を隔てて、樹状神経細胞と接触しているという仮説を統合している（Nakata04, 中田07）。水を能動的に輸送する細胞膜ポンプであるアクアポリンの存在が脳で確かめられたことや、電子密度の高い領域が、回路網と水が瞬時に出入りできる空隙と隔てて接触しているというモデルは、回路網や統計物理学や量子（電磁）力学的に脳を扱おうとしている理論家にとっても極めて魅力的なモデルである。

なお脳に関しては、ペンローズによる（量子情報・量子計算の基礎となる）量子縫れも考慮したモデルも提案されているが、（麻酔医であるハメロフ S. Hameroff との共同モデルである）マイクロチューブルが鍵を握っているという結論は、唐突な感がある（Penrose94）。薬の研究者にとって、マイクロチューブルは、むしろ抗がん剤タキソールの受容体だからだ。こうした話題も含めて、お二人の講演は、CBI学会だけに限らず、物理学や情報工学を含む幅広い分野の研究者の関心を惹く機会となるだろう。

座長：田中博（東京医科歯科大学）、多田幸雄（東京大学）

プログラム

S2-1 : 16:00-17:00

「生きている自然と非線形科学」

蔵本由紀（京都大学名誉教授）

S2-2 : 17:00-18:00

「複雑系としての脳」

中田力（新潟大）

参考文献

- [1] 神沼二眞、松本元編著、バイオコンピュータ、紀伊国屋書店、1988.
- [2] Murray Gell-Mann, The Quarks and the Jaguar-Adventures in the Simple and the Complex, Little, Brown and Company, London, 1994.
- [3] Stuart Kauffman, AT HOME IN THE UNIVERSE-The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity, Oxford Univ., 1995.
- [4] 蔵本由紀教授 最終講義, 「非線形科学の形成 その一断面」, 京都大学, 2004.
- [5] 蔵本由紀、非線形科学、集英社（新書）2007.
- [6] David D. Burns, feeling good the new mood therapy, Harper, 1999.
- [7] Tsutomu Nakata, Brain Chip: A Hypothesis, 3(2): 51-63, Magnetic Resonance in Medical Science, 2004.
- [8] 中田力、脳の中の水分子、紀伊国屋書店、2007.
- [9] Roger Penrose, Shadows of the Mind, Oxford Univ. Press, 1994.