

# 特集／生体機能シミュレーション—現在とこれから—

## —序 文—

### Biological Function Simulation, Now and Future

#### — Introduction —

天野 晃\*

Akira AMANO

生体に関するシミュレーションは以前から研究されているが、微細な分子構造や生化学現象に関する計測技術の発達により、生体そのものに関する知見が、精度、量ともに急速に増大しており、さらに計算機性能の向上と併せて、急速にその適用範囲を拡大している。とくに、多数の反応が関与する複雑な生体反応の仕組みは直接計測が困難であり、シミュレーション技術を用いた研究が重要であると期待されている。このような背景から、システムズバイオロジーの概念が提唱されるようになったと考えられる。また、生理学分野では **Physiome Project** が提唱され、要素モデルの統合によるシステムの解析という観点が明確に提唱されている [1]。

文部科学省では、ライフサイエンス分野におけるシミュレーション研究の重要性から、平成15年度から5年間の計画でリーディングプロジェクトとして「細胞・生体機能シミュレーションプロジェクト」を実施し、大きな成果をあげている [2]。このプロジェクトの特徴は、プロジェクト全体がライフサイエンス分野の研究者によって統括されていることで、参加している研究者もライフサイエンス分野の研究者が中心となっている。また、平成19年度からは、地球シミュレータに代わる次世代のスーパーコンピュータの構築を目指す「次世代スーパーコンピュータの開発・利用プロジェクト」 [3] が始まったが、このプロジェクトにおける重点アプリケーション領域として、ナノテクノロジーとともにバイオ領域が選ばれている。細胞・生体機能シミュレーションプロジェクトの一部はこのプロジェクトに引き継がれる形になってい

る。

生体機能シミュレーションの目的は、もちろん生体の機能を再現することであるが、シミュレーションの対象となる現象にはいくつかの観点がある。1つは、生体の構造そのものについて、その形や構成がある種の目的に対して非常に効率がよく実現されているという点である。骨格、筋肉、血管などの解析は古くから行われており、とくに力学的な側面は、現在ではかなり高い精度の評価が可能である。これらの成果は、人工臓器や外科的治療などの侵襲的治療における治療計画支援などの応用に直接結びついている。2つ目の観点は、遺伝子、タンパク質、機能分子などが実現する生化学的機能を解明するという点である。近年、遺伝子やタンパク質に関する知見は急速に増大しており、個々の遺伝子やタンパク質については、一定の精度で定量的な機能が解明されたものも少なくない状況になりつつある。しかしながら、これらの機能要素の集合が実現するマクロな視点での機能については、きわめて限定的なものしか解明が進んでいない。このような機能の解明には、シミュレーションはきわめて有効であり、現在も細胞内の代謝系や細胞、組織に関する機能の解析が進められている。

生体機能のシミュレーションが、従来の非生物的物理現象のシミュレーションと大きく異なる点は、モデルの複雑さにあるといえる。複雑さにも2つの側面があり、1つは扱う現象が、構造、流体、熱、化学反応、遺伝子発現など、多岐に渡っているという点がある。実際のシミュレーションにおいては、精度を確保しながら連

\* 京都大学大学院情報学研究所システム科学専攻(〒606-8501 京都市左京区吉田本町): Graduate School of Informatics, Kyoto University.  
e-mail: amano@i.kyoto-u.ac.jp  
**Key words:**

成問題を解くことになり、計算手法そのものに関する研究が重要になっている。もう 1-つの側面として、構造の複雑さがある。現象の複雑さも関係するが、細胞内の代謝系、あるいは電気生理学的現象に関与する遺伝子やタンパク質を列挙するとすぐに 100 を超える要素があがる。これらの要素を効率的に誤りなく扱うためには、大規模システムを扱ってきたソフトウェア工学的観点がかきわめて重要である。現在は、これら 2-つの側面の両方を同時に扱ったシミュレーション環境が多いが、今後は、計算を扱うツールとモデルのオーサリングツールの二方向に発展していくものと予想される。

本特集では、これらの生物学的機能とモデルを扱う手法という側面から、それぞれについて今後の研究の方向性を知ることができる代表的な研究を取り上げ解説をお願いした。

北岡裕子先生らには、肺の 3 次元 CT 画像から肺内の局所的な換気状態を推定する技術とその応用について解説していただいた。

芦原貴司先生には、心臓の細胞生理学モデルを用いた臓器レベルの現象である不整脈現象について、最近の動向について解説していただいた。

高木周先生には、次世代スーパーコンピュータプロジェクトとそのアプリケーションターゲットの 1 つであるバイオ系のシミュレーションについて、とくに循環に関するマルチスケールモデリングとその計算について解説していただいた。

内藤泰宏先生には、代謝系のモデルのシミュレーション基盤として非常に有名な E-Cell システムおよび、その上で行われているモデルと解析について解説していただいた。

皿井伸明先生には、急速に定量的な詳細度が上がりつつある細胞の電気生理学モデルについて、モデルとその実装環境である simBio について解説していただいた。

ライフサイエンスの研究と密接に関係した生体機能シミュレーションはまだ研究分野として確立するには至っていないが、本特集により、研究分野活性化の一助になればと考える。また、貴重な時間を割いて執筆いただいた著者の方々に深く感謝いたします。

## 文 献

- [1] Bassingthwaite JB: Strategies for the Physiome Project. *Ann Biomed Eng* 28: 1043-1058, 2000
- [2] 文部科学省リーディングプロジェクト「細胞・生体機能シミュレーションプロジェクト」  
<http://www.lp-biosimulation.com/>
- [3] 理化学研究所「次世代スーパーコンピュータの開発と利用プロジェクト」  
[http://www.nsc.riken.jp/index\\_j.html](http://www.nsc.riken.jp/index_j.html)



天野 晃 (あまの あきら)

1988 年京都大学工学部電気工学科卒業。1990 年同大学院修士了。1993 年同大学院博士課程学修退学。同年工学部助手。1995 年広島市立大学助教授。2002 年京都大学大学院情報学研究科助教授。生体シミュレーション、文書画像処理、コンピュータビジョンの研究に従事。医用画像工学会、IEEE BME、CS、ISMRM、電子情報通信学会、人工知能学会、生体医工学学会各会員。

\* \* \*