

1

2

3

5

6

7

特集

バイオ

インフォマティクス

*Bioinformatics*⁴

編集にあたって

山下 博之

(独)科学技術振興機構

yamashit@jst.go.jp

生物はみな、自分自身の設計図に相当する遺伝情報を持っているが、その一組を“ゲノム”と称する。ゲノムは、生物の各細胞内のDNA上に、A(アデニン)、T(チミン)、G(グアニン)、C(シトシン)という4種類の塩基の配列として書き込まれている。James D. WatsonとFrancis H. Crickが、AとT、GとCの相補的な結合によるDNAの二重らせん構造を発見して以来、ゲノムの構造情報を解読することにより種々の生命現象を解き明かそうという取り組みが精力的に行われてきた。

このゲノム解析は、1990年代に入り、コンピュータを始めとする情報処理技術の利用により飛躍的に進んだ。このような過程で、生物学/生命科学における情報科学の威力と重要性の認識が高まり、これらの科学を融合した「バイオインフォマティクス」(生物情報科学、生命情報科学、等とも呼ばれる)という新しい学問領域が生まれてきた。

バイオインフォマティクスの具体的な要素は、DNAやアミノ酸・タンパク質の配列解析のための情報処理に加えて、タンパク質等の分子の構造解析と可視化、生物の進化等の確率過程やその生命現象のモデリング、遺伝子の制御系のシミュレーション、これらの解析により得られた膨大な生物学データからのデータマイニング等、非常に多岐にわたる。これらを行うためには、高性能コンピュータ・システム、各種データベースの構築と運用、各種解析ソフトウェア、実験管理用ロボット等が必要となる。また、この分野では、従来、その成果がデータベースとして公開されてきており、バイオインフォマティクスの発展はそれらデータベース群とインターネットの普及に負うところが大きい。当初は、DNAやタンパク質といった構成要素ごと、あるいは構造や機能、疾患といった解析結果ごとに、各研究機関でデータベースが構築されていたが、バイオインフォマティクスの進展に伴い、これらのデータベースを統合する試みが進められている⁶⁾。

1990年代から2000年代の初めにかけて内外の随所で

行われたヒトゲノムの解析プロジェクトにおいて、研究者はバイオインフォマティクスの技術を駆使することにより、競ってゲノム解読に努めた。その結果、ついに2003年4月、米英や日本等6カ国の首脳によりヒトゲノムの完全解読完了宣言が発表されるに至った。我が国の貢献は、約6%と言われる。

しかし、ゲノムを保持するDNAの塩基配列が明らかになったものの、その配列が生命活動においてどのような機能を有し、役割を果たすのかという仕組みは、膨大な遺伝情報に比べればほんのわずかしが解明されていない。我々の期待は、解読により得られた塩基配列や遺伝子情報、タンパク質等に関する膨大なゲノム情報を活用した効率的な医薬品開発(ゲノム創薬)や、遺伝子レベルで把握した個々人の体質差データに基づいて最適な病気の予防法・治療法を選択する“オーダーメイド医療(テーラーメイド医療)”⁴⁾等である。今後は、このような国民の安全・安心に資するとともに、バイオテクノロジー関連産業の発展が期待されている。このような期待に対応した展開は、「ポストゲノムシーケンス」と言われる。

ポストゲノムシーケンスの生命科学研究は、遺伝子やタンパク質等がどのように組み合わせられて複雑かつ大規模な生命現象を実現しているかを解明することであり、生命を制御システムとして捉えようとするものである。そしてその究極の目標を、コンピュータ内で生命システムをシミュレーションすることに置いている。具体的には、膨大な生物化学実験によって収集されるデータに基づき、コンピュータによるデータ解析と推定・予測を行うことにより生命システムを再構築しようとするアプローチであり、「システムバイオロジー(システム生物学)」と言われる。

このように、ゲノム解析から始まったバイオインフォマティクスは、ヒトゲノムの完全解読以降、システムバイオロジーという新しい学問体系を生むに至っている。会誌「情報処理」においては、過去に「ゲノム情報」特集¹⁾

やバイオインフォマティクスに関する解説^{2), 3)}が掲載されているが、上述のような著しい研究展開にもかかわらず、最近の話題は紹介されていなかった。本誌前号においてようやく「バイオ自然言語処理」に関する特集が掲載され、また、この3月に開催された第67回全国大会において、「バイオ情報学」の特別セッションが設けられた。このような状況を背景として、本特集は、バイオインフォマティクスに関連する種々のトピックスについて、その歴史から最新の話題まで幅広く解説するものである。

本特集は7編の解説記事よりなる。第1編では、生物／生命情報の比較という視点から、バイオインフォマティクスの研究概要と発展について幅広く概観する。第2編は、バイオインフォマティクス研究者に求められる要件、人材育成の現状と課題等を説明する。厳しい国際競争下にあるバイオインフォマティクスの基礎および応用研究に対応するために、生物学／生命科学と情報科学との両方を見識を持った研究者・技術者を育てることが緊急に要請されている。しかし、現時点では科学技術振興調整費により行われている人材養成プログラム⁵⁾とごく一部の大学で開始された教育プログラムがあるに過ぎず、とても十分とは言えない。また、新しい複合領域であるために多くの困難を伴っており、それを克服するための種々の取り組みについて、事例を交えて紹介する。

第3編は、バイオインフォマティクスをさらに発展させたシステムバイオロジーについて紹介する。特に、細胞・組織レベルの生命現象に関する実験結果と計算機によるシミュレーションとの接点について、事例を交えて解説する。

第4編は、バイオインフォマティクスの研究や実践に不可欠な統計学の役割を述べる。この分野の統計学は、「バイオスタティスティクス(バイオ統計学)」と呼ばれる。遺伝情報は本質的に確率関数であるので、適切な統計的処理がなされない限り、バイオインフォマティクスに基づく多くの結果が無意味となるのである。

第5編は、最近特に注目を浴びている、医療分野を対象としたバイオインフォマティクスについて紹介する。この分野のバイオインフォマティクスは、特に、「クリニカルバイオインフォマティクス」と称される。遺伝子データベースと臨床データベースとを解析することにより可能となる、各患者個人に合ったオーダーメイド医療は、将来のバイオインフォマティクスの成果のうちで最も期待されるものの1つである。

第6編は、近年脚光を浴びつつあるバイオ(生物学／生命科学)とナノテクノロジーとの融合領域に情報科学を応用する、新しい発想について紹介する。

第7編は、ヒトゲノムの配列決定が完了したポストゲ

ノムシーケンスの今日、配列情報解析の今後の展開について概観する。遺伝子発見と機能アノテーション後に特に重要な課題は、比較ゲノム解析と非コードRNA配列の解析である。

バイオインフォマティクスは、情報処理関連の研究者・技術者にとってはあまり馴染みのない分野であろう。しかしながら、我々の生活を豊かにするという面でも、産業面でも、バイオインフォマティクスの分野に期待される場所は非常に大きい。たとえば、統合されたバイオ情報データベースを対象とするデータマイニングにより、新たな生物学的・医薬学的知見が得られつつある。このようなバイオ情報データの効率的な活用のためには、明確に定義されたオントロジーに基づく、標準化された用語によるアノテーション(有用情報、すなわちメタデータの付加)が最も重要な課題の1つとなっているが、これは情報科学の最も得意とするところである。また、複雑な生命システムをコンピュータでシミュレーションするという野心を実現するためには、情報科学の役割はますます重要になっていくことは間違いない。こうした認識の高まりを受け、来年度から本学会内に「バイオ情報学」の研究会が発足する。さらに、本特集には含めなかったが、「ニューロインフォマティクス」と呼ばれる脳神経科学と情報科学との融合分野とも組み合わせ、生体システムの仕組みを新しいコンピュータの概念として導入しようという研究もなされている。このような融合分野に対して、情報処理学会の会員が興味を深め、知識を高めることに、そして融合分野の研究に入って情報科学の研究者・技術者が増えることに、本特集が少しでも役立てば幸いである。

最後に、お忙しい中を本特集の執筆、閲読、編集にご尽力いただいた方々に深謝いたします。

参考文献

- 1) 高木利久(編): 特集「ゲノム情報」, 情報処理, Vol.37, No.10, pp.907-961(Oct. 1996).
- 2) 秋山 泰: バイオインフォマティクス～情報システムとしての生命現象の理解へ～, 情報処理, Vol.40, No.11, pp.1136-1138(Nov. 1999).
- 3) 矢田哲士: ヒトゲノムドラフト配列データの情報処理, 情報処理, Vol.42, No.6, pp.600-605(June 2001).
- 4) 田中康博, 東 陽子, 樋口裕高, 吉岡 隆: 連載講座「オーダーメイド医療のためのバイオインフォマティクス」[I]～[IV], 電子情報通信学会誌, Vol.87, No.7～10, pp.595-600, 726-731, 798-803, 881-886(July～Oct. 2004).
- 5) 文部科学省平成16年度科学技術振興調整費新規採択課題等(新興分野人材養成), http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/chousei/saitaku/16/04051901/001.htm
- 6) たとえば, バイオインフォマティクス推進センター BIRD, <http://www-bird.jst.go.jp/>

(平成17年1月27日)