

「数理科学の最先端」量子生命情報学を目指して（ 総論）（特集 数理科学の最先端）

著者	渡邊 昇
雑誌名	理大科学フォーラム
巻	33
号	6
ページ	2-3
発行年	2016-06
URL	http://id.nii.ac.jp/1275/00002545/



「数理科学の最先端」 量子生命情報学を目指して（総論）

東京理科大学 理工学部 情報科学科 教授 **わたなべ のほる**
渡邊 昇

QBICセンターからQBIC部門へ

東京理科大学量子生命情報研究部門（QBIC部門）は、その前身を文部科学省の私立大学高度化推進事業として本学実施のハイテクリサーチセンター整備事業「量子生命情報研究センター（QBICセンター）」研究代表者・大矢雅則名誉教授の着想に基づく。量子情報では、あらゆる“情報”を量子ビット（2つの量子状態の重ね合わせ）の列により記述し、それを加工・伝送・制御する仕方を考える。量子情報の数理の展開は、現在確立していない生命科学の数理の構築に役立つと考えられる。生命の情報は、ゲノムにおける4つの塩基からなる莫大な長さの列で記述され、その解読、変化などは生命の発現・制御に関わる。生体における情報の伝送や処理は量子情報におけるそれらよりはるかに速いと考えられるので、生命における情報の処理のメカニズムの理解は量子情報の更なる発展に役立つと考えられる。そこで、生命情報や量子情報の原点に立ち戻り、1）量子アルゴリズム

ム、2）量子テレポーテーション、3）量子エンタングルメント、4）量子エントロピー、5）遺伝子やゲノムとその構造、6）分子動力学を駆使した立体構造シミュレーション、7）分子進化や配列情報から見た分類と遺伝子ネットワーク予測の数理、8）遺伝子の符号構造の解明と疾病予測、9）高精度相同性検索法（MTAP）の開発などの基礎的問題を整理し、それらを解決するためにQBICセンターを立ち上げ、平成18年から5年間、数学、物理学、情報科学、生命科学などさまざまな分野を横断的に研究している国内外の研究員の協力をえて「量子生命情報学」の創出というパラダイムに向けて図1の道程で国際的な研究活動を行ってきた。

- <1> 塩基配列、アミノ酸配列から生命の謎を解読する数理の構築
- <2> 量子情報理論における課題の解明とその生命情報への適用
- <3> 量子アルゴリズム論の展開と量子ビットの実現へ向けた基礎的研究
- <4> 生命システム理解と量子計算
- <5> 生命情報処理を包摂した量子生命情報学の提唱

QBICセンターは、国際会議を毎年開催し、分野を超えた横断的な議論を通して世界でも類がないものとして評価されつつあった。このプロジェクトを引き継ぎ、未解決の数理的問題に取り組むことを目的にQBIC部門は組織され、平成23年から5年間にわたってさまざまな研究を実施してきた。

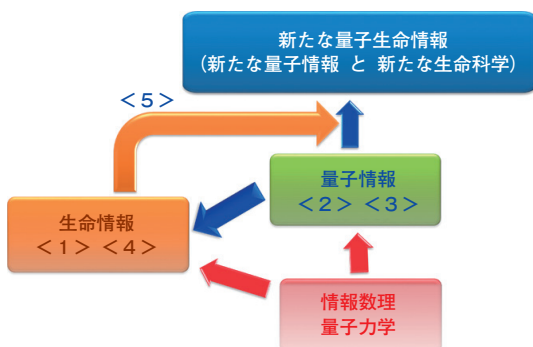


図1 量子生命情報学の数理的基礎付けを目指す道程

ホワイトノイズ解析と マイクロ-マクロ双対性との関連

QBIC発足当初から参加・助言をいただいていた飛田武幸名古屋大学名誉教授には、1) ホワイトノイズ解析を通してイノベーションがさまざまな確率過程のベースとなること、2) 生命現象や量子情報で現れる「ゆらぎ」や「ランダム性」とホワイトノイズ解析の関連性、3) 量子確率は通常確率論とは異なり、その表現にはさまざまな形があること、4) 情報力学のカオス概念が量子アルゴリズムに役立つこと、5) 量子テレポーテーションにホワイトノイズ解析のHida微分が関わること、などが解った。さらに、生命現象の系のサイズは、塩基などのマイクロレベルから、塩基の莫大な長さの列から生成されるタンパク質やその集合体などのマクロレベルを対象とする。この生命現象の示すマイクロとマクロの相関性を、一方向ではなく双方向で数理的に厳密に研究するには、元京都大学の小嶋泉先生のマイクロ-マクロ-双対性の研究が重要になる。1) 生命現象や量子情報として一番意味のあるオーダーパラメータの決定、2) 創発するマクロ構造の意味付け、3) 物理における相分離の問題、4) 生命における機能などの構造の分類、5) 分子レベルからタンパク質などの運動を理解する“*InSilico*”の研究への適用などである。また、現在では非常に難しい莫大な数の塩基やアミノ酸列を整理化するために、量子アルゴリズムを使うことが考えられる。

適応力学から

量子生命情報学の確立を目指して

量子生命情報学の基礎付けには、大矢先生



写真1 QBIC国際会議

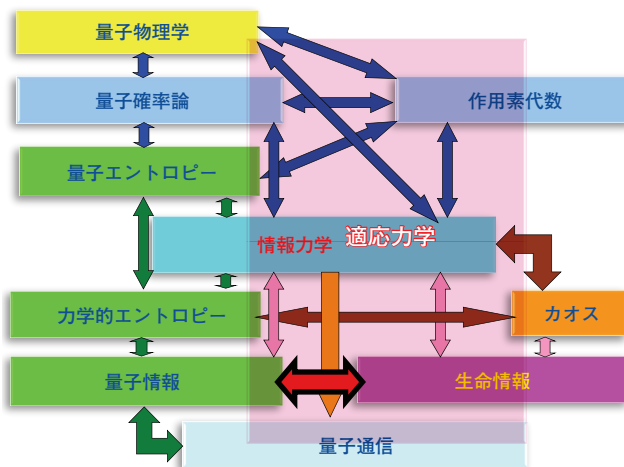


図2 適応力学の相関図

による新たな哲理「さまざまな科学における理解は、理解されるもの（観測量）とその方法（測定法）とが分離不可能であること、したがって、ものの存在の理は“あるもの”とそれを“あらしめるもの”を包摂したものでなければならない」に基づく“適応力学”が基本的な役割を果たす。

この適応力学には、観測量適応力学と状態適応力学という2つのタイプがあり、観測に関わる意志の形やそれを絡ませた認識のあり方などを論ずることができる。生命情報・量子情報・数理情報を横に繋ぐ理論的基礎付けをあたえる適応力学をベースとして、本特集の研究と関連を持ち「量子生命情報学」の構築を目指す。