

S1 特別講演 1 1日目(9月15日)

「量子力学の第2革命とそのインパクト」

開催趣旨

その名称が語っているようにCBI学会は、計算機(情報計算技法)、化学、生物学を基礎とし、薬を含む望ましい化合物のデザインと、その生体への影響評価を、分子レベルで考えることを志向している。ゆえに本会は、計算機の進歩には当然大きな関心を払っており、また、化学と生物学の進歩に関しても同様である。20世紀の前半の量子力学の誕生で、化学と物理学は地続きとなり、分子生物学の台頭で、生物学と化学も地続きとなった。かくして量子力学は自然認識の根底に位置する方法論となった。1928年頃に完成した量子力学は、その後、場の理論(Field Theory, Quantum Electrodynamics/Quantum Chromodynamics)、素粒子理論へと発展したが、その根底にある非決定論的な性格や波動と粒子の二重性は、アインシュタインやボームD. Bohmを始めとする多くの論者の攻撃を受けてきたが、そのまま今日まで生き残っている。量子力学の日常の感覚(古典論理)で割り切れない、この奇妙な性格を特徴づけるのが、シュレディンガーがEntanglement(エンタングルメント、量子纏(もつ)れ)と呼んだ現象である。このような問題は、「量子力学の基礎」、あるいは「量子力学の観測問題」として知られてはいたが、「シュレディンガー方程式を如何に解くか」を至上とする応用的な立場からは、関心の対象外とされていた。

しかし実験技術の進歩は、Entanglementの存在の有無を判定する考え方として1964年に提唱されたベルの不等式の破れを確認することを可能にした。また、波動粒子の二重性も、フラーレンほどの大きな分子で確認するに至った。このようにして、かつては「哲学論争」の趣があったEntanglement現象を積極的に活用する研究が提唱された。それが、量子情報(とくに量子テレポーテーション)であり量子計算である。

量子情報、量子計算への関心は、計算機の進歩を支えている、半導体微細加工技術の限界への不安という応用的な視点からも、高まっている。それは、「半導体回路の集積密度が、1年ないし2年ぐらゐの間に2倍になる」という、ムーアの法則(Gordon Moore's Law)は、いずれ成立しなくなるという予感に関係している。こうした不安に対処しようという機運が顕著になってきたのは、CBI学会が活動を始めた1980年代の前半からである。その対処法として、半導体に代わる分子電子回路素子Molecular Electronic Devices(MED)や生物回路素子Biochipに関心がもたれた。

当時はCBI学会でも、この分野の教祖の一人であった、米国海軍研究所のF. L. Carter 博士(Carter82)を招いた講演会(第19回研究講演会、1984年)を開催したり、分子素子の研究グループと共同で研究集会を開催したりしている。またIBMの研究所のR. LandauerやC. H. Bennettらの計算の物理的な限界に関する議論(Bennett82)や、ファイマンR. P. Feynmanの原子一つに1ビットを載せるというような初期の量子計算機についての話題(Feynman99/96)、ドレクスラーの生物機械素子(Drexler81)やウルマーのタンパク質工学(Ulmer84)などに関する情報収集を行い、その一部を研究講演会などに反映させる試みも行っていった。しかしその後のCBI学会は、ヒトゲノム解読計画の進展や構造生物学の進歩を、医薬品開発にどう結びつけるかに追われ、上記の課題を紹介し続けることができなくなってしまった。こうした状況は、20年ほど続いていることになるが、その間に、かつて関心をもっていた分野でも長足の進歩があった。そうした進歩の、とくに量子力学に関わる基礎的な部分を要約しているのが、KleppnerやDowling

らの論文である (Kleppner00, Dowling03)。これらの論文は、「実験技術の進歩によって、われわれの“もの matter”に関する理解は、着実に進んでおり、その副産物として、量子情報・量子計算のような新しい研究分野や、量子ドット (Drbohlavova09) や分子計算素子 (Ball00) など、原子分子レベルからのもののデザイン技術も急速に進歩しているという、量子力学の第2革命の時代がやってきた」ことを示している。

2040年を展望すれば、いま開けつつあるこうした新しい領域が、やがてCBI学会にとっても無縁でないものになってくるであろうことは、十分予見される。時間枠が限られているため、この特別講演セッションでは、その中の限られた話題しか紹介できないが、急激に進歩している分野で活躍されている、気鋭のお二人の講師の話を実際に聞かれれば、このことを理解していただけるだろう。

座長：多田幸雄（東京大学） 神沼二眞

プログラム

S1-1 : 16:00-17:00

「量子ドット」

山本健二（国立国際医療センター研究所）

S1-2 : 17:00-18:00

「量子情報・量子計算」

根本香絵（国立情報学研究所）

参考文献

- [1] F. Carter ed., Molecular Electronic Devices, Dekker, 1982(7).
- [2] C. H. Bennett, "The Thermodynamics of Computation - A Review", Int. J. Theoretical Physics 21(12):905-940,1982.
- [3] Richard P. Feynman The Pleasure of Finding Things Out, Perseus Pub., 1999, pp.117-139
- [4] Richard P. Feynman (J.G. Hey and R.W. Allen eds.), Feynman Lecture on Computation, Addison •EWesley, 1996. (原康夫他訳、ファイマン計算機科学、岩波書店、1999年)
- [5] K.E. Drexler, PRNS, 78, p.78, p.5275, 1981.
- [6] K.M. Ulmer, Science, 224, p.1327, 1984.
- [7] D. Kleppner and R. Jackiw, One Hundred Years of Quantum Physics, Science 289 (5481): 893-898, 2000.
- [8] J. P. Dowling and G. J. Milburn, Quantum technology: the second quantum revolution, Phi. Trans. R. Soc. Lond. A, 361: 1655-1674, 2003.
- [9] Jana Drbohlavova et al., Quantum Dots ? Characterization, Preparation and Usage in Biological Systems, Int. J. Mol. Sci. 10, 656-673, 2009.
- [10] P. Ball, Chemistry meets computing, Nature, 406:118-120, 2000.
- [11] 山本健二研究室 <http://www.geocities.jp/backenlab/research/theme1j.html>
- [12] 根本香絵研究室 http://www.nii.ac.jp/faculty/nemoto_kae/