

《総 括》

「核融合」小特集について

加 古 孝*

制御核融合反応によるエネルギー源を手に入れることは、遠い昔に火を制御することが可能になったことによって道具の飛躍的な進歩がもたらされ、人類が文明への道を歩み出すことができたという歴史的な出来事に匹敵するような、未来への予想もつかない大きな飛躍のきっかけとなる可能性がある。

核融合炉では、水素などの軽い原子核を2個融合させ、その際に生ずる質量欠損によるエネルギーを用いて最終的には発電を行い、質の良い電気エネルギーを得ることを目指している。そのような核反応を起こすためには、原子核同士をお互いのクーロン斥力に打ち勝って核反応が十分大きな確率で起きる距離まで近付ければならない。つまり相互の相対速度を十分大きくし、さらに頻繁に衝突させる必要がある。速度を大きくすることはすなわちガスの温度を高くすることであり、衝突の頻度を増すためにはガスの密度を高めればよい。さらに、核融合反応を制御しながら持続的に起こさせるためには、反応物質である高温のガスが高温状態における高い圧力によって飛び散ってしまわないように、ある領域に流体力学的に安定に閉じ込めておかなければならない。この際、想定されている1億度を越す高温では、物質は中性分子を形成していることができず、完全電離したいわゆるプラズマ状態にある。

そこで、このように電離したガスがどのような振舞いをするかが重要である。核融合研究の初めの段階では、プラズマ中に流れる電流によりプラズマが収縮するというピンチ効果などに見られる電場や磁場の力を利用したプラズマの制御可能性が楽観視され、比較的簡単に制御核融合は実現するのではないかと見られていた。ところが理論的考察と予想に基づいて設計された装置によるプラズマ閉じ込めの実験は、プラズマの

予想を越える複雑な挙動により思い通りの結果を得ることがなかなかできなかった。このような状況は残念ながら基本的には現在も続いている。さらに、トカマク方式の場合、次期装置にかかる費用は一兆円を越すと予想され、一国の規模では装置の建設が危ぶまれている。

このように容易には建設できない実験装置の設計を進める上で必須のものとして、また新しい装置の可能性を追求するために、数値シミュレーションに期待がかかっている。この意味で、磁気流体モデルを用いたプラズマの流体力学的な挙動の研究は、核融合研究においてその重要性を強調し過ぎることのない中心的課題である。この場合必要なのは、対象となるプラズマ現象を解析し制御する方法を生み出す優秀な頭脳とそれを助けるシミュレーション用の高性能の計算機である。わが国は原材料では資源小国であるが、この両方の資源では最も恵まれた国の1つである。

本小特集では、多くのチャレンジングな問題が待っているこの分野に、一人でも多くの研究者が興味を持ち実際の研究に取り組んで欲しいとの願いを込めて、この分野における特徴的な研究をいくつか取り上げた。プラズマの物理と数理を扱う世界は極めて多様であり、あらゆる解析手法がその真価を問われる場であるといっても過言ではない。数理解析の立場から見た場合、線形解析に限っても様々な特異で興味深いスペクトル解析と数値解析の研究課題があることが最初に紹介される。また、非線形解析に至っては問題の尽きせぬ宝庫である。ここでは磁気ベナール問題を通して豊富な研究テーマが渦巻く世界を垣間見ていただきたい。後半の2編の論文は、核融合の現場で最もホットなシミュレーションの話題が紹介されている。プラズマ・核融合研究の世界は宇宙空間プラズマやプラズマ宇宙論などの話題も含み極めて多様である。古典力学の世界の面白さを、磁気流体力学モデルによる核融合計算の数値シミュレーションを通して少しでも感じ取っていただければ幸いである。

A Preface to the Special Edition, "Nuclear Fusion". By Takashi Kako (Dept. of Computer Science and Information Mathematics, The Univ. of Electro-Communication)

*電気通信大学情報工学科