

## 「ITER における物理研究の進め方」

## 3. 運転制御と最適化に向けた取り組みについて

## 3. A remark on Approaches to Operational Control and Its Optimization

山田弘司

核融合研

YAMADA Hiroshi

NIFS

ITER の運転制御と最適化に向けた物理研究を考えた場合に、日本としてどのように研究を展開していくべきかについて私見を述べ議論に供したい。ITER のミッション達成のために必要かつ十分な研究、ITER によって核融合炉に必要な物理について十二分な確証を得るための研究、新しい発見やブレイクスルーを生かす研究について用意周到に検討しておく必要がある。「発見は計画できないが、計画のないところに発見はない」と野依良治氏が述べられている[1]。上の3つの範疇にある研究を峻別していくと、ITER だけでは、核融合炉に必要なかつ十分な物理の確証を得ることばかりかITER そのもののミッション達成にも懸念が生じる。他の装置が必要ならばどのようなものか、また、それはどのようにして実行すればよいのか？我々が取り組むべきことは核融合炉の実現という全体の最適化である。ITER がこのための最大のクリティカルパスであり、これに傾注することは当然であることを認めたくて、ITER (という部分的な個別の) 計画の最適化が必ずしも全体の最適化に繋がらない場合も有り得ることに留意すべきである。

さて、ITER においては、プラズマ物理に関わる2大目標として、(1) エネルギー増倍率  $Q$  が10以上とし、 $Q =$  の自己点火の可能性も排除しない、(2)  $Q$  が5以上での定常運転を目指す、が掲げられている。これらの目標を、上記の命題に照らして運転制御という観点から例をとって考えてみる。このうち(1)の前半はELMy Hモードに関する数多くの装置における緻密なデータの蓄積により、技術的な課題は残ろうが物理の理解による展望としては尤度を持って達成できると考えられている。一方、これ以外の(1)の後半の $Q =$  の自己点火と(2)については、保守的な運転制御からの飛躍が必要であり、先進トカマク運転に依拠するものと考えられる。前者においては反転シア配位の低 $q$ 化(高電流化)や抵抗性壁モードの克服、後者においては高い規格化 値を、新古典ティアリングモードを抑制して達成する必要がある。これらはいずれも現在のトカマク実験において、原理実証およびMHDを中心とした理論としてかなりの完成度に達し、長時間化する方向の研究が鋭意進められているが、決定論的に安定性が担保され、それが十分長い時間保持されるという段階には未だ至ってはいない。さらに、プラズマの際立った非線形性がもたらす確率論的な振る舞いに注目すべきであるという指摘[2]は運転制御の最適化を考える上でもパラダイムの再構築を要請するかもしれない。また、ITER 後から逆に眺めると、物理実験がいかに価値あるものであってもITER を用いた核融合研究は物理実験だけに留まるべきではなく、工学技術の実証や炉工学機器の試験を成し遂げる必要があり、そのための炉心プラズマ運転制御とその最適化という観点を安んじてはならない。

[1] 野依良治 「日本を試す(5) 科学技術、国益考え新戦略」 日本経済新聞 平成16年1月9日朝刊

[2] K.Itoh “Statistical theory of plasma turbulence and concept of life-time” presented at ITPA meetings (JAERI Naka, 8-11 March, 2004)