



# ヘリカル系プラズマにおける 統合コード開発

京都大学大学院エネルギー科学研究科  
中村祐司

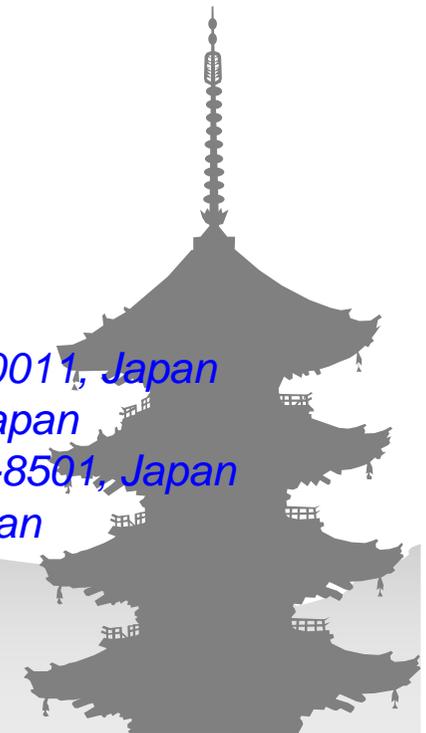
Yuji Nakamura, M. Yokoyama<sup>1)</sup>, N. Nakajima<sup>1)</sup>,  
K. Y. Watanabe<sup>1)</sup>, H. Funaba<sup>1)</sup>, Y. Suzuki<sup>1)</sup>,  
Y. Matsumoto<sup>3)</sup>

*Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Uji, Kyoto 611-0011, Japan*

*1) National Institute for Fusion Science, Toki, Gifu 509-5292, Japan*

*2) Graduate School of Engineering, Kyoto University, Kyoto, Kyoto 606-8501, Japan*

*3) Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Japan*



## 本研究の目的 と概要

---

本スーパーSINETを用いた共同研究では、LHD計画共同研究で行われている統合コード開発研究のうち、プラズマシミュレータの利用を必要とする計算モジュールの整備ならびに開発を、スーパーSINETを介して行なった。

本研究では、TASKコードをコアモジュールとし、MHD平衡モジュールなどの必要に応じて取捨選択できるモジュール群を有機的に組み合わせたソフトウェアシステムを構築し、ヘリカル系プラズマ実験のための統合シミュレーション環境を開発・整備することを目的としている

Development of Integrated  
Simulation System for Non-  
Axisymmetric Plasmas

- To draw up new experimental plans.
- To do experimental data analysis from the viewpoints of *integrated physics.*



LHDニューメリカル・テストリアクターに向けた  
コア数値プログラムの開発

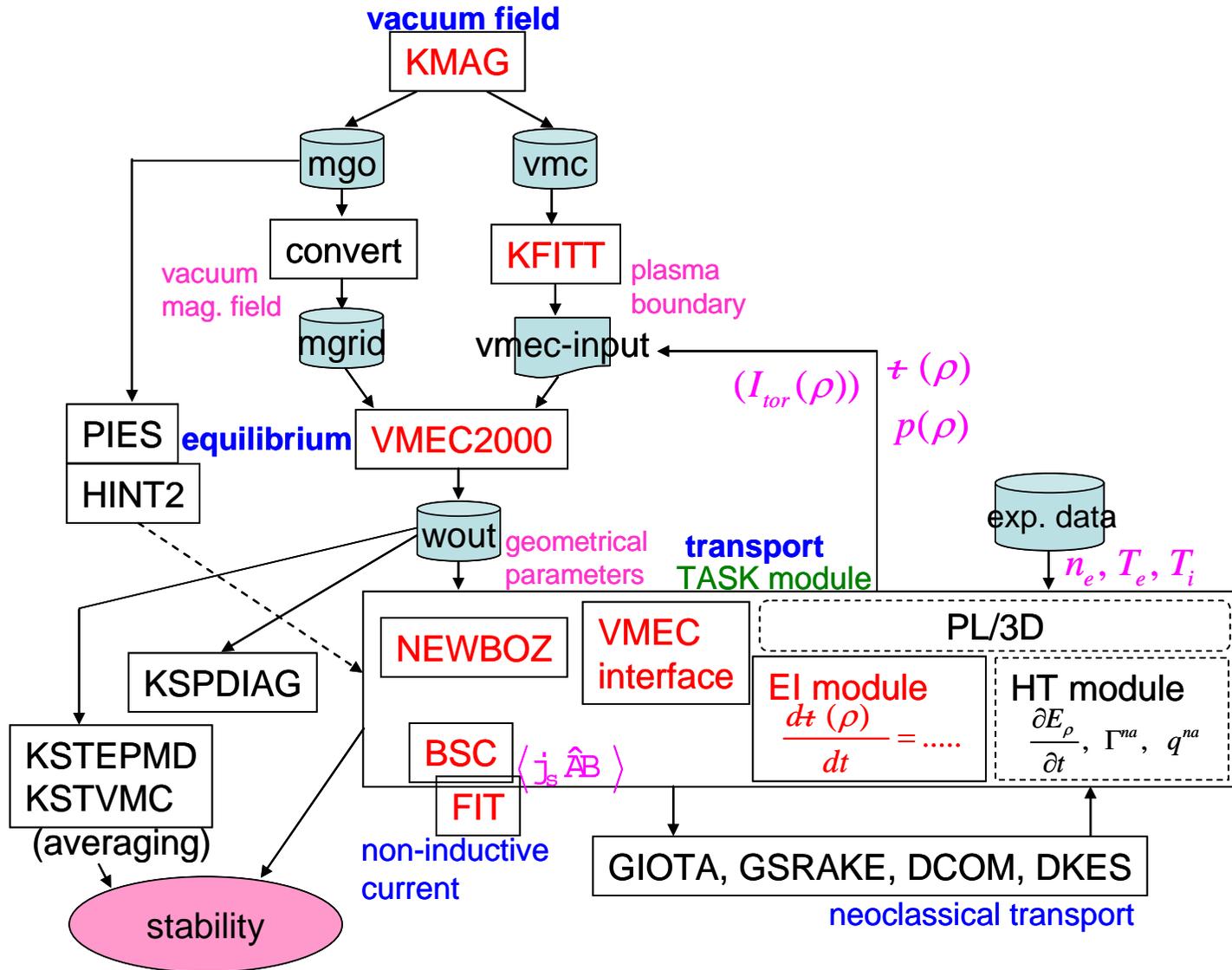
# ヘリカル系プラズマの統合コードの概要(1)

---

- 1) The integrated simulation system to be developed has a modular structure which consists of modules for calculating MHD equilibrium/stability, transport and heating.
- 2) Each module can be selected in accordance with a user's request and can be combined with other modules.
- 3) In order to maintain the independence of each module, which is an independent and complete program, *sequences of the integrated simulation are controlled by a shell or script* (perl or ruby, for example).
- 4) Since some modules are suitable for running on the vector machine and others are on the PC cluster, we are going to develop a *module-by-module distributed computing system* through the network.

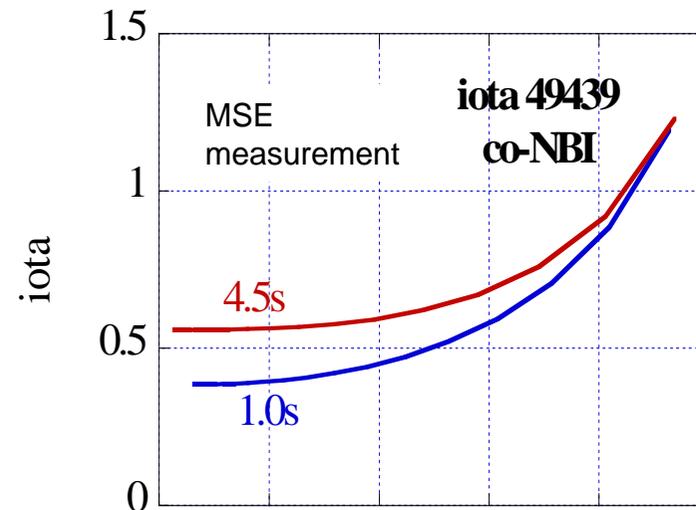
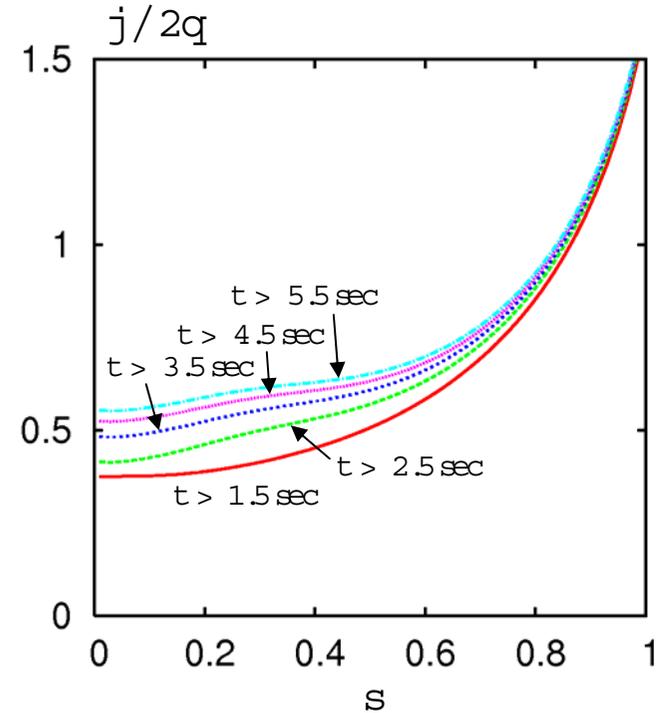
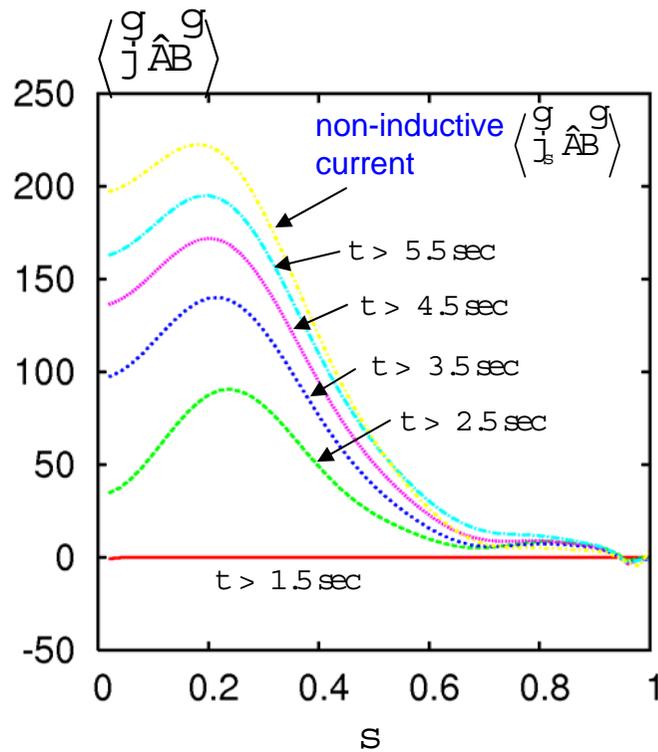
# ヘリカル系プラズマの統合コードの概要(2)

## Module structure of the integrated transport analysis code for helical plasmas



# ヘリカル系プラズマの統合コードの概要(3)

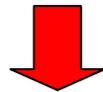
non-inductive current drive  
 → time evolution  
 (fixed MHD equilibrium)  
 (fixed non-inductive current)



## スーパーSINETとプラズマシミュレータを用いた研究の成果(1)

---

本研究では、京都大学(宇治キャンパス)に設置された専用のLinuxワークステーションとNIFSのスーパーコンピュータシステムをスーパーSINETで接続することによって、京大からプラズマシミュレータを遠隔地利用することで行なわれた。



HINT2コードで得られたMHD平衡  
に対して Boozer座標系を構築する  
プログラムの開発

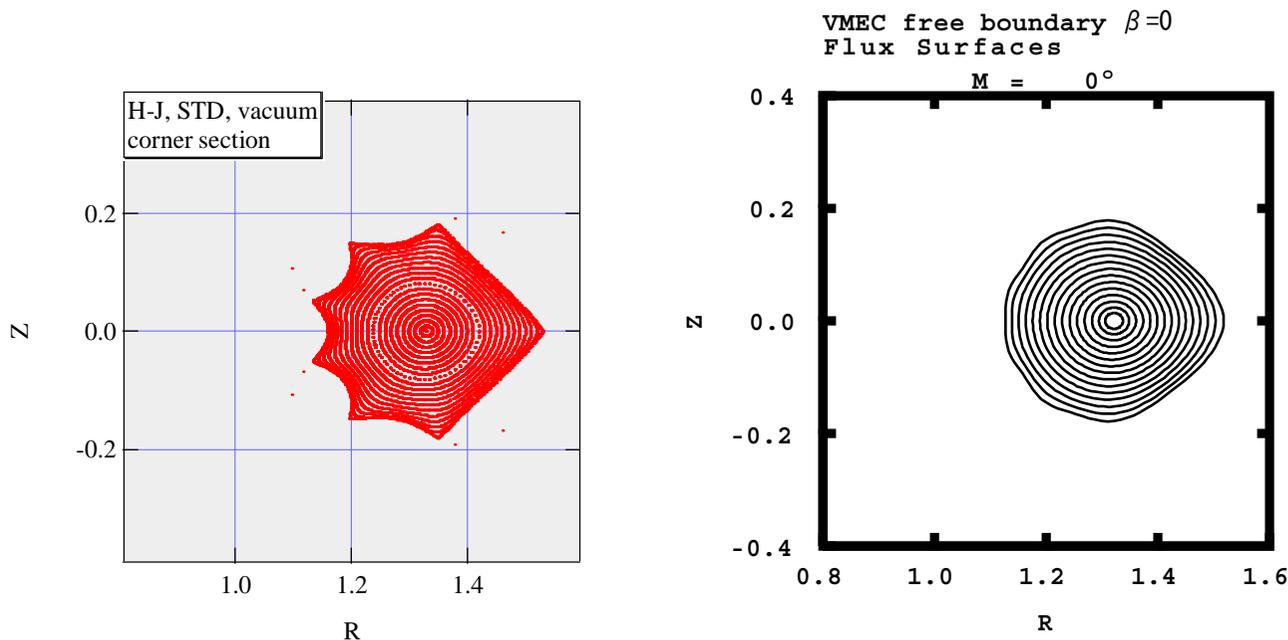
ヘリカル系プラズマなどの非軸対称プラズマでよく用いられるVMECコードは入れ子状の磁気面の存在を仮定して、磁気座標系を利用する逆解法プログラムである。そのため、得られたMHD平衡から数値解析でよく用いられるBoozer座標系を構築するのは非常に容易である。

しかし

## スーパーSINETとプラズマシミュレータを用いた研究の成果(2)

VMECではHeliotron JやWendelstein 7-ASなどのように最外郭磁気面の形状に磁気島の影響がある場合を再現できない。

➡ 特に周辺形状に伴う磁場の高調波成分はneoclassical viscosityに影響を与えるため、H-modeの物理とも関係する可能性がある。

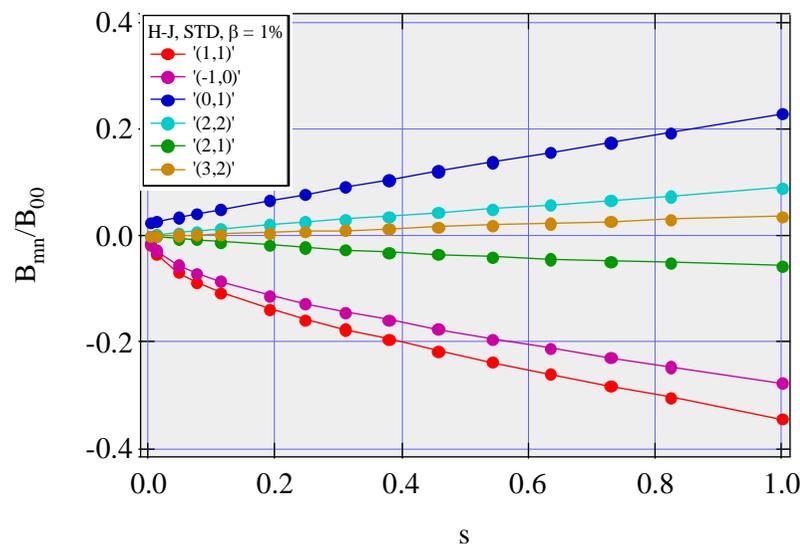
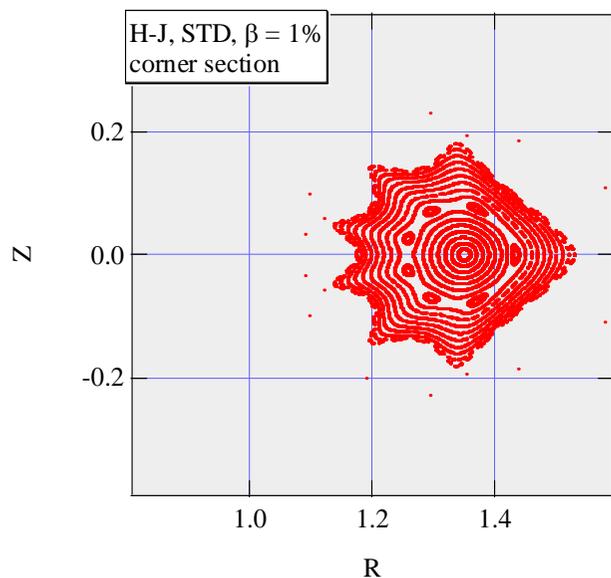


## スーパーSINETとプラズマシミュレータを用いた研究の成果(3)

HINT2コードは入れ子状の磁気面の存在を仮定せず、磁気島や乱れた磁気面を含む三次元MHD平衡も計算できる特長を持っており、より正確なMHD平衡計算を可能としている。

➡ 得られたMHD平衡を用いて安定性解析や輸送解析などを行うには、 Boozer座標系を構築する必要性

HINT2で得られたMHD平衡から、磁力線追跡法で Boozer座標系を構築するプログラムの開発。とくに、平衡計算の中で Boozer座標系の構築が必要な場合を考慮して、robustなプログラム開発。



## スーパーSINETとプラズマシミュレータを用いた研究の成果(4)

---

磁力線追跡やBoozer座標系構築、可視化などのポストプロセスはローカルな計算機で行なうのが効率的であるため、これらの処理は、HINT2で得られた3次元磁場ベクトル、圧力、電流ベクトルデータを、スーパーSINETを介してローカルのLinuxワークステーションに転送して行なった。将来的には、スーパーSINETを介したネットワーク分散処理を検討している。