

2004/08/10

核燃焼プラズマ統合コード研究会

九州大学・応用力学研究所

TASK コードにおけるデータ交換と実行制御

福山 淳 (京大工)

内容

- TASK コードの特色と構成
- データ交換
- 実行制御
- 今後の課題とまとめ

TASK コードの特色

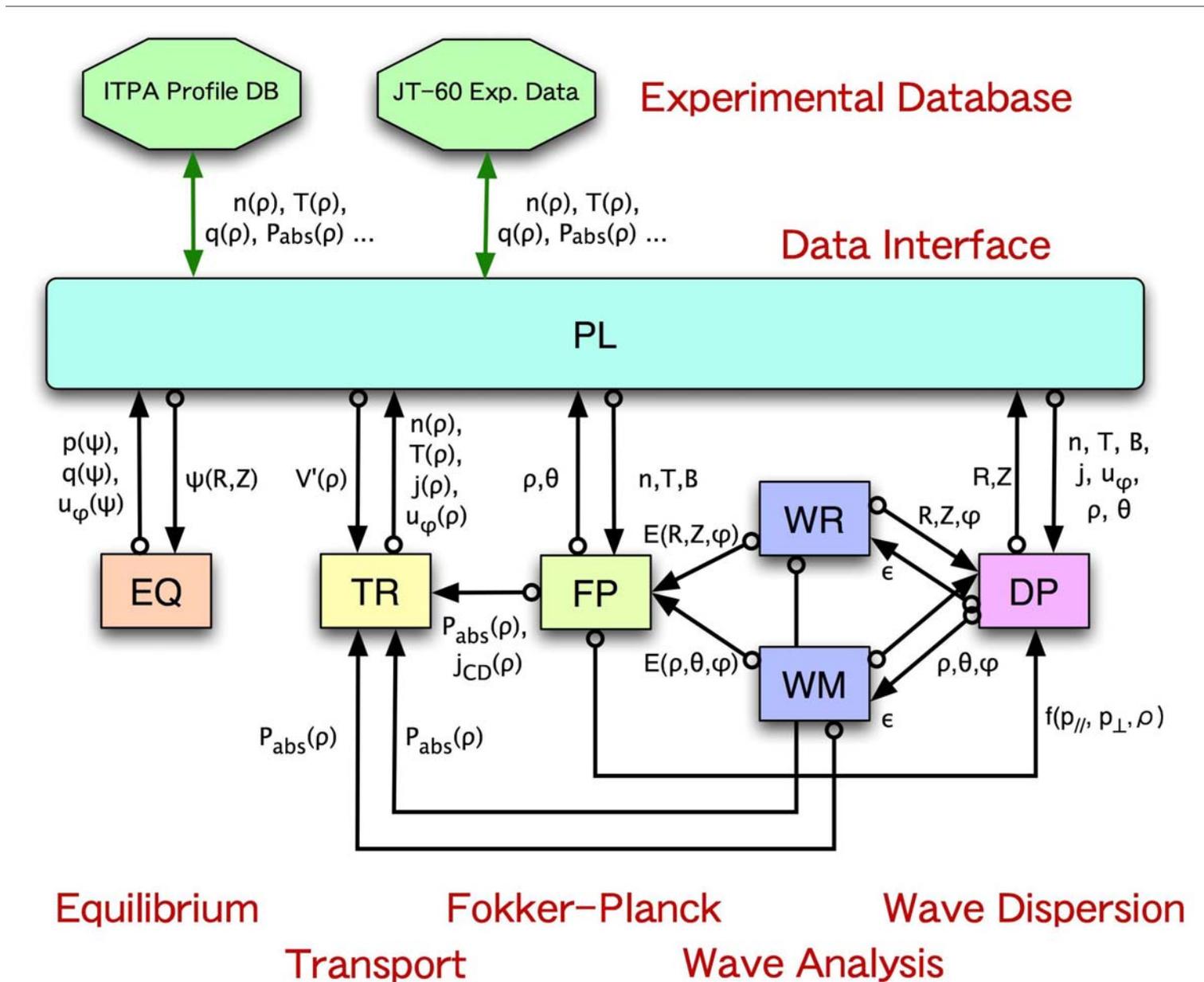
- トカマクの時間発展シミュレーション
 - モジュール構造の統合シミュレーション
 - 様々な加熱・電流駆動機構
 - 高い移植性
 - ヘリカル系への拡張
 - MPI ライブラリを用いた並列分散処理
 - 実験データベースの利用
- 核燃焼プラズマ統合コード構想のコアコード
 - 最小限の統合コード：モジュールは交換可能
 - インターフェースの標準化：実装の検証
 - 利用者の拡大：マニュアル等の整備

TASK コード

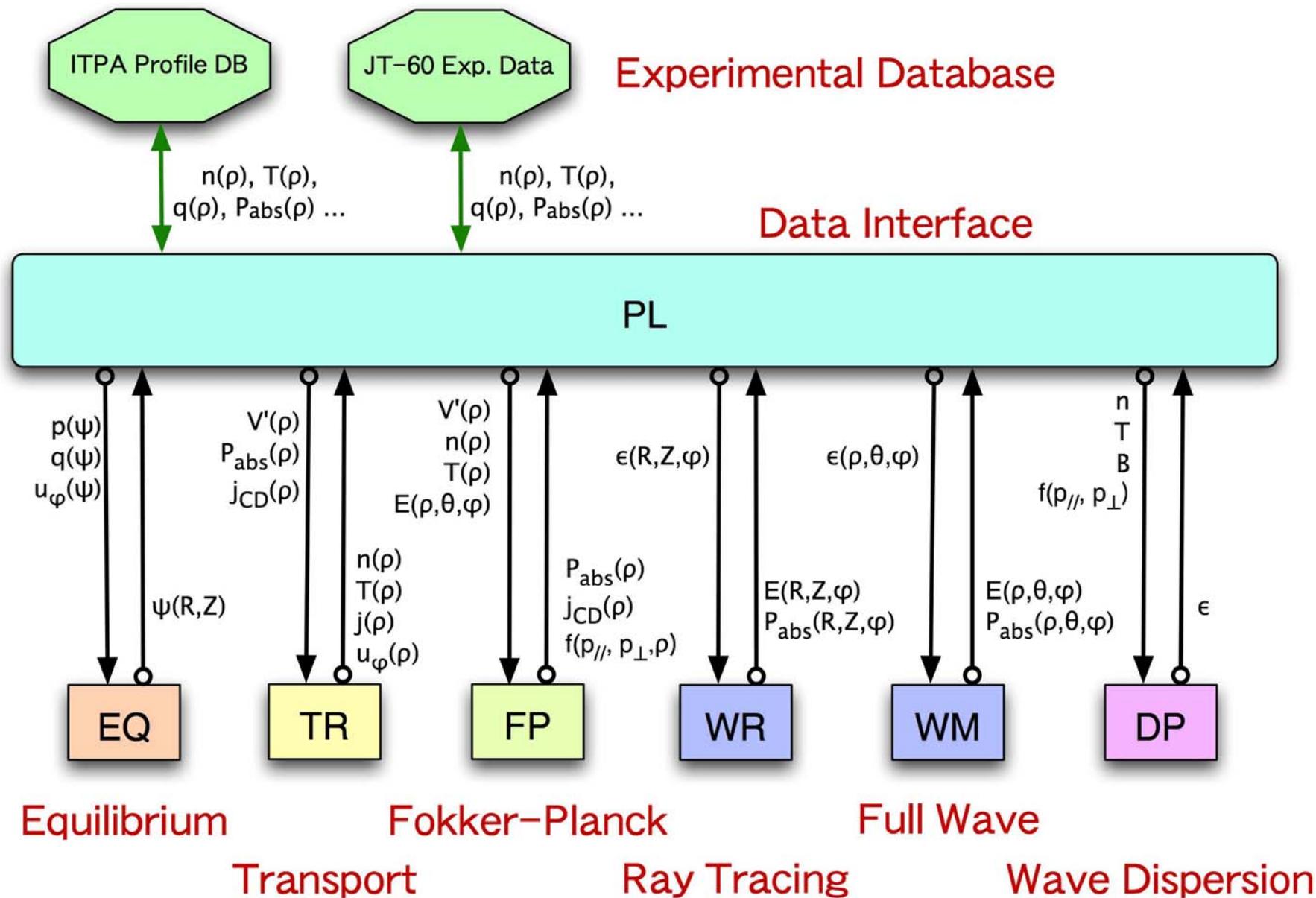
- Transport Analyzing System for tokama**K**
- モジュール

TASK/EQ	2次元平衡解析	固定境界，トロイダル回転効果
TR	1次元輸送解析	拡散型輸送方程式，輸送モデル
WR	幾何光学的波動解析	EC, LH: 光線追跡法，ビーム追跡法
WM	波動光学的波動解析	IC, AW: アンテナ励起，固有モード
FP	速度分布解析	相対論的，軌道平均，3次元
DP	波動分散解析	局所誘電率テンソル，任意速度分布
LIB	共通ライブラリ	行列解法，特殊関数
PL	分布データ変換	磁気面座標 ↔ 実座標，分布データベース
EX	2次元平衡解析	自由境界，有限要素法
TX	1次元輸送解析	流体型輸送方程式，輸送モデル
WA	線形安定性解析	波動解析，MHD不安定性，運動論的效果

TASK コードの現在の構成



TASK コードの新しい構成



Coordinates

- **One dimensional**

RHO **Radial** (ρ)

Square root of normalized toroidal magnetic flux: $\rho = \sqrt{\phi_t / \phi_t|_{\text{surface}}}$

- **Two dimensional**

RZ **Cyrindrical** (R, Z)

RT **Toroidal** (r, θ)

RC **Flux** (ρ, χ)

- **Three dimensional**

XYZ **Rectangular** (X, Y, Z)

RPZ **Cyrindrical 1** (R, ϕ, Z)

RZP **Cyrindrical 2** (R, Z, ϕ)

RTP **Toroidal 1** (r, θ, ϕ)

RCP **Flux 1** (ρ, χ, ϕ)

RCX **Flux 2** (ρ, χ, ξ)

VMEC

Boozer

Data Interface

- **Device data**

RR R m

RA a m

RB b m

BB b T

RKAP κ

RDLT δ

RIP I_p MA

Geometrical major radius

Average minor radius $(R_{\max} - R_{\min})/2$

Wall radius

Vacuum toroidal magnetic field at
 $(RR, 0)$

Elongation of plasma boundary

Triangularity of plasma boundary

Typical plasma current

- **Magnetic field data**

PSIP $\psi_p(R, Z)$ Tm²

PSIR $\psi(\rho)$ Tm²

PPSI $p(\rho)$ MPa

TPSI $T(\rho)$ Tm

QPSI $q(\rho)$

JPAV $j_{\parallel}^{\text{ave}}(\rho)$

2D poloidal magnetic flux

Poloidal magnetic flux

Plasma pressure

$B_{\phi}R$

Safety factor

Averaged parallel current density

- **metric data**

- **1D**

- **2D**

- **Fluid plasma data**

NSMAX s

Number of particle species

PA A_s

Atomic mass

PZ0 Z_s

Charge number

PZ Z_s

Charge state number

PNR $n(\rho) 10^{20} \text{m}^3$

Number density

PTR $T(\rho) \text{keV}$

Temperature

PUR $u_\phi(\rho) \text{m/s}$

Toroidal rotation velocity

AJTOT $j_{\text{tot}}(\rho) \text{MA/m}^2$

Toroidal current density

- **Kinetic plasma data**

FP $f(p, \theta_p, \rho)$

momentum distribution at $\theta = 0$

- **Full wave field data**

CE $E(\rho, \chi, \xi)$

Complex wave electric field

CB $B(\rho, \chi, \xi)$

Complex wave magnetic field

- **Ray trajectory wave field data**

RRAY $R(\ell)$

R of ray at length ℓ

ZRAY $Z(\ell)$

Z of ray at length ℓ

PRAY $\phi(\ell)$

ϕ of ray at length ℓ

CERAY $E(\ell)$

Wave electric field of ray at length ℓ

DRAY $d(\ell)$

Beam radius at length ℓ

VRAY $v(\ell)$

Beam curvature at length ℓ

データ交換インターフェース

- データ配列の割当
- データ配列の解放
- 実験データの指定
- 整数データの設定
- 整数データの取得
- 時刻 t におけるデータの設定
- 時刻 t における空間データの設定
- 時刻 t 位置 r におけるデータの取得
- 時刻 t における空間データの取得
- 位置 r における時系列データの取得

TASK の実行インターフェース

- **入力行**

- '=' を含む行は namelist 型パラメータ入力
- 英字から始まる行は 1 文字コマンド入力

P arm	パラメータ入力
V iew	パラメータ表示
R un	実行開始
C ontinue	実行継続
G raph	図形表示：図指定モード
S ave	実行結果の保存
L oad	実行結果の読込
Q uit	実行結果の読込

- **パラメータ**：すべて namelist 変数

- サブルーチン TRINIT における標準値の設定
- 実行開始時にファイル trparm から読込
- 実行時に入力行から指定

実行制御

TRINIT	初期化 (標準値設定, 設定ファイル読込)	BPSM_INIT('TR')
TRPARAM(PSTR)	パラメータ設定 (namelist型入力)	BPSM_PARM('TR',PSTR)
TRPROF(T)	初期分布の設定 (空間分布, 時刻の設定)	BPSM_PROF('TR',T)
TREXEC(DT)	時間発展の実行 (時間ステップの設定)	BPSM_EXEC('TR',DT)
TRGOUT(PSTR)	図形出力 (図表示コマンド指定)	BPSM_GOUT('TR',PSTR)
TRSAVE	実行結果のファイル出力	BPSM_SAVE('TR')
TRLOAD	実行結果のファイル読込	BPSM_LOAD('TR')
TRTERM	実行の終了	BPSM_TERM('TR')

• プログラム例

```
CALL BPSM_OPEN
CALL BPSM_INIT('EQ')
CALL BPSM_INIT('TR')
CALL BPSM_PROF('TR',0.D0)
CALL BPSM_PROF('EQ',0.D0)
DT=1.D-3
NTMAX=1000
DO NT=1,NTMAX
    CALL BPSM_EXEC('TR',DT)
    IF(MOD(NT,10).EQ.0) CALL BPSM_PROF('EQ',DT*10)
ENDDO
CALL BPSM_GOUT('TR','r1 r2 r4 r7 t6 t7')
CALL BPSM_TERM('TR')
CALL BPSM_TERM('EQ')
CALL BPSM_CLOSE
```

TASK コードの今後の課題

- **短期課題**：日米ワークショップ（9月），ITPA（11月）
 - コード構成の変更：インターフェースの統一（データ，実行，ユーザー）
 - データ交換インターフェース仕様の策定
 - ソースプログラムの公開：CVS による開発
 - モジュール連携の検証：EQ/TR/WR/FP/DP：定常運転シナリオ
 - 簡易マニュアルの作成
 - **TASK/EQ** の改良： $q(r)$ vs. $j(r)$
- **中期課題**：1年後
 - 輸送モデルの改良：ITG+KBM：ITPA 分布 DB との比較，JT-60U 実験データ
 - 自由境界平衡モジュール **TASK/EX** の導入：プラズマ立ち上げ
 - 流体型輸送モジュール **TASK/TX** の導入：エッジプラズマモデル
 - LHDにおける電流分布時間発展（NIFS 共同研究：代表 中村）
 - 波動加熱・電流駆動の改良：局所波動減衰 vs. 軌道平均準線形拡散
 - **FORTTRAN90** への移行，並列処理の拡大，クラスター間連携

まとめ

- 核燃焼プラズマの時間発展をシミュレーションするため，平衡・輸送解析をベースにした統合コード構想が進展している．そのコアとなるコードとして TASK コードを開発している．
- TASK コードには，平衡，輸送，波動伝播，速度分布等のモジュールが含まれ，モジュール間のデータ交換により，加熱・電流駆動を含めた時間発展解析が可能である．
- 統一的なデータ交換インターフェース，実行制御インターフェースを検討中
- 今後の目標
 - インターフェース策定：データ交換，実行制御
 - コードの整備：モジュール連携，新モジュール開発
 - 利用者の拡大：マニュアル作成，ソース公開，利用説明 web
 - 対象の拡大：ITPA, JT-60, LHD, ST, RFP