

波動伝播解析コード TASK/WF 利用説明書

目次

1 全体構成

1.1 ソース・プログラム

ヘッダー	共通変数定義	wfcomm.h
機能部	実行制御	wfmain.f
	要素分割	wfdiv.f
	領域データ作成	wfzone.f
	アンテナデータ作成	wfant.f
	波動伝播解析	wfwave.f
	プラズマ輸送解析	wfevol.f
	図形表示	wfgout.f
	分散関係表示	wffreq.f
共通部	空間分布ルーチン	wfprof.f
	ファイル入出力	wffile.f
	共通ルーチン	wfsub.f
	図形ルーチン	wfgsub.f
	汎用ルーチン	wflib.f

- wfsub.f および wfgsub.f は wfcomm.h に依存するサブルーチン・ファイル
- wflib.f は wfcomm.h に依存しないサブルーチン・ファイル

1.2 実行手順

1. 要素分割 計算領域に節点を定義し、節点を頂点とする3角形要素に分割する。
 2. 領域分割 計算領域をプラズマ領域、誘電体領域、真空領域に分割し、それらの境界の属性を定義する。
 3. アンテナ定義 アンテナの形状および位置を定義する。
 4. 波動伝播計算 アンテナによって励起された波動電磁界および吸収パワーの空間分布を計算する。
 5. プラズマ輸送計算 電子とイオンの密度・温度の時間発展を計算する。
 6. 図形表示 計算結果の空間分布および時間発展を表示する。
- 波動を用いたプラズマ生成のシミュレーションでは 4. と 5. を繰り返すことによって、時間発展を解析する。
 - 波動を用いないプラズマのシミュレーションでは 5. のみを繰り返す。

- 定義した要素データ, 領域データ, アンテナデータをファイルに保存し, シミュレーションの際に読み込むことができる.
- 計算によって得られた空間分布データをファイルに保存し, あとからそのデータを読み込んで計算を続行する機能は未完成.

1.3 インストール手順

- ファイル wf.XXXXXXX.tar.gz を解凍する. GNU 版 tar がある場合には


```
tar xvzf wf.XXXXXXX.tar.gz
```

 ない場合には


```
gunzip wf.XXXXXXX.tar.gz
tar xvf wf.XXXXXXX.tar
```
- ディレクトリ wf.XXXXXXX に移動する.


```
cd wf.XXXXXXX
```
- Makefile を編集する.
 - FLIBS にはグラフィックライブラリ (libgsp, libgdp), X11 ライブラリ (libX11), および数学ライブラリ (libn) を設定
 - OFLAGS にはコンパイラの最適化時オプションを設定
 - DFLAGS にはコンパイラのデバッグ時オプションを設定
 - FC には FORTRAN コンパイラのプログラム名を設定
 - LFLAGS にはライブラリに対するコンパイルオプションを設定
 - DFLAGS にはライブラリ以外に対するコンパイルオプションを設定
- 実行プログラム wf を作成する.


```
make
```

1.4 座標系

- 直交座標系 (MODELS=0)

横方向: x , 縦方向: y , 手前方向: z
- 円筒座標系 (MODELS=1)

横方向: R , 縦方向: Z , 手前方向: θ
- トカマク (MODELS=2)

横方向: $R - R_0$, 縦方向: Z , 手前方向: θ

1.5 コンパイル・パラメータ

- 配列の大きさなどはファイル wfcomm.h 中の parenter 文で定義されている。このファイルを変更して make すると、依存しているファイルはすべて再コンパイルされる。

変数名	標準値	説明
NAM	8	アンテナ本数の最大値
NFM	2	輸送解析における粒子種数の最大値
NSM	3	波動解析における粒子種数の最大値
NXM	200	X 方向の分割数の最大値
NYM	200	Y 方向の分割数の最大値
JNUMM	800	アンテナ要素データ数の最大値
NBDYM	500	境界節点数の最大値
NNODM	2200	節点数の最大値
NELMM	4000	要素数の最大値
MBNDM	400	帯行列の横幅の最大値
MLENM	12000	帯行列の行数の最大値
NCNM	36	
NRM	101	吸収パワーの径方向分布を表示する際の分割数の最大値
NDM	20	要素属性設定データ数の最大値
NBM	50	境界属性設定データ数の最大値
NMM	8	誘電率設定データ数の最大値
NVM	2	電位設定データ数の最大値
NGTM	1001	時間発展保存データ数の最大値
NZLM	5	Z 方向のフーリエ分解分割数最大値の 2 を基底とする対数
NWDM	12	1 頁に表示されるグラフの最大数
NCHM	10	グラフ設定変数の文字数最大値
NCM	3	静磁場ループコイル数の最大値

- プログラム内で定義されているパラメータ

ファイル名	変数名	標準値	説明
wfdiv.f	NXQM	11	長方形分割における横方向長方形数の最大値
wfdiv.f	NYQM	11	長方形分割における縦方向長方形数の最大値
wffreq.f	NNXM	201	特性周波数の密度依存性グラフの横方向分割数の最大値
wfgsub.f	NGXM	101	等高線表示における横方向分割数の最大値
wfgsub.f	NGYM	101	等高線表示における縦方向分割数の最大値
wfgsub.f	NSTEPM	101	等高線表示における等高線本数の最大値
libspl.f	NMAX	1001	スプライン補間における原データ数の最大値

2 入力パラメータ

```
C
C   *** DEFAULT FILE NAME ***
C
C   KFNAME: File name of element data
C   KFNAMA: File name of antenna data
C   KFNAMF: File name of field data
C   KFNAMZ: File name of zone data
C
C   KFNAME = 'elm-data'
C   KFNAMA = 'ant-data'
C   KFNAMF = 'fld-data'
C   KFNAMZ = 'zone-data'
C
C   *** CONFIGURATION PARAMETERS ***
C
C   BB      : Magnetic field at center          (T)
C   RA      : Plasma minor radius              (m)
C
C   BB      = 0.08D0
C   RA      = 0.08D0
C
C   *** CONFIGURATION PARAMETERS (TOKAMAK) ***
C
C   RR      : Plasma major radius              (m)
C   Q0      : Safety factor at center
C   QA      : Safety factor on plasma surface
C   RKAP    : Plasma shape elongation
C   RDEL    : Plasma shape triangularity *
C
C   RR      = 3.D0
C   Q0      = 1.D0
C   QA      = 3.D0
C   RKAP    = 1.D0
C   RDEL    = 0.D0
C
C   *** CONFIGURATION PARAMETERS (MIRROR) ***
C
C   RMIR    : Mirror ratio
C   ZBB     : Periodic length along magnetic axis (m)
C
C   RMIR    = 2.0D0
C   ZBB     = 0.15D0
C
C   *** CONFIGURATION PARAMETERS (HELICAL) ***
C
C   H1      : Helical pitch (2*pi/L) for B profile
C   H2      : Helical pitch (2*pi/L) for metric
C   RRC     : Coil radius                      (m)
C
C   H1      = 1.25D0
C   H2      = 1.25D0
C   RRC     = 0.95D0
C
C   *** RF PARAMETERS ***
C
C   RF      : Wave frequency                  (MHz)
C   RKZ     : Wave number in (z or Z) direction (m**-1)
C   NPFI    : Mode number in (phi) direction
C   NZMAX   : Number of Fourier modes in (z, phi or Z) direction
C   RZ      : Periodic length in (z or Z) direction (m)
C
```

```

RF      = 2450.DO
RKZ     = 2.5DO
NPHI    = -1
NZMAX   = 1
RZ      = 1.DO

C
C      *** ANTENNA PARAMETERS ***
C
C      NAMAX : Number of antennae
C      AJ     : Antenna current density           (A/m)
C      APH    : Antenna phase                     (degree)
C      AWD    : Antenna width in (z, phi, Z) direction (degree)
C      APOS   : Antenna position in (z, phi, Z) direction (degree)
C      APOS   : Antenna position in (z, phi, Z) direction (degree)
C
NAMAX=0
DO 10 NA=1,NAM
  AJ(NA) = 1.DO
  IF(MOD(NA,2).EQ.1) THEN
    APH(NA) = 0.DO
  ELSE
    APH(NA) = 180.DO
  ENDIF
  AWD(NA) = 0.DO
  APOS(NA) = 0.DO
10 CONTINUE

C
C      *** PLASMA PARAMETERS ***
C
C      NSMAX : Number of particle species
C      PA     : Mass number
C      PZ     : Charge number
C      PN     : Density at center                 (1.0E20/Mm*3)
C      PNS    : Density on plasma surface        (1.0E20/m**3)
C      PTPR   : Parallel temperature at center  (keV)
C      PTPP   : Perpendicular temperature at center (keV)
C      PTS    : Temperature on surface          (keV)
C      PZCL   : Ratio of collision frequency to wave frequency
C
NSMAX= 2
IF(NSMAX.GT.NSM) NSMAX=NSM

C
  PA(1)= AME/AMP
  PZ(1)=-1.0DO
  PN(1)= 0.0002DO
  PNS(1)= 0.DO
  PTPR(1)=0.01DO
  PTPP(1)=0.01DO
  PTS(1)=0.DO
  PZCL(1)= 0.02DO

C
  IF(NSM.GE.2) THEN
    PA(2)= 1.0DO
    PZ(2)= 1.0DO
    PN(2)= 0.0002DO
    PNS(2)= 0.0DO
    PTPR(2)=0.01DO
    PTPP(2)=0.01DO
    PTS(2)=0.DO
    PZCL(2)= 0.02DO
  ENDIF

C
  IF(NSM.GE.3) THEN

```



```

NRMAX = 21
C
C *** DIVIDER PARAMETERS ***
C
C   BXMIN : Minimum x (m)
C   BXMAX : Maximum x (m)
C   BYMIN : Minimum y (m)
C   BYMAX : Maximum y (m)
C   RB    : Boundary radius (m)
C   BKAP  : Boundary elongation
C   BDEL  : Boundary triangularity *
C   DELX  : Typical element size in x direction (m)
C   DELY  : Typical element size in y direction (m)
C
BXMIN = 0.0D0
BXMAX = 0.1D0
BYMIN = -0.15D0
BYMAX = 0.15D0
RB    = 0.25D0
BKAP  = 1.0D0
BDEL  = 0.0D0
DELX  = 0.01D0
DELY  = 0.01D0
C
C *** ANTENNA SHAPE PARAMETERS ***
C
C   PIN   : Input Power (W)
C           wave fields are normalized to give input power of pin
C           Set positive value to fix input power
C           pin = PIN
C           Set 0.0 to calculate from antenna current
C           pin = pcalc
C           pcalc: absorbed power for given antenna current
C           Set negative value to limit input power
C           pin = (-PIN)*pcalc/(-PIN+pcalc)
C   RD    : Antenna radius (m)
C   THETJ1: Start angle of arc antenna (degree)
C   THETJ2: End angle of arc antenna (degree)
C   NJMAX : Number of primary grid points of antenna
C
PIN    = 0.0D0
RD     = 0.22D0
THETJ1 = 40.0D0
THETJ2 = -40.0D0
NJMAX  = 41
C
C *** TRANSPORT PARAMETERS ***
C
C   DT    : Time step size
C   NTMAX : Iteration number
C   NSTEP : Number of transport calculations after one wave calculation
C
DT     = 1.0D-6
NTMAX  = 1
NSTEP  = 10
C
C *** TRANSPORT PLASMA PARAMETERS ***
C
C   PPNO  : Neutral pressure (Pa)
C   PTNO  : Initial neutral temperature (eV)
C   PNEO  : Initial electron density (1.D20/m^3)
C   PTEO  : Initial electron temperature (eV)
C   PTIO  : Initial ion temperature (eV)

```

```

C   PNES   : Edge electron density (1.D20/m^3)
C   PTES   : Edge electron temperature (eV)
C   PTIS   : Edge ion temperature (eV)
C
C   PPNO   = 1.DO
C   PTNO   = 0.03D0
C   PNEO   = 1.D-6
C   PTEO   = 0.03D0
C   PTIO   = 0.03D0
C   PNES   = 1.D-6
C   PTES   = 0.03D0
C   PTIS   = 0.03D0
C
C   *** BOHM DIFFUSION ***
C
C   DC      : FACTOR OF BOHM DIFFUSION COEFFICIENT
C
C   DC      = 1.DO
C
C   *** COMPUTATION PARAMETERS ***
C
C   EPSIMP  : CONVERGENCE CRITERION FOR IMPLICIT TIME EVOLUTION
C   EPSSUM  : BOUNDARY BETWEEN RELATIVE ERROR AND ABSOLUTE ERROR
C   MAXIMP  : MAXIMUM LOOP COUNT FOR IMPLICIT TIME EVOLUTION
C
C   EPSIMP  = 1.D-4
C   EPSSUM  = 1.DO
C   MAXIMP  = 1
C
C   *** ARTIFICIAL SOURCE ***
C
C   PGIVEN  : MAXIMUM POWER DENSITY
C   SGIVEN  : MAXIMUM PLASMA SOURCE DENSITY
C   XGIVEN  : X COORDINATE OF THE CENTER OF THE SOURCE
C   YGIVEN  : Y COORDINATE OF THE CENTER OF THE SOURCE
C   RGIVEN  : DECAY LENGTH OF THE SOURCE
C
C   PGIVEN  = 0.DO
C   SGIVEN  = 0.DO
C   XGIVEN  = 0.15D0
C   YGIVEN  = 0.DO
C   RGIVEN  = 0.05D0
C
C   *** ELECTRODE PARAMETERS ***
C
C   RFES    : FREQUENCY OF ELECTRODE POTENTIAL
C   PHIES   : AMPLITUDE OF ELECTRODE POTENTIAL
C
C   RFES    = 13.56D0
C   PHIES   = 0.DO
C
C   *** GRAPHICS CONTROL PARAMETERS ***
C
C   KGINX   : GRAPHIC CONTROL STRINGS
C   KGINV   : GRAPHIC CONTROL STRINGS
C
C   KGINX(0)='EXI EYI EZR PP1C'
C   KGINX(1)='EXR EXI EYR EYI'
C   KGINX(2)='EZR EZI PP1C PP2C'
C   KGINX(3)='EXR EXI EYR EYI EZR EZI PP1C PP2C'
C   KGINX(4)='AXR AXI AYR AYI AZR AZI AFR AFI'
C   KGINX(5)='PFOC PNEC PTEC PTIC PIOC PCOC'
C   KGINX(6)='PFOYO PFOYO.03 PFOXO PFOXO.05'

```

```
KGINX(7)='PNEYO PNEYO.03 PNEXO PNEXO.05'  
KGINX(8)='PTEYO PTEYO.03 PTEXO PTEXO.05'  
KGINX(9)='L2 TF0 TNE TTE TTI'
```

C

```
KGINV(0)='EXR,EXI,EYR,EYI,EZR,EZI,PP1C,PP2C,PNEC,PTEC,TNE,TTE'  
KGINV(1)='PC1C PC2C PR1C PR2C'  
KGINV(2)='PU1C PU2C PV1C PV2C'  
KGINV(3)='PD1C PD2C PE1C PE2C'  
KGINV(4)='PH1C PH2C PK1C PK2C'  
KGINV(5)='PIOC'  
KGINV(6)='PIOC'  
KGINV(7)='PIOC'  
KGINV(8)='PIOC'  
KGINV(9)='PIOC'
```

C

C

C

```
*** 3D GRAPHICS CONTROL PARAMETERS ***
```

```
GA=-25.0  
GB= 0.0  
GC=-30.0  
GD= 0.0  
GE= 1000.0  
GXN= 6.0  
GYN= 9.0  
GZN= 3.0  
GXN1=-5.0  
GXN2= 5.0  
GYN1= 0.0  
GYN2=10.0  
IXY= 3  
IDN=-3
```

3 実行制御 (wfmain)

1. 機能

- コマンド入力の処理

P:	パラメータの入力	V:	パラメータの表示	D:	要素分割
Z:	領域データ作成	A:	アンテナデータ作成	W:	波動伝播解析
T:	プラズマ輸送解析	R:	波動・輸送解析の開始	C:	波動・輸送解析の続行
G:	図形表示	S:	ファイル出力	L:	ファイル入力
B:	特性周波数の表示	Q:	終了		

- パラメータの設定

- サブルーチン WFINIT における初期化
- ファイル wfparm による入力
ファイル形式：次の namelist 文による入力と同じ
- namelist 文による入力
 &wf BB=1.0 &end
namelist に定義されていない変数名が入力された場合には、
namelist で入力可能な変数名一覧が出力される。

4 要素分割 (wfdiv)

1. 機能

- D: 節点・要素データの作成
- G: 節点・要素データの図形表示
- W: 節点・要素データの数値表示
- S: 節点・要素データのファイル出力
- L: 節点・要素データのファイル入力
- X: 終了

2. 分割形状

X: 長方形

- BXMIN, BXMAX (x 座標下限, x 座標上限)
- BYMIN, BYMAX (y 座標下限, y 座標上限)

R: 多段長方形

- NYQMAX (YPOS の入力回数)
- YPOS (y 座標)
- NXQMAX (y=YPOS に対する XPOS の入力回数)
- XPOS (x 座標)

指定された XPOS, YPOS を節点とする長方形の集合に分割する.

M: 軸対称ミラー形状

- BXMIN, BXMAX, BYMIN, BYMAX
- 軸対称ミラー磁場配位で指定された磁気面形状に沿って分割する.

V: 2次元ミラー形状

- BXMIN, BXMAX, BYMIN, BYMAX
- 2次元ミラー磁場配位で指定された磁気面形状に沿って分割する.

C: 円形断面

- RB (壁半径)

T: トカマク・ポロイダル断面

- RB, BKAP, BDEL (壁半径, 楕円度, 3角形度)

H: 直線ヘリカル断面

- RB, BXMIN, BXMAX (壁半径, x 座標下限, x 座標上限)

3. 分割間隔

- DELX, DELY で指定された値より小さな間隔で分割する.

4. 作成データ

- 節点の位置: XD(IN),
 - YD(IN)IN = 節点番号, 最大値: NNOD
- 要素を構成する節点番号: IELM(3, IE)
 - IE = 要素番号 最大値: NELM
 - 反時計回りに 1, 2, 3

5 アンテナデータ作成 (wfant)

1. 機能

- A: アンテナ基本データの作成
- G: アンテナデータの図形表示
- W: アンテナデータの数值表示
- S: アンテナデータのファイル出力
- L: アンテナデータのファイル入力
- X: 終了

2. アンテナ指定

- NAMAX: アンテナ本数
- アンテナ形状
 - C: 円形アンテナ: RD, RKAP, NJMAX (アンテナ半径, 楕円率, 分割数を指定)
 - A: 円弧状アンテナ: THETA1, THETA2, RD, RKAP, NJMAX
(開始角度, 終了角度, アンテナ半径, 楕円率, 分割数を指定)
 - P: 折れ線アンテナ: NJMAX (節点数を指定)
 - * NJMAX = 1: ループアンテナ
 - * NJMAX > 1: 各節点をつなぐ折れ線アンテナ (実際には z 方向に広がった面)

3. 作成データ

- アンテナ節点位置: XJO(NJO,NA), YJO(NJO,NA)
- 変数
 - NA = アンテナ番号 最大値: NAMAX
 - NJO = アンテナ節点番号 最大値: NJOMAX(NA)

6 属性データ作成 (wfzone)

1. 機能

- Z: 属性データの作成
- G: 属性データの図形表示
- W: 属性データの数値表示
- S: 属性データのファイル出力
- L: 属性データのファイル入力
- X: 作業終了

2. 属性指定

D: 要素属性指定

- NDMAX: 指定データ数
- ND, ID, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX: 要素領域番号, 要素属性, 領域指定
- 指定された領域に含まれる要素の属性を指定する.
 - * ID=0: プラズマ (標準属性)
 - * ID=1: 真空
 - * ID>1: 指定された誘電率の絶縁体

E: 誘電率指定

- NMMAX: 指定データ数
- NM, EPSD: 要素属性, 比誘電率
- 指定された要素属性をもつ要素の比誘電率を指定する.

A: 高周波境界属性指定

- NBMAX: 指定データ数
- NB, ID, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX: 境界領域番号, 境界属性, 領域指定
- 指定された領域に含まれる境界節点の属性を指定する.
 - * ID=0: プラズマ中 (標準属性)
 - * ID=1: プラズマ導体面: 電位 0
 - * ID=2: プラズマ導体面: 電位 PHIW
 - * ID=3: プラズマ導体面: 電位 0 から PHIW に連続的に空間変化
 - *

B: 低周波境界属性指定

- NBMAX: 指定データ数
- NB, ID, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX: 境界領域番号, 境界属性, 領域指定
- 指定された領域に含まれる境界節点の属性を指定する.
 - * ID=0: プラズマ中 (標準属性)
 - * ID=1: プラズマ導体面: 電位 0
 - * ID=2: プラズマ導体面: 電位 PHIES
 - * ID=3: プラズマ導体面: 電位 0 から PHIES に連続的に空間変化

- * ID=4: プラズマ導体面：電位 PHIES, 周波数 RFES で振動
- * ID=5: プラズマ導体面：電位 0 から PHIES に連続的に空間変化, 周波数 RFES で振動
- * ID=8: プラズマ絶縁体面：表面電荷は蓄積しない.
- * ID=9: プラズマ絶縁体面：表面電荷が蓄積する.
- * ID=10: 真空中あるいは絶縁体中 (標準属性)
- * ID=11: 絶縁体導体面：電位 0
- * ID=12: 絶縁体導体面：電位 PHIES
- * ID=13: 絶縁体導体面：電位 0 から PHIES に連続的に空間変化
- * ID=14: 絶縁体導体面：電位 PHIES, 周波数 RFES で振動
- * ID=15: 絶縁体導体面：電位 0 から PHIES に連続的に空間変化, 周波数 RFES で振動

W: 高周波電位変化範囲指定

- NVMAX: 指定データ数
- NV,XMIN,XMAX,YMIN,YMAX: 境界領域番号, 境界属性, 領域指定
- ID=3 の領域で, 高周波電位が変化する範囲を指定する.
現在 NV=1 のみ有効
X=XMIN, Y=YMIN で高周波電位は 0.
X=XMAX, Y=YMAX で高周波電位は PHIW.

P: 低周波電位変化範囲指定

- NVMAX: 指定データ数
- NV,XMIN,XMAX,YMIN,YMAX: 境界領域番号, 境界属性, 領域指定
- ID=3, 5, 13, 15 の領域で, 低周波電位が変化する範囲を指定する.
現在 NV=1 のみ有効
X=XMIN, Y=YMIN で低周波電位は 0.
X=XMAX, Y=YMAX で低周波電位は PHIES.

V: 指定属性表示

X: 指定終了

7 波動伝播解析 (wfwave)

1. 機能

- ポテンシャル (\vec{A}, ϕ) に対するマクスウェル方程式を、有限要素法を用いて連立方程式 $\mathbf{A} \cdot \vec{x} = \vec{b}$ に帰着し、それを解いて電界およびパワーを計算する。

2. 手順

1) 前処理

- SETANT: アンテナ電流の設定 (アンテナ間の位相差)
- CVDBND: KBND(IN), IBND(IN) の設定, 係数行列の長さ・幅の計算
- CVCALC: アンテナ電流から右辺ベクトル \vec{b} を計算

2) 計算

- CVSOLV: 係数行列 \mathbf{A} を要素毎に計算し, 係数が計算された行から上三角帯行列に変換し, すべての行を変換後に後退代入によって \vec{x} を求める.
CMCALC: 各要素毎に行列方程式の係数を計算する.
DTENSR: 各節点における誘電率テンソルを計算する.

3) 後処理

- CALFLD: ポテンシャルから電界を計算する.
- PWRABS: 各要素内で吸収されるパワーを計算し, 各節点に分配.
- PWRRAD: アンテナ電流に沿って電界を積分し, アンテナからの放射パワーを計算する.

8 プラズマ輸送解析 (wffvol)

1. 機能

- プラズマの密度, 温度, 電位に対する発展方程式を, 有限要素法を用いて連立方程式 $\mathbf{A} \cdot \vec{x} = \vec{b}$ に帰着し, それを解く.

2. 手順

1) 前処理

- DVDBND: KBND(IN), IBND(IN) の設定, 係数行列の長さ・幅の計算
- DVCALC: 右辺ベクトル \vec{b} を計算

2) 計算

- DVSOLV: 係数行列 \mathbf{A} を要素毎に計算し, 係数が計算された行から上三角帯行列に変換し, すべての行を変換後に後退代入によって \vec{x} を求める.
DMCALC: 各要素毎に行列方程式の係数を計算する.
WFCOEF: 各節点における輸送係数を計算する.

3) 後処理

- DALFLD: 解ベクトル \vec{x} から, 密度, 温度, 電位を計算する.
- WFEVST: 時間変化する変数を保存する.

8.1 機能

計算結果の空間分布および時間発展を図形表示する。1つのコマンドが1つの図に対応し、複数のコマンドを1行に書くことによって、各コマンドに対応する複数の図を1頁に出力することができる。

8.2 入力例

例 1 EXR EYI EZA

- 以下の3枚の図が1頁に表示される。
電界の x 成分 E_x の実数部の等高線
電界の y 成分 E_y の虚数部の等高線
電界の z 成分 E_z の絶対値の等高線

例 2 EXX0.0 PTEC PNIY0.0

- 電界の x 成分の $y=0.0$ での x 依存性
- 電子温度の等高線
- イオン密度の $x=0.0$ での y 依存性

例 3 TN1

電子密度の時間依存性 (実線: 平均値, 破線: 最大値, 一点鎖線: 最小値)

例 4 5

- 静電ポテンシャル, 密度, 温度等の空間分布の表示。
- WFINIT において KGINX(5) によって定義された文字列

8.3 コマンド定義

EX ₁ X ₂	波動電界の空間分布
BX ₁ X ₂	波動磁界の空間分布
AX ₁ X ₂	波動ポテンシャルの空間分布
PX ₁ X ₂ X ₃	プラズマ物理量の空間分布
TX ₁ X ₂	プラズマ物理量の時間変化
n	定義済みの組み合わせの図 (KGINX)
Vn	定義済みの組み合わせの図 (KGINV)
Gn	グラフ形式の指定
Ln	1頁中に描かれる図の横方向の数の指定
X	図形出力の終了

8.4 E/B/A

- X_1 X x 成分
Y y 成分
Z z 成分
+ 右回り偏波成分
- 左回り偏波成分
P 磁界方向成分
- X_2 R 実数部等高線
I 虚数部等高線
A 絶対値等高線
Xpos y=pos における x 依存性
Ypos x=pos における y 依存性

8.5 P

- X_1 P 吸収パワー
N 粒子密度
T 温度
M 圧力
S 表面電荷密度
F 静電ポテンシャル
C 電荷密度
R 衝突周波数
U 移動度 mu-para
V 移動度 mu-perp
D 粒子拡散係数 D-para
E 粒子拡散係数 D-perp
K 熱拡散係数 chi-para
H 熱拡散係数 chi-perp
I 電離粒子源
- X_2 E 電子成分
I イオン成分
1 第1成分=電子成分
2 第2成分=イオン成分
- X_3 C 等高線
Xpos y=pos における x 依存性
Ypos x=pos における y 依存性

8.6 T

- X_1 N 粒子密度
T 温度
F 静電ポテンシャル
P 吸収パワー

- X_2 E 電子成分
I イオン成分
0 無関係（静電ポテンシャル等）
1 第1成分＝電子成分
2 第2成分＝イオン成分

9 サブルーチン一覧表

MAIN (wfmain.f)	主プログラム
WFINIT (wfmain.f)	入力パラメータ等の初期化
WFPARM (wfmain.f)	パラメータの入力
WFVIEW (wfmain.f)	入力パラメータの表示
WFDIV (wfdiv.f)	要素分割プログラム
DFNODX (wfdiv.f)	単一長方形領域の分割
DFNODR (wfdiv.f)	複数長方形領域の分割
DFNODM (wfdiv.f)	軸対称磁気ミラー領域の分割
BOUNDM (wfdiv.f)	軸対称磁気ミラー磁気面の定義
DFNODV (wfdiv.f)	2次元磁気ミラー領域の分割
BOUNDV (wfdiv.f)	2次元磁気ミラー磁気面の定義
DFNODC (wfdiv.f)	任意形状領域の分割 (単連結)
BOUNDX (wfdiv.f)	x 方向境界の定義
BOUNDY (wfdiv.f)	y 方向境界の定義
BOUNDF (wfdiv.f)	境界の定義
SETNOD (wfdiv.f)	分割データから節点を定義
SETELM (wfdiv.f)	分割データから要素を定義
WFLDIV (wfdiv.f)	要素・節点データの数値表示
WFGDIV (wfdiv.f)	要素・節点データの図形表示
WFPRME (wfdiv.f)	節点数や要素数の図形表示
WFWELM (wfdiv.f)	要素データのファイル出力
WFRELM (wfdiv.f)	要素データのファイル入力
WFZONE (wfzone.f)	要素や節点の属性設定プログラム
WFXZON (wfzone.f)	要素や節点等の属性を設定
WFGZON (wfzone.f)	属性データの図形表示
WFLZON (wfzone.f)	属性データの数値表示
WFSETZ (wfzone.f)	属性データから属性配列を作成
SETBDY (wfzone.f)	属性データから境界配列を作成
EFINDK (wfzone.f)	指定された2つの節点を含む要素の探索
WFWZON (wfzone.f)	属性データのファイル出力
WFRZON (wfzone.f)	属性データのファイル入力
WFANT (wfant.f)	アンテナデータの作成プログラム
WFDEFA (wfant.f)	アンテナデータの作成
WFPLTA (wfant.f)	アンテナデータの図形表示
WFPRMJ (wfant.f)	アンテナ数等の図形表示
WFWANT (wfant.f)	アンテナデータのファイル出力
WFRANT (wfant.f)	アンテナデータのファイル入力
WFWAVE (wfwave.f)	波動伝播解析プログラム

WFSETW (wfwave.f)	波動伝播解析の初期化
LPELMT (wfwave.f)	要素・節点データの表示
SETANT (wfwave.f)	アンテナ電流のフーリエ分解
INITEP (wfwave.f)	電界フーリエ成分計算の初期化
CVDBND (wfwave.f)	行列方程式計算の初期化
CVCALC (wfwave.f)	右辺ベクトルの計算
CVSOLV (wfwave.f)	行列方程式の計算
CMCALC (wfwave.f)	係数行列の計算
DTENSR (wfwave.f)	誘電率テンソルの計算
CALFLD (wfwave.f)	解ベクトルから波動電界を計算
PWRABS (wfwave.f)	吸収パワーの計算
PWRRAD (wfwave.f)	アンテナからの放射パワーの計算
TERMEP (wfwave.f)	電界フーリエ成分を逆変換
LPEFLD (wfwave.f)	電界の数値出力
WFWFLD (wffile.f)	波動電界データのファイル出力
WFRFLD (wffile.f)	波動電界データのファイル入力
WFEVIN (wfevol.f)	プラズマ輸送解析の初期化
WFEVOL (wfevol.f)	プラズマ輸送解析の1ステップ実行
DVDNOD (wfevol.f)	行列方程式計算の初期化
DVSOLV (wfevol.f)	行列方程式の計算
DMCALC (wfevol.f)	係数行列の計算
DMCALD (wfevol.f)	係数行列の計算 (真空・絶縁体内)
DMCALP (wfevol.f)	係数行列の計算 (プラズマ内)
WFCOEF (wfevol.f)	輸送係数等の計算
DALFLD (wfevol.f)	解ベクトルから密度・温度・電位等を計算
WFEVST (wfevol.f)	計算結果の時間発展を保存
WFGOUT (wfgout.f)	計算結果の図形表示
WFCTOG (wfgout.f)	複素3次元データの図形表示用配列への変換
WFATOG (wfgout.f)	複素4次元データの図形表示用配列への変換
WFDTOG (wfgout.f)	実数多次元データの図形表示用配列への変換
WFTTOG (wfgout.f)	時系列データの図形表示用配列への変換
WFCALB (wfgout.f)	波動磁界および電界偏波成分の計算
WFGINI (wfgsub.f)	図形表示領域決定の初期設定
WFGWIN (wfgsub.f)	図形表示領域の決定
WFGPFC (wfgsub.f)	空間分布の等高線表示 (等間隔格子)
WFGPF3 (wfgsub.f)	空間分布の鳥瞰図表示 (等間隔格子)
WFGPFF (wfgsub.f)	空間分布の等高線表示 (波動電界節点データ)
WFGPFP (wfgsub.f)	空間分布の色塗り表示 (等間隔格子)
TRGPFF (wfgsub.f)	空間分布の等高線表示 (密度温度節点データ)
WFGPFR (wfgsub.f)	空間分布の1次元グラフ表示
WFGPFT (wfgsub.f)	時間発展の1次元グラフ表示

WFGPRM (wfgsub.f)	パラメータ等の図形表示
WFGNOD (wfgsub.f)	境界節点の属性データの図形表示
WFGBDY (wfgsub.f)	計算領域境界の図形表示
WFGPLA (wfgsub.f)	プラズマ境界の図形表示
WFGANT (wfgsub.f)	アンテナの図形表示
WFGELM (wfgsub.f)	要素・節点データの図形表示
GCLIP (wfgsub.f)	倍精度実数データの単精度実数データへの変換
NGVLEN (wfgsub.f)	グラフ目盛り数値桁数決定
GUSRGB (wfgsub.f)	色塗り用 RGB データ作成

以下は共通ルーチン

WFSPSI (wfprof.f)	任意の位置における磁気面関数の計算
WFSMAG (wfprof.f)	任意の節点における静磁界の計算
WFCOIL (wfprof.f)	円電流による静磁界の計算
APSI (wfprof.f)	円電流によるベクトルポテンシャルの計算
WFSDEN (wfprof.f)	任意の節点における密度・温度等の計算
CALRNU (wfprof.f)	衝突周波数等の計算
ATINIT (atomic.f)	衝突断面積計算の初期化
ATSIGM (atomic.f)	衝突断面積の計算
ARDATA (atomic.f)	アルゴンの衝突断面積データ
H2DATA (atomic.f)	水素分子の衝突断面積データ
CF4DATA(atomic.f)	CF4 分子の衝突断面積データ
WFVNOD (wfsub.f)	要素体積の計算
MODANT (wfsub.f)	アンテナデータの要素にあわせた分割
CROS (wfsub.f)	2本の線分の交点の計算
EFINDL (wfsub.f)	2つの節点を含む要素の決定
WFFEPI (wfsub.f)	要素検索ルーチンの初期化
WFFEP (wfsub.f)	与えられた点を含む要素の検索
WFABC (wfsub.f)	要素の線形補間関数の係数および面積の計算
WFNPOS (wfsub.f)	要素の節点座標の取得
FIELDE (wfsub.f)	任意位置の電界の内挿
FIELDC (wfsub.f)	任意位置の複素数データの内挿
FIELDD (wfsub.f)	任意位置の実数データの内挿
SETAIF (wfsub.f)	規格化要素における積分値の設定
AI2 (wfsub.f)	2変数積分の積分値
AI3 (wfsub.f)	3変数積分の積分値
FRGFLS (wflib.f)	非線形方程式の解法 (Regula Falsi)
DKBES (wflib.f)	第2種変形ベッセル関数
ZETA (wflib.f)	プラズマ分散関数
FFT2L (wflib.f)	高速フーリエ変換
FFTSUB (wflib.f)	高速フーリエ変換実行ルーチン

SETTBL (wflib.f)	高速フーリエ変換表作成ルーチン
SETLST (wflib.f)	高速フーリエ変換リスト処理ルーチン
BESSIO (wflib.f)	第1種変形ベッセル関数 (0次)
BESSI1 (wflib.f)	第1種変形ベッセル関数 (1次)
CELI1 (wflib.f)	第1種完全楕円積分
CELI2 (wflib.f)	第2種完全楕円積分
SPL1D (libspl.f)	1次元スプライン係数計算
SPL1DF (libspl.f)	1次元スプライン補間 (関数値)
SPL1DD (libspl.f)	1次元スプライン補間 (関数値, 微係数)
SPL2D (libspl.f)	2次元スプライン係数計算
SPL2DF (libspl.f)	2次元スプライン補間 (関数値)
SPL2DD (libspl.f)	2次元スプライン補間 (関数値, 微係数)
BGLU1 (libspl.f)	帯行列の LU 分解
BGSLV1 (libspl.f)	帯行列の解法
CSPL1D (libspl.f)	複素1次元スプライン係数計算
CSPL1DF (libspl.f)	複素1次元スプライン補間 (関数値)
CBGLU1 (libspl.f)	複素帯行列の LU 分解
CBGSLV1 (libspl.f)	複素帯行列の解法
SPL1DX (atomic.f)	1次元スプライン補間 (非等間隔)

10 COMMON 変数一覧

WFCNS1

CI	虚数単位
PI	円周率
AEE	電子の電荷
AME	電子の質量
AMP	陽子の質量
VC	真空中の光速
RMU0	真空中の透磁率
EPS0	真空中の誘電率

WFPRM1

BB	中心磁場 (T)
RA	プラズマ小半径 (m)

WFPRM2

RR	プラズマ大半径 (m)
QA	中心での安全係数
Q0	プラズマ表面での安全係数
RKAP	プラズマ断面形状楕円度
RDEL	プラズマ断面形状三角形度
RMIR	ミラー比
ZBB	磁気軸に沿った周期長 (m)
H1	磁場分布に対するヘリカルピッチ $2\pi/L$
H2	距離に対するヘリカルピッチ $2\pi/L$
RRC	コイル半径 (m)

WFPRM3

RF	波動周波数 (MHz)
RKZ	(z or Z) 方向の波数 (m^{-1})
RZ	(z or Z) 方向の周期長 (m)
NPHI	ϕ 方向のモード数

WFPRM4

PA(NSM)	質量数
PZ(NSM)	電荷数
PN(NSM)	中心密度 ($10^{20}/m^3$)
PNS(NSM)	プラズマ表面密度 ($10^{20}/m^3$)
PZCL(NSM)	衝突周波数と波動周波数の比

WFPRM5

PTPR(NSM)	中心温度の平行成分 (keV)
PTPP(NSM)	中心温度の垂直成分 (keV)
PTS(NSM)	表面温度 (keV)

WFPRM6

NSMAX	粒子種の数
NAMAX	アンテナの数
NRMAX	径方向メッシュ点の数
NZMAX	(z or Z) 方向のフーリエモード数

WFPRM7

NPRINT	出力パラメーターの表示
NDRAWD	要素分割を描くパラメーター
NDRAWA	アンテナジェネレーターを描くパラメーター

WFPRM8

PNE0	初期電子密度 ($10^{20}/\text{m}^3$)
PTE0	初期電子温度 (eV)
PTI0	初期イオン温度 (eV)
PPN0	初期中性粒子圧力 (Pa)
PTN0	初期中性粒子温度 (eV)

WFPRM9

PIN	入力 (W)
-----	--------

WFPRK1

KIDSYS	KID1/KID2/KID3/KID4
KIDPOS	
KID1	磁場配位
KID2	要素配位
KID3	誘電率テンソルモデル
KID4	径方向分布

WFPRK2

KFNAME	要素データのファイル名
KFNAMA	アンテナデータのファイル名
KFNAMF	場のデータのファイル名

WFPRD1

BXMIN	x の最小値 (m)
BXMAX	x の最大値 (m)
BYMIN	y の最小値 (m)
BYMAX	y の最大値 (m)
RB	境界半径 (m)
BKAP	境界楕円度
BDEL	境界三角形度

WFPRD2

DELX	x 方向の典型的な要素サイズ (m)
DELY	y 方向の典型的な要素サイズ (m)

WFPRA1

RD	アンテナ半径 (m)
THETJ1	アークアンテナの初期角度 (degree)
THETJ2	アークアンテナの終期角度 (degree)
NJMAX	アンテナの初期格子点数

WFPRA2

AJ(NAM)	アンテナ電流密度
APH(NAM)	アンテナ位相
APOS(NAM)	(z, ϕ, Z) 方向のアンテナ位置 (degree)
AWD(NAM)	(z, ϕ, Z) 方向のアンテナ幅 (degree)

WFDIV1

XL(NYM)	左端の座標
XR(NYM)	右端の座標
NYMAX	y 方向の分割数

WFDIV2

NXA(NYM)	x 方向の節点数
NXL(NYM)	左端で境界になっている節点数
NXR(NYM)	右端で境界になっている節点数

WFDIV3

XDA(NXM,NYM)	(NX,NY) で指定される節点の x 座標
YDA(NXM,NYM)	(NX,NY) で指定される節点の y 座標
NDA(NXM,NYM)	(NX,NY) で指定される節点の節点番号

WFDIV4	
XF	境界を探すための固定 x 座標
YF	境界を探すための固定 y 座標
WFDIV5	
VTOT	全体積
VNOD(NNODM)	ある節点のまわりの体積
WFELM1	
NNOD	全節点数
NELM	全要素数
NBDY	全境界節点数
MBND	行列の幅
MLEN	行列の長さ
WFELM2	
XD(NNODM)	節点の x 座標
YD(NNODM)	節点の y 座標
IELM(3,NELMM)	要素に属している節点番号
WFELM3	
IBND(NNODM)	ある節点に対する方程式が始まる行列の行番号
KBND(NNODM)	ある節点に対する方程式の数
IBDY(NBDYM)	境界を構成している節点の節点番号
WFSLV1	
KELM(3,NELMM)	方程式を解くための作業領域
JBND(NNODM)	方程式を解くための作業領域
WFSLV2	
CM(4,4,3,3)	ある要素に対する係数行列
CRV(MLENM)	右辺ベクトル
CSV(MLENM)	解ベクトル
WFSLV3	
LDEST(NCNM)	方程式を解くための作業領域
NK(NCNM)	方程式を解くための作業領域
NFLG(NNODM)	方程式を解くための作業領域
WFSLV4	
CEQ(MBNDM,MBNDM)	方程式を解くための作業領域

WFSLV5

LHED(MBNDM)	方程式を解くための作業領域
LPIV(MBNDM)	方程式を解くための作業領域
CQQ(MBNDM)	方程式を解くための作業領域

WFSLV6

MLCO(MLENM)	方程式を解くための作業領域
MCOL(MLENM)	方程式を解くための作業領域
MPOS(MLENM)	方程式を解くための作業領域

WFSLV7

MHED(MBUFM)	方程式を解くための作業領域
CBUF(MBUFM)	方程式を解くための作業領域
DBUF(MBUFM)	方程式を解くための作業領域

WFAIF1

AIF3(3,3,3)	3つの線形補間関数の積の積分
AIF2(3,3)	2つの線形補間関数の積の積分
AIF1(3)	1つの線形補間関数の積の積分

WFEVO1

DT	時間ステップ幅
T	時間
NTMAX	反復数
NTSTEP	1回波を計算した後の輸送計算の回数
NEVOL	0: 固定密度 1: 時間発展

WFEVO2

PNE(NNODM)	電子密度 ($10^{20}/\text{m}^3$)
PPE(NNODM)	電子圧力 (Pa)
PTE(NNODM)	電子温度 (eV)

WFEVO3

PNI(NNODM)	イオン密度 ($10^{20}/\text{m}^3$)
PPI(NNODM)	イオン圧力 (Pa)
PTI(NNODM)	イオン温度 (eV)

WFEVO4

PHI(NNODM)	スカラーポテンシャル
------------	------------

WFEVO5	
DEQ(MBNDM,MBNDM)	時間発展の計算の作業領域
DQQ(MBNDM)	時間発展の計算の作業領域
WFEVO6	
DM(5,5,3,3)	時間発展におけるある要素に対する係数行列
DRV(MLENM)	時間発展におけるある要素の右辺ベクトル
DSV(MLENM)	時間発展におけるある要素の解ベクトル
WFEVO7	
PNET(NGTM,3)	電子密度の積分値の時間変化
PTET(NGTM,3)	電子温度の積分値の時間変化
WFEVO8	
PNIT(NGTM,3)	イオン密度の積分値の時間変化
PTIT(NGTM,3)	イオン温度の積分値の時間変化
WFEVO9	
PHIT(NGTM,3)	Φ の時間変化
TG(NGTM)	時間発展図形出力のサンプリング時刻
NGTMAX	時間発展図形出力のサンプリング時刻のデータ数
WFCAL1	
HA1	ヘリカルの場合の作業変数
WFFEP1	
FMAX(NYM)	ある NEY に属する要素の y 座標の最大値
FMIN(NYM)	ある NEY に属する要素の y 座標の最小値
WFFEP2	
NEMAX(NYM)	ある NEY に属する要素の要素番号の最大値
NEMIN(NYM)	ある NEY に属する要素の要素番号の最小値
NEYMAX	NEY の上限
WFFLD1	
CAF(4,NNODM)	各節点上のポテンシャル

WFFLD2	
CEF(3,NNODM)	電界 (x, y, z)
CEP(3,NNODM)	電界 (右回り, 左回り, 平行)
CEFK(3,NNODM)	1つのフーリエ成分に対する電界
WFFLD3	
CBF(3,NNODM)	磁界 (x, y, z)
CBP(3,NNODM)	磁界 (右回り, 左回り, 平行)
SA(NNODM)	節点に属する面積
WFFLD4	
EMAX(4)	電界成分の最大値
ETMAX	電界の最大値
PNMAX	密度の最大値
WFPWR1	
TSPWR	全吸収パワー
PWR(NNODM)	各節点ごとの吸収パワー
WFPWR2	
TPWR(NSM)	各粒子種ごとの全吸収パワー
SPWR(NNODM,NSM)	各粒子種ごとの各節点ごとの吸収パワー
WFPWR3	
RPWR(NRM)	ある半径における吸収パワー
RSPWR(NRM,NSM)	各粒子種ごとの吸収パワー
DR	半径方向の分割幅
WFANT1	
CIMP(NAM)	各アンテナごとの負荷インピーダンス
CTIMP	全アンテナの負荷インピーダンス
WFANT2	
XJ(JNUMM,NAM)	分割後のアンテナ点の x 座標
YJ(JNUMM,NAM)	分割後のアンテナ点の y 座標
CAJ(NAM)	各アンテナの電流
WFANT3	
XJ0(JNUMM,NAM)	分割前のアンテナ点の x 座標
YJ0(JNUMM,NAM)	分割前のアンテナ点の y 座標
JNUM0(NAM)	分割前のアンテナ点数

WFANT4	
JELMT(JNUMM,NAM)	分割後のアンテナの一部分が属する要素の要素番号
JNUM(NAM)	分割後のアンテナの点数
WFPWK1	
RKZF(NZM)	各フーリエ成分の波数
CAJF(NZM,NAM)	アンテナ電流のフーリエ成分
WFPWK2	
TSPWRF(NZM)	各フーリエ成分の吸収パワー
TPWRF(NZM,NSM)	各粒子種ごとの吸収パワー
WFWIN1	
XDMIN	グラフィックの画面分割のための作業変数
XDMAX	グラフィックの画面分割のための作業変数
YDMIN	グラフィックの画面分割のための作業変数
YDMAX	グラフィックの画面分割のための作業変数
WFWIN2	
GXD(NNODM)	グラフィックの画面分割のための作業変数
GYD(NNODM)	グラフィックの画面分割のための作業変数
WFWIN3	
NFOPEN	ファイル操作の作業変数
FFTWRK	
CT(NZM*NZLM/2,2)	高速フーリエ変換の作業変数
LIST(NZM*NZLM)	高速フーリエ変換の作業変数
IFFT	高速フーリエ変換の作業変数
LP	高速フーリエ変換の作業変数