

統合解析パッケージ MG(仮)

～ ユーザマニュアル(作成中)～

2009 年 5 月 15 日版

名古屋大学院
地球水循環研究センター

加藤 雅也
Masaya KATO

kato@rain.hyarc.nagoy-u.ac.jp
<http://raiin.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~kato/work/MG/>

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	インストール	3
第 3 章	データについて	5
第 4 章	CReSS の結果の解析方法	7
4.1	CReSS Ver.2.2,2.3 での利用	7
第 5 章	一般的な使い方～初級編	11
5.1	namelist 文の編集	11
第 6 章	一般的な使い方～上級編	15
第 7 章	定義済み RPN・関数一覧	17
7.1	定義済み RPN	17
7.2	定義済み関数	19
第 8 章	同梱式テンプレートの解説	29
8.1	飽和水蒸気圧 – ESAT	29
8.2	温位 – TH	29
8.3	露点温度 – TD	29
8.4	相当温位 – THE	30
8.5	凝結高度における温度 – TLCL	31
8.6	水蒸気圧 – EAIR	32
8.7	露点温度差 – TTD	32
8.8	温度 – T	32
8.9	密度 – RHO	33
8.10	風速 – WSPD	33
8.11	相対渦度 (鉛直成分) – HVOR	33
8.12	水平発散 – HDIV	34
8.13	コリオリパラメータ	34
8.14	絶対渦度	35
8.15	渦位	35
8.16	温位鉛直勾配 (絶対安定度)	35
第 9 章	データ補間について	37
9.1	線形内挿	37

9.2	放物線内挿	37
9.3	nearest neighbour 法	37
9.4	Inverse-Distance weight 法	37
第 10 章	ToDo	39
10.1	作業手順	39

第 1 章

はじめに

この文章は格子データ解析パッケージ MG(仮) のドキュメントです。

このパッケージは数値モデル毎にある解析パッケージを統合したいという思いで作成しました。

第 2 章

インストール

第3章

データについて

第 4 章

CReSS の結果の解析方法

4.1 CReSS Ver.2.2,2.3 での利用

CReSS の結果を読み込んで解析を行う場合は、多少楽に使えるようになるためのラッパースクリプトと GMT を用いた図の描画を行うためのスクリプトが util ディレクトリ以下に同梱されています。利用するスクリプトは

- make_CReSS_def2.pl ... 設定ファイルの作成スクリプト
- work_mg.pl ... namelist 文を自動生成してプログラムの実行
- make_picture.pl ... GMT を用いた図の作成

の 3 つです。それぞれのスクリプトに対して設定ファイルを用意する必要があります。現在の所、いずれのスクリプトも開発中のためかなり使いにくくなっています。将来的にはもう少し自動化出来るようにする予定です。

4.1.1 make_CReSS_def2.pl

このスクリプトは CReSS の設定ファイル (user.conf) を読み込んで、MG で必要な設定ファイルを生成します。現在の所はいくつかユーザーが設定する箇所がありますが、将来的には CReSS の設定ファイルを読み込んで自動的に生成するようにしたいと思います。スクリプトの実行には設定ファイルが必要です。設定ファイルのひな形は util ディレクトリに cress_setup.txt というファイルがありますので、これをもとに環境に合わせて編集をするとよいでしょう。以下、このファイルの書式を説明します。

ひな形を見て頂ければ分かりますが、設定ファイルは HTML や XML のようなタグを用いた書式になっています。それぞれのタグに対して閉じタグを忘れないようにして下さい。閉じタグがない場合は正常に動作しません。また、# で始まる行はコメント行となります。ただし #def で始まる行は内部変数定義を行う特殊な行として処理をします。例えば

```
#def topdir /home/hoge/work/CReSS
```

のように #def の後に空白を空けて定義する変数名を指定し、再び空白を空けて定義した変数に対する値を指定します。このように定義すると設定ファイルの中で @topdir@ のように定義した変数名の前後を @ マークでくくることによりこの部分が定義した値に展開されます。

設定するタグは

- userconf
- CReSS_version
- work_dir
- data_dir
- ModelInfoPhys

- ModelInfoGeo
- variables
- variables_geo
- levels

4.1.2 work_mg.pl

```
#def 定義名 値
#include ファイル名
#tscheck 開始時刻チェック用出力変数の接頭語
#techeck MG 用設定ファイル

<exec_file> mg のバイナリがある場所をフルパスで指定
<stime>
<etime>
<tskip>

<RPN>
<MAKE></MAKE>      1: 作成    0: 作成せず
test.namelist に渡す変数を<>...</> で指定
</RPN>
```

4.1.3 make_picture.pl

```
#def 定義名 値
#include ファイル名
#tcheck 処理済み grd/txt ファイルのチェック用出力変数の接頭語

<define_file> MG 用設定ファイル
<outdir>      grd 形式があるディレクトリ
<psdir>       ps を出力するディレクトリ
<h2dmax>      図描画範囲の最大 (インチ)
<z1dwidth>    時系列図描画範囲の幅 (インチ)
<z1dheight>   時系列図描画範囲高さ (インチ)
<LST>         時差 (時間)
<LST_name>    現地時の名称
<NaN>        未定義値
<latlon_map>  lat-lon 系の grd ファイルの場合に GMT 描画に使用する
               地図投影法の指定。
               LAMCON    ... ランベルト
               ROBINSON  ... ロビンソン
               直接指定する場合は -JS135/6i -R100/200/40/90 のように
               GMT の -J, -R オプションを指定して下さい。
<gmtset>      すべての図の共通する gmtdefault 値を設定します
```

<west>
<east>
<south>
<north> ... トリミングする場合の東西南北 (格子番号)

<from> ... 図作成開始時刻
<to> ... 図作成終了時刻

<grdimage> 内
 <scaupos> scale の表示位置 (図東端からの距離)

<psxy> 内...
 <canvas> XY ... モデル格子 (XY)
 直接指定したい場合は GMT の -J, -R を指定して下さい

<caption> 内
 <hmargin>
 <vmargin>
 <HHMM>
 <hhmm>

<DRAW>
<DRAWZ1D>

第 5 章

一般的な使い方～初級編

5.1 namelist 文の編集

現在のバージョンでは直接 namelist 文の編集を行い実行します。正式リリース時には namelist 文を出力するラッパープログラムを作成してよりユーザーフレンドリーにする予定です。

正式リリース時に廃止予定のものを含めて各パラメータについて以下に紹介します。

5.1.1 rpn_config

ここでは主に読み込むファイルについて設定を行います。これらはそれぞれ最大 10 個までファイルを読み込むことが出来ます。もし、それより多くのファイルを利用したい場合は module_namelist.f90 の MaxDefines の値を修正してプログラムをコンパイルし直して下さい。

ConstantFile 各種定数が定義されているファイル。書式は

```
<変数名>  <値> = [単位]
(例) PI    3.14159265 =
```

です。先頭に # のある行はコメントとして扱われます。

EquationFile 計算式が定義されているファイル。書式は

```
<式名>  <式> = [単位]
(例) U READ(BINARY,"U ") = m s-1
      V READ(BINARY,"V ") = m s-1
      WSPD [U] [V] R2 SQRT = m s-1
```

です。各行の最初に式名の定義を行い、その後式を定義します。式の定義をする方法に関しては別の節にて解説をします。

ModelInfoFile 読み込むデータに関する情報が定義されているファイル。書式に関する詳細はタイプ毎に別の節にて解説をします。

LevelInfoFile 鉛直座標変換を行う際に参照するファイル。書式は鉛直座標系が等間隔の場合とそうでない場合で若干異なります。等間隔の場合

```
MODEL_NO 1000
DESCRIPTION ASL
LEVELS 41
DATA 0 500
```

のように定義します。**MODEL_NO** は鉛直座標に番号を設定します。正の整数であれば特に何番でも構いません。当然ですが複数の鉛直座標を定義する場合、この番号が重複しないように注意して下さい。**DESCRIPTION** はコメントで、プログラムからは現在のところ特に利用しません。**LEVELS** で鉛直格子数を指定します。最後の **DATA** にて初期値、増分の順で指定します。上の例では格子番号 1 は 0、格子番号 2 は 500、格子番号 41 は 20000 となります。これに対して間隔が異なる場合は

```
MODEL_NO 1001
DESCRIPTION pressure levels
LEVELS 10
DATA
1000
850
700
500
400
300
250
200
150
100
/ DATA
```

のように **DATA** から **/DATA** の間に座標値を直接指定します。

5.1.2 read_config

NoData データを読み込みに失敗した場合の処理を指定します。

NoData 値	処理方法
0	0 を埋める
1	未定義値を埋める
それ以外	エラーを返す (返り値 RPN_NO_READ_DATA)

5.1.3 output_config

ここでは計算結果のファイル出力に関する設定を行います。

OutFile 出力するファイル名を指定します。%d、%k を使うことにより複数ファイル名を直接指定することが出来ます。

```
OutFile = 'out/outfile_%d.txt'
```

とした場合、%d は時刻に置き換わります。現在のところ時刻は YYYY-MM-DD_hh:mm:ss.ssss という書式に固定されています。また、

```
OutFile = 'out/outfile_%k.txt'
```

とした場合、%k は後で説明する **OutKey** で指定した文字に置き換わります。

OutForm 出力するファイル形式と出力方法を指定します^{*1}。指定方法は

```
OutForm = 'FUNC(OUTPUT, 出力書式, 出力面, 座標値の出力方法, 出力変数の数)'
```

となります。現在サポートしている出力書式、出力面、座標値の出力方法の組み合わせは以下の通りとなります。

出力書式	出力面	座標値の	
		出力方法	説明
BIN4	無視	無視	4 バイトバイナリ
GRD	H2D	1	水平面の GMT grd 形式 (xy)
GRD	H2D	2	水平面の GMT grd 形式 (lat-lon)
TEXT	H2D	1	水平面のテキスト (xy)
TEXT	H2Dc	1	同上 (未定義値のみの場合出力しない)
TEXT	H2D	2	水平面のテキスト (lat-lon)
TEXT	H2Dc	2	同上 (未定義値のみの場合出力しない)
TEXT	ZR	1	指定半径内のテキスト (xy)
TEXT	ZR	2	指定半径内のテキスト (lat-lon)
TEXT	Z2D	1	鉛直断面テキスト (z は格子点値)
TEXT	Z2D	2	鉛直断面テキスト (z は鉛直座標値)
TEXT	Z1D	1	鉛直 1 次元 (xy)
TEXT	Z1D	-1	同上
TEXT	Z1D	2	鉛直 1 次元 (lat-lon)
TEXT	Z1D	-2	同上

出力書式現在のところ、直接探査による 4 バイト出力である **BIN4**、GMT の xyz2grd の結果得られるものと同じ grd 形式の **GRD**、テキストで出力する **TEXT** の 3 種類を選ぶことが出来ます。**BIN4** の場合、2 次元ならば 2 次元データ、3 次元ならば 3 次元データを直接ファイルに出力します。また、最後の「出力変数の数」を 2 以上にすると指定した分のスタックデータ (複数変数) だけ同じファイルに出力します。**GRD** の場合、2 次元データの場合はそのまま、3 次元データの場合は指定した z 面 (デフォルトでは $z = 1$) を grd 形式に変換します。「出力変数の数」を 2 以上にした場合、**OutFile** にて %k が指定されている場合は後述の **OutKey** に置き換えて複数ファイル作成します。もし、%k が指定されていない場合は上書きされますので注意して下さい。

^{*1} プログラム内部的には OUTPUT という関数を用いています。従って、後述する RPN 記述変数 str_test で指定することも可能です。

TEXT の場合はさまざまな出力が出来るため、指定方法が若干複雑です。出力面に **H2D** を指定した場合、**GRD** の場合と同様ある *z* 面の水平断面を出力します。出力する書式は

X	Y	値	(座標値の出力方法が 1 の場合)
経度	緯度	値	(座標値の出力方法が 2 の場合)

となります。**H2Dc** とした場合、もし値が未定義値の時は出力をしません。また、「出力変数の数」を 2 以上にすると

X	Y	値 1	値 2	...	(座標値の出力方法が 1 の場合)
経度	緯度	値 1	値 2	...	(座標値の出力方法が 2 の場合)

のように出力されます。出力面に **ZR** を指定した場合、ある *z* 面における指定した扇内における値を出力します。扇の定義は後述する **OutSdeg** で開始角度、**OutEdeg** で終了角度、**OutRadius** で半径を指定します。角度に関しては数学的な角度の指定方法となります。扇形の中心は **xp**、**yp** (座標値出力方法が 1 の場合) または **lonp**、**latp** (座標値出力方法が 2 の場合) で指定します。出力する書式は

X	Y	距離	値	(座標値の出力方法が 1 の場合)
経度	緯度	距離	値	(座標値の出力方法が 2 の場合)

となります。**Z2D** を指定した場合、**FUNC(CROSS,...)**^{*2}で作成した鉛直断面の出力を行います。出力する書式は

X	Z	値	(座標値の出力方法が 1 の場合)
X	鉛直座標値	値	(座標値の出力方法が 2 の場合)

となります。**Z1D** を指定した場合、**xp**、**yp** (座標値出力方法が 1 の場合) または **lonp**、**latp** (座標値出力方法が 2 の場合) で指定した位置の値を出力します。もし、3 次元データの場合はすべての高度について出力を行います。指定した位置が格子点上ではない場合、出力方法の値を -1 または -2 のように負にすることにより出力データにオリジナルの座標値と出力した座標値の両方を出力します。

OutKey GMT grd 形式のファイルを出力する際、**OutFile** にて %k を指定するとここで指定した文字に置き換わります。複数指定することが出来ますので **OutForm** の「出力変数の数」の項目を 2 以上にした場合、ここで指定した順番に置き換わることにより複数ファイルに出力が可能になります。

xp, **yp** **OutForm** の出力面にて **ZR**, **Z1D** を指定した場合、対応する座標値を格子点値にて指定します。複数点指定することが出来ます。**xp**, **yp** いずれかに負の値を指定した場合、処理を終了します。

lonp, **latp** **OutForm** の出力面にて **ZR**, **Z1D** を指定した場合、対応する座標値を経度、緯度値にて指定します。複数天使呈することが出来ます。**lonp**, **latp** いずれかに負の値を指定した場合、処理を終了します。

^{*2} **FUNC(CROSS,...)** に関しては後述を参照。

第 6 章

一般的な使い方～上級編

第 7 章

定義済み RPN ・ 関数一覧

7.1 定義済み RPN

A	ABS	絶対値 ($ A $)
A	ACOS	逆余弦 ($\cos^{-1}(A)$)
A B	ADD	和 ($A + B$)
どちらかのスタックが定数の場合、他方のスタックの全要素に定数を足す		
A	ASIN	逆正弦 ($\sin^{-1}(A)$)
A	ATAN	逆正接 ($\tan^{-1}(A)$)
A B	ATAN2	逆正接 ($\tan^{-1}(A/B)$)
A B	COMPBIG	大きい方を選択
A B	COMPSMALL	小さい方を選択
A	COPY	最後のスタックをコピーする (スタックが A A になる)
A	COS	余弦 ($\cos(A)$)
A	D2C	MM5 の dot 点から cross 点への変換
A	D2DX2	x 方向の 2 回微分 ($\frac{d^2A}{dx^2}$)
A	D2DY2	y 方向の 2 回微分 ($\frac{d^2A}{dy^2}$)
A	D2R	度からラジアンに変換 ($A \times \pi / 180.$)
A	DDLON	経度 (λ) 方向の微分 ($\frac{1}{r \cos(\phi)} \frac{dA}{d\lambda}$)
A	DDLAT	緯度 (ϕ) 方向の微分 ($\frac{1}{r} \frac{dA}{d\phi}$)
A	DDLATC	緯度 (ϕ) 方向の微分 ($\frac{1}{r \cos(\phi)} \frac{dA \cos(\phi)}{d\phi}$)
A	DDX	x 方向微分 ($\frac{dA}{dx}$)
A	DDX_S	x 方向微分 ($\frac{dA}{dx}$)
MM5 で A が dot ポイントで結果が cross ポイントの時使用		
A	DDY	y 方向微分 ($\frac{dA}{dy}$)
A	DDY_S	y 方向微分 ($\frac{dA}{dy}$)
MM5 で A が dot ポイントで結果が cross ポイントの時使用		
A	DDZ	z 方向微分 ($\frac{dA}{dz}$)
A B	DDZ_2	z 方向微分 ($\frac{dA}{dz}$)
z の情報をスタック B で定義する		
A B	DIV	除算 (A/B)
A	EXP	定数 e を底とするべき乗 (e^A)
A B	FILLNAN	A における未定義値を B で埋める

A	HSTAT	スタック A の統計 スタック A の配列要素が (ix,jx,kx,it) の時結果は (1,10,kx,it) となる 統計は各高度 (k) 毎に行われる (1,1,,:) ... 有効総格子数 (NaN 値を持つ格子点は除外) (1,2,,:) ... x 方向の格子数 (1,3,,:) ... y 方向の格子数 (1,4,,:) ... 平均値 (1,5,,:) ... 2 乗平均値 (1,6,,:) ... 最小値 (1,7,,:) ... 最大値 (1,8,,:) ... 相対誤差の和 (1,9,,:) ... 絶対誤差の和 (1,10,,:) ... 分散
	INFO	現在のスタック情報一覧
A	INV	逆数 ($1/A$)
U V	IROTUV	緯度・経度方向の風成分を地図投影法方向に回転
U V L	IROTUV2	IROTUV と同じ。ただしスタック L に経度情報を指定
A	LOG	自然対数 ($\ln(A)$)
A	LOG10	底を 10 とした対数 ($\log_{10}(A)$)
A B	MUL	積 ($A \times B$) どちらかのスタックが定数の場合、他方のスタックの全要素に定数をかける
A	NEG	符号逆転 ($-A$)
	POP	最後のスタックを削除する
A B	POW	A の B 乗 (A^B)
A B	R2	2 乗和 ($A \times A + B \times B$)
A	R2D	ラジアンから度に変換 ($A \times 180/\pi$)
U V	ROTUV	地図投影法方向の風成分を緯度・経度方向に回転
U V L	ROTUV2	ROTUV と同じ。ただしスタック L に経度情報を指定
U V A	ROTVEC	風の U,V 成分を A ラジアン回転
	SHIFT	先頭のスタックを削除する
A B	SIM	類似度を計算 出力するスタックの配列要素は (1,6,kx,it) となる (1,1,,:) ... 残差 (A-B) の総和 (1,2,,:) ... 1 を有効格子数で割ったもの (1,3,,:) ... 残差の絶対値 A-B の総和 (1,4,,:) ... 3 を有効格子数で割ったもの (1,5,,:) ... 相互相関係数 (1,6,,:) ... 有効格子数
A	SIN	正弦 ($\sin(A)$)
A	SQRT	2 乗根 (\sqrt{A})
A	SMT121	A の 1-2-1 平滑化
A B	SUB	差 (A-B) どちらかのスタックが定数の場合、他方のスタックの全要素に定数を引く
A B	SWAP	スタックを入れ替える (B A)
A	TAN	正接 ($\tan(A)$)

7.2 定義済み関数

FUNC(VINT,low,high,no) 鉛直積分を行う

low	下限値
high	上限値
no	処理するスタック数

(例) A FUNC(VINT,1000,500,1)

low は配列の要素番号が小さい方の値を、high は要素番号の大きい方の値を表し、実際の値の大小ではない。low, high に undef と指定することによりモデル最下端、最上端を指定可能。

FUNC(VINT2,low,high,no) 鉛直積分を行う

low	下限値
high	上限値
no	処理するスタック数

(例) A B FUNC(VINT2,1000,500,1)

VINT と同様鉛直積分を行う。鉛直座標値は 1 つ前のスタックを利用して 2 つ前のスタックの鉛直積分を行う。low は配列の要素番号が小さい方の値を、high は要素番号の大きい方の値を表し、実際の値の大小ではない。low, high に undef と指定することによりモデル最下端、最上端を指定可能。

FUNC(GLEV,level,no) 等値面の計算

level	高度
no	処理するスタック数

(例) A FUNC(GLEV,500,1)

モデル情報の鉛直データをもとに等高度面を計算する。

FUNC(GLEV0,z,no) 等値面の計算

z	鉛直方向の要素番号
no	処理するスタック数

(例) A FUNC(GLEV0,6,1)

任意の鉛直要素番号の面を抽出する。z が実数の場合は内挿して計算する。

FUNC(GLEV2,level,no) 等値面の計算

level	高度
no	処理するスタック数

(例) A B FUNC(GLEV2,315,1)

1 つ前のスタックデータを利用して高度を指定して 2 つ前以前の面の抽出を行う。上の例において A に高度、B に温度データを与えた場合、315K の等温位面高度を得ることが出来る。

FUNC(GLEV3,no) 等値面の計算

no	処理するスタック数
----	-----------

(例) A B FUNC(GLEV3,1)

GLEV では抽出する値は引数として定数値を与えたが GLEV3 ではスタック B に 2 次元データとして与えることが出来る。もし B が 3 次元データのばあい $k = 1$ の値のみを用いる。

FUNC(GLEV4,no) 等値面の計算

no	処理するスタック数
----	-----------

(例) A B C FUNC(GLEV4,1)

GLEV2 では抽出する値は引数として定数値を与えたが GLEV3 ではスタック C に 2 次元データとして与えることが出来る。もし C が 3 次元データのばあい $k = 1$ の値のみを用いる。

FUNC(LATLON,mno,mode) 各格子の緯度・経度の計算

mno	モデル番号
mode	1: 緯度 2: 経度
	12: 緯度 (1 つ前のスタック)、経度 (2 つ前のスタック)
	21: 経度 (1 つ前のスタック)、緯度 (2 つ前のスタック)

(例) FUNC(LATLON,1,1)

緯度・経度データ 2 次元格子データとしてスタックに記録します。モデル番号 (mno) には ModelInfoFile に記載されているデータの順番を指定する。mode によって 1 つまたは 2 つのスタックに緯度または経度の情報が記録される。

FUNC(H3D,vname) 2次元データを3次元に拡張

vname	変数名
-------	-----

(例) A FUNC(H3D,U)

2次元データのスタック A を vname が定義されているモデルの鉛直格子数をもつ3次元データに拡張します。値は単純にコピー、すなわち鉛直方向には同じ値のデータになります^{*1}。

FUNC(V3D,vname) 鉛直格子データの3次元化

vname	変数名
-------	-----

(例) FUNC(V3D,U)

vname が定義されているモデルの鉛直座標値 (1次元データ) をそのモデルの平面各格子にコピーすることによって3次元化します^{*2}。

FUNC(ZCONV,mode,mno,no) 鉛直座標変換を行う

mode	1: 現在の鉛直座標のリサンプリング 2: 1つ前のスタックデータを利用して2つ前のスタックの座標変換
mno	変換する鉛直座標番号
no	処理するスタック数

(例) A B FUNC(ZCONV,2,1000,1)

LevelInfoFile で定義された鉛直座標情報をもとに鉛直座標変換を行います。単純に現在の鉛直座標系のリサンプリングを行いたい場合は mode = 1 とします。これに対して z 面から p 面の用に座標系が異なる場合は変換する鉛直座標値を1つ前のスタックにおいて mode=2 とします。

FUNC(HCONV,model,no) 水平座標変換を行う

model	ModelInfoFile で定義されているモデル番号
no	処理するスタック数

(例) A FUNC(HCONV,2,1)

ModelInfoFile に登録されている任意の水平座標に変換を行います。もし変換先の領域の方が大きい場合、その領域には未定義値を埋めます。

^{*1} 引数 vname の部分をモデル番号 mno に、そして複数スタックを処理できるように仕様変更をする予定です

^{*2} 引数 vname の部分をモデル番号 mno に仕様変更をする予定です

FUNC(HIST,mode,min,max,inc) ヒストグラムの計算

mode	1: 全領域 2: 1 つ前のスタック値を利用して領域毎に計算
min	最小値
max	最大値
inc	増分

(例) A FUNC(HIST,1,0,100,10)

2次元データ A のヒストグラムを計算します。ヒストグラムのレンジは min から max までを inc 毎とします。上の例の場合、0 ~ 10, 10 ~ 20, ... 90 ~ 100 の頻度を計算します。mode = 2 とした場合、1 つ前のスタックデータをもとに領域毎の頻度を計算します。このスタックデータには領域番号を 1 から順に用意します。結果は以下の書式の 3 次元データになります。

x = 1	...	平均値 (実際は総和)
x = 2	...	2 乗平均値 (実際は 2 乗和)
x = 3	...	未定義値
x = 4	...	min 未満値の統計
x = 5 ~	...	各レンジ毎の統計
x = ix	...	max より大きい値の統計
y = 1	...	レンジの値
y = 2	...	総和 (ただし x = 2 の時は 2 乗和)
y = 3	...	個数
z = 1	...	領域番号 #1
z = 2	...	領域番号 #2...

すなわち、y=1 はレンジの情報、y=2 に総和、y=3 に個数が記録されます。現在のところレンジは等間隔にしか定義できないので inc は val(6,1,1,1)-val(5,1,1,1) で得られます。

FUNC(ASTAT,mode,no) 平均または分散の計算

mode	1: 平均 2: 分散 3: 重み付き平均
no	処理するスタック数

(例) A B FUNC(ASTAT,1,1)

(例) A B C FUNC(ASTAT,3,1)

スタック B に領域番号を用意し、領域番号毎のスタック A の平均または分散を計算する。mode=3 の時はさらにスタック C を利用して重み付き平均を計算する。結果はそれぞれの領域番号毎に計算された平均値または分散値を記録する。

FUNC(GMEAN,mode,start,last,no) 経度 (または x) 方向、あるいは緯度 (または y) 方向に平均を行う

mode	1: X 方向平均 2: Y 方向平均 11: 経度方向平均 12: 緯度方向平均
start	座標値の始点 (mode=1,2) または緯度・経度の始点 (mode=11,12)
last	座標値の終点 (mode=1,2) または緯度・経度の終点 (mode=11,12)
no	処理するスタック数

(例) A FUNC(GMEAN,1,-1,-1,1)

平均を計算した次元方向の要素数は 1 になります。したがって mode=1,11 の場合は $ix = 1$ に、mode=2,12 の場合は $jx = 1$ となります。もし、mode=-1,-2,-11,-12 のように負の値にした場合、平均操作は絶対値の値 (mode=1,2,11,12) に対応して実行しますが、要素数は元のままとして同じ値 (平均値) を埋めます。mode=1,2 の時 start に負の値を指定すると start=1 を end に負の値を指定すると end=ix または jx として計算を行います。

FUNC(MASK,mode,low,high,value,no) マスク領域のデータの修正を行う

mode	(下表を参照)
low	下限値
high	上限値
value	修正値
no	処理するスタック数

(例) A FUNC(MASK,1,273.15,283.15,280.0,1)

(例) A B FUNC(MASK,2,273.15,283.15,280.0,1)

スタック A のある領域の値を修正を行います。mode によってさまざまなマスキング方法を選択できます。以下に各 mode における処理方法を紹介します。

mode	条件	処理方法
1	$low \leq val(ic) \leq high$	$val(ic) = value$
-1	$val(ic) \leq low, val(ic) \geq high$	$val(ic) = value$
2	$low \leq val(ic) \leq high$	$val(ic-1) = value$
-2	$val(ic) \leq low, val(ic) \geq high$	$val(ic-1) = value$
11	$low < val(ic) < high$	$val(ic) = value$
11	$val(ic) < low, val(ic) > high$	$val(ic) = value$
12	$low < val(ic) < high$	$val(ic-1) = value$
12	$val(ic) < low, val(ic) > high$	$val(ic-1) = value$

FUNC(COUNT,mode,from,to,value,mode2,no)

mode2 で指定した格子数平面において、mode, from, to の条件にマッチする格子数を数える。mode, from, to の条件は MASK 関数と同じです（ただし from は low に to は high におきかえること）。

mode	条件	処理
1	from<=val(ic)<=to	val(ic)=value
-1	val(ic)<=from, val(ic)>=to	val(ic)=value
2	from<=val(ic)<=to	val(ic-1)=value
-2	val(ic)<=from, val(ic)>=to	val(ic-1)=value
11	from<val(ic)<to	val(ic)=value
-11	val(ic)<from, val(ic)>to	val(ic)=value
12	from<val(ic)<to	val(ic-1)=value
-12	val(ic)<from, val(ic)>to	val(ic-1)=value

FUNC(CPOINT,mode)

極値点を見つける。mode = 1, 2 でそれぞれ極大点、極小点を見つける。ここでいう極大点、極小点は周囲 8 格子よりも大きいまたは小さいことをいう。mode = 3 の場合

[U] [V] FUNC(CPOINT,3)

のように u, v をスタックに与えて流線を計算しその収束点を極値とする。

FUNC(GUST,mode)

仮温位、風速、TKE を読み込んで最大瞬間風速を推定する。指定方法は

[PTV] [WSPD] [TKE] FUNC(GUST,1)

または

[PTV] [WSPD] [TKE] [HGT] FUNC(GUST,2)

で与える。例のように mode = 2 の場合、高度情報をスタックに追加する必要がある。結果は $kx = 4$ の 3 次元データになり

k = 1 ... 推定最大瞬間風速
k = 2 ... 推定最大瞬間風速の最低値

k = 3 ... 推定最大瞬間風速の最高値
 k = 4 ... 0.01TKE(surface) となる高度 (m)

を表す。

FUNC(TCWINSLP,mode)

Emanuel(2004) で定義された到達可能台風最大風速、最低中心気圧を計算する。
 次のように事前に 5 つスタックを用意する。

[SST] [PSLV] [P] [T] [Q] FUNC(TCWINSLP,12)

SST と PSLV は 2 次元データで P, T, Q は 3 次元データである。mode は

- 1: 到達可能最低中心気圧
- 2: 到達可能最大風速
- 12: 1 つ前のスタック ... 到達可能最低中心気圧
 2 つ前のスタック ... 到達可能最大風速

となる。

FUNC(SETTIME,n)

1 つ前のスタックの時刻を n 個前のスタックの時刻に変更する。定数や時刻変化をしない値に時刻を与える場合に用いる。

FUNC(ZCONE,mode,x,y,elevation,radius,mode2,mode3,level)

座標 (x,y) を中心とした円錐平面を抽出する。PPI データの作成が可能になる。
 一つ前のスタックに高度データ (単位 m) を必要とする。

mode: 1: x,y は座標値 2: x, y は経度、緯度
 x,y : 中心点位置
 elevation: 仰角 (単位 度)
 radius: 半径 (m)
 mode2: 0 で固定
 mode3: 1: 対地高度 2: 海拔高度
 level: (未使用)

FUNC(PARCEL,MODE,MODE2,LEVEL1,LEVEL2)

パーセル法を用いた各種計算を行う。[T] [QV] [P] FUNC(PARCEL,...) のように

1 つ前のスタックに圧力、2 つ前のスタックに混合比、3 つ前のスタックに気温を指定する。

MODE: PLIFT ... LEVEL2 まで上昇させた時の高度 (LEVEL2 と同じ値)

PLCL ... LCL 高度

PLFC ... LFC 高度

PLNB ... LNB 高度

TLIFT ... LEVEL2 まで上昇させた時の気温

TLCL ... LCL 温度

TLFC ... LFC 温度

TLNB ... LNB 温度

CAPE ... CAPE

CIN ... CIN

MODE2: LEVEL1,2 の単位 1 ... Pa, 2 ... 格子点値

LEVEL1: 計算開始高度

LEVEL2: 計算終了高度

FUNC(CROSS,mode,x1,y1,x2,y2,nc,mode2,no)

(x1,y1)-(x2,y2) の鉛直断面を計算する。mode=1 の場合、(x1,y1),(y1,y2) は格子番号で指定する。mode=2,3 の場合、緯度・経度で指定する。緯度・経度をスタックで与える場合には2つ前を経度、1つ前を緯度とし、mode=3 とする。nc は分割数を表す。mode2 は地点を緯度・経度で与えた場合

0 (x,y) に置き換え線形 1 経度に沿う 2 緯度に沿う 3 大円に沿う

FUNC(OUTPUT,format,mode,mode2,no)

ファイルに出力する。

format: TEXT テキスト

GRD GMT grd フォーマット

BIN4 4-byte 単純バイナリ

DF3 Pov-Ray 密度形式

mode: H2D 水平面 (高度面)

Z2D 高度断面

Z1D 鉛直 1 次元

RAW 全データ

XZ x-z 面 (format = 'GRD')

YZ y-z 面 (format = 'GRD')

ZR (xp,yp) または (lonp,latp) を中心に半径 OutRadius km 内
角度 OutSdeg から OutEdeg までの扇形の中心からの距離、
高度断面をテキストで保存 (format は TEXT にすること)

```

1BYTE (format: DF3) 1byte 符号無し整数
2BYTE (format: DF3) 2byte 符号無し整数
4BYTE (format: DF3) 4byte 符号無し整数 (現在未対応)
mode2: 1      格子番号
        2      緯度・経度・高度

```

format が TEXT の時、mode の最後に c をつけると未定義値のみ格子データは出力をしません。format が DF3 の時、指定したファイルとそのファイル名に _df3 がついた 2 つのファイルが出力されます。後者は DF3 形式のヘッダファイルですので、POV-Ray 使用時にはこの 2 つを cat でまとめてから利用して下さい。

```

+ GRD -- H2D      1/2
|      +- XZ      1/2
|      +- YZ      1/2
|
+ DF3 -- 1BYTE
|      +- 2BYTE
|      +- 4BYTE
|
+ BIN4
|
+ TEXT -- H2D      1/2
|      +- H2Dc    1/2
|      +- RAW
|      +- ZR      1/2
|      +- Z2D     1/2
|      +- Z1D     1/2

```

```

=====
- FUNC(VINT,low,high,no)
- FUNC(VINT2,low,high,no)
- FUNC(GLEV,level,no)
- FUNC(GLEV0,level,no)
- FUNC(GLEV2,level,no)
- FUNC(GLEV3,no)
- FUNC(GLEV4,no)
- FUNC(LATLON,mno,mode)
- FUNC(H3D,vname)
- FUNC(Z3D,vname)
- FUNC(ZCONV,mode,mno,no)
- FUNC(HCONV,model,no)
- FUNC(HIST,mode,min,max,inc)
- FUNC(ASTAT,mode,no)

```

- FUNC(AGRID,mode,mode2,no)
- FUNC(GMEAN,mode,start,last,no)
- FUNC(MASK,mode,low,high,value,no)
- FUNC(COUNT,mode,from,to,value,mode2,no)
- FUNC(CPOINT,mode)
- FUNC(SETTIME,n)
- FUNC(GUST,mode)
- FUNC(TCWINSLP,mode)
- FUNC(ZCONE,mode,x,y,azimuth,radius,mode2,mode3,level)
- FUNC(PARCEL,MODE,MODE2,LEVEL1,LEVEL2)
- FUNC(CROSS,mode,x1,y1,x2,y2,nc,mode2,no)
- FUNC(OUTPUT,format,mode,mode2,no)

=====

第 8 章

同梱式テンプレートの解説

本パッケージにはいくつかのモデルを想定して物理変数の式を逆ポーランド表記法 (RPN) に基づいて書き下したものをテンプレートとして同梱しています。ここではそれらの式の説明をします。文字に関しては一般的な物理、気象の表記を使用しています。それぞれの節で出来るだけ完結するようにしていますので、定義式が重複している場合があります。また、式に関する物理的意味や詳しい導出に関しては割愛しています。

8.1 飽和水蒸気圧 – ESAT

飽和水蒸気圧 e_s は Tetens(1930) を改良した Bolton(1980) より

$$e_s = 6.112 \exp \left(17.67 \frac{T - 273.15}{T - 29.65} \right) \quad (8.1.1)$$

で表されます。 e_s の単位は hPa、温度 T の単位は K です。この式を RPN では

```
6.112 17.67 [T] 273.15 SUB [T] 29.65 SUB DIV MUL EXP MUL
```

となります。

8.2 温位 – TH

温位 θ は

$$\theta = T \left(\frac{P_0}{P} \right)^\kappa \quad (8.2.1)$$

で表されるので RPN は以下のように表現します。

```
[T] [P0] [P] DIV [KAPPA] POW MUL
```

ただし、 $[P0] = 100000$ (Pa)、 $[KAPPA] = 0.2859$ は定数として定義済みとします。

8.3 露点温度 – TD

8.3.1 圧力 P と混合比 Q が既知の場合

混合比は

$$Q = \frac{\epsilon e}{P - e} \quad (8.3.1)$$

で表されます (ただし、 $\epsilon = 0.622$)。e は T に対する水蒸気圧です。この式を e について解くと

$$e = \frac{QP}{\epsilon + Q} \quad (8.3.2)$$

この水蒸気圧は露点温度 T_d での飽和水蒸気圧 e_s に対応しているので式 (8.1.1) の T を T_d に替えて T_d について解くと

$$T_d = 273.15 + \frac{243.15}{\frac{17.67}{\ln \frac{e_s}{6.112}} - 1} \quad (8.3.3)$$

となり、これを RPN で書き下すと

243.5 17.67 [P] 0.01 MUL [Q] MUL [EPS] [Q] ADD DIV 6.112 DIV LOG DIV
1.0 SUB DIV 273.15 ADD

となります (ただし 1 行)。

8.3.2 温度 T と相対湿度 RH が既知の場合

相対湿度 RH は

$$RH = 100 \times \frac{e}{e_s} \quad (8.3.4)$$

で表されます。 e_s は式 (8.1.1) を用いて計算出来るので ([ESAT] とする) これを利用すれば式 (8.3.3) における e_s を $e_s \times RH \times 0.01$ に置き換えればよいので RPN は

243.5 17.67 [ESAT] [RH] 0.01 MUL MUL 6.112 DIV LOG DIV 1.0 SUB DIV 273.15 ADD

となります。

8.4 相当温位 – THE

8.4.1 昔の方法

相当温位 θ_e の定義式は

$$\theta_e = \theta \exp \left(\frac{Lq_{sat}}{C_{pd}T_{LCL}} \right) \quad (8.4.1)$$

で表されます。温位 [TH]、混合比 [Q]、温度 [T] が分かっているものとします。定義式で凝結温度 T_{LCL} を計算する必要があります。ここでは乾燥断熱線と飽和混合比線が T-Z において直線であると近似して計算します。

温度 T が乾燥断熱減率 Γ_d で Δz だけ持ち上げられた温度を T_{LCL} とすると

$$T_{LCL} = T - \Gamma_d \Delta z \quad (8.4.2)$$

となります。次に露点温度 T_d を等混合比線に沿って Δz だけ持ち上げることを考えます。混合比

$$q = \frac{\epsilon e}{P - e} \quad (8.4.3)$$

の全微分は

$$dq = \frac{\epsilon P}{(P - e)^2} \frac{de}{dT} dT - \frac{\epsilon e}{(P - e)^2} dP \quad (8.4.4)$$

となります (ここで $e = e_{sat}(T_d)$)。等混合比線なので $dq = 0$ 及び Clausius-Clapeyron の式

$$\frac{de_{sat}(T_d)}{dT} = \frac{\epsilon L e_{sat}(T_d)}{RT_d^2} \quad (8.4.5)$$

を用いて変形をすると

$$\frac{\epsilon L}{RT_d^2} dT - \frac{1}{P} dP = 0 \quad (8.4.6)$$

となります。気体の状態方程式及び静水圧の関係から

$$\frac{\epsilon L}{RT_d^2} dT + \frac{g}{RT} \Delta z = 0 \quad (8.4.7)$$

となり、その結果

$$T_{LCL} = T_d - \frac{g T_d^2}{\epsilon L T} \Delta z \quad (8.4.8)$$

この式と乾燥断熱線に沿った式から Δz を消去すると

$$T_{LCL} = T - \Gamma_d \frac{T - T_d}{\Gamma_d - g T_d^2 / \epsilon L T} \quad (8.4.9)$$

となり T_{LCL} が計算可能となり、この結果を定義式に代入することにより相当温位を得る。

実際には式が長くなるので Δz [DZ]、 T_{LCL} [TLCL] を

```
DZ [T] [TD] SUB [GAMMAD] [GR] [TD] [TD] MUL MUL [EPS] [XL] [T] MUL MUL DIV SUB DIV
TLCL [T] [GAMMAD] [DZ] MUL SUB
```

のように定義をして ([TD] に関しては露点温度の節参照)、最終的に相当温位 [THE] を

```
[TH] [XL] [Q] MUL [CPD] [TLCL] MUL DIV EXP MUL
```

で計算しています (ただし、 L [XL]、 C_{pd} [CPD] は定数として定義されています)。

8.4.2 より正しい方法

Bolton(1980) において相当温位は

$$\theta_e = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{0.2854(1-0.28q)} \exp \left[\left(\frac{3376}{T_{LCL}} - 2.54 \right) \times q(1 + 0.81q) \right] \quad (8.4.10)$$

を用いることにより、より正確に相当温位を計算できます。この式において q は混合比を表します。 T_{LCL} は 8.4.1 節で紹介した計算方法でも構わないですが、8.5 節の方法を用いて計算を行います。この相当温位の式を RPN で書くと

```
[T] [P0] [P] DIV 0.2854 1.0 0.28 [Q] MUL SUB MUL POW MUL 3376.0 [TLCL] DIV 2.54
SUB [Q] 1.0 0.81 [Q] MUL ADD MUL MUL EXP MUL
```

となります (ただし 1 行)。

8.5 凝結高度における温度 – TLCL

いずれの場合も Bolton(1980) による計算方法を紹介します。

8.5.1 混合比 Q が既知の場合

T_{LCL} は温度 T と水蒸気圧 e を用いて

$$T_{LCL} = \frac{2840}{3.5 \ln T - \ln e - 4.805} + 55 \quad (8.5.1)$$

で計算出来ます。水蒸気圧は 8.6 節を利用します。この式における水蒸気圧の単位は hPa であることに注意する必要があります。RPN 式は

```
2840.0 3.5 [T] LOG MUL [EAIR] LOG SUB 4.805 SUB DIV 55.0 ADD
```

となります (単位 : K)。

8.5.2 湿度が既知の場合

混合比ではなく湿度が分かっている場合における T_{LCL} の計算式は

$$T_{LCL} = \frac{1}{\frac{1}{T-55} - \frac{\ln(RH/100)}{2840}} + 55 \quad (8.5.2)$$

で表されます。これを RPN 式で書くと

```
[T] 55.0 SUB INV [RH] 0.01 MUL LOG 2840.0 DIV SUB INV 55.0 ADD
```

となります (単位 : K)。

8.6 水蒸気圧 – EAIR

混合比 q 、気圧 p が既知の場合、水蒸気圧は

$$e = \frac{pq}{\epsilon + q} \quad (8.6.1)$$

で表されます。これを RPN で書くと

```
[P] [Q] MUL [EPS] [Q] ADD DIV
```

となります (単位 : Pa)。

8.7 露点温度差 – TTD

温度と露点温度の差は

$$TTD = T - T_d \quad (8.7.1)$$

なので RPN では

```
[T] [TD] SUB
```

となります (単位 : K)。

8.8 温度 – T

温位と圧力が既知の場合、温位の定義式

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^\kappa \quad (8.8.1)$$

を T について解くと

$$T = \theta \left(\frac{p}{p_0} \right)^\kappa \quad (8.8.2)$$

となるので RPN 式は

```
[TH] [P] [P0] DIV [KAPPA] POW MUL
```

となります (単位 : K)。

8.9 密度 -RHO

気体の状態方程式を密度について解くと

$$\rho = \frac{p}{R_d T} \quad (8.9.1)$$

なので RPN 式は

[P] [RD] [T] MUL DIV

となります (単位 : kg/m³)。

8.10 風速 -WSPD

風速は

$$W_{spd} = \sqrt{U \times U + V \times V} \quad (8.10.1)$$

で表されるので RPN 式は

[U] [V] R2 SQRT

となります (単位 : m/s)。

8.11 相対渦度 (鉛直成分) -HVOR

8.11.1 マップファクターを用いない場合

渦度の定義式は

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (8.11.1)$$

より RPN 式は

[V] DDX [U] DDY SUB

となります (単位 : s⁻¹)。

8.11.2 マップファクターを用いた場合

マップファクターを用いた渦度は

$$\zeta = m^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v}{m} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{u}{m} \right) \right] \quad (8.11.2)$$

より RPN 式は

[V] [MAP] DIV DDX [U] [MAP] DIV DDY SUB [MAP] [MAP] MUL MUL

となります (単位 : s⁻¹)。

8.11.3 緯度・経度座標系の場合

水平座標系が緯度・経度の場合渦度は

$$\zeta = \frac{1}{e_r \cos \phi} \left[\frac{\partial v}{\partial \lambda} - \frac{\partial}{\partial \phi} (u \cos \phi) \right] \quad (8.11.3)$$

より RPN 式は

[V] DDLON [U] DDLATC SUB

となります (単位: s^{-1})。

8.12 水平発散 –HDIV

8.12.1 マップファクターを用いない場合

水平発散の定義式は

$$\zeta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (8.12.1)$$

より RPN 式は

[U] DDX [V] DDY ADD

となります (単位: s^{-1})。

8.12.2 マップファクターを用いた場合

マップファクターを用いた水平発散は

$$\zeta = m^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u}{m} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{v}{m} \right) \right] \quad (8.12.2)$$

より RPN 式は

[U] [MAP] DIV DDX [V] [MAP] DIV DDY ADD [MAP] [MAP] MUL MUL

となります (単位: s^{-1})。

8.12.3 緯度・経度座標系の場合

水平座標系が緯度・経度の場合水平発散は

$$\zeta = \frac{1}{e_r \cos \phi} \left[\frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{\partial}{\partial \phi} (u \cos \phi) \right] \quad (8.12.3)$$

より RPN 式は

[U] DDLON [V] DDLATC ADD

となります (単位: s^{-1})。

8.13 コリオリパラメータ

コリオリパラメータは

$$f = 2\Omega \sin \phi \quad (8.13.1)$$

より、モデル番号 1 の水平格子点におけるコリオリパラメータを得る RPN 式は

2.0 [OMEGA] MUL FUNC(LATLON,1,1) D2R SIN MUL

となります (単位: s^{-1})。

8.14 絶対渦度

絶対渦度は

$$\eta = f + \zeta \quad (8.14.1)$$

より RPN 式は

[COR] [HVOR] ADD

となります (単位 : s^{-1})。ただし、[COR] は 8.13 節で定義したものを [HVOR] は 8.11 節で定義したものを利用します。

8.15 渦位

8.16 温位鉛直勾配 (絶対安定度)

第 9 章

データ補間について

本パッケージでは、さまざまなデータ補間を行っています。それぞれについて簡単に説明します。

9.1 線形内挿

9.2 放物線内挿

9.3 nearest neighbour 法

9.4 Inverse-Distance weight 法

$$P_i = \frac{\sum P_j / D_{ij}^n}{\sum 1 / D_{ij}^n}$$

第 10 章

ToDo

まだほとんど出来ていませんので仕様や予定について書きます。

10.1 作業手順

1. 最大 4 次元変数 (x,y,z,t) に対して計算可能にする
2. データ読み込みルーチンの作成
3. サブルーチンをユーザが定義出来るようにする

扱うデータは

- MM5
- WRF
- CReSS
- netCDF (COARDS 規約のもの)
- 独自

を予定。GRIB に関しては当面の間サポートしない予定。

水平座標系は

- x-y
- lat-lon

に対応予定 (マップファクターも考慮)。

鉛直座標系は

- p
- z
- σ

を予定。