

地球惑星情報学II

データ解析／知見集積場としてのモデル

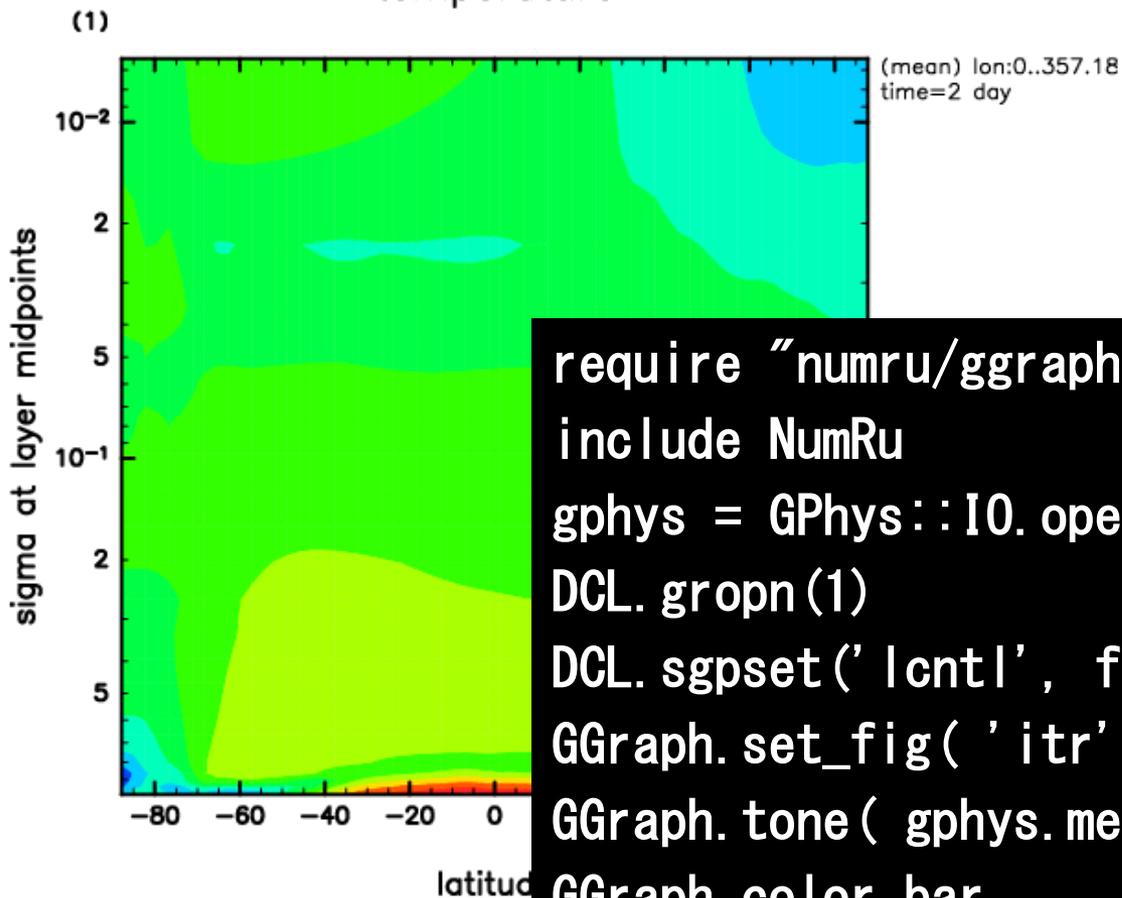
石渡正樹
北海道大学 地球惑星科学科／宇宙理学専攻

情報実験第12回
2018年7月20日

前回DCPAMを動かした

地球設定実験の図

temperature



今日の実技では
3年計算のデータ
を使って図を描く！

```
require "numru/ggraph"  
include NumRu  
gphys = GPhys::IO.open('Temp.nc', 'Temp')  
DCL.gropn(1)  
DCL.sgpset('lcntl', false); DCL.uzfact(0.7)  
GGraph.set_fig('itr' => 2)  
GGraph.tone(gphys.mean('lon').cut('time' => 2))  
GGraph.color_bar  
DCL.grcls
```

目次

- データ解析:モデル実行後の作業
- 知見集積場としての大気大循環モデル
- 数値モデルに関する問題提起

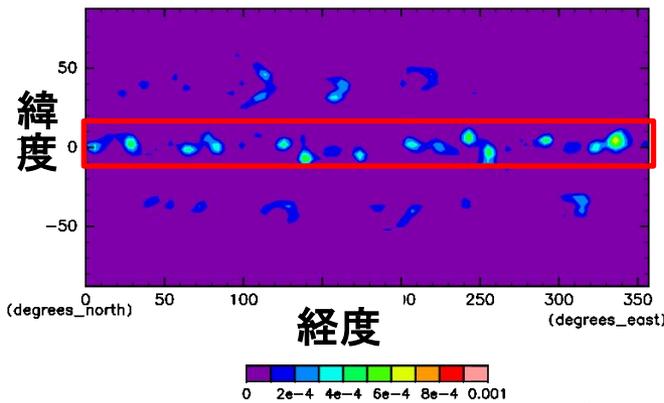
データ解析： モデル実行後の作業

結果のデータ解析・可視化

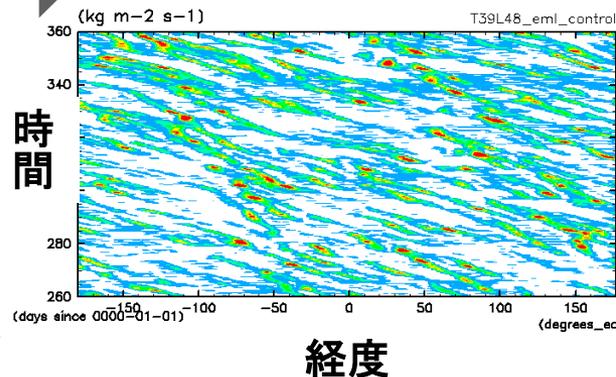
- 数値積分終了後にはやることがたくさんある
(計算したら知りたいことがポンと出てくるわけではない！)

- データ後処理: 必要に応じてデータを解析で使える形にする。並列計算におけるデータ結合など
- 解析: 出力データから必要な物理量を計算する
- 可視化: 得られた結果を図にする

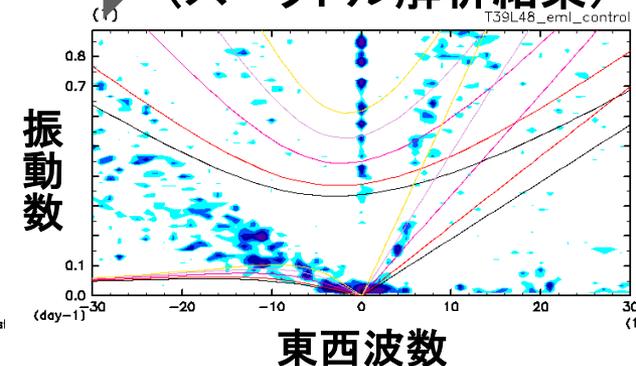
降水平面分布
(モデル結果)



赤道降水時間変化



赤道降水
(スペクトル解析結果)



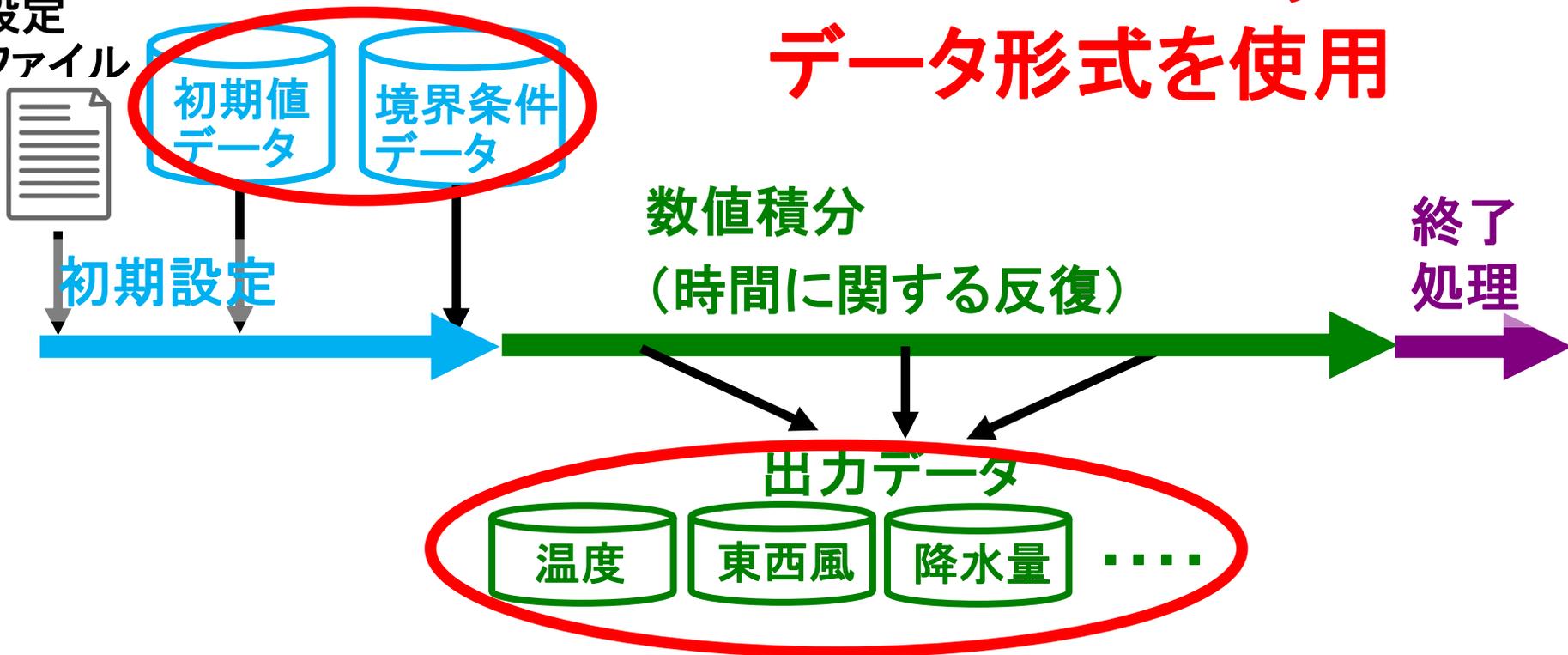
解析・可視化作業の前に

- 出力データファイルの中身を把握する

- ファイルの数、データ形式、格納された変数など
- モデルによって扱うデータ形式は異なる

- DCPAMの場合

設定
ファイル



netCDFという
データ形式を使用

数値積分
(時間に関する反復)

終了
処理

出力データ

温度

東西風

降水量

....

netCDF(Network Common Data Form)

- 気象海洋分野で広く使われるデータ形式
- 自己記述的な形式

- メタデータ(データに関する情報)を含む

- UNIDATAで設計開発

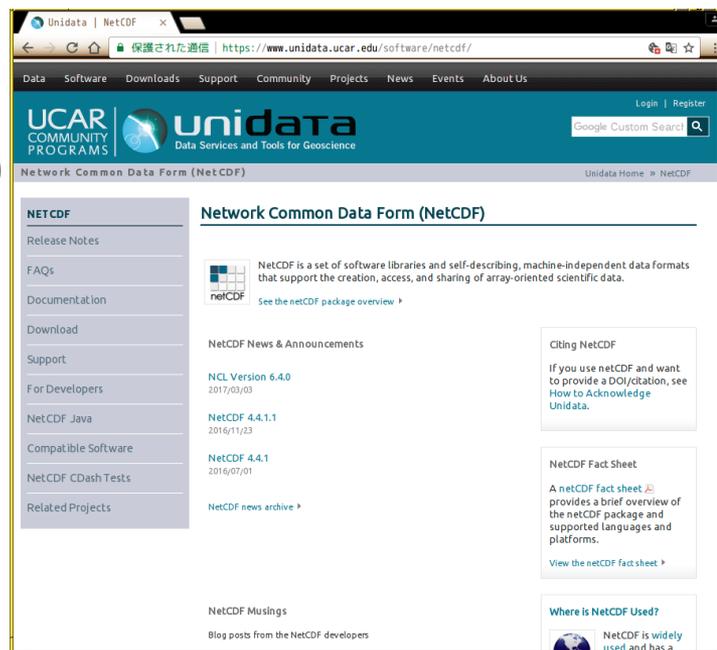
- <https://www.unidata.ucar.edu/>

- 地球科学分野におけるデータ・ツールを開発(1983年から)

- アメリカの複数の大学による共同研究組織

- netCDFファイルの中身を見るには

```
$ ncdump SurfTemp.nc | less
```



```
netcdf SurfTemp {
```

```
dimensions:
```

```
    lon = 128 ;
```

```
    .....
```

```
variables:
```

```
float lon(lon) ; 次元変数の型・サイズ
```

```
lon:long_name = "longitude" ; 次元変数の属性
```

```
    .....
```

```
float SurfTemp(time, lat, lon) ; 変数の型・サイズ
```

```
SurfTemp:long_name = "surface temperature" ;
```

```
変数の属性
```

```
    .....
```

```
// global attributes:
```

```
    :title = "....." ;
```

```
    .....
```

```
data:
```

```
lon = 0, 5.625, 11.25, 16.875, 22.5, ..... 次元変数の値
```

```
    .....
```

```
SurfTemp = 294.2712, 294.6823, ..... 出力変数の値
```

```
    .....
```

```
}
```

**次元
変数
サイズ**

**変数の
情報**

**大域
属性**

**数値
データ**

**メタ
データ**

解析・描画ツール

- 多数のツールが存在

- MATLAB, IDL:

- 地球惑星分野で良く使われる。高機能だし高価格

- gnuplot:

- 簡単な図の作成に便利。INEXでも使用した

- GNU Octave:

- 強力な数式処理と描画機能をもつツール

- 電脳 Ruby ツール

- 今回使用。詳しくは次のページで

- 用途・目的・周囲の状況に応じて選択すべし

- どのツールでも訓練・習熟が必要

- ツールで欲しい絵がポンと出てくるわけではない

フリー
ソフトウェア
Debian
パッケージ
有り!

ここで使うのは電脳 Rubyツール

• DCL, Rubyを基盤とする解析・描画ツール

– DCLとは

- 地球流体電脳倶楽部製FORTRANの描画ライブラリ
- 塩谷雅人・酒井敏(京大)・乙部直人(福岡大)を中心に開発

– Rubyとは

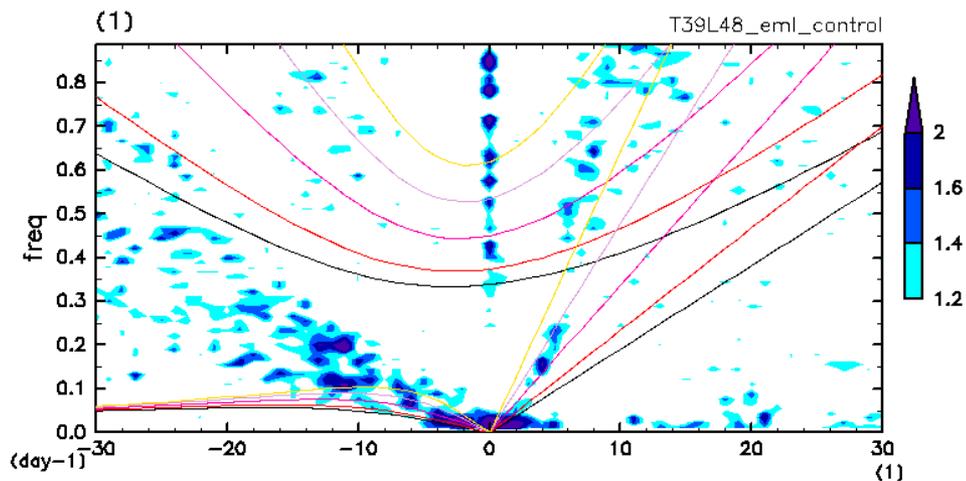
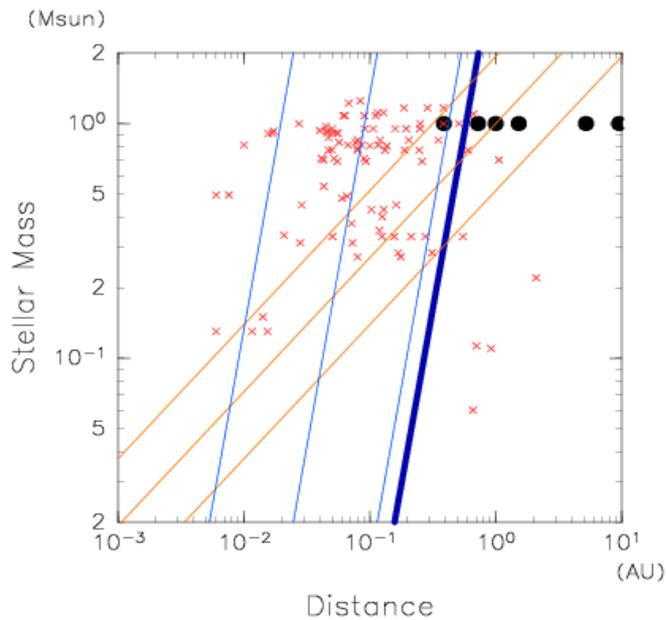
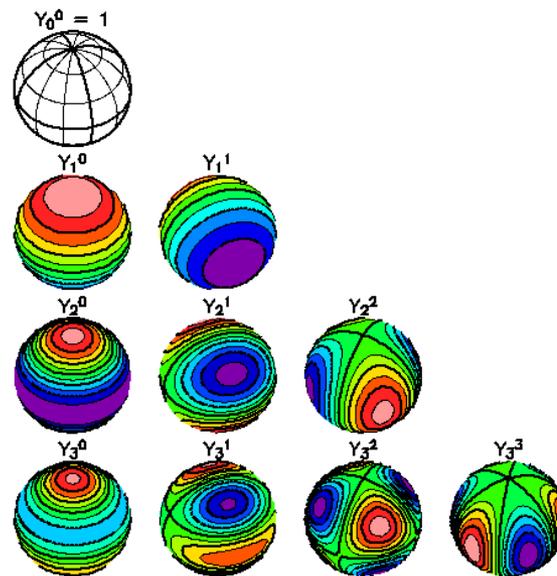
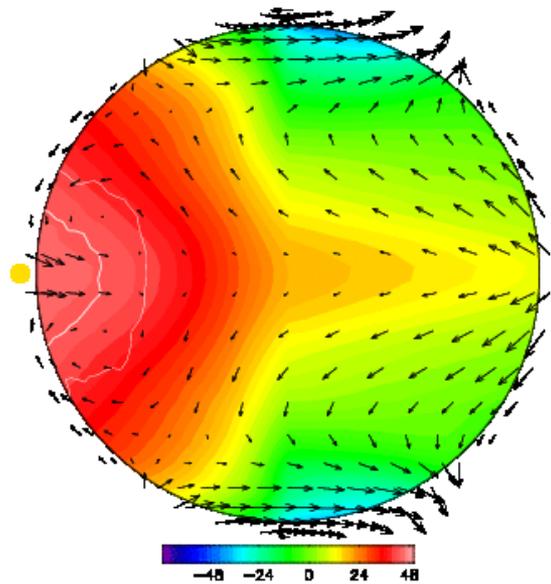
- スクリプト型言語。
逐次翻訳をしながら実行(コンパイルはしない)
- 各種webサービスでも広く利用されている

– 解析から描画までRubyスクリプトで実行可能

– 格子点データ解析のためのライブラリ(GPhys)も整備

– 堀之内武(北大・地球環境)、西澤誠也(理研)を中心に開発

電脳 Ruby ツールを用いた描画例



知見の集積場としての 大気大循環モデル

基礎方程式(前回の復習)

力学過程: 流れの計算部分

運動方程式

$$\frac{du}{dt} - \left(f + \frac{u \tan \varphi}{a} \right) v = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{a \cos \varphi \partial \lambda} + F_{\lambda}$$

$$\frac{dv}{dt} + \left(f + \frac{u \tan \varphi}{a} \right) u = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{a \partial \varphi} + F_{\varphi}$$

外力

静水圧の式

$$0 = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

質量保存則

$$\frac{dp}{dt} + \rho \left[\frac{1}{a \cos \varphi} \left\{ \frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{\partial (v \cos \varphi)}{\partial \varphi} \right\} + \frac{\partial w}{\partial z} \right] = 0$$

エネルギー保存則

$$C_v \frac{dT}{dt} - \frac{p}{\rho^2} \frac{d\rho}{dt} = Q$$

熱源

物理過程

水蒸気の式

$$\frac{dq}{dt} = S$$

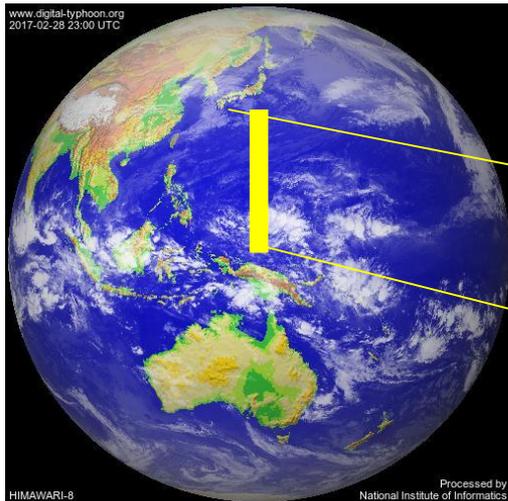
水蒸気ソース

物理過程
の表現が
問題！

状態方程式

$$p = \rho RT$$

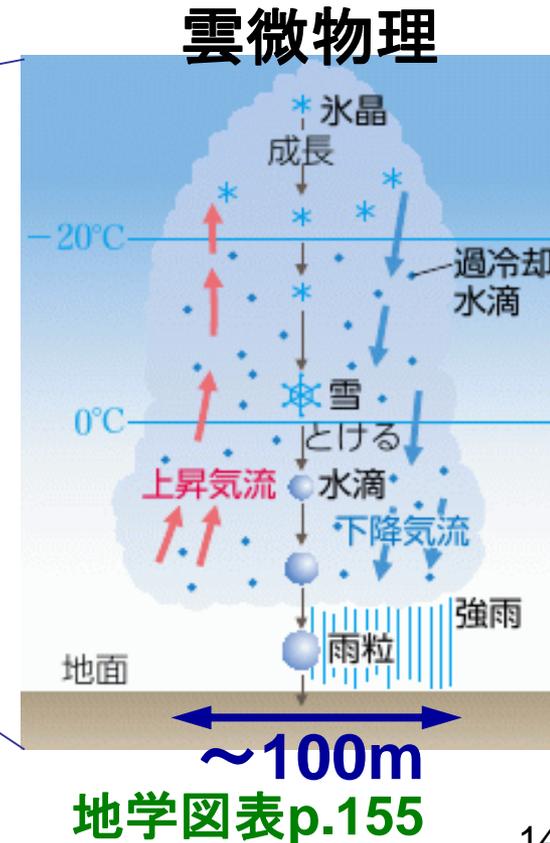
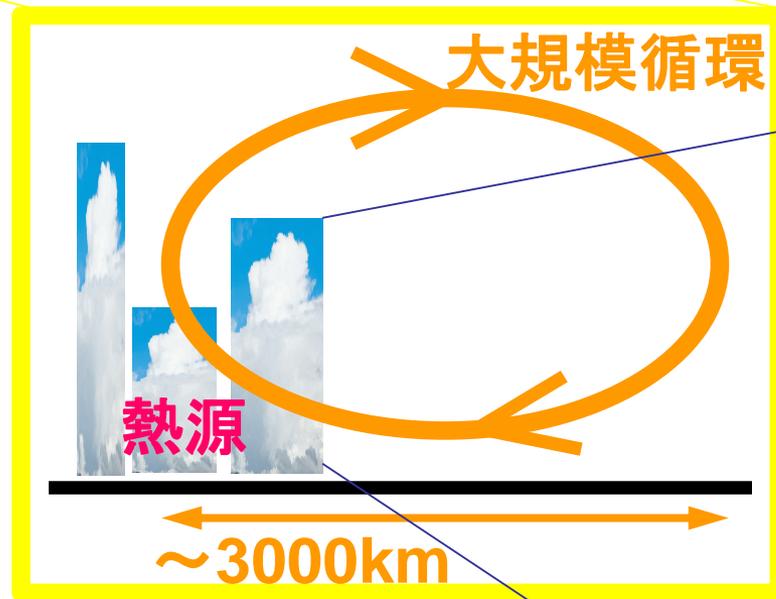
物理過程の例：雲過程



<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>

$$C_v \frac{dT}{dt} - \frac{p}{\rho^2} \frac{d\rho}{dt} = Q$$

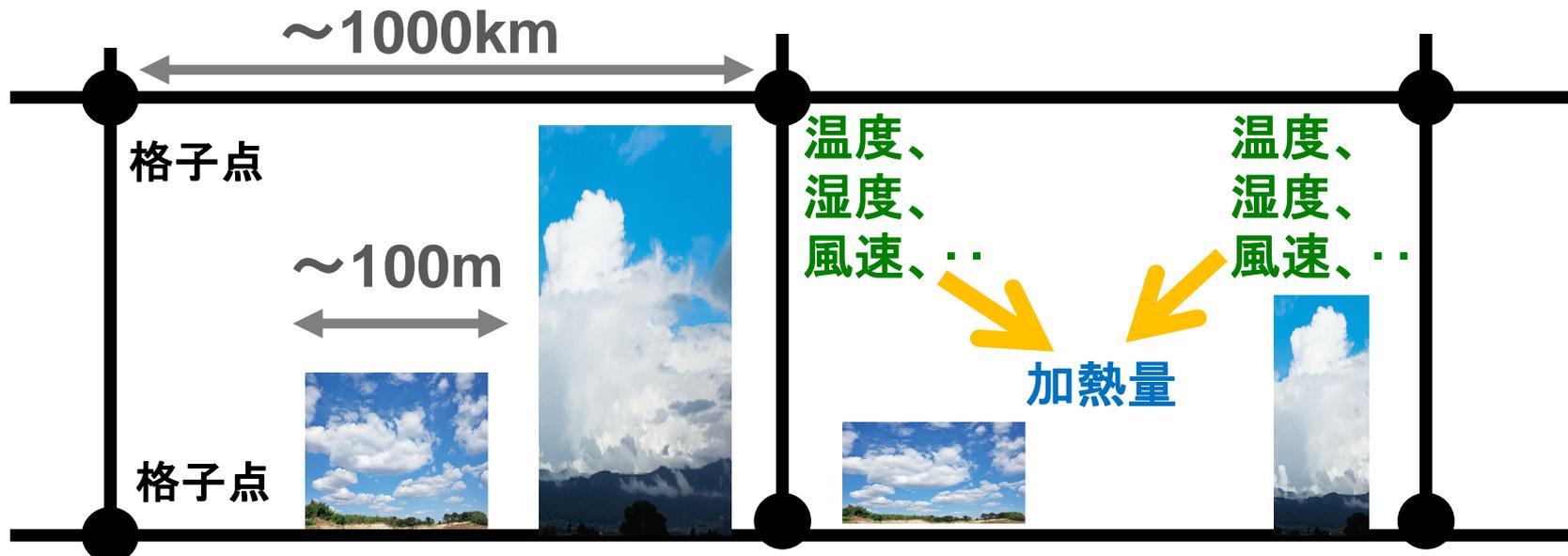
温度変化 熱源



- 非常に小さなスケールの雲過程が大規模循環に影響

物理過程を表現する方法

- 個々の雲のスケールは格子点間隔より小さい
 - 個々の雲は直接モデルで表現できない
- そこで格子点間隔より小さいスケールの現象の効果を格子点値のみで表現する
 - そのために、理論や観測結果を駆使する
 - この方法を**パラメタリゼーション**という



更にパラメタリゼーションについて

- 雲だけでなく、乱流、大気波動などに関するパラメタリゼーションも存在する
- パラメタリゼーションの方法には理論・観測結果などの知見が盛り込まれている
- 大気大循環モデルは「気象学の知見の集積場である」と言える
 - 数値モデルの開発改良は地球惑星科学の情報化を進める活動の1つ
- 用いる理論・観測結果によって複数の種類のパラメタリゼーションの方法が存在する

数値モデルに関する 問題提起

数値モデルに関する問題

- 最先端モデルはあまりにも複雑

 - モデル結果の理解が難しい

 - 多数の過程(パラメタリゼーション)が複雑に(非線形に)相互作用する

- モデルギャップ問題: Held (2005)

 - 複雑なAGCMと簡単モデルの間に大きな溝ができた



モデルギャップ問題への対応

- 各パラメタリゼーションを単純化あるいは取り外した様々な種類のモデルの整備・それらの結果の相互比較
- このような問題意識を持って開発されているモデルも存在
 - FMS (Flexible Modeling System): 米国の Geophysical Fluid Dynamics Laboratory において開発
- 日本でも同様の活動が存在
 - 「共通基盤ライブラリ」
 - 理研・気象庁を中心

まとめ

- **データの解析**

- データ構造を良く把握することが必須
- 目的・状況にあわせたツールを選択すべき
- データ解析は結構大変。数値計算と同じくらいあるいはそれ以上の計算機資源・労力が必要

- **大気大循環モデルは気象学の知見の集積場**

- その振る舞いを理解するための努力も必要
- 1つの方向性は様々なモデルの相互比較・検討
- そういうことに取り組む人材が登場することに期待

実技編では

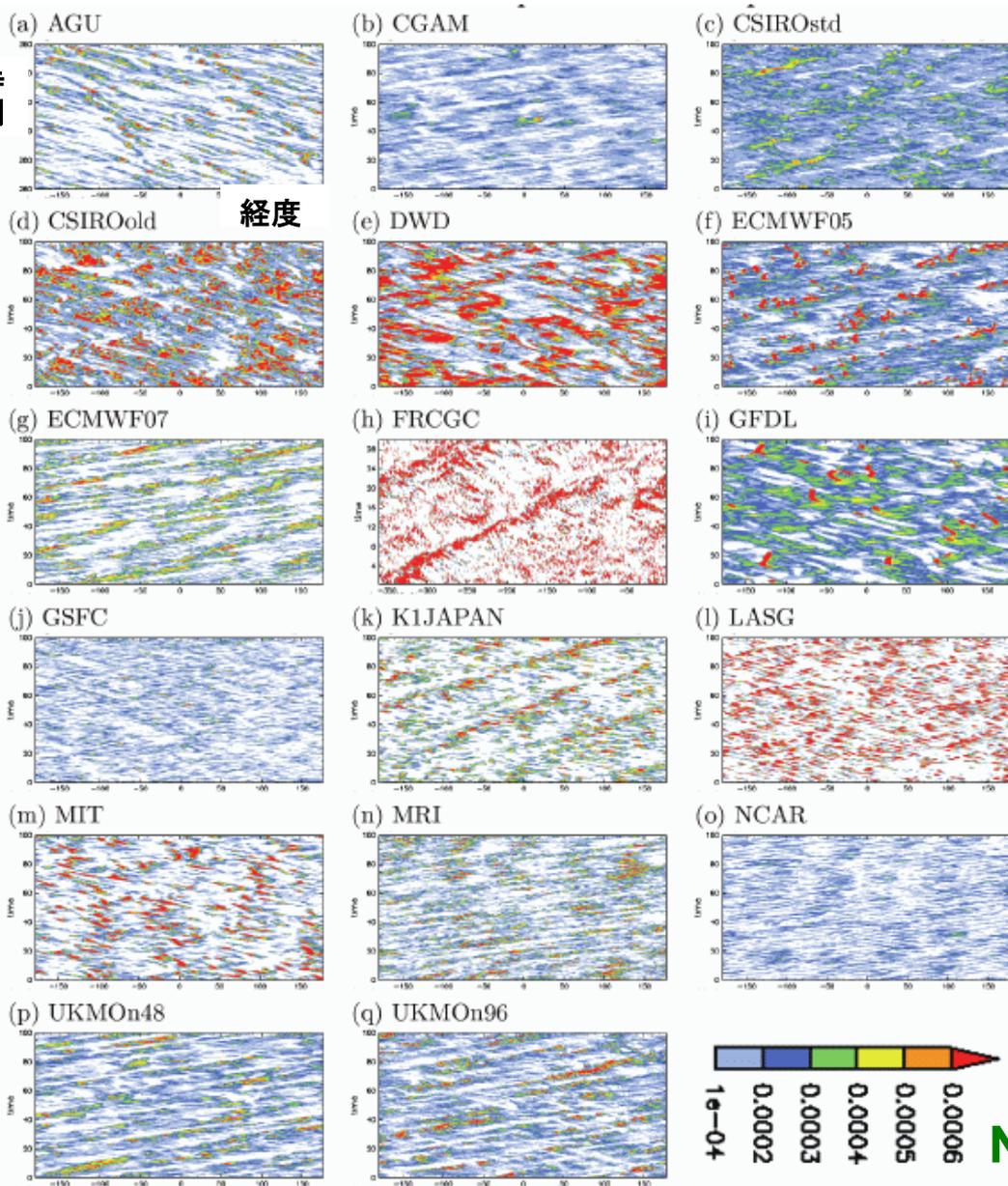
- データに触れる・確認する
 - netCDFファイルの中をしてみる
- **DCPAMのデータを使った解析・描画**
 - Rubyスクリプトを用いた描画

参考書・参考文献

- Arakawa, A., Schubert, W. H., 1974: Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment, Part I. J. Atmos. Sci., 31, 674-701.
- Held, I. M., 2005: The gap between simulation and understanding in climate modeling. Bull. Amer. Meteor. Soc., 86, 1609-1614.
- Ikawa, M., Saito, K., 1991: Description of a nonhydrostatic model developed at the forecast research department of the MRI. Tech. Rep. Meteorol. Res. Inst., 28, pp. 238.
- Nakajima, K., Yamada, Y., Takahashi, Y.O., Ishiwatari, M., Ohfuchi, W., Hyashi, Y.-Y., 2013: The variety of spontaneously generated tropical precipitation patterns found in APE results. J. Meteorol. Soc. Japan, 91A, 91-141.
- Flanagan, D., まつもとゆきひろ著, ト部昌平監訳, 2009: プログラミング言語 Ruby, オライリー・ジャパン
- Yogui, 2008: はじめてのRuby, オライリー・ジャパン
- まつもとゆきひろ, 石塚圭樹, 1999: オブジェクト指向スクリプト言語 Ruby, アスキー出版局
- 浜島書店編集部, 2013: ニューステージ 新地学図表, 浜島書店

使われている知見に応じて結果が変わる

↑ 時間
0day



- 表面全部海の場合
- 赤道上の降水の時間変化

