

地球流体電脳倶楽部

～地球流体科学における
データとその流通にまつわる諸問題
および様々な試み

林 祥介(神戸大・理)

shosuke@gfd-dennou.org

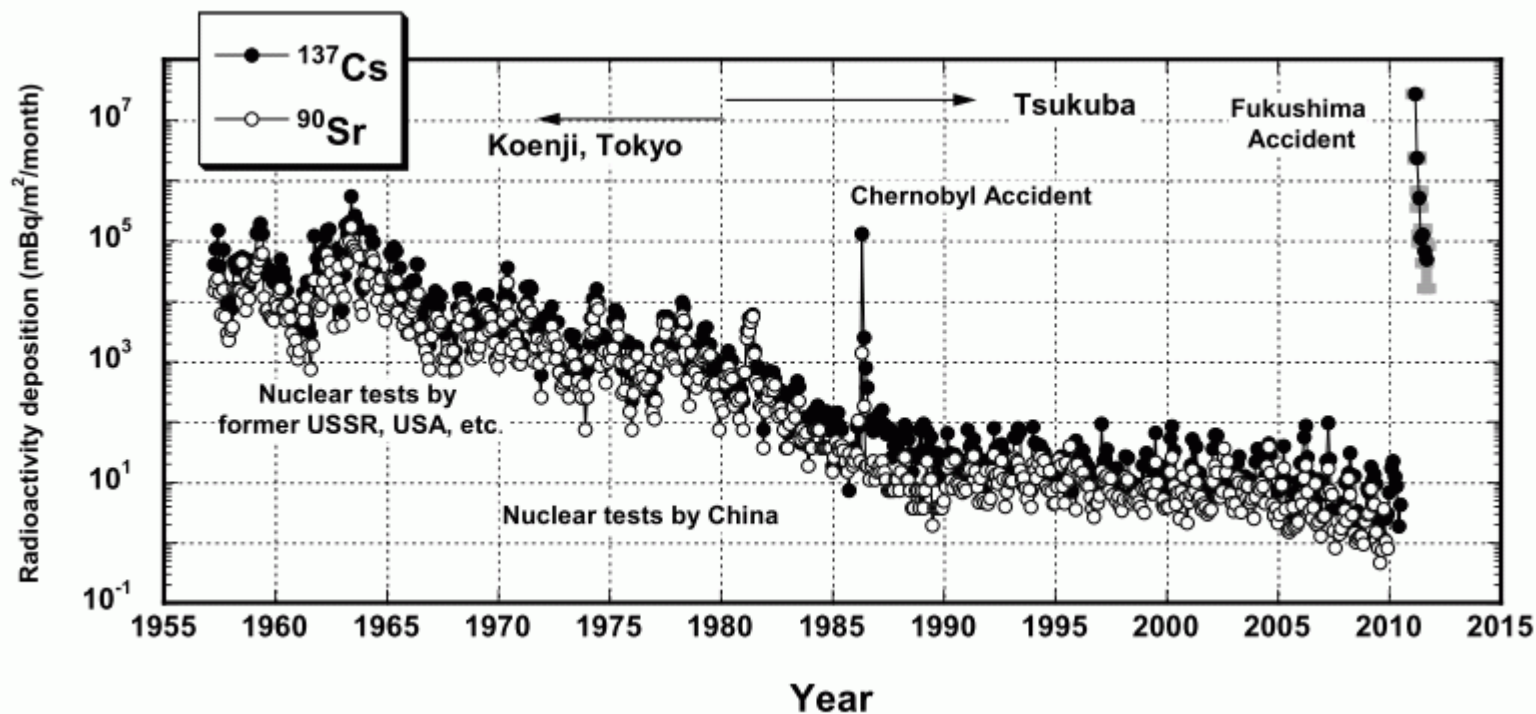
神戸大学 大学院理学研究科
地球惑星科学専攻・惑星科学研究センター
地球流体電脳倶楽部

2015年3月10日

地球流体データ解析・数値計算ワークショップ



略歴？

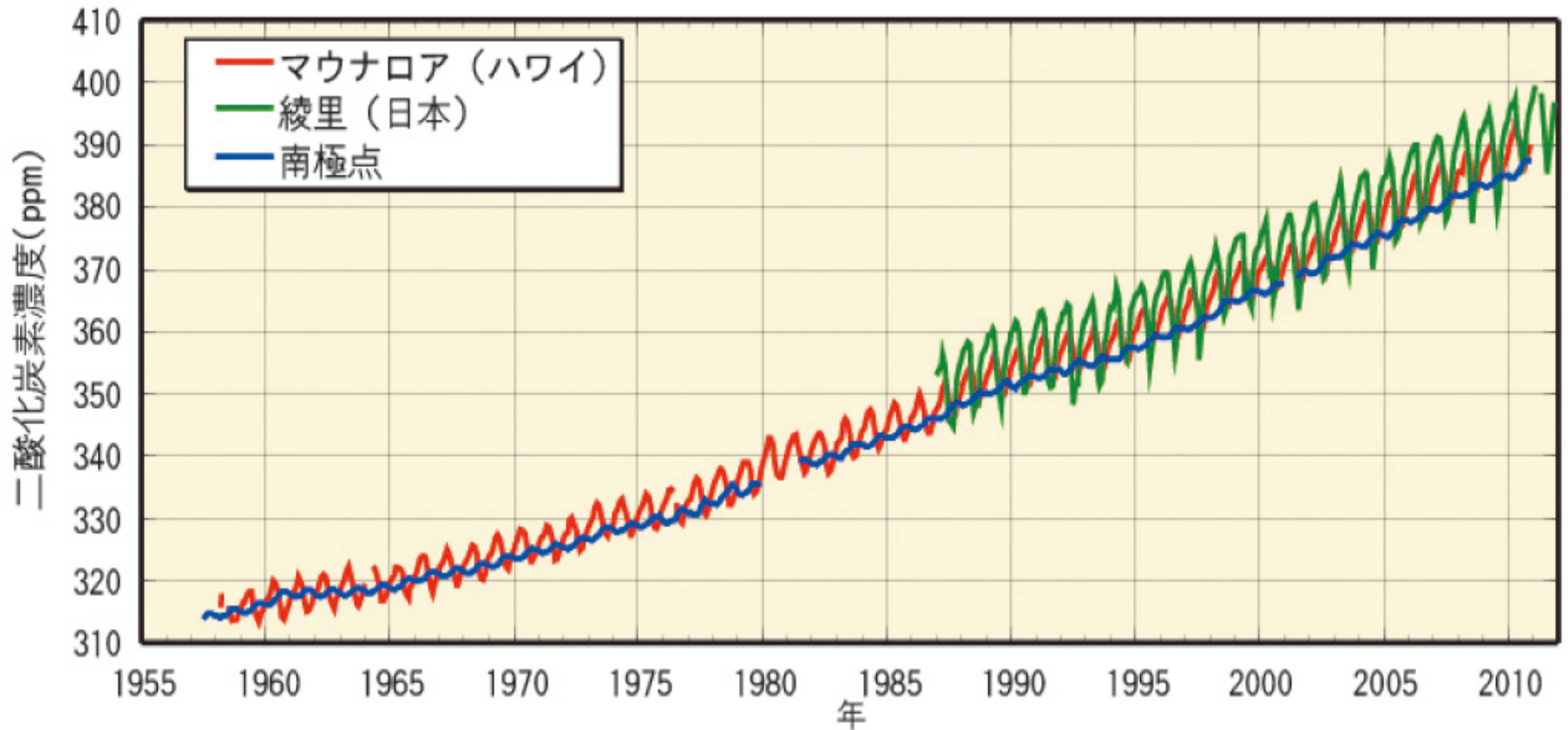


「環境における人工放射能の研究2011」

気象庁気象研究所

http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/ge_report/2011Artifi_Radio_report/

略歴？



気象庁 気候変動監視レポート2011

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/monitor/>

前夜

水惑星 (Aqua Planet)

水惑星1986

Hayashi and Sumi (1986, JMSJ)

T42L12全球スペクトル転換法モデル

気象庁の最初の
全球天気予報モデル

東大大型計算機センタS810(当時)で
25日積分するのに1時間

圧倒的な計算パワーを利用した安直な
仕事

SST FOR RUN ND1

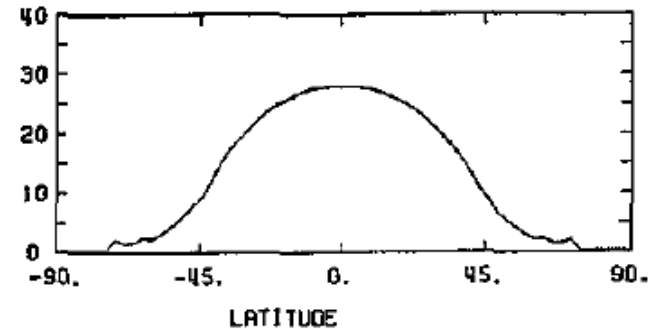


Fig. 2 Zonal profile of the SST distribution employed in the simulation.

水惑星1986

Hayashi and Sumi (1986.JMSJ)

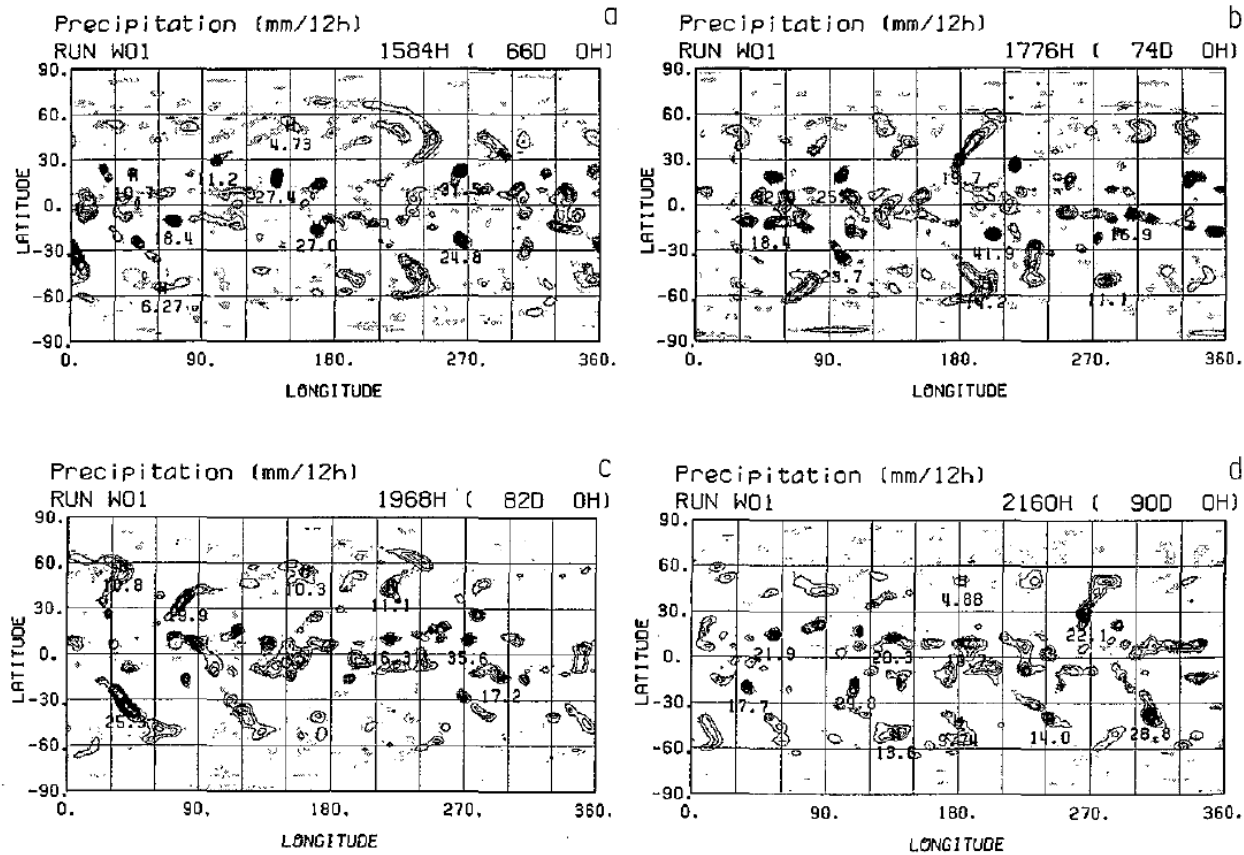
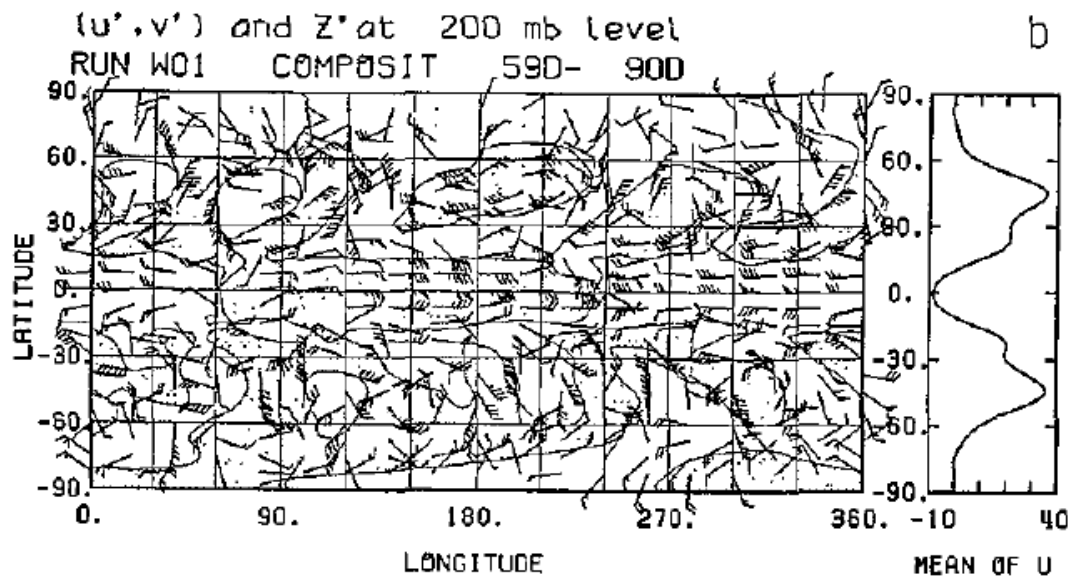
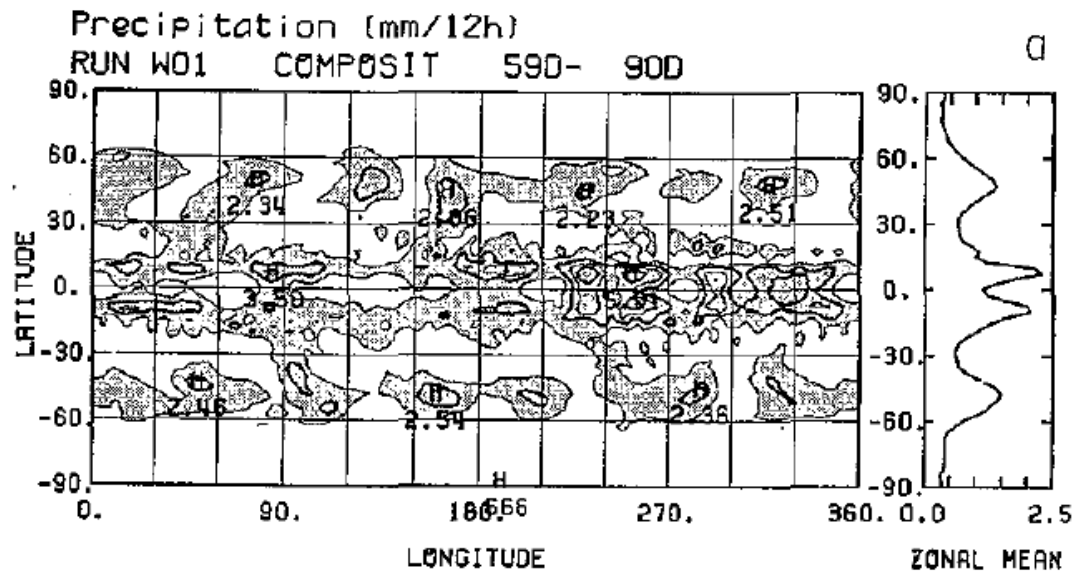


Fig. 4 Snapshots of precipitation per 12 hours at four different times ($t = 66, 74, 82, 90$ days). The contour interval is 2.5 mm/12 h and the regions of precipitation greater than 1 mm/12 h are shaded.

→ 6月10日の天気

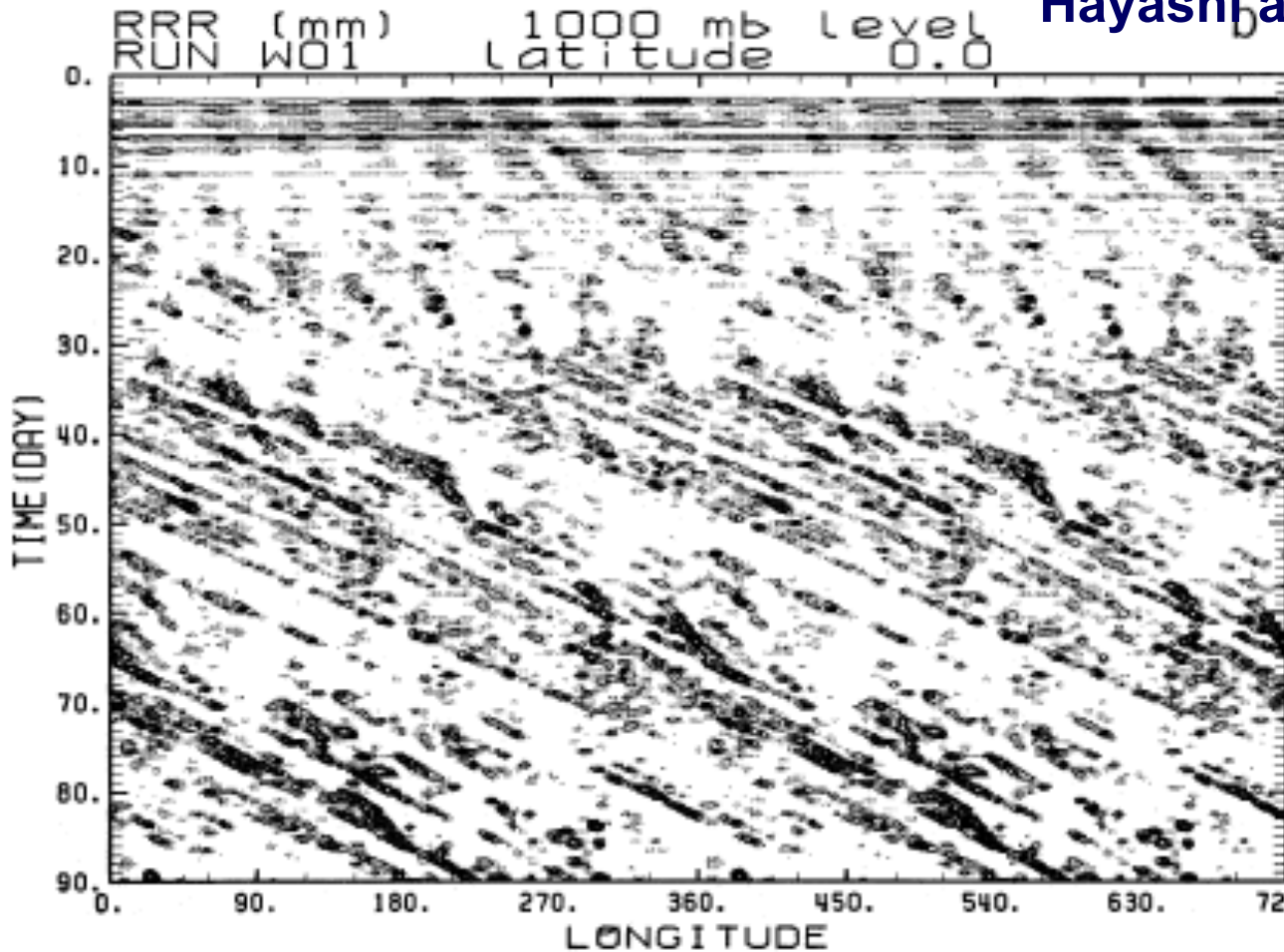


熱帯域の降水パターン:
Hayashi and Sumi (1986, JMSJ)

Fig. 5 Composite fields along the phase speed $c_0 = 15$ m/s for $t = 59-90$ days of (a) precipitation and (b) wind deviation (u', v') and geopotential height (Z') at 200 mb. The regions of (a) precipitation greater than 1 mm/12 h and (b) $Z' < 0$ are shaded. The contour interval for (a) is 1 mm/12 h. The unit of barbs plotted to the left is m/s. Zonal mean values of (a) precipitation (mm/h) and (b) zonal wind (m/s) are plotted to the right side of each figures.

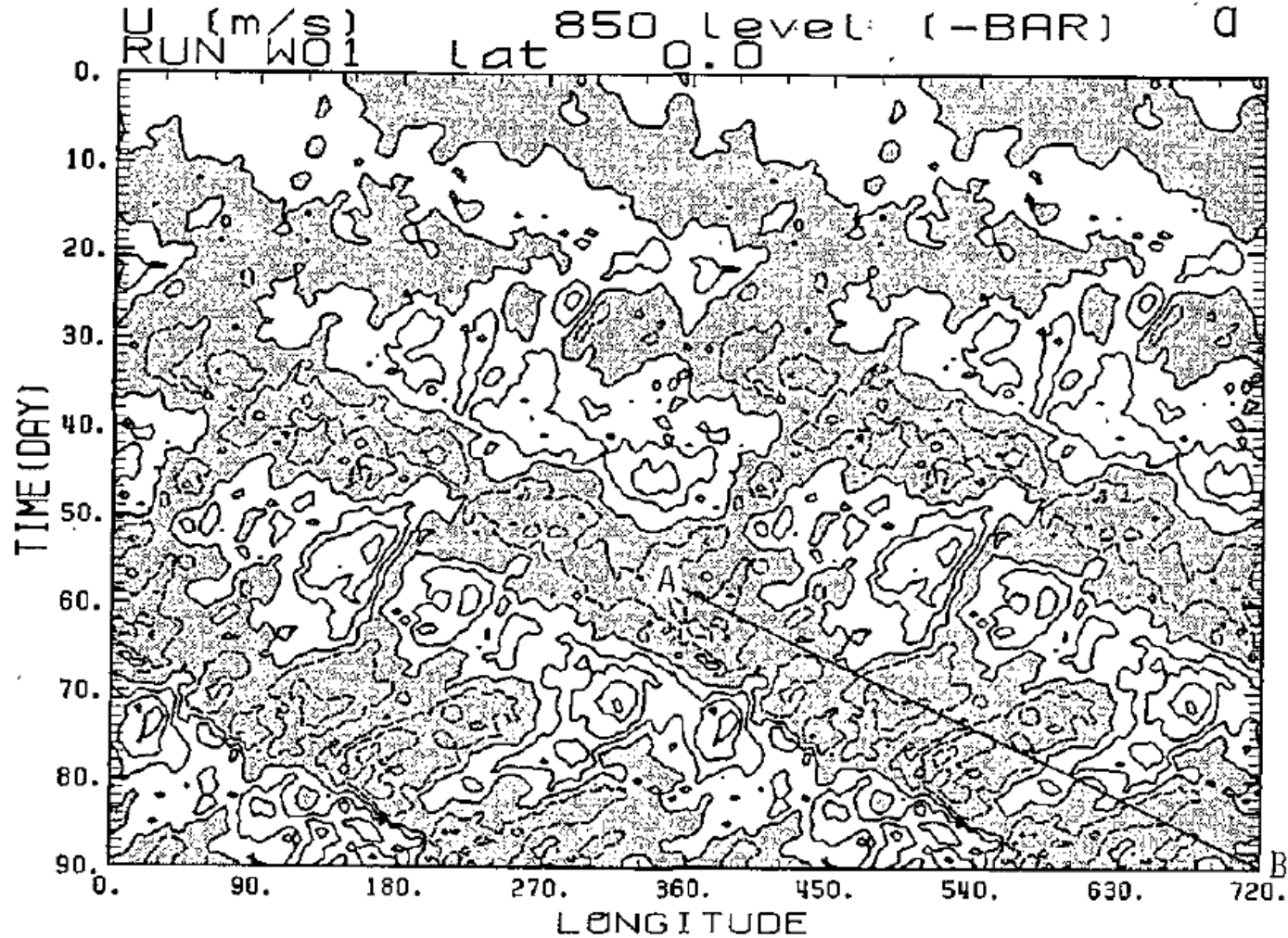
始まりの計算

熱帯域の降水パターン:
Hayashi and Sumi (1986, JMSJ)

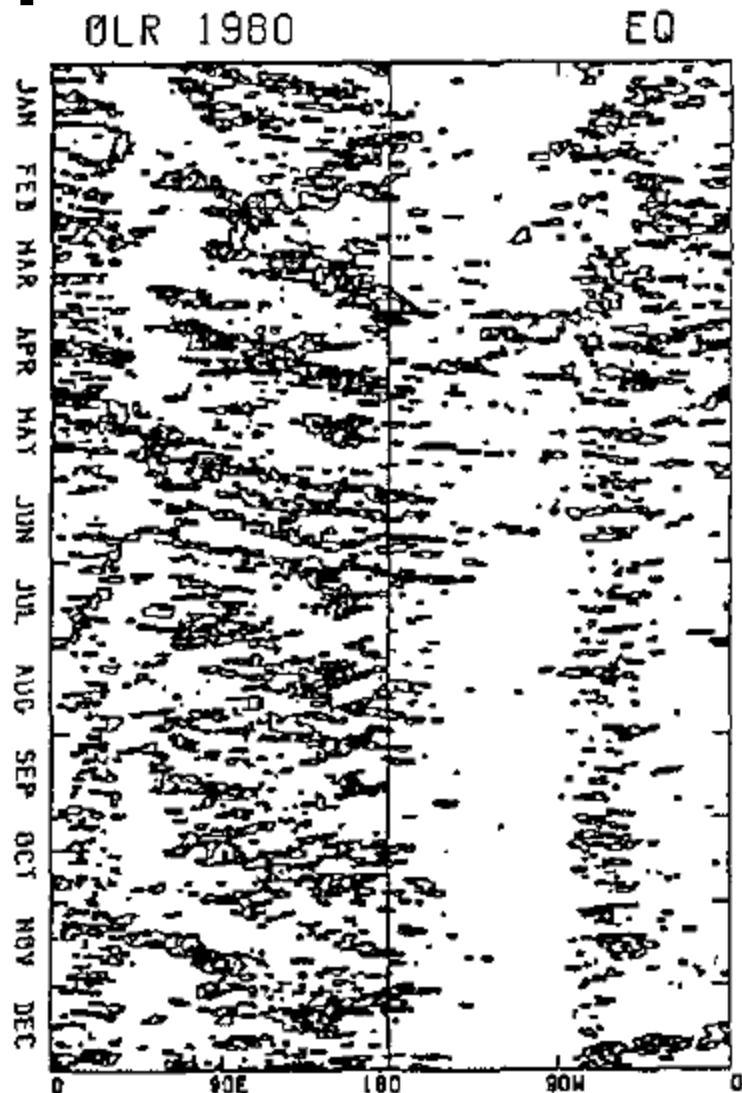
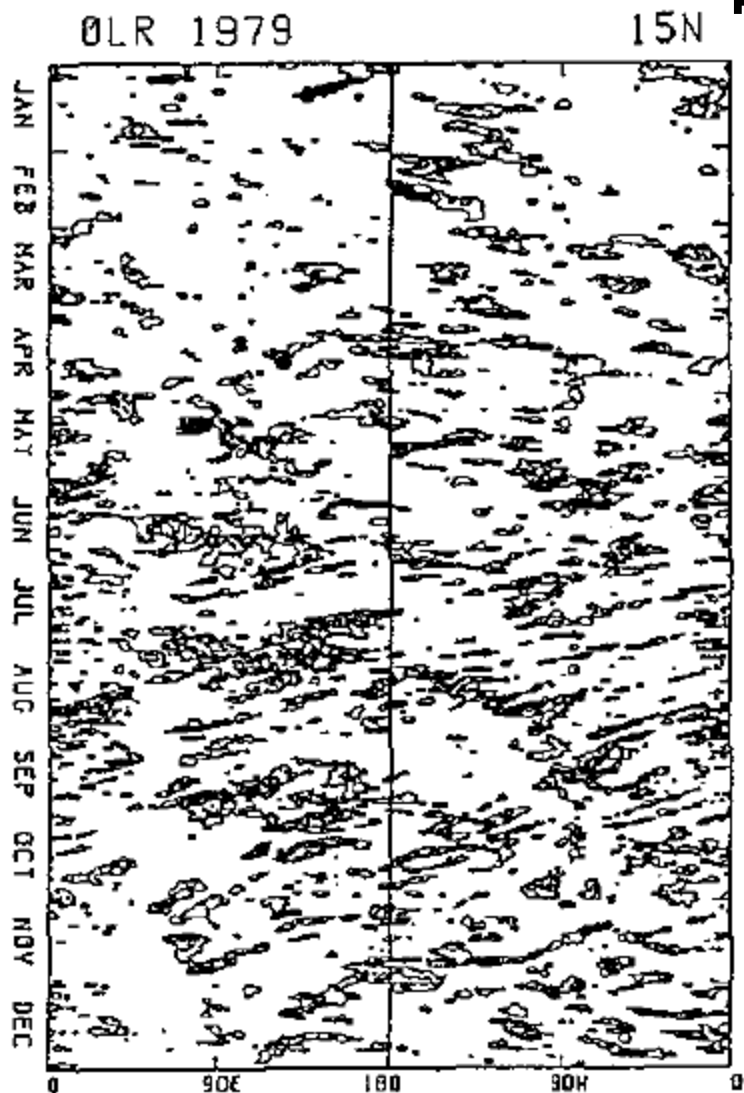


始まりの計算

熱帯域の降水パターン:
Hayashi and Sumi (1986, JMSJ)

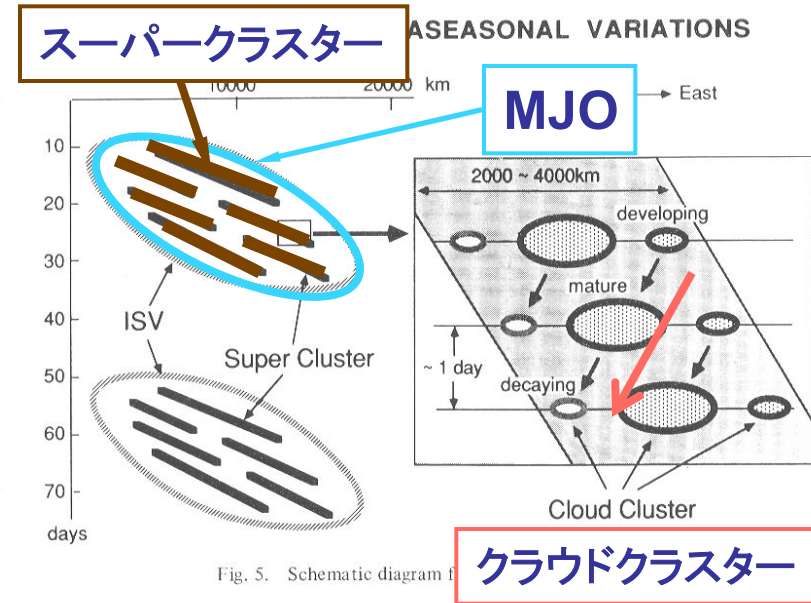
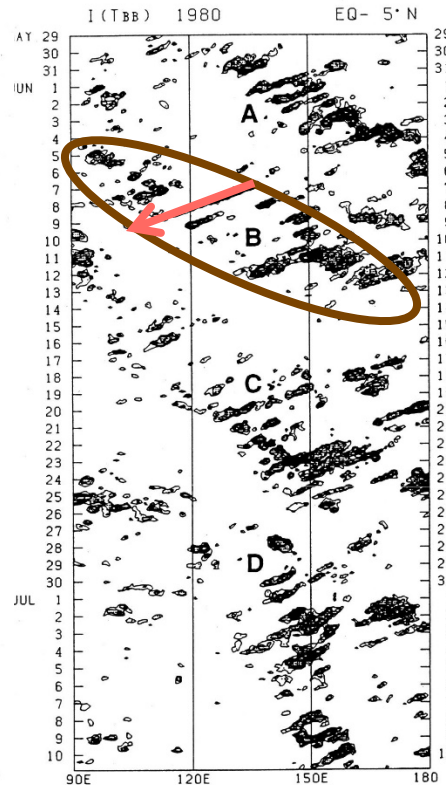
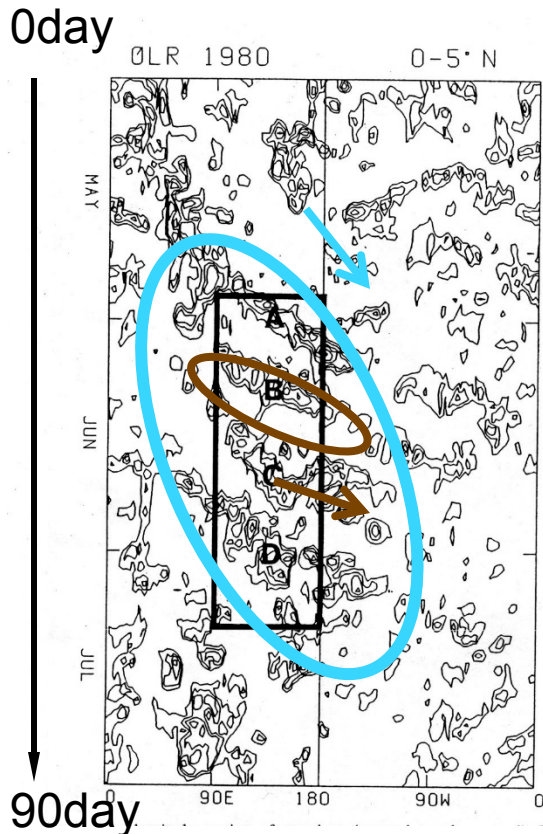


観測！



赤道域降水活動

- 衛星観測での階層的な降水構造 (Nakazawa, 1988)
 - MJO (Madden-Julian 振動) (東西波数1, 30~60 日周期で東進)
 - スーパークラスター (水平スケール 3000~5000 km, 5~10 m/s で東進)
 - クラウドクラスター (水平スケール 1000 km 以下, 10~20 m/s で西進)



観測: 赤道上外向き長波放射経度-時間図 (Nakazawa, 1988)

しかし、
数値計算結果を「理解」することは
たやすくはない

背景



背景：地球流体のはじまり

■ 物理帝国主義の一つのあらわれ

- 第二次大戦後の計算機の応用問題としての気象・気候予測への機運
 - ◆ 物理学として天気予報する・きっとできる、という確信
- さて、何を計算すればよいか
 - ◆ ナビエストークスを積分することは不可能
 - ◆ 流体力学を基盤に、個別的な気象海洋現象論を再検討統合し、大気海洋の運動を統一して記述する一般理論へ
 - ◆ 回転と密度成層が働く世界の流体力学＝地球流体力学
 - ▶ 現象の数理解物理的定式化（特に力学的定式化）
 - » 低気圧・高気圧とは何であるか？そのサイズは？
- 数学的に記述された流れ場の特色が表現できれば計算できる

背景：理解（追跡）の困難

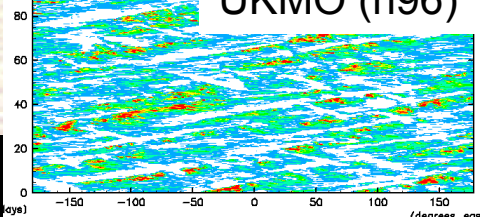
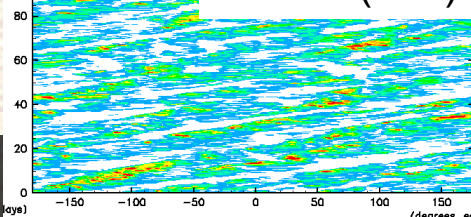
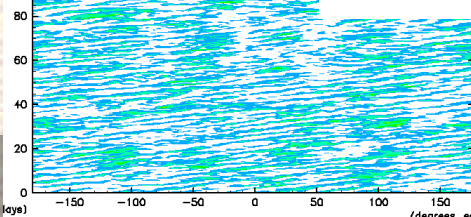
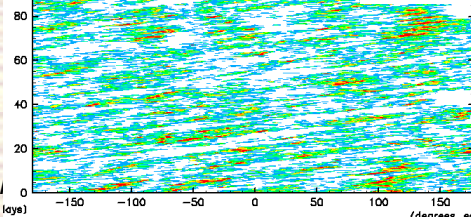
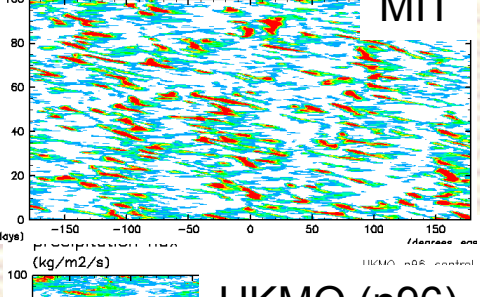
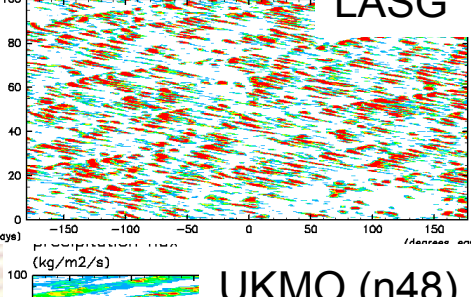
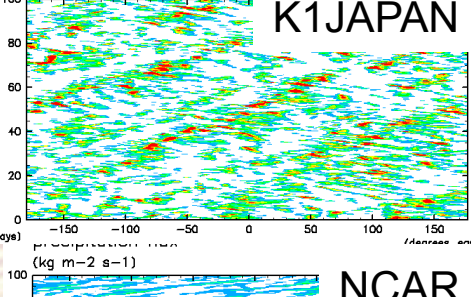
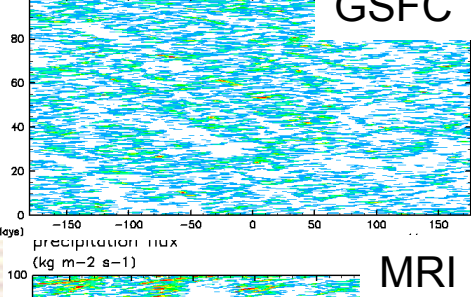
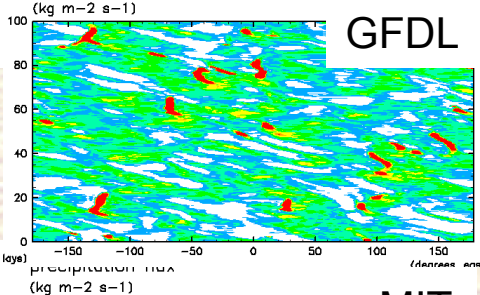
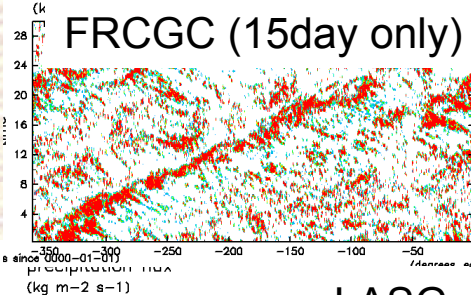
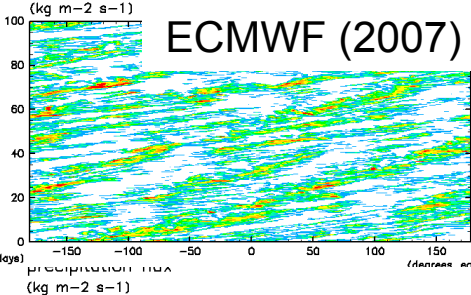
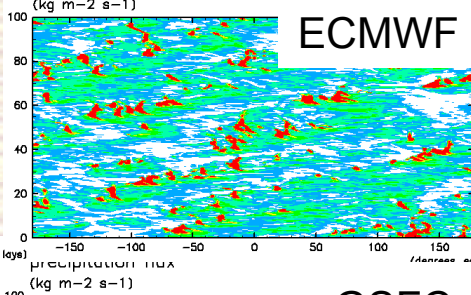
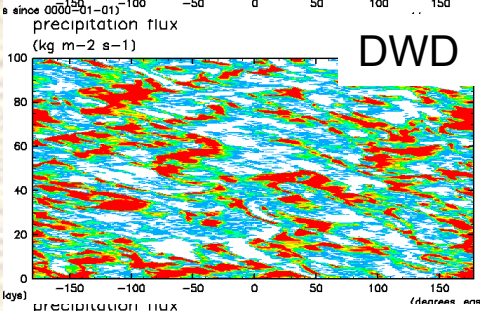
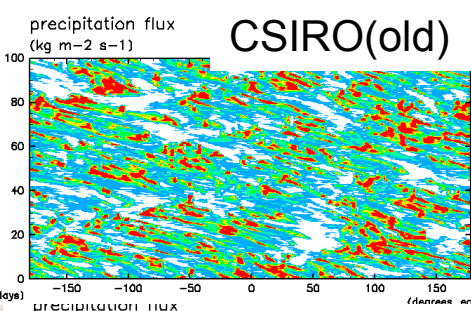
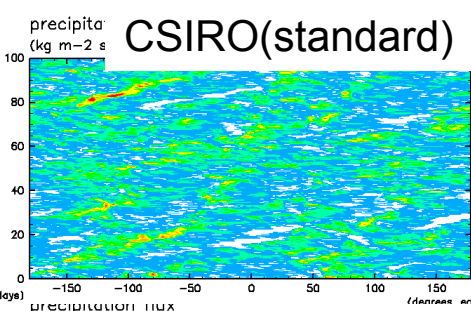
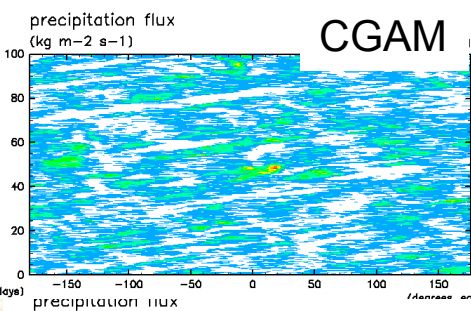
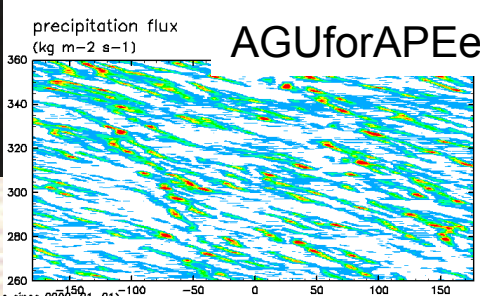
- ある程度天気予報気候予測できるようになったが、高度化・細分化
 - 物理の終焉＝理解の困難
 - ◆ 数式変形（高い普遍性）から数値計算へ
 - ◆ 概略の理解から精緻な予言へ
- 現場では業務化
 - 専門組織による気象業務
 - ◆ 高度大規模な観測網
 - ◆ 数値計算モデルの複雑化
 - ◆ モデルと結合したデータ生成（同化）、解析
- 研究・教育でも同じレベルを維持する必要

例: APE (水惑星実験) 赤道降水

APE (aqua planet experiment) workshop 2007

100day

0day



例:APE(水惑星実験) 赤道降水

数値計算結果を「理解」することはたやすくはない

■ 問題

- 膨大な知識とデータ, 複雑化するモデルへの対応
 - ◆ そもそも作るのが大変
 - ◆ 動かすのも大変
 - ◆ 相互に参照するのはもっと大変
- 伝統的作戦は人海戦術
 - ◆ 確保できる予算とマンパワーで勝負が決まる
 - ◆ いずれ限界が?
(でも以外と?長持ちした:計算技術の進歩)

背景：理解（追跡）の困難

■ 専門分化・細分化

- 知の爆発＝膨大な知識の集積
 - ◆ 多すぎて理解困難（頭に入らない）
 - ◆ さらなる進歩を得るためには細分化して対応
 - ◆ でも無限に細分化するわけにはいかない
 - ▶ 全体の掌握が困難に
 - ▶ 個々の継承が困難に
 - ▶ マンパワーとコミュニケーション能力にはかぎりがある

■ 知の爆発への対応

● V. Bush(1945)

- ◆ 「人類にとっての真の挑戦は原子をさらに細かく調べたり生命の複雑さを探求することではなく、科学技術が氾濫させる情報のよりよい管理方法を発見することだ」
- ◆ 研究者にとって情報のよりよい管理方法とは？

● これを地球流体(気象海洋...)な世界ぐらいを対象に何とかしてみようじゃないの

- ◆ 気象海洋現象を統一的に記述するべく生まれた地球流体力学の伝統を「継承」
- ◆ 数理物理的な構造を基盤に情報学的構造(整理の仕方)の探究

そこで



- **誰もが参照できて使える情報基盤としての資源の整備提供共有**
 - 相互検証されるべき詳細な知識の共有空間としての数値モデル＝情報基盤
 - ◆ 論文に載ってる情報じゃあ全然足りない
 - ◆ そもそも細かい設定は載せられない
 - ◆ 数値モデル自体がデータ(情報)
 - 数値モデル構築とデータ処理のための技術的基盤としての情報基盤
 - ◆ 構築維持管理運用レベルの全体としての底上げ
 - ◆ 一人あるいは小さなグループで全部やってたら大変

地球流体電脳倶楽部

- ネットワーク上に分散活動する、主に気象(海洋)分野の研究者と学生の(小)集団
- 計算機の発達と情報化への対応: 情報化時代の学問展開の基礎
 - 理論からシミュレーションへ
 - 情報の集積が紙媒体から電磁氣的媒体へ
 - ◆ 従来の紙媒体の教科書を超えた、新しい形の「教科書」の必要

メンバー

■ コア (1988: 初期立ち上げ)

- 林 祥介 (神戸大・理)
- 塩谷雅人 (京大・生存圏研)
- 余田成男 (京大・理)
- 酒井敏 (京大・総合人間)

■ メンバー

- 北大、京大、神戸大、九大など全国に分散
- Active member は10から20人程度

めざすもの

- 理論・観測データ・数値モデルを統合した、情報化時代にふさわしい、新しい「教科書」の模索
 - 「紙と鉛筆」で行われてきた知見の集積と伝承を、「計算機とネットワーク」を用いて行う
 - ◆ 情報の種類を区別する必要はなかろう＝マルチメディア
 - ◆ ネットワーク越しに計算機に聞くと答えてくれる
- そのような「教科書」作る「場」の提供
 - その時々で利用可能な情報技術を利用しつつ、知見の集積・管理のよりよい方法を考える

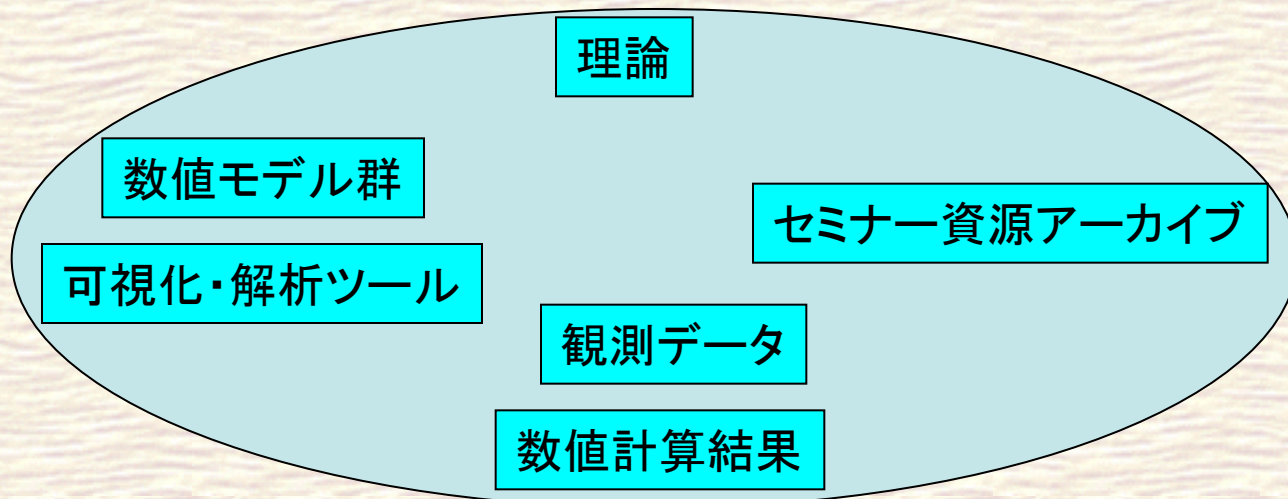
歴史

- 1985年
 - 気象庁から東大に大気大循環モデル(FORTRAN77)が「輸入」
- 1987年
 - SGKS = DCLの初期バージョン(京大)
- 1988年(頃):地球流体電脳倶楽部立ち上げ
- 1990年
 - DCL(電脳倶楽部ライブラリFORTRAN77の描画用ライブラリ) ver. 3 公開
 - AGCM5(気象庁の大気大循環モデルを再構成したもの)
 - GTOOL3(データ構造、FORTRAN77のデータ入出力・描画ツール)
- 1997年:地球流体基礎実験集オンライン化
- 1998年:理論ノート集積
- 1999年: Davis (Data analysis and visualization)プロジェクト
 - Gtool4 tools/library (FORTRAN90のデータ入出力・描画ツール)
 - Gtool4 規約 (netCDF データの規約)
- 2002年
 - ISPACK(FORTRAN77の高性能数値計算ライブラリ)
 - SPMODEL (FORTRAN90の可読性を考慮した地球流体力学スペクトル数値モデル群)
 - Ruby 製品
- 2003年
 - Gt4f90io (FORTRAN90のデータ入出力ライブラリ)
- 2005年
 - Deepconv/arare,DCPAM(FORTRAN90の数値モデル)
- 2007年
 - Dcrtm(FORTRAN90の惑星放射モデル)
- 2008年
 - Gtool5(FORTRAN90のデータ入出力ライブラリ)

電腦倶楽部の目指すもの模式図

情報の爆発への対応

「理解」の集積と伝承



あらま欲しき知識の集積方法の模索

あらま欲しき知識の提供方法の模索

新しい教科書の姿は？

具体的な活動内容

■ 「場」の提供

- 電脳サーバの運営(全国3箇所に展開)
 - ◆ <http://www.gfd-dennou.org>
- 種々のセミナーの運営

■ いわゆる「教科書」の電子化

- 地球流体基礎実験集
 - ◆ <http://www.gfd-dennou.org/library/gfdexp/>
- 地球流体力学に関するノート(「理論ノート」)

■ ソフトウェア開発

- データ構造、可視化・解析ツール
- 数値計算モデル群

■ 「暗黙知」や「口伝的による知見」の情報化と集積

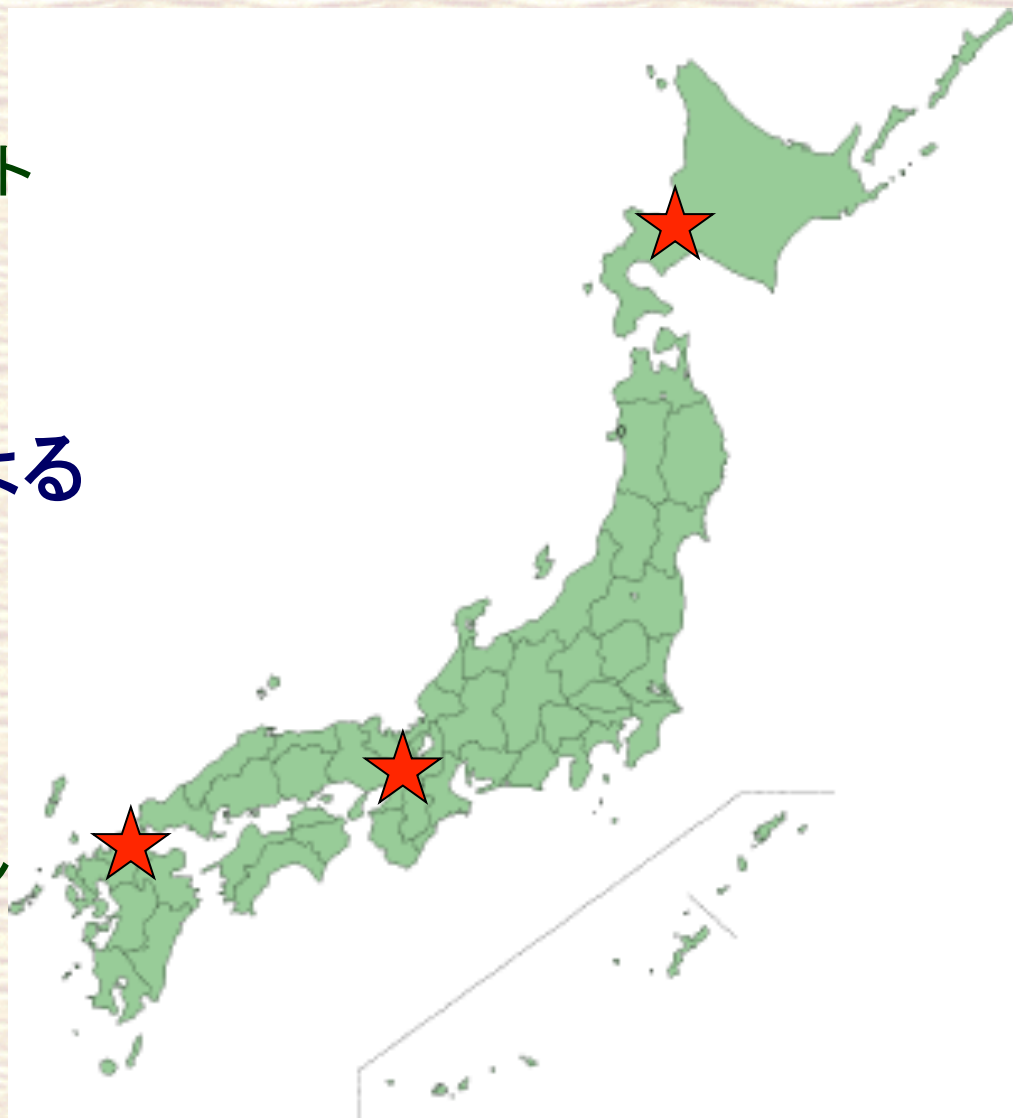
- 講義、セミナー映像の保存と配信

「場」の提供



電腦サーバ

- 本家は京大
 - 北大、九大にミラーサイト
- 全国の研究者からなるサーバ運営スタッフによるボランティア的運営
- WWW, mail, DNS
 - gfd-dennou.org ドメインを取得



セミナー・研究会運営

■ 合宿形式セミナー

- GFDセミナー
- FDEPS
- 森羅万象学校

■ オンラインセミナー

- 惑星大気研究会
 - ◆ 気象学会「惑星大気研究連絡会」活動の一環

■ 詳細は

- <http://www.gfd-dennou.org/seminars/>



「教科書」の電子化



「教科書」の電子化

K-H不安定 3

水槽を傾けると同時に、真水と塩水はそれぞれ右と左に静かに流れていく。数秒後、境界面がわずかにみちみち、それが急成長して、きれいな唐草模様を作ったかと思うと、あっという間に崩れ去ってしまう。その間、約1秒である。

数字的には、真水と塩水が混じり合わずに、お互いに流れ去る単純な解も存在する。しかし、

自然はその解を好まない。

どういわけか、より複雑な流れを次から次へと選択し、最終的には乱流となって、激しく混合してしまうのである。

http://www.gfd-dennou.org/library/gfd_exp

■ 理論マニュアル

- さまざまなノートを電子化（整備中）

■ 地球流体基礎実験集

- 京大で行われた地球流体実験の記録映像

地球流体電磁気学
GFD Dennou Club

index www.gfd-dennou.org

磁場に関する保存則	1	完全導体の誘導方程式	3
-----------	---	------------	---

1 完全導体の誘導方程式

磁気流体力学 (以下, MHD) における磁場の時間変化は誘導方程式

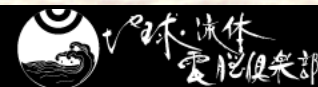
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \eta \nabla^2 \mathbf{B} \quad (3)$$

及び磁場のソレノイダル条件

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (4)$$

によって記述される。ここで \mathbf{B} は磁束密度, \mathbf{v} は速度ベクトルである。 η は磁気拡散率であり, 透磁率 μ , 電気伝導度 σ を用いて

<http://www.gfd-dennou.org/library/riron>



ソフトウェア開発



ソフトウェア開発

■ 2本立て

- 惑星流体科学のための階層的数値モデル開発：
dcmode1 プロジェクト(2002～)
 - ◆ 惑星の大気循環、コアやマンツルの運動を考察するための数値モデルを自前で開発するプロジェクト
- データ構造、可視化・解析ツールの開発：
davis プロジェクト(1998～)
 - ◆ 地球惑星流体現象に関連する多次元データを想定
 - ◆ キャッチフレーズは「クリック一発で絵が描ける」
 - ▶ いろいろなデータが同じツールを使って解析できる

dcmodel プロジェクト: 背景

■ シミュレーションモデルの高度化

- シミュレーションのためのモデルから知見の集合体としてのモデルへ
 - ◆ 大気大循環モデルは気象学・気候学の知見の集大成
 - ◆ 知見をためこむ「装置」(新しい形の「教科書」)

■ モデル自主開発の必要性

- 理解の枠組み、知見の集合体
- 他人のモデルは使えない
 - ◆ 馴染んだものが必要＝「他人」じゃない
 - ◆ 開発グループの知見の範囲内でしか仕事ができない
 - ◆ 新たな世界を切り開くことが難しい

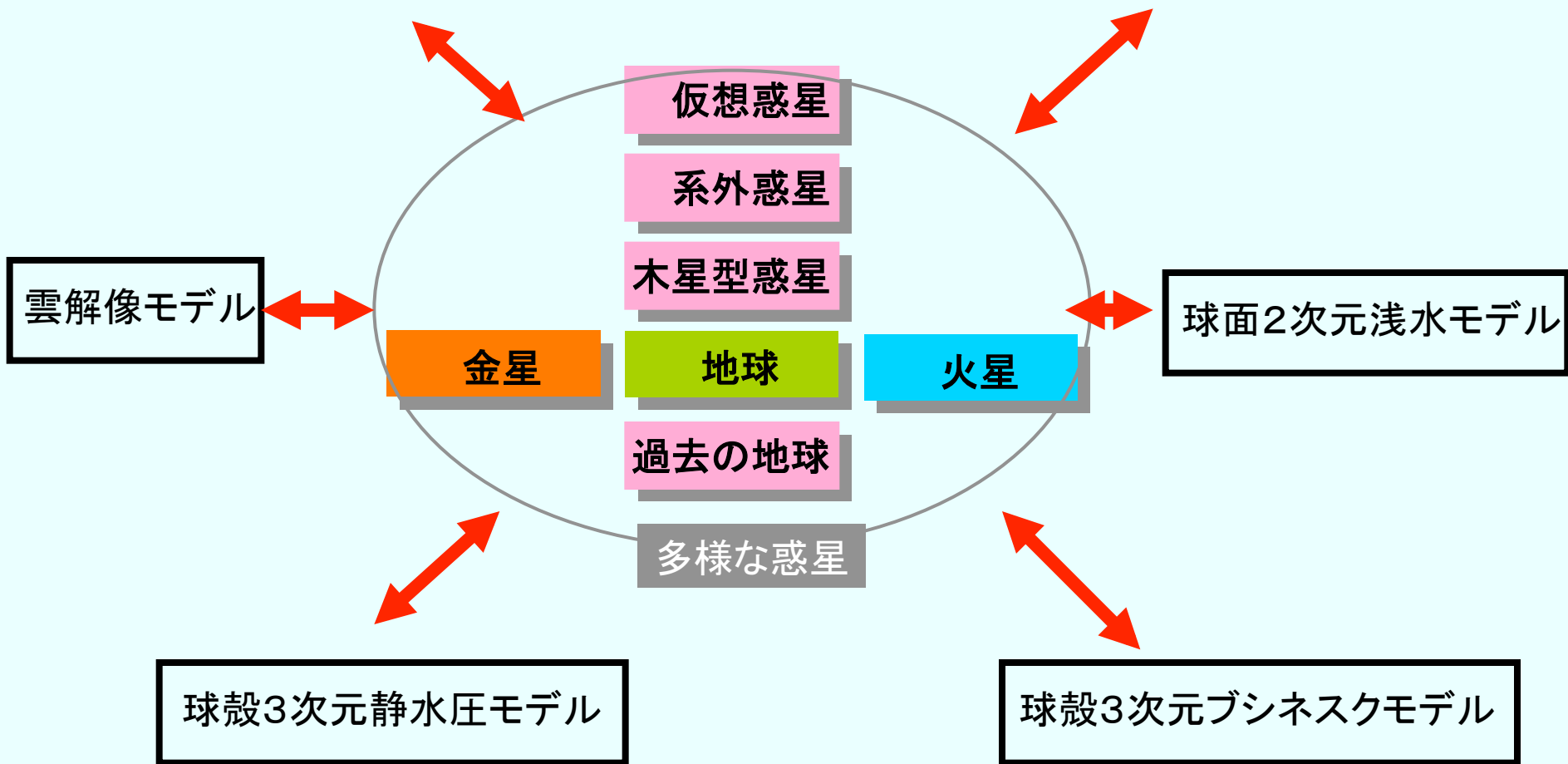
■ 誰もが使える数値モデル

- 特定の組織の排他的持ち物でない
 - ◆ 自由に利用・改編・再配布＝教育現場用教科書ポリシー
- ソースが公開され追試計算が可能でなければ科学じゃない(石岡哲学)

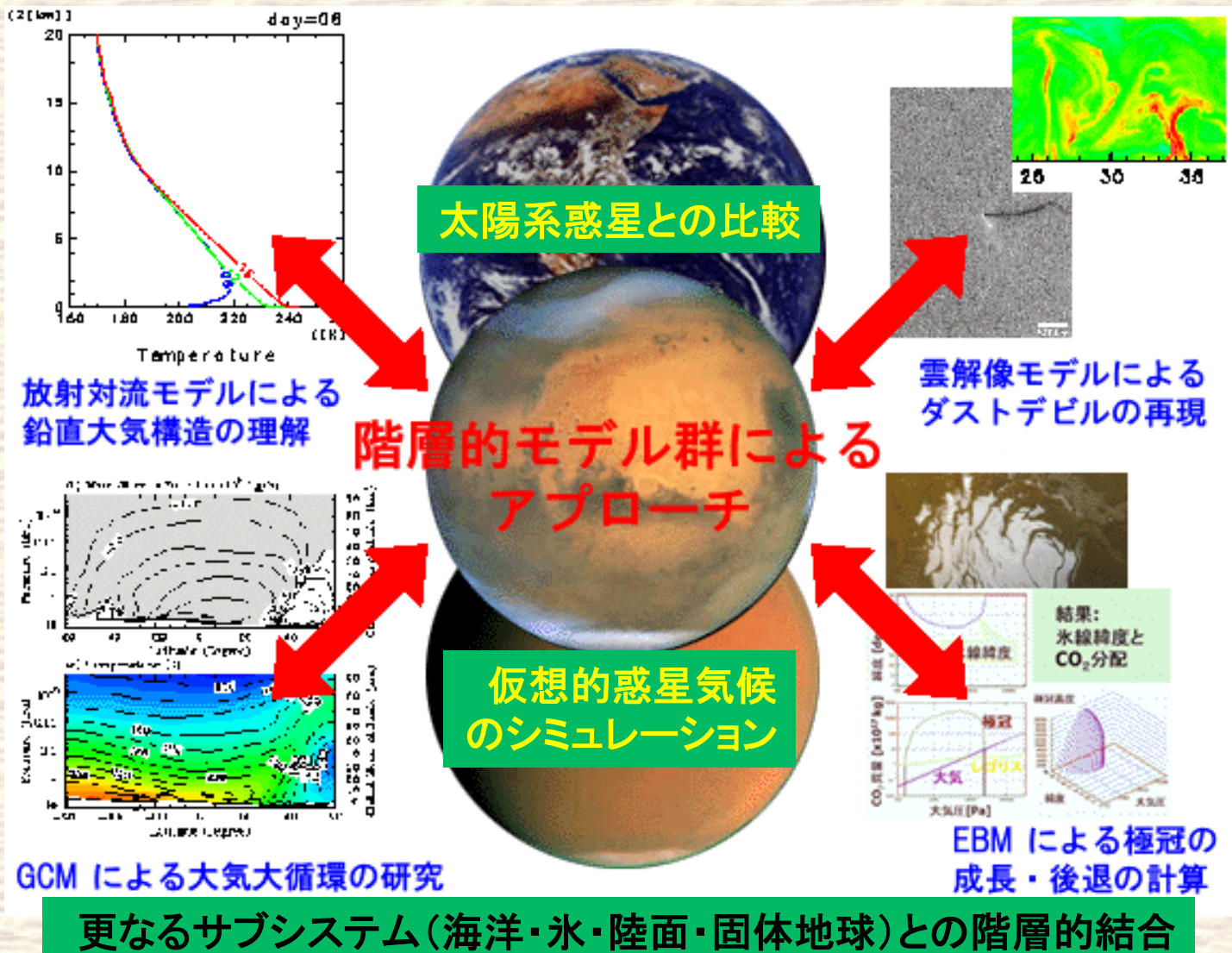
dcmode1 プロジェクト: 階層モデル群

鉛直1次元放射対流平衡モデル

南北1次元エネルギーバランスマデル



仮想気候サーベイヤー (Virtual Climate Surveyer, VCS) の開発



開発中のモデル一覧

■ dctrn

- 放射伝達

■ oboro

- 1次元熱力学平衡大気モデル

■ SPMODEL

- 階層的地球流体スペクトルモデル集
- 1次元移流モデルから3次元球殻まで

■ deepconv

- 2次元/3次元非静力学モデル

■ dcpam

- 3次元球面大気モデル(1次元から3次元まで...)

◆ SPMODEL の枠組みを利用し設計

davis プロジェクト: 背景

- 地球惑星流体科学データの特徴
 - 大規模(サイズ大、種類も多い)
 - 多様(生産元によって異なるデータ構造)
- 観測と数値計算の融合・数値モデル相互の参照
 - 手軽なやりとり(比較)
 - 数値計算間のやりとり
- バイナリデータから「クリック一発」で絵を描く
 - オブジェクト指向的な考え方を導入
 - ◆ データ自身がデータの処理方法を語ってくれる
 - 自己記述的標準データ構造の利用
 - ◆ netCDF

davis プロジェクト前夜の製品たち

- 1988ごろ DCL:地球流体電脳倶楽部ライブラリ
 - Fortran77 で記述された可視化ツール
- 1990ごろ GTOOL3
 - データ構造およびDCL 基盤の可視化ツールの総称
 - 大気大循環モデル AGCM5 と平行して開発
 - GTOOL3 形式と呼ばれるバイナリデータフォーマット(まだMTの時代だった)を考案
- Fortran を用いたことによる限界
 - 言語仕様上の機能の制限
 - 対話的利用ができない

davis プロジェクト: 目標と製品

■ 「クlickー発」で絵を描くための、データ構造、可視化ツールの開発

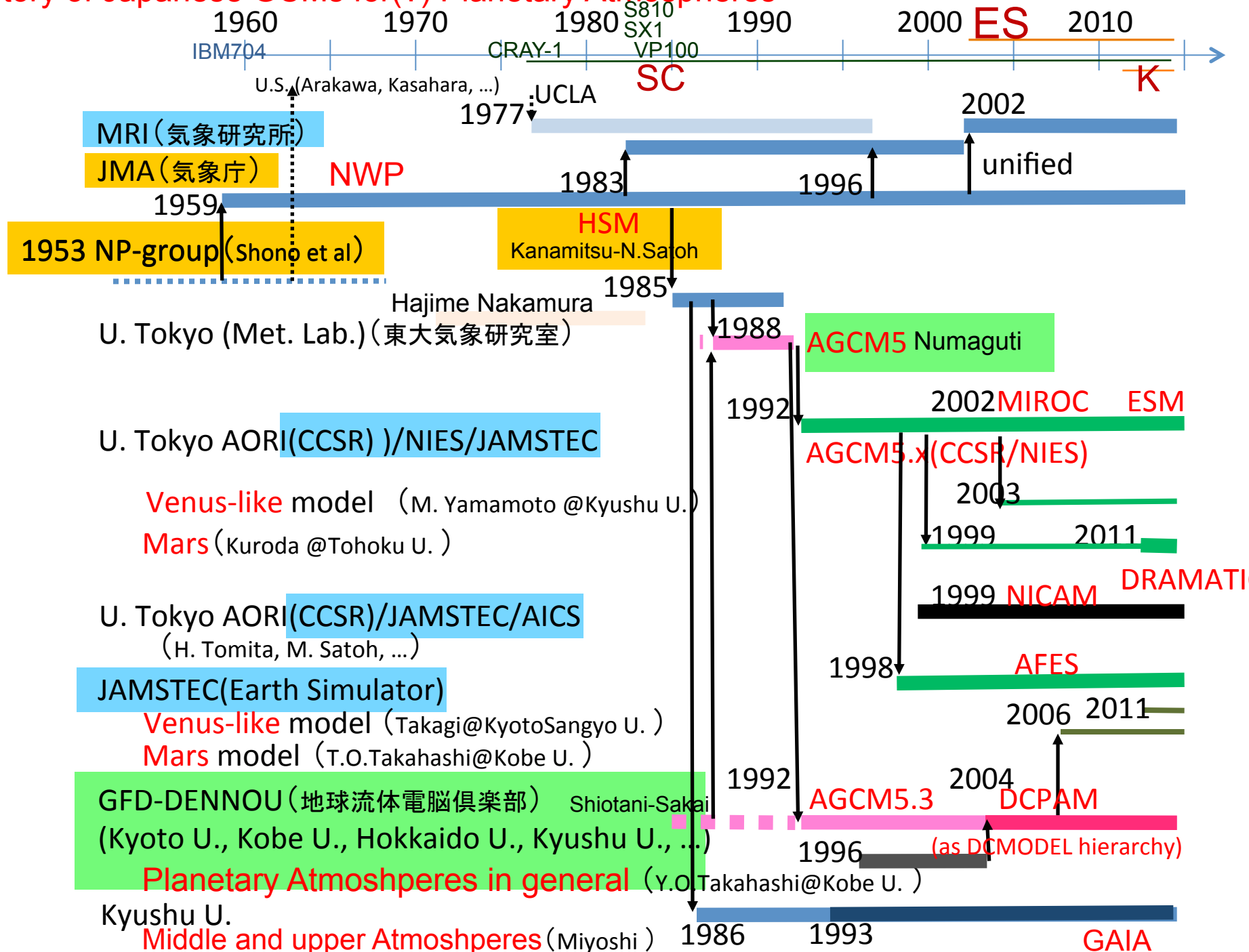
● データ構造

- ◆ COARDS netCDF 規約をベースに、規定されていない規約を追加し、gtool4/netCDF 規約として整備
- ◆ その後提案された CF (Climate and Forecast) 規約との互換性を検討

● ツール開発

- ◆ Fortran90 による実装: gtool5
- ◆ Ruby による実装: dennou-ruby ツール群
 - ▶ DCL の Ruby ラッパ、対話的利用

History of Japanese GCMs for(?) Planetary Atmospheres



業界共通ライブラリへ

富田・西沢@AICS、他

知の情報化と集積



講義・セミナーアーカイブ

- 当初は OHP や手書きノートをスキャンしただけのもの
 - かなり面倒
- 資料媒体の電子化
 - プレゼンテーションソフトウェアの普及
 - ◆ PowerPoint, MagicPoint, KeyNote
- 映像との融合
 - 慶応大学 SFC「School Of Internet」を模範
 - 知見の生まれる場の様子を映像情報として集積
 - 北大を中心とした mosir プロジェクトと連携

講義・セミナーアーカイブ

“FLUID DYNAMICS OF EARTH AND PLANETARY INTERIORS” - Mozilla Firefox

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(T) ヘルプ(H)

http://www.gfd-dennou.org/seminars/fdeps/2006-11-28/christensen/lecture1/pub-web/index.html

はじめよう asahi.com 平衡点 -- equilibrium p... 負け組日記 散財日記

About Lecture


- ◆ Info of Lecturer
- ◆ Photo of Lecturer
- ◆ Copyright
- ◆ top to the FDEPS

List of slides

1. Journey to the centre of the Earth
2. Athanasius Kircher, 17th century
3. Jules verne: Journey to the centre of the Earth, 19th century
4. Continental deep drill hole, Germany 9042m
5. Entrance to the old seismological observatory in Gottingen, Germany
6. Registration of the San Francisco, 1906, Earthquake taken in Gottingen
7. Seismic wave propagation through the Earth
8. Earth's interior (1)
9. Formation of magnetic lineations at

2006/11/28 at Kansai Seminar House, Kyoto, Japan
Ulrich R. Christensen (Max Planck Institut)
“FLUID DYNAMICS OF EARTH AND PLANETARY INTERIORS”

[video start] [previous] [next] [go to top]



完了

スタート Microsoft PowerPoin... 2 Firefox RealPlayer: Christen... あ般 CAPS KANA Norton 14:49

現状の総括

- 個々の活動や製品のなかには形になりつつあるものもある(なってないものもある)
 - Dcrtm, Deepconv, DCPAM(数値モデル)
 - Gphys, GfdNavi(可視化・知見集積ツール)
 - ◆ 単なる解析ツールから知見の集積、共有、切り出しツールへ
 - 講義・セミナーアーカイブ
- 当初めざしたものはどこまで形となったか？
 - 「新しい形の教科書」を作る「場」は提供できたように思える
 - 「新しい形の教科書」の模索はまだ続いている状態
 - ◆ 個々の活動、製品を束ねると「新しい形の教科書」になるだろうか？
 - ◆ どう束ねると我々にとって望ましい形となるのか？
- 業績競争時代に生き残れるか？ 片手間じゃ無理だ
 - マンパワーの供給・テナトラック
 - 資金

世間の動き

■ 地球流体電脳倶楽部を始めたころになかったもの

● Wikipedia

- ◆ 利用者の利用者による利用者のためのオンライン百科事典
- ◆ 幅広い分野の知見を網羅
 - ▶ ゴシップからサイエンスまで
 - ▶ ハイパーリンクによる相互参照

● Google

- ◆ 何でも知っている Google 先生
- ◆ 「ネットワーク越しに計算機に聞くと答えてくれる」の一つの形

● 米国産数値モデル・可視化ツールの流通

- ◆ 誰かが作ってくれたソフトウェア(理解の枠組み)を使うだけの方が、短期的な業績効率は向上する
 - ▶ MM5, RAMS, ARPS, MOM(流体数値モデル)
 - ▶ Grads(可視化ツール), VIS5D
 - ▶ ...

今後の道は？

- 我々にとって望ましい形で知見を集積、共有、切り出したいと思う限り、なんらかの「箱」を用意する必要があるだろう
 - それが「新しい形の教科書」かもしれない
 - (実は破滅の罠かもしれない)
- 世間(他人)の枠組みには安易に乗れない
 - Wikipedia では満足できない、他人のモデルはいやだ
 - オタクは自分の世界を作りたい・持ちたい
- どこまでが「他人」なのかは検討の余地あり
 - 積極的に欧米の理解の枠組みに乗る選択もある
 - しかしそれだと日本で知的生産活動を行う意味がない
 - ◆ 必要なのは翻訳者だけになってしまう(蛮書取調所に戻る?)
 - ◆ 何らかの意味あるいは部分で対等あるいは売りがないと
 - では誰となら手を取り合えるのか？
 - ◆ GFDL/Princeton?
 - ◆ UCAR/UNIDATA?

愚痴？

- 「まっとうな組織」を持っていない片手間仕事なので...
 - 業績評価と予算厳しき昨今やりにくくなってきた
- 日本はソフトウェア研究には優しくない？
 - 別に米国でもたいして優しくはないが...
 - ◆ GFDL/Princeton
 - ▶ 気候モデル発祥のセンター
 - ▶ 旧世代のリタイアの後、研究者付けだった技術スタッフを集積して、FMS(フレキシブルモデリングシステム)を開発提唱
 - ▶ 技術職員と研究職員の数は同じくらい
 - ▶ 給料も同じくらい
 - ◆ UCAR/UNIDATA
 - ▶ 大学共同のサイバーインフラ提供・コーディネーション組織
 - ▶ 衛星時代幕開けを受け1984発足
 - ▶ 20人規模
 - ▶ netCDFの家元
 - ▶ さまざまなソフトウェア開発活動
 - 日本では
 - ◆ ソフトウェア的研究は理論的研究なので基盤研究で人員確保することは困難
 - ◆ 大学では旧技官システム崩壊の後、これを申請復活する手順が見いだせていない
 - ◆ 計算機の能力に比して、ソフトウェア集団の蓄積があまりに貧弱
 - ◆ まして情報科学的展開に関しては、俊が過ぎちゃったのでますます厳しい