

- (第1回) **大気運動の全体像**
- (第2回) 大気の運動方程式の導出
- (第3回) スケール解析
- (第4回) 日本の四季と気圧配置
- (第5回) コリオリ力
- (第6回) 地衡風・温度風
- (第7回) ロスビー波
- (第8回) 温帯低気圧(傾圧不安定波)
- (第9回) 前線
- (第10回) 乾燥対流
- (第11回) 湿潤対流
- (第12回) メソ対流系
- (第13回) 台風
- (第14回) 熱帯擾乱
- (第15回) 局地循環・まとめ

* 講義の進行の都合により、テーマがずれることがある。

- ・地球大気は常に準平衡な静的状態(複数?)に向かっている。ところが太陽エネルギーは非一様にあるので、常にアンバランスな状態になる。(大気は常に不安定！)
- ・もし静的に不安定な状態になれば、大気は不安定を解消する方策を取る。こうして大気擾乱が生まれる。このときに運動エネルギーが発生する。これが不安定問題である。
- ・さらに、大気不安定が解消されて静的な準平衡状態になるときに、中立波動の励起が起こり、運動エネルギーは周りの静的安定域を伝播する。
⇒大気中には不安定の発生および解消過程と中立波動の励起・伝播過程がある。
⇒これらの過程を物理法則に則り数学的な手法を用いて記述するのが気象学(大気力学)である。したがって、気象学は厳密な物理学であり数学である。

「総観気象学」での狙い

- ・気圧の等高線と風の吹く方向が、大規模場と小規模場では異なるのはなぜか、を理解する。
- 大規模場では、気圧の等高線にほぼ**平行**に風が吹く

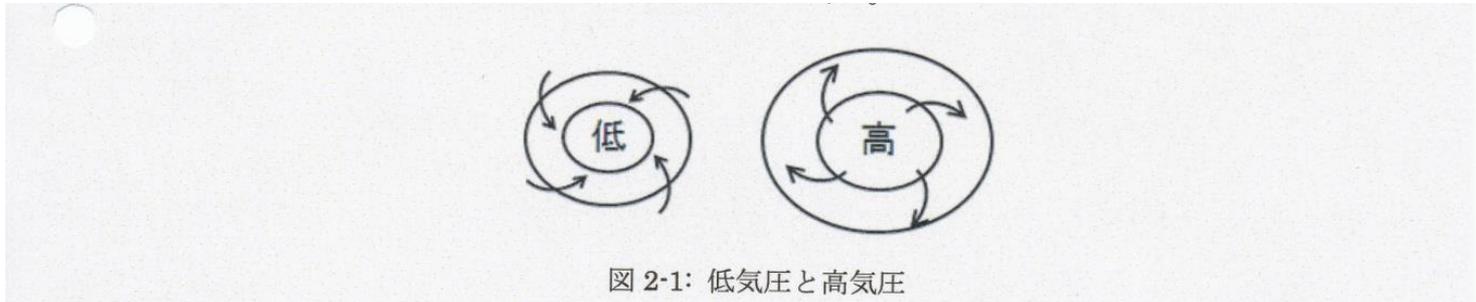


図 2-1: 低気圧と高気圧

- 小規模場では、気圧の等高線にほぼ**直交**する方向に風が吹く
- ・大気現象には、乾燥大気を主とする現象と湿潤大気を主とする現象がある。そのために現象が多岐となり複雑になる。

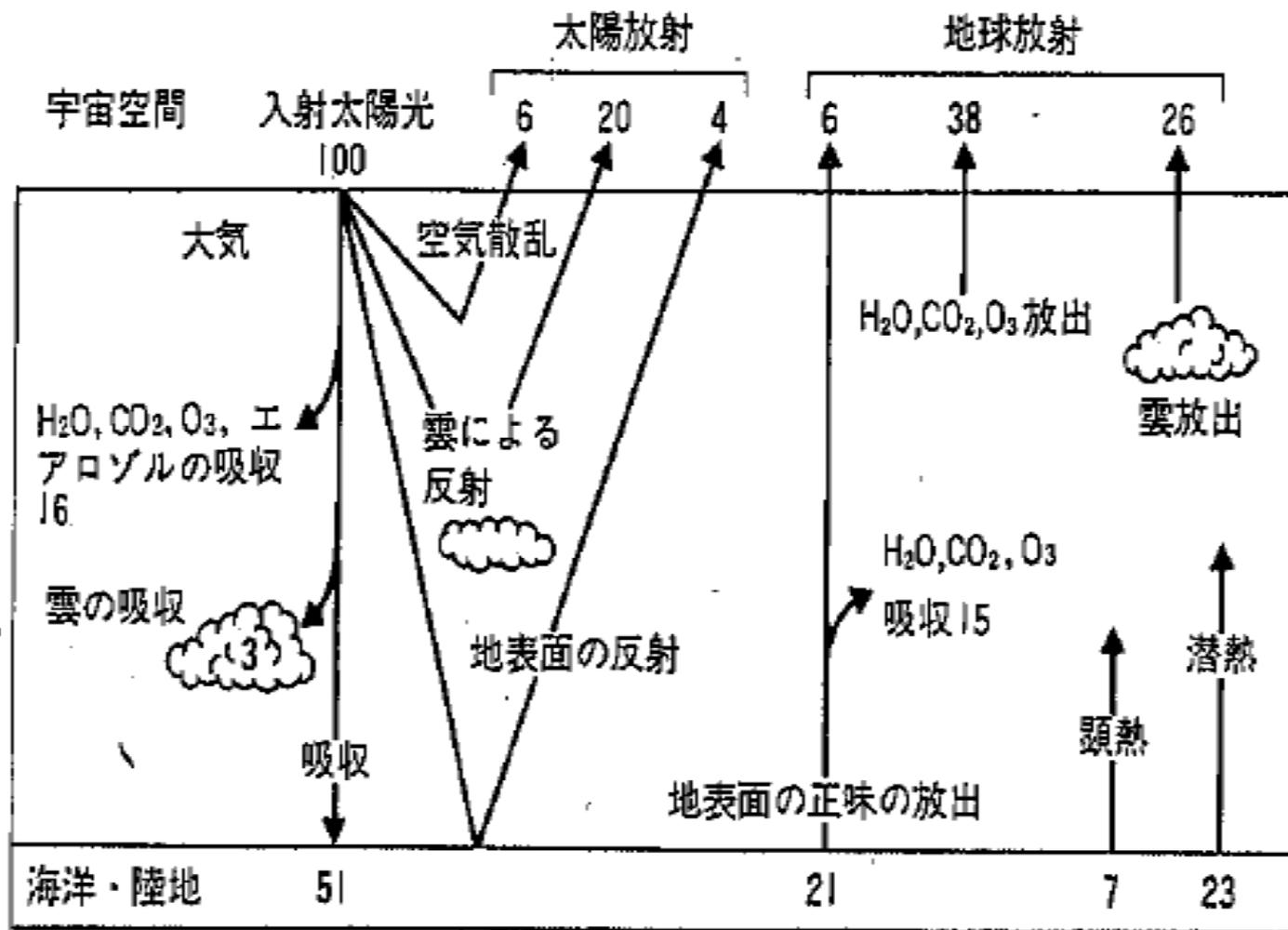


図 2.13 全球平均の放射収支.

1. 1 地球大気の組成と層構造

地球大気の組成は、水蒸気を除くと、地表付近から高度 80km くらいまではほぼ一定である。体積比で示すと、窒素が約 78%、酸素が約 21%、アルゴンが約 1%、二酸化炭素が約 0.04%である。

地球大気の鉛直構造をみると層構造をしていることがわかる。地上から約 11km までは**対流圏**と呼ばれる。雲の発生や降水など、通常よく知られた気象現象が起こるのは対流圏である。対流圏では高度とともに気温は低下する。対流圏の上は**成層圏**である。成層圏は、対流圏とは違って、上にいくほど気温が高い。これは、**オゾン**が紫外線を吸収して加熱されているからである。対流圏と成層圏の境目を**圏界面**（**対流圏界面**）という。成層圏の上には**中間圏**であり、再び高度とともに気温が低下する。中間圏の上は**熱圏**とよばれる。熱圏では、大気は非常に薄く、高度とともに温度が高くなる。なお、固体地球の半径はおよそ 6400km であり、地球の半径に比べて大気は非常に薄いことがわかる。

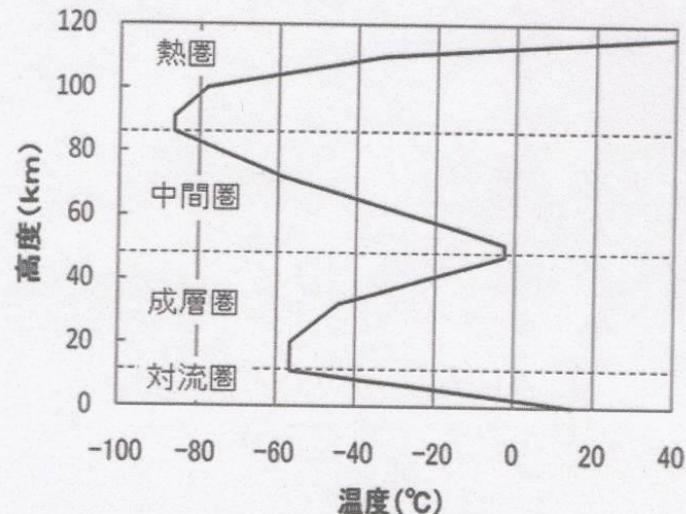


図 1-1: 地球大気の層構造

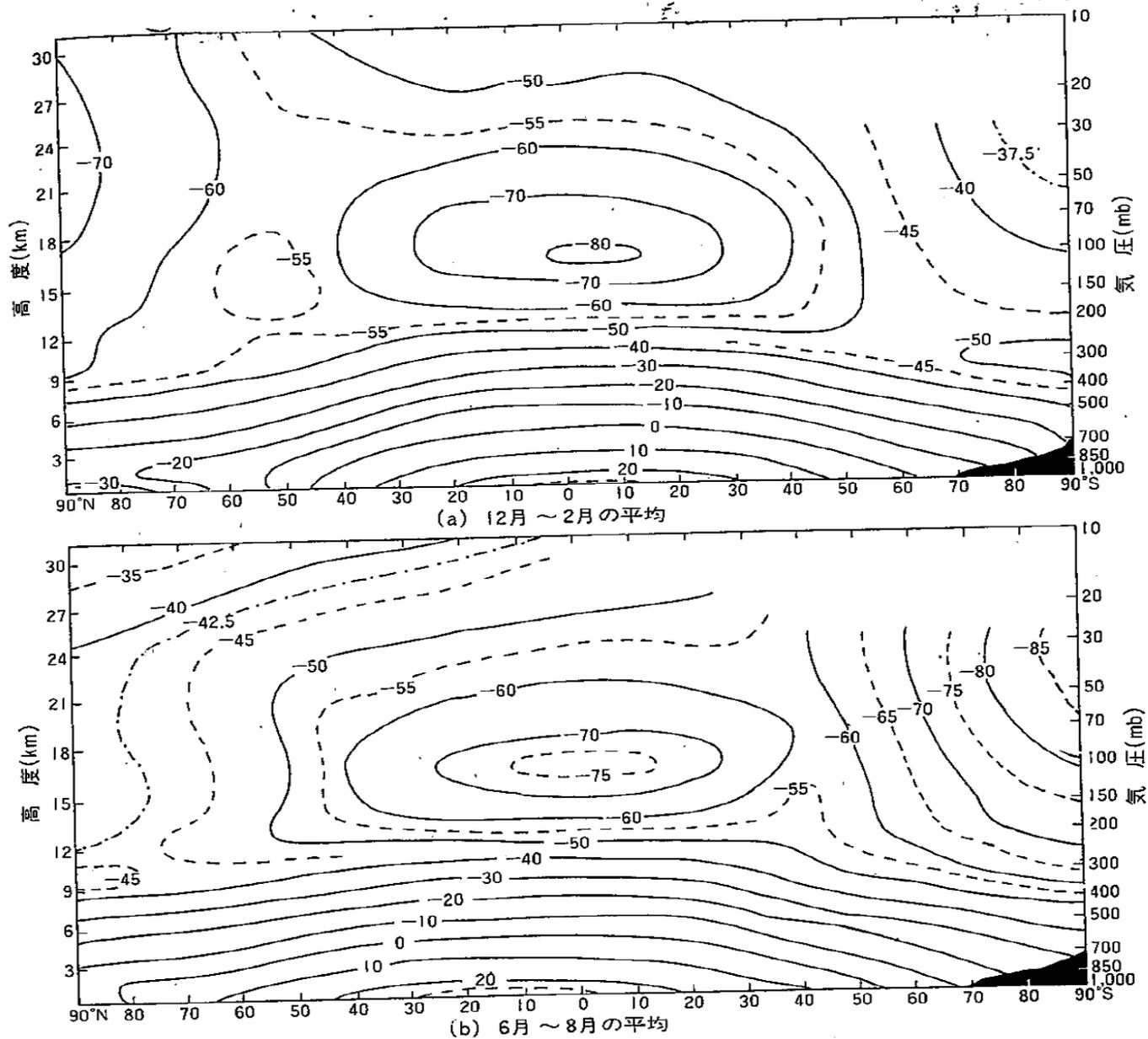


図 3.1 带状平均温度場 (C) (Newell *et al.*, 1972).

対流圏では温度は高さとともに低くなる。

風呂を沸かすときには、温度は上ほど熱くなっているように思われる。

暖房の入っている部屋では天井付近が温度が高い。

こうした点は経験とは非常に異なる。

その理由を見てみる。

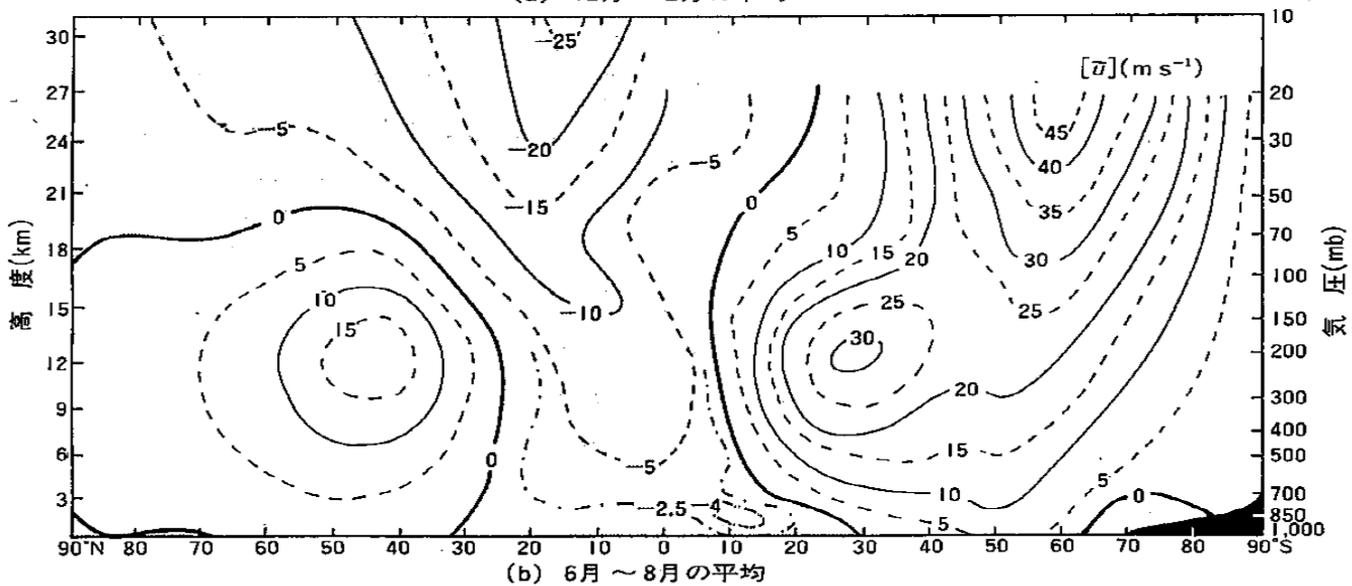
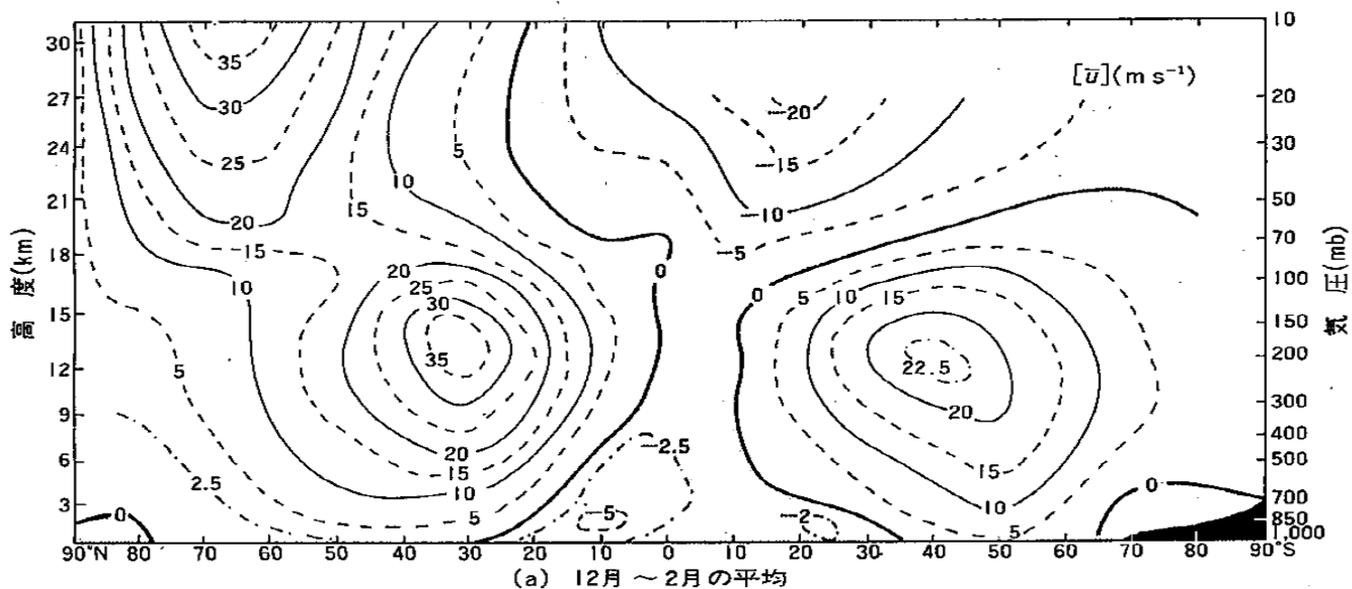


図 3.4 帯状平均東西風速場 (m s^{-1}) (Newell *et al.*, 1972).

岸保・田中・時岡 (東大出版会)

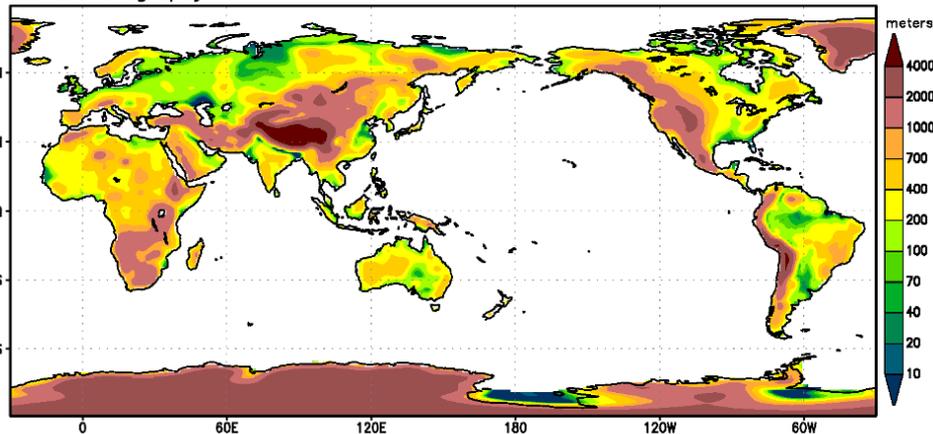
中緯度域の対流圏における風の分布：

- ・西風が吹く
- ・下層の風の強さに比べて、上層の風の強さは強い
(風の鉛直シアがあるという)

その理由を本講義で知る

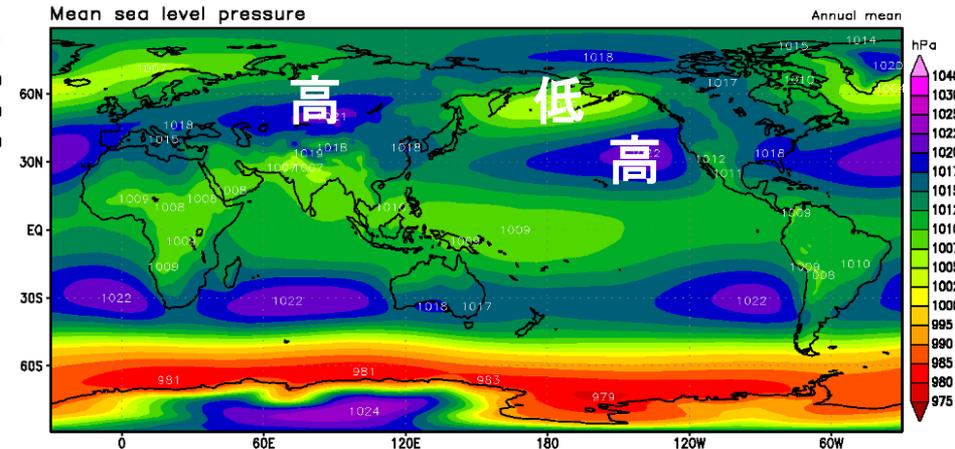
等高線

Surface orography



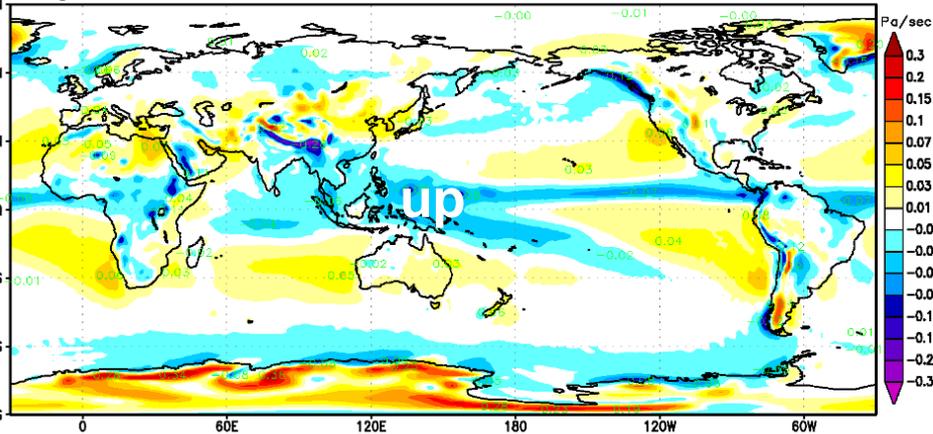
年間平均の地表の気圧分布

Mean sea level pressure



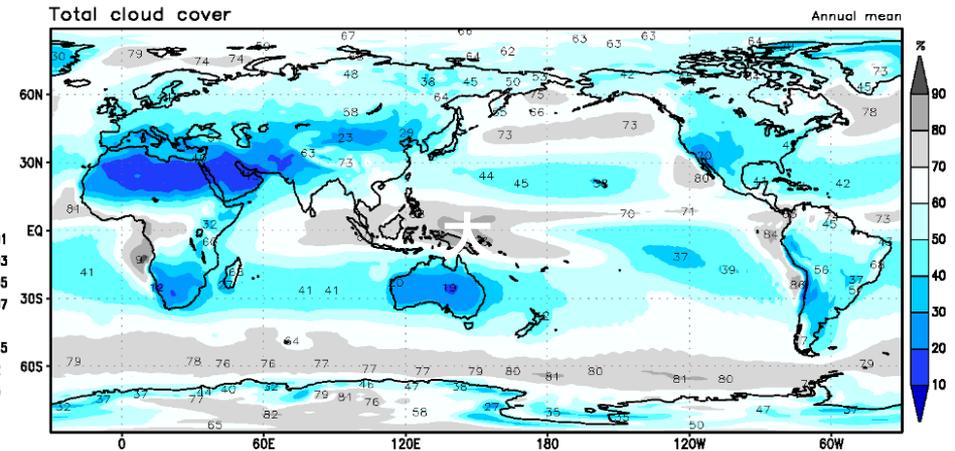
年間平均の鉛直流分布

Omega at 700 hPa



年間平均の全雲量分布

Total cloud cover



(JRA-25、気象庁・(財)電力中央研究所)

「総観気象学」の講義では、主に月平均以上ではなく、それ以下の動的な変動に着目する。

1. **中緯度帯の温帯低気圧(傾圧不安定波)の理解**
そのためには、**コリオリ力、地衡風、温度風、ロスビー波、前線、渦位、等の概念が必要**
2. **集中豪雨雪をもたらすメソ対流系の理解**
そのためには、**乾燥対流、湿潤対流、メソ対流系、等の概念が必要**
3. **その応用的現象の理解**

これらを目指す。

●YouTubeを講義に利用する

「天気図 衛星 写真」でかかるものを調べる

* “2012年12月の天気図と気象衛星・レーダー画像を
繋げてみました“

www.nicovideo.jp/watch/sm19726933

を検索

* 夏の例として7月、春の例を3月、等を見て、季節ごと、
月ごとの特徴をまとめる

「全球スケール(赤道域と中緯度帯)でみて、どのような流れが見られるだろうか？」

●日本域

- ・冬： 西高東低の気圧配置、シベリア高気圧の存在
北西風が卓越（沖縄地方は北東風）
- ・春： 移動性高低気圧が数日おきに通過する
低気圧の通過にともなって雲域が発達する
- ・夏： 太平洋側に小笠原高気圧が卓越する
それに伴って、南よりの風が吹く
- ・秋： 日本域では台風の通過が多い
移動性高低気圧が数日おきに通過する

●全球スケール

- ・赤道域 東から西に雲群 (cloud clusters) が発生・減衰を繰り返しながら移動する。
- ・赤道域ではインドネシア域 (海大陸と呼ぶ) で対流が活発である
- ・台風の発生域は赤道からずれた所から発生している

・現象の見方はさまざまある。

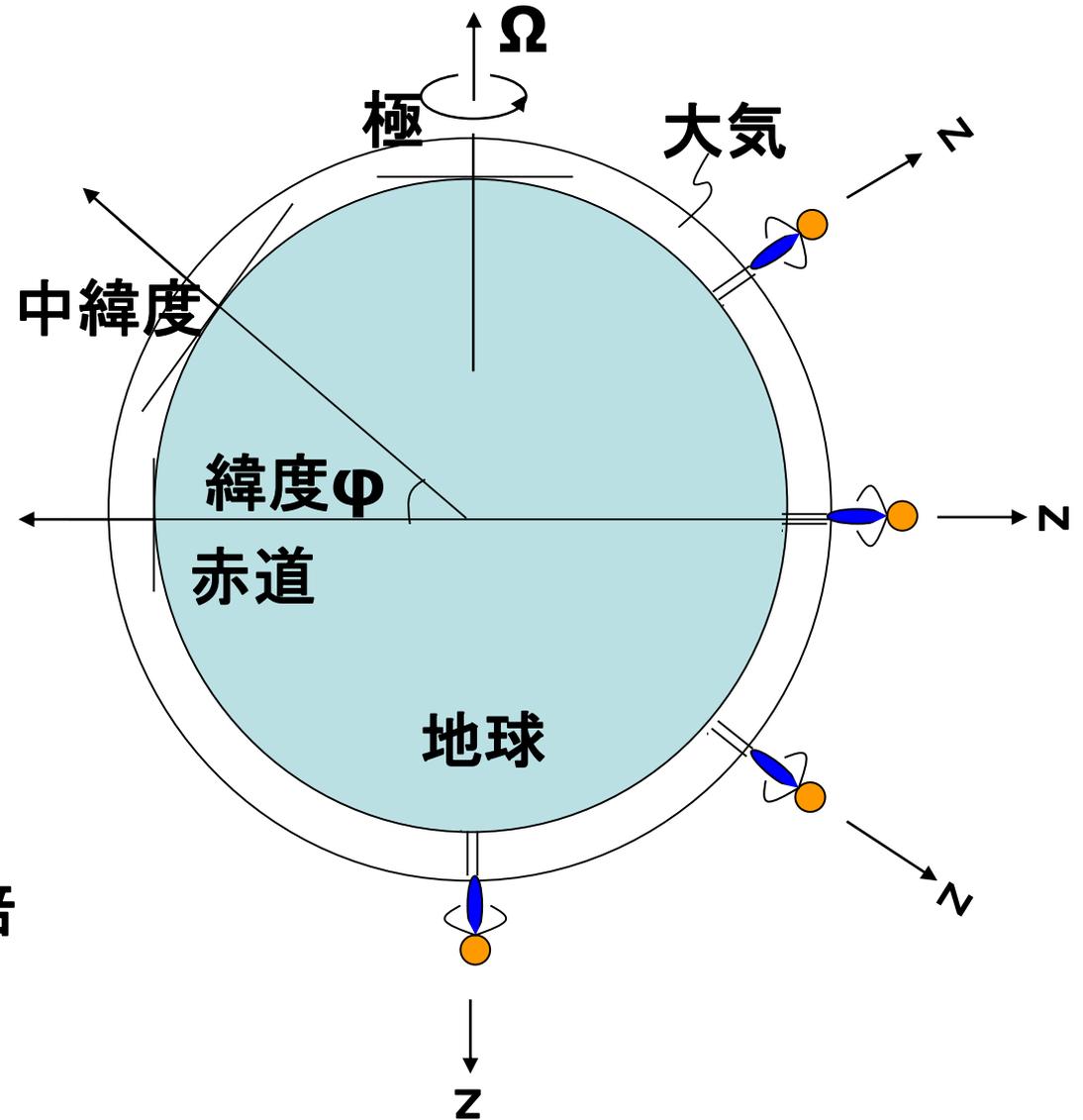
(A) 人間の大きさ(人間大)からの見方

- ・低気圧の厚みは非常に厚い。
 - ・低気圧の水平スケールはとてつもなく大きい。
 - ・地球の自転は感じられない。
- 気圧傾度力の方向に風が吹く

(B) 低気圧の大きさからの見方

- ・低気圧の厚みは非常に薄い。
 - ・低気圧の水平スケールは平べったい。
 - ・地球の自転が感じられる。
- 気圧傾度力に平行な方向に風が吹く

- ・経度(東西): λ 、 x
- ・緯度(南北): ϕ 、 y
- ・高度(重力の向きと逆): z



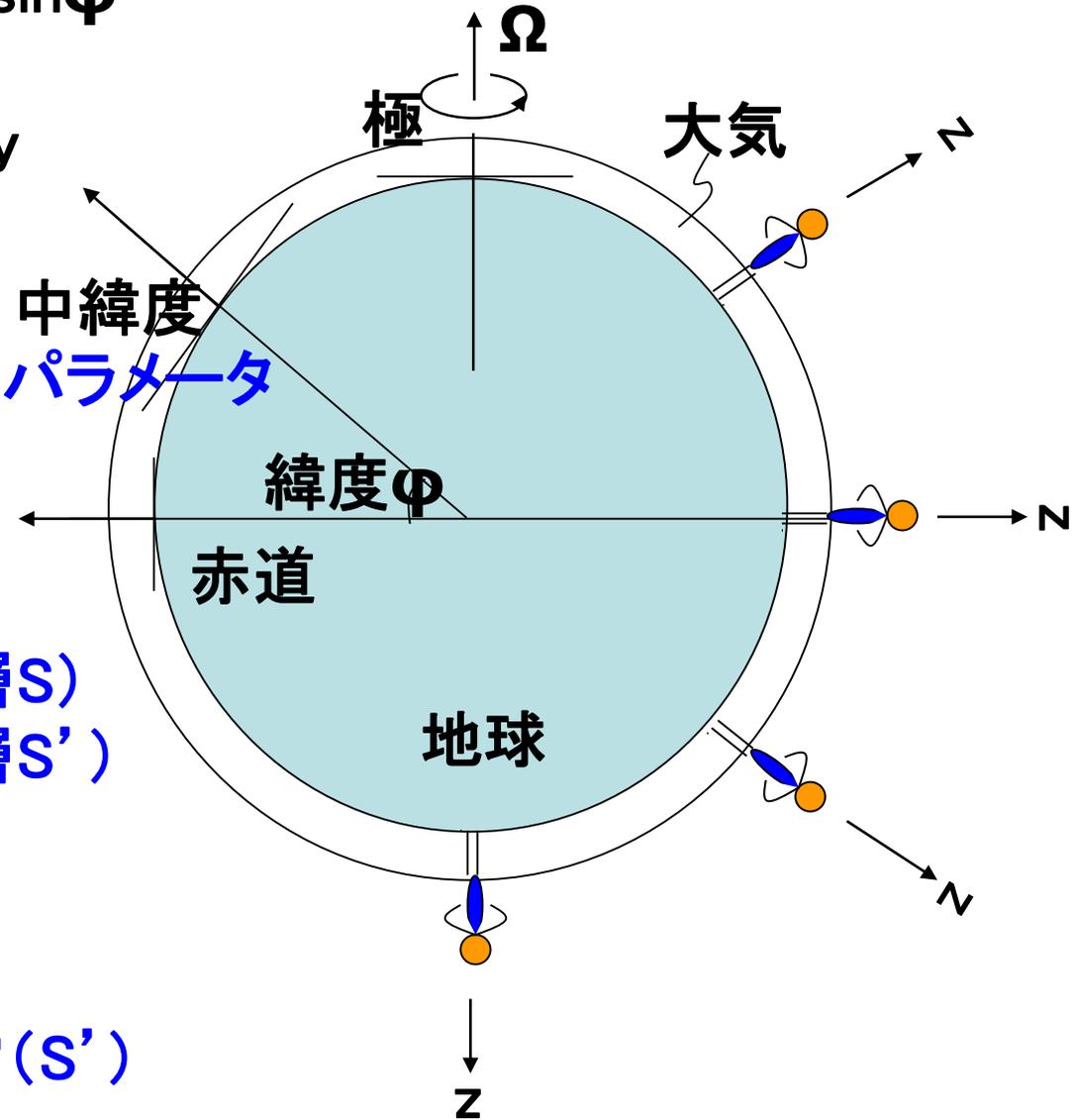
地球の自転 Ω の効果:
 コリオリパラメータ f :
 地球の自転の z 成分の2倍
 赤道に行くほど小さくなる

$$f = 2\Omega \sin\phi$$

- ・大気の安定度: N (不安定: S)
- ・コリオリパラメータ: $f = 2\Omega \sin\phi$
- ・コリオリ項の南北微分: β
 中緯度帯では $f \doteq f_m + \beta_m y$
 赤道帯では $f \doteq \beta_e y$

○運動方程式でキーとなるパラメータ

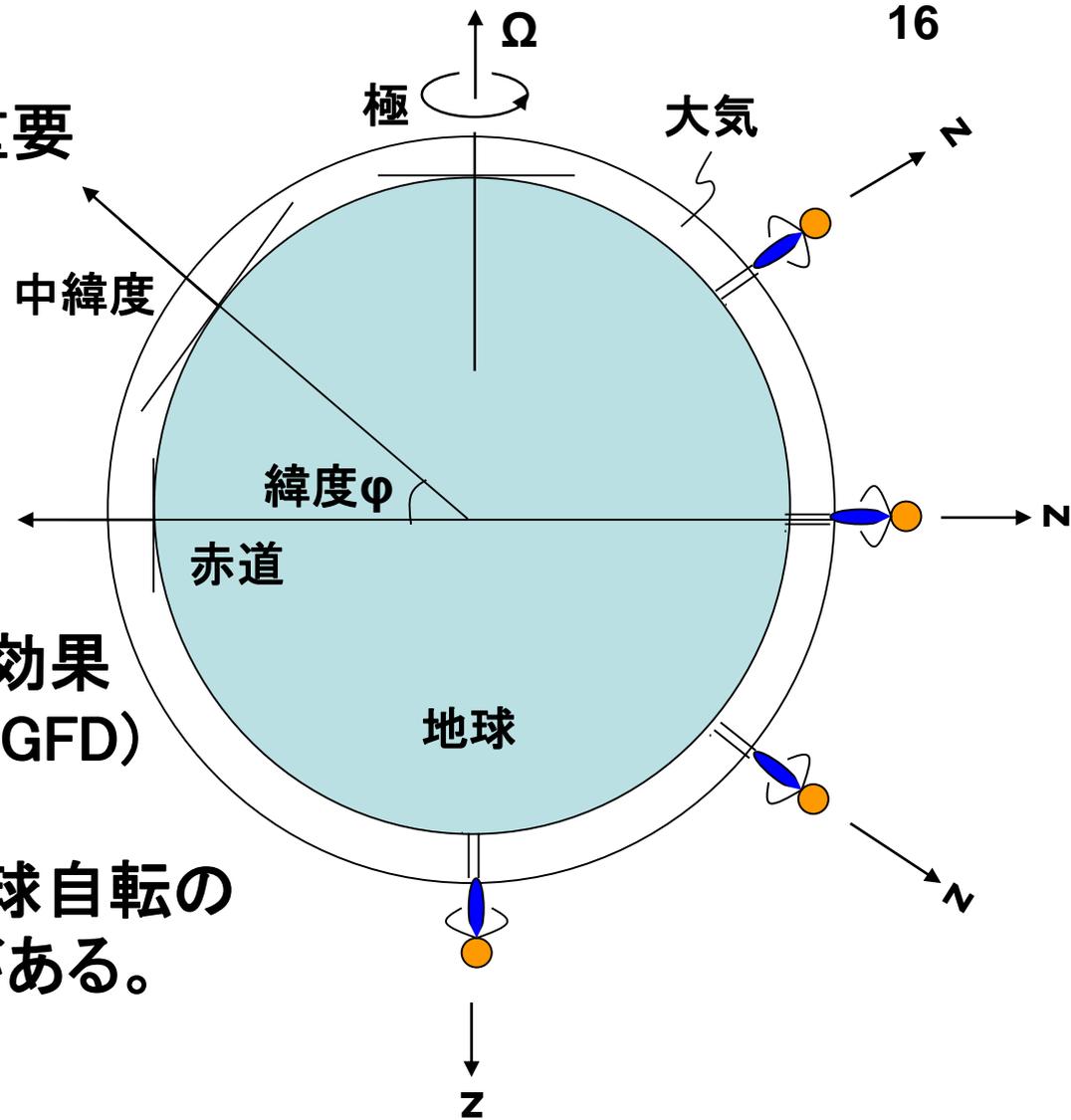
- ・コリオリ力 (f)
- ・傾圧不安定波 (N, f_m)
- ・ロスビー波 (β)
- ・乾燥対流 (不安定な成層S)
- ・湿潤対流 (不安定な成層S')
- ・メソ対流系 (S')
- ・重力波 (安定な成層N)
- ・台風 (S', f)
- ・竜巻・マイクロバースト・雷 (S')
- ・熱帯の擾乱 (S', $\beta_e y$)
- ・シア不安定(流れ)



○大規模な大気の運動：
安定成層と地球の自転が重要

○地球流体力学
= 安定成層 + 地球の自転の効果
Geophysical Fluid Dynamics (GFD)

- ・安定成層による復元力と地球自転の効果により、3つの中立解がある。
(ラプラスの潮汐方程式)
- ・一つは地球の自転の効果、
- ・他の二つは、東進、西進する重力波。
回転がある場合は慣性重力波。



* 「**大気**」と「**海洋**」における運動の大きな違い？

・地球の自転と安定成層の効果は同じ …… 地球流体力学

・**水平側面の境界条件の違い:**

大気は地球を一周するが、海洋には側壁がある

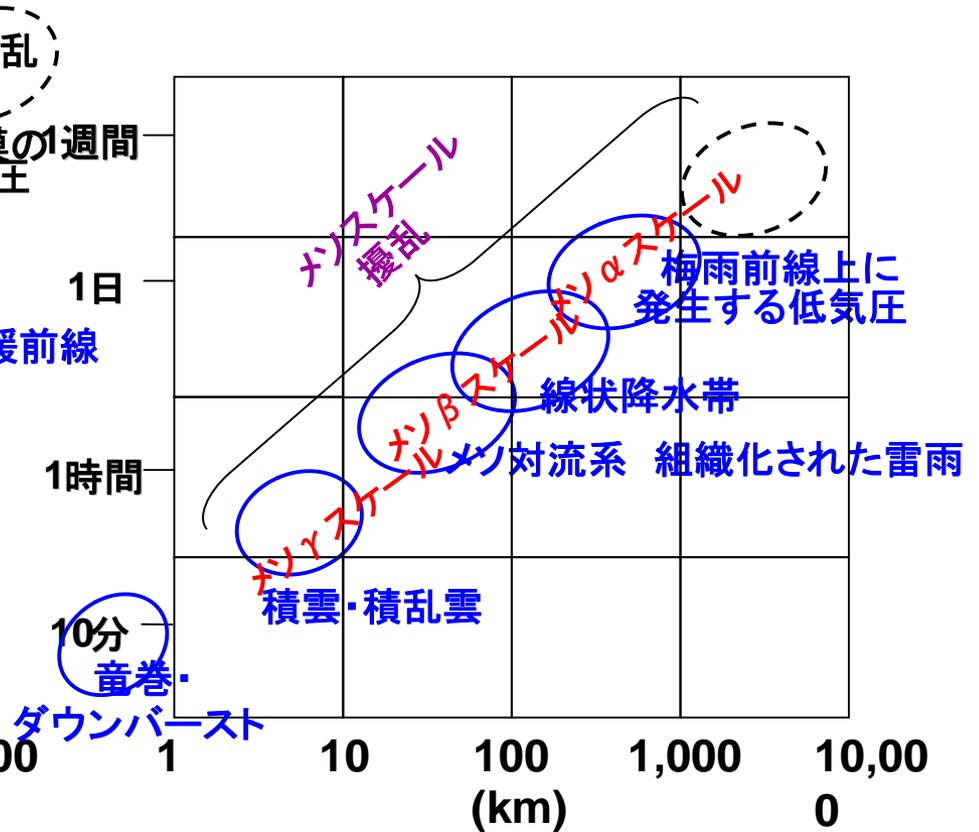
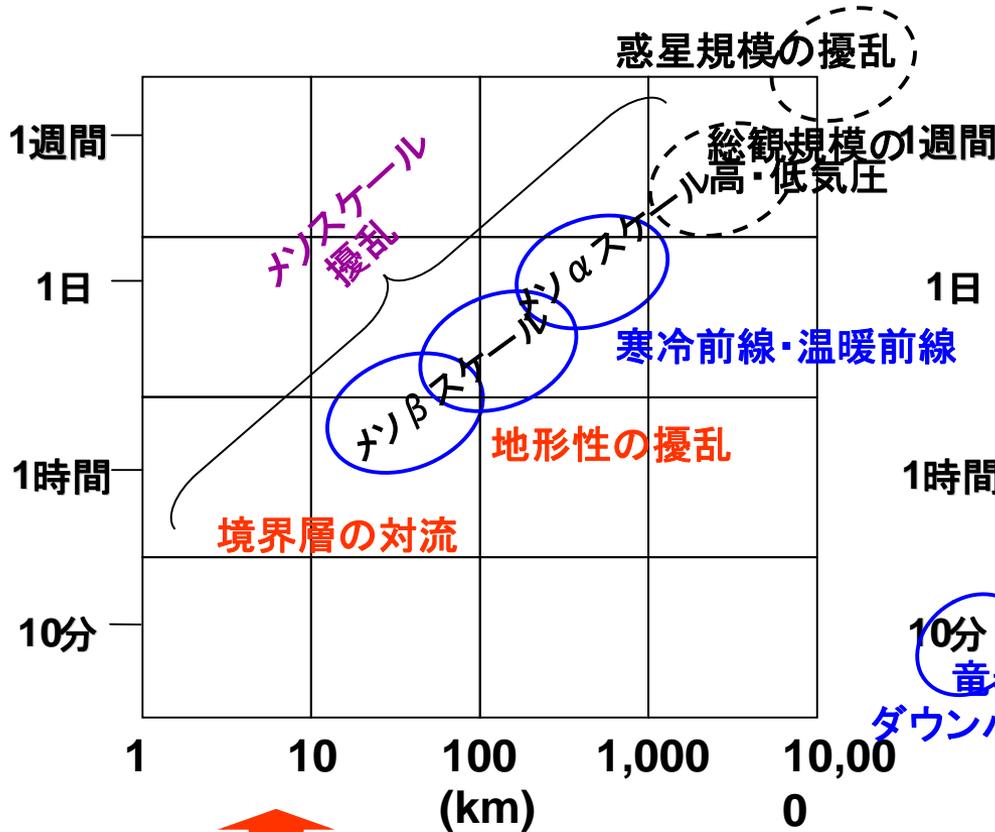
・**大気には乾燥対流と湿潤対流があるが、海洋には(乾燥)対流しかない。**

* 雲の存在および降水があることにより、海洋よりは大気の方が人間大のスケールからメソスケール、台風など大規模まで多様な擾乱をもちうることになる。

⇒ これから様々な大気の擾乱を眺めることになる

乾燥大気が主体の現象

湿潤大気が主体の現象

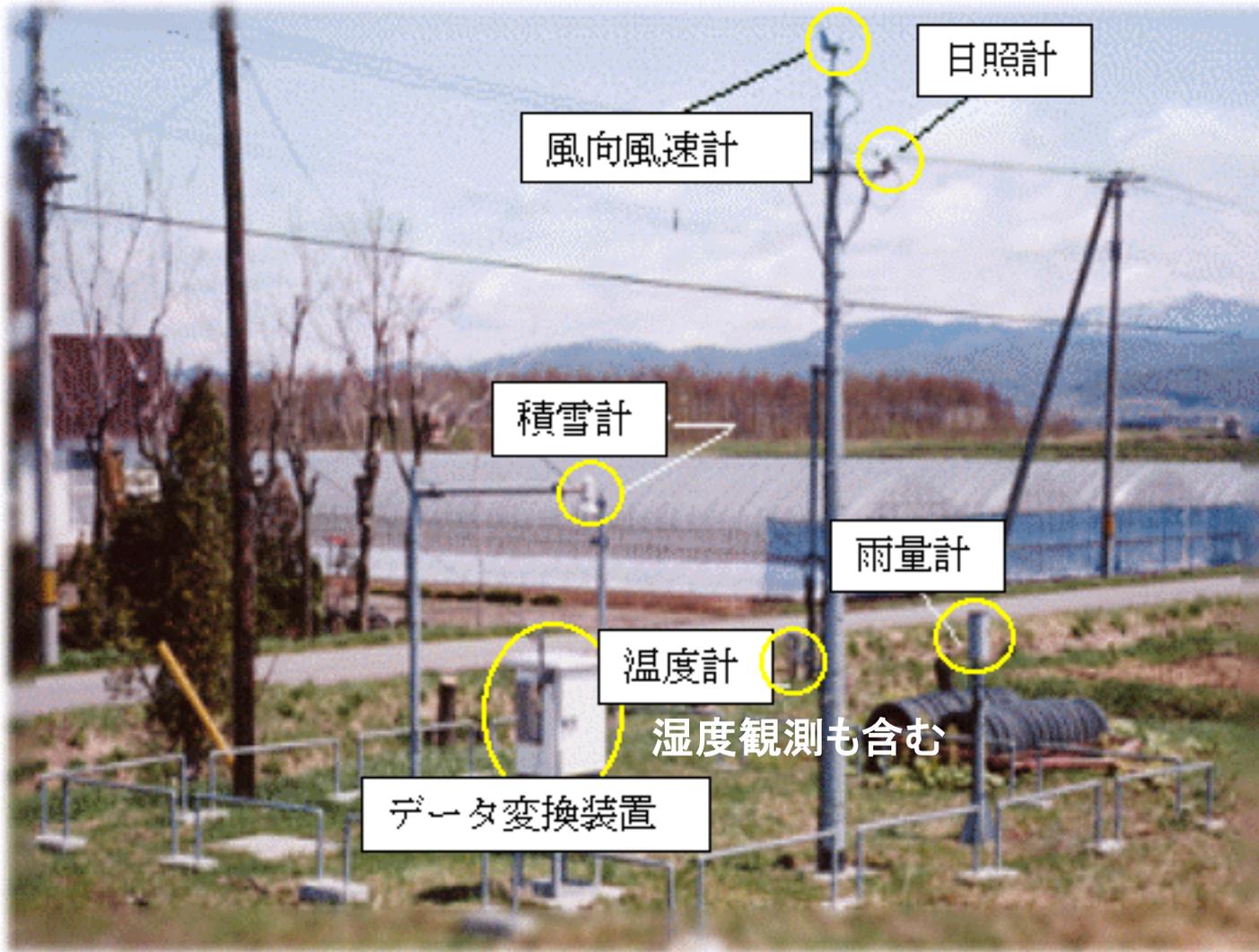


・境界層の対流、地形性の擾乱、総観規模の擾乱、惑星規模の擾乱 … 海洋の運動に共通

・メソスケール以下の擾乱が主体 … 海洋の運動にないもの

天気予報の流れ

観測 → モデル → 予報値をもとに予報



単位

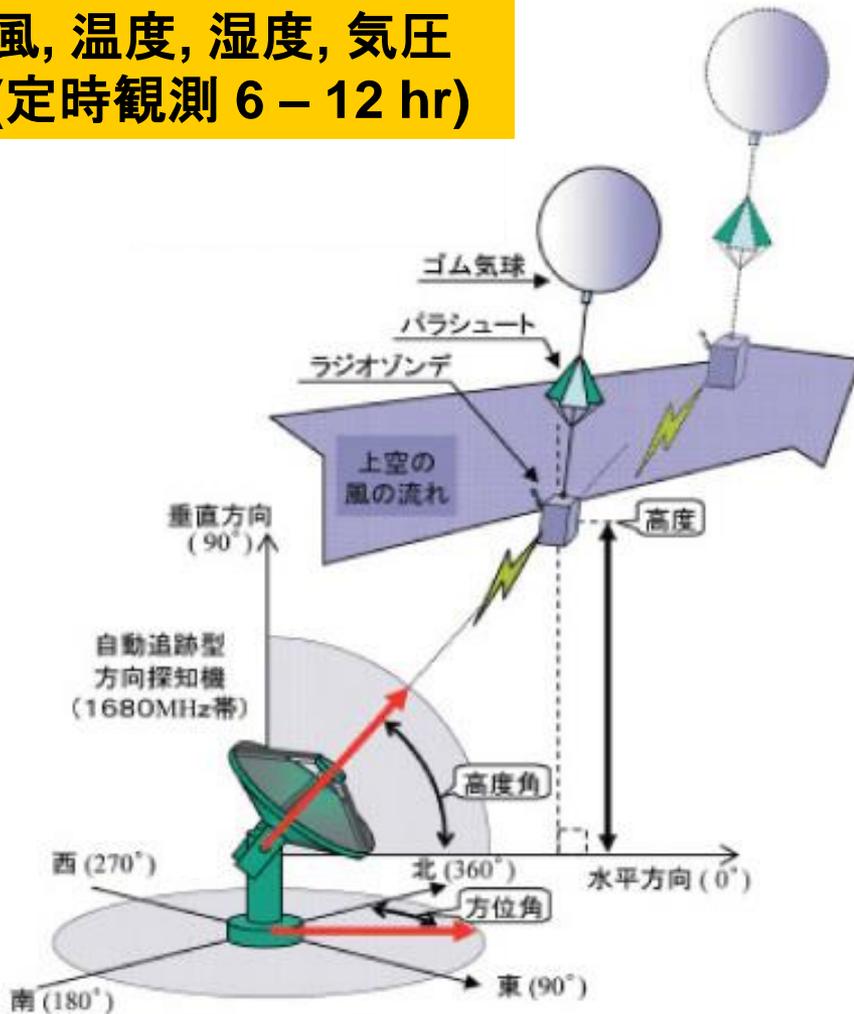
- ・風速 $m s^{-1}$
- ・風向 16方位
or 度
- ・温度 $^{\circ}C$
or $K=273+^{\circ}C$
- ・湿度 %
($kg kg^{-1}$ or $g kg^{-1}$)
- ・雨量 $mm hr^{-1}$
- ・日照 $W m^{-2}$

- ・気圧 hPa
h; ヘクト.
100の意味
Pa; パスカル
気圧の単位
地上気圧=1013hPa

AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System)
station (北海道), 気象庁

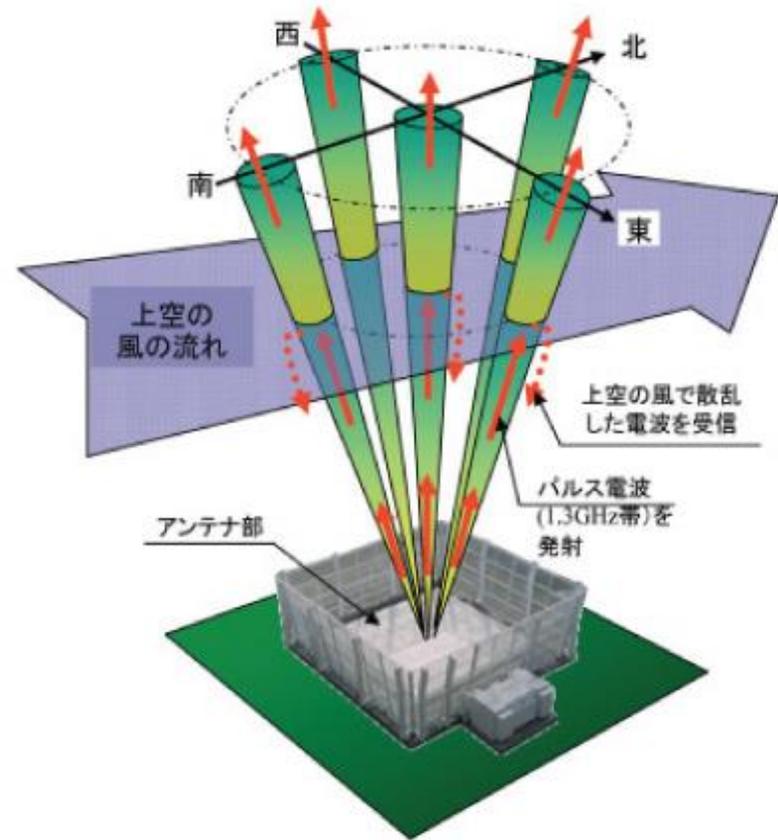
ラジオゾンデ

風, 温度, 湿度, 気圧
(定時観測 6 - 12 hr)

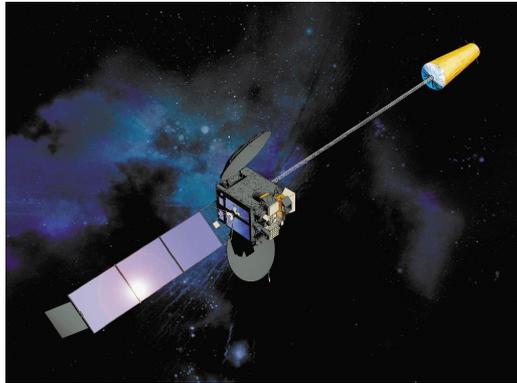


ウィンドプロファイラー

風 (連続)



ひまわり6号
運輸多目的衛星新1号(MTSAT-1R)



運用状況

本運用(定常観測中)

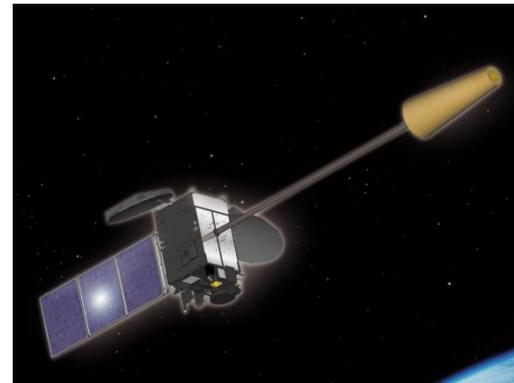
運用予定期間*

本運用 :平成22年
ごろまで
待機運用:平成22年
ごろから5年程度

静止位置

東経140度の赤道上
空約36,000km

ひまわり7号
運輸多目的衛星新2号(MTSAT-2)



運用状況

待機運用(スタンバイ)

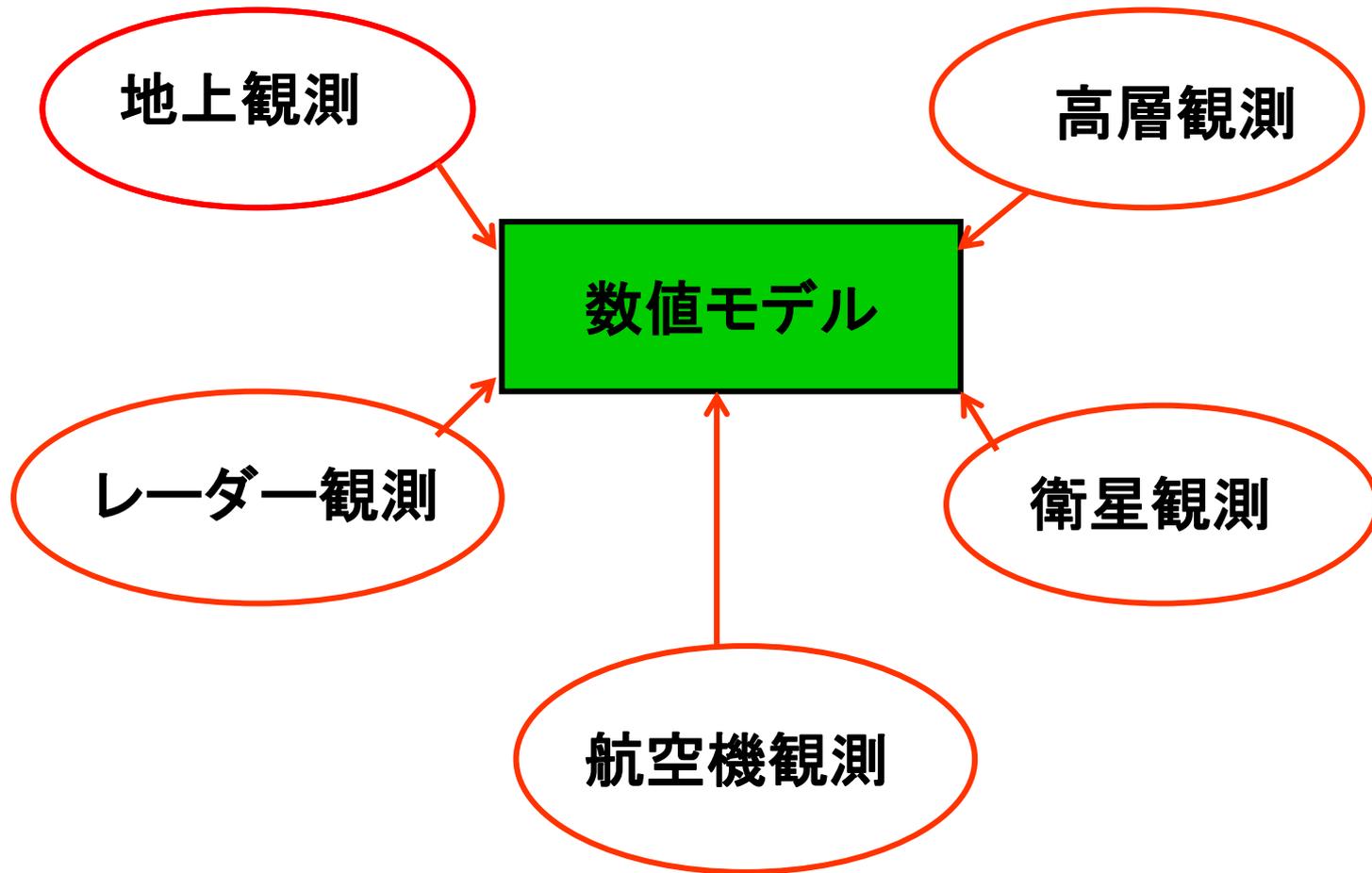
運用予定期間*

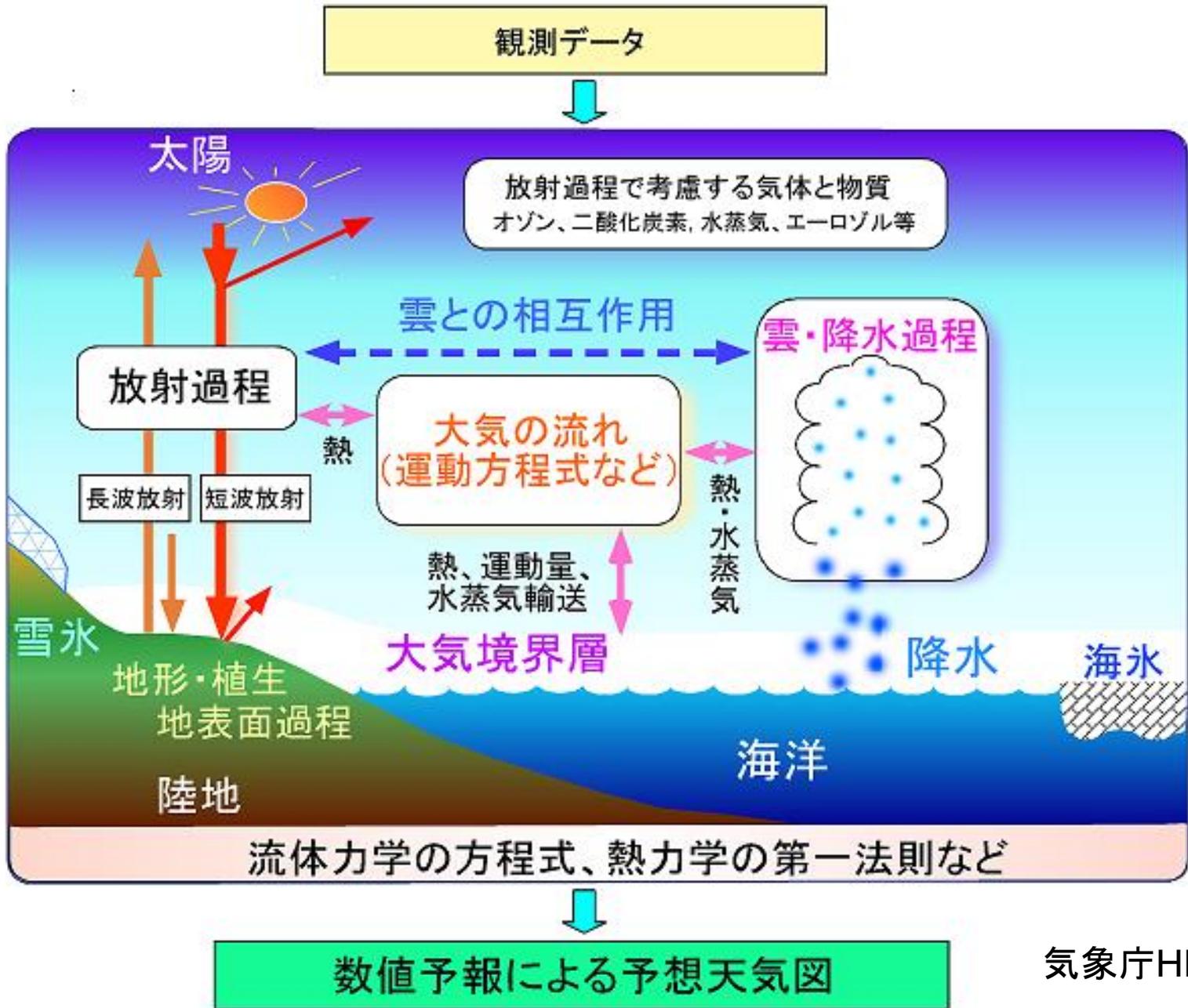
待機運用:平成22年
ごろまで
本運用 :平成22年
ごろから5年程度

静止位置

東経145度**の赤道上
空約36,000km

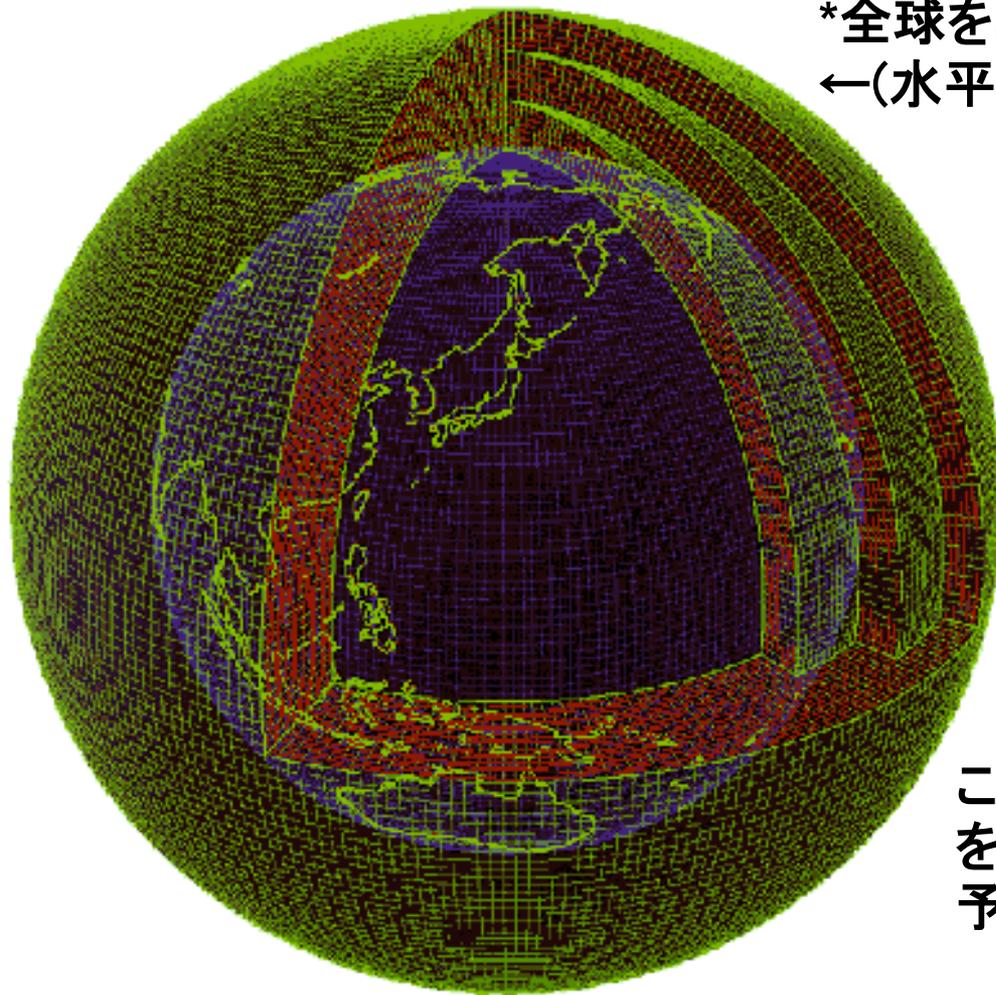
観測システム >>> 数値モデル





数値モデルによる予報

*全球をあるグリッド間隔で表現する (x, y, z)
←(水平55 kmメッシュの場合)



・観測データ >>>

・気圧 p , 温度 T , 東西風 u , 南北風 v ,
鉛直流 w , 水蒸気量 q などを各格子
子点に初期値として入力する

これらのデータをスーパーコンピュータ
を使って時間積分して、将来の天気を
予測する

>>>> 数値モデリング

○全球モデル(GCM)

- ・放射、雲物理、乱流、境界層などのフルの物理過程を持つ
- ・水平解像 …… ~20km
- ・静水圧近似
- ・個々の雲まで解像できないので、積雲のパラメタリゼーションを使う

○非静力学雲解像モデル(NHM)

- ・放射、雲物理、乱流、境界層などのフルの物理過程を持つ
- ・水平解像 …… 2km (ないしはそれ以下)
- ・静水圧近似を使わない非静力学
- ・個々の雲まで解像できるので、積雲のパラメタリゼーションは使わずに、詳細な雲物理過程を使う

他に

- 全球非静力学正20面体大気モデル (NICAM)
(Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model)
- WRF (Weather Research & Forecasting model system) など