

Earth and Planetary Fluid Dynamics1,2

地球惑星流体力学1,2・

Planetary Atmospheric Science 1

惑星気象学特論1

Introduction

イントロダクション

Masaki Ishiwatari (石渡正樹)

Faculty of Sci., Hokkaido Univ. (北大・理)

2021/04/12

Outline of this lecture

この授業について

- Instructor : Masaki Ishiwatari (Room 8-205)
- Contents: Descriptions of Fluid Phenomena in rotating frame
内容 : 回転系における流体现象の記述
 - 流体力学復習、地球流体力学の基礎
Review of fluid mechanics, Basics of Geophysical Fluid Mechanics
- Students are assumed to have acquired basics of fluid mechanics. Students who have not studied fluid mechanics can take this lecture, but such students should work quite hard
流体力学の知識を前提とする。流体力学を未学習の人も履修を認めますが、相当頑張ってください
- Method of lecture: online lecture with zoom
授業の方法 : zoomを用いたオンライン授業。
Concurrent lecture of graduate school and undergraduate
大学院と学部の授業の共同開催。
- Evaluation : by report (one or two times)
評価 : 1、2回のレポート
- Web page :
<https://www.gfd-dennou.org/arch/lecture/Hokudai-sci-wakuseikishou/2021/>
- Contact from instructor: e-mail or ELMS
授業に関する連絡 : メールもしくはELMS

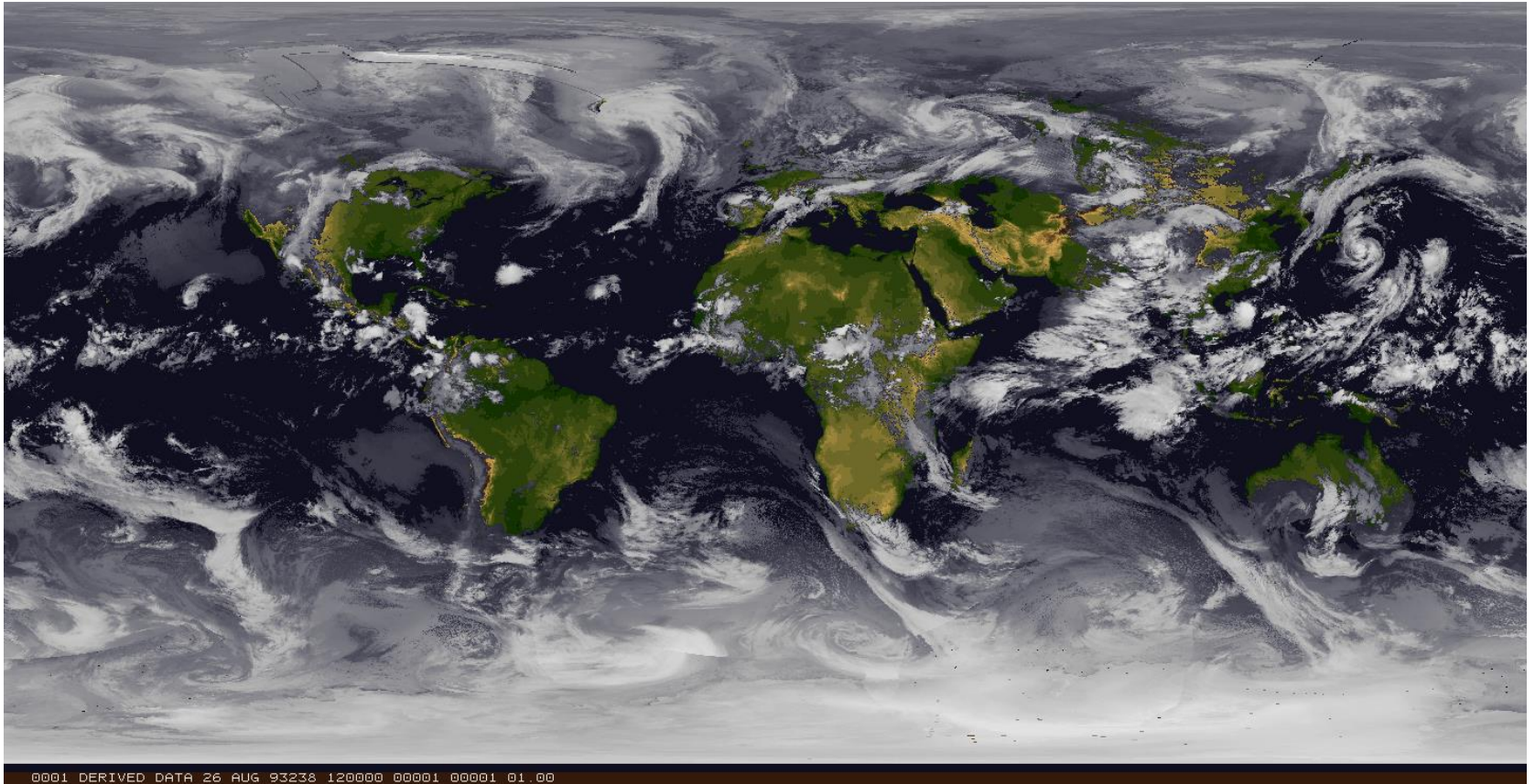
What is Geophysical Fluid Dynamics?

地球流体力学とは

- Fluid dynamics in rotating frames with stratification
回転と成層が存在する系における流体力学
- Basic ideas
根底にある考え方
 - All flows in atmospheres, ocean, rotating tank, glass, soup can be understood with a common framework
大気、海洋、回転水槽・コップ・味噌汁の流れも同じ枠組みで理解できる
 - Common key words: waves, instability, convection
共通のキーワード: 波動・不安定・対流
 - The spirit of traditional theoretical physics is applied to fluid phenomena in planets and astronomical objects
伝統的な理論物理学の精神を惑星や天体の流体现象にも適用

Earth's Atmosphere

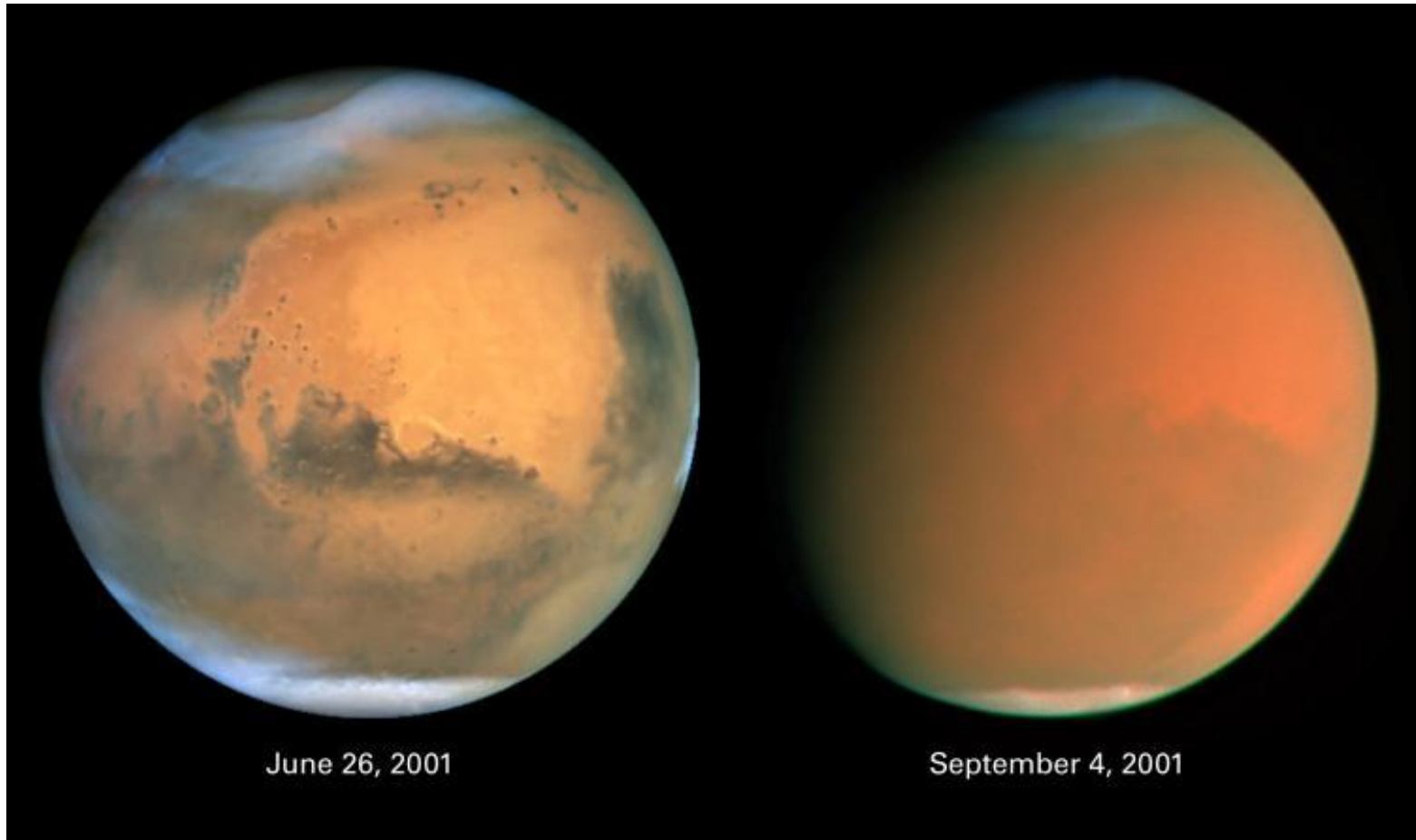
地球の大気



<http://www.nineplanets.org/pxearth.html>

Hadley circulation and baroclinic disturbances (cyclones and anti-cyclones)
ハドレー循環と傾圧擾乱(低気圧と高気圧)

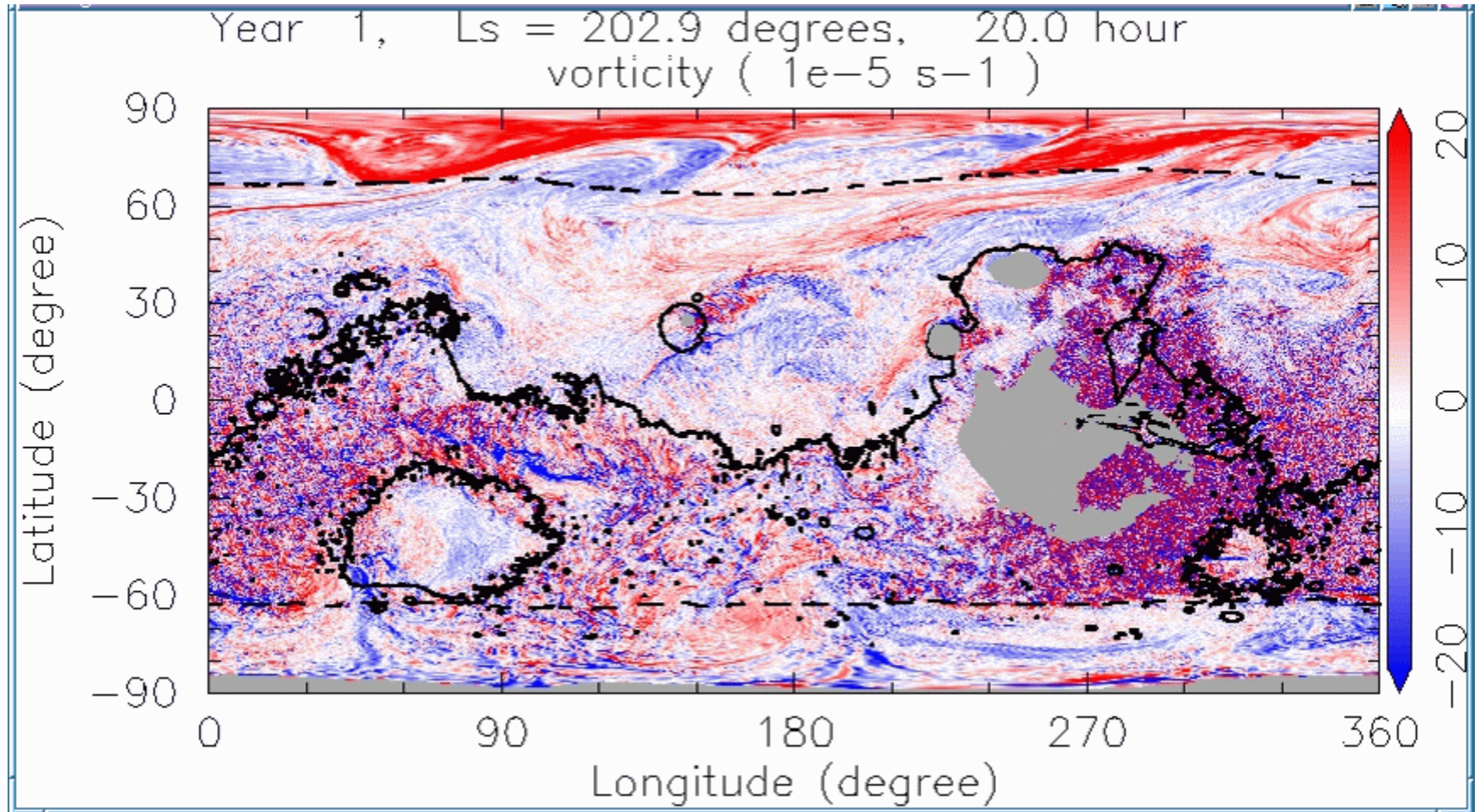
Mars's Atmosphere 火星大気



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA03173>

Global dust storms
全球規模ダストストーム

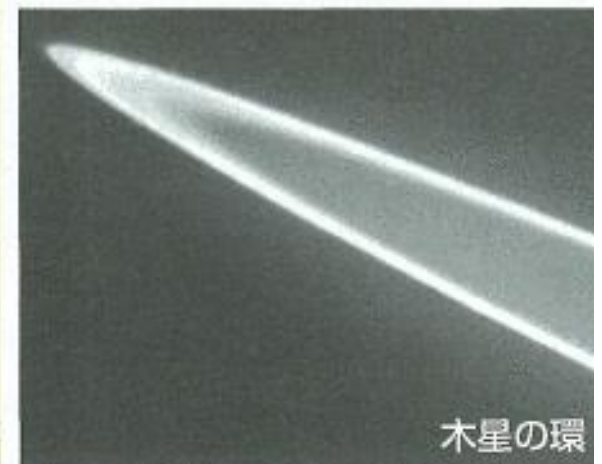
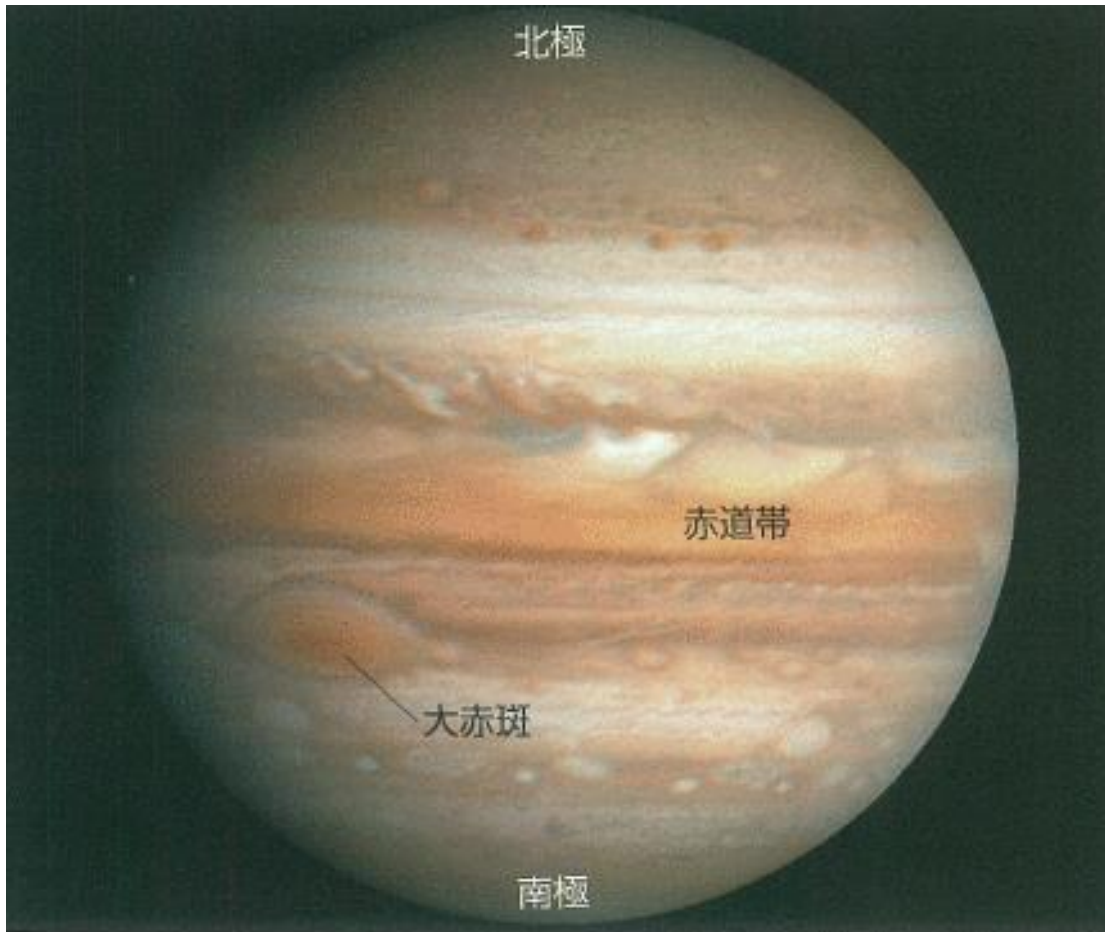
High-resolution exp. on Mars's atmosphere 火星高解像度計算



Baroclinic disturbances
傾圧擾乱

高橋他(2011)

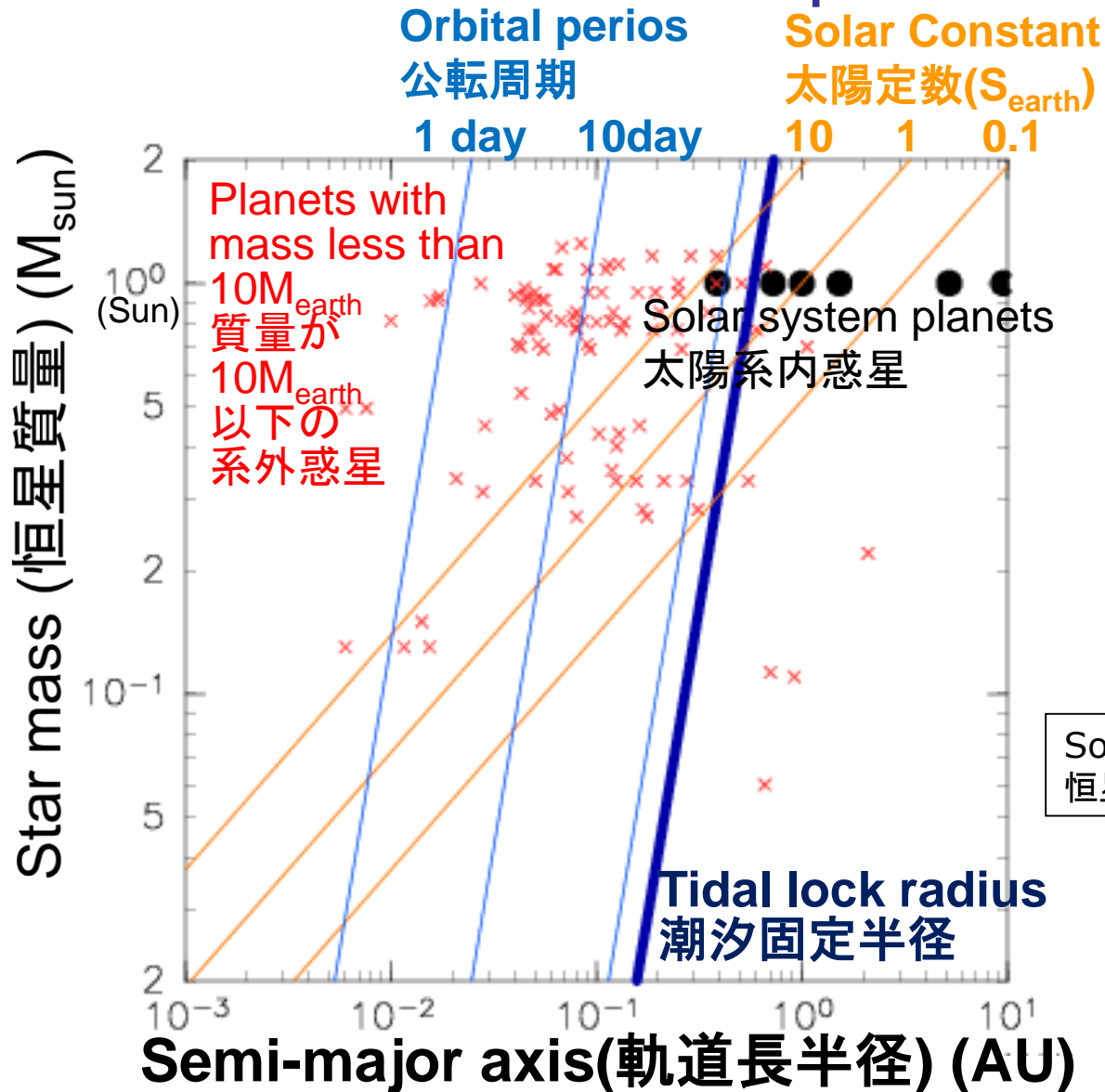
Jupiter 木星



地学図表P.109

Banded structure, Vortices
縞状構造、渦

系外惑星 exoplanets



- Many of discovered low-mass exoplanets exist near host stars
発見されている低質量系外惑星は中心星の近傍に存在

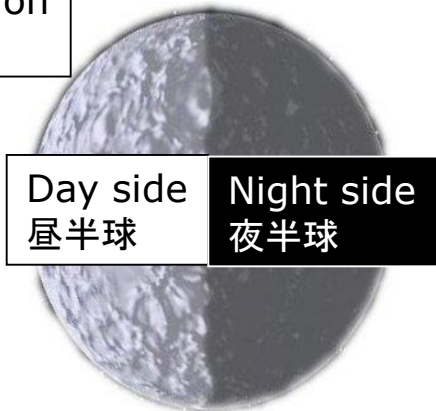
- Synchronously rotating planets
同期回転惑星

Solar radiation
恒星放射



Day side
昼半球

Night side
夜半球



Atmospheres of synchronously rotating planet

同期回転惑星大気

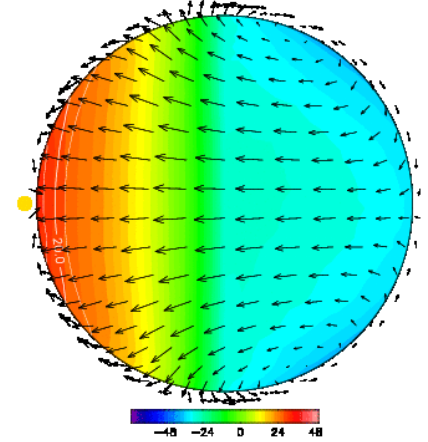
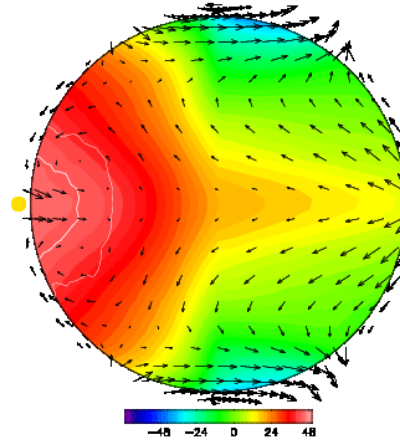
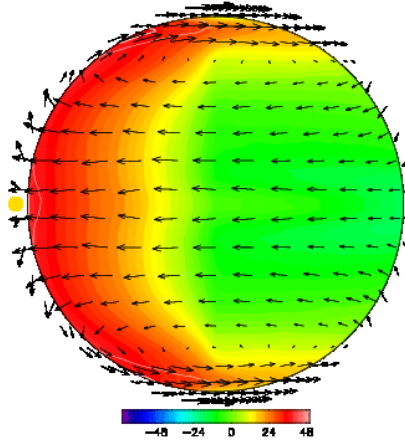
365 day mean **with changing viewpoint**

365日平均場 **視点を変更(周回船観測のイメージ)**

$\Omega^*=1.0$. $S^*=1.46$

$\Omega=0.5$. $S^*=1.17$

$\Omega=0.1$. $S^*=1.0$



Yellow circle: subsolar point
黄色丸: 恒星直下点

Color: surface temperature
色: 表面温度

Arrows: surface horizontal wind
矢印: 大気最下層水平風

Contours: rain
等値線: 降水

Large
大

Solar constant (太陽定数): S^*

Small
小

Large
大

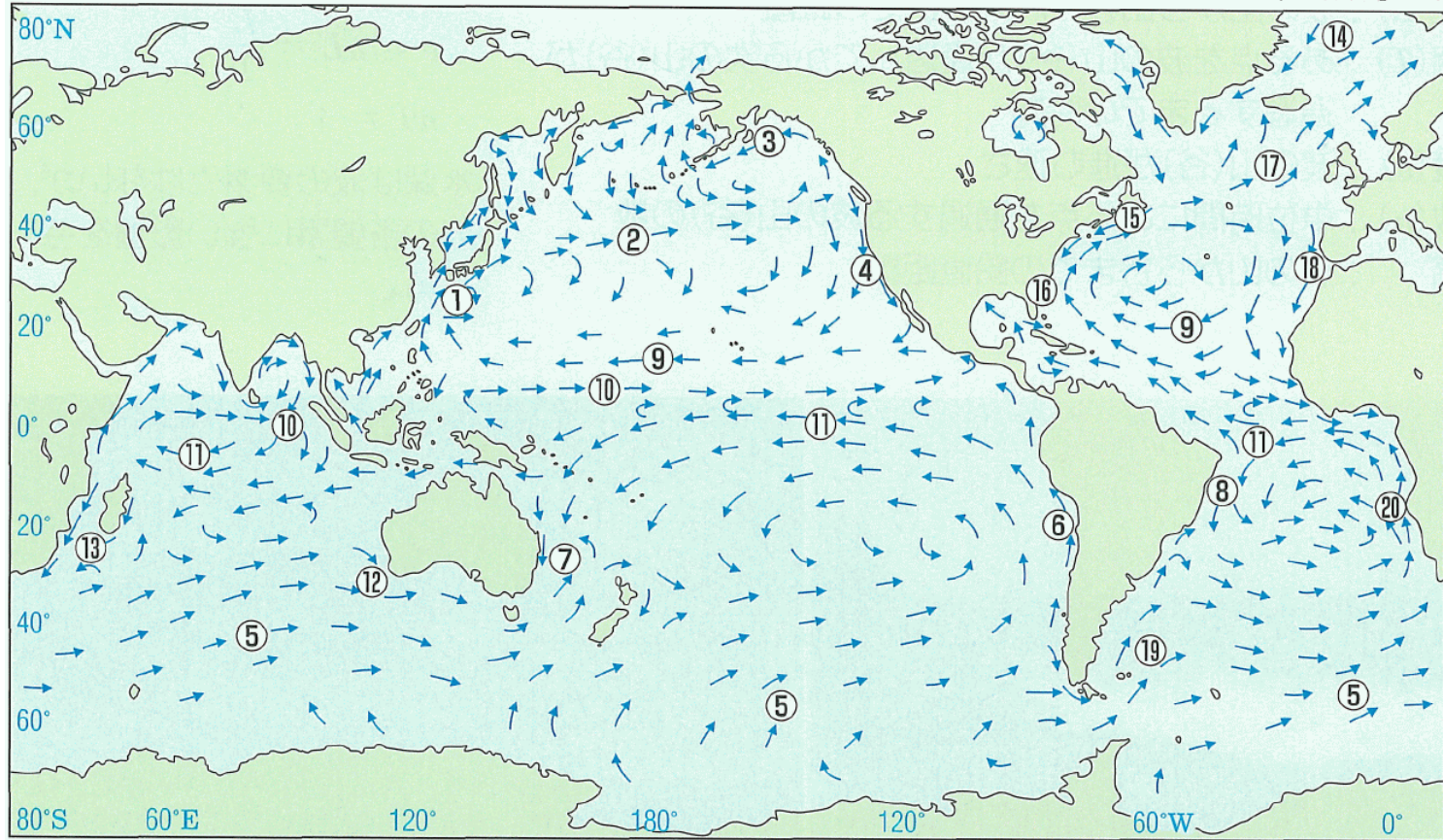
Planetary rotation rate (自転角速度): Ω^*

Small
小

Earth's Ocean 地球の海洋

世界の海流図(8月)

日本海洋データセンター、「理科年表」による



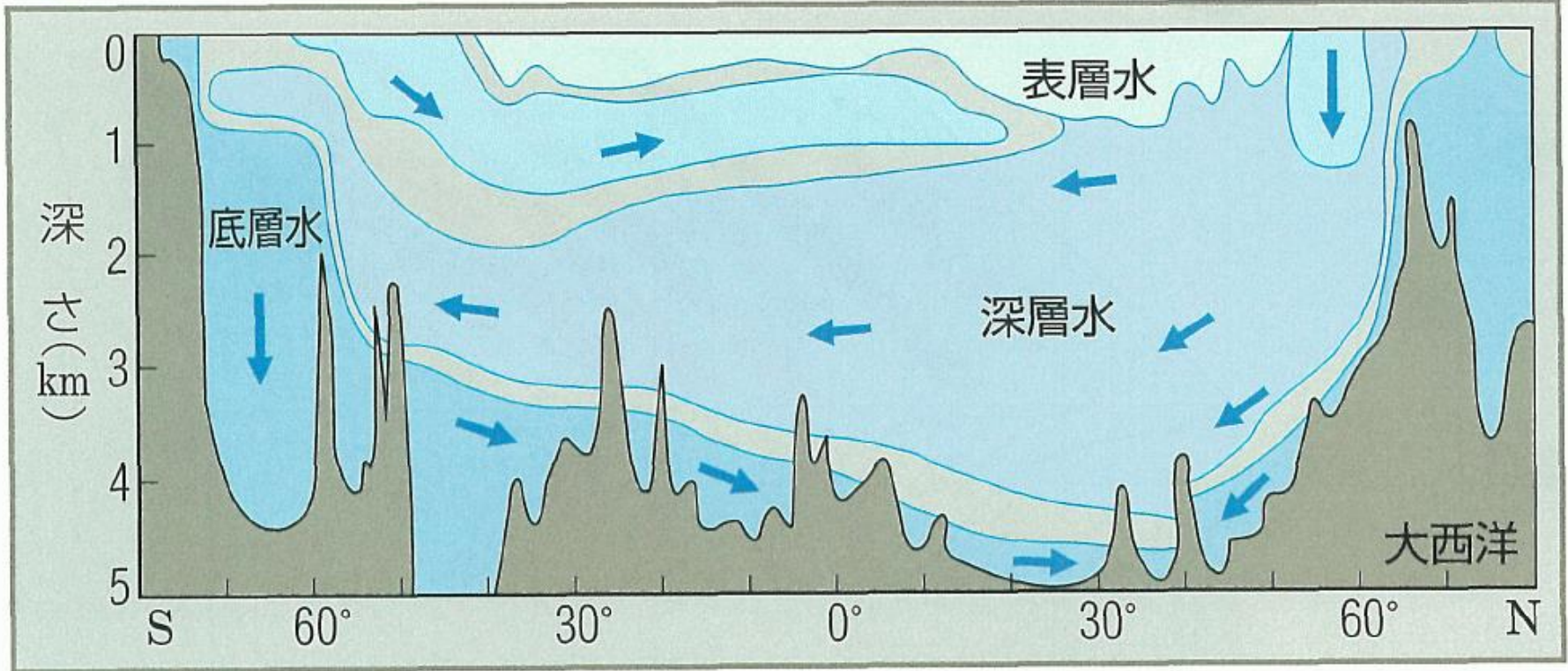
地学図表P.105

Wind driven circulation
風成循環

Deep water circulation

深層水の流れ

Hartmann (1994) による



地学図表P.103

Deep water circulation (Thermohaline circulation)
深層循環(熱塩循環)

Earth's interior 固体地球内部

Internal structure of the Earth 地球の内部構造

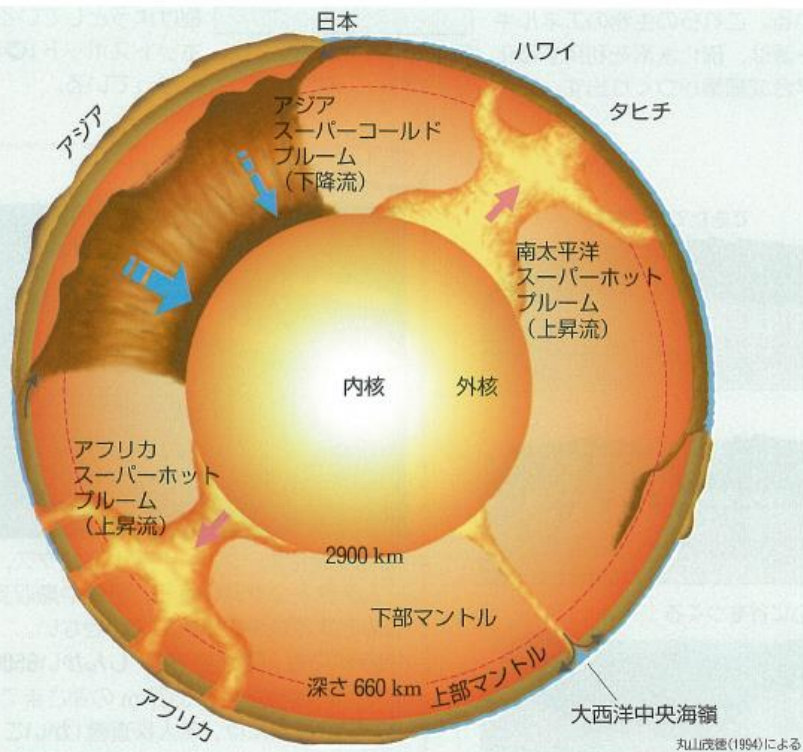
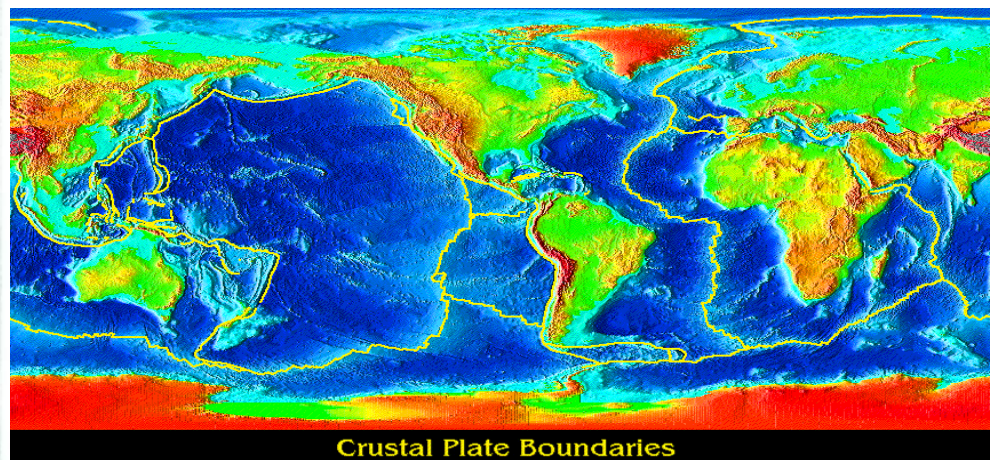


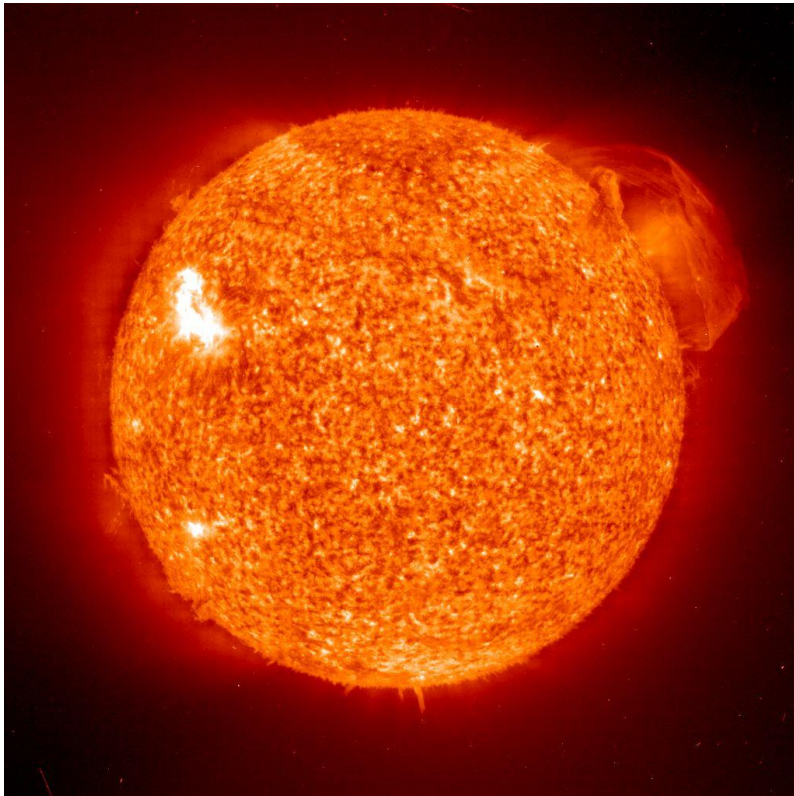
Plate tectonics プレートテクトニクス



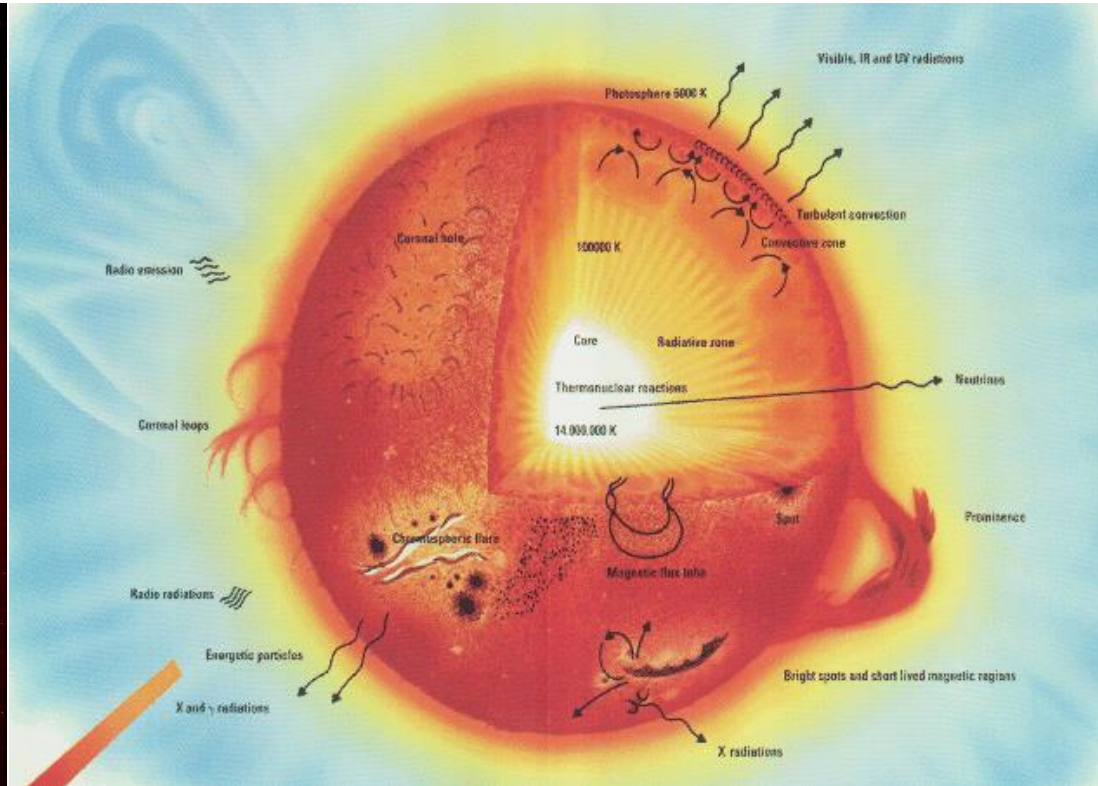
地学図表P.29

Mantle convection, Core convection, Maintenance of magnetic field (Dynamo theory)
マントル対流、コア対流、磁場の維持(ダイナモ理論)

Sun 太陽



<http://www.nineplanets.org/pxsol.html>



<http://solarviews.com/r/sun/sundiag.gif>

granule
粒状斑

Nebula 星雲



馬頭星雲(オリオン座)

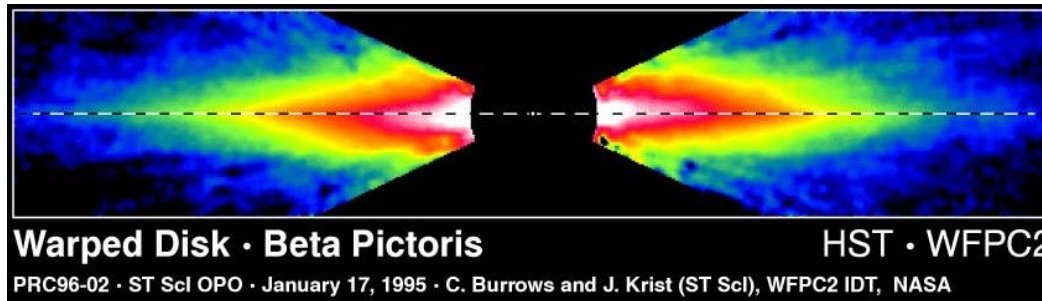
IC434 Horsehead nebula (constellation Orion)
馬頭星雲(オリオン座)
地学図表 P.145



オリオン星雲(NGC1976-7, M42, オリオン座)

M42 Orion Nebula
オリオン大星雲
地学図表P.145

Proto-planetary nebula
原始太陽系円盤



<http://hubblesite.org/newscenter/archive/1996/02/image/a>

Turbulent mixing, disc instability
乱流混合、ディスク不安定

History of GFD

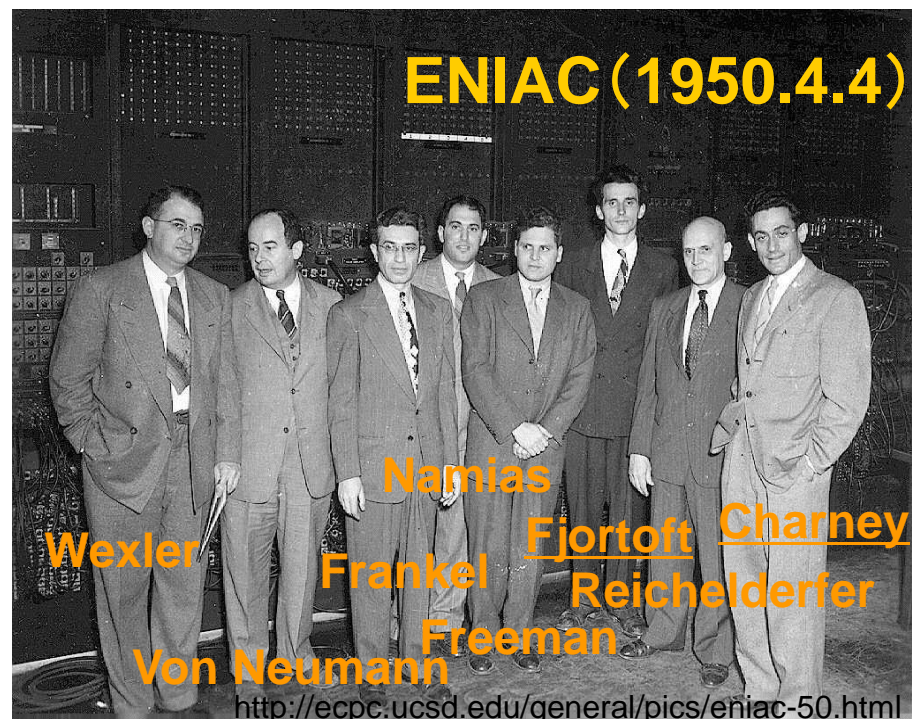
地球流体力学の歴史

- Late 1950's-1960's :appearance of movement of considering with GFD
1950後半-1960年代:GFDという枠組みで考えようという気運が高まる

- USA government investment in numerical weather prediction
数値天気予報実現に向けた政府の投資(米国)
- General Circulation Research Laboratory (USA) was renamed to Geophysical Fluid Dynamics Laboratory(1963)

米国の大循環研究所が地球流体力学研究所に改名

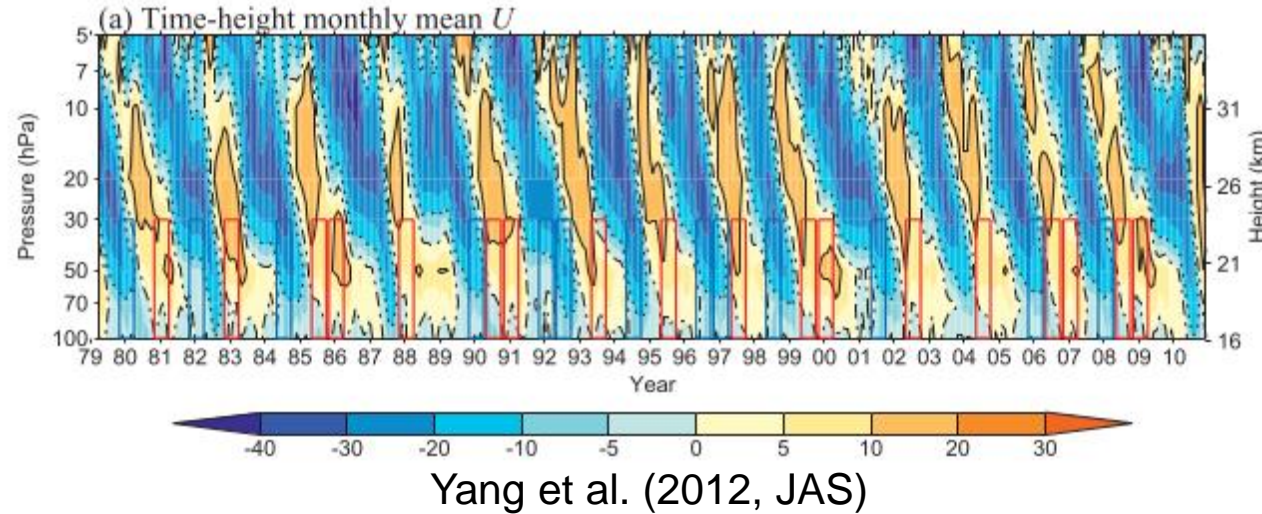
- 1970-1980's: some success stories of GFD
1970-1980年代:GFD の成功
- After 1970's :Efforts for polishing up theoretical framework
1970年代以降:体系化の努力
 - WHOI summer school (<http://gfd.whoi.edu/proceedings>)
 - Many textbooks:Charney (1973), Pdelosky (1979), Vallis (2006)



Success stories of GFD

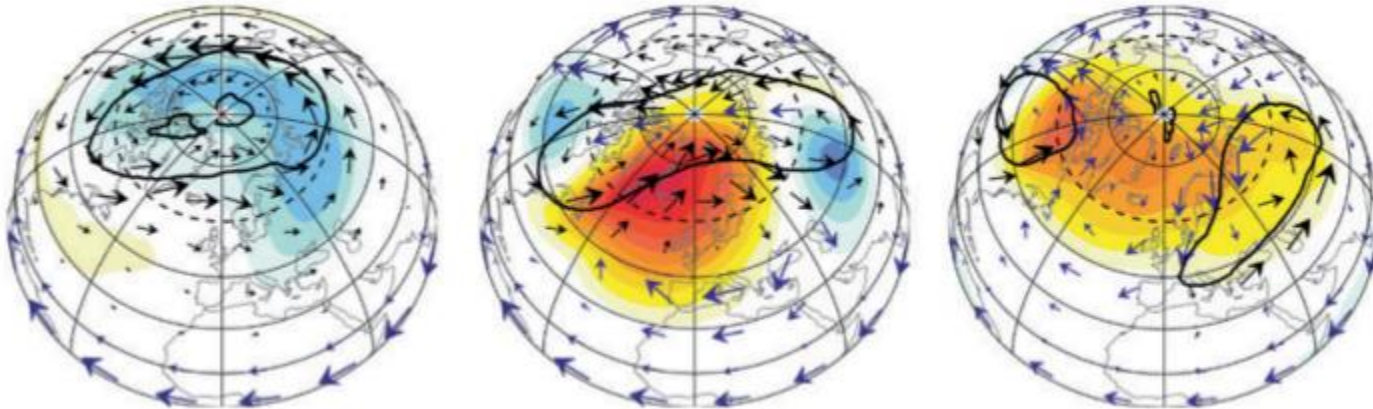
地球流体力学の成功例

赤道準二年振動 (Quasi-biennial Oscillation)



- Discovery
発見:
Reed et al. (1961),
Ebdon (1961)
- Theory of equatorial wave
赤道波の理論:
Matsuno (1980)
- Discussions of the mechanism
メカニズムの議論:
Holton(1972) ,Lindzen(1987)

成層圏突然昇温(Sudden Stratospheric warming)



Butler et al. (2015, BAMS)

- Discovery
発見:
Scherhag (1952)
- Theory
理論:
Matsuno(1971)

Current status fo GFD

地球流体力学の現状

- From theory to numerical calculation
理論から数値計算へ
 - Computational fluid dynamics
数値流体力学
- Numerical model is becoming more complicated
モデルの複雑化
 - Understanding model is becoming more difficult
モデルの理解がより困難に
 - It is common to use model which is developed by other institutes
しかも最近では他人が既存のモデルを使うことが当たり前になっている
- Amount of data is becoming more huge
データの嵐
 - Data size is increasing exopenentially.
観測データも数値計算データもサイズが大きく増加
 - To make only one figure needs hard work
1枚の図を作るだけでも一苦労
- Chance of passing the concept of GFD is becoming reduced
GFDを伝承する機会は減少する傾向にある

Schedule of lecture 予定

- 内容
 - 前半(春ターム)
 - 流体力学の復習, 回転成層流体の基礎
 - 後半(夏ターム)
 - ハドレー循環の基礎
- レポート
 - 4年生: 春ターム終了時、夏ターム終了時
(春夏両方履修する場合は最後だけ)
 - 修士課程: 1学期終了時
- For non-Japanese students, contact instructor individually

Today's tasks

今日やってもらうこと

- Answer an enquete
アンケートの提出
 - Download question sheet from
https://www.gfd-dennou.org/arch/lecture/Hokudai-sci-wakuseikishou/2021/0412_Intro/pub/enquete_20210412.pdf
 - Submit by mail
メールで提出
momoko@gfd-dennou.org
- 授業資料のダウンロード(Japanese only)
https://www.gfd-dennou.org/arch/lecture/Hokudai-sci-wakuseikishou/2021/0419_FluidDyn/pub/Note_FluidDyn.pdf

References

参考文献

- 地球流体力学(GFD): 林祥介(2007)天気, 54, 937-940
- 地球連続体力学: 松井孝典編(1996)岩波書店
- 気象力学通論: 小倉義光(1978)東京大学出版会
- 地球流体力学入門: 木村竜二(1983)東京堂出版
- Geophysical Fluid Dynamics: J. Pedlosky (1986)
Springer-Verlag
- An Introduction of dynamic Meteorology: J. Holton(2004)
Elsevier Academic Press
- Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: G. Vallis
(2006) Cambridge Univ. Press
- https://pne.people.si.umich.edu/sloan/center_descriptions/i.GFDL.html