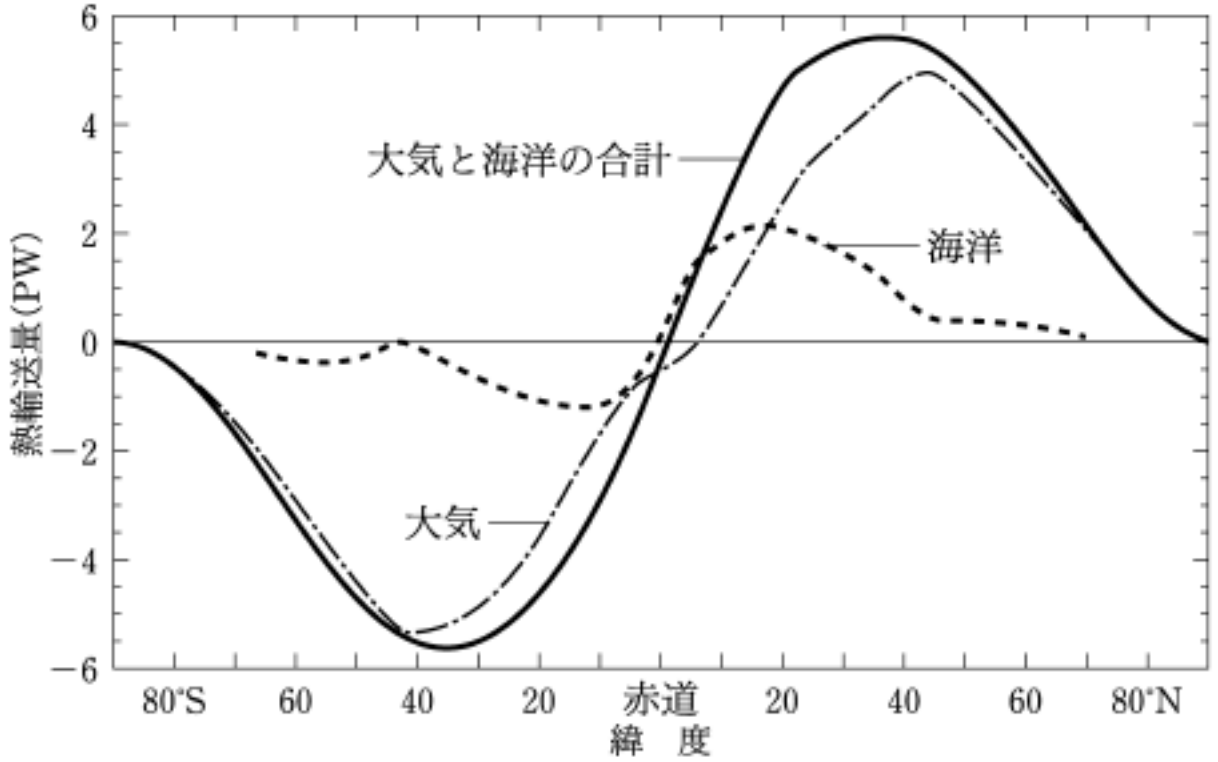
地球惑星科学 II

第6回

2026年11月12日

今日のテーマ

- 海の流れはどのように生じるか？
- 参照：地球惑星科学入門23章、24章、25章



地球惑星科学入門p231

海水の量・組成

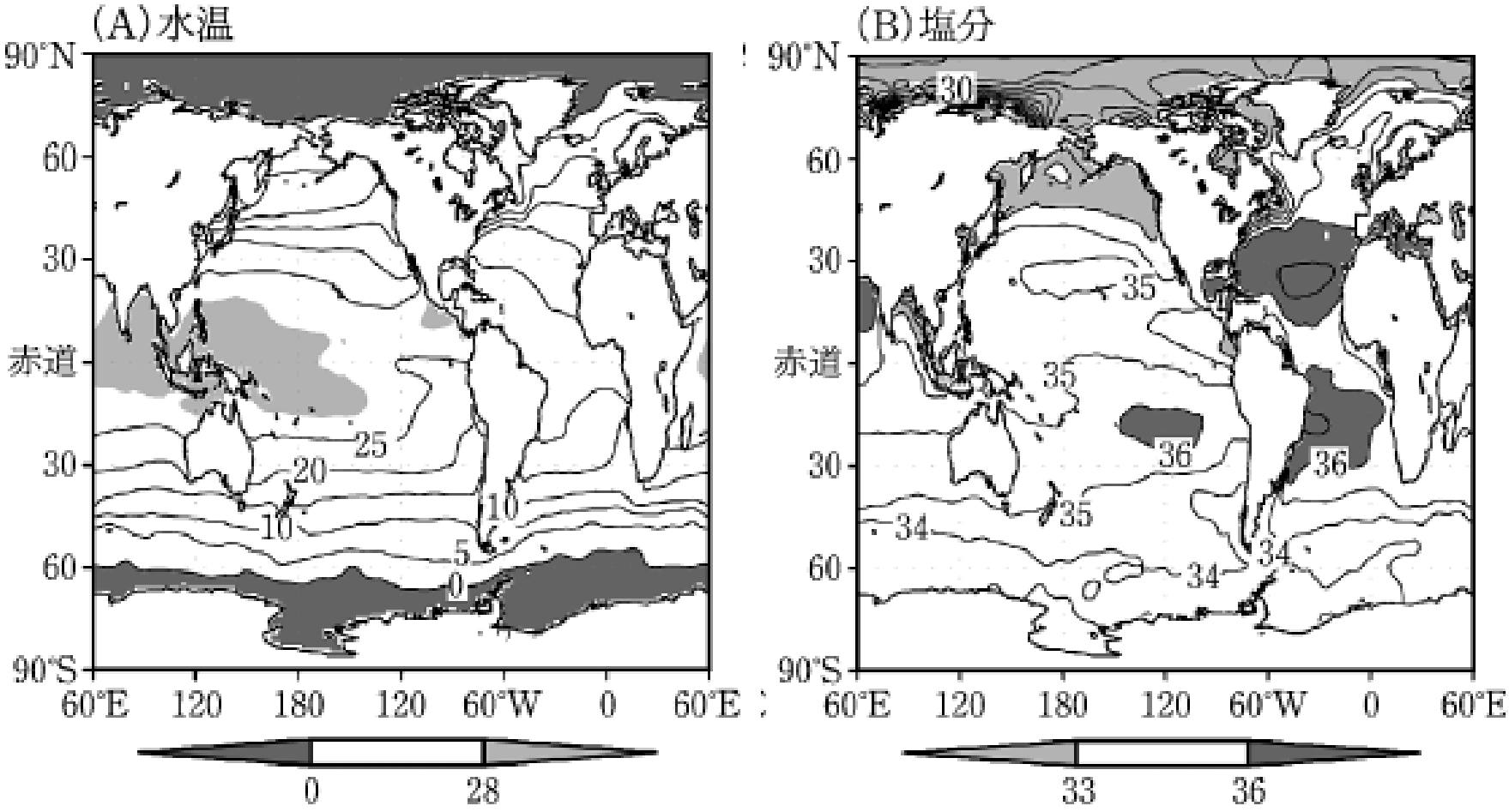
- 海洋の質量
  - 海洋：10^{21}kg（大気：10^{18}kg）
- 海洋の組成

表 23.2　海水の平均化学組成。単位は g kg^{-1}である。

陽イオン		陰イオン	
Na^+	10.773	Cl^-	19.344
Mg^{2+}	1.294	SO_4^{2-}	2.712
Ca^{2+}	0.412	HCO_3^-	0.142
K^+	0.399	Br^-	0.0674

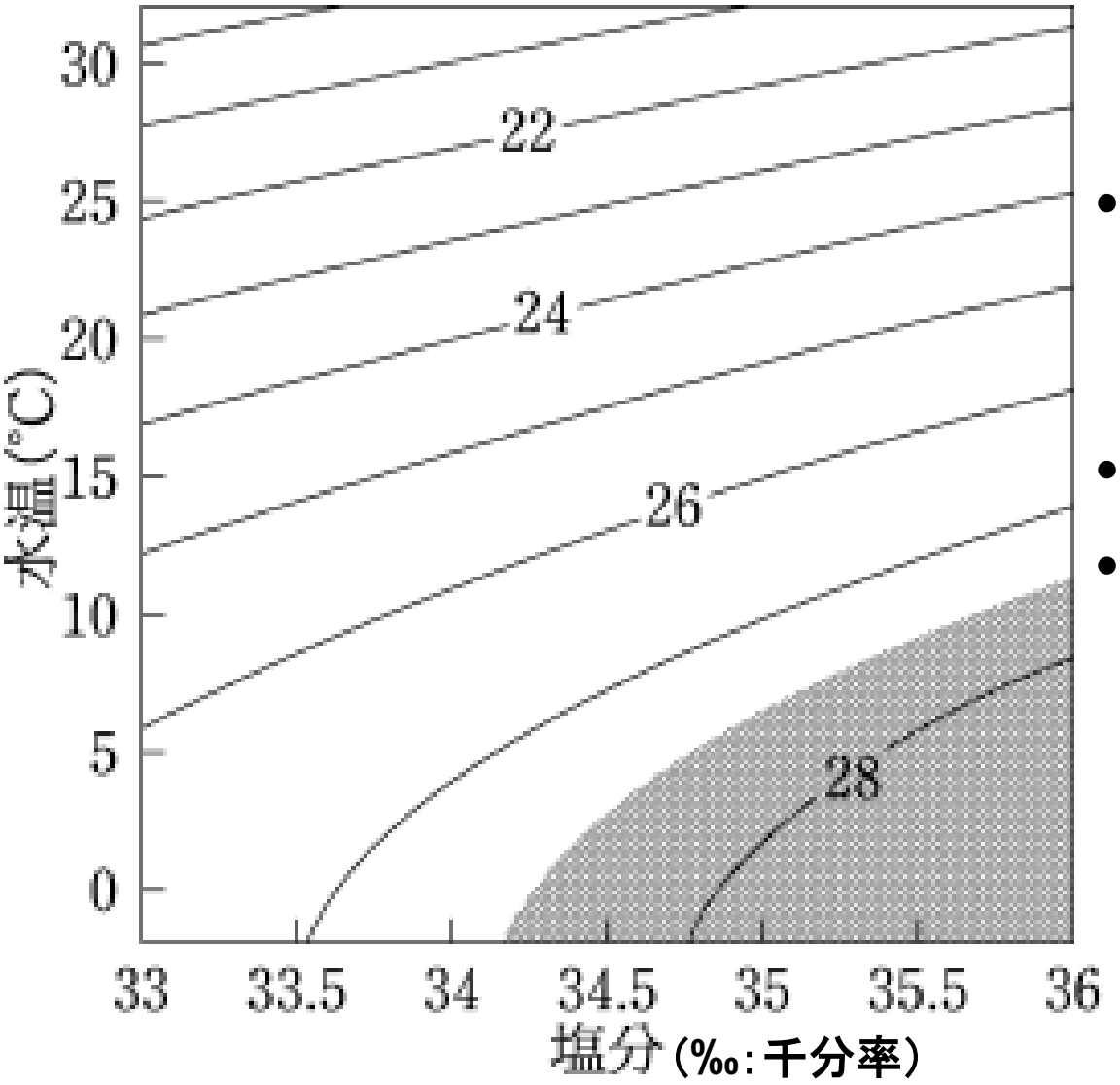
地球惑星科学入門p272

海面水温・海面塩分



地球惑星科学入門p279

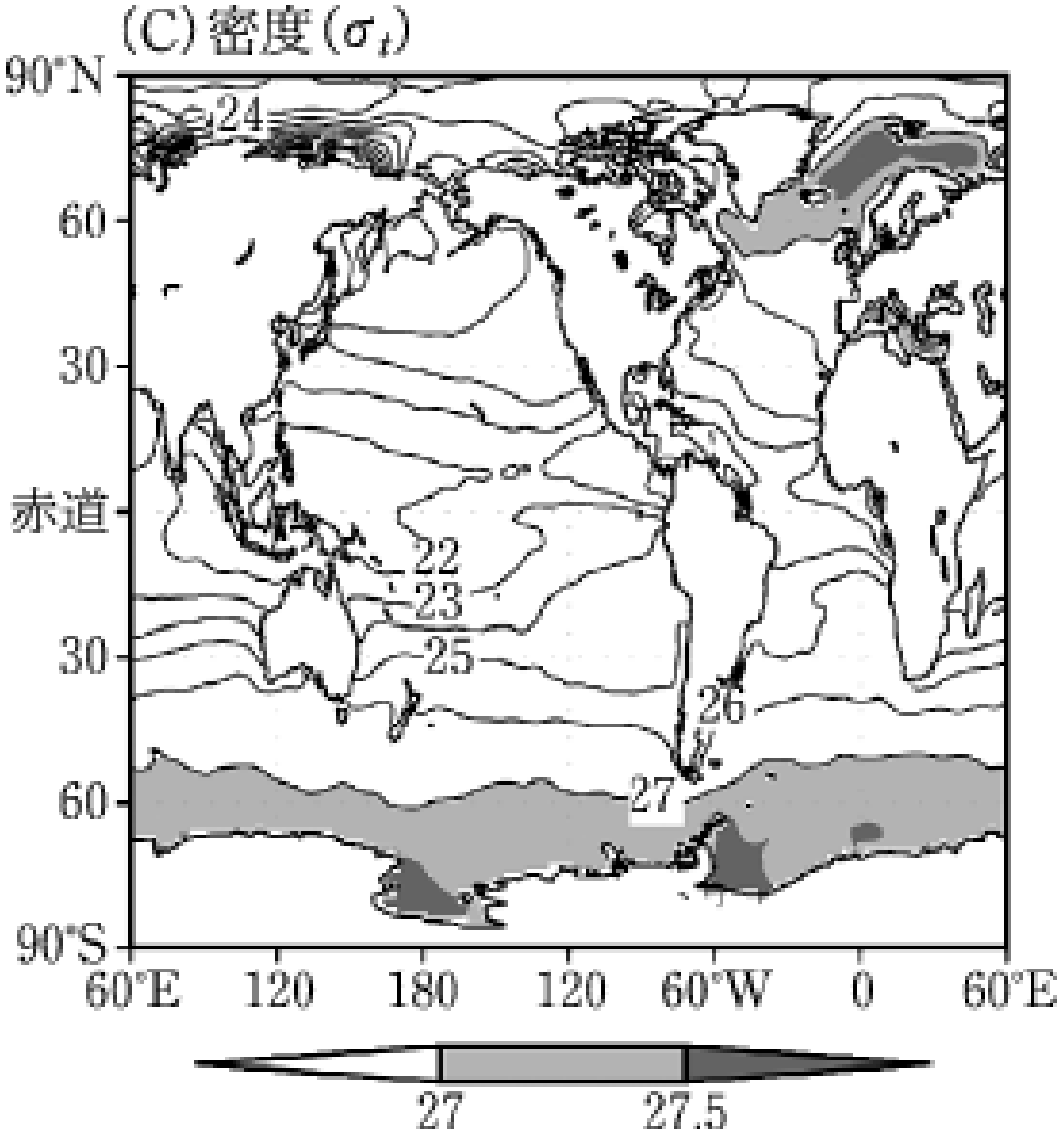
海水の密度



- 図に描かれているのは
  (密度-1000)kg/m^3
- 高塩分で高密度
- 低水温で高密度
  (0°C付近以外)

地球惑星科学入門p276

海面の密度分布



地球惑星科学入門p279

海洋の鉛直構造

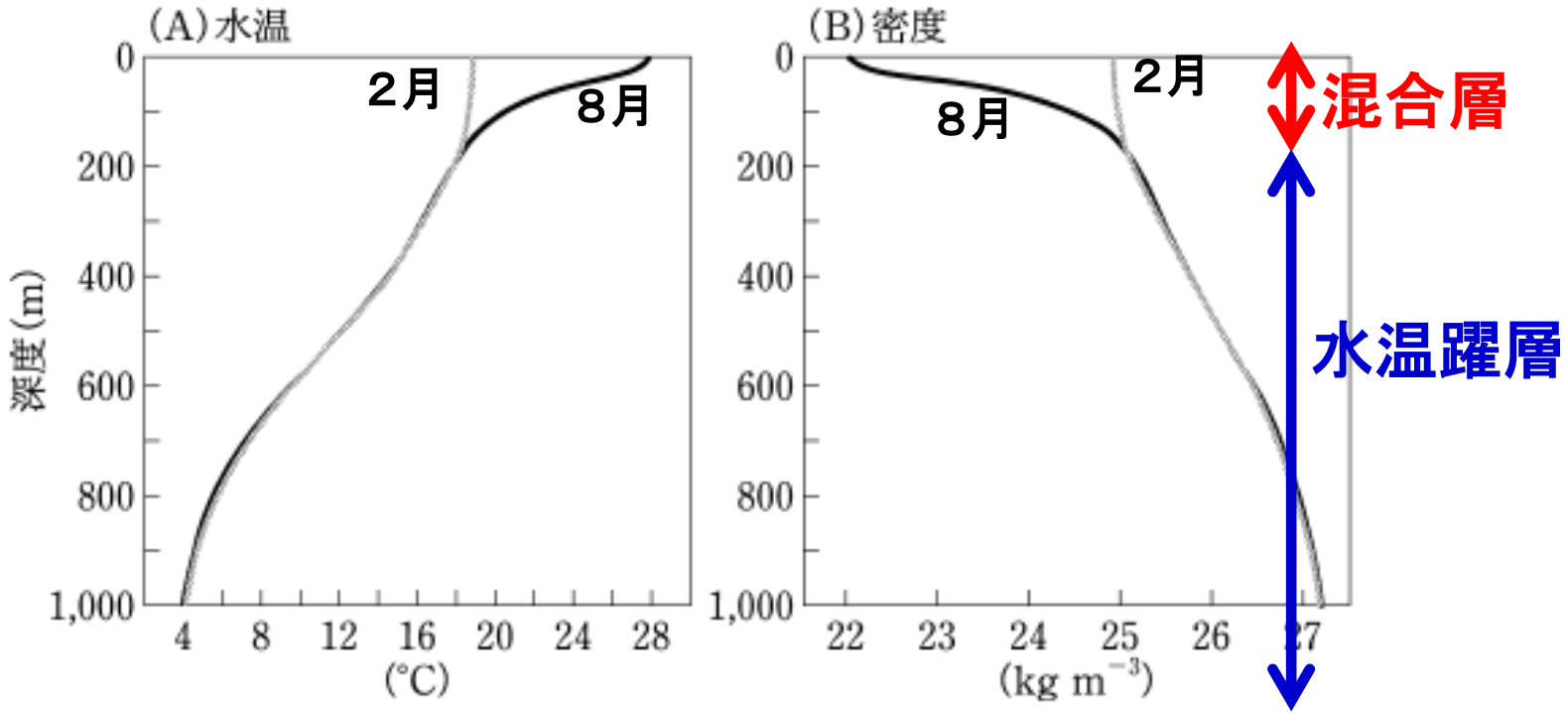
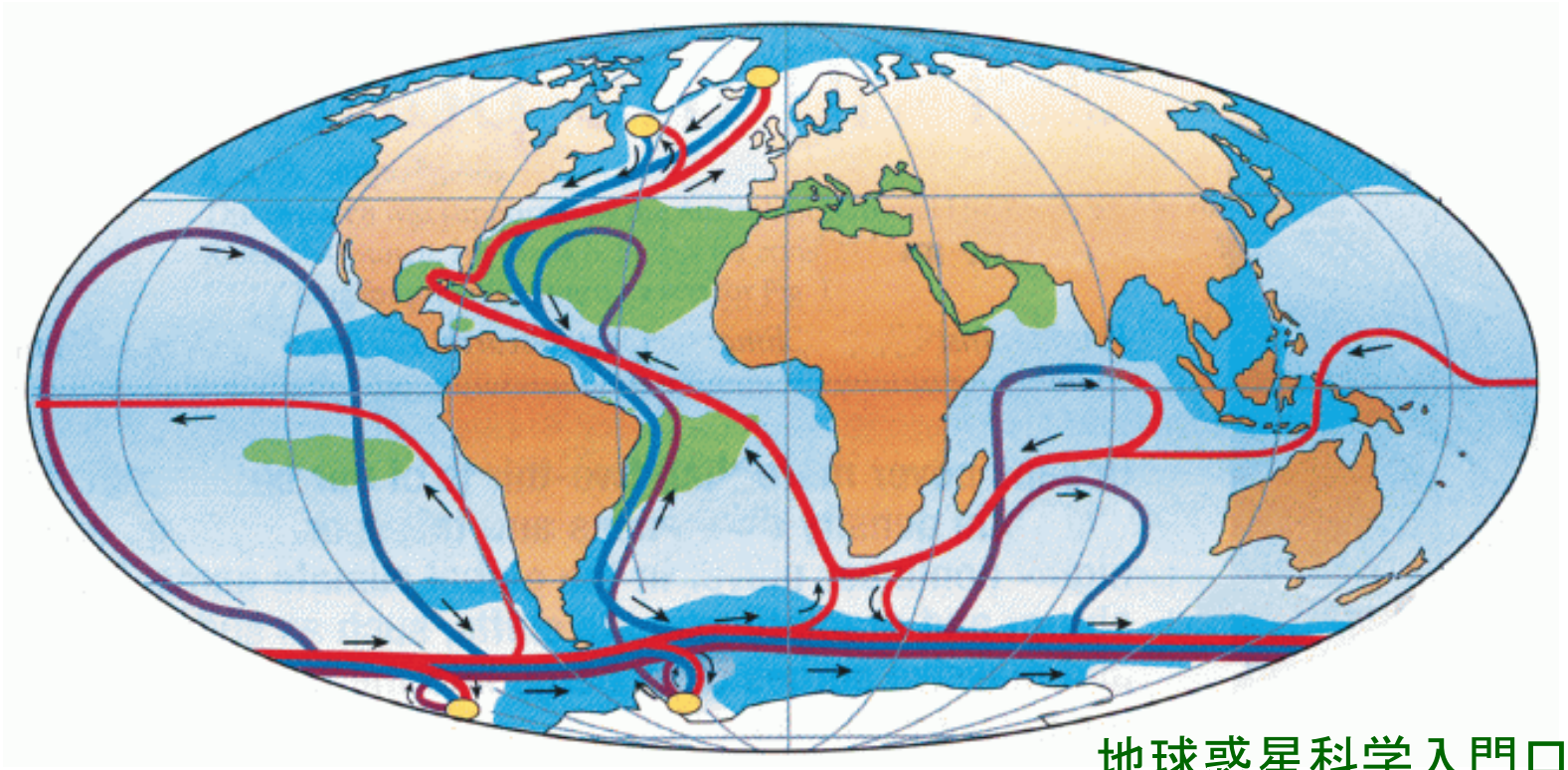


図 23.2　日本南方(30°N，140°E)での，2月(灰色線)と8月(黒線)における平均的な(A)水温と(B)密度(σ_t)の鉛直分布

地球惑星科学入門p278

海水の大循環

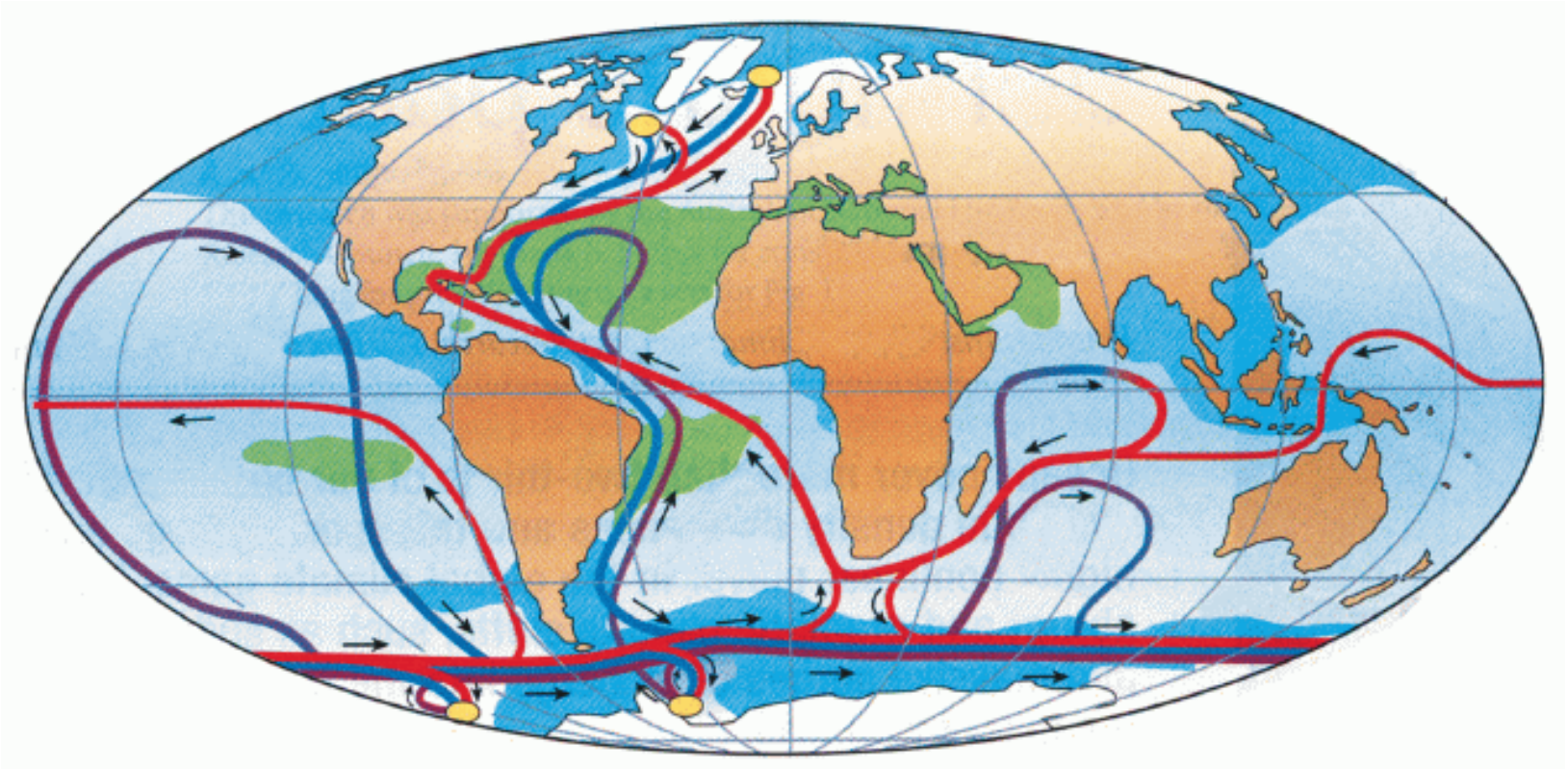


地球惑星科学入門口絵20

- ブロッカーのコンベヤーベルト
- 南極大陸周辺とグリーンランド沖で沈み込む
- 深層の水は再び表面に湧き上がる（湧昇）

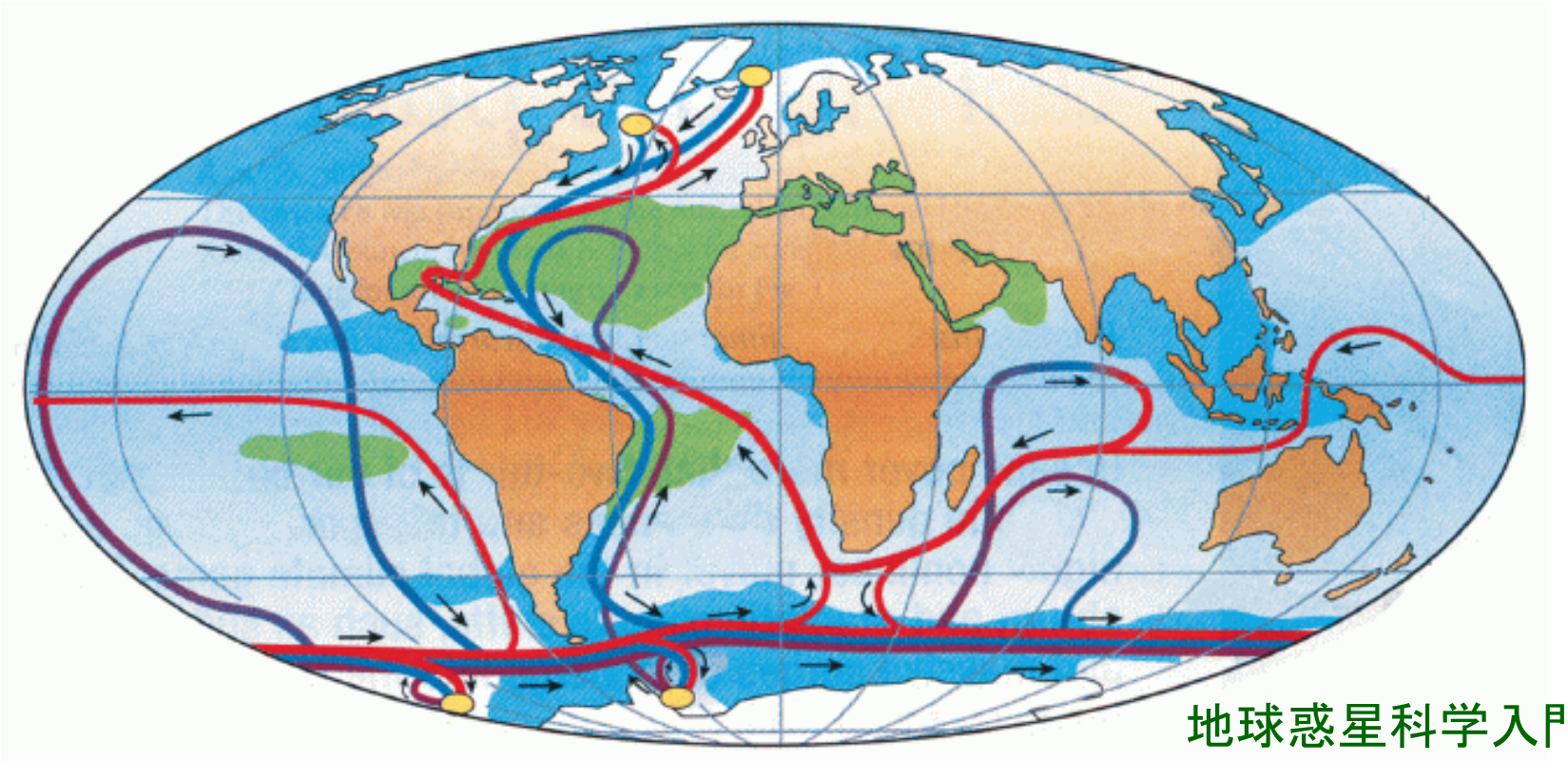
今日の計算問題

- 深層水の流れのタイムスケールを求めなさい
  - 深層水の水平方向流速：1cm/sec
  - 地球1周は40000km



地球惑星科学入門口絵20

計算問題の解答例

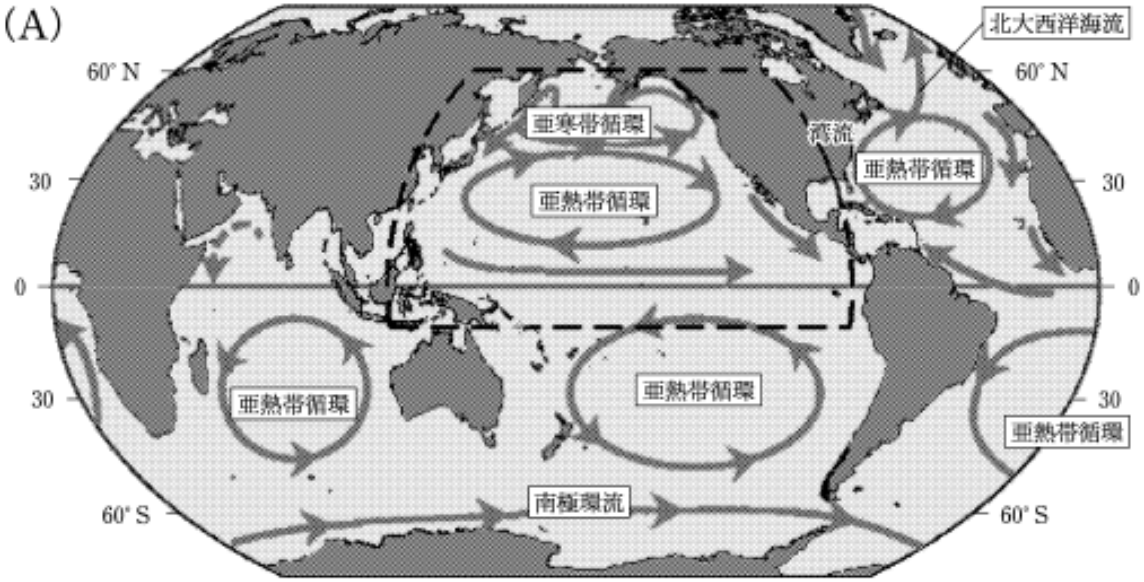


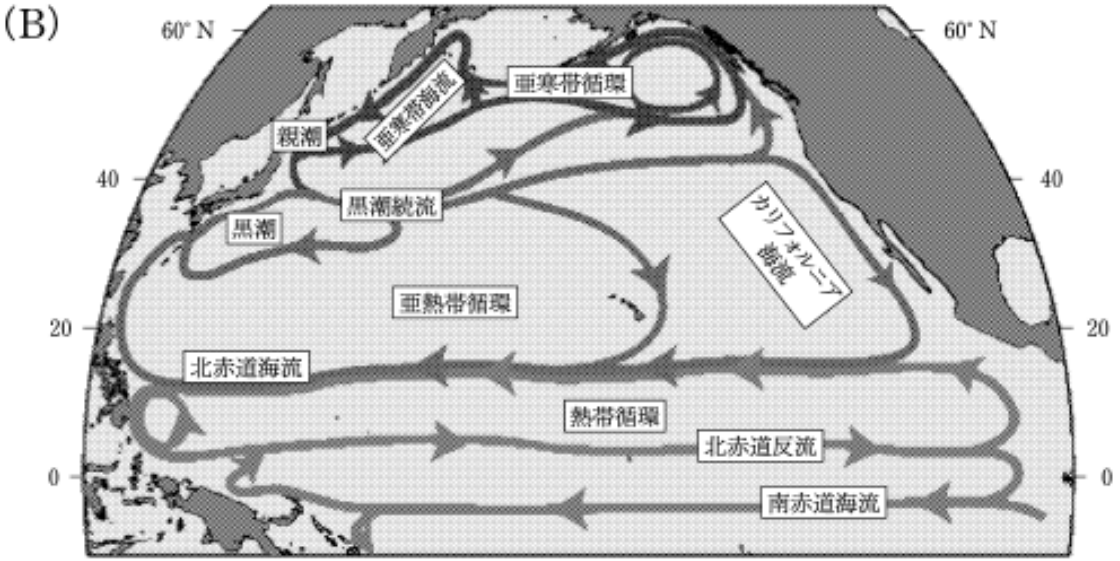
地球惑星科学入門口絵20

- 地球を4周程度すると考えると

$$T = \frac{4 \times 4 \times 10^7 \mathrm{m}}{0.01 \mathrm{m/sec}} = 4 \times 4 \times 10^9 \mathrm{sec} = 4 \times 4 \times 10^9 \times \frac{1}{86400 \times 365} \text{年} = 4 \times 126 \text{年}$$

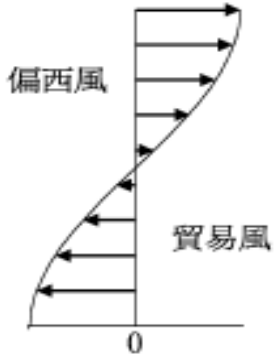
海洋の表層の循環：風成循環

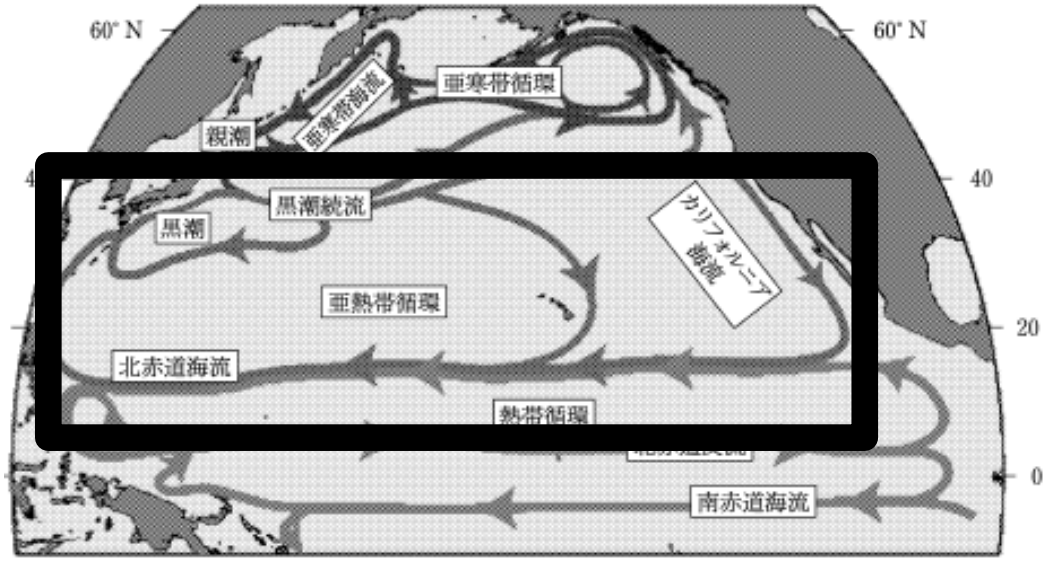




地球惑星科学入門p284

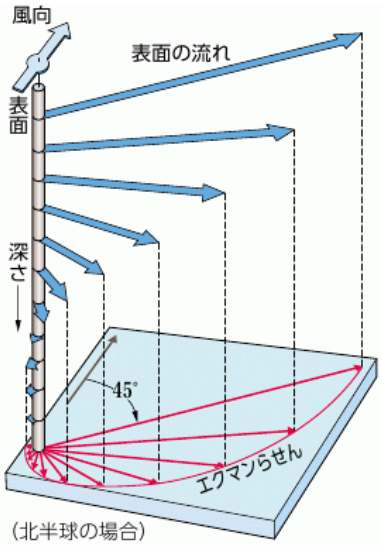
風成循環の成因：海面高度差の形成



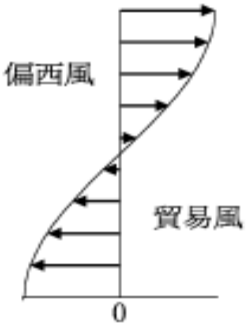


地球惑星科学入門p284

エクマン吹送流



エクマン層内で平均すると風に対して直角右方向（北半球）への輸送



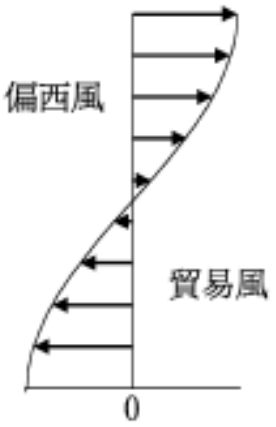
海水の輸送 ⇩

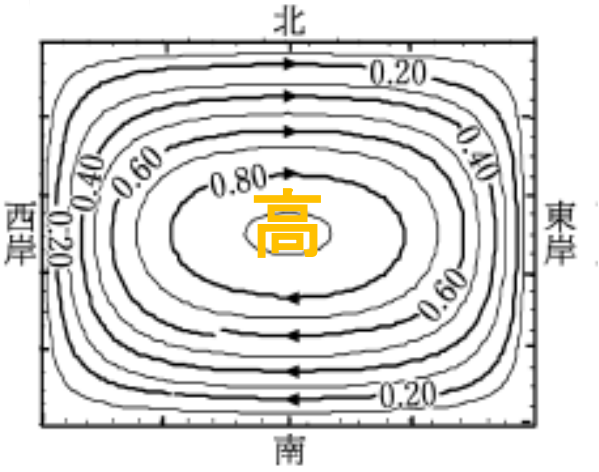
海水の輸送 ⇧

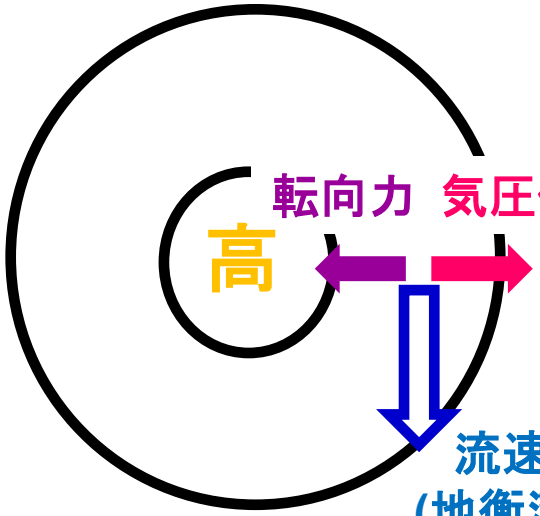
地学図表P.101

風成循環の成因：地衡流

回転効果の緯度変化が無い場合（回転平面上の場合）



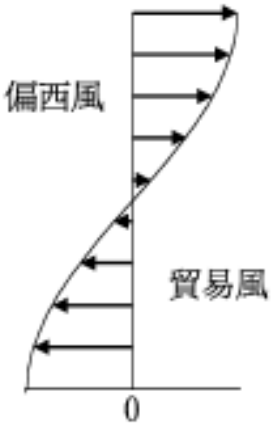


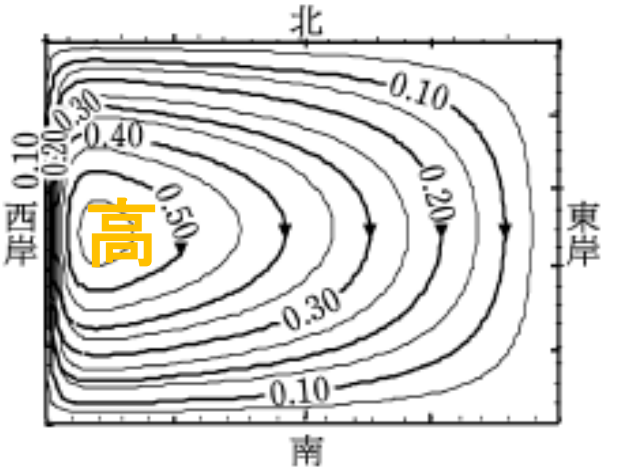


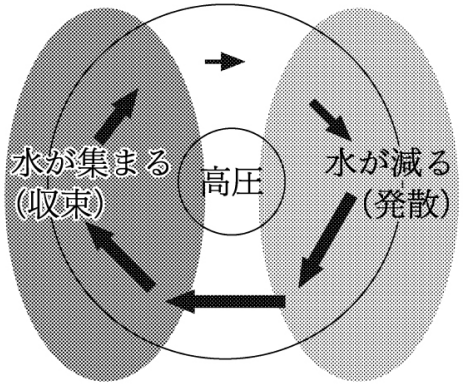
$$fv = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}$$

f は一定

回転効果の緯度変化が有る場合（回転球面上の場合）







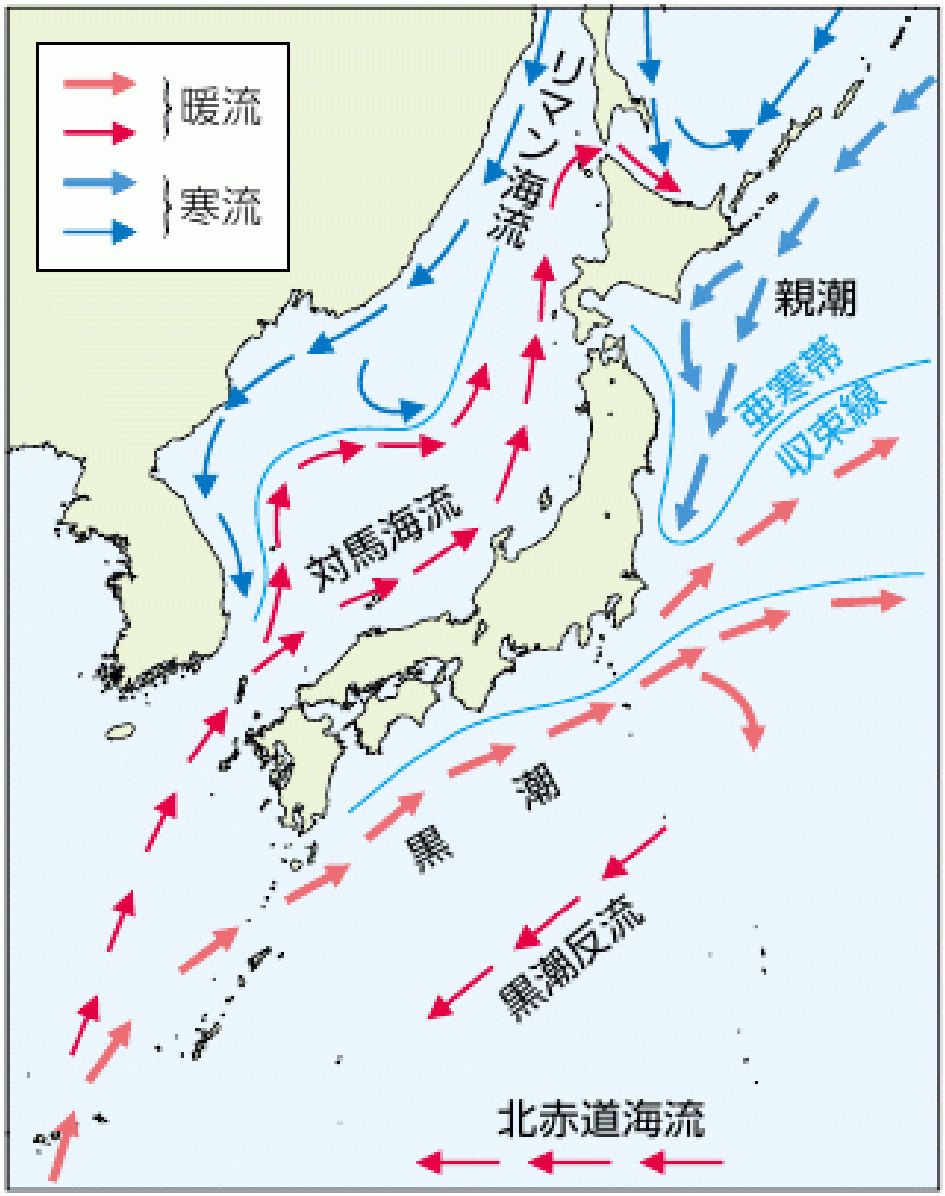
$$fu = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}$$

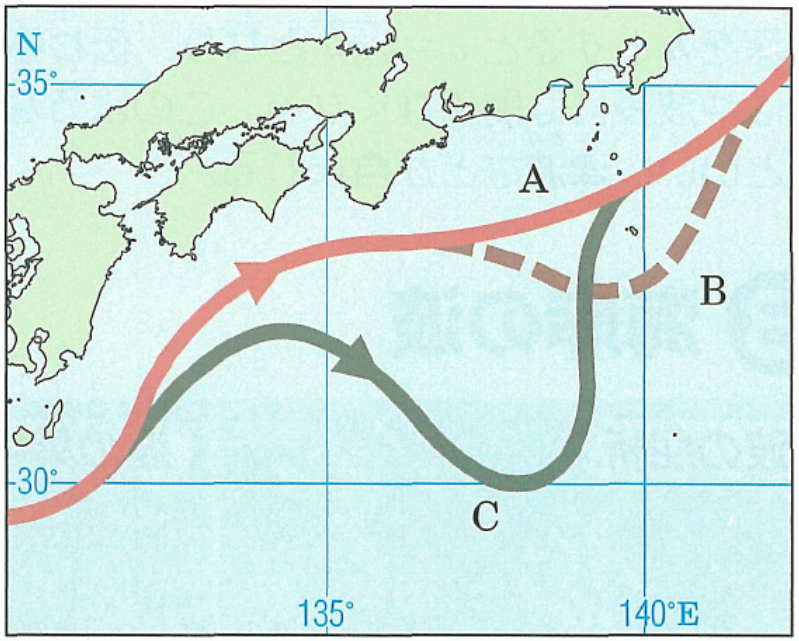
f は高緯度ほど大きい

地球惑星科学入門p288

地球惑星科学入門p289

日本付近の海流



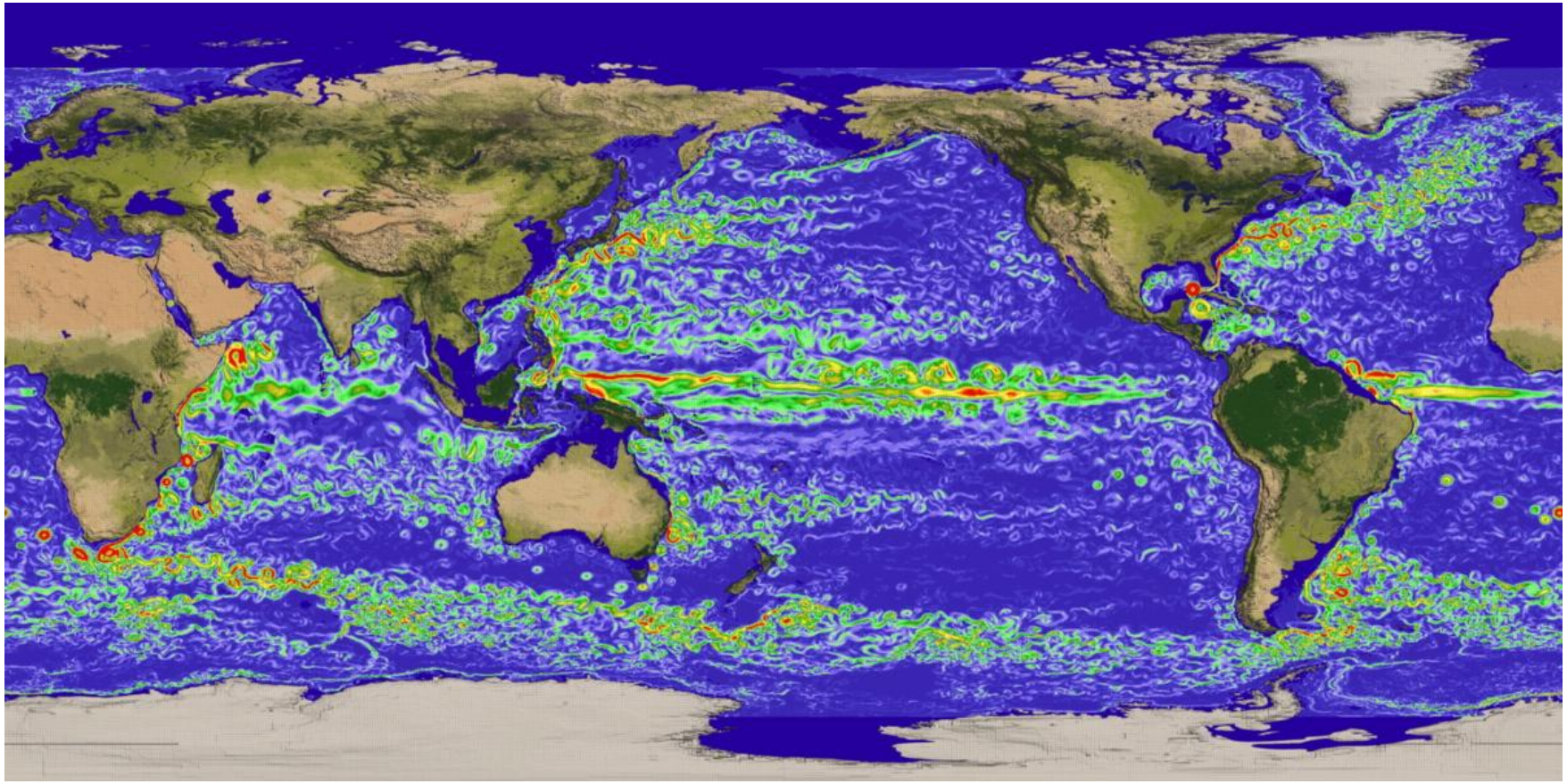


地学図表P.100

「実際の」海洋の流れ

地球シミュレータを使った計算結果

0.1 度メッシュ計算で得られた水深100mにおける流速の瞬間値
寒色ほど遅く、暖色ほど速い



http://www.jamstec.go.jp/esc/research/AtmOcn/virtual_atm-ocn.ja.html

潮汐

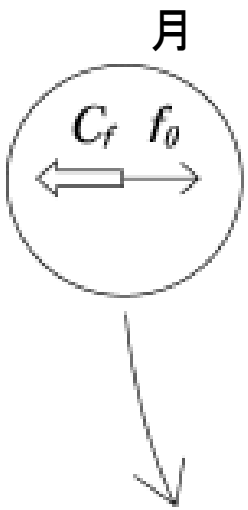
潮汐による生じる現象の例

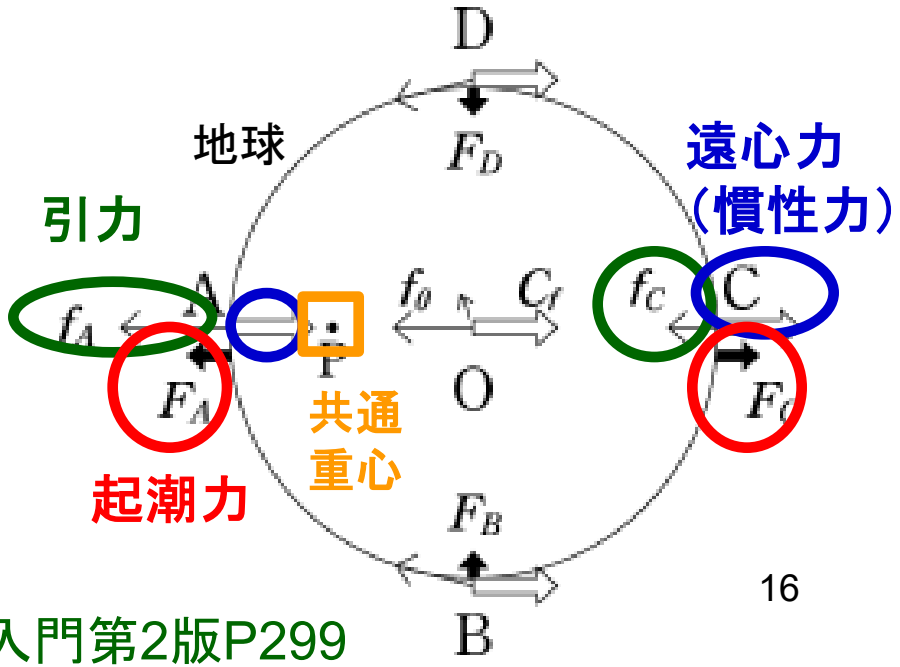




地学図表P.103

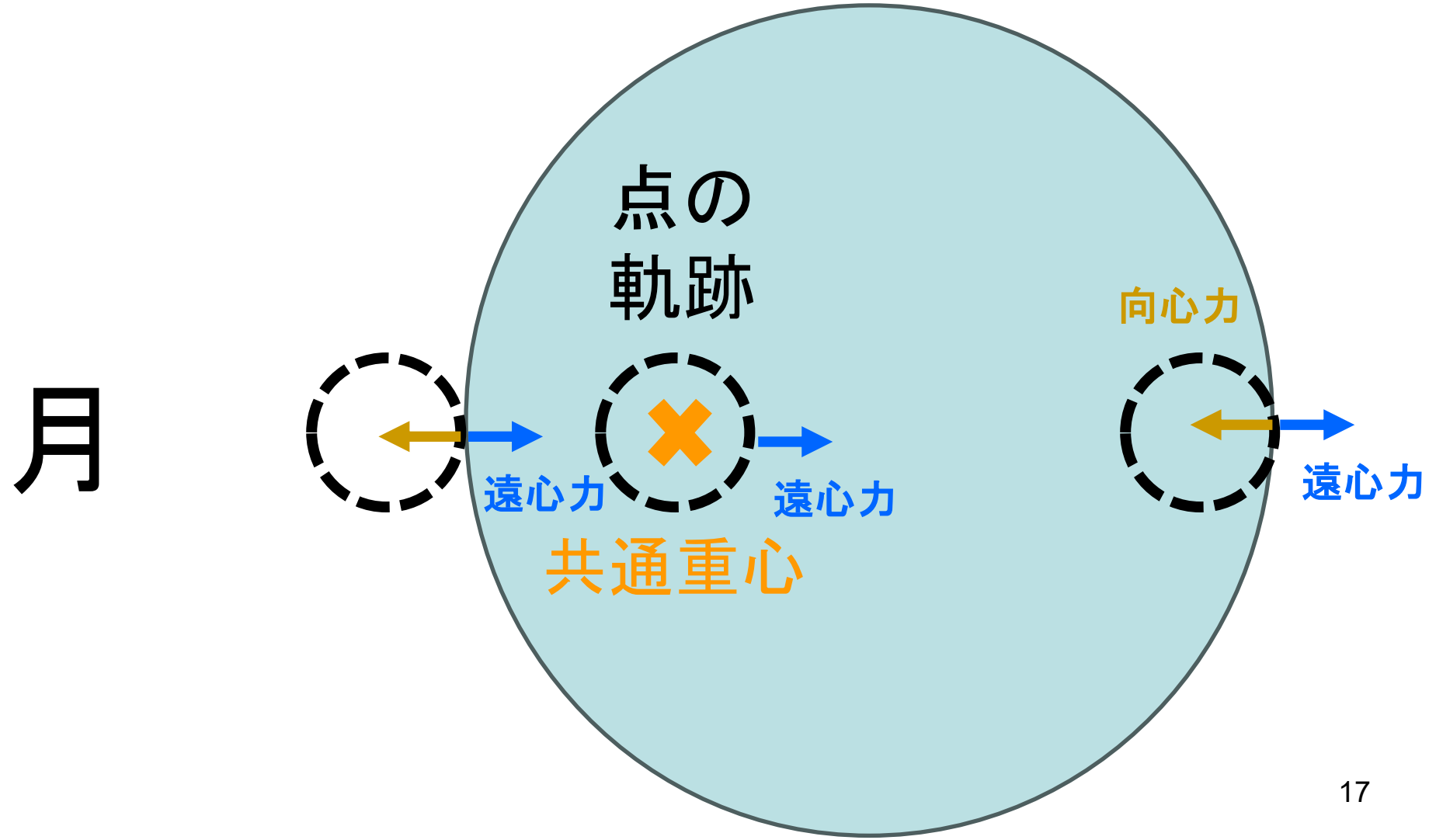
潮汐現象の説明





地球惑星科学入門第2版P299

起潮力の説明の補足：
共通重心周りの回転における遠心力



今日のミニレポート

- 答えるべきことは2つ
  - 〆切は11/22 (日)　期間が長い！

1. 海洋の潮汐について150字以内で説明する文章を作れ
   - 質・量ともに完成度の非常に高い文章を作ってください。複数の情報源を使うのが重要
2. 上記の文章を作成するにあたってどのような作業・工夫を行ったか（どれだけ労力を費やしたかか）を200字程度で説明せよ
   - どれほど多くの情報源にあたったか？
   - 生成AIの回答に対して、正誤確認をどのようにおこなったか？どのような修正指示を出したか？