

カリフォルニア海流域におけるサブメソスケール乱流



伊藤 幸彦* <itohsach@aori.u-tokyo.ac.jp> & D. L Rudnick

*AORI, UTokyo

1. サブメソスケール乱流

メソスケールからより小さいスケールへ
物質・エネルギーを輸送

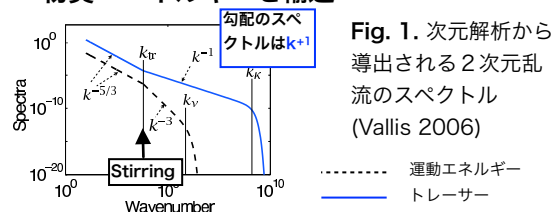


Fig. 1. 次元解析から導出される2次元乱流のスペクトル (Vallis 2006)

数値実験 サブメソ現象の特性、生態系への役割等
(e.g., Capet et al. 2008; Zhong et al. 2017)

観測 内部変形半径を解像する結果は少なく、その多くは
スナップショット (e.g., Kunze et al. 2015)

高水平解像度 (≤ 10 km) の繰り返し観測が必要

2. California Underwater Glider network (CUGN)

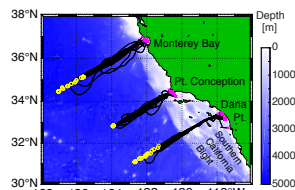


Fig. 2. CUGNによるカリフォルニア沖のグライダー観測線 (CalCOFI定線)

- ・水中グライダーSprayによる観測 (2006–現在)
- ・500 mまでのT・S・Chl-aプロファイル
- ・水平3 km (3時間) 間隔、2–3週で1往復
- ・2007–2013年データを解析 (2014–2016は異常高温&El Niño)

3. Wavelet 解析

- ・等密度面塩勾配に対するwavelet解析 (Torrence & Compo 1998)
- ・メソ・サブメソ帯 (12–60 km)
- ・バンド&アンサンプル平均
→ メソ・サブメソ振幅のx-σ分布
- ・水平&アンサンプル平均
→ 海域・深度毎のスペクトル

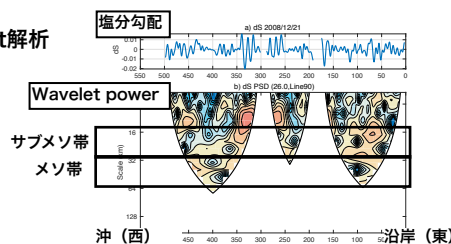


Fig. 3. 単一観測線・単一密度面データに対するWavelet解析の例

4. 空間分布・季節変動

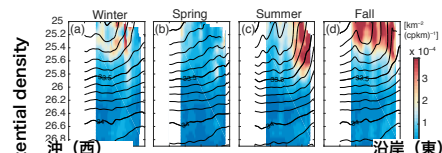


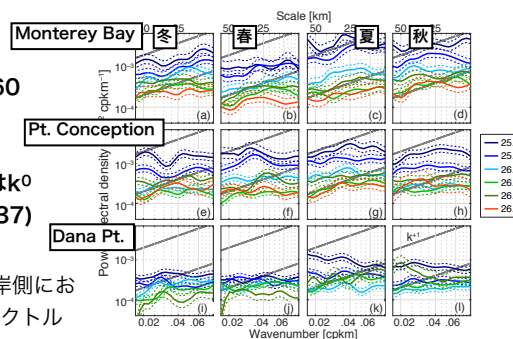
Fig. 4. モントレー湾沖におけるサブメソ帯 (12–30 km) 振幅の季節変動
カラー: wavelet power、コンター: 平均塩分

- ・夏季の沿岸湧昇の発達に対応してサブメソ振幅強化
- ・秋～冬に沖に伝播
- ・ $26.3\sigma_\theta$ で極小

5. スペクトル

- ・メソ・サブメソ帯全体 (12–60 km) では k^{-1} よりは緩やか (平均勾配 0.25 ± 0.32)
- ・サブメソ帯 (12–30 km) では k^0 に近い (平均勾配 0.015 ± 0.37)

Fig. 5. 各季節・観測線の沿岸側における等密度面塩分勾配のスペクトル



6. ランダム変動か、フロントか?

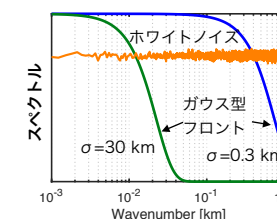


Fig. 6. ガウス型フロントとホワイトノイズの波数スペクトル

- k^0 (波数によらず振幅が一定) となるのは、
- ・ランダム変動 (位相もランダム)
 - ・不連続境界 (位相は同一)

Rayleigh test

単位ベクトルの平均値
から位相の偏りを判定

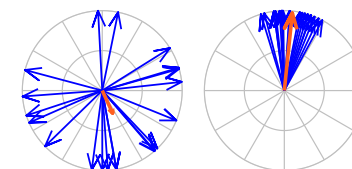


Fig. 7. Rayleigh testの模式図。左: ランダム、右: y軸方向に偏向ベクトル平均 (橙矢印) の絶対値がRayleigh's R

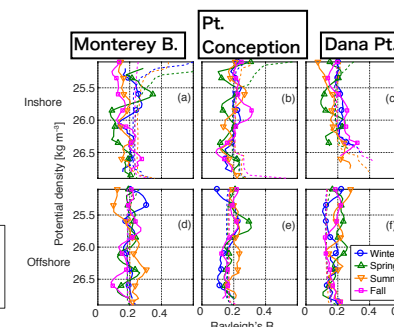


Fig. 8. サブメソ帯 (12–30 km) におけるRayleigh's R. 破線は95%信頼限界

いずれの季節・観測線においても信頼限界の近傍



ランダム変動のみではない
(12–60 km帯ではランダム変動: 図は割愛)

サブメソ帯では急勾配
フロントが影響している可能性

