第 II 部門　　海洋表層地衡流を用いた eddy tracking による
北太平洋における中規模渦の発生伝播特性の解析

神戸大学工学部　学生員　○岡田　信瑛
神戸大学大学院工学研究科　正会員　内山　雄介

1. 研究背景及び目的

海洋に遍在する中規模渦は，地球規模の熱循環，海洋生態系，CO_2 などの物質循環に対して重要な役割を担っており，それらによって引き起こされる海洋循環変動は，気候変動に対しても影響を与えていると言われている．黒潮は亜熱帯海域の熱・物質を中高緯度域へ輸送し，我が国の水産業，沿岸災害に対して重要な役割を果たしている．Usui *et al*. (2008) は，高気圧性中規模渦が鹿児島県沖で黒潮に衝突し，黒潮流路変動を惹起することを報告している．したがって，沿岸環境を変化させる黒潮の蛇行現象を理解するためにも，中規模渦の挙動を定量的に評価する必要がある．本研究では，Nencioli *et al*. (2010) による表層地衡流を用いた中規模渦抽出・追跡アルゴリズムを衛星絶対海面高度データ（AVISO）に適用し，中規模渦の発生・伝播解析を行った．西進ロスビー波に代表される波動としての広域伝播特性を考慮するため，黒潮流路周辺だけでなく，北太平洋全域を解析対象とした．

2. 渦抽出・追跡アルゴリズム

渦の抽出, 追跡は以下のような手順で行う．まず，有限領域内の水平流速場において，流速が最小で，かつ周囲の流速ベクトルが閉じている点を渦の中心座標とする．これを海域全体に対して行い，全ての中規模渦を抽出する．この中心座標に対する有限の相対座標系における流線関数を求め，円形に閉じた流線を探索する winding angle 法を用いて渦の境界を決定する．最後に，2 つの連続する時間に存在する互いに最も近接する渦を検索することで，移動する渦の追跡を行う．

3.　解析結果と考察

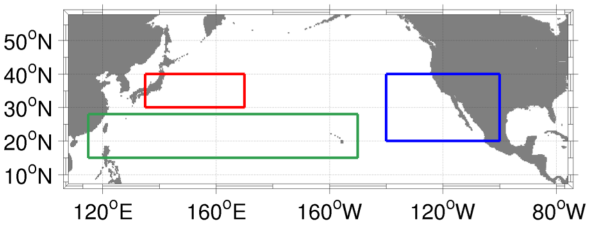

図-1 解析対象領域．赤枠：黒潮続流域，緑枠：亜熱帯海域，青枠：アメリカ西海岸沖．

(1) 解析対象海域

1993～2012 年（20 年分）を対象とし，渦運動エネルギーが最も強い黒潮続流域と亜熱帯海域，さらに季節風による沿岸湧昇に伴う中規模渦の生起が卓越するアメリカ西海岸沖の 3 つの海域に着目して解析を行った（**図-1**）．

(2) 中規模渦の発生個数分布

抽出された渦の総数は 20 年間で 254,814 個，そのうち冷水渦（低気圧性渦）は 132,238 個，暖水渦（高気圧性渦）は 122,576 個であり，冷水渦が 7.9%ほど多かった．本研究では Liu *et al*. (2012) を参考に 8 週間以上生存した渦を解析対象とするが，その総数は全体の約 1/5 に相当する 44,275 個で，冷水渦の方が暖水渦よりも 12.1%多かった．亜熱帯海域，黒潮続流域，アメリカ西海岸沖にはそれぞれ全体の 20%，5%，13%の渦が存在していた．局所的にはハワイ周辺海域で最も多くの渦が発生しており，次いでアメリカ西海岸沖で海岸線に沿うように多数発生していた（**図-2**）．

(3) 渦径と無次元相対渦度の関係

三海域について渦径, 無次元相対渦度ξごとの発生数分布を求めた（**図-3**）．アメリカ西海

Nobue OKADA(eybuieybui@gmail.com) and Yusuke UCHIYAMA

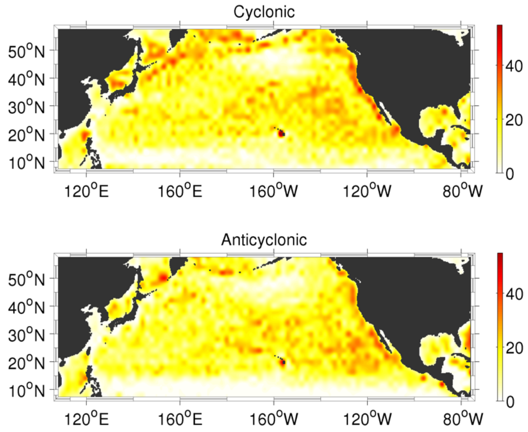

図-2 中規模渦の発生数分布（上：冷水渦，下：暖水渦，2 度格子毎の総数）.

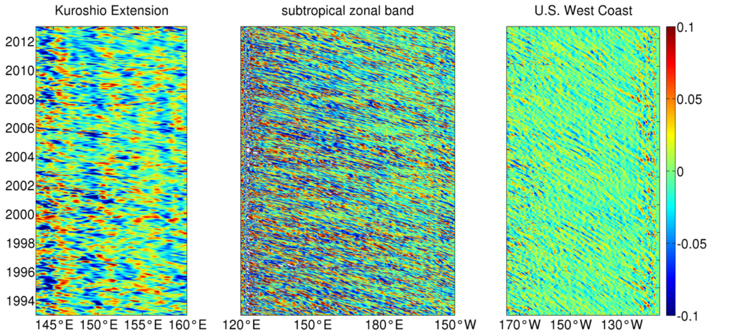

図-4 無次元相対渦度（$\zeta = \nabla \cdot \mathbf{u}/f$）の Hovmöller 図．横軸は経度，縦軸は年．左から，黒潮続流域（38~40°N），亜熱帯海域（21~23°N）アメリカ西海岸沖（30~32°N）.

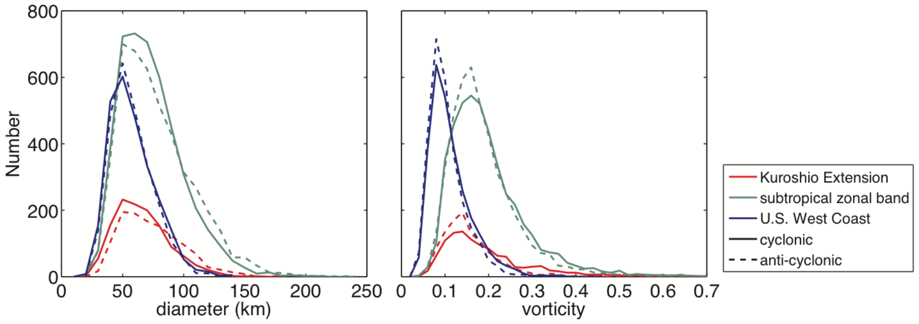

図-3 三海域における渦径（左）および相対無次元渦度（$\zeta = \nabla \cdot \mathbf{u}/f$）（右）ごとの発生数分布.

岸では全体的に渦度が小さく（$|\zeta| < 0.1$ 程度），渦径も小さい．それに対して亜熱帯海域および黒潮続流域では，冷水渦は渦度が強く，渦径が小さい一方で，暖水渦の渦度は弱く，渦径は大きい（**図-3**）．この傾向は，中規模渦に対する慣性不安定および渦位保存則（あるいは角運動量保存則）によって説明できる．つまり，冷水渦は同符号の惑星渦度（コリオリ力）によって安定かつ強化されるが，暖水渦は慣性不安定によって弱化する．渦位保存則から，渦度が大きいと渦径は小さく，反対に，渦度が小さいと渦径は大きくなる.

(4) 中規模渦の伝播速度

次に，中規模渦の伝播特性を調べるために，三海域に対して領域中央付近の 2 度の緯度帯で平均された無次元相対渦度を求め，横軸に経度，縦軸に年を取った Hovmöller 図を示す（**図-4**）．パターンの傾きから渦のおおよその位相速度が求まるが，亜熱帯海域での波速は約 10 cm/s であり，全体的に渦は西方に伝播することが分かる．アメリカ西海岸沖でも同様に西向き伝播が卓越するが，波速は亜熱帯海域よりも遅く，4 cm/s 程度である．つまり，両海域ともに渦は西進するロスビーとして西へ伝播するものの，波速が遅い後者では，岸から徐々に発達する段階のロスビー波を多く含んでいると考えられる．一方で，黒潮続流域では伝播方向が定まっておらず，長距離移動する渦が少ない．これは黒潮による東向きの慣性と，黒潮から放出される東向きの渦が，西進ロスビー波として伝播する渦と干渉していることを示していると解釈される．なお，同一海域内でも他の波速成分が含まれているため，今後は周波数・波数スペクトル解析などを通じて，様々な波動の分散関係と比較する必要があると考えている.

参考文献

1） Usui *et al*. (2008), *J. Geophys. Res*., 113, C08047
2） Nencioli *et al*. (2010), *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **27**, 564-579.
3） Liu *et al*. (2012), *Deep-Sea Res. I,* **68**, 54–67.