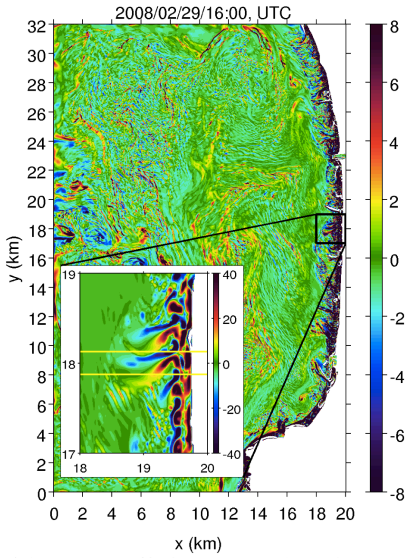
超高解像度 3 次元海洋モデルによる砕波帯－陸棚相互作用の解析

○甲斐田秀樹[1]・内山雄介[1]・James C. McWilliams[2]
（1：神戸大院工，2：UCLA）
キーワード：ダウンスケーリング，ROMS，砕波帯-陸棚相互作用

1. はじめに

近年の現地観測により，砕波帯－陸棚間の海水交換に対しては，密度成層，潮汐，風などの影響に加え，波によって駆動される undertow や離岸流に代表される海浜流が重要であることが再認識されている（例えば Lentz *et al.*, 2008，Omand *et al.*, 2011）．沿岸域における物質の移流拡散問題等を扱うにあたり，砕波帯を超える物質輸送の理解は極めて重要な課題である．しかしながら，陸棚循環流に対して波の影響を合理的に取り込むためには，波–流れ相互作用を正確に考慮する理論，砕波帯を表現するための高解像化，沖合の情報を高精度に取り込むための精緻なダウンスケーリングなどが必要となるため，技術的に非常に困難であり，モデルを用いた研究は立ち遅れていた．

これに対して本研究では，ROMS-WRF-SWAN カップリングシステムを用いた内山・西井・McWilliams（2012，土木学会論文集 B2，水平解像度 75 m）による南カリフォルニア湾を対象とした 4 段ネストモデル結果をベースに，さらにもう 1 段階のネスティングを行うことで砕波帯を再現可能な水平解像度 20m の超高解像度 3 次元モデリング（L5）を行い，砕波帯－陸棚間の相互作用について検討した．本報では，一例として離岸流に着目し，離岸流による密度構造の変化について検討した結果を報告する．



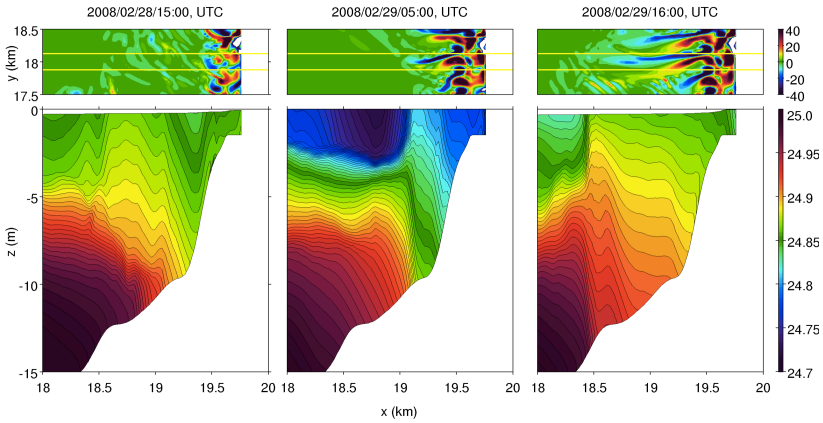
図−1　L5 計算結果の一例（表層無次元渦度の瞬間値）．

2. 結果及び今後の展望

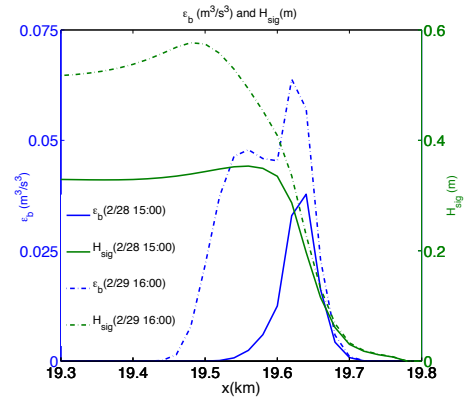
L5 計算結果の一例を見ると，砕波が生じる岸近傍において離岸流が形成され，それに伴う細かく強い渦が生じていることが分かる（**図−1**）．離岸流の影響を検討するため，沖向きの離岸流が卓越する y = 17.875～18.125 km の延長 250 m の区間を検査領域として設定した（**図−1**，左下の小領域中において黄線で囲まれた領域）．同領域において沿岸方向に空間平均した鉛直断面内の密度構造を見ると（**図−2**，下段），離岸流発達前の比較的静穏な状況にある時間（**図-2**，左図）から離岸流の発達初期（**図-2**，中央）にかけて，底層の高密度水が表層へ湧昇していることが分かる．この時刻において x = 19 km 付近に存在する湧昇フロントは，離岸流の発達とともに沖方向へ移動し，最盛時（**図-2**，右図）には x = 18.4km 付近まで達している．また，フロントの岸側領域においては高密度底層水のさらなる湧昇が引き起こされている．これらはいずれも，沖向きの強い離岸流の発達によると考えられる．なお，**図-2** 中の左図から中央の図へ至る間に生じている表層水の低密度化は，日成層の発達によって形成されたものである．

離岸流発達前後の波の状況を見ると（**図−3**），離岸流の発達と符合して有義波高 H_{sig} は増大し，それに伴って砕波輸送量 ε_b が増加している．これは，入射波高の増大により，砕波を通じてより大きなエネルギーが波から流れへと転嫁され，離岸流の強化が促されたことを裏付けている．

岸近くの海水は「sticky water」（Wolanski, 1994）であると考えられてきたが，波による離岸流や海浜流によって砕波帯内外での物質・海水交換が促進される可能性が具体的に示唆された．今後は，熱，風，潮汐，波浪，流れ等の複数の要素を総合的に考慮しつつ，砕波帯－陸棚相互作用による海水交換等への影響について，より定量的な評価を行う予定である．



図−2　表層無次元渦度の空間分布（上段）と検査領域（黄線に囲まれた領域）において沿岸方向に空間平均された密度 σ_t（下段）の時間変化．



図−3　検査領域において沿岸方向に空間平均した砕波輸送量 ε_b および有義波高 H_{sig} の岸沖分布の時間変化（SWAN による）．