

大阪大学大学院工学研究科

学生会員

石塚正秀

大阪大学大学院工学研究科

学生会員

○松田真人

大阪大学大学院工学研究科

正会員

中辻啓二

1. はじめに

石塚ら(1999)は VHF 海洋レーダにより計測された表層の流速データを3次元バロクリニック流れの数値シミュレーションに同化し、データ同化を行っていない場合の結果と比較して、シミュレーション結果の再現性が向上することを示した。しかし、成層海域における流速の鉛直方向の減衰に関して、若干の相違もみられた。この原因として、石塚ら(1999)が行った同化シミュレーションでは鉛直渦動粘性係数を一定として扱っていたために、風による水塊の混合作用を十分に考慮できていなかったと考えられる。そこで、本研究では風による混合作用を考慮した同化シミュレーションを行い、風が流動・密度構造に与える影響について検討を行う。

2. 同化シミュレーションの概要

同化シミュレーションは大阪湾・紀伊水道・播磨灘を対象として行い、流動モデルには準3次元流動バロクリニック流動モデル(ODEM)を用いた。計算対象期間は1997年8月5日～24日であり、8月5日から流動再現シミュレーション(Hindcasting)を実施し、海洋レーダの観測データが得られている8月13日から10日間のデータ同化を行った。データ同化シミュレーションの検証には海洋レーダの観測が行われた大阪湾湾奥部において8月23日に実施したADCP・STD観測の結果を用いた。計算領域、計算条件、データ同化手法の詳細は石塚ら(1999)に詳しい。なお、本論では、同化手法にブレンディング法を用いた結果を示す。

つぎに、Henderson-Sellors (1985)が提案した鉛直渦拡散係数(K_{HO})について解説する。風と鉛直渦動粘性係数・鉛直渦拡散係数に関する関係式はこれまでに数多くの研究者によって提案されているが、本研究で用いた Henderson-Sellors の提案式は K_{HO} が鉛直方向に変化する点に特徴がある。Henderson-Sellors が導出した中立状態の鉛直渦拡散係数を以下に示す。

$$K_{HO} = \frac{\kappa w_s^* z}{P_0} \exp(-k^* z)$$

ここで、 κ はカルマン定数、 w_s^* は水表面における風の摩擦速度、 P_0 は中立状態のプラントル数($=1$)、 k^* は緯度と風速の関数で表される吹送流の減衰係数である。上記の理論式より求められた中立状態における鉛直渦拡散係数の鉛直分布を図-1に示す。風速が大きくなれば K_{HO} も大きくなる。また、水表面では $K_{HO}=0$ となり、ある特定の水深において最大値をとり、それ以深では徐々に0に近づく分布を示している。なお、これまでは K_{HO} を水深方向に一定($=0.005 \text{ m}^2/\text{s}$)としていた。

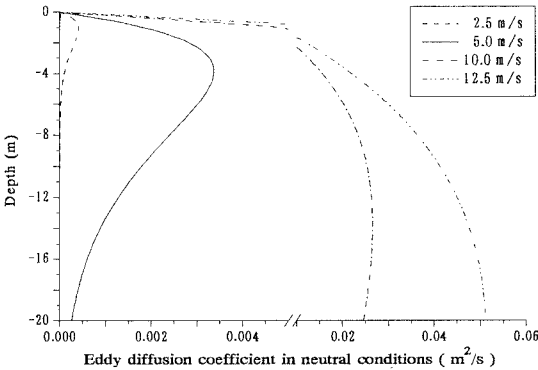


図-1 中立状態の鉛直渦拡散係数の鉛直分布

3. 同化シミュレーションの結果

図-2は神戸沖から忠岡町沖を結ぶ観測線における残差流の鉛直分布を示す。現地観測は1997年8月23日6:00～18:00に行われ、流速の計測にはADCPを使用した。同化シミュレーションに対してもADCP観測

Masahide ISHIZUKA, Masato MATSUDA and Keiji NAKATSUJI

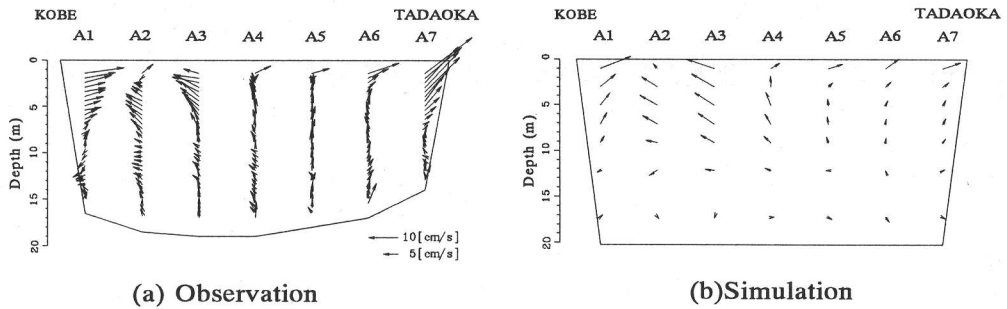


図-2 神戸沖から忠岡町沖における残差流の鉛直分布, 1997年8月23日

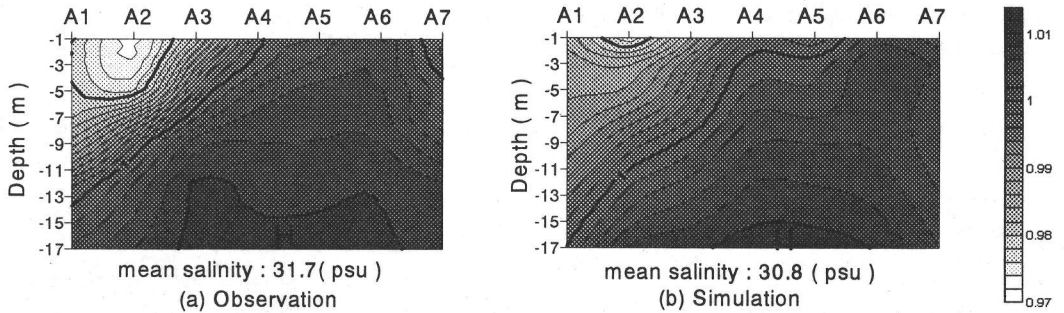


図-3 神戸沖から忠岡町沖における塩分の鉛直分布, 1997年8月23日

と同じ時間帯において残差流を算定した。同化シミュレーションの結果は観測結果とよく一致していることが分かる。これまでの結果では、成層海域に位置する観測点 A1~A3 の上層における残差流の鉛直分布が十分に再現できていなかったが、風による混合作用を考慮した今回の同化シミュレーションでは、成層海域における残差流の再現性が向上した結果が得られた。

図-3は、図-2と同じ断面における塩分の鉛直分布を示す。観測はSTDを用いて行われた。図中の塩分1の値は観測断面における平均塩分を表しており、観測結果は31.7 psu、同化シミュレーションは30.8 psuに相当する。観測結果と同化シミュレーションの結果はほぼ同様の分布をしていることが分かる。観測結果をみると、観測点 A2 の上層に低塩分の水塊が存在しており、観測点 A1~A3 の海域は成層している。また、観測点 A4~A6 の海域は上層から下層までほぼ鉛直様に混合している。なお、これまでの同化シミュレーションでは、塩分の水平的な変化は観測結果とほぼ一致していたが、観測点 A1~A3 における塩分の鉛直分布は再現できていなかった。

4. まとめ

本研究では、中立状態の鉛直渦動粘性係数を風速および水深の関数として与え、風による混合作用を評価した同化シミュレーションを行った。その結果、風による混合作用を考慮しない同化シミュレーションと比較して、流動・密度場の再現性が向上する結果が得られた。このことから、風による混合作用が流動・密度構造に大きな影響をおよぼすことが示された。とくに、成層した海域では混合の強弱により成層状態が変化するため、その影響が大きいことが明かとなった。

(参考文献)

- 1) 石塚正秀・松田真人・中辻啓二(1999): 水工学論文集, 第44巻(印刷中)
- 2) Henderson-Sellers(1985): Appl. Math. Modeling, Vol.9, pp.441-446.