

進行波上の気流のスカラ輸送 Scalar transport in the airflow over traveling waves

○ 木原直人・花崎秀史・植田洋匡
○ Naoto Kihara, Hideshi Hanazaki, Hiromasa Ueda

Characteristics of the momentum and scalar transfer processes of the airflow over a train of waves moving at a constant speed are investigated using a direct numerical simulation. We simulate the flow for various wave ages ($c/u_* = 0, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16$ and 20), where c is the phase speed of the wind wave and u_* is the friction velocity on the wave surface. The results show that the drag coefficient and scalar exchange coefficient strongly depend on the wave age. The wave age dependence of the scalar transfer coefficient is approximately the same strength as that of the drag coefficient.

1. はじめに

海洋から大気へ輸送される潜熱・顕熱は、ストームのエネルギー源である。したがって、海面における交換過程を詳細に理解することは、異常気象の経路及び強度の正確な予測につながる。気象モデル中で、海面での潜熱・顕熱の交換量はしばしばバルク公式を用いることにより計算される。バルク係数は、観測データを用いることにより、これまで活発に研究されてきた。しかしながら、これらの観測データは大きく散乱しているため、バルク係数の風速依存性や波齢依存性を明瞭に確認することは困難であった。

そこで本研究では、変形せずに一定速度で進む進行波上の気流場へ、3次元直接数値計算を適用し、水面波上の気流中における運動量輸送及びスカラ輸送の波齢依存性を調べ、運動量輸送とスカラ輸送の関係を議論する。

2. 3次元直接数値計算

本研究で計算する流れは、進行波（下部境界）と平坦な滑り境界（上部境界）に挟まれた、水平方向一定圧力勾配によって駆動された完全発達乱流である。さらに、この流れによって輸送されるパッシブスカラも計算する。流れの概略図を図-1に示す。下部境界の進行波上では、水粒子の軌道速度（orbital velocity）が与えられている。本研究では、進行波と同じ速度で移動する座標系を対象とする。基礎方程式は、連続式、Navier-Stokes方程式、パッシブスカラの輸送式である。水平方向に手記境界条件を適用する。レイノルズ数（ u_*h/ν ）は150、プラントル数は1.0とする。

3. 計算結果

流路中心（ $kz = 2.4$ ）での平均スカラと平均流速を用いることによりスカラ交換係数 C_F を計算し、抵抗係数 C_D と併せて図-2に示す。スカラ交換係数 C_F は、静止水平壁面の時のスカラ交換係数 C_{Flat} との比で図示されている。 C_F にも、抵抗係数 C_D と同様の強い波齢依存性が見られ、観測データから先行研究によって決定されたパラメタリゼーションと異なり、波齢により単調に変化しないことがわかる。

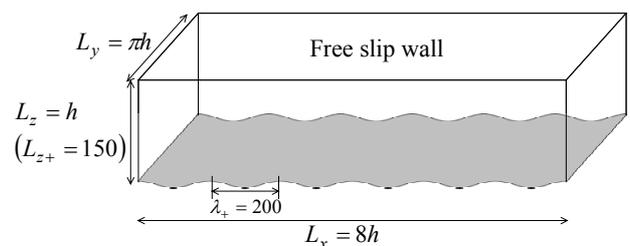


図-1 計算領域の概略図。

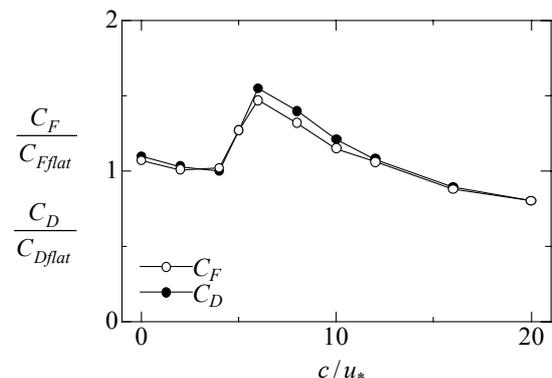


図-2 スカラ交換係数 C_F の波齢依存性。