

渦相関法による海面フラックスの現地計測

九州大学 総理工 学生員 ○大賀 崇史 学生員 津守 博通
総理工 正会員 杉原 裕司 学生員 古寺 大悟

1. はじめに

大気-海洋間における運動量・熱・二酸化炭素等の海面フラックスを定量化するためには、精度の高い現地計測データが必要である。渦相関法は、風速および輸送される物理量の乱流変動成分の測定だけから直接フラックスを算定する手法であり、種々の仮定を伴うプロファイル法に比べて高い精度を有する。近年、測器の応答性の向上に伴い、渦相関法を用いた海面フラックスの現地計測が活発に行われるようになってきた。

本研究の目的は、渦相関法による海面フラックスの現地計測を行い、気象・海象条件に基づくフラックスの定量化手法を検討することである。ここでは、応答性の高い超音波風速計を用いて海上観測塔において得られた運動量および顕熱フラックスの予備的な計測結果について報告する。本研究では、フラックスの測定と同時に海面画像計測も実施しており、白波被覆率とフラックスの関係についても述べる。

2. 現地計測の概要

現地計測は、福岡県津屋崎町の沖合約2 kmに位置する海上観測塔(九州大学応用力学研究所所有)において2003年10月9日に行われた。観測塔のある海域は、北西が玄界灘に面しており、平均水深は約16 mである。

風速および温度の乱流変動成分を計測するために、3成分の超音波風速計(KAIJO SAT-550)を用いた。超音波風速計は、風向に対して観測塔の影響が比較的少ない方向に1.5 m張り出し、海上約5 mの位置に設置された。また、基準風速を測定するために、海上約10 mの位置に風向・風速計を設置した。海面ビデオ撮影のためのデジタルビデオカメラは、海上約15 mの観測塔頂上に取り付けられた。超音波風速計のサンプリング周波数は50 Hzであり、測定データは変換器を通して直接PCに記録された。風向・風速計の測定値はサンプリング周波数1 Hzでデータロガーに記録され、ビデオ撮影で得られた海面デジタル画像は1 Hzでサンプリングした。

3. 結果および考察

図-1(a)~(c)は、それぞれ風向・風速、白波被覆率および運動量・顕熱フラックスの時系列を示す。ここで、(a)、(b)には1分間の移動平均値が、(c)には1分間平均値がプロットされている。卓越風向はNNEであり、観測時間を通してほぼ一定であった。高度10 mでの風

速は、計測開始から13:20頃までは6 m/s程度であるが、13:30頃から7.5 m/sに増加する。その後、風速は一旦減少するが14:30頃から再び増加することがわかる。白波被覆率の経時変化は、わずかな遅れ時間はあるものの平均風速とほぼ同様の挙動を示しており、風速の変化に対して白波砕波は瞬時に応答していることがわかる。また、平均風速が増加する際に白波被覆率に鋭いピークが現れており、白波砕波の風速依存性を議論する上で興味深い。運動量フラックスは、観測時間を通じて平均的に負の値をとっており、このことは大気から海洋へ運動量が輸送されていることを意味する。また、フラックスの瞬間値は時間的に大きく変動するが、その平均的な値は平均風速とともに増加している。顕熱フラックスについては、計測開始時には上向きの輸送を示しているが、13:30頃を境に下向きの輸送に転じていることがわかる。ただし、平均風速に対する顕熱フラックスの挙動は運動量の場合と類似している。

図-2は、それぞれ図-1(c)に示された(I)、(II)の時間帯における風速変動および温度変動のパワースペクトルを示す。いずれのスペクトルにおいても、 f の-5/3乗で減衰する慣性小領域に対応した帯域が形成されることがわかる。この帯域ではPuとPwはほとんど同じ値を示しているが、それよりも低周波側ではPwが小さくなり、非等方的になることがわかる。また、P θ は高周波側で風速変動のスペクトルよりもノイズの影響を強く受けている。

図-3に、風速変動および温度変動のコスペクトルを示す。ここで、実線は風速変動のコスペクトルに f を掛けたものを、破線は温度変動のコスペクトルに $f \times 10$ を掛けたものを示している。(I)においては、 $f=0.05 \sim 1$ Hzの周波数帯に運動量フラックスのかかなりの部分が含まれている。顕熱フラックスについては、低周波側で下向き輸送の寄与があるが、この時間帯のネットの輸送は上向きであり、運動量の場合と同じ周波数帯にフラックスのかかなりの部分が含まれている。また、この帯域では符号の違いはあるが両コスペクトルの挙動が類似している。(II)においては、どちらのコスペクトルでも低周波側で大きな寄与が見られる。また、(I)と同様に $f=0.05 \sim 1$ Hzの周波数帯において両コスペクトルの挙動が非常に類似していることがわかる。

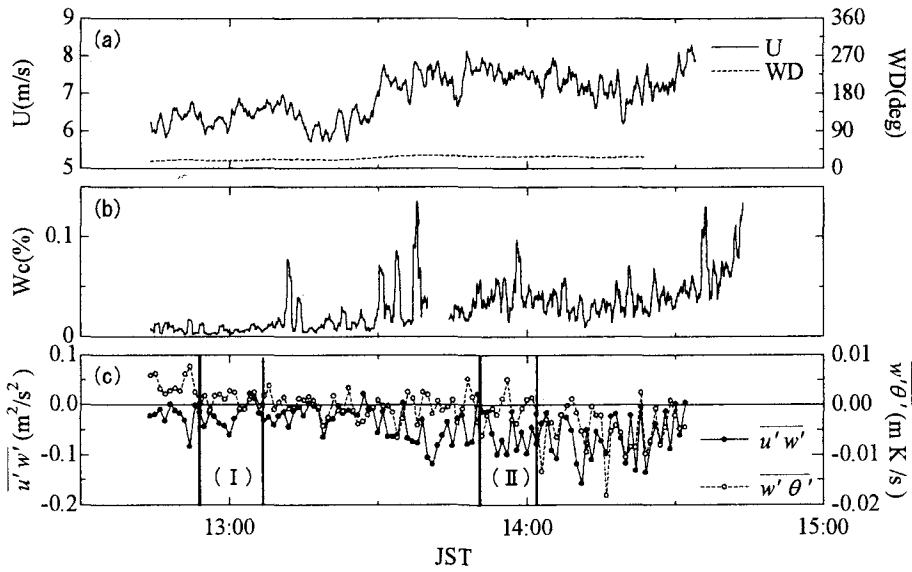


図 - 1 (a) 風向風速, (b) 白波被覆率, (c) 運動量および顕熱フラックスの時系列

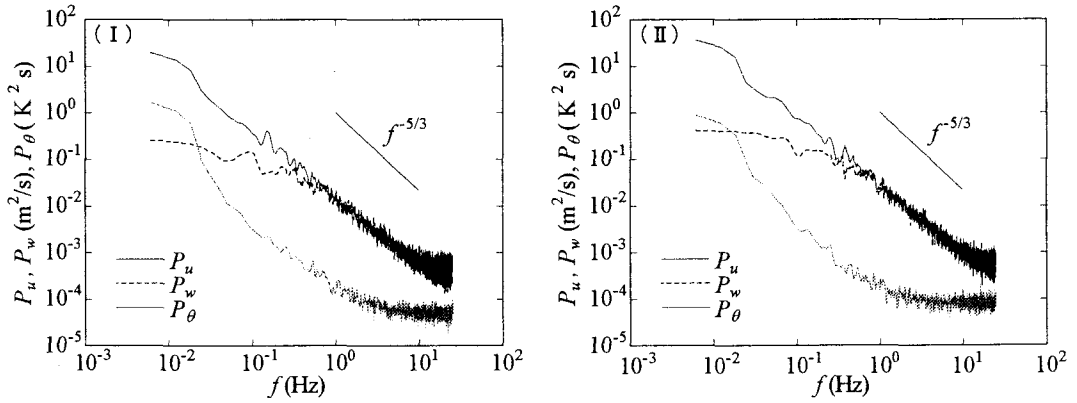


図 - 2 風速変動および温度変動のパワースペクトル (P_u , P_w , P_θ はそれぞれ水平風速変動, 鉛直風速変動, 温度変動のスペクトルを示す)

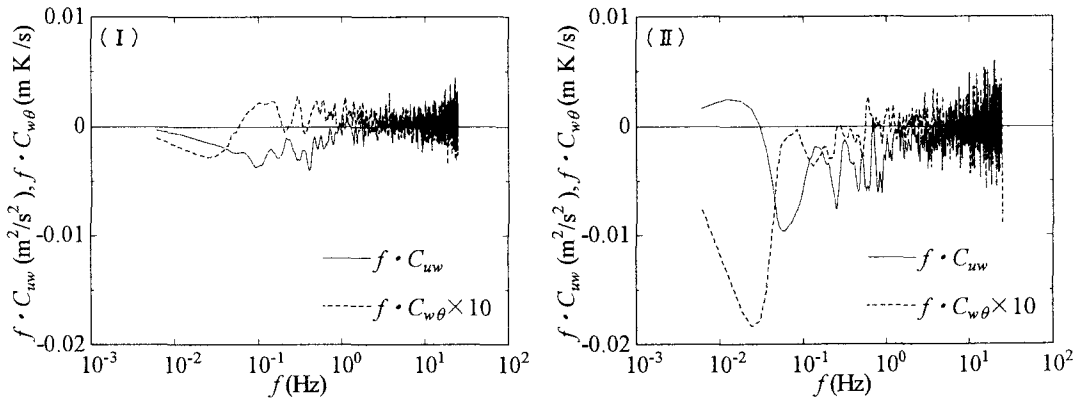


図 - 3 風速変動および温度変動のコスペクトル (C_{uw} , $C_{w\theta}$ はそれぞれ風速変動, 温度変動のコスペクトルを示す)