

研究のテーマ：短周期日射変動に伴う地上風速の応答特性

申請者氏名：福田和代

1 はじめに

太陽光・風力などの自然エネルギーを利用する際の問題点としては、エネルギー供給がランダムに変化することが挙げられる。たとえば、**図1**に示されるような雲の発生、消滅および移動により、地上で得られる日射量は日変化のみでなく、短い周期の変動を含んだものとなる。そのため、太陽光エネルギーを定常的に取得することは困難である。しかしながら、日射量やそれにとまう風速変動の特性を把握することによって、太陽光および風力などの複数の自然エネルギーを組み合わせ、有効に利用できる可能性が考えられる。

晴天日中において、雲の発生や移動により日射量が変動するとき、それに伴い地上風速も変動することが Kondo らにより報告されている。本報告では、混合層が発達している場において数10分スケールの短周期日射変動が引き起こす上空風速、気温、地上風速の変動に着目し、それらの相互関係を調べた結果を示す。

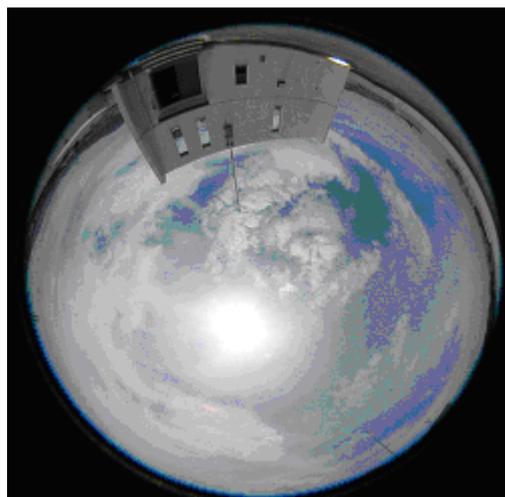


図1 地上から撮影された雲の様子
(2003/6/11 12:16 撮影)

2 観測データの概要

解析対象データとして風向変化の少なかった2000年6月30日の観測結果を用いた。観測は福岡県春日市の九州大学筑紫キャンパスにおいて行われた。全天日射計、ドップラーソーダ(**図2**参照)、温度計および風向風速計を用いて、それぞれ全天日射量 s 、地上61mから305mにおけるエコー強度 P 、鉛直風速 w 、地上29mにおける気温 T 、地上風速 u および風向 WD を1分毎に測定した。**図3(a)**に4 JST から20 JST までの全天日射量 s 、**(b)**に福岡管区气象台における9 JST の温位 θ のプロファイルを示す。**(a)**から、観測日は晴天であったが、雲の発生や移動による日射変動が確認できる。**(b)**に示すように、混合層は高度約1kmまで発達していた。解析は地上風向が一定で、対流活動が活発な10 JST から12 JST の間を対象に行われた。



図2 ドップラーソーダ送受信器概観

3 結果と考察

図4に解析時間中の全天日射量 s を示す。雲の出現により、30分から1時間のスケールを持つ日射変動が見られる。図5(a)にエコー強度 p 、(b)に観測で得られたデータの中から $z = 65$ 、205、305mにおける鉛直風速 w の時系列を示す。ここで、 $p = \log P$ である。地表面付近のエコー強度分布には2~4分程度のスケールのスパイクが観察される。これはプルーム発生に伴う典型的パターンとして報告されている²⁾。上空では数10分程度の変動がみられる。 $z = 65$ mにおける鉛直風速分布にも2~4分程度の変動が観測される。上空に向かうにつれ、その変動の時間スケールは大きくなり、上昇風も強くなる傾向が認められる。また、エコー分布と同様、数10分程度の変動も認められる。これらの結果から、地上付近では小さなスケールを持つプルームが形成されるが、日射の影響を受けそれらのプルーム群の強度が変動することがわかる。図6(a)~(c)に気温 T 、地上風速 u 、風向 WD の時系列を示す。(a)より、 T の時系列は日射変動に対応して変動していることがわかる。(b)、(c)より、解析時間中の風向はほぼ一定であったが、風速 u は日射変動に対してある時間遅れをもって変動していることがわかる。

日射変動に対する各気象要素の応答を定量的に調べるために、まず、 s 、 p 、 T および u に対してバンドパスフィルター³⁾を用い、5 min 以下および60 min 以上の変動を除去した。なお、 p はプルーム群の変動が明瞭に見られる高度 61~199m の平均値を用いた。次に、これらの時系列を用いて全天日射量と各気象要素間に対する遅れ時間 τ と相互相関係数 C の関係を求めた。結果を図7(a)~(c)に示す。それぞれ C が最大となる時間が日射変動に対応した遅れ時間となる。 s に対する p 、 T 、 u 遅れ時間はそれぞれ、1、7、34分であった。これらの結果から、日射の入力とほぼ同時にプルームが生成されていることがわかる。そしてプルーム群が生成されることにより、気温の上昇が見られる。一方、日射変動に対する地上風速の応答の遅れ時間は34分と比較的長い。これはプルーム群の生成によって混合層が発達し、混合層高さのスケールで形成される対流循環の変動として生じたものであると思われる。

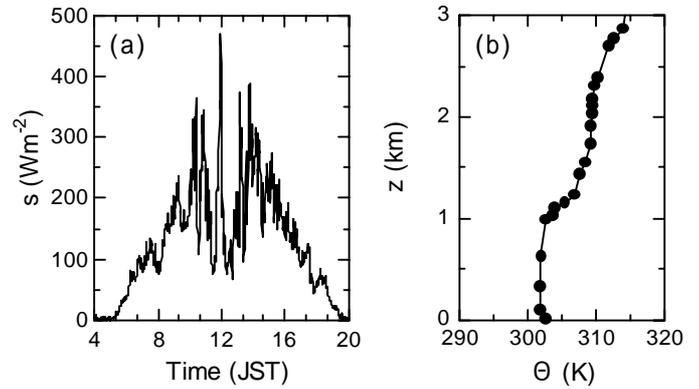


図3 (a)全天日射量および (b) 温位の鉛直分布

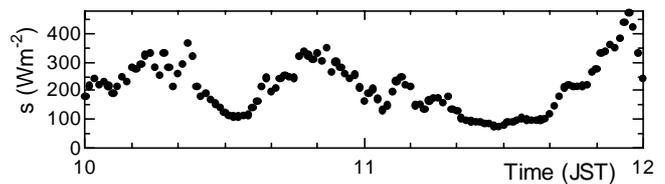
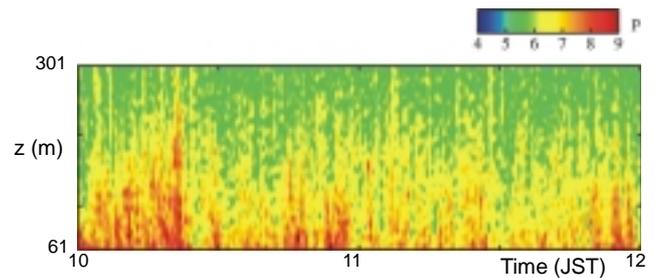
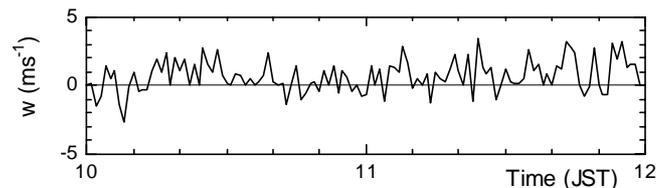


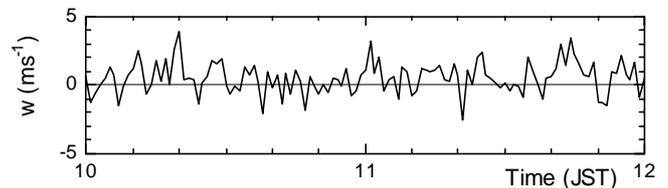
図4 解析時間中の全天日射量



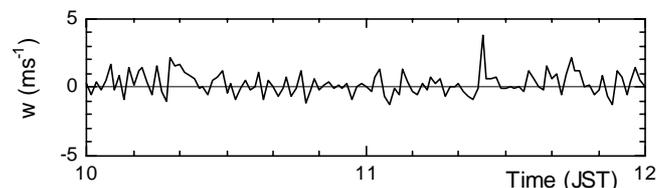
(a) エコー強度



(b) $z=305$ m

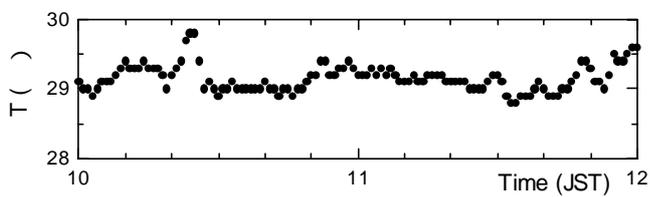


(c) $z=205$ m

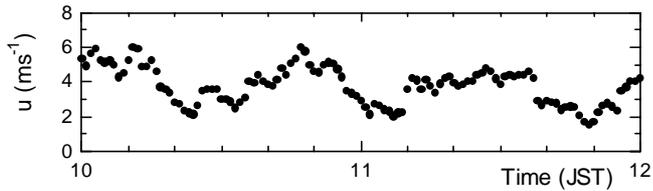


(d) $z=65$ m

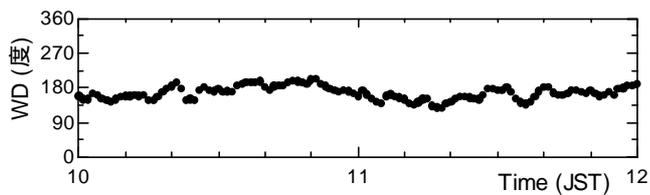
図5 (a)エコー強度および(b)~(c)鉛直風速の時系列



(a) 気温

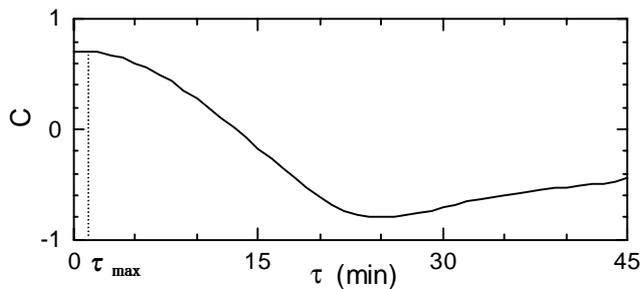


(b) 地上風速

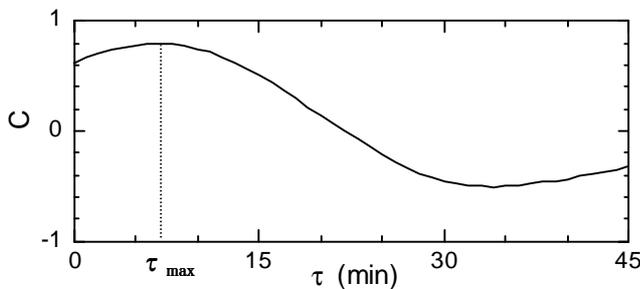


(c) 地上風向

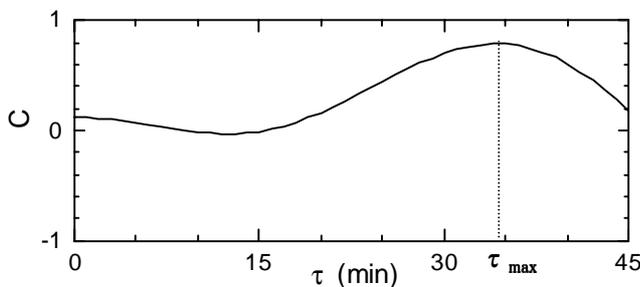
図6 各気象要素の時系列



(a) エコー強度



(b) 気温



(c) 地上風速

図7 全天日射量と各気象要素との相互相関係数

参考文献

- 1) J. Kondo and T. Kuwagata, Enhancement of forest fires over northeastern Japan due to atypical strong dry wind, 1992, J. Appl. Meteor. 31, pp. 386-396.
- 2) 赤井幸夫, 音波レーダーによる下層大気の観測, 電力中央研究所研究報告, 1976.
- 3) M. Murakami, Large-scale aspects of deep convective activity over the GATE area, 1979, Mon. Wea. Rev. 107, pp. 994-1013.

謝辞

本研究はエスベック地球環境研究・技術基金の援助の下で行われました。関係各位に感謝いたします。研究に際し有益なご助言頂いた九州大学総合理工学研究院松永信博教授、杉原裕司助教授、解析と観測にご協力頂いた九州大学総合理工学府博士後期課程久田由希子氏に感謝いたします。

成果発表

土木学会平成15年度全国大会
 (平成15年9月24~26日、徳島大学)
 「短周期の日射変動による気象要素の応答」
 久田由紀子・福田和代・松永信博・杉原裕司