

接地境界層における乱流構造の安定度依存性について

Relationship between Stabilities and Turbulent Structures in the Atmospheric Surface Layer

○阿波崎たかね・林泰一・石川裕彦

○Takane AWASAKI, Taiichi HAYASHI and Hirohiko ISHIKAWA

Turbulent structures and transport process in the atmospheric surface layer were investigated based on observations at Shionomisaki, Japan and Niamey, Niger using 3-dimensional sonic anemometer and infrared H₂O/CO₂ analyzer. Correlation and quadrant analysis were used for investigating statistical characteristics of turbulence and cross-wavelet analysis for evaluating the organized turbulent transport. Linear correlations showed each scalar transported more efficiently by vertical flow in unstable conditions than stable conditions. Comparing linear correlation of each scalar quantity indicated that CO₂ is transported less efficiently than the others by buoyant effect. Using cross-wavelet analysis, we detected the coherent structure transport more effectively than random motions. Fluxes transported by the coherent structures are by just about sweep motions in organized motions and ejection motions are not contributed.

1. はじめに

大気境界層の中では、乱流は完全にランダムな運動と組織的な運動構造をあわせもつ。本研究の主目的は、組織構造による輸送過程を調べることである。先行研究のほとんどは中立や不安定時の解析であり、安定時の理解は不十分である。また、運動量や熱輸送に比べ、微量気体に関する先行研究は少ない。そこで本研究では、スカラー量、特に二酸化炭素の輸送形態と安定度依存性を調べた。

2. 観測の概要

和歌山県串本町潮岬とアフリカのニジェールにて三次元超音波風速計と赤外線水蒸気・二酸化炭素変動計を設置した。サンプリング間隔は10[Hz]とした。観測対象は風速三成分、気温、水蒸気、二酸化炭素とし、潮岬では2[m]と20[m]の2高度、ニジェールでは高度2.2[m]に設置し、観測を実施した。

3. 解析結果と考察

相関係数を求め、統計的な乱流の立体構造と鉛直風による輸送効率を調べた。不安定時は大きな構造により効率よく物質は輸送されるが、中立時や安定時は大きな擾乱がなく、輸送効率は悪いことが分かった。顕熱や比湿に比べ、二酸化炭素の輸送効率は悪く、微量気体は局所的な濃度勾配の影響である浮力効果が無視できないことが示唆された。

各時刻・各タイムスケールの組織構造による詳細な輸送形態を知るために、クロスウェーブレット

解析を行った。成分によらず、組織構造内の sweep 域において、鉛直濃度勾配を減少させる方向に顕著な輸送がおきることがわかった(図1)。安定時や自由対流に近い事例も同様の結果が得られ、組織構造による輸送形態は発生要因によらないと考えられる。中立時は、スカラー量の時系列に組織構造はみられず、構造が存在しない場合、顕著に輸送はおきないことが明らかになった。よって、ランダム運動による輸送量は少なく、組織構造が乱流輸送に大きく寄与すると考えられる。

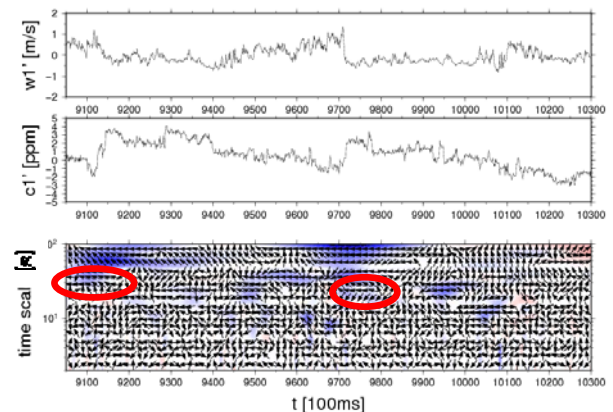


図1 不安定時におけるCO₂の逆ramp構造と鉛直風wとのクロスウェーブレット(XWT)解析結果。潮岬における不安定時の鉛直風w(上)、CO₂(中)、wとCO₂のXWT解析結果(下)。シェードはウェーブレットコスペクトルを表し、赤が正、青が負の領域。ベクトルは位相差を表し、右向きが位相差ゼロで、反時計回りが正。注目している構造のタイムスケール付近において、逆ramp構造内の急激な上昇域(sweep域)の近傍で強い下向きの輸送が存在する(赤○の領域)。