

氏名(本籍)	いわ た ひろ き 岩 田 拓 記 (香 川 県)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 乙 第 2406 号		
学位授与年月日	平成 20 年 11 月 30 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Surface Renewal Analysis of Turbulent Transfers in the Unstable Roughness Sublayer Over a Forest Canopy (不安定成層下における森林キャノピー上粗度層内での乱流輸送サーフェスリニューアル解析)		
主 査	筑波大学准教授	Ph. D.	浅 沼 順
副 査	筑波大学教授	理学博士	田 中 正
副 査	筑波大学教授	理学博士	杉 田 倫 明
副 査	(独)森林総合研究所	気象環境研究領域 領域長	大 谷 義 一

論 文 の 内 容 の 要 旨

地球温暖化対策に関連した研究の一つとして、陸面上の様々な植生上における水・熱・炭素フラックスの長期的なモニタリング計測が、世界中で進行中である。このようなモニタリングの森林のサイトでは、タワーを建て、樹高上の数 m から 5m 程度において、渦相関法を用いたフラックス観測を行うのが通常である。この高度は、地表面の植生によって形成される粗度に近く、その影響を強く受けることから粗度層と呼ばれる。

本論文では、この粗度層におけるサーフェスリニューアル法の適用を取り扱う。サーフェスリニューアル法とは、温度の乱流データのみから顕熱フラックスを計算する手法であり、一般に用いられる渦相関法と比較して、風速の計測値を用いずにフラックス計算ができるため、簡易なフラックス測定としてのメリットがある。サーフェスリニューアル法では、冷たい空気の固まり、すなわち乱流の渦が、地表面から熱を受け取って昇温した後、上昇するというプロセスを繰り返すことによって、地表面から大気へ熱が輸送される、という仮定に基づいている。本研究では、このサーフェスリニューアル法の改良を目指すとともに、粗度層内の乱流の特徴を把握しようとするを目的としている。

まず、解析に必要なデータを取得するために、森林総合研究所の富士吉田試験地のアカマツ林において、複数の高度での乱流計測を目的とした観測を、2005年9月から3ヶ月に渡って実施した。また、複数の測器の比較観測を筑波大学陸域環境研究センターにおいて行い、測器間格差を把握した。

次に、サーフェスリニューアル法の中で使用される変数の中で、「渦の高さ」というものに着目し手法の改良を図った。通常は、この渦の高さとして観測高度が使用されているが、これを大気の流れの状態を考慮したパラメーター、すなわち、安定度の補正を入れた混合距離、シアの効果を考慮したシア長さスケール、そして乱流の渦の大きさの直接的な指標である積分スケールのそれぞれを用いて、サーフェスリニューアル法による顕熱フラックスの計算を行った。計算結果を渦相関法と比較したところ、強い不安定時に、3者の違いが最も大きくなることが示された。また、最もよい一致を示したのが積分スケールであったのに対し、

シア長さスケールでは、強い不安定時に結果が悪くなる傾向にあった。以上の結果は、実際の乱流の渦の大きさが、大気が不安定になるに従い大きくなる傾向にある事、また、そのような傾向をもっとも的確に表現しているのが、積分スケールである事を示唆している。

また、渦の高さに積分スケールを使用することによって、他のパラメーターの変化を調べたところ、最適化によって求めている補正係数が、高さ方向に減少する傾向を示していることが明らかになった。これは、熱を輸送する渦が、周囲と熱交換をせず断熱的に移動することによって熱輸送が行われる、というサーフェスリニューアル法の仮定が、必ずしも厳密な意味で成立しないこと、また前述の補正係数が、そのための補正を行っているという事を明らかにした。

このように本研究では、観測結果の適用を通じて、サーフェスリニューアル法の不明瞭な部分を、明確な物理現象と結びつけて説明することに成功し、同手法の実用的な面を向上させる事ができた。また、サーフェスリニューアル法の適用を通じて、森林キャノピー上の乱流輸送現象について、新たな知見を加えることができた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文要旨にあるとおり、様々な森林における熱・水・二酸化炭素フラックスの計測のほとんどは、森林の粗度層で行われており、この粗度層における輸送のメカニズムが明らかにすることは、計測値を正しく理解する上で重要である。本研究では、概念的なメカニズムを用いて熱輸送を表すサーフェスリニューアル法を森林上の観測に適用した。本研究のオリジナリティーは、他にあまり例のない森林上での多高度での渦相関法計測を行って得られたデータを用いて、サーフェスリニューアル法の改良を行ったことである。特に「渦の大きさ」を表すパラメーターに、実際の渦の高さを表す尺度である積分スケールを用いることによって、フラックス推定精度が向上することを示すとともに、この手法の定式化が物理的に矛盾無く行われることを示したことにある。また本研究では、この手法の適用を通じて、粗度層における乱流輸送メカニズムを明らかにした。

本研究の成果は広い普遍性を持つため、世界中の渦相関法による地表面熱・水・炭素収支観測のデータに応用可能で、現在行われている地球環境モニタリング観測にとって、重要な貢献を行ったと考えることができる。以上のことから、この研究は、学位論文として十分な価値があると判断できる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。