

学 位 論 文 題 名

A new first-order closure model for wind flow within
and above vegetation canopies

(植物群落内外の風速予測の新しい1次クロージャーモデル)

学位論文内容の要旨

植物群落内外の風は単に熱・運動量のみならず、水蒸気、炭酸ガス、メタンガスなどの物質輸送に大きくかかわっており、地球的視野から見ても重要である。植物群落上の風に関する研究は1910年代から始まり、すでに多くの成果がだされている。しかし植物群内の風については群落構造が複雑であり、植物の種類やその組み合わせで変わるために十分な精度で風速分布を数値的に表現し予測することはできなかった。

本論文では群落上から群落内への運動量輸送現象を群落上の接地境界層に発達している比較的小さな乱流 (small eddy) と境界層の外から入ってきた比較的周期が長く振幅の大きな乱流 (large eddy) によるものと分けてモデルを構築した。

さらに large eddy による運動量輸送が群落内で植物茎葉による抵抗のために減衰する過程を表現するために、植物面積密度と風に対する植物体の抵抗を含む係数をあらたに考案し、演算時間が少なくすむ1次クロージャーモデルの中に組み込んだ。なお、small eddy による輸送現象には従来のK理論モデルを用いた。

モデルの検証はまず著者が観測に参加して得た中国海南島のゴムノキ林の風速データを用いて行った。観測は高さ14mのゴムノキ林内に設けた高さ30mの鉄塔で行われ、気温・風速は樹冠上から林床付近まで10層で測定したものである。また、樹冠上下2ヶ所で測定した日射量を用いて、植物面積密度の季節変化を算定した。植物面積密度の垂直構造は葉面積の垂直分布の実測値から求めた。

モデルによる森林群落内外の風速計算結果は実測値と良く一致し、ゴムノキの落葉に伴う群落密度（植物面積密度）の変化にも良く対応していた。

次に、多様な植物群落へのモデルの適応性を、他の研究者の研究成果を用いて検証した。対象とした植物群落はダイズ、ムギ、トウモロコシ、オレンジ、トウヒ、ヤマナラシ、マツ、カシなど草本から木本まで、群落高も1mから23mまで多様であったが、計算値と実測値は良く一致した。

すでに提唱されているモデルと比較すると、K理論モデルだけによる計算では群落上の風速は良く一致するが、群落内の風速は一致していないと言う欠点があった。一方、

高次クロージャーモデルでは群落内は良く一致したが、群落上の風速は一致しない場合があった。本モデルではそれらの欠点が解消されており、精度が大幅に向上していた。

Watanabe and Kondo(1990)が定義したバルク運動量輸送係数 (C_D) を本モデルにより群落構造と関連させ表現することが出来た。また、Thom(1971)が提案した植物群落上を吹く風の空気力学的特徴量である粗度長と地表面修正量の関係をしめす値 (λ) についても、過去の研究結果を統一的に表現することができた。

本研究により、多様な植物群落内外の風速分布を精度良く再現する数値モデルが開発され、演算時間も短いことから、GCM モデルなどへの応用も期待できる。

学位論文審査の要旨

主査	教授	小野有五
副査	教授	平川一臣
副査	助教授	高橋英紀
副査	助教授	石川信敬

学位論文題名

A new first-order closure model for wind flow within and above vegetation canopies

(植物群落内外の風速予測の新しい1次クロージャーモデル)

植物群落内外の風は単に熱・運動量のみならず、水蒸気、炭酸ガス、メタンガスなどの物質輸送に大きくかかわっており、地球的視野から見ても重要である。植物群落上の風に関する研究は1910年代から始まり、すでに多くの成果がだされている。しかし植物群内の風については群落構造が複雑であり、植物の種類やその組み合わせで変わるために十分な精度で風速分布を数値的に表現し予測することはできなかった。

本論文では群落上から群落内への運動量輸送現象を群落上の接地境界層に発達している比較的小さな乱流 (small eddy) と境界層の外から入ってきた比較的周期が長く振幅の大きな乱流 (large eddy) によるものとに分けてモデルを構築した。

さらに large eddy による運動量輸送が群落内で植物茎葉による抵抗のために減衰する過程を表現するために、植物面積密度と風に対する植物体の抵抗を含む係数をあらたに考案し、演算時間が少なくてすむ1次クロージャーモデルの中に組み込んだ。なお、small eddy による輸送現象には従来のK理論モデルを用いた。

モデルの検証はまず著者が観測に参加して得た中国海南島のゴムノキ林の風速データを用いて行った。観測は高さ14mのゴムノキ林内に設けた高さ30mの鉄塔で行われ、気温・風速は樹冠上から林床付近まで10層で測定したものである。また、樹冠上下2ヶ所で測定した日射量を用いて、植物面積密度の季節変化を算定した。植物面積密度の垂直構造は葉面積の垂直分布の実測値から求めた。

モデルによる森林群落内外の風速計算結果は実測値と良く一致し、ゴムノキの落葉に伴う群落密度 (植物面積密度) の変化にも良く対応していた。

次に、多様な植物群落へのモデルの適応性を、他の研究者の研究成果を用いて検証した。対象とした植物群落はダイズ、ムギ、トウモロコシ、オレンジ、

トウヒ、ヤマナラシ、マツ、カシなど草本から木本まで、群落高も 1 m から 23m まで多様であったが、計算値と実測値は良く一致した。

すでに提唱されているモデルと比較すると、K 理論モデルだけによる計算では群落上の風速は良く一致するが、群落内の風速は一致していないと言う欠点があった。一方、高次クロージャーマodelでは群落内は良く一致したが、群落上の風速は一致しない場合があった。本モデルではそれらの欠点が解消されており、精度が大幅に向上していた。

また本モデルにより Watanabe and Kondo(1990)が定義したバルク運動量輸送係数 (C_w) を群落構造と関連させ表現することが出来た。さらに Thom(1971)が提案した植物群落上を吹く風の空気力学的特徴量である粗度長と地表面修正量の関係をしめす値 (λ) についても、過去の研究結果を統一的に表現することができた。

本研究により、多様な植物群落内外の風速分布を精度良く再現する数値モデルが開発され、演算時間も短いことから、GCM モデルなどへの応用も期待できる。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が研究者として誠実かつ熱心であり、博士(地球環境科学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと判定した。