

審査の結果の要旨

氏名 ポティテプ スパニカ

大気の気温上昇をもたらす CO₂ 増加は地球規模の気象に影響を与え、温暖化をもたらす。この CO₂ 増加にかかわる問題には、森林生態系を含めた炭素循環プロセスの理解が不可欠である。特に森林は自然界における炭素吸収の重要な役割を担っており、森林での炭素吸収量は、総生産量(GPP)、純一次生産量(NPP)、純生態系生産量(NEP)などの生態系変量で示される。

このような生態系変量の推定には、現存量の推定とともに、将来の予測にも役立つ推定モデルが必要である。生態系変量推定モデルには、Biome-BGC、Sim-Cycle、3-PG などがあるが、本研究では林分レベルのモデルとして利用できる 3-PG モデルを採用した。3PG (Physiological Principle Predicting Growth : 生理的成長予測) モデルは簡略型のプロセスモデルであり、気象データ、立地因子、樹種特性を主な入力パラメータとする。このモデルは、バイオマス生産、バイオマス分配、土壌水分バランス、枯死率、立地特性の 5 つの主要コンポーネントから成っており、主な出力は、バイオマス蓄積量、GPP、NPP、LAI、林分特性値である。

本研究は、この 3-PG モデルを 2 つの面で拡張した。ひとつは、落葉広葉樹林でのパラメタライゼーションと呼吸要素を加えて、落葉広葉樹林で NEP を推定できるように 3-PG モデルを改良したことである。3-PG モデルはユーカリとマツを対象に開発されてもので、他の植生での適用を図るには、パラメタライゼーションが必要であった。ふたつめの拡張は、リモートセンシングデータを利用することで、林分レベルのモデルを空間的に拡張したことである。この 3-PG モデルを空間 3-PG モデルと名付けた。

気象と生態系量などを観測している北海道の羊ヶ丘と本州の高山にある 2 カ所のフラクスタワーのデータを主要なデータとして利用した。またモデルへの入力データだけでなく、空間 3-PG の主な出力である GPP や NEP の推定値の評価にもタワーで実測されたデータを用いた。両箇所の子な植生は落葉広葉樹林である。

まずフラクスタワーサイトでの葉量と樹幹量などの相対成長関係を用いて、3-PG モデルのための落葉広葉樹林のパラメタライゼーションを行った。入力パラメータが GPP 推定に及ぼす影響を明らかにする感度分析では、最低気温、最適気温などの環境パラメータが GPP 推定に大きな影響を与えることが明らかとなった。そこで、GPP とそれらの温度値との関係を詳細に分析し、最低気温は 8.5 度 C、最適気温は 24.5 度 C、最高気温は 36 度 C であることを確認した。

葉面積指数 (LAI) は森林の特徴を示す主な生態系変量のひとつであり、GPP 推定モデルでも主要なパラメータである。モデルを空間的に拡張するために、実測された LAI データとリモートセンシングデータを比較し、植生指数との関係を明らかにした。本研究では羊ヶ丘と高山の両サイトでよい結果が得られた NDVIC を LAI 推定に利用した。

GPP 推定では、まず落葉広葉樹林域を抽出し、リモートセンシングデータに基づく LAI と環境因子を利用して GPP を推定した。NEP 推定へ拡張するために、空間 3-PG モデルに呼吸量推定パーツを加えた。これは気温の関数として、土壤呼吸と地上部呼吸を含んだ生態系呼吸を推定するものである。呼吸量推定に必要な気温データとしては地表面温度画像を利用し、GPP と推定呼吸量から NEP を広域に推定した。

2002 年から 2005 年の 4 年間の年間平均 GPP 推定量は羊ヶ丘で 986 gC m^{-2} 、高山で 915 gC m^{-2} であった。GPP 推定量をフラックスタワーでの GPP 観測値と比較したところ、二乗平均平方根 (RMS) は、羊ヶ丘で 0.94、高山で 0.96 であり、誤差率は、羊ヶ丘で 15%、高山で 10% であった。同期間での年間平均 NEP 推定量は羊ヶ丘で 459 gC m^{-2} 、高山で 359 gC m^{-2} であった。NEP 推定量をフラックスタワーでの NEP 観測値と比較したところ、RMS は、羊ヶ丘で 0.94、高山で 0.96 であり、誤差率は、羊ヶ丘と高山のいずれでも 10% であった。

さらに、このモデルを利用して気温と降水量の変化が NEP に与える影響を推定した。気温に関しては、NEP は最適気温に達するまでは上昇するものの、最適気温を境に減少することが予測された。降水量に関しては、20% の降水量の増減ではいずれの場合も NEP への影響はほとんど見られないが、50% を超える場合は日本の落葉広葉樹林でも影響が現れることが示唆された。

本論文の新規性は、人工林のユーカリ林とマツ林における林分レベルでの適用が報告されていた 3-PG モデルを、天然林の落葉広葉樹林で適用できるように拡張したことと、広域での適用を可能にする空間 3-PG モデルを開発したことにある。この手法によって、日本の落葉広葉樹林における純生態系生産量の分布形態を明らかにすることが可能になり、日本の森林の炭素吸収量を高精度に推定することを可能性にした。地球温暖化対策への森林機能の客観的評価への貢献は大きい。さらに、開発した手法を利用して北海道の落葉広葉樹林の炭素吸収量分布を具体的に明らかにしたこと、また空間 3-PG モデルをもとに気温と降水量の変動に対する応答をシミュレートしたことも新規性があると評価する。

よって本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認められる。