

◇技術紹介 Technical Report

スタジアム設計・芝管理評価プログラム 「ターフシミュレータ[®]」の開発 Development of Estimation Program “Turf Simulator[®]” for Stadium Designing and Turfgrass Management

松原 隆志
大塚 清敏
溝田 陽子

Takashi Matsubara
Kiyotoshi Otsuka
Yoko Mizota

1. はじめに

サッカーの国際大会を開催するスタジアムには、観客席に屋根が備わっていることが条件となるため、低照度下でスポーツターフを育成するための技術が必要となってきた。このような場合、これまでには試験区で光と生育の関係または温度と生育の関係等を調査した結果を利用して判断をしてきたが、複数の環境要因の組み合わせでどのような結果になるかを予測するのは非常に困難であった。また、試験区を組んで確認するには多くの労力と時間を要した。本研究では、寒地型芝と暖地型芝を対象に、光、温度等の気象条件と光合成および生長/衰退との関係をモデル (Fig. 1) で明らかにし、スタジアムの設計やスタジアム運用時の芝の管理評価に使用できるプログラム「ターフシミュレータ[®]」の開発をめざした。日本のスタジアムのほとんどで、二つの芝の代表的な品種が主に使われているため、本研究の成果は国内のほぼ全てのスタジアムに適用できる。モデルは京都大学大学院農学研究科 小杉緑子教授および高梨聡氏 (現 (独)森林総合研究所) 他との共同研究により開発した。

2. ターフシミュレータの概要

ターフシミュレータは、群落光合成モデルと生長/衰退モデルを統合したモデルによって、ピッチ上の任意の地点における芝の生育状況を継続的に予測でき、さらにこれらの結果を二次元化するアルゴリズムでピッチ上の芝の生育状況を平面的に示すこともできる。

2.1 群落光合成モデル

群落光合成モデルは、芝群落上の微気象データと評価する芝の初期生育状態を入力すると、群落を12層に分割して、まず各層の放射環境と地温を算定し、次に各層の顕熱、潜熱、二酸化炭素フラックス、葉温を求め、最後に各層の個葉光合成・呼吸量、根呼吸量を積み上げて群落全体の光合成量を出力する。モデルは以下の6つのサブモデルからなる。

- 1) 葉面および土壌面のレイノルズ応力・CO₂・H₂O・顕熱フラックスモデル
- 2) 個葉の光合成および気孔コンダクタンスモデル
- 3) 群落内の放射伝達モデル
- 4) 葉面および土壌面のエネルギー収支モデル
- 5) 個葉の降雨・遮断および蒸散・蒸発モデル

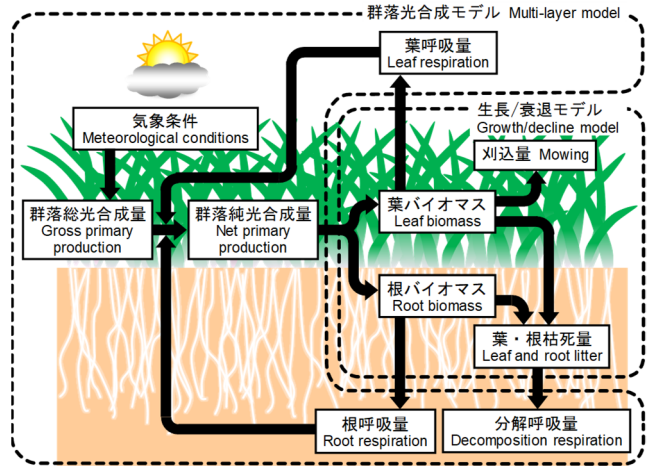


Fig. 1 群落光合成-生長/衰退モデル
Outline of the multilayer model of photosynthesis
and the vegetation growth/decline model

6) 呼吸モデル

2.2 生長/衰退モデル

生長/衰退モデルは、Fig. 1 に示すように、群落光合成モデルで得られた群落光合成量を入力すると、これを葉と根に分配し、次に葉と根の枯死量および葉の刈込量を差し引き、葉および根のバイオマスを決定する。葉のバイオマスから葉面積の分布が決められ、群落光合成モデルで各層の光合成・呼吸量の計算に使用する。また、根のバイオマスから計算される呼吸量も群落光合成モデルの計算に使用する。このように、出力データは葉と根のバイオマス、葉面積指数、葉と根の枯死量、刈込量等であるが、翌日の計算に利用されて、一日一回出力される。

2.3 二次元化のアルゴリズム

まず、任意のスタジアム形状と立地の気象データを入力する。スタジアム形状と芝の表面を複数の3角形の表面エレメントに分け、それぞれの表面エレメントから見える範囲の太陽および空、自身以外の表面エレメントからの光のエネルギーフラックスを積算した。屋根の開閉

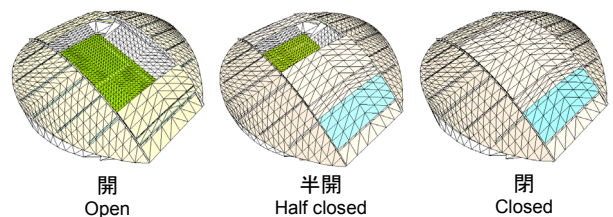


Fig. 2 開閉式スタジアムの屋根の開閉状態
Roof states of the retractable dome stadium

も考慮し (Fig. 2), 年間の開閉記録を入力した。得られた光のデータとその他の気象データを使い, グリッドに分割したピッチ上の各格子点で群落光合成-生長/衰退モデルの計算を行い, 二次元分布を得ることを可能とした。

3. ターフシミュレータの適用例

3.1 モデル精度の確認

2006年から2007年の2年間にわたり, 群落光合成-生長/衰退モデルを使って寒地型芝の計算を行った結果を Fig. 3に示す。Plot A~Dの4段階の遮光率 (それぞれ0, 40, 52, 80%) にクラス分けし, 葉のバイオマスを予測した。その結果, 予測値と実測値の比較で平均二乗偏差 (RMSD) が0.034となり, 良い結果を得ることができた。

3.2 平面的に示したピッチの芝の年変動

2007年の寒地型芝を群落光合成-生長/衰退モデルで予測し, 二次元化した結果を Fig. 4に示す。葉のバイオマスは5月に最も増加が見られ, 6月に日照不足で低下した。明るい地点と暗い地点の違いは時間が経つにつれて明らかとなった (屋根の影響で南側が暗い)。6月のバイオマスの低下は8月に回復しなかった。これは気温と地温の上昇による呼吸量の増加が原因であった。10月以降は光が減少するが, バイオマスは維持された。これは, 気温と地温の低下で呼吸量が減少したためであった。

4. まとめ

ターフシミュレータで, スタジアムの設計時に芝の生育可否の判定を行うことで, 芝が良好に生育できる施設を計画できるようになった。また, 既存のスタジアムで芝の生育不良が生じている場合でも, 原因の特定と解決策の提案が可能になった。さらに, スタジアム運用時の芝の管理法を評価して最善の計画を立てることも可能となった。このように, 芝の生育に有利なスタジアムの形状や環境を短時間で評価できるようになり, スタジアム設計の際の有用なツールとなっている。

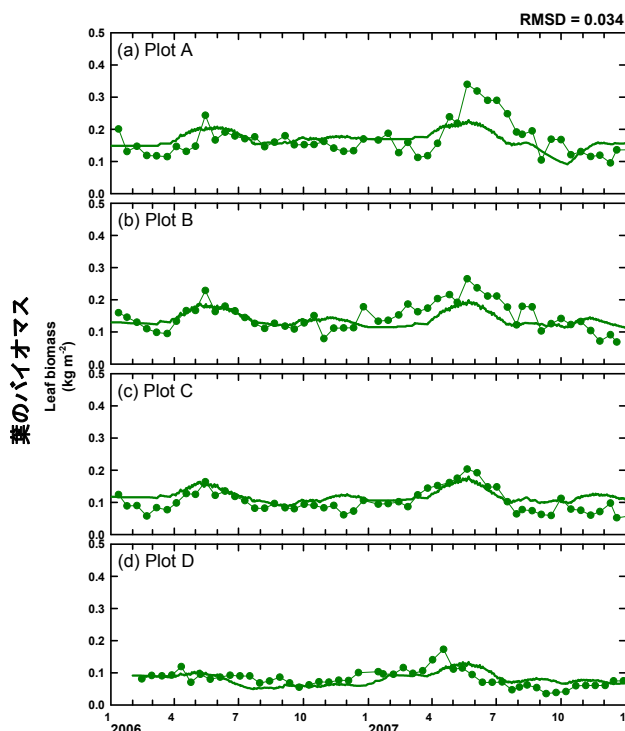


Fig. 3 Plot A~Dにおける葉のバイオマスの年変動 (寒地型芝) [実線は予測値, 点は実測値を示す]
Leaf biomass in plot A - D of C₃ cool-season turfgrass (solid lines indicate estimated data, plots represent observed data).

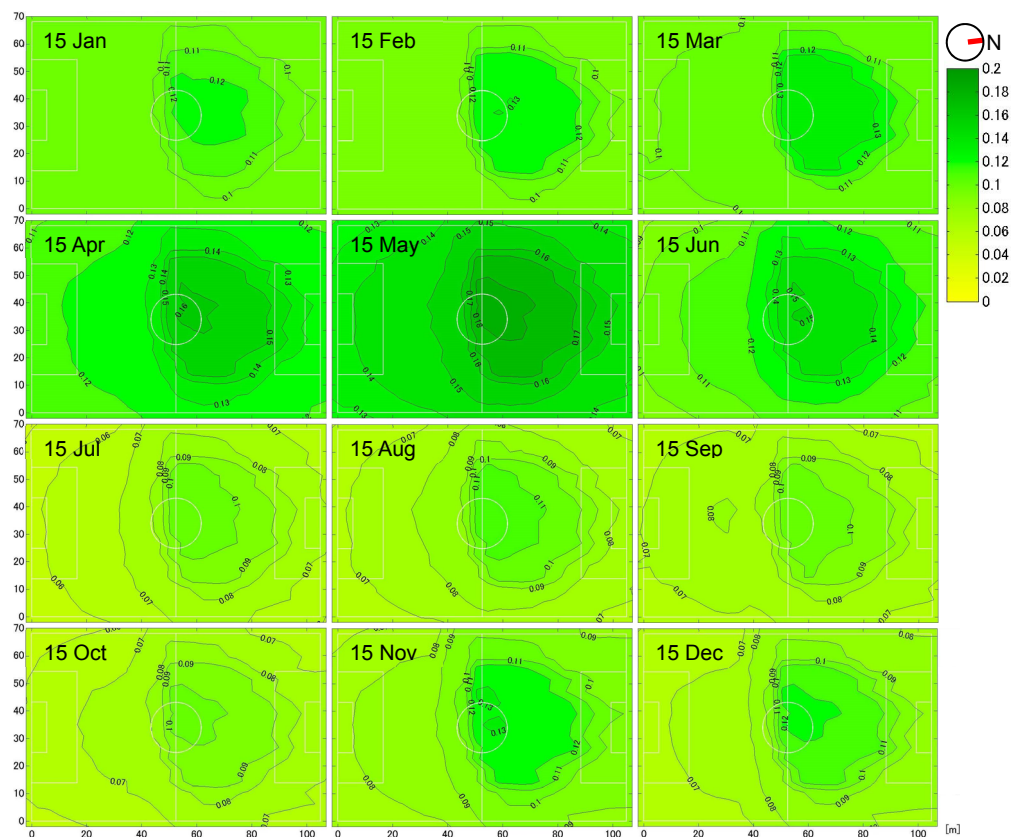


Fig. 4 2007年1月~12月のサッカーのピッチにおける葉のバイオマス (kg/m²) のシミュレーション結果(寒地型芝)
Two-dimensional distribution of leaf biomass for C₃ cool-season turfgrass on a soccer field in January-December, 2007 (kg/m²).