

平成21年 5月25日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18580021  
 研究課題名（和文） 次世代景観シミュレーションシステムに必要な植物モデル技術の開発  
 研究課題名（英文） Development of plant modeling technique for next generation of landscape simulation system  
 研究代表者  
 本條 毅（HONJO TSUYOSHI）  
 千葉大学・大学院園芸学研究科・教授  
 研究者番号：60173655

## 研究成果の概要：

本研究では、次世代景観シミュレーションシステムの開発を目的とした。さまざまな環境下での植物成長を予測し景観作成を行えるように、統計的モデルを用いて、植物成長モデルを作成し景観CG作成を行えるようにした。また、非常に詳細で、現実の景観と同レベルのCG景観の作成も行った。可視化された植物はインターネット上でも公開可能とするために、モデルをGoogle社の可視化ソフトウェアであるGoogleEarthで公開できる手法の開発を行った。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,700,000	0	1,700,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	540,000	4,040,000

## 研究分野：農学

科研費の分科・細目：園芸学・造園学

キーワード：景観，景観シミュレーション，植物モデリング，成長モデル，成長シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

植物形状成長モデルは、比較的古くから研究されており、最近では植物学、農学的分野の知識を加える努力がなされている。世界的レベルの植物形状成長モデルの構築のためには、物質生産とその移動モデルと、形状を含めた植物形状成長モデルを開発し、景観シミュレーションを行うことが必要である。また、植物三次元形状をリアルに高速表示する技術も必要である。また、作成したモデルをインターネット上で公開することも重要である。

## 2. 研究の目的

研究では、世界的にも先進的な次世代景観シミュレーションシステムの開発とコンピュータグラフィックス（以下CG）作成を目的とした。そのため、

(1)第一にさまざまな環境下での植物成長を予測し景観作成を行えるように、植物成長モデルを作成し景観CG作成を行えるようにした。

(2)第二に、非常に詳細で、現実の景観と同レベルのCG景観の作成を高速描画により行う

た。

(3)第三に、可視化された植物はインターネット上でも公開可能できるように、新たな記述手法を開発した。  
 以上は、世界的にも最先端のレベルを目指す。

### 3. 研究の方法

(1)さまざまな環境下での植物成長を予測し景観作成を行えるように、統計的モデルを用いて、植物成長モデルを作成し景観CG作成を行えるようにした。

(2)高速描画のために、自作プログラムやさまざまな市販ソフトウェアを用いて、景観CGの作成技術や速度の検討を行ない、最も効率的にCG作成を行う手法を開発しテスト画像の作成や性能評価を行った。

(3)可視化画像をインターネット上でも公開可能とするために、Google社の可視化ソフトウェアであるGoogleEarthで公開できる手法の開発を行った。

### 4. 研究成果

(1)さまざまな環境下での植物成長を予測し景観作成を行えるように、統計的モデルを作製した。特に重要な**成長速度 (Growth Rate)**の統計的モデルは、下記のようなものを用いた。

$GR$ : annual d.b.h. growth (cm year<sup>-1</sup>,  $d$  and  $D$ :d.b.h.  
 $G(d) = a_0d + a_1d \ln(d) + c_1dC(d) + c_2dC(d) + k_1WI + k_2WI^2 + k_3EPR + k_4EPR^2 + k_5MSC + k_6MSC^2 + b_1s \cos(a) + b_2s \sin(a) + b_3s + b_4POS + INT$   
 (cm),  $C(d)$ : the cumulative basal area per ha (m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>),  
 $D_0$ :d.b.h. (cm) of the smallest individual in theplot,  
 $WI$ (C month) is the warmth index,  $EPR$ : potential evapotranspiration/precipitation ratio,  $MSC$ (cm): maximum snow cover,  $s$ :slope in percent,  $a$ ( $^\circ$ ): azimuth,  $POS$ ::position index,  $INT$ :an intercept,  $a_1, a_2, g, c_1, c_2, k_1, k_2, k_3, b_1, b_2, b_3, b_4$ :parameters

このようなモデルを用いて仮想的な森林を用いて、間伐による環境変化が、成長に及ぼす影響をシミュレートした。また、サイズ分布として、予測が可能となる手法を開発し、可視化を行った。

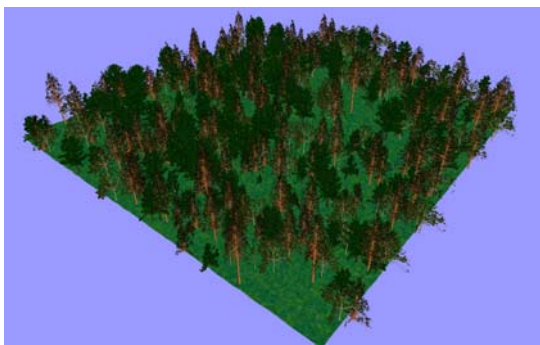


図1 シミュレーションした森林可視化画像

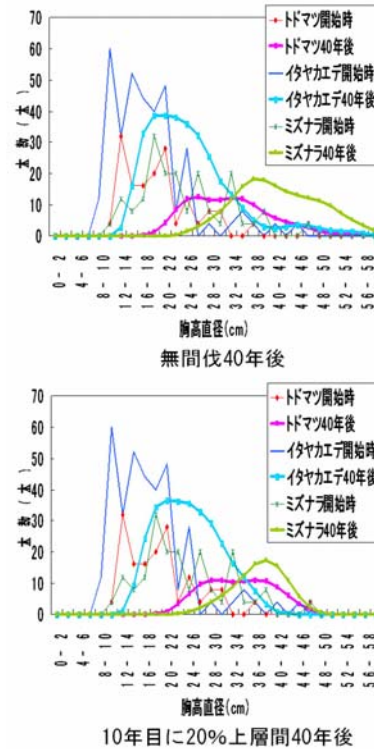


図2 サイズ分布予測例

(2)高速描画のために、自作プログラムやさまざまな市販ソフトウェアを用いて、景観CGの作成技術について、レンダリングの美しさや植物モデリングの品質、描画速度などの検討を行った。その結果、Vue6を用いた場合、最も効率的に高品質のCGが高速で行えた。

表1 本研究で用いたソフトウェアの性能比較

	レンダリング	植物モデリング	描画速度
自作	N/A	△	×
Xfrog	N/A	◎	N/A
AMAP	○	◎	○
Bryce	○	△	○
Vue6	◎	◎	◎

図3, 図4, 図5に、写真とシミュレーション画像を示す。対象地は、共同研究を行っている台湾国立林業試験場の蓮華池試験地で撮影したものを用いた。図3は、台湾杉の下に観葉植物を植えた景観である。下草のシダにも精巧な植物モデルを多数用いており、ポリゴン数は数億のオーダーに達する。図4はその一部を拡大したものであり、植物を拡大しても、写真に近い品質の画像作成が可能であった。図5は樹冠部を下から見上げた図であり、針葉樹の植物モデルもリアルな画像が作成可能であった。





図3 景観写真（上）とCG（下）



図4 景観写真（上）とCG（下）



図5 景観写真（上）とCG（下）

また、同地点のデータを用いてアニメーションも作成し、空間把握も容易に行うことが可能であった。

(3)可視化画像をインターネット上でも公開可能とするために、Google社の可視化ソフトウェアであるGoogle Earthで公開できる手法の開発を行った（図6）。

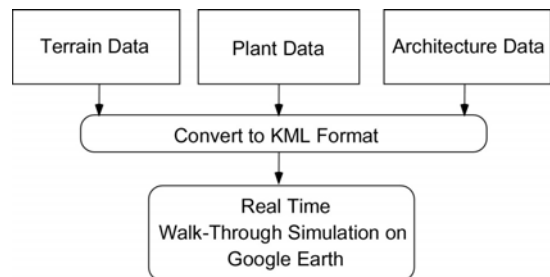


図6 Google Earthによる可視化手法の概念

Google Earthを用いる利点は、インターネット上で三次元景観画像を公開できる他、景観背景を用意する必要がないことや、描画の詳細レベルを変化させることにより高速に描画を行うグラフィックアルゴリズムを持っていることがあげられる。また、リアルタイムで景観内を歩き回ることも可能である。GoogleEarthで使用している言語であるKML (Keyhole Modeling Language)は、三次元形状

の記述言語としても使用することもできるので、GIS 上にある景観のデータを、KML に変換するソフトウェアを本研究で開発することにより、目標とする高速描画が比較的容易に行えた。図7に、千葉大学園芸学部内の庭園で撮影した写真と Google Earth で作成した画像との比較したものを示す。



図7 写真と Google Earth で作成した画像

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

① Tsuyoshi Honjo, Kiyoshi Umeki<sup>1</sup>, Enmi Lim, Dar-Hsiung Wang, Pin-An Yang, Han-Ching Hsieh: Landscape visualization on Google Earth, Proceedings of The third International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications., (in printing), (2009). 査読有

② Ken-ichi NARITA, Hirofumi SUGAWARA and Tsuyosi HONJO, 2008: Effect of roadside trees on the thermal environment within a street canyon, Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 43, 41-48, (2008). 査読

有

③ 柄澤孝和, 本條毅, 梅木清, 林恩美: 航空写真を用いた九十九里海岸マツ林の植生変化の解析, 環境情報科学論文集21, 457-462., (2007). 査読有

④ Sofia Thorsson, Tsuyoshi Honjo, Fredrik Lindberg, Ingegärd Eliasson, En-Mi Lim: Thermal Comfort and Outdoor Activity in Japanese Urban Public Places, Environment and Behavior, 39, 660-684, (2007). 査読有

⑤ En-Mi Lim, Tsuyoshi Honjo and Kiyoshi Umeki: The validity of VRML images as a stimulus for landscape assessment, Landscape and Urban Planning, 77, 80-93, (2006). 査読有

⑥ Kiyoshi Umeki, Tatsuyuki Seino, Eun-Mi Lim and Tsuyoshi Honjo: Patterns of shoot mortality in *Betula platyphylla* in northern Japan, Tree Physiology 26, 623-632 (2006). 査読有

⑦ Tsuyoshi Honjo, Enmi Lim and Kiyoshi Umeki: Three Dimensional Landscape Design and Visualization by VRML, Proceeding of the 19<sup>th</sup> International Conference, Informatics for Environmental Protection, 739-746, (2006). 査読有

⑧ Lim, E., Kawashima, D., Umeki, K. and Honjo, T.: Visualization of landscape using VRML and plant modeling. Agricultural Science & Technology 41: 77-84, (2006). 査読有

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

本條 毅 (HONJO TSUYOSHI)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号: 60173655