GIS,CAD,植物成長モデルを応用した 景観シミュレーション手法に関する研究

The Study of the Landscape Simulation Method: Application of GIS, CAD, and Plant Modeling.

斎藤 馨* 熊谷洋一* 本條 毅** 趙 東範*** 吉岡太郎**** 筒井一貴****

Kaoru SAITO Yoichi KUMAGAI Tsuyoshi HONJO

Tong-Buhm CHO Taro YOSHIOKA Kazutaka TSUTSUI

摘要：東京大学キャンパス樹木調査 GIS データを用いて、建築物を含む樹木景観の現況把握・予測に必要な情報処理手法について検討した。GIS データから樹木・建築物の 3 次元データ生成・可視化するシステムを整備し景観シミュレーション画像を試作した。その結果、① 既往樹木調査 GIS データに植物成長モデルを適用して樹木景観を効率的かつリアルな予測、② 市販 GIS 建築物データをベースにして設計 CAD システムで景観予測に有効な建築物データの効率的な作成、③ GIS と CAD とが相互にデータ共有して都市内樹木景観の現況・将来像の予測ができることを示し、今後の都市内における景観情報処理システムのプロトタイプを明らかにした。

はじめに

地理情報システム (Geographic Information System : 以下「GIS」) と CAD (Computer Aided Design) は、それぞれ景観情報処理¹⁾における広域景観計画と地区景観設計に有効な手法であると考えている。また植物成長モデルは、植物学的な成長モデルに基づいた 3 D 形状を生成²⁾するため、リアルな景観予測に有効であり³⁾、既に実測図に基づく庭園景観⁴⁾、森林簿・林相図に基いた広大な森林景観⁵⁾においても応用され、リアルな景観予測が可能であることが示されている。

本研究は、建築物と樹木から構成される都市内での景観情報処理システムのプロトタイプとして GIS, CAD, 植物モデリングを応用した景観シミュレーション手法を検討し、システム開発、データ整備とその応用についてのフィジビリティを明らかにすると共に、今後の研究課題を考察することを目的とした。具体的に東京大学本郷キャンパスで調査作成された樹木調査 GIS データをケーススタディに用いて、CAD と植物モデルを応用して 3 D 形状データを作成し、CG (Computer Graphics) によるキャンパス景観シミュレーション画像を作成して研究を進めた。さらにこの一連のスタディから、より精緻な植物成長モデル開発を今後の研究課題として導き、検討を加えた。

1. 樹木調査データとシステム構成

東京大学本郷キャンパス樹木調査 GIS データ⁶⁾のうち、景観シミュレーションに必要な、樹木位置・樹種・樹高と建築物外周データを抽出・変換して利用することにした。

本研究で用いたシステム構成をハード・ソフト・処理機能を含めて図-1 に示す。SYS-1 はパソコン版 GIS「テラソフト (ビジュアルサイエンス社製)、dBASE-VI (ボーランド社製)」を、SYS-2 はパソコン版 CAD「AutoCAD (AutoDesk 社製)」を、SYS-3 はワークステーションで植物成長モデル「AMAP (CIRAD との共同研究用システム)」を運用し、これらは高速 LAN で接続してデータ転送を行っている。各システムとも部分的にプログラミングにより処理機能を補足している。なお以下では必要に応じてアプリケーションの名称を用いる。

2. データ処理と景観シミュレーション

図-1 システム構成

パソコン 2 台 (SYS-1,2) とワークステーション (SYS-3) とを、高速 LAN で接続している。

3 次元 CG による景観シミュレーションでは、対象の 3 D 形状データが必要となるが、ここでは GIS データから建築物を効率よく作成する方法を試験検討し、樹木は植物モデルを応用して生成することにした。以下にプロセスと実際に作成した景観予測画像を示して述べる。

(1) GIS データの 3 次元化 (図-2)

GIS のデータは、地図上の図形要素 (2 D) とこれにリンクした数値・テキストデータとからなる。GIS は対象地域を、地図とリレーショナルデータベースでデジタルデータ化し、各種空間解析を行うシステムで、この GIS データを用い、以下のプロセスにより 2 D の GIS データから対象地の建築物と樹木の 3 次元形状を生成し、景観予測画像を得た。

① **建築物概略形状**：個々の建物の外周形状の図形とその高さ・構造から概略の建築物 3 次元形状を作成した。1/1000 数値地図 (国際航業社製) の建築物データを AutoCad に変換入力し、1/1000 カラー空中写真と現地観察調査を基にして、キャンパス隣接建築物はその外周線に高さを与えた 3D-line で、キャンパス内建築物は、ファサード形状と屋根を単純な面から構成した 3D-object で 3 D 化した。これ以外は GIS データを 2D-line に変換した 2 D データである。

② **樹木形状**：樹木 GIS データの位置座標値から位置を、樹木リストのテキストデータから樹種・樹高を抽出したファイルを作成した。これを AMAP の植物モデリングを制御するファイルに変

*東京大学農学部 **東海大学開発工学部 ***全南大学造景学科 ****東京大学大学院農学生命科学研究科

換するために、「樹種名(和名・英名・ラテン名)と樹種ファイル名対応テーブル」「樹高と樹齡対応テーブル」を作成した。これにより樹種・樹高データに対応した単木の3D形状データを、正確な位置に配置した記述ファイルを効率よく自動生成させた。

③ 景観予測画像の作成: ①のデータをAutoCADからDXFファイル経由でAMAPに入力し、②のデータとまとめて対象地の3次元形状データとし、これをレンダリングした(図-2)。2DのGISデータだけでは把握・説明が難しい本郷キャンパス内樹木(胸高周長30cm以上:3841本)と主要な建築物・キャンパス周辺建築物の現況景観が表現された。この方法は計画対象地の上位空間を含む広域景観計画や敷地分析に有効である。

(2)CADによる景観設計

(1)で示したように、GISには現況の景観情報が保持されており、これを3D化すれば現況景観画像を得ることができる。つまりGISデータは景観設計における現況把握・敷地状況データと考えることができる。そこで、GISデータの建築物・樹木データをCADシステムに変換すれば、それは設計の与条件となる。具体的に東大農学部キャンパスで建設が始まっている新規建築物周辺をケーススタディにして、GISデータをベースにしてCADによる景観設計を想定し、以下のプロセスにより図-3を作成した。なおこれはシステム検討のための架空のものである。

① 既存建築物の詳細形状作成: 樹木データは、これが毎木調査であることから十分な情報量を(1)で得ているが、図-2のキャンパス内建築物モデリング精度は、空間的な閉鎖感や緑視量等、ボリュームに関する検討には十分であるが、農学部内の小地区での景観設計には不十分である。そこでさらにファサードを主に詳細な建築物形状をCADで作成した。詳細な建築物形状をCGレンダリングする場合、材料別テクスチャデータの有無が予測画像の質を左右する。AutoCadファイルの各3D形状にテクスチャを付与してレンダリングするAccuRender(McNeel Group社製)を利用して、壁面やパイプの材質など必要なマテリアル属性データを作成した(図-3左)。

② 計画建築物の形状作成: 新規計画建築物は、設計図を入手し①と同程度の精度で形状・テクスチャを作成した。

③ 景観設計のケーススタディ: 新規建築物前庭部分を周辺植栽・エントランスと一体化させるデザインコンセプトをスタディした。現状の植栽・建築物形状をCG予測画像で確認しながら、計画建築物を加え(図-3上)、周辺景観設計をCADによりラフデザインして、3D形状を生成し、これに連動するCGソフトでレンダリングして予測画像を作成し、再びデザインを検討・修正して設計スタディを進めた。システムのフィジビリティチェックのための架空の景観設計だが、最終的な画像を図3下に示した。

CAD単独で新規に設計するのではなく、GISの広域現況データから、設計対象地とその周辺データをコンテキストとして引き継いで、CADで設計を進めることは、地域に調和した地区景観設計を導く有効なシステムプロトタイプであることが示された。

(3)植物形状モデルの編集(図-4)

景観設計では、単木の幹や枝振りが表現されたシミュレーションが必要となる。設計対象となる予測景観では、植栽計画に基づいて樹種毎の一般的な樹形が表現されればよいが、現存樹木は、既にその形状があり、形状生成とその生長予測が課題となる。例えばキャンパス内樹木でも単木で形状がはっきりと目立つランドマーク的な現存樹木では、その個体の形状が必要となる。植物成長モデリングシステムAMAPの特徴は植物学的な知識を基に実存する樹木をモデル化している³⁾とあるが、森本(1993)⁴⁾も指摘するように、AMAPでは個別の樹木に対応させることは難しい。本研究では、今後のAMAP応用のあり方を検討するために、現状で可能な樹種変更や形状変更について検討した。

① 成長データの無い樹種のシミュレーション(図-4左)

AMAPはフランスで開発されているシステムである。樹木の幹や枝葉の色彩は自由に変更することができる。ヒマラヤシダのライブラリーの葉の色彩は、構内のものと異なる印象を持ったので、葉色の変更を行った(図4-1)。これは最も基本的な編集機能の応用である。またAMAPには200以上の植物があるが、成長モデルが記述されていない樹種も多い。たとえばスダジイの成長データは無い。新規樹種の成長モデルをシステムに組み込むには多くのパラメータの設計と、膨大な計測データの解析処理を行わないとできない。そこでユーザーができる方法を検討した。

スダジイの成長と似たパターンの樹種で、既にデータ化されているものを用い、幹・葉の形状・色彩のデータベースを変更させる。さらに樹高についても、スケーリングによって樹高を変更させて利用した(図4-2)。

② 自然樹形でない樹木形状(図-4右)

都市内の樹木は、十分な生育空間の中で自然樹形のまま成長するものは希である。また剪定によって自然樹形とは異なる樹形で存在するものも多い。剪定とその後の成長は、筆者らがCIRADと共同研究を始めた当初から課題となっており、現在では成長モデルの枝の一部分を取り去る剪定の機能がある。自然樹形を剪定することで、街路樹など狭隘な空間にある樹木形状に近づけることができる(図4-3)。

(4)景観シミュレーション(図-5)

(2)で作成した詳細な建築物形状と、(3)で生成した樹木形状を用いて、(1)よりも詳細で景観設計に必要な精度と画質のある景観シミュレーションが可能となる。農学部キャンパスについて、実際にデータを作成し、予測画像を作成した(図-5左)。この

図-2 東大キャンパス全域の総合景観予測画像

GISデータをベースに建築物と樹木の3次元データを作成し周辺建築物GISデータとともにCGで可視化した。建築物は、GISデータの建築物外周線をDXFファイル経由でAutoCadに変換入力し、現地観察調査と空中写真から建物の高さ・構造を概略推測して概略形状をモデリングした。樹木は毎木調査GISデータから得られた樹種・樹高データにAMAP植物モデリングを適用して樹木の単木3D形状を生成し、位置データに従って配置した。こうして東大キャンパスの正確なモデリングデータが生成され、これをレンダリングした。(AMAP)

図-3 CADによる景観設計例

樹木調査結果と建築物のGISデータをCADに変換入力し、新規建築物周辺の景観設計を行った。周辺の建築物や現存樹木などの景観資源データがGISから引き出せるようになれば、現環境との調和を十分に検討できる。このレベルの景観シミュレーションでは、建築物のディテールをテクスチャにより表現するなどの属性データが必要となり、CADとCGが有効なツールとなる。

上: CADによる既存建築物・樹木景観: 新規建築物の完成予想例を加えた景観シミュレーション(AccuRender)

下: CADによるランドスケープデザイン設計例: 新規建築物周辺のランドスケープデザイン(架空のデザイン)についての景観シミュレーション(AccuRender)

図-4 AMAPを応用した樹木モデルの変更

現在のAMAPを用いて、ユーザが操作できる範囲で樹木モデルを変更し、実際の樹形や新規樹種に適用することができる。

図4-1: ヒマラヤシダの葉色を変更した例

図4-2: ユーザデータに存在しないスダジイを作成するために、カナメモチ(上)の葉色を変更し(中)、さらに葉形を変更して作成した(下)。

図4-3: 自然樹形のイチヨウ(左)を剪定して実際の樹木形状に近づけた例(右)

図-5 景観シミュレーション

左: CADで作成した建築物と、葉色や樹形を変更した樹木を用いて作成した景観シミュレーション。右の実写写真との比較から現時点での精度が明らかにできた。建築物の詳細な3D形状を、AMAPが扱う建築物形状に完全に変換されていないため建築物のレンダリングは未完成となっているが、樹木景観については樹種の区別が明瞭にできるほどの予測となっている。

図2 東大キャンパス全域の総合景観予想測画像

図3 CADによる景観設計例

図4-1

図4-2

図4-3

図4 AMA Pを応用した樹木モデルの変更

図5 東大農学部キャンパス景観シュミレーション

画像例では、詳細な建築物 CAD データ作成したにもかかわらず、AMAP に変換入力してリアルにレンダリングすることがまだ完全にできなかった。しかし実写真と比較すれば、樹木景観の再現性が従来の CG 景観シミュレーションと比べて高いことが分かる。樹木調査データや建築物データ、数値地図データなどは、いずれも従来から整備が続いているデータである。これと植物モデルと CG を応用することで、総合的な都市内樹木景観シミュレーションが可能であることは明白である。

3. 植物成長モデルと景観シミュレーション

現状の AMAP を用いてユーザが操作できる植物形状モデルの変更はごく限られたものである。植物学的なモデルに基づく新規樹種の作成や剪定後の成長等問題に対応することは、植物材料を第一に考えるランドスケープ計画・デザインでの景観シミュレーション手法の最重要課題と考えた。これには、CIRAD で開発中の汎用植物モデルシステムである AMAP-SIM を利用を試験研究中であるが、以下にその植物成長に関する計測データ収集・解析を含めた応用について検討事項を述べる。

植物の形は、その成長点が成長あるいは消滅してきた過程の結果あるいは中間状態であり、成長点の特性で植物の形状は決まるという原理に基づいている。AMAP-SIM では、基準成長軸を仮定し、軸上の成長の各時点における伸長、分枝、枯死の確率などの成長点のパラメータを決め、次に植物の各軸の成長点の位置に応じて、基準成長軸との対応関係を定めることにより柔軟な位相的構造の記述を可能としている。成長モデルの位相的パラメータを求めるための測定手順としては、各年の節数の測定が基本である。個体差をモデル化するためには、十分なサンプル数を取ることも必要である。樹木の幹、枝の伸長は、すなわち節数の増加であり、測定結果から適切な分布をあてはめることにより、個体差をモデル化できる。分枝は、相互に関係する場合も多いので、マルコフ過程によりモデル化される。

新規樹種の成長モデル化には、成長段階すべての測定が必要であるが、必要なサンプル数の樹木の全樹齢に関して、測定を行うことは難しい。このような場合、いくつかの成長段階の樹木を選び、その測定結果から得られた結果を補間することにより、測定

の手間と期間を短縮できる。分枝の角度、輪生、枝の曲がりなどの幾何的パラメータも、樹形に影響を与える重要な要素であるが、景観予測への応用の場合、必ずしも詳細な測定結果に基づく必要は無く、値を変化させさまざまなケースを比較検討することにより、使用できる品質の樹形を得ることもできる。

また剪定は、ある期間に成長した節間を取り除くことによりモデル化できる。その後の成長については、元の基準成長軸のパラメータをそのまま適用する、基準成長軸に剪定した場合の成長パラメータを付加する、若い年令の枝を新たに成長させるなどの手法が考えられる。ただし、剪定する部位によりその後の成長が異なること、複数の部位で剪定した場合、その相互関係も考慮しなければならないことなどから、正確なモデル化を行うには膨大な測定が必要となる。

今後はこうした検討を踏まえ、従来からの AMAP の応用とともに、計測調査を踏まえた正確なモデル化の応用研究を進め、植物を中心としたランドスケープ計画・設計により効果的な活用できる植物成長モデルの開発が重要であると考えている。

おわりに

都市内における景観情報処理システムでは、GIS データを基本にして、必要に応じて 3D 形状生成のためのシステムにデータを変換し、計画・設計に必要なデータを付加して詳細な 3D 形状・マテリアル属性を生成し、適宜 CG により可視化する処理が有効であり、景観シミュレーションシステムのプロトタイプとなると考えている。植物の 3D 形状生成に有効な植物成長モデル AMAP の応用は、本システムの中核をなし、新規樹種を含む植物成長モデル開発が今後の課題である。

本研究では AMAP 共同研究特別システムを利用しているが、システム提供をして頂いたフランス CIRAD AMAP 研究室の協力に感謝する。また同研究室 René LECOUSTRE, Pierre DINOUARD 両氏には、AMAP 共同研究システムの運用についての助言を頂いた。情報交換はインターネットによるメール交換と FTP ファイル転送によって共同作業を進めた。本研究によりネットワークを利用した共同研究が現実的なものであることも明らかにされた点も副次的な成果である。

参考文献

1) 斎藤馨 (1992): 景観情報処理に関する計画論的研究: 造園雑誌: 55(5): 295-300	による景観予測に関する研究: 造園雑誌: 55(5): 301-306	デリングの応用ー: 日本コンピュータグラフィックス協会第9回論文コンテスト論文集: 226-236
2) de Reffye, P. et al.(1988): Plan Models Faithful to Botanical Structure and Development: Computer Graphics: 19: 313-322	4) 森本幸裕 (1993): 植物モデリング・可視化システムを用いた桂離宮庭園の植生景観のシミュレーション: 造園雑誌: 57(2): 113-120	6) 斎藤馨, 熊谷洋一, 佐伯博人, 大岩幸司, 筒井一貴, 吉岡太郎 (1994): 樹木管理のための GIS データ整備にかんする考察ー東京大学本郷キャンパス樹木調査ー: 地理情報システム学会講演論文集: Vol.3: 11-14
3) 本條毅, 斎藤馨, 熊谷洋一 (1992): 植物成長形状モデリングとその可視化	5) 斎藤馨, 熊谷洋一, 本條毅, 石田裕樹, René LECOUSTRE, Phlippe de REFFYE (1993): リアルな森林景観シミュレーション-GIS と植物モ	

Summary: The landscape of University of Tokyo is simulated by the system which consists of GIS (Geographic Information System, TerraSoft is used), CAD system (Computer Aided Design, AutoCAD is used) and AMAP (landscape simulation system using plant modeling technique.). GIS accumulate the data of result of survey on trees in the University and the data are transfered to AMAP and 3-D tree shapes are generated. The data of architecture are extracted from the existing digital map and are used in CAD to give the 3D data effectively. The detailed data of buildings are also made in CAD. These data are eventually rendered in AMAP and the landscape of the University is visualized. Synthetic utilization of GIS, CAD and AMAP enables the very precise simulation of urban landscape which consists of trees and architecture. We consider this system as the prototype of landscape information system.