

群落での光環境データを導入した植物の 3DCG 生育モデリング

Growth modeling of plant individuals growing in grassland with photoenvironment data by using 3D computer graphics

國井 洋一* 山崎 千聖** 根本 正之*

Yoichi KUNII Chisato YAMAZAKI Masayuki NEMOTO

Abstract: This paper assumes the growth of plant individuals in semi-natural grassland, and investigates 3D modeling of the growth with actual insolation data by 3D computer graphics (3DCGs) and its application. At present the 3DCGs for plant individuals are utilized mainly in the landscape simulation field, and it is difficult to apply to academic or scientific fields due to the complexity of the shape of leaves, caules, flowers, and so on. Therefore, plant individuals were experimentally grown in several photoenvironments, and the results were expressed by 3DCGs. In addition, to investigate growth simulations in the semi-natural grassland, growth situations were assumed in which dominant species existed. The experiment was performed by using “Nohara-Azami” (*Cirsium oligophyllum*). Some pots of the Nohara-Azami were grown in three kinds of cheesecloths that had different shading ratio. In addition, the lengths of the plant individuals and each leaf were measured each month. As a result, growth of the Nohara-Azami in each cheesecloth grew in different behavior. Therefore, 3D modeling for each Nohara-Azami was performed by using 3DCGs, and these 3D models were compared. Consequently, it is expected that the growth simulations for valuable species can be realized in semi-natural grassland.

Keywords: 3D modeling, computer graphics, plant individuals, growth

キーワード: 3D モデリング, コンピュータグラフィックス, 植物, 生育

1. はじめに

近年、3次元コンピュータグラフィックス(以下、3DCG)は、コンピュータによる応用技術の1つとして大きな発展を遂げている。3DCGは、空間や物体などの存在を3次元モデル化し、コンピュータの画面に投影して画像や映像として描写するものであるため、架空の空間や物体についても現実を想定して表現することができるという特徴を持つ。また、多額のコストや危険を伴うような実験に関しても、3DCGを用いてコンピュータ上でシミュレーションすることが可能である。以上の特徴により、実在の空間において物理的な構成要素を変化させることが不可能な建築分野¹⁾や景観分野²⁾、治療前後での患部の変化をシミュレーションする医療分野³⁾等を筆頭に、3DCG技術は様々な学術分野に活用されている。

一方、植物分野では多くの植物の葉、茎、花が複雑な形状を呈していることから3DCGでの表現が難しいため、3DCG技術の学術的利用実績は少数にとどまっている現状がある。3DCG技術の植物分野への応用例としては、1990年頃から景観設計システムAMAPが実用化されている。AMAPは、植物の種類を選択して年齢を入力することで植物の形態データを取得することが可能なシステムである⁴⁾。しかしながら、AMAPによる植物の3次元モデルは景観シミュレーションにおける利用を目的としているため、生態学的な植物分野への利用は困難であるといえる。

また、3DCG技術の植物分野への応用例としては、野草地動態の3次元表現を試みた事例がある⁵⁾。この事例により、3DCG技術を活用すると植物群落内の状態をコンピュータ上にて現実に近い状況で再現できるため、植物の調査、研究やモニタリング等が効率的に実施され、調査や研究の幅を拡張させる可能性が示された。しかしながら、上記の研究では光環境に対する植物の生長量に推測値が多く用いられていたため、実測値による生育状況の把握が課題となっていた。

そこで、本研究では対象植物の光環境に対する生長量のデータ

を取得し、そのデータを3次元モデルに反映させ、従来よりも信頼性の高い植物の生育状況の推測を実施する。これにより、草本群落における植物の生育を知るための手段として、数値による定量データだけでなく、視覚的な情報も得られることとなる。すなわち、生育状況の把握が従来よりも高信頼度かつ容易に実施可能になるものと推測され、競合関係にある植物を含めた生育シミュレーションの支援に寄与できるものと考えられる。

2. 対象地および対象植物について

本研究における対象地には、千葉県柏市大室に位置する利根川河川敷堤防を選定した。本対象地は写真-1に示すような野草地となっているが、利根川上流河川事務所の管理のもと毎年5月および9月に野草の刈り取り作業が実施され、5月の刈り取り後はチガヤが優占種となる群落が形成されることにより半自然状態が維持されている。これにより、対象地にはワレモコウやカントウタンポポ、さらには絶滅危惧種の草本等も生育しており、生物多様性の観点からも貴重な場所であるといえる。また、対象地の地表面には写真-2に示すようなモグラの巣の跡がギャップとして多数存在する。ギャップは周囲の草冠による被陰の影響が少ないため、地表面の日照条件が良好になる。そのため、通常の野草地内においては生長しにくい草本が、ギャップ内においては生長が促進され、さらに多様な生物相を生み出す可能性がある。そこで、



写真-1 調査対象地の外観



写真-2 地表面のギャップ

*東京農業大学地域環境科学部造園科学科

**積和建設東京株式会社

表-1 ギャップにおける照度計測結果

ギャップ No.	ギャップ内部 照度 (μmol)	ギャップ外部 照度 (μmol)	相対照度 (%)
1	97.4	1531.1	6.4
2	38.7	452.3	8.6
3	720.1	1345.9	53.5

表-2 寒冷紗における照度計測結果

寒冷紗	寒冷紗内部 照度 (μmol)	寒冷紗外部 照度 (μmol)	相対照度 (%)
A	49.8	844.1	5.9
B	68.5	794.2	8.6
C	462.4	837.4	55.2

本研究ではこのようなギャップにおける草本の生育状況を推測し、3DCG による表現を試みることにする。

なお、本研究における対象植物には、対象地の利根川河川敷堤防にも自生するノハラアザミ (*Cirsium oligophyllum*) を供試した。ノハラアザミは生育空間を縦方向に広げていく陣地強化型の草本であるため、平面的に生育空間を広げる陣地拡大型の草本よりも3次元での表現がより効果的であると考えられる。また、陣地強化型の草本は下層部の葉が枯れない範囲で何層にもわたって葉を広げるため、地表付近の日照条件が悪い他の植物の陣地内へは侵入が難しく⁹⁾、ギャップ内での生育に適していると推測される。さらに、ノハラアザミは花期が8~10月であるため、春季から秋季までの長期にわたって成長データを取得することが可能である。

3. 現地調査および生育実験

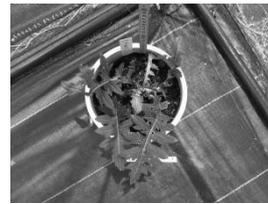
(1) ギャップの相対照度測定

ここでは、対象地現地においてモグラの巣により形成されたギャップの照度計測を行う。照度計測には照度計 (LI-250 : LI-COR 社製) を2台使用し、ギャップ内部の地表付近およびギャップ外部で被陰のない場所にそれぞれ配置して実施した。なお、今回調査対象としたギャップは対象地において任意に3か所選定し、選定した全てのギャップにおいて上記の計測作業を実施した。表-1に各ギャップにおける照度計測結果を示す。

(2) ノハラアザミの生育実験

本実験ではまず対象地の利根川河川敷堤防において、2010年5月28日に自生しているノハラアザミ14個体を無作為に採取した。その際、移植後の養生を考慮し葉からの蒸散量を減らすため、展開している全ての葉の葉身を半分程切除した。採取したノハラアザミはワグネルポット 1/5000 アールに移植した。本実験では、排水を良好にするため下層に桐生砂を敷き、その上に赤玉土と腐葉土を体積比 1 : 1 で配合した土壌を充填した。ノハラアザミの根は根毛が少なく、移植をした際の植え傷みが多いため養生が必要となる。そのため、移植後はノハラアザミの根がポット内の土に定着するまでの約3週間、土壌からの水分の蒸発及び葉からの水分の蒸散を抑えるために、直射日光に当たらない環境で養生させた。

本研究では、土壌条件や生育空間の広さに対する生長量は考慮せず、光条件のみを実験の対象とする。養生後は、対象とする3箇所のギャップとはほぼ同等の相対照度となるよう遮光率が調整された寒冷紗 (A, B, C) にそれぞれ3個体、遮光処理を施さない自然光の区画 (D) に5個体のポットを据え置き、生育実験を実施した。表-2は各寒冷紗における照度計測の結果および算出した相対照度であるが、表-1のギャップにおける相対照度とはほぼ同等であることが確認できる。各個体を据え置いた後は、全ての個体に対する草丈と葉の長さ及び幅の計測を毎週1回ずつ実施し、



(a) 6月・上方



(b) 6月・正面



(c) 9月・上方



(d) 9月・正面

写真-3 ノハラアザミ個体の撮影記録 (寒冷紗 C)

同時に上方及び正面からの写真撮影も実施した。

以上のデータ取得は2010年6月24日~10月14日の期間に実施した。写真-3に撮影写真の一部を示す。ここで、計測期間中の生長過程において、ノハラアザミ以外の個体が区画 A および C に計4個体混在していることが明らかになった。そのため、本研究ではノハラアザミであると確認された各区画の1個体ずつを3次元モデル化の対象とすることとした。なお、3次元モデル化の対象日は、計測開始日から4週毎の計測日とした。計測結果の一例として、表-3に3次元モデル化の対象とする日の寒冷紗 B における計測結果を示す。

4. 3次元モデルの作成

上記のノハラアザミに対する生育実験で得られたデータに基づき、ノハラアザミの3次元モデルの作成を行った。3次元モデルの作成は、前述の通り各区画における1個体ずつに対して実施した。なお、モデル作成には汎用ソフト「Autodesk 3ds Max 2009」を使用した。まず、葉についてはモデル作成のサンプルとして写真-4に示すような拡大写真を計測日および個体毎に用意し、計測値に基づいて、図-1に示すようなサンプルの葉のモデルを忠

表-3 ノハラアザミ個体の計測記録 (寒冷紗 B)

計測日	6/24	7/22	8/19	9/17	10/14	
草丈(cm)	80	90	105	165	425	
葉の 大きさ (長さ×幅 (cm))	葉1	200×100	245×110	265×115	265×115	265×115
	葉2	60×10	220×110	225×110	225×110	225×110
	葉3	-	200×80	250×100	250×100	250×100
	葉4	-	80×25	235×70	235×70	235×70
	葉5	-	-	190×70	190×70	190×70
	葉6	-	-	150×50	170×60	170×60
	葉7	-	-	140×65	155×70	155×70
	葉8	-	-	115×55	160×70	160×70
	葉9	-	-	60×20	130×55	130×55
	葉10	-	-	-	65×30	70×35
	葉11	-	-	-	80×50	85×50
	葉12	-	-	-	80×40	80×50
	葉13	-	-	-	75×30	85×40
	葉14	-	-	-	65×25	75×35
	葉15	-	-	-	55×20	65×30
	葉16	-	-	-	-	60×25
	葉17	-	-	-	-	45×10
	葉18	-	-	-	-	45×05



写真-4 葉のサンプル写真



図-1 葉のサンプルモデル

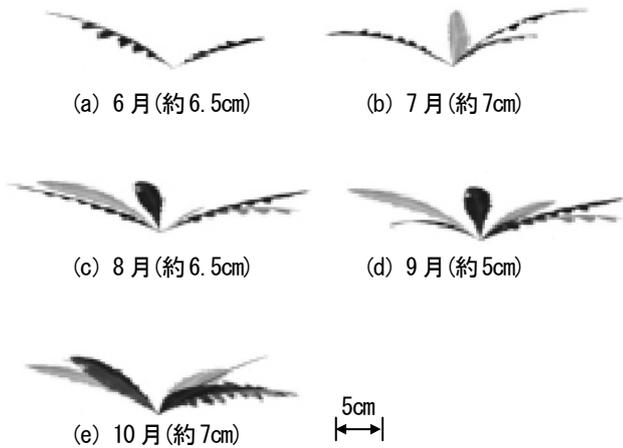


図-2 寒冷紗Aのノハラアザミに対する月別の3次元モデル
(カッコ内数値は草丈)

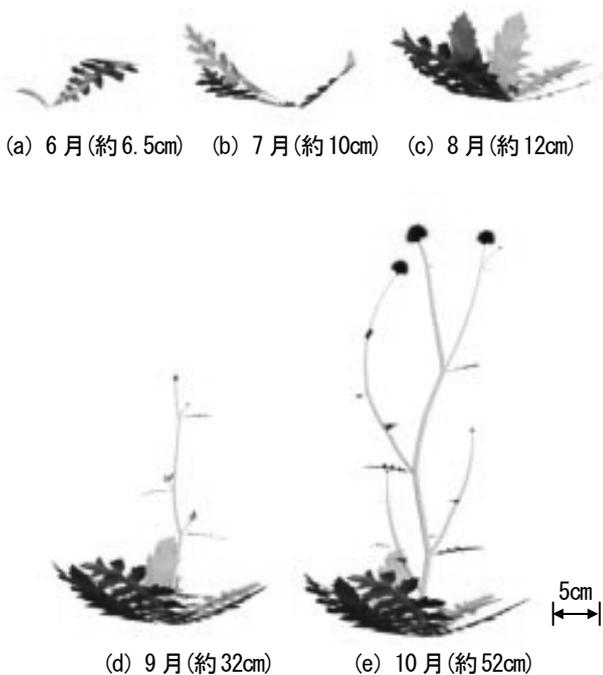


図-3 寒冷紗Cのノハラアザミに対する月別の3次元モデル
(カッコ内数値は草丈)

ギャップNo.	模式図	ギャップ径
1	<p>凡例 × 草丈 40cm ○ 草丈 50cm □ 草丈 60cm ● 草丈 70cm ■ 草丈 80cm</p>	長径:25cm 短径:22cm
2	<p>凡例 × 草丈 40cm ○ 草丈 50cm □ 草丈 60cm ● 草丈 70cm ■ 草丈 80cm</p>	長径:20cm 短径:15cm
3	<p>凡例 × 草丈 40cm ○ 草丈 50cm □ 草丈 60cm ● 草丈 70cm ■ 草丈 80cm</p>	長径:25cm 短径:24cm

図-4 各ギャップの状況調査

実際に作成した。その後、サンプルと形状が類似する葉については、サンプルを拡大または縮小することで作成し、形状が異なる葉については個別に作成した。つぎに、茎および花については撮影した上方および正面の写真に基づいて形状を再現し、さらに草丈が計測値に合致するよう調整した。図-2、3に作成した3次元モデルの一部を示す。同図からも示される通り、相対照度の低い寒冷紗A(約6%)では、6月から10月にかけてほとんど生長が見られないが、相対照度の高い寒冷紗C(約55%)では順調に生長し、花期の10月に開花していることが確認できる。

5. ギャップにおけるノハラアザミ生育の推測

上記の要領で作成したノハラアザミの3次元モデルを利用し、対象地に存在するギャップ内でのノハラアザミの生育を推測する。まず、優占種としてギャップ周辺を構成し、地表面の照度に影響を与えるチガヤの分布、草丈及びギャップを覆う草冠部の状況について2010年9月19日に調査を行った。調査の結果を図-4に示す。対象としたギャップの周辺に分布するチガヤの草丈は、同表の結果より概ね40~80cmのものが分布していることを把握した。なお、この調査は同年8月27日にも同様の工程で実施したが、チガヤの草丈および分布には大きな変化が無いことを確認した。そのため、本研究においては対象地の夏季におけるチガヤの草丈および分布は一定であると仮定してモデルの作成を行うこととした。以上より、チガヤの3次元モデルに関しては、まず草丈

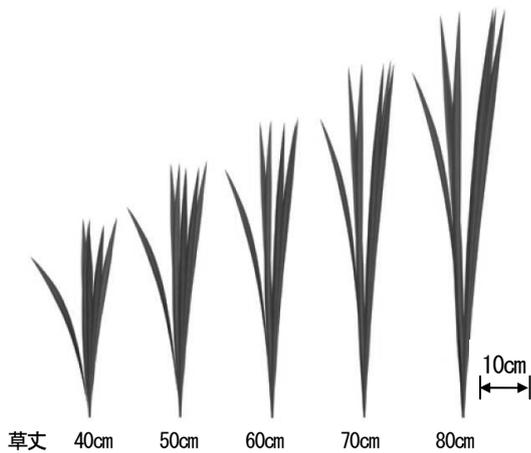


図-5 チガヤに対する草丈別の3次元モデル

40cmのモデルを作成した後、10cm毎に80cmまで高さを変化させる処理を行うことにより、チガヤに対する計5種類の草丈の3次元モデルを作成した。作成した3次元モデルを図-5に示す。これらの3次元モデルを図-4に示した模式図を参考に配置し、各ギャップのモデルを作成した。さらに、各ギャップの3次元モデルに対応する寒鈴紗のノハラアザミに対する3次元モデルを配置し、鉛直および正面の視点から見たギャップの3次元モデルを図-6に示す。図-4、6より、相対照度の高いギャップ3においては、他のギャップと比較してノハラアザミの生長が早く、開花結実が可能であることが推測された。また、チガヤの草丈も比較的低いため、正面からでもノハラアザミの花が視通できることが確認できる。

6. 考察およびまとめ

本研究により、植物の生長量を3次元モデルに反映させ生育の推測に応用することは、以下のような有用性が考えられる。まず、対象地の条件及び植物の生長量のデータを入手することにより、3DCG上にて対象地の状況を容易に表現することが可能となる。そのため、対象地の光環境を様々な変化させた場合において、植物の生長をシミュレーションすることが可能となり、植物が良好な生育をするための環境を3DCG上にて比較や検討を行うことが可能である。また、3DCG上では調査解析の対象である植物の3次元モデルのみを表示することや、複数の3次元モデルを合成することも可能である。

以上の点から、植物の生長量を3次元モデルに反映させ生育の推測へ応用することは、植物の実物を用いて実際の場所における実験を行わなくても、3DCG上にて光条件を様々な変化させた場合における植物の生長の違いを比較することができるため、対象地に適した植物の選定などにおける活用が可能であるものと推測される。今後の課題としては、本研究においては植物の光に対する生長量のみに着目して調査を行ったが、実際の植物の生長には土壌や生育空間の広さなど、様々な要因が関係する。そのため、信頼性の高い生育シミュレーションを行うためには、上記の要因に対する植物の生長量も加味する必要がある。さらに、本研究の対象地においては、優占種であるチガヤの地下茎が春先から晩秋まで展開するため、ノハラアザミにおける根系との競合の結果、その生長が抑制されることも考えられる。このことも含め、対象地現地における実際の生長と、作成したモデルとの整合性についても検証が求められる。以上に基づき、より詳細な実測データを使用した生育シミュレーションをすることが可能となれば、3DCG上にて植生遷移シミュレーションのアニメーションを作

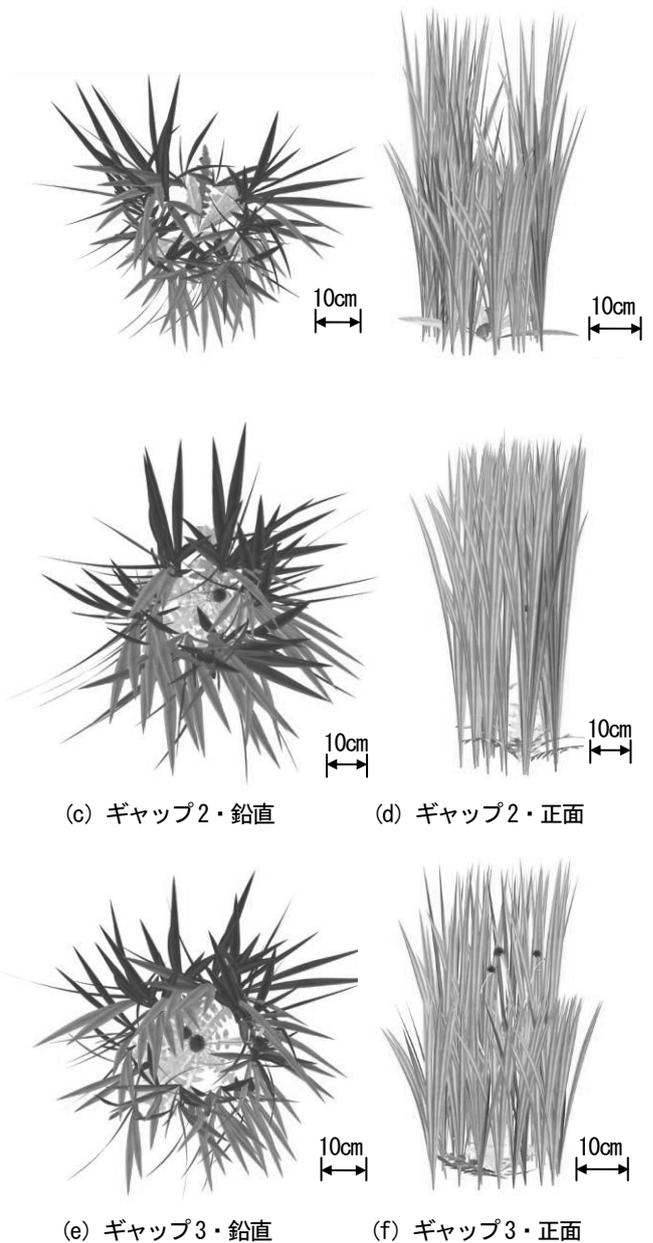


図-6 ノハラアザミを配置した各ギャップの3次元モデル

成するなど、3DCG技術の植物分野への活用の幅はさらに広がっていきと推測される。

引用文献

- 1) 積田洋, 本橋裕子(2006): CGシミュレーションによる集合住宅地の外部空間構成の評価分析: 日本建築学会計画系論文集, 73-78
- 2) 松直司, 高井智代, 高北卓軌(2010): 3DCGアニメーションを用いた美濃市旧牧谷街道の景観修景に関する研究: 日本建築学会技術報告集16(32), 351-356
- 3) 酒井悦子, 村上伸一(2003): 3DCGを用いた下顎骨切斷シミュレーションの一検討: 電子情報通信学会総合大会講演論文集2003年 情報・システム(2), 138
- 4) 本條毅(2006): 植物成長モデルと景観シミュレーション(連載) 謎を可視化する-3: 建築雑誌 121(1545), 46-47
- 5) 國井洋一, 津村昭貴子, 根本正之(2011): コンピュータグラフィックスを用いた野草地動態の3次元表現とその応用について: ランドスケープ研究 74 増刊 造園技術報告集 6, 120-125
- 6) 山口裕文(1997): 雑草の自然史「たくましさの生態学」: 北海道大学図書刊行会, 68