

詳細な植物体 3DCG を作成するための描画手法の検討

岡 正明¹, 小野恭史²

¹宮城教育大学技術教育講座, ²宮城教育大学技術教育専攻

本研究室では、植物体 3DCG を用いた栽培学習教材の開発を行っている。3DCG の作成には、市販ソフトウェア“Shade”を用いているが、円柱で茎を、折れ曲がった平面で葉を描いただけでは、実際の植物とは大きくかけ離れた外観の植物体しか描けない。本研究では、葉表面の質感や茎の特徴、葉のゆがみ、各器官の詳細な構造などを 3DCG に反映させることによって、実物に近い 3DCG を描画できることを示した。本報告では、3DCG 作成時に行った多数の描画技術の工夫について報告する。

キーワード: 栽培学習、植物形態、生育規則、コンピュータグラフィクス、3DCG

1. はじめに

本研究室では、三次元コンピュータグラフィクス (3DCG) で描いた植物体を、栽培学習や植物学習の教材として活用する研究を行ってきた。これまでに、3DCG を用いた花壇設計手法[1][2]や、3DCG で描いた生育各段階の植物画像をモーフィングによりつなげ植物生長動画を作成する手法[3]、などを紹介してきた。また、植物体 3DCG をもとに AR (拡張現実) を用いて花壇設計法を学習するシステムも開発している[4]。

栽培学習において、植物の形態を観察することは最も重要な体験である。植物を丁寧に観察することにより、その植物の形態的特徴や種間差異に気づき、生育状態を判断することができる。植物体を忠実に再現した 3DCG は、学習対象の植物が栽培できない場合、生育不良により観察植物が準備できない場合、天候不良で屋外での観察ができない場合、などに、模擬的な植物観察として利用することができる。しかし、如何に忠実に描いた植物体 3DCG であっても、植物体の実物の観察に置き換えることはできない。植物体の全体構造から微細な組織の構造まで、3DCG では再現しきれないからである。

本研究は、植物学習において、あくまでも補助的に活用できる植物体 3DCG の作成を目的とする。

3DCG 作成のテクニックを駆使し、可能な限り実物に近づいた CG を完成させることにより、実物観察が難しい現場における代替的な観察対象となり得る。また、現実には観察できない植物体生長 CG アニメーションや、生徒に対象植物の形態的特徴を容易に気づかせるためにその特徴をやや誇張して描いた植物体 CG は、3DCG 技術ならではの教材活用ができるであろう。

本研究では、実物観察に代替できる忠実な植物体 3DCG を描くための手法について、検討を行った。描画対象とした教材植物は、双子葉植物の(1)ヒマワリ、(2)エダマメ、単子葉植物の(3)トウモロコシ、である。ヒマワリは 1 本の主茎に多くの葉が着生し、頂芽に 1 つの大きな花 (正確には花の集合) が咲く単純な構造である (上位節で分枝し、多くの花を咲かせるヒマワリ品種もある)。一方、エダマメは主茎と葉柄の間からわき芽が発生しやすい (分枝しやすい) 植物であり、構造がヒマワリよりも複雑であることから、描画対象に選定した。トウモロコシは分枝はほとんど発生せず、主茎に多数の葉が着生した単純な構造である。しかしながら、葉に独特のウェーブがある、株元には気根が発生する、雄花・雌花の構造が複雑である、など、特徴的な器官の存在とその形状に注意する必要がある。なお、エダマメは植物としてはダイズであり、ダ

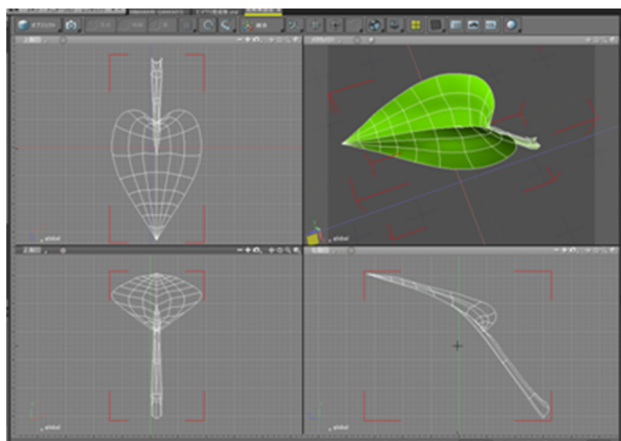


図1 ヒマワリ3DCG(葉の描画)

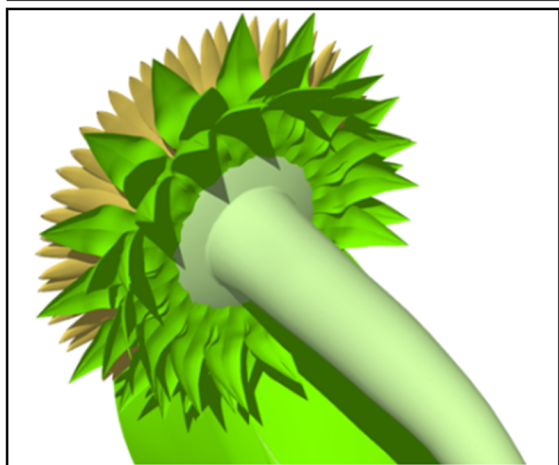
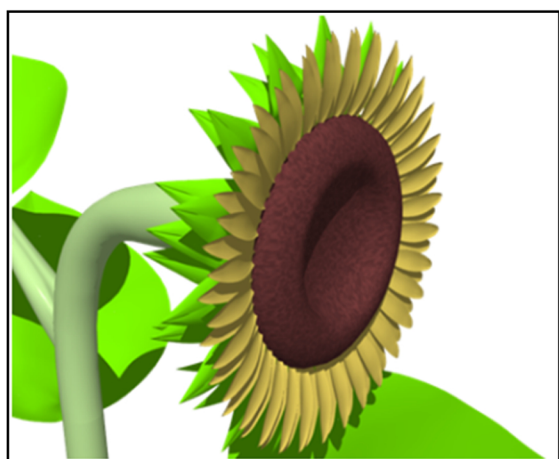


図2 ヒマワリ 3DCG(花の描画)

イズの種子がまだ柔らかい時期に収穫して食する利用形態が“エダマメ”であるが、教育現場ではエダマメとして利用するダイズ植物体をエダマメと呼ぶのが一般的であることから、本論文では“エダマメ”と表記する。これら3種類の植物について、葉・茎の色や光沢、また形態的に特徴のある器官の形状に十分に配



図3 ヒマワリ3DCG(植物体)

慮しながら、3DCG の作成を行った。以下、外見を実際の植物に近づけるために有効であった、3DCG 描画技術の工夫について、紹介する。

2. 植物体 3DCG の作成方法

植物体 3DCG 作成には、Shade11 Professional (e frontier)を用いた。このソフトウェアには自由曲線を作成する機能が備わっており、平面図形を回転させて作成した立体物や、平面図形を折り曲げて作成した曲面などを、空間に配置させることにより、複雑な形状の植物を描くことができる。これらの機能を用いて、茎・葉柄・葉身・花などの器官を作成し、それらを組み合わせて植物体 3DCG を構築した。

3 種類の植物を描くために、実際の植物を圃場に栽培し、形態的特徴を計測・観察した。ヒマワリ(品種:大輪一重咲)、エダマメ(品種:天ヶ峰)、トウモロコシ(品種:イエローポップ)を、2014年5月初旬にポット播きし、本葉展開後の5月中旬、本学実験圃場に

定植した。以降、定期的に植物体の撮影と各部位の長さ・角度、また草高などの計測を行った。葉の重なりが多いエダマメについては、葉位毎に多方向からの撮影を行った。

3. ヒマワリ 3DCG の作成

図1に、Shade11 でヒマワリの葉を描く際の、作業画面を示す。まず、葉身の右半分を作成し、これをコピー・反転させ、葉身の左半分を作る。右と左を合体させた後に葉柄を付け、三次元空間でそれぞれの角度を調節することにより、1 枚の葉が完成する。Shade では、3 方向から見た像を確認しながら、作業を進める。実際のヒマワリ個体を計測した長さ・角度データを用いて、円柱を加工した茎に葉身を合体させていく。最後に、茎上部を折り曲げ、花を付ければ、完成である。

ヒマワリ描画では、葉と花の構造・質感に特に注意を払った。葉については、色を実物に近づけたほか、表面の光沢をある程度抑えた。花については、いわゆる“花びら”と“がく”を層状に重ね、外側に反り返る様、角度を付けたことで、実物に似た外観となった(図2)。ヒマワリは集合花であり、1 つに見える花は多数の舌状花と管状花が集まったものであるが、その配列については今回は描けなかった。これらの工夫を施すことにより、実物に近いヒマワリ植物体 3DCG を作成することができた(図3)。

4. エダマメ 3DCG の作成

エダマメはヒマワリと同様、双子葉植物であり、わき芽が発生しやすいのが特徴である。主茎の葉の出現時期と分枝発生位置には規則性があるが[5]、実際には植物体の生育状態や環境条件により、分枝規則に当てはまらない場合も多い。また、葉の構造にも特徴があり、3 枚の小葉から構成される複葉を有する。

図4は、本葉(複葉)6 枚目が展開中のエダマメ植物体である。主茎から葉柄が発生し、その先に 3 枚

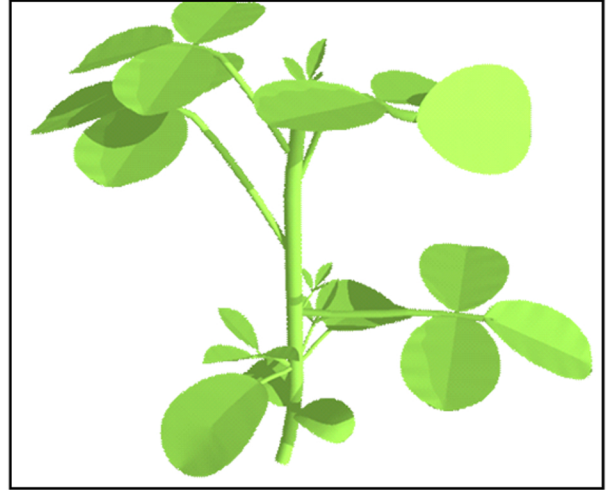


図4 エダマメ 3DCG (植物体)

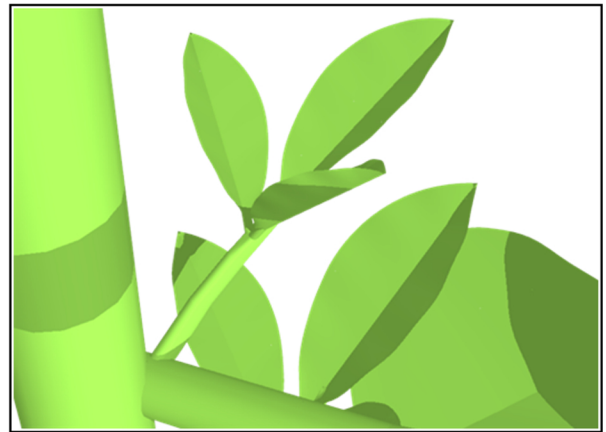


図5 エダマメ 3DCG (わき芽部分)

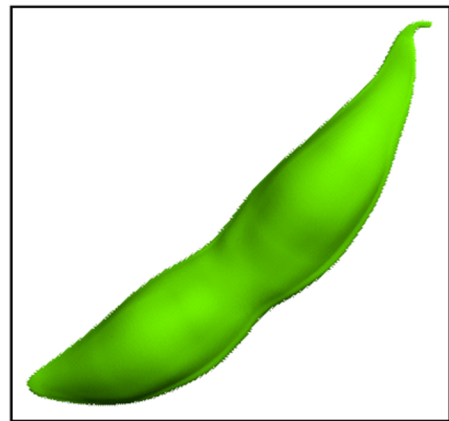


図6 エダマメ 3DCG (莢)

の小葉が付く。(ただし、初期に発生する本葉は、小葉が 1 枚である。)展開直後の葉柄は、垂直に近く立っているが、次第に水平に近い角度となる。さらに、本葉の枚数が増加するにつれ、下位葉の葉柄と主

茎の接合部からわき芽が発生する。わき芽が伸長すると、主茎に付く複葉と同様、わき芽にも 3 枚の小葉を持つ複葉が付く(図5)。ただし、この図は簡略化したもので、実際のわき芽の構造は複雑である。このような分枝規則に則った構造を意識することにより、実物に近い構造のエダマメ植物体 3DCG を作成することができた。

図4の生育段階よりも、さらに多くの本葉が展開すると、わき芽の数、わき芽に着生する複葉の数も増加し、また二次のわき芽も伸長することがある。分枝が発生しやすいエダマメは、このように生長が進むにつれ構造が非常に複雑になり、人力で描く手法では描画が難しくなる。

なお、生長が進むとやがて生長点が花芽となり、開花後に莢が発達し、その中の種子が肥大していく。肥大した莢の 3DCG を描くことはできたが(図6)、その生育段階のエダマメ植物体は上記の理由から描くことはできなかった。

5. トウモロコシ 3DCG の作成

トウモロコシは主茎が伸長するとともに、多くの葉が展開する。生殖生長ステージに入ると、まず主茎の先端から雄穂(雄花の集合体)が出現し、大部分の雄花が開花した後、主茎と葉鞘の間から雌穂(雌花の集合体)が現れる。この雄花と雌花の発達時期の違いは“雄花先熟”と呼ばれ、トウモロコシ集団の遺伝的なヘテロ状態を保つための機構であると説明されている。本研究では、雄花の開花が進み、雌花が現れ始めた生育段階のトウモロコシ植物体の 3DCG を作成した。

まず、トウモロコシの葉の描画について、多くの試行を行った。そのうち、実物に近い外観とするために有効であったのは、以下の 3 点である。

(1)茎と葉身の着生位置と出葉角度:イネ科植物であるトウモロコシの葉は葉鞘と葉身に分かれ、葉鞘は茎

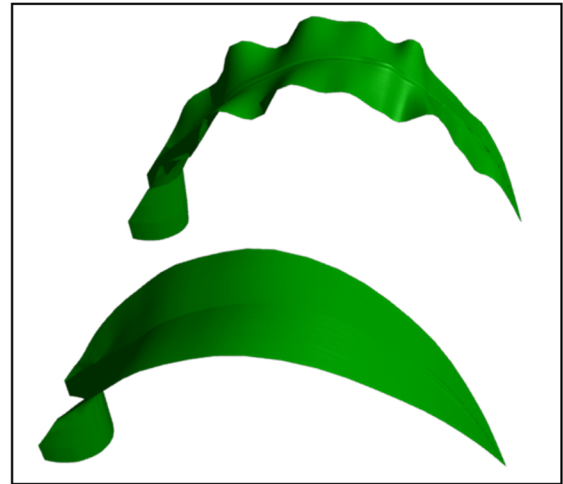


図7 トウモロコシ 3DCG
葉にウェーブ処理をする前(下)と後(上)

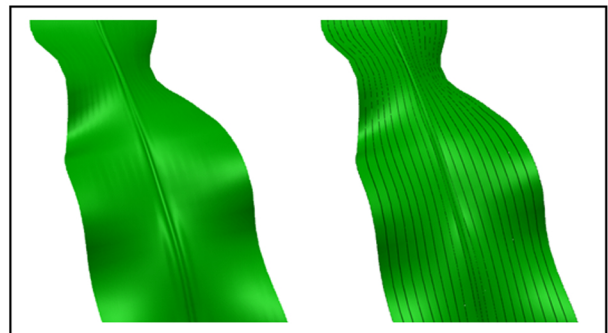


図8 トウモロコシ 3DCG
葉に葉脈を書き加える前(左)と後(右)

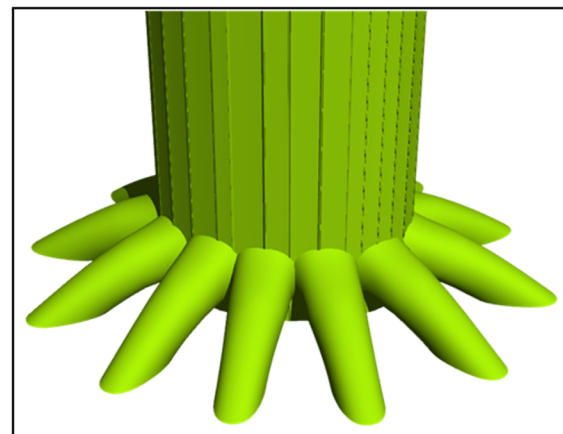


図9 トウモロコシ 3DCG (根元の気根)

に密着しており、葉身は茎との着生位置から外側に展開している。今回の 3DCG には葉鞘は描かなかったが、葉鞘と葉身との接続部分を詳細に再現した。また、葉身の出葉角度は、展開直後は立っており、次

第に水平に近くなる。植物体の葉身を描く際は、実測した出葉角度を反映させた。

(2)葉身のウェーブ:トウモロコシの葉は、平らでのっぺりした曲面ではなく、波打っているのが特徴である。平らな曲面で描いた葉身にウェーブをかけることにより、外観が実物に近づいた(図7)。

(3)葉身上の葉脈:トウモロコシは C_4 型光合成の植物であり、Kranz 構造を有することから、 C_3 型光合成植物と比較し、葉脈をはっきり確認することができる。葉身上に葉脈を表す線を描くことは、葉身表面の質感を向上させるのに有効であった。(図8)。

次に、地際の下位節から発生する“気根”を描いた。気根は、トウモロコシなど少数の植物に見られる独特な器官であり、生徒にトウモロコシの形態的特徴を認識させるため、強調して描いた(図9)。

また、雄穂・雌穂に分かれているトウモロコシの特徴を明確に示すため、雄穂の構造を詳細に描いた(図10)。ススキの穂のような枝分かれ構造(枝梗)の上に多数の小さな雄花が着生している形態を表現した。

以上の作業で作成した各部位の構造を組み合わせて、トウモロコシの植物体 3DCG を完成させた(図11)。

6. 考察

本論文では、特徴的な形態を有する 3 種類の教材植物について、可能な限り実物に近づけた植物体 3DCG を作成するための工夫を紹介した。

小中学校の栽培教育や生物教育において、現実の植物を観察する体験を、3DCG 観察で置き換えることはできない。しかしながら、やむを得ない理由で植物観察ができない条件下では、植物体 3DCG を観察対象として利用することは有用であると思われる。特に、個々の植物の形態的特徴を誇張して描いた 3DCG や、長期間の植物生長を観察させる 3DCG

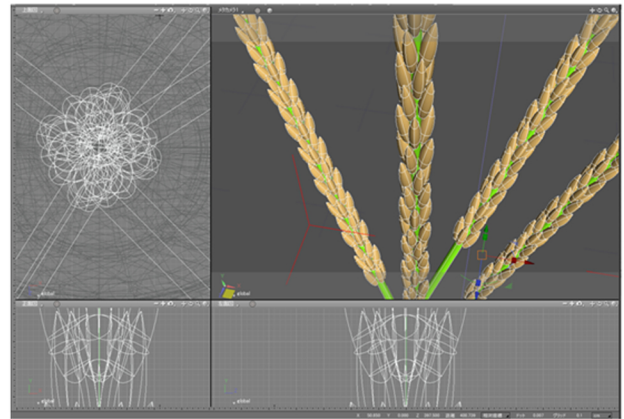


図10 トウモロコシ3DCG(雄花の描画作業)

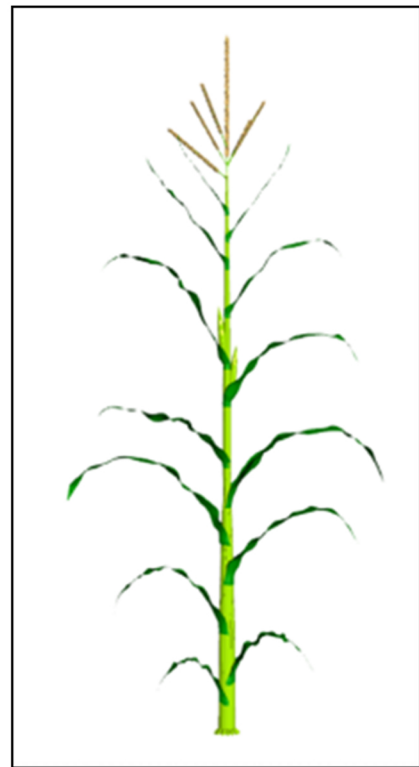


図11 トウモロコシ 3DCG(植物体)

アニメーションは、CG の長所を活かした教材として、適当な場面では有効に活用すべきであろう。

前述した様に、植物体の構造を完全に再現した 3DCG を作成することはできないが、教材として用いる場合は、可能な限り、実物に近づける努力は必要である。本研究では多くの試行錯誤を行い、本稿で紹介した描画の工夫を見出した。残された課題として、葉や果実表面の色彩と質感、またエダマメで観察されたような複雑な植物体構造の再現が挙げられる。

前者については、色のグラデーションの適用や不均一な模様貼り付けなどで対応できる可能性がある。後者については、分枝規則と3DCGとの組み合わせ(例えば、分枝規則を表す関数である L-system[6]と、入力値をもとに3DCGを作成する OpenGLとの組み合わせ)で解決できると考えている。

本研究室では最終的に、作成した植物体 3DCG を仮想空間に配置し、その空間内を自由に移動しながら教材植物の観察ができる“バーチャル植物園”の構築を目指している。今後も多様な教材植物の 3DCG 作成を続ける予定である。

7. 引用文献

- [1] 岡 正明, 八木庸介, 佐々木卓也:三次元草花形状モデルを用いた花壇設計の授業, 宮城教育大学情報処理センター研究紀要, 第 17 号, pp.27-30(2010).
- [2] 岡 正明, 吉岡 伸:3D グラフィックソフトウェアで描いた花壇予想図と栽培実践, 宮城教育大学情報処理センター研究紀要, 第 18 号, pp.41-44(2011).
- [3] 岡 正明・米山 淳・佐々木一磨:植物生長に伴う形態的变化を理解するための 3DCG アニメーションの作成, 宮城教育大学情報処理センター研究紀要, 第 21 号, pp.17-22(2014).
- [4] 岡 正明・佐々木一磨・米山 淳:AR(拡張現実)を用いた花壇の草花配置を検討する手法の提案, 日本産業技術教育学会第 56 回全国大会講演要旨集,p.143(2013).
- [5] 清水 賢・岡 正明:ダイズ分枝構造の調査と栽培教育への応用, 第 30 回日本産業技術教育学会東北支部大会講演論文集, pp.9-10(2012).
- [6] 渡邊朋也:仮想植物の作成 2.形態と生長のモデル化 L-studio の利用, 作物の形態研究法-ミクロからマクロまで-, 日本作物学会(2008).

謝辞

本研究は科学研究費補助金(基盤研究(C) No.24501088)対象研究の一部として行いました。