

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月20日現在

機関番号：11302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500864

研究課題名（和文） バーチャルフィールドと植物成長映像を活用した新しい栽培教育の展開

研究課題名（英文） Development of new program for agricultural education by using the computer software “Virtual Field System” and the many movies recording plant growth

研究代表者 岡 正明 (OKA MASA AKI)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号：50292355

研究成果の概要（和文）：本研究では、十分な栽培体験ができない小中学校の栽培学習補助教材として、植物の仮想栽培体験を可能とするソフトウェア「バーチャルフィールド・システム」を開発した。これは、三次元デジタイザ法など計測した植物個体葉配置を仮想空間に並べ、3DCGで植物群落を描くシステムである。植物の生育量や形態的特徴を解析する機能や、群落内光環境を視覚的に把握できる機能も備わっている。また、各植物の重要な観察時期を微速度撮影した約50個の植物成長映像を作成した。これらの映像は教育現場で自由に活用してもらうために、教科・学年毎などに整理してDVDに納め、小中学校の先生方に配布した。

研究成果の概要（英文）：We developed the new software “Virtual Field System” for agricultural education. This software draws the three-dimensional virtual field in a hypothetical space by computer graphics. It is useful as teaching materials for supplementing the agriculture experience of students who are studying at elementary school and junior high school with too narrow farm. The students can visually recognize the growth rate of plant and the light-reception efficiency within a plant canopy. In this research, about 50 movies recording plant growth (germination, growth of leaves, flowers, fruits, et al.) have been made. These movies are thought to be able to be used as teaching materials of agricultural education. The DVDs with these movies were distributed to the many teachers for using in their classes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学教育

キーワード：科学教育，栽培教育，ソフトウェア，植物観察，3DCG

1. 研究開始当初の背景

植物栽培は、小学校の生活・理科・総合的学習の時間や、中学校の技術科として、多くの小中学校で取り組まれている学習である。

しかしながら、教育現場の小・中学校の教員へのアンケートでは、「栽培用の圃場が無い・狭いなどの理由で限られた植物しか栽培できない」「授業間隔や長期休暇により植物

の継続的観察ができない」など、栽培学習に関わる多くの問題が指摘されている。これらの解決のために、栽培学習を補助するための教材・カリキュラムが強く求められている。

2. 研究の目的

本研究では、多くの学校で抱えている上記の栽培学習実践の問題を解決するために、以下の3項目について研究を行う。

(1)植物成長映像を用いた栽培学習法

栽培に関わる授業が無い日にも、長期休暇の期間も、植物は日々成長を続けるが、教育現場では、分枝・花芽形成・開花など、重要な観察のポイントを見逃すことも頻繁に起こる。短期・長期に亘る植物の形態的变化を記録した多数の植物成長映像、各地に配置した Web カメラを通したリアルタイム植物観察、収集した画像をもとに植物の成長程度を評価する画像解析システム、などを活用して、これらの問題を解決する。

(2)バーチャルフィールド・システムを用いた栽培学習法

バーチャルフィールドとは、教材植物の成長（植物体三次元形状の変化）を数値計算で再現し、植物個体や群落の成長をディスプレイ上で視覚的に捉えることのできるシステムである。このシステムを利用することにより、限られた授業時間の中では栽培することのできない植物についても、仮想的に栽培を体験することができるようになる。本研究では、これまでに自作してきた数種の作物の生育モデルをもとに、さらに多様な作物種のバーチャルフィールドを作成する。また、群落内部の光条件を視覚的に捉える機能、生育条件による葉群配置の変化を再現する機能などを付加する。

(3)栽培教育カリキュラムの構築・実践・公開

(1)・(2)で得られた成果を教育現場向けに公開するとともに、小中学校での授業実践を通して、研究成果と実際の栽培体験を組み合わせた授業カリキュラムを提案する。

3. 研究の方法

上記の3項目について、以下の研究を遂行する。

(1)植物成長映像を用いた栽培学習法

ネットワークカメラを栽培圃場に設置し、教材植物の重要な観察ポイントを捉えた長期・短期の植物成長映像を収集する。また、外部の小中学校にもカメラを置いて、教育現場の植物画像を収集するとともに、教師・生徒が利用するためのユーザーフェイスを改良する。また、取得した画像をもとに、作物の形態的变化や特徴を定量的に解析するための、多様なソフトウェアを開発する。

(2)バーチャルフィールド・システムを用い

た栽培学習法

代表的な教材作物について、成長に伴う植物体の形状変化とその規則性を、三次元デジタル法などを用いて計測する。これまでの研究から、葉形・葉配置を三次元デジタルで直接計測できる植物もあるが、葉形が複雑な植物では、実測した植物体骨格と葉形モデルを組み合わせる方法が必要であることがわかっている。また、デジタルの計測範囲を超える大型の植物については新たな計測法を開発する必要がある。これらの手法を使い分けて、バーチャルフィールドを構成する植物種を増やしていく。また、単に植物の成長を仮想的に観察させるだけでなく、太陽光の利用効率を視覚的に把握できる機能や圃場設計技術への応用を検討する。

(3)栽培教育カリキュラムの構築・実践・公開

取得した植物成長動画は、教育現場で活用しやすいよう、小中学校の教科別・学年別・単元別に整理し、教育現場に配布する。また、開発したソフトウェアも公開する。さらに、小中学校での授業実践を行い、授業カリキュラムの構成と、ソフトウェアのユーザーインターフェイス部の改良を進める。

4. 研究成果

(1)植物成長映像を用いた栽培学習法

ネットワークカメラおよび微速度撮影専用カメラを用いて、多くの教材植物の成長映像を取得した。例えば、トウモロコシの長期映像では雄花先熟が、ナス・ダイズの映像では果実肥大過程が認識できた。また、小学校用として、種子発芽の条件、屈光性、茎の伸長する部位、花器の発達から結実までの過程などを、中学校用として無菌培養における組織成長、トマトのわき芽伸長、不良環境下における植物形の変化などをとらえた映像を取得した。取得した映像の総数は約50（公開可能なもの）である。

3年目の計画として、ネットワークカメラを宮城県内の小中学校に設置し、遠隔地の植物生育を比較する仕組みを構築する予定であったが、2年目の末に発生した東日本大震災により実施できなかった。

取得した映像を用いて、植物生育の特徴を解析する多数のソフトウェアを開発した。水耕栽培を用いた生育環境実験の供試植物について、ネットワークカメラでその成長映像を記録し、画像解析法により定量的に試験区の生育差を比較するシステムはその一例である。また、ネットワークカメラ（画像解析法で期間生長量を評価するソフトウェアとセット）と、サーモグラフィー・土壌水分計・クロフィル蛍光装置などを組み合わせた植物生育評価装置を組み立て、乾燥ストレスの評価に有効である事を実証した（図1）。



図1 植物生育評価装置

供試した植物の果実肥大期の映像から、果実肥大に伴う投影面積増加率や形状変化を把握するソフトウェアも作成した。図2は、メロン果実の特徴解析のためのソフトウェアである。(背景と果実の自動識別が困難であったため、マウス操作による計測手法とした。)

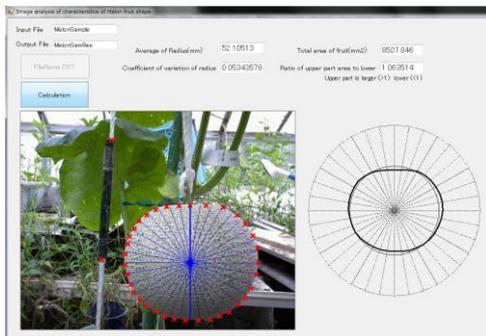


図2 メロン果実形状解析ソフトウェア

取得した植物成長映像を用いて、いくつかのeラーニング教材を作成した。水・空気・温度条件の異なる種子発芽の映像を用いて、小学生に発芽の条件を理解させる教材はその一つあり、試作版を作成した後、小学校教員と大学生60名以上から意見を聞き、改良を行った。また、取得データを用いて、中学校技術生物育成分野に焦点を絞った栽培学習ゲームも作成している。

(2)バーチャルフィールド・システムを用いた栽培学習法

比較的小型の植物は三次元デジタル法で、また大型で主茎1本型(トウモロコシ・ヒマワリなど)は回転画像から個体葉配置を計測した。新たな数種類の作物について、仮想空間に個体を一定間隔に並べた畑「バーチャルフィールド」を構築した。この作業を実行するソフトウェア「バーチャルフィールド・システム」(MS-VisualBasicで作成)を改良するとともに、市販の3DCGソフトウェア(Shadeなど)と組み合わせ、植物の生育に重要な群落内光環境を視覚的に認識するためのシステムを作成した。その一例であ

るヒマワリのバーチャルフィールド(図3)では、左上図・右上図の比較から栽植密度による群落の受光態勢がある程度認識できる。さらに、植物体のみを透明化し影を残すアイデアを導入することにより(図3の下図)、現実の圃場実験では観察不可能な、「個体間の相互遮蔽」と「地面へのノータッチ光ロス」を直接見ることのできる手法が作成できた。また、生育状態が異なる群落を再現するバーチャルフィールドも作成している(図4は水田の例)。

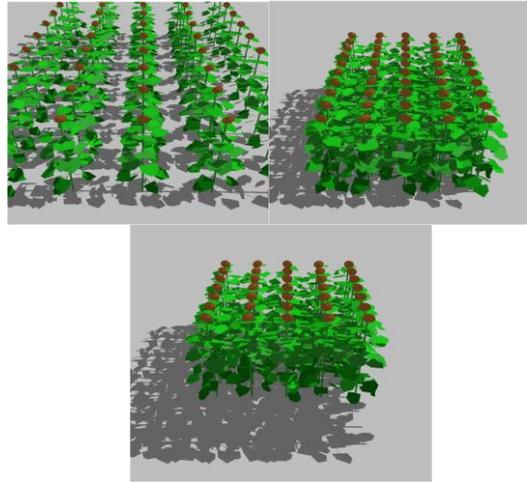


図3 ヒマワリのバーチャルフィールド
左上図：疎植の群落 右上図：密植の群落
下図：前列を透明化した密植の群落



図4 生育条件の異なるバーチャル水田
左図：旺盛な生育 右図：不十分な生育

バーチャルフィールドの技術を用いて、3DCG花壇設計手法も開発した。図5はチューリップ花壇設計の例であるが、球根を植え付ける前に開花状態の3DCGと背景写真を組み合わせることで、設計図の事前検証を行うことが可能である。

大型で複雑な分枝構造の植物については、三次元デジタル法など従来の計測法では群落葉配置を計測できないことから、実測データとモデルを組み合わせた新たな計測法を試行した。図6はキュウリのバーチャルフィールドであり、群落側面画像を用いた葉の二次元座標の計測、アーチ支柱軌跡の関数による三次元座標への換算、葉位毎の葉形モデル、実測した葉角度分布などを組み合わせ、

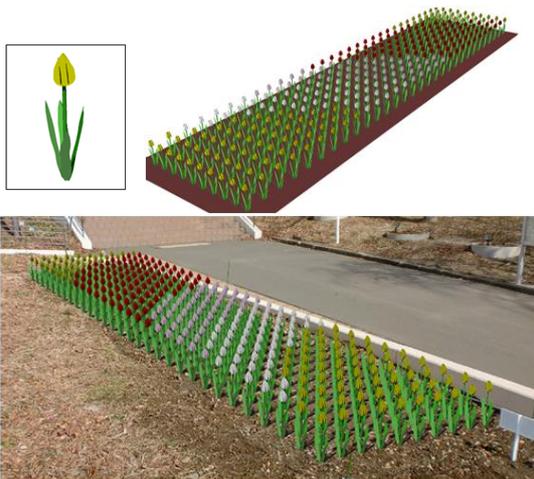


図5 3DCGによるチューリップ花壇の設計
 左上図：チューリップの個体モデル
 右上図：4色のチューリップ花壇CG
 下図：背景画像と組み合わせた花壇予想図

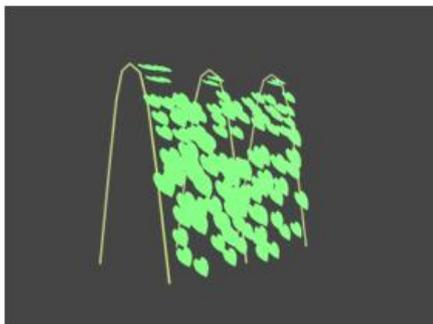


図6 新たな三次元計測法により描いた
 キュウリ・バーチャルフィールド

群落葉配置を描いた。

以上の様に、多数の植物に対応するバーチャルフィールド・システムを作成してきたが、そのいくつかについてはユーザーインターフェイスを改良し、プログラミングの知識のない教員も手軽に使えるよう、対話式ソフトウェアとした。

(3)栽培教育カリキュラムの構築・実践・公開

取得・蓄積した約50の植物成長映像を、



図7 植物成長映像集DVDのメニュー画面

校種（小学校・中学校）、教科、学年、単元別に分類し、CD版（研究2年目）、DVD版（最終年）に整理した。映像データをフォルダに収納した素材集として利用できるバージョン、教師・生徒が気軽に閲覧できるメニュー付きのバージョン（図7はその一例）などがある。現職教員研修や学会・公開研究会などの際に、これらのメディアを70校以上の教師に紹介・配布した。また、“バーチャルフィールド・システム”などの開発ソフトウェアは、学会講演会・教員研修会などで広く紹介している。

申請段階での研究計画では、本研究の成果をもとに、教育現場での実践・検証と教育カリキュラムの提案を行う予定であった。研究期間2年目の末に発生した東日本大震災により、協力をお願いしていた宮城県内の学校が被災あるいは影響を受け、この部分の実施はできなかった。2012年4月現在でも、宮城県内の小中学校では、放射能を心配する父兄の影響で、圃場を使った栽培学習（特に食用作物）が行えない学校が少なくないのが現状である。

以上に記した本研究の成果は、平成24年度から実施する基盤研究(C) (No. 24501088)でも活用する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

- ① 岡 正明, 吉岡 伸, 微速度撮影した肥大過程のメロン果実形状変化の特徴抽出, 宮城教育大学情報処理センター研究紀要, 査読無, 19号, 27-32, 2012
- ② 佐藤正和, 岡 正明, キュウリの空間葉面積分布の計測, 宮城教育大学技術科研究報告, 査読無, 14巻, 28-29, 2012
- ③ 岡 正明, 佐藤正和, 中学校技術生物育成に対応する栽培学習カルタの作成, 宮城教育大学技術科研究報告, 査読無, 14巻, 40-45, 2012
- ④ 岡 正明, 雁部朱美, 種子発芽動画を用いたeラーニング教材の作成, 宮城教育大学情報処理センター研究紀要, 査読無, 18号, 35-40, 2011
- ⑤ 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, 査読無, 18号, 41-44, 2011
- ⑥ 岡 正明, 小川貴史, 画像解析法で検討したイネ模擬群落における隣接個体との重なり程度の品種間差異, 日本作物学会東北支部会報, 査読無, 52巻, 21-22, 2010
- ⑦ 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, 査読無, 17号, 27-30, 2010

〔学会発表〕(計 13 件)

- ①岡 正明, 佐藤牧子, 佐藤正和, 葉菜類水耕栽培における一般的園芸用液肥と水耕専用肥料との生育比較, 日本産業技術教育学会第 54 回全国大会, 2011 年 8 月 27 日, 宇都宮大学
- ②岡 正明, 雁部朱美, 乾燥ストレスを受けたトマト苗の形態的・生理的变化, 日本産業技術教育学会第 54 回全国大会, 2011 年 8 月 27 日, 宇都宮大学
- ③佐藤牧子, 佐藤正和, 岡 正明, 連続画像で捉えた葉菜類水耕栽培における市販液肥と水耕専用肥料の生育比較, 第 28 回日本産業技術教育学会東北支部大会, 2010 年 11 月 28 日, 秋田県角館広域交流センター
- ④雁部朱美, 松田未来, 岡 正明, 水分ストレスを受けたトマト苗の形態的・生理的活性の計自適変化, 第 28 回日本産業技術教育学会東北支部大会, 2010 年 11 月 28 日, 秋田県角館広域交流センター
- ⑤岡 正明, 雁部朱美, 佐藤牧子, 小中学校における栽培学習のための植物生長動画の収集, 日本産業技術教育学会第 53 回全国大会, 2010 年 8 月 28 日, 岐阜大学
- ⑥岡 正明, 田中義哉, 佐藤牧子, 3D グラフィックソフトウェアによるヒマワリ群落の描画と栽培教育への応用, 日本産業技術教育学会第 53 回全国大会, 2010 年 8 月 28 日, 岐阜大学
- ⑦ Oka, M., Relationship between plant shape of two rice varieties and light interception characteristics in paddy field, 3rd international rice congress in Hanoi, 2010 年 8 月 26 日, Vietnam Hanoi
- ⑧田中義哉, 岡 正明, 3D グラフィックソフトウェアを用いた作物群落の受光状態の表示-ヒマワリ群落を例に-, 日本作物学会第 229 回講演会, 2010 年 3 月 30 日, 東京農業大学厚木キャンパス
- ⑨岡 正明, 佐藤牧子, 相澤義彦, 水耕栽培による葉菜類の簡便な生育環境実験, 第 27 回日本産業技術教育学会東北支部大会, 2009 年 11 月 29 日, 弘前市総合学習センター
- ⑩岡 正明, 田中義哉, 赤井澤研, 回転画像を用いた作物個体立体構造の計測とバーチャルフィールドの作成, 第 27 回日本産業技術教育学会東北支部大会, 2009 年 11 月 29 日, 弘前市総合学習センター
- ⑪岡 正明, 雁部朱美, 赤井澤研, 栽培学習に利用できる作物生長動画の収集, 第 27 回日本産業技術教育学会東北支部大会, 2009 年 11 月 29 日, 弘前市総合学習センター
- ⑫岡 正明, 他 3 名, 数種の市販水耕装置と自作水耕装置を用いた栽培の授業, 第 67 回日本農業教育学会講演会, 2009 年 8 月 30 日, 岩手大学
- ⑬岡 正明, 小川貴史, イネ模擬群落を用い

て検討した隣接個体との重なり程度の品種間差異, 日本作物学会東北支部会第 52 回講演会, 2009 年 8 月 21 日, 岩手大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡 正明 (OKA MASA AKI)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 50292355