

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：15201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K14837

研究課題名(和文) 発展途上国における作物生産阻害要因を検出するための開花撮影法開発

研究課題名(英文) Development of photographing about the procedure in flower opening to detect factors limiting crop production in developing countries

研究代表者

小林 和広 (Kobayasi, Kazuhiro)

島根大学・学術研究院農生命科学系・准教授

研究者番号：90234814

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：地球温暖化による異常気象による開花期における受粉・受精過程の障害を圃場レベルでの再現もリアルタイムの調査をするために、高価な機材を必要としない範囲で撮影するシステムで、受粉・受精過程を精細に観察できる撮影方法の開発を行った。複数のカメラによる3次元画像の合成、汎用の工業用ファイバースコープによる近接撮影、深度合成機能内蔵のデジカメによる深度合成法の3つを試みた。深度合成機能内蔵のデジカメのレンズに5～15倍のルーペを取り付けて、マイクロポジショニングプレートに接続し、イネの穎花に均等に少しずつ接近させて撮影することによって深度合成する方法がもっともよい画像を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化による様々な異常気象現象は食用作物における収量および品質に大きな障害を与える。とりわけ開花期における受粉・受精過程が受けた場合、最も被害が大きくなる。このような最も非生物学的ストレスに弱い過程である受粉・受精過程を高価な機材を必要としない範囲で精細に観察できる撮影方法の開発によって、発展途上国の農家自ら、気象災害の現場を捕捉し、それを観察し、研究者と情報を共有することが可能となる。今後は種々の観察用のパーツを、専門家、現地の普及員、農家との議論によって組み合わせていくことで、発展途上国の現場に即した観測体制を作れると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Photographing system to observe the process in pollination and fertilization under the disorder caused by abnormal weather caused by global warming was developed. Three systems were tried: 1) 3D image synthesis using cameras located in the several angles, 2) macro photographing using fiber scope for industry use, and 3) focus stacking photographing system using digital camera with automatic focus stacking. Finest photos are obtained when rice spikelets are gradually accessed to cameras with automatic focus stacking which are connected with loupe and micro-positioning plate.

研究分野：作物学

キーワード：非生物学的ストレス 開花 イネ 葯 花粉 受精 撮影 深度合成

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気象災害は農作物を頻繁に襲う一方、その対策は必ずしも進んでいない。しかも近年の気象変動は農作物への気象災害を激甚にしている。日本においてさえ、塩害の一種である台風による潮風害、フェーン現象による水稻の白穂、高温による受精および稔実障害など近年、数年おきに水稻にも気象災害が襲う。しかし、このような気象災害を実験によって再現することは容易ではない。サイズ効果、チェンバー効果などから人工気象室での実験では現場で起こる気象災害を再現したことはない。近年では圃場で気象災害を研究することが不可欠だと考えられている。しかし、オーストラリア、中国江蘇省、湖北省、タイ、フィリピン、ミャンマーなど数カ国でイネの高温障害調査したときも高温障害が発生するほどの気象にかならずしも遭遇できるものではなかった。高温障害が発生しているという報告のある現場でも、いつも気象災害が起こるわけではない。このことからこのような気象障害が報告される農家圃場の現場でリアルタイムで気象災害による作物への障害に関わる現象を捕らえる必要があることを示している。近年、野生の動物に直接、センサーやカメラを取り付け、自動的に記録あるいは撮影することによって、野生動物の本来の姿やその生育する環境を知ることができるようになった。これをバイオロギングサイエンスと呼ぶ。数年に一回程度しか起こらない、しかし被害は大きいけれどもなかなか研究が進まない突発的な農業気象災害はその現場に待ち構えても実際に起こった現象をとらえるのが難しい。バイオロギングサイエンスの手法を導入し、再現のむずかしい現象を捕らえることによって、現場でストレス抵抗性を示す作物の特性を明らかにしたい。特に発展途上国でこのような農業気象災害の甚大な被害が大きい一方、教育の普及で現地の農家でもスマホや汎用デジカメによって現場を捕捉できる可能性が高まっていることも背景にあげることができる。

2. 研究の目的

この研究では作物の発育において重要な段階であり、収量の決定にも大きな影響を及ぼす開花とそれに関連した現象を近年、急速に発展してきた自動制御可能な光学機器(市販のデジタルカメラと工業用ファイバースコープ)と種々の補助となる汎用品の器具(レンズ、ルーペ、光学フィルター)、深度合成法、3D画像作成法などを組み合わせることによって、高価な専用のカメラを使うことなく、農家現場でも気象災害にともなう現象を捕らえる装置を自動連続観察することによって作ることを目的とする。とくにアジア、アフリカなどの発展途上国における農家の栽培現場での気象災害にともなう花への障害を常時観察できるように、安価な汎用品の組み合わせにより、発展途上国の研究者、普及員、一般農民でも操作、保守が容易なシステムとすることを旨とする。

3. 研究の方法

(1) 撮影システムの開発

汎用デジカメとルーペによる撮影システム

デジカメそのままではあまり近接撮影するとオートフォーカスが機能しなくなる。しかし、ソバやイネの花の器官(葯、柱頭など)はかなり接近して撮影しないと大きな画像が得られない。そこでルーペ(5倍、10倍、15倍、22倍、30倍)をカメラのレンズの前に取り付けることによって、簡易な拡大による自動深度合成撮影システムを作成した。さらに赤外線撮影によって部位ごとの温度の差、紫外線撮影によって葯、花粉の状態を観察できるかを調査できるので、デジカメにルーペあるいは光学フィルターをつけることによって、可視光以外に赤外線、紫外線撮影も試みた。

工業用ファイバースコープによる撮影システム

工業用ファイバースコープは花の内部をのぞきみたり、光学フィルターやレンズを組み合わせたりして、花の開花の瞬間をとらえることができる。そこで工業用ファイバースコープをマンフロット 454 マイクロポジショニングプレートに接続し、ファイバースコープと被写体の距離をずらすことによって複数の画像を得るシステムを作成した。

(2) 撮影した写真の加工

野外では風によって対象器官は揺れ、イネでは出穂によって穂が少しずつ移動し、マメ科植物には調位運動が存在する。そこで対象器官である花をつねに観察できるように、当初はカメラ自体を追跡させる装置を念頭に置いていた。しかし、複数のカメラを設置して三次元として、移動する花を撮影する方がうまくいきそうであると判断し、三次元の画像構築によって開花を汎用のデジカメ数台で追跡するシステムを構築することにした。その後、複数のカメラの画像を深度合成する深度合成法による撮影システムの方が優れていると判断して、深度合成法によって画像を加工することにした。

3D画像合成法

(1) 撮影システムの開発に示した2つの撮影方法それぞれについて、撮影する対象を複数のカメラで異なる位置から撮影し、パソコンのプログラムを用いて3D画像を合成した。カメラの配置方法は、同じ方向から同一平面上にカメラを並べるようにして撮影する方法と、被写体を360°囲むような形でカメラを配置して撮影する方法の2種類の方法とした。後者の方法に関し

ては複雑な背景が映り込むと合成がうまくいかないという可能性があるため、対象物を回転台の上に寄せ、カメラは定点に固定して複数枚撮影することとした。使用したソフトは Agisoft Photoscan (Professional) (株式会社オーピーティー) である。

深度合成法

オリンパス株式会社のデジタルカメラ STYLUS TG4 Tough を使って、カメラ内蔵プログラムによって深度合成撮影をした。顕微鏡モードにある深度合成機能を使い、合成画像を記録した。フラッシュディフューザー (FD-1, オリンパス株式会社) をカメラにとりつけた。ソバやイネの花の器官 (葯, 柱頭など) への近接撮影のために、ルーペ (5 ~ 30 倍) をカメラのレンズの前に取り付けることによって、簡易な拡大によるカメラによる自動深度合成を行った。

自動合成以外に、焦点の合う位置の異なる複数の画像をソフト上で合成する方法で深度合成を行った。使用したソフトは Helicon Focus (Helicon 社) である。焦点の異なる画像の撮影方法はブラケット撮影機能のあるカメラ (STYLUS TG4 Tough) によるものとデジカメやファイバースコープを一定間隔ずつ被写体からずらして撮影するものによった。デジカメやファイバースコープの移動にはマンフロット 454 マイクロポジショニングプレート (マンフロット社) を使用した。前者はピントを少しずつずらす方法によって複数の画像を得る。一方、後者はカメラと被写体の距離をずらすことによって複数の画像を得る。

4. 研究成果

(1) 3D 画像合成法

アズキ, イネ, ソバなどの作物の開花期に 3D 画像合成で開花の進行および花器形態を撮影した。3D 画像の合成は、複数の方向から開花中のアズキをデジカメでインターバル撮影した画像を用いて作成した。3D に合成することによって、花の動きを立体的に追跡した。また、デジタルカメラに紫外線のみを透過するフィルターをつけ、紫外線 LED 照明下で花を経時観察する方法によって光学フィルターを撮影に利用した。3D 合成した開花期のアズキの写真では、葉の緑色を認めることしかできず、葉の重なり方、花の付き方などを 3D 合成写真から読み取ることはできなかった。3D 画像合成ソフトは彫刻や空撮の地表の構造のような、重なりが少ない凹凸だけの物体から 3D 合成をすることはできても、葉や花弁などが重なりあう植物の構造から 3D 合成するのは難しかった。

(2) 深度合成法

深度合成機能が組み込まれたカメラと 5~30 倍のルーペを接続して、開花したソバとイネの花を撮影し、深度合成画像をカメラ内に自動作成した。ルーペをつけない状態でソバやイネの花を撮影した場合、葯や柱頭を拡大撮影するくらいにカメラを接近するとオートフォーカスが利かなくなり、ピントが合った写真が得られなかった。一方、ルーペをカメラの前につけた場合、ピントの合う範囲は狭くなるが、カメラの自動深度合成機能によって花器内にピントの合った拡大画像を得ることができた。22 倍のルーペをつけたときにもっとも葯や柱頭の精細な画像が得られた。Helicon Focus のメソッド A (加重平均) を用いると全体的に滑らかで自然な状態に近い合成写真が得られた。しかし、葯や花弁のふちなど細かい部分はボケてしまう場合もあり、形態観察には向かないように思われた。メソッド B (深度マップ) を用いると輪郭がより明瞭になり、おしべやめしべの形態がはっきりと観察された。しかし、やや歪な形になってしまう部分もあり、自然に近いような写真という面ではメソッド A に一歩劣るようなところがみられた。メソッド C (ピラミッド) は元の写真の撮り方が最も大きく影響した。ファイバースコープの 1 種であるポアスコープによってさらに拡大した深度合成画像を得ようとしたが、被写体の大きさが一定でないためにうまくいかなかった。紫外線ライトの前にフィルターを設置することで、花弁が紫外線を反射する様子を観察することができた。

深度合成機能内蔵のデジカメのレンズに 5~15 倍のルーペを取り付けて、マイクロポジショニングプレートに接続し、イネの穎花に均等に少しずつ接近させて撮影することによって深度合成した。開花が始まる予定時刻の 1~2 時間前から開花終了 1 時間後までこの撮影システムでイネの開花過程を観察した。得られた画像を Panolapse で動画を作成した。デジカメのレンズに 5~15 倍のルーペを取り付けたことで、ピントの合う範囲は狭くなるが、カメラの自動深度合成機能によって葯、柱頭、花粉などの花器内にピントが合った精細な拡大画像を得ることができた。しかし、開花による穂の動きはピントがずれる原因が発生したため、ピントの合っていない写真も多かった。また、葯の抽出過程を観察するため穎の先端を切ることは、穎を切りすぎたことが原因で開花しない花があったと考えられた。得られた画像から動画を作成することで、葯の抽出過程、葯から花粉が落ちたと考えられる瞬間を観察できた。

簡単な風洞内でもこのシステムによって撮影を試み、3m/s 程度までの弱い風であれば撮影が可能であることを確認した。このことから弱風の環境条件では撮影可能ではあるが、強風をとまなう気象障害の観察にはさらなる工夫が必要と考えられた。

(3) 撮影された開花異常

最高気温が 37 を超すような高温条件を設定したガラス温室において、開穎しないまま、糸の伸長が終わる穎花、あるいは開穎した後に閉穎できない穎花など異常な開花をした穎花を

観察し、撮影した。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 小林和広・Mohammad Jawid Eydi・田中明男・若松謙一・荻原均 |
| 2. 発表標題 高温・高湿度条件に設定した温室内水田において発生した水稻の開花異常と開花時刻の遅れ |
| 3. 学会等名 日本作物学会第246回講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|