

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：22701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05975

研究課題名(和文)1細胞解像度イメージングによるオオムギ茎頂メリステムアトラスの創出

研究課題名(英文)A high-resolution atlas of the shoot apical meristem in barley

研究代表者

井藤 純 (Ito, Jun)

横浜市立大学・木原生物学研究所・特任助教

研究者番号：20373269

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：植物の茎の先端には「茎頂メリステム」と呼ばれる組織が存在し、そこから地上部のあらゆる器官が作り出される。茎頂メリステムは少数の未分化な幹細胞と様々な器官・組織へと分化する細胞など複数の細胞種から構成される。本研究では、イネ科作物の一つ、オオムギの茎頂メリステムの形態や活性を細胞レベルで解析する技術基盤の確立を目指し、茎頂メリステムを構成する全細胞可視化と画像解析による観察手法の最適化を行った。確立した手法を用いて、発生過程に伴う茎頂メリステムの形態変化や茎頂メリステムの機能の消失過程を1細胞レベルで明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、様々な栽培環境における1細胞解像度のオオムギ茎頂メリステムのアトラス(地図)を創出した。これらの茎頂メリステムアトラスには、生理活性物質の局在や1細胞 RNA-seq 解析など様々な情報を書き込むことが可能である。今後、茎頂メリステムアトラスを用いることにより、茎頂メリステムに存在する全ての細胞を網羅的に分析することが可能となり、植物のボディプランの根幹をなす茎頂メリステムの1細胞レベルでの機能の理解につながることを期待される。また、本研究で確立した解析手法は他の作物にも利用可能であり、同様の解析基盤技術の整備の推進にも貢献できる。

研究成果の概要(英文)：The shoot apical meristem (SAM), which maintains a self-renewing population of undifferentiated stem cells, produces all aboveground parts of a plant. To understand how SAM is generated and maintained, it is necessary to observe and quantify the arrangement and geometry of cells, gene expression patterns, and protein localization at the cellular and subcellular levels. Three-dimensional imaging is a powerful tool for understanding precise cellular patterning. However, its application to monocots is limited. In this study, we optimized the existing protocol for the shoot apex of barley to make 3D single cell atlas of barley SAM using the obtained 3D segmented data.

研究分野：植物分子生物学

キーワード：形態形成 茎頂分裂組織 花成 ムギ 幹細胞

## 1. 研究開始当初の背景

多細胞生物の器官や組織は複数の細胞種から構成される三次元構造をもち、各々の細胞は相互作用をしながら生理的機能を発揮している。そのため、各組織や器官の機能や個体における統御機構を解明するためには、細胞解像度以上で組織・器官の三次構造を維持したまま解析する必要がある。多細胞生物の器官や組織を高解像度で三次元的に観察する技術は組織・器官構造やその制御機構を理解する上で強力な解析ツールである。近年、イメージング技術の飛躍的な向上により、植物においても 3D イメージング技術を基盤として、組織・器官の形態変化やそれに関連した遺伝子や生理活性物質の時空間的パターンの変化の研究が精力的に進められている。しかしながら、植物における研究の多くはモデル植物のシロイヌナズナを用いた研究であり、その解析法の利用は限定的であるといった課題がある。

植物の茎の先端には「茎頂メリステム」と呼ばれる地上部の起源となる組織が存在する。茎頂メリステムは多能性幹細胞を含む組織で、植物の成長過程を通じて、未分化な幹細胞を維持しながら、分裂を活発に行い、葉や枝、花といった新たな器官形成に必要な細胞を供給し、複雑な形態をした地上部器官を作り上げる。茎頂メリステムの発生・維持に関わる遺伝子や生理活性物質、それらの作用機構に関してはモデル植物のシロイヌナズナを中心に知見が蓄積されつつあるが、その一方で、細胞レベルでのそれらの時空間的な分布や発生ステージの進行に伴う分布の変化と個々の細胞における機能については未解明な部分が多い。さらに、このような細胞動態解析において、決定的に欠けているのが野外環境における植物の応答性である。野外環境下における情報が有益となる作物の代表、イネ科植物では、形質転換によるマーカーラインの作出や茎頂メリステムのライブイメージングが構造上困難といった問題があり、イメージング技術を基盤とした茎頂メリステムの細胞レベルでの研究は非常に遅れている。私たちは、最近開発された植物組織の透明化技術 (Truemit et al., 2008; Kurihara et al., 2015; Hasegawa et al., 2016) と浸透性の高い染色剤とを組み合わせることでオオムギ茎頂メリステムの 1 細胞解像度イメージングが可能であることを見出し、オオムギ茎頂メリステムの発生過程を更に細胞レベルで詳細に観察することを試みた。

## 2. 研究の目的

本研究では、オオムギ茎頂メリステム内のすべての細胞を解析する基盤技術を作り上げるため、全細胞の位置情報を含む茎頂メリステムのアトラス (地図) の創出を目指す。具体的には、様々な栽培環境におけるオオムギ茎頂メリステムの 1 細胞解像度アトラスを創出し、それらに細胞のサイズやマーカー遺伝子発現といった細胞動態変化をマッピングすることで、オオムギにおいて花芽形成を制御する細胞 (群) の特性を明らかにするとともに、とくに野外環境下の刻々と変動する環境に応じる茎頂メリステム内の細胞動態を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) オオムギ茎頂部の 3D イメージング解析法の確立

固定したオオムギ茎頂部を SCRI Renaissance Stain 2200 (SR2200, Renaissance Chemicals) による細胞壁染色、Kakshine (Uno et al., 2021) による核染色と ClearSee (Kurihara et al. 2015) による透明化処理を施し、共焦点レーザー顕微鏡で全層撮影した。全層撮影したオオムギ茎頂部の画像を画像解析ソフト Fiji (<https://fiji.sc/>) を用いて、細胞壁蛍光シグナルの均一化処理、連続撮影画像間の位置のずれ補正、z-stack 画像の傾き補正および茎頂メリステム領域の抽出を行った。上記の処理を施した全層画像を基に、画像解析ソフト MorphoGraphX (MGX) (Barbier de Reuille et al., 2015) を用いて、茎頂メリステムの立体構築、細胞セグメンテーションおよび定量を行った。本研究では、①サンプルの固定、染色および透明化、②全層撮影、③MGX に供する画像の前処理、④MGX による細胞セグメンテーション、以上の項目について発生ステージごとに条件検討を行なった。

### (2) 発生ステージの進行に伴うオオムギ茎頂部の形態解析

確立した 3D イメージング手法を用い、野外および室内栽培 (短日 7°C および長日 20°C) 環境下で栽培したオオムギの茎頂部を経時的に採取し、それらの 3D イメージング画像を取得した。取得した画像を MGX による細胞セグメンテーション解析に供し、細胞数・細胞サイズの情報を取得し、発生ステージおよび栽培環境の違いによる茎頂メリステムの形態の比較解析を行なった。

### (3) 茎頂メリステムアトラスへのマーカー遺伝子発現のマッピングに向けた試み

作成した茎頂メリステムアトラスの応用として、マーカー遺伝子の発現分布を調べた。本研究では、マーカー遺伝子として花芽形成促進遺伝子 *VERNALIZATION 1 (VRN1)* を利用した。また、オオムギ茎頂メリステムおよび茎頂部の発生過程を理解する上で必要となるマーカー遺伝子の探索をレーザーマイクロダイセクションによる組織単離と RNA-seq 解析により行なった。さらに、植物の器官分化や細胞分裂活性に関わる生理活性物質として知られる植物ホルモン、オーキシシンとサイトカイニンの応答マーカー遺伝子を導入した形質転換オオムギの作出を行なった。

#### 4. 研究成果

##### (1) オオムギ茎頂部の 3D イメージング解析に向けた条件検討

オオムギの茎頂部はイネよりサイズが大きいいため取り扱いやすい一方で、観察対象の大きさや厚みは、レーザー光を観察対象に通過させる際に問題となり、深部イメージングの可否に大きな影響を及ぼす。オオムギはシュート頂メリステムの厚さが 150~200  $\mu\text{m}$ 、相転換前後の幼穂の厚さは 300~450  $\mu\text{m}$  もあるが、植物の蛍光イメージング用に開発された透明化試薬 ClearSee (Kurihara et al. 2015) を利用することにより、茎頂メリステムや小穂原基を 1 細胞レベルで観察することが可能であることがわかった。ただし、生殖成長期に入り、幼穂の発生が進み、花序メリステムによる花芽原基形成が停止する頃になると、茎頂部の先端において細胞の収縮が観察された。この現象は、明視野像では収縮していない茎頂部先端が透明化後収縮することから、透明化による影響によるものであることが分かった。また、この収縮は水で再マウントすることにより回復した。透明化が細胞の収縮に与える影響はその後の発生ステージの進行に伴い大きくなることが分かった。細胞の収縮が透明化による収縮の直接的な原因は不明であるが、この時期の茎頂部では非常に撥水性が高く、発生ステージの進行に伴い茎頂部先端の細胞壁の特性が変化した可能性が考えられる。

MGX による細胞セグメンテーションに用いるパラメーター設定に関して、使用する品種や栽培環境、発生ステージごとに検討を行い、主に発生ステージによりパラメーターの設定が必要であることを見出し、それぞれに最適なパラメーターを決定した。

##### (2) 発生ステージの進行に伴うオオムギ茎頂メリステムの形態変化

###### ① 成長相転換過程

栄養成長期から生殖成長期への転換は成長相転換と呼ばれ、茎頂メリステムは花芽を形成する花序メリステムへと機能転換する。この成長相転換では、メリステムにおける遺伝子プロファイルの変化とともに、形態的な変化も伴う。そこで、成長相転換過程におけるオオムギ茎頂メリステムの観察を行なったところ、オオムギの茎頂メリステムの細胞形態と配置は成長相によって異なり、その変化は栄養成長期に生じ、栄養成長期の時点ですでに生殖成長期の花序メリステムの形態へと変化することがわかった。次に、栽培環境が成長相転換に伴う茎頂メリステムの形態変化に与える影響を調べるため、野外圃場栽培環境と 2 種類の室内栽培環境（短日 7°C、長日 20°C）と異なる栽培環境下で栽培したオオムギを用いて成長相転換過程における茎頂メリステムの形態を比較した（図 1）。その結果、野外環境下と長日 20°C 環境下で栽培した場合、成長相転換に要した期間に差があるものの、茎頂メリステムのサイズおよび総細胞数、表層の細胞のサイズと発生に伴うそれらの変化において共通性が見られた。これに比べ、短日 7°C で栽培した場合、成長相転換に要した期間は圃場の場合と差がそれほど大きくなかったものの、茎頂メリステムは野外圃場のときに比べ全体のサイズが小さかった。興味深いことに、茎頂メリステムを構成する細胞数に関しては、栽培環境による違いはほとんど見られなかった。したがって、茎頂メリステムにおける細胞分裂活性は栽培環境による影響を受けないが、短日低温環境下では、細胞伸長による細胞サイズの増大が抑制されることがわかった。以上の結果から、茎頂メリステムのサイズとそれを構成する細胞のサイズが栽培環境によって異なることが明らかとなった。野外圃場における成長相転換時の平均気温および日照時間は室内栽培の短日 7°C に近い。しかしながら、野外における茎頂メリステムの形態は冬を模した短日 7°C ではなく、春を模した長日 20°C の環境で栽培した場合に近かった。野外圃場において、成長相転換に相当する期間の平均気温は 10°C 前後の日が比較的多かったが、最高気温に着目すると、最高気温が 15°C を超える暖かい日が 51 日中 16 日あった（図 1）。これらのことから、野外における茎頂メリステムの表層の細胞サイズは日照や一日の平均気温ではなく、最高気温によって制御されている可能性が示唆された。

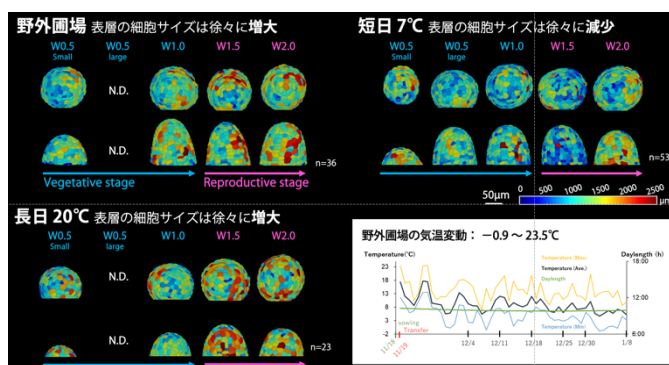


図 1. 異なる栽培環境における茎頂メリステムの表層細胞の細胞サイズの変化

野外圃場における成長相転換時の平均気温および日照時間は室内栽培の短日 7°C に近い。しかしながら、野外における茎頂メリステムの形態は冬を模した短日 7°C ではなく、春を模した長日 20°C の環境で栽培した場合に近かった。野外圃場において、成長相転換に相当する期間の平均気温は 10°C 前後の日が比較的多かったが、最高気温に着目すると、最高気温が 15°C を超える暖かい日が 51 日中 16 日あった（図 1）。これらのことから、野外における茎頂メリステムの表層の細胞サイズは日照や一日の平均気温ではなく、最高気温によって制御されている可能性が示唆された。

###### ② 生殖成長期

オオムギの花序メリステムは無限成長性を示し、茎頂部の先端に維持され続ける。しかし、生殖成長期の発生ステージが進行すると、花序メリステムは幹細胞性を消失し、その後、細胞死によって消失する。この花序メリステムの幹細胞性の消失と細胞死は“abortion”と呼ばれ、オオムギの花序メリステムは abortion によりその運命を終結させる。そこで、生殖成長期における花序メリステムの形態変化を解析したところ、花序メリステムは茎頂部の発生が進行するにつ

れサイズが減少すること、このサイズの減少は花序メリステムでの細胞分裂活性および細胞伸長の抑制により引き起こされることがわかった。また、花序メリステムのサイズの減少は花芽原基形成の停止よりも前に生じていることがわかった。

前述したように、花芽原基形成が停止する頃の花序メリステムや茎頂部を用いて 3D イメージングを行うと、透明化により細胞の収縮が起こり、正確な形態を把握するのが困難となる。そこで、透明化をせずに観察する手法として、アガロース包埋した茎頂部の切片を用いた 3D イメージングと樹脂切片による観察 (2D) を用い、生殖成長期のオオムギ花序メリステムの abortion 過程を観察した。その結果、花序メリステムのサイズが縮小するとともに、細胞内部では液胞化が進行し、その後、花序メリステムの内部で細胞死が起こり、それが花序メリステム全体へ波及し、最終的に消失することがわかった。また、興味深いことに、花序メリステムの最外層の表皮細胞は内側の細胞とは異なる挙動を示し、表皮細胞でのみ、液胞化後に核が組織の内側に極性をもって配置すること、細胞死のタイミングが内側の細胞に比べて遅いことがわかった。さらに、花序メリステム直下の小穂原基で起こる発生停止も花序メリステムと同様に組織の内部から細胞の液胞化とそれに続く細胞死により進行することがわかった。以上の結果から、オオムギの穂の形成過程において、花序メリステムの活性が消失する過程を形態的な特性の変化から細分化することができた。今後は、本研究で明らかにした花序メリステムの細胞特性の変化と幹細胞性の消失との関連について、幹細胞マーカー遺伝子の発現や生理活性物質の分布との関連を調べることが必要であろう。オオムギの場合、花序メリステムから形成される側生器官原基の数は一穂粒数に大きく影響するため、本研究で見出した花序メリステムの活性消失と細胞死過程を制御する因子や環境要因を探索することで、収量性の増加に向けた育種への展開が期待できる。

### (3) ムギ類特有の花序構造 “Double ridge” の形態的な特性

ムギ類の茎頂部、すなわち穂の発生過程は、成長相転換による茎頂メリステムの花序メリステムへの転換と、花序メリステムから形成される double ridge と呼ばれる構造の形成から始まる。Double ridge は spikelet ridge と leaf ridge の 2 つの領域から構成され、spikelet ridge は小穂原基を形成する領域、leaf ridge は抑圧された葉である可能性が示唆されている領域であるが (図 2)、ムギ類以外のイネ科植物では相同する器官が不明であり、穂の発生における役割や発現遺伝子に関する知見も乏しい。そこで、本研究では、この double ridge 構造のうち leaf ridge に着目して、その形態的な特徴付けを 3D イメージングによる形態解析により試みた。Leaf ridge と葉原基との形態を比較した結果、葉原基と形状は酷似しているものの、組織や構成する細胞のサイズが leaf ridge のほうが葉原基より小さく、leaf ridge は葉原基に比べ細胞伸長が抑制されている領域であることがわかった。

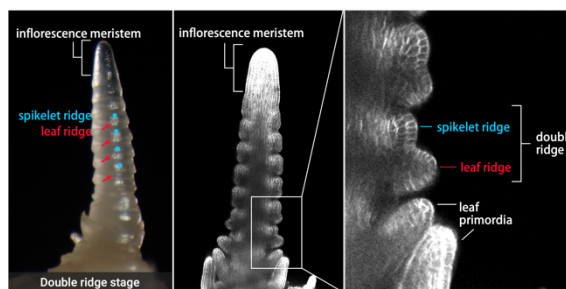


図 2. Double ridge ステージのオオムギの茎頂部

### (4) 成長相転換過程における花芽形成促進遺伝子 *VRN1* の発現解析

*VRN1* は花序メリステムや leaf ridge の発生に重要な役割を果たし、*VRN1* が花序メリステムや leaf ridge で発現していることも確認されているが (Alonso-Peral et al. 2011)、組織ごとの時空間的な発現パターンや成長相転換前後の発現パターンの変化についての詳細に観察されていない。そこで、成長相転換前後の *VRN1-GFP* 形質転換オオムギ (Alonso-Peral et al. 2011) の茎頂部を用いて、茎頂/花序メリステムおよび各側生器官原基における細胞レベルでの発現パターンを調べたところ、*VRN1* の発現パターンが 6 つに分類できることを見出した。なかでも、茎頂/花序メリステムにおける *VRN1* の発現パターンからオオムギの成長相転換が double ridge 形成前にすでに起こっている可能性が、また、leaf ridge における *VRN1* の発現パターンから leaf ridge の発生抑制はイネでよく知られている *NECK LEAF 1* を介したブラクトの抑制経路とは異なる経路である可能性が強く示唆された。

### (5) マーカー遺伝子候補の抽出と形質転換オオムギの作出

茎頂メリステムの発生過程では、様々な遺伝子発現や生理活性物質の分布の変化が伴う。それらを作成した茎頂メリステムアトラスにマッピングすることで、個々の細胞の応答性を検出し、そこから茎頂メリステムが有する機能や環境変化に対する柔軟な可塑性、さらにはその背後に潜む動作原理の理解へとつながると期待される。そこで、生理活性物質としてオーキシンとサイトカイニンに着目し、これらの応答性マーカー遺伝子を導入した形質転換オオムギを作成した。現在までに、茎頂部で応答性マーカーの発現が確認できる系統が得られており、これらの種子の増殖と、系統数を増やすために更なるスクリーニングを進めている。また、すでに実施したシングルメリステム RNA-seq 解析データと本研究で実施した組織ごとの RNA-seq 解析から茎頂メリステムで発現している幹細胞マーカー遺伝子や各側生器官原基特異的な遺伝子を網羅的に探索した。候補遺伝子に関しては、*in situ* hybridization にて発現確認を行い、特異的な発現が確

認された遺伝子については順次マーカー遺伝子として利用するため、形質転換体の作製を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hirayama Takashi, Saisho Daisuke, Matsuura Takakazu, Okada Satoshi, Takahagi Kotaro, Kanatani Asaka, Ito Jun, Tsuji Hiroyuki, Ikeda Yoko, Mochida Keiichi	4. 巻 61
2. 論文標題 Life-Course Monitoring of Endogenous Phytohormone Levels under Field Conditions Reveals Diversity of Physiological States among Barley Accessions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1438 ~ 1448
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pcp/pcaa046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toda Yosuke, Okura Fumio, Ito Jun, Okada Satoshi, Kinoshita Toshinori, Tsuji Hiroyuki, Saisho Daisuke	4. 巻 3
2. 論文標題 Training instance segmentation neural network with synthetic datasets for crop seed phenotyping	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42003-020-0905-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ito Jun, Tsuji Hiroyuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Three-dimensional imaging of the shoot apex in barley	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLANT MORPHOLOGY	6. 最初と最後の頁 25 ~ 30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5685/plmorphol.33.25	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 新井駿一, 井藤純, 久下修平, 佐藤奈緒, 野村有子, 杉村みどり, 最相大輔, 辻寛之
2. 発表標題 野外・室内環境下におけるオオムギシュート頂メリステムの細胞動態解析.
3. 学会等名 日本植物生理学会第62回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤奈緒, 井藤純, 久下修平, 新井駿一, 野村有子, 辻寛之
2. 発表標題 オオムギのVRN1::GFP形質転換体を用いた幼穂形成過程の1細胞解像度 3D イメージング
3. 学会等名 第18回ムギ類研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新井駿一, 久下修平, 佐藤奈緒, 野村有子, 杉村みどり, 最相大輔, 井藤純, 辻寛之
2. 発表標題 野外環境下におけるオオムギシュート頂メリステムの一細胞動態解析.
3. 学会等名 日本育種学会第138回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤奈緒, 井藤純, 久下修平, 新井駿一, 野村有子, 辻寛之
2. 発表標題 オオムギのVRN1-GFP形質転換体を用いた幼穂形成過程の1細胞解像度 3D イメージング.
3. 学会等名 日本育種学会第138回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井藤純, 久下修平, 新井駿一, 佐藤奈緒, 鷺見典克, 服部公央亮, 野村有子, 赤司裕子, 田中真理, 最相大輔, 梅崎太造, 平山隆志, 辻寛之
2. 発表標題 イメージングから探るオオムギシュート頂メリステムの発生過程
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井藤純, 野村有子, 最相大輔, 高萩航太郎, 持田恵一, 平山隆志, 辻寛之
2. 発表標題 野外環境におけるオオムギ茎頂メリステムの成長過程の系統間比較
3. 学会等名 日本育種学会第136回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久下修平, 井藤純, 野村有子, 辻寛之
2. 発表標題 オオムギ茎頂メリステムの全層透明化による3Dイメージング
3. 学会等名 日本育種学会第136回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤奈緒, 井藤純, 野村有子, 武田紀子, 辻寛之
2. 発表標題 1細胞RNA-seq解析に向けたオオムギ幼穂からの1細胞単離系の確立
3. 学会等名 日本育種学会第136回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井藤純, 野村有子, 高萩航太郎, 最相大輔, 持田恵一, 平山隆志, 辻寛之
2. 発表標題 野外環境におけるオオムギシュート頂メリステムの遺伝子発現変化
3. 学会等名 第17回ムギ類研究会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Ito, J., Kuge, S., Goh, T., Hisanaga, T., Akashi H., Nomura, Y., Uno, K., Sato, Y., and Tsuji, H.
2. 発表標題 Coordinating the growth and cell division at the shoot apical meristem in barley
3. 学会等名 International Symposium on the Future Direction of Plant Science by Young Researchers (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井藤純, 野村有子, 高萩航太郎, 岡田聡史, 佐藤奈緒, 松本大輝, 新井駿一, 杉村みどり, 関緑, 服部公央亮, 梅崎太造, 最相大輔, 持田恵一, 平山隆志, 辻寛之
2. 発表標題 シングルメリステムRNA-seq解析によるオオムギ茎頂メリステムの発生状態推移の解明
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤奈緒, 井藤純, 野村有子, 杉村みどり, 武田(神谷)紀子, 豊岡公德, 辻寛之
2. 発表標題 3Dイメージングとレーザーマイクロダイセクション-RNA-seqによるオオムギ花序の機能未知構造 "double ridge" の解析
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井藤純, 野村有子, 佐藤奈緒, 岡田聡史, 高萩航太郎, 杉村みどり, 関緑, 最相大輔, 持田恵一, 平山隆志, 辻寛之
2. 発表標題 シングルメリステムトランスクリプトームによるオオムギ茎頂部の発生トラジェクトリ解析
3. 学会等名 日本育種学会第140回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本大輝, 井藤純, 新井駿一, 野村有子, 杉村みどり, 佐藤奈緒, 関緑, 宇野何岸, 佐藤良勝, 最相大輔, 辻寛之
2. 発表標題 オオムギ花序メリステムの細胞死過程の一細胞解像度動態解析
3. 学会等名 日本育種学会第140回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤奈緒, 井藤純, 野村有子, 杉村みどり, 武田(神谷)紀子, 豊岡公德, 辻寛之
2. 発表標題 レーザーマイクロダイセクションを用いた茎頂部の組織特異的な遺伝子発現解析
3. 学会等名 日本育種学会第140回講演会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------