

令和 4 年 9 月 15 日現在

機関番号：13901

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06476

研究課題名（和文）植物幹細胞の一過性と永続性を制御する分子メカニズムの解明

研究課題名（英文）Molecular mechanisms underlying transiency and perpetuality of plant stem cells

研究代表者

鳥居 啓子（TORII, KEIKO）

名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・客員教授

研究者番号：60506103

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 85,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、気孔をつくる一過性幹細胞、恒久的幹細胞である形成層幹細胞の維持と分化メカニズムの大枠を解明した。具体的に、気孔分化の指令転写因子MUTEが、細胞周期の促進因子と抑制因子の両者を発現誘導することにより、非対称分裂から対称分裂への転換、および、対称分裂が一回だけ厳密に起こることがわかった。さらには、さらに、シロイヌナズナ近縁種の水陸両生植物を用いた水環境により気孔形成の制御へも切り込んだ。また維管束分化過程の可視化を可能とするシステムを開発し、転写因子間の競合により幹細胞性が安定化することを発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物の機能特化した細胞組織（気孔や維管束）を生み出す幹細胞の維持と分化メカニズムの解析から、動植物を超えた幹細胞制御ロジックの普遍性と本質が明らかになった。例えば、動物と植物どちらにおいても、細胞周期の減速が幹細胞の分化に関わっている。植物に特異的な細胞周期減速因子を用いて動物幹細胞を制御するなど将来的に可能かもしれない。また、本研究から明らかとなった気孔と維管束幹細胞の維持メカニズムから、将来の気候変動にあわせ植物バイオマス生産のチューニングへの道が拓ける。

研究成果の概要（英文）：Through this funding, we unraveled the fundamental mechanism and regulatory circuitry specifying both transient and perpetual stem cells (stomatal meristemoids and vascular stem cells, respectively). We discovered that MUTE, a master regulator of stomatal fate commitment, drives the transition from stem-cell to differentiation through direct regulation of cell cycle gene expression. MUTE enables the deceleration of rapidly dividing stomatal precursors to execute slow, precise terminal symmetric division, which is critical for proper guard cell identity. The MUTE-orchestrated feed-forward loop enables the robust execution of the single symmetric division to generate a functional stoma with paired guard cells. We developed the VISUAL system to visualize dynamic cell-fate acquisition of vascular stem cells. Leveraged by this system, we discovered that a competition among BES/BZR-family of transcription factor stabilize the stemness of vascular cambiums.

研究分野：植物発生遺伝学

キーワード：一過性幹細胞 恒久性幹細胞 維管束幹細胞 対称分裂 非対称分裂 気孔 転写因子競合 細胞周期

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

植物には、恒久的幹細胞と一過性幹細胞があり、それぞれ植物の発生と形態形成に重要な役割を果たしています。胚発生時に誕生する恒久的幹細胞である茎頂メリステムおよび根端メリステム以外にも、植物茎は維管束幹細胞を形成、保持することにより、茎の肥大(二次成長)を担い、例えば、樹木バイオマスを生産します。それだけでなく、特定の細胞タイプを生み出す一過性幹細胞も存在します。中でも、光合成や呼吸のためのガス交換と蒸散を担う気孔は、一過性幹細胞であるメリステモイド細胞から分化します。シロイヌナズナの突然変異体を用いた分子遺伝学的研究から、維管束幹細胞や気孔系譜のマスター司令因子は単離されたものの、それら因子がどのようにして幹細胞の動的な振る舞いに寄与するのか、その仕組みについてはよく解っていませんでした。

2. 研究の目的

本研究課題では、植物の気孔をつくる一過的幹細胞であるメリステモイド細胞、および、植物の二次成長を担う恒久的幹細胞である維管束組織に着目し、それら幹細胞の一細胞レベルでの観察と操作が可能な系を確立・駆使。分裂能と細胞周期、さらにゲノム動態を比較解析することにより、植物の多能性幹細胞の本質に迫ることを目的とします。

3. 研究の方法

植物の気孔は、葉など光合成器官の未分化な原表皮細胞が非対称分裂を起こし、一過的幹細胞であるメリステモイド細胞が増殖後、速やかに分化することにより形成されます。本研究では、細胞周期の多色蛍光マーカーを用いたライブイメージング、突然変異体や形質転換体を駆使した分子遺伝学、RNA-seq, ChIP-seq, ATAC-seq というゲノムワイドな解析、タンパク質-タンパク質、タンパク質-DNA 相互作用など生物物理学的方法を駆使して、気孔系譜の非対称分裂から対称分裂への転換、および、対称分裂が一回だけ厳密に起こることにより一対の気孔ができる機構を解明しました。さらには、気孔系譜におけるクロマチン領域のダイナミクスの解析を介して、幹細胞状態から分化への転換時に、マスター転写因子である MUTE が引き金となりクロマチン動態が大きく変動する仕組みも明らかにしました。

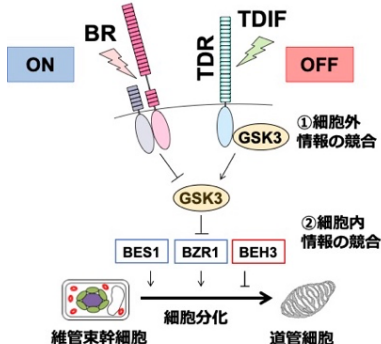
植物の二次肥大成長を担う維管束幹細胞は、常に形成層分裂組織内に維持され続けます。本研究では、維管束分化誘導系の VISUAL という独自の実験系を用いた遺伝学的解析とイメージング解析、転写因子相互作用解析などを組み合わせ、転写因子間の競合関係が維管束幹細胞の活性の安定化に重要であることを明らかにしました。

4. 研究成果

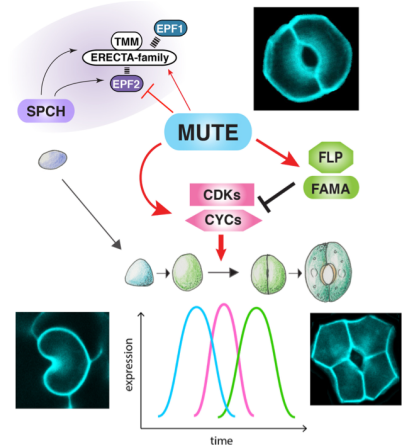
研究代表者グループは、気孔系譜のメリステモイド細胞状態の維持から気孔への分化へと切り替える司令転写因子 MUTE に着目してきました。気孔は一对の孔辺細胞が穴を囲んだ形状をしています。これまでに、我々のグループは、気孔の前駆細胞(孔辺母細胞)において対称分裂が厳密に一回だけ起こる仕組みを明らかにし、それが MUTE による制御メカニズムによることを示しました(DEVELOPMENTAL CELL 2018; 日本経済新聞、科学新聞 2018)。

さらに、気孔系譜の幹細胞から分化状態への切り替え時に、MUTE によって直接発現誘導される細胞周期阻害因子 SMR4 によって、一過性幹細胞の非対称分裂が遅延し、分化状態での対称分裂へと誘う仕組みを解明しました。この SMR4 を一過性幹細胞時に発現させると、非対称分裂の細胞周期が遅延し、その結果、メリステモイド細胞が肥大して、孔辺細胞と表皮細胞のハイブリッドのような気孔を作ることも解りました。このことは、一過性幹細胞の細胞周期と細胞分化にズレが生ずることによって、細胞の発生運命が影響を受けてしまうことを示唆しています(DEVELOPMENTAL CELL 2022)。

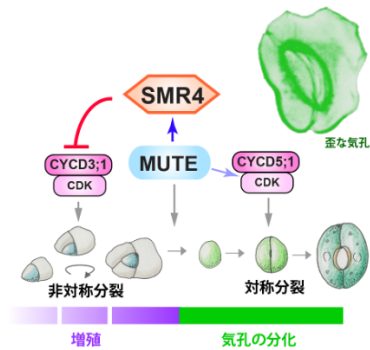
植物の二次肥大成長を担う維管束幹細胞は、常に形成層分裂組織内に維持され続けます。研究分担者グループは、維管束分化誘導系 VISUAL システムを駆使した解析から、光がシグナルとして維管束幹細胞の確立に重要であることを見出しました(Plant J 2018)。本研究では、維管束分化誘導系 VISUAL を用いた遺伝学的解析から維管束幹細胞の未分化性の維持に関わる因子として BES/BZR 転写因子ファミリーが働くことを明らかにしました。更に遺伝学解析を進め、BES/BZR 転写因子間の競合関係が維管束幹細胞の活性の安定化に重要であることを解明しました(Plant Cell 2021)。また、BES/BZR 転写因子の上流では、細胞外シグナルである分化抑制因子 TDIF と分化促進因子 Brassinosteroid ホルモンが競合的に働くことも見出されました。以上の結果から、維管束幹細胞の維持においては、シグナル伝達が様々な段階で競合することによりロバストに制御されていることが示唆されました。



維管束幹細胞を維持するためのロバストな制御機構



司令因子 MUTE により対称分裂が一回だけ起こる制御ネットワーク



司令因子 MUTE と細胞周期阻害因子による非対称分裂から対称分裂への切り替え

これら一連の研究から、幹細胞における転写因子間の競合、相反、協調、細胞周期エンジンとその阻害因子の両者が誘導されることによる分裂モードの切り替えなど、似た因子間における巧妙なせめぎ合いが、幹細胞の維持と分化に重要であることがわかりました。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計41件（うち査読付論文 40件／うち国際共著 23件／うちオープンアクセス 25件）

1. 著者名 Kawamoto Nozomi, Del Carpio Dunia Pino, Hofmann Alexander, Mizuta Yoko, Kurihara Daisuke, Higashiyama Tetsuya, Uchida Naoyuki, Torii Keiko U., Colombo Lucia, Groth Georg, Simon Rudiger	4. 巻 30
2. 論文標題 A Peptide Pair Coordinates Regular Ovule Initiation Patterns with Seed Number and Fruit Size	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 4352 ~ 4361.e4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2020.08.050	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 該当する

1. 著者名 Zeng Scott M., Lo Emily K. W., Hazelton Bryna J., Morales Miguel F., Torii Keiko U.	4. 巻 147
2. 論文標題 Effective range of non-cell autonomous activator and inhibitor peptides specifying plant stomatal patterning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Development	6. 最初と最後の頁 dev192237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/dev.192237	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 該当する

1. 著者名 Nishimura Kohei, Yamada Ryotaro, Hagihara Shinya, Iwasaki Rie, Uchida Naoyuki, Kamura Takumi, Takahashi Koji, Torii Keiko U, Fukagawa Tatsuo	4. 巻 48
2. 論文標題 A super-sensitive auxin-inducible degron system with an engineered auxin-TIR1 pair	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nucleic Acids Research	6. 最初と最後の頁 e108 ~ e108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/nar/gkaa748	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 該当する

1. 著者名 Qi Xingyun, Yoshinari Akira, Bai Pengfei, Maes Michal, Zeng Scott M, Torii Keiko U	4. 巻 9
2. 論文標題 The manifold actions of signaling peptides on subcellular dynamics of a receptor specify stomatal cell fate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 e58097
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.58097	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 該当する

1. 著者名 Matsuoka Keita, Sato Ryosuke, Matsukura Yuki, Kawajiri Yoshiki, Iino Hiromi, Nozawa Naoyuki, Shibata Kyomi, Kondo Yuki, Satoh Shinobu, Asahina Masashi	4. 巻 4
2. 論文標題 Wound-inducible ANAC071 and ANAC096 transcription factors promote cambial cell formation in incised Arabidopsis flowering stems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-021-01895-8	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 Hanano Shigeru, Tomatsu Hajime, Ohnishi Ai, Kobayashi Koichi, Kondo Yuki, Betsuyaku Shigeyuki, Takita Eiji, Ogata Yoshiyuki, Ozawa Keishi, Suda Kunihiro, Hosouchi Tsutomu, Nagase Takahiro, Suzuki Hideyuki, Sakurai Nozomu, Masumoto Hiroshi, Fukuda Hiroo, Shibata Daisuke	4. 巻 23
2. 論文標題 An Artificial Conversion of Roots into Organs with Shoot Stem Characteristics by Inducing Two Transcription Factors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 101332 ~ 101332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2020.101332	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 Tamaki Takayuki, Oya Satoyo, Naito Makiko, Ozawa Yasuko, Furuya Tomoyuki, Saito Masato, Sato Mayuko, Wakazaki Mayumi, Toyooka Kiminori, Fukuda Hiroo, Helariutta Yka, Kondo Yuki	4. 巻 3
2. 論文標題 VISUAL-CC system uncovers the role of GSK3 as an orchestrator of vascular cell type ratio in plants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-020-0907-3	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 該当する

1. 著者名 Herrmann Arvid, Torii Keiko U	4. 巻 185
2. 論文標題 Shouting out loud: signaling modules in the regulation of stomatal development	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 765 ~ 780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plphys/kiaa061	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 該当する

1. 著者名 Putarjunan Aarathi, Ruble Jim, Srivastava Ashutosh, Zhao Chunzhao, Rychel Amanda L., Hofstetter Alex K., Tang Xiaobo, Zhu Jian-Kang, Tama Florence, Zheng Ning, Torii Keiko U.	4. 巻 5
2. 論文標題 Bipartite anchoring of SCREAM enforces stomatal initiation by coupling MAP kinases to SPEECHLESS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 742 ~ 754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-019-0440-x	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 該当する

1. 著者名 Endo Hitoshi, Torii Keiko U.	4. 巻 11
2. 論文標題 Stomatal Development and Perspectives toward Agricultural Improvement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cold Spring Harbor Perspectives in Biology	6. 最初と最後の頁 a034660 ~ a034660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/cshperspect.a034660	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 該当する

1. 著者名 Han Soon-Ki, Torii Keiko U	4. 巻 51
2. 論文標題 Linking cell cycle to stomatal differentiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 66 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2019.03.010	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 該当する

1. 著者名 Hagihara Shinya, Yamada Ryotaro, Itami Kenichiro, Torii Keiko U	4. 巻 47
2. 論文標題 Dissecting plant hormone signaling with synthetic molecules: perspective from the chemists	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 32 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2018.09.002	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 該当する

1. 著者名 Thomashow Michael F., Torii Keiko U.	4. 巻 32
2. 論文標題 SCREAMing Twist on the Role of ICE1 in Freezing Tolerance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 816 ~ 819
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1105/tpc.20.00124	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 該当する

1. 著者名 Putarjunan Aarthi, Torii Keiko U.	4. 巻 13
2. 論文標題 Heat Shocking the Jedi Master: HSP90's Role in Regulating Stomatal Cell Fate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Plant	6. 最初と最後の頁 536 ~ 538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molp.2020.03.001	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 該当する

1. 著者名 Nurani Alif Meem, Ozawa Yasuko, Furuya Tomoyuki, Sakamoto Yuki, Ebine Kazuo, Matsunaga Sachihito, Ueda Takashi, Fukuda Hiroo, Kondo Yuki	4. 巻 61
2. 論文標題 Deep Imaging Analysis in VISUAL Reveals the Role of YABBY Genes in Vascular Stem Cell Fate Determination	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 255 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcaa002	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 Masato Saito and Yuki Kondo	4. 巻 2014
2. 論文標題 What can cell culture systems reveal about sieve element differentiation?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Methods Mol Biol	6. 最初と最後の頁 459-466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Qi Xingyun, Torii Keiko U.	4. 巻 16
2. 論文標題 Hormonal and environmental signals guiding stomatal development	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BMC Biology	6. 最初と最後の頁 e21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12915-018-0488-5	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 該当する

1. 著者名 Uchida Naoyuki, Takahashi Koji, Iwasaki Rie, Yamada Ryotaro, Yoshimura Masahiko, Endo Takaho A, Kimura Seisuke, Zhang Hua, Nomoto Mika, Tada Yasuomi, Kinoshita Toshinori, Itami Kenichiro, Hagihara Shinya, Torii Keiko U	4. 巻 14
2. 論文標題 Chemical hijacking of auxin signaling with an engineered auxin-TIR1 pair	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Chemical Biology	6. 最初と最後の頁 299 ~ 305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nchembio.2555	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 該当する

1. 著者名 Fendrych Matyas, Akhmanova Maria, Merrin Jack, Glanc Matous, Hagihara Shinya, Takahashi Koji, Uchida Naoyuki, Torii Keiko U., Friml Jiri	4. 巻 4
2. 論文標題 Rapid and reversible root growth inhibition by TIR1 auxin signalling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 453 ~ 459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-018-0190-1	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 該当する

1. 著者名 Yamada Ryotaro, Murai Keiichiro, Uchida Naoyuki, Takahashi Koji, Iwasaki Rie, Tada Yasuomi, Kinoshita Toshinori, Itami Kenichiro, Torii Keiko U, Hagihara Shinya	4. 巻 59
2. 論文標題 A Super Strong Engineered Auxin-TIR1 Pair	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1538 ~ 1544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcy127	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 Perraki Artemis, DeFalco Thomas A., Derbyshire Paul, Avila Julian, Sere David, Sklenar Jan, Qi Xingyun, Stransfeld Lena, Schwessinger Benjamin, Kadota Yasuhiro, Macho Alberto P., Jiang Shushu, Couto Daniel, Torii Keiko U., Menke Frank L. H., Zipfel Cyril	4. 巻 561
2. 論文標題 Phosphocode-dependent functional dichotomy of a common co-receptor in plant signalling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 248 ~ 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-018-0471-x	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 該当する

1. 著者名 Han Soon-Ki, Qi Xingyun, Sugihara Kei, Dang Jonathan H., Endo Takaho A., Miller Kristen L., Kim Eun-Deok, Miura Takashi, Torii Keiko U.	4. 巻 45
2. 論文標題 MUTE Directly Orchestrates Cell-State Switch and the Single Symmetric Division to Create Stomata	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Developmental Cell	6. 最初と最後の頁 303 ~ 315.e5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.devcel.2018.04.010	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 Hagihara Shinya, Yamada Ryotaro, Itami Kenichiro, Torii Keiko U	4. 巻 47
2. 論文標題 Dissecting plant hormone signaling with synthetic molecules: perspective from the chemists	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 32 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2018.09.002	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 Kinoshita Toshinori, McCourt Peter, Asami Tadao, Torii Keiko U	4. 巻 59
2. 論文標題 Plant Chemical Biology	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1483 ~ 1486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcy142	査読の有無 無
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 Torii Keiko U, Hagihara Shinya, Uchida Naoyuki, Takahashi Koji	4. 巻 220
2. 論文標題 Harnessing synthetic chemistry to probe and hijack auxin signaling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 417 ~ 424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.15337	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 該当する

1. 著者名 Takahashi Fuminori, Suzuki Takehiro, Osakabe Yuriko, Betsuyaku Shigeyuki, Kondo Yuki, Dohmae Naoshi, Fukuda Hiroo, Yamaguchi-Shinozaki Kazuko, Shinozaki Kazuo	4. 巻 556
2. 論文標題 A small peptide modulates stomatal control via abscisic acid in long-distance signalling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 235 ~ 238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-018-0009-2	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 Toyokura Koichi, Goh Tatsuaki, Shinohara Hidefumi, Shinoda Akinori, Kondo Yuki, Okamoto Yoshie, Uehara Takeo, Fujimoto Koichi, Okushima Yoko, Ikeyama Yoshifumi, Nakajima Keiji, Mimura Tetsuro, Tasaka Masao, Matsubayashi Yoshikatsu, Fukaki Hidehiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Lateral Inhibition by a Peptide Hormone-Receptor Cascade during Arabidopsis Lateral Root Founder Cell Formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Developmental Cell	6. 最初と最後の頁 64 ~ 75.e5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.devcel.2018.11.031	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 Miyashima Shunsuke, Roszak Pawel, Sevilem Iris, Toyokura Koichi, 、 、 、 Hooiveld Guido, 、 、 Mahnen Ari Pekka, Yuki Kondo, W. Melnyk Charies, Greb Thomas, Nakajima Keiji, Sozzani Rosangela, Bishopp Anthony, De Rybel Bert, Helariutta Yka	4. 巻 565
2. 論文標題 Mobile PEAR transcription factors integrate positional cues to prime cambial growth	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 490 ~ 494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-018-0839-y	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 Qi Xingyun, Torii Keiko U.	4. 巻 16
2. 論文標題 Hormonal and environmental signals guiding stomatal development	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BMC Biology	6. 最初と最後の頁 e21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12915-018-0488-5	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 該当する

1. 著者名 Kimura Yuka, Tasaka Masao, Torii Keiko U., Uchida Naoyuki	4. 巻 145
2. 論文標題 ERECTA-family genes coordinate stem cell functions between the epidermal and internal layers of the shoot apical meristem	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Development	6. 最初と最後の頁 dev156380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/dev.156380	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 該当する

1. 著者名 Han Soon-Ki, Qi Xingyun, Sugihara Kei, Dang Jonathan H., Endo Takaho A., Miller Kristen L., Kim Eun-Deok, Miura Takashi, Torii Keiko U.	4. 巻 45
2. 論文標題 MUTE Directly Orchestrates Cell-State Switch and the Single Symmetric Division to Create Stomata	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Developmental Cell	6. 最初と最後の頁 303 ~ 315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.devcel.2018.04.010	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 該当する

1. 著者名 Yamazaki Kyoko, Kondo Yuki, Kojima Mikiko, Takebayashi Yumiko, Sakakibara Hitoshi, Fukuda Hiroo	4. 巻 94
2. 論文標題 Suppression of DELLA signaling induces procambial cell formation in culture	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 48 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.13840	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 Saito Masato, Kondo Yuki, Fukuda Hiroo	4. 巻 59
2. 論文標題 BES1 and BZR1 Redundantly Promote Phloem and Xylem Differentiation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 590 ~ 600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcy012	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 Furuya Tomoyuki, Nishihama Ryuichi, Ishizaki Kimitsune, Kohchi Takayuki, Fukuda Hiroo, Kondo Yuki	4. 巻 39
2. 論文標題 A glycogen synthase kinase 3-like kinase MpGSK regulates cell differentiation in Marchantia polymorpha	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 65 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.21.1219a	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 Iwase Akira, Kondo Yuki, Laohavisit Anuphon, Takebayashi Arika, Ikeuchi Momoko, Matsuoka Keita, Asahina Masashi, Mitsuda Nobutaka, Shirasu Ken, Fukuda Hiroo, Sugimoto Keiko	4. 巻 232
2. 論文標題 WIND transcription factors orchestrate wound induced callus formation, vascular reconnection and defense response in Arabidopsis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 734 ~ 752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.17594	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 Furuya Tomoyuki, Saito Masato, Uchimura Haruka, Satake Akiko, Nosaki Shohei, Miyakawa Takuya, Shimadzu Shunji, Yamori Wataru, Tanokura Masaru, Fukuda Hiroo, Kondo Yuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Gene co-expression network analysis identifies BEH3 as a stabilizer of secondary vascular development in Arabidopsis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 2618 ~ 2636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plcell/koab151	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 Han Soon-Ki, Herrmann Arvid, Yang Jiyuan, Iwasaki Rie, Sakamoto Tomoaki, Desvoyes Benedicte, Kimura Seisuke, Gutierrez Crisanto, Kim Eun-Deok, Torii Keiko U.	4. 巻 57
2. 論文標題 Deceleration of the cell cycle underpins a switch from proliferative to terminal divisions in plant stomatal lineage	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Developmental Cell	6. 最初と最後の頁 569 ~ 582.e6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.devcel.2022.01.014	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 該当する

1. 著者名 Seo Hyemin, Sepuru Krishna Mohan, Putarjunan Aarthi, Aguirre Lyndsey, Burrows Benjamin A., Torii Keiko U.	4. 巻 119
2. 論文標題 Intragenic suppressors unravel the role of the SCREAM ACT-like domain for bHLH partner selectivity in stomatal development	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2117774119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2117774119	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 該当する

1. 著者名 Zuch Daniel T, Doyle Siamsa M, Majda Mateusz, Smith Richard S, Robert Stéphanie, Torii Keiko U	4. 巻 34
2. 論文標題 Cell biology of the leaf epidermis: Fate specification, morphogenesis, and coordination	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 209 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plcell/koab250	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 該当する

1. 著者名 Fujihara Rina, Uchida Naoyuki, Tameshige Toshiaki, Kawamoto Nozomi, Hotokezaka Yugo, Higaki Takumi, Simon Rudiger, Torii Keiko U, Tasaka Masao, Aida Mitsuhiro	4. 巻 38
2. 論文標題 The boundary-expressed EPIDERMAL PATTERNING FACTOR-LIKE2 gene encoding a signaling peptide promotes cotyledon growth during Arabidopsis thaliana embryogenesis.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 317 ~ 322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.21.0508a	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 Torii Keiko U	4. 巻 128
2. 論文標題 Stomatal development in the context of epidermal tissues	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 137 ~ 148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcab052	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35件 (うち招待講演 25件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Orchstrating Cell-State-Switch from Bipotent Stem Cells to Stomata
3. 学会等名 Sainsbury Lab Symposium 2020 "Pluriipotency in Plant Development" 2020. 9.22-25 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤侑貴
2. 発表標題 植物の「管」を創って調べる
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会 2020年12月2日 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤侑貴
2. 発表標題 維管束細胞運命の操作と理解
3. 学会等名 2020年度 (第9回) 近畿植物学会講演会 2020年11月21日 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Kondo
2. 発表標題 GSK3 kinases orchestrate vascular cell type ratio
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会 2020年9月19日 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Cellular decision making during stomatal patterning and differentiation
3. 学会等名 International Symposium 「Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality」 Miyagi, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Cellular decision making during stomatal patterning and differentiation
3. 学会等名 EMBO Live Imaging Workshop, ITbM Nagoya, Nagoya, Japan, May 22, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Make decisions and keep moving forward
3. 学会等名 Nature Symposium “Plants of the Future”. NYU, New York, NY, USA, June 14, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Harnessing synthetic chemistry to understand and manipulate plant development
3. 学会等名 Walter E and Helen Parke Loomis Lecture and Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 6.Harnessing synthetic chemistry to dissect plant hormone signaling in development
3. 学会等名 International Symposium on Chemical Biology, Geneva, Switzerland, January 22-24, 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Furuya T, Saito M, Uchimura H, Shimadzu S, Nosaki S, Yamori W, Tanokura M, Fukuda H, Kondo Y.
2. 発表標題 Competitive inhibition among BES/BZR transcription factors controls vascular stem cell differentiation
3. 学会等名 International Symposium 「Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality」 Miyagi, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤 侑貴
2. 発表標題 植物ホルモン制御による幹細胞運命の操作と理解
3. 学会等名 『植物化学調節学会』第58回大会、鳥取、特別シンポジウム (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soon-Ki Han and Keiko U. Torii
2. 発表標題 Cell cycle regulation during stomatal differentiation
3. 学会等名 International Symposium 「Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality」 Miyagi, Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soon-Ki Han and Keiko U. Torii
2. 発表標題 Direct role of MUTE in orchestrating stomatal differentiation
3. 学会等名 International Symposium and Annual Meeting of the KSABC (The Korean Society for Applied Biological Chemistry), Busan, S. Korea, November 3-7, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soon-Ki Han and Keiko U. Torii
2. 発表標題 Cell cycle regulation during stomatal differentiation
3. 学会等名 Cold Spring Harbor Asia conference, Plant Cell and Development Biology, Gyeongju, S. Korea, November 3-7, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Torii, Keiko U
2. 発表標題 Regulatory circuit orchestrating a single cell division event to create functional stomata.
3. 学会等名 SDB 77th Annual Meeting, Socity for Developmental Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Torii, Keiko U
2. 発表標題 Making a pore: Signaling & transcriptional control fo stomatal differentiation.
3. 学会等名 Annals of Botany Lecture, COMBIO 2018, Sydney, Australia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Torii, Keiko U
2. 発表標題 Harnessing synthetic chemistry to dissect plant hormone signaling in development.
3. 学会等名 Australian & New Zealand Society of Cell & Dev Biology, New South Wales Annual Meeting. Sydney, Australia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Torii, Keiko U
2. 発表標題 Cellular decision making during stomatal patterningand differentiation.
3. 学会等名 Allen Seattle Cell Science Symposium, Seattle, WA, USA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Torii, Keiko U
2. 発表標題 Cellular decision making during stomatal patterning and differentiation.
3. 学会等名 Frontiers in Plant Biology, Max Planck Institute of Molecular Plant Biology (MPIMP), GoIm, Germany (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Han, Soon-Ki and Torii, Keiko U
2. 発表標題 Direct roles of MUTE in termination of asymmetric cell division and orchestration of stomata differentiation
3. 学会等名 植物生理学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川彩美, 山田柊哉, ベリー グレゴリー, 佐藤綾人, 村上慧, 打田直行, 伊丹健一郎, 鳥居啓子
2. 発表標題 気孔を増やす低分子化合物の解析
3. 学会等名 植物生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉置貴之, 大矢恵代, 内藤万紀子, 福田裕穂, 近藤侑貴
2. 発表標題 VISUAL維管束分化誘導系を用いた篩部伴細胞分化過程の解析
3. 学会等名 植物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近藤侑貴, 福田裕穂
2. 発表標題 篩管細胞を優先的に誘導できるVISUAL-PHの開発
3. 学会等名 植物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古谷朋之, 齋藤真人, 内村悠, 福田裕穂, 近藤侑貴
2. 発表標題 BES1/BZR1ファミリー転写因子の機能分化
3. 学会等名 植物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田舜治, 福田裕穂, 近藤侑貴
2. 発表標題 VISUAL- シングルセル解析による維管束幹細胞アイデンティティの研究
3. 学会等名 植物生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉置貴之, 大矢恵代, 内藤万紀子, 小澤靖子, 佐藤繭子, 若崎真由美, 豊岡公德, 福田裕穂, 近藤侑貴
2. 発表標題 新規篩部伴細胞誘導系を用いた細胞運命決定機構の解析
3. 学会等名 植物生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古谷朋之, 石崎公庸, 西浜竜一, 河内孝之, 福田裕穂, 近藤侑貴
2. 発表標題 GSK3-BES1 シグナリングモジュールのゼニゴケにおける役割
3. 学会等名 植物生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村友香、田坂昌生、鳥居啓子、打田直行
2. 発表標題 ERECTA受容体ファミリーは茎頂の幹細胞維持を層特異的に制御する
3. 学会等名 植物生理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 打田直行、高橋宏二、萩原伸也、鳥居啓子
2. 発表標題 植物ホルモン応答の自在操作に向けた合成生物学的凸凹戦略
3. 学会等名 植物生理学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoyuki Furuya, Yuki Kondo
2. 発表標題 Competitive action among BES/BZR transcription factors enables the robust control of vascular stem cells
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤侑貴
2. 発表標題 VISUALを用いた維管束細胞運命決定機構の研究（受賞講演）
3. 学会等名 2021年 日本植物学会第85回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Slowing Down for Perfection: Transcription factororchestrated cell cycle switch from proliferative- to terminal division in plants
3. 学会等名 Plant Biology 2021 World Summit, the American Society of Plant Biologists (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Slowing Down for Perfection: Transcription factororchestrated cell cycle switch from proliferative- to terminal division in plants
3. 学会等名 Southwest Society for Developmental Biology Meeting (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Visualizing Cellular Decision-Making Process during Plant Epidermal Development
3. 学会等名 National Academy of Sciences Workshoop: Quantum Biology (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiko U. Torii
2. 発表標題 Understanding “Multicellularity” through the lens of a plant
3. 学会等名 Janelia 4D Cellular Physiology Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

5-Adamantyl-IAA has been brought to market by TCI
<https://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/en/news/2021/04/itm5-adamantyl-iaa.php>
合成オーキシン5-Adamantyl-IAAが東京化成工業株式会社から販売が開始されました
<https://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/ja/news/2021/04/itm5-adamantyl-iaa.php>
SPEECHLESS, SCREAM and stomata development
<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/09/190905090939.htm>
植物の気孔はなぜ2つの細胞が穴を囲んだ構造になっているのか？
<http://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/ja/research/2018/05/MUTE-Torii.php>
Why plant stomata has particular lip shape
<http://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/en/research/2018/05/MUTE-Torii.php>
Stomata-the plant pores that give us life ~ arise
<https://www.washington.edu/news/2018/05/07/stomata-the-plant-pores-that-give-us-life-arise-thanks-to-a-gene-called-mute-scientists-report/>
有機化学と合成生物学を駆使して植物ホルモンの作用をハイジャック
<http://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/ja/research/2018/01/bump-and-hole.php>
Lab-made Hormone May Reveal Secret Lives of Plants
<https://www.hhmi.org/news/lab-made-hormone-may-reveal-secret-lives-of-plants>

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
研究分担者	近藤 侑貴 (Kondo Yuki) (70733575)	神戸大学・理学研究科・准教授 (14501)	

	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
研究協力者	下遠野 明恵 (Shimotohno Akie)		
研究協力者	打田 直行 (Uchida Naoyuki)		

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
---------	---------

スウェーデン	スウェーデン農業科学大学			
--------	--------------	--	--	--