

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：17102

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：17H06478

研究課題名(和文)長寿命樹木にみられる幹細胞ゲノムの多様性分析

研究課題名(英文)Analyses of stem cell genomes in long-lived plants

研究代表者

佐竹 暁子(Satake, Akiko)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：70506237

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 55,900,000円

研究成果の概要(和文)：赤道直下に生息する樹齢400年を超える熱帯産樹木Shorea laevisから高品質ゲノムを作成し、1600年代に生じた芽生えから400年かけて蓄積した体細胞変異の検出によって、次世代集団が受ける自然選択や遺伝的浮動の前に生じた突然変異の速度を正確に推定することに成功した。また、樹木はポリADPリボースポリメラーゼ(PARP)のコピー数を多年草や一年草よりも多く持ち、樹木がDNA損傷や病原体の感染から長期間身を守り、生存を維持するのに貢献していることが示唆された。本研究の成果は、植物のDNA修復と寿命の進化の理解への足掛かりとなるものと期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に動物では、生殖細胞と体細胞は発生の初期に分離されるため、体細胞に生じた変異は次世代へ受け継がれず、個体の死とともに集団から消失する。これに対して植物では、体細胞の中でも多能性を永続的に維持する幹細胞に生じた変異は、花粉や胚珠を形作り次世代へ受け継がれる。そのため私達は、体細胞で生じる突然変異は、森林生態系におけるゲノム多様性の創出に寄与する重要なプロセスであると考えている。今後は、本研究を進展させ、集団レベルのゲノム多様性の創出機構の解明に取り組む。

研究成果の概要(英文)：To determine whether stem cell genomes are maintained stably in long-lived organisms, they generated a high-quality genome of Shorea laevis and detected somatic mutations that accumulated over 400 years to accurately estimate the mutation rate prior to natural selection and genetic drift in the next generation population. The number of somatic mutations was shown to increase linearly with growth, and the rate of de novo mutations per base per year was accurately estimated. Detailed analysis of the mutation spectrum showed that mutations caused by DNA damage to UV light were the most abundant (53.1%). Comparative genomic analysis suggested that trees have a higher copy number of poly(ADP-ribose) polymerase (PARP) than perennial and annual plants, contributing to their long-term survival and protection from DNA damage and pathogen infection. These results provide important knowledge in understanding the evolution of DNA repair and lifespan in plants.

研究分野：数理生物学

キーワード：長寿命 樹木 DNA修復 ゲノム 突然変異

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

細胞に格納された DNA は常に複製エラーや紫外線による損傷にさらされているため、同一個体であってもゲノム DNA の体細胞間変異が存在する。ゲノム DNA の体細胞変異の存在は、次世代シーケンサーの出現によって実証可能になってきた。一般に動物では、受精後のわずかな期間にのみ、細胞が全身のすべての細胞を作り得る能力をもつ。それに対して、幹細胞が体内に分散して存在し各器官の自律性を示す植物では、幹細胞の多能性を永続的に維持するため幹細胞に生じた変異は様々な組織に伝搬し、次世代へも受け継がれる。近年、長寿命樹木においてこのゲノム体細胞間変異の蓄積パターンについて、定量的なデータが得られるようになってきた。しかし植物の寿命の長さと言異蓄積量および DNA 修復能力に関係があるのかは、ほとんどわかっていなかった。さらに、温帯と熱帯など DNA 損傷の変異原量の異なる環境では個体内変異蓄積量に顕著な違いがあるのかは未解明のままであった。本研究はこれらの問題の解明に挑戦した。

### 2. 研究の目的

- 1) 東南アジア熱帯林を優占するフタバガキ科、冷温帯に生息するカバノキ科を対象に、樹形構造の分析、異なる枝組織毎に次世代シーケンサーを用いたゲノム DNA 情報の取得、枝間の遺伝的距離と物理的距離の相関分析を進めることによって、同一個体内に存在するゲノムの体細胞間変異を詳細に定量化し、樹形の発達に伴った変異の蓄積パターンを明らかにする。
- 2) DNA 修復遺伝子の発現量の季節変化を種間比較することによって、修復機能が自然条件で発揮されるタイミングを明らかにする。
- 3) 草本から木本までを含む大規模なデータを収集し、網羅的解析を行うことで、樹木のような長寿命の植物がどのような DNA 修復遺伝子を多く持っているのかを明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### 【寿命の異なる樹種からのサンプル採取】

冷温帯と熱帯間での比較を行うにあたり、それぞれの地域で寿命の異なる種を対象にしたサンプル採取を実施した。冷温帯からは北海道雨竜に生息するシラカンバ (*Betula platyphylla*) とダケカンバ (*B. ermanii*) のうち胸高直径が最大から上位 3 個体を選定し新規に伐採し、各枝の芽と年輪板サンプルの採取、各枝長の測定を行った。シラカンバとダケカンバの平均樹高はそれぞれ 19.4m と 19.9m であり種間で相違はなかった。一方で年輪板より樹齢推定を行った結果、シラカンバとダケカンバはそれぞれ平均樹齢が 170 年と 70 年であったため、種間比較に絶好のサンプルを準備することができた。熱帯からはボルネオ島インドネシア領西カリマンタン州に生息するフタバガキ科サラノキ属 3 種 (*Shorea laevis*, *S. johorensis*, *S. leprosula*) を対象に同様に新規に 3 個体ずつ伐採し、各枝の芽と葉の採取および各枝長・胸高直径の測定を行った。年あたりの成長量をもとに樹齢を推定したところ、各樹種の樹高は約 50m と種間での相違はなかったが樹齢は種間で 410 年から 100 年まで大きな違いがみられたため、本研究課題の推進に最適なサンプルとなる。

#### 【個体内変異の検出】

対象種のうち *S. laevis* を用いて、個体あたり 8 サンプルを用いて Illumina HiSeq2500 による 125bp paired-end シーケンスを実施し、サンプルあたり十分なリード数のシーケンスデータを取得した。ゲノム情報のない *S. laevis* においては、PacBio シーケンスと Illumina HiSeq2500 を用いたシーケンスを合わせて実施した。新規に高精度ゲノムを構築し、それを参照にリードデータを BWA を用いてマッピングし、GATK と SAMtools の両方で共通した変異を検出した。

#### 【DNA 修復遺伝子の発現季節変化】

DNA 修復遺伝子の発現を野外環境で調べるために、九州大学伊都キャンパスのブナ科樹木（コナラ、アラカシ、マテバシイ）を対象に行ったフィールドトランスクリプトームデータを分析した。本データは芽と葉組織を2週間に3個体より採取し、カスタム化されたDNAマイクロアレイによって約2万遺伝子の発現量を2年間野外で定量したものである。DNA 損傷応答・修復に関わる152遺伝子の発現量変化を比較した。

#### 【DNA 修復遺伝子の網羅的解析】

植物の遺伝子情報が収集されているデータベース PLAZA を利用して、樹木・多年草・一年草を含む60種以上の植物において121種類のDNA修復に関わる遺伝子ファミリーに含まれるコピー数を網羅的に比較した。

### 4. 研究成果

#### 【個体内変異の検出】

赤道直下に生息する樹齢400年を超える熱帯産樹木 *Shorea laevis* から高品質ゲノムを作成し、1600年代に生じた芽生えから400年かけて蓄積した体細胞変異の検出によって、次世代集団が受ける自然選択や遺伝的浮動の前に生じた突然変異の速度を正確に推定することに成功した。成長とともに体細胞突然変異数が線形に増加することを野外で

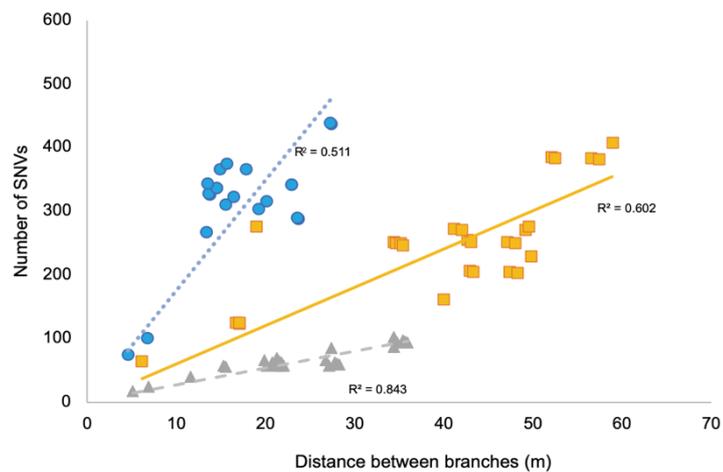


図1: *S. laevis*(3個体)を対象に検出された変異数(SNV数)は枝間の距離に対してプロットした図。枝が分岐し成長するほど変異が多く蓄積される。

初めて示し、この線形増加の関係をもとに新生突然変異率/塩基/年は $1.11 \times 10^{-9}$ と推定された。突然変異スペクトルを詳細に分析すると、紫外線に対するDNA損傷によって引き起こされる変異(C:G

→T:Aへの変異)が最も多く53.1%を占めることが示された。パーミュテーションテストによって、生じた突然変異はゲノム上に偏りなく存在していることから、幹細胞集団内では自然選択が働いておらずほぼ中立である可能性が示唆された。個体内変異に加え、個体間変異を対象に同様の分析を行った結果、ナンセンス変異、ミスセンス変異、サイレント変異のいずれもが負の自然選択を受けていることが確認されました。中でもミスセンス変異の選択圧が最も強く、サイレント変異の選択圧はごくわずかであることが推定されました。この結果は、樹木が数百年かけて成長する中で生じる体細胞変異は全て中立であるが、次世代を作り種子が発芽し成木へと成長する過程で強い選択圧がかかり有害な変異が排除されていることを示唆するものである。

#### 【DNA 修復遺伝子の発現季節変化】

DNA 損傷応答・修復に関わる152遺伝子の発現量変化を分析したところ、アラカシとマテバシイ両方の種において二本鎖DNA切断に応答するATMは7~8月に発現のピークがあるのに対し、一本鎖DNAを生じるDNA損傷に応答するATRは2~3月に最も発現が高いという違いが見られた。

DNA 修復に重要な役割を果たす KU70 および KU80 の発現は、種間で大きく季節応答性が異なっていた。こうした DNA 損傷応答・修復に関わる遺伝子発現の動的変化は、細胞分裂速度の季節性、紫外線や乾燥など外的環境の季節変化に対する応答であると考えられる。

#### 【DNA 修復遺伝子の網羅的解析】

データベースを利用して樹木・多年草・一年草を含む 60 種以上の植物において 121 種類の DNA 修復に関わる遺伝子ファミリーに含まれるコピー数を網羅的に比較した結果、樹木がポリ ADP リボースポリメラーゼ (*PARP*) のコピー数を多年草や一年草よりも多く持っていることを明らかにした (図 2)。*PARP* は動物も植物も共通して保持している遺伝子で、DNA 修復において重要なはたらきを持つだけでなく、病原体などに対する防御にも関わっていることが知られている。樹木における *PARP* コピー数の増加は、樹木が DNA 損傷や病原体の感染から長期間自身を守り、生存を維持するのに貢献していると考えられる。本研究の成果は、植物の DNA 修復と寿命の進化の理解への足掛かりとなるものと期待される。

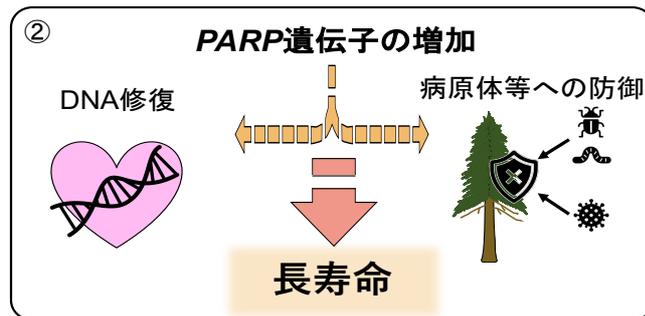
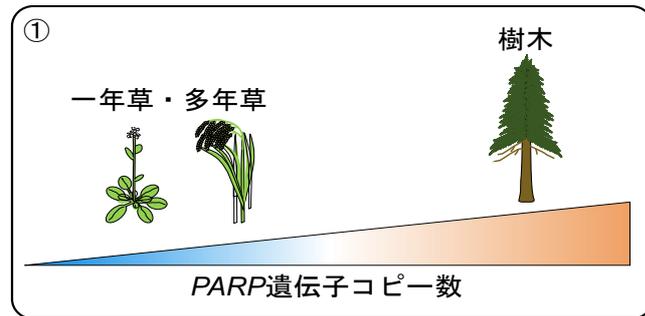


図 2: ①樹木は一年草や多年草に比べて、*PARP* 遺伝子のコピー数が多いことを明らかにした。②樹木における *PARP* 遺伝子の増加は、DNA 修復や病原体に対する防御を通して樹木の長寿命に重要な影響を与えていると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Naoki Tani, Zubaidah Aimi Abdul Hamid, Natra Joseph, Othman Sulaiman, Rokiah Hashim, Takamitsu Arai, Akiko Satake, Toshiaki Kondo, Akihiko Kosugi	4. 巻 10
2. 論文標題 Small temperature variations are a key regulator of reproductive growth and assimilate storage in oil palm ( <i>Elaeis guineensis</i> ).	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific reports	6. 最初と最後の頁 650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-57170-8	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 該当する
1. 著者名 Bogdziewicz M, Ascoli D, Hackett-Pain A, Koenig WD, Pearse I, Pesendorfer M, Satake A, Thomas P, Vacchiano G, Wohlgenuth T, Tanentzap A.	4. 巻 23
2. 論文標題 From theory to experiments for testing the proximate mechanisms of mast seeding: an agenda for an experimental ecology.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecology Letters	6. 最初と最後の頁 210-220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ele.13442. Epub 2019 Dec 19.	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 Sawitri, Naoki Tani, Mohammad Na'iem, Widiyatno, Sapto Indrioko, Kentaro Uchiyama, Rempei Suwa, Kevin Kit Siong Ng, Soon Leong Lee, Yoshihiko Tsumura	4. 巻 11
2. 論文標題 Potential of Genome-Wide Association Studies and Genomic Selection to improve productivity and quality of commercial timber species in tropical rainforest, a case study of <i>Shorea platyclados</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f11020239	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 T Lang, P Abadie, V Leger, T Decourcelle, JM Frigerio, C Burban, C Bodenes, E Guichoux, GL Provost, C Robin, N Tani, P Leger, C Lepoittevin, VAE Mujtar, F Hubert, J Tibbits, J Paiva, A Franc, F Raspail, S Mariette, MP Reviron, C Plomion, A Kremer, ML Desprez-Loustau, P Garnier-Gere	4. 巻 1
2. 論文標題 High-quality SNPs from genic regions highlight introgression patterns among European white oaks ( <i>Quercus petraea</i> and <i>Q. robur</i> )	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 1-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/388447	査読の有無 無
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 陶山佳久	4. 巻 8
2. 論文標題 森林遺伝育種学的研究におけるMIG-seq法の利用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 森林遺伝育種	6. 最初と最後の頁 85-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32135/fgtb.8.2_85	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 Ohara T, Hearn T, Webb, A, Satake A	4. 巻 457
2. 論文標題 Gene regulatory network models in response to sugars in the plant circadian system.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 137-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2018.08.020	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 Yu Yun Chen; Akiko Satake; I Fang Sun; Yoshiko Kosugi; Makoto Tani; Shinya Numata; Stephen P. Hubbell; Christine Fletcher; Md. Noor Nur Supardi; S. Joseph Wright	4. 巻 106
2. 論文標題 Species-specific flowering cues among general flowering Shorea species at the Pasoh Research Forest, Malaysia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Ecology	6. 最初と最後の頁 586-598
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2745.12836	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 Ai Nagahama; Yasuhiro Kubota; Akiko Satake	4. 巻 33
2. 論文標題 Climate warming shortens flowering duration: a comprehensive assessment of plant phenological responses based on gene expression analyses and mathematical modeling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 1059 - 1068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-018-1625-x	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 Alex A.R. Webb; Motohide Seki; Akiko Satake; Camila Caldana	4. 巻 10
2. 論文標題 Continuous dynamic adjustment of the plant circadian oscillator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature communications	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-08398-5	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 Akiko Satake; Kazutaka Kawatsu; Yukako Chiba; Keiko Kitamura; Qingmin Han	4. 巻 61
2. 論文標題 Synchronized expression of FLOWERING LOCUS T between branches underlies mass flowering in <i>Fagus crenata</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 5-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1438-390X.1010	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 Satake A.; Chen Y-Y, Fletcher C.; Kosugi Y	4. 巻 34
2. 論文標題 Drought and cool temperature cue general flowering synergistically in the aseasonal tropical forests of Southeast Asia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 40-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.1012	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 Satake A; Kawatsu K; Teshima K; Kabeya D; Han Q	4. 巻 9
2. 論文標題 Field transcriptome revealed a novel relationship between nitrate transport and flowering in Japanese beech	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-39608-1	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 -

1. 著者名 Akiko Satake, Kaoru Kitajima	4. 巻 34
2. 論文標題 Phenology in the tropics: physiological controls revealed by long-term monitoring and predictive models	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 18-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.1143	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 Ohara Takayuki, Satake Akiko	4. 巻 8
2. 論文標題 Photosynthetic Entrainment of the Circadian Clock Facilitates Plant Growth under Environmental Fluctuations: Perspectives from an Integrated Model of Phase Oscillator and Phloem Transportation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2017.01859	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 Seki Motohide, Ohara Takayuki, Hearn Timothy J., Frank Alexander, da Silva Viviane C. H., Caldana Camila, Webb Alex A. R., Satake Akiko	4. 巻 7
2. 論文標題 Adjustment of the Arabidopsis circadian oscillator by sugar signalling dictates the regulation of starch metabolism	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-08325-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 該当する

1. 著者名 Miyazaki Yuko, Satake Akiko	4. 巻 32
2. 論文標題 Relationship between seasonal progression of floral meristem development and FLOWERING LOCUS T expression in the deciduous tree Fagus crenata	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 627 ~ 631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11284-017-1462-3	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 Saeki Ikuyo, Niwa Shigeru, Osada Noriyuki, Hyodo Fujio, Ohta Tamihisa, Oishi Yoshitaka, Hiura Tsutom	4. 巻 127
2. 論文標題 Adaptive significance of arboreality: field evidence from a tree-climbing land snail	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Animal Behaviour	6. 最初と最後の頁 53 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.anbehav.2017.02.022	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 Lee Jin, Nakamura Masahiro, Hiura Tsutom	4. 巻 11
2. 論文標題 Does large-scale N fertilization have time-delayed effects on insects community structure by changing oak quantity and quality?	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Arthropod-Plant Interactions	6. 最初と最後の頁 515 ~ 523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11829-016-9485-1	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 Oguchi Riichi, Hiura Tsutom, Hikosaka Kouki	4. 巻 37
2. 論文標題 The effect of interspecific variation in photosynthetic plasticity on 4-year growth rate and 8-year survival of understorey tree seedlings in response to gap formations in a cool-temperate deciduous forest	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tree Physiology	6. 最初と最後の頁 1113 ~ 1127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/treephys/tpx042	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 Oishi Yoshitaka, Hiura Tsutom	4. 巻 167
2. 論文標題 Bryophytes as bioindicators of the atmospheric environment in urban-forest landscapes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Landscape and Urban Planning	6. 最初と最後の頁 348 ~ 355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.landurbplan.2017.07.010	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 -

1. 著者名 Muller Astrid、Miyazaki Yuzo、Tachibana Eri、Kawamura Kimitaka、Hiura Tsutom	4. 巻 7
2. 論文標題 Evidence of a reduction in cloud condensation nuclei activity of water-soluble aerosols caused by biogenic emissions in a cool-temperate forest	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-08112-9	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 Osada Noriyuki、Hiura Tsutom	4. 巻 185
2. 論文標題 How is light interception efficiency related to shoot structure in tall canopy species?	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oecologia	6. 最初と最後の頁 29 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00442-017-3926-0	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 -

〔学会発表〕 計40件 (うち招待講演 16件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 フィールドトランスクリプトームから明らかとなる植物の環境応答
3. 学会等名 第8回 九州山口沖縄リズム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Comparative field transcriptomics in trees
3. 学会等名 International Symposium: Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Aoyagi, Satoki Sakai
2. 発表標題 Low mutation rates promote the evolution of advantageous traits: simulation analyses
3. 学会等名 International Symposium: Principles of pluripotent stem cells underlying plant vitality (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Flowering Season in Aseasonal Tropical Rain Forests
3. 学会等名 Clocks in Model Organisms: Circadian Networks, Physiology and Health (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Unravelling flowering phenology shift under climate warming by field transcriptome
3. 学会等名 SEB 's Annual Meeting in Seville, Spain (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Testing the environmental prediction hypothesis for general flowering using flowering phenology data monitored at the Pasoh Forest Reserve in Malaysia
3. 学会等名 56th Annual meeting of the ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Phase response of plant circadian clocks leads to robust metabolic rhythms under seasonal variations in day length
3. 学会等名 Forum Math-for Industry 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 遺伝子発現によるフェノロジー研究
3. 学会等名 第51回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青柳優太, 楠見淳子, 佐竹暁子
2. 発表標題 一年草・多年草・樹木間でDNA修復能力に違いがあるか? : DNA修復遺伝子コピー数比較による分析
3. 学会等名 第51回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Aoyagi, Junko Kusumi, Akiko Satake
2. 発表標題 Why do trees live so long time? Comparative analyses of DNA repair genes across plants
3. 学会等名 British ecological society annual meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青柳優太, 楠見淳子, 佐竹暁子
2. 発表標題 一年草・多年草・樹木間でDNA修復能力に違いがあるか? : DNA修復遺伝子コピー数比較
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sawitri
2. 発表標題 Potential of Genome Wide Association Studies and Genomic Prediction of Shorea platyclados, an Important Timber Tree Species in Southeast Asia
3. 学会等名 森林遺伝育種学会第8回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Tani
2. 発表標題 Genome wide association study approach for tropical timber species to enhance productivity through enrichment planting
3. 学会等名 A conference by Association Tropical Biology and Conservation, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sawitri
2. 発表標題 GENOMIC PREDICTION OF GROWTH AND WOOD TRAITS OF Shorea platyclados, A COMMERCIAL TIMBER IN SOUTHEAST ASIA
3. 学会等名 第131回日本森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林正樹
2. 発表標題 フタバガキ科苗木における乾燥応答
3. 学会等名 第131回日本森林学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 陶山佳久、松尾歩、佐藤光彦、廣田峻
2. 発表標題 改良されたMIG-seq法の概要
3. 学会等名 日本生態学会第67回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Flowering in Trees
3. 学会等名 2018 Society for Research on Biological Rhythms (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Assessment of plant phenological responses in the tropics based on gene expression analyses and mathematical modeling
3. 学会等名 ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Unravelling molecular basis for masting using transcriptome analysis and mathematical modeling
3. 学会等名 2018 Annual Meeting of the Society for Mathematical Biology and the Japanese Society for Mathematical Biology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Field transcriptome revealed a novel relationship between nitrate transport and flowering in Japanese beech
3. 学会等名 6th Taiwan-Japan Ecology workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 温暖化環境における植物の開花：エピジェネティック制御モデルによる予測と実証
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青柳優太
2. 発表標題 突然変異率の進化を説明する数理モデル
3. 学会等名 新学術領域研究「植物多能性幹細胞」第二回若手ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 Predicting when trees in tropical rain forests bloom
3. 学会等名 Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences Program (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 フィールドトランスクリプトーム解析から明らかとなる樹木の季節応答と適応
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤崎祐太
2. 発表標題 ブナ科植物における開花遺伝子の種間比較と発現分析
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Kobayashi
2. 発表標題 Morphological, physiological and transcriptomic analyses of stem growth in a tropical timber tree species, <i>Shorea leprosula</i>
3. 学会等名 42nd New Phytologist Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Tani
2. 発表標題 Forest reproductive materials transfer guideline of important tropical trees, and adopted for planting activities in Southeast Asia
3. 学会等名 4th International Congress on Planted Forests ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Tani
2. 発表標題 Fine-scale genetic differentiation causes uneven fitness among seedlings in a dipterocarp species
3. 学会等名 A conference by Association Tropical Biology and Conservation, 2018 ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sawitri
2. 発表標題 Analysis of genetic diversity for S.platyclados, an important timber species in Southeast Asia
3. 学会等名 第130回日本森林学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Kobayashi
2. 発表標題 Regulation of leaf flushing of dipterocarps in aseasonal Southeast Asia
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 陶山佳久
2. 発表標題 森林遺伝育種学的研究のためのMIG-seq ( multiplexed ISSR genotyping by sequencing ) 法の開発
3. 学会等名 森林遺伝育種学会第7回大会 ( 招待講演 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 陶山佳久、松尾歩、廣田峻
2. 発表標題 MIG-seq法：次世代シーケンサーを用いた手軽なゲノムワイド塩基配列分析
3. 学会等名 日本DNA多型学会第27回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 陶山佳久
2. 発表標題 MIG-seq法：次世代シーケンサーを用いた手軽なゲノムワイド塩基配列分析
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度東京大会 ( 招待講演 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 Mass flowering in tropical rain forests in Southeast Asia
3. 学会等名 第24回日本時間生物学会学術大会 ( 招待講演 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Flowering phenology of seasonal and aseasonal forests
3. 学会等名 Taiwan Japan 2017 Plant Biology Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐竹暁子
2. 発表標題 森が色めく季節を遺伝子発現から知る
3. 学会等名 京都賞2017記念シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akiko Satake
2. 発表標題 Unravelling molecular basis for masting using transcriptome analysis
3. 学会等名 日本生態学会第65年全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihisa Suyama, Gustavo M Mori, Chika Mitsuyuki, Yoshihiro Tsunamoto
2. 発表標題 MIG-seq: efficient PCR-based method for genome-wide sequencing using NGS
3. 学会等名 XIX International Botanical Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihisa Suyama
2. 発表標題 MIG-seq: an efficient PCR-based method for genome-wide genotypin
3. 学会等名 IUFRO 2017 Genetics & Genomics of Fagaceae (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 陶山佳久
2. 発表標題 森林生態・遺伝育種学的研究のための分子生物学的分析手法の開発と普及
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Satake A	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer Nature Switzerland AG	5. 総ページ数 171-194
3. 書名 Mathematical Modelling in Plant Biology (Morris RJ ed.)	

〔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
研究 分担者	陶山 佳久  (Suyama Yoshihisa)  (60282315)	東北大学・農学研究科・教授   (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	谷 尚樹  (Tani Naoki)  (90343798)	国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・林業領域・主任研究員    (82104)	

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