

植物新種誕生の原理

-生殖過程の鍵と鍵穴の分子実態解明を通じて-

領域番号：3806

平成28年度～令和2年度

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）

（新学術領域研究（研究領域提案型））

研究成果報告書

令和5年5月8日

領域代表者 東山 哲也

名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授

はしがき

平成 28 年度-令和 4 年度に実施された文部科学省科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)「植物新種誕生の原理～生殖過程の鍵と鍵穴の分子実態解明を通じて～」では、5 年間にわたる計画研究 7 課題に加え、2017 年度から 2 年間は 19 課題、2019 年から 2 年間はのべ 22 課題の公募研究による強力な布陣で、「植物の新種誕生を巡る原理」を探求した。本領域があつてこそ生まれた活発な共同研究、異分野融合研究を拡大・発展させることで、植物生殖過程の「鍵と鍵穴」の分子実態を解き明かす新しい知見、研究成果が数多く発表された。さらに、コアテクノロジーとして領域が提供してきた我が国が誇る 4 つの最先端技術(ライブセルイメージング、有機合成化学、構造生物学、情報科学)に加え、分子生物学、集団遺伝学、分子進化学、生命情報科学など多様な視点を持つ研究者が集結し、これまでの学術領域の垣根を超えた新しい研究が数多く展開できた。

研究組織

領域代表者

東山 哲也(名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)

(総括班)

研究代表者 東山 哲也(名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)

研究分担者 辻 寛之(横浜市立大学・木原生物学研究所・准教授)

研究分担者 高山 誠司(東京大学大学院・農学生命科学研究科・教授)

研究分担者 上口 美弥子(名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・教授)

研究分担者 瀬々 潤(産業技術総合研究所・人工知能研究センター・研究チーム長)

研究分担者 渡辺 正夫(東北大学大学院・生命科学研究科・教授)

研究分担者 木下 哲(横浜市立大学・木原生物学研究所・教授)

研究協力者 Bode Jeffrey(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)

研究協力者 伊丹 健一郎(名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)

研究協力者 山口 茂弘(名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)

研究協力者 諏訪部 圭太(三重大学・生物資源学研究科・准教授)

研究協力者 清水 健太郎(横浜市立大学・木原生物学研究所・客員教授)

研究協力者 永江 峰幸(名古屋大学・シンクロトロン光研究センター・助教)

(国際活動支援班)

研究代表者 東山 哲也 (名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)
研究分担者 辻 寛之 (横浜市立大学・木原生物学研究所・准教授)
研究分担者 瀬々 潤 (産業技術総合研究所・人工知能研究センター・研究チーム長)
研究分担者 渡辺 正夫 (東北大学大学院・生命科学研究科・教授)
研究分担者 木下 哲 (横浜市立大学・木原生物学研究所・教授)
研究協力者 高山 誠司 (東京大学大学院・農学生命科学研究科・教授)
研究協力者 上口 美弥子 (名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・教授)
研究協力者 Bode Jeffrey (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)
研究協力者 諏訪部 圭太 (三重大学・生物資源学研究科・准教授)
研究協力者 清水 健太郎 (横浜市立大学・木原生物学研究所・客員教授)

計画研究

(東山班)

研究代表者 東山 哲也 (名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)
研究分担者 金岡 雅浩 (名古屋大学・理学(系)研究科(研究院)・講師)
研究分担者 Bode Jeffrey (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)
研究分担者 吉田 大和 (東京大学・大学院理学系研究科・准教授)
研究協力者 伊丹 健一郎 (名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)
研究協力者 山口 茂弘 (名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・教授)
研究協力者 佐藤 綾人 (名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・特任准教授)

(辻班)

研究代表者 辻 寛之 (横浜市立大学・木原生物学研究所・准教授)
研究分担者 坂 智広 (横浜市立大学・木原生物学研究所・教授)

(高山班)

研究代表者 高山 誠司 (東京大学大学院・農学生命科学研究科・教授)
研究協力者 藤井 壮太 (東京大学大学院・農学生命科学研究科・助教)
研究協力者 村瀬 浩司 (東京大学大学院・農学生命科学研究科・特任准教授)
研究協力者 久保 健一 (東京大学大学院・農学生命科学研究科・特任助教)

(上口班)

研究代表者 上口 美弥子 (名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・教授)
研究分担者 松岡 信 (名古屋大学・生物機能開発利用研究センター・教授)
研究分担者 澤崎 達也 (愛媛大学・プロテオサイエンスセンター・教授)
研究分担者 永江 峰幸 (名古屋大学・シンクロトロン光研究センター・助教)

(瀬々班)

研究分担者 瀬々 潤 (産業技術総合研究所・人工知能研究センター・研究チーム長)
研究分担者 清水 健太郎 (横浜市立大学・木原生物学研究所・客員教授)
孫 建強 (農業・食品産業技術総合研究機構・農業情報研究センター・主任研究員)

(渡辺班)

研究代表者 渡辺 正夫 (東北大学大学院・生命科学研究科・教授)
研究分担者 鈴木 剛 (大阪教育大学・教育学部・教授)
研究分担者 諏訪部 圭太 (三重大学・生物資源学研究科・准教授)

(木下班)

研究代表者 木下 哲 (横浜市立大学・木原生物学研究所・教授)
研究分担者 吉田 健太郎 (神戸大学・大学院農学研究科・准教授)
研究分担者 赤木 剛士 (京都大学, 農学研究科, 助教)
研究協力者 河邊 昭 (京都産業大学・総合生命科学部・准教授)
研究協力者 大西 孝幸 (宇都宮大学・地域連携教育研究センター・特任准教授)

公募研究

研究代表者 池田 美穂 (埼玉大学大学院・理工学研究科・准教授)
研究代表者 井川 智子 (千葉大学・園芸学研究科・助教)
研究代表者 土松 隆志 (千葉大学大学院・理学研究院・准教授)
研究代表者 岩崎 涉 (東京大学大学院・理学系研究科・准教授)
研究代表者 宮川 拓也 (東京大学大学院・農学生命科学研究科・特任准教授)
研究代表者 児嶋 長次郎 (横浜国立大学・工学研究院・教授)
研究代表者 西川 周一 (新潟大学・自然科学系・教授)

研究代表者 植田 美那子（名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・講師）
 研究代表者 多喜 正泰（名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・准教授）
 研究代表者 西村 芳樹（京都大学・大学院理学研究科・助教）
 研究代表者 山岡 尚平（京都大学・大学院生命科学研究科・助教）
 研究代表者 宅見 薫雄（神戸大学・大学院農学研究科・教授）
 研究代表者 伊藤 寿朗（奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科・教授）
 研究代表者 岡本 龍史（首都大学東京・理工学研究科・教授）
 研究代表者 丸山 大輔（横浜市立大学・木原生物学研究所・助教）
 研究代表者 矢野 健太郎（明治大学・農学部・教授）
 研究代表者 野々村 賢一（国立遺伝学研究所・准教授）
 研究代表者 海老根 一生（基礎生物学研究所・助教）
 研究代表者 川勝 泰二（農業・食品産業技術総合研究機構・上級研究員）
 研究代表者 赤木 剛士（岡山大学・環境生命科学研究科・准教授）
 研究代表者 小牧 伸一郎（奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教）
 研究代表者 久保田 茜（奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教）

交付決定額（配分額）

年度	合計	直接経費	間接経費
平成 28 年度	316,680,000 円	243,600,000 円	73,080,000 円
平成 29 年度	315,900,000 円	243,000,000 円	72,900,000 円
平成 30 年度	312,910,000 円	240,700,000 円	72,210,000 円
令和元年度	318,630,000 円	245,100,000 円	73,530,000 円
令和 2 年度	311,090,000 円	239,300,000 円	71,790,000 円
総計	1,575,210,000 円	1,211,700,000 円	363,510,000 円

研究発表

雑誌論文

合計 373 報 国際誌特集号 3 企画。下記には代表的な論文を中心に班ごとに整理して示した。研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、corresponding author には左に*印を付した。

計画・東山

1. Susaki D, Suzuki T, Maruyama D, Ueda M, *Higashiyama T, *Kurihara D. Dynamics of the cell fate specifications during female gametophyte development in *Arabidopsis*. *PLoS Biol.* 19, e3001123. (2021) (丸山班との共同研究)
2. *Notaguchi M, Kurotani KI, Sato Y, Tabata R, Kawakatsu Y, Okayasu K, Sawai Y, Okada R, Asahina M, Ichihashi Y, Shirasu K, Suzuki T, Niwa M, Higashiyama T. Cell-cell adhesion in plant grafting is facilitated by β -1,4-glucanases. *Science* 369, 698-702. (2020)
3. Borg M, Jacob Y, Susaki D, LeBlanc C, Buendía D, Axelsson E, Kawashima T, Voigt P, Boavida L, Becker J, Higashiyama T, Martienssen R, *Berger F. Targeted reprogramming of H3K27me3 resets epigenetic memory in plant paternal chromatin. *Nat. Cell. Biol.* 22, 621-629. (2020)
4. Kawamoto N, Del Carpio DP, Hofmann A, Mizuta Y, Kurihara D, Higashiyama T, Uchida N, Torii KU, Colombo L, Groth G, *Simon R. A Peptide Pair Coordinates Regular Ovule Initiation Patterns with Seed Number and Fruit Size. *Curr. Biol.* 30, 4352-4361.e4. (2020)
5. Mabuchi K, Maki H, Itaya T, Suzuki T, Nomoto M, Sakaoka S, Morikami A, Higashiyama T, Tada Y, Busch W, *Tsukagoshi H. MYB30 links ROS signaling, root cell elongation, and plant immune responses. *PNAS* 115, E4710-E4719. (2018)
6. *Sankaranarayanan S, *Higashiyama T. Capacitation in Plant and Animal Fertilization. *Trends Plant Sci.* 23, 129-139. (2018)
7. *Higashiyama T. Plant Reproduction: Autocrine Machinery for the Long Journey of the Pollen Tube. *Curr. Biol.* 28, R266-R269. (2018)
8. Zhao X, Bramsiepe J, Van Durme M, Komaki S, Prusicki MA, Maruyama D, Forner J, Medzihradzky A, Wijnker E, Harashima H, Lu Y, Schmidt A, Guthörl D, Logroño RS, Guan Y, Pochon G, Grossniklaus U, Laux T, Higashiyama T, Lohmann JU, Nowack MK, *Schnittger A. RETINOBLASTOMA RELATED1 mediates germline entry in *Arabidopsis*. *Science* 356, 396-403. (2017) (丸山班との共同研究)
9. *Higashiyama T. Pollen tube navigation can inspire microrobot design *Sci. Robot.* 2, eaao1891. (2017)
10. Zhang X, Liu W, Nagae T, Takeuchi H, Zhang H, *Han Z, *Higashiyama T, *Chai J. Structural basis for receptor recognition of pollen tube attraction peptides. *Nat. Commun.* 8, 1331. (2017)
11. Luo N, Yan A, Liu G, Guo J, Rong D, Kanaoka M, Xiao Z, Xu G, Higashiyama T, Cui X, *Yang Z. Exocytosis-coordinated mechanisms for tip growth underlie pollen tube growth guidance. *Nat.*

Commun. 8, 1687. (2017)

12. *Kasahara RD, *Notaguchi M, Nagahara S, Suzuki T, Susaki D, Honma Y, Maruyama D, Higashiyama T. Pollen tube contents initiate ovule enlargement and enhance seed coat development without fertilization. *Science advances* 2, e1600554. (2016) (丸山班との共同研究)

計画・辻

1. Nagai K, Mori Y, Ishikawa S, Furuta T, Gamuyao R, Niimi Y, Hobo T, Fukuda M, Kojima M, Takebayashi Y, Fukushima A, Himuro Y, Kobayashi M, Ackley W, Hisano H, Sato K, Yoshida A, Wu J, Sakakibara H, Sato Y, Tsuji H, Akagi T, *Ashikari M. Antagonistic regulation of the gibberellic acid response during stem growth in rice. *Nature* 584, 109-114. (2020) (赤木班との共同研究)
2. Higo A, Saihara N, Miura F, Higashi Y, Yamada M, Tamaki S, Ito T, Tarutani Y, Sakamoto T, Fujiwara M, Kurata T, Fukao Y, Moritoh S, Terada R, Kinoshita T, Ito T, Kakutani T, Shimamoto K, *Tsuji H. DNA methylation is reconfigured at the onset of reproduction in rice shoot apical meristem. *Nat. Commun.* 11, 4079. (2020)

計画・高山

1. *Fujii S, *Takayama S. Expanding the RNase world. *Nature Plants* 6, 53-54. (2020)
2. Fujii S, Shimosato-Asano H, Kakita M, Kitanishi T, Iwano M, *Takayama S. Parallel evolution of dominant pistil-side self-incompatibility suppressors in *Arabidopsis*. *Nat. Commun.* 11, 1404. (2020)
3. *Fujii S, Tsuchimatsu T, Kimura Y, Ishida S, Tangpranomkorn S, Shimosato-Asano H, Iwano M, Furukawa S, Itoyama W, Wada Y, Shimizu KK, *Takayama S. A stigmatic gene confers interspecies incompatibility in the Brassicaceae. *Nature Plants* 5, 731-741. (2019) (瀬々班、土松班との共同研究)
4. Hirano Y, Nakagawa M, Suyama T, Murase K, Shirakawa M, Takayama S, Sun TP, *Hakoshima T. (2017) Structure of the SHR-SCR heterodimer bound to the BIRD/IDD transcriptional factor JKD. *Nat. Plants*, 3, 17010.
5. Fujii S, Kubo K, * Takayama S. Non-self- and self-recognition models in plant self-incompatibility. *Nat. Plants*, 2, 16130. (2016)
6. Yasuda S, Wada Y, Kakizaki T, Tarutani Y, Miura-Uno E, Murase K, Fujii S, Hioki T, Shimoda T, Takada Y, Shiba H, Takasaki-Yasuda T, Suzuki G, *Watanabe M, *Takayama S. A complex dominance hierarchy is controlled by polymorphism of small RNAs and their targets. *Nat. Plants*, 3, 16206. (2016) (渡辺班との共同研究)

計画・上口

1. Takehara S, Sakuraba S, Mikami B, Yoshida H, Yoshimura H, Itoh A, Endo M, Watanabe N, Nagae T, Matsuoka M, *Ueguchi-Tanaka M. A common allosteric mechanism regulates

- homeostatic inactivation of auxin and gibberellin. *Nat. Commun.* 11, 2143. (2020)
2. Yano K, Morinaka Y, Wang F, Huang P, Takehara S, Hirai T, Ito A, Koketsu E, Kawamura M, Kotake K, Yoshida S, Endo M, Tamiya G, Kitano H, Ueguchi-Tanaka M, Hirano K, *Matsuoka M. GWAS with principal component analysis identifies a gene comprehensively controlling rice architecture. *PNAS* 116, 21262-21267. (2019)
 3. Wang F, *Matsuoka M. Improved nutrient use gives cereal crops a boost. *Nature* 560, 563-564. (2018)
 4. Yoshida H, Tanimoto E, Hirai T, Miyanoiri Y, Mitani R, Kawamura M, Takeda M, Takehara S, Hirano K, Kainosho M, Akagi T, Matsuoka M, *Ueguchi-Tanaka M. Evolution and diversification of the plant gibberellin receptor *GID1*. *PNAS* 115, E7844-E7853. (2018)
 5. Nemoto K, Ramadan A, Arimura GI, Imai K, Tomii K, Shinozaki K, *Sawasaki T. Tyrosine phosphorylation of the GARU E3 ubiquitin ligase promotes gibberellin signalling by preventing *GID1* degradation. *Nat. Commun.* 8, 1004. (2017)
 6. Yano, K., *Yamamoto, E., Aya, K., Takeuchi, H., Lo, PC., Hu, L., Yamasaki, M., Yoshida, S., Kitano, H., Hirano, K., *Matsuoka, M. Genome-wide association study using whole-genome sequencing rapidly identifies new genes influencing agronomic traits in rice. *Nature Genetics*. 48, 927-934. (2016)

計画・瀬々

1. Walkowiak S, ...Sese J...Shimizu KK, et al. (著者 97 人中 57 人目, 87 人目) Multiple wheat genomes reveal global variation in modern breeding. *Nature* 588, 277-283. (2020) (辻班との共同研究)
2. Tsuchimatsu T, Kakui H, Yamazaki M, Marona C, Tsutsui H, Hedhly A, Meng D, Sato Y, Städler T, Grossniklaus U, Kanaoka MM, Lenhard M, Nordborg M, *Shimizu KK. Adaptive reduction of male gamete number in the selfing plant *Arabidopsis thaliana*. *Nat. Commun.* 11, 2885. (2020) (土松班との共同研究)
3. Kuo TCY, Hatakeyama M, Tameshige T, Shimizu KK, *Sese J. Homeolog expression quantification methods for allopolyploids. *Brief. Bioinformatics*, 21(2), 395–407. (2020)
4. *Song YH, Kubota A, Kwon MS, Covington MF, Lee N, Taagen ER, Laboy Cintrón D, Hwang DY, Akiyama R, Hodge SK, Huang H, Nguyen NH, Nusinow DA, Millar AJ, Shimizu KK, *Imaizumi T. Molecular basis of flowering under natural long-day conditions in *Arabidopsis*. *Nature Plants* 4, 824-835. (2018)
5. *Paape T, Briskine RV, Halstead-Nussloch G, Lischer HEL, Shimizu-Inatsugi R, Hatakeyama M, Tanaka K, Nishiyama T, Sabirov R, Sese J, *Shimizu KK. Patterns of polymorphism and selection in the subgenomes of the allopolyploid *Arabidopsis kamchatica*. *Nat. Commun.* 9, 3909. (2018)
6. *Oki S, Ohta T, Shioi G, Hatanaka H, Ogasawara O, Okuda Y, Kawaji H, Nakaki R, Sese J, *Meno C. ChIP-Atlas: a data-mining suite powered by full integration of public ChIP-seq data.

EMBO reports 19, e46255. (2018)

7. *Gan X, ...Shimizu KK et al. (著者 31 人中 21 人目) The Cardamine hirsuta genome offers insight into the evolution of morphological diversity. *Nature Plants* 2, 16167. (2016)
8. Paape T, Hatakeyama M, Shimizu-Inatsugi R, Cereghetti T, Onda Y, Kenta T, Sese J, *Shimizu KK. Conserved but Attenuated Parental Gene Expression in Allopolyploids: Constitutive Zinc Hyperaccumulation in the Allotetraploid *Arabidopsis kamchatica*. *Mol. Biol. Evol.* 33, 2781-2800. (2016)

計画・渡辺

1. Takada Y, Murase K, Shimosato-Asano H, Sato T, Nakanishi H, Suwabe K, Shimizu KK, Lim YP, Takayama S, *Suzuki G, *Watanabe M. Duplicated pollen-pistil recognition loci control intraspecific unilateral incompatibility in *Brassica rapa*. *Nat. Plants*, 3, 17096. (2017) (瀬々班、高山班との共同研究)
2. Rabiger DS, Taylor JM, Spriggs A, Hand ML, Henderson ST, Johnson SD, Oelkers K, Hrmova M, Saito K, Suzuki G, Mukai Y, Carroll BJ, *Koltunow AMG Generation of an integrated Hieracium genomic and transcriptomic resource enables exploration of small RNA pathways during apomixis initiation. *BMC Biol.*, 14, 86. (2016)

計画・木下

1. Tonosaki K, Ono A, Kunisada M, Nishino M, Nagata H, Sakamoto S, Kijima ST, Furuumi H, Nonomura KI, Sato Y, Ohme-Takagi M, Endo M, Comai L, Hatakeyama K, Kawakatsu T, *Kinoshita T. Mutation of the imprinted gene OsEMF2a induces autonomous endosperm development and delayed cellularization in rice. *Plant Cell* 33, 85-103. (2021) (川勝班、野々村班との共同研究)
2. *Kinoshita T. A parental tug-of-war. *Nature Plants* 4, 329-330. (2018)
3. *Akagi T, Henry IM, Ohtani H, Morimoto T, Beppu K, Kataoka I, Tao R. A Y-Encoded Suppressor of Feminization Arose via Lineage-Specific Duplication of a Cytokinin Response Regulator in Kiwifruit. *Plant Cell* 30, 780-795. (2018)
4. Frost JM, Kim MY, Park GT, Hsieh PH, Nakamura M, Lin SJH, Yoo H, Choi J, Ikeda Y, *Kinoshita T, *Choi *Y, Zilberman D, *Fischer RL. FACT complex is required for DNA demethylation at heterochromatin during reproduction in *Arabidopsis*. *PNAS* 115, E4720-E4729. (2018)
5. *Akagi T, Henry, M. I., Ohtani, H., Morimoto, T., Beppu, K., Kataoka, I., Tao, R. The Y-encoded suppressor of feminization in kiwifruit arose via lineage-specific duplication of a cytokinin response regulator. *Plant Cell* accepted, accepted. (2018)
6. *Hosaka A, Saito R, Takashima K, Sasaki T, Fu Y, Kawabe A, Ito T, Toyoda A, Fujiyama A, Tarutani Y, *Kakutani T. Evolution of sequence-specific anti-silencing systems in *Arabidopsis*. *Nat. Commun.* 8, 2161. (2017)

7. *Akagi T, Henry IM, Kawai T, Comai L, Tao R. Epigenetic Regulation of the Sex Determination Gene MeGI in Polyploid Persimmon. *Plant Cell* 28, 2905-2915. (2016)
8. Piskurewicz U, Iwasaki M, Susaki D, Megies C, Kinoshita T, *Lopez-Molina L. Dormancy-specific imprinting underlies maternal inheritance of seed dormancy in *Arabidopsis thaliana*. *eLife* 5, e19573. (2016)

公募・土松

1. Tsuchimatsu T, Kakui H, Yamazaki M, Marona C, Tsutsui H, Hedhly A, Meng D, Sato Y, Städler T, Grossniklaus U, Kanaoka MM, Lenhard M, Nordborg M, *Shimizu KK. Adaptive Reduction of Male Gamete Number in a Selfing Species *Nat. Commun.* 8;11(1):2885. (2018) (瀬々班との共同研究)
2. Ariga H, Katori T, Tsuchimatsu T, Hirase T, Tajima Y, Parker JE, Alcázar R, Koornneef M, Hoekenga O, Lipka AE, Gore MA, Sakakibara H, Kojima M, Kobayashi Y, Iuchi S, Kobayashi M, Shinozaki K, Sakata Y, Hayashi T, Saijo Y, *Taji T. NLR locus-mediated trade-off between abiotic and biotic stress adaptation in *Arabidopsis*. *Nature Plants* 3, 17072. (2017)
3. Novikova PY, Tsuchimatsu T, Simon S, Nizhynska V, Voronin V, Burns R, Fedorenko OM, Holm S, Säll T, Prat E, Marande W, Castric V, *Nordborg M. Genome Sequencing Reveals the Origin of the Allotetraploid *Arabidopsis suecica*. *Mol. Biol. Evol.* 34, 957-968. (2017)
4. Tsuchimatsu T, Goubet PM, Gallina S, Holl AC, Fobis-Loisy I, Bergès H, Marande W, Prat E, Meng D, Long Q, Platzer A, Nordborg M, Vekemans X, *Castric V. Patterns of Polymorphism at the Self-Incompatibility Locus in 1,083 *Arabidopsis thaliana* Genomes. *Mol. Biol. Evol.* 34, 1878-1889. (2017)
5. Durvasula A, Fulgione A, Gutaker RM, Alacakaptan SI, Flood PJ, Neto C, Tsuchimatsu T, Burbano HA, Picó FX, Alonso-Blanco C, *Hancock AM. African genomes illuminate the early history and transition to selfing in *Arabidopsis thaliana*. *PNAS* 114, 5213-5218. (2017)

公募・岩崎

1. Matsui M, *Iwasaki W. Graph Splitting: A Graph-Based Approach for Superfamily-Scale Phylogenetic Tree Reconstruction. *Syst. Biol.* 69, 265-279. (2020)
2. Kumagai Y, *Yoshizawa S, Nakajima Y, Watanabe M, Fukunaga T, Ogura Y, Hayashi T, Oshima K, Hattori M, Ikeuchi M, Kogure K, DeLong EF, *Iwasaki W. Solar-panel and parasol strategies shape the proteorhodopsin distribution pattern in marine Flavobacteriia. *ISME J.* 12, pages1329–1343. (2018)

公募・宮川

1. Furihata H, Yamanaka S, Honda T, Miyauchi Y, Asano A, Shibata N, Tanokura M, Sawasaki T, *Miyakawa T. Structural bases of IMiD selectivity that emerges by 5-hydroxythalidomide. *Nat. Commun.* 11, 4578. (2020)
2. Nosaki S, Miyakawa T, Xu Y, Nakamura A, Hirabayashi K, Asami T, Nakano T, *Tanokura M.

Structural basis for brassinosteroid response by BIL1/BZR1. *Nature Plants* 4, 771-776. (2018)

3. Xu Y, Miyakawa T, Nosaki S, Nakamura A, Lyu Y, Nakamura H, Ohto U, Ishida H, Shimizu T, Asami T, *Tanokura M. Structural analysis of HTL and D14 proteins reveals the basis for ligand selectivity in *Striga*. *Nat. Commun.* 9, 3947. (2018)

公募・児嶋

1. *Kobayashi N, Hattori Y, Nagata T, Shinya S, Güntert P, Kojima C, Fujiwara T. Noise peak filtering in multi-dimensional NMR spectra using convolutional neural networks. *Bioinformatics* 34, 4300-4301. (2018)
2. *Miyanoiri Y, Hijikata A, Nishino Y, Gohara M, Onoue Y, Kojima S, Kojima C, Shirai T, Kainosho M, *Homma M. (2017) Structural and functional analysis of the C-terminal region of FliG, an essential motor component of *Vibrio Na⁺-driven flagella*. *Structure*, 25, 1540-1548.

公募・植田

1. Antunez-Sanchez J, Naish M, Ramirez-Prado JS, Ohno S, Huang Y, Dawson A, Opassathian K, Manza-Mianza D, Ariel F, Raynaud C, Wibowo A, Daron J, Ueda M, Latrasse D, Slotkin RK, Weigel D, Benhamed M, *Gutierrez-Marcos J. A new role for histone demethylases in the maintenance of plant genome integrity. *eLife* 9, 58533. (2020)
2. Kimata Y, Kato T, Higaki T, Kurihara D, Yamada T, Segami S, Morita MT, Maeshima M, Hasezawa S, Higashiyama T, Tasaka M, *Ueda M. Polar vacuolar distribution is essential for accurate asymmetric division of *Arabidopsis* zygotes. *PNAS* 116, 2338-2343. (2019) (東山班との共同研究)
3. *Ueda M, Aichinger E, Gong W, Groot E, Verstraeten I, Vu LD, De Smet I, Higashiyama T, Umeda M, *Laux T. Transcriptional integration of paternal and maternal factors in the *Arabidopsis* zygote. *Genes & development* 31, 617-627. (2017) (東山班との共同研究)

公募・多喜

1. Sakamoto Y, Sato M, Sato Y, Harada A, Suzuki T, Goto C, Tamura K, Toyooka K, Kimura H, Ohkawa Y, Hara-Nishimura I, Takagi S, *Matsunaga S. Subnuclear gene positioning through lamina association affects copper tolerance. *Nat. Commun.* 11, 5914. (2020)
2. Iwatate RJ, Yoshinari A, Yagi N, Grzybowski M, Ogasawara H, Kamiya M, Komatsu T, Taki M, Yamaguchi S, Frommer WB, *Nakamura M. Covalent Self-Labeling of Tagged Proteins with Chemical Fluorescent Dyes in BY-2 Cells and *Arabidopsis* Seedlings. *Plant cell* 32, 3081-3094. (2020)
3. Tsuchiya K, Hayashi H, Nishina M, Okumura M, Sato Y, Kanemaki MT, Goshima G, *Kiyomitsu T. Ran-GTP is non-essential to activate NuMA for mitotic spindle-pole focusing, but dynamically polarizes HURP near chromosomes. *Curr. Biol.* 31, 115-127.e3. (2020)
4. Wang C, *Taki M, Sato Y, Tamura Y, Yaginuma H, Okada Y, *Yamaguchi S. A photostable fluorescent marker for the superresolution live imaging of the dynamic structure of the

mitochondrial cristae. *PNAS*, 116, 15817-15822. (2019)

5. Griesbeck S, Michail E, Wang C, Ogasawara H, Lorenzen S, Gerstner L, Zang T, Nitsch J, Sato Y, Bertermann R, Taki M, *Lambert C, *Yamaguchi S, *Marder TB. Tuning the π -bridge of quadrupolar triarylborane chromophores for one- and two-photon excited fluorescence imaging of lysosomes in live cells. *Chem. Sci.* 10, 5405-5422. (2019)
6. Wang C, *Taki M, *Sato Y, *Fukazawa A, Higashiyama T, *Yamaguchi S. Super-Photostable Phosphole-Based Dye for Multiple-Acquisition Stimulated Emission Depletion Imaging. *J. Am. Chem. Soc.* 139, 10374-10381. (2017) (東班との共同研究)

公募・西村

1. Takusagawa, M., Kobayashi, Y., Fukao, Y., Hidaka, K., Endo, M., Sugiyama, H., Hamaji, T., Kato, Y., Miyakawa, I., Misumi, O., Shikanai, T., *Nishimura, Y. HBD1 protein with a tandem repeat of two HMG box domains is a DNA clip to organize chloroplast nucleoids in *Chlamydomonas reinhardtii*. *PNAS*, 118 (20) e2021053118. (2021)
2. Yamamoto, K., Hamaji, T., Kawai-Toyooka, H., Matsuzaki, R., Takahashi, F., Nishimura, Y., Kawachi, M., Noguchi, H., Minakuchi, Y., Umen, J.G., Toyoda, A., *Nozaki, H. Three genomes in the algal genus *Volvox* reveal the fate of a haploid sex-determining region after a transition to homothallism *PNAS*, 118(21):e2100712118. (2021)
3. Kobayashi Y, Misumi O, Odahara M, Ishibashi K, Hirono M, Hidaka K, Endo M, Sugiyama H, Iwasaki H, Kuroiwa T, Shikanai T, *Nishimura Y. Holliday junction resolvases mediate chloroplast nucleoid segregation. *Science*, 356, 631-634. (2017)

公募・山岡

1. Montgomery SA, Tanizawa Y, Galik B, Wang N, Ito T, Mochizuki T, Akimcheva S, Bowman JL, Cognat V, Maréchal-Drouard L, Ekker H, Hong SF, Kohchi T, Lin SS, Liu LD, Nakamura Y, Valeeva LR, Shakirov EV, Shippen DE, Wei WL, Yagura M, Yamaoka S, Yamato KT, *Liu C, *Berger F. Chromatin Organization in Early Land Plants Reveals an Ancestral Association between H3K27me3, Transposons, and Constitutive Heterochromatin. *Curr. Biol.* 30, 573-588.e7. (2020)
2. Hisanaga T, Yamaoka S, Kawashima T, Higo A, Nakajima K, Araki T, Kohchi T, *Berger F. Building new insights in plant gametogenesis from an evolutionary perspective. *Nature Plants* 5, 663-669. (2019)
3. Tsuzuki M, Futagami K, Shimamura M, Inoue C, Kunimoto K, Oogami T, Tomita Y, Inoue K, Kohchi T, Yamaoka S, Araki T, *Hamada T, Watanabe Y. An Early Arising Role of the MicroRNA156/529-SPL Module in Reproductive Development Revealed by the Liverwort *Marchantia polymorpha*. *Curr. Biol.* 29, 3307-3314.e5. (2019)
4. Hisanaga T, Okahashi K, Yamaoka S, Kajiwara T, Nishihama R, Shimamura M, Yamato KT, Bowman JL, Kohchi T, Nakajima K. A cis-acting bidirectional transcription switch controls

sexual dimorphism in the liverwort. *EMBO J.* 38, e100240. (2019)

5. Yamaoka S, Nishihama R, Yoshitake Y, Ishida S, Inoue K, Saito M, Okahashi K, Bao H, Nishida H, Yamaguchi K, Shigenobu S, Ishizaki K, Yamato KT, *Kohchi T. Generative Cell Specification Requires Transcription Factors Evolutionarily Conserved in Land Plants *Curr. Biol.* 28, 479-486.e5. (2018)
6. Bowman JL,... Yamaoka S (著者 114 人中 7 人目) et al. Insights into Land Plant Evolution Garnered from the *Marchantia polymorpha* Genome. *Cell* 171, 287-304.e15. (2017)

公募・宅見

1. *Tsunewaki K, Mori N, *Takumi S. Experimental evolutionary studies on the genetic autonomy of the cytoplasmic genome "plasmon" in the Triticum (wheat)-Aegilops complex. *PNAS* 116, 3082-3090. (2019).

公募・伊藤

1. Sun B, Zhou Y, Cai J, Shang E, Yamaguchi N, Xiao J, Looi LS, Wee WY, Gao X, Wagner D, *Ito T. Integration of transcriptional repression and Polycomb-mediated silencing of WUSCHEL in floral meristems *Plant Cell*, 31(7):1488-1505. (2019)
2. Yamaguchi N, Huang J, Tatsumi Y, Abe M, Sugano SS, Kojima M, Takebayashi Y, Kiba T, Yokoyama R, Nishitani K, Sakakibara H, *Ito T. Chromatin-mediated feed-forward auxin biosynthesis in floral meristem determinacy. *Nat. Commun.* 9, 5290. (2018)
3. Xu, Y., Prunet, N., Gan, E-S., Wang, Y., Stewart, D., Wellmer, F., Huang, J., Yamaguchi, N., Tatsumi, Y., Kojima, M., Kiba, T., Sakakibara, H., Jack, T.P., Meyerowitz, E.M., *Ito, T. SUPERMAN regulates floral whorl boundaries through control of auxin biosynthesis. *EMBO J.* 1; 37(11): e97499. (2018)
4. Yamaguchi N, Huang J, Xu Y, Tanoi K, *Ito T. Fine-tuning of auxin homeostasis governs the transition from floral stem cell maintenance to gynoecium formation. *Nat. Commun.* 8, 1125. (2017)

公募・岡本

1. Kim MY, Ono A, Scholten S, Kinoshita T, *Zilberman D, *Okamoto T, *Fischer RL. DNA demethylation by ROS1a in rice vegetative cells promotes methylation in sperm. *PNAS* 116, 9652-9657. (2019) (木下班との共同研究)
2. *Toda E, Koiso N, Takebayashi A, Ichikawa M, Kiba T, Osakabe K, Osakabe Y, Sakakibara H, Kato N, *Okamoto T. An efficient DNA- and selectable-marker-free genome-editing system using zygotes in rice. *Nat Plants.* 5(4):363-368 (2019)

公募・丸山

1. Motomura K, Takeuchi H, Notaguchi M, Tsuchi H, Takeda A, Kinoshita T, Higashiyama T, *Maruyama D. Persistent directional growth capability in *Arabidopsis thaliana* pollen tubes after nuclear elimination from the apex. *Nat. Commun.* 12, 2331. (2021) (東山班、木下班との共

同研究)

2. Ali MF, Fatema U, Peng X, Hacker SW, Maruyama D, Sun MX, *Kawashima T. ARP2/3-independent WAVE/SCAR pathway and class XI myosin control sperm nuclear migration in flowering plants. *PNAS* 117, 32757-32763. (2020)

公募・矢野

1. Ando T, Matsuda T, Goto K, Hara K, Ito A, Hirata J, Yatomi J, Kajitani R, Okuno M, Yamaguchi K, Kobayashi M, Takano T, Minakuchi Y, Seki M, Suzuki Y, Yano K, Itoh T, Shigenobu S, Toyoda A, *Niimi T. Repeated inversions within a pannier intron drive diversification of intraspecific colour patterns of ladybird beetles. *Nat. Commun.* 9, 3843. (2018)
2. *Kiba T, Inaba J, Kudo T, Ueda N, Konishi M, Mitsuda N, Takiguchi Y, Kondou Y, Yoshizumi T, Ohme-Takagi M, Matsui M, Yano K, Yanagisawa S, Sakakibara H. Repression of Nitrogen Starvation Responses by Members of the *Arabidopsis* GARP-Type Transcription Factor NIGT1/HRS1 Subfamily. *Plant Cell* 30, 925-945. (2018)

公募・野々村

1. Araki S, Le NT, Koizumi K, Villar-Briones A, Nonomura K, Endo M, Inoue H, Saze H, *Komiya R. miR2118-dependent U-rich phasiRNA production in rice anther wall development. *Nat. Commun.* 11, 3115. (2020)

公募・海老根

1. Fujimoto M, Ebine K, Nishimura K, Tsutsumi N, *Ueda T. Longin R-SNARE is retrieved from the plasma membrane by ANTH domain-containing proteins in *Arabidopsis*. *PNAS* 117, 25150-25158. (2020)
2. *Ito E, Ebine K, Choi SW, Ichinose S, Uemura T, Nakano A, *Ueda T. Integration of two RAB5 groups during endosomal transport in plants. *eLife* 7, e34064. (2018)

公募・川勝

1. Kawakatsu T, Nery JR, Castanon R, *Ecker JR. Dynamic DNA methylation reconfiguration during seed development and germination. *Genome Biol.* 18, 171. (2017)

公募・赤木

1. *Akagi T, Pilkington, S. M., Varkonyi-Gasic, E., Henry, I. M., Sugano, S. S., Sonoda, M., Firl, A., McNeilage, M. A., Douglas, M. J., Wang, T., Rebstock, R., Voogd, C., Datson, P., Allan, A. C., Beppu, K., Kataoka, I., Tao, R. Two Y-chromosome-encoded genes determine sex in kiwifruit. *Nature Plants* 5, 801-809. (2019)

学会発表

国際学会の招待講演を中心に代表的な発表を示した。

1. Higashiyama T. Live-cell analysis of multi-step signaling in pollen tube guidance. The 11th Tri-National Arabidopsis Meeting TNAM 2019, Zurich, Switzerland, April 10, 2019 (基調講演) (国際シンポジウム 招待講演)
2. Higashiyama, T. Cruising inside flowers: from cellular dynamics to key signaling molecules. International Conference on Arabidopsis Research ICAR2018, Turku, Finland, June 29, 2018 (基調講演) (国際シンポジウム 招待講演)
3. Tsuji, H. “Imaging florigen distribution in the shoot apical meristem”, 17th International Symposium on Rice Functional Genomics (ISRFG2019), 2019年11月5日 Academia Sinica, Taipei, Taiwan (国際シンポジウム 招待講演)
4. H. Yoshida, E. Tanimoto T. Hirai, Y. Miyanoiri R. Mitani M. Kawamura, M. Takeda, S. Takehara, K. Hirano, M. Kainosho, T. Akagi, M. Matsuoka, M. Ueguchi-Tanaka “Evolution and diversification of the plant gibberellin receptor GID1”. , The 23rd International Conference on Plant Growth Substances” 2019年6月、パリ、フランス (国際シンポジウム)
5. Kentaro K. Shimizu “From the tradition of Kyoto University: Integrating molecular and field biology to predict responses to global changes” Plenary lecture, Ceremony to celebrate the 5th anniversary of Kyoto University European Center 2019年8月10日 Heidelberg, Germany, (国際シンポジウム 招待講演)
6. Watanabe, M., and Takayama, S. (2019) Molecular mechanism of self-incompatibility in Brassicaceae. 2019 KSBS & SABRAO International Conference on Plant Breeding for Sustainable Development, Gwangju, Korea, 2019/07/02. (Plenary talk) (国際シンポジウム 招待講演)
7. Kinoshita, T. “Genetic basis for hybridization barrier in rice endosperm”, Seed Institute Annual Meeting, 2017年4月23日, UCLA, USA (国際シンポジウム 招待講演)
8. Akagi, T., K. Shirasawa, H. Nagasaki, H. Hirakawa, R. Tao, L. Comai and I.M. Henry. The persimmon genome unveils lineage-specific paleoduplication events driving diversification of sexual systems. Plant and Animal Genome Conference XXV (Jan. 13-17th, 2018, San Diego, USA). (国際シンポジウム 招待講演)
9. Igawa, T. “Gamete plasma membrane proteins regulating fertilization of flowering plants”, Joint Annual Meeting of 71st JSCB & 19th PSSJ, 2019年6月26日, Kobe Convention Center, Japan, (国際シンポジウム, 招待講演、オーガナイザー)
10. Ueda, M., Kimata, Y., Higaki, T., Kawashima, T., Kurihara, D., Sato, Y., Yamada, T., Hasezawa, S., Berger, F., Higashiyama, T. Live-cell imaging of the intracellular dynamics during zygote polarization. *28th International Conference on Arabidopsis Research (ICAR2017)*, 2017年6月27日, アメリカ (国際シンポジウム, 招待講演)

図書

合計 80 件 下記に代表的なものを示した。

1. 東山哲也. 植物新種誕生の原理に挑む. 実験医学 34: 2750 (2016).
2. 辻 寛之. 現代農業に革命の予感！花を咲かせるフロリゲンとは？
月刊「化学」. 72, 41-44(2017)
3. 土松隆志. 集団ゲノミクスが解き明かす植物進化のダイナミク：適応をゲノムから探る
化学と生物, 56, 317-323 (2018)
4. 赤木剛士「植物の性」一性決定の新たな世界（「遺伝子から解き明かす性の不思議な世界」田中実 編著, より）. 一色出版, 東京, p421-474. (2019)
5. 藤井壮太、高山誠司 植物が異種の花粉を排除する仕組みを発見
バイオサイエンスとインダストリー78(1), 14-17 (2020)

産業財産権

出願

1. 「花粉管成長調節剤」 特願 2019-046297（出願人, 国立大学法人 名古屋大学；発明者, 東山哲也, 時田公美, 伊丹健一郎, 上田彩果, 北野浩之, 伊藤英人, 佐藤綾人）
2. Probe Induced heteroduplex mobility assay (PRIMA), 国際共同出願特許(チューリヒ大学、横浜市立大学), EP Priority Patent (Nr. 19190891.2) filed 08.08.2019"
3. 「受精を介さず種子植物の胚発生を誘導する方法、それに用いられるタンパク質、核酸、及びベクター、並びに受精を介さず胚乳を発生しうる組換え種子植物」高木優、池田美穂、光田展隆、高崎寛則、特願 2021-032750

研究成果

植物の生殖過程には「他の植物種と交雑することなく自らのゲノムを維持するシステム」が組み込まれており、ゲノムを異にする種間の交雑は通常成立しない。稀にこのシステムを乗り越え、「異種ゲノムを柔軟に受け入れて新しい種を誕生させるシステム」が機能すると、異種ゲノムを併せ持つ新種が誕生する。こうした異種ゲノム合一による新種誕生は迅速な

進化を達成する極めて重要なイベントであり、その分子メカニズムは生殖過程に配置された多段階の「鍵と鍵穴」の認証として理解できる。本領域では、研究分野横断的な共同研究を活発に行い、植物の生殖過程における「鍵と鍵穴」の全体像を物質レベルで明らかにすることで、新種誕生のメカニズムを解明することを目的とする。

本領域では、我が国の誇る3つのブレークスルーテクノロジーである、ライブセルイメージング、有機合成化学、構造生物学を積極的に利用し、分子の構造や動態にまで踏み込んで植物新種誕生の原理の解明に迫った。またこの研究を通して、我が国の学術水準を格段に向上・強化し、世界的な最先端分野を先導した。本領域の研究によって、植物新種誕生の原理が「生殖過程の各ステップに配置された比較的少数の「鍵と鍵穴」の認証」であることが解明され、さらにここではたらく種の壁の分子実態を構造レベルで解明することに成功した。

今後の研究の展開に関する計画では、残された「鍵と鍵穴」の分子実態の完全解明を目指して本領域発の異分野融合研究を推進する。異種花粉の識別に関わるリガンド分子や、精細胞と卵細胞の融合で機能する種の認証の解明などを通して、新種誕生原理のさらなる解明を目指す。