

清水 健太郎

横浜市立大学木原生物学研究所
客員教授

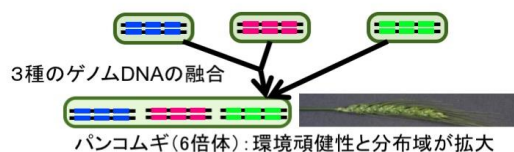
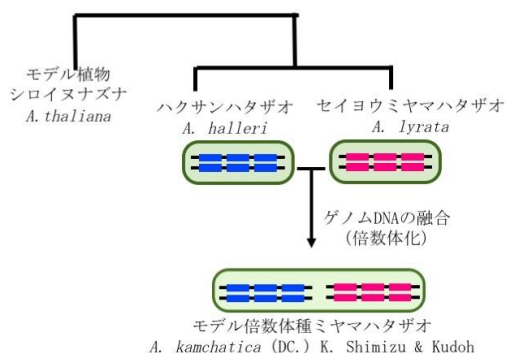
倍数体マルチオミクス技術開発による環境頑健性付与モデルの構築

§ 1. 研究成果の概要

作物の多くは複数のゲノム DNA が融合した倍数体であるために、これまでゲノムレベルの研究が困難でした(図)。本研究では、シロイヌナズナ属のモデル倍数体ミヤマハタザオを用いて、野外栽培での大量データ取得技術と、今後懸念される環境変動に対する環境頑健性を予測する人工知能技術開発を目指しています。

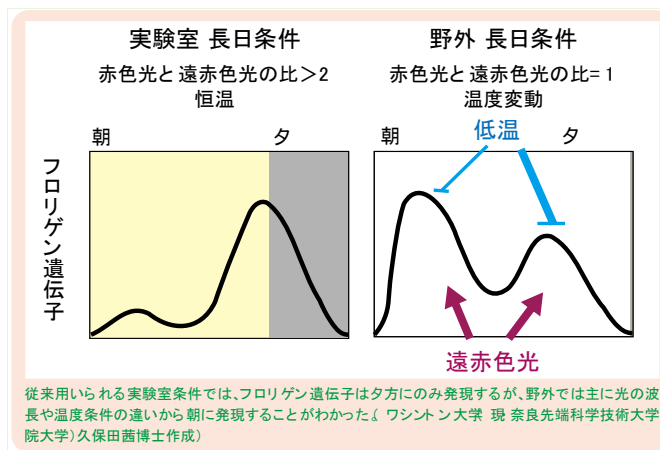
まず倍数体種の遺伝子発現解析手法として、EAGLE-RC という新しいソフトウェアを開発しました。そして、モデル倍数体ミヤマハタザオと、主要穀物コムギのデータを用いて精度を検証しました。その結果、既存手法を倍数体に適用すると、エラー率が 10%にも上るのに対し、EAGLE-RC では 1%以下と非常に高い精度で解析できることが分かりました(Kuo et al. 2018)。

さらに、倍数体種のゲノム変異の解析手法を開発しました(Paape et al. 2018)。ミヤマハタザオの分布域全体の 25 個体のゲノムデータを HomeoRoq ソフトウェアを用いてサブゲノムに分類して解析し、実験的に検証したところ、エラー率が 0.3% (1/1,375)と高精度であることがわかりました。そして生育に有利になるアミノ酸置換進化の割合を推定したところ、これまで報告されているほとんどの二倍体種よりも高いことがわかりました。このことは、ゲノム倍数化が進化の可能性を広げるといふ、故 大野乾博士による 50 年来の理論的な予測を支持しました。この技術を作物に応用すれば、より迅速で効率的な分子育種につながる



と期待されます。

本 CREST 領域では、実験室と異なるフィールド条件での植物応答の解析を主要課題としています。そこで、モデル生物シロイヌナズナを野外で栽培して、開花を誘導するフロリゲン遺伝子 *FT* の発現パターンを国際共同研究で解析しました(Song et al. 2018)。これまで実験室の研究では夕方に遺伝子発現のピークがあると考えられていましたが、野外条件ではこれとは対照的に朝にピークが見られました(図 JST ニュースより)。この結果から、実験室の光・温度条件を改善して、朝のピークを実験室でも再現することができました。開花時期は栽培生物の育種にきわめて重要な形質であり、フィールド条件での分子生物学研究の重要性を改めて示す結果となりました。



【代表的な原著論文】

Timothy Paape, Roman V. Briskine, Gwyneth Halstead-Nussloch, Heidi E. L. Lischer, Rie Shimizu-Inatsugi, Masaomi Hatakeyama, Kenta Tanaka, Tomoaki Nishiyama, Renat Sabirov, Jun Sese, Kentaro K. Shimizu "Patterns of polymorphism and selection in the subgenomes of the allopolyploid *Arabidopsis kamchatica*". Nature Commun., vol. 9, No. 1, pp. 3909, 2018 (新聞など各国で報道)

Tony Kuo, Masaomi Hatakeyama, Toshiaki Tameshige, Kentaro K. Shimizu, Jun Sese "Homeolog expression quantification methods for allopolyploids" Briefings in Bioinformatics, bby121, 2018.

Hun Song, Akane Kubota, Michael S. Kwon, Michael F. Covington, Nayoung Lee, Ella R. Taagen, Dianne Laboy Cintrón, Dae Yeon Hwang, Reiko Akiyama, Sarah K. Hodge, He Huang, Nhu H. Nguyen, Dmitri A. Nusinow, Andrew J. Millar, Kentaro K. Shimizu, Takato Imaizumi "Molecular basis of flowering under natural long-day conditions in *Arabidopsis*" Nat Plants, vol. 4, No. 10, pp. 824-835, 2018 (新聞など各国で報道)

§ 2. 研究実施体制

(1) 横市グループ

- ① 研究代表者: 清水 健太郎 (横浜市立大学木原生物学研究所、客員教授)
- ② 研究項目
 - ・圃場での倍数体オミクスデータ収集と実験的検証
 - ・各圃場でのコムギの栽培の確立

(2) 産総研グループ

- ① 主たる共同研究者: 瀬々 潤 ((株)ヒューマノーム研究所、代表取締役社長)
- ② 研究項目
 - ・機械学習を用いた倍数体オミクス解析とモデリング技術の開発
 - ・倍数体種に対する遺伝子発現等のパイオインフォ解析手法の構築
 - ・構築した手法をデータに適用することによる実解析

(3) エルピクセルグループ

- ① 主たる共同研究者: 島原 佑基 (エルピクセル(株)、代表取締役)
- ② 研究項目
 - ・植物個体の自動観測システムの研究開発
 - ・植物自動撮影装置の開発・設置
 - ・表現形質データの自動測定ソフトウェアの開発

(4) スイスグループ

- ① 主たる共同研究者: Kentaro Shimizu (University of Zurich, Department of Evolutionary Biology and Environmental Studies, Professor)
- ② 研究項目
 - ・圃場での倍数体オミクスデータ収集の基盤技術開発
 - ・倍数体モデル生物の圃場生育とデータ収集

(5) 筑波グループ

- ① 主たる共同研究者: 田中 健太 (筑波大学生命環境系山岳科学センター、准教授)
- ② 研究項目
 - ・植物野外栽培と統計解析