

平山 隆志

岡山大学資源植物科学研究所
教授

データ科学に基づく作物設計基盤技術の構築

§ 1. 研究成果の概要

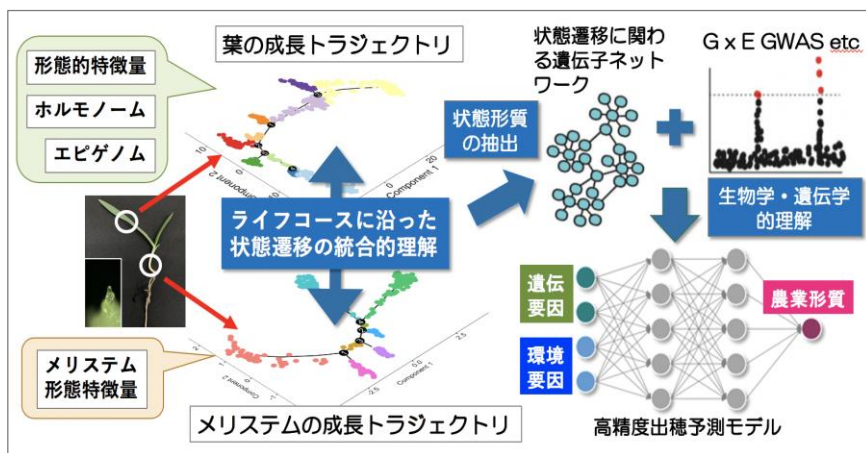
本課題研究では、オオムギの重要な農業形質である出穂期を対象に、出穂にいたるまでのオオムギの生長過程の系統間、年次間、地域間の違いを表す状態形質の抽出と、状態形質の情報を組み込んだ出穂を予測する状態履歴モデルの構築を通して、農業形質をデザインする技術の開発に取り組んでいる。状態形質とは作物の生育過程の差異を記述する新しい概念の形質で、状態形質を制御する遺伝要因や環境要因の同定は有用農業形質の改良に直結するもので、この利用により従来の最終的な農業形質のみに着目した遺伝要因同定の限界を突破できると期待される。昨年度は、いくつかの状態形質の同定とその有用性を実証した。本年度は、状態形質抽出方法を刷新し、より多くの正確かつ生物学的意義を伴った状態形質を同定する手法を構築した。

岡山県倉敷市と神奈川県横浜市の実験圃場で出穂時期が異なるオオムギ4系統を栽培し、発芽から出穂に至るまで、実測による生長状況、生長および生理状態を反映すると期待される葉身の網羅的遺伝子発現と植物ホルモン一斉分析、遺伝子のスイッチ状態情報が得られるエピゲノム解析の各種データを、2ないし3年にわたり取得した。これらのデータの解析から、オオムギの生長過程や出穂時期の多様性に関わる可能性がある状態形質の候補を探索した。また、オオムギの地上部の起源となる茎頂分裂組織を摘出し解析する手法を開発し、出穂の早晚と関連する形態的变化や分裂組織特異的転写物の変動を同定した。さらに、圃場でのオオムギの生長過程をつぶさに追跡するための画像の取得と、それから生長データを抽出する画像解析技術を開発し、生育画像からの情報抽出を進めた。

経時的転写物データを用い、生長過程を特徴づける遺伝子発現変動の差異を系統間で比較することで検出し、状態形質候補として抽出することに成功した。一方、実時間上の系統間の生長度合いの差はその後の生長に影響し続けるため、実時間に基づくデータの単純な比較では本来の状態形質が得られないことが懸念された。そこで、1細胞転写物解析手法を応用し、経時的転写物データから生長過程の変遷を仮想時間軸(pseudotime)に沿った連続した線(トラジェクトリ)とし

で描くことで生長過程の多様性を表すことに成功した。さらに、そのトラジェクトリに他の経時的データを投影し統合することで多次元のデータを関連して理解できる、データ統合基盤を構築した。これにより状態形質の抽出の効率化と、トラジェクトリ上で紐づくデータ間の参照による状態形質の生物学的理解の深化がはかれることになった。これらの状態形質を搭載することで、当初目指していた生物学的理解に基づく状態履歴モデルの構築が可能になった(下図)。

今後は、この手法を用いて高精度圃場オオムギ出穂予測モデルを完成し、出穂予測精度からデザイン性能を検証するとともに、コムギの出穂予測モデルの構築とその予測精度の検証を行う。



【代表的な原著論文】

1. Kazuhiro Sato, Makoto Ishii, Kotaro Takahagi, Komaki Inoue, Minami Shimizu, Yukiko Uehara-Yamaguchi, Ryuei Nishii, Keiichi Mochida, “Genetic factors associated with heading responses revealed by field evaluation of 274 barley accessions for twenty seasons”. *iScience*, 6, 101146, 2020.
2. Takashi Hirayama, Daisuke Saisho, Takakazu Matsuura, Satoshi Okada, Kotaro Takahagi, Asaka Kanatani, Jun Ito, Hiroyuki Tsuji, Yoko Ikeda, and Keiichi Mochida, “Life-course monitoring of endogenous phytohormone levels under field conditions reveals diversity of physiological states among barley accessions”, *Plant Cell Physiol*, doi.org/10.1093/pcp/pcaa046, 2020.

§ 2. 研究実施体制

(1)「平山」グループ

- ① 研究代表者:平山 隆志 (岡山大学資源植物科学研究所 教授)
- ② 研究項目
 - ・圃場における作物生長データ収集及び時系列オミックスデータ取得

(2)「持田」グループ

- ① 主たる共同研究者:持田 恵一 (理学研究所環境資源科学研究センター チームリーダー)
- ② 研究項目
 - ・トランスクリプトーム解析と圃場作物データを用いた状態履歴モデルの構築

(3)「辻」グループ

- ① 主たる共同研究者:辻 寛之 (横浜市立大学木原生物学研究所 准教授)
- ② 研究項目
 - ・圃場におけるオオムギ出穂制御基本モデル構築と作物生長データ収集

(4)「梅崎」グループ

- ① 主たる共同研究者:梅崎 太造 (中部大学工学部、教授)
- ② 研究項目
 - ・画像解析アルゴリズム開発と圃場植物情報抽出