

三宅 亮

東京大学大学院工学系研究科  
教授

フィールド向け頑健計器と作物循環系流体回路モデルによる  
形質変化推定技術に関する研究

## § 1. 研究成果の概要

本研究では、フィールドにおける作物の頑健性を評価するために、i) ①作物近傍の環境情報を記録可能とする超軽量環境計、i) ②根域周辺の養分濃度履歴を計測するための超小型養分計、及び i) ③作物の形質変化をとらえる作物形状3D 計から成る三種の計器を開発する。また ii) 作物内の光合成産物の転流等を記述したモデルを作成、計器による取得観測値と同化を行うことで形質変化を推定する技術を開発する。更に iii) 作物に養分を供給する精密涵養装置を開発し、人為的な施肥制御に対する形質変化応答から推定技術の検証を行う。平成 30 年度には、i) ①環境計に関して、CO<sub>2</sub> 濃度センサ、風速計も含めた環境計6項目との統合・小型集積化を推進、省電力かつ軽量小型の環境計を開発し、作物近傍の光合成に関係する環境情報を一括で取得できることを示した。また i) ②養分計に関しては、より強固なタブレット状の固形試薬を作成したほか、固形試薬の利用に適した流路構造に改良、それらを備えた小型養分計(40 mmキューブ)で夾雑物を含む水稻向け水耕液を対象に分析性能を確認した。また作物体内の養分動態を把握するために茎に留置して体内から試料を継続的に採取する自動制御の超微細採取機構を開発、実際に低カリウム処理を施した葉物野菜の作物体内(茎部)のカリウム濃度の変化を捉えることに成功した。更に i) ③作物形状3D計については、作物の形質パラメータ(葉面積(分げつ数)、葉色、葉温、穂温、草丈)を効率的に抽出するための画像処理基盤技術をベースに水稻の生長観測に適用し、従来、人手に頼って直接計量していた草丈や SPAD 値を連続的に取得可能であることを示した。またこれらの情報をひとつの計器で取得、解析するための簡便・小型の作物形状 3D 計のフィールド対応機の試作を行った。ii) 作物循環系流体回路モデルと同化技術を用いて、栽培環境データ(約70日間)及び画像解析から求めた生育データ(SPAD 相当値、葉面積相当値、草丈相当値)を入力値として、地下部の窒素濃度等の逐次日毎の変化の推定を行い、外観形質から作物内部の形質変化を推定可能であることを確認した。iii) 精密涵養装置に

については、適所へのオンデマンド施肥を可能とするために、水田条間を検知して自走する施肥装置の試作を実施し、オープン型マイクロミキサにより所定の位置に所定量の肥料を迅速に施肥する機能を備えた自動施肥装置を実現した。また iii) 以上の計器・モデルの精度検証のために、秋田県立大学の実験圃場内に水稻を対象として施肥条件を3パターン設定可能な地上部・地下部の生育を観測する大型ライシメータ観測系を新たに整備した。また同圃場にある小水田にて高温環境下での点滴施肥プロセスを実施、高温障害抑制に効果があることを確認した。さらに秋田県農業技術試験場にて高温耐性がある品種（ふさおとめ）の光合成活性を調査した結果、成熟後期においても高い光合成活性を維持しており、その要因として上位葉の伸長が抑制されて下位葉の光合成活性が活発である点、地下部の伸長で養分を吸収しやすくしている点などを明らかにした。以上を受けて、開発した諸技術を組み合わせた高温耐性栽培方法として以下を提案した。まず生長初期にて分げつ・伸長を抑え（深水管理等）、窒素の施肥量や施肥時期の調整を行う。循環系モデルと同化技術によって、地下部での窒素吸収状態等を推測する。また地下部の伸長を促進するために自走式施肥装置を用いて稲株に直接定量施肥を行う。なお、簡易・簡便な地下部の生長把握技術として新たに音響トポグラフィを提案し、原理検証を行った。

#### 【代表的な原著論文】

1. PANPAN, GAO, Kasama, T., Godonoga, M., Endo, Y., Koide, T., Ogawa, A. and Miyake, R., Nano-litter micro sampling device for extracting sample from plants, Proceedings of The 22nd International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (microTAS 2018), pp.2273-2276, 2018
2. Takumi Okamoto, Yasunori Sakane, Tetsushi Koide, Atsushi Ogawa, Masashi Komine, Chiharu Sone, Yoshihiro Kaneta, Yukio Yaji, Kyoko Toyofuku, Ken Kimura, Takahiro Kamata and Yoko Ishikawa, Toshihiro Kasama, Wojciech Bula, Yoshishige Endo and Ryo Miyake , An Image Analysis Method for Lettuce Leaf and Root Growth Analysis in Hydroponic Culture, Proceedings of the IEEE Region 10 Conference 2018 (TENCON2018), pp. 467-470, 2018
3. Ogawa A Cultivation methods for leafy vegetables and tomatoes with low potassium content for dialysis patients and the change of those quality. In: Asaduzzaman M, Asao T (eds) Potassium - Improvement of Quality in Fruits and Vegetables Through Hydroponic Nutrient Management. InTechOpen, London, UNITED KINGDOM

## § 2. 研究実施体制

### (1) 東大マイクログループ

- ① 研究代表者: 三宅 亮 (東京大学大学院工学系研究科、教授)
- ② 研究項目
  - ・頑健計器(環境計・養分計)及び形質変化推定技術の開発・検証

### (2) 秋田県大グループ

- ① 主たる共同研究者: 小川 敦史 (秋田県立大学生物資源科学部、教授)
- ② 研究項目
  - ・制御空間設備・実験圃場における開発技術の評価・検証

### (3) 広島大グループ

- ① 主たる共同研究者: 小出 哲士 (広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所、准教授)
- ② 研究項目
  - ・頑健計器(3D計)の開発・検証