

農家圃場における作物生産性評価に関する情報収集・解析方法の開発  
本間香貴（東北大学大学院農学研究科）

農家圃場における作物生産性の評価は、生産性向上のための施策を検討する上で不可欠な基礎情報である。しかしながら、実地調査は多大な労力を要し、また生産性を阻害する要因の定量的把握が困難であることから、調査・分析には多くの課題がともなう。本間氏はこうした課題に真正面から取り組み、国内外の水稲をはじめとする多様な生産現場において生産生態ならびに生産性について実態解明を行うとともに、シミュレーションモデルやリモートセンシング技術を駆使した生育・生産性評価の方法を切り拓いてきた。その主な研究成果は以下の通りである。

1. 海外の農家圃場における作物生産性評価に関する研究

タイの東北部は灌漑施設のない天水田が卓越し、低肥沃な土壌と合わさって水稲生産性が非常に低い地域となっている。台地に形成されるわずか数mの高低差により、生産性が大きく異なることが知られていたが、量的な評価はあまり行われてこなかった。本間氏はポット試験による土壌肥沃度評価や、水稲出穂日を基準とした水ストレス評価を行い、相対標高に基づく量的評価を行った（業績1, 2）。それに基づき移植日や施肥量等の農家の栽培管理の評価を行うとともに、シミュレーションモデルを用いた解析も行った（業績3, 4）。さらにこうした評価に基づき、生産性を向上させるための客土や緑肥の導入の効果を明らかにした（業績5, 6, 7）。現在でも、タイ東北部の作物生産性は低いまであり、加えて気候変動の影響も問題となりつつある。さらに労働人口の移動による農村の過疎化などの社会問題も顕著になっており、農業分野での課題が多い。このような農村の変化に関する継続調査や、気候変動評価プロジェクトに参画し、塩害評価を行うなどの研究活動を継続している（業績8, 9）。

タイ稲作の研究を契機に、ラオスやカンボジアなどの東南アジアや、モザンビーク、マダガスカル、南アフリカなどのアフリカの諸地域において、研究を展開した（業績10）。農家圃場の生産阻害要因の定量的評価を中心にを行い、生産の改善策、望ましい品種像、および農業保険評価法などを提示した。

一方、東南アジアインドネシアでの干ばつ害やフィリピンにおける水害など、気候変動の影響の顕在化とともに気象災害が世界の農業生産における懸念材料となっている。このような背景のもと、本間氏は気候変動プロジェクトをはじめとする多くのプロジェクトにおいて重要な役割を担い、またリモートセンシング分野や水文分野と協力し、国際共同研究を先導した（業績11）。塩害の実態や（業績9, 12）や森林開拓後の連作による地力低下（業績13）などを解明するとともに多くの後進を育成した。本間氏の指導により実地調査の情報収集法と解析手法を習得した学生の多くが、現在内外の研究機関および大学において活躍し多大な成果を挙げている。

2. 国内の農家圃場における作物生産性評価に関する研究

国内では、まず丹波地域の黒大豆生産評価に関わり、とくに水環境および水管理と生産安定性との関わりを明らかにした（業績14, 15, 16）。その一つとして、農家圃場における水環境評価に水収支モデルを適用し収量形質との関連を明らかにするとともに航空機リモートセンシングの適用の可能性を指摘した（業績17, 18）。こうした研究は簡易土壌水分計のマニュアルの整備などに利用された。京都近郊では無施肥無農薬栽培水田に関わる研究も行ってきた（業績19）。長期にわたり施肥投入を全く行わない水田で栽培が継続できる要因を主に土壌養分動態の面から解析し、主要な養分が少ないながらも利用可能なレベルに保たれている実態を解明した。その後、仙台沿岸部の農家圃場を調査対象として、水稲とダイズにおける収量および生産阻害要因を抽出した。

3. 作物生長のモデル化に関する研究

本間氏は、生産性評価と密接に関係する作物生長のモデル化にも注力している。具体的には、タイ東北部における天水田稲作へのイネ生育・収量シミュレーションモデルの適用（業績4）や、丹波地域の黒大豆生産圃場における水収支モデルの適用を行った（業績16, 18）。さらにリモートセンシングの利用を前提とした水稲の生育・収量シミュレーションモデルの開発（業績20）や、ダイズの倒伏リスク評価のためのシミュレーションモデルの開発（業績21）、水文モデルとの結合による流域の農業生産評価モデル（業績36）など、農家圃場や広域評価のためのシミュレーションモデル開発を主に行ってきた。そうした開発のベースとして、作物生長を成す物質生産過程のモデル化や品種間差異評価にも取り組んできている（業績22, 23, 24）。特にLAI動態については数式を用いた指標化に取り組み、実際の農家圃場での生産性評価に結びつけている。その他、水ストレスと光阻害に対する交互耐性に関する研究や、塩ストレスに関する研究にも取り組んできた（業績25, 26）。作物生長の基礎として気象データの解析も行っており、日本とアジアにおける水稲生産の気象による変動について今まで見過ごされてきた特徴を明らかにした（業績12, 27, 28, 29）。

4. リモートセンシングを利用した作物の生育評価に関する研究

本間氏は、作物の生育・生産性評価の高度化を目的に、リモートセンシング技術の応用と改良にも取り組んでいる。特に熱赤外リモートセンシングについては1990年代より微気象データを用いた独自の利用方法を開発し、近年では虫害検出の可能性の検討なども行っている（業績30, 31, 32）。熱赤外は環境条件により計測値の変動が大きいのが欠点であるため、数値解析やデータ処理の改良による使用方法を提案しているのが特徴である。さらにUAV（Uncrewed Aerial Vehicle）を用いたリモートセンシングに関しても技術開発を行っており、撮影条件、土壌水分推定方法、データ解析に関する多くの提案を行った（業績33, 32, 33）。そして、上述の仙台沿岸部の農家圃場の調査では、UAVに搭載したマルチスペクトルカメラを利用した水稲の追肥効果の検出やSPAD値とタンパク質の動態の評価、ダイズの湿害や黒根腐れ病の検出などに関する研究を行った（業績34, 37）。

従来、水環境や水稲の群落形質といった高度情報の取得におけるリモートセンシングの利用は研究機関内にとどまりがちだったが、近年は農家圃場の評価への適用が進んでいる。本間氏の上記の成果はその重要なきっかけを与えたものである。こうした開発技術は、農家圃場における作物生産性評価や、農家の栽培管理の変遷評価に利用されている（業績8）。本間氏はさらに、地域の農業への貢献として宮城県農家における直播の普及の現状と課題を総説した（業績35）。

以上のように、本間氏は、国内外の農家圃場における作物生産性および生産阻害要因の実態を、現地調査、モデル解析、リモートセンシング技術といった多様な手法を駆使して総合的に明らかにしてきた。これらの研究は、個別圃場に根差したきめ細やかな評価にとどまらず、地域レベルでの作物管理改善や政策提言にも資する知見を提供しており、実学と基礎研究を高い次元で融合させている点が特筆に値する。また、熱赤外および UAV リモートセンシング、LAI 動態の定量モデル化、気象・環境ストレスの評価など、多領域にわたる先進的な技術を導入・応用することで、作物学の方法論を大きく発展させてきた。その成果は、アジア・アフリカをはじめとする国際的な共同研究に展開し、日本の農学の知見を世界の食料生産現場へと還元するグローバルな実践にもつながっている。このように、本間氏の研究業績は、現場の課題解決に根差しつつも理論的な枠組みをもとに優れたものであり、作物生産の評価・予測・改善をめぐる作物学の今後の学術的・社会的展開において中核的な役割を果たすことが期待され、日本作物学会学会賞の受賞に極めてふさわしいと評価される。

## 研究業績

1. Homma, K., Horie, T., Shiraiwa, T., Supapoj, N., Matsumoto, N. and Kabaki, N. 2003. Toposequential variation in soil fertility and rice productivity of rainfed lowland paddy fields in mini-watershed (*Nong*) in Northeast Thailand. *Plant Production Science* 6: 147-153.
2. Homma, K., Horie, T., Shiraiwa, T., Sripodok, S. and Supapoj, N. 2004. Delay of heading date as an index of water stress in rainfed rice in mini-watersheds in Northeast Thailand. *Field Crops Res.* 88: 11-19.
3. Homma, K., Horie, T., Shiraiwa, T. and Supapoj, N. 2007. Evaluation of transplanting date and nitrogen fertilizer rate in farmers' adaptation to toposequential variation of environmental resources in a mini-watershed (*Nong*) in northeast Thailand. *Plant Production Science* 10: 488-496.
4. Homma, K. and Horie, T. 2009. The present situation and the future improvement of fertilizer applications by farmers in rainfed rice culture in Northeast Thailand. In Elsworth, L.R., Paley, W.O. (Eds.) *Fertilizers: Properties, Applications, and Effects*. Nova Science Publishers, New York, 147-180.
5. Mochizuki, A., Homma, K., Horie, T., Shiraiwa, T., Watatsu, E., Supapoj, N. and Thongthai, C. (2006) Increased productivity of rainfed lowland rice by incorporation of pond sediments in Northeast Thailand. *Field Crops Research* 96: 422-427.
6. Homma, K., Mochizuki, A., Watatsu, E., Horie, T., Shiraiwa, T., Supapoj, N. and Thongthai, C. 2008. Relay-intercropping of *Stylosanthes guianensis* in rainfed lowland rice ecosystem in Northeast Thailand. *Plant Production Science* 11: 385-392.
7. Homma, K., Mochizuki, A., Horie, T., Shiraiwa, T. and Supapoj, N. 2009. Nutrient deficiency in the rice-stylo (*Stylosanthes guianensis*) relay-intercropping system in rainfed lowland rice ecosystem in Northeast Thailand. *Plant Production Science* 12: 390-393.
8. Yang, Y., Maki, M., Ye, R., Saito, D., Nontasri, T., Srisutham, M., Sritumboon, S., Sukchan, S., Yoshida, K., Oki, K. and Homma, K. 2022. Yearly change in severely salt-damaged areas in paddy fields in Ban Pai in Northeast Thailand. *Hydrological Research Letters* 16: 7-11.
9. Yang, Y., Ye, R., Srisutham, M., Nontasri, T., Sritumboon, S., Maki, M., Yoshida, K., Oki, K. and Homma, K. 2022. Rice production in farmer fields in soil salinity classified area in Khon Kaen, Northeast Thailand. *Sustainability* 14: 9873.
10. 高堂泰輔・本間香貴・小林知・矢倉研二郎・Sanara Hor・Kim Soben 2021. カンボジアにおける灌漑導入が稲作の栽培と生産性に与える影響。—ポーサット州における隣接する地区の比較に基づく検討— *東南アジア研究* 59: 101-118.
11. Hosonuma, K., Aida, K., Ballaran, V. Jr., Nagumo, N., Sanchez, P.A.J., Sumita, T. and Homma, K. 2024. Evaluation of geographical and annual changes in rice planting patterns using satellite images in the flood-prone area of the Pampanga river basin, the Philippines. *Remote Sensing* 16: 499.
12. Homma, K., Shiraiwa, T. and Horie, T. 2014. Variability of rice production in monsoon Asia. *The Open Agriculture Journal* 8: 28-34.
13. Fujisao, K., Khanthavong, P., Oudthachit, S., Matsumoto, N., Homma, K., Asai, H., Shiraiwa, T. 2020. Impacts of the continuous maize cultivation on soil properties in Sainyabuli province, Laos. *Scientific Reports* 10: 11231.
14. 本間香貴・御子柴北斗・森壽・岡井仁志・白岩立彦・須藤健一・稲村達也 2008. 「丹波黒」の生産変動要因に関する研究. 第1報 福知山市夜久野町大油子集落における2006年の実態調査より. *作物研究* 53: 25-31.
15. 御子柴北斗・本間香貴・須藤健一・牛尾昭浩・岡井仁志・尾崎耕二・白岩立彦 2009. 「丹波黒」の生産変動要因に関する研究. 第2報 丹波地方4集落における2007年の収量および収量変動要因. *作物研究* 54: 9-17.
16. 御子柴北斗・本間香貴・須藤健一・岡井仁志・尾崎耕二・横峯雄一郎・白岩立彦 2011. 「丹波黒」の生産変動要因に関する研究. 第3報 圃場間変動要因に関する共分散構造分析. *作物研究* 56: 55-62.
17. 本間香貴・岡井仁志・黒瀬義孝・須藤健一・尾崎耕二・白岩立彦・田中朋之 2010. 水収支モデルの「丹波黒」ダイズ栽培農家圃場への適用. *作物研究* 55: 27-32.
18. Homma, K. 2011. Evaluation of soil moisture status in the field to improve the production of Tanbaguro soybeans. In: Tzi-Bun Ng (Ed.) *Soybean - Applications and Technology*. In Tech, Rijeka, Croatia, p. 127-150. ISBN: 978-953-307-207-4.
19. 多田羅翔子・本間香貴・栗田光雄・小林正幸・白岩立彦 2016. 長期無施肥水田の土壌養分動態および稲の養分吸収. 第1報 調査対象水田における2014年の養分動態. *作物研究* 61: 1-6.
20. Homma, K., Maki, M. and Hirooka, Y. 2017. Development of a rice simulation model for remote-sensing (SIMRIW-RS). *Journal of Agricultural Meteorology* 73: 9-15.
21. Konno, T. and Homma, K. 2023. Prediction of areal soybean lodging using a main stem elongation model and a soil-adjusted vegetation index that accounts for the ratio of vegetation cover. *Remote Sensing* 15: 3446
22. 高橋 励・本間香貴・金村知美・娜日蘇・白岩立彦・堀江 武・稲村達也 2007. 世界のイネ・コアコレクションにおける葉群の展開と日射利用効率の品種間差異. *近畿作育研究* 52: 25-30.
23. Kanemura, T., Homma, K., Ohsumi, A., Shiraiwa, T. and Horie, T. 2007. Evaluation of genotypic variation in leaf photosynthetic rate and its associated factors by using rice diversity research set of germplasm. *Photosynthesis Research* 94: 23-30.
24. Hyoda, T., Homma, K., Shiraiwa, T., Katsura, K. and Horie, T. 2015. Adaptability of high-yielding rice cultivars in relation to biomass

- productivity under moderately water stressed upland conditions. *Agricultural Sciences* 6: 352-364.
25. 宋勇・国分牧衛・中嶋孝幸・許東河・本間香貴 2018. ダイズの塩ストレス耐性品種における Na, K の体内分布に基づく耐性機構の検討. *日本作物学会紀事* 87: 265-266.
  26. Susilawati, P. N., Tajima, R., Giamerti, Y., Yang, Y., Yufdy, M. P., Lubis, I. and Homma, K. 2022. Application of consecutive polyethylene glycol treatments for modeling the seminal root growth of rice under water stress. *Scientific Reports* 12: 2096.
  27. 本間香貴・堀江武・白岩立彦 2007. 世界気象資料の活用について. *日本作物学会紀事* 76: 464-467.
  28. 河津俊作・本間香貴・堀江武・白岩立彦 2007. 近年の日本における稲作気象の変化とその水稲収量・外観品質への影響. *日本作物学会紀事* 76: 423-432.
  29. Hossain, S., Homma, K. and Shiraiwa, T. 2014. Decadal and monthly change of an empirical coefficient in the relation between solar radiation and the daily range of temperature in Japan: implications for the estimation of solar radiation based on temperature. *Plant Production Science* 17: 333-341.
  30. 本間香貴・中川博視・堀江武・大西宏明・金漢龍・大西政夫 1999. 群落表面温度の隔測に基づく高温・高 CO<sub>2</sub> 濃度環境下の水稲の蒸散・熱収支特性の解析. *日本作物学会紀事* 68: 137-145.
  31. 本間香貴・白岩立彦 2009. 水稲群落を基準とした群落表面温度の計測による転換畑ダイズ圃場の水ストレス評価. *日本作物学会紀事* 78: 387-394.
  32. 中村航太・本間香貴・叶戎玲・牧雅康・本郷千春 2021. 熱赤外線カメラ搭載 UAV を用いた虫害検出の検討. *日本作物学会紀事* 90: 354-355.
  33. Jung H., Tajima, R., Ye, R., Hashimoto, N., Yang, Y., Yamamoto, S. and Homma, K. 2023. Utilization of UAV remote sensing in plant-based field experiments: a case study of the evaluation of LAI in a small-scale sweetcorn experiment. *Agriculture* 13: 561.
  34. Zhang, L., Hashimoto, N., Saito, Y., Obara, K., Ishibashi, T., Ito, R., Yamamoto, S., Maki, M. and Homma, K. 2023. Validation of relation between SPAD and rice grain protein content in farmer fields in the coastal area of Sendai, Japan. *AgriEngineering* 5: 369-379.
  35. Kanno, H. and Homma, K. 2024. Recent expansion and future perspectives of direct rice seeding in Miyagi Prefecture of Japan. *International Journal of Environmental and Rural Development* 15-2: 174-180.
  36. Tsujimoto, K., Kuriya, N., Ohta, T., Homma, K., Monichoth, S.I. 2022. Quantifying the GCM-related uncertainty for climate change impact assessment of rainfed rice production in Cambodia by combined hydrologic-rice growth model. *Ecological Modelling* 464: 109815.
  37. 小原香澄・本間香貴・田島亮介・牧雅康・齋藤裕樹・橋本直之・山本修平・本郷千春 2020. UAV リモートセンシングに基づく水稲の SPAD 値推定に関する検討. *日本作物学会紀事* 89: 50-51.