

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23380012

研究課題名(和文) コムギおよびダイズ品質の空間変動を是正し持続的生産を可能とする可変量管理

研究課題名(英文) Variable rate management for correcting the spatial variability of seed quality of wheat and soybean and realizing the sustainable crop production

研究代表者

稲村 達也 (Inamura, Tatsuya)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：00263129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：田畑輪換田において、コムギおよびダイズを対象に収量・品質の圃場内変動をもたらす要因を解析し、その圃場内変動に応じて肥料や種子などの農業資材の投入量を変化させ圃場内の収量・品質変動を是正する可変量管理の可能性を検討した。コムギでは播種時土壌含水比の圃場内変動に応じて播種量を制御する可変量管理によって、場所ごとの穂数を是正することで圃場の平均収量を是正し得ると考えられた。ダイズでは面積当たり個体数を制御する可変量管理によってダイズの枝条構造を変化させ圃場内の品質変動を是正できると考えられた。圃場内でのコムギ生育変動を是正することで収量を維持しながら窒素収支バランスを改善できることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Sources of the variation of seed quality and yield of wheat and soybean in paddy-upland rotational fields were examined to evaluate the possibility of the variable rate management that implements the site-specific input of agricultural materials, e.g. fertilizer and seed, in proportion to the variation of these sources in the field for correcting the spatial variability of seed quality and yield. In the case of wheat, the variable seeding rate management in proportion to the soil moisture percentage on dried soil basis at seeding in the field was able to control the number of panicles in the field to bring the adequate average yield. In the case of soybean, the variable seeding rate management for controlling population density at seeding was able to control the stems structure of soybean to bring the adequate seed quality. It was shown clearly that the input-output balance was improvable without yield loss by correcting the spatial variability of wheat growth in a field.

研究分野：栽培システム学

キーワード：田畑輪換 精密農業 リモートセンシング 空間変動 品質 収量

1. 研究開始当初の背景

日本の水田農業は食糧生産性の向上と環境との高い調和性の実現を迫られ、集落営農がこれらの問題を解決できる経営体の一つと考えられている(稲村 2005)。日本における集落当たりの平均耕地面積は30ha前後で、集落の耕地を一つの農場として経営する集落営農では圃場間での水稻と畑作物(コムギやダイズ)の生育・収量・品質や土壌特性の変動が大きい(池永ら、2005、池永ら 2010)。研究代表者らは、集落営農での生産性向上のためにはこれらの変動に応じたPCM(Precision Crop Management)の開発が必要であることを明らかにし、PCMのための管理戦略の開発を進めてきた(Inamuraら 2004、池永ら 2007、2010、Inamuraら 2010)。PCMでは、制御対象となる土壌特性や作物生育特性などの空間変動の診断と予測、それに基づく適正な管理単位の決定および実用的な管理戦略の設計と実証の各ステップから構成される。欧米の大規模畑作でPCMが実用化されている。日本の水田農業での研究の歴史は浅く、研究代表者らが申請する「地域の食糧生産性と品質の向上および環境負荷軽減を目的とするPCMを集落営農へ導入する研究」は他に見られない。

日本にはPCMの設計に有効な作物の生理・生態学的研究の成果および管理戦略そのものが数多く蓄積されている。土壌からの窒素供給と作物による吸収の動態およびそれらに応じた施肥管理戦略が設計され(Inamuraら 2004)、土壌からの窒素供給および作物の窒素保有量の空間変動に基づく施肥管理が検証されている(柳ら 2004)。これらの施肥管理では、生殖生長始期における地上部生育量が指標として用いられている。研究代表者らは、二年三作の田畑輪換を実施している集落営農において、水稻、コムギ、ダイズを対象に、PCMのための管理戦略の対象となる土壌特性や作物生育特性などの空間変動を測定し(Inamuraら 2004、稲村ら 2007)、PCMの適正な管理単位を明らかにしてきた(池永ら 2007、2010)。これらの研究においても、生殖生長始期における地上部生育量をPCMのための施肥管理戦略の指標としてきた。

一方、畑作物では出芽・苗立ちの良否や出芽深度などが、生殖生長始期の生育を介して収量・品質に大きく影響することが知られている(中條ら 1990)。出芽・苗立ちを対象とする品質の管理戦略の設計には、これらを支配する土壌特性や前作作物の生育特性などと、出芽・苗立ちがその後の生育を介して品質に及ぼす生理・生態学的関係などを明らかにしなければならない。そして、出芽・苗立ちを支配するより基本的な土壌特性や作物生育特性をPCMのための管理戦略の対象とすることができれば、生殖生長始期における地上部生育量の空間変動をより小さく制御することが可能になり、従来の管理戦略の精度向上と管理戦略の実施コスト

の削減が期待できると考えた。そして、研究代表者として受けた基盤研究(B)(一般)(H16-18、H19-22)を実施する過程において、前作残渣のすき込み量と耕起同時播種時の土壌水分が土塊の大きさを介してダイズとコムギの出芽・苗立ちに影響し、苗立ち数(初期乾物重)や出芽深度がその後の生育を通じて収量・品質に影響すること(稲村ら 2007、Inamuraら 2010)を確認し、さらにPCMを実施した圃場での窒素収支バランスの改善効果の実証が必要と考え、本研究の着想に至った。

参考文献

- ・稲村(編著)、栽培システム学. 朝倉書店. 2005.
- ・池永ら、日作紀. 74(3). 291-297. 2005.
- ・Inamuraら、Plant Prod. Sci. 7(2). 230-239. 2004.
- ・池永ら、日作紀. 76(1). 28-36. 2007.
- ・稲村ら、日作紀. 76(2). 189-197. 2007.
- ・飯田、農業機械学会誌. 68(6) 2006.
- ・柳ら、農業機械学会誌. 66(5). 49-62. 2004.
- ・中條ら、日作紀 59 : 245 - 252. 1990.
- ・Inamuraら、Plant Prod. Sci. 13. 85-96. 2010.
- ・池永ら、土肥誌 81. 207-214. 2010.

2. 研究の目的

本研究では、品質・収量の向上と安定化が重要である水田作のコムギおよびダイズを対象に、集落営農において品質と収量の圃場間・圃場内変動を是正する栽培管理(Precision Crop Management ; PCM)の設計と実証を行う。品質としてはタンパク含量を取り上げ、実証では品質・収量の変動是正と共に環境負荷軽減の効果を評価する。まず、複数の集落営農において、両作物の品質の圃場間・圃場内変動を一次的に支配する生育特性や土壌特性を解明する。そして、各特性が作物の生長過程と収量を介して品質を規定する機構を明らかにし、先行研究の成果を活用しつつPCMのための管理戦略を設計する。次に、前述とは異なる集落営農において、研究分担者が開発した可変播種同時施肥機を用いて管理戦略を実施し、リモートセンシング、収量センサー付きコンバインなどを用いて管理戦略の効果を集落営農代表者らと共に評価し、その結果をPCMの設計にフィードバックすることを繰り返し、より実効性が高く普及可能なPCMの開発を目指す。

3. 研究の方法

田畑輪換(イネーコムギーダイズ)を実施している3集落営農内の水田群において、コムギとダイズを対象に圃場研究を実施する。まず、2集落営農の水田群において、土壌特性、両作物の生育時期別の生育特性および収量・品質の圃場間・圃場内変動を実測とリモ

ートセンシングにより把握する。次に、両作物の品質（タンパク含量）の圃場間・圃場内変動を一次的に支配する生育特性や土壌特性を解明し、各特性が作物の生長過程と収量を介して品質を規定する機構を明らかにする。そして、先行研究の成果を活用しつつPCMのための管理戦略を設計する。研究2年目において、前述とは異なる集落営農において、研究分担者が開発した播種深度を調節できる可変播種同時施肥機（図1）または手播によって管理戦略を実施し、航空機による空撮と収量センサー付きコンバイン、坪刈によって生育特性値、収量、品質の空間変動を把握する。そして、管理戦略の実施による窒素収支バランス改善を評価する。これらの結果をPCM設計にフィードバックすることを繰り返し、より実効性の高いPCMの開発を目指す。



図1 播種深度を調節できる可変播種同時施肥機

4. 研究成果

①コムギでは、播種後の土塊径、播種深度と出芽深度を実測し、苗立ち数、苗立ち時の地上部重・窒素保有量、小穂分化期と出穂期の地上部重と窒素保有量、収量・品質などのリモートセンシングと圃場調査等により測定した結果（図2）をもとに、播種時の土壌特性の影響を受ける苗立ち数（初期生育量）と出芽深度がその後の生育過程（生殖生長始期における地上部生育量）と収量を介して、コムギの品質を規定する機構を解明した。

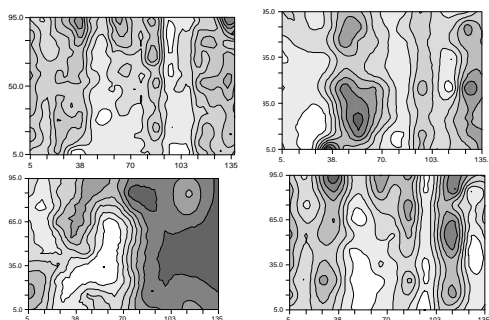


図2 農家圃場(135m×95m)におけるコムギの苗立ち率(左上)、土塊サイズ(右上)、粘土含量(左下)、土壌水分(右下)の空間変動

②①の結果に基づいて理戦略を設計・評価したところ、コムギの播種時土壌含水比の圃場内変動に応じて播種量を制御する可変量管理によって、場所ごとの穂数を是正することで圃場の平均収量を是正し得るものと考えられた。また、圃場内の生育変動を是正することで窒素収支バランスを改善できることを確認した。

③ダイズでは、1株当たり苗立ち数と㎡当たり株数、開花始期と着莢期の枝条別の地上部重と窒素保有量、枝条別の収量と品質などをリモートセンシングと圃場調査により測定（図3、4、5）し、面積当たり個体数（1株当たり苗立ち数と㎡当たり株数との積）が着莢始期の枝条構造を介して品質・収量を規定する機構を明らかにした。

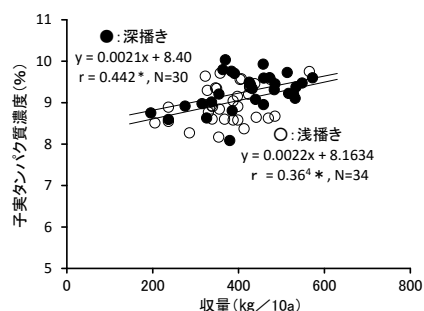


図3 コムギ収量と子実タンパク濃度との関係に及ぼす播種深の影響(2006~2009年)

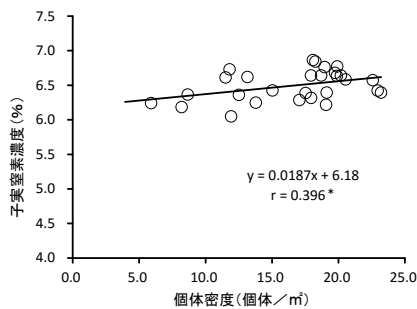


図4 ダイズの個体密度と子実窒素濃度との関係(32圃場、2009)

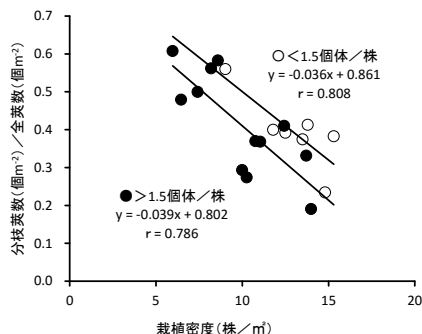


図5 ダイズの栽植密度と全英数に占める分枝着莢数の割合との関係に及ぼす株あたり個体数の影響(2012)

④③の結果に基づいて、面積当たり個体数（1株当たり苗立数と㎡当たり株数との積）を制御する可変量管理によってダイズの枝条構造を変化させ圃場内の品質変動を是正できることを確認した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計5件）

①Cho, W. J., Iida, M., Suguri, M., Masuda, R. and Kurita, H. Vision-based Uncut Crop Edge Detection for Automated Guidance of Head-Feeding Combine. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 査読有. 7(2). 97-102. 2014.

②橋本 雅耶, 村主勝彦, 飯田訓久, 増田良平. Webアプリケーションによるコンバインロボットの遠隔モニタリング. *農業情報研究*. 査読有. 23(1). 12-20, 2014.

③Iida, M., Uchida R., Zhu, H., Suguri, M., Kurita H. and Masuda, Path-Following Control of a Head-Feeding Combine Robot. *R. Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 査読有. 6(2). 61-67. 2013.

④村田資治・井上博茂・稲村達也. 水田転換畑における不耕起ダイズの生育に及ぼす降水の影響. *日作紀*. 査読有. 81(4). 397-403. 2012.

⑤Onoyama, H., Ryu, C. S., Suguri, M. and Iida, M., Estimation of rice protein content using ground-based hyperspectral remote sensing. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 査読有. 4(3). 71-76. 2011.

〔学会発表〕（計6件）

①濱勇希・足立紘一・稲村達也. 栽植密度の異なるダイズ群落における根粒の形成過程. 日本作物学会第239回講演会, 2015. 3. 28. 日大湘南キャンパス

②足立紘一・日田早織・濱勇希・稲村達也. 枝条構造がダイズ子実の収量とタンパク質含有率に及ぼす影響. 日本作物学会第239回講演会, 2015. 3. 28.

③飯田訓久. ロボットコンバインによる自動収穫システム. 第2回準天頂衛星シンポジウム. 招待講演. 大阪府大阪市. NEC 関西ビル. 2014. 7. 31

④足立紘一・村田資治・増田太郎・松宮健太郎・稲村達也. 水田転換畑においてダイズ子実の成分・収量に作付体系は影響を及ぼすのか. 日本作物学会第235回講演会. 2013. 3. 29. 明治大学生田キャンパス

⑤山下紘輝・村田資治・稲村達也. ダイズにおける枝条別の莢の形成と粒の肥大. 日本作物学会第233回講演会. 2012. 3. 30. 東京農工大学農学部

⑥稲村達也. 作物学から土壌科学へ望むこと (IX 土壌科学を基盤とする学術の動向と展開 Part 1 作物の生産基盤として土壌科学). 日本土壌肥料学会 2011 年度つくば大会 (招待講演). 2011. 8. 10

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲村 達也 (INAMURA TATSUYA)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：00263129

(2) 研究分担者

飯田 訓久 (IIDA MICHIHISA)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：50232129

村主 勝彦 (SUGURI MASAHIKO)
京都大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号：10226483

(3) 連携研究者

()

研究者番号：