

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03758

研究課題名（和文）ダイズ品質・収量の空間変動を是正し実需者のニーズに応える可変量管理の実証

研究課題名（英文）Variable rate management for correcting the spatial variability of seed quality and yield of soybean and meeting the demands of the consumers

研究代表者

稲村 達也（Inamura, Tatauya）

京都大学・農学研究科・研究員

研究者番号：00263129

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：開花期における日射の吸収量が開花期以降の乾物生産を支配し、この乾物生産量が莢数の増加とそれに伴う収量の増加に関する重要な要因であった。子実肥大始期までの窒素吸収量が子実数の増加とそれに伴う収量の増加に関する重要な要因であった。そのため、開花期以降の乾物生産量または子実肥大期までの窒素吸収量の圃場内・圃場間変動を是正するPCMが、これらの空間変動を是正し、収量の増加に貢献できると考えられた。開花期以降の乾物生産量または子実肥大期までの窒素吸収量の圃場内・圃場間変動を推定する新しい生育指数として、クロロフィル指数（CI）と日射量の積（I）の積算値（ $(CI \times I)$ ）を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本のダイズ作は輪乾田で栽培され、その収量と品質は低く不安定です。その原因として、圃場内・圃場間における品質・収量の不均一性があります。本研究は、その不均一性を是正する栽培管理法を提案するものであり、ここに、学術的意義や社会的意義があると考えます。

研究成果の概要（英文）：The dry matter production after flowering, affected by the absorption of solar radiation during the flowering stage, was an important factor for increasing the number of pods and then the overall soybean yield. The amount of nitrogen absorbed by the beginning of seed filling was an important factor for increasing the number of seeds and then the overall soybean yield. Precision Crop Management for correcting the spatial variability of the dry matter production after flowering and/or the amount of nitrogen absorbed by the beginning of seed filling in the field and among the fields will correct the spatial variability of the soybean yield in the field and among the fields. The new growth index that combines the chlorophyll index (CI) with measure of solar radiation ( $(CI \times I)$ ) will contribute to effectively estimate the dry matter production after flowering and/or the amount of nitrogen absorbed by the beginning of seed filling.

研究分野：栽培システム学

キーワード：田畑輪換 リモートセンシング 可変量管理

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本の水田農業は食糧生産性(品質・収量)の向上を迫られ、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る(稲村 2005)。集落の耕地を一つの農場とする集落営農では圃場間での水稲と畑作物の生育・収量・品質や土壌特性の変動が大きい(池永ら、2005、池永ら 2010)。研究代表者は、生産性向上のためにはこれらの変動パターンに応じた PCM の開発の必要性を明らかにし、PCM のための管理戦略の開発とその実施のための農業機械の開発を進めてきた(池永ら 2007、2010、Inamura ら 2010、足立ら 2015、黒須ら 2016、飯田 2006、Cho ら 2015)。PCM では、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施の各ステップから構成される。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。研究代表者は、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を設計し(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を研究分担者が開発した可変播種同時施肥機(柳ら 2004)を用いて検証してきた。そして、研究代表者として受けた基盤研究(B)(一般)において、二年三作の田畑輪換を実施している集落営農での水稲、ダイズ、コムギを対象に、PCM のための管理戦略の基礎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(稲村ら 2007)、PCM の適正な管理単位の決定を明らかにしてきた(池永ら 2007、2010)。一方、播種時の土壌水分が土塊の大きさを介して畑作物の出芽・苗立ちなどに影響し、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)、ダイズの個体密度(栽植密度と一株粒数の積)が主茎と分枝の比率を介して品質に影響すること(足立ら 2015、黒須ら 2016)を明らかにした。本研究における管理戦略の設計でも、出芽・苗立ちを支配する土壌特性や前作物の生育特性などと共に、出芽・苗立ちなど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地域・品種ごとに明らかにしなければならない。また、出芽・苗立ちなどを支配するより基本的な土壌特性や作物生育特性を管理戦略の対象とすることで、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なるように制御することが可能となり、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、大豆研究会セミナー(近畿地域ダイズ研究会および全国農業改良普及支援協会などの主催・共催 2016 年 10 月 14 日開催)において、この管理戦略を地方公共団体、生産者、実需者や農業機械メーカー等に紹介したところ多くの賛同が得られ、そして実需者の加工適性に対するニーズとそのニーズに対する生産者等の対応状況について情報交換を行ったところ、PCM によるダイズの品質・収量の高位安定生産が実需者のニーズに応えられると考え、本研究の全体像の着想に至った。

### 参考文献

- 稲村(編著)、栽培システム学. 朝倉書店. 1-195.2005.
- Inamura ら、Plant Prod. Sci. 7(2). 230-239. 2004.
- 稲村ら、日作紀. 76(2). 189-197. 2007.
- 柳ら、農業機械学会誌. 66(5). 49-62. 2004.
- Inamura ら、Plant Prod. Sci. 13. 85-96. 2010.
- 足立ら、日本作物学会講演要旨集 239th. 41. 2015.
- 池永ら、日作紀. 74(3). 291-297. 2005.
- 池永ら、日作紀. 76(1). 28-36. 2007.
- 飯田、農業機械学会誌. 68(6) 2006.
- 中條ら、日作紀 59 : 245 - 252. 1990.
- 池永ら、土肥誌 81. 207-214. 2010.
- Cho ら、EAEF 8. 178-186. 2015.

### 2. 研究の目的

品質・収量の向上と安定化が急務である水田作ダイズを対象に、その品質・収量の圃場間・圃場内変動を是正する栽培管理(Precision Crop Management; PCM)の設計と実証を西日本の複数の集落営農で実施するため、品質としてタンパク含量を取り上げ、先行研究の成果を活用し、作物の生育特性や土壌特性の圃場間・圃場内変動がダイズの生長を介して収量と品質の変動を規定する機構に基づいた PCM を地域ごとに設計するための基礎データを得る。

### 3. 研究の方法

奈良県、石川県、山口県の水田作ダイズを栽培する集落営農または実験圃場において、次の 6 点を実施・解明した。

先行研究で調査済みの、年次間で安定的な T-N、T-C、粒径組成などのデータを補強する。

個体密度を変化させた調査圃場において、開花始期・着莢期・子実肥大期・成熟期の地上部重と窒素保有量を実測し、リモートセンシングにより推定する。

と同時に、収量と収量構成要素、ダイズ子実タンパク含量を実測する。

～ の結果の相互関係を解析し、収量・品質を規定する機構を地域別に解明する。この解析では、先行研究(基盤研究(B)(一般)(H19-22、H23-27))で得られている ～ に関する同

内容の結果を加味する。

からの過程において、時期別の地上部乾物重・窒素保有量およびこれらの増加速度などの圃場内・圃場間変動を効果的に推定するための植生指数の選定と開発を行う。

までの結果に基づいて、時期別の地上部乾物重・窒素保有量およびこれらの増加速度などの圃場内・圃場間変動を是正し、収量・品質の空間変動を是正するためのPCMの可能性を検討する。

#### 4. 研究成果

1) ダイズの収量と生育を3年間にわたって調査し、ダイズ収量の年次間変動に及ぼす要因を乾物生産および気象の面から明らかにした。その結果、年によって減収要因は異なるものの、低収年には成熟期の地上部乾物重および莢数が減少していることは共通しており、例えば、乾燥害または台風によるダイズ群落の乾物生産量の低下が、莢数を通して収量を低下させたと考えられた。つまり、生産現場におけるダイズ収量の年次間変動の要因の一つは地上部乾物重の変動であり、ダイズの生育収量の変動を把握するためには地上部乾物重を推定する技術が必要であることを明らかとした。

2) 様々な栽植密度で栽培したダイズ子実収量と最も強く相関する収量構成要素を明らかにするために、ダイズ品種「里のほほえみ」、「サチユタカ」を狭畦栽培と慣行で栽培した。子実収量と最も高い相関を示す収量構成要素は面積当たり子実数、莢数であった。

3) ダイズの乾物生産および収量を向上させるための栽培管理として生産者が実施可能かつダイズの乾物生産に影響を与える可能性のある栽培管理として栽植密度と耕起方法に着目し、その効果を検証した。その結果、栽植密度については30本  $m^{-2}$  に密植しても開花期以降の受光量および日射利用効率が向上しないため、乾物生産量は向上しないことが明らかとなった。耕起方法については、不耕起栽培を行うことで開花期以降の乾物生産は変化するものの、その効果は降水量によって変動する可能性があること、不耕起栽培によって開花期以降の乾物生産が高まっても収量の向上にはつながらないことが明らかとなった。これらのことから生産現場におけるダイズ収量を向上あるいは安定化させるためには、適切な栽植密度(30本  $m^{-2}$  以下)を確保し、排水対策および灌漑の実施によって土壌水分の変動を抑える栽培管理が必要であると考えられた。

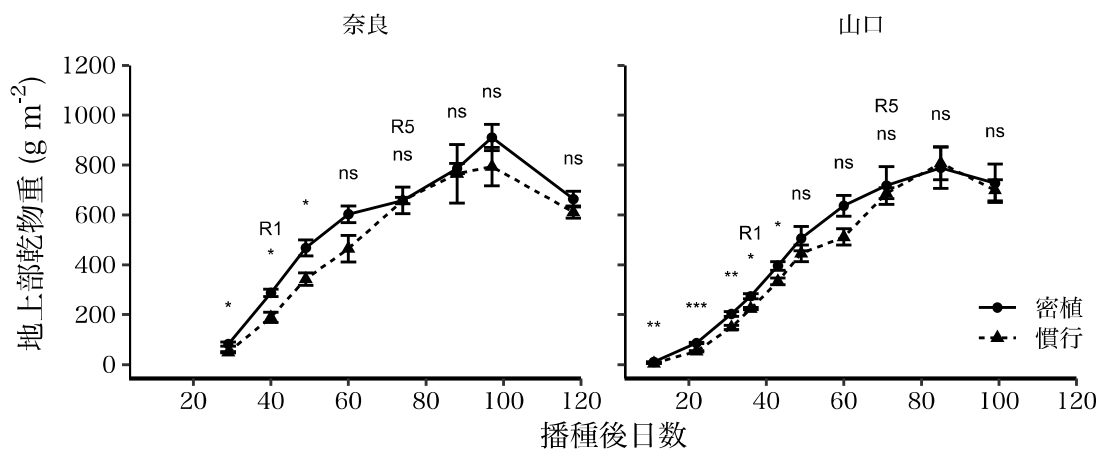


図 地上部乾物重の推移。

図中のR1とR5はそれぞれ開花期と子実肥大期を示す(以下の図も同様)。

縦棒は標準誤差を示す。

\*\*\*, \*\*, \* および ns はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意差ありおよび有意差なしを示す。

4) 子実数の確保を介して収量増加に貢献する子実肥大始期までのダイズの窒素吸収量を最もよく推定する植生指数を明らかにすることを目的とし、さらに生育各期の植生指数によるダイズの子実数の解析を試みた。ダイズ個体群の地上部窒素吸収量と最も強く相関する植生指数はCIGreenであることを確認した。ダイズの子実数は子実肥大始期のCIGreenと有意な相関関係にあった。また子実肥大始期と生殖成長初期のCIGreenの差 CIGreenと子実数の間にはより高い相関が認められた。これらのことは子実肥大始期あるいは生殖成長初期から子実肥大始期まで

の期間の窒素吸収量が子実数を決めること、および植生指数を用いた収量や収量構成要素の解析の可能性を示唆すると考えられた。

5) 莢数の確保を介してダイズの収量性を決定する上で重要な開花期以降の地上部乾物重を、従来の手法よりも高い精度でリモートセンシングにより推定することを目的に、新たな指標として植生指数と日射量の積の積算値を提案し、その有効性を検証した。考案した  $(CI \times I)$  によって播種期から子実肥大期までのダイズ地上部乾物重を従来の方法に比較して精度高く推定できることが明らかとなった。ただし、開花期までの地上部乾物重の推定に限れば、これまでに報告されている  $(NDVI \times I)$  でも十分推定が可能であった。

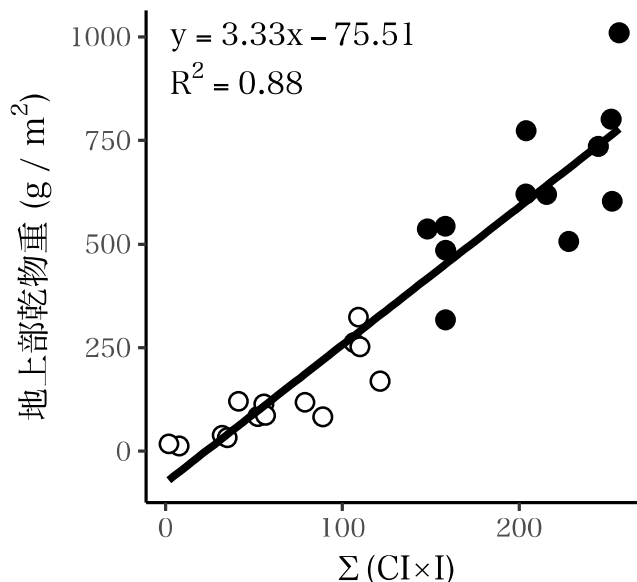


図 ダイズ地上部乾物重と  $\Sigma(CI \times I)$  の関係。

2009年、2011年、2013年の3年分のデータを使用し、地上部乾物重は年次と調査日と処理区の組み合わせごとに反復を平均して算出した。 $\Sigma(CI \times I)$  は日々のCIと日射量の積を播種から地上部乾物重の調査日まで積算した値を示す。白丸は栄養生长期間（開花期以前）、黒丸は生殖生长期間（開花期後）を示す。回帰直線は2つの生育期間を込みにして算出した。回帰式における説明変数の効果は0.1%水準で有意。 $R^2$ は自由度調整済み決定係数を示す。

6) 以上ことから、開花期以降の乾物生産量または子実肥大期までの窒素吸収量の圃場内・圃場間変動を是正するPCMが、これらの空間変動を是正し、収量の増加に貢献できると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Murata Motoharu, Yamashita Hiroki, Inamura Tatsuya	4. 巻 88
2. 論文標題 Reasons Why High Planting Density Dose Not Increase the Yield of Soybean Cultivar 'Sachiyutaka' in Nara Prefecture and Yamaguchi Prefecture, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Crop Science	6. 最初と最後の頁 237 ~ 245
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1626/jcs.88.237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 村田資治・稲村達也
2. 発表標題 クロロフィル指数と日射量によるダイズ地上部乾物重の推定
3. 学会等名 第246回日本作物学会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丹保彩香・三納礼奈・今本裕士・永嶋秀樹・塚口直史
2. 発表標題 植生指数を用いたダイズ品質に関わる生育評価
3. 学会等名 第248回日本作物学会講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	村主 勝彦 (Suguri Masahiko) (10226483)	京都大学・農学研究科・助教  (14301)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	塚口 直史 (Tukaguchi Tadashi)  (40345492)	石川県立大学・生物資源環境学部・准教授  (23303)	
研究分担者	飯田 訓久 (Iida Michihisa)  (50232129)	京都大学・農学研究科・教授  (14301)	
研究分担者	村田 資治 (Murata Motoharu)  (60765030)	山口県農林総合技術センター・農業技術部 土地利用作物研究室・専門研究員  (85503)	
研究分担者	杉山 高世 (Sugiyama Takatsugu)  (90393389)	奈良県農業研究開発センター・研究開発部・総括研究員  (84605)	
研究分担者	井上 博茂 (Inoue Hiromo)  (40260616)	京都大学・農学研究科・講師  (14301)	
研究協力者	田中 貴 (Tanaka Takashi)  (20805436)	岐阜大学・応用生物科学部・助教  (13701)	
研究協力者	岡井 仁志 (Okai Hitoshi)	近畿アグリハイテク・理事長	
研究協力者	北尾 幸吉雄 (Kitao Yukio)	株式会社 北尾吉三郎商店・社長	