

データ駆動型大規模水稲作のための圃場別データセットの構築とその利用

石川哲也¹⁾・横田修一²⁾・平田雅敏²⁾・小川春樹²⁾・小笠原慎一²⁾・
中村隆三³⁾・吉永悟志¹⁾

(¹⁾ 農研機構中央農業研究センター, (²⁾ 有限会社横田農場, (³⁾ 株式会社クボタ農機技術本部機械開発管理部)

要旨: 大規模稲作を展開する農業生産法人を対象に, 多数の作付圃場の毎年の栽培管理や収量を「見える化」とするとともに, 条件による絞り込みやランクづけ, 項目間の関係の図示等を通じて問題点を摘出し, 改善提案を行うことを目的として, 作付圃場を網羅する圃場別データセットを構築した. 茨城県南地域の3法人における2019年の水稲作付圃場をすべて収集対象とした. 圃場名や立地ブロック, 面積などの基本情報, 作付品種や栽培方法などの集計キーとなる情報, 移植日や収穫日などの作業情報, 肥培管理情報, 防除情報を必須項目とし, 追肥や防除については, 実態に応じて複数回設定した. 実証経営体の記録方法に応じて, 営農管理システム出力のインポートや手書き日誌の転記によりデータを収集し, 収量データは, 各実証経営体で使用する収量コンバインおよび営農管理システムを通じて収集した. 乾燥ロット別の実調製量等を圃場別に直接収集することは困難なため, 乾燥調製データセットとして独立させ, 初摺・選別後の玄米重量および篩選・色彩選別による屑米重量を収集し, 乾燥ロット番号を用いて参照する構造とした. 収集したデータセットを用いて, 全圃場数637筆の24.3%を占める横田農場のコシヒカリ155筆を対象に, 推定収量が低かった33筆の要因を解析すると, 圃場の立地ブロックと密接に関連する移植順序が, 推定出穂期が遅い圃場での収穫日までの積算日射量の減少を通じて影響したと推察された. このように, 網羅的データセットの活用により, 問題点の特定と改善策の提案が可能になると判断された.

キーワード: 改善提案, 乾燥調製データセット, 収量推定, 積算日射量, 大規模水稲作, データ駆動型生産, 登熟期間, 圃場別データセット.

農村部の人口減少や他産業への労働力流出などに起因する労働力不足は喫緊の課題となっており, 茨城県南西地域の水田作地帯における推計では, 離農により2030年までに流出が推定される農地を, 担い手農家ですべて引き受けると仮定すると, 1戸あたり経営面積が平均25haから121haまで拡大される(松本2018). このような情勢を打開するため策定された「未来投資戦略2018」(内閣府2018)では, 生産性を抜本的に向上するために先端技術の実装を速やかに進めることを求め, 生産現場の強化やバリューチェーン全体での付加価値の向上と並んで, 「データと先端技術のフル活用による世界トップレベルの『スマート農業』の実現」が, 新たに講ずべき具体的施策として明示された. 進捗目標として, 2022年度までに「スマート農業の本格的な現場実装を着実に進める環境の整備」, 2025年度までに「農業の担い手のほぼ全てがデータを活用した農業を実践」することが掲げられている.

とくに, 「農業のあらゆる現場において, ICT機器が幅広く導入され, 栽培管理等がセンサーデータとビッグデータ解析により最適化」されるためには, ビッグデータ解析に必要な項目を網羅したデータセットを決定する必要があり, 同時に普及が進んでいる収量コンバイン(日高

ら2009, 牧野ら2009, 井上ら2015)などを活用して, 可能な限りデータを自動取得することにより, 生産者の負担を軽減することが求められる. 渡邊(2015)は現地実証試験における全刈り収量の測定方法を例示しているが, 圃場別の計量は作業能率の低下を引き起こすため, 複数の圃場をまとめた評価も提言している. 収量コンバインを導入すると, 通常作業体系を維持しつつ圃場別の収量推定および圃場間の比較が可能になることから, 経営面積の拡大に伴う多筆圃場管理が進む営農現場におけるメリットが大きいと推察される.

これまでに, 筆者らは, 試験研究機関における水稲の多収栽培事例のデータベース化に取り組み, 必須フィールドの選定方法, あるいは実施回数が一定でない生育調査結果の取り扱いについて検討した(梅本ら1989). ただし, その主目的はデータの蓄積および閲覧であったため, データを用いた解析に適した構造ではなかった. また, 松本・関野(2017)は, 「ほ場情報利用システム」に確度の高い情報を低コストで収集し, 意思決定場面で活用できる解析結果を提供することにより, 活用が促進されると述べている.

そこで, 本研究では, 大規模稲作を展開する農業生産

2020年11月23日受理. 連絡責任者: 石川哲也 〒305-8604 茨城県つくば市観音台3-1-3

TEL 029-838-8852, FAX 029-838-8484, tish@affrc.go.jp

本研究は農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト(課題番号: 大C06, 課題名: 関東平担部における栽培管理支援システムとスマート農機の連携による大規模水稲作営農体系の実証)」(事業主体: 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)により実施された.

法人を対象として、多数の作付圃場の毎年の栽培管理や収量を「見える化」とするとともに、条件による絞り込みやランクづけ、さらには項目間の関係を図示することによって問題点を摘出し、改善提案を行うことを目的として、作付圃場を網羅する圃場別データセットを構築した。その特徴と収集したデータを用いた解析結果について報告する。

材料と方法

1. データ収集の対象

圃場別データセット・乾燥調製データセットとも、農林水産省「スマート農業加速化実証プロジェクト」のうち、「関東平坦部における栽培管理支援システムとスマート農機の連携による大規模水稲作営農体系の実証」を実施するコンソーシアムに参画している3法人（以下、実証経営体と記載する）について、2019年の水稲作付圃場すべてを収集対象とした。圃場数は、多い順に390筆、125筆、122筆であった。

2. 圃場別データセットの構成

圃場別データセットは、作付計画の改善提案を行うために必要なデータを網羅する必要がある。とくに、既往の研究により収量との関係が指摘されている移植時期（山口ら 2004, 守田ら 2009）、窒素施肥法（武久ら 2016）および栽植密度（守田ら 2009, 白矢ら 2016）については、重要な収集項目と考えられる。

そこで、圃場名や立地するブロック、面積などの基本情報、可能であれば前年までの履歴を含む作付品種や栽培方法などの集計キーとなる情報、移植日または直播栽培での播種日、収穫日などの作業情報、基肥・追肥の種類や窒素施用量と施用日などの肥培管理情報、使用した農薬の種類と散布日などの防除情報を必須項目とした（第1表）。このうち、追肥や防除については、実証経営体の実態に応じて複数回設定した。これらのデータは、実証経営体の記録方法に応じて、営農管理システム出力のインポートや手書き日誌の転記などで収集した。

圃場関連情報では、必須項目の面積にその形状や連担・団地化の状況を付加することにより、作業効率化の観点から経営判断の重要な情報となると推察され、将来の改善点と判断された。また、移植栽培における栽植密度や圃場別の苗箱使用枚数については、実証経営体による記録のある場合のみ収集したが、すでに市販されている移植作業の情報を自動収集する機能を備えた田植機が実証経営体に導入されれば、より効率的で正確なデータ収集が可能になると推察された。

圃場別データセットの根幹となる収量データは、各実証経営体で使用する収量コンバイン（利用事例を後述する横田農場では、クボタ DR6130S-PFQW-C を使用）により、ロードセルにより計測される圃場別の生籾収量および

近赤外分光分析センサにより推定される籾水分として自動収集され（井上ら 2015）、対応する営農管理システム（同じくクボタ KSAS を利用）上に蓄積されることから、その出力をインポートして収集した（注：クボタコンバイン DR6130 取扱説明書、KUBOTA Smart Agri System 操作マニュアル）。ただし、収穫作業が分割されると、ひとつの圃場に対して複数の記録が作成されるので、再度圃場別に集約するため、計算式での入力を行なった。

また、篩選別・光選別後の実調製量や屑米比率などのデータも、圃場別データセットを構成する重要な項目であるが、収穫後にまとめられる乾燥ロットごとに取得することになり、圃場別に直接収集することは困難である。そこで、次項で述べる乾燥調製データセットとして独立させ、そのデータを参照する構造とした。そのため、その圃場で収穫した籾が含まれる乾燥ロットを複数記載可能とし、重量の分割が可能な場合は水分 15% 補正後の重量に基づくロット別の比率を、できない場合は均等な比率を、それぞれ入力した。

このように、部分的に柔軟な対応が求められることから、データベース管理専用のソフトウェアではなく、汎用の表計算ソフトウェアである Microsoft Excel を使用して、データを収集した。

3. 乾燥調製データセットの構成

乾燥調製データセットは、参照のキー項目となるロット番号、乾燥前後の水分と、籾摺・選別後の玄米調製量・篩選による屑米重量・光選別による屑米重量を必須項目とした。なお、複数の乾燥ロットをまとめて玄米調製量や屑米重量を測定している場合は、まとめたロット内を一様とみなして以下の数値を算出した。

これらに加えて、乾燥ロットに対応する収穫面積および水分 15% 補正籾収量を以下の方法で推定した（第1図）。

- 1) 圃場別生籾収量を作業別・乾燥ロット別に分割
- 2) 分割された生籾収量を水分 15% に補正
- 3) 分割された水分 15% 補正籾収量が面積を反映すると仮定し、面積を案分
- 4) 全圃場について、水分 15% 補正籾収量・面積を乾燥ロット別に集計

これらのデータから面積あたりの収量を算出し、粗玄米に対する篩選による屑米・色彩選別による屑米それぞれの重量比率、さらに水分 15% 補正籾収量に対する玄米調製量の比率である「変換係数（KSAS では整粒率）」とあわせて、圃場別データセットから参照できるよう、同じ Excel ブック内の別シートにデータを収集した。なお、本論文では、圃場別あるいは乾燥ロット別に収集されたデータを「収量」や「調製量」、10a あたりに換算したデータを「収量」と区別して記載した。また、品種・栽培法が同じである圃場間の相対的な比較が目的であるため、収

第1表 圃場別データセット・乾燥調製データセットの基本構成。

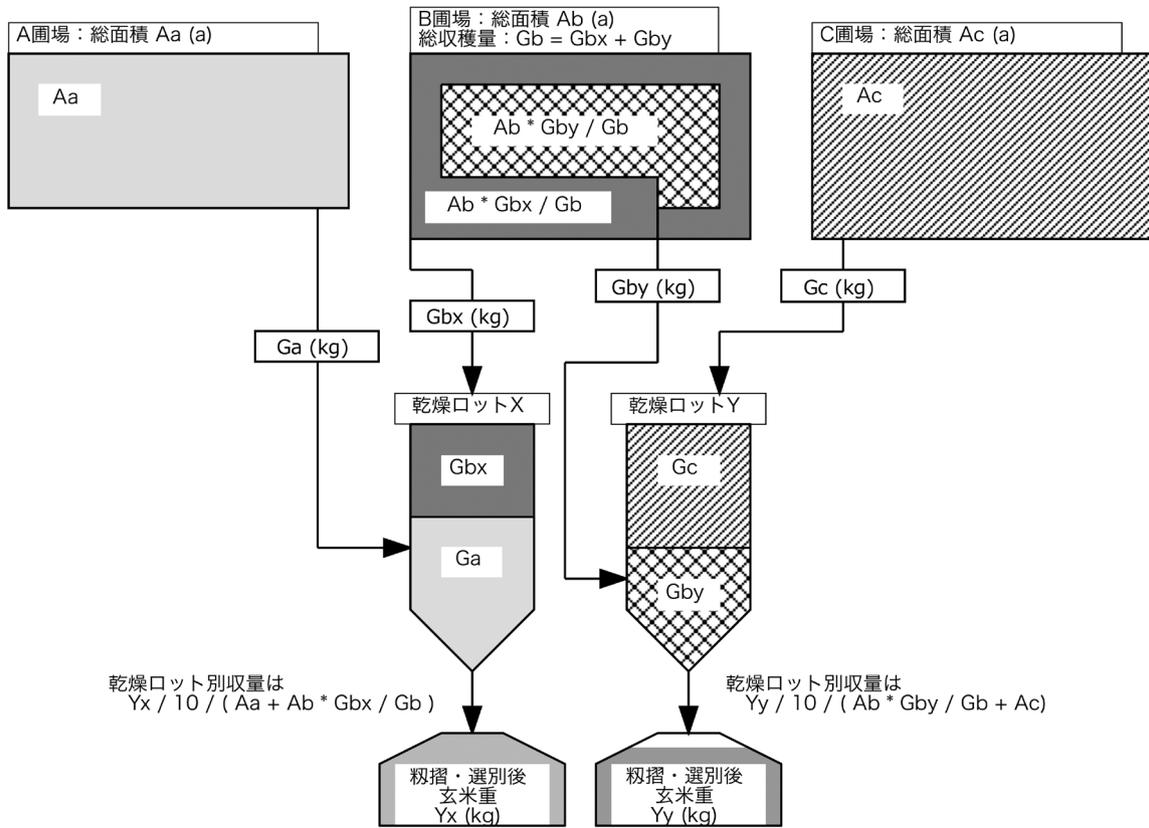
データセット	グループ	フィールド	データ形式・計算方法	備考		
圃場別	基本	圃場名	テキスト			
		立地ブロック	テキスト			
		面積	数値			
	作付	前年度作付品種	テキスト		集計の基本項目	
		作付品種	テキスト			
		栽培方法	テキスト			
	作業	移植・播種日	日付			
		収穫日	日付			
	肥培管理	施肥窒素合計量	計算		基肥・追肥施用量を合計	
		基肥種類	テキスト			
		基肥窒素施用量	数値			
		追肥施用日	日付			
		同種類	テキスト			複数回設定可能
		同窒素施用量	数値			
	防除	除草剤散布日	日付		複数回設定可能	
		同種類	テキスト			
		殺虫殺菌剤散布日	日付			
		同種類	テキスト			
	収穫・調製	倒伏程度	テキスト			
		篩目	数値			
		乾燥ロット	テキスト		複数回設定可能	
		同重量比率	数値			
	収量・品質	圃場別推定収量 (収量コンバインより)	計算	収量コンバインデータを取得，作業が分割されている場合は補正		
		同推定収量(調製データより)	参照計算		乾燥ロットを参照キーとして，乾燥調製データセットより取得	
		同篩選屑米重量比率	参照計算			
		同光選屑米重量比率	参照計算			
	補足	メモ	テキスト			
乾燥調製	基本	ロット番号	テキスト	参照キー項目		
		案分圃場面積	数値	圃場別データセットにより計算，転記		
		案分水分15%補正初収穫量	数値			
	乾燥	乾燥開始前水分	数値			
		乾燥終了後水分	数値			
		選別後実収穫量	数値			
	収量・品質	篩選屑米重	数値			
		色彩選別屑米重	数値			
		ロット別収量	計算	複数ロットをまとめる場合あり，案分圃場面積に対して計算		
		ロット別篩選屑米重量比率	計算	複数ロットをまとめる場合あり，粗玄米重に対して計算		
		ロット別色彩選別屑米重量比率	計算			
補足	メモ	テキスト	複数ロットをまとめる場合あり，案分水分15%補正初収穫量に対する選別後実収穫量の比率			

複数回設定可能な項目は，実証経営体の実態に応じて設定した。

量コンバインにおける「整粒率」を初期値のまま変更せずに使用したが，実証経営体において作付される品種の千粒重が大きく異なり，初摺歩合に影響する可能性がある場合や，品種別に篩目を変更する場合などでは，品種・栽培法を超えた比較においては「変換係数」の確認が必要である。

結果と考察

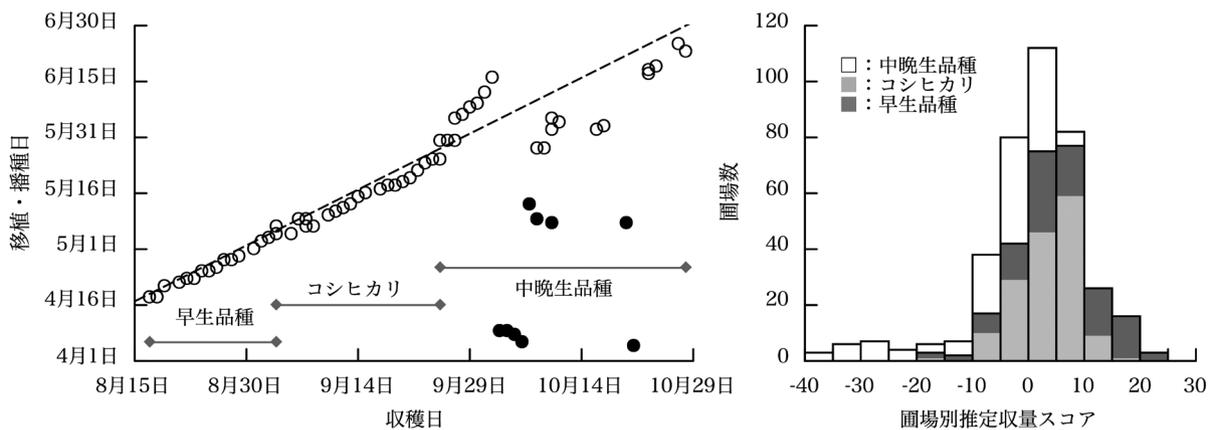
本データセットの利用例として，3実証経営体の合計637筆のうち作付圃場数がもっとも多い横田農場（以下，A経営体と記載する）の作付概要および圃場別推定収量の頻度分布を第2図に示した。A経営体では，平成25年度



第1図 乾燥ロットに対応する収穫面積の推定手法 (概念図).

水分 15% への補正が不要な条件を仮定している。

実際には、本文中の記載の通り、圃場別生初収穫量を作業別・乾燥ロット別に分割してから分割された生初収穫量を水分 15% に補正し、分割された水分 15% 補正初収穫量が面積を反映すると仮定し、面積を案分する。さらに、全圃場について、水分 15% 補正初収穫量・面積を乾燥ロット別に集計して、収穫面積を推定する。



第2図 収穫日と移植・播種日との関係 (左) および圃場別推定収量スコアの頻度分布 (右, いずれも横田農場).

(左) 各収穫日に収穫した圃場について、移植・播種日の算術平均値を示した。○：移植、●：直播。◆を両端とした範囲で収穫期間を示した。破線は、収穫日と移植・播種日の差として求められる在圃日数が 120 日となる対応を示し、これより下方では在圃日数がより長く、上方ではより短い。

(右) 圃場別推定収量スコアは次式により算出した。

$$\text{圃場別推定収量スコア} = (\text{圃場別推定収量} - \text{平均推定収量}) / \text{推定収量の圃場間標準偏差} * 10$$

圃場間標準偏差については圃場別推定収量から直接算出し、平均推定収量は圃場面積を加味した加重平均値として算出した。

天皇杯授賞理由(日本農林漁業振興会 2013)として挙げられた「多品種の組合せによる田植え及び収穫期間の拡大」がさらに進展して、2019年には、4月5日の乾田直播から6月29日の機械移植まで、のべ11品種がそれぞれ過去の知見に基づく施肥法で作付された。作付品種名は経営データのため、解析の実例としたコシヒカリを除いて秘匿したが、早生の品種をコシヒカリより早く移植し、中晩生品種はコシヒカリより遅く移植するか、直播栽培に用いることにより、収穫期間が長く確保され、原則として移植した順序で収穫が行われていた(第2図左)。

収量コンバインによる推定収量の実数値は経営データであることから、以下の方法で、まず全圃場を対象とした推定収量スコアを算出した。

圃場別推定収量スコア=(圃場別推定収量-平均推定収量)/推定収量の圃場間標準偏差*10

なお、圃場間標準偏差については圃場別推定収量から直接算出したが、平均推定収量は圃場面積を加味した加重平均値として算出し、小区画圃場の影響を小さくして実勢に近づけることとした。このため、推定収量スコアの算術平均値はかならずしも0とはならない。また、上述した通り、収量コンバインにおける「整粒率」はすべて同じ値を使用している。

その結果、推定収量スコアの頻度は、絶対値が小さいほど多く、大きくなると少ない釣鐘型となり、最頻値は0以上5未満の階層であった。また、コシヒカリ作付圃場の推定収量スコアはやや正に偏った分布となり、早生品種作付圃場はさらに正に偏っていたことが示された(第2図右)。

引き続き、データセット637筆のうち最大の比率である24.3%を占めるA経営体のコシヒカリを対象にして、圃場別推定収量についての解析を試みた。コシヒカリとしての品種別推定収量スコアを、上記の式を適用して算出し、さらに推定収量スコアが10を超えた圃場を高スコア、-10を下回った圃場を低スコア圃場と判定した。

本研究では、大野ら(2016)による農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO)を利用して気象データを取得し、統計解析にはEZR(Kanda 2013)を使用した。EZRはRおよびRコマンドの機能を拡張した統計ソフトウェアであり、自治医科大学附属さいたま医療センターのホームページで無償配布されている。

対象としたコシヒカリ155筆の圃場別推定収量スコアは、シャピローウィルク検定により正規分布に従うという帰無仮説が棄却され、高スコア圃場は13筆、低スコア圃場は33筆であり、残りの圃場109筆の比率70.3%は正規分布の68.3%よりやや多かった。このように、推定収量の平均値と標準偏差を用いたスコア判定を行うと、低スコア・高スコア圃場の比率は推定収量スコアの分布に影響を受けるが、一定の比率に基づく判定が目的ではな

第2表 立地ブロック別の圃場別推定収量スコア分布(作付品種:コシヒカリ)。

		立地ブロック					総計
		A	B	D	E	F	
推定収量 スコア 区分	高スコア	4	1	0	4	4	13
	中間	3	4	29	36	37	109
	低スコア	3	0	23	1	6	33
	総計	10	5	52	41	47	155

圃場別推定収量スコアはコシヒカリのみを対象として第2図と同様に算出して区分を判定した。

分布が一樣であるという帰無仮説は、 χ^2 検定により1%水準で棄却された。

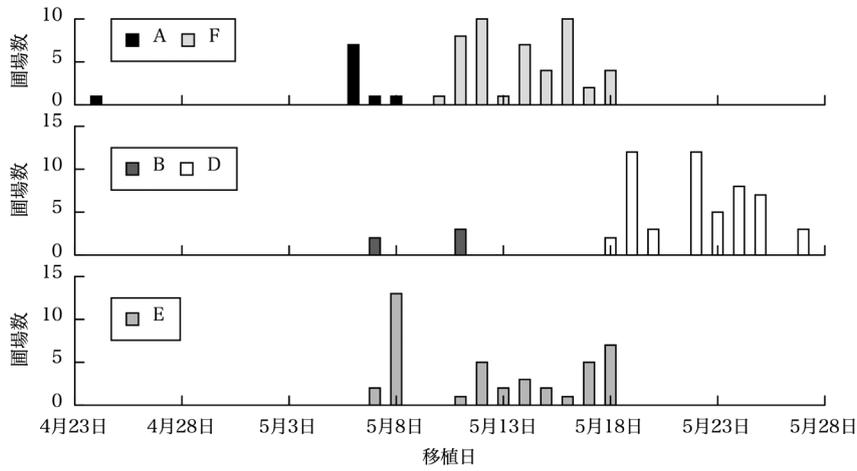
いことから、本研究においてはこの判定基準を採用した。

本研究では、低スコア圃場の要因を解析して改善策を提示することを通じて、A経営体の収量底上げをめざした。A経営体では、同一の用水経路に属し、同じ水管理を実施可能で、連担しているか、または距離的に近い圃場により、管理の単位となるブロックを形成し、効率的に作業を実施できるように品種・栽培法を配置している。対象としたコシヒカリの作付圃場は、A経営体が設定している5つのブロックに配置されており、これらのブロックは道路や河川を境界として互いに接している。

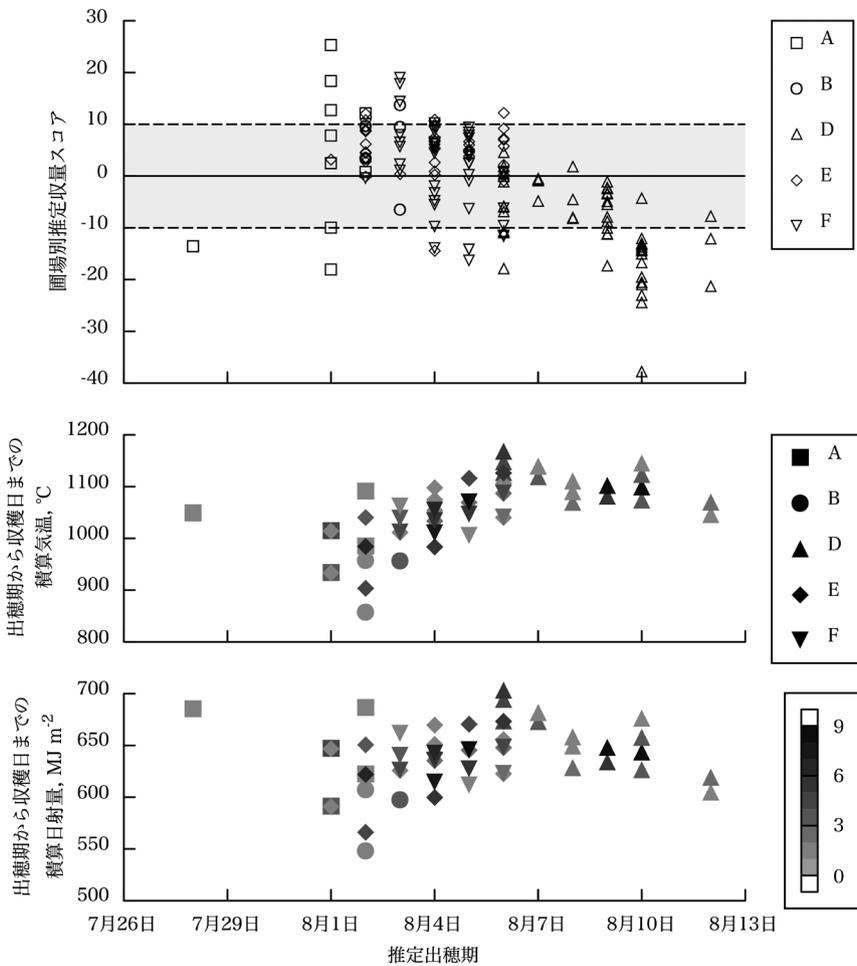
ブロックごとの高スコア・中間・低スコア圃場数の分布(第2表)が一樣であるという帰無仮説は、 χ^2 検定により1%水準で棄却された。すなわち、高スコア圃場・低スコア圃場が特定のブロックに局在していることが示唆された。

収穫日に直接的な影響を及ぼす圃場ごとの移植作業の順序は、作業の効率化を図るためほぼブロックごとに割り付けられており(第3図)、Dブロックは湿田であるため、用水停止後の保水力を期待して遅い移植時期が設定されていた。また、収穫作業の順序については、台風11号などにより倒伏した圃場で登熟の進行が停滞し、作業能率も低下するため、順序を遅らせるなどの判断も影響したと推察され、収穫日が遅くなるほど圃場別推定収量スコアが低下する傾向を助長したと推察された。

そこで、農研機構が中心となって開発した栽培管理支援システム(中川 2019)の発育予測機能と農研機構メッシュ農業気象データ(大野ら 2016)を用いて、圃場別出穂期の推定を試みた。(株)日立ソリューションズの営農管理システム GeoMation に登録された作付圃場の位置情報と、それに対応した2019年のメッシュ気象データを用いて、(株)ビジョンテックにより同システムにAPIとして組み込まれた発育ステージ予測機能を利用して、圃場別の推定出穂期を取得した。生育調査を実施した1圃場において、観察された出穂期と推定出穂期との差が1日であったことから、これらの圃場別推定出穂期を用いて以下の解析を実施した。なお、登熟期間の日平均気温および日射量の推定値は、簡略化のためA経営体所在地の緯度・経度を入力して取得した共通の値を用いた。



第3図 立地ブロック別の移植時期 (作付品種: コシヒカリ).
A~Fは各立地ブロックを示す.



第4図 推定出穂期と圃場別推定収量スコア (上), 登熟期間の積算気温 (中) および積算日射量 (下) との関係 (作付品種: コシヒカリ).

A~Fは各立地ブロックを示す.

上: 圃場別推定収量スコアはコシヒカリのみを対象として第2図と同様に算出し, 作付圃場の立地するグループ別に示した. 図中破線は高スコア・低スコアとなる境界を示す.

中, 下: 農研機構メッシュ農業気象データシステムより取得したA経営体の2019年推定値より, 各圃場の出穂期から収穫日までの積算値を算出した. 記号の濃淡は出穂期・収穫日がともに同じである圃場数を示す.

対象としたコシヒカリは、圃場別推定出穂期が遅くなるほど推定収量スコアが低く、とくに移植順序が遅く、推定出穂期や収穫日も遅くなったDブロックには、推定収量スコアが10を上回った高スコア圃場が存在しなかった(第4図上)。

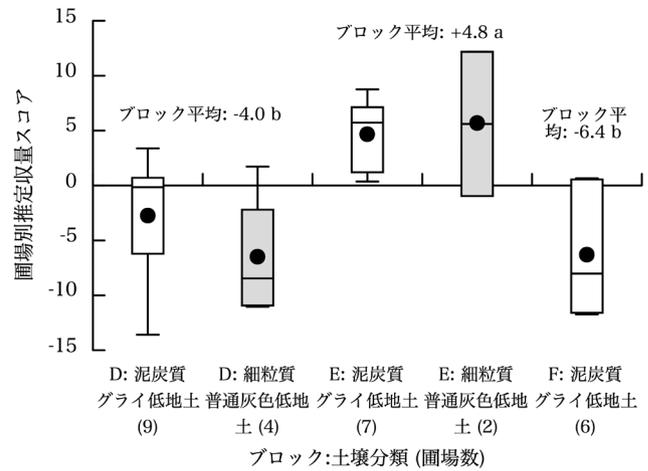
さらに、推定出穂期から収穫日までの登熟期間における積算気温および積算日射量を算出し、出穂期および収穫日が同一な圃場の数を記号の濃淡として示した(第4図中・下)。推定出穂期が遅くなるほど登熟期間の積算気温が大きく、登熟日数も長くなった(データ省略)一方、積算日射量は必ずしも大きくならなかったことが示された。

推定出穂期の圃場別分布では、8月4日・6日がそれぞれ28圃場でもっとも多く、このうち3ブロックの圃場が含まれる推定出穂期8月6日(Dブロック13圃場、Eブロック9圃場、Fブロック6圃場)について、圃場別推定収量スコアをブロック間で比較した。平均値はDブロックが-4.0、Eブロックが+4.8、Fブロックが-6.4となり、1%水準でEブロックの平均推定収量スコアが有意に大きかった(Tukey HSD法、第5図)。ブロックは互いに近接しており気象条件も同一と考えられること、窒素施肥量はほぼ共通であることから、ブロック間の地力や排水条件の違いが影響した可能性が示唆された。農耕地土壌図(農研機構2017)で各ブロックの土壌分類を確認すると、コシヒカリ作付圃場の大部分は泥炭質グライ低地土であったが、Eブロック中央部(41筆のうち15筆の少なくとも一部が該当)とその南側に位置するDブロック北側の一部(同52筆のうち10筆)、さらにEブロックの北側に位置するFブロックの南側ごく一部(同47筆のうち5筆)に細粒質普通灰色低地土が分布していた。推定出穂期8月6日の圃場に限定すると、土壌分類にかかわらず、Eブロックの推定収量スコアが高い傾向を示した(第5図)。

この結果から、作業順序について、圃場別推定収量スコアが相対的に高いEブロックの移植作業をFブロックと入れ替えて早めることが可能であれば、有利な登熟条件を活用できると推察された。しかし、実際にはEブロックは用水路の末端にあたり、Fブロックより後に移植することで代かき時の用水を確保していることから移植順序の入れ替えは困難であり、栽植密度や施肥法の変更など、他の改善策が必要と判断された。

一方、圃場別推定収量スコアが相対的に低いDブロックでは、2019年の移植時に、10aあたりの使用苗箱数を他のブロックより1枚増やし、株あたりの植え付け本数を増加させて茎数の確保を試みたが、十分な結果が得られなかったと判断された。

以上のように、圃場別データセットや乾燥調製データセットに収集したデータは、収量向上のための改善提案に利用できることが明らかとなった。本論文で取り上げたA経営体のコシヒカリに関しては、データセットのう



第5図 推定出穂期が8月6日となった圃場の推定収量スコア分布(作付品種:コシヒカリ)。

ブロック平均推定収量スコアに付した異なる文字は、Tukey HSD法による1%水準の有意差を示す。

ち移植日と作付圃場が位置するブロック、およびこれらから推定される出穂期と、気象条件や収穫日より改善策を提示できたが、その大きな理由は、上述したように窒素施肥法がほぼ共通であったためと推察される。他の品種では、複数の施肥法を比較した事例や、作付面積が小さいため移植期間が短く、気象条件の影響が相対的に小さくなった事例があり、窒素施肥法や病虫害防除など、データセットの別の収集項目に着目した解析を行うため、網羅的な収集が必要であると考えられる。すでに、それぞれの実証経営体に対して、2019年のデータセットに基づく改善提案を提示して、水利条件などの制約要因とすり合わせを行いつつ、具体的な協議を進めており、本研究から得られた知見として、解析対象としたA経営体のコシヒカリについては、良好な登熟条件を期待できる早い移植時期の作付面積を増加させるという改善策を提示した。その結果、2020年作付のコシヒカリでは、移植時期の早い圃場を別ブロックの大区画圃場に割り当てる対応が実施された。引き続きデータセットへのデータ収集と解析を継続し、提示した改善提案の有効性を検証するとともに、翌年に向けた新たな改善提案を取りまとめ、データ駆動型生産体系の確立に寄与する。

謝辞: 本研究の実施にあたり、(株)Kファーム NAITOの内藤貴通氏、YAMAGUCHIfarm(株)の山口貴広氏より経営データの提供を受けた。データの解析では、(株)日立ソリューションズ、(株)ビジョンテックにより営農管理システム GeoMation に実装された生育ステージ予測 API を利用し、農研機構メッシュ農業気象データシステム (<https://amu.rd.naro.go.jp>)・栽培管理支援システム (<https://agmis.naro.go.jp>) を利用した。ここに記して、関係者各位に対する感謝の意を表します。

引用文献

- 日高靖之・栗原英治・杉山隆夫・西村洋・林和信・澁谷幸憲・古田東司・村松健吾 2009. 収量モニタリング機能付きコンバインの開発 (第4報). 農業機械学会誌 71: 60-68.
- 井上大嗣・浜西正・植田麻央・森本進 2015. 食味・収量センサを搭載したKSAS対応コンバインの開発. クボタ技報 49: 24-29.
- Kanda, Y. 2013. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*. 48: 452-458.
- 牧野英二・杉山隆夫・市川友彦・浜田健二・川中道夫 2009. 収量測定機能付きコンバインの開発. 農業機械化研報 37: 1-59.
- 松本浩一・関野幸二 2017. 水田作経営における「ほ場情報利用システム」の経営的評価方法と活用効果. 関東東海北陸農業経営研究 107: 63-68.
- 松本浩一 2018. 水田作経営における最小適正規模の上昇の可能性に関する一考察. -茨城県南西地域を想定して-. 農業経営通信 108: 71-77.
- 守田和弘・杉森史郎・高橋渉 2009. 移植時期を繰り下げた場合における栽植密度が水稻の生育・収量および品質に及ぼす影響. 北陸作報 44: 22-24.
- 内閣府 2018. 未来投資戦略 2018. (平成 30 年 6 月 15 日公表). https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_zentai.pdf (2019 年 12 月 19 日閲覧).
- 中川博視 2019. 気候変動対応と営農の効率化に貢献する栽培管理支援システム. 農研機構技報 2: 6-9.
- 日本農林漁業振興会 2013. 平成 25 年度天皇杯受賞者受賞理由概要. 農産部門. http://www.affskk.jp/jusyoriyugaiyou/52jusyoriyu/52_1tennohai_1nousan.pdf (2020 年 9 月 13 日閲覧).
- 農研機構 2017. (新) 農耕地土壌図 (縮尺 5 万分の 1 相当) (2017 年 4 月 6 日公開). <https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/figure.html> (2020 年 7 月 30 日閲覧).
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園江 2016. 実況値と数値予報. 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16: 71-79.
- 白矢武士・佐藤徹・東聡志・金井政人 2016. 耕深及び栽植密度の差異がコシヒカリの収量・品質に及ぼす影響. 新潟農総研報 14: 39-43.
- 武久邦彦・堀田悟・小嶋俊彦・中井譲・鳥塚智 2016. 高温条件における穂肥窒素分施肥系が水稻コシヒカリの収量および玄米品質に及ぼす影響. 滋賀農技セ研報 54: 12-22.
- 梅本貴之・石川哲也・石倉教光 1989. 水稻作における栽培管理支援エキスパートシステム. 第 2 報 多収事例のデータベース化. 東北農業研究 42: 91-92.
- 渡邊好昭 2015. On-Farm Research ガイドブック. 3. 1) 生育・収量データの収集方法. ファーミングシステム研究 12: 8-9.
- 山口泰弘・井上健一・湯浅佳織 2004. 高温年次におけるコシヒカリの移植時期が物質生産・収量・品質に及ぼす影響. 福井農試研報 41: 29-38.

Construction and Utilization of Field-specific Datasets for Data-driven Large-scale Rice Cultivation : Tetsuya ISHIKAWA¹⁾, Shuichi YOKOTA²⁾, Masatoshi HIRATA²⁾, Haruki OGAWA²⁾, Shinichi OGASAWARA²⁾, Ryuzo NAKAMURA²⁾ and Satoshi YOSHINAGA³⁾ (¹⁾NARO Cent. Region Agr. Res. Cent., Tsukuba 305-8604, Japan; ²⁾Yokota Nojo; ³⁾Kubota Corp.)

Key words : Cumulative solar radiation, Data-driven production, Datasets of post-harvest processing, Field-specific datasets, Large-scale rice production, Proposal for improvement, Ripening period, Yield estimation.