原著論文

営農可視化システム FVS による農作業技術・技能の定量的分析 — 田植え技術・技能の作業時間比較 —

宮住昌志¹⁾・南石晃明^{*2)}・長命洋佑²⁾・松倉誠一¹⁾

1) 九州大学大学院生物資源環境科学府 〒 812-8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1

2) 九州大学大学院農学研究院 〒 812-8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1

要旨

近年、農業の担い手の高齢化が進む一方、法人経営や新規就農者の数は増加しており、技術・技能伝承の手法が大きな課題となっている。本稿では、大規模稲作経営での田植え作業を取り上げ、営農可視化システム FVS (Farming Visualization System) を用いて、作業の熟練者および初級者の農作業技術・技能を計測した。集計・分析の結果、両作業者の作業速度・精度確認頻度を定量的に把握するとともに、両者の作業速度・精度確認頻度に有意な差異があることを明らかにした。具体的には、作業速度および精度確認頻度の指標として、作業時間および後方確認回数に着目して集計を行い、熟練者と初級者のそれぞれの①後方確認回数(直線コースのみ)、②直線コース作業時間、③ターン作業時間(苗補充無し)、④ターン作業時間(苗補充有り)について、平均値の差の検定(t検定)を行った。その結果、①後方確認回数(直線コースのみ)、②直線コース作業時間、③ターン作業時間(苗補充無し)の三つの項目において、有意水準1%で有意差が認められた。このことは、熟練者と初級者の作業速度および作業精度確認頻度に明確な差があることを示している。なお、作業技術・技能に関する作業時間間の定量的な比較分析がFVSによって可能であり、得られたデータや分析結果を体系的に整理できれば、技術・技能伝承へ活用できることに十分期待できることも示された。

キーワード

情報マネジメント, 技能伝承, 作業ノウハウ, 技能比較, 農作業データ

はじめに

近年日本では、農業の担い手の高齢化および後継者不足が急速に進んでいる。それに伴い、篤農家の持つ高度な技術・技能が伝承されずに失われてしまうことが危惧されている。一方、法人経営や新規就農者の数は増加しており、多人数の従業員や農業未経験者へ如何に技術・技能伝承をするかが大きな政策課題となっている。なお、1990年には2,902法人だった法人経営体数は、2012年には14,100法人まで増加している。(農林水産省2012) また、20年前には年間2万人強であった新規就農者は、ここ数年では年間6万～8万人程度まで増加している(南石2011c)。

技術・技能伝承を目的とした、経営固有の農作業技術・

技能に関する研究は多数行われてきた。末永(2009)や安田・藤井(2009)等は、農業分野におけるナレッジマネジメントの重要性を指摘し、山本・梅本(2010)、梅本・山本(2010, 2011)、藤井ら(2012, 2013)等は、特定の農作業技能や作業計画立案の技能(ナレッジ)について、聞き取り調査に基づいて発言データを集計・整理し、熟練者・初級者間比較や経営間比較を行っている。

しかし、藤井ら(2012)に指摘があるように、「経営者、従業員の主観的評価」だけではなく、「作業精度・作業能率等の客観的数値により」技術評価をする必要がある。小林・水谷(1968)、森泉ら(1977)等は農作業の時間の計測研究を行っているが、熟練者・初級者間比較を定量的に分析した研究はほとんどみられない。また、申ら(2010)はトラクタ作業の速度・精度確認頻度等の分析を試みているが、トラクタの自動操縦化を目的としており、技術・技能伝承や人材育成は意図していない。なお、これらいずれ

* Corresponding Author
E-mail: nanseki@agr.kyushu-u.ac.jp

の農作業研究も、作業現場での計測あるいはテープレコーダ音声・ビデオ映像等を見ながらストップウォッチを用いて作業速度（能率）・作業精度データを収集し集計するという方法をとっている。金谷（2005）は、「作業能率等の調査には多くの人員と時間を要するため、データ収集が進まない」が、「今後は、GPS 等の最先端の計測機器等を利用した効率的な作業能率データ調査法等を検討する必要がある」と指摘している。

ICT の発達に伴い、各種の農業情報を省力的に記録・共有する研究はこれまでに多数行われてきた。これまでに開発されてきたシステムとしては、①携帯型端末や PC 等を用いて農作業者が農作業情報を入力・選択するシステム（井元・北本 2013, 寺元 2013, 神谷ら 2011, 河野ら 1998）や、②音声認識・FAX・GPS・カメラ・RFID・フィールドサーバ・航空写真・地球観測システム等の技術を用いて簡易的に農作業情報（場所や内容）、生体・環境情報（圃場条件や気象情報）、経営情報（財務情報等）を取得するシステム（Chou et al. 2012, Fukatsu and Nanseki 2009, Hirafuji et al. 2012, 神谷・町田 2002, 儘田・町田 2000, 松本・町田 2002, 町田・塩 1995, 岡田ら 2013, 櫻本ら 2009, Seo et al. 2004, 塩・町田 1995, Wang et al. 2012）、そして、③取得あるいは入力した情報を閲覧するための、データベース・画像比較システム・ナレッジマネジメント・GIS 等の技術を応用した各種のデータブラウジングシステム（小林・斉藤 2013, Li 2004, 戸田ら 2013, 安川ら 2013）が挙げられる。

他分野では、造船・医療分野における教育のための技能可視化システムの開発（松尾ら 2013, 山下・横山 2011）、介護施設・飲食店・石油プラントの従業員行動の連続計測と技能分析（蔵田ら 2013, 社団法人人間生活工学研究センター・東洋エンジニアリング株式会社 2007）といった、VR・AR 技術やセンサーネットワーク技術等の ICT を活用

した技能伝承・人材育成手法の研究が多数見られる（表 1）。

農業分野においては、例えば、南石ら（2007, 2011a, 2011b, 2012, 2013）は、詳細な農作業データを連続収集・DB 化し、統合・可視化する営農可視化システム FVS（Farming Visualization System）の試作・実証試験を行っており、FVS の利用が初級者・中級者の人材育成に有効であることを示している。また、川倉・柴崎（2014）は、装着型システムによる農作業者の動作分析手法を提案している。しかし、こうしたシステムを活用して、熟練者と初級者の農作業技術・技能の差異を具体的かつ定量的に分析することは課題として残されていた（南石ら 2013）。従来の、農業への ICT 応用研究においても、作物生体・環境・経営情報等のデータ収集および分析を試みた例は多いが、技術・技能伝承を目的とし、農作業データの定量的分析をした研究は殆ど見られない。

最近では、農林水産省（2009, 2013）に見られるように、技術・技能伝承や人材育成への活用も含めた農業への ICT 応用研究が国をあげて進められている。そこで本稿では、技術・技能伝承を目的とし、FVS を用いて熟練者・初級者間の農作業技術・技能を定量的に比較分析する。具体的には、大規模稲作経営での田植え作業において、作業速度・精度確認頻度に着目し、熟練者・初級者間の作業データを集計することで作業技術・技能を定量的に把握する。さらに、両者の作業速度・精度確認頻度に差異があるかについて、統計的分析を行う。その結果を基に、得られたデータや分析結果を活用した技術・技能伝承の方策についての考察を行う。

データおよび分析方法

まず、データ収集の対象となった法人の経営概況につい

表 1 農業以外の分野における ICT を活用した人材育成手法の研究事例

業界	筆者	年	タイトル	要旨
石油プラント	社団法人人間生活工学研究センター・東洋エンジニアリング株式会社	2007	経済産業省委託事業石油プラント保守・点検作業支援システムの開発（平成 16 年度～平成 18 年度）研究のまとめ	<ul style="list-style-type: none"> オペレータの日常作業蓄積のためのデバイス・システムを開発 特徴的な作業を見出すための解析手法や、作業の違いを自動判別する手法を開発 見出された作業ノウハウ場면을教育コンテンツに仕上げ、作業教育支援ツールとして活用する方法を検討
医療	山下・横山	2011	内視鏡手術手技の遠隔指導／自習システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> センサによる熟練医・若手医師・医学生の手術操作計測、差の分析 遠隔手技トレーニングシステム開発
造船	松尾・白石・藤本	2013	造船工程への AR（Augmented Reality）技術の適用について	<ul style="list-style-type: none"> 曲げ加工支援 AR システムの開発 配管施工支援 AR システムの開発
接客	蔵田・福原・天目・牧田・興梠・大隈	2013	屋内測位と行動計測に基づく従業員スキルの把握・評価に向けて	<ul style="list-style-type: none"> 自動センサモジュールでレストラン接客係・介護ヘルパーの行動を計測 サービスオペレーション（作業内容）推定（SOE）の結果、高い適合率で従業員の作業内容を推定することに成功

て述べる。対象は、年間 1.1 億円を売り上げる関東地方の Y 農場であり、主要作物は水稲である。作付面積は約 100 ha で、近年の作付面積拡大が著しい。そのため、最近では従業員の確保および従業員の能力養成（技術・技能伝承）が経営課題のひとつとなっている。なお、従業員は社員 7 名・パート 1 名・アルバイト若干名となっている（表 2）。

次に、データ収集の方法および、収集したデータについて述べる。データ収集を、2013 年 5 月 18 日、Y 農場の圃場にて、熟練者・初級者の 2 名の作業員（以下、作業員 A・作業員 B と称する）の田植え作業を対象に、FVS を用いて行った（表 3）。作業員 A および作業員 B の年齢や就農後年数、経歴が異なっているため、両者の田植え作業の経験量が異なっており、ひいては両者の田植え作業の熟練度が異なっていると仮定される。同一圃場において、作業員 A が前半の作業を担当し、作業員 B が後半の作業を担当するという形式で作業が行われた。計測により、映像、GPS 情報、RFID データ等の農作業データが収集された。また、後述するが、データ収集の対象とした圃場は長方形であるため、両作業員の作業条件はほぼ同様であり、比較

が可能であると考えられる。

データ収集前の準備として、FVS 子機の各種センサーを田植え機および作業員自身（帽子）に設置した。なお、FVS の仕様詳細については、南石ら（2013）に詳しい。田植え作業において FVS 子機を実際に取り付けた様子を例示する（図 1）。

①市販 Wearable Camera（Looxcie 社 LX2）を作業員の帽子に取り付けることにより、作業員の視野映像を取得した。なお、作業員のレバー操作の様子も別の Wearable Camera（Looxcie 社 LX2）で同時に撮影した。②FVS 高精度 DGPS ロガー（誤差約 0.6 m）は、南石ら（2011, 2013）による FVS 高機能タイプである。③市販 GPS ロガー（誤差約 2.2 m, Holux 社 m-241）の計測精度はさほど高くはないものの、軽量かつ操作性に優れているため、高精度 DGPS ロガーを補完するために設置した。④FVS 専用端末（TOUGH BOOK）は FVS 高精度 DGPS ロガーを制御している。なお、FVS 専用子機に対して、LX2 や m-241 等の市販のデータ収集機器は、FVS 全体構成における「市販センサー」に位置づけられる。このように、FVS 子機には多様な機器が含まれるが、必要なセンサーを取捨選択して設置することができる。

図 1 のように FVS の各種機器を設置し、計測動作を開始させた後、同一圃場で作業員 A・作業員 B による田植え作業が行われ、両者の作業情報が収集された。次に、計測した農作業の全体像（模式図）を示す（図 2）。同一圃場での作業のうち、前半は作業員 A が担当し、後半は作業員 B が担当した。なお、作業の 1 往復毎に、圃場の片側で苗補充作業が行われた。苗補充作業については、作業

表 2 Y 農場の経営概況

項目	経営概況	
主要作物	水稲	
圃場面積	約 100 ha	
年商	1.1 億円	
販売	個人への直接販売や加工販売（米粉スイーツ）も実施	
従業員	社員 7 名，パート 1 名 アルバイト若干名	
農作業データ 収集対象	「作業員 A」 プロフィール	30 代後半男性， 就農後 15 年， 農家出身
	「作業員 B」 プロフィール	20 代前半男性， 就農後 2 年， 非農家出身

表 3 データ収集の概要

項目	データ収集の概要
データ収集日	2013 年 5 月 18 日
使用機器	FVS 子機
取得したデータ	映像，GPS 情報，RFID データ
データ収集方法	同一圃場で熟練者・初級者の 田植え作業データを FVS で計測
圃場前半	作業員 A が担当
圃場後半	作業員 B が担当

図 1 田植え作業における FVS 子機の設置例

注：2013 年 5 月 18 日，データ収集時に筆者撮影。

図2 計測作業の全体像 (模式図・作業軌跡)

注1: 模式図の n は直線コース作業列数 (作業員 A : $n=20$, 作業員 B : $n=18$) およびターン回数 (作業員 A : $n=18$, 作業員 B : $n=18$)
 注2: 作業軌跡の画像は, FVS-PC Viewer 統合表示の画面のうち, Google Earth 部分から抜粋

者 A・作業員 B の他, 別の作業員 1 名も含めた 3 人での共同作業となっていた。最終的には, 作業員 A が 20 列分, 作業員 B が 18 列分の田植え作業を行った。ターン (巡回) (以下, ターンとする) の回数は, 作業員 A・作業員 B ともに 18 回となった。FVS による農作業計測の結果, 作業員 A・作業員 B の田植え作業に関する多視点映像データ・GPS 情報が取得された。

図2に示されている実際の作業軌跡を見て分かるように, 圃場は長方形となっている。また, 作業データ収集は同一圃場にて行われた。よって, 距離や走行角度, 圃場の状態等の走行条件はほぼ同様であり, 両作業員の作業データ比較が可能であると考えられる。

収集したデータをもとに, 作業員 A・作業員 B の田植え作業技術・技能の分析を行った。以下では, データの集計・分析方法について述べる。

データの集計の際には, FVS の子機で収集したデータの統合表示に適する FVS-PC Viewer を用いた。南石ら (2013) でも述べられているように, 各種データが時間により同期されること, コメントデータに対応する画像・映像の表示機能を有すること等, 集計作業にも適した特徴を有しているといえる。FVS-PC Viewer 統合表示の画面例および各機能については, 南石ら (2013) に詳述されている。

まず, 集計のため, FVS-PC Viewer の統合表示画面を用い, 映像及びその音声を用いながら判別することで作業工程を細分化した。具体的には, コース全体を「直線コース」および「ターン」に分け, さらに苗補充工程が有るか無いかで「ターン」を 2 分類した (表 4, 図 3)。「直線コース」は「直線コース開始」から「直線コース終了」まで, 「ター

ン」は「直線コース終了」から「直線コース開始」までとした。「直線コース開始」(図 3 左上に例示) は, 田植え機のセンターポールが進行方向と一致したときとした。また, 「直線コース終了」(図 3 右上に例示) は, 田植え機が圃場の端まで到達し, エンジン音に変化したときとした。これらは, 直線コースとターンの作業の分かれ目となる。

作業技術・技能の分析にあたっては, 作業速度・精度確認頻度に着目することとした。作業速度・精度確認頻度の指標として, 作業時間・後方確認回数に着目し, FVS の統合可視化画面から集計を行った。田植え作業のみならず, 農業機械作業においては「後方確認」が, 欠株防止・作業列のずれ防止, 等の目的からも重要である。なお, 申ら (2010) では, 播種・移植作業がその後の作業の基礎となり, 後方確認が作業上重要な動作であることが指摘されている。

次に, 作業員 A・作業員 B の作業時間・後方確認回数について FVS で統合した映像データから集計することで, 直線コース作業列数分 (作業員 A : $n=20$, 作業員 B : $n=18$, n は直線コース作業列数)・ターン回数分 (作業員 A : $n=18$, 作業員 B : $n=18$, n はターン回数) の定量的作業データを得た。なお, ターン時のデータは苗補充工程 (別作業員も介入) の有無によって, それぞれさらに 2 分類した。なお, 「後方確認」(図 3 左下に例示) は, 後方の状況が確認できる状態とした。FVS-PC Viewer の統合画面で確認し, 後方の状況が確認できる十分な角度として 90° が考えられたため, それを目安として分析に用いた。そのため, 後方の状況が十分確認できない場合 (目安 90° 未満「浅い後方確認」(図 4 右下に例示) である場合は, 「後方確認」

表 4 データ集計のためのコース分類定義

用語	定義
「直線コース」	「直線コース開始」～「直線コース終了」
「ターン（苗補充有り）」	「直線コース終了」～「直線コース開始」 （ターンのうち、苗補充作業を行ったもの）
「ターン（苗補充無し）」	「直線コース終了」～「直線コース開始」 （ターンのうち、苗補充作業を行っていないもの）
①「直線コース開始」	田植機のセンターポールが進行方向と一致したとき
②「直線コース終了」	圃場の端まで到達しエンジン音が変わったとき
③「後方確認」	進行方向から 90° 以上振り向いた時（90° 未満の場合は「後方確認」として数えない）

図 3 「直線コース開始」「直線コース終了」「後方確認」の定義画面例
注：FVS-PC Viewer 統合画面より抜粋し作成。

としては数えないこととした。

得られた作業データをもとに、作業員 A・作業員 B 間の作業技術・技能を比較分析するため、作業時間および後方確認回数について、平均値の差の検定 (t 検定) を行った。なお、振り向き回数は、作業場面毎の必要性に応じて増減すると考えられるため、作業員一人ひとりについて、正規分布が仮定される。また、t 検定を行うに当たって、両者の分散が等しいかどうか確かめる必要があるため、F 検定

も行った。分散が等しい場合、Student の t 検定が採用されるが、分散が等しくない場合は、Welch の t 検定が採用される。

結果および考察

以下では、作業員 A、作業員 B の作業時間および後方確認回数について集計・分析した結果について述べる (表 5)。

両作業者の作業技術・技能を定量的に把握するため、作業速度および精度確認頻度の指標（作業時間および後方確認回数）に着目して集計を行った。その結果、作業者 A・作業者 B それぞれの①後方確認回数（直線コースのみ）、②直線コース作業時間、③ターン作業時間（苗補充無し）、④ターン作業時間（苗補充有り）について、平均値および標準偏差を求めた。

また、作業者 A・作業者 B 間の作業技術・技能を比較分析するため、作業時間および後方確認回数について、平均値の差の検定（t 検定）を行った。その結果、①後方確認回数（直線コースのみ）、②直線コース作業時間、③ターン作業時間（苗補充無し）の三つの項目において、有意水準 1% で有意差が認められたが、④ターン作業時間（苗補充有り）では有意差は認められなかった。なお、①、②、③については Welch の t 検定を用い、④については Student の t 検定を用いた。参考として、F 検定の結果も表 5 に示す。

まず、①後方確認回数（直線コースのみ）についての散布図と平均値のグラフを図 4 に示す。直線コースにおける作業者 A・作業者 B それぞれの後方確認回数の平均値に関して、有意水準 1% で有意差が認められた。よって、作業者 A の方が多く後方確認をしていたということが明らかになった。

次に、②直線コース作業時間についての散布図と平均値のグラフを図 5 に示す。直線コースにおける作業者 A・作業者 B それぞれの作業時間の平均値に関して、有意水準 1% で有意差が認められた。よって、作業者 A の方が直線コースにおける作業時間が短かったということが明らかに

なった。

次に、③ターン作業時間（苗補充無し）についての散布図と平均値のグラフを図 6 に示す。ターン時（苗補充無し）における作業者 A・作業者 B それぞれの作業時間の平均値に関して、有意水準 1% で有意差が認められた。よって、作業者 A の方がターン時（苗補充無し）における作業時間が短かったということが明らかになった。

最後に、④ターン作業時間（苗補充有り）についての散布図と平均値のグラフを図 7 に示す。ターン時（苗補充有り）における作業者 A・作業者 B それぞれの作業時間の平均値に関して、有意差は認められなかった。

以上、①後方確認回数（直線コースのみ）（図 4）、②直線コース作業時間（図 5）、③ターン作業時間（苗補充無し）（図 6）、④ターン作業時間（苗補充有り）（図 7）の分析により、作業速度・精度確認頻度の観点からは、以下のことが考察される。

まず、作業速度の一指標として、作業者 A・作業者 B の作業時間（②、③、④）について、両作業者間の違いを明らかにするという目的で t 検定を行った。その結果、直線コース（②）とターン時・苗補充無しの場合（③）については、作業者 A の方が直線コースにおける作業時間が短かったということが明らかになった。作業時間の差は、作業者 A・作業者 B 間の技術・技能差によって生まれていると推測されるため、（作業精度を損なわずに）作業時間の短縮（作業速度の向上）を図るには、作業者 B の技術・技能向上を目指す必要がある。なお、図 5、図 6 を見ると、最後のターンにおける作業者 B の作業時間が突出してい

表 5 作業者による後方確認回数と作業速度の差異

a) 直線コース									
	作業者 A			作業者 B			t 値	F 検定 (参考) (注)	
	n	Mean	SD	n	Mean	SD			
①後方確認回数 (回)	20	14.55	2.26	18	7.33	1.37	12.03***	0.04**	
②作業時間 (sec)	20	64.71	2.21	18	70.49	6.21	-3.82***	0.00***	

b) ターン時									
	苗補充工程	作業者 A			作業者 B			t 値	F 検定 (参考) (注)
		n	Mean	SD	n	Mean	SD		
③作業時間 (sec)	(無し)	10	9.10	1.37	9	13.11	3.18	-3.50***	0.02**
④作業時間 (sec)	(有り)	8	51.38	18.93	9	50.67	16.06	0.08	0.56

***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$
注：F 検定の結果 p 値 < 0.05 ならば 5% 水準、p 値 < 0.01 ならば 1% 水準で仮説「2 群の母分散は等しい」を棄却可

図4 後方確認回数(直線コースのみ)の散布図と平均値

図5 直線コース作業時間の散布図と平均値

図6 ターン作業時間(苗補充無し)の散布図と平均値

るように見えるが、これは圃場の端に差し掛かったため、初級者が慎重になったということが考えられる。

次に、精度確認頻度の一指標として、作業者A・作業者Bの後方確認回数(①)について、両作業者間の違いを明らかにするという目的でt検定を行った。その結果、作業者Aの方が多く後方確認をしていたということが明らかになった。このことより、まず、後方確認の方法に関して作業者Bが認識しているつもりでも、認識が動作に結びついていないということが推測される。あるいは、後方確認の重要性に関して、作業者Bの認識が不足しているということも推測される。いずれにせよ、精度確認頻度を改善し、植え付け不良や列の乱れを予防するためには、作業者Bへの指導徹底が必要であると考えられる。

ここで、表3に示す両作業者のプロフィールからも分かるように、作業者Bは作業経験の浅い「初級者」であり、作業者Aは長年の経験を有する「熟練者」である。作業者Bのような「初級者」の作業速度・精度確認頻度を効果的に向上・改善させるためには、「初級者」の技術・技能向上策や、「初級者」への指導徹底策が重要になってくると考えられる。技術・技能向上や指導徹底の方策としては、FVSで連続取得した作業データを活用することで、例えば以下のような具体的指導・提案が可能となる。

一つには、「初級者」の教材として1次データ(取得したそのままの作業データ)を活用するという方法が考えられる。例えば、作業者Aのような「熟練者」による模範

的な作業データ(作業の映像や軌跡等)をFVSで取得し、そのデータを体系的に整理しておくことで、「初級者」の作業前後の学習教材として役立てることができる。あるいは、「初級者」自身の作業データを取得し確認させることで、客観的な現状把握(フィードバック)が可能となり、より効果的な作業技術・技能の獲得が期待できる。

二つには、1次データを集計・分析した2次データを活用するという方法が考えられる。例えば、本稿で行ったような作業速度等の分析や「熟練者」との比較結果を図表化することで、「初級者」の現状や課題を定量的に可視化することができる。逆に言うと、「初級者」と比較した際の「熟練者」による技術・技能の特徴を、定量的に抽出することができる。あるいは、継続的に取得した「初級者」自身の作業データを時系列で比較すれば、改善度を可視化することも可能である。こういった方法により、定量的データに基づいた「初級者」への技術・技能伝承支援が可能となる。

また、「初級者」と同様に、作業データおよび分析結果(1次・2次データ)を「熟練者」自身が確認することで、「熟練者」自身が気づいていない有益な作業上でのノウハウが発見される可能性も考えられる。そのため、作業データを基にした熟練者による考察・発話も重視する必要がある。ただし、FVSで取得した作業データは、様々な段階の作業者にとっての知識そのものであるため、作業データおよびその分析から得られる知的財産の保護については、十分な留意が必要である。

図7 ターン作業時間(苗補充有り)の散布図と平均値

なお、それぞれの経営の作業手順・方針・内容等は「経営固有知識」(梅本ら 2011, 藤井ら 2012, 2013)であり経営によって異なるため、データ取得や集計・分析の際は経営毎の考え方を反映させた上で、カメラ設置位置や技術・技能分析指標を決定する必要がある。あるいは、同一の経営内であっても、圃場特性や天候・生育状況により作業技術・技能の特徴は異なるため、分析結果を解釈する際にはこうした要素も考慮する必要がある。

おわりに

本稿では、農作業技術・技能の定量的分析として、大規模稲作経営における田植え作業技術・技能を取り上げ、FVS-PC Viewer を用いて作業速度・精度確認頻度に関する熟練者・初級者間の比較分析を行った。その結果、作業速度・精度確認頻度の指標としての作業時間・後方確認回数に関して、熟練者・初級者間に有意な差異が認められた。熟練者は初級者に対して作業速度が速く、作業精度確認頻度も多いという結論が得られた。また、同時に、作業技術・技能に関する作業者間の定量的な比較分析がFVSで可能となり、得られたデータや分析結果を体系的に整理できれば、技術・技能伝承への活用にも十分期待できるということも示された。

ところで、今後に残された課題として以下の点が指摘できる。

第一は、精度確認頻度(後方確認回数)が実際の作業精度にどのように関係しているのかという点である。ただし、田植えの作業姿勢や田植え後の欠株数を簡易に計測する方法は知られていないため、当面は人力で調査を行い、作業特性との関係を分析することが考えられる。また、技術面では、田植えの作業姿勢や田植え後の欠株数の自動計測手法の開発も検討すべきである。さらに、将来的には、田植えの作業姿勢や田植え後の欠株数が最終的な収量や品質にどの程度の影響を及ぼすのかといった課題についても実証的な分析が待たれる。

第二に、データ収集対象をさらに拡大し、作業速度・作業精度等の技術・技能分析を一層充実させることである。一つは、他の農作業や作目における技術・技能分析を進める必要がある。一方、多様な経営体の農作業データを収集・比較分析することによる経営間比較も、経営固有の知識や重視している技術・技能要素を解明する上で必要である。

第三に、新たな分析手法・観点を導入することである。生体・環境情報と組み合わせた農作業データの分析を行ったり、大規模圃場で作業データを取得したりする場合、必然的に取り扱うデータ量も莫大になる。本稿では、分析者による映像からの視覚的・聴覚的判断が採用されており、分析作業の労力も大きい。こういったことを考慮すると、自動抽出等、新たな分析手法の開発が望まれる。データ観察による人的判断を極力排除し、特定のアルゴリズムによ

る自動分析によって新たな知見を抽出すること（データマイニング）も期待されており、こうした観点からの取り組みとして、川島ら（2013）がある。この研究では、本稿と同じデータセットにオプティカルフロー分析を適用し、作業者間の作業特性の自動抽出を行い、本稿の結論と整合的な結果を得ている。

第四に、FVS で取得したデータやその分析結果に関して、それらをノウハウとして体系的に整理し、実際に技術・技能伝承に活用していく枠組みを整えることである。佐藤ら（2013）では、抽出した農作業ノウハウ DB と、既存の農業技術体系 DB を連動させるシステムが試作され、作業ノウハウの体系化が試みられている。また、農業経営シミュレーションシステム（佐藤・南石 2011）との連動によるノウハウ利用場面の拡大も期待されている。今後は、こういった研究を推進させるとともに、実際にシステムを運用していくにあたって問題となる、データ収集や分析の手順・データの活用方法・注意点までを含めたシステムの運用手順（マニュアル）を検討・整理することが必要となる。

謝辞

現地でのデータ収集に全面的にご協力下さった Y 農場の皆さまに厚く御礼申し上げます。本稿は農林水産省委託プロジェクト研究「農作業の軽労化に向けた農業自動化・アシストシステムの開発—（5）農家の作業技術の数値化およびデータマイニング手法の開発」（2010～2014）（農匠ナビ・プロジェクト）の成果に基づいている。

引用文献

- Chou, C. Y., Y. N. Jiang, J. J. Chou, C. Y. Chen, A. C. Liu, J. F. Huang and H. C. Liu (2012) Application of RFID System in Production Management for Floor-Raised Poultry Breeders, Proceedings of the 8th Asian Conference for Information Technology in Agriculture and World Conference on Computer in Agriculture (CD).
- 藤井吉隆・南石晃明・小林 一・西谷清彦（2012）大規模水田作経営における従業員の能力育成と情報マネジメント—水稲の育苗作業を対象にした事例分析—, 農業情報研究, 21(3): 51-64.
- 藤井吉隆・南石晃明・小林 一・小嶋俊彦（2013）大規模水田作経営における作業計画に関わる熟練ノウハウの内容と特徴—滋賀県の雇用型法人経営を対象にした事例分析—, 農業情報研究, 22(3): 142-158.
- Fukatsu, T. and T. Nanseki (2009) Monitoring System for Farming Operations with Wearable Devices Utilized Sensor Networks, Sensors, 6171-6184.
- Hirafuji, M., Y. Hamada, T. Yoshida, A. Itoh and T. Kiura (2012) Strategy and Concept of Open Cloud Application Platform in Agriculture, Proceedings of the 8th Asian Conference for Information Technology in Agriculture and World Conference on Computer in Agriculture (CD).
- 井元智子・北本朝展（2013）情報の可視化・共有化のためのサトウキビ収穫支援アプリ“しゅがなび”の開発と導入における問題点, 農業情報研究, 22(4): 236-246.
- 神谷貴広・町田武美（2002）GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究（第2報）—ファジィ推論による作業同一—, 農業情報研究, 11(3): 263-272.
- 神谷俊之・沼野なぎさ・柳生弘之・島津秀雄（2011）携帯電話によるミカンほ場からの栽培データの収集と栽培データの地域での共有のための Web インタフェース, 農業情報研究, 20(3): 95-101.
- 金谷 豊（2005）農作業体系化の概観, 農作業研究, 40(3): 157-162.
- 川倉慎司・柴崎亮介（2014）装着型システムによる農作業者の動作分析手法の提案, 農業情報研究, 23(2): 82-102.
- 川島 学・宮住昌志・島田敬士・南石晃明・谷口倫一郎（2013）田植え熟練度判定のための後方確認頻度抽出手法, ビジョン技術の実利用ワークショップ Web 版概要集, <<http://view.itlab.org/2013/page/abs/is1-b.html>>, 2014 年 1 月 20 日参照.
- 小林一樹・斉藤保典（2013）作物の生育情報抽出のための高精度画像比較システムの開発, 農業情報研究, 22(1): 24-38.
- 小林喜男・水谷慎作（1968）手作業による田植作業の時間研究, 農作業研究, 5: 61-68.
- 河野 司・二宮正士・町田武美（1998）WWW システムを用いた農作業日誌データベースの開発, 農業情報研究, 7(2): 105-118.
- 蔵田武志・福原知宏・天目隆平・牧田孝嗣・興梠正克・大隈隆史（2013）屋内測位と行動計測に基づく従業員スキルの把握・評価に向けて, 人工知能学会第2種研究会資料, SIG-KST-2013-02-04（2013-10-24）, <<http://www.sigkst.org/>>, 2014 年 1 月 17 日参照.
- Li, Sijing (2004) Construction of Knowledge Management System in Agricultural Research Institutions, Proceeding on 2004 AFITA/WCCA JOINT CONGRESS ON IT IN AGRICULTURE, 651-656.
- 町田武美・塩 光輝（1995）GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究（第1報）, 農業情報研究, 4(2): 91-108.
- 儘田雄一郎・町田武美（2000）GPS 農作業支援システムの構築, 農業情報研究, 9(1): 25-34.
- 松本一成・町田武美（2002）音声認識による農作業記録支援システムに関する研究, 農業情報研究, 11(3): 255-263.
- 松尾宏平・白石耕一郎・藤本修平（2013）造船工程への AR（Augmented Reality）技術の適用について, 人工知能学会第2種研究会資料, SIG-KST-2013-02-01（2013-10-24）, <<http://www.sigkst.org/>>, 2014 年 1 月 16 日参照.
- 森泉昭治・月橋輝男・吉川昭雄（1977）ナシの袋かけ作業における動作時間分析—初心者と熟練者の差異—, 農作業研究, 29: 46-50.
- 南石晃明・菅原幸治・深津時広（2007）RFID を用いた農作業自動認識システム, 農業情報研究, 16(3): 132-140.
- 南石晃明・河野 靖・江添俊明（2011a）IC タグリーダ・DGPS・カメラを用いた農作業情報の連続計測—営農可視化システム FVS 高機能タイプの改良と現地実証—, 農業情報学会 2011 年大会オーガナイズセッション講演要旨集, 41-42.
- 南石晃明・渡邊勝吉・藤井吉隆・岡安崇史（2011b）南石 IC タグリーダおよび GPS 携帯電話を用いた農作業情報の連続計測—営農可視化システム FVS 普及タイプの試作と現地実証—, 農業情報学会 2011 年大会オーガナイズセッション講演要旨集, 39-40.
- 南石晃明（2011c）農業イノベーションと情報通信技術—技術継承と人材育成における ICT の活用—, 技術総合誌 OHM, 98(4): 18-23.
- 南石晃明・渡邊勝吉・藤井吉隆・岡安崇史・竹内重吉（2012）営農可視化システム FVS の改良と現地実証, 農業情報学会

- 2012 年大会オーガナイズセッション講演要旨集, 45-46.
- 南石晃明・藤井吉隆・江添俊明 (2013) 営農可視化システム FVS-PC Viewer の開発—農業技術・技能の伝承支援—, 農業情報研究, 22(4): 201-211.
- 農林水産省 (2009) AI 農業の展開について 農業分野における情報科学の活用等に係る研究会報告書, <<http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kihyo03/pdf/090820-01.pdf>>, 2014 年 1 月 18 日参照.
- 農林水産省 (2012) 平成 24 年度 食料・農業・農村白書, <http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h24/pdf/gaiyou.pdf>, 2013 年 11 月 29 日参照.
- 農林水産省 (2013) 「スマート農業の実現に向けた研究会」の設置について, <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/pdf/setti.pdf>, 2014 年 1 月 18 日参照.
- 岡田泰明・吉田智一・長尾智晴 (2013) EGBIS を用いた航空写真からの圃場図自動作成の可能性, 農業情報学会 2013 年大会オーガナイズセッション講演要旨集, 82-83.
- 櫻本直美・横山和成・和田静穂・増木啓言 (2009) RFID・GPS・バーコードリーダーを用いた即時データ転送可能な簡易農作業記録システムの開発, 農業情報学会 2009 年度講演要旨集, 71-72.
- 佐藤正衛・南石晃明 (2011) 環境経営を支援する Web ベース営農計画システムの開発とその適用, 農業情報研究, 20(2): 53-65.
- 佐藤正衛・南石晃明・藤井吉隆・吉田智一・飯田貴昭・本田茂広 (2013) 農業技術体系 DB と農作業ノウハウ DB の連動による作業ノウハウの体系化, 農業情報学会 2013 年大会オーガナイズセッション講演要旨集, 108-109.
- Seo, K. S., S. D. Kim, J. G. Lee, B. W. Kim, O. K. Sohn and M. H. Baek (2004) Establishment of cattle traceability system using RF-ID, Proceeding on 2004 AFITA/WCCA JOINT CONGRESS ON IT IN AGRICULTURE, 822-827.
- 社団法人人間生活工学研究センター・東洋エンジニアリング株式会社 (2007) 経済産業省委託事業石油プラント保守・点検作業支援システムの開発 (平成 16 年度～平成 18 年度) 研究のまとめ, <www.hql.jp/research/before/pdf/oilplant2004-06.pdf>, 2013 年 12 月 21 日参照.
- 申宝明・佐藤禎稔・今村城久・弘中和憲・岸本 正 (2010) 大規模畑作地帯におけるトラクタ作業機のうね合わせ作業の現状, 農作業研究, 45(1): 13-19.
- 塩 光輝・町田武美 (1995) 農業用 FAX データシステムの開発と農業会計システムへの適用, 農業情報研究, 4(2): 79-90.
- 末永 聡 (2009) 農林水産業とナレッジマネジメント, 農業経営研究, 46(4): 8-16.
- 寺元郁博 (2013) リアルタイム収穫記録作成ツールの開発, 農業情報学会 2013 年大会オーガナイズセッション講演要旨集, 58-59.
- 戸田翔平・小林一樹・斉藤保典・深津時広・木浦卓治・平藤雅之 (2013) 主観的情報を付与可能な Web 情報公開システム「農ライブ」, 農業情報研究, 22(1): 12-23.
- 梅本 雅・山本淳子 (2010) 農作業ナレッジの継承に向けた課題と方法, 農業経営研究, 48(1): 37-42.
- 梅本 雅・山本淳子 (2011) 知識継承の観点から見た農作業ナレッジの特徴, 日本農業経営学会編, 「知識創造型農業経営組織のナレッジマネジメント」, 農林統計出版, 東京, 93-110.
- Wang, Y. P., C. S. Wu, P. L. Lee and Y. Shen (2012) Rice Growth Monitoring and Yield Forecasting by Disaggregating Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Data, Proceedings of the 8th Asian Conference for Information Technology in Agriculture and World Conference on Computer in Agriculture (CD).
- 山本淳子・梅本 雅 (2010) 土地利用型経営における農作業ナレッジの特徴, 農業経営研究, 48(1): 43-48.
- 山下樹里・横山和則 (2011) 内視鏡手術手技の遠隔指導／自習システムの開発, 人工知能学会第 2 種研究会資料, SIG-KST-2011-01-04 (2011/07/13), <<http://www.sigkst.org/>>, 2014 年 1 月 16 日参照.
- 安田惣左衛門・藤井吉隆 (2009) 集落営農におけるナレッジマネジメント, 農業経営研究, 46(4): 27-34.
- 安川雅紀・絹谷弘子・溝口 勝・木浦卓治・喜連川優 (2013) PDBFM: フィールドモニタリングのためのデータブラウザ, 情報処理学会論文誌, 52(12): 3682-3698.

受付日 2014 年 7 月 22 日

受理日 2014 年 9 月 30 日

担当分野 人材・普及学分野

Use of a Farming Visualization System to Compare Techniques between Machinery Operators in a Paddy Field

Masashi Miyazumi¹⁾, Teruaki Nanseki^{*2)}, Yosuke Chomei²⁾ and Seiichi Matsukura¹⁾

1) Graduate School of Bioresource & Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, Hakozaki 6-10-1, Fukuoka 812-8581, Japan

2) Faculty of Agriculture, Kyushu University, Hakozaki 6-10-1, Fukuoka 812-8581, Japan

Abstract

In Japan, the increasing mean age of farmers, the increasing demand for skilled farm operators by growth of agricultural companies, and the reduced entry of new skilled farmers have heightened problems in passing on skills. In devising a way to measure the passing on of skills, we used the Farming Visualization System to compare machinery operators' techniques quantitatively. During planting operations on a large rice farm, we compared working time on a straight course, working time on a turning course without seedlings, working time on a turning course with seedlings, and the number of rear views as a measure of accuracy checking between a skilled operator and a beginner. We identified significant differences between operators in all measures except working time on a turning course with seedlings. Thus, the Farming Visualization System could be used to quantitatively assess how farming skills are passed on and provide guidance for improving the transfer of knowledge to future generations.

Keywords

information management, skill succession, knowhow, skill comparison, working data

* Corresponding Author

E-mail: nanseki@agr.kyushu-u.ac.jp