

石川県立大学大学院生物資源環境学研究科博士論文

水田農業の生産性及び農業構造改善に向けた
農家行動シミュレーションモデルの構築

2020年3月

石川県立大学大学院

生物資源環境学研究科 自然人間共生科学専攻

森澤健作

水田農業の生産性及び農業構造改善に向けた農家行動シミュレーションモデルの構築

【目次】

序章	本研究のねらい	1
第1節	研究の背景	1
1.	農業農村をめぐる情勢の変化	1
2.	担い手ニーズに応える基盤整備	1
3.	水田整備による進展の可能性	4
4.	米生産の現状分析	6
(1)	米生産の改善可能性	6
(2)	米生産のコスト削減の方向性	8
(3)	米生産の労働時間	12
5.	国の対応方針・動き	14
(1)	機構の設置	14
(2)	施策の推進	15
6.	担い手支援のイメージ	17
第2節	研究の目的	18
第3節	現状の課題	19
1.	農地集積・集約化の課題	19
2.	農業の高付加価値化の課題	22
第4節	本研究の構成	24
1.	面的集積の必要性	25
2.	計画的集積の評価手段	25
3.	先駆的に農地集積を進めてきた経営体の農家行動とその評価	27
4.	高付加価値化の取組の収益につながる要因分析	27
第1章	農地集積・集約化の課題に対する担い手支援	29
第1節	はじめに	29
第2節	農地集積の関連施策とその評価	30
第3節	農地集積関連の既往研究	31
第4節	面的集積の今日的意義	32
第5節	担い手支援の検討	33
第2章	地点訪問最適化を応用した既往研究	35

第1節	はじめに	35
第2節	圃場分散化に関する研究	40
第3節	巡回管理の最適化問題に関する研究	41
第4節	作業計画の最適化問題に関する研究	43
第5節	議論のまとめと今後の展望	48
1.	議論のまとめ	48
2.	今後の展望	49
第3章	圃場巡回の最適巡回路を同定するモデルの開発	53
第1節	はじめに	53
第2節	既往研究と本モデル開発の位置づけ	54
第3節	OTRRモデルの構造	57
1.	巡回方法の原理	57
2.	経路探索アルゴリズム	59
第4章	農地集積の計画性が圃場巡回の効率性に及ぼす影響	67
第1節	はじめに	67
第2節	分析の枠組み	68
1.	研究対象に用いた経営体	68
2.	分析方法	70
3.	各種変数の決定	72
第3節	農地集積シナリオの詳細	75
第4節	シミュレーション結果	78
第5節	モデル活用の可能性の検討	86
第5章	農地集積に向けた農家行動が営農面にもたらす影響	89
第1節	はじめに	89
第2節	既往研究と本研究の位置づけ	90
第3節	実態調査の枠組み	92
1.	研究対象	92
(1)	農業法人 K(平坦地域)	92
(2)	集落営農組合 U(中山間地域)	93
2.	経営概況	95
3.	調査の視点及び内容	97
4.	結果の整理	100
(1)	農業法人 K(平坦地域)	100

(2)	集落営農組合 U(中山間地域).....	103
第 4 節	農地集積がもたらしうる影響.....	106
1.	農業所得の向上の可能性(正の影響).....	106
2.	水管理等の生産管理に与える影響(正の影響).....	106
3.	農地維持・保全への寄与(正の影響).....	107
4.	面積拡大による労力的な負担(負の影響).....	108
第 5 節	集積後の課題.....	109
第 6 章	基盤整備が高付加価値農業の収益に及ぼす影響.....	111
第 1 節	はじめに.....	111
第 2 節	分析の枠組み.....	112
1.	分析対象とする高付加価値化の取組内容.....	112
2.	調査対象および調査概要.....	114
(1)	調査対象.....	114
(2)	調査方法.....	114
(3)	調査概要.....	114
3.	分析の指標.....	116
第 3 節	分析結果.....	118
1.	取組が収益に影響を与える指標.....	118
2.	指標の影響度合い.....	119
第 4 節	高付加価値化の取組の収益につながる要因.....	119
終章	本研究の成果と今後の課題.....	123
第 1 節	研究内容.....	123
第 2 節	研究成果.....	124
(1)	圃場の最適巡回路を同定する OTRR モデルの開発.....	124
(2)	農地集積の計画性が圃場巡回に与える影響.....	124
(3)	農地の集積過程における農家行動が営農面に与える影響.....	124
(4)	基盤整備が高付加価値化の取組の収益に与える影響.....	125
第 3 節	今後の課題.....	125
1.	圃場巡回の効率性を高める徒歩移動率.....	125
2.	OTRR モデルの改良.....	126
3.	農家行動の事例蓄積とその活用.....	127
要 約	128
巻 末 資 料	135

投稿論文と口頭発表.....	138
----------------	-----

序章 本研究のねらい

第1節 研究の背景

1. 農業農村をめぐる情勢の変化

わが国の農業農村を取り巻く環境は、基幹的農業従事者¹の減少・高齢化、都市混住化の進展、耕作放棄地の増加、米価の低迷などにより一層厳しいものとなっている。また、国際環境下においても EU との EPA（日 EU 経済連携協定）交渉の妥結や TPP11（環太平洋パートナーシップに関する包括的及び先進的な協定）の署名を受け、農業競争力強化の必要性が日増しに高まっている。

こうした農業農村をめぐる情勢の変化に対し、地域農業の主体となる担い手（認定農業者²、集落営農³等）に対する支援の充実は、政策的にも学術的にも不可欠であり、特に生産コストの削減や農業所得の向上、労働力の確保に正の影響を与える施策の推進や農業構造の改善可能性に向けた研究は、より深化が必要とされる。

2. 担い手ニーズに応える基盤整備

農業競争力強化のためには、農地の大区画化や水田汎用化等の基盤整備を実施するとともに、農地中間管理機構（以下、機構と略記）と連携した担い手への農地集積・集約化や、6次産業化をはじめとする農業の高付加価値化を図る必要がある⁴。過去の実態調査では、担い手が耕作依頼を断った主な理由として、「未整備田」、「圃場分散」、「湿田（汎用化されていない）」といった要因をあげており、基盤整備による一定の整備水準が、担い手への農地集積・集約化を進

¹ 自営農業に主として従事した世帯員（農業就業人口）のうち、ふだんの主な状態が「主に仕事（農業）」である者。

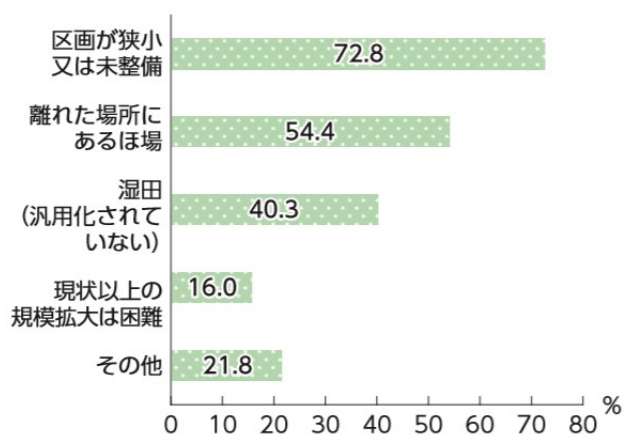
² 農業経営基盤強化促進法に基づき、市町村が地域の実情に即して効率的・安定的な農業経営の目標等を内容とする基本構想を策定し、この目標を目指して農業者が作成した農業経営改善計画において市町村認定を受けた者。

³ 集落等地縁的にまとまりのある一定の地域内の農家が農業生産を共同して行う営農活動。転作田の団地化、機械の共同利用、担い手を中心となって取り組む生産から販売までの共同化等、その形態や取組内容は多様。

⁴ 農林水産省（参照 2019.4.26）. 平成 30 年度 食料・農業・農村白書. 133. （オンライン）. http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

める上で重要視されている（図序-1）。

また、若手農業者を対象とした web 調査⁵では、水稻作を基幹とする経営体の関心の高い施策として、「労働力の確保」、「農地集積」を上位にあげている（図序-2）。以上から、基盤整備をベースとして、米の高コスト構造からの脱却や高収益作物への転換など、経営体の限られた労働力を踏まえ、いかに収益性の高い水田農業へと進めていくのかを今後の課題として見据えていることが伺える。



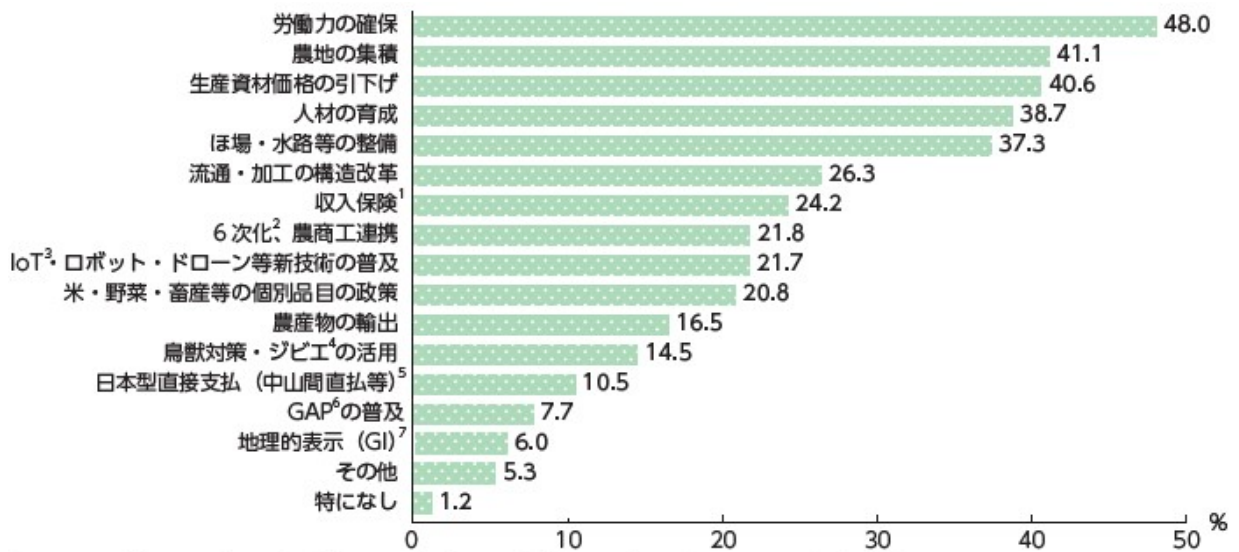
資料：農林水産省調べ

注：担い手農家を無作為に抽出し（36府県、450経営体）、そのうち農地所有者からの耕作の依頼を断ったことがあると回答した206経営体から聴取（平成22年（2010）年11月）

図序-1 担い手が耕作の依頼を断った理由（複数回答）

出所：平成30年度 食料・農業・農村白書 P133

⁵ 農林水産省（参照 2019.4.26）．平成30年度 食料・農業・農村白書. 10.（オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.



注：1）総回答者1,885人のうち回答者1,875人。上記は回答者1,875人における各項目の選択者の割合
 2）1：第2章第1節（8）を参照、2：6次産業化。用語の解説3（1）を参照、3、6：用語の解説3（2）を参照、4：第3章第4節（2）を参照、5：第3章第3節を参照、7：第1章第2節（2）を参照

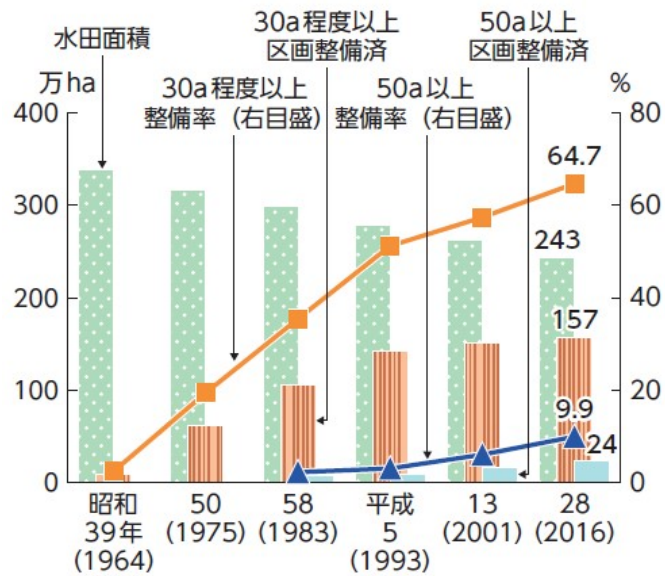
図序-2 関心の高い農業施策（複数回答）
 出所：平成30年度 食料・農業・農村白書 P11

3. 水田整備による進展の可能性

わが国の水田面積は一貫して減少傾向にあり、2016年時点で243万haとなっている。このうち、効率的な機械化営農に対応できるとする30a程度以上に整備された面積は157万haで全体の64.7%と増加傾向にある。また、50a以上に大区画化された面積は24万haで全体の9.9%と緩やかに増加している(図序-3)。

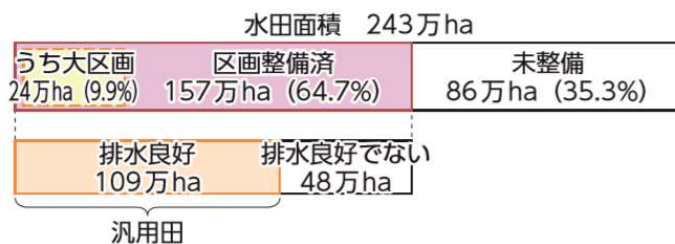
近年は、担い手への農地集積を採択要件とする圃場整備事業(経営体育成基盤整備事業)が創設され、実施地区では平均80%以上の農地が担い手に集積されているとの報告がある(石井, 2019)。当該事業等を介して、特定の担い手に農地の所有権・利用権が移り、面的にまとまりのある形で集積(以下、面的集積と略記)させていく仕組みは、担い手への効果的な農地の再配分を容易とし、面的集積を加速化させる有効な手段として評価できる。

一方、区画整備済み水田の7割にあたる109万haについては排水良好となっており、畑利用が可能な汎用田となっている(図序-4)。近年は農業生産の拡大のため、こうした汎用田を活用し、麦・大豆をはじめとする戦略作物や野菜等の収益性の高い作物(これを高収益作物と捉える)の本作化が求められている。畑利用に関しては、作物の生育に影響を及ぼす湿害に対し、収量の高位安定化について指摘されることが多く、その分野では、新品種開発はもとより、高度な地下水位の管理を実現する技術開発など相当の蓄積がある。今後も農地貸借による集積が進むとした場合、こうした技術開発のもとに水田汎用化が図られ、作物選択の自由度が与えられるとするならば、水稻作を基幹とする借地集積型の大規模経営(以下、借地型大規模経営と略記)においても、稲麦大豆型や野菜複合型の大規模水田作経営のほか、加工部門をもつ多角化経営、さらには販売部門の拡大、集約複合部門の導入など収益性の高い取組が進展しやすくなると考えられる。



資料：農林水産省「耕地及び作付面積統計」、「農業基盤情報基礎調査」
 注：水田面積は7月15日時点（平成13（2001）年以前は、8月1日時点）、水田面積以外は3月末時点

図序-3 水田の区画整備の状況
 出所：平成30年度 食料・農業・農村白書 P134



資料：農林水産省「耕地及び作付面積統計」、「農業基盤情報基礎調査」
 注：1) 区画整備済とは、30a程度以上に区画整備された田（大区画は50a以上に区画整備された田）
 2) 排水良好とは、地下水位が70cm以深かつ湛水排除時間が4時間以下の田

図序-4 区画整備済の水田における汎用田の状況（2016年）
 出所：平成30年度 食料・農業・農村白書 P134

4. 米生産の現状分析

(1) 米生産の改善可能性

わが国の主要農産物である米⁶の年間消費量は、1962年の118kg/人をピークに減少し、2016年には54kg/人⁷と約50年間で半減している。米の消費量と総人口が減少するなかで、特に主食用米の需要量は毎年8万t程度⁸のペースで減少しており、今後もこの傾向は続くものと見込まれている。農林水産業の成長戦略を示す日本再興戦略（2017年から未来投資戦略）、及び農林水産分野の総合的な政策を示す農林水産業・地域の活力創造プラン（以下、活力創造プランと略記）では、米政策改革の一環として、2018年産からの生産数量目標の配分、及び直接支払交付金を廃止し、今後は自らの経営判断に基づき作物選択できるよう定着を図ることとしている。

それでも2000年以降に急増した水稻作を基幹とする大規模経営体の多くが交付金に依存した経営構造になっており（平林，2013）、今後も作付体系にあまり変化を与えない形での加工用米や新規需要米の導入・作付増がしばらく続くと考えられる。大規模経営体とは、梅本（2010）の論考により、便宜上、家族経営体は30ha以上、共同経営や雇用型の法人経営は50ha以上を扱う。担い手への農地集積を進めていくなかで、新規の借入農地（以下、新規農地と略記）の全てが、麦・大豆等の生産に適しているとは限らない。そのような場合は水田汎用化を無理に図らずとも、例えば、実需者ニーズの高い中食・外食向けの米生産などが選択肢としてあげられる。綿密な管理による付加価値の高い米生産とは価格帯が異なるものの、可能な限りムダを省き労働時間を圧縮するなどコストダウンの限界点を明らかにし、面積拡大を可能とするならば、量的確保による所得の均衡が期待できると考える。

大規模経営体のコスト構造という点では、農業機械の大型化・高性能化が一定程度進み、これに起因する作業改善は既に図られているとの見方もある（前掲：梅本，2010）。また、一部では直播栽培や不耕起栽培などの省力化技術も進んでいるが、それでも技術体系の中心は移植栽培や慣行耕起栽培となっている。

⁶ 主食用米のほか、菓子用・穀粉用の米

⁷ 農林水産省「食料需給表」平成28（2016）年度は概算値

⁸ 農林水産省「米穀の需給及び価格の安定に関する基本指針」

つまり、現行のコスト構造からさらなる改善を図っていくためには、上記の基本的な技術構造のほかに変化や工夫を与えることが必要となる。従来の農地貸借構造は、農地の出し手と受け手の直接的な交渉による契約が一般的であったが、こうした相対契約により圃場が遠隔化、拡散化、錯綜化した場合、現実の経営管理の場面では、圃場分散の作業効率に及ぼす負の影響、すなわち圃場分散の外部性の問題に直面する可能性が高い。そこで水稻作の経営規模拡大と関わっては、圃場を厳密な連坦化にこだわらずとも、機械作業や管理作業の合理化に向けた集積形態へと変化させることにも米生産のコストダウンに向けた改善の余地が残されていると考える。

(2) 米生産のコスト削減の方向性

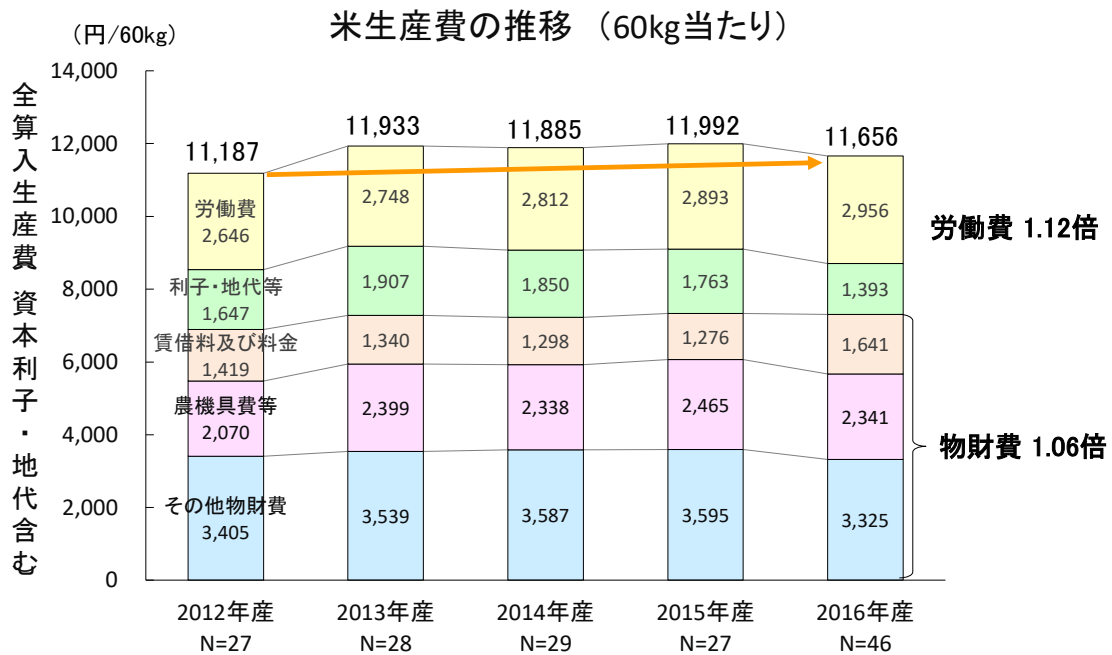
日本再興戦略では、農業分野の重要業績評価指標（key performance indicator：「KPI」と略記）として、今後10年間（2023年まで）で全農地面積の8割を担い手に利用され、産業界の努力も反映して担い手の米の生産コストを現状全国平均比（2011年産：16,001円/60kg）から4割削減する目標（9,600円/60kg）を決定した⁹。これに対して、組織法人経営体における2012年産の米生産費は11,187円/60kg、2016年産は11,656円/60kgとなっており、米生産の総コストは5年間で多少の増減はあったにせよ、実態としては横ばい傾向となっており、コストダウンの継続的な努力が求められている。生産費の内訳について時系列で見た場合、利子・地代等の費用は減少しているものの、物財費は1.06倍、労働費に至っては1.12倍に増加していた¹⁰（図序-5）。この結果を踏まえ、米生産費のどの費用が影響を与えているのかを探るべく、10a当たりの生産費ベースに換算して推察した。その結果、2012年産が96,358円/10a、2016年産は102,549円/10aと過去5年間で増加傾向にあった。費目別には利子・地代等の費用の大半が減少するなか¹¹、労働費は1.14倍となっており、米生産費全体の約1/4を占めていることから、労働費の増加による影響が大きいことが考えられた（図序-6）。

⁹ 首相官邸（参照2019.11.12）。日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて—。79。（オンライン）。https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihombun.pdf

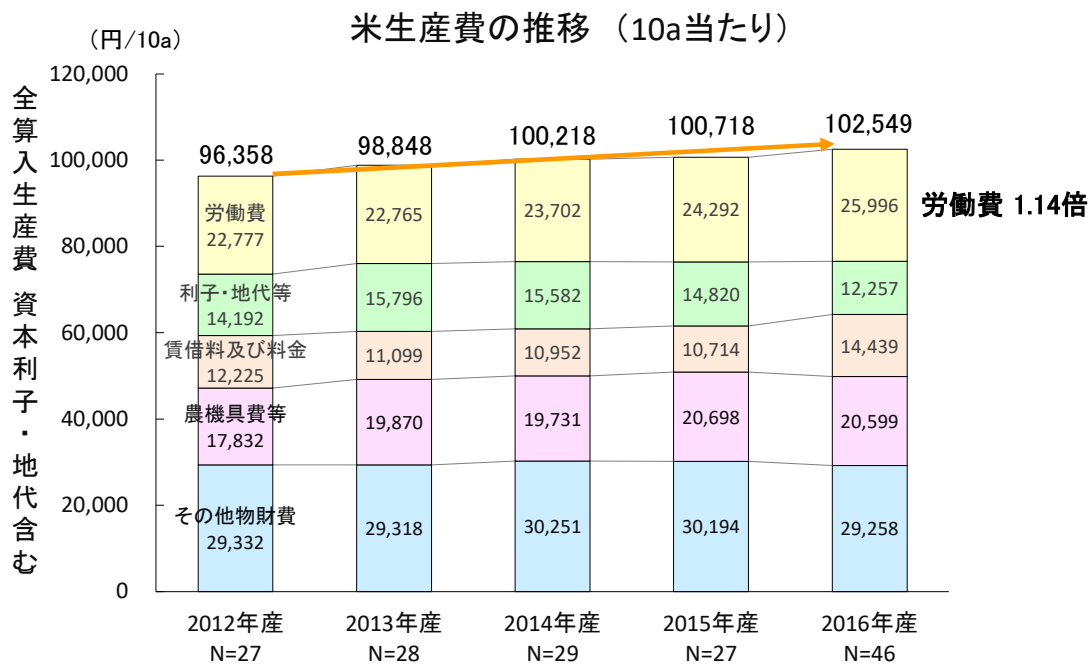
¹⁰ 農林水産省（参照2018.11.6）。組織法人経営体に関する経営分析調査：平成28年産米、小麦及び大豆の生産費（組織法人経営）：（個別事例）。

http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/attach/pdf/index-32.pdf

¹¹ 物財費のうち、前年産からの増加が大きい賃借料及び料金については、乾燥・調製委託料金の増加等による。



図序-5 生産費の推移（60kg 当たり）
出所：農林水産省大臣官房統計部資料より筆者作成

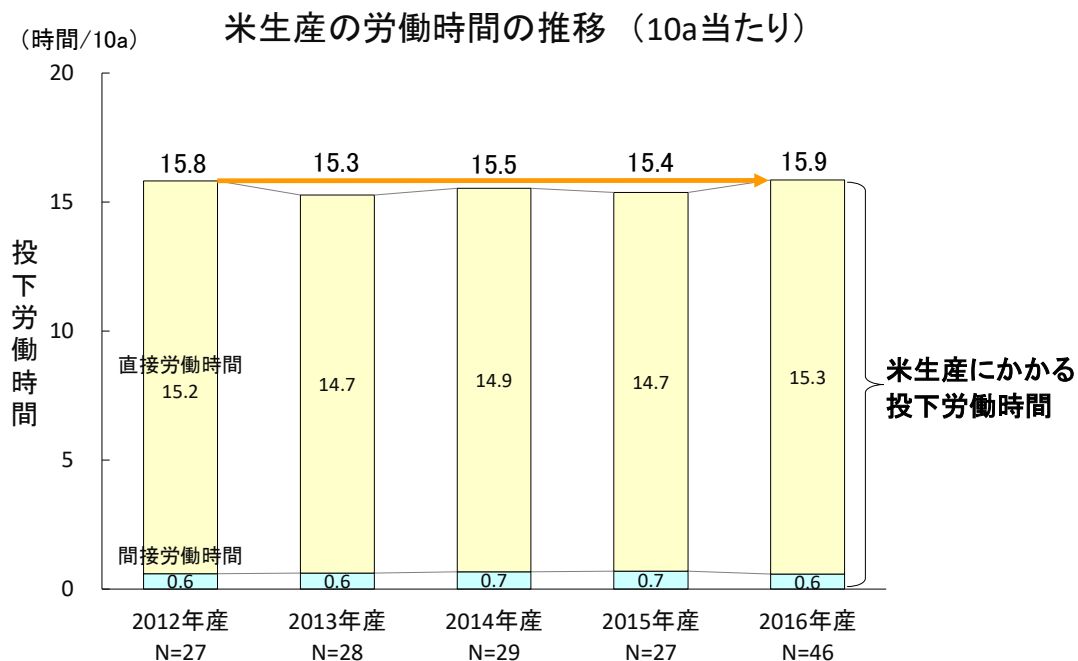


図序-6 生産費の推移（10a 当たり）
出所：農林水産省大臣官房統計部資料より筆者作成

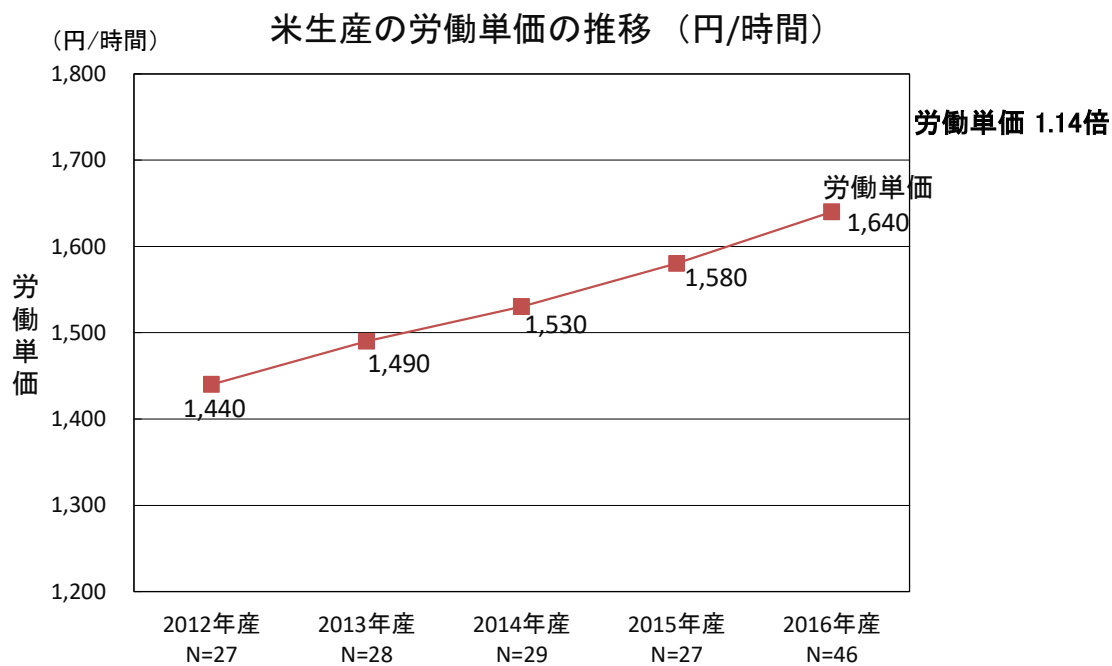
次に、米生産にかかる投下労働時間は、2012産が15.8時間/10a、2016年産は15.9時間/10aと横ばい傾向になっていた（図序-7）。この間、労働単価¹²は1,440円/時間から1,640円/時間へと1.14倍に増加しており、このことが労働費の増加につながった要因の一つとも考えられた（図序-8）。

今後もコストダウンの継続的な努力が求められるなか、適正な労働対価により労働収入を得ることは肝要であり、これを維持しつつ、生産コストを低減させていくためには、生産効率の向上を図る圃場整備等の基盤整備の推進と併せて、労働時間の短縮につながる経営行動や改善方策を生産現場においても模索していくことが重要であると考えられる。

¹² 農林水産省の調査では、労働単価を厚生労働省が発行する「毎月勤労統計調査」の建設業、製造業、運輸業に属する5～29人規模の事業所の賃金データをもとに算出したものを用いているが、その算出方法の詳細は記されていない。したがって、本研究では全国平均の組織法人経営体の労働費を労働時間で除して労働単価を求めた。



図序-7 米の労働時間の推移（10a 当たり）
出所：農林水産省大臣官房統計部資料より筆者作成

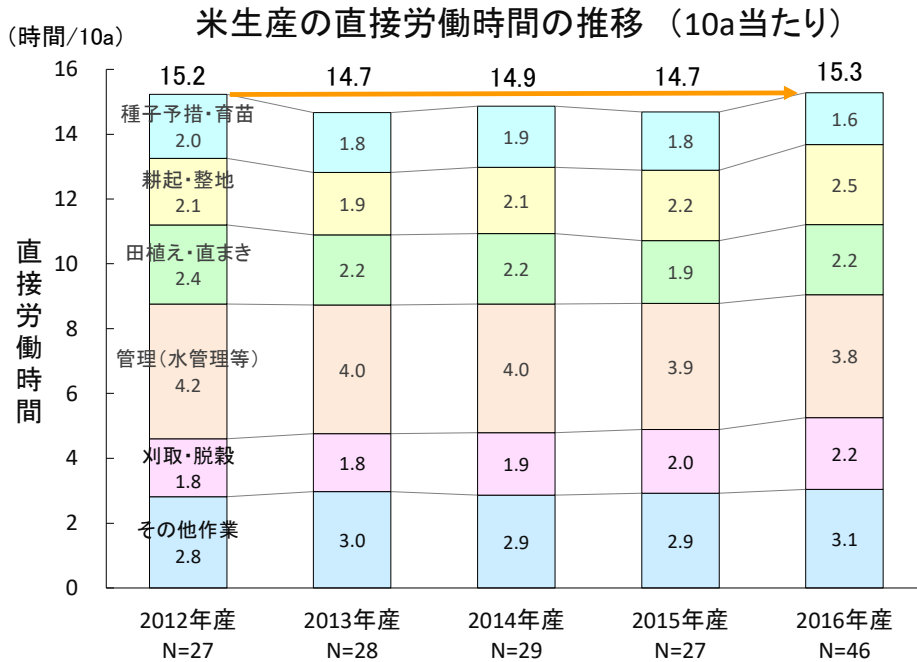


図序-8 米生産の労働単価の推移（円/時間）

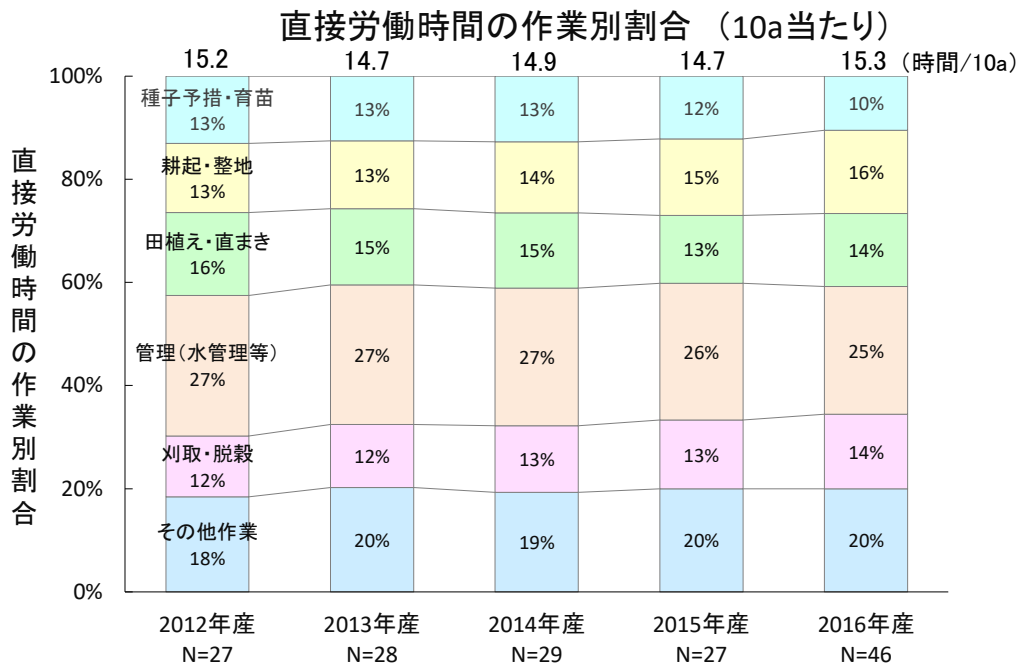
(3) 米生産の労働時間

米生産の労働時間のうち、機械作業や管理作業などの生産性にかかる直接労働時間は、図序-7 のとおり約 95%を占めており、農地集積・集約化に伴う土地利用調整の影響が大きい。直接労働時間を作業別に見ると、水管理等の管理作業に要する労働時間は約 4 時間/10a となっており、他の作業と比較して大きいことがわかる（図序-9）。また、その割合は、例えば 2016 年産において全体の 25%を占めており、基幹作業である耕起・整地（16%）、田植え・直播（14%）、刈取・脱穀（14%）の機械作業と比較してもその負担は大きい（図序-10）。

こうした状況を踏まえ、今後も農地貸借による集積が進むとした場合、綿密な計画のもとに集積が計られるような農地配分に近づけば理想的であるが、そうでない場合は圃場管理の難しさや圃場間移動の時間ロスが拡大し、地域農業の合理化に対して足かせとなることも懸念される。この点で、面的集積に向けた土地利用調整や担い手間での交換分合などの必要性を指摘できるが、それでも重要なのは、営農面にどのようなインセンティブが働くのか、面的集積に向けた行動に至るまでの強い説得力を示す評価手段にあると考える。



図序-9 米生産の直接労働時間の推移（10a 当たり）
出所：農林水産省大臣官房統計部資料より筆者作成



図序-10 直接労働時間の作業別割合（10a 当たり）
出所：農林水産省大臣官房統計部資料より筆者作成

5. 国の対応方針・動き

(1) 機構の設置

農地集積は古くて新しい問題であり、農業基本法が制定された1961年時点で既に問題¹³とされていた（森中，2016）。幾多の農地改正法等により、農業生産法人や農地保有合理化事業の創設，農業生産法人への株式会社導入，リース方式による企業の農業参入全面自由化，農地利用集積円滑化事業の創設が行われ、都道府県では「農地保有合理化法人」，市町村においては「農地利用集積円滑化団体」が農地流動化のための組織として設置された。しかし，農地保有合理化事業は，農地売買が中心であるため，農家が所有権移転に消極的であったこと，売却できずに遊休状態となった農地を保有するリスクを農地保有合理化法人が嫌ったことなどから，必ずしも成果をあげられてはいない（前掲：森中，2016）。

そのような状況のもと，攻めの農林水産業の具体化の方策として，農地の中間的受け皿として機構を各都道府県に整備し，関係者間の総力で農地集積を推進し，農地のフル活用を目指すことが表明された。その後，具現化に向けて農林水産業・地域の活力創造本部や農業競争力会議等において機構の制度設計の検討が進められた。そして2013年に「農地中間管理事業の推進に関する法律」が可決・成立し機構が設置される運びとなった。2014年度より設置された機構は，担い手への権利移動面積の拡大が求められ，なかでも基盤整備と農地中間管理事業の連携により，担い手への農地集積・集約化を強化することが期待されている。公的機関である機構は，農地保有合理化法人である農業公社を改組して設置したケースが多く見られるが，石川県のように農業経営や組織化・法人化の指導支援を含めた総合窓口として別途組織化したケースもある。

具体的な役割としては，担い手への効果的な利用集積を図ることを目途とし，例えば地域内に錯綜化した農地を担い手ごとに集約化する必要がある場合には機構が借り入れ，担い手がまとまりある形で農地を利用できるよう配慮して貸し出す農地バンクの機能を有するほか，必要に応じて基盤整備等の条件整備を併せ行うこともできる。また，借り入れた農地の管理，業務の一部を市町村等に委託し，関係者間で農地集積・耕作放棄地解消に努めていくことなどがある。

¹³ 農業基本法では，農業経営の規模拡大，農地の集団化等の農業構造の改善を図ることが国の講ずべき施策とされた。

担い手に対する農地集積率を 8 割とする目標達成に向け、目標達成のためには何が必要か分析していくことは本研究以降の課題となるが、機構設置から約 5 年が経過し、取組もまだ道半ばといった状況ではあるものの、それでも中間的に評価を行い、集積関連の施策へとフィードバックすることも担い手への効果的な農地集積を図っていく上で有用と考える。

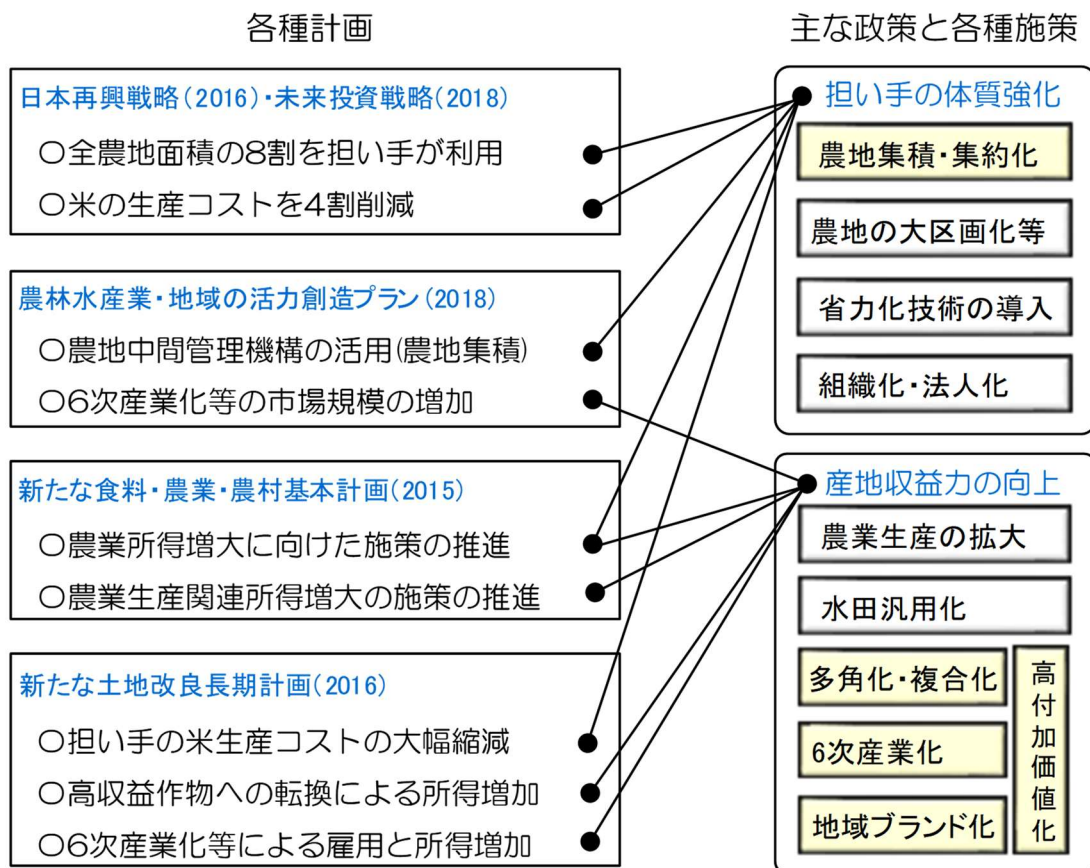
(2) 施策の推進

農業の成長産業化を促進する産業政策と、多面的機能の維持・発揮を促進する地域政策を車の両輪とする活力創造プランの基本方向を踏まえ、新たな食料・農業・農村基本計画（2015 年 3 月）では、農業の持続的な発展に関する施策として、機構のフル稼働による担い手への農地集積・集約化や、農業農村整備と連動した基盤整備の強化等により、担い手の体質強化を図り、農業所得を増大させることとしている。また、農村の振興に関する施策として、農業生産の拡大や、農産物を活かした新たな価値の創出等により、産地収益性の向上を図り、農業生産関連所得¹⁴を増大させることとしている（図序-11）。

上記基本計画に基づき、新たな土地改良長期計画（2016 年 8 月）では、土地改良事業を活用した基本戦略に即しつつ、豊かで競争力ある農業の実現に向け、担い手の米生産コストの大幅削減や高収益作物への転換による所得増加、6 次産業化等による雇用と所得の増加を図ることとしている。水田農業においては、特に直接労働時間に占める畦畔の草刈りやかん水・落水等の水管理に要する労働時間の割合が大きいことに言及し、管理作業にかかる労力負担の集中が担い手への農地集積の阻害要因となっていると指摘する¹⁵。そこで、生産効率の高い基盤整備の実施や農作業の省力化技術の導入などの取組が、担い手への農地集積・集約化を着実に進めるための根幹となることが考えられ、こうした取組を通じて貴重な労働力を捻出し、間接的な効果として、例えば、多角化・複合化、6 次産業化、地域ブランド化等の高付加価値化の取組につながるきっかけになることが考えられる。

¹⁴ 農産物の加工，農産物直売所，農家民宿，観光農園，農家レストラン，観光農園，市民農園等の農業に関連する所得

¹⁵ 農林水産省（参照 2019.11.15）．土地改良長期計画. 19.（オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/nousin/sekkei/totikai/attach/pdf/h28_choukei-2.pdf



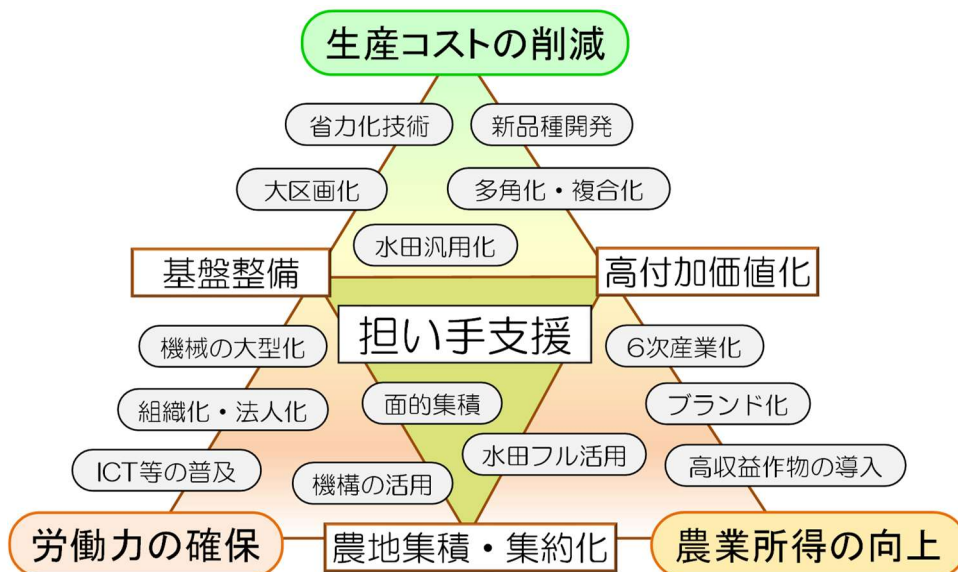
図序-11 各種計画と主な施策の位置づけ

6. 担い手支援のイメージ

農業農村をめぐる情勢の変化を踏まえ、担い手支援については、これまで農業競争力の観点から営農面に正の影響を与えるとする施策の推進や農業構造の改善が図られてきた。

それでも水田農業においては、特に米生産の労働費をいかに削減するかが喫緊の課題となっている。このなかで労働時間全体の25%を占める水管理等の管理作業については機械作業と比較してもその負担は大きく、これらの圧縮に向けては、前述した政策論と併せて、地域での創意工夫や体制づくり等の農家行動についても検討していくことが考えられる。また、6次産業化をはじめとする農業の高付加価値化の取組が期待されるなか、そのような取組を創発するためには、労働力の捻出が不可欠であり、そのためのハード整備やソフト施策について充実を図っていく必要がある。

そこで本研究では、生産コストの削減や農業所得の向上、労働力の確保を高める担い手支援として、まずは各種施策や農業構造の改善について見える化を図るべく、その構成イメージを図序-12のとおり整理した。



図序-12 本研究における担い手支援の構成イメージ

第2節 研究の目的

本研究は、水田農業の生産コストの削減・農業所得の向上・労働力の確保を問題意識とする。経営体の限られた労働力を踏まえ、いかに収益性の高い水田農業を展開していくのか、生産性及び農業構造の改善に向けた農家行動に変化を与え、その改善効果を定量的に評価するためのシミュレーションモデルの構築を目的とする。本研究へのアプローチとしては、わが国の水田農業の主要品目¹⁶の一つで、かつ従来から問題とされてきた米の高コスト構造に焦点を当てる。そして経営規模拡大による圃場分散の影響が懸念されるなか、農地集積の計画性や経営行動のどのような変化が負担の大きい水管理等の管理作業の効率性を高めうるのか、実際の農家行動として農地集積を進める経営体の集積形態に基づきその法則性から明らかにする。

また、農業の高付加価値化への取組が期待されるなか、基盤整備を契機とするどのような農業構造や経営形態の変化が6次産業化等の取組の収益につながるのか、その要因を分析する。そして基盤整備が単なる作物生産のみならず、付加価値向上につながる有効なツールとして位置づけることができるのか、その可能性について考察する。以上の研究は、担い手支援に向けて、今後の農地整備のあり方や集積関連の施策の推進に示唆を与えることができると考える。

¹⁶ 農林水産省（参照 2019.4.26）. 平成 30 年度 食料・農業・農村白書. 26. （オンライン）. http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

第3節 現状の課題

1. 農地集積・集約化の課題

日本再興戦略において全農地面積の 8 割を担い手に利用することを目標に掲げるなか、2016 年度時点では、全農地面積 447 万 ha に対して、担い手への農地集積は 241 万 ha とその利用集積率は 54%を占めている。

農業競争力を強化し、持続可能なものとするためには、機構が地域内に錯綜化する農地を借り入れ、担い手が面的集積できるよう配慮して貸し出す貸借構造が効果的であると指摘する¹⁷。機構が設置されて以降、停滞していた担い手への農地集積は再び動き出し農地集積率は 5.3 ポイント上昇した（図序-13）。

しかし、現在の進捗状況では目標の 8 割達成が見込めないこと、集積率向上への農地中間管理事業の寄与度が低いなどの問題が指摘されている（笹口，2018）。未整備田や荒廃農地¹⁸を含めた農地の再整備において、担い手への権利移動面積の拡大を図っていく場合、人・農地プラン¹⁹を前提として、基盤整備と機構の連携のもとに農地の再流動化を図り、担い手への効果的な農地集積・集約化につなげていくことが重要である（松井，2019）。それでも全農地の過半を占める集積地のなかには、既に基盤整備済みであって、かつ圃場分散した状態で農地集積が進展してきた地区も多く、特に機構など地域の土地利用調整の仕組みが整っていない時期に経営規模拡大を図ってきた経営体のなかには、1 枚のみ孤立する圃場が相当数あるとした報告もある。

借地型大規模経営の面積拡大に伴う分散状況を過去 5 年間(2003 年～2008 年)にさかのぼり指数化した調査事例では、農地の出し手からランダムな形で借り入れを行った結果、隣接農地の借り入れにより徐々に連坦化する圃場もあったが、それでも孤立圃場が 35%もあり、改めて集積形態の改善必要性について言及している（梅本，2019）。また、これとは別の調査事例では、米生産の労働時間のうち大きな負担となっている水管理等の管理作業に焦点を当て、経営体の

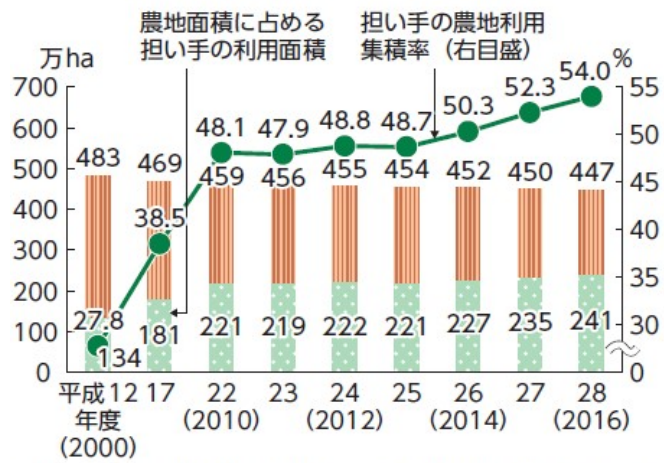
¹⁷ 農林水産省（参照 2019.4.26）．平成 30 年度 食料・農業・農村白書. 111. （オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

¹⁸ 現に耕作に供されておらず、耕作の放棄により荒廃し、通常の農作業では作物の栽培が客観的に不可能となっている農地。

¹⁹ 地域農業の課題を解決するため、地域農業者による徹底した話し合いの結果をまとめたもの。毎年見直しを行い、地域農業の「未来の設計図」として活用する。

水管理における移動時間と移動距離の解析を行っている。圃場が分散する複数経営体を対象に GPS ロガーをそれぞれの作業車両に取り付け、水管理の移動時間のみを抽出した結果、その割合が 47%~66%を占めており、水管理における移動時間の短縮対策の必要性について言及している（谷本，2018）。

面的集積は確かに望ましい。無作為な集積による経営規模拡大にあつては、圃場分散に関わる問題が指摘されてきた（原ら，2008）。しかし、現状では圃場分散の影響やその深刻さの程度が十分に認識されていないといった課題がある。面的集積によりどれだけ作業効率が改善されるのか、機械作業の非効率性を指摘する調査事例（梅本ら，2011・西村ら，2012 他）は多いものの、負担の大きい管理作業への影響を分析した研究は、渉猟する限り山下らの論考など僅かである。山下ら（2017）は、農地増加による総移動時間と総移動距離の増加傾向を読み解き、圃場の位置的分散に伴い作業ロスが増加する可能性を指摘している。しかしながら、理想的な農地配分で面的集積がなされた将来像を見据えていないため、現況の非効率性を定量的に示すまでには至っていない。また、圃場間の移動に伴う基本的な動作が完全に捨象されており、これらの欠点を改良することで、面的集積によるコストダウンの改善可能性に向けた議論が可能になると考える。この他、集積過程における工夫点や集積後に直面する課題等の研究事例が不足しているといった課題もあり、そのような状況では、これ以上の面積拡大が経営上のボトルネックとならないのか、特に管理農地数が数百筆に及ぶこともある大規模経営体については、今後の新規農地の受入れの可否やその範囲についての判断が難しいといったことが考えられる。



資料：農林水産省「耕地及び作付面積統計」、[集落営農実態調査] (組替集計)、農林水産省調べを基に作成

- 注：1) 農地中間管理機構以外によるものを含む。
 2) 各年度末時点
 3) 「担い手の利用面積」とは、認定農業者（特定農業法人を含む。）、認定新規就農者、市町村基本構想の水準到達者、集落営農経営（平成15（2003）年度から）が所有権、利用権、農作業受託（集落営農経営は農作業受託のみ）により経営する面積

図序-13 担い手に対する農地の利用集積率

出所：平成30年度 食料・農業・農村白書 P112

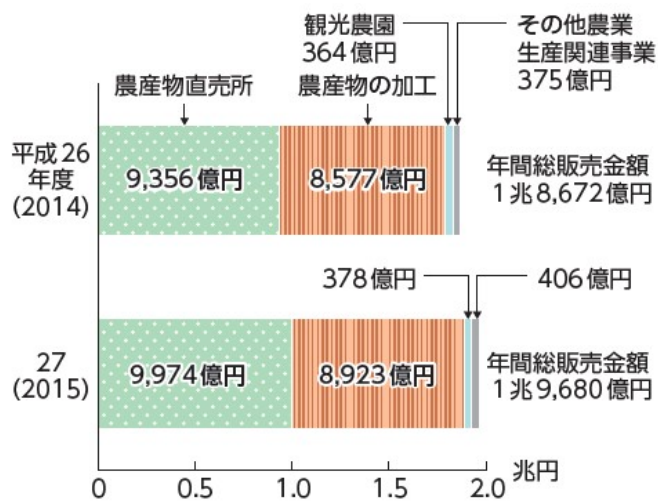
2. 農業の高付加価値化の課題

農林水産業・地域の活力創造プランでは、2020年までに6次産業化の市場規模を10兆円に増加する等の目標を掲げ、農業の付加価値化を目指したバリューチェーン²⁰構築の改革を推進している。

これに対して、2015年度の農業農村における加工・直売等の農業生産関連事業の年間総販売金額は、前年度比5%増加の約2兆円（農産物直売所9,974億円、農産物加工8,923億円、観光農園378億円等）となっている（図序-14）。これを合わせた市場規模は約5.5兆円で、初期値（2010年）が1.2兆円だったことを踏まえれば目標達成は有望に見える。しかし、過去の実現した要因が将来も同じく存在するとは限らず、達成は難しいとの見方もある（前掲：笹口，2018）。

農業の高付加価値化の取組が期待されるなか、そのような取組を創発するためには、労働力の捻出が必要であり、そのための有効な施策の一つが担い手への農地集積を通じた農業構造の改善と考えられる。水田の区画整備や排水改良によって作業効率が向上し、稲作にかかる労働時間は減少するとした報告もあるが（図序-15）、それでも農業構造のどのような変化が多角的な取組に結びついているのか、施策の有効性を定量的に評価した研究は少なく、そのような状況下では、農業の高付加価値化に取り組む上で、指針となるモデルが見えにくいといった課題がある。そこで課題解決に向けては、収益に影響を与える要因について例証していくといったことが有効と考えられる。

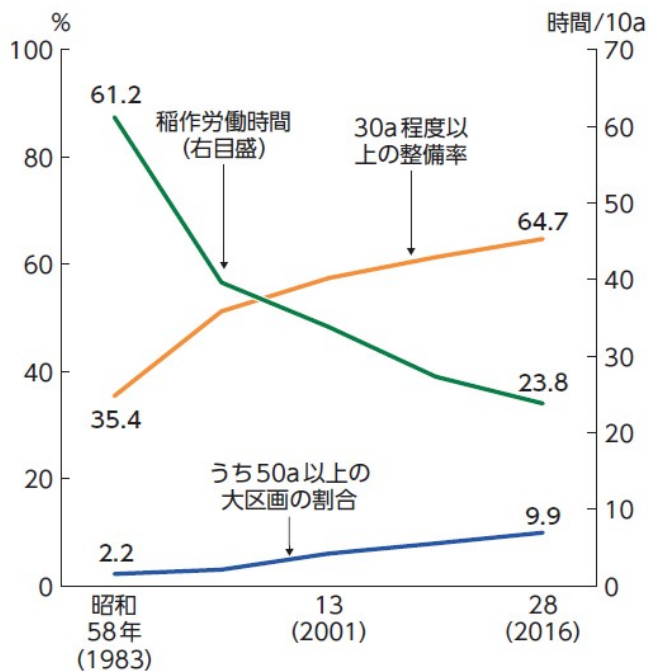
²⁰ 生産から加工，流通，販売に至るまで，各事業が有機的につながり，それぞれの工程で付加価値を生み出していくプロセス。



資料：農林水産省「6次産業化総合調査」

図序-14 農業生産関連事業の年間総販売金額

出所：平成30年度 食料・農業・農村白書 P101



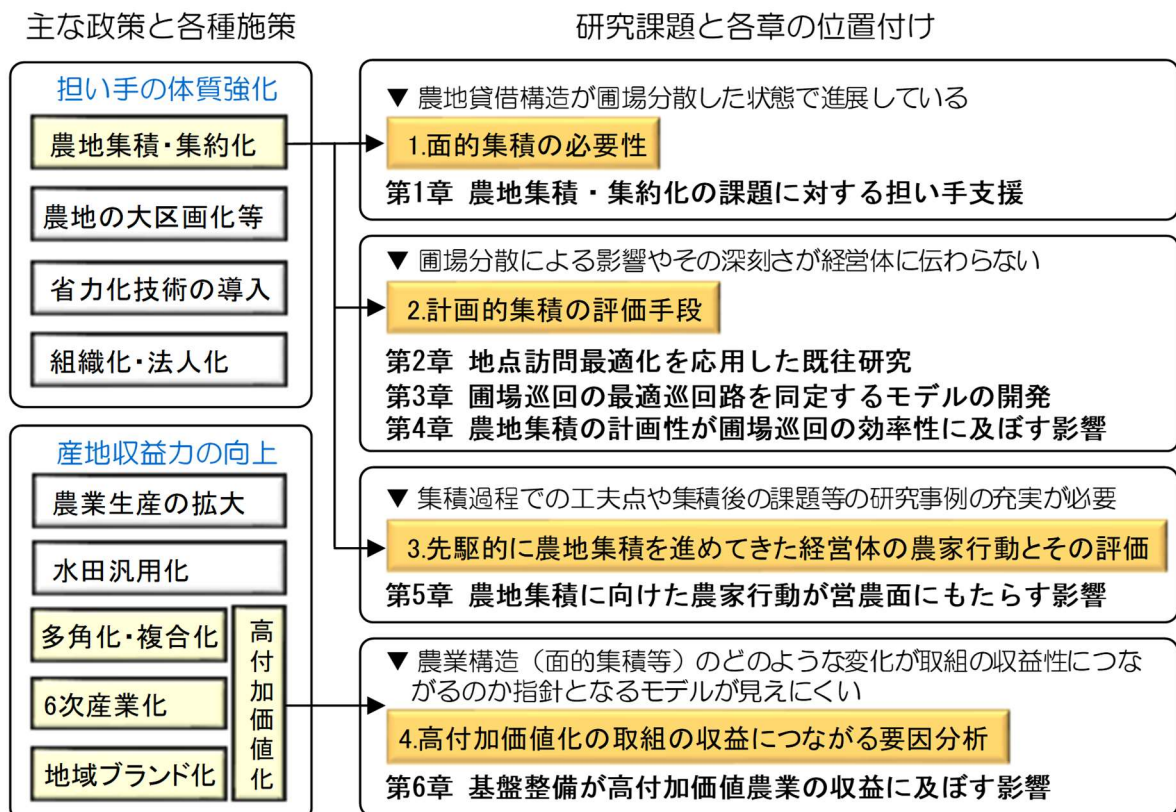
資料：農林水産省「農業基盤情報基礎調査」「農業経営統計調査 米及び麦類の生産費」を基に農林水産省で作成

図序-15 水田の区画整備率と稲作労働時間

出所：平成30年度 食料・農業・農村白書 P136

第4節 本研究の構成

農地集積・集約化，及び農業の高付加価値化の取組に対する現状の課題について，本研究では，次のような構成のもとに接近する（図序-16）。



図序-16 研究課題と各章の位置づけ

1. 面的集積の必要性

第1章では、農地集積・集約化の課題に対する担い手支援を検討するにあたり、担い手への面的集積の意義を整理する。議論の要点は、農地の貸借構造が圃場分散した状態で進展してきたことにある。加えて、孤立圃場が発生することによる不経済性を定量的に示すことにある。機械作業や管理作業の効率性を表現することは面的集積の進展に強い説得力を持つ。今後も農地貸借による集積が進むとした場合、圃場整備事業等を介して、綿密な計画のもとに面的集積が図られるような仕組みが理想的である。しかしそうではない場合、つまり、農地の出し手からランダムな形で借り入れていくような集積形態は、作業時間にロスが発生し、基盤整備により一定の整備水準を有していたとしても、その効果は限定的なものになることが推察される。

本研究ではそのような集積形態の実態を把握し面的集積の今日的意義について整理するほか、とりわけ研究事例の少ない管理作業を中心として地域単位で実践しうる具体策や改善可能性につながる担い手支援の具体的な方向性を示す。

2. 計画的集積の評価手段

米生産のコストダウンの継続的な努力が求められるなか、特に水管理等の管理作業に要する時間は大きく、コスト的にも労力的にも負担となっていることから、これに起因する圃場分散の影響を捉えていく。圃場分散は多くの地域で農業の生産性を低下させる。しかし、その十分な解決の方策は講じられていない。問題は圃場管理や移動時間のロス拡大などの圃場分散の影響、及びその深刻さの程度が経営体に伝わりにくく、その結果、地域的な土地利用調整の仕組みが浸透していないことにある。面的集積による作業効率がどの程度改善されるのか、実証データ、特に圃場間の移動時間それ自体を定量的に把握した研究は少ない。それゆえに、管理作業という特異な領域に適合した評価手段が必要となるが、単純に既存の地点訪問の最適化手法を適用しても十分な評価結果が得られないことも想定される。

そのため、第2章では、圃場巡回のほか農村地域の巡回サービス等の農業農村計画分野を中心とする地点訪問最適化を応用した既往研究に焦点を当て、こ

これらの研究成果が、複雑化する圃場巡回の効率化支援にどのように活かせるのか、適用可能性を検討する。また、計画的な農地集積や借地錯綜化後の面的集積に向けた取組支援として、どのような評価ツールの開発が考えられるのか提案を行う。

上記提案をもとに、第3章では、水田農業における農地集積の計画性が圃場巡回の効率性に及ぼす影響について将来予測することを目的とし、理論上、最適な巡回経路を同定するシミュレーションモデルを開発する。近年、巡回セールスマン問題（Traveling Salesman Problem：以下、「TSP」と略記）の概念と関連づけた研究により、訪問地点を圃場の重心座標とする巡回経路の最適化モデルが開発されており、そのアルゴリズムに合理的な移動手段（車移動、徒歩移動）を選択させるとした新規性を追加するなどし、その意義やモデル活用の可能性を検討する。なお、開発モデルのプロトタイプ構築にあたっては、ユーザーとして一般の農業者を含めた広範な利用を念頭に、汎用性の高いアプリケーションソフトを使用し、生産現場において容易に扱えるような簡便性についても追求する。

開発したモデルを用いて、第4章では、農地の団地化を図る農地集積の計画性が巡回経路の効率性をいかに高めうるかについて、圃場巡回の移動距離と移動時間を指標とし、空間的に無秩序な農地集積を仮定したパターンとの比較分析から定量的に評価する。分析では、現況の管理農地の位置情報と集積範囲を設定し、管理農地数を基準として最大+100%までの段階的な農地増加シナリオのもとに得られた総移動距離、及び総移動時間の結果を用いる。なお、考察に際し、移動手段にかかる各種変数（移動速度、準備時間）は一意に定めず、複数の状況下において総移動距離、及び総移動時間の増加予測を提示する。そして最後に本モデルの適用をさらに高めていくための課題を整理する。

3. 先駆的に農地集積を進めてきた経営体の農家行動とその評価

若手農業者の多くが農地集積に高い関心を持つなか、先駆的に農地集積を進めてきた経営体では営農面にどのような進展や後退があったのか。とりわけ集積過程で直面した課題や対応策について評価した研究事例の蓄積は、労力に限りのある経営体に対し、その部分の圧縮によるコストダウンの可能性や面積拡大の方向性を見定める上で有益な指針となりうる。

そのため、第 5 章では、農地集積が完了した経営体に焦点を当て、集積過程における創意工夫や体制づくり等の農家行動についてインタビュー調査を実施し、農業生産の実績及び作業記録から、農地集積がもたらしうる正負の影響についてどのような傾向があるのか分析する。また、集積完了後に生じたと考えられる新たな課題についても抽出する。なお、集積後の課題や所望する内容に地域差が生じることを鑑み、研究対象は平坦地域と中山間地域に区分して分析する。

4. 高付加価値化の取組の収益につながる要因分析

6 次産業化等の高付加価値化の取組が期待されるなか、こうした取組を創発するためには、労働力の捻出が必要であり、そのための有効な施策の一つが担い手への農地集積を通じた農業構造の改善であると考えられる。しかし、農業構造（面的集積等）のどのような変化が取組の収益性に結びついているのか、施策の有効性を定量的に評価した研究は少なく、指針となるモデルが見えにくいといった課題がある。

そのため、第 6 章では、基盤整備を契機に農業の高付加価値化の取組に着手した担い手を対象とし、経営体属性や経営展開が収益に与える影響要因を評価するほか、基盤整備が取組の収益につながる可能性について考察する。

なお、農業の高付加価値化の取組については、農産物をはじめとする農村の様々な地域資源を活かした 6 次産業化や、農商工連携による農産物加工などの幅広い取組が展開されている。本研究では、経営体の農業生産関連事業の所得増大の観点から、①経営の多角化・複合化、②6 次産業化、③地域ブランド化の取組を中心に取り上げる。

引用文献

- 石井 敦. 2019. 平野部水田地帯における真の低コスト稲作の実現方策と課題. 農業農村工学会誌. 87(9): 3-6.
- 梅本 雅. 2010. 水田作担い手の構造と経営行動. 農業経済研究. 82(2): 102-110.
- 梅本 雅・平野信之・恒川磯雄. 2011. 担い手育成に向けた経営管理と支援手法. 担い手の展開に向けた地域的支援手法. 梅本 雅編著. 総合農業研究叢書. 中央農業総合研究センター. 第5章. 66: 203-238.
- 梅本 雅. 2019. コストダウンの戦略—農地の集積から面的集積へ—. 農業と経済. 85(9): 17-24.
- 笹口裕二. 2018. 農林水産政策の主要課題—成長産業化に向けた改革—. 立法と調査. 396(1): 117-132.
- 谷本 岳. 2018. GPS ロガーを用いた水管理作業における移動時間と距離の解析. 平成 30 年度 農業農村工学会講演会講演要旨集: 734-735
- 西村和志・若林勝史・田口光弘. 2012. 圃場分散が農作業圃場間移動に与える影響解析—水田飼料作収穫作業を対象とした TSP による圃場間移動シミュレーター—. 日本農業経済学会論文集. 2012: 100-105.
- 原 浩太・草苺 仁. 2008. 米作の非効率性と限界生産物価値. 日本農業経済学会論文集. 27-31.
- 平林光幸. 2013. 統計分析に見る大規模農家の動向とその特徴—都府県 15ha 以上農家に焦点を当てて—. 地域政策研究 (高崎経済大学地域政策学会) . 15(3): 95-112.
- 松井俊英. 2019. 農業法人の営農展開方向と農業基盤整備に対する要望調査. 農業農村工学会誌. 87(6): 21-24.
- 森中高史. 2016. 遊休農地の解消と農地の集積・集約化に向けて. 良書普及会 [編] . 自治実務セミナー. 648:12-18.
- 山下良平・中嶋晋作. 2017. 農地集積に伴う圃場間移動の巡回セールスマン問題の検討—2-opt 法を用いたシミュレーションによるアプローチ—. 農業農村工学会論文集. 85(2): I_245-I_251.

第1章 農地集積・集約化の課題に対する担い手支援

第1節 はじめに

本研究では、担い手への農地集積・集約化の進展が思うように進まない現状を踏まえ、現行の集積形態に対する改善の余地やその可能性を見出すことの意義を整理する。また、とりわけ研究事例の少ない管理作業を中心として地域単位で実践しうる具体策や改善可能性につながる担い手支援について検討し、本研究の方向性を明らかにする。

序章で述べたとおり、担い手への農地集積は、機構を中心として取組を進めた結果、2016年度時点で54%と全農地の過半を占めるまでとなっている。しかしながら、現在の進捗状況では2023年までに担い手への農地集積を全農地の8割とする目標に対し達成が難しいこと、集積率向上への農地中間管理事業の寄与度が低いことが指摘されており、今後も追求されるべき課題としている（笹口、2018）。今日の農業労働力の状況を勘案し、地域内に耕作の受け手となる担い手が存在することを前提とすれば、農地集積が今後も自ずと進展していくとする見方もある。それでも問題となるのは、担い手への農地集積が圃場分散した状態で進展していくことにある（梅本、2019）。ここで圃場分散の影響とは、本来、土地利用や作物選択の自由度、水利形態等から総合的に検討する必要があるが、本研究では圃場の位置的な分散が及ぼす影響を中心に扱う。

経営農地が分散錯圃するわが国特有の土地条件は、土地利用型農業の様々な問題に関わってきた（梅本、1996）。無作為な圃場枚数の著しい増大は、分散範囲の拡大や圃場間の遠距離化を生じさせる（原ら、2008）。このような土地利用や作業遂行にかかわる非効率性は、以前から指摘されていたことではあるが、圃場分散による影響が単収・品質の低下や栽培管理の粗放化にまで及ぶとするならば、これ以上の面積拡大は難しいと判断する経営体は少なくないと考えられる。それゆえに、圃場分散がどのような影響を及ぼすのか、その度合いを定量的に示すことは、現行の集積形態の改善方向性を見定めること、そして農家行動へと突き動かしていく上で重要な判断材料となるなど、地域農業の持続的発展に向けて社会的にも大きな意義があるといえる。

第2節 農地集積の関連施策とその評価

1960年代から展開された借地による経営規模の拡大施策に対し、圃場分散とその影響に伴う非効率性は、この頃、永田（1971）がすでに指摘している。永田は課題解決の糸口として、地域の計画的な農地利用を行う集団的土地利用の重要性を説いている。こうしたなか、農業農村整備にあっては、農地利用集積などの構造施策とリンクさせた圃場整備事業が意識されはじめ、1989年に創設された農地流動化特別促進圃場整備事業は、農地利用集積を取り入れたはじめてのモデル事業にあたる（元杉，2008）。その後、2000年代に入り、農地集積を推進する施策として、制度的制約の撤廃・軽減（利用権制度の創設など）、農地保有合理化事業、農地利用集積円滑化事業、「人・農地プラン」、各種の金銭的インセンティブ（営農転換協力金，分散錯圃解消協力金，規模拡大加算）が行われてきた。しかし、これらの施策がどのように機能してきたのか、担い手の体質強化や産地収益力の向上を政策目標に掲げるなか、極めて重要な課題であるにもかかわらず、定量的エビデンスをほとんど持ち合わせていない。例えば農地保有合理化事業では、都道府県農業公社が主導する農地貸借事業の借入面積の推移が時系列で公表²¹されてはいるものの、その結果の分析を踏まえ、新たな集積関連の施策へフィードバックが十分であったのか推し量ることは難しい。

農林水産省が2007年に公表した「21世紀新農政2007」では、面的集積を担い手に集積する面積の7割程度に進めるとした政策目標を掲げているが、それ以降、結果を踏まえた十分な評価には至っていない。面的集積によりどれだけの作業効率が改善されるのか、実証データやそれにまつわる研究は乏しく、改正農地法（2009年6月）でも面的集積は大きな政策課題となっている。面的集積は望ましいとされているが、日本再興戦略をはじめとする各種計画では、KPIなど具体的な数値目標は示されておらず、関連施策として掲げる機構の機能強化や、圃場整備事業との連携により農地集約化を加速化させていくとした明文化にとどまっている²²。このことは、面的集積の意義・内容を本研究においてど

²¹ 農林水産省（参照2019.10.78）．農地保有合理事業の実績．（オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/keiei/koukai/ryuudouka/pdf/06_jisseki.pdf．

²² 首相官邸（参照2019.10.9）．2018．未来投資戦略2018—「Society5.0」「データ駆動型社会」への変革—．68．（オンライン）．http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_zentai.pdf．

のように捉えるかにもよるが、農地集積と面的集積の取組が単純に比例、もしくは相乗的な進展が難しいことを暗示させ、ややもすると農地集積の実績ばかりが先行的に評価され、コスト低減の経営戦略として注視される面的集積の取組が置き去りになることも懸念される。目標達成のためには何が必要なのか分析していくことは本研究以降の課題となるが、理論と現実の差異からギャップ分析を行い、施策に反映していくことも地域主体の取組へと展開していく上で有用と考える。

第3節 農地集積関連の既往研究

農地集積・集約化は、担い手の体質強化を図る上で重要な施策となっている。農業経済学分野では、農地集積が停滞している要因を診断し、課題解決につながる具体的な治療法を提案し、評価することが求められている（有本ら、2013）。この問題については、かつて農地市場の捉え方に直接関連する農家の意思決定や経営行動からアプローチを試みた研究がある。農地貸借に向けた農家行動を分析した研究（中嶋、2008）や集落営農による農地集積を分析した研究（Nakajima et al, 2009）はその1例である。また、農業農村整備分野では、農地集積に対する圃場整備の影響を分析した研究（國光、2003）や農地の大区画化が農地集積に与える影響を分析した研究（植野ら、2014）がある。いずれの分野でも集積形態の変化が正の影響を与えることを指摘している。これは、圃場分散の非効率性や改善効果を定量的に評価する上で、集積形態の変化が重要な要素であることに起因する。また、地域的な土地利用調整の仕組みを取り入れることで、担い手への面的集積を基本とする貸借構造が確立しやすいものになっていくとも考えられる。

これに対し、かつての急速な農地の貸付希望の増加を背景とし、経営規模拡大を図ってきた経営体のなかには、地域的な土地利用調整の仕組みがないままに集積してきた結果、新たな孤立圃場を増加させてしまったケースも多く見られる（梅本ら、2011）。こうした実態は、これまでの農地集積に関する既存の研究が、農地の単なる人への集積を議論の中心とし、農地集約化の考え方が手薄

になっていたためと指摘する（前掲：有本ら，2013）。地域内の借地が分散し錯綜化した後（以下，借地錯綜化後と略記）の農地利用を再整理し，担い手ごとに集約化していくことを問題意識とした研究は，有本ら（2014）による農家の自発的な区画交換が農地団地化につながる可能性の検討を嚆矢とする。連坦化を条件とする区画交換にあっては，交換してもよい区画を持ちより一斉に交換を行う集団・集権的な方法が最大で 95%以上の高い集団化率を達成できるとしているが，それでも資源配分は利害が発生しやすく包括的な議論に至らないケースが想定される。そこで合意形成を図る指標の一つとして，面的集積の効率性を取組の前後において客観的かつ直感的に評価できる手段があるならば，農地団地化の具現化に向けた有効なアプローチとなりえることが考えられる。

また，こうしたアプローチは，連坦化にこだわらずとも，水系単位による面的集積を図る上でも有効と考える。それは，圃場分散による機械作業の非効率もさることながら，圃場への給排水が自在に調整できない等の管理作業の非効率性を招き，一定の作業範囲でまとめて作業できないことを起点として移動時間を含めた作業ロスをより増加させていることに基づく。

第4節 面的集積の今日的意義

農業の持続的な発展に資する施策の一つとして，担い手への農地集積・集約化が位置づけられており，安定的かつ効率的な土地利用型農業を確立させる手段として面的集積が提言されている。本論に入る前に，まず，農地集積・集約化の意味，そして面的集積の意義・内容を明確にしておく必要がある。農地集積とは，農地を所有し，または借り入れることにより，農地利用面積を拡大することと定義される。農地集約化とは，農地の利用権を交換することなどにより，農作業を連続的に支障なく行えるように変化させることと定義される。面的集積については様々なレベルがあり，その内容を一律に定義づけることは難しい。例えば 1 集落 1 農場制のような完全な面的連続性の実現を目指す取組や 10 集落に分散する耕地を借地交換等により半分の 5 集落にまで集約化する取組も面的集積と捉えられている（前掲：梅本ら，2011）。また，農林水産省の統計

上では、同一の農業者によって耕作される農地が 1ha（北海道 1.5ha）以上のまとまり（道路等で分断されていても、一連の農作業の継続に支障がなければよい状態）を構成していることを示す。そこで本研究では、経営体の現行の管理農地に隣接する農地から優先して集積する形態を含めて広義に捉えることとし、今日的意義として、経営規模拡大に伴い不可避免的に生じる借地錯綜化を未然に防ぐ取組や、借地錯綜化後であっても農地の再配分や区画交換等によりまとまりのある形で利用できるよう改善する取組なども含める。

第5節 担い手支援の検討

今後も農地貸借による集積が進むとした場合、面的集積が圃場整備等の基盤整備を介して進展するような仕組みが理想的であるが、そうでない場合、つまり、農地の出し手から無作為な形で借り入れるなど、新規農地がランダムに増加していく場合は、圃場分散による非効率性の増大が問題となる。また、一度確定した農地貸借構造は一定期間継続されることが往々にしてあり、位置的分散を短期的に逐次修正していくことは実質的には困難である。そこで本研究では、土地利用型農業の圃場分散の問題に対する担い手支援の一つとして、労働時間の短縮につながる経営行動や改善方を念頭に、面的集積に向けた農家行動を取り上げて検討していく。本研究では、米生産の管理作業に伴う圃場巡回に焦点を当てる。それは通常の水田農業において移動を含む管理作業の割合は大きく、集積形態の変化によりその部分の圧縮がどの程度可能なのか、より一層のコストダウンの可能性を見出すためである。新規農地の集積に際して、生産コストや農業所得に正の影響を与える変化や、その法則性を明らかにすることは、経営体個々の今後の農地集積のあり方について示唆を与えることができる。近年では、センサーで集中管理可能な自動水門など、圃場作業時間を可能な限り削減することを目的とした目覚ましい技術開発を見ることができる。それらの技術革新によって、仮に中山間地域を含む全ての農地の水管理が網羅的に自動化される未来があるにせよ、社会実装までの年月を考えるならば、まずは足元の農作業の現状を内省することで経営改善を漸次進めることの意義は示されよう。これらの点に本研究が貢献できる要素がある。

引用文献

- 有本 寛・中嶋晋作. 2013. 農地集積と農地市場. 農業経済研究. 85(2): 70-79.
- 有本 寛・中嶋晋作・富田康治. 2014. 区画の交換による農地の団地化は可能か？—シミュレーションによるアプローチ—. 農業経済研究. 86(3): 193-216.
- 植野栄治・増岡宏司・三谷和也・中田摂子. 2016. 農地整備が農地利用集積に与える影響. 農業農村工学会誌. 82(9): 29-32.
- 梅本 雅. 1996. 圃場分散に対する圃場別生産管理の実態と特徴. 農業経営研究. 34(4): 23-33.
- 梅本 雅. 2019. コストダウンの戦略—農地の集積から面的集積へ—. 農業と経済. 85(9): 17-24.
- 梅本 雅・平野信之・恒川磯雄. 2011. 担い手育成に向けた経営管理と支援手法. 担い手の展開に向けた地域的支援手法. 梅本 雅編著. 総合農業研究叢書. 中央農業総合研究センター. 第5章. 66: 203-238.
- 國光洋二. 2003. 水田賃貸借における圃場整備の影響に関する実証研究—確率的選択モデルの適用による地代と賃貸借合意水準の同時決定—. 農業経済研究. 75(3): 107-117.
- 笹口裕二. 2018. 農林水産政策の主要課題—成長産業化に向けた改革—. 立法と調査. 396(1): 117-132.
- 中嶋晋作. 2008. 畑地の貸借契約の選択と土地改良投資. 農業経済研究. 80(3): 123-135.
- Nakajima, S. and Tahara, K. 2009. The Choice of Participation Forms in Community-based Group Farming and Efficiency in Team Production, Contributed paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economist Conference.
- 永田恵十郎. 1971. 日本農業の水利構造. 333.
- 原 浩太・草苺 仁. 2008. 米作の非効率性と限界生産物価値. 日本農業経済学会論文集. 27-31.
- 元杉昭男. 2008. 農業農村整備の社会的意義. 農業農村整備の歴史と展望. 土地改良新聞社. 第1編. 93-96.

第2章 地点訪問最適化を応用した既往研究

第1節 はじめに

経営農地が分散錯圃するわが国特有の土地条件は、土地利用型農業の様々な問題に関わってきた。借地型大規模経営における無作為な圃場枚数の著しい増大は、分散範囲の拡大、圃場間の遠距離化を生じさせる（原ら、2008）。過去の実態調査では、担い手の約4割が農地集積の進まない理由の一つに圃場分散をあげる²³。これは生産コストの低減や経営規模の拡大に限界をもたらすことを暗示させ、現在直面する農地集積の停滞要因²⁴の一つと考えられる。土地改良法の改正（2017年5月）では、機構に預けた農地にかかる工事同意や費用負担を求めずに圃場整備等の基盤整備が実施できる新制度の創設を定めた²⁵。新制度は未整備農地や荒廃農地を含めた面的整備を計画しやすいものとする。そして農地の再流動化が図られ、担い手への効果的な農地集約が期待される。

こうした農地集約の進め方とは矛盾の調整で発生してきた圃場分散については、学術誌において様々な特集が組まれ、栽培管理への影響や機械の作業効率を問題意識とする事例研究が多い。急速な規模拡大に伴う圃場分散を背景とし、効率的な巡回行動を必要とする生産現場では、これらの研究成果がどのように活かせるのか。本研究では、圃場分散に伴い複雑化する圃場巡回の改善や農村地域の巡回サービス等の既往研究に焦点を当てた。このなかで地点訪問の最適化手法を応用した研究、及び類似する研究で得られた知見や課題について整理することを目的とした。上記整理は、国の制度設計と併せて生産現場におけるコスト削減や規模拡大に伴う問題を展望していく上で有用と考える。

圃場分散は多くの地域で農業の生産性を低下させる。しかし、その十分な解決の方策は講じられていない。圃場分散とは、梅本（1996）の定義により、圃場枚数の増加に伴う遠隔化、拡散化、錯綜化を扱う。梅本の圃場別生産管理の研究は、圃場分散と作業の関係性を分析する先行研究とされる。そこで本研究

²³ 農林水産省（参照 2018.8.23）．担い手への農地の利用集積の現状と課題．（オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/study/nouti_seisaku/senmon_02/pdf/data1.pdf.

²⁴ 農林水産省（参照 2018.8.23）．平成28年度の担い手への農地集積の状況．（オンライン）．
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/nousui/dai21/siryou2_1.pdf.

²⁵ 農林水産省（参照 2018.8.23）．土地改良法等の一部を改正する法律の概要．（オンライン）．
<http://www.maff.go.jp/j/law/bill/193/attach/pdf/index-21.pdf>

の整理にあたっては、掲載された 1996 年前後から 2018 年 6 月迄の学術論文等を中心に行った。

この結果、本研究のレビュー対象として 35 本の既往研究を抽出した。そして抽出した既往研究を以下の 3 領域に分類し整理した。まず、圃場分散が農業生産や管理作業に与える影響やその評価法を中心とする「圃場分散化」に関する研究を 1 点目とし、その概要を表 2-1 に示した。つぎに圃場枚数の増加に伴い複雑化する圃場巡回を鑑みて、総コストが最小となる経路探索等の「巡回管理の最適化」に関する研究を 2 点目とし、その概要を表 2-2 に示した。また、作業条件や制約を加えた応用問題として「作業計画の最適化」に関する研究を 3 点目とし、その概要を表 2-3 に示した。

表 2-1 圃場分散化を対象とした既往研究の概要

区分	番号	論文	研究内容・対象	研究方法・手法（開発）	得られた知見・結果
圃 場 分 散 化	(1)	梅本 (1996)	家族経営を対象とした圃場分散の影響に対処する生産管理の改善	生産管理における作業効率や単収・品質の維持を図るための管理行動の内容と行動理由の実態調査から分析	一定の稠密な栽培管理が可能な作物・品種配置,水管理を考慮した作業順序設定が一般化可能な改善として提起
	(2)	鹿内ら (2007)	圃場分散が作物の生産性に及ぼす影響	圃場分散の評価指標を圃場面積,事務所からの距離,周囲圃場面積とし,作物単収との相関を分析	圃場間距離が作物単収に負の影響を与え,サトウキビの低単収の一因である可能性を指摘
	(3)	西村 (2009)	圃場分散状況と圃場集積効果の検証	収穫作業のGPS記録をもとに機械の移動効率を示す指標を年度ごとに算出し比較分析	機械が近隣圃場を順次収穫可能とする集積形態では圃場間の移動効率が向上することを確認
	(4)	有本ら (2014)	農家の自発的な区画交換が農地団地化につながる可能性の検討	区画交換のサイクル形式を作成し参加率に応じて団地化がどの程度可能かシミュレーション分析	農家の参加率が1/4程度では団地化の進展が難しいことを指摘. より多くの区画の一斉交換が効果的と提起
	(5)	井上ら (2011)	圃場分散が堆肥運搬・散布の作業効率に及ぼす影響	機械の散布時間・散布面積の線形回帰モデル式を作成し作業効率に影響する圃場分散の要因を分析	散布時間は堆肥の積込場所,散布面積は圃場面積,通作距離,圃場分散度の影響を統計的に確認
	(6)	加藤ら (2016)	水稲作の収穫作業の能率を規定する要因分析	機械の作業能率の線形回帰モデル式を作成し圃場分散を表す指標や降雨等が作業能率に及ぼす影響を分析	作業能率は圃場分散度,降雨日数が負の影響を与え,機械の非効率性の一因である可能性を指摘

表 2-2 巡回管理の最適化を対象とした既往研究の概要

区分	番号	論文	研究内容・対象	研究方法・手法（開発）	得られた知見・結果
巡回管理の最適化	(7)	小林 (1993)	事例ベース推論の枠組みを利用した最適化手法	既存事例の座標点コードでベアを作成し既存地点の訪問順序を新規訪問地点に継承し解を改善	訪問地点が50程度では計算時間が少なく解は安定
	(8)	片山ら (1994)	従来のTSP近似アルゴリズムの組み合わせによる検討	探索能力の高いHC法,SA法を適用し,都市サイズごとに最良解と計算時間を記録し効率性を評価	局所解を避けるため,HC法に確率を導入した方法で解を収束させ,訪問地点100を上限に最適解を算出.
	(9)	田中ら (1995)	米国532都市のTSP問題でのSOM法の最適化手法	Angeniolの方法を基礎とした解法にノード総数の変化(最適モーメント)による慣性項を追加し解を探索	都市数と最適モーメントの関係式を一度の実験から導き,得られた準最適解の計算時間は1/4に短縮
	(10)	藤村ら (1999)	改良SOM法によるTSPの準最適解を与える手法	最適ノード更新による利得パラメータの変化とノードの増減を関連付けた慣性項を追加し解を探索	準最適解はAngeniolの解に対し辺路長が数%の増加で計算時間は短縮.都市数に関係なく時間短縮が可能
	(11)	西見ら (2009)	SOM法によるTSPの準最適解を現実的な時間で与えるための改良	初期ノードの配置,解を収束させるための更新係数を検討し,経路長の精度及び計算時間の値を評価	初期ノードの配置はあまり結果に変化がないが,更新係数の検討において計算時間の短縮に有効性を確認
	(12)	神野ら (2009)	SOM法を用いた調査結果分析	SOMの入力ベクトル2次元上に配置し参照ベクトルの成分からデータ全体の特性を把握	解釈が困難な多成分の分析が,視覚的に多次元のデータ間特性を捉え客観的に把握可能であることを確認
	(13)	内田ら (1996)	空間の階層構造を利用したTSPの近似解法	空間を4等分し都市のある空間の中心点を通る仮巡回路を形成,その分割と合成を次層以降繰り返して解を改善	部分空間の仮想都市的な中心座標と都市座標の点間距離の収束を確認し,階層的な分割と合成の有効性を確認
	(14)	坂上ら (2000)	従来のTSP近似アルゴリズムである構築法(Greedy法)の改良	都市から他都市のコスト平均 μ_i を求め都市 ij のコストを $C_{ij}-(\mu_i-\mu_j)$ に書き換え総コストを最小とする解を探索	従来のGreedy法と比較し平均計算時間は変わらないが,解の精度は向上
			"	次の訪問先の候補となる巡回路からバス2本を選び,バス上の都市を組み換えて最小バスを求め改善	従来の2-opt法と比較し解の精度は向上するが,計算時間は長い時間が必要
	(15)	大植ら (2005)	並列タブーサーチによる局所探索法	並列処理により解の交換情報を通信によりプロセス間で共有し解を改善	並列タブーサーチの通信による実装が最適解の誤差を小さくする効果があることを確認
	(16)	高橋ら (2011)	拡張遺伝子交叉オペレータ交代法による最適化手法	ACOにより局所的に最適で多様な解を生成し,これを引継ぎEAXにより大域的に最適な経路長を探索	EAX, ACO単独の経路長と比較し改善を確認. 最適経路長と平均経路長の相対誤差が小さく有効性を確認
	(17)	高橋ら (2012)	再帰的拡張遺伝子交叉オペレータ交代法による最適化手法	ACOの生成解をEAXでローカルサーチ収束を2回繰り返し,別系列の次善解と併合させ最適な経路長を探索	交互操作で多様性の高い巡回路群を得て,別系列の巡回路群との併合により最適巡回路長の収束を確認.
	(18)	小林ら (2011)	遺伝的アルゴリズムにおける多様性の指標化	遺伝子の位置的属性と順序的属性を多様性(属性数)で比較し指標化. 多様性は突然変異率を変化させ測定	突然変異率0.001%で位置的属性は多様性が減少. 一方,順序的属性は維持されており指標化としての適正を確認

表 2-3 作業計画の最適化を対象とした既往研究の概要

区分	番号	論文	研究内容・対象	研究方法・手法（開発）	得られた知見・結果
作業計画の最適化	(19)	大土井ら (1999)	1台の機械が分散する圃場を作業する時の移動経路の最適化手法	GAを適用し遺伝子配列をコード化。適応度は総移動距離とし適応度に応じたランク選択で解を改善	解の平均値,最良解,最悪解が改善。訪問地点数の上限を100とした場合の有効性を確認。
	(20)	大土井ら (2001)	圃場分散を考慮した農作業計画の最適化	GAを適用し複数の機械への圃場割当てをコード化。最短巡回経路の距離を単純化して計算時間を短縮	単純化した距離の評価が最短巡回経路の距離と相関が高く,この評価を用いた適応度の計算の妥当性を確認
	(21)	梅本 (2011)	圃場間移動の実態把握と土地利用調整の進め方の検討	非連担で集積する経営体を対象としてGPSで農業機械の行動を精緻に調査し,圃場間移動の時間のみ抽出し検討	ある機械の日平均移動時間が最大1.1時間に及ぶことを明らかにし農業機械の効率的運用の必要性について言及
	(22)	西村ら (2012)	圃場分散が圃場間移動に与える影響解析	GPSロガー記録から稼働時間に占める圃場間移動の割合を設定範囲別に整理し圃場分散の影響を定量的に評価	同規模面積では分散範囲が小さいほど圃場間移動ロスが低減。面積規模が大きいと効果の低減を確認
	(23)	大黒ら (2004)	GISを用いた水稲作春作業計画支援システムの開発	大黒らの定義による「圃場分散度」に圃場数を乗じた総和を最小とする経路探索をシステム化	圃場分散度が実際の圃場間移動距離と相関が高く圃場間移動計画の指標としての適性を確認
	(24)	西村 (2007)	作業連続工程における総所要時間の予測シミュレータの開発	圃場巡回ルートを一日の作業限界時間で分割し現実的な最短ルートをシミュレーションにより探索	1日の時間制限のあるなかで移動時間と作業時間を合わせた総所要時間が最小となる経路探索を具現化
	(25)	西村 (2018)	巡回経路探索法を利用した圃場情報のリスト化手法の開発	経路探索は圃場群の最短経路上で圃区内隣接性を考慮する多段階経路探索でリスト化	順序リストで圃区内の隣接性を確認。隣接性を保持する土地利用調整が圃場分散度を改善することを確認
	(26)	細井ら (2005)	農村地域に分散する水道施設の効率的な施設巡回計画	GAを適用し遺伝子配列は施設順路をコード化。適応度は総所要時間とし総コストの最小とする巡回ルートを探査	総所要時間と総費用の算定式をモデル化。自動監視装置の設置による平常時,災害時の最適化計画について言及。
	(27)	坊ら (2010)	総距離と稼働時間の二目的配送計画問題における探索法の提案	最小化にBest Cost Route Crossoverを適用。操作個体数の割合がパレート解の質と計算時間に与える影響を評価	総距離はBCRC操作の効果が大きい。操作個体数が数%で質の高いパレート解を探索可能であることを確認
	(28)	稲本ら (2012)	分解法に基づく二目的配送計画問題の解法とその評価	部分パレート解を合成した近似パレート解を抽出。解の性質が保存される確率や近似パレート集合の精度を評価	距離と時間のばらつきが等しい場合,近似パレート集合の精度,解の性質が保存される確率が高い傾向を確認
	(29)	川中子 (2005)	ゴミ収集車の総移動距離の最小化する最適化の検討	一般化割当てとセービング法の2つの手法から総移動距離にかかる指標に対しどの手法が有利か優位性を評価	経路長さ,集積所数,集積所間距離の最大値を比較した結果,どちらの方法が良いか結論は出ず
	(30)	吉良ら (2012)	先行順序制約等の経路問題に対する局所探索法の提案	異なる探索空間の中で解を探索し,実行可能領域への写像を介した解(業務完了時間の最小化)を評価	探索空間に単純なintra-swap近傍操作を与えることで解の局所改善を確認
	(31)	村上ら (2013)	電力設備の停電計画の最適化手法	タブーサーチ法を用いて作業停止に伴う系統間距離を評価指標とし設備の系統操作の切替回数最小化を探索	停止回路遮断器の距離の最小化が系統操作の切替回数を考慮した作業計画となることを確認
	(32)	藤垣ら (2014)	乗合タクシーサービスの最適化手法	構築法による料金収入と必要台数のシミュレーションから損益分岐経費を推計し採算性を評価	1ヵ月1台当たりの経費損益分岐点を示し,黒字化になる採算性の可能性について言及
	(33)	能美 (2017)	移動図書館の効率的な巡回サービスの改善可能性	巡回条件を考慮したプログラミングで探索。実際の巡回ルートの総所要時間に対し短縮された総所要時間を評価	訪問時間帯や巡回頻度を考慮した条件付巡回ルートは道路密度の低い中山間地域でも短縮効果を確認
(34)	山下ら (2017)	農地集積に伴う圃場間移動のTSPの検討	段階的な規模拡大シナリオのもとで巡回管理の総移動距離と総移動時間の増加傾向をシミュレーション分析	ランダム集積では総移動距離の増加傾向は通減する一方,総移動時間は異なった増加傾向を示すことを確認	
(35)	佐藤ら (2018)	農家の移動経路の判別手法の開発と経路選択の分析	GPSを利用し移動経路を確定したうえで農家が選択する経路と理論上の最短経路の乖離がもたらす要因を分析	圃場分散が通作時間を増大させることを確認。地形条件により遠回りとなる経路を選択している実態も確認	

第2節 圃場分散化に関する研究

経営面積の規模拡大の過程で生じる圃場管理や移動時間のロス拡大等の影響に対し、逐次改善を進めていくことは極めて重要な課題である。圃場管理については、梅本（前掲：1996）が作物単収と品質の維持を図る改善として生産管理の稠密さの程度を調整することを提起した。規範的な理論と比較し、現実的な概念に基づく改善は一般化可能な改善として妥当性が高い。移動時間の低減を図る行動原理につながるものではなかったが、行動理由を分析し必要性を提起する手法は管理改善の有効なアプローチと考える。

鹿内ら（2007）は圃場の位置的条件を指標とし、圃場分散が栽培管理の遅れを生じさせ、低単収の一因になる可能性を指摘した。また、西村（2009）は農業機械の圃場間移動距離、及び機械の稼働時間に占める移動時間の割合を指標とし、効果的な集積形態について検証した。近隣圃場を順次収穫する作業形態はいずれの指標も改善の方向性を示した。これらの研究はどれも同作型を扱っており、検証結果は限定的としているものの、圃場分散が農業生産や機械の効率的運用への影響を示した意義の高い成果といえる。

圃場分散の影響分析に関連し、有本ら（2014）は農家の自発的な区画交換による農地団地化問題を取り上げた。本研究では、より多くの参加による区画の一斉交換が効果的であると結論づける。それでも換地や交換分合の資源配分は利害が発生しやすく合意形成が容易でないことも知られる（能美，1995・中嶋ら，2011）。特に、借地錯綜化後の自発的な土地利用調整は時間と労力がかかるがゆえ、包括的な議論に至らないケースが想定される。そこで合意形成を図る指標の一つとして、例えば、圃場分散による影響を定量的に捉えることができるならば、農地団地化の具現化へ向けた有効なアプローチとなりうる。

圃場分散の数値化や指標化を試みた研究では、大黒ら（2004）の定義した圃場分散度の考え方が後続の研究者らに影響を与えてきた。圃場分散度は1日の作業対象となる各圃場の中心座標の平均値を中心点とし、そこを起点とする各圃場の中心座標までの平均距離を扱う。これに圃場面積の概念を加味し圃場分散と作物単収との相関分析を試みた研究（前掲：鹿内ら，2007）や、機械の作業能率を表す線形回帰モデル式を作成し圃場分散の要因分析を試みた研究（井上ら，2011・加藤ら，2016）はその一例である。いずれの分析結果も圃場間の

位置関係が影響を与えることを指摘した。これは、圃場分散の非効率性や改善効果を定量的に議論する上で、圃場の位置関係の把握が重要な要素であることを暗示させる。

圃場の位置関係は GIS 利用で容易に一元管理できる。そこで各圃場のポリゴンデータから求めた重心座標を用いて、その重心間距離にユークリッド距離を与えて圃場間の移動距離とする研究がある(前掲:鹿内ら, 2007・山下ら, 2017)。ごく隣接した農地間の移動を考えるならば、重心間距離と実際の移動距離が実質的にあまり変わらないという設定に基づく。しかし、直線距離が大きくなるにつれて実際の道路を通った移動時間と乖離が生じることが想定され、直線距離に応じた補正等の検討は適宜必要と考える。

第3節 巡回管理の最適化問題に関する研究

巡回管理の最適化とは、地点訪問にかかる総移動距離あるいは総移動時間の最適ルートを導く手法を扱う。この問題に対処しうる研究として、TSP の解法があげられる。TSP が効率的に解けると経路計画やスケジューリング等、各分野の作業効率化や費用削減に貢献するとし世界中で研究されてきた。

TSP 問題は、四半世紀前に Hopfield が相互結合方式ニューラルネットワークを適用して 10 都市の最短経路長の探索に成功し話題となった。近年は遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : 以下, 「GA」と略記) やカオスを用いた手法もある。また、非常に有名な方法として Durbin と Willshaw による弾性ネット・モデルを用いた手法がある。いずれの手法も最適解や準最適解を得るのに長い計算時間を要することが知られる。この問題については、今日の PC 性能を考慮し再評価すべきと考えるが、それでもモデル内のパラメータ設定が難しいという側面がある。

都市を対象とした最適化問題については、小林 (1993) が TSP の最適化について事例ベース推論の枠組みを利用した手法の有効性について議論している。既存事例と新規事例の間で座標点コードによりペアを作成し、既存訪問地点の通過順序を新規訪問地点に継承させ解を改善する試みである。この手法では、計算時間を小さくし解の精度が安定することを示した。しかし、実験的に考慮

した地点数が 50 程度と少ないほか、経験的な実証が乏しいという課題がある。

従来の TSP 近似アルゴリズムを利用した研究では、片山ら (1994) が山登り法 (Hill Climbing) と焼きなまし法 (Simulated Annealing) の組み合わせによる有効性を検討している。局所解を抜け出すためにハイブリッド化したアルゴリズムのなかには、計算時間と解の収束について評価の高いものがある。この研究では、訪問地点数の上限を 100 とする適用範囲を示しているものの、今日の農地集積の実態から考えると若干少ない。しかし、従来の TSP 近似アルゴリズムを組み合わせたハイブリッド化手法は、膨大な地点訪問数を扱っていく上で有効な手段の一つと考える。

訪問地点数が 500 程度の解法については田中ら (1995) がある。Angeniol の方法を援用し、TSP の解法にノード総数の変化による慣性項を追加して準最適解の精度と計算時間の短縮効果を確認している。また、藤村ら (1999) の Kohonen の自己組織化特徴マップ (Self-Organizing Map : 以下「SOM」と略記) を改良した研究がある。最適ノードの更新による利息パラメータの変化とノードの増減を関連づけた慣性項を追加し、都市数に関係なく計算時間の短縮効果を得た。この他、西見ら (2009) は膨大な都市数を対象として多項式時間で解を得るための改良、神野ら (2009) は SOM 法を用いた応用例を示した。いずれも膨大な地点訪問数を扱う SOM 法の利点を活かし、準最適解が現実的な時間で収束する。理論上の厳密解が得られないという点はあるものの、実践面の利用を考慮した場合、ある程度の収束条件のもとで得られる解にも一定の妥当性があると考えられる。しかしながら、アルゴリズムに組み込む慣性項の関係式や制御するパラメータ設定を必要とする手法は、一般化が難しいという課題が考えられる。

視覚的に捉えやすい TSP の近似解法については空間の階層構造を利用した手法がある (内田ら, 1996)。二次元空間を 4 等分して訪問都市のある空間の中心点を通る仮巡回路を形成し、次層以降この分割と合成を繰り返し更新する。この手法では、分割した空間の仮想都市的な中心座標とこれに対応する都市座標との点間距離が収束し、精度の良い解が得られることを確認している。本手法は解の最適性を保証するものではない。しかしながら、元のつながりを保持し解を更新する自律分散的な関係を利用したヒューリスティックスの導入は、TSP をはじめとする大規模問題の効率的解法として用途の幅広さがあると考えられる。

ところで、従来の近似アルゴリズムを改良し改善を試みる研究は多い。巡回路の総コストの最小化を目的とした研究では、坂上ら（2000）の Greedy 法の改良がある。辺のコストを書き換えて小さい順に探索していく手法で、従来法と比べ計算時間は変わらないが、解の精度を向上させた。この他、坂上らは 2-opt 法の改良も試みている。これはパス上の都市を組み換えて最小パスを探索する手法で、従来法と比べ解の精度は向上しているが、計算時間に課題を残している。いずれも計算時間の短縮が難しいことを示したが、この結果を発展的に捉えるならば、従来法の性能を改めて確認する裏付けになったともいえよう。

情報工学分野では、大植ら（2005）がタブーサーチ法の並列化による最適化手法を提案している。並列処理による解の情報交換を通信によりプロセス間で共有する時の解の精度を検証し、並列タブーサーチの通信による実装の有無が最適解の誤差を小さくする効果を確認している。また、GA を用いたハイブリッド化手法では、高橋ら（2011・2012）の研究がある。枝組み立て交叉とアントコロニー最適化手法を結合し、巡回路の多様性を確保する効率的な解を探索する再帰的拡張遺伝子交叉オペレータ交代法を提案した。しかし、多様性の大きさを表す指標が曖昧であることから運用の難しさが指摘できる。この問題については、小林ら（2011）の提案がある。順序的属性（共通する遺伝子の順序）の属性数を指標とする考え方は、多様度の数値化を可能とし、今後改良を試みていく上でその効果を定量的に評価する指標の一つになると考える。

第4節 作業計画の最適化問題に関する研究

作業計画の最適化とは、地点訪問にかかる総移動距離あるいは総移動時間の最小化について、生産現場の作業条件や制約の実態を踏まえた探索法、及びこれを利用した作業計画の合理化を扱う。

この問題をめぐっては、かつて農業機械学分野において、圃場巡回の最適化が議論された。農業機械は一般的に走行速度が低い。それゆえ、圃場間移動の最小化は、作業時間全体に占める圃場内作業の時間割合を高められるため、効率的な作業計画を実現する重要な視点の一つと考える。大土井ら（1999）は分散する圃場を機械 1 台で作業するとした条件下での移動経路の最小化について

GA を用いた手法を提案している。GA モデル内の適応度は総移動距離とし、適応度に応じたランク選択を介して解の収束を試み、結果、100 地点を上限とする解の改善を確認した。この手法は、前述したニューラルネットワークを用いた手法のように圃場数の変化に応じてパラメータを設定せずとも最適解が得られる利点がある。この他、大土井ら（2001）は、複数の機械に作業圃場を同時に割りあてる最適化手法を提案している。機械の作業時間を均等化し、かつ圃場間の移動時間の最小化を図る問題は、錯綜化した今日の集積実態から考えて十分にありえるケースである。適応度は時間と距離の評価とし、複雑な条件に対処する計算時間とするため、距離の評価は単純化したモデル式とした。しかし、いずれもモデル内のパラメータ推定や適応度の計算が複雑で適用が難しい側面がある。

ところで、農地の面的集積が有効とされるなか、実際にどの程度の作業効率が改善されるのか、特に、圃場間の移動時間それ自体を定量的に把握した研究は少ない（梅本ら、2011）。この問題については、梅本（2011）が非連坦で集積する複数の経営体を対象として機械に GPS を装着し、移動経路や移動時間を調査している。報告では、圃場間移動にかかる時間のみを抽出し、非効率が大きいことを実証している。調査の計測自体が容易ではないなか、移動順序や移動時間を精緻に把握した上での大変貴重なデータである。

作業の非効率性について圃場間の移動時間に着目し、異なる範囲、異なる規模の圃場群を設定して圃場分散の影響を明らかにしようとした試みがある（西村、2012）。研究のポイントは、圃場分散を無作為に発生させて TSP シミュレーションを繰り返し、圃場分散の度合いが与える影響を定量的に分析することにある。仮想的な分散設定ではあるが、同筆数・同規模の圃場群では、圃場分散に応じて移動時間のロスが拡大することを確認した。これまでの集積形態が、個別の委託や相対関係によりランダムに発生していたとするならば、時間ロスの将来予測を実践的に読み解くことができる有用な手法と捉えられる。

圃場分散の影響を考慮した作業計画の最適化を支援する研究では、水稻作春作業を対象としたシステム開発がある（前掲：大黒ら、2004）。適応度は前述した圃場分散度に圃場数を乗じた総和とし、この圃場分散度が実際の圃場間移動距離との相関が高いことから、作業計画の最適化の指標としての可能性を示し

た。しかし、圃場分散度は 1 日の作業圃場に限定しており、全圃場を対象とする際は、適応度について別途検討が必要と考えられる。また、圃場間の関係性を考慮した手法ではないため、現行の土地利用や水利使用の意思決定等の制約がある場面では、限定的な適用になるという課題も考えられる。

作業計画の策定を支援する研究では、収穫作業の連続工程における総所要時間を予測するシミュレータ開発がある（西村，2007）。対象の圃場群をいわゆる一筆書きの最短経路探索で結び、その経路を分割し日程を割りあてることで作業計画の最適化を試みている。この方法では、圃場間の関係性を継承する巡回順序をリスト形式で得られるため、様々な意思決定場面に応用可能であると考えられる。しかし、高額な GIS 分析オプションを利用しているため、システムの運用上、大きなコストを伴うという側面がある。

圃場の位置関係に着目した研究では、経路探索を距離の最小化という規範的な概念とは別に、圃区内隣接性や合筆可能性を考慮した多段階経路探索法の提案がある（西村，2018）。この方法で得られた順序リストが、地域的な土地利用調整に適用することが可能か否か議論している。複数の経営体を設定し、圃場をランダムに割り当てた仮想的なシミュレーション下ではあるが、再配分結果に改善効果が示され、適用の可能性を示す結果が得られた。面的集積に向けた取組支援において土地利用調整の効果を定量的に示すことは、強い説得力を持って農地集積のあり方に示唆を与えることができるものとする。しかし、実際の生産現場での実証に至っていないほか、再配分の割り当てに不公平感が出る等、具現化に向けては検討の余地がまだ残っている。

TSP を施設の管理場面で検討した研究には、細井ら（2005）がある。農村地域に分散する無人の水道施設の経路探索について GA を用いた手法で検討している。この研究では、自動監視システムの設置による総所要時間と総費用の算定式をモデル化し、コストダウンの可能性をシミュレーションで分析している。総費用は、巡回時間にかかる人件費、システムの導入費用、及び運用にかかる維持管理費を考慮したモデル式で算出され、その具体性から汎用性の高さが伺える。また、平常時は総費用、災害時は時間が焦点になるため、求める解の性質の違いから、いわゆる 2 目的の最適化問題を扱っている。双方を短くするパレート最適解を求める必要がある等、一般には難しい解法ではあるが、公共施

設の管理者間では、個別具体的な問題に対処しうる手法として評価できる。

複数の評価パラメータを追加した 2 目的の最適化問題は、坊ら (2010) が総距離と平均稼働時間を目的関数とするパレート探索について議論している。目的関数の最小化には Best Cost Route Crossover を適用し、操作個体数が総個体数に占める割合がパレート解の質と計算時間に与える影響を評価の対象としている。その他、稲本ら (2012) は分解法に基づく部分問題のパレート解を求めて合成した近似パレート解を抽出し解の特性について議論している。こうした多目的最適化問題では、目的関数間にトレードオフがある場合、解は単一ではなく複数のパレート最適解集合となり、これを得ることが目標となる。GA は多点探索手法であるため、パレート最適解の集合探索に有利と考えられる。農業分野への利用については、例えば、総移動距離に圃場巡回の地点数という目的を加え、1 日の作業時間を制約した上で、少ない時間で多くの地点を訪問する最適化問題への適用が考えられる。

GA 以外の近似アルゴリズムでは、川中子 (2005) がゴミ収集車の総移動距離の最小化を目的とし、最適化の手法として一般化割当法とセービング法の 2 つのアプローチを試みている。この結果、双方に優劣をつけるまでには至らなかったが、道路ネットワークや施設配置の設定により地域性を考慮した手法選択の必要性について言及している。吉良ら (2012) は運送経路・配送経路問題の最適化手法として局所探索法を用いている。提案は「扱いやすい異なる探索空間を用意し、そこから本来の実行可能領域への写像を定義する」方法の応用例である。この研究では、探索空間のなかで intra-swap 近傍探索を与えて探索し、探索空間から実行可能領域への写像を介した解を評価対象としている。空間探索と写像の生成による実行解の与える変形、改善が良解となることについて、扱える問題の規模について議論はされていないものの、制約が複雑な TSP に対する単純なアプローチは応用の可能性が高いと考える。

また、村上ら (2013) は電力設備の停電計画の最適化手法としてタブーサーチ法を用いた。作業停止に伴う系統間距離を評価指標とし、設備の系統操作の切替回数の最小化をねらいとする。藤垣ら (2014) は乗合タクシーの最適化手法として構築法によるアプローチを試みている。具体的には、料金収入と必要台数のシミュレーションで損益分岐経費を推計し採算性を評価する。こうした

作業手間や採算性を注視する最適化問題は、総コストをもとに定量的に評価する研究分野への有益な指針となることが考えられる。

農村地域を対象とした巡回サービスの研究では、能美（2017）がある。この研究では、活動効率が巡回ルートの良い否に影響するとし、移動図書館を事例として効果的な巡回ルートの改善可能性を検討している。最適経路の指標は総所要時間とし、移動時間と停車時間の総和を問う。このなかで、訪問時間帯や巡回頻度を考慮した利用者重視の経路探索において、道路密度の低い中山間地域であっても時間短縮の効果を示した。利用量に主眼を置く検討は、時間短縮に一律の効果があるとは限らないが、真の巡回サービスを検討する際の重要な視点と考える。

今後も農地集積が進むと予想されるなか、段階的な規模拡大のシナリオを設定し、圃場の巡回管理にかかる総移動距離と総移動時間の増加傾向を読み解く試みがある（前掲：山下ら，2017）。農地集積の進展とその影響を時系列で整理していくため、視覚的に捉えやすく汎用性が高いアプローチ法と考える。しかし、圃場間の移動に伴う基本的な動作が完全に捨象されていることなどから、計画的な農地集積との比較分析により非効率性を定量的に示すまでには至っていない。

この他、GPS 端末の利用による道路ネットワークの属性を与え、圃場分散の影響を正確に評価し改善につなげていこうとする研究がある。佐藤ら（2018）は、実際の車両に GPS を取り付け圃場と農道、及び各農家の移動経路を判別し、農家の経路選択について評価を試みた。この結果、圃場分散が通作時間を増大させることを確認し、その要因の一つに地形条件による影響を確認した。これまであまり考慮されてこなかった圃場間斜度等の地理情報は、中山間地域等の条件不利地における圃場分散の影響を精緻に分析する上で有用と考えられる。

第5節 議論のまとめと今後の展望

1. 議論のまとめ

圃場分散化については、主に農業生産や管理作業への影響を分析し、その改善や評価を試みる研究を取り上げた。作業効率を改善する上で、圃場間移動の時間ロスを低減することは重要な視点である。しかし、圃場間の位置関係から機械作業の非効率を指摘しその改善効果について分析する報告は多いものの、特に、管理作業への影響を分析する研究は少ない（谷本，2018）。生育期間の水管理に費やされる労働負担は大きい。このため、機械の非効率性の言及にとどめず、日常的な圃場巡回にかかる移動時間のロス低減の改善可能性を模索していくこともコストダウンに向けた有効なアプローチとなりうる。

巡回管理の最適化に関しては、複雑化する巡回行動を鑑みて、適用可能性や応用性が高いと考えられる経路探索の研究を取り上げた。局所解を避ける工夫を施した手法では、GAを用いた手法と既存の単純な近傍探索を組み合わせたハイブリッド化手法が有効と考える。前者はGAモデルの設定や適応度の計算が別途必要なこともあり、簡便な手法であるとは言い難い。一方、後者は問題を分割し、元のつながりを保持しつつ、解を段階的に収束させることが可能であるため、TSPなどの大規模問題の効率的解法概念に近く理解しやすい。両者ともに移動経路を合理的に導く手法であるため優劣の判断は難しい。しかし、様々な行動を柔軟に評価することを念頭におき、生産現場でも扱えるような分かりやすい手法を所望するならば、後者の手法を適用することも一案と考える。

作業計画の最適化に関しては、作業条件や制約を考慮した最適ルートを導き、これを利用した支援策を提案する研究を中心に取り上げた。この結果、圃場分散の深刻さを評価する手法が十分ではなく、地域的な土地利用調整につながる担い手支援の必要性が考えられた。借地錯綜化後の調整については、これまでの機械の効率的運用に関するもののほか、その先の強い説得力が求められる場面も想定し、様々な角度から面的集積のメリットを実証しつつ、提言していくことが極めて重要であると考えられる。

2. 今後の展望

今後、仮に農地貸借が無秩序に進んだ場合、それらを短期的に逐次修正していくことは実質的には困難である。こうしたなか、圃場分散に伴い顕在化する圃場管理の難しさや作業時間ロス拡大の問題は一層深化を必要とする。

そこで今後の展望としては、水田農業の作業時間で最もシェアの大きい巡回管理にかかる移動時間の圧縮限界をシミュレーションするツールの構築が考えられる。圃場間の位置関係を適切に把握しきれていない作業計画や場あたりの作業は、ムダの多い圃場間移動を繰り返し、結果として作業スケジュール全体に影響を及ぼす。ツールの活用としては、例えば、時間ロスが発生すると思われるランダム集積を現行モデルと見立て、計画的な集積との移動時間やコスト比較を定量的に示し、経営計画の策定・改善の論点とすることが考えられる。

今後は、担い手自らが経営指標を見定め、農業経営のリスク管理を主導していく時代が訪れる。健全な農業経営につながるとする有益な手法の開発や、担い手が容易に具現化できるツールの構築は、生産現場のみならず、学術・社会の両面においても十分な意義があると考えられる。

引用文献

- 有本 寛・中嶋晋作・富田康治. 2014. 区画の交換による農地の団地化は可能か？—シミュレーションによるアプローチ—. 農業経済研究. 86(3): 193-216.
- 稲本浩也・橋爪 悟・矢島智之・橋爪 進・小野木克明. 2012. 分解法に基づく2目的巡回セールスマン問題の解法とその評価. 電子情報通信学会技術研究報告.SS. 111(406): 63-68.
- 井上憲一・藤栄 剛. 2011. 圃場分散が堆肥運搬散布サービスの作業効率に及ぼす影響. 農業経営研究. 49(1): 33-38.
- 内田大輔・本間経康・阿部健一. 1996. 空間の階層構造を利用した TSP の近似解法について. 計測自動制御学会東北支部第 166 回研究集会講演資料. 161-3: 1-4.
- 梅本 雅. 1996. 圃場分散に対する圃場別生産管理の実態と特徴. 農業経営研究. 34(4): 23-33.
- 梅本 雅・平野信之・恒川磯雄. 2011. 担い手育成に向けた経営管理と支援手法. 担い手の展開に向けた地域的支援手法. 梅本 雅編著. 総合農業研究叢書. 中央農業総合研究センター. 第 5 章. 66: 203-238.
- 大植裕之・大西克美・中野秀男・榎原博之. 2005. 巡回セールスマン問題を対象とした並列タブーリサーチにおけるプロセス間通信の効果について. 情報処理学会研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS) .2005(126(2005-MPS-057)): 1-4.
- 大黒正道・高橋英博・寺元郁博. 2004. GIS を用いた水稻作春作業計画支援システムの開発. システム農学. 20(1): 23-31.
- 大土井克明・笈田 昭・山崎 稔・山下道弘. 1999. 農作業計画の最適化に関する研究 (第 1 報). 農業機械学会誌. 61(1): 91-97.
- 大土井克明・笈田 昭. 2001. GA による農作業計画における適応度について. 農業機械学会誌. 63(3): 84-89.
- 片山謙吾・成久洋之. 1994. TSP 問題に対するヒューリスティックアルゴリズムの効率化について. 岡山理科大学紀要 A 自然科学. 30: 289-297.
- 加藤雅宜・川向 肇・鷺尾信彦. 2016. 圃場分散下における水稻受託作業の効率性要因の定量分析—JA 出資型農業法人による酒米 (山田錦) の収穫作業を対象にした分析—. 農業情報研究. 25(4): 116-129.
- 川中子敬至. 2005. ゴミ収集車の巡回経路表示システムに関する研究. オペレーションズ・リサーチ. 50(11): 770-776.
- 吉良知文・岩根秀直. 2012. 先行順序付き合流可能運搬経路問題に対する局所探索法. 数理

- 解析研究所講究録. 1773: 77-86.
- 小林雅典・石田好輝. 2011. 遺伝的アルゴリズムにおける多様性の推定方法. 自動制御連合講演会講演論文集. 54(0): 563-566.
- 小林康弘. 1993. 事例ベース推論. 人工知能学会誌. 8(1): 26-36.
- 坂上知英・吉澤 慎・太田義勝・大山口通夫. 2000. 巡回セールスマン問題の近似アルゴリズムについて. Research reports of the Faculty of Engineering, Mie University. 25: 81-96.
- 佐藤 昶・高橋太郎・合崎英男・山田七絵・中嶋康博. 2018. GPS トラックデータを利用した農道および農家の移動経路の判別手法と経路選択の評価. 農業農村工学会論文集. 86(1): I_35-I_45.
- 鹿内健志・南 孝幸・官 森林・上野正実. 2007. サトウキビ生産法人に集積された圃場の分散が生産性に及ぼす影響—地理情報システムを用いた分析—. 農作業研究. 42(1): 29-36.
- 神野健二・横田いずみ・井芹慶彦・井料隆太. 2009. 自己組織化マップ(Self-Organizing Maps)法と応用例紹介. 地下水学会誌. 51(2): 151-162.
- 高橋良英・吉川克哉・小林史和・木村 翼. 2011. ハイブリッド手法による巡回セールスマン問題の解法. 八戸工業大学紀要. 30: 75-83.
- 高橋良英・木村 翼・元田 豪. 2012. 再帰的拡張遺伝子交叉オペレータ交代法による巡回セールスマン問題の解法. 八戸工業大学紀要. 31: 67-74.
- 田中慎一・藤村喜久郎・徳高平蔵・岸田 悟. 1995. 多都市, 例えば米国 532 都市 TSP 問題での SOM 法の最適化. 電子情報通信学会技術研究報告 NC. 95(389): 37-44.
- 谷本 岳. 2018. GPS ロガーを用いた水管理作業における移動時間と距離の解析. 平成 30 年度農業農村工学会講演会講演要旨集: 734-735
- 中嶋晋作・有本 寛. 2011. 換地選定をめぐる利害対立と合意形成—新潟県新発田北部地区の事例—. 農村計画学会誌. 30(1):65-73.
- 西見康平・加藤友彦. 2009. 自己組織化マップ法による 巡回セールスマン問題の解法Ⅱ. 福岡工業大学研究論集. 42(1): 11-17.
- 西村和志. 2007. ネットワーク分析によるコントラクタ作業計画の策定. 日本農業経済学会論文集. 2007: 55-60.
- 西村和志. 2009. 暖地コーンコントラクタの圃場分布状況と圃場集積効果の解明. 日本農業経済学会論文集. 2009: 158-165.
- 西村和志・若林勝史・田口光弘. 2012. 圃場分散が農作業圃場間移動に与える影響解析—水

- 田飼料作収穫作業を対象とした TSP による圃場間移動シミュレーター. 日本農業経済学会論文集. 2012: 100-105.
- 西村和志. 2018. 巡回経路探索法を利用した圃場情報のリスト化手法の開発—圃区内隣接性を確保する多段階経路探索法の開発と適用—. 農業経済研究. 90(1): 77-82.
- 能美 誠. 1995. 大区画圃場整備事業に伴う換地の合意形成とその要因. 農村計画学会誌. 14(1):20-30.
- 能美 誠. 2017. 農村地域における諸活動と住民流動の評価と展望—高齢化・人口減少時代のなかで. 移動図書館車の巡回ルート改善可能性に関する考察—鳥取市立用瀬図書館の移動図書館車「やまなみ号」を事例として—. 農林統計出版. 第三部. 第3章: 189-210.
- 原 浩太・草苺 仁. 2008. 米作の非効率性と限界生産物価値. 日本農業経済学会論文集. 27-31.
- 藤垣洋平・高見淳史・大森宣暁・原田 昇. 2014. 大都市圏郊外の住宅団地を対象とした高利便性の定額制乗合タクシーの成立可能性に関する分析—岐阜県多治見市の住宅団地におけるケーススタディ—. 都市計画論文集. 49(3): 369-374.
- 藤村喜久郎・徳高平蔵・石川眞澄. 1999. 多都市巡回セールスマン問題での改良 SOM-TSP 法の性能評価. 電気学会論文誌 C 電子・情報・システム部門誌. 119(7): 875-882.
- 細井由彦・Aklog,D・増田貴則・中村真理子. 2005. 分散して存在する小規模な水道施設の維持管理の効率化に関する研究. 土木学会論文集. 804: I_25-I_35.
- 坊 敏隆・荒川雅裕. 2010. 総距離と平均稼働時間の二目的配送計画問題におけるハイブリッド探索法の提案. 日本経営工学会論文誌. 61(4): 223-233.
- 村上智勇・藤原 彩・岩本伸一. 2013. 作業停止設備近傍開閉器に着目した高速作業停止計画作成手法. 電気学会論文誌 B 電力・エネルギー部門誌. 133(10): 746-752.
- 山下良平・中嶋晋作. 2017. 農地集積に伴う圃場間移動の巡回セールスマン問題の検討—2-opt 法を用いたシミュレーションによるアプローチ—. 農業農村工学会論文集. 85(2): I_245-I_251.

第3章 圃場巡回の最適巡回路を同定するモデルの開発

第1節 はじめに

日本再興戦略では、農業分野の KPI として、今後 10 年間（2023 年まで）で全農地面積の 8 割が担い手によって利用され、資材・流通面等での産業界の努力も反映して担い手の米の生産コストを現状全国平均比（16,001 円/60kg）の 4 割削減する目標（9,600 円/60kg）を決定した²⁶。他方で、組織法人経営体における 2016 年産の米生産費は 11,656 円/60kg²⁷（前掲：図序-5）、同じく労働時間の推移は約 16 時間/10a となっており（前掲：図序-7）、今後もコストダウンの継続的な努力が求められている。ところで、生産性にかかる直接労働時間は、農地集積・集約化に伴う土地利用調整の影響が大きい。特に水管理等の管理作業に要する時間は、全体の 25%を占めており（前掲：図序-10）、基幹作業の耕起・整地（16%）、田植え・直まき（14%）、刈取・脱穀（14%）と比べても負担の大きさがわかる。

本研究では、水田農業における圃場巡回の効率化支援を目指し、理論上、最適な巡回経路を同定するシミュレーションモデルを開発する。その理由は、上記の通り通常の水田農業において、移動を含む管理作業の割合が大きく、その部分の圧縮によってより一層のコストダウンの可能性を見出すためである。新規農地の集積に際して、農地集積パターンの違いから移動時間ロスの発生のタイミングやその程度を俯瞰的に見定めることができれば、経営体個々の今後の農地集積のあり方について示唆を与えることができるものとする。

そこで本研究では、近年 GIS 利用などを想定して、およそ全ての圃場の座標データが整備されていることを踏まえ、圃場巡回の総移動時間が最小となる最適巡回路を導く計算ツール（Optimum Traveling Route Response Model：以下、OTRR モデルと略記）を開発する。なお、詳細は後述するが、OTRR モデルの構築及び試行には、農地集積の期待がかかる中核的農業経営体を実例として、その経営体が保有する経営情報や細かな作業記録を活用している。それは、プロ

²⁶ 首相官邸（参照 2018.11.6）. 2018. 日本再興戦略 2016—第 4 次産業革命に向けて—. 79. （オンライン）. https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/zentaihombun_160602.pdf.

²⁷ 農林水産省（参照 2018.11.6）. 組織法人経営体に関する経営分析調査：平成 28 年産米、小麦及び大豆の生産費（組織法人経営）：（個別事例）. （オンライン）. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/attach/pdf/index-32.pdf.

トタイプ構築に際して基本的な精度を確認するためであり、本研究では圃場巡回にかかる様々な行動パターンを柔軟に想定しうる、操作性の高いモデルの構築を目指す。

第2節 既往研究と本モデル開発の位置づけ

零細分散錯圃の生産力的側面の問題は、圃場区画の拡大や整形化、圃場の団地化、集团的土地利用の必要性が指摘され（田畑，1995）、今日の制度設計や施策に反映されている。一方、農地貸借が無秩序に進んでいる地域については、面積拡大の過程で生じる圃場管理や移動時間ロス等の圃場分散の影響に対し、逐次改善を進めていくことが極めて重要な課題となっている。圃場管理の改善については、かつて家族経営を対象として生産管理の実態と行動理由を踏まえた議論が展開された（梅本，1996）。改善の妥当性は、それまでの規範的な理論と比較し、より現実性の概念に根ざした理論に基づく。しかし、圃場分散に対する作物単収と品質の維持に特化した改善が中心となっており、圃場間の移動時間の最小化を目的とするような行動原理につながるものではなかった。

ところで、借地型大規模経営において、無作為な圃場枚数の著しい増大は、分散範囲の拡大や圃場間の遠距離化を生じさせる（原ら，2008）。過去の実態調査では、担い手の約4割が農地集積の進まない理由に圃場分散をあげている²⁸。しかし、面的集積による作業効率がどの程度改善されるのか、実証データ、特に圃場間の移動時間を定量的に把握した研究は少ない。それゆえに、圃場分散の深刻さが十分認識されず、地域的な取組として浸透していないと思われる。そこで無作為な農地増加の非効率性を時系列で示し、定量的に評価していくことも土地利用調整を進めていく上で有用と考える。

圃場巡回の最適化をめぐるには、かつて農業機械学分野でGAを適用した手法が開発された（大土井ら，1999）。これは圃場間の移動距離を最小とする合理的な経路探索で、複雑化する作業計画の組合せ最適化に資する先行研究である。しかし、アルゴリズム内のパラメータ設定や適応度の計算が必要なこともあり、

²⁸ 農林水産省（参照2018.11.2）．担い手への農地の利用集積の現状と課題．（オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/study/nouti_seisaku/senmon_02/pdf/data1.pdf.

生産現場において容易に扱えるような簡便性の追求も重要な目的と考える。他方、圃場を非連坦で集積する複数の経営体を対象とし、農業機械の移動経路や移動時間をGPSで精緻に調査した報告がある（梅本ら、2011）。報告では、ある機械の日平均移動時間が最大で1.1時間に及ぶことを明らかにし、圃場間の遠距離化・非連坦化が作業時間に影響を及ぼす可能性を示した。しかし、いずれの報告も、農業機械にかかる効率的運用の言及にとどまっている。生育期間の水管理等に費やされる労働負担は大きい。このため、日常的な圃場巡回管理にかかる移動時間にも焦点を当て、時間ロスの改善可能性を模索していくこともコストダウンに向けた有効なアプローチになり得ると考える。

圃場分散の影響に鑑み、農家の自発的な区画交換による農地団地化問題を取り上げた研究がある（有本ら、2014）。農地団地化は、より多くの参加による区画の一斉交換が効果的であると結論づけている。しかし、現実には換地や交換分合の資源配分は利害が発生しやすく、合意形成が容易でないことも知られる（中嶋ら、2011）。また、借地錯綜化後の調整は時間と労力がかかるがゆえに、包括的な議論に至らないケースが想定される。そこで面的集積に向けた取組支援として、その効果を客観的かつ直感的に評価できる手段があるならば、強い説得力をもって今後の農地集積のあり方について示唆を与えることができるものとする。この問題については、土地利用調整の効果を定量的に評価することを目的とした多段階経路探索法の開発がある（西村、2018）。この研究では、経路探索を距離の最小化という規範的概念とは別に、圃区内隣接性や合筆可能性を考慮し、そこで得られた順序リストが地域的な土地利用調整に適用することが可能か議論している。複数の経営体を設定し、圃場をランダムに割り当てた仮想的な調整シミュレーションであるが、再配分結果に改善効果が示され、適用の可能性を示す結果が得られている。しかし、生産現場での実証には至っていないほか、再配分の割り当てに不公平感が出る等、具現化に向けては検討の余地が残っている。

圃場分散の数値化・指標化を試みた研究では、作業計画の作成支援を目的とした圃場分散度の考え方がある（大黒ら、2004）。圃場分散度は、1日の作業対象となる各圃場の中心座標の平均値を中心点とし、そこから各圃場の中心座標までの平均距離を扱う。これに面積の概念を加味し、作物単収との相関分析を

試みて生産性に与える影響（鹿内ら，2007）や，堆肥運搬・散布作業の作業効率に与える影響分析（井上ら，2011）はその一例である。いずれの分析結果も圃場間の位置関係が作業効率に影響を与えていることを指摘し，このことは圃場の位置関係の把握が圃場分散に伴う非効率性を議論する上で重要な要素であることを暗示させる。

近年では，個別農地への巡回経路の最適化を TSP の概念と関連づけた研究がある（山下ら，2017）。ごく隣接した小規模の農地間移動は，圃場の重心間距離と実際の移動距離がほぼ同等であるという設定のもと，重心間距離が大きい場合は移動距離の補正を検討し，農地増加による総移動時間と総移動距離の増加傾向を読み解いている。しかし，圃場間移動に伴う基本的な動作（車の乗降など）が捨象されるなど，モデル内で想定する移動方法が現実を過度に簡素化している点もさることながら，理想的な農地集積がなされた将来像を見据えていないため，現況の非効率性を定量的に示すまでには至っていない。この欠点を改良することで，圃場間の移動時間の増加を人件費，移動距離の増加をガソリン代などの動力光熱費と直結させて議論することが可能となる。ひいては，担い手への農地集約化へ向けた合理的な農地配分に貢献することが期待できる。

第3節 OTRR モデルの構造

1. 巡回方法の原理

OTRR モデルは実社会の空間情報及び経営体を対象にした実データに基づき構築する。それゆえに、圃場条件や経営体の多様性・固有性を前提としたモデルの適用可能性の検証は本研究以降の課題となる。経路探索のアルゴリズムは次節で詳述し、ここではプロトタイプ構築の巡回方法の原理について説明する。

圃場の巡回経路を更新していく際の指標は、圃場間移動にかかる時間と移動のための準備にかかる時間を合わせた「総移動時間」とする。OTRR モデル内の農家の移動手段は車による移動と徒歩による移動のみとし、訪問地点間の途中で移動手段は変更しないものと仮定する。詳細なアルゴリズムは次項で記述するが、農家は圃場間の移動の際には、車移動か徒歩移動のうち合理的な手段を選択する。また、車移動は、発進・停車に各 1 回ずつ乗り降りの車準備時間が発生し、車移動から徒歩移動へ切り替わった後に再度車移動となる場合は一旦停車させた車の位置まで戻る時間が発生することを考慮する。

現行の OTRR モデルでは、訪問地点は対象地域内の圃場の重心座標とする。これは現在、多くの自治体や土地改良区が圃場の図面を GIS として管理しており、その資源を有効に活用することを想定し、本モデルの実用面でのハードルを下げるための設計である。より現実的に見ると、水管理の場面では、各圃場の水口が経由地となっていない点でモデルの改良の余地は残すが、対象地に限っては、経由地とした圃場の重心と水口の位置の差分は大きくとも数十メートル以内と想定し、本研究ではその差によって生じる結果への影響は捨象した。

なお、実際の道路を移動する距離を直線距離で代用することによって生じる誤差については、圏域単位や広域都市空間を対象とした都市道路網に焦点を当てた研究が主として行われてきた。そのなかで、実際の道路距離が直線距離の 1.3 倍以下であれば、直線距離を代用した場合においても、総移動距離に伝播する誤差は微少であるという実証研究がある（腰塚ら、1983・森田ら、2014）。

対して、広域都市道路網や諸条件が大きく異なる農業集落の道路網を対象にした研究は、渉猟しうる限り飯田らの論考（飯田ら、2018）などごく僅かである。飯田ら（2018）では、訪問すべき圃場群の座標から幾何学的に計算することで、実移動距離を推定する簡易な計算式を提示している。しかしながら、管

理作業を前提とした圃場巡回の場合は、車移動と徒歩移動が混在する上、現実的には畦畔も通路として活用される。このことから、実移動経路を圃場の座標のみから機械的に算出するという技術は、飯田ら（2018）でも言及されているように、未だ普遍的技術の水準には到達していないと判断される。よって、直線距離と実移動距離との差分は不確実であるが、上記と同様、管理作業を前提とした圃場群に限定するならば、1辺の圃場間移動の延長が長くとも数十メートル程度と推察されるため、訪問地点間を直線で移動する構造とした。

2. 経路探索アルゴリズム

圃場巡回で水管理を想定するならば、訪問地点となる各圃場の水口は数十から数百にのぼることもある。この場合、考えられる巡回経路は指数関数的に存在し、このなかから現実的なシミュレーション時間内で厳密な最適解を求めることは不可能である。

そのような場合、ある程度の妥協点を設定した最適解であるヒューリスティックな解 (heuristic optimization) を導出することが通常採られる考え方である (これを最適解と捉える)。本研究においても、後述するように、計算過程で制約を設けた上で最短巡回経路を探索して分析を進めた。

最適解の計算方法は幾通りにも考えられるが、ここでは、まず全訪問地点に対して、移動手段の差を考慮しない最適解を定め、その最適解、つまり訪問地点を最短距離で経由して戻ってくる一筆書きの最短巡回経路であると捉え、その経路を確定した上で各地点間の移動時間が理論上、最も小さくなる合理的な移動手段を決定し、最終的な総移動距離及び総移動時間を算出する、という流れで計算した。

最初に、全ての訪問地点に対して最近傍法 (Nearest Neighbor Algorithm) によって最短巡回経路の暫定的な初期解を定める。最近傍法は、まずある地点を基準として、基準点から他の全ての点までの直線距離を算出し、最も近い点を訪問して基準点をその点に移す。そして、再度基準点から未訪問地点全てまでの直線距離を算出して基準点の移動を繰り返し、全ての地点を訪問してスタート地点に帰着した時点で計算が終了する。

次いで、大局的に最適化された暫定的な初期解に対して、2-Opt 法 (坂上ら, 2000) によって局所的な改善を加え、最終的な最適解を決定する。ここで、2-Opt 法のアルゴリズムに関する変数として、以下のものを定義する。なお、繰り返し計算回数の上限は C とし、 c は第 c 回目の繰り返し計算を意味する。本研究では $C=1,000,000$ としている。

N は訪問地点総数であり、スタート地点 (意味的には訪問地点外) を 0 とし、全ての訪問地点には連番の ID が割り振られている。次いで、 a 及び b は共に $1 \leq a, b \leq N$ となる自然数 (ただし、 $a < b$) とし、 a, b は訪問地点の ID (訪問地点番号) に相当する。 $r(\)$ は具体的な訪問地点そのものを意味し、 $(\)$ 内には

引数として地点 ID が入る。例えば、繰り返し計算 c 回目の $r(b)$ は、その時点での最適な巡回経路においてスタートから b 番目の地点を意味する。同様に、計算 c 回目の巡回経路の総移動距離を $D(c)$ とし、その時点で最短となる総移動距離を $D_{\min}(c)$ とする。よって、最近傍法で算出した初期の最適解の総移動距離は $D(0)$ と表記され、 $D_{\min}(0) = D(0)$ となる。以上を踏まえた一連のアルゴリズムを図 3-1 のように構築した。

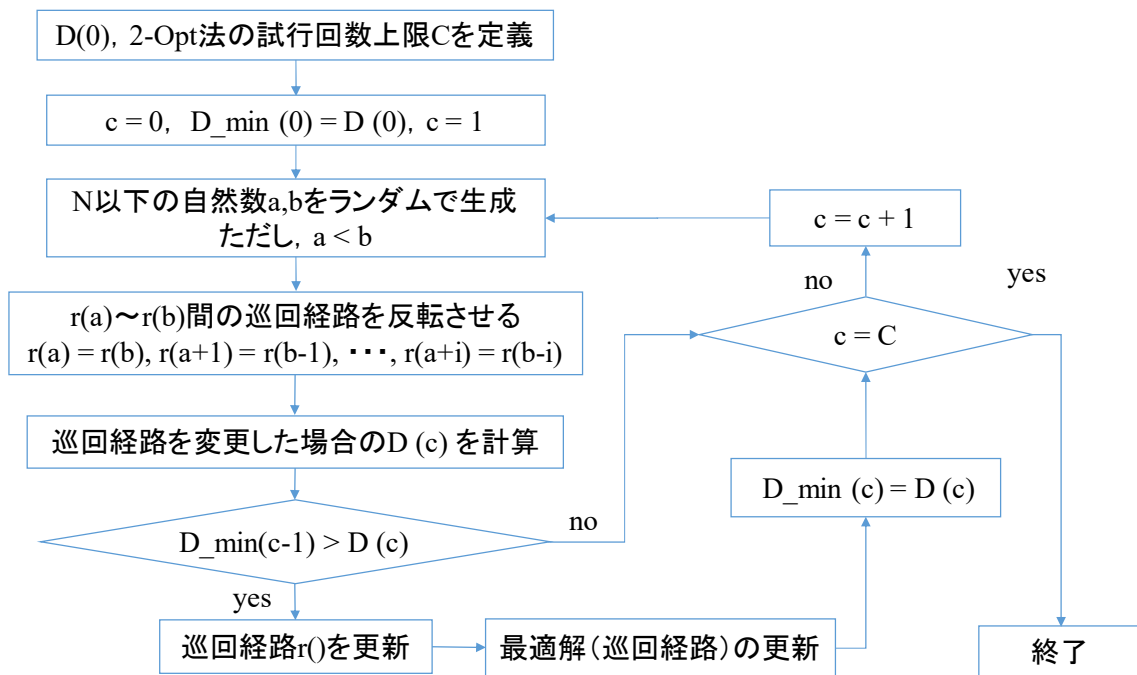


図 3-1 2-Opt 法のアルゴリズム

以上の計算により、全ての訪問地点を最短距離で経由する巡回経路が固定され、その巡回経路の各地点間の合理的な移動方法を計算する。全ての訪問地点間を直線で移動するという簡素化された構造ではあるが、車の乗り降りに要する時間や一旦停車させた車の位置まで戻るといった行動を反映していることが、OTRR モデルの新規性である。各地点間の移動方法を決定するアルゴリズムに関する変数として、以下のものを定義する。なお、繰り返し計算回数の上限は C' とし、 c' は第 c' 回目の繰り返し計算を意味する。上記と同様に、ここでは $C' = 1,000,000$ としている。 a' 及び b' は共に $1 \leq a'$, $b' \leq N$ となる自然数（ただし、 $a' < b'$ ）とし、上記と同様に a' , b' は訪問地点の ID に相当する。 $w()$ の $()$ 内には引数として地点 ID が入り、その地点から次の地点までの移動手段（0(人)-1(車)）を意味するダミー変数とする。その上で、2-Opt 法で定められた最適巡回路において初期の移動手段を全て車とした場合の総移動時間を $T(c')$ とし、 c' 回目の計算時点までの総移動時間の最小値を $T_{\min}(c')$ とする。よって、最適巡回路を全て車で移動した際の総移動時間は $T(0)$ と表記され、 $T_{\min}(0) = T(0)$ となる。以上を踏まえた一連のアルゴリズムを図 3-2 のように構築した。

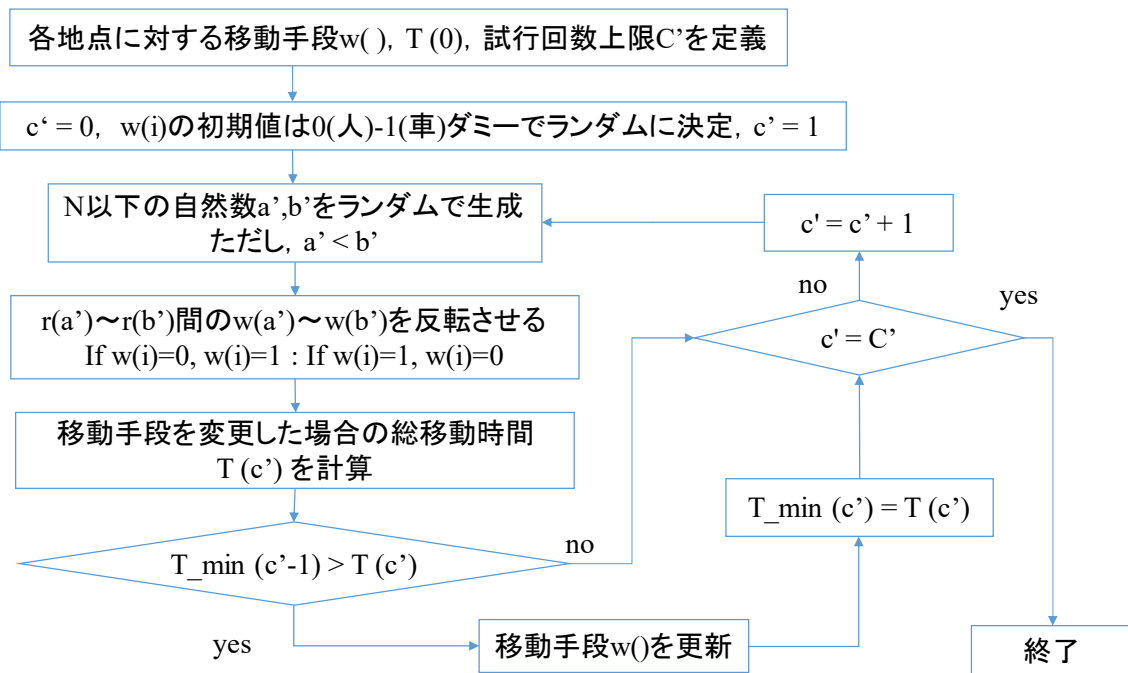


図 3-2 各地点間の移動手段決定に関するアルゴリズム

なお、車移動の場合は始動と停止を意味する 2 回の車準備時間（単位時間を t とする）が計上され、現実的な行動がそうであるように、車移動が連続する際にも毎回停車と発車の車準備時間（ $2 \times t$ ）を要する。図 3 の $T(c')$ の計算には、この車準備時間 t の概念が含まれている。

対して、徒歩移動が連続する場合は、直近で車移動から徒歩移動に切り替わった地点（仮に n とする）に車が停車されていることになるため、再度徒歩移動から車移動に切り替わる地点（仮に n' とする）で一旦地点 n まで車を取りに戻って、その後車で地点 n' を経由せずに地点 $n' + 1$ に向かうものとして $T(c')$ が計算されている。

以上の一連の計算により、巡回経路が確定した時点で暫定的な $D_{\min}(C)$ が定まるが、地点間の移動手段を決定する際に車の停車位置までの往来に起因して総移動距離は僅かに変動することになる。そこで最終的に析出する総移動距離は、 C' 回目の計算時点における総移動距離とし、 $c' = 1$ 以降は最短となる総移動距離を更新させる仕組みが具備されていないものの、便宜的に $D_{\min}(C')$ として表記する。

厳密には、移動手段の決定過程で生じる総移動距離の微変動も含めた最適巡回回路が確定されるべきであるが、上記の $D_{\min}(C')$ の決定については、現状の OTRR モデルが最適巡回回路と移動手段を分離して 2 段階で計算しているという技術的な限界によるものである。この点は、アルゴリズムの改良によって計算負荷を軽減させることができれば改善の可能性があるため、今後の課題として付記する。

引用文献

- 有本 寛・中嶋晋作・富田康治. 2014. 区画の交換による農地の団地化は可能か？—シミュレーションによるアプローチ—. 農業経済研究. 86(3): 193-216.
- 飯田俊彰・坂井睦規・木村匡臣・久保成隆. 2018. 水田水管理労力の推定に向けた圃場巡回経路長の簡便な評価法. 第31回水門・水環境研究部会シンポジウム講演要旨集. 96-103.
- 井上憲一・藤栄 剛. 2011. 圃場分散が堆肥運搬散布サービスの作業効率に及ぼす影響. 農業経営研究. 49(1):33-38.
- 梅本 雅. 1996. 圃場分散に対する圃場別生産管理の実態と特徴. 農業経営研究. 34(4):23-33.
- 梅本 雅・平野信之・恒川磯雄. 2011. 担い手育成に向けた経営管理と支援手法. 担い手の展開に向けた地域的支援手法. 梅本 雅編著. 総合農業研究叢書. 中央農業総合研究センター. 第5章. 66: 203-238.
- 大黒正道・高橋英博・寺元郁博. 2004. GISを用いた水稻作春作業計画支援システムの開発. システム農学. 20(1):23-31.
- 大土井克明・笈田 昭・山崎 稔・山下道弘. 1999. 農作業計画の最適化に関する研究. 農業機械学会誌. 61(1):91-97.
- 腰塚武志・小林純一. 1983. 道路距離と直線距離. 第18回日本都市計画学会学術研究発表会論文集. 昭和58年度:43-48.
- 坂上知英・吉澤 慎・太田義勝・大山口通夫. 2000. 巡回セールスマン問題の近似アルゴリズムについて. Research reports of the Faculty of Engineering, Mie University. 25:81-96.
- 鹿内健志・南 孝幸・官 森林・上野正実. 2007. サトウキビ生産法人に集積された圃場の分散が生産性に及ぼす影響—地理情報システムを用いた分析, 農作業研究—. 42(1):29-36.
- 田畑 保. 1995. 零細分散錯圃の現状と問題点. 「零細分散錯圃の解消に関する研究」. NIRA 研究報告書 No.950057. 11-40.
- 中嶋晋作・有本 寛. 2011. 換地選定をめぐる利害対立と合意形成—新潟県新発田北部地区の事例—. 農村計画学会誌. 30(1):65-73.
- 西村和志. 2018. 巡回経路探索法を利用した圃場情報のリスト化手法の開発—圃区内隣接性を確保する多段階経路探索法の開発と適用—. 農業経済研究. 90(1):77-82.
- 原 浩太・草苺 仁. 2008. 米作の非効率性と限界生産物価値. 日本農業経済学会論文集. 27-31.
- 森田匡俊・鈴木克哉・奥貫圭一. 2014. 日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究. GIS—理論と応用. 22(1):1-7.

山下良平・中嶋晋作. 2017. 農地集積に伴う圃場間移動の巡回セールスマン問題の検討—
2-opt 法を用いたシミュレーションによるアプローチ—. 農業農村工学会論文集. 85(2): I
_245- I _251.

第4章 農地集積の計画性が圃場巡回の効率性に及ぼす影響

第1節 はじめに

今後も農地貸借による集積が進むとした場合、綿密な計画のもとに集積が計られるような農地配分に近づけば理想的であるが、そうでない場合は圃場管理や移動時間のロスが拡大し、地域農業の合理化に対して足かせとなることも懸念される。仮に農地貸借が無秩序に進んだ場合、それらを短期的に逐次修正していくことは実質的には困難であり、一度確定した農地貸借構造は一定期間継続される。それゆえに、限られた労働力を踏まえて将来を見据え、集落全体でいかに合理的な農地配分を形成していけるかが重要である。そして、その合意形成には、関係農家らが自らの経営行動を、さらには集落全体の農地貸借の効率性を客観的かつ直感的に評価できる手段が有用であることは疑いない。このような視点は、マルチエージェントシミュレーション (Yamashita et al, 2018) やマイクロシミュレーション (遠藤, 2008) などを用いて、農地利用の将来予測結果から農家個々人や集落の意識改革に迫るものが見られた。

そこで本研究では、開発した OTRR モデルを用いて、農地の団地化を図る計画的な農地集積が巡回経路の効率性をいかに高めうるのかについて、総移動距離及び総移動時間を指標として、空間的に無秩序な農地集積を仮定した場合と比較する。そして、異なる農地集積シナリオに対して、管理農地の増加に伴って圃場間の移動時間ロスがどの程度発生するのかについて評価する。

近年では、センサーで集中管理可能な自動水門など、圃場作業時間を可能な限り削減することを目的とした目覚ましい技術開発を見ることができる。それらの技術革新によって、仮に中山間地域を含む全ての農地の水管理が網羅的に自動化される未来があるにせよ、社会実装までの年月を考えるならば、まずは足元の農作業の現状を内省することで経営改善を漸次進めることの意義は示されよう。これらの点に本研究が貢献できる要素がある。

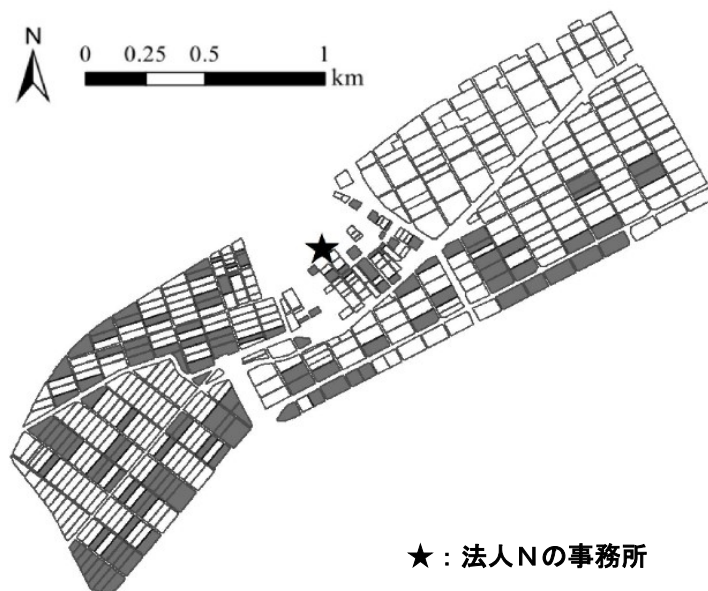
第2節 分析の枠組み

1. 研究対象に用いた経営体

対象地域は、石川県羽咋市にある邑知潟の北部に広がる低平地で（図 4-1）、参照した経営体は、当該地域で水稻作を中心とする農業法人 N（以下、法人 N と略記）である。経営概況を把握するための現地調査は、2016 年に法人代表 N 氏（調査時 58 歳）に対してインタビュー調査を複数回実施したほか、提供された作業記録の確認、圃場の踏査を行った。調査時点の法人 N の経営面積は法人設立当初の約 15ha から約 42ha にまで規模拡大を図っている。管理農地は登記上の筆数で約 200 弱となっているが、一部の農地が畔抜きによる大区画で利用されていることなどから実際は 134 筆（図中に着色）となっている。また、農地の区画規模別割合は、50a 区画が約 40%、30a 区画が約 50%となっている（図 4-2）。このうち、50a 区画が集中する南側の干拓地エリアは、排水不良による大型農業機械の作業低下を招くこともあり、必ずしも大区画の農地利用が有利に働かないという特異な作業環境下となっている。このため、離農や規模縮小によって貸し出される農地は、例えば、小区画の農地から発生するなどの規則性はなく、近隣集落の農地を含めてランダムに発生する状況にある。また、当該地域では、法人 N 以外にも複数の個別農家が農地集積に関わっており、離農する農家との農地貸借契約は集落全体における土地利用調整の議論の俎上にのぼることなく相対で決定する慣行がある。したがって、法人 N は積極的に規模拡大を図ってきたものの、特に作業効率を意識した計画的な農地集積を進めてきたわけではないため、課題とした圃場分散の影響が懸念される典型的な経営体といえる。



図 4-1 対象地域（邑知瀉の北部）



★：法人Nの事務所

図 4-2 法人 N の農地分布（2016 年）

2. 分析方法

本研究における分析範囲（境界）をまず明確にする。本研究では、法人代表 N 氏へのインタビュー調査から得られた「現状の管理圃場数に対して私（N 氏自身）が見回りをする限りにおいて、最も効率的な圃場巡回路は理解しており、実践されている。」という巡回行動に基づき、現状では最短経路で圃場巡回していると仮定する。他方で、当該地域では、これまでの農地集積の慣行が継続される限り、どの担い手もこれまでと同様、ランダムに農地を借り入れていく可能性が高い。また、これまで借り入れた農地は担い手間で一度も交換したことはなく、農地間の非効率な位置関係を小刻みに修正していく可能性も低い。したがって、シミュレーションによって解析すべき不確実な情報は、N 法人が将来的にも新規農地を増加させていくことが確実ななかで、農地集積の計画性が圃場巡回行動の非効率をどの程度緩和しうるかという点である。

そこで本研究では、今後の農地集積シナリオについて、慣行の農地貸借が継続されることを想定し、N 法人の新規農地の立地がランダムに増加していくパターンと、現在の管理農地の近隣農地から優先的に借り入れることが自由にできる理想的なパターンを考える。ここでは、便宜的に前者を「ランダム集積」（図 4-3）、後者を「計画的集積」（図 4-4）と定義する。この 2 つのシナリオについて、管理作業のコスト増につながる圃場巡回時間の増加傾向の予測値を比較する。

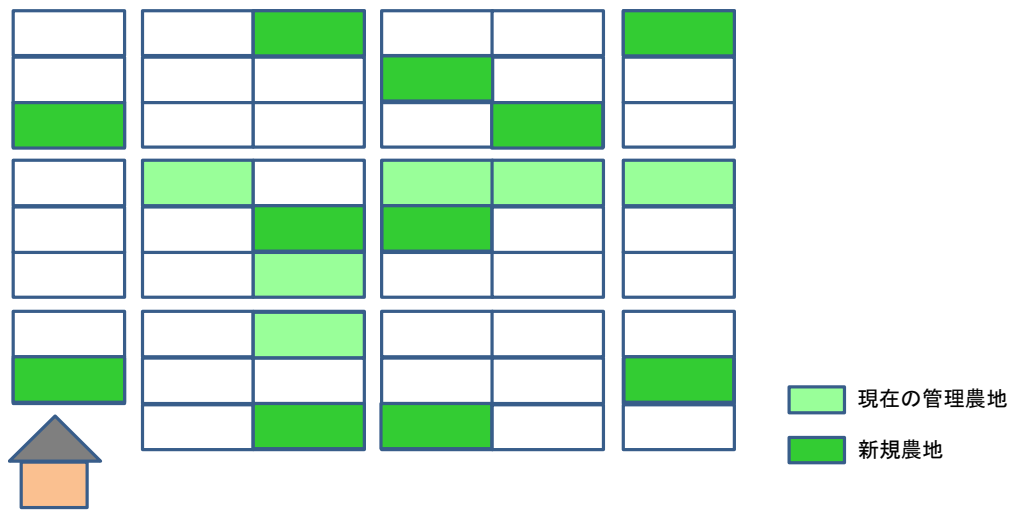


図 4-3 ランダム集積のイメージ

(新規農地が今後も無作為に増加していくパターン)

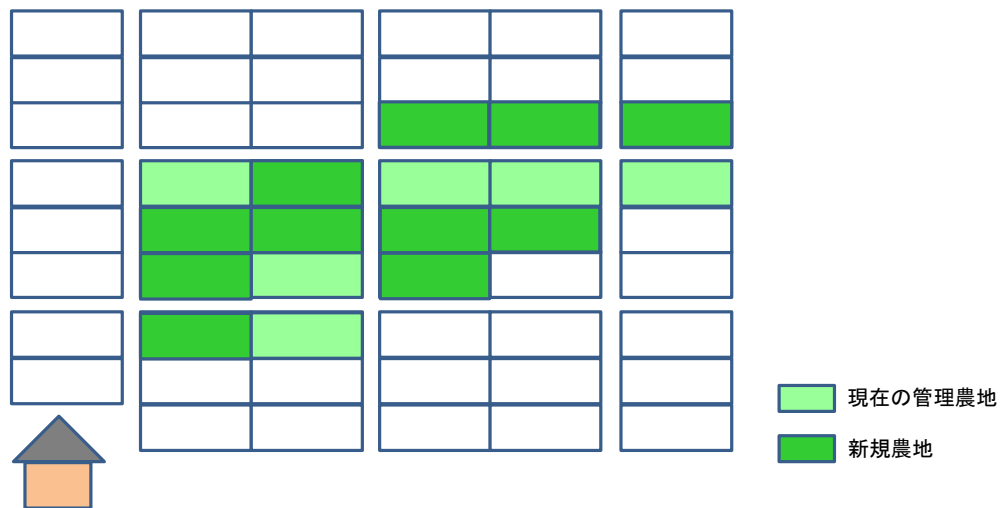


図 4-4 計画的集積のイメージ

(新規農地が現在の管理農地の近隣から優先的に増加していくパターン)

3. 各種変数の決定

本研究では、車移動速度及び徒歩移動速度、車準備時間が異なる状況を組み合わせた複数の状況を前提として、農地集積の差違が総移動距離及び総移動時間に及ぼす影響を予測する。なぜならば、実際の水管理にかかる圃場巡回行動は画一的ではなく、各農家によって千差万別である。よって、上記の要素を一意に定めるよりも、様々な行動パターンに対する診断的な情報としての意義を鑑み、複数の状況下におけるシミュレーションが有効と判断した。

車の移動速度（以下、車速度 $V1$ と略記）について、農道は一般道路の機能とは異なり、道路構造令においてもふれられていないため、同令が扱う種別設計速度のうち、低規格道路の第4種第4級を参考に下位1位（20km/h）と2位（30km/h）の二通りのパターンを考える。また、人が歩く速度（以下、人速度 $V2$ と略記）は、1km/h、3km/h、5km/hの3通りを考える。この根拠は、健常成人（年齢 22.2 ± 2.2 歳）の快適歩行速度は 4.6 ± 0.7 km/h とするデータ（藤本ら、2014）や、農家が徒歩で圃場巡回に要した総移動時間と総移動距離のGPS記録から歩行速度を 2.7km/h とする報告結果（佐藤ら、2018）に基づく。他方、車準備の単位時間（以下、車準備 t と略記）については科学的な裏付けは乏しいものの、ドアの開閉、シートベルトの着脱、エンジン始動、安全確認に要する時間を考慮し、車準備 t を 20 秒と 40 秒の2通りと仮定した。これらの設定条件を踏まえ、表 4-1 のとおり 12 通りの状況を設定した。

圃場間の位置関係は GIS 上で求めた各圃場の重心座標をもとに把握し、その表現は公共測量座標系に準じ平面直角座標系（ x, y ）とした。また、計算プログラムは一般的に広く普及した Microsoft Excel のマクロ機能を利用した。なお、各パラメータの値は入力して決められるようなインターフェースとした（図 4-5）。

表 4-1 各種変数の組み合わせにより設定された 12 通りの状況

	V1	V2	t		V1	V2	t
1)	20 km/h	1 km/h	20 秒	7)	30 km/h	1 km/h	20 秒
2)			40 秒	8)			40 秒
3)		3 km/h	20 秒	9)		3 km/h	20 秒
4)			40 秒	10)			40 秒
5)		5 km/h	20 秒	11)		5 km/h	20 秒
6)			40 秒	12)			40 秒

設定条件		計算結果							
		車のみ			車・人				
総ノード数	188	【車】			【車】				
【時間】		ノード数	188	始動回数(回)	189	ノード数	74	始動回数(回)	75
車速度(km/h)	20	移動距離(km)	13.37	移動費用(円)	109	移動距離(km)	9.50	移動費用(円)	77
人速度(km/h)	3	移動時間(h)	0.67	始動費用(円)	0	移動時間(h)	0.47	始動費用(円)	0
車準備(h/回)	0.011	車準備(h)	4.16	費用小計(円)	109	車準備(h)	1.65	費用小計(円)	77
車準備(s/回)	40	時間小計(h)	4.83			時間小計(h)	2.12		
【ガソリン代】		【人】			【人】				
燃費(km/L)	18.4	ノード数	0	人件費(円)	7,409	ノード数	114	人件費(円)	6,324
始動燃料(L/回)	0	移動距離(km)	0			移動距離(km)	5.99		
レギュラー価格(円/L)	150	移動時間(h)	0			移動時間(h)	2.00		
【人件費】		【全体】			【全体】				
時給(円/h)	1,535	総移動距離(km)	13.37	総費用(円)	7,518	総移動距離(km)	15.49	総費用(円)	6,402
		総移動時間(h)	4.83			総移動時間(h)	4.12		
		【削減率】			【削減率】				
		総費用(円)				総費用(円)	14.8%		
		総移動時間(h)				総移動時間(h)	14.6%		

図 4-5 データ入力欄 (左) 及び結果出力欄 (右)

第3節 農地集積シナリオの詳細

法人 N の実態に即して、圃場巡回のスタート地点及び終着地点は法人 N の事務所とし、全ての管理農地を一度ずつ経由する巡回行動を基本とする。

前掲の図 4-2 において、N 法人が管理する網掛けの農地 134 筆以外の白抜きの周辺農地 (346 筆) が、本シミュレーションにおける新規農地獲得の対象農地である。農地集積は段階的に行われるため、表 4-2 のように現在の管理農地数比 100%を上限として、基準となる現況を表す Case 0 に加えて、Case 1~Case 5 (20%, 40%, 60%, 80%, 100%) を設定する。以上を踏まえて、Case 1~Case 5 における増加分の農地数を F20%~F100%と表記し、ランダム集積と計画的集積の仕組みを説明する。なお、F20%から F100%の理論値は、 $134 \times 20/100 \div 27$, $134 \times 40/100 \div 54$, $134 \times 60/100 \div 80$, \dots , $134 \times 100/100 \div 134$ となる。

ランダム集積の新規農地の獲得プロセスは、現況の管理農地の周辺農地 346 筆から F20%~F100%の理論値に相当する農地を確率的にランダムに選択するものであり、選択される新規農地と現況の管理農地 134 筆 (Case 0) の位置関係に全くの因果関係はない。ランダム集積は選択される新規農地の位置によってシミュレーション結果は異なる。このため、本研究では、現況を表す Case0 以外、各 Case とも 10 通りの新規農地の組み合わせを用いてシミュレーションを行い、その平均値を考察対象とした。各 Case における新規農地のデータセットについて、農地数の平均値及び 10 回のばらつきを表 4-2 に示す。

表 4-2 各 Case における新規農地のデータセット

	対現況管理 農地数比	新規農地数 理論値 F	新規農地数 計算値(Ave, SD)	
Case 0	±0	0	0	
Case 1	+20%	27	26.0	3.9
Case 2	+40%	54	53.1	7.5
Case 3	+60%	80	80.7	8.9
Case 4	+80%	107	110.0	10.8
Case 5	+100%	134	140.1	10.5

Ave : Average (平均), SD : standard deviation (標準偏差)

対して，計画的集積の新規農地の獲得プロセスは，Arc GIS 10.5（Esri 社）の空間検索機能を用いて，現況の管理農地（Case 0）からバッファを 1m 単位で拡大させ，重心座標がその範囲に含まれる近接農地を逐次抽出していく（図 4-6）。つまり，獲得プロセスは必然的に 1 通りとなり，新規農地数が F20%から F100%の理論値に到達した時点で組み合わせが確定し，これをもとに各 Case とも 1 回のシミュレーションを行い，その結果を考察対象とした。

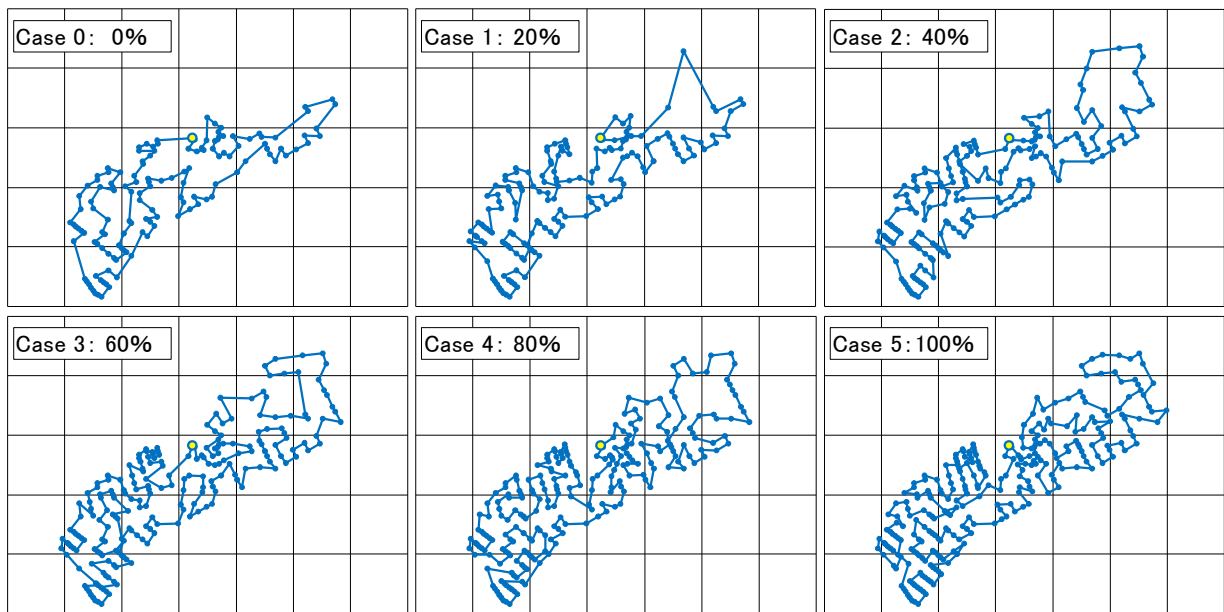


図 4-6 計画的集積の新規農地獲得のイメージ（R=63m の場合）

第4節 シミュレーション結果

最適巡回路について2-Opt法によるシミュレーション結果の一例を図4-7に示す。このなかで、Case0は現況の管理農地（134筆）を対象とした最適巡回路であり、両パターンに共通する。

ランダム集積（上段）は、新規農地獲得の対象エリアにおいて農地が分散していく様子が確認できる。一方、計画的集積（下段）は管理農地から距離が近い農地を優先的に選択していくため、現行の最適巡回路を示すCase 0に酷似した軌跡で農地が増加していく様子が確認できる。



(上段：ランダム集積)

(下段：計画的集積)

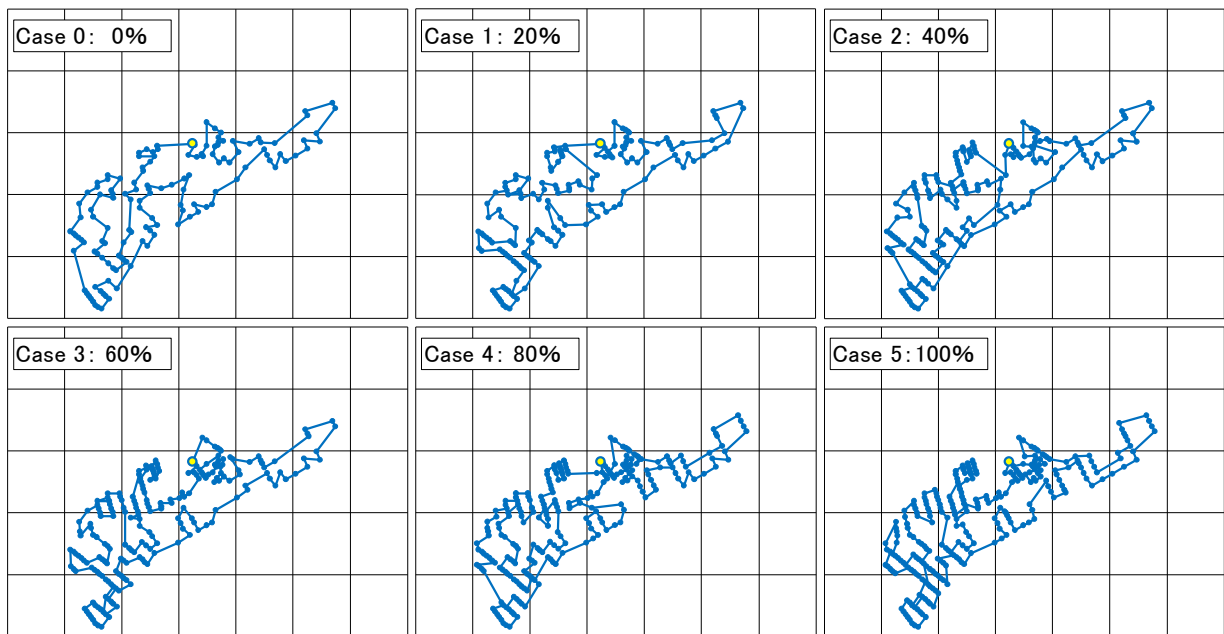


図 4-7 最適巡回路のシミュレーション結果の例

ここで表 4-3 は、全訪問地点間のうち徒歩で移動した地点間の割合（以下、徒歩移動率と略記）を一覧にして整理したものである。本シミュレーションの計算上、全ての区間を車で移動した方が合理的であると判断された 1), 2), 7), 8) に共通するのは、徒歩移動の速度が 1km/h と低速である点である。そして、傾向としては訪問地点数が増加する（Case 0→Case 5）につれて徒歩移動の割合が増加するが、徒歩移動の速度が上昇するにつれて徒歩移動の割合が顕著に急増している点を示された。

表 4-3 全 12 通りの集積パターン別シミュレーションにおける徒歩移動率

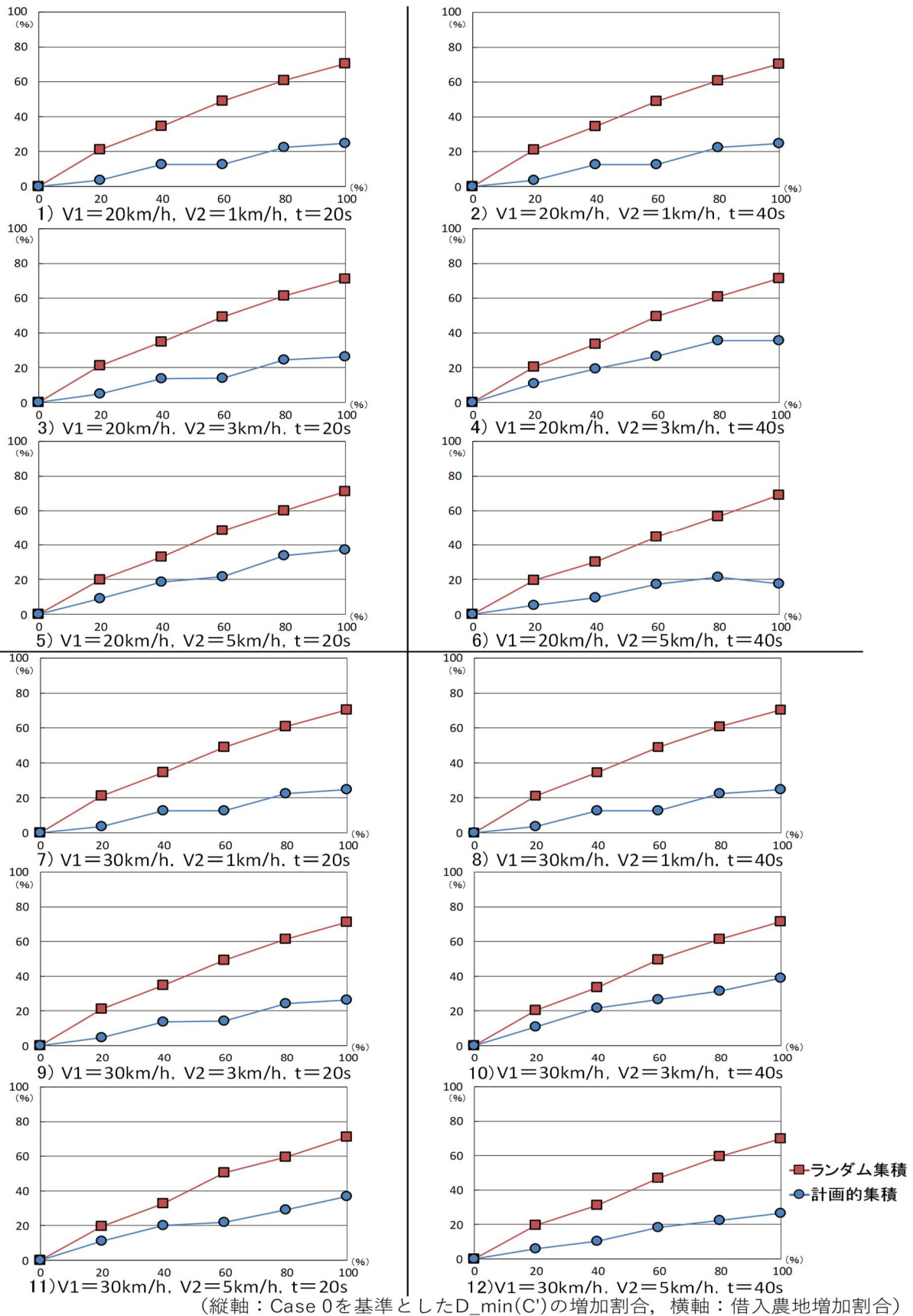
	訪問地点数 (n)	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
	ランダム集積	134	160	187	215	244	274
	計画的集積	134	161	188	214	241	268
	徒歩移動率 (%)	徒歩移動の区間 / 全訪問地点間の区間数 × 100					
1)	ランダム集積	0	0	0	0	0	0
	計画的集積	0	0	0	0	0	0
2)	ランダム集積	0	0	0	0	0	0
	計画的集積	0	0	0	0	0	0
3)	ランダム集積	0	0	1	1	1	2
	計画的集積	0	4	2	9	9	17
4)	ランダム集積	27	30	32	34	37	43
	計画的集積	27	50	60	61	61	69
5)	ランダム集積	27	30	31	36	38	42
	計画的集積	27	51	59	61	58	67
6)	ランダム集積	77	73	78	78	82	84
	計画的集積	77	86	88	82	92	94
7)	ランダム集積	0	0	0	0	0	0
	計画的集積	0	0	0	0	0	0
8)	ランダム集積	0	0	0	0	0	0
	計画的集積	0	0	0	0	0	0
9)	ランダム集積	0	0	1	1	1	1
	計画的集積	0	3	2	5	9	7
10)	ランダム集積	27	30	30	31	34	40
	計画的集積	27	50	56	60	67	65
11)	ランダム集積	26	26	27	28	31	36
	計画的集積	26	41	52	58	62	64
12)	ランダム集積	72	69	75	75	78	82
	計画的集積	72	82	86	82	92	91

一般的には、巡回経路の辺が交差する部分があると、その部分を解消することで総移動距離の改善の余地があると考えられる。Case 5 のように訪問地点数が増えると、ランダム集積のシミュレーション結果において巡回経路が交差することも起こりうるが、他方で計画的集積では交差点は見られない。今回試行したランダム集積の10回のシミュレーション結果ではいずれも交差する箇所は見受けられなかった。これらの点について、ランダム集積よりも計画的集積の方が合理的な経路が導出されやすい傾向は普遍的といえるのか、さらには繰り返し計算回数 (C) の値を上昇させることでランダム集積の非効率的な巡回経路は解消可能かについて検証の余地を残した。

次に、V1, V2, 及び t の時間設定の組み合わせで設定した12通りの条件下で、最短となる総移動距離 $D_{\min}(C')$ 及び総移動時間 $T_{\min}(C')$ の増加割合を対 Case 0 比で時系列に整理し、農地集積パターンの違いから以下の傾向を示した。

まず、図 4-8 に示す $D_{\min}(C')$ の増加割合は、12通りの設定条件全てにおいてランダム集積と計画的集積の差は単調に拡大していく傾向が見て取れる。ここに計画的集積が作業時間ロスの確実な低減に直結し、作業効率化に資する意義を持つことが理解できる。

図 4-8 の結果を細かに分析すると、ランダム集積の場合は、車速度 V1, 人速度 V2, 車準備 t の設定による特徴的な差異は見られなかった。他方、計画的集積の場合は異なった傾向が見られる。具体的には、車速度 V1 の差違はほぼ結果に影響を及ぼさないが、車準備 t が短い (つまり迅速に乗降する) 場合は、人速度 V2 が低速ほど $D_{\min}(C')$ の増加は低く推移し、車準備 t が長い (つまり冗長に乗降する) 場合は、人速度 V2 が中速 (3km/h) の状況で最も $D_{\min}(C')$ が大きくなり、高速 (5km/h) と低速 (1km/h) の状況下で $D_{\min}(C')$ の増加は低く推移すると予測された。



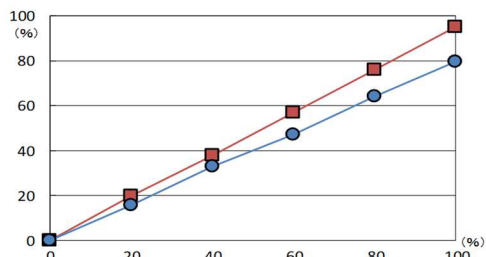
(縦軸：Case 0を基準とした $D_{\min}(C)$ の増加割合，横軸：借入農地増加割合)

図 4-8 総移動距離 $D_{\min}(C)$ の増加に関するシミュレーション結果

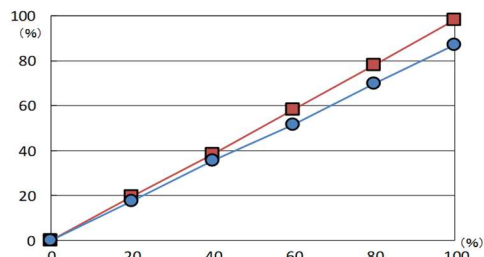
図 4-9 に示す $T_{\min}(C')$ の増加割合の差について設定条件別に見ると、人速度 V_2 が高速になるほどランダム集積と計画的集積の差が拡大するという顕著な傾向が見て取れる。また、計画的集積の総移動時間の増加割合は、車準備 t が長く人速度 V_2 が高速になるほど緩やかな傾きとなる傾向が見られた。ここに、圃場巡回の差違に徒歩で移動する行動や車準備にかかる行動が冗長であると、それが全体の総移動時間の増加に直結する結果が定量的に示された。

図 4-9 の結果を表 4-3 と併せて細かに分析すると、ランダム集積の総移動時間の増加割合に明確な違いが生じた 6) あるいは 12) では、全ての Case で農地増加に伴う徒歩移動率が 70%を超えており、その他の状況設定とは徒歩移動率の面で顕著な違いが生じている。この点から、徒歩移動率がこの水準になるまで農地集積が進まない限り、どのような巡回方法をとっても移動時間は単調に増加していくことが推察される。

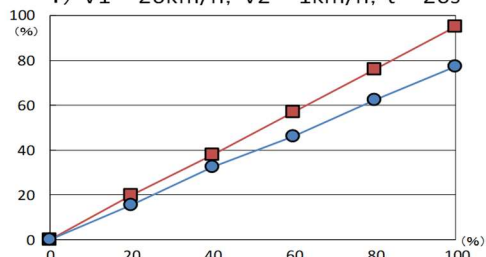
対して計画的集積は全てが車移動となった 1), 2), 7), 8)以外の全ての状況下において、徒歩移動率がランダム集積よりも高く推移している。つまり、徒歩移動率を上昇させることで総移動時間を削減できる。法則性としては、計画的集積の徒歩移動率が 50%水準に達すると削減効果が現れはじめ、ランダム集積との総移動時間の増加割合の差は逡増していく傾向が見られた。また、70%水準ではランダム集積と比較し、その削減率を 2 倍以上引き上げることも期待される計画的な農地集積について、改めてその妥当性が定量的に示された。



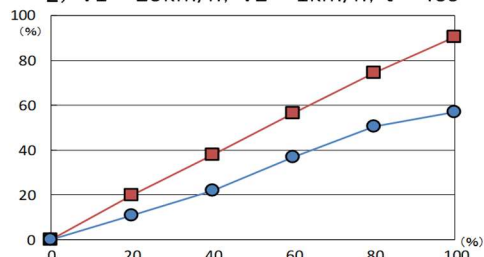
1) V1=20km/h, V2=1km/h, t=20s



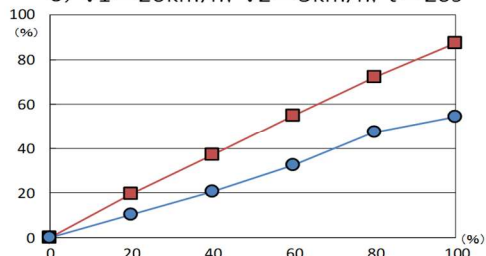
2) V1=20km/h, V2=1km/h, t=40s



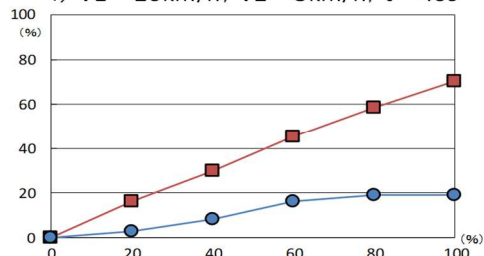
3) V1=20km/h, V2=3km/h, t=20s



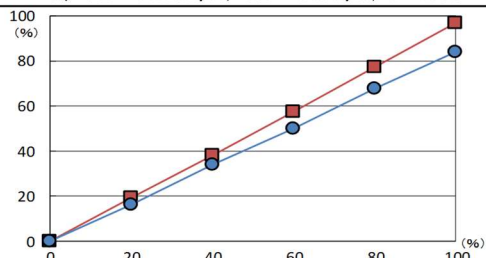
4) V1=20km/h, V2=3km/h, t=40s



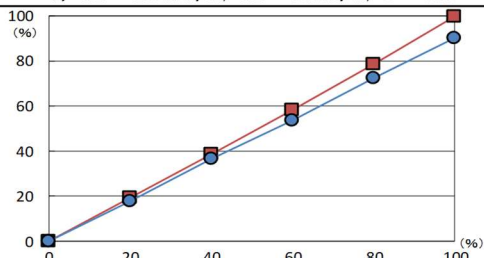
5) V1=20km/h, V2=5km/h, t=20s



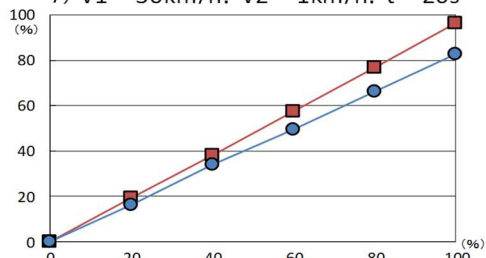
6) V1=20km/h, V2=5km/h, t=40s



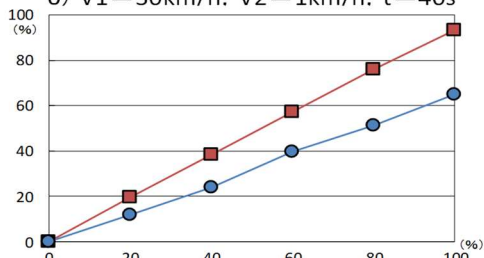
7) V1=30km/h, V2=1km/h, t=20s



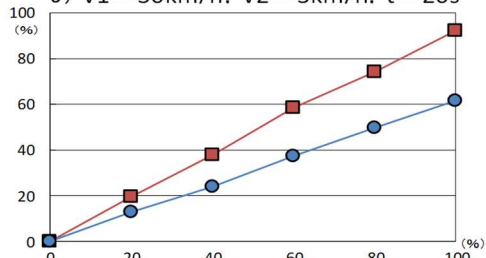
8) V1=30km/h, V2=1km/h, t=40s



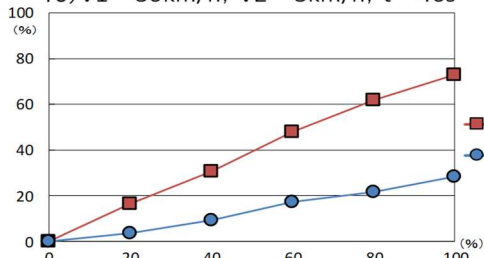
9) V1=30km/h, V2=3km/h, t=20s



10) V1=30km/h, V2=3km/h, t=40s



11) V1=30km/h, V2=5km/h, t=20s



12) V1=30km/h, V2=5km/h, t=40s

(縦軸：Case 0を基準とした $T_{\min}(C')$ の増加割合，横軸：借入農地増加割合)

図 4-9 総移動時間 $T_{\min}(C')$ の増加に関するシミュレーション結果

第5節 モデル活用の可能性の検討

現実の経営管理の場面では、無作為に農地集積が進展した場合、圃場分散が機械の作業能率に及ぼす負の影響、すなわち圃場分散の外部性に直面する機会が多い。そして、一般に多くの農業経営では、畦抜きによる農地の連坦化や作付品種の構成を工夫することなどにより、これらの影響を緩和してきた。ところが、近年における農地集積の進展は、多くの事例においてこれまでの経営体個々の工夫等では完全に対応しきれない影響が顕在化してきている。このような事例においてこそ、OTRR モデルがその獲得プロセスを評価するツールとなり、地域の順応的な経営管理を図るための基礎的な指標となり得る。また、経営体個々の事情により、突発的にまとまった面積の作付けを依頼される場合など、特に労働力に限りのある経営体にとっては、受け入れの可否や受け入れ範囲を日々の生産管理にかかる時間の増加傾向から推し量ることが重要となる。こうした状況下においても、圃場巡回にかかる時間の増加予測は有効な判断材料の一つとして活用できると考えられる。

OTRR モデルによるシミュレーションでは、圃場巡回の総移動時間を最小とする巡回経路を対象としており、その軌跡は圃場の重心座標と直線的に移動するという現状の限界がある。よって、現実性の追求として、用水系統上の取水制限などの影響因子を取り入れつつ、実際の道路網に基づく用水ポンプの開閉、分水柵の堰板調整等の細かな巡回行動を含めた予測を行うとするならば、それらの地理情報を考慮したモデル構造へと改良する必要がある。また、本モデルのプロトタイプ構築にあたり、対象地に限っては、圃場間移動が立地の標高差によって制約を受けるような状況は考慮されていない。したがって、モデルの適用を高めるためには、詳細な標高データの活用により、傾斜による通行制限や遠回りに要した時間的な負担について別途考慮した移動効率を設定し、中山間地域等の地理的条件を踏まえた精緻な評価モデルを構築することが今後の課題としてあげられる。

一方で、OTRR モデルが生産現場に示唆しうる情報は、本シミュレーションで析出した基礎的な結果以外にも多い。例えば、今日の ICT 農業技術の進展により、巡回すべき圃場を間引くことが可能となる場合、本シミュレーションの地点座標を削除することで、削減可能な作業時間の概算は容易に予測可能である。

この議論については、各地点での作業時間の概念をモデルに具備することが可能となれば、各圃場への直接的な訪問を間引くことによる労働時間の節減効果をより現実的に評価できる可能性を有する。この機能が確立されるならば、経営計画における労務管理に対して大きな貢献となり得る。

引用文献

- 遠藤和子. 2008. マイクロシミュレーションによる農地利用予測. 関東東海農業経営研究. 98: 1-12.
- 佐藤 昶・高橋太郎・合崎英男・山田七絵・中嶋康博. 2018. GPS トラックデータを利用した農道および農家の移動経路の判別手法と経路選択の評価. 農業農村工学会論文集. 86(1):I_35- I_45.
- 藤本知宏・有賀一朗・矢島英賢・黒部恭史・百瀬公人. 2014. 歩隔が歩行中の体幹加速度の Harmonic ratio に与える影響. 第 49 回日本理学療法学会大会抄録集. 41(2):0943.
- Yamashita, R. and Hoshino, S. 2018. Development of an Agent-based Model for Estimation of Agricultural Land Preservation in Rural Japan. Agricultural systems. 164:264- 276.

第5章 農地集積に向けた農家行動が営農面にもたらす影響

第1節 はじめに

農業競争力を強化し、持続可能なものとするためには、経営規模拡大など意欲ある担い手に対し、地域内の農地をまとまりのある形で利用できるよう配慮することが重要である²⁹。農林水産省による若手農業者を対象とした web 調査（有効回答 1,875 人）では、その約 4 割が関心の高い施策の一つに農地集積をあげている³⁰。この結果は、農地集積が生産コストの低減や農業所得の向上など正の影響を与えるとする期待値とも受け取れる。

ところで 2016 年度の担い手に対する農地集積率は 54%と近年緩やかに増加している³¹。しかしながら、現在の進捗状況では 2023 年までに担い手への農地集積を全農地の 8 割とする目標に対し達成が難しいとする見方もある（笹口, 2018）。目標達成に向けては、人・農地プランを前提に、機構の取組を加速化していくことが有効と考える。具体的には、農業者の申請・同意・費用負担によらない機構借入農地の基盤整備や、相続未登記農地の集積を図る条件整備等の取組は、農地の再流動化を促進し、効果的な農地集積・集約化につながると考えられる。

こうした政策論に対し、先駆的に農地集積を進めてきた経営体では営農面にどのような進展や後退があったのか。とりわけ集積過程で直面した課題や対応策について評価した研究事例の蓄積は、労力に限りのある経営体に対し、その部分の圧縮によるコストダウンの可能性や面積拡大の方向性を見定める上で有益な指針となりうる。それゆえに、経営規模の大小や生産基盤の整備水準に違いがあるにせよ、経営体の集積過程における創意工夫や体制づくり等の農家行動に関する評価事例の蓄積は、今後も集積を計ろうとする多くの経営体に示唆を与えることに相違ない。これらの点に農地集積後（以下、集積後と略記）の経営展開に貢献できる要素がある。

²⁹ 農林水産省（参照 2019.4.26）．平成 30 年度 食料・農業・農村白書. 111. （オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

³⁰ 農林水産省（参照 2019.4.24）．平成 30 年度 食料・農業・農村白書. 10-11. （オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

³¹ 農林水産省（参照 2019.4.26）．平成 30 年度 食料・農業・農村白書. 112. （オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

本研究では水田農業において農地集積を積極的に進めてきた経営体に焦点を当てる。そして農地集積がもたらしうる正負の影響についてどのような傾向があるのか実態調査から分析し、集積後の課題について整理する。なお、詳細は後述するが、集積後の課題や所望する内容に地域差が生じることを鑑み、研究対象は平坦地域（都市的地域及び平地農業地域）と中山間地域（中間農業地域及び山間農業地域）に区分して分析する。

第2節 既往研究と本研究の位置づけ

近年担い手への農地集積を要件とする圃場整備事業（経営体育成基盤整備事業）が創設され、実施地区では平均 80%以上の農地が担い手に利用集積されている（石井, 2019）。事業を介して特定の担い手に農地の所有権・利用権が移り、面的集積を促進する仕組みは、担い手への農地再配分を容易とし、効果的な農地集積を図る有効な手段として評価できる。しかし機構など地域の土地利用調整の仕組みが整っていない時期に農地集積を進めてきた地域では、1枚のみ孤立する圃場が相当数あるとした経営体や、圃場分散によりこれ以上の面積拡大は時間的にも労力的にも難しいとする経営体も多い³²。地域内に農地の受け手となる担い手が存在することを前提とすれば、農地集積が今後もおのずと進展していくとする見方もある（梅本, 2019）。それでも問題となるのは、担い手への農地集積が圃場分散した状態で進展していくことにある。今後は綿密な計画のもとに集積が計られるような農地配分に近づけば理想的であるが、そうでない場合は、圃場管理や移動時間のロスが拡大し、経営の足かせになることが懸念される。こうした圃場分散の問題をめぐっては、かつて細山（2004）が自発的な区画交換による集積戦略論を、有本ら（2014）は農家の区画交換への参加率と団地化率の関係性について分析している。しかしながら、いずれも面的集積の有効性やあり方について包括的な議論にまでは至っていない。これに関連し、西村（2018）は面的集積のメリットを定量的に示すことを目的として圃区内隣接性や合筆可能性を考慮した土地利用調整を図るシミュレーションツールを開

³² 農林水産省（参照 2019.4.26）. 平成 30 年度 食料・農業・農村白書. 133. （オンライン）. http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

発している。しかし、農地再配分の割り当てに不公平感が出るなど、具現化に向けては検討の余地が残っている。こうした利害の一致を図るため、現実には担い手間の水利秩序や個々の生産性を高めるための農家行動が存在しているはずであり、この部分を計り知ることにより現実味のあるシミュレーションが可能になると考えられる。

そこで本研究では、無秩序に農地貸借が進んでいる地域の担い手支援を念頭に、集積過程におけるどのような農家行動が営農面に正の影響を与えるのか、先駆的に農地集積を進めてきた経営体の実態調査から分析する。また集積完了後に生じた新たな課題を抽出し、面積拡大がもたらしうる負の影響について分析する。近年は無理をしてでも遠くの圃場を集積するという状況はなくなりつつある（梅本ら、2011）。それでも農地集積が営農面にもたらす影響は、集積過程におけるどのような農家行動に起因するのか、こうした分析は、面的集積に向けた土地利用調整や担い手間の交換分合などの取組に対する支援の重要性について改めて指摘できるほか、特に負の影響に起因する農家行動からは農地集積に向けた留意点を示すことができよう。これらの点に本研究の成果が貢献できる要素がある。

第3節 実態調査の枠組み

1. 研究対象

農地集積による農業構造改善が期待される北陸の平坦地域では、経営規模が20 ha を超えるような大規模水田経営体への農地集積が加速化している（大仲，2013）。これに対して、中山間地域では、大規模な農地集積が困難であることが通説となっている（松岡ら，2017）。農地面積と農業算出額が全体の4割を占める中山間地域の役割は大きい。しかしながら、荒廃農地が発生しやすい環境となっており³³，ある意味では平坦地域以上に担い手への農地集積が必要である。

そこで本研究では、今後も農地集積が進むとした場合、大規模経営を目指す法人に集積を進める平坦地域と、例えば農地維持を前提に集落の共同組織に集積を進める中山間地域では、目的意識の違いから集積後に生じる課題に差異が生じるのではないかとの仮説に基づく。また、経営体のどの段階で集積完了とするのか一意に定めることは難しいが、本研究で扱う集積後とは、平坦地域の経営体であれば100ha以上、中山間地域の経営体であれば集落の8割以上の農地集積を完了した段階と定義し、以下の2経営体を研究対象とした。なお、経営体の実態調査については、複数回のインタビュー調査と過去5年間（2014年～2018年）の農業生産及び作業記録に関する情報収集を行った。

(1) 農業法人 K(平坦地域)

平坦地域の調査対象は、石川県金沢市北部で水稻作を中心に農業経営を行う農業法人 K（以下、法人 K と略記）である（図 5-1）。経営主の K 氏は40代半ばであり、1995年に家業を継ぐべく専業農業者として就農し、2012年に法人化した。集積地は自宅兼事務所のある集落周辺と、ライスセンターや機械格納庫施設がある河北潟干拓地に大きく区分され、その集積地間は直線距離で概ね10kmとなっている。集落周辺は都市混住化が進む市街地近郊にあつて、離農者から徐々に農地を借り受けて、現在はそのほとんどが利用権設定されている。対して、干拓地では個人や県の開発公社が造成した農地を借り入れている。これを合わせた経営面積は、2018年現在で約126ha、筆数は約780筆となってい

³³ 農林水産省（参照 2019.4.26）．平成30年度 食料・農業・農村白書. 199.（オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/pdf/zenbun.pdf.

る。土地利用は、農地全体の約 2/3 が水稲作、約 1/3 が大麦と大豆の二毛作、干拓地の一部の湿田ではレンコンを 1.7ha 作付けしている。

(2) 集落営農組合 U(中山間地域)

中山間地域の調査対象は、金沢市に隣接する河北郡津幡町の山間部で水稲作を行う集落営農組合 U (以下、組合 U と略記) である (図 5-2)。元々は集落で取り組む中山間地域等直接支払交付金³⁴を共同機械の購入費用に充てようと、同制度の協定農地約 12ha を共同管理する方針の下、2010 年に農家 16 戸 (現在 14 戸) で設立した。組合を構成する 14 世帯のうち 5 世帯 (60 代 1 名, 70 代 1 名, 80 代 3 名) はすでに作業の全てを一任したいとし (これをリタイアと捉える)、現在は 9 世帯で共同管理を実施する (2019 年 6 月)。水稲作については、9 世帯のうち 2 世帯 (70 代 1 名, 80 代 1 名) が施肥・管理のみ従事し、残りの 7 世帯 (40 代 1 名, 50 代 2 名, 60 代 2 名, 70 代 2 名) で機械作業を併せ行う。このうち 70 代の 2 名を除く 5 名が会社勤めをしており、このなかで 60 代の 1 名が生産組合長と共同機械の使用管理・点検整備を兼務している。集積地は協定農地の一部を除く約 11ha で、その範囲は 1 集落ではあるものの、集落の約 9 割を集積する。しかし、任意団体であることを理由に、利用権設定は行っていない。土地利用は、全体の 7 割に当たる 8ha は水稲作に利用され、残りの 3 割は耕うんのみを行っている積極的な耕作意思が低い不作付地となっている。

³⁴ 農林水産省 (参照 2019.8.19) . 中山間地域等直接支払交付金実施要領の運用. (オンライン) . http://www.maff.go.jp/j/nousin/tyusan/siharai_seido/attach/pdf/index-10.pdf.



図 5-1 農業法人 K (平坦地域)



図 5-2 集落営農組合 U (中山間地域)

2. 経営概況

水田農業をめぐる需要構造の変化に対し、米生産については、法人 K 及び組合 U とともに、早生・晩生品種の導入による作期分散を実現し、加工用米や備蓄米、新規需要米（飼料用米・WCS 等）の生産量が増加している（表 5-1）。

また、単収も増加傾向にあり、作業平準化の取組が実需者ニーズの高い米生産に対して正の影響を与えていることが伺える。しかし、組合 U については主食用米を含めた全体の作付面積が減少傾向にあり、不作付地は増加している状況にある。

一方で、戦略作物等の本作化が求められるなか³⁵、法人 K の大麦・大豆の作付面積は減少傾向にあり、その単収は大きく変動している（表 5-2）。

表 5-1 水稲作の生産実績

		法人K(平坦地域)			組合U(中山間地域)		
		2014年産	2016年産	2018年産	2014年産	2016年産	2018年産
水 稲	作付面積 (ha)	69.9	81.2	84.0	9.2	8.1	8.0
	①主食用米	45.2	49.0	50.7	6.6	5.6	4.7
	②加工用米・備蓄米・新規需要米	24.7	32.2	33.3	2.6	2.5	3.3
	生産量 (ton)	340.1	468.9	521.4	40.4	36.2	38.9
	①主食用米	189.6	268.8	292.8	26.7	22.6	19.8
	②加工用米・備蓄米・新規需要米	150.5	200.1	228.6	13.7	13.6	19.1
	単収 (kg/10a)	487	577	621	439	447	486
	①主食用米	419	549	578	405	404	421
	②加工用米・備蓄米・新規需要米	609	621	686	527	544	579

³⁵ 農林水産省（参照 2019.8.21）．平成 31 年度経営所得安定対策等の概要．（オンライン）．
http://www.maff.go.jp/j/kobetu_ninaite/keici/pdf/attach/pdf/pamph-2.pdf.

表 5-2 その他作物の生産実績

		法人K(平坦地域)		
		2014年産	2016年産	2018年産
大麦	作付面積 (ha)	46.0	42.6	40.7
	生産量 (ton)	71.5	91.0	52.0
	単収 (kg/10a)	155	214	128
大豆	作付面積 (ha)	54.6	42.0	40.7
	生産量 (ton)	80.7	50.5	47.0
	単収 (kg/10a)	148	120	115
レンコン	作付面積 (ha)	1.2	1.7	1.7
	生産量 (ton)	19.4	23.9	24.8
	単収 (kg/10a)	1,617	1,406	1,459

3. 調査の視点及び内容

積極的に農地集積を進めてきた法人 K と集落の約 9 割を集積してきた組合 U を対象とし、以下の 3 つの視点からインタビュー調査を行った。経営体へのインタビュー調査の内容、及び結果について、法人 K（平坦地域）は表 5-3、組合 U（中山間地域）については表 5-4 に示す。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">① 現行の集積地 （条件不利地を抱える現状や日常管理の負担等）② 集積過程における経営体の創意工夫等 （地域での創意工夫や体制づくり等）③ 集積後の今後 （面積拡大の意思や農地維持・確保のための新たな課題） |
|---|

表 5-3 法人 K の調査結果

調査項目		法人K(平坦地域)
① 現 行 の 集 積 地 に つ い て	農地の利用集積 (2018年現在)	約126ha
	作期分散の取組はあるか	有
	主食用米	コシヒカリ (中生)
	加工用米・備蓄米・新規需要米	ゆめみづほ (早生),あきだわら (晩生)
	条件不利と思う農地はあるか	有
	未整備田 (小区画・排水不良等)	集落周辺に狭小区画 (8a),干拓地に湿田あり.
	用水不足・取水制限等	集落周辺の水田では夏場の渇水期に感じる程度. 干拓地では畑のスプリンクラーとの兼ね合いから水利用に制限がある. ヒドリガモによる大麦の食害がある.
	条件不利地を借り受けた経緯	離農者から申し出があり,規模拡大を考えた時期でもあったため.
	水管理で大変と思うことはあるか	有
	圃場巡回	筆数が約780筆と多く,例えば水管理は家族 (親,兄弟等) を中心に3~4人体制で行っても,3日に一度しか巡回できない状況. 離れた水田では水量調整の堰板が故意に外されることが
生育管理	水が3日間位入りっぱなしになることがあり,移植したての苗が深水で泥が溶け,苗立ちが悪くなる心配がある. また逆に水が入られない日が続くと雑草が蔓延る心配がある.	
畦畔管理で大変と思うことはあるか	有	
畦畔の草刈・除草剤の散布	草刈は梅雨時期に1回,その後の除草剤は平均2回. 動力の草刈機で8a区画1枚当たりの作業は約5分. 経営規模拡大の過程において作業の負担増を感じている.	
② 集 積 過 程 に お け る 経 営 体 の 創 意 工 夫 等	経営体の創意工夫	有
	連坦化の取組	集積過程において他の生産者と用水系統別に農地の再配分を行った. 水管理では圃区内の水量調整が思い通りとなるほか,水口開閉や堰板調整等の連続作業が歩きながら可能となる場合もあり,時間短縮の効果を感じている.
	基盤整備の取組	農地再配分の取組により連坦化が図られた集積地では,畔抜きによる区画拡大や整形化を
	水利秩序を図る取組	周辺の小規模農家の田植がピークとなる5月初旬は取水を避け,水利秩序を守るよう配慮. 町会で水利使用が8月までと決まっている場合があり,早生品種を作付けするなど適宜対応.
	管理体制の見直し	有
	生産管理	集積過程において水管理の人員配置は,家族の中でも,大部分を女性社員 (2人) が従事するよう変化した (平均7時間従事,冬場6時間). 1町会で7割~8割集積した場合,水管理や見回りは徒歩で連続する方が早いので車を停めて巡回. 1人1町会のながれを確立し,水管理の際には一通り水じりまで水漏れがないか確認するよう整備.
	点検・見回り	大雨後は水が引くまで仕事が少ないため,そのタイミングで水漏れ等の点検を強化.
	雇用	例年繁忙期にアルバイトを1人雇用. 現在は従業員を募集.
	販路の確保	有
	成果物の主な販売ルート	主食用米は民間へ販売 (平均15,000円/60kg),加工用米及び備蓄用米等はJAに出荷. (過去には大手コンビニのおにぎり用のコメを作付けしたが,買取価格が安価なために取りやめた経緯がある)
③ 集 積 後 の 今 後 に つ い て	面積拡大の意思はあるか	有
	拡大可能な農地面積	水稻作付は現行84haから100haまで拡大可能.
	面積拡大へ向けた現在の状況	農地中間管理機構に干拓地周辺の農地を対象に受け入れ申請しているが,一向に回ってこな
	面積拡大に向けた基本的な考え	離農者が増加傾向にあることを見込んでおり,今後の面積拡大のためには区画交換による農地の集約化を図ることが重要.
	具体的な取組・検討の可能性	今年度から仲間の生産者に声掛けし自発的な区画交換を実施予定. 限られた労力を節減するため,水管理システムの自動化等についても将来検討したいと考えている.
	新たな課題はあるか	有
農地維持・確保	公共事業において環状線道路が計画されているが,現行農地の代替地に見通しがたっていない状況.	
面積の縮小	面積縮小の考えは今のところない.	

表 5-4 組合 U の調査結果

調査項目		組合U(中山間地域)
① 現 行 の 集 積 地 に つ い て	農地の利用集積 (2018年現在)	約11ha (集落の約9割を集積)
	作期分散の取組はあるか	有
	主食用米	コシヒカリ (中生)
	加工用米・備蓄米・新規需要米	ぺこごのみ (早生)
	条件不利と思う農地はあるか	有
	未整備田 (小区画・排水不良等)	谷津田の所々に狭小区画 (2a~5a) あり。
	用水不足・取水制限等	慢性的に不足する水田が一部あり。
	条件不利地を借り受けた経緯	中山間地域等直接支払の協定農地として共同管理し、共同機械の導入費用を補填するため。
	水管理で大変と思うことはあるか	無 (今のところ)
	圃場巡回	水管理は組合員全員で元々所有する農地を巡回する体制とし、現在のところ問題はない。しかし、年々リタイアする組合員が増加し、今後の巡回体制の維持を心配する。
	生育管理	施肥についても組合員で分担し、現在のところ問題はない。しかし、年々リタイアする組合員が増加し、今後の作業体制の維持を心配している。
	② 集 積 過 程 に お け る 経 営 体 の 創 意 工 夫 等	畦畔管理で大変と思うことはあるか
畦畔の草刈・除草剤の散布		ここ5年間でイノシシ被害が急増。侵入防止の電気柵が雑草の接地により漏電しないよう密な除草管理が必要で作業の負担増を感じている。
経営体の創意工夫		有
連坦化の取組		集落内の協定農地を対象として約9割を面的集積した。 用水が豊富な団地では品種配置について機械の連続作業や集約的な栽培管理を考慮して決定。
基盤整備の取組		組合設立と同時に中山間地域総合整備事業で圃場整備が完了し、農地集積が図りやすくなった。
水利秩序を図る取組		過去には夏場の渇水期に水利用をめぐるトラブルが発生したが、組合による農地集積が完了し事態は収束した。
管理体制の見直し		有
生産管理		基本的には組合設立時から、組合員が元々所有する農地を中心に生産管理を担う体制としており、例えば、水管理は朝と夕方の1日2回の綿密な管理を実施する。 また、集積過程のなかで作付けできない農地が発生した場合は、組合が協定農地の保全管理の観点から耕うん (年2回) を行っている。
点検・見回り		小規模な災害や不具合が発生した場合、組合が費用負担を含め検討することを整備。
雇用		育苗ハウスの管理にアルバイトを1人雇用。
販路の確保		有
成果物の主な販売ルート		主食用米は組合員が個別に販売 (平均18,000円/60kg) , 新規需要米はJAに出荷。
③ 集 積 後 の 今 後 に つ い て	面積拡大の意思はあるか	無
	拡大可能な農地面積	これ以上の面積拡大は難しい。
	面積拡大へ向けた現在の状況	機械作業が行える組合員の多くが会社勤めをしており、時間的・労力的に難しい状況。
	面積拡大に向けた基本的な考え	機械作業が行える組合員が会社勤めを辞めて専従するなど、面積拡大よりも、現行の農地維持のための労働力の確保が重要。
	具体的な取組・検討の可能性	まずは特定の組合員に機械作業等が集中しないよう組織内で調整を図ることを検討。機械作業ができない組合員でも、引き続き水管理や畦畔管理に従事してもらう。
	新たな課題はあるか	有
	農地維持・確保	作業及び管理を一任したいとするリタイア組が増加すると見込まれ、農地維持すら難しくならないか心配。
面積の縮小	共同機械の借金返済のため、協定農地の農地縮小はできない。集落共同で農地を守りたいが、維持できなくなった時に農地を簡単に返還できないことは不安。	

4. 結果の整理

法人 K, 及び組合 U へのインタビュー調査の結果, 集積過程における創意工夫や体制づくり等について, 以下の特徴的な傾向が見られた。

(1) 農業法人 K(平坦地域)

① 現行の集積地

現行の集積地が大きく二分するなか, 干拓地では作付品種や水利使用に制限があるものの, 60a 区画における機械作業の連続性や作業能率の絶対量から, 大区画に整備された水田での面積拡大の意思につながっている。

しかし, 集落周辺の狭小区画を含め, 約 780 筆を綿密に管理することは容易ではなく, 例えば水管理は, 経営主の家族(親, 兄弟等)を中心に 3~4 人体制で行っても, 3 日に 1 度しか巡回できない状況である。

単収・品質の維持には栽培管理の粗放化は避けなければならない, 特に米生産の水管理は移植以降, 継続的な実施が必要となる(梅本,1996)。当集積地に限っては, 用水が入りっぱなしになることや, 逆に入れられない日が続くこともある。移植直後は用水が入りっぱなしになると苗立ちが悪くなり, 入れられない日が続くと, 雑草に負けてしまい単収が減少する恐れがある。

近年の生産実績を見る限り, 米生産の単収に与える影響はまだ小さいと考えられるが, それでも水管理(落水, 作柄の見回り含む)や畦畔管理(畦畔草刈り, 除草剤散布, 水漏れ補修含む)に要する作業時間(図 5-3)は面積拡大に伴い増加傾向にある。その他, 作付面積が減少している大麦・大豆は, 調査結果から湿害や鳥害の影響により単収が不安定な状況にあると推察され, こうした要因からさらなる作付面積の減少や生産量の低下につながることを懸念される。

法人 K (平坦地域)

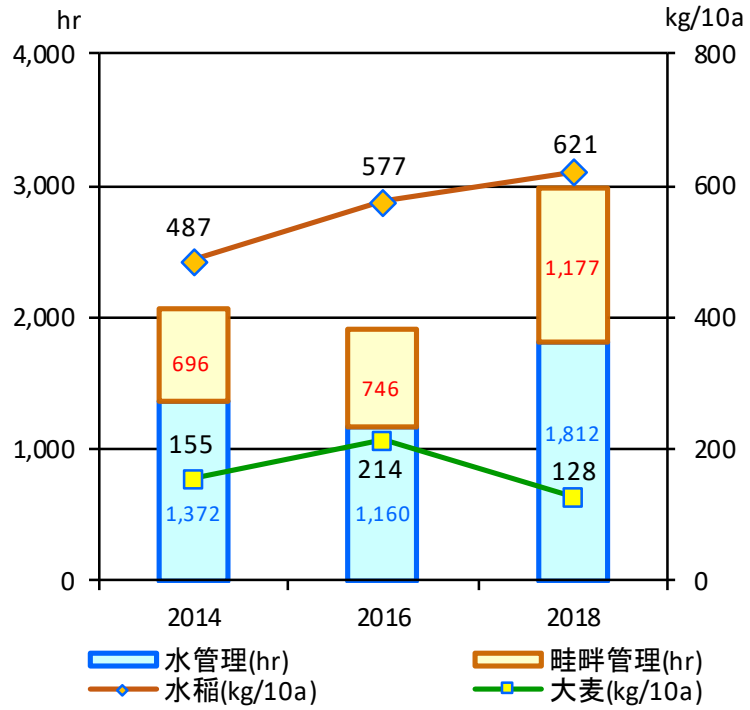


図 5-3 管理作業の時間と単収の変化

② 集積過程における経営体の創意工夫等

圃場分散に伴う圃場間移動等の負担を軽減するため、他の生産者と農地の再配分を行った。用水系統別に農地の集約化を行った結果、実際の水管理の場面では、圃区内における水量調整が思い通りとなるほか、各圃場の水口の開閉や堰板調整等は歩きながらの作業が可能となり、移動時間の圧縮の観点から水管理がずいぶんとラクになったと指摘する。換地や交換分合の資源配分は利害が生じやすく合意形成が容易でないことが知られる（能美，1995・中嶋ら，2011）。こうした借地錯綜化後の土地利用調整の可能性の検討は本研究以降の課題となるが、地域主体の自発的な農地団地化に向けた有効なアプローチになると考えられる。また、集積過程において水管理の人員配置は、経営主の家族のなかでも、その大部分を女性社員（2人）が従事するよう変化した。労働力に限りがあるなか、女性の登用は貴重な労働力を捻出し、新たな作物の導入や戦略作物等の本作化に向けた多角的な取組が期待される。

③ 集積後の今後

水稲作は現行の84haから100ha程度まで拡大可能と考えており、面積拡大の意志は強い。現在は、事務所から近い集落周辺よりも10km先の大区画に整備された干拓地周辺での拡大を希望している。しかし、現状は機構に受け入れ申請を行っても、他の担い手に集積した方が効果的となるためか一向に回ってこない状況である。それでも、離農者が増加傾向にあることを見込み、今後の面積拡大の準備として労働時間を捻出しておくため、現行集積地の集約化を目指すべく、区画交換の取組を検討している。

また、集積地の一部が、インフラ整備（環状線道路の新設）に伴い潰れ地となるが、その代替地に見通しがたっておらず、新たな課題として面積縮小の可能性があげられている。

(2) 集落営農組合 U(中山間地域)

① 現行の集積地

集積地は組合員から借り受ける約 11ha で、これまでの中山間地域等直接支払制度（以下、中山間直接支払と略記）の協定範囲の見直しにより微減しているものの、横ばい傾向となっている。生産者は組合設立を機に「組合 U」で 1 本化している（個人名で成果物を出荷していない）。しかし、かねてより直販ルートを持つ組合員が多く、主食用米に限ってはそれぞれが所有する農地で収穫したコメは組合を経由することなく独自販売し、その収入は各自が得るという稀有なシステムとなっている。そのため、通常発生する地代の支払いはなく、組合の収入源となるはずの主食用米の補填分については、組合員に作業割り当てを無償で課し、具体的には所有する農地の機械作業、及び施肥・管理を負わせて相殺する仕組みとしている。その際、作業割り当て分を他の組合員に賄ってもらう場合はその代価を、共同機械を使用した場合にはその賃料を徴収する仕組みとしている。担い手経営では、借入面積を増やした場合、畦畔管理の粗放化や水路等の管理体制が脆弱となる地域もある（前掲：松岡ら，2017）。組合 U の集積地については、組合員にコメの収入という一定の権限を持たせることにより、集積後も品質や収量の維持に欠かせない畦畔の草刈りや水漏れ点検が継続的に実施されてきた。しかし、リタイアする組合員が約 3 割にまで達し、近年は特定の組合員（60 代、生産組合長、共同機械の使用管理・点検整備を兼務）に基幹 3 作業（耕うん・田植え・稲刈り）の機械作業が集中する傾向がある（図 5-4）。生産実績を見る限り単収に与える影響はまだ小さいと考えられるが、近年はイノシシの作物被害が急増し、電気柵の漏電防止のためのきめ細やかな除草管理が求められるなど、これまでも増して作業が集中することが懸念される。

組合 U (中山間地域)

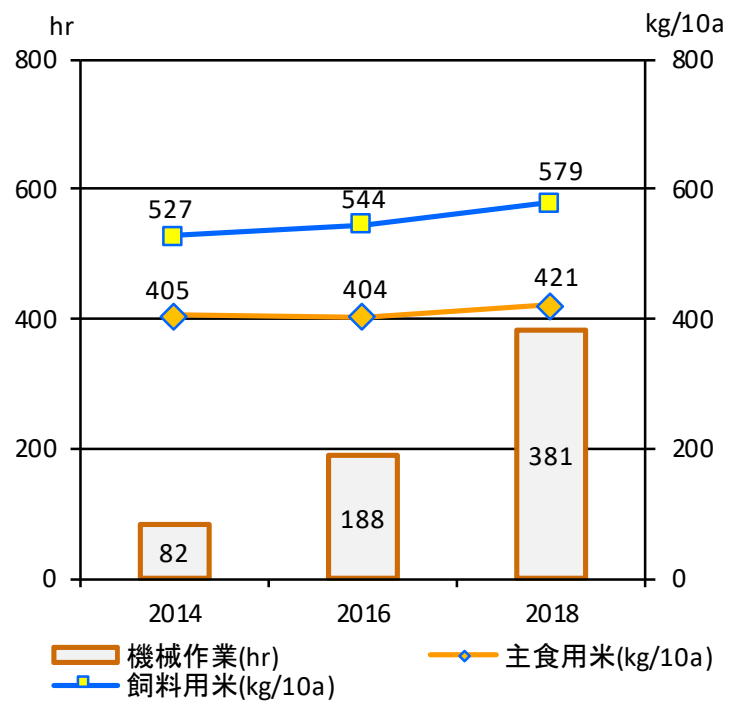


図 5-4 特定の組合員に集中する機械作業と単収の変化

② 集積過程における経営体の創意工夫等

組合設立と同時期に県営中山間地域総合整備事業により圃場整備が完了し、以降、集積地においては水利秩序も図りやすいものとなった。その利点を生かし、用水が豊富な団地では、機械作業の連続性や集約的な栽培を考慮した品種配置を行っている。また近年は、全作業を一任したいとする組合員が増加し、組合の裁量で品種を決定しやすくなったことから、作期分散のために新規需要米を導入した。現在は全体の約4割を作付けし単収の増加も見られる。

基本的には、組合員が、元々所有する農地を中心として生産管理を担う体制としており、例えば水管理は朝と夕方の1日2回の綿密な管理が実現されている。農地や水路等の小規模な災害や不具合については、当組合が費用負担の検討を含め一括管理する体制としている。また、作付けできない農地が発生した場合は、協定農地の保全管理の観点から耕うん（年2回）を行っている。こうした不作付地は過去5年間（2014年～2018年）で2.0haから3.2haと増加しており、特定の組合員への作業負担が集中するなか、これ以上の保全管理の作業増加は経営の足かせとなる可能性が課題としてあげられる。

③ 集積後の今後

現行の集積地では、生産管理や点検・見回りの行き届いていない状況は発生していない。しかし、機械作業を行える作業員の多くが会社勤めをしており、これ以上の面積拡大は、時間的・労力的にも難しい状況であると指摘する。当該地域に限っては、他地区に面積を求めるよりも、まずは足元の不作付地を活用することが重要とも考えられる。

現行では、交付金による共同機械購入費の返済のため、協定期間内に面積を縮小することはないと否定する。現実には、農地を返却したいとなっても負債を抱えたままの状態では返せないというのが実態である。また、仮に共同機械を売り払い、農地を所有者に返せたとしても、個人がすでに機械を失い、耕せないとなれば荒廃の一途をたどることは疑いない。不確実な農地維持が展開されるなか、集積後の農地をスムーズに返却する手段の検討については今後の課題となるが、少なくとも、集積後のその先に労働力が先細りになる可能性がある担い手にとっては、総じて課題となる可能性が考えられる。

第4節 農地集積がもたらしうる影響

1. 農業所得の向上の可能性(正の影響)

農地集積は多くの経営体にとって生産コストの低減や所得の向上が期待されている。水稻作を中心とする水田農業では、上記に加え米価格安定のための取組も重要となってくる。農地集積を進めるなか、今後は経営体自らが各産地の米需給情報をもとに生産・販売の動向を見極めていく必要がある。例えば主食用米に中生品種を作付けしている場合、昨今の実需者ニーズの高い新規需要米等の作付けに対し、早生品種や晩生品種を導入して面積拡大を図る取組は、主食用米の過剰作付けを回避し価格の安定につながるほか、作期分散が図れるために、供給バランスのとれた水稻生産につながる。今回調査したいずれの経営体も同様の取組が見られ、過去5年間の生産実績からは、平坦地域と中山間地域の地理的条件等による単収の差は見られたが、双方ともに生産量は増加傾向にあり、付加価値の高い米生産とは価格帯が異なるものの、農地集積による量の確保の取り組みが、所得の均衡につながる可能性を示した。

2. 水管理等の生産管理に与える影響(正の影響)

平坦地域では、大規模な農地集積が期待されるものの、新規農地の集積過程において、必ずしも隣接する農地を順次借り受けられるような計画的な集積になるとは限らない。このような状況下、法人Kでは他の生産者との連携により用水系統別に農地再配分を実施し、圃場管理や移動時間のロス軽減を実感しており、現行の面積拡大の意思につながっていると考えられる。また、実績として面積拡大による生産量の増加のみならず、単収が増加傾向にあることは評価すべき点と考えられ、今回のように水管理の連続作業を目的とした農地再配分の取組は、経営規模によらず、営農面に正の影響を与える指標の一つになりうると考える。

また、農地再配分の取組は上記水管理に与える影響以外にも多い。例えば、農地再配分の取組により1集落で7割～8割集積した場合、圃場巡回は、車を一度停車させ、徒歩による巡回行動が時間的にも有利になると指摘する。この場合、水口の間隔は長くとも数十メートルであり、徒歩移動率が高くなるような

合理的な農地配分であれば移動時間の低減が期待できる（森澤ら，2019）。実際には，圃場巡回のながれで畦畔の水漏れ確認も行うため，厳密には水尻まで一通り巡回することが含まれる。こうした点検や作柄の見回りを含めた巡回行動を考慮するならば，実際にかかる圃場巡回の移動時間には大幅な低減が見込まれると推察される。また，法人 K のように農地再配分の取組により連坦化が図られている集積地では，畦畔を除去して圃場区画の拡大や整形化を図るきっかけとなり基盤整備の取組が促進されるなど，こうした一連の取組が機械作業と管理作業の効率化につながり，単収増加の一因になっていると考えられる。

3. 農地維持・保全への寄与(正の影響)

中山間地域では荒廃農地が発生しやすく，農地をいかに保全していくかが喫緊の課題となっている。組合 U も例外ではなく，直近 5 年間の作付面積は減少傾向であり，耕うんのみ行う不作付地が増加傾向にある。それでも組合設立後の荒廃農地の発生面積は，中山間直接支払の協定範囲見直しによる約 0.15ha（1.3%相当）に抑制されており，管理を含め一任したいという組合員が増加するなか，十分に評価されるべき点と考える。組合設立と同時期に圃場整備が完了し，効率化を可能とする基盤整備の取組がなければ，農地集積を進めることは難しかったと指摘する。農地集積は基盤整備が正の影響を与えるとされており（植野ら，2016），当地区の農地利用に結びつけていく上で，基盤整備が重要な要素になっていることが考えられる。

また，制度の活用とは別に，全ての組合員が水管理や畦畔管理に携わりやすいように仕向ける組合 U 独自の仕組みづくりも有効である。ありていに言えば，組合員にコメの収入という一定の権限を持たせることで，各自の収入に直結する点検や見回りを必然的に実施させ，その結果が単収の維持・増加のみならず，継続した農地保全の取組につながったと推察される。会社勤めの組合員が多いなど，労働時間に限りのある経営体では，間接的にでも農地集積を契機とした共同管理の機運を高める仕組みがもたらす功績は大きいと考えられる。

4. 面積拡大による労力的な負担(負の影響)

近年、担い手への農地集積が政策目標であることを背景として農地筆が数百になる経営体も珍しくない。こうした面積拡大に伴う労力的な負担がどのような影響を与えうるのか現実問題として受け止めておく必要がある。

面積拡大の影響について、法人 K の管理にかかる延べ時間と単収の変化から分析すると、降雨量が乏しく水管理の巡回が増加した 2018 年は、水稻単収は安定しているものの、大麦については大幅に減少していた。畦畔管理に要する時間は集約化されても農地筆に比例して増加する傾向があり（坂田，2019），現行体制のまま面積拡大を進めた場合は，どのような作物であっても稠密周到な栽培管理が労力的に難しくなることから単収や品質の低下を招く可能性が考えられる。

また，組合 U のリタイア組の増加によって，特定組合員への負担が増加することへの影響については，現行では不作付地を増やすなどし，水稻単収は安定しているものの，これ以上の共同管理の体制維持が難しいとなった場合は，さらなる不作付地が増加し，生産量の低下を招く可能性が考えられる。

いずれにしても，面積拡大による労力的な負担の影響は作物生産の質量両面の低下に直結することが考えられ，これらの影響を軽減する方法論については本研究以降の課題となるが，例えば慣行の綿密な栽培管理とは別に，ICT 等を活用して管理の軽労化を図り，面積拡大による作業負担を軽減する方法の検討などが考えられる。

第5節 集積後の課題

農地集積完了後の実態調査では、平坦地域の法人 K と中山間地域の組合 U の両者において、今後の面積拡大の意志に明確な違いが表れた。

平坦地域において積極的に農地集積を進めてきた法人 K は、水稻作の面積について現行の 2 割増にあたる 100ha まで拡大可能としている。経営主の K 氏自身、現行体制のままでの面積拡大は難しいとしながらも、具体的な方策として、まずは正規雇用の従業員募集により、体制の見直しを図ろうとしている。しかし、肝心の新規農地の受け入れは、機構への申請をはじめとして所望しているが、その成果が伴わないという現実の課題がある。それでも、面積拡大に向けた準備として、2019 年度からは積極的に仲間の生産者に区画交換を持ちかけて労働時間の圧縮を画策するなど、人・時間・農地を重層的に整備していくことが、100ha 規模の大規模経営を展開する上で課題としてあげられる。

一方で、中山間地域において集落の約 9 割を集積してきた組合 U は、これ以上の面積拡大は難しいと判断している。特定の組合員の作業負担が集中するなか、現実には、面積拡大よりはむしろ、当面の農地維持にかかる労働力の確保が急務となっており、作業の集中を避けるための組織内の調整や、集落間の垣根をこえた新たな人材の育成・確保に努めていくことが課題としてあげられる。

現行では、後継者が不確定なまま進むとした場合、主軸となる者が限界を迎えた際にどのような農家行動が求められるのか、現実にはそこまで考えられないという経営体は多い。今後は集積後のその先を見定め、担い手自身が農地集積のあり方について逐次改善していく時代が訪れる。また、組合 U のように集積可能な範囲で約 9 割の集積を達成したものの、今後はリタイア組の増加により、農地の維持すらできなくなった時に、農地を簡単に返還できないことに不安が生じているなど、農地集積がもたらす影響は地域の実情に応じて進化しており、それを指導する体制整備もまた重要であると考えられる。

引用文献

- 有本 寛・中嶋晋作・富田康治. 2014. 区画の交換による農地の団地化は可能か？—シミュレーションによるアプローチ—. 農業経済研究. 86(3): 193-216.
- 石井 敦. 2019. 平野部水田地帯における真の低コスト稲作の実現方策と課題. 農業農村工学会誌. 87(9): 3-6.
- 植野栄治・増岡宏司・三谷和也・中田摂子. 2016. 農地整備が農地利用集積に与える影響. 農業農村工学会誌. 82(9): 29-32.
- 梅本 雅. 1996. 圃場分散に対する圃場別生産管理の実態と特徴. 農業経営研究. 34(4): 23-33.
- 梅本 雅・平野信之・恒川磯雄. 2011. 担い手育成に向けた経営管理と支援手法. 担い手の展開に向けた地域的支援手法. 梅本 雅編著. 総合農業研究叢書. 中央農業総合研究センター. 第5章. 66: 203-238.
- 梅本 雅. 2019. コストダウンの戦略—農地の集積から面的集積へ—. 農業と経済. 85(9): 17-24.
- 大仲克俊. 2013. 農業構造変動の先進地域における大規模水田農業経営体の展開. 地域政策研究. 15(3): 137-158.
- 坂田 賢. 2019. 中間農業地域において集約化が進んだ経営体の稲作管理作業. 農業農村工学会誌. 87(9): 11-14.
- 笹口裕二. 2018. 農林水産政策の主要課題—成長産業化に向けた改革—. 立法と調査. 396(1): 117-132.
- 中嶋晋作・有本 寛. 2011. 換地選定をめぐる利害対立と合意形成—新潟県新発田北部地区の事例—. 農村計画学会誌. 30(1): 65-73.
- 西村和志. 2018. 巡回経路探索法を利用した圃場情報のリスト化手法の開発—圃区内隣接性を確保する多段階経路探索法の開発と適用—. 農業経済研究. 90(1): 77-82.
- 能美 誠. 1995. 大区画圃場整備事業に伴う換地の合意形成とその要因. 農村計画学会誌. 14(1): 20-30.
- 細山隆夫. 2004. 農地賃貸借進展の地域差と大規模借地経営の展開. 農林統計協会.
- 松岡 淳・間々田理彦・淡野寧彦. 2017. 中山間地域の水稲作経営における農地集積の実態と展望—「峡谷型中山間地域」を事例として—. 農林業問題研究. 53(3): 148-155.
- 森澤健作・山下良平. 2019. 水田農業における農地集積の計画性が圃場巡回の効率性に及ぼす影響予測モデル. 農業情報研究. 28(3): 115-126.

第6章 基盤整備が高付加価値農業の収益に及ぼす影響

第1節 はじめに

新たな食料・農業・農村基本計画（2016年3月）では、農業生産額の増大や生産コスト縮減による農業所得の増大、農村地域の関連所得の増大に向けた施策の推進が掲げられており、経営の多角化・複合化、6次産業化、地域ブランド化などの農業の高付加価値化への取組がより一層期待されている。そのような取組を創発するためには、労働力の捻出が必要であり、そのための有効な施策の一つが担い手への農地利用集積を通じた農業構造の改善であると考えられる。農地利用集積は農地整備が正の影響を与え、50a以上の農地の再整備が農地利用集積を促進することが確認されている（植野ら，2014）。

しかし、現状では、農業構造のどのような変化が多角的な取組に結びついているのかなど、施策の有効性や農家行動について定量的に評価した研究は少なく（藤栄，2016）、所得増大に向けた取組の進捗を判断することが難しい。そのような状況においては、農業の高付加価値化に取り組むインセンティブが弱く、収益性の高い営農展開を図ろうとする農業経営体にとっては、指針となるモデルが見えにくいといった課題がある。

ここで、一つの仮説として、圃場整備などの基盤整備による物理的要因の変化が取組の促進要因として影響を与えているとするならば、基盤整備が単なる作物生産のみならず、農業の高付加価値化につながる有効なツールとして位置づけることができる。また、この仮説が例証されるならば、今後の農地整備のあり方や事業の推進に示唆を与えることができるものとする。

本研究では、上記課題へのアプローチとして、基盤整備が完了した複数地区の担い手に対するアンケート調査結果を用いた。このなかで基盤整備をきっかけに農業の高付加価値化への取組に着手した担い手を抽出し、経営体属性や経営展開が収益に与える影響を評価するほか、基盤整備が農業の高付加価値化の取組による収益（以下、「取組の収益」という）につながる可能性について考察する。

第2節 分析の枠組み

1. 分析対象とする高付加価値化の取組内容

農業の高付加価値化の取組については、農産物をはじめとする農村の様々な地域資源を活かした6次産業化や、農商工連携による農産物加工など幅広い取組が展開されている。本研究では、図6-1に示すとおり、経営体の所得増大の観点から、以下の3つの取組を中心に分析した。

① 経営の多角化・複合化

(例：湿田が解消され、野菜等の露地栽培やハウスをはじめた。)

② 6次産業化

(例：加工部門を設立し、地元農産品を使用した加工や販売をはじめた。)

③ 地域ブランド化

(例：減農薬栽培や特別栽培米の取組を通じてブランド化をはじめた。)

① 経営の多角化・複合化

(農)能登やまびこ (石川県 中能登町)



直売所を集会所横に設置し地元農産品を販売

(農)二島西 (山口県 山口市)



地下水水位制御システムの導入により湿田を解消しキャベツ等の高収益作物を栽培

② 6次産業化

(農)聖の郷かわしり (広島県 世羅町)



女性部を中心とした加工部を設立し商品開発や全国発送を開始

(農)万葉の郷ぬかづか (滋賀県 東近江市)



地元農産品を使用したお惣菜パン (米粉パン) を製造・販売

③ 地域ブランド化

(農)門崎ファーム (岩手県 一関市)



メダカや蛍の環境保護活動をPRしつつ地区特産の特別栽培米をブランド化

J A 蒲郡市柑橘組合 (愛知県 蒲郡市)



柑橘類栽培体制の再編によりハウスみかん等をブランド化し生産供給体制を確立

図 6-1 農業の高付加価値化の各種取組

出所：農林水産省農村振興局整備部農地資源課より提供

2. 調査対象および調査概要

(1) 調査対象

分析で用いたアンケート調査は、2016年度に農林水産省農村振興局整備部農地資源課（以下、「農村振興局」という）が（一財）日本水土総合研究所（以下、「水土総研」という）に業務委託した農業競争力強化基盤整備事業等課題調査業務の一環で実施された。調査対象は、前年にあたる2015年度に基盤整備が完了した全国26道県の74地区の担い手814名で、農業の高付加価値化への取組内容のほか、水田利用による高収益作物の導入・拡大の取組状況や経営状況を調査し、結果、担い手702名（回収率86%）から回答が得られている。今回分析対象とした担い手は、基盤整備をきっかけに新たに取組に着手した89経営体で、その内訳は、水稻単作（戦略作物の麦・大豆を含む）を行う37経営体、水稻と野菜など（麦・大豆を除く野菜、花き、果樹）との複合経営を行う52経営体となっている。

(2) 調査方法

アンケート調査は、2016年12月から2017年2月にかけて実施した。調査は、電子化した調査票を調査対象者が回答入力する形式とし、設問は、経営体の属性や取組の内容など定性的な調査は選択式、経営規模や経営収支など定量的な調査は数値入力式とした。調査票の原案は水土総研が作成し、電子化した調査票は、農村振興局から各地方農政局を通じて道県に送られ、担い手への配布・回収方法については各道県の担当者に一任し取りまとめまでの協力を得ている。

(3) 調査概要

アンケート調査票は、図6-2に示すとおりで、基盤整備完了後の農業構造や経営形態にかかる指標を把握し、現在、国が推進する農業経営の法人化や農業の高付加価値化の取組が、実際に収益性の高い経営体によって実践されているか、さらにはどのような経営指標が収益に影響を与えているかを統計的に評価した。

1. 担い手について ※担い手名：家族経営体は「会社名又は個人名」、組織経営体は「組織名」を記入

担い手名			
記入者名			

※該当する方に○を選択 ※該当する場合は○を選択

経営体	家族経営体(個人)	組織経営体	法人化
事業前			
事業後			

2. 経営面積 ※面積規模別に事業前後の経営面積を記入

経営面積	30a区画未満		30a区画～50a区画		50a区画～1ha区画		1ha区画以上		合計(ha)	
	地区内	地区外	地区内	地区外	地区内	地区外	地区内	地区外	地区内	地区外
事業前										
事業後										

3. 経営状況(全体) ※事業後(平成27年度)における全体の経営収支を記入 (円)

1. 収入の合計・・・(1) + (2) + (3)

(1) 農業収入(共済・補助金等受取金含む)	
(2) 農業生産関連事業 [※] 収入	
(3) その他の収入	

2. 支出の合計・・・(1) + (2) + (3) + (4)

(1) 農業生産原価・・・①+②+③+④+⑤+⑥	
①うち材料費(種苗費、肥料費、農業薬剤費等)	
②うち労務費	
③うち機械経費(農機具、農用自動車、農用建物、減価償却費)	
④うち支払地代	
⑤うち土地改良・水利費	
⑥その他の経費	
(2) 農業生産関連事業 [※] 支出	
(3) 販売費及び一般管理費	
(4) その他の費用	

※農業生産関連事業：組織が経営する農産物加工、農産物直売所、農家民宿、農家レストラン、観光農園、市民農園等の農業に関連する事業であって、①従事者がいること、②当該組織経営体が生産した農産物を使用していること、③当該組織経営体が所有又は借り入れている耕地もしくは農業施設を使用していることいずれかに該当するものをいう。

4. 基盤整備をきっかけとした新たな取組 ※該当するもの全てに「○」を選択 (複数回答可)

新たな取組	取組の解説	【選択】
①経営の多角化・複合化	事業後、排水の効きが良くなり、野菜等の露地栽培やハウスをはじめた。	
②6次産業化	新たに加工部門を設立し、地元農産物を使用した加工や販売をはじめた。	
③地域ブランド化	減農薬栽培や特別栽培米等の地域ブランド化への取組をはじめた。	
④都市農村交流	年に数回、農業体験や収穫祭などを通じて都市住民との交流をはじめた。	
⑤地域貢献	お年寄りの見回りや集荷サービスなどの地域コミュニティ活動をはじめた。	
⑥農地中間管理機構の活用	農地中間管理機構を通じて農地集積を図り、経営規模を拡大した。	

5. 担い手への農地の利用集積 ※事業前後の農地集積面積を記入

■農地集積の変化

農地の集積面積	所有地(ha)		借入地(ha)		作業受託(ha)		合計(ha)	
	地区内	地区外	地区内	地区外	地区内	地区外	地区内	地区外
事業前								
事業後								

6. 担い手への農地の面的集積 ※事業前後で面的に集積された農地面積を記入

■面的集積の変化

区分	面的集積 [※] (ha)	
	地区内	地区外
事業前		
事業後		

※1区画又は複数区画で北海道では1.5ha以上、都府県では1ha以上が集合する農用地。複数区画の集合とは農用地が以下の位置関係にあるものとする。
①農道・畦畔に接続、②農道・水路を挟み対角線上でも作業の連続に影響がない、③高低差が作業の連続に影響がない、④耕作者の宅地に2筆以上接続

図 6-2 アンケート調査票

3. 分析の指標

分析では、調査によって得られた収益（円）を目的変数とする重回帰分析により、表 6-1 に示す①～⑦の各指標の影響について検討した。ここで、取組の収益については、全体の収益のうち農産物加工や農産物直売所などの農業生産関連事業にかかる収益を対象とすることを検討したが、3つの取組（前掲：図 6-1）それぞれについての詳細データが得られたのは 89 経営体のうち約 2 割と少なかつたため、便宜上、農業収入などを含む全体の収入合計から生産コストなどの支出合計を差し引いた総収益とし、経営耕地面積で除した単位面積当たりの換算額（円/10a）に置き換えて分析した。要因別に農業構造上の指標については、①耕地利用率（%）、②面的集積率（%）、③大区画化率（50 a 以上、%）、④野菜などの作付け率（麦・大豆除く、%）である。また、経営形態については、⑤水稻との複合経営（麦・大豆除く）を行っているかどうか、⑥組織経営体か個人・家族経営体か、⑦法人化の有無、とした。説明変数は、表 6-1 に示す全指標からステップワイズ法（閾値 $P < 0.05$ ）による選択、多重共線性については分散拡大係数（VIF）が 4 を超える変数を除去することにより対応した。なお、重回帰分析は BellCurve for Excel（version2.13）を用いた。

表 6-1 分析指標

要因	指標	分類	基準変数等	時点
農業構造	①耕地利用率	数量	作付（栽培）面積÷経営耕地面積※1	H27
	②面的集積率	数量	連坦化農地面積※2÷農地利用集積面積※3	H27
	③大区画化率	数量	50a 以上田面積÷経営耕地面積	H27
	④野菜等の作付率 (麦, 大豆除く)	数量	野菜・花き等の作付け（栽培）面積÷作付（栽培）面積	H27
経営形態	⑤水稲との複合経営 (麦, 大豆除く)	名義	野菜・花き等との複合経営を行っている=1, いない=0	H27
	⑥組織経営体	名義	組織経営体=1, 個人・家族経営体=0	H27
	⑦法人化	名義	法人化している=1, いない=0	H27
取組の収益	単位面積当たり収益	数量	(総収入※4-総支出※5)÷経営耕地面積	H27

※1 所有地（貸付耕地および耕作放棄地を除く）と借入地の合計

※2 農地利用集積面積のうち、1 区画または複数区画で北海道では 1.5ha 以上、都府県では 1ha 以上が集合する農用地

※3 経営耕地面積と基幹 3 作業受託地の計

※4 農業収入（共済・補助金などの受取金含む）、農業生産関連事業（農産物加工、直売所、観光農園、農家民宿、農家レストラン）収入など

※5 農業生産原価（材料費、労務費、機械経費、地代、土地改良・水利費など）、農業生産関連事業支出、販売費及び一般管理費など

第3節 分析結果

1. 取組が収益に影響を与える指標

取組が収益に影響を与える指標については、耕地利用率（指標①）、大区画化率（指標③）、野菜などの作付け率（指標④）、法人化（指標⑦）の4つの指標に有意性が見られた。変数選択後の分析結果を表6-2に示す。この時、重相関係数は0.68、決定係数（自由度調整済み）は0.43であった。なお、回帰関係は分散分析結果（有意 $F \leq 0.01$ ）、回帰係数はt検定（P値 ≤ 0.01 ）から、いずれも有意であった（7つの指標の分析結果及びデータは巻末資料の表巻-1, 2を参照）。

表6-2 重回帰分析結果（変数選択後）

要因	指標	標準偏 回帰係数	t 値	P 値	目的変数 との単相関	分散拡大 係数
農業 構造	①耕地利用率	-0.582	-7.197	0.000	-0.548	1.011
	③大区画化率	0.239	2.887	0.005	0.186	1.061
	④野菜等の作付け率	0.226	2.722	0.008	0.126	1.061
経営 形態	⑦法人化	-0.265	-3.215	0.002	-0.243	1.052

経営体数 89, 重相関係数 0.68, 決定係数 0.46, 決定係数（自由度調整済）0.43

2. 指標の影響度合い

目的変数に有意差が認められた指標としては、耕地利用率（-0.582）、法人化（-0.265）があげられたが、これらの指標は収益に負の影響を与えていることを示した。そのほか、大区画化率（0.239）と野菜などの作付け率（0.226）については収益に正の影響を与えていることを示した。

以上の結果から次の点が指摘できる。まず、農業構造にかかる指標については、基盤整備による圃場の大区画化による作業効率の向上や、排水改良などによる野菜などの作付け率が高い経営体は、現状において収益性が相対的に高い部類に位置していた。一方で、耕地利用率が高い、つまり利用可能な期間に農地をフルに活用している経営体は、現状では相対的に収益性が低い部類に位置していた。また、経営形態にかかる指標については、法人化している経営体も同様に、相対的に収益性が低い部類に位置していた。

第4節 高付加価値化の取組の収益につながる要因

基盤整備は、圃場の大区画化や農業用排水路の整備、担い手への農地利用集積など総合的に実施することで農業生産性を飛躍的に向上させるとともに、担い手の育成や耕地利用率の向上など農業の体質強化を図るものである（能見ら、2016）。今回の分析により、基盤整備が本来の直接的な効果に結びつくだけでなく、農業生産関連事業を含めた取組についても間接的な効果を有している可能性の一端を指摘することができた。具体的には、基盤整備による大区画化や排水改良といった生産基盤の強化による物理的要因が、高付加価値化の取組の収益につながる指標として一定程度説明することができた。

一方、基盤整備による耕地利用率の向上については、農業経営の体質強化につながる指標として期待されているものの、今回の分析では、耕地利用率が高い経営体ほど相対的に収益が低いという傾向が示されており、水田フル活用を目指す近年の施策の方向性から考えて、多くの課題を示唆する結果となった。この結果を発展的に解釈するならば、所与の農地を可能な限り作付けするという目的に捉われることなく、農業生産にかかる費用の削減や、流通・販売の効

率化にも留意して取り組む必要があると考えられた。その他の要因としては、水田農業の裏作として、例えば、単価の高い野菜の転作面積が、大麦や大豆の転作面積より小さくとも、収益性では高くなる場合が考えられる。つまり転作面積を加味した耕地利用率を指標として分析する場合は、特に作付作物が同じか否か、カテゴリ別に分析することで結果が異なる可能性が考えられる。

国が推進する農業経営の法人化については、例えば、経営管理能力の向上や経営の多角化による事業展開が期待されるなど、効率的かつ安定的な農業経営に向けて多くのメリットがあるとされているが、今回の分析において、法人化している経営体が相対的に収益の高い部類に属していなかった点も、重要な課題として注視すべき点である。事業完了直後に調査した結果であるため、効果の発現には時間を要すこととはいえ、単に法人格取得を推進するだけではなく、そのメリットを活かして収益性が高められるよう、経営能力の向上に向けた継続的な取組と、それを指導する体制整備が重要であると考えられた。

また、高付加価値化の取組の収益に影響を与える農業構造の指標として期待された面的集積率については、有意性が見られず今回の分析対象から外れた。その理由としては、近年の農地集積を要件とする圃場整備事業により、面的集積が図られやすい基盤整備が実施され、本研究に限っては、面的集積率について担い手間に大きな差が生じていなかったためと推察された。少なくとも、借入農地が密集していく計画的な農地集積では、その効果を第4章において実証しており、有意性を見出すアプローチについては今後の課題として付記する。

今回の分析では、基盤整備のどのような要因が農業の高付加価値化の取組につながるのか、分析のアプローチとして、取組の収益に影響を与える指標を示しその影響度合いから考察を試みた。この結果、大区画化による生産コストの低減や、水田の汎用化・畑地化による野菜生産の拡大など、ハード整備による生産基盤の強化については、事業完了直後から取組の収益につながることを示され、2018年度から米の生産調整が廃止の方向に向かうなどの農業改革が進むなか、農地の再整備・新規整備が米の高コスト構造からの脱却や、地域の意向を踏まえた高収益作物への転換に向けた一助となることが期待できる。

しかしながら、農業の体質強化の一方策である耕地利用率の向上や、法人化については、事業完了直後の段階においては必ずしも収益につながっておらず、

担い手への農地利用集積が加速していくなか、経営の足かせになってしまうことが懸念された。課題方策としては、生産基盤の強化と連動した農業経営に至るまでの一連の取組を視野に入れた効率的な生産・流通体制を重層的に整備し、取組の収益にかかる総コストの低減を図っていくことや、例えば地域の意向を踏まえ裏作に野菜等の作物を導入するなど収益性を高められる耕地利用の可能性を模索していくことも重要と考えられ、こうした観点からも、地域農業の話し合いや合意形成を図るきっかけとなる基盤整備の役割は、意欲ある経営体が6次産業化等の高付加価値化の取組を展開し収益性に結びつけていく上で、今後ますます重要な役割を担うと考えられる。

引用文献

- 植野栄治・増岡宏司・三谷和也・中田摂子. 2014. 農地整備が農地利用集積に与える影響. 農業農村工学会誌. 82(9):29-32.
- 藤栄 剛. 2016. 農地・構造政策と農地集積. 農業経済研究. 88 (1):67-82.
- 能見智人・大江慎哉. 2016. 農地整備の現状と課題および今後の展開. 農業農村工学会誌. 84(3):3-6.

終章 本研究の成果と今後の課題

第1節 研究内容

本研究は、生産コストの削減・農業所得の向上・労働力の確保を問題意識としつつ、水田農業の生産性及び農業構造の改善に向けた農家行動に着目し、その効果を定量的に評価するためのシミュレーションモデルの構築を目的とする。

これまでの農地集積が圃場分散した状態で進展してきたことや、担い手への農地集積・集約化が思うように進まない現状を踏まえ、まずは集積関連の施策や既往研究のレビューから面的集積の今日的意義を整理した。このなかで米生産の管理作業に伴う圃場巡回のコストダウンの重要性を指摘し、現行の集積形態に改善の余地やその可能性を見出した（第1章）。

圃場枚数の著しい増加により複雑化する圃場巡回について、地点訪問最適化を応用した既往研究のレビューから、現実的な農家行動を踏まえた圃場巡回モデルの必要性について言及し（第2章）、圃場間の総移動時間を指標とする最適巡回路を同定する OTRR モデル（Optimum Traveling Route Response Model）を開発した（第3章）。新規農地を無作為に集積していく「ランダム集積」と現在作付けする近隣農地から優先して集積していく「計画的集積」の圃場間移動にかかる時間増加率について比較した結果、単調増加したランダム集積に対し、農地が密集していく計画的集積は次第に徒歩移動率が増加し、ランダム集積との総移動時間の増加率の差は逡増していくなどの法則性を見出した（第4章）。

また、先駆的に農地集積を進めてきた経営体が営農面でどのような進展や後退があったのか、集積過程における創意工夫や体制づくり等の農家行動が与える影響について分析した。この結果、水管理を考慮した農地再配分の取組等に正の影響を示した一方で、面積拡大に伴う労力的な負担から作物生産の質量両面に負の影響を及ぼすことが懸念された（第5章）。

この他、6次産業化等の高付加価値化の取組が期待されるなか、どのような農業構造や経営形態が収益の高い経営体により実践されているのか、基盤整備を契機に着手した経営体を対象として、取組の総収益を目的変数とする重回帰分析により評価した。この結果、大区画化の進展や排水改良等による野菜等の作付率が高い経営体は相対的に収益が高い部類に位置しており、基盤整備が間接

的に多角的な取組につながる可能性を示した。一方で耕地利用率が高い、及び法人化している経営体は相対的に収益の低い部類に位置していることを確認し、水田利用の検討の必要性や経営能力向上のあり方について言及した（第6章）。

第2節 研究成果

本研究の成果をまとめると、以下の4つに要約される。

(1) 圃場の最適巡回路を同定するOTRRモデルの開発

OTRRモデルは、米生産において負担の大きい管理作業に伴う圃場巡回について、理論上、最適な巡回経路を同定することを可能とした。全ての訪問地点間を直線で移動する構造であるが、総移動時間を指標とし、車の乗降時間や、徒歩から車にスイッチする際は停車する車の位置まで戻るといった現実的な農家行動を反映していることに新規性がある。

(2) 農地集積の計画性が圃場巡回に与える影響

OTRRモデルを用いて、農地団地化を図る計画的集積の有効性について、空間的に無秩序なランダム集積を仮定した場合との比較から評価を行った。仮想的なシミュレーション下ではあるが、ランダム集積は徒歩移動率が70%水準まで進まない限り総移動時間は単調増加すること、計画的集積は50%水準から削減効果が現れはじめる法則性を見出した。また計画的集積は70%水準に達するとランダム集積と比較し削減率を2倍以上引き上げることが定量的に示された。

(3) 農地の集積過程における農家行動が営農面に与える影響

農地集積を進めてきた先駆的な経営体の創意工夫や体制づくり等の農家行動が営農面にもたらした影響について分析した。この結果、生産性を指標とした場合、水管理を考慮した農地再配分の取組などに正の影響があることを指摘した。一方、現行体制のまま面積拡大を進めた場合はどのような作物であっても稠密周到な栽培管理が労力的に難しくなり、作物生産の質量両面の低下に直結

することが懸念された。また、組合組織であっても農地維持が難しくなった時には、農地を簡単に返還できないという、集積後の新たな課題が見出され、農地集積がもたらす影響は地域の実情に応じて進化していることを指摘した。

(4) 基盤整備が高付加価値化の取組の収益に与える影響

基盤整備が作物生産等の直接効果のみならず、6次産業化等の高付加価値化の取組の促進要因として影響を与えているならば、今後の農地整備のあり方や事業の推進に示唆を与えることができるとの仮説を立て、どのような農業構造や経営形態が収益に影響を与えているのか分析を試みた。この結果、大区画化率と野菜等の作付率は取組の収益に正の影響を示し、間接的な効果を有する可能性を指摘した。一方、耕地利用率や法人化は負の影響を示し、これらの課題については、単に転作や法人格取得を推進するだけではなく収益性を高める取組や体制整備が重要であることを指摘した。

第3節 今後の課題

1. 圃場巡回の効率性を高める徒歩移動率

本研究では、OTRRモデルを用いて、面的集積による計画的集積が、新規農地の無秩序な集積を仮定したランダム集積と比較し、管理作業に伴う圃場巡回の効率性をいかに高めうるか、総移動距離及び総移動時間を指標として分析した。このなかで徒歩移動率の増加傾向と併せて分析した結果、ランダム集積は徒歩移動率が70%水準になるまで農地面積が進まない限り、移動時間はどのような巡回方法をとっても単調に増加する法則性が見出された。対して、計画的集積は徒歩移動率が50%水準から移動時間の削減効果が現れ、70%水準では削減率を2倍以上引き上げることも可能とする法則性が見出された。しかしながら、圃場巡回の効率性を高める判断材料として、これらの徒歩移動率の扱いには、以下の留意すべき点がある。

まず、第1に法則性の適用が地域的に限定されるという点である。本研究では、対象地域が田差の小さい低平地という限られた範囲での分析であるため、

中山間地域等の条件不利地では別途検討が必要と考えられる。具体的な検討としては、地理的条件の違いから派生する通行制限や遠回りによるロスを考慮し、移動時間の効果発生のタイミングを検証する必要性が考えられる。

第 2 に水稲単作のみを扱う場面に限定されているという点である。実際には新規農地の増加に加え、例えば連作障害の影響を受けやすい畑作物との複合経営であれば、ブロックローテーションにより、管理作業の位置的な変化が考えられる。このため、精緻な土地利用調整を検討の際は、地域の土地利用や作付計画を考慮し、圃場巡回の対象農地を選択する手段を組み込んだ上で検討すべきと考えられる。

2. OTRR モデルの改良

本研究では、OTRR モデルの活用可能性について複数提案している。このなかで強調すべきは、経営体によっては管理農地が数百にも及ぶ場合があるなど、複雑化する圃場巡回にかかる移動時間の増加予測を可能にすることにある。例えば、突発的にまとまった面積の作付けを依頼される場合など、特に労働力に限りのある経営体にとっては、受け入れの可否や受け入れ範囲を日々の生産管理にかかる時間の増加傾向から推し量ることが重要となる。こうした状況下でこそ、モデル活用による圃場巡回にかかる時間の増加予測が判断材料の一つとして活用できると考えられる。また、農地集積を進めていくなかで、自治体や土地改良区については、なぜ担い手への面的集積が必要なのか（有効なのか）、圃場巡回の総移動時間を指標とし、どれだけの効果が見込めるのか定量的に示すことにより、強い説得力を持って合意形成に努めていくことが可能となる。そして地域的な土地利用調整の仕組みが進められるならば、担い手への農地集積・集約化が効果的に再加速されよう。しかしながら、現行の OTRR モデルを活用する場面では、以下の改良点を検討する余地がある。

まず、第 1 に圃場巡回の軌跡が圃場の重心座標をたどり直線的に移動するという点である。第 3 章で述べたように、多くの自治体や土地改良区が圃場の図面を GIS で管理しており、その資源を活用することを前提として、本モデルの実用面でのハードルを下げている。本研究のように、農地集積パターンの違い

から、どちらのパターンが優位であるのか、視覚的に捉えて客観的な評価を行う判断材料としては優れているものの、それでも精緻な軌跡を必要とする場面では、現実性の追求として用水系統や水利施設等の影響因子を考慮した軌跡（ルート）をたどるモデルへの改良が考えられる。

第 2 に地理的条件を考慮した汎用性の高いモデルへの改良点である。本モデルのプロトタイプ構築にあたり、対象地に限っては、圃場間移動が立地の標高差によって制約を受けるような状況は考慮されていない。よって、地域性を問わず、本モデルの適用を高めるためには、標高データの活用により、先に述べた傾斜による通行制限や、遠回りに要した時間的な負担について別途考慮した移動効率を設定し、中山間地域等の地理的条件を踏まえた精緻な評価モデルを構築することが今後の課題としてあげられる。

3. 農家行動の事例蓄積とその活用

若手農業者の多くが農地集積に高い関心を持つなか、先駆的に農地集積を進めてきた経営体の集積過程におけるどのような農家行動が営農面に正負の影響を与えうるのか。このなかで現行の労働力のままで面積拡大を進めていく場合は、労力的な負担増から作物単収や品質の低下を招くなどの負の影響を示した。また、集積後において農地維持が難しくなっても簡単に返還できないという新たな課題が見出された。これらの対策については、ICT 等を活用した管理の軽労化を提案しているが、それでも一般化までには相当の年月を要するという現実の課題がある。このため、労働力の確保に正の影響を与えるとする農家行動については、引き続き事例の充実を図り、活用可能性を検討していく必要がある。

農業の高付加価値化の取組による収益に影響を与える指標として期待された面的集積率については、今回の基盤整備完了後の経営体を対象とした分析において有意性は見られなかった。その理由としては、近年の農地集積を要件とする圃場整備事業により計画的な面的集積が図られやすく、担い手間でその率が大きな差を生じていなかったためと考えられた。OTRR モデルを活用し、借入農地が密集していく計画的な農地集積ではその効果を実証しており、有意性を見出すアプローチについては分析対象とする地区事例を含めて今後の課題である。

要 約

第1章 農地集積・集約化の課題に対する担い手支援

担い手への農地の貸借構造が圃場分散した状態で進展してきた問題を踏まえ、まず、第1節では、担い手への農地集積が思うように進まない現状について今後も追求すべき課題と位置づけ、圃場の位置的な分散による影響に着目した。そして無作為な圃場枚数の増大による非効率性から、これ以上の面積拡大は難しいとする経営体は少なくないとする考えのもと、まずはその影響について定量的に示すことが、現行の集積形態の改善方向性を見定めることや、農家行動へと突き動かしていく上で重要な判断材料になるなどとし、このことが地域農業の持続的発展に向けて社会的意義があると説いた。次に第2節では、これまでの農地集積関連の主な施策について評価を行った。しかし、これらの各種施策がどのように機能してきたのか、極めて重要な課題であるにもかかわらず、定量的エビデンスをほとんど持ち合わせていないことを指摘した。また、面的集積は望ましいが、実際にはどれだけの作業効率が改善されるのか、実証データやそれにまつわる研究は乏しいことに言及し、このなかで農地集積と面的集積が単純に比例、もしくは相乗的に進展することが難しいことを指摘した。さらに第3節では、農地集積関連の既往研究についてレビューを行った。このなかで面的集積の効率性を客観的かつ直感的に評価できる手段が、農地団地化に向けた有効なアプローチになることを指摘した。第4節では、本研究で扱う面的集積の意義・内容について整理した。本研究では面的集積について、現在の管理農地の近隣農地から徐々に集積する形態も含め広義に捉えた。そして第5節では、面的集積に向けた担い手支援について本研究の方向性を示した。労働時間の短縮につながる経営行動や改善方策を念頭に面的集積に向けた農家行動を取り上げ、特に米生産において負担の大きい管理作業に伴う圃場巡回のコストダウンの可能性について見出すことの重要性を指摘した。

第2章 地点訪問最適化を応用した既往研究

面的集積の考え方に一定の理解は得られるものの、それでも圃場分散の影響やその深刻さが十分に認識されておらず、面的集積に向けた地域的な土地利用

調整の仕組みが浸透していないという現実の課題がある。圃場分散の問題は、これまで学術誌において様々な特集が生まれ、栽培管理への影響や機械の作業効率を問題意識とする事例研究は多い。効率的な圃場巡回を必要とする生産現場では、これらの事例研究がどのように活かせるのか、まず、第1節では、圃場分散に伴い複雑化する圃場巡回の改善や農村地域の巡回サービス等にまで至る35本の既往研究を抽出し、①圃場分散化、②巡回管理の最適化、③作業計画の最適化の3領域に分類した。第2～4節ではその3領域についてレビューを展開した。そして第5節では、今後の農地集積や農地錯綜化後の土地利用調整の取組支援として、圃場巡回にかかる移動時間の圧縮限界をシミュレーションするツールの構築を提案し、面的集積等の計画的集積について定量的に評価するなかで経営計画の策定・改善の論点としていくことを提言した。なお、圃場巡回の経路探索は、生産現場においても容易に扱えるような簡便性を追求する場面を想定し、モデル構造は既存の単純な近傍探索を組み合わせたハイブリッド化手法の援用を提案した。

第3章 圃場巡回の最適巡回路を同定するモデルの開発

本研究では、米生産の管理作業に伴う圃場巡回に焦点を当て、面的集積により水管理等の作業効率がどの程度改善されるのか、これを評価するためのOTRRモデルを開発した。OTRRモデルとは、理論上、最適な巡回経路を同定するシミュレーションモデルである。

まず、第1節では、OTRRモデルのプロトタイプ構築にあたり基本的な考え方を示した。本研究では、圃場枚数の増加により複雑化する圃場巡回にあつて、水管理等の管理作業という特異な領域に適合した経路探索のモデルの開発が必要となる。開発にあたり、近年およそ全ての圃場に座標データが整備されていることを踏まえ、この座標データを利用して圃場巡回の総移動時間が最小となる最適巡回路を導く計算モデルの構築を目指した。また、新規農地の集積に際して、農地集積パターンの違いから移動時間ロスの発生のタイミングやその程度を見定めるために利用可能な操作性の高い仕様を目指した。第2節では、既往研究に対する本モデル開発の位置づけを行った。訪問地点を圃場の重心座標で巡回する近似モデルが開発されているものの、圃場間移動に伴う基本的な動

作が完全に捨象されており、この点に改良の余地を見出した。そして第 3 節では、現実の農家行動から圃場巡回に際しての合理的な移動手段（車移動、徒歩移動）を選択させるとした新規性を追加し、これを反映した巡回方法の原理について詳述した。圃場の巡回経路を更新していく際の指標は、圃場間移動にかかる時間と移動のための準備にかかる時間を合わせた「総移動時間」とした。経路探索アルゴリズムは、最適解の計算方法として、まず全訪問地点に対して、移動手段の差を考慮しない最短距離で戻ってくる経路を確定した上で、その経路上で各地点間の移動時間が小さくなる合理的な移動手段を決定し、最終的な総移動距離及び総移動時間を算出するという流れのもとに構築した。

第 4 章 農地集積の計画性が圃場巡回の効率性に及ぼす影響

開発した OTRR モデルを用いて、農地集積の計画性が圃場巡回に及ぼす影響について考察し、併せて本モデルの活用可能性について検討した。

まず、第 1 節では、対象とする計画的な農地集積の評価方法について検討した。評価は空間的に無秩序な農地集積を仮定した場合との比較分析とした。分析の枠組みとして、第 2 節では、これまで積極的に農地集積を進めてきた経営体（法人 N）における新規農地の獲得プロセスに基づき、評価基準とする現行の集積形態について整理した。研究対象とした地区では新規農地がランダムに発生する状況にあり、法人 N は圃場分散の影響が懸念される典型的な経営体である。本研究では、法人 N の現行の集積形態を「ランダム集積」（前掲：図 4-3）、管理農地の近隣農地から借り入れる面的集積を「計画的集積」（前掲：図 4-4）と定義し、この 2 つの集積パターンを比較分析した。また、圃場巡回という特異な作業環境下、集積形態の違いによる法則性を見出しやすいものとするため、車移動速度、徒歩移動速度、車準備時間の各種変数を一意と定めず、異なる状況を組み合わせた 12 通りを設定し分析した。なお、指標となる総移動距離及び総移動時間の計算プログラムは、汎用性の高い Microsoft Excel のマクロ機能を利用し、データ入力や出力結果、巡回ルートの見える化に努めた。第 3 節では、農地集積パターンの違いが総移動距離及び総移動時間に及ぼす影響を時系列で分析するため、新規農地が段階的に増加する農地集積シナリオを設定した。なお、新規農地の増加数は現在の管理農地数（Case0）を基準とし+20%刻みで最

大+100%までの段階的な規模拡大を想定した (Case1:20%, Case2:40%, . . . , Case5:100%)。そして上記の集積シナリオを踏まえ、第4節では、シミュレーションにより、集積パターン別に12通りの総移動距離、及び総移動時間の増加割合について整理した (前掲: 図4-8, 図4-9)。また、この時の徒歩移動率の増加傾向についても整理し (前掲: 表4-3)、これらの結果をもとに農家行動のどのような変化が、管理作業の効率性を高めうるのか、その法則性について見出すことを試みた。この結果、訪問地点数が増加する (Case0→Case5) につれて徒歩移動の割合が増加するが、人速度が高速になるにつれて急増している点が見られた。一方で、総移動距離の増加割合は、12通りの全てにおいてランダム集積と計画的集積の差が拡大していく傾向が見られ、ここに計画的集積が作業時間ロスの確実な低減に直結していることが示された。また、総移動時間の増加割合は、人速度が高速になるほどランダム集積と計画的集積の差が拡大するという顕著な傾向が見られ、計画的集積の増加割合は車準備が長く、人速度が高速になるほど緩やかな傾きとなる傾向が見られた。ここに徒歩移動や車準備にかかる行動が冗長であると、それが全体の総移動時間の増加に直結する結果が示された。徒歩移動率の増加傾向と併せて分析すると、ランダム集積であっても総移動時間の増加傾向が明らかに緩やかな傾きとなっているケースは、徒歩移動率が70%を超えており、その他の状況設定とは徒歩移動率の面で明らかな違いが生じていた。この点から徒歩移動率が70%水準とならない限り、移動時間は単調増加していくことが推察された。対して計画的集積の移動時間の削減効果は徒歩移動率が50%水準で現れはじめ、70%水準ではその削減率がランダム集積と比較して2倍以上引き上げることも期待される計画的な農地集積について、改めてその妥当性を定量的に示した。

むすびの第5節では、開発したOTRRモデルの活用可能性について検討した。そのなかで、近年の農地集積の進展に伴う圃場分散の影響については、多くの事例において経営体個々の取組では完全に対応しきれない状況にあること、また突発的にまとまった面積の作付を依頼される場合など、受け入れの判断には日々の生産管理にかかる時間の増加傾向を推し量ることの重要性に言及し、このような事例にこそ、OTRRモデルによる時間の増加予測が有効な判断材料の一つになる可能性を示した。

第5章 農地集積に向けた農家行動が営農面にもたらす影響

若手農業者の多くが農地集積に高い関心を持つなか、先駆的に農地集積を進めてきた経営体では営農面にどのような進展や後退があったのか、特に集積過程における工夫点や集積後の課題等の研究事例は、今後も集積を計ろうとする多くの経営体に示唆を与えるに相違ない。そこでまず、第1節では、これまでに農地集積を進めてきた経営体の創意工夫や体制づくり等の農家行動に関する評価事例は、労働力に限りのある経営体に対し、その部分の圧縮によるコストダウンの可能性や面積拡大の方向性を見定める上で有益な指針になることについて言及した。そして第2節では、面的集積に向けた農家行動について着目した既往研究のレビューから、面的集積の有効性やあり方について包括的な議論にまで至っていないことを指摘した。面的集積に向けては、現実には担い手間の水利秩序や個々の生産性を考慮した農家行動が存在しているはずであり、本研究においてこの部分を計り知ること、営農面にもたらす影響を分析することの重要性を説いた。これを踏まえ、第3節では、水田農業において農地集積を積極的に進めてきた2経営体（平坦地域：法人K、中山間地域：組合U）を対象として、インタビュー調査と過去5年間の農業生産記録及び作業記録に関する情報収集を行った。インタビュー調査は、①現行の集積地（条件不利地や日常管理の負担等）、②集積過程における経営体の創意工夫等（地域単位での創意工夫や体制づくり等）、③集積後の今後（面積拡大の意思や新たな課題）の視点から行った。上記の視点に基づき、経営体別に集積過程における創意工夫や体制づくり等の特徴的な農家行動等について整理した（前掲：表5-3、表5-4）。

上記整理内容と生産実績を踏まえ、第4節では、農地集積がもたらしうる正負の影響について作物単収等の生産性を指標とし分析した。この結果、生産管理に与える影響として、水管理の連続作業を目的とした農地再配分の取組は、機械作業や管理作業の効率化につながり単収増加の一因になっていると考えられた。また、荒廃農地が発生しやすい集積地では、コメの収入という権限を持たせることで水管理等に携わるように仕向けた稀有な仕組みが実践され、こうしたインセンティブを有する仕組みづくりが、相乗的に農地保全につながる可能性を指摘した（正の影響）。一方、面積拡大に伴い筆数が大幅に増加する集積形態や後継者がいない状態での集積形態について、平坦地域の大規模経営体で

は、現行体制のまま数百筆まで面積拡大を進めた場合は、どのような作物であっても稠密周到な栽培管理が難しくなることから単収や品質の低下を招く可能性が考えられた。また、中山間地域の組合組織では、リタイア組の増加により特定の組合員への負担が増加した場合、不作付地が増加するなどにより生産量の低下を招く可能性が考えられた（負の影響）。むすびの第5節では、実態調査を通じて農地集積完了後の課題について整理した。このなかで平坦地域の大規模経営体では、労働時間の圧縮を画策するなど、人・農地・時間を重層的に整備していくことが課題としてあげられた。また中山間地域の組合組織では、特定の作業員への作業負担を回避するための組織内調整や、集落間の垣根を越えた人材の育成・確保が課題としてあげられた。また、後継者が不確実なまま進む現状を踏まえ、主軸となる者が限界を迎えた際にどのような農家行動が求められるのか、現実にはそこまで考えられない状況であり、農地集積のその先を見定めることに課題が見受けられた。

第6章 基盤整備が高付加価値農業の収益に及ぼす影響

6次産業化等の農業の高付加価値化への取組が期待されるなか、そのような取組を創発するためには労働力の捻出が必要である。有効な施策の一つに担い手への農地集積による農業構造の改善があげられるが、農業構造のどのような変化が多角的な取組に結びついているのかなど、施策の有効性を定量的に評価した研究は少なく、そのような状況下では取組に対するインセンティブが弱く経営体にとっては指針となるモデルが見えにくいという課題がある。そこでまず、第1節では、基盤整備による物理的要因の変化が取組の促進要因として影響を与えているとするならば、基盤整備が単なる作物生産のみならず、高付加価値化の取組につながる有効なツールとして位置づけられるという仮説を立てた。また、この仮説が例証されるならば、今後の農地整備のあり方等に示唆を与えることができるものと考え、そのアプローチとして、基盤整備を契機に取組に着手した担い手へのアンケート調査結果を用いた分析方法を示した。そして、第2節では、分析の中心とする高付加価値化の取組内容（①経営の多角化・複合化、②6次産業化、③地域ブランド化）、調査対象とする経営体、分析方法について説明した。分析では、高付加価値化の取組による収益（円/10a）を目的変

数とする重回帰分析により 7 指標(前掲:表 6-1)の影響について評価を行った。第 3 節では、重回帰分析の結果から、有意性が見られた 4 つの指標について整理し、このなかで③大区画化率と④野菜等の作付率(麦・大豆除く)は取組の収益に正の影響を示し、①耕地利用率と⑦法人化は取組の収益に負の影響を示した(前掲:表 6-2)。この結果を踏まえ、むすびの第 4 節では、基盤整備による大区画化や排水改良といった物理的要因の変化が、高付加価値化の取組の収益につながる指標として可能性があることを指摘した。一方で、耕地利用率の向上は相対的に収益が低いという傾向が示され、水田のフル活用を目指す近年の施策の方向性を考えて多くの課題を示唆した。また、法人化した経営体は相対的に収益の高い部類に属していなかった点も、重要な課題として指摘した。今回は基盤整備の事業完了直後に調査した結果であるため、結果の発現には時間を要すことも考えられるが、それでも単に法人格取得を推進するだけでなく、そのメリットを活かして収益が得られるよう、経営能力の向上に向けた継続的な取組とそれを指導する体制整備が重要であると考えられた。

卷 末 資 料

表卷-1 重回帰分析結果一覧表

表卷-2 分析データ一覧表 (N=89)

表巻-1 重回帰分析結果一覧表

重回帰分析
 BelCurve for Excel (version 2.13)
 (経営指標単位当たり収益)
 目的変数
 説明変数
 (①耕地利用率),(②面的集積率),(③大区画化率),(④野菜等の作付割合),(⑤水稲との複合経営),(⑥組織経営体),(⑦法人化)

ケースの要約

	n	%
有効ケース	89	1.000
目的変数のみ不明	0	0.000
説明変数のみ不明	0	0.000
ともに不明	0	0.000
全体	89	1

基本統計量

変数	n	平均	不偏分散	標準偏差	最小値	最大値
①耕地利用率	89,000	1.109	0.690	0.830	0.349	8.621
②面的集積率	89,000	0.735	0.095	0.308	0.030	1.000
③大区画化率	89,000	0.518	0.146	0.382	0.000	1.000
④野菜等の作付割合	89,000	0.067	0.013	0.112	0.000	0.470
⑤水稲との複合経営	89,000	0.584	0.246	0.496	0.000	1.000
⑥組織経営体	89,000	0.517	0.253	0.503	0.000	1.000
⑦法人化	89,000	0.337	0.226	0.475	0.000	1.000
経営指標単位当たり収益	89,000	20662.112	1441399253.760	37965.764	-166810.000	161344.000

相関行列

	①耕地利用率	②面的集積率	③大区画化率	④野菜等の作付割合	⑤水稲との複合経営	⑥組織経営体	⑦法人化	経営指標単位当たり収益
①耕地利用率	1	-0.061288193	0.093522265	0.015182727	-0.0973232665	-0.093522265	-0.033375908	-0.547518046
②面的集積率		1	0.081815162	-0.068391051	-0.019181397	0.059086937	0.068120822	0.020682506
③大区画化率			1	-0.181052233	-0.301314598	-0.205216555	-0.158552629	0.185998797
④野菜等の作付割合				1	0.506199114	0.220718524	0.180308463	0.125581312
⑤水稲との複合経営					1	0.188126678	0.360356598	-0.026032464
⑥組織経営体						1	0.594239015	0.009594281
⑦法人化							1	-0.243161224
経営指標単位当たり収益								1

変数選択結果

重回帰式の精度

R	修正R	F	修正F	決定係数	修正R2乗	ダーペンソン比	AIC
0.690394026	0.6568	0.4766	0.4314	1.7737	1834.2778		

重回帰式の有意性(分散分析)

要因	平方和	自由度	F値	P値
回帰変動	60459007610	7	8637001087	10.53862004
誤差変動	66384126721	81	819557120	2.39059E-09
全体変動	126843134330.8760	88		

重回帰式に含まれる変数(偏回帰係数・信頼区間等)

変数	偏回帰係数	標準偏差	偏回帰係数の95%信頼区間		F値	P値	t値	目的変数との相関		多重共線性の統計量	
			下限値	上限値				偏相関	偏相関	トランス	VIF
①耕地利用率	-26148.52578	3738.707623	-33587.3812	-18709.67035	48.91605344	6.928E-10	6.928E-10	-0.547518046	-0.613612638	0.966231465	1.034948701
②面的集積率	-815.5540363	10040.35641	-20792.71387	19161.6058	0.006597923	0.935461324	-0.081227598	0.020862506	-0.009024921	0.875959529	1.024632651
③大区画化率	25118.33643	8533.785383	0.253007578	8138.780386	42097.89249	0.004233951	2.943399125	0.185998797	0.310842988	0.874467184	1.14355349
④野菜等の作付割合	72517.05773	32315.45138	0.214197807	8219.446093	136814.6694	0.027558827	2.244036665	0.125581312	0.241930487	0.709156551	1.410125872
⑤水稲との複合経営	-1370.797041	7855.157648	-17000.09678	14258.5027	0.03045345	0.86190077	-0.17450917	-0.026032464	-0.019386264	0.614404454	1.627592367
⑥組織経営体	13475.65166	7821.202072	0.1783375184	-2086.081133	29037.30046	0.068710799	1.722964263	0.009594281	0.188025953	0.802831495	1.658838347
⑦法人化	-28739.70295	8495.051711	-45638.21138	-11841.19371	11.4508309	0.001103527	-3.883907637	-0.243161224	-0.351935512	0.571305534	1.750376882
定数項	3591772238	11561.25556	12914.45031	58920.98444	9.651783598	0.002608183	3.10673198				

表巻-2 分析データ一覧表 (N=89)

経営体key (N=89)	経営規模単位当たり 収益【円/10a】	①耕地利用率 【%】	②面的集積率 【%】	③大区画化率 【%】	④野菜等の作 付割合【%】	⑤水稲との 複合経営	⑥組織経営体	⑦法人化
1	9,807	105%	100%	89%	4%	1	1	1
27	33,152	182%	100%	100%	47%	1	1	1
74	38,005	100%	100%	0%	14%	1	0	0
88	37,531	100%	92%	60%	1%	1	0	0
99	27,273	100%	100%	100%	0%	0	0	0
101	-11,864	100%	61%	59%	0%	0	1	1
75	15,367	35%	100%	71%	17%	1	1	1
83	50,499	65%	100%	80%	4%	1	1	1
87	49,877	76%	100%	19%	0%	0	1	0
180	7,132	100%	100%	49%	13%	1	0	0
194	37,013	58%	100%	74%	0%	0	1	0
627	66,629	96%	51%	87%	0%	0	1	0
173	-21,623	100%	100%	33%	0%	1	0	0
189	16,642	100%	100%	32%	44%	1	0	0
195	42,580	100%	100%	48%	3%	1	0	0
317	31,860	100%	74%	59%	0%	0	0	0
322	14,429	124%	93%	82%	1%	1	1	1
323	1,600	100%	100%	56%	0%	0	1	0
251	15,946	100%	50%	77%	0%	0	1	1
231	67,583	88%	34%	83%	6%	1	0	0
218	23,490	100%	100%	100%	2%	1	0	0
219	28,559	100%	41%	100%	0%	0	1	0
232	30,205	100%	96%	97%	3%	1	0	0
239	26,389	100%	71%	100%	0%	0	1	0
240	4,958	86%	71%	100%	0%	0	0	0
256	23,447	100%	23%	0%	0%	0	0	0
313	-542	100%	100%	91%	4%	1	1	1
274	-32,909	100%	4%	0%	25%	1	0	0
320	-166,810	862%	52%	100%	0%	0	0	0
280	15,798	102%	69%	5%	0%	0	1	0
458	10,526	100%	18%	42%	0%	0	0	0
459	34,143	100%	69%	77%	0%	0	0	0
462	36,471	99%	48%	48%	2%	1	0	0
467	21,013	100%	38%	38%	0%	0	0	0
469	56,044	100%	65%	76%	2%	1	0	0
474	28,302	100%	87%	87%	0%	0	0	0
28	1,282	100%	91%	91%	0%	1	1	1
413	-23,358	66%	99%	0%	5%	1	0	0
29	0	100%	53%	53%	1%	1	1	0
314	13,597	100%	88%	88%	1%	1	0	0
475	153,393	100%	71%	89%	32%	1	1	0
476	42,388	100%	24%	24%	15%	1	1	0
441	-22,883	95%	100%	87%	0%	0	1	1
477	44,408	100%	38%	25%	22%	1	1	0
478	36,675	100%	63%	38%	10%	1	1	0
479	81,854	100%	49%	33%	28%	1	1	0
455	29,582	99%	52%	34%	15%	1	1	0
457	73,563	94%	25%	0%	16%	1	1	0
26	31,070	100%	56%	34%	0%	0	1	1
534	671	165%	86%	63%	0%	0	0	0
352	34,865	76%	60%	100%	5%	1	1	1
392	37,709	100%	100%	73%	0%	0	0	0
396	35,091	100%	92%	64%	0%	0	0	0
440	15,761	92%	98%	77%	0%	0	1	1
443	31,034	100%	15%	78%	0%	0	0	0
445	44,200	102%	46%	86%	2%	1	0	0
419	16,471	100%	100%	0%	0%	0	0	0
543	54,545	100%	100%	100%	0%	0	0	0
545	33,048	100%	100%	100%	0%	0	0	0
546	23,375	100%	100%	100%	0%	0	0	0
549	213	100%	85%	100%	0%	0	0	0
541	12,915	119%	92%	60%	23%	1	1	1
550	28,727	100%	83%	94%	0%	0	0	0
544	16,246	99%	46%	100%	2%	1	0	0
553	27,282	100%	11%	100%	0%	0	0	0
554	161,344	100%	100%	100%	0%	0	0	0
687	12,156	100%	61%	31%	13%	1	1	1
689	-50,922	135%	3%	0%	4%	1	1	1
692	1,878	123%	80%	0%	2%	1	1	1
693	27,725	100%	75%	0%	13%	1	0	0
656	6,531	98%	16%	0%	2%	1	0	1
679	16,809	104%	6%	0%	7%	1	0	1
695	12,879	100%	100%	0%	5%	1	1	1
699	-31,424	101%	100%	0%	1%	1	0	0
700	3,077	126%	100%	0%	5%	1	1	1
701	-15,833	123%	100%	0%	1%	1	1	1
683	10,058	100%	100%	0%	22%	1	1	1
542	20,968	100%	61%	71%	0%	0	0	0
38	16,125	100%	100%	68%	11%	1	1	1
21	15,695	140%	99%	30%	32%	1	0	0
209	64,724	100%	100%	0%	0%	0	1	0
210	51,284	100%	100%	0%	0%	0	1	0
452	10,043	196%	100%	6%	40%	1	1	1
688	-1,656	114%	100%	0%	3%	1	1	1
691	28,176	113%	15%	31%	13%	1	1	1
524	3,619	88%	8%	66%	43%	1	1	1
697	-47,487	122%	82%	0%	0%	0	1	0
698	-19,528	99%	100%	0%	3%	1	1	1
702	441	100%	100%	0%	9%	1	1	1

投稿論文と口頭発表

投稿論文

森澤健作・山下良平. 2017. 基盤整備を契機とした高付加価値農業の展開は「稼げる農業」につながるか?. 農業農村工学会誌. 85(10):23-26.

森澤健作・山下良平. 2019. 農業農村計画分野における地点訪問最適化を応用した既往研究レビュー. 石川県立大学研究紀要. 2:49-57.

森澤健作・山下良平. 2019. 水田農業における農地集積の計画性が圃場巡回の効率性に及ぼす影響予測モデル. 農業情報研究. 28(3):115-125.

森澤健作・金平兼世・山下良平. 2020. 水田農業における地域差を考慮した農地集積の功罪に関する研究. 石川県立大学研究紀要. (印刷中)

Ryohei, Y. and Kensaku, M. 2020. Consideration of Qualitative Changes in Agricultural Settlements Due to Land Consolidation: A Case Study Based on the Perceptions of Non-Farmers., International Review for Spatial Planning and Sustainable Development. 8(1):124-136.

口頭発表

2017.10.25, 第74回農業農村工学会京都支部研究発表会, 森澤健作, 山下良平, 基盤整備を契機とした高付加価値農業の取組が収益に及ぼす影響

2019.9.4-6, 2019年度(第68回)農業農村工学会大会講演会, 森澤健作, 山下良平, 農地集積の計画性が圃場巡回の効率性に及ぼす影響予測モデル

2019.12.14, 第10回北陸地域政策研究フォーラム, 金平兼世, 森澤健作, 山下良平, 水田農業における地域差を考慮した農地集積の功罪に関する研究