

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K15329

研究課題名(和文) 衛星・GIS・品質データによる圃場管理から生乳生産の評価と最適な農地利用の導出

研究課題名(英文) Evaluation of Dairy Production and Derivation of Appropriate Farmland Use: Integrated Use of Satellite, GIS and Qualitative Data from Farmland Management through Milk Production

研究代表者

佐藤 赳 (Sato, Takeshi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教

研究者番号：30756599

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、酪農家から飼料の生産・調製を受託する混合飼料生産組織(TMRセンター)に着目し、GIS・リモートセンシングデータと生乳生産段階での品質データを結合することで、飼料用農地の利用や酪農家経営を評価し、効率的な農地利用や作業工程、酪農経営を検討することである。圃場単位の解析と気象や農業センサスを用いた分析から、生物物理・社会科学条件が異なる地域の作付け行動や草地への投資行動(草地更新)の違いを明らかにした。さらに、GISを用い収穫作業をシミュレーションし、現在の作業体系の評価と省力的な作業順を明らかにした。最終的に、より効率的な農地利用・作業配分をシミュレーションした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

JAやTMRセンターの協力のもとで、衛星画像解析、収穫作業と貯蔵場所のGPSでの追跡、植生調査やバンカーの飼料成分のデータ等を結合し、社会経済データと統合した。これまで、社会科学では積極的に用いられてこなかった農地利用等の衛星データや農作業工程などの空間データ、飼料成分といった品質データを、農林業センサスや経営データに統合し、経済分析を行ったという学際的な発展が、本研究の最も大きな学術的意義である。また、酪農家数が減少する中で、地域の酪農の経営効率化、ひいては生乳生産の安定化に貢献することを目的とし、効率的な作業工程等のシミュレーション結果を現地農家やTMRセンター、JA組織と共有した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to investigate efficient dairy farming and farmland use using integrate GIS, remote sensing, and qualitative data of forage crops. With the cooperation of the total mixed ration center (TMR center) that takes charge of the production and preparation of feed from dairy farmers, we construct the integrated dataset. Field-based analysis using remote sensing and GIS data with soil type, climate, and Japanese census of agriculture and forestry census clarified the differences in cropping behavior and grassland investment under different biophysical and socioeconomic conditions. We also proposed the optimal procedure of farmers' harvesting, evaluating current operational procedures using GIS and statistics. Finally, efficient farmland use and distribution of labor and capital were simulated.

研究分野：農業経済学

キーワード：GIS リモートセンシング 計量経済学 土地利用 草地学 空間統計 GPS 酪農業

## 1. 研究開始当初の背景

酪農経営にとって、労働時間の過重が大きな課題となっている。我が国の農産物自給力の向上や輸入飼料価格の上昇に伴うコストの増大による酪農経営の圧迫から、粗飼料の自給は度々目標に掲げられてきたが、国内の飼料生産は伸び悩み、飼料自給率は2000年以降23～26%で横ばいである。酪農業では年間5000時間以上という作業労働時間の長大化から、粗飼料自給のための労働の抛出は困難になっている。さらにこの労働負担の大きさ、酪農業の大規模化が妨げられている要因の一つとも指摘されている。そこで、効率的な酪農経営や生乳の生産性向上のためには、低コストかつ効率的な自給飼料の生産・作業体系の確立が不可欠であると考えられる。

その中で、混合飼料生産組織(TMRセンター)による、高品質かつ省力的な飼料生産形態が注目されている。自給飼料活用型TMRセンターは、飼料の調製作業を酪農家より受託し、分業することで、生産効率性を向上させる取り組みとして捉えることができる。特に自給飼料活用型TMRセンターは牧草の管理・収穫作業を受託し、粗飼料自給にも貢献する。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、圃場のGIS・リモートセンシングデータと生乳生産段階での品質データを結合したうえで計量経済分析を行うことにより、飼料用農地の管理から飼料品質、乳品質の情報を統合し、圃場から生乳生産までの一連の関係性を明らかにし、効率的な酪農業や安定的な生乳供給のための、最適な飼料用農地利用や酪農家経営のあり方を考察することである。TMRセンターと参加酪農家を分析することは、酪農経営の労働負担を減少させる取り組みとして注目されるだけでなく、飼料収穫から酪農家の生産状況までをセンターが管理していることから、農地の利用や管理から酪農経営までのデータを統合し、俯瞰的に分析・考察することに繋がる。

このとき、学術上の課題として、これまでの経営・経済学分野における酪農業・飼料生産に関する主な議論は、酪農家やコントラクター、TMRセンターのそれぞれの経営の分析、あるいは機械の利用効率に関する実態分析であり、酪農業や農地利用を含めた分析はなされてこなかった。また、そこで得られる植生や飼料品質等のデータに関し、人・家計単位の分析を行う社会科学・経済学のモデルや理論の適用がやや困難であったため、経済分野で必ずしも積極的に活用されてこなかった。本研究計画では、一連の研究において、空間情報や生乳品質等の生物物理的な側面を持ったデータを、適切な形で社会経済データと結合し、統計分析・計量経済分析、または定量的な経済評価に活用することを学術上の課題としている。酪農業の経営分析において、農地利用に関するデータや、収穫物の品質に関するデータの利用という学際的な研究発展をGISやリモートセンシングの活用、TMRセンターの協力のもとで行った。

## 3. 研究の方法

本研究は、衛星画像解析と根釧地方農地のGISデータベース構築、GPSを用いた収穫作業工程の把握、聞き取り調査と実態把握、作付け選択や草地更新の解明、GISを用いた最適作業シミュレーション分析からなる。

2010～2016年の期間において、根釧地方のTMRセンターを中心とした地域の衛星画像解析を行い、牧草地、更新1年目の草地、飼料用トウモロコシの分布を明らかにした。併せて、収穫期直前の牧草地の植生指標を算出し比較した。また、オブジェクト分類による圃場のセグメンテーション化を行い、対象地の圃場の近似的なポリゴンを作成した。画像解析後のデータは、公開の地形図、土壌、気象、集落界や農業センサスと結合しGISデータとして整備した。また、GPSによって飼料収穫作業の記録を行い、それぞれの圃場と収穫物を詰め込むバンカーの位置、道のり等を正確に記録した。収穫した圃場とバンカー、そのバンカーの飼料成分のデータは協力TMRセンターにて結合され、データベース化された。

以上の一連のデータを使用し、まずは、地域全体での飼料用トウモロコシ・牧草という作付けの選択、及び、牧草地を更新投資しその生産性を高める草地更新の有無について、計量経済学的に推定した。そのときモデルには、空間計量経済モデルを用い、空間的な相関の存在の有無の検証、及び、空間相関による推定バイアスのコントロールを行った。さらに、TMRセンターでの牧草収穫作業工程をGISを用いて視覚化し、作業の最適化のシミュレーションを行った。最終的に、酪農業における効率的な農地利用を考察した。

## 4. 研究成果

圃場単位の解析と気象や農業センサスを用いた分析から、生物物理・社会科学条件が異なる地域の作付け行動や草地への投資行動(草地更新)の違いを明らかにした。また、GISを用い収穫作業をシミュレーションし、現在の作業体系の評価と省力的な作業順、作付けについて明らかにした。

まず、作付けにおいて、農地が少ない地域や労働が比較的多い地域、及び、農業機械を所有する農家が多い地域において、より集約的なデントコーン（飼料用トウモロコシ）の作付けが選択されるという行動が確認された。作付け面積の配分は、それぞれの圃場の環境に応じて選択されていると考えられる。また、環境条件において、過去において気温が高かったり、降水が少ないという、冷害や湿害のリスクが少ないと想定された土地や年次において、デントコーンが積極的に選択されていた。ただ、気象は変動が大きいにも関わらず、過去3年ではなく、過去1年のみの気温が作付けに大きく影響することが確認され、これらの農家の作付け選択は必ずしも常に合理的でない恐れもあった。当該研究では、オブジェクトベースの画像解析によって圃場区画ポリゴンを単位とし、固定効果モデルによる計量経済推定を行っている。これまで1km等のグリッド単位で行われてきた農地・土地利用の推定に対して、圃場をポリゴン化してサンプル化する試みは、実際の農地利用単位と整合的であり、当該研究にて先駆的に行われた分析フレームワークの一つである。

また、草地更新については、空間計量経済モデル、及び、マルチレベル分析を適用することで、草地更新採択圃場やその農家に空間的な偏りがあることを明らかにされ、初期時点で更新が進んでいる農家では、その後も積極的に草地更新がなされていることが示された。これは逆の視点でいえば、地域内の更新状況によって各生産者の更新行動自体も影響を受けており、更新を行っている人の少ない地域が出来てしまった場合には、その後も更新率の回復が見込めない状況が発生するという点でもあり、農地利用の効率化や酪農業における飼料生産の課題の一つと考えられる。また、特にTMRセンターでは、多くの圃場を統一的に活用することで、草地更新や飼料用トウモロコシ作付けが積極的であるということが確認された。

収穫作業工程の評価とシミュレーションでは、ダンプカーやハーベスターといった資本の局所的な過剰配置がそれぞれの効率性低下をもたらすことを示し、圃場が分散し、かつそれぞれが距離的に離れているケースにおいても、適切な作業機械の配分によって作業効率が大幅に改善されうること示した。さらに、サイレージの粗タンパク質やTDNの含有量の計量的な推定から、作業日数を減少させることで粗飼料品質が改善され、酪農業の生産性が向上しうること示している。

以上の研究成果は、JA組織やTMRセンターの協力のもと、圃場の管理状況や収穫物の品質のデータと、酪農経営体や社会経済データとを結びつけることで初めて可能となった分析であり、農業生産に即した地理データと経済分析を組み合わせ、定量的に分析を示した点に本研究計画遂行の意義がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>長久保凱生, 姜 薈, 佐藤 昶, 鈴木宣弘  | 4. 巻<br>77            |
| 2. 論文標題<br>農産物価格下落による消費者利益評価における価格伝達性の考慮 野菜類を事例に  | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>共済総合研究  | 6. 最初と最後の頁<br>50~62   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>安達英彦, 鈴木宣弘, 佐藤 昶, 川口雅正  | 4. 巻<br>78            |
| 2. 論文標題<br>改正畜安法下における酪農生産者組織の機能強化方策の検討  | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>共済総合研究  | 6. 最初と最後の頁<br>104~125 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>田村優斗, 姜 薈, 佐藤 昶, 鈴木宣弘   | 4. 巻<br>74            |
| 2. 論文標題<br>飼料用米利用による稲作・畜産経営への影響に関する調査研究   | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>共済総合研究  | 6. 最初と最後の頁<br>79-103  |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>佐藤 昶, 村上 智明, 中嶋 康博  | 4. 巻<br>29(1)         |
| 2. 論文標題<br>圃場区画ポリゴンパネルデータの構築による圃場単位の作付け行動の計量経済分析  | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>農業情報研究  | 6. 最初と最後の頁<br>14-23   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.3173/air.29.14">https://doi.org/10.3173/air.29.14</a> | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>佐藤 昶, 村上 智明, 中嶋 康博  | 4. 巻<br>35(3)         |
| 2. 論文標題<br>教師付き分類とオブジェクトベースのセグメンテーションを組み合わせた土地利用/土地被覆分類手法の提案ー牧草地における農用地及び更新草地の判別ー                                   | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>日本リモートセンシング学会誌  | 6. 最初と最後の頁<br>225-240 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.11440/rssj.39.225">https://doi.org/10.11440/rssj.39.225</a> | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>佐藤 昶, 高橋 太郎, 合崎 英男, 山田 七絵, 中嶋 康博  | 4. 巻<br>86          |
| 2. 論文標題<br>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   | 5. 発行年<br>2018年     |
| 3. 雑誌名<br>農業農村工学論文集   | 6. 最初と最後の頁<br>35-45 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.11408/jsidre.86.l_35">https://doi.org/10.11408/jsidre.86.l_35</a> | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Kumse, K., Suzuki, N., Sato, T.   | 4. 巻<br>51(3)         |
| 2. 論文標題<br>Does oligopsony power matter in price support policy design? Empirical evidence from the Thai Jasmine rice market. | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>Agricultural Economics  | 6. 最初と最後の頁<br>373-385 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.1111/agec.12560">https://doi.org/10.1111/agec.12560</a>               | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>鈴木宣弘, 宮川 百合, 佐藤 昶             | 4. 巻<br>80          |
| 2. 論文標題<br>中国の食料消費の「洋風化」と国際穀物需給への影響の再検証 | 5. 発行年<br>2020年     |
| 3. 雑誌名<br>共済総合研究                        | 6. 最初と最後の頁<br>78-88 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし          | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>保坂三仁, 佐藤 起                              | 4. 巻<br>38(3)         |
| 2. 論文標題<br>東京都における都市農業の意義と今後の展望 : 方法論に着目した研究動向の整理 | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>農村計画学会誌                                 | 6. 最初と最後の頁<br>405-417 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                    | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難            | 国際共著<br>-             |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>佐藤 起, 小川 茂男, 合崎 英男, 高橋 太郎, 山田 七絵, 中嶋 康博   | 4. 巻<br>38         |
| 2. 論文標題<br>山間地域の土地被覆分類における水田の誤判別補正手法の提案とその適用  | 5. 発行年<br>2018年    |
| 3. 雑誌名<br>日本リモートセンシング学会誌  | 6. 最初と最後の頁<br>1-13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.11440/rssj.38.1">https://doi.org/10.11440/rssj.38.1</a> | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-          |

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>T. Sato, T. Murakami and Y. Nakashima   |
| 2. 発表標題<br>Evaluating the efficiency of harvesting perennial grass in a large TMR center: Investigation of determinants of operational efficiency using econometric analysis with a GPS logger |
| 3. 学会等名<br>The Japanese Society of Grassland Science   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>T. Sato, H. Aizaki, T. Takahashi, N. Yamada and Y. Nakashima   |
| 2. 発表標題<br>Geographical and socio-economic analysis of land fragmentation of paddy fields: construction of data sets of household level and field plot level by using GIS |
| 3. 学会等名<br>International Society of Paddy and Water Environment Engineering (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>T. Sato, S. Ogawa, H. Aizaki, T. Takahashi, N. Yamada and Y. Nakashima                          |
| 2. 発表標題<br>Market Access and Land Use/Land Cover Change: Spatial Econometric Analysis using Satellite Data |
| 3. 学会等名<br>The Agricultural Economics Society of Japan   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>高燕燕, 佐藤 昶, 鈴木宣弘                        |
| 2. 発表標題<br>確率的フロンティアモデルと包絡分析法を用いた小規模酪農の意義と存立条件の評価 |
| 3. 学会等名<br>日本農業経営学会                               |
| 4. 発表年<br>2018年                                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>佐藤 昶, 村上智明                                |
| 2. 発表標題<br>オブジェクト指向衛星画像解析による経済分析指向の土地利用データベース構築手法の提案 |
| 3. 学会等名<br>日本農業経済学会                                  |
| 4. 発表年<br>2018年                                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>村上智明, 佐藤 昶                               |
| 2. 発表標題<br>区画レベルデータを用いた草地更新行動のマルチレベル分析 北海道別海町を事例として |
| 3. 学会等名<br>日本農業経済学会                                 |
| 4. 発表年<br>2018年                                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>佐藤 昶・村上智明・中嶋康博                            |
| 2. 発表標題<br>衛星画像セグメンテーションと計量経済モデルによる作物選択行動の分析         |
| 3. 学会等名<br>東京大学地域未来社会連携研究機構・第1回データ利活用研究コミュニティワークショップ |
| 4. 発表年<br>2018年                                      |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>水野龍太郎, 高木英彰, 佐藤 昶                           |
| 2. 発表標題<br>農業者は農業という仕事に何を求めているのか 農業者の所得と仕事の満足度に関する定量分析 |
| 3. 学会等名<br>農村計画学会春期大会                                  |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Kumse, K., Suzuki, N. and Sato, T.   |
| 2. 発表標題<br>Measuring Oligopsony Power in Thai Jasmine Rice Market; Re-evaluating the Paddy Pledging Program |
| 3. 学会等名<br>2018 Annual Meeting of Agricultural and Applied Economics Association (招待講演)                     |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>結城知佳, 佐藤昶, 鈴木宣弘                                   |
| 2. 発表標題<br>陸海域環境統合モデルによる環境投資配分の推定: 最適な統合的沿岸域管理のためのシミュレーション分析 |
| 3. 学会等名<br>国際漁業学会大会  |
| 4. 発表年<br>2019年  |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>佐野友紀, 佐藤起, 鈴木宣弘                        |
| 2. 発表標題<br>青果物流通の競争構造分析 - 卸売市場経由が卸売価格に与える影響について - |
| 3. 学会等名<br>日本農業市場学会大会                             |
| 4. 発表年<br>2019年                                   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|  | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|