

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 24 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06246

研究課題名(和文) 機械学習による遊休農地貸出意向予測モデルの構築：集落への影響評価と担い手への集積

研究課題名(英文) Development of a model for prediction of idle farmland lending intention by machine learning: Impact assessment on rural communities, and promotion of land accumulation to leaders

研究代表者

栗原 伸一 (Kurihara, Shinichi)

千葉大学・大学院園芸学研究院・教授

研究者番号：80292671

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、遊休農地の担い手への集積に資するため、2015年から公開の始まった農地情報と地図情報から、所有者の意向(売りたい・貸したい、自ら耕作したい)を予測した。耕作放棄の影響が顕在化しやすい首都圏内2地域を対象に、機械学習の1つであるサポートベクターマシンを用いて意向を分類した結果、学習データのみでなく、検証データにおいても高い予測精度が得られた。今回学習させた分類器を用いれば、現在、所有者意向が把握されていない大半の遊休農地のなかから、どの農地が売り貸しに出されるのかを、いち早く予測することができるかと期待できよう。

研究成果の学術的意義や社会的意義

1980年代中頃から顕在化している遊休農地は、食料自給率の低下だけでなく生物多様性の喪失や野生鳥獣による被害など、地域住民にとっても様々な問題を引き起こす。そこで本研究は、全国農地ナビで公開されている農地情報と地図情報から、遊休農地所有者の意向を予測するモデルを構築した。予測精度の高い、実用的なモデルが構築されたことで、現在、大半を占める意向不明の遊休農地のなかから、所有者が売りたい・貸したいと思っている農地をいち早く特定でき、地域の担い手が事業拡大の計画を立てやすくなるだけでなく、施策主体も所有者や担い手に対して、売買や貸借を効率的に仲介、誘導できるようになることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：When agricultural policymakers promote the accumulation of idle farmland to leading farmers, it is more important to predict the intentions of landowners (i.e., intentions to sell, rent, or cultivate) with high accuracy than to elucidate structural factors. In this study, we attempted to solve this problem by specifying a support vector machine (SVM) based on agricultural land information systems in two regions of the Tokyo metropolitan area. As a result, the SVM showed high prediction accuracy on the training data set and the test data set.

研究分野：農業経済学

キーワード：遊休農地 農地流動化 機械学習

1. 研究開始当初の背景

耕作放棄地は、農家の高齢化や後継者の不在などが表面化した 1980 年代中頃から増え始め、現在では全耕地面積の 1 割にあたる 40 万 ha に達している。耕作放棄地の増加は、耕地を減少させ、生産効率や食料自給率の低下を招くだけでなく、鳥獣被害やゴミ不法投棄の発生、農地の多面的機能の喪失など、農村や地域住民にとっても様々な問題を引き起こしている。こうした状況を重く見た政府は、農地法を改正し、耕作放棄地の減少と担い手への集積・集約を目的とした農地中間管理機構を 2014 年に設置した。また、翌年には農地台帳に基づく農地情報を電子化・地図化した「農地情報公開システム(全国農地ナビ)」の運用を開始した。このシステムは、遊休農地の場所を地図上に示すだけでなく、所有者の農地に関する意向を条件として検索できるため、農地を探している担い手が、従来よりも容易に耕地拡大や団地化の検討に入れるようになると期待されている。なお、耕作放棄地は統計(センサス)用語、遊休農地は農地法(農地台帳)用語で厳密には異なるが、本研究では区別しない。このように、農地ナビは所有者の意向を知ることができる有用なシステムである一方、残念ながら肝心の意向が公表されている農地は極めて限られている。現在、農地ナビには不耕作の遊休農地が全国で 176 万件登録されているが、そのうち「貸したい」などの意向が表示されている農地は 3 万件にも満たず、残り 98% は意向不明となっている。調査が郵送中心で行われていることが原因という指摘もあるが、今後も意向の把握・公開が急速に進むことを期待するのは難しい。こうした状況から、耕作放棄地対策、そして担い手への集積・集約策として、所有者の意向を知る手法の開発は大きな意味を持つといえよう。

2. 研究の目的

本研究の目的は、農地台帳をもとに、農業センサスや GIS を用いて、農地所有者の意向を予測するモデルを構築することである。実用的な予測モデルの構築に成功すれば、現在、大半を占める意向不明の耕作放棄地のなかから、所有者が貸したいと思っている可能性の高い農地をいち早く特定できるようになる。結果、担い手が事業拡大の計画を立てやすくなるだけでなく、施策主体も所有者に対して、貸し出しを効率的に誘導できるようになるだろう。また、本研究のもう一つの目的として、貸出意向の耕作放棄地の存在が地域農業に及ぼす影響評価がある。貸出意向の耕作放棄地が存在する農業集落の生産構造を、存在しない集落と比較することで、大規模経営体の誕生などに寄与していることが明らかになれば、本予測モデルの政策的有用性の裏付けとなるだろう。さて、このように大きな効果が期待できる課題であるが、これまで所有者意向の予測に取り組んだ事例はない。それは、農地台帳の公開が始まって間もないことのほかに、実際に貸し手と借り手のマッチングを担当する自治体や J A の実務者に、計量的なモデルで意向を予測するという発想がなかったからであろう。学術的にも、これまでの耕作放棄地に関する研究は、発生要因や団地化の可能性を探るにとどまっており、本研究の独創性は高いといえる。また、アルゴリズムに機械学習を採用することで、膨大かつ逐次更新される農地情報に適したモデル構築できることも特徴である。それにより、変数の尺度水準や独立性にとらわれないため事前処理が軽減され、入力データのエラーを自動検出するため精度が向上し、どの変数が一番寄与しているのかを自動選別して出力するため結果の理解と活用が容易になるなど、分析者と利用者(施策側)双方に大きなメリットが期待できる。

3. 研究の方法

遊休農地所有者の意向予測には、クラス分類を目的とした教師あり機械学習アルゴリズムのなかでも、データのノイズに強く、分類性能が極めて高い「ソフトマージンのサポートベクターマシン(SVM)」を用いる。本研究で用いる SVM では、2 つの工夫が施されている。1 つは、分類不可能なデータも許容するように、ソフトマージンと呼ばれる項を目的関数に加えていることである。もう 1 つは、線形分離できないデータにも対応させるため、入力ベクトルの特徴を高次元の特徴空間へ非線形写像する関数を導入して、非線形の分類境界を形成できるようにしていることである。最適化問題を解く上では非線形写像する関数が計算できずとも、その内積が計算できればよいので、これをカーネル関数と定義して直接計算する。こうしたカーネルトリックが、SVM がブラックボックスとなって分類の要因を探れなくなる(因果関係が特定できなくなる)理由である。本研究では、カーネル関数として、もっとも一般的なガウス型の RBF (radial basis function) カーネルを用いる。なお、ソフトマージンの SVM では、2 つのハイパーパラメータの値が重要になる。それらを大きく設定すれば学習データを分類する能力は高くなるが、未知データを分類する能力の低い“過学習”となる。機械学習は未知データを高い精度で予測することが目的であることから、学習不足にならない程度に小さな値を設定することになる。

SVM の学習には、全国農地ナビから抽出した、次のような農地情報と地図情報を用いる(以降の分析で用いるダミー値も示す)。まず、出力ラベルには、農地情報から所有者意向(売りたい・貸したい: 1, 自ら耕作したい: -1)を用いた。また、入力ベクトルの特徴には、同じ農地情報から所在地域(水戸市: 1, 勝浦市: 0), 面積(m²), 地目(田: 1, 畑: 0), 農振法区分(農業

振興地域：1，地域外・調査中：0)を用いた。ほかにも都市計画区分や貸借権等権利設定の内容，農地中間管理権などがあるが，欠損や偏りが大きいため採用しなかった。地図情報からは，農地の区画整理状況（目視判断，整理済：1，未整理：0），農地中心から最寄り道路までの距離（アプリ上で計測，m），最寄り道路の幅員（アプリ上で計測，m），道路に面しているかどうか（目視判断，有道路地：1，無：0），30万m²以内に4軒以上の住宅の有無（目視判断，有：1，無：0）を得て特徴として用いた。

また，本研究では，対象地として，耕作放棄の影響が顕在化しやすい首都圏の中から，意向が把握されている遊休農地の数が多い水戸市（茨城県）と勝浦市（千葉県）を選定した。

4．研究成果

(1) 予測の結果

遊休農地データ 279 件のうち，無作為に抽出した 84 件（3 割）を未知データの分類予測の検証に用い，残りの 195 件（7 割）を学習に用いた。なお，RBF カーネルを用いた SVM のハイパーパラメータの値には，過学習を抑えた汎用型（予測精度重視）のチューニングを実施し， $C=1$ と $\gamma=0.5$ を設定した。合計 5 回の無作為抽出と分類予測を実施した結果，両クラス合わせた正解率の平均は，学習データで 82.4%，検証データで 82.9%となった。とくに売貸クラスの正解率（感度）は検証データで 94.7%となっており，本研究の目的である“担い手への農地集積”に十分貢献できる分類器を獲得できたといえよう。また，分類性能を視覚的に表す受信者動作特性（ROC）曲線は，学習データ（破線）よりも検証データ（実線）の弓形がやや弱く，下側の面積も検証データで小さいものの，学習データサイズがそれほど大きくないことを考慮すれば，精度の比較的高い分類器と評価できることが確認された。

さらに，採用した入力ベクトルと精度との関係を見るため，特徴を 1 つずつ外した場合の正解率を確認したところ，いずれの特徴を外しても十分な予測精度が保たれており，過学習にも陥っていないことから，説明変数を 1 つ削除するだけで結果が大きく変化してしまう従来の計量モデルに対して，SVM は極めて安定していることがわかった。

(2) 分類境界と因果構造の検討

分類の境界線がどのようなになるかを視覚的に示すことは難しいが，主成分得点からその構造を予想したところ，売貸と自耕とが複雑な境界によって分類されていることがうかがえた。

また，プロビット回帰分析を実施し，分類に寄与している属性（要因）の検討と，当該分野における SVM の有効性を検証した結果，売り貸しに出される可能性の高い遊休農地の属性として，（同じ地域ならば）区画整理がされておらず，最寄りの道路が遠くにあることなどが予想された。最後に，本課題において，SVM の予測精度が，従来の計量モデルと比較して，どのくらい優れているのかを検証した。プロビット回帰モデルで分類予測した場合，学習データでは 72.3%の正解率が得られたものの，検証データでは 23.8%と大きく低下している。このことから，とくに未知データの分類において，SVM は従来の計量モデルよりも高い精度の予測が可能になることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 栗原 伸一、柴田 浩文、丸山 敦史 | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 耕作放棄地の発生要因 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 農業経営研究 | 6. 最初と最後の頁 71～76 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11300/fmsj.58.2_71 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 栗原 伸一、丸山 敦史 | 4. 巻 94 |
| 2. 論文標題 機械学習による遊休農地所有者の意向予測 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 農業経済研究 | 6. 最初と最後の頁 191～196 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11472/nokei.94.191 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 栗原伸一・丸山敦史 |
| 2. 発表標題 機械学習による遊休農地所有者の意向予測 千葉県と茨城県の農地情報から |
| 3. 学会等名 2022年度日本農業経済学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 栗原伸一・柴田浩文・丸山敦史 |
| 2. 発表標題 耕作放棄地の発生要因 千葉県2015年農林業センサス個票を用いた 階層ベイズ・トービット回帰による接近 |
| 3. 学会等名 令和元年度 日本農業経営学会研究大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-----------|---|---------------------------------------|----|
| 研究 分担者 | 加藤 顕 (Kato Akira) (70543437) | 千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授 (12501) | |
| 研究 分担者 | 丸山 敦史 (Maruyama Atsushi) (90292672) | 千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授 (12501) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|