

機械学習による農業生産管理普及の検討

裏巽晴菜¹, 森信一郎¹

概要：現代の日本農家は安全な農作物を生産しているにも関わらず、GAP(農業生産工程管理)の認証を取得していないことで安全性が保証されず、国外や大手小売業への販売が難しい現状にある。この GAP を行うには農家に適した営農指導をする必要があるが、1軒ごとに指導員が指導するには農家の数が膨大すぎるという問題がある。本稿では効率的な GAP の営農指導を行うために、農家の考え方による農家分類が可能であるかの提案を行うとともにその評価と考察を述べる。

キーワード：GAP, 農業, 主成分分析, k-means

Examination of Agricultural Production Management Dissemination by Machine Learning

HARUNA URATATSUMI¹, SHINICHIRO MORI¹

Abstract: Even though Japanese farmers today produce safe crops, their lack of GAP (Good Agricultural Practices) certification makes it difficult for them to sell their products outside of Japan or to major retailers, as their safety is not guaranteed. In order to implement this GAP, it is necessary to provide farmers with appropriate agricultural guidance, but the problem is that the number of farmers is too large for instructors to provide guidance to each individual farmer. In this paper, we propose a possible classification of farmers based on the farmer's way of thinking in order to provide efficient GAP guidance to farmers and present our evaluation and discussion of the classification.

Keywords: GAP, Agriculture

1. はじめに

近年、消費者の食への関心が高まりつつある。それに伴って食品製造、食品加工の安全管理の義務化が進んでいる。しかし、日本の農作物には安全を証明する認証制度が義務化されていないという問題がある。日本国内においては生産者と消費者の信頼関係が安全性を担保してきたが、国外となると必ずしも安全とは限らない。そのため生産者が農作物を販売する際には、安全性を保証する証明が必要となってくる。これは日本の生産者が国外へ輸出するときも同様である。

農作物の安全性を証明する認証の一つに、農林水産省が推進している GAP(Good Agricultural Practice : 農業生産工程管理)がある。GAP とは農業において、食品安全、環境保全、労働安全等の持続可能性を確保するための生産工程管理の

取り組みのことである。これを多くの農家を取り入れることにより、持続可能性の確保、競争力の強化、品質の向上、農業経営の改善や効率化に資するとともに、消費者や実需者の信頼の確保が期待できる。[1]このGAPを行うためには、生産物の安全性を証明するための記録が必要となっている。そのため農業活動における1日の作業記録や、農薬や機械、労働者についてのリスク評価など、生産における管理農業を手がける事が必要となってくる。記録に対して、ICTを活用したシステム等の開発も行われている。認証項目での重複箇所の削減やペーパーレス化など、実際にこのシステムを活用して認証を取得した事例も存在している。それにも関わらず、GAPを行うこと自体を断念してしまう農家も少なくないのが現状にある。この問題に対して、GAPを行う目的を認証取得のためとしてしまうと、この記録等を行う意味を理解できず、農家にとっては大きな負担と感じ

¹ 千葉工業大学
Chiba Institute of Technology

てしまうのではないかと考えた。

このことから、「なぜ GAP を行うのか」といった GAP の本質を十分に理解すること、つまり営農指針を立案することが GAP 認証の取得につながるのではないかと考えられる。そのため、GAP 行うための管理農業をするには各農家に適した営農指針を指導すること必要となってくる。しかし、全ての農家に対して 1 軒 1 軒、農業経営に関しての意識や作業確認を行い指導するには農家の総数が多く、十分な営農指導員の確保が困難という問題がある。そこで本稿では管理農業を主眼とした営農指導のための効率化について論ずる。

2. 関連研究

2.1 営農計画のための線形計画法プログラム XLP

営農計画の作成や農業技術の経営的評価として線形計画法が活用されている。[2]線形計画法プログラム XLP においての目標計画法では農業所得の向上と農作業労働の軽減のような目標をもとに営農計画を扱うことができ、整数計算法では固定費の負担、棟単位の施設利用等の計算単位が整数となる生産要素・費用等をプロセスにもつ営農計画モデルを扱う事ができる。線形計画法を学び、営農計画モデルを作成してその最適解を求めて解釈することで、農家の営農設計や地域の営農類型の作成が可能となる。しかし、その分類手法は売上や費用、作業労働時間など客観的な情報に基づく分類となっており、農家それぞれがどのような農業を目指しているかを反映していない。また線形計画法プログラム XLP を利用するには線形計画法を学び、具体的な事例に適用した経験があり、計画モデルの計算結果の解釈に成熟している必要がある。その為、GAP のような管理手法においては活用することが難しい。

2.2 地域農業計画の意義と手法の課題

小地域を対象とした生産計画の課題、地域計画農業手法の当面する課題について論じている。[3]生産計画のために、資源流動化を主要対象とした 4 戸の農家からなる農家間均衡モデルが存在する。このモデルでの農家間での増加所得額の配分にあまり差がつかない最適解を試算している。また、このモデルでの市場取引における成果の試算も求めている。しかしこのモデルでは農業所得のための農業計画が目的となっており、そのための被雇用労働時間や農業所得を元にした計画農業となっている。GAP での管理農業では農家が目指す農業の目的によって計画が異なるため、この農業計画を導入することは厳しいと考えられる。

2.3 MOG-GAP システム

GAP 認証取得のための家族経営の農家から大規模な農業法人までが低コストで利用できる GAP 認証取得支援ツール

が提案されている。その中の 1 つに株式会社ミヤモトオレンジガーデンが販売している「MOG-GAP システム」がある[4]。このシステムでは、PC やスマホ、タブレット端末でのペーパーレスでの作業記録や農薬・肥料の使用記録が可能に併せ、GAP における重複した記録の効率化が行われている。その為、GAP 認証取得における農家の負担は軽減されると期待される。しかし、このシステムでは認証取得における農家の負担の軽減が目的となっているため、管理農業における本質の理解は困難であり、農業指針の立案は容易でないと考えられる。

3. 提案手法

管理農業を普及させるには、各農家が農業を営む理由を十分に理解する必要がある。所得の向上が営農の唯一の理由であるのならば、管理農業は普及していなければならない。しかし、現在の管理農業が普及していない状況から、農業を続ける理由は多くの要素が絡んで現在に至っていると考えられる。従って、農業を営み続ける要素を十分に理解した上で農家を分類することによって、その農家に沿った管理農業を指導できるのではないかと考えられる。そこで本稿では、その要素を抽出して農家を分類する手法について提案する。

3.1 ヒアリングによる農業事象の収集

農家を考え方や営農の方針で分類する為には、農家全体を特徴づける要素の抽出を行う必要がある。農業における事象収集することで、農家が何の目的を持って農業を営むのかの抽出が可能になると考えた。この農業事象の収集ではヒアリングを行う。

農業事象の収集では母集団の傾向を表す標本データの抽出を心がける。つまり一つの農家だけではなく、いくつかの農家から事象の収集を行う。また、ヒアリング対象者も偏った方針や農業とならないように多種多様な農家を選出する必要がある。そうすることで農家の全体像から事象の収集が可能になると考えられる。

3.2 事象から行動変数の抽出

ヒアリングによって収集された農業活動の事象から農家の考え方や方針などを求める。これらは事象から本質的なニーズ、つまり行動変数を階層的に抽出することで求まるのではないかと考えた。[5]これらの行動変数を求めるためには、上位・下位関係分析を用いる。ヒアリング対象者の行動事象を上位化し、階層的な 3 種類のニーズに分類し、その繋がりから行動変数を抽出する。ヒアリングによって得られた行動事象は、現在の対象者が置かれている状況での行動である。この行動事象は何がしたいかの行為目標のための事象となっている。つまり、この事象から「どんなことを

したいからこの事象なのか」という観点で上位化を行い、サポートニーズつまり行為目標を導出する事ができる。さらに「行為目標をしたい理由は、どうありたいからなのか」という観点から行動変数へと上位化を行う。このように階層的に上位化していく際にニーズの抽象度を高くしていくことで、適切な最上位ニーズである行動変数の抽出となる。[6] 行動事象の抽象度を高くしていくラダーリング法を図 1 に示す。

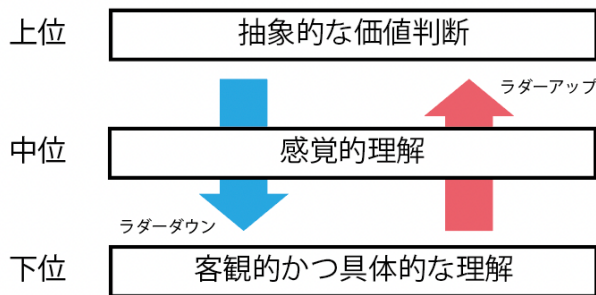


図 1 ラダーリング法

3.3 行動変数を元にしたアンケートによる分類

抽出した行動変数を元に分類ができるようなアンケートを作成する。ここでのアンケートは回答が分散するように作成する必要がある。例えば「A と思うか」という質問に対して「そう思う」を 1、「そう思わない」を 10 にすると、多くの農家が 1 を選び分散が小さくなってしまふ可能性がある。回答が分散するためには、「A と思う」を 1、相対するような「B と思う」を 10 とするような設問にすることで、分散した結果が期待できる。

上記の方法で作成したアンケートを実施することで農家の特徴量が数量化できる。数量化されたデータを元に多変量解析することで、農家の考え方や指針となる要素での分類する事が可能になる。

4. 実験

実際に農家にヒアリングを行い、農業の事象から行動変数を抽出、そしてアンケートを実施することで分類が可能となるのかを検証する。

4.1 農家へのヒアリング

3.1 でも述べた通り、農家を分類するためには、全体像から農家を特徴づける事象を収集するために、偏りなく多様な考えや農業活動を行ういくつかの農家からのヒアリングにしなければならない。

そこで本稿では施設栽培を行う農家を全体像として、農業に対しての意欲という観点から SEPIA 法を用いて 4 種類の農家にヒアリングをすることにした。ヒアリング対象と

なる 4 種類の農家を図 2 に示す。SEPIA 法では 2 つの意欲を組み合わせることで、ユーザーの利用態度を分類することができる。一般的な製品利用に対しての軸は、製品に対してどういう興味・知識を持っているかの「製品関与」軸と、ユーザーの製品への積極性と取り扱いへの自信である「自己効力感」軸となっている。[5]そこで、農家の農業に対する意欲を組み合わせることで SEPIA 法による 4 種類の農家となる。この対象の図における軸は「製品関与」軸を「品質や生産量に配慮しているか」の X 軸とし、「自己効力感」軸を「新規農法への積極性・消極性」の Y 軸とした。そのため「大量生産を新しい農法で試す」、「大量生産を今までの農業の延長上で試す」、「高品質を新しい農法で試す」、「高品質を今までの農業の延長上で試す」の 4 種類の農家でのヒアリングとなった。

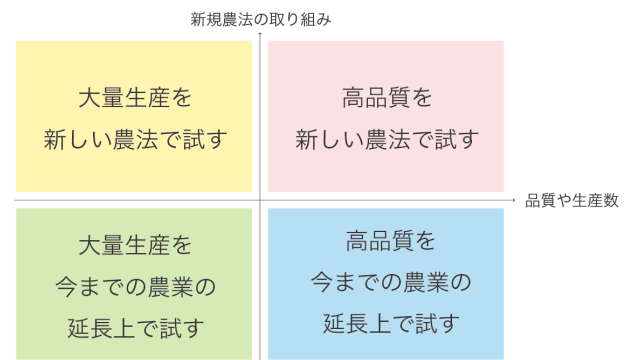


図 2 SEPIA 法に基づくヒアリング対象農家

本研究では JA 横浜に協力を得て所属する営農指導員が指導担当をしている比較的農法が類似している施設農家をヒアリング対象とした。「高品質を新しい農法で試す」グループでは花卉栽培を、従業員を雇って大人数で行なっている方とトマトを夫婦で栽培を行う方を対象とし、「大量生産を新しい農法で試す」グループでは家族でトマト農家を営んでいる方を対象とした。さらに、「大量生産を今までの農業の延長上で試す」グループではトマトを中心に家族で栽培を行う方を対象とし、「高品質を今までの農業の延長上で試す」グループでは葉物野菜を家族で栽培する方と、トマトを中心に家族で栽培を行う方を対象とした。

ヒアリング内容については農業に関する取り組み方を全体的に調べる必要がある。よって、管理農業のもととなる GAP 認証での審査内容をヒアリング内容の土台とし、JA 横浜の営農指導員とともに個人情報によらない設問を考え、実施をした。ヒアリング概要に関して、図 2 に示す。

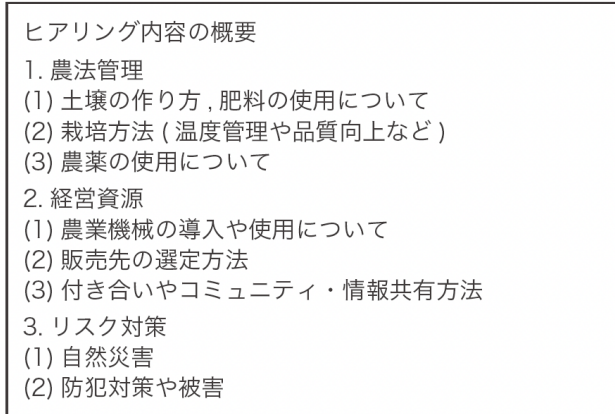


図3 事象収集のためのヒアリング概要

上記の概要から質問を行い、活動における事象を答えてもらう。その答えに対して「なぜその選択をしたのか」、「なぜその行為をしようと思ったのか」などを聞き、質問を繰り返して事象の深掘りを行う。これを各ヒアリング対象者に約90~120分間行い、事象やその農家の考え、経営指針などを抽出する。

4.2 行動変数の抽出

ヒアリングデータを事象ごとに分解し、事象から行為目標へと抽象度を高め、更に考え方や方針となる行動変数を階層的に求める。

例として、ヒアリングでは「トマトが直売所にあるとお客さんが買いに来てくれる」、「直売所はトマトがないと他のものも売れない」などの事象が収集できた。この事象の抽象度を高め、階層的にすることで「お客さんに作物を購入させたい」といった行為目標の抽出が可能となる。このような事象から行為目標への抽象化を階層的にしたものを図3に示す。

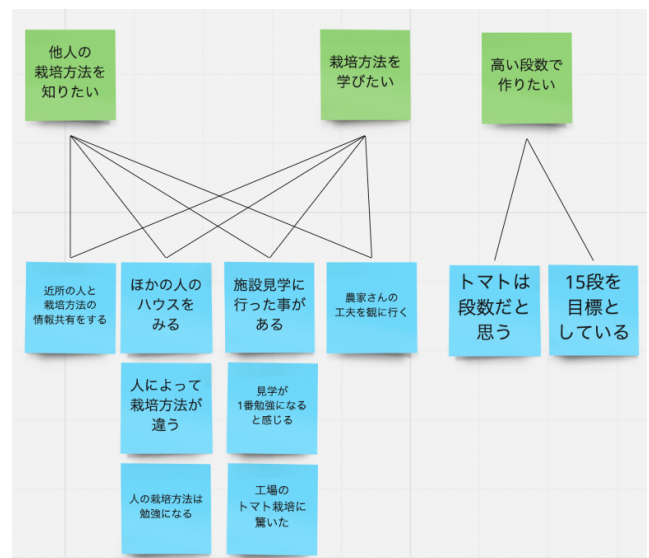


図4 行動事象を行為目標へ抽象化

これらの階層化を各農家で行なったところ、「高品質を新しい農法で試す」グループの花卉栽培農家の農業事象80個・行為目標80個、トマト農家の農業事象146個・行為目標81個、「大量生産を新しい農法で試す」グループの農業事象106個・行為目標113個、「大量生産を今までの農業の延長上で試す」グループの農業事象60個・行為目標61個、「高品質を今までの農業の延長上で試す」グループの葉物野菜農家の農業事象145個・行為目標166個、トマト農家の農業事象159個・行為目標71個となった。

ここで抽出された行為目標を全て統合し、ヒアリング概要ごとに分ける。ヒアリング概要ごとに分けられた行為目標をさらに「どうありたいからなのか」とラダーアップすることで行動変数への抽出となる。統合された行為目標から行動変数への抽出した図の一部を図4に示す。

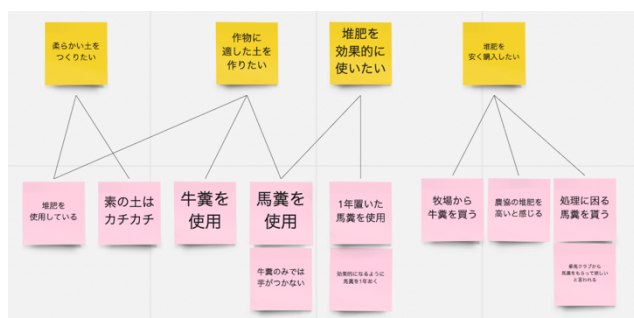


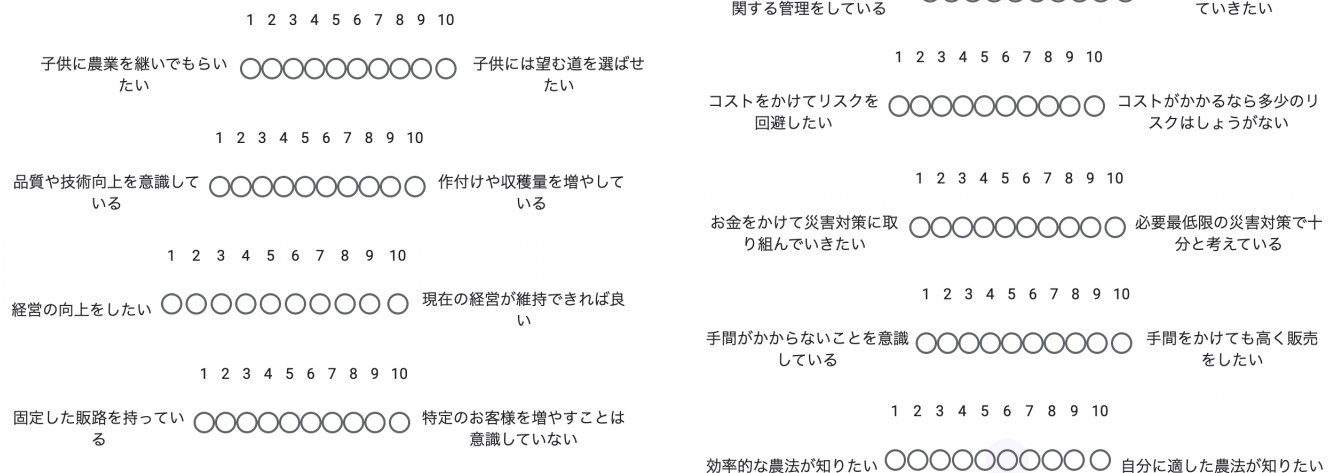
図5 行為目標から行動変数へと抽象化

上記で抽出された事象を行動変数に階層化したところ以下の11個が抽出された。

- (1) 子供に農家を継いでもらうために質の良いものを作って経営を向上したい。
- (2) 固定のお客さんを作って販売し、美味しいと思われたい。
- (3) 農家のストーリーやお客さんが求める情報を提示して商品の適正な評価をしてもらいたい。
- (4) ジャンルの違う農家でも交流ができるような同世代や近所の農家グループを作りたい。
- (5) ネットというよりは地域や近所など身近で安心できる情報を知りたい。
- (6) 地域に限らず品種、環境にあった効率的な農業をしたい。
- (7) 販売、農薬、災害、近所トラブル、コストなどのリスク全てを管理したい。
- (8) 余計なコスト・手間をかけずに効率よく農作業をする方法を知りたい。
- (9) 手の届く範囲での販売でお客さんに届けたい。
- (10) コストのかからない範囲のスマート農業で管理を行い、安定した経営を目指したい。
- (11) 人や動物に負けない畑の強化をしたい。

4.3 アンケートの作成

行動事象から抽出された11の行動変数から、農家を営農指針によって分類可能となるようなアンケートの作成を行った。ここでのアンケートは3.3でも述べた通り、設問の回答が分散する内容に作成する必要がある。例えば、「子供に農家を継いでもらいたいのか」に対して「はい」を1、「いいえ」を10とした場合では1に偏る可能性がある。これに対して、「子供に農家を継いでもらいたい」を1、「子供には自分の望む道を選ばせたい」を10とすることで分散の大きい設問になると考えた。それらを考慮した上で11個の行動変数より図5をアンケートの設問とした。



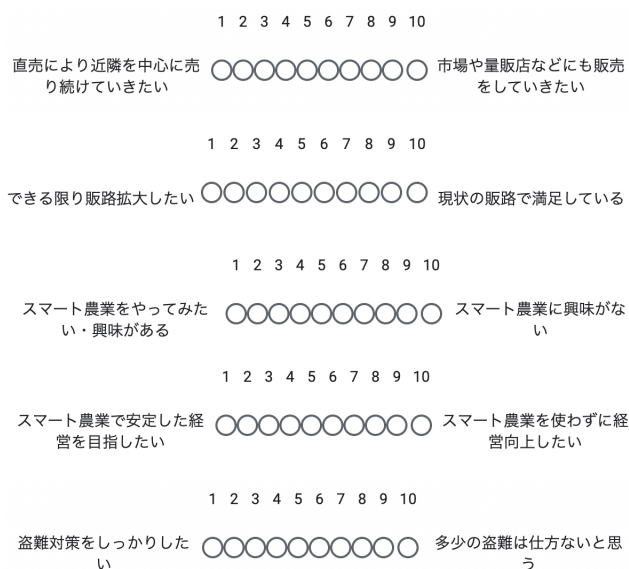


図6 アンケートの設問

4.4 営農指導員によるアンケート結果の分析

作成したアンケートを実農家で実施する前に、実際に分類可能な結果を得ることができるのかを確認する必要がある。そのため4.1でのSEPIA分析法で抽出された4種類の農家を想定して、JA横浜の営農指導員20人分にアンケートを行った。アンケートの回答による設問ごとの分散は4.15~9.52となったため、小さな分散は見られず主成分分析による分類が可能と考えた。

営農指導員20人によるアンケート結果を、主成分分析を用いて分析したところ以下の図6のような分類結果となった。

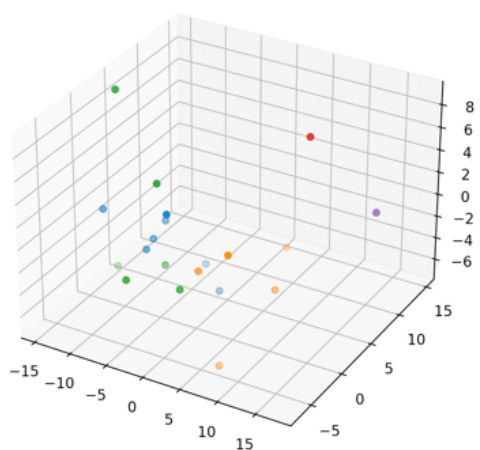


図7 アンケート結果を主成分分析

第一主成分での寄与率は0.394、第二主成分での寄与率は0.154、第三主成分での寄与率は0.100となり累計寄与率は0.649となった。第一主成分を構成する要素と重みは設問24では0.297、設問23では0.290、設問15では0.277、設問16では0.273となった。つまり新規農業手法や今までの農法に

対しての興味や活用などが大きく関わっていると考えられる。また第二主成分での要素と重みは設問21では0.308、設問5では0.279となっており、直売所や市場、固定客と量販店の客を意識しているかなどが大きな要因になったと見られる。

主成分分析によって5つのグループに分類ができたので、k-means法を用いて5つの分類に表示する。分類を可視化したものを図6に示す。

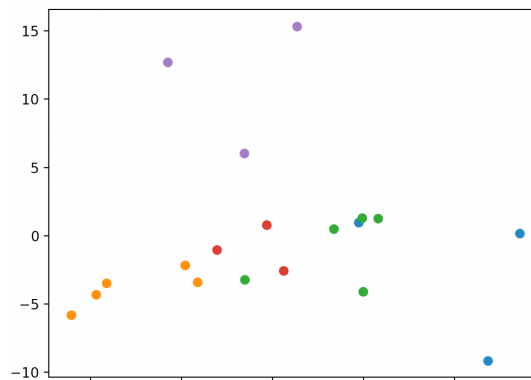


図8 k-means法による農家分類

次に分類されたグループごとの特徴を確認する。分類結果の図より、赤をグループ1、紫をグループ2、緑をグループ3、青をグループ4、黄をグループ5とした。第一主成分、第二主成分の要素となる設問をグループごとに調べると以下の図7となる。

グループ1

第一主成分
 設問24「効率的、省力化に向けた農業を目指している」
 設問23「周囲の環境に配慮し、農業に関する管理をしている」
 設問15「スマート農業をやってみたい・興味がある」
 設問16「スマート農業を使わずに経営向上したい」

第二主成分
 設問21「量販店など、多くの消費者を意識して作っている」
 設問5「市場や量販店などにも販売をしていきたい」

グループ2

第一主成分
 設問24「親から引き継いだ農業を守っていきたい」
 設問23「従来の生産手法を継続していきたい」
 設問15「スマート農業に興味がない」
 設問16「スマート農業を使わずに経営向上したい」

第二主成分
 設問21「量販店など、多くの消費者を意識して作っている」
 設問5「市場や量販店などにも販売をしていきたい」

グループ3

第一主成分
 設問 24 「効率的、省力化に向けた農業を目指している」
 設問 23 「周囲の環境に配慮し、農業に関する管理をしている」
 設問 15 「スマート農業をやってみたい・興味がある」
 設問 16 「スマート農業で安定した経営を目指したい」

第二主成分
 設問 21 「量販店など、多くの消費者を意識して作っている」
 設問 5 「市場や量販店などにも販売をしていきたい」

グループ4

第一主成分
 設問 24 「親から引き継いだ農業をしつつも効率的、省力化な農業を目指している」
 設問 23 「従来の手法を行いつつも周囲の環境に配慮して農業を管理している」
 設問 15 「ややスマート農業に興味がある」
 設問 16 「ややスマート農業で安定した経営を目指したい」

第二主成分
 設問 21 「固定客も市場や量販店の客も意識している」
 設問 5 「固定客も意識しているが量販店の客を意識して作っている」

グループ5

第一主成分
 設問 24 「効率的、省力化な農業を目指しつつも親から引き継いだ農業をしている」
 設問 23 「周囲の環境に配慮して農業を管理しつつも従来の手法を継続している」
 設問 15 「ややスマート農業に興味がない」
 設問 16 「あまりスマート農業で安定した経営を目指したいと思っていない」

第二主成分
 設問 21 「固定客も市場や量販店の客も意識している」
 設問 5 「固定客も量販店の客も意識して作っている」

図9 グループごとの設問回答

グループ1では「量販店に売るために多く生産するに当たって、スマート農業は使わずに新しい農法を取り入れたい」クラスター、グループ2では「従来の農法を活用し続け、量販店などの為に、大量に生産したい」クラスター、グループ3では「量販店などに売るために大量生産するに当たって、スマート農業などを使って新しい農法を取り入れたい」クラスター、グループ4では「従来の手法を活用しつつも新しい農法を前向きに利用して固定客にも量販店の客にも売りたい」クラスター、グループ5では「新しい手法を取り入れつつも従来の手法を前向きに利用し、固定客と量販店両方の客に売りたい」クラスターに分類されたと考えた。この分類結果をアンケート対象者である、JA横浜の営農指導員と照らし合わせたところ、20人中16人の考え方が類似しているという結果が得られた。また、類似していないグループに分類された4人の内の3人が近接するグループへの分類となっていた。

4.5 結果

これらの結果から、農業活動の事象から抽出された考え方や方針による農家分類ができる可能性が高いという事が

わかった。また、4.4の実験結果よりJA横浜の営農指導員が想定した農家でのアンケート実施による結果ではあるものの、重みのある設問ではグループごとにそれぞれ数値が偏っている特徴が見受けられた。その為、実際の農家によるアンケートを行なった際にも分類は可能なのではないかと考えられる。

5. 考察

4.5の実験結果より、高品質を重要視する農家グループにおいて、「スマート農業などの新規農法を取り入れるか」、「従来の農法をそのまま続けていくか」の隣接グループでは分類の結果から相違が見受けられる。したがって、実農家でのアンケートを行う際には、農法についての重みが見られた第一主成分を構成する設問15,16,23,24において、回答が分散するような設問に再度修正してから実施する必要があると考えた。

今回の実験では神奈川県横浜市の農家を対象としたヒアリング内容や分類となっているため、都市型農業におけるアンケートの分類になっているのではないかと考えられる。実際にヒアリングを行なった農家の中には、直売所や顔見知りの固定客に販売したいといった声や、他県の機械を用いた大規模農業では農法の違いを感じたといった声もあった。その為、この実験で作成したアンケートを用いるのではなく、事象・行動変数の抽出から作成したアンケートを用いることでその地域に適した分類ができるのではないかと考えられる。

また、営農計画において必要とされている耕作面積や労働時間数、売上や所得などの客観的情報は、GAPにおいて必要となる営農指針ではあまり重要とされていないことが実際のヒアリングからわかった。農家がどのような農業を目指しているかの分類においては客観的な情報ではなく、農法における考え方や客層の意識が必要な要素となると考えられる。

6. まとめと今後の展開

本稿はGAPを行うための管理農業の必要性を示し、その発展のための効率的な営農指導のための農家分類を提案した。管理農業のための分類では農家の客観的情報ではなく、農業における活動事象から考え方を抽出し、その考え方を元にアンケートを行い、農家の特徴量を数量化した。そこから多変量解析した結果、農業活動の事象から抽出された考え方や方針による農家分類ができる可能性が高いという事がわかった。

今後は実験において分類された考え方が類似していないと結果が出た農法についての設問の修正を行った後、横浜市の実際の農家を対象に作成したアンケートを実施する。

そのアンケート結果を分析し、実際に農家分類が可能なのか、その分類結果よりグループごとの管理農業の指導が可能なのかを調査していく。

謝辞

本研究は、科研費（21K11852）の支援を受けたものである。また、横浜農業協同組合営農指導員の皆様には研究の進め方や枠組みについて有益な助言をいただいた。支援いただき感謝の意を表す。

参考文献

- [1] “農業生産工程管理(GAP)に関する情報 農林水産省”
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/gap/>
- [2] 大石亘：営農計画のための線形計画法プログラム XLP. 農業情報研究 15（3）,2006.319-330
- [3] 能美誠：地域農業計画の意義と手法の課題. 農村計画学会誌 Vol.7,No.2.1998
- [4]”MOG-GAP システム”
<https://gap.orange-garden-inc.jp>
- [5] 安藤昌也：UX デザインの教科書. 丸善出版 2019
- [6]ラダリング法のブランド戦略への適用 消費者行動研究 Vol.4,No.1.1996