

サトウキビ選抜過程における熟練育種家の 暗黙知抽出に関する研究

荻原 拓也^{1,a)} 篠田 孝祐¹ 栗原 聡¹

概要：日本の農業には、食料自給率の低下、農業の就業人口の減少及び高齢化といった様々な問題がある。日本には高いレベルの技術が普及しているが、一部の高齢化した熟練農家が担うところが多く、時間の経過とともに消え去ろうとしている。そこで、本研究ではサトウキビの育種ノウハウを持つ熟練育種家の農作業暗黙知の抽出を目的としている。生育データの解析結果と育種家の知見との比較により抽出するだけでなく、そこから気付きの抽出も検討する。

キーワード：農業，暗黙知，データマイニング

Extracting tacit knowledge of skilled breeders in sugarcane selection process

TAKUYA OGIHARA^{1,a)} KOSUKE SHINODA¹ SATOSHI KURIHARA¹

1. はじめに

1.1 背景

現在の日本の農業は、生産農業所得の低下や食料自給率の低下、農業の就業人口の減少および就業者の高齢化、TPP 対応など、極めて厳しい状況下にある。このような状況下において、国内農業システムの高品質化かつ生産安定化を目指すことが重要となっている。日本は世界的に見ても高いレベルの技術が広く普及しており、高品質の農産物が比較的低廉な価格で供給できるような農業が実現している [1]。しかし、その優れた技術は熟練農家が担うところが多く、彼らの高齢化によりその技術が時間の経過とともに消え去ろうとしている。若年層の担い手をいかにして確保・育成するか、熟練農家の高い技術をどう引き継ぐかといった問題が挙げられる。農業生産力の維持・向上のためにも、熟練農家が持つ暗黙知を若年層へ継承するだけでなく、農業の効率化を目指すことは、現在の主要課題となっている [2][3]。

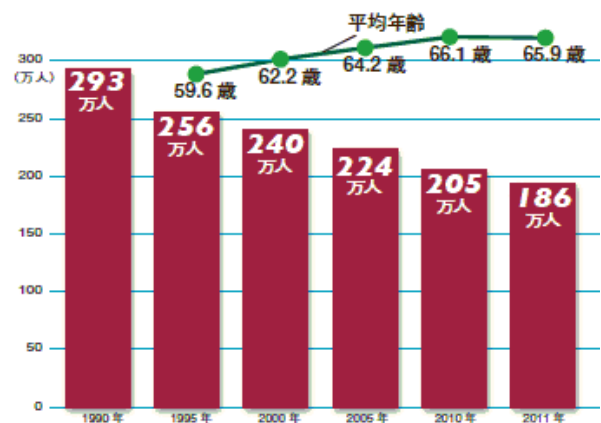


図 1 農業人口の推移と平均年齢との比較 [4]

日本の農業現場における問題を解決するために、近年農業分野での IT の活用が試みられており、スマートアグリや AI 農業が挙げられる。スマートアグリとは、圃場へのセンサーを導入し、遠隔での管理や発育状況の把握など、IT を利用し圃場を効率的に管理することを目的としている。一方、AI (アグリ・インフォマティクス) 農業は、より効率的な栽培や育種をするだけでなく、今後急速に失われて

¹ 電気通信大学大学院情報システム学研究科
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

^{a)} ogihara@ni.is.ucc.ac.jp

いく可能性のある篤農家の「匠の技」(暗黙知)をIT技術を用いて「形式化」(形式知)とし、他の農業者や新規参入者等に継承していくことを目的としている [5]。様々なセンサーやウェアラブル端末等から自動取得した大量のデータを分析することで、暗黙知を形式知とする。また、蓄積されたデータをデータマイニング技術等を用いて解析することにより、農業者が目指す方向に沿って適時にアドバイスを行う意思決定支援システムの確立を目指している [1]。

そもそも暗黙知とは、長年の経験や勘に基づく知識のことを言う。農業は暗黙知、経験則が多い分野である。農業は毎年異なる気象条件の中で様々な作業を最適なタイミングで行う必要がある。また、豪雪の翌年は豊作、雷が多いと豊作といった経験則が存在している。暗黙知を熟練者以外も理解しやすい文章や図、表のような形式知とすることで、初心者でも農業に参入しやすくなるだけでなく、若手育成の際にも非常に役立つとされている。

このような問題は、日本のサトウキビ育種の現場でも挙げられている。サトウキビ育種の現場では、新品種開発の為に、交配・選抜作業が行われている [7]。圃場、人手が十分であれば、基本的優良性を備えた多数の系統を対象地に送り評価・選抜することが最良であるが、種々の制約により行えない。そのため、育種家が経験で培った選抜技術により補われている [8]。限られた条件の中で植物が今後どのように成長していくかを想像し選抜する技術は、育種家の長年の体験の体系化と植物知識の積み重ねによって獲得された暗黙知に依拠している。そこを可視化し知識とすることは育種の発展に重要であるとされている [8]。

1.2 目的

そこで本研究は、サトウキビの育種ノウハウを持つ熟練育種家の暗黙知抽出が目的である。サトウキビの生育データの解析から、特徴抽出を行う。また、育種家の知見も抽出し、それら二つから暗黙知抽出を行う。二つから暗黙知抽出を行うだけでなく比較をすることにより育種家が普段は無意識に行っていること(気付き)が得られるかどうか検討する。

2. 関連研究

暗黙知の継承はインタビュー等を用いた知識共有によって行われてきたが、それだけでは、細かいニュアンス等を伝えきれない部分も存在した。そこで、近年はそこにITを用いる研究が盛んに行われている。関口ら [9] は、育苗ハウスにおける主要な管理作業であるハウスサイドの開閉作業の時刻と開閉量を記録し、決定木分析を用いてハウスサイド開閉ルールの抽出を試みた。ハウスサイドの開閉量を目的変数、ハウス内外気象と苗の生育日数を説明変数として決定木分析を行い、生成された決定木からサイド開閉量を三段階にまとめることで、確信度、サポートともに高

く感覚的に合うルールを抽出した。中西ら [10] は、農家に負担をかけないために、圃場センサから取得したデータによって農作業内容を推定して取得する手法を提案した。福田ら [11] は、熟練者と非熟練者の比較によって熟練者の特徴抽出を行った。視線計測カメラを装着し、通常通り作業した結果を比較し、熟練者と非熟練者が農作物の成長過程において注目している点や時間が違うことを示した。後藤 [6] は、ウェアラブルカメラを活用した技術継承研究を行った。ウェアラブルカメラを用いて普段の作業映像を記録し、記録した映像を見ながらインタビューを行った。作業のコツやポイント、映像だけではわからないノウハウ等を記録し映像と一致させ、それらを組み合わせることで、マニュアル動画(図 2.1)を作成することで文字を中心とした作業マニュアルや教科書では伝わらないノウハウを視覚的にわかりやすく伝えることができると提案した。



図 2 キャベツ収穫の映像マニュアル [6]

川倉ら [12] は、ウェアラブルカメラだけでなく、加速度や角速度を計測する機器も装着することで、農業者の動作分析を行い、技術指導や状態検知に活用できる可能性があるとしている。また、取得したデータをどのように分析するか検討する必要がある。有村 [13] は大規模データに対して様々なマイニング技術があることを示している。小池ら?や阿部ら [14] は実際にデータマイニング技術を用いることで特徴抽出を行った。以上のように、暗黙知の継承に関しては様々な方法があるが、本研究では計測データに着目することから決定木を用いて計測データの解析を行うことで特徴を抽出する。また、データ解析を行うだけでなく、その結果を育種家に見ていただき、気付きといった部分も抽出できないか検討を行う。

3. 解析手法

3.1 野帳

本研究は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 種子島試験地と合同で行っている。種子島試験地ではサトウキビの品種開発を行っており、従来からの製糖用の品種開発はもちろんのこと、新規用途の開拓にも取り組み、飼料用やバイオマス資

源としての利用などを目的とした画期的な品種を開発している [15] .

種子島試験地では、サトウキビの育種に関して、長年「野帳」という形で記録をしてきた。野帳には、圃場にて各選抜試験で決まった時期に調査した結果や評価等を記入している。紙面に手書きで記入された内容は、コンピュータに入力することで、電子データとしても扱えるようにしている。電子化された野帳データの一例を図3に示す。なお、図3のデータは仮想データである。

野帳に記録されている内容は、サトウキビを植えている場所や交配内容、月ごとに決められた調査項目等である。実測した項目は実測値で記録されているが、基本的に、担当者のみが利用することを想定されているため、評価を行った項目は、「○」「△」「×」といった記号や、「短」「並」「長」といった文字であったりと様々である。種子島試験地に蓄積されているサトウキビの育種に関する野帳データは過去数十年分であるとされている。

圃場 No.	畦 No.	2次選抜組み合わせ		4月初期評価	5月Brix	7月		備考
		♀	♂			茎長	総合評価	
1	1	1	a1 x b1	○	13.2	短	○△	
1	1	2	a1 x b1	○○	14.5	並	○○	
1	1	3	a1 x b1	×	18.1	やや短～並	△	
1	1	4	a2 x b1	△	9.5	並	×	
1	1	5	a2 x b1	○	11.3	やや長	○	
1	2	6	a2 x b1	×	15.4	やや短	△×	
1	2	7	c3 x d4	△×	8.2	並	△	
1	2	8	c3 x d4	○	17.4	並～やや長	○	
1	2	9	c3 x d4	○	20.4	長	◎	

図3 野帳データの一例

種子島試験地においては、製糖用サトウキビや飼料用サトウキビ、次世代型サトウキビなどを育種しているが、本研究では、製糖用の選抜過程を進んだ「09シリーズ」を対象とする。09シリーズの09とは、2009年という意味であり、2009年に新品種のための交配を行い、2015年の新配布という段階まで行われた品種選抜試験の評価データの集合である。

3.2 サトウキビの選定プロセス

09シリーズのサトウキビ育種における品種選抜試験の過程を図4に示す。図4の中で赤字の数字が各選抜試験で調査をした系統数である。選抜試験が進むにつれ、系統数が減少しているが、これは、選抜試験ごとに評価の優秀な品種を選定して、品種ごとの調査数を増やすことで安定した評価を行えるようにするためである。なお、各選抜試験の評価指標や項目数は異なっている。また、3次選抜試験以降の選抜試験では、過年度の選抜試験で一度淘汰された系統が加わることもある。

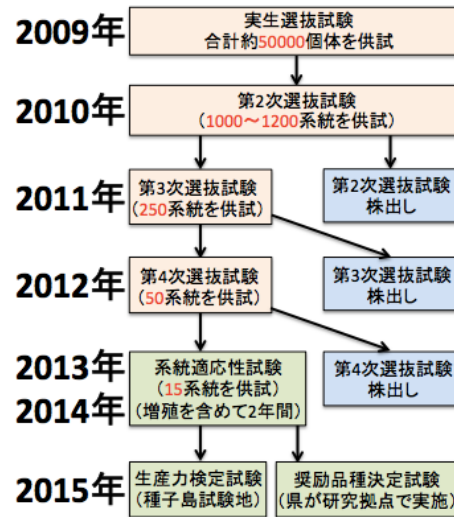


図4 09シリーズ新配布までの流れ

各選抜試験の詳しい内容を以下に示す。

- 実生選抜試験：品種選抜試験における最初の試験。実生選抜試験では、約50000個体を使用する。しかし、このままではあまりにも数が多すぎるため、苗を植えてしばらく成長した段階で予備選抜が行われる。予備選抜とは、育種家が約50000個体を見て回り、見た目悪いものを淘汰していく作業である。この予備選抜ではかなりの数が淘汰されており、最終的には2500程度まで絞られる。2500程度まで絞られた個体は本選抜へ進む。本選抜では、実際にBrix値を計測し、計測した結果を基に選抜を行う。
- 2次選抜試験：2次選抜試験では実生選抜試験から選ばれた1000～1200系統を使用する。実生選抜試験ではBrixの値を主に重視していたが、2次選抜試験以降はBrixの値以外にも月ごとに様々な調査を行い、その結果をもとに次の試験へ進む系統を選抜している。
- 3次選抜試験：3次選抜試験では2次選抜試験から190、08シリーズ(2008年に育種を開始した品種。09シリーズの1年前のものになる)から10、徳之島の試験場で育てた50の計250系統を使用する。この3次選抜試験には特徴があり、種子島で2箇所と徳之島1箇所の計3箇所で生育される。種子島では地力が高い圃場と低い圃場が使用され、そこに徳之島の圃場が加わることで、様々な条件や特徴に合わせた選抜が行われる。
- 4次選抜試験：4次選抜試験では3次選抜試験から選ばれた50系統を使用する。この4次選抜試験から実際にサトウキビを収穫し収量性を評価する。
- 系統適応性試験：種子島4次選抜試験から選ばれた15系統を使用する。系統適応性試験は、種子島以外の4ヶ所でも同じ系統を育て、それぞれの場所でのどのような結果となるかを調査する。なお、系統適応性試験のみ2年をかけて行われる。

- 新配布：品種として選ばれる最終試験まで進んだ状態を表している。系統適応性試験の結果をもとに数品種が選ばれる。

3.3 解析手法

研究を行う上で、野帳から各選抜試験における重要項目を抽出する必要がある。本研究では、決定木を用いてデータ解析を行う。決定木の特徴は、人間が見ても分類・判断のルールを直感的に理解できるという点である。また、重要項目が上にくる特徴を持っているため、これにより特徴抽出ができると考えている。種子島試験地の野帳データは、全てのデータが整理されているわけではなく、データのまとめ方も育種家や年によって異なっている。記録されている内容も、実測値や評価値、記号、文字と様々である。そのため、決定木を作る際にはまず前処理としてデータの整理を行う必要がある。前処理として、記号で評価を行っている項目と、文字で評価を行っている項目を数値に置き換える必要がある。評価の部分に関しては7段階で行われていることが多いため、それぞれを1~7の数値に置き換える。

前処理が終了したデータは、Wekaを用いることで決定木を作成する。Weka[16][17]は、ワイカト大学の機械学習研究グループを中心に開発されている機械学習アルゴリズムを適宜実行、開発するためのソフトウェアである。分類学習やクラスタリング、相関ルール生成のみならず、データの前処理や視覚化に関する機能も含む総合型ツールである。決定木を作るアルゴリズムはいくつか存在しているが、本研究ではC4.5アルゴリズム[18]を使用する。決定木作成と同時に交差検証も行い決定木の妥当性を評価した。

4. 結果

4.1 解析内容

本研究では、野帳データから以下の5つの決定木を作成した。

- 実生選抜試験
- 2次選抜試験
- 3次選抜試験
- 4次選抜試験
- 実生選抜試験~4次選抜試験

作成した決定木の例として、実生選抜試験の結果を記載する。

圃場 No.	畦 No.	組み合わせ		予備選抜 No.	本選抜 No.	Brix			評価
		♀	♂			中	上	平均	
1	1	a1	x b1	1		15.3	12.4	13.9	0
1	1	a1	x b1	2	1	21.0	14.5	17.8	1

図5 実生選抜試験のデータ例

実生選抜においては、Brix(糖度)を判断基準としている。サトウキビの茎に直接糖度計を差し込むことで、Brixの計測を行う。Brix(中)はサトウキビの真ん中辺りから採取した糖度、Brix(上)はサトウキビの上の辺り(上から5枚目の葉っぱ付近)から採取した糖度である。Brix(平均)はBrix(中)とBrix(上)の平均値となっている。

評価には「0」と「1」が入っており、「0」は育種家が選ばなかった系統、「1」は育種家が選んだ系統を表している。

4.2 解析結果

実生選抜試験の野帳データから作成した決定木を図6に示す。

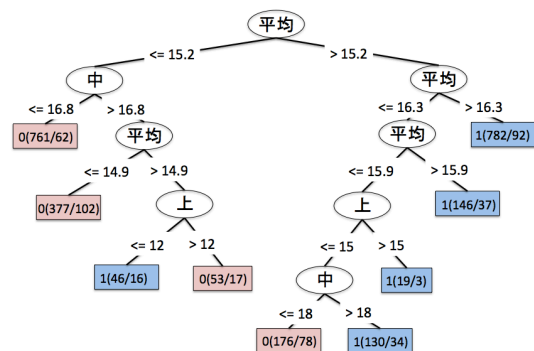


図6 実生選抜試験における決定木

実生選抜試験では、まずはじめにBrixの平均値に着目する。その値が15.2以上なら右へ進む。次に、またBrixの平均値に着目し、16.3以上であればさらに右へ進む。進んだ先が「1」となっているため、この条件に当てはまる系統は決定木において選抜と判断された。反対に、Brixの平均値が15.2以下かつ、Brixの中が16.8以下の個体は一番左へ進む。ここが「0」であるため、この条件に当てはまる系統は決定木において非選抜と判断された。図6からは、平均値が高いものは選抜され、平均値が低く、Brix中の値も低いものは選抜されないといったことがわかる。しかし、平均値が高くて片方の値が極端に低ければ選ばれてない。

続いて、交差検証を用いて作成した決定木の精度を求めた。実生選抜試験の決定木の精度を表1に示す。

表1 実生選抜試験における決定木の精度

評価	適合率	再現率	F値
0	0.800	0.838	0.818
1	0.816	0.774	0.795

表1より「0」「1」ともにF値が8割前後となり作成した決定木は妥当であることを示した。決定木は重要な項目が上にくるため、実生選抜試験ではBrix値の中でも平均値が重要であることがわかる。

2次選抜試験以降も同じように決定木を作成して重要項目を抽出し、決定木の精度を求めた。それぞれをまとめた結果を表2と表3に示す。

表2 野帳データから抽出した各選抜試験にて重視している項目

選抜試験	重要項目
実生選抜試験	Brix 値 (平均)
2次選抜試験	11月総合評価, 3月担当者A評価 10月 Brix 値, 3月ちけつ
3次選抜試験	5月初期総合評, 9月総合評価 9月茎径評価, 10月 Brix 値
4次選抜試験	4月発芽数, 6月・7月モザイク (病気) 数

実生選抜試験では Brix 値のみとなっていたが、2次選抜試験以降は調査項目が増えるため、重視している項目も変わっている。

表3 各選抜試験における決定木の精度

評価	2次選抜	3次選抜 (7番)	3次選抜 (9番)	4次選抜
0	0.969	0.879	0.883	0.732
1	0.777	0.361	0.200	0.424

実生選抜試験と2次選抜試験のデータからは、精度の高い決定木が作成され、Brix 値が重要であるという結果が得られた。しかし、3次選抜試験と4次選抜試験は精度が高い決定木を作成することができなかった。3次選抜試験は、どちらの決定木に関しても「0」は高いが「1」は低い結果となっている。これに関しては、3次選抜試験は、7番圃場、9番圃場、徳之島の3ヶ所で生育した結果、良かったものを選んでることが挙げられる。例えば、7番圃場で結果が悪くても徳之島で高評価なら選抜されるといったことである。そのため、3次選抜試験はこの野帳データだけでは精度が高い決定木を作れなかったのではないかと考える。また、4次選抜試験も3次選抜試験と同じく「1」の値が低いという結果になった。これに関してはデータ数が少ないことが原因として挙げられるのではないかと考えている。

最後に、09シリーズの実生選抜試験、2次選抜試験、3次選抜試験、4次選抜試験の野帳データを合わせて決定木を作成した。結果としては上手く決定木を作成することはできなかった。理由としては、実生選抜試験から4次選抜試験まで全てのデータが揃っており、且つ「1」と分類された系統が2つしかないことが挙げられる。また、上手く分類できなかったことから、過去のデータをもとに選ぶというよりは、単年ごとにその状況を踏まえて選んでいるのではと考えられる。

4.3 育種家の知見

計測データから得られた知見と比較するために、育種家の知見を得る必要がある。育種家が各選抜段階で重視している項目を、インタビューにより回答を得た。まとめた結

果を表4示す。

表4 育種家が各選抜試験にて重視している項目

選抜試験	重要項目
実生選抜試験	Brix 値, バイオマス生産性
2次選抜試験	原料茎重, Brix 値
3次選抜試験	原料茎重, Brix 値
4次選抜試験	可製糖量, 黒穂病抵抗性, 原料茎重, 蔗汁糖度, (3次の) 株出し能力

実生選抜試験～3次選抜試験においては、Brix 値と砂糖生産性を見ただけで判断した収量性(原料茎重)と Brix を基準にした品質を基に推定しているが、4次選抜試験以降は実際にサトウキビを収穫し評価を行うため、収穫調査を行った項目が重要となっている。この結果を野帳データから得られた知見と比較することで気付きがないか検討を行った。

4.4 決定木の結果と育種家の知見との比較

作成した決定木を種子島試験地の育種家に見ていただいた。結果を見ていただくことで、データの解析結果の裏付けにできると考える。反対に結果が違うことも考えられる。全くの外れな結果であれば、間違っていたとなるが、そうでないことも考えられる。例えば、普段無意識のうちに行っていることである。そういった部分は、データを見ることで「そう言われるとそうなる」といった形になる。それは気付きとして抽出できると考えており、暗黙知継承に関しては非常に重要な部分であると考えている。結果を見ていただいた上で、意見をうかがった。

表5 比較した結果 (実生選抜試験, 2次選抜試験)

	計測データの解析	育種家の知見
実生選抜試験	Brix 値 (平均)	Brix 値 バイオマス生産性
2次選抜試験	11月総合評価 3月ちけつ, 10月 Brix 値	Brix 値, 原料茎重

実生選抜試験は Brix 値が重要である点是一緒であるが、計測データの解析においては Brix(平均)の値が重要であると判断された。しかし、育種家は Brix(平均)はあまり見ていないと言われ、Brix の中でも重要としている項目は違った。2次選抜試験でも Brix 値が重要であるといった共通点が抽出できた。また、育種家から「3月ちけつが早い位置での判断基準となっている点が面白い」という意見をいただいた。

表 6 比較した結果 (3 次選抜試験, 4 次選抜試験)

	計測データの解析	育種家の知見
3 次選抜試験 (7 番圃場)	5 月初期評価, 9 月総合評価 9 月莖径評価, 10 月 Brix 値	Brix 値, 原料莖重
3 次選抜試験 (9 番圃場)	1 月総合評価, 10 月 Brix 値 9 月莖数評価, 7 月折損莖数	Brix 値, 原料莖重
4 次選抜試験	11 月総合評価 3 月ちけつ, 10 月 Brix 値	可製糖量, 黒穂病抵抗性 原料莖重, 蔗糖糖度

3 次選抜試験と 4 次選抜試験はそれぞれが重視した項目が異なっている。3 次選抜試験と 4 次選抜試験は決定木の精度が低いため、育種家と異なる結果となってしまったと考える。3 次選抜試験 9 番圃場の野帳データから作成した決定木においては、9 月の莖数評価が低い方が選抜と判断、7 月の折損（折れている莖数）調査が多い方が選抜と判断されていた。これに関して育種家から「負の評価がなされている項目が選抜されていることは違和感がある」という意見をいただいた。

5. 結論

本研究では、サトウキビの育種ノウハウを持つ熟練育種家の農作業暗黙知の抽出を試みた。暗黙知を抽出するために、サトウキビの育種状況が記録されている野帳データに着目し、決定木分析を用いて特徴抽出を行った。決定木分析を用いることで、素人が見ても重要な項目がわかりやすくなった。また、育種家の知見を抽出するために、各選抜試験にて重視している点をインタビューによって得た。結果を抽出するだけでなく、野帳データから得られた特徴と、育種家の知見とを比較することで、新たな知見や気づきが得られないか検討も行った。結果としては、計測データからも熟練育種家と似た項目の抽出（Brix 値が重要）に成功した。育種家から「興味深い結果である」といった意見をいただいたが、違和感がある部分もみられ、気づきの抽出までは至らなかった。

6. 今後の課題と展望

今後の課題として、データの解析方法等改善できる余地はまだまだ有る。また、他のシリーズの決定木を作成し、各選抜試験の特徴抽出だけでなく、シリーズごとの特徴抽出を行い、比較検証も行う必要がある。その他にも、09 シリーズのデータを学習データとすることで、未知のデータにも対応できるかといった検討も行えると考えている。

本研究は計測データの解析からの暗黙知抽出を行ったが、暗黙知の抽出に関してはこの他にも方法がある。熟練育種家の詳細な行動データや、視線計測からも暗黙知は抽出できると考えており、まだまだ抽出の段取りがあるが、本研究はそこへ向けた最初の一步といった位置付けである。

暗黙知の抽出だけでなく、差異による気づきや新たな知見の検討も行うことは、熟練育種家の技術を引き継ぐうえ

でプラスとなると考えており、若い世代への継承に貢献できると考えている。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、サトウキビの育種データを提供して頂いた国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター種子島試験地の服部太一朗様、樽本祐助様並びに種子島試験地の皆様には、貴重な御助言と研究を行う上で並々ならぬご支援、ご協力を頂きましたことを、誠に心より感謝致します。

参考文献

- [1] 農林水産省, "AI 農業の展開について (農業分野における情報科学の活用等に係る研究会報告書)", 2009
- [2] AI 農業の取組について, 農林水産省, 2012
- [3] 全国新規就農相談センター, "新規就農者 (新規参入者) の就農実態に関する調査結果", 2011
- [4] 財団法人農林統計協会「食料・農業・農村白書」平成 24 年版, 農林水産省, 2012
- [5] 農林水産省, AI (アグリ・インフォマティクス) 農業について, <http://www.maff.go.jp/j/shokusan/sosyutu/sosyutu/aisystem/aisystem.html>
- [6] 後藤一寿, "ウェアラブルカメラを活用した篤農技術の映像化による技術継承研究の提案", 生物工学会誌, 92(7), pp.347-349, 2014
- [7] 寺内方克, 松岡誠, 寺島義文, 境垣内岳雄, 杉本明, 伊禮信, 氏原邦博, 下田聡, 平良正彦, 前田剛希, 下地格, 宮城克浩, "サトウキビ多収品種「Ni27」の育成とその特性", 九州沖縄農業研究センター報告 第 62 号, pp.11-23, 2014
- [8] 杉本明, 寺島義文, "行為としてのサトウキビ育種", 人工知能学会誌, Vol.30, No.2, pp.151-156, 2015
- [9] 関口英紀, 砂子幸二, 前田潤, 藤井吉隆, 南石晃明, "水稻育苗ハウスサイド開閉ルールのデータマイニング", 農業情報研究, Vol.22, No.4, pp.212-227, 2013
- [10] 中西惇, 安井顕誠, 原田史子, 島川博光, "圃場センサネットワークを用いた農作業内容の推定", FIT2013 (第 12 回情報科学技術フォーラム), 2013
- [11] 福田亮子, 吉田可奈子, 松原仁, 工藤正博, 神成淳司, "視線観測を用いた熟練農家の特徴抽出の試み", 第 25 回人工知能学会全国大会, 2011
- [12] 川倉慎司, 柴崎亮介, "装着型システムによる農作業者の動作分析手法の提案", 農業情報研究, Vol.23, No.2, pp.82-102, 2014
- [13] 有村博紀, "大規模データストリームのためのマイニング技術の動向", 電子情報通信学会論文誌, D-I, 情報・システム, I-情報処理 J88-D-I(3), pp.563-575, 2005
- [14] 阿部秀尚, 山口高平, "慢性ウイルス性肝炎データマイニングへの Weka の適応", 人工知能学会誌, Vol.19, No.3, pp.347-353, 2004
- [15] 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター, http://www.naro.affrc.go.jp/karc/introduction/chart/kaihatu_riyou_area/kibi/
- [16] Weka 3: Data Mining Software in Java, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
- [17] 阿部秀尚, "データマイニングツール Weka", 映像情報メディア学会誌 Vol. 65, No. 10, pp.1398-1401, 2011
- [18] J.R.Quinlan, "C4.5: Programs for Machine Learning", Morgan Kaufmann, 1993