

目次

巻頭言

- ・東北支部のこれからを考える 次期支部長 田中勝千

研究報告

- ・エダマメ直播栽培における播種時土壌圧縮と播種後土壌表層部破砕の効果について 森 智洋・片平光彦 . . 1
- ・UAV(無人航空機)を利用した農作物の生育診断(第3報) 田邊 大・市浦茂・中坪あゆみ・小林隆・片平光彦 . . 5
- ・東ヨーロッパのモルドバ共和国での農業機械と農作業体系について 片平光彦 . . 9
- ・IoTを用いたニワトリの個体管理技術の開発(第1報) 市浦茂・森智洋・堀口健一・片平光彦 . . 13

トピックス

- [シンポジウム・現地見学会報告] 17
- [若手の会活動の報告] 20
- [功績賞を受賞して] 21

支部会記事

- 庶務報告及び会計報告 22
- 平成30年度研究発表会発表課題 31
- 農業食料工学会東北支部役員及び役員体制 34
- 農業食料工学会東北支部規約・表彰規程と内規・役員選挙規程・投稿規程 35
- 東北地域農業食料工学関係の研究担当者名簿 41
- 団体賛助会員名簿・個人会員名簿 47

巻頭言

東北支部のこれからを考える

次期支部長 田中 勝千

1. はじめに

農業食料工学会東北支部会員の皆様、この度2019・2020年度の支部長を拝命した田中勝千です。武田純一前支部長のように気配り目配りの効く性格ではなく、また、強力な牽引力を持ち合わせている訳でもないので皆様のご協力とご支援をいただくことで微力ながら東北支部発展のために尽力して参りたいと考えております。どうぞ宜しくお願いいたします。

ご挨拶にあたり、教育機関に赴任した1980年代から現在までを振り返ることで今後の支部活動に有益な示唆を与えるであろう事項を探りつつ、今後の支部運営についての意見を述べたいと思います。

2. 農業機械関連を取り巻く状況の変遷

1980年代には農業の主幹作物である米（稲作）の機械化一貫体系に必要な農業機械の開発に目途が立ち、野菜や果樹の機械化に目が向けられはじめた一方で、農業生産現場での担い手不足が懸念されはじめ農作業の省力化・軽労化の研究が進められ、さらに文部科学省の科学研究費補助金では農業へのロボット利用に重点的に予算が配分されました。牛肉・オレンジ輸入の自由化がさきやかかれ、とくに中山間地の粗放的な草地畜産利用の研究は風前の灯火となり、1991年から数年かけての牛肉の自由化が進むと中山間地での機械化の研究はほとんど姿を消しました。同時に、北東北の農家で副業

として営まれてきた夏山冬里方式の日本短角種の生産を含め、全国的に脂肪交雑の少ない放牧主体の肉牛生産は大打撃を受け、市場の取引価格の高い黒毛和種への移行が進みました。黒毛和種は基本的に舎飼が中心となるので日本全国の公共牧場の利用率が下がったことで牧草地の荒廃が進み、中山間地の景観を損ねているとの問題に繋がります。残念なことに阿蘇を代表する「あか牛」も観光として放牧されているようです。

バブル期には日本でコストの高い農産物を生産するよりも、輸出産業に基づく経済力を背景に農産物を輸入した方が低コストに食糧を確保できるという考えが日本を覆い、いわゆる国際分業論が台頭しました。有識者や著名な作家等がこれに異を唱えましたがその流れを阻止できませんでした。シカゴの穀物市場では食糧としてメイズ類を求めてきた国々を尻目に、家畜の餌としてメイズ類を買い付け・輸入することで加工型畜産がますます拡大していきました。小規模農家の離農が顕在化し、とくに中山間地の耕作放棄地の拡大が進みました。四半世紀を越えて、都市部の上流域にある農村地域の耕作放棄が市街地域の洪水を引き起こすことに繋がるのが分かり、はじめて上流の農村環境の維持・管理が大切であることの理解が進みました。

生物生産のコスト低減を図るために農地の換地・交換分合で規模拡大を進める方針が示されましたが、分散した土地を集めても必ず

しも規模拡大のメリットが生かせるわけではありません。戦後の農地改革によって地主制度が崩壊したことで零細ながら地主となった小規模農家が多く誕生しました。小規模農家がやっと手に入れた土地を半世紀あまりで手放す機運にはならなかったことも規模拡大を妨げたのかもしれませんが。

教育研究機関である大学に関して、GDPで1%程度と経済規模の小さい農業分野(OECD 2001)からすると農学部の数が多過ぎるとの批判を受け、農学部には冬の時代が到来しました。多くの大学では生物資源学部等に名称を変えました。さらに、大学受験者の学部内での専願動向の結果、農業発展を生産現場で支えた農業機械学関連の学科や講座は、その多くが専攻分野を衣替えするか姿を消すことになりました。試験研究機関においても当該分野の縮小が続き、その後の所属機関における後継者不足に繋がったのではないのでしょうか。

政権が変わっても足腰の強い農家育成のために様々な政策が打ち出されましたが、過去の政策の行く末を知り尽くしている農家がどれだけ本気で取り組んだのか定かではありません。バブル崩壊と混沌とした経済状況下で農業生産者も大学も企業も五里霧中であつたように思えます。

バブル絶頂期にLISA(low input sustainable agriculture; 低投入持続的農業)の書籍が日本の店頭を飾りました。その後、1994年に農林水産省によって環境保全型農業が提唱され、1997年に推進会議が作成した環境保全型農業推進憲章の中で「安全で安心」な農産物を提供するというキャッチコピーが全面に押し出されました。いずれ

も欧米の農業政策の転換の流れ強く受けたとの印象が残っています。

資本主義体制では効率至上主義は避けて通れないとしても、化学肥料の多肥多用と農薬の多用によって圃場の土壌環境の劣化と周辺環境への影響が報告され、また、圃場外に流出した栄養成分は河川を介して湖沼の富栄養化を助長したこともあり、このままでは環境の劣化は免れないとの認識を多くの人々が持ったことは間違いないと思います。現在のマスメディアや電車の吊り輪広告でよく目にする「人と自然との共生」はそれより少し遅れて21世紀を迎える頃から広く流布されました。このように21世紀を迎える頃には日本における農業や環境に対する風向きが大きく変わったように感じます。

社会は人を取り巻く環境の正確な情報を得ることを望み環境と情報に精通した人材を求め、環境系学部を有する大学ではそれに対応した人材を養成して社会の要求に応えようとしています。農学系にとって環境のキーワードは不可欠で、情報はまさに農業機械学関連の必須項目であり農学系学部の中では最も得意としている分野です。科学研究費の細目に生物環境情報学があつたことからもう少し環境と情報の時代が早く到来していればと思うのは私だけでしょうか。

1990年は現在では当たり前となつた、精密農業に係る第1回目の国際会議がミネソタ大学で開催された年でもあります。また、世界のパン籠ならぬ日本の食糧生産基地である北海道においても人出不足から農業生産そのものが立ちゆかなくなるとの予測の下、農業機械、とくにトラクタの自動化・ロボット化の研究がはじまったのもこの頃です。同時期に北海道に次ぐ食糧供給を担っている東北地域においても同様の理由で自律走行の研究が盛んに行われ、果樹園で

の作業機械の自律走行や車輪式・履带式トラクタの自律走行の研究が取り込まれました。一方で生態学的見地から圃場作業を俯瞰した研究の萌芽が見られ、本部学会の耕地環境のプロジェクトはその後のリモートセンシングの研究に展開していきました。経済的にはバブルにあって日本全体が浮かれていた時期と重なりますが、足下では卓越した識者たちによってしっかりと次世代を見据えた問題提起がなされていたこととなります。

支部の皆様には周知の事実とは思いますが、今後支部や会員各自の取り組みに多くの示唆を与える出来事が多く含まれていたと思えます。例えば、バブル期にありながら近代農業の負の側面を直視し、すでに自然との共生を図る方策を検討していた（LISA、環境保全型農業）。また、情報通信技術を活用して圃場を科学的に理解し生産性・収益性の向上と環境負荷軽減を図る取り組み（精密農業）がはじまっていた（2003年には農林水産省の下で水田と畑作の実証試験が実施された）。さらに、米を中心とした機械化体系が一段落した一方で、少子高齢化による担い手不足を見越した省力化・自動化・ロボット化の研究が芽吹き、今日の無人作業の実用化に繋がっていること等。直近ではドラマ「下町ロケット」の新シリーズで、宇宙（空）から大地へ「下町ロケット」として舞台を農業に移し無人トラクタによる未来の農業を描いています。

公共事業といえば真っ先に手を上げていた農家は本当の意味で利益となる事業にしか参加の意向を示さなくなってきました。一昨年の盛岡大会でも紹介されましたが、東北で200ha規模のコントラクターが誕生したのはその方向性に未来があると判断するだけの機運

が生じたからではないでしょうか。先進的な農家ほど良いものであれば貪欲に導入を進めます。北の地域での極端な話ですが、農家が毎年ヨーロッパの農業機械展に参加し新しい情報を入手してくるので、我々も同様にできるだけ参加している。そうでなければ農家の指導もできなければ話もできないと。学会並びに支部会員は現場の生産者あるいは加工業者に有益なサービス提供し、新たな事業が開けるような提案作りを進めなければ生き残れないかもしれせん。そのためには会員各々がその専門を盤石なものとし、また、東北支部がこれまで培ってきた試験研究機関と教育研究機関及び関連企業との連携を強化し、同時に研究成果を公表するなどして存在感を示すべきであると考えます。また、農業機械学会から農業食料工学会と名称変更したことで裾野が広がりハードに偏りがちであった側面が幾分改善された印象を受けます。古い用語でいえば水田や畑などの圃場作業に重きを置いた圃場機械と収穫後の作業に特化した農産機械にとどまらず、農業の6次産業化を進めるには相応しい名称に思えます。

前者はスマート農業を代表として、後者は穀類・果樹に魚類を含めた幅広い食品にその付加価値を備えるための研究が進められています。農業食料工学関連の試験研究機関と教育研究機関、そして関連企業が置かれている境遇は必ずしも明るい訳ではありませんが、三者が一体感を持って運営されて60年余りの歴史のある本支部の新たな展開が図られると思います。

3. 支部運営について

上述したことは古色蒼然とした内容であれば、現在も新たな展開を迎えているものもあります。それらをどうそしゃくすれば新たな研究や生産現場で役に立つ実践的な研究に繋がるのかを常任幹事や役員と一緒に考えていきたいと思ひます。その構成メンバの人選にあたっては、世代交代を進めることで支部会が置かれている難局を乗り切っていくための素地作りを進めたいと考えています。もちろん、支部会員の民意を反映した支部幹事選挙の結果を踏まえつつとなりますが、経験豊かな重鎮に加え新鮮な感覚をお持ちの若手の起用を積極的に進めたいと思ひます。いい訳になりますが、今回選出された幹事数を拾うと県によってばらつきが大きく、これまでと同様に支部長推薦枠を設けることができませんでした。紙面をお借りしてお詫び申し上げます。

4. 支部活性化のために

支部活性化と銘打ちましたが、実際のところはこれまで幹事・常任幹事や役員の立場で支部会に関わった中から気づいたことや思い浮かんだことです。これまでの取り組みと重複する項目もありますが、話題提供として受け取っていただければと思ひます。

(1) 研究成果の公表

支部報への投稿を推奨することはいうまでもありません。支部報への投稿で研究成果を整理し、課題を整理していわゆる査読付き論文へ繋いで欲しいと思ひます。また、専攻分野ごとに支部会員の研究成果を JA や農業者に分かり易い形でまとめ、印刷物として公表することで支部の存在感を示すことも一つの方策ではないでしょう

か。

(2) 共同研究の推進

支部会員の組織の縮小が支部の活力を削いでいることは否めないもので、研究機関同士あるいは民間企業と一緒に連携して進める共同研究を推進したい。

(3) 最新の技術を対象とした講習会の開催

ドローンをはじめとする最新機器について民間企業と共同でその利用法について検討する機会を設けたい。

(4) 若手の会と経験豊かな会員との意見交換会

(5) 外部資金獲得のためのいろはの提供

(6) 支部研究発表会講演者の支部報への投稿の推進

内容を当て込むだけで最低限の形式が整う定式化した投稿原稿をファイルとして提供し、講演発表の後に修正することがあっても、大枠は完成しているので所属部署の了解が得られればすぐに投稿できる環境作りをしたい。特許に関わらない限り研究成果を印刷物として公表することで多くの方々の目にとまるのが大事ですし、どんな些細な研究でもまとめることの大切さを痛感してきたのは皆さんも同じだと思います。

5. 終わりに

取り留めのないご挨拶になりましたが、会員の皆様と一緒に頑張って東北支部の発展に少なからず寄与したいと考えておりますのでご指導ご鞭撻のほどを宜しく願ひいたします。

エダマメ直播栽培における

播種時土壌圧縮と播種後土壌表層部破碎の効果について

森 智洋* ・ 片平光彦**

Effect of Soil Pressure and Soil Surface Crush by Direct Seeding of Green Soybean

Tomohiro MORI* ・ Mitsuhiro KATAHIRA**

Abstract

In Japan, Green soybean is cultivated in many areas. Direct seeding method is normally used, however due to poor germination rate, some areas practice transplanting. This result has increased labor and cost. Improving germination rate with direct seeding will increase farmer's work efficiency and income in the future. Therefore, we investigated 'soil pressure' and 'soil surface crush' methods to improve rate of germination. First, we researched amount of pressure of soil surface in a laboratory, and it was shown that the ideal force of press is 100N. Next, we investigated the effects of soil pressure and soil surface crush in experimental field. It was 46mm for amount of rainfall from after seeding to 4 days, and occurred soil crust in the test block which was carried out soil pressure. The highest average rate of germination in test blocks which seeded Shonai-sango was 85.3%. That test block carried out soil pressure and soil surface crush, respectively. On the other hand, the highest average rate of germination in the test block which seeded Yuagarimusume was 93.5%. That test block didn't carry out soil pressure and soil surface crush, respectively. When we carried out soil surface crush, the average rates of germination in Shonai-sango's test block and Yuagarimusume's block were approximately 50% and 70%, respectively. Carrying out soil surface crush and crush soil crust in direct seeding on time might improve rate of green soybean's germination.

[Keywords] green soybean, direct seedling, rate of germination, soil pressure, soil surface crush

1. 緒言

エダマメは日本各地の畑地や水田転換畑で栽培されており、栽培方式は直播栽培が主流である。しかし、エダマメは品種によって出芽が安定しないものがあり、一定以上の栽植密度を確保する必要性から移植栽培を行う事例がある。山形県庄内地域で栽培されている「だだちゃ豆」は一般的に出芽が安定しない品種と言われており、当該地域での移植栽培の割合は約 90%を占めている。移植栽培は直播栽培よりも作業量が多く、定植作業の作業能率が低いいため、生産者の高齢化と担い手不足による作付面積の拡大に対応することが困難である。

そこで、エダマメ作付面積と生産量を増加するには直播栽培でエダマメの出芽を安定させる必要がある。出芽の安定に関し、ダイズ栽培では播種後に土壌を表層部から鎮圧する方法や播種部分より下層を鎮圧して表層には軽く覆土する方法が考案されている¹⁾。また、国立ら²⁾は土壌含水比 30~40%の土壌でダイズの播種後に土壌を鎮圧して土壌硬度を高めるにつれて出芽率が低下することを報告してい

る。これらの事例を基に、筆者らはエダマメの出芽率向上技術として土壌圧縮と土壌表層部破碎を考案した。土壌圧縮は播種時に土壌を圧縮して種子と土壌を密着させ、種子への吸水を円滑に進めることを目的とした技術である。エダマメ種子は嫌光性種子であるため³⁾、土壌圧縮によって種子を完全に土壌中に埋没させることも目的としている。ただし、土壌の圧縮は過度に加圧した場合に種子を物理的に破損させ、かつ気相率の低下や土壌表面硬度を高めることによる出芽阻害の発生があり、加圧不足の場合に土壌と種子の密着が不足し、吸水が不十分になることが考えられる。土壌表層部破碎は出芽期に土壌圧縮を行った部分の土壌表層部を破碎して土壌表面硬度を下げて出芽を補助し、土壌中に酸素を供給することを目的とした技術である。

本研究では直播栽培導入による生産者の収益向上を目的に、出芽に最適な土壌加圧程度と圃場での土壌圧縮と土壌表層部破碎の実験をそれぞれ行い、導入技術の効果を検証した。

* : 山形大学大学院農学研究科

** : 山形大学農学部

2. 材料と方法

(1) 室内実験

実験は出芽に最適な土壌加圧程度を調査するため、碎土率 90%、70%、50%の水田土壌(細粒強グライ土)を使用し、加圧程度を 0N(無圧縮)と 50N、100N、200N の 4 種類に設定した土壌圧縮試験を行った。供試品種は、だだちゃ豆系統の「庄内一号」である。最初に 30cm×55cm×10cm (W×L×H) のアルミ製トレイを 3 つ用意し、トレイの底に粉碎した赤玉土を詰めた。次に、土壌含水比を 30%以上 40%未満に調整した 3 種類の土壌をそれぞれのトレイに移した。トレイ内には 8cm×8cm の小区画を合計 16 個設け、その内側に種子を 3 粒ずつ播種深度 3cm で播種した。4 種類の加圧試験区は乱塊法によってそれぞれ 4 反復設けた。各加圧試験区の播種数は合計で 12 粒である。

土壌圧縮は荷重測定器 (IMADA、ZTA-500N) と円柱型アタッチメントを使用した。使用方法は円柱型アタッチメントを加重測定器の測定部に取り付けて土壌表面に押し込み、目的の圧力に達したことを確認した後、15 秒間その圧力を維持した (図 1)。土壌圧縮を行ったトレイは湿度 90%以上、温度 25 度に保ったインキュベーター (Panasonic、MIR-154) 内に移し、14 日後に出芽率を計測した。本試験における出芽の判定基準は子葉が土壌表面に露出した時とした。試験は 3 反復行った。



図 1 室内試験における土壌圧縮の様子

(2) 圃場試験

室内試験の結果を基に、山形大学農学部附属高坂農場の 40m×7m の 2.8a 圃場で圃場試験を行った。供試品種は「庄内三号」と「湯あがり娘」の 2 品種を使用した。試験区の構成は移植区と直播区、圧縮区、圧縮破砕区の 4 つであり、両品種とも圃場内に 2 反復ずつ試験区を設けた。圧縮区と圧縮破砕区では播種時に土壌圧縮を行い、圧縮破砕区のみ出芽率が 50%を超えた時に土壌表層部を破砕した。土壌圧縮は手押し式播種機のローラーで行った (図 2)。播種前には室内試験で使用した荷重測定器と円柱型アタッチメントで所定の圧力で土壌を圧縮して土壌硬度を計測し、手押し式播種機のローラーで同程度の土壌硬度になるように加圧程度を調整した。なお、土壌表層部破砕は条内をフォークで行った。

両品種の移植区用の育苗は 2017 年 5 月 24 日に行い、定植とその他 3 試験区の播種は 5 月 31 日に行った。栽植密度は株間 30cm、条間 85cm の 3.9 本/m² に設定し、播種は 1 粒播き、播種深度を 3cm に設定した。湯あがり娘の収穫は移植区が 8 月 17 日、その他の 3 試験区が 8 月 24 日に行った。庄内三号の収穫は移植区が 9 月 1 日、その他の 3 試験区が 9 月 4 日に行った。

土壌改良資材は播種 2 か月前に BM ヨウリンを 62.5kg/10a、炭酸カルシウムを 208.3kg/10a その 2 週間後に牛糞もみ殻堆肥を 800kg 施用した。また、播種 2 週間前にはグリホサートカリウム塩液剤を 50 倍に希釈して散布した。基肥は化成肥料 (N:P₂O₅:K₂O₅=12:16:14) を 4kg-N/10a それぞれ施用した。播種時の土壌碎土率は 93.2%、土壌含水比は 27%であった。

圃場試験の調査項目は土壌硬度と降水量、平均出芽率、生育量 (草丈、主茎節数、分枝数)、収量、良品比率である。降水量は気象庁のデータ⁴⁾を利用した。出芽率は各品種の試験区が 2 反復であるため、その平均値を算出した。生育量は各試験区内から無作為に 20 株を選出して計測した。収量と良品比率は生育調査に使用した 20 株を用いて調査した。



図 2 土壌圧縮の様子



図 3 土壌圧縮 (左) と土壌表層部破砕 (右) の様子

3. 実験結果

(1) 出芽試験

出芽試験では碎土率 90%–100N 区で平均出芽率が 90%を超えた (図 4)。100N 区の平均出芽率は 50N 区と 200N 区よりも高く、安定する傾向にあった。碎土率 50%–100N 区は平均出芽率が 91.7%となり、0N 区の 88.9%を上回った (図

6)。圧縮した力の強さの違いによる有意差は見られなかった。

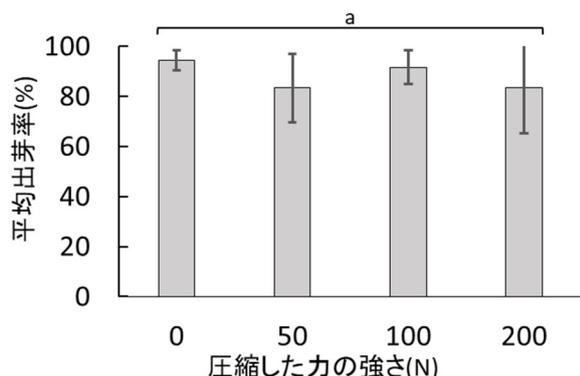


図4 砕土率90%区での平均出芽率

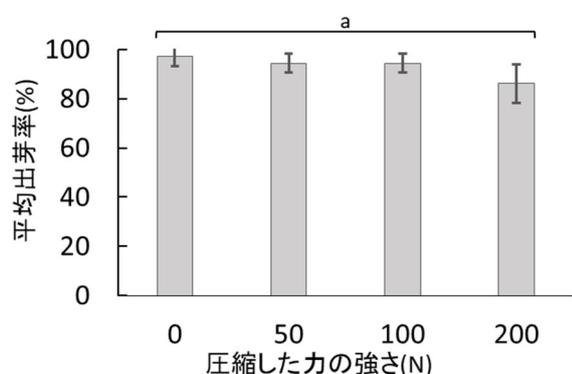


図5 砕土率70%区での平均出芽率

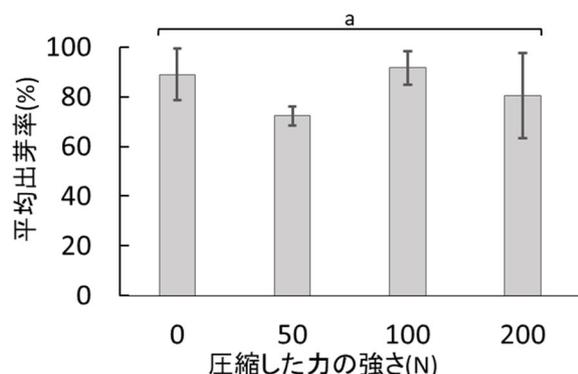


図6 砕土率50%区での平均出芽率

(2) 圃場試験

圃場試験では出芽試験の結果を基に、圧縮区と圧縮破砕区に100N相当の加圧を行った。播種時の直播区、圧縮区、圧縮破砕区の平均土壌硬度はそれぞれ21.5kPa、132.7kPa、132.7kPaであった。播種後14日目の直播区、圧縮区、圧縮破砕区の平均土壌硬度はそれぞれ200.6kPa、316.1kPa、248.7kPaであった。

圃場試験を行った山形県鶴岡市では、播種直後の4日間で合計46mmの降水があった(図7)。その後数日間は雨の降らない日が続き、播種後7日目から圧縮区と圧縮破砕区

で土壌クラストが発生し、エダマメ種子の出芽時期と重なった。土壌表層部破砕は全圧縮破砕区で播種後9日目に行った。なお、8月8日には栽培地の鶴岡市に台風5号が上陸した。

庄内三号を使用した試験区では、圧縮破砕区の平均出芽率が85.3%と最も高くなった(図8)。湯あがり娘を使用した試験区では、直播区の平均出芽率が93.5%と最も高くなった(図9)。なお、両品種ともに試験区間に有意差が見られなかった。

庄内三号の生育量は移植区と圧縮破砕区で草丈が高くなる傾向にあったが、主茎節数と分枝数に有意な差はなかった(表1)。湯あがり娘の生育量は移植区が他の試験区に比べて有意に低い結果となった(表2)。

庄内三号は収量が移植区で986kg/10aと最も高く、良品比率が移植区以外で0.21~0.23となり、移植区の半分程度であった。湯あがり娘は収量が圧縮区で1254kg/10aと最も高く、良品比率が全試験区で0.46~0.52であった(表3)。

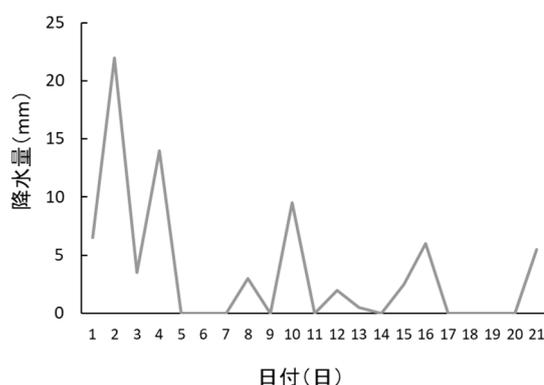


図7 出芽期の降水量(2017年6月)

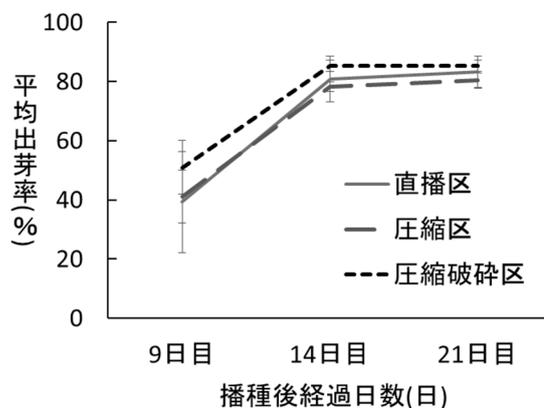


図8 圃場試験での平均出芽率(庄内三号)

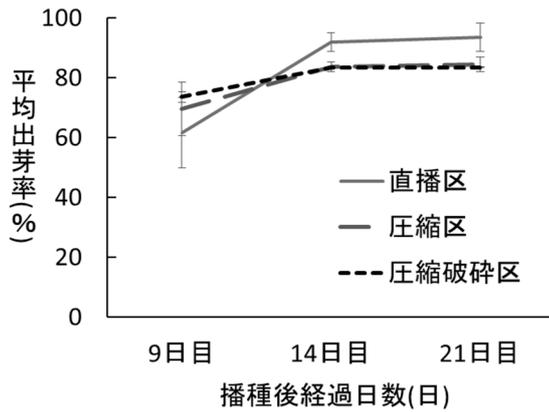


図9 圃場試験での平均出芽率（湯あがり娘）

表1 庄内三号の生育量（収穫期）

	草丈(cm)	主茎節数(個)	分枝数(本)
移植区	113 a (4.7)	16.5 a (1.17)	6.8 a (1.01)
直播区	105 b (10.3)	15.7 a (1.52)	7.5 a (1.17)
圧縮区	106 b (6.9)	16.4 a (1.04)	7.8 a (0.92)
圧縮破砕区	112 a (4.7)	16.3 a (1.63)	7.5 a (1.26)

注1: 異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)

注2: 括弧内は標準偏差

表2 湯あがり娘の生育量（収穫期）

	草丈(cm)	主茎節数(個)	分枝数(本)
移植区	64 b (9.2)	9.9 b (1.47)	2.6 c (0.83)
直播区	90 a (7.8)	15.2 a (2.45)	3.5 bc (1.93)
圧縮区	91 a (9.3)	15.6 a (2.58)	4.7 b (2.3)
圧縮破砕区	95 a (4.3)	16 a (1.52)	6.4 a (1.57)

注1: 異なるアルファベット間に有意差あり(5%水準)

注2: 括弧内は標準偏差

表3 収量と良品比率

品種	試験区	収量(kg/10a)	良品収量(kg/10a)	良品比率
庄内三号	移植区	986	380	0.39
	直播区	933	200	0.21
	圧縮区	849	184	0.22
	圧縮破砕区	918	215	0.23
湯あがり娘	移植区	509	258	0.51
	直播区	1062	553	0.52
	圧縮区	1254	587	0.47
	圧縮破砕区	1111	506	0.46

4. 考察

本試験では播種後の天候で出芽期に土壌圧縮を行った試験区で土壌クラストが発生した。庄内三号の平均出芽率は

圧縮破砕区で最高になったことから、土壌クラストが発生した場合に土壌表層部分を破砕することで出芽率が改善できる可能性がある。一方で、湯あがり娘では土壌表層部破砕を行った試験区の平均出芽率が一番低かった。本試験では土壌表層部破砕は出芽率が50%を超えた時に行うことにしたが、湯あがり娘では出芽が一斉に起こったため、土壌表層部破砕時での出芽率が70%を超えた。土壌表層部破砕は時期が遅い場合に効果を低下させる可能性がある。さらに、フォークでの土壌表層部破砕ではエダマメとフォークが接触することがあり、子葉と胚軸が分断されて圧縮破砕区での出芽率を低下した。以上から、土壌表層部破砕ではエダマメの出芽率を向上させるため、破砕時期を早めて表層破砕を正確に実施する必要がある。

庄内三号の移植区以外で良品比率が低かった理由は、8月の台風の影響で多くの個体が倒伏して莢に黒いしみが発生したことが原因である。移植区は他の試験区よりも数日早く収穫したため、多くの莢にしみが発生する前に収穫できた。湯あがり娘は多くの個体で倒伏が発生しなかった。湯あがり娘は草丈が庄内三号よりも低く、台風など強風の影響を少なくした。倒伏防止対策としては芯止めやマイカ線による補強といった対策が必要である。

5. まとめ

本研究ではエダマメ直播栽培において出芽率を向上させるために土壌圧縮と土壌表層部破砕の効果を検証し、以下の結論を得た。

- 1) 土壌の加圧は100Nとすることで、出芽率を高めることができる。
- 2) 出芽期に土壌クラストが発生した庄内三号では、土壌表層部破砕を実施した試験区での平均出芽率が85.3%と最高となり、出芽率が改善できた。
- 3) 土壌表層部破砕は出芽率が50%を超えた時点で実施した場合、その効果が低くなる。

参考文献

- 1) 大下泰生, 渡辺治郎, 辻博之, 濱寄孝弘, 猪股龍郎, 竹本敏彦, 湯川智行, 2005. 覆土前鎮圧機構を有する浅耕逆転ロータリーシーダを用いた大豆播種技術, 平成17年度普及奨励並びに指導参考事項, 57-59.
- 2) 国立卓生, 千田洋, 島田信二, 加藤雅康, 濱口秀生, 田澤純子, 2010. 土壌表面硬度および土壌微生物がダイズ調湿種子の出芽に及ぼす影響, 日本作物学会紀事, 79, 4, 476-483.
- 3) 田中喜市, 石田栄一, 河野信, 木幡正宏, 1986. 作型を生かすマメ類のつくり方(初版), 農山漁村文化協会, 196-243.
- 4) 気象庁
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, Accessed Nov 3, 2017.

UAV（無人航空機）を利用した農作物の生育診断（第3報）

田邊大*・市浦茂*・中坪あゆみ**・小林隆**・片平光彦**

Growth Monitoring of Horticulture Crops Using Unmanned Aerial Vehicle (part3)

Dai TANABE*・Shigeru ICHIURA*・Ayumi NAKATSUBO**・Takashi KOBAYASHI**・Mitsuhiko KATAHIRA**

Abstract

Remote sensing technique is important for crop management. In recent years, to use unmanned aerial vehicle (UAV) and application of IoT (Internet of things) for agriculture have been able to collect large-scale data relating to crop production. As a result, the enthusiasm for of the Artificial Intelligence (AI) technology in agriculture has been increasing. Therefore, we propose a new system which combine UAV's aerial image data and data analysis with AI. In 2018, we cultivated potato on six different fertilization condition and monitored them using the developed system. RGB aerial image and NDVI aerial image is clear on difference of plant growth by the fertilization condition, however there is no difference in NDVI value. NDVI value at the late planting period showed high correlation for potato fresh weight, the middle and the late period NDVI correlated tuber number per plant.

[Keyword]UAV, NDVI, Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), potato

1. 緒言

現在、わが国では農業従事者数が年々減少しており、担い手不足から2015年度の耕作放棄地が42万3千haまで増加するなど大きな問題になっている¹⁾。生産現場では担い手不足から来る篤農技術の途絶が危惧され、情報技術を高度に活用したデータに基づく農業、精密農業が注目されており、基幹技術としてリモートセンシング技術がある。農業における広域リモートセンシングは人工衛星や航空機による情報を基にしたものが開発されているが、それらに代わる新しいプラットフォームとしてUAV（無人航空機）が登場してきた。

また、近年高速演算処理を可能にするGPU（グラフィックプロセッシングユニット）の普及やIoT化によって得られる膨大なビッグデータという二つの要素が重なり、AI技術が急速に発展している。中でも機械学習を発展させた深層学習（Deep Learning）は、人間の脳神経回路をモデルにしたニューラルネットワークを用いてデータの規則性や関連性を自動で見つけ出し、判断や予測ができる手法であり、多くの分野で注目を浴びている。農業分野では、ほ場レベルでの作物種の種類²⁾や作物の病害検出³⁾などへの応用が報告されている。

本研究では農業分野でのIoT化による次世代農業を確立し、生産技術の継承や若い人材の育成による地域の活性化を目的に、UAVをセンシングデバイスとして農業生産現場に実装したことによって得られるビッグデータをAIで解析する新たなモニタリングシステムを構築する。本報では新たなモニタリングシステムに用いる畑作物認識手法の確立、画像情報と生育・収量の関係について検

討した。

2. 実験方法

2.1 耕種概要

実験は山形県鶴岡市に位置する山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター（高坂農場）内（長辺：40m、短辺：7.5m、面積3a）のほ場で行った。供試作物としてバレイショ（品種：トヨシロ）を用いた。定植は2018年5月1日に行った。条間は75cm、株間は30cmで栽植密度が4.44株/m²。定植前に土改材として牛糞初穀堆肥を3t/10a、苦土石灰を100kg/10a、ようりんを40kg/10a、苦土重焼リンを10kg/10a散布した。基肥は高度化成肥料（14:14:14）を、追肥は硫酸を使用した。施肥量は基肥として慣行区（6kg-N/10a）、減肥区（2kg-N/10a）、多肥区（10kg-N/10a）の3区を設定し、次いで6月4日にほ場の半分には追肥（2kg-N/10a）を行った。そのため、試験区は施肥量の違いによって6区を設定した（図1）。

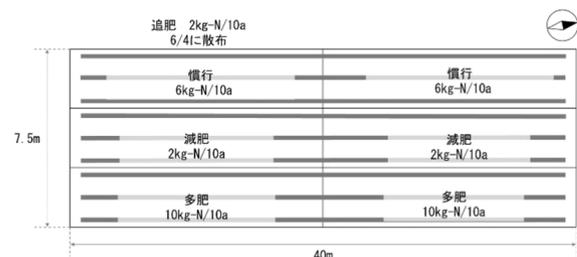


図1 試験区設定

*岩手大学院連合農学研究科

**山形大学農学部

2.2 実験機の構成と撮影条件

空撮作業は空撮用マルチコプター (DJI 社, S900) とマルチスペクトルカメラ (Tetracam 社, microMCA RGB+3) を組み合わせて行った。空撮はほ場全面を撮影するため、撮影高度を 30m、オーバーラップ率 75%以上、サイドラップ率 60%以上になるように設定した。空撮は太陽が高い位置にある 10:00 から 14:00 の間で、バレイショが萌芽してから 1 週間ごとに行った。空撮時にはあらかじめ生育調査を行う個体を選別して指標を立てた。空撮後の画像は 2 種の画像合成ソフト Pixel Wrench2 (Tetracam 社)、Photoscan (Agisoft 社) を用いて空撮画像の合成、オルソモザイク画像の作成を行った。オルソモザイク画像の解析は Photoscan を用いてラスタ演算で植生指数を算出しマッピングを行った。また、合成した画像はピクセルごとのバンド値を抽出し、地上部データと照合と生育の解析に用いた。

2.3 生育調査

萌芽後 2 週間ごとに生育調査を行った。調査日は 2018 年 5 月 28 日、6 月 14 日、6 月 25 日、7 月 9 日である。生育調査は各調査区で毎回 3 個体選定して行った。調査項目は草丈、全体重、SPAD 値、乾物重である。各調査項目で得られたデータは平均化して解析した。

2.4 収量調査

8 月上旬にバレイショの収穫調査を行った。収穫調査はほ場内の各試験区に 1.8m×1.8m の調査プロットを 10 個ずつ設け、そのプロット内から 4 個体選定した。調査項目は塊茎重、塊茎数を調査した。

3. 結果と考察

3.1 空撮画像

図 2 に各時期の RGB 空撮画像を示す。各空撮画像の右側 3 条が多肥区、中央 3 条が減肥、左側 3 条が慣行区で、6 月 14 日以降の空撮画像の下側半分が追肥をしたエリアである。5 月 28 日の画像から基肥での施肥条件の違いによる萌芽の違いが明瞭に確認できた。6 月 14 日では基肥の違いによる植物体の大きさ、被覆の大きさに違いが見られ、中央減肥区との比較で追肥の有無による生育の違いが若干確認できる。空撮画像では 6 月 25 日の多肥区で畝間が見えなくなるほど被覆が大きくなっており、7 月 9 日の全試験区で黄化を始めている個体と緑色の濃い個体が混在していることが確認できた。緑色の濃い個体は新しい葉が伸長したことによる二次成長を示している。

図 3 は各時期の NDVI 空撮画像を示す。NDVI の高低はグレースケールで表されており、白い部分が黒い部分が高いことを示している。5 月 28 日の画像では RGB 画像と同様に萌芽の違いが明瞭に確認できる。6 月 14 日の画像では被覆の違いが明瞭であるが NDVI に違いは見られない。6 月 25 日の画像では多肥区で若干 NDVI が高い傾向がみられる。7 月 9 日の画像では全体的に NDVI が均一のように見える。

図 4 に各処理区の NDVI 値の推移を示す。すべての処理区で同じような推移をたどっているが、3 回目から 4 回目の調査で 1 度下がった NDVI がまた上がっている。3 回目の調査時点ではほとんどの個体が黄化して NDVI が下がっていくが、4 回目の調査時点では

光合成活性の高い新しい葉が二次成長してきたため、NDVI 値が高くなった。

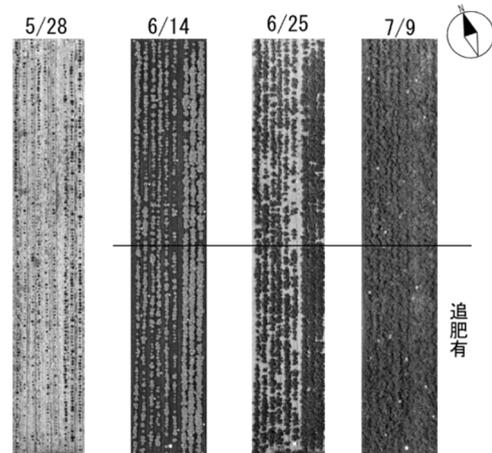


図 2 RGB 空撮画像

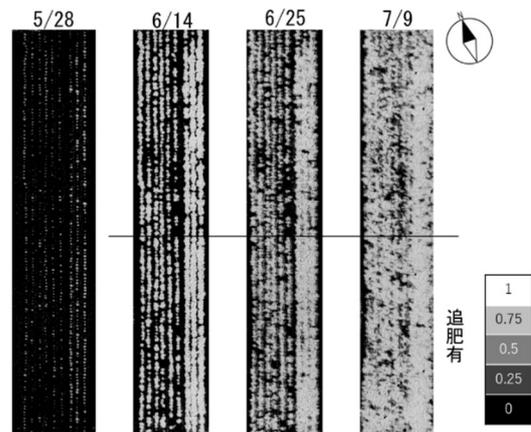


図 3 NDVI 空撮画像

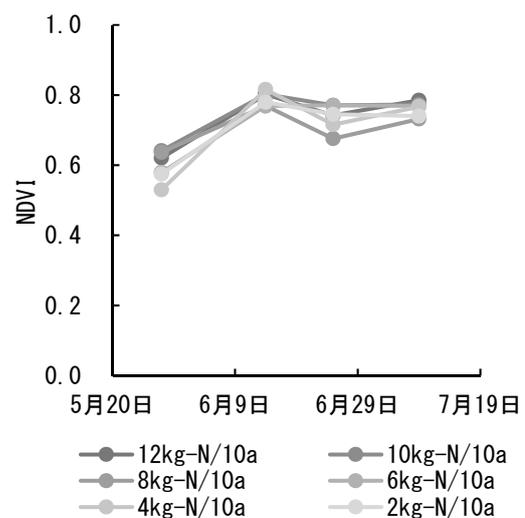


図 4 NDVI の推移

3.2 生育調査

図 5 に草丈の推移を示す。生育調査では生育初期で試験区間の

差が小さかったが、生育が進行するに従い試験区間に差がついており、投入窒素量が草丈に影響を及ぼした。また、追肥を行っていない 10 kg-N/10a 区、6kg-N/10a 区、2kg-N/10a 区では4回目の生育調査時に草丈の伸び率が低く、追肥が生育後期での草丈の伸長に影響を及ぼした。

図6にバレイシヨ個体の全重の推移を示す。草丈と同様に、1回目の調査時には差が小さかったが、生育の進行に伴い差が大きくなった。なお、調査個体は3回目の調査時から塊茎を付け始め、4回目の調査時で塊茎の数や重さによって試験区間に差が生じた。

図7にバレイシヨ個体の植物体みの乾物重の推移を示す。植物体の乾物重は全体重と同様に推移した。2回目と3回目の調査時では、全区で横ばいないし減少する傾向にあった。草丈の伸長に比して植物体の乾物重が増加していないのは、この時期に塊茎の発生が始まり、植物体から塊茎へ養分の転流が起きているためである。また、3回目から4回目の調査では12 kg-N/10a 区、10 kg-N/10a 区、8kg-N/10a 区で乾物重が急激に増加しているが、これは前述したように植物体の二次成長による新葉の繁茂が要因である。

図8にNDVIと草丈、図9にNDVIと全重、図10にNDVIと植物体の乾物重との相関関係をそれぞれ示す。NDVIと各調査項目の間には非線形の高い相関関係が認められた。このことから、NDVIとこれらの項目をパラメーターとして生育・収量予測モデルを構築できる可能性が示唆された。

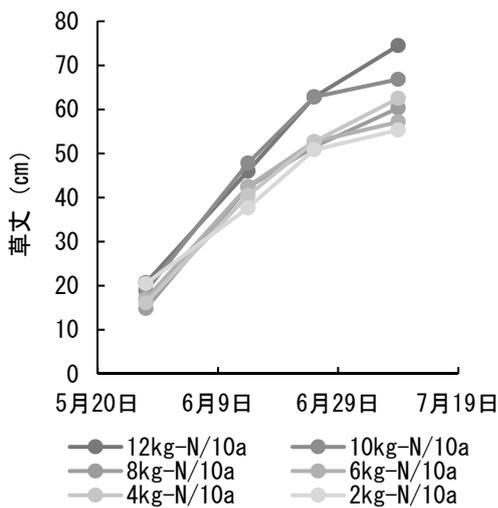


図5 草丈の推移

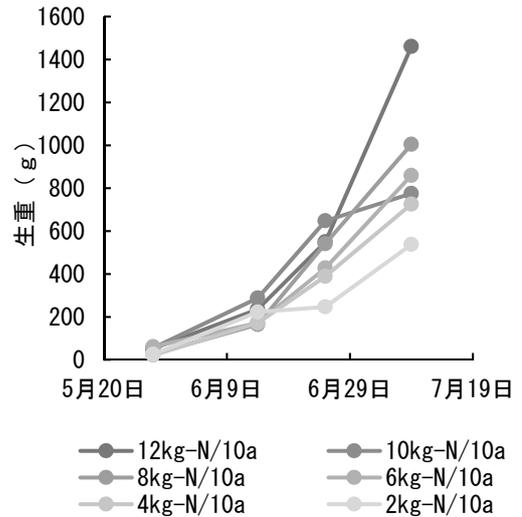


図6 全重の推移

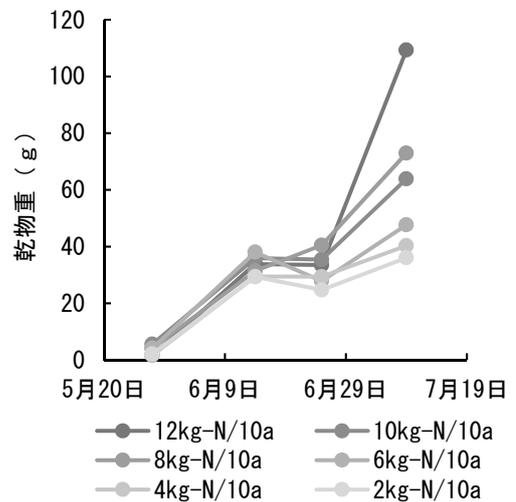


図7 植物体の乾物重の推移

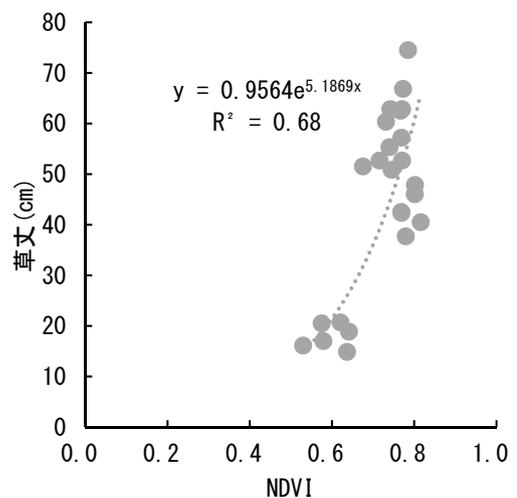


図8 NDVIと草丈の相関関係

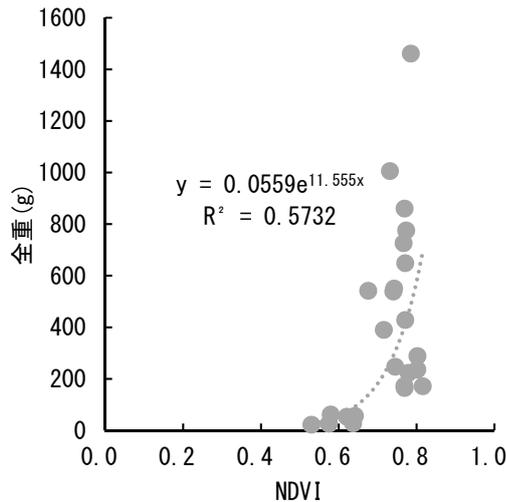


図9 NDVI と全重の相関関係

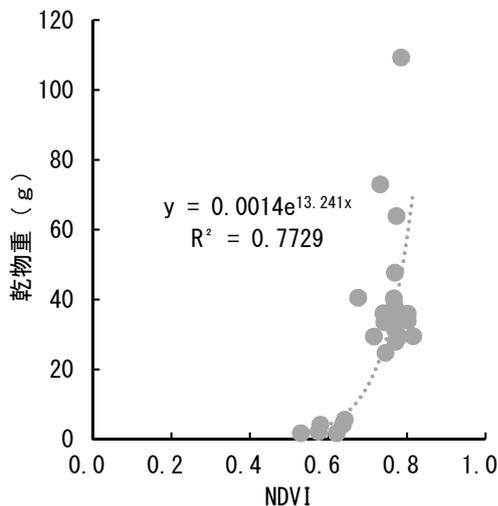


図10 NDVI と植物体乾物重の相関関係

3.3 収量調査

表1に各試験区のバレイショ塊茎の収量, 1個体あたりの塊茎数を示す。収量の合計は施肥量に応じて変化した。収量に関して, 追肥を行っていない10kg-N/10a区, 8kg-N/10a, 6kg-N/10a区で標準偏差が高い傾向がある。これは追肥を行わなかったことから生育後期の窒素供給が足りず, 塊茎への養分の転流にばらつきが生じたためである。

各時期のNDVI値と収量の相関関係を表2に示す。生重合計は7月9日のNDVI値と高い相関があり, 1個体あたりの塊茎数は6月14日, 7月9日のNDVI値と高い相関がみられた。6月14日のNDVI値と塊茎数で相関が高いのは, 当該日が開花期で塊茎形成期に当たり, 施肥量に応じてNDVI, 塊茎数が変化したためである。また, 4回目のNDVI値が収量と塊茎数で相関が強いのは, 植物体の二次成長による窒素吸収が塊茎の生育に影響を及ぼしたと考えられる。このことから, バレイショの収量予測モデルを作成するには開花期の空撮画像と塊茎数をラベルとしたデータセットや, 生育後期の空撮画像と収量及び塊茎数をラベルとしたデータセッ

トを教師データとして利用できる。

表1 収量と塊茎数

	収量 (kg/10a)	1株当たり塊茎数
12kg-N/10a区	4230 (515.0)	10.3 (2.67)
10kg-N/10a区	4371 (1252.1)	12.5 (4.12)
8kg-N/10a区	2543 (667.5)	7.0 (3.25)
6kg-N/10a区	2913 (824.5)	7.8 (1.26)
4kg-N/10a区	2936 (343.6)	10.2 (1.44)
2kg-N/10a区	2061 (738.1)	8.3 (2.85)

注: 括弧内の数値は標準偏差を示す

表2 NDVI値と収量, 塊茎数との相関

	R^2	収量(kg/10a)	1個体あたり塊茎数
5月28日		0.28	0.03
6月14日		0.26	0.77
6月25日		0.18	0.07
7月9日		0.65	0.60

4. 摘要

本試験では施肥条件を変えたバレイショ栽培ほ場を開発したモニタリングシステムで観測した。

- 1) 空撮用マルチコプターとマルチスペクトルカメラを組み合わせた空撮システムを構築した。
- 2) 空撮画像から, 施肥条件の違いによって被覆の違いは確認できたが, NDVIに違いはなかった。
- 3) NDVIは草丈, 全重, 乾物重と相関があった。
- 4) NDVIは塊茎形成期で収量や塊茎数との相関が最も高かった。

参考文献

- 1) 農林水産省, 2017, 荒廃農地の現状と対策について, <http://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/attach/pdf/index-4.pdf>, accessed November. 3, 2018.
- 2) Yaping Cai, Kaiyu Guanb, Jian Pengd, Shaowen Wanga, Christopher Seiferte, Brian Wardlowf and Zhan Lig., 2018, A high-performance and in-season classification system of field-level crop types using time-series Landsat data and a machine learning approach, *Remote Sensing of Environment*, **210**, 35-47.
- 3) Jin Gwan Ha, Hyeonjoon Moon, Jin Tae Kwak, Syed Ibrahim Hassan, Minh Dang, O New Lee and Han Yong Park., 2017, Deep convolutional neural network for classifying Fusarium wilt of radish from unmanned aerial vehicles, *Journal of Applied Remote Sensing*, **11**(4), 042621-1-14.

東ヨーロッパのモルドバ共和国での農業機械と農作業体系について

片平光彦*

Agricultural Machines and Work Systems of Moldova in Eastern Europe

Mitsuhiko KATAHIRA*

Abstract

Agriculture of Moldova, an eastern European country with land area of 33,842 km², has a long history of horticulture and cultivation. Today, Moldova is confronting great difficulties of soil erosion caused by their work systems. This report describes the Moldova work system, soil conditions, and agricultural machinery that are leading to the agricultural difficulties that have arisen in Moldova. Moldova has cultivated wheat, sunflower, rape, and maize, which have cultivation areas of 450–3,328 ha. Work systems are consisted of three types: a normal work type using ploughs, a minimum tillage systems that have mini-till and low-till methods using chisel ploughs, and a no-till system recommended by the government of Moldova. Northern farmers have used machinery from the Russia and Belarus; southern farmers have used EU area machinery. Theoretical work rates were 0.36 h/ha with a six row mini-till planter and 0.12 h/ha with a 12 row mini-till planter. Soil types of each investigated farmland were black soil in northern areas and light gray soil in southern areas, with great differences at soil hardness, water content, and pH according to the farming system. The greatest difference was observed between no-till and low-till systems.

[Keywords] agricultural machine, Moldova, soil, work system

1. 緒言

モルドバ共和国は 1991 年に旧ソ連から独立した東ヨーロッパに位置する国で、首都が Chişinău、言語がルーマニア語、面積が 33,843 km² である。その国土は九州よりやや小さく、標高が 39～322 m の丘陵地帯であり、年平均気温 9.5–11.0 °C、年平均降水量 568–604 mm、年平均降水日数 99–128 日で農業に適した気象と地理的条件を有している。そのため、主要な産業は農業と農産物を用いた食品加工業になっており、2015 年度での農業の GDP に占める割合が約 15 %、労働人口の約 30 %が農業に従事している。食品加工業では農産物を使った缶詰の製造などが盛んであり、対 GDP 比 43 %となっている¹⁾。

モルドバの農業は小麦、ヒマワリ、菜の花、トウモロコシ、ジャガイモ。甜菜を中心とした畑作、ブドウなどの果樹栽培が主流であり、畑作栽培に長い歴史を有している一方で、大規模な畑作の影響で土壌流出が大きな問題になっている。モルドバ農業省傘下の土壌研究所の報告では年平均土壌流出量が約 18.5 t/ha、毎年 2 mm の表土流出が確認されている。本報では上記したモルドバ共和国の農業問題に対する支援を目的に、生産現地の畑作体系や土壌状態、農業機械化の現状について報告する。

2. 実験方法

調査は 2018 年 4 月 25 日～5 月 1 日まで調査は首都 Chişinău のある中部の Porumbeni 地区、Furceni 地区、北部の Beliceni

Vechi 地区と Pohoarna 地区、南部の Doina 地区と Caracui 地区で生産者への聞き取りや GPS ログ (Transystems, Trip Recorder 747 Pro) による作業能率調査、デジタル土壌酸度計 (シンワ, 72716) と山中式土壌硬度計による土壌調査を実施した。

3. 調査概要

(1) 作業体系と農業機械

1) 作業体系

調査を行った現地では小麦、ヒマワリ、菜の花、トウモロコシによる畑作栽培が行われていた。訪問した生産者・団体の栽培規模は 450～3,328 ha であった。各調査地域の状況を表 1 に示す。

現地で行われていた畑作の作業体系は以下の 3 種類であった。

a) 慣行作業体系：プラウ耕→碎土・整地 (ディスクハロー) →播種

b) 部分耕 (Mini-till, Low-till) 作業体系：前作終了後 (秋) にディスクハロー (耕深: 5 cm) で表層碎土→チゼルプラウ (耕深: 45 cm、施工幅: 3 m) で破砕耕→越冬→ディスクハローで表層碎土→(ハローパッカでの鎮圧) →除草剤散布 (ブームスプレーヤ) →Mini-till planter で播種→除草剤散布

c) 不耕起栽培：前作収穫→No-till Planter で播種

現地では Mini-till、Low-till、No-Till と呼ばれる作業体系は、不耕起や部分耕に該当する最小限耕うん法 (*Minimum Tillage Method*) であり、いずれもほ場への耕うん・耕起回数を制限して省

* : 山形大学農学部 鶴岡市若葉町 1-23

表1 モルドバでの調査地域の概要

地区	会社名	代表者	耕作面積 (ha)	土地所有者 (戸)	耕作面積 (ha/戸)
Porumbeni (中部)	農業省試験場	-	-	-	-
Pohoarna (北部)	LLC. Pohoarna Agro	Mr. George Strelciuc	1,700 (自己所有: 8ha)	1,000	1.54
Doina (南部)	LLC. Ceteronis	Mr. Vinaeia din Vole	3,328 (借地 2,000ha)	1,000	2.50
Caracui (南部)	LLC. Golden Grapes & Cercols	Mr. Shoudrouski Constantin	1,700 (借地 1,400ha)	1,000	1.00
Furceni (中部)	M.A. Gasper	Mr. Mihail Gasper	450 (借地 400ha)	261	1.70

力化や土壌流亡の抑制を目的に、政府や世界銀行などが播種機導入に対する資金援助をするなど国をあげて推奨している。

各栽培法における土壌状態と播種床位置を図1に示す。

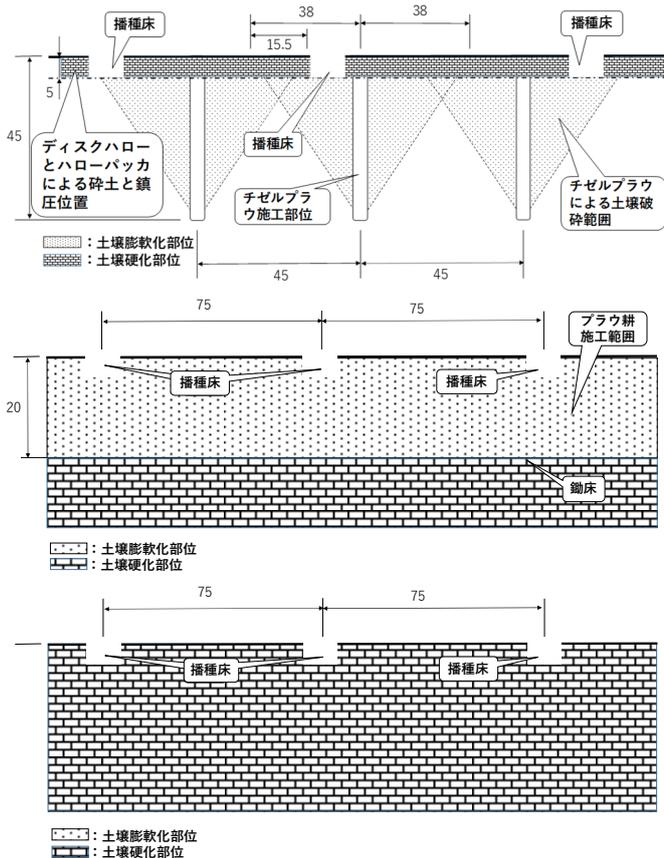


図1 現地各作業体系での土壌と播種床の状況 (上: 慣行、中: Mini-till, Low-till, 下: 不耕起)

2) 農業機械と作業技術

Chişinău 近郊の Porumbeni の国立農業省試験場ではモルドバ国内の農業機械メーカーである Moldagrotehnica 社製の不耕起播種機 (図2) と Low-till planter (Gherardi, G117, 図3) を用いて小麦の不耕起栽培の試験が行われていた。

不耕起と Mini-till、Low-till は土壌硬度の違いのため、播種機に添加する圧力が異なり、不耕起が 220kg/cm²、Mini-till が 180kg/cm² 程度とのことであった。その他、不耕起播種機は播種機構の前に播種床造成用のダブルディスクによる一次作溝、播種機構本体のダブルディスクによる二次作溝の機構が組み込まれており、それによって作成された植え溝に種子を落下し、播種機後方の転輪で覆土と鎮圧を行う構成であった。



図2 Moldagrotehnica 社製の不耕起播種機



図3 Low-till planter (Gherardi, G117)

同じく中央地区 Furceni 地区の中規模生産者は主に Mini-till planter (GASPARDO, 28条、Agro Master, D6, 6条: 図4) を使用して播種を行っていた。トラクタは今年度に導入したクボタ製 (M105S, 74kW) のものであった。播種作業に関する聞き取りでは、走行速度が 8km/h、作業能率が 20~25ha/日とのことであった。



図4 Mini-till planter (Agro Master, D6)

北部の Pohoarna 地区の生産者は Moldagrotehnica 社製の Mini-till planter (6 条：作業幅 4.5m) でトウモロコシの播種を調査時に行っていた。トラクタは GPS ガイダンスを装備したベラルーシ製 66kW 級であった (図 5)。



図 5 Pohoarna 地区のトラクタと Mini-till planter

南部の Doina 地区の農家は社の Mini-till planter (Amazone, EDX-9000TC, 12 条：作業幅 9.0 m) でトウモロコシの播種を行っていた。トラクタは (FENDT, 936 Vario TMS, 257 kW) で、作業時間 4676 時間であった (図 6)。



図 6 Doina 地区のトラクタと Mini-till planter



図 7 Caracui 地区の Low-till planter

Caracui 地区の生産者は Mini-till planter (VADERSTAD) と Low-till Planter (KURT) で播種を行っていた。トラクタは New Holland 製 110 kW 級を使用しているとのことであった (図 7)。

(2) 作業能率と精度

作業能率と播種精度は Pohoarna 地区と Doina 地区でのトウモロコシ播種作業時に調査を行った。各地区でのトラクタの走行軌跡を図 8 にそれぞれ示す。また、各作業での走行速度と作業能率を表 2 に示す。

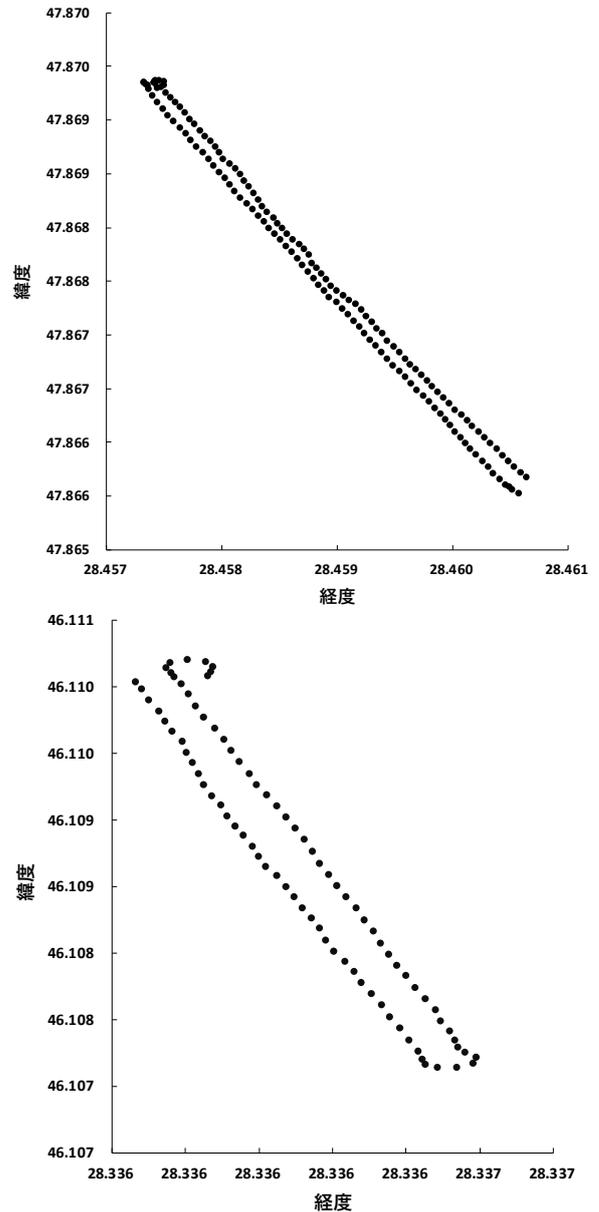


図 8 播種作業時の走行軌跡
(上：Pohoarna 地区、下：Doina 地区)

表 2 播種作業時の走行速度と作業能率

地区	播種法	機械設定 (rpm)	走行速度 (km/h)	一工程走行距離 (m)	理論作業能率 (h/ha)
北部2	Pohoarna mini-till	2000	8.38	473	0.36
南部1	Doina mini-till	1530	10.6	318	0.12

トウモロコシの Mini-till 作業では 6 条の播種機で理論作業能率が 0.36 h/ha、12 条の播種機で 0.12 h/ha となり、走行速度と作業

表3 モルドバ各地の土壤状態

地区	播種法	土壤硬度(MPa)		pH		水分(%db)		位置情報			
		A	B	A	B	A	B	北緯	東経	標高	
中央	Porumbeni	No-till	0.441	-	7.0	-	8	-	47.8	28.5	-
中央		mini-till	0.020	-	5.0	-	43	-			
北部1	Beliceni Vechi	mini-till	0.915	0.425	5.5	-	43	-	47.7	28.0	180.0
北部2		Pohoarna	mini-till	0.457	0.523	6.5	7	43			
南部1	Doina	mini-till	0.180	0.212	6.5	7.5	43	43	46.1	28.3	273.3
南部2		Caracui	mini-till	0.121	0.392	6.5	-	18			

注:Aは表層、Bは下層の土壤を示す。

幅の違いから12条の播種機が6条と比較して約3倍の能率であった。なお、日本の不耕起播種では走行速度が2.88~4.68 km/hであり、日本と比較して高速での作業が行われている。作業工程はいずれもGPSガイダンスシステムを導入しているため、300~400 mの走行距離でもほぼ直線での作業が行われていた。一日あたりの作業時間を9時間と仮定し、休憩などの時間を考慮した作業係数0.8を乗じた実作業時間7.2時間では、一日あたり6条で20ha、12条で60haの作業が可能になる。

播種機の播種精度は、株間が20cm、播種深度が2~6cmと安定した水準であった。

(3) 土壤状態

各地の土壤状態を表3に示す。各生産地での土壤は、北部が黒土(chernozem:肥沃な黒色の成帯土壌:図9)、南部が灰色土壌であった(図10)。土壤硬度と土壤水分は播種法によって違いがあり、不耕起とMini-tillを比較している中央地区で差が明確になった。不耕起は耕起による土壤間隙が少なく土壤が緻密化しているため、土壤中の液相が低下して硬度が増加したといえる。なお、北部のMini-tillで硬度が高くなったのは、表層砕土の後にハーローパッカなどで表層を固めていることが要因といえる。ただし、ほ場は45cm間隔でチゼルプラウによる破砕が行われおり、それに伴う土壤の亀裂が施工最深部から50°の角度で表層に向かうため、表層には施工位置を中心として両側38cmが破砕による影響を受けていると考えられる(図1参照)。そのため、Mini-till栽培では表層の土壤硬度が高いが、土壤内には細かい亀裂範囲が多数発生して土壤の緻密化が抑制されて固相、液相、気相のバランスが良好となり、根の伸長を助長した。



図9 北部Beliceni Vechi地区の黒土(chernozem)ほ場



図10 南部Doina地区の灰色土壌のほ場

土壤pHはチゼルプラウなどを入れて土壤を膨軟化しているMini-tillで作物の生育が不耕起よりも良好となり、土壤酸度が高まっている。南部Doinaの下層土でPHが高くなっているのは、作物根の生育がチゼルによる広範な亀裂を有する上層を中心に分布しており、亀裂範囲が縮小する下層まで根が伸長しないため中性を維持していると考えられる。

4. 摘要

- 1) モルドバでは小麦、ヒマワリ、菜の花、コーンを中心とした畑輪作栽培が行われており、栽培規模が450~3,328haである。
- 2) 作業体系はプラウを基幹とした慣行栽培作業体系、チゼルプラウを基幹とした部分耕(Mini-till, Low-till)体系、政府が推進している不耕起体系が行われている。
- 3) 作業機械は北部がロシア、ベラルーシ系、南部がEU系のものが多かった。理論作業能率はMini-tillの6条播種機で0.36 h/ha、12条播種機で0.12 h/haであった。
- 4) 各生産地での土壤は北部が黒土、南部が灰色土壌であった。土壤硬度と土壤水分、pHは播種法によって違いがあり、不耕起とMini-tillを比較している中央地区で差が明確であった。

本報告は株式会社メタルプロダクツと株式会社パデコの支援によって実施したものである。関係各位に記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 外務省, モルドバ基礎データ, <https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/moldova/data.html>, Accessed Nov. 1, 2018.

IoT を用いたニワトリの個体管理技術の開発 (第一報)

市浦茂*1・森智洋*2・堀口健一*2・片平光彦*2

Exploring IoT Based the broiler chicken management technology (Part 1)

Shigeru ICHIURA*1, Tomohiro MORI*2, Ken-ichi HORIGUCHI*2, Mitsuhiko KATAHIRA*2

Abstract

It's coming the public demands to have safety foods, to meet individual's taste demands which to be the only one food, (It's called "premium food") in wealth class. And generally, the chicken is lower calorie and high protein, has a much niacin to improve the cholesterol, then can improve the liver activities. However, the broiler chicken production system does not have the less effort technology to manage the individual due to lower profits of the cost per bird of chicken. Recently, the number of poultry farmers are decreasing as around 2.2%, but shipped chickens are increasing as around 1.7%. So, we need to develop the less effort chicken management technology. And it's required to check the health whether the chicken is not caught the Avian influenza or not. As above situations, we captured the individual chicken's behaviors by video camera, variety of sensing data which are atmospheric pressure, illumination, body temperature (4x4 segments), and RFID number, individual weight of chicken, time as big data. As 1st step, we focused to analyze big data which were composed by individual RFID and weight and infer the chicken's weight based on captured video by Deep Learning. Around picked up 500 pcs of photos based on captured video which is linked the measured weight and captured by RFID number, then 500 pcs photos should be training data. We selected the Deep Learning frame work, "YoloV3" (Designed by Joseph Redmon, University of Washington). It has the fast detection with single CNN (Convolutional Neural Network). That framework could perform the inference of weight based on real-time video by YoloV3, it will contribute the video-based chicken growing monitoring system.

【Key Word】 animal welfare, broiler, artificial intelligence, internet of things,

1. 緒言

日本国内の鶏肉消費量は、平成 27 年が 2,298 千トン、平成 28 年度が 2,369 千トンと前年比 3.1%増となっている。同様に、国内生産量は平成 27 年が 1,517 千トン、平成 28 年が 1,545 千トンと消費量と連動して拡大している。国内の肉用若鶏（ブロイラー）飼養戸数は平成 18 年が 2,590 戸、平成 28 年度が 2,360 戸と小規模飼養者層を中心に減少傾向にある。出荷羽数は平成 18 年度が 103,687 千羽、平成 28 年が 134,395 千羽と増加しており、出荷羽数 50 万羽以上の大規模飼養者が全体の 11.3%（平成 28 年度）を占めるなど大規模化が進んでいる¹⁾。しかし、生産現場では飼養中に 5~6%の鶏が死亡するとされ、出荷後の検査でも大腸菌性敗血症などで破棄されるなど、食卓まで届かない状況にある。農林水産省ではこれらの状況を鑑み、育成率（49 日齢時の生存羽数/鶏群の餌付け羽数×100）を平成 32 年度に 98%まで改善する取り組みをすすめている。

日本での鶏生産はウインドウレス型やセミウインドレス型鶏舎を利用した大規模飼養が中心となっており、個体の個別認識が難しい現状にある。それに加え、近年は西欧を中心にアニマルウェルフェア（Animal Welfare:動物の心理的幸福の追求、生活の質の向上）の観点から家畜飼養時の快適性についての配慮が疾病等の軽減に繋がることが指摘されており、飼養時での

個体管理の重要性が増加している。個別認識に関して、近年は IoT 技術の進化とストレージの大容量化や人工知能の技術が確立し、生育記録を電子データとして活用可能になっている。また、食の安全のニーズは国内外でも高まっており、生産工程の管理に IoT 技術を取り入れ、最小限の人の介在によって高品質で安全な食肉生産システム構築がこれから必要になっている。

本研究ではブロイラー鶏の生育を IoT 技術で管理し、西欧で主流となっている Welfare（動物福祉）の観点から飼育空間内での鶏の生育環境を改善することで安全で良質な鶏肉の生産システム構築を目的とする。本報では鶏の個体管理の方法として RFID の活用、鶏の飼養映像を基に Deep Learning で鶏の行動を把握する手法を検証した。

2. 実験方法

(1) 鶏の個体管理技術

1) 実験場所

鶏の個体管理に関する実験は山形県鶴岡市にある山形大学農学部の実験鶏舎で行った。実験鶏舎には横 121.7cm、縦 125.9cm、高さ 89.9 cm の囲いをした鶏飼養施設を設けた。鶏飼養施設は仕切り板（メッシュ型）で縦方向に 2 分割し、65.1cm（餌箱配置）と 57.6cm（水飲み場配置）の区画を設けた。

1:岩手大学連合農学研究科 盛岡市上田三丁目18-8

2:山形大学農学部 鶴岡市若葉町1-23

両エリア間には移動用の通路を1か所設け、摂食と摂飲時に鶏が通路を通過するように設定した。飼養施設ではチャンキー種の肉用鶏を4回飼養した。飼養施設と機材の配置状況を図1、鶏の飼養条件を表1にそれぞれ示す。

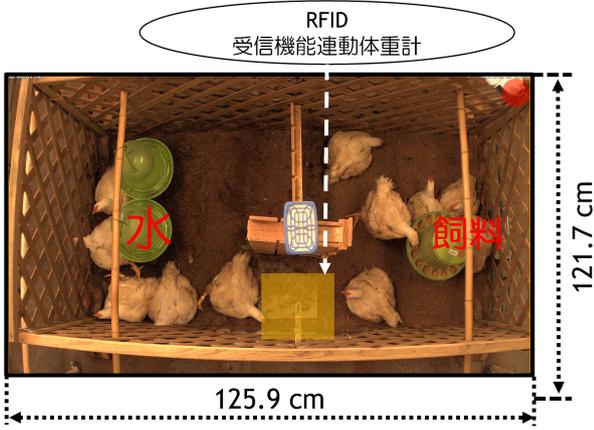
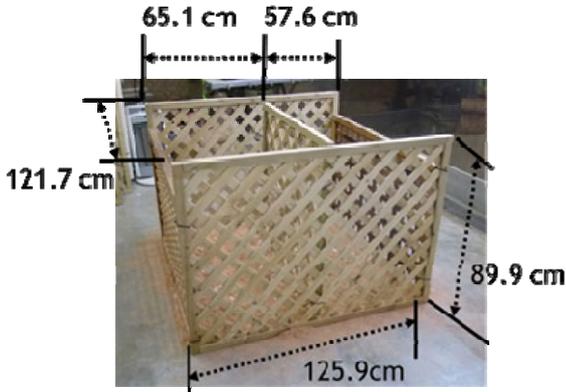


図1 鶏飼養施設

表1 鶏飼養試験概要

実験	飼育期間	ケージサイズ(cm)	飼育日数(日)	飼育羽数(羽)	備考
第1回	2017年 10月11日~12月5日	121.7cm x 125.9cm	56	10	うち2羽死亡
第2回	6月23日~8月14日	121.7cm x 125.9cm	53	14	
第3回	10月26日~11月10日	121.7cm x 125.9cm	14	11	
第4回	2018年 11月27日~12月19日	121.7cm x 123.9cm	23	10	横方向が少し短いケージで実施

2) 実験機の構成

1) RFID を用いた体重計測システム

鶏の個体は目視では識別が難しいことから、市販の RFID を活用した RFID 受信機能内蔵体重計 (TAC, 試作機, 図2) を試作した。試作した RFID 受信機能内蔵体重計はロードセル (Sensor And Control, SC133-5kg)、A/D コンバータ、マイコンで構成し、SD カードへの記録と WiFi 接続機能が組みこまれており、得られたデータはテキストデータとして csv 形式で体重計測システムに保存され、鶏舎内にある WiFi ルータを経由してクラウドサーバ(sakura.io)へダイレクトにアップロードする。試作した RFID 受信機能内蔵体重計のシステムのブロックを図3、動作状況を図4にそれぞれ示す。

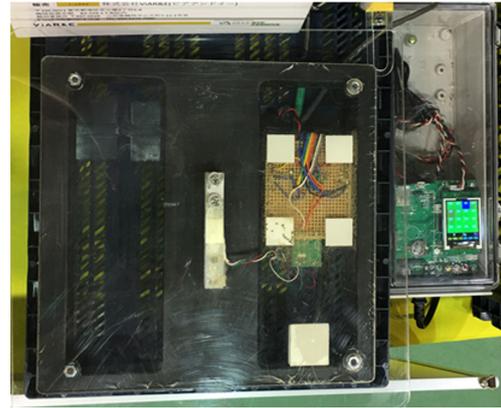


図2 RFID 受信機能内蔵体重計

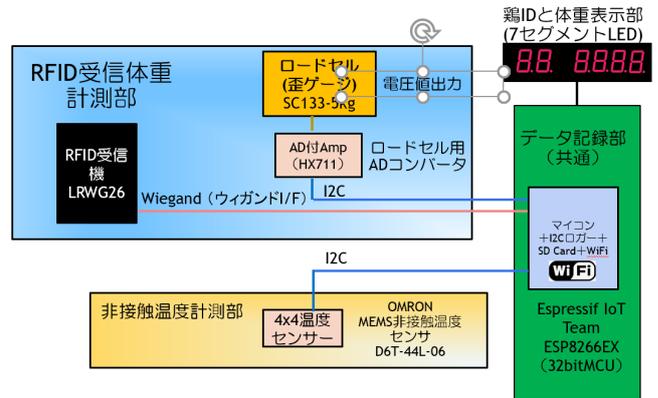


図3 RFID 受信機能内蔵体重計システムブロック



図4 RFID 受信対応体重計と7セグLEDによる ID (98 番) と鶏体重 (2089g) の表示状況

2) 行動監視システム

飼養した鶏行動の記録には、3 台の IP カメラ (Mobotix, M25(水平 60°、垂直 45°、F1.8 を 2 台、M25(水平 90°、垂直 67°、F1.8 を 1 台) を実験鶏舎内に設置し、模擬飼養区内の映像を撮影した。撮影した動画はネットワーク内のネットワークアタッチドストレージ(NAS:パッファロー、Terastation 5400DN (RAID 4 Drive 8TB))に録画した。(表2、図5.)

表 2. 行動監視システム構成

品名	メーカー	型番	台数
IPカメラ	Mobotix	M25(水平60°, 垂直45° F1.8)	2
		M25(水平90°, 垂直67° F1.8)	1
NAS	バッファロー	Terastation 5400DN (RAID 4 Drive 8TB)	1
PoE L2イーサスイッチ	アライド	AT-SH230-10GP	1
防塵Cabinet	日東工業		1

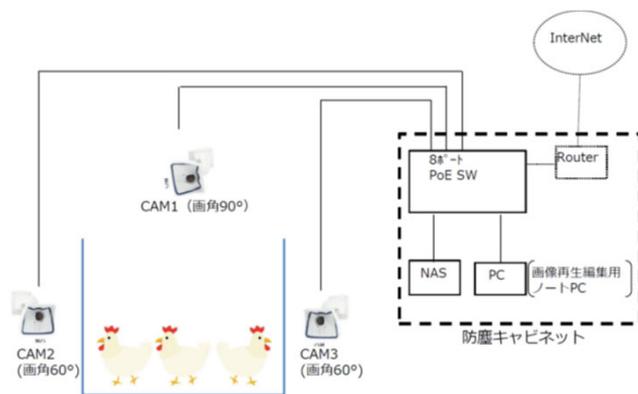


図 5 行動監視システムの概要

3) Deep Learning (深層学習) 体重判別システム

前項で構成した行動監視システムは鶏の ID と体重をリアルタイムで表示し、実際の行動映像と同時に録画することが可能である。このシステムは映像再生時に各鶏の ID と体重データ、鶏の映像を関連付けたデータの取得が容易となり、それを深層学習の教師データとした。教師データは 1,700g、1,800g、1,900g、2,000g 程度の鶏の体重の映像を映像から各 500 枚ずつ切り出し、Deep Learning のフレームワークとして、Yolo Ver. 3²⁾ (Designed by Joseph Redmon, University of Washington) で 20,000 回学習させた。

この際、500 枚の画像は 8:2 で検証用画像と学習用画像に分類した。学習させた全教師データ数は 1,596 枚で、それを基に得られた学習の重みデータを用いて体重毎に 100 枚ずつの検証画像（合計：400 枚）で学習精度を評価した。

(3) 調査項目

調査は RFID を取り付けられた脚帯の固定状況、RFID 受信機内蔵体重計と監視ビデオカメラを用いた個別での鶏の行動と体重の計測状況、監視システムで得られた映像を教師データとした AI による鶏の体重推定精度について行った。

3. 結果と考察

(1) RFID の鶏脚帯への適用性評価

RFID は活用フィールドが増えており、125KHz~135KHz 帯、13.56MHz 帯、2.45GHz 帯、860MHz~960MHz 帯 (UHF 帯：(日本では電波法の関係で活用はできない)) などが市販されている。また、ヨーロッパでは、牛の個体管理に RFID の利用が行われており、多くのタイプが販売されている。本実験では無線指向

性が広く、金属や水の影響を受けにくい 125KHz 帯を活用した。今回採用した RFID は、電磁誘導方式を利用して心棒状に巻いたコイルアンテナとして電源を内蔵しないパッシブタイプの超小型 Tag (FAREAD Technology, FRD-LF-GT3 : Φ2.12 x 12mm) を活用した。価格は 1000 個単位、100 円以下である。RFID の鶏への実装は、図 6 に示すように市販の養鶏用の脚帯にホットメルト接着剤(エチレン酢酸ビニル)で取り付けられた。

取り付けられた RFID タグは 4 回の飼養実験中に、脱落が発生し、接着部分の耐久性に問題を有した。接着した RFID は時間経過と共に、糞尿などでグルーガンの接着力が劣化することに加え、鶏の成長と共に活発な活動で脚帯と脚との摩擦が多数発生したため、脱落が発生したと考えられる。その対策として、市販の巻き環に熱収縮チューブにて ID を固定する方式を考案した。この方式はコストが安く、取り付けが簡単な手法である。それを取り入れた 4 回目の飼育試験では RFID の脱落が確認されなかった。



図 6 鶏脚帯への RFID の取付け状況（左：ホットメルト接着剤、右：透明熱収縮チューブによる接着）

(2) RFID 受信機内蔵体重計測システムの評価

4 回の飼養実験（一回：2.5 ヶ月）では試作した RFID 受信機内蔵体重計でそれぞれの個体の体重データ、環境データを記録できた。RFID 対応体重計で収集した 10 羽の鶏の体重増加推移を図 7 に示す。鶏の体重データは日別にヒストグラム作成して上限と下限値が生成され、それを基に平均値を計算した。

3 台の監視カメラシステムと試作体重計で得られたデータ（鶏 ID と体重）は図 4 に示すとおり実行映像と体重を同時に録画することが可能であり、各鶏の ID の判別と体重データ、鶏の行動とのリンクを容易に取得できた。

試作したシステムで得られた鶏の体重は変動を伴い増加しながら推移している。これは鶏が静止をした状態で体重計に乗ることがなく、常時動作していることから振動が歪ゲージに受信され、数百グラム単位で測定誤差が発生したことが要因といえる。また、測定値では体重推移曲線から大きく外れている日や体重データの欠測日があった。体重データの欠測は鶏の活動量が低下したこと、2 羽鶏が同時に体重計に乗ったなどの状況がビデオ映像の観察から確認できた。そのような状況では鶏の ID と体重値が反応しなくなり体重データが取得できなかった。鶏の体重が体重推移曲線から大きくはずれたのは、体重計を通過した鶏のうち動作が激しかった場合にロードセルの測定値

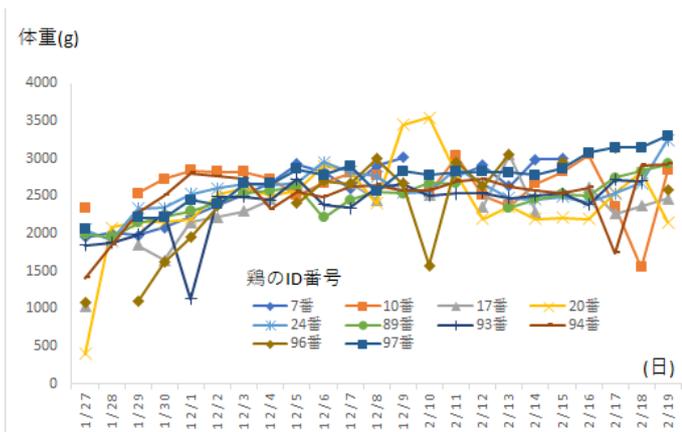


図7 鶏の個体体重の推移(第4回試験: 11/27~12/19)

の変動が大きくなり、計測値に影響を及ぼしたことが要因である。これらの異常値については、行動の観察映像や前後日の体重の推移から補正するといった対応が必要である。

以上から、試作したシステムは、鶏の行動と体重の推移をリアルタイムで取得することが可能であり、それを基に肉用鶏の既存の肥育曲線を利用して目標体重への到達予定日を推測できる。

(3) Deep Learning を活用した鶏の体重予測

Deep Learning (AI) による体重推定結果を表4に示す。体重の推定は第3回の鶏の飼育試験画像と試作したRFID受信機能内蔵体重計が示した体重を基に鶏の体重と画像を関連づけて作成した教師データをDeep Learningで学習させた重み

表4 鶏の体重区分と鶏の検証データによるAI認識率(%)

テスト回数(回)/鶏の体重区分(g)	1,700g	1,800g	1,900g	2,000g
1	0	0	81	99
2	0	0	86	99
3	0	0	86	99
4	0	0	93	97
5	0	0	96	95
6	0	0	66	96
7	0	0	91	96
8	0	0	0	90
9	0	0	0	83
10	0	0	0	85
平均値 (%)	0	0	59.9	93.9



図8 AIによる体重推定の検証用画像 (RFID: No. 97)



図9 体重計の表示とAIによる鶏の体重推定 (RFID: No. 97)

データを用いて作成した。

その結果、1,700gと1,800gの体重区分の認識率は不十分であったが、1,900gと2,000g付近の個体では60~90%の精度で判別できた。1,700g、1,800gでの判別精度の低下は、学習用画像の背景の映像や切り出し位置による誤差が要因と考えられる。

4. 摘要

1) RFIDと歪ゲージを用いた試作体重計、行動監視システムは、鶏体重の推移を基にした成長状況の管理、出荷予測に活用できる。

2) RFIDの利用は行動解析に有効であるが、取り付け方法やコストを考慮する必要がある。

3) 供試したシステムから得られた鶏の映像と体重データを紐づけた映像を教師データとし、Deep LearningのフレームワークYOLOv3で体重の推論モジュールを開発できる可能性が示唆された。

4) 供試システムにDeep Learningを基にした監視機能を確立することで、生育監視労力の軽減や生育プランを最適化することが可能である。

5) 今後の課題として、環境に依存しないロバストな体重推論モジュールを作り上げるのに必要な学習作業量の定量化、RFIDを用いない個体認証技術方法について検討が必要である。

参考文献

1) 農林水産省生産局畜産部食肉鶏卵課, 2017. 食肉鶏卵をめぐる情勢, <http://www.maff.go.jp/j/chikusan/shokuniku/lin/index.html>, accessed November 3, 2017.

2) YOLOv3. An Incremental Improvement Joseph Redmon, Ali Farhadi University of Washington

TOHOKU BRANCH REPORT
OF
THE JAPANESE SOCIETY OF AGRICULTURAL MACHINERY AND FOOD ENGINEERS

CONTENTS

Essay : Katsuyuki TANAKA

RESEARCH PAPERS

Tomohiro MORI • Mitsuhiro KATAHIRA
Effect of Soil Pressure and Soil Surface Crush by Direct Seeding of Green Soybean 1

Dai TANABE • Shigeru ICHIURA • Ayumi NAKATSUBO • Takashi KOBAYASHI • Mitsuhiro KATAHIRA
Growth monitoring of horticulture crops using unmanned aerial vehicle (part3) 5

Mitsuhiro KATAHIRA
Agricultural Machines and Work Systems of Moldova in Eastern Europe 9

Shigeru ICHIURA • Tomohiro MORI • Ken-ichi HORIGUCHI • Mitsuhiro KATAHIRA
Exploring IoT Based the broiler chicken management technology (Part 1) 13

TOPICS 17

NOTES 22

ORGANIZATION DIRECTORY 40