

	仔ウシゲル
氏 名	市浦 茂
本籍（国籍）	神奈川県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 807 号
学位授与年月日	令和 3 年 9 月 2 4 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
学位論文題目	IoT と AI を用いたニワトリの個体管理技術に関する研究 (Studies on IoT and AI based Broiler Chicken Management Technology)
学位審査委員	主査 山形大学教授 片平 光彦 副査 山形大学教授 堀口 健一 副査 帯広畜産大学教授 佐藤 禎稔 副査 弘前大学教授 張 樹槐

論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究は、群飼下でのブロイラー（肉用鶏）の飼養管理の省力化に向けて必要となる個体管理技術の開発を目的として、RFID タグを個体に取り付けて管理する方法、ディープラーニングによる物体検出アルゴリズムを用いた個体の管理方法について検討した。また、農畜産業への AI と IoT デバイスを用いたスマート生産管理システムのビジネス展開を考察した。

ニワトリの飼養実験は、2018 年～2019 年に山形大学農学部の実験畜舎内に実験ケージ（180 cm × 90 cm × 89 cm）を設置し、1 回あたり 4～14 羽のブロイラーを全 6 回飼養した。

RFID タグを使った個体管理では、RFID タグ受信機能を内蔵した体重計を開発した。この体重計は、RFID タグ受信機能と歪ゲージを用いた体重計測機能を内蔵している。体重計は、ケージ内にある給餌場と飲水場をつなぐ通路に設置し、個々の鶏の体重変化を記録した。また、飼養ケージにはニワトリの活動を記録するため、天井に IP 監視カメラを設置した。IP 監視カメラは約 5 週間 24 時間連続で録画し、その画像を 8TB の NAS に保存した。RFID タグは、水などの影響を受けにくく、到達距離が他の周波数帯より短い LF 帯（125KHz）を選定した。RFID タグを取り付ける足環は実験中の脱落を防止するため、アニマルリングに熱収縮チューブで超小型アニマルタグ GT2112 を固定したものを用い、4 週齢以降のニワトリに取り付けることにした。これらの IoT デバイスを用いたニワトリの飼養実験では、形状の大きい RFID タグを床面に対して垂直に設置することで安定して電磁界を発生することが可能になり、それが RFID 受信アンテナの近くに位置することで個体 ID の認識率が高まった。RFID が使用する低周波数（125 kHz または 134.2 kHz）帯は通信速度が遅いため、アンテナ上をニワトリが通過する速度を低速にして認識率を高める工夫が必要である。試作した体重計は、RFID で認識された ID の体重値発生頻度とその前後の体重値を考慮して算出できた。

ブロイラーは、通常のニワトリよりも急速に成長するため容姿の変化が大きく、個体ごとの特徴が出やすいため、ディープラーニングによる物体検出アルゴリズムを用いた個体検出手法

を検討した。活用した物体検出アルゴリズムは、高速かつ検出精度が高い YOLOv4 を用いた。実験は 1 個体の検出と複数個体での同時検出の 2 段階で行い、9 日間の飼養期間を初期、中期、後期に分け、初期の活動画像で作成した AI を用いた A パターン、中期から 3 日ごとに AI を作り直した B パターンの各試験区を作成した。作成した AI の精度は、適合率、再現率、DICE 係数で評価した。AI を用いた 1 個体での検出実験において、適合率の平均値は調査初期で両試験区とも 1.0、調査中期でパターン A が 0.2 に低下し、パターン B が調査後期で 0.2～0.4 で推移した。再現率の平均値は、調査初期は同じ物体検出モデルを使っていたため両試験区とも 0.40～0.41 で差がなかったが、パターン A は調査中後期が 0.00～0.13、パターン B は調査中期が 0.37～0.80、後期が 0.01～0.14 であった。DICE 係数の平均値は、パターン A で調査中期が 0.02～0.22、パターン B で調査中期が 0.51～0.89 であった。調査個体の体重増加率は調査初期で 21.4 % (257 g)、調査中期で 22.5 % (329 g)、調査後期で 5.6 % (240 g) であった。調査個体の行動量は調査初期が 59.9 m、調査中期が 78.9 m、調査後期で 24.1 m であった。以上から、ブロイラー 1 個体での AI による物体検出モデルは、20 %以内の体重増加率を目処に、行動量を加味しながら定期的に容姿を再学習することで継続的に利用できる。

複数羽の検出の適合率は、初期で両パターンとも 0.37 であった。中期では、A パターンが 0.07～0.24 に低下し、B パターンが 0.50～0.68 と高くなった。再現率は、初期で両パターンとも 0.08～0.13 で差がなかった。中期では A パターンが 0.02～0.05、B パターンが 0.15～0.27 であった。DICE 係数は、中期で A パターンが 0.03～0.08、B パターンが 0.21～0.34 であった。複数個体での AI による物体検出モデルの適合率、再現率、DICE 係数は、いずれも 1 個体でのモデルと比較して 1/3 に低下した。以上から、複数個体の AI による物体検出モデルでは、1 個体よりも検出精度が低下するが、12%以内の体重増加率を目途に行動量を 100m になるまで画像を集めて学習をすることで継続的な検出が可能である。

論文審査の結果の要旨

本研究は、群飼下でのブロイラー（肉用鶏）の飼養管理の省力化に向けて必要となる個体管理技術の開発を目的として、RFID（Radio Frequency Identifier）タグを個体に取り付けて管理する方法、ディープラーニングによる物体検出アルゴリズムを用いた個体の管理方法について検討した。

1. RFID タグを使った個体管理では、RFID タグ受信機能を内蔵した体重計を開発して体重変化を記録した。また、飼養ケージには天井に IP 監視カメラを設置し、ニワトリの行動を 24 時間連続録画（HD, 30fps）した。RFID による個体検出は、形状の大きい RFID タグを床面に対して垂直に設置することで安定して電磁界を発生することが可能になり、それが RFID 受信アンテナの近くに位置した際に個体 ID の認識率が高まることを確認した。
2. ディープラーニングによるニワトリの個体検出では、物体検出アルゴリズム YoloV4 を用いた。実験は 1 個体の検出と複数個体での同時検出（3 羽）の 2 段階で行い、パターン A と B の 2 試験区で作成した AI の適合率、再現率、DICE 係数を評価した。AI を用いた 1 個体での検出実験では、適合率と再現率の調和平均である DICE 係数の平均値が、調査中期がパターン A で 0.02～0.22、パターン B で 0.51～0.89 であった。認識した個体情報を基に算出した行動量は調査初期が 59.9m、調査中期が 78.9m、調査後期で 24.1m であった。1 個体での AI の物体検出モデルは、20 %以内の体重増加率を目処に、行動量を加味しながら定期的に容姿を

再学習することで継続的に利用できることを確認した。

3. 複数羽の検出では、調査中期で DICE 係数が A パターンで 0.03~0.08, B パターンで 0.21~0.34 であった。複数個体での AI による物体検出モデルは、1 個体よりも検出精度が 1/3 に低下するが、12%以内の体重増加率を目途に行動量を 100m になるまで画像を集めて学習をすることで継続的な検出が可能である。

以上の研究は、AI や IoT の農畜産業への実装に関する研究として特徴量の少ないニワトリを対象とし、物体検出アルゴリズムを用いた検出技術、それを有効に活用するための理論を構築した。本技術は農業分野での活用が今後大きく進展すると見込まれているため、研究者のみならず農業事業者が利用できる基礎的知見として極めて価値が高いといえる。

よって、本審査委員会では、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

主論文

1. 市浦茂, 森智洋, 孟 彤, 松山裕城, 堀口健一, 片平光彦 (2021)

ディープラーニングにおける物体検出アルゴリズムを活用したプロイラーの個体検出
農業食料工学会誌 83 (4) : 290-299

参考論文

1. 田邊大, 市浦茂, 中坪あゆみ, 小林隆, 片平光彦 (2020)

無人航空機 (UAV) と人工知能 (AI) を利用したバレイショの収量予測のためのモニタリングシステムの開発 (第 1 報)

農業食料工学会誌 82 (4) : 339-346

2. 田邊大, 市浦茂, 中坪あゆみ, 小林隆, 片平光彦 (2020)

無人航空機 (UAV) と畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を利用したバレイショの収量予測

農業食料工学会誌 82 (6) : 624-635

3. 森智洋, 市浦茂, 片平光彦 (2021)

ディープラーニングを用いたエダマメの外観精選別用 AI の作成 と精度評価 (第 1 報)

農業食料工学会誌, 83(3) 163-171, 2021 年 05 月

4. 森智洋, 市浦茂, 片平光彦 (2021)

ディープラーニングを用いたエダマメの外観精選別用 AI の作成と精度評価 (第 2 報)

農業食料工学会誌, 83(3) 172-181, 2021 年 05 月

5. Dhirendranath Singh, Shigeru Ichiura, Mitsuhiko Katahira (2020)

Growth Information acquisition by Unmanned Ground Vehicle and Artificial Intelligence in Rice

2020 ASABE Annual International Virtual Meeting 2000315, 2020 年 07 月

6. Shigeru Ichiura, Hideyuki Yoshihiro, Kazuya Sato, Ryoji Onodera, Mitsuhiko Katahira (2020)

Safflower Production Management ECOSYSTEM with AI harvester

2020 ASABE Annual International Virtual Meeting 2000491, 2020 年 07 月

7 . Shigeru ICHIURA, Tomohiro MORI, Kenichi HORIGUCHI, Mitsuhiko KATAHIRA(2019)

EXPLORING IOT BASED BROILER CHICKEN MANAGEMENT TECHNOLOGY

7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRENDS IN AGRICULTURAL ENGINEERING, 7 205-211, 2019年09月

8 . Dai TANABE, Shigeru ICHIURA, Ayumi NAKATSUBO, Takashi KOBAYASHI,Mitsuhiko KATAHIRA(2019)

YIELD PREDICTION OF POTATO BY UNMANNED AERIAL VEHICLE

7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRENDS IN AGRICULTURAL ENGINEERING, 7 205-211, 2019年09月