

別記様式第 10 号（第 8 関係）

博士論文の要旨及び審査結果の要旨	
氏名	田中 繁史
学位	博士（農学）
学位記番号	新大院博（農）第 234 号
学位授与の日付	令和 5 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名	画像解析と数理モデルによる乳牛の自由姿勢条件下での体重計測技術の開発
論文審査委員	主査 教授・山田 宜永 副査 教授・杉山 稔恵 副査 教授・中野 優 副査 教授・高田 良三（鯉淵学園農業栄養専門学校） 副査 准教授・板野 志郎 副査 准教授・山城 秀昭
<p>博士論文の要旨</p> <p>体重は、牛の生育状況や健康状態を把握し適正な飼養管理をするために重要な指標であり、また、家畜の生産性や育種選抜を評価する指標として頻繁に使われる。しかし、牛の体重計は大掛かりで高価な設備であるため生産者ごとに備えることはできず、体重計測の設備を導入している公共牧場は多くない。現在、簡易的に体重を推定するために胸囲の長さから体重を推定する推定尺が市販されているが、測定作業に労力がかかることや測定時の危険性の問題などの理由から、牛の体重測定はあまり行われていない。そのため、より省力的で簡易な体重推定技術を開発する必要がある。牛を撮影した画像を用いて体重を計測する技術が開発できれば、高価な測定設備が必要でなくなる。また、牛体に接触する必要がなくなり、作業者にとって労力軽減、測定作業の安全につながる。そこで、本論文では既存手法にない新技術となる、画像を用いた乳牛の自由姿勢条件下での体重計測技術を開発することを目的として、体重計測のための撮影技術の開発（研究 I）と、自由姿勢および生育段階を考慮した牛の体重推定モデルの開発（研究 II）を行った。</p> <p>研究 I では、放牧地および牛舎での飼養条件下で実施できる牛の撮影技術を提案した。簡易ジンバルと長尺棒を利用することで、牛の上部からカメラを常に鉛直方向に向けた撮影が可能となった。この撮影装置は軽量であるため、牛舎内や放牧地への持ち運びが可能で、立位および伏臥位の姿勢の体上部画像を取得することができ、画像からの体重推定技術に応用できると考えられる。また、この撮影装置は安価で容易に作成できる。放牧地における画像からの牛領域の抽出には、機械学習の一つである Trainable Weka Segmentation（TWS）が有効であることが示された。この手法は、一頭体から作成された学習モデルを使い、多数の個体および異なる姿勢の牛領域の抽出に利用できる。TWS は、オープンソースで容易な操作で処理できるため、導入しやすいと考えられる。</p> <p>研究 II では、体上部画像から体重を推定することが可能であることを示した。ホルスタイン種雌牛（45–890 kg）を対象として、研究 I で開発された撮影技術を利用し撮影した牛の立位および伏臥位の画像から牛体部位の体型指標（腰角幅、体長、背骨長、面積、外周長）を測定した。計測された体型指標と体重との関係を数理解析した。その関係を利用し、立位、伏臥位の画像から得られる体型指標の計測値から体重を推定する一般線形モデルの探</p>	

## 別記様式第 10 号の 1 (第 8 関係)

索を行った。この時、データセットとして、全体、未経産牛、経産牛、未経産牛で計測体重 250 kg 以上、未経産牛で計測体重 250 kg 未満のデータを利用した。その結果、体重と体型指標の間に明確なアロメトリー関係が示され、画像から測定された体型指標は体重推定モデルの作成に利用できることが明らかとなった。体重と最も高い相関関係を示した体型指標は、両姿勢ともに牛体部分の面積で、次いで外周長であった。立位、伏臥位のすべてのデータセットにおいて、計測体重と体重推定モデル予測値の間に、強い一致性が示された。また全ての体重推定モデルにおいて、説明変数として面積が選択された。全体のモデルでは、経産牛で予測体重がばらつき、未経産牛の低体重域では予測体重が過小評価となった。しかし、未経産牛を 250 kg 以上と 250 kg 未満に分けて体重推定モデルを作成することにより、未経産牛の体重は高い精度で推定できた。また、立位からの予測値と伏臥位からの予測値はおおむね一致しており、姿勢の違いにより体重を過小もしくは過大に推定することはないと考えられた。

以上のことから、本研究で提示した画像を用いた乳牛の体重計測技術は、1) 放牧地や牛舎の牛のいる場所で計測できること、2) 牛の立位や伏臥位の自由な姿勢条件下で計測できること、3) 集畜、誘導、姿勢の保持に伴う計測時の労力と危険性をなくすることができること、4) 計測に伴う牛のストレスを低減できること、といった既存の体重計測技術にはない利点を持つことが示された。

### 審査結果の要旨

本研究は、新たな牛の体重推定技術として、画像を用いた乳牛の自由姿勢条件下での体重計測技術を開発することを目的として、研究 I では体重計測のための撮影技術の開発、研究 II では自由姿勢および生育段階を考慮した牛の体重推定モデルの開発を試みた。その結果、研究 I では、放牧地および牛舎での飼養条件下で実施できる牛の撮影技術を提案した。研究 II では、自由姿勢条件下での牛体上部画像から体重を推定することが可能であることを示した。

これらの研究成果は、画像を利用することで、大掛かりな測定設備を整備する必要がなくなり、牛をハンドリングすることなく体重を推定することが可能であるため、省力化や測定時における危険性の低減が期待できる。また、牛が示す姿勢の大部分を占める、立位および伏臥位姿勢の画像から、高い精度で体重を推定できることを示した。これらの成果は、従来の体重計測で問題とされていた、経費、労力、危険性、動物への負担を大きく改善するものであり、体重計測の汎用性と応用性を考えたときに極めて有用であると考えられる。また、本研究の内容は、レフリーシステムの確立された学術雑誌に、筆頭著者として 2 件掲載され、また本研究の成果は 2022 年度北信越畜産学会賞として認定されており、学術的価値が非常に高いと評価できる。

よって、本論文は博士（農学）の博士論文として十分であると認定した。