

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	MD SYDUZZAMAN
論文題目	Non-destructive Estimation of Broiler Egg Yolk Content and Its Relationship with Hatching Time (ブロイラー卵黄含有量の非破壊推定ならびに孵化時間との関係)		
(論文内容の要旨)			
<p>鶏肉は良質のタンパク質源であることより、生産量が近年伸びており、2016年には1,386億個の卵が鶏肉生産と卵生産の目的で流通された。その鶏肉の高い生産効率より、2030年には豚肉の生産量を超えるとも予想されている。そのため今後世界の食料生産において、家禽産業は最も重要な産業の一つと言える。孵化場では種鶏から得られた多くの卵が約21日間で雛になる。孵化時には、最初の雛の孵化から最後の雛の孵化までの期間 (ハッチウインドウ) を狭くすることが生産者にとって経済的で、孵卵器に投入するエネルギーの面からも望ましいが、そのための各々の卵の生育制御は行われていない。時々見られる複黄卵は正常孵化の割合が低いことから、孵卵器に入れる前段階でその有無を判別する技術が望まれている。また、卵の大きさは孵化期間に影響を与えることが知られているものの、卵黄の大きさや卵白と卵黄の比率が、孵化期間に影響を与えるか否かは明らかになっていない。さらに、ブロイラーの育成過程では雌の方が雄より5日ほど長く給餌する必要があることより、農家は雄を希望する状況がある。一方、産卵鶏では時間やコストをかけて孵化させた後、雄の雛は殺処分され、その数は年間60億羽に上ると言われている。鶏肉や鶏卵の生産と需要の増大が予想される中、このように廃棄処理される雛ならびに生産コストの削減には、多くの課題が残されている。そこで本研究では、鶏卵の透過吸収スペクトルを利用し、非破壊で卵黄含有量を推定する技術を開発することを目指し、孵化時間や雌雄との関係について検討した。</p> <p>本論文は6章で構成され、第1章では研究背景および鶏卵の構造や品質を整理するとともに、現状の問題点を示した後、研究目的が述べられている。第2章では本研究で使用した鶏卵や透過吸収スペクトル測定装置、卵黄や卵白の定量方法を記述するとともにスペクトル解析方法について述べられている。</p> <p>第3章では透過スペクトルから非侵襲的に鶏卵全体の質量に対する黄身の割合 (卵黄比) を推定する回帰モデルを開発し、そのモデルの評価を行った。ROSS308種の薄茶色の有精卵164個を実験に供試し、卵殻や卵黄の吸光度から600から900 nmの波長の分光スペクトルを利用した結果、LS-SVM (最小二乗サポートベクトルマシン) を用いた予測モデルでは、決定係数R^2が0.88、実測値と推定値の誤差を示すRMSEPは0.0408であった。この結果は多変量解析の利用で非侵襲的に卵黄比を計測できることを示しており、可視 - 近赤外分光法が有効であると結論づけた。一方で、殻の色の影響を考慮すると、他の種の鶏卵においては別途検討が必要であると述べている。</p> <p>第4章では、前章で構築した測定系を元に2つの卵黄を有する複卵黄と正常な1つの卵黄を持つ鶏卵の非破壊判別を試みた。200~900 nmの透過スペクトルから、ローディングプロットで評価したところ、非破壊判別には601~900 nmの範囲の分光情報が重要であることを明らかにした。その後、遺伝的アルゴリズムを使用して、832~834、838~840および872~875 nmの波長に絞り込むことに成功した。主成分スコアを元に判別モデルを開発したところ、卵黄の位置や方向が結果に影響を与えるものの、未知サンプルの鶏卵に対して92.85%以上の精度で判別することができた。この結果から、孵卵器に入れる前に本方法で複卵黄の鶏卵を判別することができるため、効率的な孵化技術に貢献できると述べている。</p> <p>第5章では卵の卵黄と卵白の比率が、孵化時間や孵化卵の性別に与える影響を調べた。卵黄の量を非侵襲で定量するために、119個の薄茶色の有精卵の600~900 nmの吸光度スペクトルを用いて回帰モデルを開発し、LS-SVMで決定係数 (R^2) 0.85を得た。</p>			

次にこのモデルを使用して卵黄含有量および卵黄と卵白の比率を決定した。209個の有精卵を37.8℃、相対湿度55%の孵卵器で19日間加温し、これらの情報と孵化時間の関係を調べたところ、推定された卵黄卵白比と孵化時間に有意な相関（決定係数は0.39）が見られた。その時孵化した194個の卵のうち、雌と雄はそれぞれ97羽であったことより、孵卵器に入れる前に測定した卵黄卵白比とその雌雄の関係性を調査したが、有意な相関は得られなかった。

第6章は各章の総括をすると共に、本研究で開発された波長600～900 nmの透過吸収スペクトルを利用した非破壊卵黄計測法を孵卵器に入れる前に利用すれば、複黄卵の判定や孵化時間の推定に貢献できると述べている。本研究では全て薄茶色の殻に限定して実験を行ったが、他の色の殻の種についても検討することで、より多くの応用可能性が見出されると提案して締めくくっている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本研究は薄茶色を持つROSS308種の鶏卵を対象とし、波長600～900 nmの透過吸収スペクトルを利用した孵化工程に適した卵の非破壊検査について示したものである。卵黄の大きさを定量的に計測する手法を構築し、死卵となる可能性が高い複黄卵の検出、卵黄の大きさと孵化時間および雌雄との関係性を探索した。本論文は、効率的な鶏肉生産を実現すると共に動物保護の観点から満足しうる孵化技術の開発を目指す内容であり、評価できる点は以下の通りである。

1. 孵卵器に投入するエネルギーの効率化と動物保護の観点から、孵卵器に投入する前の卵の非破壊評価を提案した。透過光スペクトルを利用した回帰モデルを用いれば、非侵襲で鶏卵の質量に対する黄身の割合（卵黄比）が推定可能であった。
2. 孵卵器で孵化中に死卵となる可能性が高い2つの卵黄を有する複卵黄と正常な1つの卵黄を持つ鶏卵の非破壊判別を試み、遺伝的アルゴリズムを使用した結果、832～834、838～840および872～875 nmの波長が最も有効であった。また、主成分スコアを元に判別モデルを開発したところ、未知サンプルの鶏卵に対して92.85%以上の精度で複黄卵を判別できた。
3. 600～900 nmの透過吸収スペクトルを用いて非破壊推定した卵黄と卵白の比率は、孵化時間と有意な相関があることを明らかにした。

以上のように、本論文は鶏卵の可視 - 近赤外の透過吸収スペクトルが、ブロイラー生産における孵化工程の効率化に応用できる可能性を示すとともに、判別に利用できる波長帯にも言及していることから、農畜産物の情報化に関して大きな貢献が期待される。このことから生物センシング工学、フィールドロボティクス、農業システム工学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成31年3月18日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）