

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01500

研究課題名(和文) 肥育牛の血中ビタミンAセンサの開発ならびに地域戦略に基づく精密管理

研究課題名(英文) Development of serum Vitamin A sensor for fattening cattle and precision livestock management based on regional strategy

研究代表者

近藤 直 (Kondo, Naoshi)

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：20183353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,400,000円

研究成果の概要(和文)： 脂肪交雑度が高い牛肉を生産するためには、牛の血中ビタミンA濃度(VA)の制御が重要である。本研究は、目の画像を自動撮影して画像データからVAを推定した。用いたカメラは、照明用LEDを切り替えることにより1台のカメラで瞳孔画像と眼底画像を取得するものである。カメラ箱は飲水場に設置し牛が飲水中にガラス製の撮影窓を通して撮影した。VAの推定は、抽出した画像特徴量を抽出して多変量解析により行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肉牛では最も重要な情報であるVAのモニタリング技術が確立されてないこと、粗飼料の成分にバラツキがあること等の理由より、未だに農家の経験と勘を頼りに管理されており、情報化が乳牛に比べても遅れている。採血して血液検査を業者に依頼してVAを測定することも行われているが、採血と悦液検査に手間と費用を要する。この研究は目の画像から非侵襲でVAを推定するものであり、精密畜産に貢献するものである。

研究成果の概要(英文)： Controlling serum Vitamin A level (VA) is an important practice in Japanese Black Cattle livestock farmers to increase BMS (Beef Marbling Standard). To estimate VA, image of cattle eyes was captured. A special camera was made for each stall that could get pupil image and fundus image by controlling LED lights. Each camera was set at the drinking place and images were captured through a glass window when cattle were drinking. VA was estimated by extracting image features and by multivariate analysis.

研究分野：生物センシング工学

キーワード：牛肉 コンピュータビジョン 精密畜産

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

農業においては、1990年代から始まったマップベースおよびセンサベースの作物管理が、1996年の国際会議において、「精密農業 (Precision Agriculture)」と定義され、現在までに穀物、果実、野菜などへ展開されてきた。日本においても意識の高い営農集団が情報に基づく精密農業を行っている現状がある。一方、畜産業においては環境、血統の違いだけでなく、家畜個体のばらつきが大きいこと、画一的な飼養管理では飼料摂取量等のフィードバックが少ないこと等より、各家畜に適切な飼料供給ができていないと断言は難しい。

肉牛では最も重要な情報である血中ビタミンA濃度(VA)のモニタリング技術が確立されていないこと、粗飼料(干草等)の成分にばらつきがあること等の理由より、未だに農家の経験と勘を頼りに管理されており、情報化が乳牛に比べても遅れている。

### 2. 研究の目的

農水省の統計によると、1経営体当たりの肥育牛飼養頭数は、107頭(2014年)であり多頭化が進んでいる。一方、生産コストの面では素牛価格が上昇しており、肥育農家においては、データに基づく精密肥育を行うことによる生産コストの低減と品質向上が重要な課題となっている。本課題は、肉用牛の効率的な肥育システムの確立を目指し、情報技術を活用した黒毛和種の精密肥育の実用化を図ろうとする。肥育農家においては、VAを低く制御することにより、霜降り肉を生産することが広く行われているが、今回提案する課題では、画像技術を用いたVAの計測を中心とし、情報技術、飼養管理に関連する技術を有する者の参加を得て、データに基づく実用的で効率的な生産システムを構築することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本課題では瞳孔撮影カメラを1台とすることでコスト低減と調整の軽減を図った。自動的に安定した画像を撮影するため、これらの撮影は図1に示すように牛が飲水中に行った。牛の個体識別を行うために、牛ごとに異なる白黒パターンの模様を刺繍したベルトを牛の首輪として使い、上部に取り付けた首輪撮影カメラで撮影した。

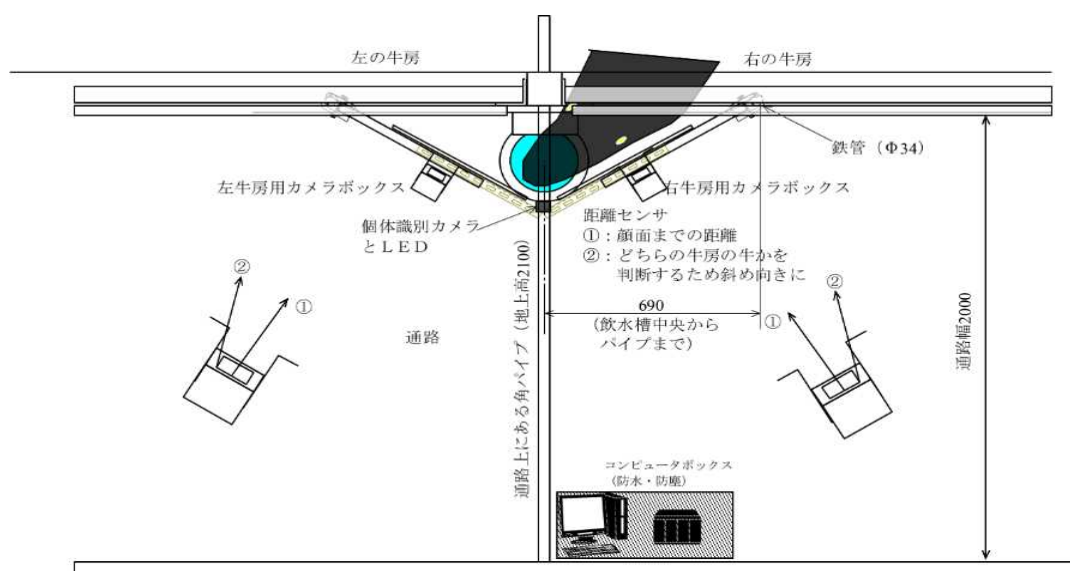


図1 但馬農業高校での撮影

図2に試作した瞳孔カメラを示す。画像によるVA推定は、①LEDを点灯したときの瞳孔収縮、②眼球表面での光反射、③眼底色により行った。①は、VAの低下とともに瞳孔収縮が緩慢になることを利用してVAを推定するものである。②は、VAによって眼球表面の

滑らかさが変化し、鏡面反射と拡散反射の比率が変わることを利用して VA を推定するものである。③は、VA 欠乏の牛では眼底色が変わることを利用して、眼底色によって VA を推定するものである。

本課題ではこれら①～③の要件を満たすものとして、図 2 に示した瞳孔カメラを試作した。図 2 において LED は、偏光フィルタを付けないリング状 LED と、偏光フィルタを付けた中央の LED の両方を用いた。撮像は、カメラのフレーム取り込みに合わせて両 LED を点灯制御して行った。偏光フィルタを付けないリング状 LED を点灯したときは、LED の光は対象を照射し、対象からの反射光はハーフミラーに反射してカメラで撮像される。このとき偏光フィルタに影響されない画像が得られる。偏光フィルタを付けた中央の LED を点灯したときは、対象から反射した光はハーフミラーに反射してカメラで撮像されるが、LED 側と直交ニコルになるようにカメラに付けた偏光フィルタにより、眼球表面からの鏡面反射成分は低減される。図 2 に示す距離センサは、牛の顔までの距離を計測するものである。この距離センサの出力とウオータカップへの流量を計測する流量センサの出力によって、牛が飲んでいるかを判定し、飲水するごとに画像入力するようにした。距離センサは LED の照度調整にも用い、牛の顔において 1200 ルクスになるように LED の電流を制御した。

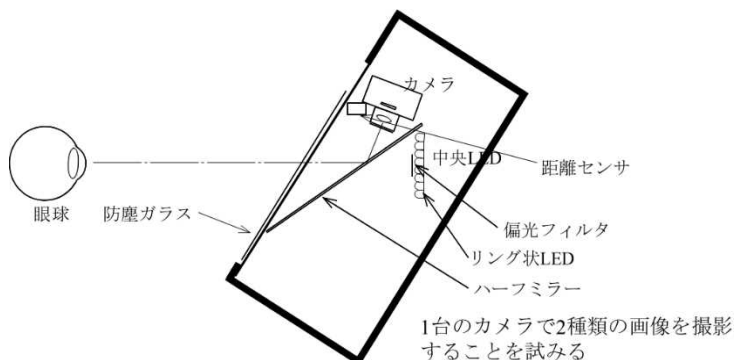


図2 瞳孔カメラ

図 1 に示すのは但馬農業高校での撮影である。2 牛房の牛 (各 2 頭) が 1 つのウオータカップの水を飲む構造となっている。カメラは右牛房用と左牛房用に 1 台ずつ取り付け、どちらの牛房の牛が飲んでいるかは②の距離センサの出力によって判定し、飲水している方のカメラで画像入力を行った。

#### 4. 研究成果

1 回の飲水時に撮影された画像例を図 3 に示す。青色の枠で囲んだ画像は、ウオータカップ上部に設置した首輪撮影用カメラの画像である。ここに写った首輪画像から牛の個体識別を行った。赤色の枠で囲んだ画像はリング状 LED 点灯時の画像、黒色の枠で囲んだ画像は中央の LED 点灯時の画像である。リング状 LED 点灯時の画像と中央 LED 点灯時の画像は、同じカメラを用いて行い、毎秒 10 フレームのレートで、まず中央の LED 点灯時の画像を 13 フレーム撮影のあと、リング状 LED を点灯させて 12 フレーム撮影した。中央の LED 点灯時の画像は 13 フレームあるが、最初の 2 枚程度は暗かったので、中央の LED を点灯させての画像は 11 枚程度である。これによって 1.1 秒間にわたる画像が得られ、LED 照射時の瞳孔収縮の計測に用いた。

図4は、中央のLED点灯時とリング状LED点灯時の瞳孔画像を示す。中央のLED点灯時は、眼底からの反射光が図5のように明瞭に現れた。画像処理プログラムでは、眼底からの反射光による瞳孔領域を色相、再度、明度を用いて2値化した、



図3 1回の飲水時に保存される画像等のファイル

そして、瞳孔領域に図のように楕円を当てはめ、LED照射時の楕円の長径に対する短径の比の変化からLED照射時の瞳孔収縮を計測した。また楕円内の画素の赤、緑、青の濃度を眼底色特徴量として用いた、



図4 中央LED点灯時の画像(左), リングLED点灯時の画像(右)



図5 眼底画像の楕円あてはめ

偏光フィルタを用いないリング状LEDを点灯させたときの瞳孔画像は、図4右側に示したように、瞳孔領域とほかの領域の色が似ており、画像処理による瞳孔領域の正確な抽出が難しいと考えられた。このため、リング状LEDの光の眼球での鏡面反射によってできるリ

ング状の像を画像処理によって認識して、図 6 黄色の四角のようにリング状の像の左右の領域を設定し、この領域に含まれる画素の赤 (R) の平均と分散、緑 (G) の平均と分散、青 (B) の平均と分散を瞳孔色特徴量とした。

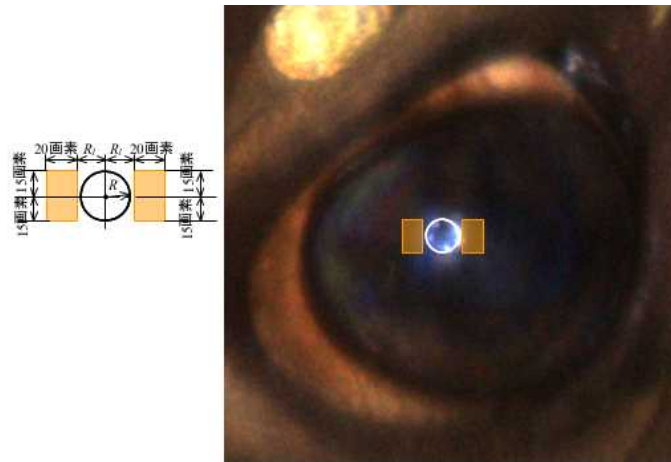


図 6 瞳孔色の計測

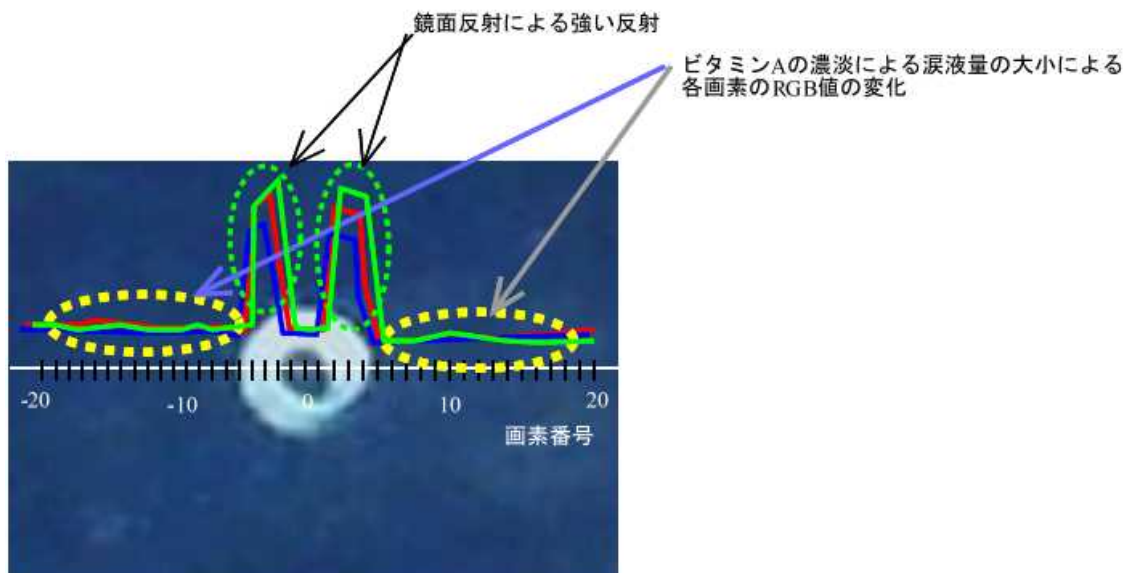


図 7 リング像の左右の RGB 値

VA によって眼球表面の滑らかさが変化し、鏡面反射と拡散反射の比率が変わることを利用して VA を推定するため、画像処理によって図 7 のようにリング像の左右の画素の RGB 値も抽出した。

但馬農業高校の 2 牛房の 4 頭の牛について継続的に画像を蓄積し、蓄積した画像から VA 推定に用いる特徴量を抽出した。抽出した特徴量は眼底画像に図 5 のように楕円を当てはめ、その長径に対する短径の比、楕円内の画素の赤、緑、青の濃度、図 6 に示すように計測した瞳孔色特徴量 (図 6 の黄色の領域に含まれる画素の赤 (R) の平均と分散、緑 (G) の平均と分散、青 (B) の平均と分散)、図 7 に示すリング像左右の画素の RGB 値、及びこれらの組み合わせから得られる 20 の特徴量である。これらの特徴量を説明変数として偏最小二乗回帰 (PLSR) によって VA を推定した結果、決定係数  $R^2$  は 0.62、二乗平均平方根誤差 (RMSE) は、10.33 IU/dL であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yingqi Peng, Naoshi Kondo, Tateshi Fujiura, Tetsuhito Suzuki, Wulandari, Hidetsugu Yoshioka, Erina Itoyamaa:	4. 巻 157
2. 論文標題 Classification of multiple cattle behavior patterns using a recurrent neural network with long short-term memory and inertial measurement units.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computers and Electronics in Agriculture	6. 最初と最後の頁 247-253
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 近藤 直
2. 発表標題 畜産の情報化
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wulandari, Naoshi Kondo, Tateshi Fujiura, Tetsuhito Suzuki, Tsuneo Kawamura, Masaya Mori, Yuan Zhou, Atsuyoshi Kiji, Tadahisa Masumoto, Moriyuki Fukushima, Namiko Kohama
2. 発表標題 Estimation of Vitamin A levels in Japanese black cattle based on eyes surface reflection features using support vector machine regression in an automatic image acquisition system
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Samuel Ouma, Peng Yingqi, Naoshi Kondo, Tateshi Fujiura, Tsuneo Kawamura, Masaya Mori, Wulandari, Yuan Zhou, Takahiko Omae
2. 発表標題 Prediction of Serum Vitamin A Level from the Tapetum Color in Japanese Black Cattle using Automatic Image Acquisition System
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yingqi Peng, Naoshi Kondo, Tateshi Fujiura, Tetsuhito Suzuki, Samuel Ouma, Hidetsugu Yoshioka, Erina Itoyama, Noriyasu Matsuhira, Hiroaki Murakami, Hiroshi Nagase, Shouko Kitamura
2. 発表標題 Cattle Calving Time prediction using Recurrent Neural Network by Inertial Measurement Unit
3. 学会等名 農業環境工学関連5学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鈴木 哲仁  (Suzuki Tetsuhito)  (00723115)	京都大学・農学研究科・助教    (14301)	