

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00439

研究課題名(和文) 肥育牛の肉体的・精神的健康を目指す多様なセンサ群の開発とスマート畜産の先導

研究課題名(英文) Development of a group of diversified sensors aiming mental and physical health of Japanese Wagyu and leading smart livestock

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) 35,300,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では目の表面と眼底を同時に撮影できるハンディカメラを試作し、これらの特徴量を説明変数として偏最小二乗回帰によってVAを推定した結果、決定係数 R^2 は0.71、二乗平均平方根誤差(RMSE)は、8.75 IU/dLであった。EEMを用いた蛍光情報と化学分析による血中VAの実測値を部分最小二乗法により回帰分析を行うと、 R^2 が0.91となり、RMSEが9.12となる確度で推定が可能であった。牛の基本情報、健康状態、給餌、環境、運動データなどの入力データと、収量、等級、BMS(脂肪交雑基準)、内臓処理、詳細な品質データなどの出力データを蓄積し、それらの関係を引き続き分析する必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肉牛の健康において重要な情報であるVAのモニタリング技術を確立させることが期待されてきた。本課題では最初に非侵襲でVAを推定できるハンディカメラの開発を行った。次に、これまでは血液中のVAを抽出して測定する必要があった測定系において全血を直接測定する新たな技術を開発するなど精密畜産の推進に貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：We made a handy camera as a trial to acquire both images of eye surface and fundus, and predicted Vit. A of blood based on the images. From a multivariate analysis between the vitamin A and image features, the correlation was observed so good that R^2 was 0.71, while RMSE was 8.75 IU/dL. The other device which predicted Vit.A from fluorescence spectroscopic data (EEM: excitation and emission matrix) showed R^2 was 0.91 and RMSE was 9.12. We have accumulated many kinds of input data such as fundamental cattle properties, health, feeding, environment, and motion data as well as output data such as meat yield, grade, BMS (Beef Marbling Standard), visceral disposal, and detail quality data. We need to continue analyze the relation between the input and output data.

研究分野：生物センシング工学

キーワード：牛肉生産 血中ビタミンA 精密肥育 行動因子 畜産

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、農業においては精密農業に IoT, AI, RT 等の技術を加えたスマート農業を合言葉に、情報化、知能化が進められている。しかし、畜産においては生体情報計測センサの不足で情報化が遅れており、肥育牛生産においては極めて正確な給餌や体調管理が要求される血中ビタミン A 濃度 (VA) の制御を行っているにも関わらず、経験と勘による飼育であることより、肥育牛に与えるストレスは小さくなく、VA 欠乏症等に基づく事故も避けられていない。

2. 研究の目的

本研究では消費者の需要と地域や農家の戦略に基づく効率的な肥育技術を確立するため、最重要課題である迅速な VA 計測をカメラや新たなシステムにより推定し、ディープラーニングの活用によりばらつきのある個々の肥育牛の肉体的・精神的健康管理の行えるシステム構築を行う。

3. 研究の方法

ハンディカメラの開発

本課題では目の表面と眼底を同時に撮影できるハンディカメラを試作した。この二種類の画像から瞳孔収縮速度、色の特徴量、及びピクセル特徴量を抽出し、これらに基づいて、血中ビタミン A を推定する。図 1 左 に示すように、牛の目に近づき、撮影ボタンをクリックすると 2 種類の目の画像が撮影される。図 1 右 にハンディカメラの構造を示した。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 の両方を順に点灯することによって、目の表面と眼底の両者を撮影することが可能となった。牛の個体識別番号はカメラのタブレットで入力した。画像の条件を一定にするため、牛の顔面において 1200 ルクスになるように、15 cm の距離で撮影した。



図 1 左 ハンディカメラで撮影；右 カメラ構造

EEM を用いた全血中のビタミン A 濃度推定

本課題では血液検査によるコストと検査時間を軽減するために、農家自身が簡便迅速に使用できる血中 VA 測定装置開発を想定した。

採血後何の処理も行っていない全血と、全血から血球を分離除去した血清を測定した。分光蛍光光度計に 7 μ L の全血を滴下し、下から励起光を入射角 45° になるように照射し、血液表面の蛍光を測定した。

さらに、実用的な測定装置開発を目指し、図 2 のような小型測定器を構築した。

励起光には 325nm の LED を使用し、レンズで集光した後、小型分光器で受光した。本測定器には全血ではなく、血球分離フィルタを用いて血漿をガラスフィルタに吸収させたものを測定した (図

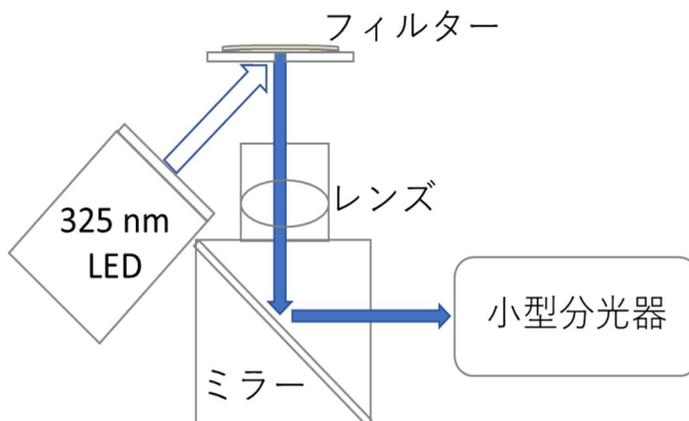


図 2 自作した小型分光器

3) この血球分離フィルタは 600 μ L の全血をフィルタに滴下するだけで血球分離フィルタに血球が収集され、血漿が下部のガラスフィルタの層に吸収される。血漿を吸収したガラスフィルタを小型測定器で測定した。

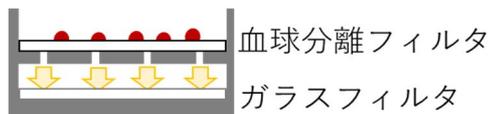


図 3 血球分離フィルタの構造

枝肉形質に関する行動因子の解明

本課題では農家や地域が希望する枝肉生産を行うために重要な要因を明らかにすることを目的に、基本情報の他に、肥育ステージ毎の行動因子の構成比率と生産物である枝肉重量、等級や各種枝肉形質との関係を明らかにするため解析を行った。

4. 研究成果

ハンディカメラの開発

1 回に撮影された画像例を図 4 に示す。黒色の枠で囲んだファイルは牛の番号と撮影の情報である。赤色の枠で囲んだ画像はリング状 LED 点灯時の目の表面の画像である (NOPLImage)。青色の枠で囲んだ画像は、中央の LED 点灯時の眼底画像である (PLImage)。全ての画像は毎秒 10 フレームのレートで取れた。

試験牛から継続的に画像を撮影し、蓄積した画像から VA 推定に用いる特徴量を抽出した。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 0.71, 二乗平均平方根誤差 (RMSE) は, 8.75 IU/dL であった。図 5 に示すように、深層学習 (YOLO モデル) の 10IU/dL (0.032 μ g/mL 相当) を単位とした分類タスクで、Accuracy77% Precision 81% Recall66%F1-score77%あった。

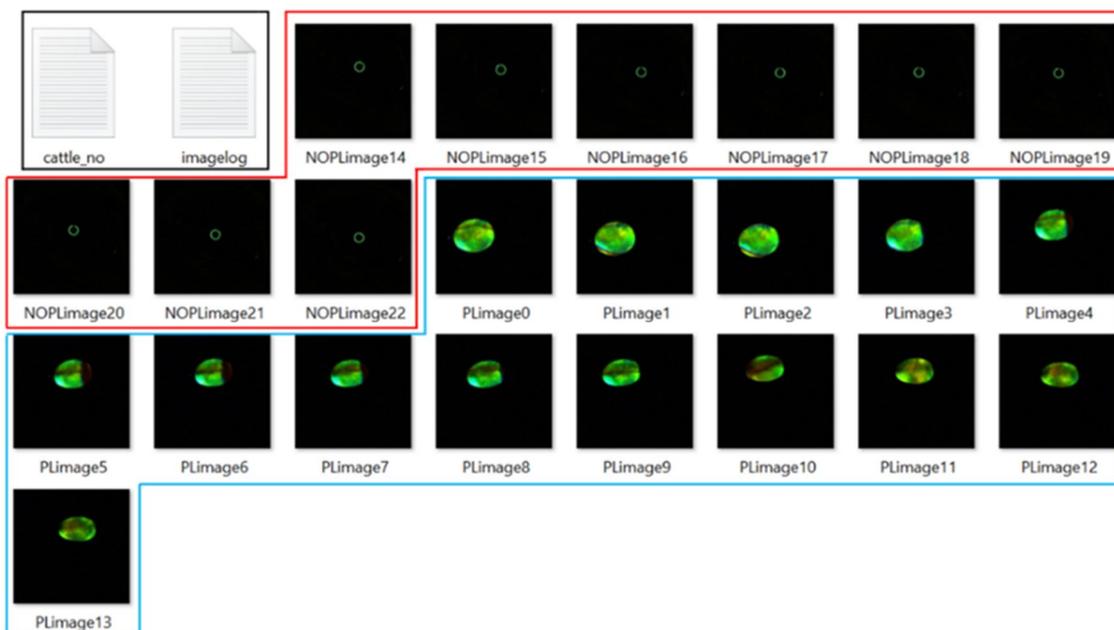


図 4 1 回に保存される画像等のファイル

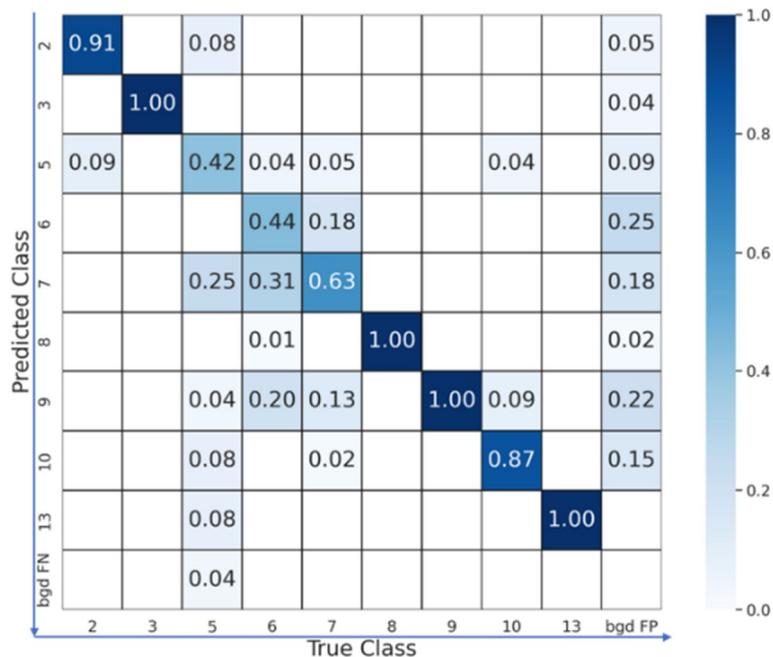


図5 10 IU/dL を単位とした深層学習分類の混同マトリックス (クラス2は20~29 IU/dL ビタミンAレベルを代表する)

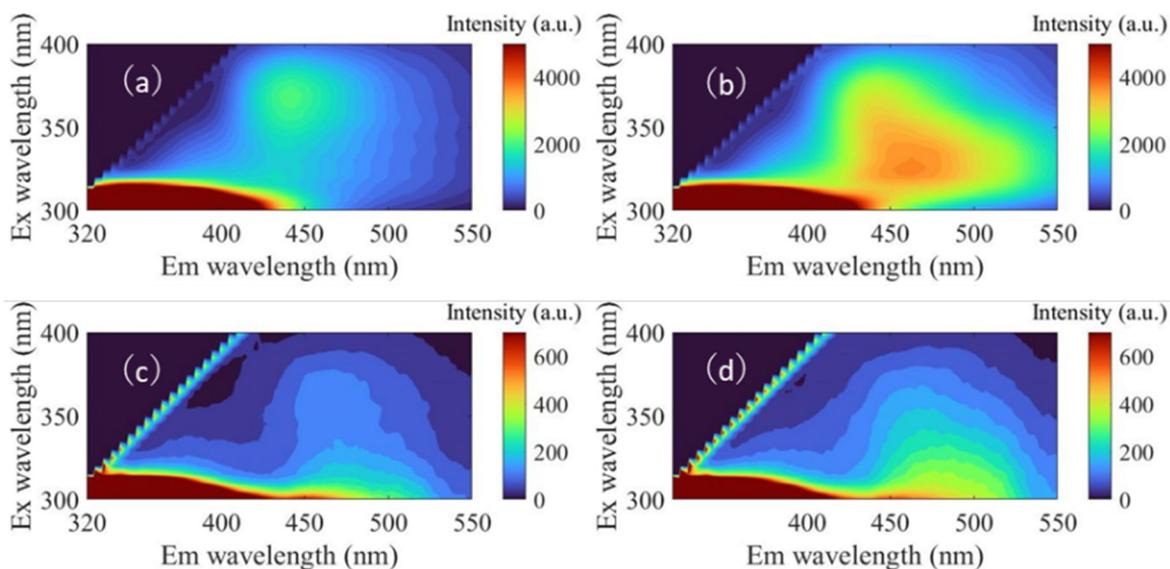


図6 血漿のEEM: 10 IU/dL (a), 115 IU/dL (b)
全血のEEM: 10 IU/dL (c), 115 IU/dL (d)

EEMを用いた全血中のビタミンA濃度推定

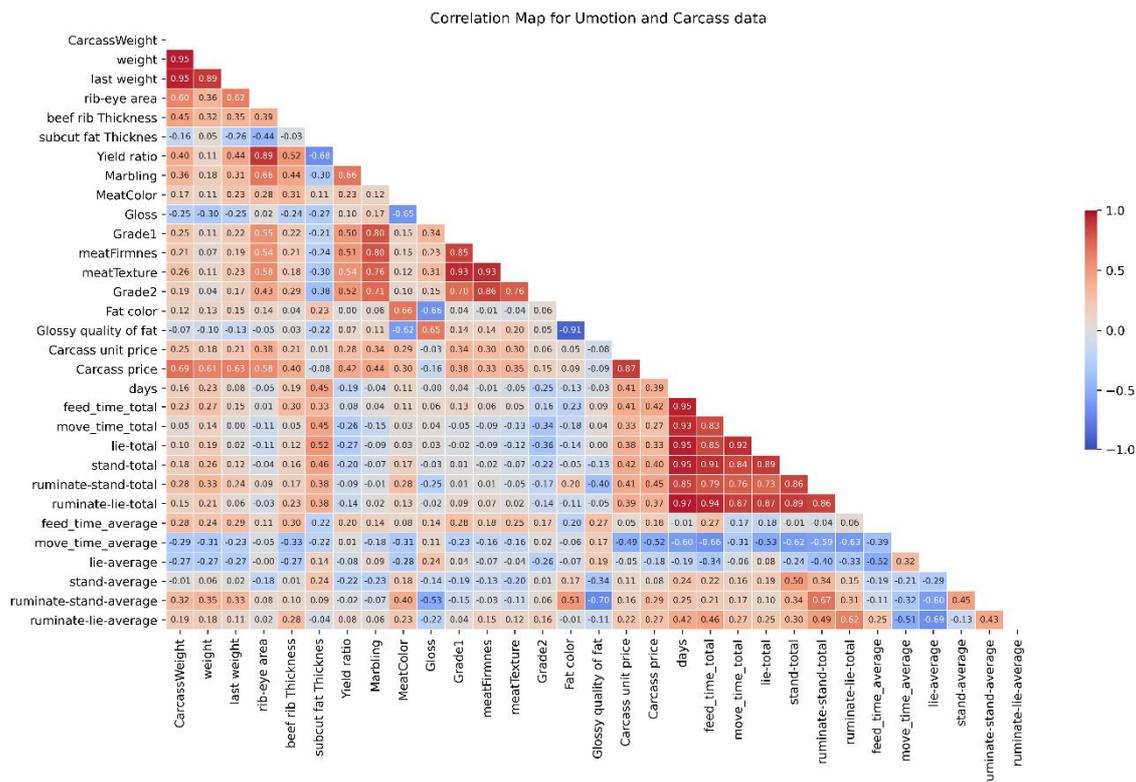
得られた蛍光情報は図6のように示され、VAの蛍光ピークであるEx:330, Em:470nm付近においては血漿では強いピーク形状が見られ、全血においては明瞭ではないもののピーク位置付近において蛍光強度の増加が確認された。次に得られた蛍光情報と化学分析による血中VAの実測値を部分最小二乗法により回帰分析を行うと、 R^2 が0.91となり、誤差の指標であるRMSEが9.12となる確度で推定が可能であった。

血漿を吸収したガラスフィルタを小型測定器で測定したところ、Em:470nmにおける蛍光強度と血中VAの実測値の R^2 は0.61が確認された。また、同試料を分光蛍光光度計で測定した際には R^2 は0.92が示された。この結果から、自作した小型分光器は設定の変更など改良次第でより高い確度でVA推定が可能であると期待できる。

枝肉形質に関する行動因子の解明

肥育期間を通じての行動因子と枝肉格付け項目との相関を検討したところ明確な関係は見いだせなかった(図7)。そこで、肥育期間を給与する粗飼料の種類や濃厚飼料組成から前期、中期と後期の3区に区分して解析したところ、初期の反芻時間が脂肪交雑基準値(BMS)で0.5、

「きめ」、「しまり」と呼ばれる肉の質との間に 0.7 以上の正の相関係数が得られた。一方、枝肉重量や体重といった増体に関する形質とは -0.58 ~ -0.79 の負の相関係数が得られた。逆に、肥育初期の平均横臥時間と体重には 0.58 と正の関係があるものの、BMS や「きめ」、「しまり」には -0.64 ~ -0.71 の負の相関係数が得られ、肥育初期の管理が、多くの枝肉形質に様々な影響を及ぼしていることを示唆する興味深い結果であった。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Li Nanding, Ouma Otieno Samuel, Al Riza Dimas Firmanda, Shibasaki Mizuki, Wulandari, Fukushima Moriyuki, Fujiura Tateshi, Ogawa Yuichi, Kondo Naoshi, Suzuki Tetsuhito | 4. 巻 210 |
| 2. 論文標題 An automatic eye surface-fundus double imaging system for estimation of vitamin A levels in Japanese Black Cattle | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Computers and Electronics in Agriculture | 6. 最初と最後の頁 107908 ~ 107908 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.compag.2023.107908 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 福島護之 | 4. 巻 85 |
| 2. 論文標題 肉用牛の情報化 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 農業食料工学会誌 | 6. 最初と最後の頁 112-117 |
| 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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 芝崎美月, 鈴木哲仁, 斎藤嘉人, 福島護之, 藤浦建史, 大前孝彦, 西木紀夫, 近藤直 | 4. 巻 83 |
| 2. 論文標題 黒毛和種全血の励起蛍光マトリクスを用いた血中レチノール濃度の推定 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 農業食料工学会誌 | 6. 最初と最後の頁 477-479 |
| 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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Naoshi Kondo, Nanding Li, Mizuki Shibasaki, Tetsuhito Suzuki, Moriyuki Fukushima, Tateshi Fujiura, Yuichi Ogawa, Keiichiro Shiraga, Wulandari, Namiko Kohama |
| 2. 発表標題 Feeding Effect of Different Fattening Periods on Meat Production Traits for Japanese Black Cattle |
| 3. 学会等名 農業食料工学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Wulandari, Nanding Li, Mizuki Shibasaki, Naoshi Kondo, Tateshi Fujiura, Tetsuhito Suzuki, Moriyuki Fukushima, Hidetsugu Yoshioka, Namiko Kohama |
| 2. 発表標題 The Effect of Vitamin A Control on Meat Quality A Prediction of Blood Vitamin A Level Based on Pupil |
| 3. 学会等名 農業食料工学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mizukui Shibasaki, Tetsuhito Suzuki, Yoshito Saito, Nanding Li, Moriyuki Fukushima, Tateshi Fujiura, Naoshi Kondo, Takahiko Ohmae, Noriko Nishiki |
| 2. 発表標題 Estimation of Retinol Concentration in Whole Blood of Japanese Black Cattle Using Fluorescence |
| 3. 学会等名 農業食料工学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 芝崎美月, 鈴木哲仁, 斎藤嘉人, 福島護之, Li Nanding, 藤浦建史, 大前孝彦, 西木紀夫, 近藤直 |
| 2. 発表標題 黒毛和種全血の表面蛍光に基づくPLS回帰分析による血中レチノール濃度推定 |
| 3. 学会等名 日本畜産学会第129回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Nanding Li, Mizukui Shibasaki, Tetsuhito Suzuki, Moriyuki Fukushima, Tateshi Fujiura, Naoshi Kondo, Yuichi Ogawa, Keiichiro Shiraga, Wulandari, Dimas Firmanda Al Riza |
| 2. 発表標題 A Prediction of Blood Vitamin and Fundus Images of Japanese Black Cattle |
| 3. 学会等名 農業食料工学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021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 Tetuhito) (00723115) | 三重大学・生物資源学研究所・准教授 (14101) | |
| 研究 分担者 | 小川 雄一 (Ogawa Yuichi) (20373285) | 京都大学・農学研究科・准教授 (14301) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|