

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380153

研究課題名(和文) 精密畜産を目指した高品質肉牛生産のための血中ビタミンA高速推定法の開発

研究課題名(英文) Development of precision livestock oriented high-speed serum vitamin A prediction method to produce high-quality beef with high marbling standard

研究代表者

近藤 直 (Kondo, Naoshi)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：20183353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,000,000円、(間接経費) 4,500,000円

研究成果の概要(和文)：高品質な霜降り牛肉生産のため、農家は血中ビタミンA(VA)濃度を低く制御しているが、低くしすぎると食欲低下等が生じることもある。このため、本研究では瞳孔画像から簡易に血中VA濃度を推定する研究を行った。黒毛和牛を対象に2CCDカメラとLED照明装置を用いて画像入力処理を行うとともに、血中VA濃度の計測、眼底カメラによる解析を行った。実験の結果、低VA濃度の牛では、カラー画像の青成分が小さくなる傾向を示した。また、赤成分の割合、輝度値等を用いた多変量解析の結果、中程度と重度のVA欠乏牛の区分はほぼ可能であった。実用化に向けて、高頻度の撮像が可能な自動撮影装置についても、試作実験を行った。

研究成果の概要(英文)：To produce high-quality beef with high marbling standard, Japanese Black cattle farmers usually manipulate the serum vitamin A in cattle at a minimum desired low level. In this study, we investigated experimentally on the estimation of the serum vitamin A by processing the pupil image. Pupil images of Japanese Black cattle were taken with a 2CCD camera. A fundus camera was also used. Blood assay was done to measure the serum vitamin A level. The result showed that the blue component ratio of the pupil image of cattle with lower vitamin A level tended to be small. Multivariate classification method using five variables (such as the red component ratio and intensity) was used. The result showed that mild and severe vitamin A deficiency groups could be classified with high classification rate. For the practical use, an automatic imaging equipment that can capture the pupil image frequently was made and tested.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：牛肉 マシンビジョン ビタミンA

### 1. 研究開始当初の背景

霜降り肉等の高品質な牛肉生産のため、農家は肥育牛にストレスを与えず、経験と勘に基づき、血中VA濃度を制御する給餌方法を採用している。図1はビタミンAの制御例を示す。しかし、経験と勘だけではVAが適正に制御できないことも多々見受けられ、VA欠乏となった場合には、食欲低下、筋肉水腫や失明等の病気が生じることも少なくない。そのためビタミンAの管理が重

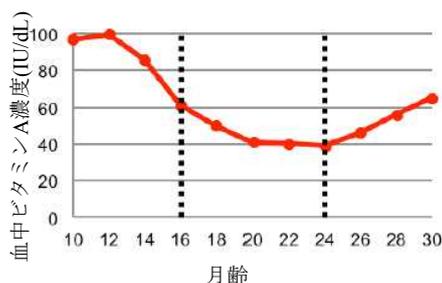


図1 肥育牛のビタミンA制御例

要となるが、主なビタミンAの測定法である高速液体クロマトグラフィによる血液検査は、専門知識が必要な上、即時性に欠け、費用面等でもデメリットが大きい。そのため、安価で簡便かつ迅速に運用可能なビタミンA測定のための代替法が望まれている。一方、過去の研究や知見においてビタミンAの低下により明輝板の退色や瞳孔の収縮速度の変化、眼球の乾燥などの症状が発生するとされている<sup>(1)</sup>。

### 2. 研究の目的

そこで、非侵襲、短時間で血中ビタミンAが計測可能な装置が切望されており、本研究グループではマシンビジョンを利用した瞳孔反射に基づく血中ビタミンA濃度の計測装置の開発を目的として研究を行った。

### 3. 研究の方法

(1)実験は、2CCDカメラをもつ撮像装置を用いて、兵庫県北部農業技術センター畜産部（兵庫県養父市）で行った。なお、後述の自動撮影装置を用いた画像入力実験は、兵庫県北部農業技術センター畜産部および

京都大学附属牧場で行った。

2CCDカメラをもつ撮像装置を用いた画像計測は、1箇月に1回の割合で、約40頭の黒毛和牛を対象に行い、採血による血中ビタミンA濃度の計測も行うことにより、画像処理によって得られた抽出量と比較した。また、眼底カメラによる解析も行った。

図2に実験に用いた2CCDカメラをもつ撮像装置を示す。この2CCDカメラは、カラー用と近赤外用の2個のCCDイメージセンサを用いたもので、カラー画像と近赤外画像を同時にコンピュータに入力できる。照明には、カラー画像用に白色LEDをレンズを囲むようにリング状に配列した白色LEDリングと、近赤外画像用に近赤外LEDをリング状に配列した近赤外LEDリングを用いた。

レンズの前には先端にスポンジを取り付けた円筒を取り付けてあり、撮像装置を手で持ってスポンジを顔面に押し付けることにより、カメラと瞳孔の距離を一定に保った。瞳孔は光に対して敏感なため、撮影開始時までの外的環境の制御が重要である。外的環境やそれに伴う瞳孔の大きさなどを同じ条件にするため、以下のような手順で画像を取得した(図3参照)。①スタンションとロープを用いて固定した牛の頭に、暗幕を

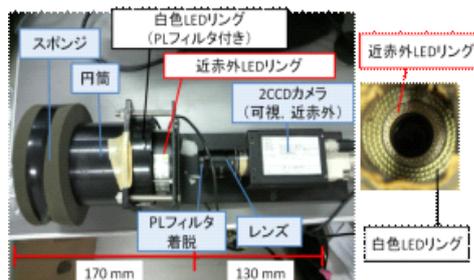


図2 2CCDカメラを用いた撮像装置

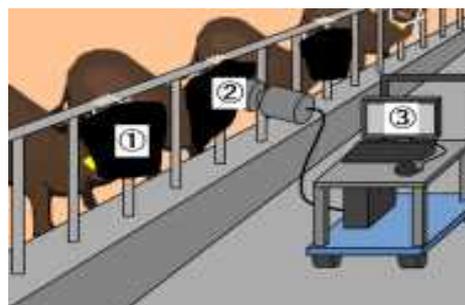


図3 画像取得時の概観

2分以上被せて瞳孔を十分に散大させた。  
 ②撮像装置を撮影者の手で暗幕下に移動させ、近赤外LEDを点灯させた。すると、肉牛の瞳孔は近赤外光に反応しないため、瞳孔を散大させたまま、近赤外の映像を確認しつつ眼の位置を探知できる。③眼が画像の中央に写る位置にカメラが設置できたら、白色LEDを点灯させ、その直後に画像を取得した。

図2に示すカメラとLEDリングの構成では、LEDからの光が眼球表面で鏡面反射してハレーションが生じやすい。このため、白色LEDリングの前にPLフィルタ(偏光フィルタ)を、レンズの前にPLフィルタを装着し、ハレーションを軽減した画像を撮影できるようにした。レンズの前のPLフィルタは、着脱できるものとし、レンズの前のPLフィルタを用いた撮影では、白色LEDリングの前のPLフィルタとレンズの前のPLフィルタの角度を90度として鏡面反射成分を低減し、瞳孔内部の色の影響を受けやすい画像を撮影した。また、レンズの前のPLフィルタを外した撮影では、ハレーションを生じやすいが、瞳孔表面の色の影響を受けやすい画像を撮影するようにし、1箇月に1回の割合で行った実験では、全頭についてPLフィルタを付けた撮影と外した撮影を行った。

(2)上記のように瞳孔を瞬時に画像計測し、瞳孔の色、収縮速度、光反射強度等の計測項目データを数多く取得、解析することで、各計測項目と血中ビタミンAとの関係を調べるとともに、多変量解析等に基づいたビタミンA推定も行った。同時に、牛個体のばらつきに対応するため、月齢10箇月から出荷直前の約30箇月までの牛を対象にして、それぞれの牛の経時的变化も調べた。

#### 4. 研究成果

(1)ビタミンA濃度と瞳孔色の関係は、次の

ようにして調べた。図4に瞳孔画像を示



図4 瞳孔カラー画像

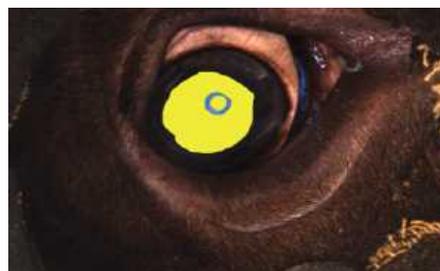


図5 瞳孔の2値化

す。まず、瞳孔部分の2値化(図5の黄色い領域)を行い、そして、この領域における各画素の三原色濃度値(RGB値)から、各色成分の比率( $r=R/(R+G+B)$ ,  $g=G/(R+G+B)$ ,  $b=B/(R+G+B)$ )を計算し、瞳孔の領域における $r, g, b$ の平均値を求めた。その後、各牛について時系列グラフを作成した。

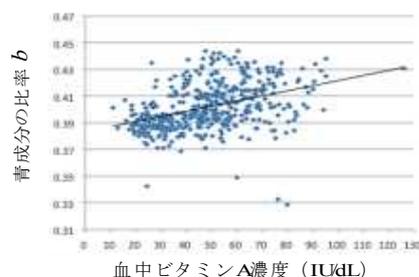


図6 血中ビタミンA濃度とbの関係

図6は、42頭の黒毛和牛全頭、月齢10箇月から21箇月について、瞳孔領域の青成分 $b$ と血中ビタミンA濃度の関係を示したものである。両者が正の相関関係にあることが分かる。また同様に、赤成分 $r$ が負の相関を持つことも判明した。しかしこのグラフではばらつきが大きかった。

図7は、ある一頭の牛について青成分 $b$ と血中ビタミンA濃度の経時的变化を表したものである。個体別に経時的变化を追うことで上記の相関がより顕著になり、血中ビ

タミン A 濃度測定に適したグラフが得られた。

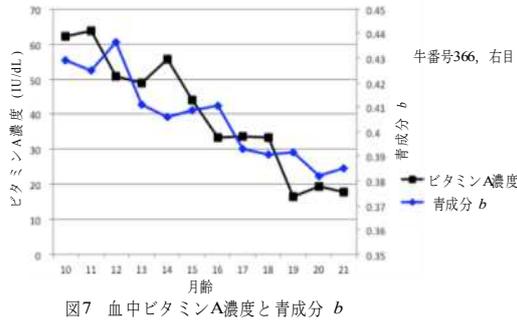


図7 血中ビタミンA濃度と青成分 b

(2) ビタミンA濃度の推定のための解析要素として、ビタミンA濃度の低下によって発生する眼球乾燥に着目した。すなわちビタミンA濃度の低下が眼球乾燥を引き起こし、その眼球表面の乾燥が光反射に変化をもたらすのではないかと考え、眼球乾燥を反映した光反射がビタミンA濃度の推定に有用であるのではないかの検討を行った。図8に画像処理の流れを示す。①は得られたカラー画像で、これを色相に変換し平滑化したもの画像②に示す。③は、②に示す色相をもとに、2値化した画像である。この画像からノイズ除去を経て瞳孔およびハレーションを検出した。③における瞳孔内部の黒いリング形の部分をハレーションと決定した。次に④に示すように、このハレーションに外接する長方形を作成し、この長方形内部からハレーションを除いた部分

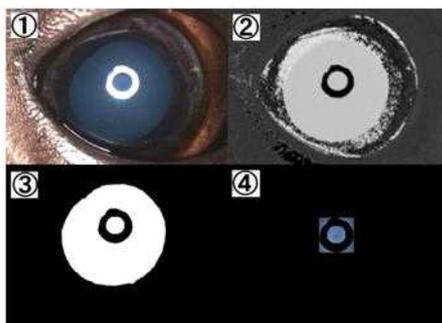


図8 光反射強度計測

を解析の注目領域とした。この注目領域の輝度値は、明るさの影響を受けるので、これを補正した規格化反射強度を求めた。血液検査で計測した血中ビタミンA濃度と規

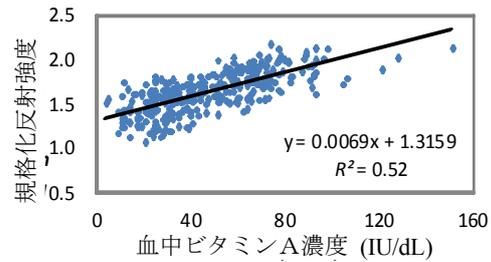


図9 規格化反射強度と血中ビタミンA濃度の関係  
規格化反射強度の関係を図9に示す。図のように血中ビタミンA濃度と規格化反射強度の間に相関が見られた。

(3) 以上に述べたのは、瞳孔色や眼球乾燥を反映した光反射強度によるビタミンA濃度の推定であるが、より精度良くビタミンA濃度を推定するため、瞳孔画像から、瞳孔の色、輝度、瞳孔の収縮率、瞳孔の形状係数、光反射強度を計測し、多変量解析によるビタミンA濃度の推定を行った。瞳孔の色と輝度として、瞳孔領域を2値化したあと、瞳孔領域の3原色 R, G, B から次式を用いて求めた r と I を用いた。

$$r = R / (R + G + B)$$

$$I = (R + G + B) / 3$$

瞳孔収縮率は、LED点灯後の瞳孔面積の変化を画像から計測し、LED点灯直後の瞳孔面積を100%として、1秒間にどれだけ収縮したかを調べた。図10は瞳孔面積の変化状態の計測例である。光反射強度は、図8の④の領域における輝度を用いた。これらの結果に基づき、3つのビタミンA濃度のカテゴリに分けて分類を行ったところ、67 IU/dL以上、33 IU/dL以下に分類されたも

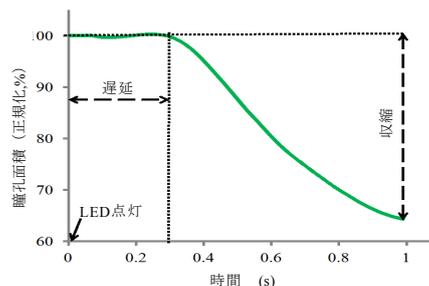


図10 LED点灯時の瞳孔収縮 (照度1700 lx)

のは85%の正答率であった。

(4)以上に述べた研究は1箇月に1回の割合で手持ち式の装置で画像を取得して画像処理したため人手を要する。また、牛頭を縛り付けて黒布をかぶせて画像取得するため牛にストレスを与える。このため、図11のように、牛が水飲み場に来て飲水するときに自動的に画像を撮影する装置についても検討を行った。牛の個体識別はRFIDによるもの、首輪に個体識別用の着色を行ったものの両方について試みた。牛が飲水場に

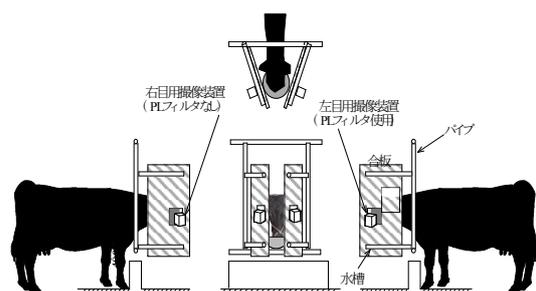


図11 瞳孔画像自動撮影装置

入場したことの検出は、カメラ近傍に付けた距離センサによるものと、水槽への給水経路に水量センサをつけて飲水による水の流れを検出するものを試みた結果、水量センサによるものが確実に瞳孔画像が得られた。また、この自動撮影装置を用いることで、高頻度の画像取得が可能であった。

#### 引用文献

(1)前出吉光, 小岩政照 (2001) 新版 主要症状を基礎にした牛の臨床, デーリィマン社, 622-625

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

①S. Han, N. Kondo, Y. Ogawa, S. Mano, Y. Takao, S. Tanigawa, M. Fukushima, O. Watanabe, N. Kohama, H. T. Kim, T. Fujiura : "Estimation of Serum Vitamin A Level by Color Change of Pupil in Japanese Black Cattle" Engineering in Agriculture, Environment and Food 査読あり Vol. 6 No. 4, 2013, p.177-183,

DOI 10.11165/eaef6.177

②森迫龍也, 韓書慶, 谷川慎弥, 近藤直, 小川雄一, 藤浦建史, 福島護之, 小浜菜美子: "肉牛の個体別自動瞳孔画像計測装置の研究", 農業機械学会関西支部報 査読なし, 2013, 114号, p.67

[学会発表] (計 15件)

①Y. Takao, N. Kondo, Y. Ogawa, H. Shuqing, S. Tanigawa, T. Fujiura, M. Fukushima, O. Watanabe, N. Kohama: "Color image based measurement of serum Vitamin A level for beef cattle", 農業機械学会関西支部第126回例会, 2011年9月16日

②H. Shuqing, N. Kondo, Y. Ogawa, Y. Takao, S. Tanigawa, T. Fujiura, M. Fukushima, O. Watanabe, N. Kohama: "Machine vision based prediction of serum vitamin A level in Japanese black cattle by pupil reflex analysis", 農業機械学会関西支部第126回例会, 2011年9月16日

③谷川慎弥, 高尾美江, 藤浦建史, 近藤直, 韓書慶, 小川雄一, 福島護之, 渡邊理, 小浜菜美子: "眼球表面の光反射計測に基づく肉牛の血中ビタミンA濃度の推定", 農業機械学会関西支部第126回例会, 2011年9月16日

④S. Tanigawa, N. Kondo, Y. Ogawa, T. Fujiura, S. Han, Y. Takao, M. Fukushima, O. Watanabe, N. Kohama: "The Relationship between Serum Vitamin A Level of Japanese Black Cattle and Light Reflection on Pupil", 2011 IEEE/SICE International Symposium on Systems Intergration, 2011年12月20日

⑤Y. Takao, N. Kondo, Y. Ogawa, S. Han, S. Tanigawa, T. Fujiura, M. Fukushima, O. Watanabe, N. Kohama: "Correlation between Serum Vitamin A Level and Pupil Color of Beef Cattle", 2011 IEEE/SICE International Symposium on Systems

Integration, 2011年12月20日

⑥S.Han, N.Kondo, T.Fujiura, Y.Ogawa, Y.Takao, S.Tanigawa, M.Fukushima, O.Watanabe, N.Kohama: "Machine Vision Based Prediction of Serum Vitamin A Level in Japanese Black Cattle by Pupil Reflex Analysis", 2011 IEEE/SICE International Symposium on Systems Integration, 2011年12月20日

⑦高尾美江, 谷川慎弥, 藤浦建史, 近藤直, 韓書慶, 小川雄一, 福島護之, 渡邊理, 小浜菜美子: "肉牛の血中ビタミンA濃度と瞳孔色変化における相関関係", 農業機械学会関西支部第127回例会, 2012年3月5日

⑧谷川慎弥, 高尾美江, 藤浦建史, 近藤直, 韓書慶, 小川雄一, 福島護之, 渡邊理, 小浜菜美子: "肉牛における眼球表面の光反射と血中ビタミンA濃度の関係", 農業機械学会関西支部第127回例会, 2012年3月5日

⑨森迫龍也, 韓書慶, 谷川慎弥, 近藤直, 小川雄一, 藤浦建史, 福島護之, 小浜菜美子: "肉牛の個体別自動瞳孔画像計測装置の研究", 農業機械学会関西支部第129回例会. 2013年3月5日

⑩Han: "Effects of Low Serum Vitamin A Level on Pupillary Light Reflex in Japanese Black Cattle", IFAC Bio-Robotics Conference, 2013年3月27~29日

⑪N. Kondo: "Sensing Technologies for Bio-material, food and Agriculture", Joint Plenary session, OPIC SeTBio'13, 2013年4月23~25日

⑫Shuqing Han: "An Approach for Identification of Vitamin A Deficient Cattle by Pupillary Light Reflex Analysis in Japanese Black Cattle" OPIC SeTBio'13, 2013年4月23~25日

⑬谷川慎弥, 近藤直, 小川雄一, 藤浦建史, 韓書慶, 森迫龍也, 福島護之, 小浜菜美子: "高品質牛肉生産に向けた肉牛の眼の画像解析による血中ビタミンA濃度推定", 農業食料工学会第72回年次大会, 2013年9月10日~13日

⑭近藤直: "精密畜産・精密水産を目指して", 農業食料工学会第72回年次大会, 2013年9月10日~13日

⑮Shuqing Han, Naoshi Kondo, Yuichi Ogawa, Shinya Tanigawa, Tateshi Fujiura, Tatsuya Morisako, Moriyuki Fukushima, Namiko Kohama: "Study on Identification of Vitamin A Deficient Cattle by Pupil Color Image and Pupillary Light Reflex Analysis", 農業食料工学会関西支部130回例会, 2013年10月31日~11月1日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

近藤 直 (KONDO, Naoshi)

京都大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号: 20183353

### (2) 研究分担者

小川 雄一 (OGAWA, Yuichi)

京都大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号: 20373285

福島 護之 (FUKUSHIMA, Moriyuki)

兵庫県立農林水産技術総合センター・その他部局等・研究員

研究者番号: 60463395