

画像解析を用いた黒毛和種子牛に対する体重推定の可能性 およびその精度

緒方 三華¹・中橋 良信¹・澁谷 良治²・口田 圭吾¹

(受付：2011年4月28日，受理：2011年7月7日)

Possibility and its precision of body weight prediction by image analysis method for Japanese Black calves

Mika Ogata¹, Yoshinobu Nakahashi¹, Ryoji Shibuya², Keigo Kuchida³

摘 要

肉用牛の日増体重を把握することは牛を管理する上で重要であるが，日常的な体重測定は多大な労力を要すると考えられる。本研究では画像解析技術を用いた体重の推定およびその精度を検証し，体型に多様性のある牛に対する本技術の可能性について考察した。

供試牛は北海道内の家畜市場に出荷された子牛を対象とし，体重測定時に鉛直方向に取り付けたUSBカメラにより背側体表面を撮影した。1頭当たり複数枚の画像を得た後，それらの画像から牛生体部分のみを抽出して，その画素数をカウントした。なお，カメラの撮像領域から外れる個体については対象としなかった。1頭当たり複数枚の画像から求めた画素数を平均し，実測体重との相関係数を求めたところ， $r = 0.83$ と高い値が得られた。これらの画像における牛の姿勢は一定ではないため，正姿勢であると判断された画像のみを用いて再度分析を行ったところ，相関係数は $r = 0.85$ とわずかだが高くなった。また，1頭当たり複数枚の画像を保持している個体において(a)正姿勢であった画像からの画素数および(b)正姿勢でないものを含む画像からの画素数について反復誤差を求めたところ，反復誤差が3.0%以内のものは，(a)で全体の約78%，(b)で全体の約37%となり，正姿勢であるものを対象とすれば，高い精度で増体確認を行うことの可能性が示唆された。

キーワード：画像解析 黒毛和種 体重推定 画素数

¹ 帯広畜産大学，帯広市 〒080-8555

² 株式会社CSソリューション，札幌市中央区 〒060-0042

³ 帯広畜産大学畜産衛生学研究部門，帯広市 〒080-8555

¹ Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080-8555

² Customer Service Solution, Chuo-ku Sapporo-shi 060-0042

³ Department of Animal and Food Hygiene, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080-8555

緒言

肥育牛の発育状況の把握については、日増体重のチェックなどが必要である。体重増加が見られない場合は牛の管理環境に何らかの問題がある可能性が考えられることから(Maltz et al. 1997)、日常的な体重測定は必要であると思われる。現在の畜産業は原油高に伴う飼料・設備等の高騰に加え、高齢化・担い手不足により経営環境は厳しく、経費の削減が大きな課題となっている。したがって、多大な労力・時間を必要とする牛の体重測定を、肥育農家が頻繁に行うことは困難である。さらには、牛にとっても大きなストレスとなりかねず、肉質低下の要因となり、畜産業の効率経営を圧迫する可能性がある(King et al. 2006)。

皆川ら(2001)は豚生体にモアレパターンを投影することで、非接触による体重推定を実施し、実用精度範囲内に90%の個体が入ったと報告した。また、Brandl et al. (1996)も、豚を使って上方より撮影した豚体表面積と体重との間に高い相関係数を報告した。一方、牛生体に対する同様の試みは、サーモグラフィーを活用したStajanko et al. (2008)による報告はあるものの、あまり認められない。そこで、本研究では、上方向から撮影した牛の画像から牛生体部分の画素数を算出することで体重の推定あるいは増体のチェックが可能であるかどうかの検討を行った。

材料および方法

供試牛は、2009年1月に北海道内の家畜市場に出荷された黒毛和種子牛を用いた。家畜市場に設置されている固定式自動体重計の上部に、USBカメラを取り付け、牛生体の鉛直方向からの撮影を実施した。なお、30万画素の解像度を有するUSBカメラ(HZC-755N、株式会社フォルテシモ)の設置高は約3mであり、1秒あたり2コマの間隔で連続撮影し、静止画像としてパソコンに保存した。なお、保存された画像形式はJPEG形式であり、そのファイルサイズは画像1枚につき約200KBであった。

個体番号の識別は、自動体重計に侵入してきた子牛の背部にスプレーで書かれた牛番号によって確認された。静止画像は子牛1頭につき1枚～12枚を得たが、牛の頭もしくは尻部分が撮像領域に取まらないものなどは除外した。なお、本家畜市場では6基の自動体重計が設置されているが、そのうち1基の上部にのみ撮影システムを取り付けた。解析対象とした子牛の数ならびに体重の範囲は、それぞれ142頭および220kg～360kgであった。

鉛直方向より撮影された画像から余分な背景を削除し、牛生体部分のみを抽出する作業には、Photoshop CS3(アドビ社製)を利用し、肉眼的判断により領域を抽出した。なお、牛生体部分を1、背景部分を0となるよう2値化を実施し、牛生体部分の画素数をカウントした。

1個体あたり複数枚の画像を記録していることから、抽出された牛生体画像の画素数を算出し、個体ごとに平均した。牛生体画像の平均画素数と実測体重との相関係数を算出し、体重推定の精度を検証した。また、撮影された画像には、正姿勢でないものも含まれており、体重推定精度を下げる懸念される。そこで、肉眼的判断により、正姿勢の状態で撮影された画像のみを抽出し、体重推定の精度向上について試みた。

複数枚の画像を有する個体ごとの反復誤差を調査するために、下記の式を用いて反復精度を検証した。

$$\text{反復誤差(\%)} = (\text{最大画素数} - \text{最小画素数}) / \text{平均画素数} \times 100$$

結果および考察

表1には本研究で用いた供試牛の実測体重、鉛直方向から撮影した牛生体画像の画素数および出荷日齢の基礎統計量を示した。大澤ら(2008)が報告した北海道内の子牛市場出荷時体重の平均は302.0kgであり、その範囲は206～399kgであった。本研究で得られた平均出荷体重はそれよりもやや軽いものであった。

対象牛1頭あたり複数枚の鉛直方向からの画像を持つが、それらの平均画素数と実測体重との散布図を図1-

表1 北海道内の家畜市場に出荷された子牛の基礎統計量

データ範囲	形質	平均	± 標準偏差	最大値	最小値
全データ (n=142)	体重 (kg)	291.9	± 25.7	360	220
	画素数	79963.5	± 6065.9	98470	60773
	日 齢	294.6	± 55.3	872	230
正姿勢 (n=103)	体重 (kg)	287.4	± 24.2	349	220
	画素数	79521.1	± 5668.9	93504	62613
	日 齢	289.9	± 26.8	382	230

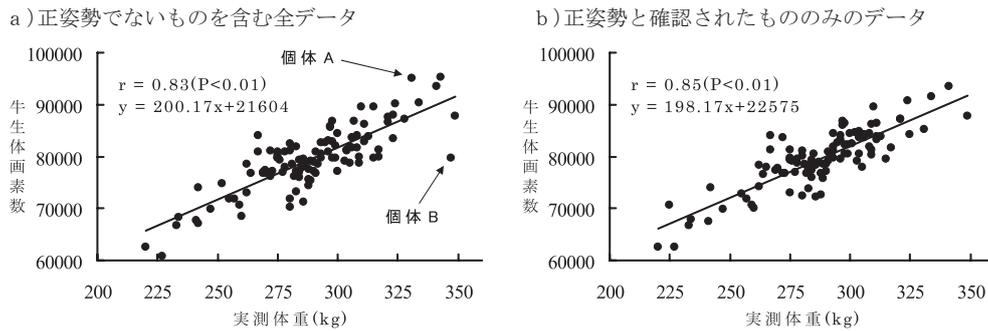


図1 姿勢による実測体重と牛生体画素数との関連性

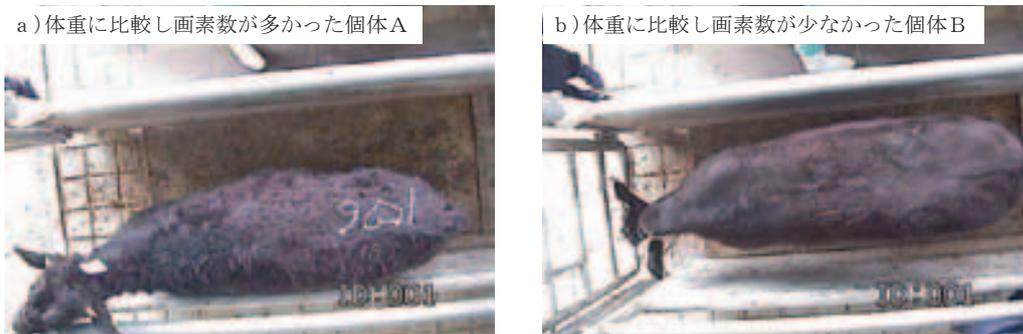


図2 上方向から撮影した牛生体の画素数と実測体重との関連性に大きな差異が認められた例

a)に示した。両者の間に0.83という高い有意な相関係数($P < 0.01$)が認められたが、図1-a中の個体A、個体Bなどのように、近似直線から離れた位置にプロットされる個体も認められた。そこで、個体AおよびBについて、それぞれの個体に該当する2値化前の牛生体画像を比較し、どのような場合に推定精度を低下させるのかについて検討した。体重の割に画素数が多かった個体A(図2-a)では、牛の頭部が柵の上部まで起き上がっているため、特に前軀において実際の体表面積より過大に評価されてしまった可能性が推察された。一方、体重の割に画素数の少なかった個体B(図2-b)では、頭部が床方向へと

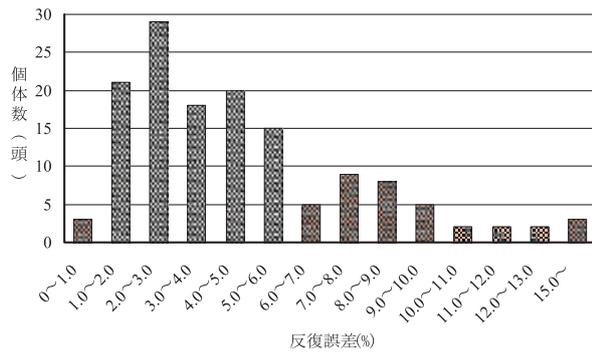
下がっていることから、鉛直方向のカメラから得られる牛生体の表面積が小さくなったものと推察された。個体AおよびBの抽出はあくまで1例として取り上げたが、同じような状態(体重の割に画素数が多いまたは少ない状態)でプロットされていた他の個体についても類似した傾向がみられた。

そこで、1頭当たりの複数枚の画像における姿勢の変化を数値で捉えるために、牛生体画素数の標準偏差を比較したところ、標準偏差の値が小さかったものは、その個体が持つ複数枚の画像において姿勢が一定である傾向が認められた。

表2 日齢グループならびに性別による体重と牛生体画素数との相関係数

日齢グループ	n	相関係数	性別	
			n	相関係数
①250～275日齢	27	0.88	去勢 66	0.81
②275～300日齢	36	0.86	雌 37	0.86
③300～325日齢	27	0.78		

a) 正姿勢でないものを含む全データ



b) 正姿勢と確認されたもののみのデータ

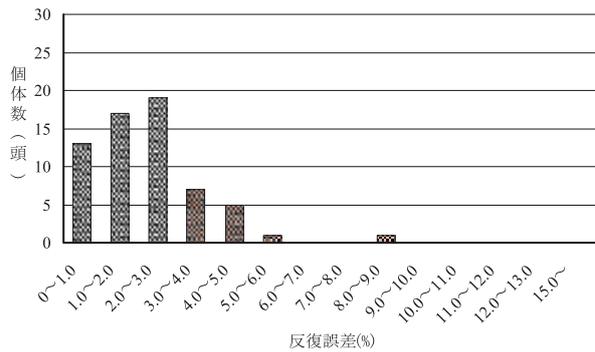


図3 牛生体の姿勢による反復誤差の頻度

牛生体の画素数に対して、その姿勢が大きく影響することが確認されたため、肉眼により正姿勢を保っていると判断した画像のみを抽出し、同様の分析を試みた。その結果、正姿勢の画像を持つ個体数は103頭となった。抽出した牛の画素数と体重との関連性を図1-bに示した。正姿勢であった牛における体重と牛生体画素数との相関係数は0.85であり、わずかであったが姿勢の影響を考慮する前の相関係数($r = 0.83$)よりも高くなった。

これまでのことから牛生体から得られた画素数と体重の間には強い関連性が存在することが確認できたが、両者の関連性を左右する要因があると考え、個体の日齢および性別の効果を考慮して再度分析を試みた。

出荷日齢の範囲は230～872日と幅広かったため、極端に日齢が短い、または長い値を除去し、出荷日齢を①250～275日齢(早期)、②275～300日齢(中期)および③300～325日齢(長期)の3つのグループに分割し、それぞれの日齢グループにおける画素数と体重との相関係数を算出した(表2)。その結果、早期、中期および長期においてそれぞれ0.88、0.86および0.78の相関係数($P <$

0.01)が得られ、出荷日齢が若いほど出荷体重と画素数との関連性は強かった。なお、出荷体重と出荷日齢との単純相関係数は0.13と低かった。

同様の分析を性別で実施したところ、出荷体重と牛生体画素数との相関係数は去勢で0.81($P < 0.01$)、雌で0.86($P < 0.01$)と、雌の方がわずかに高い相関係数を示したものの、性別間差はほとんど認められなかった。これらのことから、牛生体の画素数から体重を推定する本方法においては、性別を考慮する必要はないものの、出荷日齢については、検討すべき要因であることが示唆された。

今回の実験では家畜市場開催日における1回の撮影しか実施できなかったが、本研究が目標とするシステムは、個体の増体を定期的にチェックすることで、発育に問題のある個体を抽出することである。したがって、その前提条件として正姿勢を保った個体を複数回撮影した場合において、その画素数にばらつきがないことが好ましい。そこで、一頭当たり複数枚の画像を持つ個体より、姿勢を考慮せずに求めた画素数と、正姿勢である画像のみを

用いて求めた画素数の反復誤差を算出し、その頻度分布を図3に示した。正姿勢のみの画像から得た反復誤差は、姿勢を考慮せずに得たそれよりも低く、正姿勢においては反復誤差が3.0%以内のものは約78%、姿勢を考慮しないものにおいては約37%となり、正姿勢における反復誤差の小ささが確認された。正姿勢であることを条件とすることで、個体の画素数のばらつきをある程度抑えられた。

Brandl et al. (1996)は、本研究と同様の方法で豚を対象として撮影し、半自動画像解析ソフトウェア SCAN Beam A/S(1990)を用いて得た豚体表面面積と体重との間に0.98の相関係数が得られたことを報告した。本研究で確認された正姿勢な牛における体重と牛生体画素数との相関係数は0.85であり、彼らの結果と比較するとやや低くなった。しかし、本研究では実測体重220kg～360kgの範囲にある牛を分析に用いたのに対して、彼らは約25kg～135kgと、実測体重が幅広い豚を分析に用いたため、相関係数が高くなったものと考えられる。

皆川ら(2001)は、豚生体にモアレパターンを投影することで、非接触による体重推定を実施した。彼らは実用推定精度の範囲を±5%以内と定義し、供試豚の約90%がその範囲内に含まれると報告した。本研究では正姿勢であった牛の約78%が実用推定精度の範囲に含まれ、皆川ら(2001)の結果と比較すると体重の推定精度が幾分低いことが確認された。この原因の一つとして、本研究では黒毛和種を、彼らは体表面色が白色の豚を供試材料としたことが考えられる。すなわち、白色の豚と黒い床面との識別は容易である一方、黒色の黒毛和種の黒い床面との識別はやや困難であり、このことが生体と背景との精度の高い分離を妨げたと考えられる。さらに、正姿勢を保っていた牛を鉛直方向のみからの画像を用いて肉眼で判断したが、実際には姿勢の判断が難しい個体もあった。このことから、牛体表面と背景色との識別性能をより向上させるために、牛生体に対して補助光源を照射すること、あるいは背景である床面に黒色と識別しやすい色を使うことなど、環境の改善が必要であると考えられた。さらには牛の体高や姿勢が画素数に影響する可能性

も考慮し、牛生体を横から撮影する姿勢観察用カメラの必要性についても示唆された。

本研究の結果から、画像解析による肥育牛の増体重推定システムの可能性が示唆された。また、推定に当たっては、個体の日齢(あるいは月齢)を考慮することの必要性も推察された。しかし、現段階では牛を体重計に追い込む必要性があり、体重測定にかかる労力は無視できない。したがって、肥育農家の負担を軽減および測定が原因となる牛自身のストレスによる肉質低下を防ぐためにも、将来的には、追い込むことのない通常の肥育形態で撮影可能な手法の確立および自動的な体重推定システムの実用化が必要であると考えられる。また、今後の研究において長期にわたって個体を周期的に撮影することにより、画素数と体重との増減の関連性が明らかになることを期待する。

謝 辞

本研究は、平成20年度中小企業競争力強化促進事業・市場対応型製品開発支援事業により実施されたものであり、ここに感謝の意を表す。

引用文献

- Brandl N, Jørgensen E. 1996. Determination of live weight of pigs from dimensions measured using image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture* 15:57-72
- King DA, Schuehle Pfeiffer CE, Randel RD, Welsh Jr. TH, Oliphint RA, Baird BE, Curley Jr. KO, Vann RC, Hale DS, Savell JW. 2006. Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. *Meat Science* 74:546-556
- Maltz E. 1997. The body weight of the dairy cow: III.

Use for on-line management of individual cows.
Livestock Production Science 48:187-200

Stajanko D, Brusa M, Hočevarb M. 2008. Estimation of bull live weight through thermographically measured body dimensions. Computers and Electronics in Agriculture 61:233-240

大澤剛史・日高 智・宝寄山裕直・加藤貴之・上館信幸・口田圭吾. 2008. 北海道内の黒毛和種去勢牛における子牛市場出荷時体重と格付形質ならびに画像解析形質との遺伝的関連性. 日本畜産学会報 79:185-192

皆川秀夫・村上 正. 2001. 投光と画像処理による非接触式体重計の開発. 日本家畜管理学会誌 37:50-51

digital images were also calculated by appropriate posture of cattle (a), by digital images including inappropriate posture of cattle (b). The repetitive errors within 3% were 78% for (a) and 37% for (b), respectively. The result of this study indicated that the possibility of weight predicting system for the beef calves using image analysis with high precision.

[Key words]

Image analysis, Japanese Black, prediction of body weight, number of pixel

Abstract

Routine check of the daily gain of beef cattle is important to find some cattle with health problem. However, these processes need a large amount of labor for the farmers. The purpose of this study was to investigate the accuracy of measuring the live body weight using image analysis for beef cattle. Japanese Black calves ($n = 142$), shipped to a livestock market in Hokkaido were used. They were taken digital images by USB camera which was set on the vertical direction during the body weighing. Photoshop (Adobe Systems Incorporated) was used to extract cattle body from the digital image of vertical direction manually and to count the number of pixels automatically. Numbers of pixels of individual cattle were averaged for each cattle and calculated the correlation coefficient between the live body weight and the averaged number of pixels of cattle body. The correlation coefficient of them was 0.83. The correlation coefficient showed a slightly high value ($r = 0.85$) excluding the inappropriate digital image for the posture of cattle. The repetitive errors of animal which have several