

<研究ノート>

黒毛和種子牛の非接触型体重・体型推定システムの改良

堀川寛通・岩田和大*

Consideration of contactless estimation system for weights and body shape of Japanese Black calves

Hiromichi HORIKAWA and Kazuhiro IWATA

要 約

令和3年度に深度カメラ3台を用いて牛体を撮影し、取得したデータから体重と体型を推定する方法を検討した。推定体重と実測体重は高い相関を示したが、測定誤差が大きい結果を示した。

本試験では測定誤差の減少を目的として、深度カメラを5台に増やし、非接触型体重・体型推定システムの改良を行なった。推定体重と実測体重の相関係数は0.91、推定体高と実測体高の相関係数は0.85、推定腹囲と実測腹囲の相関係数は0.85と高い相関を示した。

キーワード：深度カメラ、体重推定、非接触

緒 言

子牛の体重と体型は、家畜市場における価格決定の大きな要因となっている。また、飼養管理の面では、牛の体重と体高が発育状態の目安や、飼料給与量の決定などの指標として利用されている。

本県では、和牛子牛市場において有利販売による農家所得向上のため、「岡山和牛推奨子牛(おかやま四ツ☆子牛)認定基準」を作り、同基準に適合する発育良好な子牛づくりを推進している。発育良好な子牛を出荷するためには、定期的に体重や体高などの発育状態を把握することが重要となるが、子牛の体型測定は多大な労力と時間を要するだけでなく牛との接触により作業者の危険を及ぼす可能性がある。

そこで、安全に体型測定ができるようこれまでに深度カメラ3台を用いて、黒毛和種子牛の右半身を撮影し、その三次元画像を解析し牛体型を推定する手法を確立した¹⁾。この研究では、高い精度で体高と体長を推定できることようになったが、この手法では反転合成画像を用いるため、全方向からの撮影を行った方が、より正確な体重推定が期待できると考えられる。

そこで、本試験では令和3年に構築した体重・体型推定システムの改良を目的として、深度カメラ5台で黒毛和種子牛の全体像を撮影し、その牛

体3D画像から各測定部位および体重の推定値を求め、実測値と比較することで実用性を検討した。

体重・体型推定システムの内容

(1) 牛体測定原理

体重・体型推定システムは図1のように配置した5つの深度カメラと配置用のアーム、牛体保定用の枠場、測定用PCで構成される(写真1)。牛を5方向から撮影することで、全身の3次元画像が取得できる。3次元画像は点群データのため、特徴点を2つ選択することで、体高や十字部高などの高さ、胸幅や腰角幅などの幅、体長や尻長などの長さ、また胸囲などの周囲を測定できる。



写真1 体重・体型推定システムの装置一式

*：岡山県工業技術センター

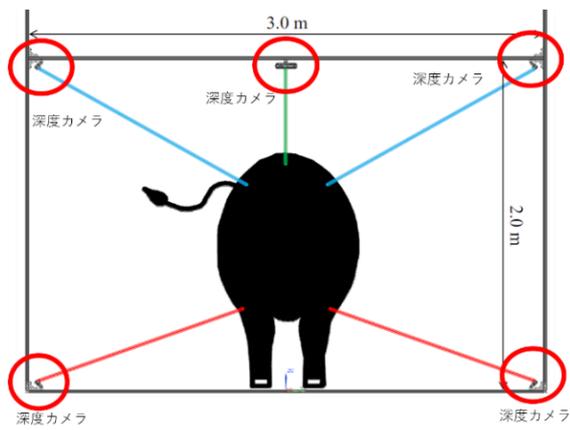


図1 カメラの配置図

(2) 撮影機材

深度カメラは Intel RealSense Depth Camera D455 (インテル株式会社, 東京) を用いた (写真2)。カメラは USB 端子を用いて接続するため、撮影用パソコンは USB 端子が 3 箇所接続可能な機器を用いた。3D 画像のデータ処理には Python により作成したプログラムを使用した。点群処理と座標変換には Python の拡張モジュールである Numpy と Open3D を使用した。



写真2 深度カメラ

(3) 牛体撮影

牛を柵場で保定し、深度カメラ 5 台で同時に撮影する。図2に牛体を撮影した際の取得画像を示した。左側は RGB 画像、右側は深度画像である。RGB 画像は撮影中の牛の様子をリアルタイムで表示できるため、牛の正姿勢を確認しながらの撮影が可能である。

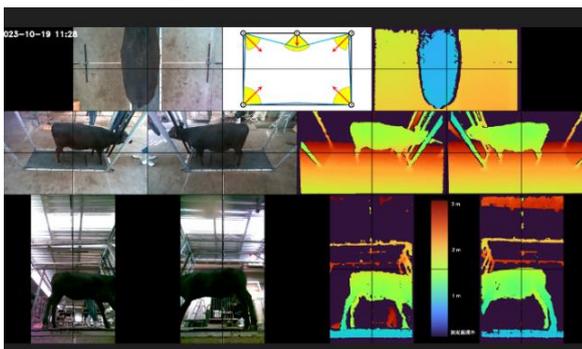


図2 深度カメラの画像

(4) 3次元画像合成

牛体撮影後に各深度カメラの点群データを取得した (図3)。その後点群データに基づき、牛体の合成 3D 画像を作成した (図4)。

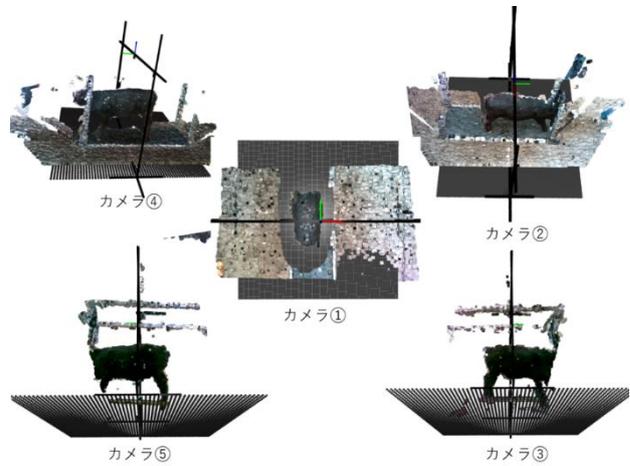


図3 各カメラから取得した点群データ

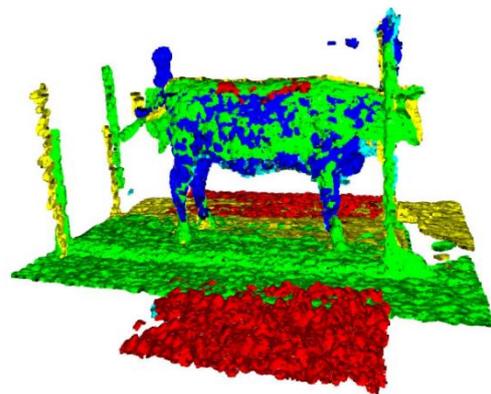


図4 合成 3D 画像

(5) 画像解析方法

画像解析により推定する牛体型測定部位は、3次元画像のき甲部の端点と地面との距離を体高、腰角と背中線との交点と地面との距離を十字部高、肩端から坐骨端までの距離を水平体長、中央部カメラ画像の胸囲測定部および腹囲測定部の垂直距離を胸深および腹深、上部視点画像の胸囲測定部および腹囲測定部の幅を胸幅および腹幅とした (図5)。

胸囲および腹囲は 3 次元画像から断面図の点群データが取得可能であるため、その画像の円周から測定した (図6)。

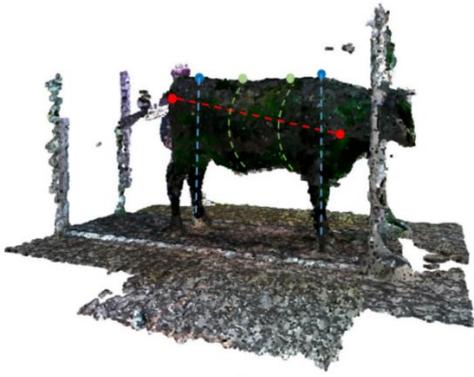


図 5 三次元画像



胸囲断面図

腹囲断面図

図 6 胸・腹の断面図

材料および方法

試験 1 所内実証試験

調査対象牛は、当研究所で飼養中の 93～283 日齢の黒毛和種子牛 54 頭を用いた。調査期間は 2023 年 6 月～9 月とし、月に一度、体重測定と体型測定を行い、延べ 100 頭(去勢牛 50 頭、雌牛 50 頭)のデータを採取した。

測定項目は、体重のほか、体高、十字部高、水平体長、胸囲、腹囲、胸深、胸幅、腹深(腹囲測定部線上の季肋骨から下腹部に至る直線距離)腹幅(腹囲測定部の肋骨幅)の 10 項目とした。

実測値は体重を可搬式体重計で、体高、十字部高、体長は体尺計を、胸囲、腹囲は体重推定尺を、胸深、胸幅、腹深、腹幅はキャリパー測定器を用いて計測した。

試験 2 現地実証試験

2023 年 10 月に全農岡山県本部家畜市場において、体重・体型推定システムの実証試験を行なった(写真 3)。調査対象牛は県内の牧場で飼養される 257～271 日齢の黒毛和種子牛 14 頭を用いた測定項目は試験 1 と同様の 10 項目とした。



写真 3 撮影風景

結果および考察

試験 1 所内実証試験

表 1 に撮影した子牛の体高、十字部高、水平体長、胸囲、腹囲、胸深、胸幅、腹深、腹幅の実測値と 3D 画像からの推定値について平均値、最大値、最小値、標準偏差、相関係数を示した。

表 1 各項目の実測値および推定値

測定項目		平均値(cm)	最大値(cm)	最小値(cm)	標準偏差	相関係数
体高	実測値	105.8	124.4	89.2	7.83	0.851
	推定値	114.5	132.3	93.6	7.93	
十字部高	実測値	108.6	126.2	91.6	7.50	0.797
	推定値	119.1	134.3	97.6	7.53	
体長	実測値	122.9	157.2	93.2	14.58	0.543
	推定値	108.9	138.1	82.4	12.32	
胸囲	実測値	138.4	180.0	105.0	14.77	0.436
	推定値	155.7	228.3	123.7	17.12	
腹囲	実測値	162.0	201.0	118.0	18.51	0.851
	推定値	175.9	218.1	135.0	18.60	
胸幅	実測値	32.6	41.0	22.0	4.32	0.187
	推定値	42.4	57.5	30.3	5.89	
腹幅	実測値	43.2	57.0	31.0	6.28	0.680
	推定値	51.8	65.0	36.1	6.68	
胸深	実測値	49.7	60.2	32.0	5.07	0.544
	推定値	57.1	87.7	42.0	6.50	
腹深	実測値	54.5	70.0	40.0	5.87	0.767
	推定値	61.0	78.2	44.4	5.93	
体重	実測値	216.3	370.0	101.0	62.52	0.915
	推定値	264.4	462.4	125.2	72.40	

子牛の体高、十字部高、腹幅、腹深、体重の実測値と推定値について 0.851、0.797、0.851、0.767、0.915 と有意な相関関係が得られた($P < 0.05$)。

表 2 に、各測定項目の測定誤差(実測値と推定値の差の絶対値)と誤差率{(実測値-推定値)÷実測値×100}の絶対値を示した。

表2 各項目の測定誤差と誤差率

測定項目		平均値	最大値	最小値	標準偏差
体高	測定誤差(cm)	8.77	15.70	1.60	0.31
	誤差率(%)	8.37	16.19	1.54	0.31
十字部高	測定誤差(cm)	10.49	21.50	2.40	3.48
	誤差率(%)	9.76	21.20	2.33	3.49
体長	測定誤差(cm)	14.69	32.00	0.00	8.87
	誤差率(%)	11.67	24.84	0.00	6.71
胸囲	測定誤差(cm)	18.03	62.30	0.40	1.22
	誤差率(%)	13.40	45.27	0.22	0.93
腹囲	測定誤差(cm)	13.94	34.90	0.90	7.30
	誤差率(%)	8.81	22.66	0.47	4.85
胸幅	測定誤差(cm)	9.80	27.50	0.30	5.49
	誤差率(%)	31.34	91.67	0.79	19.35
腹幅	測定誤差(cm)	8.55	18.10	0.20	3.80
	誤差率(%)	20.47	55.81	0.56	10.25
胸深	測定誤差(cm)	6.71	15.50	0.60	2.74
	誤差率(%)	13.76	40.79	1.28	6.55
腹深	測定誤差(cm)	6.60	12.60	0.00	2.69
	誤差率(%)	12.42	29.52	0.00	5.69
体重	測定誤差(kg)	48.08	111.10	10.90	22.26
	誤差率(%)	23.06	51.44	3.41	9.92

体高、十字部高、腹囲の誤差率は10%未満であり、体長、胸囲、胸幅、胸深、腹幅、腹深および体重の誤差率は10%を超える結果となった。この要因は、体高、十字部高、体長、腹囲は頂点(端点)を用いて測定するが、胸囲は端点を用いないため、測定値にバラツキが見られたと考えられた。

試験2 現地実証試験

試験2で測定した黒毛和種子牛14頭の実測体重と推定体重の相関性を図7に示した。

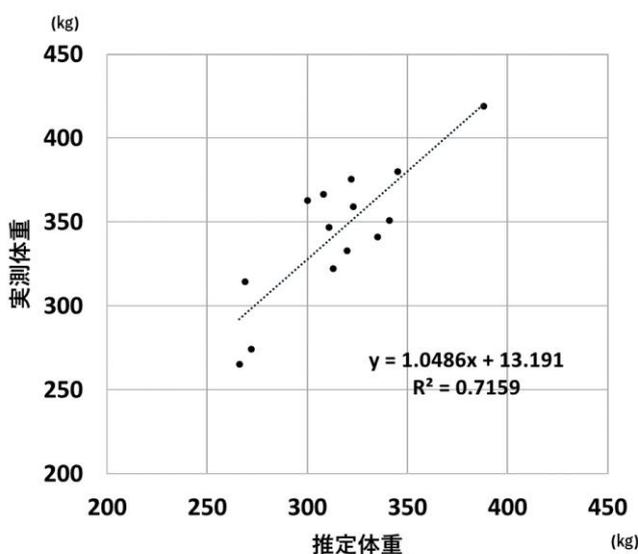


図7 推定体重と実測体重の相関

体重・体型推定システムから求めた推定体重と実測体重は決定係数 $R^2=0.7159$ となり、高い相関を示す結果となった ($P<0.05$)。測定誤差の平均

値は28.5 kg、最大値は58.5 kg、最小値は-0.8 kg となった。また、誤差率の平均値は9.1%、最大値は21.0%、最小値は0.301%となった。改良した体重・体型推定システムは2023年に作成したものと比較して、相関係数は減少したものの、測定誤差、誤差率は改善した。

今回改良した体重・体型推定システムでは体型推定の際に、測定する箇所を手動で決定していた。そのため、作業者によって推定値にバラツキが見られた。今後自動で測定する部位を決定する方法などを検討していく必要がある。

以上のことから、深度カメラ5台を用いた体重・体型推定システムは、従来の方法では不可能であった胸囲および腹囲の推定が可能であり、画面上で断面図を確認することができる。また、牛体型解析は体高、胸囲、腹囲では体尺計による実測値と誤差率8.37%、13.40%、8.81%程度で推定が可能であった。近い将来子牛市場などで体型測定を行う場所での実用化が期待される。

文 献

- 堀川寛通・岩田和大 (2023) : 黒毛和牛子牛の非接触型体重・体型推定システムの検討. 岡山県農総セ畜県報, 2(3), 55-72.