

〔原著論文〕

画像解析による牛ウチモモの脂肪交雑評価法の検討

Evaluating method for degree of marbling on top round of beef carcass by computer image analysis

窪田友美・小林郁美・村澤七月・中橋良信・

浜崎陽子・阿部隼人・口田圭吾

Tomomi Kubota, Ikumi Kobayashi, Nazuki Murasawa, Yoshinobu Nakahashi,

Yoko Hamasaki, Hayato Abe, Keigo Kuchida

帯広畜産大学 帯広市 〒080-8555

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

要約

牛枝肉の評価は第6-7肋骨間横断面の格付を中心に行われている。ウチモモは枝肉全体の質を判断するための形質の一つで、6-7横断面との関連性が注目されているにもかかわらず、枝肉流通段階ではウチモモを評価しにくい体制となっている。本研究では画像解析によるウチモモ評価法を検討し、ウチモモ評価の重要性を明らかにすることを目的とした。買参人がモモ抜けを確認するウチモモの筋肉露出部（以下オオモモ）を解析した。ウチモモと6-7横断面におけるロース芯のデジタル画像を用い、脂肪面積割合や脂肪交雑粒子のあらさの程度などを測定した。黒毛和種雌399頭ならびに交雑種雌314頭のロース芯とオオモモとを比較した。黒毛和種と交雑種の各部位における脂肪面積割合は、ロース芯でそれぞれ43.4%、34.1%、オオモモでそれぞれ13.8%、9.1%であった。オオモモとロース芯の脂肪面積割合に関する相関係数は、黒毛和種で $r=0.56$ ($P<0.01$)、交雑種で $r=0.35$ ($P<0.01$)と中程度の関連性であり、枝肉全体の価値を判断するためにも、ウチモモ解析の必要性が示唆された。

キーワード：画像解析, ウチモモ, 脂肪交雑, 枝肉評価

Key words : Image analysis, Top round, Marbling, Carcass evaluation

現在、牛枝肉の評価は、社団法人日本食肉格付協会の格付員による、第6-7肋骨間横断面の格付が中心となっている¹⁾。しかし、枝肉はその全体が解体され、部分肉となって市場に流通する。そのため買参人は、第6-7肋骨間横断面の肉質のほか、切除された横隔膜切断面や、背割りによって確認できるウチモモの切断面などを見て、枝肉全体の質を判断している。特にウチモモは、モモ周囲の筋肉が部分肉の中で多くの割合を占めるため重要視されており、ウチモモの脂肪交雑は、第6-7肋骨間横断面の脂肪交雑がモモまで抜けるという意味合いから「モモ抜け」と呼ばれている。同程度の第6-7肋骨間横断面の脂肪面積割合であっても、モモ抜けの良い枝肉と悪い枝肉があるといわれており、枝肉購買の際にウチモモの状態は重要視されて

いる。しかしながら、枝肉価格決定のためのウチモモの評価は経験則に基づくものであり、学術的な調査はあまり行われていない。また、現在の流通ではウチモモの評価が容易に行える体制がとられていない。買参人にとって第6-7肋骨間横断面の脂肪交雑がどの程度枝肉全体に反映しているかは重要であり、ウチモモの評価はそれを知るための一つの手段である。

本研究では、牛枝肉におけるウチモモ評価のための画像解析による方法を提案し、ウチモモの鮮明なデジタル画像を取得する手法を検討した。さらに、第6-7肋骨間横断面ロース芯とウチモモとの脂肪交雑程度の関連性やウチモモ脂肪交雑の画像解析形質に関する品種の影響を調査し、これまで明確な調査方法が確立されていなかった、枝肉流通段階におけるウチモモ評価の重要性を明らかにすることを目的とした。

受付 2009年1月27日 受理 2009年3月9日

材料および方法

1. 供試牛

材料として2007年7月～2008年11月に北海道内の枝肉市場に上場された黒毛和種および交雑種（黒毛和種♂×ホルスタイン種♀）を用いた。本研究では買参人がモモ抜けを確認する部分であるウチモモの筋肉露出部をオオモモと定義した（図1）。一般にオオモモは屠畜後の背割りされた状態では脂肪に被われているものもあり、オオモモを確認できる枝肉はすべてではない。そのため本研究ではオオモモを確認できた枝肉のみを材料とした。今回の調査において、オオモモが確認できた枝肉は、上場された黒毛和種2,269頭（去勢1,556頭、雌713頭）および交雑種1,468頭（去勢822頭、雌646頭）のうち、去勢牛でそれぞれ12頭および13頭、雌牛でそれぞれ399頭および314頭であり、去勢牛よりも雌牛の方において、オオモモが見えやすい傾向にあった。これは、雌牛においてウチモモ筋肉の左右の接合部が去勢より大きいと考えられる。そのため、本研究では去勢牛を除外し、雌牛のみを用いて分析を実施した。

2. 撮影ならびに画像解析

牛枝肉の第6-7肋骨間横断面胸最長筋（以下、6-7横断面ロース芯）を撮影するために、口田ら²⁾が開発したミラー型撮影装置（HK-333、早坂理工、札幌）を用いた。枝肉横断面の撮影は、枝肉格付とほぼ同時刻に実施した。

オオモモの撮影には800万画素の解像度を有するデジタルカメラ（DIMAGE A2、コニカミノルタ社、東京）を用いた。ウチモモは枝肉の上方に位置しており、下からの撮影ではウチモモの断面を平行に撮影することは難しいため、一脚（HUP-544、ハクバ社、東京）にカメラを取り付け、リモコンスイッチ（RM-L1AM、SONY、東京）を使用し、上方の撮影を可能にした。また、ウチモモとカメラの距離を一定にするために、一脚に約40cmのハタガネ（与板利器工業、新潟）を取り付けた。ハタガネは固定式の当て金であり、クランプの部分を一脚に取り付け、当て金の部分を棒尺として用いた。デジタルカメラ内蔵のストロボに光量を落とし筋肉表面での光の反射を防止するために、白いテープを貼り照明装置とした。図2はその撮影風景である。

6-7横断面ロース芯ならびにウチモモの画像を分析するために、口田ら²⁾が開発した枝肉横断面画像専用

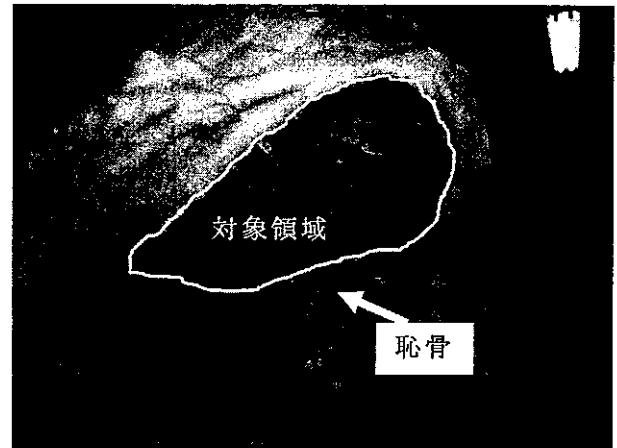


図1 ウチモモの対象領域（オオモモと定義）が明瞭な枝肉



図2 食肉処理場内における牛枝肉のウチモモ撮影

の解析ソフトウェア（BeefAnalyzer II、早坂理工、札幌）を用い、ロース芯ならびにオオモモの輪郭線を抽出した。ロース芯内の脂肪交雑の二値化にはBeefAnalyzer IIで採用されている判別分析二値化法を使用した。また、オオモモにおける脂肪交雑の二値化には輪郭線比較法を用いた³⁾。これは、オオモモにおいて判

別分析二値化法を用いると、撮影時の若干の光の反射や測定部位表面の水分を脂肪交雑として誤認識することがあり、脂肪面積割合を過大評価する可能性があったためである。輪郭線比較法はソフトウェアのアシストを受けながら手動で筋肉と脂肪交雑とを分離する方法であり、時間は要するが大きな誤認識部分が少ないという特徴を持つ。抽出されたロース芯ならびにオオモモの輪郭線内において、画像解析により脂肪面積割合、あらさ指数、最大あらさ指数、あらさ指数1~10および細かさ指数を測定した。

なお、脂肪面積割合は抽出したロース芯ならびにオオモモを二値化し、それぞれの輪郭線内の面積に対する脂肪交雑の面積割合である。あらさ指数の値が高い場合は、筋肉内にあらい脂肪交雑粒子が多く存在することを示しており、最大あらさ指数の値が高い場合は、筋肉内に単独で大きな脂肪交雑粒子が存在することを示している。あらさ指数1~10は、脂肪交雑粒子を面積の大きい順に並び替え、もっとも大きい脂肪交雑粒子から10番目までの脂肪交雑粒子面積を加算したときの脂肪交雑のあらさであり、脂肪面積割合の大きく異なる品種間比較などを行う際に特に有効な形質である⁴⁾。細かさ指数は、細線化処理と膨張処理を組み合わせ、画像演算により得た細かい脂肪交雑粒子(0.01~0.5 cm²)の粒子数を算出し、それを輪郭線内の面積で除した指数であり、その値が大きいほど、輪郭線内に細かい脂肪交雑粒子が多く存在することを示す²⁾。

6-7横断面ロース芯とウチモモとの関連性を調査するため、ウチモモの筋肉露出部であるオオモモとロース芯で、対応する画像解析形質の比較を実施した。

ロース芯のあらさ指数の算出における細線化処理の回数は10回を使用した。解像度の異なるカメラを使用したオオモモにおいては細線化処理の回数を5回とした。

統計分析にはSAS⁵⁾のCORRおよびGLMプロシージャを用い、相関係数の算出を行い、また、各画像解析形質を従属変数、品種を母数効果とした分散分析も実施した。

結果および考察

本研究におけるハタガネを取り付けた一脚カメラでの撮影方法が適切であるか検討するために、ハタガネを取り付けた状態および外した状態で、それぞれ2枚ずつ同一のウチモモを撮影し、画像解析値の再現性を確認した。確認には30頭の枝肉画像を用いた。画像解析値は、オオモモの輪郭内面積および脂肪面積割合を使用した。その結果、オオモモの輪郭内面積において、1枚目と2枚目の相関係数はハタガネ無しで $r=0.66$ ($P<0.01$)、ハタガネありでは $r=0.86$ ($P<0.01$)という結果となった(図3)。画像解析では、輪郭線内の面積を画素数によって算出しているため、ウチモモからの距離が同一でなければ1画素あたりの面積が異なってしまう。この結果から、ハタガネを取り付けたことで面積計測の再現性が向上したと考えられた。また、脂肪面積割合においては、ハタガネ無しで $r=0.97$ ($P<0.01$)、ハタガネありでは $r=0.94$ ($P<0.01$)となり、撮影において距離を一定にする影響は小さかった(図4)。以上の結果から、オオモモに関する本撮影方法と画像解析方法は再現性も高く有効である。

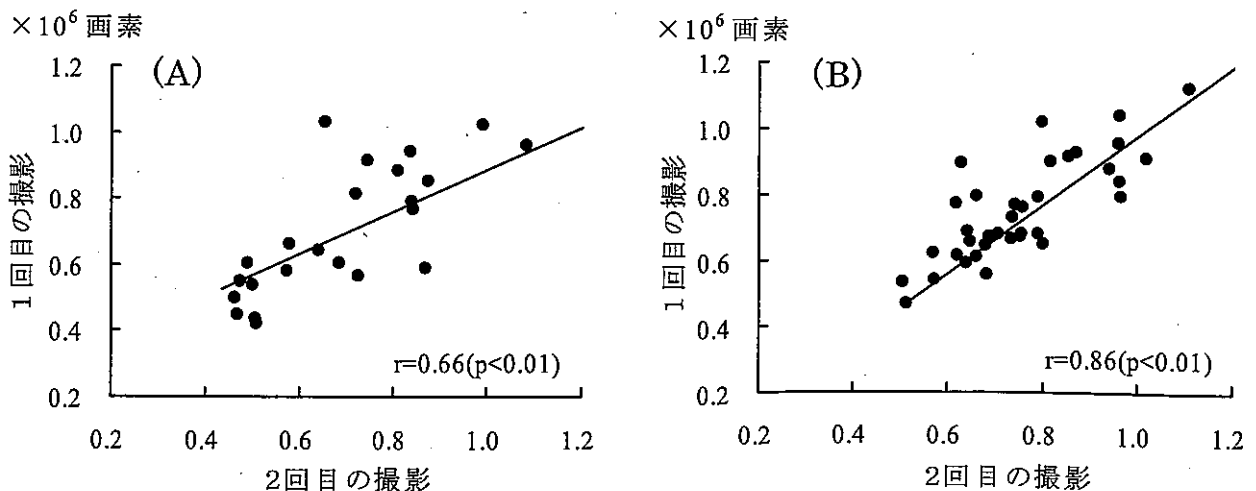


図3 ハタガネを用いなかった場合(A)とハタガネにより枝肉とカメラとの距離を一定にした撮影(B)におけるオオモモ面積算出の再現性

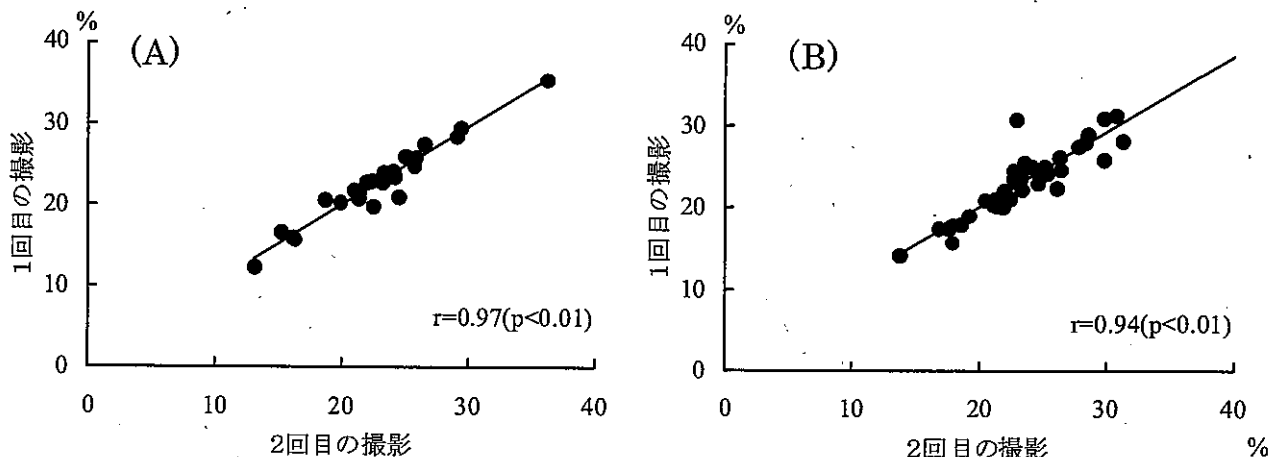


図4 ハタガネを用いなかった場合 (A) とハタガネにより枝肉とカメラとの距離を一定にした撮影 (B) におけるオオモモ内脂肪面積割合算出の再現性

と考えられた。

本研究で調査した枝肉のうち、雌牛の約半数においてオオモモが確認できたが、これらの枝肉とオオモモが脂肪で覆われ確認できない枝肉との格付形質および画像解析形質における最小二乗平均値を算出し、結果を表1に示した。黒毛和種においてはBMSナンバー、ロース芯脂肪面積割合、あらさに関する形質で、交雑種においてはばらの厚さで有意な差が認められた。したがって、特に黒毛和種については、後述する種々の結果に関して、一般的な枝肉よりもやや肉質の良質のものが対象となっていることに留意する必要がある。

各部位ごとの画像解析形質の、最小二乗平均値による品種間比較の結果を表2に示した。本研究で取り上げたあらさ指数を算出するに当たって細線化処理を施したが、カメラの画素数や焦点距離が異なる場合、1画素あたりの面積、すなわち1回に線幅を細める面積が異なるため、あらさに関する画像解析形質を単純に比較することはできない。すなわち、本研究の場合、6-7横断面ロース芯とウチモモを撮影したカメラの画素数が異なり、ロース芯とウチモモのあらさと細かさ

表1 黒毛和種および交雑種においてオオモモが確認できた枝肉と確認できなかった枝肉における枝肉格付形質、画像解析形質の相違

	黒毛和種		交雑種	
	確認可	確認不可	確認可	確認不可
データ数	399	314	314	332
枝肉格付形質				
出荷月齢(月)	29.76	29.67	27.51	27.58
枝肉重量(kg)	406.67	407.22	433.70	428.17
バラの厚さ(cm)	7.48	7.40	7.18 ^x	6.97 ^y
皮下脂肪厚(cm)	2.53	2.48	2.80	2.73
歩留基準値	74.25	74.21	70.82	70.75
BMSナンバー	5.25 ^a	4.85 ^b	3.23	3.14
画像解析形質(6-7横断面ロース芯)				
脂肪交雑割合(%)	43.39 ^a	41.70 ^b	34.07	34.05
あらさ指数(%)	15.87 ^a	14.87 ^b	16.03	15.93
あらさ指数1~10(%)	12.19 ^a	11.49 ^b	13.38	13.35
最大あらさ指数(%)	4.19	3.99	5.16	5.34
細かさ指数(個/cm ²)	3.29	3.30	2.81	2.83

a, bおよびx, y: オオモモが確認できた枝肉と確認できなかった枝肉間に有意差 (P<0.05)

表2 黒毛和種および交雑種における第6-7肋骨間ロース芯とオオモモの画像解析形質に関する最小自乗平均値

筋肉	品種	n	脂肪交雑割合(%)	あらさ指数(%)	あらさ指数1~10(%)	最大あらさ指数(%)	細かさ指数(個/cm ²)
ロース芯	黒毛和種	399	43.4 ^a	15.9	12.2	4.2 ^a	3.3 ^a
	交雑種	314	34.1 ^b	16.0	13.4	5.2 ^b	2.8 ^b
オオモモ	黒毛和種	399	13.8 ^a	16.7 ^a	8.3 ^a	3.1 ^a	1.8 ^a
	交雑種	314	9.1 ^b	10.6 ^b	6.0 ^b	2.4 ^b	1.4 ^b

a, b: 異なる記号間で品種間に有意差 (P<0.05)

に関する形質を絶対値で比較することはできないため、各部位ごとに品種による比較を行った。

6-7横断面ロース芯において黒毛和種と交雑種で比較すると、脂肪面積割合では黒毛和種が43.4%、交雑種が34.1%であり (P<0.01)、黒毛和種が交雑種よりも脂肪交雑が有意に多いということが確認できた。高橋ら⁴⁾は、黒毛和種と交雑種の去勢の脂肪面積割合を、それぞれ43.0%、31.8%と報告しており、本研究とほぼ一致した。本研究におけるあらさ指数、あらさ指数1~10では、黒毛和種と交雑種で有意な差はなかった。最大あらさ指数において黒毛和種4.2、交雑種5.2と交雑種が有意に高く (P<0.01)、交雑種は黒毛和種よりもあらい脂肪交雑が入ることを示した。また細かさ指数では黒毛和種は3.3、交雑種は2.8と黒毛和種が有意に高く (P<0.01)、黒毛和種は交雑種よりも細かいロース芯脂肪交雑粒子が多く存在することを示した。

オオモモにおいて、黒毛和種と交雑種では、脂肪面積割合 (それぞれ13.8%、9.1%)、あらさ指数 (それぞれ16.7、10.6)、あらさ指数1~10 (8.3、6.0) および最大あらさ指数 (3.1、2.4)、細かさ指数 (1.8、1.4) に関して、いずれの形質でも黒毛和種が有意に高い結果であった (P<0.01)。これらの結果から、オオモモでは交雑種よりも黒毛和種の方が、脂肪交雑が多く入り、あらくなりやすいことが示された。

6-7横断面ロース芯とオオモモの画像解析形質の相関係数を品種ごとに算出した (表3)。黒毛和種において、6-7横断面ロース芯とオオモモとの相関係数は、脂肪面積割合 (r=0.56)、あらさ指数 (r=0.50) でそれぞれ有意な中程度の相関係数が認められた (P<0.01)。Brackebuschら⁶⁾は胸最長筋と他の筋肉間で理化学的に定量した粗脂肪含量の比較において、胸最長筋と半膜様筋でr=0.90、胸最長筋と内転筋でr=0.83などの高い相関係数を報告した。本研究では筋肉間の比較の指標として画像解析による脂肪面積割合を用い

表3 黒毛和種および交雑種の第6-7肋骨間ロース芯とオオモモの脂肪交雑に関する画像解析形質の相関係数

画像解析形質	黒毛和種	交雑種
脂肪面積割合	0.56**	0.35**
あらさ指数	0.50**	0.26**
あらさ指数1~10	0.37**	0.19*
最大あらさ指数	0.14*	0.09
細かさ指数	0.16*	0.21*

*: P<0.05 ** : P<0.01

たが、Kuchidaら⁷⁾は画像解析で算出されたロース脂肪面積割合と理化学的に定量した粗脂肪含量との間に非常に強い関連性 (R²=0.96) をもつと報告している。したがって、Brackebuschら⁶⁾の結果は本研究とは異なるものであった。黒毛和種における6-7横断面ロース芯とオオモモについて、最大あらさ指数 (r=0.14) ならびに細かさ指数 (r=0.16) の相関係数は有意であったものの低かった。交雑種においては、脂肪面積割合 (r=0.35 P<0.01) で中程度の相関が認められたが、他の画像解析形質では低い相関 (r=0.09~0.26) であり、品種間で違いが認められた。以上の結果より、両品種とも6-7横断面ロース芯とオオモモとの脂肪交雑の関連性は低~中程度であり、6-7横断面からウチモモを詳細に評価することは難しいことが示された。

ウチモモは枝肉を構成する主要な筋肉であり、6-7横断面の脂肪交雑の特徴とは異なる可能性が示された。したがって、枝肉全体の価値を評価するためには、ウチモモを独立した肉質形質として取り扱う必要性がある。本研究を実施した市場において、6-7横断面ロース芯は切開後約1時間で撮影を行っている。しかし、ウチモモに関しては切開後24時間以上経過しており、測定部位表面の水分蒸発や、肉色ならびに脂肪交雑の変色が考えられ、一定条件下での測定が今後の課題として示された。

今日、ウチモモの枝肉価格への影響は注目されており、ごく一部の市場ではウチモモに被っている脂肪を除去し買参人が確認できる体制をとっているが、全国的には普及していない。ウチモモの脂肪を除去し、視覚的、客観的に評価できる体制ができれば、市場、買参人、生産者に与える経済的な効果は大きく、販売、生産の体制向上につながると期待できる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、調査にご協力いただいた株式会社マルハニチロ畜産十勝加工場、撮影にご協力いただいた北海道畜産公社道東事業所十勝工場、データ提供にご協力いただいた日本食肉格付協会帯広事業所ならびにホクレン農業協同組合連合会の関係各位に感謝の意を表す。また、本研究の一部は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「育種情報の高度化によるおいしい牛肉の開発 (No.1673:代表者丸山 新)」による研究費によって行われたものである。

引用文献

- 1) (社)日本食肉格付協会, 牛・豚・枝肉・部分肉取引規格解説書. pp 6-29. (社)日本食肉格付協会. 東京. 1988.
- 2) 口田圭吾・大澤剛史・堀 武司・小高仁重・丸山新. 動物遺伝育種研究, 34: 45-52. 2006.
- 3) 口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三. 日本畜産学会報, 68: 878-882. 1997.
- 4) 高橋健一郎・口田圭吾・堀 武司・波 通隆・小高仁重. 日本畜産学会報, 77: 501-507. 2006.
- 5) SAS Institute Inc. SAS User's guide: Statistics. Ver.5 ed. pp.433-506. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1985.
- 6) Brackebusch SA, McKeith FK, Can TR, McLaren DG. Journal of Animal Science, 69: 631-640. 1991.
- 7) Kuchida K, Kono S, Konishi K, Van Vleck LD, Suzuki M, Miyoshi S. Journal of Animal Science 78, 799-803. 2000.