

## 画像解析形質を用いた牛枝肉格付の肉質等級における格落ち要因の調査

山中惇平<sup>1</sup>・阿佐玲奈<sup>1</sup>・萩谷功一<sup>1</sup>・口田圭吾<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

(2015. 12. 27 受付, 2016. 12. 21 受理)

**要約** 本研究は、画像解析などにより肉質等級における格落ちに関連する要因を調査することを目的とした。材料牛は、2005年9月から2014年12月にかけて北海道内の枝肉市場に出荷された黒毛和種21,768頭である。格落ち割合の調査では、性別、出荷月齢、BMSNoおよび年次別に割合を算出した。格落ちに関連する形質の調査では、格落ち割合の調査で使用した個体のうち7,967頭を分析対象とし、BMSNo 3, 5および8ごとで格落ち項目について各形質の最小二乗平均を算出した。年次による格落ち項目は、近年「肉の締まりおよびきめ」と「肉の色沢」の両方で格落ちする個体が大部分を占めていた。格落ちに関連する要因の調査では、いずれのBMSNoでも格落ち項目について脂肪面積割合、新細かさ指数などの画像解析形質が有意に影響した ( $P < 0.05$ )。

日本畜産学会報 88 (2), 145-149, 2017

**キーワード** : 枝肉格付, 格落ち, 黒毛和種, 肉質等級

牛枝肉の肉質評価項目は、「脂肪交雑」、「肉の色沢」、「肉の締まりおよびきめ」および「脂肪の色沢と質」の4項目において評価される。4項目は(公社)日本食肉格付協会の格付員によって目視評価され、各々5段階に格付される。4項目の中で最も低い等級が肉質等級として判定される。わが国では、脂肪交雑の程度の高い牛肉が市場において好まれており、脂肪交雑が優れていると経済的価値が高くなる傾向にある(浜崎ら2009)。

脂肪交雑での評価値が高くても、その他3項目における評価値が低い場合、肉質等級が脂肪交雑等級よりも低くなるが、本研究では、このことを「格落ち」と定義した。一般的に、脂肪交雑の評価値に対して肉質等級が格落ちになる主な要因として、肉の締まりおよびきめ等級が他の項目よりも低くなることが挙げられる。浜崎ら(2009)は、2005年4月から2007年9月に北海道の枝肉市場に出荷された黒毛和種の枝肉格付記録において、脂肪交雑の評価より肉質等級が格落ちになった枝肉が23.3%存在し、このうち、肉の締まりおよびきめ等級が原因で格落ちになったものが93.8%を占めていたと報告した。

浜崎ら(2009)は、画像解析による肉の締まりの客観的評価の可能性を示した。格付員は現在も肉眼で肉質等級を評価しており、画像解析などの客観的評価により肉質等級の格落ちと関連する形質を見出すことができれば、格付時の補助データとして利用可能である。そこで本研究は、肉質等級において格落ち個体の割合を性別、出荷月齢、BMSNoおよび年次ごとに算出し、ついで画像解析形質

から肉質等級の格落ちに関連する要因を調査することを目的とした。

### 材料および方法

#### 1. 供試牛と枝肉格付形質

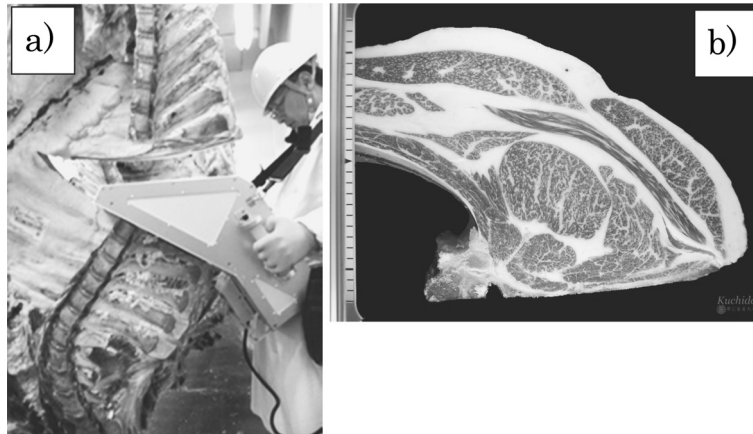
データは2005年9月から2014年12月にかけて北海道内の枝肉市場に出荷された黒毛和種21,768頭(去勢15,191頭、雌6,577頭)を使用した。本研究に用いた枝肉格付形質は、(公社)日本食肉格付協会による格付明細書に記載された枝肉重量、ばらの厚さ、皮下脂肪厚、BMSNo、BCSNoおよびBFSNoの6形質である。

#### 2. 画像解析形質

口田ら(2006)によって開発されたミラー型牛枝肉撮影装置(HK-333:早坂理工株式会社,札幌)を用いて牛枝肉左半丸の第6~7肋骨間切開面を撮影し、高精細枝肉横断面画像を得た(図1)。これらの画像に牛枝肉画像解析ソフトウェア(BeefAnalyzer-G:CSソリューション,札幌)を使用し、胸最長筋(ロース芯)内の脂肪交雑の量および形状に関する画像解析値を算出した。本研究ではロース芯面積、脂肪面積割合、あらさ指数、ロース芯短径長径比、ロース芯複雑度、筋肉平均輝度、脂肪平均輝度および新細かさ指数の8形質を分析に用いた。

脂肪面積割合は、ロース芯内に存在する脂肪交雑粒子の面積割合を示す。あらさ指数はロース芯内の脂肪交雑粒子全体のあらさの程度を示す指標である。ロース芯短径長径比はロース芯形状の円形度合を示す指標であり、1に近い

連絡者: 口田圭吾 (fax: 0155-49-5462, e-mail: kuchida@obihiro.ac.jp)



**Figure 1** Mirror type camera for beef carcass a) and high resolution digital image of Japanese Black b).

**Table 1** Percentage of downgrade of meat quality grade by sex, slaughter age, BMSNo. and slaughter year in Japanese Black cattle

		Total head (n = 21,768)	Downgraded No. (n = 6,850)	Downgraded %
Sex	Steer	15,191	4,222	27.8
	Female	6,577	2,628	40.0
Slaughter age (mo)	< 26	1,496	535	35.8
	27	3,302	964	29.2
	28	5,445	1,586	29.1
	29	5,070	1,513	29.8
	30	3,529	1,136	32.2
	31 <	2,926	1,116	38.1
BMSNo.	2	634	15	2.4
	3	2,605	2,289	87.9
	4	4,422	559	12.6
	5	3,712	2,738	73.8
	6	3,340	284	8.5
	7	2,698	8	0.3
	8	1,884	922	48.9
	9	1,426	35	2.5
	10	671	0	0.0
	11	303	0	0.0
	12	73	0	0.0
	Slaughter year	2005	1,014	238
2006		1,845	408	22.1
2007		1,744	447	25.6
2008		1,823	462	25.3
2009		2,131	635	29.8
2010		2,571	894	34.8
2011		2,907	1,064	36.6
2012		2,484	938	37.8
2013		2,573	887	34.5
2014		2,676	877	32.8

ほど円形に近く、値が小さいほどロース芯が扁平であることを示している。ロース芯複雑度はロース芯内の筋肉形状の複雑度を示し、値が大きいほど複雑であることを示している。筋肉平均輝度および脂肪平均輝度はそれぞれ得られた画像の筋肉部分および脂肪部分の明るさを示す指標であり、値が高いほどその部分が明るいことを示す。新細かさ指数は、ロース芯内の脂肪交雑の全周囲長をロース芯面積の平方根で除した値であり、値が大きいほど脂肪交雑が細かく入っていることを示している。

### 3. 格落ちの区分と格落ち割合の算出

本研究では肉質等級において個体が格落ちしたとみなす条件として、肉質等級が評価項目の1つである脂肪交雑での評価値よりも低い値を示す個体とした。つまり、格落ちした個体は「肉の締まりおよびきめ」、「肉の色沢」および「脂肪の色沢と質」のいずれかの評価値が脂肪交雑の評価値よりも低いものである。データは、肉質等級と脂肪交雑での評価値が同等以上であった「格落ちしていない」を一つの区分とし、さらに格落ち個体はそれぞれ格落ちの原因となった項目（以下、「格落ち項目」）別に区分した。

分析では、性別（去勢および雌）2水準、出荷月齢（26ヵ月齢以下、27～30ヵ月齢および31ヵ月齢以上）6水準、BMSNo（No 2～12）11水準および年次（2005～2014年）10水準ごとに格落ち割合を算出し、さらに年次別の格落ち項目ごとの割合を算出した。

### 4. 格落ちに関連する要因の調査

肉質等級の格落ちに関連する要因を調査するため、格落ち項目についてBMSNoを除く枝肉格付形質（5形質）および画像解析形質（8形質）の最小二乗平均を算出した。比較的個体数が安定している区分のみを分析対象とした。

そのためBMSNo 3, 5および8, 出荷月齢24～33ヵ月齢までの個体を分析対象とした。データ編集後、分析に用いた個体数は、7,967頭（去勢5,411頭、雌2,556頭）であった。分析方法は、BMSNo（No 3, 5, 8）ごとに性別、出荷月齢（2.3と同様の6水準）および格落ち項目を母数効果とし、分散分析を実施した。統計処理にはSASのGLMプロシジャを用いた（SAS 2009）。

### 結果および考察

性別、出荷月齢、BMSNoおよび年次別の格落ち割合を表1に示した。21,68頭のうち、肉質等級において格落ちした個体は6,850頭であった。性別について、雌は去勢よりも10%程度高い割合を示した。出荷月齢については28ヵ月齢の29.1%から31ヵ月齢以上の38.1%の範囲であり、31ヵ月齢以上に次いで26ヵ月齢以下が35.8%と高い格落ち割合であった。BMSNoについて、肉質等級の変り目であるBMSNo 3, 5および8はそれぞれ87.9%, 73.8%および48.9%と他のBMSNo（0.0～12.6%）に比べて非常に高い格落ち割合を示した。年次について、2005年から2012年にかけて増加傾向であったが、2012年を境に減少傾向に転じた。

年次に対する格落ち項目ごとの割合を図2に示した。格落ちの区分は、「肉の締まりおよびきめ（以下、締まりきめ）」、「肉の色沢（肉色）」、「脂肪の色沢と質（脂肪）」、「肉の締まりおよびきめと肉の色沢（締まりきめと肉色）」、「肉の締まりおよびきめと脂肪の色沢と質（締まりきめと脂肪）」、「肉の色沢と脂肪の色沢と質（肉色と脂肪）」、「3項目全て（全項目）」の7区分であり、全ての個体は以上で示す7区分または「格落ちしていない」のいずれかに該

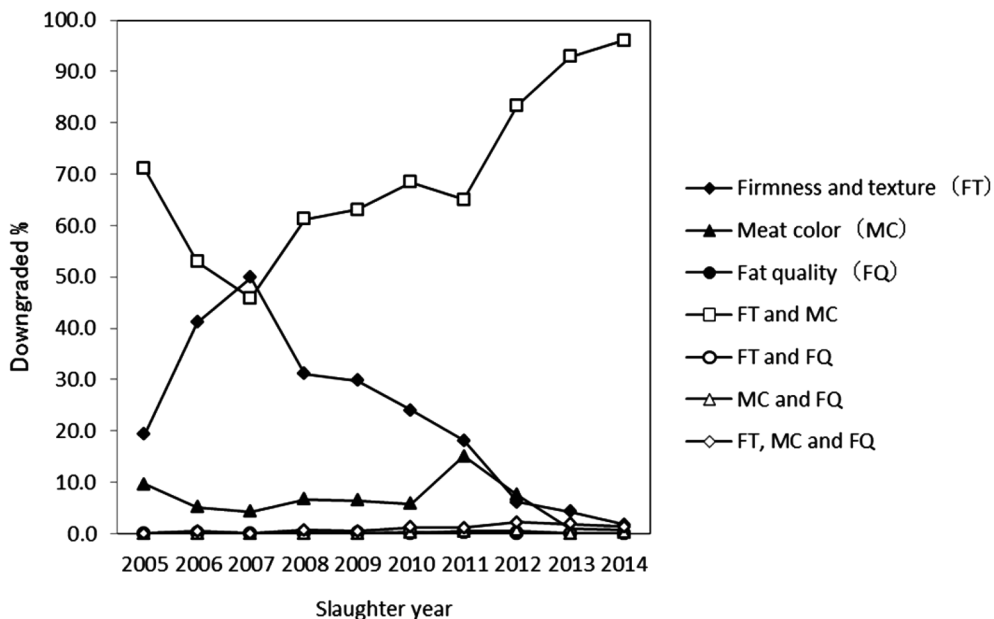


Figure 2 Percentage of the reason of downgrading by slaughter year in Japanese Black cattle.

**Table 2** Least square means of downgrading reason for carcass traits and image analysis traits by BMSNo. 3, 5 and 8 in Japanese Black cattle

Trait	Reason of downgrading			
	No downgrading	Firmness and texture (FT)	Meat color (MC)	FT and MC
BMSNo 3	(n = 312)	(n = 661)	(n = 39)	(n = 1,486)
Carcass weight (kg)	425.1ab	426.4a	406.7ab	416.8b
Rib thickness (cm)	7.4a	7.3a	7.3ab	7.1b
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.6a	2.5a	2.5ab	2.3b
BCSNo	3.7a	3.6a	4.2b	4.1b
BFSNo	3.0a	3.0a	3.1b	3.0a
Rib eye area (cm <sup>2</sup> )	52.4ab	52.7a	51.0ab	51.6b
Intramuscular fat percentage (%)	37.8a	35.2b	37.9a	34.2c
Coarseness index of marbling (%)	13.4b	13.4b	15.4a	12.5c
Minor-major ratio of rib eye	0.656a	0.648a	0.646ab	0.635b
Complexity of rib eye shape	1.095a	1.097a	1.104a	1.100a
Average luminance of lean	96.3a	93.2b	93.1ab	88.7c
Average luminance of fat	145.9a	142.2b	147.0a	138.0c
New fineness index	70.0a	65.7b	64.1b	65.4b
BMSNo 5	(n = 969)	(n = 413)	(n = 113)	(n = 2,170)
Carcass weight (kg)	450.9a	446.7ab	441.8ab	443.7b
Rib thickness (cm)	7.9a	7.7b	7.7ab	7.7b
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.6a	2.5b	2.5ab	2.5b
BCSNo	3.6b	3.5c	4.1a	4.1a
BFSNo	3.0ab	3.0bc	2.9c	3.0a
Rib eye area (cm <sup>2</sup> )	56.7a	57.3a	54.4b	56.5a
Intramuscular fat percentage (%)	47.5a	45.5c	47.7a	46.1b
Coarseness index of marbling (%)	17.0ab	16.6b	18.0a	16.8b
Minor-major ratio of rib eye	0.680a	0.664b	0.661b	0.658b
Complexity of rib eye shape	1.101ab	1.099a	1.109b	1.102ab
Average luminance of lean	99.4a	97.1b	94.6c	93.7c
Average luminance of fat	145.1a	144.2a	143.7a	139.3b
New fineness index	76.9a	75.6b	72.7c	75.1b
BMSNo 8	(n = 959)	(n = 64)	(n = 122)	(n = 659)
Carcass weight (kg)	462.7a	455.7a	458.8a	457.6a
Rib thickness (cm)	8.2a	8.0ab	8.1ab	8.0b
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.5a	2.4a	2.4a	2.4a
BCSNo	3.6a	3.6a	4.0b	4.0b
BFSNo	3.0a	3.0a	3.0a	3.0a
Rib eye area (cm <sup>2</sup> )	62.6a	63.6a	62.7a	62.8a
Intramuscular fat percentage (%)	54.9b	53.6c	55.9a	55.4a
Coarseness index of marbling (%)	19.1a	18.9a	19.7a	19.6a
Minor-major ratio of rib eye	0.702a	0.681ab	0.696ab	0.680b
Complexity of rib eye shape	1.101a	1.098a	1.104a	1.103a
Average luminance of lean	103.8a	102.6a	102.6a	99.3b
Average luminance of fat	148.0a	147.5a	148.7a	142.0b
New fineness index	84.3a	83.1ab	81.5b	83.0b

a, b, c : Different superscript in the same line are significantly different ( $P < 0.05$ )

当した。

格落ち項目のうち、特に「締まりきめ」と「締まりきめと肉色」の割合が年次により大きく変化した。2005～2006年にかけて増加傾向であった「締まりきめ」は、2007年を境に減少傾向に転じた一方、「締まりきめと肉色」が増加傾向となり、2014年には全体の96%と大部分を占めた。このことから、近年出荷されている個体の大部分は、肉質等級における格落ちが「締まりおよびきめ」等級と「肉の色沢」等級の両方が原因となっていると推察した。

BMSNo 3, 5, 8における格落ち項目ごとの各形質の最小二乗平均を表2に示した。枝肉重量は、「格落ちしていない」がBMSNo 5およびNo 8区分で最も高い値を示し、格落ち個体が比較的軽い枝肉重量となることが推察された。ロース芯面積はBMSNo 5区分で「肉色」により格落ちした個体が他の個体に比べて低い値を示した ( $P < 0.05$ )。あらさ指数は、「肉色」により格落ちした個体がBMSNo 3区分で「格落ちしていない」および「締まりきめ」により格落ちした個体に比べて高い値を示したが ( $P < 0.05$ )、「締まりきめと肉色」により格落ちした個体は「格落ちしていない」および「締まりきめ」により格落ちした個体に比べて低い値を示した ( $P < 0.05$ )。ロース芯複雑度はどのBMSNoでも有意差は認められず格落ちに影響は与えていなかった。BCSNoについていずれのBMSNoでも同様の傾向が見られ、「格落ちしていない」および「締まりきめ」により格落ちした個体のBCSNoの最小二乗平均が「肉色」および「締まりきめと肉色」のそれよりも低い値を示した ( $P < 0.05$ )。このことは、肉色が暗くなる (BCSNo 4.0付近) と「肉色」において格落ちする可能性が高くなることを示唆し、肉色の明るさの指標である筋肉平均輝度も同様の結果であった ( $P < 0.05$ )。また脂肪平均輝度は「締まりきめと肉色」により格落ちした個体はその他の個体に比べて低い値となった ( $P < 0.05$ )。このことから、筋肉だけでなく脂肪の明るさも格落ちに影響を与えていると考えられた。

本研究ではいずれのBMSNoでも「締まりきめ」において格落ちした個体が「格落ちしていない」個体よりも低い脂肪面積割合を示した ( $P < 0.05$ )。小堤ら (1985) や橋元ら (2014) はロース芯内の粗脂肪含量と水分含量との間にきわめて強い負の相関があることを報告しており、低い脂肪面積割合が「締まりきめ」を原因とした格落ちの要因となっている可能性が推察された。ロース芯短径長径比については、いずれのBMSNoにおいても「格落ちしていない」個体が他の格落ち項目と比較し、最も高い値を示した ( $P < 0.05$ ) ことから、扁平な形状を示すロース芯において格落ちする可能性が高くなることが推察された。新細かさ指数は、「格落ちしていない」においていずれのBMSNo区分でも最も高い値を示し、コザシを呈し

ていることが示された。コザシの遺伝率は0.6程度 (加藤ら 2013) であるため小ザシを目指した改良により格落ちしない育種改良が可能であると考えられる。また、「肉色」により格落ちした個体が最も低い値を示した。新細かさ指数はコザシの程度を表しており、BMS標準写真の選定の際に考慮された形質である (口田と金井 2012)。特にBMSNo 3における「格落ちしていない」と「肉色」の最小二乗平均値の差は6程度であり、口田と金井 (2012) によれば、この差はBMSNoで0.5程度の差に相当するものである。本研究の結果は、細かい脂肪交雑の形状は格落ちに対して、非常に強いものではないが良い影響を与えていることを示した。

以上より、近年の枝肉格付において肉質等級における格落ちが確認される要因として「締まりおよびきめ」および「肉の色沢」の両方が挙げられ、「締まりおよびきめ」で格落ちした個体は格落ちしていない個体よりも低い脂肪面積割合、「肉の色沢」により格落ちした個体はより低い新細かさ指数を示すなどいくつかの画像解析形質において有意な影響 ( $P < 0.05$ ) を見出すことができた。このことから、客観的な画像解析形質は、肉質等級における格落ちに関連する補助データとなり得ると考えられる。また、同一BMSNoと評価されたとしても、格落ちが発生すると、枝肉単価に大きな影響が懸念される。例として、BMSNo 5の個体において格落ちの有無による平均枝肉単価の差は238.4円であった。この差は枝肉の流通においてきわめて大きく、格落ちを防止することは経済的に重要な課題であると推察される。本研究の結果より、格落ちしている個体は、枝肉重量がやや軽く、ロース芯形状がやや扁平であり、脂肪交雑の形状が細くない傾向があった。これらの点に留意し肥育し、さらにはこれら形質を改良することで、格落ちの割合を減らすことにつながる可能性が示された。

## 文 献

- 浜崎陽子, 斎藤利朗, 佐藤幸信, 長束淳一. 2009. 画像解析の手法を用いたホルスタイン種去勢牛における牛肉の締まりの客観的評価法の検討. 日本畜産学会報 **80**, 47-54.
- 橋元大介, 岩元 禎, 早田 剛, 中西良孝. 2014. 肥育牛における生検筋肉材料の水分または粗脂肪含量と枝肉脂肪交雑との関係. 日本暖地畜産学会報 **57**, 141-145.
- 加藤啓介, 前田さくら, 口田圭吾. 2013. 黒毛和種における胸最長筋内脂肪交雑粒子の細かさに関する遺伝的パラメータの推定. 日本畜産学会報 **85**, 21-26.
- 口田圭吾, 金井俊男. 2012. 食肉の脂肪交雑の評価方法. 特許第6032640.
- 口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 小高仁重, 丸山 新. 2006. 画像解析による牛枝肉横断面の評価とその遺伝. 動物遺伝育種研究 **34**, 45-52.
- 小堤恭平, 安藤四郎, 池田敏雄, 中井博康, 千国幸一. 1985. 市場牛肉の格付等級と理化学的特性について. 日本畜産学会報 **56**, 1-7.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's guide. 2nd edn. pp. 7384-7451. SAS Publishing, Cary, NC.