

画像解析を用いた BMS ナンバー推定における頭 および背半棘筋情報の利用

口田圭吾・加藤浩二¹・鈴木三義・三好俊三

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

¹家畜改良事業団, 北海道幕別町 089-0625

(2000. 1. 25 受付, 2000. 4. 21 受理)

要約 脂肪交雑ナンバー (Beef Mbling Standard number, 以下 BMS ナンバーと略す) 判定の際, 頭半棘筋および背半棘筋の脂肪交雑程度が, 補助的情報として利用されている. それらの情報を利用することが, 画像解析による BMS ナンバー推定の精度に対する影響を検討した. BMS ナンバーを持つ 99 頭の枝肉横断面の写真を用い, 胸最長筋 (胸), 頭半棘筋 (頭) および背半棘筋 (背) に占める脂肪交雑の面積比, それぞれの筋肉において, 脂肪交雑粒子面積を 5 つの階層に区分し, 算出した粒子面積および形状係数の平均ならびに標準偏差, 胸最長筋を 4, 9, 25 および 100 の小領域に分割したそれぞれの領域における脂肪面積比の標準偏差を, 画像解析形質として算出した. BMS ナンバーと各筋肉における脂肪面積比との相関係数は 0.70 (胸), 0.38 (頭), 0.39 (背) であった. 胸最長筋のみの情報を利用した場合, 格付の差 (推定 BMS - 格付員による BMS) が ± 0 および ± 1 以内であった割合は, それぞれ 52.5, 96.0% であったのに対し, 頭および背半棘筋の情報を利用した場合, 64.6, 96.0% となった.

日本畜産学会報, 71 (9) : J305-J310, 2000

わが国で取り引きされている牛枝肉は, (社)日本食肉格付協会の格付員によって評価されている. セリが開催されていない食肉センター等においては, 主要市場の等級別の価格が取引の基準とされ, 格付結果が枝肉価格に直接的に反映される. また, セリが開催されている市場等であっても, 格付結果がセリの指値決定要因とされているなど, 格付は経済的に重要な意味を持っている. さらに, 格付業務は低温冷蔵庫における長時間作業であるため, 格付員にとってその労働条件は厳しいものとなっている. したがって, 人間の視覚のみに頼らない, 客観的な牛枝肉格付を実現する自動化システムの構築が, 将来の課題として期待されている.

Kuchida ら⁴⁾ は, 画像解析により得られたロース芯に占める脂肪交雑の面積割合 (以下, 脂肪面積比) や脂肪交雑の粗さならびに形状, 脂肪交雑の配置バランスを総合的に考慮し, BMS ナンバーを推定する方法を報告した. また, 白仁田ら⁹⁾ は枝肉断面画像に対するテクスチャ解析により BMS ナンバーを推定している. それらの BMS ナンバー推定精度は高いものであるが, 実際の格付に用いるには, さらなる改良が必要と考えられてい

る.

脂肪交雑の判定は, 牛脂肪交雑基準を基に, 主として胸最長筋における脂肪交雑の程度を対象として実施されているが, 頭半棘筋ならびに背半棘筋における脂肪交雑の程度も併せて考慮に入れている⁶⁾. これまでの画像解析による BMS ナンバーの推定において, 頭および背半棘筋の脂肪交雑の程度を考慮した報告はない. 本研究では, 胸最長筋に対する画像解析の他に, 頭および背半棘筋の脂肪交雑程度を画像解析により数値化し, BMS ナンバー推定の際に, それらを補助的情報とした場合の推定精度について, 検討することを目的とした.

材料および方法

材料として(社)日本食肉格付協会の格付員により評価された BMS ナンバーを持つ黒毛和種去勢牛について, 第 6-7 肋骨間で切開したロース芯断面の写真を用いた (図 1). 写真撮影は, 0°C に設定された枝肉用冷蔵庫内で, 枝肉断面に対して鉛直方向より, 一眼レフカメラを用いて行った. なお, 撮影は, 格付終了後, 1 時間以内に実施した. 得られた写真をプリントし, カラーイメージ

連絡者: 口田圭吾 (fax : 0155-49-5414, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

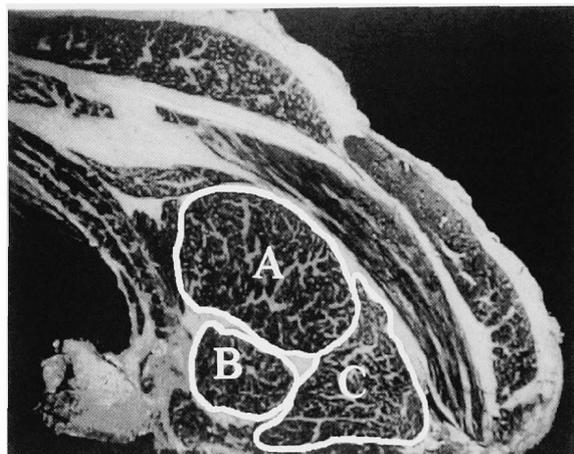


Fig. 1. *M. longissimus dorsi* (A), *M. semispinalis capitis* (B) and *M. semispinalis dorsi* (C) on the cross section of the 6-7 th rib.

スキャナーを用い、画像のサイズが約2Mバイト（非圧縮 BITMAP ファイル）になるようスキャンし、コンピュータに取り込んだ。その結果、99頭の枝肉断面の鮮明な画像が得られた。

対象とした画像解析形質は、胸最長筋、頭および背半棘筋の脂肪面積比、各対象筋肉での面積がある一定範囲内にある脂肪交雑粒子の数、粒子面積および形状係数の平均値ならびに標準偏差、胸最長筋における脂肪交雑の配置バランスである。撮影されたフルカラー画像について、著者らの作成した脂肪交雑客観評価のためのソフトウェア^{1,2)}を用い、それぞれの筋肉における画像解析形質を算出した。

形状係数は、面積に関わらず、形が複雑な脂肪交雑粒子ほど値が大きくなる指数である。口田ら²⁾は、面積が比較的大きな脂肪交雑粒子の形状が、格付員により評価されたBMSナンバーに対し、有意に影響していることを報告した。そこで、脂肪交雑粒子の面積が、 0.01 cm^2 以上 0.05 cm^2 未満の粒子のみを抽出し、それぞれの面積および形状係数の平均ならびに標準偏差を算出した。同様の処理を、粒子の面積が $0.05\sim 0.1\text{ cm}^2$ 、 $0.1\sim 0.5\text{ cm}^2$ 、 $0.5\sim 1.0\text{ cm}^2$ および 1.0 cm^2 以上の粒子についても実施した。例えば $0.1\sim 0.5\text{ cm}^2$ 以上の粒子の面積に関する平均および標準偏差をAA01およびSA01、形状係数の平均および標準偏差をAF01およびSF01と定義した。

ロース芯内の脂肪交雑の配置バランスは、ロース芯を小領域に分割し、小領域ごとの脂肪面積比について標準偏差を求めることで算出した。ロース芯内にバランスよ

く脂肪交雑が配置している場合には、その標準偏差が小さくなることが予測される。この指標を用いることで、脂肪交雑のばらつきを推察することが可能となる。ロース芯の外周について、2点間の距離が最長である2点を結んだ直線を長径とし、この長径に直交する直線が、ロース芯の外周と交わる2点を結んだ最長の直線を短径とした。長径および短径をそれぞれ2, 3, 5および10等分し、それらが作る4, 9, 25および100の長方形の小領域について脂肪面積比を算出した。小領域がロース芯外に存在する場合や、ロース芯の外周上に存在し、その画素数が同一画像中、小領域の最大画素数の半分以下である場合には、計算には含めなかった。これら4, 9, 25および100の領域から算出された脂肪面積比の標準偏差をSTD4, STD9, STD25およびSTD100とした。

Kuchidaら⁴⁾は、BMSナンバー推定の際、脂肪面積比レベルごとに解析することが有効であることを報告した。そこで、本報でも脂肪面積比を12.5%未満、12.5~17.5%、17.5~22.5%および22.5%以上の4段階に区分し、それぞれのデータセットごとにBMSナンバーの推定を行った。得られた画像解析形質およびロース芯面積、屠殺時体重、枝肉重量、バラの厚さおよび皮下脂肪の厚さを説明変数とし、BMSナンバーを従属変数とする重回帰式を、SASのSTEPWISEプロシジャー⁸⁾を用い、推定した。また、重回帰式に選択される変数の数は、最大3変数とした。なお、BMSナンバーの推定は、頭および背半棘筋の情報を含むデータセットおよびそれらを含まないデータセットの双方において実施し、頭および背半棘筋の情報を利用することの有効性を検討した。

推定したBMSナンバーから格付員によるBMSナンバーを引いたものを、格付の差と定義した。すなわち、
格付の差 = (推定BMSナンバー) - (格付員によるBMSナンバー)

である。

この格付の差の絶対値が小さくなるほど、推定したBMSナンバーが、格付員によるBMSナンバーに近い値であることを示すものである。なお、推定BMSナンバーは、実数であるが、小数点以下を四捨五入し、格付の差を整数型として算出した。

結果および考察

それぞれの筋肉の面積ならびに脂肪面積比の平均および標準偏差を表1に示した。頭半棘筋面積 (12.6 cm^2) は、胸最長筋および背半棘筋 (それぞれ 48.7 cm^2 、 43.1 cm^2) に比較し、有意に小さい値を示した ($P < 0.01$)。背半棘筋の脂肪面積比の平均は28.5%と、胸最長筋および

頭背半棘筋を加味した BMS 推定

頭半棘筋の平均(それぞれ 18.6%, 19.3%)に比較し、有意に高い値を示した ($P < 0.01$)。また、背半棘筋脂肪面積比の変動係数は、17.4%であり、胸最長筋(32.2%)および頭半棘筋(28.6%)のそれらに比較し低いことが認められ、背半棘筋の脂肪面積比はばらつきが小さいことが示唆された。非常に多くのサンプル(99 サンプルのうち 69 サンプル)で、背半棘筋内に筋間脂肪が大きく入り込んでいた。そうでないものについても、非常に粗い脂肪交雑が見受けられた。これらのことが、背半棘筋の脂肪面積比を高くしている原因の一つではないかと推察された。

BMS ナンバーと各筋肉における脂肪面積比との相関係数を表 2 に示した。胸最長筋、頭半棘筋および背半棘筋の脂肪面積比と BMS ナンバーとの相関係数は、それぞれ 0.70, 0.38 および 0.39 と有意 ($P < 0.01$) であり、胸最長筋の脂肪面積比と BMS ナンバーとの相関係数がもっとも大きな値を示した。胸最長筋、頭および背半棘筋の脂肪面積比間の相関係数は、0.41~0.53 と中程度の値であった。胸最長筋内の粗脂肪含量は、脂肪面積比と強い関連性 ($r^2 = 0.91$) が報告されており³⁾、脂肪面積比から粗脂肪含量を推定することが可能である。小堤ら⁷⁾は、黒毛和種ならびにホルスタイン種の旧規格による脂肪交雑評点と粗脂肪含量との関連性について、梅北ら¹⁰⁾

は黒毛和種の新規格による BMS ナンバーと粗脂肪含量との関連性について検討し、0.85~0.90 と高い相関係数を報告している。同様に、口田ら^{4,5)}は、画像解析により算出された脂肪面積比と BMS ナンバーとの相関係数が 0.69~0.81 であったと報告した。本研究における胸最長筋の脂肪面積比と BMS ナンバーとの相関係数は、これら値の範囲内であった。

本研究で用いた材料の BMS ナンバーの範囲は、2 から 9 であり、その平均および標準偏差は 3.7 ± 1.5 であった。脂肪面積比レベルごとの各 BMS ナンバーにおける頭数を表 3 に示した。また、脂肪面積比の頭および背半棘筋を含んだデータセットおよび含まないデータセットを用い、BMS ナンバーを推定する重回帰式に関して、STEPWISE 法により選択された変数を表 4 に示した。

頭および背半棘筋情報の利用の有無に関わらず、胸最長筋の脂肪面積比はすべての重回帰式に選択された。頭および背半棘筋情報を利用したデータセットでは、脂肪面積比が 12.5~17.5% のレベル(レベル 2)において頭半棘筋の脂肪交雑粒子(粒子面積 $0.01 \sim 0.05 \text{ cm}^2$)の形状係数の標準偏差が選択された。また、脂肪面積比が 17.5~22.5% のレベル(レベル 3)において背半棘筋の脂肪面積比が選択された。さらに、脂肪面積比が 22.5% 以上のレベル(レベル 4)において背半棘筋の脂肪交雑粒子(粒子面積 $0.05 \sim 0.1 \text{ cm}^2$)の面積の標準偏差が選択された。脂肪面積比が 12.5% 以下のレベルおよびレベル 4 において、重回帰式の決定係数が高い傾向を示したが、この原因として、n の数がレベル 2 およびレベル 3 に比較し少ないことや、レベル 4 における脂肪面積比の範囲が他のレベルに比較し広い(22.7~34.8%) ことなどが考えられるが、詳細については、今後データを増やして解析をすすめていきたい。

実際の枝肉格付においては、同一の枝肉であっても、小ザシや粗ザシの出現状態などに対する評価の相違により、格付員間の BMS ナンバー格付値に 1 程度の差異が

Table 1. Summary of basic statistics of area and fat area ratio calculated by image analysis on *M. longissimus dorsi*, *M. semispinalis capitis* and *M. semispinalis dorsi*

	Area (cm ²) Mean ± SD	Fat area ratio(%) Mean ± SD
<i>M. longissimus dorsi</i>	48.7 ± 5.8 ^a	18.6 ± 6.0 ^a
<i>M. semispinalis capitis</i>	12.6 ± 2.4 ^b	19.3 ± 5.5 ^a
<i>M. semispinalis dorsi</i>	43.1 ± 7.2 ^a	28.5 ± 5.0 ^b

^{a,b}: Significant difference with different character in the same column ($P < 0.01$).

Table 2. Correlation coefficients among BMS number and fat area ratios on *M. longissimus dorsi*, *M. semispinalis capitis* and *M. semispinalis dorsi* calculated by image analysis

	2	3	4
1. BMS number	0.70**	0.38**	0.39**
2. Fat area ratio on <i>M. longissimus dorsi</i>		0.41**	0.50**
3. Fat area ratio on <i>M. semispinalis capitis</i>			0.53**
4. Fat area ratio on <i>M. semispinalis dorsi</i>			

** : $P < 0.01$.

生じることがある。そこで、著者らは、画像解析により推定されるBMSナンバーと格付員によるBMSナンバーとの差(格付の差)を、±1以内に収めることを目標としている。そこで、表5に頭および背半棘筋情報の利用の有無による格付の差の頻度を示した。頭および背半棘筋の情報を利用した場合、格付の差が±0および±1以内であったものは、それぞれ64例(64.6%)および95例(96.0%)であり、頭および背半棘筋の情報を利用しなかった場合、格付の差が±0および±1以内であったものは、それぞれ52例(52.5%)および95例(96.0%)であった。格付の差が±1以内の割合は、同一であったが、頭および背半棘筋の情報を利用することで、格付の差が±0である割合が高くなることが認められた。Kuchidaら⁴⁾は、全国和牛登録協会の検定員により格付された

BMSナンバーを、胸最長筋の画像解析情報を利用し、本研究とほぼ同様の手法により推定した。その中で、格付の差が±0および±1以内であった割合が、それぞれ47.2%および91.5%と報告した。これらの結果は、画像解析の手法を用いることで、9割以上のサンプルについて、BMSナンバーを格付の差が±1以内で推定できることを示唆している。

頭および背半棘筋の情報を利用しないデータセットより得られた格付の差に対し、頭および背半棘筋の情報がどのように影響しているかについて検討した。その際、推定BMSナンバーを整数とせず算出した格付の差(実数)を用いた。頭半棘筋および背半棘筋の脂肪面積比が、格付の差に対する回帰係数は、それぞれ-0.0294および-0.0268が推定され、ともに有意であった(P<0.05)。このことは、頭および背半棘筋の脂肪面積比が低いと、格付の差が有意に大きくなる、すなわち、胸最長筋における脂肪交雑の程度が同一であっても、頭半棘筋および背半棘筋の脂肪面積比が低いと、BMSナンバーは格付員によって低く評価されることを示している。

本研究の結果は、BMSナンバー推定に頭および背半棘筋の情報を用いることで、推定精度が向上することを示した。頭および背半棘筋の情報を加えることで、画像解析の手順が3倍以上に増加することなど、問題点はあるが、将来においてBMSナンバーの格付を機械化する

Table 3. Frequencies for Beef Marbling Standard (BMS) number by the level of fat area ratio

	BMS number								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
Fat level <12.5%	10	5	0	0	0	0	0	0	
12.5~17.5	6	18	10	0	1	0	0	0	
17.5~22.5	1	10	14	4	2	2	0	0	
22.5<	0	1	4	6	2	0	1	2	

Table 4. Selected covariates into multiple regression equations for prediction of the Beef Marbling Standard (BMS) number and coefficient of determination (R²) of their regression equations

	n	Selected variables			R ²
Information from <i>M. semispinalis capitis</i> and <i>M. semispinalis dorsi</i> were used					
Fat level <12.5%	15	Fatper ² (LD)	Rib thick	N01 (LD)	0.90
12.5~17.5	35	Fatper ² (LD)	SF001 (SC)	SF01 (LD)	0.47
17.5~22.5	33	Fatper ³ (LD)	Fatper (SD)	SFT	0.44
22.5<	16	Fatper (LD)	Rib thick	SA005 (SD)	0.89
Information from <i>M. semispinalis capitis</i> and <i>M. semispinalis dorsi</i> were not used					
Fat level <12.5%	15	Fatper ² (LD)	Rib thick	N01 (LD)	0.90
12.5~17.5	35	Fatper ³ (LD)	STD4 (LD)	AF01 (LD)	0.42
17.5~22.5	33	Fatper ³ (LD)	SFT	SA005 (LD)	0.44
22.5<	16	Fatper (LD)	Rib thick	AA005 (LD)	0.79

LD : *M. longissimus dorsi*, SC : *M. semispinalis capitis*, SD : *M. semispinalis dorsi*, Fatper : Fat area ratio, Fatper^x : the x th power of Fatper, Rib thick : Rib thickness, N01 : Number of marbling particle with areas 0.1~0.5 cm², SF001 and SF01 : Standard deviations of form score of marbling particles with areas 0.01~0.05, 0.1~0.5 cm², respectively, SFT : Subcutaneous fat thickness, SA005 : Standard deviation of area of marbling particles with areas 0.05~0.1 cm², STD4 : Standard deviations of fat area ratios from the 4 partitions of ribeye, AF01 : Average of form score of marbling particles with areas 0.1~0.5 cm², AA005 : Average of area of marbling particles with areas 0.05~0.1 cm².

頭背半棘筋を加味した BMS 推定

Table 5. Frequencies for the difference (DIFBMS) between BMS numbers assigned by examiner and by image analysis in the case of information from *M. semispinalis capitis* (SC) and *M. semispinalis dorsi* (SD) were used or were not used

DIFBMS	Information from SC and SD	
	used	not used
-2	4	4
-1	14	17
±0	64	52
+1	17	26

DIFBMS = (BMS number predicted by image analysis)
- (BMS number assigned by examiner)

場合に、これら筋肉の情報の利用は、有効な手段となりうるであろう。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、牛枝肉格付結果等の情報をご提供いただいた(社)日本食肉格付協会の関係各位に深謝する。本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号 11760189)ならびに財団法人伊藤記念財団による研究費の援助によっておこなわれたものであり、ここに感謝の意を表する。

文 献

- 1) 口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三. 画像解析によるロース芯断面内脂肪割合の正確な算出法の開発. 日本畜産学会報, 68 : 853-859. 1997.
- 2) 口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三. 画像解析によるロース芯断面内脂肪交雑粒子に関する客観的評価法. 日本畜産学会報. 68 : 878-882. 1997.
- 3) Kuchida K, Konishi K, Suzuki M, Miyoshi S. Prediction of the crude fat contents in rib-eye muscle of beef using the fat area ratio calculated by computer image analysis. *Animal Science Technology*, 69 : 585-588. 1998.
- 4) Kuchida K, Tsuruta S, Van Vleck LD, Suzuki M, Miyoshi S. Prediction method of beef marbling standard number using parameters obtained from image analysis for beef ribeye. *Animal Science Journal*, 70 : 107-112. 1999.
- 5) 口田圭吾・小西一之・鈴木三義・三好俊三. BMS ナンバーと牛ロース芯内脂肪面積比との関連性におよぼす品種の効果. 日本畜産学会報, 70 : J106-J110. 1999.
- 6) (社)日本食肉格付協会. 牛・豚・枝肉・部分肉取引規格解説書. 6-29. (社)日本食肉格付協会. 東京. 1989.
- 7) 小堤恭平・安藤四郎・池田敏雄・中井博康・千国幸一. 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 : 1-6. 1985.
- 8) SAS Institute. SAS User's Guide : Statistics, Ver. 5, 433-506. SAS Institute Inc. Cary, NC. 1985.
- 9) 白仁田和彦・宮島恒晴・瀧山龍三. テクスチャ解析による牛枝肉の等級判定. 映像情報メディア学会誌, 51 : 931-934. 1997.
- 10) 梅北信二郎・竹追良和・横山喜世志・内山正二, 黒毛和種去勢牛肉の理化学的特性と新規格. 鹿児島県畜産試験場研究報告, 24 : 66-70. 1992.

Utilization of the Information from *M. semispinalis capitis* and *M. semispinalis dorsi* by Computer Image Analysis on BMS Number Prediction

Keigo KUCHIDA, Koji KATO¹, Mitsuyoshi SUZUKI and Shunzo MIYOSHI

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

¹ Livestock Improvement Association of Japan, Makubetsu-machi Hokkaido 089-0625, Japan

Corresponding : Keigo KUCHIDA (fax : +81 (0) 155-49-5414, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

Marbling level of *M. semispinalis capitis* (SC) and *M. semispinalis dorsi* (SD) are used as supplementary information in the Beef Marbling Standard (BMS) number judgment. The effectiveness of the use of these information to predict the BMS number by the image analysis was examined. Images of 99 carcass cross sections with BMS number were used. The fat area ratio on *M. longissimus dorsi* (LD), SC and SD was calculated as an image analysis trait. Similarly, means and standard deviations of the area and of the form score for marbling particles classified into 5 levels, and standard deviations of marbling percentages in small areas which were obtained by dividing the ribeye into 4, 9, 25, and 100 partitions were calculated by image analysis. The correlation coefficient among BMS number and the fat area ratio of each muscle were 0.76 (LD), 0.38 (SC) and 0.39 (SD). Percentages of the judgment difference (predicted BMS number - BMS number assigned by grader) within ± 0 and ± 1 without consideration of the information from SC and SD muscles were 52.5 and 96.0%, respectively. While, percentages of the judgment difference within ± 0 and ± 1 taking into consideration the information from SC and SD muscles were 64.6 and 96.0%, respectively.

Animal Science Journal, 71 (9) : J305-J310, 2000

Key words : BMS number, Image analysis, *M. semispinalis capitis*, *M. semispinalis dorsi*