脂肪交雑粒子のあらさおよび胸最長筋の形状に関する画像解析値を用いた BMS ナンバーの推定

長谷川未央・口田圭吾・佃 秀雄¹・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

(2003. 8. 7 受付, 2003. 11. 10 受理)

要 約 BMS ナンバーの格付の際に, その評価を左右する要因の一部として考えられる脂肪交雑粒子のあらさ (あらさ) および胸最長筋の形状 (形状) について画像解析により評価し, 新たに単独粒子のあらさ指数の検討を行った. さらに, あらさおよび形状に関する情報を加味した, 客観的な BMS ナンバー推定法を検討した. 分析には, 黒毛和種間接検定材料牛 446 頭の枝肉横断面画像ならびに格付記録を用いた. 胸最長筋内に存在する極端に小さい単独の粒子を識別するため, 最大粒子のあらさを全体の粒子のあらさで除した, 単独粒子のあらさ指数を算出した. 同程度の脂肪面積比であるにもかかわらず, BMS ナンバーが低く評価された要因について検討するため, サンプルの脂肪面積比と格付による BMS ナンバーごとの平均脂肪面積比との差 (脂肪面積比の差) を解析対象とし, それが正であったサンプル ($n=193$) について, 格付による BMS ナンバーに対するあらさや形状の影響を調査した. さらに, 全データを用いてあらさおよび形状を考慮した BMS ナンバーの推定を行った. 単独粒子のあらさを用いることで, より好ましくないと推察される, 胸最長筋内に単独で存在する粒子を選別できることが確認された. 脂肪面積比の差と全体の粒子のあらさとの間に有意な正の相関が示され, BMS ナンバーの評価を下げる要因のひとつを特定できた. 画像解析により推定された BMS ナンバーと格付による BMS ナンバーとの差が ± 0 である割合は 51.4%, ± 1 以内である割合は 92.4% となった.

日本畜産学会報, 75 (1) : 53-60, 2004

胸最長筋断面における脂肪交雑の程度は, 経済的に大きな影響を及ぼすとされ (八巻ら 1996 ; 広岡と松本 1997), 枝肉を評価する際の重要な項目となっている. 格付員により評価される牛脂肪交雑基準 (以下, BMS) ナンバーは, 畜試式牛脂肪交雑基準の標準モデルをもとに判定されており (日本食肉格付協会 1996), 胸最長筋面積に対する脂肪交雑の面積比 (以下, 脂肪面積比) と密接な関係にあるとされている (Kuchida ら 1999 ; 口田ら 2001).

しかし BMS ナンバーの判定には, 明確な指標とはされていないものの, 脂肪交雑粒子のあらさや胸最長筋の形状が影響していると考えられている. Shiranita ら (2000) により, BMS ナンバーの格付には粒子の大きさ (あらさ) や小さい粒子の数が関係すると報告された. さらに, 口田ら (2002 a) は画像解析を用いた粒子のあらさの評価法について検討を行い, 肉眼による評価と符合するあらさ指数を提案した. しかし脂肪面積比の極端に少ない枝肉にこの方法を適用すると, 格付時に好ましくないとされる, 大きな脂肪交雑粒子の単独の存在を的確に判定するのは困難であった. Shiranita ら (2000), 口田ら (2001), Shackelford ら (2003) などにより画像解析を用いた BMS

ナンバーの推定が行われているが, あらさ指数を取り入れた例はない. そこで本研究では, BMS ナンバーの判定の際に, 胸最長筋内の小さい脂肪交雑粒子の存在や胸最長筋の形状がどのように影響しているかについて検討を行う. さらに, 粒子のあらさをより的確に判定する新たな指標を提案し, 従来法に加え, 粒子のあらさおよび胸最長筋の形状に関する画像解析値を考慮した, 新しい BMS ナンバーの推定法について検討することを目的とした.

材料および方法

本研究では, 2001 年 4 月から 2002 年 7 月にかけて, 社団法人家畜改良事業団により実施された, 黒毛和種産肉能力検定間接法で得られた枝肉横断面画像ならびに格付記録を用いた. 材料牛 446 頭は, すべて同一の検定場から出荷され, 同一の処理場で枝肉調査が行われた. 撮影には, 口田ら (2001) により開発された牛枝肉横断面撮影装置 (以下, 撮影装置) を利用した. 撮影された枝肉画像に対して, 口田ら (1997) が作成した画像解析ソフトウェアを利用して, 胸最長筋輪郭線を自動で描画さ

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

せ、その輪郭が誤っていると判断された場合は手動で微調整を行い、胸最長筋を抽出した(図 1-a)。判別分析法により、胸最長筋内を脂肪と筋肉に 2 値化し(図 1-b)、その後、回数を 5 回に指定し、胸最長筋内の脂肪交雑粒子の細線化処理を行った(図 1-c)。細線化処理とは、幅を持った図形に対して、近傍に背景を持つ点について、端点を保持した状態でその図形の連続性を損なわない点を削除し、線幅を細める処理である(高木と下田 1991)。さらに、線幅 1 である細線を除去し(図 1-d)、あらい粒子をそれぞれ独立した 1 つの粒子として認識できるようにした。

以上の処理の後、胸最長筋内の粒子のあらさ(全体の粒子のあらさ)ならびに胸最長筋内で面積が最大である粒子のあらさ(最大粒子のあらさ)を算出した。なお、今回使用した全体の粒子のあらさおよび最大粒子のあらさは、口田ら(2002a)の報告における“あらさ指数 2 (5)”および“あらさ指数 4 (5)”に相当するものである。あらさ指数の算出に使用した式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{全体の粒子のあらさ} &= \text{Coarse}(5) / \text{Marbling\_Pixel} \times 100 \\ \text{最大粒子のあらさ} &= \text{Max\_Coarse}(5) / \text{Marbling\_Pixel} \times 100 \end{aligned}$$

ここで、Coarse (5) は粒子を 5 回細線化処理し、線幅 1 の細線を除去した画素数、Max_Coarse (5) は粒子を 5 回細線化処理し、線幅 1 の細線を除去した粒子の中で最大であるものの画素数である。また、Marbling_Pixel は 2 値化直後の粒子の画素数である。

続いて、胸最長筋画像から、口田ら(2002b)の方法にしたがい、胸最長筋の形状の数値化を行った。はじめに、胸最長筋輪郭線の凹凸を滑らかにするために、1 画素の

線幅で描画した胸最長筋輪郭線に対して(図 2-a) 5 回の膨張処理を行い(図 2-b)、その後細線化処理を施し、得られた輪郭線(図 2-c)を外周囲長とした。さらに、胸最長筋について凸包を求め、凸多角形長を自動的に算出した。ここで膨張処理とは、ある画素の近傍に一つでも 1 があればその画素を 1 にする処理をいい、凸包とは、平面状に多数の点が与えられたときに、これらの点を包含する最小の多角形であり、凸多角形長(図 2-d)とは得られた多角形の周囲の長さのことをいう(高木と下田 1991)。

胸最長筋の形状について説明する画像解析形質として、短径・長径比および胸最長筋形状の複雑さ(以下、ロース形状の複雑さ)を算出した。短径・長径比は胸最長筋形状の横長の程度を示すもので、値が小さいほど胸最長筋が横長な形状を呈していることを示す。ロース形状の複雑さは胸最長筋の輪郭線の複雑さを示すもので、胸最長筋の外周囲長を凸多角形長で除したものである。この値が大きいほど胸最長筋の形状が複雑であることを示す。

口田ら(2002a)により、あらさ指数 4 (5) が最大粒子のあらさの指標として報告されている。あらさ指数 4 (5) を用いると、あらい脂肪交雑粒子が存在する胸最長筋を選び出すことが可能であるが、比較的あらい粒子が複数個存在する場合(図 3-a)と、あらい脂肪交雑が単独で存在する場合(図 3-b)とを区別することができなかった。そこで新たに、胸最長筋内に単独で存在するあらい粒子を評価するための指標(単独粒子のあらさ)について検討した。すなわち、検定員により評価が下げられる要因の 1 つとして考えられる、胸最長筋内に存在す

Fig. 1. Procedure of image analysis to calculate the coarseness of marbling in the rib eye by image analysis.

Fig. 2. Procedure of image analysis to evaluate the rib eye shape.

Fig. 3. Rib eye images with a) several coarse particles and b) a single coarse particle.

る極端にあらい単独の粒子を識別するため、最大粒子のあらさを全体の粒子のあらさで除した、単独粒子のあらさ指数を算出した。この値は、胸最長筋内の最大粒子が、全体の粒子に対してどれくらいの割合となっているかを表すものであり、この値が大きいほど胸最長筋内のあらい粒子の単独での存在が示される。さらに、単独粒子のあらさとあらさ指数 4 (5) とを組み合わせることで、胸最長筋内にあらい粒子が多数存在するのか、または極端にあらい粒子が単独で存在するのかを識別した。

枝肉画像を解析して得られた形質を画像解析形質とし、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、単独粒子のあらさ、短径・長径比、ロース形状の複雑さに加え、胸最長筋面積および脂肪面積比を用いた。

BMS ナンバーは脂肪面積比ときわめて高い関連があるとされている。口田ら (2001) は、格付員による BMS ナンバーと脂肪面積比との相関係数が $r=0.93$ であると報告した。本研究における、検定員による BMS ナン

バーと脂肪面積比との関係を図 4 に示した。BMS ナンバーが低く格付される要因の一部として考えられる、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、単独粒子のあらさ、短径・長径比、ロース形状の複雑さが、BMS ナンバーの格付にどのように影響しているかについて調査した。脂肪面積比が BMS ナンバーごとの脂肪面積比の平均より大きいサンプル（すなわち、図 4 における 1 次回帰直線より上部に位置するサンプル）を分析対象 ($n=193$) とし、相関関係を調べた。さらに、全体の粒子のあらさ、単独粒子のあらさ、短径・長径比およびロース形状の複雑さの 4 形質を独立変数候補、サンプルの脂肪面積比とそのサンプルの BMS ナンバーにおける平均脂肪面積比との差（以下、脂肪面積比の差）を従属変数として重回帰分析を行った。この際、BMS ナンバーのレベルにより格付が低く評価される要因が異なることが推察されたため、BMS ナンバーを 4 つのレベルに区分し分析を行った。BMS ナンバー 1~5 を BMS レベル 1、6~7

を BMS レベル 2, 8~9 を BMS レベル 3, 10~12 を BMS レベル 4 とした。

次に、全データを用いて BMS ナンバーを推定する重回帰分析を行った。脂肪面積比のみを独立変数とした場合（モデル 1）、胸最長筋面積、脂肪面積比およびその 2 乗、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、単独粒子のあらさ、脂肪面積比と全体の粒子のあらさとの相互作用、脂肪面積比と最大粒子のあらさとの相互作用、短径・長径比、ロース形状の複雑さの計 10 形質を独立変数候補とし、逐次変数選択法により分析を行った場合（モデル 2）の 2 つのモデルを用いた。統計解析には SAS（1985）の REG プロシージャを用い、変数の選択には逐次変数選択法（STEPWISE 法）を利用した。

結果および考察

撮影に用いた材料の基礎統計量を表 1 に示した。本研究における BMS ナンバーの平均は 7.78 となり、Kuchida ら（1999）が用いた枝肉の平均 8.7（ $n=106$ ）と比較し、

若干小さな値となった。また、その範囲は 3 から 12（Kuchida ら（1999）は 5 から 11）であり、より広い範囲の BMS ナンバーとして格付された胸最長筋画像を取得できた。

単独粒子のあらさを降順に並び替え、上位 6 頭について、その胸最長筋の画像を図 5 に示した。単独粒子のあらさをを用いてあらさを評価した場合、単独のあらい脂肪交雑粒子が存在する胸最長筋が選ばれた。一方、従来法である最大粒子のあらさに関して上位に選ばれた胸最長筋画像には、図 3 における a) のような、あらい粒子を含むものの、それが複数個存在する枝肉もみられた。さらに、これら 2 つの値を同時に評価し、全体的にあらいのか、また単独であらい粒子が存在するのかを、よりの確に判別する可能性について検討した。単独粒子のあらさの値が大きく（上位 1% 以内）、同時に最大粒子のあらさが小さい値（上位 15% 以外）を示した枝肉は、胸最長筋内に単独のあらい粒子が存在した。単独粒子のあらさ上位 6 頭の、最大粒子のあらさにおける順位は、それぞれ

Fig. 4. Relationship between BMS number assigned by examiner and fat area ratio in the rib eye area calculated by image analysis.

Table 1. Summary of basic statistics for carcass and image analysis traits ($n=446$)

Trait	Mean $\pm$ S.D.	Minimum	Maximum
Rib eye area (cm ²)	42.75 $\pm$ 5.49	27.80	61.20
Fat area ratio (%)	27.82 $\pm$ 6.24	13.10	46.60
BMS No.	7.78 $\pm$ 2.00	3	12
Overall coarseness	16.78 $\pm$ 4.73	1.62	30.60
Coarseness of maximum particle	4.74 $\pm$ 2.47	0.05	16.46
Coarseness of single particle	0.28 $\pm$ 0.11	0.01	0.70
Minor-major axis ratio	0.67 $\pm$ 0.06	0.49	0.85
Complexity of rib eye shape	1.03 $\pm$ 0.02	1.00	1.16

Coarseness of single particle=Coarseness of maximum particle/Overall coarseness.

Fig. 5. Images of *M. longissimus thoracis* with high “Coarseness of single particle” among 446 images.

1 位, 11 位, 147 位, 87 位, 3 位および 8 位であった。図 5 における 3) および 4) は、最大粒子のあらさの値が小さく、従来の方法ではあらい脂肪交雑粒子として選ばなかったが、単独粒子のあらさと最大粒子のあらさとを組み合わせることにより、判定が可能となった。このように脂肪面積比の少ない枝肉においても、単独粒子のあらさを用いることで、より好ましくないと推察される単独で存在する粒子を選別できることが確認された。

図 4 に脂肪面積比と検定員による BMS ナンバーとの関係を示した。脂肪面積比と検定員による BMS ナンバーとの相関は、 $r=0.90$ と非常に高かった。Kuchida ら (1999) は、銀塩写真を用い両者の関係を調査し、 $r=0.69$ という本研究に比べ低い相関係数を報告したが、この相関係数の差は、撮影装置の性能の向上にともない、鮮明な画像の取得が可能になったためと推察される。しかし、図 4 に示されたように、同一の BMS ナンバーとして判定されている枝肉の間でも、脂肪面積比の値にはばらつきがみられ、それぞれの BMS ナンバーにおける平均値より脂肪面積比が大きい枝肉、すなわち、脂肪面積比の差が正である枝肉は、何らかの理由で低く評価された可能性が考えられる。

そこで、脂肪面積比の差が正となった枝肉 193 頭に対して、BMS ナンバーが低く評価された理由の一部として考えられる、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、単独粒子のあらさ、胸最長筋の短径・長径比、およびロース形状の複雑さと、脂肪面積比の差との相関関係を BMS レベルごとに調査した (表 2)。脂肪面積比の差と全体の粒子のあらさとの相関係数は、BMS レベル 1~3

において有意な正の相関係数が示された ($0.30 \sim 0.38$: $P < 0.05$)。レベル分けをしなかった場合でも、有意な正の相関係数 (0.29 : $P < 0.01$) が示された。これにより、全体の粒子のあらさが、BMS ナンバーの評価を下げる要因となっていることが示唆された。最大粒子のあらさは、BMS レベル 2 (0.18 : $P > 0.10$) と 3 (0.20 : $P > 0.10$) において、有意ではないものの正の相関係数が認められた。しかしながら、単独粒子のあらさにおいては、BMS レベル 1 (-0.25 : $P < 0.10$) と 4 (-0.14 : $P > 0.10$) で、低いものの負の相関が示された。特に、脂肪量の非常に少ない BMS レベル 1 において、最大粒子のあらさや単独粒子のあらさが高い値を示した脂肪交雑は“あらい”としてでなく、“脂肪量が多い”と判定されてしまったため、減点項目にはならなかったと示唆された。短径・長径比では、BMS レベル 2 において負の相関係数 (-0.23 : $P < 0.10$) が示され、脂肪量が中程度であるレベル 2 においては、胸最長筋がつぶれたいびつな形であるものは、格付時に BMS ナンバーが低く評価される傾向にあることが推察された。ロース形状の複雑さについては有意な相関係数は示されなかった。

次に、BMS ナンバーの格付を低く評価させる要因について総合的に検討するため、BMS レベルごとに脂肪面積比の差を推定する重回帰分析を行った。すなわち、脂肪面積比の差を従属変数、全体の粒子のあらさ、単独粒子のあらさ、短径・長径比、ロース形状の複雑さの 4 変数を独立変数候補として、変数を選択する基準を $P < 0.15$ とした逐次変数選択法により重回帰式を求めた。推定された重回帰式の決定係数および選択された変数を表 3 に

Table 2. Correlation coefficients between the difference of fat area ratio and the average fat area ratio for each BMS number and image analysis traits

Trait	All	BMS level			
		1	2	3	4
n	193	47	54	53	39
Overall coarseness	0.29**	0.31*	0.38*	0.30*	0.22
Coarseness of maximum particle	0.07	-0.04	0.18	0.20	-0.05
Coarseness of single particle	-0.12	-0.25†	-0.05	0.05	-0.14
Minor-major axis ratio	-0.05	-0.03	-0.23†	-0.02	0.05
Complexity of rib eye shape	0.03	-0.12	-0.22	0.12	-0.01

* ; $P < 0.05$, ** ; $P < 0.01$, † ; $P < 0.10$

BMS levell, 2, 3 and 4 : BMS number 1-5, 6-7, 8-9, and 10-12, respectively.

Table 3. Coefficient of determination (R^2) for multiple regression equation for prediction of the difference between fat area ratio and the average of fat area ratio for each BMS number and selected covariates using the stepwise method for each BMS level

R^2		Selected Covariates	
BMS level 1	0.30	Overall coarseness	Coarseness of single particle
BMS level 2	0.25	Overall coarseness	Minor-major axis ratio
BMS level 3	0.09	Overall coarseness	Complexity of rib eye shape
BMS level 4	—	—	—

BMS levell, 2, 3 and 4 : BMS number 1-5, 6-7, 8-9, and 10-12, respectively.

示した。BMS レベル 1~3 では、全体の粒子のあらさが BMS ナンバーの格付を下げる要因の一つとして示唆された。さらに、BMS レベル 1 では単独粒子のあらさが、BMS レベル 2 では短径・長径比とロース形状の複雑さが選択され、各 BMS レベルにおいて BMS ナンバーが低く評価される要因に差があることが推察された。BMS レベル 4 ではどの独立変数候補も選択されなかった。

次いで 446 頭すべての枝肉を用いて、変数を選択する基準を $P < 0.15$ とした逐次変数選択法により BMS ナンバーの推定を行い、推定された BMS ナンバーから検定員により判定された BMS ナンバーを減じて、小数点以下を四捨五入した値(以下、格付の差)を用い、推定精度を検証した。脂肪面積比のみから BMS ナンバーを推定したモデル 1 では、格付の差が ± 0 である割合は 43.5%，それが ± 1 以内である割合は 91.0% であった(表 4)。一方、画像解析形質 10 形質を独立変数候補として分析を行ったモデル 2 において、逐次変数選択法による重回帰分析で選択された変数は、胸最長筋面積、脂肪面積比とその 2 乗、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、ロース形状の複雑さの 6 形質であった($R^2 = 0.83$)。ここで、

ロース形状の複雑さの符号はマイナスとなり、ロース芯形状が複雑なものほど、BMS ナンバーが低く判定される傾向にあったが、このことから、ロース形状は BMS ナンバーの判定項目として明記されていないものの、格付に少なからず影響を与えていることが確認された。モデル 2 において格付の差が ± 0 である割合は 51.4%， ± 1 以内である割合は 92.4% となり、脂肪面積比のみで推定したモデル 1 より高い精度で BMS ナンバーを推定できた。Kuchida ら(1999)は、脂肪交雑に関する画像解析形質 25 変数のうち、胸最長筋面積、粒子面積が 0.01 cm^2 以上である脂肪交雑粒子の平均面積、胸最長筋を 100 分割したときの脂肪割合の標準偏差の 3 変数を用いて、BMS ナンバーを推定する重回帰分析を行ったが、そこでの格付の差は ± 0 が 33.0%， ± 1 以内が 75.5% であり、本研究の結果は先行研究よりきわめて高い推定精度であった。同研究では、脂肪面積比を 6 段階にレベル分けし、それぞれについて重回帰式を求めることで、本研究とほぼ同等の推定精度(格付の差 ± 0 : 47.2%， ± 1 以内 : 91.5%)を報告しているが、今回のようにレベル分けをせずに推定した場合でも、粒子のあらさやロース形状に

Table 4. Frequency and their percentage (in parenthesis) of prediction difference (DIFBMS) between the BMS assigned by examiner and the predicted by multiple regression for two models (n=446)

DIFBMS ^a	Model 1	Model 2
-2	19 (4.3%)	14 (3.1%)
-1	107 (24.0)	98 (22.0)
±0	194 (43.5)	229 (51.4)
1	105 (23.5)	85 (19.1)
2	21 (4.7)	20 (4.5)

^a DIFBMS=BMS predicted by image analysis-BMS assigned by examiner
Model 1 : BMS number by image analysis was based on the fat area ratio in rib eye area.

Model 2 : BMS by image analysis was calculated using the multiple regression equation.

関する情報を取り入れることにより、精度の高い推定が可能であると示唆された。Shackelford ら (2003) は USDA 肉質等級を格付された 400 頭の枝肉を用い、マープリングスコアの推定を行った。40 の画像解析形質の中から 9 変数が重回帰式に選択され、その決定係数は 0.76 であり、本研究 ($R^2=0.84$) とほぼ同レベルの推定精度が報告された。

BMS ナンバーの推定精度を向上させるためには、格付の差が生じる要因について詳細に検討し、BMS ナンバー推定の際に考慮する必要がある。本研究では、単独粒子のあらさを用いることにより単独のあらい粒子を判定することが可能となったが、単独粒子のあらさと最大粒子のあらさには類似した傾向がみられ、これを BMS ナンバーの推定式に使用するまでは至らなかった。本研究で取り上げた以外にも、BMS ナンバーの格付時に考慮される要因は他にも多数あると考えられ、さらなる検討が必要である。また、胸最長筋内に多数の細かい脂肪交雑粒子 (いわゆる小ザシ) が存在するものは、BMS ナンバー判定の際に比較的高い評価を受けると考えられる。しかし現在使用している撮影装置では、カメラの性能上、非常に細かい粒子をうまくとらえることができないため、今後さらに検討をすすめる予定である。また、本研究では産肉能力検定間接法における若齢牛を材料として用いたが、今後は一般肥育牛で分析を行い、格付への影響を調査する予定である。

謝 辞

枝肉横断面の撮影に協力していただいたホクレン農業協同組合連合会、北海道畜産公社十勝事業所の関係各位に深謝する。本研究は、文部科学省「21 世紀 COE プログラム」補助金 (A-1)、日本学術振興会科学研究費補助 (課題番号 13760191)、財団法人伊藤記念財団ならびに財団法人北海道科学技術総合振興センターによる研究費の

援助によって行われたものであり、ここに感謝の意を表する。

文 献

- 広岡博之・松本道夫. 1997. わが国の牛枝肉市場における価格決定に關与する要因. 農業経済研究, 69 : 239-235.
- 田圭吾・菊池 彩・加藤浩二・日高 智・鈴木三義・三好俊三. 2002b. 画像解析による黒毛和種の牛胸最長筋形状評価法と種雄牛の影響. 日本畜産学会報, 74 : 23-29.
- 田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三. 1997. 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.
- 田圭吾・鈴木三義・三好俊三. 2001. 枝肉横断面撮影装置の開発と得られた画像を利用した BMS ナンバーの推定. 日本畜産学会報, 72 : J224-J231.
- 田圭吾・鈴木三義・三好俊三. 2002a. 画像解析による牛胸最長筋内脂肪交雑粒子のあらさに関する評価法の検討. 日本畜産学会報, 73 : 9-17.
- Kuchida K, Tsuruta S, Van Vleck LD, Suzuki M, Miyoshi S. 1999. Prediction method of beef marbling standard number using parameters obtained from image analysis for beef ribeye. *Animal Science Journal*, 70 : 107-112.
- SAS Institute Inc. 1985. *SAS User's guide* : Statistics. Ver.5 edn. 433-506. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M. 2003. On-line prediction of yield grade, longissimus muscle area, preliminary yield grade, adjusted preliminary yield grade, and marbling score using the MARC beef carcass image analysis system. *Journal of Animal Science*, 81 : 150-155.
- Shiranita K, Hayashi K, Otsubo A, Miyajima T, Takiyama R. 2000. Grading meat quality by image processing. *Pattern Recognition*, 33 : 97-104.
- (社)日本食肉格付協会. 1996. 牛・豚枝肉, 牛・豚部分肉取引規格解説書. 12-18. 日本食肉格付協会. 東京.
- 高木幹雄・下田陽久. 1991. 画像解析ハンドブック. 第 1 版. 475-593. 東京大学出版会. 東京.
- 八巻報次・長谷部正・伊藤房雄・氏家 哲. 1996. 買参人の牛枝肉価格の値付け要因. 1996 年度日本経済学会論文集, 175-179.

Prediction of BMS Number Using Coarseness of Marbling Particles and Shape of *M. longissimus thoracis* Obtained from Image Analysis for Beef Rib Eye as Parameters

Mio HASEGAWA, Keigo KUCHIDA, Hideo TSUKUDA¹, 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-cho, Hokkaido 089-0625, Japan

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

Grading of the Beef Marbling Standard (BMS) number would be influenced not only by the ratio of marbling area to *M. longissimus thoracis* (rib eye) area but also by the coarseness of marbling particles and the shape of the rib eye. The aim of this study was to predict the BMS number with consideration to the coarseness of marbling particles and the shape of rib eye by using the obtained images. The coarseness of marbling particles and the shape of rib eye by computer imaging analysis, which were considered as the possible causes of a decrease in the BMS number, were investigated, and “Coarseness of single particle” was suggested. Pictures of the rib eye area of 446 Japanese Black steers with BMS number assigned by examiners of Wagyu Registry Association were used. The coarseness of a single particle was calculated by dividing the coarseness of the maximum particle by the overall coarseness and was used to distinguish a single particle on the rib eye from other marbling particles. The effect of the coarseness of marbling particles or the shape of rib eye on the grading of the BMS number was investigated to account for the decrease in the BMS number of rib eye with the same level of marbling percentage. For each BMS number, 193 samples that had a larger ratio of fat area than the average ratio were used. The BMS numbers were classified into four levels to examine the cause of the decrease in the BMS number in each level. Next, the BMS number was predicted for 446 carcasses using multiple regressions that considered the coarseness of marbling particles and the shape of rib eye. By using the coarseness of a single particle as index, a single particle on the rib eye that could have caused the decrease in the BMS number could be distinguished. There was a positive and significant correlation between the difference of fat area ratio (the difference between the fat area ratio and the average of the fat area ratio for each BMS number) and the overall coarseness, implying that the overall coarseness would cause a decrease in the BMS number. Also, the effect of the coarseness of marbling particles or the shape of rib eye on the difference of fat area ratio varied in each BMS level. Percentages of the difference between the assigned BMS number and the predicted BMS number being ± 0 and ± 1 were 51.4% and 92.4%, respectively.

Nihon Chikusan Gakkaiho, 75 (1) : 53-60, 2004

Key words : Coarseness of marbling, Japanese Black, Prediction of BMS number