

画像解析によるホルスタイン種を用いた **BMS** ナンバー推定法 ならびに異なる横断面の脂肪交雑特徴量の比較

浜崎陽子・口田圭吾・日高 智・島田謙一郎・関川三男・丸山 新

日 本 畜 産 学 会 報 第 76 卷 第 4 号 別 刷

2005 (平 17) 年 11 月

Reprinted from

Animal Science Journal, Vol. 76, No. 4

November 2005

画像解析によるホルスタイン種を用いた BMS ナンバー推定法 ならびに異なる横断面の脂肪交雑特徴量の比較

浜崎陽子・口田圭吾・日高 智・島田謙一郎・関川三男・丸山 新¹

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

¹ 岐阜県畜産研究所, 高山市 506-0101

(2005. 5. 17 受付, 2005. 8. 5 受理)

要 約 BMS ナンバーの格付は, 第 6-7 肋骨間横断面における胸最長筋を中心に行われている。しかし脂肪交雑がこの他の横断面でも同様な様相を呈しているとは限らない。本研究では, ホルスタイン種を対象として, 画像解析により, BMS ナンバー判定式を求めることを第 1 の目的とし, さらに, 第 2 の目的として, 第 6-7 肋骨間横断面と, この他の横断面における脂肪面積比および推定 BMS ナンバーについて比較を行った。分析には, BMS ナンバー判定式の算出用にホルスタイン種 61 頭の第 6-7 肋骨間の胸最長筋横断面画像, また, 異なる横断面における脂肪交雑の程度の比較用に, 別に用意したホルスタイン種 18 頭の胸最長筋 4 横断面画像 (格付面を含み, 腰椎方向に 2.5 cm 間隔で切断) を用いた。画像解析の手法により, 脂肪交雑粒子のあらさおよび胸最長筋の形状などの BMS ナンバー評価に影響を与えたと考えられる要因について評価を行った。得られた画像解析形質を用いて BMS ナンバー判定式を求めた結果, BMS ナンバーを推定する重回帰式には, 脂肪面積比, 最大粒子の面積, 単独粒子のあらさ指数, 胸最長筋面積が選択され ($R^2=0.71$), BMS ナンバーに最も寄与した形質は脂肪面積比であった (偏 $R^2=0.54$)。同式を当てはめ, 4 横断面における脂肪面積比および推定 BMS ナンバーについて調査した結果, 近接する横断面間であっても, 脂肪面積比が大きく変動するサンプルが存在した (15.9%~26.2%) が, それらのサンプルにおける推定 BMS ナンバーには, ほとんど差が生じなかった (1.67~2.17)。

日本畜産学会報, 76 (4): 431-437, 2005

現在, 日本の国産牛肉の約 6 割を乳用種と交雑種によってまかなっている (日本食肉格付協会 2003)。乳用種の中で, 主に肉用として肥育されるのが, 牛乳生産に関与しないホルスタイン種去勢牛であり, 肥育により肉質を改善して広く肉用として飼養されている。黒毛和種などの肉専用種では, 肉質と枝肉価格に強い関連性が報告されているが, ホルスタイン種であっても, 肉質によって枝肉価格が左右され, 肉質の向上が期待されている。

脂肪交雑は, 社団法人日本食肉格付協会の格付員によって, 牛脂肪交雑基準値 (以下, 格付 BMS) として格付される。これは畜試式牛脂肪交雑基準の標準模型をもとに判定されており (日本食肉格付協会 1996), これまでの報告で, 黒毛和種において, 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)。また, 脂肪交雑の格付における明確な指標とはされていないが, 黒毛和種において, 脂肪交雑粒子の大きさ (あら

さ) やあらい粒子の数が脂肪交雑の格付に関係すると報告されている (Shiranita ら 2000)。

口田ら (2002) は, 画像解析により, 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。ただし, 脂肪面積比の極端に少ない枝肉にこの方法を適用した場合, 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。その後, 長谷川ら (2004) により, 単独に存在する大きな脂肪粒子を的確に評価する方法が提案された。

上述のような画像解析の手法を用いた客観的な BMS ナンバーの判定については, 脂肪交雑が品種の特質である黒毛和種においては, これまでに, いくつか報告されている。しかし, 脂肪交雑の変動の幅が少ないホルスタイン肥育牛においては, これまでそのような報告はなされていない。そこで, 本研究では, 長谷川らにより報告された黒毛和種用の BMS ナンバー判定式をホルスタイン種に適用した場合の精度を検証し, その精度が高くな

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

い場合には、ホルスタイン種用の BMS ナンバー判定式を算出することを第 1 の目的とした。脂肪交雑は、枝肉の第 6-7 肋骨間横断面の状態により、評価されているが、この他の横断面における脂肪交雑が、同様の様相を呈しているとは限らない。そこで、胸最長筋の異なる横断面の画像を用いて、横断面の違いによる脂肪交雑の程度の変動について調査を行うことを第 2 の目的とした。

材料および方法

1. BMS ナンバー判定式の算出

ホルスタイン種における BMS ナンバーの判定式を算出する目的で、2003 年 10 月および 2004 年 10 月に北海道内の枝肉市場において、屠畜・解体されたホルスタイン種 124 頭の枝肉横断面画像ならびに格付記録を用いた（以下、材料 1 とする）。なお、材料 1 については、全頭のデータをデータセット 1 としたが、格付 BMS ナンバーの分布に大きな偏りが存在したため、BMS ナンバーの分布の偏りを補正したデータセット 2 を作成した。

枝肉の撮影には、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, 2002, 2003, 2004）、長谷川ら（2004）の方法を用いて、ロース芯に占める脂肪交雑の面積割合（以下、脂肪面積比とする）、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、最大粒子面積、単独粒子のあらさ、ロース芯の短径・長径比およびロース芯形状の複雑さを算出した。なお、全体の粒子のあらさは、ロース芯全体の脂肪交雑のあらさを示すもので、最大粒子のあらさは、ロース芯内に入り込んだ極端に大きな脂肪交雑粒子のあらさを示す。さらに単独粒子のあらさは、単独で存在する脂肪交雑粒子のあらさを示すもので、この値が大きいほど、ロース芯内にあらい脂肪交雑粒子が存在することを示す。ロース芯の短径・長径比は、胸最長筋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。ロース芯形状の複雑さは、胸最長筋の輪郭線の複雑さを示すもので、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。なお、今回は、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、最大粒子面積および単独粒子のあらさを算出する際に行う細線化処理は、5 回および 10 回に指定して、それぞれについて画像解析形質を算出した。

長谷川ら（2004）により黒毛和種を材料として報告された BMS ナンバー判定式を、ホルスタイン種に適用し、その精度を検証した。用いた BMS ナンバー判定式は、以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{BMS} = & 0.163 + 0.553 \times \text{FP} \\ & - 0.004 \times \text{FP}^2 - 6.718 \times \text{O_COARSE} \\ & + 4.413 \times \text{M_COARSE} \\ & - 5.255 \times \text{COMP} + 0.046 \times \text{RIBAREA} \end{aligned}$$

ここで、FP および FP^2 は脂肪面積比とその 2 乗、O_COARSE は全体の粒子のあらさ、M_COARSE は最大粒子のあらさ、COMP はロース芯形状の複雑さ、RIBAREA はロース芯面積である。

なお、材料 1 の BMS ナンバーの分布に偏りのあるデータセット 1 および偏りを補正したデータセット 2 を用いて、黒毛和種とは別に、ホルスタイン種用の BMS ナンバー判定式を得るために、SAS（1985）の REG プロシージャにより重回帰分析を行った。変数の選択には逐次変数選択法（STEPWISE 法）を利用した。なお、格付形質 4 形質（枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ）、画像解析形質 11 形質（脂肪面積比、全体の粒子のあらさ（細線化 5 回および 10 回）、最大粒子のあらさ（細線化 5 回および 10 回）、最大粒子面積（細線化 5 回および 10 回）、単独粒子のあらさ（細線化 5 回および 10 回）、ロース芯の短径・長径比、ロース芯形状の複雑さ）の合計 15 形質を独立変数候補とし、格付員による BMS ナンバーを従属変数とした。

2. 異なる横断面における脂肪交雑の調査

胸最長筋の異なる横断面における脂肪交雑の程度の違いについて調査を行うことを目的として、2004 年 10 月に枝肉処理場において、屠畜・解体されたホルスタイン種 18 頭の枝肉 4 横断面画像ならびに格付記録を用いた（以下、材料 2 とする）。なお、枝肉 4 横断面画像の撮影は、まず、第 6-7 肋骨間の横断面（以下、断面①とした）については、材料 1 と同様に、枝肉市場において撮影を行った。残りの 3 横断面の画像は、第 6-7 肋骨間から腰椎方向に向かって長さ 7.5 cm のリブロースブロック肉を採取し、実験室において、胸最長筋のみを 2.5 cm 間隔で切断し、撮影を行った（以下、第 6-7 肋骨間横断面側から順に、断面②、断面③、断面④とした）。なお、断面①と断面②間のサンプル（厚さ 2.5 cm）をミンチし、エーテル抽出法により粗脂肪含量を測定した。

画像解析形質は、すべての横断面画像について、材料 1 と同様の方法で算出した。さらに、材料 1 を用いて算出した BMS ナンバー判定式を用いて、4 横断面それぞれの推定 BMS ナンバーを算出した。ただし 18 頭のうち 1 頭については、撮影時のトラブルのため、断面②を解析から除外した。4 横断面の脂肪交雑の違いについては、脂肪面積比および推定 BMS を指標として調査を行った。

結果および考察

1. BMS ナンバー判定式の算出

材料 1 について、データセット 1 および 2 における枝肉横断面画像ならびに格付記録の基礎統計量を表 1 に示した。これらのデータに対し、長谷川ら（2004）が黒毛和種を材料に求めた BMS 判定式を適用した。ただし、長谷川らは、全国和牛登録協会の検定員による格付

Table 1. Summary of basic statistics for carcass and image analysis traits for 124 and 61 Holstein steers

Trait	Data Set I ^{a)} (n=124)				Data Set II ^{b)} (n=61)			
	Mean	SD	Minimum	Maximum	Mean	SD	Minimum	Maximum
Carcass weight (kg)	469.76	26.31	398.00	551.00	472.89	27.88	398.00	551.00
Rib eye area (cm ²)	45.69	5.27	34.00	63.00	46.41	5.50	34.00	63.00
Rib thickness (cm)	6.62	0.65	4.90	8.20	6.62	0.72	4.90	8.20
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.61	0.77	1.10	4.60	2.56	0.80	1.10	4.60
Yield score (%)	69.48	1.10	66.90	72.40	69.58	1.17	66.90	72.40
BMS No.	2.31	0.59	2.00	5.00	2.62	0.71	2.00	5.00
Ratio of fat to rib eye area (%)	18.09	4.17	9.59	28.23	19.93	4.59	10.92	28.23
Area of maximum particle (cm ²)	0.75	0.62	0.11	3.95	0.83	0.77	0.13	3.95
Overall coarseness	0.23	0.08	0.08	0.45	0.23	0.08	0.11	0.43
Coarseness of maximum particle	0.10	0.07	0.02	0.38	0.10	0.08	0.02	0.38
Coarseness of single particle	0.41	0.18	0.14	0.91	0.37	0.18	0.14	0.91
Complexity of rib eye shape	1.03	0.01	1.01	1.10	1.03	0.01	1.01	1.08
Minor-major axis ratio	0.71	0.09	0.54	0.97	0.73	0.10	0.56	0.97

a) Bias of BMS distribution was large.

b) Bias of BMS distribution was adjusted.

Table 2. Partial regression coefficients and R² on selected variables to estimate BMS number of Holstein steers

Selected Variable	Data Set I (n=124, R ² =0.62)		Data Set II (n=61, R ² =0.71)	
	Partial regression coefficient	Partial R ²	Partial regression coefficient	Partial R ²
Intercept	-1.5457		-2.3024	
Ratio of fat to rib eye area ^{a)}	0.1256	0.5075	0.1444	0.5462
Rib eye area ^{b)}	0.0337	0.0572	0.0439	0.0756
Area of maximum particle (Thinning with 5 rounds) ^{a)}	-0.4090	0.0360	-0.5286	0.0738
Coarseness of single particle (Thinning with 5 rounds) ^{a)}	0.8462	0.0181	1.2001	0.0181

a) Image analysis traits, b) Carcass traits.

BMS ナンバーを用いており、本研究のそれとは、格付団体が異なるため、絶対値を比較することはできなかった。格付団体の効果を考慮し、画像解析による BMS ナンバーから格付員により判定された BMS ナンバーを減じて、小数点第 1 位以下を四捨五入した値（以下、格付の差）を算出した。格付の差が±0 であった割合は 16.1%，それが±1 以内であった割合が 52.4% となり、長谷川らの結果（それぞれ、51.4%，92.4%）と比較し、BMS ナンバーの判定の精度がきわめて悪いことが確認された。長谷川らの全体の粒子のあらさ（平均値：16.8%）ならびに最大粒子のあらさ（4.7%）は、今回のそれら（それぞれ、22.6%，9.8%）より小さく、両品種において、脂肪交雑形状の特徴が大きく異なることが確

認された。すなわち、格付の基準は一つしかないものの、脂肪交雑の実際の特徴量が黒毛和種とホルスタイン種では、大きく異なるため、黒毛和種で得られた BMS ナンバー判定式を、修正無しにホルスタイン種に適用することは困難であることが示された。

データセット 1 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る重回帰分析を行った結果、選択された説明変数は、脂肪面積比、最大粒子面積（細線化 5 回）、単独粒子のあらさ指数（細線化 5 回）、ロース芯面積の 4 形質であった（ $R^2=0.62$ ，表 2）。なお、データセット 1 における格付 BMS ナンバーごとの推定 BMS ナンバーは、格付 BMS ナンバー「3」の個体（ $n=25$ ）では、推定 BMS ナンバーは 2.51～3.26 の範囲とな

り、おおそ正確に推定された。しかし、格付 BMS ナンバー「2」の個体 ($n=93$) については、推定 BMS ナンバーは 1.44~2.77 となり、また、格付 BMS ナンバー「4」($n=5$) および「5」($n=1$) の個体では、推定 BMS ナンバーが、格付 BMS ナンバーよりも 0.5~1.5 程度低く推定された。これらのことは、データセット 1 において、124 頭中 93 頭が格付 BMS ナンバー「2」と評価された個体であり、従属変数である格付 BMS ナンバーの分布に大きな偏りが存在したため、重回帰分析において、脂肪交雑評点を上げる要素（脂肪面積比など）が、実際よりも過小評価されたと考えられる。そこで、格付成績において BMS ナンバー「3」以上の個体と BMS ナンバー「2」の個体の割合が同等になるように、材料 1 において、BMS ナンバーが「2」である個体のうち、63 頭を無作為に削除して、データセット 2 を作成し、再度、重回帰分析を行った。

データセット 2 を用いて重回帰分析を行った結果、選択された説明変数は、データセット 1 を用いた場合と同じく、脂肪面積比、最大粒子面積（細線化 5 回）、単独粒子のあらさ指数（細線化 5 回）、胸最長筋面積の 4 形質であった ($R^2=0.71$, 表 2)。それぞれの変数の符号は、最大粒子面積以外の 3 変数において正であった。BMS ナンバーが「2」である個体のうち、63 頭を無作為に削除する作業をさらに 2 回実施し、重回帰分析を行った結果、選択された変数およびその符号は同様であり、決定係数はそれぞれ 0.69 および 0.72 であった。すなわち、脂肪面積比が多く、胸最長筋面積が大きく、単独粒子が少なく、最大粒子面積が小さいものが、BMS ナンバーが高くなる傾向にあることを示している。通常、単独に大きな脂肪交雑粒子が存在するような場合、BMS ナンバーは低く評価する要因と考えられるため、本研究において、単独粒子のあらさについては、その符号が負となると想定していたが、逆の結果が得られた。単独粒子のあらさは、胸最長筋内の最大粒子が全体の粒子に対して、どのくらいの割合を占めているのかを示すものである。しかし、同程度の面積の小さい粒子が、複数個存在する胸最長筋では、単独粒子のあらさの値は小さくなるが、このことも、今回の結果の原因と推察される。

なお、黒毛和種について、全国和牛登録協会の検定員による BMS ナンバーを従属変数として、同様の解析を行った長谷川ら（2004）の報告では、選択された変数は、胸最長筋面積、脂肪面積比およびその二乗、全体の粒子のあらさ、最大粒子のあらさ、ロース芯形状の複雑さの 6 形質で、重回帰式の決定係数は 0.92 であった。また、口田ら（2004）の報告では、選択された変数は、胸最長筋面積、脂肪面積比、全体の粒子のあらさおよび最大粒子のあらさの 4 変数で、重回帰式の決定係数は 0.895 であった。これらの研究と本研究では、若干、説明変数の候補としたものが異なるが、いずれの研究においても、

脂肪面積比および胸最長筋面積に加えて、粒子のあらさに関わる形質が選択された。本研究における重回帰式の決定係数は、上記の黒毛和種における報告と比べて低くなったが、これは分析に用いたデータの BMS ナンバーの範囲が、長谷川ら（2004）は 3~12、口田ら（2004）は 3~10 の範囲であったが、本研究では 2~5 と限られた範囲であったことが影響していると推察される。

格付 BMS ナンバーと推定 BMS ナンバーの関係は、データセット 1 の結果と同様に、格付 BMS ナンバー「4」および「5」の個体について、低く推定される傾向にあった。格付の差が ± 0 となった割合は、全体の 85.2%、それが ± 1 以内であった割合は 100% となった。口田ら（2004）による黒毛和種における結果（ ± 0 の割合 61%、 ± 1 の割合 100%）と同様、ホルスタイン種においても、高い精度で BMS ナンバーの推定が可能であった。

2. 異なる横断面における脂肪交雑の調査

異なる横断面における脂肪交雑の調査を行った。材料 2 の格付記録および推定 BMS ナンバーの算出に用いた画像解析形質の基礎統計量は、表 3 に示した通りである。なお、画像解析形質については、4 横断面すべての統計量を示しており、撮影を行った 18 頭のうち 1 頭について、撮影時にトラブルが発生し断面②を解析から除外したため、データ数は 71 となった。表 4 には、材料 2 の断面①と断面②間のサンプル（厚さ 2.5 cm）における理化学的分析により測定した粗脂肪含量と、4 横断面の画像解析による脂肪面積比から推定した粗脂肪含量の相関を示した。なお、画像解析形質からの粗脂肪含量の算出方法は、Kuchida ら（2000）により報告された式を用いた。理化学的実測値と 4 横断面それぞれの粗脂肪含量推定値との相関係数は、0.806~0.886 といずれも非常に高かったが ($P<0.01$)、理化学的分析のサンプルを採取した断面①および断面②から離れるほど、低くなる傾向にあった。

前項で得られた BMS ナンバー判定式を格付面である断面① ($n=18$) に適応したところ、格付の差が ± 0 となった割合は 77.8%、 ± 1 以内であった割合は 100% となり、データセットを変えても、比較的、高い精度で BMS ナンバーが判定できた。また、4 横断面間の脂肪面積比の違いについて検討を行ったところ、図 1 に示したとおり、断面①と他の横断面（断面②、③、④）間の脂肪面積比の差は、横断面が離れるほど、大きくばらつく傾向にあった。その変異がもっとも大きかったサンプルでは、断面①、②、③および④の脂肪面積比がそれぞれ 17.0、18.7、15.9 および 26.2% であり、最大で 9.2% の変異を見せた。

前項で得られた BMS ナンバー判定式を全 4 横断面に適用した。前述した脂肪面積比の変異が最大であったサンプルにおける推定 BMS ナンバーは、断面①、②、③および④においてそれぞれ 1.78、2.13、1.67 および 2.17

Table 3. Summary of basic statistics for carcass and image analysis traits for 18 Holstein steers and 71 cross section images from those steers

Carcass traits (n=18)	Mean	SD	Minimum	Maximum
Carcass weight (kg)	423.22	19.74	393.00	452.00
Rib eye area (cm ²)	39.56	4.57	32.00	47.00
Rib thickness (cm)	5.71	0.60	4.60	6.70
Subcutaneous fat thickness (cm)	1.76	0.36	1.10	2.40
Yield score (%)	69.44	0.72	67.80	70.80
BMS No.	2.22	0.55	2.00	4.00
Crude fat contents (%)	15.09	4.11	9.28	24.36
Image analysis traits (n=71)	Mean	SD	Minimum	Maximum
Ratio of fat to rib eye area (%)	20.32	5.77	11.99	36.55
Area of maximum particle (cm ²)	1.03	0.96	0.12	4.28
Overall coarseness	0.30	0.09	0.13	0.49
Coarseness of maximum particle	0.11	0.09	0.02	0.38
Coarseness of single particle	0.35	0.18	0.10	0.83
Complexity of rib eye shape	1.04	0.02	1.02	1.09
Minor-major axis ratio	0.65	0.04	0.57	0.74

Table 4. Correlation coefficients between crude fat contents by chemical method and by image method^{a)} for 4 cross sections from 18 Holstein steers

	Value of chemical method ^{b)}	Cross section 1	Cross section 2	Cross section 3
Cross section 1	0.887			
Cross section 2	0.884	0.950		
Cross section 3	0.827	0.941	0.877	
Cross section 4	0.806	0.851	0.873	0.747

^{a)} Predicted crude fat content = $0.741 \times \text{Ratio of fat to rib eye area (\%)} - 2.22$ (Kuchida 2000)

^{b)} Value of chemical method was obtained using cross section 1.

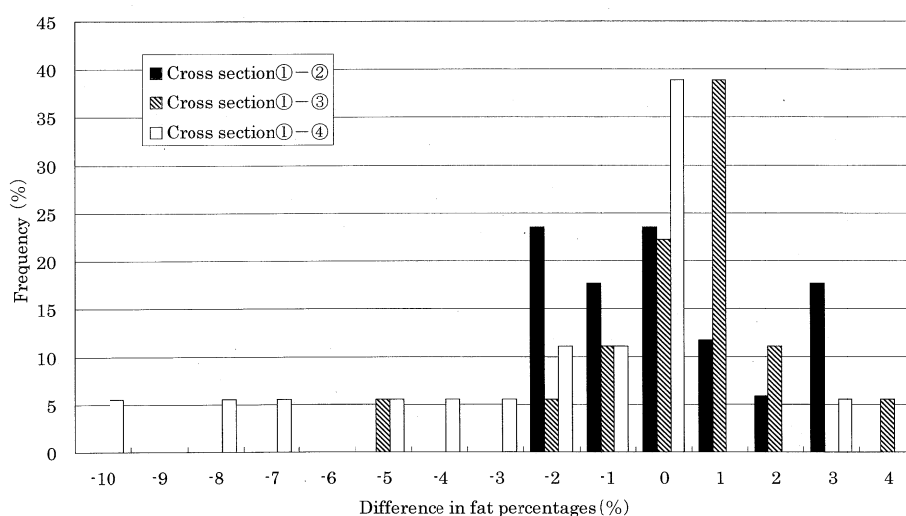


Fig. 1. Difference between ratios of fat to rib eye area in 4 cross sections from 18 Holstein steers.

であり、その差は最大でも 0.50 と比較的小さかった。

格付面における BMS 判定値が他の横断面においても適切なものかどうかを検討するために、全サンプルについて、断面①の推定 BMS から他の横断面（断面②，③，④）のそれらを減じ、その小数点第 1 位以下を四捨五入した値（以下、推定値の差とする）を算出した。推定値の差が、±0 となった割合は、88.2%～88.9% の範囲にあり、横断面による差はほとんど存在しなかった。また、それが±1 以内であった割合は 100% となった。つまり、今回用いたデータでは、異なる横断面間において、BMS ナンバーの差はほとんどなかったといえる。なお、推定値の差が比較的大きかったサンプルの中には、最大粒子面積が大きいため推定 BMS ナンバーが過小評価されたものや、他の横断面では存在しない脂肪交雑が出現し、脂肪面積比がやや大きく算出されたため、推定 BMS ナンバーが大きく評価されたといった例が認められた。

以上のことより、画像解析の手法を用いることで、ホルスタイン種においても、詳細かつ精度の高い BMS ナンバーの推定が可能であることが示唆された。また、異なる横断面における脂肪交雑の程度は、近接する横断面でも、脂肪面積比などは、大きく異なる場合もあるが、おおよそ BMS ナンバーは同レベルにあることがうかがえた。

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、格付データを提供いただいた社団法人日本食肉格付協会帯広事業所ならびに材料を提供していただいた佐々木畜産株式会社に深謝する。本研究は、文部科学省「21 世紀 COE プログラム」補助金 (A-1)、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託事業「育種情報の高度化によるおいしい牛肉の開発」における研究費を使用して行われたものであり、ここに感謝の意を表する。

文 献

- 長谷川未央・口田圭吾・佃 秀雄・加藤浩二・鈴木三義・三好俊三. 2004. 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. 日本畜産学会報, 75 : 53-60.
- Kuchida K, Kono S, Konishi K., Van Vleck LD, Suzuki M, Miyoshi S. 2000. Prediction of crude fat content of longissimus muscle of beef using the ratio of fat area calculated from computer image analysis : Comparison of regression equations for prediction using different input devices at different stations. *Animal Science Journal*, 78 : 799-803.
- 口田圭吾・菊池 彩・加藤浩二・日高 智・鈴木三義・三好俊三. 2003. 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.
- 口田圭吾・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.
- 口田圭吾・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.
- 口田圭吾・鈴木三義・三好俊三. 2002. 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.
- 口田圭吾・高橋健一郎・長谷川未央・酒井稔史・森田善尚・堀武司. 2004. 牛脂肪交雑基準値の評価に対する判定者間の偏差に関する検討. 日本畜産学会報, 75 : 573-579.
- 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.
- (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.
- (社)日本食肉格付協会. 2003. 平成 15 年格付結果の概要. (社)日本食肉格付協会. 東京.
- SAS Institute Inc. 1985. *SAS User's guide : Statistics*. Ver.5 ed. 433-506. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Shiranita K, Hayashi K, Otsubo A, Miyajima T, Takiyama R. 2000. Grading meat quality by image processing. *Pattern Recognition*, 33 : 97-104.

Prediction of BMS Number by Image Analysis and Comparison of the Feature Quantity of Marbling in Different Cross Sections of Holstein Steers

Yoko HAMASAKI, Keigo KUCHIDA, Satoshi HIDAKA, Kenichiro SHIMADA,
Mitsuo SEKIKAWA and Shin MARUYAMA¹

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

¹ Gifu Prefectural Livestock Research Institute, Takayama-shi, 506-0101, Japan

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

The 6-7th rib of carcass cross section has been used in meat quality evaluation of beef in Japan. Marbling scores may have some discrepancy in different sections even for the same muscle. The aims of this study were to develop a prediction method of the BMS (Beef Marbling Standard) number by image analysis and to investigate the difference of the feature quantity of marbling in the 6-7th ribs and those in other cross sections. Digital images of the 6-7th cross section from 61 Holstein steers were used to predict the BMS number with a multiple regression equation. Additionally, digital images of the 4 cross sections, which were cut in 2.5 cm intervals from the 6-7th cross section toward the lumbar, from 18 other Holstein steers were used to compare of the feature quantity of marbling in different cross sections. The ratio of marbling to rib eye area (FATPER), the coarseness of marbling and the shape of rib eye were considered as independent variables, and the BMS number evaluated by a grader was a dependent variable for the multiple regression analysis. Selected variables of the multiple regression equation for estimating the BMS number were FATPER, the area of the largest marbling particle, coarseness of a single marbling particle and rib eye area ($R^2=0.71$). The most contributing variable in the prediction of BMS number was FATPER, and the partial regression coefficient was 0.54. From investigating the FATPER and the prediction BMS number in the 4 cross sections, one case was found in which there was a large difference in FATPER between adjacent cross sections (15.9%~26.2%). However, there was only a slight difference in the prediction BMS numbers among the 4 cross sections (1.67~2.17) in this case.

Nihon Chikusan Gakkaiho, 76 (4) : 431-437, 2005

Key words : Image analysis, Prediction of BMS number, Cross section, Holstein