

黒毛和種ロース芯内脂肪交雑の配置バランスに関する 遺伝的パラメータとその遺伝的趨勢

村澤七月¹・中橋良信¹・浜崎陽子¹・堀 武司²・加藤貴之³・口田圭吾¹

¹ 帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

² 北海道立工業試験場, 札幌市北区 060-0819

³ 十勝農業協同組合連合会, 帯広市 080-0013

(2009. 12. 10 受付, 2010. 3. 2 受理)

要約 黒毛和種ロース芯内脂肪交雑の配置バランスと、ロース芯内各領域の脂肪交雑や色調に関する画像解析形質の遺伝的パラメータを推定し、またその遺伝的趨勢を調査することを目的とした。北海道内の枝肉市場に上場された黒毛和種 4,598 頭（去勢 3,485 頭、雌 1,113 頭）を分析に用いた。ロース芯画像を慣性主軸の第 1 軸および第 2 軸で 4 つの領域に分割し、ロース芯全体と各領域から脂肪面積割合、あらさ指数、最大あらさ指数、細かさ指数、筋肉平均輝度および脂肪交雑平均輝度を画像解析によって算出した。また、各画像解析形質の領域間の標準偏差を配置バランス指標とした。脂肪面積割合の配置バランス指標は、他の形質のそれよりも高い遺伝率 (0.13) を示した。脂肪面積割合の配置バランス指標と、ロース芯全体のあらさ指数および細かさ指数間の遺伝相関はそれぞれ 0.38 および -0.49 であり、脂肪面積割合の配置バランスの改良は、あらい脂肪交雑を減らし、細かい脂肪交雑を増やすことで可能となることが示された。脂肪面積割合の配置バランスに関する遺伝的趨勢は、年々良くなっていることが示されたが、特定の象限のあらさ指数と細かさ指数において、近年望ましくない遺伝的趨勢が認められた。

日本畜産学会報 81 (3), 315-323, 2010

黒毛和種の肉質決定において重要な BMS ナンバーは、第 6-7 肋骨切開面に現れるロース芯内の脂肪交雑の程度を、目視することで決定されている。しかし画像解析を用いたこれまでの研究によって、BMS ナンバーの決定には、脂肪交雑の量のみならず、そのあらさや細かさといった脂肪交雑粒子形状も影響を与えていることが明らかとなっている（長谷川ら 2004；浜崎ら 2005）。口田ら（1999）および白仁田ら（1999）は、ロース芯内における脂肪交雑の配置バランスが BMS ナンバーに影響を与えていることを報告した。その中で口田ら（1999）は、ロース芯画像を複数の領域に分割し、その領域間の脂肪面積割合の標準偏差を脂肪交雑の配置バランス指標とし、そのバランス指標が 20% 異なることで BMS ナンバーを 1 程度変動させることを報告した。

また、村澤ら（2008）は黒毛和種間接検定牛を用いて、ロース芯内画像を 4 つの領域に分割し、脂肪交雑に関する画像解析形質の遺伝率に領域間で差があったことを報告し、この特徴に留意して改良することで、脂肪交雑の配置バランスの向上につながることを考察している。

黒毛和種における肉質の改良は、ロース芯全体における脂肪交雑の量に重点が置かれてきた。しかし、脂肪交雑の量が増えたとしても、ロース芯内で偏った配置をした場合、低い BMS ナンバーとして評価される（口田ら 1999）。すなわち、脂肪交雑の配置バランスを考慮せずに改良を行うと、これまでに確立した脂肪交雑の量に関する遺伝的能力や、肥育にかかるコストを最大限に反映できなくなっている可能性があり、ロース芯の配置バランスに関して遺伝的な評価を行うことは重要であると考えられる。また、改良によって各領域の脂肪交雑や配置バランスがどのような遺伝的趨勢になったのかを知る必要もあろう。

本研究の目的は、ロース芯内の異なる領域における脂肪交雑の量、形状および色調の配置バランスに関する遺伝的パラメータを明らかにすることと、それら形質について育種価を比較し、その趨勢を調査することである。

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

材料および方法

1. 供試牛と枝肉横断面の撮影

本研究では2005年9月から2008年12月までに北海道内の枝肉市場に上場された黒毛和種を用いた。これら枝肉の左半丸第6-7肋骨切開面における高精細デジタル画像は、格付後1時間以内にミラー型撮影装置(HK-333; 早坂理工, 札幌市)で撮影して得た。分析に用いたデータは種雄牛および農家のサブクラスで3頭以上になる4,598頭(去勢3,485頭, 雌1,113頭)であった。

2. ロース芯の抽出とその4分割

牛枝肉画像解析ソフトウェア(Beef Analyzer II; 早坂理工, 札幌市)を用い、撮影された画像から解析対象となるロース芯の輪郭線を自動的に抽出し、誤認識があったものについては手動描画して補正した。ロース芯の輪郭線を抽出した後、専用のソフトウェアを用いてロース芯を慣性主軸の第1軸および第2軸で4分割し、1つのロース芯から4つの解析対象となる領域を抽出した(村澤ら2009)。抽出した領域は、図1で示すように肋骨端部を底辺とした時の右上を1象限、左上を2象限、左下を3象限、右下を4象限とした。

3. 画像解析形質と脂肪交雑の配置バランス指標

分割された画像およびロース芯全体の画像をBeef Analyzer IIで解析し、各象限からは脂肪面積割合、あらさ指数、最大あらさ指数、細かさ指数、筋肉平均輝度および脂肪交雑平均輝度を算出した(画像解析6形質)。なお、ロース芯面積についてはロース芯全体のみから算出した。

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である。あらさ指数は値が高いほど筋肉内にあらい脂肪交雑粒子が多く存在し、最大あらさ指数は値が大きいほど望ましくない極端に大きな脂肪交雑粒子が一

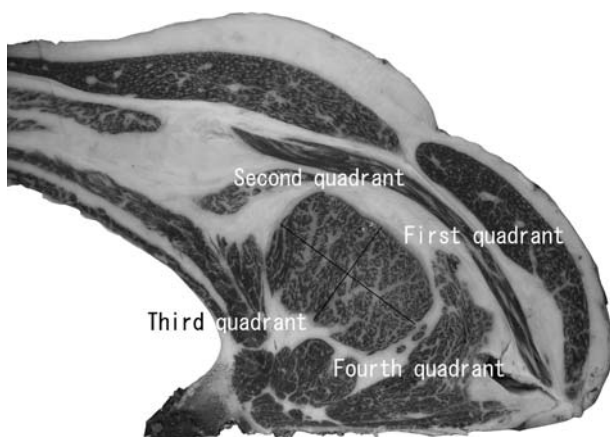


Figure 1 Allocation of four quadrants divided by the first and second inertia main axes of the rib eye on carcass cross section at the sixth and seventh rib.

つ存在することを示す。細かさ指数は値が大きいほど単位面積当たりの細かい脂肪交雑粒子の数が多ことを表す値である(口田ら2006)。

筋肉平均輝度および脂肪交雑平均輝度は、ロース芯を筋肉部分と脂肪交雑部分に分けたときの、筋肉部分および脂肪交雑部分の色の明るさ(輝度)を表す。数値の範囲は0~255であり、255に近づくほど視覚的には明るく見え、0に近づくほど暗く見える値である。

配置バランス指標は、口田ら(1999)の方法の一部に従い、4領域間の各画像解析形質の標準偏差とした。よってその値が小さくなるほど、各画像解析形質の配置バランスが良くなることを示す。

4. 統計解析

画像解析6形質について、各象限間の有意差を求めするため、母数効果として象限、市場開催年月、性、屠畜月齢および農家を考慮した分散分析を行った。

遺伝的評価における分析対象形質は、ロース芯全体および各領域の画像解析6形質(5×6形質)、ロース芯面積、BMSナンバーおよび各形質の配置バランス指標6形質の計37形質とした。なお、最大あらさ指数の分布は右すそが長い分布を示し、正規分布をなさなかったため、対数変換を行った数値を用いた。

単形質アニマルモデルによりこれらの形質の遺伝率を推定した。また、2形質アニマルモデルにより脂肪面積割合の配置バランス指標とロース芯全体の画像解析6形質との遺伝ならびに表型相関係数を推定した。遺伝的パラメータの推定にはGibbs sampling法によるGIBBS1F90(Misztalら2002)プログラムを用いて行った。200,000回の反復を行い、そのうちburn-inを100,000回に設定し、burn-in後の100,000サンプルにおける事後平均を用いて、遺伝率、遺伝相関および表型相関を求めた。血統記録は可能な限りさかのぼった結果19,826頭となった。遺伝的評価の数学モデルには、前述の分散分析において有意な効果であった、市場開催年月(39水準)、性(2水準)および屠畜月齢(9水準)を母数効果、個体の相加的遺伝子効果、農家(172水準)および残差を変数効果として考慮した。農家の効果については、出荷頭数15頭以下のサブクラスが172水準中114水準あったため、遺伝分析においては変数効果とした(OikawaとSato1996)。

脂肪面積割合の配置バランスおよび各象限の脂肪面積割合における育種価の比較のために、産子の枝肉記録を50頭以上持つ種雄牛の育種価を取り上げた。また、脂肪面積割合の配置バランス指標および各領域の画像解析6形質における、遺伝的趨勢を調査するために、産子の枝肉記録を持つ繁殖雌牛の推定育種価について生年ごとの平均値を算出した。

結果および考察

1. 枝肉格付形質の基本統計量

枝肉格付形質の平均値および標準偏差を表1に示した。去勢牛の枝肉重量, ロース芯面積, ばらの厚さ, 歩留基準値および BMS ナンバーは, 日本食肉格付協会 (2008) が集計した全国平均 (それぞれ 457.2 kg, 53.9 cm², 7.6 cm, 73.6 および 5.4) よりも高い値を示した。皮下脂肪厚については, 全国平均 (2.40 cm) よりも低い値を示した。雌においても同様の傾向が示された。

2. ロース芯全体および各領域の画像解析形質と配置バランス指標

表2にはロース芯全体および各領域の画像解析6形質と, これら6形質の配置バランス指標の最小二乗平均値を示した。ロース芯全体の画像解析形質において, 脂肪面積割合, 筋肉平均輝度および脂肪交雑平均輝度は去勢で雌よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。最大あらさ指数は雌で去勢よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。脂肪面積割合, あらさ指数, 最大あらさ指数および脂肪交雑平均輝度のバランス指標において, 去勢は雌よりも有意に低

い値を示し ($P < 0.05$)。去勢は雌よりもこれら形質に関してロース芯内でのバランスが良いことが示された。

各領域の脂肪面積割合は, 1象限 (45.22%) および4象限 (46.17%) が2象限 (44.22%) および3象限 (44.11%) よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。あらさ指数および最大あらさ指数は全ての象限間に有意差が認められ ($P < 0.05$)。3象限 (16.01% および 7.02%) と4象限 (16.48% および 8.17%) が, 1象限 (10.80% および 4.27%) と2象限 (12.79% および 5.25%) よりも高かった。細かさ指数においても, すべての象限間で有意差が見られたが, あらさに関する形質とは反対に, 1象限 (3.90 個/cm²) で最も高く, 次いで2象限 (3.55 個/cm²)。4象限 (3.42 個/cm²)。3象限 (3.30 個/cm²) の順に高かった。筋肉平均輝度は, 3象限 (97.05) が他の象限 (97.68~98.70) と比較して有意に低かった。脂肪交雑平均輝度は, 3象限 (148.20) および4象限 (151.56) で1象限 (145.23) および2象限 (144.56) よりも有意に高くなった。以上の傾向は村澤ら (2009) によってこれまでに報告されたものと一致した。後藤ら (1994) は第6-7肋骨切開面におけるロース芯の背側 (1 および4象限に当たる部分) は, 腹側

Table 1 Means and standard deviations of carcass traits by sex of Japanese Black cattle

Traits	Steer (n = 3,485)	Heifer (n = 1,113)
Carcass weight (kg)	462.00 ± 55.26**	412.52 ± 48.23
Rib eye area (cm ²)	60.11 ± 8.66**	58.45 ± 8.13
Rib thickness (cm)	7.78 ± 0.92*	7.57 ± 0.87
Subcutaneous fat thickness (cm)	2.26 ± 0.65**	2.60 ± 0.73
Yeild score	74.33 ± 1.32	74.23 ± 1.30
BMS No.	5.70 ± 2.23**	5.14 ± 1.96

*,** Means significantly differ between steer and heifer ($P < 0.05, 0.01$)

Table 2 Least square means for arrangement scores and image analysis traits of whole rib eye and each quadrant of rib eye

Traits ¹	Whole rib eye		Quadrant				Arrangement score	
	Steer	Heifer	First	Second	Third	Fourth	Steer	Heifer
MP (%)	45.38**	44.12	45.22 ^b	44.22 ^c	44.11 ^c	46.17 ^a	2.71**	2.86
CIM (%)	14.97	15.22	10.80 ^d	12.79 ^c	16.01 ^b	16.48 ^a	4.48**	4.87
CLM (%)	3.58**	3.98	4.27 ^d	5.25 ^c	7.02 ^b	8.17 ^a	0.61**	0.65
FIM (n/cm ²)	3.45	3.42	3.90 ^a	3.55 ^b	3.30 ^d	3.42 ^c	0.51	0.52
ALL	99.84**	96.04	97.68 ^b	98.57 ^a	97.05 ^c	98.70 ^a	2.39	2.45
ALM	149.77**	145.36	145.23 ^c	144.56 ^d	148.20 ^b	151.56 ^a	4.16**	4.72

*,** Means significantly differ between steer and heifer ($P < 0.05, 0.01$)

^{a,b,c,d} Means with the different superscripts significantly differ among quadrants ($P < 0.05$)

¹ MP = marbling percent, CIM = coarseness index of marbling, CLM = coarseness index of the largest marbling, FIM = fineness index of marbling, ALL = average luminance of lean, ALM = average luminance of marbling

(2 および 3 象限にあたる部分) に比べて赤色筋線維の構成割合が高いことを報告した。このことが、1 および 4 象限の脂肪面積割合を高めたのかもしれない。さらに、後藤ら (1994) は第 11 胸椎と第 5 腰椎では赤色筋線維の構成割合にロース芯内領域間で差はなかったとしているため、6-7 肋骨切開面より尾側のロース芯における脂肪交雑の形状的特徴は、領域間でそれほど大きな差が見られないかもしれない。

3. 各象限の画像解析形質と配置バランス指標の遺伝率

表 3 には、ロース芯全体および各象限の画像解析形質と、各画像解析形質の配置バランス指標の遺伝率と事後標準偏差を示した。ロース芯全体の脂肪面積割合、あらさ指数、最大あらさ指数、細かさ指数の遺伝率は 0.70, 0.49, 0.10 および 0.49 であり、大澤ら (2008) のそれら (0.70, 0.45, 0.08 および 0.43) と比較して同程度から若干高く推定される傾向にあった。ロース芯全体の筋肉平均輝度および脂肪交雑平均輝度の遺伝率はともに 0.41 と中程度であり、21 ヶ月齢の間接検定材料牛を用いた村澤ら (2008) のそれら (0.61 および 0.59) よりも低く推定された。1~4 象限の脂肪面積割合の遺伝率はそれぞれ 0.69, 0.68, 0.67 および 0.65 であった。間接検定材料牛を用いた村澤ら (2008) は、それぞれ 0.68, 0.68, 0.56 および 0.61 と 3 および 4 象限で 1 および 2 象限よりも遺伝率が低くなる傾向を報告し、本研究においても同様の傾向が見られたが、その差は小さく、市場出荷牛の脂肪面積割合は各象限で同等に遺伝することが明らかとなった。あらさ指数の 1~4 象限の遺伝率は脂肪面積割合のそれらよりも低く、それぞれ 0.35, 0.38, 0.31 および 0.27 となり、3 象限と 4 象限で若干低い遺伝率が推定された。3 象限と 4 象限はあらさ指数が高い象限であるが (表 2)、遺伝的改良に対する反応は他の象限よりもやや弱い可能性が示唆された。この結果は村澤ら (2008) においても確認されており (1 象限 : 0.26, 2 象限 : 0.29, 3 象限 : 0.31, 4 象限 : 0.18), 4 象限は出荷月齢にかかわらず、あ

らさ指数の遺伝率が低い象限であることが明らかとなった。最大あらさ指数の 1~4 象限の遺伝率は低く、それぞれ 0.14, 0.14, 0.09 および 0.11 となり、象限間の差はみられなかったが、間接検定牛を用いた村澤ら (2008) は 3 象限 (0.21) で他の象限 (0.12~0.14) よりも高い遺伝率を報告している。細かさ指数の 1~4 象限の遺伝率はそれぞれ 0.32, 0.28, 0.29, 0.36 であり、4 象限, 1 象限, 3 象限, 2 象限の順で高かった。Larzul ら (1997) は、ブタの胸最長筋における赤色筋線維の構成割合の遺伝率 (0.59) は、白色筋線維のそれ (0.24) よりも高いことを報告した。一般に赤色筋線維は白色筋線維よりもその直径が細いため、脂肪交雑の細かさは、赤色筋線維に依存することが考えられる。細かさ指数の遺伝率が 1 および 4 象限で高くなったことには、遺伝しやすい赤色筋線維の割合が 1 および 4 象限で高い (後藤ら 1994) ことも原因の一つかもしれない。

各画像解析形質の配置バランス指標の遺伝率は、脂肪面積割合のそれが最も高く (0.13), その他の形質においては低かった (0.02~0.08)。よって配置バランスの改良には、脂肪面積割合の配置バランス指標を改良に用いることが効率的であることが示された。

4. 脂肪面積割合の配置バランス指標とその他の形質の遺伝相関

脂肪面積割合の配置バランス指標は、格付に影響していることが明らかとなっている (口田ら 1999)。遺伝率においても他の形質の配置バランス指標より高い値を示したため、脂肪面積割合の配置バランス指標を取り上げ、代表的な枝肉格付形質ならびに画像解析形質との遺伝相関を推定した (表 4)。脂肪面積割合の配置バランス指標と、枝肉重量、ロース芯面積および BMS ナンバーとの遺伝相関は低く (0.14, 0.05 および 0.03), 配置バランス指標は主な枝肉格付形質とは遺伝的に独立した形質であることが推察された。脂肪面積割合の配置バランス指標とロース芯全体の脂肪面積割合との遺伝相関は、

Table 3 Posterior means and standard deviations of heritabilities for image analysis traits of whole rib eye and each quadrant of rib eye at sixth and seventh cross section of Japanese Black cattle

Traits ¹	Whole rib eye	Quadrant				Arrangement Score
		First	Second	Third	Fourth	
MP	0.70 ± 0.06	0.69 ± 0.06	0.68 ± 0.06	0.67 ± 0.06	0.65 ± 0.06	0.13 ± 0.04
CIM	0.49 ± 0.06	0.35 ± 0.06	0.38 ± 0.06	0.31 ± 0.06	0.27 ± 0.06	0.02 ± 0.02
CLM	0.10 ± 0.03	0.14 ± 0.04	0.14 ± 0.05	0.09 ± 0.04	0.11 ± 0.04	0.06 ± 0.02
FIM	0.49 ± 0.06	0.32 ± 0.05	0.28 ± 0.05	0.29 ± 0.05	0.36 ± 0.06	0.03 ± 0.02
ALL	0.41 ± 0.06	0.41 ± 0.06	0.37 ± 0.06	0.40 ± 0.06	0.41 ± 0.06	0.05 ± 0.03
ALM	0.41 ± 0.06	0.40 ± 0.06	0.33 ± 0.06	0.37 ± 0.06	0.38 ± 0.06	0.08 ± 0.04

¹ MP = marbling percent, CIM = coarseness index of marbling, CLM = coarseness index of the largest marbling, FIM = fineness index of marbling, ALL = average luminance of lean, ALM = average luminance of marbling

Table 4 Posterior means of genetic correlation for arrangement score of MP with carcass traits and image analysis traits from whole of rib eye

Traits ¹	Arrangement score of MP	
	r _G	r _P
Carcass traits		
Carcass weight	0.14 ± 0.16	-0.58 ± 0.02
Rib eye area	0.05 ± 0.19	-0.01 ± 0.02
BMS No.	0.03 ± 0.17	-0.02 ± 0.02
Image analysis traits		
MP	0.04 ± 0.16	0.04 ± 0.02
CIM	0.38 ± 0.16	0.15 ± 0.02
CLM	0.36 ± 0.19	0.14 ± 0.02
FIM	-0.49 ± 0.17	-0.10 ± 0.02
ALL	0.15 ± 0.17	0.01 ± 0.02
ALM	0.15 ± 0.17	0.06 ± 0.02

¹MP = marbling percent, CIM = coarseness index of marbling, CLM = coarseness index of the largest marbling, FIM = fineness index of marbling, ALL = average luminance of lean, ALM = average luminance of marbling

BMS ナンバーと同様に低かった (0.04)。このことから、ロース芯全体の脂肪面積割合を増やす現在の改良方針によって、脂肪面積割合のバランスの改良は、良い方向にも悪い方向にも偏っていないことが予想された。あらさ指数および最大あらさ指数との間には 0.38 および 0.36 の正の遺伝相関が認められた。このことは、ロース芯全体の脂肪交雑があらくなると、脂肪面積割合のバランスが悪くなることを示している。一方、細かさ指数との間には -0.49 の負の遺伝相関が認められたため、ロース芯内に細かい脂肪交雑が増えると、脂肪面積割合のバランスは良くなることが示された。あらさ指数および細かさ指数は比較的遺伝率が高いため (0.49)、脂肪面積割合の配置バランス指標を改良するには、この 2 つの形質との遺伝相関を用いた間接選抜が効率的といえる。あらい脂肪交雑は BMS ナンバーの判定や価格に負の影響を与え (長谷川ら 2004 ; 浜崎ら 2005 ; 岡本ら 2003), 反対に細かい脂肪交雑は一般的に消費者に好まれる。脂肪交雑の配置バランスの改良は、あらい脂肪交雑を減らし、細かい脂肪交雑を増やすことで可能となり、脂肪面積割合の配置バランスとこれらの形質との遺伝相関は、肉質の改良において望ましい結果につながる。

Table 5 Estimated breeding values of sires which have more than 50 progenies for marbling percent (MP) of each quadrant, arrangement score of marbling percent and BMS number

Sire	n	Quadrant				Arrangement score of MP	BMS No.
		First	Second	Third	Fourth		
A	54	14.86 (2)	11.75 (3)	14.89 (2)	15.94 (2)	0.55 (16)	3.48 (1)
B	151	16.56 (1)	13.16 (1)	16.85 (1)	17.34 (1)	0.77 (18)	3.09 (2)
C	183	10.90 (6)	10.12 (4)	9.58 (6)	10.00 (6)	-0.15 (5)	2.97 (3)
D	447	12.51 (3)	12.53 (2)	13.19 (3)	13.66 (3)	-0.14 (7)	2.88 (4)
E	99	11.74 (4)	8.33 (9)	10.48 (4)	11.76 (4)	-0.07 (10)	2.31 (5)
F	182	11.01 (5)	9.35 (5)	8.95 (7)	9.48 (8)	0.10 (14)	2.31 (6)
G	190	6.80 (11)	6.64 (12)	7.87 (10)	9.49 (7)	0.00 (12)	2.27 (7)
H	528	8.99 (9)	8.60 (7)	8.76 (8)	8.56 (11)	-0.36 (2)	2.26 (8)
I	176	9.37 (7)	9.17 (6)	9.71 (5)	11.52 (5)	0.59 (17)	2.19 (9)
J	75	9.14 (8)	7.42 (10)	6.95 (12)	9.22 (9)	0.28 (15)	2.03 (10)
K	151	8.56 (10)	8.45 (8)	8.46 (9)	9.19 (10)	-0.15 (6)	1.96 (11)
L	149	5.84 (12)	7.08 (11)	4.11 (15)	6.50 (13)	-0.08 (9)	1.64 (12)
M	160	5.74 (13)	3.71 (14)	6.98 (11)	6.98 (12)	-0.02 (11)	1.38 (13)
N	85	4.38 (14)	4.90 (13)	5.35 (13)	3.16 (15)	-0.39 (1)	1.18 (14)
O	83	3.15 (15)	3.68 (15)	4.18 (14)	4.00 (14)	-0.11 (8)	0.86 (15)
P	210	1.90 (16)	2.59 (16)	1.70 (16)	1.65 (17)	-0.19 (4)	0.86 (16)
Q	188	1.30 (17)	1.46 (17)	0.35 (17)	1.71 (16)	0.02 (13)	0.20 (17)
R	71	-6.91 (18)	-7.35 (18)	-6.32 (18)	-6.10 (18)	-0.33 (3)	-0.75 (18)

n = number of progeny of each sire.

Values in the parenthesis are the rank of breeding value of each trait by sire.

5. 脂肪面積割合の配置バランス指標における種雄牛の育種価

表5には、50頭以上の枝肉記録をもつ種雄牛18頭について、各象限の脂肪面積割合および脂肪面積割合の配置バランス指標に関する育種価とその順位をBMSの育種価順に示した。なお配置バランス指標においては、バランスの良いものが上位となっている。

BMSナンバーの育種価がもっとも高い種雄牛Aは、各象限の育種価の順位も高い(2~3/18位)が、配置バランス指標の育種価の順位は低く(16/18位)、バランスが悪いと評価された。BMSナンバーに最も影響している形質は脂肪面積割合であるため(浜崎ら2005)、各領域における脂肪面積割合の育種価が高いことが、BMSナンバーに対する配置バランス指標の影響度を凌駕したのかもしれない。種雄牛Cにおける、各象限の脂肪面積割合の育種価は4位から6位であるが、BMSナンバーの育種価は3位(2.97)であり、2位の種雄牛B(3.09)との差は小さかった。また、種雄牛Dについては、各象限の脂肪面積割合の育種価の順位が2位から3位と高いものの、種雄牛CよりもBMSの順位は低かった。これは、種雄牛Cのバランスの順位(5位)が種雄牛B(18位)およびD(7位)よりも高いことが影響していると考えられる。

6. 脂肪面積割合の配置バランス指標および各領域の画像解析形質の遺伝的趨勢

図2には、産子が枝肉記録を持つ繁殖雌牛における脂肪面積割合の配置バランス指標の遺伝的趨勢を示した。脂肪面積割合の配置バランス指標の平均育種価は、1990年から2004年まで減少しているように見えるが、本研究で用いた脂肪面積割合の配置バランス指標の平均と標準偏差は2.7 ± 1.2あるため、見かけ上最も高い1989年(0.17)と最も低い2004年(0.01)の0.16の変動は小さなものである。よって、BMSナンバーを中心に改良して



Figure 2 Genetic trend of arrangement score of marbling percent based on the breeding value of dam born from 1987 to 2004.

きた現状の中で、脂肪交雑の配置バランスの遺伝的能力は現在に至るまで常に一定であることが示された。これは、BMSナンバーと脂肪面積割合の配置バランス指標との遺伝相関からも予測された。図3には、画像解析6形質について、各領域の遺伝的趨勢を示した。脂肪面積割合の平均育種価は、すべての領域が同様に年々上昇している。あらさ指数および最大あらさ指数の遺伝的趨勢は上昇傾向にあった。また、領域によってばらつきもみられ、4象限のあらさ指数はどの年代においても最も高かった($P < 0.05$)。4象限は表型的にもあらい脂肪交雑が多い象限であり(表2)、バランスを考慮しない改良をさらに進めると、4象限の脂肪交雑粒子がますますあらかくなる懸念される。細かさ指数は、1996年まで上昇し、望ましい傾向を示していたが、それ以降減少傾向にあった。細かさ指数の遺伝的趨勢を象限別に見ると、1および4象限は1996年以降の減少の幅は少なく、一方2および3象限は大きく減少した。3象限の細かさ指数の遺伝的能力は、1996年までは最も高い領域であったが($P < 0.05$)、2000年以降は2象限とともに最も低い象限となり($P < 0.05$)、その表型値も低い(表2)。この原因を探るために、BMSナンバーと各領域の細かさ指数との遺伝相関を算出したところ、1象限で0.36、2象限で0.18、3象限で0.12、4象限で0.33の遺伝相関が推定された。1象限と4象限の細かさ指数とBMSナンバーとの遺伝相関がやや高かったため、BMSナンバーを増加させる現在の改良によって、2および3象限の細かさ指数よりも大きな反応を示したことが、1996年以降の象限間差の順位に影響を与えたのかもしれない。筋肉平均輝度および脂肪交雑平均輝度の遺伝的趨勢は、どの領域も年々増加しており、肉色と脂肪色が明るくなっていることを示しているが、領域間のばらつきも年々増加しているように見える。筋肉色は脂肪交雑の次に大きく枝肉単価に影響を与えているため(岡本ら2003)、ロース芯内の筋肉色のばらつきがますます大きくなることは、価格の決定に負の影響を与えるかもしれない。

脂肪面積割合の配置バランス指標の遺伝率は0.13と低かったが、推定された遺伝相関から、あらい脂肪交雑を減らし、細かい脂肪交雑を増やすことで配置バランスが良くなるという、望ましい関連性が示唆された。また、BMSナンバーを改良の指標にしている現在の状況下において、繁殖雌牛集団における脂肪面積割合の配置バランス指標の遺伝的趨勢に変化は無かった。さらに近年、あらさ指数および細かさ指数の遺伝的趨勢は、すべての象限において望ましくない方向に変化しており、改良が必要であることが確認された。よって、あらさ指数および細かさ指数を、現在の改良指標であるBMSナンバーの付加的な情報として改良に適用させることが、脂肪交雑の量のみには依らない、総合的な肉質の改良につながるだろう。

脂肪交雑配置バランスの遺伝分析

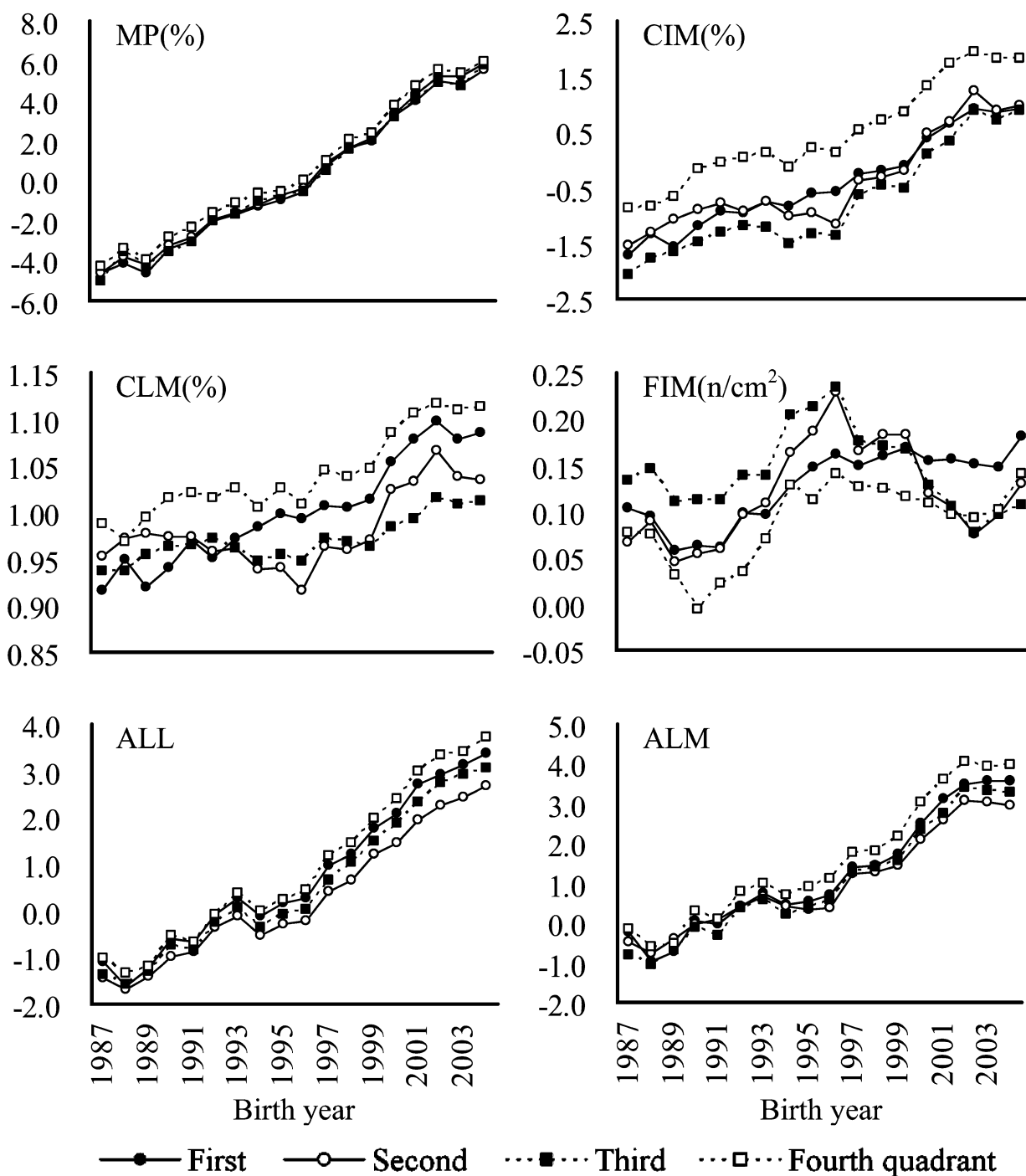


Figure 3 Genetic trends of image analysis traits of each quadrant based on the breeding value of dam born from 1987 to 2004.

さらに、種雄牛によって脂肪交雑が多く入る象限が異なることが明らかとなり、繁殖雌牛との組み合わせによって、脂肪交雑が不足する象限を補い合える交配が可能となるかもしれない。ところが、4象限における脂肪交雑のあらさに関する形質、そして3象限の脂肪交雑の細かさに関する形質は、他象限と比較して特に望ましく

ない傾向にあり、また、ロース芯内の肉色のばらつきが年々大きくなっていることも、今後の牛肉の評価と流通において問題視すべき点である。今後は、ロース芯内の各領域における、脂肪交雑および肉色の望ましくない特徴を改良することで、脂肪交雑の量のバランスから、そのあらさや細かさのバランスをも考慮に入れる改良がな

されていくことを期待する。そのためには、本研究で用いた撮影および解析装置を所持している地域およびその評価を適応できる現場後代検定事業などから、試験的に詳細な脂肪交雑の特徴量に関する遺伝評価を行い、その効果を検証することが望まれる。

文 献

- 後藤貴文, 岩元久雄, 尾野喜孝, 西村正太郎, 松尾健治, 中西良孝, 梅津頼三郎, 高原 斉. 1994. 黒毛和種去勢雄牛の脂肪交雑度の異なる胸最長筋における筋線維型構成の比較. 日本畜産学会報 **65**, 454-463.
- 浜崎陽子, 口田圭吾, 日高 智, 島田謙一郎, 関川三男, 丸山新. 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. 日本畜産学会報 **76**, 431-437.
- 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.
- 口田圭吾, 小西一之, 鈴木三義, 三好俊三. 1999. 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.
- 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.
- Larzul C, Lefaucheur L, Ecolan P, Gogue J, Talmant A, Sellier P, Le Roy P, Monin G. 1997. Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. *Journal of Animal Science* **75**, 3126-3137.
- Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee DH. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proceedings of 7th world congress on genetics applied to livestock production*, Montpellier, France. CD-ROM communication No. 28-07.
- 村澤七月, 口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 加藤浩二. 2008. 黒毛和種去勢牛ロース芯を4領域に分割したときの各領域における脂肪交雑の特徴および遺伝的パラメータ. 日本畜産学会報 **79**, 343-351.
- 村澤七月, 中橋良信, 浜崎陽子, 堀 武司, 加藤貴之, 口田圭吾. 2009. 4領域に分割された牛ロース芯の画像解析形質に関する品種間比較. 日本畜産学会報 **80**, 207-213.
- (社)日本食肉格付協会. 2008. 牛枝肉格付情報. 平成18年4月～平成19年3月 CD-ROM版. (社)全国肉用牛振興基金協会, 東京.
- Oikawa T, Sato K. 1996. Study on Animal model prediction for a data set with small herd effect. *Animal Science Technology* **67**, 755-763.
- 岡本圭介, 口田圭吾, 加藤貴之, 鈴木三義, 三好俊三. 2003. 枝肉形質および画像解析形質が牛枝肉単価に与える影響. 日本畜産学会報 **74**, 475-482.
- 大澤剛史, 日高 智, 加藤浩二, 口田圭吾. 2008. 黒毛和種枝肉横断面の画像解析形質と発育性ならびに飼料利用性間の遺伝的関連性. 日本畜産学会報 **79**, 193-201.
- 白仁田和彦, 林健一郎, 大坪昭文. 1999. 画像処理とニューラルネットワークによる牛枝肉の等級判定. 日本ファジイ学会誌 **11**, 1128-1134.

Genetic parameters for marbling arrangement in the rib eye and their genetic trend in Japanese Black cattle

Nazuki MURASAWA¹, Yoshinobu NAKAHASHI¹, Yoko HAMASAKI¹, Takeshi HORI²,
Takayuki KATO³ and Keigo KUCHIDA¹

¹ Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

² Hokkaido Industrial Research Institute, Kita, Sapporo 060-0819, Japan

³ Tokachi Federation of Agricultural Cooperative, Obihiro 080-0013, Japan

Corresponding : Keigo KUCHIDA (fax : +81 (0) 155-49-5462, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

The purposes of this study were to estimate genetic parameters and genetic trends of arrangement and characteristics of marbling on different region in rib eye using by 4,598 Japanese Black cattle (steer : 3,485, heifer : 1,113) shipped to carcass market in Hokkaido. Digital images of the rib eye on carcass cross sections between the sixth and seventh ribs were taken with the mirror type photography equipment. These images were divided into four quadrants by the first and second inertia main axes. The following image analysis traits were calculated for each quadrant of the rib eye as well as the whole rib eye : marbling percent (MP), coarseness index of marbling particles (CIM), coarseness index of the largest marbling (CLM), fineness index of marbling (FIM), average luminance of lean (ALL) and average luminance of marbling (ALM). Standard deviations of the first to fourth quadrants for each image analysis trait were treated as arrangement score of each trait. Heritability estimates for arrangement score of MP (0.13) was the highest among those of other image analysis traits (0.02-0.08). Genetic correlations of arrangement score of MP with CIM and FIM of whole rib eye were 0.38 and -0.49, respectively. These results indicating that the marbling arrangement could be improved by decreasing coarseness and increasing fineness of marbling. For genetic trend, arrangement score of MP improved year by year, CIM of the fourth quadrant and that for FIM of the second and third quadrants degraded. Attentions would be needed for the image analysis traits of each quadrant in the rib eye for the effective genetic improvement of marbling.

Nihon Chikusan Gakkaiho 81 (3), 315-323, 2010

Key words : genetic parameter, image analysis, marbling arrangement, rib eye.