

## 原 著

黒毛和種の枝肉形質ならびにロース芯断面に対する  
画像解析形質に関する遺伝的パラメータの推定口田 圭吾・浜崎 陽子<sup>1</sup>・萩谷 功一<sup>2</sup>・加藤 浩二<sup>3</sup>・鈴木 三義・三好 俊三

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

<sup>1</sup>現所属 全国和牛登録協会, 京都市中京区 604-0845<sup>2</sup>岩手大学連合大学院, 盛岡市 020-8550<sup>3</sup>家畜改良事業団, 北海道幕別町 089-0625Estimates of genetic parameters for carcass and image analysis  
traits on ribeye area in Japanese BlackKeigo KUCHIDA, Yoko HAMASAKI<sup>1</sup>, Koichi HAGIYA<sup>2</sup>, Koji KATO<sup>3</sup>,  
Mitsuyoshi SUZUKI and Shunzo MIYOSHI

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

<sup>1</sup>Present address: Wagyu Registry Association, Nakagyo-ku, Kyoto-shi 604-0845<sup>2</sup>Iwate University, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Morioka-shi 020-8550<sup>3</sup>Livestock Improvement Association of Japan, Makubetsu-cho Hokkaido 089-0625

キーワード : 画像解析, 脂肪交雑, 遺伝的パラメータ

Key words : image analysis, marbling, genetic parameters

## Abstract

Marbling scores assigned by graders (GRADE\_MS) are comprehensively evaluated, considering the ratio of marbling area to ribeye area (FATPER), coarseness of marbling (COARSE), shape of marbling (SHAPE), dispersion of marbling particles in the ribeye area (DISP), etc. The purposes of this study were to calculate FATPER, COARSE, SHAPE, and DISP numerically by image analysis method and to estimate genetic parameters for meat quality traits involving these image analysis traits. Digital images of the ribeye area from the 6th to 7th rib cross section of 706 Japanese Black steers at the progeny testing. Genetic parameters for carcass traits assigned by graders were estimated with an animal model using the multitrait REML program by canonical transformation. Heritability estimates of GRADE\_MS and FATPER were 0.51 and 0.59, respectively. Those of COARSE, SHAPE and DISP were 0.34, 0.25 and 0.36, respectively. Genetic correlation between GRADE\_MS and FATPER was highly positive (0.88). These results indicate that image analysis traits can be good indices of breeding improvement.

## 要 約

BMS ナンバーは、脂肪交雑の面積割合、脂肪交雑粒子の大きさや形状、脂肪交雑の配置バランスについて総合的に評価された数値と考えられる。これら各要因について画像解析手法を用いて数値化し、遺伝的パラメータを推定することを本研究の目的とした。鮮明な

第6-7肋骨間枝肉横断面の画像を持つ706頭の黒毛和種産肉能力検定間接法に用いられた去勢牛を供試した。遺伝的パラメータの推定は、正準変換による多形質REML法を用いて、枝肉形質および画像解析形質に対して実施した。BMSナンバーおよび脂肪面積比の遺伝率は、それぞれ0.51および0.59と推定された。脂肪交雑粒子のあらさ、脂肪交雑粒子の形状および脂肪交雑粒子の配置バランスの遺伝率は、それぞれ0.34、0.25および0.36と推定された。BMSナンバー

と脂肪面積比との遺伝相関は、高い正の値 (0.88) であった。これら 2 形質とその他の枝肉形質および画像解析形質との遺伝相関はいずれの形質に関しても類似していたことから、脂肪面積比は、格付員による BMS ナンバーと同様に黒毛和種の育種改良の指標として有用であることが示唆された。

## 緒 言

牛枝肉格付において肉質等級は、脂肪交雑、肉の色沢、肉の締まりときめおよび脂肪の色沢と質の 4 項目について判定されている。なかでも脂肪交雑は、わが国における枝肉評価に大きな影響を与えている。現在の脂肪交雑に関する格付は、畜試式牛標準脂肪交雑の模型をもとに、資格を有する格付員の肉眼的判断により決定されている (日本食肉格付協会, 1996)。

わが国における枝肉格付の普及により、食肉市場などの生産現場から得られる情報が増加し、和牛の枝肉形質に関する遺伝的パラメータが、多くの研究者により推定されてきた。向井 (1994) は 1988 年に改正された牛枝肉取引規格により評価された記録について、遺伝的パラメータを推定し、また、守屋ら (1994) は黒毛和種基礎集団ならびに現集団の屠肉性に関する遺伝的パラメータについて、多形質 REML 法を用いて推定した。また、HIROOKA *et al.* (1996) は褐毛和種のフィールド記録を用いて、成長および枝肉形質に関する遺伝的パラメータの推定を行った。それらの中で、BMS ナンバーの遺伝率は、向井 (1994) が 0.46、守屋ら (1994) が 0.59、HIROOKA *et al.* (1996) が 0.40 をそれぞれ推定しており、脂肪交雑が非常に高い遺伝性を持っていることを示唆している。さらに、脂肪交雑を中心とした肉質の向上を目指した改良が行われていることなどから、肉質は年々向上していくことが期待される。しかしながら、全国で格付された黒毛和種去勢牛の上物率 (肉質等級 4 以上の割合) は、平成 4 年度が 58.9% (黒毛和種去勢牛の格付頭数: 237,166 頭) であるのに対し、平成 7 年度が 48.4% (同: 275,072 頭)、平成 11 年度が 47.7% (同: 277,585 頭) と、低下する傾向にある (油上, 1997; 日本食肉格付協会, 2000)。

KUCHIDA *et al.* (1999) は、画像解析形質を用いて BMS ナンバーを推定する際に、脂肪面積比以外の画像解析形質も有効であることを示した。明確な判定基準として明記されていないが、BMS ナンバーは、ロース芯面積に占める脂肪交雑の面積割合 (以下、脂肪面積比)、脂肪交雑粒子のあらし、脂肪交雑粒子の形状および脂肪交雑粒子の配置バランスなどについて総合的に評価された数値であると考えられる。脂肪交雑を詳細に解析することは、BMS ナンバーを向上させるための、新たな指針を見いだすことにつながる可能性が推察される。

KUCHIDA *et al.* (1992) は画像解析により算出した脂肪面積比や粒子の形状係数に関する遺伝的パラメータを算出しているが、その後の画像解析技術の進展はめざましく、得られる値の精度も大きく異なる。そこで、本研究は黒毛和種去勢牛のロース芯断面に対する画像解析により得られた脂肪交雑粒子の特徴量および従来の枝肉形質に関する遺伝的パラメータを推定し、画像解析形質が黒毛和種の改良に寄与するか否かについて検討することを目的とした。

## 材料および方法

### 1. 画像解析形質

供試材料は、平成 7 年から平成 8 年にかけて屠殺された黒毛和種産肉能力検定間接法で用いられた去勢牛 706 頭のロース芯断面の画像である。写真撮影は、0℃に設定された枝肉用冷蔵庫内で、第 6-7 肋骨間を広く切開した枝肉断面に対して、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。撮影の際、ロース芯の表面で乱反射しないよう留意しながら、2 燈の撮影用ライトを斜めの方向より照射した。得られた写真をプリントし、カラーイメージスキャナを用い、画像のサイズが約 2 M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。

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 (口田ら, 1997 a および 1997 b) を用い、脂肪面積比、脂肪交雑粒子それぞれの面積 (以下、粒子面積)、脂肪交雑粒子それぞれの形状係数 (以下、形状係数) およびロース芯内の脂肪交雑粒子の配置バランス (以下、配置バランス) の 4 種類の特徴量を算出した。

ここで、形状係数は、粒子の形が複雑か否かを表す数値であり、複雑な粒子ほど、その値は大きくなる。ロース芯内の脂肪交雑の配置バランスは、ロース芯を複数の小領域に分割し、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値である。したがって、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、その値が小さくなることが予測される。ただし、ロース芯の中には多数の脂肪交雑粒子が存在するため、得られた粒子面積や形状係数を、一つの統計量として代表させる必要がある。これまでの研究 (口田ら, 1997 a) により、粒子面積の範囲を限定し、その範囲内にある粒子面積の平均と BMS ナンバーとの間に、有意な相関関係が認められている。予備分析の結果、0.1 cm<sup>2</sup> 以上の脂肪交雑粒子における粒子面積および形状係数の平均、ロース芯を 100 の小領域に分割して算出した配置バランスが、肉眼で判定した際の脂肪交雑粒子のあらしならびに形状および脂肪交雑の配置バランスを適切にあらわしていた。そこで、本研究では、“粒子のあらし”を、面積が 0.1 cm<sup>2</sup>

以上の脂肪交雑粒子の粒子面積の平均と定義した。同様に、“粒子の形状”を、面積が0.1 cm<sup>2</sup>以上の脂肪交雑粒子の形状係数の平均、“配置バランス”を、ロース芯を100の区画に分け、区画ごとの脂肪面積比の標準偏差と定義した。以上の4形質（脂肪面積比、粒子のあらさ、粒子の形状、配置バランス）を本研究では画像解析形質とした。

## 2. 遺伝的パラメータの推定

分析には、画像と枝肉記録を併せ持つ黒毛和種去勢牛706頭を用いた。遺伝的パラメータの推定には、前述の画像解析形質に加えて、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、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留基準値、BCSナンバーおよびBFSナンバーの記録を用いた。なお、これら8形質を枝肉形質とした。遺伝的パラメータの推定には、MISZTAL *et al.* (1995) によって開発された正準変換による多形質REML法(MTCプログラム)を用いた。収束基準は10<sup>-8</sup>以下とした。

数学モデルには、マネージメント効果として検定回、検定期、検定場および検定に用いたペンの母数効果を取りあげた。血縁に関しては、母方については3代祖まで、父方については可能な限り遡った。なお、分析に用いた血縁情報のうち、記録を持たない血縁個体の数は、13,071頭であった。数学モデルを以下に示す。

$$Y_{ijk} = F_i + a_j + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  ; 各形質の観測値

$F_i$  ;  $i$  番目の検定期、検定期、検定場、検定に用いたペンの母数効果

$a_j$  ; 近交係数の上昇による分散の偏りを補正した  $j$  番目の個体の効果

$e_{ijk}$  ; 残差

## 結果および考察

枝肉形質と、画像解析により算出した画像解析形質の基礎統計量を表1に示した。向井(1994)は、1991年に検定を開始した種雄牛の脂肪交雑評点の平均を、2.1と報告している。本研究で得られたBMSナンバー6.9を、脂肪交雑評点に変換すると、1.97となり、向井の用いたデータとほぼ同水準であることが認められた。脂肪面積比とBMSナンバーとの相関係数は、0.80 ( $p < 0.01$ ) であり、従来の報告と類似したものであった。KUCHIDA *et al.* (1999) は、今回とは全く異なる材料 ( $n=106$ ) を用い、全国和牛登録協会の検定員により判定されたBMSナンバーと脂肪面積比との関連性が、次式で示される1次の関係にあることを報告した。

$$\text{BMSナンバー} = 0.462 \times \text{脂肪面積比} - 1.26$$

本研究で用いた材料の脂肪面積比の平均値(17.7%)を、この式に代入すると6.9が得られることから、両

Table 1 Summary of basic statistics for carcass and image analysis traits from progeny testing in Japanese Black steers ( $n=706$ )

| Traits                                    | Mean±S.D.    | Min  | Max   |
|---|--------------|------|-------|
| Carcass traits                            |              |      |       |
| BMS number                                | 6.9 ± 1.9    | 2    | 12    |
| Carcass weight (kg)                       | 344.6 ± 37.2 | 242  | 467   |
| Ribeye area (cm <sup>2</sup> )            | 47.9 ± 5.7   | 32   | 67    |
| Rib thickness (mm)                        | 60.7 ± 6.8   | 34   | 85    |
| Subcutaneous fat thickness (mm)           | 19.3 ± 5.4   | 6    | 51    |
| Yield score                               | 73.7 ± 9.4   | 69.4 | 76.7  |
| BCS number                                | 3.18 ± 0.6   | 1    | 5     |
| BFS number                                | 2.02 ± 0.17  | 1    | 3     |
| Image analysis traits                     |              |      |       |
| Fat area ratio (%)                        | 17.7 ± 5.3   | 6.2  | 35.5  |
| Coarseness of marbling (cm <sup>2</sup> ) | 0.40 ± 0.15  | 0.16 | 1.10  |
| Shape of marbling                         | 104.6 ± 32.8 | 50.0 | 347.0 |
| Arrangement balance                       | 12.8 ± 2.3   | 6.5  | 23.9  |

データセットにおいて安定した格付が実施されていることが推察された。

粒子のあらさ、粒子の形状および配置バランスは、脂肪面積比と強い正の相関関係にあり、その相関係数は、それぞれ0.62、0.41および0.37である。すなわち、脂肪面積比の高いサンプルは、脂肪交雑粒子あたりの面積が大きく、粒子の形状も複雑になりがちである。さらには、配置バランスも大きな値を取る傾向にある。脂肪面積比の影響を受けずに、粒子のあらさ、粒子の形状および配置バランスを把握したいところであるが、現状のソフトウェアは、そこまで到達していない。今後、これらの数値を、より人間の感覚と一致させていく予定である。

各枝肉形質および画像解析形質の遺伝率推定値を、表2に示した。枝肉形質の遺伝率推定値においては、BFSナンバー(0.11)を除き、いずれも中程度から高い値(0.34~0.62)が推定された。また、画像解析形質の遺伝率推定値は、脂肪面積比が0.59と高く、粒子のあらさ(0.34)や粒子の形状(0.25)および配置バランス(0.36)のそれは、中程度であった。

本研究におけるBMSナンバーの遺伝率推定値は、0.51であったが、この値は、黒毛和種フィールド記録を用いた守屋ら(1994)の0.59、向井(1994)の0.46、黒毛和種間接検定記録を用いた氏家ら(1990)の0.63、褐毛和種フィールド記録を用いたHIROOKA *et al.* (1996)の0.40といった値の範囲内であった。

KUCHIDA *et al.* (1992) は、画像解析により日本短角種の脂肪面積比、粒子のあらさおよび粒子の形状の遺伝率を、それぞれ、0.45、0.31および0.81と推定した。ここで、KUCHIDA *et al.* (1992) の報告における粒子のあらさおよび粒子の形状は、本研究の算出方法とは、若干異なるものの、ほぼ同様の特徴を持つ数値である。本研究における脂肪面積比、粒子のあらさおよび粒子の形状の遺伝率は、それぞれ、0.59、0.34および0.25が推定され、脂肪面積比および粒子のあらさ

Table 2 Estimates of heritabilities (diagonal), genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations for carcass and image analysis traits in Japanese Black steers on progeny testing

| Traits                       | Carcass traits |             |             |             |             |             |             |             | Image analysis traits |             |             |             |
|------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              | 1              | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9                     | 10          | 11          | 12          |
| Carcass traits               |                |             |             |             |             |             |             |             |                       |             |             |             |
| 1 BMS <sup>a</sup>           | <u>0.51</u>    | 0.15        | 0.25        | 0.24        | 0.04        | 0.20        | -0.30       | -0.22       | 0.88                  | 0.71        | 0.61        | 0.64        |
| 2 Carcass weight             | 0.16           | <u>0.55</u> | 0.23        | 0.70        | 0.23        | -0.08       | 0.08        | -0.23       | 0.34                  | 0.08        | 0.37        | -0.06       |
| 3 Ribeye area                | 0.29           | 0.42        | <u>0.53</u> | 0.31        | -0.21       | 0.84        | 0.12        | -0.51       | 0.23                  | 0.24        | 0.23        | 0.04        |
| 4 Rib thickness              | 0.29           | 0.68        | 0.37        | <u>0.46</u> | 0.27        | 0.21        | 0.08        | 0.08        | 0.39                  | 0.20        | 0.39        | -0.01       |
| 5 Subcutaneous fat thickness | 0.06           | 0.34        | -0.04       | 0.31        | <u>0.54</u> | -0.60       | -0.25       | 0.11        | 0.03                  | 0.16        | 0.01        | 0.17        |
| 6 Yield score                | 0.26           | 0.04        | 0.79        | 0.29        | -0.53       | <u>0.62</u> | 0.21        | -0.28       | 0.17                  | 0.14        | 0.17        | -0.03       |
| 7 BCS <sup>b</sup>           | -0.12          | -0.06       | -0.05       | -0.10       | -0.05       | -0.03       | <u>0.34</u> | -0.01       | -0.45                 | -0.38       | -0.17       | -0.38       |
| 8 BFS <sup>c</sup>           | 0.02           | 0.06        | 0.04        | 0.06        | 0.06        | 0.01        | -0.10       | <u>0.11</u> | -0.08                 | 0.00        | 0.00        | -0.06       |
| Image analysis traits        |                |             |             |             |             |             |             |             |                       |             |             |             |
| 9 Fat area ratio             | 0.84           | 0.18        | 0.26        | 0.30        | 0.02        | 0.25        | -0.20       | 0.01        | <u>0.59</u>           | 0.70        | 0.61        | 0.58        |
| 10 Coarseness of marbling    | 0.48           | 0.14        | 0.29        | 0.21        | 0.02        | 0.25        | -0.13       | 0.07        | 0.62                  | <u>0.34</u> | 0.47        | 0.88        |
| 11 Shape of marbling         | 0.33           | -0.07       | 0.07        | -0.02       | -0.09       | 0.13        | -0.05       | 0.03        | 0.45                  | 0.57        | <u>0.25</u> | 0.10        |
| 12 Arrangement balance       | 0.39           | 0.10        | 0.05        | 0.17        | 0.05        | 0.05        | -0.17       | 0.01        | 0.50                  | 0.71        | 0.18        | <u>0.36</u> |

<sup>a</sup>Beef marbling standard, <sup>b</sup>Beef color standard, <sup>c</sup>Beef fat standard

については、過去の報告とほぼ同様の値となった。粒子の形状の算出には、脂肪交雑粒子の周囲長を用いているが、過去の報告における画像の解像度（512×512画素）および質ともに、今回用いたそれに比較し劣るものである。周囲長の算出には、画像の解像度や質が大きく影響してくるが、このことが粒子の形状の遺伝率推定値に大きな相違をもたらした原因の一つと推察される。

肉量を大きく左右する枝肉重量とバラの厚さの間に、高い正の遺伝相関（0.70）が推定された。枝肉重量とバラの厚さとの遺伝相関は、黒毛和種において0.81、褐毛和種において0.66と、高い正の値が報告されており、本研究の結果と一致した。

歩留基準値と、歩留基準値の推定式を構成する成分との間の遺伝相関は、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さおよび皮下脂肪の厚さにおいて、それぞれ-0.08、0.84、0.21および-0.60となった。歩留基準値の算出式において、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さおよび皮下脂肪の厚さにかかる係数は、それぞれ-0.025、0.130、0.667および-0.896であるが（日本食肉格付協会、1996）、本研究で得られた遺伝相関係数の符号は、これと一致した。福原ら（1989）も、歩留基準値と枝肉重量との遺伝相関について、ほぼ同様の値を報告した。

BMSナンバーと枝肉重量との間の遺伝相関について、福原ら（1989）は黒毛和種において-0.18、HIROOKA *et al.*（1996）は褐毛和種において-0.05という値を報告しているが、本研究においては、両者の間に正の遺伝相関（0.15）が推定された。さらに、脂肪面積比と枝肉重量との遺伝相関は、より大きな値（0.34）が推定された。枝肉重量と粒子のあらさとの間に正の遺伝相関（0.08）が推定されたことから、枝肉重量が大きなものを選抜した場合、脂肪面積比は高くなるが、

脂肪交雑の粒子があらくなり、結果として脂肪面積比の改良分ほどにはBMSナンバーが向上しないということが推察された。

画像解析形質と枝肉形質間の遺伝相関においては、格付員によるBMSナンバーと脂肪面積比との間に高い正の遺伝相関（0.88）が認められた。また、BMSナンバーと残りの枝肉形質との遺伝相関は、脂肪面積比と枝肉形質（BMSナンバーを除く）との遺伝相関と類似していた。このことから、脂肪面積比は、格付員によるBMSと同様に、黒毛和種の脂肪交雑改良のための指標となると推察される。

BMSナンバーと粒子のあらさおよび配置バランスとの間の遺伝相関が正（それぞれ、0.71、0.64）であることから、BMSナンバーのみに注目した改良を実施すると、粒子があらくなり、配置バランスも望ましくない方向へ向かう可能性が示唆された。また、粒子のあらさと配置バランスとの遺伝相関は、0.88と非常に高く、粒子があらくなるとロース芯における脂肪交雑の配置の均一性が損なわれることを示唆した。

産子の数が10頭以上であった種雄牛（n=50）について、その育種価を算出し、BMSナンバーの育種価が、上位5位以内であった種雄牛および下位5位以内であった種雄牛について、BMSナンバーの育種価で降順に並べ替え、画像解析形質の育種価とともに表3に示した。なお、それぞれの形質について、種雄牛の育種価の平均が0となるように調整した。

種雄牛Aは、BMSナンバーおよび脂肪面積比において非常に高い育種価が推定されているが、配置バランスの育種価が、抽出した50頭の種雄牛の中で最も高かった。このことは、種雄牛Aからの産子について、脂肪交雑粒子が、不均一に配置することを示している。配置バランスの育種価が、比較的不均一であると評価されている繁殖雌牛が存在するとすれば、種雄牛Aよ

Table 3 Expected breeding values of sire descended by BMS number

| Sire                                    | BMS number | Fat%   | Coarseness of marbling | Shape of marbling | Arrangement balance |
|---|------------|--------|------------------------|-------------------|---------------------|
| High-ranking sire for EBV of BMS number |            |        |                        |                   |                     |
| A                                       | 3.907      | 11.650 | 0.167                  | 16.643            | 2.480               |
| B                                       | 3.560      | 8.696  | 0.109                  | 9.293             | 0.744               |
| C                                       | 1.832      | 5.937  | 0.149                  | 17.691            | 2.423               |
| D                                       | 1.685      | 2.068  | 0.027                  | -0.353            | 0.705               |
| E                                       | 1.257      | 5.565  | -0.023                 | 3.442             | 0.100               |
| Low-ranking sire for EBV of BMS number  |            |        |                        |                   |                     |
| F                                       | -1.821     | -5.719 | -0.094                 | -10.771           | -1.175              |
| G                                       | -1.858     | -6.240 | -0.093                 | -26.000           | -0.629              |
| H                                       | -1.885     | -4.692 | -0.050                 | -7.329            | -1.064              |
| I                                       | -1.972     | -3.587 | -0.073                 | -7.634            | -1.092              |
| J                                       | -2.851     | -7.490 | -0.027                 | 8.362             | -2.043              |

り、BMS ナンバーにおいて種雄牛 A と大差がなくかつ配置バランスが良好である種雄牛 B を交配する方が、格付員により判定される BMS ナンバーに関して、より良い結果が得られるものと期待される。

本研究の結果より、画像解析の手法を用い脂肪交雑の特徴量をより細分化して評価する可能性が示唆された。同時に、画像解析形質が、格付員により評価された BMS ナンバーに加えて、改良の新しい指標として利用され、黒毛和種の肉質面での育種改良に貢献することが期待された。

### 謝 辞

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行われたものであり、ここに感謝の意を表す

### 参 考 文 献

福原利一・守屋和幸・原田宏 (1989) 新牛枝肉取引規格の歩留等級形質に関する遺伝的パラメータの推定と種雄牛評価. 日畜会報, **60**: 1128-1134.

HIROOKA, H, A. B. F. GROEN and M. MATSUMOTO (1996) Genetic parameters for growth and carcass traits in Japanese Brown cattle estimated from field records. J. of Anim. Sci., **74**: 2112-2116.

KUCHIDA, K, K. YAMAKI, T. YAMAGISHI and Y. Mizuma (1992) Evaluation of meat quality in Japanese beef cattle by computer image analysis. Anim. Sci. and Technol. (Jpn), **63**: 121-128.

口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三 (1997 a)

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. 日畜会報, **68**: 853-859.

口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三 (1997 b) 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. 日畜会報, **68**: 878-882.

KUCHIDA, K, S. TSURUTA, L. D. VAN VLECK, M. SUZUKI and S. MIYOSHI (1999) Prediction method of beef marbling standard number using parameters obtained from image analysis for beef ribeye. Anim. Sci. J., **70**: 107-112.

MISZTAL, I., K. WEIGEL and T. J. LAWLOR (1995) Approximation of estimates of (co) variance components with multiple-trait restricted maximum likelihood by multiple diagonalization for more than one random effect. J. of Dairy Sci., **78**: 1862-1872.

守屋和幸・道後泰治・佐々木義之 (1994) 黒毛和種の基礎集団並びに現集団における屠肉性に関する遺伝率の REML 推定. 日畜会報, **65**: 720-725.

向井文雄 (1994) 黒毛和種の産肉形質の選抜法ならびに遺伝的評価に関する研究. 日畜会報, **65**: 890-905.

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.

日本食肉格付協会 (2000) 平成 11 年格付結果の概要. 1-30. 日本食肉格付協会. 東京.

氏家哲・松本忠・小野寺千一・小野未治・山岸敏宏 (1990) 宮城県黒毛和種間接検定成績に関する遺伝的パラメータの推定. 日畜東北支部会報, **40**: 30-35.

油上 晋 (1997) 牛枝肉格付の動向について. 肉用牛研報, **62**: 41-44.

