

黒毛和種のサイコロ脂面積における遺伝的改良の可能性の検討

迫田康平¹・前田さくら¹・阿佐玲奈¹・萩谷功一¹・後藤達彦¹・口田圭吾¹

¹ 帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

(2016. 12. 10 受付, 2017. 7. 10 受理)

要約 黒毛和種の第6-7切開面における頭半棘筋, 背半棘筋および胸最長筋に囲まれた筋間脂肪(サイコロ脂)において, 面積が大きすぎるものは購買者や消費者に好まれない傾向にある。消費者が望む牛肉を生産するため, サイコロ脂を小さくするような遺伝的改良は必要と考えられる。本研究では, サイコロ脂面積の遺伝的パラメータを推定するとともに, 遺伝的改良の可能性の検討を目的とした。単形質および多形質アニマルモデルによりサイコロ脂面積の遺伝的パラメータを性ごとに推定した。サイコロ脂面積の遺伝率は, 去勢は 0.43 ± 0.06 , メスは 0.51 ± 0.09 であり, サイコロ脂面積の遺伝的改良は十分に可能であると示唆した。またサイコロ脂面積とあらさ指数間の遺伝相関は, 去勢は 0.21 ± 0.10 , メスは 0.13 ± 0.13 であり, サイコロ脂面積に対する遺伝的改良を行うことで, あらい脂肪交雑粒子の減少が期待できる。

日本畜産学会報 88 (4), 491-495, 2017

キーワード: 遺伝的パラメータ, 筋間脂肪, サイコロ脂

現在, 日本における牛枝肉は, 生産者や生産団体と購買者の間での相対取引や, セリによる取引が行われている。このうち, セリによる取引において, 購買者は主に格付記録を参考に枝肉単価を決定するが, 購買者自身の経験や主観も単価の決定に影響すると考えられる。また, 購買者はセリの前にあらかじめ枝肉の下見を行っており, その際にロース芯だけでなく, 他の筋肉ならびに脂肪の量や枝肉全体のバランスなどの格付評価箇所以外も確認していると考えられる。ここでは, それらのうちの1カ所としてサイコロ脂に着目した。

サイコロ脂とは牛枝肉の第6-7肋骨間切開面において頭半棘筋, 背半棘筋および胸最長筋に隣接する筋間脂肪である。(公社)日本食肉格付協会の歩留等級に関する申し合わせ事項によると, サイコロ脂の面積(以下, サイコロ脂面積)が 12cm^2 を超えた場合に歩留等級の格下げ要因となりうる。また, サイコロ脂はリブローズ部分肉からステーキ肉への精肉加工時に取り除くことが困難であり, 面積が大きすぎるものは購買者や消費者に好まれない傾向にある(松本 2007)。

近年, 画像解析技術の発展により, 牛枝肉横断面から客観的かつ詳細な評価値を得ることが可能になった(岡本ら 2003; 中橋ら 2007; Nakahashiら 2008; Osawaら 2008)。この画像解析手法は, 胸最長筋だけでなく, 牛枝肉横断面の様々な筋肉や脂肪に応用することも可能である。われわれの過去の研究(迫田ら 2016)において, サイコロ脂面積の増加が枝肉単価の低下に寄与し, その遺伝

的改良の必要性を報告した。大澤ら(2004)は家畜改良事業団の肉用牛産肉能力平準化促進事業による間接検定を受けた黒毛和種去勢牛を用いて, 各筋肉, 皮下脂肪および筋間脂肪に関する遺伝的パラメータを推定した。しかしながら, サイコロ脂面積を含む筋間脂肪の遺伝的パラメータに関する報告は少ない。そこで本研究では, サイコロ脂面積の遺伝的改良の可能性を調査するため, サイコロ脂面積の遺伝率および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。また, サイコロ脂面積の改良による他の形質への影響を調査した。

材料および方法

1. 供試牛

供試牛は, 2009年4月から2013年3月に北海道の十勝枝肉市場に出荷された黒毛和種で, 枝肉格付形質ならびに枝肉単価の記録を用いた。格付記録をもつ個体のうち, 血統情報または肥育農家の記録がないもの, ロース芯に瑕疵のあるもの, 屠畜月齢および枝肉重量が平均 ± 3 標準偏差から外れるもの, 1種雄牛あたり後代数が3頭未満の種雄牛および1農家当たり出荷頭数が3頭未満の農家のデータを除外した。これらは, 加藤ら(2014)のデータ編集方法を参考に行った。データ編集後の個体数は, 7,958頭(去勢: 5,890頭, メス: 2,068頭)であった。本研究において用いた枝肉格付形質は, 枝肉重量, ロース芯面積, ばらの厚さ, 皮下脂肪の厚さ, BMSナンバーおよびBCSナンバーの6形質である。枝肉格付形質は, 牛枝肉

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

取引規格に従って（公社）日本食肉格付協会の格付員により評価された。

2. 枝肉横断面の撮影と画像解析

ミラー型牛枝肉撮影装置（HK-333；早坂理工，札幌市）を用いて枝肉横断面画像を撮影し，口田ら（2006）が開発した画像解析ソフト（BeefAnalyzer-II；早坂理工，札幌市）を用いて画像解析値を算出した。分析に用いた画像解析形質は，コース芯面積，脂肪面積割合，あらさ指数および新細かさ指数の4形質である。コース芯面積は，コース芯内の画素数をカウントし，1cmあたりの画素数の2乗で除した値である。脂肪面積割合は，コース芯全体にある脂肪交雑粒子の面積割合を示す。あらさ指数は，コース芯内の脂肪交雑粒子の全体的なあらさを示す指標であり，値が高いほど筋肉内にあらい脂肪交雑粒子が多く存在する（口田ら2002）。新細かさ指数は，コース芯内の脂肪交雑粒子の全周囲長をコース芯面積の平方根で除した値であり，値が大きいほど脂肪交雑粒子が細かく入っていることを表す指標である（口田と金井2012）。サイコロ脂面積は迫田ら（2016）による方法と同じ手法で面積を算出した。

3. 遺伝分析

枝肉格付形質，画像解析形質，およびサイコロ脂面積の遺伝的パラメータはAIREMLF90プログラムを用いて推定した。血縁情報は五代祖まで遡った。血統データと結合された総個体数は31,501頭であった。用いた数学モデルを以下に示した。

$$y_{ijklm} = A_i + S_j + YS_k + F_l + a_{ijklm} + e_{ijklm}$$

ここで， y_{ijklm} は各形質の観測値であり， A_i は i 番目のと畜月齢の効果， S_j は j 番目の性の効果， YS_k は k 番目の出荷年×出荷季節の効果および F_l は l 番目の肥育農家の効果であり，それぞれ母数効果として含んだ。 a_{ijklm} は相加的遺伝効果および e_{ijklm} は残差の効果として含んだ。各形質の遺伝率は単形質アニマルモデルを用い，サイコロ脂面積と枝肉格付形質および画像解析形質との遺伝相関は2形質アニマルモデルを用いて推定した。過去の研究（迫田ら2016）により，サイコロ脂面積は性差のある形質であることが明らかとなったため，本研究では性ごとのデータセットも作成し，上記のモデルから S_j を除いて，性ごとも遺伝分析を行った。さらに，サイコロ脂面積について性別間で別形質とみなし，一方を欠測値とした2形質アニマルモデルを使用して両者間の遺伝相関を推定した。

$$\begin{bmatrix} y_s \\ y_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_s & 0 \\ 0 & X_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_s \\ \beta_f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_s & 0 \\ 0 & Z_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_s \\ u_f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_s & 0 \\ 0 & e_f \end{bmatrix}$$

ここで， y はサイコロ脂面積の観測値， β は母数効果に関するベクトル， u は相加的遺伝子効果に関するベクトル，そして e は残差である。 X および Z は配置行列， s および f はそれぞれ去勢およびメスを表す。残差共分散はゼロと仮定した。

サイコロ脂面積の育種価を用いて選抜した際の他形質に及ぼす影響を調査するため，枝肉格付形質，画像解析形質

およびサイコロ脂面積についてBLUPF90プログラムを用いて育種価を推定した。枝肉記録をもつ後代を10頭以上有する種雄牛（ $n = 66$ 頭）の中から，サイコロ脂面積の育種価が高いもの10頭と低いもの10頭を選出し，それらの育種価の平均値をそれぞれ算出した。

結果および考察

本研究で用いた供試牛の枝肉重量は，去勢が 473.2 ± 50.2 kg，メスが 434.38 ± 48.6 kg であり，独立行政法人家畜改良センター（2012）が集計した平成23年度黒毛和種の枝肉格付形質における全国平均値（去勢が 479.9 ± 56.7 kg，メスが 422.8 ± 50.4 kg）と同程度であった。また，サイコロ脂面積の平均値は去勢が 5.64 ± 2.39 cm²，メスが 9.16 ± 3.04 cm² であり，メスの方が有意に高い値を示した（ $P < 0.01$ ）。

表1には，本研究で用いた枝肉格付形質，画像解析形質およびサイコロ脂面積の性ごとの分散成分と遺伝率を示した。枝肉重量の遺伝率は，去勢は 0.61 ± 0.06 ，メスは 0.54 ± 0.09 であり，加藤ら（2014）の結果（ 0.57 ± 0.05 ）と類似した。サイコロ脂面積の遺伝率は，去勢は 0.43 ± 0.06 ，メスは 0.51 ± 0.09 であり，どちらも中程度の遺伝率を示した。遺伝率を性別で比較してみると，その差はあまり大きくはなかったが，遺伝および残差分散は去勢が2.46および3.29，メスが4.77および4.51と，分散成分に大きな差が認められた。これはサイコロ脂面積が性差のある形質であるという迫田らの報告（2016）と一致した。また，去勢のサイコロ脂面積の遺伝率（0.43）は大澤ら（2004）の報告（0.28）と比較して高い値を示した。平均屠畜月齢が28.6ヵ月の本研究と比較して，大澤らの供試材料が間接検定をうけた約20ヵ月齢の黒毛和種去勢牛であったことから，屠畜月齢がサイコロ脂面積の遺伝的なばらつきに及ぼす影響を示唆した。これより，サイコロ脂面積は遺伝的改良が十分可能な形質であることを示唆した。

表2には，サイコロ脂面積と枝肉格付形質および画像解析形質との性ごとの遺伝相関を示した。サイコロ脂面積と枝肉重量およびBMS No.との間には，性に関係なく遺伝相関がほとんど認められなかった（ $-0.06 \sim 0.01$ ）。去勢において，サイコロ脂面積と胸最長筋面積（ -0.11 ± 0.10 ），皮下脂肪の厚さ（ 0.10 ± 0.10 ），および新細かさ指数（ -0.24 ± 0.10 ）との間の遺伝相関はわずかであるが，サイコロ脂面積が小さくなる方向に遺伝的改良を行うことで，わずかながら好ましい影響を及ぼすことが期待できる。またサイコロ脂面積とあらさ指数との間の遺伝相関は，去勢は 0.21 ± 0.10 ，メスは 0.13 ± 0.13 であり，どちらの性もサイコロ脂面積が小さくなる方向への改良によりあらい脂肪交雑粒子の割合の減少が期待できる。以上より，サイコロ脂面積を改良することで，あらい脂肪交雑粒子の割合が減少し，去勢においては胸最長筋面積の増大，

サイコロ脂面積の遺伝的改良

表 1 枝肉格付形質および画像解析形質の分散成分と遺伝率

形質	去勢 (n = 5,890)			メス (n = 2,068)			全体 (n = 7,958)
	遺伝分散	残差分散	遺伝率 ± SE	遺伝分散	残差分散	遺伝率 ± SE	遺伝率 ± SE
枝肉格付形質							
枝肉重量	1335.30	861.87	0.61 ± 0.06	982.59	853.34	0.54 ± 0.09	0.59 ± 0.05
胸最長筋面積	31.31	34.41	0.48 ± 0.06	26.65	33.72	0.44 ± 0.09	0.49 ± 0.05
ばらの厚さ	0.27	0.35	0.43 ± 0.06	0.21	0.39	0.35 ± 0.08	0.39 ± 0.05
皮下脂肪の厚さ	0.25	0.19	0.56 ± 0.06	0.24	0.34	0.42 ± 0.09	0.50 ± 0.05
BMS No.	2.30	1.51	0.60 ± 0.06	2.50	0.81	0.75 ± 0.10	0.65 ± 0.05
BCS No.	0.09	0.17	0.35 ± 0.06	0.04	0.21	0.17 ± 0.06	0.29 ± 0.04
画像解析形質							
コース芯面積	39.21	29.84	0.57 ± 0.06	33.62	31.70	0.51 ± 0.09	0.60 ± 0.05
脂肪面積割合	45.79	8.97	0.84 ± 0.06	50.52	6.08	0.89 ± 0.10	0.84 ± 0.05
あらさ指数	10.44	9.72	0.52 ± 0.06	16.12	8.50	0.65 ± 0.09	0.56 ± 0.05
新細かさ指数	56.42	42.63	0.57 ± 0.06	50.66	46.62	0.52 ± 0.10	0.59 ± 0.05
サイコロ脂面積	2.46	3.29	0.43 ± 0.06	4.77	4.51	0.51 ± 0.09	0.46 ± 0.05

表 2 サイコロ脂面積と枝肉格付形質および画像解析形質との性ごとの遺伝相関

形質	去勢	メス	全体
	遺伝相関 ± SE	遺伝相関 ± SE	遺伝相関 ± SE
枝肉格付形質			
枝肉重量	0.01 ± 0.10	-0.01 ± 0.14	0.03 ± 0.08
胸最長筋面積	-0.11 ± 0.10	0.00 ± 0.16	-0.04 ± 0.09
ばらの厚さ	0.08 ± 0.10	0.11 ± 0.16	0.10 ± 0.09
皮下脂肪の厚さ	0.10 ± 0.10	0.06 ± 0.16	0.06 ± 0.09
BMS No.	-0.06 ± 0.10	-0.03 ± 0.14	-0.06 ± 0.08
BCS No.	-0.04 ± 0.12	-0.06 ± 0.20	0.01 ± 0.10
画像解析形質			
コース芯面積	-0.10 ± 0.10	0.08 ± 0.15	-0.00 ± 0.08
脂肪面積割合	-0.05 ± 0.09	0.04 ± 0.13	-0.01 ± 0.07
あらさ指数	0.21 ± 0.10	0.13 ± 0.13	0.15 ± 0.08
新細かさ指数	-0.24 ± 0.10	0.01 ± 0.15	-0.15 ± 0.08

皮下脂肪の厚さの減少, および細かい脂肪交雑粒子の増加といった歩留等級および肉質等級における望ましい方向への間接的な改良の可能性が示唆された. しかしながら, 遺伝相関の標準誤差は, 去勢は 0.09~0.12, メスは 0.13~0.20 と, かなり高い値を示したことから, 安定した分析のためにモデルの再検討やデータ数を増やす必要があるかもしれない.

去勢とメスのサイコロ脂面積を別形質とみなした分析による遺伝相関推定値は 0.89 であった. 高い遺伝相関が得られたが, 両者を同一形質とみなすか, 別形質として扱うべきか判断が難しい. 乳用牛では, 初産と 2 産次の乳期あたりの乳量間の遺伝相関は 0.85 (Yamazaki ら 2013) であるが, 2014 年以前に同一形質, 2015 年以降に別形質とみなした遺伝的能力評価法が採用されている (家畜改良センター 2015). 本研究において推定された遺伝相関

(0.89) が初産と 2 産次の乳量間の遺伝相関に近似したことから, 去勢とメス間のサイコロ脂面積の遺伝的能力評価を行う際, ひとつの事例として参考になるかもしれない.

表 3 には, サイコロ脂面積の改良による他形質への影響を示した. サイコロ脂面積の育種価が高い種雄牛 (大きいサイコロ脂 10 頭) と低い種雄牛 (小さいサイコロ脂 10 頭) を比較すると, 枝肉重量, ばらの厚さ, BCS No., あらさ指数において差は認められなかった. サイコロ脂面積とあらさ指数との遺伝相関は正であったが (0.15), サイコロ脂面積の育種価とあらさ指数の育種価の関連性 (図 1) は, 非常にばらつきが多く, 関連性が認められなかった. この関連性について, より多くのデータ数を確保して再分析する必要があるかもしれない. 小さいサイコロ脂 10 頭における胸最長筋面積の育種価は, 大きいサイコロ脂 10 頭のものより低い値を示したが, 1.38

表 3 サイコロ脂面積の育種価が大きい種雄牛 10 頭と小さい種雄牛 10 頭を抽出した際の枝肉格付形質、画像解析形質の平均育種価

	育種価の平均値									
	サイコロ脂面積	枝肉重量	胸最長筋面積	ばらの厚さ	皮下脂肪厚	BMS No.	BCS No.	脂肪面積割合	あらさ指数	新細かさ指数
上位 10 頭	1.98	1.39	2.51	0.16	0.23	0.01	-0.04	0.13	0.40	1.21
下位 10 頭	-1.59	1.20	1.38	0.17	-0.05	0.40	0.02	1.15	0.40	1.92

上位→大きいサイコロ脂

下位→小さいサイコロ脂

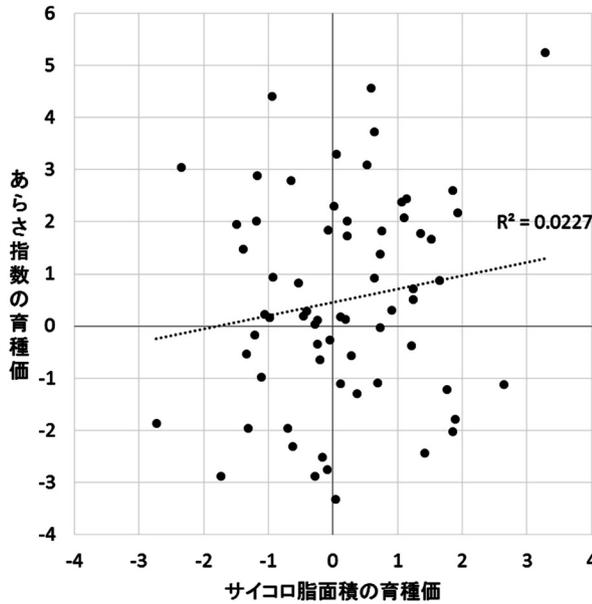


図 1 サイコロ脂面積の育種価とあらさ指数の育種価の関連性。

と正の育種価を示した。また、皮下脂肪厚、BMS No.、脂肪面積割合、および新細かさ指数の育種価において、小さいサイコロ脂 10 頭の方がより望ましい方向への改良が期待できると推察した。さらに、両区分の種雄牛について産子の枝肉単価の平均値を算出したところ、大きいサイコロ脂 10 頭は 1479.5 円/kg、小さいサイコロ脂 10 頭は 1505.6 円/kg であり、サイコロ脂面積の改良による枝肉単価向上への貢献が考えられた。

本研究の結果より、サイコロ脂面積は遺伝的改良が十分可能な形質であり、遺伝率に及ぼす性の影響はあまりないことが明らかとなった。先行研究(迫田ら 2016)において、サイコロ脂面積は性差のある形質と報告したが、遺伝的改良時に性別による影響は認められなかった。また経済的に最も重要な形質とされる BMS No. (岡本ら 2003) との遺伝相関はほぼ無相関であったため、サイコロ脂面積を改良することによる他形質への影響は無視できると考えられる。実際にサイコロ脂面積を小さくする方向に選抜すると、胸最長筋面積の改良は上位のものと比較してやや劣るが、

その他の形質に関しては差がない、あるいは望ましい方向への改良が期待できる。われわれの過去の研究(迫田ら 2016)より、サイコロ脂面積は枝肉単価にも影響を及ぼす形質とされているため、遺伝的改良によりサイコロ脂面積を小さくすることで、肥育農家の収益の増加にも期待できるだろう。

文 献

家畜改良センター. 2015. 2015-2 月 評価トピックス (国内種雄牛版). 乳用牛評価報告第 35 号. p. 128. (独)家畜改良センター, 福島.

家畜改良センター 肉用牛改良情報活用協議会. 2012. 枝肉成績とりまとめ (平成 23 年度). p. 8. (独)家畜改良センター, 東京.

加藤啓介, 前田さくら, 口田圭吾. 2014. 黒毛和種における胸最長筋内脂肪交雑粒子の細かさに関する遺伝的パラメータの推定. 日本畜産学会報 **85**, 21-26.

中橋良信, 丸山 新, 関 晋司, 日高 智, 口田圭吾. 2007. 黒毛和種ロース芯内脂肪交雑粒子の断面部位による変化の画像解析. 日本畜産学会報 **78**, 441-446.

Nakahashi Y, Maruyama S, Seki S, Hidaka S, Kuchida K. 2008. Relationships between monounsaturated fatty acids of marbling flecks and image analysis traits in longissimus muscle for Japanese Black steers. *Journal of Animal Science* **86**, 3551-3556.

口田圭吾, 金井俊男. 2012. 食肉の脂肪交雑の評価方法. 特願 2012-217934.

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.

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.

松本大策. 2007. どんどんよくなる肥育管理. 第 1 版. pp. 165-167. (株)日本畜産振興会, 東京.

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価格に与える影響. 日本畜産学会報 **74**, 475-482.

大澤剛史, 長谷川末央, 口田圭吾, 日高 智, 関川三男, 佃 秀雄. 2004. 黒毛和種枝肉横断面の各筋肉, 皮下脂肪および筋間脂肪に関する遺伝的パラメータの推定. 日本畜産学会報 **75**, 521-526.

Osawa T, Kuchida K, Hidaka S, Kato T. 2008. Genetic parameters for image analysis traits on M. longissimus thoracic and M. trapezius of carcass cross section in

サイコロ脂面積の遺伝的改良

Japanese Black steers. *Journal of Animal Science* **86**, 40-46.
迫田康平, 前田さくら, 阿佐玲奈, 萩谷功一, 口田圭吾. 2016. 黒毛和種におけるサイコロ脂面積が枝肉格付形質, 画像解析形質および枝肉単価に及ぼす影響. *日本畜産学会報* **87**, 247-251.

Yamazaki T, Hagiya K, Takeda H, Sasaki O, Yamaguchi S, Sogabe M, Saito Y, Nakagawa S, Togashi K, Suzuki K, Nagamine Y. 2013. Genetic correlations between milk production traits and somatic cell scores on test day within and across first and second lactations in Holstein cows. *Livestock Science* **152**, 120-126.