



黒毛和種における産肉形質の種雄牛評価：
種雄牛間の血縁係数行列の利用

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学農学部 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 熊崎, 一雄, 福原, 利一, 原田, 宏, Kumazaki, Kazuo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/5675

黒毛和種における産肉形質の種雄牛評価

—種雄牛間の血縁係数行列の利用—

熊崎 一雄*・福原 利一**・原田 宏**

Sire Evaluation for Beef Productivity in Japanese Black Cattle

—Use of relationship matrix among sires—

Kazuo KUMAZAKI, Riichi FUKUHARA and Hiroshi HARADA

(1980年5月10日受理)

緒 言

近年、人工授精の普及に伴って種雄牛の凍結精液が広く利用されるようになり、そのためにこれらの種雄牛から生産された子牛が広い地域にわたって分布し、しかも世代が大幅に重なりあってきたために、これまでのような同期比較法による種雄牛評価が困難になってきている。また種雄牛の頭数が制限されてきたために、種雄牛間の血縁関係がかなり濃くなってきている。Henderson^{1),2)} はこれらの問題点を克服して正確に種雄牛の育種価を推定する方法として BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) を提案しているが、その後さらに、この方法を拡大して種雄牛間の血縁関係を組み入れることによって、種雄牛評価の精度が一層高まることを認め、そのための手段として種雄牛間の血縁係数行列の逆行列の簡便な求め方について発表している³⁾⁻⁵⁾。BLUP 法は主として乳牛の育種に使われているが、最近 Henderson and Quaas⁶⁾ および Lee⁷⁾ は肉用牛にこれを適用した結果について報告している。わが国でも佐々木・祝前⁸⁾ は黒毛和種産肉能力直接検定の成績にこの方法を適用して、種雄牛間に濃い血縁関係が存在する場合には、種雄牛の育種価の推定精度が著しく改善されることを認めている。

本報は鹿児島県畜産試験場で実施された黒毛和種産肉能力間接検定の成績を用いて、鹿児島県下における代表的な4つの系統群に属する種雄牛につき、これらの種雄牛間の血縁係数行列をとり入れた BLUP 法を適用して、検定期間中の1日平均増体量と屠体のロース芯脂肪交雑に対する種雄牛評価を行なうとともに、これらの形質の遺伝率を推定したものである。

実 験 方 法

1. 供 試 材 料

鹿児島県畜産試験場において1969～1979年の間に実施された黒毛和種産肉能力間接検定の成績を材料に用いた。第1表に系統群別種雄牛別検定子牛頭数、1日平均増体量およびロース芯脂肪交雑の平均値を示した。種雄牛の系統群については、鹿児島県下で現在最も広く供用されている宝春系(鹿児島県産)、気高系(鳥取県産)、金水系(鹿児島県産)および兵庫系(兵庫県産)の4つの系統群を

*現九州東海大学農学部 **家畜育種学研究室

Table 1. Number of steers, average daily gain (ADG) and average marbling score for each sire and pedigree line of sire

Pedigree line of sire	Sires	No. of steers	ADG (kg)	Marbling score	Testing year*
Hoshun line (G ₁)	Hoshun (S ₁₁)	6	0.91	2.58	Y ₁
	Hotoku (S ₁₂)	6	0.94	3.25	Y ₂
	Daihachi Hoshun (S ₁₃)	6	0.96	3.25	Y ₂
	Daini Hoshun (S ₁₄)	6	0.89	2.00	Y ₂
	Kichiichi (S ₁₅)	8	0.90	3.13	Y ₃
	Total or mean		32	0.92	2.86
Kedaka line (G ₂)	Hosen (S ₂₁)	6	0.69	2.67	Y ₁
	Wakafuji (S ₂₂)	5	0.84	3.60	Y ₂
	Daihachi Yazu (S ₂₃)	6	0.97	2.92	Y ₂
	Daisanjusan Kedaka (S ₂₄)	6	0.89	2.92	Y ₂
	Daijugo Kedaka (S ₂₅)	6	0.87	3.58	Y ₂
	Kotobuki (S ₂₆)	6	0.80	2.17	Y ₂
	Daigo Kedaka (S ₂₇)	6	0.88	3.33	Y ₂
	Kawatomo (S ₂₈)	8	0.86	3.00	Y ₃
	Kedakasakae (S ₂₉)	8	0.92	3.00	Y ₃
	Daigo Kedaka (S ₂₁₀)	8	0.85	2.88	Y ₃
Total or mean		65	0.86	2.99	—
Kinsui line (G ₃)	Kinsui 9 (S ₃₁)	6	0.83	2.58	Y ₂
	Kintoyo (S ₃₂)	6	0.89	2.58	Y ₂
	Shigeru (S ₃₃)	6	0.89	3.08	Y ₂
	Total or mean		18	0.87	3.08
Hyogo line (G ₄)	Shigehidenami (S ₄₁)	5	0.84	3.60	Y ₂
	Tayasufuku (S ₄₂)	7	0.80	3.21	Y ₃
	Total or mean		12	0.81	3.38
Total or mean		127	0.87	3.01	—

* Y₁: 1969 to 1970 (328 days of testing period)
 Y₂: 1971 to 1976 (301 days of testing period)
 Y₃: 1977 to 1979 (364 days of testing period)

とりあげた。これらの系統群から宝春系 5 頭、気高系 10 頭、金水系 3 頭、兵庫系 2 頭、計 20 頭の種雄牛について、各種雄牛の産子からなる検定去勢雄子牛計 127 頭の成績を分析に用いた。なお黒毛和種産肉能力検定法は 1969 年以降数回にわたって検定方法の改正が行なわれているので、本研究では検定日数に大幅な変更があった 1969~1970 年 (検定日数 328 日間), 1971~1976 年 (同 301 日間) および 1977~1979 (同 364 日間) の 3 期に分けて年次の効果を調べることにした。

2. 分析方法

分析に用いた数学モデルは次のとおりである。

$$y_{ijkl} = g_i + s_{ij} + p_k + e_{ijkl} \dots \dots \dots (1)$$

但し、 y_{ijkl} : i 番目の系統群における j 番目の種雄牛から生産された k 番目の検定年次の子牛の 1 日平均増体量またはロース芯脂肪交雑。

g_i : i 番目の系統群に共通した効果 ($i = 1, 2, 3, 4$)。

s_{ij} : i 番目の系統群における j 番目の種雄牛に共通した効果 ($j = 1, 2, \dots, 10$) で、その平均値および分散の期待値はそれぞれ 0 および σ_s^2 。

p_k : k 番目の検定年次の効果 ($k = 1, 2, 3$)。

e_{ijkl} : i 番目の系統群における j 番目の種雄牛から生産された k 番目の検定年次の子牛に特

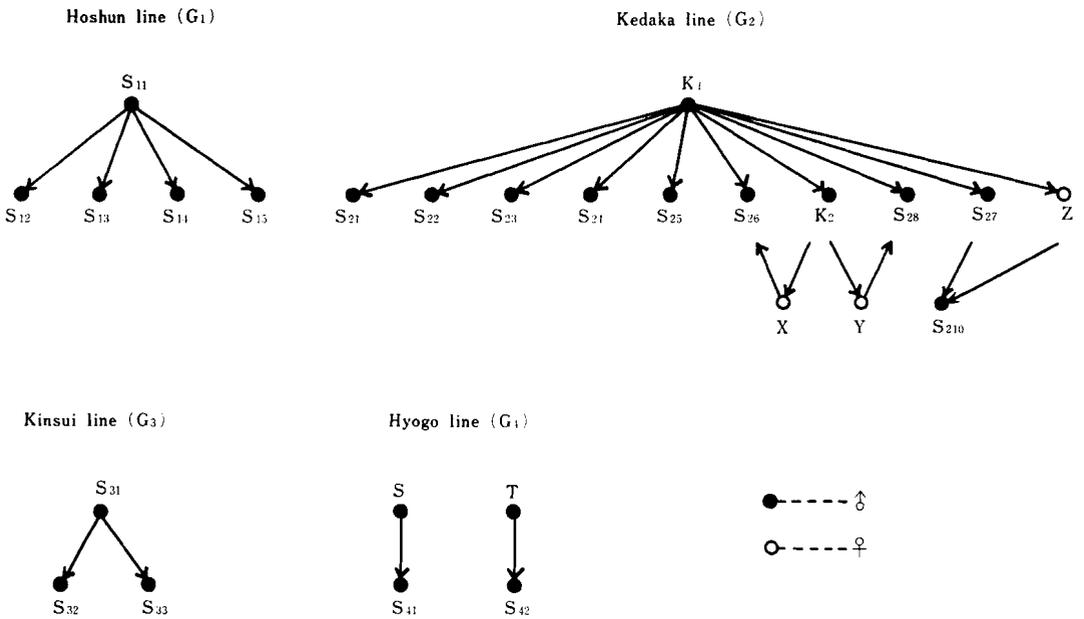


Fig. 1. Relationship among sires

Table 2. Relationship coefficient matrix (A) for sires

Sires	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₂₁	S ₂₂	S ₂₃	S ₂₄	S ₂₅	S ₂₆	S ₂₇	S ₂₈	S ₂₉	S ₂₁₀	S ₃₁	S ₃₂	S ₃₃	S ₄₁	S ₄₂
S ₁₁	1	.5	.5	.5	.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₂		1	.25	.25	.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₃			1	.25	.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₄				1	.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₅					1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₂₁						1	.25	.25	.25	.25	.25	.25	.25	.25	.125	0	0	0	0	0
S ₂₂							1	.25	.25	.25	.25	.25	.25	.25	.125	0	0	0	0	0
S ₂₃								1	.25	.25	.25	.25	.25	.25	.125	0	0	0	0	0
S ₂₄									1	.25	.25	.25	.25	.25	.125	0	0	0	0	0
S ₂₅										1	.25	.25	.25	.25	.125	0	0	0	0	0
S ₂₆											1	.25	.3125	.25	.125	0	0	0	0	0
S ₂₇												1	.25	.25	.625	0	0	0	0	0
S ₂₈													1	.25	.125	0	0	0	0	0
S ₂₉														1	.125	0	0	0	0	0
S ₂₁₀															1	0	0	0	0	0
S ₃₁																1	.5	.5	0	0
S ₃₂																	1	.25	0	0
S ₃₃																		1	0	0
S ₄₁																			1	0
S ₄₂																				1

Note : The figures under the diagonal are abbreviated because they are symmetrical to those above the diagonal each other.

有な効果で、その平均値および分散の期待値はそれぞれ0および σ_e^2

(1) の数学モデルから Henderson⁵⁾ による混合モデル方程式を組み立て、検定年次効果 (p_k) を残りの方程式に吸収したあとにおける種雄牛評価のための BLUP 式は次のとおりである。

$$\begin{pmatrix} C_{gg} & C_{gs} \\ C'_{gs} & C_{ss} + A^{-1}r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{g} \\ \hat{s} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_g \\ t_s \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

但し、 C_{gg} : 系統群効果に対応する係数行列。

C_{ss} : 種雄牛効果に対応する係数行列。

C_{gs} および C'_{gs} : 系統群効果と種雄牛効果に対応する係数行列およびその転置行列。

\hat{g} および \hat{s} : 系統群効果と種雄牛効果のベクトル。

t_g および t_s : 系統群別および種雄牛別1日平均増体量またはロース芯脂肪交雜の観測値。

$$r: r = \sigma_e^2 / \sigma_s^2 \text{ で } \hat{h}^2 = 4\sigma_s^2 / (\sigma_s^2 + \sigma_e^2) \text{ とすれば } r = (4 - \hat{h}^2) / \hat{h}^2.$$

但し、 \hat{h}^2 は1日平均増体量またはロース芯脂肪交雜の遺伝率。

A^{-1} : 種雄牛間の血縁係数行列の逆行列。

種雄牛間の2代祖までの血統関係は第1図のとおりである。第1図から種雄牛の血縁係数行列Aを

Table 3. Effects of testing year, pedigree line of sire and sire on average daily gain (ADG) and marbling score.

	Item		ADG (kg)	Marbling score
Effect of testing year	1969 to 1970	(\hat{p}_1)	0.7788	2.753
	1971 to 1976	(\hat{p}_2)	0.8753	3.122
	1977 to 1979	(\hat{p}_3)	0.8657	3.064
Effect of pedigree line of sire	Hoshun line	(\hat{g}_1)	0.0635	-0.183
	Kedaka line	(\hat{g}_2)	-0.0054	-0.072
	Kinsui line	(\hat{g}_3)	-0.0036	-0.039
	Hyogo line	(\hat{g}_4)	-0.0545	0.294
Effect of sire	Hoshun	(\hat{s}_{11})	0.0126	0.002
	Hotoku	(\hat{s}_{12})	0.0009	0.072
	Daihachi Hoshun	(\hat{s}_{13})	0.0072	0.072
	Daini Hoshun	(\hat{s}_{14})	-0.0129	-0.216
	Kichiichi	(\hat{s}_{15})	-0.0078	0.070
	Hosen	(\hat{s}_{21})	-0.0317	-0.003
	Wakafuji	(\hat{s}_{22})	-0.0094	0.111
	Daihachi Yazu	(\hat{s}_{23})	0.0409	-0.032
	Daisanjuan Kedaka	(\hat{s}_{24})	0.0064	-0.032
	Daijugo Kedaka	(\hat{s}_{25})	0.0005	0.126
	Kotobuki	(\hat{s}_{26})	-0.0276	-0.202
	Daigo Kedaka	(\hat{s}_{27})	-0.0003	0.044
	Kawatomo	(\hat{s}_{28})	0.0002	-0.009
	Kedakasakae	(\hat{s}_{29})	0.0268	0.004
	Daigo Kedaka 3	(\hat{s}_{210})	-0.0059	-0.007
	Kinsui 9	(\hat{s}_{31})	-0.0104	0.070
	Kintoyo	(\hat{s}_{32})	0.0052	-0.093
	Shigeru	(\hat{s}_{33})	0.0052	0.023
	Shigehidenami	(\hat{s}_{41})	0.0062	0.046
Tayasufuku	(\hat{s}_{42})	-0.0062	-0.046	

Note: Marbling was evaluated on the cut surface of rib-eye muscle exposed by ribbing the carcass between the 7- and 8-th ribs according to the official Japanese Standards for Grades of Carcass Beef, in which the lowest degree of marbling is scored 0 and the highest degree of marbling is scored +5.

求めると第2表のとおりである。なお、血縁係数の計算は Wright⁹⁾ の式 $R_{XY} = \sum [(\frac{1}{2})^{n+n'}(1+F_A)]$ によった。r 値を求めるには反復計算によって σ_s^2 および σ_e^2 の適正值を見出す必要があるが、本研究では、これまでの肉用牛に関する多数の研究結果¹⁰⁾に基づき、1日平均増体量とロース芯脂肪交雑の遺伝率をそれぞれ 0.5 および 0.25 とみなして計算を行なった。したがって、1日平均増体量の場合、 $r = (4 - 0.5)/0.5 = 7$ 、ロース芯脂肪交雑の場合、 $r = (4 - 0.25)/0.25 = 15$ となるので、A 行列の逆行列 A^{-1} を 7 倍または 15 倍して、(2) 式の種雄牛効果に対応する係数行列 C_{ss} に加え、 $\sum_i g_i = 0$ 、 $\sum_i \sum_j s_{ij} = 0$ と置いて系統群効果 (\hat{g}_i) および種雄牛効果 (\hat{s}_{ij}) を求めた。また、検定年次効果は back solution 法によって求めた。 $\hat{\sigma}_s^2$ および $\hat{\sigma}_e^2$ の最尤値は Schaeffer¹¹⁾ の方法によって求め、これより $\hat{h} = 4\hat{\sigma}_s^2 / (\hat{\sigma}_s^2 + \hat{\sigma}_e^2)$ によって1日平均増体量またはロース芯脂肪交雑の遺伝率を推定した。

結果および考察

1. 検定年次効果および種雄牛の育種価推定値

検定年次効果 (\hat{p}_k)、系統群効果 (\hat{g}_i) および種雄牛効果 (\hat{s}_{ij}) を一括表示すれば第3表のとおりである。これより各種雄牛の1日平均増体量またはロース芯脂肪交雑に対する育種価の推定値は ($\hat{g}_i + \hat{s}_{ij}$) によって算出した (第4表)。

検定年次効果は、1日平均増体量、ロース芯脂肪交雑ともに 1969~1970 年の期間がその後の 1971~1976 年および 1977~1979 年の期間にくらべて低かった。1969~1970 年の期間にはけい留方式で濃厚飼料を制限給与したのに対し、1971 年以降では群飼方式で濃厚飼料を自由採食させる方法に変わったことがこのような差を生じた主な原因と考えられる。

系統群効果は1日平均増体量については宝春系が最もすぐれており、兵庫系が最も劣っていた。気高系と金水系は両者の中間であった。これに対しロース芯脂肪交雑では逆に兵庫系が最もすぐれ、宝春系が最も劣っており、気高系と金水系は両者の中間で、金水系の方がややすぐれていた。

第4表の種雄牛の育種価推定値をみると、1日平均増体量では宝春、第8宝春、宝徳、吉一、第2宝春がすぐれており、宝春の増体能力に対するすぐれた育種価が、その息子牛に強く遺伝していることが分る。気高系では第8八頭、気高栄などが比較的すぐれていた。金水系は僅か3頭ではあるが、金水九およびその息子牛の金豊、繁ともにあまりすぐれた成績を示していない。兵庫系の茂秀波と田安福の1日平均増体量に対する育種価は他の種雄牛にくらべてかなり見劣りするものであった。

Table 4. Breeding value estimates for sires

Sires		Average daily gain	Marbling score
Hoshun	($\hat{g}_1 + \hat{s}_{11}$)	0.0761 (1)	-0.181 (16)
Hotoku	($\hat{g}_1 + \hat{s}_{12}$)	0.0644 (3)	-0.111 (13)
Daihachi Hoshun	($\hat{g}_1 + \hat{s}_{13}$)	0.0707 (2)	-0.111 (13)
Daini Hoshun	($\hat{g}_1 + \hat{s}_{14}$)	0.0506 (5)	-0.399 (18)
Kichiichi	($\hat{g}_1 + \hat{s}_{15}$)	0.0557 (4)	-0.113 (14)
Hosen	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{21}$)	-0.0371 (17)	-0.075 (9)
Wakafuji	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{22}$)	-0.0148 (15)	0.039 (4)
Daihachi Yazu	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{23}$)	0.0355 (6)	-0.104 (12)
Daisanjusan Kedaka	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{24}$)	0.0010 (9)	-0.104 (12)
Daijugo Kedaka	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{25}$)	-0.0049 (10)	0.054 (3)
Kotobuki	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{26}$)	-0.0330 (16)	-0.274 (17)
Daigo Kedaka	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{27}$)	-0.0057 (12)	-0.028 (7)
Kawatomo	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{28}$)	-0.0052 (11)	-0.081 (11)
Kedakasakae	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{29}$)	0.0214 (7)	-0.068 (8)
Daigo Kedaka 3	($\hat{g}_2 + \hat{s}_{210}$)	-0.0113 (13)	-0.079 (10)
Kinsui 9	($\hat{g}_3 + \hat{s}_{31}$)	-0.0140 (14)	0.031 (5)
Kintoyo	($\hat{g}_3 + \hat{s}_{32}$)	0.0016 (8)	-0.132 (15)
Shigeru	($\hat{g}_3 + \hat{s}_{33}$)	0.0016 (8)	-0.016 (6)
Shigehidenami	($\hat{g}_4 + \hat{s}_{41}$)	-0.0483 (18)	0.340 (1)
Tayasufuku	($\hat{g}_4 + \hat{s}_{42}$)	-0.0607 (19)	0.248 (2)

Note: The figures in the parentheses show the rank of sires for breeding value estimates.

つぎにロース芯脂肪交雑では、兵庫系の茂秀波と田安福が群を抜いてすぐれた成績を示し、兵庫系の種雄牛の肉質に対する定評を裏付けていた。その他の系統では第15気高、若藤、金水九などがかなり良い成績を示した。宝春系の種雄牛はいずれもロース芯脂肪交雑については芳ばしくなかった。

2. 1日平均増体量およびロース芯脂肪交雑の遺伝率

Schaeffer¹¹⁾の方法によって求めた1日平均増体量またはロース芯脂肪交雑に対する父牛分散(σ_s^2)および誤差分散(σ_e^2)の最尤値と遺伝率は第5表のとおりである。

本研究では予め1日平均増体量とロース芯脂肪交雑の遺伝率をそれぞれ0.5および0.25と仮定して計算を行なった。その結果、1日平均増体量では $r = \hat{\sigma}_e^2 / \hat{\sigma}_s^2 = 9.0$, $\hat{h}^2 = 0.401$, またロース芯脂肪交雑では $r = \hat{\sigma}_e^2 / \hat{\sigma}_s^2 = 16.5$, $\hat{h}^2 = 0.228$ となり、いずれも当初に仮定した遺伝率よりやや低い値となった。

要 約

鹿児島県畜産試験場において1969～1979年の間に実施された黒毛和種産肉能力間接検定の成績を用いて、鹿児島県下における代表的な4つの系統群に属する種雄牛につき、これらの種雄牛間の血縁係数行列をとり入れたBLUP法を適用して、検定期間中の1日平均増体量と屠体のロース芯脂肪交雑に対する種雄牛評価を行なうとともに、これらの形質の遺伝率を推定した。その結果を要約すればつぎのとおりである。1) 検定年次効果では1日平均増体量、ロース芯脂肪交雑ともに1969～1970年の期間が、1971～1976年および1977～1979年の期間より劣っていた。2) 系統群効果では、1日平均増体量で宝春系がすぐれており、ロース芯脂肪交雑で兵庫系がすぐれていた。3) 種雄牛の育種価では1日平均増体量で宝春およびその息子牛、またロース芯脂肪交雑で兵庫系の茂秀波および田安福が特にすぐれた成績を示した。4) 1日平均増体量およびロース芯脂肪交雑の父牛分散と誤差分散の最尤値から、両形質の遺伝率を求めた結果、それぞれ0.40および0.23の推定値を得た。

文 献

- 1) Henderson, C.R.: Proceedings of the animal breeding and genetics symposium in honor of Dr. Jay L. Lush. ASAS and ADSA, Champaign, Illinois (1973), p. 10.
- 2) Henderson, C.R.: J. Dairy Sci., 57, 963 (1974).
- 3) Henderson, C.R.: *ibid*, 58, 1727 (1975).
- 4) Henderson, C.R.: *ibid*, 58, 1731 (1975).
- 5) Henderson, C.R.: *ibid*, 58, 1917 (1975).
- 6) Henderson, C.R. and Quaas, R.L.: J. Anim. Sci., 43, 1188 (1976).
- 7) Lee, A.J.: *ibid*, 48, 1079 (1979).
- 8) 佐々木義之, 祝前博明: 日畜学会第69回大会講演要旨, 73 (1979).
- 9) 内藤元男, 岡本正幹, 上坂章次, 西田周作, 田先威和夫, 西川義正, 広瀬可恒, 三村 耕: 新版畜産学, 朝倉書店, 東京 (1975), p. 166.
- 10) Preston, T.R. and Willis, M.B.: Intensive Beef Production. 2nd ed., Pergamon Press, New York (1974), p. 108.
- 11) Schaeffer, L.R.: J. Dairy Sci., 59, 2146 (1976).

Table 5. Maximum likelihood estimates for variance of sire (σ_s^2) and variance of error (σ_e^2) and heritability estimates (h^2) for average daily gain (ADG) and marbling score.

Item	ADG	Marbling score
Variance of sire ($\hat{\sigma}_s^2$)	0.000771	0.03433
Variance of error ($\hat{\sigma}_e^2$)	0.006920	0.56787
Heritability (\hat{h}^2)	0.401	0.228

Summary

The best linear unbiased prediction procedure (BLUP) developed by C. R. Henderson was applied to predict genetic differences among beef sires in Kagoshima prefecture with special reference to average daily gain (ADG) and marbling score. The data were collected from 127 steers sired by 20 Japanese Black sires and raised for a given period at Kagoshima Livestock Experiment Station from 1969 to 1979 for the official progeny testing. The set of data was put into four groups for pedigree line of sire (i. e., Hoshun, Kedaka, Kinsui and Hyogo lines), and was put into three groups for testing year (i. e., 1969 to 1970, 1971 to 1976 and 1977 to 1979). The results are summarized as follows.

1. The year effects on ADG and marbling score were greater in the period of 1969 to 1970 than in the other two periods respectively.
2. The pedigree line effect on ADG was greatest in Hoshun line while the effect on marbling score was greatest in Hyogo line.
3. Breeding values for ADG were estimated higher in Hoshun and his sons while those for marbling score were estimated higher in Shigehidenami and Tayasufuku which belong to Hyogo line.
4. Heritability estimates for ADG and marbling score, which were obtained from the maximum likelihood estimates for variances of sire and error, were 0.40 and 0.23 respectively.