

原 著

ホルスタイン種における線形形質スコアのクラス分けが
遺伝的パラメータの推定に及ぼす影響萩谷 功一¹⁾・鈴木 三義²⁾・ファン アントニオ ペレイラ¹⁾・河原 孝吉³⁾¹⁾岩手大学大学院連合農学研究科, 盛岡市 020-8550²⁾帯広畜産大学, 帯広市 080-8555³⁾社団法人北海道酪農検定検査協会, 札幌市中央区 060-0003Effects of readjusting the scale of linear type scores
on the genetic parameters of conformational traits in Holstein cowsKouichi HAGIYA¹⁾・Mitsuyoshi SUZUKI²⁾・J. ANTONIO Pereira¹⁾・Takayoshi KAWAHARA³⁾¹⁾Iwate University, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Morioka-shi 020-8550²⁾Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080-8555³⁾Hokkaido Dairy Cattle Milk Recording and Testing Association, Chuo-ku Sapporo-shi 060-0003

キーワード : 体型審査形質, 線形式体型形質, 遺伝的パラメータ

Key words : Conformational traits, Linear type traits, Genetic parameter

Abstract

A readjustment of the scale of linear type traits scores used in Holstein cows was performed. Then, the effects of the readjusted scale on the estimated genetic parameters of conformational traits were investigated. The analysis utilized data sets of two years (1997 and 1998) accumulated by The Holstein Cattle Association of Japan. The records were composite and linear type traits for 32,487 heifers. Only the linear type scores (classified from 1 to 50 scale) were readjusted to 25, 9 and 5 classes of scores. For estimation of the genetic parameters of conformational traits, fixed effects in the multiple animal model were herd-classification, classification month, age at calving and stage of lactation. Linear type scores readjusted in 9 classes were able to remove undesirable distributions. The heritabilities of linear type traits were lower from 0.01 to 0.04 in case of readjusted in 9 classes excepted for side view of rear legs and foot angle than original scale. Composite traits heritabilities were equal in both scales of linear type scores.

要 約

ホルスタイン種の線形式体型形質スコアの頻度分布を滑らかな正規分布に近似させるため、線形審査スコアのクラス分けについて検討した。また、線形審査スコアを再区分した場合の遺伝的パラメータを推定し、クラス分けが遺伝的パラメータの推定に与える影響について検討した。データは、(株)日本ホルスタイン登録協会に集積された国内のホルスタイン種の血統記録、および1997年から1998年の間に体型審査が行われた雌牛からの32,487の初産における体型審査記録である。遺伝的パラメータの推定には、母数効果として牛

群・審査日、審査月、分娩月齢および泌乳ステージを考慮した多形質アニマルモデルを採用した。線形審査スコアを9クラスに再区分したとき、特定のクラスへの頻度の極端な集中が緩和され、頻度分布は滑らかな正規分布に近似した。線形式体型形質を9クラスに再区分した場合、遺伝率は、肢蹄に関する形質である後肢側望および蹄の角度を除いて、0.01から0.04の範囲で低い値が推定された。また、クラスの再区分は、他の決定得点および体型部位についての遺伝的パラメータの推定に対して影響を与えなかった。

緒 言

1984年から、(株)日本ホルスタイン登録協会は、ホルスタイン種について審査員の目視による体型審査記録

を収集している。審査形質は、経済的に重要な体型形質を数値的に表わすため、3度改正されたが、1997年以降の審査は、決定得点、体型部位5形質および16の線形式体型形質（以下、線形形質と略す）について実施されている。体型部位は、体型の好ましさを50から99までの連続した数値で表わし、決定得点は、体型部位である外貌、肢蹄、乳用牛の特質、体積および乳器の審査得点に、15、15、20、10、40の重み付けした総合点である。線形形質は、1から50までの50段階の数値によって体型的特徴を表わす線形審査スコア（以下、線形スコアと略す）を用いて表わされている。河原の総説（1998）によると、産乳能力検定が実施される以前は、これらの体型形質を用いて、産乳能力の間接選抜を行った時期があったが、最近では、体型と産乳能力の間で間接選抜が有効となるような遺伝相関が認められないとする報告が多く、産乳能力に対する体型の間接選抜の意義が少なくなったとされる。また、体型の改良について経済的価値を見いだす農家は、共進会に出品し、付加価値を得て個体販売を行っている一部の農家に限られている。したがって、現在では、体型形質そのものを改良するよりもむしろ、経済的に価値付けされた他の形質を間接的に改良するために用いられる方向にあり、体型形質と長命性との関連を論じる報告が多い（BOLDMAN, 1992; SHORT *et al.*, 1992; 河原ら, 1996; 鈴木ら, 1996; 河原, 1998; WEIGEL *et al.*, 1998; ROGERS *et al.*, 1999; RUPP *et al.*, 1999; SCHNEIDER *et al.*, 1999）。これらの分析に用いられている体型形質の記録は、いずれも、目視によりスコア化されたものであるが、線形スコアの頻度分布についての検討は行われていない。本研究では、乳牛の線形スコアの頻度分布を滑らかな正規分布に近似させるクラス分けについて検討し、再区分されたクラスを用いた遺伝的パラメータを推定し、クラス分けが遺伝的パラメータの推定に与える影響について検討することを目的とした。

材料および方法

分析に用いたデータは、(株)日本ホルスタイン登録協会に集積された日本国内のホルスタイン種の血統記録、および1997年から1998年の間に実施された体型審査記録のうち、決定得点とそれを構成する体型部位5形質および16の線形形質について初産次のスコアをもつ32,487頭の雌牛からの欠測値を含まない体型審査記録である。

線形スコアのクラス分けの影響を検討するため、1から50区分の線形スコアを表1のように25クラス、9クラスおよび5クラスに再区分した。なお、決定得点と体型5部位は、50から99の得点を使用しているが、本分析において、線形形質と同様の再区分は行わなかった。

体型形質に対して大きな変動を与える環境的要因は、分娩月齢（または審査月齢）および泌乳ステージである（河原ら, 1996）。それ故、本研究において、体型審査形質の遺伝的パラメータの推定には、母数効果として牛群・審査日、審査月、分娩月齢および泌乳ス

Table 1. Original score and readjusted class of linear type traits.

Original score	Number of readjusted classes		
	25	9	5
1	1	1	1
2			
3	2		
4			
5	3		
6			
7	4		
8		2	
9	5		
10			
11	6		2
12			
13	7	3	
14			
15	8		
16			
17	9		
18		4	
19	10		
20			
21	11		3
22			
23	12	5	
24			
25	13		
26			
27	14		
28		6	
29	15		
30			
31	16		4
32			
33	17	7	
34			
35	18		
36			
37	19		
38		8	
39	20		
40			
41	21		5
42			
43	22	9	
44			
45	23		
46			
47	24		
48			
49	25		
50			

テージを考慮し、変量として個体の効果を含めた。ただし、泌乳ステージは、分娩年月日から体型審査年月日までの間隔を月数で表示した。モデルは以下に示した。

$$y_{t,ijklm} = HD_{t,i} + M_{t,j} + A_{t,k} + L_{t,l} + u_{t,m} + e_{t,ijklm}$$

ここで、

- $y_{t,ijklm}$; 体型形質 t (21 形質) の観測値,
- $HD_{t,i}$; 形質 t に関する牛群・審査日 i の母数効果,
- $M_{t,j}$; 形質 t に関する審査月 j の母数効果,
- $A_{t,k}$; 形質 t に関する分娩月齢 k の母数効果,
- $L_{t,l}$; 形質 t に関する泌乳ステージ l の母数効果,
- $u_{t,m}$; 形質 t に関する個体 m の育種価の変量効果,
- $e_{t,ijklm}$; 残差の変量効果である。

個体の父牛または母牛が不明の場合、不明の両親の平均育種価を仮定した遺伝グループに割り当て、血縁行列に含めた (QUAAS, 1988)。各効果ごとの水準数および個体数は、表 2 に示した。また、決定得点については、5 つの体型部位を合成した関数になっているため分析から除外し、体型部位 5 形質および 16 の線形形質の合計 21 形質を分析に含めた。分析後、得られた遺伝分散および表型分散に対して、5 つの体型部位の重み付けを乗じて決定得点の分散成分を再構成した。分散成分は、正準変換によって多形質を考慮し、EM-REML にもとづいて推定した (MISZTAL, 1990)。収束基準は、 10^{-8} 以下とした。

結果および考察

河原ら (1996) によって表形分散が比較的大きく推定された高さ、中程度と推定された蹄の角度および小さいと推定された乳房の深さについて、50 段階での線

Table 2. Structure of data sets for analysis.

	Number
Herd-day at classification	3,991
Month at classification	12
Age at calving	22
Stage of lactation	13
Cows with first lactation record	32,487
Animals with only pedigree information ^a	66,383

^a Include in sires and dams.

形スコアの頻度分布を図 1 に示した。この図より、50 段階に区分しても、25 または 30 のような特定のスコアに集中し、その前後のスコアの頻度が極端に減少する傾向が認められた。他の形質でも同様の傾向が認められ、それ故、1 から 50 のクラスを使用した体型審査では、線形スコアのすべてのクラスを有効に利用していないことを示唆した。高さ、蹄の角度および乳房の深さについて、線形スコアを 25 クラス、9 クラスおよび 5 クラスに再区分した場合のスコアの頻度分布を、それぞれ、図 2 から図 4 に示した。25 クラスに再区分した場合でも、特定のクラスに極端に高い頻度が認められたことから、スコアの集中が解消されていないことが推察された。9 クラスあるいは 5 クラスに再区分した場合、特定のクラスへの頻度の極端な集中が緩和された。他の形質でも同様に特定のクラスへの頻度の極端な集中が緩和された。これらにより、他の区分との比較において、線形スコアを 9 クラスあるいは 5 クラスに再区分した場合に、スコアの集中が解消されたと判断し、遺伝的パラメータの推定には、従来の 50 段階、9 クラスおよび 5 クラスに再区分した審査得点を使用した。

線形形質を 50 段階、9 クラスおよび 5 クラスに区分

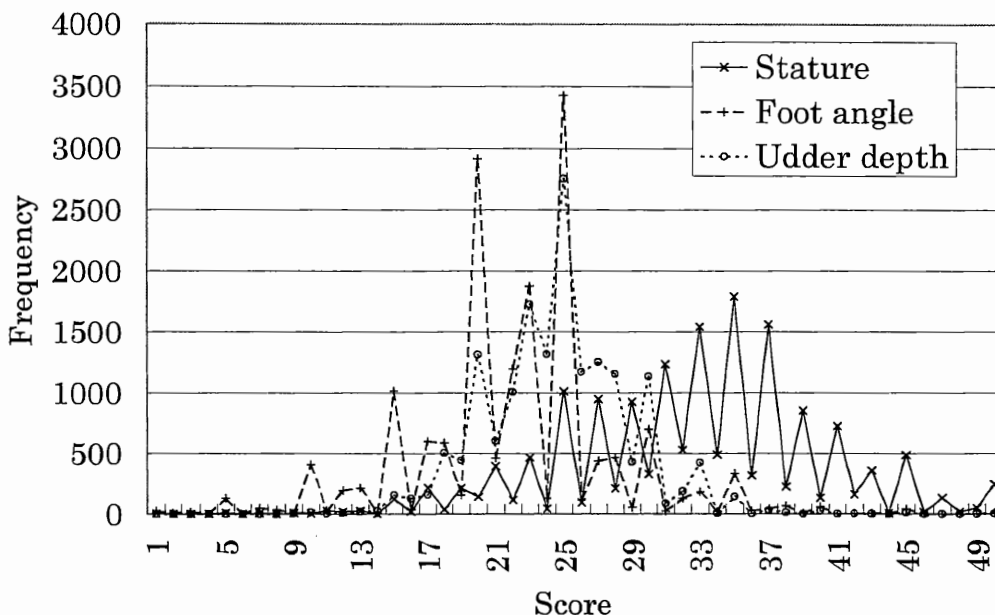


Figure 1. Frequency of linear type scores for stature, foot angle and udder depth.

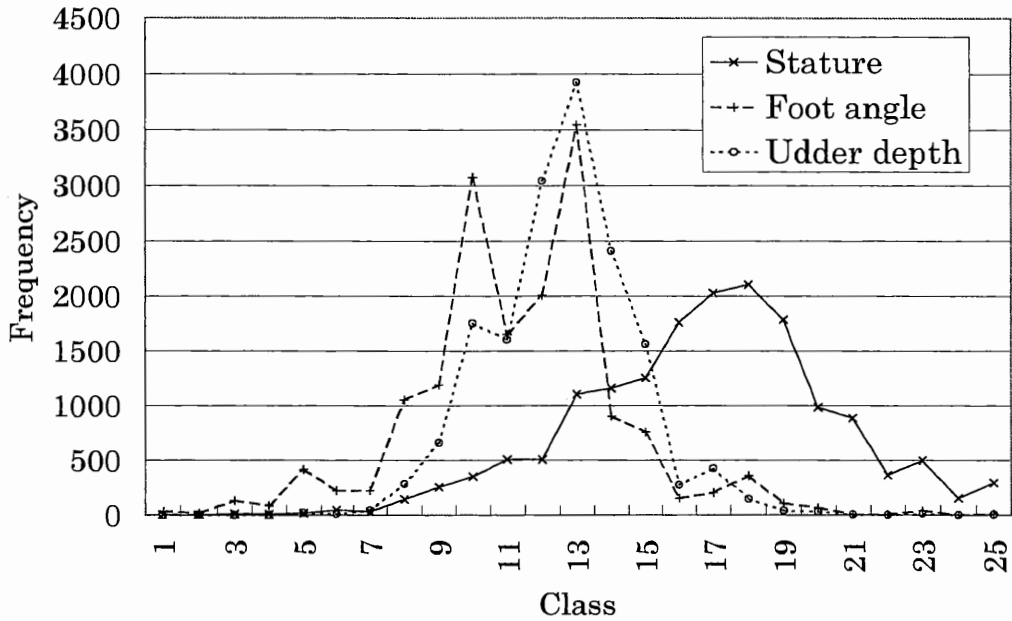


Figure 2. Frequency of linear type traits in 25 class for stature, foot angle and udder depth.

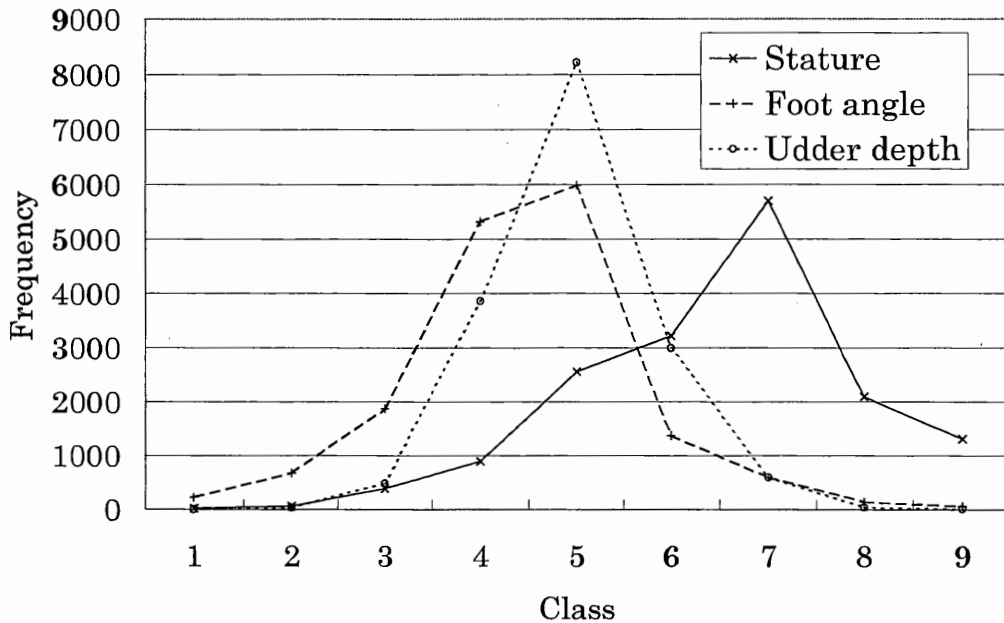


Figure 3. Frequency of linear type traits in 9 class for stature, foot angle and udder depth.

した場合の体型形質の遺伝率、遺伝分散および表形分散の推定値を表3に示した。50段階の線形スコアから推定された遺伝率は、低から中程度であり、(株)日本ホルスタイン登録協会から得られた体型記録を用いて推定した河原ら(1996)、鈴木ら(1996b)および和田ら(1996)による値と近似した。9クラスに再区分した場合の遺伝率は、従来の50段階のスコアからの推定値と比較して、決定得点と体型部位5形質について、推定値に変化が認められなかった。そのときの線形スコアの遺伝率は、肢蹄に関する形質である後肢側望および蹄の角度について一致したが、他の形質について0.01から0.04の範囲でわずかに低い値が推定された。9ク

ラスに再区分した場合、その区分がおおよそ5刻みであることを考慮すると、線形スコアの分散は、50段階のスコアの4% ($1/5^2$)程度になることが期待される。遺伝率が低下した形質について、多くの形質の遺伝分散が50段階のスコアに対して4%未満であったのに対し、表形分散が4.0から4.8%と一様に高い比率を示した。遺伝率低下の傾向は、表形分散の小さな形質において顕著であった。表形分散が比較的小さな値である乳房の深さにおいても、同様に遺伝率の低下が認められたが、遺伝分散が期待値より大きな値(4.3%)であったことを考慮すると、遺伝率の低下は、遺伝分散の低下よりもむしろ、表形分散を構成する環境分散

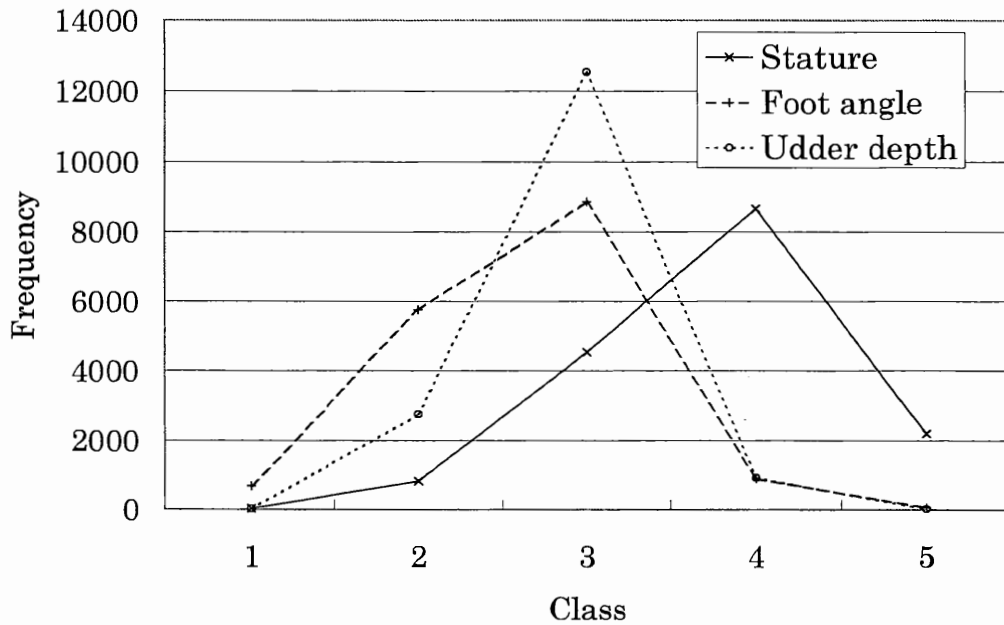


Figure 4. Frequency of linear type traits in 5 class for stature, foot angle and udder depth.

Table 3. Heritability (\hat{h}^2), genetic ($\hat{\sigma}_G^2$) and phenotypic ($\hat{\sigma}_P^2$) variances (and ratios on original scales) for type traits on original and readjusted score.

Trait	Original score			Readjusted in 9 classes			Readjusted in 5 classes		
	\hat{h}^2	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_P^2$	\hat{h}^2	$\hat{\sigma}_G^2(\%)$	$\hat{\sigma}_P^2(\%)$	\hat{h}^2	$\hat{\sigma}_G^2(\%)$	$\hat{\sigma}_P^2(\%)$
Appearance	.16	.47	2.97	.16	.48(102.1)	2.98(100.3)	.16	.48(102.1)	2.98(100.3)
Feet and legs	.08	.39	4.83	.08	.38(97.4)	4.83(100.0)	.08	.39(100.0)	4.83(100.0)
Dairy character	.21	.43	2.05	.21	.43(100.0)	2.05(100.0)	.20	.41(95.3)	2.05(100.0)
Body capacity	.29	1.05	3.67	.29	1.07(101.9)	3.66(99.7)	.28	1.03(98.1)	3.65(99.5)
Mammary system	.08	.27	3.49	.08	.26(96.3)	3.48(99.7)	.07	.26(96.3)	3.49(100.0)
Final score	.15	.26	1.67	.15	.26(100.0)	1.67(100.0)	.15	.25(96.2)	1.67(100.0)
Stature	.36	14.32	39.33	.35	.56(3.9)	1.58(4.0)	.32	.14(1.0)	.45(1.1)
Strength	.22	3.38	15.48	.19	.13(3.8)	.68(4.4)	.13	.03(0.9)	.22(1.4)
Body depth	.30	5.08	17.04	.26	.19(3.7)	.74(4.3)	.21	.05(1.0)	.26(1.5)
Angularity	.16	1.69	10.57	.12	.06(3.6)	.51(4.8)	.09	.01(0.6)	.17(1.6)
Rump angle	.30	9.98	33.48	.27	.37(3.7)	1.35(4.0)	.24	.10(1.0)	.41(1.2)
Rump width	.26	4.93	18.91	.23	.19(3.9)	.83(4.4)	.20	.05(1.0)	.26(1.4)
Rear legs, side view	.13	3.24	24.36	.12	.13(4.0)	1.04(4.3)	.10	.03(0.9)	.30(1.2)
Rear legs, rear view	.07	3.63	49.44	.07	.14(3.9)	2.00(4.0)	.06	.04(1.1)	.57(1.2)
Foot angle	.06	1.59	24.62	.06	.06(3.8)	1.03(4.2)	.05	.02(1.3)	.34(1.4)
Fore udder attachment	.13	2.88	22.27	.12	.11(3.8)	.93(4.2)	.10	.03(1.0)	.31(1.4)
Rear udder height	.19	4.97	25.71	.17	.18(3.6)	1.04(4.0)	.15	.05(1.0)	.31(1.2)
Rear udder width	.15	2.49	16.61	.14	.10(4.0)	.74(4.5)	.09	.02(0.8)	.24(1.4)
Udder support	.17	4.71	28.25	.15	.18(3.8)	1.15(4.1)	.13	.05(1.1)	.36(1.3)
Udder depth	.28	3.05	11.06	.25	.13(4.3)	.52(4.7)	.17	.03(1.0)	.17(1.5)
Teat placement	.30	11.10	36.75	.29	.43(3.9)	1.49(4.1)	.24	.11(1.0)	.45(1.2)
Teat length	.29	10.70	37.10	.27	.41(3.8)	1.51(4.1)	.23	.11(1.0)	.47(1.3)

が期待値より大きかったことに起因していると推察された。同様に5クラスに再区分した場合の遺伝率は、従来の50段階のスコアからの推定値と比較して、決定得点と体型部位5形質について、推定値に大きな変化が認められなかったが、線形スコアについて、0.01から0.11の範囲で一貫して低い遺伝率が推定された。5クラスに再区分した場合、その区分が10刻みであるこ

とを考慮すると、線形スコアの分散は、50段階のスコアの1%(1/10²)になることが期待される。5クラスに再区分された形質の線形スコアについて、遺伝分散の著しい低下は認められなかったが、表形分散は、50段階のスコアに対して1.1から1.6%であり、期待値に対して一様に高い比率を示した。本研究においてクラス分けしなかった決定得点および体型部位に関する

Table 4. Genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations among composite and linear type traits.

Trait	Composite trait						Linear type trait															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 Appearance		.53	.75	.80	.53	.88	.80	.69	.76	.51	.20	.47	-.31	.20	.22	.23	.22	.35	.03	.24	.06	.09
2 Feet and legs	.35		.36	.40	.46	.66	.50	.29	.30	.15	-.02	.15	-.55	.39	.43	.25	.15	.11	.18	.25	-.06	.10
3 Dairy character	.56	.27		.63	.48	.80	.64	.46	.64	.92	-.06	.29	.00	.15	.07	.05	.37	.35	.09	.09	.04	.01
4 Body capacity	.58	.29	.50		.39	.76	.80	.95	.98	.32	-.07	.75	-.22	.11	.32	.17	.00	.45	.06	.06	.01	.24
5 Mammary system	.30	.26	.35	.27		.81	.38	.33	.33	.34	.04	.15	-.08	.29	.09	.68	.52	.56	.12	.40	.30	-.15
6 Final score	.67	.58	.68	.61	.82		.44	.41	.47	.41	.02	.32	-.10	.19	.18	.33	.31	.45	.21	.12	.14	.03
7 Stature	.50	.25	.41	.62	.17	.75		.74	.74	.37	.19	.63	-.32	.06	.33	.18	.12	.24	-.01	.34	.05	.21
8 Strength	.43	.21	.31	.69	.17	.64	.55		.94	.15	.02	.77	-.16	.05	.28	.15	-.09	.44	.08	.01	.01	.33
9 Body depth	.46	.21	.44	.80	.19	.72	.59	.76		.36	-.07	.72	-.15	.10	.27	.09	-.02	.45	.07	-.05	.02	.26
10 Angularity	.33	.12	.70	.25	.21	.58	.25	.15	.29		-.10	.04	.21	.08	-.06	-.10	.41	.26	.04	-.03	.00	-.10
11 Rump angle	.13	-.01	.01	.03	-.02	.02	.17	.03	.03	.00		-.12	-.19	-.14	.01	-.11	.02	-.08	-.01	.05	-.05	-.01
12 Rump width	.31	.16	.23	.58	.14	.41	.46	.55	.56	.09	-.05		-.11	-.04	.29	.14	-.13	.25	.03	.08	-.07	.22
13 Rear legs, side view	-.11	-.20	.03	-.07	-.05	-.25	-.12	-.06	-.04	.09	-.08	-.03		-.21	-.37	-.13	-.09	.02	.06	-.18	.07	-.05
14 Rear legs, rear view	.10	.34	.08	.07	.10	.30	.06	.06	.06	.03	-.04	.03	-.14		.04	.24	.07	.01	-.02	.16	.07	.01
15 Foot angle	.11	.27	.06	.15	.09	.25	.14	.12	.13	.00	-.01	.13	-.07	.11		-.05	.00	.14	.08	-.03	-.04	.15
16 Fore udder attachment	.12	.14	.08	.08	.41	.42	.08	.05	.04	.03	-.06	.06	-.06	.09	.06		.22	.13	-.12	.70	.24	-.05
17 Rear udder height	.12	.12	.23	.04	.35	.38	.09	-.02	.01	.21	.02	-.03	-.03	.07	.02	.20		.38	.10	.30	.02	.01
18 Rear udder width	.24	.20	.28	.35	.40	.50	.18	.31	.33	.18	-.01	.27	-.04	.11	.09	.10	.25		.01	-.26	.17	.11
19 Udder support	.04	.06	.11	.05	.26	.13	.01	.03	.04	.08	-.03	.03	.01	.03	.03	.07	.14	.11		-.03	.01	.16
20 Udder depth	.05	.05	-.02	-.06	.19	.30	.19	-.05	-.12	-.04	-.01	-.01	-.05	.08	.01	.32	.18	-.20	.08		.14	-.03
21 Teat placement	.02	.02	.04	.01	.20	.14	.02	.01	.00	.03	-.04	-.01	.02	.02	-.01	.15	.08	.06	.10	.14		-.15
22 Teat length	.06	.04	.03	.13	-.03	.02	.11	.13	.13	-.01	.00	.11	-.03	.02	.04	-.01	.03	.10	.06	-.05	-.07	

遺伝的パラメータについて、これらの形質と線形形質との間に高い遺伝相関が存在するにも関わらず、遺伝率および遺伝分散の大きな変動は認められなかった。このことから、線形スコアのクラス分けは、決定得点および体型5部位における遺伝的パラメータに対して影響を与えないことが推察された。一方で、線形スコアのクラス分けは、特に表形分散の値が比較的小さな形質について、線形スコアの表形分散および環境分散の比率を高め、その結果、遺伝率の低下をもたらした。このことは、5クラスに再区分した場合に顕著であった。遺伝率が改良速度と強く関連することを考慮すると、体型形質を利用した遺伝的改良を行う場合において、5クラスへの再区分は避けるべきだろう。しかしながら、9クラスに再区分した場合、遺伝率の低下がわずかであったことから、このときのクラス分けの影響は小さいと推察された。

線形形質を50段階のスコアで表わした場合の各形質間の遺伝相関および表形相関を表4に示した。同様に、9クラスに再区分した場合について表5に示した。表4および表5の比較から、遺伝および表形相関は、若干の変動にとどまり、一貫した傾向が認められなかった。このことから、9クラスへの再区分は、遺伝および表形相関に対して大きな影響を与えないことが推察された。

本研究では、50段階で表わされた線形スコアを9クラスに区分したが、実際の体型審査において、9段階のスコアが導入されたならば、審査員の負担軽減による体型審査の効率化が見込まれる。その場合、スコア

5を中心に正規分布に近い分布となるように幅広く評価することで遺伝率の低下を抑制することができるだろう。また、ドイツおよびカナダなどの多くの国において、9段階の線形スコアによる体型審査が実施されている (BÜNGER *et al.*, 1999; SCHNEIDER *et al.*, 1999) ことから、9段階の線形スコアの導入は、線形形質に関する遺伝評価値の国際間比較を行う場合、その精度の向上に貢献することが期待される。これらのことを考慮すると、従来の50段階のクラスによる線形スコアと比較して、体型審査における9段階の線形スコアの導入は、遺伝情報の利用においてより多くの利益をもたらすだろう。

文 献

BOLDMAN, K. G., A. E. FREEMAN, B. L. HARRIS and A. L. KUCK (1992) Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. *J. Dairy Sci.*, **75**: 552-563.

BÜNGER, A. and H. H. SWALVE (1999) Analysis of survival in dairy cows using supplementary data on type scores and housing system. *Proc.* **21**: 104-110 in INTERBULLMtg. Int. Bull Eval. Serv., Uppsala, Sweden.

河原孝吉・鈴木三義・池内豊 (1996) ホルスタイン種牛集団における産乳と体型形質および長命性の遺伝的パラメータ. *日畜会報*, **67**: 463-475.

河原孝吉 (1998) 乳牛の育種における体型審査形質お

Table 5. Genetic (above diagonal) and phenotypic (below diagonal) correlations among composite and linear type traits from readjusted scale^a.

Trait	Composite trait						Linear type trait															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 Appearance		.53	.77	.81	.54	.89	.81	.72	.76	.55	.22	.47	-.31	.20	.23	.21	.27	.34	.07	.26	.07	.11
2 Feet and legs	.35		.37	.41	.45	.65	.50	.31	.31	.17	-.03	.14	-.57	.36	.46	.21	.19	.08	.19	.27	-.06	.12
3 Dairy character	.56	.27		.65	.49	.81	.66	.50	.65	.93	-.04	.29	.00	.14	.06	.05	.39	.37	.08	.12	.06	.02
4 Body capacity	.59	.29	.50		.41	.78	.81	.96	.98	.38	-.05	.74	-.21	.12	.36	.15	.06	.45	.10	.08	.01	.25
5 Mammary system	.30	.26	.35	.27		.81	.39	.36	.36	.37	.07	.14	-.07	.28	.07	.67	.53	.55	.14	.41	.28	-.16
6 Final score	.67	.58	.68	.61	.82		.43	.39	.45	.38	.02	.31	-.10	.19	.17	.32	.31	.42	.21	.10	.14	.03
7 Stature	.49	.24	.40	.61	.17	.75		.76	.74	.41	.21	.61	-.30	.06	.37	.14	.14	.21	.02	.35	.07	.22
8 Strength	.41	.20	.30	.66	.16	.68	.51		.96	.24	.05	.76	-.16	.06	.35	.13	-.04	.43	.12	.03	-.01	.32
9 Body depth	.44	.20	.41	.75	.18	.73	.55	.68		.41	-.04	.70	-.15	.13	.32	.07	.03	.48	.09	-.04	.02	.26
10 Angularity	.31	.11	.64	.24	.20	.62	.23	.15	.26		-.05	.08	.22	.06	-.12	-.07	.42	.33	.01	.00	.01	-.04
11 Rump angle	.13	-.01	.01	.03	-.02	.05	.16	.03	.03	.01		-.11	-.19	-.15	-.02	-.12	.00	-.08	.00	.08	-.05	.00
12 Rump width	.30	.15	.22	.55	.14	.41	.42	.50	.50	.08	-.05		-.08	-.03	.34	.10	-.11	.23	.04	.08	-.06	.23
13 Rear legs, side view	-.10	-.19	.03	-.07	-.04	-.24	-.11	-.06	-.03	.08	-.07	-.03		-.23	-.42	-.10	-.13	.03	.06	-.17	.07	-.03
14 Rear legs, rear view	.10	.34	.08	.07	.10	.28	.06	.06	.06	.03	-.04	.03	-.13		.01	.25	.10	-.02	-.04	.19	.04	.03
15 Foot angle	.11	.26	.05	.15	.09	.25	.14	.12	.12	.00	-.01	.13	-.07	.10		-.08	.02	.16	.07	.00	-.06	.21
16 Fore udder attachment	.12	.14	.08	.08	.41	.39	.07	.05	.04	.03	-.05	.06	-.06	.08	.06		.22	.08	-.12	.70	.24	-.08
17 Rear udder height	.12	.11	.23	.04	.34	.42	.09	-.01	.02	.20	.02	-.02	-.03	.06	.03	.19		.38	.07	.29	.02	.00
18 Rear udder width	.23	.19	.27	.33	.38	.49	.17	.28	.31	.17	-.02	.25	-.03	.10	.09	.09	.23		.02	-.31	.17	.08
19 Udder support	.05	.06	.11	.05	.26	.14	.01	.03	.04	.07	-.03	.03	.01	.03	.03	.08	.14	.11		-.03	.00	.15
20 Udder depth	.05	.04	-.02	-.06	.16	.31	.17	-.05	-.10	-.04	-.01	-.01	-.04	.07	.01	.28	.16	-.19	.06		.15	-.04
21 Teat placement	.02	.02	.04	.01	.20	.13	.02	.01	.01	.03	-.03	.00	.02	.02	.00	.14	.07	.06	.09	.12		-.18
22 Teat length	.06	.05	.03	.13	-.03	.03	.10	.12	.12	.00	.00	.10	-.03	.02	.04	-.01	.03	.09	.06	-.05	-.07	

^a Readjust linear type scores in 9 classes.

よび長命性の利用. 北畜会報, 40: 1-8.

MISZTAL, I. (1990) Restricted maximum likelihood estimation of variance components in animal model using sparse matrix inversion and a super-computer. *J. Dairy Sci.*, **73**: 163-172.

QUAAS, L. R. (1988) Additive genetic model with groups and relationships. *J. Dairy Sci.*, **71**: 1338-1345.

ROGERS, G. W., G. BANOS and U. SANDER-NIELSEN (1999) Genetic correlations among protein yield, productive life, and type traits from the United States and diseases other than mastitis from Denmark and Sweden. *J. Dairy Sci.*, **82**: 1331-1338.

RUPP, R. and D. BOICHARD (1999) Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation holsteins. *J. Dairy Sci.*, **82**: 2198-2204.

SCHNEIDER, M. DEL P., H. G. MONARDES and R. I. CUE (1999) Effects of type traits on functional herd life in Holstein cows. *Proc.* **21**: 111-116 in INTERBULLMtg. *Int. Bull. Eval. Serv.*, Upp-

sala, Sweden.

SHORT, T. H. and T. J. LAWLOR (1992) Genetic parameter of conformation traits, milk yield, and herd life in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, **75**: 1987-1998.

鈴木三義・井上嘉明・河原孝吉・池内豊 (1996 a) ホルスタインにおける線形審査の主成分スコアと生産期間, 泌乳形質および体型得点の関連. *日畜会報*, **67**: 727-731.

SUZUKI, M., T. KAWAHARA and Y. IKEUCHI (1996b) Genetic parameters of production and type traits, and productive life in Japanese Holstein. *The 8th AAAP Anim. Sci. Congr. Proc. Vol.2*, 400-401.

和田康彦・池内豊・松本成生・小畑太郎 (1996) アニマルモデルを用いたわが国のホルスタイン種の体型審査形質の遺伝的パラメータの推定. *畜産試験場研究報告*, **57**: 1-6.

WEIGEL, K. A., T. J. LAWLOR, Jr., P. M. VANRADEN and G. R. WIGGANS (1998). Use of linear type and production data to supplement early predicted transmitting abilities for productive life. *J. Dairy Sci.*, **81**: 2040-2044.

