

氏名(本籍) なが 嶺 よし たか
長 嶺 慶 隆

学位の種類 博 士 (農 学)

学位記番号 農 第 4 4 2 号

学位授与年月日 平 成 4 年 3 月 13 日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

学位論文題目 肉用牛の産肉能力検定に関する育種学的
研究

論文審査委員(主査) 教 授 山 岸 敏 宏
教 授 鈴 木 惇
教 授 伊 藤 巖

論文内容要旨

日本短角種は北海道と北東北の3県で約3万1千頭飼養されている。この品種は夏山冬里方式で飼養されてきたため、放牧適性、哺育能力、繁殖性に優れ、また増体速度も大きい。しかし枝肉に関しては、皮下や筋間に脂肪が多く付き、黒毛和種や褐毛和種に比べ脂肪交雑が入りにくい、これまで日本短角種の成長速度及び枝肉形質を改良するために直接検定及び間接検定が行われてきたが、これらの検定法については多くの改善すべき問題点があった。またこの品種は、夏の放牧地において30から70頭の雌牛群に1頭の雄牛を混牧するまき牛繁殖主体で飼養されるため、北東北3県で年に約400頭の種雄牛が必要となる。したがってほとんどの種雄牛は間接検定を受けず枝肉に関する能力が不明なまま供用されている。そこでより多くの種雄牛の遺伝的能力を明らかにするため現場後代検定の実施が望まれてきた。牛肉の輸入自由化が進む中で、こうした検定法の改善によって日本短角種の遺伝的な改良速度を向上させることは緊急な課題と考えられる。

現場後代検定においては同一の種雄牛の産子が様々な環境で飼養されるため遺伝と環境の交互作用に関心がもたれる。しかし日本短角種においては一農家当たりの飼養頭数も少なくこの問題の検証は困難であった。そこでこの問題については黒毛和種のデータを用いた。現在、東北地方は全国的にも黒毛和種の産地として知られているが、この品種においては脂肪交雑の遺伝的なバラツキや農家による飼養方法の違いが大きい。そこで従来はあまり検討されることがなかった飼養環境と遺伝的能力の交互作用及び飼養規模に応じた種雄牛の選定について分析した。これらの問題は今後の育種上の重要な課題と考えられる。

1章では従来の日本短角種の直接検定に見られる改良の状況及び問題点を明らかにし、またこの問題の解決法を示した。2章では、日本短角種の枝肉形質を改良するために行った後代検定の成績について検討した。また各枝肉から精肉量を測定することが困難なため、枝肉において容易に測定できる数値をもとに精肉量を推定する重回帰式を求めた。3章では黒毛和種の後代検定成績について論じ、いくつかの重要な経済形質に関する環境と遺伝の交互作用について検討した(図1)。

1. 日本短角種の直接検定

家畜改良センター奥羽牧場及び岩手県畜産試験場の直接検定成績を用いて、主要な形質の遺伝的パラメーターの推定と検定時の一日平均増体量(DG)の遺伝的趨勢を推定した。また従来の濃厚飼料給与法のもとでは、検定開始時体重が粗飼料摂取率に影響を与えることが明らかとなった。そこで開始時体重の影響を除くための濃厚飼料給与法について検討を行った。また従来の直接検定法では成長速度及び粗飼料摂取率といった形質についてのみ測定を行っており、枝肉に関する形質の測定は不可能であった。この問題を解決するため超音波による生体での皮下脂肪厚測定法について検討した。

(1) 遺伝的パラメーターと遺伝的改良量の推定

遺伝的パラメーターの推定とこれまでの成長速度の遺伝的改良量を明らかにした。DGなどの発育形質は比較的高い遺伝率を示した(表1)。粗飼料摂取率と開始時体重との表型及び遺伝相関は大きく、従来の濃厚飼料給与法では開始時体重の大きなものほど粗飼料摂取率が過小評価される恐れがあった。13頭の種雄牛のDGの育種価を出生年次順にプロットしたところ、+10.6g/年の改良が明らか

となった(図2)。これはわが国の肉用牛において遺伝的改良が証明された初めての事例となった。

(2) 新しい濃厚飼料給与法の検討

従来の濃厚飼料給与法(体重比1.4%)では、粗飼料摂取率に関して遺伝的な能力差が明確にならないことがわかった。そこで濃厚飼料給与法としてメタボリックボディサイズの6.3%の濃厚飼料を給与する改訂法を提示した。従来法においては開始時体重と粗飼料摂取率、DGと粗飼料摂取率の相関係数は各々-0.37及び0.09であったが、改訂法においては各々-0.10及び0.50となりいずれも正の方向に増加した。検定開始時日齢体重と検定中のDGの相関は従来法および改訂法において各々0.34及び0.32であり差がなかった。従来法において超音波による皮下脂肪厚測定値(8ヶ所の和)とDGの相関係数はほとんど0であったが、改訂法においては-0.21と負の値になった。この結果、改訂により開始時体重の粗飼料摂取率への影響が減少し、DGと粗飼料摂取率の間の相関が高まった。またDGと皮下脂肪厚間に負の相関が生じた。これらの変化はDGを増加させ皮下脂肪を薄くさせる改良方向にとって好ましい結果であった。

(3) 超音波による皮下脂肪厚の測定

従来の直接検定法ではDGなど成長速度に関する形質を主な選抜対象としており、枝肉形質についての選抜は行えなかった。そこで精肉量に関係のある皮下脂肪厚を超音波により測定し、直接検定牛において皮下脂肪厚による選抜を行うことを目的とし研究を実施した(図3)。また皮下脂肪厚について生体での超音波による測定値と枝肉における測定値の違い並びに直接検定牛と間接検定及び農家で肥育された去勢牛との違いについて検討するために超音波による皮下脂肪厚測定をそれぞれ行った。背及び腰において、背正中線を対称軸にして左右6ヶ所(上部4ヶ所、下部2ヶ所)ずつの部位で超音波により皮下脂肪厚を測定した。上部の4ヶ所において左右の皮下脂肪厚の和は、0.42~0.63の遺伝率を示し、左右8ヶ所の上部の皮下脂肪厚の和は0.87の遺伝率を示した(表2)。上部の皮下脂肪厚とDGはそれぞれ正の遺伝相関を示した(表3)。

去勢肥育牛では体重の増加にともなって皮下脂肪厚が増大したが、直接検定牛ではこうした傾向は認められなかった。

本研究の成果として示された新しい濃厚飼料給与法及び超音波による皮下脂肪厚測定法は、現在日本短角種の直接検定に採用されている。

2. 日本短角種の後代検定

奥羽牧場及び岩手県畜産試験場における間接検定のデータを用いて、枝肉形質に関する遺伝的パラメターの推定を行なった。さらに日本短角種で初めて行われた現場後代検定のデータを用いて枝肉形質の遺伝的パラメターの推定及び種雄牛評価を行った。また枝肉において容易に測定できる数値をもとに精肉量を推定する重回帰式を求めた、この回帰式を用いることにより種雄牛の精肉量に関する順位づけが可能となった。

(1) 間接検定成績における遺伝的パラメターの推定

遺伝的パラメターを推定するとともに相対的希望改良量にもとづく選抜指数式を作成した。

$$I_1 = 66.40 \times T1 + 5.44 \times T2 + 2.95 \times T3 - 29.64 \times T4 - 7.94 \times T5$$

$$I_2 = 42.48 \times T1 + 1.26 \times T3 - 7.22 \times T4 - 1.80 \times T5$$

$$I_3 = 47.74 \times T1 + 1.79 \times T2 + 0.03 \times T3 + 2.98 \times T5$$

T1、T2、T3、T4、T5は各々DG、枝肉歩留り、ロース芯面積、背脂肪厚、脂肪交雑評点を示す。I₁式は、DGを0.5kg改良する際、枝肉歩留りを1.00%、ロース芯面積を1.00c㎡、背脂肪厚を-0.1cm、脂肪交雑を2.0改良しようというもの、I₂式はI₁式からT2（枝肉歩留り）を除き、他の4形質にはI₁式と同じ相対的希望改良量を与えたもの、I₃はI₁からT4（背脂肪厚）を除き、他の形質にはI₁と同じ相対的希望改良量を与えたものである。

(2) 現場後代検定による種雄牛評価

1,009頭の枝肉について5~6肋骨間断面の3ヶ所の皮下脂肪厚、ロース芯面積の測定及び脂肪交雑の判定を行い現場後代検定を実施した。皮下脂肪厚3ヶ所の和及び各皮下脂肪厚の平均値は各々63.8及び25.7、21.9、16.3mm、またロース芯面積と脂肪交雑評点の平均値は各々40.2cm²及び0.33であった。

5~6肋骨間断面の測定値から精肉量を推定するために次の重回帰式を作製した。

$$\begin{aligned} \text{精肉量推定値 (kg)} &= 0.492 \times \text{枝肉重量 (kg)} - 0.280 \times \text{皮下脂肪厚3ヶ所の和 (mm)} \\ &+ 0.488 \times \text{ロース芯面積 (c㎡)} + 33.31 \quad (R = 0.95) \end{aligned}$$

精肉量推定値の平均は202.6kg、枝肉重量340kgに対する精肉歩留りの平均は59.6%であった。種雄牛評価値をその産子において期待される遺伝的能力(EPD)として表わすと、皮下脂肪厚3ヶ所の和では-6.0~+12.1mm、ロース芯面積では-3.0~+2.9c㎡、脂肪交雑評点では-0.10~+0.21の範囲にあった(表4、表5)。前述の精肉量推定式を用いて枝肉重量340kg時の種雄牛の精肉量を求めたところ、197.9kgから203.9kgの推定値が得られた。

3. 黒毛和種の後代検定

現在は大規模肥育経営が増えており、そこでの飼養管理は従来の小規模経営のそれとは異なると考えられる。そこで(1)では肥育牛を常時50頭以下飼養する小規模農家と100~300頭飼養する大規模農家に分け種雄牛の評価を行い、飼養規模別にどのような種雄牛が高い産肉能力を示すかを検討した。また脂肪交雑や格付けといった形質について種雄牛の評価は間接検定と現場後代検定では必ずしも一致しない。この原因として肥育期間が両検定では大きく異なるために、結果が一致しない可能性があった。現場のデータにおいては脂肪交雑評点は枝肉単価で代替されることから(2)では屠殺日齢の違いが、肥育中のDG及び枝肉単価に関する種雄牛の評価にどのような影響を与えるかを検討した。

(1) 飼養規模別の成績を用いた種雄牛評価

小規模と大規模農家各々の肥育と枝肉データを用いて血縁を考慮したBLUP法により10頭の種雄牛の育種価を推定した(表6、表7)。大規模データは小規模データよりDGが大きく肥育期間は短かった。枝肉重量には差はなかったが、枝肉単価は大規模データよりも小規模データが大きかった。各形質に関する種雄牛の育種価の順位相関を求めたところ、DGと販売価格、DGと肥育差益の相関

が大規模データでは各々0.88及び0.92であったが、小規模データでは各々0.25及び0.58となり前者よりも小さかった。逆に枝肉単価と販売価格、枝肉単価と肥育差益の相関は大規模データでは各々0.66及び0.42であったが、これに比べ小規模データは各々0.88及び0.60と大きかった(表8)。大規模農家ではDGの大きな種雄牛の産子が収益を高め、小規模農家ではDGとともに枝肉単価の高い種雄牛の産子が収益を高めていたと考えられる。

(2) 屠殺日齢の違いが種雄牛評価に与える影響

黒毛和種において肥育された産子の屠殺日齢の違いが種雄牛の評価にどのような影響を与えるかを検討した。5,600頭の去勢肥育牛データを用い、HENDERSONのBLUP法により肥育期間中のDG及び枝肉単価に対する年次及び地区の効果並びに種雄牛のEPDを推定した。また5,600頭の総データを屠殺日齢900日未満と900日以上に分けてBLUP法による種雄牛評価を行った。産子数の多い5頭の種雄牛に注目した場合、DGに関するEPDの順位は、総データ、屠殺日齢900日未満および900日以上のデータにおいて一致したが、枝肉単価のEPDによる種雄牛の順位は、総データ、900日未満および900日以上のデータにおいて各々異なった(表9)。これらの5頭の種雄牛の産子2,679頭のデータを用いて、種雄牛別に枝肉単価の屠殺日齢に対する一次回帰式を求めた。枝肉単価の屠殺日齢に対する回帰係数は0.164~0.686とすべて正の値の範囲にあった(図4)。種雄牛B、C、Dにおいて回帰係数は1%水準で統計的に有意であったが、種雄牛A、Eにおいてそれらは5%水準で有意とはならなかった。種雄牛AとBの回帰直線は屠殺日齢約870日で交差し、種雄牛CとDの回帰直線は約920日で交差した。さらに種雄牛Aの回帰直線は種雄牛Dと屠殺日齢約1,010日で交差した。この回帰式に総データ、900日未満及び900日以上のデータにおける平均屠殺日齢を代入し種雄牛の順位づけを行ったところ、各データを用いたBLUP法における順位づけとはほぼ一致した。これらの結果から屠殺日齢は種雄牛評価に大きな影響をあたえるものと考えられる。

以上の結果から、日本短角種においては検定法の改善により重要な形質の改良が効率的に行われることが明らかとなった。特に濃厚飼料給与法の改訂による粗飼料摂取率の向上並びに超音波測定による皮下脂肪厚の減少については大きな経済的効果が期待できる。また現場後代検定により日本短角種及び黒毛和種において枝肉形質の改良が図られるとともに、肉用牛において従来報告のなかった環境と遺伝の交互作用の重要性が見いだされた。

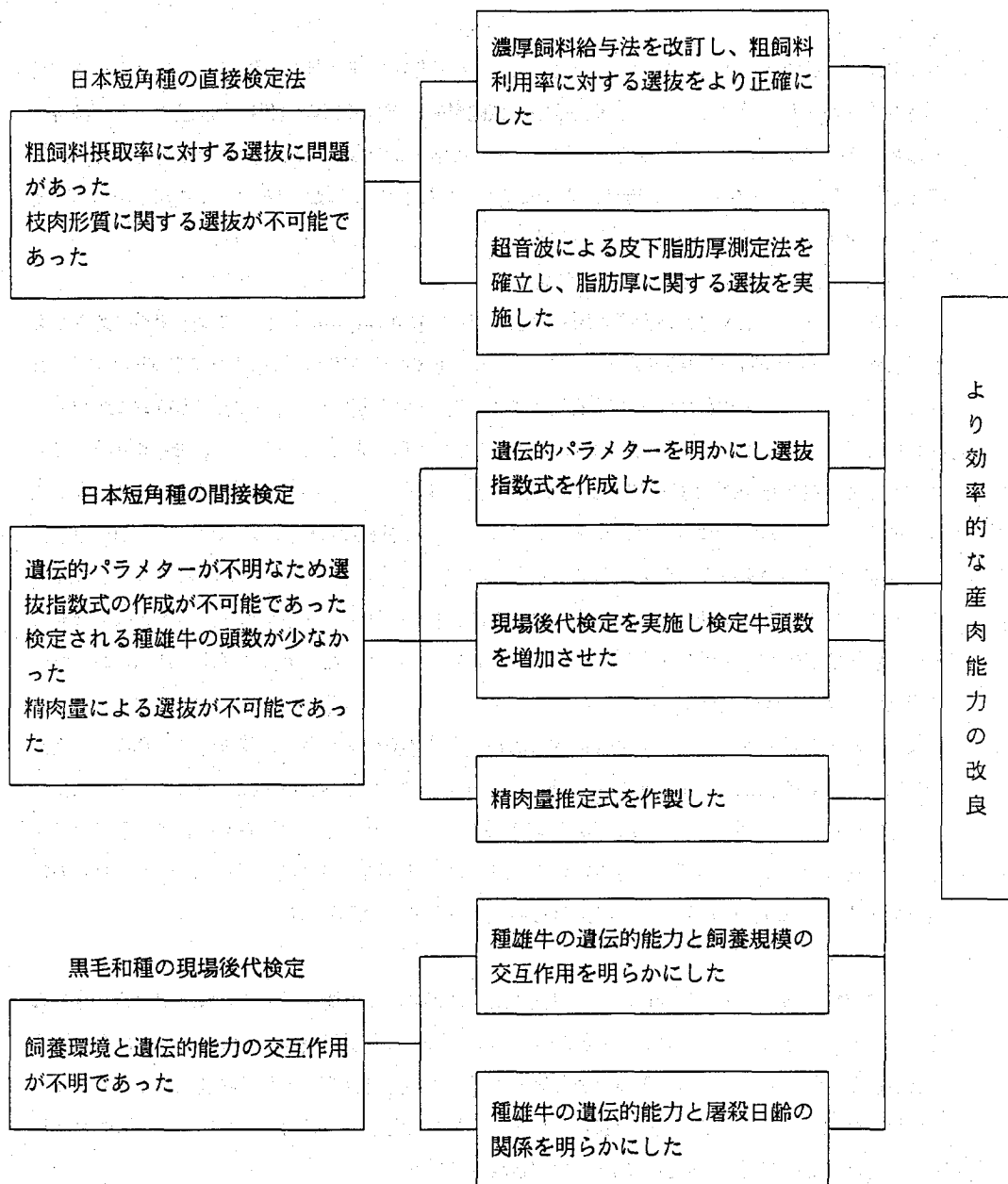


図1. 検定法の問題点とその対応

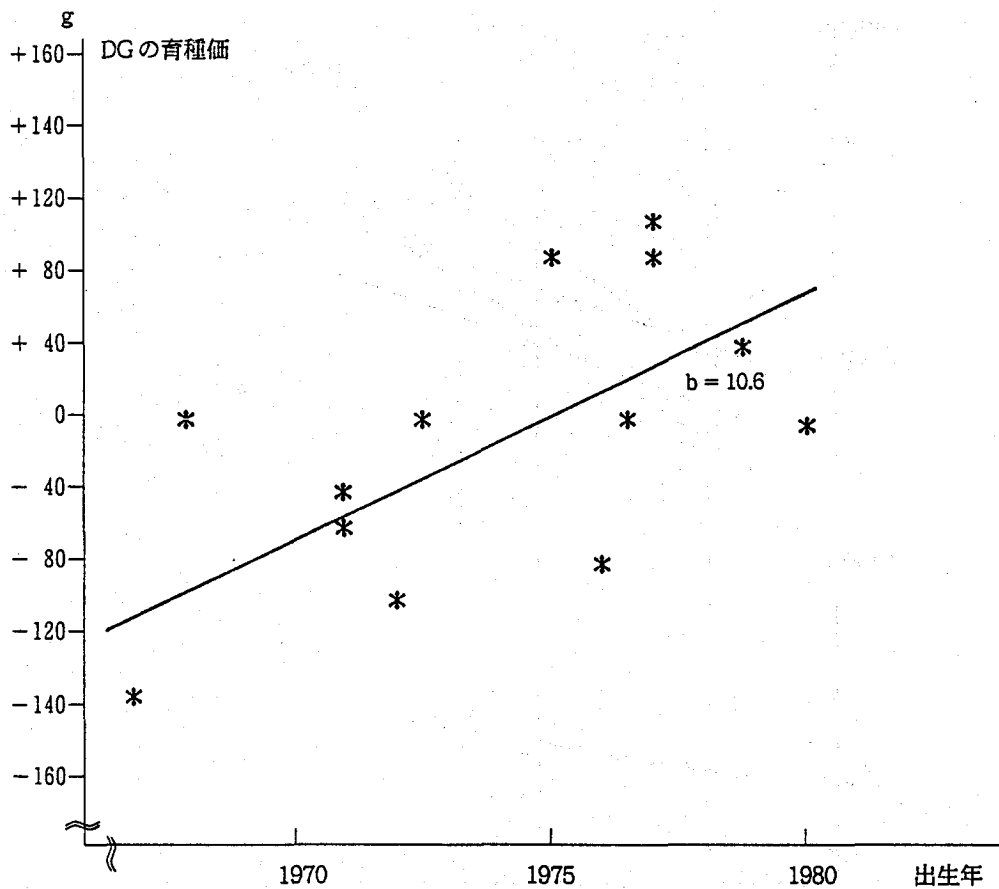


図2 種雄牛の出生年に対する一日平均増体重 (DG) の育種価 (n = 182)

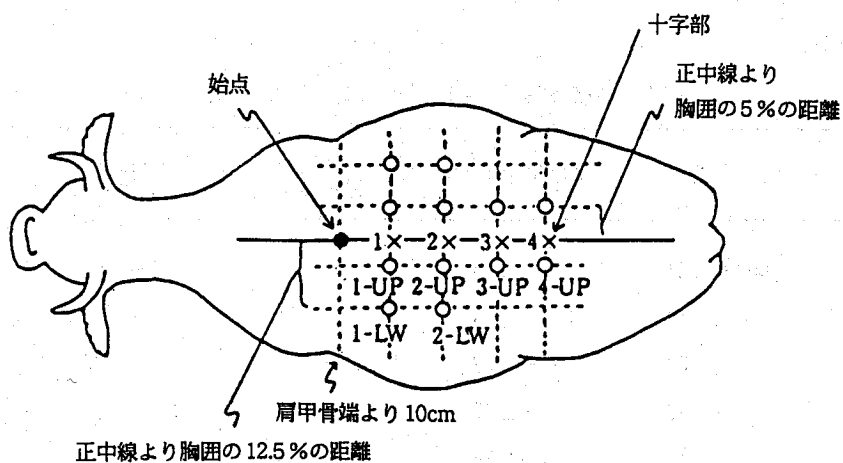


図3 超音波による測定部位
(○印が測定部位を示す)

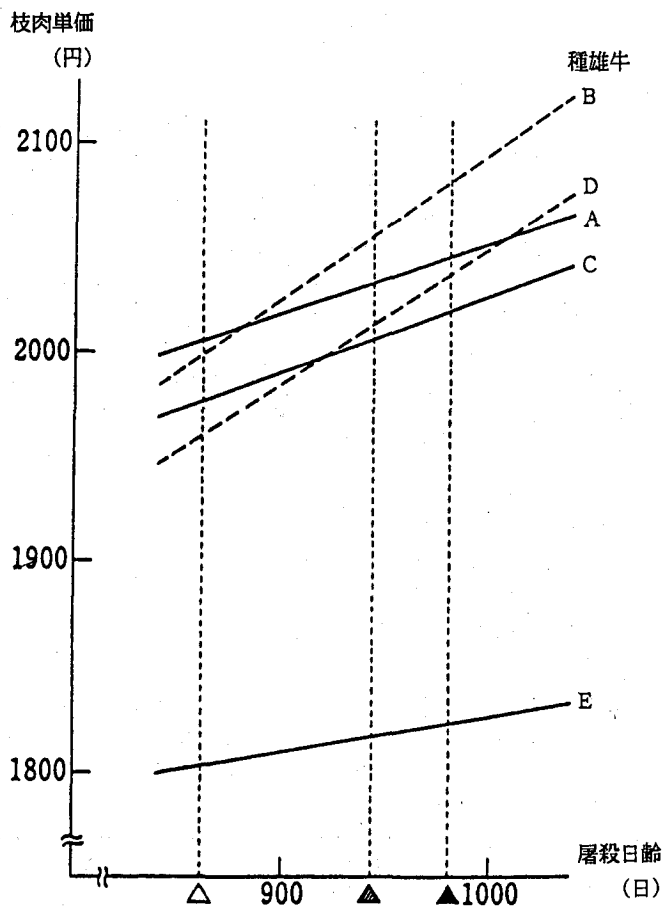


図4 種雄牛別の枝肉単価に対する屠殺日齢の回帰
 900日齢未満及び900日齢以上の産子グループの平均屠殺日齢は
 各々862日(△)及び980日(▲)、全産子の平均屠殺日齢は943日(△)

表1 直接検定(岩手)データにおける遺伝的パラメーター

形質	1. DG	2. 粗飼料摂取率	3. 開始時 日齢体重	4. 開始時体重	5. 終了時体重
1.	1.00 + .37	.14	.07	-.08	.41
2.	.18	.34 + .24	-.34	-.44	-.34
3.	.00	-.69	1.08 + .38	-.72	-.69
4.	-.43	-1.15	.77	.91 + .36	.88
5.	.14	-1.16	.84	.84	.63 + .31

対角線上は遺伝率とその標準誤差、対角線の右上は表型相関、左下は遺伝相関

(n = 183)

表2 直接検定牛における超音波測定による皮下脂肪厚の遺伝率 (h^2) 及び標準誤差 (S. E.)

部 位	右		左		左右の和	
	h^2	S. E.	h^2	S. E.	h^2	S. E.
1-UP	.50	.41	.59	.42	.62	.43
1-LW	-		-		-	
2-UP	.46	.40	.34	.37	.43	.39
2-LW	-		.09	.31	-	
3-UP	.47	.40	.20	.34	.42	.39
4-UP	.39	.39	.51	.41	.63	.43

(n = 88)

表中の横線は遺伝率が推定不能だったことを示す。

表3 直接検定牛におけるDGと超音波測定による皮下脂肪厚の表型及び遺伝相関

部 位	表型相関	遺伝相関	標準誤差
1-UP	.05	.78	.42
1-LW	-.01	-	
2-LW	.00	.61	.55
2-LW	-.04	-	
3-UP	.00	.64	.55
4-UP	-.02	.39	.50
SUM	.01	.55	.43

各部位は左右の和を用いた

(n = 88)

横線は遺伝率が推定不能だったことを示す

部位のSUMは、左右の上部の測定値8ヶ所の和

表4 日本短角種の現場後代検定における各形質の種雄牛評価値（EPD）の範囲

	全平均	EPDの範囲		
		最小	～	最大
FATL (mm)	68.1	- 6.0	～	+ 12.1
ロース芯面積 (cm ²)	4.08	- 3.0	～	+ 2.9
脂肪交雑	0.34	- 0.10	～	+ 0.21

26頭の父牛の息牛237頭を用いた。FATLは3ヶ所の皮下脂肪厚の和。

表5 日本短角種の現場後代検定における枝肉形質の遺伝的パラメーター

	FA1	FA2	FA3	FATL	ロース芯面積 (REA)	脂肪交雑 (BMS)
FA1	.94+.29	.80	.57	.91	-.18	.06
FA2	.92+.06	.78+.27	.73	.95	-.17	.01
FA3	.82+.11	.91+.07	.87+.28	.82	-.26	.01
FATL	.96+.03	.98+.02	.93+.05	.99+.30	-.22	.03
REA	-.02+.30	-.05+.31	-.47+.29	-.16+.30	.64+.25	.06
BMS	.08+.29	-.14+.30	-.34+.28	-.11+.29	.63+.26	.63+.25

(n = 237)

FA1～FA3は皮下脂肪厚、FATLはその3ヶ所の皮下脂肪厚の和
対角線上は遺伝率と標準誤差、対角線右上は表型相関。
左下は遺伝相関と標準誤差。

表6 小規模農家における各形質の黒毛和種種雄牛の評価値（EPD）及び順位

種雄牛	D G		枝肉単価		肥育差益	
	EPD	順位	EPD	順位	EPD	順位
1	78.3	1	-142.3	10	49.0	4
2	13.6	3	47.2	5	57.4	3
3	5.4	4	37.9	6	33.9	5
4	-15.1	7	-25.3	8	-16.0	8
5	-11.1	5	66.8	4	-1.4	7
6	-15.3	8	187.7	1	60.3	2
7	-12.4	6	-21.7	7	-43.2	9
8	-25.9	9	79.0	3	2.1	6
9	25.6	2	113.1	2	79.5	1
10	-44.2	10	-127.7	9	-134.5	10

注) DGは肥育期間中の一日平均増体量

肥育差益 = (販売価格 - 素牛価格) / 肥育期間

表7 大規模農家における各形質の黒毛和種種雄牛の評価値（EPD）及び順位

種雄牛	D G		枝肉単価		肥育差益		肥育差益*	
	EPD	順位	EPD	順位	EPD	順位	EPD	順位
1	110.4	1	-27.8	9	148.3	1	68.6	2
2	37.9	2	67.0	2	118.3	2	70.5	1
3	0.5	4	-10.8	8	-17.1	5	-5.6	5
4	-26.6	7	56.3	3	14.1	4	6.7	4
5	-23.4	6	8.2	5	-34.6	6	-17.2	6
6	-12.8	5	31.0	4	-40.9	7	-22.0	7
7	-45.1	9	-5.1	7	-70.4	9	-36.5	9
8	-29.3	8	6.7	6	-46.4	8	-22.2	8
9	7.1	3	108.7	1	50.1	3	36.4	3
10	-54.1	10	-112.4	10	-131.4	10	-71.4	10

注) DGは肥育期間中の一日平均増体量

肥育差益 = (販売価格 - 素牛価格) / 肥育期間

肥育差益* = 販売価格 - 素牛価格 - 濃厚飼料費

表8 黒毛和種における各形質の種雄牛評価値 (EPD) 間の順位相関

	素牛価格	販売価格	DG	枝肉単価	肥育差益
素牛価格	.....	.61	-.13	.64	.18
販売価格	.06	.....	.25	.88	.78
D G	.02	.88	.....	-.08	.58
枝肉単価	.50	.66	.33	.....	.60
肥育差益	-.13	.93	.92	.42	.....

注) 対角線の右上は小規模農家、左下は大規模農家における種雄牛のEPD順位相関

DGは肥育期間中の一日平均増体量

肥育差益 = (販売価格 - 素牛価格) / 肥育期間

表9 黒毛和種における各形質の屠殺日齢別の種雄牛評価値 (EPD) 及び順位

形質	種雄牛	全データ		900日未満		900日以上	
		EPD	順位	EPD	順位	EPD	順位
DG (g/日)	A	16	3	13	3	15	3
	B	2	4	3	4	4	4
	C	22	2	16	2	24	2
	D	-32	5	-25	5	-27	5
	E	71	1	71	1	52	1
枝肉単価 (円/kg)	A	101	2	128	1	87	3
	B	126	1	107	2	131	1
	C	76	4	82	3	75	4
	D	92	3	71	4	93	2
	E	-105	5	-87	5	-96	5

DGは肥育期間中の一日平均増体量

審査結果の要旨

肉用牛育種において産肉能力検定の役割は非常に重要であり、肉用牛の改良方向や改良速度は検定方法によってほぼ決定されるといってよい。著者は日本短角種の改良のために、(1)直接検定における濃厚飼料の給与法を改善し検定精度を高めた。(2)超音波による肉用牛の皮下脂肪厚測定法を確立した。また(3)現場後代検定を実施する上での雛型を示した。さらに現場後代検定の問題点を明らかにするため黒毛和種のデータを用いて、(4)種雄牛の遺伝的能力評価が肥育農家の規模によって変化すること、(5)種雄牛の遺伝的能力評価に産子の屠殺日齢が関与するといった遺伝と環境の交互作用の存在を明らかにした。

著者の提案した新しい濃厚飼料給与法や超音波による皮下脂肪厚測定法は日本短角種の直接検定に採用されており、研究成果を実用化技術とした功績は大きいものがある。新しい濃厚飼料の給与法を採用することにより粗飼料摂取率に関する選抜が正確となり、さらに重要な形質間に望ましい遺伝相関が生じることを確認した。

これまで、日本短角種は農家から出荷された枝肉データの収集が難しく、現場後代検定が実施されていなかったが、著者はデータ収集から種雄牛評価までの一連のシステムを確立した。さらに、このシステムを用いた現場後代検定はその後、各県の事業として導入されている。また現場後代検定データを用い、精肉量を推定するための重回帰式の作製および遺伝的パラメーターの推定を行った。精肉量推定式の精度は非常に高く、この式を用いることにより精肉量による種雄牛のランキングが可能になった。また皮下脂肪厚、ロース芯面積、脂肪交雑について得られた遺伝的パラメーターは日本短角種の改良方向の決定に大きな影響を与えた。さらに厳密な統計分析により過去10年間における日本短角種の増体能力の向上が遺伝的な改良によることを証明した。これはわが国の肉用牛において遺伝的な改良実績が証明された最初の事例である。

黒毛和種の現場後代検定成績から、肥育農家の規模により収益性に関する種雄牛の評価が異なったり、産子の肥育期間により種雄牛の評価が変化することを報告したが、こうした遺伝と環境に交互作用が認められた例は、わが国の肉用牛ではこれまでになく、海外でもこうした報告は少ない。

以上の成果は肉用牛の改良に寄与すると共に、家畜の育種をすすめる上で大きな貢献をなすことから、審査員一同は著者に博士（農学）の学位を授与することが適当と判断した。