

財団法人 伊藤記念財団

保 存 版

生体における牛の肉質等判定技術実用化に
関する調査研究報告書

昭 和 61 年 3 月

財団法人 伊藤記念財団

は し が き

本報告書は、財団法人伊藤記念財団の委託により、昭和59年度より2年間にわたり実施した「生体における牛の肉質等判定技術実用化に関する調査研究」の成果をとりまとめたものであります。

本調査は、低廉な牛肉需要に対応するとともに、効率的な肉用牛の生産を推進するため、新たに開発されつつある超音波による肉質等測定装置を利用して、肥育牛の出荷適期判定、優良種雄牛選抜への応用を図るための実用化を目的としたものであり、その益するところは極めて大なるものがあります。

本調査研究の実施にあたり、農林水産省畜産局、同奥羽種畜牧場、同畜産試験場、海上電機株式会社から賜りました御指導、御協力に深甚なる謝意を表するものであります。

昭和61年3月31日

社団法人 全国肉用牛協会

目 次

1. 目 的	1
2. 材料及び方法	
(1) 材 料	2
(2) 測定部位について	5
(3) 測定の手順	5
3. 結果及び考察	
(1) 計機の基本性能把握のための予備試験	6
(2) Sensitivity、TVGの調整について	11
(3) ロース芯断面積の推定について	17
(4) 皮下脂肪厚の推定について	24
(5) 皮下脂肪厚推定における超音波スキャンニングスコープと 超音波探傷機の比較	25
(6) 脂肪交雑の推定について	27
(7) 回帰式によるロース芯断面積、皮下脂肪厚、 及び脂肪交雑の推定について	31
(8) 実用化について	37
4. 要 約	38
5. 参考文献	39

1. はじめに

肉用牛は、我が国における土地利用型農業の基幹作目の一つとして位置づけられており、今後とも需要に見合った拡大が見込まれているが、一方においては効率的な生産の推進によるコストの低減が強く求められている。近年、肥育経営においては、肥育期間の長期化、仕上げ体重の大型化、飼料自給率の低水準化の傾向が顕著であるが、これは上質肉生産指向によるものと思われる。一般に、濃厚飼料多給による肥育期間の延長は、肉質の改善につながると考えられているが、その割には上物格付率は上昇せず²⁾、またある限度以上に延長しても増体が低下したり、増体が良好なものでも皮下脂肪や筋間脂肪ばかりつくなど肥育効率を悪化させる危険もある。従って、品種ごと、肥育様式ごとに仕上げ月齢の目標を設定して、効率的な肥育技術の確立を図るとともに生体での肉質等の判定技術の開発も今後における重要な課題と考えられる。

近年、生体のままで肉用牛の屠体形質を推定する方法として、超音波を利用した計測装置（超音波スキャニングスコープ）の開発がなされるとともに、それらを用いた肉用牛の屠体形質の推定法に関する研究も行なわれており、^{3~10), 14), 18~23)} 今後は、これらの基礎的な研究に加え、野外においても多数の事例について測定し、そのデータを収集分析して、フィールドにおける実用化を図ることによって、肥育牛の出荷適期の判定や育種改良への応用技術へ発展させる必要がある。

本報告では、超音波スキャニングスコープを用いてロース芯断面積、皮下脂肪厚、脂肪交雑の推定方法、及び推定精度を把握するとともに実用化への課題等について検討した。

2. 材料及び方法

(1) 材 料

当場で実施している間接検定調査牛（黒毛和種129頭、日本短角種40頭）を用いてスキニングを行った。但し、このうち部分肉検査を実施できなかったものや良好な断層像を得られなかったものについては推定より除外した。

使用した超音波スキニングスコープは農林水産省畜産試験場と海上電機株式会社との共同研究¹²⁾により試作された海上電機株式会社製カラススキニングスコープUSL-12A（図-1）である。この装置は11インチのカラーブラウン管を備えた表示部、牛体にあった曲率を持ち探触子を密着させながら駆動する探触子駆動ガイド部及び探触子と表皮の間の密着を良くし、超音波を効率よく体内へ伝播させるための流動パラフィンを塗布するオイルポンプ装置の3部からなっている。

その測定原理は、図-2に示すように超音波を測定牛の体内に発射した場合、その伝播途中に組織の異なる境界面があるとその一部は、反射波として戻ってくる。この反射波をとらえ、その強弱に対応して色信号に変換、演算処理したあと、それぞれの境界面位置としてディスプレイ上にカラー表示される。この装置では、探触子が測定牛の表皮に密着して一定の軌道に沿い、超音波を生体内に送信しながら移動し、この操作によりディスプレイ上に、図-3のような駆動ガイドの曲率に合った扇形の生体内断層像が表示される。その特徴としては、

①反射波と多重反射波の識別を容易にするため、反射波の強弱により、赤橙黄緑青白藍の7色に色別けされて表示されること

②ディスプレイ上に表示される画像は、リアルタイムでの実寸大静止画像で、直接眼で見ることができることである。

また、皮下脂肪厚の推定にあたっては、超音波スキニングスコープの他に、東京計器製ポータブル超音波探傷機SM90（図-4）を用いて両者の比較を行った。超音波スキニングスコープがBスコープ方式で、生体内部からの超音波の反射波を合成して、生体の断層像をディスプレイ上に表示するのに対して、超音波探傷機は、組織の境界面よりの反射波をオシロスコープ上に表示させ、その位置、大きさを推測するAスコープ方式であり、超音波を伝播しうる材料中の欠陥部の検出などに用いられる装置である。



図-1 超音波スキヤニングスコープ

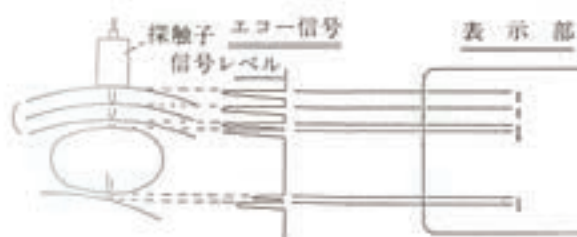


図-2 原理図

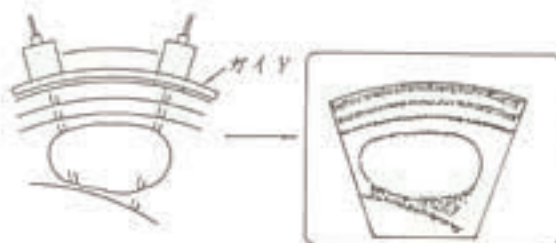


図-3 測定画像



図-4 超音波探傷機



図 - 5



図 - 6



図 - 7

(2) 測定部位について

計機の解析力が未だ十分とは言えない現状においては、測定部位の筋肉様相が単純なことが望ましい。しかし、間接検定実施細目に定める切開部位は、黒毛和種で第7～8胸椎間、日本短角種で第5～6胸椎間であり、皮下脂肪と背最長筋の間に棘筋と僧帽筋が分布する比較的筋肉様相が複雑な部位である。そこで、実施細目に定める切開部位の他に、

- ①背最長筋に近接する被覆筋が少なく、比較的単純な筋肉分布を呈し、鮮明な断層像が得られる可能性が高いこと。
- ②背最長筋重量さらには枝肉中の全筋肉量を推定する指標として適切な背最長筋の切断部位であること。
- ③牛部分肉取引規格においてリブロースとサーロインの切断部位は第10～11あるいは第11～12胸椎間になっていること。

等を考慮して第11～12胸椎間についても測定を行った。

(3) 測定の手順

測定については、以下の手順により行った。

- ①測定牛を保定枠に入れ、動かないように保定するとともに、測定部位及び周辺の毛刈りをする。(図－5)
- ②探触子駆動ガイドを測定部位にのせ、流動パラフィンを十分なじませるようにして一様に塗布する。(図－6)
- ③実際の測定にあたっては、探触子が必ず背中の中点を通過するようにガイドを測定部位に設定する。
- ④探触子駆動ガイドを保定し、探触子が超音波を送信しながら移動することにより、ディスプレイ上に生体内断層像を得る。(図－7) なお、探触子の駆動に要する時間は約10秒である。
- ⑤映しだされた画像をポラロイドカメラにより撮影する。

3. 結果及び考察

(1) 計機の基本性能把握のための予備試験

本調査の前に超音波スキャンニングスコープの基本性能把握のため、単純な材料を用いて、予備試験を実施した。

まず、図－8のように水槽に水を満たし、探触子を水面の右から左に向かって、手動により、直線的にできるだけ一定のスピードで移動させ、断層像を得た。得られた断層像及びその解析図は、図－9－a、bのとおりであり、断層像中の②の距離は3 cmであった。これから探触子の下端から水槽の底までの距離は、写真の縮尺に応じて2倍し、6 cmと推定されたが、これはほぼ実測値に等しかった。同様に、水深を浅くまたは、深くして得られた断層像においても、水深として推定された距離と実際の水深とはほぼ等しかった。

次に、図－10に示すように水槽に水を満たし、その中に鉄製のパイプ管の一部を沈め、同様な方法で断層像を得た。得られた断層像及びその解析図は、図－11－a、bのとおりである。図－11－bの②の距離は水面からパイプ管までの距離に、③の距離はパイプ管の外径にほぼ一致していた。しかしながら、超音波の進行方向に垂直な面ではかなり明瞭に輪郭が得られたのに対し、超音波の進行方向に平行な面、特に深部についてはやや不明瞭であった。

次に同様な方法で水槽の中に水を満たし、その中に黒毛和種雌牛の第8胸椎から第1腰椎までの肉片（ロース部）を入れ、第8胸椎部及び第13胸椎部をスキャンニングした。なお、できるだけ筋肉様相を単純にするため、ロース芯を被覆している皮下脂肪及び僧帽筋を除去してスキャンニングした。

材料及び得られた断層像は、図－12、13（第8胸椎部）図－14、15（第13胸椎部）のとおりであり、断層像において、ロース芯の輪郭をとらえることは可能であった。

以上の予備試験の結果より、スキャンニングにより得られた断層像から物体の輪郭を、ほぼ正しい尺度で推定できることが明らかとなった。

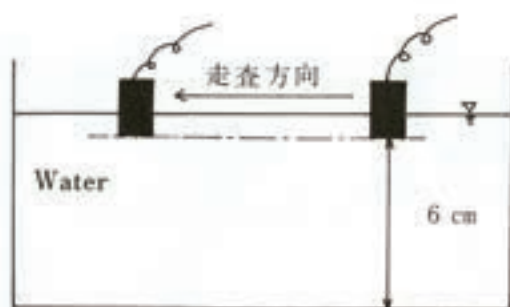


図-8

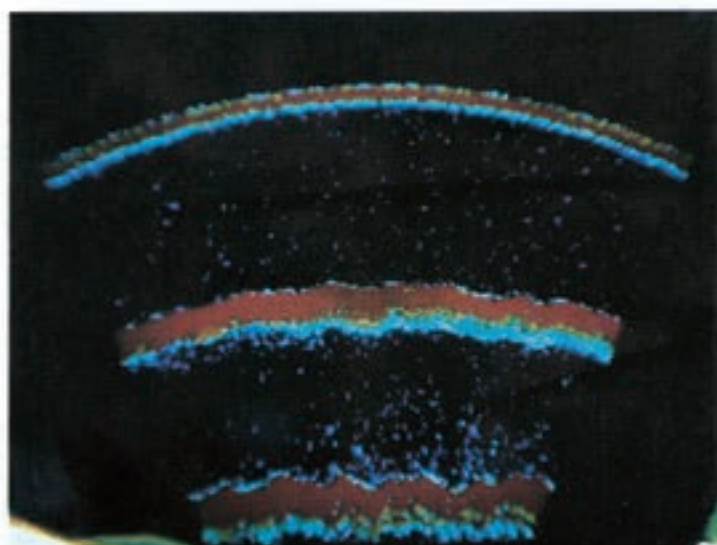


図-9-a

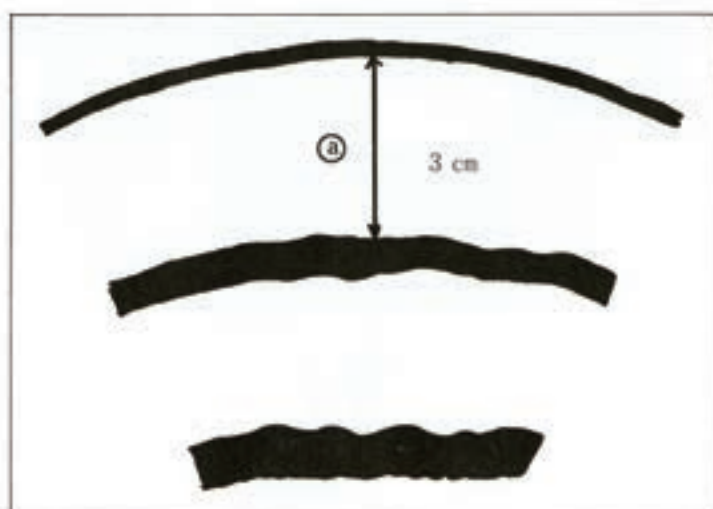


図-9-b

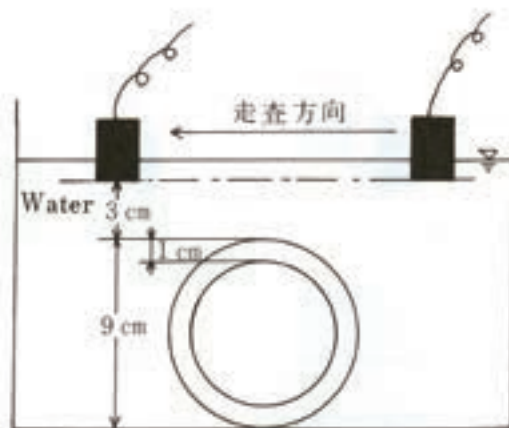


図 - 10

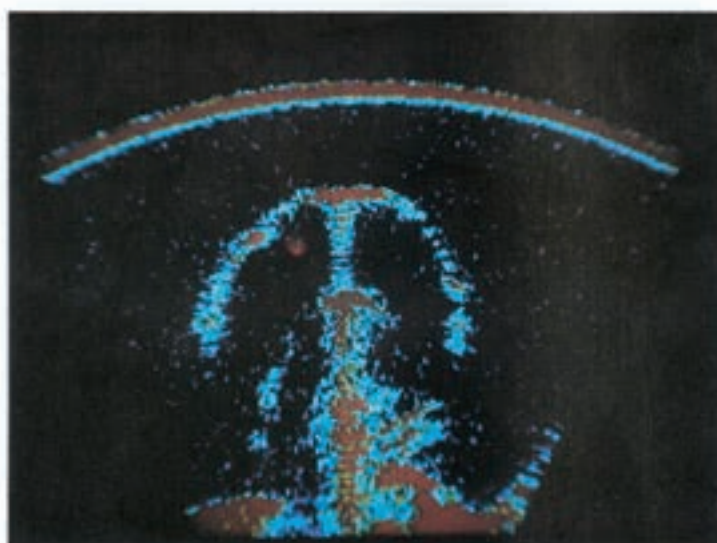


図 - 11 - a



図 - 11 - b



図 - 12

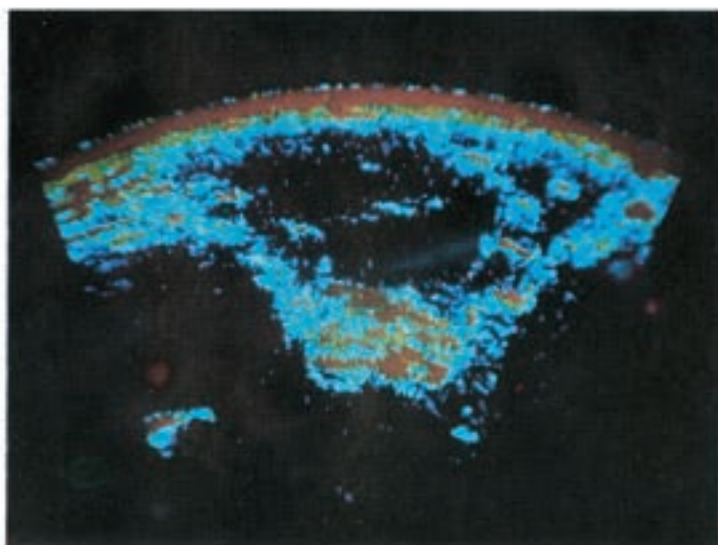


図 - 13



図-14

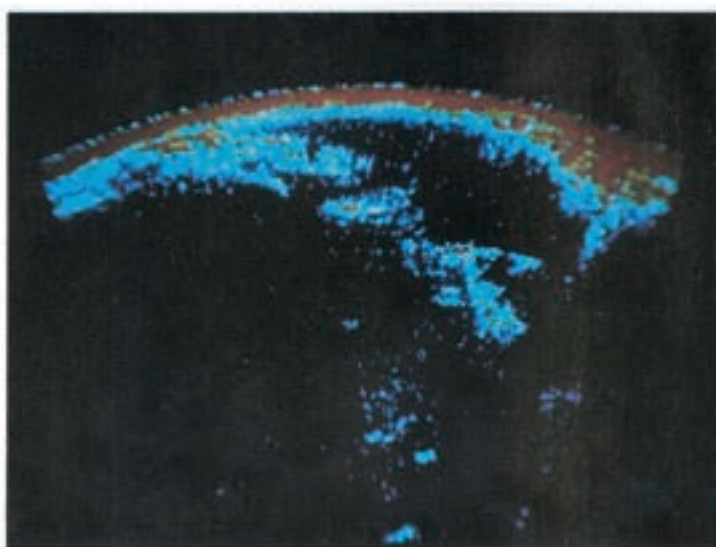


図-15

(2) Sensitivity、TVGの調整について

良好な断層像を得るためには、対象に応じて適切な調整条件を設定する必要がある。供試したスキニングスコープの調整にあたっては、同一牛において、Sensitivity、TVG- Level、TVG- Gain、TVG- Start の4つのボリュームを相互に変化させて、調整値が断層像に及ぼす影響を調べ、最適調整条件を設定する方法をとった。なお、周波数は1 MHzに設定した。

① Sensitivity

Sensitivity は受信回路の感度を調整する機能を有しており、これを大きくすることにより、反射波の増幅感度が上がり、断層像上の輝点が増加する。Sensitivity 3、3.5、及び4 (Level 2.5、Gain 3.5、Start 2.5) の条件でスキニングした場合の断層像は、図-16-a、b、cに示したとおりである。3以下では、全体に輝点の出現状況が少なく、逆に5では多すぎる。3.5～4が適当と判断された。

② TVG

TVG (Time Variable Gain) は時間(生体内の深さ)とともに受信回路の増幅感度が変化する電子回路である。すなわち、一般に生体内に超音波を照射すると、その伝播とともに吸収減衰し、体深部からの反射波は、体表面近くからの反射波よりレベルが低下する。体深部及び体表面近くからの反射波のレベルが一様になるように補正するのがTVGである。

(ア) TVG- Level

TVG- Level を大きくすることにより、とくに上層すなわち体表面近くの輝点が増加する。TVG- Level 2、2.5、及び3 (Sensitivity 3.5、Gain 3.5、Start 2.5) の条件でスキニングした場合の断層像は、図-17-a、b、cに示したとおりである。2では輝点の出現が少なく、皮下脂肪の状況と僧帽筋の輪郭をわずかに示すのみである。4以上では輝点が増えすぎる。これらより2.5～3が適当であると判断された。

(イ) TVG- Gain

TVG- Gain を大きくすることにより、特に下層すなわち体深部の輝点が増加する。TVG- Gain 3、4、及び5 (Sensitivity 3.5、Level 2.5、Start 2.5) の条件でスキニングした場合の断層像は、図-18-a、b、cに示したとおりである。3～5では上層部にはほとんど変化がないものの、体深部においては、3では輝点

の出現状況が少なく、ロース芯を判断するには不十分であり 5 では輝点多すぎる。これらより 3.5～4 が適当であると判断された。

(ウ) TVG- Start

TVG- Start を大きくすることによりとくに体深部の輝点が減少する。TVG- Start 1、2、及び 3 (Sensitivity 3.5、Level 2.5、Gain 3.5) の条件でスキニングした場合の断層像は、図-19-a、b、c に示したとおりである。1～3 では上層部にほとんど変化はない。1 では体深部の輝点多すぎるのに対し、3 では逆に少なすぎる。これらにより 2～2.5 が適当であると判断された。

以上から第 5～6 胸椎間及び第 7～8 胸椎間では Sensitivity 3.5～4.0、TVG- Level 2.5～3.0、TVG- Gain 3.5～4.0、TVG- Start 2.0～2.5。第 11～12 胸椎間では、Sensitivity 3.5～4.0、TVG- Level 2.5～3.0、TVG- Gain 4.0～4.5、TVG- Start 2.0～2.5 を基準として、設定することとした。

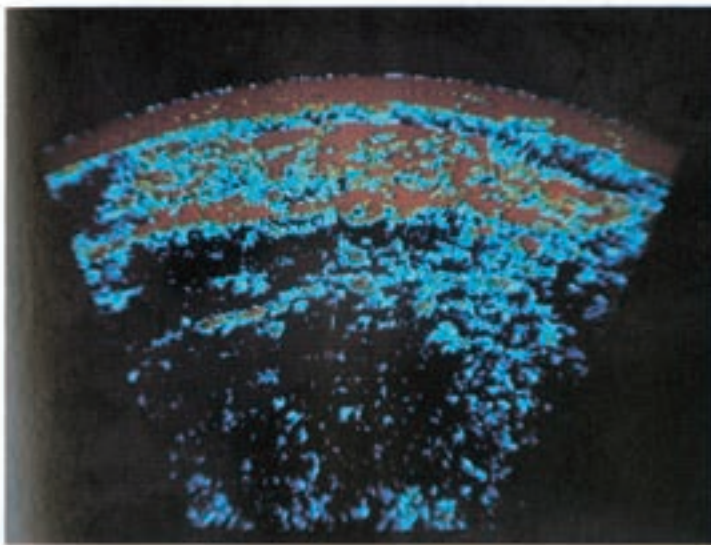


図 - 16 - a
Sensitivity 3.0

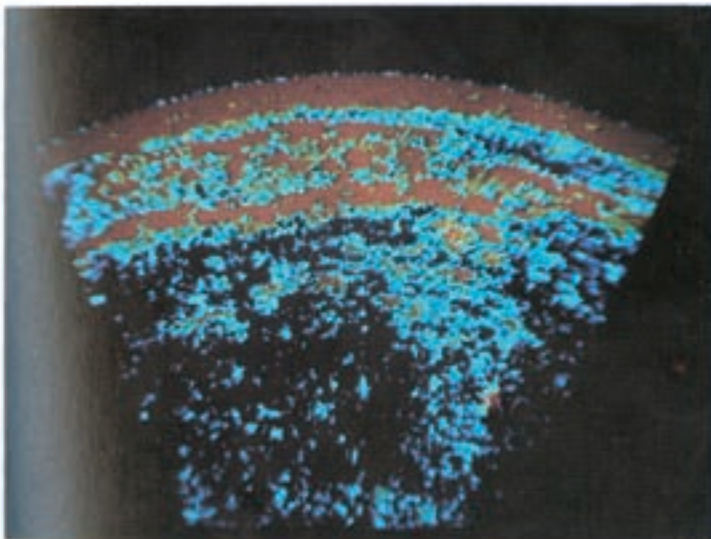


図 - 16 - b
Sensitivity 3.5

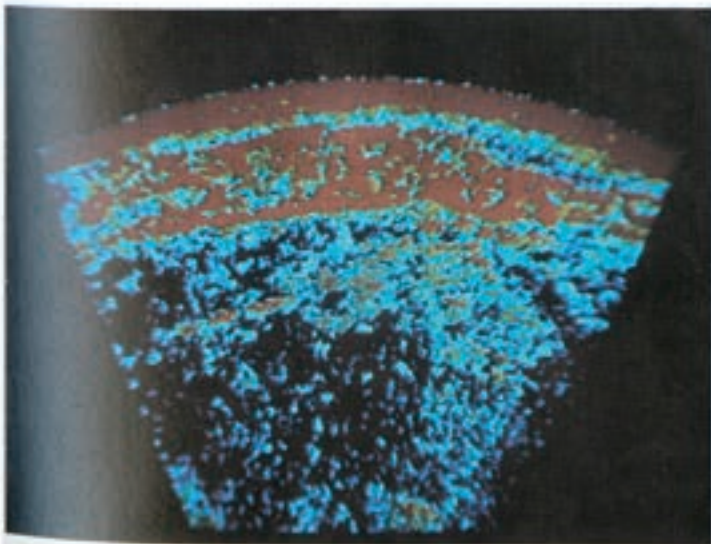


図 - 16 - c
Sensitivity 4.0

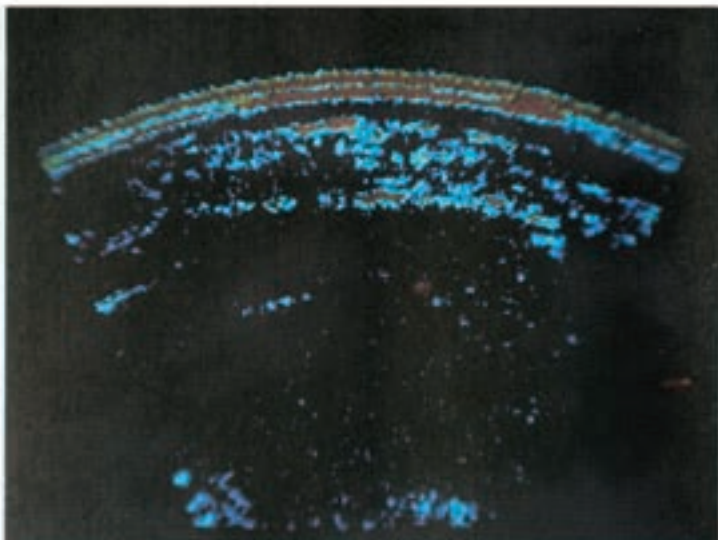


図-17-a
TVG-Level 2.0

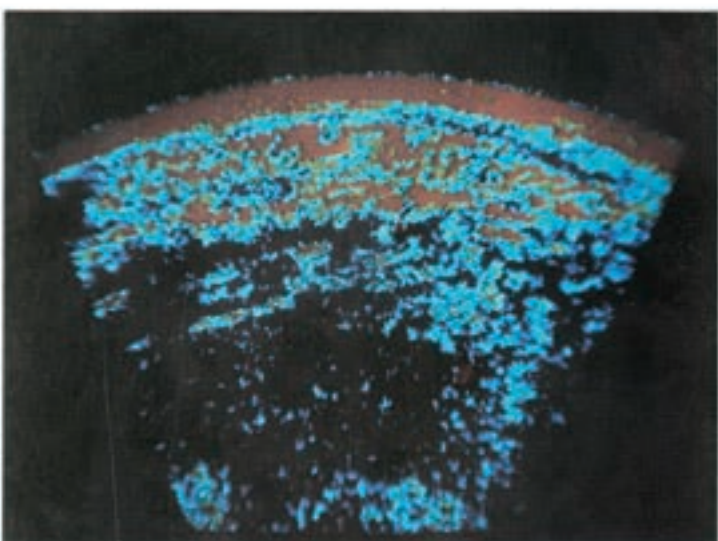


図-17-b
TVG-Level 2.5

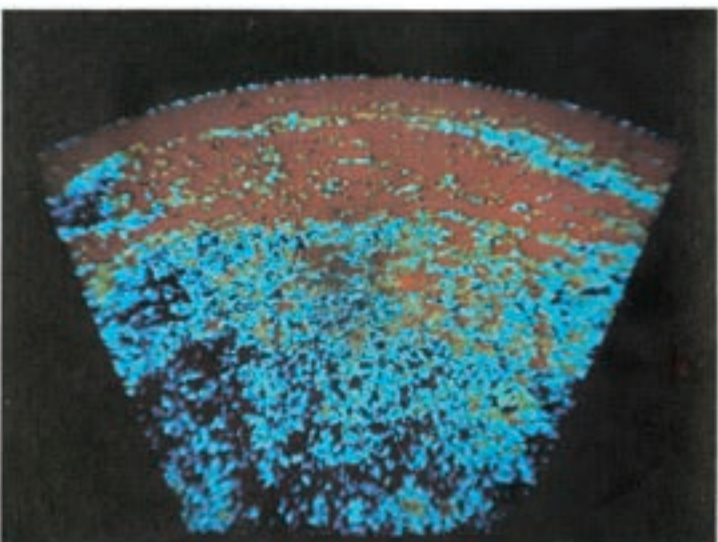


図-17-c
TVG-Level 3.0

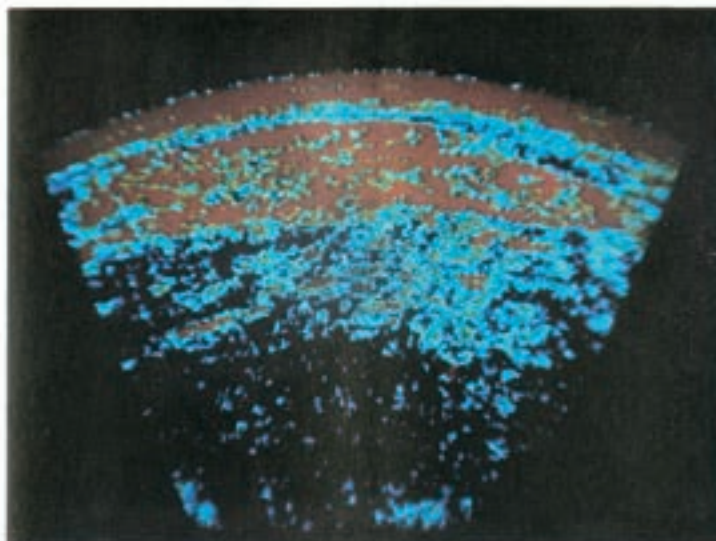


図-18-a
TVG-Gain 3.0

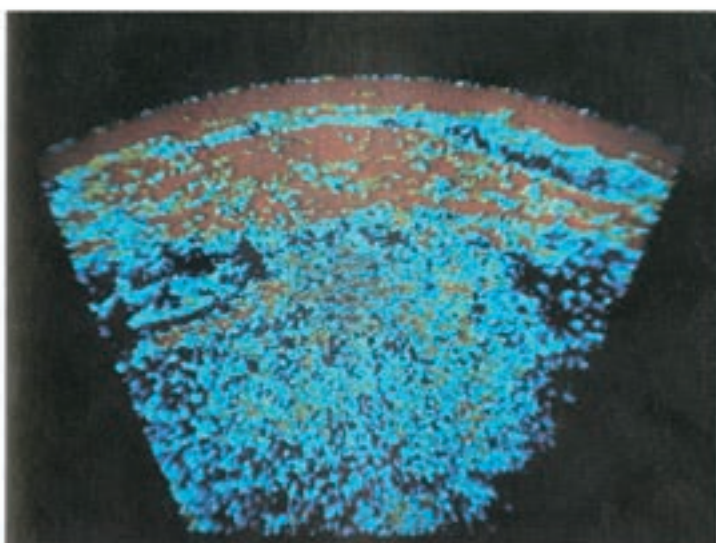


図-18-b
TVG-Gain 4.0

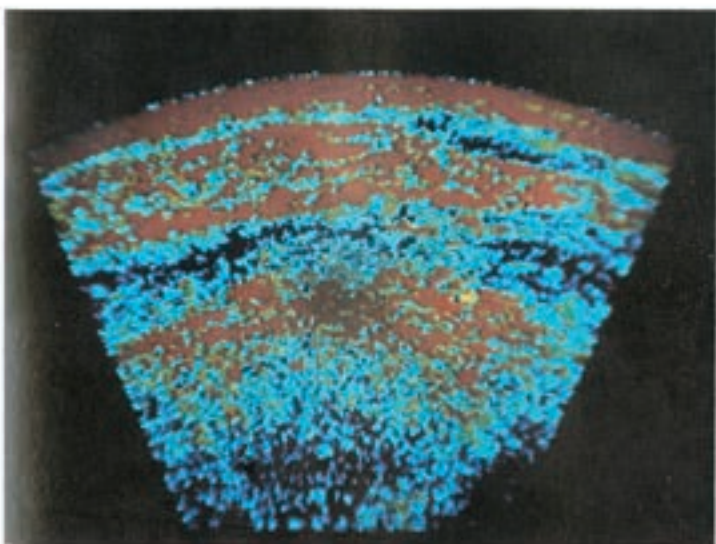


図-18-c
TVG-Gain 5.0

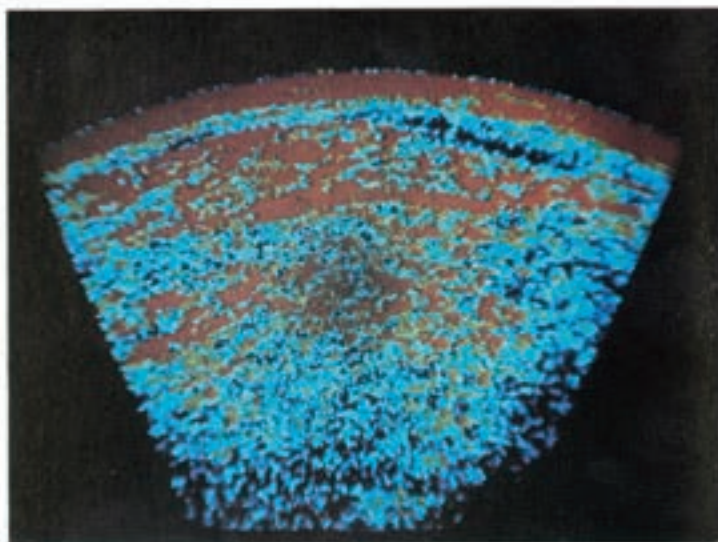


図-19-a
TVG-Start 1.0

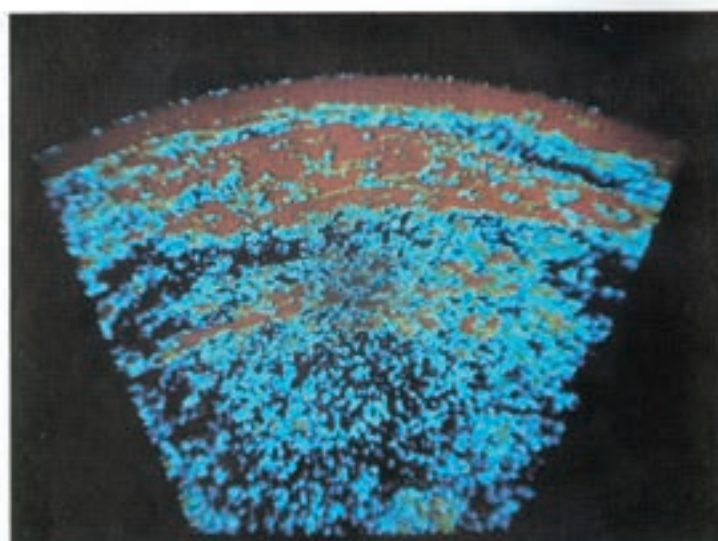


図-19-b
TVG-Start 2.0

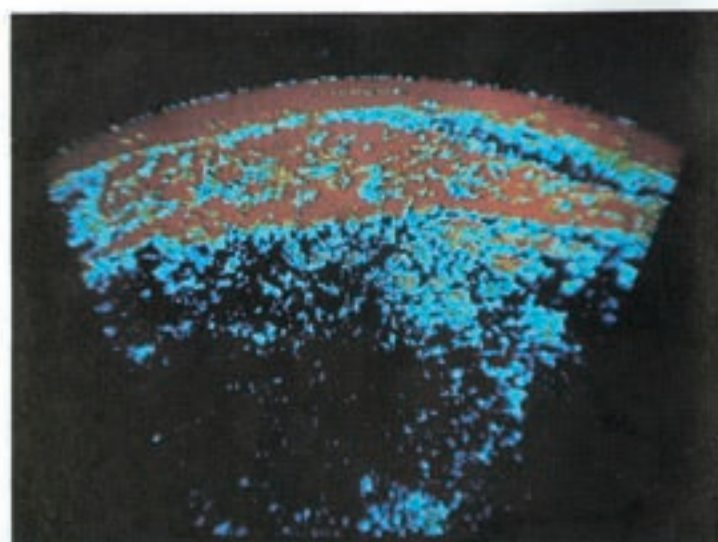


図-19-c
TVG-Start 3.0

(3) ロース芯断面積の推定について

生体の左側において、黒毛和種については、第7～8胸椎間、及び第11～12胸椎間の2部位、日本短角種については第5～6胸椎間、及び第11～12胸椎間の2部位を屠殺直前にスキャンした。しかしながら、日本短角種第5～6胸椎間をスキャンする際には、探触子の軌道が肩甲骨にかかるとともに、測定部位の傾斜と探触子の軌道の傾斜のズレが大きいために良い断層像が得られないものや、第11～12胸椎間では、両品種ともに背の正中線を断層写真の中で確認できるような位置から探触子を走査させて、断層像を得たところ、ロース芯が断層像内におさまらないもの等が散見され、これらについては調査対象から除外した。調査対象は、表-1のとおりである。

超音波推定値は、断層像より各筋肉層の境界を示していると考えられる赤や橙色等の輝点及びその連続線をもとにして解析図を作成し、それをプラニメーターで測定後、縮尺に応じて2²倍して求めた。しかしながら、予備試験でも明らかなように、得られた断層像は、超音波の進行方向に平行な面では、必ずしも明瞭ではなく比較的筋肉分布が単純な第11～12胸椎間においても断層像の中で隣接した筋肉との境界は、だれでもが容易に判断できるほどの明瞭さではなかった。そうしたやや不明瞭な部分については、生体における筋肉の形状と枝肉切断面での形状とは全く同一とは考えられないものの、枝肉断面図¹⁷⁾や、これまでに実施した間接検定において得られたロース芯断面の切断面図等の解剖学的情報から平均的なロース芯及びそれに隣接した筋肉の切断面のモデルを作成し、これらを基礎にしながら境界をきめた。

この様な方法で得られた断層像、解析図及び切断面写真は、第5～6胸椎間で図-20-a、b、c、第7～8胸椎間で図-21-a、b、c、第11～12胸椎間で図-22-a、b、cのとおりである。

屠体実測値は、屠殺解体後48時間懸垂冷蔵された冷屠体左半丸での切断面、あるいは部分肉に分割される際にそれぞれロース芯をトレース紙に写した後、プラニメーターで計測して求めた。

ロース芯断面積の屠体実測値、及び超音波推定値の平均値、標準偏差、及びそれらの相関係数は、表-2に示したとおりである。屠体実測値と超音波推定値の相関係数は黒毛和種第7～8胸椎間で0.7814、第11～12胸椎間で0.8797、日本短角種第5～6胸椎間で0.636、第11～12胸椎間で0.994といずれも有意の相関関係が認められた。

これまで第5～6胸椎間切断面積では熊崎ら⁴⁾が0.85、原田ら⁶⁾が0.86～0.92と報告している。また第7～8胸椎間切断面積では原田ら⁶⁾が0.83～0.91、さらに原田⁷⁾は黒毛和種70頭を用いて0.9082と報告している。第11～12胸椎間切断面積の報告は少なく、同じ胸椎後部～腰椎部を推定したものでは、土屋ら³⁾がAスコープを用いて第3～4腰椎間で0.829さらに外国における成績では、HEDRICK et al¹⁸⁾が第12～13胸椎間で0.58～0.89、同部位でWATKINS et al²²⁾が0.56と報告している。これまでの報告では相関係数に0.5～0.9の幅はあるものの、いずれも有意な正の相関が認められており、本調査の結果も同様であった。また、多数の部位を推定した結果としては、吉武ら⁹⁾が第7～8胸椎間相当部位で0.55、第9胸椎相当部位で0.77、第10～11胸椎間相当部位で0.76、第12胸椎相当部位で0.90、第13胸椎～第1腰椎間相当部位で0.94と報告しており、胸椎後部から腰椎部では高い相関が得られているのに対し、胸椎前部ではやや低い相関しか得られていない。この傾向は本調査においても同じであった。

小沢ら¹³⁾はロース芯断面面積からロース芯重量を推定するうえでの係数となる全ロース芯重量／ロース芯断面面積の比は第11～12胸椎間、第13胸椎～第1腰椎間で最も変動が少なく、ロース芯重量との相関係数も高いことから、ロース芯重量を推定するには第11胸椎～第1腰椎間で切断するのが適当であるとしている。一般に胸椎後部での切断面積からロース芯重量等の赤肉量を推定するほうが適切であるとする報告が多いようである。また、良い断層像を得るためには、表皮からロース芯の間に、被覆筋が少なく、測定部位の牛体の傾斜も比較的なだらかで、探触子が描く軌道と一致していることが望ましい。こうした点から肩甲骨があって牛体の傾斜も大きく、また僧帽筋、菱形筋等がロース芯を覆っている胸椎前部よりは胸椎後部あるいは腰椎前部が測定部位として望ましいと判断された。

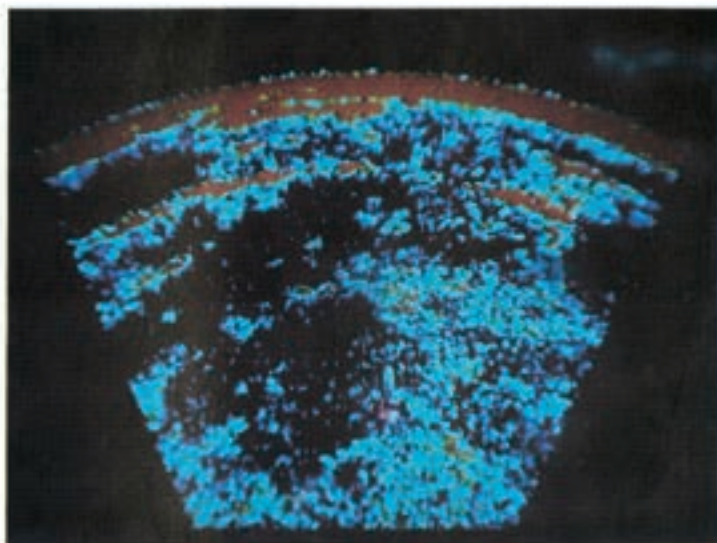


図-20-a 第5～6胸椎間断層像

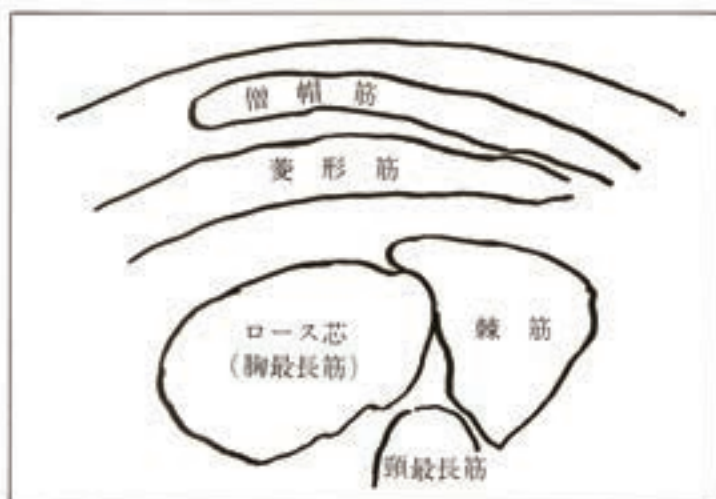


図-20-b 解析図



図-20-c 切断面

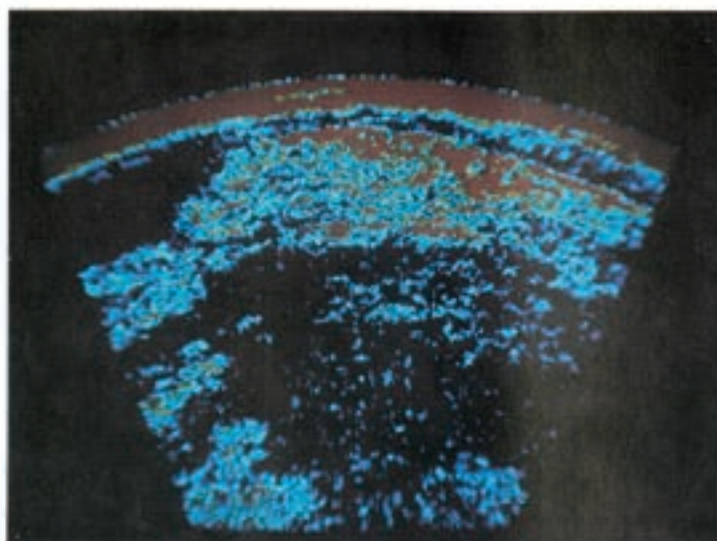


図-21-a 第7～8胸椎間断層像

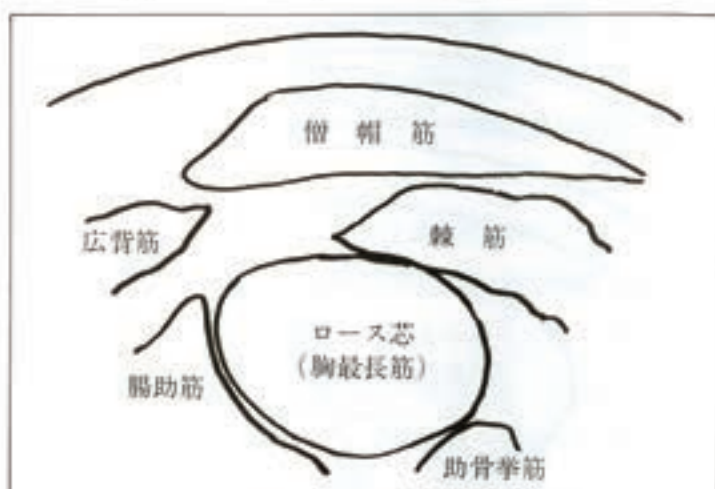


図-21-b 解析図



図-21-c 切断面

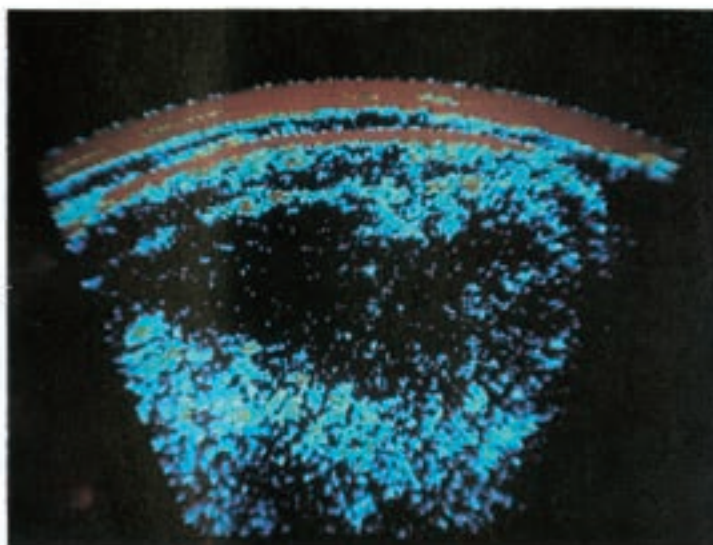


図-22-a 第11～12胸椎間断層像



図-22-b 解析図



図-22-c 切断面

表一 1 推定に用いた調査対象

1. ロース芯断面積

黒毛和種			日本短角種		
部 位 (胸椎間)	7 ~ 8	11~12	部 位 (胸椎間)	5 ~ 6	11~12
第12回間接検定調査牛	—	35頭	第 4 回間接検定調査牛	—	14頭
第13回間接検定調査牛	42頭	38頭	第 5 回間接検定調査牛	12頭	—
第14回間接検定調査牛	43頭	30頭			
計	85頭	103頭	計	12頭	14頭

2. 皮下脂肪厚

黒毛和種			日本短角種	
部 位 (胸椎間)	7 ~ 8	11~12	部 位 (胸椎間)	5 ~ 6
第13回間接検定調査牛	43頭	43頭	第 5 回間接検定調査牛	26頭
第14回間接検定調査牛	43頭	43頭		
計	86頭	86頭	計	26頭

3. 脂肪交雑

黒毛和種	
部 位 (胸椎間)	7 ~ 8
第13回間接検定調査牛	36頭
第14回間接検定調査牛	43頭
計	79頭

表一 2 屠体実測値と超音波推定値の比較

1. ロース芯断面積 (cm²)

	黒毛和種		日本短角種	
部位(胸椎間)	7 ~ 8	11~12	5 ~ 6	11~12
頭 数	85	103	12	14
実 測 値	52.4±7.6	80.6±8.3	37.8±3.6	72.2±8.7
超音波推定値	51.7±6.8	80.0±8.4	36.8±3.3	75.2±8.8
相 関 係 数	0.7814* *	0.8797* *	0.636*	0.994* *

2 皮下脂肪厚 (mm)

	黒毛和種		日本短角種
部位(胸椎間)	7 ~ 8	11~12	5 ~ 6
頭 数	86	71	26
実 測 値	14.8±4.4	19.4±4.6	12.3±4.1
超音波推定値	16.1±3.2	19.7±3.3	14.7±2.8
相 関 係 数	0.7283* *	0.6413* *	0.639* *

3 脂肪交雑 (プラス)

	黒毛和種
部位(胸椎間)	7 ~ 8
頭 数	79
実 測 値	2.49±0.87
超音波推定値	2.48±0.71
相 関 係 数	0.5918* *

* P<0.05 * * P<0.01

(4) 皮下脂肪厚の推定について

皮下脂肪厚の推定は、ロース芯断面積と同一部位について行った。日本短角種第11～12胸椎間については、スキャンニングは行ったものの、枝肉検査を実施できなかったため、実測値を得られず、調査対象より除外した。調査対象は、表－1のとおりである。

超音波推定値は、超音波スキャンニングスコープで得られた断層像で、正中線から肋側に5 cm、10cmの点について、皮下脂肪厚と予測される距離をノギスにより測定し、縮尺に応じて2倍してその平均値とした。

屠体実測値は、屠殺解体後48時間懸垂冷蔵された冷屠体左半丸の各切断面について、体軸に垂直方向に背の正中線から肋側に5 cm、10cmの部位の皮下脂肪厚をノギスにより測定し、その平均値とした。

皮下脂肪厚の屠体実測値、及び超音波推定値の平均値、標準偏差、及びそれらの相関係数は、表－2に示したとおりである。屠体実測値と超音波推定値の相関係数は、黒毛和種第7～8胸椎間で0.7283、第11～12胸椎間で0.6413、日本短角種第5～6胸椎間で0.639といずれも有意の相関関係が認められた。

これまで熊崎ら⁴⁾が第5～6胸椎間で0.69、原田⁷⁾は0.9675と報告している。海外の成績では、第12～13胸椎間でHEDRICK et al¹⁸⁾は0.11～0.63、WATKINS et al²²⁾は0.90、SUMPTION et al¹⁹⁾は0.41～0.80と報告している。これらの報告に較べると本調査はやや低い相関関係しか認められなかった。

この理由としては、屠体実測値は、冷屠体において得たが、剥皮時に皮下脂肪の一部もいっしょに取り除かれたり²⁸⁾、あるいは、皮下脂肪表面にはかなり凹凸があって一様ではなく、TEMPLE et al²⁷⁾やMILES et al²⁴⁾が示唆しているように懸垂冷蔵中に筋肉や脂肪の輪郭に物理的な変化が起こり、生体と枝肉とでは、皮下脂肪の付着状況に相異があることも考えられる。また、皮下脂肪厚の絶対値が10～25mm程度と比較的小さいため、これらによる影響が意外に大きく、こうしたことが原因となって皮下脂肪厚全体についてそれほど高い相関が得られなかったものと思われる。

今回の調査においては、胸椎後部に比べ、前部においてやや高い相関が認められた。しかし、皮下脂肪厚の推定にあたっては、体表に最も近い層の計測であり、内部の筋肉様相にはほとんど影響されないものと思われ、従って、両部位の推定精度にはほとんど差がないものと思われる。

皮下脂肪厚は体各部の脂肪量との間に正の高い有意な相関が得られ¹⁵⁾、KENNICK et al²⁵⁾は胸椎後部の皮下脂肪厚は脂肪割合と正の高い有意な相関があると報告している。すなわち、皮下脂肪厚を薄くすることは、他の脂肪量も減らす効果があると推察される。冷屠体での皮下脂肪厚の測定値が生体での状態を正しく反映していない可能性もあり、得られた屠体実測値自体が種々の複雑な要因がからみあった結果の数値であったとすれば、今後は、これら枝肉での皮下脂肪厚との単純な比較だけではなく、枝肉全体の不可食脂肪量等との関係等、応用的調査の必要もあると思われる。

(5) 皮下脂肪厚推定における超音波スキャニングスコープと超音波探傷機の比較

皮下脂肪厚については、Bスコープ方式である超音波スキャニングスコープ（B推定値）の他Aスコープ方式である超音波探傷機（A推定値）を用いて同一部位について推定を行い、両者の比較を行った。

材料牛は、第13回黒毛和種間接検定調査牛を用いた。A推定値は、B推定値と同一部位の、正中線から肋方向に5 cm、及び10cm下がった点の平均値とした。

それぞれの切断面における屠体実測値、超音波探傷機によるA推定値、超音波スキャニングスコープによるB推定値の平均値、標準偏差、及び屠体実測値と超音波推定値の相関係数は、表-3のとおりである。本調査では、いずれも有意な相関が認められたが、当初期待していたほどの高い相関係数は得られなかった。また、超音波探傷機、超音波スキャニングスコープともに皮下脂肪厚の推定能力が高いことが予測され、それぞれ屠体実測値との相関よりはむしろ、A推定値とB推定値との相関が高いことが予測されたが、必ずしも高い相関は得られなかった。

B推定値では第7～8胸椎間の方が高い相関係数が得られたのに対し、A推定値では、逆に第11～12胸椎間の方が高い相関が得られた。しかしながら実際には、GILLIS et al²⁶⁾も示唆しているようにAスコープ方式においてもBスコープ方式においても皮下脂肪厚を推定する能力については大差がないと推測された。これは、超音波探傷機を用いて皮下脂肪厚を推定する場合、第11～12胸椎間では、体の動きの影響も少なく、オシロスコープ上に安定した波形が得られ、推定値の読みとりも比較的容易であったのに対し、第7～8胸椎間は、肩甲骨上あるいは、肩甲骨後端付近になり、牛の細かな動きによって牛体の傾斜に対する探触子の角度にズレを生じるためか、オシロスコープ上に安定した波形が得られにくく、推定値の読みとりが非常に難しかったためと思われる。

Bスコープ方式では、脊椎側から肋側に向かって探触子が移動した軌道部分については、連続して皮下脂肪の付着状況をとらえることができるのに対し、Aスコープ方式では1地点の皮下脂肪の付着状況しかとらえることができない。そこで、推定誤差を少なくするためには、数カ所で測定する必要があると思われる。

本調査ではディスプレイ上に表示される断層像の制約から、背の正中線から肋側に5cm、10cmの部位を測定したが、今後は物理的な影響による誤差ができるだけ少なく、個体による皮下脂肪の差が読み取りやすい部位という点から、長嶺ら¹⁰⁾が示唆しているように、より肋方向に下がった正中線から20cm、25cmの部位が測定部位として望ましいと思われる。

表一 3 皮下脂肪厚推定における超音波探傷機（A）と
スキャニングスコープ（B）の比較

（単位：mm）

部位(胸椎間)	7～8	11～12
頭 数	43	41
実 測 値	14.8±3.6	20.6±4.4
A 推 定 値	14.3±2.1	16.1±2.3
B 推 定 値	16.5±2.9	20.2±3.7
相 関 係 数		
実 — A	0.537**	0.639**
実 — B	0.713**	0.604**
A — B	0.626**	0.737**

* P<0.05

** P<0.01

(6) 脂肪交雑の推定について

脂肪交雑の推定は、黒毛和種間接検定調査牛を材料に、間接検定の判定部位であり、比較的脂肪交雑がよく入るといわれている第7～8胸椎間で実施した。調査対象は、表－1のとおりである。

スキャンニングにあたっては、Sensitivity、TVGの調整についての検討でも明らかのように、同一牛の同一部位においても、調整条件を変化させることにより断層像上の輝点の出現状況に大きな差が生じることから、今回は調整条件を脂肪交雑の推定には最適と思われる、Sensitivity 3.5、TVG- Level 2.5、TVG- Gain 3.5、TVG- Start 2.5に統一して断層像を得た。推定値は、この断層像のロース芯部分の輝点の出現状況により求めたが、判定は、断層像上の輝点の微妙な出現状況のみに頼らねばならず、技術者の感覚に大きく左右される可能性があること、また、個体毎の相対的な比較は可能としても、その絶対値の判定には、かなりの難しさが伴う。そこで、予め屠体実測値が明らかな断層像を脂肪交雑判定モデル（図－23－a～d）とし、これを基準として推定する方法をとった。なお、屠体実測値は、全国和牛登録協会産肉能力検定委員の判定によった。

このような方法でえられた脂肪交雑の屠体実測値、及び超音波推定値の平均値、標準偏差、及びそれらの相関係数は、表－2に示したとおりである。屠体実測値と超音波推定値の相関係数は0.592と有意な相関関係が認められた。原田ら⁶⁾は、第5～6胸椎間で0.81～0.90、第7～8胸椎間で0.77～0.91、又、原田⁷⁾は第7～8胸椎間で0.8520と報告している。さらに本調査と同じ機種を用いて吉武ら⁹⁾は第7～8胸椎間相当部位で0.72、第13胸椎～第1腰椎間で0.59と報告している。本調査の結果は原田ら⁶⁾ 原田⁷⁾の報告よりは低かったものの、吉武ら⁹⁾の報告とはほぼ同じであった。しかしながら、ロース芯断面積や皮下脂肪厚の推定で得られた相関係数に較べやや低い値となった。

脂肪交雑はその評点そのものが他の数量的形質と異なり、判定者の主観的観察による形質である。また、同じ調整条件で得た断層像であっても、牛個々の皮下脂肪や、被覆筋の厚さ等のちがいにより輝点の出現状況が異なる可能性がある。さらに脂肪交雑がかなり微細に入っていた場合、そうした細かな交雑脂肪を十分にとらえられない可能性もある。こうした要因が複雑に絡み合ったため、相関係数が低かったと推察される。

しかしながら、今回の材料牛について、個々に実測値と推定値と比較すれば、その差が0.5（プラス）以内にあるものが67.1%、1.0（プラス）以内にあるものが91.1%を占めていた。このことは、今回の材料牛が全て間接検定調査牛で、全体としての斉一性が極めて高かったことはあるにしても、ある程度の誤差を見込めば、脂肪交雑のおおむねの傾向は断層像より推定可能と思われた。

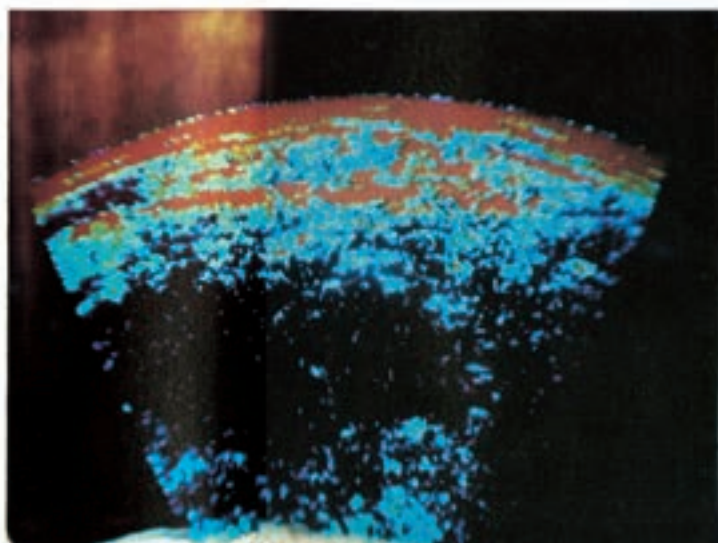


図23-a 脂肪交雜 + 1

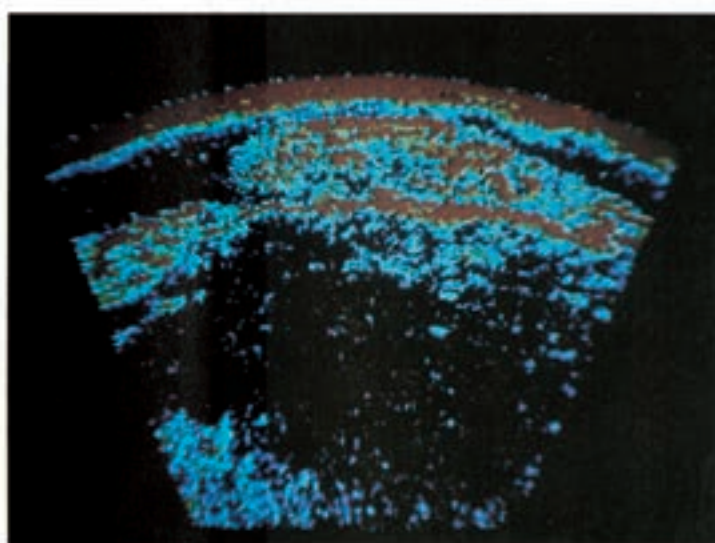


図23-b 脂肪交雜 + 2

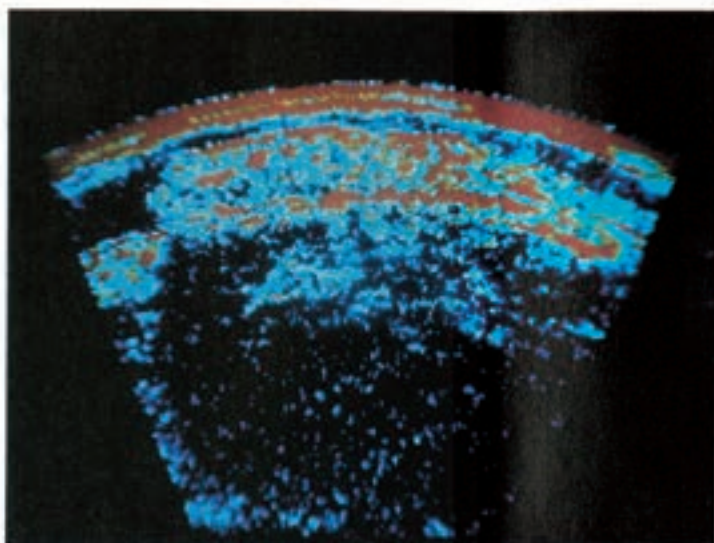


図23-c 脂肪交雑 + 3

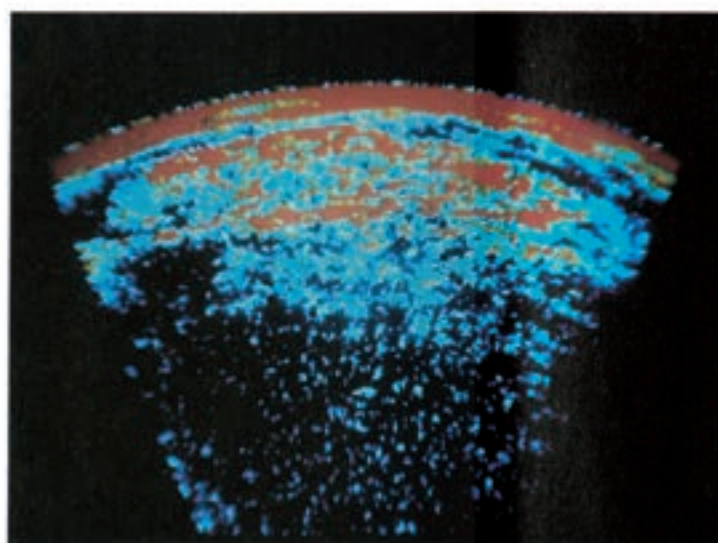


図-23-d 脂肪交雑 + 4

(7) 回帰式によるロース芯断面積、皮下脂肪厚、及び脂肪交雑の推定について

従来、説明変数として体各部測定値等の生体測定値をとり、重回帰式を用いて屠体形質を推定する方法が検討されてきたが、この方法による推定と超音波による屠体形質の推定の精度を比較するとともに、さらに説明変数として超音波推定値に生体測定値を加えることにより、屠体形質の推定精度を高められるか否かについて検討した。

統計処理は、ロース芯断面積、皮下脂肪厚、及び脂肪交雑の屠体実測値を目的変数とし、検定開始時の体各部測定値等11変数（日齢、体重、体高、体長、胸囲、胸深、胸幅、尻長、腰角幅、臍幅、日齢体重）、検定終了時の体各部測定値等12変数（DG、肥育度指数、日齢、体重、体高、体長、胸囲、胸深、胸幅、尻長、腰角幅、臍幅）、及び超音波推定値を説明変数として、それぞれ変数増減法による重回帰分析を行なった。なお、分析には黒毛和種のデータのみを用い、変数を取り込むあるいは捨てるF値は2.0に設定した。

ロース芯断面積、皮下脂肪厚を推定する重回帰式に取り込まれた説明変数とそれぞれの偏回帰係数、標準偏回帰係数は、表－4～7のとおりである。なお、脂肪交雑については、検定開始時及び検定終了時の体各部測定値等では、いずれも回帰が有意でなかったため、超音波推定値との単回帰分析の結果を表－8に示した。

第7～8胸椎間切断面のロース芯断面積において、開始時の体各部測定値等を説明変数として重回帰分析を行なうと、重回帰式には3形質が取り込まれ、その寄与率は35.0%であった。同様に、終了時の体各部測定値等を説明変数にした場合には5形質が取り込まれ、その寄与率は51.6%であった。超音波推定値のみを説明変数にした場合には、その回帰式の寄与率は61.1%であり、終了時の体各部測定値5形質を説明変数として取り込んだ重回帰式よりもその寄与率は高かった。超音波推定値に加え、終了時の2形質を説明変数に取り込んだ重回帰式では、その寄与率も71.1%に上昇した。これらのことから、第7～8胸椎間切断面のロース芯断面積の推定については、超音波推定値だけでなく、さらに検定終了時の体各部測定値の一部を説明変数に加えることにより、より精度の高い推定値が得られると思われる。

第11～12胸椎間切断面のロース芯断面積は、開始時あるいは終了時の体各部測定値等を説明変数にしても、その寄与率は28.2%、36.6%と低かったが、超音波推定値を説明変数にした場合にはその寄与率も77.4%と高かった。超音波推定値に終了時の体各部測定値等を加えて説明変数としても、得られた重回帰式の寄与率は82.0%と超音

波推定値のみを説明変数とした単回帰式に比較して、寄与率の上昇はわずかであり、かつ各説明変数間で標準偏回帰係数の大きさを比較すると、いずれも超音波推定値のそれよりかなり小さかった。これらのことから第11～12胸椎間切断面のロース芯断面積については超音波推定値単独でも推定可能と思われる。

第7～8胸椎間、第11～12胸椎間の皮下脂肪厚については、開始時あるいは終了時の体各部測定値等を説明変数にしても、その重回帰式の寄与率は10～40%前後であった。説明変数として終了時の体各部測定値等に超音波推定値を加えた重回帰式ではその寄与率も50～60%前後に上昇するものの、超音波推定値の効果は他の説明変数に比較してそれほど大きな差はなかった。

脂肪交雑については、開始時あるいは終了時の体各部測定値等を説明変数としても有意な重回帰式は得られなかった。超音波推定値を説明変数とした単回帰式では、その寄与率は35.0%であった。

表－4 第7～8胸椎間におけるロース芯断面積の重回帰分析

説 明 変 数		重回帰式に取り込まれた説明変数	定 数	重相関係数	寄与率	分散分析のF値
超音波推定値 (1変数)	回帰係数	超音波推定値 0.8825	6.7616	0.7814	61.1	130.1170**
検定開始時の 体各部測定値等 (11変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	日 齢 体 重 体 長 －0.1310 0.1987 －0.4451 －0.2565 0.7898 －0.2822	91.8707	0.5912	35.0	14.5100**
検定終了時の 体各部測定値等 (12変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	日 齢 体 重 体 長 尻 長 肥育度指数 －0.0652 0.1802 －0.3637 －1.0147 －0.0807 －0.1277 1.4697 －0.3216 －0.3058 －0.4462	130.2270	0.7180	51.6	16.8111**
検定終了時の 体各部測定値等 と超音波推定値 (13変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	胸 囲 腰角幅 超音波推定値 0.2472 0.4169 0.7256 0.2573 0.1235 0.6424	－57.1846	0.8466	71.7	68.3238**

** P<0.01

表ー 5 第11～12胸椎間におけるロース芯断面積の重回帰分析

説 明 変 数		重回帰式に取り込まれた説明変数	定 数	重相関係数	寄与率	分散分析のF値
超音波推定値 (1 変数)	回帰係数	超音波推定値 0.7850	10.6301	0.8797	77.4	345.58* *
検定開始時の 体各部測定値等 (11変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	体 重 体 長 0.1840 -0.3781 0.6978 -0.2463	79.8434	0.5309	28.2	19.6232* *
検定終了時の 体各部測定値等 (12変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	体 重 体 長 腰角幅 0.1075 -0.0025 -0.7014 0.7395 -0.1492 -0.1809	52.4054	0.6049	36.6	19.0445* *
検定終了時の 体各部測定値等 と超音波推定値 (13変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	体 重 胸 深 胸 幅 超音波推定値 0.0292 -0.3666 0.2900 0.8014 0.2006 -0.1531 0.1386 0.8057	10.0264	0.9056	82.0	111.7270* *

* * P<0.01

表一 6 第 7 ～ 8 胸椎間における皮下脂肪厚の重回帰分析

説 明 変 数		重回帰式に取り込まれた説明変数	定 数	重相関係数	寄与率	分散分析の F 値
超音波推定値 (1 変数)	回帰係数	超音波推定値 0. 9922	－ 1. 2021	0. 7283	53. 0	94. 8589 * *
検定開始時の 体各部測定値等 (11変数)	回帰係数	体 重 0. 0441	4. 4097	0. 3044	9. 3	8. 5805 * *
検定終了時の 体各部測定値等 (12変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	体 高 胸 囲 腰角幅 肥育度指数 －0. 4122 0. 4931 0. 7962 －0. 0565 －0. 4430 0. 8949 0. 4074 －0. 5425	－ 48. 0929	0. 6135	37. 6	12. 2219 * *
検定終了時の 体各部測定値等 と超音波推定値 (13変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	胸 囲 胸 深 超音波推定値 0. 2270 －0. 3800 0. 8446 0. 4120 －0. 2480 0. 6200	－ 19. 4412	0. 7789	60. 7	42. 1637 * *

* * P<0. 01

表－7 第11～12胸椎間における皮下脂肪厚の重回帰分析

説 明 変 数		重回帰式に取り込まれた説明変数	定 数	重相関係数	寄与率	分散分析のF値
超音波推定値 (1変数)	回帰係数	超音波推定値 0.8737	2.1314	0.6413	41.12	48.1964* *
検定開始時の 体各部測定値等 (11変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	体 高 胸 深 腰角幅 －0.2251 1.6836 －0.7909 －0.2157 0.8760 －0.3726	－18.0192	0.5663	32.1	10.5458* *
検定終了時の 体各部測定値等 (12変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	体 高 胸 囲 DG －0.3886 0.2667 14.8360 －0.3900 0.4438 0.3712	0.3584	0.5949	35.4	12.2335* *
検定終了時の 体各部測定値等 と超音波推定値 (13変数)	偏回帰係数 標準偏回帰係数	体 高 胸 囲 超音波推定値 －0.1859 0.2765 0.7111 －0.1865 0.4602 0.5219	－27.5702	0.7434	55.3	27.5823* *

* * P<0.01

表－8 脂肪交雑の回帰分析

説明変数	回帰係数	定 数	重相関係数	寄与率	分散分析のF値
超音波推定値 (1変数)	超音波推定値 0.7221	0.7066	0.5916	35.0	41.4926* *

* * P<0.01

(8) 実用化について

豚においては、断層像からロース芯断面積推定の作図方法のマニュアル¹⁶⁾が作成され、実用化も進み、超音波推定によるロース芯断面積、皮下脂肪厚の推定値をもとに、肉豚の肉量の推定、さらには、種豚の選抜にも応用されている。

肉用牛においても近年長嶺¹⁰⁾は、日本短角種において生体での超音波による皮下脂肪厚の推定値を直接検定成績に取り入れることの有効性について検討している。また、原田^{7), 8)}は肥育牛の屠体形質の早期推定方法さらには種雄牛の早期選抜への応用について検討している。今後、育種改良に応用されるようになれば田中¹¹⁾が試算しているように屠体形質の遺伝的改良量を著しく高めることができるであろう。また、育種改良の面だけでなく、実際の肥育農家で出荷時期や経済的価値の判断に応用されれば、農家経営の安定に大きく貢献するものと思われる。

今回の調査結果から、超音波による生体における肉質等の判定技術をフィールドで応用するにあたっては、

- ① 基本的な測定技術の習得
- ② 基礎的な解剖学的知識の習得
- ③ 技術者の事例の積み重ね

等が必要であるが、現状でもそれらの条件を満たせば、ロース芯断面積及び皮下脂肪厚の推定については、実用に耐えうる精度をもった推定が可能と思われる。

脂肪交雑の推定にあたっては、解剖学的知識とは関係なく、断層像における輝点の出現状況のみに頼らざるをえないこと、えられた相関係数がロース芯断面積や皮下脂肪厚の値より小さかったこと等を考慮すれば、脂肪交雑の傾向はつかめるにしても厳密な意味での実用化は今後の課題と考えられる。

今後、一層簡便で普偏性の高い実用技術とするためには、機械の操作性や、解析能力、及び得られた断層像の処理方法などハード面からの改善も必要であろう。

4. 要 約

黒毛和種及び日本短角種間接検定調査牛を材料に、超音波スキャンニングスコープを用いて生体における屠体形質の推定を行い、その精度と実用性について検討し、以下の結果を得た。

ロース芯断面積に関する屠体実測値と超音波推定値の相関係数は、黒毛和種第7～8胸椎間で0.7814、同第11～12胸椎間で0.8797、日本短角種第5～6胸椎間で0.636、同第11～12胸椎間で0.994であった。両品種ともに、胸椎前方に較べ後方において、より高い相関が認められ、胸椎後方が推定部位として適当と思われた。

皮下脂肪厚に関する屠体実測値と超音波測定値の相関係数は、黒毛和種第7～8胸椎間で0.7283、同第11～12胸椎間で0.6413、日本短角種第5～6胸椎間で0.639であった。相関係数はロース芯断面積の推定により得られた値よりも小さかった。これは、今回は屠体実測値は冷屠体で得たが、剥皮時に皮下脂肪も一緒に削りとられたり、懸垂冷蔵中に筋肉や脂肪の輪郭に物理的変化があったためと思われる。また、皮下脂肪の絶対値が小さいため、これらの影響が意外に大きかったと思われる。

脂肪交雑に関する屠体実測値と超音波推定値の相関係数は、黒毛和種第7～8胸椎間で0.5918とロース芯断面積及び皮下脂肪厚の推定により得られた値より小さかった。これは、脂肪交雑の評点そのものが主観を伴う形質であり、また、皮下脂肪や被覆筋の厚さなどにより輝点の出現状況が異なったり、かなり微細に入った交雑脂肪をとらえられない可能性があるなど複雑な要因が絡み合ったためと思われる。

実用化にあたっては、技術者の基本的測定技術や、基礎的な解剖学的知識の習得、事例の積み重ね等を必要とするが、ロース芯断面積及び皮下脂肪厚については、現状においても実用に耐える精度を持った推定が可能と思われる。脂肪交雑については、判定を断層像における輝点の出現状況のみに頼らなくてはならないこと、実測値と超音波推定値との相関係数がロース芯断面積、皮下脂肪厚で得られた値より小さかったことなどから、脂肪交雑の傾向はつかめるにしても、厳密な意味での実用化は今後の課題と考えられる。

5. 参 考 文 献

- 1) 農林水産省統計情報部 畜産物生産費調査
- 2) 社団法人日本食肉格付協会 格付結果の概要
- 3) 土屋平四郎、山崎敏雄、西野武蔵、福原利一、中国農試報 B15 43~53 1967
- 4) 熊崎一雄、原田 宏、宮大農研報23(1)、9~15 1976
- 5) 原田 宏、熊崎一雄、日畜会報50(5) 305~311 1979
- 6) 原田 宏、熊崎一雄、日畜会報51(4) 261~266 1980
- 7) 原田 宏、宮大農研報29(1) 1~65 1982
- 8) 原田 宏、守屋和幸、福原利一、日畜会報56(3)、250~256 1985
- 9) 吉武 充、小石川常吉、小沢 忍、千国幸一、高橋敏治、尾台昌治
肉用牛研究会報 37 32~33 1984
- 10) 長嶺慶隆、林 孝、西田 朗、日畜東北支部会報 34(3) 102~104 1984
- 11) 田中弘敬、古川 力、建部 晃、日畜会報55(10) 716~721 1984
- 12) 赤星司次、潮田修一、未発表資料 1984
- 13) 小沢 忍、吉武 充、小石川常吉、千田幸一、肉用牛研究会報35 51~52 1983
- 14) 社団法人 全国食肉学校研究研修所 枝肉評価制度合理化研究
- 15) 福原利一、R.BERG, 日畜会報44 第61回大会講演要旨13 1973
- 16) 社団法人 日本種豚登録協会 豚産肉能力検定のための超音波測定機使用の手引
1979
- 17) 草地試験場 黒毛和種枝肉断面総図説 1969
- 18) H. B. HEDRICK, W. E. MEYER, M. A. ALEXANDER, S. E. ZOBRISKY
AND H. D. NAUMANN, J. Anim. Sci. 21, 362~365 1962
- 19) L. J. SUMPTION, L. A. SWIGER, V. H. AUTHAUD
AND K. E. GREGORY, J. Anim. Sci 23, 864 1964
- 20) DAVIS, J. K. R. A. LONG, R. L. SAFFLE, E. P. WARRAN
AND J. L. CARMON, J. Anim. Sci 23, 638~644 1964
- 21) S. E. ZOBRISKY AND H. B. HEDRICK, J. Anim. Sci 24, 870 1965
- 22) J. L. WATKINS, G. W. SHERRITT AND J. H. ZIEGLER,
J. Anim. Sci 26, 470~473 1967

- 23) WILLIAM, E. MCREYNOLDS AND VINCENT H. ARTHAUD,
J. Anim. Sci 30, 186~190 1970
- 24) C. A. MILES, R. W. POMEROY AND J. M. HARRIES,
J. Anim. Prod 15, 239~249 1972
- 25) W. H. KENNICK, D. C. ENGLAND AND A. F. AUGLEMLER,
J. Anim. Sci 22, 989~992 1963
- 26) GILLS, W. A. BURGESS, T. D. USBORNE, W. R. GREIGER. H,
AND TALBOT. S, J. Anim. Sci. 53, 13~19 1973
- 27) R. S. TEMPLE, C. B. RAMSEY AND T. B. PATTERSON,
J. Anim. Sci 24, 282 1965
- 28) C. B. RAMSEY, R. S. TEMPLE, R. L. SLIGER AND D. L. HUFFMAN,
J. Anim. Sci 24, 283 1965