

家畜改良センター 技術マニュアル 2

肉用牛の産肉形質推定のための 超音波診断技術マニュアル

農林水産省 家畜改良センター

はじめに

肉用牛の産肉能力は、その個体又は息牛、きょうだい牛等をと畜解体することにより初めて評価ができるものである。肉用牛の産肉形質をと畜せずに正確に判定できれば、農家段階では肥育牛の出荷適期の見極めにより効率的肥育が可能となる。また、育種改良においては、種雄牛候補牛の直接検定や繁殖雌牛の選定等にこれまで利用できなかった産肉形質に関する情報の活用が可能となる等、その効果は絶大である。

家畜改良センター本所においては、平成4年度から国内で広く用いられている電子リニア走査方式の超音波診断装置を用いて、肉用牛の生体における産肉形質を推定するための基本的技術の確立のための調査試験を実施し、所定の成果が得られている。しかし、本技術の普及はいまだ十分とは言えない。このことから、本マニュアルにおいて本装置に関する原理、取り扱い方法、成果等について説明し、本技術の普及を図りたい。

家畜改良センター 技術マニュアル 2 目次

はじめに	1	3. 超音波画像の測定と評価	8
1. 超音波診断装置	2	(1) ロース芯面積	8
(1) 原理	2	(2) 皮下脂肪厚	10
(2) 周波数	2	(3) バラ厚	11
2. 測定方法	3	(4) 脂肪交雑	12
(1) 測定人員	3	4. 脂肪交雑の客観的評価法の開発	14
(2) 測定部位	4	参 考	
(3) プローブと牛体との密着	4	◆脂肪交雑評価の判定基準	15
(4) プローブの当て方	6	おわりに	24
(5) 測定条件	6		

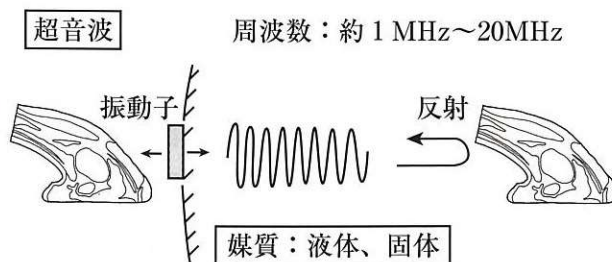
1. 超音波診断装置

(1) 原理

超音波診断装置は探触子（プローブ）から発せられた超音波が物質内を進入する際に、異なる物質と物質の境界面で反射や屈折を起こし、その一部が再びプローブに帰ってきたときの強弱を断層映像として画像化し、モニターに映し出すものである。



超音波診断装置



超音波診断装置の構造

(2) 周波数

超音波の周波数 f 、波長 λ 、音速 c との間には $\lambda = c / f$ の関係があり、周波数が高くなるほど波長は短くなる。従って、医療分野や畜産分野等で利用されている 2～7.5MHz 程度の比較的波長の短い超音波（高周波）では生体内のかなり小さな障害物をとらえることができると同時に、指向性を鋭くすることにより、照射面に対し直線的な発信及び反射が得られる利点があるが、波長が短くなるため生体内深部の画像が得られにくくなる。

逆に周波数が低いと波長が長くなるため、遠距離まで超音波が届くので生体内深部の画像が得られるものの、その超音波画像の解像度は悪くなる。

畜産分野では、超音波診断装置は肉質診断用の他に妊娠診断用や卵子吸引用等がある。これらの装置はその用途に合わせて周波数が異なり、国内で主に用いている肉質診断用は 2MHz である。肉質診断用の超音波診断装置は、肥育牛のロース芯の底辺が体表から 20cm 程度となることから、ロース芯断面全体を画像化させるためには超音波の波長が長くなければならない。このため周波数は 2MHz のものが用いられている。逆に生体内卵子吸引用の超音波診断装置はプローブから数 cm 程度の深さの卵巣を映像化できれば十分であるが、その一方で大きさ 1 mm 程度の卵胞をクリアに映像化する必要がある。このため、周波数は 7.5MHz のものを用いている。

周波数、超音波の到達距離、映像の解像度の関係

周波数	到達距離	映像の解像度
高	短い	良い
低	長い	悪い

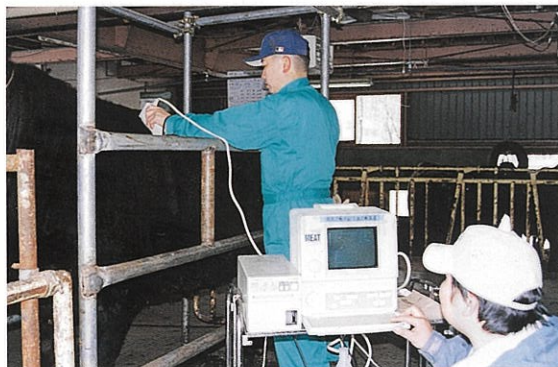
2. 測定方法

測定手順（プローブをあてるまで）

機 器 の 準 備	測定は2人で行う
↓	
測 定 部 位 の 確 認	1. 牛体左側の肩甲骨を触診
↓	
測 定 部 位 の 確 認	2. 肩甲骨端から小さい牛は指1本分、大きい牛は指2本分尻側を確認 (測定部位：第6～7胸椎間)
↓	
プローブをあてる	1. 測定部を電動バリカンで幅約10cmで肋骨の形状に従い牛体中央下まで毛刈り
↓	
プローブをあてる	2. 毛刈りした部位全体に食用油を塗布しプローブで数回軽く擦る
↓	
測 定	プローブを当て画像を確認

(1) 測定人員

超音波診断を1人で行った場合、超音波診断装置本体を見ながらプローブを操作することになるので測定部位がずれたり、プローブの角度が牛体に対して垂直でない等の測定上の誤差が生じ、正確な超音波画像が得られない可能性がある。このことから超音波測定に際しては、牛にプローブを当て操作する者と牛から少し離れた場所で超音波診断装置本体に映し出された画像を見ながら判定・記録する者の2名が必要である。



正しい測定



好ましくない測定

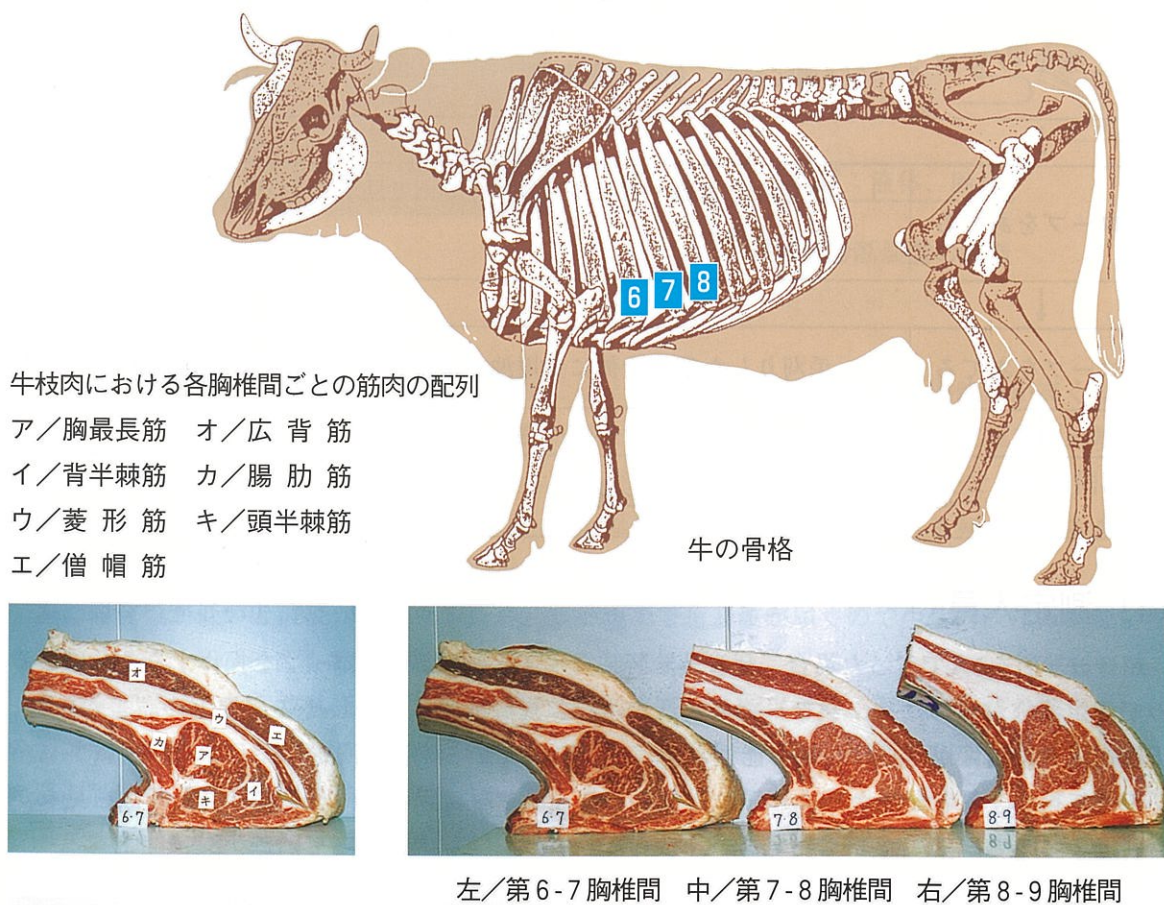
2. 測定方法

(2) 測定部位

肥育牛の測定部位は、肥育牛がと畜後枝肉評価される牛体左側の第6-7胸椎間のロース部及びバラ部とする。この部位は生体では肩甲骨尻側端のやや後ろ（肩甲骨端から小さい牛では人差し指1本大きい牛では2本分後ろ側）に相当し、測定時にこの部位を触診し測定する。ただし、肥育末期等で肩甲骨の確認が困難な場合は左前足を少し上げるとわかりやすい。

胸椎部を構成している筋肉は胸椎が一つ後ろにずれるごとに下図のようにロース芯が大きくなり、僧帽筋及び背半棘筋が小さくなっていくので、肩甲骨尻側を確認し、第6-7胸椎間の超音波診断を行う必要がある。

また、牛の肋骨は牛体腹側中央部より尻側にやや湾曲しているため、バラ部を測定する際はプローブを肋骨の形に沿ってやや湾曲させながら上方より下方へ移動させると良い。



(3) プローブと牛体との密着

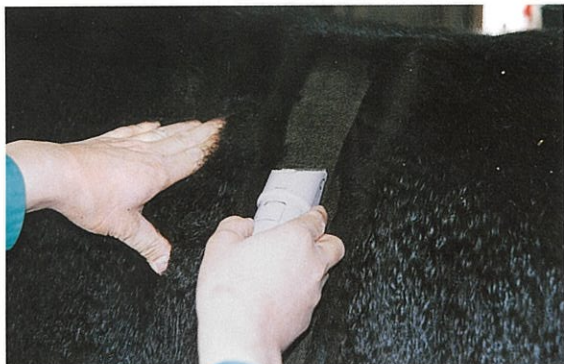
プローブの表面と牛体表面との密着が悪いと超音波が牛体に届かず暗い画像となったり、プローブの表面と牛体表面との間にほこりが入ると、ほこりに超音波の進入が妨げられ、超音波画像の一部に黒い線が入るなど非常に見にくい画像となる。このため測定に際してはプローブと牛体をより密着させる必要がある。

1) 毛刈り

触診により決定した測定部位を中心に電動バリカン等で多少の個体差を考慮し、幅約10cm、長さは肋骨の形状に沿ってバラ部が十分に映し出される牛体中央部下まで毛刈りする。

2) 食用油塗布

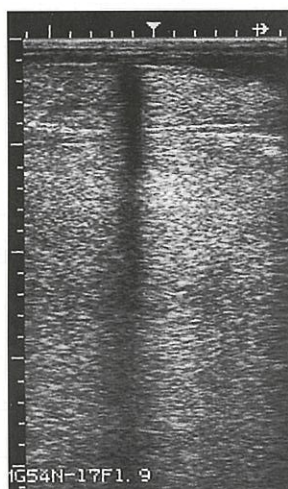
プローブと牛体とを十分密着させるため、毛刈りした部位に食用油を少量塗布しプローブで軽く擦る。食用油中の空気を取り除くため、再び食用油を塗布しプローブを下側から牛体に密着させる。



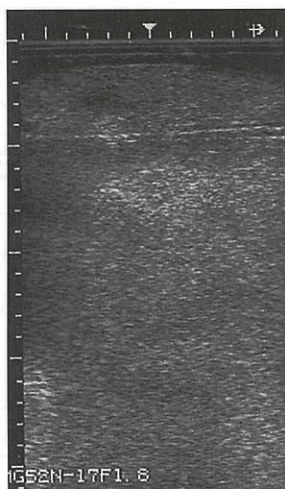
牛体の毛刈り



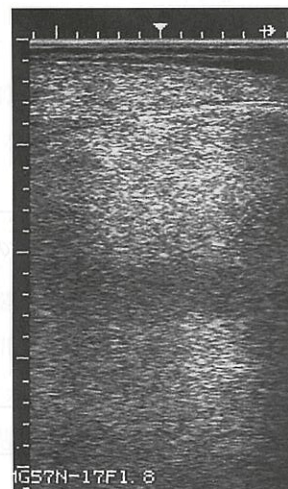
食用油の塗布



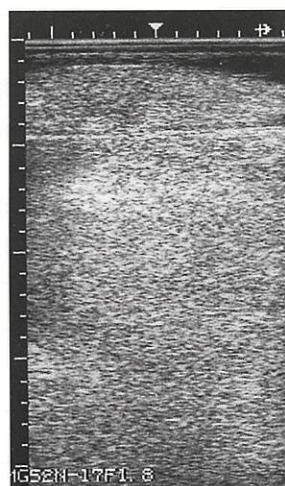
ほこりもしくは被毛が
プローブと牛体の間に
挟まっているため縦に
黒い線が入った画像



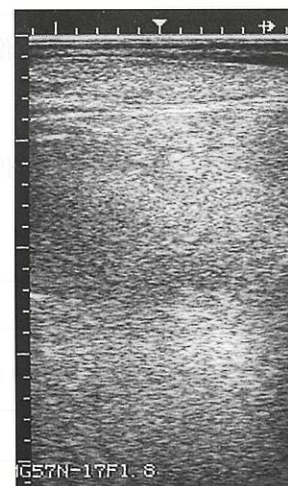
油の塗布が少ないため
全体が暗い画像



油の塗布が少ないため
全体が暗い画像



油を十分に塗布した直後



油を十分に塗布した直後

2. 測定方法

(4) プロープの当て方

プローブが牛体に対して垂直でない場合、ロース芯面積、皮下脂肪厚及びバラ厚は実際の値より大きく映し出され、正確な推定が出来ない。このことから、超音波診断する際プローブは牛体に対して垂直に当てる必要がある。



正しい当て方（ロース）



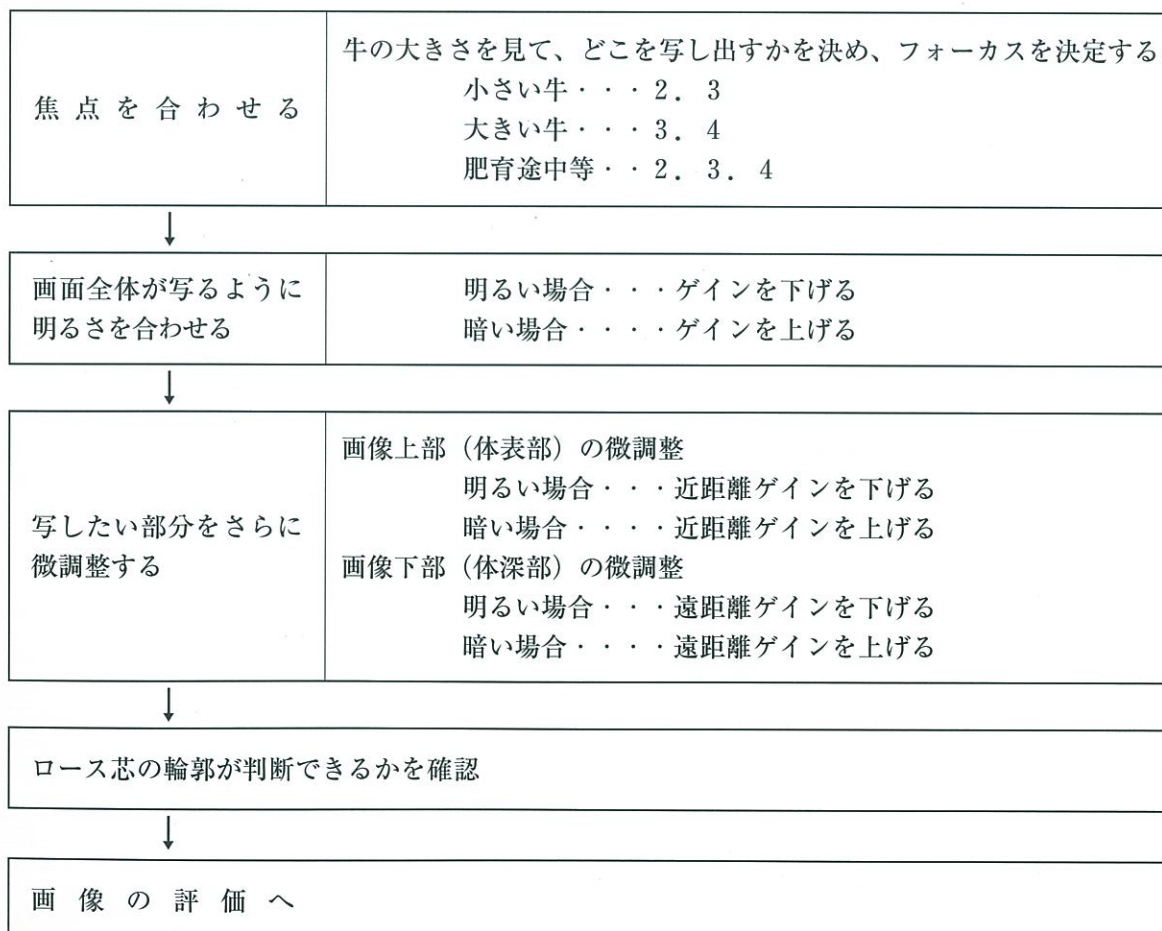
正しい当て方（バラ）



誤った当て方

(5) 測定条件

測定条件の設定



語句説明

1) ゲイン

画像全体の明るさを調節するものである。ロース芯等の測定部位が確実に映し出されることが確認できる明るさに設定する。目安は45～60である。これ以下であれば画像が暗く、ロース芯の輪郭が不明瞭となり、逆にこれ以上では画像全体がハレーションを起こしたように白くなり識別が困難となる。

2) 近距離ゲイン

画像上部（体表部）の超音波の感度を調節するものである。最も表皮に近い筋肉（僧帽筋や広背筋）の輪郭が明瞭に映し出される近距離ゲインは15～20である。これ以下であると表皮に近い筋肉及び皮下脂肪が白くなり、皮下脂肪厚の測定が困難となる。逆にこれ以上であると画像の上部が暗くなり、同じく皮下脂肪厚の測定が困難となる。

3) 遠距離ゲイン

画像下部（体深部）の超音波の感度を調節するものである。主にロース芯の底辺を映し出すのに重要である。これが最も明瞭に映し出される遠距離ゲインは1.5～2.0である。これ以下であると画像の下部が暗くなり、ロース芯の底辺が暗く不明瞭となる。逆にこれ以上であると画像の下部が明るくなり、同じくロース芯の底辺が不明瞭となる。

4) フォーカス

超音波の焦点を調節するものである。調査牛が小さい場合、ロース芯は体表から比較的浅いところに位置するため、超音波の焦点を画像上部におく必要がある。この場合、フォーカスは2・3を用いるのがよい。一方、肥育が進み皮下脂肪や筋間脂肪が増え、僧帽筋やロース芯自体も大きくなっていると思われる調査牛の場合、フォーカスは3・4を用いるのがよい。その他の肥育途中や僧帽筋やロース芯があまり大きくないと思われる調査牛を測定する場合は、フォーカスは2・3・4を用いるとよい。

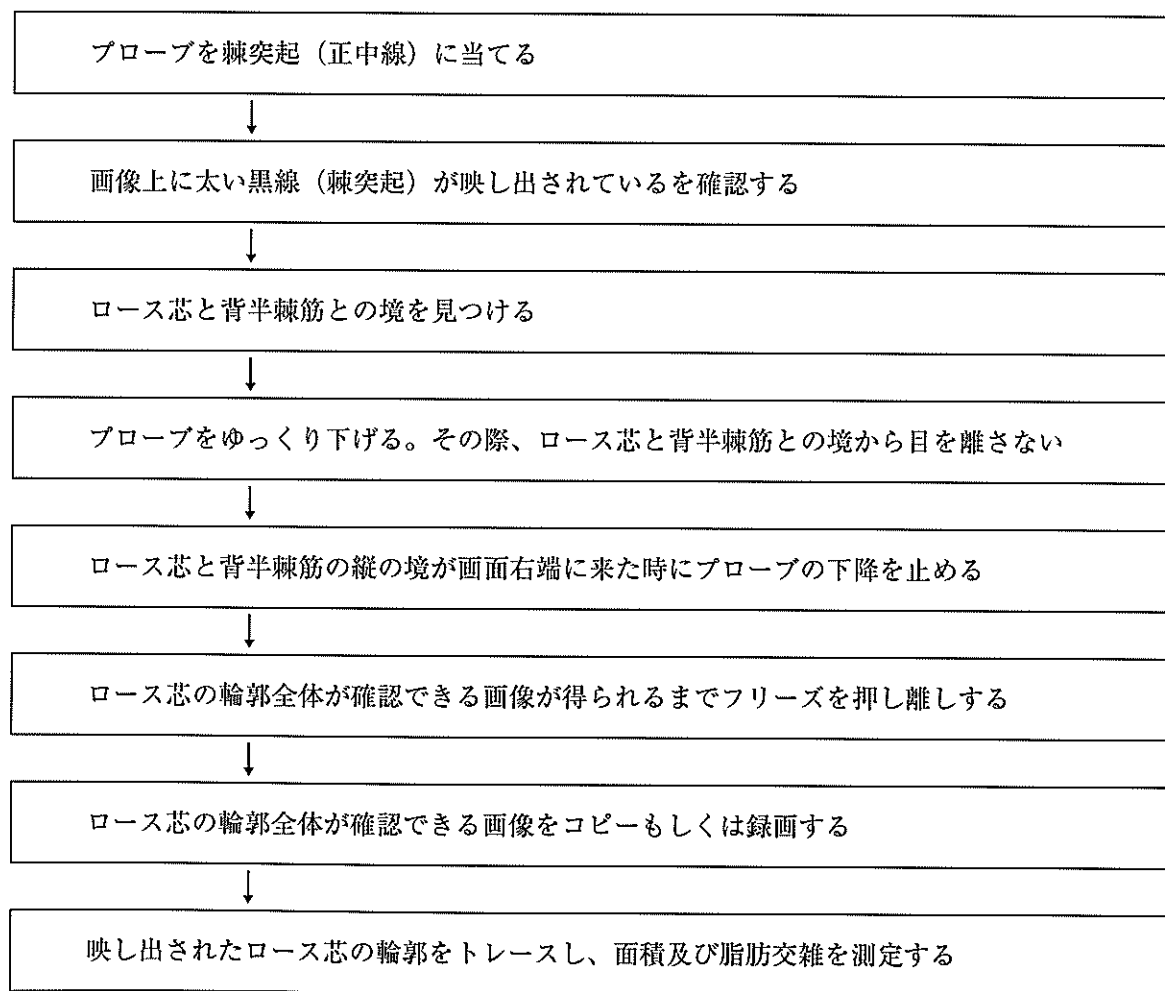
3. 超音波画像の評価

超音波画像を評価する際には、「この超音波画像にどのような筋肉が映し出されているのか」を認識しておく必要がある。超音波画像の評価を行う際にも、筋肉の配列や骨格を十分頭に入れておく必要がある。

また、生体と枝肉ではと畜後の冷却や懸垂の影響により筋肉の位置関係がことなるので注意する。

(1) ロース芯面積

ロース芯面積の測定

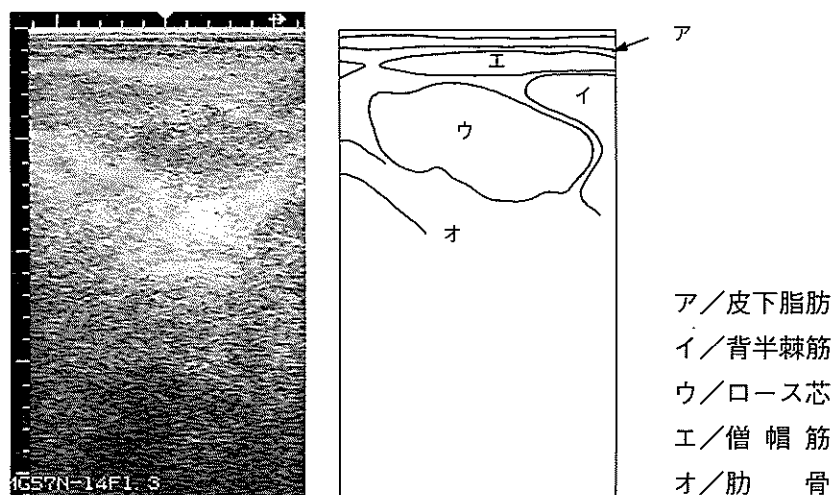


3. 超音波画像の評価

ロース芯面積の輪郭は測定するウシの脂肪交雑の状況に大きく影響され、特に、脂肪交雑の高いウシはロース芯の輪郭をトレースするのが難しい。このようなウシは超音波がロース芯底面に到達するまでに僧帽筋やロース芯内部の脂肪交雑より反射や屈折を起こし減衰するため、ロース芯の底部に届かない。このためロース芯底面を映し出すことが困難となる。この場合、遠距離ゲインを上げたりフォーカスを3・4にする等の対策をとる必要がある。

超音波画像上ではロース芯の上面及び右端は背半棘筋との境を接しており比較的判別が容易である。一方、ロース芯左側は時折見え隠れするので、超音波画像に映し出されている画像を見ながら左端が確認できるまでフリーズを押し離しし、判別しやすい画像を撮る必要がある。

多くの場合、ロース芯の左端は僧帽筋腹側端（画面左側）やや背側（画面右側）の下に映し出され、ロース芯の腹側端は僧帽筋腹側端を越えることはない。

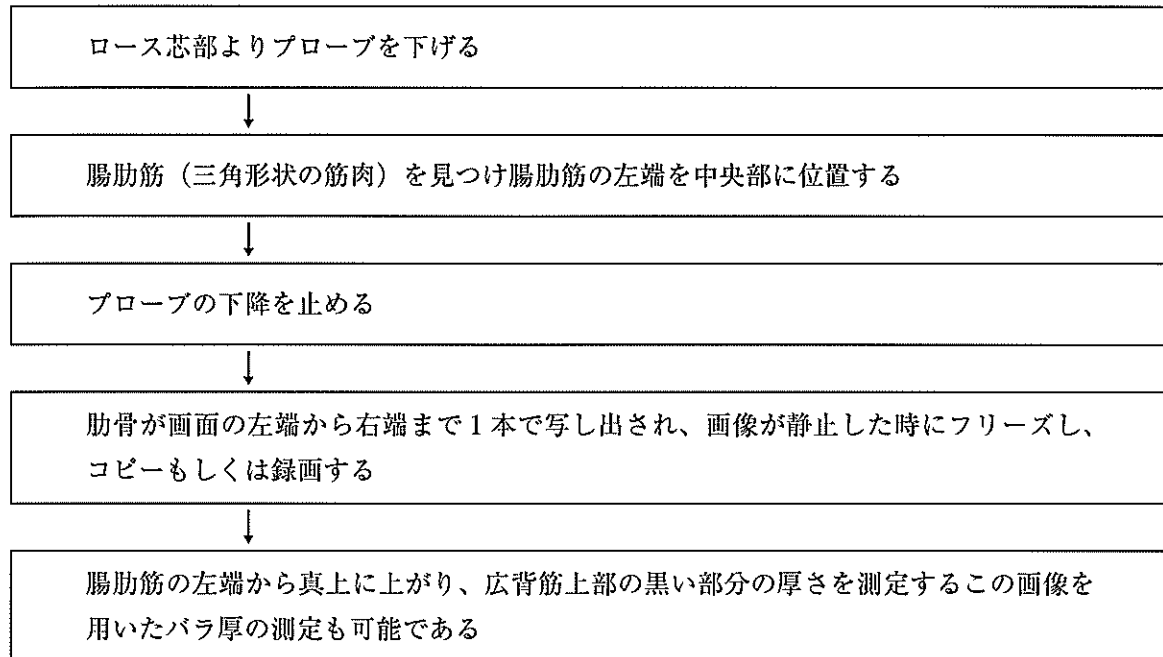


超音波画像におけるロース芯

3. 超音波画像の評価

(2) 皮下脂肪厚

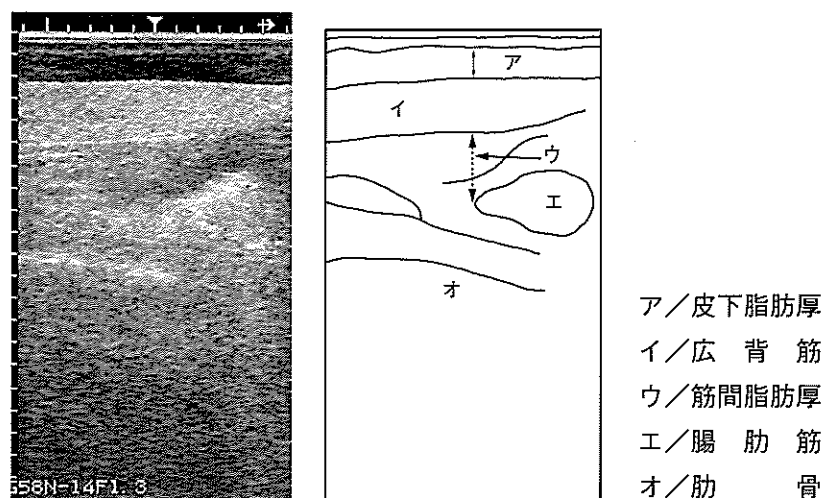
皮下脂肪厚の測定



脂肪組織は生体においてはほぼ均一な液体に近いものであるため、直進性もよくほとんどの超音波が透過していく。このため、脂肪組織を超音波で映像化すると黒色の濃い組織として映し出される。また、皮下脂肪は表皮のすぐ下に位置することから、比較的容易に評価が可能である。

格付けにおける皮下脂肪厚の評価は、腸肋筋腹側端を背側に移動した位置を評価するため、超音波画像においても腸肋筋を映し出し同様の位置で腸肋筋腹側端を見つけ、その位置から真上（体表部）に上がった広背筋上部の黒い部分の厚さを評価する。

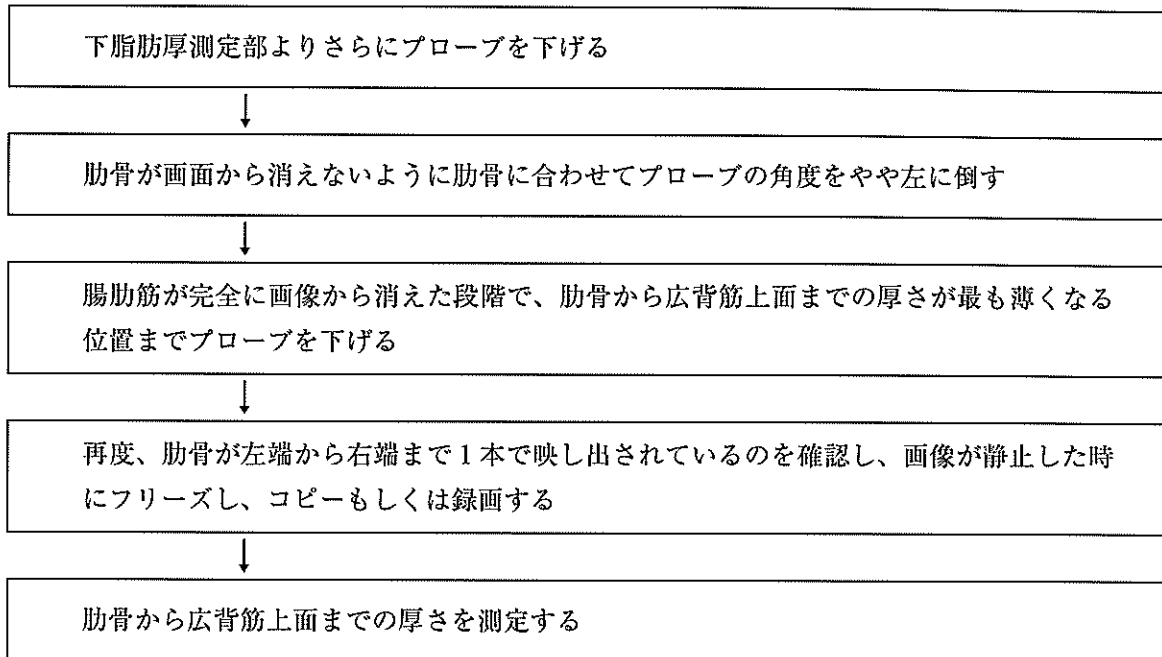
超音波画像には最上部からプローブと表皮の間隙、表皮、皮下脂肪、広背筋の順で映し出されているので、最上部からの広背筋までの厚さを測定しないようにする。



超音波画像における皮下脂肪厚の測定部位

(3) バラ厚

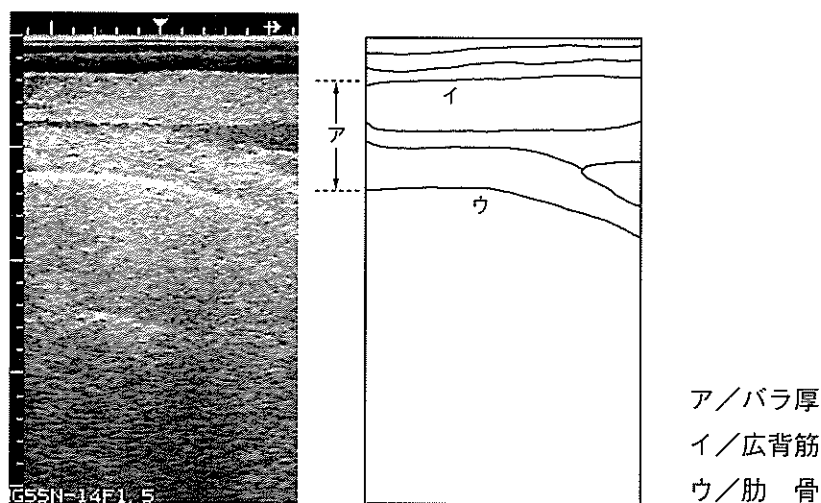
バラ厚の測定



格付けにおけるバラ厚は、第6-7肋骨間の湾曲している中央部（最も薄い部分）で腹腔内脂肪から広背筋表皮側までの厚さを評価する。このため、超音波画像においても同様の位置を測定する必要がある。

バラ部を測定する際に重要なことは、肋骨が確実に一線で画面の端から端まで映し出されていることである。

プローブと肋骨が平行になっていないと写真のように肋骨が不連続に映し出され、正確にバラ厚を測定することができない。肋骨が一線になっていない場合は、プローブをやや左に傾け肋骨の傾きに合わせるとよい。



超音波画像におけるバラ厚の測定部位

3. 超音波画像の評価

(4) 脂肪交雑

超音波画像における脂肪交雑の測定は、技術者の主観によって行われており、その基準も技術者個々でバラツキがあるのが一般的である。

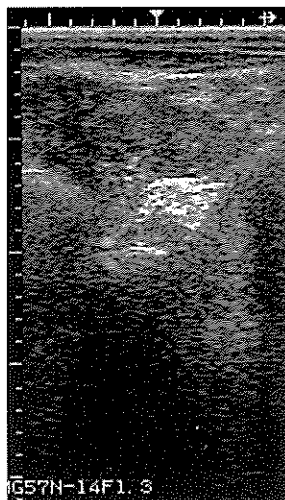
以下に超音波画像における脂肪交雑評価のポイントを、低レベルなものから高レベルなものまでを順番に示したので参考とされたい。

脂肪交雑等級

低レベル

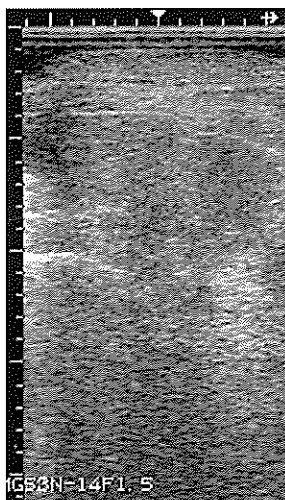
脂肪交雑等級 1

ロース芯がはっきりと確認でき、ロース芯に該当する部分が黒く筋肉組織の境の超音波の跳ね返りが強い。ロース芯右下に超音波の強い跳ね返りが見られる。



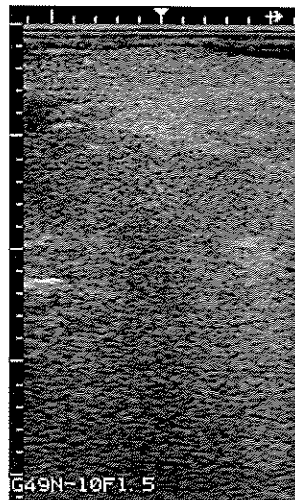
脂肪交雑等級 2

ロース芯がはっきりと確認でき、ロース芯に該当する部分に弱い超音波の跳ね返りが見られる。ロース芯と周囲筋との輝度の違いは明瞭であり、ロース芯部が黒く見える。ロース芯右下に超音波のやや強い跳ね返りが見られる。



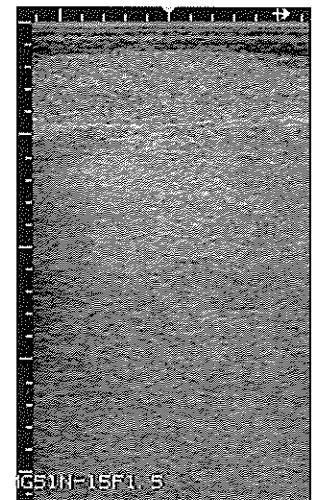
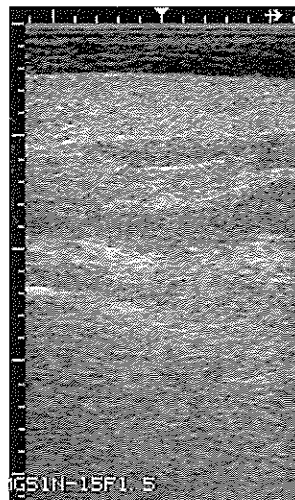
脂肪交雑等級 3

ロース芯の輝度と周囲筋の輝度との区別がつきにくい、ロース芯はやや黒味を帯びている。ロース芯の右下に弱い超音波の跳ね返りが見られる。



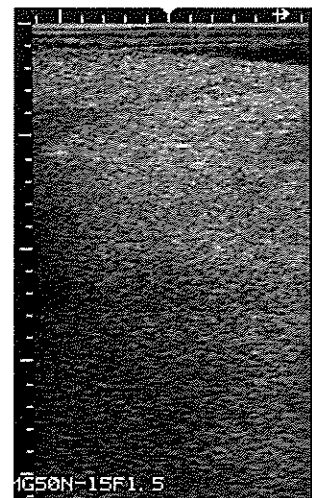
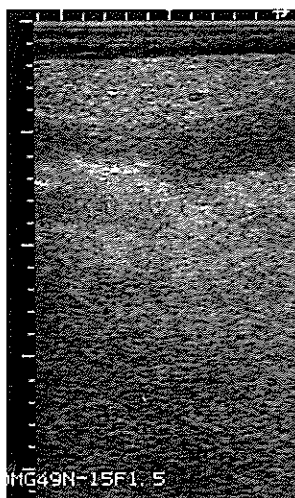
脂肪交雑等級 4

ロース芯の輝度と周囲筋の輝度との区別がつかない。背半棘筋は確認できるが、ロース芯腹側端は確認しにくい。ロース芯右下の超音波の跳ね返りが見られない。バラ部の肋骨がはっきり見える。



脂肪交雑等級 5

ロース芯の輝度と周囲筋の輝度との区別がつかない。背半棘筋の位置及びロース芯腹側端が確認しにくい。バラ部の肋骨がぼやけて見える。



4. 脂肪交雑の客観的評価方法の開発

家畜改良センターでは、画像解析装置を用いて超音波画像から客観的に脂肪交雑の状況を推定できるか検討を行ったので、参考までに紹介する。

調査牛は黒毛和種去勢肥育牛37頭、日本短角種去勢肥育牛15頭、日本短角種繁殖雌牛13頭の合計65頭を用いた。

超音波画像は第7肋骨が映し出されるように撮影した。

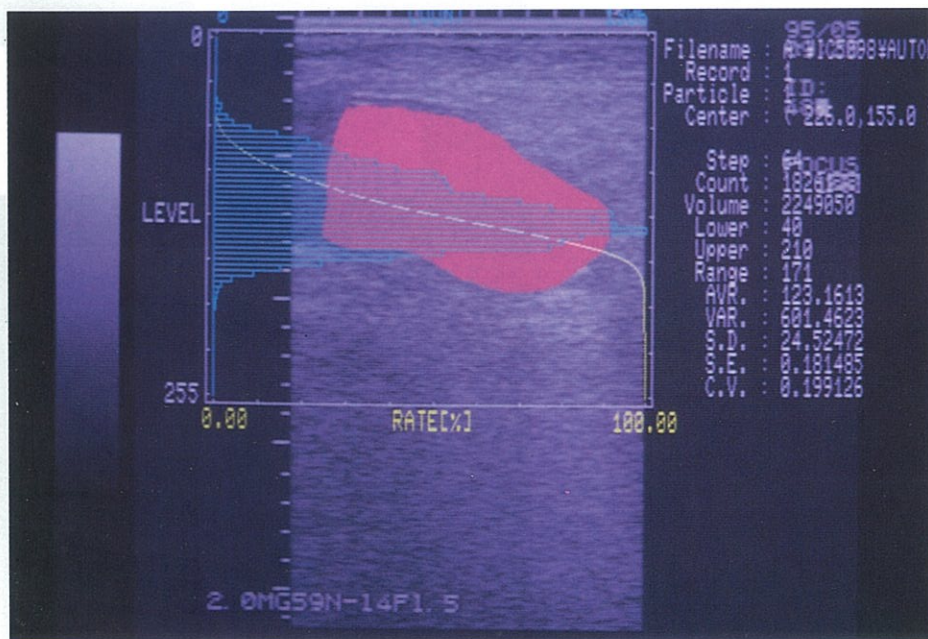
映し出された超音波画像はD A Tに保存した。画像処理には画像解析装置S P 500（オリンパス製）を用いた。画像処理方法は以下に行った。

- ①D A Tに録画した超音波画像を画像解析上に再生し、2値化処理メニューによりマウスでロース芯の輪郭をトレースした。
- ②トレースした画像に対してマスク処理を行った。
- ③濃淡計測メニューによりマスクしたロース芯全体の平均輝度を測定した。
- ④同様の方法で超音波画像上の第7肋骨の平均輝度を測定した。
- ⑤これら2つの平均輝度を独立変数とし、調査牛の当該部位のソックスレーのエーテル抽出による胸最長筋の粗脂肪含量を従属変数とする重回帰式により推定式を得た。

この方法により重回帰係数0.75と高い相関関係が得られた。

この方法により 超音波画像におけるロース芯及び第7肋骨の平均輝度を画像解析装置により測定することで、ロース芯中の粗脂肪含量を推定できることが示唆された。

しかし、ロース芯中の粗脂肪含量が30%を越えるようなロースの場合には、この方法により得られた重回帰式では推定精度が低くなる可能性が伺えた。



画像解析装置によるロース芯内の平均輝度の測定