

家畜改良センター 技術マニュアル 12

超音波診断装置による牛の肉質診断法

独立行政法人 家畜改良センター

はじめに

肥育牛の産肉形質は、と畜解体することで初めて評価が可能である。肥育牛の産肉形質を肥育途中で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などが行え、より効率的な肥育が行える可能性がある。

近年、医療分野で用いられている超音波診断器を肥育牛に応用し、肥育途中での産肉形質の推定技術が普及しつつある。特に枝肉品評会等への出品牛の選定などには、その威力を発揮している。

しかし、超音波画像の評価は主観的に行われることもあり、超音波診断による産肉形質の経時的変化等は未だ解明されていない。

家畜改良センターでは、平成4年度から国内において広く用いられている電子リニア走査式の超音波診断装置（スーパーアイミート：富士平工業製）を用い、肥育牛の生体における産肉形質の推定技術に関する調査試験に取り組み、一定の成果が得られてきた。このことから、平成9年度に家畜改良センター技術マニュアル2として超音波診断装置の基本的な操作方法と超音波画像とその枝肉写真を比較揭示し、本技術の基礎的マニュアルを発行した。今回のマニュアルでは応用編としてこれまで調査した肥育牛のうち産肉形質に特徴のあるものを選定し、その経時的変化を示すこととした。実際に画像から得られた情報とこのマニュアルに揭示した情報とを比較し、効率的肥育技術の確立に利用していただければ幸いである。

（独立行政法人家畜改良センター 技術部技術第二課）

家畜改良センター 技術マニュアル 12 目次

はじめに	1
1 測定部位	
(1) 骨格	5
(2) 筋肉	5
2 測定	
(1) プロープと牛体の密着	9
(2) 測定人員	9
3 装置の設定	12
4 超音波画像の評価方法	
(1) 胸最長筋面積	17
(2) バラ厚	18
(3) 皮下脂肪の測定	18
(4) 脂肪交雑	20
5 産肉形質の経時的変化	
(1) 胸最長筋面積	25
① ビタミンAコントロールが胸最長筋面積に及ぼす影響	
② 若齢肥育における肥育前期高タンパク飼料が胸最長筋面積に及ぼす影響	
(2) バラ厚	33
① ビタミンAコントロールがバラ厚に及ぼす影響	
② 若齢肥育におけるビタミンAコントロールがバラ厚に及ぼす影響	
③ 若齢肥育における前期高タンパク飼料がバラ厚に及ぼす影響	
(3) 皮下脂肪厚	41
① ビタミンAコントロールが皮下脂肪厚に及ぼす影響	
② 育成期濃厚飼料多給が皮下脂肪厚に及ぼす影響 (雌)	
③ 育成期濃厚飼料多給が皮下脂肪厚に及ぼす影響 (雄去勢)	
④ 肥育前期の高タンパク飼料が皮下脂肪厚に及ぼす影響	
(4) 脂肪交雑	50
① ビタミンAコントロールがBMS (No.) に及ぼす影響	
② 若齢肥育における前期高タンパク飼料がBMS (No.) に及ぼす影響	
6 参考 BMS (No.) の経時的変化の例	64
おわりに	68

1. 測定部位

1. 測定部位

(1) 骨 格

肥育牛の産肉形質を超音波診断する部位は、一般的には枝肉格付が行われる第6-7肋骨間と思われる場所である。この場所は、もちろん生体では確認できないため、肩甲骨の後ろ（肩後）に相当するとされている（図1参考）。実際には超音波画像上でロース芯面積やバラ厚測定の際の目安が必要となるため、肋骨を映し出す必要がある。このため、小さい牛では肩後から2cm前後（指1本分）、大きい牛では3cm前後後ろを撮影することで第7肋骨が画像上に映し出される。また、肥育末期などで肩後が確認できなければ、左前足を少し持ち上げ確認するか、脇から約10cm（拳1つ）後ろがスキャン位置に相当するので参考にされたい。

また、図1のように肋骨は背線に対して垂直ではない。肋骨の配列は最後肋骨へ向かうほど肋骨の胸部側が臀部側へ配列している。また、牛によっては肋骨の途中から「く」の字に曲がっているものも見られる。このことから、バラ部を撮影する際は肋骨の形状を考慮し、若干探触子（プローブ）を肋骨に沿うように下側を傾ける必要がある。

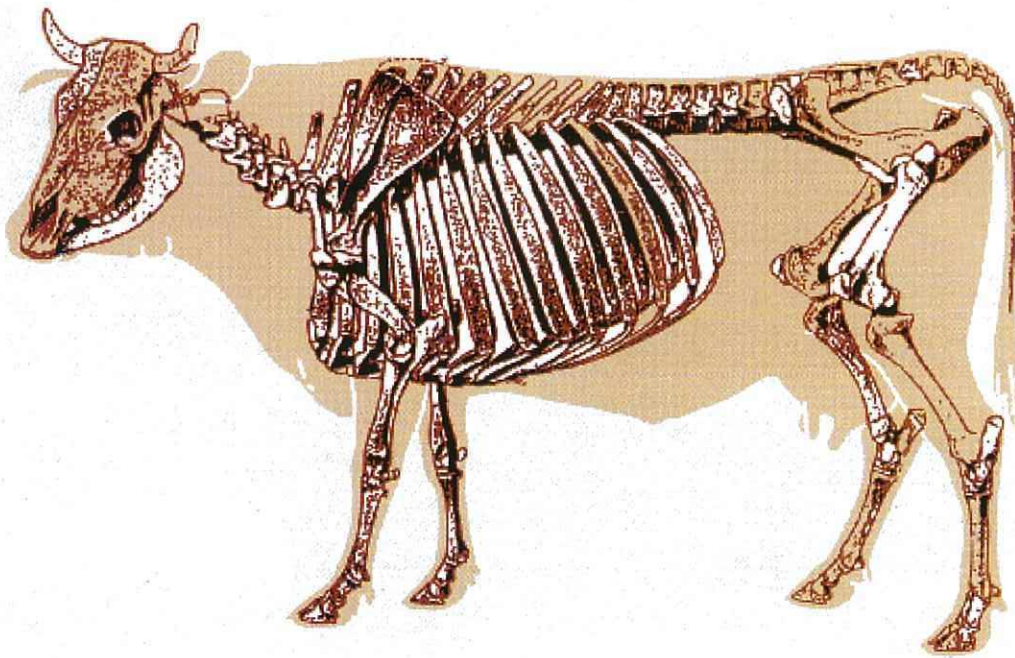
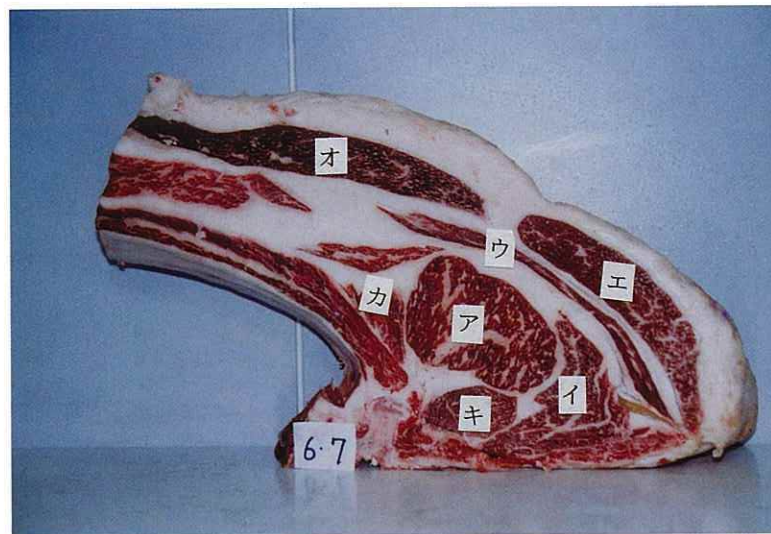


図1 牛骨格図

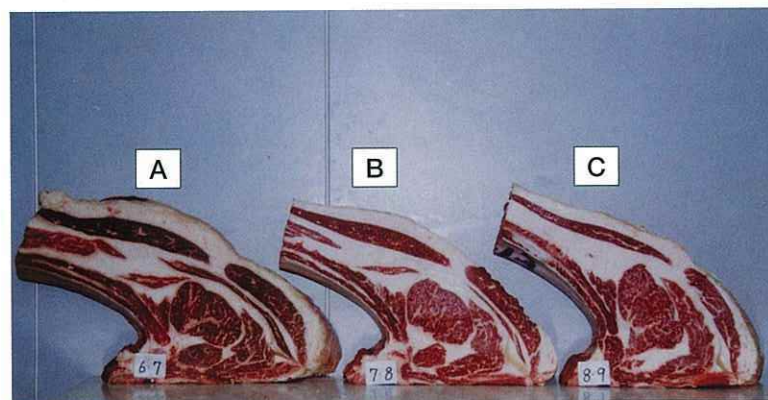
(2) 筋 肉

撮影位置である第7肋骨上では、胸最長筋はその筋肉として先端部分であり、測定部位が前後することでその形状は大きく変化する。すなわち、胸最長筋は臀部側へ移動することで形状は円形に近いものから横に大きくなり、店頭で見かけるサーロインステーキの形状を呈する。他の筋肉でも広背筋や僧帽筋は臀部側へ移動すると薄くなる。背半棘筋では三角状から逆「く」の字に変化していく（図2参考）。これらのことから測定部位がずれることで、その面積など測定値が大きく変化するので、注意が必要である。

1. 測定部位



ア：胸最長筋 イ：背半棘筋 ウ：菱形筋 エ：僧帽筋
オ：広背筋 カ：腸肋筋 キ：頭半棘筋



A：第6-7肋骨間 B：第7-8肋骨間 C：第8-9肋骨間

図2 肋骨間ごとの枝肉切開面写真

ポイント

測定部位は

肩後を確認し、指1・2本後ろをスキャン

バラ部はプローブを若干傾けてスキャン

2. 測 定

2. 測 定

(1) プローブと牛体との密着

プローブの表面と牛体の測定部位との密着が悪いと超音波が牛体中に届かず全体に暗い画像となったり、黒線が映し出されることがあり、非常に見難い画像となる。このようなことをなくすため、測定時には人間もしくは綿羊用電動バリカンなどで測定部位を毛剃りし、食用油などを塗布して行うとよい（図3、図4参考）。毛刈りが行えないようであれば、金ブラシなどで体毛をとかし綿毛やほこりを落としてから食用油を塗布し、体毛と充分馴染ませてから、プローブの端などで体表をこすり、体毛中の空気を取り除いてから測定を行うとよい。測定時間短縮のためにもバリカンでの毛刈りを勧める。



図3 毛刈り



図4 食用油塗布

(2) 測定人員

測定の際にはプローブを牛体に当てる者と、画像を見ながら装置本体を操作し、画像を記録・判定する者の2名で行うことが望ましい。装置を操作している者は画像を見ながらプローブ操作者に指示を出す（図6参考）。プローブを当てながら、画像を見ると、プローブが正しく牛体に接着できないことがある（図5参照）。牛の動きに俊敏に反応できず、術者や装置が危険にさらされることもある。



図5 悪い測定

- ・一人で測定を行うとプローブの操作がおろそかになる。
- ・牛の動きに鋭敏に反応できない。



図6 良い撮影

- ・撮影は二人で行うこと。
- ・装置本体を操作している人が画面を見ながらプローブ操作者に指示を出す。

ポイント

- ・測定にはバリカンと食用油
- ・測定は2人で行う

3. 装置の設定

3. 装置の設定

ここでは、現在国内に広く普及している超音波診断装置スーパーアイミート500（富士平工業株式会社）の設定について述べる。

・ゲイン

画像全体の明るさを調節するものである。一般的には45～60の範囲内で撮影を行うとよい。毛刈りが行えない場合は高めに、小さい牛は低めに設定するとよい。

・近距離ゲイン

画像の上部（体表部）の超音波の感度を調節するものである。一般的には15～20の範囲内で撮影を行うとよい。次に述べる遠距離ゲインと大きく異なる設定にしないことがよい。

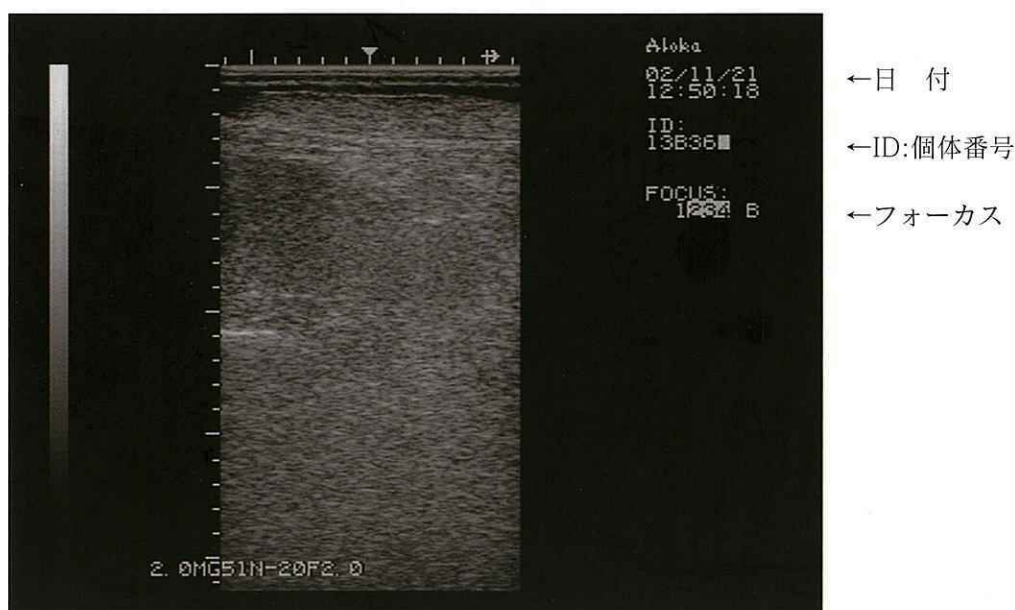
・遠距離ゲイン

画像の下部（体深部）の超音波の感度を調節するものである。一般的には1.5～2.0の範囲内で撮影を行うとよい。

近距離ゲインと遠距離ゲインのバランスが合っていないと、後述するBMS(No.)の評価の際、僧帽筋・背半棘筋と胸最長筋の濃淡の差が実際と異なるので注意する必要がある。

・フォーカス

超音波の焦点を調節するものである。牛が小さい場合は明瞭に撮影したい部位が画面の上部になるのでフォーカスは2・3を用いるとよい。逆に大きい牛ではロース芯が画面の下部になるのでフォーカスは3・4を用いるとよい。通常は2・3・4の設定にしていればほとんどの牛をカバーできる。ただし、2・4や1・3等の設定にすると画像がかなり悪くなるので注意すること。



↑ 2.0M : 2MHz、G : ゲイン (51)、
N : 近距離ゲイン (20)、F : 遠距離ゲイン (2.0)

図7 画面上の設定

・ その他

本装置には上記の他に超音波画像のコントラストと明るさを調整する機能がある。

1つは画面の右側にあるつまみである。これは画面に映し出される画像のブラウン管上での明るさを調節する機能で、画像のプリントや保存される画像に影響はない。

もう1つはメニュー機能の中にコントラストの調整がある（メニュー → Cont）。これは画像の白黒の濃淡を調節する機能である。1～8まであり、通常は4（中央値）で測定を行う。この設定は画面上には現れないので、もし、上記の条件に設定しても見難い画像である場合は、この設定を確認することが必要である。

ポイント

- ・ ゲイン：50前後
- ・ 近距離ゲイン：20前後
- ・ 遠距離ゲイン：2.0前後
- ・ フォーカス：2・3・4

4. 超音波画像の評価方法

4. 超音波画像の評価方法

超音波診断画像を評価する際、重要なことは“この超音波画像にはどのように筋肉が写っているか”を意識し、第6-7肋骨間の筋肉の配列・位置関係をイメージしながら超音波画像を見なくてはならない。イメージせずに超音波画像を見ると、画像は単なる“夜中のテレビ”である。

超音波画像の評価は脂肪交雑の程度が高いほど難しくなる。いきなり脂肪交雑レベルの高い画像を判断することはできないであろう。超音波技術をマスターするにはまず繁殖雌牛など脂肪交雑の少ない牛を用いて練習するとよい。次に、と畜直前の超音波画像とその枝肉切開面とを比較することを繰り返し行い、超音波画像上の濃淡の程度と脂肪交雑の程度とを覚える訓練をすると良い。訓練のためにも超音波画像と枝肉写真と並べて整理しておくるとよい。

画像の測定は、プリントアウトしたものを直接行うよりスキャナーなどでパソコンに取り込み、画像解析ソフトを用いて、行うとよい。小さな超音波写真より、パソコンの画面上に拡大して行う方が測定しやすい。家畜改良センターでは、DATテープ、MOディスクなどに直接画像を書き込める装置を用いており、画像測定の際には便利であり、画像の長期保存も可能である。

(1) 胸最長筋面積

生体における第7肋骨上の各筋肉の配列はこれまでの超音波診断装置では全体像を見ることは不可能であった。このため牛生体においては胸最長筋の位置は背半棘筋とかなり近い位置であり、胸最長筋と腸肋筋は枝肉で見られるよりも離れていると考えられていた。しかし、家畜改良センターでは牛生体用エックス線CTを開発し、肥育牛の胸部断面全体を画像化できるようになった（図8参照）。これをみると、生体における断面の筋肉配列は枝肉切開面のそれとほとんど変わらない状況であることが分かった。すなわち、胸最長筋と背半棘筋との間には大きな筋間脂肪があること、胸最長筋と腸肋筋は接していることを念頭に置き測定する必要がある。

胸最長筋の輪郭のトレースは、測定する牛の脂肪交雑に大きく影響される。特に脂肪交雑の高い牛については、胸最長筋の輪郭をトレースするのは非常に難しい。このような場合の参考となる目印として、腸肋筋が映し出されている画像上で肋骨の右端の位置を確認し、その上の位置で比較的大きなドットをつなげるとよい。胸最長筋の下線は腸肋筋部の画像上の肋骨より下には位置しない。（図9参照）

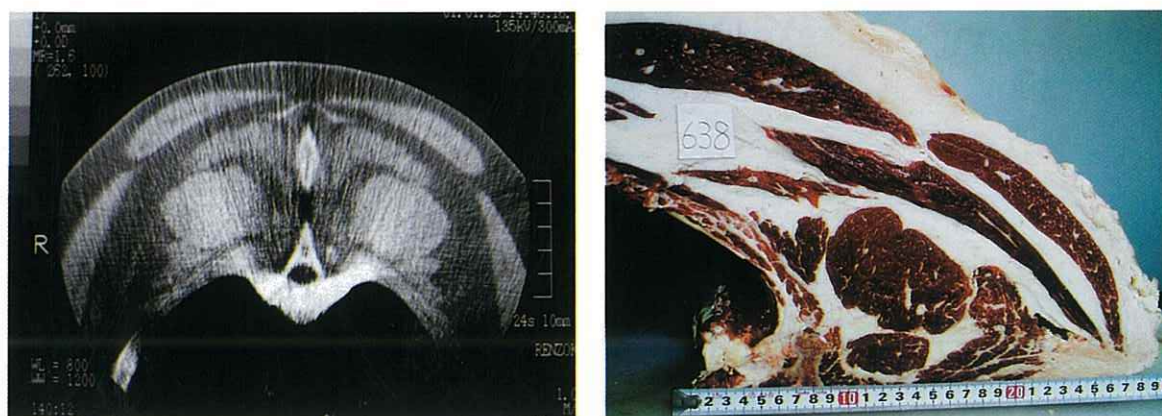


図8 CT画像と枝肉写真

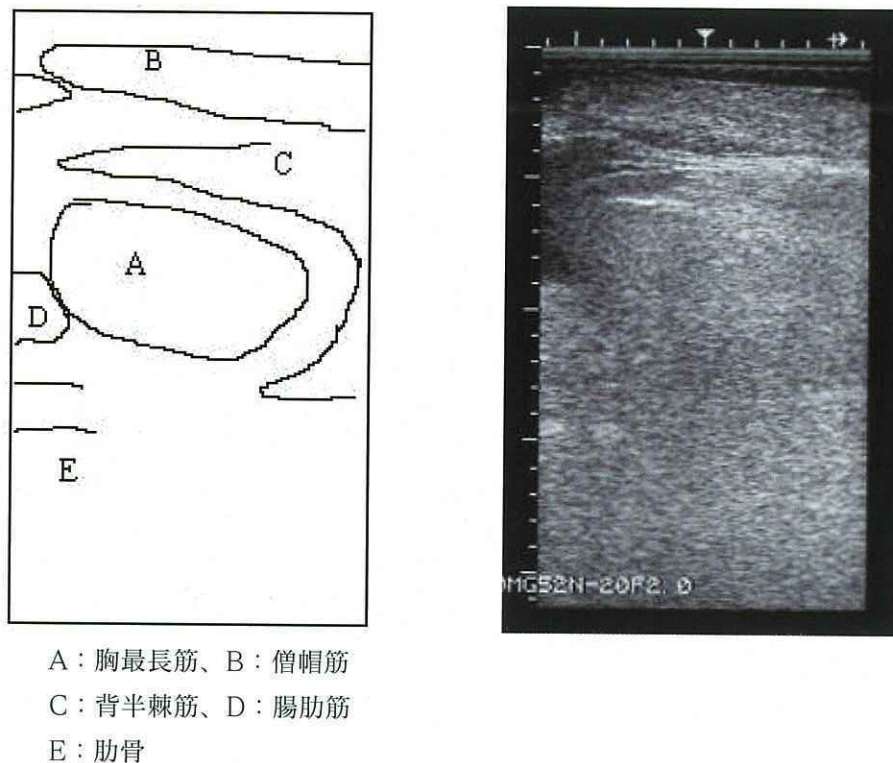


図9 胸最長筋面積測定

(2) バラ厚

枝肉格付時のバラ厚測定部位は肋骨全長のほぼ中央で、腹膜内面から広背筋外側までの長さとしている。超音波診断ではプローブの長さが12cmであることから、肋骨の中央部を特定するのが困難であり、さらに、バラ部の格付位置と思われる場所を超音波診断すると、その画像は左右に線が見えるだけである。また、バラ部測定の際には肋骨が背線に対して垂直ではないためプローブの角度を調節する必要がある。これらのことから、測定に時間を要し、牛へのストレスも考えられる。家畜改良センターでは、皮下脂肪厚を測定する画像上において、腸肋筋の端を基準線として広背筋上面から肋骨までの長さをバラ厚と用いることができるか黒毛和種及び日本短角種を用いて調査した。この結果、枝肉格付けと強い相関関係が見られた ($r=0.77$)。これ以来、家畜改良センターでは腸肋筋端におけるバラ厚を超音波診断におけるバラ厚としている。(図10参照)

(3) 皮下脂肪の測定

皮下脂肪厚の測定位置は一般的には腸肋筋の腹部側（画面左側）を上にした広背筋と表皮の間の厚さを測定する（図10参照）。プローブから皮下脂肪までの間には、プローブを保護するシール、食用油、表皮が薄く存在するので、画面上部から測定しないように注意する必要がある。

4. 超音波画像の評価方法

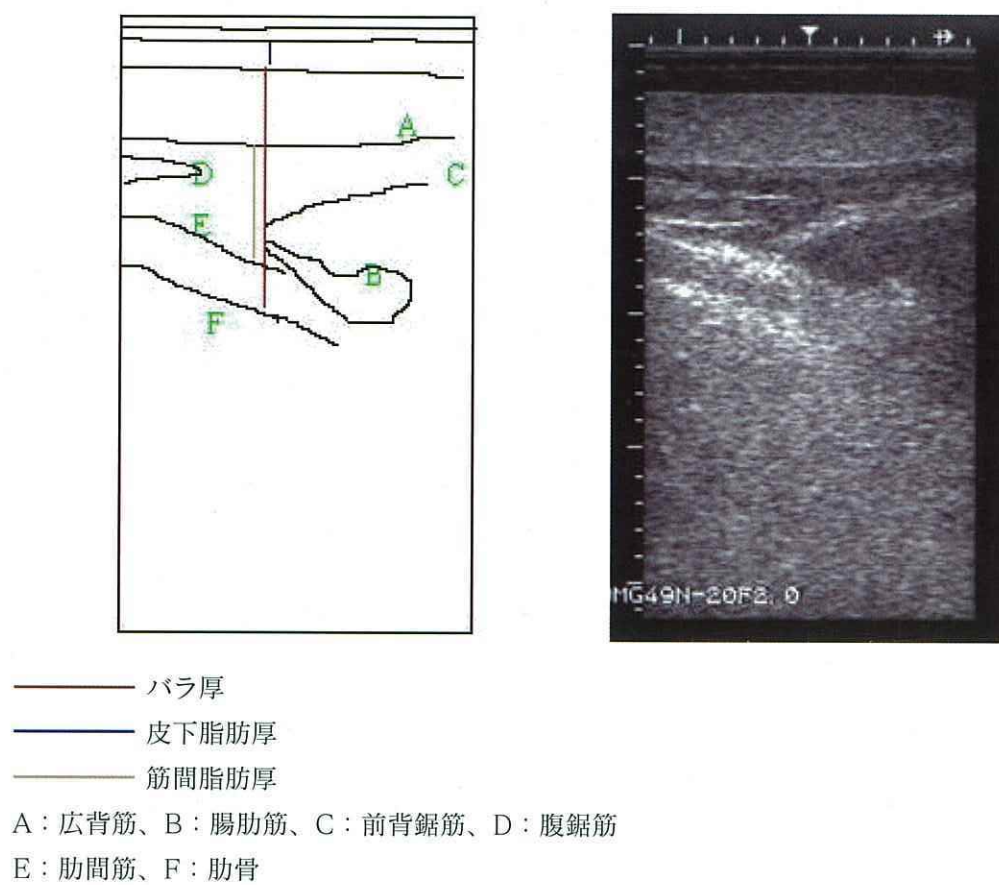


図10 腸肋筋部におけるバラ厚、皮下脂肪厚、筋間脂肪厚の測定

(4) 脂肪交雑

超音波画像における脂肪交雑の評価はほとんどの場合、主観的に行っており、技術者によって多少評価が異なることがある。また、枝肉格付におけるBMS (No.) とロース芯内の粗脂肪含量との間には中程度の相関しかない。さらに、格付値は経済の状況や地域によって多少異なることも言われている。格付けは“公平な流通のため”に制定されているものであり、科学的なものとは異なることを理解しておく必要がある。このようなことから超音波画像から枝肉格付けの12段階であるBMS(No.)を推定するのは非常に困難である。我々は、超音波診断におけるBMS (No.) の評価を12段階で行っているが、その際、画像から実際の枝肉切開面をイメージし、その肉がいつ・どこに出荷されるのかなどを考慮し評価している。

実際の現場では12段階で評価するよりも、肉質等級の5段階評価で確実に予測していく方が、現場からの信頼、技術者の自信にもつながり、超音波診断技術の普及につながると思われる。ここでは脂肪交雑等級の目安を5段階で示すこととする。ただし、全ての画像がこの5段階どおりに格付けされることはなく、あくまで目安であり、多少ずれる場合があることをご容赦願いたい。

また、肉質等級4と5の違いではロース部分のみで行うのはかなりの熟練が必要となる。しかしながら、腸肋筋部の各組織の輝度の違い、特に筋間脂肪と腸肋筋+肋骨との間の輝度の違いにより、4等級と5等級を区別することが大まかに可能である。すなわち、腸肋筋部においても各組織の輝度の差が小さいほど肉質等級が高いことが言える。本マニュアルではBMS (No.) の評価には腸肋筋部の画像も掲載してあるので参考にされたい。



等級：1

- ・胸最長筋の輪郭がはっきりと確認できる。
- ・胸最長筋に該当する部分が黒く見える。
画像を“僧帽筋・背半棘筋”、“胸最長筋”、“胸最長筋から下”の3部位を明確に区別できる。
- ・胸最長筋の下、特に右下に超音波の大きな跳ね返り（白色部）が見える。

図11 等級1の超音波画像

- ・胸最長筋部分が周囲より明らかに暗い。
- ・胸最長筋より下部が明るい。

4. 超音波画像の評価方法

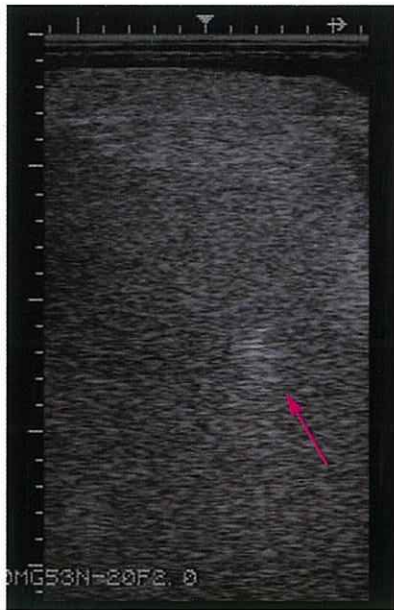


図12 肉質等級2の画像

- ・ 胸最長筋部分が周囲より明らかに暗い。
- ・ 胸最長筋右下に白い像が明らかに見られる。

等級：2

- ・ 胸最長筋の輪郭が確認できる。
- ・ 胸最長筋に該当する部分が暗く見える。
等級1より胸最長筋の内部にグレーのドットが多く見られる。
- ・ 画像を“僧帽筋・背半棘筋”、“胸最長筋”、“胸最長筋から下”の3部位に区別できる。
- ・ 等級1よりこれら3部位の輝度（白さ）の違いが小さい。
- ・ 胸最長筋の下、特に右下に超音波の跳ね返り（白色部）が見える。



図13 肉質等級3の画像

- ・ 胸最長筋と周囲筋との濃淡の差が小さい。
- ・ 若干胸最長筋右下に白いドットが見られる。

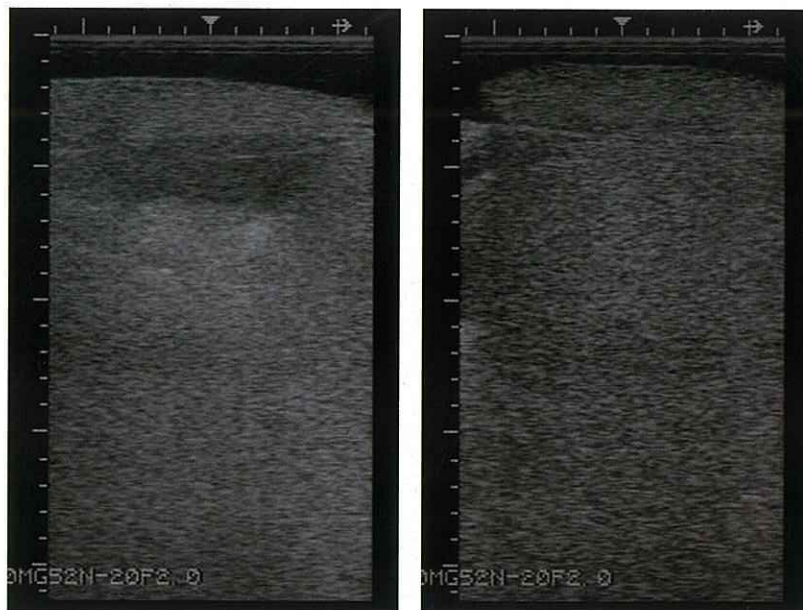
等級：3

- ・ 等級2で示した3部位の輝度の違いが小さくなり、判別が若干難しくなる。
- ・ 胸最長筋の右下に超音波の弱い跳ね返り（白色部）が見える。この白色部が見えている画像はBMS (No.) 5を超えることは珍しい（肉質等級4になることはない）。

4. 超音波画像の評価方法

等級：4

- ・僧帽筋は判別できる。
- ・背半棘筋はやや白色に見えるが、その輪郭は不明瞭となる。
- ・胸最長筋の輪郭は不明瞭となる。
- ・胸最長筋の右下の白色部が見えない。
- ・腸肋筋部では各組織、特に筋間脂肪が明瞭に判断できる。



腸肋筋部

ロース部

図14 肉質等級4の画像

等級：5

- ・僧帽筋は判断できるものの、その程度は等級4より不明瞭となる。
- ・背半棘筋はやや白色に見えるが、その輪郭は不明瞭となる。
- ・胸最長筋の輪郭は不明瞭となる。
- ・胸最長筋の右下の白色部が見えない。
- ・腸肋筋部では筋間脂肪が不明瞭となり、各組織がぼやけて見える。



腸肋筋部

ロース部

図15 肉質等級5の画像