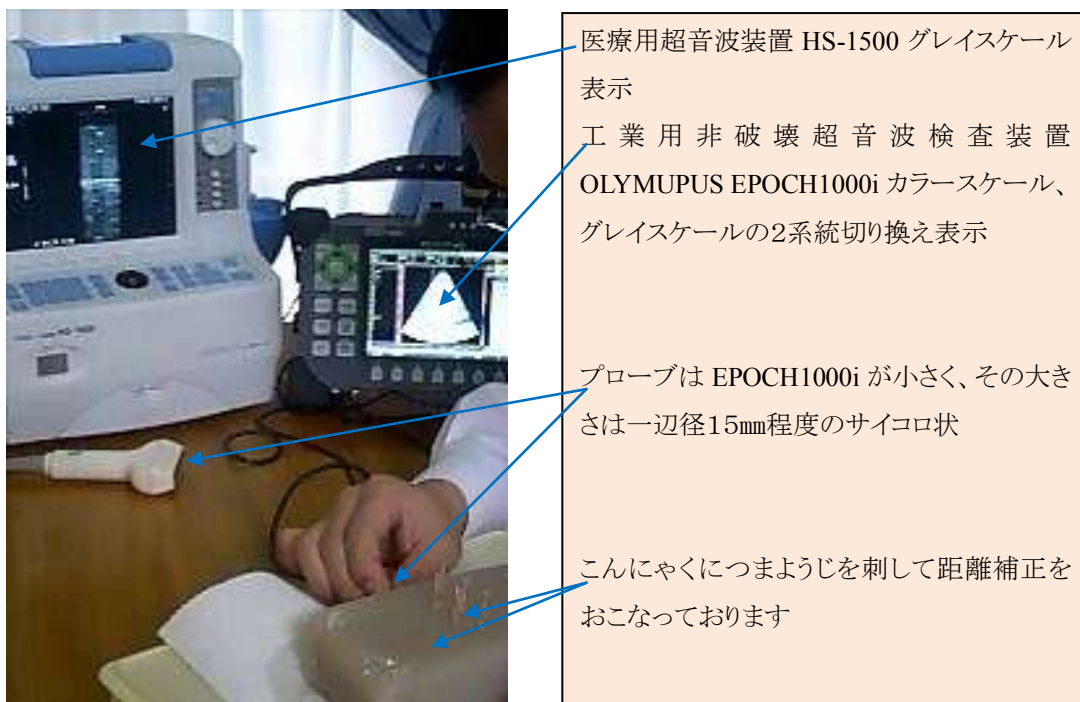


11 工業用超音波非破壊検査装置の応用試験例、マグロ以外の超音波検査例

写真は OLYMPUS 社製 EPOCH1000i の工業用超音波非破壊検査装置であり、特徴は、フェーズドアレイ方式のセクター走査により2次元の視覚的評価が可能な製品である。開発は金属の微細破損を検出するための目的で製品化され、実用例として航空機の金属破損を検出するために利用されている。

次の写真は OLYMPUS EPOCH1000i の応用実験の為調整を行っているものです。画面左が医療用超音波装置 HS-1500 で右が OLYMPUS EPOCH1000i の5MHz フェーズドアレイ方式に音響レンズ無しで工業用装置で、これからマグロを観察するための下準備中の状況です。



EPOCH1000iの映像から推測した、その機能

EPOCH1000iは開発初期段階であり、マグロや海産物を見るために作られた装置では無い、しかしこの昔ながらの走査方式はシンプルで且つ音響特性を忠実に映像化している。音響レンズがなくスライス厚み方向にビームの集束はなされていない。送受信に連動する素子数も多くスライス方位方向にも距離分解が大きい。しかしその欠点が物質の変化や組成を忠実に提供してくれる。実際の肉眼評価と一致しない空間分解能を有するが、それを読み取れる知識の習得で音場の形成されるあらゆる対象物体を評価可能と示唆される。それを踏まえて次なる治験を考察していく。

11-①超音波非破壊検査装置 EPOCH1000i 応用実験例

完熟もずく 検査



EPOCH1000iプローブ5MHz (PZT)

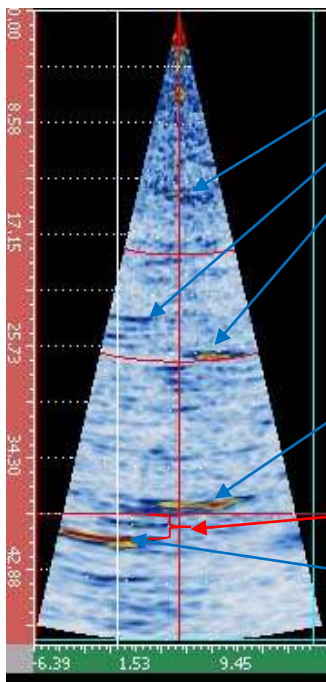
もずくの茎が密にパックされている

もずくのエコーを認める

底面エコー？

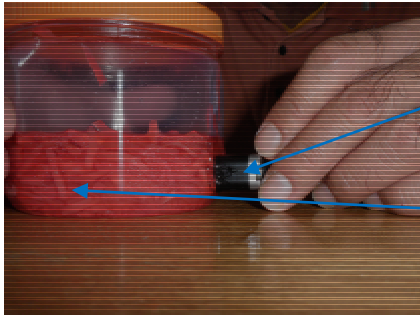
ズレを生じた段差

下方向にズレを生じた底面エコー



静止画像で見る限りもずくを捉える事はできないが、走査しながらリアルタイム観察することで空間的に存在するもずくを観察することができた。これは医療超音波診断の原点であり、観察の原点である。

11-②紅ショウガ検査

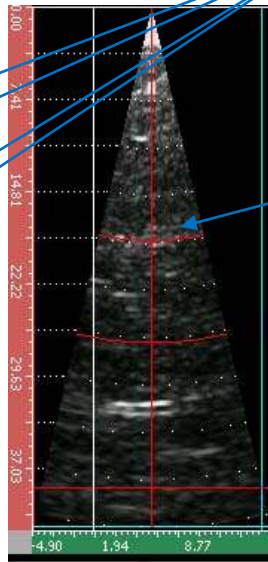
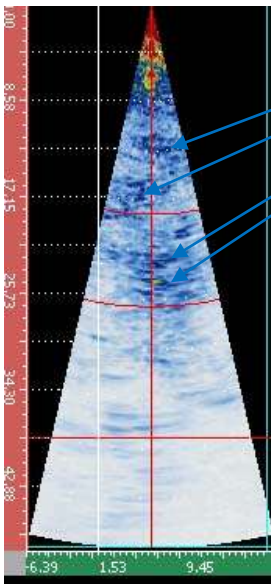


EPOCH1000iプローブ5MHz (PZT)

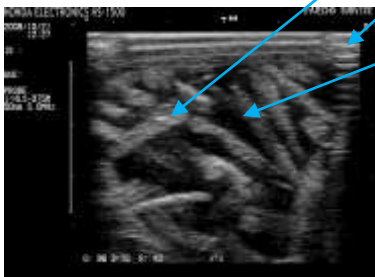
紅ショウガ

紅ショウガ

紅ショウガと思われるエコー反射



紅ショウガ



プラスチック容器

漬けダレ

超音波プローブ

紅ショウガ

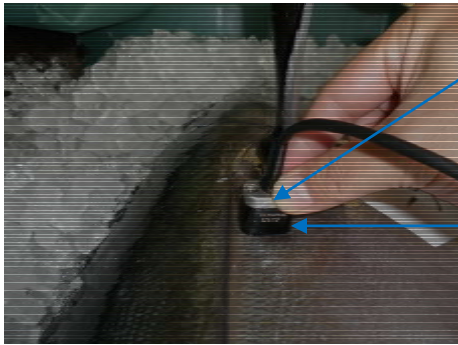
プローブ密着不良による多重反射アーチファクト

無エコークリアーな漬けダレ

超音波透過性の不良な生姜は十分に漬け込まれ透過性良好となり内部観察可能となっており、減衰も軽微である

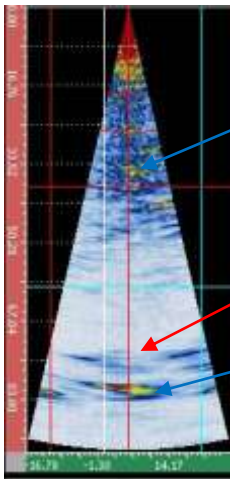
漬け込まれた生姜と判断できる

11-③メバチマグロ血合い筋ラウンド状態での観察



EPOCH1000iプローブ5MHz(PZT)

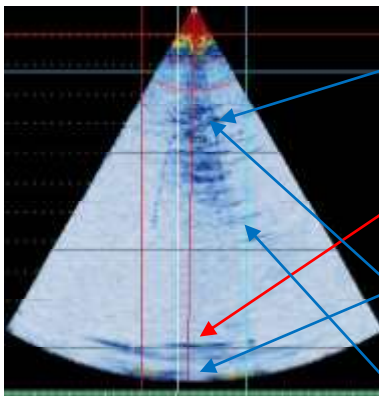
胸鰭付け根より尾側5センチ横断走査



血合い筋エコー像

脊椎骨多重反射ノイズ、リアルタイム観察における現象

脊椎骨エコー実像

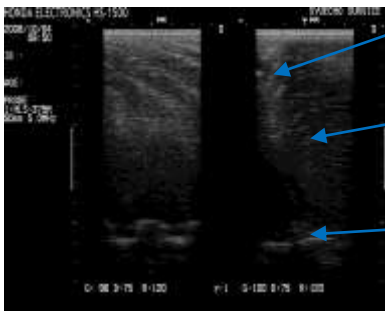


血合い筋エコー

脊椎骨多重反射ノイズ

脊椎骨実像

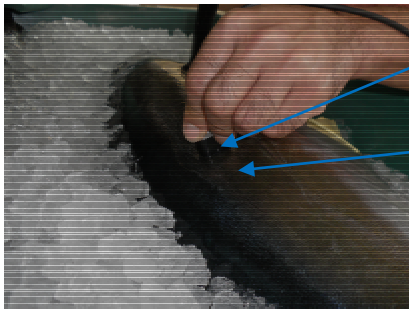
血合い筋境界の筋隔エコー



せり出した血合い筋境界の筋隔エコー

脊椎骨エコー

11-④メバチマグロ背カミラウンド状態での観察



EPOCH1000iプローブ5MHz(PZT)

背カミの長軸像観察



筋隔エコー

エコージェニック領域を認める。血合い筋と示唆する

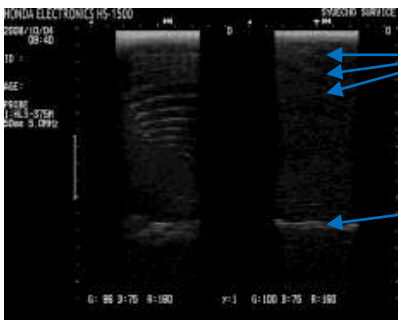
脊椎エコー



筋隔エコー

エコージェニック領域を明瞭に認める。血合い筋のせり出し部と示唆する

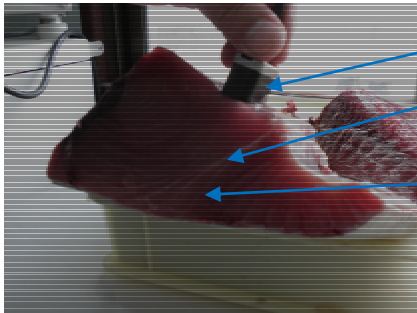
脊椎エコー



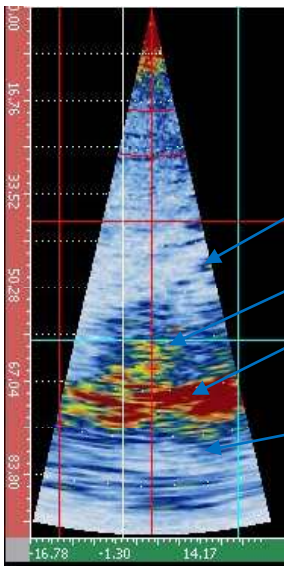
筋隔エコー(HS-1500画像)

脊椎エコー(HS-1500画像)

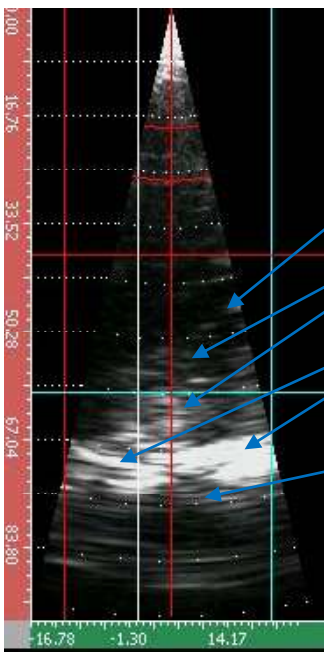
11-⑤メバチマグロブロックカット面脊椎方向から皮に向けての観察



- EPOCH1000iプローブ5MHz (PZT)
- 中トロ、大トロ境界筋隔
- 油の乗りを認める



- 中トロ、大トロ境界筋隔
- エコーゾーン領域を認める
- 強いエコーゾーン領域を認める
- 底面エコー (皮の反射エコー)



- 中トロ、大トロ境界筋隔
- エコーゾーン領域を認める
- 強いエコーゾーン領域を認める
- 底面エコー (皮の反射エコー)

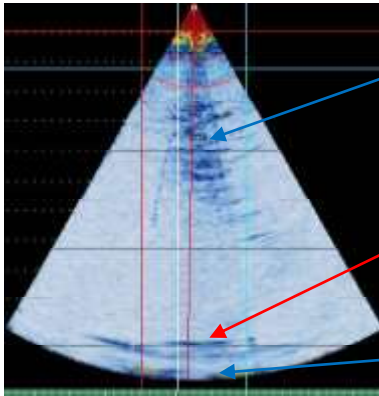
カラー表示で旨味をアピールする。好みの味覚を注文できる。

11-⑥メバチマグロセミドレス血合い筋の観察



EPOCH1000iプローブ5MHz(PZT)

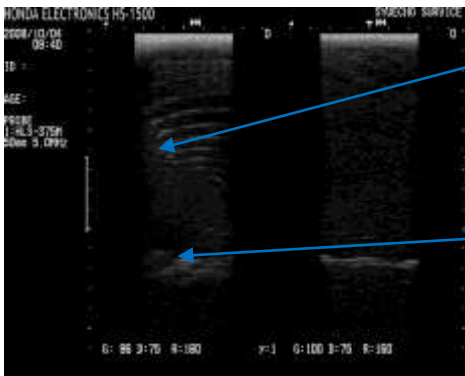
80kgクラスメバチマグロ



血合い筋エコー

脊椎骨多重反射ノイズ

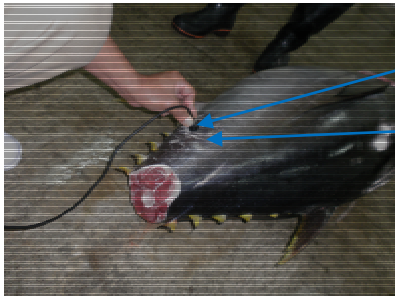
脊椎骨実像



血合い筋境界(HS-1500画像)

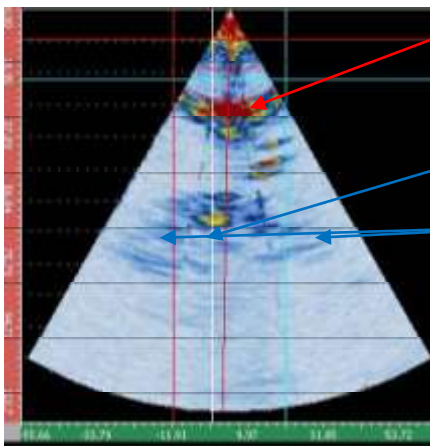
脊椎エコー

11-⑦メバチマグロドレス面脊椎方向から皮に向けての観察



EPOCH1000iプローブ5MHz (PZT)

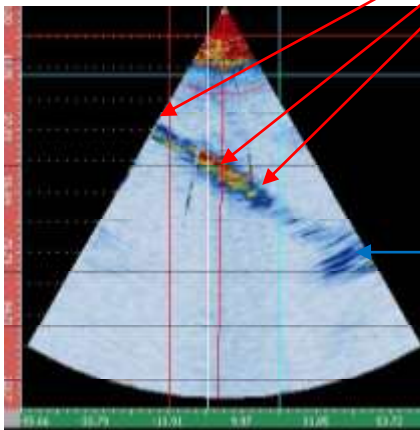
腹シモ走査



突然出現した異常高輝度エコー領域
横断像

脊椎表面エコー

脊椎周囲輪郭



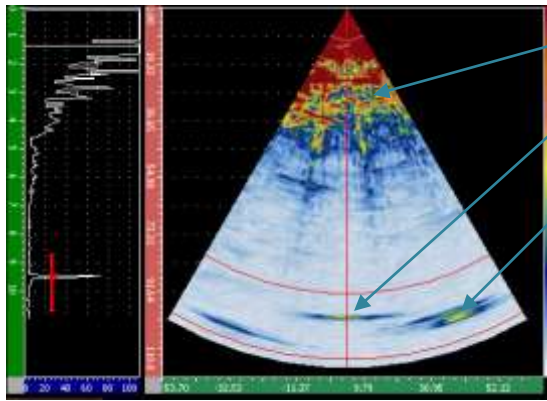
突然出現した異常高輝度エコー領域
長軸像

骨に向かう異常エコーで見られる

脊椎骨エコー

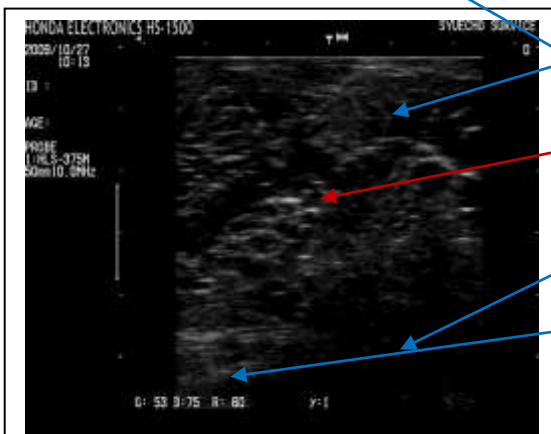
身質内部に骨に向かう索状の高エコー信号を認め、明らかに強信号を示している。後方エコーは観察されているので音響インピーダンスの大きく異なる物質の存在ではなく、肉質の乱れによる反射信号と示唆され、筋ばって硬くなった身質の変化と推測する。

ミカンの缶詰の画像を示します。これは OLIMPUS 社で行われた初期テストであり音響インピーダンスに非常に差のある境界を透過した微弱なミカンの存在を描出している。内部で起こる缶表面の多重反射アーチファクトが比較的軽微であり、缶の形状によるものか、装置のフィルター機能なのかは解明はなされていない。



ミカンの存在を示すエコー反射を認める
 底面エコーはビーム直交部に強反射信号を認める
 底面エコーのズレを生じている、音速設定ミスによるビーム方向調整遅延時間の誤差によるビーム角の変化

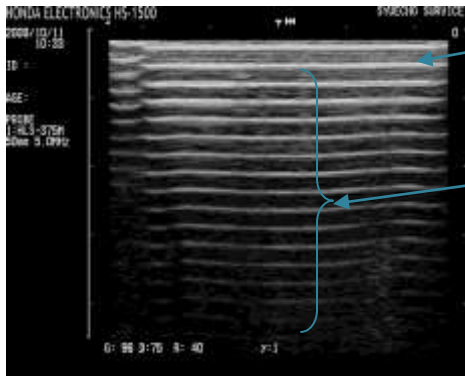
医療用超音波装置HS-1500におけるミカンの画像データ
 缶から取り出してシロップごとビニールパックに入れて5MHz、10MHz と周波数及びゲインを調節した超音波画像



ミカンの房の形状を確認出来る
 ミカンの房は密に存在します
 高輝度エコーは空気のバブルの存在です
 無エコーに見られます
 房の形状は不明瞭に見られます

類似する方法にてトマトの缶詰の HS-1500 装置 5MHz 超音波像

内部のエコー信号は読み取れない、缶表面とプローブ表面との密着の悪さで多重反射が全層に認められる。鱗の分厚い魚や殻の硬いイセエビや蟹等も検査観察時にこのような現象が生じている。



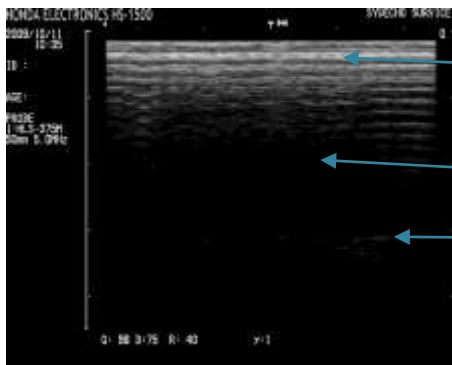
缶表面の多重反射エコーを認める

全般に多重反射を認める。内部構造は観察できない

多重反射ノイズが多く、内部性状観察困難である。ノイズの出現がEPOCH1000iと異なるのは、音響整合層や音響レンズの存在による厚み分の多重反射層で観察されている。

アルミパックのミートソース超音波像

反対側のアルミパック面の反射信号を認める、内部性状観察困難、ダイナミックテストにて内部の物質の流動性の観察はできた。



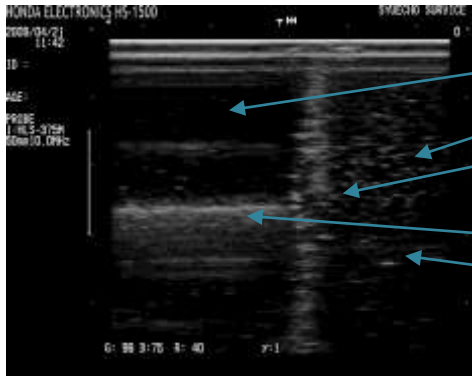
多重反射ノイズが強い

無エコー信号の消失

底面エコーを僅かに認める

多重反射が軽微なのはアルミパックの柔軟性によるものと示唆される。

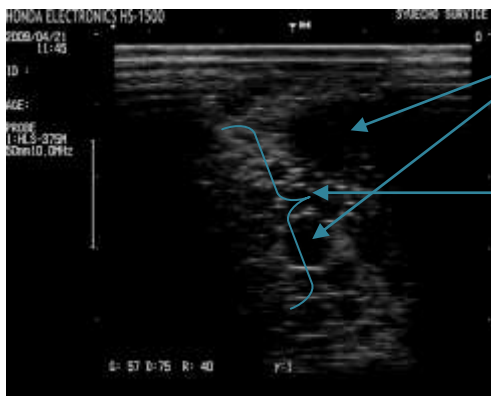
ペットボトルにサラダ油と水を入れて境界面像



- 水の領域は無エコークリアー
- 油の領域エコージーニック
- 境界面は高輝度帯状、断裂様所見を認め左傾斜を示す。
- 水ボトル底面エコー折り返し像
- 油ボトル底面エコー折り返し像

水の音速と減衰定数(透過性)がわかる

中央の境界面の平面像



- 内部無エコー類円形の変化を認める。超音波性質上油に沈む水のバブルと示唆される
- エコージーニックな微細構造が水に浮かんで見られる。水に浮かぶ油のバブルと示唆される。

バブルの形状と内部エコーで水泡と判定、ビーム

に直交する境界面の高輝度信号もバブルの存在を示す。

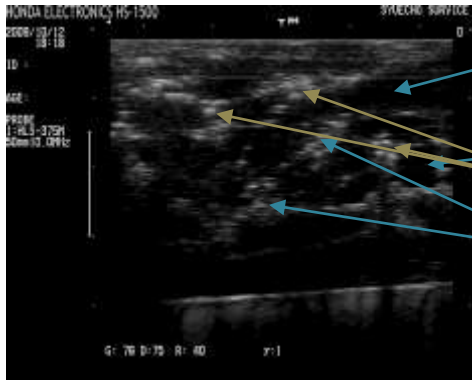
ビニールパック烏賊の塩辛写真

塩辛超音波写真 10MHz

漬けたれはエコージーニック、烏賊の身は低エコー均一で面積計算により重量当たりの正身量がわかる。



- 超音波プローブ
- 烏賊の短冊
- 漬けダレ



烏賊短冊の長軸像、低エコー均一
 烏賊短冊の短軸像、低エコー均一
 微小空気のバブルを認める
 漬けダレ、高輝度粗雑不均一

べったら漬



超音波プローブ
 微量の水分(漬けダレ)
 大根の切り身



超音波透過性は非常に悪く大根の切り身の形状も確認できない。水分の除去による繊維成分の圧縮により超音波透過不良を示唆する。生の大根は空気を身質に多く含み超音波透過不良を呈す。

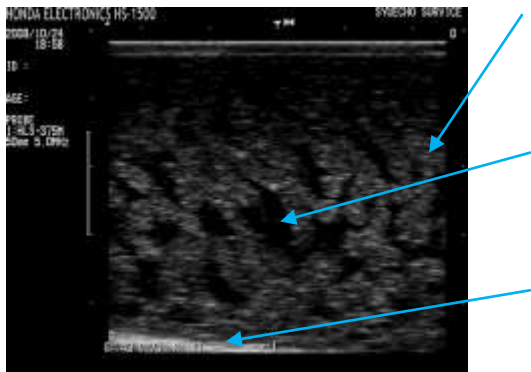
しらたき



超音波プローブ
 ビニールパック内部は漬けダレでみたまされている
 ソーメン状のしらたきが密に内封されている

しらたきの比較的低い均一なエコー反射を示し微細果粒が数珠様に細長く連なって観察される

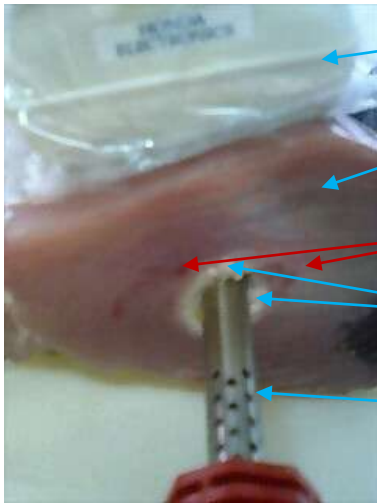
しらたきの超音波像



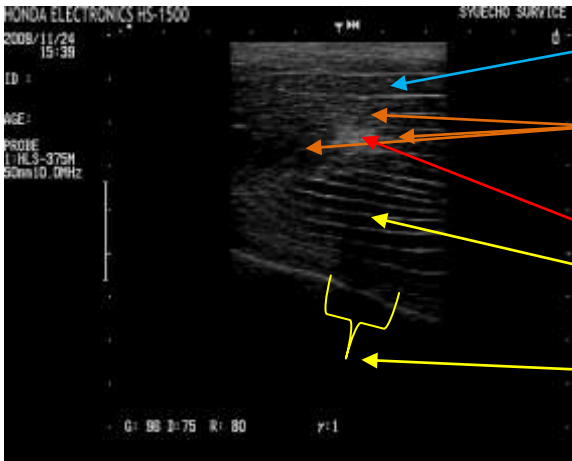
マグロ焼け実験



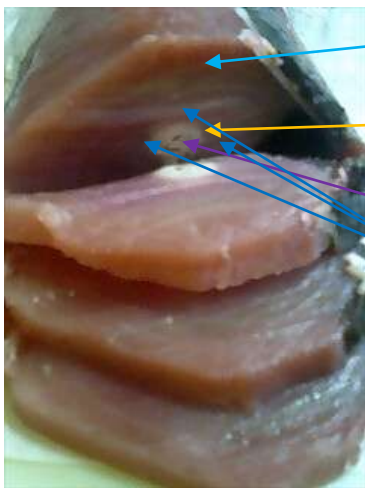
- HDD 内蔵カラーモニター
- 超音波プローブ
- キハダマグロ中トロ背シモブロック
- はんだごてを差し込んで加熱



超音波プローブ
 キハダマグロ中トロ背シモブロック
 血のにじみ
 はんだごての熱で焼けが進行
 はんだごて



筋繊維明瞭
 筋繊維の変化が見られはじめる
 明らかに高エコー粗雑
 筋隔軽度不明瞭化
 アコースティックシャドウの出現



特に変化は見られない
 明らかな焼け
 中心部にはんだごての挿入跡を認める
 境界は明瞭に認められ身の熱伝播は不良であり、熱のこもりやすい特徴を捉えている

実験により焼け部は超音波観察上高エコー粗雑に変化し、その度合いにより後方エコーの消失(アコースティックシャドウ)の出現が見られる。焼けと普通身との境界は明瞭

に認められ、マグロの身質の熱の伝播は低い事が示唆される。そのため中心部に熱がこもり局所的な強い焼け現象を観察するのではないかと分析する。

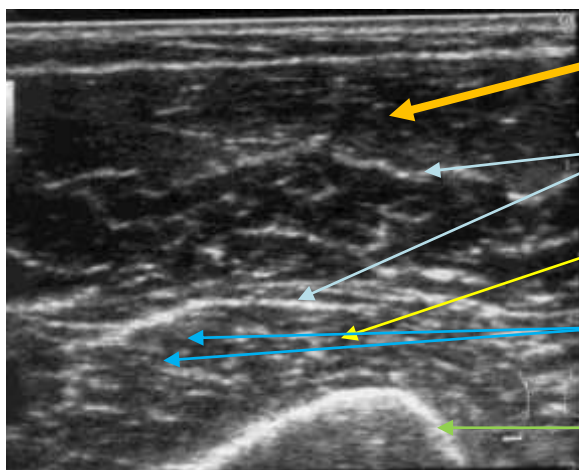
上腕二頭筋収縮(力瘤) 上腕筋伸展超音波像

収縮は筋細胞が密になり低エコー均一及び透過性の促進を示す

伸展は筋細胞は疎になり収縮時に比べて高エコー粗雑不均一で観察される

屈伸運動を行いながらリアルタイム観察すると筋肉の伸縮領域とその加減の判断ができる。うっ血の場合もこのように観察されることが多く、また内出血の場合にはエコーフリースペースの出現が見られる事が多かった。

これをEPOCH1000iにて観察した場合、力の入れ具合で筋肉の変化を色合いで観察されるものと示唆する。リハビリやトレーニングの筋肉の運動量をカラー映像化できる。



- 上腕二頭筋は収縮により筋繊維は密になり低エコー化変化を示す
- 筋膜は波状
- 筋膜は平滑
- 上腕筋は伸展し筋繊維は細くなりエコージェニックで見られる。
- 点在性に無エコー微細管空構造も見られる
- 上腕骨の境界面

