

海産物の非破壊評価方法についての調査研究

報 告 書

平成29年3月31日

一般社団法人 日本海事検定協会 検定サービスセンター

国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校 海洋機械工学科
講師 徳永憲洋

要 旨

水産物（海産物）に付加価値を与えるためには、水産物を評価する必要がある。例えば「脂の乗り」は鮮魚において重要な付加価値であり、脂の乗りの評価で鮮魚の価値が決まる。「脂の乗り」の付加価値は、豊後水道の関アジのような鮮魚のブランド化にもつながっている。しかし現在の水産物の評価は、目利き人による客観的評価が主流である。すなわち、農作物などで用いられる糖度や酸度といった「美味しさ」や「味」を表現する定量的な評価指標が水産物には見られない。さらに、水産物の「美味しさ」は、それぞれの水産物でも異なるうえに、消費者個人の官能的感覚にも起因する。そのため、特定の成分の評価だけでは、水産物の「美味しさ」を適切に評価できるとは言えない。多面的な成分分析と評価をもとに「美味しさ」を消費者に提示する必要があると考える。

そこで本事業では、水産物の成分を非破壊で定量的に測定・評価し、かつ水産物の官能的な表現である「美味しさ」を誰もがわかるように可視化し提示できる装置を開発することを目標とする。当装置は対象とする水産物に超音波を照射・走査し、得られる超音波信号をソフトコンピューティングで解析することで、水産物の断面をはじめ、脂肪や筋繊維の割合や美味しさに繋がる要素（弾性や脂質など）の量を推定する。

本年度の事業では上記目標を達成するための基礎的研究として超音波信号から脂肪量およびテクスチャ（肉の硬さ）を推定する方法の提案と検証を行った。その結果、超音波信号から得られる **Integrated Backscatter 値（IB 値）** を用いることで脂肪量およびテクスチャの定量的推定が可能であることが示唆された。

目次

要 旨	2
1. 本事業について.....	4
1.1 本報告書の適用範囲等	4
1.2 事業目的.....	4
2. 研究背景と目的.....	5
2.1 研究背景.....	5
2.2 研究目的.....	6
3. 実験試料および器具・装置	6
3.1 実験試料と使用した装置.....	6
3.2 魚体スキャン装置の構成	7
4. 研究.....	8
4.1 研究の枠組み.....	8
4.1.1 (A) 魚体データの取得.....	8
4.1.2 (B) 超音波信号データの解析	10
4.2 結果と考察	13
4.2.1 IB 値行列の結果と考察.....	13
4.2.2 IB 値と脂質量, テクスチャとの関連の結果と考察	14
5. 総括.....	18
参考文献	19
海産物の非破壊評価方法についての調査研究委員会 委員一覧.....	20

1. 本事業について

1.1 本報告書の適用範囲等

本報告書は、一般社団法人日本海事検定協会（以下、日本海事検定協会）と国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校（以下、水産大学校）の共同研究である「海産物の非破壊評価方法に関する調査研究」（以下、本事業）の適用範囲に基づく研究成果を取りまとめたものである。本事業の実施場所は、水産大学校 海洋機械工学科 および 日本海事検定協会 検定サービスセンターである。

1.2 事業目的

水産物に品質や安全性，健康増進の付加価値の付与，さらに水産物の「おいしさ」を提示するために，主に海産物の非破壊評価方法に関する調査研究を水産大学校と日本海事検定協会が共同で実施し，その成果を報告書としてまとめ，公表するものである。

2. 研究背景と目的

2.1 研究背景

わが国の水産物のうち魚介類（食用）の自給率（重量ベース）は、59%（平成27年度）と米・野菜に次いで高い割合を示している一方で、食生活の変化により水産物の消費量は年々減少している[1]。このことから水産物に品質や安全性、健康増進などの付加価値を与えることができれば、水産物のブランド化が促進され、新たな市場を国内外で形成することができると思われる。

水産物に付加価値を与えるためには、水産物を評価する必要がある。例えば「脂の乗り」は鮮魚において重要な付加価値であり、脂の乗りの評価で鮮魚の価値が決まる。「脂の乗り」の付加価値は、豊後水道の関アジのような鮮魚のブランド化にもつながっている[2, 3]。このように水産物を評価することと水産物の付加価値は密接な関係にあるといえる。

しかし現在の水産物の評価は、目利き人による客観的評価が主流である。すなわち、農作物などで用いられる糖度や酸度といった「美味しさ」や「味」を表現する定量的な評価指標が水産物には見られない。小売店などの鮮魚売り場において、水産物に「活締め」や「朝獲れ」などの表示はあるが、「脂の乗り」や「魚肉の硬さ」などの定量的な評価を見ることがない。また肉質を定量的に評価する場合は、一旦鮮魚をさばいた後に肉を成分分析にかける必要があり、評価方法としては適切といえない。

さらに水産物の「美味しさ」は、それぞれの水産物でも異なるうえに、消費者個人の官能的感覚にも起因する。そのため、特定の成分の評価だけでは、水産物の「美味しさ」を適切に評価できるとは言えない。多面的な成分分析と評価をもとに「美味しさ」を消費者に提示する必要があると考える。

このような背景の中で、水産物を定量的に評価する装置はいくつか販売されている。最近販売されている製品として、大和製衡株式会社の Fish AnalyzerTM（フィッシュアナライザTM）DFA100がある。Fish Analyzerは鮮魚の脂の乗りを定量的に評価する装置である。この装置は、4つの電極を用いて魚体に微弱な電流を流し、その流れにくさを示す抵抗値から脂肪率を推定している。しかしこの装置は、脂の量の評価に特化した装置であり、多面的な成分分析機能は備えていない。そのため、この装置だけでは多面的な水産物の評価が難しく、水産物に適切な付加価値を与えることも困難といえる。

2.2 研究目的

本事業は、水産物の成分を非破壊で定量的に測定・評価し、かつ水産物の官能的な表現である「美味しさ」を誰もがわかるように可視化し提示できる装置を開発することを目標とする。当装置は対象とする水産物に超音波を照射・走査し、得られる超音波信号をソフトコンピューティングで解析することで、水産物の断面をはじめ、脂肪や筋繊維の割合や美味しさに繋がる要素（弾性や脂質など）の量を推定する。言い換えると、超音波を用いて非破壊的に水産物の成分を定量的に測定・評価することが可能である。また成分分析の結果から水産物の「美味しさ」に関わる情報を画像化することを目指す。この装置の最大のメリットは水産物を解体することなく、その特性・特徴をモニタ画面上に表現させることにある。

本年度の事業では上記目標を達成するための基礎的研究として超音波信号から脂肪量を推定する方法の提案と検証を行った。

3. 実験試料および器具・装置

3.1 実験試料と使用した装置

【実験試料】

・マアジ

日本の三漁港で獲れたものを氷締めし、漁港から水産大学校に冷蔵輸送した。

漁獲された時期は、8月から9月、12月、2月の三期間で、期間毎に三漁港からマアジを輸送した。各漁港での試料調達、輸送の調整を日本海事検定協会の谷口、中野が行った。なお、本報告書の研究において使用した試料は12月の分である。

8月から9月の試料はデータ取得を主とした。また超音波での実験方法の確立やデータ取得の調整などに利用した。

【装置】

・魚体スキャン装置

水産大学校海洋機械工学科 徳永研究室で作成したものを使用。

魚体スキャン装置の構成については後述する。

・テクスチャ試験機（フォースゲージと縦型電動計測スタンド）

フォースゲージ：IMADA 社製 ZP-50N

縦型電動計測スタンド：IMADA 社製 MV-500NII

水産大学校海洋機械工学科 太田研究室所有のものを使用

・ディープフリーザー：日本フリーザー NF-75SF3

日本海事検定協会所有の機器

3.2 魚体スキャン装置の構成

本研究では、魚体に対して超音波を照射・走査するための装置として、水産大学校海洋機械工学科の徳永研究室で作成された超音波魚体スキャン装置を利用した。図1に超音波魚体スキャン装置の外観を示す。

図2に超音波魚体スキャン装置の構成を示す。超音波の発生は超音波探傷器であるDIO-1000J (Starmans 社製)を利用した。また探触子は二つの探触子を用い、それぞれ送信・受信側探触子とした。送信側の探触子は公称周波数 10MHz のものを利用した。受信側の探触子は公称周波数 5MHz のものを利用した (どちらも1探触子で送受信できるものである.)。二つの探触子はXYZ ステージにおけるZ 軸ステージ上の冶具に取り付けられている。受信側の探触子から得られた超音波信号はオシロスコープ (UDS-1G02S-10k : 日本データシステム株式会社製) を介してパソコンに記録される。パソコンは超音波信号の記録と XYZ ステージの制御に利用する。

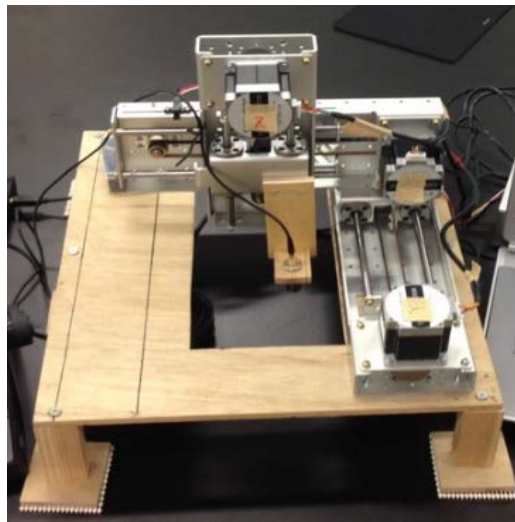


図 1. 超音波魚体スキャン装置の外観

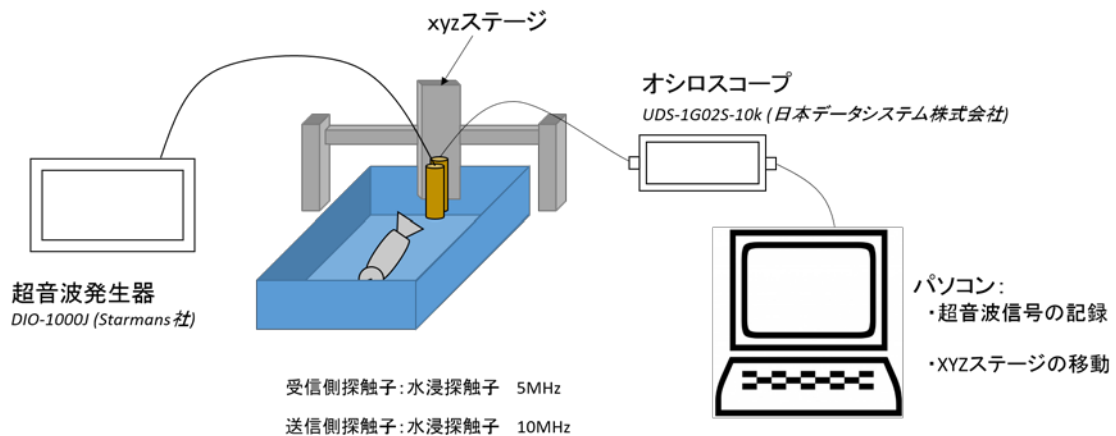


図 2. 超音波魚体スキャン装置の構成

4. 研究

本研究では、超音波を魚体に照射し得られた超音波信号から脂肪量とテクスチャ（魚肉の硬さ）を推定する方法の提案と検証を行う。

超音波信号は様々な音響情報を保有しており、医療の分野では超音波の後方散乱波を2次元画像に表示すること（B-mode表示という）で非侵襲的に生体内の臓器の状態を診断することができる。また筋繊維や脂肪などは組織毎に密度や弾性が異なるため音響特性も異なる。この特性を利用し、組織の性状を特定するなどの診断も行われている。例えば超音波信号から冠動脈の壁内についての脂肪（プラーク）の場所の推定などが行われている[4]。このことから、超音波から魚体内の脂肪量やテクスチャも推定できると期待される。

本研究では、超音波を利用して魚体内のこれらの量を推定可能かどうか調査することに主眼を置く。

4.1 研究の枠組み

本研究は大きく分けて、(A) 魚体データの取得、(B) 超音波信号データの解析、の2ステージで構成される。

4.1.1 (A) 魚体データの取得

本研究では鮮魚試料としてマアジに着目した。マアジは一年を通して比較的多く漁獲されるだけでなく、獲れる場所、時期によって脂肪量などの特徴が異なる。このため、様々な特徴のマアジに対して超音波信号データを取得でき、データの解析を容易にする。このことから試料としてマアジに着目した。

マアジは日本の三漁港において漁獲されたものを漁獲直後に氷締めし、冷蔵輸送によって水産大学の徳永研究室に送られたものを使用する。

本ステージでは、以下の手順に従って魚体から様々なデータを取得する。

- (1) 魚体の体長、体高、体幅、体重を測定する。
- (2) 魚体をスキャン装置に設置し、超音波信号データを取得する。
- (3) 魚体を三枚おろしにし、二枚のフィレのテクスチャ測定を行う。
- (4) フィレを分析機関へ冷凍輸送し、各種成分の分析を行う。

(1) 魚体の体長、体高、体幅、体重を測定する。

本測定において、体長は魚の口先から尾びれの先までを測定する。体高は背縁から腹縁までの垂直方向の距離において最も大きい部分を測定する。体幅は左右のヒレ部分の距離を測定する。体重はデジタルはかりで測定する。

これらの測定は日本海事検定協会の谷口、中野が行う。

(2) 魚体をスキャン装置に設置し、超音波信号データを取得する。

魚体をスキャン装置に設置し、超音波を照射しながらスキャンを行う。スキャン中は100msec 毎に超音波信号データがパソコンに記録される。

スキャンでは図3に示すように、魚体上の探触子をジグザグに動かしながら超音波を照射する。プローブの移動速度は2.16 mm/sec である。このため、超音波信号データは約0.22 mm 間隔で記録されることになる。照射する超音波はバースト波としPRFは200Hz、送信周波数は20MHzとする。また取得されるデータのサンプリング周波数は500MHzである。

(3) 魚体を三枚おろしにし、二枚のフィレのテクスチャ測定を行う。

魚体を三枚おろしにした後に、二枚のフィレの重量をデジタルはかりで測定する。その後、テクスチャ測定器にフィレを設置し、フィレのテクスチャを測定する。

フィレのテクスチャ測定では、二枚のフィレそれぞれに対して三ヶ所のテクスチャを測定する。測定箇所はエラ側からぜいごまでを三等分した箇所とした。測定では測定器の治具をフィレ表面まで下し、そこから治具を4 mm下した際のテクスチャを測定値とした。測定値の単位はN (ニュートン) である。

(4) フィレを分析機関へ冷凍輸送し、各種成分の分析を行う。

フィレの成分分析は分析機関 (ビューロベリタス社) で行う。分析項目は、栄養成分6項目 (エネルギー、タンパク質、脂質、炭水化物、水分、灰分)、核酸・K 値、遊離アミノ酸20種 (アスパラギン酸、スレオニン、セリン、アスパラギン、グルタミン酸、グルタミン、プロリン、グリシン、アラニン、バリン、シスチン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、ヒスチジン、リジン、トリプトファン、アルギニン) である。このうち核酸・K 値、遊離アミノ酸20種については、本研究では取り扱わず、来年度以降の事業における「美味しさ」の指標解析において利用するために分析を行う。また、超音波の信号データからこれらの成分を推定できる可能性もあるが、本研究内では取り扱わないものとする。

走査： ジグザグに5回往復

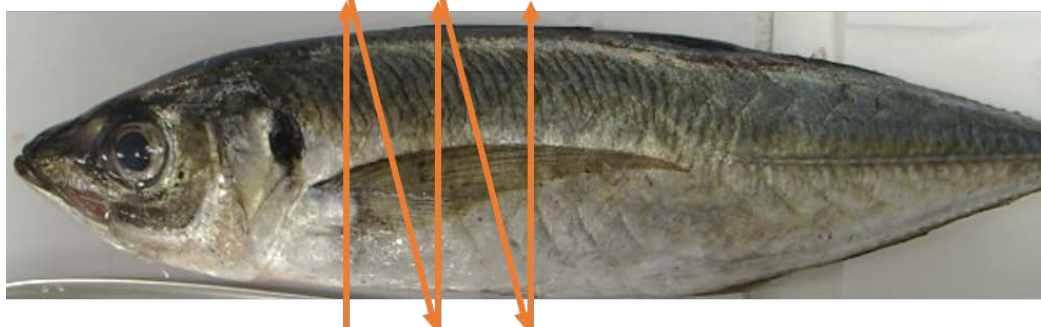


図 3. 超音波プローブの移動

4.1.2 (B) 超音波信号データの解析

超音波データの解析は水産大学の徳永研究室所有のパソコン上で行う。解析するソフトウェアは徳永研究室所有の Matlab (Mathwork 社製) を用いる。

解析の手順は以下のとおりである。

- (1) 超音波信号データから魚体部分の関心領域 (ROI) を切り出す。
- (2) ROI の信号の前処理
- (3) (2) の信号をもとに IB 値を求める。
- (4) IB 値を区分けし、区分けされた IB 値ごとに分布数を求める。
- (5) (4) で求めた分布数と脂質量、テクスチャとの相関を計算し、最も高い相関を出した IB 値の区間を割り出す。

(1) 超音波信号データから魚体部分の関心領域 (ROI) を切り出す。

魚体をスキャンして得られた超音波信号データの B-mode イメージ (一例) を図 4 に示す。5 往復分の魚体の断面が映っている。この B-mode イメージを利用し、魚体の上側半分の領域を関心領域 (ROI: Region Of Interest) として指定する。ROI は信号を処理したい部位を囲んだ領域のことである。本研究では ROI は矩形領域とする。本研究での ROI の例を図 4 に示す。この ROI 内の超音波信号を解析に利用する。これにより 1 魚体の超音波スキャンデータから 5 領域の ROI が得られる。この切り出しは手動で行う。

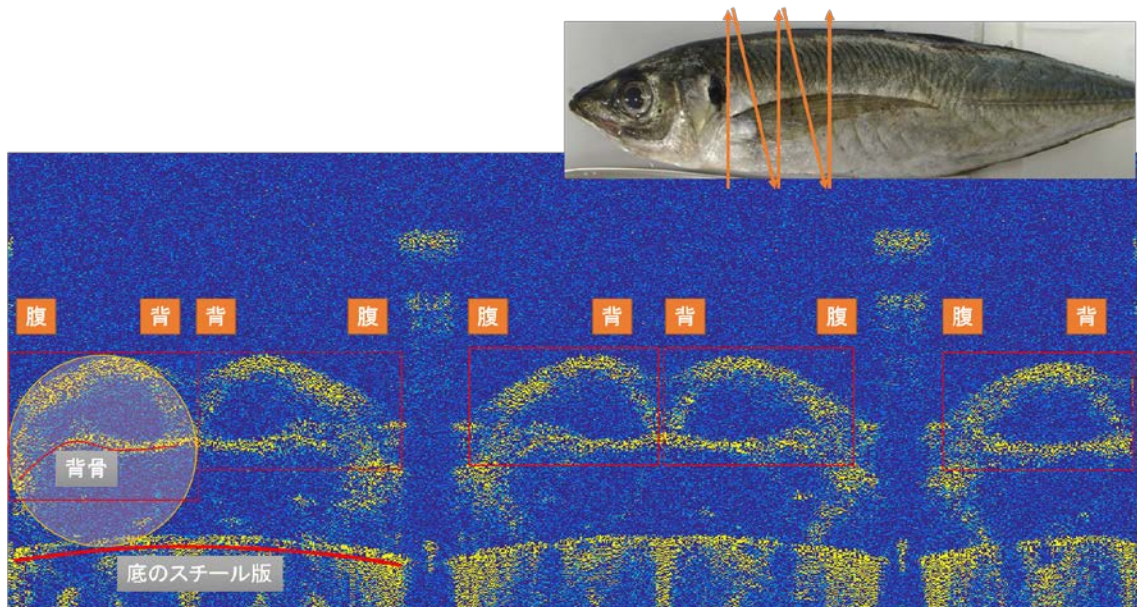


図 4. 魚体をスキャンして得られた超音波信号データの B-mode イメージ
赤の矩形枠は関心領域 (ROI) を示す。

(2) ROIの信号の前処理

信号の前処理として、信号に一階差処理を行う。信号処理では通常、ローパスフィルタをかけることで信号からノイズなどの不必要な信号成分を除去するが、ローパスフィルタをかけることで解析に重要となる信号成分が除去されることも考え、本研究では行わないこととした。階差をとった理由は、取得された超音波信号に加わっていたバイアス成分を除去するためである。

(3) (2)の信号をもとにIB値を求める。

(2)の処理を施した後に、信号からIB値(Integrated Backscatter Value)を求める。IB値とは超音波が構造物で反射する際の後方散乱波のエネルギーを表す値である。IB値は頸動脈エコーや、血管内超音波検査での組織性状診断で用いられており、脂質組織や繊維組織の場所の特定などで有意な結果が得られている[5, 6]。

IB値の計算は様々な方法が提案されているが、本研究では次式で計算する。

$$\mathbf{IBV} = 20 \log \left(\frac{\sum_i P(f_i)}{\sum_i P_b(f_i)} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

ここで、 $P(f_i)$ はフーリエ変換によって得られる周波数 f_i の周波数スペクトル強度を表す。

また $P_b(f_i)$ は基準信号から得られた周波数スペクトルを表す。基準信号では大抵の場合、スチール板に超音波を照射した際の反射信号を利用する。本研究でも同様にスチール板から得られた反射信号を利用する。式1は後方散乱信号の周波数スペクトルの面積の減衰率を求めている。組織によって減衰率が異なることを利用し性状特定を可能とする。

上記のIB値をもとに脂質組織の分布および量を推定するため、本研究ではIB値を計算するに先立ち、ROI内の信号に対して短時間フーリエ変換を施す。すなわちROI内の信号をさらに細かい領域に区分化し、区分化された領域ごとにフーリエ変換を施す(図5参照)。その後、区分化された各領域でIB値を求める。これにより深さ×横の大きさのIB値の2次元行列データが得られる。これを利用することで各種組織の分布を画像として表示することも可能になる。

5領域のROIすべてに対してIB値行列を求め、(4)からの行程に利用する。また全魚体サンプルにおいてIB値行列を求める。

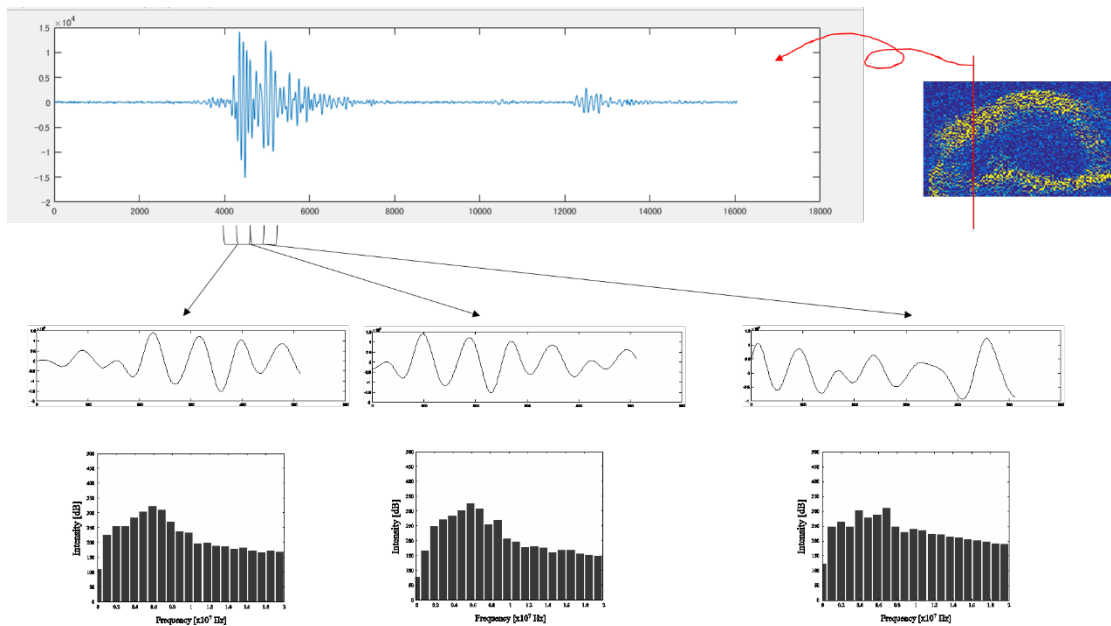


図 5. 短時間フーリエ変換の概念図

(4) IB 値を区分けし、区分けされた IB 値ごとに分布数を求める。

得られた IB 値行列において、どの値が脂肪量やテクスチャに関わっているかを調べる必要がある。そのため、本研究では IB 値をさらに細かく区分化し、その分布数（ヒストグラム）を求める。具体的には IB 値を-60 [dB]から 0 [dB]まで 1 [dB]毎に区分けし、それぞれの IB 値±3 [dB]における ROI 内の分布数（ヒストグラム）を求める。

そして、各 ROI で求められたヒストグラムを平均化したヒストグラムを（5）からの行程で利用する。

(5) (4) で求めた分布数と脂質量、テクスチャとの相関を計算し、最も高い相関を出した IB 値の区間を割り出す。

(4) で求められたヒストグラムの各ビンの値と魚体サンプルの脂質量およびテクスチャとの相関を求め、最も相関の高い IB 値の範囲を特定する。

4.2 結果と考察

本研究で使用したマアジは12月に三漁港から漁獲されたものであり、29匹のマアジをサンプルとして利用した。

4.2.1 IB 値行列の結果と考察

まずIB値行列を求めた結果の例を図6に示す。基準周波数スペクトル(式1の分母)に比べて減衰が大きい部位は色が青くなり、減衰が小さい場合は黄色で表示されている。図6の左側はマアジの腹側(「カマ」と呼ばれる場所)に相当し、黄色い部分は超音波信号の反射強度が強いことを表す。反射強度が強いということは、音響インピーダンスが大きく異なる二つの組織がこの部位に存在していることを表す。カマの皮下には脂の乗った肉が存在するため、この反応は皮と脂を多く含んだ肉との境界での反応ではないかと示唆できる。また下部の細長い線上の反応は、骨と魚肉の境目の反応を表している。

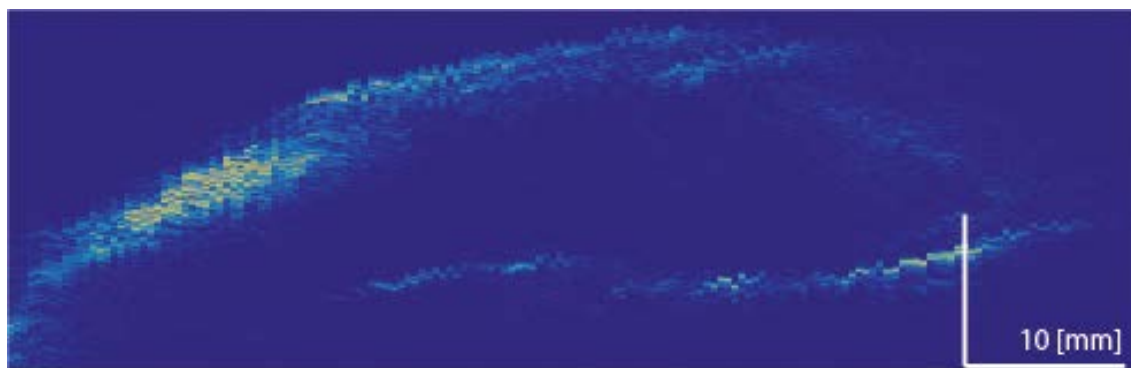


図 6. IB 値行列を画像として表示したもの (一例)

4.2.2 IB 値と脂質量, テクスチャとの相関の結果と考察

次に, (5) の行程で求められた IB 値と脂質量, テクスチャとの相関を調べた結果を図 7, 8 に示す. 結果から, 脂質量は IB 値が-43dB 付近の分布数で高い正の相関 ($r=0.6226$, $p=0.0003$) がみられた. 一方テクスチャについては-41dB 付近の分布数で高い負の相関 ($r=0.6015$, $p=0.0007$) がみられた. またそれぞれの IB 値における ROI 内の分布を図 9, 10 に示す. 図において青に近い色は分布の密度が疎であり, 黄色に近い色になるほど分布の密度が密であることを表す. 図 9 を見ると腹側の皮下付近が黄色くなっている. マアジにおいて脂が乗っている部位は腹側の肉であるため, 本結果における-43dB 付近の反応は脂肪を多く含む組織から得られたものではないかと示唆できる. またテクスチャに関しては脂肪の IB 値に近い値に対して高い負の相関がみられた. 脂肪が乗った肉ほど柔らかい, という主観評価があるが, 今回の結果でも同様の結果が得られたといえる.

さらに, 本行程においては相関だけでなく, 線形回帰も求めた. すなわち, 超音波信号から求められた IB 値の分布から脂肪量およびテクスチャをどれぐらいの精度で推定できるかを示す指標を求めた. 脂肪量, テクスチャにおける線形回帰の結果を図 11, 12 にそれぞれ示す. どちらの量においても比較的良い精度で推定できることが結果から示唆できる. しかし, ばらつきの大きいデータも存在する. これは, 今回の研究ではマアジの一部の断面の超音波信号しか取得していないため, IB 値の結果にバラツキが生じたのではないかと考える.

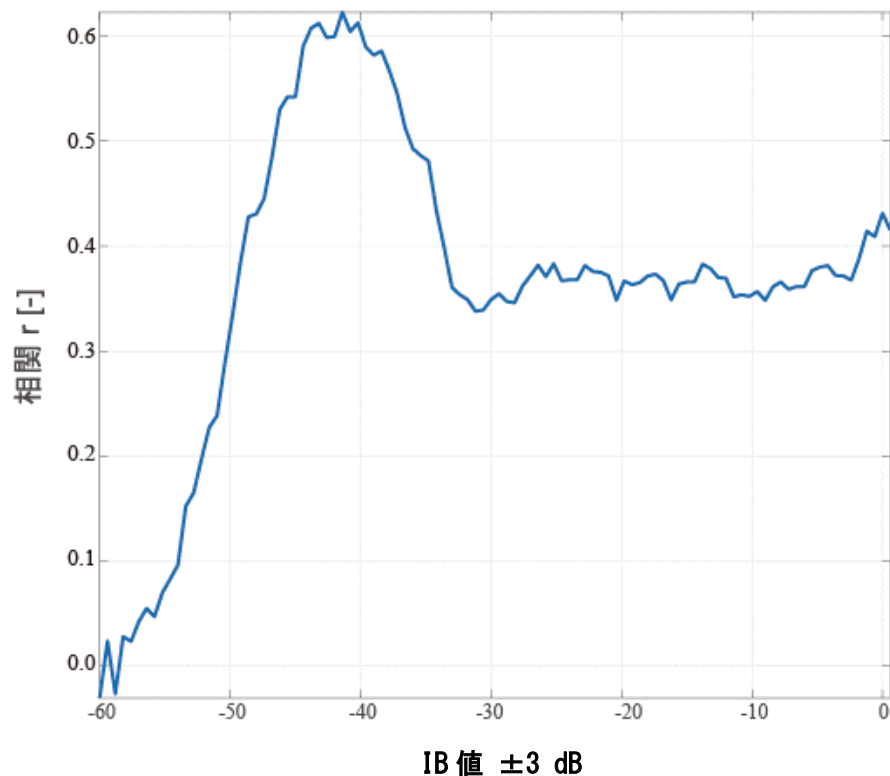


図 7. IB 値と脂肪量間の相関

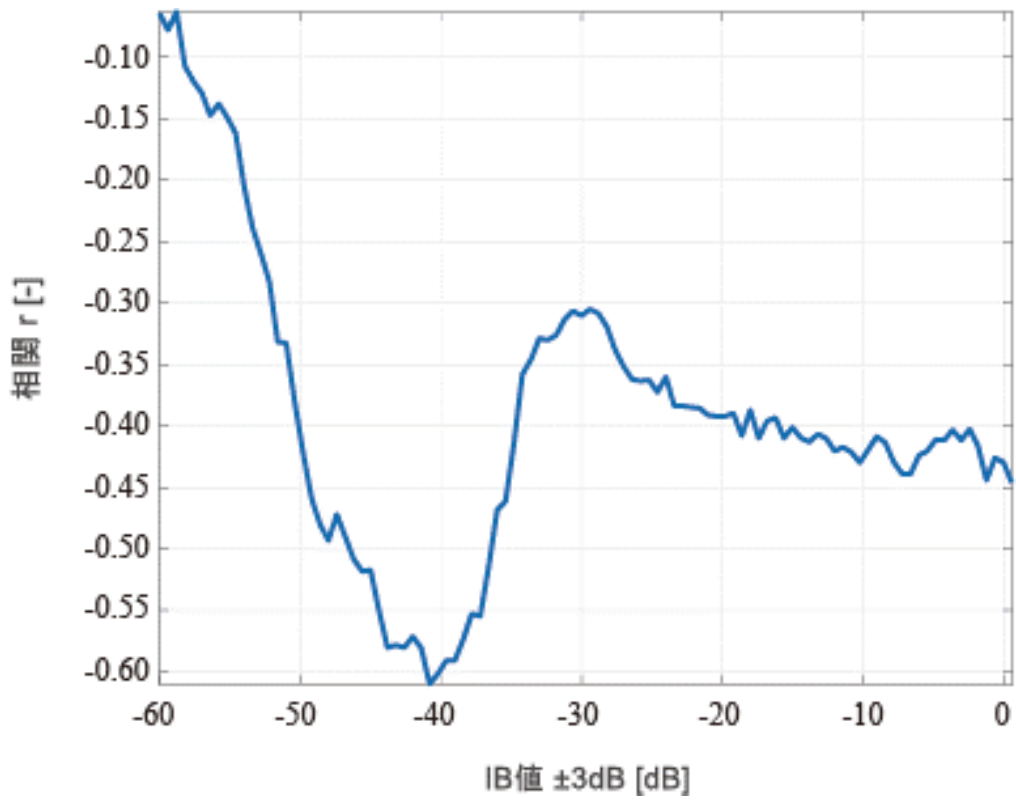


図 8. IB 値とテクスチャ間の相関

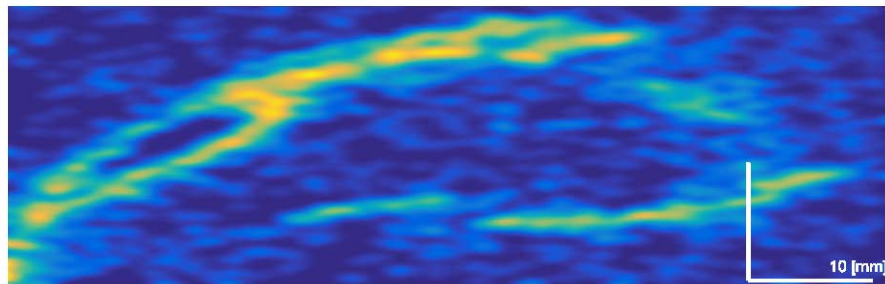


図 9. IB 値 -43 dB の分布. 青に近い色は分布の密度が疎であり, 黄色に近い色になるほど分布の密度が密であることを表す. ROI は図 6 の部位と同じ.

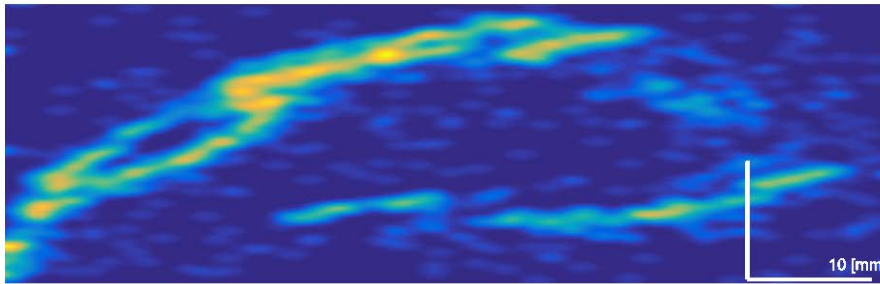


図 10. IB 値 -41 dB の分布. 青に近い色は分布の密度が疎であり, 黄色に近い色になるほど分布の密度が密であることを表す. ROI は図 6 の部位と同じ.

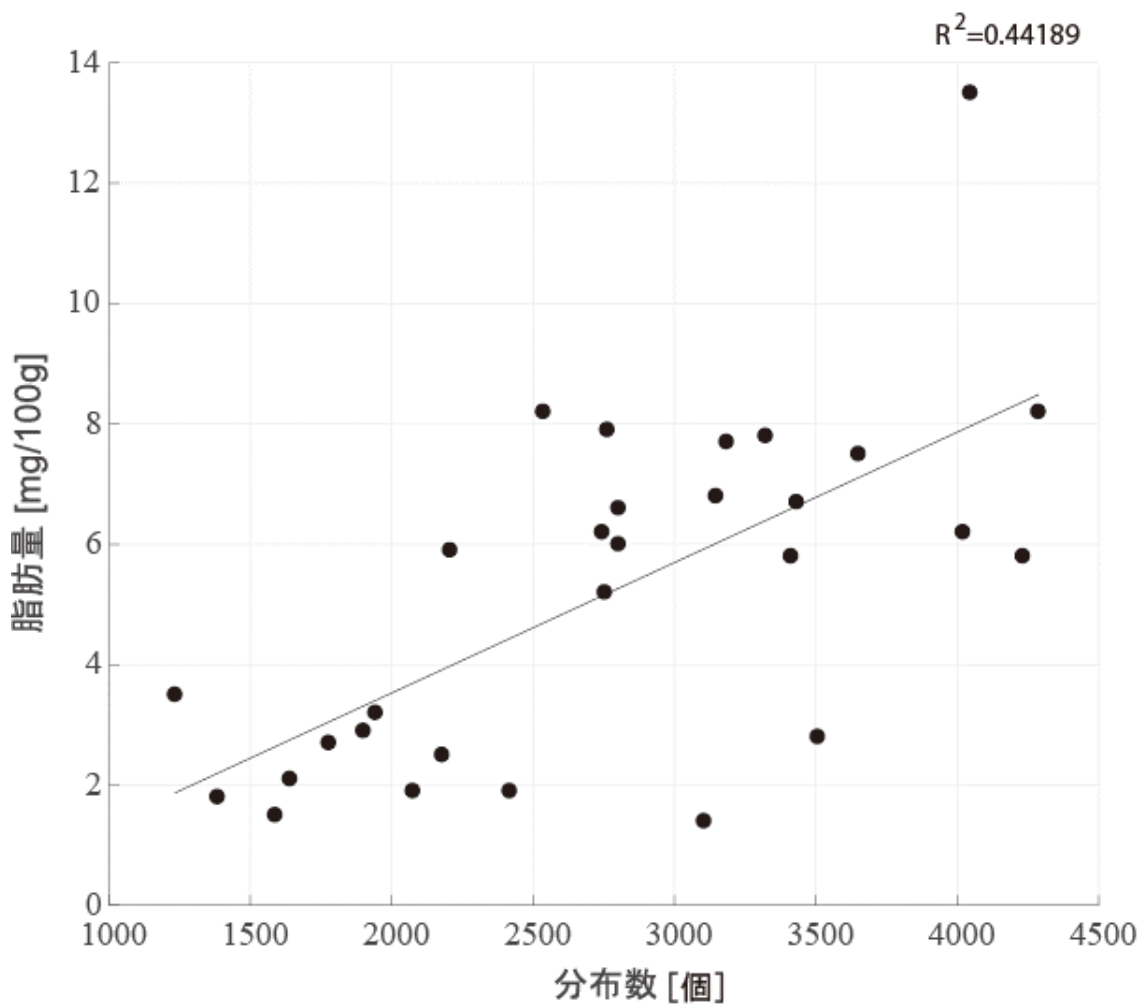


図 11. IB 値と脂肪量間の線形回帰直線

$R^2=0.4347$

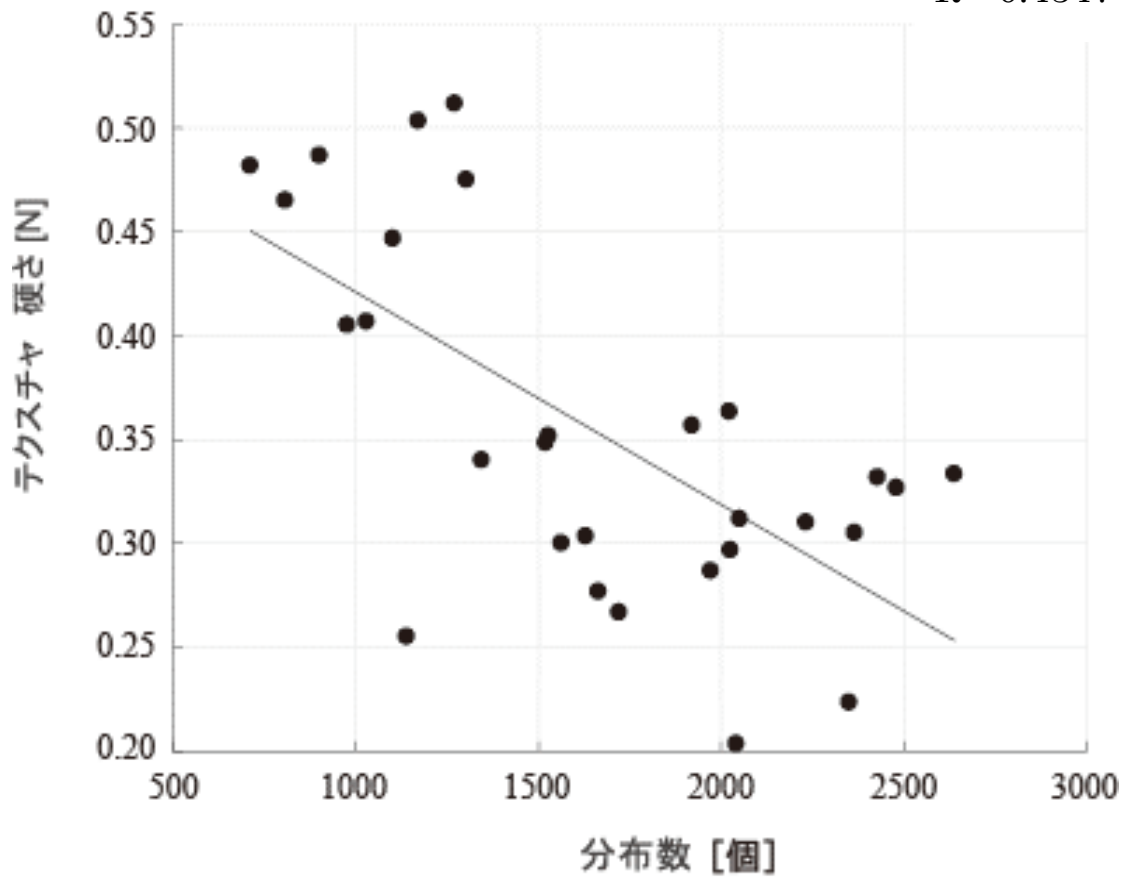


図 12. IB 値とテストチャ間の線形回帰直線

5. 総括

本事業は水産物の成分を非破壊で定量的に測定・評価し、かつ水産物の官能的な表現である「美味しさ」を誰もがわかるように可視化し提示できる装置の開発を目標とし、本年度の研究では、超音波を用いて非破壊的に脂肪量やテクスチャを推定できる方法の確立を目的として研究を行った。

研究の結果、超音波信号から求められた IB 値において-41~-43 dB 付近の分布数を見ることで、脂肪量とテクスチャの量を推定できることが示唆された。さらに脂肪量と水分量の間には非常に高い負の相関があるので、超音波の利用で脂肪、水分、テクスチャの3成分の推定が可能になったといえる。ただし、タンパク質については IB 値との高い相関は見られなかった。タンパク質は組織として存在するわけではないため、本方法ではタンパク質量の推定は難しいと考える。そのため別のアプローチによりタンパク質量を推定する必要があると考える。

IB 値は周波数スペクトルの積分値なので、大雑把に組織の性状を割り当てているに過ぎない。もっと詳細に組織の性状を割り当てるとなれば、周波数スペクトルのパターン、あるいは超音波信号の時系列的变化を利用する必要がある。これらのアプローチとして、徳永が提案している自己進化型モジュラーネットワーク[7]やモジュラーネットワーク型自己組織化マップ[8]などのソフトコンピューティング手法の利用が考えられる。徳永は血管内超音波法における組織性状判別においてモジュラーネットワーク型自己組織化マップを利用し、超音波信号の時系列的な変化を見ることで高い精度の判別が可能であることを示している[9]。今後の方針としては、これらのアプローチについても検証する必要があると考える。また、成分分析で得られたアミノ酸 20 種の分析結果と「美味しさ」との関連性を見出す実験（例えば官能試験と分析結果との他因子間分析などを行う）が必要であると考えている。

参考文献

- [1] 平成 22 年度水産白書(1)水産物の消費動向, 水産庁 (2012)
- [2] 山中 英明, 魚介類のブランド化とトレーサビリティ, 日本調理科学会誌, vol.39, no.2, pp.108-114 (2006)
- [3] 寫本 淳司, 長谷川 薫, 井出 圭, 河野 澄夫, 生・凍結マアジの近赤外分光法による脂肪量の非破壊測定, 日本水産学会誌, vol.67, no.4, pp.717-722 (2001)
- [4] 川崎雅規, 血管内超音波, 冠疾患誌, vol.13, pp.34-37 (2007)
- [5] M. Kawasaki, et al., Non-invasive tissue characterization and two-dimensional color-coded map of human atherosclerotic lesions using ultrasound integrated backscatter: Comparison between histology and integrated backscatter images before and after death, Journal of the American College of Cardiology, vol.38, pp. 486-492 (2001)
- [6] M. Kawasaki, et al., Diagnostic accuracy of optical coherence tomography and integrated backscatter intravascular ultrasound images for tissue characterization of human coronary plaques, Journal of the American College of Cardiology, vol.48, pp.81-88 (2006)
- [7] K. Tokunaga, N. Kawabata, T. Furukawa, Self-Evolving Modular Network, IEICE Transactions on Information and Systems, vol.E95-D, no.5, pp.1506-1518 (2012)
- [8] K. Tokunaga and T. Furukawa, Modular network SOM, Neural networks, vol.22, pp.82-90 (2008)
- [9] K. Tokunaga, E. Uchino, H. Tanaka, N. Suetake, Intravascular ultrasound-based tissue characterization using modular network self-organizing map, Applied soft computing, vol.44, pp.89-100 (2016)

海産物の非破壊評価方法についての調査研究委員会 委員一覧

	氏名	所 属
委員長	夏井光一	(一社) 日本海事検定協会 検定サービスセンター
	川原田久司	同上
	金子幸央	同上
	谷口真市	同 名古屋第二事業所
	中野新太	同上
	徳永憲洋	国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校 海洋機械工学科 講師