

超音波画像解析によるカキ異物検出法の開発

橋本顕彦・渡邊弥生・塩野忠彦・青山康司

Development of a method for using ultrasonography to detect foreign bodies in oysters

Akihiko Hashimoto, Yayoi Watanabe, Tadahiko Shiono and Yasushi Aoyama

In this study, we used a medical ultrasonic tomography to detect foreign bodies attached to and mixed in with oyster meat removed from the shell. Oyster meat containing shell fragments was placed in water and subjected to ultrasonic tomography. Since the fragments were observed as bright spots in the image obtained, we examined methods for detecting bright spots using image processing. The results showed that a combination of contour detection processing and bright spot detection processing was useful for identifying foreign body candidates. We tried to identify the adductor muscle from other oyster tissues, in order to identify bright spots suggesting the presence of foreign bodies attached to the adductor muscle, but could not achieve clear identification.

消費者の食の安全性への意識の高まりから、異物の問題はより深刻化する傾向にある。食品異物の検査装置には様々なものがあるが、様々な業種で使用されている装置として金属探知機やX線検出器があげられる。しかし、金属探知機は金属以外を検出ができないなど、それぞれの装置には欠点があり、あらゆる異物に対応できるわけではない。

超音波は気体、液体、固体のどの媒質中でも伝播し、伝播中の媒質と異なる性質の媒質に当たると、その界面において反射する特徴がある。また、高密度の物質でも低密度の物質でも反射測定が可能であることなど、他の検査方法にはない特性を持つ^{1,2)}。これらの性質を食品異物の検出に応用することで、新たな検査機器の開発が期待できる^{3,4,5)}。本報告では医療診断用機器を使用し、超音波反射画像によるカキむき身に混入する異物の検出を試みた。

1. 実験方法

(1) 材料・装置

カキは広島湾産の冷凍カキを解凍して用いた。異物についてはカキ殻を粉碎して用いた。異物カキはカキの外套膜とえらの間にカキ殻(3 mm角)を挟み込んで調製した。異物の検出は超音波画像診断装置(sarano, 鳥津製作所)により行った。

(2) 超音波測定

プラスチック製水槽にカキが十分に浸かる量の水を入れ、カキむき身を沈めた。カキむき身の上部から鉛直方向に超音波が当たるように超音波画像診断装置のプロープの発信部を水に浸け、超音波測定を行った。周波数は6.0-9.0 MHz、フォーカスは1点、ゲインは20、sizeは30 mmに設定して行った。測定はカキの外套膜縁側から長軸方向(唇

弁側)にプロープを3 mmずつ平行移動させて、この軸の鉛直方向に超音波透過撮影を行い、20枚の連続断層画像を得た。

(3) 画像処理

画像処理はPaint shop pro ver. 8 (Jasc software) およびPop imaging 3.8 (デジタル・ビーイング・キッズ)によって行った^{6,7,8)}。画像診断装置の画像はビットマップイメージであり、それをパソコンに取り込み画像処理を行った。

2. 実験結果および考察

超音波画像診断装置によって得られたカキの断層撮影図をFig. 1に示す。画像(a)から(d)までは唇弁の反対の外套膜縁辺部から貝柱に至るまでの画像である。また、(d)の画像のみにカキ殻異物が輝点として得られた。画像(e)から(i)までは貝柱とその他の組織がどちらも存在する画像で、貝柱部分は表面部のみ反射が見られ内部には反射が少ない。そのことから密度的に比較的均一であると考えられる。画像(j)以降の画像は貝柱が含まれない組織部位の画像で、組織の複雑さに起因する密度界面があるため、超音波の反射源が多数存在する。

Fig. 1の画像(d)に現れた異物の輝点を画像処理により判別することとした。Fig. 1の画像(d)の画像処理結果をFig. 2に示す。(a)は原画像(Fig. 1の画像(d)と同じもの)で、超音波によりカキ殻がある位置の断面画像を取得している。カキの体内は反射が強い場所と弱い場所が存在しているため、画像に濃淡が発生する。カキ殻は反射が強いため、白色のピクセルで現れる。しかし、体内反射の強い部分とカキ殻の反射部分はどちらも白色のピクセルになり、階調で分離するのは困難であった。そこで、カキ

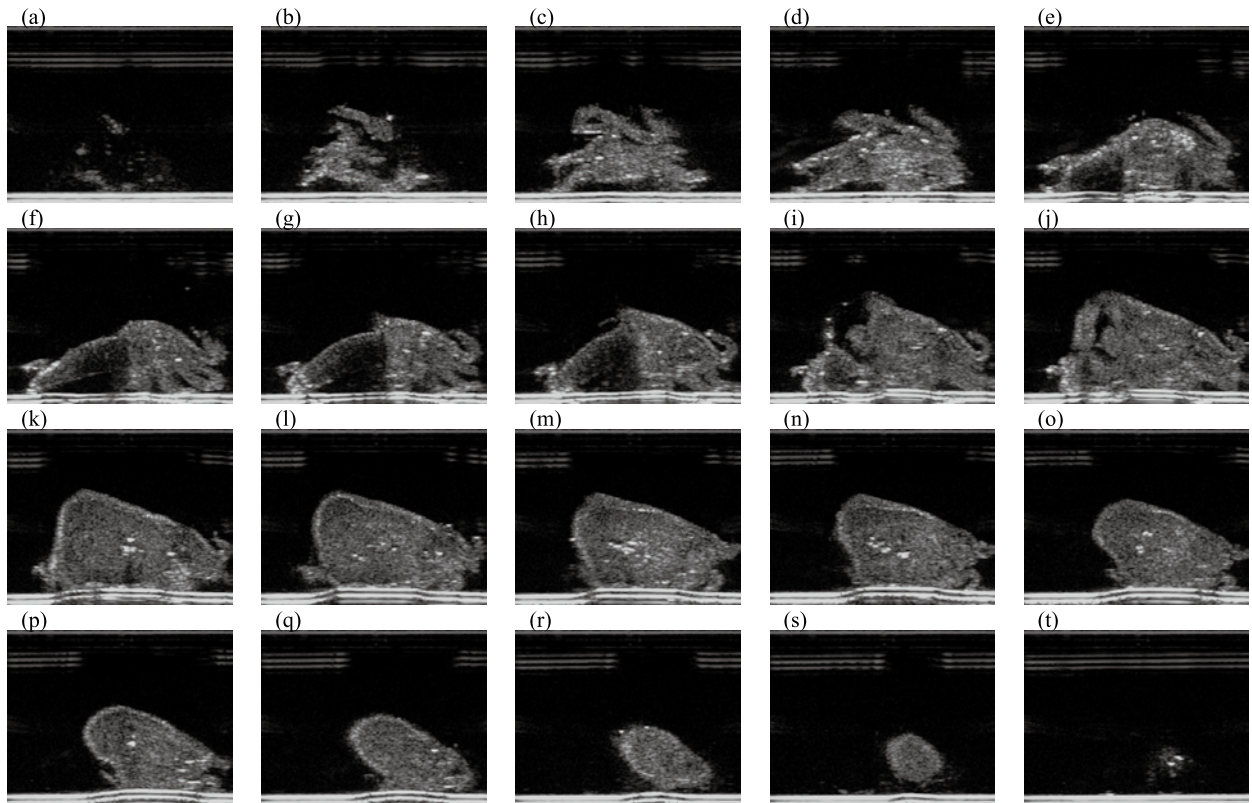


Figure 1 Tomographic image of oyster by ultrasonic sonograph.

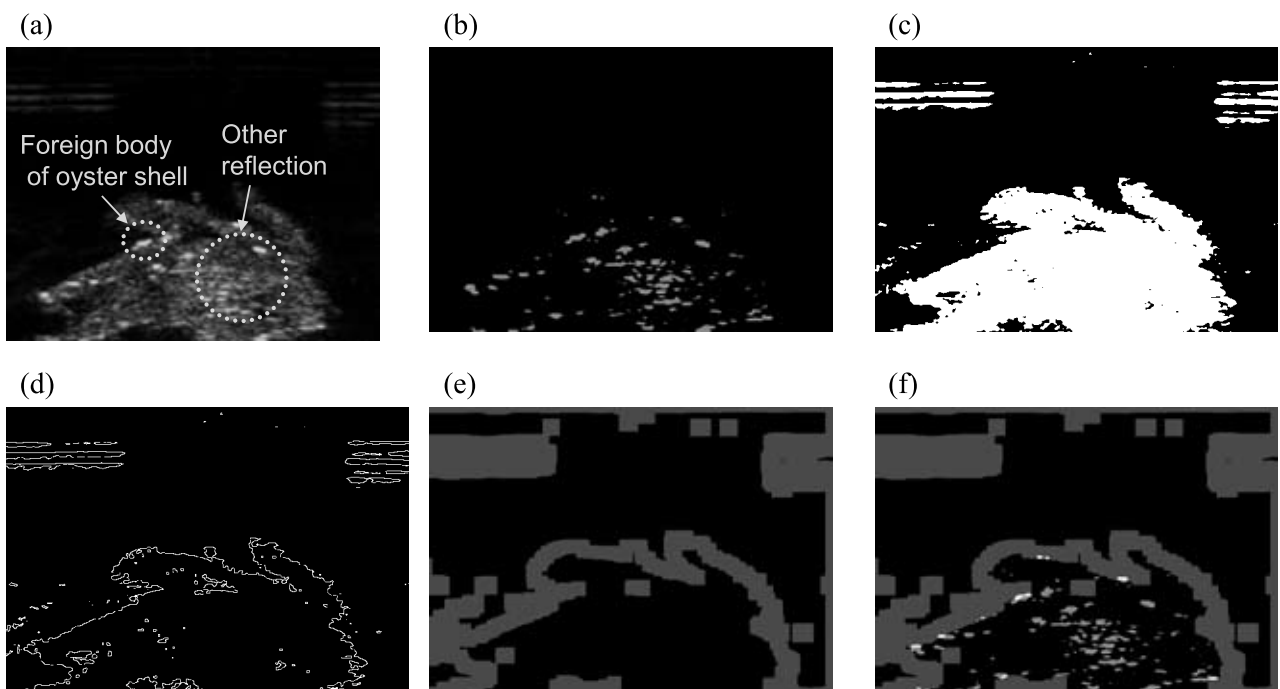


Figure 2 Foreign body by image processing of oyster tomographic images.

(a), original image; (b), binarization (low tone threshold); (c) binarization (high tone threshold); (d), edge detection of image (c); (e), opening of image (d); (f) image arithmetic (adding) between image (b) and (e).

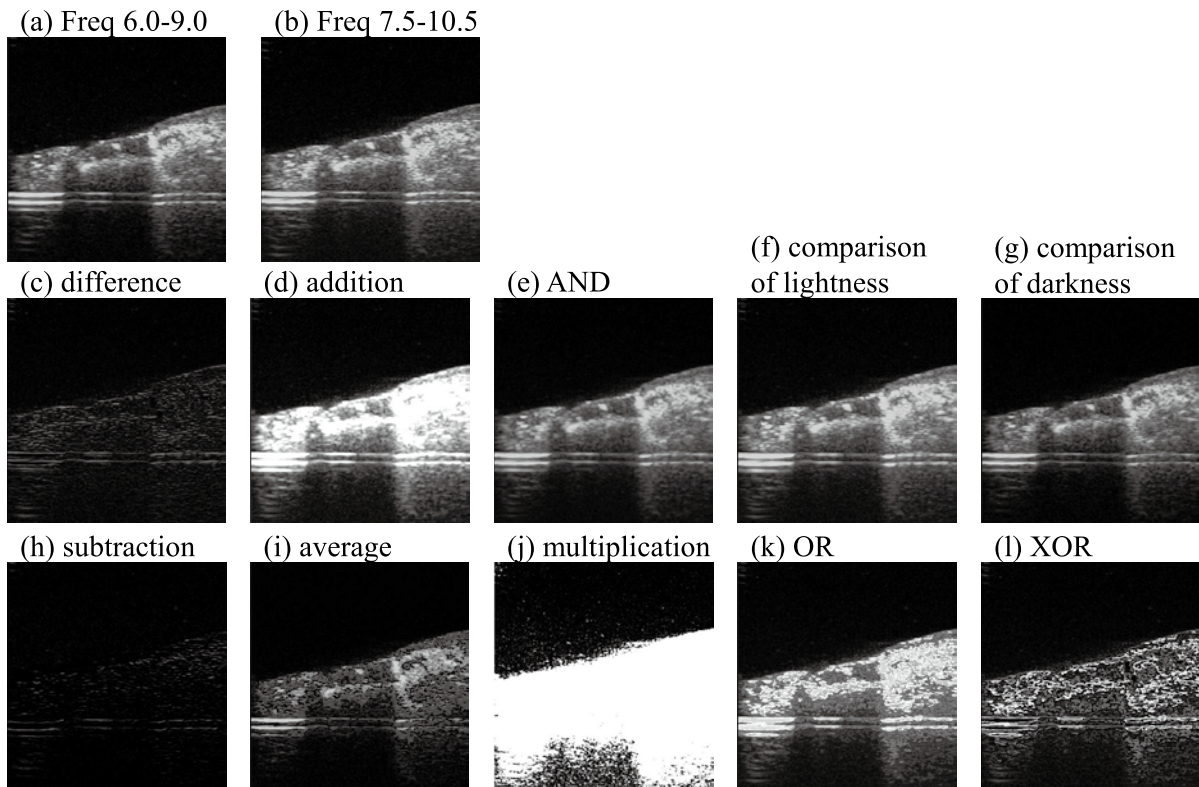


Figure 3 Adductor muscle detection by image processing of oyster tomographic image.

(a), original image of frequency 6.0 MHz-9.0 MHz; (b), original image of frequency 7.5 MHz-10.5 MHz; (c)-(l), image arithmetic between image (a) and (b).

断面画像の輪郭近傍（カキむき身の表面に近い部分に相当）にある輝点が異物であると仮定して、画像（a）で輪郭上にある輝点の検出を次の手順により試みた。まず、輝点を抽出するために閾値を高い階調に設定し、二値化処理を行った（画像（b））。一方、輪郭を抽出するため、閾値を低い階調に設定し画像（a）の二値化処理を行った（画像（c））。画像（c）のエッジ検出処理により輪郭線を得た（画像（d））。しかし、このままではカキ内部にも輪郭線が検出されるため、輪郭線で囲まれた面積が小さい領域を消去した後、画像のオープニング処理を行い、輪郭線を強調した（画像（e））。輝点を抽出した画像（b）とカキの輪郭である画像（e）について加算演算処理を行い、目的とする輪郭線と重なった輝点を得た（画像（f））。この処理では、異物の輝点1個を含む数個の輝点を得られ、異物候補を絞るは可能であったが、決定できなかった。

カキ殻異物はカキ打ち時に出る殻の残留物であり、通常は貝柱の表面に付着している。そのため、Fig. 2の処理に加え、貝柱の位置が認識できるように画像処理を行えば異物の検出が可能と考えられる。そこで、超音波画像において貝柱とその他のむき身の部分を識別することを試みた。2種類の周波数域（6.0-9.0 MHzおよび7.5-10.5 MHz）において異物のないカキむき身の測定を行い、その2画像について様々な演算処理を行った（Fig. 3）。AND及び明所比較、暗所比較の3処理において比較的美しい画像が得

られたが、これらを2値化しても貝柱とその他の部分の識別は困難であった。

要 約

カキ殻異物の検出技術の開発のため、超音波画像診断装置により取得した画像について検討し、以下の知見を得た。

(1) 超音波によるカキむき身の断層撮影を行った。プローブをカキの外套膜縁辺側方向から唇弁側方向へ移動しながら断層撮影を行った。カキむき身は比較的強い反射像が得られるが、貝柱部分は表面のみ反射強度が強いことが判明した。また、カキ内部には強い輝点が複数観察されたが、この輝点の由来については不明であった。

(2) カキ殻異物があるカキむき身の超音波断層画像について画像処理を行った。画像輪郭の検出と強い輝点の検出の演算によりカキ殻異物候補を絞り込むことが可能になった。

(3) カキ貝柱の識別について検討した。周波数の異なる超音波画像について、種々の演算処理を検討したが貝柱を明確に識別することはできなかった。

以上、超音波画像により、カキ殻異物を輝点として検出することは可能であるが、異物以外のものに起因する輝点との判別が課題である。これを解決することによって、新たな食品用異物検査機器の開発につながると考えられる。

文 献

- 1) Cobus, L.A.E.B., Ross, K.A., Scanlon, M.G. and Page, J.H., Comparison of Ultrasonic Velocities in Dispersive and Nondispersive Food Materials., *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 8889-8895 (2007).
- 2) Kuo, F.-J., Sheng, C.-T. and Ting, C.-H., Evaluation of ultrasonic propagation to measure sugar content and viscosity of reconstituted orange juice., **86**, 84-90 (2008).
- 3) Cho, B.-K. and Irudayaraj, J.M.K., Foreign Object and Internal Disorder Detection in Food Materials Using Noncontact Ultrasound Imaging., *J. Food Sci.*, **68**, 967-974 (2003).
- 4) Hæggström, E. and Luukkala, M., Ultrasound detection of foreign bodies in food products., *Food Control*, **12**, 37-45 (2001).
- 5) Zhao, B., Jiang, Y., Basir, O.A. and Mittal, G.S., Foreign body detection in foods using the ultrasound pulse/echo method., *J. Food Quality*, **27**, 274-288 (2004).
- 6) 田村秀行, 2値画像処理, 「コンピュータ画像処理」, 第1版 (オーム社, 東京), p.140, (2002).
- 7) 末松良一, 山田宏尚, 膨張・収縮処理, 「画像処理工学」, 初版 (コロナ社, 東京), p.128, (2000).
- 8) 小島清嗣, 岡本洋一, フィルタリングについて, 「画像解析テキスト」, 改訂第3版, p.43, (2008).