

# PS-13 超音波エコー計測による船体付着生物の検知

構造基盤技術系 \* 藤本 修平、島田 道男、谷口 智之  
環境・動力系 亀山 道弘

## 1. はじめに

船体表面へのフジツボ等の生物付着（船底汚損）は、推進時の船体抵抗を著しく増大させる<sup>1) - 3)</sup>。加えて、海洋生物が船舶の船体に付着して移動し本来の生息地から離れた場所で剥落・繁殖する「生物越境」も問題視されている。船底への生物付着対策としては、定期検査（ドック入り）時の船底清掃および防汚塗料の再塗装が一般的である。しかし、塗料の防汚効果は経時的に減少し、その減少度合は船舶の航行状況（航行する海域や停泊の日数等）に強い影響を受ける。したがって、船底への生物付着の防止のためには、入渠時の定期検査だけでなく適時に船底の汚損状況をモニタリングすることが望ましいが、ダイバーやカメラ搭載水中ロボットによる観測はコストが高く制限も多い。そこで、本研究は超音波センサを船内壁面に設置し、エコーの変化等から船体表面へのフジツボ等の生物付着を検知する手法（図1）の開発に向けて、その基盤となる技術の確立を目的とした。実際にフジツボを付着させた試験片を作成し、フジツボ付着の有無による超音波エコーの変化を実測した。以下に概要を述べる。

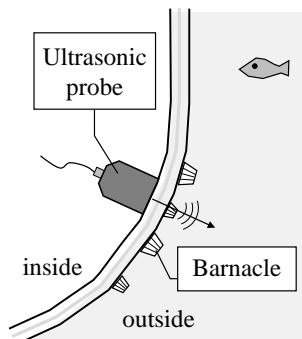


図1 超音波による船体付着生物の検知

## 2. 実験方法

### 2.1 試験片の作成

試験片には、高さ200 mm、幅190 mm、板厚9 mmの一般構造用鋼（SS400）を用いた（図2（a））。浸漬時には試験片を海水中で吊り下げて保持するためφ8 mmの穴を4隅に開けた。また、試験片の上下左右の位置を特定するため、4つの角のうちの1つに切り欠きを設けた。上述の寸法・形状の鋼片の両面にスチールショットによるブラスト処理を施して素地グレードSa2.5程度に調整した後、防食塗料（NKMコーティングス エポマリンAC（M））をスプレー塗装し試験片を作成した。塗装膜厚は250 μm（乾燥膜厚：125 μmを2回塗り）とした。片面へのフジツボ付着を防止するため、塩化

ビニル樹脂製の板を試験片片面に接着した（図2（b））。作成した試験片を用いて実海域での浸漬（海水中に長時間浸漬し、試験片に生物を付着させる）を実施した。2017年6月26日-7月25日の約29日間、館山港（千葉県館山市）内において試験片を浸漬した後に引き揚げ、回収した。図3に浸漬後の試験片の外観を示す。浸漬により、試験片表面に多数のサンカクフジツボが付着した。

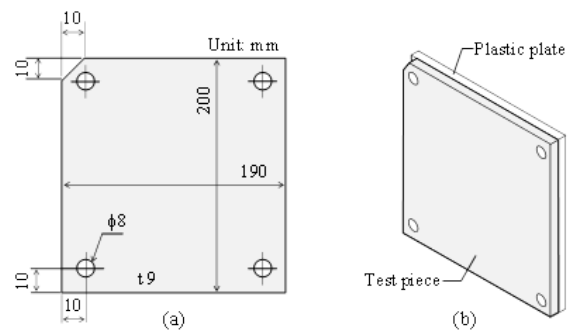


図2 試験片の寸法

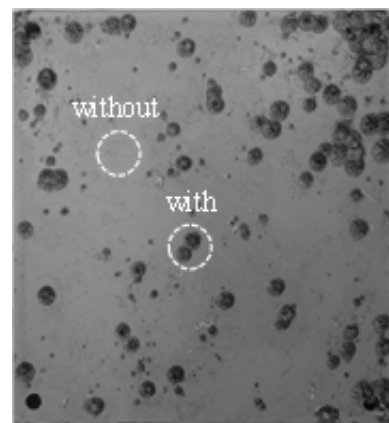


図3 実海域浸漬後の試験片

### 2.2 超音波計測

図4に計測装置系の概要を示す。作成した試験片の片面に超音波を照射し、反射エコーの波形をパルサーレーバ（JSR DPR300）からデジタルオシロスコープ（Iwatsu Waverunner）を介してノートパソコンに取り込む。超音波プローブは縦波10 MHzのものを使用した。計測箇所は図3に破線丸囲みで示した2ヶ所である。フジツボが密集している位置”with”とフジツボが付着していない位置”without”を計測箇所とした。

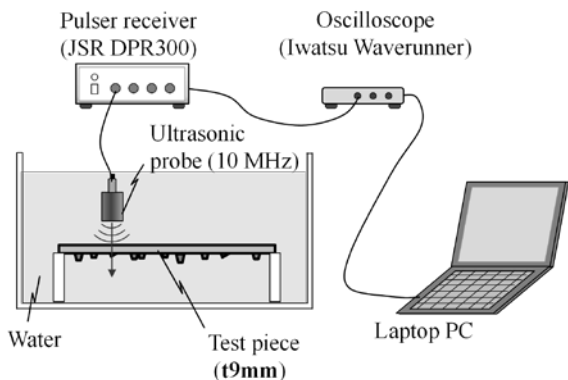


図4 超音波計測装置の概要

### 3. 実験結果

図5に超音波エコーデータのイメージを示す。図の媒質Aの左端部に超音波の発信器・受信器があるとする。媒質Aの左端部から照射された超音波は異なる媒質との境界面でその一部が反射され、反射波は媒質Aの左端部で計測される。このとき、超音波データは通常オシロスコープの電圧変化として観測され、横軸が時間、縦軸が電圧のグラフで表される。

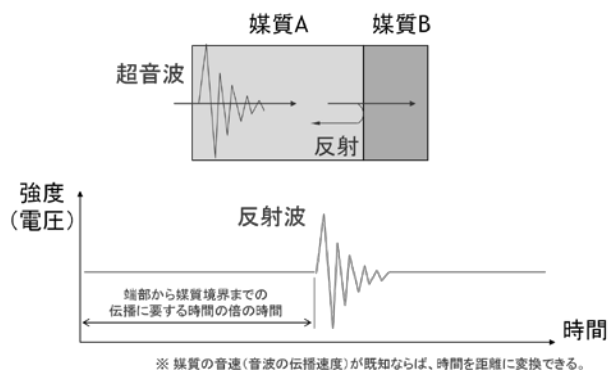


図5 超音波の反射波

図6に試験片のフジツボ付着面(図4参照)での第一反射波を示す。with, withoutそれぞれの計測結果を示している。withを実線で、withoutを破線で示す。図6(a)が第一反射波の比較である。横軸が0 - 500 nsecの範囲ではwith, withoutの両者はほぼ一致しているが、500 nsec以降では差が生じている。これは試験片に付着したフジツボの影響と考える(フジツボ付着により超音波の透過・反射特性に変化が生じ、反射波の強度変化として観測されたものとする)。フジツボ付着によるエコー変化を判り易くするため、差分をとる。図6(a)の波形の絶対値(ABS)をとり(図6(b))、withからwithoutを差し引いた結果が図7である。図7の四角囲み箇所がフジツボ付着によるエコー変化であり、この範囲に注目してエコー強度の変化を観測することでフジツボ付着の有無が判定できると考える。

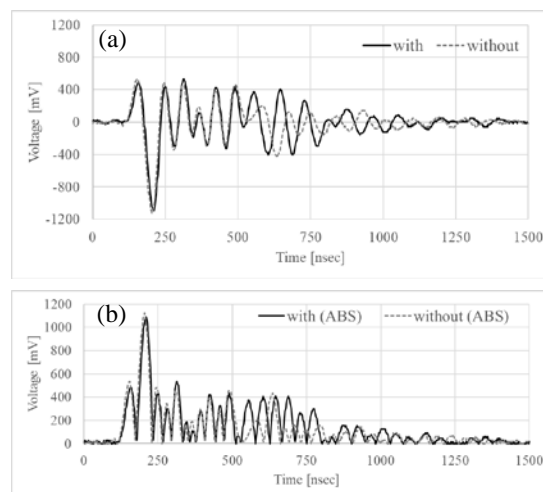


図6 超音波エコーデータ(第1底面エコー)

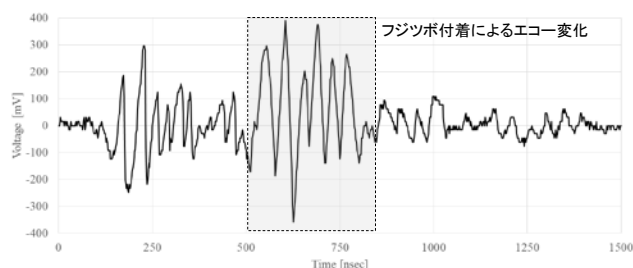


図7 付着と非付着のエコー差分

### 4. まとめ

船体内部からの超音波照射により船体外部表面へのフジツボ等の生物付着を検出する手法について基礎的検討を実施した。実海域での浸漬試験によりフジツボが付着した試験片を作成し、超音波エコーの反射強度を計測した。フジツボ付着の有無により、反射エコー強度に差が生じることが明らかになり、本手法による生物付着検知システムの実現可能性が示唆された。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 (JP16K14516) の助成を受け実施した。ここに記し謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 渡辺 四郎, 永松宜雄, 横尾幸一, 川上善郎, 関西造船協会誌, 731 (1969) p. 45.
- 2) M.P. Schultz and G.W. SWAIN, Biofouling, 15 (2000), p. 129.
- 3) C.E. Weinell, K. N. Olsen, M.W. Christoffersen and S. Kiil, Biofouling, 19 (2013), p. 45.