

## レスキューロボットのための減衰振動推定

## Estimation of damped vibration for rescue robots

○学 浜田 翔 (弓削商船), ◎正 前田 弘文 (弓削商船)

Sho HAMADA, National Institute of Technology, Yuge College,  
1000 Yuge Shimoyuge, Kamijima-cho Ochi-gun, Ehime, 794-2506, Japan  
Hirofumi MAEDA, National Institute of Technology, Yuge College,  
1000 Yuge Shimoyuge, Kamijima-cho Ochi-gun, Ehime, 794-2506, Japan

**Key Words:** Rescue robot, Vessel investigation, Prototype, Damped vibration, Estimation

## 1. 緒言

東日本大震災や阪神大震災, アメリカ合衆国で起きた同時多発テロなど大規模な災害や事件などを我々は目の当たりにしている. このような現場において, 救助活動を行っている隊員は常に2次災害の危険にさらされている. これらの2次災害を軽減させるためには, 被災者の正確な位置や倒壊状況を安全かつ迅速に把握し, 詳細な救助計画を立てる必要がある. そこで現在, 災害現場において2次災害を伴わず情報を迅速に得る方法として, レスキュー機器やレスキューロボットの研究が盛んに行われている<sup>(1)-(4)</sup>. 特に災害探査用レスキューロボットの開発が盛んで, 国内においては, Quince, UMRS, KOHGA など日本を代表するロボットが開発されている<sup>(5)-(7)</sup>. また, 米国では軍事兵器である Talon, PackBot, Matilda などの開発が行われている. 我々も NEDO による"戦略的要素技術開発プロジェクト"において, UMRS の開発に参画し, 現在も研究を継続中である<sup>(8)-(10)</sup>.

一方, 海上に目を向けてみると海上を活動現場とするレスキューロボットの研究開発は鳴りを潜めている. 平成 27 年 7 月 31 日に発生した北海道苫小牧市の商船三井フェリー「さんふらわあ だいせつ」の火災事故は記憶に新しい. このような事故が頻繁に発生しているにもかかわらず, 研究が活発化しない大きな原因の1つとして, レスキューロボットの研究開発の多くが教育機関によって行われていることが挙げられる. これは教育機関で海上実験を行うためにはそれなりの施設が必要となり, 実験可能な機関に限られるからである. また, もう1つの原因として波による影響が挙げられる. これまで陸上を想定してきたレスキューロボットの多くは, ロボット内部に搭載された加速度センサによって, 自身の自己姿勢を検知している. しかし, 波の影響を受ける船舶では波の揺れが加速度センサのデータに加算されるため, これらのデータがまったく意味をなさない. さらに船舶で火災が発生した場合は, 狭隘空間に煙が充満することでカメラの視界が遮られ, 探査活動の難易度が大幅に高くなる.

そこで本研究では, これらの問題を解決するために小型・軽量で船内も探査が可能なレスキューロボットの開発を目指す. その上で解決しなければならない重要課題が, 波の振動解析による姿勢の検出である. そこで, 我々は船内カメラに加速度センサを搭載し, その情報を基に波の振動除去を行う手法を提案している. しかしこの手法は, 船内カメラとレスキューロボット間の無線 LAN 通信が確保されていることが前提条件であることから, ロバスト性に不安が残る.

そのため本論文では, 通信が途絶えた際にロボット単体による振動解析 (スタンドアローン) を行うことを想定したセ

ンサ単体による減衰振動の抽出方法について述べる.

なお実験に際しては, 波の再現性を確保するために, 電子ドラムのタムを用いて波データの生成を行っている.

## 2. 減衰振動の抽出方法

減衰振動には, 波の発生時間, 周期, 振幅, 減衰率の4つのパラメータがある. そこで, これらの4つのパラメータを図1の手順に沿って推定することで, 減衰振動の抽出を行う.

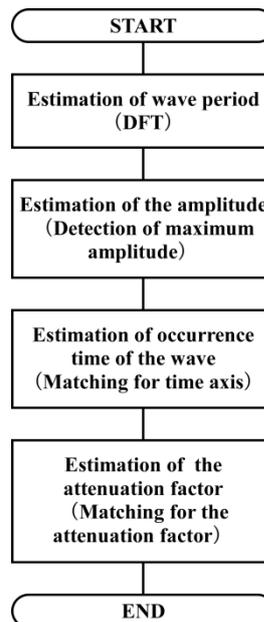


Fig. 1 Extraction algorithm of damped vibration

## ① 離散フーリエ変換

電子ドラムから得られた波形データにおいて, 離散フーリエ変換 (DFT) を行うことで, スペクトル解析を行う. 電子ドラムの波形データにおいて, スティックで叩いた振動 (減衰振動) が波形データの大部分を占めるため, スペクトルの振幅成分の最大値が減衰振動となる.

## ② 最大振幅の検出

最大振幅の検出は, 計測データの絶対値における最大値を求めればよい. なお, ここで求めた最大振幅は減衰の影響を受けていることから, 実際の振幅とは異なる.

### ③ 時間軸のマッチング

①で求めた周波数と②で求めた振幅より、sin波を生成する。次に位相差を $0 \leq \theta < 2\pi$  [rad]の範囲で変化させ、波形データの差分を算出することで、最小誤差となる際の位相差を導出する。これにより時間軸（位相差）のマッチングを行う。

### ④ 減衰率のマッチング

③のsin波に減衰率を掛けたものを用いて波形データとの差分を算出する。これにより、最小誤差となる際の減衰率を導出する。ただし、差分を算出する際は、外乱を受けにくい最初の1山のみ半周期を使用する。

また、あらかじめ減衰率が分かっている場合においては、最初の1山が減衰の影響を受けていることを考慮し、誤差が最小になるように調整する。

## 3. 減衰振動の推定実験

実際に計測した値を図2に示す。なお、データ数は2500[個]で、サンプリングレートは40[μsec]である。この図2の計測結果を基に、図1に示した減衰振動の抽出アルゴリズムに従って処理したものが図3、図4なる。

また、減衰率はあらかじめ分かっている場合（ここでは70[%]）の減衰振動の結果を図5に示す。

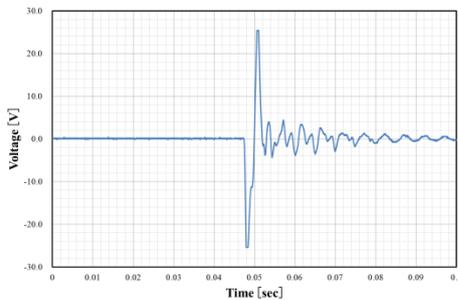


Fig. 2 Measurement data of wave

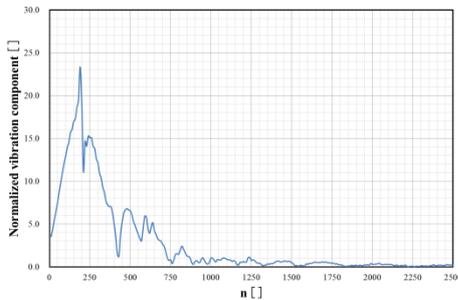


Fig. 3 Result of the wave data using DFT

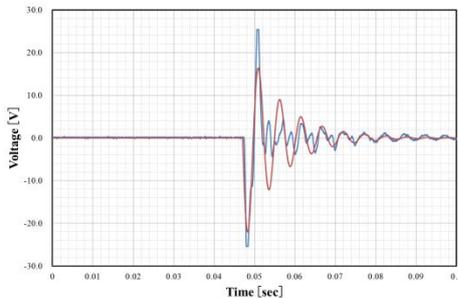


Fig. 4 Estimation result of damped vibration

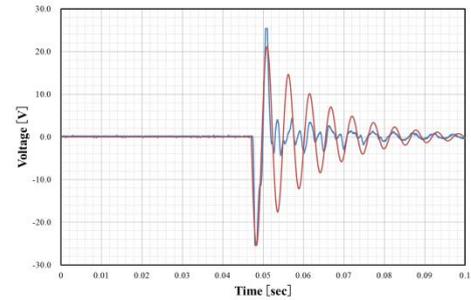


Fig. 5 Result when attenuation factor is known

## 4. 結言

本論文では、海上における小型災害探査用レスキューロボットについて小型災害探査用レスキューロボットを海上に適用させるために必要となる機能について述べた。また、ロボット単体による減衰振動の除去のため、減衰振動の抽出方法についても述べた。

今後はプログラムによる処理の自動化およびロボットへの実装に向けて、推定精度向上と問題の改善を行っていく予定である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K21582 の助成を受けたものである。

## 文献

- (1) 田所 諭, 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト, ロボット等次世代防災基盤技術の開発, 日本ロボット学会誌, Vol.23, No.5, pp.541~543, (2005).
- (2) 国際レスキューシステム研究機構, レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発 H14~17 報告書, 大都市大震災軽減化特別プロジェクト, (2003-2006).
- (3) 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト, レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発, 総括成果報告書, (2007).
- (4) 横小路 泰義, レスキューロボットの操縦インターフェース—大大特「ヒューマンインタフェースグループ」の研究紹介—, 日本ロボット学会誌, Vol.22, No.5, pp.566-569, (2004).
- (5) 田所 諭, 閉鎖空間内高速走行探査軍ロボット, 日本ロボット学会誌, Vol.27, No.10, pp.1107-1110, (2009).
- (6) 佐藤 徳孝, 松野 文俊, レスキューロボット遠隔操縦インターフェース技術, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.2, pp.156-159, (2010).
- (7) 大野 和則, 城間 直司, レスキューロボットの遠隔操縦支援技術, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.2, pp.160-163, (2010).
- (8) 前田 弘文, 藤田 和友, 伊藤 嘉基, 小林 滋, 高森 年, 遠隔協調作業を目的とした共通マニピュレーション部門学術講演会 (SI2013), pp.1133-1136, (2013).
- (9) 竹本 玲央, 藤田 和友, 伊藤 嘉基, 前田 弘文, 小型制御基板を用いたマニピュレータ制御, 日本機械学会中国四国学生会第44回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集, 613, (2014).
- (10) 前田 弘文, 伊藤 嘉基, 小林 滋, 高森 年, 遠隔協調作業を目的とした協調マニピュレーションの改良, 第15回システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2014), pp.238-243, (2014).