

沿岸構造物検査用水中ロボットの可能性について

正員 渡邊 啓介^{*1} 正員 加藤 直三^{*2}
 正員 柴田 陽三^{*3} 正員 日下 祐三^{*4}
 正員 小原 敬史^{*5} 非会員 八木 康史^{*6}
 非会員 白石 哲也^{*7} 非会員 鳥谷 勝己^{*8}

On a potential of underwater robots for coastal sea structure inspection

by Keisuke Watanabe, *Member* Naomi Kato, *Member*
 Yoza Shibata, *Member* Yuzo Kusaka, *Member*
 Takashi Obara, *Member* Yasushi Yagi, *Non Member*
 Tetsuya Shiraiishi, *Non Member* Katsumi Toritani, *Non Member*

Key Words: AUV, coastal sea structures, port & harbor structures, inspection

1. 緒言

水中ロボット技術研究会、分科会 C「港湾や沿岸域におけるロボット技術」では、沿岸域や港湾内部での水中ロボット、及びその関連技術の可能性について議論してきた。本稿では、これまでの議論の経過をふまえ、今後の研究開発の一つの方向性について述べる。

沿岸域の定義は立場によって異なるが、本分科会では海岸線から水深 200m までを想定している。我が国の海岸線は約 35000km と言われており沿岸域の領域も非常に広範囲であることから、議論の発散を防ぐため水中ロボットの想定ミッションを限定する必要がある。一方、港湾の方も、2005 年現在、重要港湾 128（うち特定重要港湾 23）、地方港湾 951 と多数あり、規模や入港船舶も異なるなど、ミッションを限定する必要がある。以下では、本分科会で議論のあったミッション案について紹介し、今後、競争的資金導入も視野に置いて検討していくこととなった沿岸構造物検査ミッションについて、現状技術、新規開発すべき技術などの観点から整理し、コンセプトの一案を提示する。

2. これまでに提案されたミッション案の例

沿岸域、港湾というフィールドは、環境的な共通点はあるものの対象海域条件が多岐に亘り、新しい水中ロボット技術開発という観点からは、具体的なミッションを想定する必要がある。そこで、分科会メンバーで複数回会合を持ち、分科会で検討して行くべきミッションについて議論した。様々な案があったが、これまでに議論した代表的なミッション案の概要は以下のようである。

*1 東海大学海洋学部

*2 大阪大学大学院

*3 (株)川崎造船大阪大学産業技術研究所

*4 (株)三井造船昭島研究所

*5 (株)三井造船

*6 大阪大学産業科学研究所

*7 (独)港湾空港技術研究所

*8 (株)神戸メカトロニクス

原稿受付 平成 17 年 10 月 5 日

秋季講演会において講演 平成 17 年 11 月 24, 25 日

©日本船舶海洋工学会

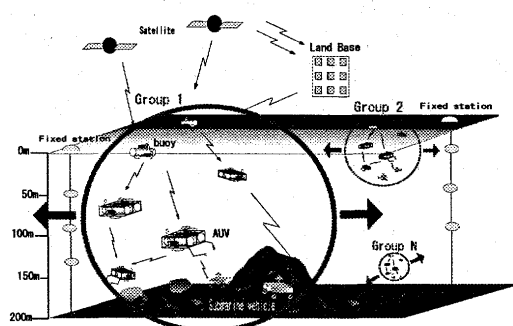


Fig.1 A concept of underwater monitoring with AUVs.

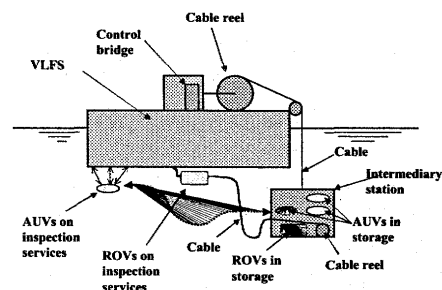


Fig.2 A concept of VLFS inspection using AUVs.

2.1 沿岸域海中環境調査システム

港湾も含む沿岸域の海中での環境調査が重要であることは言うまでも無い。大都市や人口は海岸線近傍に集中しており、汚染や生態系破壊など多くの海洋環境問題がある。解決の第一歩として、広範囲を長期間連続的にモニタリングしてデータ収集し、情報蓄積を行っていく必要がある。広範囲のモニタリングは人工衛星等により行われているが水面付近に限られるため、海中の様々な物理化学生物学的データを収集するためには、水中ロボットが不可欠である。しかも、現在実用化に入りつつある航行型 AUV 単体では不十分であり、複数の AUV、洋上ロボット、海底ロボット等がマルチエージェントとして調査可能となる必要がある。Fig.1 に、概念図を示す。

2.2 浮体構造物無人検査システム

将来の超大型浮体空港、沖合天然資源開発のための海洋構造物、VLCC など大型船舶といった浮体構造物を無

人検査するシステムの必要性は高まると予想される。構造物が大型であったり沖合であったりする場合には、ダイバーによる検査は危険性が高いため、コストが見合えば水中ロボット利用は有効と思われる。Fig.2 に提案されたコンセプト図を示す。構造物から複数の AUV, ROV を格納したランチャーを降ろし、複数の AUV, ROV を同時協力的に作業させて効率的な検査を行う案である。

2.3 沿岸域監視システム

例えば全国に 21 箇所ある原子力発電所や、石油備蓄基地など、危機管理が必要な施設で海浜に面しているものは多いが、これらの施設への海側、特に海中からの不正侵入等を監視する必要がある。定点ブイと AUV 等水中ロボットをネットワークにして海中に常駐させ、超音波等による監視を行って、侵入者があれば、陸上のセンターへ異常を知らせるシステムの案が提案された。

2.4 沿岸構造物調査用システム

高度経済成長期に建設された港湾の岸壁、栈橋橋脚等の沿岸構造物の経年変化に伴い、補修或は防災の観点から、近年、特に海中部分の検査の必要性が高まっている。現在これらの作業は人力が主体であるが、栈橋内奥への潜水は危険性が高く、水中ロボットによる作業の効率的な自動化が望ましい。近年、港湾空港研、東大等が港湾岸壁について AUV 応用の可能性について検討しており、実海域実験も実施している¹⁾²⁾³⁾。本分科会の提案については以下に述べる。

3. 検討すべき技術課題

上記の議論を通じ、これらの問題に共通する技術課題（又は必要な機能案）がリストアップされたので以下に記す。

(制御、アクチュエータ機能)

ロボット単体での自律制御、半自律制御
複数ロボット間の通信制御、協調制御
マニピュレータ制御、ケーブル制御
浅い場所での波浪中姿勢、位置保持制御
複雑な空間内での複数ナビゲーション制御

(センサ機能)

浅く複雑な環境での超音波位置計測、通信
水中における地球座標特定
画像処理

磁場的悪環境化でのコンパス

(その他)

水中充電機能
ドッキング機能
長期水中滞在に伴う腐食、付着生物対策
センサ、アクチュエータ等可変着脱、取り付け方法
波浪中動揺の少ない筐体設計、可搬性

4. 沿岸構造物調査用システム

4.1 検討するシステムの概要

Fig.3 に今後検討するシステムの概念の一部を示す。普通岸壁等の調査とは異なり、本分科会では栈橋杭やジャケット構造物など、構造物要素部材が複雑な空間を形成する海洋構造物を主な対象とすることとした。理由は、栈橋等の沿岸構造物検査の必要性が高いこと、海底油田ガス田等のプラットフォームへの応用も期待できることがある。さらに、従来の水中ロボットに比べ、水深が浅く波浪や流れの影響が比較的強い環境が多いことから、

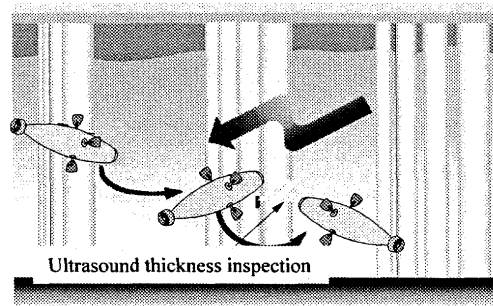


Fig.3 Conceptual sketch of coastal sea structural inspection.

アクチュエータを含めた運動制御システムの技術的新規性が必要であること、構造物に囲まれ開けていない環境であり鋼管構造物が多い場合には磁場的悪環境であることから、超音波やコンパスなどナビゲーションセンサシステムや構造物検査のためのセンサシステムの新規性が必要であることも理由である。

4.2 既存技術と開発すべき技術課題

既存技術としては、最近市販されつつある AUV の基礎技術は基本的に利用できる。しかし、上述したように、浅くて波浪外力の影響が比較的高い上に、複雑な空間構造化にあるため開発すべき技術課題は多い。

まず、ロボット形状と重量寸法が波浪外力を軽減するよう最適化されなければならない。また、姿勢保持のため胸鰭型など新形式のアクチュエータを実用化する必要がある⁴⁾。センサについては上述の他、表面や杭内部の様子の把握など画像取得も重要になるだろう。また、遊泳するロボットだけでなく、これを支援するために海底に着底したり、栈橋に固定されたりするサポートロボットとの併用も考えられ、分科会で議論した Fig.1, 2 の例に関連した技術課題も検討していく必要がある。

5. まとめ

本稿では、水中ロボット技術研究会分科会 C において、これまで議論してきた検討案、及び、今後分科会で検討していく沿岸構造物調査用水中ロボットシステムについて紹介した。沿岸構造物のうち、特に老朽化した栈橋内部など複雑な空間構造の検査を無人自動（又は半自動）化する新しい水中ロボットの実用化を目標に、分科会で技術的検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 巻俊宏, 近藤逸人, 浦環, 能勢義昭, 坂巻隆: 自律型水中ロボットによる人工構造物の観測, 日本船舶海洋工学論文集, 第 1 号, 2005, pp.17-26.
- 2) S. Ohata, K. Ishii, H. Sakai, T. Tanaka and T. Ura: Development of an Autonomous Underwater Vehicle for Observation of Underwater Structures, Proc. Oceans2005, 2005, pp.
- 3) H. Kondo and T. Ura: Underwater Structure Observation by the AUV with Laser Pointing Device, Proc. UT02, 2002, pp.178-183.
- 4) N. Kato, H. Liu and H. Morikawa: Biology-inspired precision maneuvering of underwater vehicles(Part 3), Int. J. of Offshore and Polar Eng., Vol.15, No.2, 2005, pp.81-87