

歩行式水中調査ロボットによる海底面凹凸測定

Measurement of the unevenness of sea bottom by an underwater walking robot

秋園純一*、田中敏成**、佐藤栄治**、剣持知浩***、中川勝栄****

Jun'ichi Akizono, Toshinari Tanaka, Eiji Satoh, Tomohiro Kenmochi, Katsuei Nakagawa

"Aquarobot" is a robot that has been designed for underwater inspection in place of divers in port construction works. It has six legs similar to those of an insect. It is able to perform various kinds of inspection tasks while walking on a sea bed up to a depth of 50m. The walking velocity on a rubble mound is 1.4m/min. The most important point is that it is able to measure the unevenness of rubble mound by the motion of the legs.

Keywords : walking robot, unevenness of sea bottom, inspection

1. はじめに

水中における人間の作業は水圧や濁り等の厳しい状況下の作業であるため、熟練が要求され危険が伴う。このため、港湾工事における水中調査作業を潜水士に代わって行うことを目的として6脚歩行式水中調査ロボット「アクアロボ」を開発した。¹⁻³⁾

防波堤築造工事の際に捨石マウンドは高い均し精度が要求されるため、図-1に示すように潜水士が測定を行っている。しかし、港湾建設現場の大水深化、沖合化に伴い人力による作業は困難になりつつある。

一方、歩行ロボットは車輪やキャタピラを用いた移動ロボットと異なり、図-2に示すように不整地上でも胴体を水平に保って移動できるという長所を有しており、脚の動きを積算すれば歩行した面の凹凸が測定できる。このため「アクアロボ」を用いて捨石マウンド面の凹凸測定実験を行った。

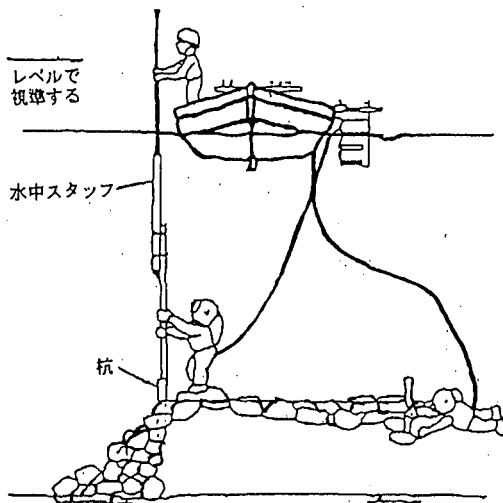


図-1 従来の凹凸測定方法

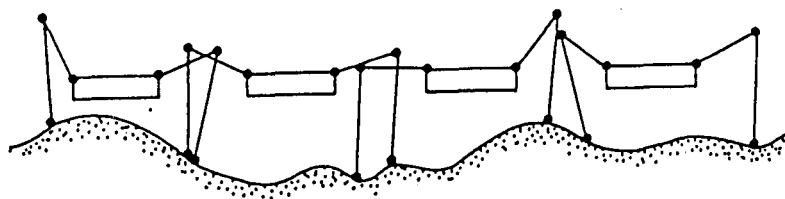


図-2 歩行ロボットによる凹凸測定模式図

* 正会員 運輸省港湾技術研究所機械技術部ロボティクス研究室(239 横須賀市長瀬3-1-1)

** 運輸省港湾技術研究所機械技術部ロボティクス研究室

*** 運輸省港湾技術研究所機械技術部計測施工研究室

**** 運輸省第二港湾建設局横浜機械整備事務所

2. 水平位置の誘導

「アクアロボ」はオペレータが凹凸測定を行う区域の頂点の座標と測定の幅を入力すると、歩行経路を自動的に生成しその経路に沿って自律的に歩行する機能を有している。頂点の座標、測定の幅、歩行方向、歩行開始点等の各パラメータは自由に設定できグラフィック表示で確認できる。その例を図-3に示す。

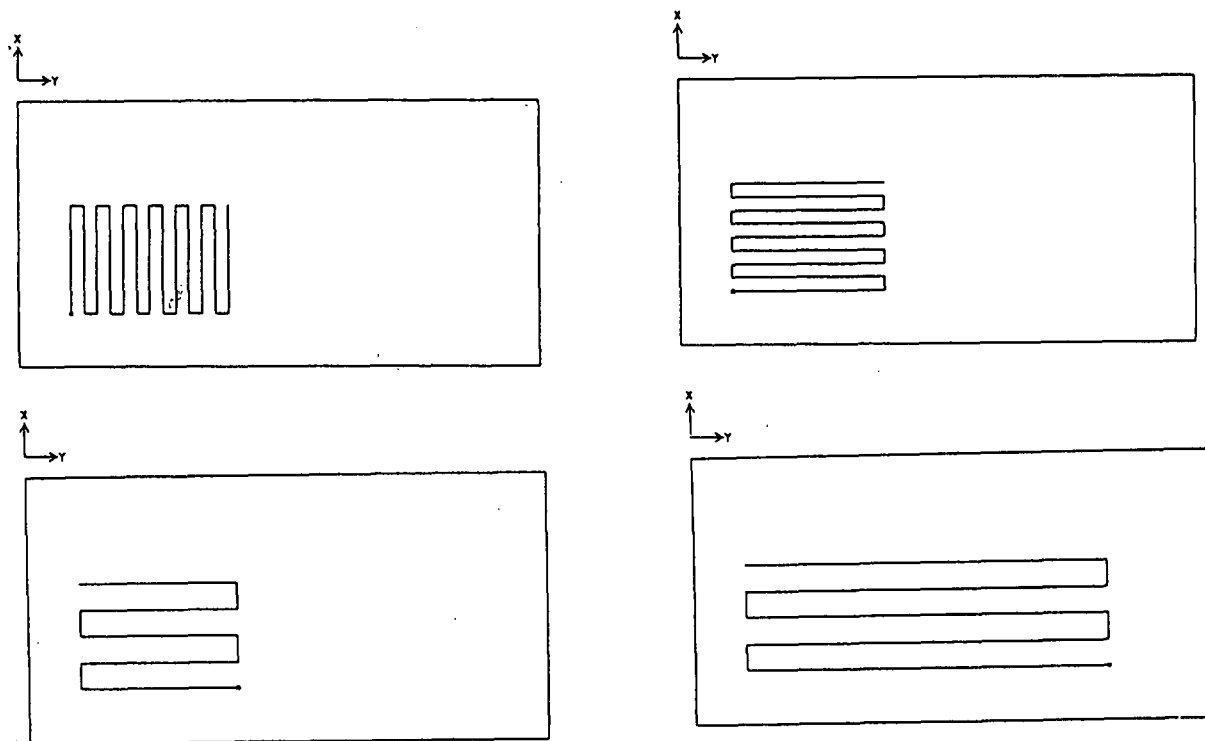


図-3 歩行経路設定のパラメータ変更例

「アクアロボ」の水平位置はL B L方式のトランスポンダで測定され、計画された歩行経路に沿って自動的に誘導される⁴⁾。その例を図-4に示す。

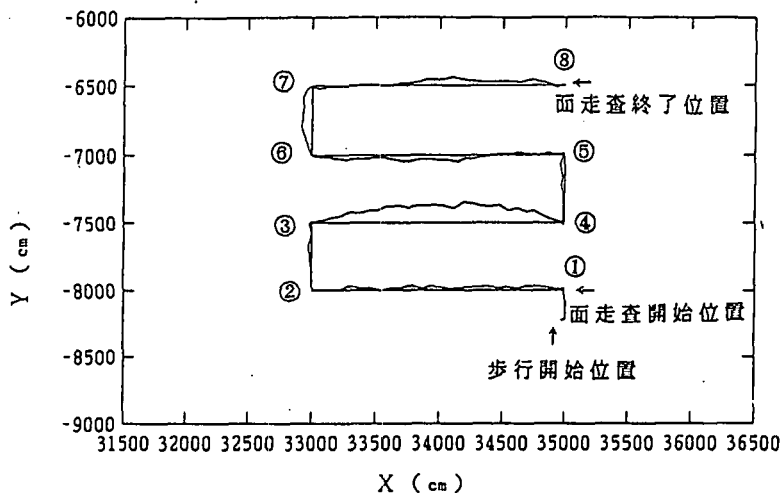


図-4 誘導歩行の一例

3. 凹凸測定方法

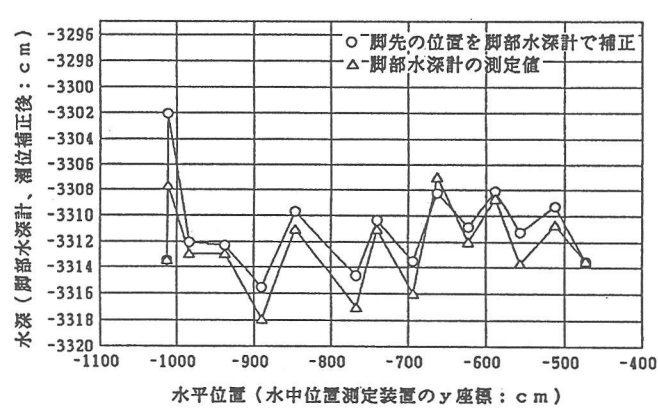
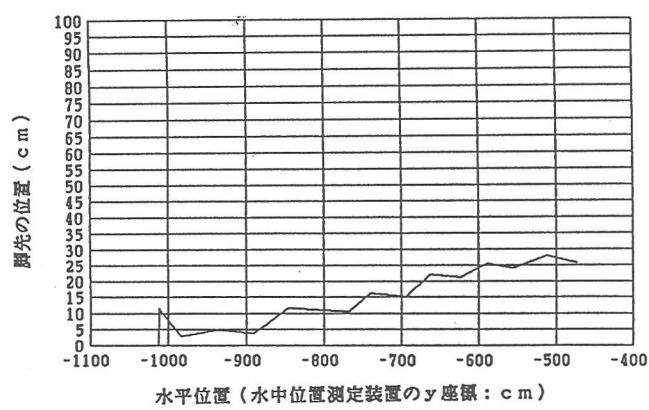
歩行ロボットの脚の動きの積算による歩行面の凹凸測定方法は、メカニズムのバックラッシュや足先の滑り等により誤差が累積され、また、測定値は相対的な値である。

一方、水圧計により海中で水深を計測しようとする、測定される値は静水圧だけではなく波の存在により発生する圧力を含む。このため、ある深さの点の圧力変化を測定して波高を求める水圧式波高計の原理として、水

深に応じて定められた圧力応答係数を用いる⁵⁾。これによると、相対水深が小さく、かつ、海底から遠いほど、海面の波の影響が圧力として及んでくることがわかる。

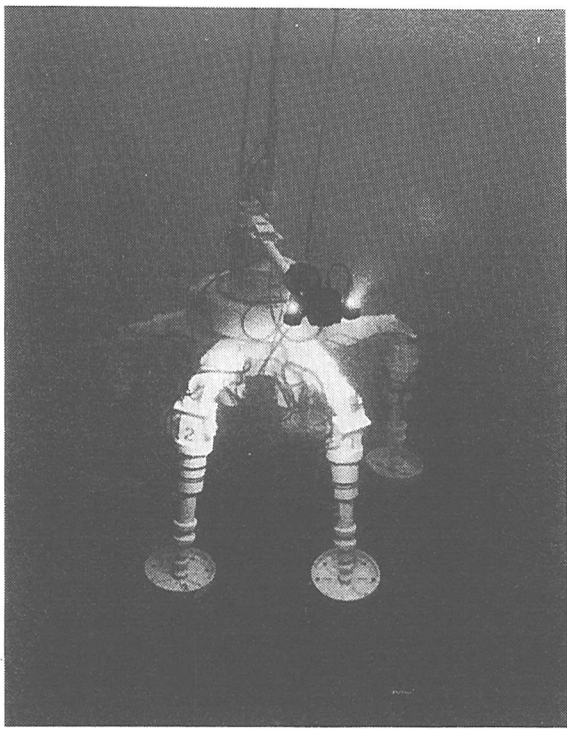
そこで、脚の動きを積算した凹凸測定データを、水圧計で測定した水深値で補正することにより、両者の長所を組み合わせることで工事基準面に対する捨石マウンド面の凹凸を測定することにした。

図－５に脚の動きを積算した凹凸測定データを示す。誤差が累積していくことがわかる。図－６に脚の動きを脚部に装着した水深計（水圧計）で補正した凹凸測定データを示す。図－６には水深計（水圧計）のみの測定値も同時に示す。両者はよく一致しており、ほとんどの場合、その差は２ｃｍ程度である。脚部に装着した水深計（水圧計）のこの水深における誤差は１．６５ｃｍであるので、歩行ロボットの脚の動きによる測定誤差は水圧計の誤差と同程度であることがわかる。



図－５ 脚の動きを積算した凹凸測定結果 図－６ 脚の動きと水圧計による凹凸測定結果

捨石マウンドの凹凸を測定しながら歩行中の「アクアロボ」を写真－１に示す。



写真－１ 海底歩行中の「アクアロボ」

4. 結論

歩行式水中調査ロボットの脚の動きを積算した凹凸測定データを水圧計により得たデータで補正することにより捨石マウンドの凹凸測定が行えることを確認した。測定速度は毎分最大1.4mで潜水士による作業より効率が高く、水深による影響はない。

今回の実験に用いた「アクアロボ」プロトタイプは空中重量が約900kgと重いため、同一脚長で重量を約3分の1にした軽量型を開発した⁶⁾。

また、さらに作業効率を向上させるため高速歩行ソフトウェアを開発中である^{7, 8)}。

参考文献

- 1) 秋園純一：水中調査ロボットの開発の現状と課題，第5回建設用ロボットに関する技術講習会「情報化施工とロボット化への展望－水中施工編－」テキスト，1986，土木学会，pp.13～25
- 2) Mineo IWASAKI・Junichi AKIZONO・Hidetoshi TAKAHASHI・Toshihumi UMETANI・Takashi NEMOTO・Osamu ASAKURA・Kazumasa ASAYAMA: Development on Aquatic Walking Robot for Underwater Inspection, Report of the Port and Harbour Research Institute Vol.26 No.5, 1987, pp.393～422
- 3) 市原正史・前田武・石原弘一・岩崎峯夫・秋園純一・根本孝志・朝倉修：歩行式水中調査ロボット「アクアロボ」の開発，第15回海洋開発シンポジウム論文集vol.6, 1990，土木学会，pp.359～364
- 4) Hidetoshi TAKAHASHI・Mineo IWASAKI・Junichi AKIZONO・Osamu ASAKURA・Shigeki SHIRAIWA・Katsuei NAKAGAWA: Development of an Aquatic Walking Robot for Underwater Inspection (Second Report), Report of the Port and Harbour Research Institute Vol.31 No.5, 1993, pp.313～357
- 5) 岩垣雄一・樺木 亨：海岸工学，1979，共立出版(株)，p.29
- 6) 朝倉修・秋園純一・岩崎峯夫・根本孝志：歩行式水中調査ロボットの開発－(第2報)軽量防水型実験機の設計－，港研報告第30巻第2号，1991，pp.483～532
- 7) 秋園純一・高橋英俊・金山裕・米田完・鈴木健治・田中敏成・Robert B. McGhee：水中歩行ロボットの国際共同研究成果，テクノオーシャン'96国際会議予稿集，1996，pp.467-472
- 8) Kan YONEDA・Kenji Suzuki・Yutaka Kanayama・Hidetoshi Takahashi and Junichi Akizono: Gait and Foot Trajectory Planning for Versatile Motions of a Six-legged Robot, Journal of Robotics Systems vol. 14 Nr.2, 1997, John and Wiley & Sons, Inc., pp.121-133