

平成 22 年 6 月 30 日現在

研究種目：若手研究 (B)  
研究期間：2007 年～2009 年  
課題番号：19760583  
研究課題名 (和文) 海中用多足歩行ロボットに関する研究

研究課題名 (英文) Research on multi legged walking robot for in the sea

## 研究代表者

田原 淳一郎 (TAHARA JUNICHIROU)

独立行政法人海洋研究開発機構・海洋工学センター・技術研究主任

研究者番号：30280366

## 研究成果の概要 (和文)：

本研究は水中歩行ロボットの開発に関するものである。今回は水中における歩行を実験により検証したものである。通信において PLC モデムを用いることにより、専用の電気・光複合線を用いた通信システムに比べ安価で拡張性の高い通信が可能となる。今回はクロール歩行に最低限必要な 4 本で歩行を行った点が特徴である。また水深 3m でのロボットの動作は良好に歩行を行った。

その結果、4 足クロール歩行で直線歩行・局地回転などの動作を行うことができた。

## 研究成果の概要 (英文)：

The present study is an explanation of the development of the walking robot in water. This examination is examined in water. The PLC modem was used to communicate ROV. The PLC modem cost is lower than the special electricity and optical compound line. The PLC modem System is enhancing. The number of legs the underwater walking robot has six or eight. This robot which had minimum four legs sent land the image of WebCam while walking in the water of 3m. This Result showed that the robot can walk the straight line and the rotation walk in the under water.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,900,000	0	1,900,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,300,000	420,000	3,720,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：ロボット工学, クロール歩行, 水中ロボット

## 1. 研究開始当初の背景

海中での移動ロボットの新しい移動形態として歩行を提案し海中歩行ロボットを開発する。

その過程で小型の海中用歩行ロボットの作成を行い実際に水中で歩行試験を行う必要がある。そのためにアクチュエータの作成や制御手法の開発を行う必要がある。

## 2. 研究の目的

- (1) 水中用多足歩行ロボットの作成
  - (2) アクチュエータの開発及び調査
  - (3) ロボット制御用コントローラの作成
  - (4) 運動の解析
- があげられる。

## 3. 研究の方法

2-(1)については脚長 0.6m, 質量 12Kg 程度の水中用ロボットを作成する。これについては防水で 5 m 程度の防水機構をもったロボットで脚の数は 4 本とする。

2-(2)については脚用のアクチュエータを調査する。油漬け用の小型サーボモータを調査し脚用に利用する。

2-(3) 水中でのロボットの制御に適したマイコンボードを開発し、制御用のネットワークである I2C, シリアル, ビット入出力等を TCP/IP を変換する手法を用いた。また ROV と陸上の操作者間のケーブルおよび通信も TCP/IP 化する。

2-(4) ロボットの歩行パターンを作成し, CPU 上で運動を解析できるようにする。このときネットワークと相性のよい言語を選択する。

## 4. 研究成果

- (1) 歩行ロボット作成

図 1 のような質量 13.5Kg の水中用ロボットを作成した。



図 1 多足歩行ロボット

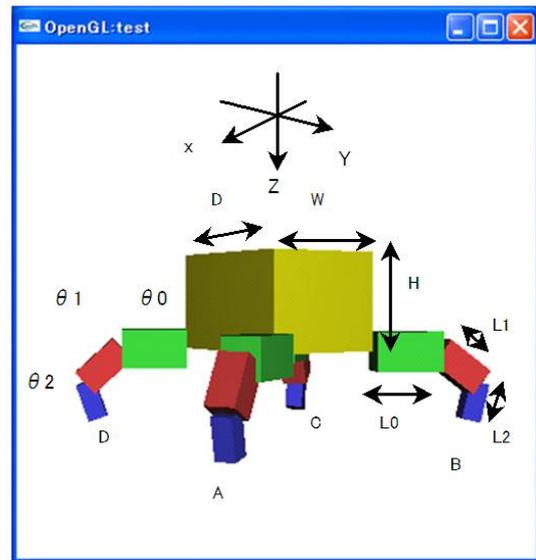


図 2 多足歩行ロボットシミュレータ

表 1 ロボットサイズ

サイズ	mm
L0	135
L1	105
L2	80
H	20
W	240
D	370

脚には防水用ウレタンチューブをかぶせており、電子機器の部分は防水ケースを使っており水深 5 m 程度の水深で防水が可能であった。

### (2) アクチュエータの開発及び調査

アウトロータ型の DC ブラシレスモータを油漬けで利用する計画であったが、ロボットの脚の減速機の大きさを考えるとラジコン用ブラシレスサーボモータを使えば電気の放電による融着もなく安定した制御ができるため実験の結果これを使うことにした。また耐圧試験では 15MPa の圧力まで耐えることが試験により判明した。

### (3) ロボット制御用コントローラの作成

SH 2 マイコンをコアに置いた制御システムを製作しリアルタイム OS である MES を用いて TCP/IP をベースとしたネットワークシステムを用いて制御系のネットワーク (I2C・シリアル・ビット入出力) を変換した。またロボットシステムで問題となる小規模のデータ変換にはインタープリターを用いたマイコンを用いて制御系ネットワークを TCP/IP に変換する手法でネットワークを構築した。

また、ROV で問題となるテザーケーブルについては、AC パワーラインにイーサネット信号を乗せる PLC モデムを用いて陸上のコントローラから水中の ROV 用コントローラ（モータドライバ・センサ）と通信を行う。概念図を図 3 にしめす。またその際計測したネットワークの速度を表 2 に示す。

表 2 PING 速度

マシン	最大値 [ms]	最小値 [ms]	平均 [ms]
WebCam	10	2	2.78
X-port	11	2	2.6
ColdFire	13	2	2.83

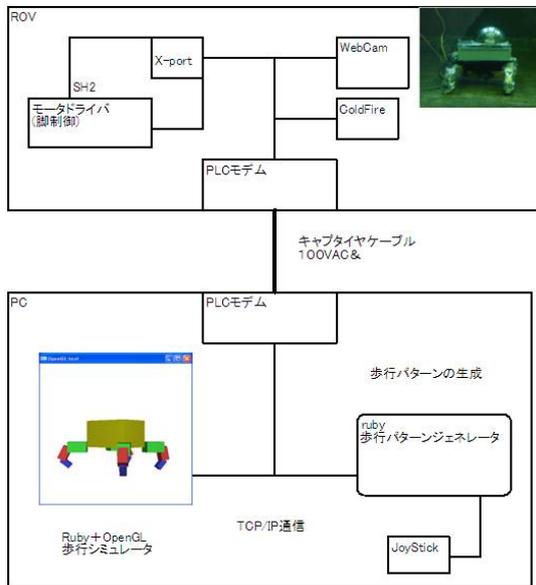


図 3 ロボット制御システム

#### (4) 運動の解析

クロール歩行およびその場回転の歩行パターンを作成し、ネットワーク・モジュール化のしやすい言語である ruby を用いて歩行シミュレータを作成した。

本シミュレータはロボットの脚のモーションを作成し歩行可能かどうかをチェックする。

生成したクロール直線歩行パターンを示す。当シミュレータで作成したクロール直線歩行パターンは以下の条件である。

- ・歩行の周期は 5[S]
- ・1 歩行の移動距離は 180[mm]
- ・移動速度は約 130m/h

となる。生成した脚 A の  $\theta_0$  の歩行パターンの 4 歩行分を図 4 で示す。

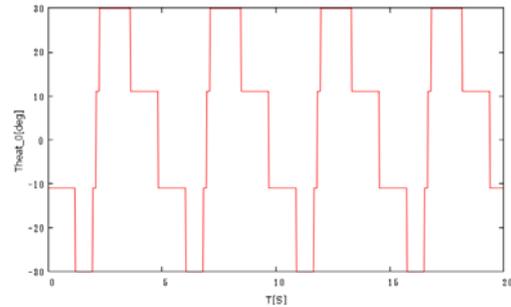


図 4 脚 A- $\theta_0$  のパターン

表 3 クロール直線歩行の足位置

足の位置	$\theta$ 0[deg]	X[mm]	Y[mm]
0	30	150	90
1	10	150	30
2	-10	150	-30
3	-30	150	-90

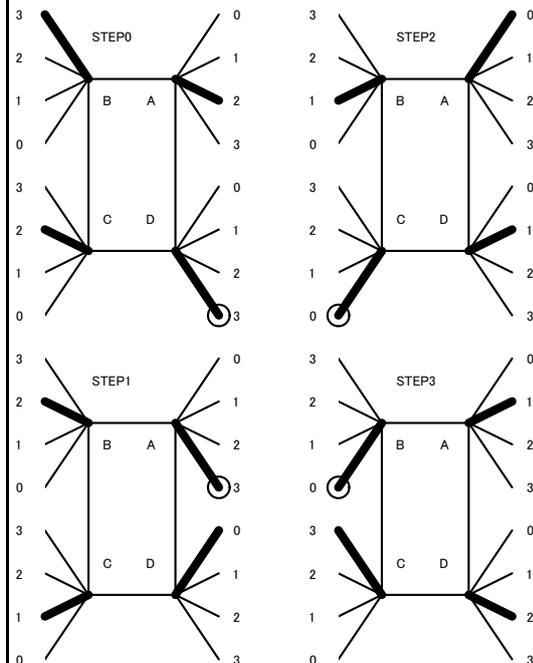


図 5 クロール直線歩行パターン

図 5 はクロール歩行の歩行のパターンを示したもので STEP 0-3 と進む丸の付いた脚が遊足となる。のちに示す図 7 も同様である。

次に、左その場回転の歩行パターンを作成する。この歩行は戦車のようにその場で回転を行う移動である。これはもっとも多用する方向転換である。この歩行パターンは歩行ロボットに特有の歩行である。基本的には脚の移動ベクトルの合算で回転を実現する。この場合の歩行では回転の中心はロボットの重心となる。歩行パターンを図 6・7 に示す。

- ・歩行の周期は 5[S]
- ・1 歩行での回転角は 60 度
- ・移動回転角は 12[deg]/S

表 4 その場回転歩行

足の位置	$\theta$ 0[deg]	X[mm]	Y[mm]
0	75	60	90
1	56	120	30
2	33	180	-30
3	14	240	-90

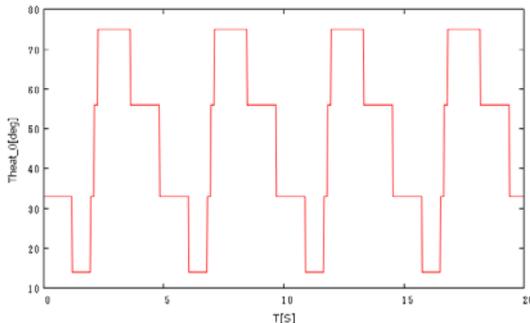


図 6 その場回転歩行脚 A- $\theta$  0

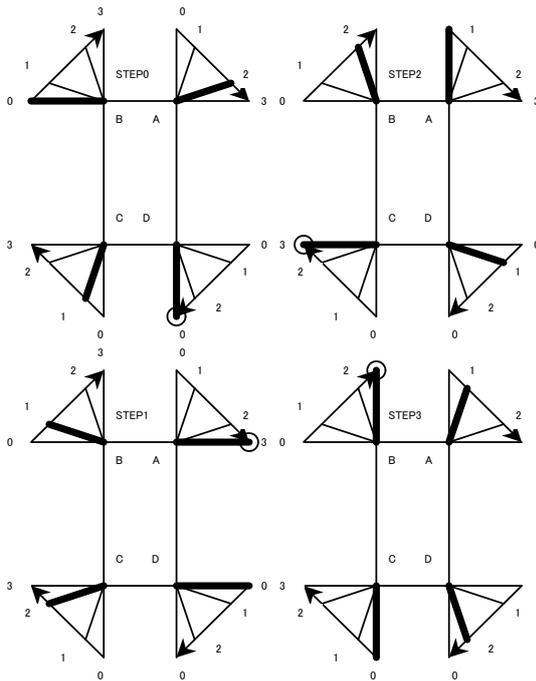


図 7 その場回転歩行パターン

### (5)水中歩行試験

水中歩行試験の結果を示す。水深 3 m のプールにおいて歩行ロボットを着底させた。この際浮力が 12Kg であったので 15Kg のおもりをロボットの重心位置に装着した。

### (5)-①直線歩行

多足歩行 ROV を 12 歩歩かせた場合についてのデータを示す。12 歩で 1.2m 歩行した(一歩あたり 0.1m)。シミュレーションでは 12 歩行で 2.16m (一歩あたり 0.18m) と概算したが結果としてはシミュレーションの約 6 割弱となった。一歩あたり約 0.08m 程度滑っていると考えられる。実際の歩行スピードは 74m/h となる。この原因としては脚の先の地面との接地で摩擦力が十分に取れないため実際の歩行に有効な移動が得られていないと思われる。

### (5)-②その場回転

12 歩行回転させた場合において 12 歩で 90[deg] 回転した。シミュレーション上は 720[deg] 回転する。実験値と大きく異なる。実際には 1/8 程度しか回転していない。実験時の映像から判断するに、シミュレーションではロボットの重心位置をロボットの回転中心として考えたが、実際には回転中心が図 7 の STEP 0 の C 脚設置点近傍にあることがわかる。このことからロボットの重心と回転中心が一致せずロボットの脚の局地回転に適切に働いていないと思われる。

### (6)まとめ

PLC モデムを用いた 4 足歩行ロボットを作成し、水中にて歩行試験を行った。PLC を用いたデータ伝送は小型 ROV には適しており、パワーラインとデータ伝送を安価なケーブルで実現できるため有効であると考えられる。特に長期に水中を観察する用途などに使われることが期待される。

また歩行については、水中では例が少ない 4 足歩行で移動が可能になった点が挙げられる。

脚の先端部と設置面との滑りを計測する手法は水中において困難であると考えられるため、ROV に電子コンパス等によるセンサーを用いたフィードバックが必要になると考えられ現在調査中である。なお、WebCam と JoyStick を用いた制御は良好に行えた。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

①田原 淳一郎, 海中用多足歩行ロボットの開発, 第 78 回マリンエンジニアリング学術講演会論文集, pp.176-176, 査読無し, 2008

[学会発表] (計 2 件)

①田原 淳一郎, 海中用多足歩行ロボットの開発, 第 78 回マリンエンジニアリング学術

講演会, 2008年9月19日, ウェルシテイ長崎

②田原 淳一郎, Research and Development of Underwater Walking Robot. Under Water intervention, 2007年2月1日, New Orleans (USA)

〔図書〕 (計1件)

田原 淳一郎, SH2 開発ブック, カットシステム, p220, 2009年

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田原 淳一郎 (TAHARA JUNICHIROU)  
独立行政法人海洋研究開発機構・海洋工学  
センター・技術研究主任  
研究者番号: 30280366

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者