

自律型海中ロボットの知的行動の研究

—その2：テストベッド Twin-Burger の建造—

A Study on Intelligent Behaviors of Autonomous Underwater Robots

—2nd Report: Construction of A Test-Bed Robot Twin-Burger—

藤井 輝夫*・浦 環*・黒田 洋司*

Teruo FUJII, Tamaki URA and Yoji KURODA

1. はじめに

複雑で知的な行動が可能な自律型海中ロボットを実現するための技術を、実環境において検討および改良するための手段として、汎用性のあるテストベッドロボット“Twin-Burger (Fig.1 参照)”の開発が計画され、これに関して前報¹⁾では知的行動の研究ツールとして用いることを念頭においた設計方針と主な搭載品について述べた。その後、搭載品単体での動作試験や細部の設計変更を経て Twin-Burger の建造が完了し、1992年11月に東京大学生産技術研究所内の実験プールにて進水した。ここでは完成したロボットの詳細について報告する。

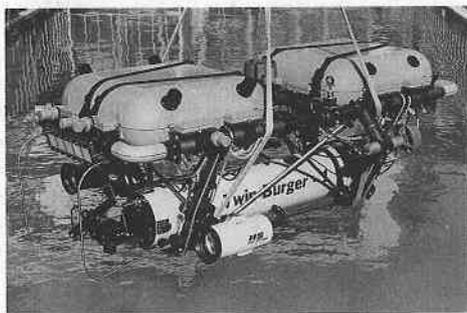


Fig. 1 A Versatile Test Bed “The Twin-Burger”

2. Twin-Burger の建造

完成したテストベッド Twin-Burger の一般配置を Fig. 2 に、主要な寸法と仕様を Table 1 に示す。Twin-Burger は全長1.54m、乾燥重量約120kg で、バッテリーを格納するアルミニウム製のシリンダと2つの FRP 製耐圧容器をフレームに取り付けたオープンフレーム構造のロボットである。このような構造とすることにより、搭載機器の種類や配置の変更を比較的容易に行うことが可能となる。また、フレームの前後にはステンレス製のバンパを設け、実験時にプールの壁などに対して衝突した場合でも、搭載している機器が直接被害を受けないよう配慮した。

推進器としては、前後移動および回頭用のスラスト2基をフレームの左右に、上下および左右移動用のスラストをフレーム中央部にそれぞれ配置し、全体として4自由度の運動が可能である。ロボットの運動は、プロペラ式の対水速度センサ、深度センサ、各軸方向の並進加速度センサおよび AHRS (Attitude and Heading Reference System) と呼ばれる各軸まわりの角度と角速度を検知するセンサによって計測され、その計測値に基づく推定航法によって現在位置が算出される。

外部環境認識用のセンサとしては、超音波測距センサ

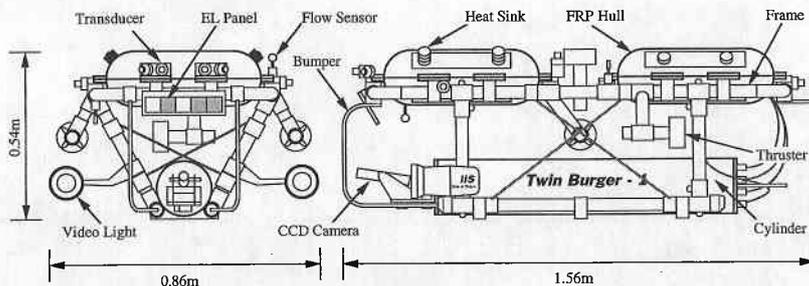


Fig. 2 General Arrangement of the Twin-Burger

*東京大学生産技術研究所 第2部

Table 1 Dimensions and Specifications of Twin-Burger

Length over all	1.54 m
Breadth over all	0.86m
Depth over all	0.54m
Dry weight	120kg
Operating depth	50m max.
Maximum speed	1knot
Duration	2hours (for CPUs)
Batteries	25.2V/10A and 28.8V/10A
Structure	Twin FRP hulls and a cylinder with a frame
Actuators	4 thrusters with 40W DC motors 2 servo motors for camera pan and tilt
Sensors	AHRS 2 axes speed sensor Depth sensor CCD camera 8ch. ultrasonic range finder
Communication	Ultrasonic Command Link Electro-luminescent panels
Computer system	< Main > 10 T800 Transputers with 16Mbytes RAM < Interface > 4 T425 Transputers with 4Mbytes RAM

と CCD カメラを搭載している。超音波測距センサは、150KHz の超音波を用いた多チャンネルスキャン方式で、それぞれの振動子の方向に関して障害物までの距離を検知するものであり、これによって周囲の物体との相対的な位置関係を知ることができる。振動子は Twin-Burger のフレーム上に自由に配置できるが、当初は 8 チャンネルを 0.1sec 間隔でスキャンすることを考え、Fig. 3 に示すような配置とした。

画像によるセンシングは海中ロボットにとって重要な課題の一つであり、本研究では画像情報を用いて意志伝達を行うこと^{1), 2)}も考慮して、Fig. 4 に示すようなパン・チルト機構を備えた CCD カメラを Twin-Burger のバッテリーシリンダ前部に搭載した。CCD カメラは図中の黒い直径 28mm の円筒水密容器の中に格納され、パンを行うためのステージに据えられている。パンステージおよび円筒容器は 2 個のサーボモータにより駆動され、パンに関しては、左右 100° 以上、チルトに関しては -90° (真下) ~ +15° (前方やや上向き) までの動作を行うことができる。カメラによってとらえられた画像は、バッテリーシリンダ内に搭載したビデオレコーダによって

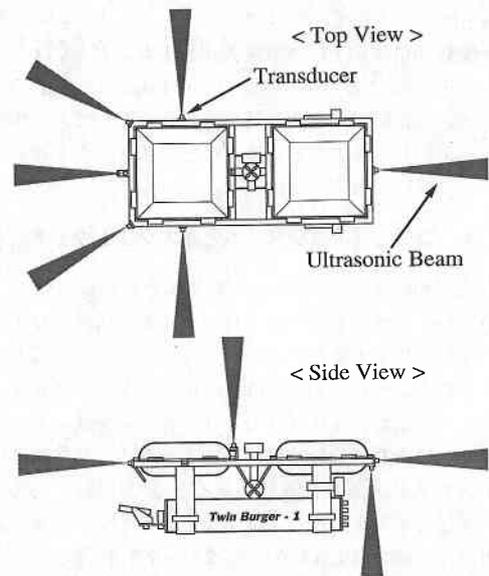


Fig. 3 Arrangement of Ultrasonic Transducers

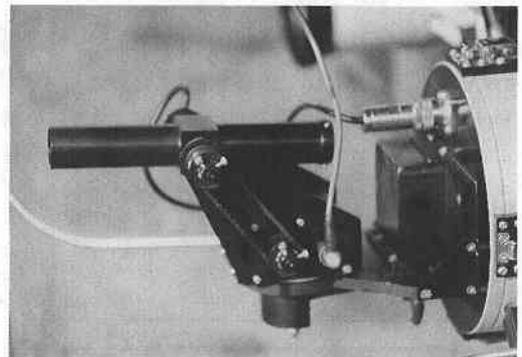


Fig. 4 CCD Camera with Pan-Tilt Mechanism

カラー画像として記録されると同時に、Twin-Burger のコンピュータシステム内の画像処理用のモジュールに白黒画像として取り込まれ、必要に応じてロボットの制御情報として用いられる。

以上のセンサに加えて、テストベッドとして実験に用いる際に Twin-Burger の内部的な状態を知るためのセンサとして、バッテリーの消耗を検知する電圧監視回路やそれぞれの容器について温度モニタを装備し、インジケータ表示によって外部から確認できるようにした。

Twin-Burger は通信システムとして、超音波コマンドリンクおよび視覚通信システムを搭載しているが、これらの装備を活用するために、通信の相手機として陸上から操作可能な水中通信ユニットを用意した²⁾。この水

研究速報

中通信ユニットは超音波コマンドリンクシステムの振動子と視覚通信用の EL パネル表示装置および CCD カメラを 1 セットにしたもので、Twin-Burger と陸上のオペレータとの間で双方向の通信を行うことができ、実験時のスタートの合図や緊急停止などの基本的なオペレーションに用いられる。

3. コンピュータシステムと基本ソフトウェア

Twin-Burger のコンピュータシステムには、搭載しているハードウェアをコントロールすると同時にロボットの行動を決定するための高レベルの処理も行うことが要求される。そのため、INMOS 社製のトランスピュータを基本としたマルチプロセッサシステムを採用してすべての処理を並列分散的に行うことを考え、具体的にはメインのトランスピュータアレイとして10個の T800 トランスピュータを、ハードウェアとしてのインタフェース管理用に 4 個の T425 トランスピュータを用いている¹⁾。これら合計14個のトランスピュータは一つのネットワークを形成しており、トランスピュータ特有の高速シリアルリンクを通じて相互にデータ通信を行うことが可能である。また、ネットワークのコンフィグレーションを部分的にソフトウェアによって変更することができる。

Twin-Burger の基本的な機能を実現し、実験時の基本オペレーションやデータの取得、ハードウェアの動作チェックなどを行うために、以下のような2つのソフトウェアモジュール群からなる基本ソフトウェアシステム

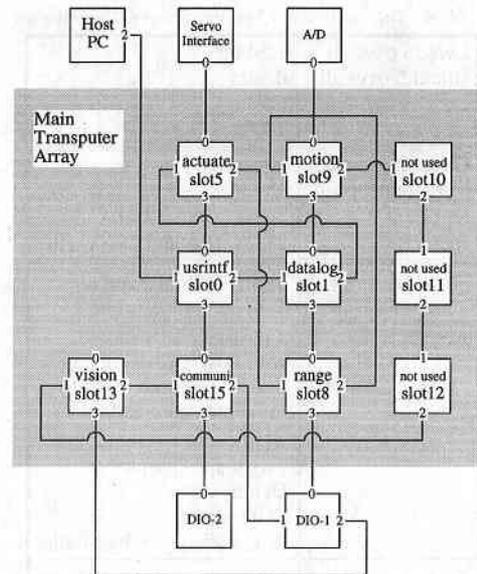


Fig. 5 Configured Transputer Network

が必要となる。

- 1) インタフェース管理用の T425 上で実行されるハードウェア制御のためのソフトウェア群 (Table 2 参照)
- 2) メインのトランスピュータアレイ上で実行され、実際のオペレーションのための処理を行うソフトウェア群 (Table 3 参照)

これらのソフトウェアモジュールは Fig. 5 に示すようなトランスピュータネットワーク上で互いにデータをやりとりしながらすべて並列に実行されるもので、ソフトウェア的には全体として Fig. 6 に示すような構造となっている。この基本ソフトウェアシステムはロボットが実際にミッションを遂行するためのソフトウェアとは異なり、そのような高レベルのソフトウェアの土台として並列に実行され、デバッグ等に用いられるものである。

Table 2 Hardware Control Softwares

Interfaccs	Hardware Control Softwares
Analog Input	A/D Conversion
Digital Input/Output	Range Finder Control
	EL Panel Control
D/A & Pulse Counter	Ultrasonic Communication System Control
	Thruster Control Command Output
	Servo Motor Control Command Output
	Thruster Rotation Count
	Flow Sensor Rotation Count

Table 3 Softwares for Basic Functions

Softwares	Funcions
usrintf	User Interface Management : Communicate with Transputers on Host
datalog	Data Logging : Log Sensor, Actuation & Communication Data
motion	Motion Data Management : Get and Calculate Motion Data
actuate	Actuator Control : Make Actuator Control Commands
communi	Communication Management : Manage Communication Data
range	Range Data Processing : Make Range Data from Binary Inputs
vision	Vision Management : Capture and Process Video Image

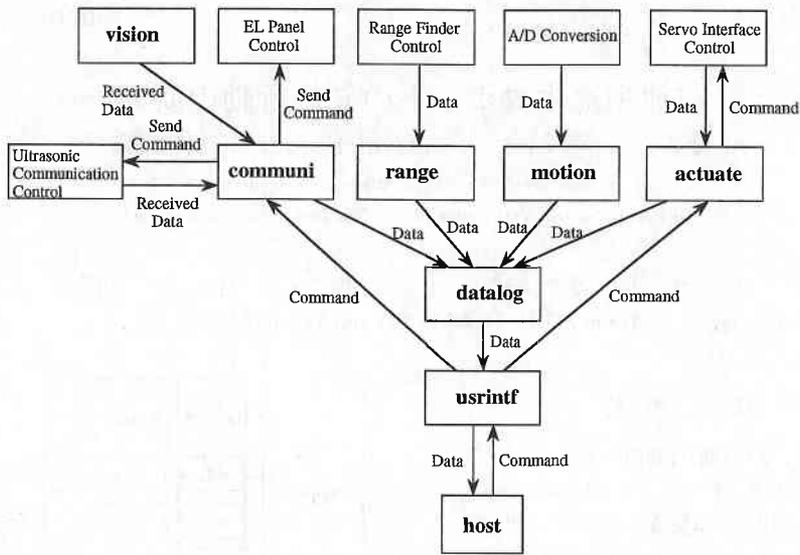


Fig. 6 Structure of the Basic Software System

4. お わ り に

自律型海中ロボットの知的行動の研究のためのテストベッドとして計画された Twin-Burger の建造が完了し、本論文では、その詳細な仕様および基本ソフトウェアシステムについて述べた。完成したテストベッドの動作検証や具体的なミッション遂行の実験等については次報以降に報告する予定である。

本研究の一部は文部省科学研究費補助金（特別研究員奨励費）による研究成果であり、また Twin-Burger の

製作に際しては生産技術研究所試作工場にご協力を賜った。関係各位に篤く御礼申し上げます。

(1993年 7 月 20 日 受理)

参 考 文 献

- 1) 藤井, 浦：“自律型海中ロボットの知的行動の研究（その 1）”, 生産研究, Vol. 44, No. 9(1992)pp. 43-46
- 2) 千葉, 浦, 藤井：“海中ロボットやダイバー間の視覚による通信”, 生産研究, Vol. 45, No. 7(1993)pp. 45-48