

# 内界センサ情報に基づいた移動ロボットの自己診断システム

翁 信之介\*<sup>1</sup> 川 端 邦 明\*<sup>2</sup> 藤 井 輝 夫\*<sup>3</sup>  
 國 井 康 晴\*<sup>1</sup> 淺 間 一\*<sup>2</sup> 遠 藤 勲\*<sup>4</sup>

## Self-diagnosis System of an Autonomous Mobile Robot using Internal Sensory Information

Shinnosuke Okina\*<sup>1</sup>, Kuniaki Kawabata\*<sup>2</sup>, Teruo Fujii\*<sup>3</sup>,  
 Yasuharu Kunii\*<sup>1</sup>, Hajime Asama\*<sup>2</sup> and Isao Endo\*<sup>4</sup>

Considering that the robots work in real environment, it is very important to recognize its condition by itself. Therefore, we are developing a self-diagnosis system for the autonomous robots. Especially, in this paper, we develop the basic sensory system and self-diagnosis method of an autonomous mobile robot. At first, we discuss the definition and classification of system accident. We also propose actual algorithm and method to diagnosis internal status of the robot using sensory information. The developed sensory system for self-diagnosis consists of multiple sensors, which are equipped on input/output node of each component. We show some experimental result using real autonomous mobile robot and our proposed diagnosis algorithm.

**Key Words:** Self-Diagnosis, Fault Diagnosis, Fault Detection, Autonomous Mobile Robot

### 1. はじめに

これまでに行われてきた数多くの知能ロボットに関する研究 [1]~[4] では、常に理想的にシステムが動作することを前提とした議論がその大部分を占めており、急激なシステム挙動の変化や故障などに柔軟に対応することが十分に考慮されていない。例えば RoboCup [5] などのロボットによる競技大会においても、準備作業を行う実験室と試合会場との間の微妙な環境の違いによってロボットが正常に動作しないことや、故障状態や原因が分からずに現場での復旧作業に多大な労力を費やすなどの事例が見られる。こうした点については、その重要性が指摘されているにもかかわらず [6]、故障などへの対応を想定した研究が重点的に行われているとは言い難い。すなわち、ロボットの動作状態を一定のレベルに保持するためには、部品レベルで確率統計論を適用し高信頼度を確保することが重要である。しかしながら、システムを構成する部品点数が多く、この手法を用いるのは現

実的ではない。そこで従来のセンサ情報からのフィードバック情報に基づく制御手法だけでなく、自己状態をより詳細に認識することで、システム全体としての正常な動作を保証するような手法について議論する必要がある。これまでに、ロボットを対象とした動作状態の診断に関する研究では、故障木を作成し、それに基づいて診断を行うもの [7] や、ロボットのシステム全体を複数のサブシステムに分離し、おのおののサブシステムを対象として診断を行うものなどが提案されている [8]~[10]。例えばセンサ系の故障に関するものでは、S.I. Roumeliotis らは、複数のセンサ情報の中からカルマンフィルタを用いて正常なセンサ情報を抽出する手法を提案した [8]。また、機構部分の故障に関するものでは、C. Cocca らや、J-H. Shin らは、冗長マニピュレータを対象として、結合部が故障しても、それを補償しながら動作させる手法を提案している [9] [10]。これらは故障時における対処動作までを考慮しているが、ロボットのシステム全体を故障検出の対象としていないため、故障を検出できない部分がシステム内に存在している。自律移動ロボットは、環境が整備され集中管理された産業用ロボットシステムとは異なり単体においてシステムが完結している。したがって、このようなタイプのロボットシステムに搭載する自己診断システムも外部に依存することなく自律的に内部情報から判断する必要がある。そこで本研究では、単一のロボットの全体システムについて、信頼性と故障時における対応能力の向上を目的として、自己診断システムの検討を行う。ただし、自律ロボットシステム

原稿受付 2000年7月19日

\*<sup>1</sup>中央大学

\*<sup>2</sup>理化学研究所

\*<sup>3</sup>東京大学生産技術研究所

\*<sup>4</sup>宇都宮大学

\*<sup>1</sup>Chuo Univ.

\*<sup>2</sup>RIKEN

\*<sup>3</sup>IIS, Univ of Tokyo

\*<sup>4</sup>Utsunomiya Univ.

の一部として組み込まれた診断システムは制御システムと常にコンピュータなどの処理系やセンサ情報を共有している。したがって診断システムが動作しない状態については、ロボットのシステム全体が故障しているとして本研究での診断対象とはしない。特に本論文では、自己診断システムを構築するにあたって、最も重要な基礎となる内部状態センシングシステムおよび故障箇所の検出について議論する。

## 2. システム故障

### 2.1 故障の定義

本研究では、システムの実現機能と要求機能との差が許容範囲を超えた状態を故障状態と定義する。ここでいう実現機能とは、対象システムが実際に発揮可能な機能のことであり、要求機能とは対象システムに要求される機能、すなわち実現すべき機能のことであり、実現機能はシステムを動作されるたびに変動するものであり、その動向は一般に予測不可能である。しかしながら、システムの挙動を十分に監視することによって、ある程度までは変動の兆候を確認することができる。

ここで実現機能の低下(変動)の原因としては、以下の三つを考慮することができる。

- (1) 経年疲労・劣化
- (2) 外乱
- (3) 初期不良

(1) の場合には、要求機能に対して実現機能が徐々に低下していくケースである。例えば長時間システムを動作・運用することにより発生する。(2) の場合には、突然、実現機能が要求機能を満たさなくなる。例えばロボットが障害物に衝突、破損した場合や部品の欠落などにより、こうした状況に陥るものである。(3) は、システムを起動した時点ですでに故障状態となっている場合に対応する。この場合、システム動作前の点検、整備によって対応可能であるため、本研究では(1)、(2)のケースについて議論する(Fig. 1)。

### 2.2 故障系統の分類

ここでは、システムは複数のモジュール化されたサブシステムにより構成されていると考え、システムの故障を検出するために各モジュールの状態をセンサにより検出することを前提としている。このようなシステムに発生する故障は、システムを構成するモジュールの故障とシステムに搭載したセンサの故障の二つに大きく分類することができる。例えばシステム内の任意のモジュールが故障した場合、それ以降に接続されている各構成モジュールに正常な動作を期待することは不可能である。一

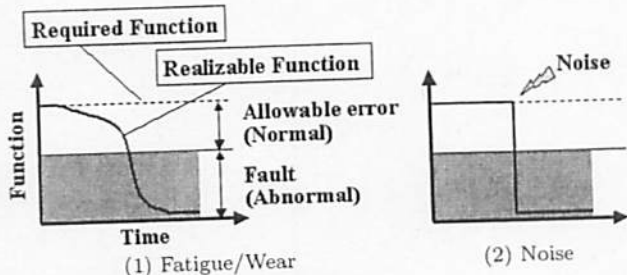


Fig. 1 Types of fault

方、センサが故障した場合には、状態を計測する手段を失うので動作の正確さが失われる。

ここで本論文で対象とする自律ロボットについて考えれば、プラントなどの診断システムとは異なり未知の環境や状況において故障が発生する可能性がある。しかしながら、従来の研究用ロボットシステムにおいては制御のためだけにセンサ情報を用いていたため、不具合が生じた際に故障がどちらのタイプであるのかを判断することは困難であり、故障箇所の特定も容易ではなかった。これに対して本研究では、システム(自律ロボット)を構成するモジュール群に対して十分な数のセンサを配置することで、こうした故障系統の分類を可能とするようなシステム構成を考える。

## 3. 自己診断システム

### 3.1 診断手法

一般にシステムの代表的なシステムの診断手法の一つとして、モデルベース診断がある[11]~[13]。このモデルベース診断においては、対象となるシステムの挙動を表したモデルをあらかじめ用意、設定し、このモデルから予測される状態と実際に観測される状態との差を解析することにより診断を行う(Fig. 2)。この手法はモデル上での計算に時間がかかるものの、予期しない故障に対応した柔軟な診断が可能となる特徴がある。したがって、各モジュールの入力と出力を検出すれば故障箇所が即座に判明する。本研究においても、ロボットを構成する各モジュールにモデルベース型の診断アルゴリズムを導入することでロボットの自己診断システムを構築する。ここでいう自己診断システムとは、故障箇所の特定のみならず故障発生後の作業計画変更や中止のための情報源としての利用も視野に入れたシステムとする。その上で、内部状態のセンシング、診断プロセス、対処動作からなるシステムを想定する(Fig. 3)。まず、内部状態のセンシングでは現在の動作状況の把握をするためにロボットの各構成モジュールの状態を計測する。診断プロセスでは故障箇

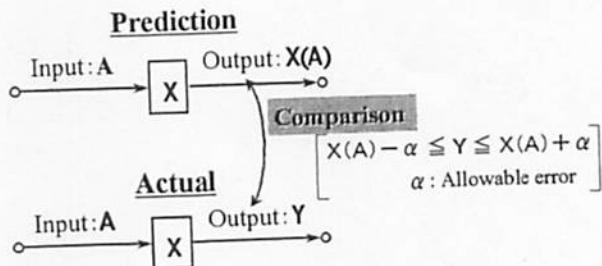


Fig. 2 Model-Based fault detection

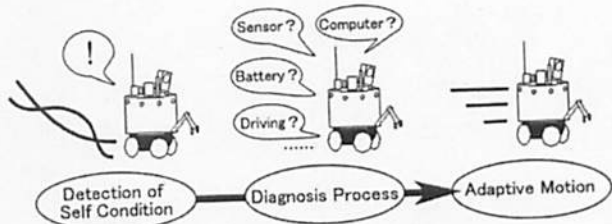


Fig. 3 Self-diagnosis system



Fig. 4 Omnidirectional mobile robot

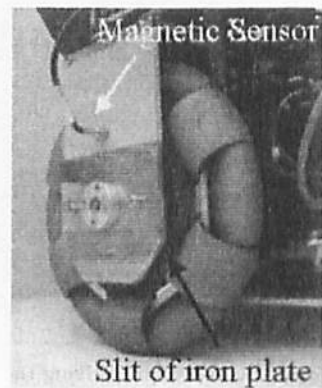


Fig. 6 Magnetic sensor and slit

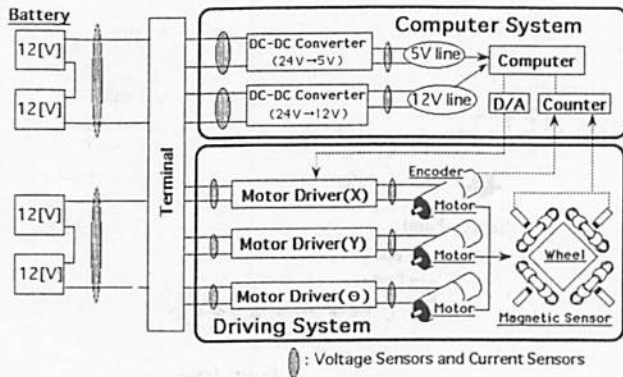


Fig. 5 Overview of system

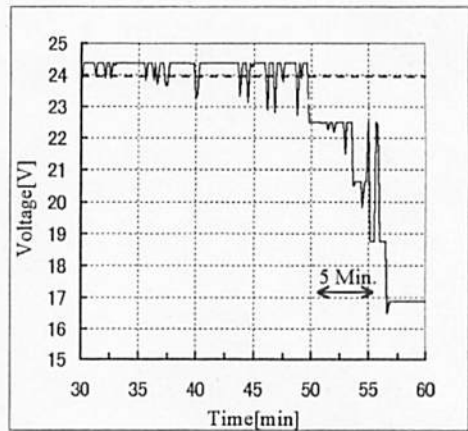


Fig. 7 Experimental result (Voltage level)

所の検出および原因の特定を行う。ただし、前述の通りシステムを制御するコンピュータが故障した場合には自己診断システムを含めた自律ロボットの系全体が動作不能になるため、本研究では診断対象とはしていない。

### 3.2 内部状態検出システムの概要

一般に診断を行うためには、現在の状態を把握することが不可欠である。ここでは具体的なロボットを対象として、ロボットを構成するモジュールの状態検出のためのセンサ群を配置することによって内部状態検出システムを構築する。

#### 3.2.1 全方向移動ロボット

本研究では具体的な診断対象として理化学研究所で開発された全方向移動ロボット：ZEN (Fig. 4) を用いる。ZENは、フリーローラ付き車輪と特殊な駆動メカニズムにより、四つの車輪を三つのDCモータで駆動することで、全方向移動を実現している[14]。ZENはPC/AT互換のコンピュータ、各種センサ、バッテリーを搭載しており、そのシステム構成はFig. 5に示すとおりである。搭載OSはリアルタイムOSであるVxWorksを採用し、ロボットはバッテリーにより自立移動が可能である。

#### 3.2.2 センサシステム

次に、駆動系と電源系に関する状態検出を例として全方向移動ロボットに実装するシステムの構築を考える。ここで本来、全方向移動ロボットに搭載されている駆動系のセンサは、モータに取り付けられているロータリーエンコーダ、角速度を検出するためのジャイロセンサである。通常のZENでは電源系のセンサの装備は想定していない。本研究の目的を達成するために、各

部の制御状態を検出するためのセンサを新規に付加した。まず、電源系には各モジュール間の伝送路となる部分に新たに電流センサ、電圧センサを搭載した。これらにより、各モジュールでの電気的な入出力関係の検出が可能となる。また、駆動系には実際の車輪回転数を計測するための磁気センサとスリット加工した円盤の組をエンコーダとして新たに取り付け付けた (Fig. 6)。精度は車輪回転角で3[deg]、移動距離にして約5[mm]であるが、移動ロボットの精度として考えれば問題はないと思われる。

これらにより、モータと車輪間でギアボックスなどを介した場合でも、それぞれの入出力値が2種類のエンコーダにより測定可能となる。Fig. 5を見て分かるように、各モジュールの入力・出力の両端にそれぞれセンサが配置されている。

### 4. ロボットの状態検出実験

ここでZENの駆動系および電源系に関する内部状態検出システムを用いて基礎実験を行った。まず電源系の状態検出については、各部の電圧値と電流値を検出することで、ZENの動作状態を知ることが可能である。まず、ZENを無負荷かつ速度一定の状態では各部の電圧を測定した (Fig. 7)。ZENは17[V]付近まで電圧が低下すると動作不可能になったため、バッテリーの電圧が低下し始めてからロボットが完全に停止するまで約5分間であることが分かる。Fig. 7より実際には電圧がバッテリーの定格値以下になった時点で、速やかに補給しなければならない。

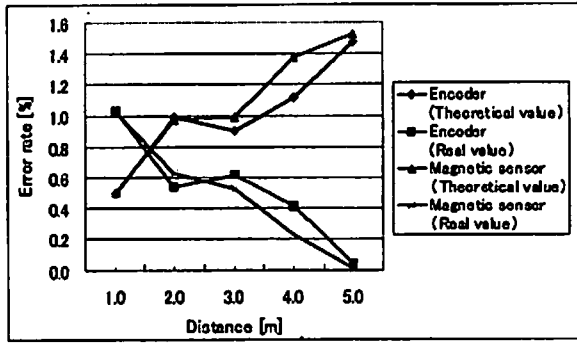


Fig. 8 Experimental result (Driving the wheel)

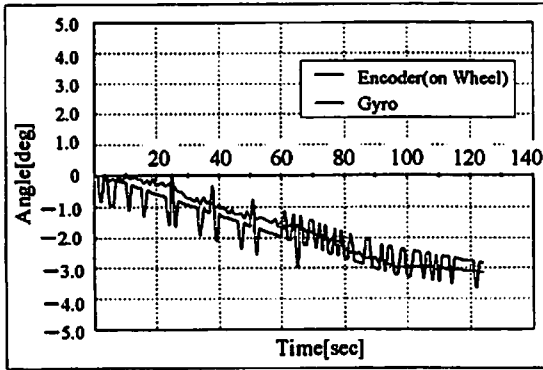


Fig. 9 Experimental result (Driving the wheel)

次に駆動系の状態検出については、モータによって生じた動力は歯車や車軸を介して車輪に出力されることから、モータの回転数と車輪の回転数を測定することにより、途中の歯車や車軸の故障を検出することが可能である。Fig. 8 は、ZEN を直線移動させた際にモータの回転数から求めた移動距離および車輪回転数から求めた移動距離と実測値との誤差率である。ここで、Fig. 8 での理論値とはセンサ値から計算によって求めたロボットの移動距離を示している。また、誤差率とはあらかじめ測定した距離を目標値としセンサ値から計算によって求めた値を示している。つまり誤差率とは

$$(\text{誤差率}) = \frac{(\text{目標値}) - (\text{測定値または理論値})}{(\text{目標値})} \times 100 \quad [\%]$$

で計算される値である。モータの回転数から ZEN の移動距離を求める場合、モータから車輪への動力伝達過程で様々なギアを介するために誤差が大きくなる。そのため、ロボットの状態が万全でなければ左右の車輪の同期を取ることが困難になり直線移動を試みたにもかかわらず姿勢角が変化してしまう (Fig. 9)。この場合、姿勢角の誤差がシステム固有の許容範囲を越えた時点で故障と判断せねばならないと考えられる。

### 5. 不具合箇所の特定

#### 5.1 センサ情報と内部状態の対応

前述のように得られた各モジュールの状態と ZEN の状態の対応表を Fig. 10 に示す。ここでは、入力命令に対して各モジュールの出力が正常であるなら 'O'、故障状態と判断されるなら 'X' と表記してある。例えば、モータが故障した場合、バッテリーの残

Sensor Output	Cryo Sensor	Condition (A Faulty Point)													
		System Fault						Sensor Fault							
		Normal	Slip of Wheel	Gear, Axle Fault	Motor Fault	Motor Driver Fault	Power Line Fault	Low of Battery Level	Encoder Fault (on Motor)	Encoder Fault (on Wheel)	Current Sensor Fault (on Motor Driver)	Current Voltage Sensor Fault (on Power Line)	Current Voltage Sensor Fault (on Battery)		
Encoder(on Wheel)	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O
Encoder(on Motor)	O	O	O	X	X	X	X	X	X	O	X	O	O	O	O
Current Sensor (on Motor Driver)	O	O	O	O	X	X	X	X	O	O	X	O	O	O	O
Current Voltage Sensor (on Power Line)	O	O	O	O	O	X	X	O	O	O	O	X	O	O	O
Current Voltage Sensor (on Battery)	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	X

O: Normal Output X: Abnormal Output

Fig. 10 System condition - Sensor output

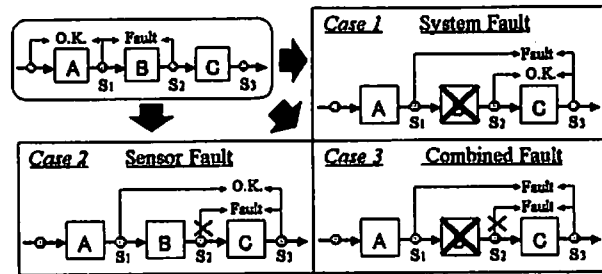


Fig. 11 Algorithm of fault detection

量が十分であったりモータドライバが正常であるにもかかわらず、モータや車輪が回転しないといった状態が発生する。また、モータに取り付けたエンコーダが故障した場合、モータの出力を正常に読み取れずモータが故障しているように思えるが、車輪は正常に回転しているといった状態になる。このような特徴を各モジュールの状態ごとに整理、分類することによりロボットの状態を判定することが可能になる。以下では、ロボットを構成するモジュールの故障を「システム故障」、ロボットに搭載したセンサの故障を「センサ故障」、複数の故障が同時に発生している場合を「複合故障」とする。

#### 5.2 故障箇所検出アルゴリズム

Fig. 11 は、各モジュールの入力・出力間のセンサ情報における整合について示したものである。システム故障の場合、モジュールの入力と出力との間で整合がとれない。つまり、モジュールへの入力から予想される出力を得ることができない。しかし、センサ故障の場合、故障したセンサ以外の組み合わせでは、すべてセンサ情報の整合が保たれる傾向にある。そこで、システムの構成モジュールに配置されているセンサ出力と、入力から予想される出力との整合度を確認することで故障を検出する。まず、隣接するセンサ情報の整合を順次確認する。そして何らかの故障を検出した場合、他のセンサ情報との組み合わせにより「センサ故障」「システム故障」「複合故障」に分類することが可能である。

例えばここで、モジュール A, B, C とモジュール間の状態を測定するセンサ系を考える。モジュール B が故障したと仮定するとセンサ S1, S2 間ではデータの整合が取れないために何

らかの故障が発生していると判定できる。しかし、これだけではシステム故障かセンサ故障であるか判断することが困難なので、センサ S1, S3 間でデータの整合が取れるかを調べることで、モジュール B の故障であると確定することが可能である。また、センサ S2 が故障したと仮定すると、センサ S1, S2 間とセンサ S2, S3 間でデータの整合が取れなくなる。この場合も同様にシステム故障かセンサ故障であるか判断することが困難なので、センサ S1, S3 間でデータの整合が取れるかを調べることで、整合があるならばセンサ故障、そうでなければ複合故障が発生していると判断可能である。このようにして「正常」「システム故障」「センサ故障」「複合故障」の四つを検出し、順次繰り返すことでシステム全体の不具合箇所を特定する。

6. 駆動系における診断実験

ここでは、駆動系における診断例として D/A コンバータ、モータ、車輪からなるシステムを対象とする。すなわち Fig. 11 における、A が D/A コンバータ、B がモータ、C が車輪に対応している。

6.1 故障判定基準

故障状態を認識するためには、システムの各構成モジュールに関して故障の判定基準を決定する必要がある。そこで、モータ、車輪に関して Fig. 12, 13 のように基準を定めた。この際、正常動作しているロボットを実際に動作させ、各入力速度に対して出力の誤差、誤差率を求め、その範囲を越えた場合を故障状態とした。ただし、外部環境の影響、例えば路面状況などによる影響を考慮し故障判定基準は実際の動作範囲より余裕を持たせた。Fig. 12, 13 において網掛け部分が正常状態における動作範囲であり、誤差率が点線を超えたとき構成モジュールは故障と判定される。

6.2 診断実験

前述のアルゴリズムと故障判定基準を用いて診断実験を行った。ここで対象となるのはモータの故障（システム故障）およびエンコーダの故障（センサ故障）の検出である。Fig. 14 は、ZEN を 1 自由度に対して動作させたときに、モータへの入力もしくはエンコーダの出力部におけるコネクタ接続点を任意に切断することにより意図的に不具合を発生させた検証結果である。

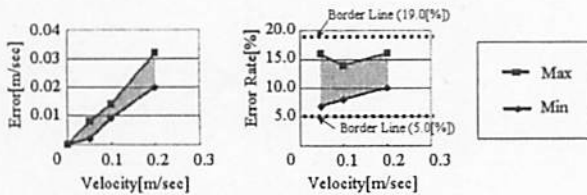


Fig. 12 Permissible error range (Motor)

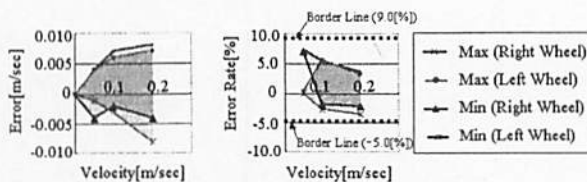


Fig. 13 Permissible error range (Wheel)

この場合、エンコーダの値 (S2) が D/A の出力 (S1) によって定められる故障判定の基準内 (図中の点線) であるならば正常であり、それ以外では故障と判定される。具体的に Fig. 14 を用いて解説すると、図中 I では S2 の値が判定基準を超えているため何らかの不具合が発生していると判定される。このように、不具合が発生していると判定された場合には、磁気センサの値 (S3) がエンコーダの値 (S2) と D/A の出力 (S1) によって定められる故障判定の基準内であるか否かによって、図中 II のセンサ故障、III の複合故障、IV のシステム故障に示すように故障箇所を特定する。その結果を Fig. 14 の下段のグラフに示す。この実験では短時間に故障状態を激しく変化させているが、実際の故障でも状態が遷移することが十分考えられる。この結果から、そのような状態にも十分追従し、故障判定可能であると考えられる。

つづいて、具体的な自己診断の一連の流れとして、作業前におけるロボットの状態を把握するプロセス、作業中にロボットの動作状態を監視するプロセス、そして作業後にも状態を把握するプロセスを導入することを考えている (Fig. 15)。作業前に行う診断においては、自己の状態に合わせて作業を実現するために作業計画に変更を加えることおよびロボットが作業を十分実現できるかを判断する。また、作業中に行う診断は、突然発生する故障に対応するものである。さらに、作業後には保守の必要性を判断すると同時に、次回起動時のための状態データを得る。作業前後の診断と作業中の診断の違いとは、センサから得られる動作状況の情報の取得法である。つまり、作業前後の診断ではロボットが自発的に動いて能動的に内部状態の情報

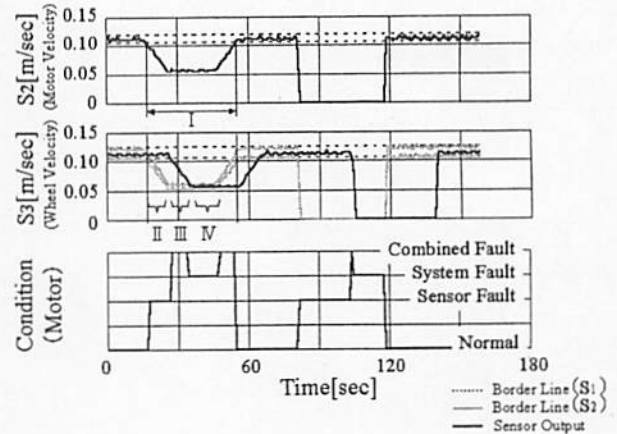


Fig. 14 Experimental result

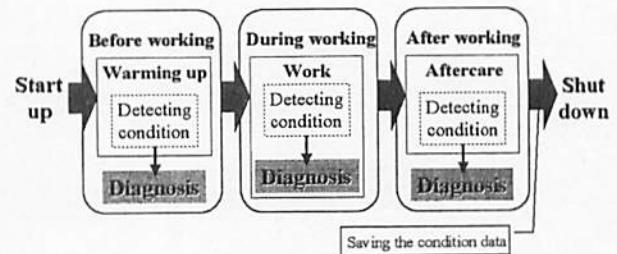


Fig. 15 Diagnosis process flow

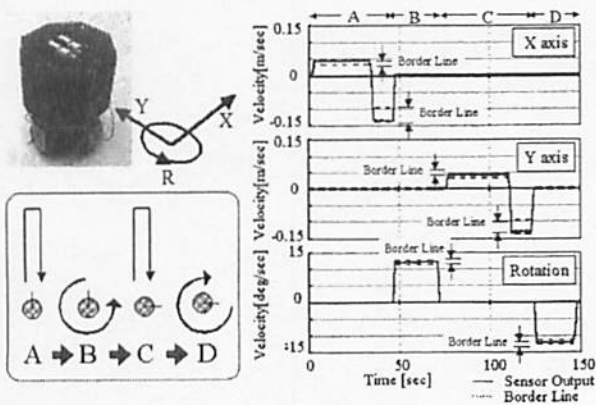


Fig. 16 Example motions for diagnosis

を集めるのに対して、作業中の診断ではその作業動作から受動的に内部状態の情報を集めるという点である。

センサ情報を得るためにはロボットが動作していなければならないので、作業前後では準備動作および終了動作を用意する。これらはロボットの機能を十分用いたものである必要がある。例えば Fig. 16 に示すように、二次元平面上の3自由度すべてに対してZENを動作させることにより各自由度におけるZENの状態を検出可能なものと考えればよい。

実際の適用例として Fig. 16 に示すような動作を行い、ZENの各自由度に関して状態を検出した。グラフはZENの各自由度における故障判定の基準とエンコーダの出力であり、前述の診断結果を3自由度に拡張したものである。この際に、エンコーダ出力が故障判定の基準を超えるならば、その自由度において何らかの不具合（システム故障、センサ故障、あるいは複合故障）が発生していると判定され、基準内であるなら正常と判定されることを示している。実験中是不具合が発生しなかったが、不具合が検出されると Fig. 14 の検証結果と同様に故障箇所の特定が可能である。以上により、ZENの各自由度に関する状態を検出することが可能となっている。

## 7. おわりに

実環境で自律ロボットが作業することを考えると、自己の状態を常に把握するシステムを持つことは非常に重要であると考えられる。そこで本論文では、ロボットの自己診断システム構築のための基礎的検討を行った。まず、故障の定義とその分類を行い、我々が扱う問題の前提条件および必要なシステム構成について検討した。次に、モデルベース型の診断アルゴリズムをシステムの各構成モジュールに適用したロボット自己診断システムの枠組みを提案した。また、全方向移動ロボットZEN上に実際の内部状態検出用センサシステムを構築し、ロボット内の各構成モジュールの正常時の入出力関係に関するデータ収集を行った。このデータに基づいて構成モジュールの状態判別の

基準および傾向に関する指標を作成した。さらに、ロボットの起動から終了までを作業前、作業中、作業後の三つの領域に分割することで、それぞれの目的に合った詳細な診断を行うプロセスを導入することでより効果的な診断システムを提案した。

今後は、診断結果に基づく適切な対処動作を自律的に行えるように検討する。例えばシステムの一部に故障が発生しても機能の冗長性を活用することによって、システム全体としてある程度の機能回復を行えることや、故障により動作不可能になったロボットに対しては、他ロボットにより回収作業を行うことなどが考えられる。

## 参考文献

- [1] 井上: "重点領域研究「知能ロボット」", 日本ロボット学会誌, vol.16, no.5, pp.578-585, 1998.
- [2] 川村: "知能ロボット研究の現状と今後についての一考察", 日本ロボット学会誌, vol.16, no.1, pp.21-23, 1998.
- [3] R.C. Arkin: Behavior-Based Robotics. MIT Press, 1998.
- [4] R.A. Brooks: "Intelligent without Reason," Artificial Intelligence, 47, pp.139-159, 1991.
- [5] H. Kitano ed.: Robocup-97 Robot Soccer WorldCup I. Springer Verlag, 1998.
- [6] "特集: 知能ロボットのめざすもの", 計測と制御, vol.35, no.4, pp.305-322, 1996.
- [7] M.L. Visinsky, I.D. Walker and J.R. Cavallaro: "Layered Dynamic Fault Detection and Tolerance for Robots," Proceedings of the 1993 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol.2, pp.180-187, 1993.
- [8] S.I. Roumeliotis, G.S. Sukhatme and G.A. Bekey: "Sensor Fault Detection and Identification in a Mobile Robot," Proceedings of the 1998 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, vol.2, pp.1383-1388, 1998.
- [9] C. Cocca, D. Cox and D. Tesar: "Failure Recovery in Redundant Serial Manipulators Using Nonlinear Programming," Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol.2, pp.855-860, 1999.
- [10] J-H. Shin and J-J. Lee: "Fault Detection and Robust Fault Recovery Control for Robot Manipulators with Actuator Failures," Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol.2, pp.861-866, 1999.
- [11] R. Iserman and D. Fussel: "Supervision and Diagnosis of Technical Systems," Fifth International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, 1998.
- [12] M. Takai, T. Fujii and T. Ura: "A Model Based Diagnosis System for Autonomous Underwater Vehicles using Artificial Neural Network," Proceedings of Ninth International Symposium on Unmanned Untethered Submersible Technology, pp.243-252, 1995.
- [13] Z. Vukic, H. Ozbolt and D. Pavlekovic: "Improving Fault Handling in Marine Vehicle Course-Keeping Systems," IEEE Robotics and Automation Magazine, pp.39-52, June, 1999.
- [14] H. Asama, M. Sato, L. Bogoni, H. Kaetsu and I. Endo: "Development of an Omni-Directional Mobile Robot with 3 DOF Decoupling Drive Mechanism," Proceedings of International Conference on Robotics and Automation, vol.2, pp.1925-1930, 1995.



翁信之介 (Shinnosuke Okina)

1975年11月26日生。1999年中央大学理工学部電気電子工学科卒業。2001年同大学院理工学研究科電気電子工学専攻博士前期課程修了。在学中は移動ロボットの自己診断に関する研究に従事。同年日本電気株式会社に入社。(日本ロボット学会正会員)



藤井輝夫 (Teruo Fujii)

1964年4月5日生。1988年東京大学工学部船舶工学科卒業。1991年～1993年日本学術振興会特別研究員。1993年東京大学大学院工学系研究科船舶海洋工学専攻博士課程修了。博士(工学)。同年東京大学生産技術研究所客員助教授。理化学研究所勤務を経て、1999年より東京大学生産技術研究所海中工学研究センター助教授。IEEE, ACS, 日本ロボット学会, 電気学会等の会員。(日本ロボット学会正会員)



浅間 一 (Hajime Asama)

1959年1月18日生。1984年東京大学大学院工学系研究科機械工学修士課程修了。1986年理化学研究所化学工学研究室研究員補。生化学システム研究室研究員を経て、現在研究基盤技術部先任研究員。工学博士。自律分散型ロボットシステム、複数移動ロボットの協調に関する研究に従事。IEEE, ニューヨーク科学アカデミー, 日本機械学会, 精密工学会等の会員。(日本ロボット学会正会員)



川端邦明 (Kuniaki Kawabata)

1970年2月3日生。1992年法政大学工学部電気工学科電気電子工学専攻卒業。1994年同大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。1997年法政大学大学院工学研究科電気工学専攻後期博士課程修了。博士(工学)。同年、理化学研究所基礎科学特別研究員として生化学システム研究室勤務。2000年理化学研究所工学基盤研究部基盤技術開発室研究員。自律分散ロボットシステム, 学習・進化システムに関する研究に従事。IEEE, 電気学会, 計測自動制御学会, 人工知能学会, 日本原子力学会等の会員。(日本ロボット学会正会員)



國井康晴 (Yasuharu Kunii)

1969年1月7日生。1997年3月東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。1997年4月中央大学理工学部電気電子工学科専任講師。2000年4月同大学助教授。現在に至る。仮想現実シミュレータ, テレオペレーションなど主に力覚フィードバックの研究および惑星探査ローバの研究に従事。(日本ロボット学会正会員)



遠藤 勲 (Isao Endo)

1940年8月14日生。1970年東京大学工学研究科博士課程修了。理化学研究所化学工学研究室勤務。理化学研究所生化学システム研究室主任研究員を経て、現在、宇都宮大学農学部教授。生物工学, 特にバイオプロセスエンジニアリングに関する研究に従事。1978年化学工学協会論文賞受賞。1994年ヘルシンキ工科大学名誉工学博士。1999年化学工学会賞受賞。2000年科学技術庁長官賞研究功績賞受賞。ニューヨーク科学アカデミー, アメリカ化学工学会, アメリカ化学会, 化学工学会等の会員。(日本ロボット学会正会員)