

海洋ロボットの研究開発 学際思考によるプロジェクト

合 田 周 平*

海洋開発にまつわる技術は多種多様であるが、未知の領域である海を開きこれを利用するためには、多くの分野からの総合的な技術に対する姿勢が望まれる。とくに、海は人類にとって資源・エネルギーの宝庫であるだけに、環境問題を内在した開発と利用のシステムを実現しなければならない。そこで、何よりもダイナミックなスペースとして海をとらえるための、海洋計測システムの重要性がある。本文は、こうした考えから提案された海洋ロボットOSRシステムの研究開発について述べたもので、システムの立案とその具体化において、いかに学際思考をもとにしたシステム工学が必要であるかが理解されよう。

The Research and Development of the Ocean Space Robot (OSR) — A project based on the interdisciplinary idea —

Shuhei AIDA

To a world facing an age of scarcity, the energy-resource laden oceans represent possible resolutions to our many problems. But to effectively exploit this potential, a capacity to explore the ocean as "space" is necessary and as result the Ocean Space Robot (OSR) discussed in this article was developed. The OSR is an example of advanced research in systems engineering, a science which must be based on the interdisciplinary idea.

1. 学際思考の具体化

ぼうばくとした海のイメージは、まさに学際思考の原点であり、人間活動の基礎である。わが国土の安らぎと活力に満ちた“郷土の杜”も海からの産物であり、海はまさに国土の自然そのものを形成するもとである。このように海をわが国の風土との関連でとらえると、海洋開発のためには、海そのものの特殊性を知り、環境保全を考えることは大切である。

海洋の開発利用を促進するとき、陸地における開発と自然との因果関係が、そのまま適用されることを認識しなければならない。とくに海は、生命の発祥の場といわれるほどに、大小さまざまな生物に満ちている。その海を開発するとき、当然あらゆる面で海そのものの物理・化学的な構造と、そこに生息する魚やプランクトンをはじめとする生物たちの、生命エネルギーの躍動を知り、環境保全に反映しなければならない。そのためには、何よりも海洋をひとつのダイナミカル・スペースとして知るための計測技術なり計測システムを開発しなければならない。

こうした考えをもとに、海の構造をモデル化する手段として、システム論的アプローチを導入した。

Fig. 1はそのフロー図で、海そのものの特性をいくつかの計測種目で表現し、それらの関係を明らかにすることにより、ダイナミックな構造としての海をいわゆる科学的にモデル化するためのものである。ここで大切なことは、未知なる海へのアプローチについて、一方的な現時点における科学的知識でその構造を決める (Fig. 1の実線) のではなく、一度決定した海の構造についても、計測技術やそのシステ

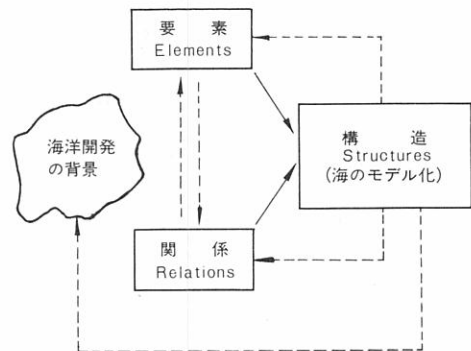


Fig. 1 海洋開発技術のシステムアプローチ
The system approaches to ocean development technology

*電気通信大学助教授 (システム工学)
原稿受理 昭和51年1月27日

ム化の改善により、さらに新しい要素とそれらの関係を求め、あるいは構造から海そのものへの科学的認識を改めるなど、Fig. 1の点線に示したフィードバック・ループの存在は重大なことである。したがってFig. 1のフロー図を通して、海そのものの構造を正しくつかむための情報システムが確立されるものである。

海洋が、われわれ人類にとっていかにエネルギーの無限の宝庫であっても、それについての正しい情報がなければ、利用することも、開発することも、保全することもできず、ただ永遠にロマンをかりたてるだけのものに終わってしまうだろう。

このように、海洋計測システムを確立することは海洋の利用に欠くことのできないことで、そこで展開される技術システムの開発の基礎資料を提供するものである。つまり、これまでの陸上や宇宙における科学技術が体験したことのない、海洋スペースにおける新しい技術システムを確立することである。とくに、圧力や腐食や、海流や浮力などを考慮したハードな機器の構造は、その材料などとともに、多くの分野における技術開発を必要とする。このことは一般的に考えても、従来の科学技術をもとに、もうひとつの科学技術を海洋スペースで開発することになり、その意味で物質・情報・エネルギーに対する基本的なアプローチから、海洋の開発利用を実現する技術システムが可能となろう。

つまり、現代文明を支えてきた3つの基本要素、**物質・情報・エネルギー**のそれぞれについて、海洋の特殊性を考慮した研究開発が必要とされ、それらを総合化した技術システムの研究開発が行なわれることになるのである。こうした観点から、海洋開発における技術をとらえると、まず**物質**としては腐食や圧力に耐え、浮力をうまく利用した機構の研究開発が考えられ、**エネルギー**としては、海洋で作業をすすめる機器に供給するエネルギー源の研究開発があげられる。すなわち、10mごとに1気圧ずつ増す水圧に抗しての海中作業においては、各種の条件により、空気圧、油圧、電気などの種類と、その供給方式が大きな問題となる。さらに、海中作業機器全体を目標にそってスムーズに動作させるため、**情報**のフィードバックによる機器そのもののコントロールが不可欠である。それは海洋スペースでの微妙な変化を検知し、海洋開発の機器システムに供給するエネルギーの流れを変え、海底資源の掘削や海底構築を目的に、開発システムを駆動させる神経系の役

割を演ずるのである。

海洋の開発利用にとって、海洋スペースはあらゆる点で生命エネルギーの根源であり、エコロジーの世界であるという認識が必要である。このことは科学技術の行使にあたって、つねに学際思考を忘れてはならないということである。言葉を変えると、生物科学的な海洋スペースの理解などをもっと促進し、物理科学中心に流れやすい開発システムを、環境保全の立場からも、つねにアセスメントすることの重要性がある。

海そのもののダイナミックな諸現象を把握することと、その開発利用システムを確立することは、まさに海洋開発を軌道に乗せるための両輪である。あらゆる技術開発をみてもわかるように、それが展開される場を知ることは急務である。とくに海洋の場合、そのダイナミックな計測システムの確立は、よりよい開発と利用システムを実現し、さらに計測技術の向上に役立ち、新技術の誕生を可能にするものである。

以上の点を考慮すると、海洋計測用ロボットOSR (Ocean Space Robot)の開発は、海を対象とした学際思考による具体的な工学的研究のひとつであると考えられる。とくに海洋ロボットOSRの研究開発はアイデアから現実的な実験にまで結びついた事例としては、わが国においては、きわめて稀な大型研究開発であるといえよう。

2. システム工学的課題

海洋開発は、先頃閉会した沖繩海洋博の成果が物語るように、はじめの華やかさは裏腹に薄れゆくブームのなかにある、というのが一般的イメージである。しかし、もともと開発の場である海そのものの理解が十分でない現在では、むしろ当然のことで、海洋開発利用のための技術は、まだまだこれからの課題である。

こうしたことを考えると、1969年6月、アメリカのマイアミビーチで開催されたアメリカ海洋工学会(MTS)の第5回年次大会で行なわれた“System and Technology”と題するパネル討論会での問題提起が、いまなお海洋の開発利用の基本的な課題を提示しているの、それを紹介しながら、海洋ロボットについて考察しよう。

- i) 海洋開発におけるシステムは、宇宙開発と同程度にSophisticateされたものにすべきか、あるいはもっとSimpleなものにすべきか。

技術的にみても、海洋は宇宙にくらべて圧力、腐食などの点において、基本的に異なる開発領域に属している。さらに大きな相違は、その経済的側面であり、海洋開発には投資に対する見返りが要求されている。このことは、開発の対象が深海に及ぶほど、信頼性や安全性の面から、非常にSophisticateされたシステムが要求される。しかし、投資に対する見返りを期待すると、Sophisticateされたシステムの構成には費用がかさむので、よりSimpleなシステムを立案し、これを実施することを考えねばならない。

しかし、よりSimpleなシステムを計画するためには、海はあまりにもわれわれにとって未知の領域が多く、科学技術の展開の場としては最も不適当な領域なのである。つまり、自然そのものの海の特性をもとにした技術開発から手がけなければならないのである。いいかえると、海洋という特殊な領域で展開される科学技術は、従来まで研究開発されてきた科学技術の延長線上には、そのままではあてはまらないことを意味している。

具体的な例として、アメリカにおける海洋油田の開発をみると、これまではほぼ100m程度の水深における海底開発が行われてきた。今後、より深海を対象とするときには、できるだけSimpleで低コストの海底油田開発システムを開発しなければならない。とくに海洋環境保全の問題を考慮すると、海については、陸からの技術をただ導入するというだけではなく、“海からの発想”による新しい科学技術を確立しなければならないようである。ここにも学際思考の重要性がある。

ii) 海洋開発の対象となるのは海面下どの程度までか。また対象となる水深は今後どのような傾向で増加するだろうか。

海面からの深度が増すにつれて、動力、酸素、人間や物質の輸送、事故防止策、通信などの問題が大きくクローズアップされ、これらの諸問題を技術的に解決することが、深度の増大を促進するうえのカギとなっている。とくに、現在では従来の陸上での技術開発がそのまま導入されているので、海洋開発における深度の問題は、環境保全や安全性の諸問題とからみ合い、きわめてむずかしい問題となっている。とくに、人間の作業に頼らざるを得ない現在、その安全性は海洋の圧力という大きな壁にとざされてしまうのである。

iii) 海洋開発における海中システムを開発するとき、人間自身はどのようなタイプの作業システ

ムに役立ちうるか。

海洋開発にとって、人間の作業は欠くことのできないものである。とくに深海になると、潜水夫には物理的にさまざまな制約条件がかかる。また、海洋ロボットなどを使用した遠隔操作による作業にも、多くの制限がきまとう。とくに、海中での機器・装置の最終的なチェックや保守点検などは、現在のロボットやマニピュレータ機器によるシステムでは、きわめて信頼性に乏しい。そこで、海洋開発にとって必要となるのが、高度の専門知識を身につけた優秀なダイバーを多数訓練することである。とくに、海中作業におけるマン・マシン・システムを確立することは重要である。たとえば、

$$\begin{aligned} & (\text{Man in the Sea}) + (\text{Simple tool}) = \text{Task} \\ & (\text{No man in the Sea}) + (\text{Complex tool}) \\ & \quad = \text{Same Task} \end{aligned}$$

こうした観点から海底油田などの開発を目標に海底作業を考えると、200m程度までのDeep divingが必要であるとの見地から、それらの訓練コストも含めた海洋開発システムがアメリカでは進められつつある。具体的には、アメリカ海軍におけるシーラブ計画があり、一定の海底で数十日にわたって生活し、各種の作業をなしとげるに必要な技術的諸検討はもとより、肉体的・心理学的データの収集がなされ、これらをもとに多くの海底開発システムが立案されている。

わが国においても、人間の海中における作業特性を知る立場から海洋科学技術開発センターが中心となって、シートピア実験を行なったことは記憶に新しい。人間と海とのかかわり合いは古く、これまでもさまざまな計画が立案されたが、いずれも科学技術の限界と、自然としての海の恐ろしさをまざまざと見せつけられることが多く、人類にとって海の征服などということは、まさに夢であることを知らされたのである。だからこそ、われわれ人類は、海にかぎりないロマンを燃やし、新しい科学技術の誕生を夢みるのだろう。海洋ロボットの構想もそのひとつとみることができよう。

iv) 海洋開発システムは、企業、軍事、国民の立場から何が最適であるか。

企業的にみると、アメリカでは海洋開発の約85%が海底油田掘削システムに関連したものである。たとえば、小型潜水船やダイビングシステムの開発は、この調査に欠くことのできないものである。このような海洋開発の傾向は、エネルギー危機以来さらに

強まり、1985年以降にはアメリカの海底油田も経済的に採算ベースに乗ると考えられているようである。

その他、国防の見地から軍事的な面の海洋開発もさかんに行なわれ、深海潜水船や救難潜水船(DSRV)などの開発が、周辺技術とともに進められている。さらに、環境問題に関連した諸技術や、レクリエーションのための沿岸技術の研究開発の重要性が増してきており、このような環境保全技術がいまや大きな課題となっている。

v) 海洋開発を促進するために、どのような政策を掲げるべきか。

これまで述べてきたように、海洋開発には基本的でかつ異質な研究開発の積み重ねが大切である。海の開発利用と環境保全の立場から、企業での採算ベースの考慮より、むしろマクロな国家的ベースの配慮が重要である。そこで、アメリカにおいては、かなりの部分を軍事研究のなかでまかないつつも、海底油田掘削などはNational Projectと研究開発を併用し、企業投資による見返りが当然参加企業に得られるよう配慮している。

以上の5テーマをみてもわかるように、海洋開発には大小さまざまなシステムが存在し、技術領域もきわめて広範囲であるとともに、何よりもそれが展開される海の特異性に注目しなければならない。とくに、現在の技術では完全な無人化システムが不可能であるため、海と人間との環境システムは、海洋開発においても大きな分野である。

さらに、海は生物の発祥源といわれるほどに、豊富な生物資源に満ちあふれている。全容積13億7000万立方キロメートルにも及ぶ、この広大な海洋スペースをすみかとする生物の数は、計り知れないものがある。このように、海洋はわれわれ人類にとって限りない資源であるとともに、魅力ある開発と利用の場であり、次の世代の資源エネルギーの宝庫であることは疑いない。と同時に、新しい科学技術の発想と展開の場であると考えられ、そこに人間活動を調和させるため、システム科学的アプローチの重要性が存在している。

3. 海洋ロボットOSPER計画

このような海洋スペースを完全に把握することは、そこで展開される科学技術を考える第1歩としてきわめて重要なことである。海の調査、探査はTable 1に示したように、これまで点としての観測が主体

Table 1 海洋計測の手段と範囲
Methods of ocean measurement

海 洋	手 法	計 測 の 範 囲
点	固 定 ブ イ	定点における物理的パラメータ
線	放 流 ブ イ	海流にそったパラメータ
面	え い 航 式	パラメータの水平分布
スペース	ロ ボ ッ ト O S P E R	ダイナミックなパラメータ

をなしていたが、これが点から線へ、さらに線から面へと広がり、そしていま海洋スペースとしてダイナミックな観測システムの必要性がでてきたのである。つまり、従来のブイなどにみられる“受け身”(passive)な形体ではなく、目的により自走する機能を備えた“能動的”(active)な機器を開発することが必要となってきたわけである。具体的には、情報収集機器が運動機能をもち、しかもみずからある程度の判断機能をもって環境を探索することで、これは海を活動の場とした海洋ロボットの登場である。

こうした考えによる海洋計測システムは、アメリカやヨーロッパなどでも研究開発が進められてきたが、筆者も海洋をダイナミックなスペースとして計測するためにOSPERシステムを考案し、昭和43年以来その具体的計画を海域工学研究会(会長・渡辺茂東教授)で検討した。

OSPERとは、Oceanospace Explorerの略字をあらたもので、海洋計測についての空間的パターンの必要性に注目し概念設計が進められ、その具体化につながったのである。

今さらいうまでもなく海洋開発についても開発の場を知ることは、そこで展開される技術開発にとってきわめて大切なことである。海洋の調査、探査はすでにTable 1にも示したように、これまで点としての計測が主体をなしていたが、それが前章でもあげられたように、線から面への計測システムが開発され、そしていま、海洋をスペースとして把握するためのダイナミックな計測システムの必要性がでてきたわけである。

OSPERは、海洋における計測ならびに補助的な作業を目的とした海洋ロボットの総称である。それらのうち、ここでは計測用OSPERシステムについてその特徴をまずあげると、

- i) ダイナミックな情報収集が可能となる。
- ii) 海洋スペースでの広範囲な多くの点をほぼ同

時に計測することを可能にする。

- iii) パターン認識の機能をもち、必要な情報を必要とするときだけ計測することができる。また計測データをもとに、さらに質の異なるデータを計測することを可能にする。

このようにして、海象すなわち、海のもつ自然現象を時々刻々とダイナミックに計測することは、海洋固有のシステムを把握し、そこで諸技術を展開するための第1歩として、きわめて重要なことである。こうしたシステムこそ、これまでの海洋学を基礎として展開される海洋工学の母体となる計測システムである。

海外においても、ドイツの海洋研究所で開発されたDolphinシステムなどがあるが、OSPERはケーブルなどによる有鎖システムではなく、情報収集機器が運動機能を備えたシステムの開発である。こうしたことは各国の海洋開発関係者が、さまざまな分野から検討を加えている。

このような観点からOSPER計画におけるトータルシステム概念図を示すと、Fig. 2のようになる。図の中央部の点線はOSPER本体がもつソフトとハードなシステムを示し、それに関連する制御と通信

の情報の流れを示した。さらに左の上下に位置するロボット本体は、それぞれ計測データの収集と伝送ならびにOSPER本体の制御と保守ということを機能的に分類したにすぎない。

トータルシステムの構成要素としては、OSPER-Vと称する海中で上下の垂直運動をする複数個のOSPER本体と、母船または海上基地、さらに計算機をもつ陸上基地などがあげられ、通信手段としては、データ伝送用の電波およびOSPERの保守、管理のための超音波、さらにそれらを有機的に結合するインタフェースとソフトウェアからなっている。

海中での計測データは、ダイビングブイと同様に周期的にOSPER-Vが海面上に浮上して、これまで記録されたデータを電波により海上基地または母船を中継点として陸上の基地に伝送される。または、OSPER本体に内蔵されているカセット部のモジュールを取り出し、オフラインでデータの処理を行なうよう考案されている。また、海洋データバンクは、広範囲な世界的海洋データを処理・管理し、さらに必要な計測データを指令することが可能なように設計されるべきであろう。

Fig. 3 はさきのトータルシステム概念図を、情報処理という観点から

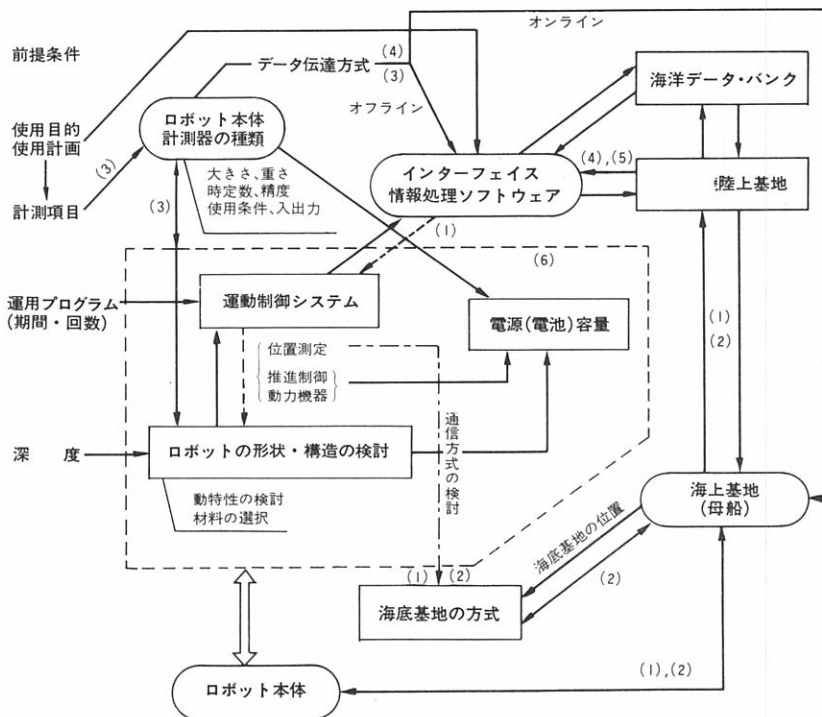


Fig. 2 OSPER計画のトータルシステム概念図

The total system of the OSPER Project

まとめたもので、それぞれのブロック内の数字は、Fig. 2のトータルシステムにおける数字と一応対応させている。そこで、これらの情報処理システムについて、そのおもな機能をあげると次のようになる。

(1) 計測制御システム

- ・ OSPER の動作指令 (スタート、浮上その他)
- ・ 位置の計測と制御
- ・ 計測手法の指示 (計測項目、計測点、時間間隔、海域、計測法)
- ・ OSPER の配置

(2)OSPER管理システム

- ・ 電池の使用限界
- ・ OSPER の機能チェック
- ・ 計測機器のチェック
- ・ OSPER 制御可能海域のチェック
- ・ OSPER の配送計画

(3)海洋計測運用システム

- ・ 計測データに基づく時間計算
- ・ 計測項目、計測点数によるデータなどの計算
- ・ 計測のシミュレーション
- ・ OSPER、海上基地、陸上基地、計測機器などの準備計画

(4)データ収集システム

- ・ 入力データのスケールング
- ・ 入力データのフィルタリングと計算処理
- ・ ロギング
- ・ データテープの編集
- ・ 異常処理
- ・ 大形計算機へのデータ前処理と伝送方式

(5)データ管理システム

- ・ 計測データの保存
- ・ 計測データの編集
- ・ 海洋データバンクからのデータ収集
- ・ データの提供
- ・ 作図方法
- ・ ディスプレイ

(6)OSPER 本体にまつわる諸問題

- ・ 悪いデータの検出方法、計測データのフィルタリング
- ・ 内そう、外そうの方法
- ・ 入出力データ形式の統一化
- ・ 応答時間の検討
- ・ アナログおよびデジタルデータの変換
- ・ 計測データと計算機のインタフェイス
- ・ OSPER本体と計算機との分担領域
- ・ 計測データの信頼性の評価、誤差の評価

このような項目について、概念的な情報処理システムを考察すると、OSPER本体との関連などから、検討事項として次のような項目について、ひとつひとつ考慮しなければならないことが明確になってきた。すなわち、情報処理システムの検討事項として

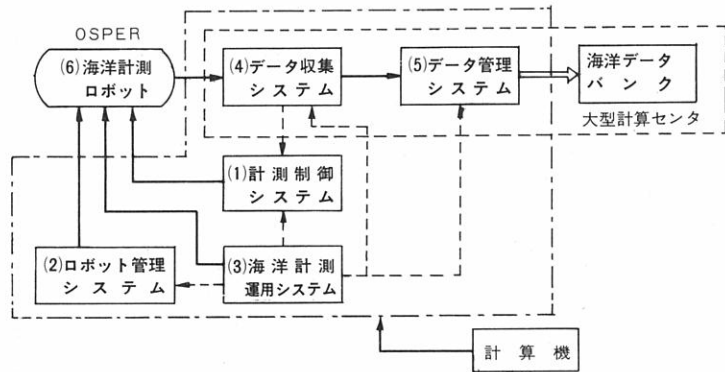


Fig. 3 OSPER計画における情報処理システム概念
 海洋データ収集と処理システム (4) (5) (3) (6)
 ロボットによる海洋計測の管理システム (1) (2) (3) (6)
 An outline of the information processing system
 in the OSPER Project

(a)計測制御および管理指令の方法

- ・ マシンシステムによる指令—計算機によるオンラインシステム(計算機—海上基地—OSPER)

(b)データ伝送の方法

- ・ OSPER—海上基地—計算機(オンライン)
- ・ OSPER—計算機(オフライン)

(c)計測データの表示、提供の方法

- ・ 形式
- ・ 時間間隔

(d)計算機の問題

- ・ 計算機の種類、規模……ミニコン+インタフェイス
- ・ 要員の養成
- ・ 計算機設置場所の問題点(固定、移動の場合、電源供給、その他)

以上のような項目についての検討とともに、実際的には海上基地、陸上基地において用いる計算機の問題として、ハードウェアとソフトウェアを含めた開発要素が考えられる。それらのうちおもしろいものをあげると次の項目がある。すなわち、

- i) マン—マシン—コミュニケーション(インタフェイスの問題としてとらえる)
- ii) プログラム言語の選択と開発
- iii) 判断機能の種類と開発

OSPER計画については、海洋開発におけるさまざまな計測用機器と関連して、そのシステム化が欧米でも多く関心をもたれているが、わが国でも昭和46年からOSPERシステムの概念設計をもとにモアリングアイを組込んだシステムが通産省の補助金を

得て“ロボットによる海洋計画システム(OSR計画)”というプロジェクトとなり、5年計画で機械振興協会・新機械システムセンターでスタートし昨年総合実験が完了したので、その概要について述べる。

4. 海洋計測ロボット OSR

これまでもしばしば述べてきたように、海洋の開発利用にあたっては、まず、その対象となる海洋の情報を収集し、その性質を十分把握することが必要である。そこで、海洋の空間的・時間的変化をとらえるために、従来から調査船、潜水船、ブイ等による計測が行なわれているが、精密なデータを得るには多くの労力と費用とが必要である。

OSRは Ocean Space Robot の略称で、海中を鉛直または水平に移動するロボットと、ロープで定点に係留されたブイを用いて、ある一定の海洋空間に関して、複数の調査項目を同時に計測し、海洋状況の空間的分布及び時間的変化を詳細かつ効率的に把握しようとする無人の海洋計測システムである。

4-1 OSR の開発目標

OSR の開発目標は、つぎのとおりである。

計測項目	流向、流速、水温、電気伝導度(塩分)、音速、溶存酸素量、pH、濁度など
計測面積	1~10km ²
計測深度	最大250m
ロボットの位置制御精度	水深の10%以内
使用条件	最大流速 3ノット(1.5m/s) 海水温度 -4~30℃ 波浪階級 3以下

4-2 OSR トータル・システムの構成

OSRは、V型ロボットとモアリングブイにより、

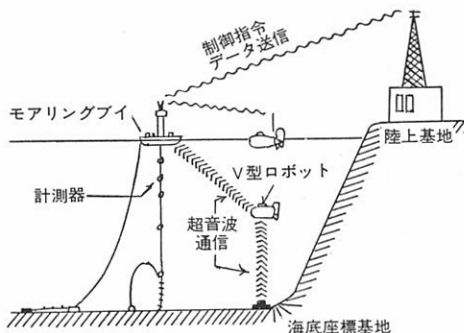


Fig. 4 OSRシステムの全体図
Overall diagram of OSR System

海洋データの空間的・時間的総合計測を行なうものであり、以下の各サブシステムによりFig. 4のように構成されている。

(1) V型ロボット (OSR-V)

- 1) 機体システム
- 2) 位置姿勢制御システム (海底座標基地を含む)
- 3) 通信システム
- 4) 計測システム

(2) モアリングブイ (MB)

- 1) 本体
- 2) 通信システム
- 3) 計測システム

(3) 陸上基地

- 1) 通信システム
- 2) 情報処理システム

(4) 支援システム

- 1) 母船システム
- 2) 支援作業システム

(5) 情報・通信システム

OSRシステムはこれらのサブシステムから構成され、各サブシステム間の指令信号や情報の流れはFig. 5のようになる。つぎにそれぞれのサブシステムを説明しよう。

(1) OSR-V

- 1) 海底に固定された海底座標基地から発信される水中超音波信号を受け、その鉛直線上を位置制御を行ないながら、一定時間ごとに浮上、沈降する。
- 2) あらかじめ決められた計測計画(計測周期、項目)に従って計測を行ない、計測データを機体内に蓄積する。
- 3) 計画に従って一定時間ごとに浮上し、収集データを空中通信によって陸上基地に送信する。
- 4) 水中通信によりMBと交信し、陸上基地からの指令の受信あるいは機体状態のMBへの送信を行なう(MBは陸上基地とOSR-Vを空中通信により中継する)。
- 5) 機体内部の状態を常時検出し、異常が発生した場合、異常信号を発信するとともに緊急浮上する。

OSR-VのVは Vertical の頭文字で、これは垂直方向に沈降浮上し、海洋の事象を計測するロボットで、Fig. 6の形状に決まるまでには、模型を使い

種々の実験（風洞実験、水槽実験）が行なわれた。一見潜水艇のような形をしているが、この中には計測器、カメラ、通信機はもちろん、V型ロボットを動かすための電池、機体制御機器等が積み込まれており、コンピュータの命令によって行動する有能な無人化ロボットである。

また、V型ロボットは海中通信機をもち、荒天候時における海底待機、機体内部の異常状態または事故による緊急浮上等に関する指令、あるいは信号等をモアリングブイまたは母船を経由して陸上基地と

交信できるようになっている。

V型ロボットのほかにH型ロボットも設計が進められた。H型ロボットのHはHorizontalの頭文字で、このロボットは与えられた指令により、海中を水平に航走しながらいろいろの計測を行なう。H型ロボットの設計は完了したが、予算などの都合で実現しなかった。

(2) モアリングブイ (MB)

モアリングブイは、直径10mの円盤型のもので、錨とロープで固定された位置で多数（昨秋の海域実

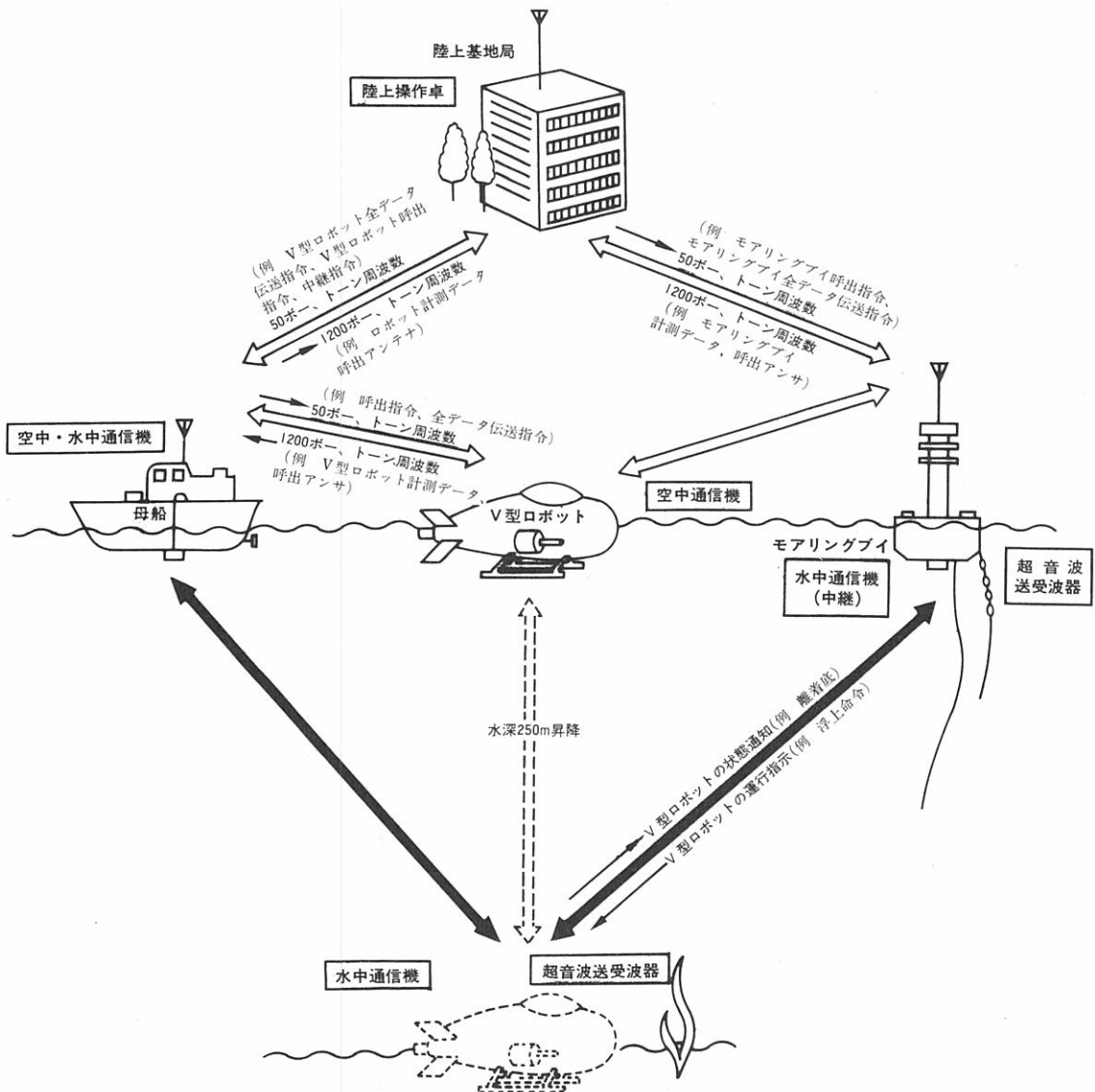


Fig. 5 OSRシステムにおける指令信号や情報のフロー図

Flow chart for command signals and information in the OSR System

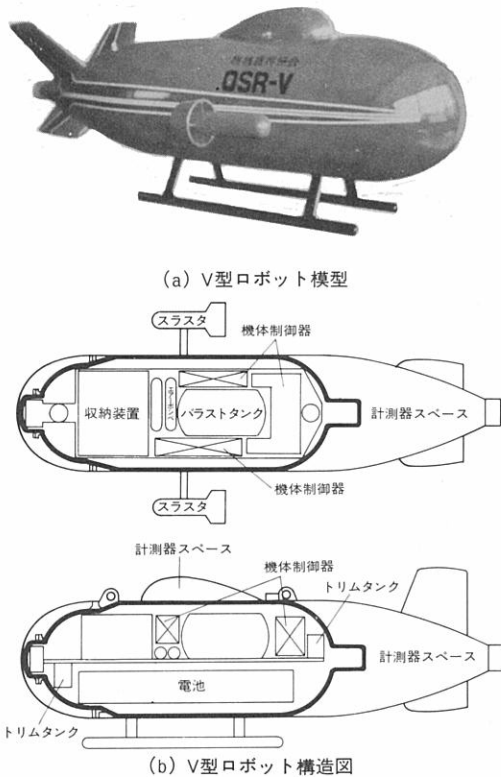


Fig. 6 OSR-Vの形状と内部構造
Design and internal structure of OSR-V

験では9種類、34個)の計測器による6層の水深についての5分間隔の同時計測を行ない、機体内の磁気テープに記録されたこれらのデータを3時間ごとに陸上基地のコンピュータに送信する。さらにこのパイは、ロボットと陸上基地間の情報伝送における空中通信または水中通信の中継基地の役割も果たす。Fig. 7にモアリングパイと他のサブシステムとの通信システムを示した。さらに、モアリングパイを機能的

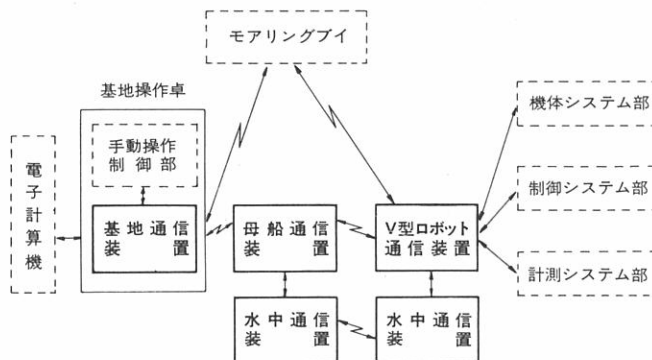


Fig. 7 通信システムのフロー図
Flow chart for communication system

にみると、つぎのことがいえる。すなわち

- 1) 一定時間ごとに海中および気象データを計測し、蓄積する。
 - 2) 陸上基地からの指令により計測データを陸上基地に伝送する。
 - 3) 陸上基地とOSR-V間の通信(空中および水中)を中継する。
また、OSR-Vからの水中信号(機体状態および動作状態)を蓄積し、陸上基地からの指令により送信する。
 - 4) MBの内部状態を常時検出し、陸上基地からの指令により伝送する。
- (3) 陸上基地
- 1) 情報処理システムより通信システムを介してOSR-VおよびMBに、それらの運行管理に必要な指令を発信する。
 - 2) 情報処理システムはOSR-VおよびMBの蓄積された計測データを受信し、オンラインで読み込み、データ処理および印字を行なう。
 - 3) 通信システムから、手動により各種の通信操作を行なえる。
- (4) 支援システム
- 1) 母船およびその他の支援船によりOSR-V、海底座標基地およびMBに対して、展開、回収、設置などを行なう。
 - 2) 母船は陸上基地とOSR-V間の通信(空中および水中)の中継機能をもつ。また、母船の通信機能からOSR-Vに指令を与えることができる。
 - 3) 陸上基地内におけるOSR-Vの整備、機材の管理・運搬、母船またはMB間と陸上基地間の連絡などの支援作業の機能をもつ。

(5) 情報・通信システム

OSRシステムにとってそれぞれの単体(V型ロボット、モアリングパイ)も重要な要素のひとつであるが、情報システムは、それら単体のあるひとつのシステムにまとめあげ有効な機能を発揮する。情報システムの中核をなすのはコンピュータで、V型ロボットやモアリングパイに指令を出すだけではなく、それぞれから電波によって送られてきた計測データを解析し、すばやくグラフィックディスプレイ

プレイに表示したり、プリントしたりして海洋情報を的確に知らせる。

通信システムは空中通信システムと水中通信システムで構成されている。空中通信システムは浮上してきたV型ロボットからモアリングブイへの計測データの送信、モアリングブイから陸上基地への計測データの送信と陸上基地からモアリングブイへの指令信号の送信が主な任務である。一方水中通信システムは陸上基地から空中通信で送られてきた指令信号をモアリングブイで超音波信号に変換して、海底のV型ロボットに浮上、待機等の指令をするためのものである。

5. OSR総合実験と利用分野

OSRシステム開発の一応のメドをつける最終実験として、昭和50年10月から11月にかけて駿河湾に実験海域を設け、OSR総合実験を行なった。したがって、本システムが無人の海洋計測システムとしていかにうまく作動し、どのように運用されるかという点を解明するとともに、今後の海洋開発のための足掛かりとして、将来の海洋計測システムのあり方を考えるためにも大切な実験である。

無人ロボットによる海洋計測とかブイによる海象、気象、計測というものが欧米各国でも小規模ではあるが行なわれていることはよく知られている。しかし、本システムのように総合的なシステムとしての海洋計測実験は世界でも初めてで、昨年度の第1回実験後、欧米にわれわれの実験成果の一部を携え、技術交流を兼ねOSRシステムの運用のための調査団を派遣したときも、各国からそのシステムの本格的構成に感嘆する声が聞かれた。

個々のサブシステムについては、つぎのような点に注目してよいだろう。

i) 無人潜水船の運航

長時間にわたる本格的な無人ロボット潜水船の運航という点では、わが国でははじめての試みである。とくに超音波による座標基地へのホーミング、基地間のトラベリングをはじめ、ロボットへの指令信号や、ロボットからの計測データの受信など、ロボット運航を制御・管理するシステム技術の確立は、今後の海洋開発と利用につながる大きな成果となった。

ii) ロボットの運動監視

ロボットはその運動状態を知らせるための各種検知器、たとえば、海底からの高度を知るための対地高度計、海面からの深度を測る圧力計、海面浮上を

知る浮上検知器、浸水を検知するための浸水検知器等が備えられている、ロボットの運航が現在どのように行なわれているかが運航のシーケンスを追って追跡され陸上基地局で監視されている。このためたとえば浮上指令で上昇を命じたのに、設定の時間が経過しても海上に浮いてこないときは、間合わせで、浮上のための排水動作が行なわれたか、離底したか、設定高度を越えたか等の情報から、どこでどのような故障が起っているかを推定できるシステムになっている。

さらに今回の実験では海洋データの収集という目的のほかに、機体の運動特性を知るための各種計測器を備え、さらにトラッキング装置からもロボットの運動状況を追跡するシステムを採用した。この結果、ロボットの動特性を本実験から求めることができ、開発の初期に行なった風洞実験、水槽実験および理論計算から得られる結果と比較検討することができ、今後の貴重な設計資料が得られた。

iii) 通信システムの作動

水中の超音波通信と空中の電波通信をかみ合わせた本通信システムは、海洋開発の将来の通信の基礎となるもので、とくに超音波による海中でのコード化された指令の伝達と、伝達された指令が確実に受け取られているかの確認を求めるアンサー信号の受理からなるシステムは、雑音の多い水中通信技術に大事なデータを提供するものである。

iv) 情報処理

ロボットやブイの搭載テープに蓄積された海象と気象に関する計測データは基地局からの指令で、電波を介して基地局に1200ボアの早さで送られてくるが、この多量のデータを処理、整理、表示することで、実験海域の海洋の立体構造を時々刻々連続して把握するということが、本システムにより初めて可能となった。

v) ロボット、ブイ、運航管理

これも本システムの特徴のひとつで、ロボットやブイの計測パターンの変更を行なったり、ロボットに海底での待機（台風時や海上を艦船が通過する際等）を命じたり、浮上送信を指令したりという運航制御や、ロボットやブイの状況を把握するための質問を出したり、その答を聞いたり、異常を聞いたり、それに対応する指令を出したり、テープの巻戻しを命じたり、といった運用上の管理まで一切を基地局の計算機が行なう、計算機制御方式をとった大規模なシステムで、このような海洋計測システムは世界

的にみても初めてである。

以上のような総合実験の成果をふまえて、今後のOSRシステムの利用分野を考えると、①人身事故の可能性がない、②悪環境下の計測が可能、③長時間の連続計測が可能、④危険物への接近が可能、⑤深海計測へのアプローチが可能、などの特長がある。

したがって、今後OSRが実用化すれば、単に学術的な海洋計測が効率的に行なえるだけでなく、つぎのような産業面での広範な利用が期待される。

(1) 海洋観測への利用

- ・沿岸海域における温排水、赤潮、水質等の海洋環境の把握
- ・好漁場とされている寒暖両流の接する海域の精密調査
- ・河川水と海水との混合状況調査
- ・海底火山の付近等危険な海域への調査
- ・放射性物質の調査

(2) 海水利用工業への利用

- ・海水利用工業の立地条件調査
- ・原料海水の水質モニタリング

(3) 水産関係への利用

- ・浅海増養殖場の立地条件調査
- ・浅海増養殖場の環境のモニタリング

6. 開発体制と将来

OSRシステムの開発体制について述べることは、わが国におけるこの種の開発体制全般について論じることになり、容易なことではない。しかし、一民間の研究会の発想によるOSPER計画が曲りなりにもOSRシステムとして10億余円の開発費と5年間の歳月を費して、総合実験にまでこぎつけ、ここに述べたような多くの成果をおさめることができたことは、その発案者として大きな喜びである。しかし、これですべてがよいわけではなく、科学技術の研究開発という点からみると、これらの技術のストックがどこに蓄積され、新たな海洋の開発利用のフローとなるのか、を考えると、いささか現在のこうした研究開発体制に疑問を投げかけざるを得ない。欧米では、多くの場合、研究開発資金は人についてまわる。つまり、人的ストックの育成に重点がおかれる。もちろん、その人の研究歴や実績が大きくものをいうが、まず研究者なり研究推進者を第1に考え、ついで、目標なり内容をはじめ組織などが問題視されるようである。

わが国の海洋開発の各種プロジェクトのうちでも

かなり独創的であるOSRシステムの研究開発に、そのアイデアの段階から参加して感じたことは、わが国ではこうした研究開発においても、行政の仕組みとそのタテ社会があまりにも反映されることであった。たとえば、OSPER計画というひとつのアイデアを具体化したシステムが、いざ実施段階になるといつの間にかOSR計画に名称変更されたのも、こうしたことの表われかもしれない。いずれにしても、技術的側面の研究開発と、行政的な管理・運用がすり合いのとれた両輪ではなく、時折低次元の権力が介入し、ギクシャクとしてしまうことも多かった。これは、わが国の科学技術政策の欠陥といえればそれまでであるが、それ以前の問題があるように思えた。

研究開発、とくに海洋開発のようなほとんど未知の領域についての技術開発には、十分なシステム的かつ学際的配慮の上に、すべてが推進されねばならないことをあらためて痛感した。

終わりに、OSRシステムについては、(財)機械振興協会による報告書をもとにしたものであることを追記し、関連各位に感謝の意を表したい。

参考文献

- (1)合田周平編著“海洋工学入門” 講談社ブルーバックス、1968.
- (2)合田周平著“エコ・テクノロジー概論” 学研、1973.