研究速報
UDC 629.127：623.82

グライダー型潜水艇の設計に関する研究（その7）
——PTEROA150の建造と実海域試験——

Feasibility Study on Gliding Submersibles (7th Report)
——Construction of PTEROA150 Subsea Robot and Sea Trials——

浦　環*・能勢義昭*・坂巻　隆*
Tamaki URA, Yoshiaki NOSE, and Takashi SAKAMAKI

1．はじめに

1985年度より4年間，文部省特定研究経費を得て，深海を航行して計測活動をおこなう海中ロボットの開発研究が浦研究室・前田研究室を中心にした潜水艇研究グループによりおこなわれた[1~5]．

2．パイロットモデル「PTEROA150」の建造

1989年度に海中ロボットのパイロットモデル「PTEROA150」が建造された[6]．目標とする航行パターンは(1)グライディングをして母船より海底目標点に到達し，(2)第1バラストを投棄し，(3)プロペラ推力により海底面から定高度航行をし，(4)第2バラストを投棄して正浮力となり，(5)母船へとグライディング浮上する，ことである．

本パイロットモデルの建造は，実用機の設計のための基礎資料を得るためのもので，水槽での実験が容易におこなえる規模のものとした．また，機器類はモジュール化をおこない，修正・変更が容易におこなえるものとした．

一般配置図を図1に示す．表1は，主要目表であり，また搭載計器類の諸特性を示している．図2は電気系の系統図であり，電源は48V系1系統，12V系2系統を持つ．

外形は，胴体，左右エレベータ，左右垂直安定板および舵，左右スケグ，左右プロペラおよびノズルなどより

表1　PTEROA150の主要目・性能と主な装備品

全長		1.575m（胴長1.50m）
全幅		1.200m（胴幅0.75m）
全高		0.495m（胴深0.45m）
湿重量		270kg
乾重量		220kg
水平航行常用速度		3 Knots
（水平航行持続時間		40分間）
CPU持続時間		3時間
最大潜降深度		2000m
1	CPU	Intel 80186
2	外部メモリ	2Mbyte
3	推進器	2×300W（均圧）
4	アクチュエータ	3×均圧ステップモータ
5	電源　NiCd	推進器用　48V10AH
6		CPU用　6V10AH
7		センサ用　12V10AH
8	測距センサ（4台）	150kHz
9	運動計測	簡易型慣性センサ
10	トランスポンダ	50kHz
11	カメラ	35mmスチルカメラ
12	デバラスタ	2×爆発型
進水		1989年7月29日

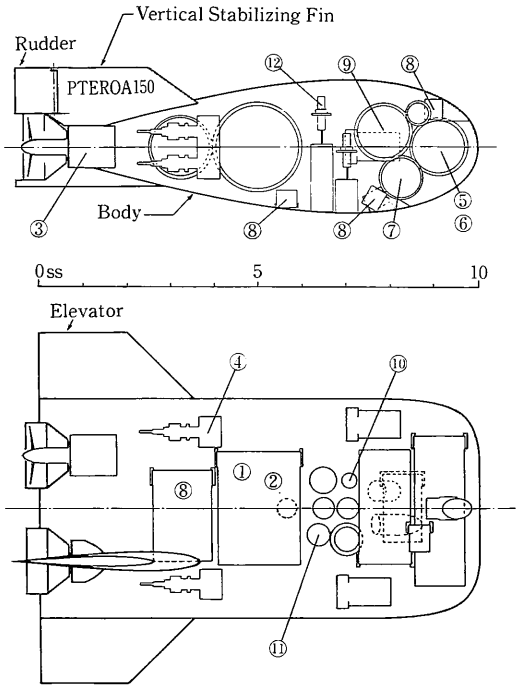

図1　PTEROA150の一般配置図

*東京大学生産技術研究所　第2部

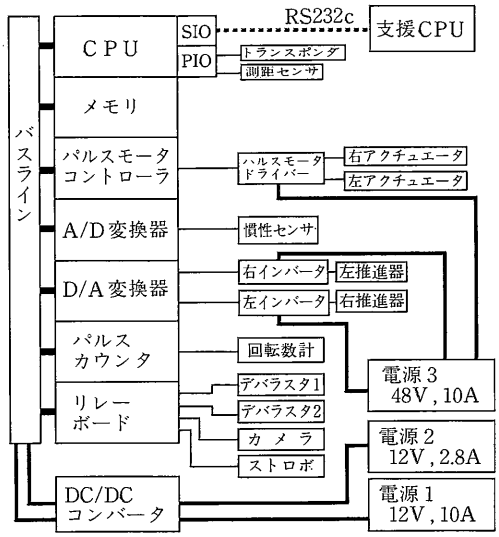

図2　PTEROA150の電気系統図

成り，胴体内部に，電源，制御装置，左右インバータおよび左右誘導モータ，測距装置，慣性装置，トランスポンダ，浮力材，等が収められている．それらの性能等は表1に示されている．耐圧容器は8つに分離されている．このように細分化されているのは，胴体の形状による制限によって，配置を考えてそれぞれを分離する必要があったことと，モジュール化を目指したことによる．

艇体形状は，できるだけ突起物の少ないものとし，グライディングのための揚力が胴体より発生するようにし，中央縦断面がNACA0030翼型で横断面がおおよそ楕円形になるようにした．胴の深さの最大部分は7ssにあり，胴の容積は約0.08L^3である（Lは胴の長さ）．

浮心（外形に囲まれる空間の図心）が6ssのわずか後ろにあるので，重心はその前方中心線上の胴の対称面の下とし，縦運動とロールの安定性の向上を図った．投棄用のバラストの位置も浮心・重心を勘案して決めてある．

推進器は定格300W誘導モータ（常用回転数1500rpm）を油浸にしてプロペラと直結している．水平航行速度が1m/secのときの回転数は約600rpmである．交流電力供給のために専用のインバータを試作して用いている．

左右エレベータおよび垂直舵の回転は，油浸ステップモータをボールネジで往復運動に変えておこなっている．回転角速度の最大値は，エレベータで約20deg/sec，垂直舵で約7 deg/secである．

電源系統は，当初は，推進装置用48V系，測距センサ用12V系，とCPU用6V系とに分けて計画したが，検討の結果，12V系2系統としてDC/DCコンバータで電圧調整をおこなうこととした．これは，ステップモータドライバからの電源ノイズが他の機器類に影響を与えることを恐れたのであるが，特に問題がないようなので，同一系統にまとめたことによる．

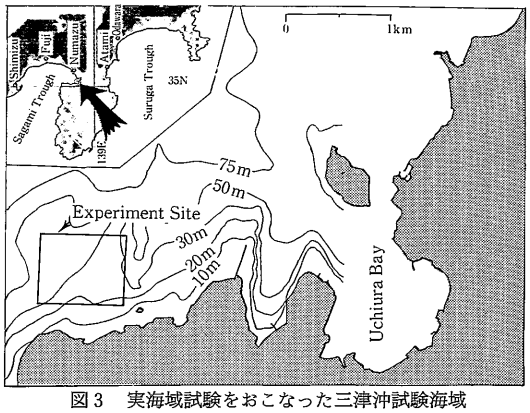

図3　実海域試験をおこなった三津沖試験海域

航行方向を決定するために海底までの距離を計測する測距装置は，50mまでの計測を対象と考え，150kHzの超音波を用い，4本の測距ビームを艇の前方，30°下方，60°下方，真下に出し，0.4秒を計測の1周期とした．

環境計測装置（ペイロード）としては，35mmカメラとストロボを備えるだけである．

艇体が小さく，耐圧容器の容積が大きいために，浮力材の充塡率を最大（空き空間への充塡率約65%）にしても，耐圧容器の設計荷重を6000m深度相当にすることができない．そこで，耐圧容器の設計荷重は約2000m深度相当とした．ただし，耐圧容器，浮力材を除いたその他の装置類の設計深度は6000mとした．

艇の位置の認識は慣性装置データを用いて推測航法でおこなうが，その精度は良くない．原則的には，母船上に設置されたSSBLを用いておこない，回収後に修正することとする．

CPUやインターフェースは，パーソナルコンピュータの拡張スロットに入る汎用品とした．このため，システムの変更は容易である．しかし，収納する耐圧容器の容積が大きくなっている．

艇のCPUはRS232Cコネクタを通じて，陸上支援装置と結び，スレーブ状態とすることができる．また，外部電源も供給できるので，通常の有索潜水艇として航行させることができる．

3．実海域試験

建造後の調整のための水槽試験をおこない運動性能についてこれまで検討してきた[6]．さらにPTEROA150の堪航性を研究するために，1990年11月5日より9日まで図3に示す静岡県沼津市三津の沖で，実海域試験をおこ

なった．

3.1　試験施設類

PTEROA150を着水・試験・揚収するために，以下に示す施設・装置類を使用した．

母船：第2いこい丸，17トン(㈱オキシーテック所属)
船上支援装置：PC286V
水中位置確認装置：ダイバー用位置検知装置
海面支援：船外機付き小型船1隻
およびダイバー2人

図4は，試験海域に向かう船上のPTEROA150であり，図5は着水させるための作業中のものである．図6は約2mの深度を航行する状況である．小型無索潜水機の着水揚収は，アンビリカルケーブルをさばく必要がないために，きわめて容易である．

ダイバートランスポンダはロボットと母船との水中距離と方位とを求めるためのものである．

3.2　試験手順

あらかじめ規定された深度を維持し，内蔵タイマーにより適宜深度を変更する試験をおこなった．作業手順は，

(1)電池，デバラスタ，バラストの交換
(2)アンビリカルケーブルの接続
(3)12V系のスイッチON
(4)プログラムロード
(5)慣性系の静定，姿勢角の初期化
(6)トランスポンダ起動
(7)48V系のスイッチON
(8)アンビリカルケーブルの切り放し
(9)着水，スタート位置への移動
(10)トランスポンダ信号によるタイマー起動
(11)自動航行
(12)ダイバートランスポンダによる追跡
(13)デバラストして浮上
(14)揚収
(15)水洗
(16)アンビリカルケーブルの接続
(17)航行データの回収

緊急時には，トランスポンダに外部から超音波信号をあたえることにより強制デバラストがおこなわれ，また電源電圧の異常低下等の場合にはCPUによる内部的な操作でデバラストがおこなわれて，PTEROA150は緊急浮上する．

3.3　定深度試験結果

300秒の航行時間の内に，100秒と200秒に2度深度を変更した試験データを図7に示す．エレベータ角を変化させ，ピッチ角を変えて深度を調整していることがわかる．速度は0.96m/secであり約300mの距離を航行した．試験結果はおおむね満足のできるものである．

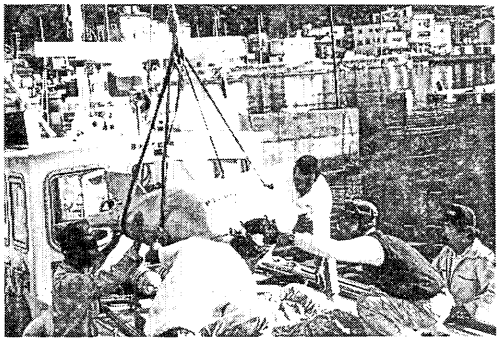
図4　試験海域へ運ばれるPTEROA150

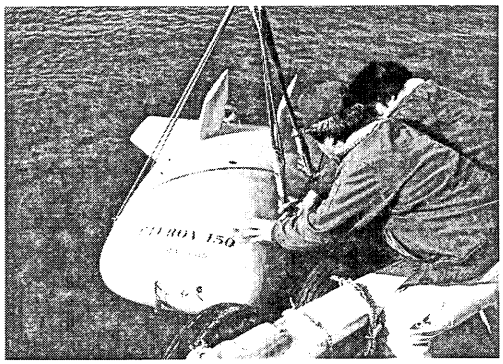
図5　着水作業中のPTEROA150

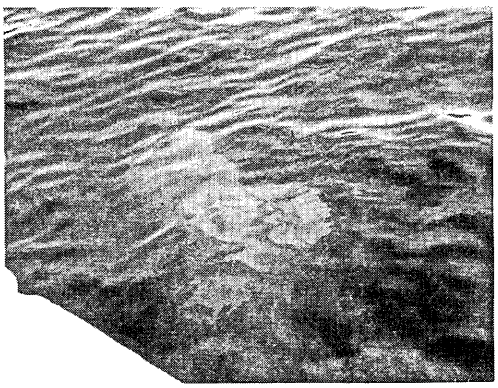
図6　自動航行中のPTEROA150

深度の制御は，現在深度をD，目標深度をD_0，目標深度への到達距離をH_0としたとき，目標ピッチ角θを

$$\theta=\theta_0-(D-D_0)/H_0$$

として制御するものである[7]．ここでθ_0は定常ピッチ角である．

エレベータの切り角度は，+20度～−10度であり，回転速度は20度／秒である．これは油漬ステッピングモータの回転をボールネジで直線運動に変え，エレベータの回転レバーを前後に移動させておこなっている．この機構

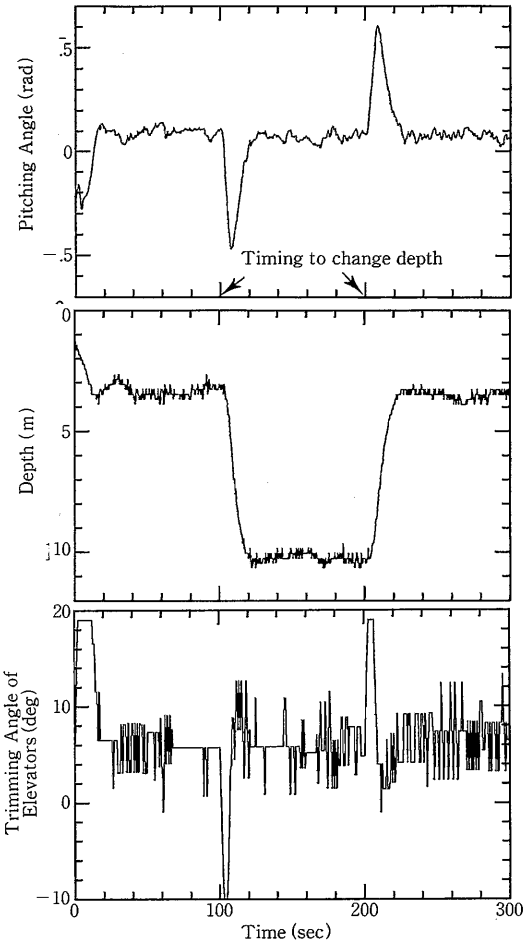

図7　航行データ．ピッチ角，深度，左右エレーベータの平均切り角．1990年11月8日第6回航行試験結果．航行速度0.96m/sec.

の信頼性が低いのが欠点で，今後調整が必要である．

4．おわりに

本実験を遂行するにあたり，沖電気工業㈱小山孝哉様，および清水良次様をはじめとする㈱オキシーテックの皆様に，多大なご援助とご便宜をはかっていただいた．また㈱海洋電子より実験機材のご提供を賜った．実験機具等の製作には本所試作工場のご協力を得た．ここに深甚なる感謝の意を表す次第です．　(1990年12月11日受理)

参考文献

1) 浦："無人潜水艇技術の研究"，生産研究，Vol. 39-8 (1987,8) pp. 317-326
2) 浦・前田・石谷："深海調査のための自律型潜水艇の研究開発"，第9回海洋工学シンポジウム(1989.7)，pp. 203-207
3) 浦："Free Swimming Vehicle 'PTEROA' for Deep Sea Survey"，Proc. ROV'89 (1989. 3)，pp. 263-268
4) 浦・大坪："航行型無索無人潜水艇に関する研究（その1，グライディング航行の研究)"，日本造船学会論文集，Vol. 162 (1987. 11)，pp. 117-124
5) 浦："無人潜水艇の現状"，日本造船学会誌，Vol. 725 (1989. 11)，pp. 2-8
6) 浦・能勢・坂巻："航行型無索無人潜水艇「PTEROA150」"，第10回海洋工学シンポジウム，近刊
7) 石谷・馬場："翼状航行型潜水艇の姿勢制御方式に関する考察"，日本造船学会論文集，Vol. 162 (1987. 12)，pp. 193-200