

## 1. 海中可視化の必要性

戦後 TV の発達により水中の TV カメラも発達し、商業・学術的には貴重な海中映像が得られ、海洋のもつ神秘性もベールを脱ぎつつあるかに見えるが、海水の存在とその膨大なエネルギーはいまだにわれわれを拒否し続けている。一旦荒天ともなれば、高波が荒れ狂い濁流が過巻く海中の現象を誰が知って居るのだろうか。だが、これ等に耐える構築物を計画したり建設するわれわれにとって、最も欲しいのはこの様な場合の現象であって、静穏なときに熱帯魚の群がる美しさのみ強調された海中映像からは得られないものである。四全総においても、各省庁からの沿岸開発構想が盛り込まれて居るが、これからの海洋開発は環境を重視した海との共存型の開発を考えるべきである。このためにも、今後海中の可視化は非常に大切な技術と言えるのではないだろうか。

## 2. 海中可視化技術の現状

技術的に見た海中の可視化は、十分に実用段階まで来ているものと考えられるが、普及の点から見ると、未だしの感がある。この大きな要因は、海中可視化機器の高価なことがあげられる。TV 撮影器を例にとると、海中に適應させるためには先ず耐水ケースが必要であるが、これは量産品でないため、場合によって本体より高価なものとなる。次に本体の性能を大きく分けると、①光学系、②イメージセンサー、③ビデオ信号変換器、であるが、③については LSI 化が進み低消費電力・小型化の上からはほとんど十分な技術が得られる。②のイメージセンサーは、真空管式撮像管から固体式撮像管 (CCD) への転換期にあり、CCD 型は低消費電力・小型化の面からは非常に有利であるが、解像度についてはまだ不十分であり、海中撮影用にはあまり使用されていないが今後の新しい撮像素子の開発に期待がもてる。すでに 32 万素子に及ぶ CCD が開発された事も報じられて居る。残る光学系が、海中可視化にとって一番大きな問題である。陸上での使用と最も大きな相違は、視野が常に 4 分の 3 程度狭くなるため広角レンズが必要となる上に、暗くなるため明るさを要求され大口径レンズが必要になる。さらに海中の浮遊物 (懸濁物質やマリンスノー) によるフレイヤーは、照明する程対象物を映像化できなくな

# 海中可視化の技術

佐々木 理 一

資料

る。これらの機能が目的に対してバランスのとれた構成をされていないと海中の可視化は難しく、理在使用されて居る海中撮影器の中でも性能の良いものはほとんどが手作り、若しくは個々の技術のバランスを考えてコンポーネントされて居るのが実情である。ちなみに、汎用 TV カメラの解像度は 200~300 本であるが、高度なものは 600 本程度以上の解像度を持つものが使われている。

これら本体機能以外にも、ダイバーが携帯して撮影する場合、ハンドリング機能や、遠隔制御の場合の姿勢制御等も実際

の使用に当っては大きな問題点となり、機器が特殊化され汎用を妨げる要因となっている。これ等の移動機能には、当然外部電源の場合やリアルタイムで海上からモニタリングする場合の TV 信号・電源・制御ラインのケーブルも大いに影響する。特に照明を使用する場合は内蔵電源では容量が足りない。通常 CCD-TV カメラの消費電力は数 W から十数 W であるが、照明には数百 W を要し、さらに海中移動機能 (スラスタ等) には数 kW を要する。そのため、ビデオ信号や制御ラインは光ファイバーで処理できるとしても、電源供給のために、容量が大きく、流体抵抗が小さく、丈夫なケーブルが必要である。これは物理的に相反する条件であって海中モニター設計のための永遠の課題とも言えるかも知れない。

昭和 59 年度エンジニアリング振興協会で「海中作業における可視化システムの適応性」と言う研究がなされて居るが、これは一般の海中作業に何故これらの可視化機器が使われていないか、また汎用させるにはどの様なニーズがありどの様な製品を作れば良いのかと言う研究である。その概念をイラスト化したものを 図-1 に示す。

## 3. 海中可視化の今後と将来

前記したように、海中の可視化は条件さえ良ければ現状の技術で十分可能であるが、安価な汎用機器がないと言うのが実状であると共に、わが国周辺では特に産業用として使用する場合透明度が悪くて実用にならないことが本音であろう。そこで音波を利用したスキャナーにより週迎を映像化しようと言う試みが、各所で研究されている。最近では、医療分野で断層撮影に威力を発揮している。これは 4 MHz 程度の超音波で人体内をスキャンニングして、断層映像を得るものであるが、工業用の金属

表-1 市販のビデオカメラの性能概要

	型名	撮像管	撮像方式	水平解像度 (中心部)	SN (dB)	標準照度	最低照度	電源	消費電力 (W)
ホームビデオ	BR-C100	1/2 インチ ハイバンドサチコン	単管式				15 lux F 1.2	DC 9.6 V	7.6
	GZ-S5	1/2 インチ ハイバンドサチコン	単管式	270本	45		20 lux F 1.4		6.4
	GX-S700	2/3 インチ ハイバンドマスタグサチコン	単管式	360本	48	1500 lux F 4	30 lux F 1.8(+12dB)		8.0
	GX-N7	1/2 インチニュービコン	単管式	270本	45		10 lux F 1.2		6.0
	VK-C1500	2/3 インチ 単板カラー MOS	固体撮像素子	300本	46		35 lux F 1.2	DC 12 V	3.7
	VK-C3400	2/3 インチ 単板カラー MOS	固体撮像素子	300本	46		35 lux F 1.2	DC 12 V	6.5
	VK-C830	1/2 インチ サチコン	単管式	250本	45		60 lux F 1.6	DC 12 V	5.8
	VY-1000	2/3 インチ 単板カラー CPD	固体撮像素子	250本	46	1400 lux F 1.4	30 lux F 1.4	DC 12 V	5.0
	VY-4870	1/2 インチ 5メガハイバンド	単管式	350本			10 lux F 1.4		7.5
	VY-4860	1/2 インチ ハイバンドニューコスビコン	単管式	350本			20 lux F 1.4		5.1
BMC-100	1/2 インチ SMF トリニコン					28 lux	DC 9.6 V 12 V	(DC 9.6 V) 9.5	
業務用放送	WV-1550	2/3 インチセパレートメッシュ形ニュービコン		650本	44	31 lux F 1.4	0.31 lux F 1.4	AC 100 V	9.0
	WV-1900	1 インチ ファイバープレート付ニュービコン		600本	45	$3.0 \times 10^{-2}$ lux	$3.0 \times 10^{-2}$ lux	AC 100 V	20
	WV-CD101	呼び水転方式 CPD	固体撮像素子	250本	46	1200 lux F 2.8	100 lux F 1.4	DC 10.5 V	(カメラ本体) 18
	WV-555	1/2 インチ スキャンスタマグサチコン	3管式	550本	54	1400 lux F 2.8	80 lux F 1.4(+12dB)	DC 12 V	(ENG 仕様) 22
	AK-30	2/3 インチ ブランビコンイ	3管式	650本	58	2000 lux F 4.5	24 lux F 1.4(+18dB)	DC 12 V	2.1
	VY-5000	1/2 インチ スキャンスタマグサチコン	3管式	600本	54		80 lux F 1.4(+12dB)		
	AK-10P	2/3 インチ ダイオードガンブランビコン	3管式	600本	58		29 lux F 1.6(+18dB)		
	XC-37	インターライン方式 CCD	固体撮像素子	280本	46	400 lux F 4	3 lux F 1.4	DC 24 V	2.3
	BVW-1	2/3 インチ HBST 管	単管式	400本	54	2000 lux F 4			11
	BVW-3	2/3 インチ サチコン	3管式	650本	58	2000 lux F 4			20
	BVP-330A	2/3 インチ ダイオードガンブランビコン	3管式	600本	56	2000 lux F 4.5		DC 12 V	24
	BVP-300A	2/3 インチ サチコン	3管式	500本	56	2000 lux F 4.7		DC 12 V	21
	SK-97	2/3 インチ ダイオードガンブランビコン	3管式	650本	59	2000 lux F 4		DC 12 V	28
	SR-1	2/3 インチ 3板式 MOS	固体撮像素子					DC 12 V	18
	SR-3	2/3 インチ サチコン	3管式	550本	58	2000 lux F 4		DC 12 V	27
	FP-15B	2/3 インチ サチコン		600本	57	2000 lux F 4		DC 12 V	18
	SP-3	2/3 インチ 3板式 CCD	固体撮像素子	500本	55	2000 lux F 5			12
	MNC-100	2/3 インチ	3管式	650本	58				22
	PK-39	2/3 インチ ブランビコン	3管式	500本	51	2000 lux F 5.6	50 lux	DC 12 V	30
	PK-61	1/2 インチ スタマグラブランビコン	3管式	600本	58	2000 lux F 4.5		DC 12 V	(含ベースステーション) 4.8
PK-70	1/2 インチ スタマグラブランビコン	3管式		58	2000 lux F 4		DC 12 V	23	
KY-950	2/3 インチ ブランビコン	3管式	600本	58		38 lux F 1.7		(ヘッド) 23.4	
KY-210	2/3 インチ サチコン	3管式	650本	57		40 lux F 1.6			
BY-110P	1/2 インチ サチコン	3管式	600本	54		65 lux F 1.4		15	
CV-S1050	1 インチ サチコン	単管式	280本	45	40 lux F 1.8			17	
KY-320	2/3 インチ ブランビコン	3管式	600本	57		38 lux F 1.7		17.4	

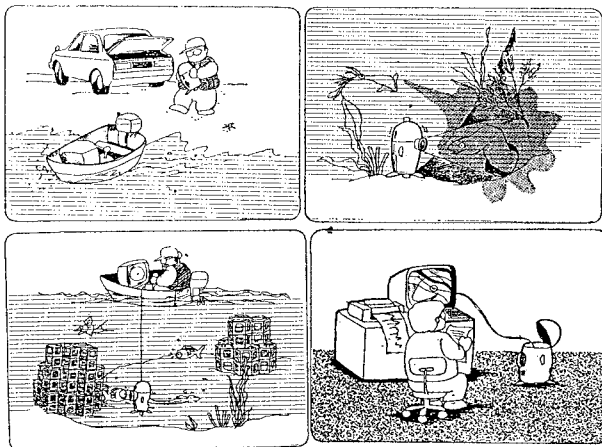


図 1 簡易海中モニターイメージ

寸法 (mm) 幅×高さ×奥行	重量 (kg)	備考
176×136×340	1.9	VTR-体型 (ビデオムービー)
120×153×258	1.4	
190×238×415	3.95	
84.5×136.5×266.5	1.1	
124×134×195	0.98(ケーブル除く)	
220×203×344 (アイカップ折りたたみ時)	2.7	
80×219×345	1.6	許容周囲温度 0°~40°C
208.5×168×242	1.3	
210×243×308	2.5	
188×157×236	1.1	
125×220×357	2.48	VTR-体型 (ベータムービー)
91×84×212 (レンズ除く)	1.6	許容周囲温度 -18°~50°C
134×96×438	5.3	許容周囲温度 -10°~45°C
69×60×196 (レンズ除く)	0.8	許容周囲温度 -0°~40°C
160×257×312 (カメラ本体)	3.5 (カメラ本体)	許容周囲温度 -10°~45°C
99×268×328	4.9 (含ビューファァ)	許容周囲温度 -20°~50°C
248×257×474	5.2	
90×261×295	4.7	
45.6×29×75.2	0.115	許容周囲温度 0°~40°C
90×178×156	2.75 (レンズなし)	VTR-体型
105×238×210	4.3	TVR-体型
91×232×320	4.7	
91×232×320	4.95	
	6.8	
105×210×363	7.35	1/4 インチ VTR-体型
105×305×378	82 (含レンズ他)	1/4 インチ VTR-体型
98×270×330	5.0(含ビューファァ)	
90×178×155	2.7(含ビューファァ)	VTR-体型可能 (ベータカム)
90×259×279	4.9	
40.9×275×102 (1 ビース時)	7.2	許容周囲温度 -10°~45°C
255×425×233	5.5 (含ビューファァ レンズ)	
385×265×105	9.0 (含レンズ他)	
115×171.5×229 (ヘッド)	4.5 (ヘッド)	
123×294×314.5	3.5 (ヘッド)	
211×254.5×362.5	3.7	
143×257×582	9.0	
115×171.5×229 (ヘッド)	4.1 (ヘッド)	

探傷器等にあつては数十 MHz の音波が使用され実用化されている。しかしながら、海中の広範囲な映像を得るには、音波の伝達には有利な水中であっても伝播速度の 1500 m/s 前後と言うのは電磁波に較べて遅く映像化の大きな支障ともなっている。これを解決する方法として今後海中における音波ホログラフィやマルチビーム(多素子送受信ソナー)の技術が向上する事で使用条件を問わない海中可視化が実現しよう。さらに、音波の使用は単に映像化するばかりでなく、対象物を方向と距離で認識するために計測機能も合せ持つ事ができる。

映像に関しては、高品質 TV の普及が今後海中可視化にも大きな影響を与える事になろう。現状でも実験的には行われているが、TV がまだ商品化されてないために汎用には初期段階ではあるが、実用化も時間の問題であろう。

海中可視化の重要性は、特に海中を長時間観測・監視する場合にダイバーに代るもの、または直接海上から遠隔操作で見たり記録する場合にある。しかしながら、これまでに記したように陸上の何倍もの悪条件に対して機能バランスを求める事は、広い分野のシステム技術の集積である。今後のよりよい海洋開発は、海中可視化を除いては考えられないと言って過言ではない。このためにぜひ開発の必要な要素技術には、次のようなものが考えられるだろう。

- ① 超高感度暗視型イメージセンサー
- ② 高性能水中動力源(燃料電池・超高性能蓄電池等)
- ③ 電力伝達型高強度光ファイバケーブル

これらの要素技術の発達と共に、衛星によるリモートセンシング情報等(GPS マジョイド計等)とのリンクで、海中可視化も単なる映像のみでなく海洋情報源や計測情報源として利用価値の高いものになって来るものと思われる。

参考文献

- 1) 佐藤知正：ホログラフィックソナーによる三次元撮像法とその実時間化、海洋音響研究会報、第12巻、2号。
- 2) エンジニアリング振興協会：海中作業における可視化システムの適応性に関する調査研究、1985年3月。

筆者：Masakazu SASAKI, 正会員 大成建設(株)技術本部技術開発部海洋開発室室長  
(〒160-91/東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル)

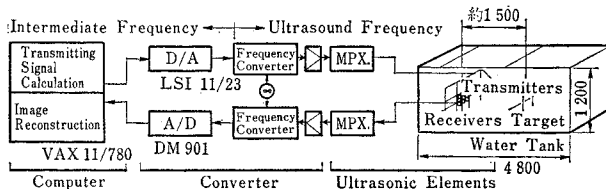


図-2 ソナー・ホログラフィのシステム概要図

● ご案内 ●

—土木学会論文集編集委員会第 VI 小委員会

『土木学会論文集・第VI部門』は、3月と9月の年2回発行です。論文を投稿ご希望の方は、別掲の投稿要項等をご覧のうえ、委員会あてお寄せ下さい。なお、不詳点は事務局編集課(電話 03-355-3441 番、内線 156)あてお願いします。