

生研記者会見

自律型海中ロボット「トライドッグ1号」が釜石湾口の大水深防波堤へ潜航し 人工構造物の全自動観測に成功

東京大学生産技術研究所海中工学研究センター
東京海洋大学海洋工学部海事システム工学科
(独) 港湾空港技術研究所施工・制御技術部

1. 概要

自律型海中ロボット(注1参照)は、海中や海底の観測のための新しい動くプラットフォームとして発展が期待されていて、世界中で研究開発が進んでいます。東京大学生産技術研究所海中工学研究センターは1984年より自律型海中ロボットの開発研究に着手し、これまでに様々な自律型海中ロボットを開発し、多くの成果を挙げてきました。2000年におこなった「オールワン・ロボット(注2参照)」による手石海丘調査の成功、2004年5月の「r2D4(注3参照)」によるロタ海底火山の観測、琵琶湖の湖水環境調査専用ロボット「淡探(たんたん)」の建造と運用、あるいはザトウクジラの追跡実験にまで及び、様々なロボットの応用展開が試みられるようになってきました。海中をその活動領域とする知能ロボットである自律型海中ロボットは、未知の海中を観測する新しい手段として実用化の段階に至りつつあるのです。

これらの研究の一環として、2002年より東京海洋大学および(独)港湾空港技術研究所と共同して、1999年に建造した小型ロボット「トライドッグ1号」を釜石湾口防波堤に展開し、港湾施設を自動観測するシステムの構築をおこなってきました。

このたび、ロボットが構造物との相対的な水中位置を高精度で自動認識する新しいシステム(注4参照)を開発して「トライドッグ1号」に搭載し、2004年10月18日より20日まで釜石湾の湾口にある南防波堤の基部深度20mに「トライドッグ1号」を潜航させ、ケーソン表面および基部を全自動にて航行させ、搭載しているビデオカメラなどにより、ケーソン表面、捨て石マウンド上部や根固めブロック上部の詳細な観測に成功しました。人工構造物の観測を自律型海中ロボットがおこなったことは世界で初めてのことです。

港湾施設や沖合構造物などの海中にある人工構造物の観測は、ダイバーによる作業は危険なので、

ロボットの活躍が最も期待されている分野の一つです。しかし、ロボットは複雑な構造に対応しなければならぬために、高度な自律行動が要求されます。このたび防波堤にてロボットが全自動観測したことは、そのような人工建造物の観測の第一歩を踏み出したといえましょう。

この技術により、建造物の建造時の詳細な確認、定期的な点検、あるいは津波や地震などの災害時に被災状況の観測を全自動でおこなうことが可能になります。

2. 「トライドッグ1号」の概要

「トライドッグ1号」は先行する「ツインバーガー1号（1992年建造）および2号（1994年建造）」開発で得た技術を伝承して高度なロボットインテリジェンスを研究開発するテストベッドとして1999年に建造されました（添付資料参照）。

1) ロボットの特徴

- ・ 小型軽量（全長1.85m、空中重量170kg）
 - 大型の支援母船を必要とせず、支援船を特定しない
 - 全自動の潜水機であり、専用の操縦者を必要としない
- ・ 人工建造物との相対位置の認識
 - 内部および外部環境計測装置からのデータを融合（注4）して位置を決定
 - ドップラ・ソナー
 - 光ファイバ・ジャイロ
 - テレビカメラ
 - 超音波レンジセンサ
 - ペンシルビーム・スキャニング・ソナー
 - レーザ測距装置
 - 深度計
- ・ 人工建造物の画像情報を取得してオペレータに伝える
 - 詳細な凹凸や設置精度を計測可能

2) 通常おこなうロボット展開とロボット行動の概要

- ・ 周囲の建造物の配置情報をもらう
- ・ 通過すべき航路点（Way Point：水平位置と深度）をもらう
- ・ 自動航行モードをスタートする

- ・水中にてホバリングし、センサデータから自分の位置を推定する
- ・水中位置を適宜補正しながら第一航路点へと進む
- ・以下順次航路点をたどってカメラによる観測をおこない進行する
- ・最終航路点に到達すれば浮上する
- ・自動航行モードを停止する
- ・カメラ情報などを陸上のコンピュータへとアップロードする

3. 釜石湾口南防波堤

釜石湾は津波の被害を受けやすい三陸沿岸にあって、釜石は古来から数多くの津波に襲われ尊い人命と貴重な財産を奪われてきました。釜石湾沿岸を津波から恒久的に守るために、昭和 53 年から津波防止を兼ねた世界最大水深(-63m)の湾口防波堤の建設が進められており、平成 18 年度の完成を目指しています。南堤では基礎石を海底から-30m あるいは-20m まで積み揚げ、そこに矩形あるいは台形のケーソンを置き、長さ 670m の防波堤としています。北堤との間の開口部から長さ 30m の 3 つの台形ケーソンがあり、その南側の矩形ケーソンと繋がっています。

4. 「トライドッグ 1 号」の潜航の概要

台形ケーソンと矩形ケーソンの切り替え部分を中心として観測活動をおこないました。ロボット位置の認識のために矩形ケーソンの角を原点としています。

1) 壁面に沿った潜航 (添付図参照)

- ・一定深度で矩形ブロックから 1.5m の距離を離れて航行
- ・深度を 4 段階に変化させ壁面の広い部分を正面から撮影
 - ・深度 18m、15m、12m および 9m
- ・壁表面のモザイク写真例は貼付図参照
 - ・生物が付着しているのがよく見える

2) 根固めブロックを含む捨て石マウンド上の潜航 (添付図参照)

- ・深度を 17.5m に一定に保って潜航 (高度約 2m)
- ・下向きに取り付けられたカメラとレーザにより海底を観測
- ・根固めブロックのモザイク写真例は添付図参照
- ・レーザ装置により詳細な凹凸を計測することができる

5. 「トライドッグ 1 号」の釜石展開の成功からロボット作業への期待

- ・港湾は大型化・大深度化しています。その建設時に広く深い水中部分を全自動で観測することが可能になります。
- ・建設後の港湾施設の保守点検も危険なダイバー作業がなくて済むために、高い頻度でおこなうことができます。
- ・予めロボットにより十分な観測データを得ていれば、地震や津波などの災害時に被災状況を把握することが容易になります。
- ・杭で構成されるような複雑な形状の港湾施設の保守点検も容易になります。
- ・港湾周囲の自然海底の環境の観測も容易になります。
- ・日本には少ないのですが、海底石油関連の海洋構造物やパイプラインなどの保守点検にも利用できます。
- ・この研究を第一歩として、マニピュレーションを含むより高度なロボット行動の研究が展開できます。

6. 本研究のサポート

本研究は、日本学術振興会の学術創成研究「深海知能ロボットの開発研究」および（財）港湾空港建設技術サービスセンターよりの研究支援を受けておこなっています。また、国土交通省東北地方整備局釜石港湾事務所および東亜建設工業（株）よりご協力を賜っています。

7. 本件についての問い合わせ先

連絡先： 東京大学生産技術研究所海中工学研究センター

センター長、教授 浦 環

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1

電 話：03-5452-6487

ファクス：03-5452-6488

E-mail：ura@iis.u-tokyo.ac.jp

ホームページ：http://underwater.iis.u-tokyo.ac.jp

注1：自律型海中ロボットは、エネルギーを内蔵し、センサ情報を基にして搭載されたプログラムで潜航する無索無人潜水機です。AUV（Autonomous Underwater Vehicle）と呼ばれます。無人潜水機は、通信と電力補給のためのケーブルで母船と繋いで遠隔操縦をする有索無人潜水機 ROV（Remotely Operated Vehicle）が現在は主流ですが、今後は、索のない AUV の利用が進むものと考えられます。深海用の ROV はケーブルを取り扱う装置が大きなものとなり、船上施設や作業

が簡単ではありません。AUV の開発の世界的な傾向としては、長距離にわたって潜り、海底を広域を観測する航行型の AUV の開発が主流です。「トライドッグ1号」のように、高度なインテリジェンスを目指すも研究開発は少ないと言えます。詳しくは、浦研究室のホームページ <http://underwater.iis.u-tokyo.ac.jp/> を参照してください。

注2：「アールワン・ロボット」は東京大学生産技術研究所と三井造船株式会社との共同研究によって開発された実用を目的とした航行型 AUV です。1996 年に最初の本格的な潜航をおこない、1998 年には連続 12 時間 37 分の潜航に成功、2000 年には伊東市沖の手石海丘の全自動観測に成功し手石海丘の詳細なサイドスキャンソナー画像を撮影しています。

注3：「r2D4」は、「アールワン・ロボット」の後継機として開発され、2003 年に完成しました。佐渡沖、沖縄石垣島沖の黒島海丘、マリアナトラフのロタ海底火山などの観測をおこなっています。

注4：パーティクルフィルタというデータフュージョン手法を導入して、人工構造物との相対位置を高い精度で決定しています。この手法とペンシルビーム・スキャニング・ソナーの導入が今回のロボット展開を成功させたカギになります。

配布資料

1 ページ目

- ・釜石港鳥瞰写真
- ・「トライドッグ1号」の写真と各部品名
- ・ダイバーとともに浮上している「トライドッグ1号」。ダイバーはロボットの水中写真や行動の水中ビデオを撮影している。
- ・釜石湾口南防波堤の海面からの写真
- ・台形および矩形ケーソンの水中部分とロボットの概念図

2 ページ目

- ・壁を観測する航跡と潜航中のロボットの写真、およびロボットが撮影した壁面のモザイク画像例
- ・捨て石マウンド上面を観測する航跡とロボットの写真、およびロボットが撮影した根固めブロックのモザイク画像例

トライドッグ1号のパンフレット（2004年版）とリーフレット（2000年版）

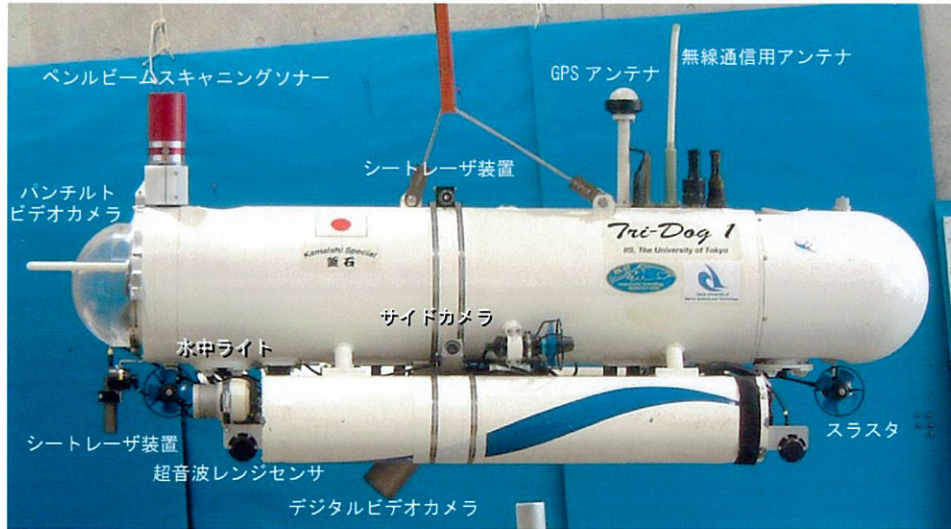
以上



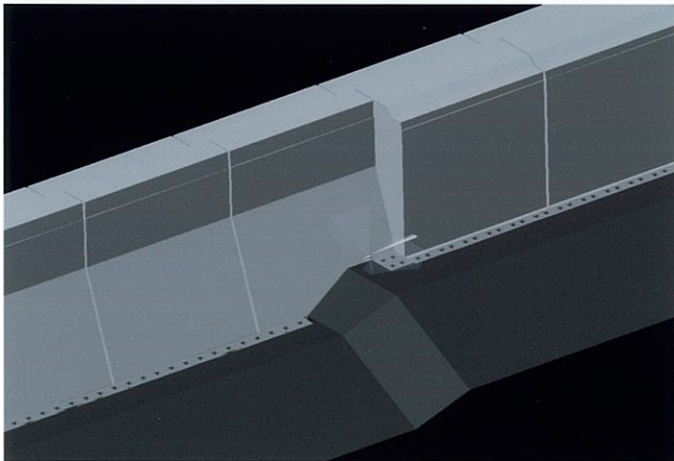
釜石湾と釜石港

湾の入り口に湾口防波堤（南と北）が見える

国土交通省東北地方整備局の資料より



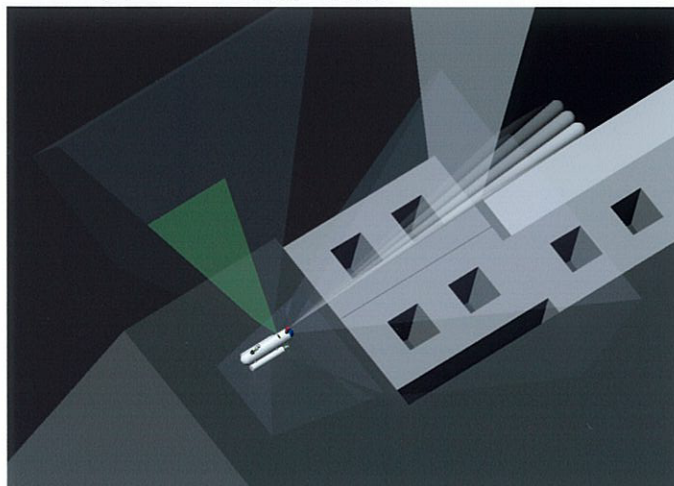
トライドッグ1号

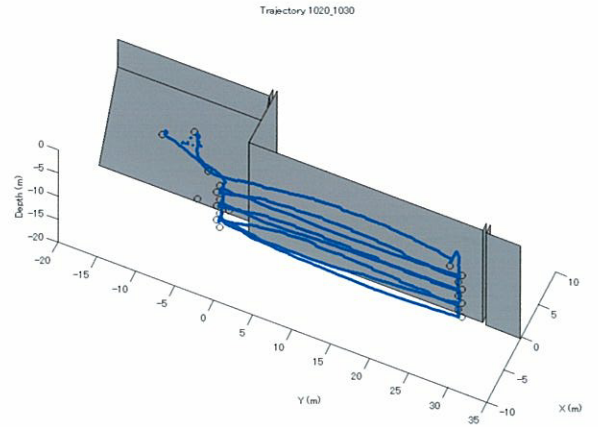
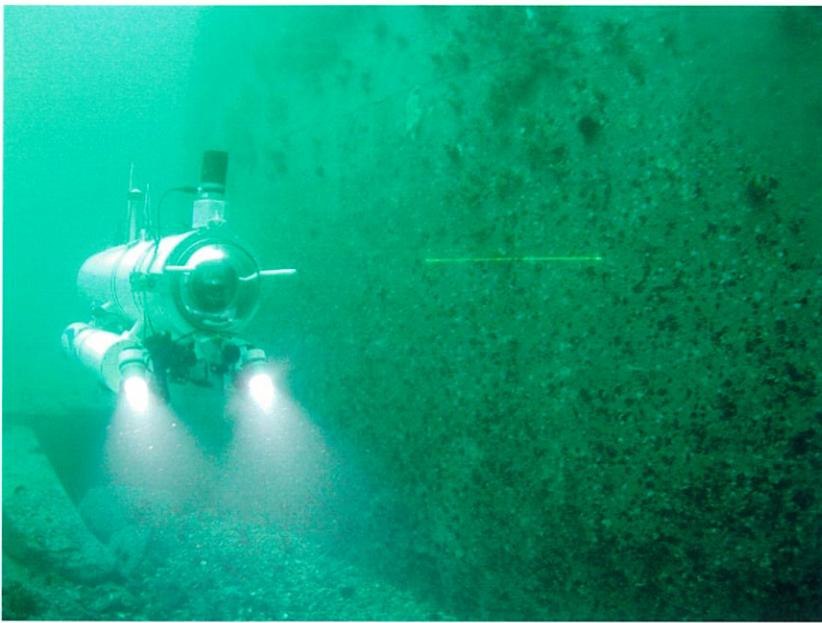


台形と矩形ケーソン基部に展開されるトライドッグ1号

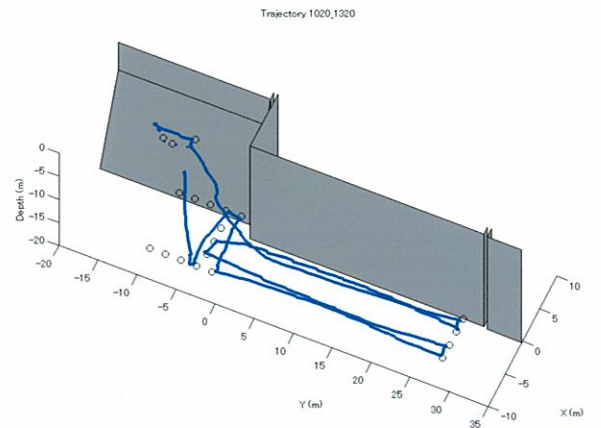
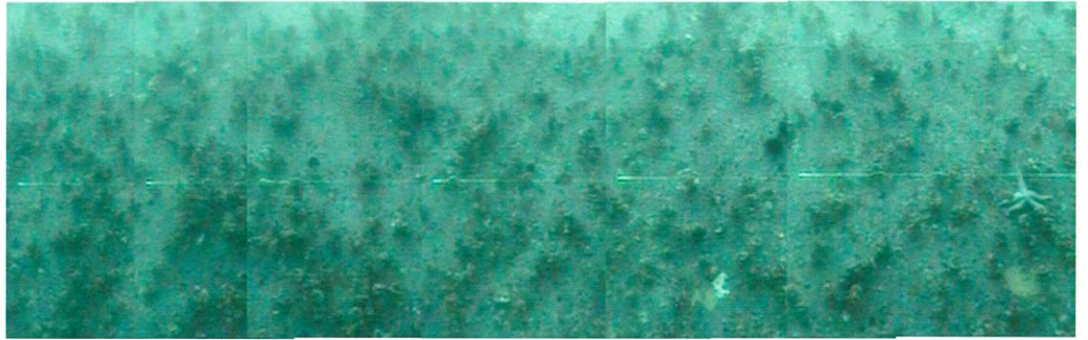


南防波堤の試験海域

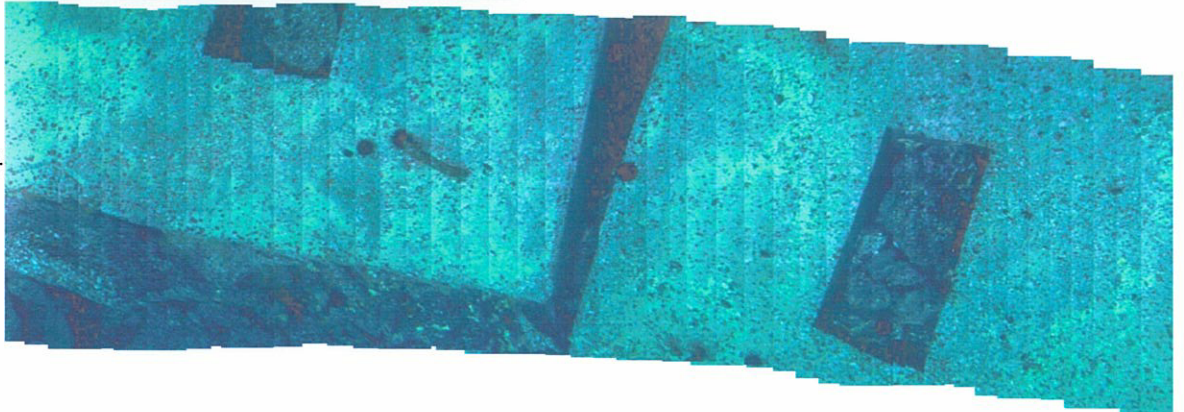




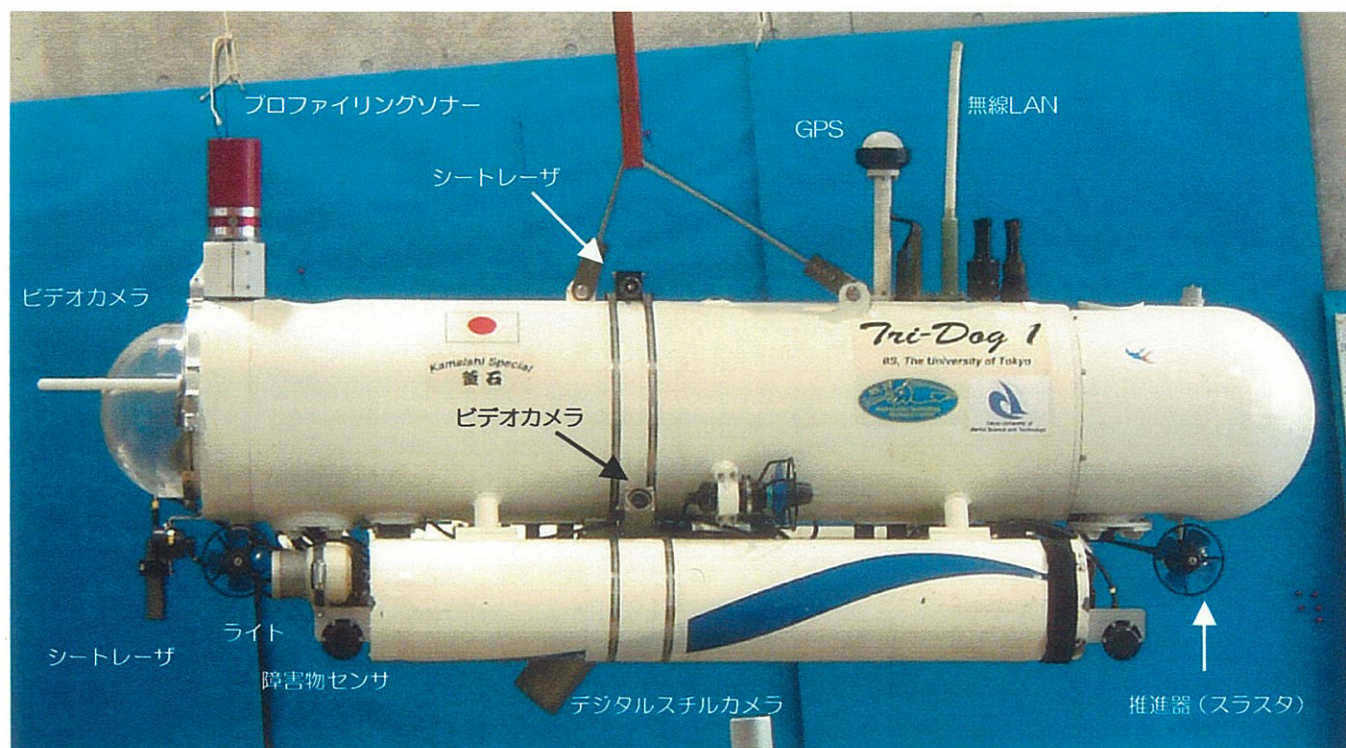
垂直壁面に沿って
与えられた航路を
トレースする
トライドッグ1号
および
壁のモザイク



海底面に沿って
与えられた航路
をトレースする
トライドッグ1号
および
根固めブロック
のモザイク



自律型水中ロボット「Tri-Dog 1」



Tri-Dog 1 は 1999 年に完成した自律型水中ロボットです。3 本の圧力容器により構成されていることからこの名がつけました。左右の圧力容器はバッテリー用です。自律型水中ロボットは、オペレータの指示を受けずに自ら判断して行動するロボットであり、世界各地で盛んに研究されています。

本機は高度なインテリジェンスに関する研究を行うためのテストベッドとして開発されました。そのため多数のセンサと高性能な計算機を搭載しています。運動性能の面でも、6 基の推進器によりサージ、スウェイ、ヒープ、ピッチ、ヨーの 5 自由度を独立して制御することができます。また無線 LAN を搭載しているので、浮上中はケーブルを繋いでも通信ができます。2003 年から 2004 年にかけて大改修を行い、計算機、センサの性能が大幅にアップしました。

Length overall	1.85m
Breath overall	0.58m
Depth	0.53m (1.03m include antennas)
Dry weight	170kg (approximately)
Operating depth	100m max
Maximum speed	1.4knots
Duration	more than 2.5hours
Structures	Alumimum Pressure Hulls (Main Cylinder×1, Battery Cylinder×2)
Actuators	100W Thruster ×6
Processors	Intel Pentium3 866MHz (Main) Intel Pentium4 2.4GHz (Image Processing)
OS	Microsoft Windows 2000
Sensors	Attitude and Heading Reference System Fiber Optical Gyro Doppler Velocity Log Pressure Sensor (Depth Sensor) Real Time Kinematic GPS Acoustic Ranging Sensor ×4 Video Camera ×2 Digital Still Camera Profiling Sonar
Communications	Wireless LAN 10Base-2, NTSC×2 (with umbilical cable)
Lights	24W Arc Lamp ×2
Batteries	25.2V Ni-Cd Battery 20Ah ×4