

Pool Cleaning Robot with DGPS

松原 季男

デザイン学部技術造形学科
Sueo MATSUBARA
Faculty of Design
Department of Art and
Science

高梨 廣孝

デザイン学部技術造形学科
Hirotaka TAKANASHI
Faculty of Design
Department of Art and
Science

遠藤 昭紀

デザイン学部技術造形学科
Akinori ENDO
Faculty of Design
Department of Art and
Science

望月 達也

デザイン学部技術造形学科
Tatsuya MOCHIZUKI
Faculty of Design
Department of Art and
Science

長嶋 洋一

デザイン学部技術造形学科
Yoichi NAGASHIMA
Faculty of Design
Department of Art and
Science

佐藤 聖徳

デザイン学部技術造形学科
Kiyonori SATO
Faculty of Design
Department of Art and
Science

李 恩沃

元デザイン学部技術造形学科
Eunouk Lee

技術造形学科教員が共同制作として、SUAC の池を自走して攪拌することで清掃するロボットを制作した。ロボットの位置検出には、新しい技術である DGPS (ディファレンシャル GPS) を利用し、エネルギー源として太陽電池を利用した。本稿では DGPS の原理からシステム設計の詳細、デザインについて紹介した。

Pool Cleaning Robot applied DGPS(Differential Global Positioning System).

Pool and pond often accumulate many waste. Pool Cleaning Robot suck the waste by pump and long pipe, and what's more filter out it.

Robot have tow circular propellers which move forward, back, left, right and stop.

Energy for 3DC motors are supplied 3 solare panels.

DGPS decide location of pool and position of robot.

1. はじめに

GPS (Global Positioning System) とは、米国が開発した人工衛星による位置決定のためのシステムである。米軍がスクランブルをかけて一般には使いにくくしていたが、最近それを外して利用し易くなったので、カーナビから携帯電話まで使われはじめている。

ロシアでも GPS 類似のグロナスを運用しているが、故障等のためあまり上手く起動していないようである。

日本でも近い将来領内だけをカバーする GPS が打ち上げられる予定である。GPS は約 20,000 km の円軌道を飛行する24個の人工衛星からなる測位システムである。ただ上空にある3~4個の衛星をとらえて位置を決めるため衛星が変わると急に誤差が大きくなる(100 m 位)。そこで地上の固定局との差動を用いる differential GPS にすることで誤差を小さくできる(1 m 位)。

池やプールの底にはいろいろなゴミが堆積する。今回製作したロボットの清掃作業は、ロボットの底面から水底に向かって伸びたパイプで池の底にたまったゴミを吸引し、ステンレスメッシュでろ過しようというものである。清掃するためには池やプールの中をランダムに走り回る必要があり、そのために2個のステンレス円形プロペラが装着されている。各々のプロペラの正転、逆転、停止の組み合わせによって、直進、後退、右折、左折、旋回、停止が自由に選択できる。吸引用プロペラの駆動のモーターと走行用モーター2個、計3個のモーターは本体上部に設置された3枚のソーラパネルのエネルギーで駆動される。本体及び上部カバーは厚さ3ミリのポリカーボネイト板を真空成形したものであり、充分

な強度を有している。上部カバーは透明で、ソーラパネルが風雨に曝されても経年変化が起こらないように保護している。また、太陽がどの位置にあっても発電できるように、受光面のパネルが彎曲しており、これが造形的な特徴となっている。(写真1)

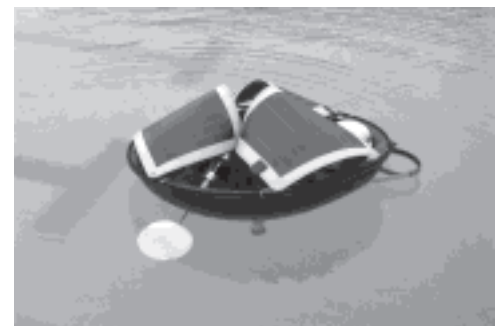


写真 1

2. 太陽光による発電システム

掃除ロボットに必要なエネルギーは前記した吸い上げモーター1個、走行用モーター2個、DGPS、コンピューター等の電力である。

太陽光発電のシステムの構成は、太陽電池、バッテリー、コントローラーからなり、コントローラーはバッテリーの過充電、過放電を防ぐ制御装置である。

(1) 太陽電池 (ソーラーバッテリーチャージャー) の選択

アモルファスシリコン太陽電池モジュールを選んだ。これには以下のような特徴がある。

3層アモルファスシリコン太陽電池。

日照時間の長い夏に強い。

フロントカバーがガラスでなく耐衝撃性に優れた構造。

全天候型。

UL 規格適合。
フレキシブル。

この中で、掃除ロボットの稼動環境から「対衝撃性」、「全天候性」は重要であり、また当ロボット本体の造形として自由な曲面を構成するためには「フレキシブル」である事が必要である。

次は大きさと発電容量の問題であるが、大きさとしては当ロボットの造形の観点から、幾つかのモジュールの内から 53*42 cm の (USF-11) を選んだ。

この USF-11 の電気的特性は、公称最大 11 W、公称最大出力動作電圧 16.5 V、公称最大出力動作電流 0.62 A であり、従ってこれを 3 枚並列接続すれば、約 12V で 2 A の出力動作電流が得られる。但し、ソーラーパネルの設置方法や設置角度により受光面での強度が変わるため発生電流も変化し、厳密でないとは承知の上の算定である。

(2) モーター駆動とバッテリーの選択

当ロボットの稼動状態において、モーターの駆動に平均して常時動作電流 2 A が必要であるとすると、1 日 4 時間稼動するために要する消費電流量は $2\text{ A} \times 4\text{ hour} = 8\text{ Ah}$ となる。

一方、3 枚のソーラーパネルの受光面の平均効率が 50% であると仮定すると、出力動作電流が 1 A となり、1 日 8 時間の太陽照射があれば 8 Ah の電流量が得られ、1 日 4 時間ロボットが稼動できる計算になる。

バッテリーとしてはこの条件をみだすものなら何でも良いが、容量に多少の余裕を持ちかつ適当な重量のもの、ここでは (株) ユアサコーポレーションの小型制御式鉛蓄電池 NPH シリーズ NPH12.12 を使用することにした。

規格は次の通りである。

定格容量 (Ah) 12.0 質量 約 4.2 Kg
外形寸法 長さ (L) 151mm、幅 (W) 98mm、高さ (h) 94mm
総高さ (H) 97.5mm

定格容量 (Ah) は 12.0 Ah であるので、ソーラーパネルからの 1 日 8 時間の太陽照射による電流量 8 Ah を十分に蓄電することができる。また、当ロボットが 1 日 8 時

間稼動するために要する消費電流量 $2\text{ A} \times 4\text{ hour} = 8\text{ Ah}$ を十分に供給することができ、最大 6 時間までは稼動可能である。

(3) 太陽電池システムコントローラー

SS-6L (MORNIGSTAR Corporation) を使用した。

PWM 充電によりバッテリーの完全充電を行い、発生ガスを最小にしている。

静かなソリッドステート構造で充電を行い、密閉型、非密閉型の鉛蓄電池に対応している。バッテリー低電圧による負荷の自動再接続をする。

(4) 発電システム構成図 (図 1)

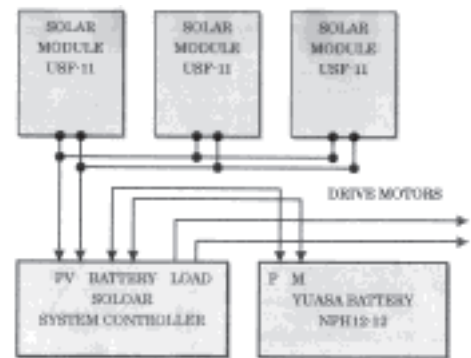


図 1

3. DGPS の利用とマッピング

Differential GPS とは差動 GPS であり、地上の固定局 (大王崎、名古屋、剣崎 等) との偏差をとることによって、位置精度を大幅にあげるられる。

DGPS とコンピューターを接続させ、ロボット用位置情報センサを呼び出し、池の現在位置を図り、池の形を記録させ、掃除する範囲を決め、制御枠を設定し、制御の ON 時間、OFF 時間を決めれば、後は池の上に浮かせ、スイッチ ON で OK。

ロボットは直進し、設定円 (赤丸) の前方または左前方に設定範囲 (緑の枠) を感じれば制御時間だけ右折し、右前方に感じれば左折し、もし後方に感じれば前進する。それを繰り返すだけで自動的に池の底が満遍なく綺

麗になる。GPS が受けられる地域であれば、
いとも簡単に掃除ができるわけである。

図 2 は、GPS に池の位置情報を設定して
いるところ、図 3 は、GPS 動作を設定して
いるところである。

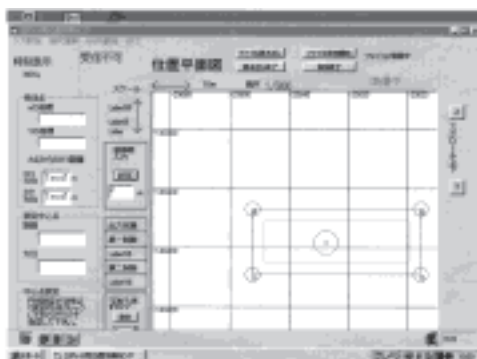


図 2

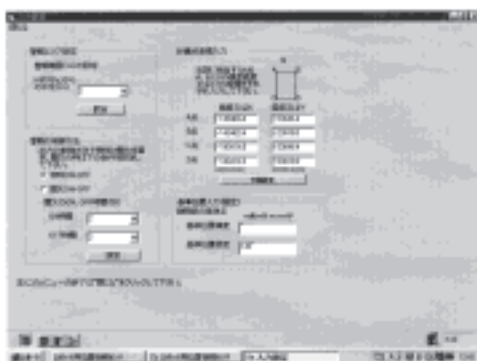


図 3

4. 造形について

近年、あらゆる分野に渡りさまざまな「ロ
ボット」が活躍しているが、そのロボットが
メカトロニクスである以上、電力の供給が当
然不可欠である。この電力の供給ブロックを、
どのように上手にまとめるかが家庭電化製品
などを含めたメカトロニクスのデザインの重
要なポイントであると同時に、造形の際の障
害になっていることが多い。

この池掃除ロボットは屋外で常時ランダ
ムに動かすため、太陽光発電によるバッテリー
充電システムを選択採用している。電池パネ
ルは大きく分けて結晶型とアモルファス薄膜
タイプがあるが、結晶系では物理強度や、特

に面の動的自由度がまったく無いため、面自
由度の高いアモルファス太陽電池を使用し、
曲面を積極的に利用した造形を試みた。太陽
電池は太陽光が遮られると、当然発電は起こ
らない。ロボット本体は、それほど大きくは
ない「池」の水面を自由に動き回るために、ほ
ぼ円形の椀状にしてあるのだが、その円形に
合わせて電池パネルを単純に彎曲させて重ね
ると、光の当たらないデッドゾーンが発生し
てしまう。(図 4)

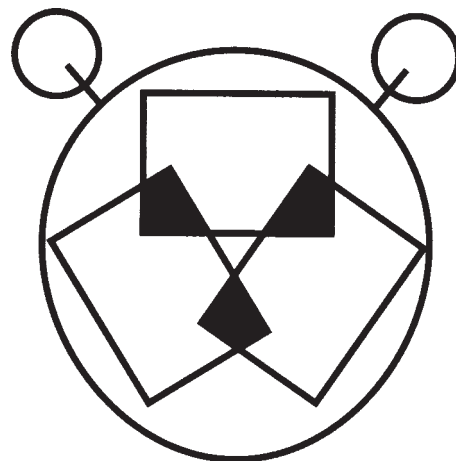


図 4

そこで、アモルファス電池の特徴を生かし、
さまざまな曲げ方を試みた。その中で、長
方形パネルの長辺側 2 角を強く屈曲させて隣
同士合わせ、円形の匡体に押し込めると、ア
モルファス薄膜パネルの素材がつくり出す自
然な曲面が生まれ緊張感のある造形となる。
(図 5、図 6)

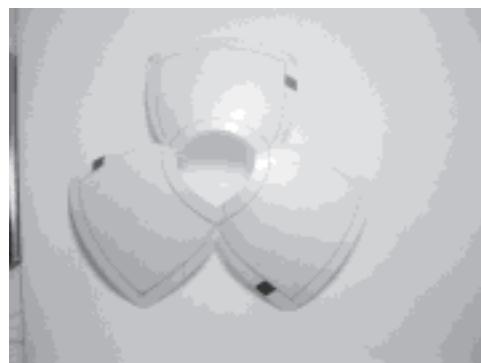


図 5

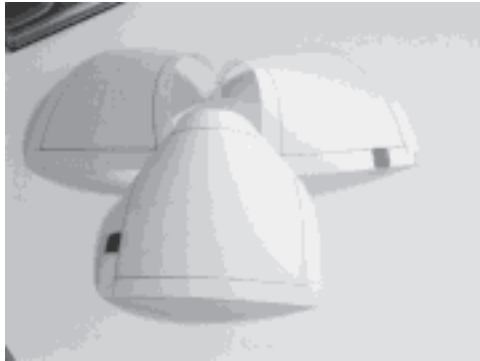


図 6

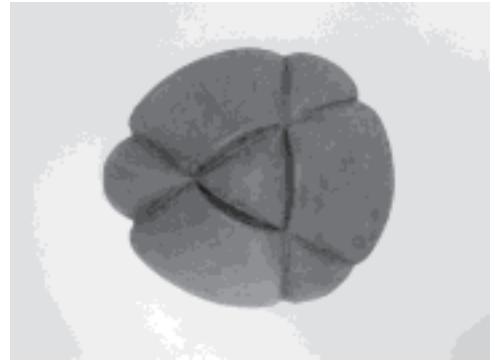


図 7

また、懸案である重なり合わせ目のゾーンが丁度よく消滅してくれることも、大きな発見である。これに関しては、角合わせ部分の巻き込まれるポイントに太陽光が深い角度で当たることになるが、図 4 のように重なってしまう場合にはその部分は完全に発電しないわけで、それに比べはるかに効率が良さそうではある。小型モーターによる簡単な負荷をかけ、太陽光に対して角度を変化させ、テスターにより計測したところ、予想以上に光の入射角による変化は、モーターの回転数及び指針計測でも微差であった。

今回のロボットのデザインは、太陽電池パネル素材のつくり出す自然な形の緊張感を、ロボット上部のカバーにそのまま表現し、これまでの、太陽光発電で作動するメカトロクスデザインの硬質感を払拭するような新鮮な造形をテーマとしている。アイデアスケッチの段階では上部カバーは単純な SR、真球の分割形態であったため、真球面にパネルの曲面緊張感のイメージを踏襲し表現する方法として、直線で形態表面を押さえ付けてみる。(図 7、図 8)

こうしてある程度、思いどおりのボリューム感が出てきたところで、制作素材の検討に入る。

プロトタイプではあるものの実際に池の掃除をさせるため、デザインモデル以上の実際の強度が必要となる。太陽光を効率良く取り入れるために当初透明アクリルでの真空成形を進めたが、成形時の可塑性、完成後の紫外線強度、そして故意の石なげなどによる物理的な強度を考えポリカーボネートで成形して



図 8

いる。真空成形で形成する以上平面材料から成形するため、あまり深絞りにはできないが、太陽電池パネルのカーブを、比較的上手に納めることができている。

太陽電池パネルの発電部分に合わせ、光を透過させる部分以外にカラーリングを施してある。

通常、池の空間に対して詳細な色彩計画が必要だが、研究を兼ねたプロトであるため、周辺の校舎の打ち放しのコンクリートに視覚的に溶け込ませるため、明るいシルバー色を施している。

ロボット本体には動き回るための推進器が設けられている。これは船舶のスクリューにあたるものである。これを作動させ、下部のパイプから池水をポンプで吸い上げて前面のフィルターに落としながら前進、後退、左右回転を行ない掃除をする。推進器はステンレス製の鏡面仕上げ円形パネルを二つ設け同時回転、左右相互回転などで本体を動かしている。瞬

発力はここでは必要でなく、むしろゆっくりとした、たより無さそうな動きが、カバーの造形のボリューム感を、あたかも水中生物のようなユーモラスなものにしている。(写真 2)



写真 2

5. 特許の出願

本研究については、図 9、図 10 のように特許も出願した。

6. 今後の課題

今回のロボットはソーラーパネルの大きさから比較的大形になり一人で扱いにくくなってしまった。

もういっそうの小型化に努力したい。

DGPS が 1 個しかなかったので、コンピューターをロボットの中に搭載したために、設定が困難であった。今後はロボット内には GPS のみを搭載し、地上に基地局をおいて、マッピングは基地局で行い、無線で接続するのが良いと思う。

GPS の技術は近い将来急速に進むと思われるので、いろいろの使い方が広がると考えられる。

【書類名】	特許願	
【整理番号】	KKKP0507	
【提出日】	平成14年 月 日	
【あて先】	特許庁長官 及川 耕造 殿	
【発明者】		
【住所又は居所】	静岡県浜松市田町223-21	
【氏名】	松原 季男	
【特許出願人】		
【住所又は居所】	静岡県浜松市野口町1794番1	
【氏名又は名称】	学校法人静岡文化芸術大学	
【代理人】		
【識別番号】	100095614	
【弁理士】		
【氏名又は名称】	越川 隆夫	
【電話番号】	053-458-3412	
【手数料の表示】		
【予納台帳番号】	018511	
【納付金額】	21000	
【提出物件の目録】		
【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【物件名】	委任状	1
【援用の表示】	平成14年 月 日提出の包括委任状	

図 9

【発明の名称】	貯水浄化用ロボット
【特許請求の範囲】	
【請求項 1】	血状の浮体に、DGPS 衛星もしくは GPS 衛星からの信号を受信して位置計測を行う衛星信号受信手段と、貯水を汲み上げて濾過する濾過手段と、浮体を移動させる移動手段と、これらに電源を供給する電源手段及びこれらを制御する制御手段とを内蔵し、前記衛星信号受信手段で受信した信号に基づき、制御手段で移動手段を動作させて浮体を貯水施設内の貯水面上で移動させ、濾過手段によって貯水を汲み上げて浄化することを特徴とする貯水浄化用ロボット。
【請求項 2】	前記濾過手段は、浮体の中心部分に配設され貯水を汲み上げるポンプ及び該ポンプに連結された吸水・排水管と、浮体の外周部で排水管の先端下部に配設されたフィルターとを備えることを特徴とする請求項 1 に貯水浄化用ロボット。
【請求項 3】	前記移動手段は、浮体の底壁下方に回転可能に配設された複数のインペラと、該インペラをそれぞれ回転させるモータとを備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の貯水浄化用ロボット。
【請求項 4】	前記電源手段は、バッテリーと、該バッテリーを充電するソーラパネルとを備えることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の貯水浄化用ロボット
【請求項 5】	前記制御手段は、浮体が貯水施設内の予め設定されたエリア内をランダムに移動するように前記移動手段を制御することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の貯水浄化用ロボット。

図 10