

平成12年度 学長特別研究成果報告書

池の掃除ロボット



技術造形学科

「池の掃除ロボット」

技術造形学科 高梨廣孝 松原季男 遠藤昭紀 望月達也

長嶋洋一 佐藤聖徳 李恩沃

はじめに

静岡文化芸術大学は、南側、西側に水深約45センチの美しい池が配置されている。しかし、この地域一帯は再開発地区であり、冬の強い北西の風に乗って砂やホコリが舞い込み、かなりの頻度で清掃をしなければ、池の美観が保てないのが現状である。定期的に行なわれるメンテナンスは、池の水をすべて抜き取って、底にたまった砂やホコリを除去するという大掛かりなものである。そこで、メンテナンス作業を軽減するために、池の中をランダムに動き回り、清掃をするロボットの研究、開発に着手した。技術造形学科7名の教員が、それぞれの専門分野の力を結集してコラボレーションを行ない、清掃と藻の発生を抑制するロボットを設計し、実動プロトタイプ製作を行なった。

清掃ロボットの概要

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

の底にたまった砂や藻を吸引し、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。そして、各々のプロペラの正転、逆転の組み合わせによって、自由な方向転換が可能である。水の吸引とプロペラの駆動のために3個のモーターが装着されているが、これらのモーターの駆動エネルギーは、本体上部に設置された3枚のソーラーパネルにとって供給される。本体及び上部カバーは厚さ3ミリのポリカーボネート板を真空成型したものであり、十分な強度を有している。上部カバーは透明であり、ソーラーパネルが風雨に曝されても経年変化が起らないよう保護している。また、太陽がどの位置にあっても発電するように、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。シルバーに塗装された「掃除ロボット」は、コンクリート打ち放しの建物とよくマッチしている。（高梨廣孝）

太陽光による発電システム：（遠藤昭紀）

ここで提案する「溜池清掃ロボット」の稼動に必要なエネルギーは、溜池の底部の水を外部に吸い出すためのモーターの駆動と溜池の隅々まで動き回るための推進プロペラの駆動のために要する電力である。その他に μ プロセッサによる制御回路があるが、モーターに要する電力に比較すれば十分に小さいのでここでは無視しても良い。

このエネルギーの供給のため太陽光による発電システムを考える。最も一般的なシステムの構成は、太陽電池、バッテリー、コントローラからなり、コントローラとはバッテリーの過充電、過放電を防ぐ制御装置のことです。

(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。
- ・ アルマイト加工のアルミフレーム
- ・ 全天候型
- ・ UL 規格適合
- ・ フレキシブル

この中で、溜池清掃ロボットの稼動環境から言って「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、まず大きさとしては当ロボットの造形の観点から、幾つかあるモジュールの内から 53cm*42cm のもの(USF-11)を選び、その容量計算をして確認する事とした。

この USF-11 の電気的特性は、公称最大出力は 11W、公称最大出力動作電圧は 16.5V、公称最大出力動作電流は 0.62A であり、従ってこれを 3 枚使用して並列接続すれば、約 12V で 2A の出力動作電流が得られる事が判る。但し、ソーラーパネルの設置方向や設置角度により受光面での放射強度が変わるため発生電流も変化し、厳密な話では無い事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 2A 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、 $2A \times 4\text{hour} = 8Ah$ と表されます。

一方、3枚のソーラーパネルの受光面放射強度の平均効率が実際には 50%であると仮定

すると、出力動作電流が 1A となり、1 日 8 時間の太陽照射があるとすれば 8Ah の電流量が得られる事になる。この場合、1 日に 4 時間ロボットは稼動できるという計算になる。

バッテリーとしてはこの条件を満た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。この規格は次の通りである。

定格容量 (Ah) = 12.0、 質量 = 約 4.20Kg

外形寸法 長さ(L)=151mm、幅(W)=98mm、高さ(h)94mm、
総高さ(H)=97.5mm

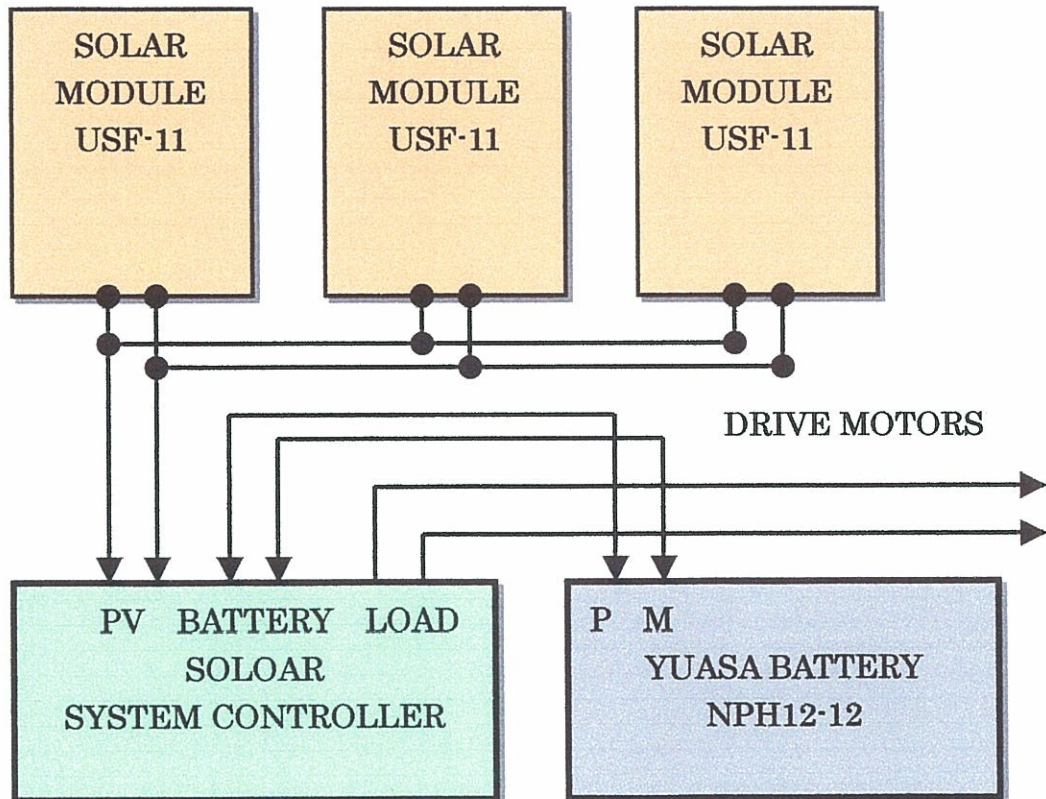
定格容量は 12.0Ah であるので、ソーラパネルからの 1 日 8 時間の太陽照射による電流量 8Ah を十分に蓄電することができる。また、当ロボットが 1 日 4 時間稼動するために要する消費電流量 $2A \times 4\text{hour} = 8Ah$ を十分に供給する事ができ、最大 6 時間までは稼動可能である。

(3) 太陽電池システムコントローラー :

SS-6L (MORNINGSTAR 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ます。静かなソリッドステート構造で充電を行ない、密閉型、非密閉型の鉛蓄電池に対応しています。バッテリー低電圧による負荷の遮断と負荷の自動再接続をします。

(4) 発電システム構成図 :



制御システムについて (長嶋洋一)

1. はじめに

学長特別研究「お掃除ロボット」の位置センシングと推進制御部分を担当したので、その実験と開発について解説・紹介する。

2. GPS位置センシングの予備実験

SUACの池で自由に動く、という今回のお掃除ロボットについては、池の岸壁に接近した場合に衝突を避ける、という位置センシングと回避動作のための推進制御が必須となる。このため、まず予備実験として車載用途のGPSモジュールを入手して位置検出の実験を行った。その結果、今回はこのプロジェクトではこのGPSは使えない、という結論に至った。

システムは、国内では松下と並んで2大メーカーである「古野電気」製のGPS受信モジュール「GN-79N1A-N」をデフォルト状態で使用した。ホストコンピュータとして秋月電子のAKI-H8マイコンを使用し、GPSからの情報のうち、

- ・ 現在時刻(GMT)
- ・ 現在位置・北緯
- ・ 現在位置・東経
- ・ 測位使用衛星数

を液晶パネルで刻々と表示する装置を製作し、このGPS表示装置を持って、SUAC「出会いの広場」を移動して状況を調べた。GPSモジュールは測位に成功している期間は、1秒ごとに上記の情報を刻々とマイコンAKI-H8に送り、電波状態などの悪化で測位に失敗すると、前回の表示のままとなる。電源を入れると、GPSモジュールは最初は約5分間ほど沈黙する。この間に上空からの衛星の電波を順にサーチして、最終的に現在地の情報を確定させる。市販のカーナビでは、機器の電源を入れる前からGPSモジュールだけは通電しておいて常に現在地をサーチさせていて、さらにホストのマイコンから仮の現在情報をロードして起動の時間を短縮していると思われるが、今回は実験ということで、単

独で結果を出すまで待った。以下はその計測実験の結果と簡単な考察である。

測位使用衛星数は、今回の実験では「3」であった。最大で12個の衛星まで追尾する。受信可能な場所としては、以下のように移動とともに変化した。

- ・ 「出会いの広場」の中央付近で、上空に何も妨げるものがない場所では、確実にGPS受信に成功し、1秒ごとに情報を獲得できた。手で持ったアンテナを少しぐらぐらぶらぶらしても問題ナシ。
- ・ 「出会いの広場」の南のあたり、「瞑想ボックス」付近まで来るとGPS受信が停止した。これは、南棟によって上空が遮られるためと思われる。従って、南側に建物のある場所では使えそうもなかった。
- ・ 北側の事務棟近くに行ったところ、これも建物の近くでGPS受信が停止した。これは、北棟によって電波が反射されて受信するために、情報として誤計測しているためとも思われた。

情報の精度としては、以下ようになった。

- ・ 「現在位置・北緯」は、「3442.7635N」のように表示される。これは、北緯(N)34度42分、そして小数点以下が4桁である。しかし実際には、ただ立っていても小数点以下4桁目はフラフラすること(プラスマイナス1というだけでなく、2とか3も簡単にスキップ)があり、このあたりが測定精度の限界と思われた。
- ・ 「現在位置・東経」は、「13744.3420E」のように表示される。これは、東経(E)137度44分、そして小数点以下が4桁である。立っていても小数点以下4桁目はフラフラする状況は上記と同等であった。
- ・ 理論上は、この小数点以下4桁目の「1」が、約18.5cmという精度である。そのため、ただ立っていても、誤差などで常時、このシステムが前後に数十cmはフラフラしている、という状況ということになり、今回のロボットの位置計測としてはちょっと使えないと思われた。

情報検出の時間的分解能としては、上述のよ

うに、GPSモジュールは最大性能として、1秒ごとの位置しか出力しない。そこで、ある程度のスピードで移動しているロボットの位置計測としては、「そろそろそこが壁だからストップして」という判定の前に衝突することになり、問題がある。

また、誤差吸収のための積分による遅延としては、GPSモジュールはこの1秒ごとの計測で、誤差によるノイズ的な変動を吸収するために、過去のデータとの積分というローパスフィルタをかけている。つまり、例えば「出会いの広場」で、ある地点に静止して位置情報を止めてから、ゆっくり西に歩くと「現在位置・東経」データが歩みとともに刻々と減っているが、ある場所で立ち止まってもこの減少は数秒にわ

たって続いてから数値が停止する。つまり、1秒ごと、というデータだけでなく、さらに数秒という慣性質量をもった物体の挙動のような「遅れ」があり、このデータをロボットの位置制御に使うとすれば、相当に動きの鈍い物体、例えばクレーン車で大仏でも移動させているような状況でないと、実質的には制御できないと思われた。

結論として、以上の実験結果から、今回の「お掃除ロボット」については、このGPSモジュールによる位置計測、という制御は使えないと判断した。

3. 超音波による位置センシング

そこで、今回のお掃除ロボットでは、図1の

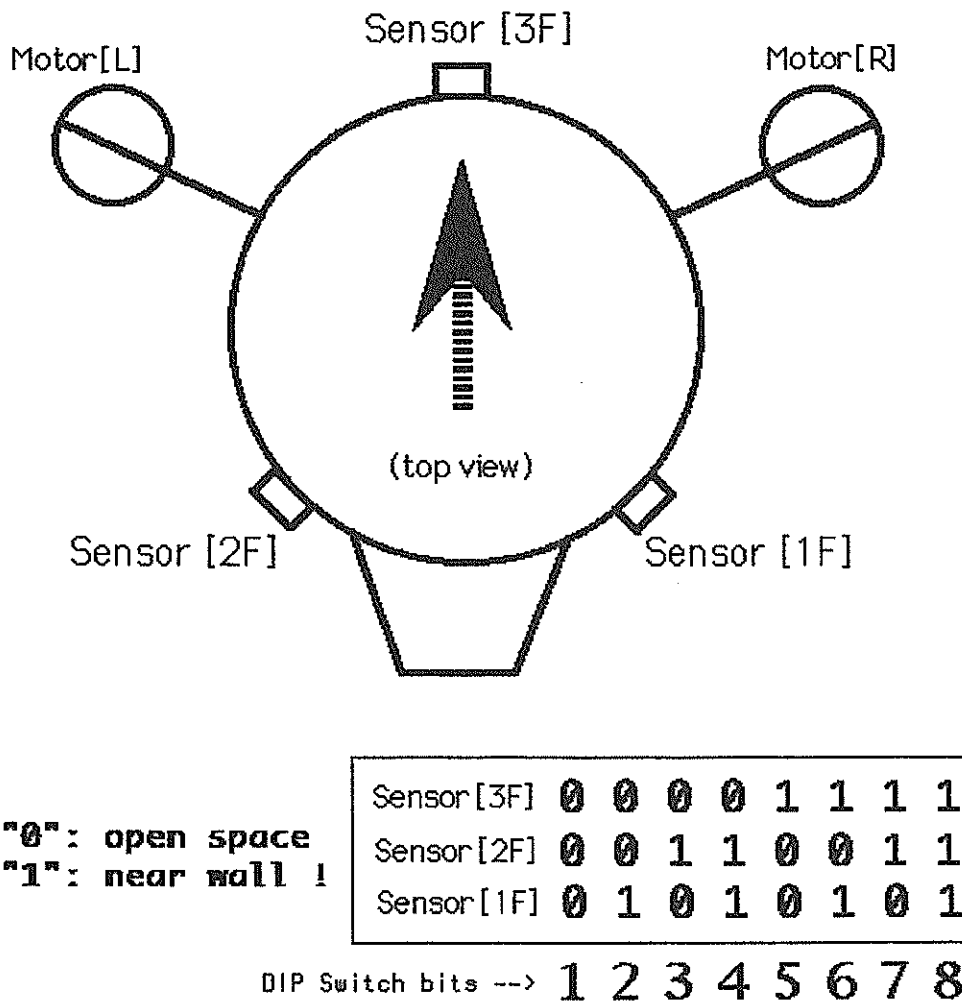
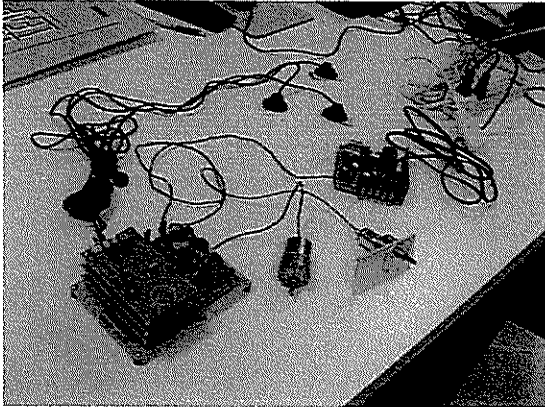


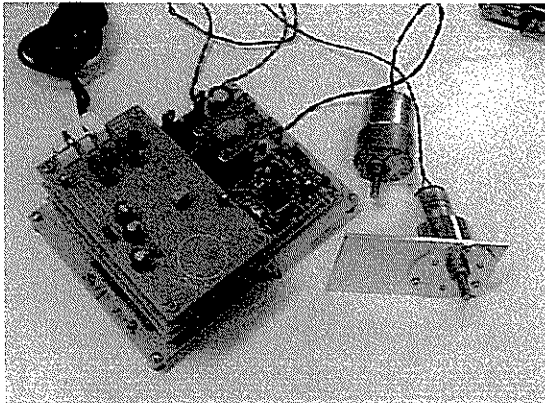
図1. 「お掃除ロボット」の動作概要図

以下に、AKI-H8と超音波センサによって、ロボット内部の基板を製作している様子を写真で紹介しておく。

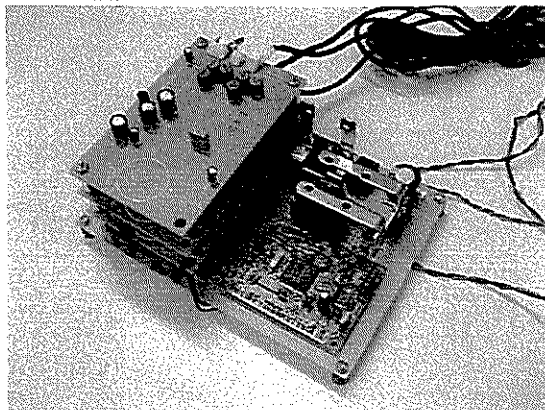
基板、電源、モーターを並べたところ



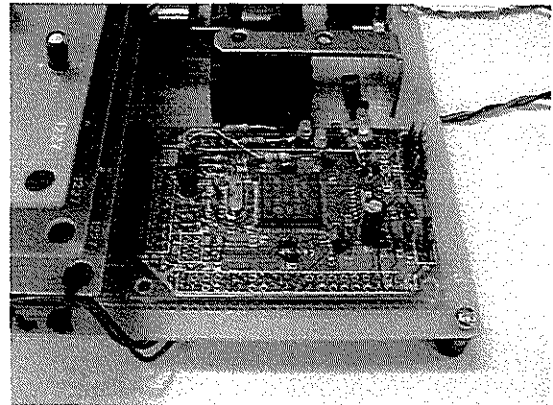
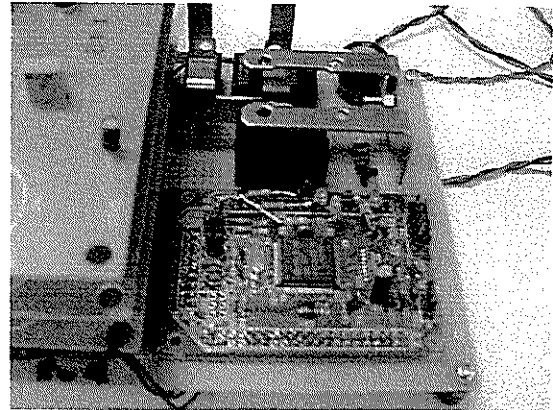
左右二つのモーターをダミーとして接続してテスト



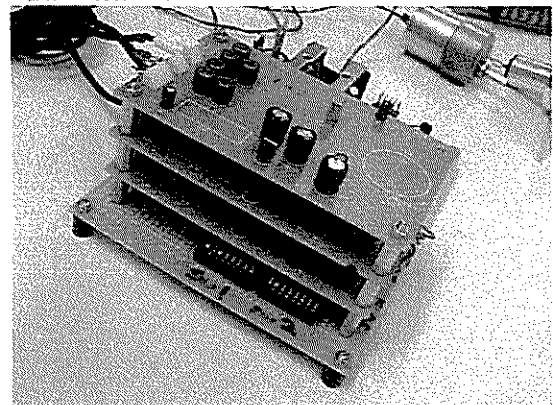
L字型の鉄板はモータードライブ用トランジスタの放熱用



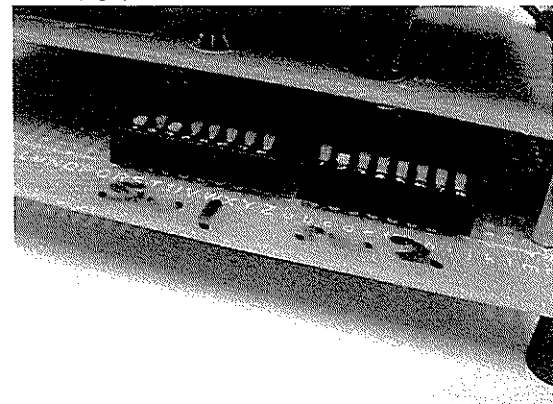
マイコン付近の拡大



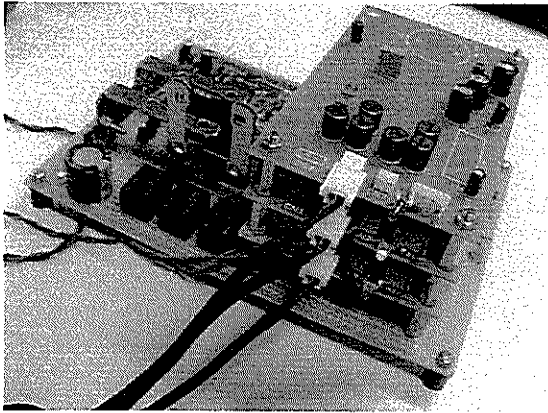
基板は4階建て



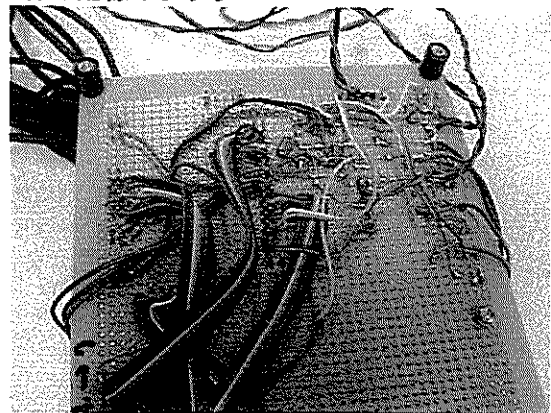
DIPスイッチ



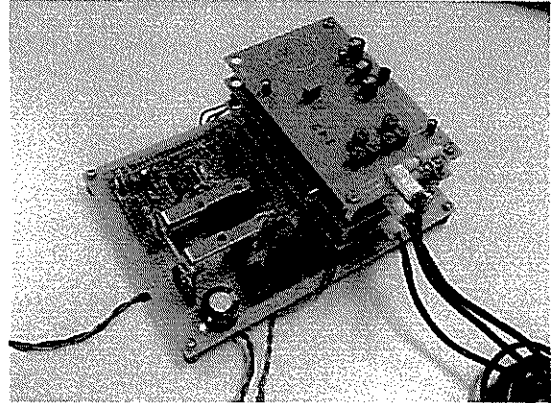
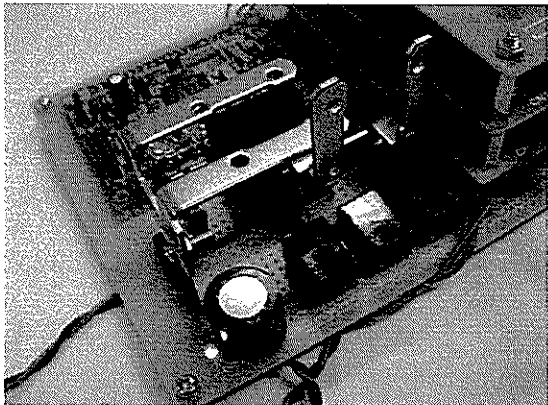
超音波センサモジュールにケーブルが延びる



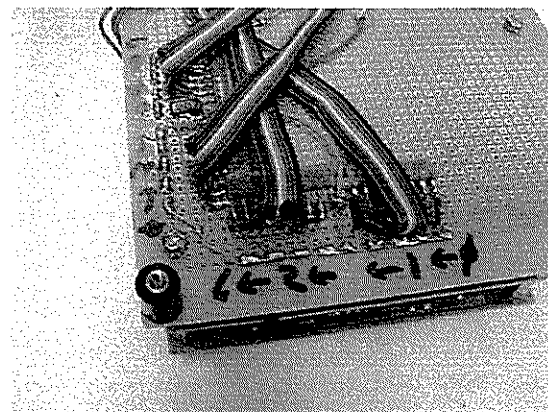
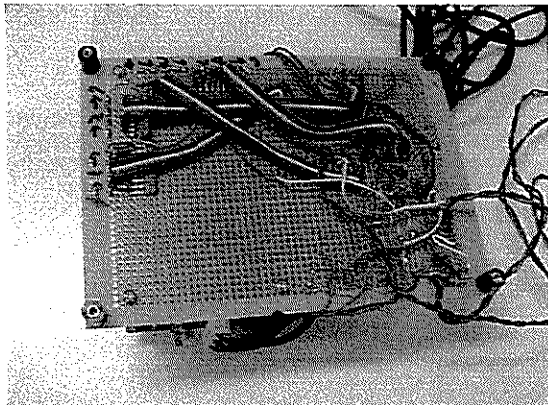
全体の配線の様子



放熱板



基板の裏側



5. マイコンAKI-H8のソフトウェア開発

秋月電子の提供しているAKI-H8の開発環境としては、MS-DOS上のアセンブラ、Windows上のフラッシュROMライタがある。実際には、これをMacintosh上のエミュレータVirtualPCの内部のWindows98上で動作させて、MacのUSBポートからUSB-RS232Cアダプタを経由してフラッシュROMライタにプログラムを転送して開発している。図5はその一例である。

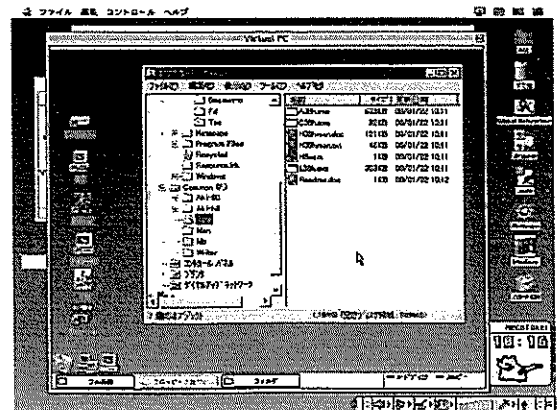


図 5. 開発中の画面例

以下はAKI-H8のソースプログラムである。

```
-----  
; SUAC DAS [Pool Cleaner Robot] May. 2001  
-----  
##### Port Defines #####  
suar .equ h'0ffb0  
brr .equ h'0ffb1  
scr .equ h'0ffb2  
tdr .equ h'0ffb3  
ssr .equ h'0ffb4  
rdr .equ h'0ffb5  
p1ddr .equ h'0ffc0  
p1dr .equ h'0ffc2  
p2ddr .equ h'0ffc1  
p2dr .equ h'0ffc3  
p3ddr .equ h'0ffc4  
p3dr .equ h'0ffc6  
p4ddr .equ h'0ffc5  
p4dr .equ h'0ffc7  
p5ddr .equ h'0ffc8  
p5dr .equ h'0ffca  
p7dr .equ h'0ffce  
paddr .equ h'0ffd1  
padr .equ h'0ffd3  
pbddr .equ h'0ffd4  
pbdr .equ h'0ffd6  
lprb .equ h'0fff8  
tstr .equ h'0fff60  
tsnc .equ h'0fff61  
tmdr .equ h'0fff62  
tfcrr .equ h'0fff63  
toer .equ h'0fff90  
toer .equ h'0fff91  
tcr0 .equ h'0fff64  
tior0 .equ h'0fff65  
tier0 .equ h'0fff66  
tsr0 .equ h'0fff67  
tcnt0 .equ h'0fff68  
gra0 .equ h'0fff6a  
  
##### Vector Defines #####  
.section vector,data,locate=h'000000  
.data.l start  
.org h'000060  
.data.l int_timer0  
  
##### Work RAM Data Defines #####  
.section ram,data,locate=h'0fef10  
timer1 .res.w 1  
stat0 .res.w 1  
stat1 .res.w 1  
stat2 .res.w 1  
ctr0 .res.w 1  
ctr1 .res.w 1  
ctr2 .res.w 1  
mode .res.b 1  
flag .res.b 1  
status .res.b 1  
statold .res.b 1  
inp .res.b 4  
  
;**** Reset --> Initialize --> Main Loop ****  
.section program,code,locate=h'001000  
start:  
mov.l #h'0fff0f,er7 ; stack pointer set  
mov.l #h'0fef10,er2  
mov.w #h'0fe0,r1  
mov.b #0,r01  
_ram_clear:  
mov.b r01,@er2  
inc.l #1,er2  
dec.w #1,r1  
bne _ram_clear  
mov.b #b'00100011,r01  
mov.b r01,@tcr0 ; Timer0 init : 2MHz clock  
bclr #0,@tsr0 ; Clear IMFA  
bset #0,@tier0 ; timer INT set  
mov.w #2000,r0 ; msec INT  
mov.w r0,@gra0  
mov.b #b'00011111,r01 ; set : Port[1] output/input  
mov.b r01,@p1ddr  
mov.b #b'11111111,r01 ; set : Port[4] all output  
mov.b r01,@p4ddr ; set : Port[5] all output  
mov.b r01,@p5ddr ; set : Port[A] all output  
mov.b #b'00000000,r01 ; set : Port[2] all input  
mov.b r01,@p2ddr ; set : Port[3] all input  
mov.b r01,@p3ddr ; set : Port[B] all input  
mov.b r01,@pbddr ; Port[A] all off  
mov.b r01,@padr  
mov.b r01,@p4dr  
mov.b r01,@p5dr
```

```

mov.b   #b'00000111,r01
mov.b   r01,@p1dr
jsr     @wait_500msec
bset    #0,@tsr      ; timer start !
andc.b  #b'01111111,ccr      ; interrupt enable
main_loop:
jsr     @timer_check
jsr     @status_check
jmp     @main_loop

;***** Timer / Counter Routines *****
wait_500msec:
mov.l   #500,er1
_wait_1:
jsr     @wait_1msec
sub.i   #1,er1
bne    _wait_1
rts
wait_1msec:
mov.l   #2048,er2
_wait_2:
sub.l   #1,er2
bne    _wait_2
rts
int_timer0:
push.w  r0
mov.b   #1,r01
mov.b   r01,@flag
btst   #0,@tsr0      ; Clear IMFA
bclr   #0,@tsr0
pop.w   r0
rts
timer_check:
mov.b   @flag,r01
cmp.b   #0,r01
bne    _timer_event
rts
_timer_event:
mov.b   #0,r01
mov.b   r01,@flag
jsr     @every_count
mov.w   @timer1,r0
inc.w   #1,r0
mov.w   r0,@timer1
cmp.w   #1750,r0
beq    _1750msec
rts
_1750msec:
mov.w   #0,r0
mov.w   r0,@timer1
mov.b   @mode,r01
inc.b   r01
mov.b   r01,@mode
cmp.b   #1,r01
beq    _mode_1
cmp.b   #2,r01
beq    _mode_2
_mode_0:
mov.b   #0,r01
mov.b   r01,@mode
mov.b   #b'00000010,r01
mov.b   r01,@padr
mov.w   #0,r0
mov.w   r0,@stat0
bra    _mode_exit
_mode_1:
mov.b   #b'00000100,r01
mov.b   r01,@padr
mov.w   #0,r0
mov.w   r0,@stat1
bra    _mode_exit
_mode_2:
mov.b   #b'00001000,r01
mov.b   r01,@padr
mov.w   #0,r0
mov.w   r0,@stat2
_mode_exit:
mov.b   @mode,r01
shll.b  r01
shll.b  r01
shll.b  r01
shll.b  r01
and.b   #b'00110000,r01
mov.b   r01,@p4dr
rts
every_count:
mov.b   @mode,r01
cmp.b   #0,r01
beq    mode_0
cmp.b   #1,r01
beq    mode_1
cmp.b   #2,r01
beq    mode_2
rts
mode_0:

```

```

mov.b    @pldr,r01
and.b    #b'00100000,r01          ; input sensor [Low]
cmp.b    #0,r01
beq      _mode_0_clear
mov.w    @stat0,r0
inc.w    #1,r0
mov.w    r0,@stat0
cmp.w    #270,r0                  ; TIMER
bpl      _mode_0_on
_mode_0_off:
mov.b    @status,r01
and.b    #b'11111110,r01
_mode_0_exit:
and      #b'00000111,r01
mov.b    r01,@status
mov.b    r01,@pldr
rts
_mode_0_clear:
mov.w    #0,r0
mov.w    r0,@stat0
bra      _mode_0_off
_mode_0_on:
mov.b    @status,r01
or.b     #b'00000001,r01
bra      _mode_0_exit
rts
mode_1:
mov.b    @pldr,r01
and.b    #b'01000000,r01          ; input sensor [Mid]
cmp.b    #0,r01
beq      _mode_1_clear
mov.w    @stat1,r0
inc.w    #1,r0
mov.w    r0,@stat1
cmp.w    #270,r0                  ; TIMER
bpl      _mode_1_on
_mode_1_off:
mov.b    @status,r01
and.b    #b'11111101,r01
_mode_1_exit:
and      #b'00000111,r01
mov.b    r01,@status
mov.b    r01,@pldr
rts
_mode_1_clear:
mov.w    #0,r0
mov.w    r0,@stat1
bra      _mode_1_off
_mode_1_on:
mov.b    @status,r01
or.b     #b'00000010,r01
bra      _mode_1_exit
rts
mode_2:
mov.b    @pldr,r01
and.b    #b'10000000,r01          ; input sensor [Top]
cmp.b    #0,r01
beq      _mode_2_clear
mov.w    @stat2,r0
inc.w    #1,r0
mov.w    r0,@stat2
cmp.w    #270,r0                  ; TIMER
bpl      _mode_2_on
_mode_2_off:
mov.b    @status,r01
and.b    #b'11111011,r01
_mode_2_exit:
and      #b'00000111,r01
mov.b    r01,@status
mov.b    r01,@pldr
rts
_mode_2_clear:
mov.w    #0,r0
mov.w    r0,@stat2
bra      _mode_2_off
_mode_2_on:
mov.b    @status,r01
or.b     #b'00000100,r01
bra      _mode_2_exit
rts

status_check:
mov.b    @status,r21
mov.b    @statold,r11
cmp.b    r21,r11
bne      _stat_1
rts
_stat_1:
mov.b    r21,@statold
mov.b    #0,r01
mov.b    r01,@p5dr                ; Stop
mov.b    @p7dr,r11                ; SW1
mov.b    @pbdr,r21                ; SW2
mov.b    @p2dr,r31                ; SW3
mov.b    @p3dr,r41                ; SW4

```

```

mov.b   @status,r01
_stat_2:
cmp.b   #0,r01
beq     _stat_3
dec.b   r01
shlr.b  r11
shlr.b  r21
shlr.b  r31
shlr.b  r41
bra     _stat_2
_stat_3:
and.b   #b'00000001,r11
shll.b  r21
and.b   #b'00000010,r21
shll.b  r31
shll.b  r31
and.b   #b'00000100,r31
shll.b  r41
shll.b  r41
shll.b  r41
and.b   #b'00001000,r41
or.b    r41,r11
or.b    r31,r11
or.b    r21,r11
mov.b   r11,@p5dr
rts
.end

```

6. 展示風景

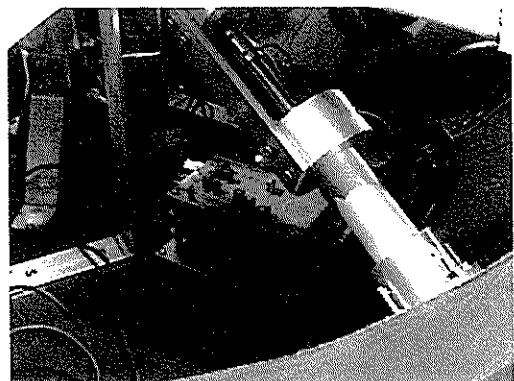
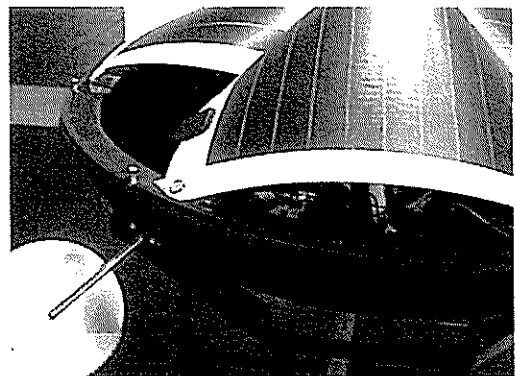
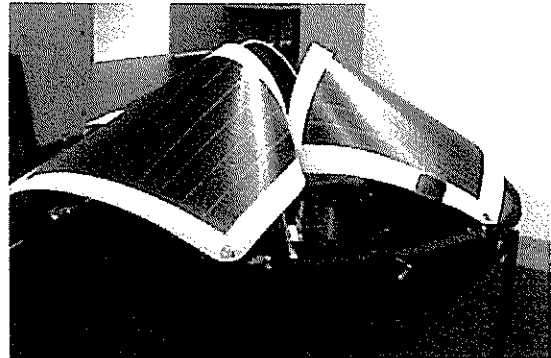
以下は、2001年5月の「大学公開デー」での「お掃除ロボット」の展示風景の写真である。

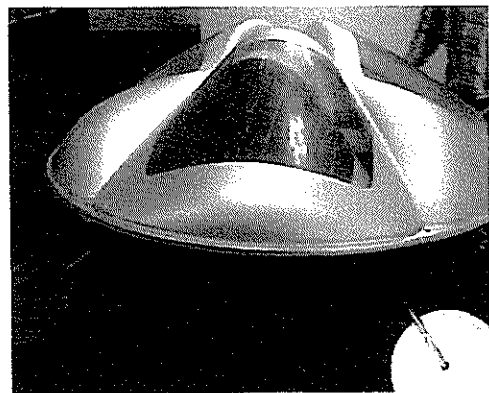
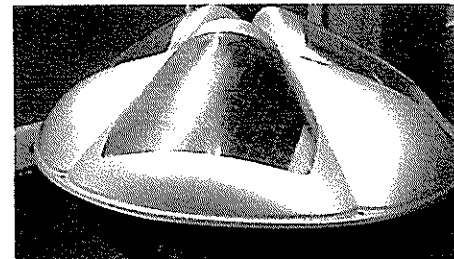
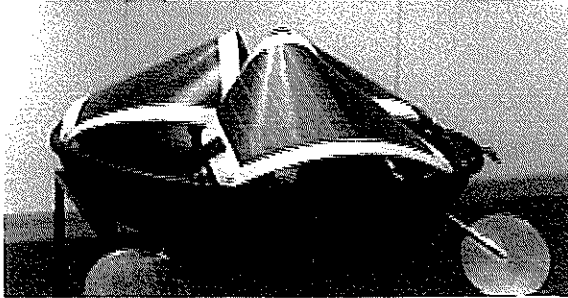
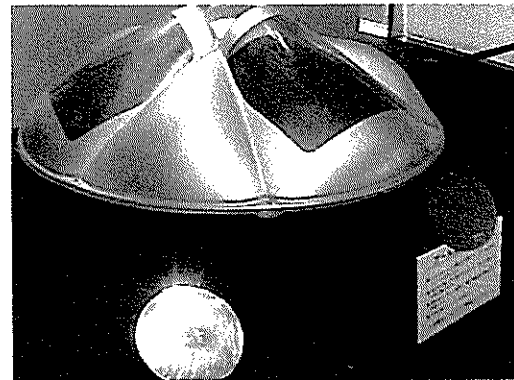
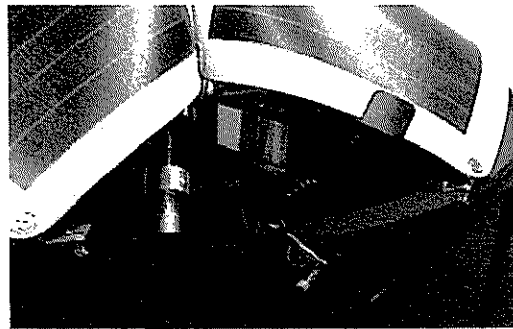
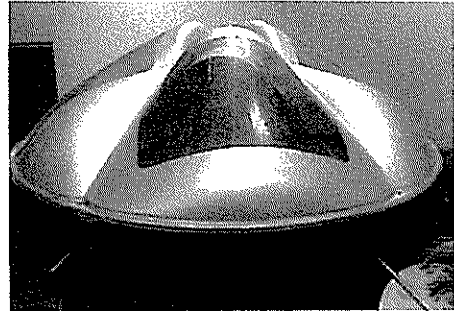
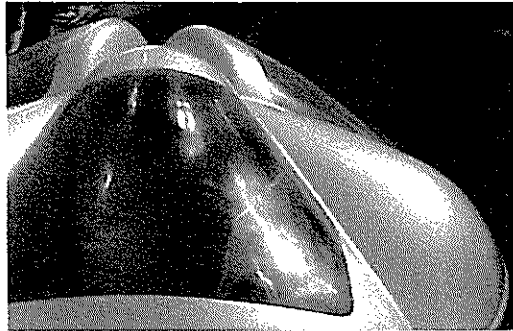
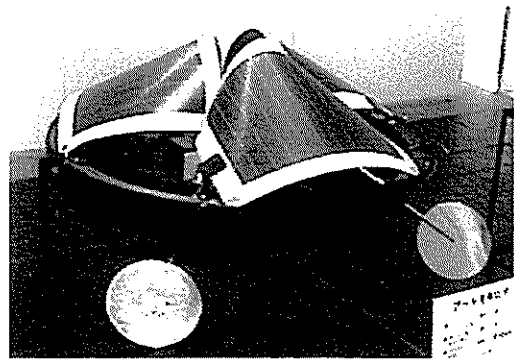
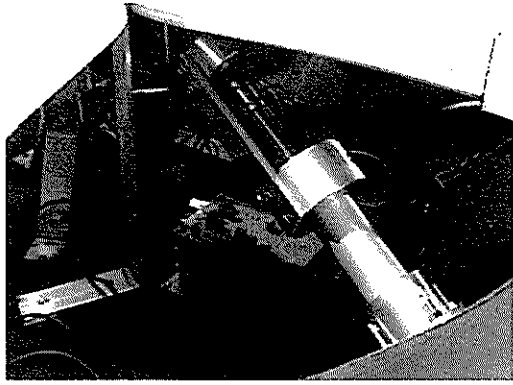


プール清掃ロボット

- このロボットは太陽光を利用して、プールの中をブラブラ歩きます。
- 底の水を吸上げて横に吐き出して、生えた藻などを取り除きます。
- 超音波センサーや触覚で、壁や障害物を感知して回避します。
- 大きな体でノンビリ泳ぎます。

☆皆様是非このロボットの愛称をつけて下さい。





以上

造形について

(佐藤聖徳)

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じく無いため、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A参照)

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作り出す自然な曲面が生まれ緊張感のある造形となる。(図B) 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

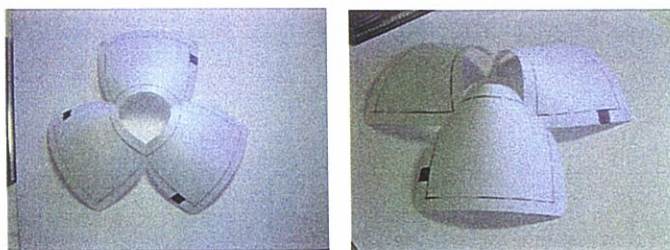
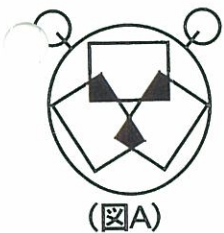
に重なってしまう場合にはその部分は完全に発電しないわけで、それに比べはるかに効率が良いそうではある。小型モーターによる簡単な負荷をかけ、太陽光に対して角度を変化させ、テスターにより計測したところ、予想以上に光の入射角による変化は、モーターの回転数及び指針計測でも微差であった。

今回のロボットのデザインは、太陽電池パネル素材の作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ニ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C-1、2、クレイモデル参照)

図C-1



図C-2



(図B 検討モデル/紙)

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、A図のよう

こうしてある程度、思い通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。(完成写真参照)



完成写真

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。(推進器-写真参照)



カバーを取り外し、二つの推進器によって運行する作業中のロボット

今後の課題

今回製作したプロトタイプは最初の試作品であり、いくつかの問題点が見つかった。まず第一点目は、ランダム走行した時の壁面への衝突を回避するために超音波のセンサーで感知するシステムの問題である。池の壁面は場所によって様々な形状をしており、そのために障害物としての壁面を検知するタイミングが遅れてしまい、衝突するという現象が起きてしまった。また、場所によっては強い風によって流されてしまい、壁面に衝突するケースも発生した。地上走行とは異なり、水の上での走行は、水の粘性の関係上、方向転換やブレーキなどの指令に対してタイムラグが生じる。この問題を解決するにはセンシングのタイミングや方法、プロペラを駆動するモーターの強化などの改良が必要である。開発当初の予備実験では、GPSによるセンシングもテストしているが、位置検知の誤差が大きく、その上応答も遅延するため、今回のプロトタイプは超音波センシングに切り換えられている。しかし、超音波センシングについても前述したような問題点があり、今後は更に精度の高いGPS制御を検討したい。同時に、壁面への衝突回避を確実にするために、ボディーの周囲に3個のマイクロスイッチを装着して壁面を検知する方法とGPS制御を併用することも検討する必要がある。

二点目は、大きさと重心の位置である。本体は、1メートルを超える円形をしており、当初我々が予測していたものより、はるかに大きなサイズになってしまった。オーバースケールになった理由

は、必要な発電量を得るためには、思ったよりも大きなソーラーパネルが3枚も必要になってしまった。しかも、この3枚のパネルを直径1メートルの本体上に平面で並べることは不可能であり、結局30度傾斜させて無理矢理押し込むことにした。このことが、結果的に重心位置を押し上げることになり、ステンレスのプロペラを回した時に、ピッチングする原因となった。もっと小型で効率の良いソーラーパネルが見つければ、造形的にも、また機能的にも改善することが可能である。

第三点目は、モーターの過熱である。水やホコリの侵入を恐れて本体を密閉状態にしたため、これが冷却効果を阻害している。真夏の強い日射しのもとでは、何らかの冷却装置を考えるか、小刻みに運転してモーターが過熱しないような対策を取らなければならない。(高梨廣孝)