

方位絶対指向装置

Azimuth Absolute Direction Equipment

金野 茂男
KINNO Shigeo

1. はじめに

光学マウスキットを応用した経路計・面積計は制作済みである^{(1),(2),(3)}。これらの計測器は、面上での計測器の移動先の座標値を自立で取得できている。即ち、移動開始点を原点とすれば、移動した位置での (x、y) 座標値を常時獲得できる。この計測器は使用にあたっては、計測器を平行移動することが前提である。計測開始時点において、計測器の向きを任意の一定方向に保持し、移動中においてその方向を保持し続け続ける必要があり、計測器を回転させることは禁止であった。装置は回転動作に対しての処理機能を有していない。応用した光学マウスキットの光センサ IC がそのような仕様なのである。マウスは通常手でつかんだ状態で使用し、移動パット上で平行移動させる。マウスの回転移動には意味を持たせていない。マウスを手でつかんだ状態では、試せばわかるが、回転操作はあまりできない。(※少しひらめいた、マウスにも回転操作処理が出来るようにしたら、応用が広がるのではないだろうか?)

これらのことは参考文献を読了すれば、理解できよう。

この経路計を車などに搭載すれば、車の座標値を獲得できよう。が、通常、車は車体を回転させ、左右に方向変更をするものである。自作経路計をそのまま、車体内に納めていると、車が方向変更をする毎に、経路計が回転することになり、正確な経路測定が不可能となる。車が方向変更をしても、経路計が方向変更をしなければ、経路計としての機能は維持されるので、正確な経路計としての動作が保証されよう。車体に向きを変更しても、搭載している経路計が始点で設定した方向を保持し続ける装置として、表題の装置を試作した。装置を搭載している基

台が任意の方向に回転しても、動作開始時に設定した特定方向を向き続ける装置である。写真 1 にその外観を示している。装置のケース上にデモ者に対面するようにアイドルの写真等を貼り付けておく。回転台を左右に任意に回転させても、アイドルは、常にデモ者の方を見つめるように、自身の向きを自動回転させ、戻ってくる。今まで通り、デモ者を見つめてくれる。学生には結構受けが良かった。遊び心の装置として認定しても良さそうである。



写真 1 装置の試作品の外観

薄緑色の円形テーブルはろくろ台である。その上に乗っている半球状のものが今回制作した装置である。デモ用に、女性のプロマイド写真を装置に貼り付けている。装置に電源を入れ、女性の写真が自分に向いた状態とする。その後、ろくろ台をどのように左右に回転させても、女性は自動的に方向を変え、常に自分を見続ける。何となく面白い。装置にはデモ用をかねて透明な塩化ビニール製半球をかぶせているので、中身がバレバレである。論文の後半には不透明な半球をかぶせた場合も掲載している。使用方法に馴れれば、不透明の方が見学者への印象が強烈であろう。

回転テーブルを車とし、この装置を車体に納

めれば、車がどのように向きを変えても、装置は初期設定方向を常に維持し続けよう。この装置に、参考文献で紹介している経路計を組み込めば、車の相対座標値を常時獲得できることになる。今後この装置の応用について考えていきたい。

重要な点を述べておく。この装置は地球磁場を利用しているので、近傍に鉄材や磁石があると都合が悪い。この装置の弱点でもある。使用にあたってはこの点に留意しておく必要がある。

2. 製作手順

装置を回転させても、初期設定方位に、装置の方位（向き）を常に保持させる。このような装置の空間における絶対方位確定に、方位磁石の方式を適用することを考えた。当初、市販されている登山などに使用される方位磁石の利用を考えた。磁針はケースをどのように回転しても、常に北南を指向し続けることは周知のことである。絶対方位を確定するものとしては簡易でありながら、最良の方法であろう。この方位磁石の磁針を挟むように、磁針近傍の両側のケースに磁気センサ（ホールセンサ）を配置する。ケースを搭載している基台が回転すれば、ケースも回転する。磁針はあくまでも北南を指向するので、磁針は逆向きに回転する。とすると、磁針の両側に配置している磁気センサの出力電圧値に差が発生する。この差を検出し、差に応じて、ケースを逆回転をさせる。基台が回転しても、ケースは初期状態に戻るようにはさせるのである。

前試験として、方位磁石の磁針近傍での磁界強度をガウス計で計測してみた。幾つかの方位磁石で測定を行った。磁界強度は磁針の極近傍で、数G～10G以下程度であった。予想以上に弱い磁石仕様であった。地球磁場の大きさが、日本では約0.3G程度であること。磁界強度測

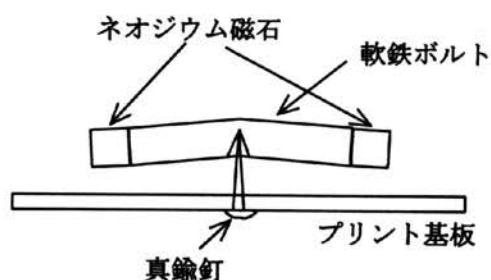


図1 自作の方位磁石

定の磁気センサとして使用予定のホールセンサの感度は1G以上であることからすると、どうも方位磁石は使用できそうもない。なを、使用しているガウス計はセンサとしてホールセンサを使用している機種である。ホールセンサでは地球磁場の大きさは測定できない。なを、余談ではあるが、磁気センサとして磁気抵抗効果を用いたセンサが市場に出回ってきているそうである。この磁気抵抗センサならば、地球磁場の強度まで測定できるようである。この素子は著者には未使用であること。手元にも在庫がないことから、これの使用は当面考えないこととした。

縫い針を磁石で軽く擦って磁化させ、水面にゆっくりと浮かせる（水の表面張力の効果）と、針は常に北南を指向することは簡単な科学実験である。自作の方位磁石である。方位磁石を自作してみることとした。図1にその概略図を示している。黒板などに紙を固定する文具として市販されているペーパーマグネットから取り外したネオジウム磁石（直径5mmφ×長さ5mm）を2個。これらの間に、5mmの軟鉄ボルトから切り出した長さ30mm前後の心棒の中央に穴を開け、両端にネオジウム磁石を固着させる。中央の穴にはプリント基板に固着した真鍮製の釘（直径1.2mm、長さ10mm）の先端を差し入れる。心棒は中央で少し曲げると、ヤジロベイ型となるので、安定度が高まる。プリント基板を水平にして、基板を任意に回転すると、自作磁針は正確に北南を指向し続けることを確認した。ガウス計でネオジウム近傍の磁界強度を測定した。数百G～千G以上の測定値を観測

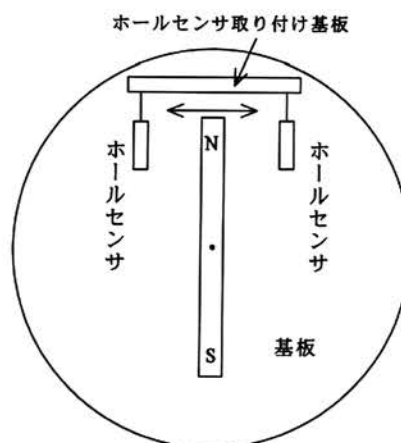


図2 磁針とホールセンサの配置関係

した。これならば、ホールセンサ素子を磁針の両側に配置しても、十分な強度で磁界強度を計測できることがわかった。なを、地球磁場の方向は地表に水平ではないので、磁針のS極側には水平保持のために、若干の錘を付加する必要がある。錘としては半田線や真鍮線が代用できよう。なを、磁石の台座にプリント基板、保持針に真鍮を使用している理由は特に説明するまでもないであろう。鉄系は使用できない。アルミでは半田付けが出来ない。プリント基板は銅箔面に半田付けできる。部品の固着が簡単に出来る。本装置のような加工物の作成においては、プリント基板は結構な加工材料となることを付記しておこう。

図2に、図1で図解した方位磁石のN極の両側にホールセンサを配置した概略図を示している。磁気力線はN極から発するものと定義されているので、N極から、両方のホールセンサに磁気力線が入射することになる。ホールセンサの取り付け向きは2様ある。図のような配置で、N極を動かすと、ホールセンサの出力電圧が変化する向きを選択して取り付けることになる。基板へのホールセンサ取り付け基板の固着も半田付けで行うことが出来る。

図3に、本装置の概略図を示している。円盤に駆動輪1個、空転輪2個の3つの車輪を取り付け、駆動輪の回転により、円盤が自由に回転する。円盤の中央上部に自作方位磁石を配置する。円盤にはモータ、電池、制御基板なども搭載される。方位磁石とモータ及び電池との間隔が近すぎると、方位磁石が余計な磁界を受けて、正しい方向を向かなくなる。そのために、本装置では円盤の上部に方位磁石を引き上げて配置する。なを、磁気シールド材料のパーマロイ等を使用すれば、同じ円盤上に方位磁石を配置することが出来るかもしれない。かつ本装置をより小型に制作することも可能となろう。

図4に、ホールセンサによる磁界強度検出とモータ駆動の回転についての方法、図5にその電子回路図を示す。ホールセンサ用電源は、別仕立ての乾電池（4LR44乾電池、起電圧6V）を使用し、独立させた別電源としている。このようにして、ホールセンサからの出力電圧処理回路の電源と分離することで、必要な素子数が大幅に少なくすることが出来る⁽⁶⁾。2つのホール出力電圧は、非反転増幅の後、ワンチップマイコンPIC12F683のAD端子に入力する。12F683のAD変換器は10ビットであり、

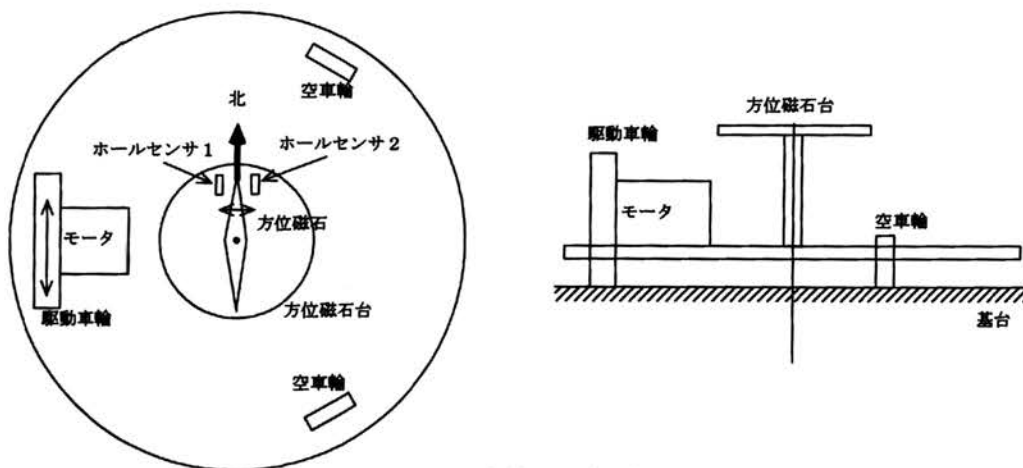


図3 本装置の概略図

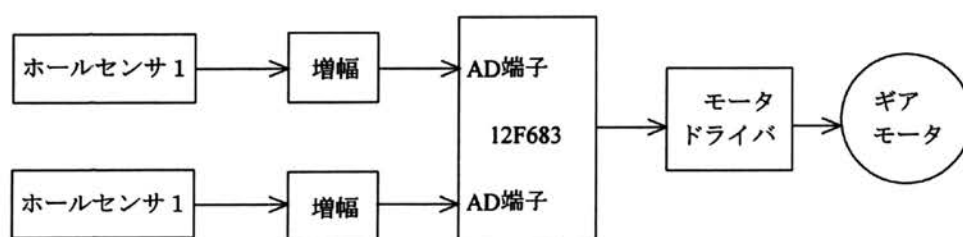


図4 装置の回転駆動方法

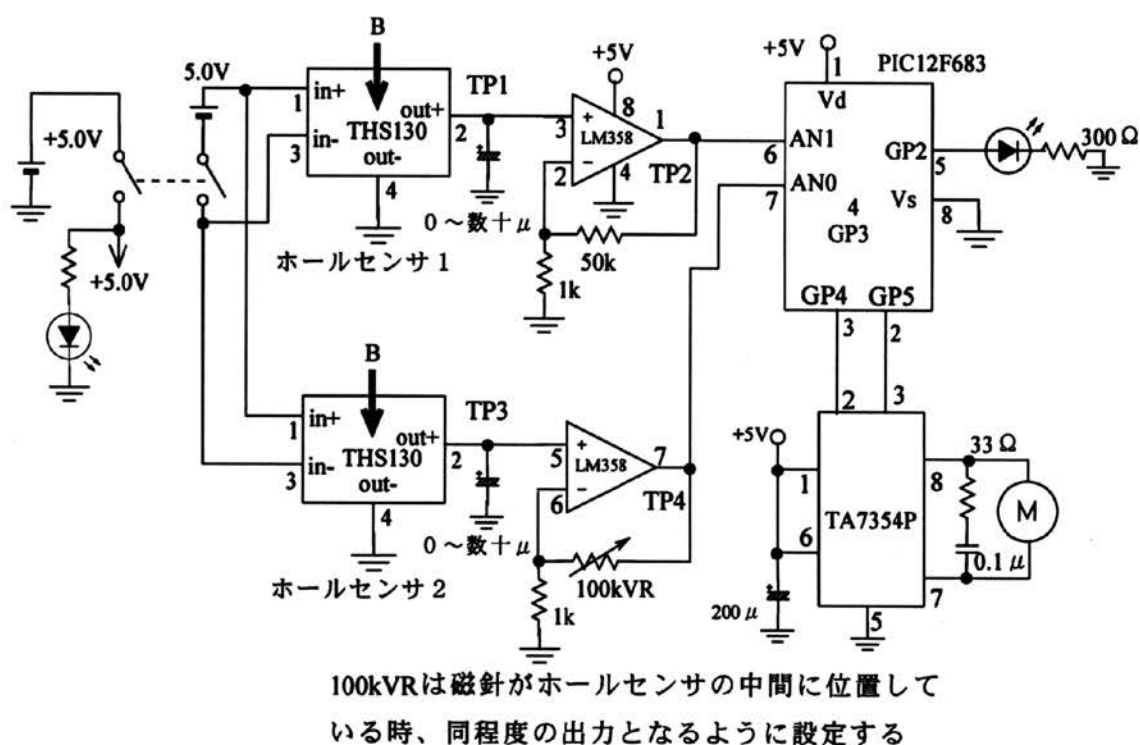


図5 制御電子回路図

2バイトで取り扱っている。10ビットデータをこの2バイトに左詰で入れ、高位バイトだけを使用する。下位2ビットは切り捨てる。12F683で実行されるアセンブラプログラムでは、AD変換されたホール電圧値の大小を定時毎に比較する。図2を利用して説明してみる。N極が右側に変位すると、右側のホール電圧が、左側のホール電圧より大きくなる。PICはそれを判断し、右側のホールセンサがN極から離れるように基板を回転させることになる。PICの出力端子GP4, GP5からモーター制御用パルスを出し、TA7354Pのモータドライバを経由して、ギア付きモータ（発売元 S. T. L. JAPAN 栄42D長軸両軸型、回転数15rpm～50rpm）を回転させ、駆動輪を回し、右側のホールセンサがN極から離れる向きに装置を回転させることになる。N極が左側のホールセンサ側に変位した時には、同じような処理をさせて、ギア付きモータを反転させればよい。

N極が、ホールセンサの間の平衡位置付近に配位している時、2つのホール電圧値はお互い近傍値であるので、大小関係がめまぐるしく入れ替わる場合がある。これでは、モータに無用

なスイッチングを煩雑に行わせることになってしまう。これを避けるために、ホール電圧値の差に若干の遊びを取り込ませている。差がある値以内ならば、大小関係を判断させないこととしている。これにより、無用なスイッチング動作を回避させており、その効果は遊びを入れない時と比較すると、十分なようである。

OPアンプLM358の下の子には可変抵抗100kVRが取り付けられている。ホール電圧利得調整用である。回路実装時にはこの100kVRを50kΩ程度と設定しておく。装置の試験運転を行う。N極がホールセンサの中間あたりで、装置の方位が確定されるように、この可変抵抗を調整する。50kΩ程度としておけば、特に調整をする必要もないかもしれない。素子的には、100kVRよりは簡単に50kの固定抵抗としてもよいであろう。費用も安く済むので。

平衡状態で、N極が必ずしもホールセンサのど真ん中に位置している必要はない。素子の特性のばらつき、N極の周りの磁界の不均一さ等、平衡位置がホールセンサのど真ん中からずれてしまう原因は色々である。が、平衡位置が少々ずれていても問題はない。ずれていても、磁針

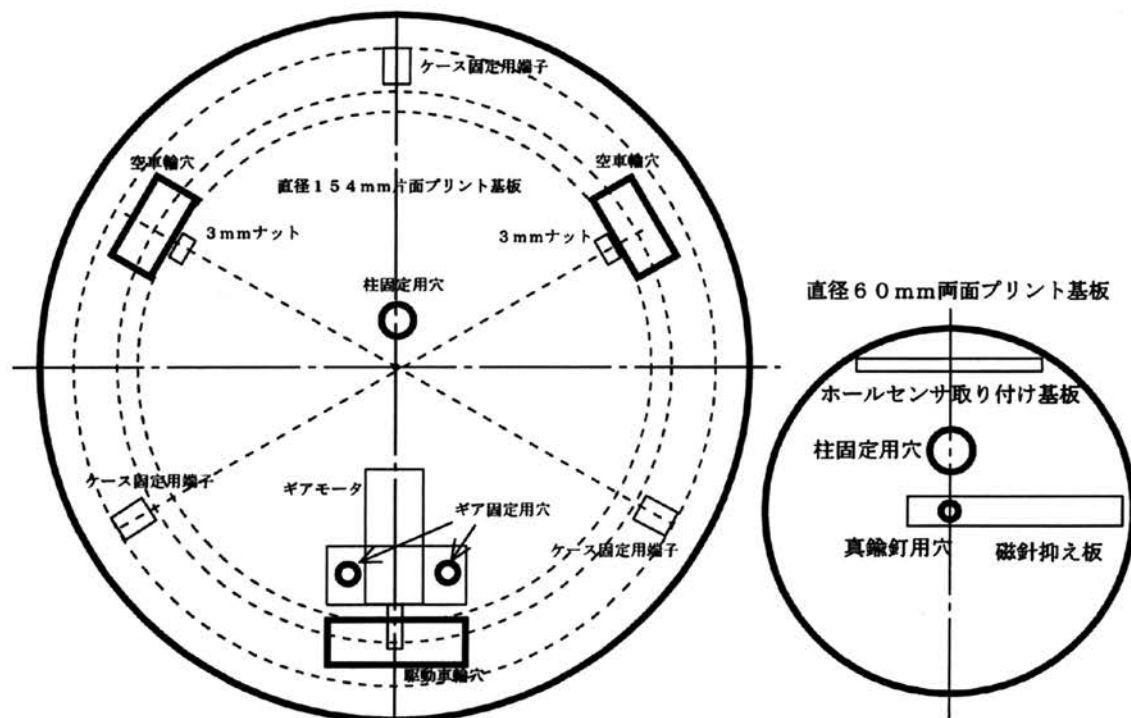


図6 装置の2つの円盤の加工図面

の向いている方向が真の北南方向である。

図6に、2枚の円形基板の加工図面を示しておく。1枚は片面プリント基板から、直径154mmの円盤を切り出して用いている。プリント基板を用いたのは、銅箔面があり、この面に部品をボルトナットではなく、半田で容易に固着することが出来るからである。空転輪は、この基板に3mmのナットを半田付けし、このナットに回転軸をねじ込むことで簡単に装着できる。塩化ビニール製の半球をこの基板に固定するため、円盤の周囲3カ所に止め金具を、同じく半田付けで準備した。

自作方位磁石は直径60mmの両面プリント基板を用いた。理由は同じである。2つのホールセンサを取り付けたプリント基板（この基板のパターン図は後半に資料として添付している）は、この基板に垂直に半田付けする。

写真2から写真4に、より詳細な本装置の外見を示しておく。写真2は自作方位磁石の部分である。装置の中央上部に、柱で取り付けている。柱の止めねじにはアクリル製ボルトを使用している。磁針の中央上部には真鍮製の留め金を取り付けている。磁針が簡単に針先からはずれないようにしている。N極部分が2つのホールセ

ンサの間に位置している状態が見てとれよう。

写真3はケースを外して、上部から見た様子である。乾電池、駆動輪、ギアモータ、空転輪、自作磁針、等の配置が見てとれよう。車輪はミニ4駆などから取り外したものである。

写真5は不透明なケースをかぶせた様子である。これで、デモを行うと受けがよい。

3. アセンブラプログラム

図7に、12F683に書き込んだアセンブラプログラムのフローチャートを示している。プログラムの開発環境は著者の今までの開発環境と同じである。アセンブラ開発ソフトはマイクロチップ社のMPLAB IDE V7.50、ライターは同社のPICSTART Plusを使用して書き上げた。アセンブラプログラムのリストを最後に資料として、本論文に添付しておいた。

ホールセンサ電圧の大小で、10ms間だけモータを順或いは逆回転させる。10ms経過した後、モータを停止させ、再度ホールセンサ電圧の取り込みを行わせる。この繰り返しである。2つのホール電圧の差が小さい時には、モータの順・逆回転が頻繁に行われることになる。磁



写真2 自作方位磁石部分

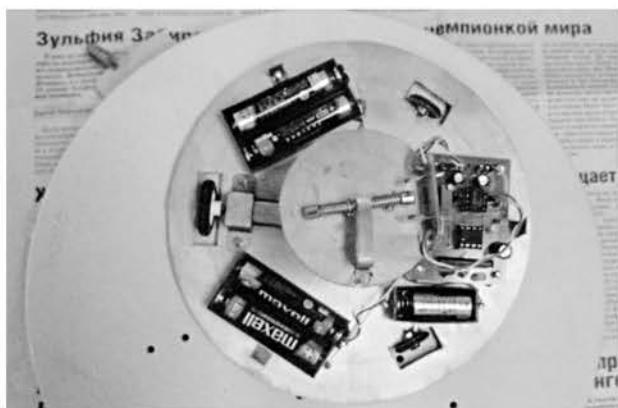


写真3 ケースを取り外し、上部から見た様子



写真4 不透明なケースをかぶせた

針は平衡位置近傍に位置している。磁針には慣性モーメントもある。平衡位置近傍で、煩雑にモーター駆動を行ってはモータの消耗にもなるし、あまり意味のある動作でもない。差がある値以下（プログラム中で Δ に納める値で決める。現時点では、 $\Delta = 30$ としている。当然、変更可）ならば、モータは駆動しないこととしている。フローチャート図中の単語はアセンブラプログラム中で使用している単語と一致する。

語と一致する。

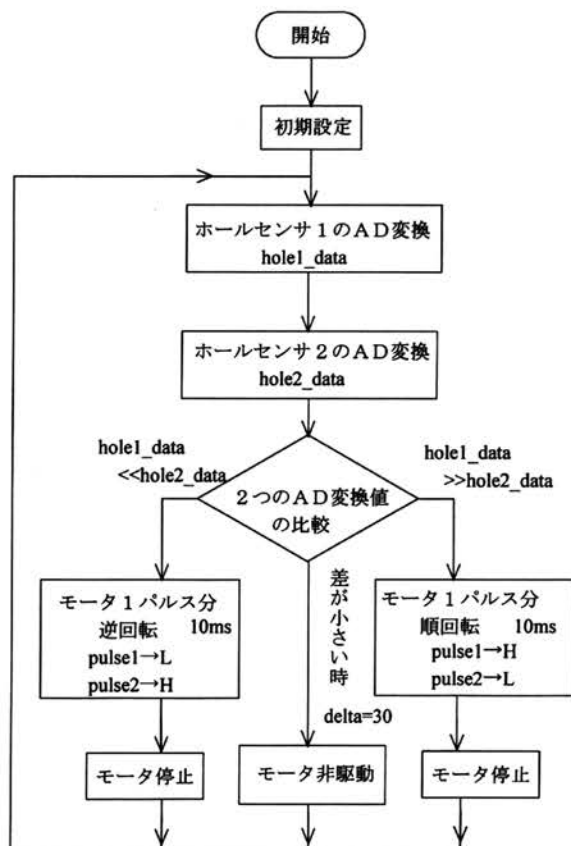


図7 アセンブラプログラムのフローチャート

4. 使用方法

電源は単4乾電池×4本（合計起電圧6V）と4LR44乾電池（起電圧6V）である。特に、4LR44乾電池は、単5用電池ケースに無理矢理差し込んでいるので、電池端子とケース端子の接触不良に注意すること。

- (1) 装置を水平に回転できる何らかの台の上に置くこと。写真1で示しているろくろ台は便利である。
- (2) 磁針が2つのホールセンサの間に位置していることを確認する。磁針がホールセンサにぶつかっていても何らの問題はない。
- (3) ケースを取り外して、電源スイッチを入れる。
- (4) 数秒後、装置は動作を開始する。磁針が2つのホールセンサの間に位置するように、装置は自動的に回転をし始める。
- (5) 磁針が2つのホールセンサの間に位置すれば、回転は停止するであろう。
- (6) ケースをかぶせる。装置の乗っている基台を適当に回転してみよう。

(7) 終了したければ、ケースを取り外し、電源スイッチを切ればよい。

5. 終わりに

早すぎの感があるが、改良案が幾つかある。

(1) 2つのホールセンサは別仕立てのプリント基板に取り付け、その基板を直径60mmのプリント基板に垂直に半田付けしていることは説明済みである。これの改良案である。

2つのホールセンサを、直径60mmのプリント基板に、回路パターンを書き込み、取り付ければ、別仕立てのプリント基板は必要としない。この方が良さそうである。

(2) 自作方位磁石の磁針は時折、揺れ続ける場合がある。現状では、モータを単にオンオフしている。駆動輪は急発進、急停止することになる。これの改良案である。

プログラムに変更を加え、モータの駆動をPWM法として、滑らかにオンとし、滑らかにオフとする。車輪の回転は滑らかに加速し、そして滑らかに減速するであろう。磁針の余計な震えは小さくなるものと思う。

(3) モータ、PICなどの電源として、単4電池を4本使用している。電池の消耗の速さが気になるが、これらの電池をホールセンサ用4LR44乾電池（起電圧6V）と同じものを用いれば、装置は大分小型に出来よう。車輪の駆動力も小さくて済むので、もっと小さいギア付きモータ（在ればだが）を使用すれば、更に装置を超小型に出来よう。パーマロイ金属が使用できれば、それに越したことはない。

(4) 遅くないうちに、磁気抵抗素子について調査及び、試験をしてみようと考えている。この素子が、十分の精度及び大きさに地球磁場を計測できるならば、本論文で制作した自作方位磁石の代用となる。いや、本システムとしては、より理想的な素子なのかもしれない。

(5) 本装置に参考文献で紹介している光学経路計を搭載し、そして、それを模型の自動車に搭載したい。床を走らせて、相対座標をどれだけ正確に取得するものか試験してみたい。

(6) 本システムは、自立型ロボットなどに搭載したら、色々な応用が考えられそうである。

装置に或る方向でロックをかけると、基台（搭載車）がどのような方向を向こうと、装置はロック方向を指向し続ける。敵戦車をロックした戦闘中の戦車の砲身みたいなものか。

参考文献

- (1) 「光学マウスキットを応用した”卓上型”経路長・面積計測器」金野茂男、小山高専電子制御工学科、2007年6月発表。
- (2) 「光学マウスキットを応用した”卓上型”経路長・面積計測器—その2」金野茂男、小山高専電子制御工学科、2007年6月発表。
- (3) 「光学マウスキットを応用した”卓上型”経路長・面積計測器—その3」金野茂男、小山高専電子制御工学科、未発表。
- (4) 「磁気浮遊装置の制作」金野茂男、小山高専電子制御工学科、2006年9月発表。
- (5) 「磁気浮遊装置の制作—その2」金野茂男、小山高専電子制御工学科、2006年10月発表。
- (6) 「磁気浮遊装置の制作—その3」金野茂男、小山高専電子制御工学科、2007年4月発表。

著者のURL

<http://www.oyama-ct.ac.jp/D/kinnoken>

「受理年月日 2008年9月10日」

