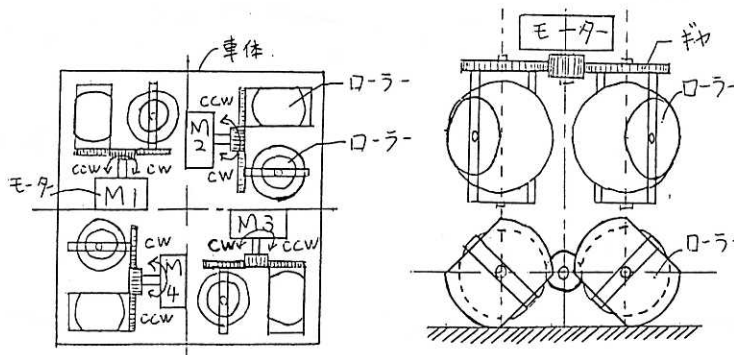


本研究室は、全方向移動車を利用した無人搬送システムの開発を目的としている。

1. 全方向移動車のメカニズム

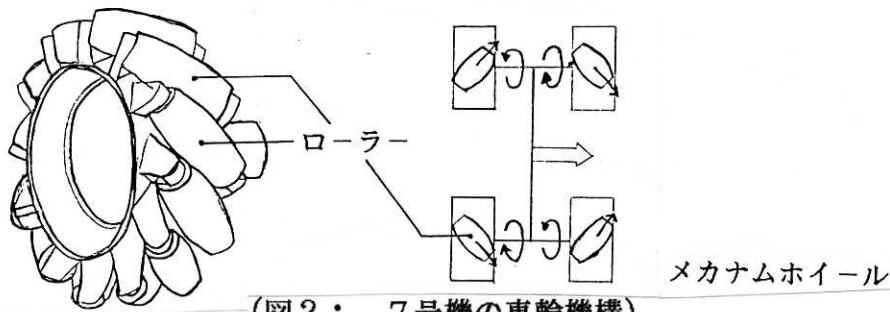
本研究室では、方向性滑り車輪を利用した全方向移動車の開発を行なっている。5号機では、(図1)の様にローラが球面を持つような車輪機構を用いた。この機構は、構造が簡単で部品数が少なくすみ(特にベアリングの数)、そのため故障が少なく制作が低コストで行なえるという特徴を持つ。しかし、ローラ間の隙間が大きい為、速度をあげていくと、かなり振動が生じる。僅かな段差を越えることが困難である。また、ななめに進む場合、ローラが衝撃的な加速度を伴った往復回転運動を行なって、車体のスムーズな進行を妨げるなどの欠点を持つ。さらに5号機の場合、ローラの部分にシリコンゴムを用いた為、静電気による思わぬトラブルが発生した。



(図1: 5号機の車輪機構)

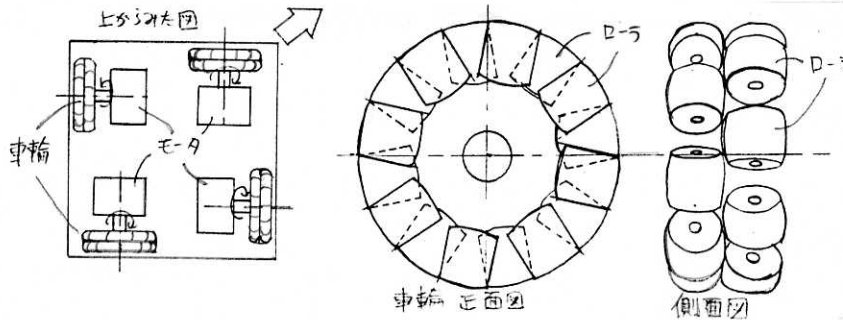
これらの問題を解決する為、7号機では(図2)のようなメカナムホイールを用いた。この機構は、ローラ間の隙間が小さく、高速運転しても比較的なめらかに回転する。特定の方向に対して効率が良く、その方向に動く場合、ある程度の段差の乗り越えが可能となる。しかし、またある方向に対して効率が悪く、その方向に対しては段差の乗り越えが極めて困難である。また、ローラの形状が複雑で部品の数も多く、制作にコストがかかるという欠点がある。7号機の場合、ローラの制作の都合上やむを得ずアルミ材を使用したため、極端に車輪が重くなり運動性能を著しく低下させてしまった。

メカナムホイールの持つ方向性は、設計当初からある程度予想していたものの、制作者個人としては、あまり好まない。



(図2： 7号機の車輪機構)

5, 7号機の抱える問題を解決する為、8号機では(図3)の様な車輪を使用する予定である。この機構では、メカナムホイールのような方向性がない。ローラ間の隙間が5号機よりもはるかに小さく、また、ローラの回転運動が車体のスムーズな進行を妨げることも少ないので、高速運転でもなめらかに回転しそうである。ただし、どの程度の段差が越えられるかは何とも言えない。また、ローラの形状が比較的単純なので、ローラの材質にエポキシ樹脂を選ぶことにより、大幅な軽量化と、型取りの大量生産によるコストダウンを図るつもりである。



(図3： 8号機の車輪機構)

2. モータとモータドライブ回路

当研究室では、車輪を駆動するモータについて、以下の様な性質を満たすことが要求される。

第一に、モータの電源を切った時、車輪が自由に回転できるようにするため、低ギヤ比で接続できる低速回転高トルクモータであること。

第二に、速度制御、位置制御(無限回転)が容易に行なえるモータであること。

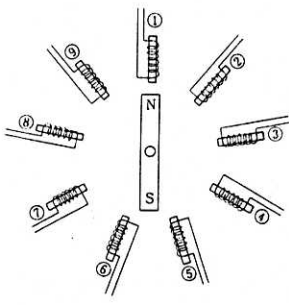
第三に、コントローラとモータが電源を共用する為、電氣的ノイズの少ないモータであること。

第四に、モータが停止中にブレーキングトルクを発生できること。

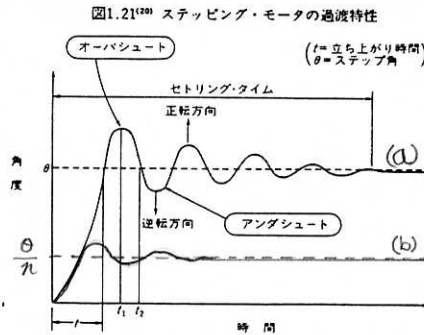
以上の条件を満たすモータとして、5, 7号機ではユニポーラ駆動のステッピングモータを使用した。その為、簡単な回路と低いコストで高い信頼性を確保することができたが、その反面、重量の増加、パワーの浪費、騒音公害といった問題が起きた。

*ステッピングモータについて

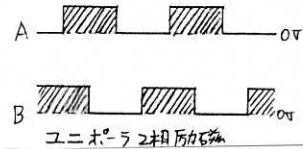
(図4) にステッピングモータの簡略化した構造を示す。ステータのコイル電流を順次切替えることにより永久磁石のロータを回転させるわけであるが、このモータを1ステップ回転させると、負荷と駆動回路によっても異なるが、回転子の運動は(図5-a)のような特性を示す。



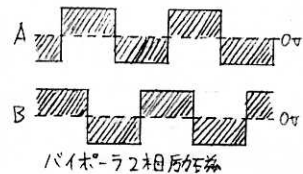
(図4：ステッピングモータの構造)



(図5)



(図6)



(図7)

低速域での騒音の原因は、この振動であるから、この振幅を小さくして、さらにこの周期を車体の固有振動数と重ならないように設計すれば良い。振動の振幅を小さくする工夫として、コイル電圧をPWM制御することにより1ステップの角度を $1/N$ にすることを計画している(図5-b)。この方法(マイクロステップと言うらしい)を用いると、コントローラの都合でステータの励磁が急に2~3ステップ先にとんでもロータが追従できるという特徴がある。その為、ロボットにX-Y-θ方向の独立したパルス信号を与えてもなめらかに動けるようになる。

ユニポーラ駆動では、モータのコイルに(図6)のように電圧を加えて駆動している。この方法では、駆動回路が簡単に作れる利点があるが、コイルの使用効率が50%なので、出力/重量比が低い。それに対してバイポーラ駆動では(図7)に示すようにコイルの使用効率が高いので、大きなパワーが取り出せる反面、駆動回路が複雑になる。

8号機のモータ駆動回路はこれらのマイクロステップとバイポーラ駆動を組合せて大幅な性能UPを図る予定であるが、まだ具体的な回路の見通しは立っていない。制作者個人としては、電製研の協力を得たいところである。

3. 無人搬送車の制御

現在実用化されている無人搬送車の誘導方式は、反射テープによる光学誘導方式と、低周波の信号電流を流したケーブルや磁性体テープを検出して走行させる電磁誘導方式の2つが主流である。

当研究室では、仕組が簡単で、コースの変更などが容易で安価に行なえる、反射テープによる光学誘導方式を用いている。

従来の無人搬送車は、ただこのテープの上を這って進むだけであったが、5号機では(図8)の様にテープを格子状に貼ることにより、テープのない部分をななめに移動することが可能となった。

さらに7号機では、交差点でいちいち減速したりしないでノンストップで目的地まで突っ走る急行動作を自動的に行なう。

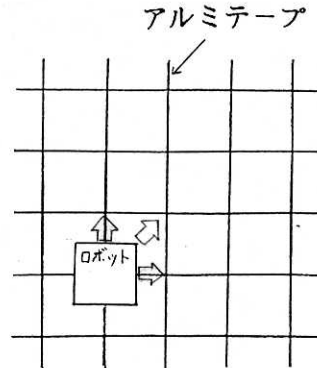
平成2年度の新歓展示会までに、(図9)の様に旋回運動と平行移動を同時に行なうような動作を実現させる予定だったが、メカニズムの所で触れたような7号機の問題や、ソフトウェアの開発環境の貧弱さや、プログラムの無計画な拡張などの影響で、バグが取れなくてついには実現することができなかった。従来、プログラムの開発をPC-88のアセンブラで行なってきたが、現在、開発環境をPC-98やX68K上に移すことを検討している。また、言語もアセンブラだけでなく、FORTHやCなどを使いたいと考えている。とにかく、現在のところ、開発環境の整備が急務となっている。(図9)

の様な動作を行なわせるのは、開発環境の整備の後に行なうつもりである。

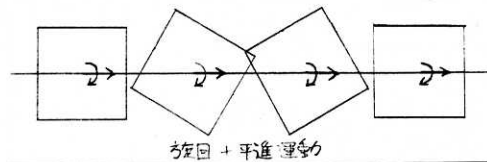
将来的には、もっと柔軟な動作をさせたいと考えているが、そのためには反射テープを読み取るセンサを改良する必要がある。現在、赤外線LEDとフォトランジスタを並べて反射テープを読み取っているが、ただ単にこの数を増やすだけでは、プログラムに負担がかかりそうなので、空間フィルタなどを用いる方法を検討中である。

4. マン・マシンインターフェイス

ロボットに複雑な動作をさせようとするれば、それをどうやってロボットに指示するかが問題となる。まずロボットにも人間にも分かりやすい形で動作を表現して、その表現を組合せて指示を与える。



(図8)



(図9)

制作したロボットのシステムでは、単位動作を1バイトで表し、その動作を順番に実行することで目的の動作をおこなう。

◎4-1 自律移動モードのシーケンス動作

簡単なデモ動作を行なわせる場合や、実際の工場などでは、無人搬送車はただ単に同じ動作を繰り返したり、簡単な条件分岐で動作する場合が多い。そういう場合には、メモリに動作シーケンスを書込んでおけば、その通りに実行させることが出来る。

平成元年度の工大祭では、5号機の自律移動モードでピザトーストのオートメーションに挑戦した。しかし、位置決め精度の悪さや静電気などのノイズの影響で、なかなかうまくいかなかった。(浜谷君にはいろいろ苦勞をかけた。)

◎4-2 RS-232Cによる動作

状況に応じて適宜ロボットに動作を行なわせたい場合は、RS-232Cを利用して制御を行なうことが出来る。

平成元年度の工大祭や平成2年度の新歓では、パソコンとこのロボットを組合せて、マウスで位置を指定するだけで自動的に障害物を避けて最短の経路を通って目的地に到達するようなシステムを目指した。しかし、RS-232Cの無線機がうまく動作せず、加えて静電気や7号機の方向性の問題などが次々と我々の行く手をさえぎり、ついにちゃんと動作するデモを行なうことができなかった。

もっとロボットを含めたシステム全体の機器の信頼性を上げることが必要である。

◎4-3 ジョイスティックによる動作

ロボットに直接ジョイスティックを取り付けて操作を行なうこともできる。

5. おわりに

近年、日本の経済も安定成長の時代を迎え、隣国の韓国とも関係が改善されて日本の技術はほぼ成熟の域に達しつつある。これからの日本企業に金もうけ至上主義ではなく世界に恥じないモラルが必要なと同様、機械の設計も性能一辺倒だけではなく、外見などのデザインも考慮する必要があると考えられる。しかし、外見を気にするあまり、肝心の性能を低下させることは、技術の退化、産業の荒廃を意味する。(アメ車やイギリス車が日本であまり売れない理由を考えてみよ。)これからの機械設計は、最高の性能を引出しつつ、外見にも気を配らなければならない。また、最高の性能を追及するために積極的に新素材を活用して軽量化を図ることも必要である。重厚長大からの脱皮である。(おお、意味不明だ!)

しかし、日本の産業は人手不足という問題を抱えている。この問題を抱えているのは当研究室でも同じである。だから興味を持った人はためらわず当研究室までどうぞ。

(参考文献) ステッピングモータの制御回路設計 CQ出版社