

計測自動制御学会東北支部第160回研究集会資料(1996.5.24)

資料番号160-10

全方向移動車の改良

Development of an universal vehicle
that can move to any direction

佐藤高志

(国立一関工業高等専門学校 機械工学科)

Takashi Satoh

(Ichinoseki National College of Technology

the Department of Mechanical engineering)

連絡先：〒021 岩手県一関市萩荘字高梨南方

一関工業高等専門学校 機械工学科 佐藤高志

Tel: (0191)24-2121 代

Fax: (0191)24-2146

Keywords: 全方向移動車(universal vehicle)、
特殊機構(new mechanism)、
制御応用(application of control)

1. まえがき

真横や斜めの方向に自在に移動できる全方向移動車は病院やオフィス、工場などの限られた狭いスペースの中で人や荷物を効率よく動かすことの出来る乗り物として注目され、ユニークな全方向移動機構を採用した移動車の開発例、実用例がいくつか公表されている¹⁾²⁾。全方向移動機構の一つとして、東北大学の江村超先生が1973年に提案し³⁾、1974年に台車の形にまとめた8球式全方向自在移動車⁴⁾は、台車の姿勢を一定にしたまま平面上を任意の方向に直ちに移動できる特長を有するものである。

本研究室では、1985年にこの機構の使用の許可を得て以来「江村の全方向移動機構」を応用、発展させた全方向自在移動車の試作研究を継続し、その成果の報告を行ってきたものである。

ここでは、転動ユニットを構成する二つの不完全球の配置を並列にする新たな転動ユニットと、それらの効果的な配置構成を提案し、今回試作改良した、移動車の姿勢を自転運動により自在に変化させる機能も兼ね備えた搭乗運転型の全方向移動車の概要について報告する。

2. 使用した全方向移動機構の原理

図1に示すように従動軸I回りに自由回転支持された球体を駆動軸Y回りに回転させればX軸方向に移動するが、この時Y軸方向に外力が作用すればI軸回りの転動により、この球体は駆動軸まわりの回転角 θ とは無関係にY軸方向にも無理なく移動することができる。

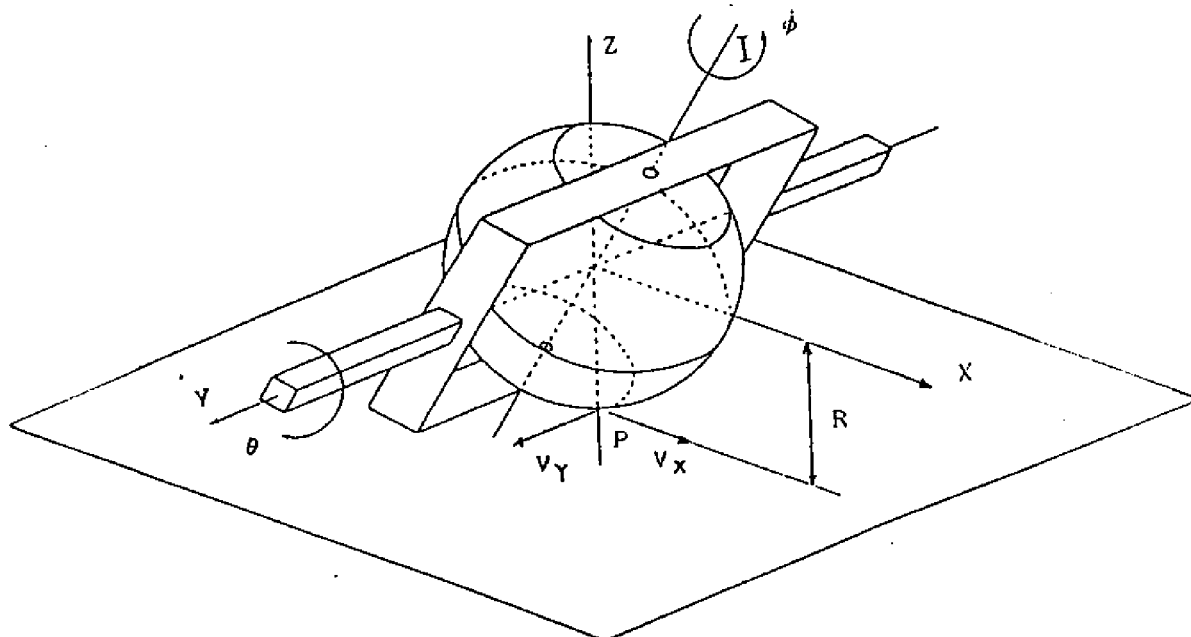


図1 全方向移動機構の原理

実用的には I 軸を支持する球体保持枠がデットセクションになるので、I 軸の位相が90度ずれた2つの不完全球体を同一の駆動軸で回転できるように支持し、これらの球面が交互に接地するように工夫したものが必要であり、これを転動ユニットと呼ぶことにする。

3. 並列型転動ユニットによる移動車の運動

図2に今回新たに試作した並列型転動ユニットの構成図を示す。平行して同一高さに隣接する2つの不完全球体を一つのモータの出力軸より歯車を介して互いに90度の位相差を保ったまま、同方向に同速度で常時回転するような構造としたものである。

試作した4つの転動ユニットを互いに直交し、8球の接地点が同一円周上に来るように配置することにより、従来の全方向移動の他に、滑りを全く伴わない自転運動も可能な移動車が構成される。

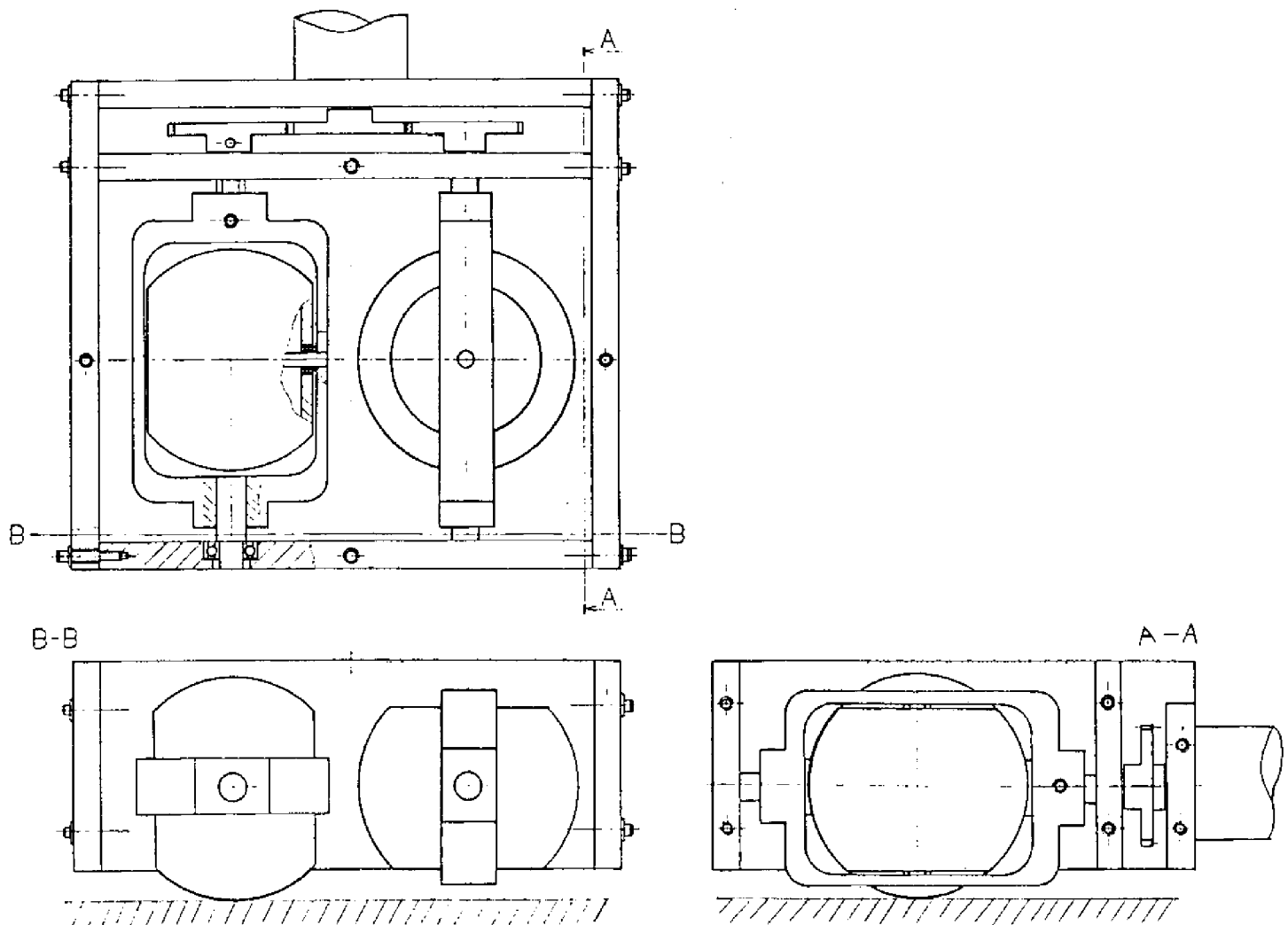


図2 並列型転動ユニット

図3は任意方向への移動に於ける接地している4つの球体の駆動速度ベクトルと従動速度ベクトル及び合成速度ベクトルを示したものである。4つの球体の組合せの如何に拘らず合成速度ベクトルは全ての接地点に於いて大きさも方向も同じになることが示される。従って、X軸方向への駆動速度とY軸方向への駆動速度を制御することにより任意の方向に姿勢を一定にしたまま移動させることが出来る。

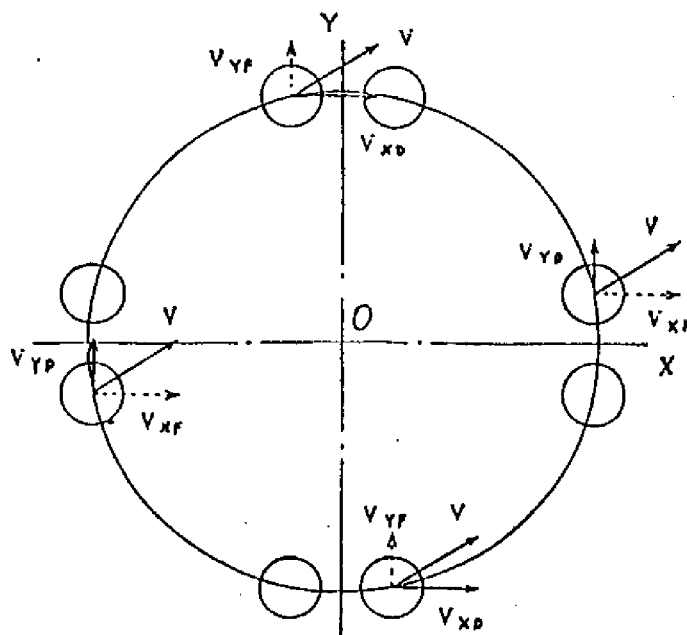


図3 移動車の並進運動

図4は4つの転動ユニットの駆動軸の回転方向と回転速さを全て同じにした時の4カ所の接地点に於ける速度ベクトルを示したものである。4つの球体の組合せの如何に拘らず合成速度ベクトルは全ての接地点に於いて共通円の接線方向に同じ大きさにつくられることが示され、O点まわりに任意の自転運動を実現できる。

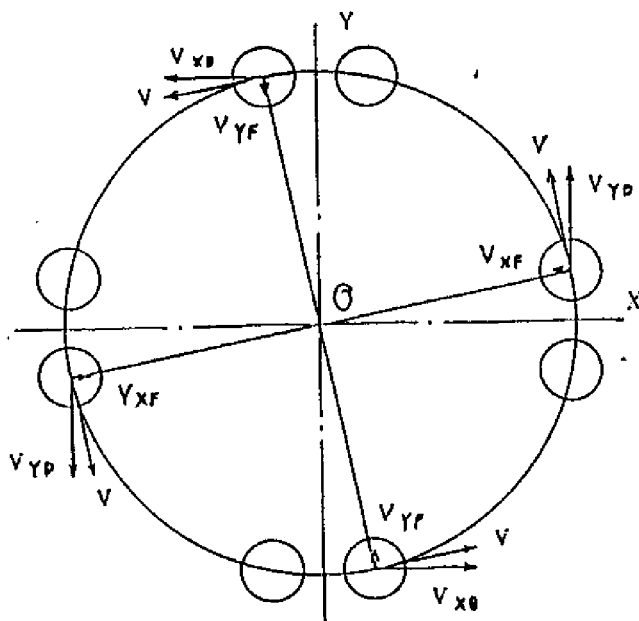


図4 移動車の自転運動

4. 全方向自在移動電動車（全方向移動車）の製作

図5に試作改良した全方向移動車の外観図を示す。今回は駆動電源、制御用のノート型パソコンの電源は家庭用100V交流電源から供給し、キーボード操作により搭乗運転で操縦できるものとした。また、室内実験用としたので走行最高速度は、約500mm/sと設定し、出力20WのDCサーボモータ（ハーモニックドライブ社RH-14）4台による4転動ユニット独立駆動車とした。球体は搭乗運転するため大型化し、直径120mm、平行平面間の幅が90mmの硬質ウレタンゴム製のものとした。ボデー部は4組の転動ユニット取り付けフレーム部と、学校用机、椅子を搭載した搭乗フレーム部の二重構造にし、アクティブなサスペンションを設けなくてもシンプルで十分な接地性が得られるように配慮した。また、制御機器等は、全て床下に収納し、コンパクトで安定感のある構造となった。

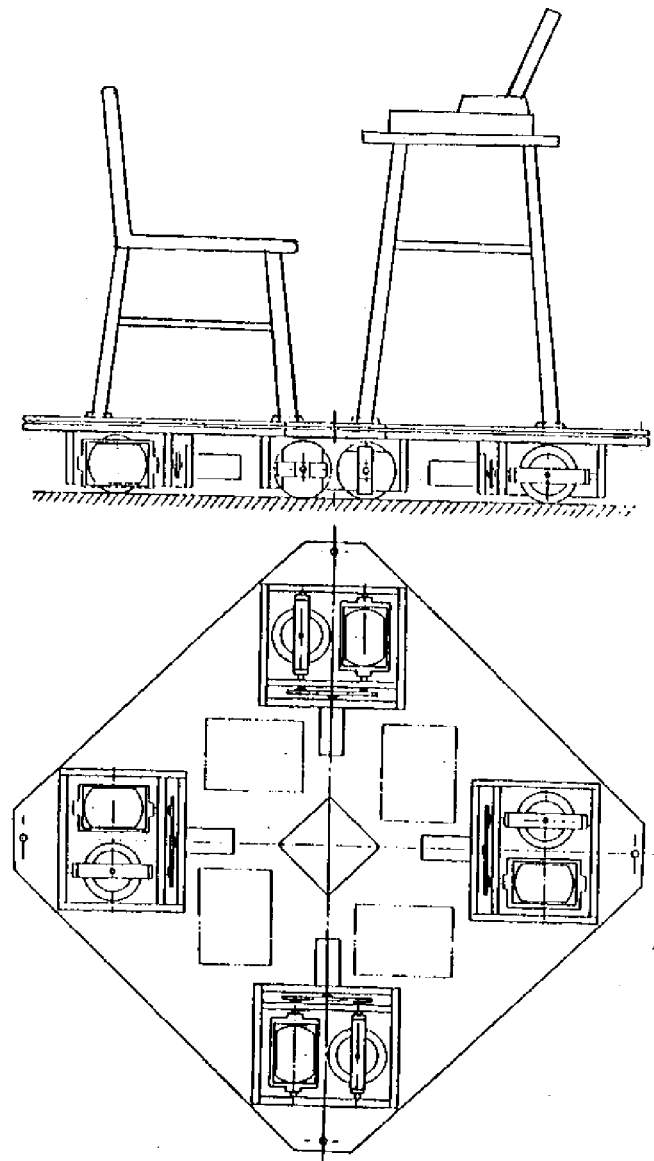


図5 全方向移動車の外観図

5. 全方向移動車の制御

4つの転動ユニットの駆動モータにはエンコーダがついており、それぞれの正転、逆転に8ビットを割付け、パラレル出力（プリンタの出力ポートを利用した）による同時4軸制御を行った。また、急発進・急停止を避けるために適度な加速・減速ループも組み込んだ。任意方向の移動では補間計算が必要となるが、今回は事前に計算したデータをメモリから転送して運転する方式を採用した。作成したプログラムを起動し、移動方向と移動速度及び移動距離を入力することにより、4軸のモータのパルス配分とパルス間隔および総パルス数が制御され所望の運動が実現される。

6. 全方向移動車の性能試験

試作した移動車の運動の特性を調査するため、簡易なペン書き装置を取り付け、走行速度、転動ユニットの初期位相、方向特性などをパラメータとして種々の性能試験を行った。速度性能に関しては、高速（300 mm/s）、中速（150 mm/s）、低速（20 mm/s）の3種類で実験を行ったが、高速なほど滑らかな走行する傾向がみられたが、サーボモータを使用したことにより低速でも十分な直進性が得られた。以下（1）から（3）は中速の場合で1.5mの直線走行の結果を示す。

（1）片軸単独駆動による走行

一方の軸の転動ユニットをサーボロックした状態で他方の軸の転動ユニットを駆動させた場合で従動輪となるユニットの初期位相により直進性が左右されることが判明した。往復試験による始点と終点の偏位は、3～16mmとばらつきがあり、 θ が45度付近では隣接する両輪でガイドされて進行方向が曲がってしまうときがあった。

（2）両軸同速度駆動による走行

両軸の転動ユニットを同速度で駆動した場合で、往復試験による始点と終点の偏位は0～3mmと初期位相の如何に拘らず極めて良好な直進性が得られた。これは両軸のユニットが常時回転しているために各々の持つ種々の運動誤差要因が相殺されるためと考えられる。

（3）補間計算による斜め走行

X軸方向に駆動する転動ユニットとY方向に駆動する転動ユニットの速度比を調整することにより任意方向の走行が行える。全方向を32分割し、それぞれの軌跡を観察したが速度比が1に近い方向程、良好な傾向を示した。

走行軌跡の一例として一辺の長さが280mmのダイヤモンドパターン（11スター）を図6に示す。

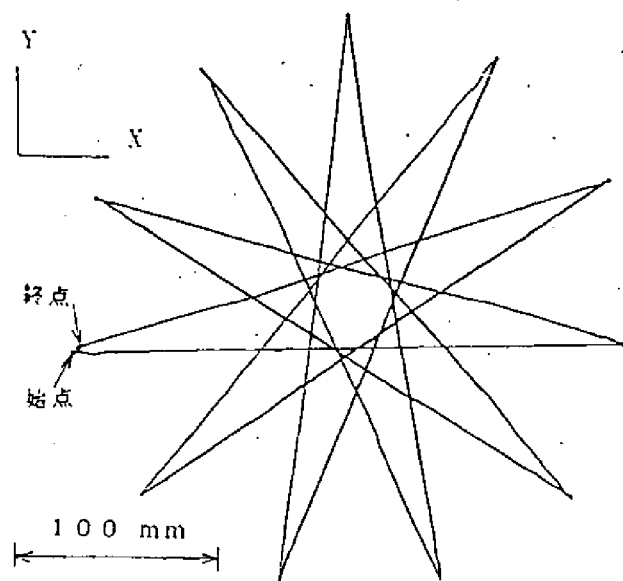


図6 斜め走行軌跡の一例

(4) 近似円運動

正多角形運動のプログラムを作成し128角形による近似円運動をさせた結果を図7に示す。直径280mmのかなりスムーズな円形らしい運動が実現出来、始点と終点の偏位は2mm程度であった。

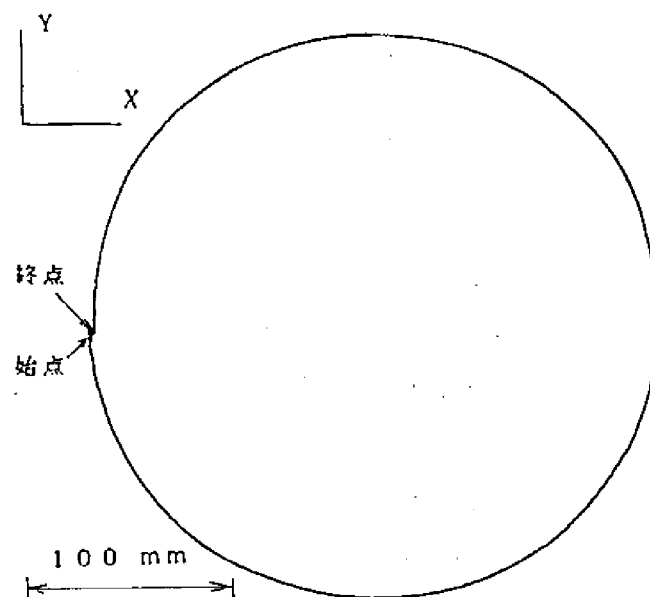


図7 円運動の近似例

(5) 自転運動

4つの転動ユニットの駆動軸を全て同一方向に回し自転運動による直径875mmの円を描かせた。正回転と逆回転の往復での始点と終点の偏位はわずかに3mm程度と良好な自転性能を示した。

7. むすび

今回試作改良した並列型転動ユニットによる8球式全方向自在移動電動車は、サーボモータ駆動による4ユニット同時制御による走行実験をした結果、姿勢を一定にしたまま直ちに全方向に移動できる機能と自転運動によりスムーズに姿勢変換できる機能とを合わせ持った機動性の優れた移動車であることを確認することができた。

今後は、各種センサを装備し、走行時に於けるリアルタイムな外部情報をフィードバックし知能化された走行ロボットにすることにより応用が広がるものと考えられる。

本研究は、平成7年度の卒業研究の一環として、全方向移動車の改良及び実験に関し、菊池裕也君（岩手東芝エレクトロニクス）、佐藤悦史君（三光化成）、武田竹志君（みちのくコカコーラボトリング）、B. T. イスカンダール君（マレーシア）に協力いただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤高志：日本機械学会東北支部八戸地方講演会 講演論文集（平2-6）「全方向自在移動電動車の開発」
- 2) 中野栄二：ロボティクス・メカトロニクス講演会'89 日本機械学会（平1-6）「移動ロボットの機構技術の動向」
- 3) 佐藤高志・小川恒夫（指導教官 江村超）：「倒立振子の姿勢制御に用いる平面移動機構に関する研究」
東北大学工学部精密工学科卒論（昭48-3）
- 4) 江村 超：宮城640（NHK仙台TV）1975-11 放映
- 5) 佐藤高志：八戸高専紀要第21号（昭61-12）
「全方向自在移動台車の制御と応用」
- 6) 佐藤高志：計測自動制御学会東北支部第105回 研究集会資料（昭62-5）資料番号105-7 「全方向自在移動台車の制御と応用」
- 7) 佐藤高志：ロボティクス・メカトロニクス講演会'89 日本機械学会（平1-6）「全方向自在移動台車の試作」