

平面リニアモータに関する研究成果

一歯車車輪式平面リニア移動機構のワイヤレス化一

高増潔, 小谷潔

工学系研究科精密機械工学専攻

概要

AE (アテンティブエンバイロンメント) 研究グループで開発している AWB (アテンティブワークベンチ) において, 作業者に対して部品やツールを搬送する自走式のトレイは重要な要素である. 図 1 に示すように, 自走式のトレイは, 作業台の上を自由自在に動き回ることによって, 作業者を支援する. 昨年度まで, ソーヤー型の平面リニアモータを中心にその実用化に関して研究を行い, 以下のような機能を確認した^{1) 2)}.

- 2次元移動: AWB の中を 2 次元的に自由な位置に移動できる機能を持つ.
- 絶対位置決め: 特別なセンシングシステムが不要で, オープンループによってトレイの位置が絶対的に決定可能である.
- 協調動作: 複数のトレイが協調して作業を行う動作の可能性を確認した.

しかし, ソーヤー型の平面リニアモータには, 空気浮上のための給気配管が必要で, ワイヤレス化が難しいという大きな問題が存在している. 本年度の研究では, ソーヤー型の平面リニアモータと同様なスペックを持ち, ワイヤレス化が容易な新しい平面リニア移動機構を提案し, その基本的な特性を解析した³⁾.

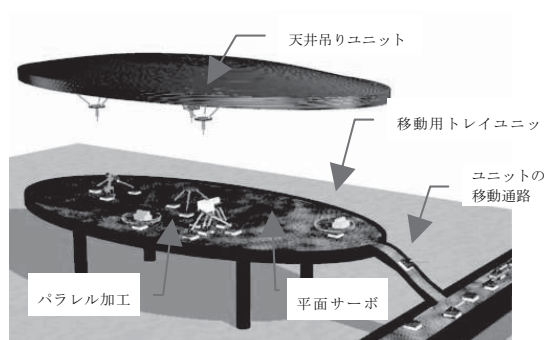


図 1 AWB における自走式トレイのイメージ

1 歯車車輪式平面リニア移動機構

新しい平面リニア移動機構としては, 図 2 に示すような歯車車輪方式の移動機構を提案した⁴⁾. この歯車車輪方式の移動機構は, ラックピニオン機構を二次元に拡張したものである. ベースと車輪を歯車にして, 車輪をモータで駆動する.

動作原理を図 3 に示す. プラテンは角錐状の突起が二次元に並んでいる構造をしている. この角錐状の突起が歯車のピッチと同じになっている. X 方向に移動するときは X 方向移動用の歯車 X を回し, Y 方向に移動するときは Y 方向移動用の歯車 Y を回す, このとき歯車 X は溝の間を滑るようにして動くことにより, 案内として機能することになる. このように X 方向, Y 方向に独立して移動できるので, 車輪 X, 車輪 Y を組み合わせて使うことで, 全方向二次元移動機構が構成できる.

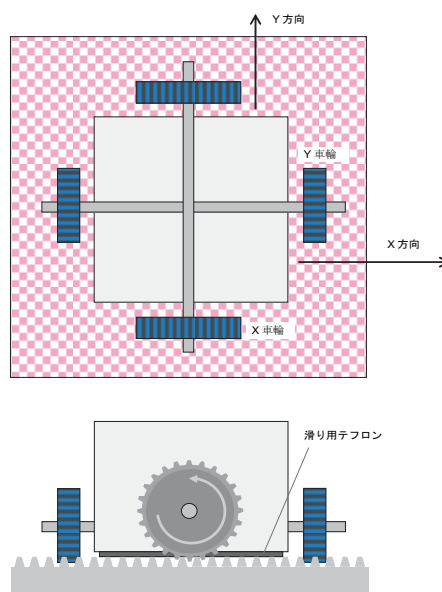


図 2 歯車車輪式構成図

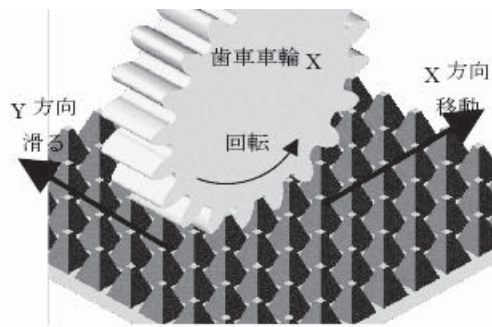


図3 歯車車輪方式の基本原理

歯車車輪式移動機構の特徴としては、以下のことが考えられる。

- 歯車，車軸，モータ，電源，といった比較的簡単な部品のみで構成されている
- 外部センサ等を必要とせずオープンループでの絶対位置決めが可能になっている
- ソーヤー型の平面リニアモータとは違い，空気の供給等を必要としないため，ワイヤレス化に適している

このような特徴を生かして，前年度までに見当したソーヤー型平面リニアモータと同様の機能を持ち，ワイヤレス化が可能な平面リニア移動機構を開発する。

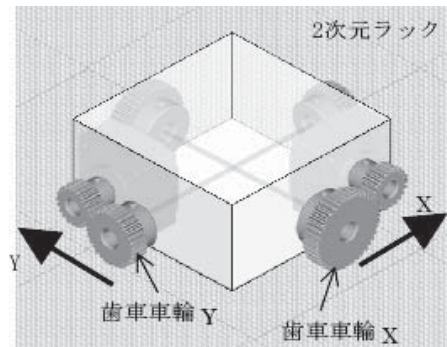
2 実験機の試作と基礎特性の検討

歯車車輪方式の実現性と基本特性を検討するために，プロトタイプの実験機を試作した．プロトタイプの基本構成を図4に示す．まず，X方向の歯車車輪 X1 と X2 は完全に一致して回転する必要があり，同様に Y 方向の歯車車輪 Y1 と Y2 は完全に一致する必要がある．これを実現する一番簡単な方法として，X1 および X2，Y1 および Y2 を同じ軸につなげることにした．軸を直角させる X 方向の車輪と Y 方向の車輪の大きさを変えている．

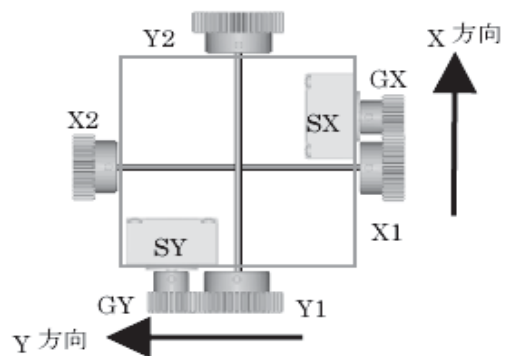
車輪を回転させる方法としては，種々の方法が考えられるが，オープンループで簡単に制御することを重視して，ステッピングモータによる駆動を行うことにした．ステッピングモータにより，車軸を直接駆動することも可能であるが，モータの選択などの柔軟性を考えて，ステッピングモータ SX および SY につけた歯車 GX および GY によって歯車車輪を駆動する方式を採用した．

このプロトタイプでは，分解能はモータステップ角の細かさと，モータと車輪のギヤ比で決まる．X 方向と Y 方向の二組の車輪を持つことで，二次元移動が可能であり，ステッピングモータで駆動

することで，オープンループでの位置決めが可能である．案内も機械式であるため，ソーヤー型で必要な空気の供給が不要であり，ワイヤレス化が可能と考えられる．



(a) プロトタイプの構成



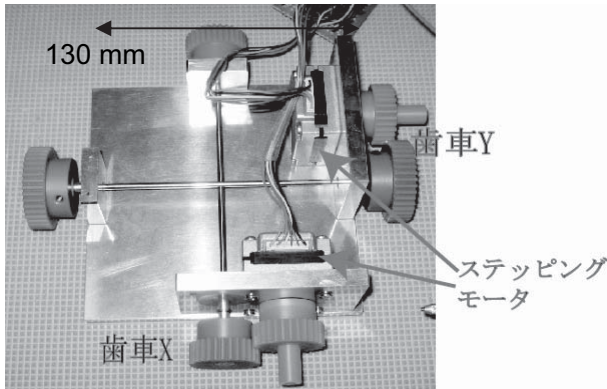
(b) プロトタイプの平面図

図4 歯車車輪方式のプロトタイプの構造

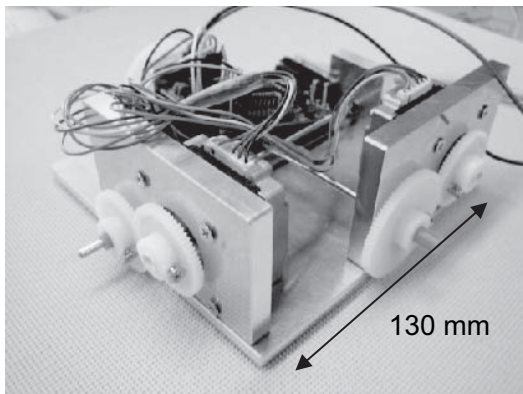
図4に示したプロトタイプの構造にしたがって，プロトタイプを製作し基礎的な実験を行った．図5に製作した基礎実験用のプロトタイプの写真を示す．プロトタイプの仕様を表1に示す．プロトタイプでは歯車のモジュールをモジュール1およびモジュール0.5の2種類について，繰返し精度，絶対位置決め精度，最高速度に基礎特性を評価した．図6にモジュール0.5のプロトタイプの絶対位置決め精度の評価例を示す．理論的な移動距離(0.471 mm)に対して，20 μm程度の誤差で正確な移動が行われている．

表2に評価結果を示す．どちらのモジュールの場合でも AWB に必要なサブミリメートルの位置決め精度を完全に満たしている．特にモジュールが0.5の場合にはマイクロメートルオーダーの位置決め精度を達成できた．速度に関しては，モジュール0.5の場合は，歯車がプラテン上で空回りをするので十分な速度が達成できなかった．モジ

ジュール1の場合でも、最高速度を制限しているのは歯車の空回りであるので、システム全体の質量を増やすことや、歯車の形状の工夫なので、最高速度をより速くすることが可能であると考えられる。現状でも最高速度に関しては、AWBに必要なスペックを満たしているため、昨年度に検討したソーヤー型平面リニアモータと同等の性能を達成できた。



(a) モジュール1のプロトタイプ



(a) モジュール0.5のプロトタイプ
図5 基礎実験用プロトタイプの試作

表1 プロトタイプの仕様

仕様	モジュール1	モジュール0.5
大きさ (縦, 横, 高さ)	130 mm, 130 mm, 60 mm	
歯車車輪の歯数 (X, Y)	30 歯, 40 歯	60 歯, 80 歯
モータの歯	30 歯	60 歯
ステッピング モータ	200 step/r	
位置決め分解能	0.471 mm	
プラテンピッチ	3.14 mm	1.57 mm

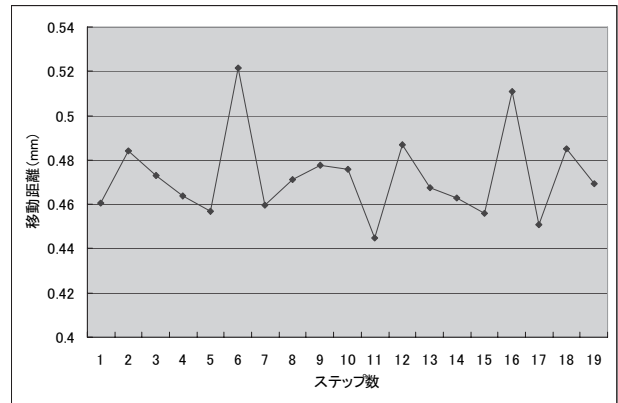


図6 絶対位置決め精度の評価 (モジュール0.5)

表2 プロトタイプの性能

項目	モジュール1	モジュール0.5
最高速度	380 mm/s	50 mm/s
繰返し 位置決め精度	10 μ m	2 μ m
絶対 位置決め精度	40 μ m	20 μ m

3 ワイヤレス化の検討

試作したプロトタイプは、空気の配管が不要なため容易にワイヤレス化が可能と考えられる。図7にワイヤレス化の方針を示す。まず、移動トレイに小型CPU、ステッピングモータ駆動回路、バッテリーを搭載し、外部PCとの間をワイヤレス通信によって情報交換を行う。

図8にワイヤレス化のための実験機の写真を示す。H8/3664の小型CPUボードおよびステッピングモータ駆動回路とバッテリーが搭載されている。ここでは、制御のためにRS232Cのコードで外部PCと接続しているが、これをBluetoothに置き換えることで完全なワイヤレス化を実現できる。

この実験機に対してバッテリーの評価を行った。CPUボードやBluetoothモジュール用の電力は小さいので、ステッピングモータの駆動が一番問題となる。プロトタイプステッピングモータでは、6V程度で0.5から0.8A程度の電流が必要となる。ここでは、市販の単三型ニッケル水素充電池をバッテリーとして利用した。出力1.2V、2600mAhの容量なので、5本の電池で3~5時間の駆動が可能となる。駆動時間の比率、自動充電システムの開発などを行うことで、長時間の使用が可能と考えられる。

図9にBluetoothモジュールの使用例を示す。

この Bluetooth モジュールは RS232C を Bluetooth に変換するもので、RS232C を置き換えることで簡単にワイヤレス化が実現できる。

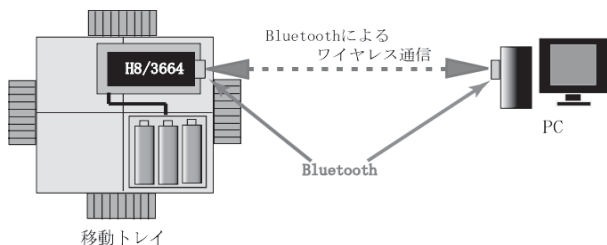


図7 ワイヤレス化の基本的な構成

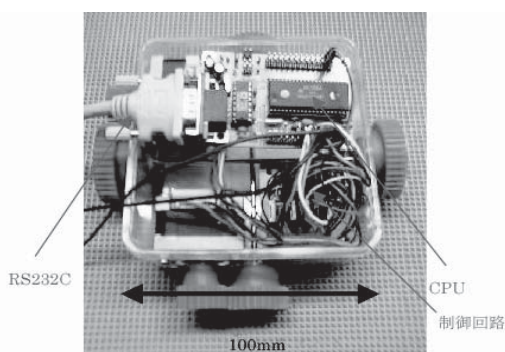


図8 ワイヤレス化のための実験機

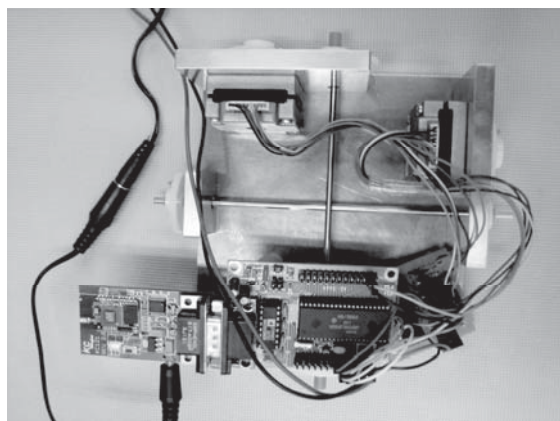


図9 Bluetooth モジュールによる通信実験

4 まとめ

昨年度まで、AWB の移動トレイとしてソーヤー型の平面リニアモータを中心にその実用化に関して研究を行い、2次元移動、絶対位置決めおよび協調動作の可能性を確認した。しかし、ソーヤー型の平面リニアモータには、ワイヤレス化が難しいという問題が存在していた。

そこで、本年度の研究はソーヤー型の平面リニアモータと同様なスペックを持ち、ワイヤレス化が容易な新しい平面リニアモータとして歯車車

輪式平面リニアモータを提案し、プロトタイプを試作によりその基本特性を評価した。この評価によって、提案した歯車車輪式平面リニア移動機構は、位置決め精度、最高速度などのスペックがAWBの移動トレイとして充分利用可能であることを確認した。

さらに、CPUボード、ステッピングモータ駆動回路、バッテリー、Bluetoothモジュールを組み込むことで、ワイヤレス化が可能であることを実証した。歯車車輪式平面リニア移動機構は、ワイヤレス化が可能で、小型、低価格で協調動作できるという大きな特徴がある。今後、複数台による柔軟な制御を行うシステムを開発し、AWBに利用できるワイヤレス平面トレイシステムとして開発を行うことを計画している。

参考文献

- 1) X. Chen, K. Takamasu, M. Nikaidou: Evaluation of Thrust Force and Positioning Accuracy of a New Linear Motor, Key Engineering Materials, Vols. 295-296, 2005, 613-618
- 2) "陳欣, 高増潔, 石田敏博: 平面リニアモータの校正に関する研究 —(第1報)反射ミラーの形状計測と補正—, 2005年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 2005, F45
- 3) "妹尾達也, 吉田敬亮, 陳欣, Olea Gheolge, 小谷潔, 高増潔: 平面リニアモータシステムの開発 —(第3報)ワイヤレス移動トレイシステムの開発—, 2005年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 2005, H63
- 4) 発明の名称: 移動システム, 出願番号: 特願2005-134471, 出願日: 2005年5月2日, 発明者: 高増潔, 高橋哲, 小谷潔, 大和淳司