



## 全方向移動装置に関する基礎的研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-11-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉田, 丈夫 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24729/00007874">https://doi.org/10.24729/00007874</a>

## 全方向移動装置に関する基礎的研究

吉田 丈夫 \*

A Fundamental Research For Universal Vehicles.

Takeo YOSHIDA \*

## ABSTRACT

An apparatus which can be used to wheelchair for the workers or various robots was exploited. It's able to move all directions — back and forth, right and left and optional situations — immediately. Eight air-cylinders and four ball-casters were used to achieve these movements. Body is supported by ball-casters. Spontaneous two cylinders vibrate and kick the ground. The rest of the cylinders are kept in the pulled-up positions. These movements are controled easily by computer.

Key Words: Wheel chair, Robots, Universal Vehicle, Air-Cylinder, Ball-Caster, Vibration

## 1. はじめに

人物を運搬する道具としての乗り物はそのほとんどが車輪によって駆動されている。これは駆動効率が良いことや高速駆動が可能なが大きな要因であるが、この車輪駆動ではその場回転が困難であり、その場での左右動は不可能である。しかし作業用車椅子、荷役車、自動掃除機に代表される各種ロボット等においてはその場回転やその場左右動が必要となる。特に作業用車椅子では机に囲まれて行われる仕事も多く、座ったままの姿勢で効率よく左右に動ける装置が必要である。車輪方式でこのような駆動が行えない理由は、車体の支持と駆動の両方の機能を車輪に持たせているからである。この両機能を分離させ、適当な支持装置と適当な駆動装置を組み合わせれば、瞬間的な前後・左右・斜めの動きが可能となるであろう。

本研究は以上の考えに基づいて、作業用車椅子を対象にした全方向移動装置を開発しようとするものであり、その基礎的な考察を行った。椅子の支えとしてボールキャスターを用い、駆動装置としてはエアシリンダーを振動子として用いる振動方式を用いた。振動子を用いた理由は位置制御が簡単なことである。つまり、椅子の停止時には全て引き上げた状態で保ち、移動したい方向の振動子のみを駆動するということが簡単に出来るからである。この制御はパソコンを用いて行った。一方、振動子を用いた駆動は当然のこととして装置に振動を引き起

こす。そこで振動子以外の駆動装置をも考察した。

## 2. 装置の概要

試作した移動装置を図-1に示す。車体は4個のボールキャスターで支え、振動子を図のような位置・方向に8個取りつける。停止時はこれらの振動子は引き上げられており、地面から浮いた状態になっている。前進する時はF1とF2を振動させることによって行い、前進が終わると振動子は引き上げられた状態で止まる。後退はB1とB2の駆動で、左右動はLとRの駆動で行われる。R1とF2を同時に駆動すると右前方に進行する。その場回転はR1、B2、L2、F1の同時駆動で行われる。ペアとなる振動子の駆動周波数を違えると任意の方向に進むことが出来る。振動子の動きを制御する電磁弁をパソコンで制御する。

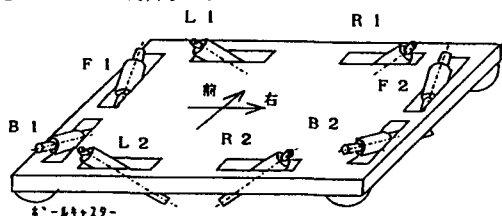


図-1 装置

## 3. 駆動部の方式と鉛直力、ストローク

駆動部として考えられる4つの方式を図-2に示す。(a)の固定式は、シリンダーを斜めに固定してコアを振動させ、地面を蹴って移動するものである。これは最

1990年4月9日受理

\*機械工学科 (Department of Mechanical Engineering)

る。第2シリンダーの役目は、蹴り出し時にコアーが地面から離れないように一定の圧力で押しつけること、戻り行程においてコアーを引き上げて引き戻し現象を無くすること等である。従って両シリンダーは表-1のようにサイクリックに動く、

表-1 シリンダーの動き

	1行程	2行程	3行程	4行程
シリンダ1		伸び		縮み
シリンダ2	伸び		縮み	
運 動	接地	蹴り	引上げ	戻し
行程 図				

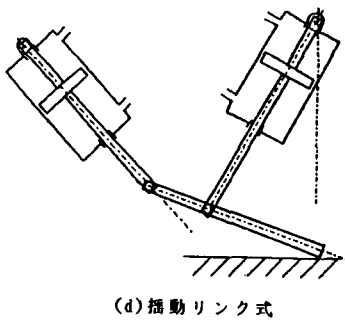
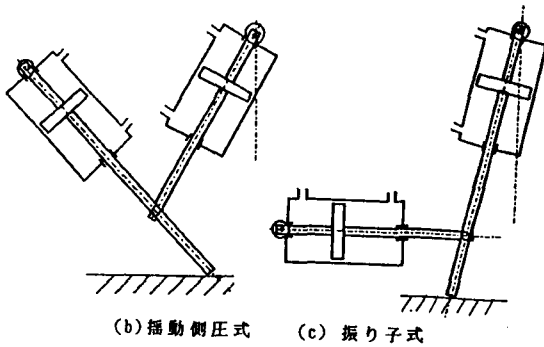
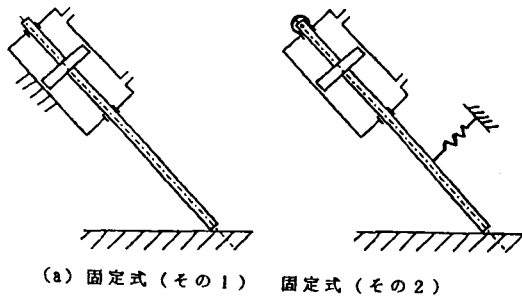


図-2 駆動部の方式

も簡単な方式であるが、何らかの方法でシリンダーを止めなければならない。その止め方としてシリンダー固定式にしたのが(その1)であり、バネ等により弾力的に止めたのが(その2)である。(その1)の場合は蹴りにより装置全体が振動すること、(その2)の場合はシリンダーが動いて一定の圧力をかけることが出来ないことに加え、引き戻し現象を起こすという欠点がある。引き戻し現象というのは、装置を進めた後に戻り行程に入ったコアーが逆に装置を後退させる現象である。これに対し(b)~(d)はシリンダーを固定するのではなくピン止めとし、同時に補助として第2シリンダーを取りつけ

駆動部の機能としては

- ①鉛直力 (Fv) の変動が少ないこと
- ②水平方向力 (Fh) が大きいこと
- ③水平方向のストローク (St) が大きいこと

が要求される。そこでこの4つの方式について図-3に基づいてこれらの値を求める。

a) 固定式

$$\alpha = \theta - \sin^{-1}((L1 * \sin \theta) / (L1 + S1))$$

$$Fv = F1 * \sin(\theta - \alpha) + k * L2 / L1$$

$$Fh = F1 * \cos(\theta - \alpha)$$

$$St = (L1 + S1) * \cos(\theta - \alpha) - L1 * \cos \theta$$

b) 揺動側圧式

$$d = L2 * (\cos(\theta - \alpha) - \cos \theta)$$

$$r = \sin^{-1}(d / L3)$$

$$Fv = F1 * \sin(\theta - \alpha) + F3 * L2 * \cos r / L1$$

$$Fh = F1 * \cos(\theta - \alpha)$$

$$St = (L1 + S1) * \cos(\theta - \alpha) - L1 * \cos \theta$$

c) 振り子式

$$r = \sin^{-1}(S1 / 2 / L2)$$

$$Fv = F1 * \cos r$$

$$Fh = F1 * \sin r + F2 * L2 / L1$$

$$St = S1 * L1 / L2$$

d) 揺動リンク式

$$\delta 2 = \sin^{-1}((H - L1 * \sin \theta) / L5)$$

$$\delta 1 = \sin^{-1}((L5 * \sin \delta 2 - S1 * \sin \theta) / L5)$$

$$d = S1 * \cos \theta - L2 * (\cos \delta 2 - \cos \delta 1)$$

$$r = \sin^{-1}(d / L3)$$

$$Fv = F1 * \cos(\theta - \delta 1) * \sin \delta 1 + F3 * L2 * \cos r / L5$$

$$Fh = F1 * \cos(\theta - \delta 1) * \cos \delta 1 - F3 * \sin \delta$$

$$St = L5 * (\cos \delta 1 - \cos \delta 2) + S1 * \cos \theta$$

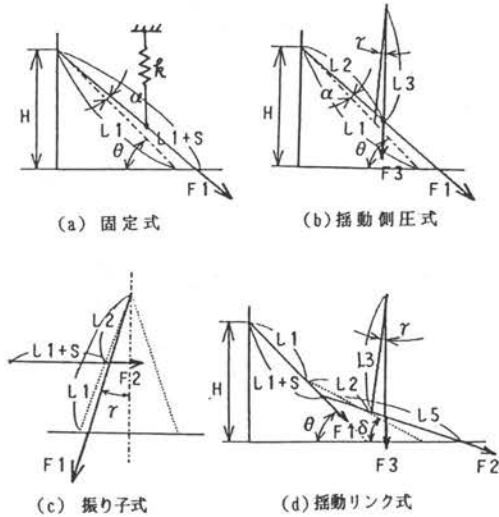


図-3 解析図

変数の値を表-2のとおり決定し、上記の計算式に代入して求めたFv, Fhの結果を図-4に示す。

$\theta$ については30°, 45°, 60°の値について試算した結果、傾向は同じである事が確認出来たので、今回は45°を採用することに決定した。側圧を加える為に用いた第2シリンダーの取り付け位置は、鉛直方向力の変動が最小になるように考慮した結果、伸びきった時にシリンダー自体が鉛直になるようにした。

表-2 各部の寸法

L 1 = 40	L 2 = 25	L 3 = 50	L 5 = 55
F 1 = 13	F 2 = 13	F 3 = 8	$\theta = 45^\circ$
k = 8	S 1 = 10		

以上の結果をまとめて表-3に示す。

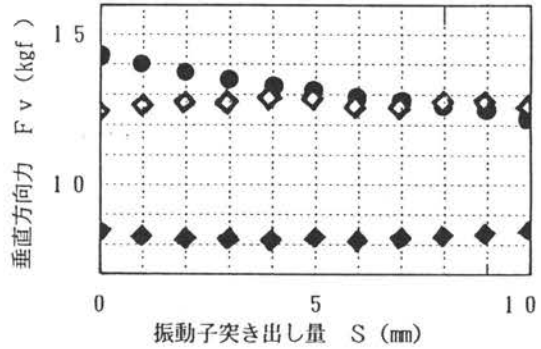
表-3より、固定式と揺動側圧式とは同一の結果となっているので、図-4では固定式は省略した。図-4より揺動リンク式は他の方式に比べて垂直方向力が最も小さく、かつ水平方向力よりも垂直方向力の方が小さい。一方、揺動側圧式と振り子式は垂直方向力の方が水平方

表-3 各方式の結果(最大値)

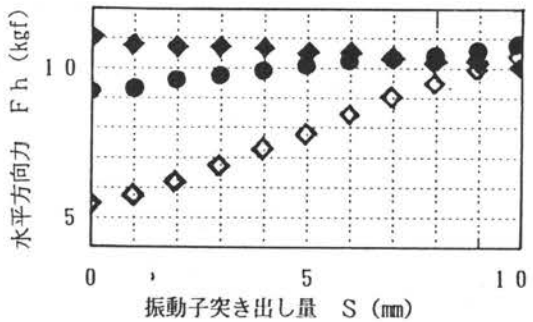
	鉛直力 Fv (kgf)	水平力 Fh (kgf)	ストローク St (mm)	引き戻し
固定式	12~14	9~10	13.0	有り
揺動側圧式	12~14	9~10	13.0	無し
揺動リンク	8.0	10~11	7.0	無し
振り子式	13.0	5~11	15.8	無し

向力よりも大きくなっている。垂直方向力が大きいと装置に振動を起こさすことになり、従って装置の振動を防止し、スムーズな動きをさせるためには、揺動リンク式が優れていることになる。

- : 固定式
- ◇ : 振り子式
- : 揺動側圧式
- ◆ : 揺動リンク式



(イ) 垂直方向力



(ロ) 水平方向力

図-4. 各方式による垂直方向力と水平方向力の比較

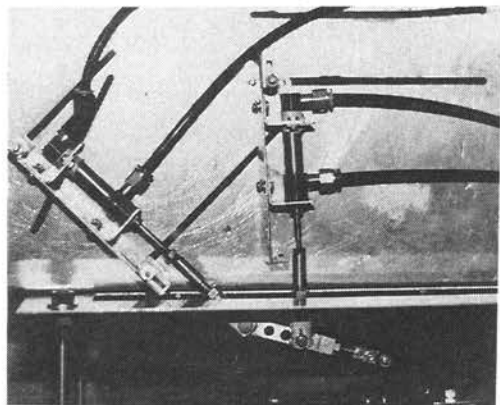


図-5 推進ユニット

以上のことより、揺動リンク式の推進ユニットについて実験した。推進ユニットを図-5に示す。

#### 4. 負荷特性実験

##### 1) 実験方法

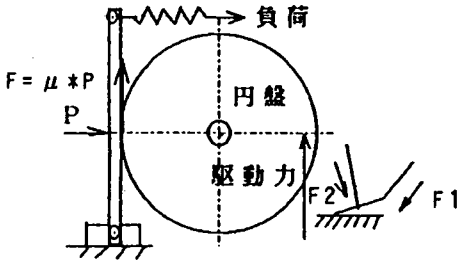


図-6 負荷特性実験

図に示す通り、軸心の回りを回転する円盤を用意し、その上面を蹴るように駆動装置を配置する。円盤の側面に棒をあてがい、棒の先に付けたバネ秤を通して負荷を加える。負荷と駆動装置の振動数を変化させて回点数を測定した。

##### 2) 結果

本装置は無負荷の状態では回転運動をするが、負荷がかかると通常の回転式と違って間欠運動となる。従って馬力の平均的な値を求めることは出来るが、ここでは可動限界を求めることの方が有効である。図-7に可動限界を示す。ここで○印の条件が、駆動可能なことを示し

0.2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
0.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
0.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
0.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
0.6	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
0.7	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
0.8	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
0.9	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●
力	0.1	0.3	0.7	1.0	1.4	1.8	2.8	3.4	4.5	6.6	8.6	12.4	
kgf	駆 動 振 動 数 (Hz)												

図-7 可動限界図

しているが、これは駆動振動数によって異なる。振動数の小さい領域では駆動と駆動の間で回転が停止するので常に起動状態となり、振動数の大きい領域ではコアが十分に押しつけられないうちに動摩擦の状態に移るために、負荷が大きくなると回転不可能になるものと考えられる。

なお、参考のために平均的な馬力を求めると、 $F1 = 0.85 \text{ kgf}$ ,  $F2 = 0.48 \text{ kgf}$ ,  $F = \mu * P = 0.19 \text{ kgf}$ ,

振動数  $f = 8.6 \text{ Hz}$ , シリンダー径  $0.6 \text{ mm}$  の条件で  $0.003$  馬力であった。この時の限界はコアと円盤が滑ることによるもので、 $F2$  の値を強めるか  $\mu$  の値を大きくすることによって限界を大きく出来る。さらにシリンダー径や空気圧を変えることによって実用に供しうる値が得られる。ただ  $F2$  を強めることは装置の振動につながるの好ましくはない。

また、この装置を使って得られる移動速度については  $7 \text{ cm/s}$  で、実用的にはこの7倍程度あれば良く、その実現は充分可能である。

##### 5. その他の方式

以上考察してきたことにより全方向移動作業用車椅子が可能であることが判明したが、今回の方法が最良の方法であるとは断言できない。そこで再度考察を試みる。今回の振動子を用いる方法の特徴は、駆動装置の制御が簡単に駆動と非駆動を瞬時に切り換えられるところにある。換言すると、駆動装置の位置制御が簡単に行えるところにある。とするならば、車輪の制御に振動子を用いることも考えられる。つまり、図-8のように車輪の一部を変形させてその部分のみが接地しないようにし、この車輪を振動子で回転させる。

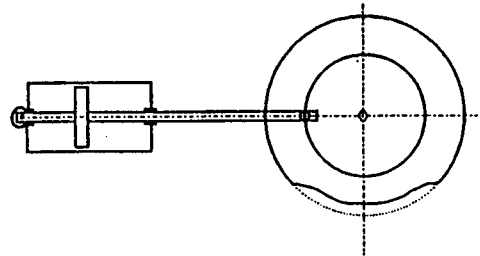


図-8 車輪式間欠駆動装置

このようにすることによって振動子の制御しやすさと車輪の非振動性、安定性の両特性が生かされた装置が可能であると考えられる。

##### 6. おわりに

今回試作した振動式全方向移動装置は、見方を変えればキャスターに8本足をつけたロボットであり、装置としては簡単に制御も容易である。問題はパワーと振動であるが、今回の考察で充分実用に供しうる事が分かったので、今後対象を作業用車椅子に限定して実機を製作していきたい。なお、移動方向を前後左右に限定するならば最後に述べた車輪式間欠駆動装置の方が振動防止上優れており、よりよい装置が可能であろう。