

## 第2章 旋回性能と直進性能の両立技術開発

### 2.1 目的

現在、市販されている歩行支援機の多くは操舵装置にキャスターが使われている。キャスターは室内などの平坦な場所では小回り性能がよく、非常に有効な操舵方法である。しかし、野外で使用すると路面の凹凸や溝などによって車輪の挙動が不安定になやすく、横方向の傾斜路面で下方に流れてしまうという問題がある。そこで、昨年度の歩行支援機ではそれらの問題を解消するため、左右前輪をリンクさせ、これをハンドル操作可能とすることで解決を図った。しかし、このハンドル操作によるリンク機構では車輪の蛇角に限界があり、キャスターに比べると旋回性能があまり良くなかった。そこで、本年度の歩行支援機では路面の凹凸や横方向の傾斜路でも安定して走行でき、エレベーター等の狭い場所でも旋回が可能な機構を持つ操舵装置を設計する。

### 2.2 調査

#### 2.2.1 操舵装置に求める性能

現状の歩行支援機のエレベーターや狭い通路等での小回り性能を改善し、路面の状況にとらわれない高い走行性能を持つ操舵機構を持つ。その要点を以下に示した。また、その具体的な状況を下記の表.2.2.1 に示す。

- (1) 路面凹凸などの外乱によって車輪が乱れるのを防ぐ。
- (2) 横方向の傾斜路において、歩行支援機が下方向へ流れるのを防ぐ。
- (3) 傾斜路において、使用者の意志通りにコントロールできる。
- (4) エレベーター等の狭い場所で方向転換が出来る。

表.2.2.1 各シチュエーションにおける要求性能

	想定される状況・場所	求められる性能
(1)	・小石、タイルなどの凹凸、縁石、マンホール、グレーチング、道路の素材の境目等	・車輪が乱れず安定して走行。
(2)	・歩道における車両乗入れ部傾斜。最大 5% ・スロープや縦断傾斜路部の横断。最大 15%	・傾斜路で下方向へ流れない。
(3)	・傾斜路で電柱や路面の凹凸などの障害物を回避する。	・傾斜路において使用者の意思で旋回避できる。
(4)	・エレベーター内での自転。1350×1350 mm ・狭い通路での小回り旋回。	・自転を含めた小回り性能。

## 2.2.2 操舵装置の検討

ステアリング機構などの現在使用している機構を含め、路面の凹凸や横方向の傾斜路における走行安定性ならびに小回り性能を満足すべく機構をいくつか考え、各機構を評価し検討を行った。検討した機構を下記に示す。

表.2.2.2.1 検討した各種機構と操舵方式

機構方式	通常走行時	小回り旋回時
キャスター機構	キャスター	キャスター
ステアリング機構	ハンドル操作	ハンドル操作
4輪操舵機構(4WS)	ハンドル操作	ハンドル操作
五輪機構(固定)	ハンドル操作	専用固定輪
五輪機構(キャスター)	ハンドル操作	専用キャスター
ベルト操舵機構	ハンドル操作	ハンドル操作
ステアリングアーム稼働機構	ハンドル操作	専用機構

各機構の説明と長所及び短所を列挙した物を下記に示す。

表.2.2.2.2 各種機構の比較

旋回機構の比較		
キャスター機構	説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>前輪の二輪をキャスター輪にする。</li> <li>フレームとの接合部は回転方向に自由で、車輪は 360 度回転できる。</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>平坦な場所での使用に優れている</li> <li>自転が自由に出来る。</li> <li>操作に「慣れ」を必要としない</li> <li>構造が簡単である。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>路面の凹凸などがあるガタ路での走行が不安定。</li> <li>横方向の傾斜路で下方向へ流れる。</li> <li>坂道（特に下り坂）での車輪の挙動が不安定</li> <li>溝などに脱輪しやすい。</li> </ul>

ステアリング機構	図		<p>図.2.2.2.1 上面図</p> <p>図.2.2.2.2 右旋回時の車輪の動き</p>
	説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>ステアリングアームと車輪がロッドで繋がれたリンク機構で、ハンドルから入力された回転力でステアリングアームを動かしてロッドを介して車輪を左右に切り旋回する。</li> </ul>	
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>車輪がリンクで繋がれているので、路面の凹凸などで車輪が暴れたりせず安定した旋回ができる。</li> <li>使用者の意思で車輪の操舵角を制御できる。</li> </ul>	
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャスター方式に比べ機構が複雑である</li> <li>ステアリング機構単独では自転ができないため、自転のための機構が必要である。</li> <li>操作に慣れを必要とする場合がある</li> </ul>	

図		<p>図.2.2.2.3 上面図</p> <p>図.2.2.2.4 右旋回時の車輪の動き</p>
---	--	--

4 輪操舵機構 (4WS)	説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 四輪すべての車輪に操舵機能を持たせ、旋回時は四輪すべてを操舵させ旋回する。</li> <li>・ 四輪は左右それぞれ前後輪がワイヤーで連動しており、ステアリング操作で動かすことができる。</li> <li>・ ワイヤーを取り付けるアーム位置を前後で左右逆にする事で前後の車輪が逆向きに動く。旋回時前輪は旋回方向を向き、後輪は旋回方向と逆向きに動く。図.2.2.2.4 参照</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 旋回前輪 2 輪のみ操舵するときより旋回半径を小さくすることが出来て小回りが可能。</li> <li>・ 機構の切り替えの必要が無いので走行中の操作が不要。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 後輪が進行方向と逆向きに動くので使用者もその動きに合わせて歩行する必要があり、外輪差なども考慮する必要があるので操作に慣れがいる。</li> <li>・ 四輪操舵だと後輪にも操舵機構を搭載しなければならないので、機構自体が複雑になり、部品点数も増えるので前輪二輪操舵より重量が増えてしまう。</li> <li>・ 四輪を一度に操作するのでステアリングが重くなってしまう。</li> </ul>
ステアリング+ 五輪機構	図	<p>図.2.2.2.5 正面図      図.4.2.2.6 旋回時の車輪の動き</p>
	説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前輪 2 輪の間に 5 個目の補助車輪を備える。車輪は直進方向に対して直角方向を向いており、モーター駆動のジャッキ機構により自動で上下方向へ動かすことができる。</li> <li>・ ジャッキ機構はモーターでネジ状のシャフトを回転させることによりボスが左右に動きモーターボス間が伸び縮みすることで車輪が上下に移動する。図.2.2.2.5 参照</li> </ul>

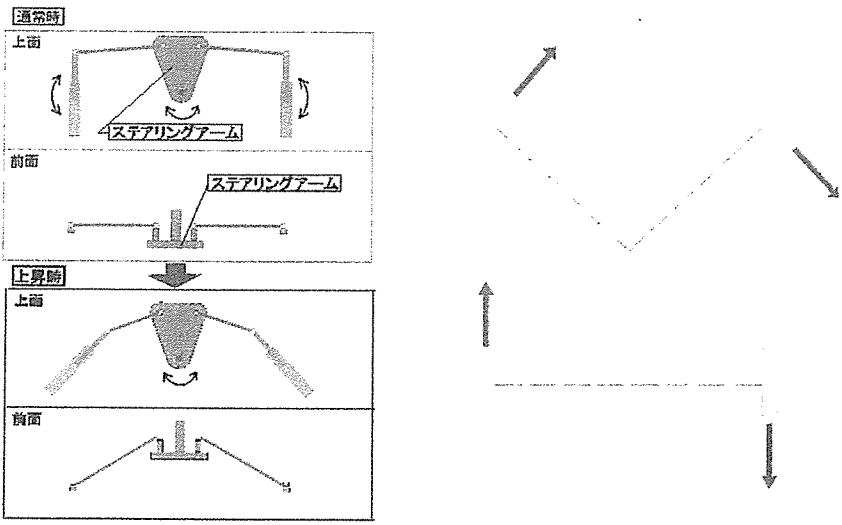
(固定)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 旋回時は補助輪を下ろし前輪の2輪が浮いた状態にして、補助輪と後輪2つの三輪状態で、後輪の間を回転中心として旋回を行う。 図.2.2.2.6 参照</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機構の切り替えは簡単に行うことができるので、いつでも旋回走行に移行できる。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 補助輪は横方向のみにしか動けないので自転しか出来ず旋回半径が限られてしまう。よって、障害物などがあると避けることが出来ず旋回できない場合がある。</li> <li>・ 車輪が1つ増えることに加え車輪を上下方向へ移動させる機構が必要のため重量が増えてしまう。</li> <li>・ ステアリング機構が使えないため横流れなどの危険性がある。</li> <li>・ 機構を収めるためのスペースを確保する必要がある。</li> <li>・ 3輪状態になるのでバランスを崩しやすくなってしまう。</li> </ul>

ステアリング+ 五輪機構 (キャス	図	
	説明	<p>図.2.2.2.7 正面図</p> <p>図.2.2.2.8 旋回時の車輪の動き</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前輪2輪の間に5個目の補助車輪を備え、更にその補助輪にキャスター機能を持たせことにより、360度回転させることができる。</li> <li>・ モーター駆動のジャッキ機構により自動で上下方向へ動かすことができる。</li> <li>・ 旋回時は補助輪を下ろし前輪の2輪が浮いた状態にして、補助輪と後輪2つの三輪状態で旋回を行う。</li> </ul>

ター)	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機構の切り替えは簡単に行うことができるので、いつでも旋回走行に移行できる。</li> <li>・補助輪がキャスターのため、後輪の左右の回転差を付けることにより旋回半径を自由に設定できる。例：図.2.2.2.8 右後輪を旋回中心とした旋回。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補助輪がキャスターのためガタ路などでは車輪が暴れて安定しない可能性があり、また溝などに落ちやすいためグレーチング等の溝が在る所では使用できない。</li> <li>・車輪が1つ増えることに加え車輪を上下方向へ移動させる機構が必要のため重量が増えてしまう。</li> <li>・機構を収めるためのスペースを確保する必要がある。</li> </ul>

ベルト操 舵機構	図	<p>図.2.2.2.9 上面図      図.2.2.2.10 右旋回時の車輪の動き</p>
	説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前輪の二輪とステアリングシャフト部にプーリーを設け、ベルトを使って伝達させる。</li> <li>・ハンドルから入力されたステアリングシャフトの回転力はシャフト部に取り付けられたプーリーからベルトによりそれぞれ左右の車輪部のプーリーに伝達され車輪が回転する。</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ベルト駆動の機構にすると、ロッカーアームとロッドを使ったリンク機構よりも車輪の回転角度の自由度が増す。</li> <li>・ステアリングシャフト部のプーリーと車輪部のプーリーの比を自由に設定することが出来、調整すればハンドル操作のみで前輪を真横 (90度) の状態まで切ることが出来るようになる。</li> </ul>

	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左右の車輪が同じ角度で切れるので旋回しようとする各車輪の旋回中心が合わず無理が生じてタイヤの滑りが生じてしまう。図.2.2.2.10 参照</li> <li>・ベルトの伸びや磨耗を考慮して張りの調整機能が必要になってしまう。</li> <li>・四輪を一度に操作するのでステアリングが重くなってしまう。</li> <li>・前輪部にベルトの張力に耐えられるだけの剛性を持たせる必要がある。</li> </ul>
--	----	---

ステアリングアーム稼動機構	図	 <p>The diagram is divided into two main parts. The left part shows two states of the steering arm mechanism: '通常時' (Normal) and '上昇時' (Raised). For '通常時', the top view shows a horizontal steering arm with a central pivot, and the front view shows it as a simple horizontal bar. For '上昇時', the top view shows the steering arm pivoted upwards, and the front view shows it angled upwards. The right part, labeled '図.2.2.2.12 右旋回時の車輪の動き', shows a top-down view of a steering knuckle with a tie rod. Dashed lines and arrows indicate the wheel's path during a right turn, showing it moving from a straight-ahead position to a steered position.</p>
	説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ステアリングアームが上下方向に移動する機構を持ち、ステアリングアーム部を上昇させると車輪がハの字状になり旋回ができるようになる。</li> <li>・通常時は普通のハンドル入力でのステアリング機構となる。</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車輪がリンクで繋がれているので、路面の凹凸などで車輪が暴れたりせず安定した旋回ができる。</li> <li>・リンクの稼動部に切替機構などが無いいため強固な作りが可能で、耐久性に優れる。</li> </ul>

	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ステアリングアーム稼動部分が移動するスペースを確保する必要がある。</li> <li>・リンク機構の一部が移動するので、ガタなどを極力少なくなるようにしないとハンドリングの悪化などが起こる。</li> </ul>
--	----	--

### 2.2.3 各種操舵装置の評価

各機構を 10 段階にて評価した物を表、に示した。評価より走行時の安定性はハンドル操作による操舵機構が良く、旋回にはキャスターを使うのが有効だと言える。

表、2.2.3 各機構の評価

	各評価項目					(10 段階)
	安定性 (横傾斜路)	安定性 (凹凸路)	旋回性	重量	スペース	評価合計
キャスター機構	2	2	10	10	10	32
ステアリング機構	10	10	4	8	8	40
4 輪操舵機構(4WS)	8	8	7	3	6	32
五輪機構(固定)	10	10	7	2	4	33
五輪機構(キャスター)	10	10	10	2	4	36
ベルト操舵機構	8	6	8	8	6	36
ステアリングアーム稼働機構	10	10	7	4	3	34

以上より、ステアリング機構とキャスターを使った旋回機構を 1 次案とし、試作機を設計していくこととした。



## 2.3 操舵装置の開発

### 2.3.1 旋回機構の試作モデル

旋回機構の開発にあたり、各操舵機構の比較を行い、ステアリング及びキャストを使った旋回機構を試作することとした。試作機は2案考え、それぞれを設計、製作し比較実験を行った。以下にその試作モデルの概要を示す。

#### 2.3.1.1 旋回機構試作A案

旋回機構の開発にあたり、機構に求める性能を考慮しつつ既存の昨年度製作した歩行支援機に取り付け可能なものとした。この機構はキャストをメインに使うことによって旋回などを行い、キャストをロックして車輪が進行方向以外に向かないようにする機構を備えることで、横流れや路面のガタなどにより車輪が不安定になるのを防ぐ。以下にその3D-CADモデルを示した。

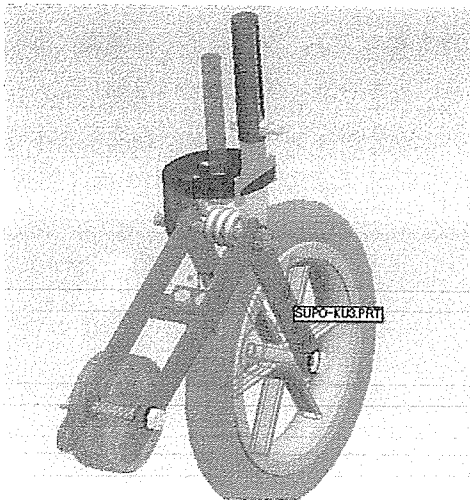


図.2.3.1.1.1 試作A案ロック時 CAD モデル

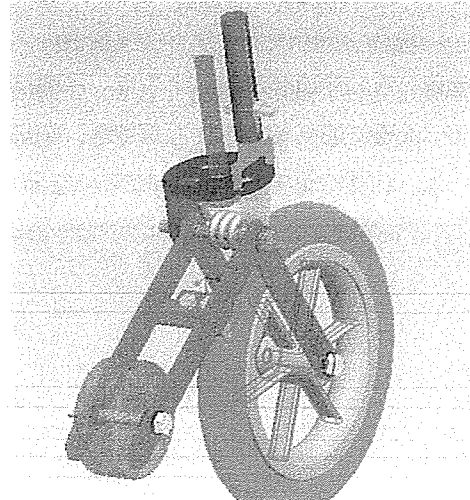


図.2.3.1.1.2 試作A案解除時 CAD モデル

ここで、上記モデルの動作について以下に説明した。

- ・ 搭載方法については、フレームの端面（ボス内蔵）にボルトにて接合する。
- ・ フレームへの結合ボルトと前輪機構本体とはベアリングを介して結合されており、360度回転できるキャスト状態になっている。
- ・ 通常走行時はキャスト状態で走行し旋回を行う。横方向の傾斜路などで横流れなどの危険性があるときはコの字状の爪をキャスト本体の円盤状段のプレートに刻まれた溝に嵌める事により、車輪を直進方向に固定し横流れを防ぐ。

主要諸元及び主要寸法を以下に示した。

表.2.3.1.1 前輪機構試作機 A 案に使用する主要部品

部位	名称
使用スペース	180×160×60
重量	120g
部品点数	22 個
操作方式	レバー操作
伝達方法	ワイヤー
円盤状プレート	炭素鋼 S45C 3.2mm
コの字	炭素鋼 S45C 3.2mm

### 2.3.1.2 旋回機構試作 B 案

この機構は昨年製作した歩行支援機のステアリング機構を備えつつ、ステアリング機構と車輪部を連動または非連動状態にするロック機構を設けることで、ステアリング操作とは連動しないキャスター状態に切り替えることができ、旋回時にキャスターへ切り替えることで旋回性能を向上させている。以下にその 3D-CAD モデルを示した。

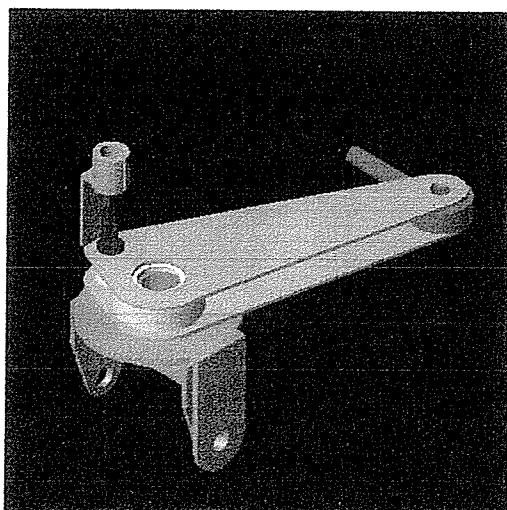


図 2.3.1.2.1 試作 B 案 CAD モデル

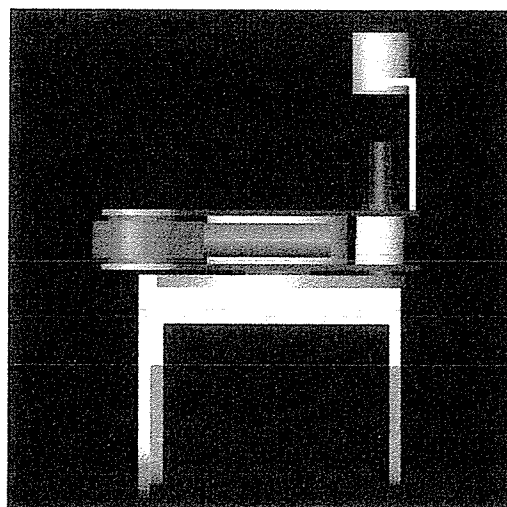


図 2.3.1.2.2 試作 B 案ロック時 CAD モデル

ここで、上記モデルの動作について以下に説明した。

- ・ 搭載方法については、フレームの端面（ボス内蔵）にボルトにて接合する。
- ・ フレームへの結合ボルトと前輪機構本体とはベアリングを介して結合されており、360 度回転できるキャスター状態になることができる。
- ・ 通常走行時および横方向の傾斜路などで横流れなどの危険性があるときはステアリング状態で走行し旋回を行う。
- ・ エレベーターなどで小回り旋回が必要なときはレバー操作でピン（赤色）を引っ張る、

そうするとステアリングのリンクプレート（水色）と車輪部本体（橙色）は分離して車輪部はキャスター状態となり小回り旋回が可能となる。

- ・ステアリング操作に戻すときは、レバーを元の位置に動かすと車輪本体部の穴にピンが再び収まりステアリングプレート部と結合し連動するようになり、ステアリング操作が可能となる。

主要諸元及び主要寸法を以下に示した。

表 2.3.1.2 前輪機構試作機 B に使用する主要部品

部位	名称
使用スペース	180×160×60
重量	4000g
部品点数	22 個
操作方式	レバー操作
伝達方法	ワイヤー
円盤状プレート	炭素鋼 S45C 3.2mm
コの字	炭素鋼 S45C 3.2mm

## 2.3.2 旋回機構の試作モデルの評価

### 2.3.2.1 各機構の比較

各機構 A 案 B 案の完成した機構の写真を下記に示した。

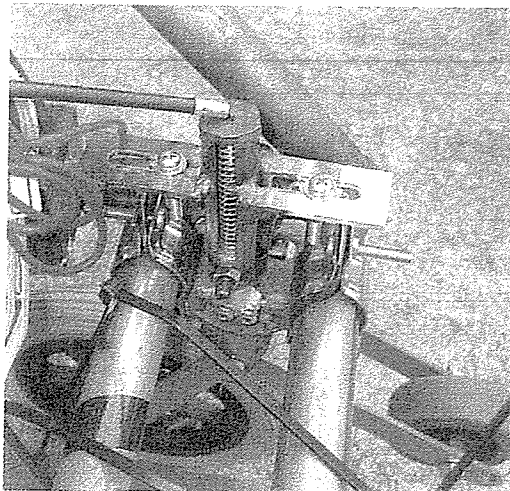


図 2.3.2.1.1 A 案完成品

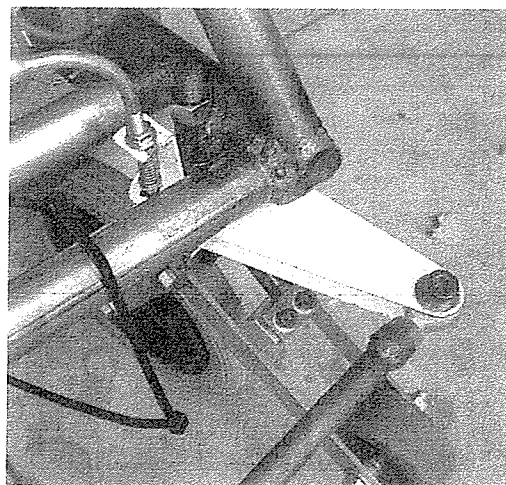


図 2.3.2.1.2 B 案完成品

機構 A 案と機構 B 案の通常走行時と旋回時の操舵方法を下記の表に示した。

表 2.3.2.1 試作機構A案とB案の各シチュエーションにおける操舵方法

場面	機構A案	機構B案
横方向の傾斜路	キャスターロック状態	ステアリング操舵
エレベーター内での旋回	キャスター	キャスター
狭い通路での小回り旋回	キャスター	ステアリング or キャスター
傾斜路での旋回	キャスター	ステアリング操舵

### 2.3.2.2 各機構の評価実験

#### 目的

- (1) ロックの動作確認。
- (2) 横傾斜路での安定性及び旋回性能の比較。
- (3) 評価することにより利点や欠点を明確にして改良点を出し、アイデアの仕様を決定する。

#### 実験方法

実験は横傾斜路での横流れ具合と、エレベーターを想定してマーキングした範囲での旋回性能を実際に走行して比較を行う。

下記に実験条件を示す。

#### ○横傾斜路（傾斜角：約4度）

横傾斜路で走行を行い、傾斜路での横流れ量を計測し走行安定性、操作性を評価。

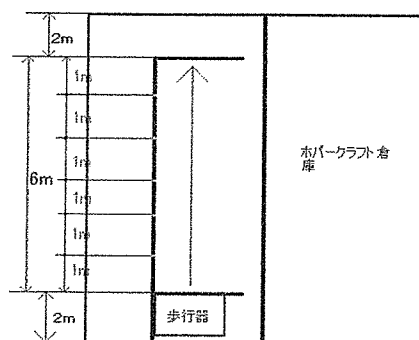


図 2.3.2.2.1 横傾斜路の見取り図

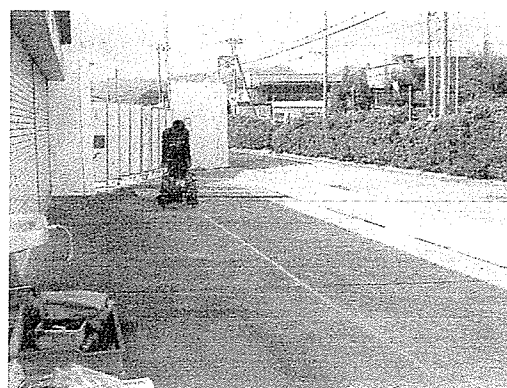


図 2.3.2.2.2 横傾斜路実験風景

○ エレベーター

仮想エレベーター内の空間（1.3m×0.8m）をガムテープでマーキングして作り、その中で実際に自転の検討、評価を行った。

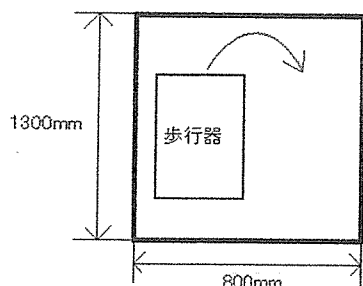


図 2.3.2.2.3 横傾斜路の見取り図

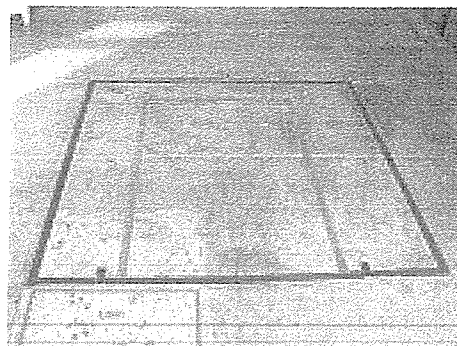
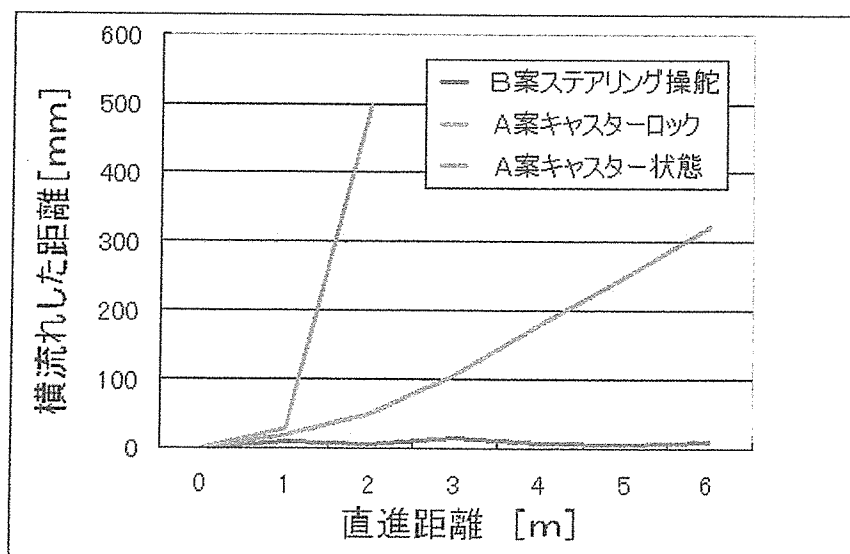


図 2.3.2.2.4 エレベーター実験風景

実験結果

下記の表、に横傾斜路にて行った直進実験における計測した横流れ距離をグラフ化した物を示す。表より、キャスター状態だと 1m程進むと大きく横流れしてしまう事が分かる。A 案のキャスターロックの場合、最初の時点で歩行器が向いている方向が微妙に傾斜路の流れている方向と垂直ではない場合や、装置によるガタが原因で、3 m付近では 100mm 程、6m付近では 300mm以上横流れした。B 案の場合、操作をするわずらわしさがあると思われたが、実際に操作してみると、操作をするわずらわしさはあまりなく横傾斜路の直進性に関しても安定していた。

表.2.3.2.2 横傾斜路における横流れ量



エレベーターを想定した旋回では、一般的に最も小型のサイズである緑の枠組み（800mm×1300mm）は歩行器と人が入るのが精一杯で旋回できるようなスペースがなかった。青色の枠線（1500mm×1500mm）の場合キャスターにすれば旋回は可能であった。一方ステアリング操作では青色の枠線（1500mm×1500mm）でも旋回は困難であった。



図 2.3.2.2.5 エレベーターを想定した旋回実験

表.2.3.2.2.3 エレベーター想定した旋回の実験結果

	800mm×1300mm	1500mm×1500mm
ハンドル操舵	×	×
キャスター	×	○

#### 考察

横傾斜路において、A案は機構の遊びなどにより微妙に車輪が動くので結果横流れが起こり、傾斜路において方向修正が困難なので安定してまっすぐ走行するのは困難だと思われる。一方B案のステアリング機構は直進安定性や進行方向の修正について優れており、横流れに対して有効な機構だと言える。エレベーター内を想定した旋回についてはキャスターでなくては旋回が出来ず、旋回するにはキャスター機能が必須であった。ロック機構の動作においては床が水平であれば少し歩行器を100mm~200mm押すと、前輪が真直ぐ向きロック出来た。しかし何度か入りにくい事があり、確実にスムーズにロックするロック機構が必要だと感じた。

これの結果より、横傾斜路での安定性と小回り性を達成するには操舵装置にステアリングとキャスターを組み合わせて使うB案が有効だと言える。

## 2.4 キャスターロック機構の開発

### 2.4.1 目的

操舵機構の試作モデルによる実験によりステアリング操舵の場合、横傾斜路において非常に安定した走行ができ、エレベーター内ではキャスターが有効であるということが分かった。そこで、ステアリング機構とキャスター機構備え、場所に応じて切り替えて使える操舵機構を採用することとした。しかし、試作モデルではキャスターを固定する為のロック機構で、ピンを穴に入れてロックする方法をとったが、実際に操作するとスムーズにロックできないことが多々あった。そこでスムーズにキャスターを固定できるロック機構を作ることにした。

### 2.4.2 調査

#### 2.4.2.1 試作モデルでの問題点

試作したキャスター切り替えの旋回機構モデルで起きた問題点を以下に示した。

- ・ロックピンの受け側のプレートがボルト結合のため強度不足でガタが出やすい。
- ・ロックピンが受け側の穴の位置に来たときしかロックされない。すなわちキャスターが真直ぐ進行方向を向いていないとロックし難い。
- ・ロックするときの感覚がつかみにくく使用者がロックするまで気を遣ってしまう。
- ・ピンと穴による結合では繰り返しの動作により磨耗が生じる。磨耗が起こるとガタに繋がってしまう。

#### 2.4.2.2 キャスターの回転に必要な力

キャスターからハンドル操舵に切り替えるときに、キャスターを進行方向に向けることができれば切り替えをスムーズに行える。そこで、キャスターの回転に必要な力を簡易的に測定した。測定は図 2.4.2.1 の様にキャスター先端部の補助輪取り付け用の穴にバネばかりを取り付けて矢印の方向へ引っ張り値を取った。

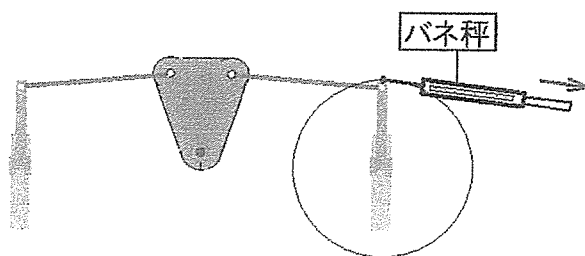


図 2.4.2.1 キャスターの回転力測定方法

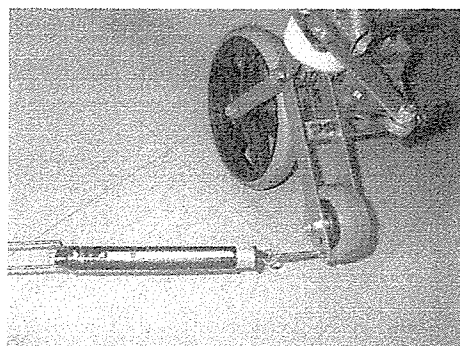
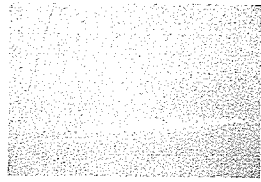

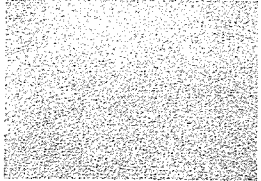


図 2.4.2.2 測定風景

表 2.4.2.2 キャスターの回転に必要な力の各路面における測定結果

測定場所	路面画像	路面状況	キャスターの回転力
C5 号館の廊下		室内の床で一般的なビニル床。表面はツルツルしている。	0.6 [Nm]
学内の道路		凹凸の大きい舗装路面。ごつごつした小石が多いアスファルト路面。	1.3 [Nm]
安部研究室工場前の広場		凹凸の小さい舗装路面。細かい砂状の石を使ったコンクリート路面。	0.6[Nm]

#### 考察

測定した値から求めたキャスターの回転に必要な力を表 2.2.2.2 に示す。表から粗い舗装路面が 1.3Nm と少し大きく、他の 2箇所は路面が 0.6Nm ほどで同じ位の値となった。粗い路面の場合は計測中にタイヤの溝が小石の山などに引っかかることがあり摩擦力以外の抵抗が多く掛かっているのが感じられた。また、この計測はキャスターが静止状態で行ったので実際に走り出している状態ならばもっと少ない力でキャスターを回転させることができるといえる。



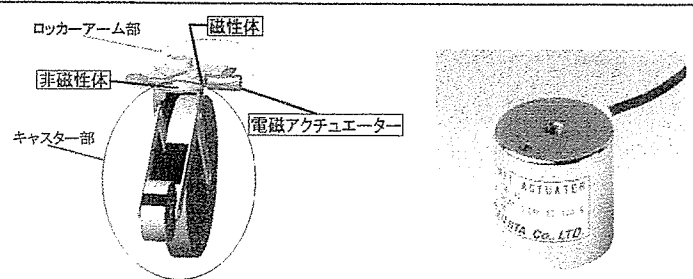
## 2.4.3 キャスターロック機構のロック方式

### 2.4.3.1 ロック機構のアイデア

キャスターをロックする機構のアイデアを以下に示す。機構を考える際は、試作モデルで問題になったキャスターが進行方向を向いた時の回転方向の微妙なずれが生じた状態でもロック動作が行えるようにできる様に考慮し、ロック機構にキャスターを直進方向に修正機能を備えるものとした。下記の表 2.4.3.1 に各機構を比較した一覧を示す。

表 2.4.3.1 各ロック機構の比較

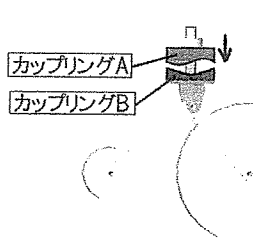
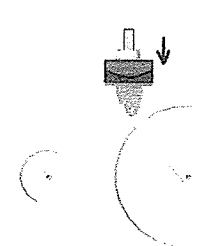
案1 くさび型ピン・スロープ機構	図	
	動作説明	<p>図 2.4.3.1 ベース部分全体      図 2.4.3.2 ベース部とくさび形ピン</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ベース部分はキャスターと結合し、キャスターと一緒に回転する。</li> <li>・ベース部分にはスロープ状の溝があり、そこにくさび形のピンを差込みロックさキャスターが直進方向で固定される。</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溝がスロープ状になっているのでキャスターの角度が進行方向より少しずれていてもスムーズにロックすることができる。</li> <li>・くさび状のピンが溝に嵌るのでガタを抑えることができる。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ベース部分の厚みに制限があるためスロープ形状の範囲が限られてしまう（作用範囲を広げるとスロープの角度が浅くなって作用力が弱くなってしまい、スロープの角度を深くするとベース部分の厚さが増してしまう為）。</li> <li>・くさび形のピンは先端部の強度が低くなってしまいうので破損や早期に磨耗してしまうことが考えられる。</li> </ul>

案2 電磁アクチュエーター ロック機構	
	<p>図 2.4.3.3 キャスター部全体      図 2.4.3.4 電磁アクチュエーター</p>
	<p>動作説明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁アクチュエーターの磁力によりロックを行う。</li> <li>・キャスター部に磁性体と非磁性体が組み合わされたローターが付いており、電磁アクチュエーターが磁性体部分を引き寄せてキャスターが直進方向を向く部分で固定される。</li> </ul>
	<p>長所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロック部分が非接触のため部品が磨耗することが無い。</li> <li>・アクチュエーターの駆動が電気なのでスイッチ1つで切り替えができ使用者の操作の負担も少ない。また、電気配線は取り回の自由度が高いので設置が比較的楽である。</li> </ul>
<p>短所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・磁性体と電磁アクチュエーターとの隙間が大きいと引力が弱まってしまう性質があるので作用範囲が限られる。</li> <li>・電磁アクチュエーターを取り付けるロッカーアーム部の回転軸部を、吸引力方向に負けないように強固にかつ精度良く作る必要があるため重量が増す。</li> <li>・磁場ができるので精密なコンピューター機器などに悪影響を与えたり、異物の吸着(砂、鉄片など)をおこす可能性が考えられる。</li> </ul>	

案 3 トーシヨ ンバネ誘導機 構	図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>直進時</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>90度回転時</p> </div> </div> <p>図 2.4.3.5 直進時上面図      図 2.4.3.6 左折方向 90 度回転時</p>
	動作 説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ トーションバネを使い、キャストが進行方向を向くようにテンションを掛ける。</li> <li>・ キャスターが直進方向から回転し始めると、トーシヨンバネの力がかかり始め直進方向に向くように力が働く。</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 単純な構造なので部品点数を少なくでき、重量を抑えられる。</li> <li>・ 磨耗しやすい部分が無いので耐久性に優れる。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 常にキャストが直進方向に向くようにテンションがかかっているため旋回するときにある程度の力が必要になる。</li> <li>・ バネ力が旋回時にはキャストが回転できる程度の力で、なお且つ横傾斜路でキャストが横を向き横滑りするのを抑える力なくてはならないのでバネ力の管理が非常に重要になる。バネ力を調整できる機構が必要になる可能性もある。</li> </ul>

案 4	図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>図 2.4.3.7 機構全体</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>図 2.4.3.8 本体ベース部の形状</p> </div> </div>
	動作 説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本体ベース部分を一部が窪んだ形状にしてピンを横方向から外周面上に押し当ててピンを誘導しながらロックさせる。</li> </ul>

窪み付きカム形状ロック機構	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本体ベース部分の径にも左右されるが、比較的作用角度を広くできる。</li> <li>・ピンを横方向に設置でき、フレームに干渉しにくい為設計の自由度が高い。</li> <li>・窪み形状によりロックが外れにくい。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本体ベース部分にピンを押し付けるので繰り返すと磨耗することが考えられる。</li> </ul>

案5 カップリング結合機構	図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>切り離し時</p>  <p>図 2.4.3.9 キャスター時</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>結合時</p>  <p>図 2.4.3.10 結合時</p> </div> </div>
	動作説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>・キャスター側とフレーム側にそれぞれ 90 度ずつ山と谷がある円盤状のカップリングを取り付け、フレーム側のカップリング A をカップリング B に押し当ててロックを行う。</li> </ul>
	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カップリング同士を押し当ててロックするので、必ず山と谷が合さる所で結合される為、キャスターが直進方向のから多少角度がずれていてもロックすることができる。</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・キャスターが直進方向から 90 度以上回転した状態でロックさせるとキャスターが逆向きに固定されてしまう。</li> <li>・キャスターの軸方向にカップリングが移動する為、一般的な歩行器のフレームに取り付けるのは難しく、専用のフレームが必要。</li> <li>・カップリングを切り離したり結合したりするために強い力が必要であり、油圧、空気圧、モーターとギヤなどの何らかの動力装置を使うことになり重量がかさんでしま。</li> </ul>