

# 可変速式動く歩道“スピードウォーク”の開発

SPEEDWALK : Development of Accelerating Moving Walk

三原製作所 佐伯 尋 史\*<sup>1</sup> 怒 和 孝\*<sup>2</sup>  
 安川 雅 夫\*<sup>3</sup>  
 機械事業本部 高 木 聰\*<sup>4</sup>  
 技術本部 高 崎 勝 明\*<sup>5</sup>

可変速式動く歩道“スピードウォーク”は、従来の交通手段では対応できない比較的短距離（150～1000 m）で大量に発生する歩行者交通に対する高度なモビリティ（可動性）を確保するために開発された。スピードウォークは、乗るときは既存の動く歩道と同じ遅い速度で、その後ゆっくりと加速され最高速度となり、降りるときは元の速度になる。その最高速は100 m/minで、乗り降り速度の2.5倍と速い。

Accelerating Moving Walk “SPEEDWALK” has been developed for improved mobility of short (150～1000m) and massive pedestrian trips which are hardly covered by conventional means of transportation. This SPEEDWALK is a revolutionary moving walk featured by its speed variation in a continuous loop, i. e. slow at its entrance, then accelerated and again slowed down at its exit. The maximum speed when accelerated is 100 m/min, which is 2.5 times faster than that at its entrance and exit.

## 1. ま え が き

近年都市開発、駅と集客設備、大規模施設（空港）等の大型化、遠距離化に伴い歩行距離が増大する傾向にある。

この増大する歩行距離150 mから1000 m程度の徒歩交通を支援する輸送手段として、既存のシステム（新交通システム、定速度式動く歩道等）で対応しているのが現状である。新交通システムではサービス距離に対する建設費、導入空間の問題があり、一方定速度式動く歩道はスピード面（輸送速度）から見て長い距離には到達時間がかかりサービス性が低下する。

これらを解消したのが、この可変速式動く歩道“スピードウォーク”で定速度式動く歩道に比べ、2.5倍の速さを持っているため、快適なスピード感があり、人が歩くのに抵抗を感じる距離を短時間で移動できる。

図1に各交通システムの適用領域を示す。

この図は輸送力と輸送距離又は移動時間の関係を示したもので、

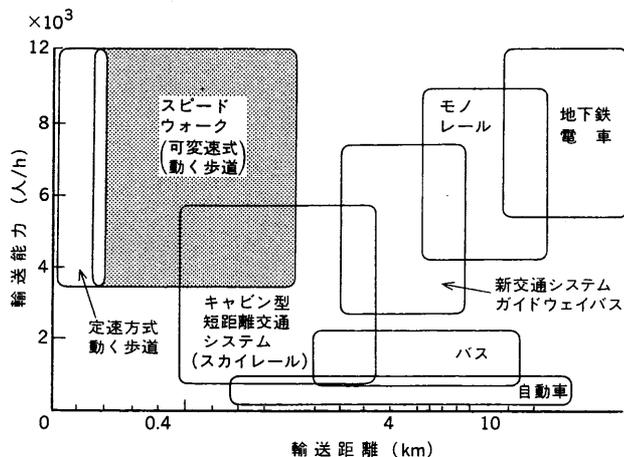


図1 各交通システムの適用領域 輸送力と輸送距離又は移動時間の関係を示したもので、距離が長くなるにつれて、速い乗物が必要になってくる。

Application area of transportation system

\*1 新製品開発部交通システム設計課主務 \*4 交通・輸送システム部主査  
 \*2 新製品開発部交通システム設計課長 \*5 広島研究所機械研究室長  
 \*3 新製品開発部交通システム設計課

距離が長くなるにつれて速い乗物が必要になってくる。

このスピードウォークは短距離型の交通手段として広範囲の距離をカバーできる高水準の歩行支援システムと考える。

## 2. 開発計画

### 2.1 開発の狙い

歩行支援施設として、水平移動のシステムとして定速度式動く歩道があるが、長い距離には到達時間がかかりサービス性が低下するので、現在高速型のシステムが求められている。そのためには乗り降りは従来と同じで加速後高速となる可変速式にする必要がある。可変速式動く歩道としては、ダンロップ社（バツェル記念研究所を含む）による踏板しゅう動斜行方式のSPEEDAWAYとフランスのACB社による直線伸縮型のTRAXが開発されたが、共に実用化に至っていない。

法的には従来型の場合は、建築基準法に制定されているが、可変速式の場合は、米国においてASME A 17.1-1990 APENDIX-Gとして1981年に制定されている例があるものの日本国内では、まだこの適用法規がない状態である。

このような状況を踏まえ、シンプルなメカニズムの構築と安全性を設計のポイントにして開発を進めることとした。

速度についてダンロップ社は従来型の5倍と高速のものを狙っていたが、スピードウォークは安全性を重視して、人にやさしい2.5倍速度に設定した。

表1に各種動く歩道の比較を示す。

## 3. 開発の概要

### 3.1 実物大モデル機仕様

乗込み口では従来の定速度式動く歩道と同じ低速度であるが、次第に加速されて一定の高速度となり、その速度は従来の動く歩道の2.5倍の輸送速度が得られる。

降り口では、再び低速度に減速されて安全に降りることができ、機構を有している。

表1 動く歩道比較表  
Specification table of moving walk system

項目	機種	スピードウォーク	ダンロップ社	従来型歩道
乗降速度		40 m/min	40 m/min	40 m/min
高速域速度		100 m/min	200 m/min	40 m/min
速度比		1:2.5	1:5	1:1
原理		踏板単体しゅう動斜行方式	踏板連続しゅう動斜行方式	踏板連続直線方式
手すり		分割直線配列	分割ラップ配列	一本直線
法規		踏段を有しないエスカレータの構造基準に準ずる見込み。	ASME A 17.1-1990 APPENDIX-G	踏段を有しないエスカレータの構造基準を定める件建設省告示第1110号

表2 モデル機仕様  
Specification of model machine

項目	能力寸法
設備長さ	60 m
速度比	2.5
乗降速度	30~40 m/min
高速域速度	75~100 m/min
輸送能力	9 000~12 000 人/h(注)
乗降口路面有効幅	1 500 mm
高速域踏面有効幅	990 mm
踏板ピッチ	約 400 mm
運転方向	可逆運転方式
乗降方向	進行方向に直進乗降
動力	電気
制御方式	インバータ制御
安全装置	ゴム構造のくし歯(路面のスライド端) 手すり、欄干 非常停止装置 案内放送装置

(注) 輸送能力は乗降速度 40 m/min にて一つの踏板に 2 人乗りの場合の値を示す。



図2 モデル機として製作した装置全体図  
モデル機として製作したスピードウォーク装置の全体図を示す。  
SPEEDWALK System of model machine

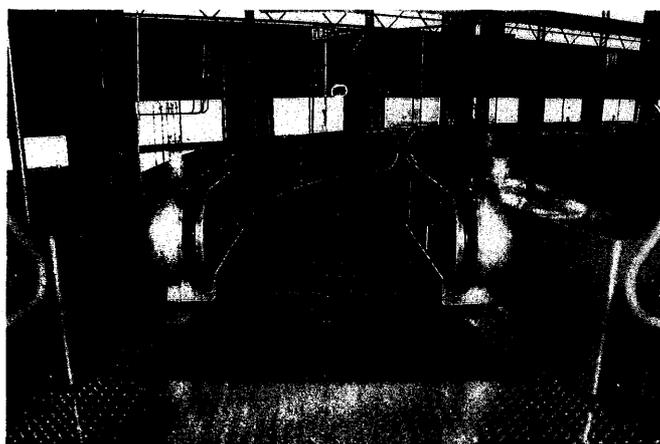


図3 スピードウォークの出入口 モデル機として製作したスピードウォーク装置の出入口を示す。  
View of entrance or exit

図2にモデル機として製作した装置全体図を、表2にその仕様を、図3にスピードウォークの出入口を示す。

### 3.2 加減速の作動原理

同じ深さの溝を流れる水は、幅の広い所では、緩やかに流れ、狭くなれば速く流れる—この原理を路面に置換えたシステムである。

本システムは互いに平行を保ち、かつ、加(減)速部では互いにスライドし合う、四辺形の踏板が形成する連続路面から構成されている。

この踏板の路面は図4(a)に示すように低速部、加(減)速部、高速部から成り、Z(S)字形を形成している。

加(減)速の作動原理は、図4(b)に示すように低速部及び加速部では一定の前方向初速度 AA' (V<sub>0</sub>) を与え、加(減)速部のカーブした部分では前方向初速度 V<sub>0</sub> と徐々に増加する横方向速度を合成して生まれる推進方向合成速度 BB' により走行し、高速部では踏板は横に動く動作がなく最高速度 CC' で進行方向に一定速度で直進する。

減速はこの逆となる。また、このカーブの角度αが小さいほど速いスピードが出せる原理となっている。

$$\text{この速度比は } \frac{V_0}{V_{\max}} = \frac{AA'}{CC'} = \sin\alpha \text{ となる。}$$

(速度比 1:2.5 の場合 α=23.58°)

### 3.3 機 構

図5に機構を示す。全体は、低速部、加(減)速部、高速部から成り、踏板を循環させるループ方式である。通常の動く歩道は踏板がチェーンに連結され、踏板をチェーンでけん引する方式であるが、本機は各踏板がチェーン等で連結した構造としていないため、各踏板の下面に設けられたグリッパに駆動装置に係合する。つまり乗り口ではチェーンと各踏板のグリッパに係合し各踏板を直接押出す形で駆動し、高速部ではラックチェーンと踏板のグリッパに係合することにより各パレットを駆動する方式である。

各踏板を直接押出す装置は乗り口に設けられており、同様の装置が降り口側にも対称の位置に設けられている。

乗り口で押出された踏板は、曲線加速部分では曲線状に進行することにより自動的に加速され、高速に達する。

直線高速部分の駆動は、高速に達した踏板をそのままの速度で駆動するもので、乗り口の駆動装置とともに、同一の駆動電動機からラインシャフトにより伝達される動力により、それぞれ一定の減速比を介して、X及びYのスプロケットを2.5倍の回転数

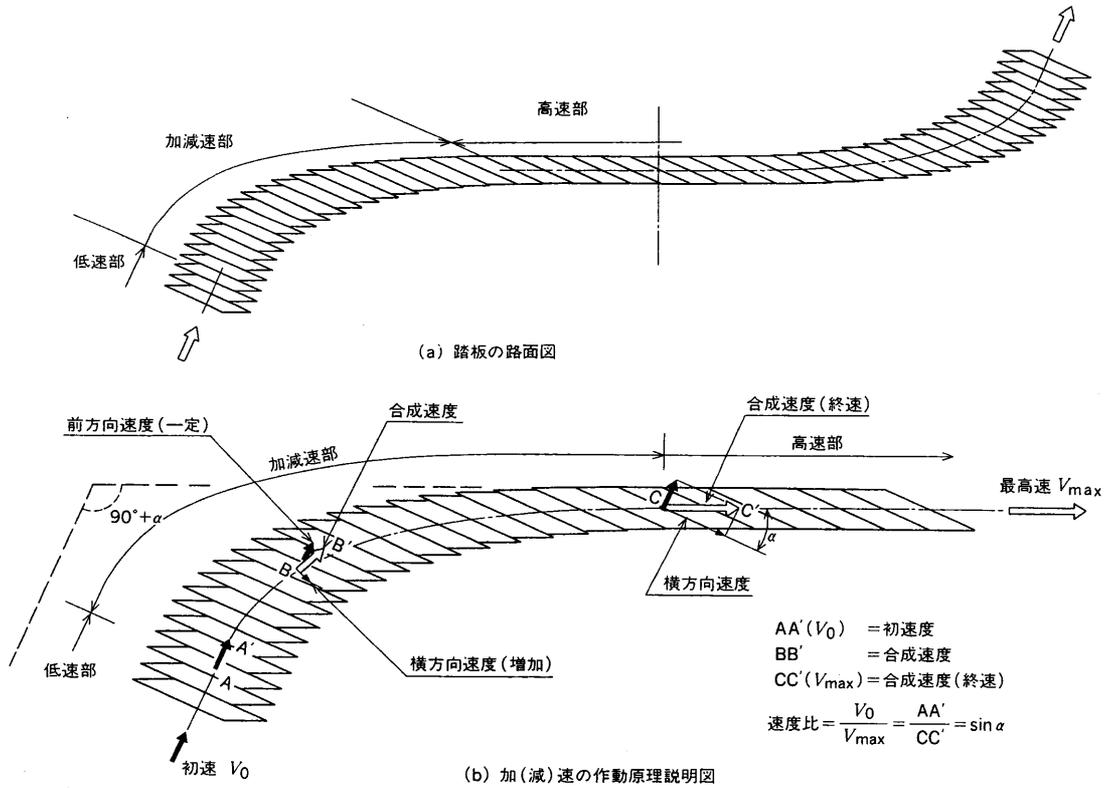


図4 踏板の路面と加(減)速の作動原理説明図 (a) 踏板の路面はZ(S)字形を形成し、加(減)速部及び高速部から成る。(b) その加(減)速部の踏板の加速原理を示す。  
Treadway and principle of operation

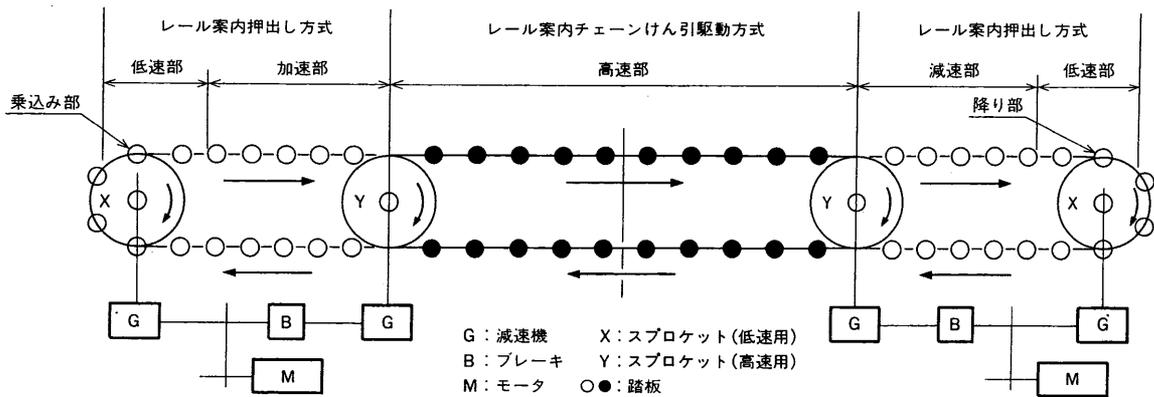


図5 本体装置の機構図  
Mechanism

で駆動している構造である。

### 3.4 開発のプログラム

本装置は、低速で乗った後加速して高速となり、今まで人が経験したことのない新しい交通手段なので、このシステムの安全性に重点をおきそれに係る機械本体及び手すりのシンプルな機構の確立に開発のポイントを置いた。

#### 3.4.1 システムの安全性の検討 (人間工学的研究を含む)

(1) 第1段階としては、横方向速度による踏板の加速度を人間工学的に研究した。ポイントは、

① 高齢者・子供まで誰が乗っても安心感があることである。

実機に近い体感をするため、モックアップで2種類の加速度線形を作り加(減)速度を最大0.015G程度(新交通システム、地下鉄、電車の加速度0.1Gの1/7程度)を選定した。

(2) 第2段階としては、手すりについて研究した。

加(減)速部のカーブと同じ速度で動くのが一番良いが、低速

から高速までの2.5倍に対応する伸縮材料及び機構が、現時点では解決されないため、加(減)速部で手すりを分割し定速度にした。

そのため、加(減)速部の手すりは踏板の速度変化とは一致しないので、利用者にとって手が前後に移動することになる。そのためポイントは、

① 踏板と手すりの速度差による手の動きを何cm位にすれば、高齢者にとっても、この速度差に追従できるかである。

これを人間工学的に検討し、ハンドレールに対する人間の手の位置に関する生理的データつまり気楽な手の位置の限界を、日本人の身長・手の長さを考え2秒間に一度以上持ちかえず、手の相対位置が0.3m以上にならないように設定した。

$$|V_p - V_h| \cdot \Delta t \leq 0.3 \text{ m}$$

ここで、

$V_p$ : 踏板の速度



図6 手すり乗継ぎ部 分割した手すりの乗継ぎ部での手が円滑にかつ安全に乗移れるハンドレールと乗継台を示す。  
Figure of divided handrail

$V_h$ : ハンドレールの速度

$\Delta t$ : 時間差

(3) 第3段階としては、分割した手すりの乗継ぎ部について研究した。

ポイントは、

- ① 指・服等が挟まれない、また、巻き込まれない、ようにするため、ハンドレールと乗継ぎ台とのすきまをなくすくし歯構造とした。その高さについては、人間工学の専門家の指導を仰いだ (図6)。

#### 3.4.2 機械本体の開発

(1) 踏板の加速機構の開発

ポイントは

- ① 踏板の滑らかな走行性と乗心地である。
- ② 加速部の駆動を簡易な機構とし、騒音を抑えることである。従来の動く歩道では踏板をチェーンに固定して低速で動かしていたが、今回は可変速なのでチェーンによる伸縮機構を採用せずに、踏板を1枚1枚切り離れた自由連結による駆動方式を採用した。また加(減)速部に入る導入部には緩和曲線に相当する加速度分割インバースサインカーブを採用し、水平方向に滑らかに横滑りしながら踏板がすきまなく加速していく速度パターンを採用した。

(2) 加速部から高速部への踏板の受渡し

ポイントは

- ① 加速部からの踏板をタイミング良く同期した速度で受渡すこと。
- ② 高速のため、騒音、摩耗等に十分対処することである。このため、低速と高速部を機械的なラインシャフトで結び同期速度を確保した。

#### 3.4.3 手すりの開発

(1) カーブに合った水平曲線手すりの開発

ポイントは、

- ① 内・外の伸びを確保しながら十分な引張り強度があることである。そのため、手すりのハンドレールの中への心線の入れ方を工夫し、引張り強度を出すとともに内・外の伸びを確保した。

(2) 高速手すりの開発

ポイントは

- ① 従来の 40 m/min を 100 m/min にするので発熱を抑え摩



図7 交通弱者の試乗 交通弱者が試乗しているところを示す。  
Test of handicapped people

耗の少ない構造とする。

そのために内部ガイドにローラ回転構造を採用して、摩擦の少ない構造とした。

## 4. 結 果

本装置は、加速機構による踏板面の横スライド速度、高速化及び加減速部は手すりを定速度分割にしたので踏面の速度とわずかに同期しないことと今までに体感したことのない分野が多くあるので、実機で体感する検証方法をとった。よって、約1400人 [うち、高齢者: 5人, 車いすの人: 6人 (図7), 目の不自由な人: 2人, 小学生: 50人, 幼稚園: 6人] の方に試乗願った。

システムの安全性で研究した加速度 0.015 G の検証は、約6人に心電図のとれるモニタ心電計を付けてもらい、心拍数の変化を読みとったところ、平常より少し心拍が上がる程度だったことと、高速では心拍数は平常まで下がることも合わせて確認したので、人にやさしい緩やかで安全な加速度であることが実証できた。

高速時の非常停止は 0.1 G と 0.05 G のテストを行い、体感テストで 0.05 G 程度であれば人が転倒しないことも分かった。

踏板と手すりの速度差による手の動きについても、ほとんどの人が良好との回答を得るとともに、人間工学の専門家にも検証していただいた。

踏板の加速機構としては、滑らかな加速度が構築できるとともに高速にもかかわらず、騒音も 70 dB (A) 以下に抑える目途があった。

手すりの開発では既存のものに比べ 2.5 倍の高速で動く手すりとして、加(減)速部の曲線に合わせた手すりの機構を構築できた。

## 5. あとがき

徒歩交通の支援システムとして新しい短距離型のスピードウォークについて、開発状況を紹介した。

本開発に当たっては、建設省を初め各法人、学識者、交通システムの知見者の方々に御指導いただき実用に供するシステムができたことと確信している。(財)日本建築センターの評定審査も終了し、7月末には福岡市海の中道海浜公園で公開運転を行う予定であり、新しい交通手段として全国各地に導入されることが期待される。

今後の課題としては、スピードウォーク(可変速式動く歩道)は新たに世に出す装置なので、公開運転の結果を経て更に安全性の研究を重ねる所存である。