

動く歩道の輸送力に関する基礎的研究*

Study on capacity of moving walk *

大東延幸**・原田 昇***・太田勝敏****

By Nobuyuki OHIGASHI **, Noboru HARATA***and Katutoshi OHTA ****

1. 本論の背景と目的

動く歩道の速度は安全性の観点から歩く速度より遅く、利用者は動く歩道上で歩いている場合が多いが、立ち止まっている場合もありその挙動は複雑である。本論は、理想的な条件下の動く歩道の輸送力を検討し実際の観測結果と比較検討したものである。

2. 幅が一人分の動く歩道の輸送力の考察

普通の歩行者通路なら、歩行者の速さに早い遅いがあっても、基本的に立ち止まることは少ない。ところが動く歩道の場合は、その速度が乗り降りの安全性の見地から歩く速度より遅いため、多くの人は動く歩道に乗ってからその上を歩いている。しかし、動く歩道上では立ち止まっても前には進むため立ち止まり休み利用者もみられる。従って動く歩道の輸送力を考える際には、その利用形態を考える必要がある。

以下、本章では動く歩道の幅が一人分で長さ100mの動く歩道を想定して検討した。まず、歩く速度を67m/分(4km/h)、動く歩道の速さを33m/分(2km/h)と仮定し、長さ100mの動く歩道の上で歩くか、動く歩道の上で立ち止まるかの利用形態の場合と、動く歩道を利用せずに全ての人が同じ方向に100m歩いた場合の所要時間は表1のとおりとなる。

人が歩く場合の、速度V(m/分)と一人当たりの占有面積S(人/分²)の関係は、 $V=86.0-23.3 \times S^{11}$ で、分速66.7mで歩く人の最小占有面積は0.83m²である。従って、動く歩道上で歩く場合は、一人分の幅の動く

表1 動く歩道の利用形態別の速さと所要時間

	動く歩道を利用する		通路を歩く
	歩く	立ち止まる	
速さ	100m/分	33m/分	67m/分
所要時間	1.00分	3.00分	1.50分

歩道の幅は通常0.65mで、進行方向の最小値は、 $0.83\text{m}^2/0.65\text{m}=1.3\text{m}$ となる。全員が歩いて最大に詰まった輸送力は100mあたり100m/1.3m=77人で、1分間あたりの輸送力は77人/1.00分=77人/分となる。

一方、動く歩道上で立ち止まる場合は、動く歩道のパレットの一つの進行方向の長さ(踏み面の進行方向の長さ)は通常0.45mで、一つのパレットの上に進行方向に一人しか乗れないので、全員が立ち止り最大に詰まった時で100mあたり100m/0.45m=222人の人を運んでおり、1分間あたりの輸送力は222人/3.00分=74人/分となる。同様に同じ幅の通路を人が歩いた場合の1分間あたりの輸送力は77人/1.50分=51人/分なので、動く歩道上で歩いた場合も立ち止まった場合よりも大きい。これを表2に示す。この表1と表2の考察は所要時間を考慮するため動く歩道の長さを100mとして考察したが動く歩道の場合、時間的に連続的に利用できるため輸送力の定義は単位時間当たりの利用人数となる。従って、輸送力は動く歩道の長さに関係ない。参考文献2) 3) 4)によると、最大輸送力は80人/分で、通常はその75%、60人/分を目安にするように書かれており、表1と表2の考察は妥当と考えられる。

表2 動く歩道の利用形態別輸送力

	動く歩道を利用する		通路を歩く
	歩く	立ち止まる	
輸送力(人/分)	77	74	51
密度(人/m)	0.77	2.22	

* キーワード：地区交通計画 自転車・歩行者交通計画

**正員、工修、国立呉工業高等専門学校環境都市工学科
(呉市阿賀南2-2-11 TEL&FAX 0823-73-8951)

***正員、工博、東京大学大学院工学系研究科
(東京都文京区本郷7-3-1 TEL&FAX 03-5800-6958)

****正員、Ph.D、東京大学大学院工学系研究科
(東京都文京区本郷7-3-1 TEL&FAX 03-5800-6958)

次に、利用者が、動く歩道上で一杯に詰まって歩いている状態から、同様な状態で立ち止まるまでどの様に変化するかを考察する。通常の通路の歩行者の速度 V と動く歩道上から見た密度 K の関係は直線で示される。動く歩道上では、速度が0にならない。この速度 V (m/分) が33m/分と100m/分の間とすると密度 K (人/m) の関係は、

$$V = 135.3 - 45.8K \quad (0.77 \leq K \leq 2.22) \quad (33 \leq V \leq 100)$$

となり、図1の様になる。

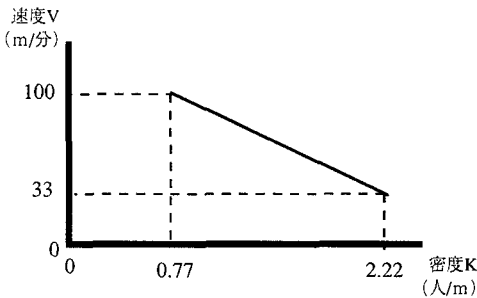


図1 動く歩道の利用者の速度と密度の関係

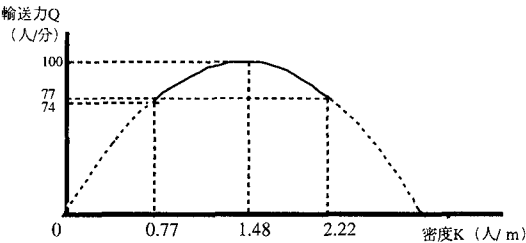


図2 動く歩道の輸送力と密度の関係

更に平均密度 K (人/m) と輸送力 Q (人/分) の関係は $Q = (135.3 - 45.8K) \times K$ ($0.77 \leq K \leq 2.22$)

となり図2の放物線の実線の範囲になる。当然動く歩道が動いているので輸送力は0にならない。同様に、平均速度 V (m/分) と輸送力 Q (人/分) の関係は、

$$Q = \frac{(135.3 - V)}{45.8} \times V \quad (33 \leq V \leq 100)$$

となり、図3の放物線の実線の範囲になる。輸送力が

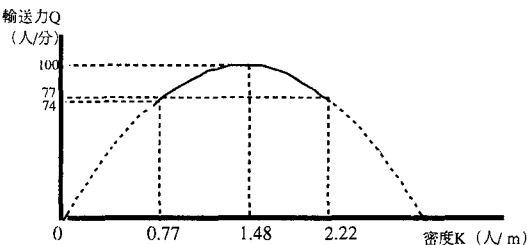


図3 動く歩道の輸送力と速度の関係

最小なのは速度が33m/分、つまり動く歩道上で立ち止まった時で、74人/分でこれは表2の結果と一致する。輸送力が最大なのは、速度が67m/分、つまり動く歩道上で34m/分で歩いた時で、100人/分となる。

3.幅が二人分の動く歩道の輸送力の考察

動く歩道の幅が二人分ある場合、利用者が少ないうちは、二人分の幅があれば立ち止まっている人をよけて通れるが、利用者数が増えると、それに伴って立ち止まる人が増える。更に利用者数が増えると更に混み立ち止まる人の割合も増え、最後には動く歩道上の利用者全員が立ち止まりそれ以上の人を運べなくなる。

まず、考察の前提として、動く歩道は人が二人並べる幅があり、歩く人は右側を歩き、立ち止まる人は左側で立ち止まる事を必ず守るとする。また、全ての利用者が立ち止まらないまま、利用者数が増えることはない、つまり全ての利用者が歩いたまま最大輸送力になる場合は考えないとする。動く歩道上の混雑による待ち行列は動く歩道の外であり、本論では考慮しない。この場合の利用者数の増加と動く歩道上を歩く人の割合を、左側と右側を別に考える。

左側は最初から立ち止まる人が現れるので、動く歩道上を歩く人の割合は最初は100%であるが、最初から減りだし0%になったところが立ち止まった場合の最大に詰まった容量(表2の74人/分)になる。

右側は最初から立ち止まる人が現れない。従って、動く歩道上を歩く人の割合は100%のままで利用者数が増え、歩く事ができる最大密度(表2の77人/分)になり、そこから動く歩道上を歩く人の割合が急に減っていく。この様子を模式的に表したのが、図4である。

更に、左右どちら側が先に混雑するかでA) B) 二つに動く歩道上を歩く人の割合(%)

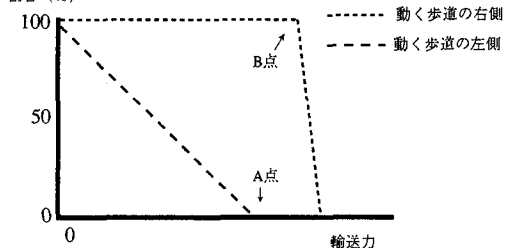


図4 動く歩道上を歩く人の割合と輸送力の関係の模式図

分けて考えると以下の様になる。

A) 左側の立ち止まる側が、先に一杯になる場合

- 1a) 左側も右側も人が歩ける。
- 2a) 立ち止まる人が現れ左側で立ち止まるが、全体に利用者が少ないのでその場所で右側を迂回できて、右側は障害無く歩ける。
- 3a) 左側で立ち止まる人が増え、左側を歩くことが難しくなり、歩く人は右側を歩くが、まだ右側は障害無く歩ける。
- 4a) 左側が立ち止まる人で一杯になる。右側はまだ障害無く歩ける。
- 5a) 右側の歩行者の前後の間隔が詰まってくる。右側の上を歩ける人数は増えるが、歩く速さが遅くなるので、右側の輸送力はあるところで最大になり再び減る。
- 6a) 右側も立ち止まる人で一杯になり、動く歩道上に人が乗れる最大密度に達する。

A) の場合、各利用形態の利用者数を試算すると1a) は、左右ともに100%の人が歩いていることになる、最初の点は原点なので0人/分と仮定する。4a) は、左側は立ち止まり、右側は渋滞無く歩いている。左右共に最大に利用者がいる場合は、 $74\text{人/分} + 77\text{人/分} = 151\text{人/分}$ 。5a) は、左側が74人/分、右側の輸送力が最大のは100人/分、計174人/分。6a) は、左側右側ともに立ち止まっているので $74\text{人/分} \times 2 = 148\text{人/分}$ 。このA) の場合の変化を模式的に直線で結んで示したのが図5である。動く歩道上を歩く人の割合の変化は、4a) と5a) では右側は人が歩けるので歩く人の割合はずっと約50%であるが、6a) になると左右共に立ち止まるので急に0%になる。従って4a) 5a) と6a) は不連続であり、図5のこのあたりの表現はあくまでも概念的なものである。

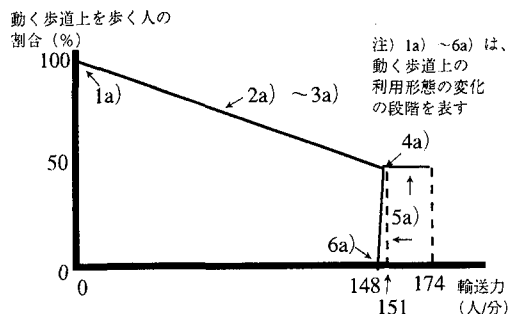


図5 動く歩道上を歩く人の割合と輸送力の模式図

B) 右側の歩く側が、先に一杯になる場合

- 1b) 左側も右側も人が歩ける。
- 2b) 立ち止まる人が現れ左側で立ち止まるが、全体に利用者が少ないのでその場所で右側を迂回できて、右側は障害無く歩ける。更に左側で立ち止まる人が増えるが、右側を歩く人の方がより多く増える。しかし右側は未だ歩ける。
- 3b) 右側が歩く人で一杯になる。左側はまだ立ち止まる場所があり、右側から左側へ移って立ち止まるか歩いて迂回する人が増える。従って、右側が立ち止まることはない。
- 4b) 左側が立ち止まる人で一杯になり、右側から左側へ移れなくなるが、右側はまだ歩ける。
- 5b) 右側の歩行者の前後の間隔が詰まってくる。右側の上を歩ける人数は増えるが、歩く速さが遅くなるので、輸送力はあるところで最大になり再び減る。
- 6b) 右側も立ち止まる人で一杯になり、動く歩道上に人が乗れる最大密度に達する。

B) の場合の各利用形態の利用者数を試算すると、1b) はA) と同様。3b) は、左側は未だ空いているので74人/分より少なく、右側は一杯で歩いているので77人/分、合計151人/分より少ない。4b) は、左側は立ち止まり74人/分、右側は既に一杯で更に詰まって歩いているので77人/分より多く、合計151人/分より多い。5b) より利用者数は少ない。6b) もA) と同様。B) の場合の変化を模式的に直線で結んで示したのが図6である。動く歩道上を歩く人の割合の変化は、4b) と5b) は右側は人が歩けるので歩く人の割合は50%より多いが、6a) になると左右共に立ち止まるので急に0%になる。従って4a) 5a) と6a) も不連続であり、図6のこのあたりの表現もあくまでも概念的なものである。

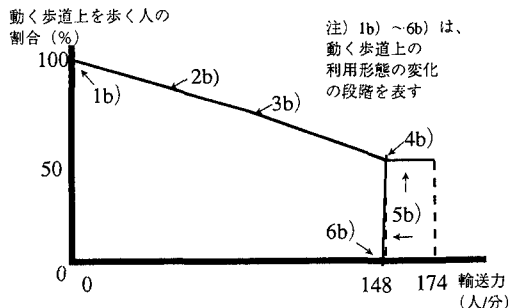


図6 動く歩道上を歩く人の割合と輸送力の模式図

A) B) の場合の違いは、左側の立ち止まる側か、右側の歩く側のどちらが先に一杯になるか、つまり利用者が増えるに従って図4のA点とB点のどちらが先に表れるか、その左右の位置関係の違いである。

4. 実際の動く歩道の輸送力の考察

実際の動く歩道の利用形態の割合の観測を、広島市の新規大規模開発地「広島西部商業地区」内の商業施設と最寄り鉄道駅間の歩行者専用通路に設置された動く歩道で行った。(表3参照) カウント調査は平成7年10月26日(木)と10月29日(日)に両日に6時間ずつ行った。(表4参照)

表3 対象とした動く歩道の概要

幅	1.3m、人が2人並べる幅
長さ	40m,70m,21mが往復2本ずつ

表4 カウント調査の結果

	動く歩道を利用する		動く歩道を利用しない
	歩く	立ち止まる	
26日	5,289人	264人	559人
29日	8,114人	362人	1,345人
計	13,403人	626人	1,904人
比率	83%	4%	13%

同時に、調査対象地の歩行者施設の利用者の歩く速度を観測し、その結果平均約4km/hとなった。また調査対象地の動く歩道の速さは2km/hであった。(表5参照)

表5 利用形態別の速さと所要時間

	動く歩道を利用する		動く歩道を利用しない
	歩く	立ち止まる	
速さ	6km/h	2km/h	4 km/h
所要時間	1.31分	3.95分	1.96分

図5と図6は利用形態がはっきり変化した点を模式的に直線で結んでいる。特に4a)~6a)と5b)~6b)の変化は急に起こり不連続と考えられ、図5と図6の記述はあくまでも概念的なものである。しかし1a)~4a)と1b)~4b)の変化は連続的である。

調査対象地での利用形態別のカウント調査では、いずれの調査時間帯も動く歩道の上を歩いた人の割合は大変高いが立ち止まっている人も少数おり、その利用形態の段階は1a)~4a)と1b)~4b)に相当する。本項ではこの結果からその利用形態の変化の様子を示す。

まず、カウント調査結果を「動く歩道上で歩く」と「動く歩道上で立ち止まる」の2種類の利用形態に整理した。次にカウント調査は20分毎に区切ってカウントしたため、20分単位の測定が72回ある。これらの測定の内、一瞬も渋滞を起こしていない71回の観測を、縦軸に動く歩道上を歩く人の割合を、横軸に実際の輸送量を取りプロットすると、図7のようになる。

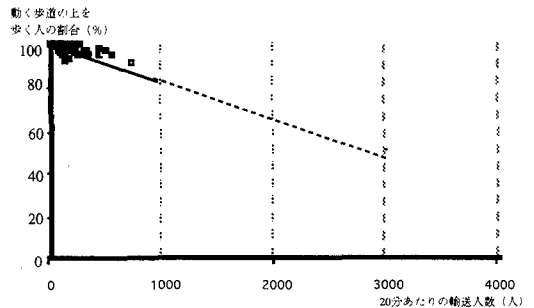


図7 動く歩道上を歩く人の割合と輸送人数の関係

観測した観測の値は最大でも20分当たり704人であり、1a)~4a)の様に一様に分布していないが、状態1a)~4a)を示す直線の式との相関係数は、 $R^2=0.874$ とまずまずの値を示した。従って、最大輸送人数の1割程度までの範囲では、動く歩道上を歩く人の割合と輸送人数の関係は直線であると仮定できる。

5. 本論のまとめ

本論は、動く歩道の輸送力の考察から、幅が一人分の動く歩道の輸送力をQV式を用いて考察し、幅が二人分の動く歩道についても、幾つかの仮定の下で利用形態別の輸送力を考察し、その一部は広島西部商業地区で行った調査の結果と一致することを明らかにした。

参考文献

- 1) John J Fruin: 歩行者の空間 pp45-88, 鹿島出版会 1974
- 2) 商業施設の昇降機設備-トレンド94-: 日立製作所 1994
- 3) 三菱電機ビルシステム製品カタログ: 三菱電機株式会社 1994
- 4) 建築設計資料集成1. 群衆流動: 彰国社, 1968