

2008/05/17(SAT)

---

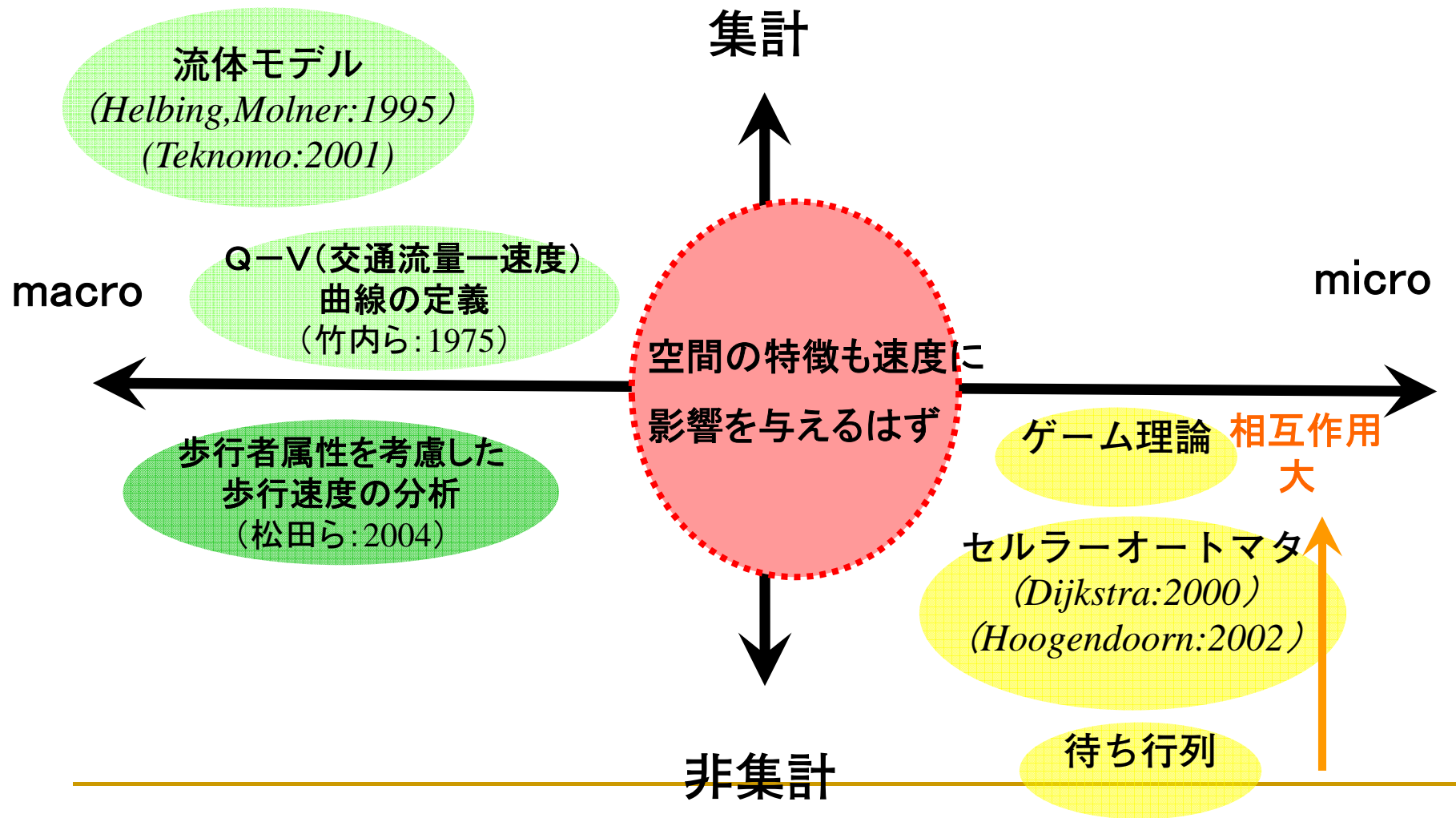
第五回論文ゼミ

Recent developments in pedestrian flow theory and research in Russia

---

修士2年 渡辺美穂

# 既往の歩行者研究



---

# 読んだ論文

- 『Recent developments in pedestrian flow theory and research in Russia』

V.V.Kholshevnikov, T.J.Shields, K.E.Boyce,

D.A.Samoshin(2008)

Fire Safety Journal 43 pp.108-118



Science Directで“pedestrian”で検索



---

# 論文構成

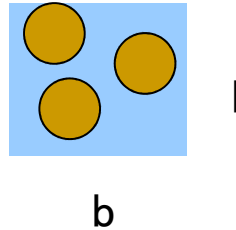
- 1. はじめに
  - 2. 歩行者流の基本法則
  - 3. 感情が歩行速度に与える影響
  - 4. 歩行速度と密度・感情の起伏・経路タイプの関係性の進化
  - 5. 心理状態の歩行速度への影響
  - 6. 歩行者流のモデルと検証
  - 7. 結論
-

# 研究の背景

- 1938『安全な非難は時間に依存する.』
- 建物の規約(非常口の数・距離)  
→これらの設計は時間や人間の行動という基礎よりノウハウが重視された.
- 1951ここ20年規約の見直しが進んでおり, 火災時の人々の行動の詳細な解決が求められている.
- 固定ビデオカメラを用いた非常口の観測  
→計3585の速度・密度データ(Milinskii)

# 密度の定義

$$D = \frac{Nf}{lb} \quad (\text{人})$$



N:人数(人) f:体断面積(m<sup>2</sup>) l:通路の長さ(m) b:通路幅(m)

## 【仮説】

- ・通路の特徴が異なる場所では歩行者流の特徴が異なる
- ・集中する流れと発散する流れがある.
- ・ボトルネックの存在

↓

これらから得られた知見を以下に述べる

# 歩行者流の特徴

- 特徴の指標は密度(D)と速度(V).
- “歩行者流の激しさ(q)”は歩道幅の変化に比例.

$$q = DV$$

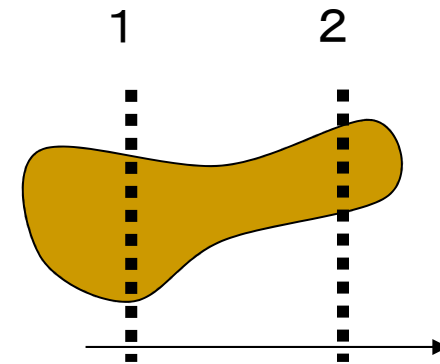
$$q_{i+1j} = \frac{q_{ij} b_i}{b_{i+1}}$$

- 結節点での歩行者流

$$q_{i+1j} = \frac{\sum q_{ij} b_i}{b_{i+1}}$$

- 密度の異なる歩行者流の速度

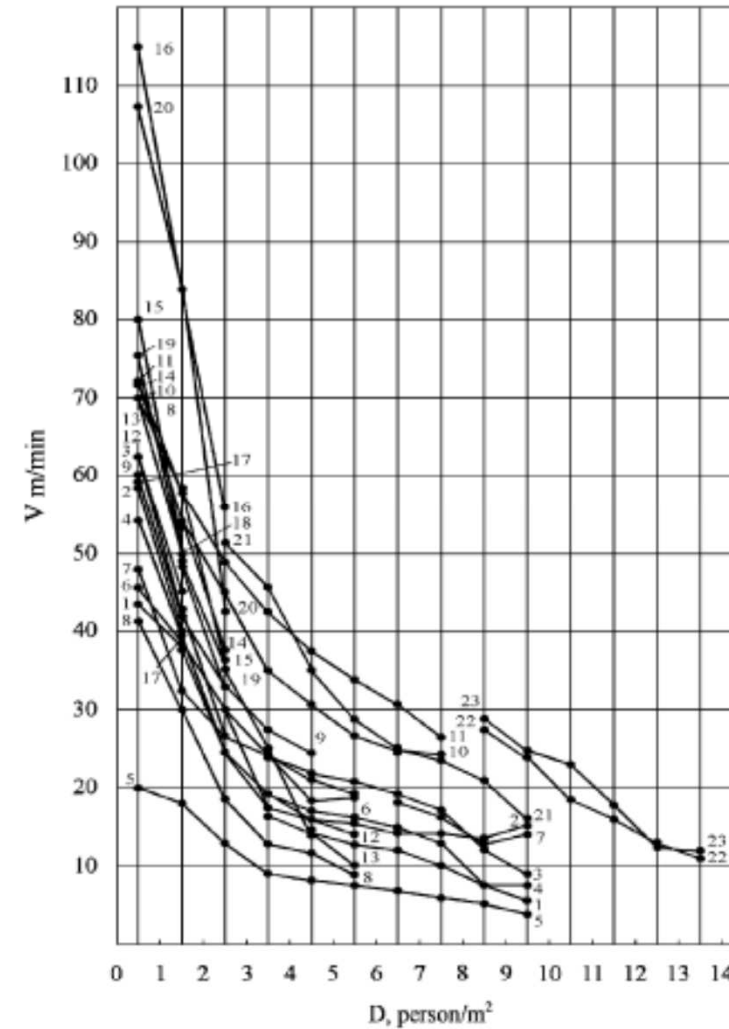
$$V_1 = \frac{q_1 - q_2}{D_1 - D_2}$$



# 速度と密度の関係

## ■ $V=f(D)$

- 映画館・劇場…1,5
- 大学…2
- 工場…3
- 駅…4,13,14
- スポーツ施設…6
- その他…7
- 貿易…8
- 小学校…高9中10低11
- SC…12
- IC…15,16,18
- 工業地帯…19
- 地下鉄…20,21
- 実験…22,23



## 2. 歩行者流の基本法則



# 速度と密度の関係(出口付近)

## ■ $V=f(D)$

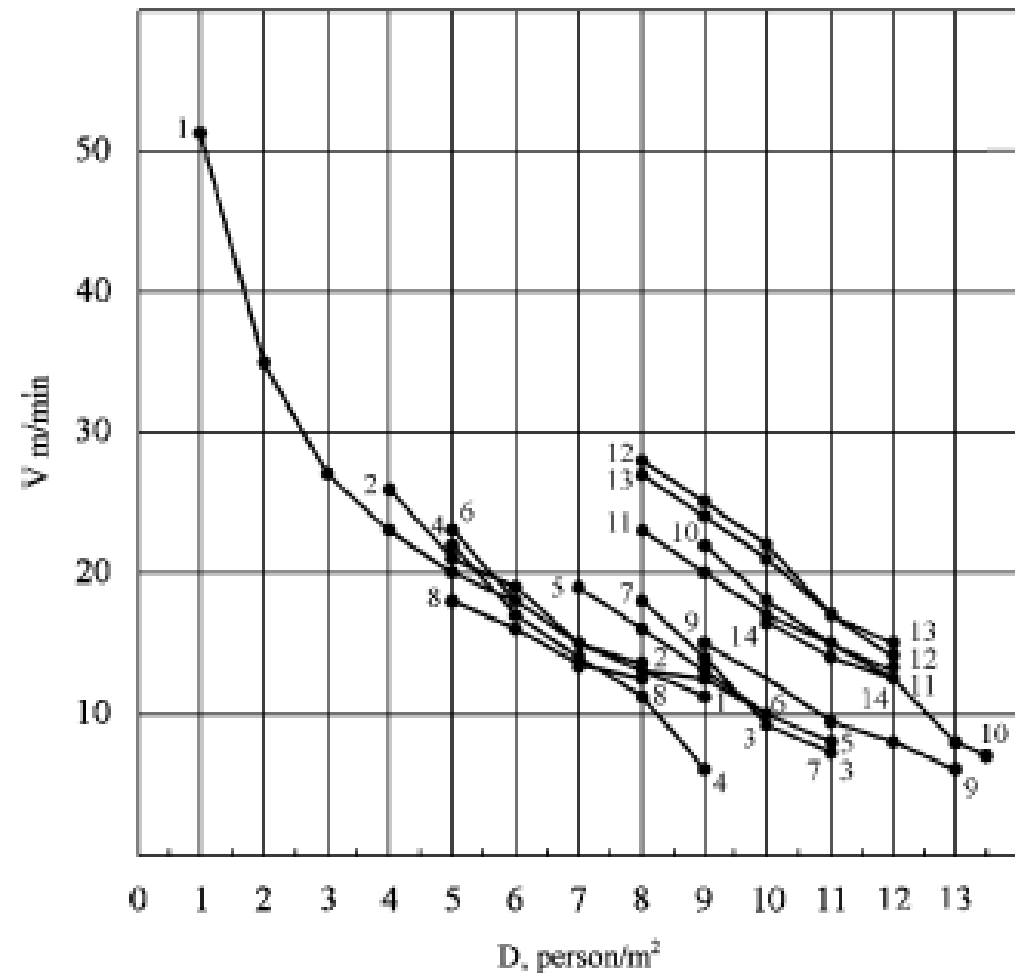
複合商業施設…1

小売店…2,3,4

スポーツ施設…5

地下鉄…6,7,8,9

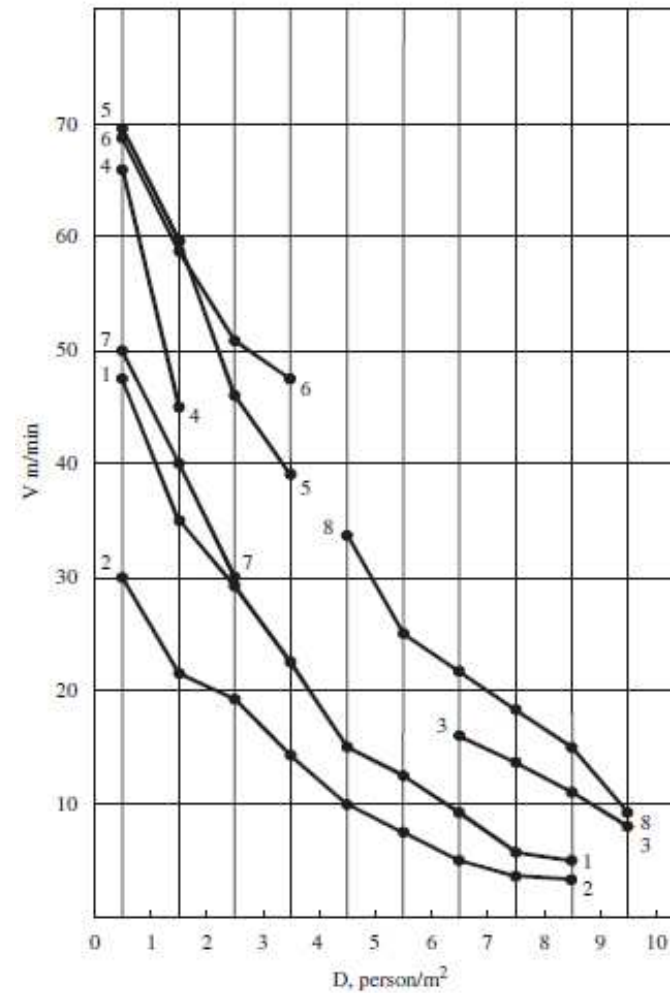
実験…10,11,12,13,14



# 速度と密度の関係(下り階段)

## ■ $V=f(D)$

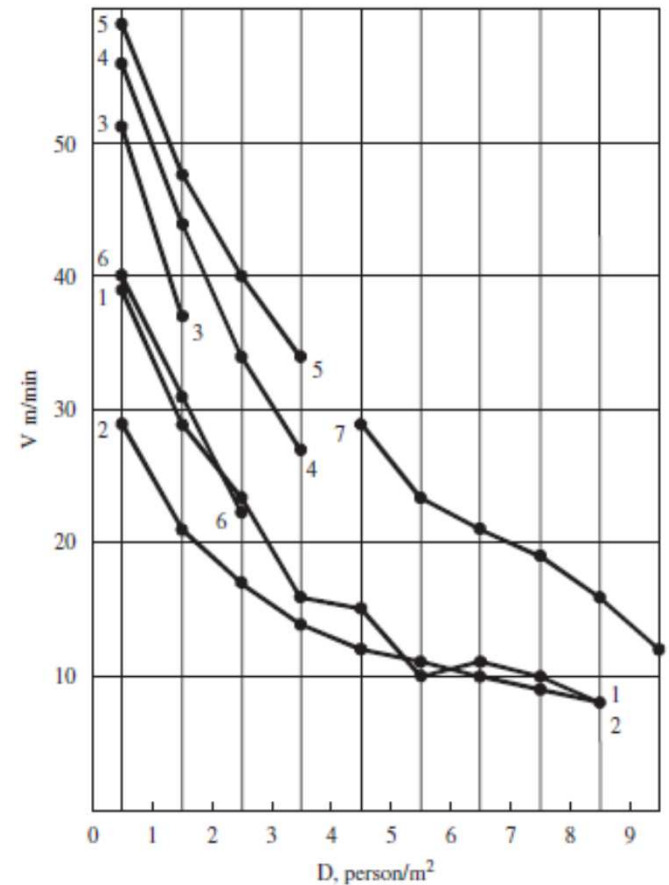
複合商業施設…1  
スポーツ施設…2,3  
大学…4  
小学校…中5低6,  
IC…7  
実験…8



# 速度と密度の関係(上り階段)

■  $V=f(D)$

複合商業施設…1  
スポーツ施設…2,3  
大学…3  
小学校…中4低5,  
IC…6



---

# 歩行速度解析の発展

- 固定カメラ
  - 観測技術の発達(10mスパンの密度)
- 密度と速度の関係は確率分布
- 仕事に遅れるとき, バスに乗り込むときなど感情が行動(速度)に影響する.
- 個人の行動最適化

# 行動の定式化

- 最適化の結果, ある人が生み出すアウトプットの量を $x$ とすると効用は下の式で表せる.

$$V = f(x) - g(x). \quad f(x): \text{満足度} \quad g(x): \text{コスト}$$

最適化を解くと,

$$dV/dx = 0, \quad \text{かつ} \quad f'(x) = g'(x) > 0$$

$$f''(x) < 0 \quad \text{かつ} \quad g''(x) > 0 \quad \text{のとき,} \quad d^2V/dx^2 < 0$$

心理的な刺激は歩行速度の減速を招く可能性がある.

# 一方...

- 火事から避難する場合,

$$d^2 V/dx^2 > 0 \quad \text{となり,}$$

心理的な刺激が大きいほど, 速度が速くなる.

→状況に応じて, 関数の形が変わるため, 感情が歩行速度に与える影響を一概に定めることはできない.

# 感情・密度・空間と歩行速度

- 密度が0.5(人/m<sup>2</sup>)以下の空間では, 歩行速度は自由速度となり, 感情に大きく影響を受ける.

$$R_{D,j}^T = (V_{o,j}^e - V_{D,j}^e) / V_{o,j}^e$$

自由速度 平均速度

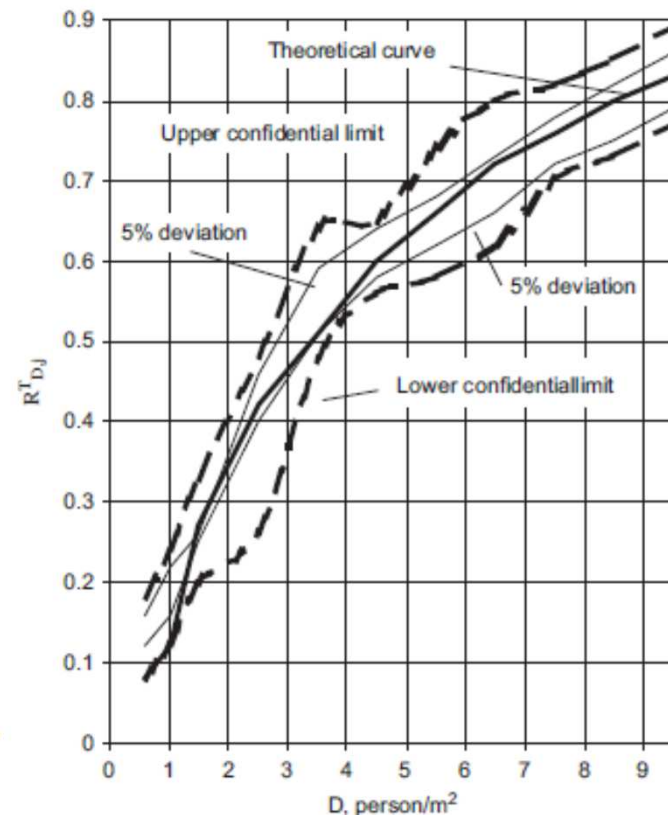
$$R_{D,j}^T = a_j \ln(D_i / D_{o,j})$$

空間に特有の定数

速度に影響を与える  
密度の閾値

Table 1  
Values of  $a_j$  and  $D_o$  for each route type

Route type	$a_j$	$D_o$ (person/m <sup>2</sup> )
Horizontal outdoors	0.407	0.69
Horizontal indoors	0.295	0.51
Door aperture	0.295	0.65
Stair downwards	0.400	0.89
Stair upwards	0.305	0.67



# 心理ストレスと行動

- 密度(0-1人/m<sup>2</sup>)のデータに着目し, 心理ストレスが速度に及ぼす影響を考察する.

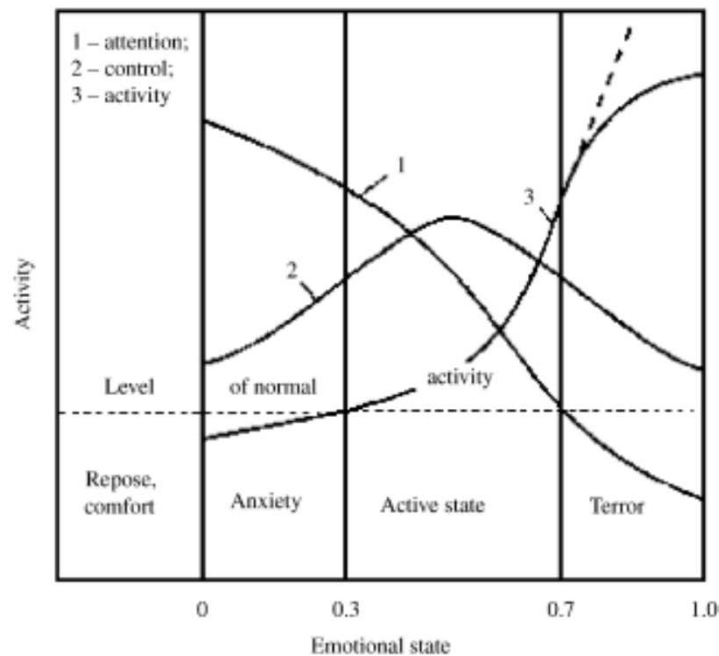
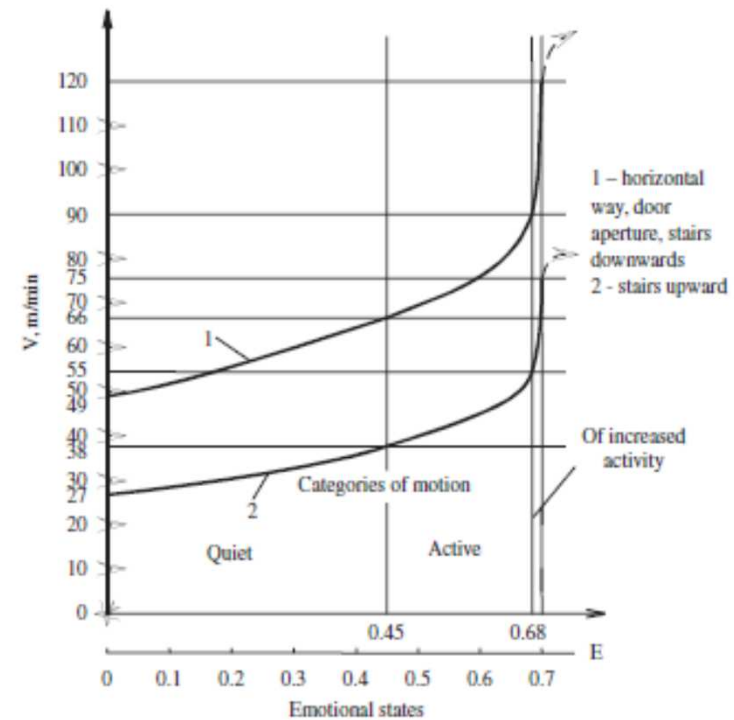


Fig. 6. Relationship between emotional state and activity from [45].



## 5. 心理状態の歩行速度への影響



# 心理ストレスと歩行速度

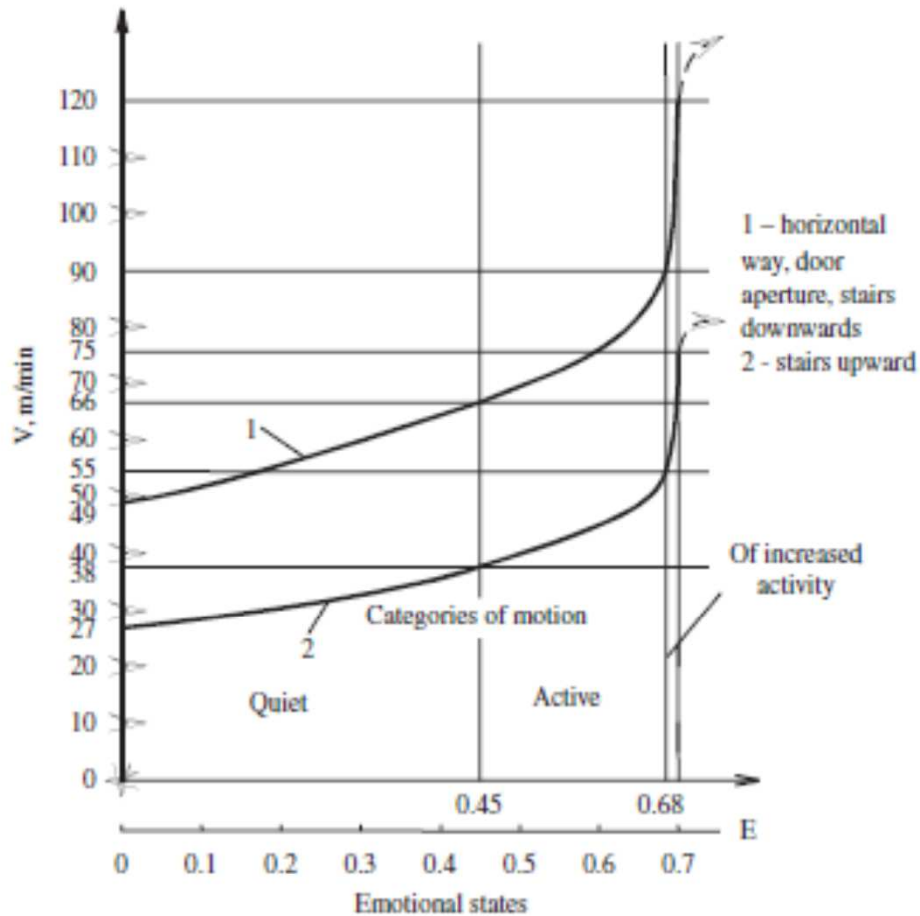
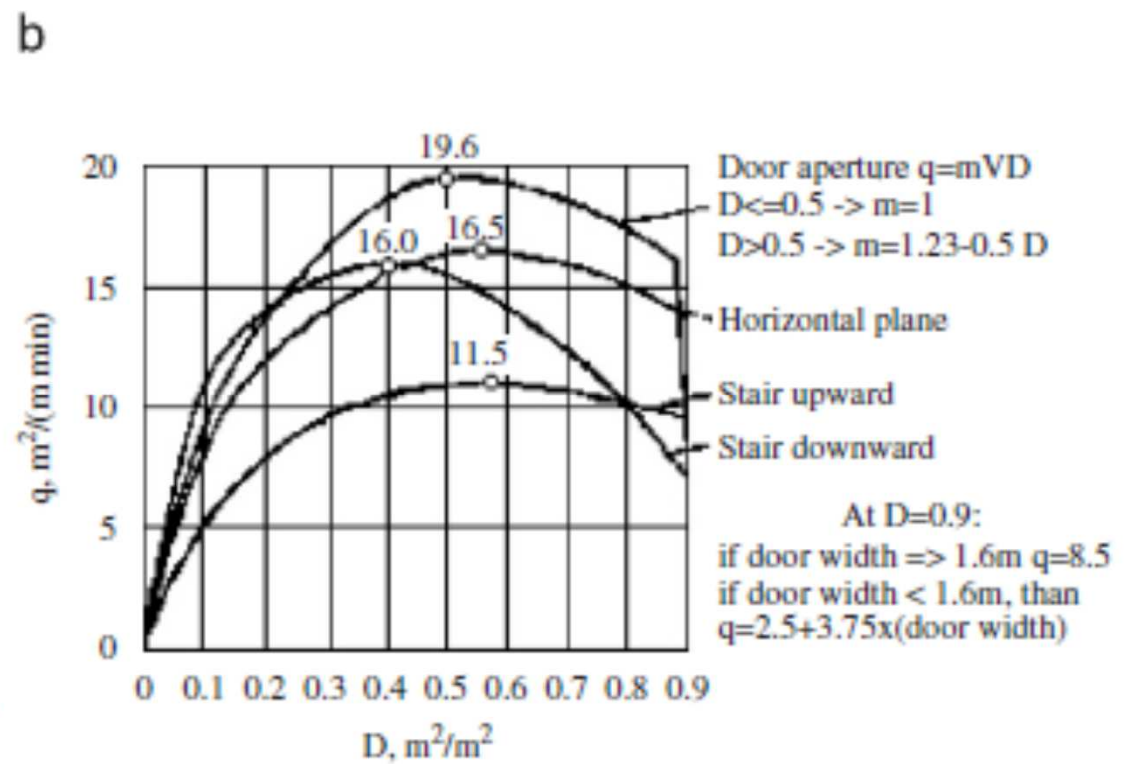
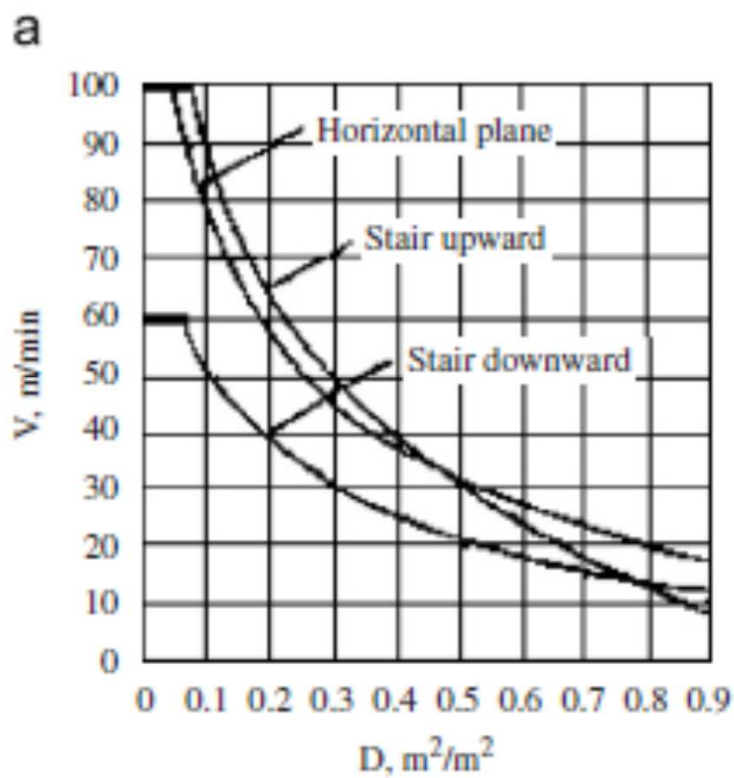


Table 2  
Categories of movement, unimpeded travel speed and emotional state level

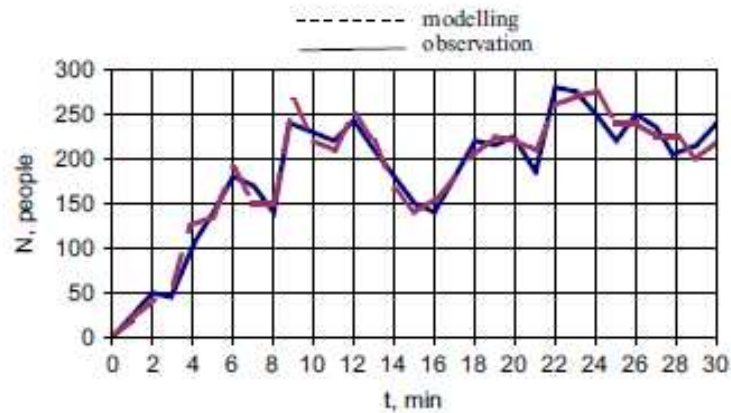
Categories of movement	Level of emotional state	Unimpeded travel speed $\bar{V}_o$ (m/s)	
		Horizontal way, door aperture, stairs downward	Stairs upward
Comfortable	0.00	<0.82	<0.45
Quiet	0.45	0.82-1.10	0.45-0.63
Active	0.68	1.11-1.50	0.64-0.92
Of increased activity	0.70	1.51-2.00	0.93-1.25

## 5. 心理状態の歩行速度への影響

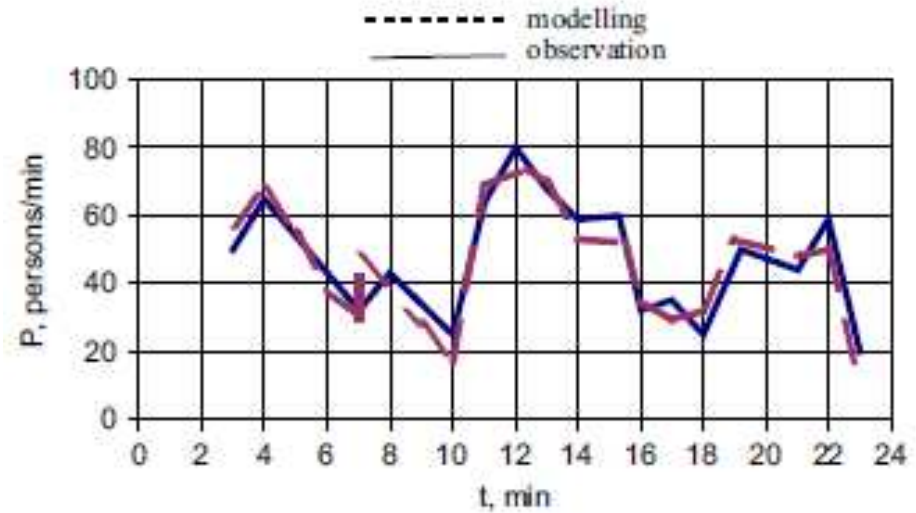


## 6. 歩行者流のモデルと検証

# アルゴリズムの検証



ADLPV



SDLP

---

# 結論

- 速度に影響を及ぼすもの  
— 個人属性  
    × 感情・道路状況・他者
- 心理ストレスが激しいほど，速度は加速する。
- 心理状態を表現するモデルの必要性