

# 電車内における人の乗降立ち位置モデル

藤田 陽子

(東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻 現所属・(勸)鉄道総合技術研究所)  
指導教官 高橋幸雄 教授

## 1. はじめに

本研究は、電車内での乗客を想定して、混雑状況での人の動きをモデル化することにより、人の動きにはどのような要因がどのように影響を及ぼしているのかを考察することが目的である。モデル化に当たっては、なるべくシンプルでパラメータの少ないモデルで乗客の基本行動を再現することを目指し、さらにシミュレーション実験によってモデルでの乗客行動を視覚的に確認する。また、本モデルの応用の一例として、駅において乗降に要する時間と車内密度の関係を導く。

## 2. モデルの概要

本モデルにおける電車内での乗客行動は、乗客が受ける様々な影響に基づいて決定される。これらの影響はポテンシャル関数として表現され、乗客は自分のポテンシャルが小さくなるように立ち振るまう。より具体的には、乗客が受ける様々な影響を、周囲の乗客からの影響、車両の構造による影響、乗降時の影響の三つにまとめ、立ち位置、乗車、降車のそれぞれの場合におけるポテンシャルを数学的にモデル化する。そして、乗客は、基本的には立ち位置モデルに従って自分のいる場所付近で最も居心地の良い場所を探し、車両の外にいるときや車内で空席に向かって移動するときは乗車モデル、降車駅に着いて電車の外へ降りるときや降りる人に押されたときの動きは降車モデルに従うこととする。

研究の過程では、ポテンシャルを決めるであろう様々な要因を検討し、シミュレーションによってその要因を入れたことによる効果を確認しながら、要因の取捨選択を行った。最終的に、三つのモデルにおいて取り上げた要因および手続きをまとめると以下の通りである。

立ち位置モデル：(a)視線、近さ (b)つり革、車両の形状

乗車モデル：(a)視線、近さ (b)車両の形状 (c)車

内・空席へのインセンティブ

降車モデル：(a)近さ (b)車両の形状 (c)車外へのインセンティブ (d)押す・押される動き、横向きの体ですりぬける動き

ここで、(a)は周囲の乗客からの影響、(b)は車両の構造による影響、(c)は乗降時の影響、を決める要因、(d)は取り入れた手続きである。

## 3. シミュレーション実験

### 3.1 乗降立ち位置モデルでの実験結果

ここでは、乗客全員が1回ずつ動くとき、1単位時間経過することとする。図1は四つドアの電車型空間に250人の乗客が乗り込み、立ち位置モデルに従って200単位時間動かししたときの様子である。

空席がある場合は、乗客は乗車モデルに従って自分から最も行きやすい空席へと向かう。すべての空席がうまると、車内の乗客は立ち位置モデルに従って行動し、座席前にいる人は自分の鼻が近い方のつり革に正面を向いて立つ様子となる。また、降車のときには、ドア前空間にいる乗客、座席前空間にいる乗客、開いているドアから遠い方の座席に座っている乗客、開いているドアから近い方の座席に座っている乗客の順に降りる様子を観察することもできた。このような様子は実際と近い乗客行動と考えられるが、一方でホーム部分や座っている乗客の膝などモデル化が不十分な点も挙げられる。

### 3.2 乗降時間と車内密度の関係

シミュレーションを用いて、乗車時間、降車時間を車内密度を変化させて測定した。なお、計算時間を短縮し、測定データの分散をなるべく小さくするため、モデルとして実際の1/4サイズである一つドア、座席が12席の電車型空間を用いて実験を行った。

#### 3.2.1 乗車時間と車内密度

あらかじめ $n_0$ 人乗った状態から立ち位置モデルで50単位時間動かし、その後 $n_1$ 人乗りこむまでにかかる時間を測定した。複数の乗客が同時に乗りこむ方が

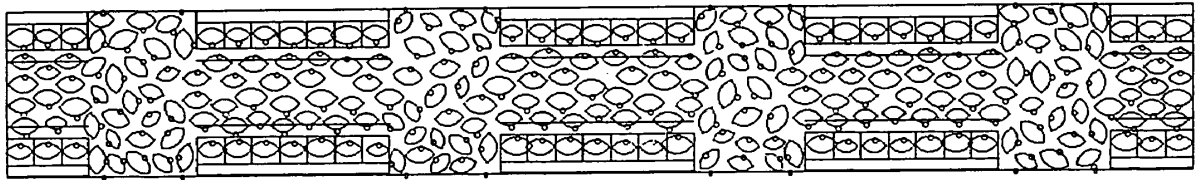


図1 250人の立ち位置の様子

自然なため、一つのドアから同時に2人の乗客が乗りこむこととし、 $n_0=25, 30, 35, 40, 45$ ,  $n_1=2, 5, 10, 15, 20$ のそれぞれの組み合わせ25通りについて、体の大きさを決める乱数のシードを10種類変えて測定し、かかった乗車時間の平均と標準偏差を求めた。乗車人数と平均乗車時間のグラフは図2である。

グラフは車内密度のかかわらず下に凸な形となり、混雑度が増すにつれて、関数の傾きの変化が急になることが観察される。つまり、混んでくると1人の人が乗車するための時間がより多くかかるということが確認できる。

### 3.2.2 降車時間と車内密度

あらかじめ $n_0$ 人乗った状態から立ち位置モデルで50単位時間動かした後、ドア前空間の乗客全員が降車する場合の降車時間を測定した。この実験は、体の大きさを決める乱数のシードを変えて30回行い、平均と標準偏差を求めた。また、同じ初期設定で、ドア前空間にいる乗客の中から降りる人をランダムに $n_1$ 人選び、その降車時間を測定した。ここでの降車時間とは、押されてホームに出た降りない乗客が再び車内に戻るまでとし、 $n_0=45, 50, 55, 60, 65$ ,  $n_1=2, 5, 10, 15, 20$ の25通りの組み合わせについて実験を行った。降りる乗客の選び方により降車時間は大きくばらつくため、ある固定された $n_0, n_1$ について、降りる人の選び方を30通り変えて測定した。これらの実験における降車人数と平均降車時間のグラフが図3である。降車人数がドア前空間の乗車数の約半分するとき最も時間がかかり、それよりも多くても少なくとも降車時間は減少することが読みとれる。これは、少しの人数が奥から降りるときよりも、たくさんの乗客がいっぺんに降りる方が降車がスムーズに行われることを示している。この性質は、経験的には知られていたが、きちんとしたモデルを用いて議論されたのはこれ

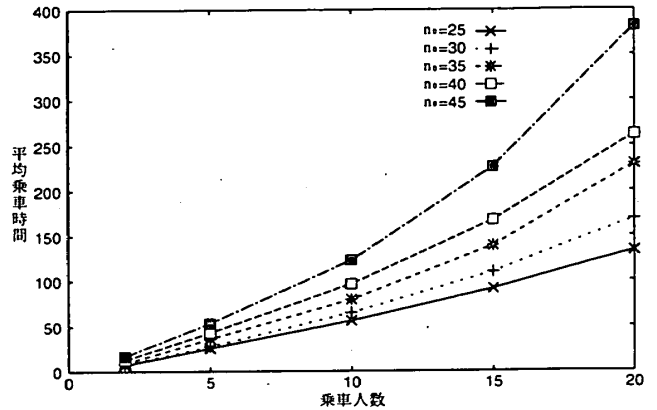


図2 乗車人数と平均乗車時間

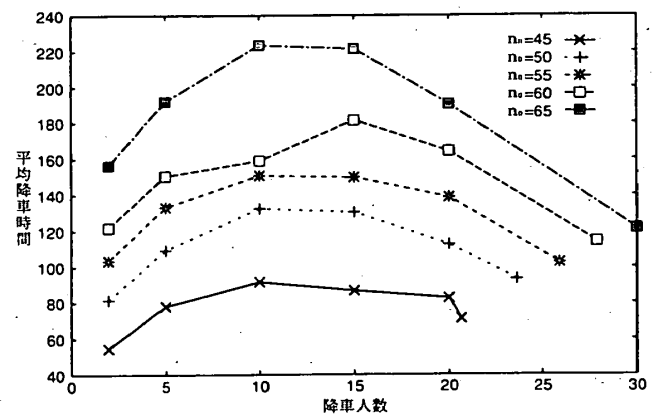


図3 降車人数と平均降車時間

が初めてではないかと思っている。

### 参考文献

- [1] John. J. Fruin 著, 長島正充訳, 歩行者の空間, 鹿島出版会, 1974.
- [2] 波谷昌三, 人と人との快適距離 パーソナル・スペースとは何か, 日本放送出版協会, 1990.
- [3] 富井規雄編, 鉄道システムへのいざない, 共立出版, 2001.