

交通路容積を考慮したコンパクトな建物

01303730 中央大学 田口 東 TAGUCHI AZUMA

1. はじめに

建物や都市のような定められた領域を対象として、人々の間に発生する移動が任意の人の対に対して一定の割合であると仮定し、渋滞なしで通行することができるように、全領域を居住部分と交通路部分に配分する問題を考えた[2]。そして、建物に余裕があって配分に自由度がある場合に、総移動時間を最小にする配分を考え、容量が大きく速度が遅い交通手段（エスカレータ）と、容量が小さく速度が早い交通手段（エレベータ）がどのように選択されるかという問題を考えた[3]。本報告では、上記の問題の解である建物に対して、居住部分の任意の2点間の移動時間の分布を計算した結果を報告する。

2. 建物内の交通量とエレベータ通路面積

建物の各階の床を $S_i (i=1, \dots, n)$ 、居住領域を D 、 D 内の人口密度 ρ とする。床は正方形であるとする。 D 内の任意の人の対 (P, Q) に対して、単位時間内に一方が他方へ移動する割合を b とする。そして、 P から Q への経路を $R(P, Q)$ とする。 $R(P, Q)$ は、 P および Q がいる階の廊下の移動と、 P の階から Q の階までのエレベータ（またはエスカレータのどちらか一方で途中で乗り換えしない）を使う移動、からなる。ここで、水平方向には床の辺と平行に移動して1回だけ左折するものとし、垂直方向に移動するには、建物の中心に行かなければならないものとする。

時間 経路 $R(P, Q)$ に沿った線素を dl とし、経路上の点 l における単位長さあたりの移動時間を $t(l)$ とすると、移動時間は $\int_{R(P, Q)} t(l) dl$ と表され、建物内で移動に要する時間の和は $\iint_{\{P, Q \in D\}} b \int_{R(P, Q)} t(l) dl dP dQ$ と表される。

容量 図1に示すように、廊下の幅の単位長さあたり単位時間に通過できる人数の上限を c_{co} とすると、1人が水平に移動するためにはその経路に沿って幅 $1/c_{co}$ の廊下を用意しなければならない。また、垂直移動設備の単位床面積に対する交通容量を c_{vt} とすると、1人が通過する途中の各階において、 $1/c_{vt}$ の交通路面積を用意しなければならない。

各階 S_i で利用されている床面積は、廊下、垂直移動、居住、を合わせて(3)のように表される。建物に収容する人口を Pop とすると、総移動時間を最小化する問題は以下のように定式化される。

$$(1) \min_D \iint_{\{P, Q \in D\}} b \left\{ \int_{R(P, Q) \cap S_p} t(l) dl + \int_{R(P, Q) \cap \text{vertical}} t(l) dl + \int_{R(P, Q) \cap S_q} t(l) dl \right\} dP dQ$$

制約条件

$$(2) \sum_{i=1}^n \int_{S_i \cap D} \frac{1}{\rho} dP = Pop$$

$$(3) \iint_{\substack{\{P, Q \in D\} \\ R(P, Q) \cap S_i \neq \emptyset}} \frac{b}{c_{vt}} dP dQ + \iint_{\{P, Q \in D\}} \int_{R(P, Q) \cap S_i} \frac{b}{c_{co}} dl dP dQ + \int_{S_i \cap D} \frac{1}{\rho} dP \leq S_i \quad (i=1, \dots, n)$$

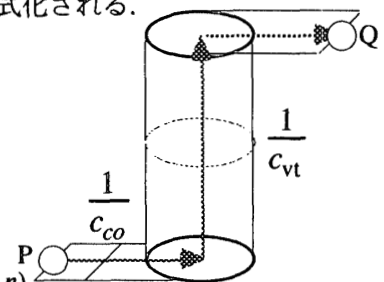


図1 移動経路と交通路の容量

エレベータとエスカレータのある建物を考えるには、階差が d のときにエレベータを利用する割合を $r(d)$ 、エスカレータを利用する割合を $1-r(d)$ とし、 $r(d)$ を変数として上の問題に導入すればよい。

建物内の居住領域と交通路が求められれば、居住領域内の2点間の時間距離分布を点間の時間距離が $[t, t+dt]$ である点対の量を計算することによって求めることができる[1]。

3. 計算例

速度、交通容量を以下のように定め、人口10000人、 $b=0.0001$ 、 $\rho=0.125$ として計算した例を示す。

廊下 歩行速度 分速80m
交通容量 幅1mあたり20人/分 ($c_{co} = 20$)

ここで、各階ごとに水平移動距離は、利用床面積の平方根 \bar{L}_i を使って、垂直方向通路までは $0.5 \bar{L}_i$ 、同じ階の2点間は $2/3 \bar{L}_i$ とした。ただし \bar{L}_i は決定変数の関数である。

| | | |
|--------|------|---|
| エレベータ | 通過速度 | 待ち時間2分, 分速200m, 1階を通過するのに0.02分 |
| | 交通容量 | 専有面積を0.25m ² /人, 4分に1回くるとして1人/m ² /分 ($c_{ev} = 1$) |
| エスカレータ | 通過速度 | 分速20m, 1階(エスカレータ長さ8m)を通過するのに0.4分 |
| | 交通容量 | 幅1.2mあたり80人/分, エスカレータの床投影面積8m ² ($c_{es} = 80/8 = 10$) |

時間距離分布を、 $S=2000\sim 2500$ と $3000\sim 20000$ に分けてそれぞれ図2, 3に示す。同じ階の徒歩(walk), エスカレータ(escalator), エレベータ(elevator), それぞれによる移動がカバーするおおよその範囲を矢印で示してある。図2は、床面積が小さくて垂直移動には主としてエスカレータが使われる場合である。床面積が増えるにしたがって、移動時間の長い部分が、グラフ上でピーク状に見えるエレベータ移動に置き換わることがわかる。図3は、床面積が広く遠い階間の移動はエレベータを用い、近い階間の移動にはエスカレータを用いることができる場合である。 $S=20000$ は床面積が制約条件とはならない場合であり、10階建てで徒歩とエスカレータによる移動が主である。図3のいずれのケースも平均移動時間はほぼ同じ値となっている。

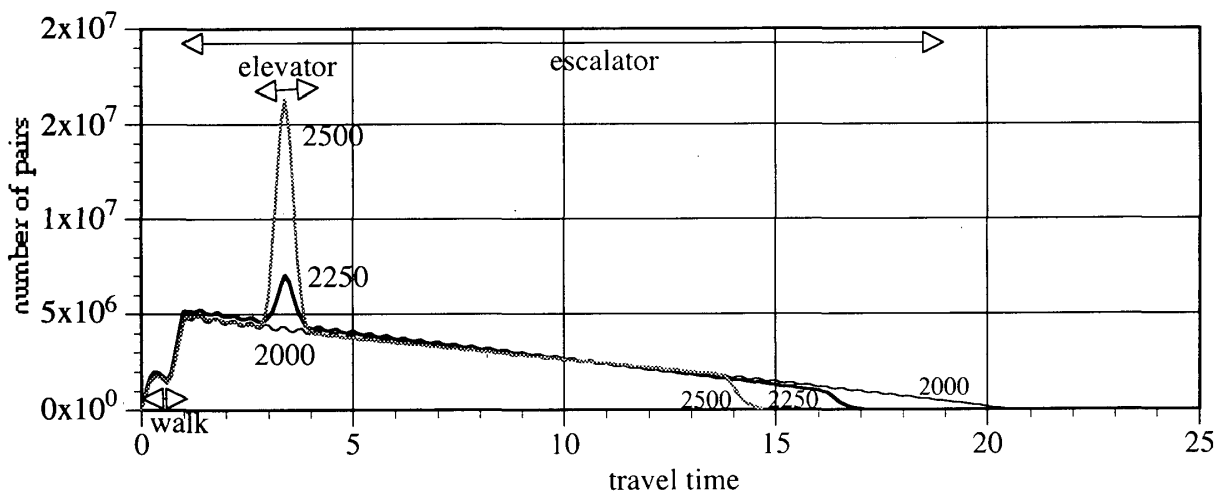


図2 建物の2点間の時間距離の分布. $S=2000\sim 2500$

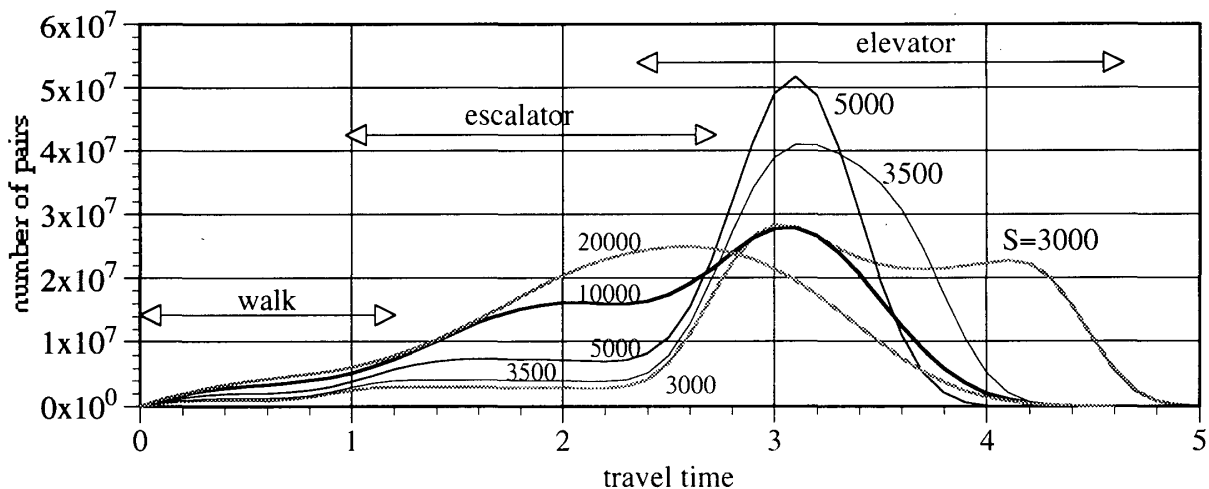


図3 各階ごとの床面積の配分. $S=3000\sim 20000$

参考文献

- [1] 腰塚武志：都市域の流動に関する理論的考察. 日本都市計画学会学術研究論文集27号, pp.343-348
- [2] 田口 東：大規模超高層ビルにおける内々交通とエレベータ通路, JORSJ, Vol.37, No.3, pp.232-242(1994).
- [3] 田口 東：総移動時間を最小にする建物の通路と居住領域の配分, 日本OR学会1998年度秋期研究発表アブストラクト集, 2B7