

## 総移動時間を最小にする建物の通路と居住領域の配分

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通路部分に配分する問題を考えた[2]。その解は、円滑な交通が実現される最大の人口の場合を与える。しかし、移動時間に関しては、円滑な交通が実現される交通容量を与えるという間接的な形でしか考慮していない。一方、同じ様に一定領域内の移動を考えて、総移動時間を最小とする居住分布を求めるという問題が論じられている[1]。しかし、そこでは交通に必要な面積は考えられていない。

本報告では、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よう配分を定める問題、また、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）がある場合に、それらがどのように選択されるかという問題を考える。

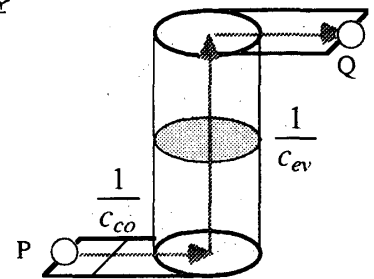
### 2. 建物内の交通量とエレベータ通路面積

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  $\rho$ 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えない）を使う移動、からなる。

**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、エレベータ（エスカレータ）の単位床面積に対する交通容量を  $c_{ev}$  ( $c_{es}$ )とすると、1人が通過する途中の各階において、 $1/c_{ev}$ のエレベータ面積（ $1/c_{es}$ のエスカレータ面積）を用意しなければならない。

簡単のために上下の移動にはエレベータしか用いないとすると、各階  $S_i$ で利用されている床面積は、廊下、エレベータ、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。



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

制約条件

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

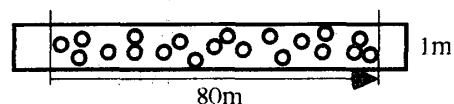
$$(3) \iint_{\substack{P, Q \in D \\ R(P, Q) \cap S_i \neq \emptyset}} \frac{b}{c_{ev}} dP dQ + \iint_{P, Q \in D} \int_{R(P, Q) \cap S_i} \frac{b}{c_{co}} dl dP dQ + \int_{S_i \cap D} \frac{1}{\rho} dP \leq S_i \quad (i=1, \dots, n)$$

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。

### 3. 計算例

速度、交通容量を以下のように定め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、廊下を含む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  $\bar{L}_i$ 、同じ階の2点間は  $2\bar{L}_i$  とした。

**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<sup>2</sup>/人，4分に1回くるとして1人/m<sup>2</sup>/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<sup>2</sup>，  
 $c_{es} = 80/8 = 10$

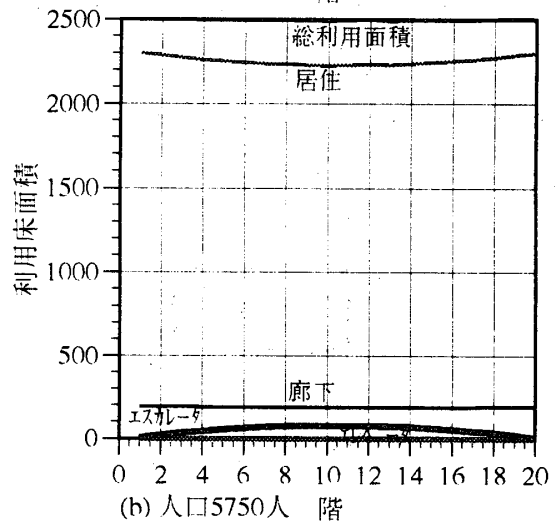
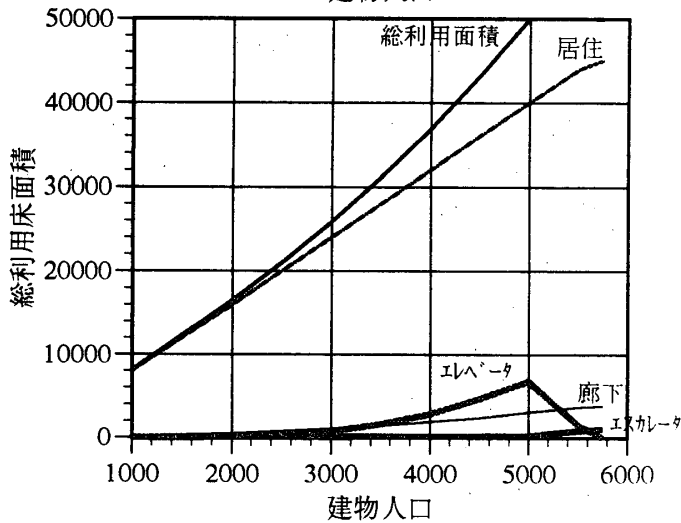
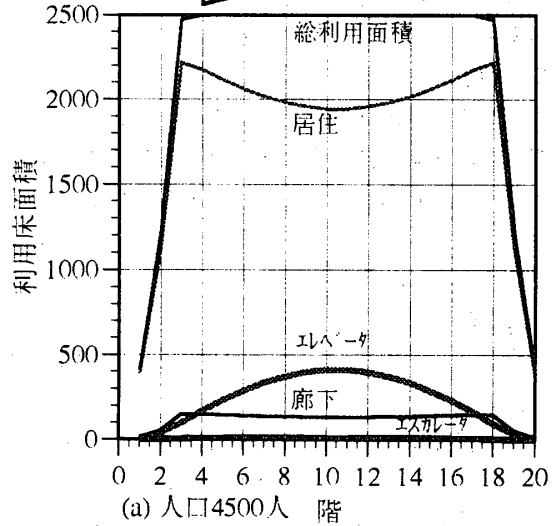
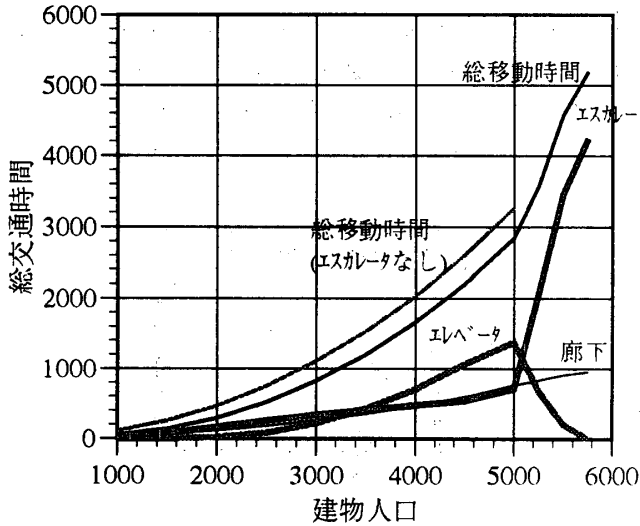
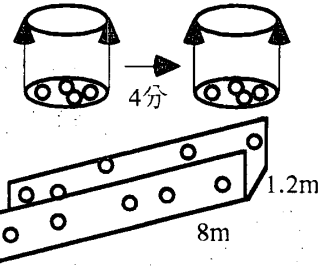


図2 総移動時間と利用床面積

図3 各階ごとの床面積の配分

図2に建物の人口を変えたときの、各交通手段による総移動時間と総利用床面積を示す。エスカレータを加えることによって総移動時間が短縮されること、また、人口が多くなると、エレベータの代替となり居住面積を増やしていることが分かる。図3は各階ごとの利用床面積の配分を (a) 建物にやや余裕がある場合、(b) 収容できる人口がほぼ最大の場合、に対して表したものである。後者ではエレベータを設置することはできず、移動時間がかなり長くなっている。

**参考文献**

- [1] 腰塚武志：建物内の移動距離からみた低層建物と高層建物との比較，1996年度第31回日本都市計画学会 学術研究論文集，pp.31-36.
- [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).