

急行エレベータの評価 移動時間と交通面積

01303730 中央大学 田口 東 TAGUCHI AZUMA

01102840 筑波大学 腰塚武志 KOSHIZUKA Takeshi

1. はじめに

筆者[2]は人の対が互いに行き来するという交通を仮定し、与えられた人口  $P$  を収容するための居住領域とそれらの対による交通量に応じた交通領域からなる建物を、総移動時間が最小となるように定める問題を導いた。水平移動には廊下、垂直移動にはエレベータとエスカレータが利用され、それぞれ交通容量と速度が与えられている。実現される建物には交通路の床面積と総移動時間という二つの評価指標がある。いずれも小さい方が望ましいが、低速な交通手段を用いて距離的に近接して住むか、高速の交通手段を用いて離れて住むか、という二つの方向があり、その間にトレードオフが生ずる。ここではこの手法を現実的な施設に適用することを試みる。対象としたのは次の二つであり、紙面に限られているので(1)について述べる。

(1)スカイロビーと呼ばれる特定の階に直行する急行エレベータとスカイロビー間を運行する普通エレベータとからなるエレベータシステムを、移動時間と交通面積の面から比較する。

(2)新宿高層地区における移動時間調査に基づいて、建物の分散と集中の得失を評価する。

2. 建物内の交通手段と移動時間最小化問題

建物は直方体で、各階の床は面積  $S$  の正方形であり、居住領域、廊下、エレベータ、エスカレータ、残りの部分に分けられる。建物の階数を  $N$ 、 $i$  階の居住領域の面積を  $x_i$ 、居住領域の人口密度を  $\rho$  とする。建物内の人口を  $P_m$ 、建物の外にいて建物内の人と行き来する人口を  $P_{out}$  とする。

交通需要に比べてエレベータの台数が少ないために待ち時間や移動時間が長くなるのがしばしばある。これを、エレベータの台数と待ち時間の間に簡単な関係を導入することによって表現しよう。図1に示すようにある階を受け持つエレベータが複数台あり、それぞれ巡回するような運行をしていて、一定時間内にその内の1台が客を乗せていくものとする。もしエレベータの台数が  $q$  ( $q \leq 1$ ) 倍に減少したとすると、待ち時間は  $1/q$  倍に増加する。一方、客の積み残しがないと仮定すれば、エレベータ単位面積あたりの輸送人数は  $1/q$  倍に増加する。この関係は、現実の建物を想定し、床面積が狭く建物高さの上限がある場合に、交通サービスのレベルを落として建物を実現していることを確認するのに都合がよい。

各交通施設を利用したときの移動時間と交通面積を次のように定める。廊下の歩行速度を  $v_{cor}$ 、断面交通容量を  $c_{cor}$  とし、エレベータの待ち時間を  $w$ 、1階通過時間を  $1/v_{ev}$ 、縦方向断面交通容量を  $c_{elv}$  と表す。このとき建物の床面積の利用を定める問題は、次のように定式化できる。 $k$  階の床面積の制約条件と総移動時間の最小化は次式のように表される

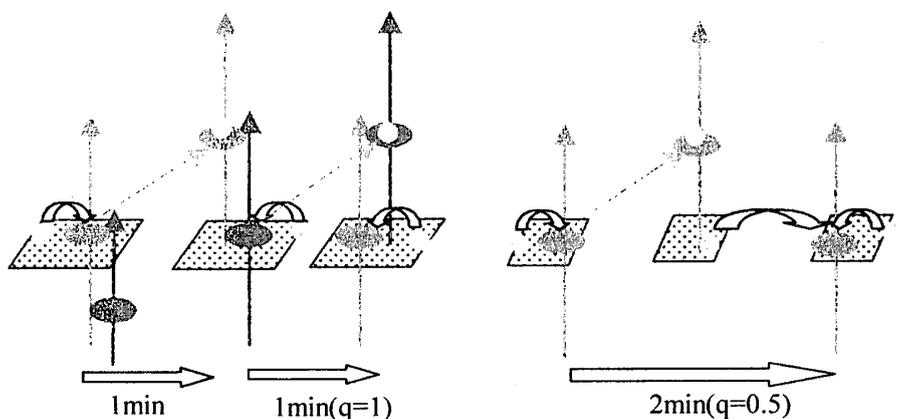


図1 エレベータの台数と到着頻度

$$f_k = x_k + \frac{\sqrt{f_k}}{c_{cor}} \left\{ \frac{1}{3} b(\rho x_k)^2 + \frac{1}{2} b(\rho x_k)(P - \rho x_k) \right\} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=k, j \neq i}^N \left\{ \frac{r(|j-i|)}{c_{elv}/q} + \frac{1-r(|j-i|)}{c_{esc}} \right\} b \rho^2 x_i x_j$$

$$+ \sum_{j=k, j \neq 1}^N \left\{ \frac{qr(|j-1|)}{c_{elv}/q} + \frac{1-r(|j-1|)}{c_{esc}} \right\} b P_{out} \rho x_j \leq S \quad k = 1, \dots, N$$

$$\min_{x_i, r, q} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left\{ r(j-i) \times \left( \frac{w}{q} + \frac{j-1}{v_{eh}} \right) + (1-r)(j-i) \times \frac{j-1}{v_{esc}} \right\} b\rho^2 x_i x_j + \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{1}{3} \frac{\sqrt{f_i}}{v_{cor}} b(\rho x_i)^2 + \frac{1}{2} \frac{\sqrt{f_i}}{v_{cor}} b(P-x_i)\rho x_i \right\} \\ + \sum_{j=2}^N \left\{ r(j-1) \times \left( \frac{w}{q} + \frac{j-1}{v_{eh}} \right) + (1-r)(j-1) \times \frac{j-1}{v_{esc}} \right\} bP_{out}\rho x_j$$

### 3. 計算の対象とした建物のモデル化と計算結果

エレベータの待ち時間、速度、容量は、運行状況が一定していないために、適切な値を確定するのは難しい。対象としたワールドトレードセンター(ニューヨーク)を例として使用した値を説明する。この建物の高層部分はツインタワーで110階あり、オフィス人口は約50000人である。急行エレベータの停まる階は44階と71階で、23台の急行エレベータと3区画合わせて72台の普通エレベータがある。1階から最上階まで急行エレベータで約1分かかる。高層基準階の床面積は61m×61m、総床面積の約75%が居住者用に利用されている。基準階のエレベータ面積は待つ面積も含めて約970m<sup>2</sup>である。

待ち時間は標準的な目標値30秒とした。容量cは、出勤時間帯のような定まった時間幅に建物の全員が自らのオフィスに入るのに必要十分な輸送能力が備わっていると仮定し、実際の建物のエレベータ通路面積と収容人数のデータおよび交通モデルを用いた解析[1]から、上記の時間幅あたり30人/m<sup>2</sup>という値が得られている。ここで、時間幅を30分とすると、c=1を得る。エレベータのかごの快適な密度を1m<sup>2</sup>あたり5~6人、一つの階を受け持つエレベータの台数を5~6台とすると、この値は妥当な値である。普通エレベータに対しては各階の待ち面積を含めてc=0.5を採用した。普通エレベータの速度は(2)の測定結果による1階通過0.04分とし、急行エレベータの速度は1階通過0.01分とした。

交通が建物の内と外との間で行われる場合の結果を、図2に建物のプロポーション、図3に移動時間分布を示す。急行エレベータが有効であることが分かる。スカイロビー階を変化させたときの平均移動時間の等高線を図4に示す。実現されている階がほぼ最小値を与えている。一方、内々交通が1/2内外交通が1/2のときの移動時間分布は時間が長い方に裾を引いており、エレベータの乗り換えが負担となる。

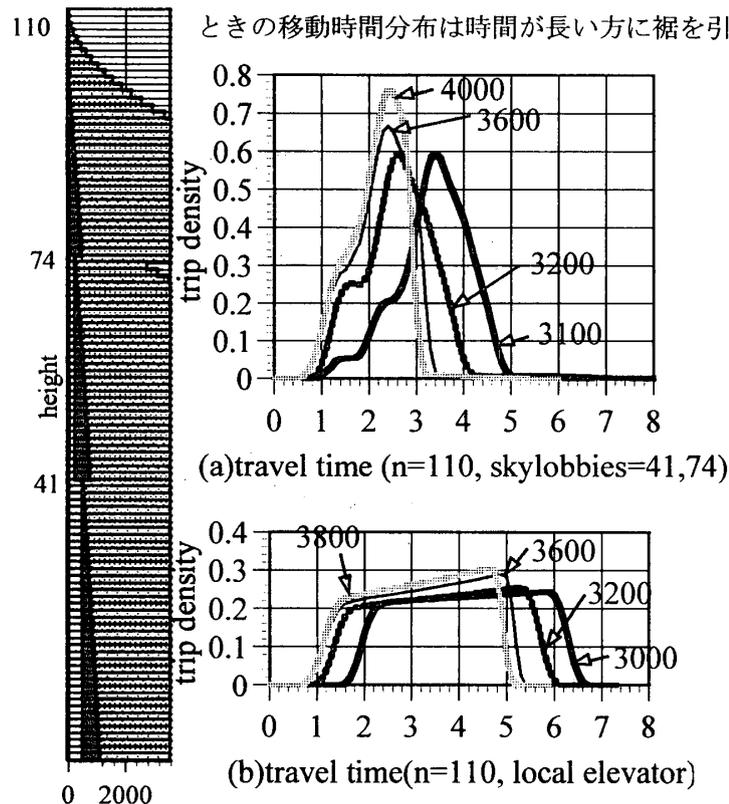
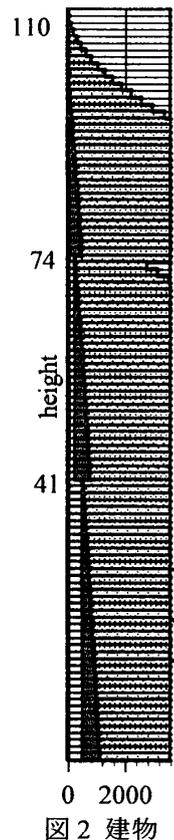


図3 移動時間分布



参考文献 [1]奥平耕造:都市工学読本. 彰国社, 1976.  
[2]田口 東:交通路容積を考慮したコンパクトな建物. 日本 OR 学会 1999 年度春期研究発表会, 1E9, 102-103

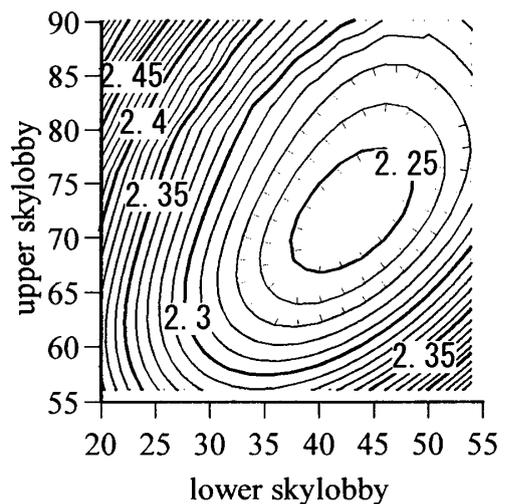


図4 スカイロビーを変化させたときの平均移動時間