

複数の組織を収容する建物における交通路と居住面積分布

01303730 中央大学 田口 東 TAGUCHI AZUMA

1. はじめに

筆者は、限られた領域の中に人が居住し、その人々が互に行き来するという交通を考え、それが円滑に通行できる必要十分な交通路を確保するように、与えられた領域を居住領域と交通路を配分する問題を考えた。ここでは、領域を建物として、対象とする人の間に一様に交通が発生するという仮定を少しゆるくした問題を考える。現実の建物を想定すると、建物をいくつかの区域に分けて利用形態を定め、区域内、区域間に対して異なる交通発生率を与えることが考えられる。しかしこの設定の問題は、シミュレーションモデルを用いて検討する方が適切であると考えられる。配分計画モデルとしての特長を生かすように、二つの異なる集団をひとつの建物に収容し、それぞれの集団内と、集団間とで交通発生率が異なる場合に、居住領域と交通路をどのように配置すればよいかという問題を考えよう。複数の組織を同一の建物に収容する場合（合同庁舎）などが例として考えられる。

2. 建物内の交通手段と移動時間最小化問題

建物は直方体とし、階数を N 、床面積を S 、居住領域の人口密度を ρ とする。建物内に収容する集団を A 、 B 、それぞれの人口を P_a, P_b 、建物の外にいて移動の対象となる人口を P_{out} とする。 A 内および B 内の任意の対間に行き来が発生する確率を単位時間あたり b_a および b_b 、一方を A 、他方を B とする対間の交通発生率を b_{ab} 、一方を A または B 、他方を P_{out} とする対間の交通発生率を b_{oa} または b_{ob} とする。

各階 $k (k=1, \dots, N)$ における A の居住面積を x_k 、 B の居住面積を y_k とし、解くべき問題の変数とする。建物内の移動は、縦方向にはエレベータ、同一階の水平移動には廊下を用いる。階 k を通過する縦方向の交通は、階 k の下にいる人と階 k の上にいる人の対間の移動であり、水平方向の交通は、同一階にいる人の対間の移動と、エレベータに乗りするための移動からなる。

各階の利用床面積は居住領域とエレベータ面積との和であり、後者はその階を通過する交通量をエレベータ断面交通容量 c_{elv} で除したものとなる。利用可能面積の上限が S であることから、次の制約条件を得る。

$$S \geq f_k = x_k + y_k + \frac{\rho^2}{c_{elv}} \sum_{i=1}^k \sum_{j=k, j \neq i}^N (b_a x_i x_j + b_b y_i y_j + b_{ab} (x_i y_j + y_i x_j)) + P_{out} \frac{\rho}{c_{elv}} \sum_{j=k}^N (b_{oa} x_j + b_{ob} y_j) \quad k=1, \dots, N$$

また、収容人口に関する制約条件は次のように表される。

$$P_a = \rho \sum_{i=1}^N x_i, \quad P_b = \rho \sum_{i=1}^N y_i$$

上記の制約条件を満たす居住領域分布の中で総移動時間が最小となるものを求める。エレベータの待ち時間を w 、1階通過時間を $1/v_{elv}$ とし、廊下の歩行速度を v_{cor} とする。水平移動距離は、利用床面積 f_i に等しい面積の正方形における2点間距離の期待値を用いることとして、同じ階の対間の移動距離を $2/3\sqrt{f_i}$ 、エレベータ乗車のための移動距離を $1/2\sqrt{f_i}$ とする。総移動時間の最小化は次のように表される。

$$\min_{\{x_k\}, \{y_k\}} \rho^2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left(w + \frac{j-i}{v_{elv}} + \frac{1}{2} \frac{\sqrt{f_i} + \sqrt{f_j}}{v_{cor}} \right) (b_a x_i x_j + b_b y_i y_j + b_{ab} (x_i y_j + y_i x_j)) \\ + P_{out} \rho \sum_{i=2}^N \left(\frac{w}{q} + \frac{i-1}{v_{elv}} + \frac{1}{2} \frac{\sqrt{f_i} + \sqrt{f_1}}{v_{cor}} \right) (b_{oa} x_i + b_{ob} y_i) + \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{1}{3} \frac{\sqrt{f_i}}{v_{cor}} (b_a x_i^2 + b_b y_i^2 + 2b_{ab} x_i y_i) \right\}$$

3. 計算例

$S = 2000m^2$ 、 $P_a = P_b = P_{out} = 4000$ 人、建物の高さを十分高くとして計算を行い、利用されている階数を N

とした。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^2 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 $1m^2$ 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。各階の待ち面積を含めて $c=0.5$ を採用した。エレベータの速度は 1 階通過 0.033 分とした。

まず A と B それぞれが、内部および外部との間の交通発生率が等しい場合 ($b_a = b_b, b_{oa} = b_{ob}$) を考えよう。図 1 に (a) $b_a > b_{ab}$ の場合、(b) $b_a < b_{ab}$ の場合を示す。集団内の行き来が、集団間の行き来よりも大きい場合には居住領域は上下に分離し、逆の場合には同じ階の床を分け合うという非常に自然な結果が得られている。前者では同じ建物に収容したことによる利点はない。

つぎに、 B 内の交通発生率を小さくする。図 2(a) の $b_a > b_b = b_{ab}$ の場合には、 A と B はほぼ分離し、行き来の多い A がまとまった良い領域を占有する。図 2(b) のように AB 間の行き来を大きくして $b_a = b_b > b_{ab}$ とし、 $b_{oa} = b_{ob}$ を大きくしていくと、同じ階の床を分け合いながら、 A が良い領域を占有する様子がよくわかる。

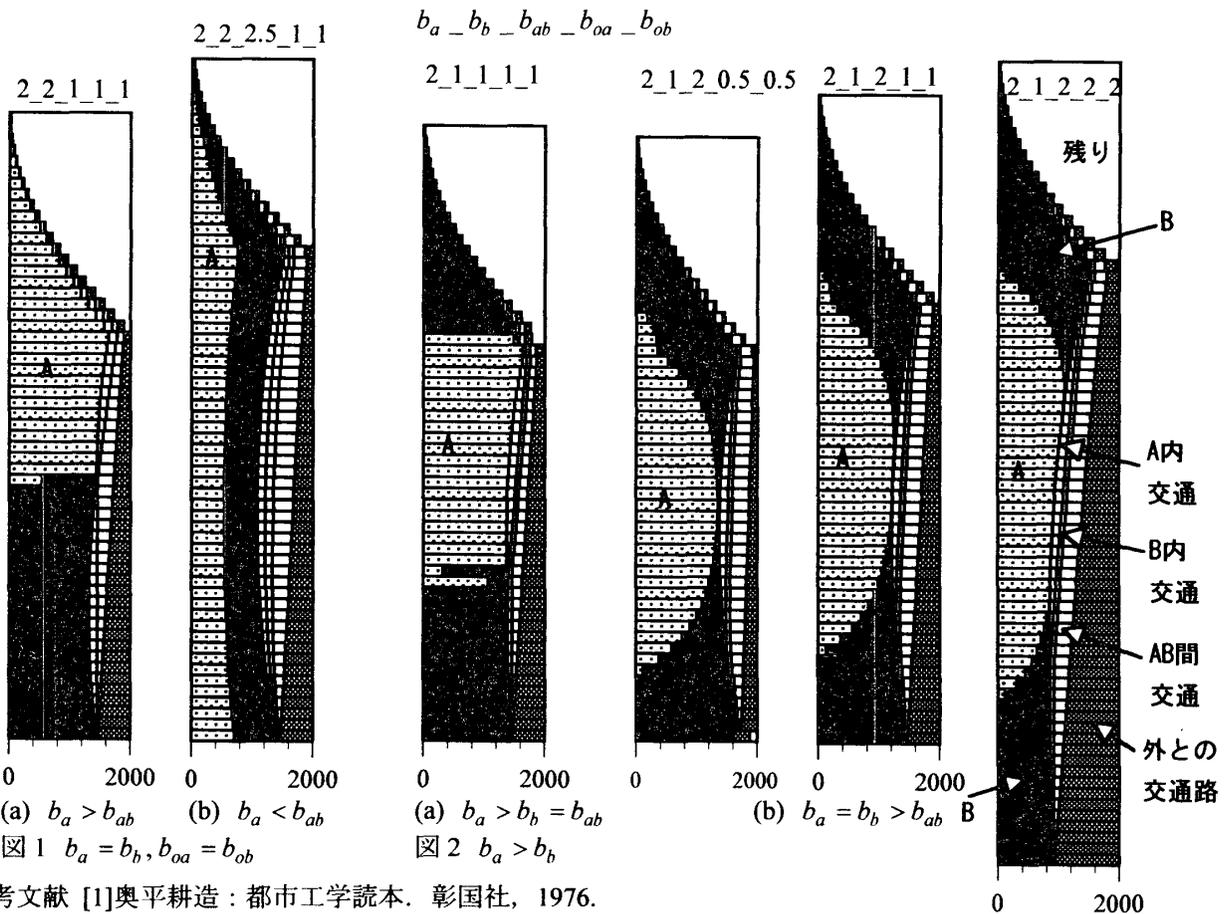


図 1 $b_a = b_b, b_{oa} = b_{ob}$

図 2 $b_a > b_b$

参考文献 [1]奥平耕造：都市工学読本。彰国社，1976。
 [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。Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol.37, No.3, pp.232-242
 [3]田口 東：都市空間の道路と住居への配分。Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol.38, No.4, pp.398-408, 1995
 [4]田口 東：超高層ビルにおける都市型交通とエレベータ通路。Journal of the Operations Research Society of Japan, Vol.40, No.4, pp.536~545, 1997。
 [5]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