

高層ビルの交通とエレベータ

田口 東

1. はじめに

高い場所、高い建築物に対する人のあこがれは、古くは旧約聖書にバベルの塔の話として現れており、ヨーロッパのキリスト教寺院の塔、東洋の仏教寺院の五重塔のような宗教施設において実現されている。また、専制的な権力を持った王侯貴族によって、その権力を象徴するように城に高い塔が建てられ、日本では天守閣が建てられた。これらは、後世の建築物のように、日常の居住や活動に用いられる実用的なものではないが、一方、現代の超高層建物も、建築技術や所有する組織の力を表し、しばしば観光にも供されることを考えると、昔からのあこがれの実現という面も持っているに違いない。

さて、現代になって、オフィス、ショッピング、居住といった日常的な用途のために高層建物が建てられるようになった。歴史的な超高層建物の代表は、1931年に完成したニューヨークのエンパイアステートビルであろう。日本でも1967年に東京に霞ヶ関ビルが建てられたのをはじめとして、大都市の各所に超高層建物が建てられている。建物を高層にすることの大きなメリットは、限られた敷地の有効利用であると言われている。すなわち、同じ容積の建物であれば、上へ高く積むことによって、床面積を小さくすることができる。これによって敷地面積をせばめることができるし、また、敷地が十分ある場合には建物の周囲に余裕をもたせることができる。

その一方では、建物を建てることに関する技術的な問題をはじめとして、建物内の人が快適に過ごすために解決しなければならない様々な問題がある。これらの問題の中で、ここでは、通勤時に発生する建物内の移動を考えよう。大きな建物を訪問した経験があれば容易にわかるように、水平方向は徒歩によって簡単に移動することができるが、上下方向にはどうしてもエレベータを使わなければならない。待ち時間を短くするために、カゴを高速に移動させる技術や、手の込んだロジックを組み込んだコンピュータ制御技術が取り

入れられているが、なんといっても需要に答えることができるだけのエレベータが配置されていなければ、長い待ち時間が生ずることは避けられない。図1は高層建物のエレベータ運行図を[2]に掲載された図を参考にして描いたものである。大雑把に言って、下の階ほど通っているエレベータが多いことに気づいてほしい。以下では、このことを簡単なモデルで説明しよう。

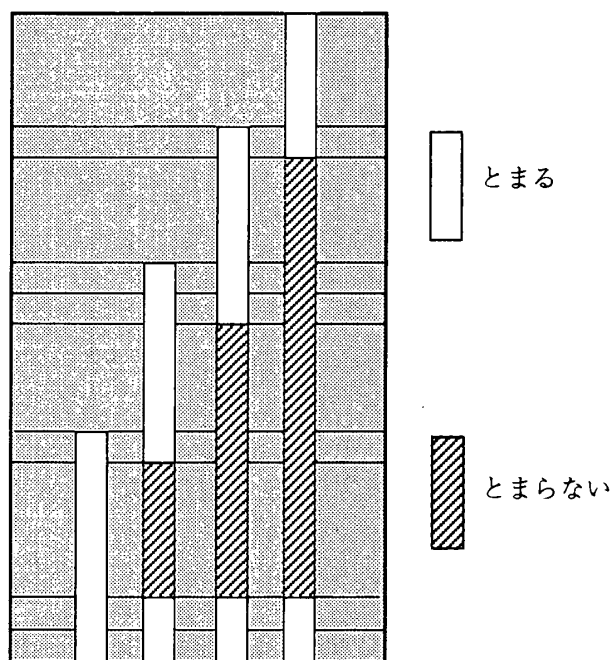


図1 高層建物のエレベータ運行の例

2. 交通量とエレベータ通路面積

50階建ての建物を建てよう。1階を除く地上のすべての階をオフィスに使い、どの階にも200人分の席があるものとしよう。そして、ひとりの人がいるのに必要なスペースを 8m^2 とする。

さて、朝の通勤時間帯8時から9時の間に、ビルの全員が出勤してきて、1階からエレベータを利用して各自のオフィスのある階まで向かう。エレベータの通路面積を 1m^2 取ることによって、1時間あたり10人運ぶことができるものとし、各階間ごとにエレベータ通路面積は異なってもよいものとしよう。このような条件の下で、各階間ごとに通過する交通量に応じて通路面積を用意するとすると、それはどのようなことになる

のであろうか。

下の階から考えていこう。1階から2階の間で必要なエレベータ通路面積は、2階から50階までの建物内のすべての人がそこを通過するので、

$$E_2 = \frac{(50-1) \times 200}{10}$$

である。2階から3階の間で必要なエレベータ通路面積は、2階で人が降りた分少なくなって

$$E_3 = \frac{(50-2) \times 200}{10}$$

である。以下同様に考えると、 $k-1$ 階から k 階の間のエレベータ面積は

$$E_k = \frac{(50-k+1) \times 200}{10}$$

である。人がいるスペースとエレベータ通路だけで各階の床が構成されるとすると、 k 階の床面積は

$$S_k = \frac{(50-k+1) \times 200}{10} + 8 \times 200$$

で与えられる。各階ごとの面積を図に表すと図2のようになる。下の階ほど広い通路が必要であることがよくわかる。

3. オフィスとエレベータ通路の配分

つぎに、現実に近い場合を想定して、図3のように各階の床面積 S が同一であるモデルを考えよう。また、エレベータの通路面積を 1m^2 取ることによって、1時間あたり運ぶことができる人数を記号 c で表わす。

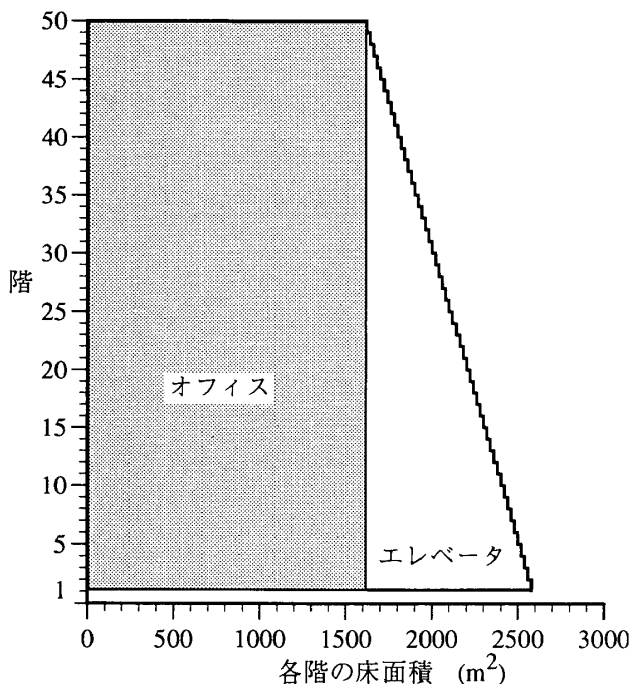


図2 各階に 1600m^2 のオフィスがある建物のエレベータ通路面積

ここでも下の階ほど広い通路面積が必要であるという事情は同じなので、そのような階では人を少ししか収容できないことになる。言い換えると、各階に何人いられるかは、床面積のエレベータ通路とオフィスへの配分を考える問題を解いてみないとわからないことになる。

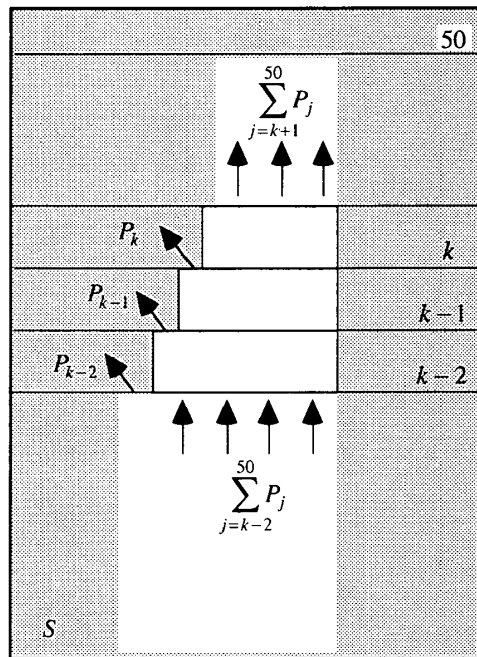


図3 エレベータ通路とそこを通過する人

そこで k 階に収容できる人数を変数 P_k と表わすことにしよう。このとき、 $k-1$ 階と k 階の間のエレベータ通路として使える面積は $S-8P_k$ である。

今度は最上階の50階から考えていくことにする。出勤のためにエレベータで50階に来る人は50階にオフィスのある人だけなので、49階と50階の間を通過する人数は P_{50} であり、そのため必要なエレベータ通路面積との関係は

$$S - 8P_{50} = \frac{P_{50}}{c} \quad (1)$$

となる。 S を図2のビルの床面積の平均に近い値 2000m^2 とし、 $c=10$ とすると

$$P_{50} = \frac{2000}{8+1/c} = 247$$

となる。次に48階と49階の間を考えると、49階か50階にオフィスのある人がそこを通過するので、式(1)と同様にして

$$S - 8P_{49} = \frac{P_{49} + P_{50}}{c} \quad (2)$$

の関係を得る。(1)式から(2)式を引いて整理すると

$$(8+1/c)P_{49} = 8P_{50}$$

となり、 P_{50} の値を代入して $P_{49} = 244$ となる。一般に、 $k-1$ 階から k 階の間の通過人数と必要なエレベータ通路面積との関係は

$$S - 8P_k = \frac{1}{c} \sum_{j=k}^{50} P_j \quad (3)$$

であり、式(1)、(2)と同様に、(3)と k をひとつずらした式との差をとることによって

$$(8 + 1/c)P_{k-1} = 8P_k$$

の関係が成り立つので、 P_k は

$$P_k = \left(\frac{8}{8 + 1/c} \right)^{50-k} P_{50} = r^{50-k} P_{50} \quad (4)$$

のような等比数列となる。ここで $r = 8/(8 + 1/c)$ とおいた。

式(4)で与えられる各階のエレベータ通路面積とオフィス面積の配分をグラフで表すと図4のようになる。図1のように、低い階ほどエレベータ通路が広く必要となることがわかる。

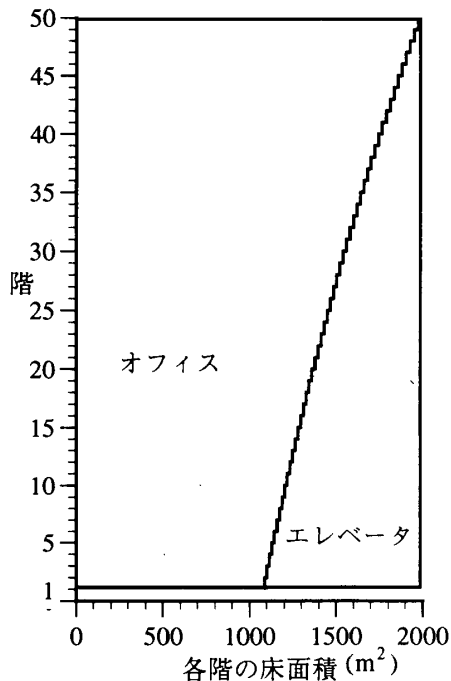


図4 長方形建物のオフィスとエレベータ通路の配分

4. 高層化のデメリット

図4の建物をどこでもよいから途中で切って、上の部分を地上に降ろしてみよう。式(4)を導いたときに、最上階から順に、それより上の階のオフィスにいる人の人数に応じてエレベータの通路面積を求めていたので、切り取った建物はオフィス通勤時の交通を満たすエレベータ通路面積を持った低層の建物であることが分かる。こうして見ると、建物を高層にすればするほ

ど通路にとられる面積の割合が多くなり、オフィス利用の面から効率が悪くなることが予想される。

そこで、上のようにエレベータ通路とオフィスが配分されるとき、建物の階数とオフィスとして使える総面積との関係を求めてみよう。式(4)から50階建ての建物のオフィスの総面積 $S(50)$ を計算すると

$$S(50) = 8 \sum_{k=2}^{50} P_k = 8P_{50} \sum_{k=2}^{50} r^{50-k} = Sr \frac{1-r^{50-1}}{1-r} \quad (5)$$

を得る。

一般の n 階建ての建物と考えた場合にも、3章の議論において50階を最上階の n 階に置き換え、1階ずつ下りながら各階のオフィス人数を求めた考え方をそのまま使うことができる。したがって、式(5)において50を建物総階数を表す変数 n で置き換えて、 n の関数としてオフィス総面積 $S(n)$ を次式のように得る。

$$S(n) = Sr \frac{1-r^{n-1}}{1-r} \quad (6)$$

式(6)をグラフで表すと図5のようになる。これより、建物が低層な場合には、階数を増すことによってそれに見合ったオフィスを得ることができ、高層になるほど1階高くすることによって得られるオフィス面積がどんどん減少してしまい、高層にした恩恵が得られないことがわかる。

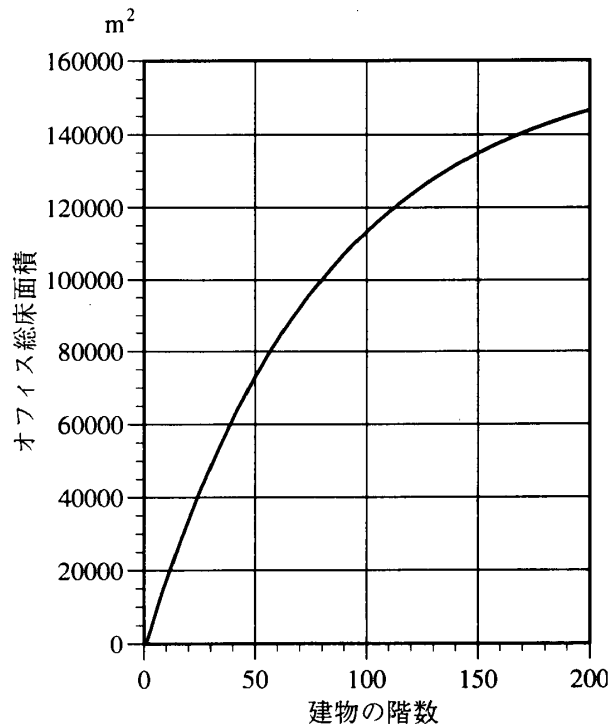


図5 建物の高さとおフィス総床面積

参考文献

- [1] 奥平耕造：都市工学読本。彰国社、1976。
- [2] 鹿島編：超高層ビルなんでも小事典，講談社，1988。