

## 緑地の熱環境改善効果を考慮した建築のプロポーションと建蔽率

筑波大学 大出 芳武 OODE Yoshitake

02103800 筑波大学 窪田 順次 KUBOTA Junji

01205430 筑波大学 鈴木 勉 SUZUKI Tsutomu

## 1. はじめに

都市内には事務所、住宅、工場など様々な建築物がある。これら建築物には建設費、生活環境、運営維持の効率性などの観点から、適切な容積、表面積、建築面積が存在すると考えられる。例えば奥平[1]は、建築規模が大きくなるほど「表面積/容積」の比は小さくなり、外壁に要する建築費が小さくなることや、建築物の熱貫流量を最小にする建築物のプロポーションを示した。ここに、熱貫流量とは温度差によって単位時間に流れた熱量をいい、単位面積あたりの熱貫流量を熱貫流率という。近年では地球温暖化問題に加え、ヒートアイランド現象による都市部の気温上昇が問題となっており、これらに対する一つの答えとして超高層建築物と緑地によって構成されたコンパクトシティ論が議論されている。しかし、その賢否については専門家の間でも意見が分かれている。

本研究では、緑地と建築物の熱貫流量の違いに着目し、敷地内の熱貫流量を最小化する建蔽率を求め、最適な建築物のプロポーションについて論じる。

## 2. 熱貫流量を最小にする建築のプロポーション

奥平[1]は熱貫流量を最小にする建築物のプロポーションを導いている。これに従えば、面積  $A$  ( $m^2$ ) の正方形の建築面積を持つ容積  $V$  の直方体建築物（高さは  $V/A$ ）の熱貫流量  $Q$  ( $W$ ) は、建築物壁面の熱貫流率は各壁面・屋上とも同じで  $U_B$  ( $W/m^2$ ) であるとし、大気と接しない底面を除いて考えると、

$$Q = U_B \left( A + \frac{4V}{\sqrt{A}} \right) \quad (1)$$

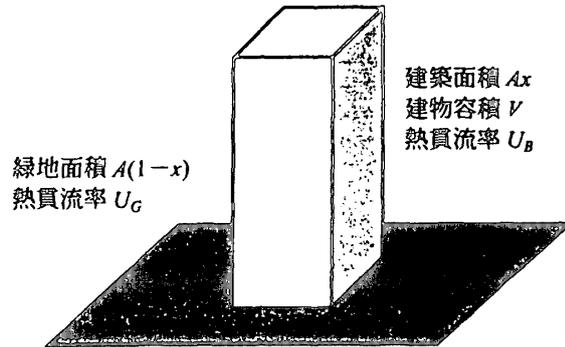
と表せる。 $V$  は所与とすれば、熱貫流量を最小にする建築面積  $A^*$  は  $\partial Q / \partial A = 0$  を解いて

$$A^* = (2V)^{2/3} \quad (2)$$

となる。このときのプロポーションを建築物の断面辺長と高さの比で表すと、辺長:高さ=2:1である。もし底面も壁面と同じ熱貫流率を仮定するならば、この比は 1:1 となり、立方体の建築物が最適ということになるが、底面を除くとより高さの低い建築物がよいということになる。

## 3. 非建蔽地としての緑地の導入と最適建蔽率

奥平[1]は、建築物のみの熱貫流量を対象としたが、本稿では建築面積以外の敷地、すなわち非建蔽地も含めた敷地全体の熱貫流量を考え、それを最小化する建築物のプロポーションを求めよう。

図1 面積  $A$  の敷地における建蔽率  $x$  の建築物

面積  $A$  の敷地に体積  $V$  の直方体の建築物を建設することを想定し、敷地のうち建物面積となっている部分の割合、すなわち建蔽率を  $x$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) とする。そして、非建蔽地  $A(1-x)$  を全て緑地として利用するものと仮定する (図1)。建築物壁面の熱貫流率を  $U_B$  ( $W/m^2$ )、緑地の熱貫流率を  $U_G$  ( $W/m^2$ ) とすると、この敷地内の全熱貫流量  $Q$  は、

$$Q = U_B \left( Ax + \frac{4V}{\sqrt{Ax}} \right) + U_G A(1-x) \quad (3)$$

と表される。 $V, A$  は所与とすれば、 $Q$  の最小値を与える建蔽率  $x^*$  は、定義域で極小を持つならば  $\partial Q / \partial x = 0$  を解いて

$$x^* = \frac{1}{A} \left( \frac{2U_B V}{U_B - U_G} \right)^{3/2} \quad (4)$$

と求められる。以下、 $x^*$  を最適建蔽率と呼ぶ。このとき、建築物の辺長と高さの比は  $2:(1-U_G/U_B)$  となる。

## 4. 最適建蔽率の計算例

野島[2]によれば、ある建物の屋上スラブ面の熱貫流量の最大値はほぼ  $500 W/m^2$  と計測され、またカンツバキが密に繁った地表面でのそれは約  $33 W/m^2$  と計測されたという。そこで、 $U_G = 500$  ( $W/m^2$ )、 $U_B = 30$  ( $W/m^2$ ) とすると、最適建蔽率  $x^*$  は式(4)より

$$x^* \approx 1.65 \frac{V^{2/3}}{A} \quad (5)$$

と求められる。

東京都[3]の調査結果を基に、都心部、区部、多摩都市部（市街化区域・市街化調整区域）の平均敷地面積、平均建物容積（平均階数に  $3.5m$  を乗じて求めた）から計算した最適建蔽率と実際の平均建蔽率との比較を表1に示す。また、各地域での建蔽率  $x$  と熱貫流量  $Q$  の関係は図2、図3のようになる。

モデルによる最適建蔽率は都心部では 100%となるが、建蔽率の大小はそれほど全熱貫流量に影響しない。一方、多摩都市部では最適建蔽率が明確に存在し、現実の建蔽率とよく適合している。区部では熱流量を減らすために敷地一杯に建築物を建てる必要があるが、十分な敷地を確保できる郊外では（全て緑地とは限らないが）非建蔽地が熱貫流量増加を防ぐ一定の役割を持っているといえる。

式(5)から敷地面積  $A$  に容量  $V$  の建築物を建てる時の最適建蔽率  $x^*$  を求めた結果を図 4 に示す。一定の敷地面積に建物建てる場合、それ以上になると敷地一杯に建てざるを得ないようなある容積までは最適建蔽率が存在することがわかる。最適建蔽率を満たす時の建物高さ  $h$  は、式(4)と  $V=Ax \cdot h$  より

$$h = 0.604V^{1/3} \quad 0 \leq V \leq 0.47A^{3/2} \quad (6)$$

となり、最適建蔽率が 100% になるまでは建物高さ  $h$  は建物容積  $V$  のみによって決まる（図 5）。容積  $V$  一定の建築物を建てる時の敷地面積  $A$  の変化に対する最適建蔽率  $x^*$  の変化を図 6 に示す。同じ容積の

建物でも敷地面積が広がるほど非建蔽地を設ける意義が大きくなる。因みに屋上緑化を行った場合は、 $V, A$  の如何に係らず最適建蔽率は 100% となる。

### 5. まとめ

本研究では、敷地内の緑地と建築物壁面の熱貫流量の違いに着目し、それらの和を最小にする建築物のプロポーシオンと建蔽率を求めた。さらに、この最適建蔽率で、東京都内の建蔽率の現状をある程度説明できることを示した。

なお、本稿は筑波大学社会学類開設科目である「自由演習」での筆者の成果をまとめたものである。貴重なコメントを頂いた関係者に謝意を表します。

### 参考文献

- [1] 奥平耕造 (1976) 都市工学読本一都市を解析する, 彰国社, 9-19.
- [2] 野島義照 (1998) 都市における植生からの蒸散による夏期の温熱環境改善力に関する研究.
- [3] 東京都: 東京の土地利用 平成 8 年東京都区部, 平成 9 年多摩・島嶼地域.

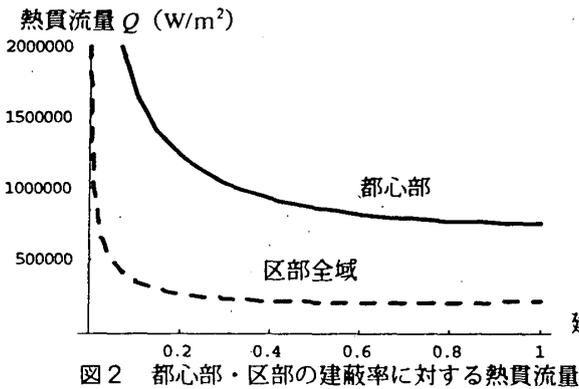


図 2 都心部・区部の建蔽率に対する熱貫流量

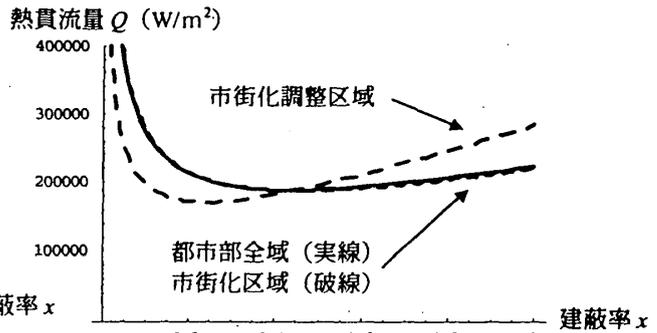


図 3 多摩都市部（市街化区域・市街化調整区域）の建蔽率に対する熱貫流量

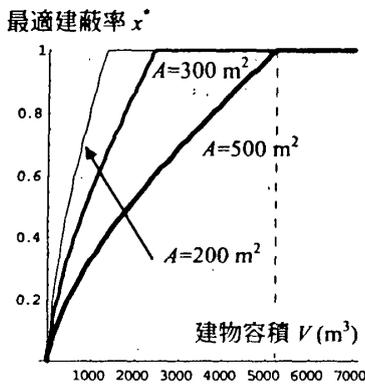


図 4 建物容積  $V$  に対する最適建蔽率  $x^*$

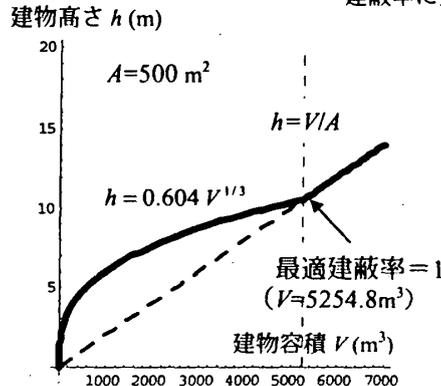


図 5 最適建蔽率を満たす時の建物容積  $V$  に対する建物高さ  $h$

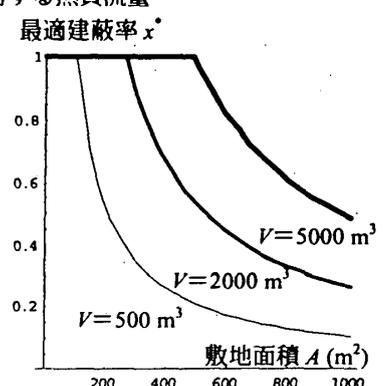


図 6 敷地面積  $A$  に対する最適建蔽率  $x^*$

表 1 東京都内の建蔽率と最適建蔽率  $x^*$  (出典: [3])

		平均敷地面積 (m <sup>2</sup> )	平均建物容積 (m <sup>3</sup> )	建蔽率 (%)	最適建蔽率 $x^*$ (%)
東京都区部	区部全域	209.3	796.0	47.2	67.7
	都心部	453.4	5593.0	66.5	114.9
多摩都市部	都市部全域	289.6	676.0	35.1	43.9
	市街化区域	280.1	672.4	36.1	45.3
	市街化調整区域	466.0	550.3	24.1	23.8