

微気候からみた街区計画の評価に関する研究 Study on Evaluation of Building and Open Space Planning from the point of Micro-Climate

久保田孝幸*・花木啓祐**・一ノ瀬俊明***・小宮英孝****・神島奈央子*****
Takayuki KUBOTA*, Keisuke HANAKI**, Toshiaki ICHINOSE***,
Hidetaka KOMIYA****, Naoko KAMISHIMA*****

ABSTRACT : In this study, the impacts of the construction on the micro-climate of the open space were compared and evaluated by field observation. Two kinds of field observation about micro-climate were carried out in the open spaces at Hongo Campus of the University of Tokyo. By the first one, the micro-climate in the high-raised, low-density area was compared with that in the low-raised, high-density area. By the other, the thermal conditions for various open spaces with the artificial and natural surface were evaluated. It was made clear through this study that the thermal conditions of open spaces depend strongly on the layout of buildings and components such as vegetation, open water and so on. The application of this study to designing open spaces in developments is also discussed.

Key Words ; micro-climate, open space, site planning, Standard New Effective Temperature

1.はじめに

都市における環境改善は、総合設計制度などの空地インセンティブ制度による公開空地の確保というかたちで進められてきている。この公開空地に関しては、歩行者レベルとの高低差や天空に対する開放度などに対して有効係数が決められており、単に面積だけでなく、空地の質に対しても評価がされている。この評価は基本的には人の利用の容易さという点から見たものであると考えられる。しかし、実際に都市の空地の利用を考える場合、人が利用する際に感じる温熱感、及びそれに起因する快適性についても考慮した上で、空地の有効度を判断する必要がある。それは空地が量的に増加しても利用に耐えないばかりか、インセンティブによる容積率の増加が、人工排熱の増加をもたらすなどして、都市環境を一層悪化させることも予想されるからである。

市街地空間内での微気候の形成と人体の温熱感に関する研究には、山口・小林¹⁾、J.E.Burt^{2,3)}、中村・平岡⁴⁾、石井・片山⁵⁾、神田⁶⁾らの研究がある。しかし、これらの研究では市街地における微気候の違いをもたらす要因として、主にキャビティの方位、アスペクト比、あるいは緑被などの材質に注目しており、一般的な市街地の再開発においてとられる街区形態や設けられる空地の位置の違いが微気候に与える影響については十分に論じられていない。

本研究では都市における開発が実際に進められるユニットである街区レベルにおいて、開発計画における、街区や空地の形態と、それによって生じる微気候、及び快適性との関係を、特に放射環境に注目して、観測に基

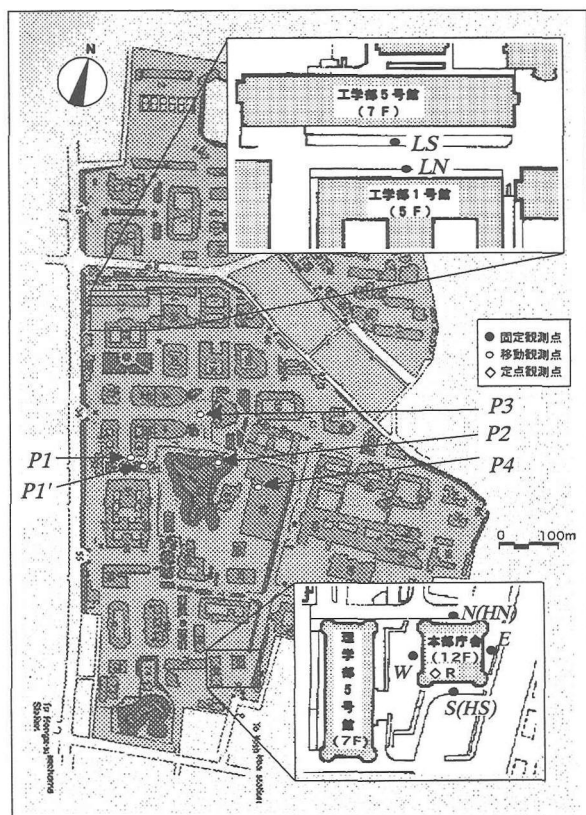


図1 観測対象地域及び観測点

*東京大学,大林組 : Univ.of Tokyo,Obayashi Co., **東京大学 : Univ.of Tokyo, ***国立環境研[#] : NIES,

****大林組 : Obayashi Co., *****住宅都市整備公団[#] : Housing and Urban Development Co. (#当時東京大学)

表 1 観測点概要^{注1)}

観測点	固定観測				移動観測							
	高層低密度地区 (本部庁舎)				低層高密度地区 (工学部1号館北)		図書館 前広場	三四郎 池畔	安田講 堂前	御殿下 グランド		
	S(HS)	E	N(HN)	W	LS	LN	P1	P2	P3	P4		
建蔽率[%]	19.3				53.6		44.1	4.8	29.6	6.4		
容積率[%]	152.1				236.7		194.8	9.6	115.0	19.4		
自然被覆率 (水面率)[%]	20.8				3.3		11.6 (3.1)	66.8 (20.7)	25.0	22.1		
天空率[%]	42.6	44.2	39.2	26.7	22.5	20.0	46.7	17.5	81.8	89.3		

表 2 観測概要

観測日	固定観測		移動観測		定点観測
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季、冬季
観測日	95/9/2,3,4,9,10,23,30	95/12/16,17,96/1/7,27,28,2/11,12	95/9/27,28	95/12/16,31	連続
観測点	本部庁舎 S:南面 E:東面 N:北面 W:西面	本部庁舎 HS:南面 HN:北面 工学部1号館北 通路 LS:南面 LN:北面	P1:図書館前広場 P1':同上(樹冠下) P2:三四郎池畔 P3:安田講堂前	P1:図書館前広場 P1':同上(樹冠下) P2:三四郎池畔 P3:安田講堂前 P4:御殿下グランド	本部庁舎 R:屋上
観測間隔	1分	30秒	9:00~18:00において90分間隔		1秒
観測項目	風向・風速 気温 湿度 グローブ温度(黒、白)		風速 気温 湿度 グローブ温度(黒)		風向・風速 気温 湿度 全天日射量 放射収支量 (北面、南面)

づいて評価することを目的とする。

2.観測概要

2.1 観測地域及び観測点

観測対象地域は、東京大学本郷キャンパス(図1)とした。観測は夏季と冬季に行なった。建物による微気候への影響を、夏季には高層で建蔽率が低く、周囲の空地に人工被覆面が多く、緑地や水面など暑熱環境を緩和する要素が少ない本部庁舎(12F)の周り(高層低密度地区と呼ぶ)の空地(壁面より1.5m)において、また冬季には低層で建物密度が高い地域として工学部1号館と5号館の間の通路(低層高密度地区)を比較のために加え、固定観測(測定高さh=1.2m)により評価した。さらに、夏季には通風や自然被覆面の微気候への影響を評価するため、形態の異なる空地の微気候の観測を、キャンパス内の図書館前広場(人工被覆面、通風小)、同左樹冠下、三四郎池畔(自然被覆面:池、樹林、通風小)、安田講堂前(自然被覆面:芝、通風大)において移動観測(h=1.2m)により行なった。冬季については、さらに御殿下グランド(人工被覆面、通風大)を付け加えた。また、基準となる気象データを、本部庁舎の屋上(h=39m)において測定した。観測点の概要を表1に示す。

2.2 観測方法

本研究では、微気候の快適性を温熱指標である標準新有効温度(SET*)によって評価する。そのために、環境側の温熱4要素である気温、放射温度(グローブ温度より平均放射温度を算出^{注2)})、湿度(相対湿度より絶対湿度を算出^{注3)})、気流速(風速)を測定した。(夏季の空地の観測のみ、気温、湿度、気流速の3要素)観測概要を表2に示す。

固定観測においては、短波長領域の吸収率が異なる2種類のグローブ温度から、街区内に入射する短波放射量と長波放射量を算出した。

2.3 SET*(標準新有効温度)について

SET*は屋外においても用いられており、その有用性も示されている⁹⁾ので、屋外環境の総合的な指標として使うことにする。しかし、SET*は神田ら⁷⁾によって、発汗時に温熱感を過大評価するという指摘もされている。

SET*はGaggeら⁸⁾による理論に基づいており、環境側の温熱4要素である気温(Ta)、放射温度(Tr)、湿度(Rh)、気流速(u)と人体側の温熱要素である着衣量(clo)^{注4)}、代謝量(met)^{注5)}を総合して、単一の温度で表わす一つの温熱指標(単一温度指標)である。まず、人体の体温調節をモデル化したTwo-Nodeモデルに基づき、ある環境下における平均皮膚温度とぬれ率をもとめ、皮膚表面から同量の熱損失を生じさせる作用温度と水蒸気圧との組み合わせにより、「新有効温度」(ET*:New Effective Temperature)を導き出す。さらに、任意の代謝量、着衣量に対して温冷感、快適感を直接比較するため、椅座静位、着衣量0.6clo、静穏気流、平均放射温度=空気温度という標準状態において定義されたET*を、SET*(Standard New Effective Temperature)と称する。SET*は数値モデル上で温熱的に中立な状態から対象とする環境に急性暴露され、1時間経過後の生理的状態値を基に算出されている。

ASHRAE St.55-74⁹⁾において室内における温熱的中立域を与えるSET*の範囲は22.0~25.4℃、伊藤・深井ら¹⁰⁾の日本人被験者を用いた実験結果では21.6~25.6℃とされている。屋外環境下では温熱的中立を与えるSET*は山下・石井ら¹¹⁾の28.1℃、谷本ら¹²⁾の25.6℃と、少し高めになることが示されているが、ここではASHRAE St.55-74の範囲を快適域と呼ぶこととする。本論文ではSET*の計算は1986年のGaggeら⁸⁾の論文に示されるプログラムを基にしている。

2.4 放射環境の評価

SET*は総合的な指標であるため、微気候の各々の要素が温熱感に与える効果を個別にみるのには適していない。街区の形態の変化は、放射や気流に大きな変化をもたらすと考えられる。気流に関しては、ビル風などの問題から解析及び対応が進んでいる。しかし、放射に関し

ては、夏季における壁面や道路からの長波放射が問題とされているにもかかわらず、対応策が十分には示されていない。そのため実空間における放射を個別に評価することは有用であると考えられる。その点に関し、温熱感に対する放射量を算出する場合には、人体形状や人体表面の日射吸収率を考慮する必要があるという指摘¹³⁾がある。しかし、ここでは街区形態そのものの効果を見るため、グローブ球に対する放射量について評価することとする。

定常状態における中空金属球の熱平衡式は次のようになる。

$$\alpha_i S + h(\theta_a - \theta_i) + \varepsilon_i L - \varepsilon_i \sigma T_i^4 = 0 \tag{1}$$

α_i : 球面の日射吸収率 ε_i : 球面の長波放射率
 σ : Stefan-Boltzman定数 h : 球の対流熱伝達率^{注6)}
 S : 球に入射する短波放射量(W/m²)
 L : 球に入射する長波放射量(W/m²)
 θ_i : 球心温度[°C] T_i : $\theta_i + 273$ [K] θ_a : 外気温[°C]

上記の熱平衡式から、同一気象条件下におかれた日射吸収率の異なる2個の中空金属球の測定値を用いることにより、測定点のグローブ球に入射する短波放射量、長波放射量を算出することができる。グローブ球の α_i と ε_i は、梅干野ら¹⁴⁾を参考にし、それぞれ、黒球は0.84と0.92、白球は0.20と0.92を用いた。

3.観測結果及び考察

3.1 建物周辺の微気候

3.1.1 夏季の観測

夏季の観測は、少し雲が出ていたものの日中を通して晴れていた9月9日について考察する。

(1)気象状況と環境量の変化（図2,3,4）

気温については、風速の小さな10:00頃までは東面(E)が、また12:00~14:00の間では、南面(S)と西面(W)が他の点よりも高い。午後になると風速が大きくなり、各面の間の気温差は、午前中に比べ相対的に小さくなる。この日一日を通じ、南面(S)と北面(N)との気温差は最大で約1.5°Cである。一方、黒球グローブ温度は、日中、直達日射のあたる面ではかなり高くなり、南面(S)で最高42°Cに達している。南北間の差は14°Cであり、気温の差と比べて大きい。絶対湿度は観測点による差はほとんど見られず、夜間や早朝に高く、日中に低い値となる。

(2)温熱指標からみた熱環境（図5）

各観測点のSET*の推移の仕方は、黒球グローブ温度と同じ傾向を示す。それは他の温熱要素と比較して、直達日射の影響で黒球グローブ温度の変化が顕著なためである。しかし、全体的にSET*は黒球グローブ温度よりは低い値となっており、12:00~14:00で、全地点については、気温とグローブ温度が、快適域を越えているものの、直達日射を受けない面(N,E)では、SET*はほぼ快適

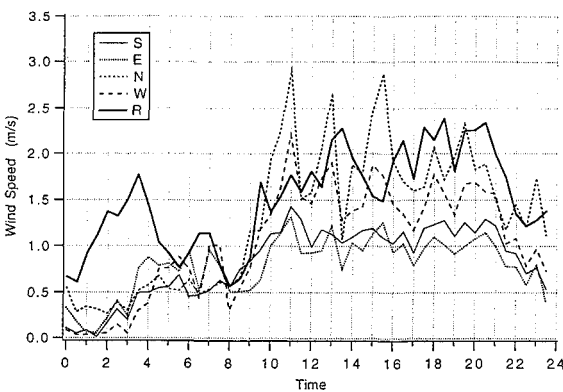


図2 9月9日風速の日変化（固定観測）

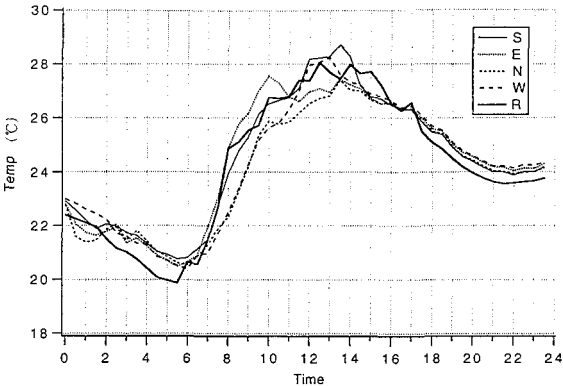


図3 9月9日気温の日変化（固定観測）

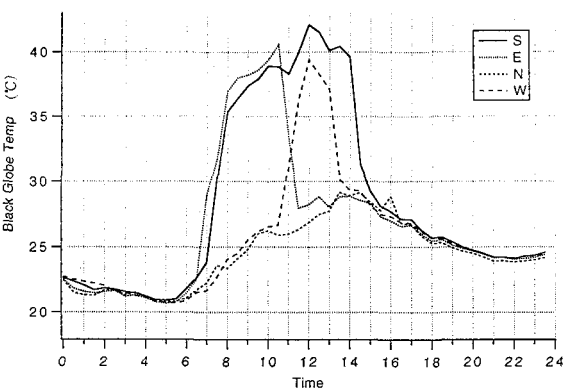


図4 9月9日グローブ温度（黒）の日変化（固定観測）

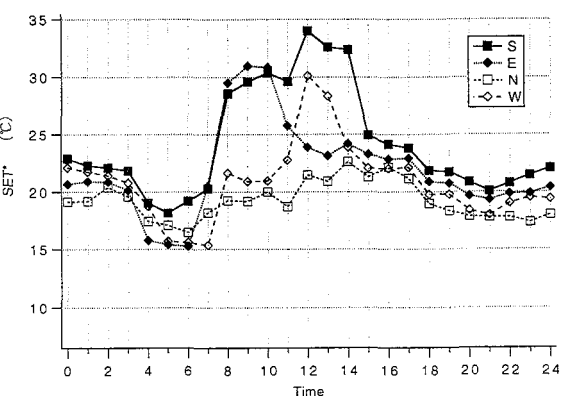


図5 9月9日SET* (1.2met,0.5clo)の日変化（固定観測）

域になっており、暑熱環境下における日陰の有無が温熱感に対して与える影響は大きい。16:00以降、風速は南面(S)<東面(E)<西面(W)<北面(N)の順に約0.25m/sずつ大きくなっており、これによりSET*は約0.7℃ずつ低くなっている。空地の快適性には、開放している方位の違いによる直達日射の有無が、他の環境要素の差より大きく効いているが、通風の大小もある程度寄与しているといえる。

(3)放射環境の評価(図6,7)

グローブ球に入射する短波放射量は、11:30に南面(S)で248W/m²まで上昇し、直達日射の有無により北面(N)との間に220W/m²の差が生じている。屋外においては、SET*に関連する熱環境要素のうち、日射や風速の影響が卓越しており、気温やグローブ温度では長波放射の影響を評価するのが難しい。したがって、それについては個別に算出することにより、場の長波放射の環境を評価することが可能である。グローブ球に入射する長波放射量は、周囲が直達日射を受ける場所で高い値を示し、南面(S)と北面(N)の差は40W/m²である。図7には、屋上の温度に相当する黒体放射量[σT⁴(roof)]も示してあるが、日中、北面(N)では、この値より低い。また、日射が当たらなくなった後も、南面(S)と西面(W)では、北面(N)や東面(E)に対して、10W/m²ほどの差が残っている。

3.1.2 冬季の観測

冬季の観測は、晴天であった12月17日について考察する。

(1)気象状況と環境量の変化(図8,9,10)

風速は平均的に夏季よりも大きく、高層低密地区の北面(HN)で3m/s以上となった。気温は、天空率の大きい高層低密地区の南面(HS)だけが直達日射を受け、そのため他の3点より高くなり、12℃にまで達した。他点との気温差の最大は約2℃となった。黒球グローブ温度ではその差は気温より大きく、15℃まで広がった。夜間は風速が小さく、2:00~4:00は、低層高密度地区(LS, LN)において、気温、グローブ温度ともに高層低密地区(HS, HN)よりも高くなっている。

(2)温熱指標からみた熱環境(図11)

SET*は高層低密地区の南面(HS)の日中、日向においても18℃と温熱的中立域に達しておらず、全体的に寒冷環境にある。ここでも、夏季同様、直達日射がSET*に大きく寄与しており、高層低密地区の南面(HS)での値は、他の3点と比べ6~7℃高い。しかし、高層低密地区の南面を除く3点においては、お互いの気温、黒球グローブ温度の値にほとんど差はなかったが、高層低密地区の北面(HN)では10時以降に、相対的に風速が大きかったため、SET*において2℃近く低い値を示していた。

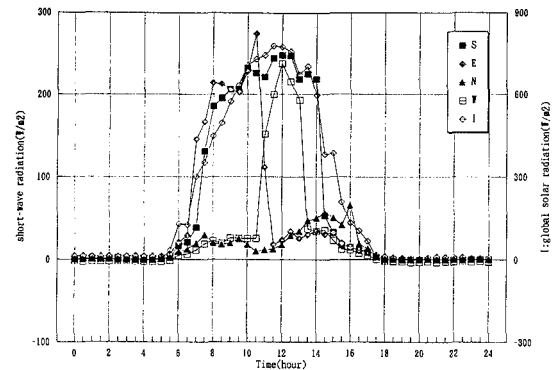


図6 9月9日短波放射量の日変化(固定観測)

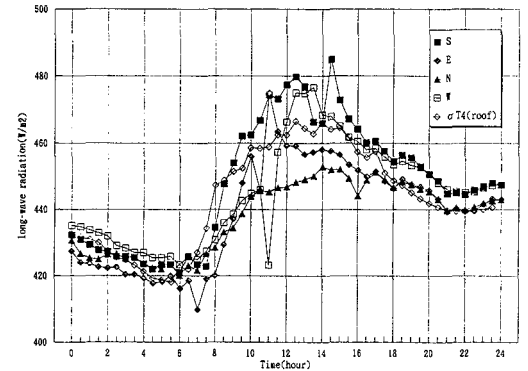


図7 9月9日長波放射量の日変化(固定観測)

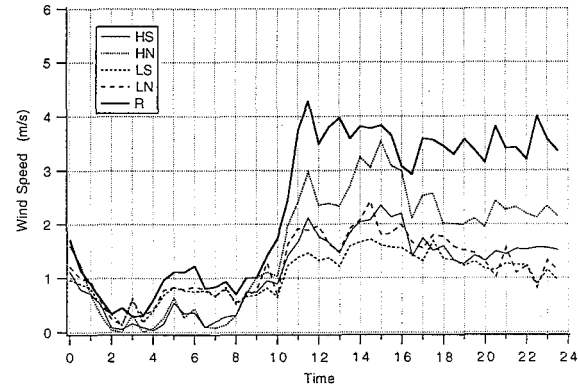


図8 12月17日風速の日変化(固定観測)

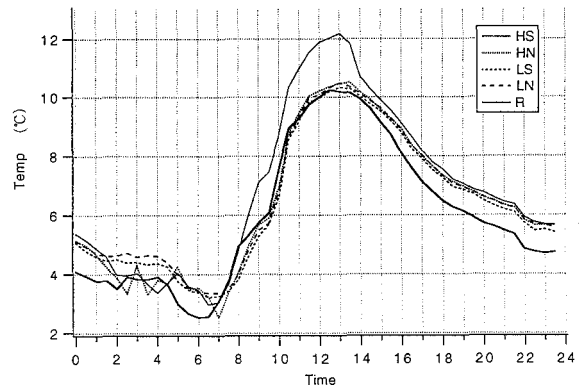


図9 12月17日気温の日変化(固定観測)

(3)放射環境の評価(図12,13)

グローブ球に入射する短波放射量は、高層低密地区の南面(HS)で12:00に273W/m²となった。短波放射量は直達日射の有無によって大きく変動し、太陽に対する開放度に強く依存する。グローブ球に入射する長波放射量は日中、高層低密地区の南面(HS)が他の点より高くなっている。また高層低密地区の北面(HN)と低層高密度地区の北面(LN)との間には、気温、グローブ温度については顕著な差が認められなかったが、グローブ球に入射する長波放射量は終日にわたり10W/m²ほどの差が保たれていた。これは、この2点の間での天空率、日陰、風速の違いの結果生じる地面や周壁の温度の違いによるものと考えられる。

3.2 形態の異なる空地の微気候

形態のことなる空地の微気候の違いをみるため、夏・冬ともに移動観測を実施した。

3.2.1 夏季の観測

夏季の観測は、日中を通して日射量の多かった9月28日について考察する。

(1)気象状況と環境量の変化(図14,15,16)

自然被覆面の多い三四郎池畔(P2)では他の地点に比べ、絶対湿度が $1.5\sim2.0\times10^{-3}\text{kg/kg}$ 高く、また気温は1~1.5℃低かった。しかし、安田講堂前(P3)は芝地などの

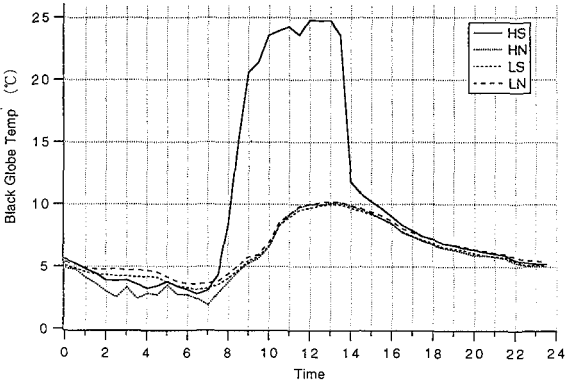


図10 12月17日グローブ温度(黒)の日変化(固定観測)

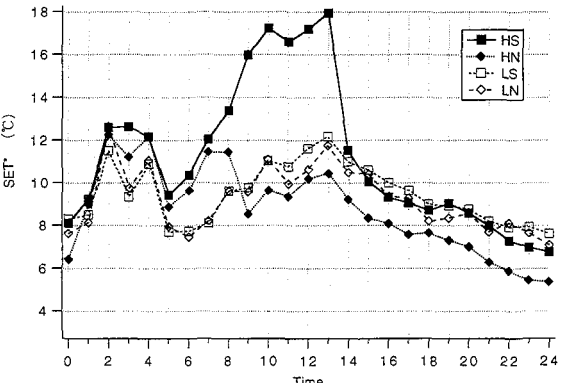


図11 12月17日SET*(1.2met,1.0clo)の日変化(固定観測)

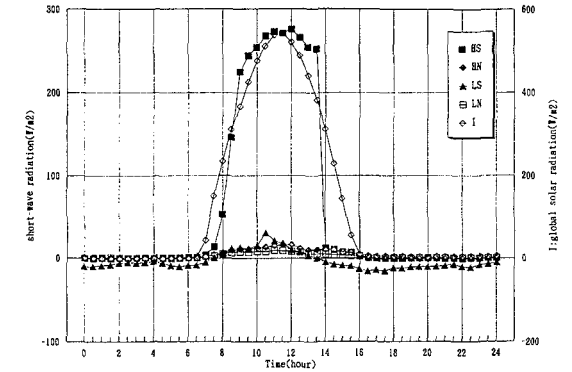


図12 12月17日短波放射量の日変化(固定観測)

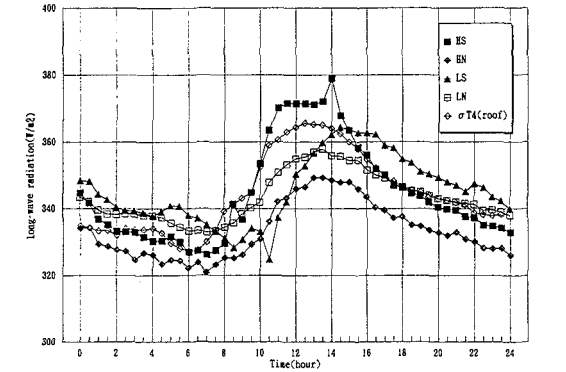


図13 12月17日長波放射量の日変化(固定観測)

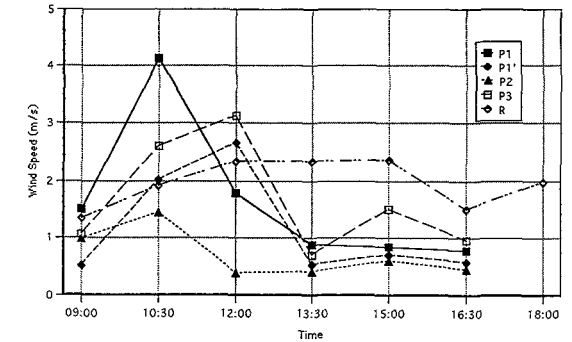


図14 9月28日風速の日変化(移動観測)

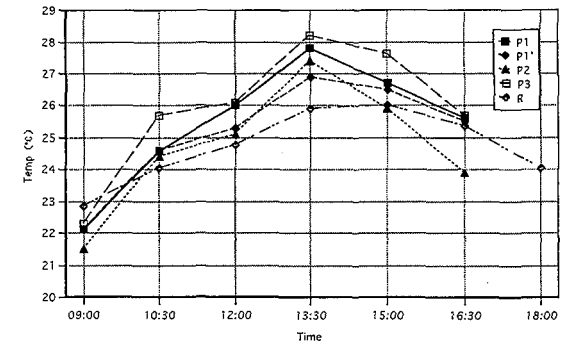


図15 9月28日気温の日変化(移動観測)

自然被覆面が多いが、天空率が大きく風通しが良いためか、絶対湿度の上昇は顕著に現われず、また気温は他の地点より高い値であった。図書館前の樹冠下(P1')は、かなり大きな樹陰となるため、気温が図書館前の広場(P1)に比べ1℃ほど低い値を示している。

(2) 温熱指標からみた熱環境

移動観測では夏季においては、グローブ温度を測定しなかったため、実際にはSET*による評価はできない。そこで気温の低下にともなう湿度の上昇が、温熱的にはどのような効果があるのかを、13:30における三四郎池畔(P2)と安田講堂前(P3)における気温(27.4℃と28.2℃)と湿度($9.0 \times 10^{-3} \text{ kg/kg}$ と $7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/kg}$)を用い、また平均放射温度を28.2℃、風速を0.5m/sと仮定し、SET*を推算したところ、それぞれ25.0℃、25.2℃となり、三四郎池畔の方が約0.2℃低い。三四郎池での植栽や水面による蒸発散の効果は、SET*による温熱評価では暑熱環境を低減することを示している。

3.2.2 冬季の観測

冬季の観測は、晴天であった12月16日について考察する。

(1) 気象状況と環境量の変化 (図17,18,19)

12月16日は快晴であったが、風は夕方近くまで強かった。気温は、樹林に囲まれ、天空率が小さく、それによって風速が小さいことに加え、直達日射を受ける三四郎池畔(P2)で大きくなった。また、風速は、天空率の大きい安田講堂前(P3)で大きい。一方、天空率が同様に大きい、風上側に風除けとなる壁がある御殿下グラウンド(P4)においては、風速は小さく、気温は安田講堂前よりも高かった。冬季において、場所による湿度の違いはあまり見られなかった。

(2) 温熱指標からみた熱環境 (図20)

冬季におけるSET*による評価では、図書館前広場(P1)を除く日差しの当たる3点においても差が生じた。この3点の中で、天空率が低いが日射が当たり、樹林に囲まれ風速の小さな三四郎池畔(P2)で12:00に19.4℃に達し

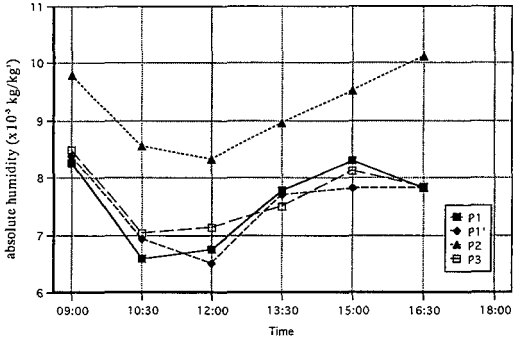


図16 9月28日湿度の日変化 (移動観測)

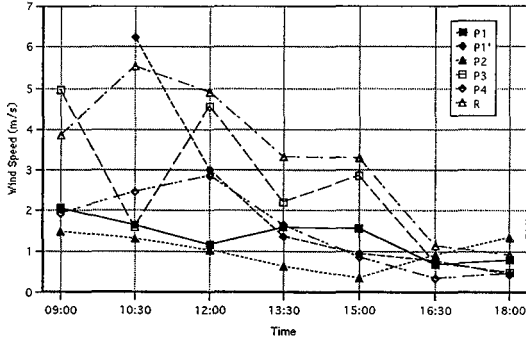


図17 12月16日風速の日変化 (移動観測)

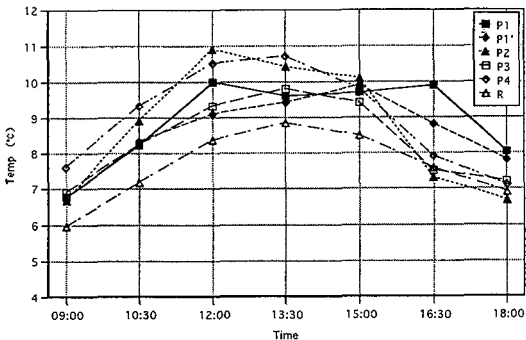


図18 12月16日気温の日変化 (移動観測)

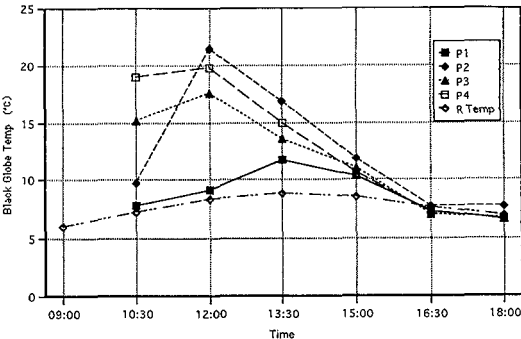


図19 12月16日グローブ温度 (黒) の日変化 (移動観測)

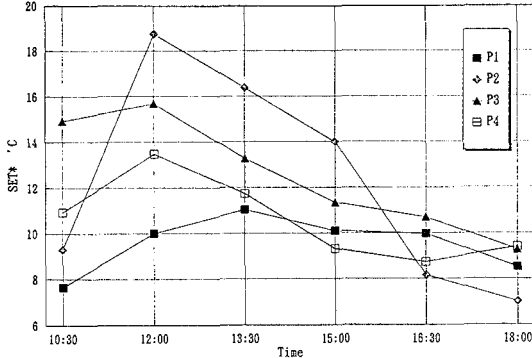


図20 12月16日SET* (1.2met,1.0clo) の日変化 (移動観測)

た。しかし、開放度が小さく風速も小さい図書館前広場では直達日射が当たらないため低い値を示し、三四郎池畔との差は12:00で9.4℃となった。

4.まとめ

- 1)夏季の日中、日向のSET*は快適域を越えているが、日陰においては、今回の観測では、ほぼ快適域となる。
- 2)風速の小さい時には、気温や湿度に局地的な差が生じており、日向における気温の上昇や、夏季においては、自然被覆面による蒸発散作用により、1~1.5℃の気温の低減効果が見られた。
- 3)夏季における自然被覆面による、気温0.8℃の低下と絶対湿度 $1.5 \times 10^{-3} \text{kg/kg}$ 'の上昇の、人体への総合的な効果は、放射温度と風速を仮定したSET*の評価において、約0.2℃の暑熱環境低減の方向に働くことを示した。
- 4)冬季においては、日中、日向でもSET*の値は18℃と快適域に達しない。
- 5)放射量を短波放射と長波放射に分離することにより、

日中の短波放射が卓越した状況下においても、空地の長波放射の環境を評価すること可能であることを示した。

- 6)冬季において開発形態（高層低密地区、低層高密度地区）の違いにより、同じ日陰を比較した場合、高層低密地区において、風速の増大によるSET*の2℃近い低下や、グローブ球に入射する長波放射量の 10W/m^2 の低下が見られた。

以上のように街区における微気候は、街区の形態により差が生じることを示した。しかし、本論文で示した街区の指標（建蔽率、自然被覆面率、天空率）と微気候の関係を定量的に評価するまでには至らず、今後の課題として残った。また、一般的に地域の開放度を示す指標である天空率では、方向性をもつ日射や風の影響を単純には評価するのは困難であり、方向性をもった地域の開放度を示す指標が必要である。さらに、日射や風の影響は夏季と冬季ではトレードオフの関係にあり、空地の微気候をより快適にするためには、通年を通した評価及び改善方法についても検討しなければならない

〈謝辞〉

本研究の実測調査にあたり、東京大学総務部及び施設部の方々に多大なご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

〈注記〉

- 1)建蔽率、容積率、自然被覆率については、観測点を中心とした100m四方、1haを敷地面積として、地図および現地踏査により算出した。また、天空率については立体角投射法則に基づいて、正射影魚眼レンズを用いた写真法により、フィルム面上に投影された円の面積に対する天空部の面積の比の計測により直接求めた。
- 2)放射に関しては、平均放射温度(MRT:Tr)を黒球グローブ温度(Tg)、気温(Ta)、気流速(u)の観測値よりBedfordの式により求めた。
$$\text{MRT} = \text{Tg} + 2.37\sqrt{u}(\text{Tg} - \text{Ta})$$
- 3)湿度に関しては相対湿度(Rh:%)を測定し、Goff-Gratchの式により飽和水蒸気圧を算出し、絶対湿度(x:kg/kg)'を求めた。
絶対湿度とはある温度の空気中に含まれている乾き空気1kg'に対する水蒸気の質量を示す湿度の単位である。¹⁵⁾
- 4)clo値は着衣の熱抵抗を表わすパラメーターであり、着衣が夏ズボン、半袖ワイシャツ、半袖下着、パンツ、靴下、靴で0.43、冬ズボン、冬上着、セーター、長袖ワイシャツ、下着、ハイソックス、靴で1.09となる。¹⁶⁾
- 5)met値は代謝量を表現するパラメーターの一つである。これは体表面積 1m^2 につき58.2Wの発熱量を基準としている。これは静座時の代謝量に相当するものであり、非常に軽い作業時で1.3~1.7metとなる。¹⁶⁾
- 6)hは球の対流熱伝達率の計算式¹⁷⁾（Ranx-Marshallの式）より求めた。

$$h = N_u \lambda / D$$

$$N_u = 2 + 0.60 \text{Pr}^{1/3} \text{Re}^{1/2}$$

$$\text{Re} = uD / \nu$$

D:球の直径[m] N_u :ヌセルト数 Re:レイノルズ数 Pr:プラントル数(=0.72)¹⁸⁾

λ :空気熱伝達率[W/mK]¹⁹⁾ ν :空気動粘性係数[m²/s]¹⁹⁾ u:空気の流速[m/s]

$$\lambda = 0.0241 + 7.7 \times 10^{-5} T$$

$$\nu = \mu / \rho$$

μ :粘性係数[Pa · s]¹⁹⁾

ρ :空気の密度[kg/m³]¹⁹⁾

$$\mu = (0.0074237 / (T + 390.15)) ((T + 273.15) / 293.15)^{1.5}$$

$$\rho = 1.293 / (1 + T / 273.15)$$

T:空気の温度[℃]

〈付録〉

夏季における高温多湿時、及び冬季における低温低湿時における温熱要素のSET*に対する効果を算出した結果を付表1、2に示す。気温と放射では気温の影響の方が大きくなるが、実際には場所の違いによる気温の違いは小さいが、放射の違いは日射の有無などにより、非常に大きくなるため、SET*に対する効果は大きい。また、気流速は場所による違いも大きく、SET*に対する効果も大きい。湿度は高温多湿時にはSET*に影響があるものの、低温低湿時には影響が非常に小さくなる。

SET*と温熱感との対応については、全身温冷感申告(Thermal Sensation Vote: TSV)との関係として、屋内においては伊藤・深井ら¹⁰⁾により、 $TSV=0.492 \times SET^*-6.613$ (温熱的中立: TSV=5、9段階評価)、屋外においては谷本・木村ら¹²⁾により、 $TSV=0.286 \times SET^*-7.310$ (温熱的中立: TSV=0、7段階評価) という結果が示されている。

付表1 高温多湿時における温熱要素のSET*への効果

[Ta=28℃, Tr=28℃, RH=60%(14.2x10⁻³kg/kg), u=0.5m/s, 0.5clo, 1.2met, SET*=26.00℃]

	温熱要素の変化	SET*の算出値	SET*の増減
気温の影響(Ta)	-2℃	24.69℃	-1.31℃
	+2℃	27.42℃	+1.42℃
放射温度の影響(Tr)	-2℃	25.19℃	-0.82℃
	+2℃	26.79℃	+0.79℃
湿度の影響(RH)	-20%(-0.0046kg/kg)	25.26℃	-0.74℃
	+20%(+0.0049kg/kg)	27.17℃	+1.17℃
気流速の影響(u)	-0.4m/s	27.90℃	+1.90℃
	+0.5m/s	24.80℃	-1.20℃

付表2 低温低湿時における温熱要素のSET*への効果

[Ta= 8℃, Tr= 8℃, RH=40% (2.6x10⁻³kg/kg), u=0.5m/s, 1.0clo, 1.2met, SET*=10.71℃]

	温熱要素の変化	SET*の算出値	SET*の増減
気温の影響(Ta)	-2℃	9.60℃	-1.22℃
	+2℃	11.82℃	+1.11℃
放射温度の影響(Tr)	-2℃	10.00℃	-0.71℃
	+2℃	11.43℃	+0.73℃
湿度の影響(RH)	-20%(-0.0013kg/kg)	10.62℃	-0.09℃
	+20%(+0.0013kg/kg)	10.79℃	+0.09℃
気流速の影響(u)	-0.4m/s	12.69℃	+1.38℃
	+0.5m/s	9.09℃	-1.61℃

〈参考文献〉

- 山口賢次郎・小林陽太郎:建築外部環境と人体との間のふく射熱授受について,日本生気象学会雑誌,第17巻第1号,pp.49~57,1980
- J.E.Burt et.al.:The Relative Influence of Urban Climates on Outdoor Human Energy Budgets and Skin Temperature I.Modeling Considerations,Int.J.Biometeor,26,pp.3~23,1982
- J.E.Burt et.al.:The Relative Influence of Urban Climates on Outdoor Human Energy Budgets and Skin Temperature II.Man in an Urban Environment,Int.J.Biometeor,26,pp.25~35,1982
- 中村泰人・平岡久司:二次元長方形市街地空間の路上にある人体の熱負荷に関する解析的研究,日本建築学会計画系論文報告集,第369号,pp.12~21,1986
- 石井昭夫・片山忠久他3名:屋外気候環境における快適感に関する実験的研究,日本建築学会計画系論文報告集,第386号,pp.28~37,1988
- 神田学・土屋信夫:微気象観測に基づいた屋外における人体の熱環境解析,土木学会論文集,No.509/II-30,pp.35~44,1955
- 神田学・柳本記一・宇梶正明:屋外における体感温度指標に関する検討(人工気象室における実験結果をもとに),日本気象学会春季大会講演予稿集,vol.67,pp.321,1995
- A.P.Gagge et. al.:A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment,ASHRAE Transactions 92-2B,pp.709~731,1986
- ASHRAE Standard 55-74,Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,ASHRAE,1974
- 伊藤宏・深井一夫・後藤滋:着衣量のことなる場合のSET*と温熱感覚に関する実験的研究,空気調和・衛生工学会論文集,No.56,pp.35~45,1994
- 山下盛久・石井昭夫他3名:屋外環境における温熱感覚に関する申告実験 その6温冷感と温熱指標の比較,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.751~752,1991
- 谷本潤・木村建一他1名:涼房手法を用いた屋外休憩施設に関する実験的研究,日本建築学会計画系論文報告集,第481号,pp.41~48,1996
- 中村泰人他:「屋外気候環境における快適感に関する実験的研究」に対する討論,日本建築学会計画系論文報告集,第395号,pp.80~82,1989
- 梅干野晃・何江:屋外熱環境計の改良とその検討,日本建築学会計画系論文報告集,第406号,pp.11~19,1989
- 日本農業気象学会関東支部編:農業気象の測器と測定法,農業技術協会,pp.51~81,1988
- 西安信:人体と環境との熱交換,温熱生理学(中山昭雄),理工学社,1981
- 社団法人日本機械学会:伝熱工学資料改訂第3版,pp.16,1975
- 岩波理化学辞典第3版:岩波書店,pp.1174,1971
- 宇田川光弘:パソコンによる空気調和計算法,オーム社,pp.312,1986