Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-05-29

ヒートアイランド対策技術の適所導入の観点からみた街路形態と街路空間の放射環境(日射受熱量)の関係の分析

竹林, 英樹
村田, 知之
森山, 正和

(Citation)
日本建築学会環境系論文集,76(666):715-719

(Issue Date)
2011-08

(Resource Type)
journal article

(Version)
Version of Record

(Rights)
日本建築学会/本文データは学協会の許諾に基づきJ－STAGEから複製したものである

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001563

【カテゴリーⅡ】

日本建築学会環境系論文集 第76巻 第666号, 715-719, 2011年8月
J. Environ. Eng., AIJ, Vol. 76 No. 666, 715-719, Aug., 2011

ヒートアイランド対策技術の適所導入の観点からみた街路形態と街路空間の放射環境（日射受熱量）の関係の分析

ANALYSIS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN PROPERTIES OF URBAN BLOCK AND RADIANT ENVIRONMENT IN THE STREET CANYON FROM THE VIEWPOINT OF THE APPROPRIATE INTRODUCTION OF URBAN HEAT ISLAND MEASURE TECHNOLOGIES

竹林英樹*, 村田知之**, 森山正和***

Hideki TAKEBAYASHI, Tomoyuki MURATA and Masakazu MORIYAMA

It is considered the relationship between the properties of urban block and radiant environment in the street canyon from the viewpoint of the appropriate introduction of urban heat island measure technologies. Calculation methods for the radiant heat transfer between walls and roads are explained according to Gebhart's radiant absorption coefficients and Monte Carlo method. The roads are classified in the south-north road, the east-west road and the crossing. The properties of urban block are expressed by aspect ratio. A simple street canyon model and a real street canyon model are selected for the examination objects. Distribution of surface temperature and solar radiation on the roof, the road and the wall are analyzed. It is a high priority for the urban heat island measures on the roof of the building which has large roof area. The priorities of the measures on the roof and the road are higher than that on the wall. The priority of the measures on the road is high in the case that the aspect ratio W/H of the street canyon is bigger than 1.5.

Keywords: *Urban Heat Island, Radiant Environment, Street Canyon, Properties of Urban Block*
都市ヒートアイランド，放射環境，街路空間，街路形態

1．はじめに

都市のヒートアイランド現象が社会的に注目されるなか，様々な対策技術が提案され普及が進むとともに個々の技術の性能評価も実施されてきた[1]．また，これらの技術を建築の計画や設計に反映あるいは組み込む方策についても，物理現象を総合的にシミュレートする方法[2~6]や，形状・材料等のデザイン要素の影響を予測・評価して設計を支援する方法[7]などある程度確立されている．一方で，より効果的なヒートアイランド対策の施策が要求される行政やより有効な対策技術の開発を目指す企業などにとっては，個別の施策や製品開発において上述のような高度な評価方法を用いることは依然として困難な場合が多い．このような課題に対して，CASBEE-HI は建築の設計者が比較的簡易にヒートアイランド対策を検討することが出来るツールとして有効である[8]．また，日本建築学会のクールルーフ評価・推進小委員会では対策技術の適切な普及促進の観点から簡易評価ツールの開発が行われている[9]．本研究では，被覆関係のヒートアイランド対策技術を対象として，街路形態の特性と放射環境の関係に基づき，より効果的にヒートアイランド対策技術を導入するための指針を都市全体の視点から検討する．街路形態と街路空間の放射環境の関係を検討した既往の研究としては，主に建築物の暖冷房負荷に対する影響の観点から壁面入射日射量を評価した萩島ら[10]による研究，街区特性を示すパラメータに街路空間の放射伝熱特性を集約する方法について検討した西岡[11]による研究，熱画像と GIS を用いて都市空間内の放射輝度温度分布の実態を分析した田中ら[12]による研究，などがある．本研究はこれらの研究成果を参考として，街路形態と街路空間の放射環境の関係に注目した分析を行い，ヒートアイランド対策技術を優先的に導入すべき箇所について検討するものである．特に，実街区を対象とした検討結果を，アスペクト比で特徴が代表される単純街区の検討結果と比較することで，複雑な3次元形状の実街区において，ヒートアイランド対策技術の適所導入の観点から配慮すべき点を明らかにすることを目的とする．

ヒートアイランド対策の観点からは街区全体から発生する顕熱量を抑制すること，街路空間の熱環境の観点からは人体に入射する放

* 神戸大学大学院工学研究科建築学専攻 准教授・博士(工学) — Assoc. Prof., Dept. of Arch., Graduate School of Eng., Kobe Univ., Dr. Eng.
** 大和ハウス工業㈱ 修士(工学) — Daiwa House Industry Co., Ltd., M. Eng.
*** 摂南大学理工学部住環境デザイン学科 教授・工博 — Prof., Dept. of Living and Environ. Design, Setsunan Univ., Dr. Eng.

射熱量を抑制することが重要な要素であり，街路空間内の各部位の表面温度は両方の熱量に対して直接的な要因である[13]．従って，本研究では街路空間内の表面温度の分布に注目して解析を行う．

2．計算対象モデル

2.1　放射伝熱モデルの概要

建築物の壁面，屋根面，道路面により構成される街路空間を検討対象として格子分割を行い，各面の格子毎に入射する直達日射量，拡散日射量，天空からの赤外放射量を計算した．天空率及び面相互の形態係数はモンテカルロ法を用いて算出した．相互放射の影響はGebhart の吸収係数を用いて計算した[2,14]．なお，反射日射は全ての面で均等拡散反射を仮定し1回反射のみ考慮した．夏季晴天日を検討対象とし，法線面直達日射量はBouguer の式，水平面天空日射量は永田の式，天空からの赤外放射量はBrunt の式を用いて算出した[15]．各面の格子毎に表面熱収支式を計算し，その内側は一次元非定常熱伝導方程式を解いた．

気象条件には，ヒートアイランド対策の必要性が高い夏季の晴天日を想定し，2010 年 8 月 5 日の大阪管区気象台の観測結果（気温，相対湿度）を用いた．風速の局所的な影響は検討の対象とせず，対流熱伝達率には一律 12.5W/m^{2}K を設定した．各面内部の初期温度，内側境界条件には27℃を設定し，同じ日を2日繰り返し計算して蓄熱の影響を考慮した．

街区の構成としては，屋根面，壁面はコンクリート（0.3m），道路面はアスファルト（0.2m+0.35m の土）を想定し，熱に関するパラメータとして，コンクリート（反射率：0.2，放射率：0.95，熱伝導率：1.64W/mK，容積熱容量：1.93MJ/m^{3}K）とアスファルト（反射率：0.1，放射率：1.0，熱伝導率：0.74W/mK，容積熱容量：2.10MJ/m^{3}K）の典型的な物性値を設定した．

2.2　街区モデルの概要

街路形態の特性として，街区のアスペクト比 W/H（建物幅 W，建物高さ H）と街路方位（東西道路，南北道路，交差点）を主な指標とし，アスペクト比のみが異なる単純街区モデルを用いて検討を行う．実際の街区では街路に沿って建物高さが統一されている場合も見られるが不統一な場所もあり必ずしもアスペクト比で代表できるとは限らない．本研究では，建物高さが異なる場合について，建物高さの差ΔH と高層建物からの距離 D を指標とした単純なモデルにより屋根面への影響を考察するとともに，大阪市内中心部の典型的な 2 街区を対象として実街区モデルを作成し，アスペクト比で統一された単純な街区モデルの結果と比較して検討を進める．図 1 にアスペクト比により特徴付けられる単純街区モデルと建物高さの差ΔH と高層建物からの距離 D が指標の建物高さの異なる単純モデルを示す．

3．計算結果の考察

3.1　建物高さ一様の単純な街区モデルの場合

建物高さが一様な場合には屋根面に日陰が生じることはない．従って，道路面，壁面の表面温度分布を考察の対象とする．図 2 に W/H=1.0 の場合の 12 時の道路表面温度の計算結果の頻度分布を示す．メッシュ間隔 0.5m×0.5m×1.0m，道路幅及び建物高さ 15m を想定した計算結果である．日中の計算結果では他の時刻も同様に日向と日陰で表面温度の頻度が集中して発生する．日の出からの日射受熱積

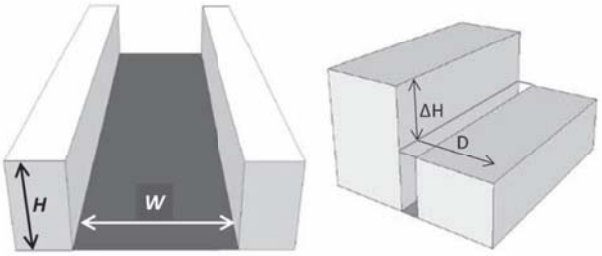

図 1　アスペクト比で特徴付けられる単純街区モデル（左）と建物高さの差ΔH と高層建物からの距離 D が指標の建物高さの異なる単純モデル（右）

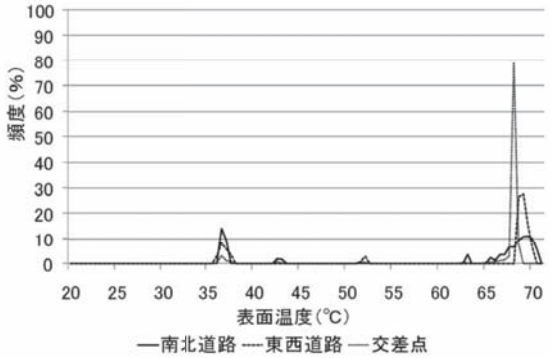

図 2　W/H=1.0 の場合の 12 時の道路表面温度の頻度分布

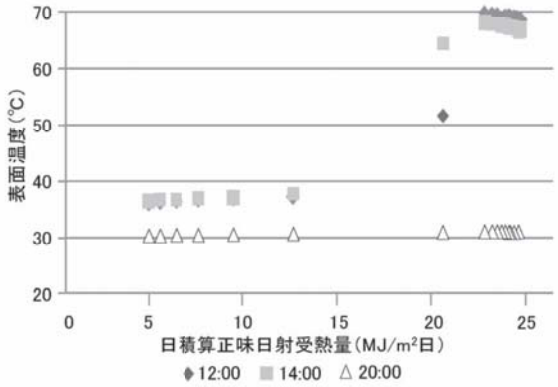

図 3　日積算正味日射受熱量と 12, 14, 20 時の道路表面温度の関係

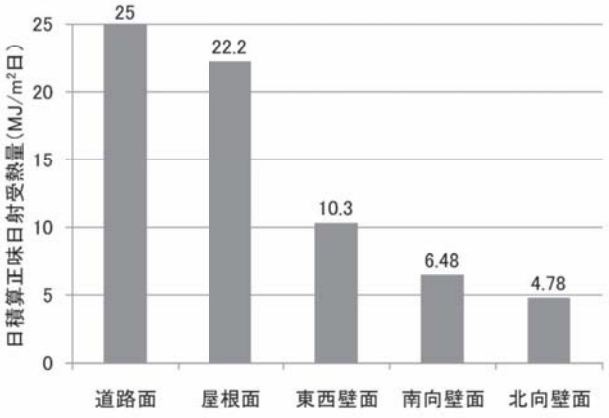

図 4　周辺に遮蔽物がない場合の各面での日積算正味日射受熱量

算量の違いによる蓄熱量の差も考慮される計算となっているが，当該時刻の日向，日陰の差が優先していると考察される．図3に日積算正味日射受熱量（反射日射量も考慮されているため正味と表現している）と12,14,20時の表面温度の関係を示す．日積算正味日射受熱量が大きい箇所で高い表面温度となる傾向であるが，各時刻におけるそれぞれの場所の日向，日陰の違いの方が支配的である．W/Hが異なる計算結果においても同様の傾向が確認された．以上より，ヒートアイランド対策の観点からは，日向となる時間が多く日積算日射受熱量の大きい地点が対策を施すべき箇所となる．そこで以降の解析においては，各時刻の表面温度分布を統合した指標として日積算日射受熱量の分布を考察の対象とする．

日積算正味日射受熱量の目安として，周辺に遮蔽物がない場合の都市を構成する各面での値を図4に示す．道路面が屋根面より大きな値になっている理由は日射反射率を小さく設定したためである．太陽高度が高いため，屋根面，道路面の日射受熱量が大きく，壁面の中では東西面が大きい．一般的に夏季を想定すると，壁面より屋根面，道路面の対策優先順位が高いといえる．

図5に東西道路における日積算正味日射受熱量の分布を示す．W/H=1（W=H=15m）を基準にW及びHを変化させたため，メッシュ数の少ない計算結果を拡大したものが含まれ，細かな変動が確認されるが大きな傾向は捉えられている．南側建物による影の影響に支配された分布となっている．W/Hが大きくなるとともに南側建物の近くまで対策必要範囲が広がる．図6に南北道路における日積算正味日射受熱量の分布を示す．両側の建物による影の影響に支配された分布となっている．W/Hが大きい街区で道路中央部の対策必要範囲が広がる．

図は省略するが，交差点内の日積算正味日射受熱量の分布は，図5,6を合成した形になる．図5において大きな日射受熱量となる北側壁面に近い部分は交差点内でも同様に大きな日射受熱量となり，その南側では南東及び南西側の建物による影の影響のために図6と同様に道路中央部で日射受熱量が大きくなる．

3.2 建物高さが異なる単純な街区モデルの場合

図7,8に南，北側建物及び東，西側建物が屋根面の日積算正味日射受熱量に及ぼす影響を示す．評価対象の屋根面より15,30,60m高い建物が図の中央に位置することを想定し，評価対象の屋根面が南，北，東，西へ横軸の距離だけ離れている場合の日積算正味日射受熱量を示している．高層建物の北側に位置する屋根面ではすぐ近傍で日射受熱量は大きく減少するが，ある程度離れると影響は小さい．東側，西側に高層建物が位置する屋根面には比較的離れていても日陰の影響が及んでおり，時刻による太陽高度の影響を反映している．この条件では，評価対象建物より60m高い高層建物であっても北側に15m以上離れれば対策が必要となる．東西側では高層建物の高さに応じて対策必要範囲が変化する．なお，高層建物の北東，北西側への影響は図6,7を合成した形になる．

3.3 実街区モデルの場合

図9に示す大阪市中心部の御堂筋と長堀通の周辺街区を対象として放射伝熱モデルの計算を行った．大中小の街路を含み，様々な道路幅，建物高さの影響が考察されるように領域を選定した．領域A,Bともにグロス建蔽率は約50%で，建物高さ10m～40m程度の建物が多くを占めており，広幅員道路沿いに相対的に高い建物が並んでいる．

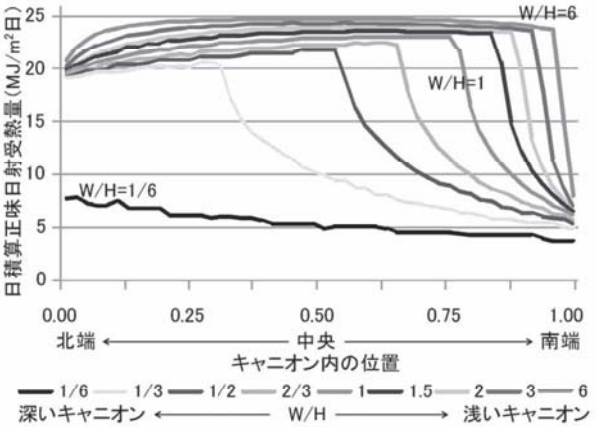

図5 東西道路における日積算正味日射受熱量の分布

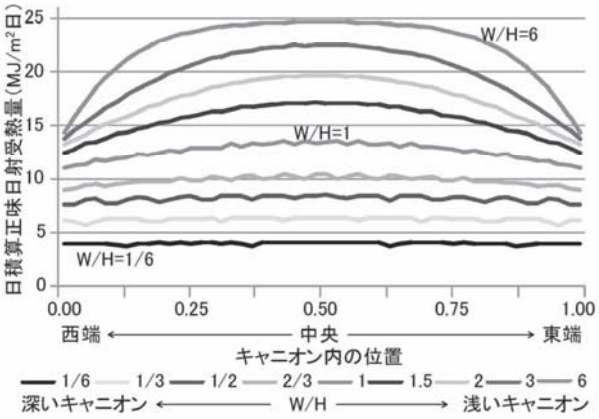

図6 南北道路における日積算正味日射受熱量の分布

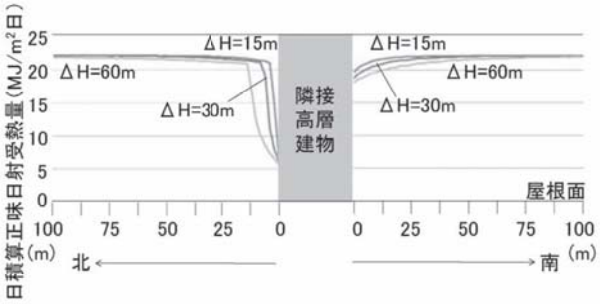

図7 南，北側建物が屋根面の日積算正味日射受熱量に及ぼす影響

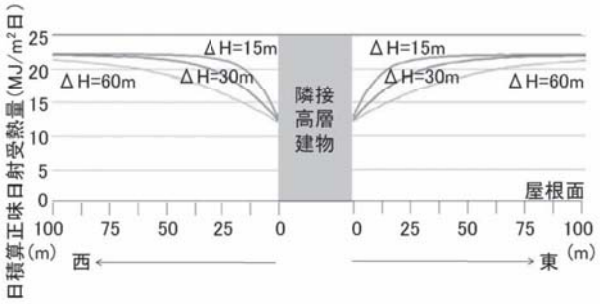

図8 東，西側建物が屋根面の日積算正味日射受熱量に及ぼす影響

街区内に数件の高層建物も存在している．大阪駅周辺や中之島地区などの再開発エリアも対象候補地として検討したが，新たに計画される街区では周辺環境への配慮が個別に実施されていることが多いため，既存街区への対策を念頭に選定した．メッシュ間隔 1.0m×1.0m×3.5m（階高を想定），対象領域 500m×500m である．周辺領域を含めた 600m×600m の計算を行った．物性値及び気象条件は，単純な街区モデルと同じである．実街区モデルの計算結果においても単純な街区モデルと同様に各時刻の表面温度分布はそれぞれの場所の日向，日陰の違いの影響が支配的であったため，日向となる時間に注目するとの観点より日積算日射受熱量の分布を考察の対象とする．

実街区モデルの場合には建物高さが一様でないため屋根面にも日陰が生じる．図 10 に建物毎の屋根面積と屋根面の日積算正味日射受熱量（屋根面での空間平均値）の関係を示す．屋根面に部分的に影が生じる場合には若干小さな値になっている．ただし，屋上のペントハウス，室外機，看板などの影響は考慮されていない．屋根面積の大きい建物は階数も大きい傾向があり，隣接建物の影響を受けて日陰になる可能性が低く日射受熱量が大きくなっている．広幅員道路に沿った建物であっても東西道路に面する場合には隣接する建物による影の影響を受ける可能性が高く日射受熱量が小さい建物が確認される．

図 11 にアスペクト比 W/H と道路面での日積算正味日射受熱量（道路面での空間平均値）との関係を示す．建物高さには道路近傍の建物の値を用いている．図には単純街区モデル（図 1 左）の結果も併せて示している．日射受熱量は W/H が 1.5 程度より大きい道路で大きく，東西道路と南北道路の差も小さい．ヒートアイランド対策の必要性が高いといえる．W/H が 1.0～1.5 の街路でも場所によっては日射受熱量が大きいため検討の対象となる．周辺建物による日陰の影響を受ける可能性がある場合に，特に南北道路において極端に日射受熱量が小さくなっている事例が確認される．単純な形状モデルでは表現されていない建物高さのばらつき（対象道路周辺に存在する高層建物）の影響であると考察される．東側及び西側の建物だけでなく，南東側や南西側の建物を含めて周辺の高層建物の影響を受けている場合があると考えられる．以上より，ヒートアイランド対策技術の適所導入の観点からは，周辺の高層建物に対する配慮が必要であると考察され，図 5,6 に示されるアスペクト比による傾向に，図 7,8 の高層建物の影響を加味して検討する必要がある．

4．街区全体での考察

検討の対象とした領域を上空からみた場合の屋根面，道路面の面積割合と屋根，壁，道路面における日積算正味日射受熱量の割合を図 12 に示す．上空から見た面積割合と比較すると，日射受熱量は建物による影の影響を反映して道路面で減少し壁面で増加している．特に東西壁面で増加し，南北道路で減少する傾向が顕著である．屋根面での日射受熱量は，影が生じない広幅員道路に沿った高い建物ではほとんど減少せず，その他の建物でも周辺建物の影による影響と反射日射の影響が相殺され，その割合はほぼ同程度となっている．

日積算正味日射受熱量と都市構成要素の関係を図 13 に整理する．これまでの考察の通り，屋根面の日射受熱量が大きく，東西道路，南北道路，壁面の順になる．屋根面の中では，周辺建物による影の影響を受けやすい高さの低い小規模な建物（建築面積：小）で小さ

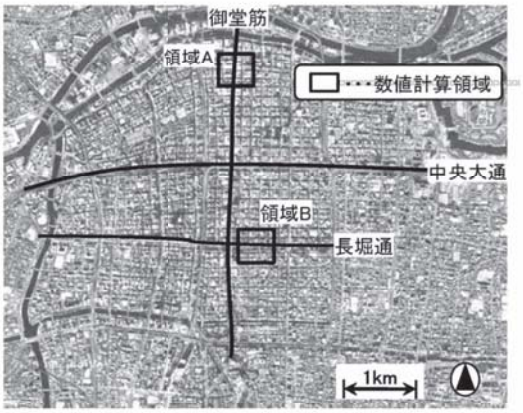

図 9　実街区モデルの対象領域（大阪市中心部）

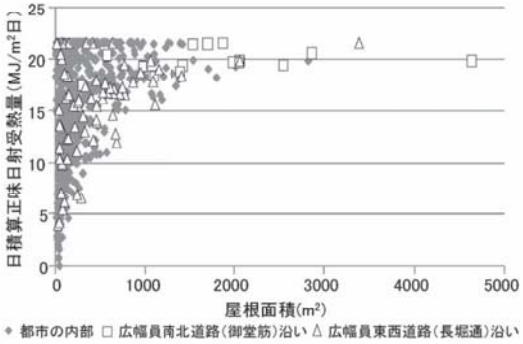

図 10　屋根面積と屋根面の日積算正味日射受熱量（屋根面での空間平均値）の関係

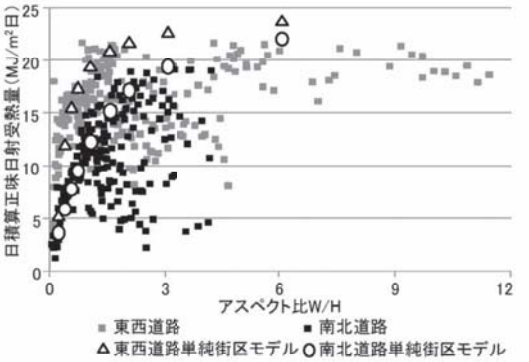

図 11　アスペクト比と道路面の日積算正味日射受熱量（道路面での空間平均値）の関係

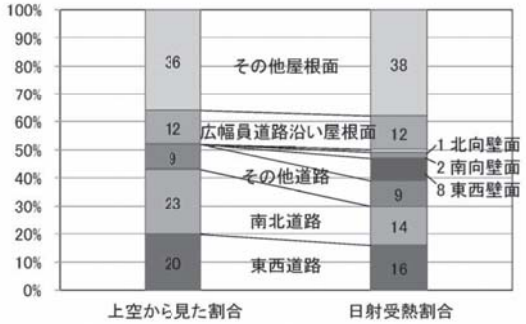

図 12　上空から見た屋根面，道路面の面積割合（左）と屋根，壁，道路面における日積算正味日射受熱量の割合（右）

くなる場合がある．夏季の東西道路は南側建物による影の影響範囲に入る割合が少ないため南北道路より大きな日射受熱量となっているが，北側と南側で日向と日陰のばらつきが大きいため標準偏差が大きい．壁面の中では夏季の太陽高度の関係で南北壁面より東西壁面の日射受熱量が大きくなっている．

5．まとめ

街路空間内の表面温度の分布に注目し，被覆関係のヒートアイランド対策技術を優先的に導入すべき箇所について分析を行った．特に，実街区を対象とした検討結果を，アスペクト比で特徴が代表される単純街区の検討結果と比較することで，複雑な3次元形状の実街区において，ヒートアイランド対策技術の適所導入の観点から配慮すべき点について考察を行った．

- 単純街区モデルと実街区モデルの検討結果を比較すると，ヒートアイランド対策の優先順位検討の観点からは，単純な街区モデルにより街路内の放射環境の特性はほぼ表現されていた．3次元形状（建物高さのばらつき）による影響は，高層建物の東西側に生じていた．
- 屋根面への日射受熱量は，建物高さも高くなる広幅員道路に沿った屋根面積の大きな建物で大きくなる傾向にあり，ヒートアイランド対策の優先順位が高い．
- 壁面への日射受熱量は，夏期の高い太陽高度の影響と建物高さのばらつきの程度を反映して，今回対象とした典型的なオフィス街区では道路面より小さい．壁面より道路面への対策が優先される．壁面の中では東西壁面の日射受熱量が大きい．
- 道路面への日射受熱量は，街路のアスペクト比W/Hが 1.5程度より大きい道路で大きく，ヒートアイランド対策の必要性が高い．W/Hが1.0～1.5の街路でも場所によっては日射日射受熱量が大きいため検討の対象となる．特に東西道路北側，南北道路中央は検討が必要である．

以上より，ヒートアイランド対策技術の適所導入の観点からは，屋上面，東西道路北側，南北道路中央の優先順位が高く，3次元形状の実街区において配慮すべき点としては，高層建物の東西側への影の影響，アスペクト比W/Hが1.0～3.0程度の範囲の街路における周辺の建物高さのばらつきの影響，が指摘された．

本研究は街路空間の表面温度分布（日射受熱量）にのみ注目した検討であり，都市空間に排出される顕熱量や放射熱量を通して生じる気温への影響，人体温熱環境への影響については別途詳細な検討が必要である．

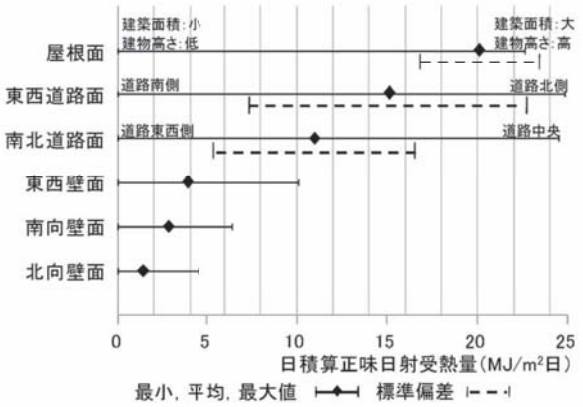

図 13　日積算正味日射受熱量と都市構成要素の関係

謝辞

本研究の一部を修士論文として取り組まれた金本薫希氏に謝意を表します．

参考文献

1）森山正和：ヒートアイランドの対策と技術，学芸出版社，2004.8

2）吉田伸治，大岡龍三，持田灯，富永禎秀，村上周三：樹木モデルを組み込んだ対流・放射・湿気輸送連成解析による樹木の屋外熱環境緩和効果の検討，日本建築学会計画系論文集，第536号，pp.87-94，2000.10

3）萩島理，谷本潤，片山忠久，大原健志：改良・建築－都市－土壌連成系モデル（AUSSSM）による都市高温化の構造解析 第1報 モデルの理論構成及び標準解，日本建築学会計画系論文集，第550号，pp.79-86，2001.12

4）鳴海大典，大谷文人，近藤明，下田吉之，水野稔：都市における人工廃熱が都市熱環境に及ぼす影響 都市熱環境評価モデルを用いたヒートアイランド現象の改善策に関する検討 その1，日本建築学会計画系論文集，第562号，pp.97-104，2002.12

5）原山和也，大岡龍三，村上周三，吉田伸治，瀬戸島政博，近藤裕昭：都市キャノピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候解析，日本建築学会環境系論文集，第592号，pp.75-82，2005.6

6）足永靖信，東海林孝幸，河野孝昭：地球シミュレータを用いた東京都心10km四方における高解像度のヒートアイランド数値解析，日本建築学会環境系論文集，第616号，pp.67-74，2007.6

7）山村真司，梅干野晃，浅輪貴史：建築外部空間デザインの設計支援を目的とした熱放射環境の予測手法の開発，日本建築学会計画系論文集，第554号，pp.85-92，2002.4

8）日本サステナブル建築協会：建築環境総合性能評価システム CASBEE-HI評価マニュアル（2010年版），建築環境・省エネルギー機構，2010.7

9）クールルーフ評価・推進小委員会ホームページ，http://news-sv.aij.or.jp/kankyo/s22/，2010.11.9参照

10）萩島理，谷本潤，片山忠久：周辺街区状況が壁面入射日射量に与える影響に関する系統的数値実験，日本建築学会計画系論文集，第554号，pp.7-13，2002.4

11）西岡真稔：放射伝熱の観点から見た都市表面の伝熱特性に関する基礎的解析，日本建築学会環境系論文集，第602号，pp.61-68，2006.4

12）田中貴宏，森山正和，佐川朋子，山下卓洋：夏季の大阪市中心部における放射輝度温度分布の詳細な特徴 熱画像と GIS データを用いた夏季の大阪市中心部における放射輝度温度の解析 その1，日本建築学会環境系論文集，第599号，pp.119-126，2006.1

13）梅干野晃，浅輪貴史，高田真人，円井基史：土地利用と熱環境対策からみた都市街区におけるヒートアイランドポテンシャルの特徴，日本建築学会計画系論文集，第559号，pp.63-70，2002.9

14）中村泰人，松尾陽，松本衛，土屋喬雄，橘秀樹，宮田紀元：新建築学体系10 環境物理，彰国社，pp.67-70，1984.8

15）田中俊六，武田仁，岩田利枝，土屋喬雄，寺尾道仁：最新建築環境工学改訂3版，井上書院，pp.93-99，2006.3

（2011年3月2日原稿受理，2011年5月12日採用決定）