

海風のヒートアイランド現象緩和効果を活かした土地利用計画に関する調査研究 実測調査にもとづく Void 空間のヒートアイランド緩和効果 DESIGNING LANDUSE PATTERNS TO MITIGATE THE URBAN HEAT ISLAND PHENOMENON IN CONSIDERATION OF OCEAN WIND FLOW AND OPENSOURCE VOIDS

ファウラートロイ*、佐土原聡**、吉田聡***
Troy FOWLER, Satoru SADOHARA, Satoshi YOSHIDA

Adjusting land use zoning and open-spaces formed by roads and buildings intervals to leverage the cooling effect of naturally occurring air temperature gradients that form due to proximity to the ocean can be an effective method to regulate urban temperature profiles. Based on temperature readings taken in August 2006 using 20 primarily train-station mounted thermometers in Kanagawa, Japan, this paper analyzes links between 1) air temperature, 2) distance from the ocean, and 3) five simplified categories of land cover: buildings and vegetation (two 3-D elements); plus waterways, roads, and “urban-space” between buildings (three 2-D “void” spaces). Of the three types of voids, a cooling affect was seen from urban-space in areas close to the ocean, but not inland, whereas significantly lower temperatures were observed from road voids in inland regions with comparatively high housing densities.

Keywords: *Urban heat island, prevailing wind, wind path, thermal environment, railway*

ヒートアイランド現象、卓越風、風の道、温熱環境、鉄道

1. はじめに

1-1. 研究の目的

近年、都市化に伴うエネルギー消費の増加や地表面の人工化などによって、日本では都市部の温熱環境が悪化しつつあり、いわゆる、ヒートアイランド現象が顕在化している。ヒートアイランド現象の緩和を目指して、風通しを確保した建物配置や、屋上緑化・高反射塗料の施用など、都市街区スケールから、個別建物スケール及び、建築物の建材スケールまで、幾つか空間的なスケールで諸々の対策法が昨今検討されるようになった。その中で、海風を始めとして、風通しで得られる冷却効果と換気効果を活かしたヒートアイランド対策法が注目されている。都市環境工学に関する研究において風環境を評価するに当たって、ある風の特性（例えば対象となる風の吹く位置、高さ、速度、頻度など）によってその風の捉え方は異なるが、市街地より数度低温となっている海風や河川上で吹く河川風を都市内の換気に活用しようとする「風の道」の暑熱環境緩和効果が注目され、様々な既往の調査^{1)~3)}によってその効果が証明されている。また清田らは広島市を対象に海陸風の効果を海岸線からの距離と温度の関係により検討した⁵⁾。この様に海風や河川上の風のヒートアイランド緩和効果に関する様々な研究事例は報告されているが、単純に対象水域からの距離や市街地との空間的な位置関係の調査の他にも、都市部の構造的な特徴と風通しの関連性をより厳密に解明しようとする調査も最近数多く挙げられる。風は空気の物理的な移動という捉え方からすると、都市部においては風を遮る物体

（いわゆる都市の『粗度要素』、英語：『urban roughness elements』）は主に建築物や樹木となり、建物や樹木の形態の特徴及び、配置条件が通風環境に及ぼす影響に関しても様々な研究が行われている。久保田らはいくつかの街区の配置条件と集合形態が異なる建物群のグロス建ぺい率と平均風速の関係を風洞実験で検討した⁴⁾。その他に、上原らが風洞実験を用いて、都市街区で形成されたストリートキャニオンの形状と風通しの関連性をより細かい空間的スケールで確かめた⁵⁾。また清田らにより、土地利用と温熱環境の関連性を明確にした研究事例もある⁶⁾。さらに高らが緑地オープンスペースとヒートアイランド・クールアイランド形成の関連性を評価した研究もある⁷⁾。このように、都市要素の形態とその特徴、被覆条件、緑地などのオープンスペースが温熱環境に与える影響について様々な研究調査がされている。そこで本研究は後者に着目し、ヒートアイランド現象の観点からオープンスペースと風通しの関係を主題とするが、一般的にオープンスペースとして定義されている空間では、高さ数メートルまで及びうる低木と茂みなどが含まれることから、都市構造と風通し、風の道の相互関係をより正確に把握するために、緑地が含まれるオープンスペースと、立体的な要素が殆ど存在しない、開けている平面空間である『Void』を分けて考える必要があると考えられる。以上を踏まえ本研究では、横浜市が位置する神奈川県東部地域を対象に、主に鉄道の駅に設置した約 20 個の測定点で構築した広域温度観測網を利用し、卓越風の主風向に対する位置関係や、海からの距離、土地利用に基づいて分類した 4 つの Void 空間が

*1 横浜国立大学大学院・博士課程後期

*2 横浜国立大学大学院環境情報研究院教授・工博

*3 横浜国立大学大学院環境情報研究院准教授・博士（工学）

*1 Graduate School, Yokohama National Univ.

*2 Prof., Yokohama National Univ. Dr.Eng

*3 Assoc. Prof., Yokohama National Univ. Dr.Eng

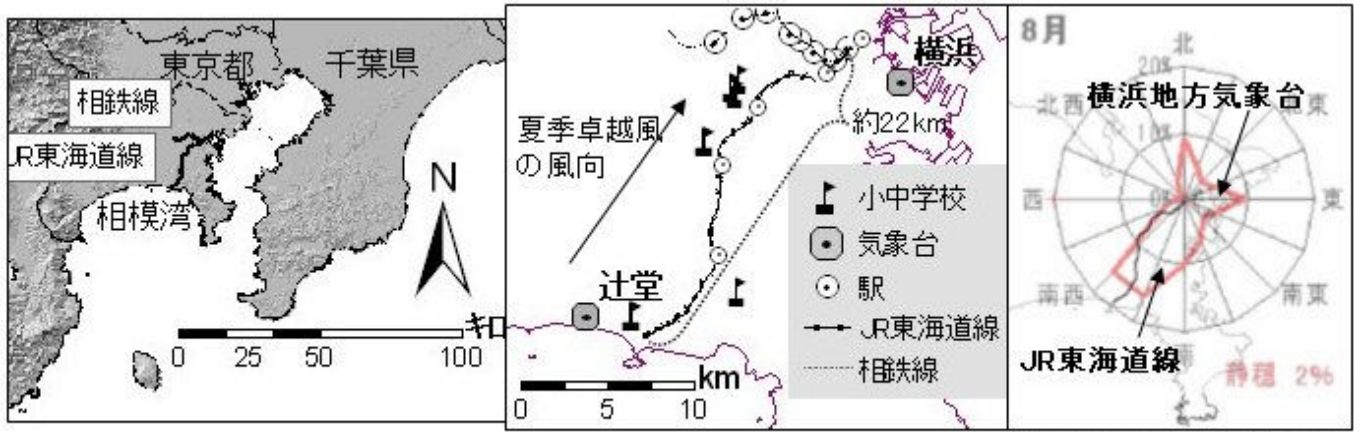


図1 対象エリアと測定点の位置

図2 対象エリアに8月風配図を重ね合わせたイメージ

温熱環境に及ぼす影響を、当関係数などの多変量解析手法を用いて、明らかにする。

をより正確に把握するため、JR線沿いに位置している6つの小中学校も実測調査の対象とした。

2 対象地域と実測調査の概要

2-1 対象地域と測定エリアの概要

実測対象エリア、測定点の位置を図1に示す。測定エリアは神奈川県東部の、主に東-西方向に走っている相模鉄道(以下、『相鉄線』)と、北東-南西方向に走っているJR東海道線を測定対象地域として選定した。図2は横浜気象台(横浜市中区山手)から得た8月の風配図(風向は3時間毎の瞬間値が測定され、風向別に集計されたものである。統計期間:1971-2000年)を対象地域の中心に重ね合わせたイメージであるが、図2の示すように、横浜市のヒートアイランド現象が最も顕在化する8月における最も頻度の高い風、いわゆる、横浜市の夏季卓越風の主風向は、南西方向の相模湾から横浜市都心に吹いてくることが分かる。横浜市の8月に吹く卓越風は北を0として平均約217°の方向から吹き、ちょうど江ノ島当たりから入って来るが、さらにこの風配図の上にJR東海道線の位置(黒い線)を表示すると、夏季卓越風の風向とほぼ一致していることが分かる。

JR東海道線の他にも、横浜都心から東西に伸びる相鉄線における温度も測定した。相鉄線は冷風源となる相模湾からほぼ同じ距離離れている領域にあるが、各駅は周辺の土地利用・建物密度・被覆特徴などが大きく異なる。また、JR東海道線と異なり、対象にした相鉄線の一部は主に東-西に配置されており、当地域の卓越風風向と直交する方位を持つ。横浜市のヒートアイランド現象における既往実測調査⁹⁾によると、建物密集地域や都心である東京湾側の臨海部に高温領域が発生するが、それを中心に扇状の温度勾配が郊外部に向かって広がる。そして本研究の対象となった相鉄線の一部が高温領域から、より低温となっている郊外部、つまり、このヒートアイランドによる温度勾配を横断することから、相模湾より吹いてくる海風からの影響がほぼ同じ程度となっている状態で、土地利用の特徴と温熱環境の関連性を検討した。

以上のように、JR東海道線の方が8月の卓越風に沿っている利点と、実測調査を行う上での鉄道の利便性及び、駅施設の環境的な統一性などを配慮に入れ、横浜市を横断する各鉄道に焦点をあて、本調査を行うことにした。そして最後に、さらに当地域の温度分布

2-2 測定点と実測期間

2006年の8月に、JR東海道線・相鉄線・各小中学校に合わせて22個の温度計^{注1)}を設置し、広域における温度観測網を構築した(図1)。それぞれの温度計を設置した施設の都合などにより、観測できた期間が異なったが、8月19日から29日の間の11日間は全ての温度計の観測期間が重なり、この共通した11日間から降水のあった25日を除いて、残りの10日間を本報の最終的な分析で利用した。なお、分析対象期間の風況を見ると、10日間のうち、9日間の風が南方から吹いており、横浜地方気象台の風配図とほぼ合致していた。なお、各温度計の測定間隔は5分に設定し、元々設置した22個の温度計の内2個がイタズラされたため、結局20個のデータのみを最終分析に用いた。

2-3 温度計の設置条件

各温度計で現地の気温を可能な限り正確に記録するため、設置した施設自体からのさまざまな発熱(空調用発熱や放射など)の影響を受けない様に、なるべく各施設の南側か西側、いわゆる南西方向から吹く卓越風に対して風上側に設置した。

次に、それぞれの測定点がどれくらい夏季卓越風に影響を受けるかを検討するため、8月季節風の主風向を基準に各点の相模湾からの距離及び東京湾からの最短距離を地理情報システム(GIS)より算出した(図3)。表1が各測定点を設置した施設名及び、それぞれの湾からの距離を表している。

全ての小中学校においては、温度計を当該施設の夏季卓越風に対して風上側に設置したが、残りの駅用温度計は現地の事情により設置できるところに限られたが、結局20個の温度計のうち、約80%(16個)が施設の南側に設置できた。温度計の設置高さは基本的に地上面から約2.5mだったが、鎌倉市の腰越小学校(表1の1と2番)は学校本館の海に面している2階のベランダ(高さ約9m)の西側と東側にそれぞれ一個の温度計設置した(温度計の間隔:約25m。西側を『W』、東側を『E』として表記)。

表1 各測定点海からの距離

施設 タイプ	整理 番号	施設名	海からの距離	
			S	T
小 中 学 校	1	横浜国大付属鎌倉中	2.4	6.9
	2	鎌倉市立腰越小	0.7	14.7
	3	(同上)	0.7	14.6
	4	横浜市立川上小	15.3	8.4
	5	横浜市立品濃小	15.1	8.0
	6	横浜市立東品濃小	16.1	7.7
	7	横浜市立東戸塚小	11.8	8.9
相 鉄 線	8	平沼橋	20.9	2.0
	9	西横浜	19.8	2.8
	10	天王町	19.5	3.4
	11	星川	19.8	3.9
	12	和田町	20.2	4.7
	13	上星川	20.7	5.3
	14	西谷	22.3	6.8
	15	二俣川	20.3	9.6
鉄 道	16	JR横浜	21.6	1.5
	J 17	JR保土ヶ谷	18.6	3.7
	R 18	JR東戸塚	15.4	8.2
	線 19	JR戸塚	11.4	9.1
	20	JR大船	6.7	10.6

S: 相模湾、T: 東京湾

2-4 温度計の保護ケース

本調査で、公共施設に温度計を数週間設置し計測するために、イタズラ防止や、自然な風通しを確保、雨や直射日光からの遮断効果など、さまざまな技術的と環境的な要件を配慮し、特別な温度計用保護ケースを作成した。具体的な保護ケースのイメージは図4に示してある。実測の目的が周辺気温のみを記録することであったため、円状プラスチックプレートを数枚重ねた形にして、その中に本体と温度計センサーを取り付け、風通しを確保すると共に雨や日射を遮断する仕組みにした。図5は温度計の入った保護ケースが実際に駅ホームの柵に取り付けられた状態の写真である。

2-5 解析領域（バッファ）の選定

分析対象とすべき領域を判断するために、各測定点から半径100m、200m、300m、400mの同心円状（以下、『バッファ』という）に分けて、各バッファ内の土地利用が温度に与える影響をバッファの大きさ毎に算出した。このとき、土地利用は神奈川県都市情報システムLAND2000データを使用した。表2は温度に対する土地利用項目の単相関係数の絶対値をバッファ大きさ毎にまとめたものであるが、この結果によると、200mバッファにおける相関性が最も高かった。次に図6のように、200mバッファにおける土地利用項目の温度に対する重相関係数を時刻別に算出した結果、夕方（12時～20時）において最も重相関係数が大きいことから、各測定点から半径200mの領域と12～20の時間帯に焦点を当て、以降の最終的な解析を行った。

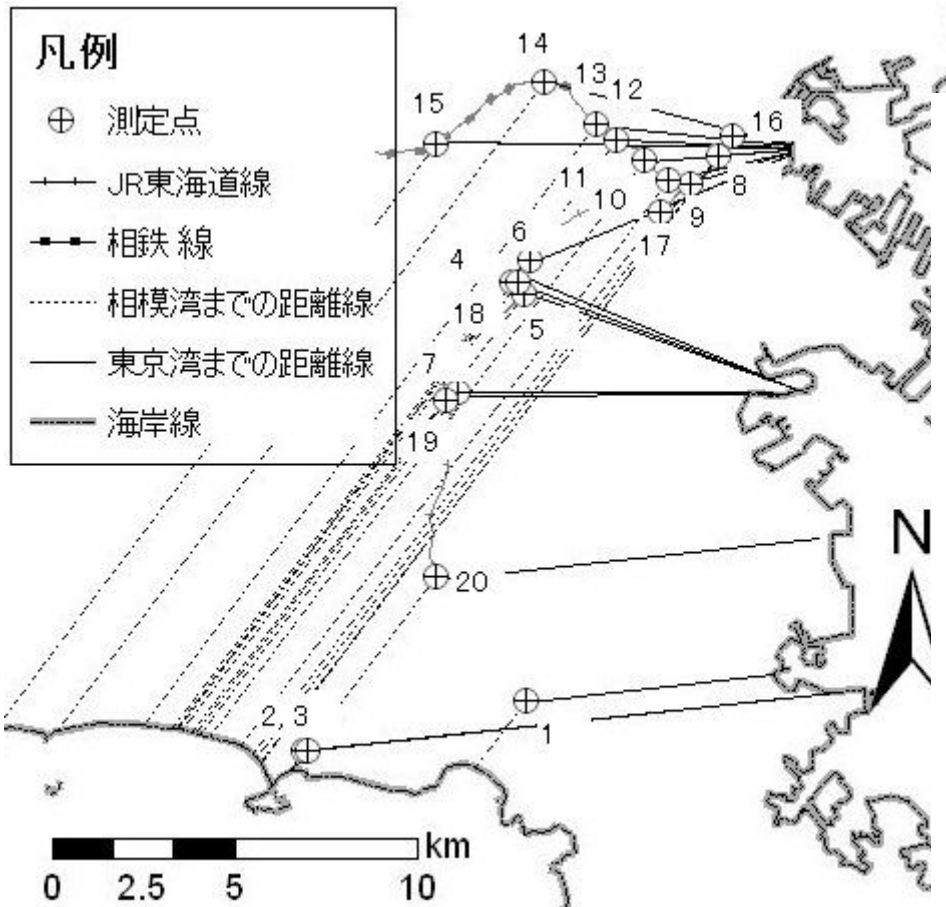


図3 対象エリアと各測定点における海までの距離線

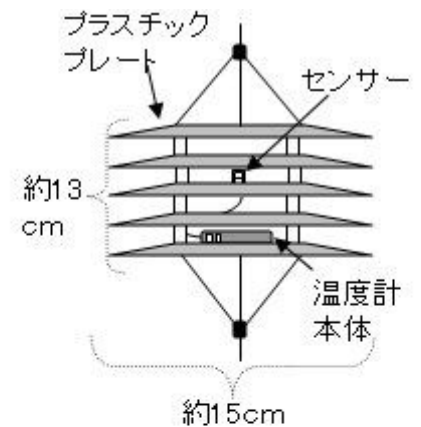


図4 温度計保護ケースのイメージ

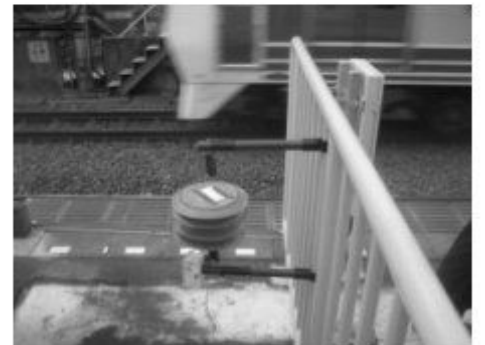


図5 温度計を駅ホームに撮り付けた状態

表2 解析バッファー別の単相関係数

解析バッファ 半径(m)	相関係数絶対値の平均	
	24時間	12~20時
400	0.24	0.31
300	0.26	0.34
200	0.27	0.36
100	0.21	0.28

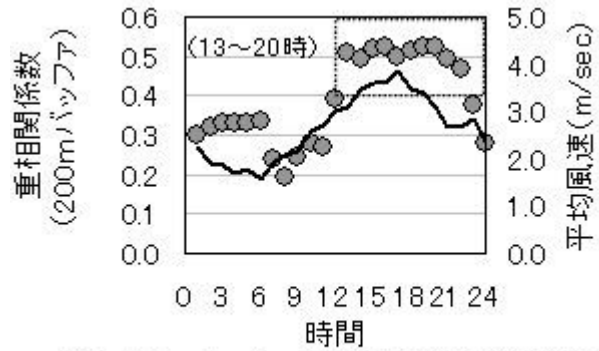


図6 200mバッファの重相関係数と最寄り気象台(辻堂・横浜)における平均風速

2-6 土地利用地図データを用いた Void の抽出と分類化

今回用いた土地利用データが元々34の土地利用分類であったが、Void空間の抽出し土地利用項目を整理するために、緑地、水面、道路、残余空間という4つのまとめた土地利用に分類した。次に、対象エリアに該当する建物ポリゴンデータ(神奈川県都市情報システムHOUSE2000、平成12年度基礎調査、建物現況)と重ね合わせて、緑地と建物を、風を遮る立体と判断し、緑地と建物以外の平面空間を1)水面、2)道路、3)残余空地という3つのVoid空間に分類した。三つ目の『残余空地』とは、建物・緑地・水面・道路などの土地利用を取り除いた後に残された空間のことをいい、建物と建物の間に形成される平面空間である^{注2)}。このため『残余空間』は場合によっては少量の緑地と土面などが含まれるが、おおよそ人工舗装で覆われているものが殆どと考えてもよい空間である。参考のため、それぞれの土地利用項目の内容と3次元物体を除いた前と後のイメージをそれぞれ表3と図7にまとめた。

表3 土地利用項目の内容とVoid分類

項目	VOID	直方体
1 緑地	×	○
2 建ぺい率	×	○
3 水面	○	×
4 残余空地	○	×
5 道路	○	×

3 実測結果

3-1 各測定点における平均温度プロフィール

測定対象地域の温度の特徴を把握するため、それぞれの測定点の観測期間が共通した10日間の平均温度を1時間ごとに集計・平均した。次に、GISを用いて算出した建ぺい率と前述の土地利用分類に基づいて、土地被覆が比較的類似している測定点7箇所における、海からの距離と平均温度の関係を求めた(図8)。温度データを昼間(12時~14時)、夕方(15時~17時)、夜間(18時~20時)という三つの時間帯に分けて平均したところ、昼間においては平均で最大3.5℃の温度差が見られ、土地被覆条件が似ているところにおいても海から内陸に向かうに従って、温度が上昇していることが分かった。これは、海の風による冷却効果が内陸部より臨海部に効いており、横浜市の中心部にとっては、相模湾が夏季の冷風源となっていることを示唆している。

3-2 土地利用及び、Void空間と温度の関連性

先に定義した3つのVoid空間(水面、道路、残余空間)は全て空間的に開けているVoid空間であると判断したが、今回の測定点周辺は水面の面積が少ないほか、水面以外の2つVoid空間(道路、残余空間)は人工的な要素であること、都市設計を考える上で道路や残余空間の配置は意図的に整備することが比較的可能であることから、本研究においては水面以外の道路系・残余系Voidにおける風通しの効果に焦点を当てて分析を行った。この二つの『道路』と『残余空間』における風通しの効果の違いをより厳密に検討するため、それぞれのデータポイントをまず、卓越風主風向を基準にした相模湾からの距離に基づいて、相模湾付近グループと相模湾から離れている

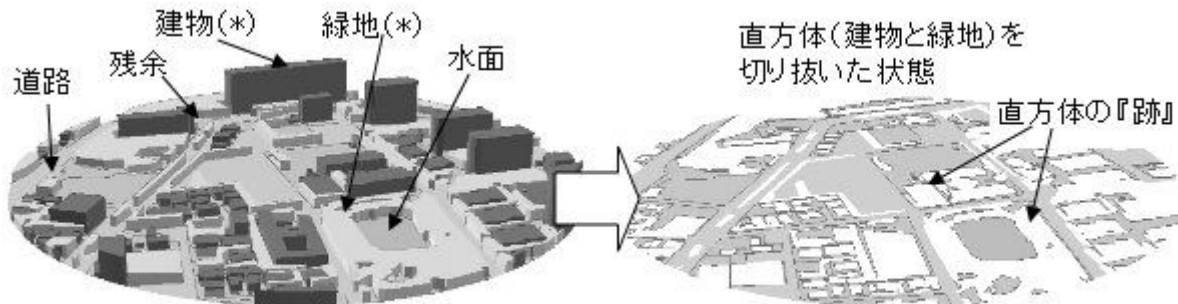


図7 都市利用項目の分類化。(*)直方体

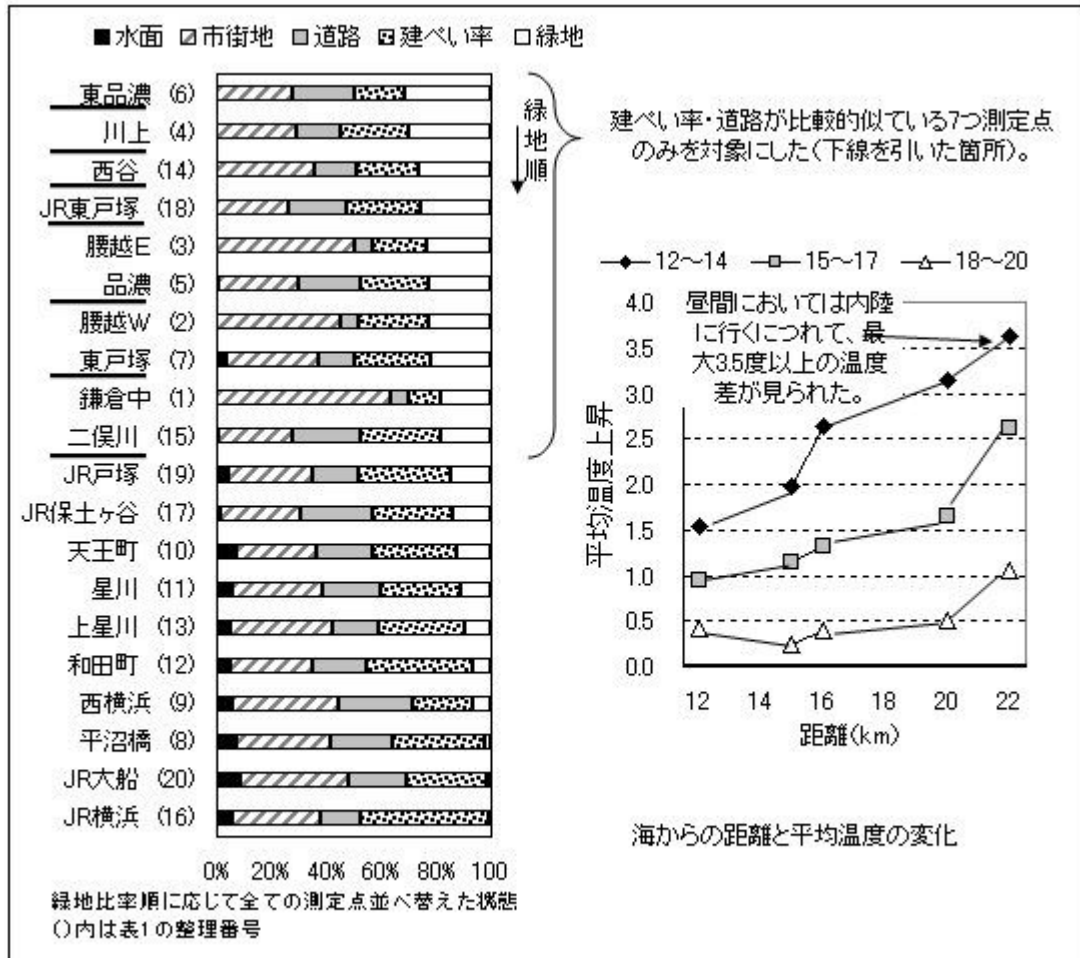


図8 土地利用条件似ている7箇所における、海からの距離と平均温度差の関係

表4 各分析グループの内容及び、測定点の分類化

分析グループ	相模湾		東京湾		建物密度		測定点 (整理番号)	点数
	付近	遠方	付近	遠方	低い	高い		
	<12km>		<4km>		<500/km ³ >			
①	○						1-3, 7, 19, 20	6
②		○					4-6, 8-18	14
③		○				○	5, 8-10, 12-14, 17, 18	9
④		○			○		4, 6, 11, 15, 16	5
⑤		○	○				8-12, 16, 17	7
⑥		○		○			4-6, 13-15, 18	7
⑦		○	○			○	8-10, 17	4
⑧		○		○		○	5, 12-14, 18	5

グループに大きく分けて分析を行い、その次に卓越風の冷却効果を比較的受けていない相模湾から離れているグループに関しては、東京湾からの距離及び建物密度に基づいて更に分類し、最終的に下記表4の①～⑧分析グループにおけるVoid空間と温度の関連性を求めた^{注3)}。なお、各測定点の内容が表5の通りである。

図9は土地利用と気温の相関性が一番高い時間帯12時～20時(2.5参照)において、上記の分析グループ毎に温度に対する単相関係数の平均値を表している。まずは相模湾付近と遠方グループ(①と②)の結果を見ると、相模湾付近において単相関係数がプラス(加熱要因)に出ているが、相模湾から離れるとマイナス(冷却要因)

表5 各測定点の内容

測定点 名称	整理 番号	直方体 (%)		VOID (%)			海からの距離		建物 密度
		緑地	建ぺい 率	水面	道路	残余	相模湾 (*)	東京湾	
鎌倉中	1	22.8	25.6	0.0	6.4	45.6	2.4	6.9	229
腰越W	2	23.4	19.7	0.0	6.5	51.0	0.7	14.7	1151
腰越E	3	18.5	11.3	0.2	7.0	62.9	0.7	14.6	1144
川上	4	1.3	29.3	8.5	21.0	40.0	15.3	8.4	495
品濃	5	14.4	33.8	4.3	16.9	30.6	15.1	8.0	514
東品濃	6	22.1	27.7	3.3	13.1	33.8	16.1	7.7	236
東戸塚	7	31.6	18.0	0.0	22.9	27.5	11.8	8.9	290
平沼橋	8	0.8	45.9	5.8	13.8	31.5	20.9	2.0	714
西横浜	9	18.1	29.4	0.6	24.9	27.0	19.8	2.8	606
天王町	10	30.0	24.7	0.3	15.8	29.2	19.5	3.4	654
星川	11	11.3	28.9	5.8	20.9	33.1	19.8	3.9	499
和田町	12	2.1	33.4	7.3	22.9	34.3	20.2	4.7	945
上星川	13	6.3	22.1	5.9	27.3	38.4	20.7	5.3	690
西谷	14	12.6	30.1	7.1	20.9	29.2	22.3	6.8	658
二俣川	15	14.0	28.8	1.4	26.5	29.3	20.3	9.6	409
JR横浜	16	6.4	39.2	4.9	19.3	30.2	21.6	1.5	285
JR保土ヶ谷	17	9.8	31.0	4.9	17.0	37.3	18.6	3.7	508
JR東戸塚	18	26.3	23.0	0.0	14.9	35.9	15.4	8.2	567
JR戸塚	19	22.8	24.5	0.7	22.5	29.6	11.4	9.1	457
JR大船	20	25.2	27.6	0.1	21.2	25.9	6.7	10.6	514

(*) 卓越風の主風向をベースにした。

に転じ、残余空間が逆に相模付近ではマイナスから遠方だとプラスに移転する。次に建物密度の高いグループと低いグループ (③と④) の結果を見ると、特に目立つ違いが見られなかったが、東京湾付近と東京湾遠方 (⑤・⑥) で分けて見ると、東京湾付近における残余空間の加熱効果が非常に少ないことに対して、東京遠方では比較的高い相関性がある。道路も同様に東京湾付近では弱い関係にあるが、東京湾遠方では比較的高い冷却効果を表している。最後に建

物密度の高いところで、東京湾付近と東京湾遠方で分けて見ると、東京湾から離れている建物密度の高いところにおいては、残余空間がプラス、道路がマイナスになっている関係が特に顕著である。

その理由については、相模湾付近の測定点は海風に晒されているため、その風が建物のすきまに流れ込んでいると考えられ、風がよく吹いている臨海地帯においては、建築物の間隔で形成されている狭い空間が点在していても、暖められ、淀んだ空気が風通しによって残余空間内にこもらないと考察できる。これより、冷風の風通し

が良い臨海部においては高密度な都市であっても温熱環境の悪化に繋がらないと考えられる。しかし今回の結果、冷風源となる相模湾の風下にある地域においては、建物の間の残余空間が温度を押し上げる傾向に転じ、建物棟数密度の高いところは特にそうである。その理由として、比較的弱風の通風環境に置かれている地帯においては、建物間隔に暖まった空気が淀み、建物間での蓄熱効果を引き起こしていると考えられる。

4.まとめと考察

本研究では主に鉄道駅に設置した約 20 個の温度計から得られた温度データに対して、単相関係数を用いて、三つの Void 空間を含む 5 つの土地利用項目が温度に及ぼす影響を冷風源となる相模湾との位置関係を考察しながら検討した。その結果に基づき以下の点が明らかになった。

■:水面、■:残余、○:道路、*:建ぺい率、—:緑地

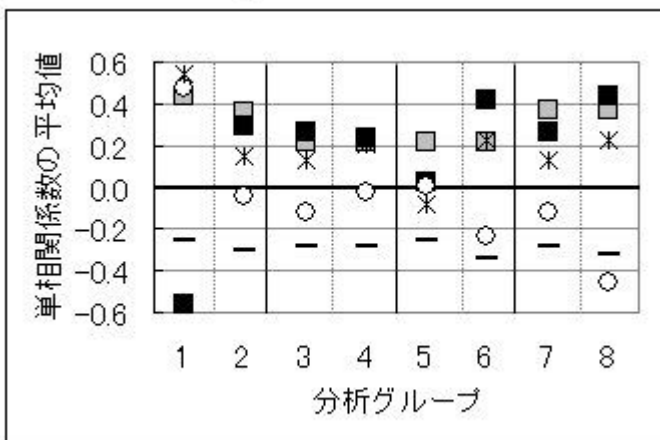


図8 分析グループ別に、温度に対する単相関係数の平均値

- ① 3次元の直方体の間で形成される残余空間は、卓越風に対して風上、且つ、臨海地帯においては温度を低減させる空間となっているが、風下地帯においては、高温化の影響要因となる。
- ② 建物密度を表すグロス建ぺい率が殆ど全ての分析グループにおいて温度を上昇させる要因となった。
- ③ 道路の冷却効果が卓越風に対して風下領域において見られたが、その関係が建物密度の高いところに特に顕著であった。
- ④ 今回の結果、相模湾付近の道路が温度を押し上げる要因となったが、他の地帯においては温度を下げる要因となった。その理由は不明だが、仮説としては相模湾付近では道路割合が比較的少ないことから、他の幹線道路に比べて相模湾付近測定点における道路が、空気が流れにくい非連結な空間となっていることが考察出来る。
- ⑤ 弱風環境に置かれているところに関しては、道路が冷却効果をもたらしている。本来、アスファルトなど人工舗装で覆われている道路は、その蓄熱性及び、輻射特徴により温熱環境を悪化させると言われているが、今回の結果、建物密度の高い内陸地帯においては道路が上空風を導入し風通しを促進する役割を果たしていることが明らかになった。道路空間の温熱環境に対する影響が、道路の立地条件に大きく左右されることが明らかになった。
- ⑥ 水面などの様なクールスポットにおける冷却効果は、多くの研究事例によって検証されているが、今回の研究ではその割合が数パーセントにしか過ぎなかったため、冷却効果が見られなかった。
- ⑦ 今後の研究課題としては、Void空間の形状と特徴をさらに分析した上で、市街地の幾何的の形状と通風性能の関連性をより明確に検証する必要がある。また、都市街区を横断する水面を、水深や暗渠・下地舗装の特徴に基づいて細かく分類し、水面の熱的な影響を厳密に分析する必要がある。

注

- 注1) TABAI ESPEC CORPO製のThermo-Recorder RS-11(本体寸法:H55 x W88 x D24)の携帯型質温度計を使用した。測定精度が0.1℃(温度10分の1度)である。各温度計の測定性能を横浜国立大学の屋上に設置した、固定ウェザーステーション(Davis Instruments製のVantage PRO2 Weather Station)の温度出力と48時間比較を行い、調査を実施する前に全温度計の測定正確性が温度計の測定刻みである0.1度以内であることを検証した。
- 注2) 今回用いたLAND2000土地利用データの緑地項目には平面的な芝生空間が含まれるが、横浜市役所が別途提供している高さ3m以上樹木ポリゴンデータ(データ名)と比較したところ、土地利用緑地データが高さ3m樹木データと87%一致していることが分かり、残りの13%に関しては、航空機搭載型レーザーキャナーで取得し

たデジタル標高データ(国際航業のラムゼサーフェス、レベル1。計測日付:2001年1月3・4日。高さ制度:±15cm。約2m間隔のランダム点群)を用いて、2.2mの平均高さを持つことを確かめたので、今回の研究では緑地を3次元の立体として捉えることにした。

- 注3) 相模湾付近を基準にしていた12km以内というのは、多変量解析を行うために必要最小限のデータポイントのうち、一番離れているのが11.4であったため、12km以内のデータポイントを相模湾付近、それ以降のデータポイントを遠方にした。東京湾付近・遠方の分け方に関しては、単純にデータを半分に分けたところ、その分離点が4kmであった。建物密度の分離については、データの分布状況を見ると500塔数/km³前後に密集しており、500が自然的な区切りと判断した。なお、本来は分析の妥当性の観点から、分析グループ④をそれぞれ東京湾に対して付近・遠方という二つのグループに分けてるべきであったが、2グループの場合多変量解析のためのサンプル数が不足することから、やむを得ず今回は削除した。

参考文献

- 1) 高偉俊,三浦秀一,尾島俊雄:東京江東区における緑地,河川のクールアイランド形成のための実験調査研究:都市環境における緑地オープンスペースによる熱的効果(その2),日本建築学会計画系論文集 第456号,pp.75-83,1994.2
- 2) 橋本剛,堀越哲美:古屋市近郊に位置する庄内川及び新川の海風の「風の道」としての働き,日本建築学会環境系論文集 第571号,pp.55-62,2003.9
- 3) 橋本剛,船橋恭子,堀越哲美:海風の運河遡上による都市暑熱環境の緩和効果,日本建築学会計画系論文集,第545号,pp.65-71,2001.7
- 4) 久保田徹,三浦昌生,富永禎秀,持田灯:風通しを配慮した住宅地計画のための全国主要都市におけるグロス建ぺい率の基準値,建築群の配置・集合形態が地域的な風通しに及ぼす影響(その2),日本建築学会計画系論文集,第556号,pp.107-114,2002.6
- 5) 上原清,山尾幸夫,老川進,持田灯:通風の良いストリートキャニオンに関する風洞実験,大気環境学会誌 第42巻 第5号,pp.301-309,2007
- 6) 清田忠志,谷口明,清田誠良,中村安弘:都市域におけるヒートアイランド現象の緩和対策に関する研究,その1 広島市の都市域における海陸風および風の時間帯での気温の特性,日本建築学会環境系論文集 第602号,pp.69-75,2006.4
- 7) 高偉俊,尾島俊雄,三浦秀一:東京江東区における緑地,河川のクールアイランドの形成のための実態調査研究 - 都市環境における緑地オープンスペースによる熱的効果(その2),日本建築学会環境系論文集 第456号,pp.75-83,2004.2
- 8) 福田亜佐子,佐俣満夫:横浜市のヒートアイランドの現状-2002年~2003年の結果-横浜市環境科学研究所,2005