

市街地街路空間における気流性状の実測

FIELD OBSERVATION OF THE AIR FLOW IN URBAN CANYON

清田 誠良* 成田 健一**

Nobuyoshi KIYOTA Ken-ichi NARITA

ABSTRACT

Urban area can be considered as an assembly of various shapes and sizes of urban canyon. The climate of urban canyon is primarily controlled by micrometeorological effects of canyon geometry, though it is also affects the mesoscale phenomenon in urban boundary layer. The typical flow regimes in urban canyon - for example the existence of a vortex cell associated with ambient winds perpendicular to the street, have been referred in a number of studies. But only few observations have so far been made in real urban canyons, especially respecting a wider main street.

This study presents an analysis of air flow characteristics for urban canyon, based on three dimensional wind components data which measured with four ultra-sonic anemometers mounted along pedestrian bridge and wind velocity data which measured with thermister anemometer placed at 10 urban canyon with different canyon geometry and orientation.

Key Words : Field Observation, Urban Canyon, Air Flow Characteristics

1. 序

市街地においては、近年の建築物の高層化・高密度化により、街路空間の幾何学形状は様々な様相を呈している。この街路空間における気流性状は、都市気候を議論する上では、非常に重要な要素である。いわゆるストリートキャニオンは、都市構造の代表的な構成要素であり、そこでの気流性状の把握は、都市気候の解明において、最も重要な課題と考えられる。しかしながら、これに関する測定は十分ではなく、特に街路幅の狭い街路を対象としたものである。例えば、1986年 Depaul F. T. and Sheih C. M.¹⁾ は街路幅が24.5mの南北街路においてストリートキャニオン内の気流の測定を実施している。また1988年 Y. Nakamura and T. R. Oke²⁾ は街路幅が16.1mの東西街路において都市キャニオン内の温熱環境を対象として測定を実施している。

実際の街路空間においては、街路の幾何学形状(縦横比)は様々な組み合わせになっており、また縦横比

* 広島工業大学 助教授 環境学部 環境デザイン学科 (〒731-51 広島市佐伯区三宅2-1-1)

** 広島大学 助教授 工学部 第四類(建設系) (〒724 東広島市鏡山1-4-1)

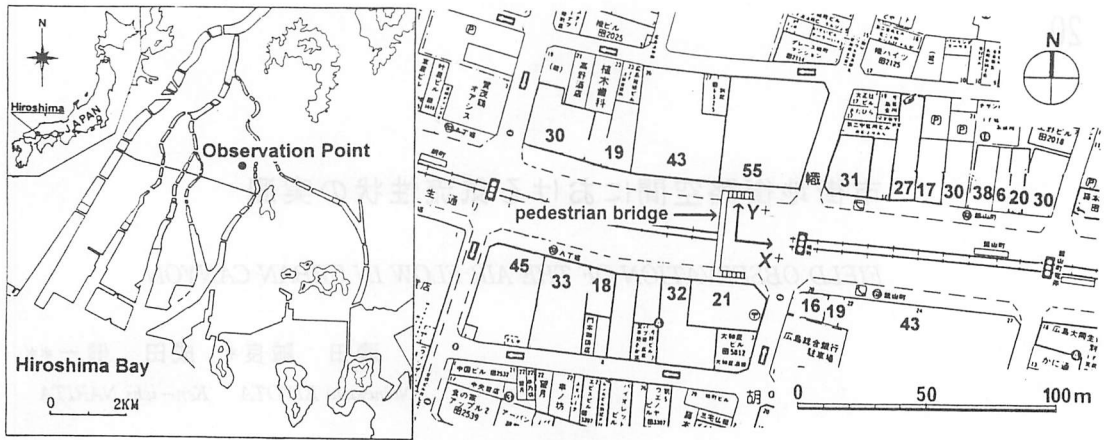


図-1 周辺状況

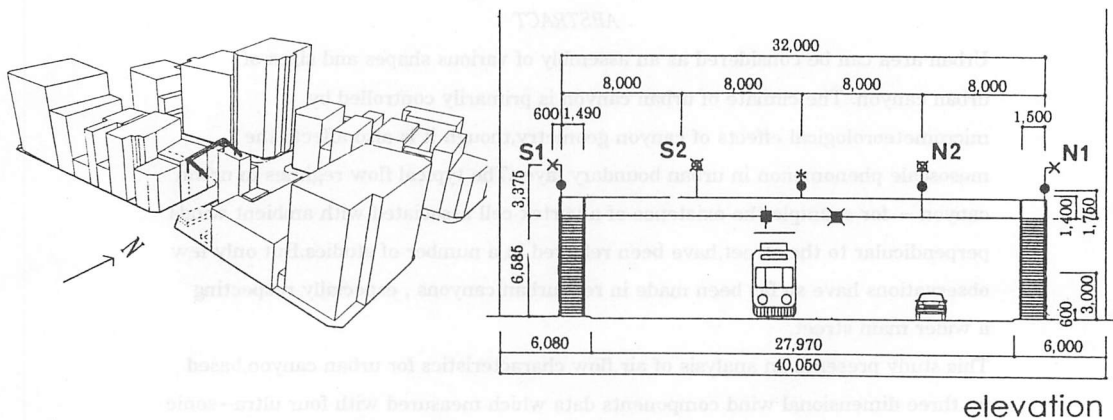


図-2 測器の設置状況

により街路内に形成される気流性状も異なることが報告³⁾されており、ストリートキャニオンの気流性状を明確にするためには、様々な幾何学的形状を持つストリートキャニオン内の測定が必要となる。

本研究においては、多くの交通量のある大通りを対象として測定を実施したが、種々の要因を必然的に含むこととなるが、現実の街路空間の気流性状を把握できるかを主眼にして実測を計画し、最終的には街路の幾何学形状が街路空間の気流性状に及ぼす影響を考察することを目的としている。

2. 測定及び測定場所

観測は広島市内中心部の東西街路（幅員40.05m、片側3車線）にある歩道橋で実施した。周辺状況を図-1に示す。同図には測定場所周辺の建物高さを示す。この付近は、広島市の中心街で商業施設・事務所等が集中し、高層建物により東西方向にストリートキャニオンが形成されている。また街路の北側・南側共に中層建築物が密集する地区である。両側の平均建物高さは南側 27.9m北側 36.3mである。測器の設置状況を図-2に示す。風速は、歩道橋による影響を避けるため、橋上高(約6.6m)より約3.4m上げ、さらに水平方向に0.6mの位置に5 cmスパン3次元超音波風速計2台(N1・S1)、同超音波風速温度計2台(N2・S2)を設置し、0.1秒毎にデータを収録した。以上の測定は10分間を1RUNとし、それを12分毎のインターバルで繰り返した。これにあわせ、街路形状の異なる10地点を選定し、その間を2時間で回る風速および気温の移動観測を同時に実施した。測定期間は1995年8月24日6時～25日20時までで38時間である。測定期間の前後2日間の広島地方気象台測定の気象概況を図-3に示す。これによれば、2日とも快晴で、一般風も弱く、明確な海陸風循環が観測された。

3. 測定結果と考察

① 東西街路の気流性状

図-4に4台の超音波風速計によって測定された3成分の合成風速とその標準偏差及び図-2に示すX(街路に平行), Y(街路に直交), Z(鉛直)3成分の時間変化を示す。各成分は合成風速で除し無次元風速とする。いずれの場合も平均化時間は10分とする。また同図には歩道橋より北西に約1300m離れた広島中央公園内において測定している一般風の変化もあわせ示している。風速は1分毎の測定値の10分移動平均値・風向はその平均期間の最大風速時の風向でプロットしている。これによれば、明確な海陸風循環が認められ、陸風(図中ハッチング)が吹いている時間帯は概ね午前2時~7時30分の間であるが、海風に比べ風速はかなり小さくなる。

街路内の気流については、図-4合成風速に示すように海風時には約1~3 m/sの気流が街路内を流れており、街路北側(●N1)での気流速度が大きくなっている。これに対して、陸風時(図中ハッチング)においては、前述のように一般風が弱くなるのを受けて街路内の気流速度は減少し、約1~2 m/s程度となり街路南側(▲S1)で気流速度がやや大きくなっている。

街路内での気流の変動成分は約0.1~0.2程度となり一般風の気流速度変化に対応して変化している。

次に、街路に直交するY成分に注目すると、一般風と海陸風交代によく対応しており、南よりの海風時には街路内では北風、北よりの陸風時(図中ハッチング)には南風が吹いている。その傾向は4点とも一致しており、海風時の絶対値はS2 > N2 > N1 > S1となり、街路中心部ほど気流速度は大きくなっている。

次に、街路内の鉛直Z成分に注目すると、Y成分同様に海陸風交代によく対応しており、南よりの海風時には街路の中心より北よりの測定点(●N1・○N2)では下降気流、街路の中心より南よりの測定点(▲S1・△S2)では上昇流となっており、街路内での循環流の存在を明確に示している。これに対して陸風

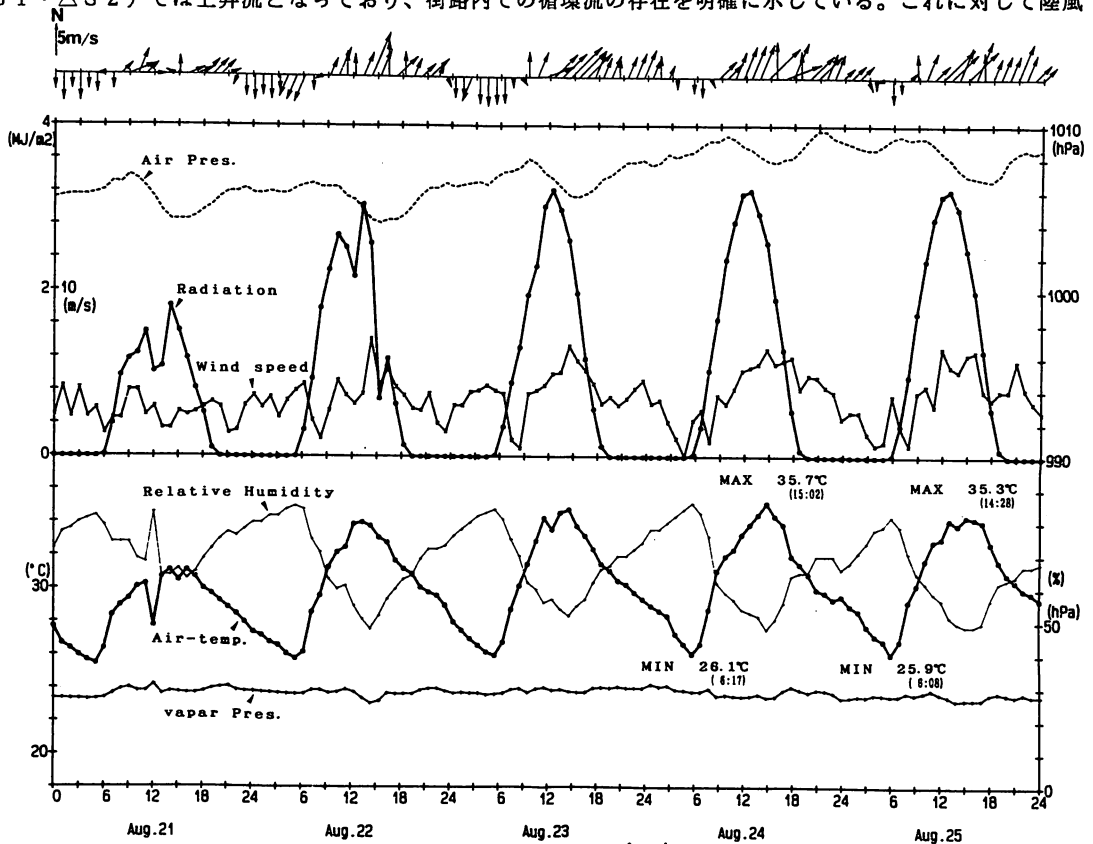


図-3 気象台データ

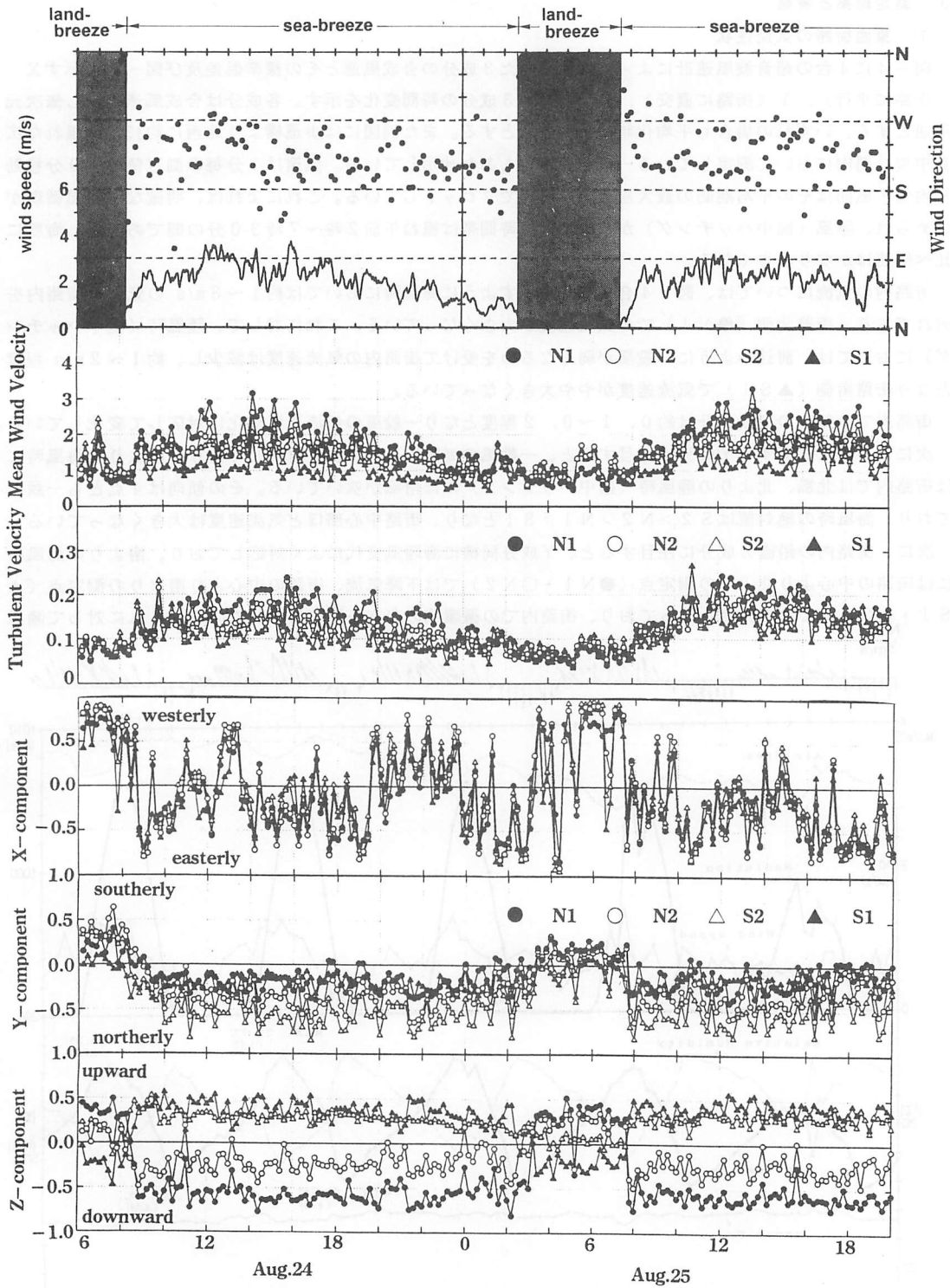


図-4 超音波風速計による各成分毎の時間変化

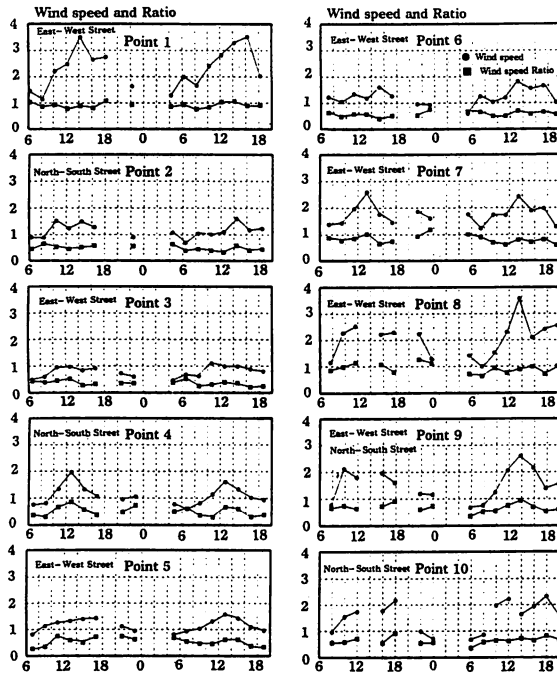


図-6 風速・風速比時間変化

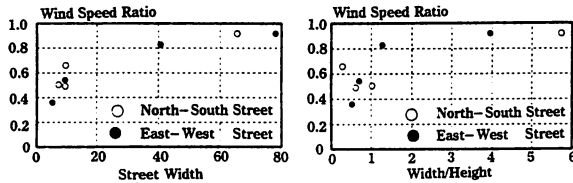


図-7 風速と街路幅・縦横比の関係

- ① 街路幅の広い東西街路においては、街路内の風速は一般風の風速変化に対応して変化する。
- ② 街路幅の広い東西街路においては、街路方向に対して直交して一般風が吹く場合、風下側で下降流・風上側で上昇流となり、街路内には明確な循環流の形成が認められ、その循環流は一般の風向の変化に対応して逆転する。
- ③ 街路内での循環流は流入側の下降気流の風速が最も大きく、流出側の上昇気流の風速が最も小さくなる。
- ④ 街路形態の異なる街路空間においては、街路方向に対して直交して一般風が吹く場合は、街路の縦横比が大きくなるにつれて風速は増大するが、街路方向に沿って吹く場合はこの関係は明確に現れない。

参考文献

- 1) Depaul F. T. and Sheih C. M. : Measurements of wind velocities in a street canyon, Atmospheric Environment 20, pp445-459, 1986
- 2) Y. Nakamura and T. R. Oke : Wind temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon, Atmospheric Environment 12, pp2691-2700 1988
- 3) T. R. Oke : Street Design and Urban Canpy Layer Clime, Energy and Buildings, 11 pp103-113 1988

謝辞

観測の実施に関しては、広島大学総合科学部の福岡義隆先生より測器の一部をお借りいたしましたここに記して感謝いたします。また測定に対しご協力いただいた、広島工業大学研究生戸田訓弘・広島大学大学院生吉原俊朗両氏に対し感謝いたします。

少する。南側に比較的高い建物が位置するポイント9では海風時に南側建物を越えた気流が流入し、気流速度は上昇する。建物の剥離気流域に位置するポイント10では海風時に交差点に位置する地上高5.5mの建物の強風域に入り気流速度は上昇する。

次に、図-7に街路幅と風速比(各測定点と橋上定点の風速比)、縦横比と風速比の関係を街路方向別に示す。これによれば街路方向にかかわらず、街路幅が広くなるにつれて風速比は大きくなっているが、街路方向に一般風が流れる南北街路においては、縦横比と風速比に顕著な相関関係は認められない。これに対して、街路に対して直角に一般風が流れ、街路内に循環流の形成が予想される東西街路では、縦横比が大きくなるほど風速比は大きくなる。

4. 結論

本論文においては街路空間の気流性状につき定点による観測及び移動観測による結果を述べてきたが、まとめれば以下のようなものである。

時(図中ハッチング)にはその関係が逆転し、中心より北よりの測定点(●N1・○N2)で上昇流、南よりの測定点(▲S1)で下降流となり、循環流が形成されている。街路内に循環流が形成される場合、上昇流より下降流の方が気流速度は大きく、街路中心部の測定点(○N2・△S2)よりも両端部(●N1・▲S1)が気流速度は大きくなる。最後に、街路に平行なX成分は、最も変動が激しいが、これは一般風の風向の振れに対応しているものと考えられる。

② 街路形態と気流性状の関係

次に街路の幾何学形状が街路空間の気流性状に及ぼす影響を明らかにするために、街路幅・街路方向・周辺建物高さの異なる10街路を選定し、移動観測を実施した。移動観測の測定点及び周辺の状況を図-5に示す。測定点は様々な街路空間を選定し、ポイント1～ポイント10まで10点設定した。本測定においては陸橋上のポイント1を基準点とする。移動観測はポイント1～ポイント10までの測定点で10分間測定を実施した後、2分で次の測定点に移動し、測定を開始し2時間で全測定点の測定を終了する。街路空間のうちポイント3・5・7を東西街路、

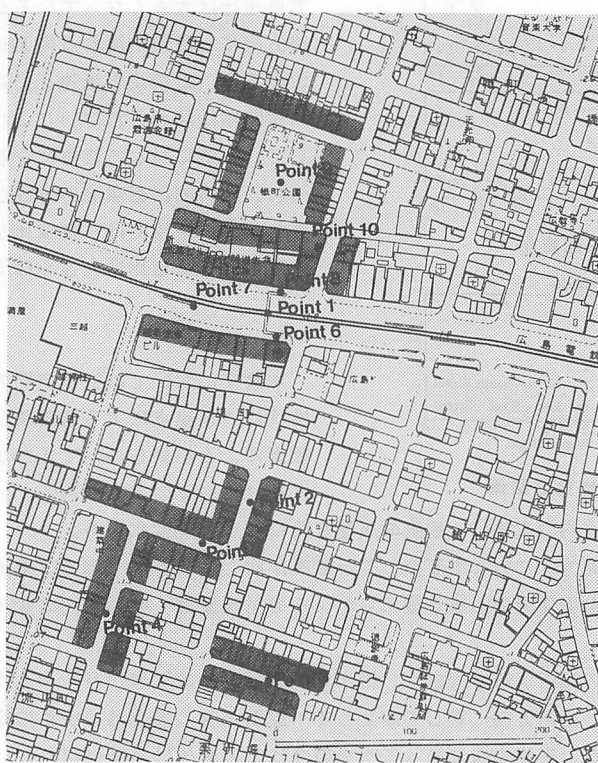


図-5 移動観測測定点及び周辺状況

表-1 周辺建物高さ及び縦横比

Point	Width(m)	Averaging Building Height				Averaging Height		Width/Height	
		East	West	South	Nourth	S-N Street	E-W Street	S-N Street	E-W Street
1	40.05			27.9	36.3		32.1		1.25
2	9.6	14.1	17.4			15.75		0.61	
3	5.3			9.8	11.1		10.45		0.51
4	7.4	7	7.6			7.3		1.01	
5	9.5			12	15.4		13.7		0.69
6	40.6			27.9	36.3		32.1		1.26
7	40.6			27.9	36.3		32.1		1.26
8	40.6			27.9	36.3		32.1		1.26
9	65.6	11.7	11.2			11.45		5.73	
	78.1			30.9	8.7		19.8		3.94
10	9.7	43.7	25.6			34.65		0.28	

ポイント2・4・10を南北街路、公園中心のポイント9は東西・南北街路とする。各街路の東西または南北の平均建物高さ・街路の平均建物高さ・街路幅・平均縦横比を表-1に示す。平均建物高さは図中ハッチング部分の建物高さを建築幅で重み付け平均し、更に街路両側の建物高さを平均し、平均建物高さとした。測定は地上高2210mmの位置に設置した無指向性サーミスター風速計により5秒間隔で10分間測定を実施する。橋上の基準点(ポイント1)では同機種の風速計により観測期間中連続に測定を実施する。図-6に各測定点における気流速度及び定点との速度比の時間変化を示す。図中不連続となっている点は欠測値を示す。これによれば比較的低層建物群中に位置し街路幅の狭く縦横比が1以下となるポイント2・3・4・5においては東西街路・南北街路ともに基準点に比べ風速が小さくなっており風通しの悪い街路空間となっている。この街路幅の狭い街路では街路方向は大きな影響を与えていない。次に同じ街路内に存在するポイント6・7・8においては、海風時に壁面に沿って下降する下降気流領域にあるポイント8で大きく、中央・南側測定点に移るにつれて、前節で述べた橋上の定点測定結果と同様に気流速度は減