

# 東京都心・八重洲通りにおける「風の道」に関する風洞実験研究

環境工学—都市環境・都市設備

ヒートアイランド 風の道 風洞実験  
市街地形態 街路

準会員	○宮越 瑤子 <sup>*1</sup>	正会員	大橋 征幹 <sup>*4</sup>
正会員	瀬野 太郎 <sup>*2</sup>	同	鍵屋 浩司 <sup>*5</sup>
同	増田 幸宏 <sup>*3</sup>	同	高橋 信之 <sup>*6</sup>
		名誉会員	尾島 俊雄 <sup>*7</sup>

## 1. 研究目的

近年、都市においてヒートアイランド現象が深刻化している中、その対策として河川や街路の都市内の連続した隙間空間によって冷涼な海風を都市内に導く「風の道」の活用が検討されている。特に今後の再開発による市街地形態の変化は街路の風環境に影響を及ぼすと考えられる。上原ら<sup>1)</sup>の既往研究により、街路沿いの建物高さがストリートキャニオン内外の風環境に及ぼす影響は検証されているが、実市街地を対象に街路周辺の建物高さや街路幅と街路内の風の流れの関係の検証を行った例は少ない。

そこで本研究では、東京都心・八重洲通り周辺を対象とした風洞実験により、現状における街路の「風の道」の実態の検証と街路周辺の市街地形態変化による風向及び風速変化の分析から、市街地形態と街路内の風の流れの関係を検証する。そして街路の「風の道」の創出に資する市街地形態を考察することを目的とする。

## 2. 実験概要

実験対象地は東京駅及び八重洲通り周辺の1.5km×2.5km範囲とし、模型寸法は縮尺1/750の1.9m×3.3mである。スタイロフォーム製の市街地模型、及び粗度要素として木製ラフネスブロックを配置した。図1に風向・風速計測点を示す。実験装置は建築研究所の乱流境界層風洞を用い、設定風向は宮下ら<sup>2)</sup>の既往研究から真夏日の正午を想定して南東とした。風速の測定はサーミスタ風速計（サンプリング間隔300回/30秒）を用いた。アプローチフローは境界層厚450mm、風速プロファイルべき指数0.15、風洞基準風速5.75m/sである。測定高さは5, 13, 27, 53, 133, 267, 400, 533, 667mm（実市街地では4, 10, 20, 40, 100, 200, 300, 400, 500mに相当）である。風向は1mm厚スチレンペーパー製の小旗を用いて実市街地上の地上面より10m高さ（模型上では13mmに相当）を測定した。可視化はトレーサ粒子(DOS)にアルゴンレーザーを照射して行った。尚、本稿では実市街地上の4m高さを歩行空間と定義する。



図1 計測地点図

## 3. 実験結果

### 3-1 現状モデル(モデルI)

#### 3-1-1 モデルIの概要

図2に現状モデルの模型写真を示す。鉄道会館ビルが東京駅前に建っている様子がわかる。市街地形態の特徴として、丸の内側では100m以上の超高層建物が林立し、八重洲側では高さ31m前後の中高層建物が密集しており、河口付近は高層建物が多い。また模型範囲外の風上側の超高層建築物群の影響を考慮し、ラフネスブロックを配置した。これをモデルIとする。



図2 現状モデル(モデルI) 模型写真

#### 3-1-2 東西道路の風の流れ

図3に東京駅・八重洲通り周辺の10m高さの風向を示す。東西道路では概ね街路に沿って東から西に風が流れる傾向が見られる。設定風向が南東の時、東西道路は「風の道」として機能していると考えられる。

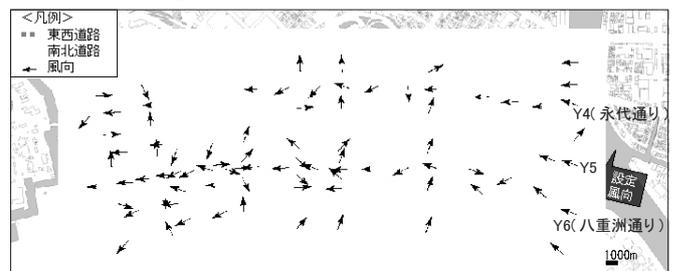


図3 東京駅・八重洲通り周辺の風向(モデルI・10m高さ)  
(※東京駅ではプラットフォーム上から10m)

#### 3-1-3 街路の「風の道」の実態の検証

前節の考察を踏まえ、街路幅の異なる3つの東西道路(Y4, Y5, Y6)の比較を行い、街路の風の流を考察する。表1に各区間の街路幅を示す。図4, 5に10階建以上の建物分布及び高さ4mでの各街路の風速比を示す。図4よりE区間及び、A区間の河口付近に高層建物が多いことが分かる。

A区間ではY6の1がY4, Y5に比べ風速が低い値を示しているが、観測点の風上側に位置する超高層建物群による影響と考えられる。B, C区間では地点間の風速の変化が小さく、街路幅が広い通りほど風速が高い傾向が見られる。Y4の8から10にかけて風速が増加しているが、これは8及び10の近傍の高層建物による吹

き下ろしの影響と考えられる。E 区間では B, C 区間に比べ風速の増減が大きくなり、周辺の 100m 以上の超高層建物の影響と考えられる。また、Y4, Y6 における 3 から 4、6 から 7、8 から 9 にかけての風速増加は街路幅の広い南北道路及び亀島川上の風が東西道路に流入する影響と考えられる。このことから歩行空間に流れる風は周辺建物の高さや街路幅に影響を受けると考えられる。そこで B, C 区間において最も平均風速が高い Y6 (八重洲通りから行幸通り) に着目して以降分析を

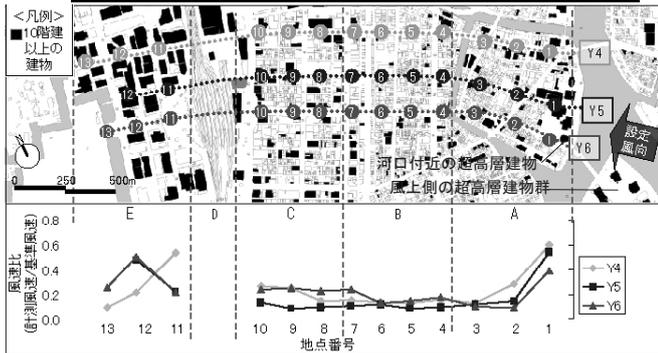
ており、これをモデル II とする。



図 8 東京駅八重洲口模型写真 (左：モデル I、右：モデル II)

表 1 東西道路の街路幅 (参考：中央区都市計画図)

区間名	A	B	C	D	E
Y4	33m	33m	33m	33m	36m
Y5	10m	14.5m	14.5m	14.5m	22m
Y6	22m	33m	44m	44m	75m

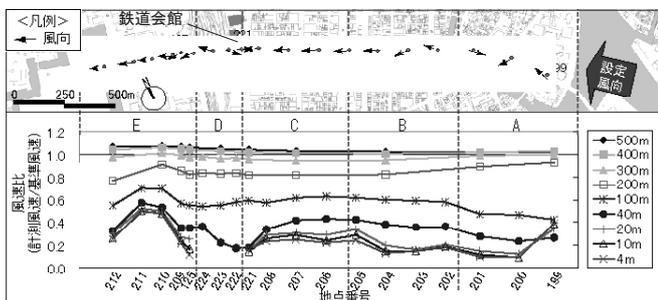


上：図 4 10 階建以上の建物分布

下：図 5 東西道路の道路別風速比 (4m 高さ)

### 3-1-4 Y6 における現状モデルの風環境

図 6, 7 に Y6 における現状モデルの風向、高さ別風速比 (計測風速 / 基準風速) を示す。概ね街路に沿って風が流れているものの、街路幅の狭い 200, 201 では高さ 100m 以下で風速が低く、周辺建物や風上側の超高層建物群 (図 4) による影響が風向に表れていると考えられる。また東京駅周辺の 221, 222 では駅前の鉄道会館ビル (12 階建) の存在が東西方向の風の流れや、高さ 40m 以下における風速低下に影響を及ぼしていると考えられる。高さ 300m 以上において風速比は 1.0 前後で大きな変化が見られないため以降の考察では 200m 以下を対象とする。



上：図 6 Y6 の風向 (モデル I・10m 高さ) (※東京駅ではプラットフォーム上から 10m)

下：図 7 Y6 の高さ別風速比 (モデル I)

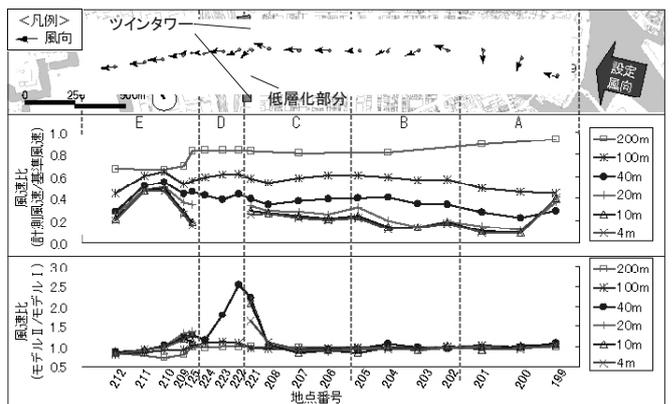
## 3-2 東京駅八重洲口再開発モデル (モデル II)

### 3-2-1 モデル II の概要

東京駅八重洲口の駅前施設を鉄道会館ビルから、中央部を低層化 (建物高さ 27m) し、ツインタワー (建物高さ 205m) に変えた東京駅八重洲口再開発モデル (図 8) の実験を行った。このことは都市計画決定がなされ

### 3-2-2 駅前施設の形態変化による Y6 の風環境変化

モデル I とモデル II の比較により駅前施設の形態変化が Y6 の風環境に及ぼす影響の分析を行う。図 9, 10, 11 に Y6 の風向、高さ別風速比、モデル間高さ別風速比 (モデル II / モデル I) を示す。モデル I では鉄道会館ビルの影響を受けていた 221, 222 の風向は東から西に変化した。東京駅周辺 (208, 221, 222, 223, 224, 125, 209) ではモデル I と比較して高さ 40m 以下において風速が増加している。E 区間ではツインタワーが風速に影響を及ぼしていると考えられ、209 の 200m 高さにおいて風速が減少しており、211, 212 は全ての高さにおいて風速が減少している。A, B 区間への影響はほとんど見られない。



上：図 9 八重洲通りの風向 (モデル II・10m 高さ) (※東京駅ではプラットフォーム上から 10m)

中：図 10 Y6 の高さ別風速比 (モデル II)

下：図 11 Y6 のモデル間高さ別風速比 (モデル II / モデル I)

### 3-2-3 駅前施設の中央部低層化による影響の検証

東京駅周辺の風の流れの変化をさらに可視化によって検証する。図 12 より鉄道会館ビルの影響によって東京駅前で渦巻いていた風が、駅前施設の中央部低層化により通り抜けた様子が窺える。

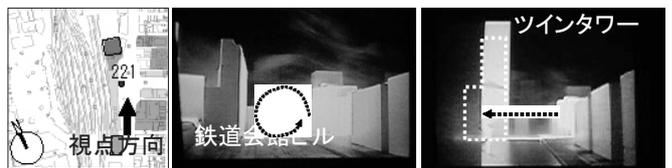


図 12 可視化の様子 (中：モデル I、右：モデル II)

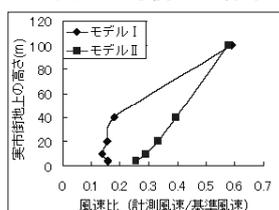


図 13 221 における風速比鉛直分布

図 13 に駅前の地点 221 における鉛直方向の風速分布を示す。モデル II では高さ 40m 以下において、風の流れに対する建物の影響が弱まったことがわかる。

### 3-3 八重洲通りの全面拡幅モデル（モデルⅢ）

#### 3-3-1 モデルⅢの概要

街路周辺の市街地形態の影響について更に考察するためにモデルⅡの変化に加えて八重洲通り沿い全面を拡幅したモデルの実験を行った。このモデルは市街地再開手法として近年検討されている容積移転の手法を用いることを想定し、手順を以下に記す。<sup>注)</sup>

- ①八重洲通りの建物容積を街区ごとに一棟の建物に統合する
- ②河岸整備が検討されている日本橋川沿いの建物容積未利用分を東京駅前の八重洲通りの建物に移転する
- ③八重洲通り沿いの建物を10m高さのペデストリアンデッキとして残りの未利用容積を街区ごとに①の建物に移転する（図14）

上記の手順を経たこのモデルをモデルⅢとする。図15に模型写真を示す。

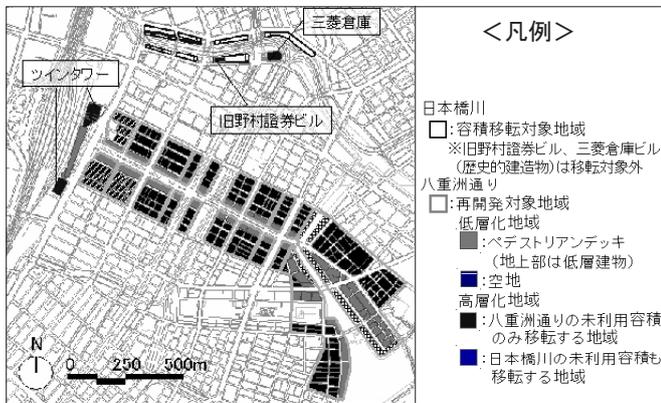


図14 検討対象範囲

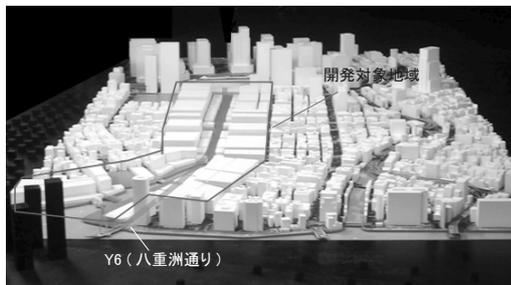
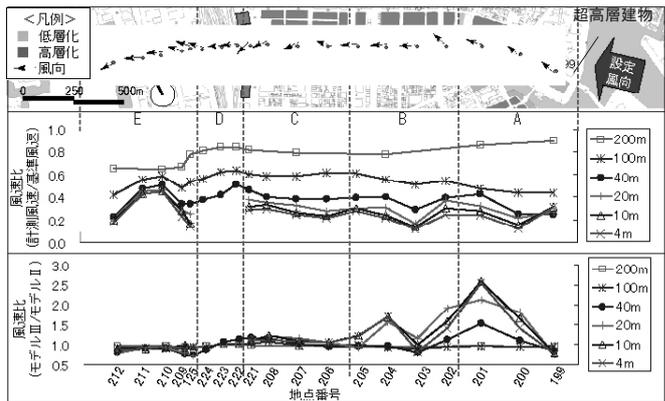


図15 モデルⅢ模型写真

#### 3-3-2 八重洲通りの全面拡幅によるY6の風環境変化

モデルⅡとモデルⅢの比較により八重洲通り全面拡幅による影響の分析を行う。図16, 17, 18にY6の風向、高さ別風速比、モデル間高さ別風速比（モデルⅢ / モデルⅡ）を示す。199, 203を除くA, B, C区間において4m及び10m高さで風速が増加しており、八重洲通りから亀島川沿いの建物低層化による影響と考えられる。200, 201の風向は東から西に流れる向きに変化した。199においては南側建物が低層化したことによって近傍の超高層建物からの吹き下ろしによる影響が弱まり、風速が減少したと考えられる。203の風速が減少した要因に関しては次小節で検証を行う。全ての地点で風速が減少しているE区間では224, 125, 209の20m, 40m高さにおいて特に減少していることから、風上側に位置するC区間の建物の高層化がC区間からE

区間方向に流れる都市キャノピー層上部の風に影響を及ぼしたと考えられる。



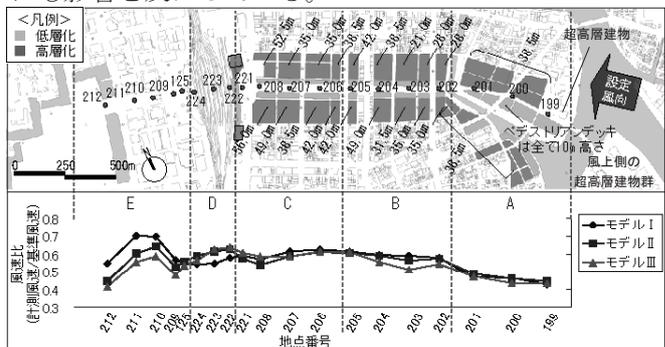
上：図16 Y6の風向（モデルⅢ・10m高さ）  
（※東京駅ではプラットホーム上から10m）

中：図17 Y6の高さ別風速比（モデルⅢ）

下：図18 Y6のモデル間高さ別風速比（モデルⅢ / モデルⅡ）

#### 3-3-3 街路沿いの建物高さの影響の検証

図19, 20にモデルⅢにおける建物高さ及び各モデルの100m高さにおける風速比を示す。図17において風速の減少が見られた203では風下側の建物高さが21mとなっており、周辺建物高さに比べて低いことから都市キャノピー層上部の風が街路内に流れ込みにくくなったと考えられる。さらに100m高さにおいても風速が減少していることから亀島川沿いの建物低層化によって風上側の超高層建物群や199近傍の超高層建物の影響を受けやすくなったと考えられる。またC区間の建物高層化の影響はE区間の100m高さの風の流れにも影響を及ぼしている。



上：図19 モデルⅢにおける建物高さ

下：図20 Y6のモデル別風速比（100m高さ）

### 4. 「風の道」の形成に資する市街地形態の考察

第3章より駅前施設の形態変化及び街路全面拡幅がY6の風の流れに影響を与えることを確認した。そこで本章ではこれまでの実験結果を踏まえて「風の道」の形成に資する街路沿いの市街地形態の考察を行う。

#### 4-1 市街地形態とY6歩行空間の風速の関係

図21にY6の各モデルの4m高さにおける風速比を示す。八重洲通り沿いの市街地形態とY6の歩行空間における風速の関係を分析し、以下にD区間を除く各区間ごとの建物形態の違いによる風速変化の特徴とY6全体の風の流れの傾向を記す。

A区間

- ・亀島川沿いの建物低層化により、歩行空間の風速は

増加する。

B, C 区間

- 八重洲通り沿いの建物低層化により、街路の断面積が増加すると A 区間からの海風の流入が増加し、歩行空間の風速は増加する。

E 区間

- すべてのモデルにおいて同じ傾向の風速変化を示すことから、E 区間の市街地形態の影響が大きい。
- A から D 区間の歩行空間の風速増加の影響に比べ、A から D 区間の建物高層化によって都市キャノピー層上部の風速が減少することの影響を強く受け、歩行空間の風速は 210 以降において減少する。

Y6 全体の風の流れの傾向

- 4m 高さではどのモデルにおいても街路幅は変化していないが A, B 区間ではモデルⅢにおいて風速が増加している点から、街路内の上下方向の風の影響があると考えられる。
- 203 から 204 にかけてモデルⅢではモデルⅠ、モデルⅡと異なる風速変化を示している点から、街路沿いの建物高さが都市キャノピー層上部から街路内に流れ込む風に影響を及ぼしていると考えられる。
- 風上側の区間の建物高さが風下側の区間の歩行空間の風速に影響を及ぼす。

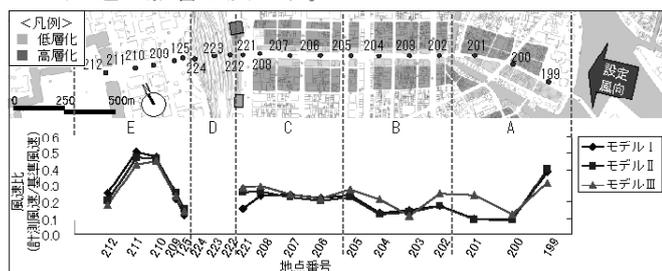


図 21 Y6 のモデル別風速比 (4m 高さ)

#### 4-2 市街地形態と Y6 周辺地域の風速の関係

これまでの分析から市街地形態が Y6 の風の流れに及ぼす影響を概ね把握した。本節では Y6 周辺地域に対する影響に着目する。図 22 にモデルⅠからモデルⅢにかけての風速変化の割合を示す。風速比を 0.1 ずつに 5 段階のレベル分けを行うと、モデルⅠにおいてレベル 1 であった地点での風速増加が目立つことがわかる。表 2 にモデルⅠの各レベルにおける風速変化率平均を示す。レベルが小さいほどモデル変化による風速変化率平均は大きい。このことから八重洲通り沿いの市街地形態変化は、特に弱風の地域の風速増加に影響を及ぼすと言える。但し、容積移転を伴う市街地形態変化であるため、八重洲通りの街路内の風速増加が周辺地域に影響を与えているとは一概には言えず、Y5, Y7 の地点では近傍の高層化した建物による吹き下ろしの影響が表れている可能性が考えられる。

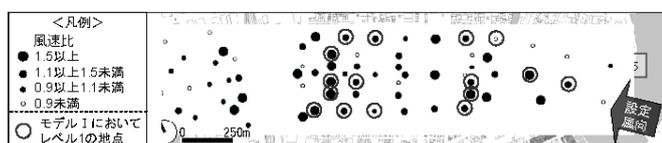


図 22 4m 高さにおける風速比分布 (モデルⅢ / モデルⅠ)

表 2 モデルⅠの各レベルにおける風速変化率平均

モデルⅠ レベル	風速比 個数	平均 $U_{level}$	風速変化率 平均 $U_{level}$
5	0.4以上	8	0.91 (n=9)
4	0.4未満	3	0.81 (n=6)
3	0.3未満	15	1.07 (n=9)
2	0.2未満	28	1.45 (n=7)
1	0.1未満	16	1.82 (n=7)

風速変化率平均  $U_{level}$  の式

$$U_n = \frac{U_{1,n}}{V_{1,n}}$$

$$U_{level} = \frac{(U_1 + U_2 + \dots + U_n)}{n}$$

$V_{1,n}$ : モデルⅠにおいてレベル  $x$  の地点の風速  
 $V_{2,n}$ :  $V_{1,n}$  の地点のモデルⅢにおける風速  
 $U_n$ : 各地点の風速変化率  
 $n$ : モデルⅠにおけるレベル  $x$  の地点の個数

## 5. 結論と展望

### 5-1 結論

- 設定風向が南東の時、東西道路は「風の道」として機能していると考えられる。
- 街路内に流れる風は周辺建物の形態や街路幅に影響を受け、街路幅が広いほど風速が高い傾向が見られる。
- 現状の東京駅周辺において東西方向の風の流れに影響を及ぼしている駅前施設を中央部を低層化した建物に変えると東京駅周辺の風速が増加し、風が東から西に通り抜ける様子が確認された。
- 八重洲通りの全面拡幅モデルでは八重洲側 (A, B, C 区間) において街路内の風速は概ね増加した。「風の道」となる街路沿いの建物低層化は歩行空間の風速増加に効果的であると言える。
- 風上側地域の建物高さは風下側地域の歩行空間の風速に影響を及ぼし、さらに街路内では街路に沿って流れる風は街路幅の影響を受け、都市キャノピー層上部から流れ込む風は街路沿いの建物高さの影響を受ける。
- 八重洲通り沿いの市街地形態変化は、特に弱風の地域の風速増加に影響を及ぼす。建物の低層化による影響だけでなく容積移転により高層化した建物が街路内の風の流れに及ぼす影響も大きいと考えられる。

### 5-2 今後の展望

今回の風洞実験は実市街地を対象とした容積移転を伴う市街地形態変化であるため街路内の風の流れに影響を及ぼす要因が多く、特定は十分ではない。今後街路の「風の道」の創出に資する具体的な市街地形態の検討をするにあたっては個々の要因を解明し、都市全体において風上側と風下側地域の建物高さのバランスを検討する必要があると考える。

注: このモデルは早稲田大学尾島研究室において独自に想定したものであり、実際の施策とは一切関係ないものである。

#### 謝辞

本研究では成田健一教授 (日本工業大学)、尾島研究室の宮下悠子氏、天田拓哉氏、田村健氏に多大なる御協力を頂きました。ここに記し、深く感謝の意を表します。

#### 注記

本研究は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「都市空間の熱環境評価・対策技術の開発」並びに早稲田大学、建築研究所、国土技術政策総合研究所の共同研究「市街地の住環境向上手法に関する共同研究」の一環として実施されたものである。

#### 参考文献

- 上原清他 3 名: 前後に高さの異なるストリートキャニオン内外の流れに関する温度成層風洞実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2 分冊、p. 505、1999 年
- 宮下悠子他 6 名: 東京臨海・都心部におけるヒートアイランド現象の実測調査と数値計算 (その 7) 東京駅周辺の実測調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1 分冊、p. 503、2006 年

\* 1 早稲田大学理工学部建築学科 \* 2 早稲田大学大学院修士課程 \* 3 早稲田大学理工学総合研究センター講師・博士 (工学) \* 4 国土交通省国土技術政策総合研究所主任研究官 \* 5 国土交通省国土技術政策総合研究所主任研究官・博士 (工学) \* 6 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博 \* 7 早稲田大学教授・工博