

# 熱中症を考慮した名古屋駅周辺の環境と 生体情報の関係に関する基礎的研究

鷺山 陸<sup>1</sup>・村瀬将隆<sup>2</sup>・佐藤大介<sup>2</sup>・武田 誠<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 中部大学工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

<sup>2</sup>学生会員 中部大学大学院工学研究科建設工学専攻 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

<sup>3</sup>正会員 教授 中部大学工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

E-mail: mtakeda@isc.chubu.ac.jp

本研究では、名古屋駅前を対象に、夏期の地上と地下の温度および湿度を計測し、熱中症を意識した環境調査を行った。その結果、地上の温度は30℃を越す高い値であったが、地下の温度は高い状況ではなく、ほぼ一定値となっていた。また、湿度の様子は地上と地下で同様であり、地下の方が湿度の場所によるバラツキが大きかった。さらに、地上は熱中症の危険度が高いが、地下は低いことが示された。また、生体情報の調査から、地上と地下の調査者の心拍数は、地上の方が高い傾向を示した。地上の熱中症の危険性の高い環境下では人体への負荷も高い様子が示されたことから、そのような場合の地下空間利用の有効性が示された。

**Key Words:** Heatstroke, Temperature, Humidity, Medical monitor, Underground shopping center

## 1. はじめに

近年、地下街・地下鉄など、地下空間が高度に発展しており、東京、大阪、名古屋などの大都市では、多様な活用が進められている。都市の輸送機能として地下鉄が充実していること、街の再開発事業の一環として、地下街を含めて展開されることなど、その活用も充実しており、利用者も多い。このような中で、地下街・地下鉄の危険性が指摘され、研究が進められている。戸田・石垣・尾崎ら<sup>1)</sup>、関根ら<sup>2)</sup>など、近年、地下空間の浸水被害を扱った研究は盛んに行われている。これらの研究では、大阪や東京に位置する地下街を対象に、豪雨に伴う内水氾濫や避難シミュレーションを実施しており、地下空間の浸水特性や現実的な浸水対策、避難対策を報告している。さらに、津波による地下浸水特性の評価<sup>3)</sup>、内水モデルによる広域の洪水氾濫解析<sup>4)</sup>など、広域浸水およびそれによる地下空間の浸水特性が議論されている。

著者らもこれまで地下空間（地下街および地下鉄）を考慮した都市浸水の解析モデルを開発し、名古屋、大阪、東京などの危険性を検討してきた<sup>5)6)</sup>。このような地下空間の防災的視点での研究は非常に重要と考えるが、一方で、地下空間の利活用に関する研究も重要と考える。

豪雨あるいは洪水などの水害時に、高い浸水深が生じる場合、地下空間は危険となるが、そうでない場合は雨に濡れない快適な空間である。ここでは、夏場の熱中症が危険視される時の地下空間の利用を対象とした。本研究では、まず、夏場の地上と地下の気温と湿度の様子から熱中症の危険性を把握する。その後、各被験者の人的情報をを用いて、それらの環境要因が人に対する影響を明らかにし、生体の面からの夏場の地下空間利用の効果を示すことを目的とする。

## 2. 調査概要

本研究では、名古屋駅前周辺の地上と地下（地下街）を対象に、8月26日～8月29日10:00～14:00（10分毎）の気温、湿度、調査者の心拍数、血圧、血中酸素濃度を計測した。各観測日で2チームを構成し、生体情報は延べ16名の情報を計測した。チームはGPS計測装置を持ち、地上はその情報から位置を計測したが、衛星環境、ビル環境の問題もあり、十分な計測地点が得られなかったため、近くの道路位置に修正して活用した。また、気温と湿度は温湿度計ブライン（ドリテック社製）を用いて測定した。測定箇所は地上から1.5m（通常の大人を

想定) , 0.5m (ベビーカーを想定) とした. 一方, 生体情報である心拍数, 血圧, 血中酸素濃度は, (令和モデル) スマートウォッチ (COULAX 社製) を用いて計測した. なお, 1.5m と 0.5m の観測結果に差がみられなかったため, ここでは 1.5m のみの情報を整理している.

表-1 に観測日における, 名古屋市の気象情報 (名古屋地方気象台の情報) を示す. 調査日は夏の暑い盛りであり, 曇りや雨のときもあったが, NHK などの報道では熱中症に関する注意喚起が行われていた. 表-1 をみると, 特に 8 月 29 日は 10 時~14 時の平均気温, 最高気温, 最低気温が 30 度を超えており, 湿度も高いので, 住民は過ごしにくい環境であったと考える.

### 3. 調査結果

本調査で得られた 8 月 29 日の地上の GPS 測定値を図-1 に示す. 本図から, 名古屋駅周辺を調査していることが分かる. しかし, 調査位置がビルの中にある場合も生じている. これは, 前述したように, GPS 調査による衛星の捕捉不足やビルによる衛星環境の悪化があると考えられる. そこで, 地上の観測者の位置は GPS 情報を活用し, 仮に建物内に存在する場合は近くの道路に修正した. また, 地下の観測者の位置は観測場所の特徴 (近くの商店, 通路名など) から求めた.

図-2 と図-3 に地上および地下における全日の温度分布を表す. これらの図から, 地上の方が, 地下より温度が高いことが分かる. また, 地下は温度管理により場所による温度変化がないことも示されている.

図-4 と図-5 は地上と地下における 8 月 29 日の温度分布である. 地下は図-3 と同じく, 一定の温度となっている. 地上に関しては多少の変化が見られるが, 時間帯や日の当たり具合が原因と考える.

図-6 と図-7 に地上および地下における全日の湿度分布を示す. 図-7 から, 地下は, 温度と違い観測値にバラツ

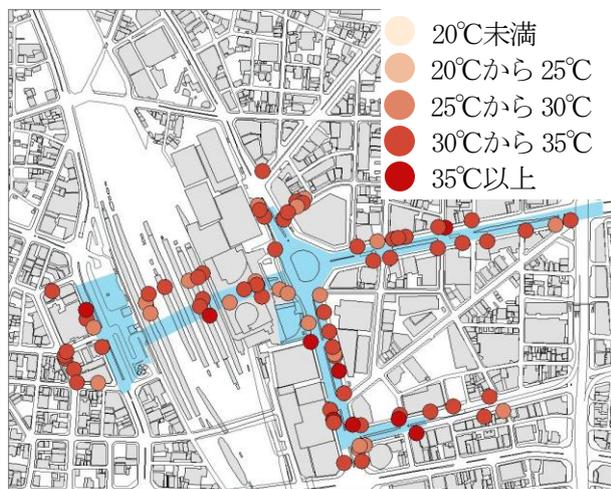


図-2 地上における全日の温度分布

キがあった. この原因のひとつとして, 天候が挙げられる. 天候をみると, 26 日が晴, 27 日が曇り, 28 日が雨, 29 日が晴である. これらの影響により地上の湿度と同じように地下の湿度も変化した可能性がある. さらに, 空調施設において温度管理はしていたが, 湿度の管理をしていない可能性が考えられる.

図-8 と図-9 に地上と地下における 8 月 29 日の湿度分

表-1 観測日における名古屋の気温と湿度 (10時~14時の平均, 最高, 最低値)

	8月26日	8月27日	8月28日	8月29日
平均気温	30.6	28.0	26.0	31.5
最高気温	32.1	28.5	27.1	33.5
最低気温	28.3	27.2	24.8	30.1
平均湿度	42	66	94	61
最高湿度	52	72	98	69
最低湿度	37	63	90	53
天気	晴れ	曇り	雨	晴れ

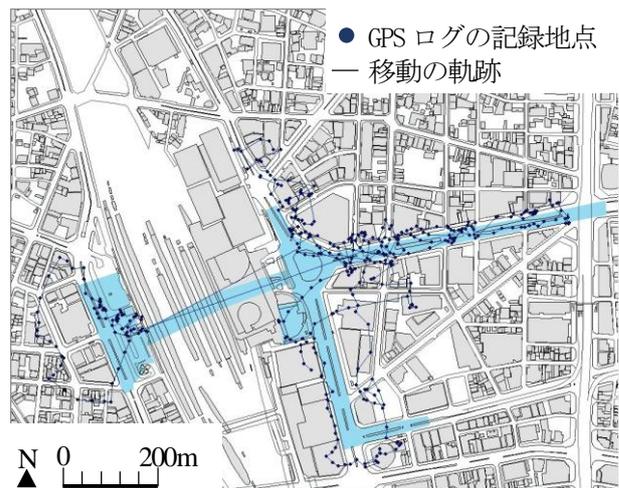


図-1 GPS 計測装置に記録されていた移動経路

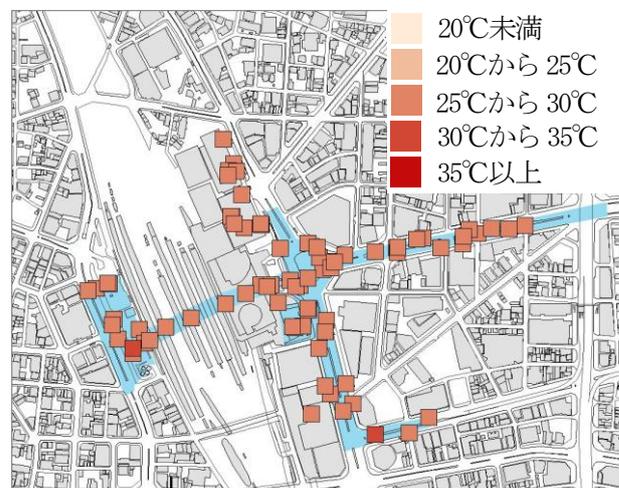


図-3 地下における全日の温度分布

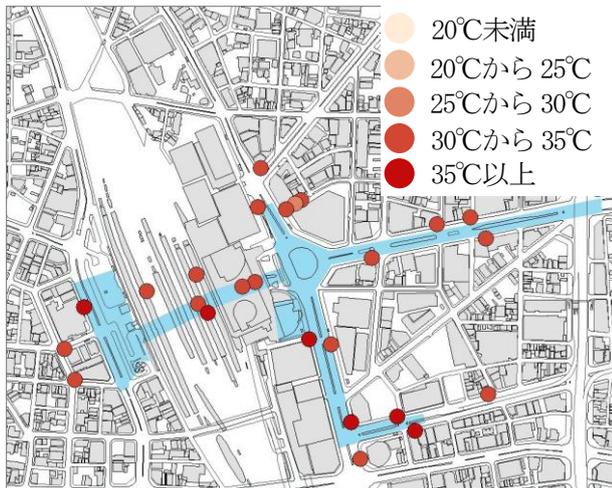


図-4 地上における8月29日の温度分布

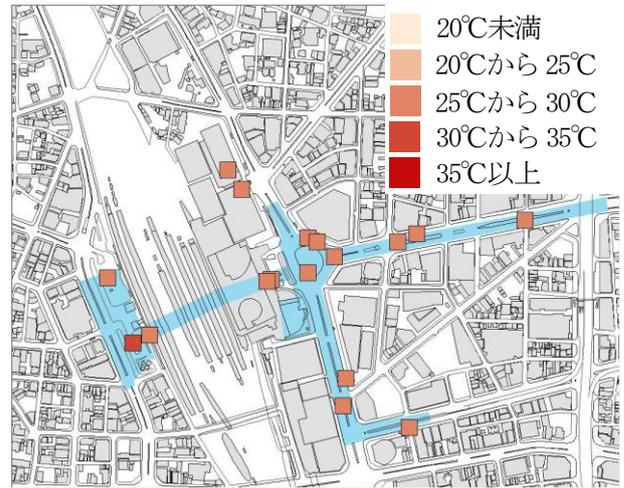


図-5 地下における8月29日の温度分布

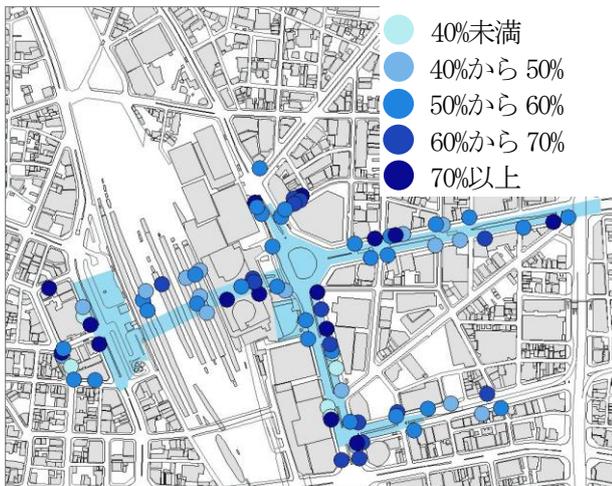


図-6 地上における全日の湿度分布

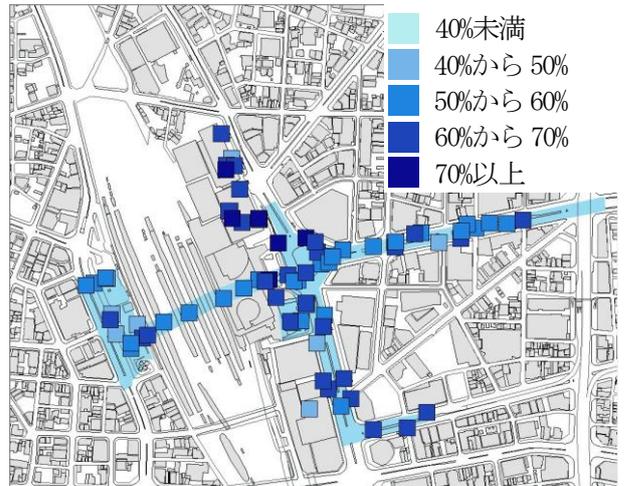


図-7 地下における全日の湿度分布

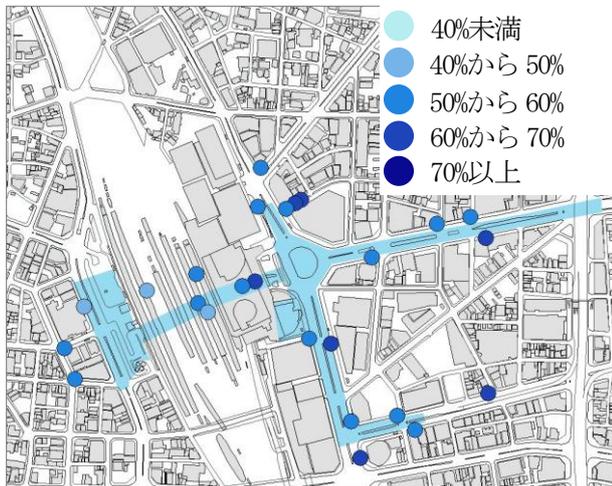


図-8 地上における8月29日の湿度分布

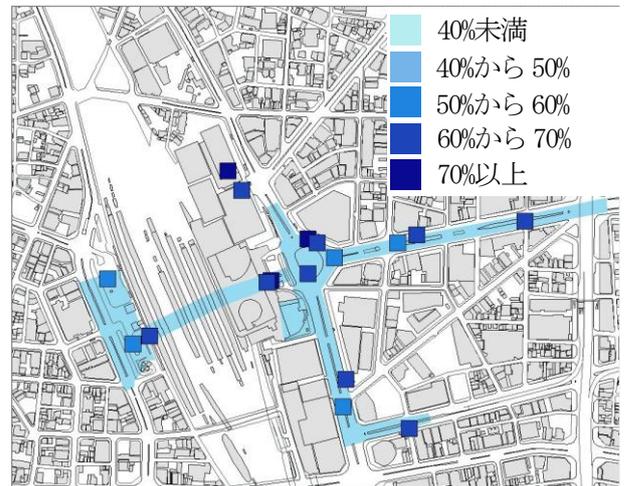


図-9 地下における8月29日の湿度分布

布を示す。これらの図から図-6、図-7と同様に、湿度に関しては地上地下を問わず、値のバラツキがみられる。ただし、地上と地下を比べた場合、地上の方が少し、バラツキが小さいといえる。図-10と図-11に地上と地下の湿度変化を示す。これらの図から、観測日による日平均値の違いは地上の方が大きい、観測日による値のバラ

ツキは地下の方が大きい。この原因として、測定場所近くの飲食店などの施設の影響や、風が無いことによる空気の滞留などが考えられる。この点の詳細は、今後検討する必要がある。

図-12と図-13に、地上と地下における全日のWBGT値の分布を示す。WBGT値とは労働環境や運動環境の指

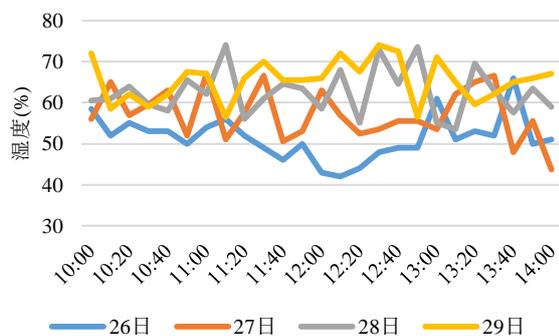


図-10 地下における全日の湿度

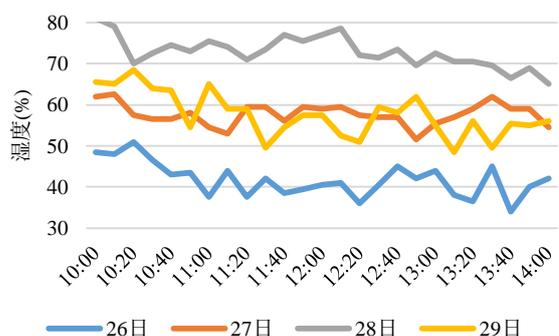


図-11 地上における全日の湿度

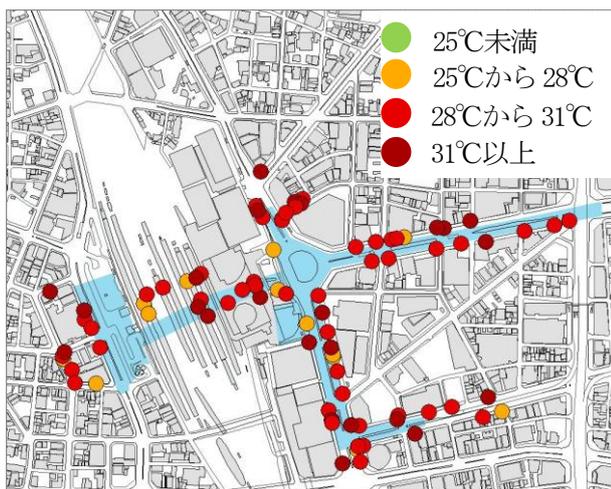


図-12 地上における全日の WBGT 値分布図

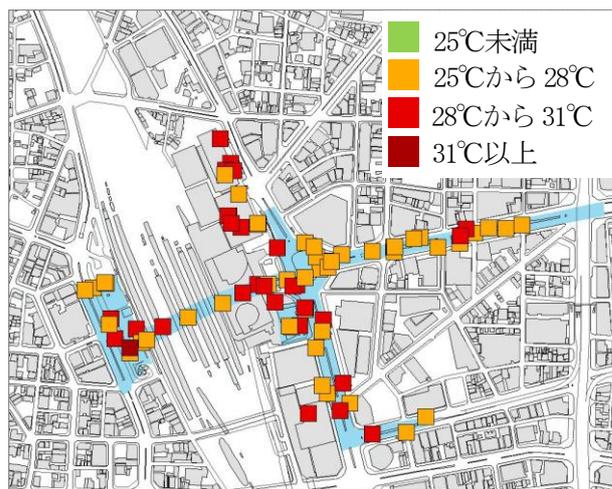


図-13 地下における全日の WBGT 値分布図

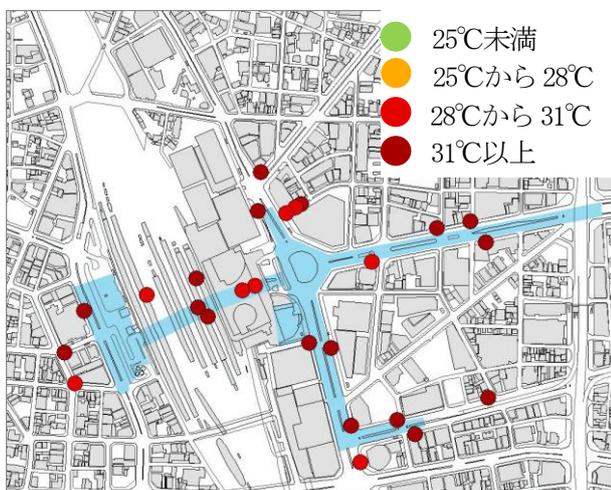


図-14 地下における8月29日の WBGT 値分布図

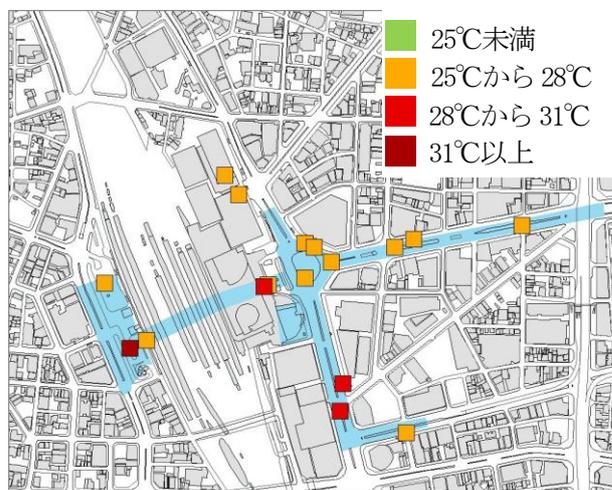


図-15 地上における8月29日の WBGT 値分布図

標として有効であると認められ、熱中症の危険度評価値として ISO 等で国際的に規格化されている指標<sup>8)</sup>である。本図では計算式から WBGT 値を算出するのではなく、指標図<sup>9)</sup>から求めている。本指標は WBGT 値が 25°C 未満を注意、25°C 以上 28°C 未満を警戒、28°C 以上 31°C 未満を嚴重警戒、31°C 以上を危険と定義付けている。図-12 と図-13 から、地下の方が地上に比べて、WBGT 値が低いことが分かる。これにより、熱中症の対策として、地下の有効活用が効果的であると推察される。また、図-14

と図-15 は、地上と地下における 8 月 29 日の WBGT 値の分布図である。この日は、前日が雨天であったことから、湿気が残り熱中症の危険性が高い日であったと言える。図-14 をみても、各所において危険という数値が出ている。それに比べ地下は WBGT 値が低く、地上とは異なり熱中症の危険性が低い。この図からも地下空間の有効活用が熱中症予防に効果的であるといえる。

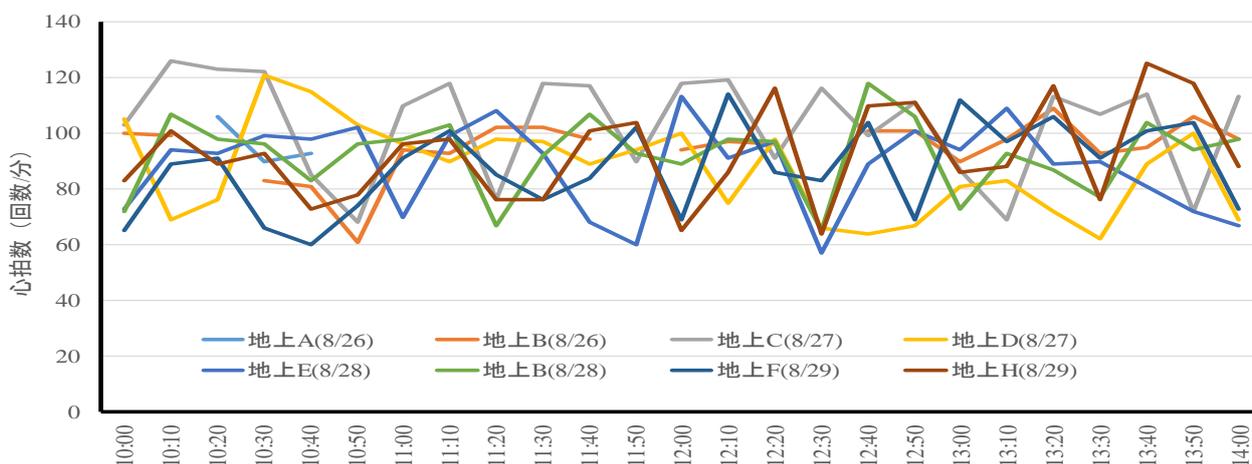


図-16 地上における参加者の心拍数

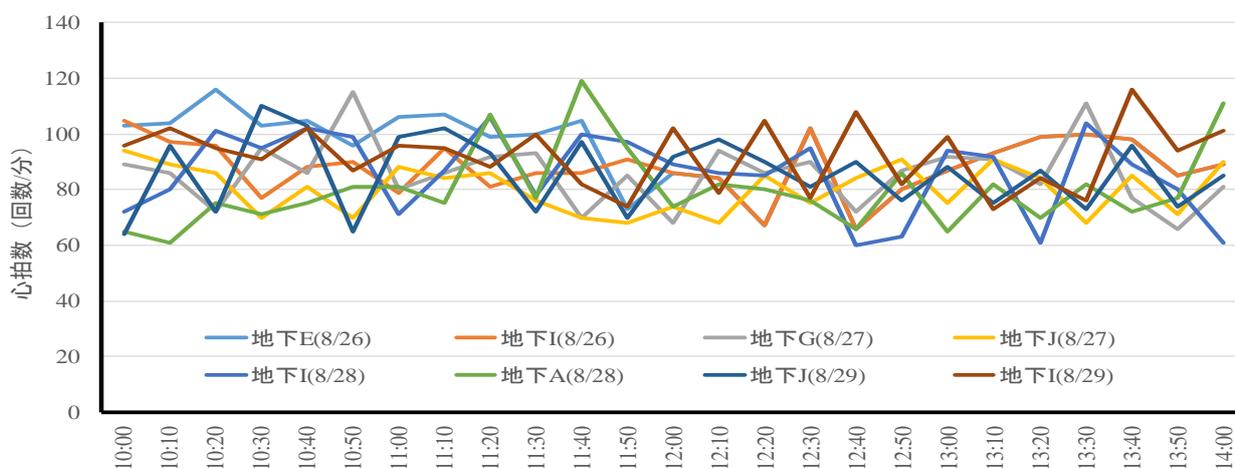


図-17 地下における参加者の心拍数

図-16と図-17に、地上および地下における調査者の心拍数を示す。調査者はA～Iの9名であり、個人特性や調査日の体調により変化する可能性もあるが、ここでは平均的な傾向として観測値を考察する。心拍数の平均は地上が92.36、地下が86.57であり、調査者の標準偏差の地上と地下における平均値はそれぞれ14.49と11.79であった。この結果から、地下の方が、心拍数の平均値が低く、標準偏差も小さいので、体の負担が小さく快適であったと考える。また、地上における心拍数の標準偏差が地下より高い原因として、日が当たるか否かが関係していると考えられる。地上は地下と違い、日向と日陰が存在する。気温が上昇すると、心拍数は増加する<sup>10)</sup>。このことから、日向に居るときは心拍数が上昇し、日陰に居るときは心拍数が減少したと推察され、それにより標準偏差が高くなったと考える。また、熱中症の状況になれば心拍数も高まることから、熱中症の危険性の高い地上で心拍数が高い結果となったことは妥当と考える。

また、表-2に調査者の血圧測定値の平均値と標準偏差を地上と地下で平均した値を示す。本表から、両者の差は血圧(収縮期)の平均値に現れた。血圧が高くなって

表-2 血圧の計測結果

	地上		地下	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
血圧(収縮期)	122.1	3.5	119.6	3.8
血圧(拡張期)	74.6	2.8	74.0	2.6

(単位:mmHg)

いることから体への負担が認められたと考える。なお、血中酸素濃度も計測したが、各観測者の顕著な差は認められず、地上と地下の差も現れていなかった。

#### 4. おわりに

本研究では、名古屋駅を対象に地上と地下の温度と湿度の環境調査と生体情報(心拍数および血圧)の調査を行った。得られた成果をまとめれば、以下のものである。

- 1) 名古屋駅周辺では、地上の気温のバラツキがあるが、地下の気温のバラツキは少なく、途上に比べると低い値で合った。
- 2) 湿度は、観測日における日平均値の違いは地上が大

きいが、観測日における場所毎の湿度の違いは地下の方が大きい。

- 3) 熱中症の危険度評価の結果から、地上では熱中症の危険度が高いが、地下では危険度が低いことが示された。このことから、名古屋駅周辺で熱中症の危険を感じた場合、地下を活用することが望ましいと考える。
- 4) 生体情報から、地下に比べて地上の方が、心拍数が高く、血圧（収縮期）も高いことが示された。このことから、熱中症の危険性のある環境では、人体に与える影響もみられた。

なお、本研究において、特に生体情報のサンプル数が少なく個人差もあることから、今後、さらに詳細な検討が必要と考える。

## 参考文献

- 1) 尾崎平, 浅野統弘, 石垣泰輔, 戸田圭一: 短時間集中豪雨に伴う内水氾濫による地下街浸水特性の考察, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, No.4, I\_1417-I\_1422, 2014.
- 2) 関根正人, 河上展久: 都市における内水氾濫と地下街浸水の被害予測に関わる数値解析, 水工学論文集, 第47巻, pp889-894, 2003.
- 3) 浅野統弘, 尾崎平, 石垣泰輔, 戸田圭一: 南海トラフ巨大地震による津波来襲時の大規模地下空間の浸水予測, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, No.4, I\_1435-I\_1440, 2014.
- 4) 関根正人, 池田遼: 東京東部低平地を対象とした浸水・氾濫の数値解析, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, No.4, I\_1429-I\_1434, 2014.
- 5) 武田 誠, 西田貢士郎, 村瀬将隆, 川池健司: 地下鉄を考慮した都市の浸水解析, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第21巻, pp.153-160, 2016.
- 6) 村瀬将隆, 中島勇介, 武田 誠, 川池健司, 松尾直規: 地下鉄を考慮した名古屋と大阪の大規模浸水解析, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, I\_1441-I\_1446, 2017.
- 7) 村瀬将隆, 中島勇介, 武田 誠, 川池健司: 洪水破堤による三大都市圏の浸水解析, 地下空間シンポジウム論文・報告集, pp.97-102, 第23巻, 2018.
- 8) 環境省 熱中症予防情報サイト 暑さ指数とは? <http://www.wbgt.env.go.jp/wbgt.php>
- 9) 厚生労働省・都道府県労働局・労働基準監督署: 熱中症を防ごう
- 10) POLAR: 心拍数とは <https://www.polar.com/ja/smart-coaching/what-is-heart-rate>

## FUNDAMENTAL STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ENVIRONMENT AROUND NAGOYA STATION AND MEDICAL MONITOR INFORMATION CONSIDERING HEAT STROKE

Riku WASHIYAMA, Masataka MURASE, Daisuke SATO and Makoto TAKEDA

In this study, we measured the temperature and the humidity of the ground and underground space in the summer around Nagoya Station, and conducted an environmental survey especially for heat stroke. As a result, it was found that the ground temperature was high, but the underground temperature was not extremely high with constant value. In addition, the state of humidity was the same on the ground and underground space, and there was more variation in the underground due to the location. Furthermore, it was shown that the risk of heat stroke is high on the ground, but the risk of the underground is low. In addition, from the survey of human body information, the heart rate of the ground and underground investigators tended to be higher on the ground. Under environment situation with a high risk of heat stroke, the load on the human body was shown to be high. From these results, it is shown the effectiveness of using underground space during high risk of heat stroke.