

風や地形が自然教育園の周辺市街地における気温分布に及ぼす影響 —自転車による移動観測調査—

飯田彩夏^{1,*}・矢崎友嗣²

¹明治大学大学院農学研究科, ²明治大学農学部

Ayaka Iida, Tomotsugu Yazaki: Effects of wind and topography on air temperature distribution around an urban green space –a mobile observation–. *Miscellaneous Reports of the Institute for Nature Study* (54): 41–46, 2022.

¹ Graduate School of Agriculture, Meiji University, ² School of Agriculture, Meiji University

はじめに

近年都市の高温化, すなわちヒートアイランド現象 (Oke, 1995) が一層深刻になっている。東京都心部の平均気温は過去 100 年で約 3℃ 上昇しており, 世界的に見ても上昇率が特に高いといわれている (三上, 2006)。ヒートアイランド現象の原因として, ①自動車や室外機などからの人工排熱, ②コンクリート・アスファルト化などの人工被覆による地表面熱収支の変化, ③中高層建造物の密集化などの都市構造の変化による熱の挙動の変化が知られており, これらが複合的に生じることで発生すると考えられている (三上, 2006)。このような都市の高温化によって熱中症等の健康被害や生態系の変化が懸念されており (国土交通省, 2013), 有効な対策が求められている。都市緑地は周辺の市街地より気温が低い「クールアイランド」として認識されており (Spronken-Smith and Oke, 1998), 植物による蒸発冷却が促進されている (Rizwan *et al.*, 2008)。また形成されたクールアイランドは緑地の範囲を越えて, 周辺市街地にも冷却効果を与えることが報告されている (丸田, 1972)。したがってヒートアイランド対策の一つとして, 都市の中の緑地の植物, 特に樹木による日射の遮蔽 (Oke, 1989) や蒸散作用による冷却 (Taha *et al.*, 1988) の利用が挙げられている。

本研究では夏季日中の都心部における緑地及びその周辺市街地の気温分布の形成に着目した。東京都港区に位

置する自然教育園及びその周辺市街地を対象として, 定点調査と自転車を使った移動観測により気温の空間分布を明らかにし, 緑地が気温分布に及ぼす影響を詳細に解明する。本研究では晴天日中に吹く南寄りの海風が風下側の気温を低下させるという仮説を立て, 風向と風上・風下側の気温分布を検討したので, その結果を報告する。

方 法

東京都港区に位置する国立科学博物館附属自然教育園 (以下, 教育園とする) 及びその周辺市街地を対象とした (図 1)。教育園内の地形は, 起伏があり園内南西部から北東市街地にかけて谷地形が存在する。教育園周辺市街地は, 南西側を除いて低層建築物または中層建築物からなる住宅地となっている。西側には側壁を有する首都高速道路 2 号線が教育園の縁に沿って教育園と市街地を分断するように通っている。

観測は 2021 年 8 月に定点観測と移動観測によって実施された。

1) 定点観測

定点観測は教育園内中央部の林床で実施した。強制通風筒内の気温を白金抵抗温度計 (HMP45, Vaisala) を用いて 1 分間隔で測定・記録をした。さらに地上 20 m の気象観測塔で風向と風速 (Windmaster, GILL) を 0.1

* E-mail: yazakitm@meiji.ac.jp

秒間隔で測定し、1分平均値を使用した。

2) 移動観測

移動観測は教育園の周辺市街地で晴天日（8日間）の12:00から15:00、計14回実施した。電動アシスト式自転車のカゴに測器とバッテリーを積み、位置情報をGPS（GPS16x-HVS, GARMIN）で記録しながら、強制通風筒内の気温をT型熱電対を用いて測定した。気温の測定高さは1.0mである。移動観測時は、約13km/hr（所要時間約25分）で教育園の周り約4.5kmを反時計回りで一周した（図1）。さらに移動観測による熱電対の応答のずれを解消するための補正を行った。本研究で使用了被覆熱電対（露出型）φ0.32mmは、気体中での温度変化量90%の値を示すのに要する時間（応答時間）は14.1秒であるため（林電工株式会社, 2012）、ある地点から

14.1秒後の値がその地点の気温と考えた。市街地では日なたと日陰では気温が大きく異なるため、同様の条件にするために移動観測では日なたを走るようにした。

本研究では教育園が周辺市街地の気温分布に及ぼす影響を検討するため、仮説に基づき、海風の風上側である教育園の南に位置する「南側市街地」（以下、南側）と、風下であり教育園に隣接した「北東市街地」（以下、北東側）、及び風下であるが高速道路によって教育園と分断された「北西市街地」（以下、北西側）の気温を比較した。なお南側は、片道140mの経路の往復の平均気温、北東側は140mの範囲の平均気温、北西側は130mの範囲の平均気温を示す。



図1. 気象観測塔位置と移動観測経路。

●は気象観測塔位置、実線は移動観測経路を表す（道路路線網図・幅員マップを加工して作成）。

結果と考察

移動観測は計14回実施したが、天気の急変や測定機器の故障により、2回分のデータが使用できなかった。したがって、7日間、計12回の測定の結果から考察する。

移動観測実施時の気温は、教育園内の定点観測点で周辺市街地より平均 $4.4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ($n=12$) 低く、晴天日において教育園がクールアイランドとしての機能を持つことが明瞭に示された。南寄りの強い海風が観測された日は、8月1日、8月20日であった(表1)。強い海風が吹いた日の気温分布を図2(8月20日 12:38~13:04の事例)に示す。8月20日の12:38~13:02の測定における気温は、北東側で平均 34.3°C 、北西側で平均 35.1°C 、南側で平均 34.7°C であった(表2)。風上である南側に比べて、風下である2箇所(北西側と北東側)では気温の傾向に違いがみられた。南側に比べ北西側は平均で 0.5°C 高かったのに対し、北東側は平均 0.3°C わずかながら低かった。しかし、同じ風下である北西側と北東側の気温の差は 0.8°C と大きく、教育園内を通過した冷やされた空気が北東側へと移動し、本来風下側である北西側には冷やされた空気塊が到達していない可能性があることが示された。また同じように強い南寄りの海風が吹いた8月1日の1回目のケースにおいては、平均気温は南側

で 35.7°C であったのに対し、北東側で 34.8°C (南側に比べ 0.9°C 低温)、北西側で 35.9°C (南側に比べ 0.2°C 高温) であり、同様のことが生じていた可能性があることがわかった。

このことから、強い海風が観測された日は風上である南側に比べ同じ風下側の北西側と北東側では気温が異なり、北西側では気温がやや高く、北東側では気温がやや低い傾向がみられた。教育園を通過した相対的に低温な空気塊は風によって風下の市街地に運ばれると考えられるが、谷地形や首都高速道路などの構造物も空気塊の移流に関与した可能性がある(清水ほか, 2012)。

一方、東寄りの風が観測された日は8月11日と、8月27日 12:20~12:44 であった。東寄りの風が観測された日のうち8月11日 13:05~13:29の気温分布を図3に示す。この日の平均気温は北東側が 29.2°C 、北西側が 34.0°C 、南側が 34.7°C であった(表2)。8月1日と8月20日の結果と比べると両日で南側は気温が高かったが、北西側よりも北東側の方で気温が低い傾向はみられず、むしろ北東側の方が高い地点もみられた。8月27日のケースも同様であり、東寄りの風の日には南寄りの海風が観測された日のような特徴的な気温分布がみられなかった。東寄りの風の場合は前述のような冷気の運搬が起りにくいことと推察された。

表1. 移動観測実施日の天候及び風況. 天候は気象庁(2021)のデータを利用した.

日付	時間	気象庁北の丸公園 (風向風速は地上 35.3 m) (気温は地上 1.5 m)				自然教育園 気象観測塔 (地上 20 m)	
		気温	日照率	風向	風速	風向	風速
		($^\circ\text{C}$)	(%)		(m/s)		(m/s)
8/1	12:58-13:22	33.4	100	SSE	5.3	SSE	2.4
8/4	14:22-14:49	33.3	100	SSE	3.8	ESE	1.7
8/11①	13:05-13:29	32.0	100	SE	4.8	E	1.9
8/11②	13:30-13:52	32.0	100	SE	4.8	ENE	1.6
8/20①	12:38-13:04	32.7	100	SE	6.0	SSE	3.1
8/20②	13:04-13:28	32.6	100	SSE	5.1	SE	3.7
8/20③	13:28-13:52	32.6	100	SSE	5.1	SE	2.8
8/22①	13:10-13:38	32.6	67	S	2.1	SSW	2.1
8/22②	13:38-14:02	32.6	93	S	2.1	S	2.2
8/27①	12:20-12:44	32.7	33	NE	2.6	E	2.2
8/27②	12:45-13:11	34.0	23	SE	2.4	E	2.2
8/28②	12:32-12:56	33.9	100	SSE	3.6	E	2.3

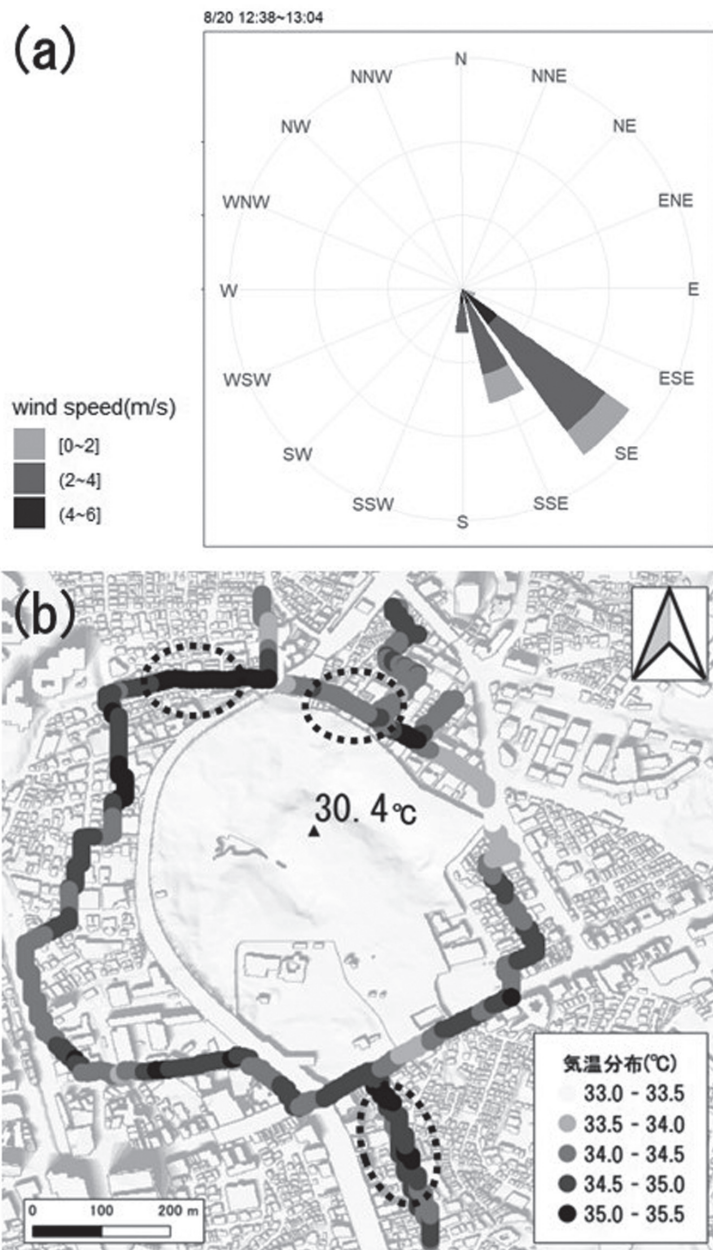


図2. 8月20日 12:38～13:04の (a) 風配図と (b) 周辺市街地の気温分布 (点線の円は比較対象地域を示す).

表2. 解析対象時の風況と各場所における平均気温.

調査日	風向	風速 (m/s)	平均気温 (°C)		平均気温 (°C)		
			教育園	周辺市街地	北東側	北西側	南側
8月1日	SSE	2.4	30.5	35.5 (+5.0)	34.8 (-0.9)	35.9 (+0.2)	35.7
8月11日①	E	1.9	29.2	34.1 (+4.9)	34.0 (-0.7)	33.9 (-0.7)	34.7
8月20日①	SSE	3.1	30.4	34.5 (+4.1)	34.3 (-0.4)	35.1 (+0.5)	34.7
8月27日①	E	2.2	31.4	35.4 (+4.0)	35.5 (-0.3)	35.4 (-0.4)	35.8

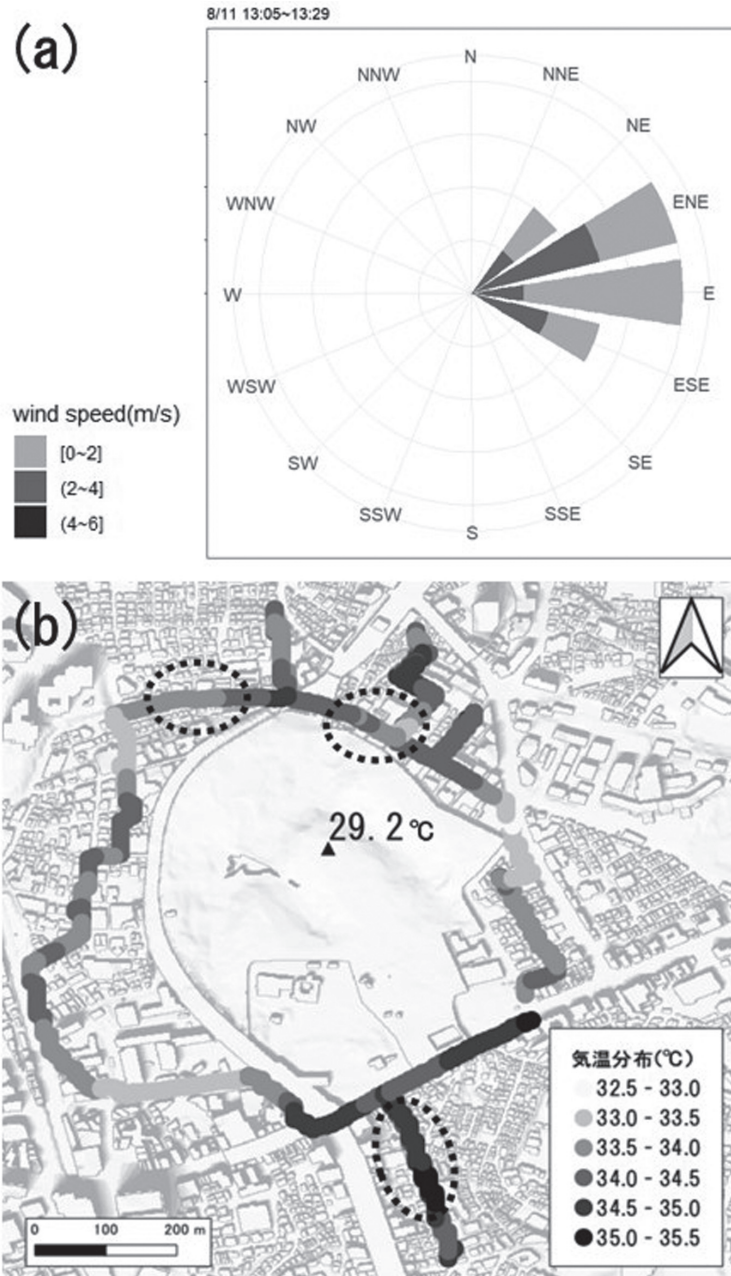


図3. 8月11日 13:05～13:29の(a)風配図と(b)周辺市街地の気温分布(点線の円は比較対象地域を示す).

まとめ

本研究では教育園が周辺市街地の気温分布に及ぼす影響について風や地形に着目して検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 南寄りの海風が観測された日は、教育園内の冷気は強い海風により地形や構造物の影響を受けながら北東側市街地へ運搬され、気温を下げる効果を有する。
- (2) 東寄りの風が観測された日は、北西側と北東側で気温差が小さく、南寄りの風の日のような気温分布と

なりにくい。

本研究では2021年夏の1ヶ月間のみでの結果である。より多くの観測事例の解析により都市緑地が周辺市街地へ及ぼす影響についての理解が進むと期待される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、国立科学博物館附属自然教育園の遠藤拓洋様に観測器材の設置にあたりご協力いただきました。防衛大学校の菅原広史教授にタワーの風向風速データを提供していただきました。明治大学農学部 の倉本宣教授には有益なご助言をいただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

引用文献

- 林電工株式会社. 2012, “Q&A 応答速度について”, https://hayashidenko.co.jp/tech_sokudo.html (2022年12月15日閲覧)
- 気象庁. 2021, “過去の気象データ検索”, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2022年3月7日閲覧)
- 国土交通省. 2013, “ヒートアイランド現象緩和に向けた都市づくりガイドライン”, <https://www.mlit.go.jp/common/001023246.pdf> (2022年3月7日閲覧)
- 丸田頼一. 1972, 公園緑地の都市自然環境におよぼす影響, 都市計画 69・70 : 49-77.
- 三上岳彦. 2006, 都市ヒートアイランド研究の最新動向—東京の事例を中心に—. E-journal GEO, 1 : 79-88.
- Oke, T. R. 1989, The micrometeorology of the urban forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 324 : 335-349.
- Oke, T. R. 1995, The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. Cermak J. E. et al. (eds.) *Wind Climate in Cities*, 772pp. 81-107. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Rizwan, A. M., Dennis L. Y. C. & Liu, C. 2008, A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island, *Journal of Environmental Sciences*, 20 (1) : 120-128.
- 清水昭吾・菅原広史・成田健一・三上岳彦・萩原信介. 2012, 自然教育園における冷気のにじみ出し現象—2011年夏季の観測結果—. 自然教育園報告, 43 : 19-27.
- Spronken-Smith, R. A. & Oke, T. R. 1998. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing*, 19 : 2085-2104.
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A. & Huang, J. 1988, Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo. *Building and Environment*, 23 : 271-283.