

自然通風式シェルターを用いた気温観測値に 観測点近傍の障害物が与える影響 (2)

大和広明^{1,2}・栗林正俊¹・浜田 崇¹・榊原保志³

百葉箱を含む自然通風式シェルターを用いた、夜間の気温の観測値に観測点近傍の障害物が与える影響を定量的に評価することを目的に、旧長野市立更府小学校の校庭において調査した。校庭内の気温差は平均で0.4℃未満(夏季0.29℃, 冬季0.36℃)であった。気温差は、空間広さ及び天空率に加えて、観測点近傍の障害物の種類や地表面付近の冷気の堆積しやすさの影響を受けていると考えられた。

キーワード：自然通風式シェルター、百葉箱、空間広さ、天空率、気温の観測精度

1 はじめに

気温は樹木や建物など近傍の障害物の影響を受けやすい気象要素であり、近くに障害物がない開けた平らな土地で、日当たりと風通しの良い場所において観測する必要がある¹⁾。しかし、局地気象を観測する時に、観測場所の制約で障害物の近くで観測せざるを得ない時がある。そこで、障害物の影響を定量的に把握することが必要である。

観測点の近傍の障害物の有無が気温に与える影響を定量的に評価する指標として「空間広さ」が提唱されている²⁾。空間広さとは、「周囲の障害物と測器との距離」と「障害物の高さ」との比で表され、空間広さが狭いと、空間広さが広い観測点に比べ、日中は気温が高くなり、夜間は低くなることが指摘されている³⁾。

また、これとは別に「天空率」という指標がある。天空率は、観測点から真上を見上げた時の空の見える割合のことで、天空率が小さいほど建物や樹木などの障害物があることを表す。都市と郊外の気温の差、つまりヒートアイランド強度と天空率に関係があることも知られており、都市部の天空率が小さい観測点ほど夜間のヒートアイランド強度が大きくなる⁴⁾。そのため、都市では天空率が小さい観測点ほど夜間の気温が高めになる。この原因は、天空率が

小さいと主に夜間の放射冷却量が少なくなることである。

前回の報告⁵⁾は夏季日中を対象に空間広さとの関係を検討したが、本報告では夜間を対象に冬季のデータも加えて、空間広さと天空率を指標として検討した。

2 方法

2.1 解析対象期間

夏季と冬季を対象期間とし、夏季は2017年8月29日から10月25日、冬季は2017年12月3日から2018年3月28日について解析した。なお、調査地点から約6km離れたアメダス(信州新町)の日照時間から夏季は9時間以上、冬季は7時間以上の日照がある日を晴天日とした。

2.2 空間広さと天空率の算出方法

空間広さは先行研究の定義^{2) 3)}に従い、観測点の全周360度を10度ずつ、「周囲の障害物と測器との距離」を「障害物の高さ」で除した比を、360度平均した。天空率はCASIOの「EXILIM Outdoor Recorder EX-FR200」で全天写真を撮影して、全天写真解析プログラムCanopOn^{2) 6)}を使用して算出した。

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野県長野市北郷2054-120

2 (現 埼玉県環境科学国際センター 温暖化対策担当 〒347-0115 埼玉県加須市上種足914)

3 信州大学教育学部 〒380-8544 長野県長野市西長野6-ロ

2.3 観測地点と観測項目



図1 観測点配置図
背景写真は国土地理院地図より

前回の報告⁵⁾と同じ廃校の校庭に設けた5つの観測点にて気温と放射収支量を観測した。放射収支量は冬季のみ観測を実施した。気温の観測は5地点、放射収支量の観測は2地点で行った。気温の観測方法は前報と同じであり、10分毎に自然通風式シェルターにて観測を行った。放射収支量の観測はREBS社製のQ*7を使用し、1分毎に観測した。放射収支量は上向きから下向きの長短波放射の合計を引いた値を観測した。値が正の時に地表面が放射冷却されていることを意味する。気温、放射収支量の観測はともに地上高1.5mで行った。5つの観測点近傍の特徴は以下の通りである(図1、表1)。

基準：校庭の中央部付近であり、最も空間広さが広く、天空率が高い。校舎から最も離れている(22m)。

①百葉箱横：校庭の隅に設置されている百葉箱の1m西の位置である。校舎までの距離は6mである。基準より空間広さは狭く、天空率は小さい。

②運動場東：①百葉箱横と基準の間に位置し、校舎からの距離は16mである。空間広さ及び天空率は基準とほぼ同じである。

③児童館横：校舎と児童館の間に位置し、校舎から0.9m、児童館から0.2mである。空間広さ及び天空率が最も狭く、小さい。

④樹木近傍：樹木からの距離は3m、校舎からの距離は②運動場東と同じである。天空率は近傍の落葉樹の影響で夏季に比べて冬季は大きい。

3 結果

3.1 気温差の夏季と冬季の比較

夏季と冬季について、夜間(19時から翌7時)における気温差(各観測点-基準点;以下、気温差と表記)の平均を全解析対象日と晴天日に分けて算出し、表2にまとめた。

全解析対象日における基準からの気温差は夏季が-0.05から+0.24℃(地点間差0.29℃)、冬季は-0.07から+0.29℃(同0.36℃)の範囲だった。また、晴天日における気温差は、夏季が-0.12か

表1 観測点の空間広さ及び天空率と全天写真

	基準	①百葉箱横	②運動場東	③児童館横	④樹木近傍
空間広さ	5.87	3.27	5.51	2.43	4.28
空間広さの 基準との常用対数差	-	-0.25	-0.03	-0.38	-0.14
天空率(%) (夏)	66	43	63	28	42
(冬)	67	44	64	28	63
観測項目	気温, 放射収支量	気温, 放射収支量	気温	気温	気温
全天写真 (夏) 2017年8月30日 撮影					
(冬) 2017年12月8日 撮影					

表2 夏季と冬季の気温差 (°C)

	夏季		冬季	
	全ての解析対象日	晴天日	全ての解析対象日	晴天日
①百葉箱横	0.12	0.08	0.03	-0.04
②運動場東	-0.01	-0.01	0.05	0.05
③児童館横	0.24	0.31	0.29	0.29
④樹木近傍	-0.05	-0.12	-0.07	-0.18

ら +0.31°C (地点間差 0.43°C), 冬季は -0.18 から +0.29°C (同 0.47°C) の範囲だったので, 晴天日の方が地点間の気温の差が大きい傾向であった。

各地点の気温差の特徴は, ①百葉箱横では夏季に比べて冬季の気温差が小さく, ②運動場東では気温差が夏季はマイナスで冬季がプラスであり, ③児童館横では夏季も冬季もプラスが最も大きく, 観測点の中で最も気温が高く, ④樹木近傍では夏季も冬季もマイナスであった。

3.2 気温差と観測点近傍の障害物の指標との関係

次に気温差と観測点近傍の障害物の指標との関係

を見る。夏季と冬季の空間広さ及び天空率と気温差の関係を図2, 図3に示した。空間広さの対数差との関係は, 先行研究²⁾と異なり, 直線上に分布していなかった。夏季には④樹木近傍以外は基準より空間広さが狭いほど気温が高い傾向にあった。しかし冬季には③児童館横を除き, 基準より空間広さが狭い地点で基準とほぼ同じか, 基準よりも気温が低かった。

天空率との関係は, ④樹木近傍以外の地点の天空率に大きな変化が無いにもかかわらず, 夏季と冬季で傾向が異なっていた。夏季では④樹木近傍以外の地点では天空率が小さいほど基準よりも気温が高い傾向が見られた。一方, 冬季の①百葉箱横の気温差はほぼ0°Cであり, 基準より天空率が小さいにもかかわらず, 気温差が見られなかった。

まとめると, 夏季には, 空間広さ及び天空率とも気温差と一定の関係が見られたものの, 冬季には関係が見られなかった。

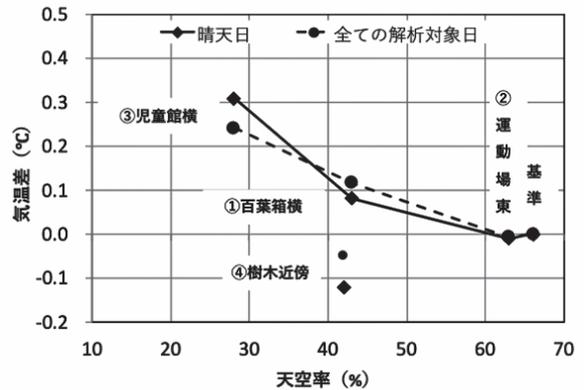
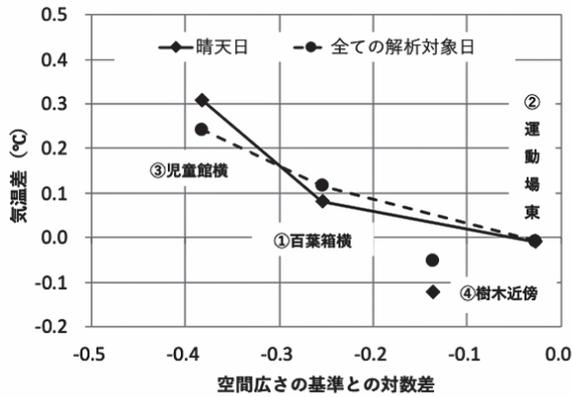


図2 空間広さ及び天空率と気温差の関係 (夏季)

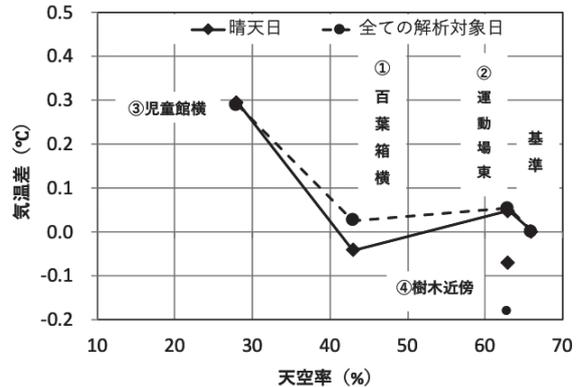
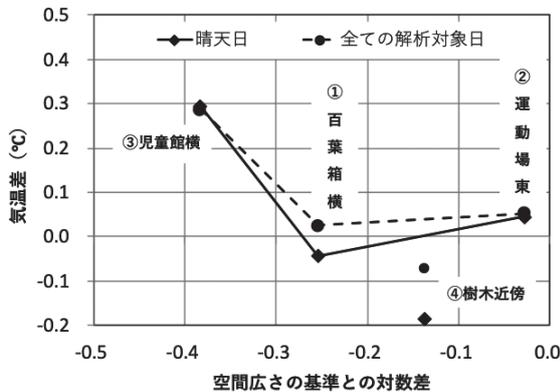


図3 空間広さ及び天空率と気温差の関係 (冬季)

3.3 放射収支量差と気温差の時系列の比較

観測点近傍の障害物の影響による放射収支量の違いと気温差の関係を調べるために、①百葉箱横から基準の放射収支量を引いた差（以下、放射収支量差と表記）と①百葉箱横における気温差の時系列変化を図4に示した。

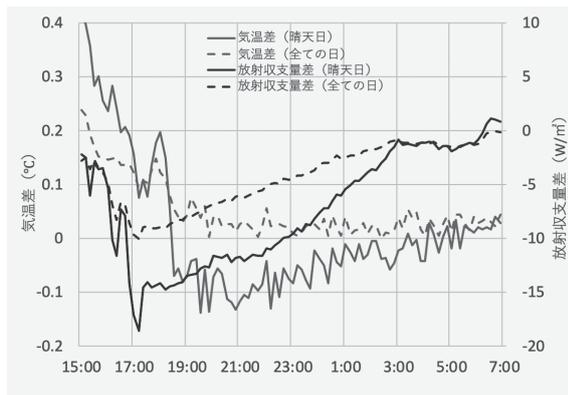


図4 基準と①百葉箱の放射収支量差及び気温差の時系列変化（冬季）
放射収支量差、気温差共に①百葉箱横から基準の値を引いた。放射収支量は長短波放射を合計し、上向き放射量を正とした。

放射収支量差は、全ての解析対象日、晴天日ともに15時過ぎはマイナスで、17時過ぎに絶対差が最大になった後、徐々に小さくなって日の出頃にほとんど無くなる変化が見られた。放射収支量差はすべての解析日より晴天日の方が大きかった。一方、気温差は全ての解析日ではほぼ0°Cであった。晴天日の18時から22時頃にかけての時間帯において、①百葉箱横は放射収支量が基準に対して10 W/m²以上少ないにもかかわらず、気温が約0.1°C低い状態が観測された。

これは①百葉箱横の方が、空間広さが狭いため、地表面付近の冷気が堆積しやすく、その結果として気温が低くなったと考えられる。また夜半過ぎ以降は、時間の経過と共に、校庭全体で冷気が堆積していくため、気温差がほぼ無くなっていたと考えられる。実際、空間広さに関する先行研究³⁾では空間広さが狭いほど夜間の気温が低い結果が示されていることと整合的である。

以上のことから、④樹木近傍における冬季の気温差も基準と天空率がほぼ同じであるにもかかわらず、気温が④樹木近傍の方が低い理由も空間広さが基準よりも狭いことで冷気が堆積しやすいことが原因であると考えられる。

一方で、③児童館横では、空間広さとの関係が逆であり、空間広さが狭いほど気温が高い傾向であった。この原因としては、児童館に近いため、建物の影響を受けて気温低下量が小さくなったためであると考えられる。

また、夏季において①百葉箱横の方が、気温が高かった理由としては、冬季は夏季よりも水蒸気量が少なく放射冷却が大きいため地表面の温度が下がりやすく、冷気が堆積しやすいのに対し、夏季は冷気の堆積よりも障害物による放射冷却の妨げ効果の方が大きいためであると考えられる。

4 まとめ

小学校の校庭における気温の観測から、観測点近傍の障害物が夜間の気温の観測値に及ぼす影響を定量的に評価した結果、以下の結果が得られた。

- 校庭内の夜間の平均気温は最も高い地点が建物の間で、最も低い地点は樹木近傍の観測点だったが、その差は0.4°C未満だった。
- 基準（校庭中央部付近）と他の観測点との平均気温の差は夏季が-0.05から+0.24°C（地点間差0.29°C）、冬季は-0.07から+0.29°C（同0.36°C）の範囲だった。
- 気温差と空間広さ、天空率との間には、夏季には一定の関係が見られるものの、冬季には見られず、障害物の影響を定量的に把握することはできなかった。
- 校庭の隅（百葉箱横）と基準とした校庭中央部付近における2地点の放射冷却量は、天空率が小さい校庭の隅の方が少ないものの、夜半の初めの時間（18時から22時）には気温が低かった。これは、空間広さが狭いため、地表面付近に冷気が堆積しやすかったためであると考えられた。

以上の結果により、特に冬季夜間の気温は観測点近傍の障害物の種類や地表面付近の冷気の堆積しやすさの影響を受けていると考えられた。そのため、夜間の気温を観測する場所を選定するときにはこれらの影響を念頭に置く必要がある。

謝 辞

本研究は、文部科学省の気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）の支援を受けた。

文 献

- 1) 気象庁, 気象観測の手引き :
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/tebiki.pdf (2019年2月確認)
- 2) 近藤純正 (2015) 空間広さと気温—「日だまり効果」のまとめ :
<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke121.html> (2019年2月確認)
- 3) 和田範雄・泉 岳樹・松山洋・近藤純正 (2016) 観測地点の「空間の広さ」と「平均気温」の関係—4重構造放射除け通風筒を用いた高精度観測—, 天気, 63:13-22.
- 4) 朴 惠淑 (1987) 日本と韓国の諸都市における都市規模とヒートアイランド強度, 地理学評論, 60:238-250.
- 5) 大和広明・栗林正俊・浜田崇・榊原保志 (2018) 自然通風式シェルターを用いた気温観測値に観測点の近傍の障害物が与える影響に関する研究, 長野県環境保全研究所研究報告, 14:13-18.
- 6) 竹中明夫, 全天写真解析プログラム CanopOn 2: <http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/> (2019年2月確認)

A study on the influence of the environment near the observation station on the air temperature observation value using natural ventilated shelter(2)

Hiroaki YAMATO^{1,2}, Masatoshi KURIBAYASHI¹, Takashi HAMADA¹, Yasushi SAKAKIBARA³

1 *Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*

2 *present : Center for Environmental Science in Saitamay 914 Kamitanadare, Kazo, Saitama 347-0115, Japan*

3 *Faculty of Education, Shinshu University 6-ro Nishi-Nagano, Nagano, 380-8544*