

技術資料 4 気温等の測定方法

ヒートアイランド現象を把握するための測定は、気温の他にも、地表面温度や放射環境、風など様々な項目があります。また、対象となるスケールや対策の目的などによって、測定すべき項目や測定方法が異なります。

この技術資料では、ヒートアイランド現象の現況把握手法について、それぞれの手法の概要や特徴を整理しました。

(1) 気温の観測¹

都市内の気温などを観測する方法として、定点観測と移動観測があります。

○定点観測：特定の場所の時系列変化を観測するのに適している

○移動観測：観測点を増やして詳細な空間分布を把握するのに適している

観測方法は、目的に応じて選択する必要があります。以下にそれぞれの概要を整理しました。

1) 気温の定点観測

気温を測定する際、温度センサーへの日射を遮蔽する必要があります。その際、センサー周囲の通風を確保する必要がありますが、その方式は「自然通風方式」と「強制通風方式」に大別されます。「自然通風方式」は、日射を遮蔽し、自然の風通しを確保した百葉箱などに温度センサーを設置するものです。「強制通風方式」は、電動ファンなどにより強制的な風通しを確保し、日射を遮蔽した筒（強制通風筒）に温度センサーを設置するものです。一般的に、自然通風方式は日射などの影響を受けることにより、日中の温度が高く観測される傾向にあります。そのため、自然通風方式で測定された気温と強制通風方式で測定された気温を併用すると、特に日中においては地域の正しい気温分布を把握できないおそれがあります。

¹ 気象観測を行う場合には、気象庁への届出などが必要となる場合があります。

自然通風方式

自然通風方式は、百葉箱などの日射をさえぎった風通しのよい筐体の中に温度センサーを設置し測定する方法です。ただし、気象庁における試験では、箱の内側の大きさが 90cm 程度の百葉箱（気象庁 1 号型）でも、自然通風では平均的に昼間はやや（0.1～0.2℃）高く、夜間はやや低く計測することが分かっています²。



図 4.1 自然通風筒と百葉箱
資料) 環境省

強制通風方式

強制通風方式は、ファンなどにより温度センサー一周辺の空気を強制的に換気し、温度センサーが蓄熱するのを防ぎ、空気自体の温度を測定する方式です。気象庁の行う気温観測は強制通風筒を用いる方式が標準となっています。

強制通風方式では、ファンを動かすための電源が必要になります。

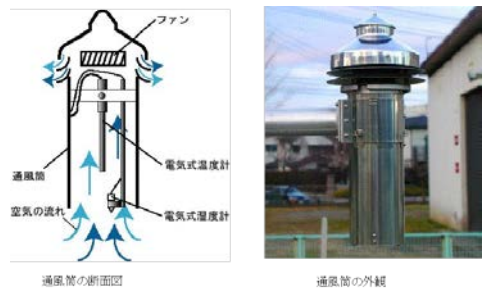


図 4.2 強制通風方式 資料) 気象庁

設置に際しての考慮事項

- ①最寄りの建物や樹木からその高さの 3 倍程度の距離を置いて設置する。
- ②人工の熱源から十分に離す。
- ③屋上への設置は避ける。
- ④自然な環境に設置する。
- ⑤寒冷地での設置では積雪に注意が必要。

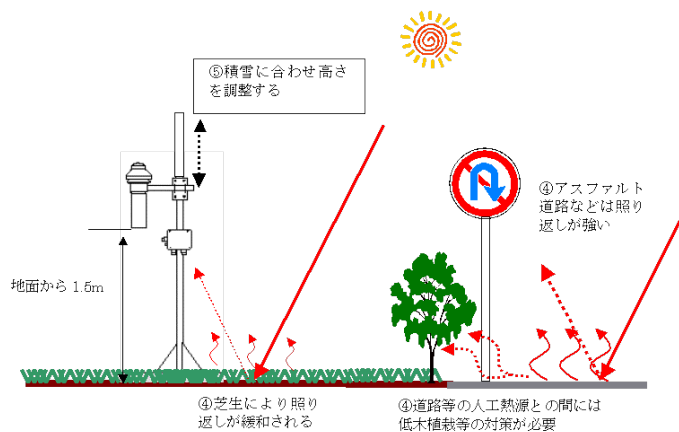


図 4.3 温度計・湿度計の設置環境
資料) 気象庁

² 気象庁：気象観測の手引き，平成 10 年 9 月

また、気温観測地点周辺の建物や地表面、排熱源が、気温の観測値に影響を与えることがあります。気象観測ガイドブック（気象庁）によると、「最寄りの建物や樹木からその高さの3倍程度の距離を置いて設置する」、「自然な環境に設置する」などの考慮すべき事項が示されています。

しかし、観測地点と周囲の建物との距離を十分に取ることや、自然な環境に観測機器を設置することは、難しい場合があります。また、実態把握の目的によっては、街区内の歩行者空間など、局地的に形成される温熱環境の把握が求められる場合もあります。そのような場合には、建物の近傍やアスファルト被覆の地点で気温を観測することになります。そのため、ヒートアイランド現象の実態把握においては、観測目的に応じた観測手法や観測条件を検討する必要があります。

環境省では、ヒートアイランド現象の実態把握において、観測地点の選定の際に考慮する条件の目安として、以下のような留意点をまとめています。



図 4.4 ヒートアイランド観測機器の設置例
大阪府東大阪市西岩田付近 資料) 環境省

- ①夏季の日中において、極力、建物などの日陰にならない場所であること
- ②観測機器設置箇所および周囲の地表面がアスファルト、コンクリートで覆われていないこと
- ③エアコンの室外機やその他の排気口などが近傍になく、人工的な排熱の影響を受けないこと
- ④周辺建物から最低5m程度、離れた場所に観測機器が設置できること
- ⑤強制通風方式を基本とするため、電源の確保が可能なこと
- ⑥立ち入りの制限ができること、もしくはバリケードなどを設置できること
- ⑦継続的に観測ができること

2) 気温の移動観測

広域のヒートアイランド現象を把握したり、長期的に特定の場所の気温変動を把握するには定点観測が適していますが、観測機器を継続的に設置するにはその地点数に限りがあります。街区内の詳細な熱環境を把握し、対策が必要な地点を抽出するなどの高密度な観測が求められる場合には、移動観測が活用できます。

効率よく観測点を増やす方法として、自動車などを用いて移動しながら連続的に観測することが有効であり、GPSの普及に伴って都市の熱環境計測に適用される事例が増えています。

地方公共団体でも、市街地の詳細な気温観測に移動観測を用いるケースが多く見られます。大阪府では定点観測と併せてGPSを活用した自転車による移動観測を行い、街区の詳細な熱環境観測を実施しています。

ただし、日射量や赤外放射量を計測対象とする場合は、建物形状との関係が深いため、測定地点の建物の状況と測定値との対応関係を明らかにするには、移動速度と観測機器のセンサーの応答特性などに十分配慮する必要があります。

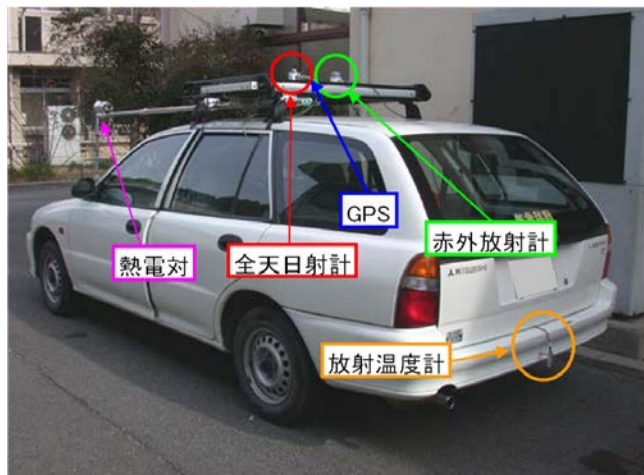


図 4.5 移動観測用車両

資料) 大阪市立大学中尾正喜氏提供

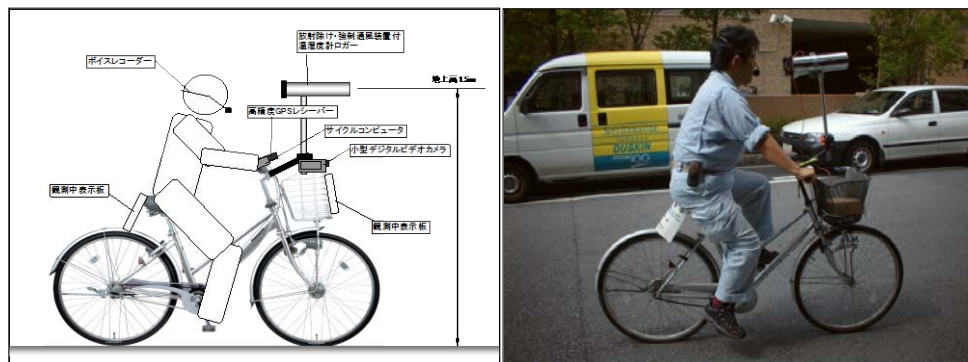


図 4.6 自転車による移動観測用車両³

³ 大阪府：平成 19 年度大都市オフィス街をモデル地区とした熱環境管理推進事業，平成 20 年 3 月

(2) 既存の気温観測網

主要な気温観測網には次のようなものがあります。

表 4.1 主要な気温観測網

観測の目的	観測網	観測主体	密度	観測方法
気象観測	気象官署・アメダス	気象庁	概ね 20km 間隔	強制通風式
	農業気象観測	農業関係の研究機関	研究機関によって異なる	主に強制通風式
	消防署による観測	消防署	地方公共団体によって異なる	主に自然通風式
	気象情報提供会社	民間企業	実施企業によって異なる	強制通風式
大気汚染の観測	大気汚染常時監視測定局	環境省、地方公共団体	地方公共団体によって異なる	多くの場合、自然通風式 一部、強制通風式
ヒートアイランド現象の観測	環境省気象観測	環境省	関東、中部、近畿に各数地点	関東：自然通風式 および強制通風式 中部、近畿：強制通風式
	地方公共団体などによるヒートアイランド現象観測	横浜市、堺市など	2.5～5 km 平方に 1 地点程度	主に自然通風式

ヒートアイランド現象の把握のため、既存の気温観測データを活用するにあたっては、それぞれの観測の目的や観測地点の周辺環境を把握して活用することが必要です。

例えば、気象官署・アメダス観測地点は、その観測がメソスケール（数十 km）の気象現象を把握することを目的としていることから、全国ほぼ均等に配置されており、複数の都府県にまたがるような広域のヒートアイランド現象を把握するのに適しています。

また、大気汚染常時監視測定局については、大気汚染物質濃度の観測を目的としているため、設置環境などが必ずしも気温の測定に適していない場合があります。



図 4.7 東京都心部の大気汚染常時監視測定局（一般局）の気温測定場所の例

左：東京都千代田区 区出張所ビル屋上 右：東京都港区 住宅地域の緑地内
資料) 環境省

その他にも、移転などによるデータ連続性切断への配慮も必要です。気象官署・アメダス観測地点が移転することにより気温などの観測結果の統計的連続性が切断されているケースがあります。そのため、切断時期の前後のデータ比較を行う場合には注意が必要です。

(3) 気温以外の温熱指標の観測

ヒートアイランド現象の実態を把握するには、気温観測以外にも様々な方法があります。ここでは、地表面温度と体感温度の測定手法を紹介します。

地表面などの温度分布を熱画像として測定することにより、大気を暖める要因となる表面温度が高い場所を特定することができます。図 4.8 は東京の新宿御苑周辺を航空機により上空から撮影した熱画像です。緑に覆われた新宿御苑は温度の低い青系色ですが、新宿駅やそこに通じる大きな道路などは温度の高い赤系色となっています。また、特定の街区に対象を絞れば、高層の建物の上から熱画像を撮影することにより、街区内の表面温度分布を比較的簡単に知ることができます。

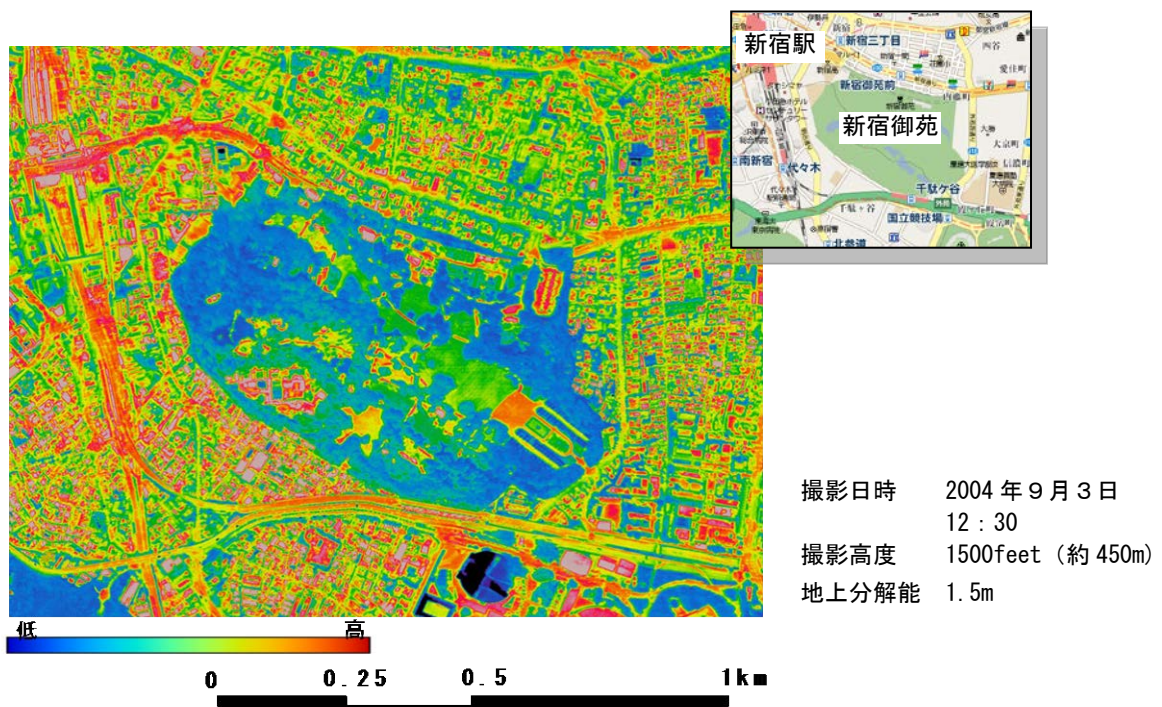


図 4.8 航空機撮影による表面温度分布図（熱画像）資料）帝京大学三上岳彦氏提供

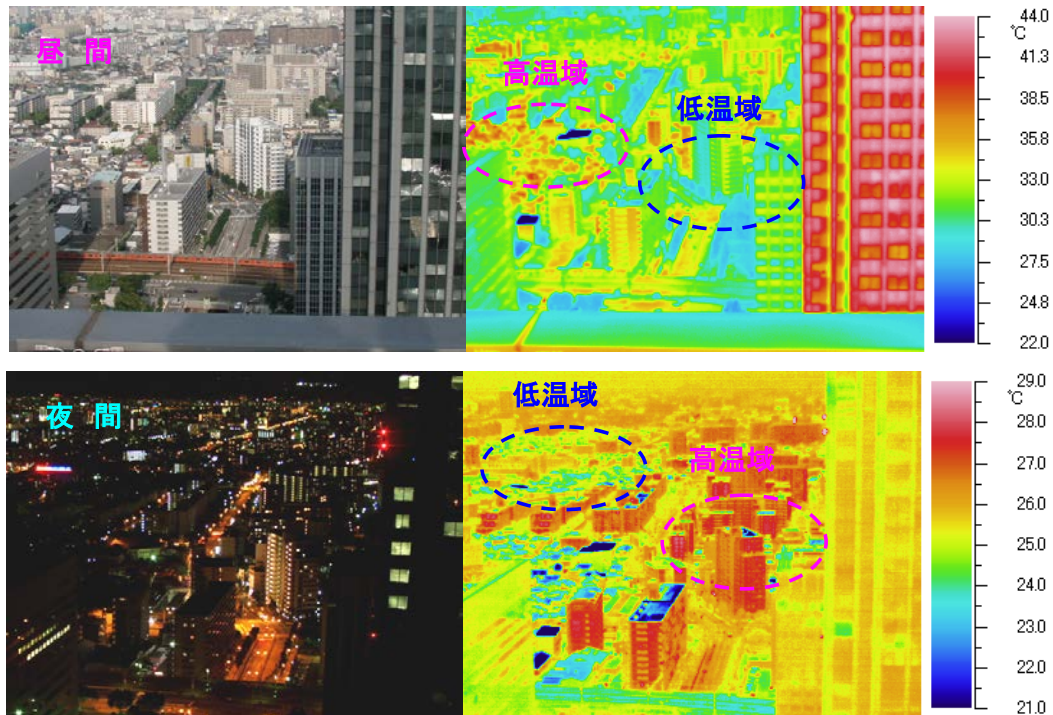


図 4.9 建物屋上からの表面温度撮影事例⁴ 大阪府大阪市城東区嶋野西付近

なお、表面温度の測定方法について、主要なものを表 4.2 に整理しました。

表 4.2 表面温度の測定方法

使用機器など	測定方法の概要
サーモカメラ (熱画像撮影)	<p>【概要】対象物表面から放射される赤外線を撮影し、撮影対象の範囲内の表面温度の分布を測ることができる。カラー画像で撮影結果を表示できるため、熱いところや冷たいところを視覚的に認識しやすい。</p> <p>【留意事項】放射温度計に比べて機器が比較的高価（数百万円程度）である。できるだけ測定対象面に対して直角に撮影することが望ましく、水平に近くなると温度誤差が大きくなる。</p>
放射温度計	<p>【概要】対象物表面から放射される赤外線を測定することにより対象物の表面温度を離れたところから測ることができる。</p> <p>【留意事項】計測する表面の温度帯、対象となる計測スポットの大きさと計測面までの距離に応じた機種を選定する必要がある。出力される温度は、計測スポット内の平均的な値となるため、スポット内の温度ができるだけ一様となるように機器を設置する必要がある。</p>
温度センサー (熱電対など)	<p>【概要】熱電対などの温度センサーを対象物の表面に設置して温度を測定するが、最近では非接触型のセンサーも開発されている。熱電対は電源が不要なため、データロガーとの接続により比較的簡単に測定することができる。</p> <p>【留意事項】放射温度計と同様。</p>

⁴ 大阪府：平成 19 年度大都市オフィス街をモデル地区とした熱環境管理推進事業，平成 20 年 3 月

体感温度の視点からは、放射熱の把握も重要です。体感温度 SET*の算出にも、環境要素として、気温、湿度、風速のほか、放射熱の情報が必要となります。放射熱の測定方法としては、黒球温度計（図 4.10 参照）を用いる方法や、短波・長波放射計を用いる方法があります。

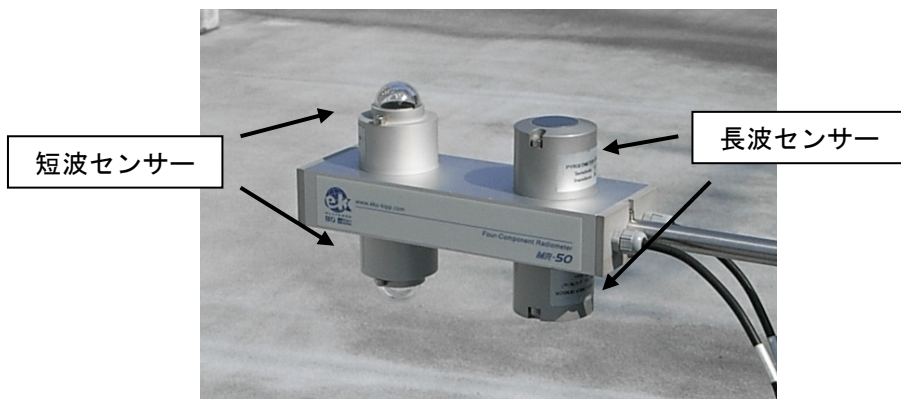
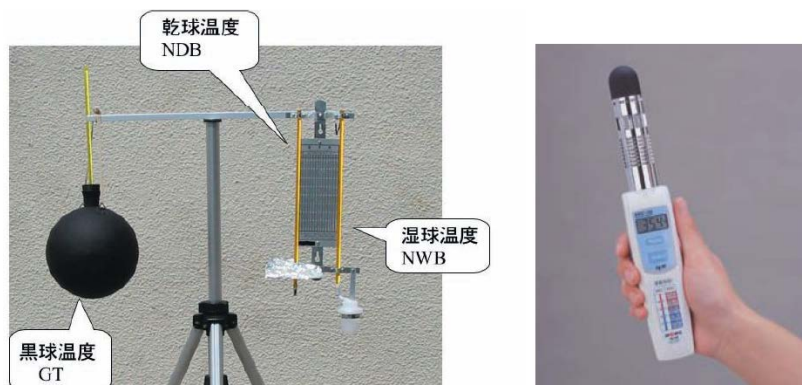


図 4.10 短波・長波放射計の例

また、人の体感温度を直接把握しようとするれば、WBGT を測る方法などが有効です。WBGT の計算には黒球温度と湿球温度、乾球温度を使います。また、現在、WBGT を直接計測できる機器がありますので、これを活用することもできます。ただし、日射や放射の影響は非常に局地的で時々刻々と変化します。そのため、できれば一定期間連続して複数地点で測定するなどの方法が望まれます。



(提供：京都女子大学教授 中井誠一氏)

図 4.11 WBGT 測定装置（左：基本型、右：ハンディータイプ）
資料）環境省：「熱中症環境保健マニュアル 2011」

表面温度が高くなりやすい特性を知っていれば、直接に表面温度などを測らなくてもある程度、表面温度の高い場所が推定できます。例えば、同じような幅員の道路でも、周りの建物の様子によっては、南北道路と東西道路ではその表面温度に大きな差があります。図 4.12 は夏の 14 時の熱画像ですが、午前中から日が当たりやすい東西道路の表面温度は 50℃以上に達していますが、街路の建物の状況によっては日の当たる時間が比較的少なくなる南北道路の表面温度は 40℃以下です⁵。その差は 10℃以上になります。

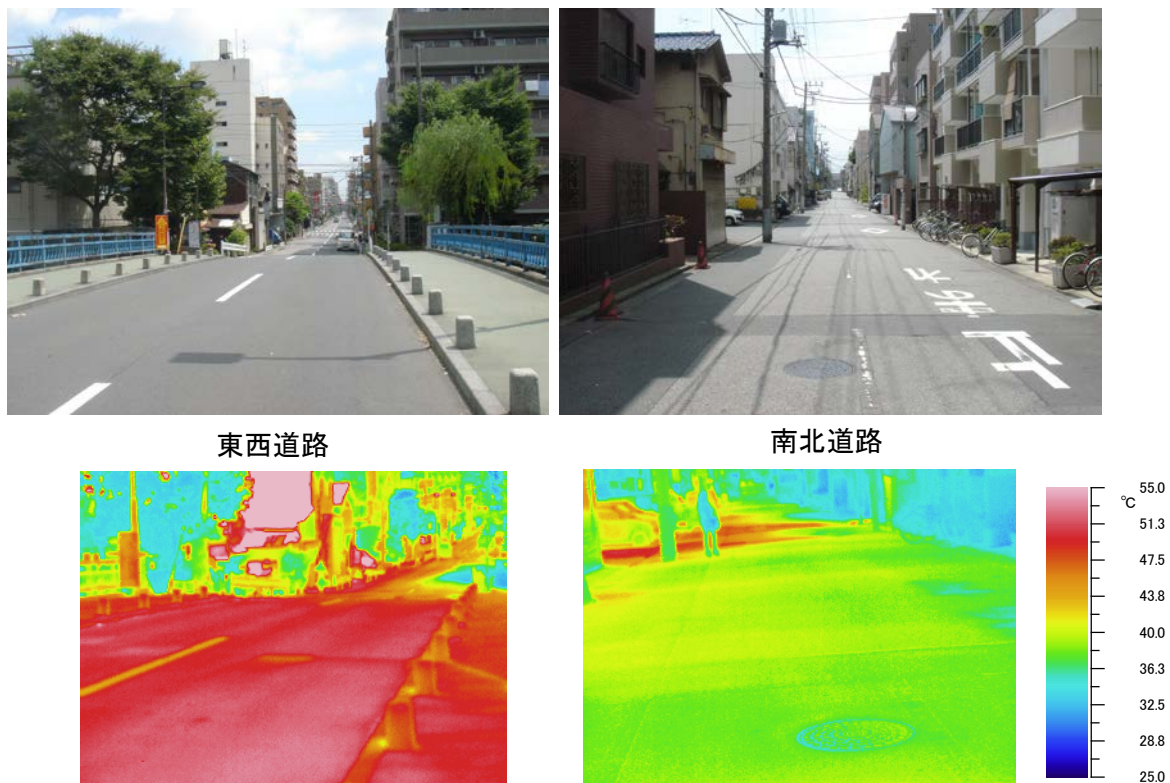


図 4.12 2006 年 8 月 20 日 14:00 の熱画像⁵ 東京都墨田区大横川付近

⁵ 環境省：平成 19 年度都市内水路等によるヒートアイランド抑制効果検討業務報告書，平成 20 年 3 月

(4) 風の観測

都市内で地域代表性のある風の状況を把握することは、気温の測定にも増して難しい場合があります。気象観測ガイドブック（気象庁）では以下のような考慮事項が示されています。

- ・最寄りの建物や樹木からその高さの10倍以上の距離を置いて設置する。
- ・開けた場所の確保が困難な場合は、地面から測風塔を建てたり屋上に設置台や支柱を設け、測風塔では一般的には最も高い建物の1.3～1.5倍以上(屋上に支柱を設置する場合はその高さは建物の高さの0.35倍以上)の高さが目安になる。

しかし、気温の観測と同様に、ヒートアイランド現象の現況把握においては、必ずしも地域代表性のある風を把握することが目的ではなく、例えば大規模緑地周辺の冷気のにじみ出しの測定のように特定街区の詳細な状況を把握することを目的とする場合などもあります。そのような場合には、大規模緑地周辺の街区における建物に挟まれた空間で、かつ微風を測れるよう超音波風速計を用いるなど、観測目的に合致した地点や手法を検討する必要があります。



風車型風向風速計
資料) 気象庁

超音波風向風速計(左:3次元、右:2次元)

図 4.13 風向風速計の種類