

自動車による気温の移動観測における観測誤差

—特に自動車の影響を中心に—*

佐 橋 謙**

要 旨

市街地などの気温分布を測定する場合、温度計を自動車に取り付けて走行しながら測定するという方法をとることが多い。この時、自動車のどこに感部を取り付けると、その自動車自身のエンジンなどからの熱の影響が一番少なくなるか、またこの測定用自動車に対する先行車、対向車の影響はどの程度かなどをそれぞれ実験的に検討した。

その結果、感部取り付け位置は(地上高1.5mとして)前部バンパ中央が最も良く、ボンネット後部から屋根前部にかけての位置が最悪で0.5°Cも高温となり、自動車が停止するとボンネット上部で3°Cも高温となった。先行車については車間距離20mであってもその影響は残り、感部取り付け位置が前部バンパ中央部で0.3°C高温であった。対向車の場合は、相手車両が加速中であると1°Cくらいも高温となるが、定速走向中または2車線くらい間隔が空けば殆ど影響がないことがわかった。

1. はじめに

都市があるために気象環境が周囲とどのように違うか、あるいはヒートアイランドの実態を把握することは、気象環境の人為的な変形の一つの例として興味あるばかりでなく、その変形が人間生活にとって必ずしも良い方向に向くとは限らないことを考えれば、その環境を改善するための基礎資料を得ることからも重要なことである。

そのような観点から古くから多くの研究者がいわゆる都市気象あるいはヒートアイランドの観測やシミュレーションにとり組んでいる(例えば河村(1977), Tapper等(1981)など)。これらの観測は主として数km四方の領域の気温の水平分布の獲得を目的とする場合が多く、そのための観測方法としては、理想的には多数点、例えば数100mメッシュの格子点で同時観測を行うのが良いが、それは不可能に近く、土屋(1982)のように気象衛星からの資料によるものもあるが、多くの場合には自動車を

プラットフォームとして観測用の温度計を搭載して移動観測をする方法がとられる。移動に自動車を使用しても、以前に筆者(1974)が行ったように、アスマン通風温度計のようなものを使用し、決められた観測点毎で停車して観測する場合、10km四方の領域の温度分布を1kmメッシュの格子点で観測し、移動を40km/hで行い、1観測点当たり停車時間を3分とすると観測に6時間、移動に3時間、合計9時間という途方もなく長い時間を要することになり、3台の自動車を使っても3時間程度が必要で、問題の多い時刻補正のことなどを含め実際的でない。これに反して走行しつつ記録がとれば、上記の観測密度でも自動車を3台使用できれば約1時間で完了することになる。

このような方法をとる場合、使用する温度計の時定数が測定結果にどのような影響を及ぼすかについては河村(1958)の研究があり、自動車を使用することについての問題点については田宮(1979)のコメントがあるが、自動車の使用が測定結果にどのような影響を持つかについての定量的な評価はまだなされていない。ここでは自動車の影響として次の3点を取り上げ、実験的に検討した。

1) 自動車に温度計を取り付けて移動観測する時の、その車自身の影響。

* Errors in the air temperature observation by traveling method with the automobiles.
—Effects of the automobiles—

** Ken Sahashi, 岡山大学教育学部。
—1983年6月9日受領—
—1983年8月22日受理—

- 2) 先行車の影響.
- 3) 対向車の影響.

温度計を自動車に搭載して走行しながら観測する時、例えば直前に先行車があれば、その高温の排気が温度計に影響を与えることが考えられる。自動車の排気はヒートアイランド形成の一因であるに違いないが、それがヒートアイランドそのものではあり得ない。常識的に言われるヒートアイランド現象は、小さい場合でも水平方向のスケールが数百メートルあるいは1 km程度のものと考えるのが普通であるから、先行車や対向車の排出する相対的に高温の空気が直接温度計に触れて観測される温度上昇はヒートアイランド現象そのものから見ればノイズでしかない。

さて、上記3項のような内容について検討する際、いくつかの要素については条件統一のため一定にしておくてはならない。ここでは、温度計の種類、その設置高度それに自動車の走行速度について、次のような考えのもとに一定の種類と値に決めた。すなわち、温度計の種類については、先に述べたような観測時間の短縮というメリットを考慮して直径0.2 mmの銅-コンスタンタン熱電対を使用することにした。これを使用して適当な記録計に記録させながら走行すれば、先行車などのスケールの小さな高温気塊は記録上では単なるスパイク状の高温部を記録するだけとなり、記録読み取りの際にそれを除去するの容易となる。この温度計を静止空気中で40 km/hで移動させると11 m/sの通風を与えたのとはほぼ同じで、その場合の時定数は約0.3秒となる。

次に、この熱電対温度計の取り付け高度は気象台の記録との比較を最重点に考え、地上1.5 mと決めた。前述の排気ガス等によるノイズ除去のためには温度計の取り付け高度を高くすることも一つの解決策かも知れないが、接地気層内でのヒートアイランドの特徴を測定したい時にはそのような観測方法は意味がなくなるし、また高度を高くすればする程、取り付け方法が簡単でなくなり、さらに後述するように熱電対自身がアンテナの働きをして電氣的ノイズを拾う確率も高くなり、その除去にも注意がいる事にもなる。

また、実験に使用した自動車の走行速度はそれが制御できる場合は40 km/hと決めた。これは市街地の速度制限の実態を考慮したからである。

前述の1および2項についてはヒートアイランドの外周部に当たる岡山大学構内で、3項についてはヒートアイランドの内側に当たる岡山市内の道路でそれぞれ実測

を行った。観測日としてはヒートアイランドの観測がしばしば行われ、またそれが良く発達すると言われるような晴天かつ静穏の夜を選んだ。

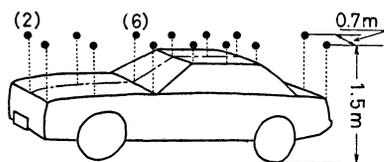
2. 気温観測用プラットフォームとしての自動車が測定値におよぼす影響

前章で述べたように、都市気象を観測するのに自動車に記録温度計を搭載し、走行しながら記録して資料を収集する方法は能率が良さそうであり、また実際にもこの方法がとられることが多い。

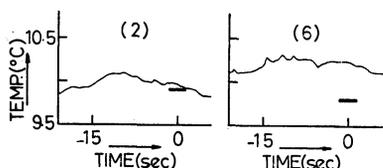
ここでは、このような観測方法をとる場合の自動車の影響を検討しようとするのであり、問題点としては、自動車のどこに温度計を取り付けるのが良いかということ、他の自動車の影響をどのように受けるかということの2つがある。これが前章で述べた第1から第3までの問題で、本章では第1の問題点を検討する。

走行中の自動車は2つの方法で熱を撒き散らす。第1はボンネットからエンジンの熱を、第2は排気管から排気ガスの熱をである。これらの熱の直接的な影響を受けない場所を、自動車は前進しているものとの前提のもとに探すとすれば、自動車最前部が良さそうだと直ぐ考えられるが、取り付けの容易さを考えるならば屋根上のルーフキャリアなどの方が良さそうである。従って屋根上の温度がエンジンからの熱の影響をどの程度受けるのか、それが観測誤差として許し得る程度なのかどうかなどが興味の対象である。このようなことを自動車の種々の位置に取り付けた温度計の示度と、自動車から約10 m離れた場所での気温とを比較するというやり方で検討した。

測定高度については前述のように地上1.5 mになるようにし、第1図に示す合計14箇所に直径0.2 mmの銅-コンスタンタン熱電対温度計を順次取り付け、増幅器を介してペンレコーダで連続記録をとりながら直線道路を走行し、その走行車線から約10 m離れた位置で地上1.5 mに設置したアスマン温度計の示度を自動車がその直前を通過した時に読み取った。ここでアスマン温度計を使用したのはこれによって周囲の「場」の気温を測定しようとしたからで、その為にはスケールの小さな温度変動を感知しない時定数の大きな温度計の方が適当と考えたからである。熱電対温度計—増幅器—記録計の測定系は1組しか使用していないので、第1図の黒点の1つの箇所についての測定が終わると温度計を次の個所に移動し、再び同様の測定を行うというやり方で周囲の気温と自動



第1図 温度計設置位置(黒丸)。()内の数字は位置を示す番号。



第2図 自動車に取り付けた温度計の記録(曲線)と周囲の気温(横太線)。()内の数字は取り付け位置を示す番号で第1図に対応。

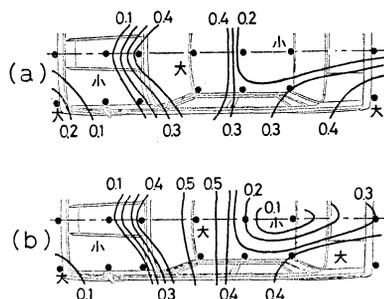
車直上での気温との比較を行った。このような比較を、アスマン温度計設置点前で時速 40 km の定速で走行する時と、加速しながら接近する時の2つの場合について行った。

これを行ったのは1980年11月8日21時から23時の間で、風の弱い(風速 1 m/s 以下)晴天日であり、岡山大学構内の道路で実施した。

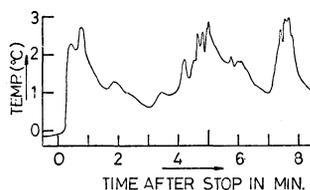
得られた記録の1例を第2図に示す。図中の曲線が自動車に取り付けた熱電対温度計の記録、横方向の短い太線がアスマン温度計の読み取り値で、この横線を記入した時刻に自動車アスマン設置点を通じたことを示している。また左側の図の(2)、右側の(6)はそれぞれ自動車上での温度計の設置場所を示し、第1図のそれぞれの番号の場所に対応している。すなわち(2)は最前部中央、(6)はボンネット後部中央である。第2図によれば温度計取り付け場所による差異は明瞭で、最前部ではアスマン温度計の値とほぼ同じだが、ボンネット後部では 0.5°C 程度もアスマン温度計の値、すなわち周囲の気温よりも高温となっている。

このような周囲の気温と、自動車に取り付けた温度計の示度との差の2次元的な分布を見るため、第1図に示した14箇所での測定について、周囲の気温との差を求め、等温度差線として示したのが第3図(a)、(b)である。

第3図(a)は40 km/hの定速走行の場合、(b)は加速中の場合である。この図の細線は自動車の上面図で、進行方向向かって左側の半分を、すなわち第1図に示した温度計を取り付けた部分を示している。第3図によれば、定速走行の場合も、加速中の場合も等温度差線はパタン



第3図 温度計取り付け位置による気温との差の分布。(a) 40 km/h で定速走行の場合。(b) 加速走行の場合。



第4図 停車した時のボンネット上部での気温変動。横軸の0の位置が停車時刻。測定位置は第1図の(2)と(6)との中間点。

としてはあまり変わらず、フロントガラスの位置から屋根前部にかけてと、最後部とは周囲の気温よりも最大で 0.4°C から 0.5°C も高温となり、予想通り最前部中央付近で気温との差は小さく、次に気温との差が小さいのは屋根後部の中央線寄りであることを示している。

このように、温度計設置位置としては、最前部が一番良さそうであるが、第3図に示したような気温よりも高い領域が現れるのは前にも述べたように、エンジンと排気の高熱によるものであろう。そうだとすると、都市気象の観測がしばしば行われる風の弱い時に、もしその自動車が停車すると、その高温部分から自由対流が発生し、第3図で示されたものよりもっと大きな高温域が出現するのではないかと思われる。これを確かめるため、ボンネット中央上部、すなわち第1図の(2)と(6)の中間の取り付け位置に温度計を設置した時の停車時の例を示そう。これは最初40 km/hで走行していた自動車がゆるやかに停止し、停止後もエンジンは作動したままの状態であり、いわゆるアイドリング状態の時のものである。従って実際の観測中では例えば交通信号で停止した時の状態に対応する。この実験は第3図の資料を得たのとは別に1980年12月15日に岡山大学構内で行ったもので、当時は快晴、無風であった。その時の記録の一部を第4図に

示す。

この時、アスマン温度計による周囲の気温は 0.0°C であったから、それとの差は 3°C 近くにも達しており、また停車直後から自動車に取り付けた温度計の示度が急上昇しており、上述の予想を裏付けている。第3図のフロントガラスから屋根前部にかけての高温域は、この自由対流による高温空気が拡散しつつ後方に流されて行ったことによって生じたものと理解できよう。またこのことは、温度計を最前部に取り付けたとしても、なお信号等で一時停車中の記録は使用すべきでないことを示唆している。

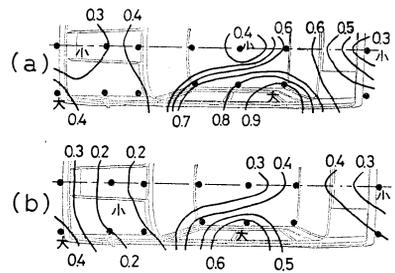
3. 先行車の影響

前章で、自動車に温度計を取り付ける場合は、その自動車の影響が最も少ないという観点から最前部が最良であることを示した。それでは他の自動車の影響はどうであろうか。他の自動車の影響としては、先行車のそれと対向車のそれとが考えられる。まずこの章では先行車のある場合、すなわち第1章で述べた第2の問題をとり上げる。

第1図に示したのと同じ各位置に前と同一の温度計を取り付け、前と同じ方法で気温との差を測定した。ここで使用した走行車は排気量1400ccの普通乗用車である。結果は第5図(a)、(b)に示すが、(a)は先行車が温度計搭載車の10m前方にある場合、(b)は20m前方の場合で、両方とも走行速度は40km/hである。実験日時、場所は第3図のための資料を得たのと同じであり、他の車両は走っていない。

第5図と第3図とを比べると、先行車の有無による違いは歴然である。先行車のない時は、気温との差は最大で約 0.5°C 気温よりも高温であったのに対し、走行車のある時にはそれが10m前方である時には場所によっては 1°C 近くも高温、20m前方でも 0.7°C 高温で車の進行方向向かって左側がより高温となっている。この左側がより高温であるのは、実験に使用した先行車の排気管の位置が左側にあったことが理由であろう。

ここで特に注意しなくてはならないのは、温度計搭載車自身の影響が一番小さい最前部の中央に温度計を取り付けた時に、先行車の影響が $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ ということ、気温よりもそれだけ高目の温度を観測することになり、先行車両が大型であればある程、その影響は大きいものと考えられ、交通量の多い都会地での観測に際して留意すべきことである。



第5図 温度計取り付け位置による気温との差の分布。
(a) 先行車が10m前方に走行する場合。
(b) 先行車が20m前方に走行する場合。

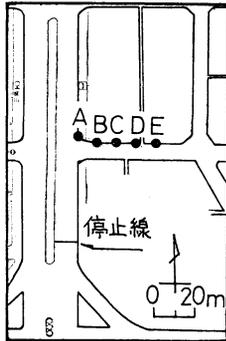
4. 対向車の影響

対向車の影響を実験的に、例えば第3章で述べた先行車の影響を調べるのと同様な方法で行うのはむずかしい。丁度アスマン温度計を設置した所で対向させねばならないからである。そこで次のように考えた、自動車に搭載するのと同じ温度計を道路ぎわの高度1.5mの位置に設置し、その直前を通過する自動車によって、測定される気温がどのように変化するかを調べれば、近似的に対向車の影響を見たことになると考えたのである。温度計の側もこのように固定でなく、自動車に設置して動かせば、対向車との相対速度は増加し、空気中の乱れも増加するであろうから、対向車の影響はより薄まるであろう。

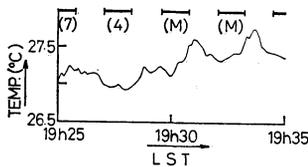
実際の測定に当たっては、道路ぎわだけでなく、その道路に直交する小道路上で10mごとに合計5箇所の測定点を設け、何m離れたら対向車の影響がなくなるかを調べた。使用し得る測器の関係で道路ぎわでは熱電対温度計とアスマン温度計の両方を設置し、その他の測点ではアスマン温度計のみとした。それでも以下に見られるように一応の目的は達せられた。

観測場所は前章のように実験車以外は走行車のないような岡山大学構内でなく、一般道路でしかも交通量の特に多い所で行った。それはこの場合には、多くの車両が走った方が対向車の影響を明瞭に見られると考えたからである。観測場所は第6図に示すように、南北に走る道幅約27m、中央にグリーンベルトを持つ片道3車線の南行側の道端で、観測点(第6図、A点)から約40m南に交通信号のための停止線がある。従って南北方向の信号が赤になった時には、普通乗用車が8台程度並べば観測点A点の直前まで並ぶことになる。第6図のB～E点が対向車の影響範囲を調べるための測定点である。

実測結果のうちA点での熱電対温度計による連続記録の一部を第7図に示す。これは1980年9月3日の夜でよ



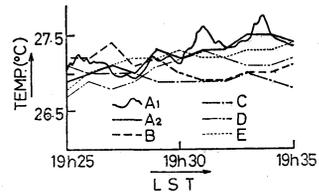
第6図 対向車の影響を調べた地域の地図。黒丸が測定点。



第7図 第6図A点での気温変化。図の上端の横線は第6図左下にある交差点の信号が赤であった時間帯を示し、その下の()内の数字はその赤信号で停車した車の台数を、Mはそれが10台以上であることをそれぞれ示す。

く晴れた風の弱い日であった。第7図中の上部の横向きの断片的な直線は、南行車両に対する交通信号が赤であった時間帯を示し、さらにその下の()内の数字はその赤信号で停車した車の台数を、Mは10台以上が停車したことをそれぞれ示している。気温の記録の後半部分は周期的に上下し、その山の部分が交通信号の赤の終了時点から青の前半部分に一致しているのが明瞭で、車両発進時のアクセル踏み込みによる効果と考えられ、このような状況での対向車の存在は測定値を高温側に 0.5°C くらいも乱すことを示唆している。また交通量の少ない第7図での前半部分や、車両が順調に流れている青信号後半部は温度上昇は大きくなく、このことは定速走行の対向車の存在は測定値にあまり影響を与えないことを示している。

次に第6図のA～E点での測定による、対向車から直角方向にどれだけ離れたらその影響がなくなるか、という問題について述べる。第7図の結果が得られた時と同時にE点までの5地点で得られた結果を第8図に示す。第8図の太い曲線と太い折線とは共にA点での測定結果で、前者は熱電対温度計、後者はアスマン温度計による



第8図 第6図A～E点での気温変化。A₁はA点での熱電対温度計による値を、A₂は同一点でのアスマン温度計による値を示す。

1分ごとの読み取り値である。この両者の時定数の差から予想されるような測定値の違い、すなわち振幅の減少と位相のずれを示しているが、B～E点とA点での気温変動を比較すると、A点のすぐ横で10m離れたB点ですでにA点とは全く違った気温変動を示しており、対向車の影響はその進行方向に直角に10mも離れれば十分消えるであろうことを示している。

5. 結語

自動車に温度計を取り付け、自動車を移動観測用プラットフォームとして使用し、連続記録をとりながら走行して気温を測定する方法をとる場合、温度計を取り付けた自動車自身の影響によって測定値がどのように乱されるか、また他の自動車例えば先行車とか対向車の影響がどのように現れるかなどを実験的に検討した。

気温測定高度を地上1.5mとした場合、温度計を取り付けた自動車自身による影響は、ボンネット後部直上に温度計を取り付けた時が最大で、加速中でも 40 km/h で走行している時でも約 0.5°C 周囲より高温となる。また、その影響は最前部で最少でせいぜい 0.1°C の程度であるが、その自動車が停止するとボンネット直上付近では周囲よりも 3°C も高温となる。

他の自動車の影響に関しては、それが対向車である場合は、相手車が加速中であれば 1°C くらい、定速走行中であればほとんど影響はなく、それが先行車である場合は、車間距離が10mである場合に最前部で 0.3°C 、屋根上で 0.9°C 、車間距離が20mである場合は最前部ではやはり 0.3°C 、屋根上で 0.7°C 程度高温になることが示された。また、対向車の場合、2車線程度離れば相手車両の状況によらず影響はない。

これらの事から、自動車に温度計を搭載して、都市気温等の移動観測を行う時、自動車最前部の地上高1.5mの位置に温度計感部を取り付け、測定は走行時のみに限定することにすればその測定精度は辛うじて 0.1°C を維

持することが出来るが、先行車が20m以内にいたり、加速中の対向車があたりすると最大1°Cもの高温側への誤差があり得ることが示された。ただこの場合、影響の大きな加速中の対向車は、先行車のようにいつも存在するのでなく、一過性であるから温度計の出力を連続記録している場合には、スパイク状ノイズとなるから、読み取りの段階でその影響を取り去ることが出来る。そのような処理をすれば、先行車の影響の0.3°C程度の高温側への誤評価があり得ることだけを留意すれば良いことになる。

この研究の途上で気付いたことだが、他の自動車の全く別種の影響として電氣的ノイズがある。このノイズの原因は明瞭ではないが、エンジンのスパークプラグまたは車載無線機から発生したものと推察される。熱電対温度計のワイヤがアンテナの役目をしてそれらから発生した電波を拾うらしい。そこで熱電対のワイヤは内径5mmの銅管に通してシールドし、銅管は自動車のボディを通してアースすることにより多少減少させることがで

きた。

終わりに、この研究に協力した大本 明、垣内寿生の両氏に感謝する。

文 献

- 河村 武, 1958: 都市気候研究における自動車による移動観測値に関する二・三の問題, 地理学評論, 31, 291-297.
- , 1977: 都市気候の分布の実態, 気象研究ノート, 133, 26-47.
- 佐橋 謙, 1974: 小学校の「風」の教材について—気象学の立場から—, 岡山大学教育学部研究集録, 39, 59-66.
- 田宮兵衛, 1979: 小気候・局地気象—特に移動観測の方法について—, 天気, 26, 633-640.
- Tapper, N. J., P. D. Tyson, I. F. Owens and W. J. Hastie, 1981: Modeling the winter urban heat island over Christchurch, New Zealand, Jour. Appl. Met., 20, 365-376.
- 土屋 巖, 1982: NOAA-6 AVHRR による都市ヒートアイランドの検出, 天気, 29, 555-557.

日本気象学会誌 気象集誌

第II輯 第61巻 第4号 1983年8月

目 次

- 重久陽亮: 東西波数 $m=0$ に対する浅水波方程式のノーマル・モード
- 黄 栄輝・岸保勲三郎: 北半球多層モデル大気の夏季における地形と定常的な熱源に対する応答
- 木田秀次: 半球 GCM で導かれた空気塊の大循環と輸送特性 第2部 対流圏と成層圏における空気塊の長時間運動
- 中村 一・村上多喜雄: 数値実験から見たコールド・サージとリー・サイクロジェネシスに及ぼす山岳の影響 第1部 時間平均場
- 村上多喜雄・中村 一: 数値実験から見たコールド・サージとリー・サイクロジェネシスに及ぼす山岳の影響 第2部 擾乱場
- 伊藤久徳: 対流圏プラネタリー波の増幅についての観測的研究
- 新田 勲: 夏のモンスーン期における東部チベット高原上の熱源の解析
- 二宮洗三・長谷川隆司・巽 保夫: 停滞したリッジ西縁の亜熱帯レインバンド—観測と予報実験—
- 播磨屋敏生・穂積邦彦・孫野長治: 雲観測に基づいた積雲対流活動度と大規模場の気象要素との関係
- 椎野純一: 軸対称積雲モデルにおける雨滴の成長 第1部 微物理過程を詳しく取り扱ったモデルとパラメータ化したモデルとの比較
- 高橋 勲: 熱帯における海洋性積雲の電荷構造と電荷発生機構
- 広瀬勝己・土器屋由紀子・杉村行勇: 春季北太平洋西部海域における海上大気中のエアロゾル粒子の化学成分の変動について—大陸起源物質の影響—
- 田中正之・中澤高清・青木周司: 大気中の二酸化炭素濃度の高精度測定
- 三角幸夫: 惑星間空間磁場境界通過に対する対流圏の応答