

小気候・局地気象

—特に移動観測の方法について—

田宮兵衛*

1. はじめに

小気候といった場合、どのような現象が想起こされるであろうか。

ふつう、冷気湖、山腹温暖帯（山の中腹での気温が山麓や山頂より高い現象）、霜道、中小都市のヒートアイランド等が代表的な現象とされている。これらの水平的スケールは、気象の事典等を参照すれば1~10 km程度であるようである。

また、局地気象という場合には、もう少し空間的スケールの大きな現象—山岳の影響を受けて現われる地衡風から予想されるものとは異なる風系、これは局地風系と呼ぶことができる、さらに、最近では局地風系とも密接に関連した大気汚染物質の輸送の問題等—であろう。いずれも40~50 km、たかだか100 km程度までの水平的広がりを考えればよいのではなかろうか。

小気候の水平的スケールは、自由大気中の現象では積雲対流から巨大積乱雲のそれとほぼ対応する。それらの現象の寿命は1分~10数分である。さらに、局地気象の水平的スケールの上限はメソ気象学の対象とするスケールの下限をさしあたって考えればよいであろう。寿命は 10^8 秒、約3時間である。

ところが、山腹温暖帯や、中小都市のヒートアイランド、局地風系の寿命というものは、積雲対流等のようにはっきりはしない。ことによると、これらの現象は周期的な変動をしているのかもしれない。そして、それが地形その他の環境条件によりなれば強制的に繰り返されるので、自由大気中でのように空間的スケールと時間的スケールの対応がよくわからないのかもしれない。今のところ詳しいことは不明である。これはすなわち、現象それ自体についてわかっていない部分があるということの意味する。

これをわからすためにはどうしたらよいのであろうか。少なくとも、まず実態を明らかにしなければ何とも話が始まらないことは明らかであろう。

先ほど挙げた小気候の現象は、すべて気温に関する現象である。その生ずる理由は、地形・地表面起伏の影響および地表被覆の差あるいは局地的熱源によるものと考えられている。地表被覆の中には地表面粗度等も含まれる。これらによって地表面およびその付近の熱収支が変化し、1 km~10 km 四方程度の水平的スケールで特徴的な気温の分布が現われるのである。なお、これ以外の気象要素についても、同様の水平的スケールの中での特殊な分布状態は出現する。これもまた解明しなければならない現象であり、それぞれ特有の問題があるが、本文は一応気温の話（特に気温分布の測定）を中心に進めていきたい。

その前に、標題の小気候・局地気象と似たような述語がいくつかあるのでそれについて簡単に触れておく。すなわち、微気象、微気候、局地気候である。このような話は決して新しいものではない（たとえば 福井, 1938）。この先さらに説明を加えるため、気象（学）と気候（学）の違いについて触れておく。両者の違いは必ずしも明確ではない。特に最近、気象学者が気候の問題を積極的に取り上げるような状態では、わが国の一昔前までのように属人的に区別することはできなくなった。まずかなり単純化して考えてみると、気象学とは大気中に生ずるさまざまな現象を個別に論ずるものであり、したがって、特定のスケールについて取り上げる。あるいは、異なるスケールの組み合わせの場合も取り上げるスケールを明確に識別して、それらと異なるスケールの現象は **Black Box** に入っているにもかかわらず、また、個々の現象が明らかにされた後、他の現象との組み合わせに話が進められる。これに対し、気候学では敢えて現象を細分せず、対象とする領域内の大気現象をまとめて取り扱おうという

* H. Tamiya, 筑波大学地球科学系

姿勢をとるので、能率は落ちるが具体的なイメージは常に保ち得る。そのため、しばしばこれらの結果であるところの非大気現象（植物景観等）との対応にまで論が進む。

すなわち、気候学は、個々の現象としては寿命が短かいかかわらず境界条件（主に地表面状態）により拘束され強制的に繰り返される結果、平均した場合、ある地域に特徴的に出現する現象を対象とすることが多くなる。

しかしながら、気象学と気候学が目的とするところは最終的には一致すべきであり、一致していないように見えるのは人類の自然認識能力の限界を意味するものであろう。たてまえとして仮に上述のような分け方をしても現実にはあまり意味のないことにもなっている。したがって本文では、微気象・微気候、あるいは局地気象・局地気候、各々の組み合わせのなかでの区別はかなり名目的なもので、実質的識別は困難としておく。どういうわけか小気象という言葉はない。

ここで話は、微気候・小気候、局地気候の説明にもどる。人間が特に努力せずに1~2日で移動できる範囲以下の領域内で大気状態が異なっていることは、身近かなところで起こる現象であることからその認識は早かったものであろう。小気候と局地気候はそれについて後からつけた区別であり、主として水平的スケールの違いだけと考えるとよい。両者の境界はあまり明瞭ではないが、一応先に挙げた10 km程度になる。その論理的あるいは物理的根拠は特に明解なものではない。他方、小気候より小さなものが微気候となる。これは、小地域の気候の分希を調べているうちに、ふつう行なわれている測定高度（地上約1.5 m）と地表面にごく近い領域では、各種気象要素が著しく異なることが明らかとなり、この現象を特に取り上げて論ずるものが微気候と呼ばれた。しかるに、いわゆる乱流現象およびこれに伴う拡散等の現象が、接地気層内さらには惑星境界層のなかの重要な問題となるに従い（これには、公害問題、環境問題の展開も寄与している）これらを取り扱う分野が急速に発達し、微気象・微気象学ということになる。

他方、以上の展開と密接な関係を持ちつつ、農業に対する大気環境の研究が続けられてきた。おそらく、小地域内での気象要素の水平的違いを調べることから始まり、次いでその垂直分布、植被内の気象状態を知ることが追求され、ついには、これらを大気乱流現象および、地表面の熱収支・水収支と結びつけて物理的に追求して

いくような連続的移行があったものと思われる。このへんをまとめて農業気象学ということになる。

2. データ集集の問題

メソスケール以上の大きな現象—最大のものは地球全体のスケールあるいは半球スケールでの超長波の振舞いとなる—について必要なデータは、個人的努力で集集することはほとんど不可能であり、組織的あるいは国家的さらには世界的スケールの協力によって得られている。

逆に、微気象（学）の場合、均質地域内の特定の現象を追求するということから（現実はかならずしもこうは割り切れないが）、代表的地点における観測ということで、1地点での観測データでもかなりいろいろなことが判明する。したがって、温度計1台でわかるような単純な事実は既に大部分把握されており、現在は乱流構造のような複雑な測器を用いる研究が進められている。この結果、観測システムの設定・デザインは精妙なることを要し、また、測器の価格は大となる。さらに、データ処理システムの開発も同時に進行し、この費用もばかにならない。したがって、現在の微気象学は、財政的に個人の努力では対応できない状況が確立してしまったようである。

ここで、小気候、局地気象について、この問題を考えてみる。ここでも、対象空間が大きな局地気象で詳細なデータを得るには、個人的努力には限界がある。かといって、気象官署のデータで最もネットワークが細かいものは、今のところアメダスのデータ（古くは区内観測所のデータ）であるが、これは平均十数 km に1点程度の密度（メソスケールの現象をとらえることを目的としている）であるのでやや不足気味である。これを補うものとして、地方自治体が行なっている大気汚染観測システムのデータを利用することが考えられる。ただし、解析にとりかかる前に、使用測器や、平均のとり方等のデータの前処理方法、測定場所等について、一応調べることが必要になる。特に、観測実施主体が異なるデータを同時に用いる場合、これが重要である。気象庁等のデータと全く同じつもりで取り扱うことはできない点、注意すべきである。

小気候の場合は、すなわち1~10 km 四方スケールの地域内の気象状態を把握する場合、これはもう自分でデータを採らない限り、データはない。たまたまその地域内に気象官署や大気汚染観測地点があれば、それは大いに利用すべきではあり、また、消防署、駅等でそれぞ

れの必要とする項目について、気象の観測を行なっていることがあるので、調査の目的によっては使えることもある。ただし、観測点間隔のだいたい2倍のスケール以上の現象がとらえられると考えるべきなので、中心となるデータは調査者が個人的努力で観測し集めたものである。

したがって、主として財政的理由から他のスケールの現象に比べて良質のデータが得にくいということになり、小気候の研究は、スケールの言って人類が認識しやすい現象であるわりには進んでいない。なお、研究が進んでいないもう一つの理由として、これらの現象が生命に危険を与えるようなものでないという意味で、今のところあまり重要ではないと考えられていることもある。

小気候の観測は、先に述べたように、個人的あるいはそれに準ずるようなペースで行なわれなければならない。ということは、測器の数も少なく、財政的にもあまり余裕がないという意味である。このような場合、比較的有効な観測方法として移動観測があるが、これについて気温の観測を例にして以下に述べる。

3. 移動観測の考え方

自動車による移動観測の問題点については、河村(1958 a, b)が詳しく述べている。その後、交通事情や車を利用できる可能性が大きく変化しているので、それらと重複する部分もあるが、改めて説明する。

移動観測とは、少ない測器である程度の広がりカバーしなければならぬ場合に用いる方法である。すなわち、1台ないし数台の測器をもち、対象地域内を適宜移動しながら観測を行ない、その中の気温分布を知ることになる。

測器の数および人手が無限に近いほどあれば、対象地域内の気温分布とその変動を知るには、対象地域内にたくさんの観測点を設け、各地点で連続的に観測を行なうことで、より精密な結果が得られるはずであるが、その条件が無い時にどうするかという話である。また、測器がたくさんあったとしても、定点の設置は観測者だけの希望では決められないので、無限に置くことは不可能である。また、測器あるいは人手が全域を必要な密度ではカバーできない程度の数である場合、小地域内のどこに観測点を設置するかという問題が出てくる。はじめに述べたように、小地域の気候については一般に敷衍できるようなことはわかっていないので、地点の選定はカンに

たよる他はなく、このカンをもつには、対象地域を詳しく知っていることが必要である。したがって、何もわからない段階では定点が充分に、あるいはある程度おけるとしても、現象の概略を把握することが必要となる。このためにも移動観測は有効である。

移動観測の最大の問題は、移動時間中に現象が変化するという点にある。もし、時間変化が無い（正確に言えば観測時間程度では無いと考えられる）現象であれば、移動観測はあたりまえの方法である。たとえば、極端な話であるが、地質の調査で露頭を見る場合、地質学的な変動は1年かかって観測しても殆んど変化がないわけで、観察がちゃんと行なわれれば移動観測で完璧なデータがとれる。

しかしながら、大気現象が相手ではそのようなことはない。考えられることは観測時間をなるべく短くするという点がある。このためには、移動速度を早くすること、各地点での観測時間を短くすることが必要になる。前者は自動車を利用することにより、後者はサーミスターのように時定数の短い測温素子を用いることにより達成される。観測時間が短かければ、その間の変動が長い時よりも小さいのは当然である。たとえば、飛行機や人工衛星（静止衛星は除く）からの観測（リモートセンシング等）も移動観測には違いないのであるが、移動速度が極めて早いので、ふつう、移動観測という言葉は使わない。ただし、可能な限り速やかに移動しなければ移動観測ができないということではない。現象によっては、かなり遅い速度で移動しつつ観測してもよいし、あるいは準備できた測器等の許す範囲の速度で移動してもわかる事はわかる。（当然わからないことはわからないが）。人間の社会認識も人間が生長する速度で、時間的に変化する社会を観察することによって作り上げているわけである。その結果としての各個人のもつ社会観は、完全ではないだろうが、全く役に立たないというようなものでもない。移動観測によって得られた結果も同じようなものである。また、時間的な変化が小さいと推定される時刻に観測を行なうことも考えられる。たとえば、最低気温が起こる時刻前後はこう考えてもよい。この場合でも、観測時間が短いことは必要である。

現象の時間変化がある場合、移動観測を行なった後、時刻補正（時間補正という人もいる）を行なって移動時間中の変動を補正しなければならない。この方法は、次節で移動観測についての具体的な説明のなかで述べる。

4. 移動観測のやり方

4.1 測器

先にも述べたように、時定数の小さな、サーミスターのようなものが適当である。サーミスターとは、金属酸化物と陶質物質を焼結した半導体の一種であり、温度に対し負の大きな抵抗係数を持っているので、抵抗を測定することにより、測温素子として用いることができる。

ただし、絶対値を知るには標準温度計とあわせて検定を行なう必要がある。温度は、ブリッジ回路の抵抗の一つをサーミスターにし、平衡状態からのズレに応じて流れる電流として測定するのがふつうである。このへんの詳細は専門書を参照されたい(たとえば、二木, 1969)。サーミスターは、小さなもの(したがって熱容量が小さい)を作ることができるので(ガラス管封入式ビード型サーミスター)、時定数を小さくすることができる。時定数とは、素子の雰囲気温度が変化した場合素子の温度がそれに追従する速さを示すもので、変化量の $1/e$ (36.8%) になるまでの時間で表わす。また、この3倍の時間経てば ($1/e^3$, 5.0%), ほぼ雰囲気温度に達したとみなせる。これを遅れ係数ということもある。時定数は素子の熱容量のほか、雰囲気の状態(流体の種類および動いているか否か等)によっても異なる。風がある時の気温の場合は、サーミスターで数秒、水銀温度計で100秒程度程度の値である(遅れ係数は各々、十数秒, 3~5分)。

サーミスターは、しかしながら、ある程度の経年変化があり、また、温度、抵抗の関係がリニアではないので、標準温度計との比較検定(これを絶対検定ということにする)が心要である。また、2台以上のサーミスターを使う時にはそれら相互の比較検定(これを相対検定ということにする)も必要になる。ふつうは使用するサーミスターと標準温度計との検定を観測前後に行ない、絶対・相対両検定を一度にすませる。前後に行なうのは観測中測器がちゃんと働いていたことを確認するため、その意味では、一方は多少、粗くてもよい。もし両者が大幅に異なれば、観測は失敗ということになる。そうでなければより信頼できるほうの検定を用いる。

絶対検定を行なっても、これから述べるように、移動観測にはこれ以外の誤差が伴うので、絶対値についてあまり厳密な議論をすることはできない。移動観測は、あくまで気温の水平分布を相対的に見る程度までしか使えない。したがって、絶対検定を行なうということは、観測値にある程度のリアリティーをもたせるという意味しかないかもしれない。

4.2 測器の取付け

ここでは自動車に取り付ける場合を述べる。必要なことは、自動車の車体の熱の影響を受けないようにすることである。このためには、自動車の屋根上の荷物台(スキーキャリア)に固定した棒をできるだけ前方に出し、その先端にサーミスターを取り付ける。通常の気象観測が行なわれる高さ1.5m程度で観測を行ないたいが、この方法では、高さは自動車車高でいたい決まってしまう。ただし、移動観測の精度には20~30cmの高さの違いは影響ないであろう。また、サーミスターは、裸のまま取り付けるのではなく、放射をよけるように(特に昼間)底のヌケタ筒に入れ、筒はアルミホイルをまきつけるか白色にする等、日射等によって暖まらないようにしなければならない。筒の直径はあまり細い物でないほうがよい。これは、温度計の通風を移動に伴う自然通風で行なうためであり、筒の壁の影響を避けることを考えている。なお、小型の通風機を取り付ければ、停車中でも雰囲気温度の測定は可能であるが、自然通風の場合は停車中の気温は筒の中の空気温度を測っていることになるので使えない。

この他、サーミスターを取り付けた支柱をバンパーに固定したり、ボンネット上でバックミラー等からひもを張って支える等の方法もある。このほうが高さの調節は容易であるが、これらの方法は、厳密に言うと道路交通法に違反しているのかもしれない。(つかまったことはないが。)

4.3 ルートおよび地点の選び方

移動観測の長所は、対象地域をカバーするように地点をたくさん設定できる点にある。しかしながら、めったやたらに置くわけにはいかず、また、あまり多いと時間がかかりすぎて、時間変化に伴う誤差が大きくなる。したがって、知りたい、あるいは予想される、現象および対象地域の広さ、道路網等を考えて決定しなければならない。

一般的には次のようなことを考える。ふつう、移動は道路上で行なわざるを得ないが、これには問題が二つある。一つは、道路上の気温が周辺と同じではないということである。これについて詳しいことはわかっていないが、少なくとも周辺が農地のような所では、道路上が多少高温になっていることは確かである。この件は今のところ、このような事実があることを認識し、観測結果の解釈を行なうことしかない。次いで、道路が、当然のことながら任意の地点に通ずるようにはないということ

ある。したがって、測りたい地点に観測点をおけないことは覚悟しておかねばならない。さらに、もし道路があっても交通量が多い場合は、適当なスピードで走行することができないし、他の車の排気ガスの影響を受けるので、その道路をルートとすることは避けるべきである。また、ルートは対象領域を端からつめていくより、全領域を大きく切断するようなものを何本か、現象が起きているところを横切るように設けるべきである。

次いで、地点の選定について述べる。地点の確認は一般に、走行しつつ行なうので、わかりやすい所を選ばなければならない。特に夜間は、目印を見落とすことが多いので、注意を要する。地点の決定には、周辺がよく見える昼間一度試走あるいは予行演習し、さらに夜間も予行演習しておくことが望ましい。ただし、確認しやすい地点で選ぶと、どうしても交叉点が増えてしまうが、この場合、たとえば信号停止がある場合には停止寸前と発進後若干移動した後の2回、観測を行なう等、あらかじめ決めておくことよい。地点の間隔は、知りたい現象により異なるが、2~3 km 四方の都市のヒートアイランドを観測する場合、ルートがどのように設定できるかにもよるが、300~500 m 程度というのが一つの目安であろう。

2台以上の測器を用いる場合、ルートおよび地点はいくつかの地点で重複するようにしておく。これは、相対検定を行なっても、放射ゆけに取り付けて自動車を走らせて測定すると、さらに系統的な違いがでてくる（これは、アスマン通風温度計で絶対検定を行なった温度計を用いても、通風機構と組み合わせた場合、系統的な差を示すことと同じようなことであると考えられる）ので、これを補正するために必要である。

また、この重複観測により、移動観測のデータの精度というか誤差の程度を認識することができ、結果の解釈でおかしな結論を引き出すことを未然に防げる。この意味では、1台の測器を用いる場合でも、何点かで重複観測を行なうほうがよい。

4.4. 観測チーム等

観測中の仕事には、運転と地点確認、メータ統取り、時刻確認、記録があるので、最低2人、多くても3人居ればよい。運転者1人でできるように思われるかもしれないが、これは危険であるから絶対に行なってはならない。気温の読取りの精度は、他の誤差もいろいろあるので、0.1° 単位まで行なえば充分である。

移動速度は、たてまえとしてはできるだけ一定に保つ

べきである。この理由の一つに、サーミスターに電流が流れるので自己加熱が生ずる（これについて厳密な検討を要するはずだが、今のところ移動観測におけるこの問題では、ちゃんと行なわれていない）ため、風速の違い（移動速度の違い）による冷却の差がでることがある。

しかしながら、一般道路上を走行するわけであるから、車の流れと著しく異なった走行は危険である。事故があったのではいくらそれまで良いデータがとれていても観測は完全な失敗である以上に深刻な事態である。したがって、速度が異なることによる誤差は避けられない。ただし、速度を適宜記録しておく。走行は他の車に迷惑をかけないように行なうべきである。すなわち、小気候というような問題は、今のところ、第三者に迷惑をかけてまで行なう必要があるとは考えられない。なお、各地点ごとに観測を行なった時刻は記録しておく。これは次節に述べる時刻補正のために必要である。その精度は1分~30秒程度でよい。1秒単位でおさえても、走りながら移動しているのであるから、地点での多少のズレや他の誤差が入ってくるのであまり意味はない。

なお、測定時に直前に他の車があった場合はこの事実を記録しておく。前にも述べたように、気温の測定に際し排気ガスの影響はかなり強く受けるものである。特に大型車輛の場合はその影響は大きく、また、排気管が側方にあることもあるので注意しなければならない。

4.5. 時刻補正

先に述べたように、移動観測のなかの最大の問題は、移動時間中の変化をどのように処理するかということである。時間変化が無視できる程度であれば、敢えて時刻補正を行なわないほうがよいかもしれない。

最も単純な考え方として、対象領域の温度分布が時間スケールの大きな温度変化（これは空間的にもスケールが大きいと考えることは無理な仮定ではない。これを場の変化ということにする）ののっかっているようなイメージを考える。この仮定が許されるとして、対象領域内の観測に容易かつ局地的な影響を受けないような地点に定点を設定し、そこで連続的に気温の測定を行ない、これをもとに時刻補正を行なうのが最も簡単な方法である。定点で用いる測器は、アスマン通風温度計、あるいはバイメタル日記温度計等、時定数の大きなものを使うほうがよい。場の変化はゆっくり起こっていると仮定するので、これを測定するためである。現実には局所的な変化（短時間の変化）がこれに重なっているの、万、サーミスターのような測器を使った場合は移動平均

をとる等平均化の作業が必要になる。また、観測間隔も3分あるいは5分等、使用測器の時定数に応じた間隔で行なえばよい。定点における気温を $T_B(t)$ とし、これに対し基準温度 T_S を決める。 T_S は $T_B(t)$ の平均値、

$$T_S = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} T_B(t) dt$$

とするか観測時間内の適当な時刻（基準時刻 t_s ）における値（ $T_S = T_B(t_s)$ ）とするか、観測時刻内に出現した適当な温度を採用する。いずれにしても本質的な違いはないが、3番目の方法は、あとの操作が単純にすることができる（切りのよい値を選べば、計算間違いが少なくなるという意味である。やってみると結構ばかりしくも思える手続きなので、なるべく手を抜いたほうがよい）。

T_S が決まれば、次の時刻補正量 $C_i(t)$ を求める。 $C_i(t)$ は、次に述べるように移動観測の個々の測定時刻に対応する値が必要となるので、それらの測定時間の精度で求める必要がある。このため、 $T_B(t)$ の観測の行なわれていない部分の値 $T_B^*(t)$ を内挿で求めねばならない。もっともらしくするには、 $T_B(t)$ をグラフ上にプロットし、それを滑らかに結ぶことによって $T_B^*(t)$ を求めればよいが、単純に直線で変化を近似しても、本質的な差はないはずである。逆に言うと、この二つのやり方で $T_B(t)$ の値が大きく異なるような場合は、時刻補正は無理であるということである。 $T_B^*(t)$ が得られれば、 $T_S - T_B^*(t) = C_i(t)$ により $C_i(t)$ を求める。

一方、移動観測で得られた結果は、事前に行なった検定に基づいて器差の補正を行ない、地点番号、測定時刻とともに表にまとめておく。この表には、空欄をいくつか設けておく。空欄の一つに、今求めた $C_i(t)$ を観測時刻に対応させて記入する。

次に、時刻補正值 $T_{ct}(t)$ を次式により求める。

$$T_{ct}(t) = T(t) + C_i(t)$$

時刻補正とは、この式からわかるように、定点の温度が基準温度より低い時刻の測定はその分かき上げし、高い時はその分削り取るという意味である。

以上の操作で用いた仮定、対象領域内の任意の一点でのゆっくりした時間変化が対象領域全域を代表するということは、かなりの問題がある。しかし、実際やってみればわかるが、時刻の異なる重複観測点における測定値の差が、この操作により平均的には小さくなることは経験的な事実としてあり、まんざらデタラメでもない。ところが、対象地域内の気温の違いが、温度の時間変化も異なるようなメカニズムによって生じているケースで

は、この操作は全くおかしいわけである。この場合は、定点を複数個設けるとということが考えられる。ただし、そうした場合、それぞれの定点が代表すべき領域の境界をどこにおくかという問題がでてくる。もし、時間変化も異なるような現象が不連続的にあるのならば、境界をその不連続な線を一致させなければ、全く意味がなくなる。ところが、不連続があるかないかも含め、詳しいことがなにもわからないため、まず移動観測でほしいの様子を把握しようとしているのであるから、定点を二つ以上おいても使いこなすのは無理である。不連続線をとらえようと、定点をたくさん置くことができるならば、もはや移動観測にたよる必要はなくなる。

また、領域内に不連続は予想されないが、地域的に広いので、定点1点では心配であるという意味で複数個の定点を置くことはよいが、それぞれから出てくる $C_i(t)$ を、移動観測の各点にどのようにわりふるかという問題が、新たに生ずる。厳密にやろうとすれば、各定点からの距離に貢献の度合を比例させる等のことが考えられるが、筆者はやったことはない。移動観測の精度からいって、そこまで時刻補正に慎重を期することはあまり意味が無いと考えているからである。

あるいは、観測時刻をできるだけ短かくすることを考え、時刻補正をやらないですますということも一つの方法であろう。

以上の論述のなかで、基準温度等一見学術用語風の言葉を使っているが、これらの大部分は本文の説明のために用いたもので、一般に通用する述語ではない。

4.6. その先の作業

センサー1台の場合は以上でデータの処理は終わるが、2台以上を使った場合にはさらにルート間の補正が必要となる。先に述べた通り、相対検定で補正をしても、自動車への取付けの具合等によるとしか考えられない系統的な誤差が必ず出る。これを補正しなければならない。このためには、ルートを重複させた部分の値を用いる。いくつかあるルートのうち、適当なものを基準にとり、他のルートの同一地点における測定のそれとの差を求め、極端に異なるものをのぞき差の平均値をとる。基準ルートが高い場合それを基準でないルート全体の観測値に対し加え、低い場合はその分を差引く。このようにして得られた値を、対象領域の地図上にプロットして、等温線を引く（一応もっともらしく解析と言っておこう）。

5. 解析に際しての注意

等温線を引く場合、観測点の無い所は内挿して引く。ただし、その場合には地表面状態等対象としている現象に影響を与えていると考えられる条件を考慮(推測)して解析することは許される。ただし、それは解析者のイメージを主観的に表現したものであるから、推測による部分が大きい場合には、それに基づいてより先の議論を進めることは許されない。

また、気温分布図には、観測ルート、観測点を明らかにしておくことが必要である。自分があとから見るときにも役立つし、分布図を公表する場合にはこうすることは義務といってもよいほどである。

6. おわりに

移動観測を用いた観測は都市気候に数多くあり、その発展に一定の貢献をなしてきた。ただし、移動観測では、ある程度大まかなことしかわからない。たとえば、ヒートアイランドの有るか無いかについてはかなり確実な情報が得られるが、郊外との比較でその強さを示すには、 0.5°C の精度でどうにかできる程度である。 0.1°C の精度でこれを示そうとすれば、定点を多数おいた観測を行なわなければならないであろう。したがって、メカニズム等の議論を精密に行なうためのデータは、移動観測では得にくい。比較的単純な中小都市のヒートアイランドの移動観測の例は、1960年代末から1970年代はじめにかけての *Bulletin of American Meteorological Society* 等にいくつか載っている。(Hutcheon *et al.*, 1967; Kopec, 1970; Fonda *et al.*, 1971; Sharon・Koplowitz, 1972; Norwine, 1973)。ただし、いずれも観測方法についてはあまり細かく書いてはいないので、本文と同じ方法ではやっていないらしいことぐらいしかわからない。

また、他の気象要素について移動観測を行なって情報を得ている例を1~2件ずつ挙げると、次のようなものがある。

(1) 日射量について移動観測を行ない、東京の都市域内部での日射の減衰の分布を調べたもの(関口・河村, 1958; 関口他, 1960)、得られた分布は海風前線付近での汚染物質の集積により説明できると考えられる。(2) 風については、局地風吹走時の強風域を見出した例(吉村他, 1974)がある。(3) 下向きの長波放射について都市内外の比較を行なったもの(Oke・Fuggle, 1972; 谷治・会田, 1979; Aida・Yaji, 1979)。(4) 気圧高度計を用

いて山間盆地内に発生する局地高気圧をとらえようとする試み(野元, 1979)。(5) また、時間変化が少ない現象を対象としたものであるが、地下での地温の分布を測定したもの(福岡, 1967)。(6) さらに、かなり特殊な測器を使用する例であるが、レーザレダにより都市混合層の厚さの空間の様相を観測したもの(Sangler・Dirks, 1974)。等がある。

なお、気温をはじめとする移動観測の現状は以上述べてきたようなところであるが、測器、ルート・地点の選定、移動方法、時刻補正の方法それぞれに改良の余地はかなりありそうである。本文はこのようなやり方もできるという一例にすぎないので、これにとられることなく、新たな工夫を行ない、読者自ら移動観測によって小気候の調査を実施されることを望む。ただし、実際に観測を企画し、計画をたていろいろ準備をしていざ実施しようとした時、雨が降る等天気恵まれないことも起こるであろう。天気の変化が予測できないところに気象学の存在理由の一つがあるわけで、天気予想が完全にできるようになれば、今さら移動観測でデータを得る段階ではない、と考えて天気の回復ないしは次の機会を待つ忍耐も必要である。

最後にもう一つ蛇足を述べる。移動観測には、先の説明からもわかるであろうが、かなり限界がある。それにもかかわらず、これによって明らかとなる自然現象も存在する。観測法に限界があることは当然であり、なにも移動観測に限ったことではない。移動観測の場合、限界が非専門家にも良くわかる(誤差がかなり大きい)ことが当然でないのかもしれない。いや、最も当然であり得べからざることは、このような観測法によっても今日なお新たな知見を得ることがあるということであろう。

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2, 3の問題, *地理学評論*, 31, 291-298.
 ———, 1958: 自動車による移動観測について, *天気*, 4, 351-354.
 関口 武, 河村 武, 1958: 東京都内の日射量の地域差, *科学*, 28, 579-580.
 関口武とその協力者, 1960: 東京都内の日射量の地理的分布, *地理学評論*, 33, 269-276.
 二木久夫, 1969: サーマスターとその応用, *日刊工業新聞社*, 273 p.
 野元世紀, 1979: 会津盆地における気圧分布(仮題), (天気投稿予定).

- Aida, M. Yaji, 1979: Observations of Atmospheric Downward Radiation in the Tokyo Area, *Boundary-Layer Met.*, 16, 453-465.
- 福井英一郎, 1938: 気候学, 古今書院, 566 p.
- 福岡義隆, 1967: 東京西郊における地温観測および地温に関する統計的研究 (第2報), *地理学評論*, 40, 644-653.
- 谷治正孝, 会田 勝, 1979: 都市の放射環境, 都市の大気環境 (大気環境の科学, 3, 河村 武編), 東京大学出版会, 84-101.
- 吉村 稔, 中村圭三, 吉野正敏, 1974: クロアチアのセーニ付近およびスロヴェニアのアイドフシチナ盆地のボラの小気候学的観測結果, *地理学評論*, 47, 143-154.
- Aida, M and M. Yaji, 1979: Observation of Atmospheric Downward Radiation in the Tokyo Area, *Boundary-Layer Met.*, 16, 453-465.
- Fonda, R.W., R.F. Dahms, J.E. Fralick and K.M. Kendall, 1971: Heat Islands and Frost Pockets in Bellingham, Wash., *Bull. Amer. Met. Soc.*, 52, 552-555.
- Hutcheon, R.J., R.H. Johnson, W.P. Lowy, C.H. Black and D. Hadley, 1967: Observations of the Urban Heat Island in a Small City, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 48, 7-9.
- Kopec, R.J., 1970: Further Observations of the Urban Heat Island in a Small City, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 51, 602-606.
- Norwine, J.R., 1973: Heat Island Properties of an Enclosed Multi-level Suburban Shopping Center, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 54, 637-641.
- Oke, T.R. and R.F. Fuggle, 1972: Comparison of Urban/Rural Counter and Net Radiation at Night, *Boundary-Layer Met.*, 2, 290-308.
- Sharon, D. and R. Koplowitz, 1972: Observations of the Heat Island of a Small Town, *Met. Rdsch.*, 25, 143-146.
- Spangler, T.C. and R.A. Dirks, 1974: Meso-scale Variations of the Urban Mixing Height, *Boundary-Layer Met.*, 6, 423-441.

気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
第6回レーザ・レーダ (ライダー)シンポジウム	昭和54年11月8日～9日	レーザ・レーダ研究会	ホテル伊豆高原
エーロゾルに関するシン ポジウム	昭和54年11月16日	文部省特別研究(環境科学)	気象庁講堂
気候変動シンポジウム	昭和54年11月19日		気象庁講堂
米国スリー・マイル・ア イランド原子力発電所事 故の提起した諸問題に関 する学術シンポジウム	昭和54年11月26日	日本学術会議, 原子力安 全委員会	イイノホール
第5回リモートセンシン グシンポジウム	昭和54年11月27日～28日	(社)計測自動制御学会	機械振興会館
国際統計気候学会議	昭和54年11月29日～ 12月1日		八王子セミナーハウス
中部支部研究会	昭和54年11月30日	日本気象学会中部支部	名古屋大学水圏科学 研究所
月例会「レーダ気象」	昭和54年12月13日	日本気象学会	気象庁