降水量データの代表性

Representativeness of Precipitation Data

葛葉泰久* (防災科学技術研究所)

Yasuhisa KUZUHA *National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*

友杉邦雄** (京都大学防災研究所)

Kunio TOMOSUGI *Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*

岸井徳雄* (防災科学技術研究所)

Tokuo KISHII *National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*

There are two main observation systems of precipitation in Japan. One is manned surface meteorological observation system (hereafter, we refer to this system as 'Surface observation') that consists of about 150 observation stations, and the other is 'AMeDAS' (Automated meteorological Data Acquisition System). The former system has the advantage that observation period is relative long, while the latter has the advantage that spatial resolution of the system is fine.

The authors investigated on two issues. First, we examined the presence of adequate correlation between two systems from the viewpoint of annual precipitation. Secondly, we examined the validation of annual precipitation over Japanese whole domain, which is estimated by 'Surface observation' data or 'AMeDAS' data.

As a result, we conclude that 'Surface observation' data is enough correlated to the neighbour 'AMeDAS' data, if the distance between two observation stations is less than 100km, that is, we can use 'Surface observation' data as the values that represent neighbour region's precipitation. Moreover, we obtained results as follows; 1) the change of whole domain's precipitation estimated by 'AMeDAS' data shows more increasing tendency than real tendency, because 'AMeDAS' data is not homogeneous, namely, the mean altitude of observation stations of 'AMeDAS' is increasing; 2) the whole domain's annual precipitation estimated by 'Surface observation' data is an approximation from the viewpoint of the tendency of annual change, though we have to know that the estimation is much less than the real value; 3) although the whole domain's annual precipitation estimated by '46 point data' that is often used by civil engineers shows relatively same tendency as the whole domain's annual precipitation by 'Surface observation' data, the quantity of annual precipitation is quite underestimated.

Key words : Representativeness, Precipitation data, AMeDAS, Surface meteorological observation, Whole domain's annual precipitation

地上気象観測データと地域気象観測データ(AMeDASデータ)を用い、降水量データの代表性について考察を行った。まず、空間的解像度の低い、前者によるデータが、「年降水量」のタイムスケールで、近隣のAMeDASデータと十分な相関を持っているのかどうかを確かめた。次に、いわゆる「日本の降水量」に関し、両者のデータを用いて算定した値の違いを調べた。

結果として、地上気象観測データは、近隣100km以内の地域で、AMeDASデータと十分な相関を持っていることがわかった。すなわち、地域代表性を有す。また、AMeDASデータにより「日本の降水量」を求めると、そのデータの不均質性故、地上気象観測データを用いたものより、近年において、「増加の傾向」が強くなることがわかった。年々変動等の傾向を求めるためには、絶対値としては真値を過少評価したものであることを認識しつつ、地上気象観測データを用いるのが適当であろう。さらに、水資源工学的な観点からよく用いられる、「46地点データ」による「日本の降水量」について調べた。年々変動の傾向は、(すべての地点を選定した)地上気象観測データのそれと類似しているが、絶対量としては極めて過少評価がなされていることに注意すべきである。

キーワード : 代表性, 降水量データ, AMeDAS, 地上気象観測, 日本の降水量

*防災科学技術研究所 〒305-0006 つくば市天王台3-1

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 3-1, tsukuba, 305-0006, Japan

**京都大学防災研究所 〒611-0011 宇治市五ヶ庄

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji, 611-0011, Japan

I. 序 論

少雨の時空間分布特性を明らかにするため、著者らは年降水量の変動係数を用いた評価を行った(葛葉ら, 2001a)。また、葛葉ら(2001b)では、従来豪雨の解析に用いられてきたDAD解析手法を少雨に適用することを試みた。これらの研究では、いずれも気象庁の地域気象観測システム(以下、'AMeDAS'等と称す)による観測データを用いている。一方、気象庁では気象官署でもルーチンの観測、いわゆる地上気象観測を行っている(以下、'地上気象観測'等と称す)。都道府県等による降水量観測も行われているが、これら二つの観測システムが、国土交通省の観測システムとあわせて、日本の代表的な観測システムであることは周知の事実であり(牛山, 2001)、その中でも、気象庁によって行われているこれら二つの観測システムは、容易にデータが入手できること等の利点から、最も普通に用いられるものであろう。これら二つの気象観測システムのそもそもの設置目的をはじめとする相違点については、例えば気象科学辞典(日本気象学会, 1998)に述べられており、データの統計処理方法の違いについては、気象庁による資料(気象庁観測部統計室, 1996; 気象庁, 1991)を読み比べればわかる。しかし、データを使用するものにとってもっとも大きな相違点は、AMeDASデータの方が空間的に解像度の細かいデータを提供してくれるのに対し、地上気象観測データの方が、解像度は粗いが長期間のデータを提供してくれるということであろう。

著者らの前掲の論文では、DAD(Depth-Area-Duration)解析という、細かい空間解像度を必要とする解析を行ったため、AMeDASデータを用いた。しかし、その中でDDC(Draught duration curve, 渇水持続曲線)(竹内, 1982)的な方法を用いた解析を行った際には、宝ら(1997)が長期間の地上気象観測データを用いて行っているように、少雨の規模(程度)を、再現期間で確率的に評価することはしなかった。たかだか20年強のAMeDASデータを用いてそれをすることは不適當と考えたからである。このように、少雨の規模を確率的に評価するためには、観測期間の長い、地上気象観測データが有用である。

以上のように、AMeDASデータ、地上観測データ、それぞれに長所短所があるが、著者らは今後、長期間のデータを用いて少雨の時空間分布特性を調べる予定である。上記のように、地上気象観測デー

タは「解像度が粗い」という欠点をもつため、その使用にあたっては、データの持つ「地域代表性」について調べる必要があると考える。すなわち、各観測点での降水量データが、カバーする範囲(地域)の降水量を適切に反映しているかどうかという問題である。

そもそも、降水量は場所が違くと大きくばらつき、仙台管区気象台の調査(1974)によれば、ほぼ1地点とみなせる一辺15mの正三角形内でも $\pm 6\%$ 、3km四方の広さでは $\pm 14\%$ のバラツキがあるという(米谷, 1987)。上でいう、「カバーする範囲」(地域)が比較的広くなる地上気象観測データは、地域内の水文・気象条件の不均一性から、そのデータが地域の平均降水量を示すことは期待できない。しかし、近距離の他の降水量データと高い相関を持っていることは、期待されてしかるべきであり、またその相関の程度と距離との関係を把握することは、地上気象観測データを使った解析を行う上で、必要不可欠なことと考える。

上述のように、一般に、「降水量データ」が、その「カバーする範囲」の平均降水量を示すことは普通期待できないことであるが、範囲内に多くの降水量データが存在する場合、その平均値をもって「平均降水量」とすることは、しばしば行われることである。例えば「日本の降水量」を算定する場合、1300点強のAMeDASデータを平均して日本の降水量とすることは、誰も思いつくことである。気象庁では「日本の降水量」というものは算定していないが、工学的必要性、すなわち水資源工学的見地から、それを算定しなければならない場合もある。国土庁(現国土交通省)は、全国46地点の降水量データを算術平均して、「日本の年降水量」を算定し、その経年変化を発表している(例えば国土庁, 1996; 国土交通省水資源部web pageなど)。池淵(2001)は、国土庁作成の同様の図を引用し、昭和35年ごろから最近にかけて少雨傾向にあることを論じている。また、多々納(1997)も同様の図を引用し、渇水と利水計画について論じている。はたしてこのような方法で「日本の降水量」を算定することが適当なのであろうか。「気候資料からの日本の年降水量の推定値は1,750~1,850mmであらうと考えられているが、観測点の大部分は平野や盆地にあり、降水量の多い山地にはほとんどない。真の降水量はこの値より大きいと見られている」ということが、桑原(1975)、福井ら(1985)、岡本(1995)などによって述べられている。

以下、観測点における降水量データをもって、「日本の降水量」を算定できるかどうか、算定するのが適当かどうかを、上述の「地域代表性」という語に対し、「広域代表性があるか」という表現で表す。ただし、上述のように、現状の降水量観測だけでは、その「真値」は不明であり、ここでも、「より広域代表性があるのはいかなるデータか」という議論をせざるを得ない。

以上、ここまで述べてきたような動機により、本論文では、まず、地上気象観測点データの地域代表性について、次に、広域代表性について論ずる。ここでは、あわせて国土庁(1996)らで用いられている46地点の地上気象観測点の広域代表性についても論ずることとする。

II. データ

用いたデータは、AMeDASデータ(媒体はCD-ROMで、CD-ROM名は「アメダス観測年報」)のうち、1976年～2000年の日降水量データと、地上気象観測データ(媒体はCD-ROMで、CD-ROM名は年により、「地上気象観測時別データ」、または「気象庁年報」)のうち、1961年～1999年の日降水量データである。年降水量の算出方法など、著者ら独自の方法を用いているので、ここでそれらについて詳述する。

1. AMeDASデータ

1976年～2000年のデータに含まれる、「一日でも日降水量値が有効な観測点」の数は、1,595点である。ここで、観測点番号が同じものはすべて同じ観測点であり、異なるものは互いに違う観測点であるとみなした。次に、各観測点での年降水量を求めた。ここで、年降水量を求める際の基準を、「2月に26個以上、その他の月に28個以上の日降水量値があること」とし、それぞれの観測点について、25年分の年降水量を求めた。ここで、欠測日がある場合にも、補正係数を乗ずるなどせず、単純にデータがある日の日降水量を積算した。その結果、1個以上の年降水量が算定できる観測点数は1,313点となった。この年降水量データを次章以降の解析に用いる。

各地点の位置(緯度・経度・高度)に関する地点情報については、新しいものを優先して使用した。AMeDASデータには、月ごとに地点情報ファイルが添付されている。その情報は常に同一とは限らず、特に2000年の地点情報ファイルの内容は、かなりの地点でそれまでのものと異なる。そのような場合も、

観測開始時から、観測点が「最後に更新された地点情報による位置」にあったとした。

また、著者らは、葛葉ら(2001b)で、AMeDAS観測点のうち、年降水量データが比較的多くそろっている606地点のデータを用いたが、本論文でも同様のデータを、「606地点データ」として以後用いる。606地点の選定基準は、1976年～1999年の期間中、年降水量が20年以上算定できることとした。

2. 地上気象観測データ

地上気象観測については、その観測位置が大きく変わることがあるが、ここではAMeDASデータと同じく、観測点番号が同じものはすべて同じ観測点であるとみなした。「時間(hour)」等、対象とする時間スケールが小さい場合には、序論で述べたような降水量のばらつきが問題となろうが、本研究では「年」の時間スケールで解析を行うため、近似的に同一点とみなしてもよいと考えたからである。それにより、1961年～1999年の間に1日でも有効な日降水量が観測された観測点は165点であった。

これらの観測点で年降水量を求めたが、ここではAMeDASデータと異なり、各年とも「年間で350個以上の日降水量データがある場合」について、補正をしないで、単純にデータのある日の日降水量を積算し、年降水量を求めた。なお、元データには、推定値が(それと判別できるように)含まれているが、それを正常値として処理した。その結果、1961年から1999年の間で、1個以上の年降水量が算定できる観測点数は164点であった。この年降水量データを次章以降の解析に用いる。

観測点の位置については、1998年のデータに添付されている地点情報を用いた。地点情報のある観測点数は155個であるが、地点情報のない観測点に関しては、いずれも地点情報が必要な後の考察に、その地点情報を用いないので、問題はない。

III. 地域代表性

ここでは、地上気象観測点での年降水量と、近隣のAMeDAS観測点での年降水量を比較して、地域代表性に関する考察を行う。ただし、地上気象観測データとAMeDASデータの相関をとるので、両方の観測期間がオーバーラップしている期間(1976年～1999年)中、両者とも、できるだけ多くのデータがある必要がある。そこで、AMeDASデータは、前述の606地点データのみを用いた。また、地上気

象観測点については、両者のデータがオーバーラップする期間に十分データがある地点のみを対象とした。すなわち、II. で述べたように、1日でも日降水量が観測された観測点数は165点であるが、そのうち、15点(429, 623, 627, 646, 650, 673, 676, 751, 763, 818, 941, 945, 963, 971, 991; 観測点番号, 以下同様)は、上記の観点から解析対象としない。それゆえ、ここで対象とする地上気象観測点数を150点とした。また、2地点間の距離を求める際に、緯度経度で表された観測地点の位置を、直角座標に変換する必要があるが、そこでは平面直角座標系(19座標系)(国土交通省国土地理院, 1999)を用いた。

具体的には以下の手順で解析を行う。

- 1) それぞれの地上気象観測点(150点)に関し、その年降水量の時系列データと近隣のAMeDAS観測点(606地点)における年降水量の時系列データとの相関と、2地点間の距離を求める。
- 2) 全データを対象とし、相関係数と、2地点間の距離の関係をプロットし、その傾向を調べる。
- 3) 個々の地上気象観測点に関し、2)と同様の関係を調べ、2)と比較して、地域代表性の有無を論ずる。

誤解のないよう、ここ以降、2つの年降水量の相関を調べる際、単に「2つの観測点での値」を用いたのではなく、「片方は地上気象観測点、もう一方は、近隣のAMeDAS観測点」であることを再度強調しておきたい。

図-1は、観測地点間の距離を横軸に、相関係数を縦軸に、両者の関係を示した図で、上述の150観測点すべてにおける関係を同時にプロットしたものである。もともと、2地点間の距離が増加するに従って相関係数が小さくなるのは至極当然のことであり、この図を単に、「多くの雨量観測点間の(年降水量に関する)相関」を表した図と考えるなら、それ、すなわち距離の増加に伴って相関が減ずるという関係を示しているに過ぎない。しかし、著者らは地上気象観測点の地域代表性を調べているのであり、そういう観点から、地域気象観測点群を概括的に見れば、それらの常識的な結果に沿っている、すなわち地域代表性があると結論付けることができよう。図-1の関係をさらに詳しく調べるために、以下の手順で図-2を作成した。すなわち、

- 1) 2点間の距離を x (km)とする。
- 2) $x-10 \sim x+10$ の範囲に含まれる、図-1中の相関係数の値のうち、(大きいものから数えて)全

図-1 2地点間の距離と年降水量に関する相関係数の関係

Fig. 1 Correlation coefficient of annual precipitation versus distance between two observation points. One observation point is one of 150 'Surface Observation' stations, and the other is neighbor 'AMeDAS' observation point.

図-2 図-1と同じデータを用いた図。ただし、上の曲線より上部に相関係数が高いものより50%の数の点が収まるように、下の曲線より上部に相関係数が高いものより75%の数の点が収まるように、2つの曲線をひいた。

Fig. 2 The same relationship as Fig. 1 is shown, but general features are shown by two curves. 50% of data are plotted above the upper curve, and 75% of data are plotted above the lower curve.

体の t (%)にあたる相関係数の値を $f(x)$ とする。

- 3) $15 \leq x \leq 145$ の範囲で $f(x)$ をプロットする。

ここで、図-2中、上の曲線が、 $t=50$ (%)にあたり、下が $t=75$ (%)にあたる。平均的な挙動としては、2点間の距離が50km以下の場合、相関係数

図-3 4つの地点を代表例としてあげた、図-1と類似の図。図の下に表示したのは観測点番号で、590(仙台)、612(高田)、617(高山)、750(舞鶴)である。

Fig. 3 Same figures as Fig. 1, but only for 4 observation points. Each number below figure is Observation station number.

0.8を超える高い相関を示していること、100kmでも0.7を越していること、150kmで、0.7に近い値を示していることがわかる。 $r=75(\%)$ に関する曲線をあわせて見ても、概括的には、地上気象観測点群がきわめて良好な地域代表性を有していると考えられる。

次に、個々の地上気象観測点について、同様に相関を調べてみる。紙数の都合ですべての図を示すことはできないので、ここでは4つの観測点に関する図(図-3)だけ示すが、たとえば、観測点617(高山)の場合は、図-2で示した、平均的な挙動を示す例である。また、観測点750(舞鶴)の場合は、距離のわりに相関係数が低い点を含む場合にも、それらは特異な点であり、全体的な傾向としては図-2のような平均的な(距離に対する相関係数の)低減傾向を示すことがわかる。さらに、観測点590(仙台)、観測点612(高田)のように、距離が100kmを超えると相関がかなり悪くなる場合もあるが、100km以下では、比較的高い相関係数を示している。他のすべての観測点における同様の検討を行った結果、前述の150点の観測点に限って言えば、ここで示したような傾向から外れる観測点はなかった。また、地上気象観測点間の平均距離が50km(日本気象学会, 1997)、す

なわち100km以下であることから、すべての観測点で、十分な地域代表性を有しているとみなしてよいと考える。

IV. 広域代表性

1. 地上気象観測データとAMeDASデータの比較

まず、地上気象観測データ、AMeDASデータを用いて、平均年降水量(以降、空間的に広がる多くの観測点での年降水量を平均して求めた「降水量」を、こう称す。いわゆる「日本の年降水量」である)を求めた。図-4は、両者の経時変化を表した図である。ここで、AMeDASに関しては、単純に、(年ごとに)年降水量が算定可能な観測点(以降、'有効な観測点'、'有効な年'等の表現を使用する)について、その値を算術平均して、平均年降水量を求めたが、地上気象観測データに関しては、以下のようにした。すなわち、このような解析を行うにあたり、データの均質性が重要である(例えば、竹内, 1997)のはいうまでもないが、AMeDASデータに関しては欠測が多いので、「上述の期間中に、すべての年が有効な年である観測点」だけをピックアップすると、データ量がかなり減少し、「観測点数の多さ」というデータセットの長所を消してしまう。一方、地上気象観測データについては、(後にAMeDASデータと地上気象観測データに比較を行う期間である)1980年から1999年の期間でそれをした場合にも、2つの観測点を除外す

図-4 地上気象観測データ(□)、AMeDAS(○)による、平均年降水量の経時変化

Fig. 4 Annual change of Japanese domain's annual precipitation. Squares indicate annual precipitation estimated by 'Surface observation' data, and circles indicate annual precipitation estimated by 'AMeDAS' data.

るに過ぎない。そこで、ここでは、1980年から1999年の間にすべての年で有効な、152点の観測点(以後、'152地点データ'等と称す)だけを選んで、算術平均による平均年降水量を求めた。ここで、1980年より前においては、152地点すべてが有効ではないことに注意されたい(次節参照)。

図-4中、□が地上気象観測データ(152地点データ)による平均年降水量、○がAMeDASデータによるものをあらわしている。図中、あわせて、それぞれの平均年降水量の変化を直線回帰により近似した直線を示した。太い直線が1961年から1999年までの地上気象観測データによる平均年降水量の回帰直線、細い破線が、同じく地上気象観測データによるもの、ただし、1980年から1999年に対する回帰直線である。また、細い直線は、1980年から1999年のAMeDASデータによる平均年降水量に対する回帰直線である。1961年から1999年の地上気象観測データに対する近似直線は、国土庁(1996)などが100年程度の長期データをもって示しているのと同じく、中期的トレンドとしては、平均年降水量が減少傾向にあることを示している。また、図-4を見れば、直感的に、池淵(2001)が論じているような、「多雨一少雨」の変動が大きくなっていることが見てとれる。しかし、1980年から1999年に関しての両者の短期的トレンドは、増加傾向にあり、また、両者の増加の程度は異なる。著者らは、20年という短期の回帰直線をもって、「近年、降水量が増加傾向にある」ということを意図していないが、いずれかのデータを用いて「日本の降水量」的な考察がなされることがある以上、この、両者(AMeDASと地上気象観測)の増加の程度の違いについては、明らかにしておく必要があると考える。

図-5は、1980年から1999年について、AMeDASデータによる年降水量と、地上気象観測データ(152地点データ)による平均年降水量の差(AMeDAS—地上気象観測)を示したものである。明らかに、その差が増加傾向にあることがわかる。152点データではなく、地上気象観測データもAMeDASデータと同じく、「すべての有効な観測点」のデータを用いて図-5と同様の図を描くと、さらに差の増加傾向が顕著になる。対象期間の前半部だけに、きわめて降水量の大きな観測点(894; 剣山)のデータが加算され、両者の差の絶対値が大きくなる(前半部において、図中にプロットした点が下に移行する)からである。

図-5 地上気象観測データと、AMeDASによる平均年降水量の差の経時変化

Fig. 5 Annual change of difference between annual precipitation estimated by 'AMeDAS' data and 'Surface observation' data

ここで、年を経るごとに2つの平均年降水量の差が大きくなる傾向が、AMeDASデータの非均質性に起因するものか、または他に原因があるのかを、調べてみる。地上気象観測データについては、152点データを用い、AMeDASデータに関しては、

- A. 前章で用いた606点データ(実線で結んだ□)
- B. 1980年から1999年の間に、17個以上の有効な年がある観測点のみのデータ(破線で結んだ○)

を用い、図-5と同様の手順で作成したのが図-6である。なお、この後、Bの観測点群を、「観測点群B」と称して用いる。また、「1年以上有効な年はあるが、Bに含まれない観測点群」、いわばBの補集合を、「観測点群B'」と称して用いる。ここに、観測点群A,Bの要素数は606, 821であり、観測点群B'は、(前述の)1,313点から821を引いた数、すなわち492になるが、いずれも、年によって有効な観測点数は異なる。特に、観測点群B'に含まれる有効な観測点数は、上記期間中、182点→313点と、ほぼ単調に増加する。それと比較し、A, Bは、ともに比較的均質なデータセットとみなせる。

この図より、1990年以降においては、両者の差は安定していると考えられるが、それ以前においては、増加する傾向が見られる。その原因については不明であるが、少なくとも、AMeDASデータを用いて平均年降水量を求めようとする場合、1990年より前においては注意が必要であろう。つぎに、「観測点

図一6 地上気象観測データと、AMeDASによる平均年降水量の差の経時変化 ただし、AMeDASデータとして、606地点(□)，観測点群B(○)のデータを使用した。

Fig. 6 Same figure as Fig. 5, but for relatively homogeneous data. Squares indicate the values estimated by '606 point data', and circles indicate the values estimated by 'group B' data

図一7 地上気象観測データと、AMeDASによる平均年降水量の差の経時変化 ただし、AMeDASデータとして、観測点群B'のデータを使用した。

Fig. 7 Same figure as Fig. 5, but for 'group B'

群B'」と地上気象観測データにより、図一5、6と同様の図を描いたのが図一7であるが、この図と図一5、6をあわせて考えると、'比較的恒常的にデータがある観測点以外の観測点群'が、両者の「差の変化」に大きく影響していることがわかる。

図一8は、(1)1年以上有効な年がある全観測点群(すなわち図一5に対応；小さな○)、(2)観測点群B(図一6中○に対応；大きな○)、(3)観測点群B'(図一7

図一8 有効な観測点の平均高度の経時変化 実直線は地上気象観測点、小さな○はすべての有効なAMeDAS観測点、大きな○は観測点群B、●は観測点群B'に対応している。

Fig. 8 Annual change of mean altitude of available observation points. Solid black line indicates the change of the mean altitude of available 'Surface observation' points. Small white circles are for all available 'AMeDAS' points, and large white circles and black circles are for 'group B' and 'group B'' respectively.

に対応；●)に対し、有効な観測点の平均高度を、地上気象観測点データ(152地点データ)のそれ(マーカーなしの実線)とともに示した図である。図一7と図一8中の●の関係から、観測点群B'の平均高度の変化と、2つの平均年降水量の差が密接な関係を持っていることがわかる。すなわち、

a) 観測点群B'に関し、平均高度が上昇するほど、地上気象観測データによる平均年降水量との差が大きくなっている。

山地流域では降水量は標高が高い地点ほど大きい傾向があると言われている(例えば、山田他, 1997)が、ここでの結果は、それから類推して導かれるものとする。また、図は示さないが、全部の有効なAMeDAS観測点のうち、観測点群B'に含まれる有効な観測点の占める割合は、平均的に見て年々増加している。

図一9(1)~(4)は、いずれも、縦軸にAMeDASによる平均年降水量と地上気象観測データによるその差、横軸に152点データによる平均年降水量をとり、1980年から1999年の値をプロットしたものである。ただし、(1)~(4)は、それぞれ以下のようなケースである。

図-9 AMeDASデータと地上気象観測データによる平均年降水量の差と、地上気象観測データによる平均年降水量の関係 (1)~(4)については、本文参照。

Fig. 9 Difference between annual precipitation estimated by 'AMeDAS' data and 'Surface observation' data versus annual precipitation estimated by 'Surface observation' data. (1) is for observation points that is included in 'group B' and whose altitude is not greater than 120m (low) and (2) is for observation points that is included in 'group B' and whose altitude is greater than 120m (high) (3) and (4) is for observation points that is included in 'group B', but (3) is for low land, and (4) is for high land.

- (1) AMeDASデータとして、前述の、Bの観測点群のうち、高度120m以下(以下、'低地'と称す)の観測点群を対象とした(要素点数は515)。
- (2) 観測点群Bのうち、高度120mより高い位置(同様に'高地'と称す)の観測点群を対象とした(要素点数は306)。
- (3) B'かつ低地の観測点群を対象とした(要素点数は246)。
- (4) B'かつ高地の観測点群を対象とした(要素点数は246)。

ここで'120m'という値は、(前述の1,595個の)全AMeDAS観測点を高度順に並べると、高度120mの観測点が、ほぼ中央に位置するからである。また、図-10は、それぞれの観測点群の、観測点の平均高

図-10 有効な観測点の平均高度の経時変化 小さな○は(1)、大きな○は(2)、小さな●は(3)、大きな●は(4)のケースに、それぞれ対応している。

Fig. 10 Same figure as Fig. 8, but for (1) (small white circles), (2) (large white circles), (3) (small black circles), and (4) (large black circles). Concerning (1), (2), (3), and (4), see Fig. 9

図-11 (4)のケースについての、AMeDASデータと地上気象観測データによる平均年降水量の差の経時変化

Fig. 11 Same figure as Fig. 5, but for case (4), which is explained in Fig. 9

度を表した図(図中、(1):小さな○, (2):大きな○, (3):小さな●, (4):大きな●を、それぞれ表している)であり、図-11は、(4)のケースについて、2つの平均年降水量の差の経時変化を表したものである。これらの図から、以下のことがわかる。

- b) (1), (3)のケースはAMeDAS観測点の平均高度が152地点の平均高度より低く、(2), (4)のケースは高い。図-9は、上述の、「年降水量の平均高

度に対する依存性」を反映するものである。

c) いずれのケースにおいても、年降水量が大きくなるほど、2つの(AMeDASと地上気象観測の)平均年降水量の差が大きくなる。

d) 図-10より、(4)のケースにおいて、対象期間の前半部と後半部の平均高度が著しく異なることがわかる。(1), (2), (3)のケースに関しては、それと比して、顕著な差はない。この図と図-11を比べると、(4)のケースに関し、平均高度と2つの年平均降水量の差の変化が密接に関係していることがわかる。低地では、このような特徴は見られない。すなわち、高地での特徴が、結果a)をもたらしている。なお、各ケースの有効な観測点数については、ケース(4)の増加がもっとも著しい。

以上より、図-5において、AMeDASデータによる平均年降水量と地上気象観測データによるその差が、年々増加する原因は、観測点群の非均質性、特に高地において年々平均高度が上昇することが原因であると言える(これは、AMeDAS観測点における、有線ロケット雨量計化により、高標高域に通年観測を行う観測点が増加したことの影響と思われる；匿名査読者のコメントより)。逆に言えば、有効なAMeDAS観測点のデータをすべて使用して「平均年降水量の経時変化」を求めると、変化傾向が増加側にシフトした結果を得ることになると思われる。「日本の平均年降水量」を算定する場合、今まで調べてきたような観測点の平均高度、設置位置から考えて、絶対量としては、AMeDASデータによるそれが、年々真値に近づいてきていると考えるが、変化傾向を調べる場合、注意が必要であろう。

2. 地上気象観測データと46点データの比較

ここで、地上気象観測データ(152地点データ)による平均年降水量と、国土庁(1996)等で用いられている、46地点だけをピックアップして求めた(以後、46地点データと称す)平均年降水量の傾向を比較しておく。

図-12は、1961年から1999年を対象とし、152地点データと、46地点データによる平均年降水量の差の経時変化を表したものである。ここで、46地点データは、すべての年において、46の観測点すべてが有効であり、極めて均質なデータセットであるといえる。それに比して、152地点データは、前述のとおり、「1980年から1999年にすべての点が有効であること」という条件で地点を選定したので、それ以前

図-12 152地点データと46地点データによる、平均年降水量の差の経時変化

Fig. 12 Annual change of difference between annual precipitation estimated by '152 points' data and '46 points' data

図-13 図-12の平均降水量の差と、152地点データによる平均年降水量の関係

Fig. 13 Difference between annual precipitation estimated by '152 points' data and '46 points' data versus annual precipitation estimated by '152 points' data

には、データ数が152であるとは限らない。具体的には、1961年において139個、その後徐々に増加し、1974年以降、152個となる。また、図-13は、縦軸に図-12と同じく両者の差、横軸に152地点データによる平均年降水量をとり、1961年から1999年の値をプロットしたものである。図-12, 13より、両者の差は、最大で180mm程度(ただし、1974年以前)、最小で66mm程度、概ね、100mmから150mmの範囲に収まり、それは、降水量の多少にかかわらないことがわかる。なお、152地点の平均高度は、1961年以降、

多少変動はあるものの、85m前後であり、46地点のそれは、42m程度である。双方とも観測点数が少ない故、平均高度と、この、100mm~150mmの差との関係を一概に論ずることはできないと考えるが、双方、特に46地点の(AMeDASと比較して低い)平均高度は、平均年降水量の絶対量を求める際に、岡本(1995)などから、かなりの過小評価がなされていることの根拠となる。

以上より、46地点データによる平均年降水量は、それ自体、「日本の平均降水量」としては過少な評価値であると思われる地上気象観測データすべてを使った平均年降水量を、100mmから150mm程度、さらに過小に評価するものではあることに留意するなら、降水量の変動傾向を調べる際の、ひとつの近似的な評価指標と考えることができよう。

桑原(1975)、福井ら(1985)、岡本(1995)が指摘しているように、現在の降水量の観測データだけから、「真の」「日本の降水量」を求めることは現在までのところ不可能で、かつ、それらから求められた値は極めて過少な評価がなされたものと思われる。しかし、水資源工学的見地からその算定をする必要がある場合、絶対量としてはAMeDASデータによる値の方が真値に近いものが得られると思われ、また、今後の観測点設置状況次第では、さらに真値に近づく可能性はあるが、変動傾向を見るなら、その期間の長短に応じ、均質性に注意して、地上気象観測データを用いるのが適当であろう。

V. 結 論

現在日本で最も普通に用いられる降水量データとして、AMeDASデータ、地上気象観測データがある。後者の地域代表性を調べた結果、年降水量に関し、観測地点から100km程度の距離内にある地域で、十分な地域代表性があると判断した。すなわち、「年降水量」程度の時間スケールにおいては、「観測期間が長期に亘っている」という利点故に後者のデータを利用する場合、「空間的解像度が粗い」という欠点は近似的にカバーされるものとする。

また、水資源工学的な見地から、「日本の平均年降水量」を算定しようという場合、その絶対値としては、観測地点の平均高度、配置から考えて、近年のAMeDASデータから算定するのが比較的適当(「比較的」の意味は、それによっても、まだ極めて過少な評価をしている可能性が高いからである)と考えるが、傾向を調べる場合、データの不均質性、すなわ

ち、高標高域に通年観測を行う観測点が増加したことにより、観測点の平均高度が年々上昇していること故、AMeDASデータを用いた場合、多少上昇方向にシフトした結果が得られる。絶対値としてはAMeDASと比較して、過少評価であるが、トレンドの解析には、地上気象観測データを用いた方が安全であると考ええる。さらに、旧国土庁などが用いる46地点のデータは、均質なデータが得られ、降水量の絶対量としては、(地上気象観測データすべてを使用した場合と比較して)100mm以上の過少評価をした値ではあるが、傾向を見るためには、近似的に妥当性を有した値であると考ええる。

謝辞：本論文は、防災科学技術研究所の特別研究「全球水文過程における災害予測に関する研究」と、京都大学防災研究所水資源研究センターのプロジェクト研究「異常少雨の特性と予測」の成果の一部をまとめたものである。両研究関係者の方々、特に、有益なコメントをいただいた、山路昭彦氏(気象協会)、庄健治郎氏(名古屋工業大学)、河村明助教授(九州大学大学院)、早野美智子氏(防災科学技術研究所)に感謝いたします。また、有益なコメントを下さった匿名査読者にも感謝します。

引用文献

- 福井英一郎他(編)(1985)：日本・世界の気候図，p. 124，東京堂出版。
- 池淵周一(2001)：水資源工学，基礎土木工学シリーズ12，pp. 99-100，森北出版。
- 気象庁(1991)：地上気象観測統計指針。
- 気象庁(1996)：地域気象観測統計要領。
- 国土庁長官官房水資源部(1996)：'96水資源便覧，p. 5，山海堂。
- 国土交通省水資源部((web page)：平成12年度版「日本の水資源」，<http://www.mlit.go.jp/tochimi-zushigen/mizsei/hakusyo/h12/index.htm>
- 国土交通省国土地理院(監修)(1999)：数値地図ユーザーズガイド(第2版補訂版)，pp. 4-5，日本地図センター。
- 葛葉泰久・友杉邦雄・岸井徳雄・早野美智子(2001a)：少雨の空間分布に関する研究，水文・水資源学会誌，14，pp. 142-150。
- 葛葉泰久・友杉邦雄・岸井徳雄・早野美智子(2001b)：DAD解析による少雨の時空間分布特性に関する研究，水工学論文集，45，pp. 181-186。

- 桑原英男(1975):日本の平均年降水量について, 水利科学, **101**, pp. 61-78.
- 日本気象学会(編)(1998):気象科学辞典, 東京書籍.
- 岡本芳美(1995):緑のダム, 人工のダム, pp. 117-152, 亀田ブックサービス.
- 仙台管区気象台調査課(1974):降雨特別調査観測について, 研究時報, **26**, pp. 16-17.
- 宝 馨・池淵周一・渡辺晴彦(1997):全国46地点の降水量データに基づく渇水の時空間分析と統計的評価ならびにそのマップ化, 科研費報告書「平成6年度渇水の気象・水文学的検証と渇水時のリスクマネジメントに関する研究」, pp. 59-70.
- 竹内邦良(1982):渇水持続曲線による渇水時水文特性の把握と水管理への応用に関する研究, 東京大

学学位論文.

- 竹内邦良(1997):水文資料の基本統計処理, 水文・水資源ハンドブック, pp. 234-238, 朝倉書店.
- 多々納裕一(1997):水利用の新たな展開, 水文・水資源ハンドブック, 12章6節, pp. 384-387, 朝倉書店.
- 牛山素行(2001):都道府県による雨量観測, 水文・水資源学会誌, **14**, pp. 317-322.
- 山田 正・日比野忠史・荒木 隆・中津川 誠(1995):山地流域での降雨特性に関する統計的解析, 土木学会論文集, **527/II-33**, pp. 1-13.
- 米谷恒春(1987):豪雨の発生機構, 「豪雨・洪水防災」(高橋他編), pp. 4-5, 白亜書房.
- (受付:2001年7月27日, 受理:2001年9月12日)