

「世界気候研究計画のための全球降水データ セットに関するワークショップの報告」の紹介

Brief Review of “Report of the Workshop on Global Large-Scale Precipitation Data Sets for the World Climate Research Programme”

中村和信*

Kazunobu Nakamura

以下は、「気象庁 図書月報 第32巻 第12号」に、気候変動関連文献案内(15)として掲載されたものであるが、GPCPに必要なGMSの赤外ヒストグラムデータの作成/提供が、気象衛星センターのルーチン業務として動き出そうとしている現在の時点をとらえ、計画の背景理解の一助として、図書資料管理室の御厚意により転載させていただいた。

原 報告書

WMO/ICSU/IOC/SCOR : Report of the Workshop on Global Large-Scale Precipitation Data Sets for the World Climate Research Programme. (世界気候研究計画のための全球広域降水データセットに関するワークショップの報告)

WCP レポートシリーズ . 1986, January, No. WCP-111,
(WMO/TD-No. 94), 45p(+付録 6p)

1. はじめに

本書は、1985年7月にアメリカで開かれた標記のワークショップの報告書であり、全球降水気候計画(GPCP: Global Precipitation Climatology Project)に関する重要な基礎的文献である。なお、本ワークショップには気象庁から加藤一靖気象衛星センターシステム管理課長(当時)が出席している(気象庁ニュース№993、昭和60年9月5日号参照)。以下、本書を紹介するが、これは同時に全球降水気候計画の紹介でもある。

2. 背景と目的

ワークショップ冒頭、WMO事務局のWCRP Departmentの部長であるP. Morelが、ワークショップひいては全球降水気候計画の背景と目的について、大略次のように述べている。

「WCRPの目標(注:長期天気予報の物理的基礎の確立、大気大循環の年々変動の機構解明、機構の長期変動に対する自然的及び人間活動による影響の解明)を達成するためには、大気中におけるエネルギー交換の見積りという観点から、全球降水データセットの作成は必須である。これについて、大陸上では十分な数の降水データがあるが、海洋上では少数の島における観測があるのみで、しかも地理的条件のため広範囲を代表するとは言い難いものがある。従って、大規模スケールの全球降水データを得るには、衛星の観測データを利用するのが実際的である。対流型の降水には可視・赤外の画像データを、瞬間の降水強度測定にはマイクロ波を用いることについて我々の理解は深まっており、他の手段から得られたデータとも組合せて全球データを作成する時期にきた。当ワークショップの目的は、従って、必要なデータを得るための実行方法を提案することである。」

*気象衛星センター 解析課
Meteorological Satellite center

3. 観測技術

本報告書の大部分(2~33頁)はワークショップ参加者による降水観測に関する提案と、それに対する討議結果の要約に当てられており、全球データ作成のために現時点で実行可能ないくつかの手段と、その問題点が総括されている。

報告された観測方法を大別すると、衛星による観測と地上での観測に分れる。前者は全球データセットの主要なデータ源になるもので、これはさらに可視・赤外の画像データを利用するものと、マイクロ波による、より直接的な観測に二分される。一方後者は、それ自身でもデータセットの要素ではあるが、ここでは衛星による観測の比較/校正用データとしての役割が強調されている。個々の方法について、以下に順を追って要約する。

1) 可視・赤外の画像データによる観測

これは可視・赤外チャンネルの何れか、あるいは両方の輝度データ、さらにはそれらの時間変化と、レーダーや雨量計の測定値とを関係づけるもので、D. Martinは19コの手法を整理分類している。このうち約1/3は時間変化を考慮したものである。ほとんどの場合、可視の反射強度と降水の相関が良いが、気候への応用となると赤外データを基礎にしたものが適しており、時間変化を考慮するものは適さないと結論している。また方法の複雑さと精度とはあまり関係ないが最近では自動化の流れが大勢であると述べている。いずれにしてもこれらの方法による推定データは、検証に用いる良質の海上測定値を得て初めて有効になるものであるからそのための努力が必要である。画像データを使う方法として、画像処理装置を用いる方法、対流雲と層状雲の混在域に適用するために降水量を輝度温度の2次式で求める方法などが提示されているが、ここでは特に、GOES Precipitation Index (GPI)について以下に述べる。

2) GOES Precipitation Index

これは、緯経度 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ のメッシュで、設定値(熱帯では235k、温帯では220k)以下の輝度温度を持つ画素が占める部分雲量に、前もって得られた換算係数をかけて降水量を求めるものである。係数は静止衛星の赤外データと、デジタルレーダのデータから算出されている。時空間のサンプリングに関する調査では、観測データは日変化を考慮して3時間毎の一日8回、空間のサンプリングは全画素の11%まで率を落

としてもあまり影響がないことがわかった。

アメリカ気候解析センター(CAC)では

$$GPI = 71.2 \times F \times N$$

F:部分雲量、N:部分雲量算出期間(日)によって衛星直下点から緯経度 $\pm 50^{\circ}$ の範囲を半月単位で算出している。(注:CACは、その後 Climate Dignostics Bulletinに毎月又は季節毎の平均部分雲量のみを発表するようになったが、1986年8月号より経費削減に伴い掲載が中止されている。)

日本でも長期予報課で、GMSのヒストグラムデータからCACと同じGPIを月単位で算出している。ただし領域は緯度 $30^{\circ}N \sim 30^{\circ}S$ 、経度 $80^{\circ}E \sim 160^{\circ}W$ の範囲である。

一方、European Space Operation Centerでは、降水量への変換はしないで、Meteosatのデータから3つの閾値温度(220K、235K、255K)毎に、緯経度 $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ メッシュで部分雲量を算出している。作成されるのは5日間の総計と、3時間毎の時刻別積算値で、範囲は $40^{\circ}N \sim 40^{\circ}S$ 、 $50^{\circ}E \sim 50^{\circ}W$ である。

3) マイクロ波による観測

マイクロ波による観測は、画像データによる推定に比べ、より直接的な測定であるからより良い降水データ提供の可能性があるが、注意すべき点も述べられている。

気候に用いるのはある期間内の積算値であるのに対し、マイクロ波の観測は瞬間の値であることを考慮すべき点の一つ(これは加工前の画像データでも同じである)。他の一つは、マイクロ波の観測には吸収と散乱の両面があり、それによって使用できる地域や両者の卓越する周波数が異なる点である。またマイクロ波観測の誤差源となる技術的問題点も述べられているが、主なものは、降水の時間空間変動が大きいことと、マイクロ波放射強度を降水強度に換算するモデルの不完全さである。

以上のような一般論に続き、個々の例では、Nimbus-7に搭載されたSMMR(Scanning Multichannel Microwave Radiometer)で得られた知見と、これを発展させ現業への使用が期待されているSSM/I(Special Sensor Microwave Imager)の計画が報告されているが省略し、ここではもう一つの報告のTRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission)計画に触れる。これは文字通り、熱帯の降水観測が目的で、 600×600 kmメッシュの月平均降水量を最低3年間は算出しようというものである。今までの軌道衛星と異なる特徴は、

30°の低軌道傾斜角と、太陽非同期という点である。30°という傾斜角によって熱帯では、極軌道衛星の倍の画素数が得られ、太陽非同期であることから日変化の影響を知ることができる。測器は可視赤外放射計と、Nimbus-6に載んだESMR (Electronically Scanning Microwave Radiometer)、および2波長レーダーである。

4) 音響による降雨観測

この方法は、海面下に設置した集音器によって海面を打つ雨滴の音を収集し、音の強さを降水強度に換算するものだが、まだまだ研究されていないようで、風や波の影響、雨粒の大きさや速度など、未解決の問題が多く残っている。

5) 船舶雨量計

観測船のように停った状態ではなくて、航行中の船のデータには問題が多いことは良く知られている。過去の調査は、雨量計の設置場所が最大の問題であることを示している。ここでは北太平洋を通る高速船における二度の実験で調べた雨量計の設置場所によるデータのバラつき結果を示している。この後、三回目の実験では雨量計の形と傾きを調べる予定となっている。

6) 地上でのマイクロ波減衰観測法

10km程度の距離を隔てて、一方にマイクロ波の送受信器、他方に反射板を置き、往復の間の減衰率から線上の平均降雨強度を得る方法で、テストでは雨量計の観測と良く一致した。同様に複数の反射板を円形に並べて、その中心で観測すれば面積平均値が得られるので、これを衛星推定の検証データにしようと計画されている。

4. 総括と勧告

前項で述べたさまざまな観測方法に対してなされた議論を次に要約する。

1) 可視・赤外画像データ

40°N~40°Sの月平均値の推定値にはGPIを基礎にするのが、現時点では最も実行可能な方法である。そのためには、各静止衛星運用機関が赤外ヒストグラムの作成に協力しなければならない。またGPIにも、地域・季節因子、マイクロ波の情報、鉛直湿度分布、輝度温度の平均・分散など、複数のパラメータを導入するよう改良しなければならない。

2) マイクロ波放射計

マイクロ波による観測の利点と、観測における注意

点は前項に述べた通りであるが、さらに大事な点は、マイクロ波による観測値自身も、信頼できる実測値で検証しなければならないということである。

3) 音響による観測

この実用化には、雨滴で生ずる音の物理的諸特性についての基礎的な研究がさらに必要である。

4) 船舶での観測

船舶雨量計には問題点がいくつかあるが、直接観測で、かつ安価で簡単という利点があるので、できるだけ自動化の方向で、最適な設置場所と型についての研究を進めるべきである。

5) マイクロ波減衰法

30×30kmの領域で降水強度を観測し、衛星による推定の検証データとして用いる。これはメキシコ湾の海上石油掘削機でのテストが計画されている。

以上のような議論の後、ワークショップとしての勧告をまとめている。その主な事項は、

- ・1987年から10年間全球降水気候計画を実施すること。ただしデータは1986年分から処理すること。(注：なお、1986年7月WMO事務局長からなされた、全球降水気候計画への協力要請では期間は1987年から1995年の9年間となっている。)

処理された静止衛星のデータ、軌道衛星のデータ、地上検証用データと、各国のシノップおよび気候観測所における降水データは、Global Precipitation Climatology Centerに集められる。

- ・全球降水データ管理に関するワーキンググループを組織すること。

- ・さまざまな降水測定手法の開発と実行を進めるために、Precipitation Ground Truth Projectを設定することである。

5. 紹介者のあとがき

現在準備されているGPCPにおいて、主なデータソースとして最も期待されているのは静止衛星の赤外ヒストグラムデータである。この期待は、ほぼ全球にわたる均質なデータが安定して得られ、データ作成が比較的容易であるという理由から、まず妥当なところであろう。問題はこのヒストグラムデータから降水に関する情報をどのような形で抽出するかである。アメリカや日本で算出されているGPIは、気候研究の重要な要素である熱帯の降水に関してはかなりの成果が見

られるが（もちろん、それだけで非常に重要である）、熱帯外では対流雲と層状雲が混在するため、満足すべき結果ではない。対処法として、GPIの改良、何らかの雲型情報の付加、より直接的にマイクロ波の利用など、今後さまざまに研究されるであろうが、方向としては、より直接的な観測ということで、マイクロ波の比重が高まると思われる。

ところで、降水を衛星によって見積るには、どうしても検証用の地上実測データが必要なことは前にも触れたが、今のところ、海上の良質なデータを安定して

得るには、困難な面が多いということである。その意味では、本報告に提案されたいくつかの地上及び海上の観測法の実用化や改良は、衛星による観測技術の開発と同程度の重みを持つものと言える。

なお赤外ヒストグラムを作成に関し、我国も静止衛星データ処理センターの役割を担うように要請されており、正式に決まれば、気象衛星センターで作成したGMSの赤外ヒストグラムを静止衛星降水データセンターに送付することになる。