国土数値情報を用いた地上雨量観測所の 配置特性に関する研究

A STUDY ON SPATIAL CHARACTERISTICS OF RAIN-GAUGE NETWORK OVER JAPAN USING DIGITAL NATIONAL LAND INFORMATION

林義晃¹・手計太一²・山崎惟義³

Yoshiaki HAYASHI, Taichi TEBAKARI and Koreyoshi YAMASAKI

¹正会員 学士 福岡大学技術職員 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1)

²正会員 博(工) 富山県立大学講師 工学部環境工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒河5180)

³正会員 工博 福岡大学教授 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1)

To clarify the spatial characteristics of rain-gauge network over Japan, we studied some characteristics of rain-gauge network over Japan using available data observed by the Japan Meteorological Agency (JMA), the Water and Disaster Management Bureau under the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (WDMB-MLIT) and Local Government (L-Gov). Additional spatial analysis was also used available digital national land information (DEM, topographical slop, land use, surface geology, major road, natural park). As a result of spatial analysis using some digital national land information and observation blank zone, more than altitude 500m area couldn't be installed rain-gauge stations. Some observation blank zones have been topographical slop were rich in ups and downs. Rain-gauge stations weren't installed in only limited land use or surface geology. Moreover, many rain-gauge stations tend to be installed near the major road. Therefore, some observation blank zones could install rain-gauge stations.

Key Words : Observation blank zone, altitude, topographical slop, land use, surface geology, rain-gauge network, flood management, water resource management.

1. はじめに

地上雨量観測は、降水量を定量的に把握することができる唯一の手法であり、現業観測から治水計画などの様々な計画や予測において重要な基礎データともなっている。我が国の地上雨量観測所は2010年度末時点で約9600箇所以上あり、高密度な雨量観測ネットワークが構築されている¹⁾。しかし、降水現象は時空間的に大きく偏りがあり、その予測も極めて困難な自然現象であることは自明である。さらに強雨や少雨といった極端な降水現象は、治水や利水をはじめ社会経済活動へも大きく影響を与える。よって、雨量観測は気象庁や国土交通省をはじめ民間企業にまで幅広く実施されている。

降水量の観測には、地上雨量観測以外にレーダ観測がある。近年では、XバンドMPレーダに代表されるように新しい観測技術が開発されており、これまでに捉えることが困難であった狭小な雨域の詳細な降水特性も観測できるようになってきた。しかし、XバンドMPレーダ

の観測範囲は従来のCバンドレーダとくらべて狭く、強雨域の後背地では電波消散域となり欠測しやすく、別のレーダとの合成や地上雨量観測データとの補間が必要となる²⁾。よって、依然として地上雨量観測データの重要性に変わりはない。

そのため、これまでに地上雨量観測所に関連する様々な分野の研究が実施されている。地上雨量観測所の雨量データを用いた既往研究例は、暖候期降水量と各時間分解能における極値降水量の統計的関係の解明³⁾、台風の影響を受けた地域において観測されたデータと各時間分解能の降水量を比較することによる統計的評価⁴⁾、様々な統計手法を用いて各地域における確率降水量を算出する研究⁵⁾⁶⁾が挙げられる。

地上雨量観測所の空間分布に関する既往研究例として、面積雨量や観測点密度に着目した雨量精度の算定に関する検討⁷⁾、ダムや河川流域といった限られた地域における観測所の最適配置と観測精度に関する研究⁸⁾⁹⁾、少数の雨量データによる降水量分布モデルを用いた降水量推定手法に関する研究¹⁰⁾、メッシュデータを用いた雨量観測

所の観測密度を全国的に明らかにした研究¹¹⁾などがある。

地上雨量観測所の地理的検討として、山岳地帯などの高標高部に設置されていた観測所の観測手法の研究^{12),13)}などが行われている。

このように降水量データや観測所の配置、観測方法など地上雨量観測所に関する様々な研究が行われているが、日本全国といった広域的視点における地上雨量観測所の面的及び空間的解析を行った研究は少なく、様々な指標を用いた地上雨量観測所の配置特性や新たな観測所の設置条件を検討した研究は極めて少ない。

以上を鑑み、本研究では日本全国において雨量観測所が展開されている気象庁と国土交通省水管理・国土保全局(旧河川局)、都道府県が管理する地上雨量観測ネットワークを用いて、土地利用状況や表層地質などの国土数値情報を用いた地上雨量観測所の配置特性を明らかにする。今回、研究対象地域として2004年と2011年に豪雨被害を受けた新潟県と福島県、2009年に豪雨被害を受けた山口県、国内屈指の多雨地域であり土砂災害が頻発しやすい熊本県、宮崎県、鹿児島県の3つの地域とした。それらの地域において、地上雨量観測所の観測空白域における観測所設置の可能性についても検証した。

2. 使用するデータ

既存の研究では、1つの観測機関が管理する雨量観測ネットワークを用いることが多い。しかし、観測所の配置特性はその観測目的に依存しやすいため、1つの観測機関では全国の様々な降水現象を網羅できるとは言い難い。そこで本研究では、日本全国に観測所を展開している気象庁(以下、JMA)と国土交通省水管理・国土保全局(同WDMB-MLIT)、都道府県(同L-Gov)の3つの観測機関が管理・運用する地上雨量観測所を研究対象とした。

(1) 解析対象とする雨量観測所

JMAにおける雨量観測所の情報は、気象庁のホームページで公開されており、2008年1月1日時点の地域気象観測所一覧に掲載されていた雨量観測所にて解析した。その総数は1361箇所であり、その空間配置の特徴は、全国どの地域においても満遍なく分布している。

WDMB-MLITにおける雨量観測所の情報は、国土交通省水管理・国土保全局のホームページ内にある水文水質データベースにて公開されており、2008年9月1日時点でデータが公開されていた雨量観測所にて解析した。その総数は観測所の位置情報(経度・緯度・設置標高)が明らかになっている2172箇所とし、その空間配置の特徴は、JMAと比べると偏った分布になっている。これは上記の通り、直轄河川の流域やダム周辺といった河川管理の観点から必然に形成された配置である。

L-Govにおける雨量観測所の情報は、(財)河川情報セ

ンターにて管理されている統一河川情報システムにおいて都道府県管理として登録されている観測所を解析対象とした。その総数は4317箇所であり、非常に密に観測所が設置されている都道府県がみられた。以上により、本研究では3つの観測機関が管理・運営する地上雨量観測所合計7850箇所を対象観測所として解析した。

(2) 解析に用いる国土数値情報について

本研究では、様々な評価指標が観測所の設置に与える影響を明らかにするため、ホームページ等で広く公開されている4種類の国土数値情報を用いて解析を行った。

地形データは、国土地理院が発行する数値標高モデル(DEM)を用いた。地形条件と観測所設置標高の解析においては、数値地図250mメッシュ(標高)の標高値を用い、地形の傾斜角度の解析では、数値地図50mメッシュ(標高)の標高値から角度を算出して解析を行った。

土地利用状況、道路と公園のデータは、国土交通省国土政策局国土情報課のホームページ内で公開されている国土数値情報ダウンロードサービスより「土地利用細分メッシュ(平成18年度)」、「道路(平成7年度)」と「自然公園地域(平成22年度)」を用いた。いずれのデータも掲載されている分で最新版を用いており、土地利用状況データの解像度は、100mメッシュを使用した。

表層地質のデータは、国土交通省土地・水資源局国土調査課のホームページ内で公開されている「20万分の1土地分類基本調査」のデータを用い、そのうちの大分類に相当する表層地質(属性1)のデータを使用した。

図-1 標高別の地形と観測所標高の度数割合
(新潟県、福島県、山口県)。

図-2 標高別の地形と観測所標高の度数割合
(熊本県、宮崎県、鹿児島県)。

図-3 新潟県と福島県における観測空白域と傾斜角度の空間分布

3. 解析結果

(1) 地形条件が観測所設置に与える影響

図-1, 2に研究対象である3つの地域の標高階級の地形度数割合と観測所標高の度数割合を対数表示で示す。ここで観測所標高の度数割合とは、各標高階級における地上雨量観測所の設置数をその地形標高度数で除した割合である。

これにより、各都道府県とも標高500m以上から観測所が設置されていない標高階級が存在することがわかる。特に、高標高域においては観測所がほとんど設置されていない。よって、平地では良好な観測体制であるが、高標高域では地上雨量観測が不足しており、それによって解析雨量の精度低下も示唆される。次に、標高階級に着目した観測所のカバー領域率を検討した。観測所のカバー領域率とは、各都道府県において観測所が設置されている標高階級の数とその都道府県の地形標高データの全標高階級の数で除した割合である。これにより、新潟県が約42%、福島県と山口県が約57%と各都道府県の全標高階級のうち半分ほどは地上雨量観測所が設置されている。熊本県と宮崎県では、約68%と約72%とやや高いが、鹿児島県は約31%と極端に低いことがわかった。

(2) 地形の傾斜角度が観測所設置に与える影響

図-4 各観測空白域における傾斜角度の度数割合

図-3に新潟県、福島県における観測空白域と地形の傾斜角度の空間分布を示す。ここで観測空白域とは、一辺が約10kmのメッシュデータを用いた全国における地上雨量観測所の観測密度を解析した研究¹¹⁾において、そのメッシュ内に地上雨量観測所が1箇所も設置されておらず地上雨量観測ができない地域のことである。さらに、海や湖沼等の地形データが十分得られない地域を除外するため、観測空白域においてメッシュ内の傾斜角度のデータ数が50%未満の場合は解析から除外した。

それにより、観測空白域では図-3の中央部に多く見られるように非常に起伏に富んだ地形を有する地域が存在し、観測所が容易に設置できないことが推測できる。同時に、比較的平坦な地形を有する地域も存在することがわかった。図-4に観測空白域内における傾斜角度の度数割合を示す。これにより、43箇所の観測空白域のうち約4割強にあたる20箇所(図-3中の青色太枠のメッシュ)で

図-5 本研究対象地域における土地利用状況の度数割合。

図-6 観測所設置箇所の土地利用状況の度数割合
(新潟県、福島県)。

図-7 本研究対象地域における表層地質の度数割合。

図-8 観測所設置箇所の表層地質の度数割合
(熊本県、宮崎県、鹿児島県)。

傾斜角度が10度以下でその度数割合が50%以上あることが明らかになった。これは、良好な観測場と観測環境が容易に確保できることが推察できる。その他の地域として、熊本県、宮崎県、鹿児島県でも、新潟県、福島県と同様な傾向であった。よって、地上雨量観測所の再配置を検討する余地があることが示唆できる。

(3) 土地利用状況が観測所設置に与える影響

図-5に本研究が対象としている3つの地域における土地利用状況を示した度数割合を示す。これにより、どの地域においても森林が全体の約7割を占めており、全国と比較してもほぼ同割合¹⁴⁾であり、特異な土地利用状況ではなく、各地域間でも大きな違いは見られない。

図-6に新潟県、福島県における観測機関別の地上雨量観測所が設置されている箇所の土地利用の度数割合を示す。各観測機関とも森林と建物用地に多くの観測所が設置されている。そして特筆すべき点は、全体の約5%しか占めていない建物用地において、どの機関とも約3割の観測所数が設置されていることである。これは、他の地域でも同様な傾向がみられた。よって、今後は各地域における土地利用の変遷を明らかにし、地上雨量観測所における周辺環境の変化についても検討する必要がある。

(4) 表層地質が観測所設置に与える影響

図-7に本研究が対象としている3つの地域における表層地質(属性1)の度数割合を示す。新潟県、福島県と熊本県、宮崎県、鹿児島県においては、全体の約7割が砂・礫・泥といった「未固結や半固結」とシラスやロームといった「火山性」のいずれも風化物や破屑物で構成

図-9 表層地質と土砂災害危険箇所の空間分布。

されており、一般的に脆弱になりがちな地盤であることがわかる。山口県については、「未固結と半固結」と「火山性」がともに半分ずつの割合で構成されており、その原因の一つとして周辺地域における火山の有無とそ

図-10 主要道路と自然公園に着目した地上雨量観測所の空間分布(山口県).

図-11 観測空白域内における傾斜角度の度数割合.

図-12 観測空白域内における土地利用状況の度数割合.

図-13 観測空白域内における表層地質の度数割合.

の活動の規模と履歴の影響が考えられる。

図-8は、熊本県、宮崎県、鹿児島県における観測機関別の地上雨量観測所が設置されている箇所の表層地質の度数割合を示す。これにより、各観測機関とも属性によらず観測所が設置されており、特定の地質区分に限って配置されているわけではないことがわかった。これは、

他の対象地域でも同様な結果であった。さらに、未固結や火山性といった脆弱になりがちな地盤上でも多くの観測所が設置されていることから、観測所の設置において地質区分の影響を強く受けないことがわかる。

図-9には熊本県、宮崎県、鹿児島県の表層地質と土砂災害危険箇所の空間分布を示す。ここで、土砂災害危険箇所については、上記の国土数値情報ダウンロードサービス内で公開されている「土砂災害危険箇所」において土石流危険区域、急傾斜地崩壊危険箇所及びその区域、地すべり危険箇所及びその区域の3種類のデータを使用した。これにより、土砂災害危険箇所は異なる地質の境界部分に多く集中していることがわかった。さらに、ほとんどの観測空白域内において土砂災害危険箇所が含まれていることがわかった。土砂災害を監視する上で最も重要指標の一つは降水量であり、地上雨量観測所の最適な配置を検討する余地があることがいえる。

(5) 道路や公園が観測所設置に与える影響

図-10に、山口県における主要道路と自然公園に着目した観測空白域の解析結果を示す。山口県における観測空白域は全て沿岸域に存在し、内陸部にはないことがわかる。また、地上雨量観測所は主要道路の近傍に設置されていることがわかり、これは観測所運用に関する保守・管理が要因の一つとして考えられる。同時に、そのことが観測所の配置に影響することで、捉えることができない降水現象も生じることが推察される。

自然公園においては、特にJMAにおいて国立公園をはじめとする自然公園には地上雨量観測所が設置できない要因の一つとなっている¹⁵⁾。しかし、各観測機関とも園内に地上雨量観測所を設置されており、他の研究対象地域においても同様のことが言えた。よって、その他の要因も考えられるが、空間特性上必要であれば園内でも地上雨量観測所は設置可能であることが示唆できる。

(6) 観測空白域における観測所設置の検討

本節では、熊本県、宮崎県、鹿児島県の観測空白域において観測所設置の可能性を総合的に考察する。解析対象となる観測空白域は、全部で20箇所である(図-9参照)。

図-11に観測空白域における地形の傾斜角度の度数割合を示す。設置可能な基準として、前節で使用した「メッシュ内における地形の傾斜角度が10度以下でその度数割合が50%以上」を用いた。これにより、全体の約6割にあたる12箇所で開催可能な地形条件であった。

次に、図-12, 13にその12箇所における土地利用状況と表層地質のデータを抽出して度数割合にしたグラフを示す。それにより、土地利用状況においてはどの箇所も全体の約7割が田とその他の農用地、森林であることから、良好な観測場と観測環境が確保できると考えられる。表層地質のデータより、メッシュID493035と483075の2箇所6種類の地質が混在する分布になっているが、各地

図-14 観測空白域における主要道路と自然公園の空間分布。

質区分の面積割合や土砂災害危険箇所、類似条件下で設置されている既存の観測所等を考慮すると、観測所の設置は不可能ではないと考えられる。図-14に主要道路と自然公園に着目した観測所の空間分布を示す。全12箇所とも主要道路が通じていることから保守・管理の点では問題なく、また自然公園においても大きな影響はないことがわかる。よって、図-14に示す観測空白域には地上雨量観測所が好条件で設置可能であると考ええる。なお、前文で好条件と付言した理由は、本研究で検討した観測所が設置可能と判断した独自基準(設置可能な地形の傾斜角度とその度数割合など)の実用性や本検討以外の評価指標についてもさらに検討する必要があるためである。

4. 結論

日本全国にわたる広域観測ネットワークを有する気象庁と国土交通省水管理・国土保全局、都道府県の地上雨量観測所を対象に、土地利用状況や表層地質などの国土数値情報を用いて地上雨量観測所の配置特性を検討した。

その結果、今回対象とした3つの地域の観測空白域には、地上雨量観測所が配置可能な箇所が多く存在することが明らかになった。全国の約3割の地域において観測空白域が存在すること¹¹⁾から、その他の地域においても同様な検討が必要である。さらに、その他の評価指標

(例えば植生の分布、電力・通信の確保、費用便益の経済性等)についても地上雨量観測所の配置特性に与える影響も明らかにし、様々な降水スケールに対応できる地上雨量観測所の最適配置を提案する必要がある。

謝辞：本研究の遂行に際し、気象庁と国土交通省水管理・国土保全局(旧河川局)、(財)河川情報センター、各都道府県より各種データを提供していただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 中尾忠彦：水文観測の現況と展望，河川流量観測の新時代（水文・水資源学会研究グループ「河川流量観測高精度化研究会」編），Vol.1，pp.7-12，2010.
- 2) 真木雅之，前坂剛，加藤敦，Kim Dong-Soon，岩波越：Xバンドマルチパラメータレーダネットワーク合成雨量，水文・水資源学会2011年度研究発表会，pp.32-33，2011.
- 3) 牛山素行，寶馨：AMeDASデータによる暖候期降水量と最大1時間・日降水量の関係，水文・水資源学会誌，Vol.16，pp.368-374，2003.
- 4) 葛葉泰久：九州中東部でのIDFカーブの作成と2005年台風14号による豪雨の統計的評価，自然災害科学，Vol.25，pp.525-540，2007.
- 5) Shih S F: Rainfall Variation Analysis and Optimization of Gaging Systems., *Water science and technology*, Vol.18, pp.1269-1277, 1982.
- 6) 篠田昌弘：AMeDASデータを用いた確率降雨量マップ，土木学会論文集，Vol.63，pp.195-205，2007.
- 7) 川畑幸夫：水文気象学，地人書館，pp.57-70，1963.
- 8) 下垣久：ダム流域における雨量観測所の最適配置，電力土木，Vol.209，pp.99-110，1987.
- 9) 福岡捷二，谷岡康，高本正彦：都市中小河川流域における雨量観測所の密度が面積雨量精度に与える影響，水工学論文集，Vol.37，pp.27-32，1993.
- 10) SILVERMAN, B. A., ROGER, L. K. and DAHL, D.: On the sampling variance of raingage networks, *Journal of Applied Meteorology*, Vol.20, pp.1468-1478, 1981.
- 11) 林義晃，手計太一，山崎惟義：複数の評価指標からみた地上雨量観測所の観測密度に関する基礎的研究，水工学論文集，Vol.55，pp.295-300，2011.
- 12) 五大均，大津洋介，小川達則，植野利康，長谷川賢市，樺清彦：山岳域の強風下における雨量観測に関する考察，砂防学会研究発表会概要集，Vol.2007，pp.370-371，2007.
- 13) 山田正，藤田睦博，茂木正，中津川誠：山地流域における降雨観測と降雨の特性について，水工学論文集，Vol.34，pp.85-90，1990.
- 14) 農林水産省林野庁：森林・林業白書(平成23年版)，pp.55-56，2011.
- 15) 気象庁：地上気象観測指針(第2号)，149pp，2002.

(2011. 9. 30受付)