

正時及び10分毎の1時間雨量から最大1時間雨量 の推定方法について

The estimation method of maximum 60 min. rainfall
based on hourly rainfall or 10 min. rainfall

鈴木博人¹・島村誠²

Hiroto SUZUKI, Makoto SHIMAMURA

¹正会員 理修 東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター安全研究所(〒331-8513 さいたま市日進町2-0)

²正会員 東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター安全研究所(〒331-8513 さいたま市日進町2-0)

Hourly rainfall is one of the most important hydrological variables. In hydrological engineering, we are often more interested in maximum 60 minutes rainfall rather than hourly rainfall recorded at an interval of one hour or 10 minutes. This paper describes the method to estimate maximum 60 minutes rainfall from hourly rainfall. Maximum 60 minutes rainfall is estimated by multiplying the bigger value of two consecutive hourly rainfalls recorded at an interval of one hour by 1.092, or the average of them by 1.587. Maximum 60 minutes rainfall is estimated by multiplying the bigger of two consecutive hourly rainfalls recorded at an interval of 10 minutes by 1.025, or the average of them by 1.102.

Key Words : Maximum 60 min. rainfall, hourly rainfall, 10 min. rainfall

1. はじめに

1時間雨量は、最もよく用いられる水文量の一つである。1時間雨量は、最近ではアメダス、アメダス10分値や気象官署の1分値からそれぞれ1時間毎、10分毎及び1分毎に求められるようになった。しかし、アメダス10分値や気象官署の1分値が利用できる以前は毎正時の1時間雨量しか得られない場合が殆んどである。

防災では、1時間雨量は気象警報や鉄道の列車運転規制¹⁾などに用いられている。例えば、鉄道では降雨時の列車運転規制は、過去の災害発生時の降雨量や災害が発生しなかった降雨の最大値に基づいて定められた基準値を基に実施されている。そのため、列車運転規制の基準値を設定するにあたっては、災害が発生した時間帯や災害が発生しなかった降雨の最大1時間雨量を知ることが重要である。この例のように、正時の1時間雨量しかない場合でも、正時の1時間雨量から最大1時間雨量を推定することができれば、正時の1時間雨量を防災により有効に活用することができると考えられる。

観測間隔の異なる1時間雨量の間の関係を調べた事例には藤部ら²⁾のものがある。藤部らは、ひと雨期間のアメダ

スの正時値とアメダス10分値から求めた1時間雨量の最大値の比は0.876であると報告している。

ここでは、正時の1時間雨量から最大1時間雨量を推定する方法について述べる。また、10分毎の1時間雨量から最大1時間雨量を推定する方法についても述べる。

2. 降雨量データ

解析に用いた降雨量データは、東日本旅客鉄道株式会社の雨量計によって観測されたものである。東日本旅客鉄道株式会社では、降雨による災害から列車の安全を確保するために、鉄道沿線に約10km間隔で雨量計を設置して降雨量の観測をおこなっている³⁾。観測された降雨量は、1993年4月からは5分毎に前5分間に発現した前1時間雨量の最大値及び連続雨量(12時間以上の降雨の中断があった場合に降雨量がリセットされる総雨量)がデジタルデータとして保存されている。

解析には、1993年4月から2000年10月までの降雨量データ(欠測期間を除く)を使用した。また、東京都、神奈川県、埼玉県、栃木県及び山梨県内の鉄道沿線に設置された雨量計のうちの50箇所のデータを用いた。

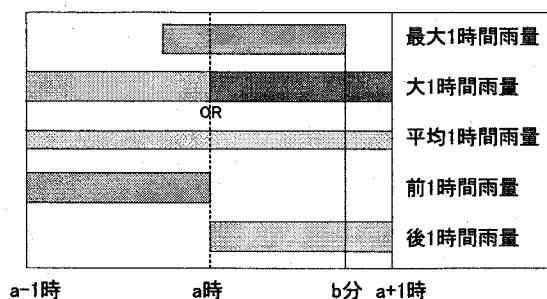


図-1 最大1時間雨量と正時の1時間雨量の関係

3. 正時の1時間雨量から最大1時間雨量の推定方法

(1) 解析方法

ある1時間の間に発現した最大1時間雨量は、前後の正時の1時間雨量と関係がある。例えば、図-1のようにa時b分に発現した最大1時間雨量はa-1時からa時の1時間雨量とa時からa+1時の1時間雨量の双方に関係している。

そこで、正時の1時間雨量から最大1時間雨量を推定するための説明変数として、a時における前1時間雨量（以下「前1時間雨量」とする）、a+1時における前1時間雨量（以下「後1時間雨量」とする）、a時とa+1時における前1時間雨量の大きいもの（以下「大1時間雨量」とする）、及びa時とa+1時における前1時間雨量の平均（以下「平均1時間雨量」とする）の4種類を取り上げた。

解析は、初めに観測箇所毎に正時の前1時間に1mm/h以上の1時間雨量が観測されている場合毎に最大1時間雨量、前1時間雨量、後1時間雨量、大1時間雨量及び平均1時間雨量の値を抽出した。次に、観測箇所毎及び全観測箇所のデータを用いた場合の最大1時間雨量と4つの説明変数の値を集計して、最大1時間雨量と説明変数の間の比（以下「比例係数」とする）、及び相関係数を求めた。

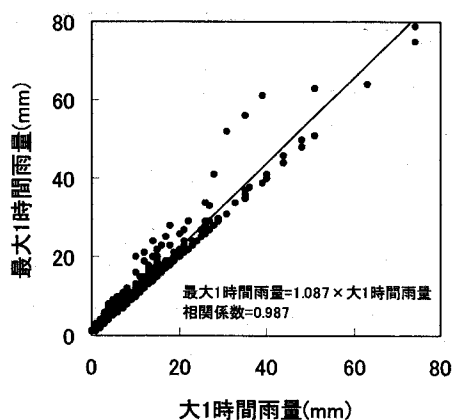
そして、最後に正時の1時間雨量から推定される最大1時間雨量と実際に観測された最大1時間雨量の発現頻度を調べた。

(2) 今市駅の雨量計の事例

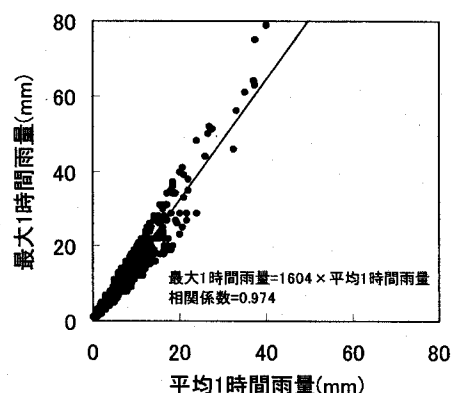
図-2は、日光線今市駅に設置された雨量計で観測された最大1時間雨量と4つの説明変数の間の関係を示したものである。最大1時間雨量と大1時間雨量及び平均1時間雨量との相関は高く、前1時間雨量及び後1時間雨量との相関は前者に比べて低いことが分かる。

(3) 観測箇所毎の最大1時間雨量と説明変数の関係

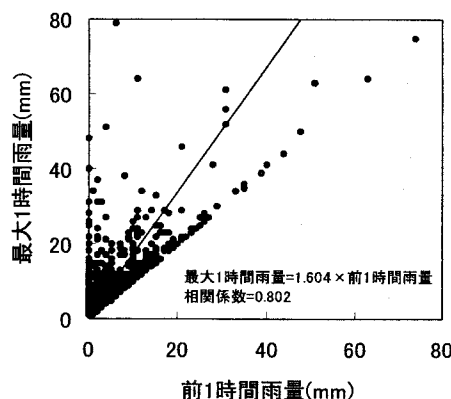
観測箇所毎の最大1時間雨量と4つの説明変数の間の相関係数と比例係数は、最大1時間雨量に5mm毎のしきい値を設け、最大1時間雨量がそれぞれのしきい値を超えた場合のデータのみを用いて算出した。図-3には、最大1時間雨量と大1時間雨量、平均1時間雨量及び後1時間



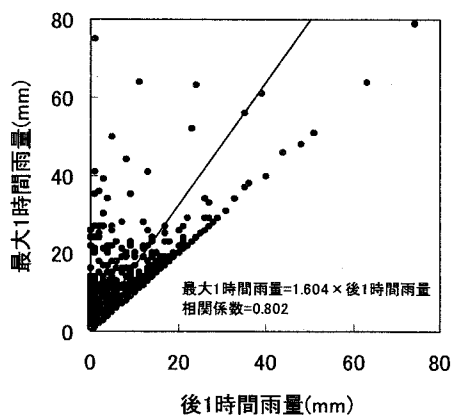
(a) 大1時間雨量との関係



(b) 平均1時間雨量との関係



(c) 前1時間雨量との関係



(d) 後1時間雨量との関係

図-2 最大1時間雨量と説明変数の間の関係(日光線今市駅雨量計)

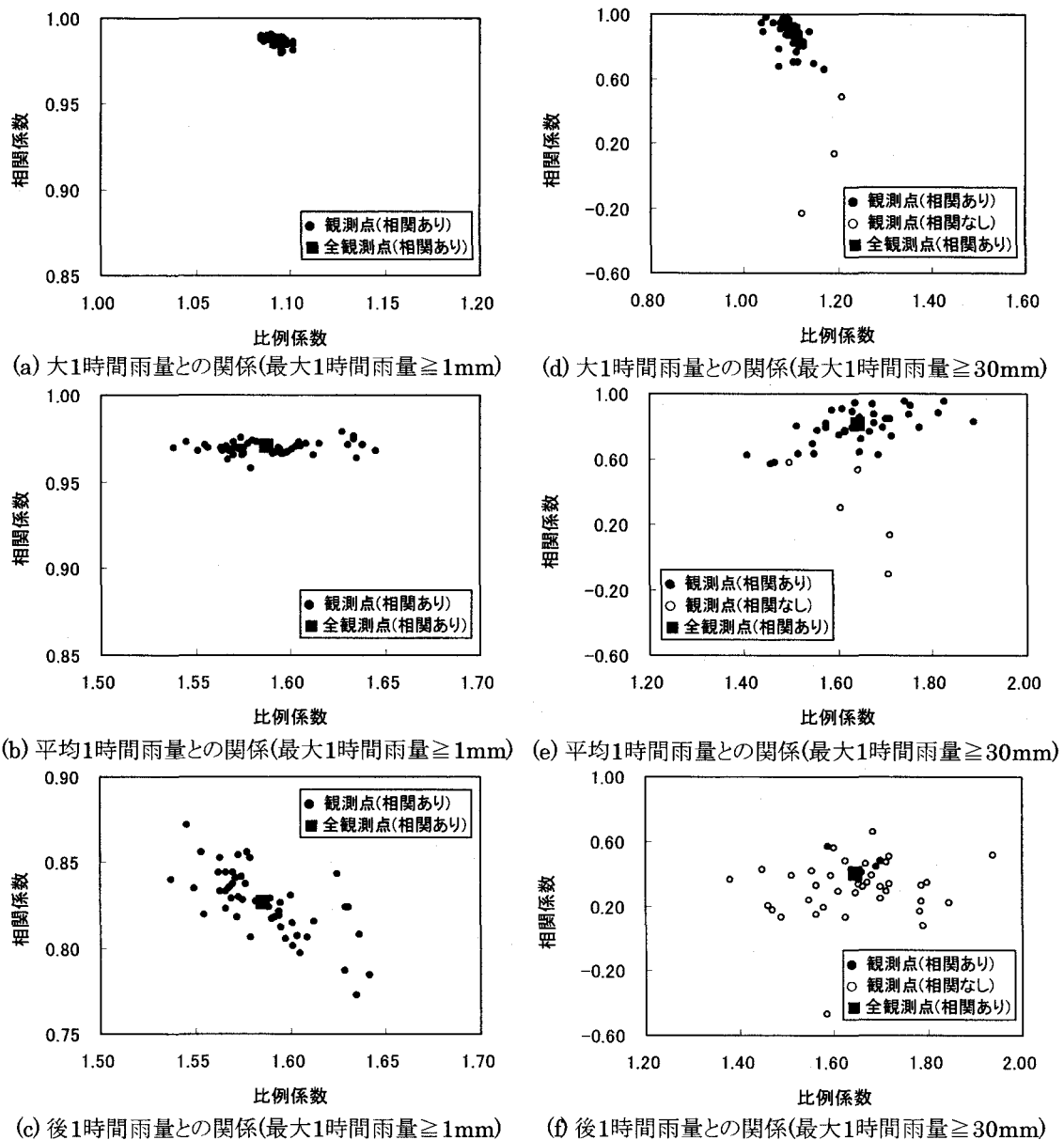


図-3 最大1時間雨量と説明変数の間の比例係数と相関係数(観測箇所毎及び全観測箇所のデータ)

雨量の間の比例係数と相関係数について、最大1時間雨量が 1mm/h 以上の場合と 30mm/h 以上の場合について示した。なお、最大1時間雨量がそれぞれのしきい値を超えた回数が10回以上ある観測箇所の場合についてのみ示した。また、危険率1%で相関ありと検定された場合は黒丸、相関なしの場合は白丸で示した。

最大1時間雨量が 1mm/h 以上の全ての場合のデータを用いたものでは、最大1時間雨量と大1時間雨量の間の比例係数と相関係数は観測箇所によるばらつきが小さく、相関係数は大きいことが分かる。平均1時間雨量は、観測箇所による比例係数のばらつきが大1時間雨量に比べて大きいものの、相関係数は大きいことが分かる。後1時間雨量は、観測箇所による比例係数と相関係数のばらつきが大1時間雨量に比べて大きく、相関係数は小さいことが分かる。なお、前1時間雨量は後1時間雨量と同様であった。また、最大1時間雨量と4つの説明変数の間の相関は全ての観

測箇所で危険率1%で相関ありと検定された。

最大1時間雨量が 30mm/h 以上の場合のみのデータを用いたものでは、 1mm/h 以上の場合と比べると、観測箇所による比例係数と相関係数のばらつきが大きくなるとともに、相関係数が小さくなる。また、観測箇所によっては負の相関を示す箇所がある。最大1時間雨量と大1時間雨量及び平均1時間雨量の間の相関は大半の箇所において危険率1%で相関ありと検定されたが、前1時間雨量と後1時間雨量は大半の箇所では相関なしと検定された。

図-4には、観測箇所毎に最大1時間雨量に 5mm 毎のしきい値を設け、最大1時間雨量がそれぞれのしきい値を超えたデータのみを用いて算出した最大1時間雨量と4つの説明変数の間の比例係数の変動係数を示した。なお、変動係数は最大1時間雨量がそれぞれのしきい値を超えた回数が10回以上ある観測箇所の比例係数から求めており、図-4には該当する観測箇所数も示した。最大1時間雨

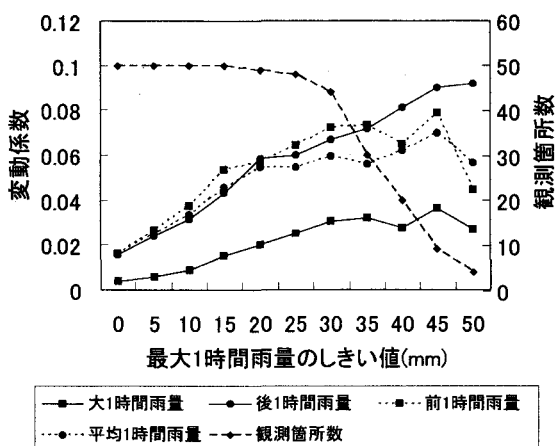
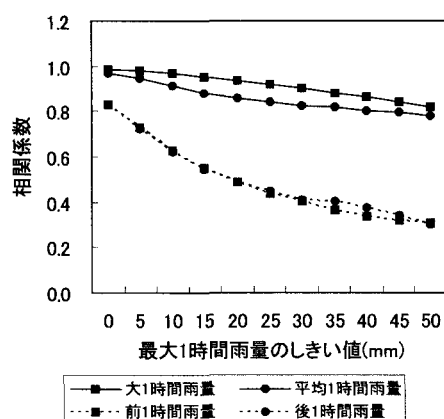
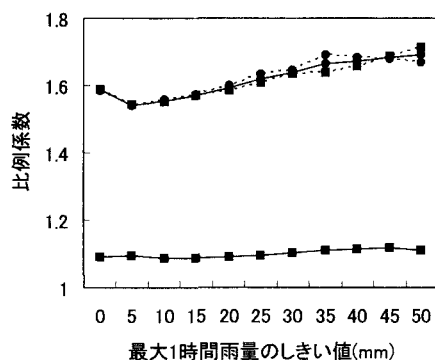


図-4 最大1時間雨量と説明変数の間の比例係数の変動係数、及び最大1時間雨量がしきい値を超過した回数が10回以上ある観測箇所数



(a) 相関係数



(b) 比例係数

図-5 最大1時間雨量と説明変数の相関係数と比例係数(全観測箇所のデータ)。

量と4つの説明変数の間の変動係数は最大1時間雨量のしきい値が大きくなるのに従って大きくなるものの、変動係数はいずれの場合も小さいことが分かる。これから、最大1時間雨量と4つの説明変数の間の比例係数は場所による依存性が小さいことが分かる。

(4) 最大1時間雨量と説明変数の比例係数と相関係数

最大1時間雨量と4つの説明変数の間の関係は、場所

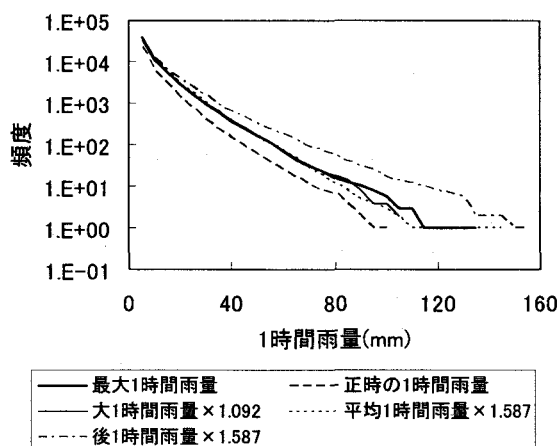


図-6 最大1時間雨量、正時の1時間雨量から推定される最大1時間雨量及び正時の1時間雨量の頻度

による依存性が小さいことから、全観測箇所のデータを用いて比例係数と相関係数を求めた。

全観測箇所のデータを用いた場合の最大1時間雨量と4つの説明変数の間の相関係数と比例係数は、観測箇所毎の場合と同様に最大1時間雨量に5mm毎のしきい値を設け、最大1時間雨量がそれぞれのしきい値を超えたデータのみを用いて算出した。図-3及び図-5には、算出結果を示す。なお、最大1時間雨量がそれぞれのしきい値を超過したデータ数は、しきい値が大きくなるのに従って少なくなるが、全ての場合で危険率1%で相関ありと検定された。

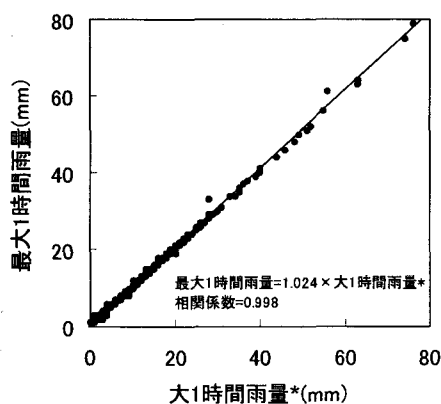
最大1時間雨量との相関係数は、大1時間雨量及び平均1時間雨量は前1時間雨量及び後1時間雨量に比べて大きく、大1時間雨量は平均1時間雨量よりも若干大きいことが分かる。また、最大1時間雨量のしきい値が大きくなるのに従って、前1時間雨量及び後1時間雨量の相関係数が急激に小さくなるのに対して、大1時間雨量及び平均1時間雨量はあまり低下しないことが分かる。

最大1時間雨量との比例係数は、最大1時間雨量のしきい値が大きくなるのに従って大きくなる傾向がある。また、最大1時間雨量と大1時間雨量の比例係数は、正時の前1時間において1mm/h以上の1時間雨量が観測された全ての場合のデータを用いたものでは1.092、平均1時間雨量、前1時間雨量及び後1時間雨量は1.587であった。

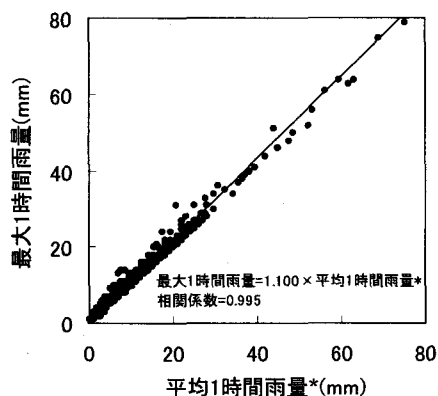
(5) 最大1時間雨量と推定される最大1時間雨量の頻度

図-6は、最大1時間雨量と大1時間雨量、平均1時間雨量及び後1時間雨量(前1時間雨量は後1時間雨量と同様なので省略)から推定される最大1時間雨量について、5mm/h毎のしきい値を超えた頻度を求めたものである。最大1時間雨量の推定は、大1時間雨量には1.092、平均1時間雨量、前1時間雨量及び後1時間雨量には1.587を乗じておこなった。なお、参考までに正時の1時間雨量の頻度も示した。

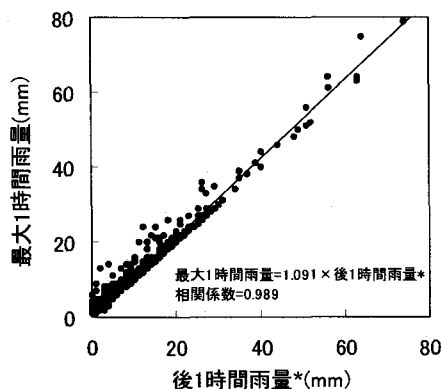
この図から、大1時間雨量と平均1時間雨量から推定される最大1時間雨量と実際に観測された最大1時間雨量の



(a) 大1時間雨量*との関係



(b) 平均1時間雨量*との関係



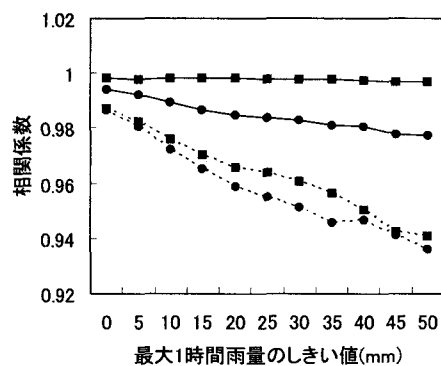
(c) 後1時間雨量*との関係

図-7 最大1時間雨量と説明変数(10分毎の1時間雨量)の関係(日光線今市駅雨量計)。

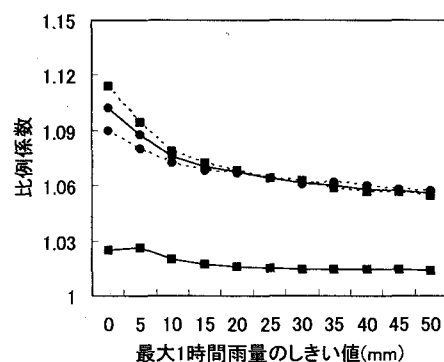
頻度はほぼ一致することが分かる。前1時間雨量と後1時間雨量から推定した最大1時間雨量の頻度は、実際に観測された最大1時間雨量の頻度よりも多く見積られることが分かる。

(6) 最大1時間雨量の推定方法

連続する2つの正時の間に発現した最大1時間雨量の推定には、相関係数及び頻度分析から、連続する2つの正時の1時間雨量のうちの大きいもの、あるいはそれらの平均を説明変数に用いる方法が有効であると考えられる。最大1時間雨量は、前者に対しては1.092を乗じ、後者に対しては1.587を乗じることで推定できることが分かった。



(a) 相関係数



(b) 比例係数

図-8 最大1時間雨量と説明変数(10分毎の1時間雨量)の間の相関係数と比例係数(全観測箇所データのデータ)。

4. 10分毎の1時間雨量から最大1時間雨量の推定方法

(1) 解析方法

10分毎の1時間雨量から最大1時間雨量を推定する方法については、最大1時間雨量が発現した時刻の前後の10分における1時間雨量(例えば0:05に最大1時間雨量が発現した場合は0:00と0:10における1時間雨量)、前後の10分の1時間雨量のうちの大きいもの及び両者の平均の4つを説明変数に取り上げ、それぞれ前1時間雨量*、後1時間雨量*、大1時間雨量*及び平均1時間雨量*として分析した。

解析は、初めに観測箇所毎に正時の前1時間に1mm/h以上の1時間雨量が観測されている場合に最大1時間雨量と4つの説明変数の値を抽出した。なお、この後の解析手順は正時の1時間雨量からの推定方法の分析の場合と同じである。

(2) 今市駅の雨量計の事例

図-7は、日光線今市駅に設置された雨量計で観測された最大1時間雨量と説明変数の間の関係を示したものである(前1時間雨量*は後1時間雨量*と同様なので省略)。最大1時間雨量との相関はいずれの場合も高いが、大1時間

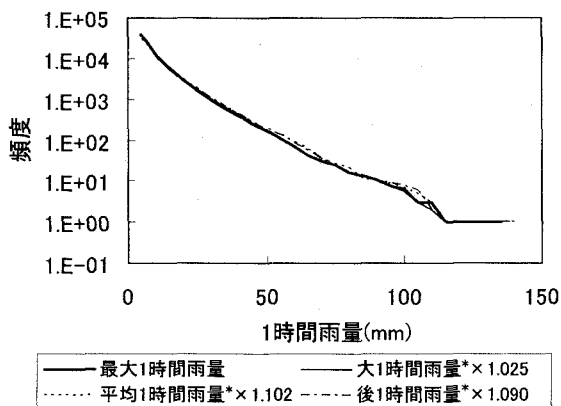


図-9 最大1時間雨量と10分毎の1時間雨量から推定される最大1時間雨量の頻度

雨量*及び平均1時間雨量*との相関は前1時間雨量*及び後1時間雨量*との相関に比べて若干高いことが分かる。

(3) 最大1時間雨量との比例係数と相関係数

図-8は、全観測箇所のデータを用いた場合に、最大1時間雨量が5mm毎のしきい値を超えた場合のデータを用いて、最大1時間雨量と4つの説明変数の間の相関係数と比例係数を求めたものである。なお、最大1時間雨量がそれぞれのしきい値を超過したデータ数は、しきい値が大きくなるのに従って少なくなるが、全ての場合で危険率1%で相関ありと検定された。

最大1時間雨量との相関係数は、大1時間雨量*、平均1時間雨量*、前1時間雨量*、後1時間雨量*の順で小さくなり、大1時間雨量*及び平均1時間雨量*はしきい値が大きくなっても、相関係数はあまり低下しないことが分かる。

最大1時間雨量との比例係数は、最大1時間雨量のしきい値が大きくなるのに従って小さくなる傾向にある。また、最大1時間雨量と大1時間雨量*の比は、1mm/h以上の最大1時間雨量が観測された全てのデータを用いた場合は1.025、平均1時間雨量*は1.102、前1時間雨量*は1.114、後1時間雨量*は1.090であった。

(4) 最大1時間雨量と推定される最大1時間雨量の頻度

図-9は、最大1時間雨量と大1時間雨量*、平均1時間雨量*及び後1時間雨量*(前1時間雨量*は後1時間雨量*と同様の傾向を示すので省略)から推定される最大1時間雨量について、5mm/h毎のしきい値を超えた頻度を求めたものである。最大1時間雨量の推定は、大1時間雨量*には1.025、平均1時間雨量*には1.102、後1時間雨量*には1.090を乗じておこなった。この図から、推定した最大1時間雨量と実際に観測された最大1時間雨量の頻度は、いずれの場合もよく一致することが分かる。

(5) 最大1時間雨量の推定方法

連続する10分の間に発現した最大1時間雨量には、相関係数及び頻度分析から、連続する2つの10分における

1 時間雨量のうちの大きいもの、あるいはそれらの平均を説明変数に用いる方法が有効であると考えられる。最大1時間雨量は、前者に対しては1.025を乗じ、後者に対しては1.102を乗じることで推定できることが分かった。

5. まとめ

正時及び10分毎の1時間雨量から最大1時間雨量を推定する方法を示した。

1) 連続する2つの正時の間に発現した最大1時間雨量は、連続する2つの正時の1時間雨量のうちの大きいものに1.092を乗じるか、あるいはそれらの平均に1.587を乗じることで推定することができる。推定される最大1時間雨量と実際の最大1時間雨量の相関係数は、前者が0.987、後者が0.970であった。また、最大1時間雨量が30mm/h以上の場合のみでは前者が0.901、後者が0.823であった。

2) 連続する10分(例えば0:00と0:10)の間に発現した最大1時間雨量は、連続する2つの10分における1時間雨量のうちの大きいものに1.025を乗じるか、あるいはそれらの平均に1.102を乗じることで推定することができる。推定される最大1時間雨量と実際の最大1時間雨量の相関係数は、前者が0.998、後者が0.994であった。また、最大1時間雨量が30mm/h以上の場合のみでは前者が0.998、後者が0.983であった。

今回の分析によって、正時の1時間雨量から最大1時間雨量を高い精度で推定できることが分かった。この方法を用いることで、正時の1時間雨量しかない場合でも、防災基準値の設定などに重要な役割をもつ災害が発生した時間帯や災害が発生しなかった降雨の最大1時間雨量を推定することが可能となった。鉄道においては、この方法を列車運転規制の発令基準の設定に活用することで、より適切な降雨時の列車運転規制が実現できるものと考えている。

謝辞: 本論文をまとめるにあたり有益なコメントを頂いた匿名査読者の方々に感謝致します。

参考文献

- 1) 島村誠: 降雨による斜面・のり面災害に対する列車運転規制の考え方, 基礎工, Vol.29, No2, pp.17-20, 2001.
- 2) 藤部文昭, 中鉢幸悦: 10分値を使った場合と毎時値だけを使った場合とのひと雨期間最大1時間降水量の比較, 日本気象学会2002年度春季大会講演予稿集, 81, pp.85, 2002.
- 3) 加藤光: 防災情報システムの導入, Japan Railway Engineers' Association, Vol.32, No11, pp.18853-18856, 1989.

(2002. 9. 30受付)