

観測間隔の異なる降水量データに基づいた ひと雨における最大降水量の間の関係

THE RELATIONSHIP BETWEEN MAXIMUM PRECIPITATIONS BASED ON PRECIPITATION
DATA RECORDED AT DIFFERENT INTERVAL FOR EACH RAINFALL EVENT

鈴木 博人

Hiroto SUZUKI

正会員 理修 東日本旅客鉄道株式会社上信越工事事務所新潟工事区(〒950-0086 新潟市花園1-1-3)

Maximum 1-, 3-, 6-, 12-, and 24-hour precipitations are important hydrological variables in hydrological engineering. This paper describes the relationship between maximum precipitations based on precipitation data recorded at an interval of one hour, ten minutes, and five minutes for each rainfall event. Ratios of maximum 1-, 3-, 6-, 12- and 24-hour precipitations recorded at an interval of five minutes to ones recorded at an interval of one hour are 1.164, 1.043, 1.022, 1.011 and 1.006 respectively. Similarly ratios of maximum 1-, 3-, 6-, 12- and 24-hour precipitations recorded at an interval of five minutes to ones recorded at an interval of ten minutes are 1.012, 1.005, 1.003, 1.001 and 1.001.

Key Words : maximum precipitation, 1-, 3-, 6-, 12- and 24-hour precipitations, each rainfall event

1. はじめに

1,3,6,12,24 時間降水量は、水文解析でよく利用される降水量であり、防災、治水や気象などの分野ではこれらの降水量の最大値が特に重要である。降水量は、気象官署の 1 分値、AMeDAS の 10 分値及び正時値などから求めることが可能であり、ひと雨期間中における 1 時間降水量などの降水量の最大値は 1 分値、10 分値、及び正時値などに基づいた最大値がある。これらの最大値の中で水文解析に利用される頻度が最も高いのは、入手の容易さや観測箇所数の多さなどから正時値に基づいた最大降水量である。

ひと雨期間中における 1 時間降水量などの最大値は、観測間隔が短い降水量データから求めた場合ほど真の最大値に近い値になる。このため、正時値などの観測間隔が長い降水量データに基づいた最大降水量と、より短い観測間隔の降水量データに基づいた最大降水量の間の関係が分かれば、防災などに関する水文解析に正時値などに基づいた最大降水量をより有効に活用できるものと考えられる。

しかし、観測間隔の異なる降水量の間の関係を調べた研究事例は多くはなく、例えば最近では藤部・中鉢(2002)¹⁾の正時値に基づいた 1 時間降水量と 10 分値に基づいた 1 時間降水量のひと雨における最大値の関係を求めた事例、鈴木・島村(2003)²⁾の連続する 2 つの正時の間における 1

時間降水量の最大値と正時の 1 時間降水量の関係を求めた事例、及び山元(1999)³⁾の日降水量の年最大値と 24 時間降水量の年最大値の関係を求めた事例などがあるに過ぎないようである。

そこで、本研究では観測間隔の異なる降水量データに基づいた 1,3,6,12,24 時間降水量のひと雨における最大値の関係を明らかにすることを目的に解析をおこなった。

2. 降水量データ

解析に用いた降水量データは、東日本旅客鉄道株式会社(以下 JR 東日本とする)の雨量計によって観測されたものである。JR 東日本では、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 間隔で設置した転倒ます式雨量計で降水量の観測をおこなっている⁴⁾。雨量計に付設された端局装置では、1 分毎に 1 時間降水量と連続降水量(12 時間以上の降水の中断があった場合に降水量がリセットされる降り始めからの総降水量)が計算されている。一方、JR 東日本管内を 9 地域に分けた指令センターの中央装置では、それぞれの地域の雨量計の観測値を順番に収集している。この収集が一巡するには 2 分弱の時間を要することから、雨量計の端局装置で降水量を計算するタイミングによって、中央装置では雨量計の観測値が 1 分

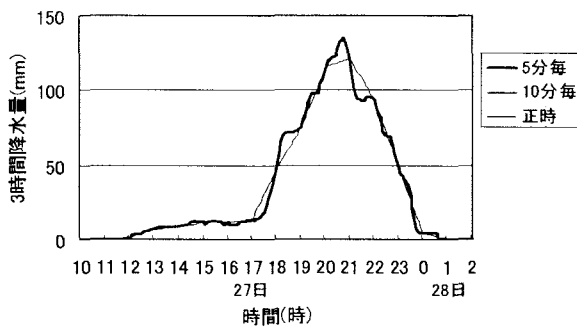


図-1 1999年10月27日の低気圧による豪雨時に、千葉県の成東駅雨量計で記録された3時間降水量の推移。なお、3時間降水量は5分毎、10分毎、及び正時におけるそれぞれの観測値の推移を示したが、5分毎と10分毎における観測値はほぼ一致するので図中では区別できない。

または2分に一度の割合で更新されることになる。また、中央装置では正時からの5分毎の時刻に1時間降水量と連続降水量のデータが保存されている。連続降水量についてはその時刻の値、1時間降水量についてはその時刻の前5分間における最大値が保存されている。つまり、1時間降水量は1分ないし2分間隔で観測された1時間降水量の最大値が保存されることになる。

なお、保存されている1時間降水量データ及び連続降水量データは1mm単位である。また、解析には関東地方に設置されている117箇所の雨量計で1993年から2001年の暖候季(5月～10月)に観測された降水量データを使用した。

3. 解析方法

降水量の積算時間を t とすると、ある時刻 T における t 時間降水量は時刻 T と時刻 $T-t$ における連続降水量の差から求めることができる。連続降水量データは5分毎に保存されていることから、 t 時間降水量は5分毎に求めることが可能で、ひと雨において5分毎に求めた t 時間降水量の中で最大のものを「5分毎の最大 t 時間降水量」とする。また、ひと雨において10分毎の時刻における t 時間降水量の中で最大のものを「10分毎の最大 t 時間降水量」、正時における t 時間降水量の中で最大のものを「正時の最大 t 時間降水量」とする。

また、1分ないし2分間隔で観測された1時間降水量データの最大値は、観測間隔が異なるデータが含まれているという問題はあるものの、このデータのひと雨における最大値は今回利用可能なデータの中で、ひと雨の真の最大1時間降水量に最も近いものである。そこで、ひと雨において1分ないし2分間隔で観測された1時間降水量の中で最大のものを「最小時隔の最大1時間降水量」として解析に含めた。

図-1は、1999年10月27日の低気圧による豪雨時に、千葉県の成東駅雨量計で記録された3時間降水量の推移

を示したものである。ひと雨の降り始めからの正時における観測回数が t 回以下の場合には、最小時隔、5分毎、10分毎、及び正時の最大 t 時間降水量は一致する。しかし、ひと雨の降り始めから降り終わりまでの正時における観測回数が $t+1$ 回以上ある場合には、図-1の20時から21時の時間帯などにみられるように最小時隔、5分毎、及び10分毎の最大 t 時間降水量は、正時の最大 t 時間降水量よりも大きくなる場合がある。そこで、解析の対象は正時における観測回数が $t+1$ 回以上あるひと雨とし、今回の解析対象の箇所及び期間におけるひと雨の総数は、1,3,6,12,24時間降水量でそれぞれ24,380回、19,657回、15,877回、9,923回、4,778回であった。

なお、ここでひと雨とは1時間降水量が0mmの状態が12時間以上継続した場合を区切りとする一連の降水とし、ひと雨の降り終りとは正時において1mm以上の降水量が最後に観測された時刻とした。

4. 1時間降水量

図-2(a),(b),(c)は、ひと雨の最小時隔、5分毎、及び10分毎の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の間の関係を示したものである。また、図-3(a)はひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の比の頻度分布を示したものである。

ひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の比の頻度は、全てのひと雨のデータを用いた場合には1.0と2.0が高く、1.0と2.0の間では比が大きくなるのに従って低くなる。なお、2.0の頻度が高いのは、解析に用いた降水量データが1mm単位であるといったデータの分解能に関係している。つまり、正時の最大1時間降水量が1mmの場合は最小時隔の1時間降水量は1mmか2mm、正時の最大1時間降水量が2mmの場合は最小時隔の1時間降水量は2,3,4mmしか取り得ないように、正時の最大1時間降水量が小さい場合には最小時隔の1時間降水量は正時の最大1時間降水量の2倍になるケースが多くでてくるためである。ひと雨の最小時隔の最大1時間降水量が東京23区の大雨注意報及び大雨警報の発令基準値である30mm及び50mmを超過した大雨のデータのみを用いた場合には、 $1.0 < r \leq 1.1$ の頻度が相対的に高くなる。また、ひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の比の最大は、最小時隔の最大1時間降水量が30mm以上の大雨のデータのみを用いた場合で1.95であった。

ひと雨の5分毎及び10分毎の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の比の頻度分布は、図-3(a)と同様の傾向を示す(図は省略)が、図-3(a)よりも小さい比の頻度が高く、大きい比の頻度が低くなる。ひと雨の5分毎及び10分毎の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の比の最大は、最小時隔の最大1時間降水量が30mm以上の大雨のデータのみを用いた場合でいずれも1.95であっ

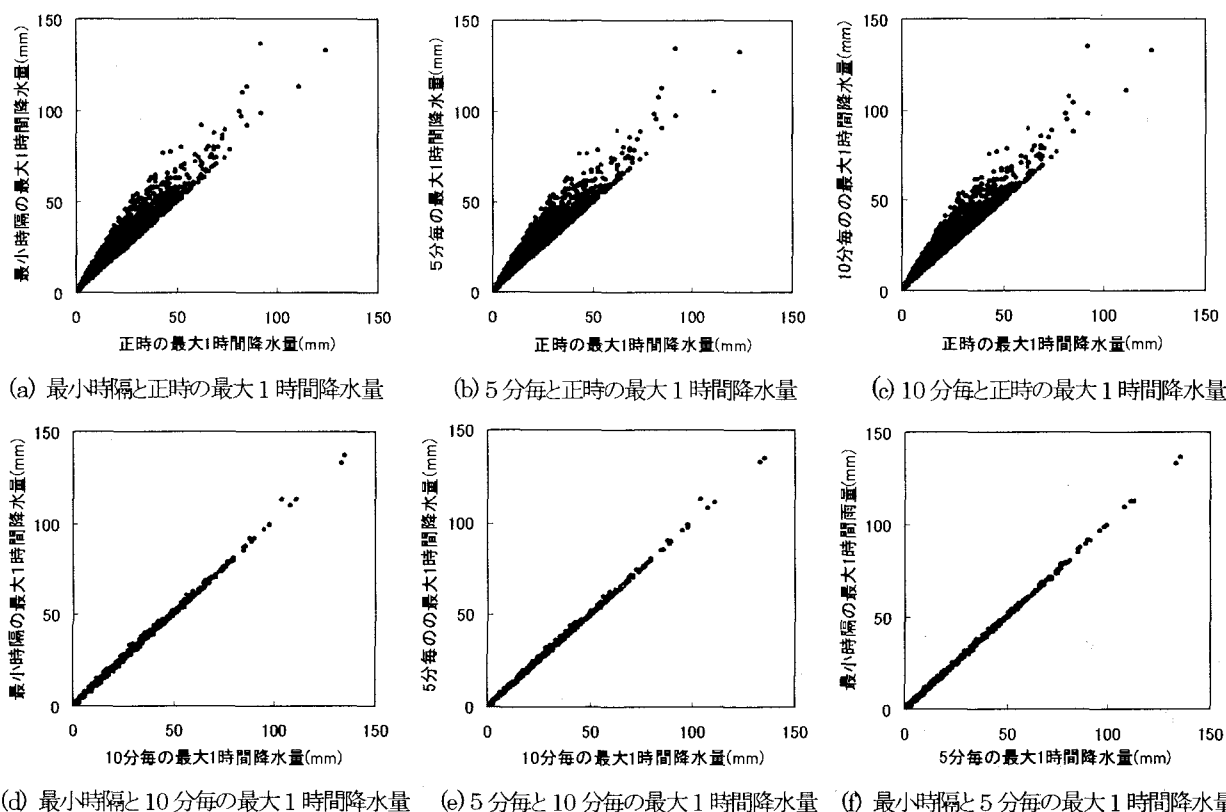


図-2 ヒと雨の最小時隔、5分毎、10分毎、及び正時の最大1時間降水量の間の関係

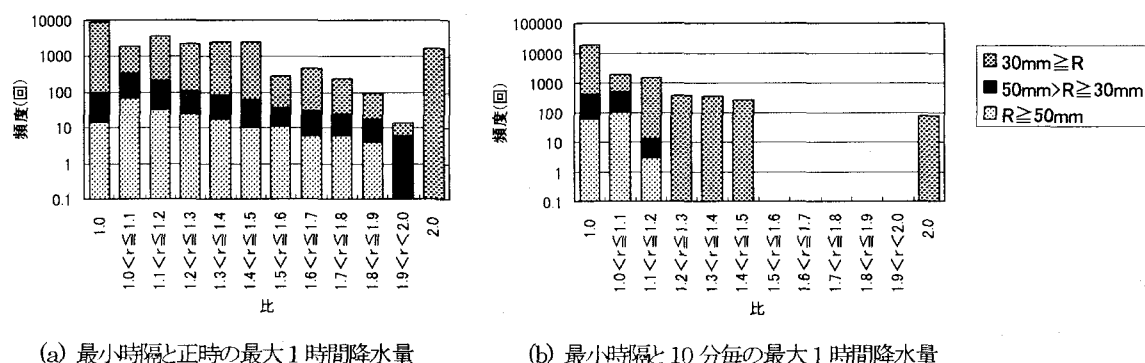


図-3 ヒと雨の最小時隔の最大1時間降水量と正時及び10分毎の最大1時間降水量の比の頻度分布。なお、最小時隔の最大1時間降水量(R)は東京23区の大雨注意報及び大雨警報の発令基準値にしきい値を設けて示した。

表-1 全てのヒと雨のデータを用いた場合のヒと雨の最小時隔、5分毎、10分毎、及び正時の最大1時間降水量の間の比例定数(右上)と相関係数(左下)。

	最小時隔	5分毎	10分毎	正時
最小時隔	—	1.012	1.024	1.178
5分毎	0.999	—	1.012	1.164
10分毎	0.999	0.999	—	1.150
正時	0.981	0.981	0.981	—

た。

次に、ヒと雨の最小時隔、5分毎、及び10分毎の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の間の比例定数と相関係数を求めた。なお、比例定数は最小時隔、5分毎、及び10分毎の最大1時間降水量のそれぞれの合計と正時の最大1時間降水量の合計の比である。表-1は、全ての

ヒと雨のデータを用いた場合の比例定数と相関係数をまとめたものである。また、図-4は最小時隔の最大1時間降水量に1mm毎のしきい値を設けて、最小時隔の最大1時間降水量がしきい値を超過した降水量データのみを用いて比例定数と相関係数を求めた結果である。

ヒと雨における最小時隔、5分毎、及び10分毎の最大1時間降水量と正時の最大1時間降水量の間の比例定数は、最小時隔の最大1時間降水量のしきい値が大きくなるのに従って、しきい値が小さい場合は減少するが、大きい場合は増加する。一方、相関係数は最小時隔の最大1時間降水量が大きくなるのに従って低下するが、最小時隔の最大1時間降水量が50mm以上の大雨のデータのみを用いた場合でも0.8以上と高い相関を示している。

図-2(d),(e)は、ヒと雨の最小時隔及び5分毎の最大1時間降水量と10分毎の最大1時間降水量の間の関係、図

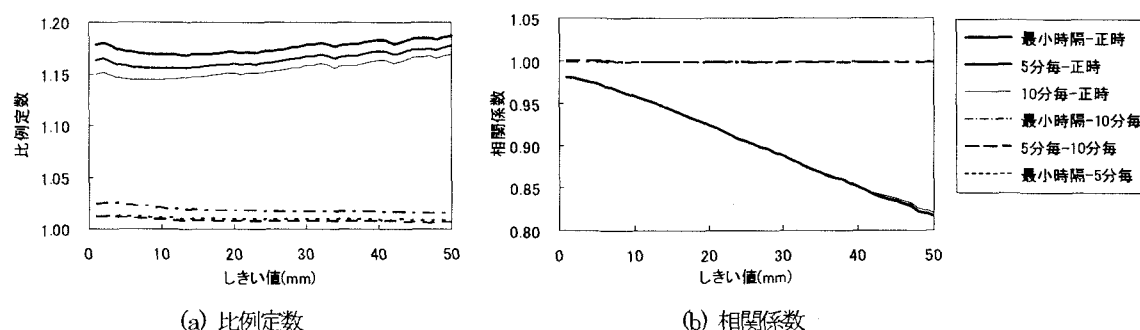


図-4 ひと雨の最小時隔, 5分毎, 10分毎, 及び正時の最大1時間降水量の間の比例定数と相関係数。なお、比例定数と相関係数は最小時隔の最大1時間降水量が個々のしきい値を超えた降水量データのみを用いて求めた。また、(b)相関係数では、最小時隔と正時, 5分毎と正時, 及び10分毎と正時の最大1時間降水量はほぼ一致し、また最小時隔と10分毎, 5分毎と10分毎, 最小時隔と5分毎の最大1時間降水量はほぼ一致するので、それぞれ図中では区別できない。

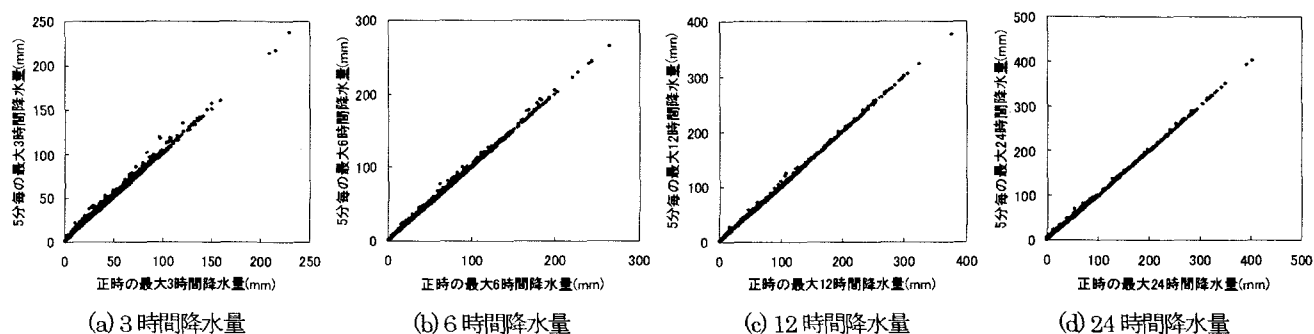


図-5 ひと雨の5分毎と正時の最大降水量の間の関係

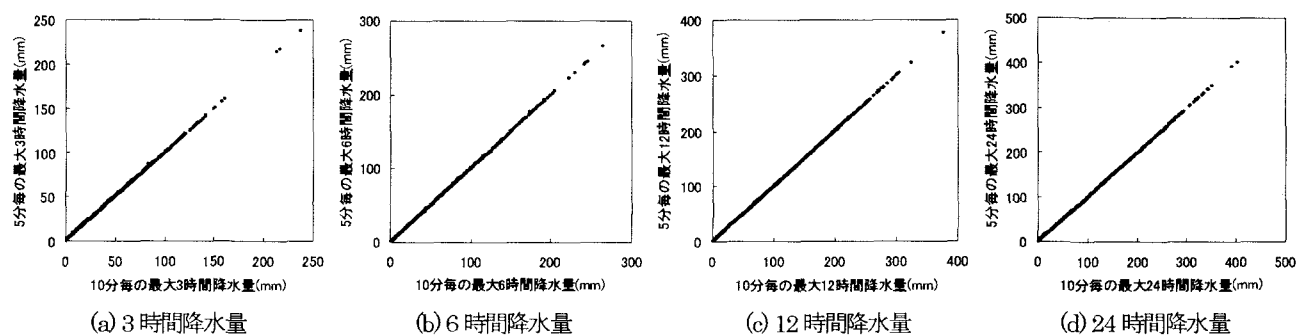


図-6 ひと雨の5分毎と10分毎の最大降水量の間の関係

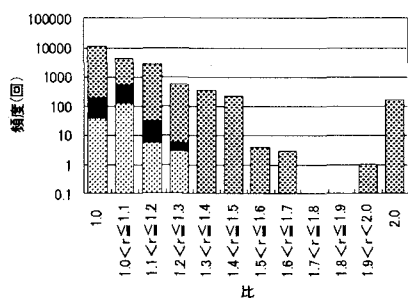
-3(b)はひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と10分毎の最大1時間降水量の比の頻度分布を示したものである。なお、ひと雨の5分毎の最大1時間降水量と10分毎の最大1時間降水量の比の頻度分布は、図-3(b)と同様の傾向を示す(図は省略)が、図-3(b)よりも小さい比の頻度が高く、大きい比の頻度が低くなる。また、ひと雨の最小時隔及び5分毎の最大1時間降水量と10分毎の最大1時間降水量の比の最大は、最小時隔の最大1時間降水量が30mm以上の大雨のデータのみを用いた場合で1.18及び1.14であった。

ひと雨の最小時隔及び5分毎の最大1時間降水量と10分毎の最大1時間降水量の間の比例定数と相関係数は表-1及び図-4のとおりであり、最小時隔の最大1時間降水量のしきい値が大きくなるのに伴ってわずかに減少する。また、最小時隔の最大1時間降水量が50mm以上の大雨の

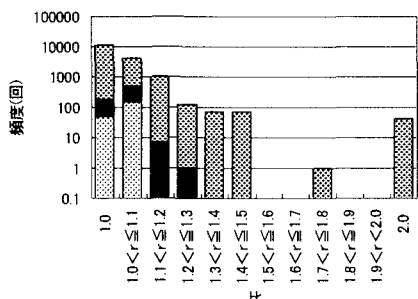
データのみを用いた場合でも、相関係数はいずれも0.998と非常に高い相関を示している。

図-2(f)は、ひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と5分毎の最大1時間降水量の間の関係を示したものである。ひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と5分毎の最大1時間降水量の比の頻度分布は、図-3(b)と同様の傾向を示す(図は省略)が、図-3(b)よりも小さい比の頻度が高く、大きい比の頻度が低くなる。ひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と5分毎の最大1時間降水量の比の最大は、最小時隔の最大1時間降水量が30mm以上の大雨のデータのみを用いた場合で1.09であった。

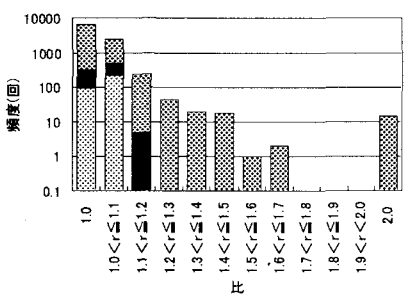
ひと雨の最小時隔の最大1時間降水量と5分毎の最大1時間降水量の間の比例定数と相関係数は表-1及び図-4のとおりであり、最小時隔の最大1時間降水量のしきい値が大きくなるのに従ってわずかに減少する。また、最小時隔



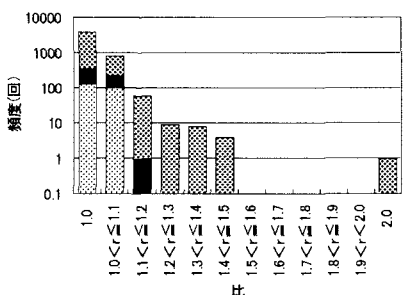
(a) 3時間降水量



(b) 6時間降水量



(c) 12時間降水量



(d) 24時間降水量

図-7 ヒと雨の5分毎と正時の最大降水量の比(r)の頻度分布。

なお、5分毎の最大降水量(R)にしきい値を設けて示した。

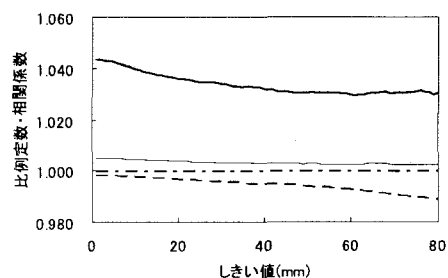
の最大1時間降水量が50mm以上の大雨のデータのみを用いた場合でも、相関係数は0.999と非常に高い相関を示している。

5. 3,6,12,24 時間降水量

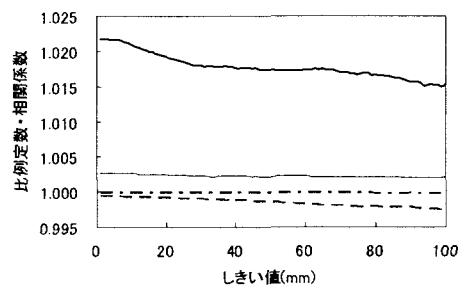
図-5は、3,6,12,24 時間降水量のヒと雨における5分毎の最大降水量と正時の最大降水量の関係、図-6は5分毎

表-2 3,6,12,24 時間降水量それぞれの全てのヒと雨のデータを用いた場合のヒと雨の5分毎の最大降水量と正時及び10分毎の最大降水量の間の比例定数

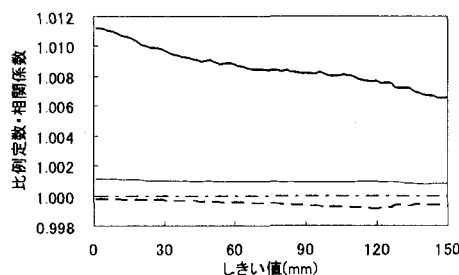
	3時間降水量	6時間降水量	12時間降水量	24時間降水量
5分毎・正時	1.043	1.022	1.011	1.006
5分毎・10分毎	1.005	1.003	1.001	1.001



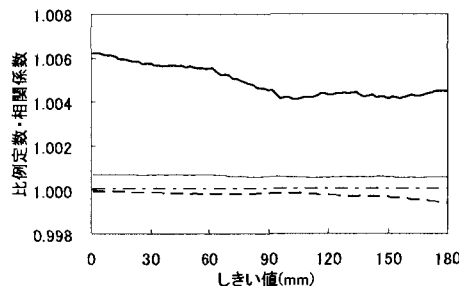
(a) 3時間降水量



(b) 6時間降水量



(c) 12時間降水量



(d) 24時間降水量

比例定数: — 5分毎・正時 — 5分毎・10分毎
相関係数: - - - 5分毎・正時 - - - 5分毎・10分毎

図-8 ヒと雨の5分毎の最大降水量と正時及び10分毎の最大降水量の間の比例定数と相関係数。なお、比例定数と相関係数は5分毎の最大降水量が個々のしきい値を超えた降水量データのみを用いて求めた。

の最大降水量と 10 分毎の最大降水量の関係を示したものである。図-7 は、ひと雨の 5 分毎の最大降水量と正時の最大降水量の比の頻度分布を示したものである。また、表-2 はそれぞれの全てのひと雨のデータを用いた場合のひと雨の 5 分毎の最大降水量と正時及び 10 分毎の最大降水量の間の比例定数をまとめたものである。図-8 は、5 分毎の最大降水量に 1mm 毎のしきい値を設けて、5 分毎の最大降水量がしきい値を超過した降水量データのみを用いて、ひと雨の 5 分毎の最大降水量と正時及び 10 分毎の最大降水量の間の比例定数と相関係数を求めた結果である。

ひと雨における 5 分毎の最大降水量と正時の最大降水量の間の比例定数と相関係数は、5 分毎の最大降水量のしきい値が大きくなるのに従ってわずかに減少する。相関係数は、それぞれの全てのひと雨のデータを用いた場合で 3 時間降水量では 0.998、6、12、24 時間降水量では 0.999 以上と非常に高い相関を示している。また、大雨の目安を 3 時間降水量と 24 時間降水量では東京 23 区の大雨注意報の発令基準値の 50mm と 90mm、6 時間降水量と 12 時間降水量では 70mm と 80mm とすると、ひと雨の 5 分毎の最大降水量がこれらの大雨の目安を超えた場合では、5 分毎の最大降水量と正時の最大降水量の比の最大は、3 時間降水量と 6 時間降水量は 1.26、12 時間降水量は 1.17、24 時間降水量は 1.11 であった。

ひと雨における 5 分毎の最大降水量と 10 分毎の最大降水量の間の比例定数と相関係数は、5 分毎の最大降水量のしきい値が大きくなるのに伴ってわずかに減少する。相関係数は、それぞれの全てのひと雨のデータを用いた場合でいずれも 0.999 以上と非常に高い相関を示している。また、5 分毎の最大降水量が前述の大雨の目安を超えた場合の 5 分毎の最大降水量と 10 分毎の最大降水量の比の最大は、3 時間降水量は 1.05、6 時間降水量は 1.03、12 時間降水量は 1.02、24 時間降水量は 1.01 であった。

6. まとめ

本研究では、JR 東日本が観測した降水量データを用いて、観測間隔の異なる降水量データに基づいた 1,3,6,12,24 時間降水量のひと雨における最大値の関係を解析した。この結果、下記のことが分かった。

- (1) ひと雨における 1 時間降水量の 1 分ないし 2 分間隔で観測された最大値(最小時隔の 1 時間降水量の最大値)と正時の 1 時間降水量の最大値の比は 1.178 であった。また、ひと雨における 5 分毎の降水量の最大値と正時の降水量の最大値の比は、1 時間降水量は 1.164、3 時間降水量は 1.043、6 時間降水量は 1.022、12 時間降水量は 1.011、24 時間降水量は 1.006 であった。
- (2) ひと雨における最小時隔の 1 時間降水量の最大値と 10 分毎の 1 時間降水量の最大値の比は 1.024 であった。また、ひと雨における 5 分毎の降水量の最大値と正時の降水量の最大値の比は、1 時間降水量は 1.012、3 時間

降水量は 1.005、6 時間降水量は 1.003、12 時間降水量及び 24 時間降水量は 1.001 であった。

- (3) 大雨の目安を東京 23 区の大雨注意報の発令基準値程度とすると、ひと雨の最小時隔の 1 時間降水量の最大値が大雨の目安を超えた場合では、最小時隔及び 5 分毎の 1 時間降水量の最大値と正時の 1 時間降水量の最大値の比の最大はいずれも 1.95 であった。ひと雨の 5 分毎の最大降水量が大雨の目安を超えた場合では、5 分毎の最大降水量と正時の最大降水量の比の最大は、3 時間降水量と 6 時間降水量は 1.26、12 時間降水量は 1.17、24 時間降水量は 1.11 であった。
- (4) ひと雨の最小時隔の 1 時間降水量の最大値が大雨の目安を超えた場合では、最小時隔及び 5 分毎の 1 時間降水量の最大値と 10 分毎の 1 時間降水量の最大値の比の最大は 1.18 及び 1.14 であった。ひと雨の 5 分毎の最大降水量が大雨の目安を超えた場合では、5 分毎の最大降水量と 10 分毎の最大降水量の比の最大は、3 時間降水量は 1.05、6 時間降水量は 1.03、12 時間降水量は 1.02、24 時間降水量は 1.01 であった。
- (5) 1,3,6,12,24 時間降水量のひと雨における最小時隔、5 分毎、10 分毎、及び正時における最大降水量の間の相関は高いことが分かった。しかし、雨の降り方によっては、ひと雨の最小時隔や 5 分毎の最大降水量と正時の最大降水量の比が大きくなる場合があることが分かった。特に、降水量の積算時間が短い 1 時間降水量の場合に顕著であり、ひと雨の最小時隔の最大 1 時間降水量は正時の最大 1 時間降水量の 2 倍程度になる場合があることが分かった。従って、ひと雨の最大降水量を論ずる場合には、降水量データの観測間隔によっては求めた最大降水量と真の最大降水量の間に大きな差異が生じている場合があることを念頭において水文解析を進める必要がある。

参考文献

- 1) 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, Vol.81, pp.85, 2002.
- 2) 鈴木博人・島村誠: 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, 水工学論文集, Vol.47, pp.145-150, 2003.
- 3) 山元龍三郎: 集中豪雨の動向を探る, 大雨と災害〜日本気象学会関西支部第 21 回夏期大学テキスト〜, 気象学会関西支部, pp.3-21, 1999.
- 4) 加藤光: 防災情報システムの導入, Japan Railway Engineers' Association, Vol.32, No.11, pp.18853-18856, 1989.

(2003.9.30 受付)