東京観測所における強雨発生頻度のトレンドについて

東京都立大学　都市環境学部　学生員　○平林　空
東京都立大学院　都市環境科学研究科　正会員　河村　明
東京都立大学院　都市環境科学研究科　正会員　天口　英雄

１．はじめに

近年，都市部において局地的豪雨及びそれに伴う浸水被害が増加しており，東京都では中小河川目標整備水準を従来の時間 50mm 降雨から，区部では時間 75mm，多摩部で時間 65mm に引き上げた [1]．新たな目標整備水準では，過去 30 年を超える 2010 年までのデータをもとに計画降雨を設定しているが，近年の豪雨増加を考慮すると降雨特性が変化している可能性がある．著者ら [2] は，東京都の 10 アメダス観測点を対象に，10 分・1 時間・日・月の最大雨量について，2018 年を起点として基準となる年を 1 年ずつ移動させながら季節性 Mann-Kendall 検定を行い，東京都の強降雨量の量に着目した経年的トレンド解析を行った．本報では，強降雨量の発生頻度に着目し，最も長期的なデータが存在する東京都の東京観測所を対象に，日・時間・10 分間降雨量における強雨発生頻度のトレンドについて検討を行った．

２．使用データおよび解析方法

使用したデータは，気象庁の東京観測所における日降水量，1 時間降水量，日最大 10 分間降水量データである．**表–1** の「全観測期間」の行に各使用データの収集期間およびそのデータ数を示す．収集期間は気象庁が公表している観測開始から 2019 年までである．本報ではトレンド長として，全観測期間および世界気象機関（World Meteorological Organization）の平年値の定義である 30 年を対象とした．**表–1** には各データを 2019 年を起点に 30 年ごとに分けた期間（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ）およびそのデータ数を示している．解析方法としては，データの時系列変動のトレンドを判定するノンパラメトリック法である Mann-Kendall 検定を用いた [3]．

３．強雨発生頻度の解析結果と考察

強雨発生頻度は，**表–1** に示した全観測期間およびⅠ～Ⅴの期間ごとに，まず日降水量データを用いて 30 ㎜以上，50 ㎜以上，75 ㎜以上，100 ㎜以上の日強雨頻度を，1 時間降水量データを用いて 10 ㎜以上，30 ㎜以上，50 ㎜以上，75 ㎜以上の時間強雨頻度を，そして日最大 10 分間降水量データを用いて 5 ㎜以上，10 ㎜以上，15 ㎜以上，20 ㎜以上の 10 分間強雨頻度をそれぞれカウントした．その結果を**表–2** の「発生頻度」の列に示す．また，**図–1** には上記の強雨発生頻度の年別時系列を示す．次いで，**表–2** に示した日・時間・10 分間降雨強度ごとに全観測期間およびⅠ～Ⅴの期間で Mann-Kendall 検定を行った結果を**表–2** の「検定結果」の列に示す.「検定結果」は，トレンドが見られた場合に三角形のシンボルで示しており，青色の上向き三角形は増加トレンド，赤色の下向き三角形は減少トレンドを示す．また，白抜き三角形は有意水準 5%，塗りつぶし三角形は有意水準 1%でのトレンドを示している．なお，今回**表–2** より減少トレンドは検出されず，また時間強雨 75 ㎜以上の発生頻度は 2 回のみであったため検定不能であった．

表–2 の検定結果より，有意水準１%の強い頻度増加トレンドとして，全観測期間での時間強雨 10 ㎜以上，全観測期間での 10 分間強雨 5 ㎜および 10 ㎜以上，10 分間強雨 5 ㎜以上の期間Ⅱの 4 区間が検出された．**図–1b)** および **c)** の対応区間の時系列からも明らかな増加傾向がみてとれる．また，有意水準 5%の弱い頻度増加トレンドとしては，主に日強雨頻度にみられ，日強雨 75 ㎜以上の全区間および期間Ⅳ，そして日強雨 50 ㎜以上の同じく期間Ⅳが検出され，さらに時間強雨 10 ㎜以上の期間Ⅰも検出された．**図–1a)** および **b)** の対応区間の時系列からこれらの増加傾向を把握することは容易ではない．

一方、**図–1　a)**, **b)**, **c)** の期間ⅠとⅡの強雨発生頻度を比べると期間Ⅰの方が明らかに頻度が増加しているように見受けら

表–1　データの収集期間とデータ数

項目		日降水量 (mm/日)	データ数	時間降水量 (mm/時間)	データ数	日最大10分間降水量 (mm/10分)	データ数
全観測期間		1876-2019(144年間)	52594	1921-2019(99年間)	869541	1940-2019(80年間)	29220
期間	Ⅰ	1990-2019(30年間)	10973	1990-2019(30年間)	263283	1990-2019(30年間)	10973
	Ⅱ	1960-1989(30年間)	10973	1960-1989(30年間)	263283	1960-1989(30年間)	10973
	Ⅲ	1930-1959(30年間)	10973	1930-1959(30年間)	263283	1940-1959(20年間)	7274
	Ⅳ	1900-1929(30年間)	10972	1921-1929(9年間)	79692		
	Ⅴ	1876-1899(24年間)	8703				

表–2　強雨発生頻度及び各期間における検定結果

(a)日強雨頻度		30㎜以上		50㎜以上		75㎜以上		100㎜以上	
		発生頻度(日)	検定結果	発生頻度(日)	検定結果	発生頻度(日)	検定結果	発生頻度(日)	検定結果
全観測期間		1917	-	751	-	252	△	132	-
期間	Ⅰ	427	-	185	-	74	-	37	-
	Ⅱ	362	-	124	-	38	-	19	-
	Ⅲ	418	-	153	-	58	−	32	-
	Ⅳ	438	-	174	△	52	△	30	-
	Ⅴ	272	-	115	-	30	-	14	-
(b)時間強雨頻度		10㎜以上		30㎜以上		50㎜以上		75㎜以上	
		発生頻度(回)	検定結果	発生頻度(回)	検定結果	発生頻度(回)	検定結果	発生頻度(回)	検定結果
全観測期間		1840	▲	115	-	24	-	2	-
期間	Ⅰ	712	△	42	-	10	-	1	＼
	Ⅱ	452	-	29	-	4	-	0	＼
	Ⅲ	509	-	40	-	10	-	1	＼
	Ⅳ	167	-	4	-	0	-	0	＼
(c)10分間強雨頻度		5㎜以上		10㎜以上		15㎜以上		20㎜以上	
		発生頻度(日)	検定結果	発生頻度(日)	検定結果	発生頻度(日)	検定結果	発生頻度(日)	検定結果
全観測期間		711	▲	175	▲	63	-	22	-
期間	Ⅰ	317	-	90	-	31	-	8	-
	Ⅱ	244	▲	45	-	17	-	8	-
	Ⅲ	155	-	40	-	15	-	6	-

▲：増加トレンド（α＝0.01）　△：増加トレンド（α＝0.05）　－：トレンド無し　＼：デ-タ無し

キーワード　Mann-Kendall 検定，トレンド，アメダス，強雨発生頻度，降水量
連絡先　〒192-0397　東京都八王子市南大沢 1-1　首都大学東京　　E-mail: hirabayashi-sora@ed.tmu.ac.jp

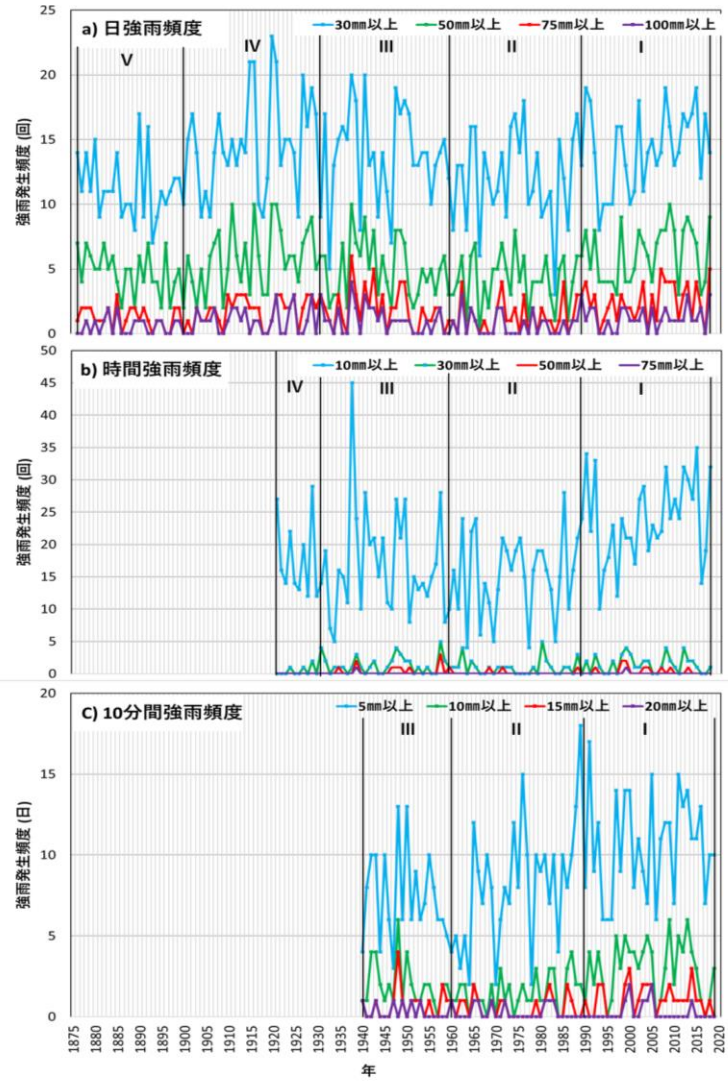

図-1 各強雨降水日数の時系列

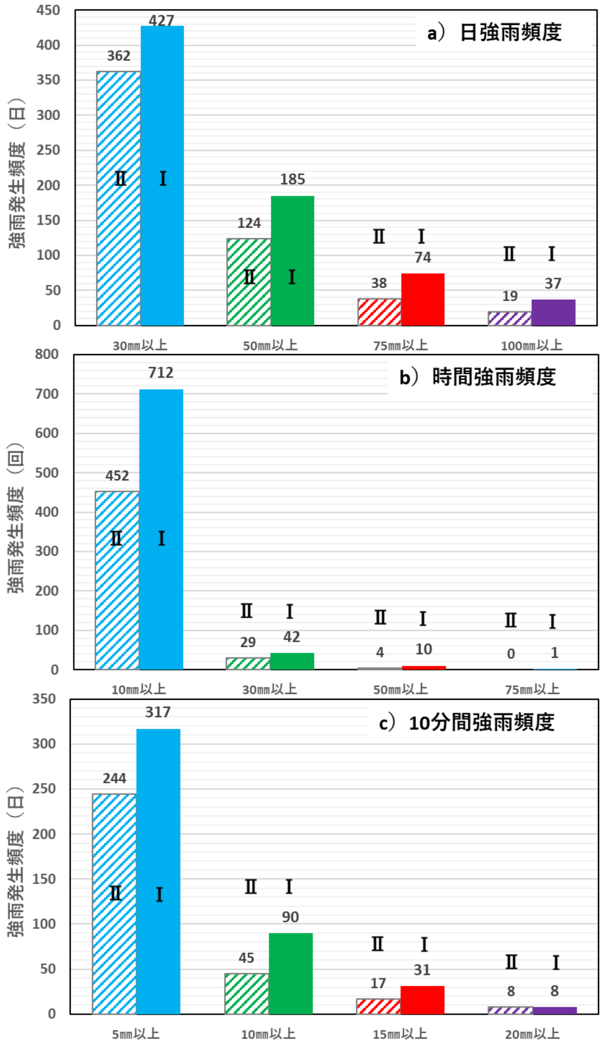

図-2 各頻度の期間Ⅰ、Ⅱにおける比較

れ，**表-2** よりその頻度回数を図示すると**図-2** のようになる．**図-2** より，日・時間・10 分間の全ての対象時間およびほとんどの対象強雨強度において，期間Ⅰでは期間Ⅱに比べ発生頻度が顕著に増加していることがわかる．特に，時間強雨 50 mm以上の発生頻度は 2.5 倍に増加している．また，本報では対象トレンド長を 30 年としたが，**図-1** を概観すると例えば時間強雨 30 mm以上において対象トレンド長を 1994 年から 2019 年の 26 年とすると，この区間の p 値は 0.002 と 1%有意水準を優にクリアし，非常に強い増加トレンドが検出される結果となる．このように対象トレンド長を変化させると種々の対象時間および対象強雨強度に対し有意なトレンドが検出される可能性が高いと考える．なお，**表-2** より対象時間が短くなるほど全観測期間での有意な増加トレンドが検出される傾向がみられるが，これは観測期間の長さにも依存していると考えられる．

4．むすび

本報では，Mann-Kendall 検定による東京観測所での強雨発生頻度のトレンド把握を行った．その結果，強雨発生頻度の減少トレンドは検出されず，検出されたのは増加トレンドのみであった．また，2019 年からの直近 30 年間とその前の 30 年間を比較すると，日・時間・10 分間の全ての対象時間および対象強雨強度において，その発生頻度が顕著に増加していることが判明した．今後さらにトレンド長を変化させより詳細なトレンド検定を行うとともに，東京の他の観測点における強雨発生頻度のトレンドに関しても同様に検討していく予定である．

参考文献

1) 石原成幸、高崎忠勝：新たな中小河川の整備水準の策定に至る歴史的経緯, 都土木技術支援・人材育成センター年報, pp145-156, 2013.

2) 田島健一郎，河村　明，高崎忠勝，天口英雄：季節性 Mann-Kendall 検定による東京都の 10 分・1 時間・日・月最大雨量の年移動トレンドの変動解析，第 47 回土木学会関東支部研究発表会講演集，CD-ROM 版(II-58).

3) Bui. D., D., Kawamura, A., Tong, T., N., Amaguchi, H. and Nakagawa, N.：Spatio-temporal analysis of recent groundwater-level trends in the Red River Delta, Vietnam.*Hydrogeology Journal,* Vol.20, Issue 8, pp. 1635-1650, 2012.