神田川上流域における X バンド MP レーダ雨量の時空間特性について

首都大学東京大学院	都市環境科学研究科	学生員	○戸野塚	章宏
首都大学東京大学院	都市環境科学研究科	正会員	河村	明
(株)建設技術研究所		正会員	米勢	嘉智
首都大学東京大学院	都市環境科学研究科	正会員	天口	英雄

1. はじめに

近年,ゲリラ豪雨と呼ばれる局所的かつ短時間の集中豪雨により洪水被害が頻発している.都市域の中小河川では,短時間の集中豪雨による河川の氾濫や内水による浸水被害の危険性が高いため,詳細な1分値地上観測雨量や水位観測データを用いた流出解析が行われている¹⁾. そのような流出解析による河川水位の推定のためには,第一に詳細な降雨の空間・時間分布を的確に把握することが重要となる.

国土交通省が整備する X バンド MP レーダネットワーク(XRAIN)は、2014 年 3 月に本格運用を開始し、詳細 な降雨の時空間分布の情報が入手できる環境が整備されている.レーダによる降雨観測特性や高精度な降雨量推定 についての研究も進められてきており、X バンド MP レーダ雨量の精度向上が図られている².また、X バンド MP レーダ雨量の精度に関しては、地上観測雨量を用いた研究³,4)が行われているが、これらの研究では地上観測 雨量の観測時間間隔との整合にも考慮して 1 分間隔の観測データを 10 分値などに換算したものを用いている.

既往研究として、都市中小河川流域における1分値地上雨量観測データを用いた X バンド MP レーダ雨量の精 度評価により、X バンド MP レーダ雨量の詳細な時間分解能に関する観測精度の有効性を確認する⁵⁰一方で、1分 値による X バンド MP レーダ雨量と地上観測雨量データには、観測時差があることが指摘されている. さらに、 地上雨量と X バンド MP レーダ雨量の相関性は、必ずしも観測地点直上メッシュではなく、周辺メッシュ範囲に おいて高いことが確認されている⁶⁰. しかし、上述した研究の多くは地上観測雨量と観測地点直上メッシュにおけ る X バンド MP レーダ雨量のハイエトグラフをもとにした比較であり、複数の観測地点周辺メッシュデータを用 いた豪雨を対象とした空間的な検討事例はほとんどない.

本研究では、都市域の流出解析や河川水位推定に求められる詳細な時空間分解能を有する X バンド MP レーダ 雨量の精度把握、精度確保を目的として、東京都の代表的な都市中小河川流域である神田川上流域における豪雨イ ベントについて、複数観測地点を対象とした1分値地上観測雨量データ(東京都水防総合情報システム)と観測地 点周辺メッシュの X バンド MP レーダ雨量の時空間特性について検討した.

2. 対象流域および対象降雨

本研究では、図-1に示す東京都内の中小河川である神田川の井の頭池から善福寺川合流点までの上流域約 11.5km²、流路延長約 9km を対象流域として設定した.

使用する雨量データは、東京都水防災総合情報システムによる地 上観測雨量データ(以下「地上雨量」という)である.図-2に対 象流域内の地上雨量観測地点を示す.小流域であるが流域内には5 観測地点(久我山,久我山橋,池袋橋,番屋橋,和田見橋)配置さ れている.なお気象庁アメダス観測所は流域内に存在しない.これ らの観測地点は1分間隔,最小単位1mmで雨量データを計測して いる.本研究では,対象流域内において地上雨量とXバンドMP レーダ雨量をもとに広範囲に時空間的な精度確認を行うため,対象流 域の上流域および下流域に位置し,水位観測も実施している2観測地 点(久我山橋,番屋橋)を対象とした.

対象降雨は,2013年に対象流域において発生した豪雨を対象とし選定することとした.東京都は現在時間 50mmの降雨に対応する整備を行っており⁷⁾,また中小河川では,短時間の強降雨が河川水位を上昇させるため,対象降雨の累加期間は30分とし,対象観測地点の30分



キーワード 1分値地上観測雨量データ,XバンドMPレーダ雨量,XRAIN,時空間特性,神田川上流域 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:tonotsuka-akihiro@ed.tmu.ac.jp 累加雨量値が 25mm 以上の降雨を抽出し,その降雨を含み,1時間以上の無降雨状態を伴わない⁸一連の降雨を降 雨イベントとして設定した.表-1には、対象観測地点ごとに抽出した降雨イベント、30分累加雨量の抽出開始時 刻および 30分累加雨量,降雨継続時間,総雨量,降雨要因を示す.なお,降雨イベント名は、久我山橋で抽出し た 30分累加雨量が最も大きいイベントは Kb-1のように設定した.表-1より、Kb-1とB-1のように観測地点が異 なるが同じ降雨期間を含むものが3イベント存在する.また、図-3に降雨イベントKb-1、Kb-2における地上雨量 とXバンド MP レーダ雨量のハイエトグラフを示す.これより、地上雨量は最小単位が1mm/minであり、かつ単 位を mm/hr に換算しているため、Xバンド MP レーダ雨量と比べて値の変動が大きくなっているものの、降雨波 形の相似性は確認できる.なお、図-3 a)、b) はともに後半部に地上雨量で降雨強度 60mm/hr の観測値が見られ るが X バンド MP レーダ雨量ではそのような観測はされていない.これは X バンド MP レーダ雨量では 5mm/hr 程度の弱い降雨が継続しており、この降雨により地上観測データの最小単位1mmを観測したためであると考えら れる.

3. X バンド MP レーダ雨量と地上雨量との時空間特性

(1) 時空間解析の概要

対象観測地点にて抽出した降雨イベントについて、地上雨量と地上観測地点直上およびその周辺メッシュにおける X バンド MP レーダ雨量を用いて、時空間的な相関特性について検討する.図-4 に示すとおり、地上観測地点 直上とその周辺メッシュについて、①時間方向の遅れ時間「-30~+30分(1分間隔)」を設定し、②地上雨量観測 地点周辺メッシュを対象として、それぞれを組み合わせて相互相関係数を算出した.対象とする周辺メッシュ範囲 は、地上観測地点の直上メッシュを(0,0) として、その周辺メッシュ(-5,-5)~(5,5)の11×11メッシュ=121メ ッシュとした.X バンド MP レーダ雨量は、250m メッシュの詳細な空間分解能を有しているため、対象とするエ リアは11×11 メッシュ=約 2.75km×2.75km 範囲となる.

(2) 観測地点直上メッシュと周辺メッシュにおける時空間特性

図-5 に、地上雨量と観測地点周辺 121 メッシュ(11×11 メッシュ範囲)における X バンド MP レーダ雨量の相関係数の空間分布を、2 つの観測地点で抽出された同じ降雨期間を含む降雨イベント Kb-4 と B-2、Kb-3 と B-3 を示す. ここでは、周辺メッシュにおける相関係数のピークを含めた期間として遅れ時間「-4 分~0 分」を抽出し示した. 図-5 a), b)では遅れ時間-3、-2 分の時に 0.638、0.688 と相関係数が最大となっている. また、図-5 c), d)では遅れ時間 0、-4 分の時に 0.697、0.695 で相関係数が最大となっており、最大相関係数となるメッシュ位置は時空間的に変化している. 図-5 a), b)では、遅れ時間が増加するにしたがって最大相関係数となるメッシュ位置が

北上している様子が確認でき る.また,遅れ時間ごとの相関 の高いエリアは類似している傾 向がうかがえる.これは図-5 a),b)は台風に起因する降雨イ ベントであり,雨域の移動によ る影響を受け,相関の高いメッ シュも移動しているためと推察 される.一方で,図-5 c)d)は

	降雨 イベント 名	30分素加雨重		1降雨継続時間および総雨量				
地点名		抽出開始時刻	雨量 (mm)	降雨開始時刻	降雨終了時刻	降雨継 続時間 (min)	総雨量 (mm)	降雨要因
	Kb-1	2013/09/05_07:44	32	2013/09/05_07:31	2013/09/05_10:21	171	46	低気圧
久我山橋	Kb-2	2013/06/25_12:22	32	2013/06/25_12:22	2013/06/25_13:46	85	48	大気状態不安定
	Kb-3	2013/08/12_17:53	31	2013/08/12_17:53	2013/08/12_18:49	57	43	大気状態不安定
	Kb-4	2013/09/15_06:49	30	2013/09/15_03:54	2013/09/15_12:53	540	135	台風18号
	Kb-5	2013/07/23_15:45	25	2013/07/23_15:45	2013/07/23_15:59	15	25	大気状態不安定
番屋橋	B-1	2013/09/05_07:54	30	2013/09/05_07:46	2013/09/05_09:13	88	44	低気圧
	B-2	2013/09/15_08:23	29	2013/09/15_04:01	2013/09/15_11:39	459	112	台風18号
	B-3	2013/08/12_17:56	28	2013/08/12_17:55	2013/08/12_18:49	55	36	大気状態不安定
	B-4	2013/04/06_22:46	28	2013/04/06_15:51	2013/04/07_00:23	513	93	低気圧





大気状態不安定に起因する降雨 イベントであるが、図-5 a) b) のように遅れ時間ごとに相関係 数の高いエリアが移動するよう な明確な傾向は確認できない.

図-6 に, 図-5 に示した降雨 イベントについて,地上雨量と 観測地点直上メッシュおよびそ の周辺メッシュにおける遅れ時 間ごとの相関係数の最大値を, それぞれ実線と黒丸で示す.図 -6 a), b)は, 観測地点直上メ ッシュと周辺メッシュにおい て、どちらの場合も遅れ時間が-3分,-2分で相関係数が最大と なっている. この負の遅れ時間 は、レーダ観測高度から地上雨 量計に到達するまでの雨滴落下 時間が要因となり, Xバンド MP レーダ雨量と地上雨量との 間に観測時差が生じているため と考えられる. なお、雨滴落下 時間については,Xバンド MP レーダで上空 600m を観測し, 観測した降雨が 50mm/hr, 雨滴 直径 2mm 程度, 落下速度は 6.6m/s として試算すると、約2 分となる. そのため, 上記した 遅れ時間-3分,-2分は観測時差 として概ね妥当であると考えら れる. 一方, 図-6 c). d)は, 観測地点直上メッシュでは遅れ 時間がそれぞれ7分,-1分で最 大相関係数となり,周辺メッシ ュでは遅れ時間が0分,-4分で 最大相関係数となっていること から, 観測地点直上メッシュと 周辺メッシュの最大相関係数と なる遅れ時間のばらつきがある ことがわかる.また、周辺メッ シュの相関係数をみると、図-6 a), b)と比較して, 相関係数の 最大値のピークが不明瞭となっ ている.これは、大気状態不安 定に起因する豪雨による強風や 上昇気流などの影響により,時 空間的な誤差を生じていること 要因であると考えられる.

a) 降雨イベント Kb-4(2013/9/15)	b) 降雨イベント B-2(2013/9/15)	c) 降雨イベント Kb-3(2013/8/12)	d) 降雨イベント B-3(2013/8/12)		
遅れ時間±0(min)	遅れ時間±0(min)	(アレード) (2010/07/22) (アレード・マード・ロージョン			
0.567	0.576	0.697			
			0.596		
		0.607			
0.493	0.518				
			0.594		
遅れ時間-1(min)					
0.622	0.651				
			0.022		
0.561	0.616	0.688			
		0.589 /	0.638		
遅れ時間-2(min)	遅れ時間-2(min)	遅れ時間-2(min)	遅れ時間-2(min)		
			┝┼┼┼┼┼┼╧╧┽┼┼┤		
	0.688		0.601		
0.636	┝ ╷╷╞<mark>╞╶┎</mark>╠┫╞┲╤╎ ╴				
0.601	0.674	0.557			
			0.692		
			0.002		
遅れ時間-3(min)		遅れ時間-3(min)	遅れ時間-3(min)		
遅れ時間-3(min)	遅れ時間-3(min)	遅れ時間-3(min)	遅れ時間-3(min)		
運れ時間-3(min)	遅れ時間-3(min)	選れ時間-3(min) 選れ時間-3(min) 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日	遅れ時間-3(min)		
選和時間-3(min)	遅れ時間-3(min)	2nhfll-3(min)	選れ時間-3(min) 		
遅れ時間-3(min)	遅れ時間-3(min)	Z1hhll-3(min)	選れ時間-3(min) 		
遅れ時間-3(min)	遅れ時間-3(min) 0.646	Z1.hft]=3(min)	選れ時間-3(min) 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日		
選れ時間-3(min)	選扎時間-3(min) 0.677 0.677	Z1.hft]=3(min)	選れ時間-3(min) 		
選れ時間-3(min)	選れ時間-3(min) 0.677 0.646	21.http://www.analysis.org/anal	21.19(0-3(min))		
選れ時間-3(min)	選れ時間-3(min) 0.677 0.677	21.html-3(min)	#1.14m 0.560 0.560 0.676 0.100 0.676		
選れ時間-3(min) 	選扎時間-3(min)	21.hftil=3(min)	選れ時間-3(min) 0.560 0.576 2 2 れ時間-4(min)		
選れ時間-3(min) 	選れ時間-3(min) 	理北時間-3(nin) 	選れ時間-3(min) していたいでは、 選れ時間-3(min) していたいでは、 していたいでは、 選れ時間-4(min) していたいでは、 選れ時間-4(min)		
選れ時間-3(min) 	選れ時間-3(min) 	■ </td <td>選れ時間-3(min) </td>	選れ時間-3(min) 		
選扎時間-3(min) 0.638 0.638 24.時間-4(min)	選れ時間-3(min) 0.677 0.646 0.646	Zthell	選れ時間-3(min) 		
選れ時間-3(min) 	選れ時間-3(min) 	24.4613-3(min)	選れ時間-3(min) 		
選れ時間-3(min) 	選れ時間-3(min) 	#thill	選れ時間-3(min) 通知時間-3(min) 0.560 0.560 単一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一		
選扎時間-3(min) 0.638 0.638	遅れ時間-3(min) 0.646 0.646 0.646 0.646 0.654 0.554 0.674	#16間-3(min) #16間-3(min) 0.499 0.412 0.412 0.542	選れ時間-3(min) 0.560 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日		
選れ時間-3(min) 0.638 0.638 24.時間-4(min) 24.時間-4(min) 0.604 0.541 0.541	選れ時間-3(min) 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日	#198	選れ時間-3(min) 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日		
Z1.04 0.638 0.638 0.604 Z1.04 0.638 0.604 2.040 0.604 0.611 0.541 0.555	選れ時間-3(min) 通わ時間-3(min) 0.646 0.646 0.646 0.646 0.677 0.777 0.	#thill #thill #thill 0.499 0.499 0.499 0.499 0.412 0.412 0.542	■日本 米		
JAPHIN-3(min) JAPHIN-3(min) JAPHIN-3(min) JAPHIN-3(min) JAPHIN-3(min) JAPHIN-3(min) JAPHIN-4(min) JAPHIN-4(min) <t< td=""><td><u>алыра-3(min)</u> 0.6466 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0</td><td>#thill #thill 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.412 0.412 0.542 0.542</td><td>選れ時間-3(min)</td></t<>	<u>алыра-3(min)</u> 0.6466 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0	#thill #thill 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.412 0.412 0.542 0.542	選れ時間-3(min)		
建和時間-3(min) 0.638 0.604 0.604 0.604 0.504 0.504 0.51 0.51 0.51 0.51 0.51 0.51 0.51 0.51 0.541 <td><u>алыран-а(min)</u> 0.6466 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646</td> <td>建北時間→(min)</td> <td>UND2 連れ時間-3(min) 0.560 0.560 0.560 0.560 0.576 0.506 0.695 0.695 0.695 0.695 0.695 0.695</td>	<u>алыран-а(min)</u> 0.6466 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646 0.646	建北時間→(min)	UND2 連れ時間-3(min) 0.560 0.560 0.560 0.560 0.576 0.506 0.695 0.695 0.695 0.695 0.695 0.695		
<u>まれ時間-3(min)</u> 0.638 0.604 0.638 0.604 0.638 0.604 0.638 0.638 0.604 0.638 0.641 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.656 0.658 0.5588 0.5588 0.5588 0.5588 0.5588 0.5588 0.5588 0.5588 0.558	<u>選れ時間-3(min)</u> 0.677 0.077 0.075	建れ時間-3(min) 単し、日本 0.499 0.499 0.499 0.499 0.412 0.412 0.412 0.412 0.542 0.542 二.00	連れ時間-3(min) 連れ時間-3(min) 0.560 0.560 連れ時間-4(min) 0.506 連れ時間-4(min) 0.506 0.506 0.506 0.506 0.506 0.506 0.506 0.695 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 0.695 1 1 0.695 1 0.695 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 <		
Zhiệt -3(min) 0.638 0.604 0.604 2.106 0.604 0.631 0.631 0.631 0.631 0.631 0.631 0.641 0.651 0.611 0.611 0.600 0.600 0.600	週和時間-3(min) 0.677 0.677 0.646 0.646 0.654 0.554 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.674 0.675 0.757	建れ時間-3(min) 単し、日本 ●	<u>#</u> れ時間-3(min) 0.560 0.560 0.560 0.560 0.576 0.506		
<u>まれ時間-3(min)</u> 0.633 0.604 0.634 0.6541 0.6541 0.6541 0.6541 0.6541 0.6541 0.654 0.654 0.654 0.654 0.654 0.654 0.654 0.654 0.654 0.654 0.5541 0.555	■ #1時間→3(min) 0.677 0.554 0.674 0.674 0.674 0.554 0.655 0.757 0	建れ時間-3(min) 0.499 0.499 0.499 0.412 0.412 0.412 0.412 0.543 0.5443 0.54443 0.54	UNDE #れ時間-3(min) 0.560 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.676 0.695 0.		
<u>連れ時間-3(min)</u> 0.633 0.604 0.604 0.631 0.604 0.631 0.604 0.631 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.651 0.551	■ #1時間-3(min) 0.677 0.554 0.674 0.677 0.554 0.677 0.554 0.677 0.554 0.655 0.757 0	建れ時間-3(min) 0.499 0.499 0.499 0.412 0.412 0.412 0.412 0.543 0.5443<	週れ時間-3(min) 週 0.560 0.560 0.560 0.560 0.560 0.560 0.560 0.560 0.560 0.560 0.676 0.506 0.506 0.506 0.506 0.506 0.506 0.506 0.506 0.695 0.756		



表-2 は、観測地点直上メッシュおよび観測地点周 辺メッシュにおける X バンド MP レーダ雨量と地上 雨量との最大相関係数とその遅れ時間、周辺メッシ ュと直上メッシュの最大相関係数となる遅れ時間の 差分について、降雨イベント別に示したものであ る.表-2 より、台風・低気圧に起因する降雨イベン ト Kb-1、Kb-4、B-1、B-2、B-4 における周辺メッシ

ュと直上メッシュの最大相関係数となる遅れ時間の 差の平均値は 1.2 分であるのに対し、大気状態不安 定に起因する降雨イベント Kb-2, Kb-3, Kb-5, B-3 の差の平均値は 3.25 分である. このことから、大気 状態不安定に起因する降雨イベントは、台風・低気 圧に起因する降雨イベントよりも、観測地点周辺メ ッシュと直上メッシュの相関係数が最大となる遅れ 時間の差異が大きいことがわかる.

図-7に、大気状態不安定に起因する降雨イベント Kb-3における降雨の状況について示す.図-7より、 降雨イベントKb-3では流域全体に雨域は存在してい るが、久我山橋付近では120mm/hr以上の強雨域と なっているのに対し、番屋橋付近では30mm/hr以下 表-2 観測地点直上メッシュおよび周辺メッシュにおける 降雨イベント別の最大相関係数とその遅れ時間

		観測地点直上メッシュ		観測 [」]	也点周辺12	メッシュ 田田 レント	
地点名	降雨						同辺メッシュと
	イベント	最大相関	遅れ時間	最大相関	遅れ時間	シジュ位置	遅れ時間の
	名	係数	(min)	係数	(min)	メリンエ位直	<u></u> 単心時間の
							左力(1111)
	Kb-1	0.784	-2	0.839	-3	(1, -5)	1
	Kb-2	0.742	2	0.765	1	(2,4)	1
久我山橋	Kb-3	0.623	7	0.697	0	(0, 4)	7
	Kb-4	0.604	-3	0.638	-3	(3, -2)	0
	Kb-5	0.917	-2	0.950	0	(4, -4)	2
	B-1	0.764	-2	0.800	-1	(2, 2)	1
采员场	B-2	0.674	-2	0.688	-2	(1, 2)	0
117/11/11/11	B-3	0.622	-1	0.695	-4	(2, -5)	3
	B-4	0.529	-6	0.550	-2	(4, 2)	4
		/		- A-		H-371	
メッシュ	ı雨量図	ບອເທ			ſ		
		武蔵野市		0		- 对家流现	ī.
凡例 ((単位:					○ 地上雨量	観測地点
mm	(hr)	5	-	1	我山楂		
140	~ 160				北山间家		
120	~ 140				124111		
	~ 120		~		► °		an A
00	~ 90	751	tetru h	~.°		- 5	12
40	~ 60	0	應市		•		3
20	~ 40				1	٩	1
	~ 20		20				
			1			~	
観測地点周辺メッシュ							
エンジャン (11×11メッシュ範囲) 「 ・ ・							田/王·1同
	時期は、						
世田公区							
					18-		

図-7 Xバンド MP レーダ雨量状況 (降雨イベント Kb-3 8/12 18:25 時点)

となっており,空間分布に偏りが生じている.このような,局所的に強雨域が存在する降雨の場合,観測地点直上 メッシュと周辺メッシュにおける相関特性が大きく異なる可能性があると考えられる.

以上より, X バンド MP レーダ雨量と地上雨量の比較を行う際には, 観測時差などの時間的な差や, 特に大気状態不安定に起因する降雨は, 周辺メッシュ範囲の空間的な差について考慮する必要性があることが示唆される.

4. むすび

本研究では、XバンドMPレーダ雨量について、神田川上流域の2箇所の地上雨量観測地点の1分値地上観測雨量 データをもとに時空間特性の検討を行った. 台風・低気圧に起因する降雨では、観測地点直上メッシュと周辺メッ シュで相関が最大となる遅れ時間は近い値を示すが、大気状態不安定に起因する局所的に強雨域が存在する降雨で は、観測地点直上メッシュと周辺メッシュで相関が最大となる遅れ時間が乖離する傾向を示した.

今後、より多くの降雨イベントを対象とするとともに、流域内の他の地上観測地点を用いた検討も行うことで、 降雨イベントの時空間特性を明確にしていく必要がある.また、これらの時空間特性と雨域の移動や風、上昇気流 などの気象状況との関係性について明らかにしていくとともに、XバンドMPレーダ雨量の有する高精度データを 十分な精度で活用するための手法を検討することが望まれる.さらに、降雨の時空間分布が流域に及ぼす影響を分 析し、対象とする流域や河川に対して必要となる降雨データの空間分解能や時間分解能を明確にしておくことが求 められる.また、そのためにはより観測単位の細かい地上観測雨量データによる検証も必要である. 参考文献

- 1) 高崎忠勝,河村明,天口英雄,荒木千博:都市の流出機構を考慮した新たな貯留関数モデルの提案,土木学会論文集 B,Vol.65,No.3,pp.217-230,2009.
- 2) 土屋修一,川崎将生,五道仁実:降雨減衰補正と合成雨量作成手法の改良のよる XRAIN 観測雨量の精度向上,土木学会論 文集 B1(水工学),Vol.71,No.4,pp.I_457-I_462,2015.
- 3) 林義晃,手計太一,永島健,山﨑惟義:北陸地方における X バンド MP レーダの降水量推定精度に関する時空間分布特 性,水文・水資源学会誌,Vol.28,No5,Mar.2015,pp.221-232,2015.
- 4) 原田守博,羽澄貴史:XバンドMPレーダ情報に基づく局地的短時間豪雨の雨域性状の確率論的評価,土木学会論文集 B1(水工学),Vol.70,No.4,pp.I_511-I_516,2014.
- 5) 米勢嘉智,河村明,天口英雄,戸野塚章宏:1分値地上観測雨量データを用いた都市中小河川流域における X バンド MP レーダ雨量の精度評価,土木学会論文集 B1(水工学),Vol.72, No.4, pp.I_217-I_222, 2016.
- 6) 米勢嘉智,河村明,天口英雄,戸野塚章宏:都市中小河川流域におけるXバンドMPレーダ雨量の時空間特性解析,土木 学会論文集G(環境),Vol.72, No.5, pp.I_277-I_282, 2016.
- 7) 東京都建設局河川部:東京の河川事業, 2016.
- 8) 戸野塚章宏,河村明,米勢嘉智,天口英雄:都市中小河川における無降雨継続時間を考慮した豪雨イベント抽出に関する 一考察,水文・水資源学会2016年度研究発表会要旨集,pp.152-153,2016.