Development of a distributed rainfall-runoff/flood inundation (DRR/FI) model for flood risk management with/without climate change impact

KOBAYASHI Kenichiro with research partners DRPI GCOE Associate Professor, Kyoto University

Presentation Structure

• The Yodogawa River Distributed Rainfall-Runoff/Flood Inundation (DRR/FI) model

• Model validation with two flood events after 1998

• Trial to reproduce some 50 years ago of Yodogawa river catchment

• A climate change flood impact assessment with a pseudo global warming (pgw) experiment

Yodogawa River Catchment (8240 km2)



Distributed Rainfall-Runoff/Flood Inundation Model (DRR/FI)





Little difficulty to simulate the inundation in the town located in the valley between the mountains by runoff model + inundation model

Japanese case: Runoff + 1D dynamic + inundation models: long history and records.

My attempt is to make an integrated model



□ Shallow water equation for inland flow

□ 1D dynamic wave equation for the river flow

□ Water exchange between river and inland: overland formula

2次元計算支配方程式 $(1-\phi)\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = \sum \frac{q_{in/out}Dx^{Dike}}{A^{Cell}} + (rain - rainLoss) + q_{add}$ $\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial u M}{\partial x} + \frac{\partial v M}{\partial y} = -gh\frac{\partial H}{\partial x} - gn^2u\frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$ $\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial u N}{\partial x} + \frac{\partial v N}{\partial y} = -gh\frac{\partial H}{\partial y} - gn^2v\frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$ if (rain < rainLoss) $q_{add} = \alpha$ (rain/rainLoss) = α

Yodogawa model data (From DNLI, MLIT)



Digital National Land Information (DNLI, MLIT) is used to avoid double standards .

Biwako and dams operational rule



- Biwako water level : 【 (total inflow from the rivers and lake banks) (outflow from the seta weir) 】 / 【 biwako lake area 】
- Dam operation: Anegawa, Hinogawa. Hinachi, Shorenji, Murou, Nunome, Takayama, Amagase and Hiyoshi dams' operational rule is incorporated in the model

The basics of the dam operational rule are:
(a) until the inflow reaches the flood discharge: the outflow is equal with the inflow
(b) when the inflow excesses the flood discharge:
the peak cut (inflow – flood discharge) is carried out
(c) when the inflow becomes again lower than the
flood discharge: The stored water is released as the
discharge kept constant at the flood discharge

Murou Dam (Kizugawa river)

所在地:奈良県室生村 型 式:重力式コンクリ 流域面積:169km 堤 長:175m 堤 高:63.5m 体 積:153,000m3 貯水量:1690万m3 目 的:治水/水道







Animation



TIME 0 hour

Model calibration and validation

(a) 2009/10/7-10/8

(b) 1997/8/5-8/7



With regard to (a) rainfall, the actual dam operation was carried out by the administrator's decision based on rainfall prediction. Thus, it is not possible to model the rules perfectly.

With regard to (b) rainfall, the water-stages/discharges at many observatories are not available, thus it is not possible to follow the observation perfectly.

Thus, the model parameters are adjusted in such a way that the simulation model can follow the basic pattern and water stage at Hirakata

Simulated Inundation Depth



Sewage: cut 45 mm/hr

1997/8/5-7

Inundation Record at Neyagawa





Observed/Simulated Inundation Depth



Rainfall/Inundation Depth Distribution



Isewan Typhoon (1959)

参1.3 洪水別被害状況(明治18年~昭和35年)

			水	文状況(枚7	5)	
西暦	発生年月日	要因	※1 2日雨量	※2 最高水位	※3 最大流量	被害状況 ※4
			(mm)	(m)	(m ³ /s)	
1885年	明治18年6月25日 ~7月1日	台風	木津川 総雨量365	(5.51)	(4,280)	死者(不明含)100人、負傷者21人 全壊流失1,635戸、半壊流失15,705戸 床上浸水・床下浸水75.678戸
1896年	明治29年9月6日 ~11日	台風	宇治川·琵琶湖 総雨量569	(5.48)	(4,240)	死者(不明含)34人、負傷者79人 全壊流失3,000戸、半壊流失6,136戸 床上浸水35,627戸、床下浸水22,764戸
1919年	大正6年9月28日 ~30日	台風	総雨量221	5.68	(4,620)	死者(不明含)52人、負傷者25人 全壊流失718戸、半壊流失461戸 床上浸水23,005戸、床下浸水20,755戸
1938年	昭和13年7月1日 ~5日 (阪神水害)	梅雨 前線	総雨量199	4.98	4,000	死者(不明含)8人、負傷者1人、 全壊流失184戸、半壊流失94戸 床上浸水・床下浸水8.408戸
1953年	昭和28年8月14日 ~15日	前線	118	4.19	3,000	死者(不明含)386人、負傷者338人 全壊流失610戸、半壊流失628戸 床上・床下浸水17,567戸
1953年	昭和28年9月24日 ~25日	台風 13号	249	6.97	(7,800)	死者(不明含)178人、負傷者194人 全壊流失・半壊676戸 床上・床下浸水56,194戸
1956年	昭和31年9月25日 ~27日	台風 15号	161	5.49	5,025	大阪府、兵庫県(26日14時) 死者1人、 床上浸水17戸、床下浸水666戸
1958年	昭和33年8月23日 ~25日	台風 17号	164	5.07	3,990	大阪府、兵庫県、京都府、奈良県、滋賀県(26日15時) 死者(不明含)5人、負傷者8人、全壊流失7戸 半壊29戸、床上浸水206戸、床下浸水1,359戸
1959年	昭和34年8月11日 ~13日	前線 及び	272	6.50	6,800	死者(不明含)23人、負傷者29人 全壊流失152戸、半壊流失115戸
1959年	昭和34年9月25日 ~26日 (伊勢湾台風)	<u>- 日風</u> 台風 15号	215	6.69	7,970	<u> 床上 </u>
1960年	昭和35年8月28日 ~29日	台風 16号	157	4.70	3,775	死者(不明含)5人、負傷者113人、 全壊流失153戸、半壊流失2,099戸 床上浸水7,353戸、床下浸水30,037戸

Isewan Typhoon (1959)

『昭和34年9月 伊勢湾台風』

なかでも伊勢湾台風による被害は多大なものでした。





雨量432ミリ、湛水面積1540ヘクタールを記録し、豪雨により名張川が数力所で決壊氾濫しました。橋の流失があいつぎ、濁 流が市街地の高台を除く全域に流れ込み、繁華街は泥海となりました。 浸水被害をはじめ、家屋流出など、人命財産に多大なる被害をもたらしました。

ナー ・サイトマップ

↑ PAGE TOP

Copyrights © Ministry of Land, Infrastructure and Transport Kizugawa Joryu office All Right Reserved

Isewan Typhoon (1959)



Catchment average rainfall above Hirakata



Average Sewage construction completion rate (Osaka Prefecture)



Simulated/Observed discharge at Hirakata



Catchment average rainfall above Hirakata



Highest hourly rainfalls (gob: left, cntl: center, pgw: right)



Cumulative rainfalls (gob: left, cntl: center, pgw: right)







Simulated/Observed discharge at Hirakata



Inundation depth Osaka (obs: left, cntl:centre, pgw: right)



1959 parameter

Inundation depth Osaka (obs: left, cntl:centre, pgw: right)



1959 parameter

Inundation depth Neyagwa (obs: left 1972, 1979, 1982, 1989, pgw: right)



Inundation depth Neyagwa (obs: left 1972, 1979, 1982, 1989, pgw: right)



Inundation depth Neyagwa (obs: left 1972, 1979, 1982, 1989, pgw: right)





Integration of the grid cell inundation depth to the vector type house and paddy field map



The relation between the house damage ratio and the inundation depth

Inu	ndation depth		2	夜−4. Z 汚	ē水深別有	波 害率			
	浸水深			<u>_</u>	床上	<u>,</u>		土砂堆和	 責(床 ト)
Gr	地盤勾配	床下	50cm 未満	$50\sim$ 99	100~ 199	200~ 299	300cm 以上	50cm 未満	50cm 以上
ound s]	Aグループ	0.032	0. 092	0. 119	0. 266	0. 580	0.834		
lope	Bグループ	0.044	0. 126	0. 176	0. 176 0. 343 0. 647 0. 870	0.870	0. 43	0. 785	
	Cグループ	0.050	0. 144	0. 205	0. 382	0. 681	0.888		

A:1/1000未満、B:1/1000~1/500、C:1/500以上

注:1. 平成5年~平成8年の「水害被害実態調査」により求められた被害率。(ただし、 土砂堆積は従来の被害率)

2. 家屋の全半壊についても考慮した数値である。

Chisui Keizai Chousa Manual (2005 version)

The relationship between the crop damage ratio and the inundation depth + duration

		_					第2	2節 治	6水経	育調査							
			Inun	datior	n dept	h 、		表	20-2								(%)
		事項				冠		` i	 侵		水				±	砂埋	没
Inundation		冠浸水深	0.5m未満					0.5~0.99m			1.0 m 以上				地表からの 土砂堆積深		
duration	作物	浸水 日数 種類	$\frac{1}{2}$	3 5 4	5 5 6	7 以 上	$\begin{array}{c}1\\5\\2\end{array}$	3 5 4	5 5 6	7 以 上	$\begin{array}{c}1\\5\\2\end{array}$	3 5 4	5 5 6	7 以 上	0.5 日 未満	0.5 \$ 0.99 B	1.0 世 上
Rice field –	▶町	水稻	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74	68	81	100
Crop field Chinese cabbage	畑	陸甘白蔬根瓜豆畑で、「「「「「」」で、「」「」」で、「」「」「」「」「」「」「」「」」で、「」「」「」」で、「」「」」で、「」」で、「」」で、「」」で、「」」で、「」」で、「」」で、「」」の「「」」で、	20 11 42 19 32 22 23 23 27	34 30 50 33 46 30 41 42	47 50 70 46 59 42 54 54	60 50 83 59 62 56 67 67	31 27 58 20 43 31 30 35	40 40 70 44 57 38 44 48	50 75 83 48 100 51 60 67	60 88 97 95 100 100 73 74	44 38 47 44 73 40 40 51	60 63 75 58 87 50 50 67	72 95 100 71 100 63 68 81	81 100 100 84 100 100 81 91	68	81	100
	注)	1. 「蔬菜」 西瓜,「豆 2. 土砂埋	は, 4 〔類」 <i>1</i> 没の被	」 は小豆, 害率は	L まうれん 大豆, 、河川	し い草, ギ 落花生 の氾濫	その他, ま,たま :土砂に	「根菜 ミねぎ等 よるも	」 」は, 手である のであ	 大根, る. ろので	 里芋, [▼] .「+	」 ごぼう 石流」(, 人参 の場合)	,「瓜類	〕はき	きゅうり),瓜,),瓜,

建設省河川砂防技術基準(案)同解説参照 Chisui Keizai Chousa Manual (2005 version)

Economic loss estimation



Annual rice yield (Shiga): 0.525 kg/m²
Rice price per Kg (Shiga): 2.89 USD/kg
Paddy field area: 3419 m²
Water depth: 2.5 m, crop damage:37 %
Economic loss of the crop: 3419×0.525×2.89×0.37=1920 USD
Following: Chisui Keizai Chousa Manual (2005 version)

House value (Shiga) :1519 USD/m²
House area (Ryuou post office): 376 m²
Water depth: 0.71 m, House damage ratio:20.5 %
Economic loss of the building: 376×1519×0.205=117084 USD
Following: Chisui Keizai Chousa Manual (2005 version)

Concluding Remarks

DRR/FI model is developed and validated using two recent rainfall/flood events.

A trial to reproduce the condition of the Yodogawa river catchment's 50 years ago is carried out. The analysis shows an effect of sewage as an example.

A study of the climate change impact on flood risk is shown. Thank you very much for listening m(__)m