

治水バランス・水災リスク評価シミュレータ と六角川流域への適用

秋山 壽一郎¹・重枝 未玲²・藤原 周平³

¹フェロー会員 九州工業大学教授 (〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1)

E-mail:akiyama@civil.kyutech.ac.jp

²正会員 九州工業大学大学院准教授 工学研究院建設社会工学研究系 (同上)

E-mail:mirei@civil.kyutech.ac.jp

³学生会員 九州工業大学大学院 工学府建設社会工学専攻 (同上)

E-mail:q345319s@mail.kyutech.jp

降雨外力と河口潮位を与条件とし、洪水流、遊水地による洪水調節、ポンプ排水、直接降雨および市街地等の氾濫原要素を考慮して流域スケールの内外水複合氾濫解析が可能な“治水バランス・水災リスク評価シミュレータ”を構築し、六角川水系を対象として、まず 2012 年 7 月出水時の内水/外水位、洪水流量、遊水地への越流流量、最大浸水域について検討・検証を行った。次に 1/100 確率規模の仮想外力を与条件とした内水、外水氾濫解析を実施し、同流域の治水バランスと水災リスクについて検討を加えた。

Key Words : numerical model, retarding basin, distributed hydrological model, dyke breach

1. はじめに

甚大な被害となった 2000 年 9 月東海豪雨災害以降に発生した主要な豪雨災害に共通した課題の一つに内水/外水処理の治水バランスの問題がある。これは、内水の許容湛水位を下げると内水氾濫のリスクを抑えられる一方で、洪水流量の増加により外水氾濫のリスクが大きくなり、許容湛水位を上げるとその逆のことが起きるといった問題である。この問題の背景には、本支川、治水施設等の施設管理者が異なるだけではなく、河川、遊水地、排水機場等の各種治水施設の計画手法や解析手段等にも違いがあることなどがある。このため、想定外力を踏まえた個々の治水施設の治水効果の評価だけでなく、それらの治水バランスを総合的に評価し、流域の水災リスクを把握することが、被害最小化を図る上で重要になる。

水災リスクを評価・検討する手段としては、“統合型氾濫流シミュレータ”(以下「統合型シミュレータ」という)が有効である。“統合型シミュレータ”は、流出解析、流域の河川網の洪水流解析および氾濫流解析の各サブモデルより構成されるが、治水施設の取り扱いについては、ポンプ排水を考慮できるモデル¹⁾²⁾³⁾⁴⁾や、遊水地による洪水調節を考慮できるモデル⁵⁾などがある。しかし、流域の治水システムの治水バランスを評価・検討

できるモデルは今のところ存在していない⁶⁾。

筆者は段階的にそのようなシミュレータの開発⁵⁾に取り組んできた。例えば、流出解析^{例えは 6)}、越水や破堤による外水氾濫^{例えは 7)8)}、直接降雨による内水氾濫^{例えは 9)}、遊水地による洪水調節^{例えは 10)11)}、内水氾濫時のポンプ排水^{例えは 4)11)}などを取り扱える数値解析モデルを開発し、模型実験や実出水・実氾濫資料に基づきそれらの妥当性を検証してきた。

本報では、遊水地による洪水調節とポンプ排水を考慮して外水氾濫解析を行う“外水処理・破堤氾濫解析モデル⁴⁾”と内水氾濫解析を行う“流域流出・都市域氾濫解析モデル⁹⁾”を統合し、河川等の各種治水施設の機能と能力を考慮して流域スケールの内外水複合氾濫解析が可能な“治水バランス・水災リスク評価シミュレータ”(以下「本モデル」という)を構築し、六角川流域を対象として、まず 2012 年 7 月出水時の再現解析を実施し、内水/外水位、洪水流量、遊水地への越流流量、最大浸水域について検討・検証した(検討 I)。次に本モデルが流域スケールの治水バランスと水災リスクの評価・検討が可能なツールであることを実証する目的で、1/100 確率規模の仮想外力を与条件とし、内水氾濫が生じる場合(ポンプ排水の運転調整により内水の許容湛水位を上げた場合)、内外水複合氾濫が生じる場合(ポンプ排水を継

続し内水の許容湛水位を下げ外水位が上がることで、内外水(破堤)複合氾濫が生じる場合)の 2Case について浸水状況を比較・検討した(検討Ⅱ)。

2. 六角川流域と治水システムの概要

六角川水系は、牛津川等の支川を合わせて佐賀平野を流れる低平地河川で、六角川、牛津川の下流部の河床勾配は、それぞれ約1/1,500~1/45,000、1/2,600~1/5,600と極めて緩く、六角川では河口から上流約29km、牛津川では六角川合流点から上流約12kmが感潮区間となっている。このため、大雨と潮位の高い時間帯が重なると外水位が上昇し、これまで度々内水、外水被害を受けてきた。

六角川、牛津川の中下流域では、内水河川から本川等への自然排水が困難なため、六角川・武雄川で36箇所(総排水量約228m³/s)、牛津川で23箇所(総排水量約133m³/s)の排水機場が国、県等により整備(2014年8月時点)されている。外水位がH.W.L.を超えた場合に継続的にポンプ排水を行うと、破堤の恐れがあることから、2006年6月にポンプ運転調整方針が策定され¹²⁾、2009年7月出水時には牛津川砥川大橋水位観測所で運転調整水位に達したため、運転調整が行われた。

また、牛津川流域では、1990年7月出水時に流域各所で内外水被害が発生し甚大な被害となったことを受け、下流域の洪水被害軽減を目的とした“牟田辺遊水地(1/100洪水対応)”が2002年6月に建設されている。その後も2009年7月、2012年7月(九州北部豪雨災害)に大洪水が発生したことを受け、2013年3月には発生頻度の高い中規模洪水(1/30)に対して洪水調節機能を発揮できる可動堰型越流堤に改築されている。

以上のように、六角川水系の治水システムは、六角川と牛津川をはじめとする水路、遊水地、多数の排水機場より構成されているが、水路については感潮区間の堆積ガタ土や繁茂するヨシのため、河川改修による流下能力の確保が難しいといった同水系固有の問題を抱えている。

3. 解析の概要

(1) 本モデルの概要

図-1 に本モデルの概要を示す。本モデルでは、降雨外力と河口潮位を与条件として流出解析より算定された流出域からの流出流量ハイドログラフ $Q_0(t)$ を洪水追跡・氾濫解析の境界条件あるいは内部境界条件として、遊水地による洪水調節、ポンプ排水、直接降雨および道路・線路、市街地等の氾濫原要素を考慮して洪水追跡と内水氾濫解析を行い、外水位が H.W.L.を超えた場合は

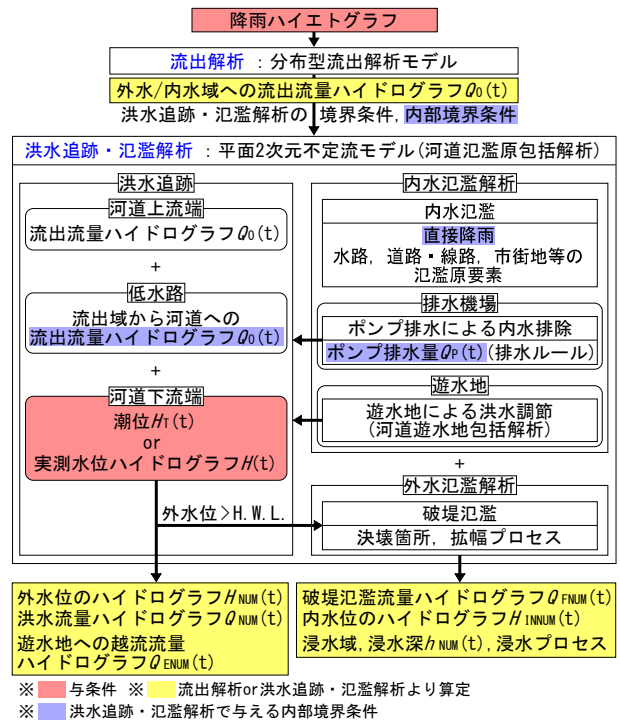


図-1 治水バランス・水災リスク評価シミュレータの概要

表-1 洪水追跡・氾濫解析に用いた土地利用と粗度係数 n

土地利用	粗度係数 n (m ^{-1/3} ・s)	一般的な n の範囲	備考
建物用地	0.040	0.010-0.10	
田	3.0	0.025-3.0	
水域	0.025	0.025-0.040	水路、河川地および湖沼
その他用地	0.025	0.025-0.050	ゴルフ場等
道路・線路	0.047	0.015-0.047	

その地点その時点で堤防を決壊させ外水氾濫解析を行う。以上の解析より、外水位 $H_{NUM}(t)$ 、内水位 $H_{INNUM}(t)$ 、洪水流量 $Q_{NUM}(t)$ 、破堤氾濫流量 $Q_{FNUM}(t)$ の各ハイドログラフ、遊水地への越流流量ハイドログラフ $Q_{ENUM}(t)$ 等の算定が可能である。なお、流出解析にはセル分布型流出解析モデル⁶⁾、洪水追跡・氾濫解析と遊水地による洪水調節には、洪水追跡・氾濫解析に河川を複数区間に分割した並列計算が可能で、常射混在流が取り扱える FDS を用いた平面 2 次元不定流モデルである PSA-FUF-2DF model により河道と氾濫原(あるいは遊水地)を包括的に平面 2 次元解析する河道氾濫原包括解析を用いている⁷⁾¹⁰⁾。ポンプ排水による内水排除については、ポンプ運転操作記録と排水機場の施設規模を参考に設定した排水量 $Q_P(t)$ をポンプ運転操作ルールに基づき堤内地から河道に排水させる。堤防決壊箇所と拡幅プロセスについては、決壊箇所は洪水浸水想定区域図作成マニュアル¹³⁾と流域の土地利用形態を踏まえて選定する。なお、決壊のさせ方は外水位が H.W.L.を超えた時点で最終破堤幅 L_F の 2 分の 1 を瞬時に決壊させ、その後 1 時間で L_F まで拡幅させる⁹⁾。

(2) 解析データ

流出解析の流域データは、六角川流域を 50m メッシ

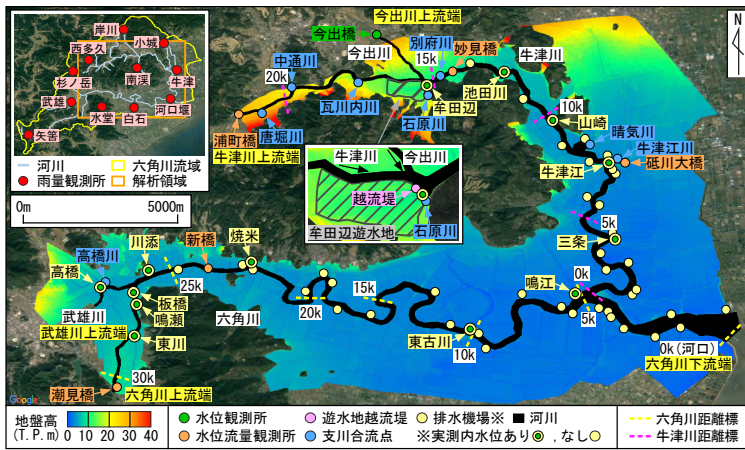


図-2 六角川流域の概要(Google Map より)

に分割し、各セルに雨量、標高、落水線方向・疑似河道、土地利用を設定した。標高と土地利用データは、国土地理院発行の数値地図 5m メッシュ(標高)と 100m メッシュで土地利用が数値データ化されている国土数値情報土地利用細分メッシュ(2009 年)を、落水線方向・疑似河道データの河床高は定期縦断測量結果(2010 年)を用いた。

洪水追跡・氾濫解析の解析データは、河道については、堤防、高水敷、低水路の線形は各距離標の 200m ピッチ横断面図(2010 年)を用いた。断面データがない越流堤付近の合流部や蛇行区間については、航空写真¹⁴⁾から河道線形を定め、縮尺模型実験結果¹⁵⁾と数値地図 5m メッシュ(標高)データおよび各距離標の横断面図を用いて補完断面を追加し、各断面を流下方向に線形補完し作成した。河床高は横断測量結果(2010 年)に基づき、平面座標とその座標に対応する河床高で三角形ポリゴンを作成し設定した。各河川の粗度係数 n は河道計画の値を用いた。六角川 28~30.4k, 牛津川 12.2~21.4k の n は、同区間に存在する高水敷のヨシを考慮して設定した。

氾濫原の水路、道路・線路、市街地等の氾濫原要素データは、航空写真¹⁴⁾から各要素の線形を定め、数値地図 5m メッシュ(標高)に基づき、平面座標とその座標に対応する地盤高で三角形ポリゴンを作成し設定した。牟田辺遊水地越流堤の諸元は、2012 年 7 月出水時点のものを用いた。堤内地の粗度係数 n は、前報の値⁴⁾を用いた。表-1 に洪水追跡・氾濫解析で用いた土地利用と粗度係数 n を示す。なお、洪水追跡・氾濫解析の計算格子は、これまでの研究^{例えば 4)8)}を踏まえ、仮想決壊箇所は 10(m)、道路・線路は 100(m)、家屋等が密集する箇所は 100(m)、その他の氾濫原部は 300(m)を基準にした三角形メッシュとした。その総数は 59,129 個である。

(3) 解析の対象領域と検討に用いた降雨外力

図-2 に六角川流域の航空写真、雨量、水位、流量の観測所、治水施設(排水機場、牟田辺遊水地)を示す。解析対象領域は、流出解析については図-2 の左上に示す

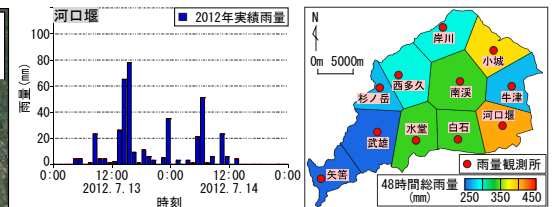


図-3 実績降雨ハイトグラフと 48 時間総雨量分布

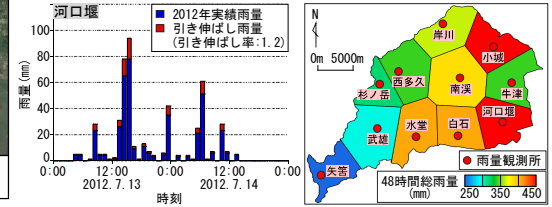


図-4 仮想降雨ハイトグラフと 48 時間総雨量分布

表-2 流出解析に用いたモデルパラメータの一例

流域	森林 n	k_a	d_c	d_s	β	田 n	農地 n	都市 n	荒地 n	水域 n
池田川	0.4	0.03	0	0	4	2	0.3	0.01	0.3	0.04
牛津川	0.4	0.03	0	0.02	4	1	0.2	0.01	0.4	0.04
三条	0.4	0.03	0	0.02	4	1	0.2	0.01	0.4	0.04
鳴江	0.4	0.03	0	0.02	4	1	0.2	0.01	0.4	0.04
板橋	0.4	0.03	0	0.08	6	2.5	0.2	0.06	0.4	0.04
東川	0.6	0.03	0	0.1	6	2.5	0.3	0.06	0.3	0.04
川添川	0.4	0.03	0	0.1	6	1	0.3	0.06	0.3	0.04
焼米	0.6	0.03	0	0.1	6	3	0.3	0.06	0.3	0.04
高橋川	0.6	0.03	0	0.01	6	1	0.3	0.06	0.3	0.04
一般的な値の範囲	0.4-0.8	0.001-0.03	0-0.6	0-0.6	4-6	1-3	0.2-0.4	0.01-0.1	0.2-0.4	0.02-0.04

- n = 等価粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)、 k_a = 重力水が卓越する A 層内の透水係数 (m/s)
- d_c = マトリックス部の最大保水量を水深で表した値 (m)
- d_s = 重力水を含めて表層土中に保水しうる最大水深 (m)
- β = 重力水部と飽和水部との飽和透水係数の比

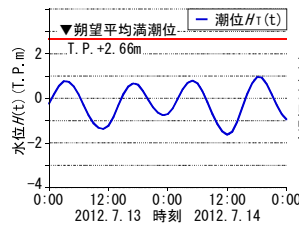


図-5 六角川河口潮位

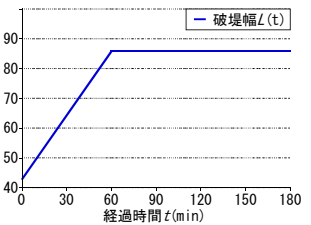


図-6 破堤幅 $L(t)$ の経時変化

流域全体、洪水追跡については六角川の潮見橋水位観測所~河口、牛津川の浦町橋水位観測所~六角川合流点、氾濫解析については数値地図 5m メッシュ(標高)に基づく地盤高データと土地利用形態および既往出水時の最大浸水域を踏まえて浸水が予想される範囲とした。

降雨外力は、検討 I では 2012 年 7 月出水時の実績降雨、検討 II では同実績降雨を 1/100 確率規模に引き伸ばした仮想降雨(引き伸ばし率 1.2)とした。その一例として、図-3 に 2012 年 7 月出水時に 48 時間雨量が最大となった河口堰雨量観測所における実績降雨のハイトグラフとティーセン分割より得られた同出水時の 48 時間総雨量の空間分布を示す。また、図-4 に仮想降雨のハイトグラフ(河口堰雨量観測所)と 48 時間総雨量の空間分布を示す。なお、検討 I、II の流出解析および洪水追跡・氾

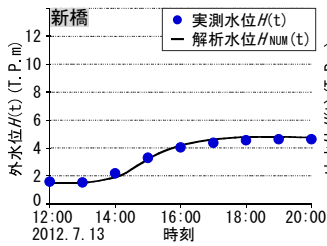


図-7 水位ハイドログラフ(新橋)

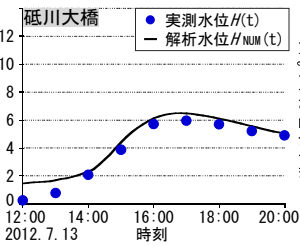


図-8 水位ハイドログラフ(砥川大橋)

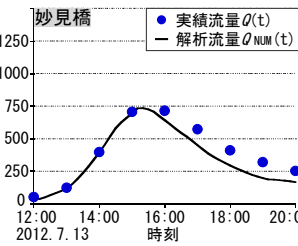


図-9 流量ハイドログラフ(妙見橋)

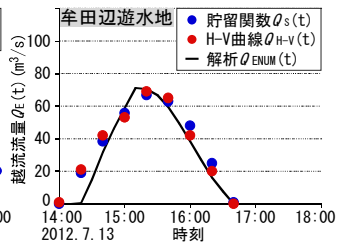


図-10 越流流量ハイドログラフ

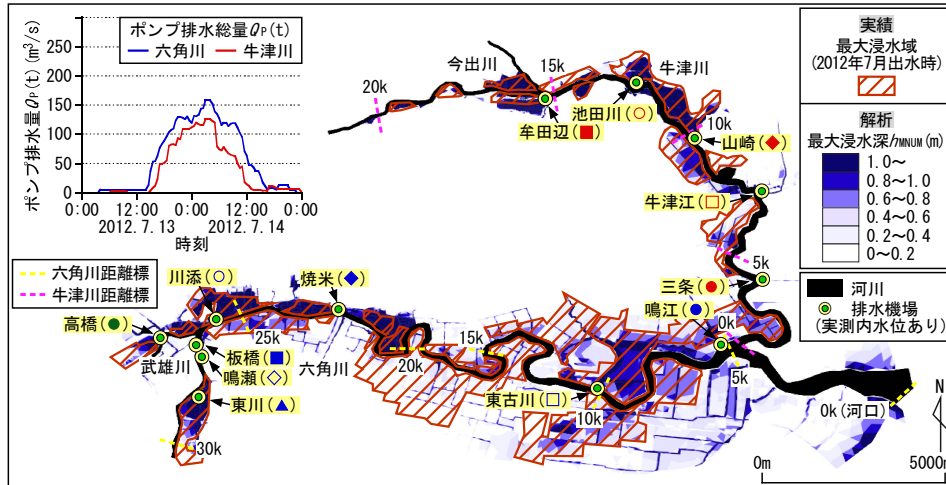


図-11 最大浸水域の実績と解析結果の比較

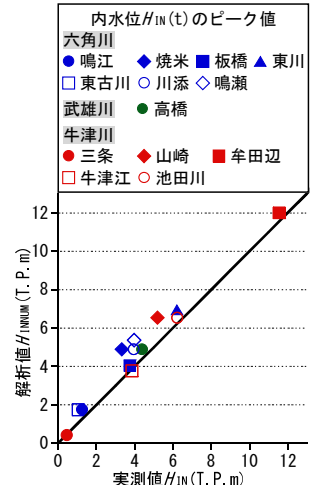


図-12 内水位のピーク値の比較

濫解析の解析開始時刻は、出水直前の 13 日 2 時とした。

(4) 検討 I, II の解析条件

表-2 に流出解析に用いたモデルパラメータの一例を示す。同パラメータは、洪水追跡の六角川、牛津川、武雄川、今出川の上流端より上流域では、前報の結果⁴⁾を、自然排水が困難な内水域では、図-2 に●で示した地点の実測内水位 $H_M(t)$ に関する感度解析⁹⁾を行い、各地点の $H_M(t)$ を再現できるように各小流域に設定した。また、●で示した地点以外の排水機場が受け持つ内水域のモデルパラメータは近接する小流域と同様とした。なお、土層の飽和・不飽和状態については流出量に対する影響が大きい森林のみを考慮した。

洪水追跡・氾濫解析では、図-2 に示した六角川、牛津川、武雄川、今出川の上流端に流出解析から得られた流量 $Q_0(t)$ を、下流端に図-5 に示した六角川の河口潮位 $H_1(t)$ を境界条件として与えた。六角川に流入する牛津川、武雄川および今出川以外の支川のうち、水門が設けられていない支川については、流出解析から得られた $Q_0(t)$ を牛津川との合流点に、水路形状等が不明な小規模支川等については、 $Q_0(t)$ を六角川、牛津川等の低水路に内部境界条件として与えた。

排水機場は、図-2 に●で示した 2012 年 7 月出水時点での 52 ヶ所を対象とした。ポンプ排水は、ポンプ排水量 $Q_P(t)$ を河道に内部境界条件として与えた。破堤後は、決壊箇所より上流側のポンプ排水は停止させた。

樋門・樋管、水門は、流域内の各施設の操作の把握が

困難なものも多く、また出水時の樋門等は逆流防止のために閉じられていることからすべて閉じた状態とした。

仮想決壊箇所は、外水位 $H(t)$ が H.W.L. に最も早く達した地点(牛津川 8k 左岸)とし、拡幅プロセスは図-6 に示した破堤幅 $L(t)$ の経時変化を用いた。

4. 解析結果と考察

(1) 2012 年 7 月出水時の再現解析(検討 I)

図-7, 8 に六角川、牛津川のポンプ運転調整基準地点である新橋、砥川大橋地点の実測外水位 $H(t)$ と解析外水位 $H_{NUM}(t)$ を示す。これより、各地点の $H(t)$ が良好に再現されていることがわかる。図-8 の砥川大橋地点の 12~14 時で $H_{NUM}(t)$ が過大評価されているのは、一部の排水機場のポンプ運転操作記録¹⁵⁾が不明なためである。

図-9 に妙見橋地点の実績流量 $Q(t)$ と解析洪水流量 $Q_{NUM}(t)$ を示す。16~20 時で $Q_{NUM}(t)$ が過小評価されているのは、今出川上流に存在するダムの貯留量や放流量が不明なために、上流端の流量 $Q_0(t)$ が必ずしも的確に再現されていないためである。

図-10 に本モデルの解析から得られた越流流量 $Q_{ENUM}(t)$ と、①横越流方式の分派モデルを貯留関数モデルに組み込み、本間の台形堰公式より算出された越流流量 $Q_S(t)$ 、②遊水地の H-V 曲線に基づき、遊水地の実測水位ハイドログラフを用いて算出された越流流量 $Q_{H-V}(t)$ ¹⁵⁾を比較して示す。 $Q_{H-V}(t)$ と $Q_S(t)$ が良好に再現されて

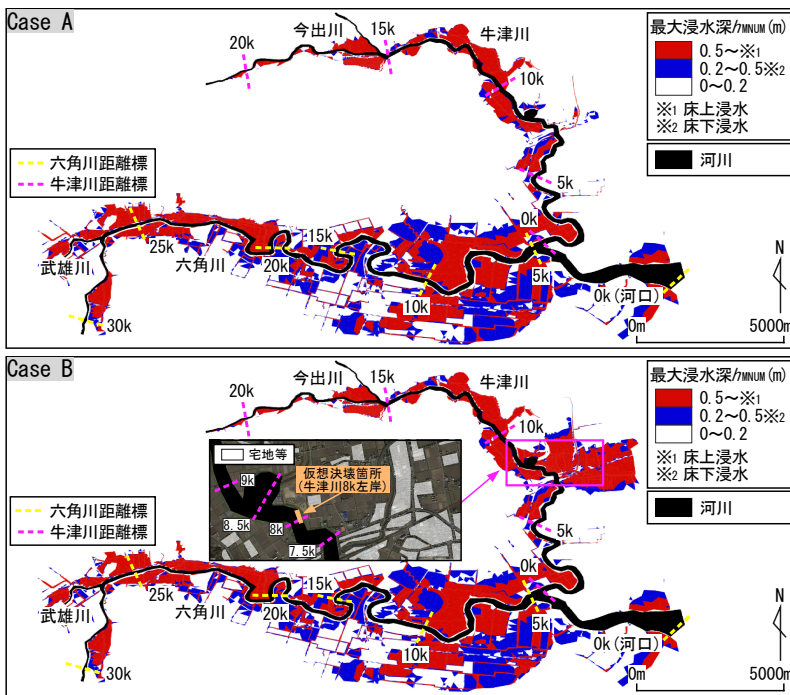


図-13 各 Case の最大浸水深と仮想決壊箇所(上: Case A, 下: Case B)

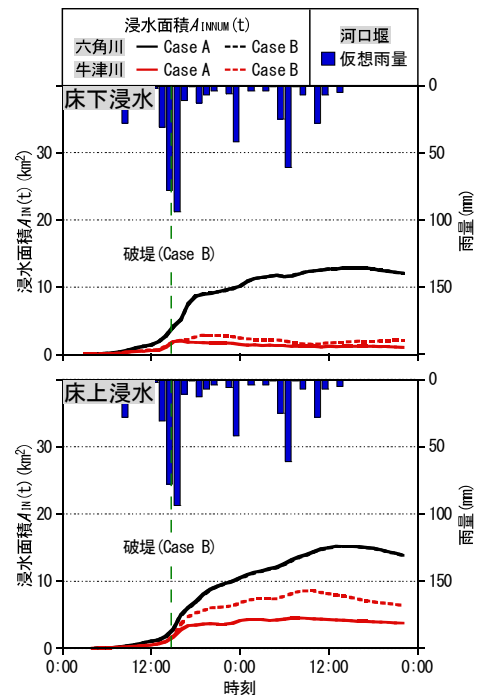


図-14 浸水面積の経時変化(上: 床下, 下: 床上)

いることから、 $Q_{ENUM}(t)$ が検証され、併せて $Q_S(t)$ も適正に評価されていることが確認できる。

図-11 に最大浸水域の実績と解析最大浸水深 h_{NUM} を示す。同図には検討に用いた六角川、牛津川のポンプ排水総量 $Q_P(t)$ も示している。六角川 0k 付近の解析値が過大評価されているのは、図-3、5 に示した降雨ハイトグラフ、河口潮位からわかるように、出水直後は干潮であったことから、その時点で開かれていた水門があった可能性が考えられる。六角川 13~14k 左岸、16~21k 右岸、牛津川 5~7k 右岸付近の解析値が過小評価されているのは、該当箇所付近の排水機場のポンプ運転操作記録¹⁴⁾が不明なため、排水機場の施設規模を参考に設定したポンプ排水量 $Q_P(t)$ を与えているためである。図-3、11 に示した降雨ハイトグラフ、ポンプ排水総量 $Q_P(t)$ からわかるように、河口堰雨量観測所の雨量は13日14時に、 $Q_P(t)$ は六角川、牛津川のいずれも14日3時にピーク値をとる。13日16~18時の牛津川における $Q_P(t)$ の増加量が小さいのは、同時帯に多数の排水機場で運転調整が実施されたためである。

図-12 に図-2 に●で示した排水機場地点での内水位 $H_N(t)$ のピーク値の比較結果を示す。図中の横軸は実測値 H_N を、縦軸は解析値 H_{INNUM} を示している。各排水機場の凡例は、図-11 中の排水機場名の右に示した括弧内の記号と対応している。これより、各地点の $H_N(t)$ のピーク値が良好に再現されていることが確認できる。鳴瀬、焼米、川添、山崎排水機場地点の H_{INNUM} が過大評価されているのは、数値地図 5m メッシュ(標高)に基づく地盤高データでは当該箇所付近の小規模水路網を十分に再現できないためである。

以上のように、排水機場、水門からの内水排水量について不明な点は残るものの、本モデルは外水位 $H(t)$ 、洪水流量 $Q(t)$ 、遊水地への越流流量 $Q_E(t)$ 、最大浸水域、内水位 $H_N(t)$ のピーク値を一定精度で再現可能である。

(2) 本モデルを用いたシミュレーションの一例(検討Ⅱ)

本モデルが流域の治水バランスと水災リスクを評価・検討可能なツールであることを示す一例として、1/100 確率規模の仮想外力を与条件とし、Case A(ポンプ運転調整方針¹²⁾に基づきポンプ運転調整を行い、内水氾濫のみ生じる場合)、Case B(ポンプ運転調整を行わず、内外水(破堤)複合氾濫が生じる場合)についてシミュレーションを実施し、費用便益比 B/C の基本となる浸水深と浸水面積の比較を行った。

図-13、14 にシミュレーションより得られた最大浸水深 h_{NUM} 、床下浸水(0.5m未満)と床上浸水(0.5m以上)の浸水面積 $A_{INNUM}(t)$ の経時変化をそれぞれ示す。六角川については、Case A の外水位 $H_{NUM}(t)$ は H.W.L.未満となる一方で、床上浸水の $A_{INNUM}(t)$ は約 15km²となる。六角川の Case A と B の床下、床上浸水の $A_{INNUM}(t)$ が同様な結果となるのは、いずれの Case についても六角川ではポンプ排水が継続されているためである。牛津川については、Case A、B の牟田辺遊水地の貯留量 V_{NUM} は、それぞれ約 69、56 万 m³となり、計画貯水容量 90 万 m³に対して約 77、62%の洪水調節効果が発揮されるものの、同遊水地の下流側の $H_{NUM}(t)$ が H.W.L.を上回る箇所が発生する。また Case A と比較して Case B の床下、床上浸水の $A_{INNUM}(t)$ は、破堤によりそれぞれ約 41、90%増加する。

以上のことから、流域スケールの治水システムとして

見れば、六角川についてはポンプ排水による内水排除にやや余裕がある一方で、牛津川については仮想決壊箇所(牛津川 8k)付近での流下能力が不足しており、外水位が上昇しやすい。このため、ポンプ排水を継続した場合に破堤氾濫のリスクが大きく、現状以上のポンプ排水が難しいことなどがわかる。

六角川水系のような低平地河川流域では、一般にポンプ排水による内水排除に大きく依存した治水システムとなるが³⁴⁾、このような流域では排水先である本川の流下能力が確保されてはじめて内外水の治水バランスが取れた治水システムとなるが、前述したようにガタ土の堆積等の固有の問題を有していることから、河川改修による流下能力の確保が難しい。以上を踏まえると、流域スケールの被害最小化を図るためには、六角川では外水位を考慮したポンプ排水による内水排除機能の強化、牛津川では遊水地等による洪水調節と外水位の低減が当面の治水対策として有効かつ必要と考えられる。

5. まとめ

- (1) 降雨外力と河口潮位のみを与条件として、流域スケールの内外水複合氾濫をシミュレートできる“治水バランス・水災リスク評価シミュレータ”を新たに構築した。
- (2) 2012年7月出水時の実績に基づき、本モデルが内水/外水位、洪水流量、遊水地への越流流量、最大浸水域を一定精度で再現可能であることを検証した。
- (3) 仮想降雨を与条件とした数値シミュレーションにより、流域の治水システムや破堤による外水氾濫が浸水被害に及ぼす影響について検討を加え、本モデルが流域の治水バランスと水災リスクの評価・検討が可能なツールであることを示した。

謝辞：本研究を実施するに当たり、国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所より資料提供等、多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 川島幹雄, 横山洋, 水口雅教: 密集市街地の氾濫シミュレーションモデルの開発と洪水被害軽減対策の研究, 土木学会論文集, No.600-II-44, pp.23-36, 1998.
- 2) 辻本哲郎, 本守真人, 安倍友則, 山田哲夫: 氾濫シミュレーション手法の開発と東海豪雨災害の再現, 河川技術論文集, 第8巻, pp.121-126, 2002.
- 3) 川池健司, 井上和也, 戸田圭一, 野口正人: 低平地河川流域での豪雨による都市氾濫解析, 土木学会論文集, No.761/II-67, pp.57-68, 2004.
- 4) 秋山壽一郎, 白石清隆, 重枝未玲, 坂田治義, 藤原周平: 遊水地による洪水調節とポンプ排水による内水排除を考慮した外水氾濫解析, 河川技術論文集, 第22巻, pp.109-114, 2016.
- 5) 秋山壽一郎: 減災型治水に求められる河川技術の展望と課題, 第50回水工学に関する夏期研修会 Aコース, 2014.
- 6) 重枝未玲, 秋山壽一郎, 野村心平: 実測水位に基づく分布型流出・平面2次元洪水追跡モデルのパラメータ最適化法, 河川技術論文集, 第18巻, pp.459-464, 2012.
- 7) 秋山壽一郎, 重枝未玲: 河道・氾濫原包括氾濫解析による氾濫流量の評価と市街地破堤氾濫解析, 土木学会論文集B, Vol.63, No.3, pp.224-237, 2007.
- 8) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 岡村賢治, 和田浩輔: 実河川を対象とした仮想破堤氾濫に対する水防林の減災効果, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.70, No.4, I_1543-I_1548, 2014.
- 9) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 小園裕司: 流域特性を考慮した都市域氾濫解析モデルと都市域での浸水プロセスの予知, 水工学論文集, 第54巻, pp.919-924, 2010.
- 10) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 坂田治義: 数値解析を用いた湾曲部に設けられた遊水地の洪水調節効果の検討, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.71, No.4, I_1411-I_1416, 2015.
- 11) 秋山壽一郎, 白石清隆, 重枝未玲, 坂田治義: 洪水調節とポンプ排水を考慮した外水処理モデルの六角川流域への適用, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.72, No.4, I_1249-I_1254, 2016.
- 12) 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所: 六角川ポンプ運転調整方針, http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/site_files/file/rokkaku/04ponnputyousei.pdf, 2006.
- 13) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室, 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室: 洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版), 2015.
- 14) Google Earth, <http://www.google.co.jp/earth/>
- 15) 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所資料, 1993-2012.

(2017.9.29 受付)

ASSESSMENT OF THE BALANCE OF FLOOD CONTROL AND THE FLOOD DAMAGE IN THE ROKKAKU BASIN BY NUMERICAL ANALYSIS

Juichiro AKIYAMA, Mirei SHIGE-EDA and Shuhei FUJIWARA

The primary objective of this study is to demonstrate that a numerical model, which are comprised of the distributed hydrological model, the 2D unsteady flow model based on flux-difference splitting scheme as well as unstructured finite-volume method, and operation of drainage system, is an effective tool to evaluate the balance of flood control and the risks of the inundation in the basin. It is found numerical simulations of inundation flows due to hypothetical rainfall that the model is capable of assessing the balance of flood control and the flood damage in the basin.