

都市域浸水・減災対策検討シミュレータによる 飯塚市街地の浸水被害評価

ECONOMIC LOSS ESTIMATION IN IIZUKA CITY USING NUMERICAL
SIMULATOR FOR RAINFALL-RUNOFF/FLOOD INUNDATION PROCESS IN
URBAN AREA WITH RIVER AND SEWER NETWORK

秋山壽一郎¹・重枝未玲²・草野浩之³
Juichiro AKIYAMA, Mirei SHIGE-EDA and Hiroyuki KUSANO

¹フェロー会員 Ph.D. 九州工業大学大学院教授 工学研究院建設社会工学研究系
(〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)

²正会員 博士(工) 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)

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博士前期課程 (同上)

Economic loss estimations for flooding in the Iizuka-city area in the Onga river basin were performed using numerical simulator for rainfall-runoff in watershed and flood inundation process in urban area with rivers and sewer network. The rain-fall runoff was simulated by a distributed hydrological model. The flood flow in rivers and inundation flows on the ground were simulated simultaneously by the 2D free-surface flow model. The dynamic network model for free-surface-pressurized flow combined with the Preissmann slot was used for the sewer network. The economic loss estimation based on the simulated inundation area and depth was compared with the reported value. The effects of flood disaster-reduction system were also examined based on the numerical results.

Key Words : risk control, urban area, economic loss estimation, rainfall-runoff, inundation flow, dynamic flood simulation, flood control system, Iizuka city

1. はじめに

近年、想定範囲を超えた自然災害が頻発し、甚大な被害が生じている。毎年のように観測史上最大規模やそれに近い規模の想定範囲を超えた豪雨による水害が発生している。

気候の変動やわが国の経済状況などの社会的な要因から、治水対策は「洪水氾濫の防止を基本とする防災」から「被害最小化を基本とする減災へ」と移行しつつある¹⁾。効果的な減災対策を講じるためには、流域での雨水貯留施設、本川・中小支川、遊水池、都市域での水門・樋門や排水機場、雨水貯留施設、複雑に張り巡らされた下水道網などの治水システムを総合的に評価することが不可欠である。

このような評価を行うためには、流域レベルの比較的大きな領域での雨水の挙動を予測し、かつ、河道での洪水流の挙動と都市域での氾濫現象を水災時の被害最小化対策の検討に必要な解像度を有しつつ十分な精度で予測するとともに、その結果に基づき被害評価を行うことが

必要となる。治水システムを考慮し、降雨外力からの流出、洪水、氾濫の一連のプロセスの予測が可能な「統合型氾濫解析モデル」²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾の開発も行われており、近年では同モデルを用いた浸水予測に基づき経済被害評価を試みた研究も存在する⁵⁾。著者らは、都市域での詳細な治水システムを考慮した上で氾濫流の挙動を予測できる「都市域氾濫解析モデル」⁶⁾をベースに「統合型氾濫解析モデル」のように降雨外力から流出、洪水、氾濫の一連のプロセスの予測できる「流域流出・都市域氾濫解析モデル」⁷⁾を開発し、同モデルが流域の雨水の挙動、河道での洪水流の挙動、都市域での詳細な氾濫流の挙動を予測可能である⁷⁾こと、都市域での治水システムを適切に評価できること⁸⁾を示した。このようなモデルに経済被害評価を組み込むことができれば、治水システムを総合的に評価するための有用なツールになると考えられる。

本研究では、以上のような背景を踏まえ、「流域流出・都市域氾濫解析モデル」に本川、支川、氾濫原および下水道網の一体解析を行えるように改良を加えるとともに、解析結果に基づき経済被害を評価する「経済被害評価モデル」を組み込んだ「都市域浸水・減災対策検討

シミュレータ」を開発し、同モデルで2003年九州豪雨災害(以下、2003年豪雨災害と呼ぶ。)の飯塚市街地の被害評価を行うとともに、飯塚市街地で整備されてきた治水システムを考慮した解析を行い、各施設の被害額軽減効果について検討した。

2. 都市域浸水・減災対策検討シミュレータ

「都市域浸水・減災対策検討シミュレータ」は、①任意の降雨外力から、流域での雨水の挙動を把握した上で、精度の高い本川の洪水追跡を介して、都市域での詳細な浸水プロセスの予測を行う「流域流出・都市域氾濫解析モデル」と②浸水による被害額を評価する「経済被害評価モデル」とで構成される。以下にその概要を示す。

(1) 流域流出・都市域氾濫解析モデルの概要と改良

「流域流出・都市域氾濫解析モデル」⁷⁾は、「セル分布型流出解析モデル」⁹⁾、「平面2次元洪水追跡モデル」⁹⁾、「都市域氾濫解析モデル」⁹⁾の3つのモデルで構成され、それぞれの結果を境界条件あるいは内部境界条件で接続することで、任意の降雨外力から、流域での雨水の挙動を把握した上で、精度の高い本川の洪水追跡を介して、都市域での詳細な浸水プロセスの予測を行うモデルである。

従来の「流域流出・都市域氾濫解析モデル」⁷⁾では、都市域氾濫解析を行う際に、計算効率の観点から本川と氾濫原とを分離して解析を実施していた。そのため、支川の境界条件として本川の洪水追跡から得られた水位が必要であった。本研究では、同モデルに①「都市域氾濫解析モデル」の並列化による計算速度の高速化、②「平面2次元洪水追跡モデル」と下水道網の解析を行う「ダイナミック下水道網モデル」⁹⁾の接続条件の追加を行い、降雨を外力に本川の下流端水位を与えることで、本川、支川と氾濫原および下水道網を一体として解析できるように改良している。

①の「都市域氾濫解析モデル」の並列化については、「都市域氾濫解析モデル」を構成する「高精度平面2次元自由表面流モデル」⁹⁾と「ダイナミック下水道モデル」⁹⁾を次のように並列化した。「平面2次元洪水追跡モデル」の並列化は、「平面2次元洪水追跡モデル」⁹⁾と同様に氾濫原を複数の領域に分割し、境界条件の代わりに接続条件として隣接セルの情報を受け渡すことで行った。また、「ダイナミック下水道モデル」⁹⁾の並列化については、ブランチとノードでモデル化した下水道網での圧力自由表面流れの解析を各ブランチで行った後、ノードの接続条件として与えることで行った。

②については、「ダイナミック下水道モデル」⁹⁾と「平面2次元洪水追跡モデル」との接続地点に図-1のように河道と下水道のリンクセルを設け、リンクセルと河

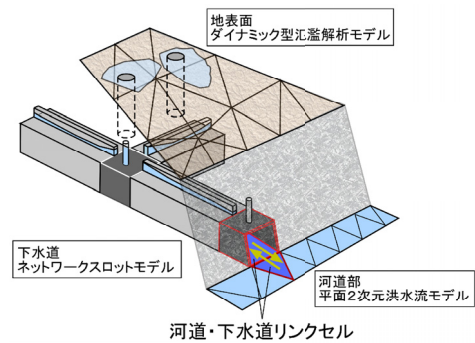


図-1 河道と下水道の接続の概要

川との境界には「平面2次元洪水追跡モデル」の数値流束を、リンクセルと下水道網の境界には「ダイナミック下水道モデル」の数値流束を与えることで接続した。

その他、摩擦勾配の取り扱いを陽解法から半陰解法にするなど、計算の高速化に関する改良も行っている。

図-2に「流域流出・都市域氾濫解析モデル」を構成する各モデルの解析対象領域の概要を示す。改良後の同モデルの解析手順は次の通りである。

- (1) 流域を小流域(図-2中の黄色の線)、河道および都市域(図-2中の青色の線)とに分割する。また、都市域は斜面部と氾濫原とに分割する。
- (2) 小流域と都市域に含まれる斜面部の雨水の挙動解析と河川への流出計算を行う。
- (3) 河川への流出、斜面部からの氾濫原への雨水の流出を考慮して本川下流端の水位を境界条件として、本川の洪水追跡、支川の洪水流、氾濫原の氾濫流および下水道流を一体的に解析する。

手順(2)については「セル分布型流出解析モデル」を、(3)については「平面2次元洪水追跡モデル」と「都市域氾濫解析モデル」を用いて解析を行う。各モデルの詳細については参考文献⁷⁾に示す通りである。

(2) 経済被害評価モデル

経済被害評価モデルでは直接被害のみを評価する。推定される被害額は、(1) 一般資産被害、(2) 農産物被害、(3) 公共土木施設等被害である。評価方法は、後述する浸水深の算定方法を除いては、治水経済調査マニュアル¹⁰⁾と同様である。

評価に必要なデータは、①街区中の家屋のポリゴンデータ、②田畑のポリゴンデータ、③産業分類別従業者数、④住宅の建て方別世帯数、世帯の経済構成別一般世帯数、⑤世帯の家族類別一般世帯数である。①と②は航空写真をトレースすることで抽出し、③～⑤は総務省国勢調査メッシュ統計¹¹⁾からデータを抽出した。

これら①～⑤のデータをGIS上で整理し、⑥解析結果から得られる最大浸水深に基づき、治水経済調査マニュアルから被害率¹⁰⁾を求めることで、経済被害評価を行った。詳細な各被害額の算定方法については、治水経済調査マニュアル¹⁰⁾を参照されたい。

本モデルでは家屋を周辺地盤高より高くすることで取

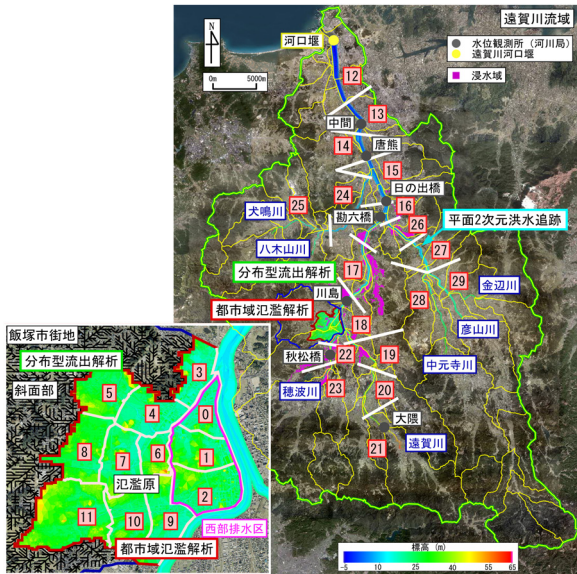


図-2 各モデルの解析対象領域と遠賀川流域の概要

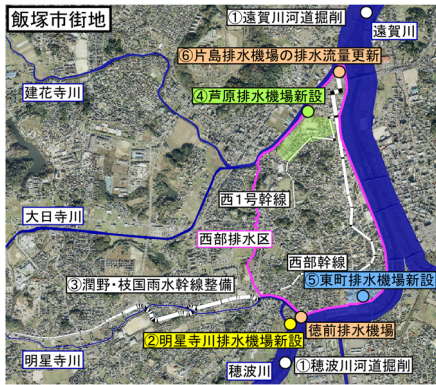


図-3 飯塚市街地周辺の治水システム

り扱っているため、その位置での浸水深を求めることはできない。そのため、次のような方法で浸水深を算出した。まず、家屋ポリゴンに隣接する計算セルで水深 h がドライベッドを模した水深 $h_v=0.001(\text{m})$ よりも大きくなるセルの水深 h と面積 A を抽出し、式(1)で平均浸水深 \bar{h} を算出した。 $\bar{h} \geq 0.01(\text{m})$ を床下浸水深として被害額を算出した。

$$\bar{h} = \sum Ah / \sum A \quad (1)$$

ここに A =計算セルの面積である。

3. 飯塚市街地の概要

本研究で対象とする飯塚市街地は、遠賀川の中下流域に位置しており、支川の氾濫による内水氾濫被害が度々生じている。2003年豪雨災害時に飯塚市の旧飯塚地区では最大で約1.5mの浸水深となり、歴史ある劇場や中心商店街、文化施設をはじめとして周辺一体が大きな被害を受け、床上浸水1,569棟、床下浸水724棟をはじめ電気・水道・ガスなどのライフラインにも大きな被害が生じている。図-2に、遠賀川流域の概要を示す。

図-3は、2003年豪雨災害で大きな被害を生じた飯塚市街地の西部排水区の治水システムを示したものである。

2003年豪雨災害時、西部排水区では(1) 明星寺川、建花寺川、大日寺川の中小河川、(2) 西部幹線(幅1400~3600×高さ1120~2160mm×長さ2633m)と西1号幹線(直径250~1650mm×長さ1494m)の二つの幹線を有する下水道網、(3)明星寺下流では徳前排水機場(排水能力16.0 m^3/s)、(4) 下水道網の末端の片島排水機場(排水能力10.33 m^3/s)で治水システムが構成されていた。2003年豪雨災害後には以下が浸水対策事業として行われており、2009年7月中国・九州北部豪雨災害では、福岡県飯塚市の雨量観測所で1時間101mmの観測史上最大の豪雨が観測されたにも関わらず、2003年豪雨災害のような大きな浸水被害は生じなかった。

- (1) 遠賀川・穂波川の河道掘削 (図中の①)
- (2) 明星寺川下流の分流と分流河川の下流に明星寺川排水機場(排水能力26.0 m^3/s)の新設 (図中の②)
- (3) 潤野・枝国雨水幹線の整備(図中の③)
- (4) 芦原排水機場(排水能力3.0 m^3/s)と東町排水機場(排水能力2.2 m^3/s)の新設(図中の④, ⑤)(ハッチの地域の雨水排水を担当)
- (5) 設備の更新による片島排水機場の排水能力の向上(排水能力12.66 m^3/s) (図中の⑥)

4. 解析の概要

解析は、従来のモデル⁷⁾との予測精度の比較と経済被害評価モデルの妥当性の検討を目的とした①2003年豪雨災害時の降雨を用いた氾濫状況の再現計算と、各治水施設の経済被害額の軽減効果の検討を目的とした②治水施設を考慮した解析を行った。

2003年豪雨災害の計算では、流出解析の開始時刻を7月18日PM0時、平面2次元洪水追跡・都市域氾濫解析を7月19日AM1時とした。

都市域(面積: 27.9 km^2)(図-2中の青い線)を飯塚市街地を含むように設定し、斜面部(面積: 21.7 km^2)と氾濫原(面積: 6.2 km^2)(図-2中の赤い線)とに分離した。小流域と斜面部については分布型流出解析を、図-2に示す本川の遠賀川と支川の穂波川とその他の8つの支川と氾濫原で平面2次元洪水追跡・都市域氾濫解析を行った。

分布型流出解析ではモデルパラメータとして、表-1に示す値を用いた。ここに、 N =等価粗度係数、 k_a =重力水が卓越するA層内の透水係数、 d_c =マトリックス部の最大保水量を水深で表した値、 d_s =重力水を含めて表層土中に保水しうる最大水深、 β =重力水部と不飽和水部との飽和透水係数の比である。

洪水追跡では、河道断面に2002年および2009年の断面を、粗度係数には河道計画で用いられた平均値0.035を与えた。

都市域氾濫解析では、明星寺川下流端の徳前排水機場・明星寺川排水機場については、再現計算ではポンプ

表-1 分布型流出解析のパラメータ

	$N(m^{-1/3}s)$	d_s	d_c	$k_a(m/s)$	β
森林	0.8	0.08	0.04	0.015	4
荒地	0.4	0.00	0.00	/	
田	3				
農地	0.4				
市街地	0.1				
水域	0.035				

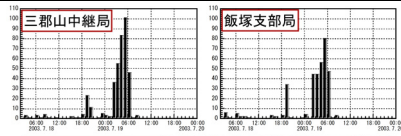


図-4 解析に用いた降雨の一例と境界条件

場操作記録に基づき単位面積当たりの排水流量を与え、被害軽減効果の解析では操作ルールに従い排水させた。芦原排水機場と東町排水機場については、排水を担当する地域の単位面積当たり排水能力に基づき排水させた。また、西部排水区の雨水下水道網下流端の片島排水機場については、下水道網末端に排水流量を与えた。

計算格子には三角形非構造格子を用い、計算領域内の河川や街路などの線形に対して分割数を設定した後、メッシュジェネレータを用いて解析対象領域を三角形の計算メッシュに分割した。総メッシュ数は37,442個～39,172個であった。

解析条件は降雨ハイトグラフと河道下流端での水位ハイドログラフである。図-4に解析条件の一例を示す。降雨量には、各降雨観測所が代表となる領域をティーセン法に基づき図-4の黄色のラインのように設定し、そこでの時間雨量を与えた。河道上流端や氾濫原上流端には分布型流出解析で求めた流量を与え、境界条件として河道下流端での水位ハイドログラフのみを与えた。

5. 結果と考察

(1) 2003年豪雨災害の再現計算と被害評価

まず、本モデルを2003年豪雨災害に適用し、従来のモデル⁷⁾に比べ予測精度が向上することと経済被害評価モデルの妥当性を示す。なお経済被害評価は、図-3中の西部排水区で行った。

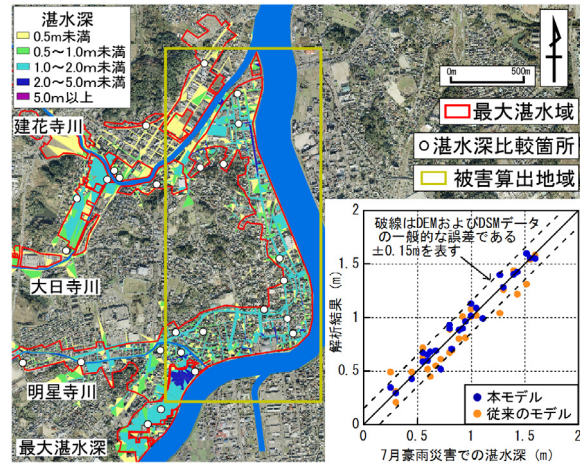


図-5 最大湛水域と最大湛水深

表-2 被害評価モデルより得られた被害額

単位：千円

一般資産被害	農産物被害	公共土木施設等被害
7,027,807	42,275	11,876,993

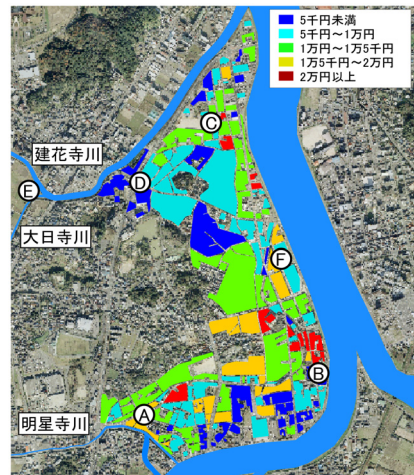


図-6 単位面積当たりの一般資産被害額

表-3 解析Caseと考慮した治水システム

Case	浸水対策	内容
0	—	①遠賀川の河道掘削
1	①,②,③	②明星寺川排水機場の新設
2	④	③潤野・枝国雨水幹線の整備
3	⑤	④芦原排水機場の新設
4	⑥	⑤東町排水機場の新設
5	①,②,③,④,⑤,⑥	⑥片島排水機場の設備更新

図-5は2003年再現計算の最大浸水深と痕跡最大浸水域と図中の白丸での最大浸水深と痕跡浸水深との比較を行ったものである。なお、最大浸水深と痕跡浸水深との比較には、平面2次元洪水追跡から得られる支川の水位ハイドログラフを境界条件として与えた従来のモデルの解析結果⁷⁾もあわせて示している。これらより、(1) 本モデルは痕跡最大浸水域を再現していること、(2) 本モデルと従来のモデルのいずれも十分な精度で痕跡浸水深を再現していること、(3) 本モデルの解析結果の多くは、実測値との適合性を示す実線上にプロットされており、従来のモデルに比べそのプロット数は多く、より高い精度で実測値を予測していること、などがわかる。予測精度が向上した箇所は、従来のモデルで水位を境界条件と

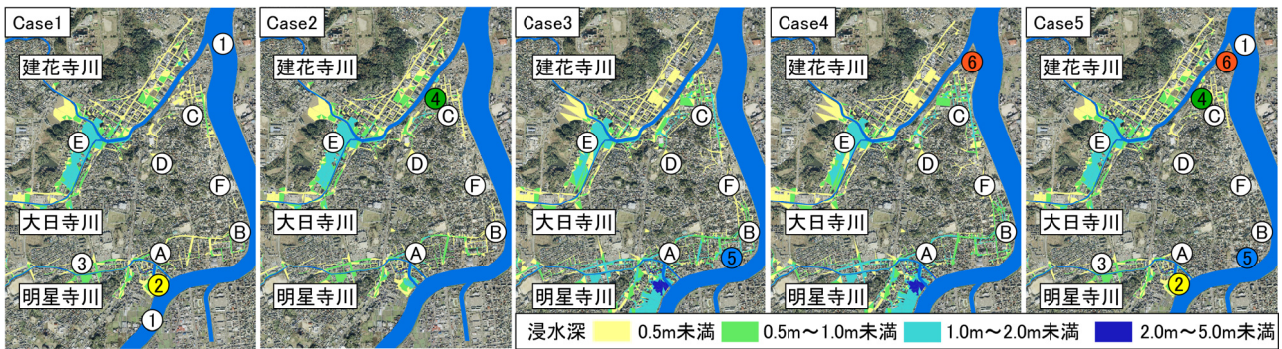


図-7 各Caseの最大湛水域

して与えた建花寺川付近であったことから、本モデルが本川の遠賀川の流が支川の建花寺川の流れに及ぼす影響を適切に評価したと考えられる。このように、本モデルは洪水追跡と都市域氾濫解析とを一体として行うことで、より高い精度で氾濫流の挙動を予測できることがわかった。

表-2は、経済被害評価モデルより得られた(1) 一般資産被害、(2) 農産物被害、(3) 公共土木施設等被害を示したものである。損害保険料率算出機構の報告書¹²⁾によれば、飯塚市街地での被害総額は約50億円と推定されている。本モデルでは一般資産被害は70億となっており被害額を若干高く評価している。これは、床下浸水と判断する浸水深の閾値を1cmとしているため、被害額を過大に評価した可能性が考えられる。なお、浸水深の閾値を10cmとした場合には約46億円となった。このことを踏まえると、本モデルは、ある程度の精度で被害額を推定可能であることがわかる。なお、上記の調査金額は保険率算出のために、(3) 公共土木施設等被害は含んだものにはなっていない。本モデルによれば直接被害額は約180億円であった。

図-6は各街区での単位面積当たりの一般資産被害額を示したものである。これより、(1) 明星寺川の左岸側(図中のA地点)から穂波川の左岸側(図中のB地点)と遠賀川の左岸側(図中のF地点)にかけて、被害額が大きい街区が多く、(2) 特に、飯塚市街地の中心地区である東徳前地区(図中のA地点)や飯塚地区(図中のB地点)で被害額が高くなること、などがわかる。損害保険料率算出機構の報告書¹²⁾によれば、2003年豪雨災害で浸水被害を受けた商店街のうち被害の大きかった商店街は、図-6中のBからF地点に位置しており、本モデルの解析結果でも、そのような被害が確認されている。このように、本モデルは、被害額の空間分布についても、ある程度の精度で推定可能であることがわかる。

(2) 治水システムを考慮した解析と経済被害評価

次に、表-3に示すように治水施設を考慮した解析を行い、各施設の経済被害の軽減効果を検討した。降雨外力には2003年豪雨災害時の降雨を用いた。

浸水プロセスについては、参考文献⁸⁾と概ね一致していた。なお、参考文献⁸⁾の浸水深との間には若干の違い

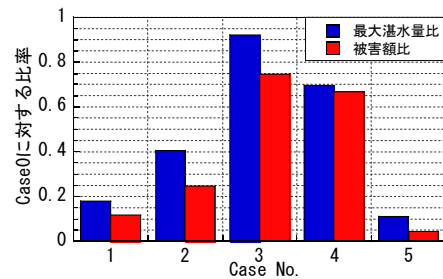


図-8 各Caseの浸水深および直接被害額の比

が認められるが、これは本川との一体解析により、建花寺川からの溢水状況やポンプの稼働時刻などに違いが生じたためである。

図-7は、表-3に示す各Caseでの最大浸水域・浸水深の解析結果を示したものである。なお、Case0は2003年豪雨災害時の図-5の結果となる。最大浸水域・浸水深から、(1) 当然ながら、全改修を考慮したCase5で最も小さくなること、(2) Case1はCase2が同程度に小さくなること、(3) Case4では市街地周辺の浸水深が小さくなり、標高が周辺よりも高い図中のF点で浸水深が小さくなること、(4) Case3ではB地点周辺の浸水深が小さくなること、などが確認できる。図-8はCase0に対する各Caseの最大浸水量比を示したものである。図中には後述する直接被害額比についてもあわせて示している。これより、Case1では約80%、Case2では約60%、Case3では約10%、Case4では約30%、Case5では約85%の最大浸水量の低減が確認できる。低減率が高いCaseは、Case5、1、2の順であり、Case1で低減率が高い理由は明星寺川排水機場の新設により明星寺川からの溢水量が低減したためである。Case2で低減率が高い理由は、芦原排水機場の新設により図-3中の西1号幹線が受け持つ雨水が低減され、西一號幹線と西部幹線との合流点の水位あるいはピエゾ水頭が小さくなり、西部幹線の排水区の水と幹線内の水位あるいはピエゾ水頭の差が大きくなり下水道への雨水排水が長期間にわたって可能となったためである。

図-9は、各街区での一般資産額について、Case0に対する各Caseの被害額比を示したものである。なお、図中の航空写真は図-5中の黄色の範囲に対応しており、また、被害額が0となった箇所には色をつけていない。これより、(1)最大浸水域・浸水深と同様に、Case5、1、2の順で被害額が小さくなること、(2) Case2やCase4のように

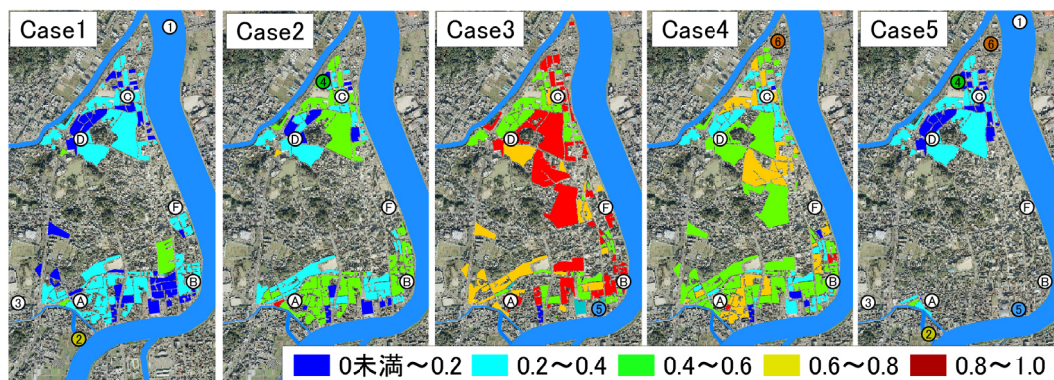


図-9 各街区での一般資産額比

下水道の排水能力が改善されると、F地点周辺から被害額が軽減されること、(3) Case3の東町排水機場の設置によって、被害額の大きかった商店街周辺(図中のB地点)での浸水被害が大幅に軽減されること、などがわかる。

図-8は、Case0に対する各Caseの直接被害額の比を示したものである。これより、Case1では約90%、Case2では約75%、Case3では約25%、Case4では約33%、Case5では約95%の被害金額の低減が確認でき、低減率は浸水深よりも大きくなる。

以上を踏まえると、各治水施設について、①～③は明星寺川の溢水流量の低減、⑥は西1号幹線と西部幹線の排水能力の向上、④は芦原地区の排水と西1号幹線と西部幹線の排水能力の向上、⑤は商店街周辺地域の浸水被害軽減に有効に機能しており、被害額の軽減に貢献していることがわかった。

このように、「都市域浸水・減災対策検討シミュレータ」は、各施設やその総合的な被害軽減効果を検討することが確認された。

5. おわりに

本研究では、「流域流出・都市域氾濫解析モデル」に本川、支川、氾濫原の一体解析を行えるように改良を加えるとともに、解析結果に基づき経済被害を評価する「経済被害評価モデル」を組み込んだ「都市域浸水・減災対策検討シミュレータ」を開発し、2003年九州豪雨災害の飯塚市街地の被害評価を行うとともに、飯塚市街地で整備されてきた治水施設の被害額軽減効果について検討した。その結果、本シミュレータが、(1)経済被害額をある程度の精度で推定できること、(2)都市域の治水施設や治水システムによる総合的な被害額軽減効果を検討できること、などが確認された。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金基盤研究B(課題名：豪雨災害時の浸水減災シミュレータの開発と樹林帯の減災効果に関する研究、課題番号：21360237、研究代表者：秋山壽一郎)の助成を受け実施したものである。本研究を実施するに当たり、国土交通省遠賀川河川事務所

から現地調査やデータ提供など、福岡県飯塚県土事務所からデータ提供など多大な協力を得た。本学学部4年生の大谷昌成君、野村心平君、網中達郎君には、データ整理等で協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会河川分科会，豪雨災害対策総合政策委員会：総合的な豪雨災害対策の推進について(提言)，<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/05/050419/01.pdf>.
- 2) 辻本哲郎，本守真人，安部友則，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) 戸田圭一，井上和也，村瀬賢，市川 温，横尾英男：豪雨による都市域の洪水氾濫解析，土木学会論文集，No. 633/II-53，pp.1-10，2000.
- 4) 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.
- 5) 小林健一郎，寶 馨，奥勇一郎：統合型降雨流出・洪水氾濫モデルによる佐用町洪水災害分析と経済被害推定，水工学論文集，第55巻，p.S_949-S_954，2011.
- 6) 秋山壽一郎，重枝未玲，田邊武司：下水道網を考慮した飯塚市街地の氾濫解析，水工学論文集，第53巻，pp.829-834，2009.
- 7) 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.
- 8) 秋山壽一郎，重枝未玲，小園裕司，草野浩之：治水システムを考慮した飯塚市街地の都市域氾濫解析と被害軽減効果の検討，水工学論文集，第55巻，pp.S_943-S_948，2011.
- 9) 重枝未玲，秋山壽一郎，小園裕司：遠賀川流域の分布型流出解析と複数の支川を考慮した平面2次元洪水追跡，河川技術論文集，第16巻，pp.443-448，2010.
- 10) 国土交通省：治水経済調査マニュアル(平成17年度版)
- 11) 総務省統計局：総務省国勢調査メッシュ統計，<http://www.stat.go.jp/data/index.htm>，2005.
- 12) 損害保険料率算出機構：福岡県豪雨災害調査報告(2003.7)，<http://www.nliro.or.jp/service/databank/tyousa>，2003.

(2011. 9. 30受付)