

水害時の即時対応行動支援システムの開発

PROPOSED OF AN IMMEDIATE ACTION SUPPORT SYSTEM TO OPERATE IN REAL TIME DURING THE HEAVY RAIN DISASTER

浅田純作¹・大屋誠¹・渡邊茂²・水草浩一²・片田敏孝³

Junsaku ASADA, Makoto OHYA, Sigeru WATANABE, Kouichi MIZUKUSA and Toshitaka KATADA

¹正会員 博(工) 松江高専准教授 環境・建設工学科 (〒690-8518 島根県松江市西生馬町14-4)

² 国土交通省 出雲河川事務所 (〒693-0023 島根県出雲市塩冶有原町5-1)

³正会員 工博) 群馬大学教授 工学部建設工学科 (〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1)

There are some problems in heavy rain disasters. Especially, it is difficult to grasp the damage situation at the time of a disaster. It is important to grasp the accurate information quickly and to share the information among administrators in times of disaster, in order to operate in real time, during disasters to minimize damages.

We established an immediate action support system, based on the GIS to operate in real time, during disasters. The purpose of this system is to get the accurate information on the disaster situations and to display the appropriate measures, for immediate action. This system consists of two parts. One is a collecting-information support system and the other is an action support system.

Key Words : Disaster Information, GIS, Levee protection

1. はじめに

近年、我が国では各地で豪雨災害が発生し、多くの被害が生じている¹⁾。こうした豪雨災害によって広域で同時に大きな被害が発生した場合、行政による状況の把握が困難なことが多い。このような状況把握の遅れは、後の対応行動の遅れに繋がり、被害の拡大を招く事になる。そのため、人的被害を最小限に抑えるためには、すばやく状況を把握し適切な対応行動をとることが必要となる。

水害時における代表的な対応行動には水防活動が挙げられ、それに関する現状の情報伝達は、図-1に示すようになっている。図-1のように河川を管理する国から水防警報が発令され、県から市町村へ情報が伝達され、市町村の指示により水防団が活動を行う。しかし、水防団の管理は市町村のため、現在のような情報伝達方法では、河川管理者による水防団の活動状況等の把握が困難となっている。

そこで、このような問題に対し、本研究では災害時の状況把握、情報伝達ならびに対応行動を迅速化かつ効率化することを目的に、市販のGISを利用した情報収集支援システムと対応行動支援システムの開発を行った。防災にGISを利用する事例は災害シミュレーションや被害予測に用いるもの²⁾や情報収集に用いるもの³⁾など多数

あるが、本システムは、災害時に集めた情報をGIS上で表示・解析を行い、解析結果から情報の空白地帯を検索し、その地域のパトロールを担当する建設企業や水防団、自主防災組織に指示を出すなどの特徴的な機能を有する指示誘導型である。このシステムを利用することで、図-2に示すような情報の流れが形成され、河川管理者による水防活動の把握が可能になると考えている。

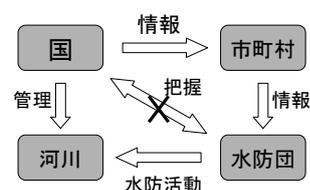


図-1 現在の水防活動に関する情報のフロー

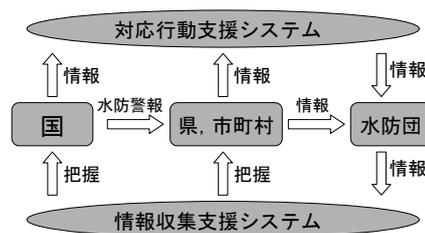


図-2 本システムを利用した場合のイメージ

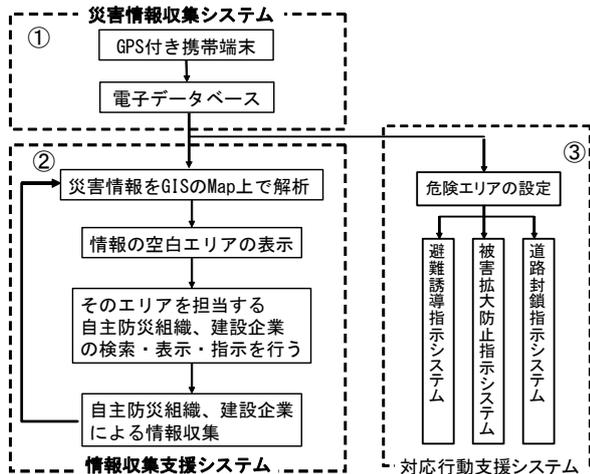


図-3 システムの全体構成と流れ

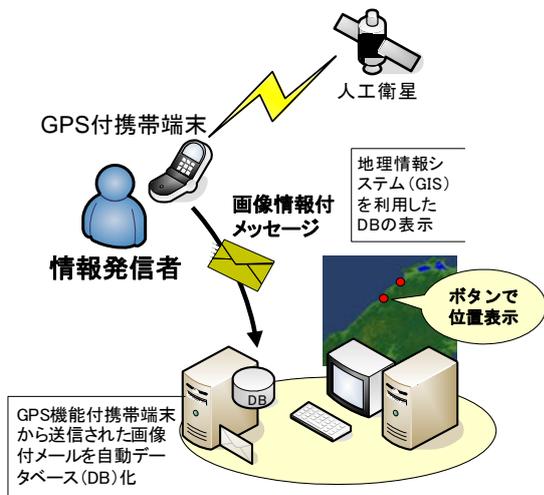


図-4 情報収集システムの概要図

2. 災害情報収集システム

図-3に開発したシステム全体の構成と各作業の流れを示す。本研究では、GPS機能搭載の携帯端末を用いて集めた情報のデータベース化までを災害情報収集システム（図中①）、集めた情報を解析・活用する部分を情報収集支援システム（図中②）と対応行動支援システム（図中③）と呼んでいる。

（1）災害情報収集システムの特徴

本システムは、洪水や地震などの災害が発生した際に携帯端末を利用し、GPSにより「位置情報」、携帯付属のデジタルカメラによる画像を災害の状況を把握するための「画像情報」としてデータベースに自動的に蓄積するシステムである（図-4参照）。

従来、メールというのはメールサーバーに送信され、各ユーザーは端末上のメーラー（メール閲覧ソフト）を利用してサーバーに蓄えられているメールを取りに行き、メーラー上でメールの内容を読む。通常、メールは誰かがメーラーを起動し、メールサーバーにメールを読み

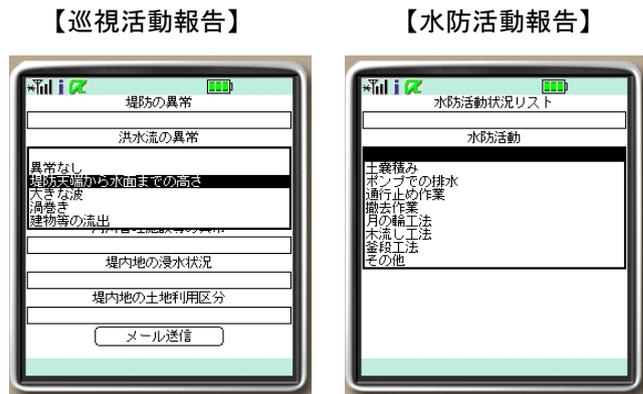


図-5 入力画面の例

行かなければメールを確認できず、また、添付ファイルである画像ファイルを展開し、保存することができない。本システムで想定している災害時に携帯端末を利用して情報を取得しようとした場合には、人的操作によりデータベースを構築し、地理情報システムで閲覧可能にすることは不可能である。

そこで、本システムではリアルタイムの情報として送られてきた情報をメーラーを利用せず、システムがこのメールを受信すると自動的に内部の欲しい情報（位置、その地点の画像、発信者、時間、コメント）を抜き出し、地理情報システム上で表示可能なデータベースとして格納することを可能とした。

以下に本システムの特徴をまとめる。

- ①携帯端末を利用した情報収集システムである
- ②既存のメールサーバー（現在UNIXのみ）に容易に設定可能である
- ③災害情報として位置と画像が自動的にデータベースになる
- ④地理情報システム（GIS）への応用が可能である
GIS上では、位置情報によってボタンが表示され、そのボタンをクリックすると画像情報が表示される（図-4参照）。
- ⑤メールサーバー管理者でなくてもこのシステムを導入できる

（2）選択式的入力方法

本システムでは現場で情報提供者が直接書き込むのではなく、事前に登録されている項目の中から選択する方法を採用した。本研究では、情報提供者として河川管理者の他、地元の建設業者や自主防災組織を想定している。そのため、「誰でも簡単に情報を送れる」ということが重要になってくる。そこでコメントはその場で書くのではなく、図-5の画面例のようにアプリケーションに事前に組み込んだ項目の中から選べるようにした。

この項目の選定には、国土交通省中国地方整備局斐伊川河川事務所に協力して頂き、実際の水防時の巡視報告書に基づいて、「亀裂」、「法崩壊」、「洗掘」、「冠

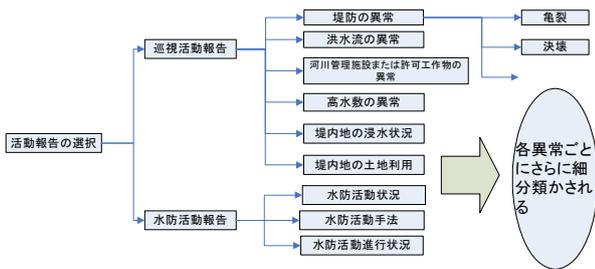


図-6 コメント選択の体系図

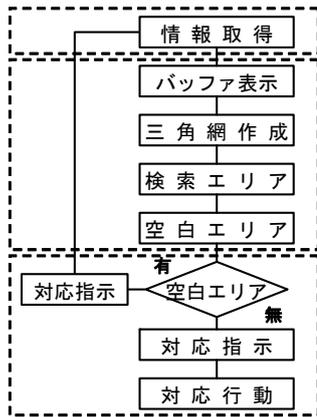


図-7 情報収集支援システムのワークフロー

水」といったキーワードを抽出し、「堤防の異常」, 「高水敷の異常」といった状況別に分類した. 図-6にその体系図を示す. また, 使用者が自主防災組織などで河川の専門用語に詳しくない場合も想定し, 松江市の2005年自主防災組織リーダー研修会参加者を対象にアンケート調査⁴⁾を行い, 分かりづらい用語については表現を変えるなどの工夫も行っている.

なお, このような機能を携帯端末で利用できるようにするために, Javaアプリケーション(機種によってはBrewアプリケーション)を利用した. GPSによる位置情報の取得もこのアプリケーションから取得する方法を採用している.

3. 情報収集支援と対応行動支援システム

(1) 情報収集支援システム

災害発生時, 多くの被害情報などが行政機関に送られる. しかし, それらの情報はさまざまな属性を持ち, 整理することは容易ではなく, 被害状況の把握は困難といえる. そのような問題に対し, 本研究で開発したシステムは収集した情報をGIS Map上で解析し, 情報の空白エリアを表示することで状況把握を視覚的に助けることが可能となる. ここで, 図-7に情報収集支援システムの作業の流れを示す.

情報空白エリアの設定に関して, 本システムでは行政機関や住民などからよせられる被害情報の位置を図上に



図-8 情報の空白エリア検索画面

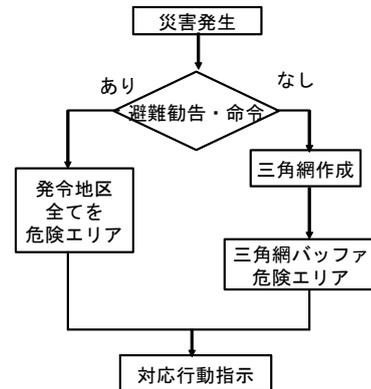


図-9 危険エリアの設定方法

プロットし, 各点から情報の有効半径と定義した円バッファを作成する. 次に, 各点を頂点とした三角網を作成し, この三角網全体を検索エリアとした地域から円バッファを除いた部分が情報の空白エリアとなる(図-8参照). ここで, 三角網の形成については, なるべく「ふっくら」とした三角形を形成する考え方として有限要素法のメッシュ生成などに利用されているDeLaunay三角形分割^{5), 6)}を採用した. また, 円バッファの有効半径(図-8では仮に500mと設定)や三角網の一边の最大長については, 今後の課題として検討する必要がある. 空白エリア検索後, 空白エリアが存在した場合には, あらかじめデータベースに登録されたその地区を保守エリアとする建設企業, または自主防災組織を検索し, 該当エリアの巡回・情報収集を指示する.

(2) 対応行動支援システム

次に, 本システムでは危険エリアを設定する. 危険エリアとは, 現時点で危険, または数時間後には危険になると予測されるエリアのことである. 本研究における危険エリアの設定方法は2パターンあり, 図-9に示すように, ひとつが避難勧告・指示が発令された地区をそのまま危険エリアとする方法である. もうひとつが取得した被害情報から危険エリアを設定する方法である.

この設定方法は、入手した情報の中から、異常なし(被害なし)の情報点を除き、設定した浸水深以上の点を同被害レベルと定義し、同レベルの点ごとに三角網を形成し、その三角網についてバッファ表示する。この時、被害レベルに応じてバッファ半径を決める。なお、現システムでの被害レベルを表す浸水深の決定に関しては、事前に関係機関で検討し、情報収集者に対する教育・訓練が必要になる。また、同被害レベルの点に囲まれた地域内に異なる被害レベルが存在する可能性があるため、被害ありの情報点では情報の有効半径を狭めるなどの対応で詳細な情報収集を行う検討が必要であり、情報が少ない状況では、安全を考慮し、高い被害レベル側で危険エリアを設定しなければならない。

危険エリア設定後、その危険エリア内に保守エリアを持つ建設企業や自主防災組織、もしくは付近の建設現場を検索し、対応行動を指示・連絡する。その際指示される対応行動については、エリア内の住民の避難誘導、土嚢積みや道路上の障害物の撤去・移動、危険エリア内への一般人の流入を防ぐための道路封鎖(図-10参照)といった被害拡大防止行動などがある。

(3) 電子メールを使用した行動指示・連絡ツール

現在、災害時の情報伝達手段には電話・FAXが用いられていることが多い。本研究では、指示・連絡の伝達手段として電子メールを利用することを考え、そのためのツールを開発した。

電子メールを情報伝達の手段に用いることで、複数の相手への同時送信が可能となる。さらに、電子メールを使用した情報のやり取りの利点は、画像データを扱えることであり、災害情報に画像データが添付されていれば現場のより詳細な状況を把握することができる。これらの点から、電子メールは災害時に有効な情報伝達手段と

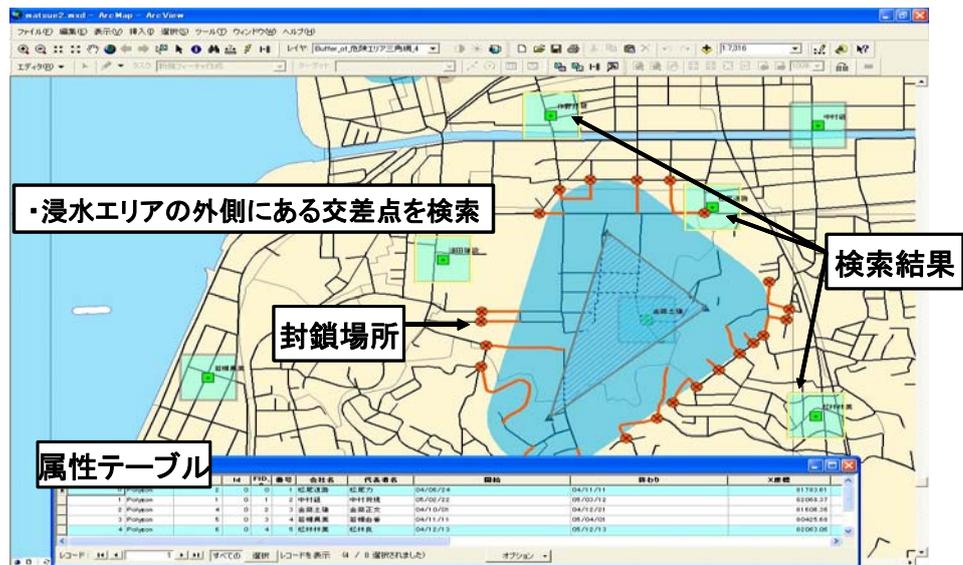


図-10 道路封鎖指示システムの実用例

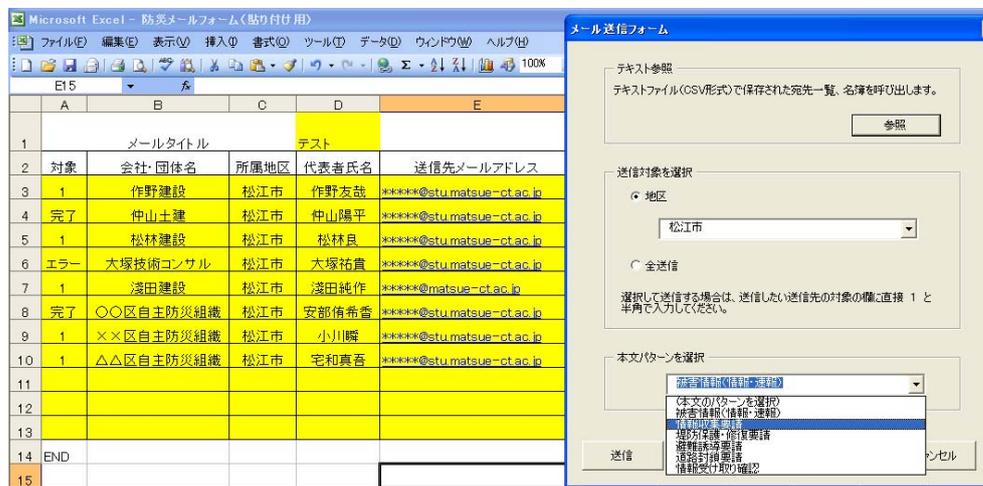


図-11 メール送信フォーム例

言える。

本ツールでは、表計算ソフトでBSMTP⁷⁾を利用してメール送信フォームを作成した。BSMTPとはSMTPのフリーソフトであり、BSMTPはVisual Basicで組まれたプログラム上で機能する。そのため、既存のメールソフトを使用することなく、VBが使用可能な表計算ソフトから送信先の機種(PC・携帯電話・メーカー)を問わず直接メールを送信することが可能となる。

このツールは図-11に示した送信フォームのように、メールの送信先と、あらかじめ編集した「情報収集要請」や「堤防保護・補修要請」などの定型文を選択するだけで、対応行動指示メールを複数の相手に一括して送信することができる。このとき、送信先の選択方法は大きく3つのパターンがあり、任意の宛先へのみ送信、選択した地区に所属する全ての宛先に送信、メールリストのデータがあるテキストファイルを読み込み送信する、などがある。

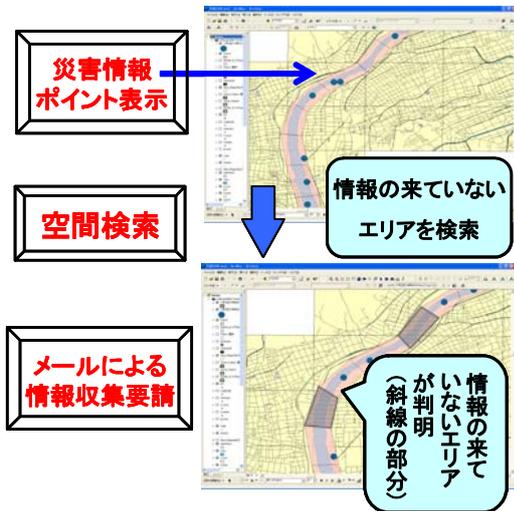
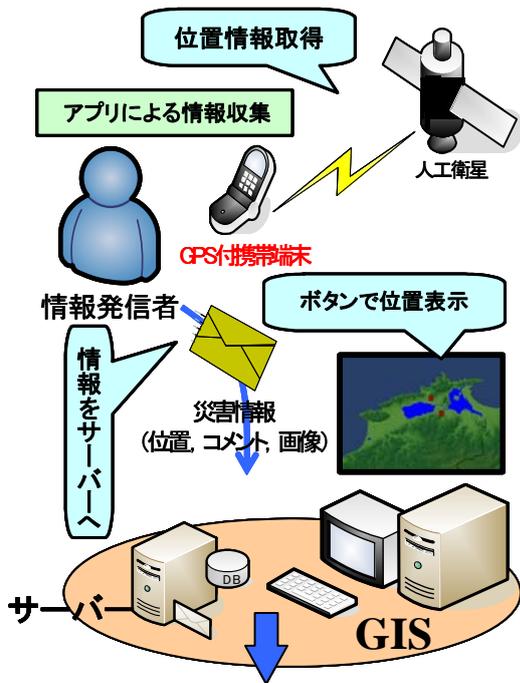


図-12 河川パトロールシステムでの作業イメージ

4. 河川パトロール業務への応用

本研究では、前述したシステムの応用として河川パトロール業務に着目する。

従来の河川パトロール業務の情報収集・送信および報告書作成作業は、現場で用紙に必要事項を記入し、電話・FAXにより情報の伝達を行い、デジタルカメラによる画像は後々添付するというものである。このような膨大な量の紙による情報管理には、必要情報の検索や地域別、時系列ごとの分類に時間がかかることなどデータ管理に多くの問題が存在する。それに対して、GISを利用した電子データによる管理を行うことができれば、データの管理作業は容易で、必要データを時系列毎に、また地図上から直接引き出すことが可能となる。この場合、

No.	経度	緯度	担当者	アドレス	年	月	日	時間	IMAGE	コメント1	コメント2	コメント3	コメント4	コメント5
1	132.78879	35.36973	松林	matsubaya	6	9	18	1620	C:\Kercap\Arcl	異常なし	異常なし	異常なし	冠水	異常なし
2	132.78873	35.36978	伊野	asakuno	6	9	18	1623	C:\Kercap\Arcl	亀裂	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
3	132.79023	35.36976	渡田	asada	6	9	18	1624	C:\Kercap\Arcl	水防活動開始	土留積み	道路	異常なし	異常なし
4	132.78788	35.37346	大屋	ohya	6	9	18	1625	C:\Kercap\Arcl	異常なし	異常なし	異常なし	冠水	異常なし
5	132.78917	35.37371	原田	haraida	6	9	18	1627	C:\Kercap\Arcl	待機中	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
6	132.78935	35.37375	藤塚	fujioka	6	9	18	1630	C:\Kercap\Arcl	漏水	異常なし	異常なし	洗車大	一部冠水
7	132.81367	35.41153	鈴木	suzuki	6	9	17	1642	C:\Kercap\Arcl	漏水	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
8	132.82056	35.41449	鈴木	suzuki	6	9	17	1642	C:\Kercap\Arcl	漏水	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
9	132.82429	35.41574	鈴木	suzuki	6	9	17	1642	C:\Kercap\Arcl	漏水	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

図-13 災害情報データ管理画面例

画像データも報告書と連動させ共に管理することができる。

以上の観点から、本研究では災害時即時対応行動支援システムを改良し、河川パトロール業務を効率化するための支援システムを開発する。

本研究では、災害情報収集システムを利用して河川パトロール業務における情報管理、報告書作成作業をコンピュータ上で行うために、表計算ソフトのマクロ機能を使用して報告書フォームを作成した。

図-12から図-14までがGPSでの情報収集から表計算ソフト上での報告書作成までの流れをまとめた簡易図である。図-12に示すように、まずGPS機能の付いた携帯電話による情報収集を行う。このとき、送信しようとするコメントが過去の報告書でよく使われている内容であれば、現場で直接書き込むのではなく、Java（機種によってはBrew）アプリケーションを利用し、事前に登録されている項目の中から選択できるようになっている。

専用サーバーに送信された情報は、データベース化され、自動的にtxt形式で出力される。次に、出力されたテキストファイルを図-13のように表計算ソフトで読み込む。ここで、GISMAP上に受信情報がポイント表示され、空間検索で情報の来っていないエリア（パトロールエリアとポイントが重ならないエリア）を検索する。4章で述べた情報収集支援システムでは、この作業を三角網で形成された面的なエリアによって行っていたが、本章では、計算時間やデータ量を減少させるため、図-12下側のような河川に沿った線的な一定間隔で区切られたエリアを設定した。そして、情報の来っていないエリアの担当者には、図-11に示すようなメール送信フォームを用いてパトロール要請のメールを送信する。

最後に、図-14の示した画面例のように、表計算ソフトの報告書フォームを用いることで、従来の報告書と同様の内容（堤防の状況、洪水流の状況、河川管理施設及び許可工作物の状況、高水敷の状況、堤内地の浸水状況等）に加えて画像データ付きの報告書を自動作成することを可能にした。

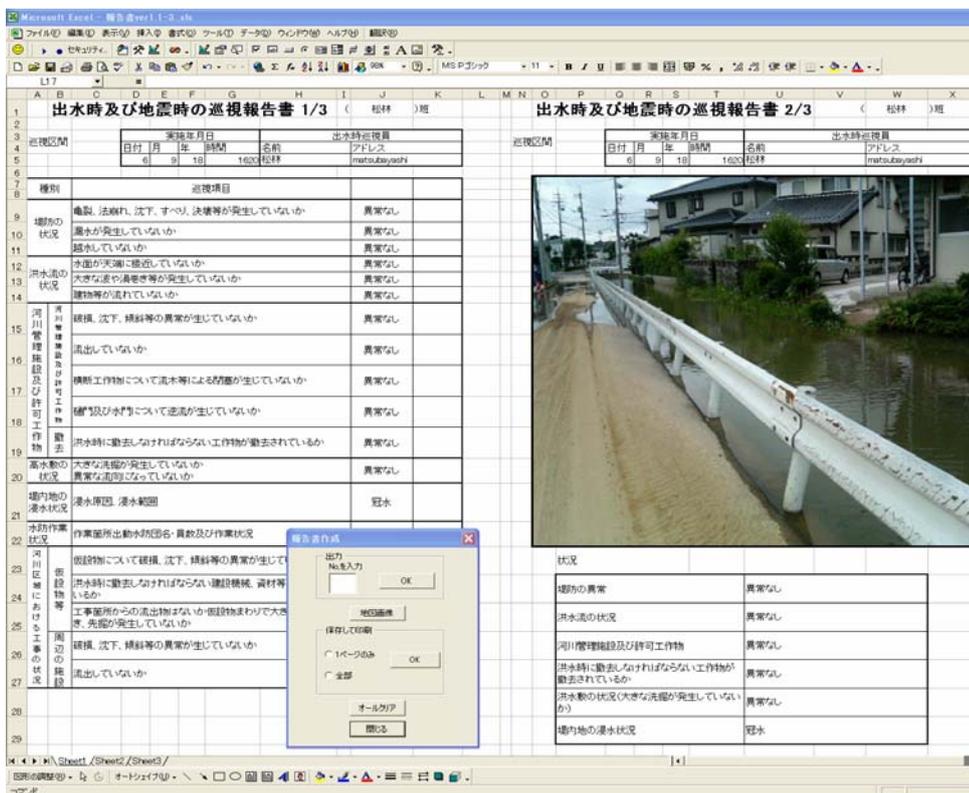


図-14 報告書作成画面例

5. おわりに

本研究では、被害拡大防止のための災害時即時対応行動支援システムの構築を行った。これにより、情報収集段階や対応指示段階において二度手間や「もれ」を防ぐことで効率性や悉皆性が向上し、また、情報発信や情報整理の簡易化と時間短縮も期待される。

システムの実用化に向け、今後の課題として、システム中に時間の概念を導入することを考えている。取得した情報に有効期間を設け、時間別に情報を分類することで、状況の変化に冷静に対応できるようにする。また、時間の概念を導入することにより、被害予測・被害進行予測を補助し、被害拡大防止のための迅速な行動をとることが可能となる。

本研究ではさらに、災害時即時対応行動支援システムを、河川パトロール業務に適合できるよう改良し、河川パトロール業務支援システムを開発した。今後は、実用化に向け、様々な改良と実証実験を行う予定である。

また、このような防災システムでは、担当者の交代や長期間の不使用などで、万一の事態に不手際が生じる危険性があるため、地域コミュニティにおける利用など、日常業務での利用を今後検討していく必要があると考えている。

本研究のシステムは、複数の団体、機関が情報を共有することが前提である。したがって、地元建設業協会や

自主防災組織を含む様々な関係機関が協同した危機管理体制を確立することが必要となる。しかし、そうした体制の構築に関しても様々な問題が存在している⁸⁾。そのため、そうした体制を可能にする社会システムについても同時に研究していかなければならないと考えている。

謝辞：本研究は、土木学会流域管理と地域計画の連携方策に関わる共同研究の一部として実施したものである。土木学会、国土交通省をはじめ関係者各位の協力により実施することが出来ました。ここに記して深謝する次第である。

参考文献

- 1) 例えば、小長井一男 他：ミニ特集Ⅰ災害多発！新潟中越地震、台風21号、22号、23号による被害、土木学会誌、Vol.89、No.12、pp.03-46、2004。
- 2) 例えば、越村俊一、片田敏孝、桑沢敬行、石橋晃睦：津波による人的被害軽減のための避難戦略の評価手法に関する研究、土木学会海岸工学論文集、第50巻、pp.1336-1340、2003。
- 3) 例えば、秦、鈴木、末富、目黒：ライフライン情報の共有システムの開発と実証実験による検証、土木学会第62回年次学術講演会概要集、第IV部門、pp.283-284、2007。
- 4) 原田、松林、大屋、浅田 他：災害情報収集支援システムの開発と検討、第58回土木学会中国支部研究発表会、pp.463-464、2006。
- 5) 杉原厚吉：Fortran計算幾何プログラミング、岩波コンピュータサイエンス、1998
- 6) 今井浩、今井桂子：情報数学講座第13巻 計算幾何学、共立出版、1995
- 7) Copyright1997-2003 TatsuoBABA <http://www.hi-ho.ne.jp/babaq/basp21.html>
- 8) 浅田純作、大屋誠、高田龍一、片田敏孝：地元建設産業による災害時即時対応の効率化に関する検討、日本災害情報学会論文集「災害情報」、Vol.1、pp.70-77、2003。

(2007. 9. 30受付)