

水害を対象とした災害対応シミュレータ(プロトタイプ)の開発

Development of a disaster response simulator (prototype) for a flood disaster

東田 光裕¹, 林 春男², 齊藤 俊一¹, 北野 哲人¹

Mitsuhiro HIGASHIDA¹, Haruo HAYASHI², Shunichi SAITO¹
and Tetsuhito KITANO¹

¹ 西日本電信電話株式会社

Nippon Telegraph and Telephone West Corporation

² 京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Disaster response consists of the various phases such as response, relief and recovery. And disaster managers have to make many decision-makings in prosecuting their response. In our prototype design for Disaster Response Simulator, we ask disaster managers to solve a series of problems, which observed in actual disaster response lessons from previous disasters. Disaster managers need to know at least two different kinds of knowledge: Knowledge about disaster and disaster management as well as knowledge about rational management of organizations. We developed a prototype model for those administrators at local government to simulate the situation where they would make their decisions and select the necessary follow-up actions to recommend for their residents to evacuate to shelters.

Key Words: disaster management, disaster response, support system, and simulator

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震をはじめとする多くの地震災害は突発的に発生しほとんど地震発生と同時に多く犠牲者が発生する。当然家屋などの被害も同じである。これまでの研究の成果として中央防災会議では2003年5月に「東海地震対策大綱」¹⁾が発表された。本大綱の中でプレート境界型地震においては事前予測の可能性が示されている。その中では「地震予知情報」などの発表による事前対策の実施についてふれられている。また、2000年9月に発生した東海豪雨は都市における防災対策に対して数多くの課題を再認識させた。名古屋を中心に被害をもたらしたこの災害は、都市型水害の恐ろしさと都市の脆弱性への脅威をまざまざと見せつけた。1日で名古屋市にこれまでの年間雨量の3分の1に相当する534.5mmの雨量を観測し河川の氾濫や、堤防の決壊等の被害をもたらした。床上浸水2万7180棟、床下浸水4万4111棟、全壊・半壊312棟などをあわせると被害総額8656億円、避難勧告の対象となった住民数55万4000人といった大きな被害²⁾をもたらした。図1に1992年から2002年に発生した集中豪雨の発生件数を示す。グラフからもわかるように近年集中豪雨の増加傾向にある。当然それによる被害も各地で増加している。

このような減多に起こらないが1度起これば大きな被害をもたらす災害に対しての事前対策は非常に難しい。もしくは、減多に起こらないために対策や対応が遅れ大きな被害をもたらすのかもしれない。しかし災害は必ず発生し、特にこの30年で発生する確率が60%程度と予想されている東海地震への対応や東海豪雨をはじめとする都市型水害などへの対応は非常に重要である。

本研究では、自治体の防災担当者を対象とした災害対応能力の向上を目的とする災害対応シミュレータの開発³⁾を目指している。災害対応シミュレータは、コンピュータを使い災害時に発生する物理的な現象の再現を行い学習者が災害を疑似体験することにより災害対応能力の向上を図るものである。また、単なる災害の疑似体験だけではなく災害対応において共通に求められる様々な能力について分析を行い最終的には災害対応における意思決定能力の向上を目的としている。特に数多くの災害対応の中から東海豪雨でも問題になった避難勧告発令に関する対応を例に、災害対応シミュレータの提案を行う。

2. 避難勧告発令の基準

(1) 防災計画上の記述

避難勧告発令に関する計画(地域防災計画、水防計画)上の記述を調べた結果を表1に示す。この表からもわかるように調査した内閣府・9府県・13市町の計画には1市を除いて数値的な基準は設けられていない。また、H13年防災白書⁴⁾による避難勧告の定量的な発令基準の有無について行った調査結果について図2に示す。この図からもわかるように、約3割の市町村でしか導入もしくは一部導入を行っていない。さらに興味深いことは4割強の市町村では導入計画すらないことである。つまり多くの場合、避難勧告を発令するかどうかは、そのときの状況やそれまでの経験を元にして、現場の担当者による判断に任せられてきたのである。現実、東海豪雨でも発生したが近隣の市区町村によって避難勧告発令の時間がまちまちであった。中には発令を行わなかった市町もある。特に愛知県では東海豪雨

以降これらの問題点を改善するために新たな基準の作成の検討を行っているが現時点ではまだ実現されていない。

その原因の1つに、基準には地形や河川の有無といった地域差が大きく、対象となる地域毎に個別の検討が必要であることがあげられる。表2にもあるように広島市の水防計画⁵⁾においては明確な基準が設けられている。しかし、多くの市町村でも明確な基準としては記載されていないが避難勧告発令の目安として、大雨警報の発令が判断基準となっている。また、洪水では河川の警戒水位を超えるかどうかが判断基準となっている。今後は誰もが共通に認識できるように数値基準による避難勧告の発令を規定することが求められている。

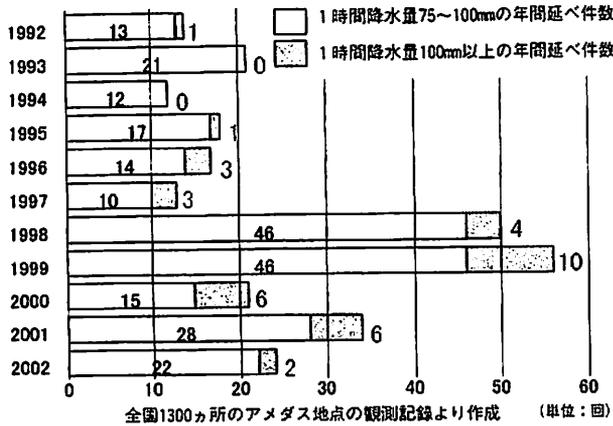


図1 集中豪雨の発生件数

(2) 警報の基準

大雨による土砂災害や洪水発生に伴う避難勧告発令の基準は気象庁が発表する注意・警報が多かれ少なかれ影響を与えている。表3に地方気象台が発表する警報の種類とその発令基準を示す。表3からもわかるように地域毎に基準は異なる。特に雨量における発令基準をみても最大値と

表1 防災計画における避難勧告に関する記述

県・市町村名	出版年月	編	定量的な発令基準の有無	内容
防災基本計画	内閣府 平成13年1月	第3編 風水害対策編	×	地方公共団体は、風水害の発生のおそれがある場合には河川管理者、水防団等と連携を図りながら気象情報等に十分注意し、浸水区域や土砂災害危険箇所の警戒活動を行う。その結果、危険と認められる場合には、住民に対する避難のための勧告・指示等を行うとともに、適切な避難誘導を実施するものとする。
地域防災計画	札幌市 平成8年6月		×	災害に関する情報、地形、過去の災害の発生箇所から判断し、区域内に災害の発生のおそれがある場合に行うものとする。
地域防災計画	京都市 平成14年2月7日	一般災害対策編	×	避難勧告は、次の状況を基準として実施する。また、これらの状況が切迫し急を要するときは、避難を指示し、状況に応じて警戒区域を設定する。 ア 避難が必要と予想される各種気象警報が発せられたとき イ 河川が警戒水位を突破し、洪水のおそれがあるとき ウ 火災の拡大により、住民に生命の危険が及ぶと認められるとき エ けがり崩れ等の地盤が崩壊し、又は発生する恐れがあり、付近住民に生命の危険が認められるとき オ 有毒ガスその他の危険物質が流出拡散し、又はその恐れがあり、住民に生命の危険が認められたとき カ その他該地の状況から、避難が必要であると認められるとき
地域防災計画	神戸市 平成9年6月	風水害等対策編	×	災害が発生し、または発生のおそれがある場合
地域防災計画	高宮市 平成9年	風水害等対策編	×	当該地域又は土地建物等に災害の発生する恐れがある場合
地域防災計画	びば市 平成11年	風水害等対策編	×	当該地域又は土地建物等に災害の発生する恐れがある場合
地域防災計画	宝塚市 平成9年	風水害等対策計画編	×	必要と認めるとき
地域防災計画	姫路市 平成9年	風水害等対策計画編	×	次の状況が認められるときを基準として実施する。 1. 災害の拡大により、市民の生命に危険が及ぶと認められるとき 2. 警報が発令され、風水害による家屋の破壊、浸水等の危険が認められるとき 3. 有毒ガス等の危険物質が流出拡散し又はその恐れがあり、市民に生命の危険が認められるとき 4. 崖崩れ等の発生の可能性があるとき 5. 災害で被害を受けた建物・構造物等が周辺に被害を与える恐れがあるとき 6. 不特定多数の者が集まる施設、学校、病院、工場等の防災上重要な施設において避難が必要と判断されるとき 7. その他災害の状況により、市長が認めるとき
地域防災計画	広島市 平成12年		×	災害の発生する恐れがあり、自動的に避難しようとするとき <土砂災害> 避難基準雨量を超えた場合 堤防により危険が見込まれる場合 <冠水> 潮位予測が2.9m以上の場合 <洪水> 計画高水位を超えるか又は堤防により破堤や越水の恐れがある場合
地域防災計画	加吉川市 平成9年	一般対策編	×	当該地域土地建物等に災害が発生する恐れがある場合
地域防災計画	猪名川町 平成9年	風水害等対策計画編	×	ア 火災の拡大により、広範囲な区域が危険にさらされる恐れがある場合 イ 洪水の襲来が予想され、または発生した場合 ウ 地滑り等、大規模な地盤変動が予想され、または発生した場合 エ 不特定多数の者が集まる施設、学校、病院、工場等防災上重要な施設において避難が必要と認められる場合
地域防災計画	伊丹市 平成9年	風水害等対策計画	×	ア 気象台から豪雨、台風、地震等、災害に関する警報が発せられ避難を要すると判断されるとき イ 関係官公署から、豪雨、台風災害に関する通報があり、避難を要すると判断されるとき ウ 河川が警戒水位を突破し洪水の恐れがあるとき エ 河川の上流地域が水害を受け下流域に危険があるとき オ 火災が風下に拡大する恐れがあるとき カ ガスの流出拡散により、人命・その他に多大な被害を及ぼす恐れがあり、避難を要すると判断されるとき キ 崖崩れが発生する恐れがあり、避難を要すると判断されるとき
地域防災計画	米子市 平成11年	一般災害対策編	×	1. 大雨、暴風、洪水その他の警報が発令され、事前に避難を要すると判断されるとき 2. 河川が警戒水位を突破し、更に水位が上昇する恐れがあるとき 3. 火災、洪水、津波、なだれその他の災害危険が目前に切迫していると判断されるとき 4. その他該地の状況から、避難を要する必要があると判断されるとき
地域防災計画	日野町 平成11年2月		×	1. 気象台から大雨、洪水等の災害に関する警報が発令され、避難を要すると判断されるとき 2. 防災関係機関から、大雨、洪水等の災害に関する警報又は通報があり、避難を要すると判断されるとき 3. 河川が警戒水位を突破し洪水の恐れがあるとき 4. 河川の上流地域が水害を受け下流域に危険があるとき 5. 地滑りあるいはなだれにより、著しい危険が切迫していると認められるとき 6. 大規模な火災で拡大する恐れがあるとき 7. 大規模な爆発が発生し、又は発生するおそれがあるとき 8. 有毒ガスの流出等突発的事故が発生したとき
地域防災計画	海陽町 平成9年3月	風水害等対策編	×	災害が発生し、または発生のおそれがある場合
地域防災計画	京都府 平成12年5月30日		×	・洪水により著しい危険が切迫しているとき認められるとき ・地滑りにより著しい危険が切迫しているとき認められるとき
地域防災計画	高良町 平成9年	基本計画編	×	災害が発生し、または発生のおそれがある場合
地域防災計画	和歌山県 平成9年	基本計画編	×	災害が発生し、または発生のおそれがある場合
地域防災計画	愛媛県 平成9年3月	風水害等対策編	×	・相当な暴風の来襲、継続的な豪雨により災害の発生が予想され、生命、身体の危険が強まってきたとき ・相定河川等の水位が警戒水位を突破し、増水が予想され、洪水、高潮等の危険が強まってきたとき
地域防災計画	広島県 平成12年6月	基本編	×	災害が発生し、または発生のおそれがある場合
地域防災計画	尾道市 平成12年3月	風水害等対策編	×	災害が発生し、または発生のおそれがある場合
地域防災計画	横濱市 平成10年2月	一般災害対策編	×	災害が発生し、または発生のおそれがある場合
地域防災計画	大分県 平成8年3月	風水害等その他の災害対策編	×	暴風雨、洪水、高潮又は地滑り等の発生のおそれがある場合

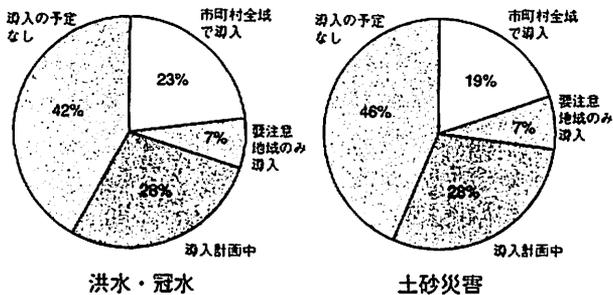


図2 避難勧告の定量的な発令基準の有無

表2 避難勧告の発令基準(広島市)

	状況	土砂災害	高潮	洪水
		気象台から大雨注意報や大雨警報が発令された場合 1. 大雨注意報発令基準に相当する降雨が見込まれる場合は災害警戒本部を設置 2. 注意喚起の広報を実施 3. 危険区域等の巡回を実施	気象台から高潮注意報が発令された場合(潮位予測: 2.1m以上)または、被害が予測される場合 1. 潮位の予測が2.5m以上の場合または被害が予測される場合は災害対策本部を設置 2. 1の場合には土砂溜りなどの浸水対策を実施 3. 注意喚起の広報を実施	警戒水位を超えるか又は太田川洪水注意報が発令された場合 1. 災害警戒本部を設置 2. 河川堤防等の巡回を実施 3. 土砂溜りなどの浸水対策を実施 4. 注意喚起の広報を実施
第1段階(注意喚起)	市の対応			
第2段階(自主避難)	状況	警戒基準雨量を超えた場合 前兆現象やいつもと違う身の危険を感じた場合	気象台から高潮警報が発令された場合(潮位予測: 2.5m以上)	太田川洪水警報が発令された場合 越水や破堤の危険を感じた場合
	市の対応	1. 警戒基準雨量を超えた場合は、自主避難の呼びかけの広報を実施 2. 避難施設の提供	1. 沿岸低地部の確保を中心に巡回を実施 2. 自主避難の呼びかけの広報を実施 3. 避難施設の提供	1. 自主費責の呼びかけを実施 2. 避難施設の提供
第3段階(避難勧告)	状況	警戒基準雨量を超えた場合 巡回により危険が見込まれる場合	潮位予測が2.9m以上の場合	計画洪水水位を超えるか又は巡回により破堤や越水の恐れがある場合
	市の対応	1. 避難勧告の発令 2. 防災関係機関への連絡 3. 避難場所の開設	1. 避難勧告の発令 2. 防災関係機関への連絡 3. 避難場所の開設	1. 50cm以上の浸水が見込まれる区域に対し、避難勧告の発令 2. 防災関係機関への連絡 3. 避難場所の開設
第4段階(災害発生)	状況	土砂災害が発生した場合	浸水被害が発生した場合	浸水被害が発生した場合
	市の対応	1. 救助活動の実施 2. 避難場所の開設	1. 救助活動の実施 2. 避難場所の開設	1. 救助活動の実施 2. 避難場所の開設

表3 地方気象台の警報発令基準

警報の種類	要素	大阪	兵庫		京都		滋賀	和歌山	広島	愛媛	
			神戸	豊岡	南部	北部			東予	南予	
暴風	平均風速(m/S)	陸上 20 海上 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25
	暴風雪	平均風速(m/S)	陸上 20 海上 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25	20 25
波浪	有義波高(m)	3.0	3.0	6.0	-	6.0	-	6.0	2.5	3.0	4.0
高潮	潮位(TP上)(m)	2.2	1.8	1.0	-	1.0	-	1.7	2.5	2.5	1.7
大雨	1時間雨量(mm)	40	40	40	40	40	60	40	50	40	
	総雨量(mm)	平地 100 山地 200	100 200	100	100	100	150 250	100	100		
	3時間雨量(mm)	平地 70 山地 100	90 100	90	70	60 100	100 150	60	90	100	
	24時間雨量(mm)	平地 150 山地 200	150 300	150 300	150 300	150 300	200 400	150 200	180	200	
洪水	1時間雨量(mm)	40	40	40	40	40	60	40	50		
	総雨量(mm)	平地 100 山地 200	100 200	100	100	60 100	150 250	100	-	100	
	3時間雨量(mm)	平地 70 山地 100	90 100	90	70	100 150	100 150	60	90	100	
	24時間雨量(mm)	平地 150 山地 200	150 300	150 300	150 300	150 300	200 400	150 200	180	200	
大雪	24時間降雪の深さ(cm)	平地 20 山地 40	20 40	60	30 60	40 60	20 40	30 60	30	40	

最小値の差が2倍以上異なる地域もある。また、基準値の分類において、平地と山地を分けている地域とそうでない地域がある。また、分類を行っている地域でも平地

と山地の境となる標高にかなりの差がある。

このような状況からも避難勧告発令の一元的な基準値の作成は難しく、地域毎に検討が必要であることがわかる。このような理由で現在のような曖昧な記述内容になっているのではないと思われる。

3. 災害対応シミュレータ

災害対応を行うにあたり自治体の防災担当者は数々の意思決定を行う必要がある。これまでは阪神・淡路大震災の経験から災害時の初動体制の問題が指摘されてきた結果、発災直後に発生する情報の空白期において、迅速に被害状況を把握し初動体制の確立を支援するためのシステム構築⁶⁾や訓練⁷⁾が実施されてきた。しかし、以前にも述べたように災害対応において必要とされる最も重要な能力は意思決定能力である³⁾。つまり、求められている災害対応とは「状況把握」だけでなく法制度といった「制約条件」や専門家の意見や経験などの「知恵・前例」という情報すべてを有効に活用し、さらにこれらを合理的な判断力によって「意思決定」することである。図3に災害対応シミュレータの構成を示す。

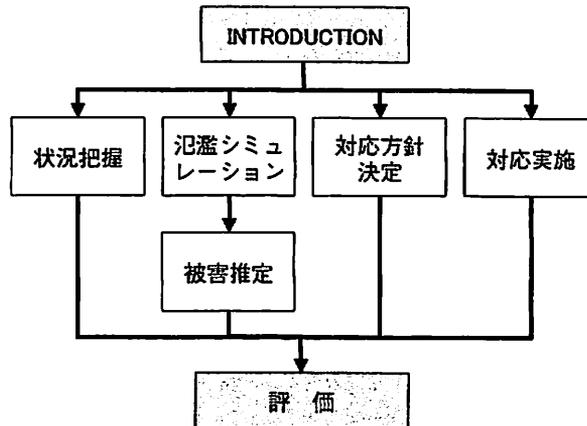


図3 災害対応シミュレータの構成

(1) 状況把握

河川災害の専門家は、河川の氾濫や洪水といった水害に対して災害対応を行う場合に、1)時間雨量、2)総雨量、3)河川水位の3項目を状況把握の重要項目としている。すべて雨量から導き出される項目であるが、災害との関連を考えた場合、時間雨量は下水処理能力を超えるような局地的な大雨により都市部で発生する内水氾濫のパラメータとして重要であり、総雨量は地面にしみ込んだ水分が土の抵抗力を弱め、弱くなった斜面が突然崩れ落ちるようながけ崩れのパラメータとなる。また、河川水位は、外水氾濫や堤防決壊の予測に重要な項目である。本シミュレータではこれら3つの情報の表現方法の標準化を行った。

状況把握のための情報提供の問題点としては、数値や警報・注意報といった情報を提供することに重点が置かれ、河川災害を理解するための枠組み(Schema)の提供がなかったことである。図4にその概念図を示す。雨量などの数値が持っている意味付けが情報の受信者(Target)に委ねられており、受信者の経験や知識の大小によって理解のされ方が異なっていた。情報の発信者(Source)はその情報の受信者を意識せず、情報を提供さえすれば理解されると考え

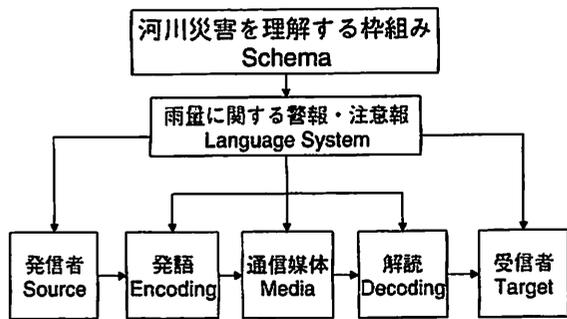


図4 河川災害を理解するための枠組み

ていた。原因としては、発信者と受信者の間で情報に対する理解度が同じであると考えていたためである。災害対応の現場では、専門家から発信される情報は一旦受信者である防災担当者へ伝えられ、今度は防災担当者が発信者となって、受信者である住民へ伝達される。つまり、防災担当者は受信者にも発信者にもなりえる。特にこのような場合には、共通の枠組みを持つことが重要であり、最終的には地域の防災力の向上につながる。

例えば、「1時間雨量が50mmを超えた場合に、大雨警報が発令される」(大雨警報の発令基準が1時間雨量50mmである)地域の場合、現時点で1時間あたり60mmの雨が降っていた場合にその値が何を意味するのかは大雨警報の発令基準を知っている時に初めて理解できる。もし発令基準を知らなければ特に問題と感じないかもしれない。しかし、十分な知識を持った人でも危険度を理解できる表現が必要である。このような問題を解決するために開発した災害対応シミュレータで用いた標準化された表現方法を、図5、6、7に示す。このグラフでは、縦軸が雨量や河川水位を表し、横軸が時間を表す。グラフの真ん中(縦軸の50%の値)を危険ライン(警戒ライン)として、雨量では警報の発令基準値となるようにし、河川水位では警戒水位が真ん中にくるように縦軸の目盛りを決定する。危険と認識すべき値をグラフの中心にくるように縦軸を設定することにより対象となる地域に関わらず危険度を表現するために共通の枠組みを持つことができる。このようにして気象情報である雨量や水位が持っている危険度の意味付けを行うことにより単なる数値情報として認識するのではなく、ハザードの持っている危険度を視覚的に認識することが可能となる。

また、地域によって異なる基準に対して地域毎に設定することで必ずグラフの中心が危険ラインであるといった共通のインターフェースを実現することが可能であり、同時に表示されたグラフの意味付けも共通的に行うことが可能である。

(2) 氾濫シミュレーションと被害想定

被害想定では、近隣の観測点から得られた雨量データや河川の水位データをもとに氾濫をシミュレーションし、避難勧告の発令等の業務で参考データとして利用する。特に河川災害などの水害においては数時間後の予測を行うことによって対応を検討することが重要である。実際に東海豪雨の時に3時間予測の数値から避難勧告の準備を行ったという事例がある。この氾濫シミュレーション機能については、その計算・結果の表示について市販ソフトを用いて構築している。

氾濫シミュレーション(浸水データ地図)結果は、現在、1時間後、2時間後、3時間後の予測図を表示することが

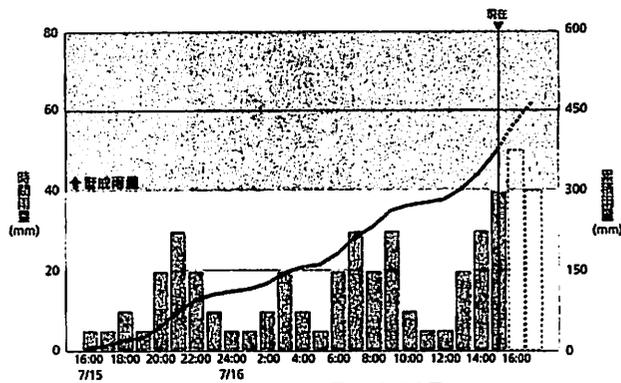


図5 時間雨量と総雨量

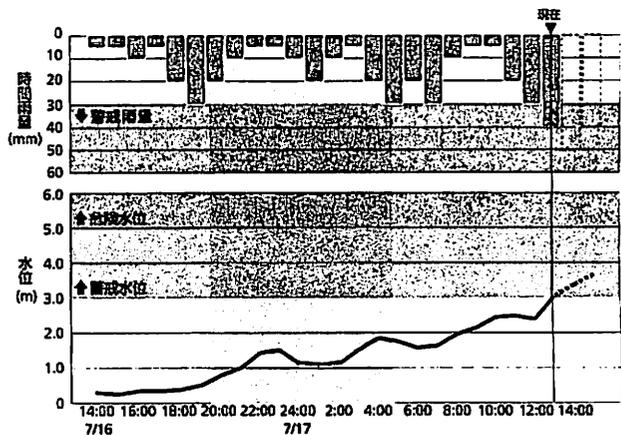


図6 時間雨量と河川水位

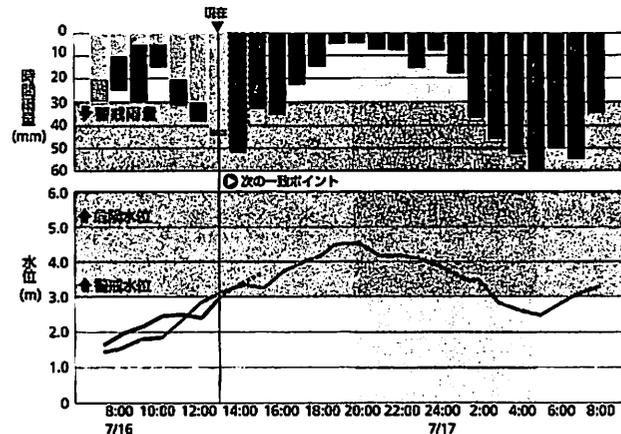


図7 過去事例との比較

できる。地図を20m×20mサイズのメッシュに区切り、そのメッシュごとに氾濫予測データ(浸水深)を色分けして表示している。氾濫シミュレーション結果の例を図8に示す。また、各区分(0.5m未満、1.0m未満、2.0m未満、5.0m未満、5.0m以上)ごとに、被害棟数、被害者数を表で表示する。被害想定結果の例を図9に示す。災害時には災害救助法の適用が大きなポイントとなるが、被害棟数から、災害救助法の適用の判断結果をあわせて表示する。判断は災害救助法で定められた計算方法による。

(3) 対応方針の決定と実施

災害対応とは、気象情報や現行リソース等の現状把握はもとより過去の事例や各種法制度などを参考に意思決定を迅速かつ正確に行うことである。災害対応能力の向上はこれまで適当な訓練ツールなどが整備されていなかったこともあり、そのときの個人の能力に頼らざるを得なかつ



図8 氾濫シミュレーション結果

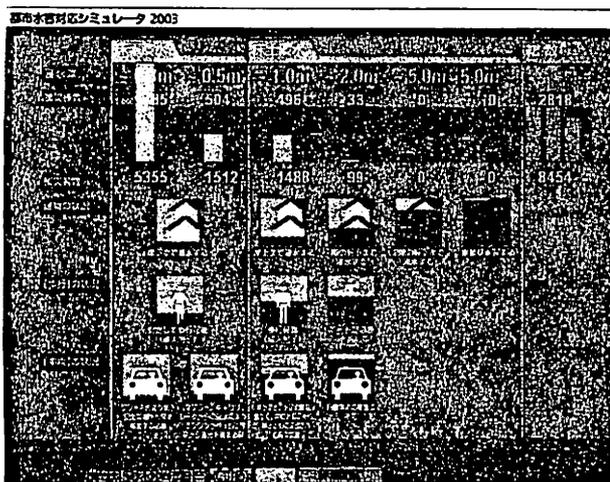


図9 被害想定結果

た。しかし、自治体の職員は異動等の理由により長く経験を積んだ担当者が災害対応を行うケースは稀であると言っている状態である。災害対応シミュレータでは、このような自治体職員を対象にしているため、前述の状況把握や被害想定(シミュレーション)の情報を付与すると同時に、過去の災害事例をデータベース化しておくことにより現状との比較を行いながら意思決定ができるよう考慮している。災害対応シミュレータで用いる対応の画面イメージを図10に示す。主な構成としては、1)計画、2)ハザード状況、3)情報付与、4)対応リスト、5)状況推移、となっている。

計画の表示領域には、現行の計画(例えば、地域防災計画や災害対応マニュアル)を分類し、現在行っているシミュレーションがどの項目なのかを確認できる。ハザード状況の表示領域では、災害対応を行う上で何に対して、どのように確認を行えばいいのか、その情報が意味することは何なのか、そしてその情報をどのように災害対応に活かしていくのかを訓練する。情報付与の表示領域では、シナリオに従って学習者に指示を行う。対応リストの表示領域では、現時点でのやるべき対応の一覧を示している。この一覧を作成するためには既存の計画を分析し対応を抽出する必要がある。そこで、これまでの多くの計画は記述方法が統一されていなかったり記述が曖昧であったりするという既存の地域防災計画の問題点を解決するために、田口・林(2002)⁹⁾はIDEFO手法を用いた災害対応マニュアルのモデル化研究を行った。モデル化の利点として1)マニュアルに示された災害対応活動における業務の流れや手順、必要となる各要素を可視化できる、2)データベース化が容易になる、3)表記法が統一されるため各部局における業務

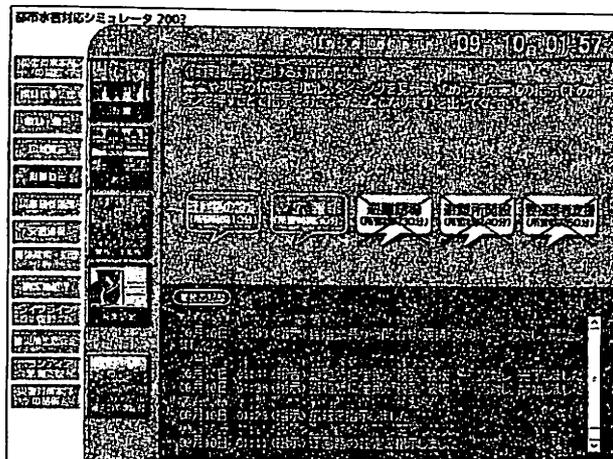


図10 災害対応の画面イメージ

活動がどのように関係しているのかが明らかにできる、ことをあげている。また、田口・林(2003)⁹⁾は、IDEFO手法と部門連携フローチャートという2つの手法の組み合わせが、互いを補完しあい災害緊急対応の実務を支援し得ることを示した。本シミュレータでは、このようなモデル化された計画と実際の現場担当者などからのヒアリング結果を利用することにより、重要な災害対応内容を複数定義した。また、状況推移の表示領域では、どの対応がどのような順序で行われたのかといった対応順序の可視化を行う。それぞれの対応に必要な時間、対応による効果、他の対応への影響度を関数として扱い、外部要素の変数として設定可能にすることで災害対応といった不確定要素をシミュレータで表現することを可能とした。

過去に経験した事例を学ぶことは災害対応においては非常に重要^{10),11),12),13)}である。防災の活動とは1回限りではなく継続的なものである。もっと言えば過去の経験からしか学んでこなかったとすれば、過去の経験はしっかり学ばなければならないし、それを将来に生かさなければならない。春日井市の東海豪雨の対応をヒアリングした結果、避難勧告を発令するためには、1)避難所の開設、2)自治会長への連絡、3)避難困難者対応、4)迂回路の設定、5)広報、といった事前対策を行う必要がある。特に重要なのは、広報である。広報は1)から4)までの対応を行った後で行う必要がある。例えば、避難所の開設を行う前に避難勧告を発令し広報を行った場合想定される問題は、その報告を受けた住民が避難所へ殺到し混乱を招くことである。このように災害対応シミュレータでは、対応を進めていく課程であらかじめ設定されたパラメータに従い問題を発生させることにより、より現実に近い対応を体験することを可能にしている。避難勧告発令に関する災害対応業務について問題発生率と対応時間の設定例を表4に示す。実際のプログラムでは、選択された対応に従い、前後の対応から発生する問題を設定された発生率によってランダムに発生させる。その結果、処理する対応が増加し通常必要は対応時間に加算時間が加えられた時間の分だけ全体の対応に時間がかかってしまう。ここで重要となってくるのがパラメータの設定方法である。本シミュレータでは暗黙知の体系化によるパラメータの抽出は可能であるがそれらの定量化や関数系の決定は難しい。しかし、図11に示すように関数系については他の研究成果を参考にパラメータに反映させることで可能である。本作業を繰り返し行うことにより災害対応シミュレータが再構築される。

表4 パラメータの設定例

必要業務	標準対応時間(min)	問題	発生率(%)	発生後加算時間(min)
避難所の開設	40	人が殺到・破壊	70	30
要援護者対応	30	危険を感知	80	60
		要請・文句	30	30
自治会長	30	問い合わせ	90	30
		要請・文句	80	60
迂回路設定	10	渋滞発生	30	60

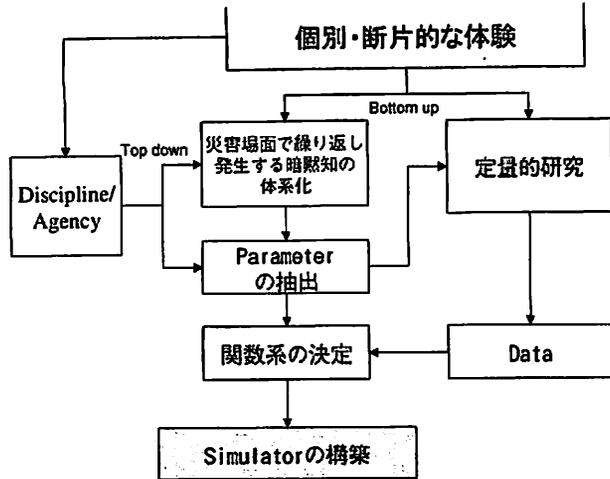


図11 パラメータの抽出

(4) 評価

災害対応シミュレータで行う評価は、自らの行動を見直し、より最適な災害対応を可能にするためである。評価指標としてQCD (Quality, Cost, Delivery Time) を重要と考える。その中でも Quality を最重要視し、本研究においては Quality と Delivery Time の視点から、判断したタイミングや閲覧情報、選択順序等について予めベストプラクティスを用意しておき、訓練者の行動と比較して評価することとした。評価を行う上で重要とすべき部分は、自分の行った対応が目標とする対応と比べて、差異があった部分を理解し、やるべき対応でやらなかったことを認識させることである。Quality という視点は、「質」というより必要とされる対応を行ったかどうかである。

評価する項目としては、正確な答えがある(定量的なもの)と正確な答えが存在しない(定性的なもの)がある。正確な答えがあるものに関しては、物理的な現象などのデータをもとに状況付与を行えば良い。しかし、正確な答えがないものに関しては、どういったコンセンサス(Consensus)を得るかが重要になってくる。社会的な見解として、モラルとして確立しているものは少なく、多くはコンセンサスを得ることで社会通念として社会に理解されてきている。今回のシステムでは、仮の初期設定データ(最適順序、タイミング、最適対応時間等)を登録しており、実際シミュレータを体験してもらうことで、その結果や評価内容をもとに、ディスカッションを行なえる機会を持ち、これまで正確に答えがなかったものについてもコンセンサスを得た結果をパラメータとして反映させる機能を有している。評価画面例を図12に示す。

4. 災害対応シミュレータの活用法

このような機能を持ったシミュレータを実際に活用することによって、特に防災担当者になって間もない場合に

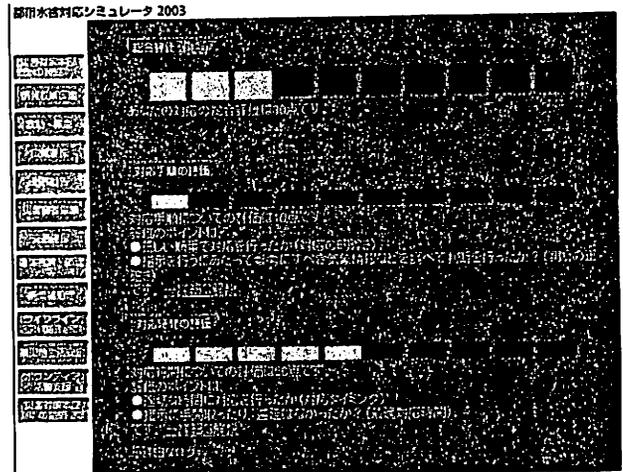


図12 評価の画面イメージ

は災害対応における基本的な対応業務を疑似体験することが可能となる。また、対応業務をこれまでに行ったことがある場合もしくは、標準的な対応内容を理解している場合には、より最適な対応を検討・検証するためのツールとして利用可能である。

(1) 個人による訓練

災害対応シミュレータを使って災害対応業務を疑似体験することによりどのような対応がどの場面で必要なのかを理解する。さらには計画やマニュアルに記述されていないような過去の経験や事例を学ぶことができる。訓練による評価を行うことでさらに災害対応業務の理解を深め、自分が行った対応に対する振り返りも可能となる。解説の画面では、正解とされる対応と自分の対応の差異を明らかにすることによって実際の災害対応の局面においても適切な対応が可能ないように知識を与える。また、対応の履歴(ログ)を参照することにより振り返りが可能である。そして、反復訓練を行うことにより知識を深めることが可能である。ログのイメージを図13に示す。

時間	項目	実行の内容	対応時間	経過時間
00:00:00	開始	シミュレーション開始	00:00:00	00:00:00
00:00:10	避難所の開設	避難所の開設完了	00:00:10	00:00:10
00:00:20	要援護者対応	要援護者の対応完了	00:00:20	00:00:20
00:00:30	自治会長	自治会長の対応完了	00:00:30	00:00:30
00:00:40	迂回路設定	迂回路の設定完了	00:00:40	00:00:40
00:00:50	終了	シミュレーション終了	00:00:50	00:00:50

図13 ログ画面のイメージ

(2) グループによる訓練

グループで災害対応シミュレータを使った学習や訓練を行う場合の学習プロセス¹⁴⁾は、1)学習者、2)指導者、3)教材、4)共同学習者の4要素で構成される。指導者とは、

防災に対して経験や知識を持った者であり災害対応シミュレータにおけるパラメータの設定を行うことができる者である。教材とは災害対応シミュレータそのものである。そして、学習者はパソコンを使って学習する。

1人でシミュレータを利用する場合、学習者は1人である。しかしグループで学習を行った場合は共同学習者が存在する。学習においてはこの共同学習者の存在がきわめて重要である。また、災害対応といった本来組織的に行われる対応の学習にはきわめて重要である。複数人で行うことの効果の1つとして、共同学習者の存在によってチームが形成される。チームの存在によって目標が調整されそのメンバー全員が同じ方向へ進むことができる。コミュニティに加わりたいという個人の欲求もある程度満たすことができる。知的活動においてチームワークによる効果を発揮する理由としてかなり重要である。

(3) 計画の見直しツール

災害対応の中には、「正解のある問題」と「正解のない問題」が存在する。たとえば、避難勧告の発令を行う場合「今発令した方がいいのか」それとも「もうしばらく状況を見て判断した方がいいのか」といったケースがある。このような視点で災害対応を分析した場合、正解がない場合が多くを占める。

数学の問題であれば科学的に証明できる方程式をもちいて正しい正解を導き出すことが可能であり、導き出された回答は客観的にも正しいと理解される。一方、社会のルール、例えば「日本では車は左側を走る」という社会のルールは何かしらの科学的根拠があって決められているものではない。このルールは、「車は左側を走る」ということが正解なのではなく、日本という限られた地域の中でのコンセンサスによって決定されているものである。これは諸外国では「車は右側を走る」といった社会が存在することからも明らかである。

災害対応では、どのような対応であっても前述の「社会のルール」のように正解があるものは少ない。そのために、ワークショップ等で議論を行い、コンセンサスを得ることによって正しい対応を決定することが必要である。特に災害発生時の自治体における災害対応については地域防災計画にその対応方法が記述されているが、どの地域防災計画をみても曖昧な記述が多く、中には隣接する地域によって対応方法が異なるために巨大災害発生時などの広域連携が必要となった場合に問題が生じる可能性¹⁵⁾がある。そのためにも災害対応一つ一つについてコンセンサスを得た内容にする必要がある。図14に示すプロジェクトマネジメントのプロセス¹⁶⁾と同様に、計画—実行—コントロールを繰り返すことによりコンセンサスを得ることができる。本ツールとして、災害対応シミュレータの活用が可能である。最初に、現在規定されている地域防災計画を標準化された記述手法(フローチャートやIDEFO)により記述を行う。その計画(Planning)に対して必要なパラメータの設定を行い実行(Practice)することで、防災担当者への研修や防災訓練などにおいてシミュレータによる災害対応の疑似体験を行うことができる。そしてその結果を分析することにより現行の計画の問題点の発見や改善点の検証に利用することが可能である。さらにそこで発見された問題点をコントロール(Control)することにより既存の防災計画の見直しを行う。このサイクルを繰り返すことによりコンセンサスを得た災害対応の標準化を進めていくことが可能となる。

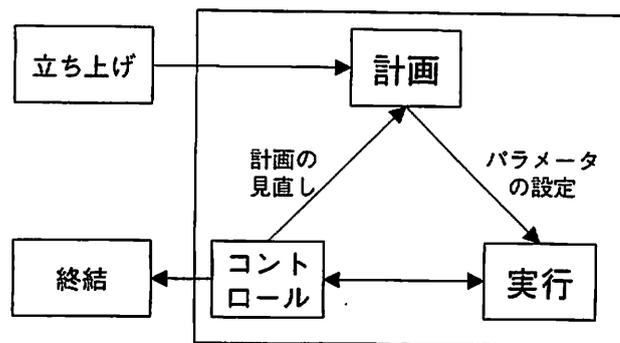


図14 プロジェクトマネジメントのプロセス

5. まとめ

本研究では、水害時における避難勧告の発令に関する災害対応業務を対象としたプロトタイプシステムの開発を行った。

まず、状況を把握するために事前に雨量情報や河川の水位状況の確認、そして過去の水害発生事例などを参考にし、そしてそれらの情報から氾濫シミュレーションを行い被害の推定をし、避難勧告を発令すべきかどうかの判断を行う。避難勧告発令を決定した後、その対応手順によって最終的に避難勧告の発令が完了するまでの時間に差が発生する。災害対応ではこの対応時間を可能な限り短くすることが求められる。今回は東海豪雨での対応経験を基にシミュレータを作成しており、避難勧告の発令を行うためには広報するまでに適切な発令準備をすることが必要であることがわかっている。そのために、本シミュレータでは避難勧告の発令までに最短で2時間、対応手順を誤ると最長で6時間以上必要となる。

また、災害対応シミュレータの目的には、「災害対応能力の向上(Practice)」と「計画の見直し/質の向上(Planning)」の2つがある。本研究では、「Practice」を中心にパソコン上で災害対応をシミュレーションし、疑似体験することで災害対応能力の向上を図る災害対応シミュレータの開発を行ってきた。しかしシミュレータの中には多くの設定用パラメータが存在する。個々のパラメータは現時点での計画や資料を基に設定している。しかしこれは社会のルールと同じく正解のあるものではなく今後様々な研究成果や防災担当者、市民によって作り出されるコンセンサスによって決定される必要がある。決定されたパラメータを本シミュレータに、反映できる仕組みを備えることで計画の見直しや質の向上を目的としたプランニングツールとして活用することが可能である。

本件研究における今後の課題は、第1に、設定が可能であるパラメータの決定手法の確立を行うことである。今回のシミュレータではこれまでの災害経験、特に東海豪雨での対応調査などによって得られた成果から数値を決定している。そのために、対象とする自治体や地域が変われば当然設定値も再構築する必要がある。今後は各設定値について定量的な研究から抽出される関数系により設定が可能となる仕組みや、コンセンサスによって決定される仕組みを構築する必要がある。第2に、標準的な災害対応計画に基づいたシミュレータを開発することである。今回は水害時における避難勧告の発令に関してのみシステム化を試みたが、災害対応を評価するためには災害発生から復旧・復興までの一連の対応業務を対象とする必要がある。また、現在の計画(地域防災計画など)では、ハザード毎に

対応計画を記述しているが、ハザードの種類に関係なく共通して利用可能な標準的な計画の作成が必要である。最終的には、災害対応の国際標準となりつつある ICS(Incident Command System)¹⁷⁾の枠組みに従った、災害の種類にかかわらず対応が可能となる標準化された災害対応シミュレータの構築を今後の研究目標としている。そのためには、これまでに行われてきた日本の災害対応を ICS の枠組みによって再構築し、災害対応シミュレータに反映する必要がある。

謝 辞

本論文を執筆するにあたり、東海豪雨の対応事例については、名古屋市・名古屋市区・名古屋市中区・西枇杷島町・春日井市に資料の提供をうけた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 内閣府：中央防災会議，東海地震対策大綱，<http://www.bousai.go.jp/taikou/>.
- 2) 国土交通省河川局：災害列島 2000—都市型水害を考える，pp.8-22，1999.
- 3) 東田光裕，牧紀男，林春男：災害対応シミュレータの概念設計，地域安全学会論文集，No.4，pp.41-48，2002.
- 4) 内閣府：平成 13 年度版防災白書，2001.
- 5) 広島市：水防計画，2000.
- 6) 兵庫県：フェニックス防災システム，<http://web.pref.hyogo.jp/syoubou/phoenix/index.html>.
- 7) (財)河川情報センター：危機管理演習について，<http://www.river.or.jp/kiki/index.html>.
- 8) 田口尋子，林春男：災害対応業務の標準化に向けた IDEF0 手法による評価手法の開発—神戸市防災マニュアルを例に—，地域安全学会論文集，No.4，pp.267-274，2002.
- 9) 田口尋子，林春男：FC-IDEF0 による災害応急対策の標準化手法の開発—事例研究：神戸市地域防災計画—，地域安全学会論文集，No.5，pp.203-212，2003.
- 10) 林春男，重川希志依：災害エスノグラフィーから災害エスノロジーへ，地域安全学会論文報告集，No.7，pp.376-379，1997.
- 11) 田中聡ほか：災害エスノグラフィーの標準化手法の開発—インタビュー・ケースの編集・コード化・災害過程の同定—，地域安全学会論文集，No.2，pp.267-276，2000.
- 12) 田中聡・林春男：災害人類学の構築に向けての試み—災害民族誌の試作とその体系化—，地域安全学会論文報告集，No.8，pp.14-19，1998.
- 13) 田中聡・林春男・重川希志依：被災者の対応行動にもとづく災害過程の時系列展開に関する考察，自然災害科学，No.18，Vol.1，pp.21-29，1999.
- 14) トム・デマルコ，伊豆原弓訳：ゆとりの法則，pp.176-181，日経 BP 社，2001.
- 15) 岩佐裕一，林春男，近藤民代：災害対応業務標準化に向けた「防災基本計画」の業務分析，地域安全学会論文集，No.5，pp.193-202，2003.
- 16) プロジェクトマネジメント協会：プロジェクトマネジメント知識体系ガイド，Project Management Institute，2000.
- 17) Federal Emergency Management Agency：ICS Forms，<http://www.fema.gov/usr/fedforms.shtml>，1999.

(原稿受付 2004.5.21)