

## 6.9 NBC 災害拡散推定技術（三菱重工業株式会社）

### 6.9.1 研究の概要と目標

#### (1) 背景

- ・ 米国の 9.11 のテロや、近年のさまざまな自然災害の増加を受け、「安全・安心」な社会構築のための各種技術開発の機運が高まっている。
- ・ 本サブテーマの目的は、核兵器・生物兵器・化学兵器テロ（NBC テロ）が発生した場合の被害予測ツールを開発し、その予測結果情報を共有プラットフォームと提供することで、防災訓練立案や発災時の対策検討に役立てることである。

#### (2) 目標

昨年度に実施した拡散モデルの構築、被害進展モデルの抽出結果を受け、被害進展シミュレータの具体化に向けて以下を目標とする。

- ・ 昨年度実施した被害進展モデルの調査に基づき、被害進展モデルをプログラミングし、システムとして構築する。また、併せて昨年度構築した気象／拡散モデルと連成化を図り、気流場・拡散場予測から被害進展状況の予測を行うことができるシステムを構築する。
- ・ 共有プラットフォームと被害進展システムのインターフェースを構築し、被害進展システムに必要な周辺地域の標高データ、主要建物形状データ、人口分布データのプラットフォームからの抽出を可能とする。
- ・ また併せて予測結果の配信システムを構築する。
- ・ これらのシステムのインテグレーションを行い、実際にプラットフォームに接続可能な計算機システムのプロトタイプを製作する。

#### (3) 実施内容

本年度の研究では以下を実施した。

- ・ 昨年度構築した気象／拡散モデルと被害評価モデルの統合を図り、気流場・拡散場予測から被害進展状況の予測を行うことができる「被害進展シミュレータ」を開発した。
- ・ 減災情報共有プラットフォームと被害進展シミュレータのインターフェース・プログラムを作成し、プラットフォームとの接続確認を実施した。また、あわせて被害進展予測結果の配信システムを構築した。
- ・ 被害進展シミュレータを用いて、東京都のテロ対策図上訓練における発災条件に合わせて、シミュレーションを実施した。

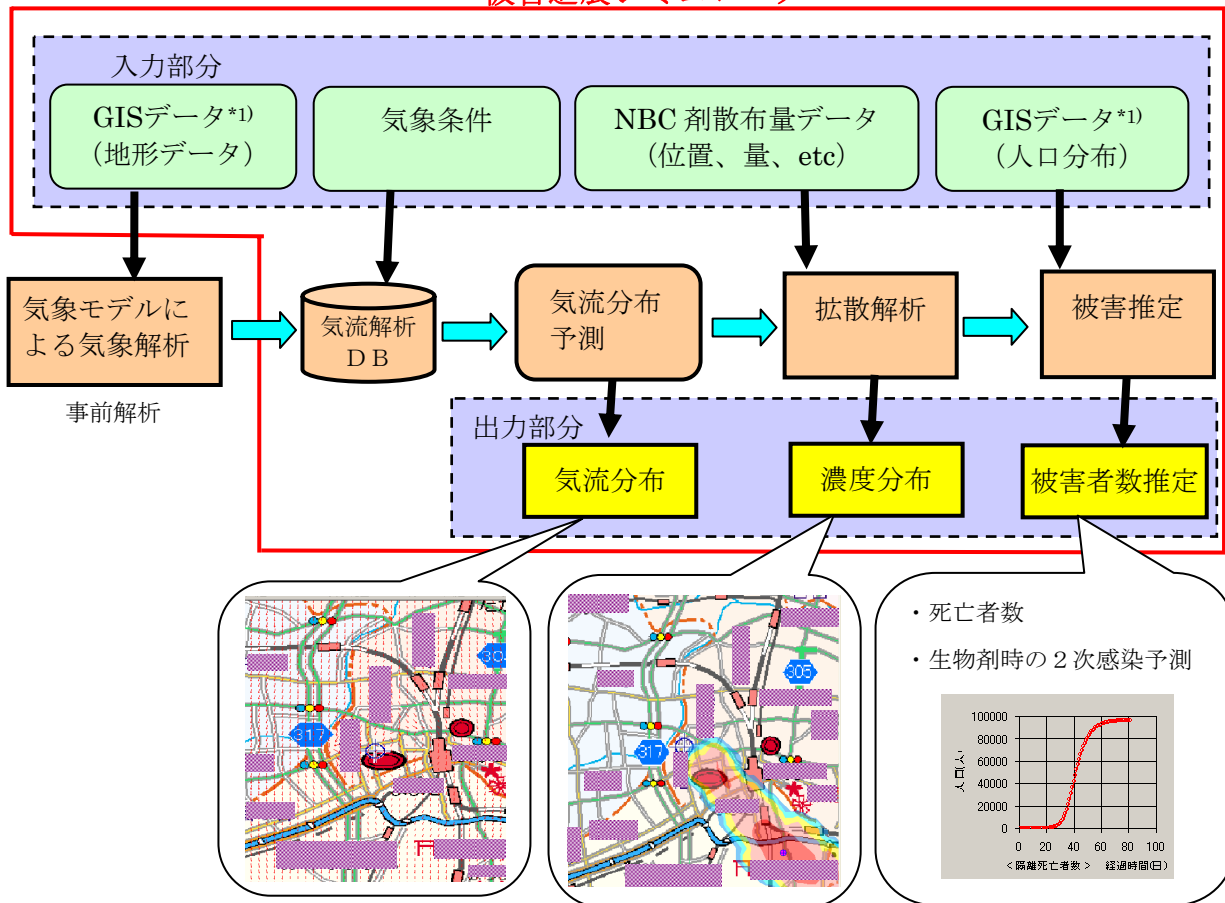
## 6.9.2 被害進展シミュレータの開発

### (1) シミュレータの概要及び構成

本シミュレータは、化学剤（C 剤）あるいは生物剤（B 剤）が散布された場合の空气中濃度等を計算し、被害者数を予測するシステムである。さらに、今年度はシミュレータを東京都殿の防災訓練でも利用いただく為、防災訓練時の発災物質であるダーティ・ボム（核物質（N 剤）＋爆発物）の計算も可能とした。本シミュレータの概念図を図 6.9-1 に示す。本シミュレータの主な特徴は、以下のとおりである。

- ・ 本シミュレータは、都道府県ベースで整備できる程度の安価なもので、かつ操作が簡単なものとなるように、Windows 版ワークステーションを使用し、Visual Basic で作成した操作画面にしたがって、計算結果を出力させることができるシステムとした。
- ・ 予測対象エリアは、東京都内の 3 エリアを設定した。これは、本シミュレータの実証試験の一環として、東京都殿への防災訓練（2005/11/30 実施：6.9.3 節参照）に本シミュレータの予測結果を提供することを考慮した為である。
- ・ 気流場は、気象モデルを使用して 16 方位の風向分を予め計算しておき、気流データベースとしてシミュレータに内蔵した。これにより、気流計算時間の短縮を図ることができる。
- ・ 気流データベース作成の際には、都心の 2 エリアに対しては、発災地点を中心に 1km 四方の範囲内で 20 階以上のビル群を再現した。
- ・ ユーザーが、操作画面上で発災時点の気象条件（風向、風速）、漏洩量、漏洩位置等を入力すると、シミュレータは、現地風向に一致する気流データに基づいて拡散計算を実施し、濃度分布や濃度積算分布等の結果を出力する。さらに、その結果に基づき、被害状況を推定する。
- ・ 今年度はスタンド・アローン型のシミュレータを開発した為、地形データと人口分布データはシミュレータに内蔵した。
- ・ シミュレータでの計算条件や計算結果は、CSV ファイルとして、情報共有プラットフォームへ送信することができる。

## 被害進展シミュレータ



\*1)今年度は、スタンド・アローン型のシミュレータを開発した為、GIS データ（地形データ、人口分布データ）はシミュレータに内蔵している。

気流解析計算：当該地域の気象観測データあるいは気象予測データ（GPVデータ）をもとに、将来に亘る気流分布を予測する（気流場データベースを使用。複数の気流データを結合させた非定常気流場の作成が可能）。

拡散解析計算：気流予測結果に基づき有害物質の拡散予測計算を行う（粒子モデルを使用）。に計算する。これにより、任意の地点の任意時刻（10分間隔で出力）における物質濃度及び濃度積算量を求める。

被害推定：濃度分布・人口分布データを元に、被害者数の分布を推定する。

図 6.9-1 被害進展シミュレータの概念図

### (2) 計算モデル

本シミュレータの計算モデルは、昨年度に構築した気流・拡散モデル及び被害進展推定モデルである。気流・拡散モデルについては、実現象を精度よく予測する為、さらに以下に述べる a), b) のような技術を導入した。

#### a) ビル群による気流変化の再現（気流モデル）

気流モデルは、シミュレータが短時間で被害評価結果を出力できるように、16方位の風向に対して気流場データベースを作成する為に使用された。計算領域は、発災地点を中心に40km四方であるが、気流モデルのネスティング機能を用いて、さらに、10km、2km、1.5kmの計算領域が内部に入れ子状に配置されている。各領域の水平解像度は、それぞれ1km、250m、50m、10mである。気流場データベースの作成の際には、ビル群による気流の変化を再現する為に、放出地点を中心に1km四方に存在する代表的なビル（20F建て以上）を考慮した。図6.9-2に、代表ビルの配置例を示す。

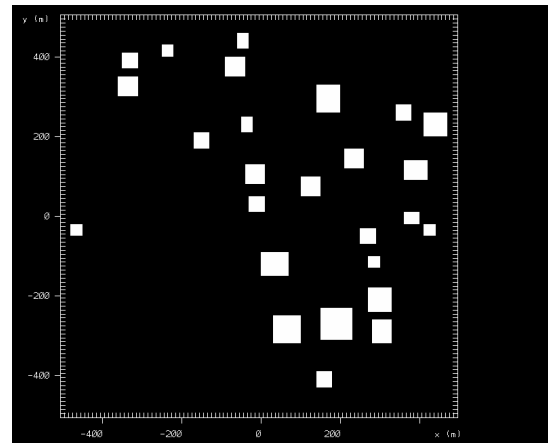


図 6.9-2 建物配置例（1km四方を上から見た図。10mメッシュで解像されている。）

#### b) 初期拡散及び粒子沈着現象の再現（拡散モデル）

拡散計算では、発災地点から気流場に粒子を飛散させて拡散現象を再現する。東京都の今年度の防災訓練では、ダーティ・ボム（N剤+爆発物）が想定されていたので、発災時には、爆発により瞬間的に核物質がばら撒かれる現象を再現する必要があった。そこで、シミュレータでは、初期拡散半径を入力できるようにして、発災の瞬間には、入力半径の半球空間に均一に粒子が放出されるようにした。

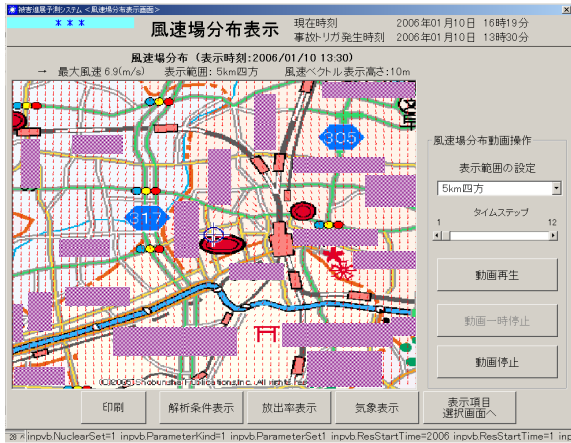
また、N剤の場合は、粒子が地面に沈着した後でも、空気中の被ばく量に影響を及ぼすことがわかっている。よって、B剤、C剤のように粒径が十分小さくて沈着の影響がない場合は沈着を考慮しないが、N剤のように沈着速度を持つ場合は、粒子の一部が地面に沈着するように設定した。

### (3) 被害評価方法

各散布剤の被害評価では、各計算格子でのばく露量（濃度×ばく露時間）が、被害発生の閾値を越えていれば、その計算格子に存在する人口が被害を受けると判断した。計算格子上の人口分布データには、平成12年度国勢調査データを使用した。各散布剤の閾値は文献1)を参考にした。

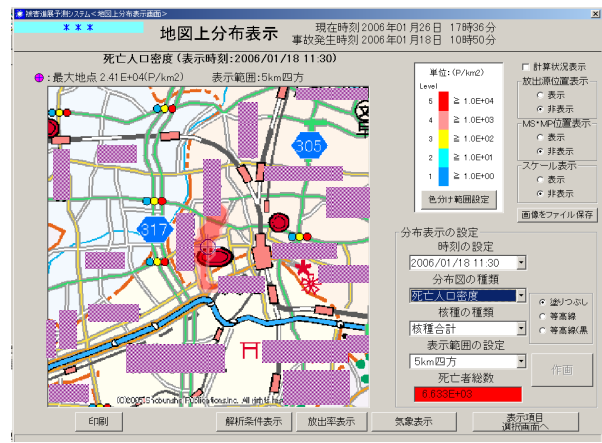
### (4) シミュレータ出力結果

図6.9-3にシミュレータの出力結果例を示す。(a), (b), (c)は、シミュレータの実際の出力画面図であり、(d)は、拡散計算結果の濃度分布を都市の建物形状イメージデータ上に作画したものである。



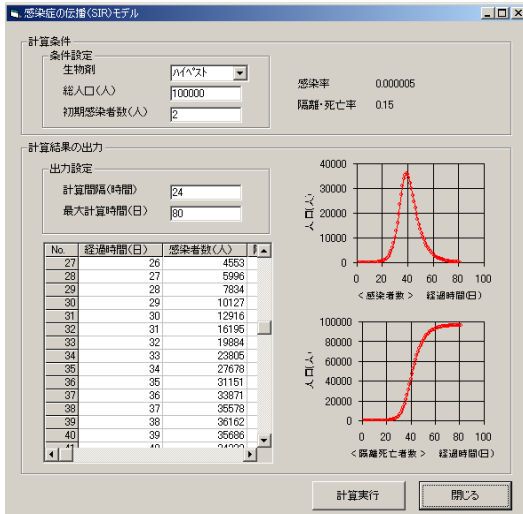
(a) 気流分布

地上近くの風速をベクトル表示



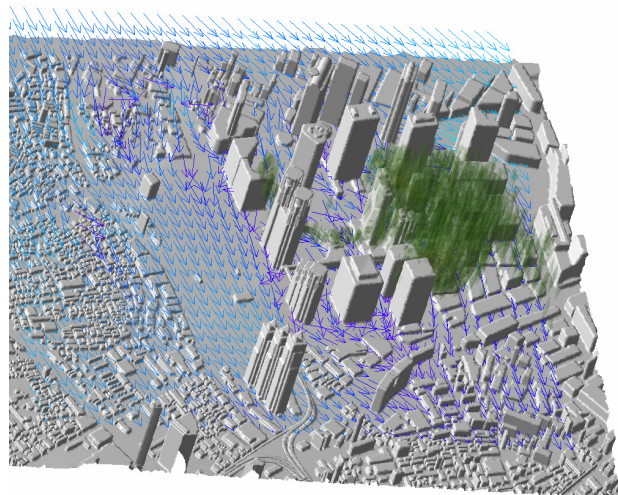
(b) 被害者予測

地図中に被害範囲, 右下欄に死亡者を表示



(c) 2次感染予測 (B剤のみ)

感染者数と死亡者数の時間推移をグラフ表示



(d) 拡散状況

建物形状イメージデータ上に拡散計算結果  
を作画したもの

図 6.9-3 シミュレータ出力結果例

### 6.9.3 東京都殿の対テロ防災訓練への適用

次年度実施する被害進展シミュレータの実証試験を念頭におき、今年度は、11月30日に行われた東京都殿の防災訓練（図上訓練）に対して、シミュレーションの計算結果を提供した。東京都殿は、過去2年にわたってNBC防災訓練を実施している。以下に、計算条件および計算結果を示す。

#### (1) 計算条件

都内某所でダーティ・ボムが使用されることを想定した。

#### (2) 計算結果

図6.9-4に、都内某所での濃度計算結果の例を示す。放射性物質が時間を追ってどのように拡散していくかを示している。

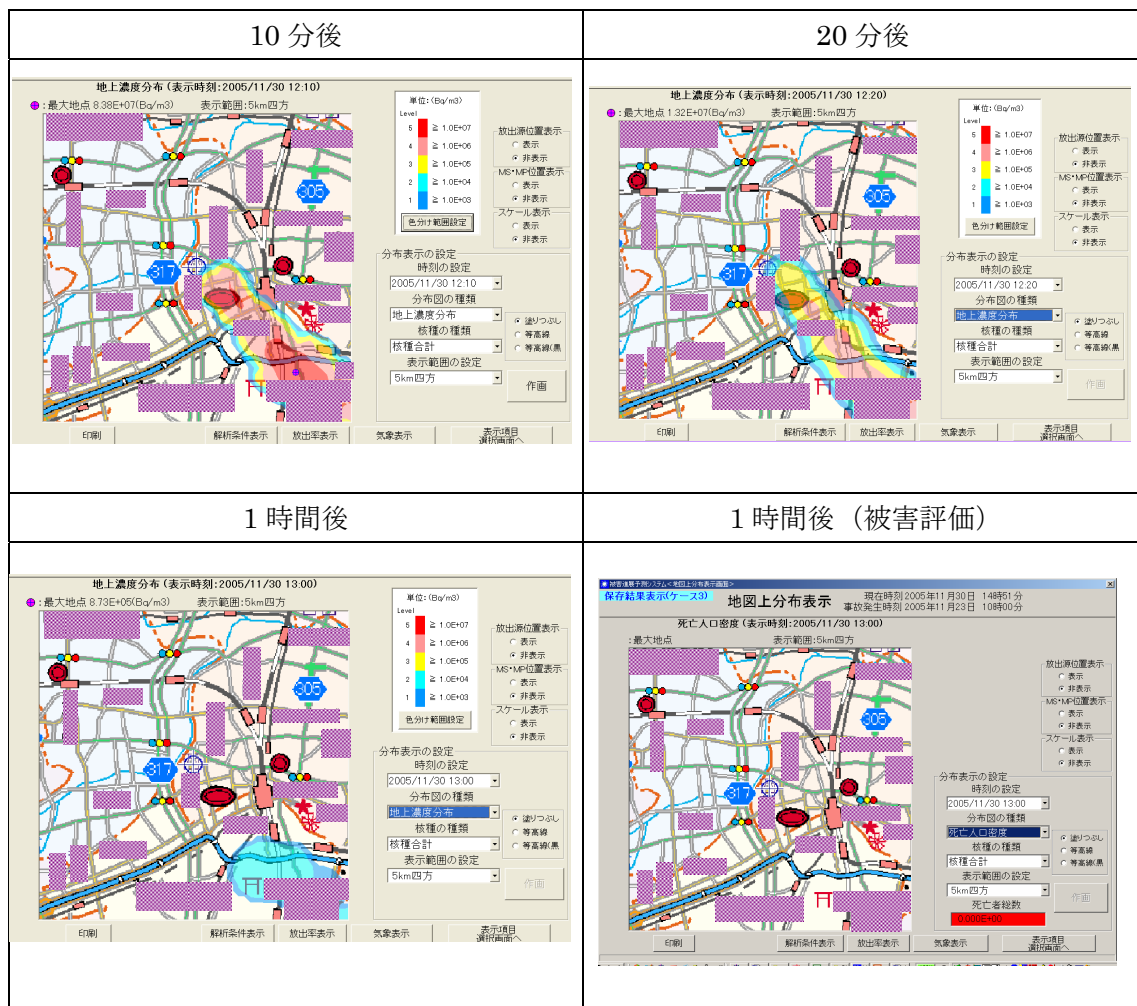


図 6.9-4 濃度計算結果（都内某所）

また、図6.9-5に、都内某所のビル群周辺における拡散状況を示す。地上付近の矢印は、風速

ベクトル分布であり，白の3次元分布が放射性物質の拡がりを表している。

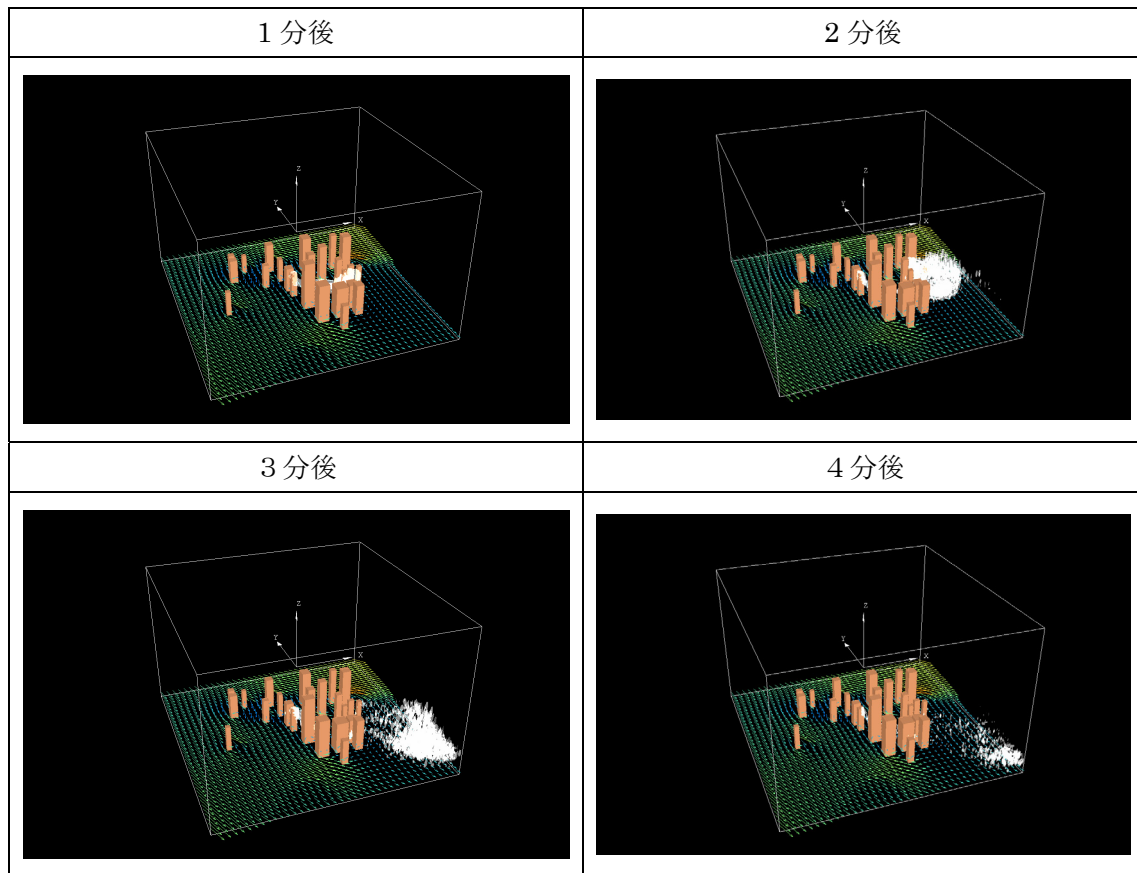


図 6.9-5 計算結果（放射性物質の拡がり：1.5km 四方）

#### 6.9.4 情報共有プラットフォームとの接続について

##### (1) プラットフォームとの接続システムについて

##### a) 被害進展シミュレータ側の構成

図 6.9-6 に示すように，シミュレータは，2台のコンピュータ（PC1，PC2）と1台の外付けHDD から構成される。

PC1には，被害進展シミュレータ本体がインストールされており，スタンド・アローン型としても使用できる。PC1には，計算処理速度を高める為，Xeon 製 3.4GHz の CPU と 2.0GB の RAM を装備した Workstation（OS は Windows XP）を採用した。また，PC1には 250GB の外付け HDD が接続されており，1日前の全保存データがバックアップ保存されている。

PC2には，計算結果読み取りプログラムと計算結果送信プログラムがインストールされている。計算結果読み取りプログラムは，PC1内に保存された計算結果（数値データ）を読み取る機能と，出力画面の画像ファイルや，発災条件及び予測結果（被害者数）を記述した CSV ファイルを出力する機能をもつ。また，送信プログラムは，CSV ファイルをプラットフォームへ送信するプログラムである。PC1に計算結果のデータが保存されていれば，オペレータは，保存された計算ケースの CSV ファイルを PC2のみでプラットフォームへ送信する操作が可能である。

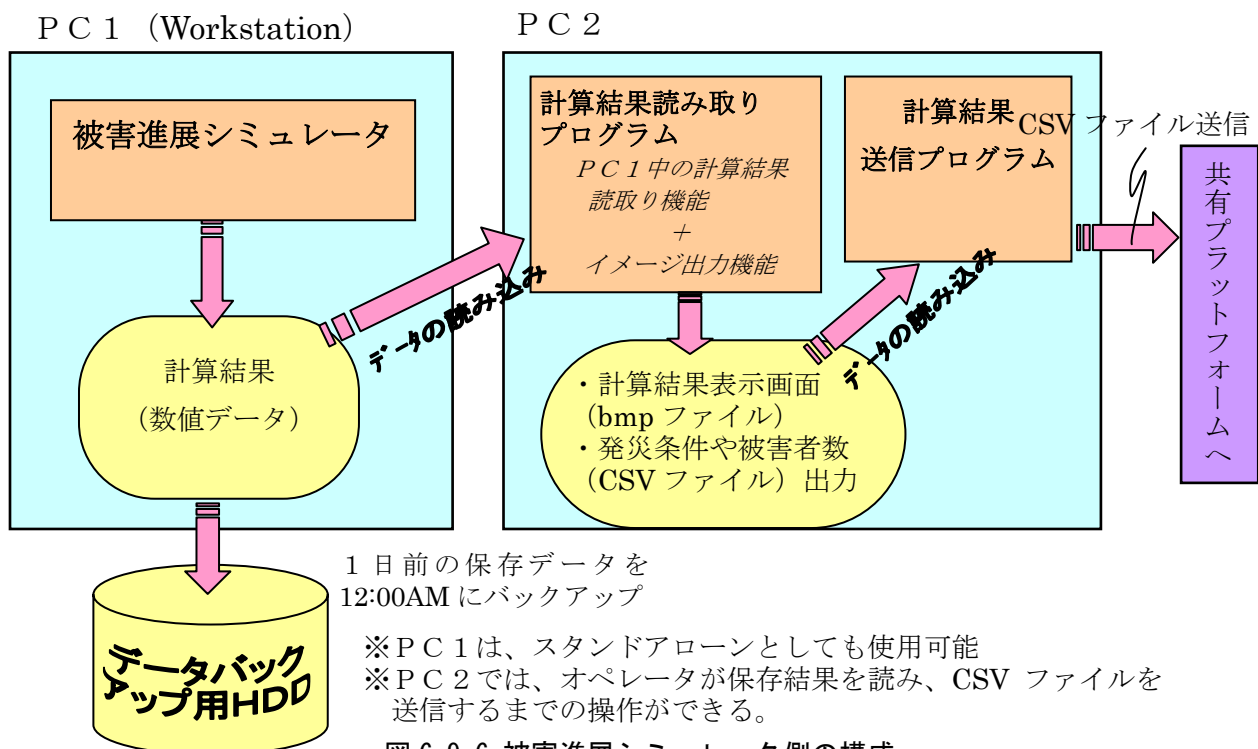


図 6.9-6 被害進展シミュレータ側の構成

#### b) プラットフォームとの接続システム

プラットフォームは、DaRuMa (Database for Advanced Rescue Utility Management and Analysis) を想定している。プラットフォームに対してデータをやり取りするには、情報共有プロトコル MISP に則った通信処理を行う必要がある。しかし、各アプリケーション（例えば被害進展シミュレータ）にこの通信機能を組み込むには、アプリケーション側の改造が多くなり見通しが良くない。そこで、各アプリケーションが独自に入出力する情報を MISP に変換するコンバータを介して、データの授受を行うことになった。このコンバータと MISP による通信機能をもつクライアントプログラムが、darumaclient とよばれる。

被害進展シミュレータの計算結果送信プログラムは、darumaclient を介してプラットフォームにデータ登録できる。図 6.9-7 に計算結果送信プログラムと DaRuMa 間のデータフローを示す。

- ① プラットフォームに登録する被害進展シミュレータのデータ項目は、あらかじめデータ構造定義ファイルを用いて DaRuMa サーバに登録する。
- ② 計算結果送信プログラムは、計算結果データを読み取り、darumaclient に渡す CSV ファイルを生成する。CSV ファイルの内容は、あらかじめ CSV 関連づけファイルを用いて定義しておく。
- ③ 計算結果送信プログラムは、CSV ファイルおよび関連づけファイルを引数として darumaclient を呼び出す。
- ④ darumaclient は、CSV ファイルの内容を関連づけファイルの情報を用いて MISP プロトコルに変換し、プラットフォームとなる計算機で動作する DaRuMa サーバへネットワーク経由で登録する。



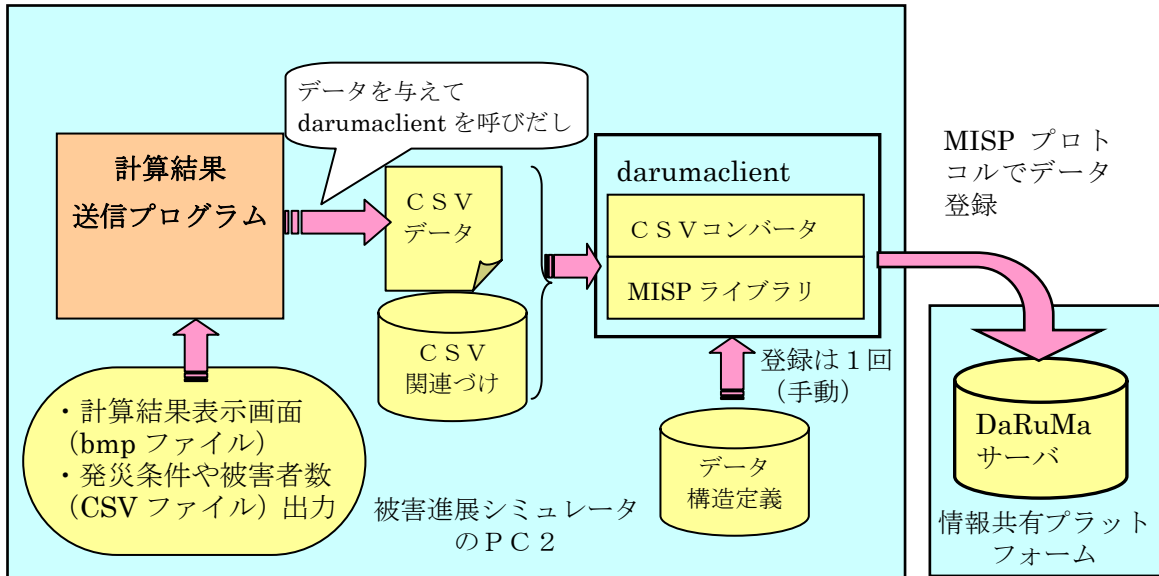


図 6.9-7 被害進展シミュレータの情報共有プラットフォームへの接続図

c) プラットフォームに入出力するデータ項目

被害進展シミュレータの入出力情報について昨年度検討を行った（表 6.9-1）が、情報共有プラットフォームから入出力するデータ項目は、このうちの一部のデータ項目である。

情報共有プラットフォームを介して、データ提供元/参照先と本シミュレータの間でデータを授受するには、その書式を取り決める必要がある。本年度は、プラットフォームとの接続に基本機能を確認するために、シミュレーション結果出力のうち数値情報をプラットフォームに公開する事とした。これを表 6.9-2 に示す。

なお来年度は、シミュレータの被害予測結果を避難シミュレータに渡して再利用することを予定している。その場合、解析結果画像あるいは2次元分布データのままで再利用が難しい為、別のデータ形式（たとえば道路閉塞情報）に変換してプラットフォームへ公開することになる。

表 6.9-1 被害予測シミュレータの入出力方式

種別	入出力項目	入出力先（形式）
入力	気象予測データ	気象庁（単独でインターネットより取得）
	汚染物発生源データ	自端末（画面で手入力）
	解析対象地域を含む地形	プラットフォーム（GIS）又は内蔵地形データ
	建屋データ	プラットフォーム（範囲指定で検索取得）
	人口分布	プラットフォーム（範囲指定で検索取得）
出力	気象解析結果	自端末へ表示 又は
	汚染物濃度分布	プラットフォーム（分布図画像、メッシュデータ、行政区画別集計データ etc）
	ばく露量（ばく露時間×濃度）分布	
	死傷者数分布予測結果	

表 6.9-2 被害想定シミュレーション結果のプラットフォーム登録データ項目例

項目	単位	型	値 (例)
予測日時 (★)		文字列	2005 年 11 月 09 日 17 時 20 分
解析実行日時	—	文字列	2005 年 11 月 10 日 11 時 53 分
事故発生日時 (★)	—	文字列	2005 年 11 月 09 日 16 時 50 分
地点名	—	文字列	新宿
放出源の緯度 (★)	deg	数値	35.690833
放出源の経度 (★)	deg	数値	139.691269
放出物質の種類 (★)	—	文字列	サリン
放出量	mg	数値	1.00E+15
放出時間	sec	数値	1
事故発生地点の風向	—	文字列	NNE
事故発生地点の風速	m/s	数値	3.0
総被害者数累計	人	数値	500

(★は検索キーとなる項目)

## (2) 接続テスト結果

表 6.9-2 の登録データ項目を CSV 形式で表現し、図 6.9-7 の構成で DaRuMa サーバへ登録する接続試験を行った結果、プログラムが正常に動作することが確認できた。また、DaRuMa サーバへのデータ登録状況を確認するために、データ照会を行って内容を確認した。

## 6.9.5 まとめ

今年度の研究において、以下の成果を得た。

- ・ 被害予測システムのプロトタイプを完成させた。本システムは、東京都の3エリア（都内某所）でのNBC災害による被害進展について、12時間先の予測を20分程度で解析することができる。
- ・ 開発したシミュレータの予測結果を、減災情報共有プラットフォームに配信するシステムを構築し、プラットフォームとの接続を確認した。
- ・ 東京都殿に図上訓練データとしてシミュレータによる解析結果を提供した。また、シミュレータを用いて来年度の防災訓練に協力できる旨、東京都殿に提案した。

次年度は、被害進展シミュレータを用いることで減災に資することが可能なことを実証する為、東京都殿と共同で実証試験（防災訓練）を計画予定である。

## 参考文献

- 1) 生物化学テロ災害対処研究会，必携 生物化学テロ対処ハンドブック，診断と治療社，2003