6.8 NBC 災害拡散推定技術（三菱重工業株式会社）

6.8.1 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*1) テロ）が発生した場合の被害予測システムを開発し，その予測結果を情報共有プラットフォームに提供することで，防災訓練は勿論，発災時の災害対応計画立案に役立て，減災に資することにある．

*1）N：放射性物質（ダーティボムなど），B：生物兵器，C：化学兵器

(2) 目標

被害予測システムと情報共有プラットフォームの連携（**図 6.8-1**）によりシステムが減災に役立つことを実証する為，今年度は以下の目標を掲げた．

・ 昨年度開発した被害予測システムのプロトタイプ機をブラッシュ・アップし，より汎用性のあるシステムへと発展させる．

・ 情報共有プラットフォームとのインターフェース機能を充実させ，シミュレータの予測結果をプラットフォームへ送信するシステムを構築する．

・ 被害予測システム及び情報共有プラットフォームが，自治体テロ対策へ適用した場合に減災対策システムとして有効であることを実証する為，第３者機関の立会いの下，システムの評価試験を行い，第３者機関からの評価を受ける．

(3) 実施内容

上記目標に向けて，本年度の研究では以下を実施した．

・ 被害予測システムに汎用性を持たせる為，昨年度は被害対象エリアを特定していたのに対し，本年度は全国の任意エリアに対応できるようにシミュレータの機能を拡張した．それに伴い，全国対応の人口分布データを整備した．また，気象データ（GPV データ）を自動的に受信し，システムに気象データの風向・風速が自動入力されるように機能を追加した．さらに，気流データベースの線形結合により，気流の時間変化がより現実に近くなるように機能を改良した．

・ 情報共有プラットフォームを利用する諸機関が本システムの被害予測データを利用できるように，被害予測データをプラットフォーム上でのデータ形式に変換して送信するシステムを開発した．また，情報共有プラットフォーム側で，被害予測データを検索・閲覧できるプログラムを開発した．

・ 東京都の防災担当者に協力いただき，システムの評価試験を実施した．

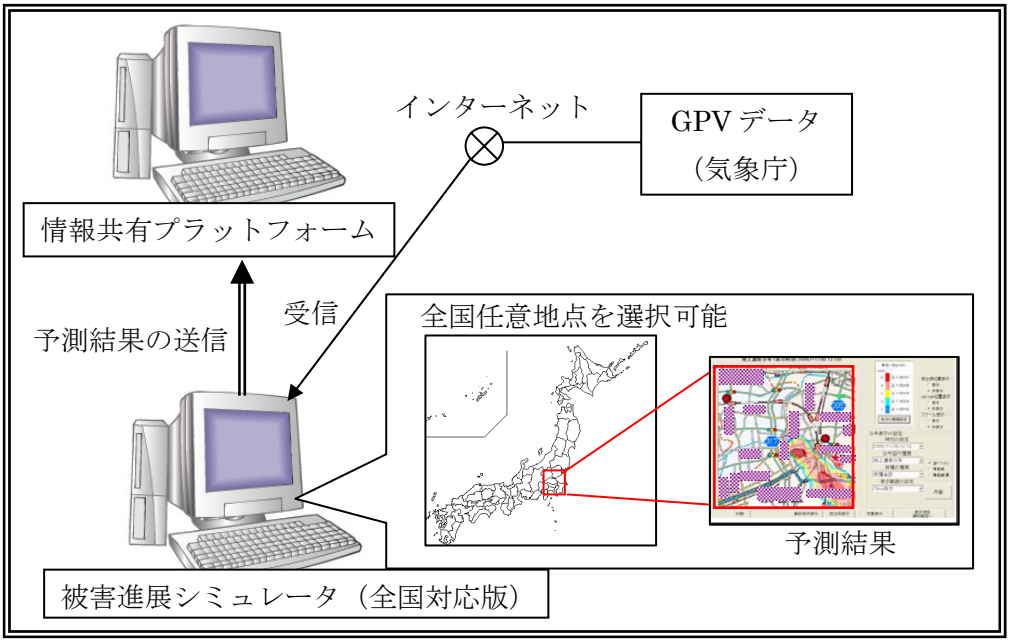


図 6.8-1 被害進展シミュレータと情報共有プラットフォームの連携イメージ

6.8.2 被害予測システムの高度化

今年度は，昨年度開発した「被害進展シミュレータ」に汎用性をもたせる為，以下の機能を追加した．

① 任意エリアを対象（昨年度は，新宿，羽田，丸の内のみが対象エリア）
② ①に伴う全国版の人口分布データの組み込み
③ 気象予測精度向上の為の気象データ（GPV データ）の自動入力
④ 気流データの線形結合による風向の時間変化の再現

以下に，各機能の詳細を述べる．

(1) 任意エリア対応への機能拡張

昨年度は被害対象エリアを特定していたのに対し，全国の任意エリアに対応できるようにシミュレータの機能拡張を実施した．具体的には，任意エリアへの対応させる為に，気流場に平地・一様流が設定されるようにした（**図 6.8-2**）．但し，特定エリア（新宿，丸の内，羽田）に対しては，気流データベースが使用される．

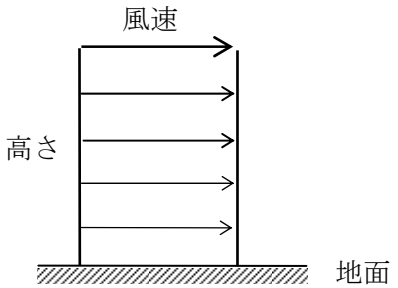
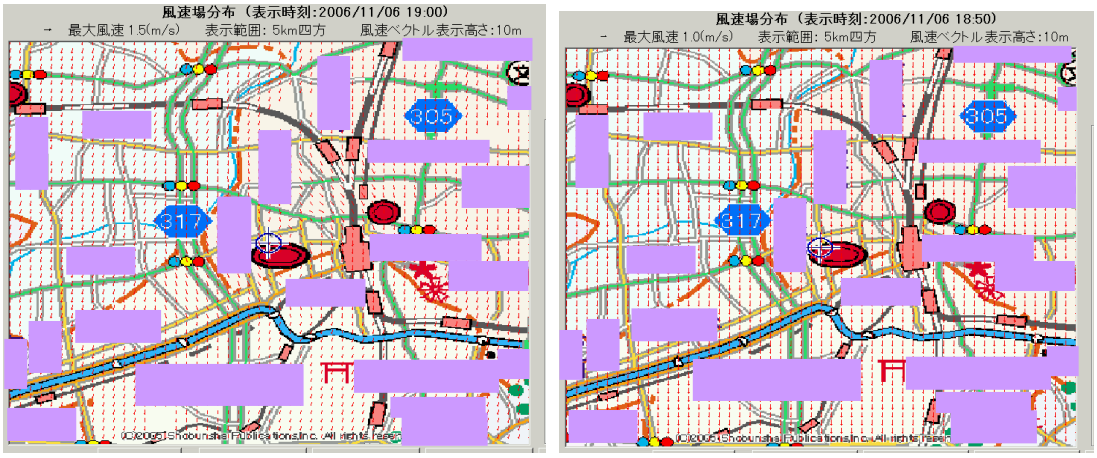


図 6.8-2　風速の鉛直分布（任意エリア用）

本機能を確認する為，地形・建屋を考慮した気流データを使用したケースと平地・一様流のケースのシミュレーションをそれぞれ実施し，両者を比較した．

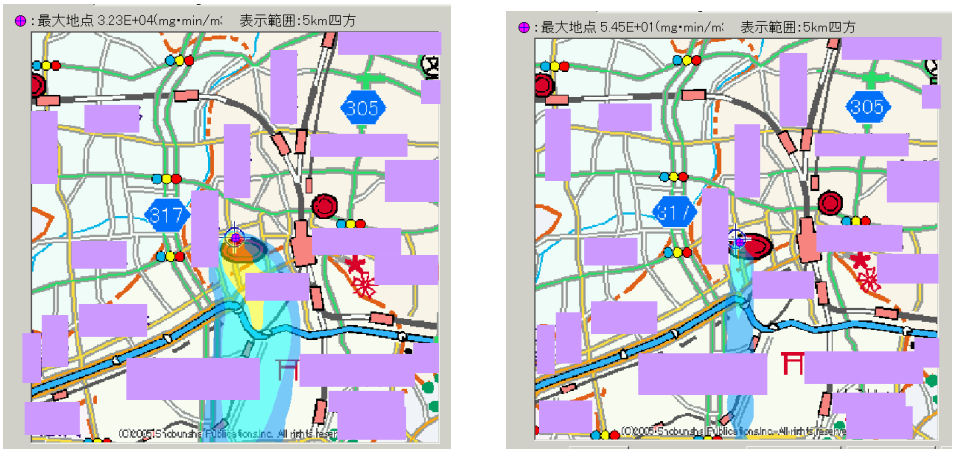
図 6.8-3 に風速分布表示の結果を示す．**(a) 地形・建屋あり**のケースでは，建屋が再現されてい

る領域中心付近で気流が建屋を迂回しているのに対し，(b)**平地・一様流**のケースでは，全領域で一様になっていることを確認した．また，**図 6.8-4** に積算線量分布の比較を示す．(b)**平地・一様流**のケースでは，地形・建屋の影響による気流の乱れ（乱流拡散）がない為，放出物質の拡散幅は(a)**地形・建屋あり**のケースと比較して狭くなっていることがわかる．



(a) 地形・建屋あり　　(b) 平地・一様流

図 6.8-3 風速ベクトル分布の比較



(a) 地形・建屋あり　　(b) 平地・一様流

図 6.8-4 積算線量分布の比較

(2) 全国版人口分布データの組み込み

発災地点を任意エリアにした為，人口密度分布の組み込みを全国範囲に拡大した．使用したデータは平成１２年国勢調査地域メッシュ統計データから作成した全国約 500m 区画毎の人口分布データベースである．**図 6.8-5** に人口分布例を示す（なお，この図は参考として表示したもので，システムには表示画面はない）．

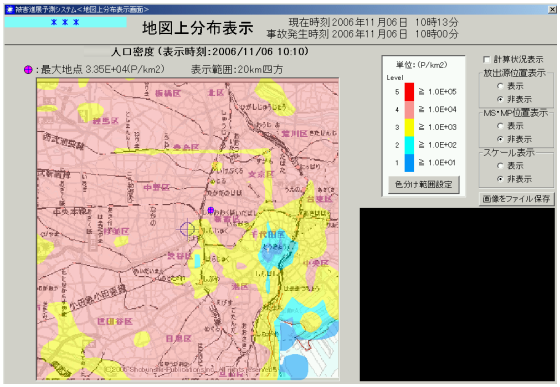


図 6.8-5　人口密度分布（新宿付近）

(3) GPV データ受信による風向・風速の自動入力機能の追加

昨年度のプロトタイプ機では，気流条件は，気象観測位置における時系列の風向・風速を手入力で与えなければならず，予測精度の面で課題があった．そこで，今回はインターネット接続により気象庁配信の気象データ（GPV データ）を取得する機能を組み込み，気流の予測精度を高めた．本システムでは，格子状の GPV データから気象観測位置（一点）における時系列データを抽出して用いた．

GPV データの取り込みは，本システムが自動的に行う．即ち，日本時間 9 時，21 時の 2 回／日に GPV データの Web サイト（http://ddb.kishou.go.jp/pub/jp034/）に接続し，FTP コマンドによりデータを取り込む．その後，シミュレータでの解析用に必要要素（風成分）のみデータを抽出する．

シミュレータの解析操作の際には，「気象データ」の項目を選択すると，**図 6.8-6** の画面になり，そこで「GPV を使用する」の項目を選択すると，定期的（12 時間毎）に取得・保存しておいた GPV データから，別途設定した気象観測位置での風向・風速の時系列データが作られる．なお，任意エリアの場合には，気象条件に手入力データ，GPV データのどちらを選択しても，気流場は一様流となるようにした．

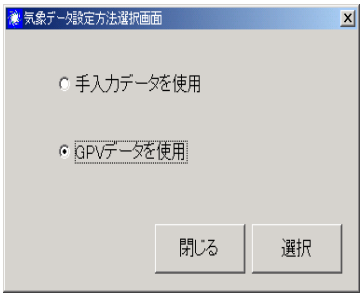


図 6.8-6 気象データ選択画面

(4) 気流データの線形結合機能の追加

本システムでは，特定エリア（昨年度実施した新宿，丸の内，羽田の３エリア）に対しては，高解像度(10m メッシュ)かつ高速な予測を可能とする為，気流分布の予測に気流場データベースを利用している．このデータベースは，当該地域における 16 方位の風向分の気流場データであり，気象解析モデル RAMS を利用して事前解析され，システムに内蔵されている．システムにおいては，当該地域の代表風向を入力すると，代表風向を挟む２方位の気流場データが抽出され，それらの線形結合によって当該地域の気流場データが瞬時に作成されるように，今回，機能アップした．

代表風向が時間変化する場合には，各時刻において気流場データを作成し，それらを時刻順に結合させることで，非定常な気流分布を作成することができる（図 6.8-7）．本機能は，任意エリアの一様流が時間変化する場合にも適用される．

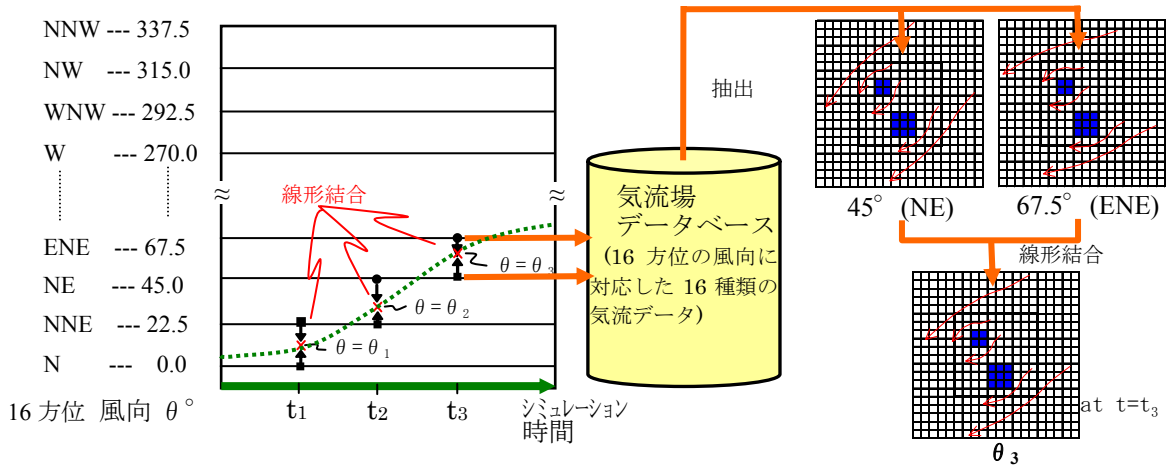


図 6.8-7　気流データの線形結合による非定常気流シミュレーション方法

6.8.3 情報共有プラットフォームとの接続の高度化

本節では，被害進展シミュレータの予測結果として得られる被害予測結果の画像を，情報共有プラットフォーム”DaRuMa”（以後 DaRuMa）へ登録し，災害発生時に関連諸機関で NBC 災害情報を共有するための基本的メカニズムについて説明する．

(1) 概要

図 6.8-8 に被害進展シミュレータと DaRuMa との接続構成図を示す．シミュレータからは，事故発生日時や予測日時，物質の種類や放出量，風速・風向などの諸条件に基づき解析された被害予測結果が画像データ（BMP 形式）として出力される．諸条件は CSV ファイルとして，また被害予測結果は画像データとして出力され，これらのデータはシミュレータ側からの DaRuMa への登録操作によって,「画像登録プログラム」へ渡される.画像登録プログラムは受け取ったデータを DaRuMa の共通プロトコルである misp(情報共有プラットフォーム用に拡張された GML)へ変換した後，darumaClient を呼び出して DaRuMa へ登録を行う．特に画像データに関しては GML のスキームへ埋め込むために，バイナリデータから Base64 形式のテキストデータへ変換され，GML のタグに埋め込まれる．

登録されたデータは，データを登録する際に darumaClient へ渡したシミュレータ用のスキーマを参照すれば，ネットワークによって daruma へ接続されている諸機関のその他のシステムから自由に取出しが可能であるが，今回は取り出しを確認する為の画像検索プログラムを開発し，その動作を確認した．

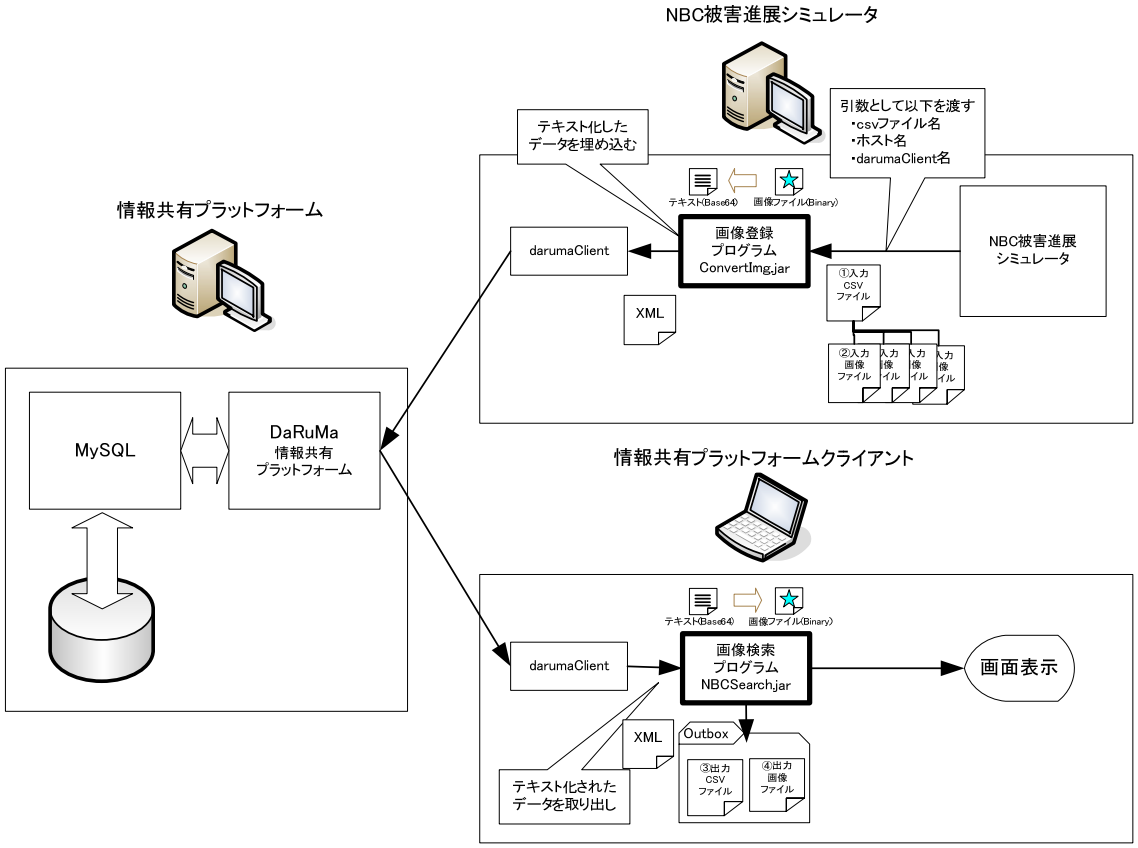


図 6.8-8　NBC 被害進展シミュレータと DaRuMa との接続構成

画像検索プログラムは，プログラムの入力画面で選択された諸条件から misp の定義に従って GML による検索文を生成し，darumaClient を利用して DaRuMa への情報検索を実行する．DaRuMa より返された検索結果を解析し，諸条件と画像データに分離して検索プログラムの画面上へ表示する．

以下，DaRuMa への登録と検索について具体的に説明する．

(2) DaRuMa へのシミュレーション結果の登録

シミュレーション結果は，**図 6.8-9** のコーリングシーケンスによりシミュレータ側から画像登録プログラム”ConvertImg.jar”を呼び出すことで DaRuMa へ登録することができる．

```
java -jar c:¥<ConvertImage 格納パス>¥Convert.jar <csv ファイル> <darumaClient パス> <DaRuMa IP アドレス>
    引数１：NBC シミュレータからの出力ファイル
    引数２：darumaClient のフルパス
    引数３：DaRuMa サーバの IP アドレス
```

図 6.8-9　画像登録プログラムコーリングシーケンス

(3) DaRuMa 側でのシミュレーション結果の検索・閲覧

次に DaRuMa へ登録されたデータの検索・閲覧方法について説明する．**図 6.8-10** に検索画面例を示す．

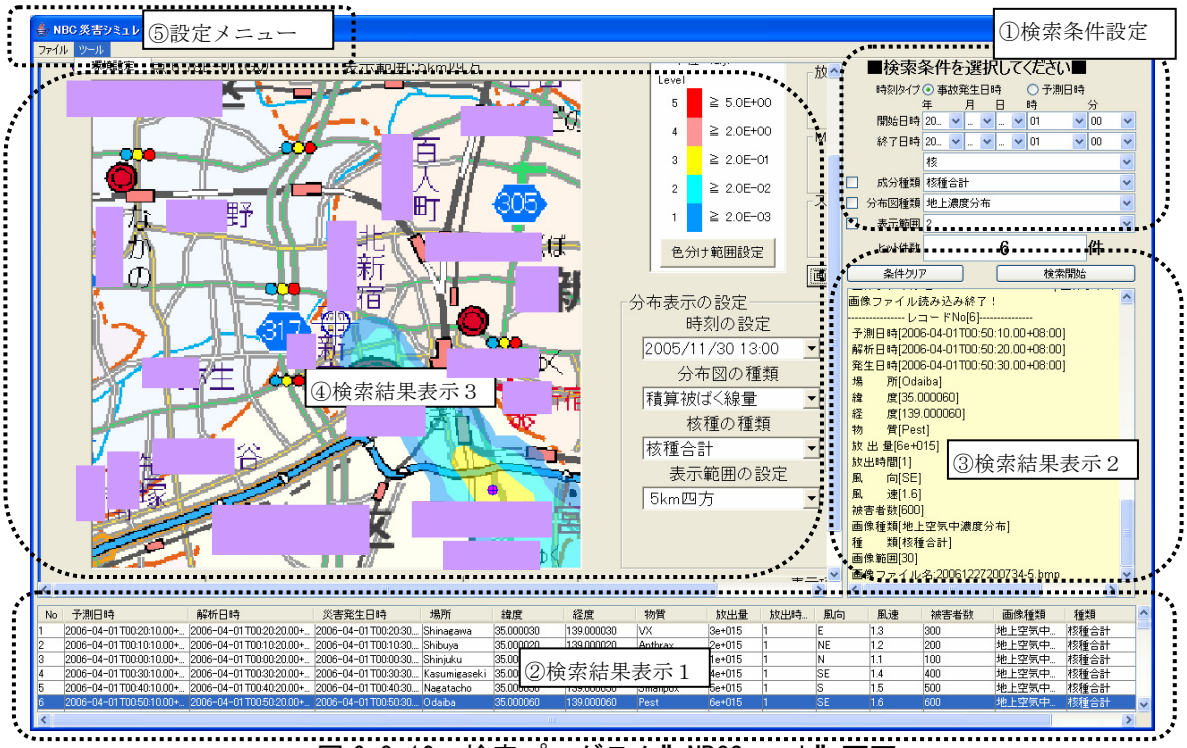


図 6.8-10　検索プログラム”NBCSearch”画面

まず①のエリアに表示されている検索のための各種の条件を選択する．本プログラムで検索条件として指定が可能なのは，「事故発生日時・予測日時」，「開始日時・終了日時」，「放出剤カテゴリ（核・化学剤・生物剤）」，「成分種類（上記物質カテゴリにおける更に詳細な物質選択）」，「分布図の種類」，「表示範囲」である．被害進展シミュレータが DaRuMa に登録をしている上記以外の要素についても選択できるようにすれば，更に詳細な検索を行うことが可能である．

①で条件を設定した後に，「検索開始」ボタンを押すと，DaRuMa に対し検索が開始される．検索結果は「ヒット件数」のところに検索にレコード数が表示され，6 件の検索レコードについては②の検索結果１のところにリストが表示される．②のリストより任意の検索レコードをクリックすると，詳細が③の検索結果２に，またそのレコードに含まれる諸条件にもとづき計算されたシミュレーション画像が③の領域に表示される．

なお，この検索プログラムは DaRuMa とネットワーク的に接続された任意の端末で実行可能である．

6.8.4 避難誘導シミュレータとの連携に関する検討

被害進展シミュレータと他機関の避難誘導に関するシステム（例えば，NPO 安全安心マイプランの避難誘導シミュレータ）の連携を図ることができれば，より減災に対して有効なシステムを

構築することができる．そこで，被害進展シミュレータと避難誘導シミュレータとの間での受け渡しデータ項目やＮＢＣ被害進展シミュレータ側での道路閉塞情報の生成など，二つのシミュレータを連携するための道路情報データのハンドリングについて検討を実施した．

(1) 避難誘導シミュレータへ渡すデータ項目

被害進展シミュレータから避難誘導シミュレータへ渡す必要のあるデータとしては，① シミュレーション実施時刻，② 発災時刻，③ 危険度ランク設定データ，④ リンクＩＤと各リンクの危険度ランクの４項目がある．但し，これら全ての情報は，情報共有プラットフォームを介してデータの受け渡しを行うものとする．データの受け渡しについては，予測結果データを XML 形式のファイルに変換して行うことになる．データの最小更新周期は１０分とする．（被害予測結果の出力間隔も１０分に設定している．）

上記のデータ項目を避難誘導シミュレータへ定期的に渡すことによって，避難誘導シミュレータ側での最適な避難誘導経路の探索シミュレーションが可能になる．なお，４つのデータ項目のうち，毎周期，避難誘導シミュレータへデータの受け渡しを行う必要があるのは，①，④の二つである．②と③については，一度だけ受け渡しを行えばよい．

(2) 道路閉塞情報の生成（被害進展シミュレータ側）

被害進展シミュレータで保持している地形データの緯度経度情報と有害物質の濃度分布情報から，ある濃度以上に達する緯度経度の範囲内に対応している道路ネットワークデータ上の道路リンク ID を検出し，道路閉塞情報を生成する．道路閉塞情報では，道路リンク ID ごとの危険度ランクデータを明示する．

ここで，道路リンク ID ごとに示される危険度ランクは，危険度ランク設定データによって定義されている．危険度ランク設定データは，濃度分布のレベルに応じて，危険度をランク付けしたもので，危険度の分類と意味合い，及びその危険度に到達してから道路が通れなくなるまでの時間を定義するものである．

参考に，本 PJ の実施機関でもある工学院大学における道路閉塞情報データの作成手順を以下に示す．

① 生データを GIS ツール（SIS（インフォマティクス社製））に読み込む．

② GIS ツール内で，道路閉塞情報データ（CSV 形式）への出力スクリプトを作成し，データ出力を行う．（SIS の Exporter 機能を使用する）

6.8.5 システム実証試験

NBC 被害進展シミュレータ及び情報共有プラットフォームが，自治体テロ対策へ適用した場合に減災対策システムとして有効であることを実証する為，東京都に協力いただき，以下のとおり，評価試験を実施した．

(1) 評価試験概要

評価試験の概要は以下のとおりである．

■日時：2007 年 1 月 16 日 13:30 － 15:00
■場所：都庁第一本庁舎９階　災害対策本部長執務室
■出席者：【東京都】
総合防災部情報統括担当課長　濱本氏
総合防災部防災通信課長　古田氏
他３名
【防災科学研究所】
鈴木氏　（減災プロジェクト・リーダー）
【三菱重工業㈱】
大場，河内，原，苑田（長崎研究所）
糠塚（原子力事業本部）（オブザーバとして参加）
■スケジュール：
13:30 － 13:45 減災プロジェクトの目的・実施内容に関する説明
13:45 － 14:15 評価試験
① 東京都某所での発災を想定した被害予測計算
② プラットフォームへ予測データを送信
③ プラットフォーム側での予測データ確認（検索）
14:15 － 15:00 質疑応答

(2) 評価試験結果

評価試験は**図 6.8-11** の状況で実施された．試験後，東京都から以下の評価をいただいた．

- 被害進展シミュレータの位置づけとしては，発災時の初動段階に必要な情報を提供するシステムということだろう．本シミュレータは，飽くまで概略の被害を把握するためのシステムであって，詳細な被害は，やはり自衛隊等が現場に行って検知してからでなければ判らない（濱本氏）．
- より詳細なデータを得るためには，都内のあちこちに濃度検知機等を設置して，本シミュレータとの連携を図ればなおよいが，実際には難しいだろう（濱本氏）．
- このシステムを東京都で動かすとしたら，防災通信課の中で，研修を受けて訓練を積んだ職員が動かすことになるが，それ程難しいことではないだろう（古田氏）．
- 運用の立場では，目的に分けた機能設定が必要である．つまり，訓練モードと実用モードの２種類があった方が良い．その場合，訓練モードでは，計算結果の精度（被害者数など）は特に必要ないので，多くの情報を表示できる方が良い．しかし，実用モードでは，細かい予測ができないにせよ，短時間で，実態に近い予測が必要である（濱本氏）．
- その他の要望として，化学剤や生物剤に係る基礎データ（特徴など）を表示，検索できる機

能があると良い（濱本氏）．また，避難場所・経路の選定に資するため，地図上に，ガス拡散が進行する方向と被害範囲が表示されると良い（古田氏）．

・ 情報の共有という面では，省庁や区市町村，関係機関などで必要とする縮尺が違うので，誰が利用するかで共有するデータを変える必要がある（濱本氏）．

その他，質疑応答は以下のとおりであった．（Q：東京都，A：三菱重工業㈱）

Q：濃度積算量の計算結果は信頼性があるのか？

A：日本原子力研究所が１９８９年と１９９０年に筑波山周辺で野外拡散実験を行っており，その結果を参考にしている．

Q：風速だけでなく，温度や湿度なども計算結果に反映できるのか？

A：温度は大気安定度という形で考慮できる．また，雨による沈着現象を考慮できる．

Q：ビル風の影響を考慮できるのか？

A：ビル間に放出ガスが溜まるような現象も再現可能である．但し，建物を考慮した気流計算による気流のデータベース化など事前準備が必要になる．

Q：人口データベースは時間変化が考慮されているか？

A：データベースがあればシミュレータに導入可能であるが，現システムでは考慮されていない．

Q：プラットフォーム側からシミュレータで計算することはできるのか？

A：現状ではできない．プラットフォームでは，計算結果を共有するのみである．

Q：シミュレータの結果は，時間毎に表示されるようになっているが，被害範囲を同心円で表示するなど，一枚の図の中に重ねることができないか？

A：表示だけの問題であるので，ご希望に応じて表示機能をカスタマイズできる．

Q：剤のデータベースはどの程度入っているか？

A：化学剤では１０種類程度入っている．

Q：建物データの更新はできるのか？

A：更新するデータを用意していただければ，シミュレータあるいはプラットフォーム上で更新可能である．

Q：生物剤の２次感染は加味できないか？

A：シミュレータには簡易的な２次感染モデルが導入されており，人口構成を固定した状態で，初期に何人感染すると或る割合で感染が広がっていくという程度のモデルである．

Q：現場の風速をどうやって入力するのか？

A：現地に近い観測データを用いる．観測データが近くになければ，気象庁から配信される６時間毎の気象データ（GPV データ）を利用することも可能である．このデータは 72 時間先まで予測データがある．

図 6.8-11　システム実証試験状況

6.8.6 まとめ

今年度の研究において，以下の成果を得た．

- NBC テロ対応の被害進展シミュレータが全国の任意エリアに対応できるようにシミュレータの機能拡張を実施した．また，GPV データの導入や気流データの線形結合などの機能を追加し，より高度なシミュレータへと発展させることができた．
- 情報共有プラットフォームとのインターフェース機能（画像登録プログラム，予測結果検索プログラム等）を充実させ，シミュレータの予測結果がプラットフォーム側で容易に利用できるシステムを構築できた．
- 東京都の立会いの下でシステムの評価試験を実施し，被害進展シミュレータと情報共有プラットフォームの連携が，テロ時の減災に有効であることを実証できた．