

# 国民保護法に基づく大規模避難シミュレーションのシステム開発\*

Development of system of large-scale refuge simulation based on Law concerning Correspondence for the people's protection in situations that would constitute an attack on Japan\*

藤田雅久\*\*・高山純一\*\*\*・中山晶一朗\*\*\*\*・牛場高志\*\*\*\*\*

By Masahiko FUJITA\*\*・Jun-ichi TAKAYAMA\*\*\*・Syoutiro NAKAYAMA\*\*\*\*・Takashi USIBA\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

2004年に我が国では、国民保護法が制定され、武力攻撃事態等において、国民の生活、身体及び財産を保護し、国民生活等に及ぼす影響を最小にするための、国・地方公共団体等の責務として避難・救援・武力攻撃災害への対処等の措置が規定されている。そして、第三十五条により国民の保護に関する計画を作成することが義務付けられており、武力攻撃事態や地震などの災害による原発での事故が起こった際の避難計画を立てることが各自治体に求められている。

また、国外では主な原発事故として1986年にはチェルノブイリ原発事故がウクライナにて、国内では1978年の東京電力福島第一原子力発電所3号機の臨界事故、1995年の高速増殖炉もんじゅのナトリウム漏洩事故、1999年東海村JCO核燃料加工施設臨界事故など多くの事故が存在する。加えて2007年の新潟県柏崎原発の耐震強度不足は記憶にも新しい。これらの原子力発電所の事故や問題により、住民の原発災害に対する危険性への意識が高まり、住民運動も盛んに行われるようになった。

また、原発による災害は性質上、(1)「五感に感じることなく被害を受ける点」、(2)「事前に発生する場所が分かっている点」の二つの特徴が挙げられる。そのため適切な対応を行うためには専門的な知見や特別な装備、適切な避難計画が求められる。また、原発事故の場合は、道路網が機能しなくなる可能性が低いと避難計画がたてやすく、対策効果が高いと考えられる。

そこで本研究ではシミュレーションプログラムを用い

\*キーワード：避難計画

\*\*学生会員，金沢大学自然科学研究科

(石川県金沢市角間町，ms-06@stu.kanazawa-u.ac.jp)

\*\*\*フェロー，工博，金沢大学環境デザイン学系

(石川県金沢市角間町，

TEL076-234-4613，takayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

\*\*\*\*正会員，博(工)，金沢大学環境デザイン学系

(石川県金沢市角間町，

076-234-4614，snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

\*\*\*\*\*正会員，博(工)，(株)ニュージェック

て対象地域である新潟県柏崎市，刈羽村の原子力発電所周辺地域において、地域ごとに避難場所や避難開始時刻、その他考えられる事象の一つである、避難計画を無視して勝手に避難を行う住民の発生確率を変化させてシミュレーションを行う。シミュレーションでは各地域の避難にかかる時間や避難時に渋滞が激しくなる地点を把握することを目的とする。その結果から現状の避難計画での問題点を探る。その上で、より効率的な避難計画を検討することを目的とする。

加えて、近年の原発災害に対する住民の意識の高まりから原発周辺住民への説明が重要であるため視覚的にわかりやすい結果を提示することも目的の一つとする。

## 2. 研究の方法

### (1)使用するシミュレーションプログラム

本研究で取り扱うシミュレーションには「Sakura」というプログラムを使用する。このSakuraはピリオディック・スキャニング方式を採用しており、刻々と変化する交通状態を算出することによって個々の車両がそれぞれ個別の意志を持って行動しているように表すマイクロ交通シミュレーションソフトである。また、Sakuraは道路の条件として車線や信号、規制速度、路上駐車などの障害物等多くの要素を設定することができる。また、車両にも道路と同じように個別に車種や出発地、目的地などの属性を設定することができ、この車両属性と道路条件によって個々の車両で経路選択モデルが適用され、挙動が決定することとなっている。経路選択にはDial法を用いて選択確率を算出しており、車両の経路や右左折や車線の変更等といった行動の選択を行っている。

シミュレーションを行うには対象地域の道路網のネットワーク情報や線形情報、各種交通規制の情報を入力した道路網データと発生させる車両の数や出発地、目的地等を入力したOD交通量データが必要となる。

また、アウトプットの項目としてシミュレーション結果を各道路における渋滞長や各車両の経路、避難時間等のデータが出力可能である。Sakuraで設定できる条件と出力項目をまとめたものを表-2.1に示す。

表 - 2.1 Sakura の設定できる主な条件と出力項目

主な車両属性	車種(大きさ, 性能), 出発地, 経由地, 目的地, 出発時刻, 運転個性
主な道路条件	ネットワーク, 車線, 分合流, 線形, 各種規制(規制速度, 一時停止, 優先レーン), バス停, 路上駐車, 信号(車線別・方向別表示, オフセット, 感知式信号)
出力項目	評価指標の集計(交通量, 渋滞長, 所要時間等), 視覚的アウトプット

また, 図 - 2.1 に示す Sakura のシミュレーション図のように結果を道路や車両を画像やアニメーションとして表すことができ, 住民への説明等の際に効果が高いと考えられる。

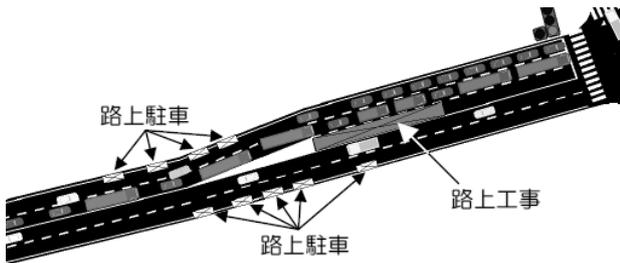


図 - 2.1 Sakura シミュレーション画面

(2) シミュレーション対象地域の概要

本研究では新潟県刈羽郡刈羽村の新潟県柏崎刈羽原子力発電所での災害を想定してシミュレーションを行う。そのため対象地域を柏崎刈羽原発の EPZ 範囲である原発から半径 10km 内の地域としている。



図 - 2.2 対象地域の範囲と道路網

EPZ とは原子力施設の防災対策を重点的に充実させるべき地域とされている範囲である。

そして, 対象地域で「Sakura」でのシミュレーションを行うために道路網を作成した。道路網を作成するには「道路幅員は 3m で一定」, 「路肩は無いものである

と設定する」, 「高さの情報は考慮しない」, 「信号現時はどの地点でも同じ」といった仮定の下で作成を行っている。また, 道路網は対象地域内の国道や主要地方道を中心に作成を行った。図-2.3 にシミュレーションに用いた道路網の全体図を示す。



図-2.3 道路網図

(3) OD 交通量データについて

本研究では OD 交通量データを作成するには避難計画で規定されている通常の避難車両とそれとは別に避難計画で規定されている自力で歩くことのできない高齢者や障害者用の避難車両の二つの他に実際の災害時に存在すると考えられる別の要素として災害が起こる前まで対象地域内を通行していた交通や, 実際に災害が起きた時に出るであろうと考えられる避難計画を無視して自家用車で勝手に避難してしまう車が避難計画にどのような影響を及ぼすのかを考えるためにそれらの要素も含めて OD 交通量データを作成することとした。

OD 交通量データを作成するには, 以下に示す要素等を考慮したシナリオを作成し災害時の状況を設定することとした。

- 災害が発生して避難が行われる際の時間帯
- 通過交通
- 高齢者や障害者の中での移動困難者
- 避難計画を無視した自家用車

また, シナリオを考える際には対象地域の人口, 世帯数などの基礎情報や, 新潟県や柏崎市の避難計画についての資料を用いた。

時間帯についての設定は以下のように分類を行った。

- ① 平日の通勤・通学時 (7~9 時)

- ② 平日の就業時間 (9~17時)
- ③ 平日の帰宅時間 (17~19時)
- ④ 夜間 (19~翌7時)
- ⑤ 休日の昼間 (7~19時)

そしてこの時間帯から、それぞれの時間で特徴付けた交通行動から通過交通を設定する。通過交通はそれぞれ時間帯に対応した5つの設定から作成を行った。

次に移動困難者の避難車両について考えた。

新潟県の避難計画では単独での歩行が困難な方(寝たきり、または車椅子での生活の方)について自宅まで迎えに行く要支援者用の避難車両としてバス、タクシーを手配することとなっている。しかし、移動困難者のための避難車両を考える際に必要となる要支援者の人数や所在について質問を市や県にしたところ、どちらでも把握できていないとの回答であったため、移動困難である高齢者や障害者の数を推計する必要がでてきた。そのため移動困難である高齢者、障害者の人数を以下の方法でそれぞれ予測を行った。

高齢者は高齢社会白書(H20 年度版)から全人口における高齢者の割合から柏崎市、刈羽村にいると考えられる高齢者の数について推測した。その中から介護保険制度での要介護者数の統計から単独での移動が困難な高齢者の数について推測を行った。そして障害者の数は障害者白書(H20 年度版)から全人口における障害者の割合から障害者数を推測し、その中から移動困難な障害者として、障害の分類で身体障害者の肢体不自由4級以上の障害者を取り上げて、避難車両で移送する人としてその数を予測した。

そして、避難計画を無視した自家用車として、新潟県や柏崎市での避難計画では規定されていない自家用車を考えていく。

避難計画では特別な場合を除いて自家用車での避難は認められていない。しかし、実際の避難時には避難計画を無視して勝手に自家用車で避難を行う人が存在すると考えられる。そのため、実際の避難時に勝手に自家用車で避難を行う者が出てきた際にどのような影響が出るのかを検証するために発生させる数は勝手に避難する自家用車で避難を行う人の発生確率をいくつかの段階に分けて設定を行う。

勝手に避難をする自家用車については以下のように設定を行う。

- 日中家にいる人たちが勝手に避難する場合を考える。
- 時間帯の設定が夜の場合でも一世帯で発生する勝手に避難する自家用車の数を最大1台として計算する。
- 勝手に車で避難する人が発生する確率はシナリオごとに確率を変化させる。

- 発生場所の設定として主な住宅地付近から発生する車両とランダムな場所から発生する車両の2種類を作成する。
- それぞれの自家用車は目的地を発生した場所からもっとも近い、原発から半径10km地点を目指すとする。

そして、計算の結果推測された各住宅地や柏崎市全域で勝手に避難する車両の数を0~10%の割合で発生させたときの値を使って勝手に避難する車両のOD交通量データを作成していく。

そして、これらの設定した状況に加えてシミュレーションを行う状況の前提条件として以下の条件を加えてOD交通量データの設定を行った。避難に関する条件としては

- 原子力災害を引き起こす事象は、柏崎刈羽原子力発電所において発生し、放射能拡散のおそれによって避難をする。
- 柏崎刈羽原発のEPZ内において、道路網に被害を与え車両の通行が不可能になるような影響は生じていないとする。
- 災害時の通過交通を再現するため、シミュレーション開始直後からは通過交通用のOD交通量データによって発生する避難とは関係ない車両を発生させ、避難開始時に道路網上で車両が交通をしている状況を作成する。
- 避難開始は、原子力災害対策特別措置法<sup>6)</sup>第10条が適用された後、一般市民に避難指示が広報された時点からとする。
- 避難対象となる世帯は、柏崎刈羽原発を中心として、半径10km圏全域の集落の世帯とする。
- 避難完了は作成が完了している道路網(柏崎刈羽原発周辺半径10km)圏外へ避難した時点とする。
- 住民を避難させる方法は、避難計画に基づいて原則自治体の手配した住民避難用のバスとする。また、住民が自家用車で避難することは原則禁止であるが、自家用車で避難を取り締まるといふことは行わない。
- バスのルートは避難計画によって定められているルートを用いる。
- 住民避難用のバスの台数に制約はないものとする。
- 避難指示が出された後は、EPZ内に流入する交通は規制をするため発生しないとする。

他7つの条件の計17つの条件からOD交通量データを作成した。

#### (4)シミュレーションについて

これまでの項目で設定した各種データを用いて避難計画のシミュレーションを行う。

シミュレーションは時間帯 5 種と勝手に避難する自家用車の発生率 3 種の組み合わせから 15 個組み合わせで行い、一つの組み合わせのシミュレーションを車両の発生の仕方や場面ごとの行動の確立を変化させて 5 回行い、避難計画で問題が大きく出ると考えられる地点や経路を考察していった。

### 3. シミュレーションの結果

これらのシミュレーションの結果得られた出力項目から避難計画の問題点を考えた。利用した出力項目としては各避難バスの退出バンドルでの旅行時間、渋滞が多くみられた道路、避難バスの避難ルート別の避難時間、避難開始から全避難車両が避難完了するまでの時間の 4 つである。

特にこの中の渋滞が多く発生する道路については図-3.1 に示すように市街地である道路網の南西地域での渋滞が顕著にみられた。図-3.1 では道路上に色が付いている部分が車の存在している部分である。

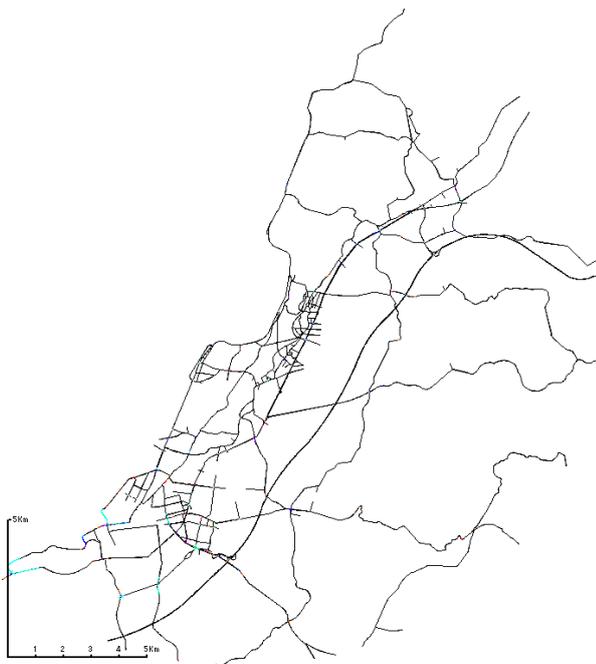


図-3.1 シミュレーション中の道路網

この渋滞が見られた道路の中で、避難バスが多く通過することになる地区などでは勝手に避難する自家用車の発生確率を 0%として避難バスだけの避難状況を想定した状況でも渋滞が見られる地区などがあり、今後計画の修正や信号現示の改善などが必要になっていくと考えられた。

また、全車両が避難するまでの時間でも勝手に避難する自家用車の発生確率を 10%までに上げると通常時よりも避難時間は増加した。そのことから全体的に勝手に避難をする自家用車の数が増えると避難に要する時間も増大していくことが確認できた。そのため、これから

は自家用車で避難を取りしめるなどの方策をとることも必要となっていくことが考えられる。

### 4. まとめ

今回の研究ではシミュレーションソフト「Sakura」を用いて、対象地域の避難をシミュレートして避難にかかる時間や現在の避難計画で災害時に避難を行うと渋滞が起きると考えられる地区や避難時に渋滞が予測される道路を確認することができた。また、勝手に避難する自家用車が多く発生してしまうと一部の道路がいっぱいになって避難バスが発生できなくなるという事態が起こることも確認できた。

今後の課題としてより車両の挙動を現実近づけるために現地の状況をより多くシミュレーションに反映させてシミュレーションを行う、そのために道路網をより詳細に描いていくこと、信号現示を実地の物を取り入れることがあげられる。

他にもシミュレーション後にも今回は問題の見られた地域を指摘するだけであったが、避難計画策定のためのシステムとして今後は問題点に対して対策を考え、シミュレーションを行い、避難計画の修正や信号現示の改善など、その対策の評価も行っていくことが最適な避難計画を策定していく方法であると思う。

また、シミュレーションした結果に説得力を持たすためにも Sakura のシミュレーションプログラムに信頼性があるのかを考える必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1)成瀬誉, 高山純一, 中山晶一郎, 牛場高志:「国民保護法に基づく大規模避難計画策定のための計画支援システム開発」, 平成 19 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM(pp.373-374), 2008 年
- 2)藤田雅久, 高山純一, 中山晶一郎, 牛場高志:「国民保護法に基づく大規模避難シミュレーションのシステム開発」, 平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM(pp.411-412), 2009 年
- 3)柏崎市の原子力情報  
<http://www.city.kashiwazaki.niigata.jp/html/atom/index.html>
- 4)財団法人日本建設情報総合センター, 株式会社ニュージェック紹介ページ  
[http://www.jacic.or.jp/feature/company/015newjec/newjec\\_2.htm](http://www.jacic.or.jp/feature/company/015newjec/newjec_2.htm)
- 6)シミュレーションプログラム Sakura マニュアル