

201525006A

厚生労働科学研究費補助金  
健康安全・危機管理対策総合研究事業

CBRNE 事態における公衆衛生対応に関する研究

平成 27 年度 総括・分担研究報告書

平成 28 (2016) 年 3 月

研究代表者 金谷泰宏

厚生労働科学研究費補助金  
健康安全・危機管理対策総合研究事業

平成 27 年度 総括・分担研究報告書

CBRNE 事態における公衆衛生対応に関する研究

研究代表者 金谷 泰宏 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

研究分担者

石 峯 康 浩 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

山 口 一 郎 国立保健医療科学院生活環境研究部放射線衛生

数 藤 由 美 子 独立行政法人放射線医学総合研究所生物線量評価研究チーム

齋 藤 大 蔵 防衛医科大学校防衛医学研究センター外傷研究部門

市 川 学 東京工業大学大学院総合理工学研究科

高 橋 邦 彦 名古屋大学大学院医学系研究科

高 橋 和 郎 国際医療福祉大学

灘 岡 陽 子 東京都健康安全研究センター健康危機管理情報課

研究協力者

砂 田 向 壱 モバイルホスピタルジャパン

山 口 芳 裕 杏林大学医学部救急医学教室・高度救命救急センター

原 田 奈 穂 子 防衛医科大学校看護学科

石 西 正 幸 東京工業大学・大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻

## 目 次

### 3 ページ 総括研究報告書

CBRNE 事態における公衆衛生対応に関する研究

研究代表者 金谷泰宏 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

### 9 ページ 分担研究報告書

放射性物質テロの脅威評価に関する研究

研究分担者

山口一郎 国立保健医療科学院生活環境研究部

### 12 ページ 分担研究報告書

大都市圏保健医療モデルの構築

研究分担者

市川 学 東京工業大学大学院総合理工学研究科

石峯康浩 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

齋藤大蔵 防衛医科大学校防衛医学研究センター外傷研究部門

研究協力者

石西正幸 東京工業大学・大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻

### 17 ページ 分担研究報告書

東京都感染症発生動向調査を用いたサーベイランス解析と視覚化の検討

研究分担者

高橋邦彦 名古屋大学大学院医学系研究科准教授

高橋和郎 大阪府立公衆衛生研究所

灘岡陽子 東京都健康安全研究センター健康危機管理情報課長

### 23 ページ 研究成果の刊行に関する一覧表

## CBRNE 事態における公衆衛生対応に関する研究

研究代表者 金谷泰宏 国立保健医療科学院 健康危機管理研究部

### 研究要旨

わが国における CBRNE 事態への対応は「NBC テロその他大量殺傷テロへの対処について（平成 13 年 4 月 16 日、内閣危機管理監決裁 NBC テロ対策会議）」に沿って、国の対応が示めされているが、CBRNE 事案が発生した際の、原因物質の把握、被災者の除染、搬送、治療という各過程における国と地方自治体との具体的な連携のあり方まで触れられていない。本研究は、CBRNE 事態の発生に備えて、その公衆衛生対策を科学的に評価できるシミュレーションモデルの構築を行うとともに、健康危機事案の早期探知ならびに被災者・第一対応者の健康被害のアセスメント手法の開発を行った。

### （研究分担者）

市川 学 国立保健医療科学院  
健康危機管理研究部  
石峯康浩 国立保健医療科学院  
健康危機管理研究部  
山口一郎 国立保健医療科学院  
生活環境研究部  
数藤由美子 放射線医学総合研究所  
生物線量評価研究チーム  
齋藤大蔵 防衛医科大学校  
防衛医学研究センター外傷研究部門  
高橋邦彦 名古屋大学大学院医学系研究科  
高橋和郎 国際医療福祉大学  
灘岡陽子 東京都健康安全研究センター  
健康危機管理情報課

に沿って実施されることとされているが、本モデルは、あくまでも関係機関間の連携のあり方を示したものであり、CBRNE 事案が発生した際の、原因物質の把握、被災者の除染、搬送、治療という各過程における関係機関の具体的な対応まで触れられていない。このため、CBRNE 事態への対応は、自治体間で必ずしも統一されているわけではない。我々は、平成 21 年度より、厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）バイオテロ以外の CBRNE テロ対策に対する効果的な対策の検証と国際連携ネットワークの活用に関する研究の中で、欧米における CBRNE 事態への医療・公衆衛生部門の対応について情報収集を行ってきたところである。この中で、米国職業安全健康局（OSHA）が、2005 年に発表した「危険物による集団災害被災者の病院における初期医療対応者のための最善の取り組み」の中で、被災者及び初期対応者に対する除染、防護について、シミュレーションモデルを踏まえて最適な搬送手順を示すとともに、医療機関が備えるべき装備について示している。そこで、本研究において、特に、CBRNE テロの標的となりやすい大都市（東京都、大阪府）における医療サービスの流れを

### A. 研究目的

わが国における CBRNE 事態への対応については「NBC テロその他大量殺傷テロへの対処について（平成 13 年 4 月 16 日、内閣危機管理監決裁 NBC テロ対策会議）」に沿って、国が対応を行うこととされている。一方、国と都道府県との連携については「NBC テロ対処現地関係機関連携モデル」

Agent Based Modeling (ABM) を用いてモデルを構築し、過去の地下鉄サリン事件（東京）、新型インフルエンザの流行（大阪）を基に事案発生時の保健医療行政の行動、被災者の行動をモデル上で再現させることで、保健医療対策の脆弱性を明らかにするものである。加えて、放射性物質を用いた事案では、被害の拡散と対策の遅れが伴うことから、諸外国における事故処理対策を踏まえ、保健医療行政及び医療機関を交えた図上演習等を行うことで、現行の連携モデルの課題を明らかにし、さらなる強靱な地域の健康危機管理体制を構築するための方向性を示すものである。

## B. 研究方法

### (1) 生物テロの早期探知手法の検討

東京都感染症発生動向調査に基づくインフルエンザ定点報告数を用いて、保健所管轄を単位とした集積性の検定によるサーベイランス解析を行う。本解析では、各地域のベースライン値は直近3週間の報告数の平均値とし、統計量として制限付尤度を用いて解析を行い、その有意性の基準とする有意水準は0.20 (=1/50週)を用いる。

### (2) 化学テロ医療需要予測モデルの構築

都市近郊の二次医療圏にモデルを適用し、モデルの有効性の検証と対策を提示した。本モデルでは都市空間の境界設定として、二次医療圏内で閉じた空間を前提とした。救急搬送のルールとして、圏内の医療機関すべてが収容不可もしくは処置不可である場合の例外処理のために1つの「圏外医療機関」を設置することとした。圏外医療機関は救命救急センターなどの三次救急医療機関を想定し、全ての診療科を24時間開設すると設定した。基本となる都市モデルには、ArcGIS(ESRIジャパン)から取得した地理情報を使用した。診療時間に関しては軽症10分、中等症30分、重症60分とした。また、発症確率P1、救急車利用率P2は、それぞれ平成20年度患者調査および救急・救助の概要のデータを用いた。基本設定で使用す

る各パラメータとしては、公表されている統計情報を引用した。本モデルでは、この医療域における輪番制を基本設定のシナリオとして使用した。各医療機関の救急医療体制については公表データを使用した。シミュレーション中で行う距離計算に関しては、ノード間の直線距離を移動速度で除算した値を使用することとした。

### (3) 放射性物質テロにおける外部被ばく線

量検査法に関する研究初期／一次対応者の健康管理に資する生物学的な被ばく線量評価システムを確立することを本研究の目的とする。初年度は検体受け入れ即日到大まかな線量評価が可能な未成熟凝縮二動原体染色体分析法[prematurely condensed di-centric chromosome assay]を確立した。今年度は、より精度の高い線量評価法の開発をおこない、実際の初期対応者の検体を得て適用し、手法の評価をおこなった。具体的には、2011年3月～6月の間に東電福島原発事故および大震災に関連して福島県に派遣された自衛隊員について、同年7月～8月に防衛医大によって採取された血液検体を用い、従来の、二動原体染色体異常にもとづく線量評価（二動原体分析）をおこない、個人線量計の値と比較した。この手法では、被ばく後4週間以上経つと異常の出現頻度が減少し、被ばく線量を過小評価することになる。そこで我々は、被ばく後の経過時間に左右されない安定型染色体異常（転座染色体など）を指標とした新たな分析法（3-colorFISH法）を開発し、同検体への適用を開始した。

### (4) CBRNE テロシナリオの検討

CBRNE 事態発生後の公衆衛生対策を検証するにあたり、政府の対応については、「NBCテロその他大量殺傷テロへの対処について（平成13年4月16日、内閣危機管理監決裁NBCテロ対策会議）」を参考とした。国と都道府県との連携については「NBCテロ対処現地関係機関連携モデル」に従い関係機関の対応の流れを整理する。

## (倫理面への配慮)

防衛医科大学および放射線医学総合研究所研究倫理審査委員会の承認を得、インフォームドコンセントが得られたボランティアの血液試料およびデータを用いた。

## C. 研究結果

本研究は、CBRNE 事態が発生した際における公衆衛生面からの対応について検証を行うものであり、“化学テロ”については、大量に発生する被災者をいかに適切、迅速に治療可能な医療機関に収容できるかを検証できるモデルの構築を目標としており、平成 25 年度においては、平時における災害医療シミュレーションモデルを構築し、平成 26 年度においては、地下鉄サリン事件における被害者の行動パターン、医療機関における対応状況を参考に当該モデルにおいて、被害者が医療機関に収容されるまでの動きの再現を行った。“生物テロ”に関しては、地域の感染症患者の集積を早期に捉える技術と実装を目標に、平成 25 年度においては感染症動向調査によって得られたデータを地理情報システム上に展開することを可能とし、平成 26 年度においては地域における患者集積を空間統計手法により発生早期で地域を捉えることが可能かについて検証を行った。“放射線テロ”については、被災者及び第一対応者が暴露した線量を迅速、正確に評価できる技術の実装を目標にしており、従来法の二動原体染色体分析法に代わる改良 PCC 法(PCDC 法)の確立を平成 25 年度より進めており、血液検体受け入れ後 60 時間以上を要していたものを約 6 時間で二動原体分析ができるまで短縮することに成功した。この方法は遺伝子・タンパク発現変動に基づく手法などと異なり血液検体採取のタイミング(被ばく後経過時間)に左右されないこともわかった。また、迅速・正確な 3-color FISH による染色体異常分析法を用いて、緊急時の被ばく

線量上限 250 mGy を考慮した低線量域(0~300 mGy)レファレンス線量効果曲線を確立した。

## D. 考察

本研究は、CBRNE 事態が発生した際における公衆衛生面からの対応について検証を行うものであるが、化学、生物、放射線テロのそれぞれにおいて取るべき対策は大きく異なることから、研究として個別の特性に応じた課題の設定が求められる。このため、本研究では、化学テロについては大量に発生する被災者をいかに適切かつ迅速に治療可能な医療機関に収容できるかを検証できるモデルを構築し、急性期の医療対応の歪みを明確にすることができた。また、生物テロに関しては、これまでの研究の多くが、SIR モデルに基づくシミュレーションの構築を行ってきたが、社会活動をコンピューター上に詳細に再現することは難しく、仮にモデルを構築できたとしても、天然痘、ペスト等の感染症については、モデルの正確性を検証するための近代都市におけるパラメータが不足している。そこで、生物テロ対策に関する社会医学研究の方向性として、感染拡大を予測する技術ではなく、地域の感染症患者の集積を早期に捉える技術の開発と実装が急務であると考えている。本研究では、感染症動向調査によって得られたデータを地理情報システム上に展開し、地域における患者集積を空間統計手法により発生早期で地域を捉える技術を開発し、実装できる段階まで精度を高めることができた。放射線テロ災害については、2011 年の福島第一原発事故に見られるように、被災者及び第一対応者が暴露した線量を迅速かつ正確に評価する必要がある。従来法の二動原体染色体分析法では、トリージ・レベルの線量評価に、血液検体受け入れ後 60 時間以上を要するとされているが、ペプチド核酸プローブを用いた蛍光 in situ ハイブリダイゼーション(FISH)法を併用した改良 PCC 法(PCDC 法)の導入により、約 6 時間で二動原体分析ができる

ことを示した。この方法は血液検体採取のタイミング（被ばく後経過時間）に左右されないの、実際の事故対応において非常に有用となる。また、3-color FISHによる染色体異常分析法は迅速・正確であるだけでなく、安定型染色体異常を指標にすれば長期追跡調査や過去の被ばく事故線量調査にも適用できる。本研究で確立したレファレンス線量効果曲線は、職業被ばくの健康管理法の改善に資するといえる。今後、個体差の調査を行い、高精度化する。

## E 結語

CBRNE 事態への対応は、化学、生物、放射線のそれぞれの特性に応じて大きく異なる。本研究においては、これらの事案に総合的に対応するため、化学テロ災害に対しては、大量傷病者の収容に向けたシミュレーションモデルの構築を進め、生物テロに対しては、集積地域を早期に探知するための空間統計手法の検証をパンデミックの情報をを用いて検証を行った。放射線テロ災害については、福島第一原子力発電所事故における第一対応者の被ばく量を線量計と生物線量評価を用いて検証を行うことで、迅速かつ正確な被ばく量評価のための検査態勢を整えるための技術的な信頼性を担保することができた。

## F. 健康危険情報

該当事項無し。

## G. 研究発表（2015/4/1～2016/3/31 発表）

### 1. 論文、報告書、発表抄録等

- 1) Nishiyama Y, Matsukuma S, Matsumura T, Kanatani Y, Saito T. Preparedness for a Smallpox Pandemic in Japan: Public Health Perspectives. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 9(2): 220-223, 2015.
- 2) Nishiyama Y, Fujii T, Kanatani Y, Shinmura Y, Yokote H, Hashizume S. Freeze-dried live

attenuated smallpox vaccine prepared in cell culture “LC16-KAKETSUKEN”: Post-marketing surveillance study on safety and efficacy compliant with Good Clinical Practice. *Vaccine*. 33(45): 6120-7, 2015.

- 3) Eto A, Saito T, Yokote H, Kurane I, Kanatani Y. Recent advances in the study of live attenuated cell-cultured smallpox vaccine LC16m8. *Vaccine*. 33(45):6106-11, 2015.
- 4) Suto Y, Gotoh T, Noda T, Akiyama M, Owaki M, Darroudi F, Hirai M. Assessing the applicability of FISH-based prematurely condensed dicentric chromosome assay in triage biodosimetry. *Health Physics* 108(3): 371-376, 2015.
- 5) Suto Y, Akiyama M, Noda T, Hirai M. Construction of a cytogenetic dose-response curve for low-dose range gamma-irradiation in human peripheral blood lymphocytes using three-color FISH. *Mutat. Res.* 794: 32-38, 2015.
- 6) 石西正幸, 市川学, 田沼英樹, 出口弘, 金谷泰宏. エージェントベースシミュレーションによる高い致死性を持つ感染症対策におけるリスク分析手法の提案. システム制御情報学会論文誌. 27(7):319-325, 2015.

### 2. 学会発表

- 1) Kanatani Y. Responses of the Ministry of Health, Labour and Welfare to the Great East Japan Earthquake. 12th Asian Congress of Nutrition; 2015 May; Yokohama, Japan.
- 2) Ichikawa M, Kimura Y, Tanabe M, Deguchi H, Kanatani Y. Gaming Simulation for Disaster Risk Management in JAPAN. Proceedings of the 46th International Simulation And Gaming Association Annual Conference ; 2015 July ;

- Kyoto, Japan.
- 3) Oestreicher U, Ainsbury E, Baeyens A, Barrios L, Beinke C, Beukes P, Cucu A, De Amicis A, De Sanctis A, Di Giorgio M, Dominguez I, Duy PN, Espinoza M, Monteiro Gil O, Gregoire E, Guerrero-Carvajal C, Hadjidekova V, Kulka U, Lamadrid AI, Lindholm C, Lumniczky K, Martinez-Lopez W, M' kacher R, Moquet J, Montoro A, Moreno M, Noditi M, Palitti F, Pajic J, Samaga D, Slabbert J, Sommer S, Stuck Oliveira M, Suto Y, Testa A, Valdivia P, Vral A, Zafiroopoulos D, Wilkins R, Yanti L, Wojcik A. Inter-laboratory comparison on the dicentric chromosome assay in the frame of the European Network of Biodosimetry - RENEB. ConRad 2015; 2015 May; Munic, Germany.
  - 4) Suto Y, Akiyama M, Noda T, Owaki M, Kobashi G, Hirai M. Constructing a cytogenetic dose-response curve for low-dose range gamma irradiation by 3-color FISH. 15th International Congress of Radiation Research. 2015 May; Kyoto, Japan.
  - 5) Suto Y. A methodological overview of radiation cytogenetic research at NIRS after Fukushima. CEA/DSV-NIRS Workshop on treatment of contamination and dose assessment. 2015 June; Fontenay-aux-Roses, France. [Invited by CEA]
  - 6) Suto Y. Biodosimetry and international network. IAEA/NIRS Technical Meeting: Future of biodosimetry in Asia: Promoting a regional network. IAEA, NIRS. 2015 September; Chiba, Japan. [Invited by IAEA]
  - 7) Suto Y. A Methodological Overview of Radiation Cytogenetic Research at NIRS after Fukushima. IAEA/NIRS Technical Meeting: Future of biodosimetry in Asia: Promoting a regional network. IAEA, NIRS. 2015 September; Chiba, Japan. [Invited by IAEA]
  - 8) Suto Y. Biological dosimetry during and after the Fukushima accident. 14th International Workshop on Radiation Damage to DNA. AINSE, IARR. 2016 March; Melbourne, Australia. [Invited]
  - 9) 金谷泰宏. 我が国の健康危機管理対策の現状と課題. 第74回日本公衆衛生学会総会; 2015年11月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 62
  - 10) 古屋好美, 古畑雅一, 池田和功, 田上豊資, 山田全啓, 大橋俊子, 中里栄介, 土屋久幸, 石田久美子, 遠藤幸男, 山中朋子, 宇田英典, 近藤久禎, 金谷泰宏, 中瀬克己. 健康危機管理機能充実のための保健所を拠点とした危機管理調整システム構築. 第74回日本公衆衛生学会総会; 2015年11月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 462
  - 11) 中島一敏, 砂川富正, 大石和徳, 谷口清州, 齋藤智也, 緒方剛, 山口亮, 中瀬克己, 三崎貴子, 鈴木智之, 調恒明, 加來浩器, 杉下由行, 窪田邦宏, 金谷泰宏. 我が国の健康危機管理でイベントベースサーベイランスは必要かワークショップ報告. 第74回日本公衆衛生学会総会; 2015年11月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 462
  - 12) 金城由美子, 中島一敏, 吉田眞紀子, 砂川富正, 八幡裕一郎, 鈴木智之, 谷口清州, 緒方剛, 金谷泰宏, 齋藤智也, 角野文彦, 押谷仁, 神垣太郎, 加來浩器. 我が国の健康危機管理におけるEBSの効果的な研修のあり方一研修前後アンケート調査. 第74回日本公衆衛生学会総会; 2015年11月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 462
  - 13) 中瀬克己, 犬塚君雄, 遠藤幸男, 佐々木隆一郎, 菅原智, 前田秀雄, 田上豊資, 坂元昇, 金



- 谷泰宏, 近藤久禎, 尾島俊之, 宮崎美砂子. 大規模災害従事者自身の健康保持に関する研修方策の検討. 第 74 回日本公衆衛生学会総会; 2015 年 11 月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 463
- 14) 鶴和美穂, 近藤久禎, 金谷泰宏, 中里栄介, 中瀬克己, 古谷好美, 宇田英典. 大規模災害時における保健行政と災害医療体制との連携構築に向けた検討. 第 74 回日本公衆衛生学会総会; 2015 年 11 月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 465
- 15) 出口弘, 金谷泰宏, 市川学, 石峯康浩, 唱爽. 大規模災害時の保健医療活動支援に関する情報の利活用技術. 第 74 回日本公衆衛生学会総会; 2015 年 11 月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 466
- 16) 池川 (田辺) 麻衣, 市川学, 金谷泰宏, 出口弘. 被災者情報の共有による保健医療リソース活用の効率化に関する研究. 第 74 回日本公衆衛生学会総会; 2015 年 11 月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 466
- 17) 菊池香, 市川学, 出口弘, 金谷泰宏. 災害時における避難所支援のための資源配分方法の検討. 第 74 回日本公衆衛生学会総会; 2015 年 11 月; 長崎. 日本公衆衛生雑誌. 2015; 62 (10 特別付録): 466
- 18) 江藤亜紀子, 齋藤智也, 横手公幸, 金谷泰宏. 天然痘ワクチン初回接種時の抗体産生応答に関する日米研究の比較. 第 19 回ワクチン学会学術集会; 2015 年 11 月; 愛知. プログラム・抄録集 p103
- 19) 市川学, 出口弘, 金谷泰宏. 災害時保健医療活動支援のための被害状況推計システム. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2015; 2015 年 11 月; 函館
- 20) 石西正幸, 市川学, 石峯康浩, 金谷泰宏. エージェントベースモデリングによる大規模災害に伴う大量傷病者の救急搬送モデルの構築. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2015; 2015 年 11 月; 函館
- 21) 菊池香, 市川学, 出口弘, 金谷泰宏. 災害時における避難所支援のための需要推計モデルの構築. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2015; 2015 年 11 月; 函館
- H. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)
1. 特許取得  
該当事項無し。
  2. 実用新案登録  
該当事項無し。
  3. その他  
該当事項無し。

## 放射性物質テロの脅威を低減するための線源管理のあり方に関する研究

研究分担者：山口一郎 国立保健医療科学院生活環境研究部

### 研究要旨

放射性物質テロの影響としては、医療機関に存在する区分1の線源が攻撃された場合の影響が最も大きいと考えられるが、それを想定した対策の検討がこれまでほとんどなされていない。そこで、本研究では、医療機関に存在する区分1の線源が攻撃された場合の影響と線量を低減するための対策の効果を推計した。また、放射性物質テロに類似した例として、東京都内の公園で発生した線源発生事例への対応を整理した。

### A. 研究目的

放射性物質テロの影響を推計するためのシナリオとして、医療機関内で線源容器が爆破された場合の影響とその防護策の効果を明らかにする。また、放射線源が住民に脅威を与えた事例として、東京都豊島区の公園で線源が発見された事例への行政機関の対応のあり方を整理する。

### B. 研究方法

#### B-1. 医療機関の線源によりもたらされうる線量の推計

医療機関に存在する区分1の線源が妨害破壊攻撃を受けた場合の影響として、線源周囲の線量率や、線量を低減するための防護措置の効果を推計した。

計算の設定は、医療機関内の輸血用血液照射装置として用いられている100TBqの線源が爆破され、半径10mの範囲に広がった場合とし、周辺の空間の線量率分布を推計した。

#### B-2. 東京都内の公園で発生した線源発生事例への対応を整理した。

事例への対応を行政機関や関係機関と共に行い、これまでのリスク・コミュニケーションの取り組みを行かすことができるかどうかを対応の経過をもとに検証した。

### （倫理面への配慮）

本研究に個人の人権に関わる事項は含まれない。説明会参加者へのアンケートは行政上の目的で実施した。

### C. 研究結果

#### C-1 医療機関に存在する区分1の線源が攻撃された場合の影響

線源容器は30cm以上の鉛で遮へいされており、放射線の漏洩は無視できるが、線源破壊時には、線源があるフロアでは全体が10mSv/hを超える空間線量率となった。別のフロアでも10 $\mu$ Sv/hを超える範囲が広がっていった。

遮へいの厚みやサイズを増すと周辺の線量率を低減できるが、そのために多大な作業が必要になると考えられる。

## C-2.東京都内の公園で発生した線源発生事例への対応

豊島区の公園でラジウム線源が発見された事例は、社会の関心を集め、広く報道されたことから自治体への問い合わせが一時殺到する事態となり、豊島区役所では全庁的な対応が求められることになった。このため、豊島区では、他機関とも連携した活動が展開された。この展開において、本院では専門の各機関だけではなく東京都の関連部署とも連携し、区役所内での保健所の活動ともに実践し、区民向けの説明会・個別相談会や説明資料作成、職員研修などを対応した。この対応では、専門機関の連携の調整も含め、区役所の職員が負担となるところを軽減し、これらの職員が果たすべき役割を発揮されることを目指した。保健所からは、保健所の基本的な立場（区民が懸念する健康問題にきちんと向き合うこと）が示され、自治体職員は、その話し合いの場のファシリテーターとして貢献し、住民との対話がなりたつた。このことは、突発的な事例への対応の観点では、自治体職員が果たすべき役割を考えた外部支援も巻き込む対応（協働していく）が現実的であることを示唆するものと思われる。豊島区ではタイミングよく事実を提示し、住民の方々が抱かれる懸念に沿った説明や住民の気持ちに配慮した姿勢を示す対応がなされた。このような対応は、やっかいな問題に巻き込まれた人々の問題に向き合う力を生み出し、住民と行政との間に信頼関係を築いていくことで無益な軋轢を生むことなく対策が実施された。保健所の職員として、最低限必要な科学的な知識を身につけるといふ考え方は重要であるが、健康危機管理事象での対応局面では、職員の負担を考えた戦略も求められ、それ以前に態度の涵養が重要であることが示唆される。

## D. 考察

### D.1 医療機関の線源が攻撃を受けた場合の脅威

区分1の線源でセキュリティレベルAが要求される線源は、我が国では、医療機関が最も多い。このことから、国民保護計画に基づく放射線源を用いたテロへの対応訓練は医療機関の線源を想定し、それが医療機関外に持ち出されるシナリオで実施された。これらの線源は、輸血用血液照射装置に用いられるCs-137とガンマナイフとして用いられるCo-60に大別されるが、このうち輸血用血液照射装置に用いられるCs-137は、医療機関で使用されなくなりつつある一方で、使用しなくなった場合の対応が課題となっている。廃棄の費用が高額であり、その一部は医療機関で予算的な措置が講じられ、線源が製造された国に戻されている例もあるが、戻されない場合が多い現状にある。医療機関内に線源がとどまることによるリスクの増加が懸念される。

いずれにしても、輸血部が低層階にあり、その上部に病室がある場合には、患者やスタッフの避難に支障をもたらし得ることが想定され高温が比較的長く続くと、遮へい容器の鉛が溶けることが想定される。このような事態が生じた場合には、医療機関や所轄の消防署を超えた外部による強力な支援が求められると考えられる。

### D.2 放射性物質が環境に放出されたり、線源が環境中で発見されるような事態でのコミュニケーション対応

これまでの原子力災害からの回復期など放射線問題に対する地域保健活動を実践的に支援し、リスク・コミュニケーションの取り組みをすすめてきたが、住民と共に難しい課題を考える姿勢で臨むアプローチは、ここで取

り上げた公園での線源発見事例でも機能し、その有用性が確認された。放射線問題に対する地域保健活動の展開においても、豊島区の公園でラジウム線源が発見された事例やこれまでの原発事故対応で展開されてきた、リス

ク・コミュニケーションの基本的な考え方や健康危機事象でのメンタルヘルス対応の基本を踏まえたアプローチが有用であると考えられ、関係機関での連携した取り組みが健康危機対応でも求められる。

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）

CBRNE事態における公衆衛生対応に関する研究

分担研究報告書

## エージェントベースモデリングによる大規模災害に伴う

### 大量傷病者の救急搬送モデルの構築

研究分担者 市川 学 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

研究分担者 齋藤大蔵 防衛医科大学校防衛医学研究センター

研究分担者 石峯康宏 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

研究協力者 石西正幸 東京工業大学・大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻

研究要旨： 大規模災害時においては、既存の入通院患者への対応にさらに上乗せで大量の傷病者の発生が見込まれる。加えて、このような事態においては、限られた医療資源での対応が求められることになる。特に、重症患者への対応については、それぞれの病態に応じた治療過程が求められることから、多数の重症患者が発生した場合、限られた医療資源（対応可能な専門医、搬送用の車両の確保、治療に要する医療資材等）をいかに有効に組み合わせるかが、生存率を左右することとなる。

#### A. 研究目的

地震、火災、風水害、及びCBR テロに代表される大規模災害等の激化は、クラッシュ症候群、熱傷、低体温、感染症、有機中毒等の急性障害を引き起こすことから、我が国・国民にとって大きな脅威である。大規模災害等では、既存の入通院患者に加え、発災により発生する大量の傷病者への対応が医療機関に求められ、特に重症患者に対しては、病態毎に応じた治療過程が求められる。しかしながら、対応可能な専門医、搬送用車両の確保、解毒剤や人工呼吸器等の治療に要する医療資材といった医療資源には限界があることから、これらの制約の中で医療資源の最適化を行うことが患者の生存率を左右することになる。

エージェントベースモデルによるシミュレーションを用いた大規模災害等の分析では、社会を構成する人の行動や生活様式を表現して計算機上で模倣することにより、大規模災害のマクロ的な被害規模の推定のみならず、原因の推定

や社会的対策の効果について理解することができる。我々は、エージェントベースモデルにより生物・化学テロにおける曝露、想定される疾病の病態遷移、被災（被害）者の行動についてモデル化するとともに、救急隊・医療機関によるトリアージ、搬送手段、医療機関の選択による被害発生時の適切な対応手段をモデル化し、シミュレーションにより、患者発生メカニズムと被害規模を推計するとともに、専門医、搬送用車両、医療資材の数量に代表される事前の医療資源に対する投資の評価の効果について検討している。

本稿は、化学テロの一つである地下鉄サリン事件を例に、化学テロにおける被害規模を評価できるモデルを構築し、被害発生時の対応手段の効果について、本モデルを用いて、リスク評価を行うものである。

#### B. 研究方法

##### B.1 地下鉄サリン事件の概要

地下鉄サリン事件は、1995年(平成7年)3月20日の午前に、東京・営団地下鉄(現・東京メトロ)線内で発生した宗教団体のオウム真理教による同時多発テロ事件である。同事件では、化学兵器として使用される神経ガスのサリンが使用され、死者13名、負傷者約6300名の被害者を出した。当日午前8時ごろ、丸ノ内線では池袋方面及び荻窪方面の2編成、日比谷線では中目黒方面及び北千住方面の2編成、千代田線では代々木上原方面の1編成の計5編成の地下鉄車内において、図1に示される地点でサリンが散布された。



図1 地下鉄サリン事件時のサリン散布状況

走行中の車内でサリンが拡散されると、体調に異変が起こった乗客が倒れ、乗客に付着した・気化したサリンは他の駅にも拡散した。さらに救出に当たった駅員、消防隊員、警察官、救急隊員もサリンによる二次被害が発生した。サリン散布場所、地下鉄の運転終了駅、受傷者数、死者数は表1のとおり。

表1 地下鉄サリン事件の被害者の状況

路線	方面	受傷者	死者	備考
丸ノ内線	池袋	200	0	
丸ノ内線	荻窪	358	1	荻窪で池袋方面へ折り返し
日比谷線	中目黒	2475	8	小伝馬町で被害拡大
日比谷線	北千住	532	1	
千代田線	代々木上原	231	2	

その後、都内複数の病院へ患者が収容された。その中で、最も収容患者数の多い聖路加国際病

院においては、表2に示される搬送手段別の患者が収容された。

表2 サリン事件時における聖路加病院への受診手段

駅	徒歩	タクシー	自家用車	公用車	救急車	その他	計
小伝馬町	91	63	35	37	18	17	261
茅場町	9	6	3	4	2	1	25
八丁堀	11	7	4	4	2	3	31
菜地	37	25	14	15	7	7	105
霞ヶ関	7	5	3	3	1	1	20
その他	19	14	8	8	5	2	56
計	174	120	67	71	35	31	498

### 3.2 モデル設計

本研究では、エージェントベースモデルにより乗客、駅員の行動、人口、及び交通機関をマイクロレベルでモデル化するとともに、シミュレーションの構築において、地下鉄サリン事件におけるサリン中毒の発症現象を社会シミュレーション言語 SOARS (Spot Oriented Agent Role Simulator) により記述する。モデル化に当たっては、SOARS の仕様から、人物をエージェント、相互作用の場である交通機関、都市構造をスポット、乗客、職業、及び患者などの社会的・病態的役割をロール、人物の行動をルール集合体とした。また、シミュレーションでは、離散時間におけるエージェントの行動および状態遷移を複数の段階1に分割して処理されている。SOARS には、以下の3つの特長があり、トライアージや救急搬送などの対処をシミュレーションで表現しやすい利点がある。

1. スポットを用いることで物理的位置関係に制約されずにエージェント間の相互作用を実現できる。
2. ロールを用いることでエージェントの状態と社会的役割に対応した行動を容易に表現できる。
3. ステージ、フェーズ、ターンを用いることで、エージェントの状態遷移、行動、及びエージェント間の相互作用を区別し、エージェント間の実行順序により状態遷移に差が生じないように干渉分解された役割遂行を表現できる。

### B.3 定義

本研究のシミュレーションモデルは、以下の5つの要素から構成されている。

- 1) 病態遷移モデル：個々のエージェントが汚染物質(サリン剤)に被曝し, 有機中毒(サリン中毒)症状が発生した場合の病態変化を表す。
- 2) 被曝プロセスモデル：空間内で暴露された汚染物質からエージェントへの被曝プロセスを表す。
- 3) エージェント行動モデル：家庭, 交通機関, 職場等を移動し汚染物質への接触を行う乗客等の社会的活動を表す。
- 4) 交通機関モデル：事件の舞台となった地下鉄路線の駅と車両の空間を表す。
- 5) 救命救急モデル：エージェントが被曝後, 医療機関によるトリアージや救急搬送を表す。

シミュレーションの流れは次のとおりである。エージェントは, 図2で示されるように, 地下鉄車両及び地下鉄駅を移動中に汚染物質に被曝する。被曝後, 中毒症状による病態の変化の一方, 救急隊及び医師によるトリアージが行われる。トリアージ後, 搬送手段が選択され, 病院への搬送が行われる。症状のない乗客は, 職場や自宅へ移動する。

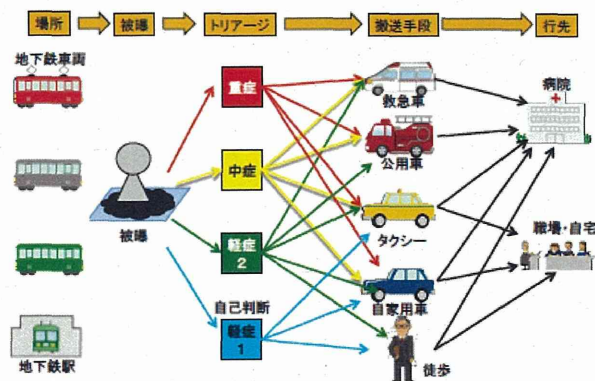


図2 人の行動概要

## C 結果

### C.1 病態遷移モデル

有機中毒における病態遷移は, 図3に示されるように, エージェント*i*の病態(AgentDiseaseStage: ADS(*i*))が8種類に区分され, 汚染物質の被曝量(Exposure of sarin EX(*i*, *k*, *t*))と閾値  $th1 \sim th4$  により軽症1~重症に決定され

る。適切な治療が行われた場合には, 定められた期間で軽度な病態に遷移するが, 放置された場合には進行し, 重症以上では, 蘇生・治療が行われなければ, 一定時間で死亡する。

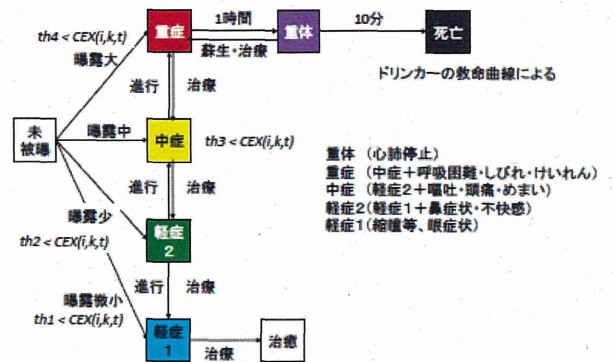


図3 サリン暴露に伴う病態遷移

また, エージェントの健康リスクは, 図4に示されるように, 適切な治療が行われた場合には減少するが, 放置された場合には増大し, 病態は悪化の方向に推移する。

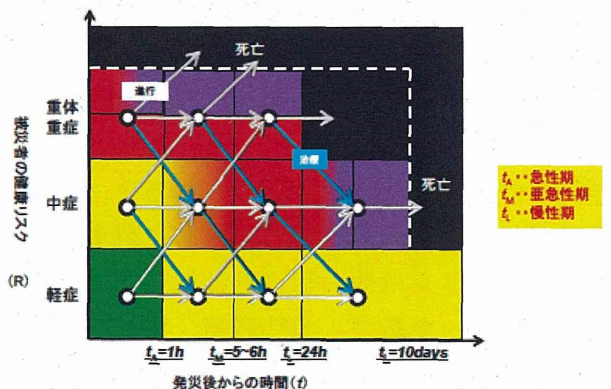


図4 暴露量と健康リスクの時間的推移

### C.2 被曝プロセスモデル

本研究では, 汚染物質の曝露による場(以下「スポット」という。)の汚染, 汚染されたスポットからヒトへの被曝を被曝プロセスとするモデルとした。エージェント*i*の被曝プロセスは, 図5に示されるとおり, 汚染物質の排出, スポットの汚染, エージェントの被曝, 有機中毒症状の発症に分割される。有機中毒症状の発症は, 病態遷移モデルに示されるものである。

$$CEX(i, t) = \sum_{k, t} EX(i, k, t) \quad (5)$$

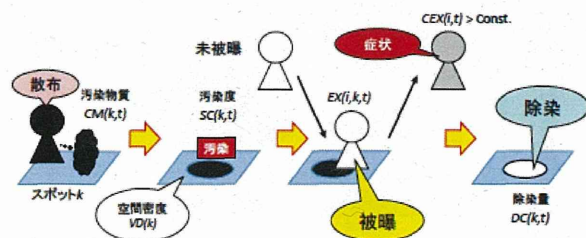


図5 サリンによる場所の汚染モデル

### C2.2.1 汚染物質の曝露

スポット  $k$  の単位時間あたりの気化した汚染物質による汚染度(曝露量) (Contaminated Material  $CM(k, t)$ ) は, 汚染物質容量 (Total Contaminated Material  $TCM(k)$ ) と 汚染物質の気化係数  $\alpha$ , 空気中の光化学反応による半減係数  $\gamma$  によって与えられる。

$$CM(k, t) = (\alpha - \gamma)TCM(k) \quad (1)$$

### C.2.2 スポットの汚染

スポット  $k$  の汚染度 (Spot Contamination  $SC(k, t)$ ) は, 過去  $(t - 1)$  の汚染度と単位時間あたりの気化した汚染物質による汚染度(曝露量) の和と, スポット  $k$  における除染量 (Decontamination  $DC(k, t)$ ) との差により決定される。

$$SC(k, t) = CM(k, t) + SC(k, t - 1) - DC(k, t) \quad (2)$$

ここでスポット  $k$  の除染量  $DC(k, t)$  は, 除染開始時刻  $T_D$  により区分され, 半減係数  $\beta$  で表される。

$$DC(k, t) = \begin{cases} 0 & (t < T_D) \\ \beta t & (t \geq T_D) \end{cases} \quad (3)$$

### C.2.3 エージェントの被曝

時刻  $t$  においてスポット  $k$  に滞在するエージェント  $i$  の単位時間あたりの被曝量  $EX(i; k; t)$  は,

$$EX(i, k, t) = SC(k, t)/SS(k) \quad (4)$$

で表され, エージェントの累積被曝量 (Cumulative EX-posure  $CEX(i; t)$ ) は, その総和で表される。

### C.3 エージェント行動モデル

エージェント行動モデルは, 被災者(被害者)であるエージェントが, 交通機関である地下鉄により自宅から職場へ移動中に汚染物質に被曝するまでのプロセスをモデル化したものである。被曝したエージェントは, 被曝プロセスモデル及び病態遷移モデルで定式化された症状を進行する。エージェントは, 自宅スポットから事件の発生した午前8時前後のランダムな時刻を出勤時刻  $T_o$  に駅ホームスポットに移動する。地下鉄車両の発車時刻  $T_t$  に車両スポットに移動し, 予め設定した下車駅への到着時刻  $T_a$  に, 駅ホームスポットに移動するものとする。

### C.4 交通機関モデル

地下鉄サリン事件では, 3路線5編成の地下鉄車内でサリンが散布され, 車内の乗客が被害を受けたほか, 日比谷線車両から小伝馬町駅ホームにサリンの入った容器が放出されたことにより, ホーム上の乗客にも被害が拡がったことから, これらの空間をモデル化する必要がある。本モデルでは, 図6に示されるように, 駅舎スポット及び駅ホームスポットを表3に示される駅数分, 車両スポットを編成数ごとに車両数分用意する。エージェントは, 汚染された駅ホームスポットまたは車両スポットにおいて被曝し, エージェントの被曝量が増加すると, トリアージのため駅スポットへ移動する。

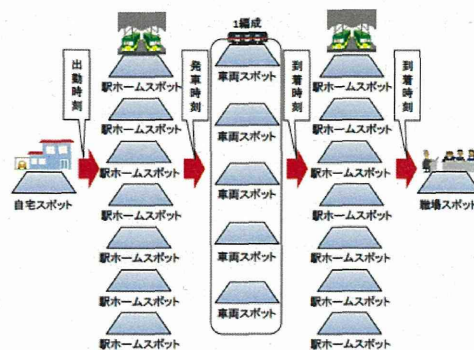


図6 交通機関モデル



表3 交通機関モデル (編成)

路線	駅数	編成数	車両数
丸ノ内線	25	2	6
日比谷線	21	2	8
千代田線	18	1	10

### C.5 救命救急モデル

エージェントが被曝し、駅舎スポットに移動後、トリアージが行われる。患者となったエージェントは、図7に示されるように駅スポットにある待ち行列の再後尾に追加される。駅の待ち行列は、一人ずつ取り出され、病態ごとに医療機関への搬送または自宅・職場への移動に区分される。医療機関への搬送と判断され、病態に応じて搬送手段が選択される。重症の場合は救急車が、中症の場合には警察車両や消防車などの公用車が、軽症2の場合にはタクシーが選択されるが、搬送は、それぞれの車両が駅舎スポットにいる場合に限られる。各車両は、駅舎と医療機関を往復するものとする。一方、待ち行列が長い場合に患者自身が自己判断してタクシーにより病院または自宅・職場へ移動する場が考えられる。これをシミュレーションで実装するために、エージェントに許容待機時間  $T_w$  を設定する。 $T_w$  後エージェントは待ち行列から削除され、タクシーまたは徒歩により病院または自宅・職場へ移動する。

### D. 考察

本研究では、大規模災害等における化学テロについて、被害規模の評価と被害発生時の対応手段の効果に関する検討を目的としている。その中で、本稿では、地下鉄サリン事件を例に、受傷者の行動、病態遷移、医療機関のマッチング及び搬送に関するエージェントベース・モデルの構築について報告した。今後、シミュレーションにより、受傷者数、医療機関への搬送について当時の状況を再現するとともに、任意の場所において化学テロが発生した場合の被害状況の算出、及びマニュアルに基づく対応について検証する予定である。

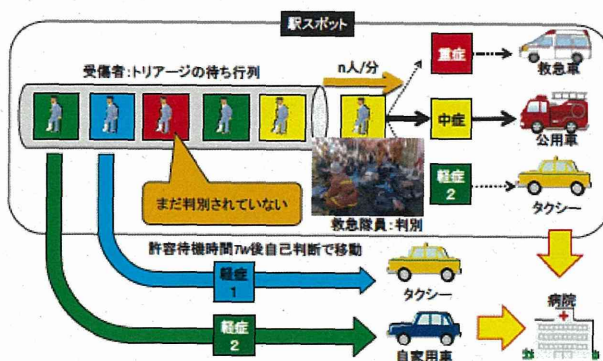


図7 トリアージモデル

### E. 結論

本年度において地下鉄サリン事件におけるパラメータを活用した被害推計シミュレーションモデルの構築を行った。これにより、化学テロの散布場所、散布物質の特徴を変化させることで、どの医療機関にどの程度の患者搬送が見込まれるか定量的な評価が可能となった。

### F. 研究発表

#### 1. 論文発表

- 1) Nishiyama Y, Matsukuma S, Matsumura T, Kanatani Y, Saito T. Preparedness for a Smallpox Pandemic in Japan: Public Health Perspectives. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 9(2): 220-223, 2015.
- 2) 石西正幸, 市川学, 田沼英樹, 出口弘, 金谷泰宏. エージェントベースシミュレーションによる高い致死性を持つ感染症対策におけるリスク分析手法の提案. *システム制御情報学会論文誌*. 27(7):319-325, 2015.

#### 2. 学会発表

- 1) 市川学, 出口弘, 金谷泰宏. 災害時保健医療活動支援のための被害状況推計システム. 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 2015; 2015年11月; 函館
- 2) 石西正幸, 市川学, 石峯康浩, 金谷泰宏. エージェントベースモデリングによる大規模災害に伴う大量傷病者の救急搬送モデルの構築. 計測自動制御学会システム・情報部門 学術講演会 2015; 2015年11月; 函館

#### 3. 著書

なし

### G. 知的所有権の取得状況

なし

## サーベイランスに向けた感染症流行把握の検討

研究分担者 高橋和郎 国際医療福祉大学病院検査部教授

研究分担者 高橋邦彦 名古屋大学大学院医学系研究科准教授

研究分担者 灘岡陽子 東京都健康安全研究センター健康危機管理情報課長

研究要旨：地域における突発的・集中的な健康危機事象の発生をいち早く検出するための症候サーベイランスとして、米国などでは実際いくつかのシステムが稼働し運用されている。その解析として空間疫学における疾病集積性の検定の方法が利用されている。本研究では感染症発生動向調査データによるインフルエンザ流行を例として、FlexScan法による解析とGISによる結果の視覚化を行い、サーベイランス解析の検討を行った。特に本年度は、手足口病について各保健所管轄地域など圏域での発生状況をより詳細に観察することで、手足口病の流行地域のアラートがより簡潔に把握できるか否かを検証した。本研究の方法を用いることで、健康危機管理対策における流行増加地域住民へより迅速、適切に手足口病予防について警告することが可能となると考えられた。

### A. 研究目的

地域における突発的・集中的な健康危機事象の発生をいち早く検出するための症候サーベイランスは国内外で重要な課題となっており、諸外国においては様々な検討が行われている。その中でも客観的な判断を下すための統計解析は大変重要な要素であり、実際いくつかの都市では統計解析を含めたシステムが稼働し運用されている（ニューヨーク市保健局(NYC-DOHMH) surveillance system, Electronic Surveillance System for the Early Notification of Community-Based Epidemics(ESSENCE)など）。そこでの解析のひとつとして空間疫学における疾病集積性の検定の方法が利用されている。Tango and Takahashi(2005)の開発する集積性検出の手法flexible scan statisticとそれを組み込んだソフトウェアFlexScan(Takahashi, Yokoyama and Tango, 2005-)もGISや空間疫学の分

野で世界的に注目されてきており、最近ではNYC-DOHMHのGISセンターにおいて利用する手法の一つとしてFlexScanが挙げられて、webページにもその記載が行われている(<http://www.nyc.gov/html/doh/html/epi/giscenter.shtml>)。このように米国などでは集積性の検定による解析を含んだサーベイランスシステムがすでに運用されているが、我が国においてはまだそのようなシステムは確立していない。本研究では、地方衛生研究所での利用の検討として感染症発生動向調査の実際のデータを用い、集積性の検定による解析を含めたサーベイランス解析を試み、国内における健康危機事象の迅速な対応に有効なシステム、ならびにその結果の示し方としてのGISによる視覚化について検討する。特に本年度は、手足口病について各保健所管轄地域など圏域での発生状況をより詳細に観察することで、視覚化により手足口病流行地域のアラ

ートがより簡潔に把握できるか否かを検証することを目的とする。

## B. 研究方法

感染症発生動向調査の小児科定点報告データを用いて手足口病の流行状況の検討を行う。大阪府における定点報告数を保健所管轄で集計し、保健所管轄を単位とした定点あたり報告数、直近3週の平均に対する当該週の報告数の比、さらにNHC-DOHMHと同様な手足口病発生のサーベイランス解析として、FlexScan法を用いた集積性の検定を行った。本解析では、各地域のベースライン値は直近3週間の報告数の平均値とし、統計量として制限付尤度を用いて解析を行い、その有意性の基準とする有意水準は0.02 (=1/50週) を用いた。結果については、疾病地図を用いた視覚化を行った。次に、各管轄での流行(定点あたり報告数)に、上記解析で検出された有意な集積週を示し、府全体の流行との比較を行った。

## C. 結果

大阪府において保健所管轄を単位として集積性の検定を行ったところ、2011年12週から断続的に有意な集積地域が検出された。2011年17週と32, 33, 38週を除いて、2011年39週まで有意な集積地域が検出された(図1, PPT53)。

これら保健所管轄単位での流行の様子を観察するため、GISを用いた視覚化を行った。定点あたり報告件数、各管轄の前週までの直近3週間の平均に対する当該週の報告件数の比による相対リスク(RR)、RRが高い地域の集積(集積性の検定に基づき検出された地域)を表した。

図2(PPT54, 55, 56の図を入れる)は11週~34週の結果を示した。今夏流行が始まる前の15週では四条畷市のみ集積が見られ、翌週はその北側の枚方市、寝屋川市、守口市に拡がり、さらにその翌々週には北側の茨木市に拡大、さらに翌週には隣の池田市、豊中市に流行が拡大していることが認められる。

図1の大阪府全体の週別報告数の推移で、前週に比較して最も報告数が増加した週は26, 27

週である。図2の26, 27週を見ると、有意な集積地域として検出されたのは26週では東大阪市、守口市、豊中市、大阪市内、27週では26週で見られた市に加えて茨木市、大阪市内と大阪では比較的人口密集地域に集積が認められ、その報告数の有意な増加が理解できる。

## D. 考察

本研究により大阪府内の保健所管轄地域における定点あたりの手足口病患者の経時的流行状況が視覚的に把握でき、また当該週において、その地域における定点あたり患者数が府全体に比較して、有意に増加や減少しているかを評価することができた。さらに、それを視覚化することにより流行地域を的確に認識でき、手足口病の有意な流行増加地域の周辺への拡大状況も視覚的に容易に把握することができた。これにより、健康危機管理対策として、流行増加地域住民へより迅速、適切に手足口病予防について警告することが可能となると考えられる。

平成26年度の研究課題として大阪府におけるインフルエンザの流行について同様の解析を行った。その結果と比較すると、双方で流行期間は約20週であったが、流行規模(患者数)は手足口病がインフルエンザの約半数であった。特徴的な点は、手足口病の流行初期から流行地域の推移を見ると、第15週に最初に寝屋川市に集積が認められ、次週に集積が認められた市町はすべて寝屋川市に隣接しており、これと同じ様式で、17週を除いて、20週まで流行の拡大が認められたことである。インフルエンザの場合は集積が認められた特定の市町村から隣接する市町村に流行が拡大するパターンは認められる場合があるが、手足口病の場合ほど顕著ではない。この理由として、インフルエンザの場合は原因ウイルスがAH1, AH3, B型の3種類が流行しており、地域への流行拡大様式はその一般集団の防御免疫状態にも影響されると考えられるため、流行地域の推移パターンがより複雑になると考えられる。一方、手足口病は数種類のエンテロウイルスが原因であるが、2011年夏の手足口病の原因ウイルスは95%以上がコクサッキー

A6(CA6)であり、単一のウイルスによる全国的にも大きな流行であった。その症状は従来の手足口病の症状と比較して重症であり、全身に水疱が認められることが多く、手足の紅斑、水疱も顕著で快復期には手指足趾の表皮の脱落が多くの患者で認められた。この事実は原因ウイルスのCA6が過去の流行株のCA6とはかなり異なる変異株であることが考えられ、過去の流行と比較しても大きな流行であったことから、一般小児では本ウイルスに対する抗体の保有率はかなり低値であったことが推測される。これらの可能性を考慮すると、第15週から今回の流行が寝屋川市より隣接する市町にのみ徐々に拡大していった流行様式となったことが理解できる。

今般、NYC-DOHMHで行われているものと同様のサーベイランス解析として、集積性の検定を行った。NYCでのサーベイランスは日単位のデータのため、RRの基準としては、直近7日間の平均などが用いられているが、本研究で利用した感染症動向調査は週単位での報告のため、直近3週の平均を用いた。つまりここで有意な集積地域と同定される地域では、他の地域の（直近3週平均に対する）RRの増加や減少に比べて、それ以上にRRが高くなっていることを示す。

また定点あたり報告件数で見ると、増加傾向にある場合でも、有意な集積地域として検出されないこともある。これは、この増加が他の地域（府全体など）と同等の増加量であるためと考えられる。しかしながら、複数週連続して有意な集積地域として検出されなくなると、その地域の流行は収束傾向にある様子が見られた。流行の立ち上がり、収束時期、ならびに集積についても、各地域でその時期がずれている様子が観察され、府全体の流行だけではわからない流行の状況を細かく見ることができると考えられる。

そもそもサーベイランスは流行の立ち上がりを早期に検出し、早めの対策を取ることで、その地域の流行のピークのレベルを下げるのが目的とされている。集積性の検定だけで全てを

判断することは難しいが、定点あたり報告件数やRR、集積性の検定結果など、保健所管轄などの小地域での状況把握を行い、視覚化を通して検討することで、有効な対策につながるものと考えられる。

今後、他年度における手足口病流行において同様の解析を行うことで、毎年の地域内・地域間の流行パターンの様子を観察することができると考える。さらに、他の感染症でも同様の解析を行うことで、さらに詳細な検討が可能になると考えられる。同時に、実際の行政担当者の視点などから、より適切な視覚化や情報提供のあり方についても検討を続けたい。

なお、本手法は地域などを対象として空間集積性の検出だけではなく、イベントの発生時期の集積の検出（時間集積性の検出）への適用も可能である。実際の適用として、日本における心肺機能停止傷病者の救急搬送件数の解析への適用を行ったところ、年末年始時期のイベントの急増を明らかにすることができた（Takahashi and Shimadzu, 2015）。今後、空間のみならず時間集積も取り入れ、より有用な早期探知の方法論とその実践について検討を続けていくことが重要であると考えられる。

## E. 結論

集積性の検定などのサーベイランス解析を含めた空間疫学的な分析、解析を行い、その結果の視覚化を行う方法を検討した。これらの方法を用いることで、健康危機管理対策における流行増加地域住民へより迅速、適切に手足口病予防について警告することが可能となると考えられた。

### <参考文献等>

- ・大阪府感染症情報センター．感染症発生動向調査事業報告書．<http://www.iph.pref.osaka.jp/infection/nenpo/H25/kansen32.html>
- ・東京都感染症情報センター．感染症発生動向調査事業報告書．<http://idsc.tokyo-eiken.go.jp/year/>
- ・The Geographical Information Systems Cen