

Study on Providing Scenario Simulation Technology for Reorganization of Disaster Plans with Municipalities Merger

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-11-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Kimata, Noboru メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.24517/00052607 |

This work is licensed under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0
International License.



自治体統合に伴う防災計画再編支援のためのシナリオ シミュレータシステムの提供研究

(課題番号：18510144)

平成18年度～平成19年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2））
研究 成 果 報 告 書

平成20年3月

金沢大学附属図書館



1300-04359-8

者 木 俣 昇
（自然科学研究科 教授）

はしがき

地震時火災は、阪神淡路大震災以後の中越・能登地震では発生していない。それは、発災の時期や時間帯、さらには何がしかの幸運によると考えるべきだろう。木造密集市街地を抱えるわが国では、地震時火災に対する備えは人命の損傷に直接かかわる重要な課題であり続けている。

平成の大合併と言われ、近年急速に展開してきた地方自治体の合併・統合化は、この地震時火災対応にも大きな影響を及ぼしてくる。即ち、旧の町村の消防本部を支所化し、それらを統合する司令部設置に移行すれば、統合司令部には、地震時火災の特徴である同時多発性に対処する戦略的指令、換言すれば、自治体合併に伴って拡大化した責務領域の全体を睨んだ戦略的出動指令判断が課されることになる。この広域出動は責務であり、旧来の応援出動ではないことも自覚されるべきであろう。

本研究では、この課題を中心に、自治体の合併・統合化に伴う防災計画の再編支援システム論を展開している。自治体合併に伴う影響も、地震時同時多発火災への戦略的出動も、ともに未経験の事柄である。それらを取り扱うために、本研究ではシナリオシミュレーションという考え方を採用する。その構成と視覚型動的シミュレーション技術により、構想シナリオを評価・検討し、修正・拡張化するという形で、未経験の事柄を承知の上で広く議論することを支援したいと考えている。戦略的出動指令には、いくたのジレンマがある。それらが、事前の十分な討議と対話で乗り越えられてはじめて実効性のある再編が可能となるだろう。本研究が、それに向けての一助となることを願っている。

最後に、本研究の遂行に際して、援助を頂いた日本学術振興会に感謝の意を表します。また、研究分担者の皆さんと研究協力者の学生諸君に感謝します。

平成20年3月21日

木俣 昇

研究組織

- 研究代表者 : 木俣 昇 (金沢大学自然科学研究科教授)
研究分担者 : 高山純一 (金沢大学自然科学研究科教授)
研究分担者 : 近田康夫 (金沢大学自然科学研究科教授)
研究分担者 : 二神 透 (愛媛大学総合情報メディアセンター講師)

交付決定額

(金額単位: 千円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-------|------|-------|
| 平成18年度 | 1,900 | 0 | 1,900 |
| 平成19年度 | 1,600 | 480 | 2,080 |
| 総計 | 3,500 | 480 | 3,980 |

著 者 寄 贈

研究発表

(1) 学会誌等

- 1) 二神透, 木俣昇, 末廣文一: 火災延焼シミュレータを用いた防災樹木整備計画支援システムの開発, 土木計画学研究・論文集, Vol. 23 no. 2, pp. 325 - 334, 2006. 9.
- 2) 木俣昇, 寺西伸太郎, 二神透: 地震時市街地避難計画のシナリオシミュレーション技術に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集 Vol. 24 no. 2, 223-232, 2007. 11
- 3) 二神透, 木俣昇: 避難計画シナリオへの住民参画化のための携帯GPS活用システムの研究, 土木情報利用技術論文集, Vol. 16, 233-244, 2007. 10.
- 4) 高山純一, 中山晶一郎, 小松良幸: 交通需要の不確実性による時間信頼性指標を用いた道路整備に関する研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, Vol. 41-3(CD-ROM), pp.79-84, 2006.10.
- 5) 中山晶一郎, 高山純一, 長尾一輝, 所俊宏: 現実道路ネットワークの時間信頼性評価のための確率的交通均衡モデル及びそれを用いた情報提供効果分析, 土木学会論文集D, Vol. 62, No. 4(CD-ROM), pp. 526-536, 2006年10月~12月掲載分.
- 6) 中山晶一郎, 高山純一: 交通需要と経路選択の確率変動を考慮した確率的交通ネットワーク均衡モデル, 土木学会論文集D, Vol. 62, No. 4(CD-ROM), pp. 537-547, 2006年10月~12月掲載分.
- 7) 中山晶一郎, 高山純一: リンク交通量を用いた交通ネットワーク均衡モデルのパラメータ推定: リンク間相関を考慮した最尤法, 土木学会論文集D, Vol. 62, No. 4(CD-ROM), pp. 548-557, 2006年10月~12月掲載分.
- 8) 阿曾克司, 近田康夫: 拡張したマハラノビス距離の橋梁総合健全度評価への適用, 構造工学論文集, Vol. 52A, pp. 151-162, 2006. 3.
- 9) 阿曾克司, 近田康夫: 橋梁健全度評価に対する拡張マハラノビス距離の適用性に関する研究, 2006年度土木情報利用技術論文集, Vol. 15, pp. 185-192, 2006. 10.
- 10) 近田康夫, 新谷光平, 阿曾克司: GA を援用した橋梁群の経時的補修費用均等化に関する研究, 2006年度土木情報利用技術論文集, Vol.15, pp.175-182,2006.10.
- 11) Katsushi Aso, Yasuo CHIKATA: Application of Extended Mahalanobis Distance to The Evaluation of Bridge Integrity Based On Inspection Results, Proc. of 4th China-Japan-Korea Joint Symposium on Optimizing of Structural and Mechanical Systems(CJK-OSM4), pp.149-154, Kunming (China), 2006.11.6.
- 12) 近田康夫, 阿曾克司, 亀田淳子, 城戸隆良: SVM と LVQ の橋梁健全度評価への適用性, 2007年度土木情報利用技術論文集, Vol. 16, 2007. 10.
- 13) 近田康夫, 阿曾克司, 佐々木貴惟, 城戸隆良: 年次費用均等化を考慮した既存橋梁群の補修計画支援, 構造工学論文集, Vol. 54A, CD-ROM, 2008. 3. [掲載決定]

(2) 口頭発表

- 1) 辰巳佳央, 堀浩三, 木俣昇 : バス優先レーン策のペトリネットシミュレーション研究, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 351-352, 2006.3
- 2) 南部佳郎, 木俣昇 : 信号交差点部における緊急車両走行支援のペトリネットシミュレーション研究, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 363-364, 2006.3
- 3) 寺西伸太郎, 木俣昇 : 地震時火災避難計画シナリオのシミュレーション開発, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 365-366, 2006.3
- 4) 二神透, 木俣昇 : 避難ペトリネットシミュレータ・データのシステム化に関する研究, 土木情報利用技術講演集, Vol. 15, pp. 9-12, 2006.10
- 5) 寺西伸太郎, 木俣昇 : 地震時市街地避難計画のシナリオシミュレーション技術に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 34, CD-R no. 76, 2006.12
- 6) 南部佳郎, 木俣昇 : 緊急車両走行のペトリネットシミュレーション開発に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 34, CD-R no. 71, 2006.12
- 7) 二神透, 木俣昇 : 中山間地域の救急・避難計画支援のためのシナリオ・シミュレータの適用に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 34, CD-R no. 121, 2006.12
- 8) 安次富裕亮, 木俣昇 : 交通流ペトリネットシミュレータによる道路改良計画の支援研究, 平成18年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-R IV-19, 2007.3
- 9) 富永勇, 木俣昇, 二神透 : 地震時避難計画シナリオのペトリネットシミュレーション構成研究, 平成18年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-R IV-51, 2007.3
- 10) 佐藤謙一郎, 木俣昇, 二神透 : 緊急車両の地震時広域出動シナリオのペトリネットシミュレーション開発, 平成18年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-R IV-52, 2007.3
- 11) 二神透, 木俣昇 : GPSデータを用いたペトリネット・シミュレータ入力系システムの開発, 第13回土木学会四国支部講演概要集, pp. 296-297, 2007.5
- 12) 安次富裕亮 木俣昇 他 : ペトリネットシミュレータによる道路改良計画の支援システム整備に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol. 36, CD-R, IV-231, 2007.11
- 13) 寺西伸太郎, 木俣昇, 二神透 : ペトリネットシミュレーションによる地震時火災避難計画シナリオの検討支援, 土木計画学研究・講演集 Vol. 36, CD-R, IV-248, 2007.11
- 14) 南部佳郎, 木俣昇, 二神透 : 緊急車両の地震時広域出動シナリオのペトリネットシミュレーション開発, 土木計画学研究・講演集 Vol. 36, CD-R, IV-165, 2007.11
- 15) 角海啓太郎, 木俣昇, 他 : 交通流ペトリネットシミュレータの道路・交通計画への活用支援システム整備について, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, Vol. 16, CD-R IV-33, 2008.3
- 16) 作田夕香, 木俣昇, 他 : 避難計画シナリオのシミュレーションペトリネット構成のシステム化について, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, Vol. 16, CD-R IV-56, 2008.3
- 17) 荒木大晶, 木俣昇, 他 : 地震時招集計画の検討支援システム開発について, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, Vol. 16, CD-R IV-57, 2008.3
- 18) 田中健太郎, 高山純一, 中山晶一郎 : ITS を活用した災害時における緊急車両の走行支援に関する研究, 平成17年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.371-372, 2006.3.

- 19) 矢島 梓, 高山純一, 中山晶一郎: 適応的マルチエージェントを用いた災害時における交通情報提供に関する影響評価, 平成17年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.369-370, 2006.3.
- 20) 岩井慎太郎, 高山純一, 中山晶一郎: 救急車からの医療情報のデジタル伝送システムの最適化方策に関する研究, 平成18年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, (CD-ROM:IV-49),pp.361-362, 2007.3
- 21) 福田正輝, 高山純一, 中山晶一郎: 救急車を対象とした医療情報デジタル伝送システムの最適化方策に関する研究: 能登地域を事例として, 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:IV-11),pp.281-282, 2008.3.

(3) 報告書その他

- 1) 木俣 昇: 背景画像上でのペトリネットシミュレーション構築法による地震防災計画の動的支援研究, 平成16年度~17年度科学技術研究補助金(基盤研究C)研究成果報告書, 2006.3
- 2) 二神 透: 中山間地における相互扶助型災害時避難システムと救援システム構築, 平成17年度~18年度科学技術研究補助金(基盤研究C)研究成果報告書, 2007.3
- 3) 高山純一: 適応的マルチエージェントを用いた災害時交通モデルの構築とネットワーク信頼性解析, 平成16年度~17年度科学技術研究補助金(基盤研究B(2))研究成果報告書, 2006.3

自治体統合に伴う防災計画再編支援のためのシナリオ シミュレータシステムの提供研究

目 次

| | |
|--|----|
| 第1章 序 論 | 1 |
| 1-1 本研究の背景と研究課題 | 1 |
| 1-2 提供支援システムの要件と本報告書の構成 | 2 |
| 第2章 ペトリネットによるシナリオシミュレーションの基本技術 | 4 |
| 2-1 ペトリネットによる対象システムの表現法 | 4 |
| 2-2 ペトリネットによるシナリオシミュレーション法 | 6 |
| 2-3 提供技術のシステム化構想図 | 9 |
| 2-4 参考文献 | 11 |
| 第3章 平常時緊急車両の出動指令シナリオシミュレーション技術 | 12 |
| 3-1 基本課題と提供支援システム | 12 |
| 3-2 平常時緊急車両出動シナリオの構成サブネット整備 | 13 |
| (1) 平常時システムの図解と構成サブシステムの抽出 | 13 |
| (2) 通報-指令部サブネット | 14 |
| (3) 消防基地-出動部サブネット | 16 |
| (4) 経路走行部サブネット | 17 |
| 3-3 GPSデータによる経路走行部サブネットの構成技術 | 19 |
| (1) 車載GPSによる経路走行データの取得手順 | 19 |
| (2) GPS計測データによる経路走行部ネットのNdata・Sdataの生成手順 | 23 |
| (3) 走行部サブシステムネットの自動生成と付加作業 | 31 |
| 3-4 適用地域での緊急車両出動シナリオネットの構築検討 | 34 |
| (1) 手強地域の背景画像と基本シナリオ設定 | 34 |
| (2) Excel形式Sdata編集によるシナリオネット構築法の検討 | 35 |
| (3) Sdata編集によるシナリオ変更法の検討 | 39 |
| 3-5 参考文献 | 40 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第4章 地震時緊急車両の広域出動指令シナリオのシミュレーション技術 | 41 |
| 4-1 基本課題図と整備サブシステムネット | 41 |
| 4-2 地震時システムのサブネットの追加・拡張化整備 | 42 |
| (1) 走行障害部サブネット追加開発 | 42 |
| (2) 消防基地—出動部サブネットの拡張化 | 44 |
| (3) 走行部サブネットの双方向走行化 | 45 |
| (4) 通報—司令部サブネットの拡張化 | 49 |
| (5) 司令部の戦略化に伴うサブネットの拡張化 | 50 |
| 4-3 地震時緊急車両の広域出動指令シナリオのシミュレーション事例 | 51 |
| (1) 対象地域の背景画像でのシナリオシミュレーションネット構築 | 51 |
| (2) S d a t a 編集による出動指令シナリオの設定法 | 54 |
| (3) 出動指令シナリオの比較シミュレーション実行例 | 55 |
| (4) 火災延焼シミュレーションシステムとの連携化 | 59 |
| 4-4 参考文献 | 61 |
| 第5章 ペトリネットによる防災計画 | |
| 再編支援シミュレーション技術の提供に向けて | 63 |
| 5-1 本研究での成果とまとめ | 63 |
| 5-2 今後の課題 | 66 |

第1章 序論

1-1 本研究の背景と研究課題

平成の大合併といわれる地方自治体の合併・統合化が、優遇措置の期限切れを迎え、各地で加速度的に進展してきている。その背景に財政問題と行政の効率化があるが、自治体の根本的な責務である安心・安全な社会維持の観点からは、重大な課題を内包している。安心・安全な社会の根幹の1つは、地域の防災である。しかも、近年、立て続けに地震災害がわが国の地方都市を直撃している。このいっどこにおいて起こっても不思議でないといわれる地震災害に対処する地震時防災計画に、いま急速に進展している地方自治体の合併・統合化が大きな影響を与えることは、自明といつてよい。

地方自治体の合併・統合化の地域防災計画に与える影響を整理すると、図1-1-1のようになる。自治体の統合化は、その背景に財政問題と行政の効率化問題を持つ。このことは、行政組織の再編を必然とする。行政組織の再編は、旧町村の行政機関を支所にし、それらを統括する本庁の設置という形で進む。それには、人員の削減と再配置が伴う。この再編は、防災組織にも及ぶこととなるだろう。

災害時に、これらの再編がいかなる影響を引き起こすのか。例えば、旧の自治体形成では、職住は近接しており、かつ職員は地域の事情に精通していた。人員の再配置に伴う職住分離は、これらの防災的資産を毀損させ、緊急招集計画に直ちに影響がでる。当然、災害現場での活動性にも影響するし、迅速な指示を出すべき命令・責任系統にも作用するだろう。

もの1つの側面が、図1-1-1に示すように、統合自治体に課される責務領域の広域化である。このことは、単なる面積の拡大化を意味するだけではなく、属性の異なる地域を抱え込むことを意味する。本庁の予定される密集市街化地域から支所化される中山間地域までが責務領域となり、図1-1-1に示すように、被害予測そのものからの検討を必要とする。

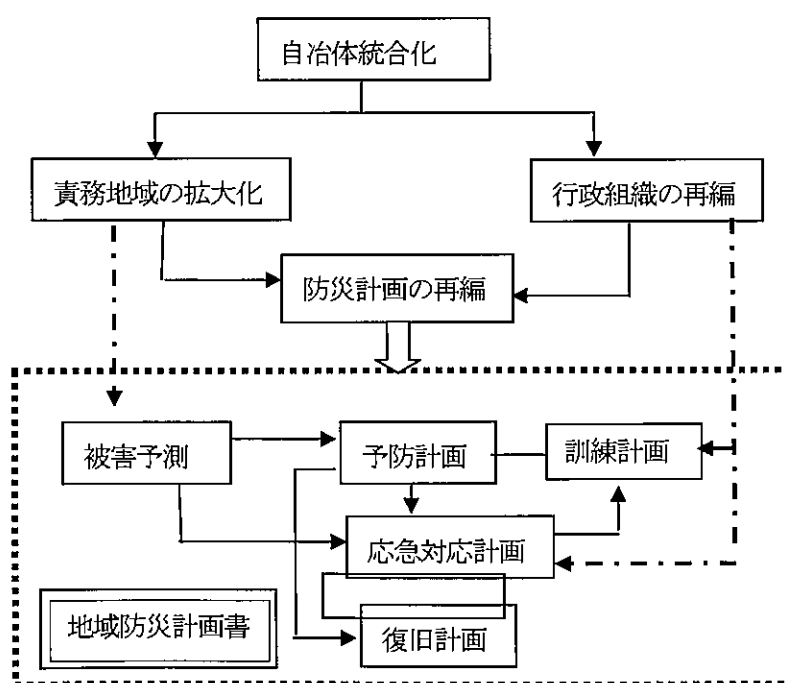


図1-1-1 自治体統合化に伴う防災計画の再編課題

地域防災計画書は、この図に示すように、被害予測から始まり、それらを基に、①予防計画、②応急対応計画、③復旧計画を作成するという形式で策定される。そして、訓練計画とその実施によって各計画の実行性が検証され、計画の改訂へのフィードバックされる。本研究では、地震時火災に対する応急対応計画の再編を主対象とし、その支援システムとして、ペトリネットシミュレーション法によるシナリオシミュレーション技術を整備し、統合自治体自らが使用し、再編作業の支援に活用できる形での技術提供化を目標とするものである。

1-2 提供支援システムの要件と本報告書の構成

自治体の統合化に伴う地域防災計画への影響としては、様々なものを考えなければならない。しかも、考えるべきものは、ほとんどが未経験の事柄である。それらを考えるために、本研究では、シナリオシミュレーション技術による支援システム提供を提案する。そのための本研究の目的と構成を、図 1-2-1 に示す。

1-1 で述べたように、行政組織はもちろんのこと、住民組織も変わる。これらの主体的取り組み性が、何よりも大切である。著者等は、平成 10 年度より科学研究費の補助を受けて、ペトリネットによるシナリオシミュレーション法と、その交通・防災計画への適用研究を進めてくることができた。その中で、この方式の最大の長所は、ユーザーフレンドリー性、つまり利用者自らの利用性にあることを確信することができた。本研究では、それを現実のものとするために、技術の提供化をより強く意識し、研究を進める。

具体的には、図 1-2-1 に示すように、第 2 章では、ペトリネットの基本原理とシナリオシミュレーション法の基本技術について述べる。ここでは、技術提供のシステム化構想についても触れる。

第 3 章と第 4 章が、防災計画の再編支援の実践編である。具体的には、統合自治体における消防防災システムを取り上げ、緊急車両出動指令のシナリオシミュレーションを通して、地震時消防防災システムの再編計画を論じる。

第 3 章では、まず、平常時システムを基盤とすることが、地震時システム計画の実行性の担保となること、シナリオシミュレーションのペトリネット開発は、対象システムの図解し、事象と状態や条件を認識することから始まることを示す。次に、GPS 計測データの活用は、広域化した地域の取り扱いに有利であるだけでなく、経験的データの直接反映化として主体的な再編計画への取り組み性にも寄与することなどを論じる。

第 4 章でも、平常時システムから地震時システムへの展開は、平常時システムの図解に地震動を描画し、想像力を働かすことから始まること、その結果を受けて、第 3 章で開発・整備したサブネット群が拡張化され、地震時緊急車両出動指令のシナリオシミュレーションネットが構成されるという手順を意識した形で論を進める。第 4 章では、地震火災の同時多発性、地震時通報の遅延性、経路被害による切断性を想定すれば、統合司令部には、平常時の迅速性基準ではなく、広域化した債務領域全体を睨んだ戦略的出動指令判断が求められることを論じる。

戦略的出動指令判断は、種々のジレンマを含む非常に困難な課題である。それには十分な事前議論が、担当者、行政、住民間でなされることが不可欠である。本支援システムは、この議論を対話の形にしてくれるのではと期待している。

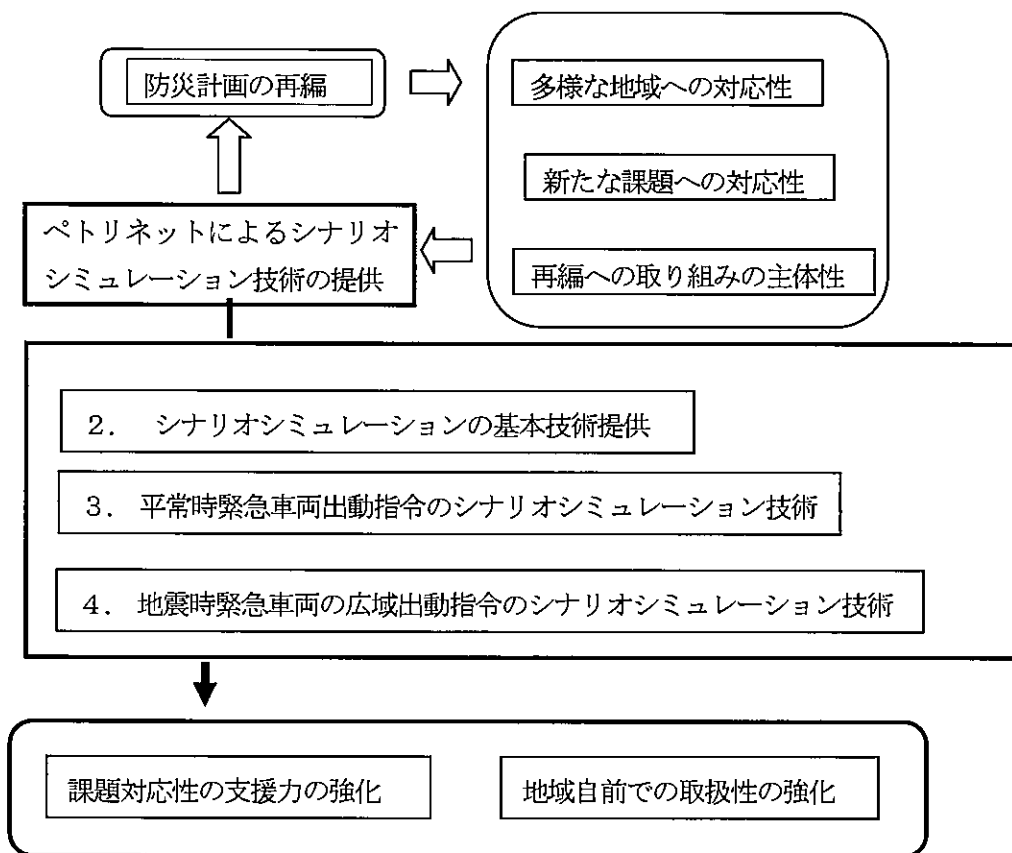


図 1-2-1 研究目的と報告書の構成

第2章 ペトリネットによるシナリオシミュレーションの基本技術

2-1 ペトリネットによる対象システムの表現法

ペトリネットとは、特殊なグラフ形式による対象システムの状態推移表現法で、システム内における事象の連鎖やその抑止生起による状態推移の視覚的シミュレーション手法として有効である。著者等は、この手法を発展させて、道路・交通計画や防災訓練計画のための支援システム開発を行っている。本研究でも、この開発システムを基盤としており、ペトリネット手法によるシナリオシミュレーションの基本技術の提供工夫をまず示す。

図 2-1-1 は、事象連鎖による目的達成とその障害事象の生起に伴う状態推移を示すペトリネット例である。この事例ネットを示し、ペトリネット手法の基本概念と原理の理解を、利用者に求める工夫について、2章で順次説明する。この節では、まず、基本概念と原理について解説する。

ペトリネットは、事象を示すトランジション (|)，状態を示すプレース (○)，それらの関係を示すアーク (→: 入出力, …: 抑止)，およびプレース上に配置され、生起状態を指示するトークン (●) によって構成された有向グラフの1種で、C. A. Petri (1963) によって提案されたものが元である。図 2-1-1 では、トランジションが5個、プレースが10個使用されていて、 $T_0 \rightarrow T_1 \rightarrow T_2$ の連鎖によって P_5 の状態達成を目指す。それが P_8 の状態生起によって抑止・阻害される。その状態は $T_3 \rightarrow T_4$ の連鎖で確率的に生起する。

この確率生起の記述のために、このネット図では2つの特殊なトランジションを使用している。即ち、 T_3 : カラートークン生成トランジションと、 T_4 : カラートークンの出力プレース選択トランジションを使用している。

図 2-1-1(1)は、この目的達成系の初期状態をトークン配置によって示したものである。プレースにはタイマが想定されており、そのタイマが消費された時点でトークン配置されたプレース状態の生起となる。図 2-1-1(2)は、初期状態より状態推移し、 P_8 の状態生起に移行し、 T_0 への抑止 (…) が働く状況を示している。このような推移を規定する原理が、次に述べるトランジションの発火則である：

[トランジションの発火則]

- R1) 全ての入力プレースにトークンがマーキングされていて、かつ、
- R2) 全ての抑止プレースにトークンが存在しないとき、
当該トランジションは発火し、
- R3) 全ての入力プレースからトークンを一個ずつ消去し、
- R4) 全ての出力プレースにトークンを一個ずつ配置する
である。

上述した選択トランジションの場合には、R4)が“トークンカラーに応じて指定される出力プレースに”となるだけである。

この規則は、このように単純・明解であり、誰にでも構築ネットについて、手でトークンを動かすことで容易に常態推移を確認し、妥当性を検討することができるものである。駆動原理のこの明快さ、確認の容易さがペトリネットの大きな特徴であり、防災計画再編の支援システムの要件の1つとした行政や自主防災組織自身による主体的な取り組み性に結びつくものである。

図 2-1-2 は、目的達成のための事象連鎖を阻害する状況の可能性を受けて、その対策を組み入れる試みのネット図例である。図 2-1-2(1)は、阻害を引き起こす事象の抑止策であり、図 2-1-2(2)は、阻害状況の発生を受けて、その状況の解除策の追加であり、事前・事後対策の検討支援へと発展させることが可能となる。これらのネットでの状態推移も前述の「トランジションの発火則」がそのまま適用される。

ペトリネット手法による再編支援には、このネットの改変・拡張化の容易さも重要な要件となる。しかも、上述したように改変・拡張化されたネットについても、その駆動原理は変わらない。このことは、次節で述べるコンピュータシミュレーションとの関係で言えば、プログラムの改変なしで、ネットさえ構築できれば、これらの事前・事後対策の検討シミュレーションが即時に実行可能となることを意味している。これは他のシミュレーションシステム手法との大きな違いである。

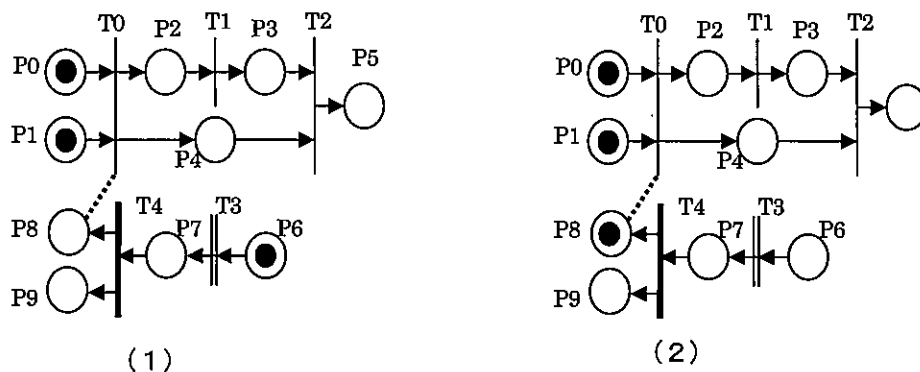
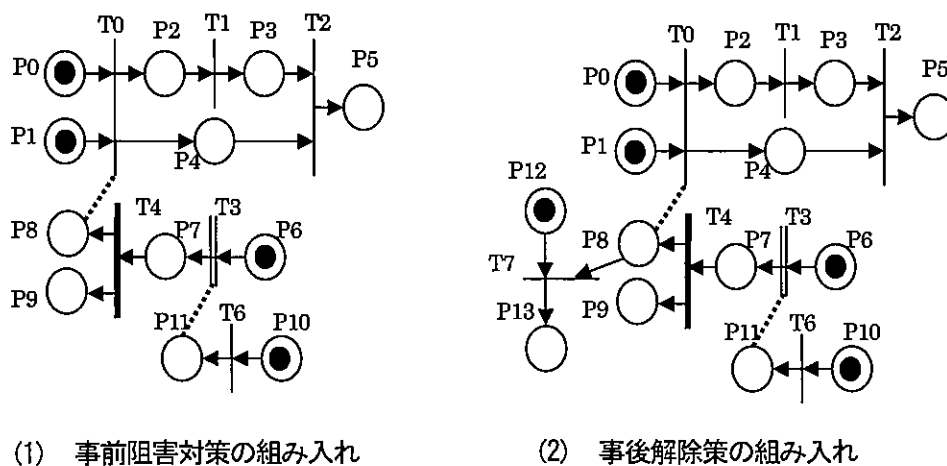


図 2-1-1 目的達成系での事象連鎖と阻害事象



(1) 事前阻害対策の組み入れ

(2) 事後解除策の組み入れ

図 2-1-2 阻害事象対策の組み入れ

2-2 ペトリネットによるシナリオシミュレーション法

対象システムをペトリネットによって記述・表現できれば、そのシステムでの状態推移は、トランジションの発火則によって、手動で確認できる。現実のケースでは、記述ネットも大規模化し、コンピュータによるシミュレーション実行による確認・検討・議論となる。この節では、この手順と実例を示し、ペトリネットシミュレータに関する知識と使用技術提供について述べる。

ペトリネットシミュレータの使用には、構築した対象システムのペトリネットを、`S d a t a`と呼ばれる形式に書き直す必要がある。2-1で使用した図 2-1-1 のペトリネットを事例に、この書き換えについて説明する。

図 2-2-1(1)が、図 2-1-1 のペトリネットの `S d a t a` 記述である。図に示されているように、これはテキスト形式のファイルで、大きくは、`PLACE` 部、`TRAN` 部、`TOKEN` 部、`GENE` 部、`genetranZ` 部で構成され、基本は、図 2-1-1 のネットを構成する全てのプレース、トランジション、それらの関係、並びに初期トークン配置について、それぞれ 1 行単位で特定化するものである。それらの記述に加えて、プレースとトランジションについては、”//“ 以降にその説明用のコメント文を付記することができるようになっている。

各部の書式は、以下のようになっている。まず、`PLACE` 部は、宣言文に続き、ネットで使われるプレースの総数の記載で、この事例では前述したように、10 となる。以下、この 10 個のプレースの個々について記載する。まず抑止トランジション番号の記載であるが、図 2-1-1 のネットより判るように、この `S d a t a` では、P8 のみが係わり、抑止トランジション番号 0 と記載されていることが分かる。その他にはこの記載は不要で、区切り記号 -1 から始まっている。次の 2 は、プレースタイムである。次に、カラー種類の記載となるが、図 2-1-1 のネット説明で述べた選択トランジションの出力プレース、P8 と P9 がこの場合には該当し、カラー 1 のときには P8 に、カラー 2 のときには P9 に、という特定化がなされている。その他では区切り記号 -1 のみとなっている。そして、この部分の記載終了記号が `end` である。

`TRAN` 部も、その直後に総数、5 が記載され、以下個別記載となる。まず、このトランジションへの入力プレース番号のリストが記載され、区切り記号 -1 に続いて、今度は出力プレース番号のリストが記載され、さらに -1 に続いて、トランジションの種類が記載される。通常トランジションは 0 で、生成トランジションは 1、選択トランジションは 2 となる。この部分の記載終了記号も `end` である。`TOKEN` 部は、初期状態の設定のためのもので、配置プレース番号、初期タイム、区切り記号 -1 となる。この部分のみは 1 行に複数記載が可能である。また、同一プレースに複数のトークンを配置したい場合には、その数分重複記載する必要がある。ここの記載終了記号は -2 である。

`GENE` 部は、トークンをランダムに生成するプレースを使用するケース用で、プレース番号、発生トークン数 (個/分) を記載する。ここの記載終了記号は -1 である。最後の `genetranZ` 部は、生成トランジションの記載部で、トランジション番号、カラー番号、発生率、カラー番号、発生率 という形式である。発生カラー種類は 2 個以上も可能である。この部分には記載終了記号は不要である。

利用者にとって、この `S d a t a` 記載が少し分りにくいようであり、実践形式としては、第 3 章や第 4 章で示すように、`Excel` 形式でのフォーマットを用意し、記載や拡張時の利便性の向上化工夫を行っている。

```

目的達成シナリオネット.sdata - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) ヘルプ(H)
PLACE
0 10
-1 -1 5 1 //P 0
-1 -1 5 1 //P 1
-1 -1 2 2 //P 2
-1 -1 2 2 //P 3
-1 -1 2 2 //P 4
-1 -1 2 2 //P 5
-1 -1 2 2 //P 6
-1 -1 2 2 //P 7
0 -1 2 0 1 //P 8
-1 2 2 1 2 //P 9
end
TRAN
0 1 5 2 4 -1 0 1 //T 0
2 1 -1 3 4 -1 0 1 //T 1
3 4 -1 5 7 -1 0 1 //T 2
6 7 -1 8 9 -1 1 1 //T 3
7 -1 8 9 -1 2 1 //T 4
end
TOKEN 1000
0 5
1 5
6 -1
-2
GENE 0
-1
genet ranZ 1 50 2 50
3 1 50 2 50

```

図2-2-1 ペトリネットのSdata形式表現(図2-1-1のネット図対応)

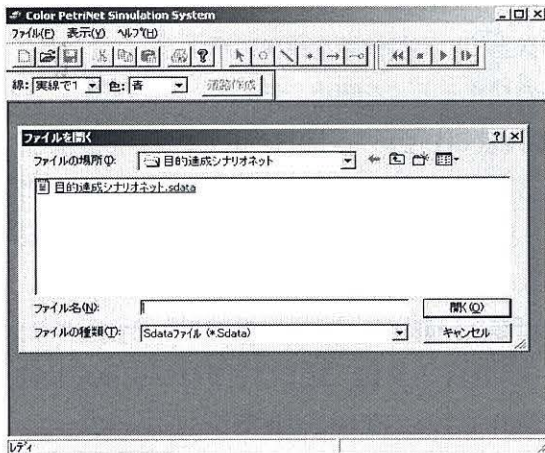


図2-2-2 Sdataの指定

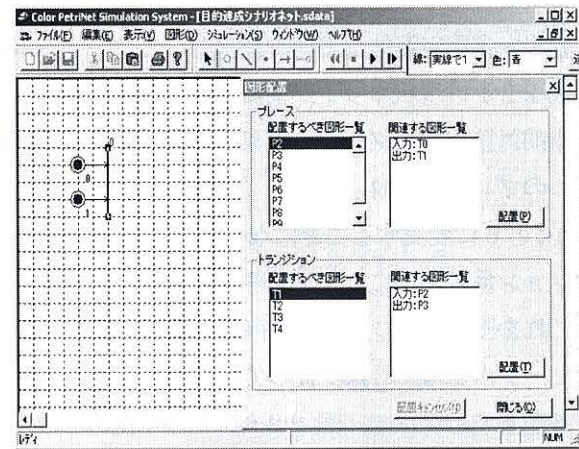


図2-2-3(1) 要素配置

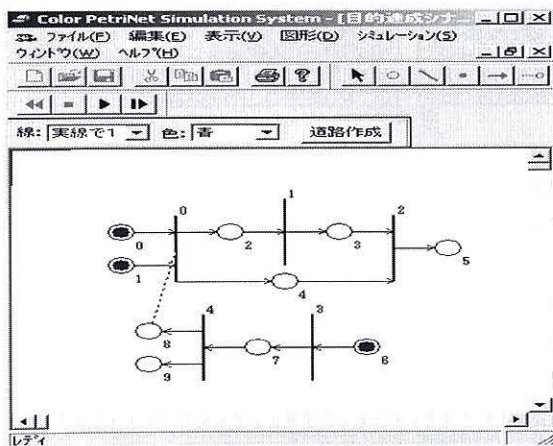


図2-2-3(2) 構築出力カネット

```

目的達成シナリオネット.Ndata - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 検索(S) ウィンドウ(W) マクロ(M) その他(O) 1:1
PLACE absolute position x, y radius↓
0 96 120 12↓
1 96 168 12↓
2 192 120 12↓
3 288 120 12↓
4 240 192 12↓
5 384 144 12↓
6 312 288 12↓
7 216 288 12↓
8 120 264 12↓
9 120 312 12↓
↓
TRAN absolute position x,y angle↓
0 144 144 90↓
1 240 120 90↓
2 336 144 90↓
3 264 288 90↓
4 168 288 90↓
[EOF]

```

図2-2-3(3) 構築ネットのNdata

このような記載を行い，“目的達成シナリオ. s d a t a”という形式で保存する（図 2-2-2）. これをペトリネットシミュレータ“Color Petrinet Simulation System”で開くと，図 2-2-3(1)に示すように，要素配置の画面となる．配置すべきプレースとトランジションのリストから，要素を選択し，モニター上で配置作業を行うことで，図 2-2-3(2)に示すような出力ネットが構築されていく．ちなみに，プレースとトランジションとの関係であるアークについては，S d a t aが参照され，自動描画されるので，配置作業は不要となる．また，この出力ネットの座標データが，図 2-2-3(3)に示すような形式で，N d a t aとして自動保存されることになる．以後は，S d a t aのパラメータ値を変えたシミュレーションは，このN d a t aの自動参照によって直ちに実行可能となる．

図 2-2-4 は，この出力ネット図によるシミュレーション実行画面である．シミュレーション実行は，メニューの“シミュレーション”をクリックすることで可能で，また，ボタンによるステップ実行により，前述した [トランジションの発火則] を手動スタイルで確認することも可能となっている．

図 2-2-5(1)は，先に構築したネット図のトランジション 3 の位置をドラッグで少し右に移動させたものである．この作業にもなって，ネット図のN d a t a も自動修正され，図 2-2-5(2)に示す形で自動保存される．このような作業は，ネット図を修正したり，拡張化したりする作業に際して，視覚性の確保や位置情報の反映化に大いに寄与するものとなる．

2-2の節では，事象連鎖による目的達成が阻害事象の生起によって抑止されることに対して，対策のネット化も可能なことを述べた．このシミュレータ上での実行技術を最後に示す．

図 2-2-4 の現状ネットが構築されている状態で，そのS d a t aを開く．そして，そのS d a t aに事前対策部のサブネット要素の追加を行う．それが図 2-2-6(1)である．即ち，図 2-1-2(1)を参照し，2つのプレースP11 とP12，1つのトランジションT5 の記載をS d a t aに追加する．当然，総数も 12 と 6 に変更することになる．さらに，元のネットとの結合関係からプレースP11 の抑止トランジション番号の項に，T3 を書き加えることで完了する．

これを図 2-2-2 のように保存した上で，再度開くと，「要素配置されていないものがある」というメッセージがでる．それに従って，先のネット図にプレースP11 とP12，およびトランジションT5 を追加配置するだけで，図 2-2-6(2)に示す出力ネット図が構成され，直ちに視覚型シミュレーションの実行が可能となる．

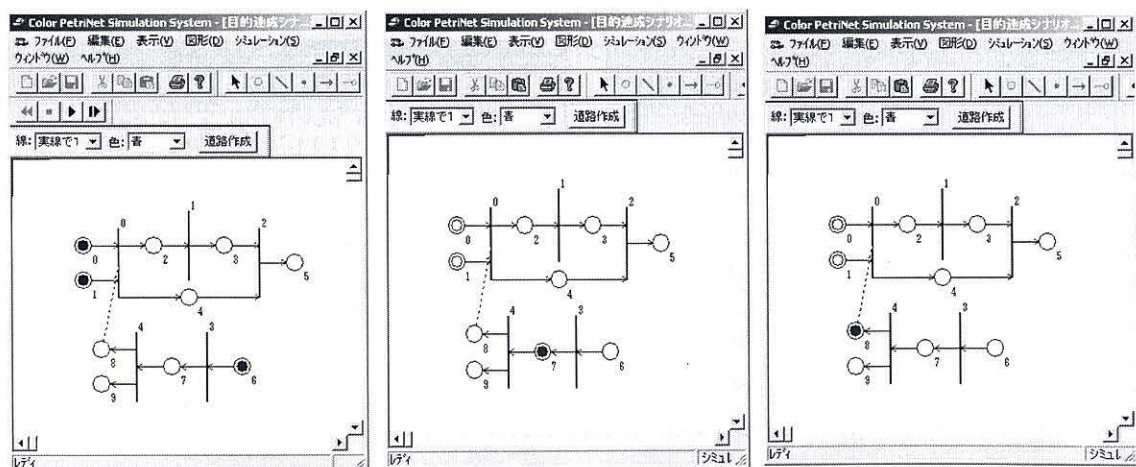
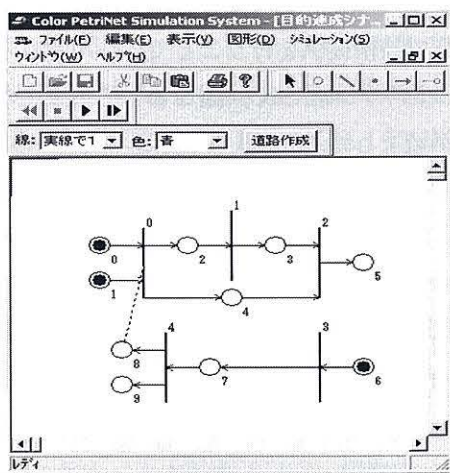


図 2-2-4 シミュレーション実行画面



(1)

| PLACE | absolute position | x | y | radius |
|-------|-------------------|-----|----|--------|
| 0 | 96 | 120 | 12 | ↓ |
| 1 | 96 | 168 | 12 | ↓ |
| 2 | 192 | 120 | 12 | ↓ |
| 3 | 288 | 120 | 12 | ↓ |
| 4 | 240 | 192 | 12 | ↓ |
| 5 | 384 | 144 | 12 | ↓ |
| 6 | 384 | 288 | 12 | ↓ |
| 7 | 216 | 288 | 12 | ↓ |
| 8 | 120 | 264 | 12 | ↓ |
| 9 | 120 | 312 | 12 | ↓ |

| TRAN | absolute position | x | y | angle |
|------|-------------------|-----|----|-------|
| 0 | 144 | 144 | 90 | ↓ |
| 1 | 240 | 120 | 90 | ↓ |
| 2 | 336 | 144 | 90 | ↓ |
| 3 | 336 | 288 | 90 | ↓ |
| 4 | 168 | 288 | 90 | ↓ |

(2)

図2-2-5 ネット図位置変更とNdata保存

| PLACE | 12 | 5 | 1 | //P | 0 | |
|-------|----|---|-----|-----|-----|---|
| -1 | 5 | 1 | //P | 1 | | |
| -1 | 2 | 1 | //P | 2 | | |
| -1 | 2 | 1 | //P | 3 | | |
| -1 | 2 | 1 | //P | 4 | | |
| -1 | 2 | 1 | //P | 5 | | |
| -1 | 2 | 1 | //P | 6 | | |
| -1 | 2 | 0 | 1 | //P | 7 | |
| 0 | -1 | 2 | 1 | 2 | //P | 8 |
| -1 | 2 | 2 | 2 | 2 | //P | 9 |
| 3 | -1 | 2 | 1 | //P | 10 | |
| -1 | 2 | 1 | //P | 11 | | |

| end | TRAN | 6 | 2 | 4 | -1 | 0 | 1 | //T | 0 |
|-----|------|----|----|----|----|---|---|-----|---|
| 0 | 1 | -1 | 3 | 4 | -1 | 0 | 1 | //T | 1 |
| 2 | -1 | 3 | 4 | -1 | 0 | 1 | 1 | //T | 2 |
| 3 | 4 | -1 | 5 | -1 | 0 | 1 | 1 | //T | 3 |
| 6 | -1 | 7 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | //T | 4 |
| 7 | -1 | 2 | 0 | -1 | 2 | 1 | 1 | //T | 5 |
| 10 | -1 | 11 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | //T | 5 |

| end | TOKEN | 1000 |
|-----|-------|------|
| 0 | 5 | |
| 1 | 5 | |
| 6 | -1 | |
| 10 | -1 | |

| GENE | 0 |
|------|---|
| -1 | |

| genetranZ | 1 | 50 | 2 | 50 |
|-----------|---|----|---|----|
| 3 | 1 | 50 | 2 | 50 |

(1) 事前阻害対策案の組み込みのためのSdata拡張化

(2) 事前対策案ネット

図2-2-6 事前阻害対策案の組み込み

2-3 提供技術のシステム化構想図

上述してきたように、ペトリネットによる対象システムの記述とシミュレーション法は、利用とともに知識が蓄積されるとともに、構築されたサブネットやシミュレーションネットも蓄積される。し

かも、蓄積されたものは、S d a t aとN d a t aのセットで保存することで、直ちに参照可能な視覚シミュレーション資源となる。この資源を活用可能な形で技術提供を行うことで、利用者自らが技術提供を支援し、促進させることになる。そのような提供システムとして、図 2-3-1 に示すような、問い合わせライブラリー型での整備を考えていくことが望ましい。

2-1で述べた基本概念と原理は、最初の問い合わせへの応答であり、2-2で述べた技術は、ペトリネットシミュレータの体験スタイルとして用意していくのが望ましいし、また、即時実行可能なスタイルである。その次の段階が、開発されている種々のサブネットをライブラリー呼び出し、利用者自らが学習することであり、これも実行可能な状態にある。以下の章で展開する防災計画シナリオのシミュレーション技術も、このライブラリーへの蓄積の一貫を担うものとなる。

新規サブネットの開発については、実開発事例で手順を示す形での充実化が望ましい。以下の章では、このことも念頭に報告書作成を進める。

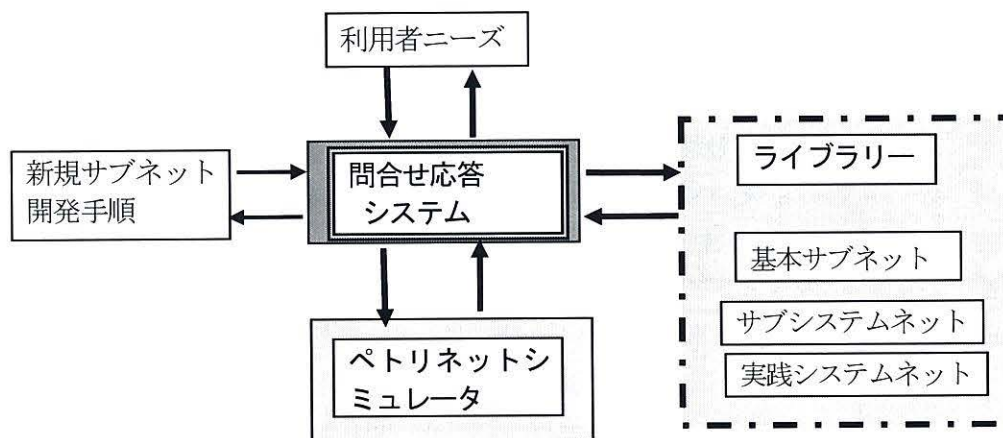


図2-3-1 技術提供のシステム化構想図

2-4 参考文献

- 1) W.Reisig : A Primer in Petri Net Design, Springer-Verlag, 1992.
- 2) K. Jensen : Colored Petri Net, Springer, 1997.
- 3) 奥野峻史 : ペトリネットの基礎, 共立出版, 1995.
- 4) 木俣昇, 高木秀彰, 黒川浩嗣 : ペトリネットによる交通流シミュレーションシステムの開発, 土木計画学研究・論文集, No. 12, 691-699, 1995.
- 5) 木俣昇, 鷺見育男 : 消防防災システムの阻害要因のペトリネットシミュレーションに関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No. 14, 393-400, 1997.
- 6) 堀浩三, 木俣昇 : ペトリネットシミュレータによる背景画像上での地震時緊急路の点検・構築支援システム, 土木計画学研究・講演集, 32 卷(CD-ROM 版) No. 40, 2005. 12.
- 7) 木俣昇, 寺西伸太郎, 二神透 : 地震時市街地避難計画のシナリオシミュレーション技術に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集 Vol. 24 no. 2, 223-232, 2007. 11
- 8) 二神透, 木俣昇 : 避難計画シナリオへの住民参画化のための携帯GPS活用システムの研究, 土木情報利用技術論文集, Vol. 16, 233-244, 2007. 10.
- 9) 木俣昇 : 動的図解手法としてのペトリネットソフトウェア開発とその交通・防災計画への応用研究, 科学研究費補助金成果報告書, 2004. 3
- 10) 木俣昇 : 背景画像上でのペトリネットシミュレーション構築法による地震時防災計画の動的支援研究, 科学研究費補助金成果報告書, 2006. 3

第3章 平常時緊急車両の出動指令シナリオシミュレーション技術

3-1 基本課題と提供支援システム

地震時防災システムは、平常時システムを基盤とすることで、その実行性の担保をもつことが可能となる。本章では、このことより図 3-1-1 に示すような課題認識の下で、平常時消防防災システムのシナリオシミュレーション技術の整備をまず行う。

第2章で提示したペトリネットシミュレーション技術は、対象システムの図解から出発し、まず、その構成サブシステムを抽出し、そのペトリネット表現化を行い、それらの動作確認を行い、その上でそれらを結合化する形でシミュレーションネットを構成する点に大きな特徴がある。しかも、この間にプログラムの修正や拡張化をまったく必要とせず、計画者は論理的整合性と経験的妥当性の判断を基に作業を推し進めることができる。第2章の3節で述べたように、本技術の提供に際しては、開発手順の提供も重要となる。そのために、図 3-1-1 に示したように、本章では、平常時消防システムの図解から出発し、構成サブシステムを抽出し、それらのペトリネット表現化の説明より開始する。

具体的には、通報-司令部、消防基地-出動部、経路走行部のサブネットの整備状況について、まず説明する。次に、負荷課題と再編への主体的な取り組み要件を意識し、車載 GPS データからの経路走行部サブネットの構築技術を展開する。最後に、統合自治体での緊急車両出動指令のシナリオシミュレーションの構築技術を、第2章でも言及した Excel 形式の S d a t a 編集法と関連付けて展開する。

この章での成果は、図 3-1-1 に示すように、第4章において、地震時災害と負荷課題に対処するサブネットの開発・追加され、拡張化されることとなる。

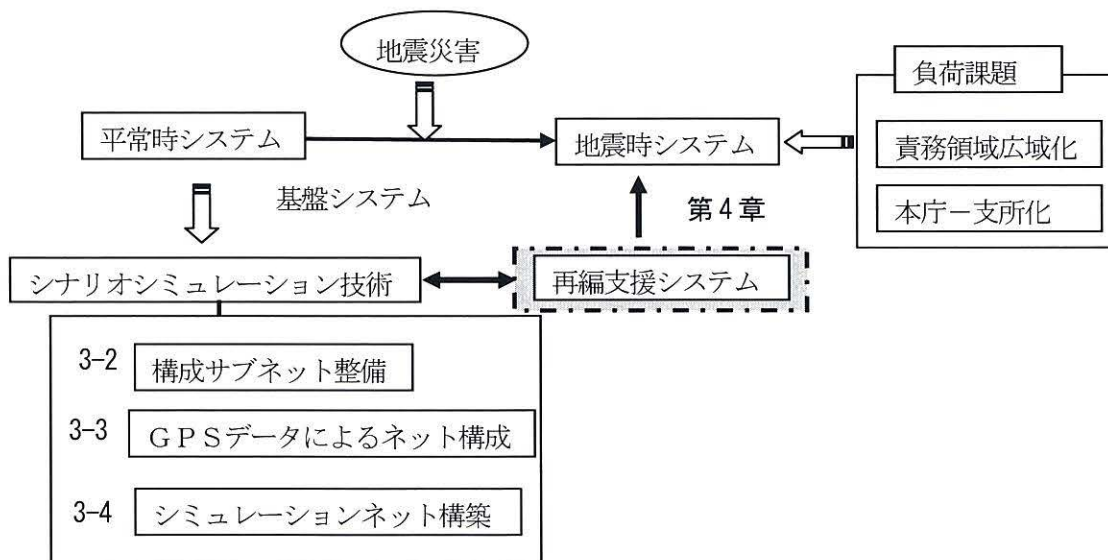


図 3-1-1 本章の構成

3-2 平常時緊急車両出動シナリオの構成サブネット整備

(1) 平常時システムの図解と構成サブシステムの抽出

第2章で提示したペトリネットシミュレーション法は、対象システムの図解を基に、対象システム内で生起する事象や状態を認知し、それらをトランジションとプレースで表現することで、状態推移の動的シミュレーションを可能とするものである。また、その特徴の1つは、各サブネットの精緻化や拡張化をプログラムの改修なしに実行可能な点で、これらを踏まえて、シミュレーションネットの開発手順を提示すると以下ようになる。

まず、対象システムの概略図解を作成し、構成サブシステムのペトリネット化を行う。次に、それらを結合化し、システムシミュレーションネットを構成し、その挙動を、視覚出力ネット図上でのステップ実行で確認・検討する。その結果を受けて、サブシステムの精緻化や拡張化や追加を行い、再結合化し、検討を繰り返すというものである。この検討の中に、提案シナリオの実施訓練を含むことにより、より実効性のあるシステムへの改変が可能となる。

本項では、この第1ステップとして、図3-2-1に示す平常時消防防災システムの概略図解からスタートする。この概略図解は、火災発生を受けて、通報がなされる。通報を受けた司令部は、出動消防基地に指令を出す。指令を受けた基地では、出動準備を整えて出動し、緊急車両が経路を走行し、火災現場に到着し、消火・救助活動を行うという最も基本的な形を示したものとなっている。

この平常時消防防災システムの概略図解で、本研究が取り上げるのは、いかにして現場に緊急車両を到着させるかである。その意味では、関連システム図を構成するサブシステムとしては、

- i) 通報—司令部
- ii) 消防基地—出動部
- iii) 経路走行部

ということになる。

上述した開発手順に従い、本節の(2)ではi)の<通報—指令部>、(3)ではii)の<消防基地—出動部>、(4)ではiii)の<経路走行部>を対象に、各部の図解の詳細化とサブシステムネット化について述べていく。

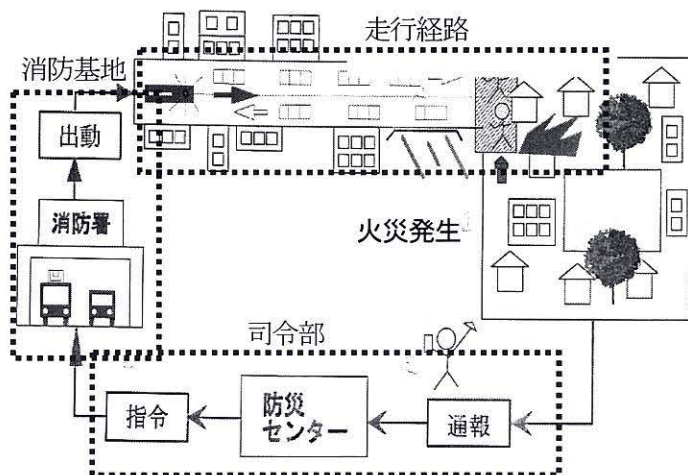


図3-2-1 消防防災システムの概念図

(2) 通報—指令部サブネット

図 3-2-2 は、消防司令部において聞き取り調査を行い、通報から消防基地への指令発令までの過程を詳細図化したものである。司令部では、通報を受けると直ちに予告指令を出動基地に出す。それとともに通報内容の確認作業を行い、確認終了後に本指令を発令する手順となっている。一方、出動基地側では、予告指令を受けると、出動準備を始める。準備が完了すれば、本指令が発令されたい、直ちに指示現場に向かって出動する。経路は、時間帯に応じて異なる。

図 3-2-3(1)は、聞き取り結果の図 3-2-2 を基に、ペトリネットモデル化のために再整理したものである。図 3-2-3(2)は、この図から事象と状態を抽出し、トランジションとプレースに置き換え、事象の生起条件となる状態、逆に生起を抑止する状態、および事象の生起により推移する状態を識別し、トランジションとプレース間の関係をアークで結合化させて構成したペトリネット表現図である。

通報状態が2つの事象、予告指令と確認の条件となり、司令部側と消防基地側で並列して事象生起が起り、本指令が機能するのは、基地側での準備が完了し、かつ司令部側での確認作業が終了後となるシナリオを、このペトリネットは表現している。

また、図 3-2-3(3)は、このペトリネットの S s a t a である。この書式については、第2章の 2-2 を参照してほしい。プレースの総数は7、トランジションの総数は6である。初期状態としては、通報者の存在 P0 と、基地側の出動制御 P6 としてある。P6 の必要性については、次の項で述べる。

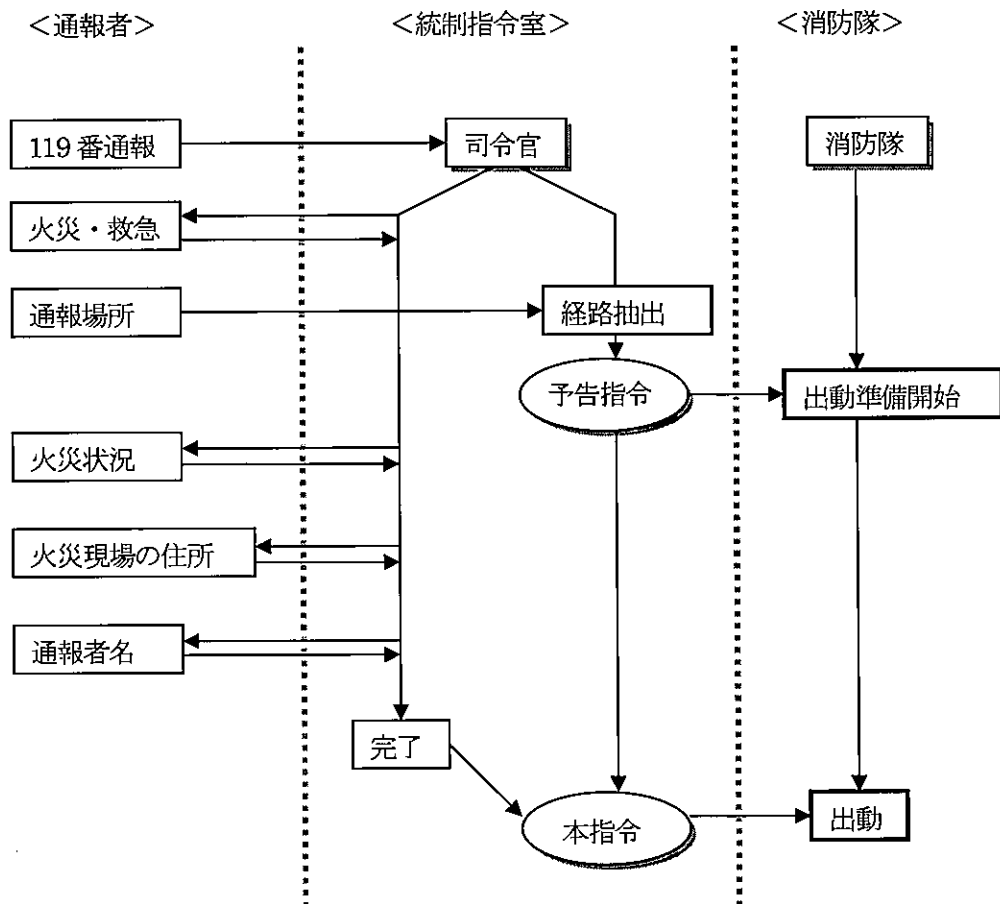


図 3-2-2 通報から出動までの流れ

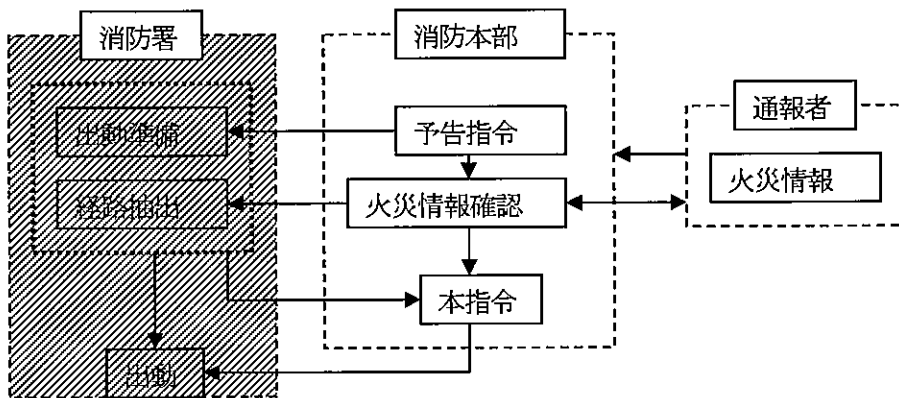


図 3-2-3(1) 通報—指令部システム概念図

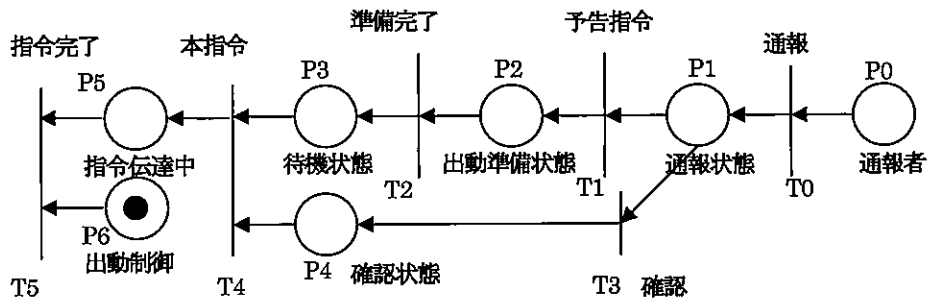


図 3-2-3(2) 通報—指令部サブネット

```

C:\Documents and Settings\Kimata\Desktop\命令...
ファイル(F) 編集(E) 検索(S) ウィンドウ(W) マクロ(M) その他(O) 1:1
PLACE 7↓
-1 1 -1 //P 0  通報者↓
-1 1 -1 //P 1  通報状態↓
-1 1 -1 //P 2  出動準備状態↓
-1 1 -1 //P 3  待機状態↓
-1 60 -1 //P 4  確認状態↓
-1 1 -1 //P 5  指令伝達中↓
-1 1 -1 //P 6  出動制御↓
end↓
TRAN 6↓
0 -1 1 -1 0 1 //T 0  通報↓
1 -1 2 -1 0 1 //T 1  予告指令↓
2 -1 3 -1 0 1 //T 2  準備完了↓
1 -1 4 -1 0 1 //T 3  確認↓
3 4 -1 5 -1 0 1 //T 4  本指令↓
5 6 -1 -1 0 1 //T 5  指令完了↓
end↓
TOKEN 100↓
6 -1↓
-2↓
GENE 0↓
-1↓
generetetranZ 0[EOF]
外... 前... ハウ...

```

図 3-2-3(3) 通報—指令部ネットのS data

(3) 消防基地—出動部サブネット

図 3-2-4(1)は、消防基地に焦点を当てたもので、この部分のサブシステムネットを図 3-2-4(2)に示す。ここでは、消防基地が保有する緊急車両台数を示すプレース (P2:□) を用意し、準備待機状態にある緊急車両台数を明示化するものとなっている。これは、消防力の強化シナリオや、第4章で論じる地震時の同時多発火災に対処する戦略出動シナリオの取り扱いを可能とするための工夫でもある。出動指令が完了すると、ここの緊急車両が1台ずつ経路に出る。P3 は、この安全確保のための制御プレースである。トランジションT1 の2つの入力プレースには、従ってトークンが初期配置されることになる。第2章の2-1で、[トランジションの発火則] を示したが、T1はそのR1) の条件を満たすこととなり、抑止条件R2) も満たせば、指令なしに発火し、出動することとなる。(2) で出動制御プレースP1 の説明を保留してあったが、図 3-2-4(2)に示すように、ここからの抑止は、この事態を回避するためのものであることが、[トランジションの発火則] とともに理解されると思う。

(2) と同様に、このサブネットのS d a t aを図 3-2-4(3)に示す。図 3-2-4(2)に示す初期トークン配置は、2-1でのS d a t a書式の説明で述べたように、[TOKEN] の部位に記載されている。即ち、1-1:2-1, 2-1, 2-1:3-1とあるように、当該基地は3台の保有であるとするシナリオ記載である。この繰り返し数を変えることで、消防力強化を視覚表現されてくることが理解されるだろう。

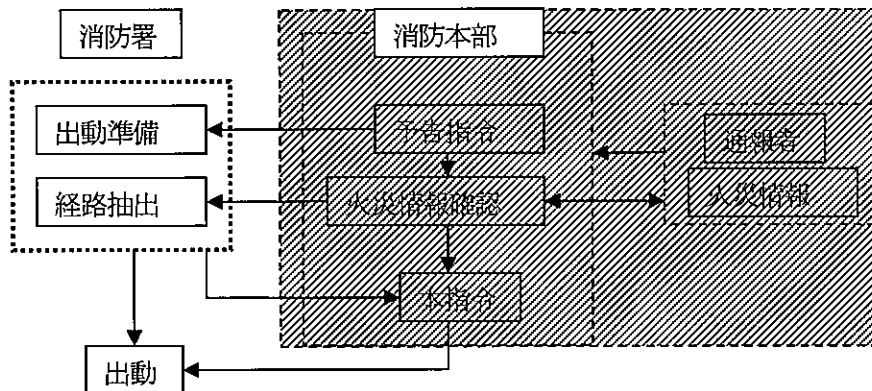


図 3-2-4(1) 消防基地—出動部の概念図

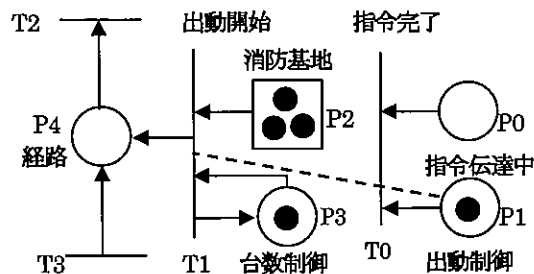


図 3-2-4(2) 消防基地—出動部のサブネット

```

C:\Documents and Settings\Kimata\My Docume...
ファイル(F) 編集(E) 検索(S) ウィンドウ(W) マクロ(M) その他(O) 17:5
PLACE 5↓
-1 1 -1 //P 0 指令伝達中(司令部のP5)↓
1 -1 1 -1 //P 1 出動制御(司令部のP6)↓
-1 1 -1 //P 2 消防基地↓
-1 1 -1 //P 3 台数制御↓
-1 20 -1 //P 4 経路↓
end↓
TRAN ↓
0 1 -1 -1 0 1 //T 0 指令完了(司令部のT5)↓
2 3 -1 3 4 -1 0 1 //T 1 出動開始↓
4 -1 -1 0 1 //T 2 経路↓
-1 4 -1 0 1 //T 3 経路↓
end↓
TOKEN 100↓
1 -1↓
2 -1 2 -1 2 -1↓ ← 保有台数設定
3 -1↓
-2↓
GENE 0↓
-1↓
generetetrantz 0↓
[EOF]
外... 前の... パツ...

```

図 3-2-4(3) 消防基地—出動部のサブネットの S d a t a

(4) 経路走行部サブネット

緊急車両の経路走行部ネットについては、平成 16 年度—17 年度科学研究費補助金研究報告書で、マイクロネットの開発を終えている。そこでは、特に交差点部での走行を取り上げ、信号現示状況と一般車の走行状況、さらには緊急車両接近に伴う一般車の退避運転と信号制御方式をも考慮した詳細記述のネットを構築している。本報告書では、図 3-2-5(1)に示すマクロ図解を基に、図 3-2-5(2)に示す簡略ネットを使用する。そして、一般車交通流の影響の大きな区間は、そのタイマをマイクロシミュレーション結果から設定するという方式を取る。これは、広域出動を先取りしたもので、次節では、このネットを車載GPSにより取得された走行データより自動生成する技術に連動させる。図 3-2-5(3)にそのための S d a t a も示しておく。

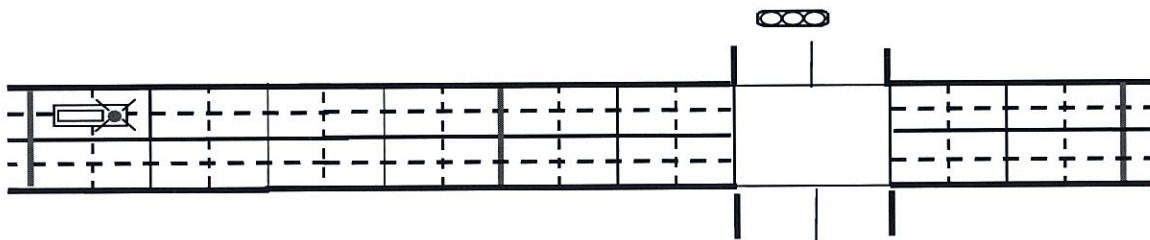


図 3-2-5(1) 緊急車両走行部のマクロ図解

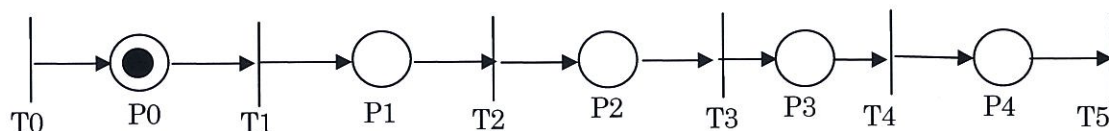


図 3-2-5(2) 緊急車両走行部のマクロサブネット


```

C:\Documents and Settings\Kimata\Desktop...
ファイル(F) 編集(E) 検索(S) ウィンドウ(W) マクロ(M) その他 9:11
PLACE 5↓
-1 20 -1 //P 0 ☒問A↓
-1 20 -1 //P 1 ☒問B↓
-1 20 -1 //P 2 ☒問C↓
-1 40 -1 //P 3 ☒問D (交差点)
-1 20 -1 //P 4 ☒問E↓
end↓
TRAN 6↓
0 -1 0 -1 0 1 //T 0↓
0 -1 1 -1 0 1 //T 1↓
1 -1 2 -1 0 1 //T 2↓
2 -1 3 -1 0 1 //T 3↓
3 -1 4 -1 0 1 //T 4↓
4 -1 -1 0 1 //T 5↓
end↓
TOKEN 100↓
0 -1↓
-2↓
GENE 0↓
-1↓
generetetranZ 0↓
[EOF]
外... 前... パ...

```

図3-2-5(3) 緊急車両走行部のマクロサブネットのS d a t a

緊急車両走行部のマクロサブネットのS d a t aそのものは、図 3-2-5(3)に示すように、比較的単純なものである。[PLACE] 部は、総数は5、各プレースのタイマの記載とそれらプレースへのコメント文で構成されている。[TRAN] 部は、総数は6、各トランジションについて、入力プレース番号、-1、出力プレース番号、-1、トランジション種類 (0 : 通常), 表示・非表示 (1 : 表示, 0 : 非表示), 最後に各トランジションについてのコメント文という構成となっている。しかも、トランジションの入力プレース番号と出力プレース番号は、1行分上下しているだけである。

コメント文は、他のサブシステムネットとの結合化位置を検索するキーワードとなるものである。前述したマクロネットでの交差点部のタイマをマイクロネットによるシミュレーション結果から設定するに際しても、修正するS d a t a部位がこの検索より直ちに特定することが可能となる。さらに、(2) や (3) で述べたサブシステムネットも、この走行部マクロサブシステムネットに同様の手続きで結構されることとなる。例えば、切断型障害は、マクロネットのS d a t a上で、橋梁部というコメント文を、消防基地-出動部サブネットは、基地出口というコメント文を検索し、結合されることになる。即ち、単純なネットではあるが、重要なサブシステムネットであり、現実規模でのその作成技術も重要となる。次節では、この課題についての技術提供について述べる。

3-3 GPSデータによる経路走行部サブネットの構成技術

(1) 車載GPSによる経路走行データの取得手順

現実の緊急車両走行部のマクロサブシステムネットは、図 3-2-5(1), (2)で示したものの拡大版となる。即ち、単純ではあるが、[PLACE] 部の総数も、[TRAN] 部の総数も膨大なものとなり、本研究のテーマである自治体統合化にともなう責務領域の拡大化に対応するには、この部分の作成技術が不可欠となるのである。そのために、車載GPSによって経路走行データを収集し、それを基に、図 3-2-5(3)に示した走行部サブシステムネットの S d a t a と、図 3-2-5(2)に示した走行部サブシステムネットの出力図を描画する座標データ、N d a t a (2-2の図 2-2-3(3)参照)の生成技術を開発した。図 3-3-1に、そのための経路走行データの取得手順を示す。

本報告書では、ポケナビ mamp21EX という機種を使用している。図 3-2-1の左方のフローが、概略手順である。走行計測によって収集されるデータは、計測スパン毎の緯度・経度・標高である。まず、収集されたデータを目的とする経路走行ネットの N d a t a にするため、計算機への入力データとするまでが、「生データ取得」までである。図 3-3-2(1), (2)にその事例を示す。

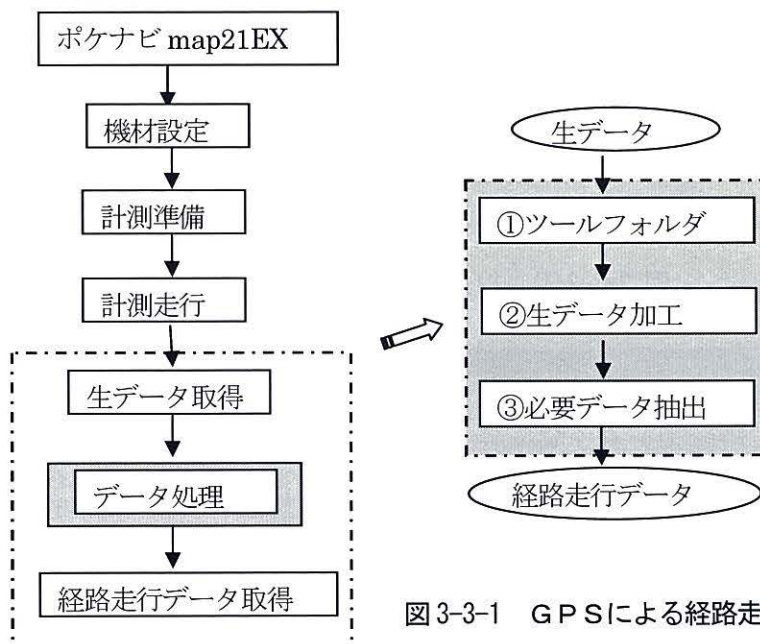


図 3-3-1 GPSによる経路走行データ取得手順



図 3-3-2(1) GPS 生データ

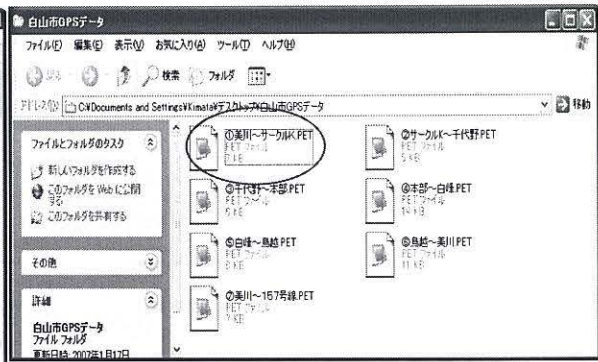


図 3-3-2(2) GPS 生データフォルダ

図 3-3-1 の右方のフローは、この生データを処理し、N d a t a に変換するための前処理で、以下では、そのツールについて説明する。

図 3-3-3(1)が、処理ツールのフォルダである。この中の「GPSデータ変換用マクロ.xlsx」を選択し、図 3-3-3(2)に示すように、先の生データを貼り付ける。それに対して、図 3-3-4 の(1)~(3)の区切り位置処理を行うことで、図 3-3-5 の形式に変換・加工する。

その後、図 3-3-6 に示すように、「GPSデータ変換用マクロ.xlsx」上のボタン、今回のケースで白 mapl21EX 用のクロバ型ボタンを使用し、計測毎の緯度・経度・標高・時間データの形に抽出整理する。最後に、図 3-3-7(1)(2)に示すテキスト形式にして、フォルダ化する。

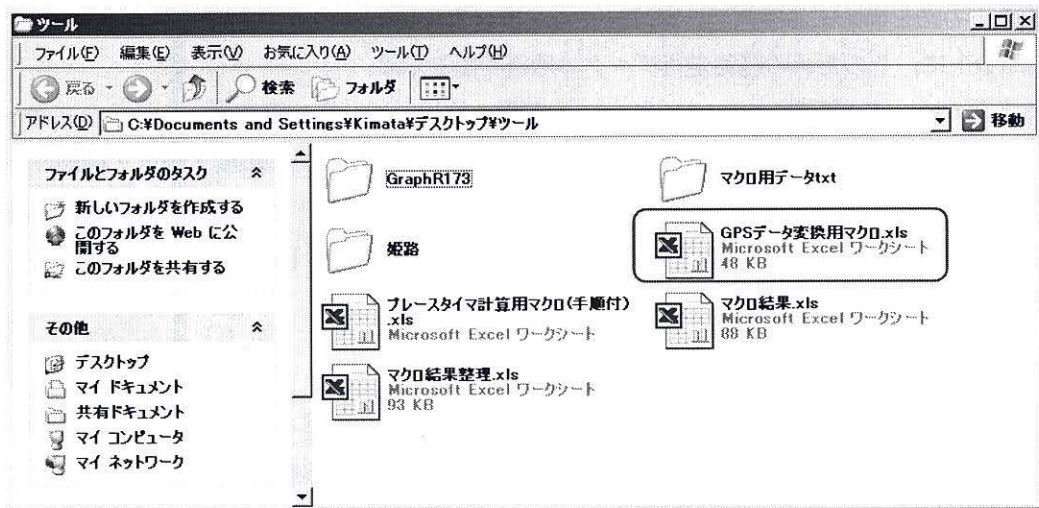


図 3-3-3(1) ツールフォルダ

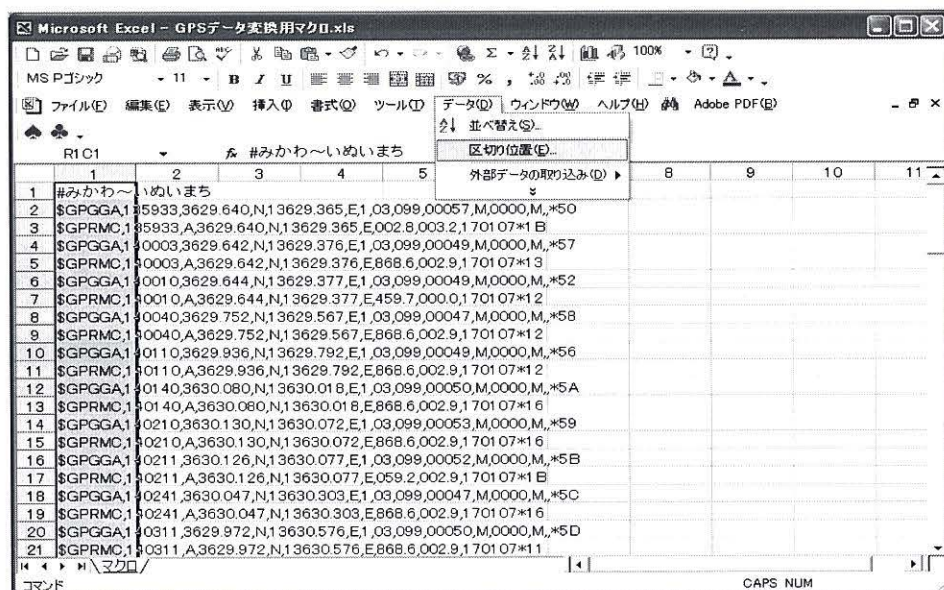


図 3-3-3(2) 生データの変換用マクロへの貼り付け

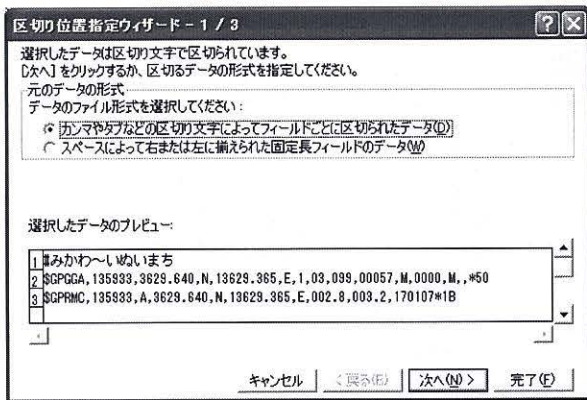


図 3-3-4(1) 区切り位置指定画面 1

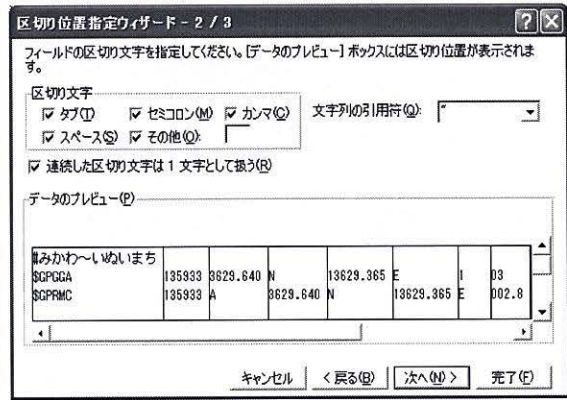


図 3-3-4(2) 区切り位置指定画面 2

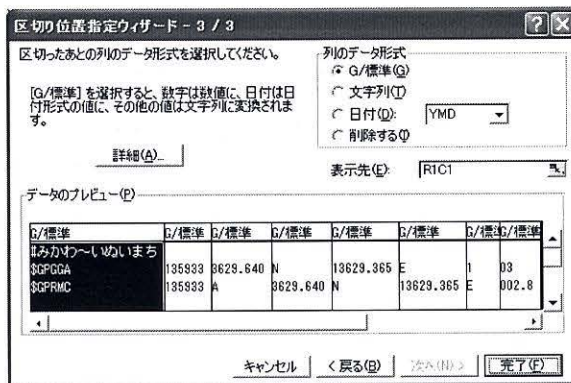


図 3-3-4(3) 区切り位置指定画面 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|------------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|-----------|-----|-----------|----|----|----|----|-----|
| 1 | ほみかわへしぬいまち | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | \$GPGGA | 135933 | 3629.64 | N | 13629.37 | E | | | | | | | | | +50 |
| 3 | \$GPRMC | 135933 | A | 3629.64 | N | 13629.37 | E | 1 | 3 | 99 | 57 | M | | | |
| 4 | \$GPGGA | 140003 | 3629.642 | N | 13629.38 | E | 0.0000 | 1900/1/2 | 3.2 | 170107*1B | | | | | |
| 5 | \$GPRMC | 140003 | A | 3629.642 | N | 13629.38 | E | 1 | 3 | 99 | 49 | M | | | +57 |
| 6 | \$GPGGA | 140010 | 3629.644 | N | 13629.38 | E | 0.0000 | 1902/5/17 | 2.9 | 170107*13 | | | | | |
| 7 | \$GPRMC | 140010 | A | 3629.644 | N | 13629.38 | E | 1 | 3 | 99 | 49 | M | | | +52 |
| 8 | \$GPGGA | 140040 | 3629.752 | N | 13629.57 | E | | | | | | | | | |
| 9 | \$GPRMC | 140040 | A | 3629.752 | N | 13629.57 | E | 1 | 3 | 99 | 47 | M | | | +58 |
| 10 | \$GPGGA | 140110 | 3629.936 | N | 13629.79 | E | | | | | | | | | |
| 11 | \$GPRMC | 140110 | A | 3629.936 | N | 13629.79 | E | 1 | 3 | 99 | 49 | M | | | +56 |
| 12 | \$GPGGA | 140140 | 3630.08 | N | 13630.02 | E | | | | | | | | | |
| 13 | \$GPRMC | 140140 | A | 3630.08 | N | 13630.02 | E | 1 | 3 | 99 | 50 | M | | | +5A |
| 14 | \$GPGGA | 140210 | 3630.13 | N | 13630.07 | E | | | | | | | | | |
| 15 | \$GPRMC | 140210 | A | 3630.13 | N | 13630.07 | E | 1 | 3 | 99 | 53 | M | | | +59 |
| 16 | \$GPGGA | 140211 | 3630.126 | N | 13630.08 | E | | | | | | | | | |
| 17 | \$GPRMC | 140211 | A | 3630.126 | N | 13630.08 | E | 1 | 3 | 99 | 52 | M | | | +5B |
| 18 | \$GPGGA | 140241 | 3630.047 | N | 13630.3 | E | | | | | | | | | |
| 19 | \$GPRMC | 140241 | A | 3630.047 | N | 13630.3 | E | 1 | 3 | 99 | 47 | M | | | +5C |
| 20 | \$GPGGA | 140311 | 3629.972 | N | 13630.58 | E | | | | | | | | | |
| 21 | \$GPRMC | 140311 | A | 3629.972 | N | 13630.58 | E | 1 | 3 | 99 | 50 | M | | | +5D |
| 22 | \$GPGGA | 140341 | 3629.902 | N | 13630.82 | E | | | | | | | | | |
| 23 | \$GPRMC | 140341 | A | 3629.902 | N | 13630.82 | E | 1 | 3 | 99 | 54 | M | | | +57 |
| 24 | \$GPGGA | 140411 | 3629.89 | N | 13630.85 | E | | | | | | | | | |
| 25 | \$GPRMC | 140411 | A | 3629.89 | N | 13630.85 | E | 1 | 3 | 99 | 54 | M | | | +5E |
| 26 | \$GPGGA | 140441 | 3629.757 | N | 13631.06 | E | | | | | | | | | |
| 27 | \$GPRMC | 140441 | A | 3629.757 | N | 13631.06 | E | 1 | 3 | 99 | 58 | M | | | +5D |
| 28 | \$GPGGA | 140511 | 3629.573 | N | 13631.29 | E | | | | | | | | | |
| 29 | \$GPRMC | 140511 | A | 3629.573 | N | 13631.29 | E | 1 | 3 | 99 | 60 | M | | | +5F |
| 30 | \$GPGGA | 140541 | 3629.516 | N | 13631.49 | E | | | | | | | | | |
| 31 | \$GPRMC | 140541 | A | 3629.516 | N | 13631.49 | E | 1 | 3 | 99 | 60 | M | | | +52 |
| 32 | \$GPGGA | 140542 | 3629.521 | N | 13631.5 | E | | | | | | | | | |
| 33 | \$GPRMC | 140542 | A | 3629.521 | N | 13631.5 | E | 1 | 3 | 99 | 60 | M | | | +54 |
| 34 | \$GPGGA | 140612 | 3629.647 | N | 13631.78 | E | | | | | | | | | |
| 35 | \$GPRMC | 140612 | A | 3629.647 | N | 13631.78 | E | 1 | 3 | 99 | 58 | M | | | +51 |
| 36 | \$GPGGA | 140642 | 3629.779 | N | 13632.09 | E | | | | | | | | | |
| 37 | \$GPRMC | 140642 | A | 3629.779 | N | 13632.09 | E | 1 | 3 | 99 | 61 | M | | | +52 |
| 38 | \$GPGGA | 140712 | 3629.901 | N | 13632.38 | E | | | | | | | | | |
| 39 | \$GPRMC | 140712 | A | 3629.901 | N | 13632.38 | E | 1 | 3 | 99 | 64 | M | | | +56 |
| 40 | \$GPGGA | 140742 | 3629.933 | N | 13632.45 | E | | | | | | | | | |
| 41 | \$GPRMC | 140742 | A | 3629.933 | N | 13632.45 | E | 1 | 3 | 99 | 66 | M | | | +50 |
| 42 | \$GPGGA | 140812 | 3629.897 | N | 13632.56 | E | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | +50 |

図 3-3-5 区切り位置指定後のデータ



緯度(1/10秒) 経度(1/10秒) 緯度(秒) 経度(秒) 標高(m) 時間(s)

| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----|----|------|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 99 | 57 M | O M | +50 | 1313784 | 4913819 | 131378.4 | 491381.9 | 57 | 30 | | | | | | |
| 3 | 99 | 49 M | O M | +52 | 1313785.2 | 4913625.6 | 131378.52 | 491362.56 | 49 | 30 | | | | | | |
| 4 | 99 | 47 M | O M | +50 | 1313786.4 | 4913626.2 | 131378.64 | 491362.62 | 49 | 30 | | | | | | |
| 5 | 99 | 49 M | O M | +50 | 1313851.2 | 4913740.2 | 131385.12 | 491374.02 | 47 | 30 | | | | | | |
| 6 | 99 | 49 M | O M | +50 | 1313961.6 | 4913875.2 | 131396.16 | 491387.52 | 49 | 30 | | | | | | |
| 7 | 99 | 50 M | O M | +5A | 1314048 | 4914010.8 | 131404.8 | 491401.08 | 50 | 30 | | | | | | |
| 8 | 99 | 53 M | O M | +50 | 1314078 | 4914043.2 | 131407.8 | 491404.32 | 53 | 30 | | | | | | |
| 9 | 99 | 52 M | O M | +5B | 1314075.6 | 4914046.2 | 131407.56 | 491404.62 | 52 | 30 | | | | | | |
| 10 | 99 | 47 M | O M | +50 | 1314028.2 | 4914181.8 | 131402.82 | 491418.18 | 47 | 30 | | | | | | |
| 11 | 99 | 50 M | O M | +5D | 1313983.2 | 4914345.6 | 131398.32 | 491434.56 | 50 | 30 | | | | | | |
| 12 | 99 | 54 M | O M | +57 | 1313941.2 | 4914493.2 | 131394.12 | 491449.32 | 54 | 30 | | | | | | |
| 13 | 99 | 54 M | O M | +5E | 1313934 | 4914507 | 131393.4 | 491450.7 | 54 | 30 | | | | | | |
| 14 | 99 | 59 M | O M | +5D | 1313854.2 | 4914636 | 131385.42 | 491463.6 | 59 | 30 | | | | | | |
| 15 | 99 | 60 M | O M | +5F | 1313743.8 | 4914776.4 | 131374.38 | 491477.64 | 60 | 30 | | | | | | |
| 16 | 99 | 60 M | O M | +52 | 1313709.6 | 4914892.8 | 131370.96 | 491489.28 | 60 | 30 | | | | | | |
| 17 | 99 | 60 M | O M | +51 | 1313712.6 | 4914898.8 | 131371.26 | 491489.88 | 60 | 30 | | | | | | |
| 18 | 99 | 59 M | O M | +52 | 1313788.2 | 4915068.6 | 131378.82 | 491506.86 | 59 | 30 | | | | | | |
| 19 | 99 | 61 M | O M | +52 | 1313867.4 | 4915256.4 | 131386.74 | 491525.64 | 61 | 30 | | | | | | |
| 20 | 99 | 64 M | O M | +50 | 1313940.6 | 4915429.2 | 131394.06 | 491542.92 | 64 | 30 | | | | | | |
| 21 | 99 | 64 M | O M | +50 | 1313959.8 | 4915469.4 | 131395.98 | 491546.94 | 66 | 30 | | | | | | |
| 22 | 99 | 66 M | O M | +53 | 1313998.2 | 4915535.4 | 131399.82 | 491553.54 | 62 | 30 | | | | | | |
| 23 | 99 | 67 M | O M | +53 | 1314108 | 4915720.8 | 131410.8 | 491572.08 | 62 | 30 | | | | | | |
| 24 | 99 | 62 M | O M | +5C | 1314216 | 4915899.6 | 131421.6 | 491589.96 | 63 | 30 | | | | | | |
| 25 | 99 | 66 M | O M | +54 | 1314000 | 4916728 | 131400.0 | 491672.8 | 66 | 30 | | | | | | |
| 26 | 99 | 66 M | O M | +5B | 1314603.2 | 4916766 | 131460.32 | 491676.6 | 66 | 30 | | | | | | |
| 27 | 99 | 67 M | O M | +52 | 1314297.6 | 4915047.8 | 131429.76 | 491504.78 | 67 | 30 | | | | | | |
| 28 | 99 | 67 M | O M | +53 | 1314257.6 | 4915278.2 | 131425.76 | 491527.82 | 66 | 30 | | | | | | |
| 29 | 99 | 69 M | O M | +57 | 1314325.2 | 4916284.4 | 131432.52 | 491628.44 | 69 | 30 | | | | | | |
| 30 | 99 | 72 M | O M | +57 | 1314325.2 | 4916284.4 | 131432.52 | 491628.44 | 72 | 30 | | | | | | |
| 31 | 99 | 70 M | O M | +5E | 1314320.4 | 4916282.4 | 131432.04 | 491628.24 | 70 | 30 | | | | | | |
| 32 | 99 | 78 M | O M | +5F | 1314324.8 | 4916384.2 | 131432.48 | 491638.42 | 78 | 30 | | | | | | |
| 33 | 99 | 66 M | O M | +53 | 1314284.8 | 4916454.8 | 131428.48 | 491645.48 | 66 | 30 | | | | | | |
| 34 | 99 | 64 M | O M | +51 | 1314403.8 | 4916502.2 | 131440.38 | 491650.22 | 64 | 30 | | | | | | |
| 35 | 99 | 66 M | O M | +50 | 1314000 | 4916728 | 131400.0 | 491672.8 | 66 | 30 | | | | | | |
| 36 | 99 | 66 M | O M | +50 | 1314603.2 | 4916766 | 131460.32 | 491676.6 | 66 | 30 | | | | | | |
| 37 | 99 | 78 M | O M | +57 | 1314637.8 | 4916766 | 131463.78 | 491676.6 | 78 | 30 | | | | | | |
| 38 | 99 | 77 M | O M | +59 | 1314639 | 4916702 | 131463.9 | 491670.2 | 77 | 30 | | | | | | |
| 39 | 99 | 70 M | O M | +57 | 1314742.8 | 4916862.2 | 131474.28 | 491686.22 | 70 | 30 | | | | | | |
| 40 | 99 | 63 M | O M | +5D | 1314876 | 4917000 | 131487.6 | 491700.0 | 63 | 30 | | | | | | |
| 41 | 99 | 57 M | O M | +59 | 1314861 | 4917133.2 | 131486.1 | 491713.32 | 57 | 30 | | | | | | |
| 42 | 99 | 61 M | O M | +5A | 1315013.4 | 4917226.2 | 131501.34 | 491722.62 | 61 | 24 | | | | | | |

図 3-3-6 必要データの抽出

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----|----|
| 1313784 | 4913819 | 131378.4 | 491381.9 | 57 | 30 |
| 1313785.2 | 4913625.6 | 131378.52 | 491362.56 | 49 | 30 |
| 1313786.4 | 4913626.2 | 131378.64 | 491362.62 | 49 | 30 |
| 1313851.2 | 4913740.2 | 131385.12 | 491374.02 | 47 | 30 |
| 1313961.6 | 4913875.2 | 131396.16 | 491387.52 | 49 | 30 |
| 1314048 | 4914010.8 | 131404.8 | 491401.08 | 50 | 30 |
| 1314078 | 4914043.2 | 131407.8 | 491404.32 | 53 | 30 |
| 1314075.6 | 4914046.2 | 131407.56 | 491404.62 | 52 | 30 |
| 1314028.2 | 4914181.8 | 131402.82 | 491418.18 | 47 | 30 |
| 1313983.2 | 4914345.6 | 131398.32 | 491434.56 | 50 | 30 |
| 1313941.2 | 4914493.2 | 131394.12 | 491449.32 | 54 | 30 |
| 1313934 | 4914507 | 131393.4 | 491450.7 | 54 | 30 |
| 1313854.2 | 4914636 | 131385.42 | 491463.6 | 58 | 30 |
| 1313743.8 | 4914776.4 | 131374.38 | 491477.64 | 60 | 30 |
| 1313709.6 | 4914892.8 | 131370.96 | 491489.28 | 60 | 30 |
| 1313712.6 | 4914898.8 | 131371.26 | 491489.88 | 60 | 30 |
| 1313788.2 | 4915068.6 | 131378.82 | 491506.86 | 58 | 30 |
| 1313867.4 | 4915256.4 | 131386.74 | 491525.64 | 61 | 30 |
| 1313940.6 | 4915429.2 | 131394.06 | 491542.92 | 64 | 30 |
| 1313959.8 | 4915469.4 | 131395.98 | 491546.94 | 66 | 30 |
| 1313998.2 | 4915535.4 | 131399.82 | 491553.54 | 62 | 30 |
| 1314108 | 4915720.8 | 131410.8 | 491572.08 | 62 | 30 |
| 1314216 | 4915899.6 | 131421.6 | 491589.96 | 63 | 30 |

図 3-3-7(1) テキストファイルの作成

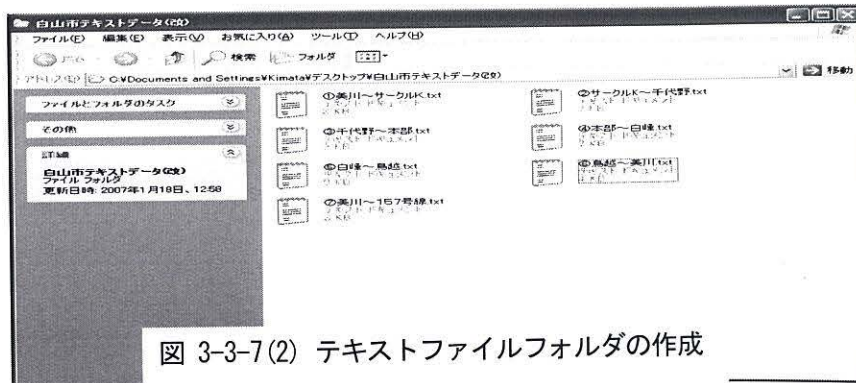


図 3-3-7(2) テキストファイルフォルダの作成

(2) GPS計測データによる経路走行部ネットのN d a t a・S d a t aの生成手順

走行部サブシステムネットを出力図として生成するには、第2章の2-2で述べたように、ネット図の各要素を特定化したS d a t aと、出力図としての各要素の表示座標データであるN d a t aが必要となる。車載GPSで収集した経路走行データは、座標データではあるが、ペトリネットシミュレータのN d a t a形式とはなっていない。この項では、図3-3-8に示す手順で、経路走行データから走行部サブシステムネットの出力図生成に必要なペトリ系N d a t aと、それからS d a t aが自動記載されるまでを説明する。

図3-3-8に示すように、ここでは新たに「GPS変換マクロ. x l x」というファイルを使用する。これは、図3-3-9(1)に示すように、<Control><FileSearch><FileRead><GPSNdara><変換><ペトリNdara><ペトリSdata>という設計された各シートより構成されたE x c e lファイルである。<Control>シートには、このファイルの使用手順が説明してある。

まず、図3-3-9(2)、(3)に示すように、<FileSearch>で(1)の手順で作成し、保存されている経路データを調べ、図3-3-9(3)に示すように、TまたはFを選択・指定し、「実行2」のボタンを押すと、図3-3-10に示すように、<FileRead>シートにその結果が表示されてくる。

図3-3-9(3)では、「本部一白峰」の読み込みと、グラフ設定が選択・指定されており、図3-3-10は、計測順にその地点データが読み出されるとともに、計測地点の位置と標高を示す2つのグラフ、「地点プロット図」が表示されている。計測は、設定された時間間隔でなされる。停車時は同一地点が計測されることになる。同一データが連続して見られるのはそのためである。

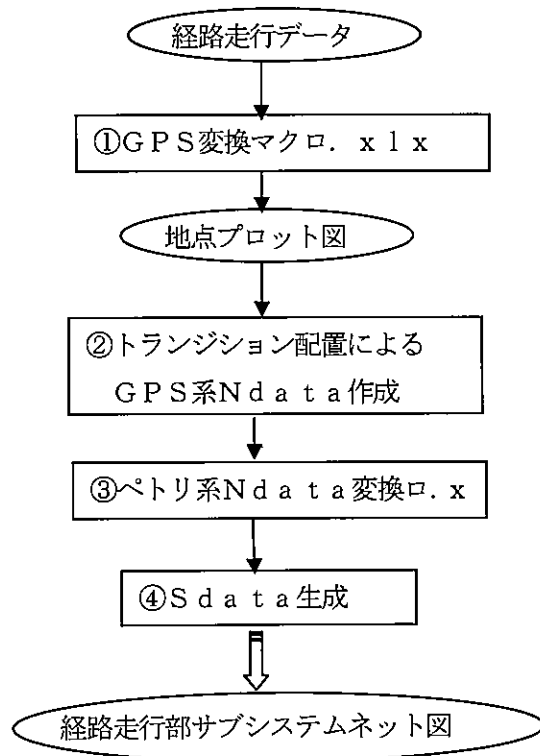


図3-3-8 走行部サブネットのS d a t a生成手順

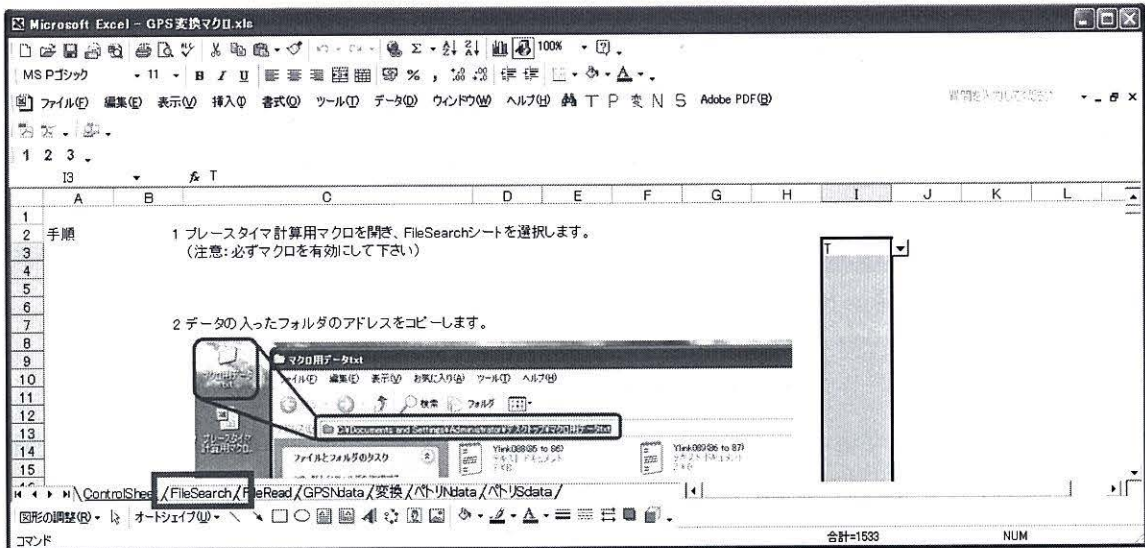


図 3-3-9(1) GPS変換マクロのExcelファイル

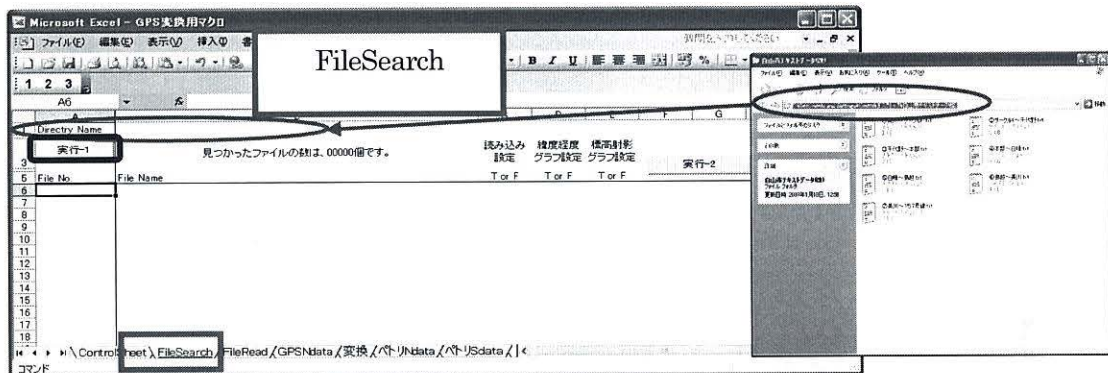


図 3-3-9(2) GPS変換マクロの<FileSearch>シート

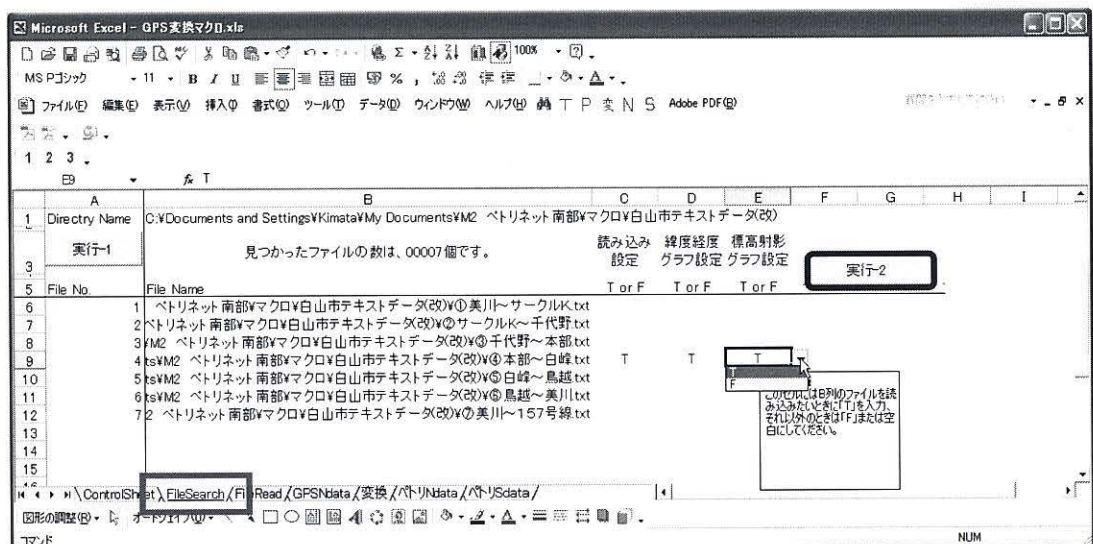


図 3-3-9(3) <FileSearch>シートの実行画面

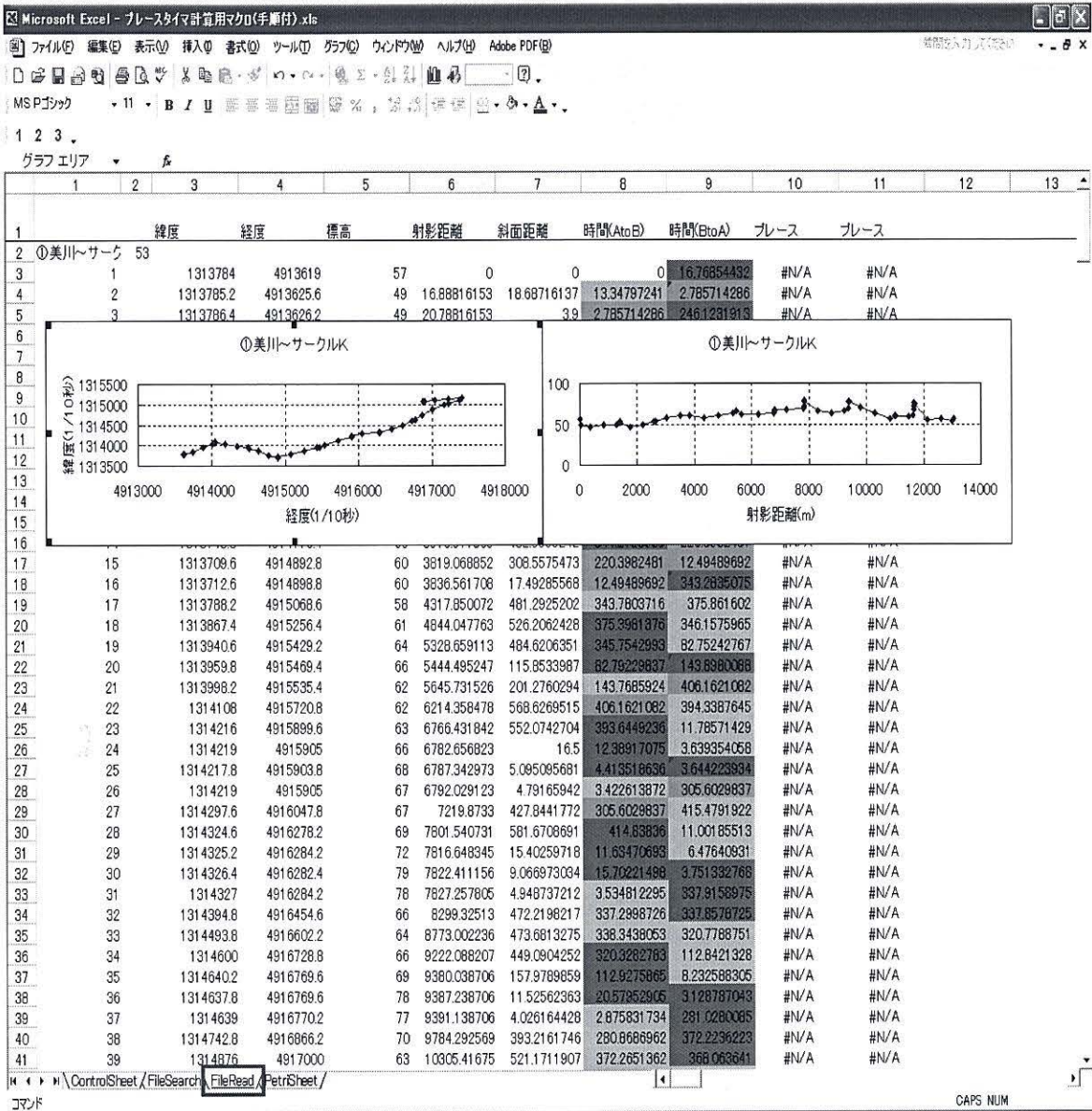


図 3-3-10 地点データ及び地点プロット図の出力

以上が図 3-3-8 の①のステップである。②のトランジションの配置とは、3-2の(4)で示した走行部マクロネット図、即ち、図 3-2-5(2)のトランジションの配置を意味する。これは、図 3-2-5(1)に示した実道路空間の地点に対応するものであり、当然、その位置座標を持つものである。GPS計測されたデータは、その座標候補である。第2章で述べたペトリネット基本技術では、ネット図を手書きし、そのSdataを作成し、ペトリシミュレータを用いて要素配置を行うことで出力用ネット図が構築されるとともに、その座標データとしてNdataが生成されるとしてきた。図 3-3-8 の②以下のステップは、これと全く逆の手順をとる。

即ち、先に求めた地点プロット図上でトランジションを指定し、その座標データからGPA座標系のNdataを作成し、これを基に、プレースの配置とSdataを逆算することとなる。図 3-3-11は、地点プロット図を参照し、トランジション位置をT指定で行っている図である。その結果は、図 3-3-12に示すように、<GPSNdata>シート上のマクロボタン、4、5で変換される。

プレースの配置は、その前後のトランジションの中間とし、タイムは、トランジションの距離を想定車速で除して求めている。このNdataは、図 2-2-3(3)に示したペトリネット系のNdataの形式の一部のみ、即ち位置座標のみを定めるものである。その位置座標も地理系のものである。図 3-3-8の③は、このGPS系Ndataをペトリ系に変換するものである。

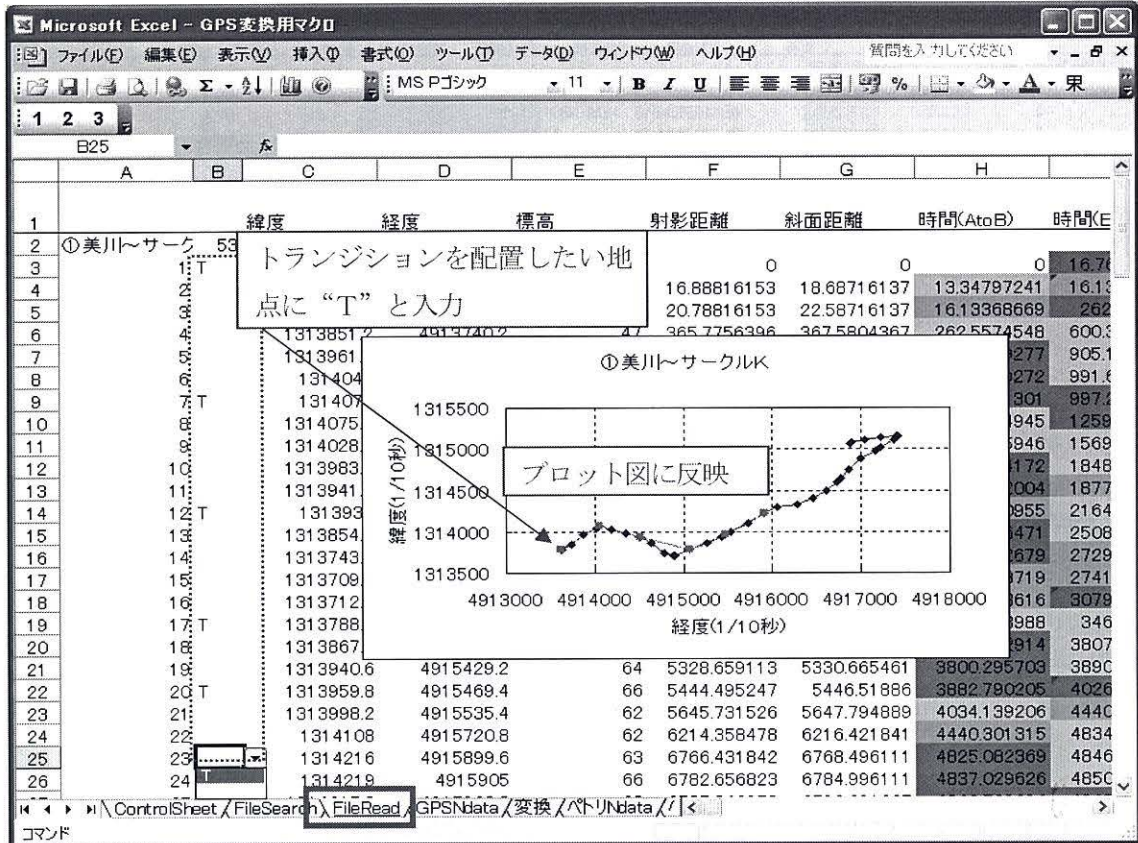


図 3-3-11 地点プロット図参照でのトランジション配置選択

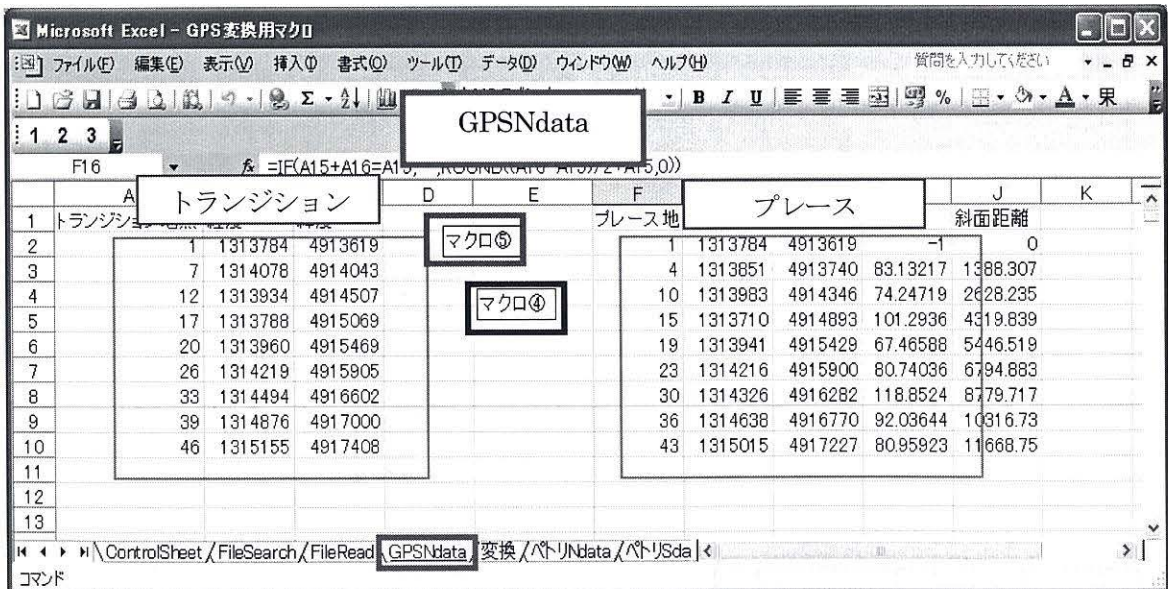


図 3-3-12 GPS 座標系 Ndata の出力画面

GPS系のN d a t aをペトリ系のN d a t aに変換するには、緯度・経度系を、ペトリネットシミュレータで背景画像として使用するピクセル系に相似変換する必要がある。図 3-3-13(1)は、mapplによる地図表示である。その上でポイント指示すると、その地点の緯度・経度座標が表示される。一方、図 3-3-13(2)は、ペトリネットシミュレータで背景画像として使用する形式のものであり、同一点をポイント指示すると、ピクセル座標が表示される。このような作業を2つの基準点で行い、データを取得し、図 3-3-13(3)の<変換>シートに入力することとなる。

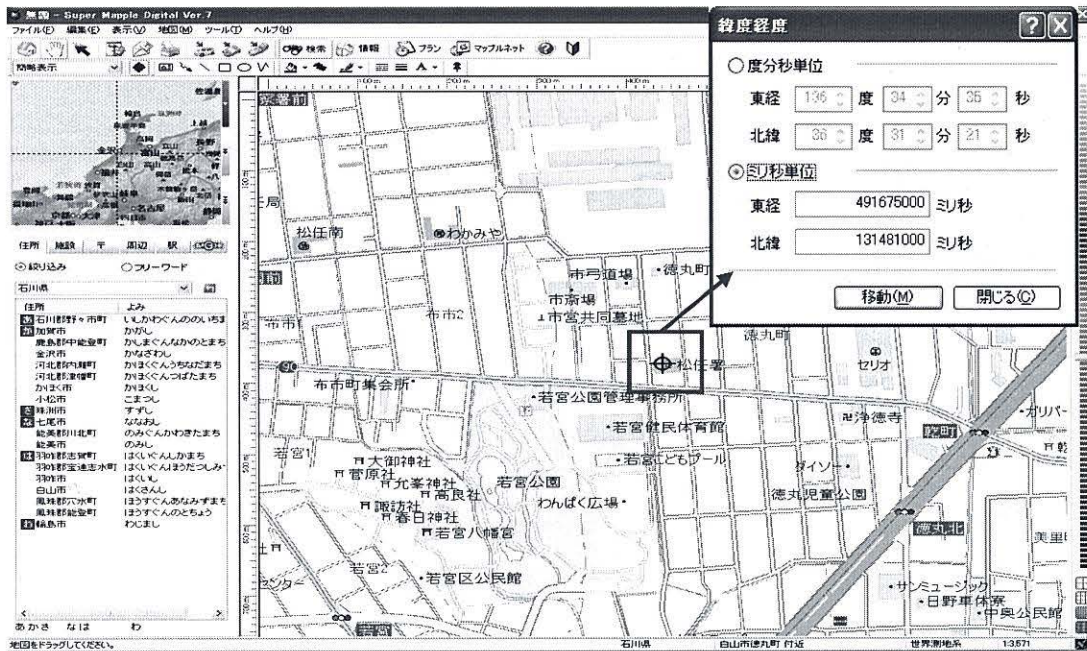
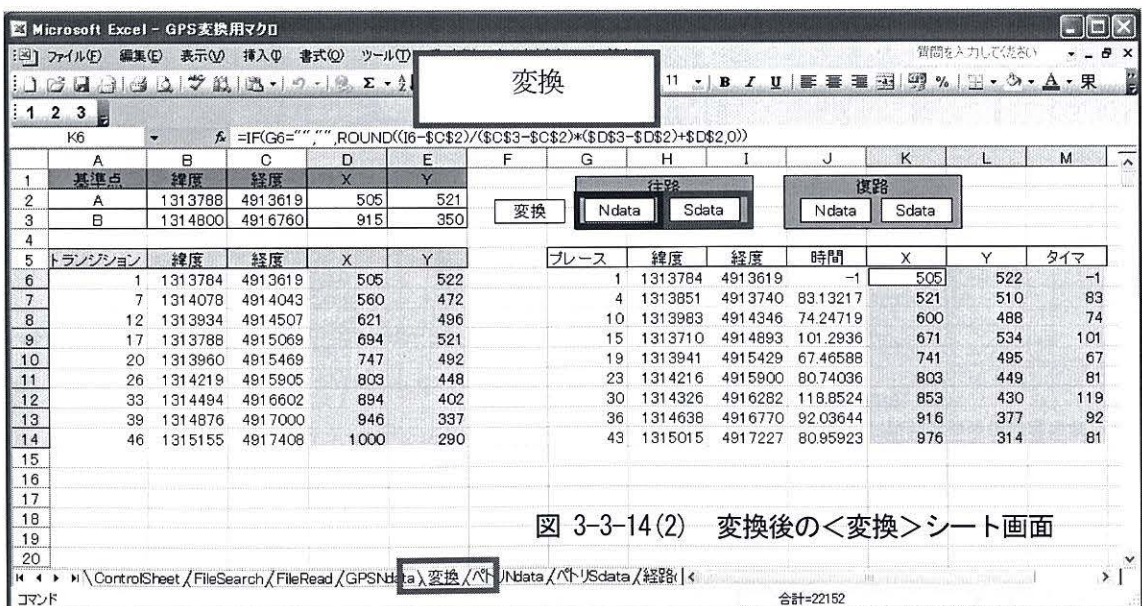
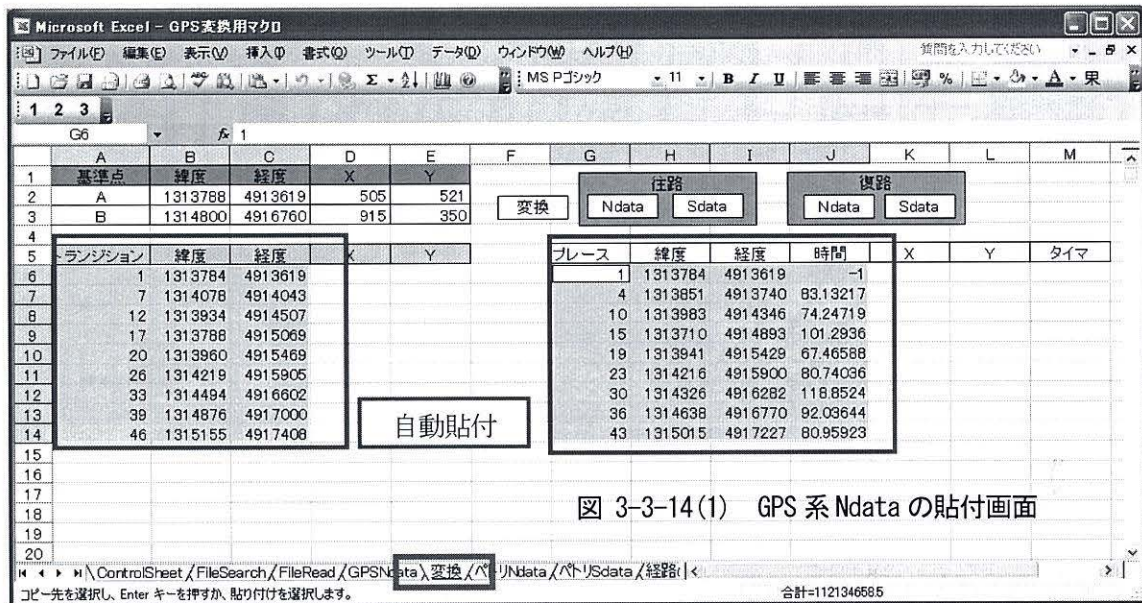
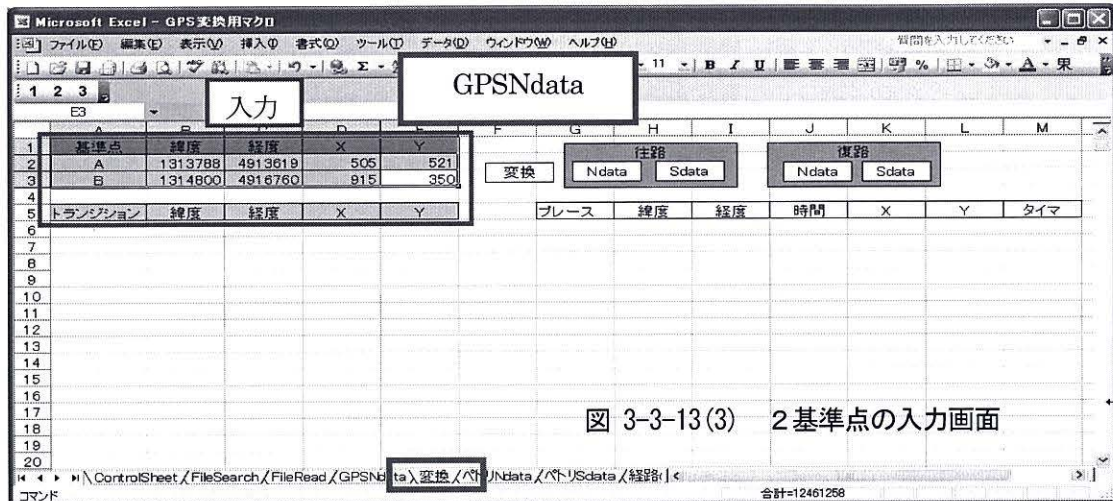


図 3-3-13(1) 基準点の緯度・経度設定画面



図 3-3-13(2) 基準点のピクセル座標 (x, y) 設定画面



基準点の入力後、図 3-3-14(1)に示すように、図 3-3-12 のGPS系N d a t aが自動添付され、変換ボタンにより、図 3-3-14(1)に示すようなペトリ座標系データに相似変換される。

この段階では、座標データだけがペトリ系となっただけである。それを図 2-2-3(3)のペトリネット系のN d a t aに変換するのが、<ペトリ Ndata>シートである。

図 3-3-15 では、プレースについては、“番号”、“座標”、“radius(プレースの半径)”が付加され、トランジションについては、“番号”、“座標”、“angle(表示角度)”が付与され、図 2-2-3(3)に示した形式として整理されてくる。

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
|----|-------|----------|---|-----|--------|------|----------|---|------|-------|-------|----------|---|---|--------|------|----------|
| 1 | PLACE | absolute | x | y | radius | TRAN | absolute | x | y | angle | PLACE | absolute | x | y | radius | TRAN | absolute |
| 2 | | 0 | | 505 | 522 | 12 | 0 | | 505 | 522 | 53 | | | | | | |
| 3 | 1 | | | 521 | 510 | 12 | 1 | | 560 | 472 | 74 | | | | | | |
| 4 | 2 | | | 600 | 488 | 12 | 2 | | 621 | 496 | 123 | | | | | | |
| 5 | 3 | | | 671 | 534 | 12 | 3 | | 694 | 521 | 61 | | | | | | |
| 6 | 4 | | | 741 | 495 | 12 | 4 | | 747 | 492 | 53 | | | | | | |
| 7 | 5 | | | 803 | 449 | 12 | 5 | | 803 | 448 | 69 | | | | | | |
| 8 | 6 | | | 853 | 430 | 12 | 6 | | 894 | 402 | 50 | | | | | | |
| 9 | 7 | | | 916 | 377 | 12 | 7 | | 946 | 337 | 44 | | | | | | |
| 10 | 8 | | | 976 | 314 | 12 | 8 | | 1000 | 290 | 180 | | | | | | |

図 3-3-15 走行部サブシステムネットのNdata 出力

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|----|-------|----------|---|-----|--------|------|----------|----|----|-------|-------|----------|-------|---|--------|------|----------|-------|
| 1 | PLACE | absolute | x | y | radius | TRAN | absolute | x | y | angle | PLACE | absolute | x | y | radius | TRAN | absolute | end |
| 2 | | 9 | | | | 0 | | 9 | | | | | | | | | | end |
| 3 | | -1 | | -1 | -1 //P | 0 | | -1 | 0 | -1 | 0 | 1 //T | 0 | | | | | TOKEN |
| 4 | | -1 | | 83 | -1 //P | 1 | | 0 | -1 | 1 | -1 | 0 | 1 //T | 1 | | | | 100 |
| 5 | | -1 | | 74 | -1 //P | 2 | | 1 | -1 | 2 | -1 | 0 | 1 //T | 2 | | | | GENE |
| 6 | | -1 | | 101 | -1 //P | 3 | | 2 | -1 | 3 | -1 | 0 | 1 //T | 3 | | | | -2 |
| 7 | | -1 | | 67 | -1 //P | 4 | | 3 | -1 | 4 | -1 | 0 | 1 //T | 4 | | | | 0 |
| 8 | | -1 | | 81 | -1 //P | 5 | | 4 | -1 | 5 | -1 | 0 | 1 //T | 5 | | | | |
| 9 | | -1 | | 119 | -1 //P | 6 | | 5 | -1 | 6 | -1 | 0 | 1 //T | 6 | | | | |
| 10 | | -1 | | 92 | -1 //P | 7 | | 6 | -1 | 7 | -1 | 0 | 1 //T | 7 | | | | |
| 11 | | -1 | | 81 | -1 //P | 8 | | 7 | -1 | 8 | -1 | 0 | 1 //T | 8 | | | | |

図 3-3-16 走行部サブシステムネットのSdata 生成

このときの走行部サブシステムネットの一部を合せて示してある。図 3-3-16 に示すように、プレースとトランジションの総数は同じとしてある。そのために最初か最後で不整合が生じることになる。また、プレースの配置をトランジション間とすることからも不整合が生じる。最終的には始端部についての処理が残ることになる。

以上でGPS計測データから走行部サブシステムネットの構成要素とその位置座標が定まる。走行部サブシステムネットそのものは単純であるが、広域化した責務地域での検討には、膨大な構成要素となり、S d a t a 記載が問題となるとした。それもこのN d a t a から自動生成することができる。即ち、<ペトリ Sdata>シートによる自動作成結果を図 3-3-16 に示す。

最後に、ペトリネットシミュレータ実行のためのテキスト形式のS d a t a ・N d a t a を図 3-3-17(1), (2)に示す。

The screenshot shows a text editor window titled '(無題)(更新) - 秀丸'. The content is as follows:

```

PLACE 9
      -1      -1      -1      //P      0↓
      -1      83      -1      //P      1↓
      -1      74      -1      //P      2↓
      -1      101     -1      //P      3↓
      -1      67      -1      //P      4↓
      -1      81      -1      //P      5↓
      -1      119     -1      //P      6↓
      -1      92      -1      //P      7↓
      -1      81      -1      //P      8↓

end↓
TRAN  9
      -1      0      -1      0      1      //T      ↓
0      -1      1      -1      0      1      //T      0↓
1      -1      2      -1      0      1      //T      1↓
2      -1      3      -1      0      1      //T      2↓
3      -1      4      -1      0      1      //T      3↓
4      -1      5      -1      0      1      //T      4↓
5      -1      6      -1      0      1      //T      5↓
6      -1      7      -1      0      1      //T      6↓
7      -1      8      -1      0      1      //T      7↓
8      -1      8      -1      0      1      //T      8↓

end↓
[EOF]
外部...      前の...      バック...
  
```

図 3-3-17(1) 走行部サブシステムネットのS d a t a

The screenshot shows a text editor window titled '(無題)(更新) - 秀丸'. The content is as follows:

```

PLACE absoluteposition  x,  y  radius↓
0      505      522      12↓
1      521      510      12↓
2      600      488      12↓
3      671      534      12↓
4      741      495      12↓
5      803      449      12↓
6      853      430      12↓
7      916      377      12↓
8      976      314      12↓

↓
TRAN absoluteposition  x,  y  angle↓
0      505      522      53↓
1      560      472      74↓
2      621      496      123↓
3      694      521      61↓
4      747      492      53↓
5      803      448      69↓
6      894      402      50↓
7      946      337      44↓
8      1000     290      180↓

[EOF]
外部...      前の...      バック...
  
```

図 3-3-17(2) 走行部サブシステムネットのN d a t a

(3) 走行部サブシステムネットの自動生成と付加作業

走行部サブシステムネットのS d a t aとN d a t aが、経路走行GPSデータより作成されることを述べてきた。この2つのデータが揃えば、ペトリネットシミュレータによってファイルを開くだけで、視覚型シミュレーションの出力ネット図は自動構築される。即ち、図3-3-18(1)のように保存されたファイルを、図3-3-18(2)に示す「Color PetriNet Simulation System」で開くだけで、(2)で取り上げた経路走行部ネットが自動的に描画されてくることになる。

現実事例では、このような経路が複数個あり、それらについても同様にして、車載GPSで走行データを採取し、ネット構築を進めることになる。その際には、図3-3-19に示すように、重複部分が存在するケースもある。その処理がまず必要となる。図3-3-19には、超腹部を出力ネット図で見つけ出し、削除処理することで修正できることを示している。

もう一つの作業が、経路の結合化である。トランジションへの入出力プレースの設定で対応がなされることになるが、これには前述したように、S d a t a上にコメント文を確りと記入しておき、それらを検索する形ですめるのが望ましい。図3-3-20は、経路の始端を認識することで経路3と経路4の結合化を行っている事例である。

さらに、交差点部の処理が必要となる。それぞれの地点で、緊急車両の出動シナリオとの関係で、トランジションへの入出力プレースの設定が求められる。図3-3-22は、具体的に適用地域で交差点を抽出し、出動シナリオとの関連で交差点タイプを分類している。第4章の地震時出動では、同時多発火災への対応のために、この部分の精緻化が必要となる。ここでは、課題の指摘のみにとどめる。

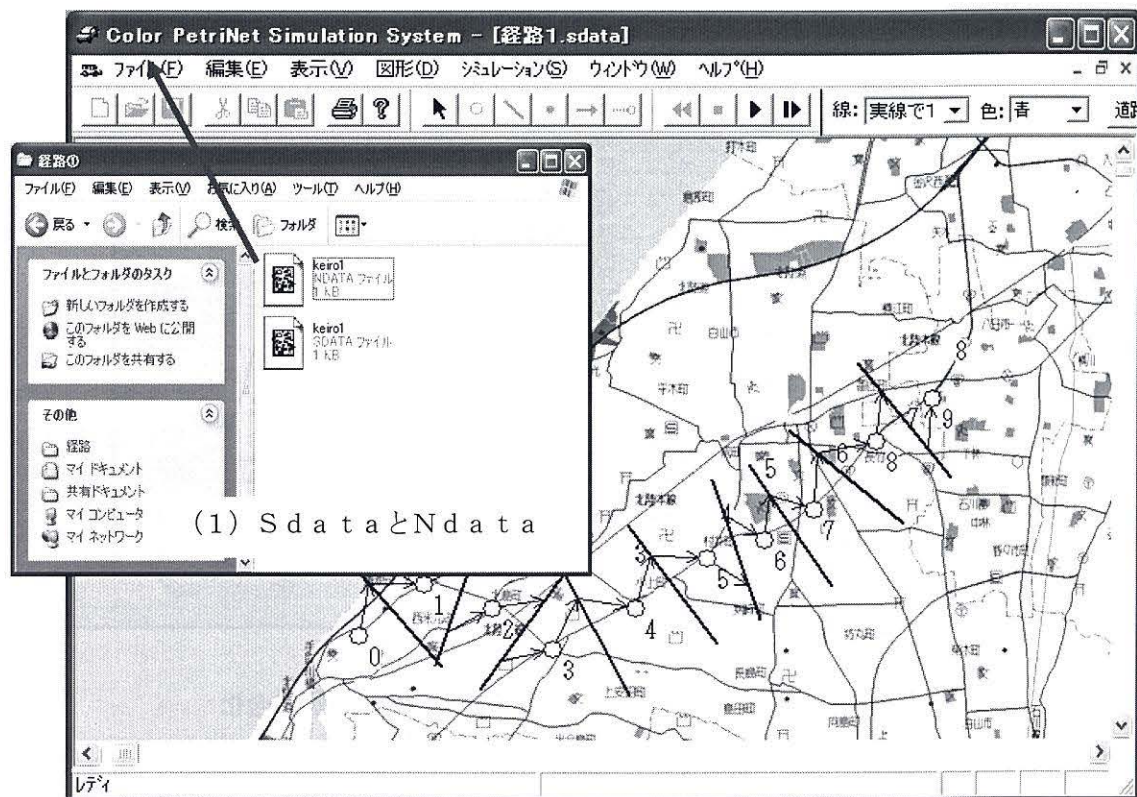


図 3-3-19 (2) 背景画像でのPetri.exe 実行画面

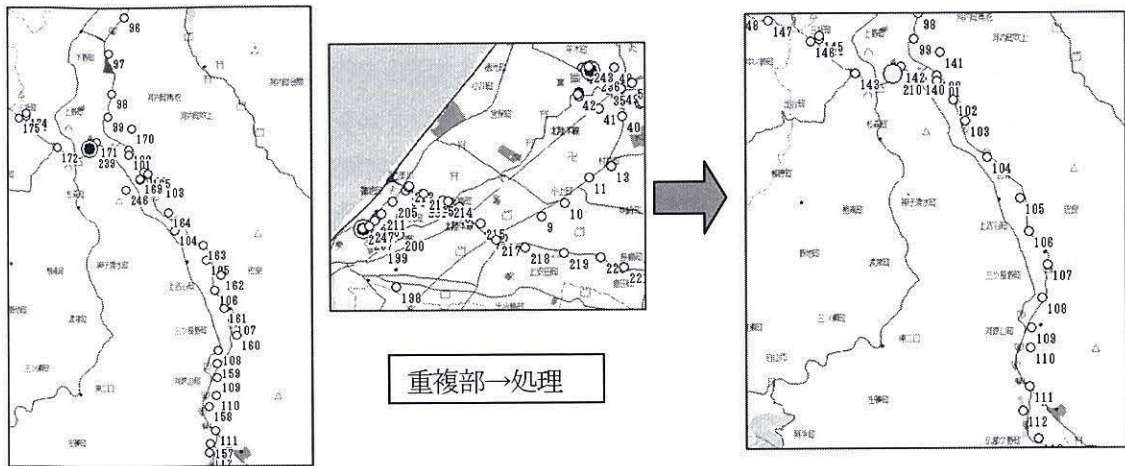


図 3-3-19 複数経路の重複処理

Microsoft Excel - コピー ~ 変換

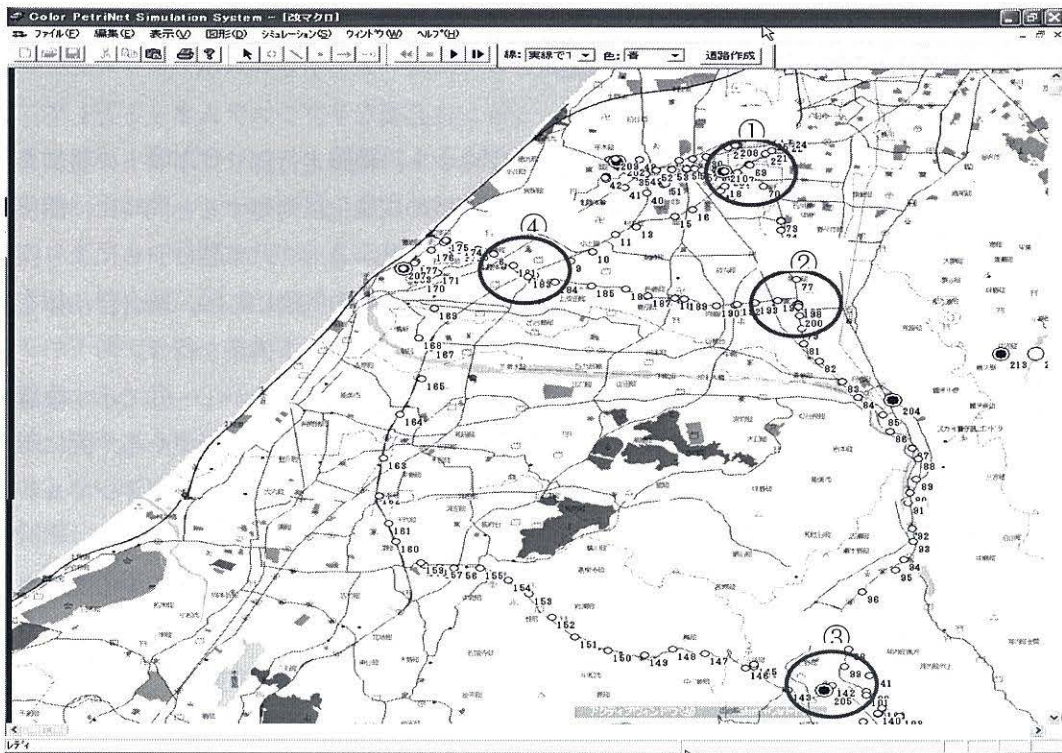
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) 詳細化(カ)して(カ)さ(カ)す

MS Pゴシック 11 B I U

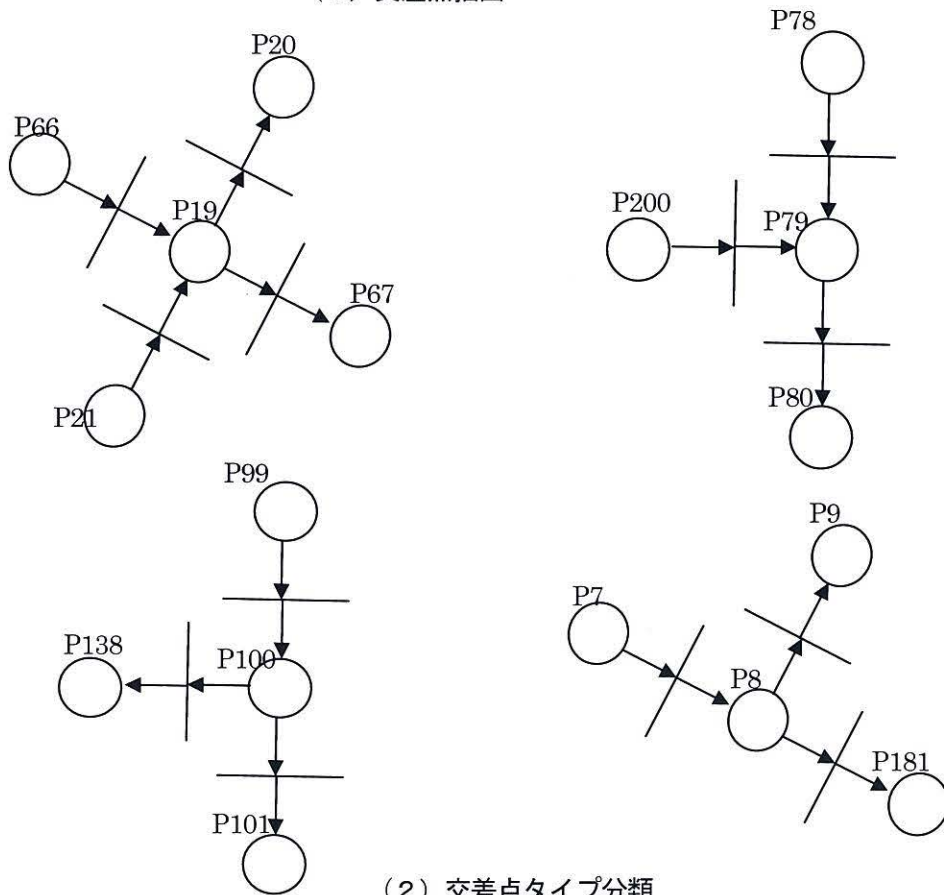
| | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S |
|----|-----|----|-----|----|----|----|----|---|-------|---|----|-----|---|
| 40 | //P | 38 | | 37 | -1 | 38 | -1 | 0 | 1 //T | | 38 | | |
| 41 | //P | 39 | | 38 | -1 | 39 | -1 | 0 | 1 //T | | 39 | | |
| 42 | //P | 40 | | 39 | -1 | 40 | -1 | 0 | 1 //T | | 40 | | |
| 43 | //P | 41 | | 40 | -1 | 41 | -1 | 0 | 1 //T | | 41 | | |
| 44 | //P | 42 | | 41 | -1 | 42 | -1 | 0 | 1 //T | | 42 | | |
| 45 | //P | 43 | | 42 | -1 | 43 | -1 | 0 | 1 //T | | 43 | | |
| 46 | //P | 44 | 経路③ | 43 | -1 | 44 | -1 | 0 | 1 //T | | 44 | 経路③ | |
| 47 | //P | 45 | | 44 | -1 | 45 | -1 | 0 | 1 //T | | 45 | | |
| 48 | //P | 46 | | 45 | -1 | 46 | -1 | 0 | 1 //T | | 46 | | |
| 49 | //P | 47 | | 46 | -1 | 47 | -1 | 0 | 1 //T | | 47 | | |
| 50 | //P | 48 | | 47 | -1 | 48 | -1 | 0 | 1 //T | | 48 | | |
| 51 | //P | 49 | | 48 | -1 | 49 | -1 | 0 | 1 //T | | 49 | | |
| 52 | //P | 50 | | 49 | -1 | 50 | -1 | 0 | 1 //T | | 50 | | |
| 53 | //P | 51 | | 50 | -1 | 51 | -1 | 0 | 1 //T | | 51 | | |
| 54 | //P | 52 | | 51 | -1 | 52 | -1 | 0 | 1 //T | | 52 | | |
| 55 | //P | 53 | | 52 | -1 | 53 | -1 | 0 | 1 //T | | 53 | | |
| 56 | //P | 54 | | 53 | -1 | 54 | -1 | 0 | 1 //T | | 54 | | |
| 57 | //P | 55 | | 54 | -1 | 55 | -1 | 0 | 1 //T | | 55 | | |
| 58 | //P | 56 | | 55 | -1 | 56 | -1 | 0 | 1 //T | | 56 | | |
| 59 | //P | 57 | | 56 | -1 | 57 | -1 | 0 | 1 //T | | 57 | | |
| 60 | //P | 58 | | 57 | -1 | 58 | -1 | 0 | 1 //T | | 58 | | |
| 61 | //P | 59 | | 58 | -1 | 59 | -1 | 0 | 1 //T | | 59 | | |
| 62 | //P | 60 | | 59 | -1 | 60 | -1 | 0 | 1 //T | | 60 | | |
| 63 | //P | 61 | | 60 | -1 | 61 | -1 | 0 | 1 //T | | 61 | | |
| 64 | //P | 62 | | 61 | -1 | 62 | -1 | 0 | 1 //T | | 62 | | |
| 65 | //P | 63 | | 62 | -1 | 63 | -1 | 0 | 1 //T | | 63 | | |
| 66 | //P | 64 | | 63 | -1 | 64 | -1 | 0 | 1 //T | | 64 | | |
| 67 | //P | 65 | 経路④ | 64 | -1 | 65 | -1 | 0 | 1 //T | | 65 | 経路④ | |
| 68 | //P | 66 | | 65 | -1 | 66 | -1 | 0 | 1 //T | | 66 | | |
| 69 | //P | 67 | | 66 | -1 | 67 | -1 | 0 | 1 //T | | 67 | | |
| 70 | //P | 68 | | 67 | -1 | 68 | -1 | 0 | 1 //T | | 68 | | |
| 71 | //P | 69 | | 68 | -1 | 69 | -1 | 0 | 1 //T | | 69 | | |
| 72 | //P | 70 | | 69 | -1 | 70 | -1 | 0 | 1 //T | | 70 | | |

コメント文活用

図 3-3-20 Excel形式Sdataによる経路始端の結合化



(1) 交差点抽出



(2) 交差点タイプ分類

図 3-3-21 交差点の結合化処理

3-4 適用地域での緊急車両出動シナリオネットの構築検討

(1) 手強地域の背景画像と基本シナリオ設定

平常時緊急車両出動指令シナリオのシミュレーションに必要なサブシステムネットとして、3-2で、通報-司令部サブネット、消防基地-出動部サブネット、経路走行部サブネットの整備を行ってきた。また、経路走行部サブネットについては、責務領域の広域化に対処すると同時に、関係者の経験的データの反映化、さらに言えば、主体的取り組み性につながる形で、車載GPSにより採取される経路走行データからの構成技術を整備した。本節では、これらを基礎にして、統合自治体を適用地域として、平常時緊急車両出動指令シナリオのシミュレーションネット構築を行う。

図3-4-1が、本節で取り上げる統合自治体の責務領域である。消防基地が①～⑥で示す位置にあるが、1市5村の合併であり、元々はそれぞれの自治体の消防本部であったものである。図に示すように、司令部を旧の市の消防本部とし、残りの5カ所を支所・消防基地としてシナリオシミュレーションネットを構成する。

図に示すように、合併に伴い、責務領域は、日本海側の市街地地域から白山麓の中山間地までに広がる。本節では、まず、火災現場を図中の位置とし、本部指令に基づいて、各消防基地よりこの現場に緊急車両が向かうシミュレーションネットを構成する。経路としては、国道8号、157号、360号、県道58号、190号という主要道を使用する。

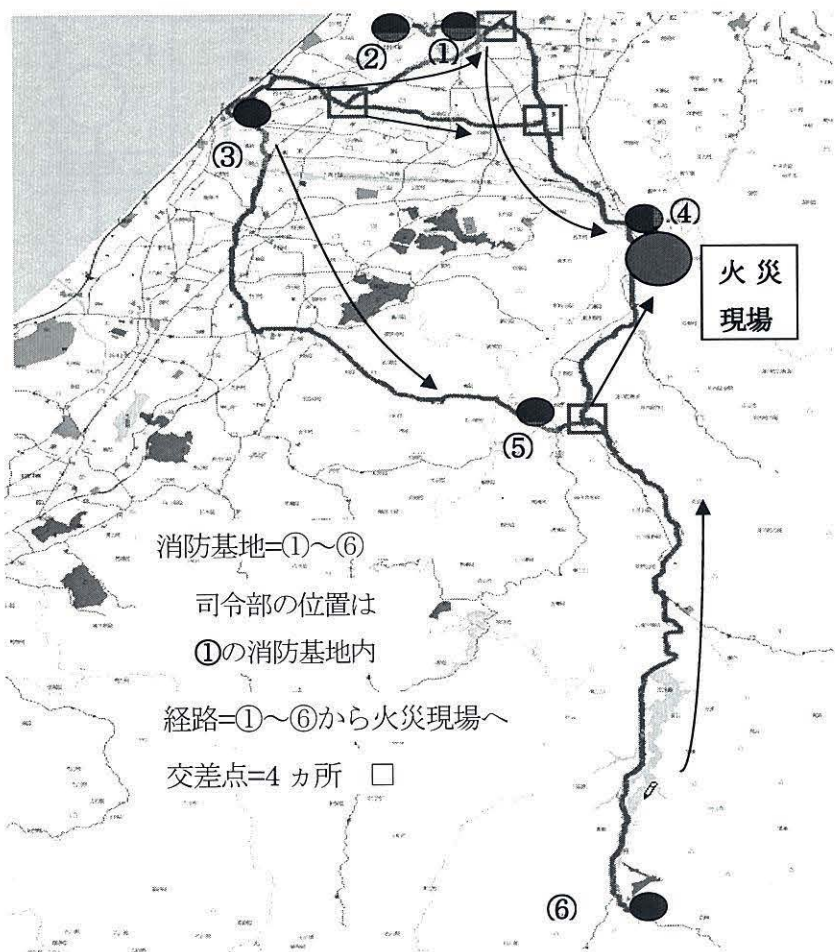


図3-4-1 適用地域の背景画像とシナリオ設定

火災現場は当然いろいろなところが考えられる。火災現場の想定変更への対応も可能な方式として、次項では、Excel形式Sdataの使用による構築法を検討していく。

(2) Excel形式Sdata編集によるシナリオネット構築法の検討

ペトリネットシミュレータでは、Sdataはテキスト形式で使用される。これは、Sdataが一種のプログラムの役割を持ち、その処理時間の関係上望ましいことによる。ネットの改編や拡張に際しては、例えば、図3-2-5(3)に示したテキスト形式では、経路結合や通報—司令部ネットの結合に際しては不便である。そのために、図3-4-2に示すようなExcel形式Sdataフォーマットを採用する。

これは、テキスト形式では各部位が縦に連続しているのに対して、それぞれの部位を横方向に配置したものとなっている。このことで、プレースやトランジションの追加・削除が容易になり、また、関数を利用した編集も可能となる。実行時にはテキスト形式に戻すことになるが、コピー・ペーストで行える。その際の便宜のために、各部位の終了記号、end や-2 や-1 を、次の部位の宣言文の前に配置してある。このことで、図3-2-5(3)に示したようなテキスト形式に容易に戻すことができる。

図3-4-1に示したシナリオネットの経路走行部サブシステムネットの構成から始める。これには、3-3で導入したGPS計測データによる構築法を適用する。現場に向かう複数の経路があり、まず、構築順序を決める。図3-4-2(1)はその1つの手順で、図3-4-1に対応する経路をGPS計測し、(イ)(ロ)(ハ)(ニ)(ホ)という順番で構築・追加するとするものである。

この順序化に伴い、交差点部での結合化は、Excel形式Sdata上では、コメント文を参照に図3-4-2(2)に示すようになる。例えば、経路(イ)と(ハ)とは、経路(イ)のプレース2を経路(ハ)のトランジションの入力プレースとすることで結合されることになる。

| | PLACE | TRAN | TOKEN | GENE |
|----|---|----------------------|-------------|--------------------|
| 1 | PLACE 経路 | TRAN 経路 | TOKEN 経路 | GENE 経路 |
| 2 | 経路ID番号 -1 347 | 入力ID番号 -1 1047 | ID番号 初期設置時刻 | 発令ID番号 子母発生 初期発生時刻 |
| 3 | 経路:347 0:から-経路 0:経路示 経路:表示色 // 1番号 コメント | 0:から-経路 0:経路示 経路:表示色 | 0:一 | 1:から700 トークン数 |
| 4 | -1:34700 -1:から-00 1:表示 | | 1:生成 | 経路:経路347 (個/分) |
| 5 | -2000:Werner 経路:から- 2:から- 00:00月 | | 2:選択 | |
| 6 | | | | |
| 7 | | end | end | -2 |
| 8 | PLACE | TRAN | TOKEN | GENE 経路 |
| 9 | | | 1000 | generatran2 経路 |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |

図3-4-2 Excel形式Sdataの書式

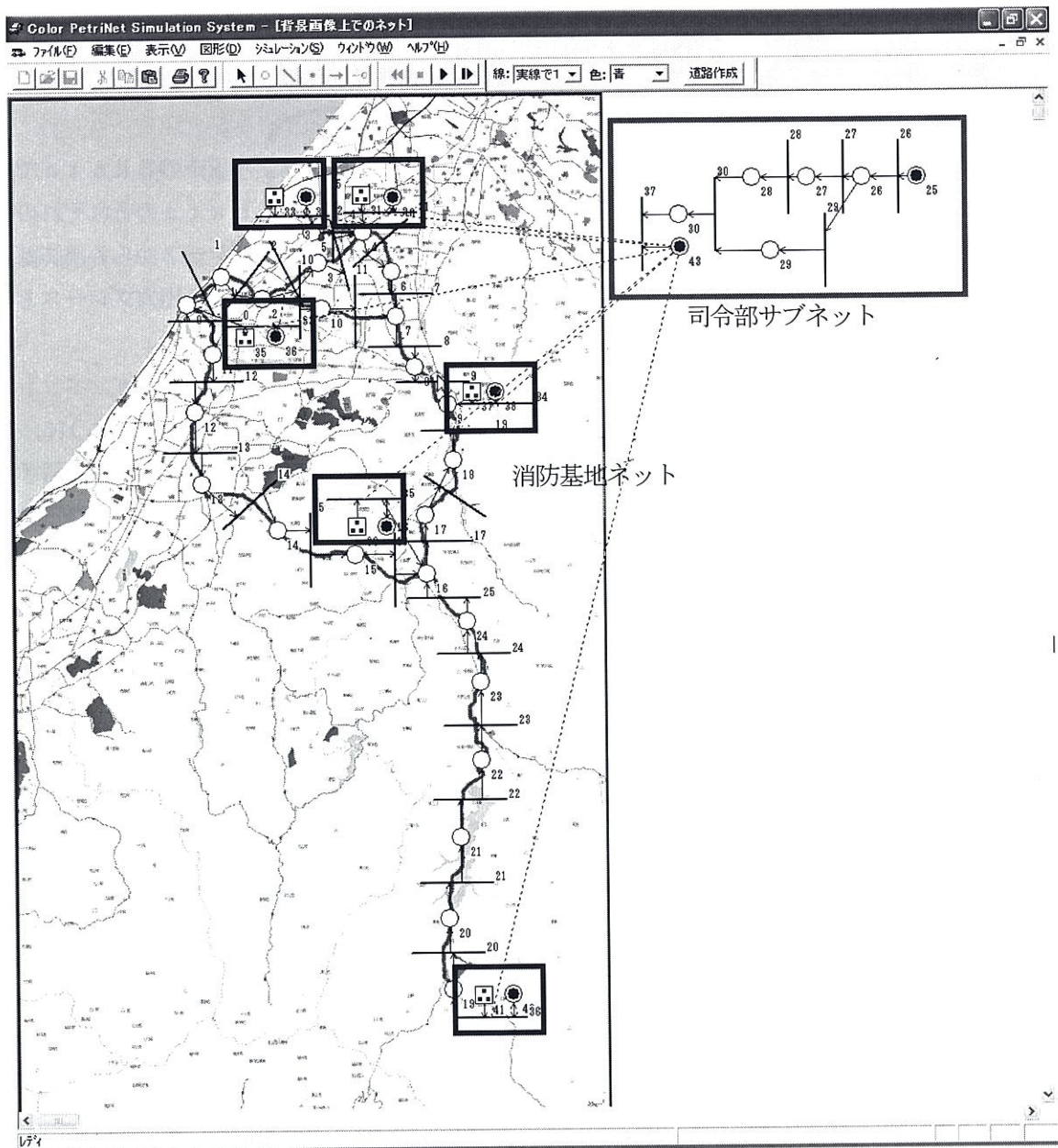


図3-4-5 背景画像上での構築緊急車両出動シナリオシミュレーションネット

この画面は、S d a t a上で、全てのプレース、トランジションを“表示=1”としたものである。火災現場は、プレース9の近くであり、全ての経路でそこへ向かうアークとなっていること、各消防基地の保有車両台数は、全て3台となっていること等を視覚的に確認することができる。

シミュレーション時には、プレースのみを表示とし、トランジションは全て“非表示=0”とすることで、状態推移の視覚性が向上する。即ち、各基地から出動した緊急車両がどの経路の地点を走行中で、どこからの緊急車両がいつ現場に到着したかを視覚的に確認することで、シミュレーションの妥当性の検討や、シナリオ変更の発議がより活発となるだろう。

(3) S d a t a編集によるシナリオ変更法の検討

上では、各消防基地の保有車両台数は全て3台としたが、保有車両台数の変更シナリオは、3-2の(3)で述べたように、消防基地-出動部サブネットのS d a t a、図 3-2-4(3)の [TOKEN] の部位への記載で対応できる。具体的には、各基地に対応するプレース番号を、想定台数分繰り返し記載することで組み入れることができる。

火災現場のシナリオ変更では、経路の走行方向の変更が必要となる。図 3-4-1 の背景画像の下方、基地⑥近辺を火災現場とすれば、構成手順図、図 3-4-3(1)の経路(ホ)と、経路(ニ)の一部の走行方向を逆向きにする必要がある。これは、S d a t a上でこれらの区間のトランジションの入出力関係を逆にすることで容易に行える。図 3-4-6(1)は、この編集作業が列の入れ替えで簡単に行えることを示している。

この編集を行った後、テキスト形式に戻し、S d a t aを開くと図 3-4-6(2)に示すシステムネット図が直ちに表示されてくる。即ち、このS d a t aの要素配置は既に終わっており、図 3-4-5 に示す形のネット図の座標データ、N d a t aは既に存在し、関係描画のみが編集されたS d a t aを参照してなされてくる。この図より、経路(ニ)の一部と経路(ホ)の走行方向が逆向きになっていることが確認できるだろう。

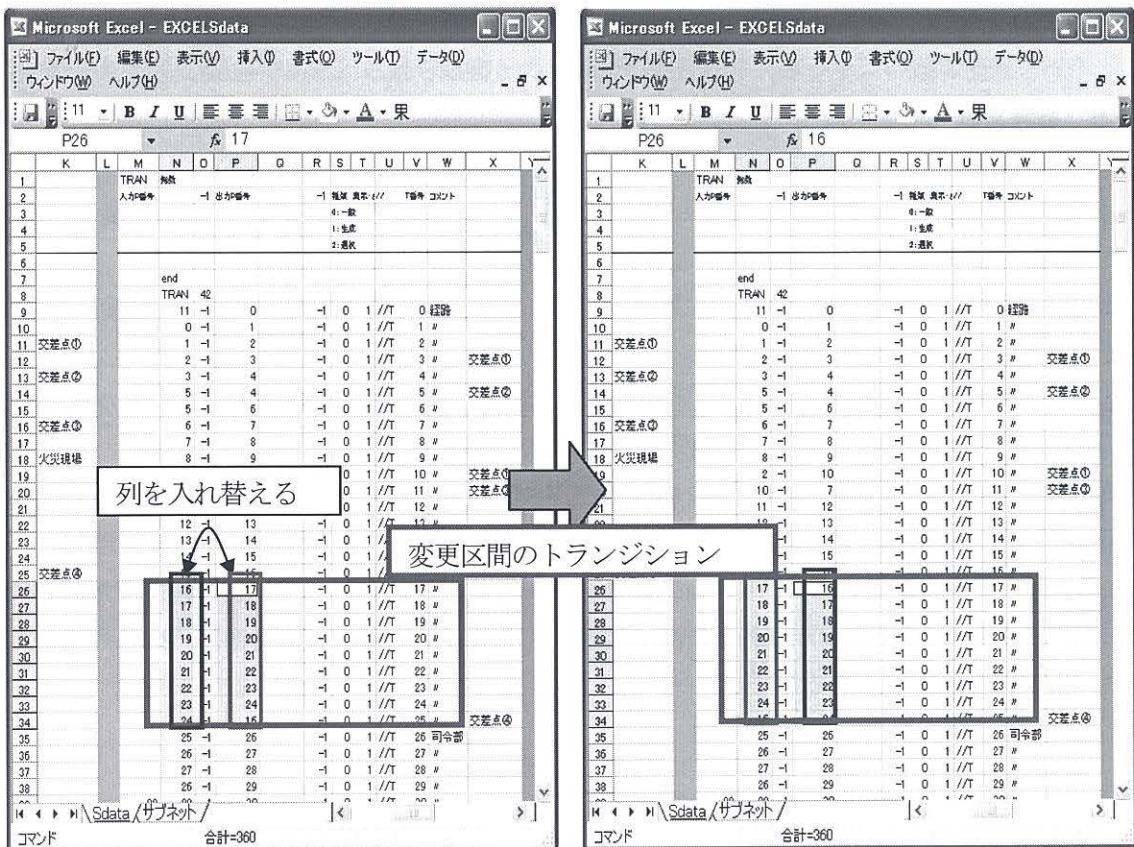


図 3-4-6(1) 出動先シナリオ変更の Sdata 編集画面

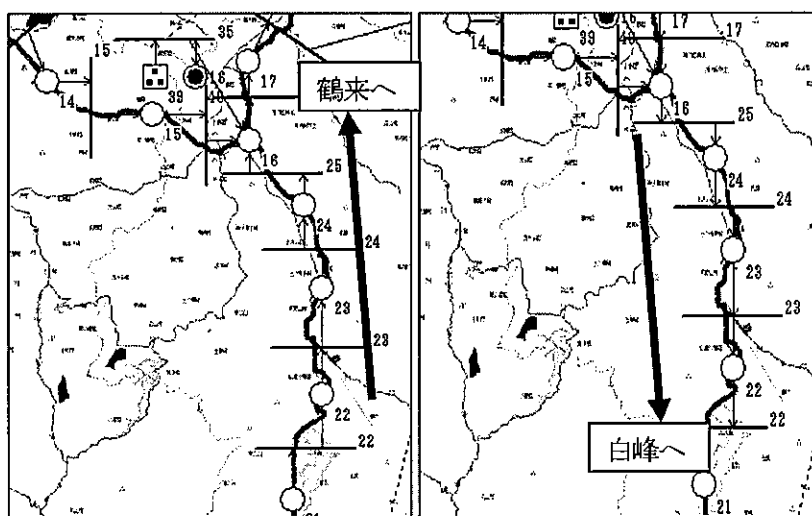


図 3-4-6(2) 出力画面上での走行方向の変更確認画面

3-5 参考文献

- 1) 木俣昇, 鷺見育男: 消防防災システムの阻害要因のペトリネットシミュレーションに関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No. 14, 393-400, 1997.
- 2) 堀浩三, 木俣昇: ペトリネットシミュレータによる背景画像上での地震時緊急路の点検・構築支援システム, 土木計画学研究・講演集, 32 卷(CD-ROM 版) No. 40, 2005. 12.
- 3) 二神 透, 木俣 昇: 避難計画シナリオへの住民参画化のための携帯 GPS 活用システムの研究, 土木情報利用技術論文集, Vol. 16, 233-244, 2007. 10.
- 4) 南部佳郎, 木俣昇: 緊急車両走行のペトリネットシミュレーション開発に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 34, CD-R no. 71, 2006. 12
- 5) 木俣 昇: 背景画像上でのペトリネットシミュレーション構築法による地震防災計画の動的支援研究, 平成 16 年度~17 年度科学技術研究補助金(基盤研究 C) 研究成果報告書, 2006. 3

第4章 地震時緊急車両の広域出動指令シナリオのシミュレーション技術

4-1 基本課題図と整備サブシステムネット

第3章では、平常時消防防災システムの基本概念図を基に、その構成サブシステムとして、〈通報—司令部〉、〈消防基地—出動部〉、および〈経路走行部〉を抽出し、さらに、それぞれの詳細図解を作成し、それらを記述するペトリネットの開発・整備を行った。そして、統合自治体地域を取り上げて、そこでの緊急車両出動指令シナリオのシミュレーションネットの構築を事例として、サブシステムネットの結合化による構築技術について述べた。本章では、この平常時消防防災システムのシナリオシミュレーションネットを基に、地震時緊急車両出動指令シナリオのシミュレーションネットの構築技法について述べる。

まず、第3章と同様に、地震時消防防災システムの基本概念図を作成する。これは、平常時システム図に地震動を作用させる形で作成されるだろう。図4-1-1がそれである。地震動に伴い、各構成サブシステムに種々の阻害要因が働く。そして、火災も各地域での同時多発型となる。

この機動環境の下でのシナリオシミュレーションには、図4-1-2に示すように、3-2で整備したサブシステムネットの拡張化や追加整備が必要となる。まず、地震動に伴う阻害は、緊急車両の走行に大きく作用する。1つは、速度低下を引き起こす経路制約型の阻害、1つは、走行そのものが不可能となる切断型の阻害である。これら阻害との関係で〈走行部サブネット〉の追加整備を行う。

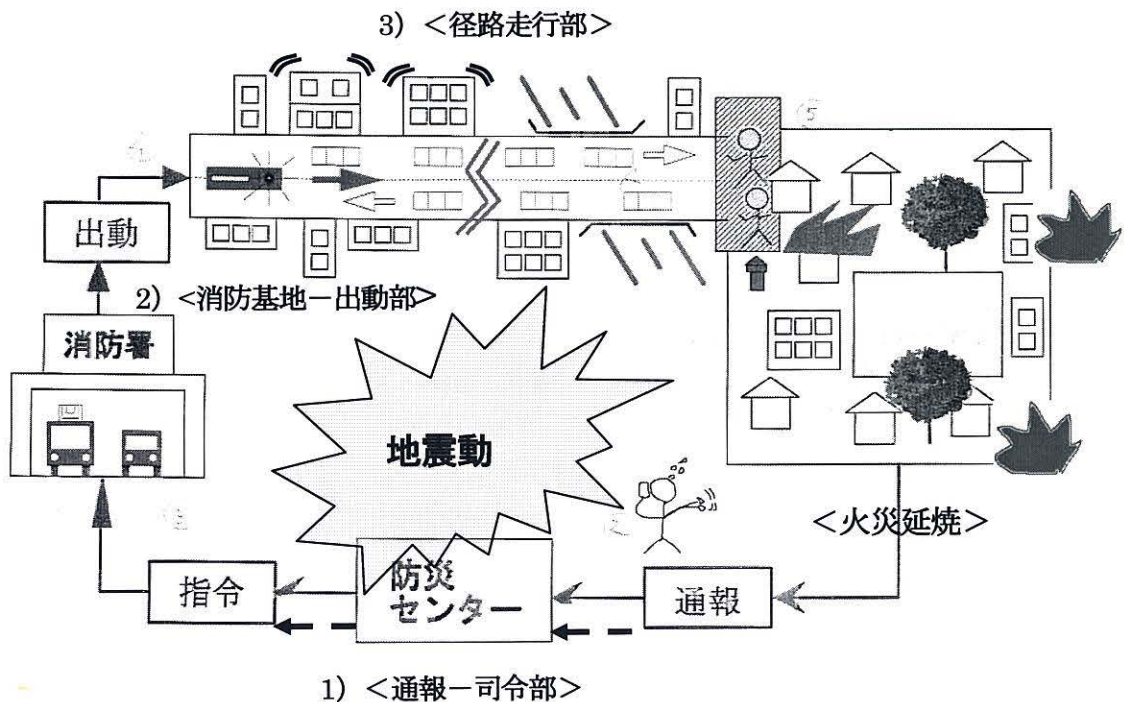


図4-1-1 地震時消防防災システムの機動環境

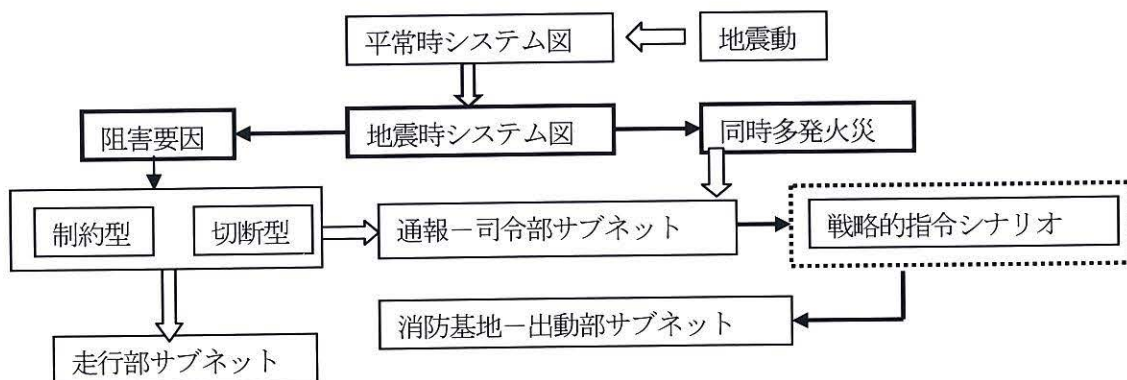


図 4-1-2 サブシステムネットの整備課題

また、地震動に伴う障害は、通信障害や遅延を引き起こす。その面からの「通報-司令部サブネット」の拡張化も必要となる。次に、地震火災に特有な同時多発性に伴い、司令部は、緊急車両の出動指令に関して戦略的とならざるを得ない。本部-支所化を伴う防災計画の再編では、このシナリオが大きな課題となる。この戦略的指令に伴い、「消防基地-出動部サブネット」についても、拡張化が不可欠となる。時節では、これらの課題に対処するためのサブシステムネットの追加・拡張化整備について説明する。

4-2 地震時システムのサブネットの追加・拡張化整備

(1) 走行障害部サブネット追加開発

まず、図 4-2-1 に制約型障害の概念図とそのペトリネット化図を示す。即ち、地震に伴い沿道建物が倒壊し、前面道路側にはみだすようなケースで、走行道路幅が制約されるために、緊急車両の走行速度低下が生じる。

ネット図では、タイマを付与されているプレース P8 より、緊急車両の走行部サブネット（3-2 の図 3-2-5(2)参照）の障害発生地点に該当する車両進行のトランジション T1 に抑止アークを設定する形で、緊急車両の走行速度低下を組み入れている。そして、プレース P8 へのトークンのマーキン

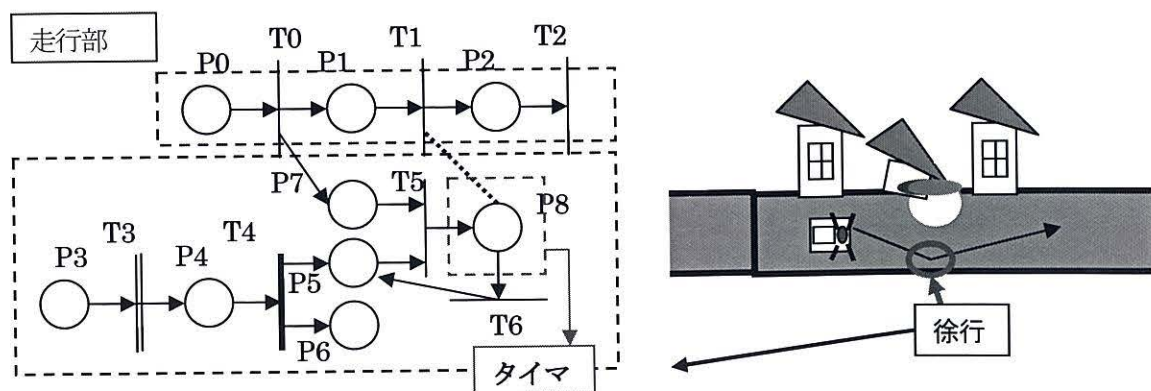


図 4-2-1 制約型障害サブネット

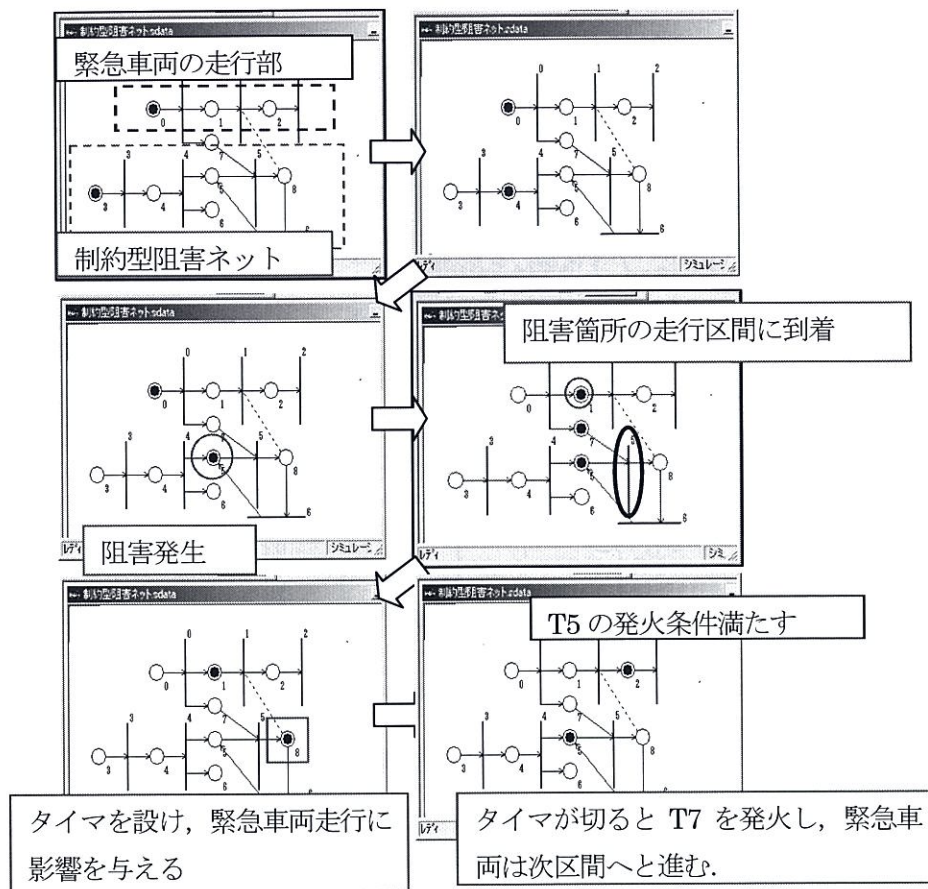


図 4-2-2 制約型障害サブネットの実行画面

グを、P8（地震動）から始まる確率事象系のネットで記述したものとなっている。

詳しく述べれば、T3 がカラー生成トランジションで、T4 が選択トランジションである。T3 の S d a t a 上での記述部で各カラー（震度）の生成確率が想定され、その結果、スペース P5 にトークンが出力されると、緊急車両が当該区間手前（P1）に差し掛かると共に、スペース P8 にトークンが進み、抑止が働くことになる。T6 は、後続の緊急車両にも同様の速度低下を起こすためのものである。

図 4-2-2 は、このサブネットをシミュレータで出力図として構築し、ステップ実行での画面による状態推移図を示したものである。第 2 章で述べたペトリネットの駆動原理である [トランジションの発火即] を手動で確認する形ともなっているだろう。

次に、切断型障害の概念図とそのペトリネット化図を、図 4-2-3 に示す。例えば、橋梁部での被害で、その経路の通行が不可能となるケースである。緊急車両は、そのような事態に遭遇すれば、当然引き返し走行をするだろう。ネット図では、先の制約型障害の拡張型となっており、当該トランジションへの抑止とともに、引き返しトランジション T12 と T13 を導入し、かつ、走行部サブネットを左方からのもの（上部）に、右方からのもの（下部）を加えてある。左方からの走行車両は、T12 を発火させて、P1 → P13 → P14 と引き返し、逆に、右方からの走行車両は、T13 の方を発火させて、

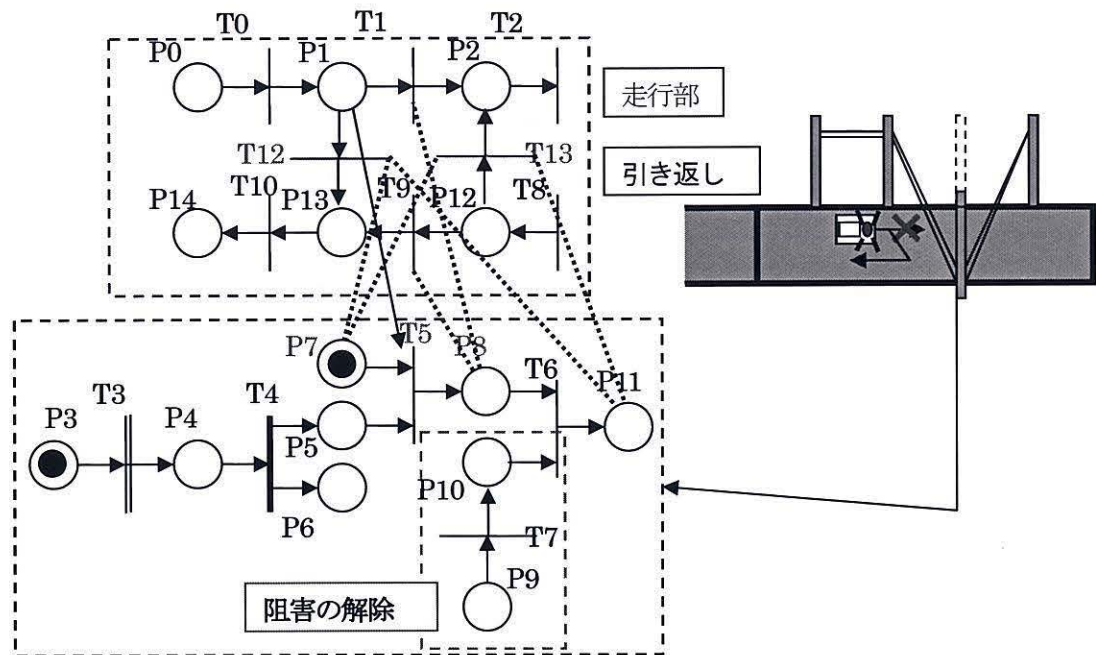


図 4-2-3 切断型障害と引き返しサブネット

P12→P2→と引き返すこととなる。

さらに、このネット図では、障害生起事象系にその解除ネットを追加している。即ち、切断型障害の発生状態である P8 のトークンを、障害解除行為に当たる T6 の発火によって消去するために、P9 から始まる解除系を用意している。

(2) 消防基地—出動部サブネットの拡張化

図 4-1-2 で述べたように、地震時火災は同時多発性を大きな特徴とする。そのために出動指令は多方面に指示となる。この指示シナリオに対応するために、3-2 の (3) で準備した<消防基地—出動部>のサブネット (図 3-2-4(2)参照) を、図 4-2-4 のように拡張化する。

図 3-2-4(2)のネットに、まず、出動方面別の準備台数の指定プレース、この図では2方面の例で、P6 と P8 を追加してある。そして、出口プレース P4 に加えて、出発方向のトランジションを指定するプレース、P9 と P10 を配置し、P0 にトークンが打たれ本指令が出されると、T1 の抑止がはずれ、基地保有の緊急車両 (P2 に配置したトークン) が、順次 P5 と P7 に打たれる。その結果、P6 と P8 に配置されたトークン数に応じて、即ち方面別出動指示に応じて、T4 と T5 方面に向かって緊急車両が出動していくというネットとなっている。

図 4-1-2 で示した司令部の戦略的出動シナリオと、それを受けての各<消防基地—出動部>のサブネットとの連携は、このネット図でわかるように、<通報—司令部>のサブネットの P1 から T1 への抑止の設定と、出動方面別の準備台数の指定プレース P6 と P8 への初期トークンの配置という形で、S d a t a を編集することで行える。この実践形式については、4-3 の適用事例において詳しく述べる。

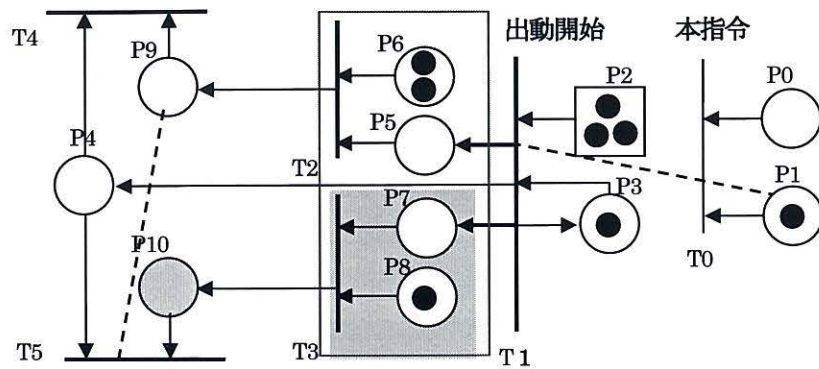


図 4-2-4 消防基地—出動部サブネットの出動方面化

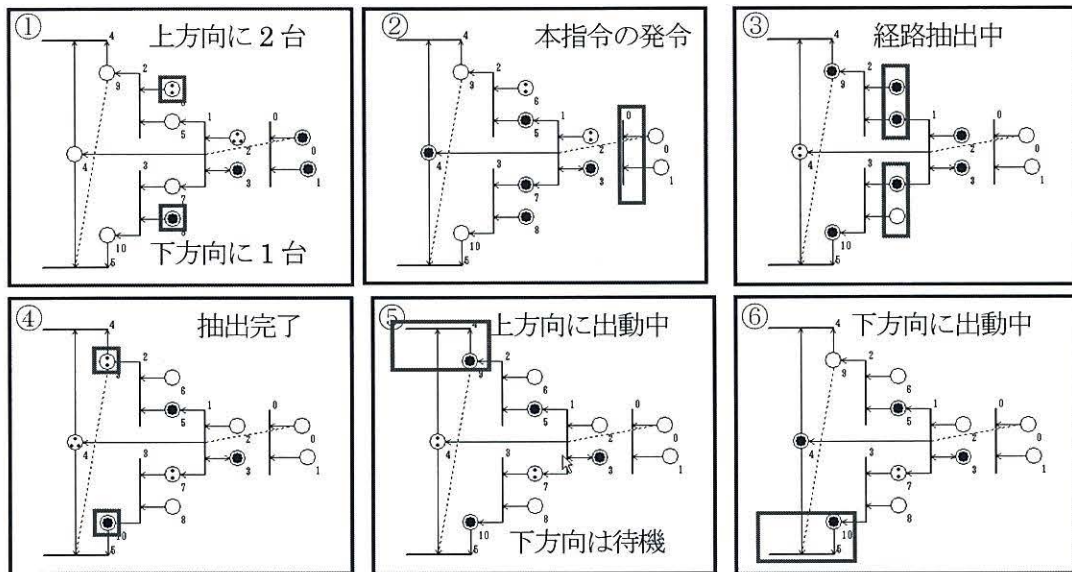


図 4-2-5 拡張サブネットの実行図

図 4-2-5 に、拡張した＜消防基地—出動部＞のサブネットの駆動例を示す。図中の⑤と⑥に示すように、P9 から T10 への抑止アークは、消防基地からの出発に際しての安全性確保のために、出動方面別の出発をさせるための制御用のもので、当然、S d a t a 上で簡単に変更可能であり、出動指令シナリオの検討の 1 つとして容易に実行可能なものとなっている。また、出動方面の多数化に対しては、対になっているプレースを対で追加することとなる。

(3) 走行部サブネットの双方向走行化

図 4-2-3 に示した切断型障害の導入によるネット図への拡張化、また、図 4-2-4 に示した出動方面指示に対処するネット図への拡張化が示すように、地震時のネットでは、経路は双方向に走行されることになる。この事態に対処するために、経路の双方向走行化を行う。

経路の走行部サブネットについては、3-3 で GPS 計測データによる作成技術について述べた。その技法を復路にも適用する。具体的には、＜GPS 変換マクロ、x l x＞のシートに既に用意され

ている復路ボタンによって作成することができる。

即ち、図 4-2-6(1)は、GPS計測生データからのGPS系Ndataであり、図 4-2-6(2)は、それらをペトリ系座標に変換し、往路(左方)と復路(右方)のNdata作成を示したものである。さらに、図 4-2-6(3)は、それから生成された往路(左方)と復路(右方)のSdataを示している。

この2つのSdataとNdataを編集することで、ペトリネットシミュレータによって<経路走行部>の往路-復路ネットの出力図が背景画像上に描画されてくる。図 4-2-7がそれである。

| 基準点 | 緯度 | 経度 | X | Y | 変換 | Ndata | Sdata | 経路 | タイム |
|-----|---------|---------|------|------|----|-------|-------|----|-----|
| 1 | 1314802 | 4916768 | 916 | 350 | | | | | |
| 7 | 1314874 | 4917007 | 947 | 339 | | | | | |
| 14 | 1314298 | 4917438 | 1003 | 435 | | | | | |
| 21 | 1313987 | 4917466 | 1007 | 487 | | | | | |
| 28 | 1313183 | 4917624 | 1028 | 623 | | | | | |
| 35 | 1312727 | 4917746 | 1044 | 700 | | | | | |
| 42 | 1312081 | 4918394 | 1128 | 808 | | | | | |
| 49 | 1311581 | 4918770 | 1177 | 894 | | | | | |
| 56 | 1310909 | 4918758 | 1176 | 1007 | | | | | |
| 63 | 1310116 | 4918235 | 1108 | 1142 | | | | | |
| 70 | 1309247 | 4918032 | 1081 | 1288 | | | | | |
| 77 | 1308825 | 4918459 | 1137 | 1360 | | | | | |
| 84 | 1307898 | 4919159 | 1228 | 1516 | | | | | |
| 91 | 1307140 | 4919194 | 1233 | 1644 | | | | | |
| 98 | 1306349 | 4919452 | 1206 | 1778 | | | | | |
| 106 | 1306160 | 4919331 | 1251 | 1810 | | | | | |
| 112 | 1305893 | 4919181 | 1231 | 1857 | | | | | |
| 121 | 1304453 | 4918812 | 1183 | 2098 | | | | | |
| 128 | 1303747 | 4918501 | 1142 | 2218 | | | | | |
| 135 | 1303280 | 4918584 | 1153 | 2296 | | | | | |
| 142 | 1302422 | 4918465 | 1138 | 2441 | | | | | |

図 4-2-6(1) 復路Ndataのペトリ座標系変換

| PLACE absolute | radius | TRAJ absolute | X | Y | radius | TRAJ absolute | X | Y | radius | TRAJ absolute |
|----------------|--------|---------------|----|----|--------|---------------|-----|----|--------|---------------|
| 0 | 916 | 350 | 12 | 0 | 916 | 350 | 108 | 21 | 931 | 350 |
| 1 | 947 | 339 | 12 | 1 | 947 | 339 | 12 | 22 | 967 | 339 |
| 2 | 1003 | 435 | 12 | 2 | 1003 | 435 | 176 | 23 | 1016 | 435 |
| 3 | 1007 | 487 | 12 | 3 | 1007 | 487 | 170 | 24 | 1018 | 487 |
| 4 | 1028 | 577 | 12 | 4 | 1028 | 577 | 174 | 25 | 1037 | 577 |
| 5 | 1044 | 650 | 12 | 5 | 1044 | 700 | 147 | 26 | 1046 | 650 |
| 6 | 1108 | 762 | 12 | 6 | 1128 | 808 | 148 | 27 | 1120 | 762 |
| 7 | 1177 | 894 | 12 | 7 | 1177 | 894 | 177 | 28 | 1180 | 894 |
| 8 | 1176 | 1007 | 12 | 8 | 1176 | 1007 | 1 | 29 | 1186 | 966 |
| 9 | 1108 | 1142 | 12 | 9 | 1108 | 1142 | 26 | 30 | 1184 | 1078 |
| 10 | 1098 | 1221 | 12 | 10 | 1091 | 1288 | 179 | 31 | 1112 | 1221 |
| 11 | 1137 | 1360 | 12 | 11 | 1137 | 1360 | 144 | 32 | 1116 | 1317 |
| 12 | 1228 | 1516 | 12 | 12 | 1228 | 1516 | 159 | 33 | 1209 | 1448 |
| 13 | 1233 | 1644 | 12 | 13 | 1233 | 1644 | 11 | 34 | 1266 | 1595 |
| 14 | 1266 | 1778 | 12 | 14 | 1266 | 1778 | 162 | 35 | 1259 | 1729 |
| 15 | 1251 | 1810 | 12 | 15 | 1251 | 1810 | 165 | 36 | 1266 | 1810 |
| 16 | 1231 | 1857 | 12 | 16 | 1231 | 1857 | 13 | 37 | 1269 | 1821 |
| 17 | 1183 | 2098 | 12 | 17 | 1183 | 2098 | 17 | 38 | 1252 | 1892 |
| 18 | 1142 | 2218 | 12 | 18 | 1142 | 2218 | 167 | 39 | 1157 | 2211 |
| 19 | 1153 | 2296 | 12 | 19 | 1153 | 2296 | 10 | 40 | 1173 | 2290 |
| 20 | 1138 | 2441 | 12 | 20 | 1138 | 2441 | 180 | 41 | 1162 | 2332 |

図 4-2-6(2) 復路Ndataの追加生成

る。各交差点に付け加えられた小型のプレースが、この制御用のもので、それらへのトークン出力と、それら小型プレースからの抑止アーク関係によって、方面別走行車両が交差点に複数到着した場合に優先順位を付与し、安全走行を保証するネットとなっている。

消防基地Bとある部分のネット図は、前出の図 4-2-4 のネット図を3方面出動化に拡張したものである。図 4-2-4 のネット図でのP5, P6; P7, P8; の対スタイルを3つにし、配置位置を少し変えてあるだけである。P4の出口プレースが、図 4-2-7(2)では、大きなプレースに該当する。

図 4-2-7(2)のネット図の挙動も、初期トークン配置後に「トランジションの発火則」を適用し、手動でも確認できるし、図 4-2-5 のように、出力ネット図を構築し、ステップ実行で確認することができる。

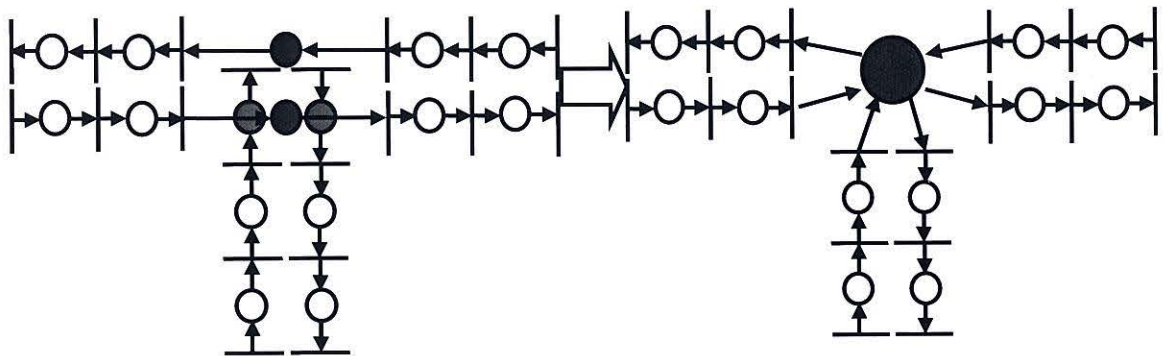


図 4-2-7(1) 交差点部の集約化法

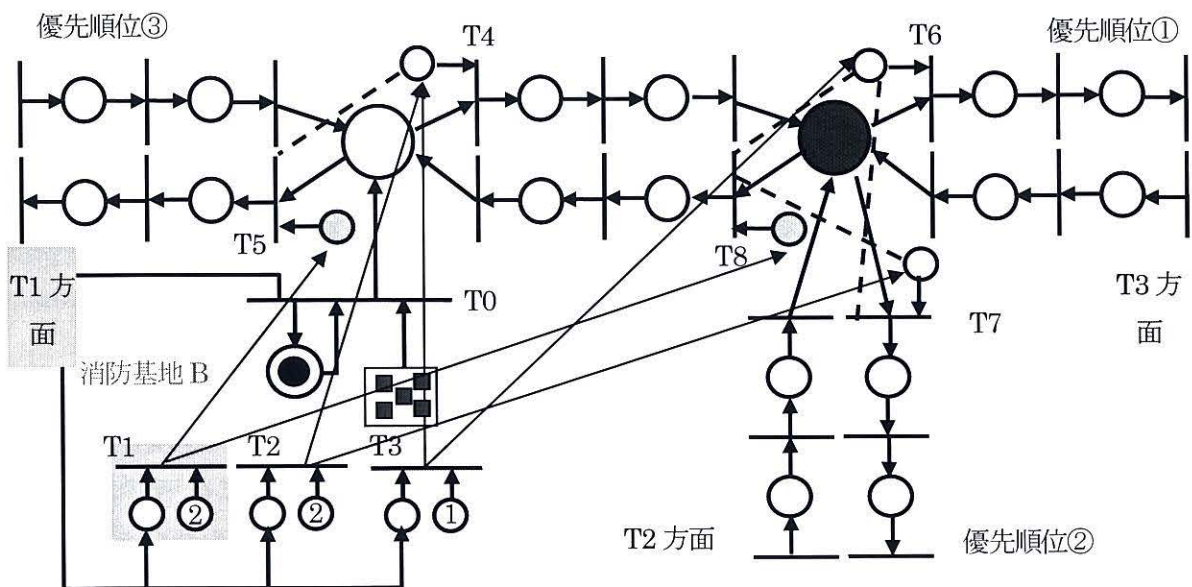


図 4-2-7(2) 消防基地—出動部ネットとの走行部ネットとの連携化

(4) 通報—司令部サブネットの拡張化

図 4-1-2 に示したように、地震時消防防災システムでは、地震動による種々の障害が発生し、出動対象となる火災も同時多発形となる。それらを受けて、司令部は平常時のシステムからより危機管理型システムに移行することが必須課題となる。

まず、ここでは、通信障害を想定し、通報の遅延性を組み込む。次に、経路切断障害が平常時システムと大きく異なることから、障害情報の収集活動系の組み込みを行う。図 4-2-8 は、第 3 章の 3-2 の (2) で整備した<通報—司令部>のサブネットに、この 2 つを組み込み、拡張化したネット図である。

図 4-2-8 の上部のネットは、図 3-2-3(2)の<通報—司令部>のサブネットである。右下のネット図は、通信障害に伴う通報遅延を確率事象系列として表現しもので、<通報—司令部>サブネットの通報事象に連結することで組み入れ、拡張化がなされている。ここでは、次節の適用事例を先取りする形で、4箇所での火災発生現場とそれらへの出動を想定している。4つのトークンが、この4箇所からの通報事象の開始を示している。

左下のネット図は、情報収集系のもので制限された時間内の情報入手結果を、これも確率事象系列として表現しもので、司令部における確認作業の拡張化として連結されている。即ち、この情報収集に要する時間分、本指令の発令が遅れることになる。また、切断型障害の発生有情報の入手時 (P0 にトークン出力) には、P2 を介して、迂回路や引き返し指示へと展開可能なネットとなっている。

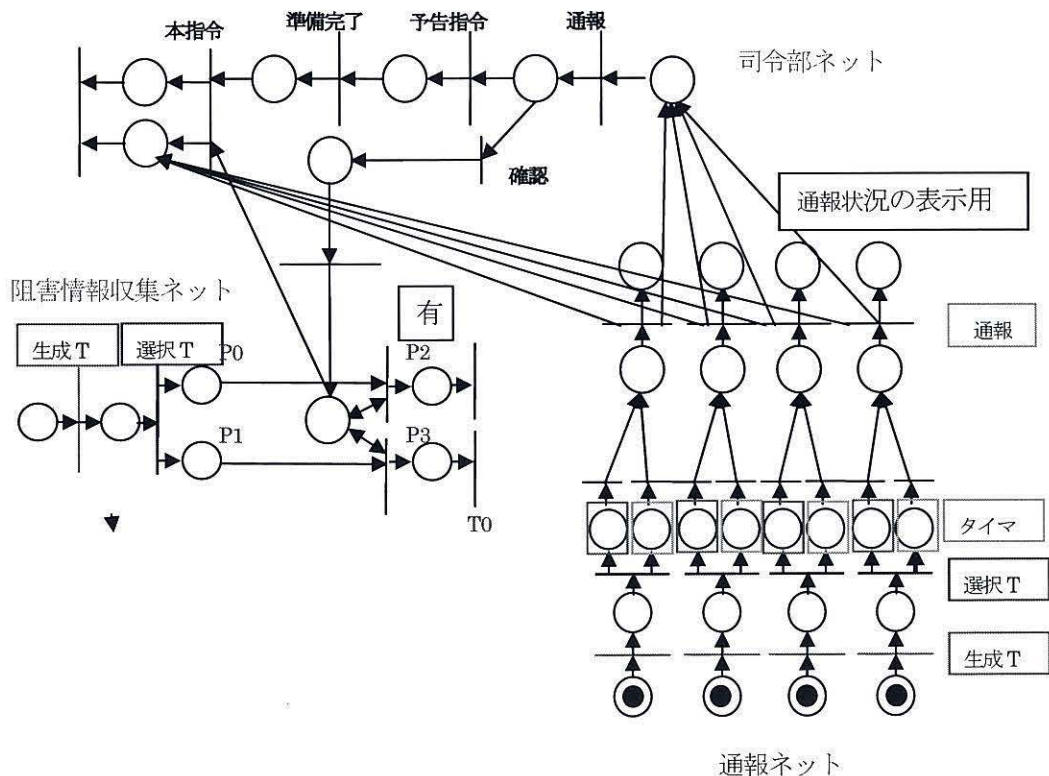


図 4-2-8 通報—司令部サブネットの拡張化

(5) 司令部の戦略化に伴うサブネットの拡張化

(4) で<通報-司令部>のサブネットの拡張化を行った。その結果として、<消防基地-出動部>にも、<経路走行部>にも連携した拡張化が必要となる。まず、通報遅延や情報収集時間を考慮すると、従前のような迅速性に重点を置く即時出動指示の他に、一時待機維持の指令シナリオをも視野に入れる必要がある。図 4-2-9 は、図 4-2-4 に示した<消防基地-出動部>ネットをさらに拡張化したもので、新たに“待機維持用”のプレース P4 と、それを条件とするトランジション T2 を追加している。P2+P4 のトークン数が当該基地の保有緊急車両数となり、P2 が即時出動準備台数、P4 が一時待機維持台数となる。

この設定法については、次節の適用事例で詳しく述べるが、S d a t a の [TOKEN] の部位でのトークンの初期配置と初期タイマの設定の有無で行うことが可能となる。

図 4-2-10 は、情報収集の結果、切断型阻害災害有という情報を入手し、司令部が出動方面別に迂回路の指示も出すとしたシナリオネット例である。中央の<走行部>と<阻害部>より成るネットは、切断型阻害ネットとして図 4-2-3 に示したものである。

このネット図の上部に、まず、双方向走行性の迂回路の走行ネットを追加し、さらに、左下に図 4-2-8 の情報収集活動系のネットを配置したもので、緊急車両が切断型阻害現場に到着し、そこから引き返すというロスを防ぐために、司令部から予め迂回路へと向かう指示が出せるネットとなっている。

情報がなく、指示がない場合には、P6 から阻害現場に侵入する手前のトランジションに抑止が働き、緊急車両は引き返しトランジションの方を発火させて引き返し走行に入る。2 台目に走行してきた緊急車両は、先行車両の引き返さないしは先行車両からの情報で、手前交差点から迂回路に入るといった抑止関係が設定されている。情報があるときには、司令部の指示プレース、P2 から直接この手前交差点への抑止関係が作用するようにすることで、迂回指示を実効化しようとするものである。

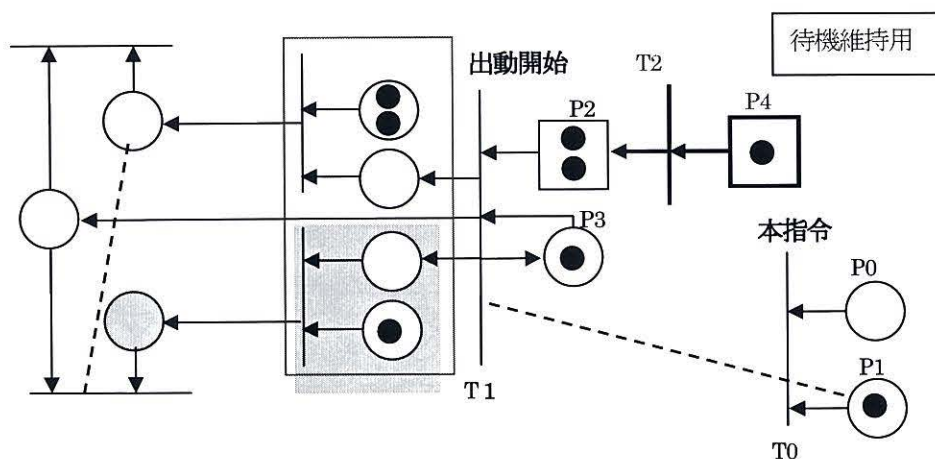


図 4-2-9 消防基地-出動部サブネットの待機維持対応化

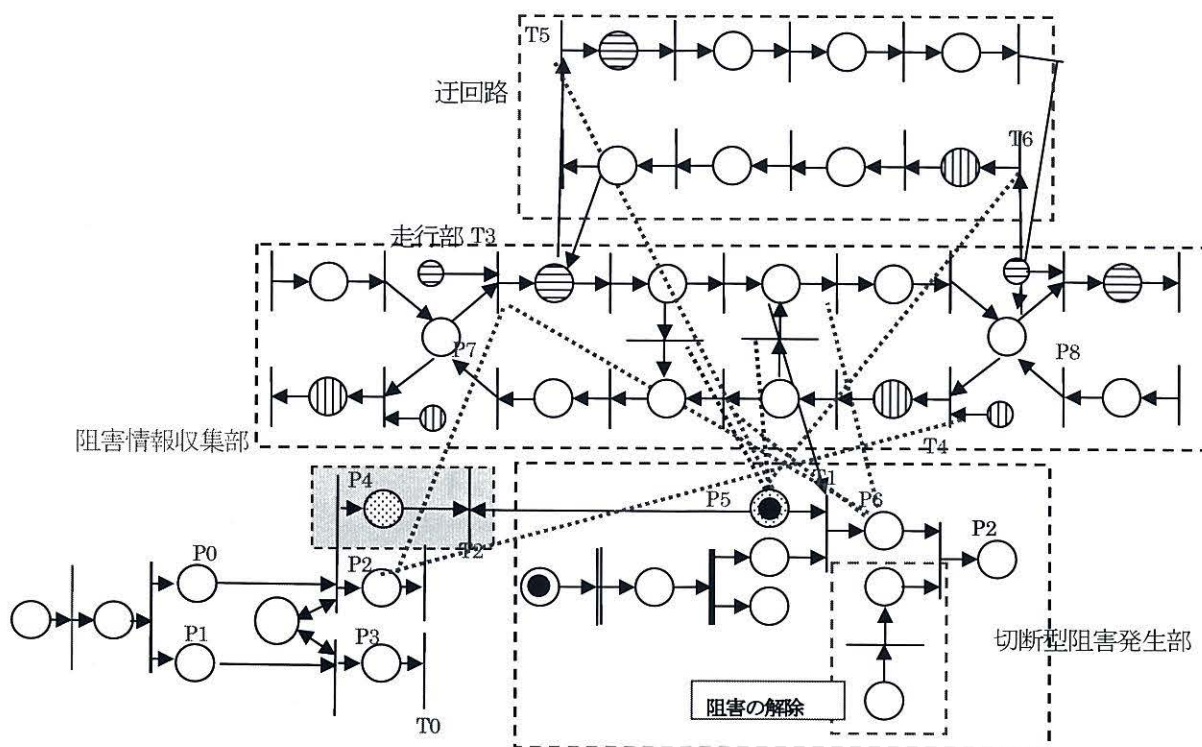


図 4-2-10 情報収集による迂回路指示設定法

4-3 地震時緊急車両の広域出動指令シナリオのシミュレーション事例

(1) 対象地域の背景画像でのシナリオシミュレーションネット構築

4-2では、地震時消防防災システムの概略図を基に、平常時システムのシナリオシミュレーション用に整備してきたサブネットの拡張化と追加整備について述べてきた。本節では、それらの結合化による対象地域でのシナリオシミュレーションネットの構成と、それを用いたシナリオシミュレーションの比較実行法について説明する。

まず、対象地域としては、統合自治体の1つである白山市を取り上げる。これは、第3章でも対象とした地域である。図4-3-1にその地域図を再掲する。第3章では、消防基地は番号表示であったが、ここでは分署名を使用している。

火災発生は4箇所のいずれの地域でもありえる。松任は旧の市であり、密集木造市街地を抱えている。美川と鶴来は旧の町で、街道沿いに木造市街地が広がっている。白峰は、旧の村で、白山麓の中山間地区である。出火地区とその数によって、司令部は、各消防基地より向かうべき現場と出動台数指示の判断を行うこととなる。

各消防基地と予想出動現場間の経路は、基本的には第3章で用いた平常時の道路とする。そして、そこに地震時の経路障害災害として、図中に示す各位置での切断型障害1箇所、制約型障害1箇所と少し緩やかな想定とする。以上の基本想定の下で、対象地域のシナリオシミュレーションネットの構築を行う。

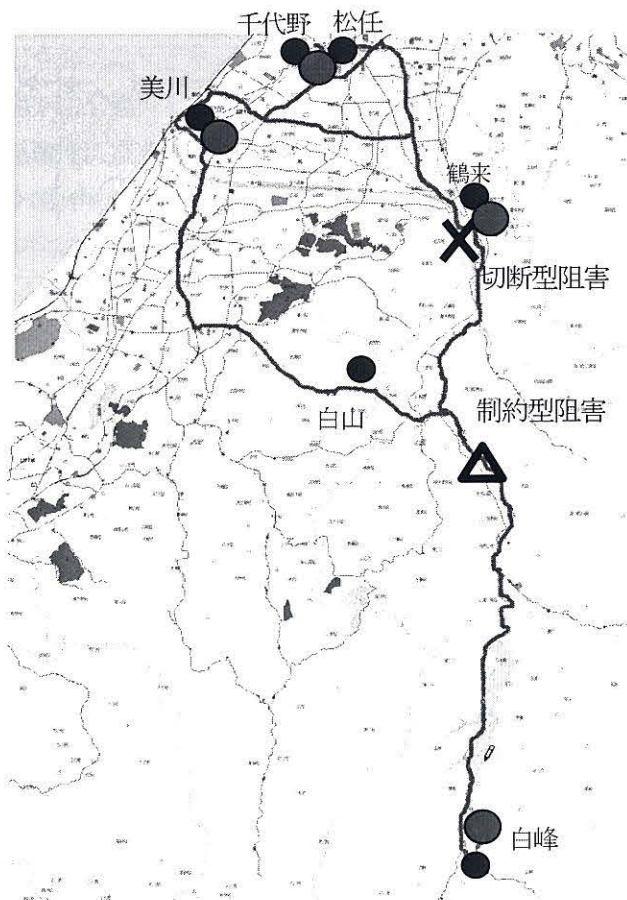


図 4-3-1 白山市の地震時消防防災システムの基本シナリオ

まず、第3章で構成した平常時シナリオシミュレーションネットがベースとなる。即ち、このネットのSdataとNdataが用意されていることになる。第2章の2-3で述べたように、開発したネットは、この2つのファイルのセットとして、データベースに登録していき、常に参照可能な形で整備するという技術提供形式が重要となるのである。

4-2で説明してきたように、地震時に、サブネットの追加開発や、ほとんどのサブネットの拡張が行われており、ここでは、GPS計測データによる双方向の経路走行部ネットの構築から再度始める。この手順については、4-2の(2)で述べてある。

次に、切断型障害の発生を想定しており、その際の迂回路の走行部ネットを、やはりGPS計測データを用いて追加・構築する。それに仮想出火場所プレースを加える。

こうして構成したネット図のSdataとNdataがベースとなる。このSdataに、拡張した<通報-司令部>のサブネット、図4-2-8のSdataを追加する。さらに、拡張された<消防基地-出動部>のサブネット、図4-2-9のSdataを、6箇所分追加する。最後に、切断型障害ネット、図4-2-3と、制約型障害ネット、図4-2-1のSdataを追加する。

そして、こうして編集したSdataと元のNdataをシミュレータで開き、追加要素の配置を行うことで、拡張シミュレーションネットの出力図が背景画像上に構成されてくる。この段階では、追加した各サブネットは、ベースとなる<経路走行部>ネットとは結合されていない。背景画像上の

ネット表示と、S d a t a上のコメント文とを参照しながら、トランジションとプレースの入出力関係と抑止関係の追加編集を加え、再度S d a t aとN d a t aを対にしてファイルを開くと結合化されたシステムシミュレーションネットが表示されてくる。図 4-3-2 は、そのようにして構築した白山市での地震時緊急車両の広域出動指令シナリオシミュレーションネット図である。

S d a t aのフォーマットの項で述べたように、各要素について、表示・非表示の指定ができる。＜Color Petri Net Simulation System＞の基本メニューに「表示」があるが、そのサブメニューに、表示・非表示の選択や、図形番号や図形の設定等がある。これらを活用することで、画面のネット図の細部構造を視覚的にも確認することができる。このような作業を経て完成すれば、シミュレーション実行での動作確認に移る。その際には、非表示を選択することにより、トークンの移動による状態推移の視覚的確認性を向上化させることができる。これらの機能も防災計画の再編への主体的な取り組みを支援するシステム要件といえよう。

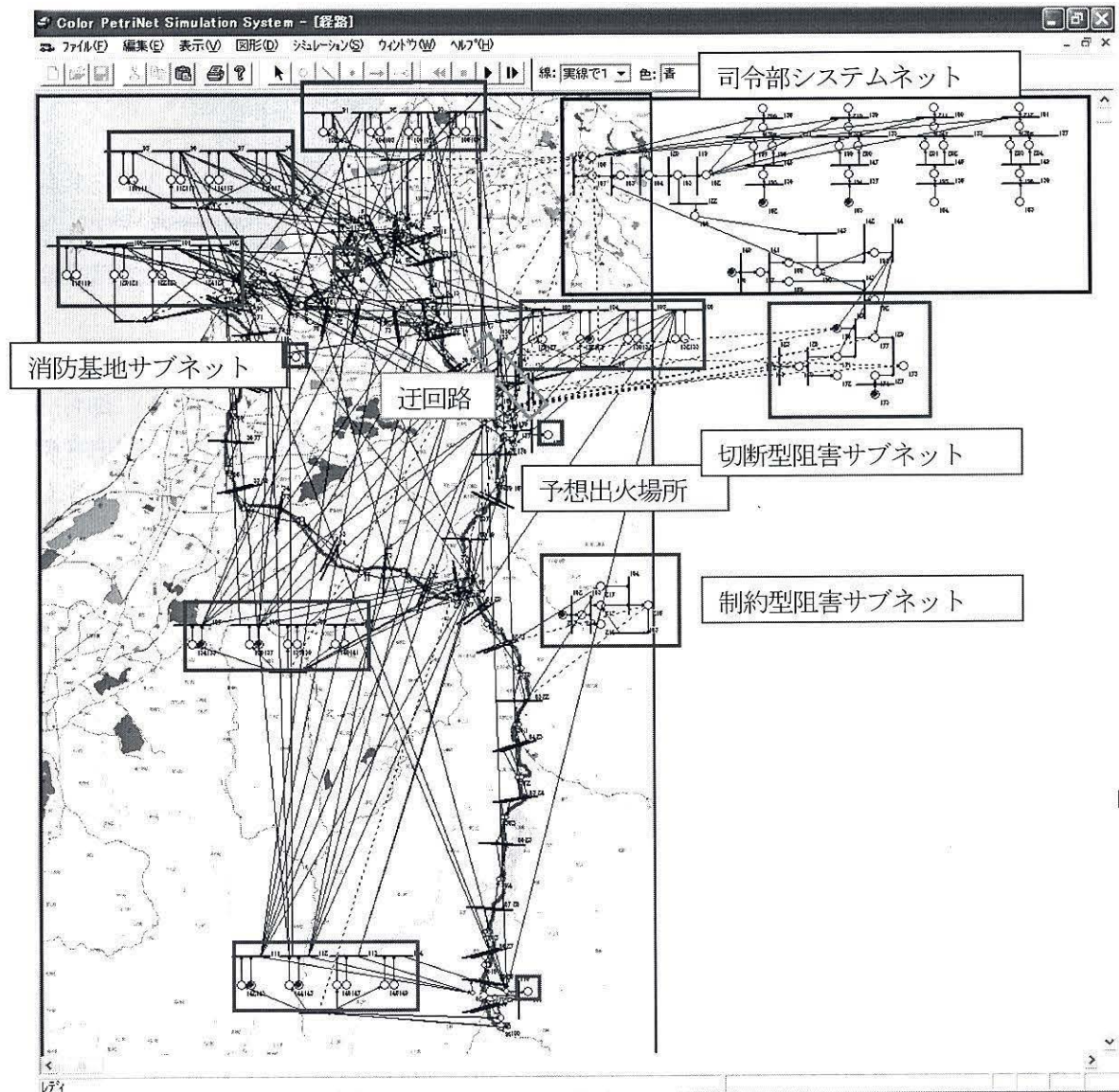


図 4-3-2 白山市地震時広域出動指令シナリオネットの構成

(2) S d a t a 編集による出動指令シナリオの設定法

火災の地震に伴う同時多発化，地震災害に伴う通報の遅延化，経路切断型阻害の発生に伴う緊急車両の引き返し走行等々，平常時消防防災システムとは異なる状況が発生する。これらの事態に対処するために，司令部では，情報収集に基づく高度な指令が求められることになる。本シナリオシミュレーションシステムでは，各消防基地に対して，出動方面別出動車両台数の指示と，一時待機台数の指示シナリオや，切断型阻害災害情報による迂回路指示シナリオの比較検討を可能とするものとなっている。その具体的な手順について説明する。

まず，図 4-3-2 に示したネット図が前提となる。このネット図と各消防基地の保有台数から，表 4-3-1 に示すようなデータ表が作成できる。方面別出動台数の指示は，図 4-2-4 に示したように，各基地での対プレースの一方に初期トークンを配置することによって実体化される。さらに，一時待機台数と待機時間の指示は，このネット図を拡張した図 4-2-9 のプレース P4 に初期トークンを配置することによって実体化される。これらのプレース番号は，使用ネットに応じて定まる。表 4-3-1 は，図 4-3-2 を前提に各基地での初期配置プレース番号をリストしたものである。番号の後に“－1”とあるのは，この表から直接 S d a t a 記載に移るためのもので，S d a t a の [TOKEN] の部位の書式の区切り記号からきている。

図 4-3-3 は，この S d a t a の [TOKEN] の部位への記載手順の支援用の Excel シート画面である。表 4-3-1 に示したリスト表を基に，出先の出火現場を“T”か“F”で選択する。“T”が選択されると，左下のように台数設定のウインドウが開く。そのために，右下画面に示すように，Excel 関数が埋め込まれている。

[TOKEN] の部位の書式は，当該プレースへの配置トークン数分，“プレース番号－1”を繰り返して記載するというものである。“－1”とすれば，初期配置のトークンはタイマを持たない。即ち，即時出動指令シナリオのケースとなる。一方，“プレース番号 数値”での指定では，初期配置トークンは記載された数値をタイマとして持ち，一時待機維持指令シナリオのケースとなる。

このようにして各基地への出動方面別，待機有無別の指示リストが出来れば，それをコピーして，S d a t a の [TOKEN] の部位に貼り付ける形で S d a t a 編集を行うこととなる。この編集は要素の追加を含まないため，各基地に指示された出動態勢のトークン配置を持ち，直ちに実行可能な視覚型ネット図となる。

表 4-3-1 消防基地－出動部のシナリオ設定データ

| 消防基地 | 保有台数 | 出動方面 | | | |
|------|------|--------|--------|--------|--------|
| | | 松任の場合 | 美川の場合 | 鶴来の場合 | 白峰の場合 |
| 消防本部 | 5台 | 103 -1 | 105 -1 | 107 -1 | 109 -1 |
| 千代野 | 3台 | 111 -1 | 113 -1 | 115 -1 | 117 -1 |
| 美川 | 2台 | 119 -1 | 121 -1 | 123 -1 | 125 -1 |
| 鶴来 | 3台 | 127 -1 | 129 -1 | 131 -1 | 133 -1 |
| 白山 | 2台 | 135 -1 | 137 -1 | 139 -1 | 141 -1 |
| 白峰 | 2台 | 143 -1 | 145 -1 | 147 -1 | 149 -1 |

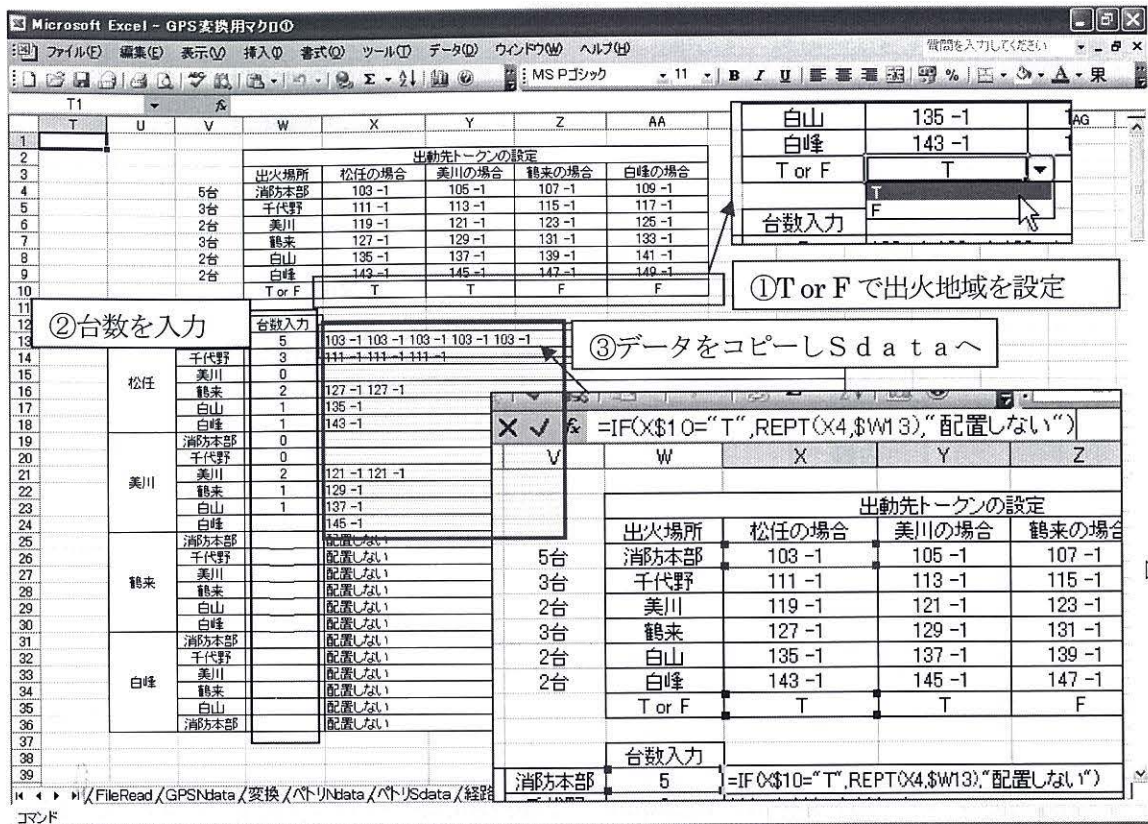


図 4-3-3 各消防基地への出動指示シナリオの設定画面

(3) 出動指令シナリオの比較シミュレーション実行例

上では、司令部から各基地に出される出動指令を実効化する具体的な方法について説明した。この項では、2つの出動指令シナリオ、即ち、シナリオ1：方面別即時出動指令方式と、シナリオ2：一時待機維持方式の比較シミュレーションを実行してみる。

火災箇所は3箇所、松任・鶴来・白峰とする。白峰からの通報に支障があり、遅延するとして。表 4-3-2(1)は、シナリオ1：方面別即時出動指令方式に従って、3つの火災現場に向かう各基地からの出動台数の指示表である。これを図 4-3-3 の方式で作成し、テキスト形式の S d a t a 化したものを図 4-3-4(1)に示す。図中下方に点線で囲った部分に、初期配置すべき各プレースが、“番号-1”の形式で指示台数分繰り返されていることが判る。

表 4-3-2(2)は、シナリオ2：一時待機維持方式に従って、通報がない白山と白峰方面の基地で、それぞれ1台、2台を一時待機維持指令としたケースのものである。図 4-3-4(2)は、このときのテキスト形式の S d a t a である。方面別出動指示台数の設定は、表 4-3-2(1)に添えられた関係プレース番号と関連付けて、図 4-3-4(1)と(2)の点線で囲った部分を比較されれば直ぐにわかるだろう。

上部の四角で囲った部分は、一時待機維持へのトークン配備プレースで、図 4-3-4(1)では、全ての記載が-1を使用しており、タイマの設定はなされていないが図 4-3-4(2)の方では、“100”という数値が使用されている。上が白山基地のもので1台、下が白峰基地のもので2台をそれぞれ100秒間待機維持という指令を示している。

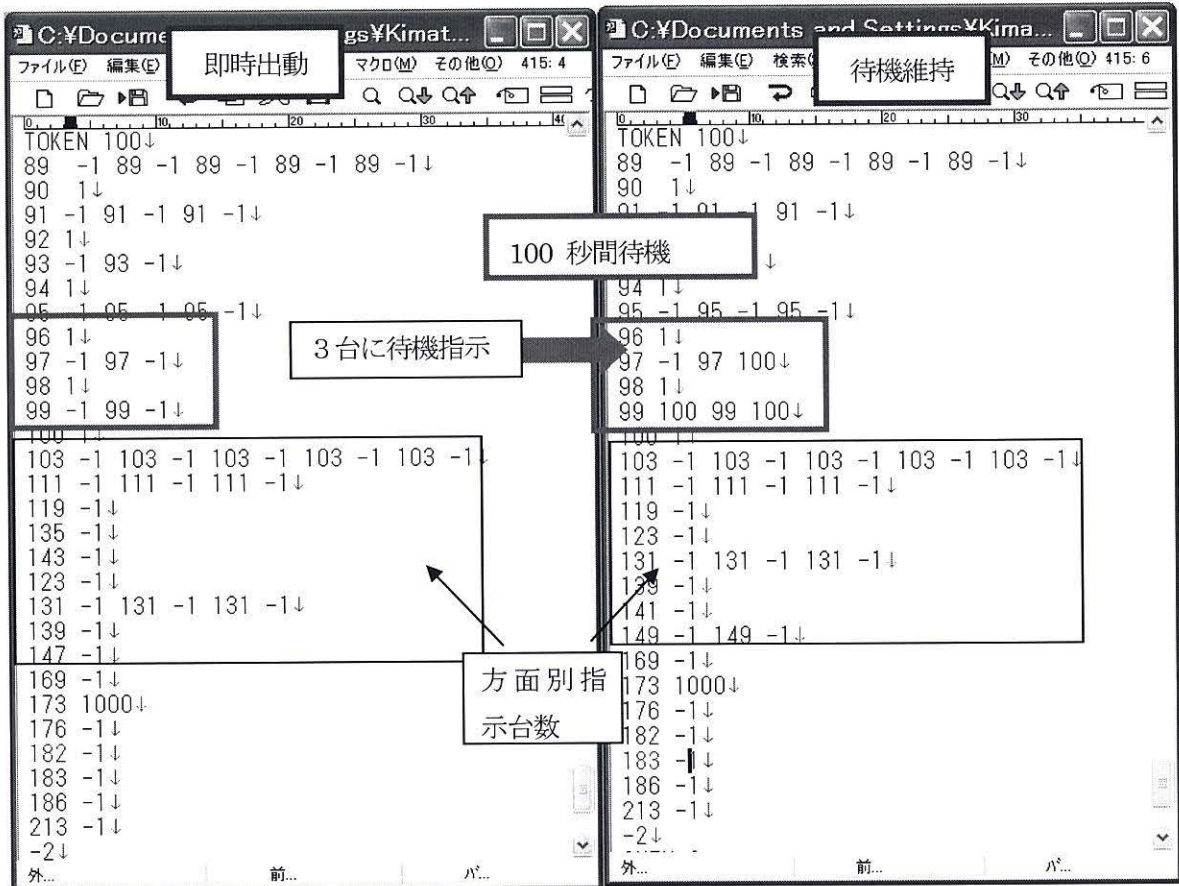
表 4-3-2(1) 各基地の即時出動指示台数

| | | | |
|-------------|------|---|------|
| 松任 (11台) | 消防本部 | 5 | P103 |
| | 千代野 | 3 | P111 |
| | 美川 | 1 | P119 |
| | 鶴来 | 0 | P127 |
| | 白山 | 1 | P135 |
| | 白峰 | 1 | P143 |
| 鶴来 (6台) | 消防本部 | 0 | P107 |
| | 千代野 | 0 | P115 |
| | 美川 | 1 | P123 |
| | 鶴来 | 3 | P131 |
| | 白山 | 1 | P139 |
| | 白峰 | 1 | P147 |
| 白峰 (0台) | 消防本部 | 0 | P109 |
| | 千代野 | 0 | P117 |
| | 美川 | 0 | P125 |
| | 鶴来 | 0 | P133 |
| | 白山 | 0 | P141 |
| | 白峰 | 0 | P149 |

表 4-3-2(2) 各基地の出動台数と待機指示

| | | |
|------------|------|---|
| 松任 (9台) | 消防本部 | 5 |
| | 千代野 | 3 |
| | 美川 | 1 |
| | 鶴来 | 0 |
| | 白山 | 0 |
| | 白峰 | 0 |
| 鶴来 (5台) | 消防本部 | 0 |
| | 千代野 | 0 |
| | 美川 | 1 |
| | 鶴来 | 3 |
| | 白山 | 1 |
| | 白峰 | 0 |
| 白峰 (3台) | 消防本部 | 0 |
| | 千代野 | 0 |
| | 美川 | 0 |
| | 鶴来 | 0 |
| | 白山 | 1 |
| | 白峰 | 2 |

待機指示分



(1)

(2)

図 4-3-4 出動指示シナリオの S d a t a

表 4-3-2(1)と(2)に示した出動指示シナリオは、図 4-3-1 の地図で、北端部に位置する松任、中央部の鶴来、南端部の白峰の 3 箇所地震火災が発生し、中山間地の白峰地区からの通報に阻害が発生したとして、司令部が平常時システムに準拠して、即時出動指令方式に則って各消防基地の位置と通報受信情報とにより判断したケース例と、地震時災害に伴う通報の遅延化を想定し、未受信地域近辺の消防基地に一部待機維持指令を判断したケース例である。

司令部での判断に際しては、火災発生位置と各消防基地の位置関係、出動経路と走行阻害災害の発生地点関係の詳細が必要となるが、それらは、図 4-3-2 に示す背景画像上のシミュレーションネット図を参照することで得られるだろう。

前述したように、表 4-3-1 の指示判断は、図 4-3-4 に示したように、ここで使用するシミュレーションネットの S d a t a の [TOKEN] 部への反映化により、シミュレーション可能な形態となる。

また、経路走行部サブシステムネットで、緊急車両の走行速度を指定するタイムは、第 3 章の 3-3 の GPS 計測データにより求まるトランジション間の距離を、緊急車両の走行速度(60km/h)で除すことで求めた。交通量が多い松任市街地の交差点近辺については、緊急車両走行のマイクロシミュレーション(平成 16 年度-17 年度報告書)の結果を使用している。ちなみに、距離を 60km/h で除す方式では 82 秒となったが、マイクロシミュレーション方式では 103 秒となった。

これらの諸想定の下で指令シナリオの比較シミュレーションを行い、3ヶ所の現場への各消防基地からの出動緊急車両の到着所用時間(秒)を求めた。その結果を表 4-3-2 の(1)と(2)に示す。

表 4-3-2 の(1)は、通報受信とともに各消防基地に方面別出動の予告指令を出す。各消防基地はその準備態勢をとる。司令部は、火災状況や場所・通報者の確認作業の後に、本指令を発令する。これを受けて各基地から緊急車両が順次出動し、指示現場に向かって走行する。

松任の現場には、千代野基地からの緊急車両 3 台が次々と到着する。それに引き続いて、松任の消防本部からの車両 5 台が到着する。この 2 つの基地が当現場に近く、5 分以内の迅速な現場到着が実現されている。しかし、所用時間を比較すると、消防本部の方が 2.5 倍となっている。これには、上述したように市街地交差点の通過に伴う一般車交通による阻害が影響している。経路選択にはこの情報が重要となる。地震時の推定には、ここで使用したマイクロシミュレーションの精緻化が望ましい。

美川基地からは 832 秒、14 分弱かかる。白山からは 33 分、白峰からだと 1 時間となる。平常時の応援出動であれば、それなりの評価が可能だろうが、地震時火災対応では評価できない。

鶴来の現場へは、鶴来基地から 3 台が 106 秒前後で到着する。現場への経路に切断型阻害被害が発生し、迂回路を使用しての出動となる。その他の基地からはやはり 1 時間以上の所用時間となっており、応援出動の域のものとなる。その一方で、白峰の現場には駆けつけ台数が 0 という結果になる。地震時緊急車両出動指令に際しては、平常時システムで重視される迅速性のみでは問題があることが分かる。金沢市での地震時防災の机上訓練においても、消防部門では受信と同時に迅速な判断と指示が出された。他部門が判断を迷っている中で、さすがはという感がしたが、やはり後発通報に全く対応することが出来ず、出動車両の呼び戻し指令が出された。

表 4-3-2 の(2)は、地震時には通報遅延や後発火災もありうるとし、通報なしも情報として、当該地域に対して一時待機維持指示を出すというシナリオ例のシミュレーション結果である。駆けつけ 0 台だった白峰の現場に、白峰基地より 120 秒程度で 2 台が到着する。

これらのシナリオシミュレーションでは、現場到着時間は、図 4-3-2 のネット図に示すように、緊

表 4-3-2(1) 即時出動指令シナリオのシミュレーション結果

| 出火地域 | | | 出火地域 | | | 出火地域 | | |
|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| 松任 | 到着時間(秒) | 出発基地 | 鶴来 | 到着時間(秒) | 出発基地 | 白峰 | 到着時間(秒) | 出発基地 |
| 1台目 | 97 | 千代野 | 1台目 | 104 | 鶴来 | 1台目 | 0 | |
| 2台目 | 99 | " | 2台目 | 106 | " | 2台目 | 0 | |
| 3台目 | 101 | " | 3台目 | 108 | " | 3台目 | 0 | |
| 4台目 | 260 | 本部 | 4台目 | 698 | 美川 | 4台目 | | |
| 5台目 | 262 | " | 5台目 | 1276 | 白山 | 5台目 | | |
| 6台目 | 264 | " | 6台目 | 2764 | 白峰 | 6台目 | | |
| 7台目 | 266 | " | 7台目 | | | 7台目 | | |
| 8台目 | 268 | " | 8台目 | | | 8台目 | | |
| 9台目 | 832 | 美川 | 9台目 | | | 9台目 | | |
| 10台目 | 1992 | 白山 | 10台目 | | | 10台目 | | |
| 11台目 | 3675 | 白峰 | 11台目 | | | 11台目 | | |
| 12台目 | | | 12台目 | | | 12台目 | | |

表 4-3-2(2) 一時待機出動指令シナリオのシミュレーション結果

| 出火地域 | | | 出火地域 | | | 出火地域 | | |
|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| 松任 | 到着時間(秒) | 出発基地 | 鶴来 | 到着時間(秒) | 出発基地 | 白峰 | 到着時間(秒) | 出発基地 |
| 1台目 | 97 | 千代野 | 1台目 | 104 | 鶴来 | 1台目 | 118 | 白峰 |
| 2台目 | 99 | " | 2台目 | 106 | " | 2台目 | 120 | 白峰 |
| 3台目 | 101 | " | 3台目 | 108 | " | 3台目 | 804 | 白山 |
| 4台目 | 260 | 本部 | 4台目 | 698 | 美川 | 4台目 | | |
| 5台目 | 262 | " | 5台目 | 1276 | 白山 | 5台目 | | |
| 6台目 | 264 | " | 6台目 | | | 6台目 | | |
| 7台目 | 266 | " | 7台目 | | | 7台目 | | |
| 8台目 | 268 | " | 8台目 | | | 8台目 | | |
| 9台目 | 832 | 美川 | 9台目 | | | 9台目 | | |
| 10台目 | | | 10台目 | | | 10台目 | | |
| 11台目 | | | 11台目 | | | 11台目 | | |
| 12台目 | | | 12台目 | | | 12台目 | | |

急車両の走行主経路から現場へと向かう出口位置に配したブレースまでの所用時間である。現実にはその先の火災現場まで走行する必要があり、よりミクロな走行部ネットが追加されて始めて時間議論が現実味を帯びることとなる。

最後に、このシミュレーションでは、通報は司令部に集約されるとして、指令シナリオもネットも構成している。また、司令部において情報収集がなされるとしている。各消防基地は、統合前には各自治体の消防本部であり、司令部機能を持っていた。統合司令部における情報収集は、支所化した各消防基地を介して行うのが現実的であろう。そのときに火災情報も各消防基地からももたらされるだろう。地震時火災への戦略的出動指令方式では、迅速対応したい各消防基地は、統合司令部での集約とそれに基づく責務地域全体を睨んだ指示を待たねばならない。このことは、地域に密着している各消防基地にとっては、大きなジレンマを抱えることを意味しており、防災計画の再編に際して、本支援システム等に課された課題といえよう。

(4) 火災延焼シミュレーションシステムとの連携化

上では、地震時火災に対する緊急車両出動指令の比較シミュレーションを行い、その結果として各現場への駆け付け所用時間を示した。そして、5分以内の駆け付け時間内の出動指令とその他とを区別し、一つの評価を下した。

ここで求めた時間は、本指令発令から現場入口プレースまでの所用時間であり、地震の発災時からの経過時間ではない。また、地震火災も必ずしも発災と同時にないということを念頭に、火災延焼シミュレーションとの連携化の下での議論を行う。

まず、図 4-3-5 に、著者らが開発してきた火災延焼シミュレーションシステムの構成を示す。このシステムは、浜田の延焼速度式を基盤に、そのメッシュモデル化を行い、より市街地構成を反映したシミュレーションの実現化を目指したもので、酒田大火や福光大火の再現シミュレーションで検証されたものである。現在は、より現実の地域構造に対応した表示系にするために、建物形状をポリゴン化し、それらに彩色化する出力系を採用している。

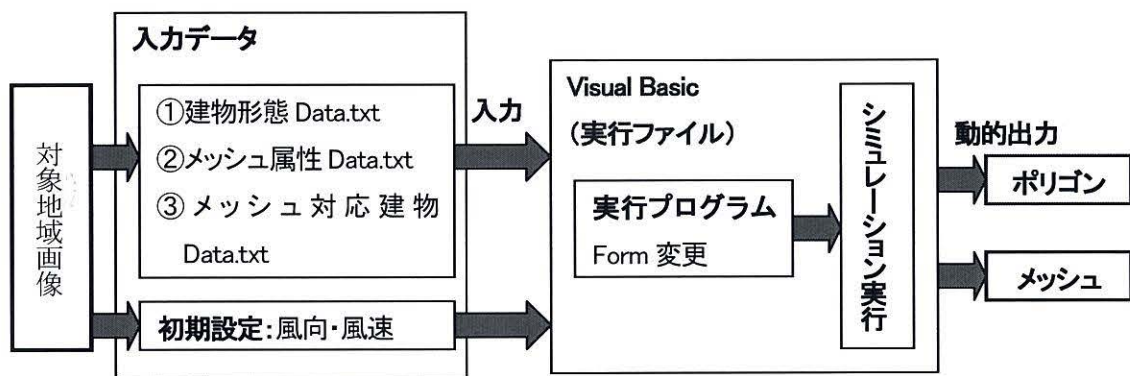


図 4-3-5 V. B. 版火災延焼シミュレーションシステムの構成図



図 4-3-6 シミュレーションの初期条件設定画面 (同時出火指定可)

図 4-3-6 は、この火災延焼シミュレーションシステムにおける初期設定図である。同時多発性を特徴とする地震時火災の取り扱いを目的としており、出火点の設定は複数個、同時に行うことができる。具体的には、プログラム内の出火点設定部で、出火メッシュ座標ないしはポリゴン番号の指定で行われる。

火災延焼では、風向・風速という気象条件が重要な要素となる。図 4-3-6 に示すように、初期設定のサブウィンドウを用いて、シナリオで想定されている風向・風速を選択・設定することで反映化される。この画面例では、北西の風、風速 6 m/s とされている。風向は、また、矢線による視覚表示もされる。

このシミュレーションを松任の木造市街地で適用した結果を、図 4-3-7 に示す。図 4-3-7(1)は、出火点が 1 箇所の場合である。風向・風速は、図 4-3-6 と同じで、北西の風、風速 6 m/s としている。これは、この地域の冬季の卓越風である。

最初の 2 分は、出火から炎上状態になる時間である。6 分後には風下建物に延焼し、10 分後にはその区画に拡大している。この時点であれば、風下側の道路に防火線を張ることが可能と推測される。

表 4-3-3 の駆け付け所用時間では、千代野基地からの 3 台は、1 分 30 秒程度、本部基地からの 5 台は、4 分 30 秒程度となっている。区画内火災での消火が可能な迅速出動といえる。

図 4-3-7(2)は、同じ気象条件の下での同時出火ケースのシミュレーション画面である。4-3(3)での議論は、広域化した責務領域の各地域での同時多発火災に対する出動指令シナリオについてであったが、さらに同一地域内でも同時多発火災が予想される。1 箇所での出火であれば、上でみたように、近隣の基地からの出動で区画内火災での消火が可能となるだろうし、司令部の指令も方面別出動指令で対応できそうであるが、複数出火になると、どちらの現場で活動すべきかの決定も必要となる。

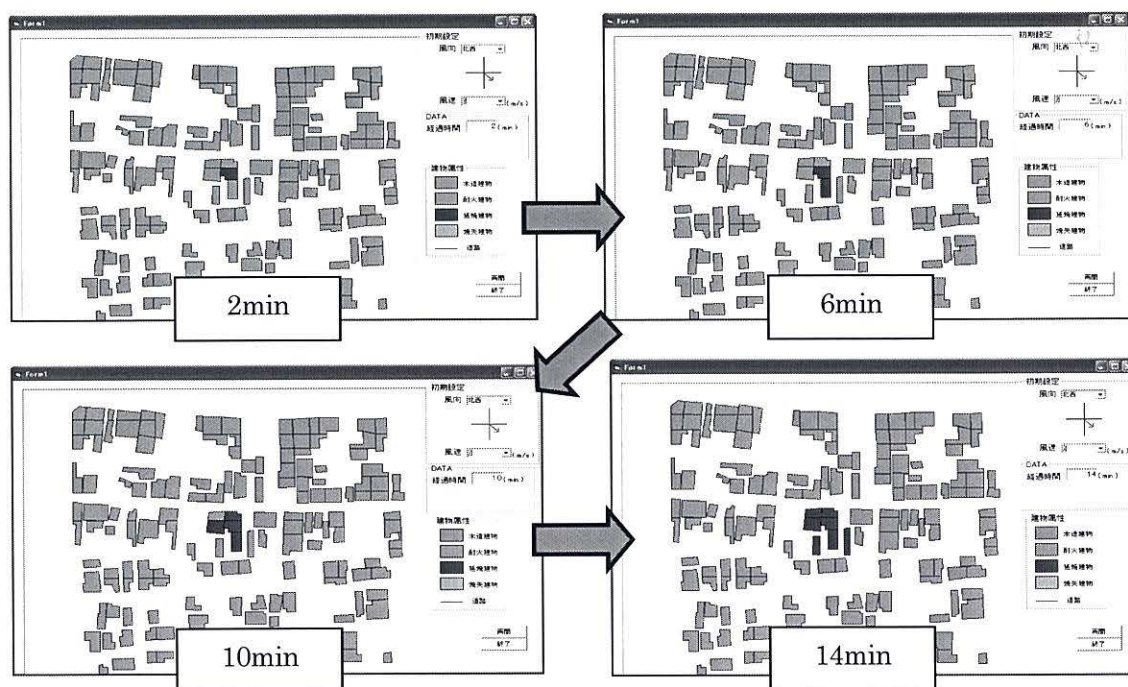


図 4-3-7(1) 出火点一箇所のシミュレーション実行画面

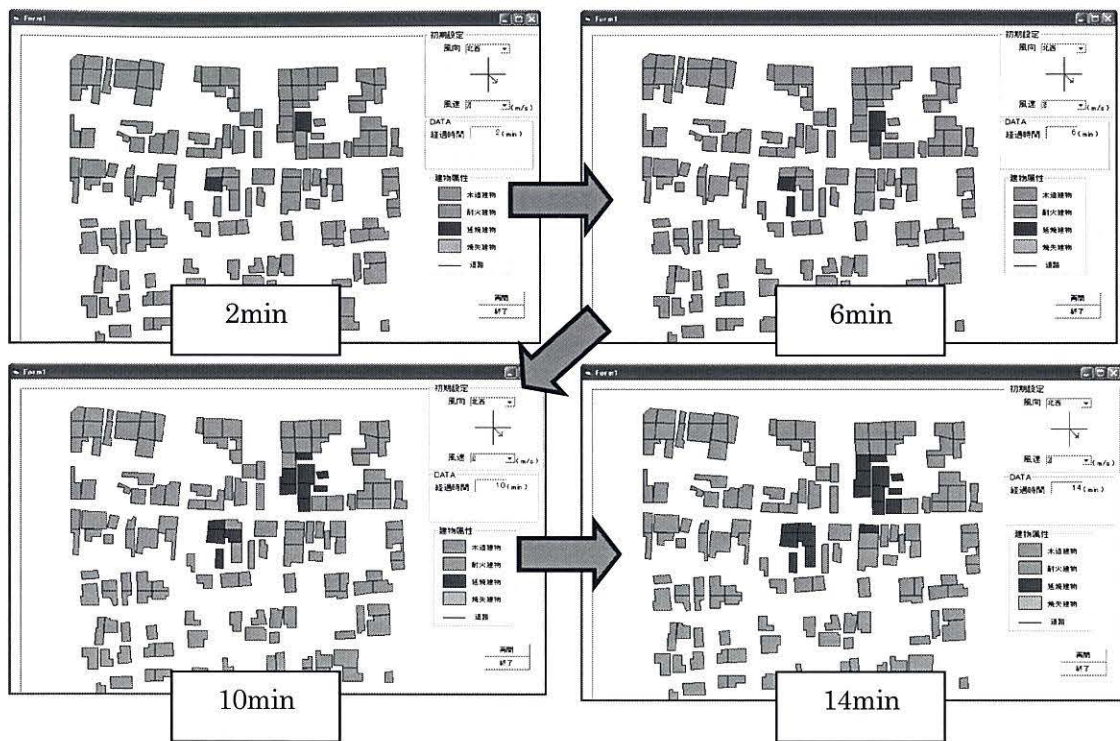


図 4-3-7(2) 二箇所同時出火のシミュレーション実行画面

現場にこの決定を求めれば、当然最初に通りにかかった現場での活動優先となる。司令部が現場を細分し、出動指令を出すとしても、“通りにかかった現場”というジレンマは残り、いざ地震時の出動指令判断は混乱するだろう。

本部一支所化に伴う責任体制の再編要請もここからも生まれることとなる。

4-4 参考文献

- 1) 木俣 昇：背景画像上でのペトリネットシミュレーション構築法による地震防災計画の動的支援研究，平成16年度～17年度科学技術研究補助金(基盤研究C)研究成果報告書，2006.3
- 2) 二神 透：中山間地における相互扶助型災害時避難システムと救援システム構築、平成17年度～18年度科学技術研究補助金(基盤研究C)研究成果報告書，2007.3
- 3) 木俣昇，鷲見育男：消防防災システムの阻害要因のペトリネットシミュレーションに関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，No.14，393-400，1997.
- 4) 堀浩三，木俣昇：ペトリネットシミュレータによる背景画像上での地震時緊急路の点検・構築支援システム，土木計画学研究・講演集，32巻(CD-ROM版) No.40，2005.12.

- 5) 南部佳郎, 木俣昇 : 信号交差点部における緊急車両走行支援のペトリネットシミュレーション研究, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 363-364, 2006.3
- 6) 南部佳郎, 木俣昇 : 緊急車両走行のペトリネットシミュレーション開発に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, CD-R no.71, 2006.12
- 7) 二神透, 木俣昇 : 中山間地域の救急・避難計画支援のためのシナリオ・シミュレータの適用に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, CD-R no.121, 2006.12
- 8) 佐藤謙一郎, 木俣昇, 二神透 : 緊急車両の地震時広域出動シナリオのペトリネットシミュレーション開発, 平成18年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-R IV-52, 2007.3
- 9) 南部佳郎, 木俣昇, 二神透 : 緊急車両の地震時広域出動シナリオのペトリネットシミュレーション開発, 土木計画学研究・講演集 Vol.36, CD-R, IV-165, 2007.11
- 10) 田中健太郎, 高山純一, 中山晶一朗 : ITS を活用した災害時における緊急車両の走行支援に関する研究, 平成17年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.371-372, 2006.3.
- 11) 木俣昇:大震時避難計画のためのメッシュ型火災延焼シミュレーション・システムに関する検証, JORSJ, Vol.30 No.1, 59-86, 1987.
- 12) 木俣昇, 二神透 : 大震時火災の延焼シミュレーション・システムの要因分析による都市の耐火構造の研究, 土木計画学研究・論文集, No.5, 123-130, 1987
- 13) 二神透, 木俣昇, 末廣文一 : 火災延焼シミュレータを用いた防災樹木整備計画支援システムの開発, 土木計画学研究・論文集, Vol.23 no.2, pp.325 - 334,2006.9.

第5章 ペトリネットによる防災計画再編支援シミュレーション技術の提供に向けて

5-1 本研究での成果とまとめ

自治体合併に伴う防災計画の再編には、合併に伴う種々の変化と、未経験の災害状況についての種々の可能態をシナリオとして構成し、その動的推移を検討する支援シミュレーション技術が不可欠となる。本研究では、「シナリオ」＝「事象連鎖の生起と抑止系」として、ペトリネットによるシナリオ記述法と、その結果のペトリネットシミュレータによる視覚的シミュレーションの技術とを、基礎から応用、さらには実践形式についてまで述べてきた。

まず、第2章では、「シナリオ」＝「事象連鎖の生起と抑止系」という認識に基づき、事象連鎖による目的達成系と、その達成を阻害する確率的抑止系のペトリネット表現を示し、ペトリネットによるシナリオ記述法と動的駆動法の基本原理について説明した。ネット記述法は、対象システム内の事象と状態ないしは事象の生起条件や生起結果を認識し、それらを事象はトランジション（記号的には“|”）で、状態や条件や結果はプレース（記号的には“○”）で表記し、この2種類の要素間の関係をアーク（記号的には、入出力は“→”，抑止は“…”）でつなぐだけである。

現在生起している状態や条件は、該当するプレースにトークン（記号的には“●”）を配置することで視覚的に表示される。このトークンがトランジションの発火則によってシステム内のプレースを移動することで動的推移がシミュレーションされる。この[トランジションの発火則]も、2-1に示したように非常に単純明快なものである。ここまでは誰にでも容易に理解・習得される技術であると考えている。

さらに、シナリオ変更への対応力を示すために、目的達成系の事象連鎖が抑止される事態を回避するために、事前・事後対策シナリオの組み入れ展開法をも示している。防災計画の再編支援では、このようなシナリオ検討とその後の展開性機能が、重要なシステム要件となるからである。

第2章では、次に、このペトリネットをコンピュータ上で構築し、視覚的なシミュレーションを実行する技術について述べた。コンピュータ上でのシミュレーションには、対象システムのペトリネット図をS d a t aと呼ばれる形式で記載することが必要となる。これは、図2-2-1に示したように、ペトリネットを構成する全てのプレースとトランジション、初期配置する全てトークンの配置プレース番号、およびトークンを生成する特殊プレースとカラートークンを生成する特殊トランジションについて、それぞれを1行単位で詳細に記述するものである。

このS d a t aをペトリネットシミュレータにより読み込み、指示に従って“要素配置”を行うことで、視覚シミュレーションのための出力ネット図が構築される。また、このネット図の要素配置座標データが、N d a t aとして自動生成され、保存される。

提案支援システムの特徴の1つは、ネット図さえ描けば、プログラムの変更なしに種々のシナリオシミュレーションが可能となるというユーザーフレンドリー性にある。逆にいえば、このS d a t aがプログラムの役割を担っている。技術提供に際しては、この書式の習得法についても工夫が必要と考えている。この点については、第3章と第4章では、E x c e l形式の使用を試みている。

2-1で支援システム要件としたシナリオの変更も、このS d a t aの編集によって、コンピュータ上で行える。構築済の元のシナリオネットは、上述した生成済みの座標データ、N d a t aを基に

描画される。そこに、S d a t a 編集で追加された要素について追加配置するという手順で、変更シナリオのシミュレーションネットが構築できる。また、シナリオ上での条件の変更、例えば、ある状態の継続時間や準備に要する時間、あるいは確率事象系での生起確率等の変更は、S d a t a 上でこれらの記載数値を変更するだけで、直ちにシミュレーション実行が可能となる。

第2章は、ペトリネットとそのコンピュータ上での実行に関する基本技術についての提供に該当する。第3章と第4章は、地震時防災計画の再編支援の実践に向けての基礎と実践技術の提供に向けての研究である。

地震時防災システムは、平常時システムを基盤として構成されて初めて実行性が担保されたものとなる。この観点から第3章では、平常時システムのペトリネットシミュレーション技術について検討している。対象システムのペトリネット表現技術は、第2章で述べたように、「対象システム内の事象と状態ないしは事象の生起条件や生起結果を認識し、それらを事象はトランジション（記号的には“|”）で、状態や条件や結果はプレース（記号的には“○”）で表記し、この2種類の要素間の関係をアーク（記号的には、入出力は“→”、抑止は“…”でつなぐ）」というものである。これらの認識には、対象システムを図解することが役立つ。第3章では、平常時システムの概念図解から構成要素を抽出し、その各構成要素の詳細図解を基に、構成要素のサブネットを構築するという手順で記述している。このような手順の意識化、システム化も技術提供として重要となるからである。

具体的には、3-2では<通報-司令部><消防基地-出動部><経路走行部>の各サブネットをこの手順で整備し、提供した。さらに、第2章の成果で指摘したように、整備した各々のネットについて、S d a t a を明示するとともに、コンピュータ上での出力ネット図による動的状態推移の確認図を示し、基本技術の習得をより実践形式で可能とする工夫を行っている。

3-3では、自治体合併に伴う事態変化の1つである責務領域の拡大化に対処する実践技術について検討した。具体的には、車載GPSによって取得される経路走行データを基に、3-2で整備した<経路走行部>のサブシステムネットを自動生成しようとするものである。第2章で述べたネットの開発・構築手順は、<ネット図の考案>→<S d a t a 記載化>→<画面上での要素配置>→<出力ネット図描画（N d a t a 生成）>というものであつたが、ここでの手順は逆で、<GPS計測データ>→<GPS系N d a t a >→<N d a t a 変換>→<S d a t a 変換>→<出力ネット図描画>というものである。この手順をE x c e l のマクロ機能を組み込んだシート設計によりシステムティックに行えるようにした。

この技術は、経路1本単位の構築法であり、複数の経路の作成時には、重複部の処理と交差点部の処理が必要となる。これらについても、S d a t a の編集により対応する方法を提示し、実践事例で確認をしている。

GPS計測データに基づくネット構築技術は、広域な対象地域での<経路走行部>のサブシステムネットの構築作業量を大幅に削減させるとともに、平常時システムでの出動実績データや、地震時訓練時の収集データの直接的反映化に、さらにいえば、地震時災害を想定し、迂回経路の探索走行データの反映化にも有効となる。この直接反映化は、防災計画の再編支援システム要件とした関係者による主体的取り組み性を大いに向上させるものとなると考えている。

3-4では、対象地域において、GPS計測データに基づく<経路走行部>のサブシステムネットの構築作業を実践し、複数経路の組み込み、<通報-司令部>のサブネットと、6箇所の<消防基地

「出動部」のサブネットの組み込み実践を、S d a t a の編集を通して行っている。第2章のまとめでは、S d a t a 書式の理解が、本技術提供での課題の1つであるとしたが、ここではE x c e l 形式でのS d a t a フォーマット（図3-4-2参照）を提案、使用している。

この形式は、第2章で示したテキスト形式のS d a t a が縦方向に順次記載するのに対して、各記載部位をまとめ、それらを横方向に並べることで、S d a t a に記載すべき事項が一覧できて、かつ各部位単位で記載に集中できる形式といえよう。

シミュレーション実行には、テキスト形式でのS d a t a を使用する必要がある。そのために、テキスト形式での各部位の記載終了記号を、次の部位の記載開始の上の行に配置する工夫をしている。これらの工夫によって、シナリオ変更に伴う要素の追加は、各部位の下方方向を使用して、それぞれ独立した形で行うことができ、S d a t a の編集にも有利な形式であるとともに、テキスト形式への戻し作業も、各部位の記載単位でコピーし、テキストに張り付けるだけで完了することになる。

第4章では、第3章の平常時システムのシミュレーション開発を基盤に、それらの地震時システムへの拡張化諸技術について検討している。ここでも対象システムの図解から始めている。まず、平常時システムの図解に「地震動」のイメージを追加し、新たな事象と状態を想像し、かつそれらの平常時システムの構成要素への作用を想像する。それらから、まず、＜走行経路制約型阻害＞＜走行経路切断型阻害＞のサブネットを新たに開発した。次に、地震火災の同時多発性から＜消防基地－出動部＞のサブネットを方面別出動指令対応型に拡張し、これと切断型阻害に伴う引き返しに対応するために＜経路走行部＞のサブネットの双方向走行化への拡張化を行った。3-3で提示したGPS計測データ方式も往路と復路のボタンが用意されることになる。

さらに、地震発生に伴う通報の遅延化、切断型阻害災害の発生に伴う引き返し走行ロスを考慮し、地震時消防防災システムの統合司令部は、情報収集活動を行うとともに、平常時の迅速性から災害の全体像を睨んだ戦略的判断性への移行が求められるとして、＜通報－司令部＞のサブネットの拡張化を行った。即ち、通報遅延性の組み込み、情報収集系と情報有時の迂回路指令、未通報地域に対する一時待機維持指令の組み込み開発を行うとともに、それらに伴う＜消防基地－出動部＞のサブネットと＜経路走行部＞のサブネットの追加拡張化も行った。

最後に、第3章の平常時シミュレーションの適用事例地域に対して、地震時緊急車両の広域出動指令シナリオの比較シミュレーションネット構築を行った。ここでは、司令部での戦略的出動指令シナリオをシミュレーションネットに反映化させるシステム手順を示すことができた。具体的には、各々の＜消防基地－出動部＞のサブネットへのトークンの初期配置により上述の各指令は実体化される。それらの指示配置ブレース番号のリストを用意しておき、指示台数や一時待機時間を記載し、それらをS d a t a の [TOKEN] の部位に張り付けるという方式である。

シミュレーション事例では、3か所での出火があり、1地域の通報が遅れている。経路は1か所で切断型阻害が発生し、別の1か所で制約型阻害が発生しているとし、平常時の迅速性に準拠した方面別即時出動指令シナリオと、一部一時待機維持指令シナリオの比較シミュレーションを実行し、出動基地から火災現場への到着所要時間を求めている。この結果を火災延焼シミュレーションと連携させて考察すれば、遠方基地からの駆け付けは、平常時であれば応援出動という面を持ちうるが、地震時には通用しないことが示された。即ち、統合司令部には、戦略的出動指令判断という困難な課題が科せられるという結果となった。

火災延焼シミュレーションとの連携からは、さらに、地震時火災では、出動先の火災地区内でも複数の地点での同時出火という事態が生じ、この事態に対する指令ないしは指示判断も問題となるとした。出動部隊にすれば、通りかかった第一現場での消火・救助活動を無視するのは極めて困難なことである。戦略的出動ではこのような事態がありうる。逆にいえば、このような種々のジレンマが予想されるゆえに、防災計画の再編に関しては、地域間での事前準備議論が、行政、自主防災組織、そして住民レベルで十分に行われるとともに、実施訓練により、再編計画の細部について、確認とその修正作業が継続的になされることが肝要なのである。本研究は、これらの活動を支援するシステム技術の開発と提供化を目指したもので、基礎技術として、一応の確立・整備ができたと考えている。

5-2 今後の課題

未経験なことがらへの入口として、本研究では、ペトリネットによるシナリオシミュレーション技術による支援法を検討してきた。基本技術はある程度整備できたと思うが、リアリティを備えるには、実務レベルの人々との連携で、さらなるサブネットの改良化が望まれる。本報告書で、実務レベルの人々にも、本技術の基礎部分の理解は十分得られるのではないかと考えているが、技術提供化のシステム構想との関連で、今後の課題を整理しておく。

第2章の2-3に、技術提供のシステム化構想図(図2-3-1参照)を示した。これは、ペトリネットシミュレータ<Color Petri Net Simulation System>と、既開発のペトリネットモデルのデータ、即ち、S d a t a と N d a t a のセットファイルを蓄積・管理しているライブラリーより構成されたシステムを使用して、利用者の問い合わせに応じて、種々の形で応答をするという形式で、本技術を提供しようという構想である。

第2章で述べた事柄も、この問合せ-応答スタイルで利用者に提供される。例えば、2-1で述べた基本事項はPDFファイルで用意され、キーワードで細部情報が学習される。2-2は、問い合わせに応じて、図2-2-2~図2-2-3(1)(2)(3)の画面がまず提示され、それと並行する形で別ウインドウが開き、<Color Petri Net Simulation System>で追体験が可能となるのが望ましい。

本技術の1つのネットは、S d a t a 形式によるネット図情報の記載化にある。種々の人々に説明する機会があり、2-1のレベルではほとんど問題なく理解されるが、S d a t a のところでとまどいがある。これは、1つは書式の理解性の問題、1つはなぜ必要かという問題によるように思う。前者については、E x c e l 形式S d a t a フォーマットでの提示と、種々のネットについての記載実行で解決できる。このときに、この応答システムでは、作成したS d a t a がシミュレータ上で正しいネット図として描画されているかの判断情報を返すことになる。これは、後者の問題解決にも繋がる。即ち、成功体験が、この問題解決に働くからである。

なぜS d a t a かという問は、本シナリオシミュレーション技術の根幹にもかかわるものである。即ち、シナリオの変更や追加は、このS d a t a の編集によって行える。他のシミュレーション技法では、変更や追加にはプログラムの改修を伴う。本シナリオシミュレーション技術では、この部分をS d a t a が担っている。プログラム言語の学習と実プログラムの改修作業とでは困難さが違う。このS d a t a 書式はプログラム言語の簡易版であり、メリットが理解されれば、この問題も解決されると考える。そのためには、基本シナリオからスタートし、その視覚シミュレーション実行を経て、

シナリオ変更の必要性を議論し、その結果を即時シミュレーション実行するという応答ケースを準備することが望ましい。

本報告書では、サブネットを提示するときには、それらのS d a t aも同時に提示してきた。これは、1つにはS d a t aの学習用として、いま1つにはシナリオの拡張化や変更用として、ライブラリーを充実させるためである。

最後に、他システム技法との連携化による本支援技術の充実化について触れる。第3章の3-3では、GPS技術との連携化によるネット構築の容易化を示した。このネット構築の容易化に関しては、S d a t aのE x c e l形式使用に伴うさらなる改良が望ましい。即ち、E x c e lのマクロ関数を使用したサブシステムネット間の自動結合化などの推進である。