Development Report（報告）

首都圏複合災害への対応・減災支援技術

Yoshiaki Hisada[*1], Toshihiro Osaragi[*2], Masahiro Murakami[*1], Osamu Mizuno[*1], Wataru Kobayashi[*3], Susumu Yasuda[*3], Miho Oohara[*4], Tomohisa Yamashita[*5], Kazuyuki Takada[*3], Takashi Suematsu[*6], Jun Shindo[*7], Takuya Oki[*2], and Akira Kakizaki[*6]

[*1] Kogakuin University, Nishi-Shinjuku, Shinjuku, Tokyo
[†]Corresponding author, E-mail: hisada@cc.kogakuin.ac.jp
[*2]Tokyo Institute of Technology, [*3]Tokyo Denki University, [*4]Public Works Research Institute
[*5]Hokkaido University, [*6]VECTOR Research Institute, Inc., [*7]SOMPO RISK MANAGEMENT & HEALTH CARE

SIP防災の課題⑦－２では、首都圏に代表される巨大都市における震災と集中豪雨等による水害に起因する複合災害への効果的な対応・減災支援技術を開発するため、「サブテーマ１：巨大都市・大規模ターミナル駅周辺地域における複合災害への対応支援アプリケーションの開発」、および、「サブテーマ２：地域防災の持続的向上可視化アプリケーションの技術開発」を実施した。前者では、災害前に対象エリアのハザード・リスク評価を踏まえた災害時の行動指針・ルールを策定し、災害時には関連情報を一般市民・災害対応従事者に配信し、混乱等の２次災害低減のための効率的な対応支援のためのアプリを開発した。一方、後者では災害時における「限られた時間・人員・物資を最大限に活用して被害を最小化すること」を目的として、災害発生時には空間的に散在している，様々なタスク（対応すべき用件）と担当者を合理的に「マッチング」させ，巡回するための最適ルートを提示して「ナビゲート」し，その進捗状況を「モニタリング」することのできる「巡回支援アプリ」を開発した。

Keywords: 巨大都市の複合災害、震災、水災、災害対応支援、巡回支援

1. Introduction

2011年東日本大震災では首都東京は震度５であったが、公共交通は停止し、大規模ターミナル駅周辺には膨大な帰宅困難者が溢れ、首都機能はマヒ状態となり、改めて巨大都市の脆弱性が浮き彫りとなった。高層建築や大規模ターミナル駅、広大な木造密集市街地など膨大な人口が密集する超巨大都市東京は、首都直下地震や南海トラフ巨大地震などの地震災害に対する防災・減災対策の推進が焦眉の課題である。さらには、かつて人が住まなかった洪水や高潮などの水害の常襲地域である河川流域や湾岸低地には広大な市街地が拡大しており、最悪の場合、震災による直接被害や大規模な延焼火災に、水害が同時発生し、大群集のパニック（群集雪崩・流言飛語・治安悪化）など複合化する大規模災害への対応も必要となっている。一方、過去のM7級の首都直下地震の大半は深い地震が多く、深刻な被害が生じた訳ではないことにも注意すべきである。従って最悪な想定だけでなく、発生確率の高い中小規模の災害も想定し、災害時には被災レベルに応じた柔軟な対応行動を行い、かつ限られた施設・地域の資源を最適に活用できる体制を整備しておく必要がある[1]。

以上の背景より、本課題では首都圏における首都直下地震等による震災と集中豪雨等による水害に起因する複合災害への効果的な対応・減災支援技術を開発することを目的とし、２つのサブテーマ「巨大都市・大規模ターミナル駅周辺地域における複合災害への対応支援アプリケーションの開発」、および、「地域防災の持続的向上可視化アプリケーションの技術開発」を実施した。

2.サブテーマ１：巨大都市・大規模ターミナル駅周辺地域における複合災害への対応支援アプリケーションの開発

本サブテーマでは、大規模ターミナル駅周辺地域における震災と水災による複合災害を想定して、膨大な駅周辺滞留者や帰宅困難者等による混乱等の２次災害防止を支援するアプリケーションを開発した。具体的にはFig.1に示すように、①対象地域のハザード・リスクを評価し、②事前に災害時の行動ルール・指針を策定し、③災害時には外部や地域内の災害関連情報を受信し、④災害対応従事者と一般市民に向けて混乱防止のために必要な情報を提供する、一連の仕組みと対応支援のアプリケーションで構成される。開発したアプリの有効性を検証するテストフィールドとして、首都圏を代表する代表的な大規模ターミナル駅である新宿駅、北千住駅、および、横浜駅の周辺エリアに適用した。

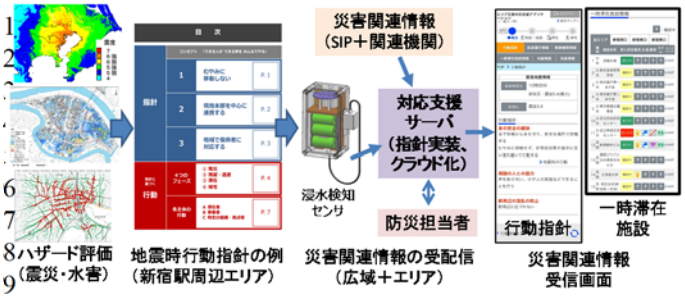

Fig.1. 災害対応支援アプリケーションの概念図

2.1. 新宿駅周辺エリアへの適用

新宿駅周辺エリアの現況と共助による震災被害低減の取組みを紹介する。当エリアは世界最大の乗降者数（約347万人/日）の新宿駅を核とし、西口エリアは超高層ビル街、東口エリアは我が国で最大の商業・歓楽地域である。エリア内では約2万人の（夜間人口）は対し、昼間人口は約30万人を超え、東京都の想定（2012）では震災時には駅周辺に約17万人が滞留し、約9万人の帰宅困難者が発生すると想定されている。このため、震災による１次災害低減と震災時の混乱等による２次災害防止を目的として、地元自治体・事業者・大学等により2007年に新宿駅周辺防災対策協議会を設立し、講習会やワークショップ、防災訓練など様々な活動を行っている。

本事業では新宿駅周辺防災対策協議会と連携し、初めに震災時における帰宅困難者による混乱防止のためのエリア内の行動指針を策定し、その効果を群集シミュレーションで検証した[2]。具体的には、４つの時間フェーズによる指針を定めている。まず震災直後の「発生フェーズ」ではむやみに移動せず、各自の身の安全を確保し、次に「残留・退避フェーズ」ではできるだけ建物・施設内に留まるが、どうしても避難する必要があるか、身の寄せる場所が無い場合は、駅ではなく東西二カ所の広域避難場所に退避する（Fig.2）。さらに「滞在フェーズ」では、エリア内で安全確認ができた一時滞在施設に最大で３日間滞在し、最後に「帰宅フェーズ」では幹線道路や公共交通の運行状況が分かり次第、帰宅が可能な人から順次帰宅する。行動指針の有無による当該エリアでの混乱度の低減効果は、Fig.3に示すように群集シミュレーションにより確認した[2]。

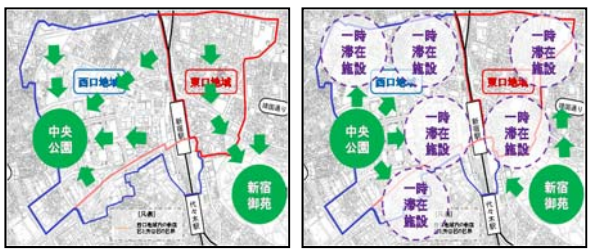

Fig.2. 新宿駅周辺エリアにおける震災時行動指針
（左：残留・退避フェーズ、右：滞在フェーズ）

Fig.3. 行動指針による行動の有無による群集による混雑度低減効果の検証（避難開始から45分後の群集シミュレーション結果、赤色が停止している避難者）
左：建物内在館者の半数が避難した場合
右：全員が建物内に留まった場合）

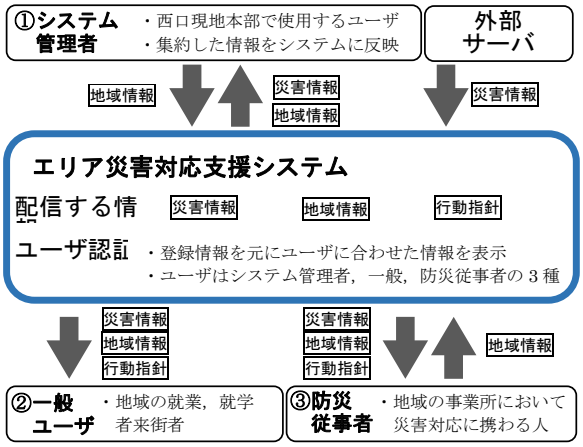

Fig.4. 災害対応支援のための情報受配信システムの概要

Fig.5. 災害関連情報受信アプリのスマホ画面の例
左：行動指針・地震・鉄道運行情報の画面
右：一時滞在施設情報の画面

Fig.6. 新宿駅西口地域防災訓練での実証実験（2017年11月）
左：西口現地本部における情報受配信の様子
右：サイネージによる滞留者の新宿中央公園への誘導

次に、当エリアを対象に震災時の対応支援アプリを開発し、地域防災訓練を活用した実証実験を実施した[3]-[5]。Fig. 4は開発した対応支援システムの概要である。震災時に現地本部（工学院大学内）を立ち上げると同時に、SIP防災の課題④で開発した情報共有システム（SIP4D）等から地震観測・被害推定情報を入手し、エリア内の関係者に配信する。すなわち、一般市民には、行動指針や公共交通、一時滞在施設等の情報を時間フェーズに応じて配信する。一方、エリア内の施設管理者等の災害対応従事者には、関連情報の配信と同時に、自分の施設や周辺の関連情報を送付してもらい、エリア内の状況を整理し、状況に応じた適切な対応行動を支援する。Fig. 5にはスマホによる受信画面の例を、Fig. 6には2017年11月に実施した地域防災訓練による災害対応支援アプリを活用した実証実験の様子を示す。受信アプリには地震関連情報（震源やエリア内の震度・長周期地震動階級など）と行動指針とその関連情報が提示される。時間フェーズと状況に応じたエリア内での共通の行動を誘導することで混乱防止に有効であることを確認した。

2.2. 北千住駅周辺エリアへの適用

北千住駅周辺エリアは、北は荒川、南は隅田川に囲まれており、ほぼ中央に大規模ターミナル駅である北千住駅（約150万人/日の乗降客）がある。東京都の想定（2012）では震災時には約3万人の滞留者と、1万人以上の帰宅困難者が予想されている。エリア中央の南北に幹線道路（国道4号線）が通り、東日本大震災時には北千住駅からの移動した帰宅困難者や、南北の橋がボトルネックとなり大渋滞が生じた。このエリアは液状化の危険度が高く、多くの木造密集地域が存在する。例として、Fig.7に木造住家を対象とした液状化危険度マップ[6]と、建物壁面からの落下物を考慮した避難困難度マップ[7]、を示す。さらに当エリアでは水災の危険性が指摘されており、荒川破堤時には最大で5m以上の浸水が想定されている。Fig.8に示すように豪雨による内水氾濫のシミュレーションを実施し、降雨量レベル別の北千住駅地下街への浸水ハザードを評価した[8]。

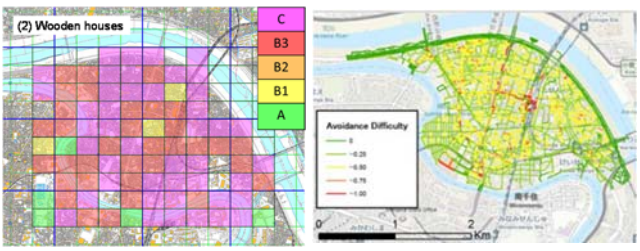

Fig.7. 千住エリアで評価したハザードマップ
左：木造住家の液状化危険度マップ[6]（液状化被害の可能性が、Cは大、Bは比較的大、Aは小）
右：建物壁面からの落下物を考慮した避難困難度[7]

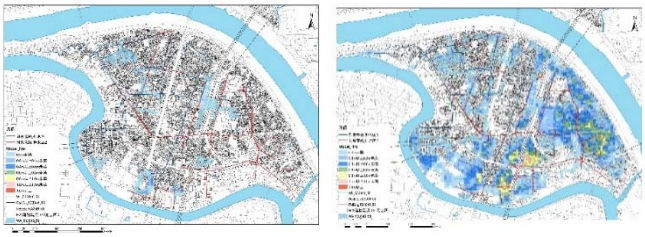

Fig.8. 千住エリアでの浸水ハザード評価の例[8]
左：30年確率の降雨による浸水
右：最大クラスの降雨による浸水

本事業では、Fig.9に示す水災時の対応支援アプリ（AREA RAIN）を開発し、北千住駅周辺の事業者に試験配信を行っている[9]。本アプリは、エリア内の詳細なXRAIN雨量レーダ情報（Fig.10左：雨降ビューア）と内水氾濫のシミュレーションから判断し、水害への注意喚起を関係者に自動メール配信するシステムである。当アプリは北千住駅周辺の鉄道事業者や商業施設に配信され、各事業者による止水板の設置や早期避難など適切な対応行動に活用されている（Fig.11参照）。さらに、浸水を直接把握するために浸水検知センサを開発した。このセンサは施設への設置を容易に行えるよう無線・電池式である（Fig.10右）。

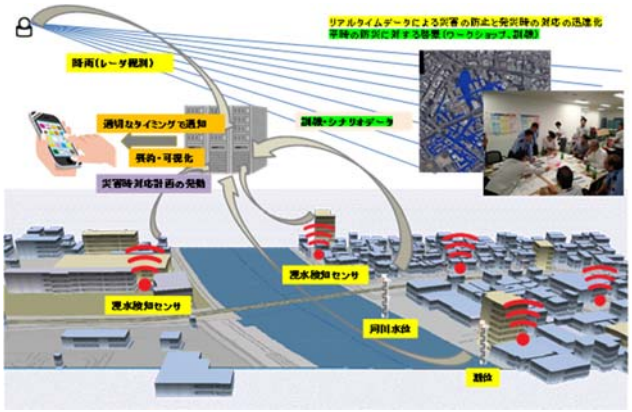

Fig.9. 水災対応支援アプリ（AREA RAIN）の概念図

Fig.10. 雨降りビューア（左）と浸水検知センサ
（右上：センサ、右下：グレーチングへの設置の様子）

Fig.11. 北千住駅周辺事業者の止水板設置訓練

2.3. 横浜駅周辺エリアへの適用

災害対応支援アプリの水平展開として、2017年度より横浜駅西口エリアへの適用を開始した。当該エリアは帷子川水系河川に隣接する埋め立て臨海低地であり、洪水等の水災、延焼火災や液状化、津波などの震災の危険度が高い地域である。北西部に高台が隣接しており、震災時は速やかな高台避難が求められている。横浜駅は６つの鉄道が集中するターミナル駅であり、1日平均約224万人の乗降客が利用している。西口には大規模な地下街（相鉄ジョイナス）があり、隣接する事業者により横浜駅西口共同防火防災管理協議会が結成され、震災・水災時の対策として「震災時の混乱防止を図るための対応方針」、および、「横浜駅西口地下街等避難確保及び浸水防止計画」が整備されている。

Fig.12に水災対応アプリとして開発した「AREA RAIN for 横浜駅西口」の概要図を示す（2018年8月より運用開始）。これは前述の降雨レーダ情報（雨降りビューア）と新たに開発したLPWA（Low Power Wide Area）による浸水センサに加えて、神奈川県・横浜市、および相鉄ジョイナスによる河川水位計、海上保安庁の横浜港潮位計の情報を統合し、エリア関係者に注意喚起メールと、当該協議会の浸水防止計画に基づく対応指令情報を送信するシステムである。

水災対応アプリの運用開始にあたり、Fig.13に示すように協議会の事業者を対象に図上演習形式のワークショップを実施した（2018年8月1日）。神奈川県による帷子川水系河川の破堤浸水シミュレーション結果をもとに、台風接近から豪雨の発生、横浜市による「避難準備・高齢者等避難開始」、「避難勧告」、河川破堤による浸水、「避難指示（緊急）」の発令、とタイムライン的に水災対応アプリを想定した情報付与を行い、参加事業者の防災担当者に、事前計画に基づく対応行動（閉店、お客誘導、止水板設置など）を考え、記述して頂いた。これまでは、関連する多数の情報が様々な機関からバラバラに入手する必要があったが、本アプリでは、速やか、かつ適切なタイミングで必要な関連情報が提供されるため、より効果的な対応が可能になるとの評価を頂いた。

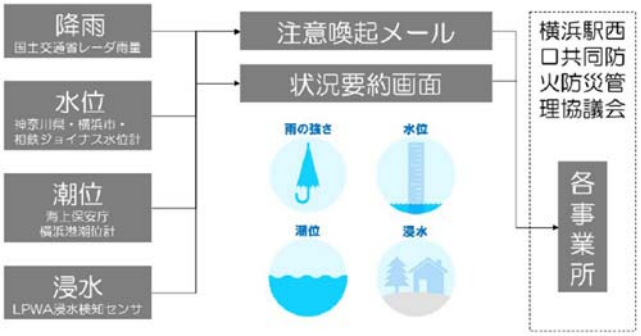

Fig.12. AREA RAIN for 横浜駅西口の概要図

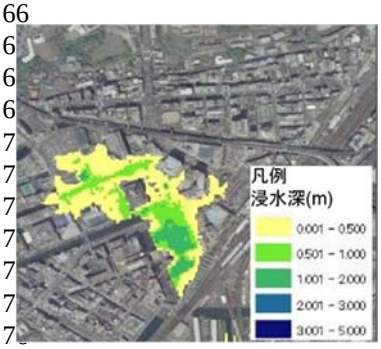

Fig.13. 幸川破堤による横浜駅西口地域の浸水状況（左：破堤60分後）と浸水対応ワークショップの様子（右）

2.4. 今後の展開

横浜駅周辺エリアでは水災対応アプリに加えて、新宿駅周辺エリアで開発した震災対応アプリの移植中である。2018年10月には試験運用を開始し、水災対応アプリと併せて検証WSを経て、実運用を開始する。本事業で開発した災害対応アプリのソースコードや導入・運用マニュアル、３つのエリアで実施した具体的な実例は全て公開し、他の大都市中心市街地や施設でも導入可能とする。また本事業の終了後も、開発アプリは工学院大学･総合研究所 都市減災研究センター、および、東京電機大学･総合研究所 レジリエントスマートシティ研究所により継続運用される予定である。さらに、本事業で開発したアプリの一部（超高層建築居住者向けの長周期地震動相当の情報など）は、災害関連情報を提供する民間事業者から配信する予定である（2018年度内を予定）。

3.サブテーマ２：地域防災の持続的向上可視化アプリケーションの技術開発

災害発生時には，救援・救護・救助等への迅速な対応が求められるが，これらの要求が，いつどこで発生するかを予見することは難しい。また，これらの要請に対応する担当者も，自らが被災したり，または，遠隔地に滞留しているなど，対応できない場合も発生しうる。ここでは，救援・救護･救助等で要請される作業を総称して「タスク」と呼び，これらに対処・対応する人を「作業者」と呼ぶこととする。

本テーマで掲げる目標は，「災害時における，限られた時間・人員・物資を最大限に活用して被害を最小化すること」である。この目標を達成するために，災害発生時には空間的に散在している，様々なタスクと担当者を「マッチング」させ，作業者に巡回のための最適ルートを提示して「ナビゲート」し，その進捗状況を「モニタリング」することのできる「巡回支援アプリ」システムの開発を試みる（Fig.14参照）。

Fig. 14. 巡回支援アプリのコンセプト

3.1. システムの基本構成と演算サーバ

ここで開発する「巡回支援アプリ」は，利用者にとって導入・管理が比較的容易であるWebアプリケーションとした。災害発生時に要請される，システムの耐災害性・安定稼動性・リアルタイム性を考慮して，クラウドサーバ上に構築することとした。利用者がスマートフォンなどの携帯端末等からクラウドサーバに情報を投稿し，これを利用者が共有するという本システムの基本構成は，発災直後の初動対応に必須となる早期災害情報の収集・共有システムとしての機能も果たす。この基本構成に，タスクと作業者のマッチング，さらに，最適ルートの提示を担う演算サーバを組み込むことで，上記の目標を達成することが可能となる（Fig.15参照）。演算サーバに様々な機能を追加することにより，多様な要請にも柔軟に対応することが可能である。

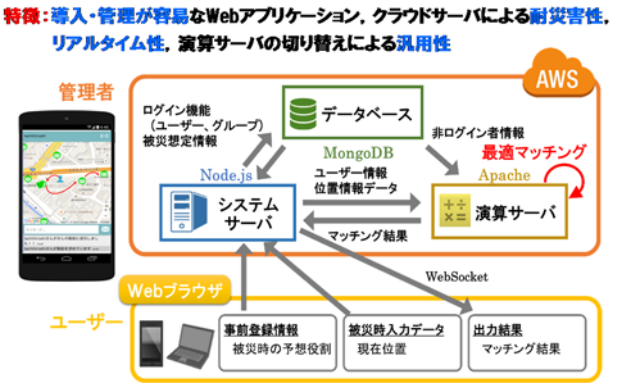

Fig. 15. 巡回支援アプリのシステム構成

3.2. フィールド実験によるシステム検証

巡回支援アプリの基本性能を検証するため，フィールド実験を実施した（2015年10月29日，11月19日）。ここでは，1.6km×1.2kmの範囲（Fig.16参照）に，要援護者が住まう住宅を25箇所設置し，これを4人の作業者が巡回して安否確認を行うという内容の実験である。このとき，既存のSNSサービスのひとつであるLINEを利用して情報交換を図り，誰がどの要援護者の安否確認を行うのかを相談しながら行う比較実験も行った。

実験結果をFig.16に示してある。LINEを用いて行った実験では，作業者の移動軌跡は明らかに長く，一部に交差も認められ，明らかに不効率な巡回が発生している。これに対し，巡回支援アプリを用いた実験では，作業者の移動軌跡は，明らかにシンプルで短く，効率的な巡回が達成されていることがわかる。さらに，経過時間と安否確認件数の関係をみると（Fig.16右），LINE使用時には，傾きが小さく，単位時間当たりのタスク完了率が低いことがわかる。特に，全安否確認が完了する直前の作業効率の低下が著しい。これは，作業者が各自近隣のタスクを優先し，遠方のタスクは後回しにしたため，実験終盤の作業効率の低下と作業完了時間の遅延が発生したと考えられる。これに対し，巡回支援アプリを用いれば，作業効率を落とすことなく，ほぼ一定の効率で全作業を完了できることがわかる。このケースでは，LINE使用時の半分以下の時間で全作業を完了できており非常に高い効率が見て取れる。

以上の検証結果をより強固にするため，作業内容を若干複雑にしたフィールド実験を試みた（2017年2月21日）。具体的には，0.5km×0.5kmの範囲（Fig.17参照）に，作業時間が異なるタスクを計50箇所設置し，これを10人の作業者が巡回して対応するという内容の実験である。ここでは，演算サーバに作業量の違いを考慮するためのオプションを追加した後，①LINEを用いた比較実験，②巡回支援アプリを用いた実験，③マルチ・エージェント・シミュレーション（MAS）による実験を行った。実験結果をFig.18に示してある。LINEを用いた場合には，複数の作業者による同一作業地点への重複巡回や，誰も巡回していない未完了作業地点（見落とし）が発生している。巡回支援アプリによれば，こうした問題を回避して，効率的に巡回できることが確認できる。

さらに，ふたりの作業者A，Bと，これらにそれぞれ対応するエージェントの作業効率を比較してFig.19に示してある。作業者Aにつては最適化されたエージェントと同等の効率で巡回していることが分かる。これに対し，作業者Bは，主に移動速度が遅いために，エージェントの作業効率との間に大きな差が確認できる。この事実は，作業者Bの作業効率が低いことだけではなく，個々

の作業者の能力の違いを考慮して，全体最適を図ることの必要性を示唆している。すなわち，作業者全員に同等の能力を仮定するのではなく，個々の作業者の能力の違いや特性を組み込むことのできるシステムとするべきであるといえる。巡回支援アプリにおいては，演算サーバに作業者ごとに異なる能力や特性を組み込むことで，容易に対応することができる。さらに，防災訓練等における各作業者の作業効率を，本アプリで計算される最適解と比較することで，作業時間や対応順序を見直し，防災訓練マニュアルを更新するための資料とすることも可能である。

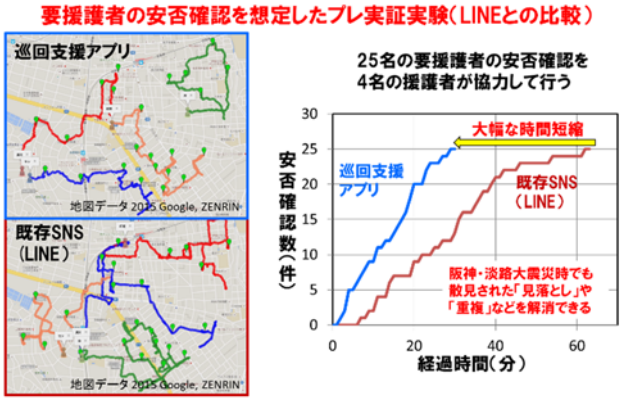

Fig. 16. 安否確認のフィールド実験

Fig. 17. 巡回先作業ウエイトを考慮した実験

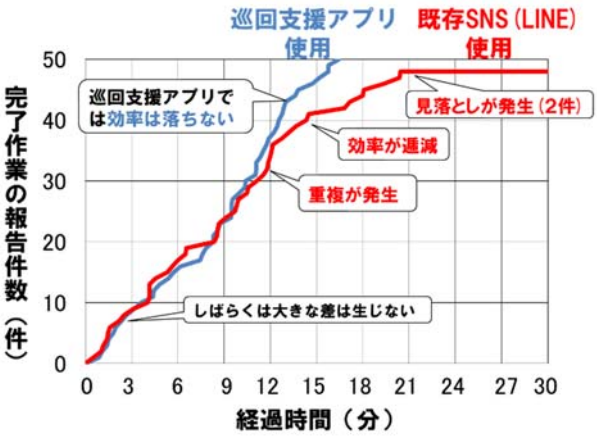

Fig. 18. 巡回支援アプリの評価

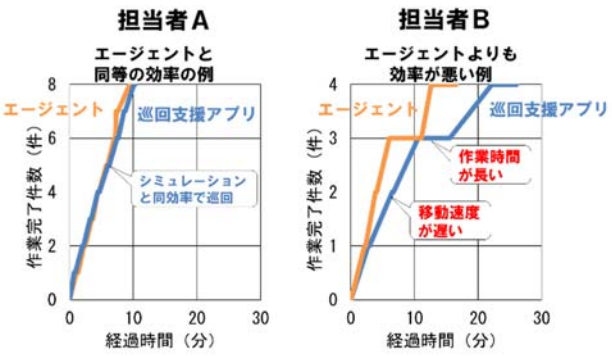

Fig. 19. 作業者の効率評価

3.3. 自治体危機管理室でのデモ実験

川崎市危機管理室において水害災害（多摩川の氾濫）を想定したデモ実験を行った（2016年9月2日）。実験の概要をFig.20に示してある。また，実験中にスクリーンに投影したモニタリングの様子をFig.21に示してある。本デモ実験は，３つの部分から構成される。第一は，早期災害情報の収集・共有実験である。多摩川の水位状況や道路の冠水状況を登庁過程に確認し，写真と共にシステムに投稿するという実験である。第二は，川崎市から発信される防災体制発令の場面でのシステム活用実験である。川崎市では，FAXを用いて約900の施設に防災体制発令（注意/警戒/非常）を発信する責務を担っている。本システムを活用すれば，防災体制を発令するだけでなく，各施設が情報を受信したのか否か，また，どのような体制を整えたのか等を確認することが可能である。第三は，防災体制発令を受け取る施設の一つである川崎アゼリアでの実験である。川崎アゼリアは，来訪者数が国内第三位の大規模地下街であり，2010年には大雨による内水氾濫が発生し，地下街は浸水被害を受けている。ここでは，地下と地上の接続部分を巡回して確認する場面に巡回支援アプリを活用した。作業員が止水板の設置箇所の写真をシステムに投稿し，防災センターでこの状況をモニタリングする実験を行った。

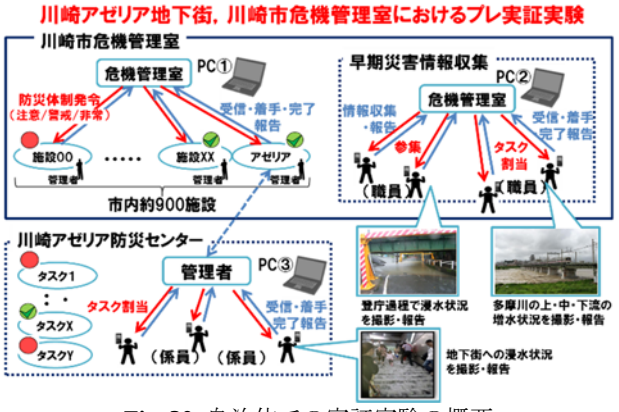

Fig. 20. 自治体での実証実験の概要

Fig. 21. 自治体での実証実験の様子

以上の３つのデモ実験は滞りなく完了し，電話やFAXでは到底達成のできない高い効果が期待されることなど，川崎市担当者から本システムを高く評価していただいた。

3.4. 平常時利用を想定したデモ実験

今までに開発された多くの類似システムに共通する課題のひとつとして，実際の災害時に活用されにくいという課題がある。この背景には，①（特に，民間企業においては）防災機能だけに特化したシステムを導入するコストへの抵抗感があること，②初期導入コストだけでなく，維持管理コストも継続的に必要となること（怠ればシステムの老朽化に直結すること），③担当者の配置換え等によりシステム利用可能者が不在となってしまうことなどがある。

そこで，本研究課題では，開発したシステムの平常時における活用の可能性についても同時に検討した。このことにより，上記３つの課題それぞれについて，①平常時業務の効率化を図ることが可能となれば，積極的なシステム導入の根拠となりうること，②平常時利用によりメンテナンスやバージョンアップが常時図られ，最新の状態を維持できること，③担当者のみならず，多くの従業員が平常時に利用することで，システムへの親和性は高まり，非常時のスムースな活用につながることなどが期待される。

本研究課題では，東京駅に隣接する高層ビル内のホテルにおける清掃業務の平常時利用について検討した。ホテルでは，ランダムに発生する宿泊客のチェックアウトに応じて，清掃員を派遣し，その後，フロアーチーフが清掃状況を確認するという一連の業務がある（Fig.22参照）。この場面に，巡回支援アプリを平常時モードとして適用する。非常時モードとしては，災害発生時における宿泊客の安否確認を支援する場面での活用を想定して，実証実験を行った（2017年9月27日）。

まず，清掃作業員の割当とフロアーチーフによる確認作業（平常時モード）においては，現状の作業効率と比較して，アプリ使用時には効率が高いことがわかる（Fig.23）。また，非常時モードとしては，宿泊客の在室情報と本アプリを連動させることにより，宿泊客不在の客室に対する不要な安否確認を省略して，効率的な安否確認を短時間で完了することができる（Fig.24）。

本システムが平常時業務の効率化に寄与できるという利点と，さらに，災害時には宿泊客の安全を確保しなければならないという責務を同時に達成できることが評価され，本システムは同ホテルに本格的に導入されることとなった。

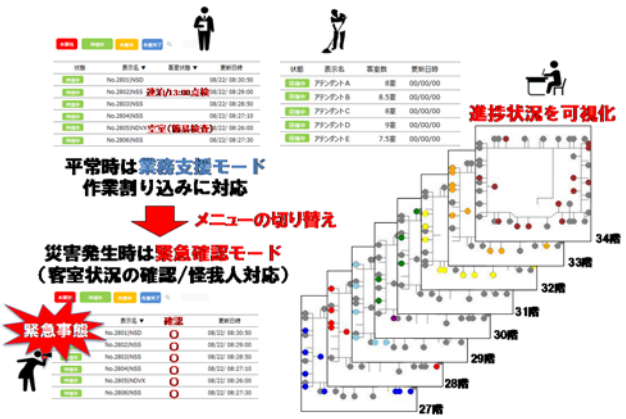

Fig. 22. 高層ホテルの清掃業務への適用

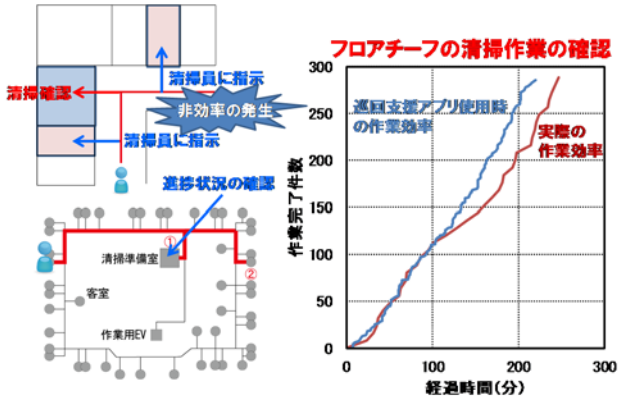

Fig. 23.清掃業務支援における効果

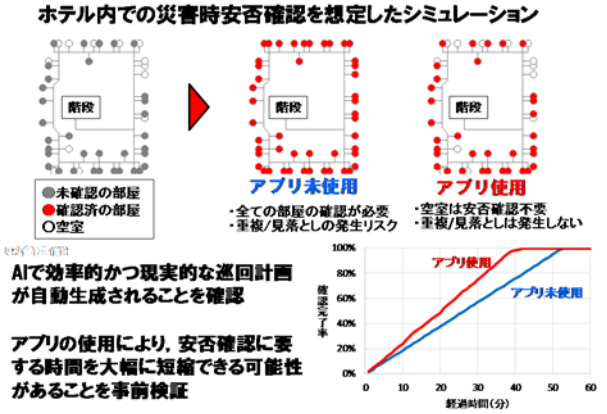

Fig. 24. 災害時安否確認における効果

3.5. 今後の展開の可能性

サブテーマ２で開発したシステムの社会実装，水平展開を考える上で，大きな可能性を有する方向性として以下の３つを想定している（Fig.25参照）。

まず，①日常的に実施される安全管理業務（例えば，エレベータ保守点検，警備業務，消防，設備点検，駅管理業務等）への適用である。定期・不定期を問わず点検箇所に担当者を派遣するという一連の業務プロセスは，巡回支援アプリの開発コンセプトと合致しており，平常時利用での活用ポテンシャルは高いといえる。さらに，②災害弱者への対策が遅れている施設やエリア（福祉・養護施設，医療施設，避難所等）への適用である。例えば，災害発生時にこれらの施設から発信される様々な物資や人員に対する要請を速やかに収集し，能力や機能を備えた人員や物資を速やかにマッチングし，派遣する場面での活用が期待される。さらに，③労働集約型業務（宅配サービスなど）や位置測位ビジネスへの適用である。宅配サービスなどでは，物品を配達先に効率的に届けるための工夫はなされているものの，一層の効率化を図る方法が求められている。熟練配達員の勘や経験をもとに効率化を図る方法には限界があり，また，将来的にこの方法を維持することは困難である。こうした労働集約型業務については，演算サーバの機能を調整し，AI機能を拡張することで十分に対応可能であり，この分野における展開には大きな可能性がある。

Fig. 25. 今後の展開の可能性

4.おわりに

震災・水害に起因する複合災害への効果的な対応・減災支援技術して、SIP防災の課題⑦－２で開発した「サブテーマ１：巨大都市・大規模ターミナル駅周辺地域における複合災害への対応支援アプリケーションの開発」、および、「サブテーマ２：地域防災の持続的向上可視化アプリケーションの技術開発」の成果を報告した。従来の防災関連システムでは，行政が主体となりトップダウンで社会浸透を図る方法が試みられてきたが，今後はこれに加えて，日常的に利用されるアプリに防災機能をバンドル化することで社会実装を図る，いわば，ボトムアップ型の社会実装戦略についても積極的に検討されて良いと考えられる（Fig.25参照）。

Acknowledgements

本稿の内容は，文献[1]～[11]の内容をもとに新たにデータや分析を加え，加筆修正したものである。また，SIP，JST、および、文部科学省 私立大学研究ブランディング事業の助成に基づく研究成果の一部である。

References:

[1] Y. Hisada, “Review on Large-Scale Complex Disaster in Megacity due to Earthquakes and Floods”, J. Japan Assoc. for Earthq. Eng., Vol.1, No.5, pp12-21. 2016. (in Japanese).

[2] Y. Yanagida, M. Murakami and T. Yamashita, "Study on Evaluating the Effect of Shinjuku Station Area Action Guidelines for Disaster Response using Crowd-Walk Simulator", Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, AIJ, 2017. (in Japanese)

[3] Y. Yanagida and M. Murakami, "Development of a Compound Disaster Response Support System in Shinjuku Station area", Architectural Institute of Japan Kanto Branch research report, AIJ, 2018. (in Japanese)

[4] 今井翔太,内山翔太,水野 修，”実用性向上のための複合災害対策システムの再構築”, 2018 電子情報通信学会総合大会 A-19-17，Mar., 2018.

[5] 内山翔太,今井翔太,水野 修，”プレゼンスを用いた複合災害対策システムの情報提示方式”, 2018 電子情報通信学会総合大会 A-19-18，Mar., 2018.

[6] S.Yasuda, K.Ishikawa, “Liquefaction-Induced damage to Wooden Houses in Hiroshima and Tokyo During Future Earthquakes”, Proc. 16th Euro. Conf. on Earthq. Eng., Thessaloniki, 2018.

[7] M.Shimizu, K.Takada, K.Ogino, T.Yamashita, and M.Ohara, “Safety Exaluation of Evacuation Path Considering the Risk of Falling Objects Caused by Aftershocks”, 15th Intern. Symp. on New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, Tacloban City, Philippines, 2016.

[8] 大原 美保・寿楽 浩太・澤野 久弥・小林 亘：地下駅空間での避難確保・浸水防止計画の検討に向けたリスクコミュニケーション手法の研究、土木学会地下空間シンポジウム、8p、2018.

[9] 小林亘,"地下水害の防止への X バンド MP レーダの活用",日本災害情報学会第 18 回学会大会予稿集，pp.24-25,2016.

[10] T. Osaragi, and I. Niwa. “Development of System for Real-Time Collection, Sharing, and Use of Disaster Information,” The 21st AGILE conference on Geographic Information Science, Geospatial Technologies for All, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer, pp. 211-229, 2018.

[11] T. Osaragi, and T. Oki , “ A Real Time Synchronous System For Collecting, Sharing and Utilizing Disaster Information,” Journal of Architectural Planning and Engineering, AIJ, Vol. 82, No. 739, pp. 2451-2459, 2017. (in Japanese).