

研究テーマ：災害時の被害低減を目的とした ICT による避難支援システムの開発	
研究代表者：地域創生学部 地域創生学科 地域産業コース 教授 陳春祥	連絡先：chen@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者：地域創生学部 地域創生学科 地域産業コース 教授 重安哲也 教授 富田哲治 准教授 岡部正幸	
研究協力者：海上保安大学校 海事工学講座 教授 山中仁昭	
<p>【研究概要】</p> <p>大地震や豪雨などをはじめとする自然災害の発生時には、適切な避難行動が被災の低減に不可欠である。そこで本研究では、1) 災害発生によって通信インフラが被災した場合にも、被災地から必要な情報を収集・把握・効率的に伝送できる情報伝達機能の検討 2) 被災地から収集した被災状況と災害発生前の地理情報を組み合わせることで、被災状況を考慮した適切な避難行動の立案 3) 被災地を撮影した画像を分析することによる危険発生の推定 という 3 つの機能(テーマ)から構成する ICT による避難行動支援システムの検討と開発を行なった。</p>	

【研究内容・成果】

1. 研究内容

本研究では、自然災害が発生したとき、被災者の避難行動を効果的に支援するネットワークシステムの検討、立案及び評価を目的として、目指すシステムを機能的に分割して、3 つテーマから研究を行った。研究内容は以下の通りである。

【テーマ 1】大災害後の災害地において既存の情報伝達網が不安定であること、場合によっては完全に寸断されてしまうことを想定して、被災者が持つスマートフォンなどのモバイル通信デバイス(ノードという)が連携した蓄積運搬型転送(DTN: Delay Tolerant Network)のメッセージリレー方式を提案した。提案方式では移動するメッセージ搬送ノードを使用してそれらのノードが移動する被災地内の倒壊建物や道路切断などの移動不能となった周辺環境を検知し、それらを回避して中継先ノードを選択する方策を検討した。災害エリア内の障害物の適応予測に応じて3つの経路選択方式を提案し、性能評価を行った。さらに、災害地から災害対策本部に向かう転送路での輻輳に対して、ネットワーク内の輻輳の前兆を捉え、輻輳の状況をメッセージの送信側にフィードバックできる ECN (Explicit Congestion Notification) という輻輳制御方式を検討して性能評価を行った。

【テーマ 2】オフラインでも実行可能な経路探索システムの構築を行った。経路探索エンジンとして OSRM (Open Street Routing Machine) を採用し、経路探索を行う仮想サーバーとして Docker コンテナを用いて OSRM backend に基づく経路探索エンジンを構築し、Docker コンテナ内で大規模ネットワークに対応した経路探索アルゴリズムのマルチレベルダイクストラ法に必要な前処理を行った。また、API を利用して外部プログラムから仮想サーバーにアクセスできるようにした。本システムは、オープンデータおよびオープンソースソフトウェアを基盤に構築した。そのため、今年度はシステム利用時に問題がないか、ネットワーク分析に関する先行研究「病児保育施設のアクセシビリティの評価」(Ehara, Tohoku J Exp Med, 241, 97-102, 2017)との事例比較により検証を行った。

【テーマ 3】本テーマでは、被災地を撮影した画像を分析することにより、危険発生の可能性やその種類を自動判定するためのシステムの構築を目指している。今年度は、災害画像中の被災箇所を自動検出するため高速物体検出アルゴリズム YOLOv4 を用いたシステムの構築を行うと同時に、学習に利用可能な災害画像データセットとして LADI データセットが利用できることを確認した。また、学習時に訓練データ不足の問題が発生したため、その解決方法として単純コピー、選択的コピー、ランダム拡張、映り込み除去に基づく6つのデータ拡張方法を提案した。実験により提案手法の効果を検証した結果、オリジナルの訓練データのみを用いた場合と比較して再現率が最大約6%向上することを確認した。

2. 研究成果（研究発表，直接的効果，波及的効果）

本年度では，災害状況の把握，情報の収集・伝達，情報伝達経路の選択，輻輳回避，災害危険箇所の検出と危険発生の推定，被災者の避難計画立案などを3つテーマから研究を進めた(後部研究発表を参照)。以下の直接的効果，波及的効果が期待される。

【テーマ1】災害発生時，情報伝達網を再建するため，被害者が持つスマートフォンなどのモバイルデバイスを情報伝達ノードとして活用し，経路選択の方式を提案し，輻輳軽減または回避できる輻輳制御方式について検討し評価を行なった。シミュレーションを用いた評価では提案方式が有効であることが確認されたことにより，災害発生時に情報の伝達に直接的に寄与することが期待される。今回は災害地のモバイルデバイス，障害物を対象にモデル化し，開発した遅延と誤りに耐性のある通信方式は，災害時の情報伝達のみでなく，自動車間のすれ違い通信による渋滞情報の伝達，回避及び予測，自動車と歩行者間の交信による安全・安心な道路交通網の構築，さらに自動運転などへ幅広い応用が期待される。

【テーマ2】実際の移動経路に基づく避難所へのアクセシビリティを評価し，その地域差を可視化することで，市民の防災意識の向上に寄与することが期待される。また，今回構築した経路探索システムを利用した避難所へのアクセシビリティ評価は一つの事例であり，防災・福祉・教育などの様々な分野での活用が可能であると考えられる。特に，処理時間や費用面において低コストでシステム構築ができることと，広域のデータに対しても簡便に高速に処理ができることから，国や自治体などが整備する公的統計の利活用の推進に寄与することが期待される。

【テーマ3】近年，政府・自治体において防災・減災分野におけるICT技術，特にAI技術の活用が期待されており，本テーマはその一端を担うものである。特に，被災箇所を自動検出する技術については，人命救助の観点から重要であり一段の性能向上が必要である。本研究で行った訓練データの拡張は，画像分類・物体検出における学習性能を向上させるための一般的な方法であるが，災害データに特化したデータ拡張方法についての先行研究は少なく，様々なアプローチによるノウハウの蓄積が待たれる。本研究の成果はその一つであり，学会発表を通じて類似研究が増えることが期待される。

令和3年度は，上記3つのテーマから研究を行い，当分の成果を挙げたが，今後の課題としては，実用に耐えうる障害物や被災箇所の検出，リアルタイムに処理する時間の短縮及び精度の向上が挙げられる。

研究発表

1. G. Qiang, T. Shigeyasu, and C.-X. Chen, "A new DTN routing strategies ensuring high message delivery ratio while keeping low power consumption," Internet of Things 17(100463) pp.1-12, 2022年3月 (DOI: 10.1016/j.iot.2021.100463)
2. 石津青輝, 陳 春祥, "インターネットにおける電子メールサーバの ECN の実装状態に関する一検討," 2021年度(第72回)電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2021年10月。
3. Q. Gao, T. Shigeyasu, and C.-X. Chen, "Routing Strategy for Avoiding Obstacles During Message Forwarding in Mobile Ad-Hoc Network," Proc. of Int'l Conference on IMIS 2021, pp. 132-143, Jun. 2021 (DOI: 10.1007/978-3-030-79728-7_14)
4. 池内希, 富田哲治: 病児保育施設へのアクセシビリティに関する地域格差の定量的評価, 第80回日本公衆衛生学会総会, 2021年12月21-23日, 東京(オンライン)。
5. 富田哲治, 佐藤裕哉: 公的統計の利活用における、オープンGISデータおよびフリーツールの有用性と課題-病児保育施設へのアクセシビリティ解析を例に-, 統計研究彙報, 第79号, pp. 61-74, 2022。
6. 宮部由衣, 岡部正幸, 物体検出システムによる被災箇所特定のための訓練データ拡張方法, D-11-1, 電子情報通信学会総合大会, 2022。