

令和5年度 春学期 卒業研究3 (BI)
学士論文

題目 MobileCacheを用いた被災情報
共有システム

指導教員 上山憲昭 教授

立命館大学 情報理工学部 セキュリティ・ネットワークコース

学籍番号 TL181272

富森俊貴

令和6年1月31日

概要

近年日本では多くの大災害が発生している。大規模な災害が発生した際、被災者は目的の避難所に向けて避難を開始する。このとき目的地までの道路上に災害の影響を受け通行困難な箇所遭遇した場合、避難者はその道路を迂回して目的地を目指す必要があり、故障している道路情報は速やかに周辺の避難者へ共有されることが望ましい。こういった状況での通信技術として DTN (Delay-Tolerant-Network) 技術が注目されている。DTN はアクセスポイントを設置できず、通信路を確保できない環境であっても、データ通信を実現する枠組みであり、これを使うことで、端末間で直接データを送受信することができる。この DTN を用いて避難者が遭遇した故障道路の情報を避難者端末から別の避難者の端末へ送信し、これを繰り返すことで故障道路周辺の避難者に情報を共有することが可能である。しかしこのようにして被災情報の共有を行う場合、端末間での直接通信を膨大な回数行う必要があるため、避難者端末の消費電力量が大きくなる。大規模な災害が発生した場合、携帯端末のバッテリーは非常に貴重なものであり、避難に必要な消費電力は可能な限り小さくすることが求められる。そこで本論では、一部の避難者端末を情報の中継する Mobile Cache として選択し、他端末は Mobile Cache とのみ通信を行うことで避難者端末の消費電力量を削減する被災情報共有システムを提案する。このシステムで Mobile Cache となった端末は周辺端末と比べ消費電力量が増加するため、状況に応じて Mobile Cache となる端末を自律的に決定することで、一つの端末に消費電力が集中することを防ぐ。また MAS (Multi-Agent-System) を用いたシミュレーションを行い、Mobile Cache 端末数、避難完了者数を評価する。その結果、時間経過に伴い Mobile Cache 数が減少すること、時間経過に伴い避難完了者数は増加することを確認する。

目次

概要	1
第1章 序論	3
1.1 研究の背景	3
1.2 研究の目的	3
第2章 関連研究	5
2.1 災害時の避難経路手法	5
2.2 通信インフラが使用不能な場合の避難	5
2.3 混雑度合いを考慮した避難経路設計	5
2.4 メッセージフェリーを用いた情報共有	6
2.5 情報ボックスを用いた被災情報共有	6
第3章 提案方式	8
3.1 Mobile Cache	8
3.2 Mobile Cache 端末の決定	8
3.3 提案方式の動作	10
第4章 MAS のモデル	11
4.1 道路と故障箇所	11
4.2 目的地と避難者の初期配置	11
4.3 避難行動	11
4.4 通信	12
4.5 消費電力	13
第5章 性能評価	14
5.1 評価条件	14
5.2 Mobile Cache 端末割合の時間変化	14
5.3 バッテリー残量の時間変化	15
5.4 避難完了者の時間変化	16
第6章 まとめ	17
謝辞	18
外部発表リスト	21

第1章 序論

1.1 研究の背景

世界各地で様々な自然災害が発生しているが、日本では特に地震や津波による被害が多く見られる。地震などの大規模災害が発生した場合、被災者は迅速かつ安全に避難することが重要である。また、こういった大規模災害時には倒木や陥没等の理由により通行困難な状態にある道路が多数存在することが想定され、被災者は周辺道路の故障情報から避難計画を立てる必要があるため、被害情報を迅速に被災者へ提供することが重要となる。一方で、災害による被害情報は災害が発生した後にしか入手することができないため、災害発生後に被害情報を収集し、その情報を被災者へ共有する必要がある。しかし、大規模災害が発生した場合は通信機器の破損や停電など、セルラーネットワークのインフラ損傷によりインターネットが使用できない可能性がある。実際に 2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、有線及び携帯電話の通信ネットワークが広範囲かつ長時間使用不能になったことが報告されている [1]。

このようなインターネットが使用できない状況下での通信を可能にする技術として、携帯端末でネットワークを構成する DTN (Delay Tolerant Network) が注目されている。しかし [2] では、近隣の避難者端末間で直接通信を行い情報を共有するため、情報収集に必要な通信回数が増加し、被災者端末の電力消費が大きくなることが指摘されている。災害時に携帯端末の電力が枯渇した場合、情報収集や通信を行える手段を失う可能性がある。このような大規模災害発生時の携帯端末の消費電力を抑える研究として、道路の交差点に情報ボックスを配置し、道路の故障情報を収集して避難者の携帯端末に配信する手法が提案されている [3]。しかしこの研究では、情報ボックスをコンビニ等の給電可能な地点に事前に設置する必要があるため、情報ボックスの設置や管理に大きなコストが必要になる。

1.2 研究の目的

DTN 通信を用いた災害時の避難に関する研究はたくさん行われており、消費電力量が大きくなることが問題とされている。また、避難者端末の消費電力を考慮した被災情報共有システム [3] では、情報ボックスという概念を導入し、避難者端末は避難経路上にある情報ボックスのみと通信を行うことで避難者端末の通信回数を減らし、ネットワーク全体での消費電力を削減した。しかしこの研究では、事前にボックスを設置しなければならないため、そこに多くのコストが必要となる。そこで本論では、一部の避難者端末を Mobile Cache として設定し、情報ボックスの機能を持たせ、Mobile Cache となる端末を自律的に決定し、Mobile Cache 端末が情報ボックスの役割を果たすことで被災者の携帯端末の消費電力を抑制し、情報ボックスの設置や管理にかかるコストを不要にするシステムを提

案する．また，MAS (Multi Agent System) を用いてシミュレーションを行い，避難完了時間や Mobile Cache 数を評価する．

第2章 関連研究

2.1 災害時の避難経路手法

災害時の避難経路を探索する手法が [4][5] で提案されている。[4] では、ネットワークフローの最適化問題を解くことにより、ハリケーンが発生した後の最適な避難経路を探索するアルゴリズムを提案している。[5] では火災や地震等によって引き起こされる建物の倒壊などの災害パターンは事前の予測が難しいため、可能な限りの地域分割パターンを列挙し、対象地域内に複数の避難所を分割して配置する手法を提案している。

2.2 通信インフラが使用不能な場合の避難

大規模な災害による被害を受けた地域では、セルラーネットワークのインフラ損傷により、インターネットが使用不能である状況が考えられる。こういった状況下における、迅速で安全な避難を目的とした被災地の情報収集、及び入手した情報の活用方法についての研究が行われている [6][7][8]。[6] では、避難者の携帯端末の GPS 機能を用いて、避難者が避難者が遭遇するであろう通行不能エリアを自動的に推定する手法が提案されている。[7] では、データを送信する端末と受信する端末の間でアドホックネットワークを構築し、避難者による道路の混雑状況を考慮して避難経路、及び避難するタイミングを決定する手法が提案されている。[8] では、DTN を用いて、被災地の周辺情報を交換し、避難者に避難経路を提示する手法が提案されている。

2.3 混雑度合いを考慮した避難経路設計

大規模災害の被災地における避難においては、一度に多数の避難者が避難を開始することが考えられる。また、災害により通行困難な道路もあることから避難所までの最短経路が混雑していることも想定される。このような渋滞を考慮して避難経路を決定する手法が [7][9] によって提案されている。[9] では、GPS で獲得した端末の詳細な位置情報を用いて、避難経路の混雑状況を推定し、混雑している箇所を回避する避難経路を推薦する手法が提案されている。この手法では、混雑状況の推定に、GPS で得られる詳細な位置情報を使用しているが、この情報には、避難経路上の特定の区間に存在する避難者数、及びその特定区間に存在する避難者の優先順位が含まれる。

2.4 メッセージフェリーを用いた情報共有

通信インフラが使用不能な状況における被災情報共有の手段として、メッセージフェリーを用いた情報共有が提案されている [10][11]。メッセージフェリーは移動ノードが共有したいデータを所持し、移動先で別の端末にデータを共有することでインターネットが使えない環境においても情報を拡散することができる手法である。[10]では、UAV(Unmanned-Aerial-Vehicles)をDTN通信メッセージフェリーとして利用した場合の、対象エリアにおけるデータカバレッジの度合いを評価している。[11]では通信インフラが使用できない地域を巡回する車両をメッセージフェリーとして活用し、災害情報を共有する手法を提案している。しかし、これらの研究において、被災地域内にDTNのデータ集約、及び配信ノードを配置した場合の避難者端末の消費電力量削減については考慮されていない。

2.5 情報ボックスを用いた被災情報共有

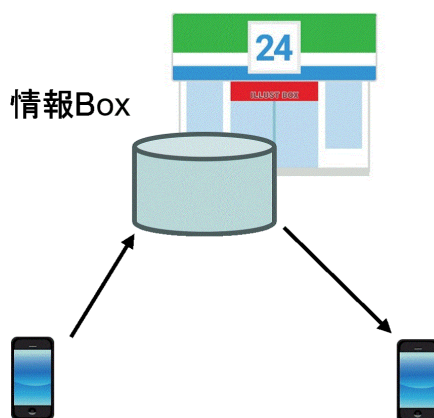


図 2.1: 情報ボックスを用いた情報共有

通信インフラが使用不能な状況における情報共有について、避難者端末の消費電力削減を目的とした研究として、情報ボックスを用いた被災情報共有手法が提案されている [3]。情報ボックスを用いた情報共有の簡単な構造を図 2.1 に示す。情報ボックスは、避難者端末から送信された災害情報を受信して蓄積し、蓄積した情報を通信範囲内の避難者端末に送信する機能を有しており、あらかじめコンビニ等の給電可能な地点に設置される。大規模な災害が発生し、被災者が目的地に向けて避難を開始するが、避難開始時は、情報ボックスは一つも故障情報を所持していない。その後通行困難な道路に遭遇した避難者端末がその道路の情報を情報ボックスにアップロードする。そして避難者が情報ボックスの近くを通った場合、情報ボックスに格納されている道路の故障情報が避難者に共有される。この時共有されたデータの中に、元々避難者端末が所持していたデータが含まれていなかった場合、避難者端末から情報ボックスへ通信を開始し、そのデータを送信することで、情報ボックスが所持している故障情報を更新する。本方式により、避難者端末間が直接通信を行う回数が減少し、避難者端末の消費電力量の抑制が可能となる。しかし本手法では情報ボックスを給電可能な地点にあらかじめ設置しなければならず、コンビニの店主等の協

力が必要であること，また情報ボックスの設置や管理に多くのコストがかかることが問題である．

第3章 提案方式

3.1 Mobile Cache

提案方式では、目指す目的地が同じ者が集団となって避難することを想定している。避難者端末間での通信は全てブロードキャストで行い、通信範囲内の端末がデータを受信する。また、一部の避難者端末に [3] で用いられた情報ボックスの機能を持たせ、Mobile Cache とし、Mobile Cache となった端末が情報ボックスの役割を果たすことで、災害発生以前に必要なコストの削減を実現する。[3] で用いられた情報ボックスは、大容量のバッテリーを搭載し、避難者端末から送信された道路の故障情報を受信して蓄積し、蓄積した情報を通信範囲内の避難者端末に送信する機能を有する装置を想定していたが、本稿で用いる Mobile Cache となった端末は非 Mobile Cache 端末と比較して高い通信頻度で故障情報のブロードキャストを行う。そのため、Mobile Cache となった端末は非 Mobile Cache 端末よりも消費電力量が大きくなる。本稿では避難者端末の自律的な判断で Mobile Cache 化と非 Mobile Cache 化を行うことで、Mobile Cache が避難集団内に一つ存在する状態が維持されることを目指す。

3.2 Mobile Cache 端末の決定

提案方式で Mobile Cache となった端末は消費電力量が大きくなる。そこで避難者端末の残バッテリー量に偏りを出さないために、Mobile Cache となる端末を自律的に設定、変更する。Mobile Cache 端末の決定においては、Mobile Cache の集約、Mobile Cache の変更、Mobile Cache の復活の 3 パターンに従って行う。

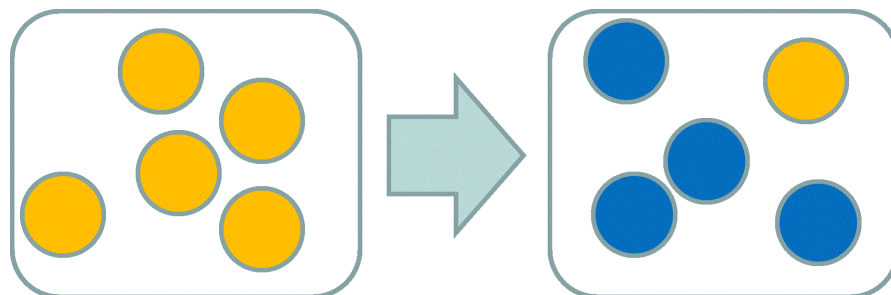


図 3.1: Mobile Cache の集約 (黄: Mobile Cache, 青: 非 Mobile Cache)

図 3.1 に、Mobile Cache の集約の様子を示す。Mobile Cache の集約は主に避難開始直後に行われる。避難開始時は全ての避難者端末が Mobile Cache として機能しており、目的地が同じ 2 つの Mobile Cache 同士でネゴシエーションを行って Mobile Cache の機能を

集約していく。一度のネゴシエーションで行われる処理は、目的地が同じ Mobile Cache の探索、バッテリー残量の交換、バッテリー残量の少ない方は、Mobile Cache をやめバッテリー残量の多い方の端末に自身が所持している道路の故障情報を渡す、の 3 つである。このネゴシエーションを繰り返し行うことで、少数の端末に Mobile Cache の機能を集約する。また、目的地が同じ Mobile Cache が近距離に複数存在していると消費電力が大きくなるため、Mobile Cache が密集した状況においては、ネゴシエーションを高頻度で行い迅速な Mobile Cache 数の削減を図る。

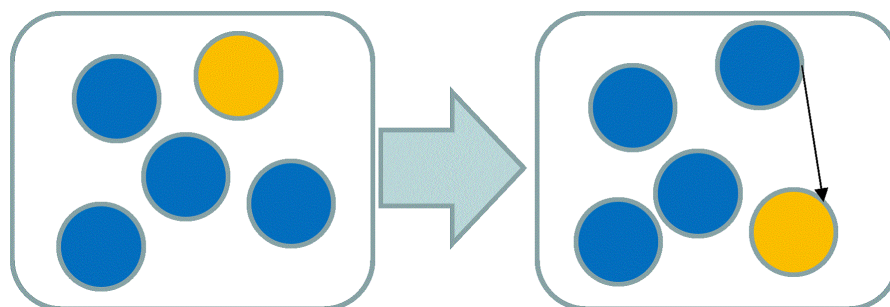


図 3.2: Mobile Cache の変更 (黄: Mobile Cache, 青: 非 Mobile Cache)

図 3.2 に Mobile Cache の変更の様子を示す。Mobile Cache の変更が行われるのは避難集団内で Mobile Cache がある程度集約しきった後であり、Mobile Cache の集約とは異なり、発生する頻度はそれほど高くない。Mobile Cache の集約後、集団の中で他の避難者端末と比べて Mobile Cache 端末の消費電力は大きくなる。Mobile Cache の変更は、集団内の他の端末との残バッテリー量の差が大きくなるのを防ぐために行う。本論では非 Mobile Cache が故障情報のブロードキャストを行うタイミングで、Mobile Cache のバッテリー残量を確認し、自身のバッテリー残量より少なかった場合 Mobile Cache 機能をオフにし、新しく自身が Mobile Cache となることで Mobile Cache の変更を行う。



図 3.3: Mobile Cache の復活 (黄: Mobile Cache, 青: 非 Mobile Cache)

図 3.3 に Mobile Cache の復活の様子を示す。Mobile Cache の復活は、集団の分裂などの理由により避難集団内に Mobile Cache が存在しなくなった場合に行う。非 Mobile Cache 端末が Mobile Cache 端末からの故障情報のブロードキャストを一定時間受け取らなかったタイミングで自律的に Mobile Cache になる。この方法では、同タイミングで複数の端末が Mobile Cache に復活することも予測されるが、その場合は Mobile Cache 同士で再度ネゴシエーションを行い、Mobile Cache を集約していくことで各集団内の Mobile Cache 数をコントロールする。

3.3 提案方式の動作

以下に提案方式の各処理ステップを示す.

1. 各避難者が目的地を設定
2. 設定された目的地までの最短経路を求め, 避難者端末に表示
3. 全避難者端末が Mobile Cache となり, 表示された経路に従って避難開始
4. 一定の間隔でネゴシエーションを行い, Mobile Cache を集約していくが, 避難者が最短経路から迂回した場合, 避けて通られた部分を故障経路として設定
5. Mobile Cache の集約後, 一定の間隔で Mobile Cache 端末のバッテリー残量が周辺端末よりも少なくなっているかを確認し, 少なくなっていた場合, 周辺端末が Mobile Cache の変更を実施
6. 長時間 Mobile Cache 端末のブロードキャストを受信できなかった非 Mobile Cache は自律的に Mobile Cache になり, 通信可能範囲内に Mobile Cache が存在していれば, 再度ネゴシエーションを実施

以上の動作をすべての避難者が目的地に到達するまで繰り返す. また, Mobile Cache による故障情報のブロードキャストは, ネゴシエーションと同じ間隔で行われる.

第4章 MASのモデル

4.1 道路と故障箇所

本稿では、道路地図情報として、OpenStreetMap[12]を使用した。大阪市北区の OpenStreetMap には、motorway, residential, street など、23 種類の道路が登録されており、本稿では motorway を除くすべての道路タイプを用いて評価を行った。各道路には交差点や曲がり角があり、これらのポイントは MAS のノードとして定義されている。ノードによって道路が分割され、分割された部分がエッジとして定義されている。また、道路の故障度合いは 0.0 から 1.0 で設定し、設定された分のエッジを、すべてのエッジからランダムに決定し、故障エッジとする。エッジの故障はシミュレーション開始時に発生し、故障エッジの位置はシミュレーション中には変化しないこととする。

4.2 目的地と避難者の初期配置

避難者は MAS のエッジ上に配置され、各エッジでの移動速度は、避難者の密度に依存している。MAS の各ノードは、国土地理院が公開している各町丁の代表点の座標 [13] を基に、最も近い町丁に割り当てた。避難者の数については、大阪市の公表している各町丁の昼間人口と夜間人口 [17] を利用し、昼間人口と夜間人口の差分を、大阪市北区への通勤者人口として使用した。また、大阪市北区にはマンションやオフィスなど耐震性に優れている建物が多く存在するため昼間人口の 50 %は避難せずに当初割り当てられた地域にとどまり、残りの 50 %の被災者が避難行動をとると推定した。避難の目的地については、大阪市北区への通勤者には地域境界ノード、それ以外の者には大阪市北区内の避難所を割り当てた。避難所については、大阪市の Web ページに掲載されている 60 箇所の避難所の情報 [14][15][16] を利用し、避難所の位置については、各避難所に一番近い OpenStreetMap のノード情報を使用した。

4.3 避難行動

避難者の目的地はシミュレーション開始時に決定される。各町丁の人口の 50 %を避難者として設定し、北区内へ避難を行う者については、初期配置された地点から直線距離で最も近い探索し、その避難所を目的地とする。また、避難所内で給電を行える可能性を考慮し、設定された避難所に到達した避難者端末の MAS からの除外は行わない。そのため避難が完了した者と、避難中である者の通信面での違いは存在しない。避難者のうち、各町丁の通勤者は大阪市北区外の自宅に戻ると仮定した。今回のシミュレーションでは、通勤者の目的地については、地域境界ノードをランダムに選択し、選ばれた地域境界ノード

を設定する．また，今回のシミュレーションで使用する経路提案手法では，各避難者端末が所持している通行困難な経路を含まずに，エッジコストの合計が最小となる経路を避難者に推奨している．なお，今回のシミュレーションで使用するエッジコストの計算にエッジの幅は考慮せず，エッジの長さのみを利用してコストを計算し，経路の提案を行う．シミュレーション開始時は，周辺道路の故障情報がない状態でコストが最小になるルートを提案し，端末間通信により避難者端末が所持する故障道路の情報が更新されると，それに従って提案する経路を更新する．一般に，道路上に多くの避難者が混在している状況下では，避難者の移動速度は低下することが考えられる．本稿では，各エッジの長さ，そこに存在している避難者数から算出される歩行速度に基づいて各避難者の避難が行われる．エッジ e における歩行者速度 v_e は [18] で示されている式 (4.1) により，エッジの避難者密度 d_e を用いて算出される．

$$v_e = \begin{cases} -0.204d_e + 1.48, & d_e < 1.5 \\ \max\left(1.32 \log \frac{9.16}{d_e}, v_{min}\right), & d_e \geq 1.5 \end{cases} \quad (4.1)$$

ここで， v_{min} は歩行者速度の下限値であり，[18] のモデルに基づいて， $v_{min} = 0.1$ とする．また避難中に端末のバッテリーが 0 になってしまった場合，その避難者はシミュレータ上で通信機能をオフにしてシミュレーションを続行する．そのため端末のバッテリーが 0 になった避難者は新しく故障箇所遭遇するまで，バッテリーが切れる直前に提案されていた避難経路に従って避難を行い，新しい故障箇所に遭遇した場合，周辺の避難者にその情報を共有すること無く，該当箇所を迂回して目的地までの避難を行うことになる．

4.4 通信

MAS では，無線通信を用いて対象エリアの避難者端末が BLE (Bluetooth-Low-Energy) によるブロードキャストでデータを送信する．BLE の通信可能範囲は数十メートルであることが知られており，今回のシミュレーション対象エリアは市街地であるため障害物が多いことを考慮し，通信可能範囲は 10 メートルに設定した．Mobile Cache 端末のブロードキャストの通信要求間隔は 5～10 秒でランダムに決定される．これは同じタイミングで通信要求が大量に発生し，ネットワークトラフィック量が増加するのを防ぐためである．非 Mobile Cache 端末の通信要求間隔は 120～300 秒でランダムに決定される．この時，通信可能範囲内にある Mobile Cache の中で目的地が同じ Mobile Cache 端末とバッテリー残量の比較を行い，必要であれば Mobile Cache を交代する．通信可能範囲内に該当する Mobile Cache が複数存在する場合，バッテリー残量を比較する Mobile Cache はランダムに決定される．

4.5 消費電力

本稿では，各避難者端末のバッテリー残量の初期値は平均が 50 % となるようにランダムに決定される．その後の避難者端末の消費電力 bc は，通信回数 N と，シミュレーション開始時からの経過時間 T から，式 (4.2) で与えられる．

$$bc = bc_{ut}N + bc_cT \quad (4.2)$$

ここで， bc_{ut} は単位時間あたりの消費電力量， bc_c は，一回のデータ送信で消費されるバッテリー量である．また，本稿では，データ受信によるバッテリー消費は十分に小さいものであると考え，データ受信時のバッテリー消費は考慮していない．

第5章 性能評価

5.1 評価条件

[19]では、現在流通しているiphoneにおけるオーディオ再生時間がおよそ60～70時間であることが示されている。提案する経路の表示を常に行うため、55時間ほどで全てのバッテリーを使い切ると推定し、単位時間あたりの消費電力量 b_{cut} は0.000005、一回の通信で消費されるバッテリー b_c は0.001に設定した。故障道路は対象エリア内の全ての道路からランダムに決定され、故障道路の割合は1%に設定した。提案方式を大阪市北区の避難に適用させ、シミュレーションを行い、避難開始時から10秒ごとの避難者端末におけるMobile Cache 端末の割合と、避難完了時間を評価した。また、故障道路の割合を変化させ、故障道路割合が増加した際の、避難完了時間に与える影響についても評価を行った。なお、今回のシミュレーションでは、避難者全員の避難が完了できず、シミュレーション終了条件を、全避難者端末のバッテリー残量が0になった時に設定している。

5.2 Mobile Cache 端末割合の時間変化

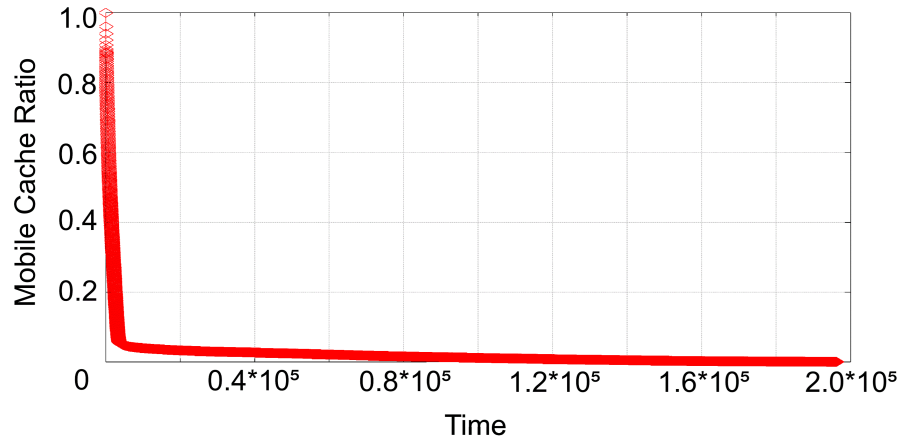


図 5.1: Mobile Cache 割合の時間変化

図 5.1 に避難端末における Mobile Cache 端末割合の時間変化を示した。避難開始時は全ての避難者端末が Mobile Cache となっており、時間経過によって Mobile Cache が少なくなっていることが確認できる。また、避難開始から 4500 秒を経過したあたりから Mobile Cache の減少スピードが急激に遅くなっていることも確認でき、このあたりで Mobile Cache が十分に集約されたと考えられる。その後ゆるやかに 0 に向かって近づいていくが、この

部分では Mobile Cache の変更と Mobile Cache の復活が適宜行われているため、10 秒前より Mobile Cache が少しだけ増加している箇所も見受けられた。

5.3 バッテリー残量の時間変化

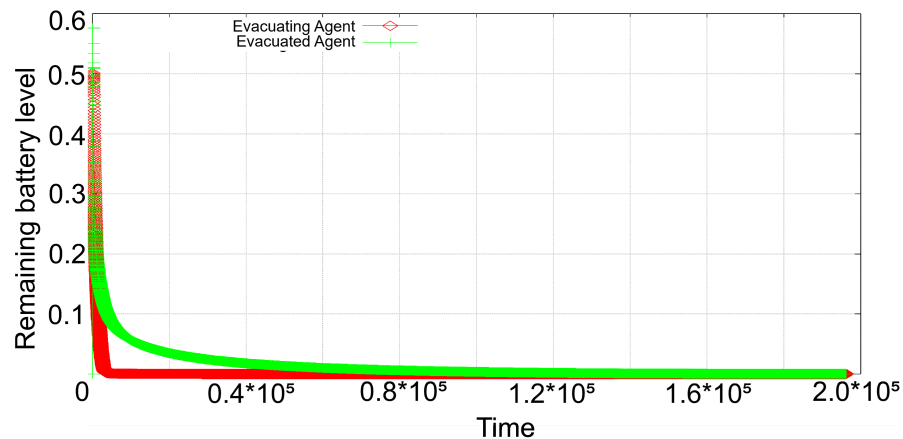


図 5.2: 避難中の端末と避難完了端末のバッテリー残量の時間変化

図 5.2 に、バッテリー残量の時間変化を、避難中の端末と避難が完了した端末で比較したグラフを示す。ここでは、避難開始時は避難完了者が存在しないため避難完了者の割合は 0 であるが、避難開始後すぐに避難中端末の Mobile Cache 割合を上回り、バッテリー残量の減少スピードも避難中の端末と比較してゆるやかであることが分かる。これは、避難所などの目的地は避難者が集まりやすいため、周辺に避難者端末が多く存在し、Mobile Cache の集約が大量に行われることで、避難中の端末よりも Mobile Cache である時間が短いことに起因している。そのことから、提案手法では、周辺に端末が多く存在するほど、バッテリーが長持ちすることが確認できた。

5.4 避難完了者の時間変化

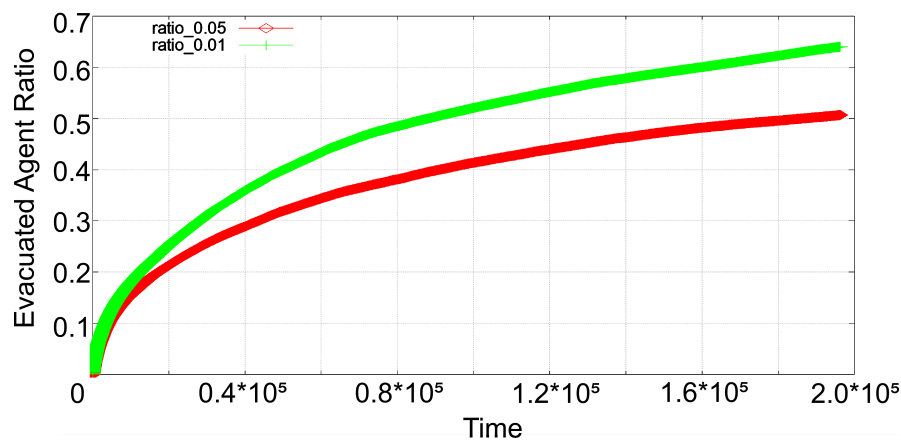


図 5.3: 避難完了者の時間変化

図 5.3 に、故障道路割合を 0.01 と 0.05 に設定した場合の避難完了者の時間変化を示す。避難開始後、時間経過に伴って避難完了者が増加していることが確認できる。また、故障道路割合を 0.05 に設定し行った評価では、故障道路割合が 0.01 に設定した場合よりも避難完了者の増加が遅いことが確認できる。これは故障している道路が増えたことで、避難者がより目的地に到達することが難しくなったからだと考えられる。また、シミュレーション終了直前まで時間が経過してもなお、避難完了者割合が 60 % 前後にしか到達していないことが見て取れるが、これは本シミュレータにおいて、大阪市北区内を 80 日以上さまよっている避難者が発生するバグが存在しているためである。今後の研究では、このバグを修正し、シミュレーション終了条件を全避難者が避難を完了した時に設定して評価を行っていきたいと考えている。

第6章 まとめ

大規模な災害が発生し、インターネットが使用不能である状況下において、周辺道路の故障道路を迅速に避難者に伝えるための手段として DTN 通信が注目されている。しかし DTN 通信を用いた災害情報共有に関する研究では消費電力量を抑制するための研究が少なく、情報ボックスを用いた災害情報共有では、事前に情報ボックスを給電可能な地点に設置する必要があり、様々なコストが発生する。そこで本論では、Mobile Cache を用いた被災情報共有システムを提案した。そして MAS を用いたシミュレーションを行い、以下のことを確認した。

- 提案方式のメリットとして、固定式の情報ボックスの役割をモバイル端末に持たせることで、従来方式で必要であった事前準備にかかるコストを不要にすることが可能である。
- 提案方式を用いた避難では、周辺に端末が密集し、Mobile Cache の集約、変更を十分に行うことができるエリアでは、消費電力量を抑えることが可能である。
- 提案方式を用いた避難において、Mobile Cache は避難開始後急速に集約され、ある程度集約が行われて以降、Mobile Cache の変更と復活を繰り返しながら緩やかに減少していくことを確認した。

今後はシミュレータに発生しているバグの修正、及び従来方式のアルゴリズムの実装を行い、従来方式との性能比較を行う予定である。

謝辞

本研究を行うに当たり，ご指導を頂いた上山教授と福岡大学の三角助教に感謝します。
また日常，有益な議論をして頂いた研究室の皆様にも感謝します。

参考文献

- [1] Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan: “2011 WHITE PAPER Information and Communications in Japan”, Japanese Government (2011).
- [2] M. Misumi and N. Kamiyama: “Evacuation-Route recommendation using DTN with evacuee attributes in disasters”, IEEE WCNC 2021, Nanjing, China, pp. 1–7 (2021).
- [3] M. Misumi, T. Nishimura, N. Kamiyama: “Information Box Placing Method for Power Consumption Reduction in Disaster Communication Using DTN”, IEICE Technical Report NS2021-45(2021-07).
- [4] G. J. Lim, S. Zangeneh, M. Reza Baharnemati and T. Assavapokee: “A capacitated network flow optimization approach for short notice evacuation planning”, European Journal of Operational Research, 223, 1, pp. 234–245 (2012).
- [5] T. Horiyama, A. Ohta, N. Katoh, A. Takizawa, J. Kawahara, T. Inoue, Y. Takechi and S.-I. Minato: “Enumeration of region partitioning for evacuation planning based on ZDD”, in Proc. IET ISORA2013, Institution of Engineering and Technology, pp. 65–72 (2013).
- [6] N. Komatsu, M. Sasabe, J. Kawahara and S. Kasahara: “Automatic evacuation guiding scheme based on implicit interactions between evacuees and their mobile nodes”, GeoInformatica, 1, pp. 127–141 (2018).
- [7] Y. Iizuka, K. Yoshida and K. Iizuka: “An Effective Disaster Evacuation Assist System Utilized by an Ad-Hoc Network”, in HCI International, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 31–35.
- [8] A. Fujihara and H. Miwa: “Disaster Evacuation Guidance Using Opportunistic Communication: The Potential for Opportunity-Based Service”, in Eur. J. Oper. Res., Springer, Cham, pp. 425–446.
- [9] Y. Kasai, M. Sasabe and S. Kasahara: “Congestion-aware route selection in automatic evacuation guiding based on cooperation between evacuees and their mobile nodes”, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 1, p. 164 (2017).
- [10] R. Sato, O. Oyakhire and K. Gyoda: “Performance evaluation of disaster information communication system using message ferry”, 2019 34th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC), pp. 1–4 (2019).
- [11] M. Otomo, K. Hashimoto, N. Uchida and Y. Shibata: “Mobile cloud computing usage for onboard vehicle servers in collecting disaster data information”, 2017 IEEE 8th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST), pp. 475–480 (2017).
- [12] OpenStreetMap contributors: “Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org>”, <https://www.openstreetmap.org> (2019).
- [13] Geospatial Information Authority of Japan: “Basic Geographical Information Download Service”, <https://fgd.gsi.go.jp/download/mapGis.php>
- [14] City of Osaka: “Kita-ku, Osaka City: Designated disaster evacuation site”, <https://www.city.osaka.lg.jp/kita/page/0000298928.html>
- [15] City of Osaka: “Kita-ku, Osaka City: Temporary evacuation site”, <https://www.city.osaka.lg.jp/kita/page/0000298932.html>
- [16] City of Osaka: “Kita-ku, Osaka City: Designated safety area”, <https://www.city.osaka.lg.jp/kita/page/0000299024.html>

-
- [17] Planning and Coordination Bureau, City of Osaka: “Outline of the 2010 National Census (Daytime population of Osaka City)” <https://www.city.osaka.lg.jp/toshikeikaku/page/0000572638.html>
 - [18] N. Kamiyama, K. Ishibashi and Y. Hoshiai: “Reachability analysis of multi-hop d2d communications at disaster”, IEICE Transactions on Communications, E101-B, 8, pp. 1833–1844 (2018).
 - [19] mynavi news: “Comparison of battery capacity and run time of successive generations of iPhones” <https://news.mynavi.jp/article/20210518-1890070/>

外部発表リスト

- 富森 俊貴, 三角 真, 上山 憲昭, "Mobile Cache を用いた被災情報共有システム", 電子情報通信学会 2024 年総合大会, 広島, 2024 年 3 月