

災害情報を局所/広域双方で共有する 移動エージェントシステムの提案

松本 菜月^{1,a)} 重安 哲也¹

概要：災害時の情報を収集するシステムには、1) ネットワーク中の特定のサーバに全てのデータを集中的に集約する広域情報集約型と、2) データ取得・発信エリア毎に分散して情報を集約する局所情報分散収集型がある。1) のシステムでは、データを一点に集約するため、収集したデータを容易に総合的に解析・判断に利用できる。しかし、データの取得元とサーバ間には、通信回線の介在が不可欠である。一方、2) のシステムは、特定のエリアのみの情報を収集することから、エリアに固有の情報を共有することができる。また、エリア内のみの通信が確保できれば情報収集が可能であるため、広範囲での通信を確保しなくても良い。これらのシステムによって収集された情報は活用用途が異なるが、災害発生時に欠くことができない情報である。しかし、これまで、双方の情報を統合的に収集することを目的としたシステムは検討されていない。そこで本論文では、被災情報を局所/広域双方で適応的に収集し、共有する移動エージェントシステムを提案し、プロトタイプとして開発したシステムの動作検証を行った結果について報告する。

1. はじめに

地震等の大規模災害発生時は、被害を最小限に抑えるために迅速かつ確かな災害支援を必要とする。そのため、被災情報のリアルタイムな収集・把握が不可欠となる。

しかしながら、災害の影響による建物の倒壊や地形の変化などをはじめとする様々な災害の影響によって、災害発生前から設置する常設の通信回線は、災害発生時には利用できない場合がある。実際に、2018年7月の西日本豪雨では、広島県呉地域で大手通信キャリア3社の携帯電話が全て不通となった[1]。そのため、被災者は親族と連絡が取れず、支援情報も得ることができない状況に陥った。また、公衆通信網は、遠隔地から発信された安否確認のためのアクセスが集中することによる輻輳の発生も強く予想されるため、災害用伝言ダイヤル[2]等の常設かつ公衆の通信回線を用いた通信システムは被災状況によっては十分な通信インフラとしての役目を果たさない危険性もある。

そのため、このような状況下においても、適切な災害時対応の判断・実施を行うための情報を迅速に収集するために、これまで我々は、被災情報を収集するネットワークシステムについて検討を行ってきた[3]。

さて、情報システムを用いて災害時の情報を収集しようとする研究には、1) ネットワーク中の特定のサーバに全てのデータを集中的に集約する広域情報集約型[4][5][6][7][8][9]と、2) データの取得・発信エリア毎に分散して情報を集約する局所情報分散収集型[10][11]の2つに大別できる。

前者の広域情報集約型に分類されるシステムでは、データを一点に集約するために、収集されたデータを総合的に解析・判断に利用することが容易であり、災害対策本部などで実施する災害支援活動にとって有益な情報となる。しかしながら、一方では、対象とするエリア内の全てのデータを集約するには一定の時間が必要となること、また、当然のことながらデータの取得元とサーバ間には、断続的であったとしても、何かしらの通信回線の介在が不可欠であり、完全に孤立したエリアから情報を収集することはできないなどの問題がある。

一方で、後者の局所情報分散収集型のシステムでは、特定のエリアのみの狭い領域の情報を収集することから、エリアに固有の情報を共有することができること、また、エリア内のみの通信が確保できれば情報収集が可能であるため、広域情報集約型のように広範囲での通信を確保しなくても良い。

さて、被災情報収集システムによって収集された広域と局所双方の情報は活用用途がそれぞれ異なるものの、いずれも災害発生時には欠くことの許されない重要な情報である。しかし、前述のようにそれぞれの収集の際に求められ

¹ 県立広島大学経営情報学科
Department of Management and Information System, Prefectural University of Hiroshima, 1-1-71 Ujinhigashi Minamiku, Hiroshimacity, 734-8558, Japan

^{a)} q504038ui@ed.pu-hiroshima.ac.jp

る通信条件やその手法が異なるために、現在までの既存システムでは、局所/広域双方の情報を共に収集することを目的としたシステムは検討されていない。

そこで、本論文では、災害情報を局所/広域双方で適応的に収集し、共有する移動エージェントシステムを新たに提案する。具体的には、刻々と変化する被災地や被災地内の被災者の動向に機動的に追従し、適応的な情報収集と共有を実現するために、被災者の所有するスマートフォン上を渡り歩きながら処理を継続することのできるモバイルエージェントシステム [12] [13][14](以下, MA) の導入を提案する。なお、同システムでは、2種類の情報を効果的に収集するために、MA には局所情報を収集することを目的とした局所エージェントと広域情報を収集する広域エージェントの2種類を導入する。

以下、本論文では、これら2種類のエージェントの動作について説明するとともに、両エージェントによって、適切に情報が収集できることを述べる。さらに、プロトタイプとして開発したシステムの動作検証実験の結果について報告する。

2. 関連研究

被災時に情報を収集する手法は、1) ネットワーク中の特定のサーバに集中的に全てのデータを集約する広域情報集約型と、2) データの取得・発信エリア毎に分散して集約する局所情報分散収集型の2つに大別できる。本章では、これら2つの手法について、それぞれ代表的な既存システムを取り上げて説明する。

2.1 広域情報集約型 [4][5][6][7][8][9]

Epidemic Routing による情報集約システム [4]

災害時における情報伝達ツールとしてユーザの持つスマートデバイスを利用する DTN (Delay Tolerant Network) が注目を集めている。DTN は大きな伝送遅延あるいは回線切断などが発生する劣悪な環境にも適用可能な通信技術であり、通信経路が途中で断続的に切断されたとしても情報の伝達を行うことができる。

DTN の代表的なルーティング方式に Epidemic Routing がある。これは、メッセージを保持する端末が他の端末の通信可能範囲に入った時に、お互いの保持するメッセージを確認し、お互いが保持していないメッセージの複製を交換し、相互補完する方式である。しかし、同方式ではメッセージを保持した端末とすれ違った全ての端末にメッセージの複製が配布されるため、目的地までのメッセージ到達成功率は上昇するが、複製されたメッセージを一時的に格納するための端末のメッセージバッファが圧迫されたり、冗長なメッセージ中継数が増加するなど、通信資源を大きく消費してしまう。文献 [4] では、無駄なメッセージの複製を抑えるために、ブロードキャスト ACK を用いて不要なメッ

セージの複製を削除する手法として、メッセージの中継制御について検討している。しかし、同手法は無駄なメッセージ複製の抑制のために平均メッセージ配送遅延や平均メッセージ滞在時間を計算しなければならず、端末の電力消費をまねく。

オフライン併用によるサーバ集約システム [5], [6]

文献 [5] では、Web アプリケーションのオフライン運用機構と OpenFlow による経路選択・切替機構からなる情報収集機構が提案されている。同機構では、被災者と救命隊の2者間の情報を伝達するサービスを提供する。しかしながら、災害時の通信回線の途絶にも対処するために、2者間の通信経路が確保できない場合はキャッシュを活用することで、オフライン時にも情報送信を可能にする手法を実装する。また、車両中継器と gateway スイッチ間の通信を制御することで、接続状況や情報の優先度に応じた回線選択を行う手法も実装する。

文献 [6] は被災者と情報運搬用の端末 (以下、中継端末) 及び避難所のサーバで DTN を構成し、安否情報を避難所のサーバに集約する方式を提案している。同ネットワークの概要を図1に示す。同図に示すように、被災者が中継端末に安否情報を送信し、その情報を受け取った中継端末同士は、マルチホップで避難所まで安否情報を送信する。しかし、これらの手法はメッセージの到達までに長い通信経路をたどらなければならない、被災情報をすばやく収集することができない。さらに、特定のサーバだけに情報が集約されるため、ネットワークやサーバの負荷が大きくなるなどの課題がある。

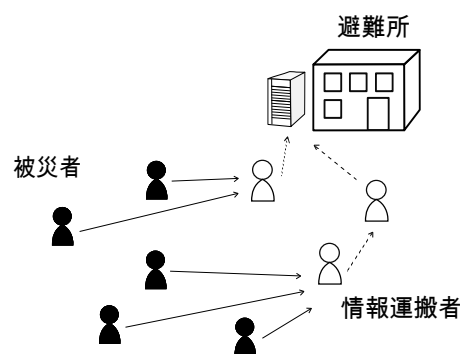


図1 オフライン併用によるサーバ集約システム

クラウド型データ集約システム [7], [8]

文献 [7] は被災者が持つスマート端末をノードとして、アドホック通信と DTN によるマルチホップネットワークを併用するネットワークを構築し、災害情報を災害対策本部の災害情報クラウドに転送する手法を提案している。同ネットワークの概要を図2に示す。同図に示すように、各自治体のサーバに蓄積された災害情報は、被災地域を巡回する中継車に収集され、その後クラウド上のサーバに転送す

ることで通信途絶地域からの情報収集が実現する。

文献 [8] も同様にサーバ群の障害や急激な負荷変動に対応できるようにモバイルクラウド型災害情報共有システムを提案している。

しかし、これらの手法では、端末からクラウド上のサーバまでの間の通信経路が長くなるため、データのやり取りや処理にかかる時間が長くなる。そのため、災害情報をリアルタイムで取得することが難しいことがこれらのシステムの課題となる。

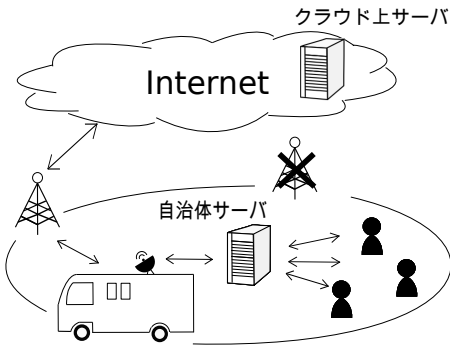


図 2 クラウド型データ集約システム

データを分散的に収集する手法 [9]

文献 [9] では、データを分散して収集することでデータの転送回数を削減する手法を提案している。同手法では、センサデータの回収に要する負担を軽減するため、シンクノードを動的に変更する。シンクノードの変更が発生した際は、他のシンクノード候補にセンサデータを分散して集約しておくことでデータ回収量のばらつきや回収性能を改善できる。

しかし、同手法では、時間帯によってはセンサデータの回収率がわずかながら低下することもあるため、実際の運用時にはさらなる検討が必要である。

広域情報集約型の特徴

本節で述べた広域情報集約型に分類されるシステムでは、データを一点に集約するため、集約されたデータによって被災状況を総合的に解析・把握することが容易であり、災害対策本部などでの救援活動にとって非常に有益な情報となる。

しかしながら、一方では、十分な量のデータを集約するには相応の時間が必要となること、また、当然のことながらデータの取得元とサーバ間は、断続的であったとしても、何かしらの通信回線の介在が必要であるため、完全な孤立エリアからの情報収集が不可能であるなどの問題がある。

2.2 局所情報分散収集型

クラスタリングを用いる手法 [10]

文献 [10] では、災害時に通信が困難になることを防いだ

め、ノード同士での自律的なクラスタリング手法を提案している。同手法では、端末群がクラスタを形成し、その中からクラスタヘッドとクラスタゲートウェイを選出する。クラスタヘッドはクラスタゲートウェイを介してメッセージの蓄積を行う。また、形成されたクラスタの同時接続数の増加により通信不可やホップ数の増加によるクラスタ間通信遅延の増加を避けるためクラスタをノードとした階層型クラスタを形成する。同手法で形成したクラスタモデルを図3に示す。同手法では、上位層のクラスタでは多くのメッセージを処理することを要求されるため、その上位層クラスタのクラスタヘッドは著しく電力を消費する恐れがある。

さて、本手法はクラスタリングを行うことで小さなネットワークを作り、情報共有するという点では本論文で提案するシステムと似ているものの、このシステムは、人が密集している状況でネットワークの負荷を低減することを目的としているため、本研究のように地域ごとに固有の情報を集めるために構築するシステムとはその目的が異なる。

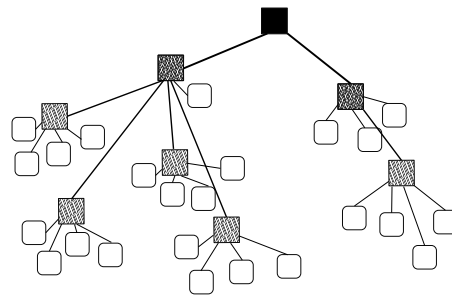


図 3 クラスタの形成モデル

仮想ノードを用いる手法 [11]

リアルタイム性の高い交通情報の収集技術の中に、インフラを介さずに車両間のみで通信を行う自動車アドホックネットワーク (Vehicular Ad-hoc NETWORKS, VANET) がある。文献 [11] は、VANET と仮想ノードを用いた交通情報の収集・提供手法を提案している。図4に概要を示す。同手法は、近傍の車両同士が協調し道路上の特定の地点の仮想ノードを構築することで、アクセス性の向上をはかる。同手法は、仮想ノードに MA を用いることで情報の収集を行う点は、本論文における提案と同じであるが、我々の手法では局所的だけでなく、広域的にも情報収集を行う点がこの手法とは異なっている。

3. 被災情報提供システム

我々はこれまで DTN を用いた被災情報収集手法として、メッセージ中継エリアの導入による冗長メッセージ中継の削減手法 [15] とメッセージ優先度付け手法 [16] を提案してきた。文献 [15] では、メッセージ送信ノードと宛先ノード

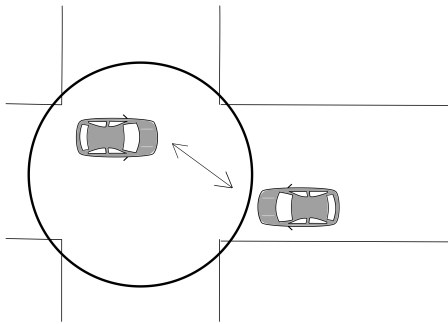


図 4 仮想ノードを用いた車両間の情報収集

を結ぶ経路(理想経路)付近を通過するメッセージは、宛先まで到達することを利用して、理想経路のエリア内のみでメッセージを中継する手法を導入した。文献 [16] では、上記の理想経路の手法を発展させ、メッセージを受信した地点と理想経路の中心線からの距離で受信中継メッセージをランク付けすることで、宛先に到達する可能性の高いメッセージを優先的に転送する手法を提案した。同手法の導入により、ネットワーク帯域、電力、ストレージの圧迫を軽減できる。ところで、これらのシステムは広域の情報収集の

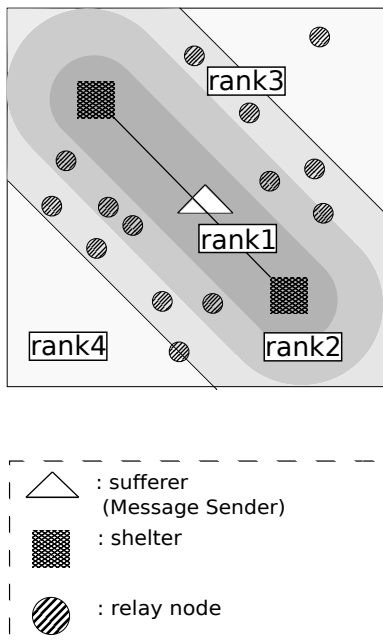


図 5 中継メッセージの優先度別転送制御

みに注目しているため、広域情報集約型に分類されるシステムとなる。

4. 移動エージェントによる局所/広域双方の被災情報収集システム

災害時に必要になる情報には、避難所の情報や災害情報、安否情報、支援情報、交通情報、気象情報などがある [17]。これらの情報は、その種類によって活用方法が異なるため、

情報の収集形態としても広域情報集約型と局所情報分散収集型のどちらが適切かは異なる。例えば、安否情報、物資・サービスなどの支援情報や、交通情報、気象情報などの避難完了後に被災者に必要とされる情報は、広域情報集約型が適切であると思われる。しかし、避難所位置や避難経路あるいはその現状などは避難途中の全ての人が提供を求める種類の重要な情報であるといえるが、その内容は、地域ごとに異なるため、局所情報分散収集型による情報収集が適切であるといえる。

そこで本論文では、1つの被災情報収集システムで災害情報を局所/広域双方で適応的に収集・共有する移動エージェントシステムを提案する。

ここで、MAを導入する利点は次に述べる2点である。まず、1つは、任意の地域でそれぞれのMAが独立に活動できる点である。これにより、特定のエリア単位での災害情報の迅速な収集・提供が可能となる。また、サーバではなく、MAごとに特定の情報を独立に集約することでサーバの負荷集中を避けるだけでなく、各MAの処理の負荷を分散できる。

もう1つは、MAは被災者の所有するスマートフォンなどの通信デバイス間を自由に移動しながら処理を継続するため、被災情報の収集や提供需要に応じて適切な場所で活動できる点である。これは、メッセージの伝達に長い通信経路の経由が不必要となるため、ネットワークの負荷を軽減しつつ、情報収集能力の確実性を向上できる。さらに、担当エリアの異なるMA同士であっても、ネットワーク距離的に近い位置で連携処理を円滑に進めることが可能となる。

提案システムでは、広域情報あるいは局所情報の収集を担当するMAとして、広域エージェントと局所エージェントをそれぞれ用いる。本提案システムでは、被災者のスマートフォンに最低1つ以上の局所エージェントが配置される。配置される局所エージェントはさらにリーダーエージェントと配下エージェントの2種類に分類される。

局所情報を収集するための局所エージェントシステムの概要を図6に示すとともに以下で説明する。

リーダーエージェント

自身が所属するグループ内の配下エージェントが収集した情報の集約と情報提供を行う。

配下エージェント

自身が存在するデバイス上で災害情報の収集処理を実行し、所属するネットワークグループのリーダーエージェントに収集した情報を伝送する。

提案システムでは、MAの担当エリアごとに情報を収集するため、それぞれ独自の情報を収集するグループを構築し、そのグループ内のMAで協調して情報を収集する。

一方、避難完了後に避難所において必要になる支援情報や安否情報、さらには救援活動のための災害情報などの統合

的な把握が必要な情報は、広域で収集する必要があるため、災害対策本部から発信した広域エージェントが被災地や避難所を巡回し、各エリアの情報を収集した局所エージェントから適宜情報を回収する。

さらに、ネットワークの負荷を分散するため、情報を収集する広域エージェントは同じネットワーク内に一つには限定せず、情報の種類ごとに別々のMAが回収する。

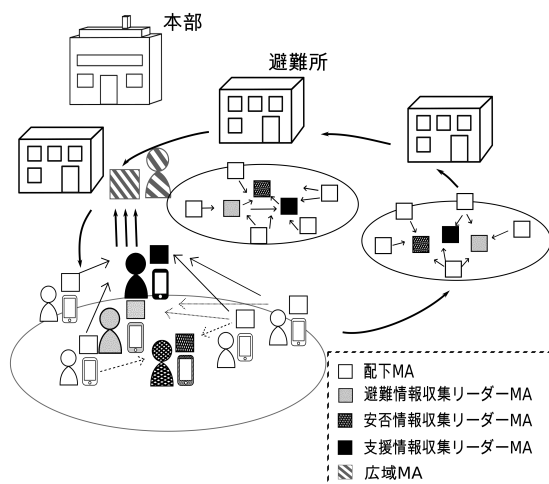


図6 提案システムのシステム構成概要

4.1 提案システムの動作

以下に提案システムの動作を述べる。

4.1.1 情報収集グループ形成

システム起動

被災者の所有するスマートフォンに提案システムを災害発生前から導入済みであるとする。まず、本システムでは、災害の発生により緊急情報を受信すると、これをトリガーとして被災地域のユーザのスマートフォン上でMAシステムが起動し、以下のMA生成フェーズに移る。

MA生成フェーズ

前述のようにリーダーエージェントは各地域ごとに存在し、それぞれの担当エリアにおける災害に関する情報を集約する。

緊急情報の受信によって起動した直後のMAシステムでは、全てのエージェントはモード未決定状態となっているが、以下の処理を経て、そのモードがリーダーエージェントを表すMasterあるいは配下エージェントを表すSlaveのいずれかに決定される。リーダーエージェントの選出方法を図7に示すとともに以下に述べる。

- (1) システムが起動すると各ノードはランダムな時間待機した後、GPS (Global Positioning System) によって取得した自身の位置情報を記録した Hello パケットを同一ネットワーク内のすべての端末にブロードキャストで送信する。

- (2) Hello パケットを受信したノードは自ノードの状態を Slave に設定する。また、自身の位置情報を記録した Accept パケットを送信元ノードに返信し、自身は同ノードの配下エージェントとして行動する。

- (3) Accept パケットを受信したノードは自ノードの状態を Master に設定し、以降、リーダーエージェントとして動作する。併せて、自身が存在するスマートフォン上のローカル情報を取得するために、同一ノード上に新たに配下エージェントを生成する。つまり、リーダーエージェントが存在するスマートフォンには2種類のMAが同時に存在することになる。

また、自身に対して Accept パケットを送信した全てのノードを自身の配下エージェントとして登録し、同グループとして協調して情報収集を行う。

さて、被災者の移動等によって複数のリーダーエージェント同士が近接した場合、リーダーエージェント同士は合体し一つになる。

- (1) ~ (3) を繰り返すことにより MA は情報収集単位となるグループを形成する。また、リーダーエージェントが決定すると、配下エージェントは指定された時間間隔毎に、自身の位置情報をリーダーエージェントに送信する。これを受信したリーダーエージェントは該当する配下エージェントの位置情報を更新する。

さて、更新された位置情報を元にリーダーエージェントは、自身のグループの所属エージェントの地理的分散状況を計算し、自身がグループの中心から大きく外れていた場合には、よりグループの中心点に近いスマートフォン上に移動することで、情報収集時の通信オーバーヘッドの削減を行う。

ここで、リーダーエージェントの移動先候補とするスマートフォンは、1) グループの地理的中心に近いこと、2) 被災情報収集の中心となる処理を行う余裕があることの2点から決定することとする。もし、リーダーエージェントが何かしらの理由で離脱した場合、配下エージェントがリーダーエージェントの反応をみて、反応がなければ、再度 Hello パケットのブロードキャストに戻り、グループの再構成を行う。

情報収集

全てのスマートフォン上のMAのモードが決定し、グループが形成されると、各ノードは、通行不可道路や火災場所などの所有する被災者が知れ得た情報とその位置情報をリーダーエージェントに適宜送信する。

情報共有

リーダーエージェントは配下のエージェントから報告された情報をもとに避難経路などの局所情報を設定し、配下エージェントと共有する。

4.1.2 広域情報集約手法

広域情報を収集する際の流れを述べる。広域情報の収集

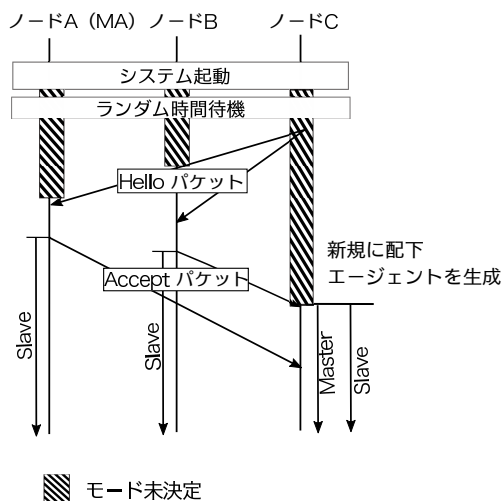


図 7 局所エージェントのモード決定手続き

の概要を図 8 に示す。

前述のように、被災情報は全てそれぞれのエージェントが所属するグループのリーダーエージェントに集約されるが、被災者の個人情報となる氏名、年齢、持病等の情報は、被害を拡大しないために必要な情報ではあるものの、避難経路情報のような直近の他の被災者に提供が必要な情報ではなく、むしろ不要な情報拡散は避けなければならない。

そこで、これらの情報については、災害対策本部などの公的機関のうち、情報の取り扱いが必要となる機関のみが閲覧できるように公開鍵暗号方式で暗号化してリーダーエージェントに送信する。

具体的には、それぞれの情報種別に対して、対応する公開鍵と秘密鍵を災害発生前にあらかじめ該当機関が作成し、公開鍵をユーザ側のスマートフォンに配布しておく。この公開鍵を使用して、各スマートフォン上の配下エージェントは個人情報を暗号化し、リーダーエージェントに転送する。

さて、リーダーエージェントに収集された暗号化済みの個人情報を含む全ての広域情報は災害対策本部から定期的に送出される広域エージェントによって回収される。回収された被災情報のうち、個人情報は、前述の秘密鍵によって各機関のみで復号化されたのち閲覧されることになる。

5. 動作検証実験

4章では、災害情報を局所/広域双方で共有する移動エージェントシステムの提案を行った。本章では、リーダーエージェントが情報収集する動作を確認するために、開発した局所情報分散収集システムのプロトタイプシステムの動作検証実験を実施した。同実験は Raspberry Pi 5 台に本研究で開発した JAVA 言語を用いたモバイルエージェントシステムを導入した。実験条件は、表 1 に示すとおりである。

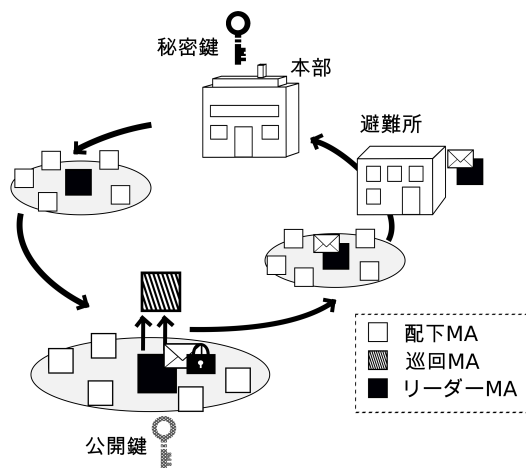


図 8 広域情報の収集手法

表 1 実験条件

項目	詳細
ワンボードマイコン	Raspberry Pi Zero WH
OS	Raspbian GNU/Linux 9.4 (stretch)
CPU	ARMv6 rev7 (700 MHz)
メモリ	512MB
無線通信機能	IEEE802.11n WirelessLAN
Java Version	1.8.0_65

- (1) 4章で述べた手順によりリーダーエージェントを選出する。
- (2) 配下エージェントは、災害情報をファイルに書き込みリーダーエージェントに送信する。
- (3) リーダーエージェントは受信したファイルの内容を画面に出力する。

検証実験では、リーダーエージェントが配下のエージェントを正しく登録できること、また、登録された配下エージェントが送信した情報をリーダーエージェント側に集約できることをそれぞれ確認する。ここで、リーダーエージェントが情報を正しく集約を継続できていることを確認するために検証実験では、配下エージェントのファイル中の災害情報の内容を適宜変更し、変更後の内容がリーダーエージェントに反映されるかを確認する。

実験の状況を図 9 に示す。5 台の Raspberry Pi の中から 1 台がリーダーエージェントとして選出された際の実行画面、情報集約画面を図 10、図 11 にそれぞれ示す。さらに、配下のエージェントの実行画面を図 12 に示す。同図から、配下エージェントが送信する配下エージェントのファイル内容が変更されると、図 11 のように変更後の内容がリーダーエージェントの画面に反映されることが分かる。以上から、リーダーエージェントは、配下のエージェントを登録し、配下エージェントが送信した情報を全て集約することができることを確認した。



図 9 実験状況

Master Agent 実行画面

```
Master Agent
Accept/パケット 10.116.63.162,位置 : 15.0,50.0
[10.116.63.162]
[15.0]
[50.0]
mode is selected
master job start!
GroupManager(): 位置に基づいて新しいリーダーの場所を決定します
MoveMaster(): 位置の決定に応じて移動します
ReLocation()
master job start!
GroupManager(): 位置に基づいて新しいリーダーの場所を決定します
MoveMaster(): 位置の決定に応じて移動します
ReLocation()
```

図 10 リーダーエージェント実行画面

Master Agent 出力画面

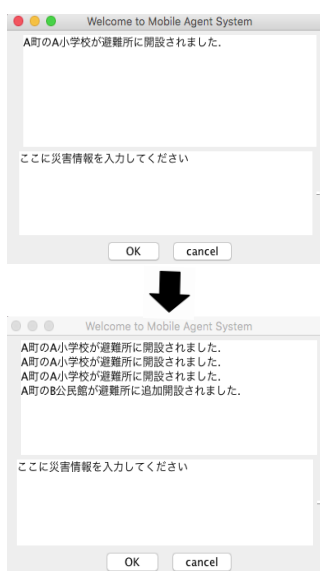


図 11 リーダーエージェント情報集約画面

6. おわりに

本論文では、災害情報を局所/広域双方で共有する移動エージェントシステムの提案を行い、リーダーエージェントが情報を収集する動作を確認するために、局所情報分散収集システムのプロトタイプシステムを開発した。また、同システムの動作検証実験の結果、同ネットワーク内からリーダーエージェントを正しく選出し、配下エージェントから情報を収集できることを確認した。

今後は、リーダーエージェントを同エリア内の位置情報をもとに適切な位置に配置する際の判断基準の設定や広域情報集約システムの実装を行う予定である。

Slave Agent 実行画面

```
Slave Agent
Hello/パケット 10.116.63.28,位置 : 15.0,0.0
slave job start!
send location start!
slave job start!
send location start!
slave job start!
send location start!
slave job start!
send location start!
slave job start!
send location start!
slave job start!
send location start!
slave job start!
send location start!
```

Slave Agent ファイル画面

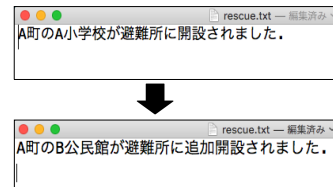


図 12 配下エージェント実行画面

参考文献

- [1] 中国新聞「携帯電話利用できず 呉など救助や支援に支障」2018年7月10日付日刊,18(34)
- [2] NTT 西日本：災害用伝言ダイヤル (171) (入手先 (<http://www.ntt-west.co.jp>))
- [3] 大瀧龍, 重安哲也, 浦上美佐子, 松野浩嗣：自律的無線ネットワークを用いた被災情報提供システム - 被災地域の地形を考慮した無線ノード置局アルゴリズムの提案, 情報処理学会論文誌 Vol.52, No.1, pp.308-318 (2011)
- [4] 佐藤 裕真, 川端奈津子, 山崎 康広, 大崎 博之：DTN における抑制的エピソードルーティングの提案, 電子情報通信学会信学技報 SITE2017-69, IA2017-80 (2018-03)
- [5] 多幡 早紀, 西山 潤, 福井 良太郎, 嶋津 恵子, 重野 寛：不安定な通信環境における情報損失を低減する災害情報収集機構, 情報処理学会論文誌 Vol.58, No.2 471-480 (2017-02)
- [6] 山下諒馬, 高見一正：災害時 DTN 通信でのハンドシェイク型マルチホップメッセージの転送方式, マルチメディア, 分散, 強調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム (2014)
- [7] 北田 真也, 佐藤 剛至, 橋本 浩二, 柴田 義孝：災害時における DTN をベースとした マルチホップネットワークの実現, 情報処理学会第 79 回全国大会
- [8] 菊池瑠介, 柴田義孝：大規模災害を考慮したモバイルクラウド型災害情報共有システム, 情報処理学会研究報告 Vol.2015-DPS-162 No.30, Vol.2015-CSEC-68, No.30 (2015.03.05)
- [9] 岸田隆祐, 鈴木智文, 指吸未来, 塚田晃司：DTN 環境の任意地点でのデータ回収を目的とした シンクノード機能割当方式の転送回数削減手法の提案, 情報処理学会研究報告 Vol.2018-GN-103, No.19, Vol.2018-CDS-21, No.19, Vol.2018-DCC-18, No.19 (2018.01.26)
- [10] 徳永 潤平, 金光 涼, 榎原 博之：混雑時のモバイルアドホックネットワークにおけるルーティング, 情報処理学会研究報告 Vol.2018-MPS-118, No.34, Vol.2018-BIO-54, No.34 (2018.06.15)
- [11] 宮崎 稔也, 峪口 雄太, 重野 寛, 屋代 智之：VANET におけるアクセス性を考慮した 特定地点での交通情報収集・提供手法の検討, 情報処理学会研究報告 Vol.2018-DPS-175, No.12, Vol.2018-MBL-87, No.12, Vol.2018-ITS-73, No.12 (2018.05.24)
- [12] 谷澤佳道, 佐藤一郎, 安西祐一郎：モバイルエージェントの実世界応用と携帯端末の利用, マルチメディアと分散処理 103-5 (2001.06.07)
- [13] 川村尚生, 菅原一孔：モバイルエージェントに基づく P2P

型 e-Learning システム, 情報処理学会論文誌 Vol.46, No.1,
テクニカルノート (2005.01)

- [14] 松下拓也, 池田一樹, 田中健太, 塩川茂樹: Mobile Agent
を用いた位置情報利用型ルーティングにおけるノード特
性を考慮した経路構築方法, 電子情報通信学会信学技報
AN2012-3 (2012-05)
- [15] 河本美穂, 重安哲也: 被災情報の収集を目的とした DTN
におけるメッセージ到達率の向上と冗長送信数の削減を実
現する自律的中継手法の提案, 情報処理学会第 22 回マル
チメディア通信と分散ワークショップ論文集, pp.269-278,
(2014)
- [16] 足立梨恵, 河本美穂, 重安哲也: メッセージ伝送の信頼性
向上とトラフィック増加の抑制の双方を実現する被災情
報収集システムに関する検討, マルチメディアと分散処理
ワークショップ (2015.10)
- [17] 災害時における情報通信の在り方に関する調査結果-総務
省(入手先 (www.soumu.go.jp)) (2012.03)