

# 青島地区における避難者の歩行速度を考慮した 災害時の避難行動に関するシミュレーション

本田 佳鈴<sup>†1,a)</sup> 山場 久昭<sup>†1,b)</sup> 油田 健太郎<sup>†1,c)</sup> 岡崎 直宣<sup>†1,d)</sup>

概要：日本は世界有数の自然災害大国である。その日本でこれまで起きた地震では、津波により避難途中の住民の多くが犠牲となっている。津波警報が発令された場合、どのような方法で、どこに避難をすべきか、などの情報を把握できれば、より安全に避難行動を行うことができると考えられる。災害時における避難行動を行う上での情報を把握しておくことの重要性を調べるため、本研究では災害時の避難行動を想定したシミュレーションを行う。ここでの情報とは、「避難所の満員情報」と「歩行速度を考慮した避難所情報」である。避難所の満員情報を把握することで、避難完了までにかかる移動距離と時間が短縮されると考えられる。また、歩行速度を考慮した避難所情報を把握することで歩行速度の遅い高齢者や子供にも配慮できる。本研究では、避難者に見立てたエージェントモデルが通信によって情報の共有を行う場合と行わない場合を比較し、情報を共有することによる避難完了者の増加率や避難完了までの時間の変化を調べる。

## Evacuation Behavior Simulation considering Walking Speed of Evacuees in Aoshima Area

KARIN HONDA<sup>†1,a)</sup> HISAAKI YAMABA<sup>†1,b)</sup> KENTARO ABURADA<sup>†1,c)</sup> NAONOBU OKAZAKI<sup>†1,d)</sup>

### 1. はじめに

日本は世界有数の自然災害大国である。台風、地震、津波、火山噴火などそのリスクは数えきれない程で、毎年多くの被害が発生している。中でも、日本は北米プレート、ユーラシアプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートの4つのプレートの上に位置するため非常に地震が発生しやすく、世界で発生する地震の10%、マグニチュード6以上の地震に限定すると20%以上が日本で起きているとされている [1]。

駿河湾から遠州灘、熊野灘、紀伊半島の南側の海域及び土佐湾を経て日向灘沖までのフィリピン海プレート及びユーラシアプレートが接する海底の溝状の地形を形成する区域を南海トラフといい、この南海トラフ沿いのプレート境界

を震源とする大規模な地震が南海トラフ地震である。南海トラフ地震は、おおむね100~150年間隔で繰り返し発生しているが、その発生間隔にはばらつきがあり、震源域の広がり方には多様性があることが知られている [2]。また、南海トラフ地震が30年以内に発生する確率は70~80%と予測されており、マグニチュード8~9級と想定されている。九州の中でも、宮崎県は震度、津波ともに予測されている最大値が高く、地震による多大な影響が想定されている [3][4]。

これまで日本で起きた地震では、津波により避難途中の住民の多くが犠牲となっている。津波警報が発令された場合、どのような方法で、どこに避難をすべきか、などの情報を把握できれば、より安全に避難行動を行うことができると考えられる。

災害時における避難行動を行う上での情報を把握しておくことの重要性を調べるため、本研究では災害時の避難行動を想定したシミュレーションを行う。ここでの情報とは、「避難所の満員情報」と「歩行速度を考慮した避難所

<sup>†1</sup> 現在、宮崎大学

Presently with Miyazaki University

a) hm15046@student.miyazaki-u.ac.jp

b) yamaba@cs.miyazaki-u.ac.jp

c) aburada@cs.miyazaki-u.ac.jp

d) oka@cs.miyazaki-u.ac.jp

情報」である。避難所の満員情報を把握することで、避難完了までにかかる移動距離と時間が短縮されると考えられる。また、歩行速度を考慮した避難所情報を把握することで歩行速度の遅い高齢者や子供にも配慮できる。

避難行動のシナリオは、宮崎県の青島地区を対象とした。青島地区は周囲を海岸線に囲まれ、夏には海水浴客でにぎわっていることから、南海トラフ地震などの大規模災害の際には、増水などによって避難経路を見失う可能性も高いと考えられるため、適切な避難所への避難経路の誘導方法が必要な地域であると言える。

本研究では、避難者に見立てたエージェントモデルが通信によって情報の共有を行う場合と行わない場合を比較し、情報を共有することによる避難完了者の増加率や避難完了までの時間の変化を調べる。

## 2. 関連研究

関連研究として、災害時に避難者の意思決定を援助する地図の作成を行うシステムについての研究 [5] と、エージェントモデルによる災害時の避難行動シミュレーションについての研究 [6] を紹介する。

### 2.1 DTN とアドホック通信による災害地域の歩行者用地図の生成

災害時の応急対策に不可欠な技術の 1 つに災害地域のマッピングがある。これは災害時に災害発生地域を地図上にマッピングする技術で、その地図データはクラウドベースで共有される。この地図は避難者の意思決定を援助し、避難者を避難所へ導くルートを示す。しかし、災害によって通信インフラが損なわれる可能性があり、クラウドベースのマッピングサービスにアクセスできなくなる可能性がある。その場合、避難者は、地図データを共有することが難しく、最適な避難ルートを参照できない紙の地図に頼ることになる。この研究 [5] では、災害時のデジタル歩行者用地図生成システム図 1 を紹介する。システムを実現するために、以下に示す課題に取り組んだ。

- (1) クラウドベースのコンピューティングリソースを使用せずに必要なデータを収集してマップを生成する方法。
- (2) エンドツーエンドの連続したネットワークがなくてもシステム内でメッセージを共有する方法。
- (3) マップ推論タスク (収集したデータを処理し、マップの推論, 出力を行う) の負荷のバランスをとる方法。

(1) については、災害時の経路情報を統括・管理するレスポンドに GPS のトレース情報を集め、その後収集したデータを各地のコンピューティングノードに送信することで解決した。(2) のために、システムは Epidemic Routing (感染型経路制御モデルの一種であり、送信ノード、感

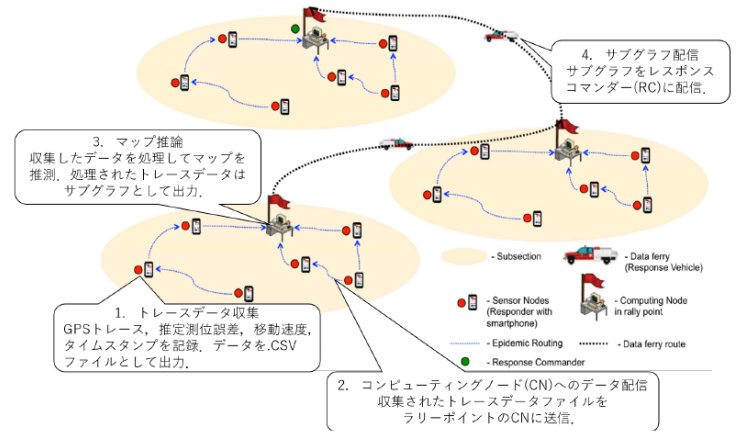


図 1 災害時のデジタル歩行者用地図生成システムの流れ [5]p.133  
による図表を一部加筆

染ノードは出会ったすべての非感染ノード、受信ノードにパケットを複製する。) を使用して短距離間で通信する DTN (Delay Tolerant Networking) を確立し、データフェリーとしてレスポンスビークル (無線通信機器を備えた車両) を使用して長距離通信を行った。(3) では、フェリー経路時間表と計算ノードの負荷に関する統計情報を用いてマップ推論タスクの負荷軽減方法を決定する、負荷分散ヒューリスティックを提案した。実験とシミュレーションによってシステムを評価し、大量のデータを処理しなければならない極端な場合において、地図の生成と配信に要する時間を約 2 時間短縮することができた。

この研究では、地図の生成と配信に要する時間を約 2 時間短縮することができたが、それでも 2 時間近く時間がかかっているため、リアルタイムでの使用にはあまり適さないと考えられる。

### 2.2 エージェントモデルによる災害時避難行動シミュレーション

津波警報が発令された場合、避難する手段や場所を住民全てが知っていれば、より安全に避難できる。避難指示を出す行政は防災計画を立案しているが、どの経路を通して避難をするのか、避難経路毎の道路容量は混雑することなく避難することが可能なのか、などの点が反映されているとは言い難い。津波避難計画立案に際しては、津波警報発令以降の避難対象となる住民の行動予測が必要であるが、津波警報発令後、経過時間毎に住民毎の行動をシミュレートすることは不可能である。そこで、この研究 [6] では、津波避難という条件の下での避難行動を、避難者の情報受信に着目し、マルチエージェントモデルによってモデル

化を行った。このモデルを適用し、避難者の行動をシミュレートするとともに、避難建物への避難制限時間を設けることで避難完了者数の変化をシミュレーションによって予測した。その結果、避難制限を設けることによって、避難能力の高い避難者を海岸線より遠くへ避難させる一方、避難能力が低い避難者を海岸線近くに設置されている避難建物への避難を容易にすることが可能となり、避難完了者を増加させるためには、避難建物への避難制限を設けることが有効であると明らかにした。今後の課題として、次の4つがあげられる。

- (1) 限定された地区を対象として避難シミュレーションを行ったが、実際には、避難対象地区の住民も避難しなくてはならない。この場合、避難者数が増加するため、避難経路上での混雑や追い抜きといった現象の発生が想定される。
- (2) 避難完了者を増加させるための手法として避難建物への避難制限時間を設定したが、リアルタイム情報処理システムと連動させた避難誘導手法や情報受発信システムなどのモデル化があげられる。
- (3) 個人が発信する情報は全て「真」であるとの仮定の下でシミュレーションを行ったが、避難者が「偽」の情報を出した場合などの、情報の質に関してモデル化を行う必要がある。
- (4) 本モデルでは、避難対象者を10,000人としてシミュレーションを実行しているが、実際には、様々な属性の観光客が訪れていることを考慮すると、属性(性別・年齢別等)別の観光客数を予測し、それをシミュレーションのインプットとして用いることが必要である。

この研究では、シミュレーションの結果、避難建物への避難制限を設けることが有効であることがわかったが、(2)にあるように、情報受発信システムなどを用いた広範囲の情報共有は行われていない。

### 3. Scenargie

Scenargie は、Windows と Linux で動作する離散事象シミュレータであり、現実世界での無線通信や人の行動の流れをソフトウェア上でシミュレーションし、通信品質や人の振る舞いをコンピュータ上で評価することを可能とする、複雑なシステム解析・評価のためのシナリオ生成・管理フレームワークである [7]。Space-TimeEngineering(STE) の製品であり、様々なシミュレーションツールを提供している。データ通信におけるアプリケーションから電波伝搬までを模擬しており、パケットレベルでのシミュレーションや、GIS データとの連携、電波伝搬解析ツールとして使用することが可能であり、統計情報解析機能等を実装している。また、シミュレーション速度が速く、大規模なネットワークシミュレーション評価が可能である。

画面上に表示された地図や建物を見ながら通信ノードの

配置や通信パラメータの設定、移動パターンの設定など、シミュレーションを行う上で必要な情報を容易に設定できる GUI 環境を提供する Scenargie Visual Lab と、通信システムやノードの移動のシミュレーションを行うシミュレーションエンジンである Scenargie BaseSimulator から構成されている。Scenargie Visual Lab のイメージを図 2 に示す。その他にも、拡張モジュールとして以下のようなものが提供されている。

- Dot Eleven Module  
無線 LAN の標準規格である IEEE802.11 の通信システムシミュレーションを行うための拡張モジュール。
- LTE Module  
3GPP の標準化規格である LTE の通信システムシミュレーションを行うための拡張モジュール。複数の基地局とユーザ端末からなる通信システムにおいて、エンドツーエンドのシステム性能評価を行うことが可能である。
- ITS Extension Module  
ITS のシステムシミュレーションを実現するための拡張モジュール。車車間通信や路車間通信など、車両のモビリティから電波伝搬まで、詳細かつ統合的に ITS のシミュレーションを行うことが可能である。
- Multi-Agent Extension Module  
マルチエージェントシミュレーションを行うための拡張モジュール。他の通信モジュールと組み合わせることで、現実的なユーザのモビリティを仮定した通信システムのシミュレーションが可能である。
- Fast UrbanPropagation Module  
建物などによる電波の遮蔽、回折を考慮した電波伝搬計算を行なう電波伝搬計算ライブラリモジュール。
- High Fidelity Propagation Module  
建物などによる電波の反射、遮蔽、回折の影響を考慮した精細な電波伝搬環境におけるシミュレーションの実行が可能な波伝搬計算ライブラリモジュール。
- Trace Analyzer  
シミュレータが出力するトレースデータを高速かつ容易に解析し、グラフ表示させるためのモジュール。ユーザが独自のトレース情報を追加して表示することもでき、解析結果をグラフィカルに分かりやすく明示することが可能である。

### 4. シミュレーション

避難所の満員情報と歩行速度を考慮した避難所情報を把握しておくことで、避難完了までにかかる移動距離と時間が短縮されるという仮説の下、避難者が、避難所が満員であるという情報の共有と避難者の歩行速度によって決定した避難所の情報を把握することによる避難完了の増加率や避難完了までの時間の変化を調べるため、災害時の避難行

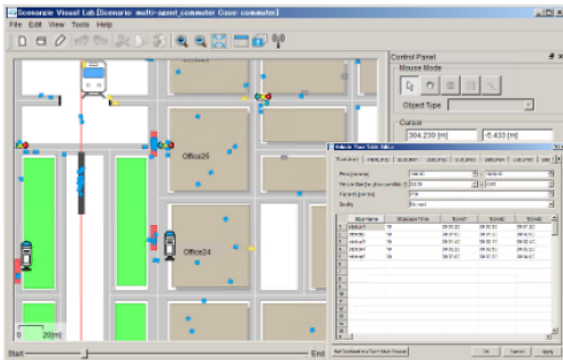


図 2 Scenargie Visual Lab のイメージ [7]

動を想定したシミュレーションを行う。避難完了者の増加率や避難完了までの時間の変化から、避難行動を行う上での情報を把握しておくことの重要性を調べる。

情報の共有は、スマートフォンのような携帯端末を用いることを想定し、シミュレーション上では通信規格 IEEE802.11ac の通信機を用いて行う。IEEE802.11ac とは、無線 LAN の国際的な標準規格の一種であり、周波数帯 5GHz、最大通信速度 6.9Gbps、電子レンジなどの家電製品や Bluetooth などの電波干渉を受けにくい、障害物に弱いという特徴を持つ。また 11ac は、11a, 11b, 11g, 11n などの他の IEEE802.11 の規格と比べて、通信速度が速く、一度に運ぶことのできる情報量が多いという特徴がある。通信機には、通信結果とエージェントの行動を連携するためのアプリケーションを実装する。最初に、歩行速度が 3.0m/s 未満のエージェントは 1 番目に近い避難所に、歩行速度が 3.0m/s 以上のエージェントは 3 番目に近い避難所に目的地を設定する。歩行速度が 3.0m/s 以上のエージェントを 2 番目に近い避難所ではなく 3 番目に近い避難所にしたのは、歩行速度が 3.0m/s 未満のエージェントが 1 番近い避難所に到達できなかった場合に 2 番目に近い避難所が満員にならないようにするためである。次に、エージェントが目的地としていた避難所に満員により到達できなかった場合、その避難所の位置情報 (GisPositionIdType) を保存し、通信機からアプリケーションを通じて、GisPositionIdType を UDP(User Datagram Protocol) パケットのペイロードデータとして、周囲のエージェントの通信機にアドホック通信を用いて送信する。パケットを受け取ったエージェントはその GisPositionIdType が到達不可であると設定され、到達不可であると設定された位置は目的地から除外される。そしてエージェントが次に移動する目的地に歩行速度を考慮した避難所を再決定し設定する。しかし、パケットを受信しても目的地としている避難所が到達不可でない場合はエージェントは避難所の再決定をしない。エージェ

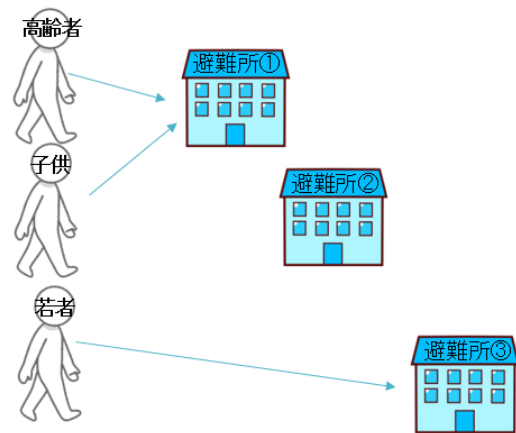


図 3 歩行速度を考慮した避難所を決定するイメージ

ントが歩行速度を考慮した避難所に移動する行動の流れを図 3、エージェントがパケットを送信してからパケットを受信し歩行速度を考慮した避難所へ移動する流れを図 4 に示す。

今回のシミュレーションでは、青島地区を対象にして、避難行動のシナリオを作成する。青島地区は、周囲を海岸線に囲まれ、夏には海水浴客でにぎわっている。また、河川も多く、津波や、それに伴った増水の影響を受けやすいと考えられる。そのため、避難経路を見失う可能性も高いと考えられるため、適切な避難所への誘導標識の設定や、避難経路の設定、誘導方法が必要な地域である。4.1 では通信によって情報を共有するために行った実装について解説し、4.2.1 でシナリオの設定についての解説を行い、4.2.2 にシミュレーションの結果をグラフと共に示す。

#### 4.1 実装

今回シミュレーションを行うにあたって、Scenargie はデフォルトでは通信とユーザ行動の連携を行うことができないため、通信結果に応じてエージェントの行動を指定する実装を行った。

避難所の満員情報を共有するための実装内容としては、目的地に到達不可であった場合に、到達不可である場所の位置情報を他のエージェントに送信する UnreachableDestinationNotification 関数と、到達不可である場所の位置情報を受け取り、到達不可の場所として受け取った位置情報を保存する ReceivePacket 関数を実装した。また、エージェントが避難を完了したことを確認するため、目的地に到達した場合に呼び出される関数である ArrivedAtDestinationNotification 関数を使用し、目的地に到達した際に到達したエージェントの ID と、そのエージェントの到達時刻

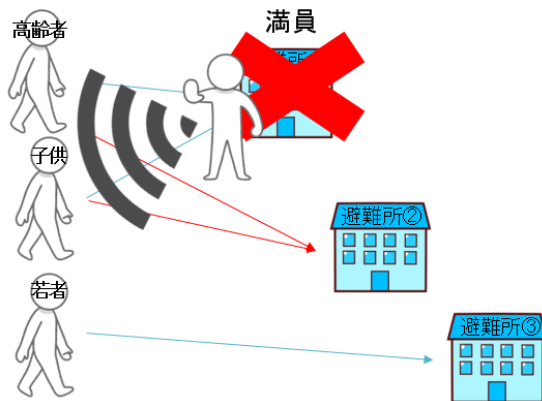


図 4 満員情報を受け取り避難所の再決定をするイメージ

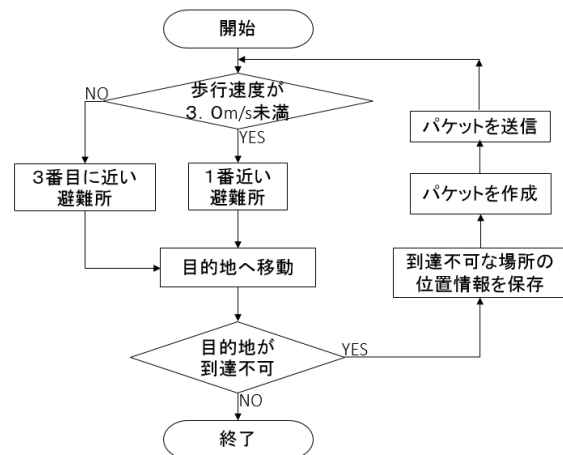


図 5 送信側の処理の流れ

をメッセージログとして表示させた。歩行速度を考慮した避難所の決定のための実装内容としては、エージェントが次に移動する目的地を決定する関数である GetLocationId 関数の変更を行った。受信側と送信側での大まかな処理の流れを、図 5、図 6 に示す。実装する関数の一覧を表 1 に示す。

UnreachableDestinationNotification は、目的地に到達不可の通知を行う関数である。目的地に到達できなかった際に呼び出される関数であり、到達不可であった目的地の位置情報を保存し、パケットのペイロードとして送信するよう実態定義を行った。

ReceivePacket は、送信されたパケットを受信する関数である。UnreachableDestinationNotification 関数によって送信された到達不可な場所の情報を受信、保存し到達不可であると設定を行うよう実態定義を行った。

ArrivedAtDestinationNotification は、目的地に到達の通知を行う関数である。目的地に到達した際に呼び出される関数であり、目的地に到達したエージェントの ID と到達時間をメッセージログに表示するよう実態定義を行った。

GetLocationId は、エージェントが次に移動する目的地を決定する関数である。変更内容としては、1番近い避難所に目的地を設定している部分を歩行速度が 3.0m/s 未満の場合 1番近い避難所へ目的地を設定し、歩行速度が 3.0m/s 以上の場合 3番目に近い避難所へ目的地を設定するように実装定義を行った。

## 4.2 実地図に基づくシミュレーション

### 4.2.1 シナリオ

今回のシミュレーションでは、観光シーズンを想定したシナリオを用意した。対象人数を、[8] を基に、宮崎市全

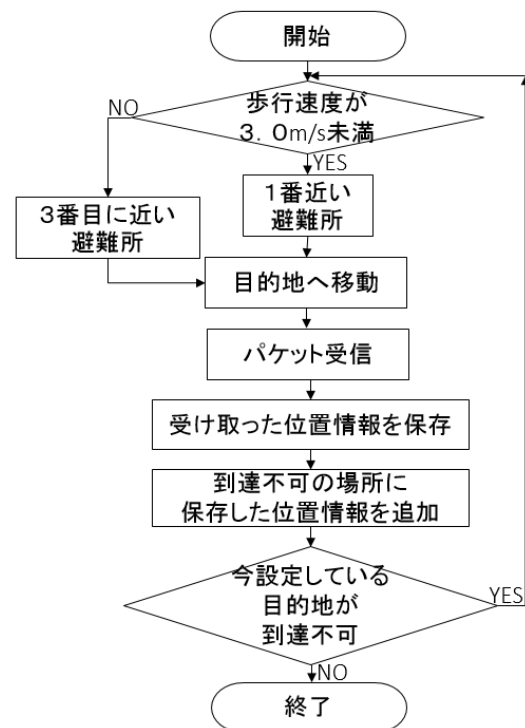


図 6 受信側の処理の流れ

体の宿泊者数の内、青島地区に宿泊した人数の割合である 15%を宮崎市全体の月別観光入込客数に掛けたものを、青

表 1 実装する関数とその動作

関数	動作
UnreachableDestinationNotification	目的地に到達不可の通知を行う
ReceivePacket	パケットの受信を行う
ArrivedAtDestinationNotification	目的地に到達の通知を行う
GetLocationId	次に移動する目的地の決定を行う

島地区における月別観光入込客数と仮定し、それぞれ、客数最少である6月のものと、客数最多である8月のものを参考に設定した。そして、歩行速度ごとに避難者を示すエージェントを子供、若者、高齢者の3つのグループに分類した。それぞれ宮崎市の年齢別人口 [11] の割合から設定した。また、[9] と [10] を基に、青島地区の道路情報に建物の情報や指定避難所の情報を加え、複数の避難所を目的地として設定した。避難所の収容人数設定一覧を表 2 に示す。避難所以外の建物や道路は Scenargie のデフォルトで設定が行われており、それぞれ、建物は高さ 10m、収容人数 100 人、収容車両数 100 台、道路は幅 15m、制限速度 60km/h、収容人数 7 人 (1m<sup>2</sup> 当たり)、車両・歩行者通行可となっている。エージェントは、複数の目的地の内、歩行速度が 3.0m/s 未満の場合、自らの初期位置に最も近い目的地を目指して移動を始め、歩行速度が 3.0m/s 以上の場合、自らの初期位置から 3 番目に近い目的地を目指して移動始める。エージェントが通信機を持っている場合、目的地としていた避難所に満員により到達できなかった際に、その避難所の位置情報を保存し、パケットのペイロードとして送信する。パケットを受け取ったエージェントは受信した位置情報を到達不可と設定し、到達不可であると設定された位置は目的地から除外され、目的地の再決定を行う。エージェントの設定を表 3 に示す。シミュレーションは、シミュレーション時間を 1800s として、それぞれのシナリオで通信機を持っている場合と、通信機を持たない場合で 5 回ずつ行い、時間毎の避難完了人数の平均値とエージェントのグループそれぞれの避難完了人数の時間毎の割合を求めた。エージェント全員の避難が 1800s 以内に完了しない場合は、全員の避難が完了するまでシミュレーションを行った。シミュレーションの様子を図 7 に示す。

#### 4.2.2 結果

時間毎の避難完了人数の平均値のシミュレーション結果を図 8 に示す。縦軸と横軸はそれぞれ避難が完了した人数とシミュレーション時間の経過時間、青線と赤線はそれぞれ通信機を持たせない場合と持たせた場合を示す。また、通信機を持っているエージェントのグループそれぞれの避難完了人数の時間毎の割合の結果を図 9、通信機を持たせないエージェントのグループそれぞれの避難完了人数の時間毎の割合の結果を図 10 に示す。

避難完了人数の変化を見ると、通信機を持たせた場合、シミュレーション時間が 150s を超えたあたりから避難完

表 2 避難所と収容人数

避難所	収容人数
青島自然休養センター	28
青島地域総合センター	544
青島浄化センター (2階)	50
巖泉寺	30
青島公民館	290
青島児童センター	50
青島中学校	442
青島グランドホテル	532
ゴールデンレイク	100
青島シルバー苑	150
グランマリン	150
ドルフィン	150
ラメールブルー	200
ロコビーチ	500
ANA ホリデイインリゾート宮崎	100
青島優亜館	68
青島歴史文化の広場	21800
城山公園	38800

表 3 エージェント設定

対象人数 [人]	1000		
グループ	子供	若者	高齢者
色	黄	水	黒
人数 [人]	110	611	279
歩行速度 [m/s]	1.0~3.0	4.0~5.0	0.5~2.0
年齢	4~14	15~64	65~100
初期配置	観光地中心		
目的地	複数設定された避難所 (表 2)		



図 7 実地図に基づくシミュレーション

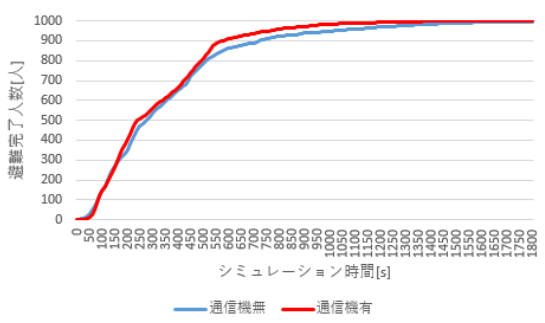


図 8 避難完了人数の変化（横軸はシミュレーション時間，縦軸は避難完了人数，青線は通信機を持たせた場合，赤線は通信機を持たせない場合）

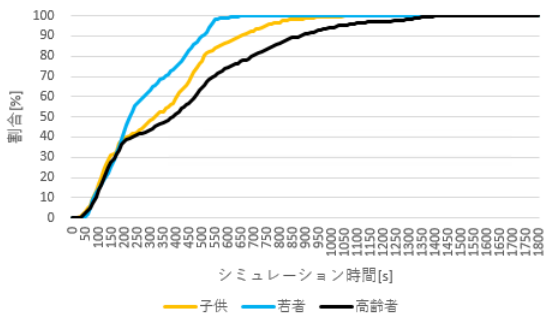


図 9 通信機を持たせた場合のグループそれぞれの避難完了人数の割合（横軸はシミュレーション時間，縦軸は避難完了人数，黄色線は子供，青線は若者，黒線は高齢者）

了人数が通信機を持たない場合の避難完了人数を上回りはじめ，シミュレーション時間が550sの時点で，通信機を持たない場合と比較し，57人多く避難を完了することができ，最大で76人多く避難することができたケースもあった。また，全員が避難を完了した平均時間は通信機を持たせた場合1413s，通信機を持たない場合2054sとなった。

グループそれぞれの避難完了人数の割合の変化を見ると，通信機を持たせた場合，子供は1010s，若者は640s，高齢者は1380s時点で避難が完了する。通信機を持たない場合，子供は1500s，若者は760s時点で避難が完了し，高齢者は1800s以上かかる場合もあった。シミュレーションのケースによっては，高齢者全員が避難を完了するのに最大3121sかかった。

## 5. まとめ

本論文では，マルチエージェントモデルを用いて，青島地区における避難者の歩行速度を考慮した災害時の避難行動に関するシミュレーションを行った。歩行速度を考慮し

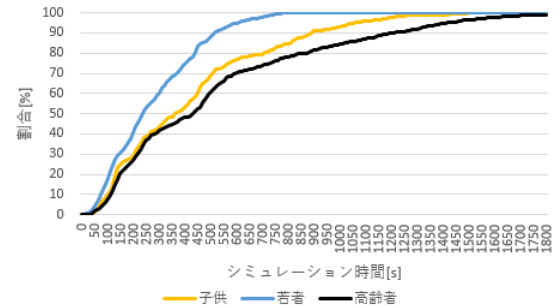


図 10 通信機を持たせない場合のグループそれぞれの避難完了人数の割合（横軸はシミュレーション時間，縦軸は避難完了人数，黄色線は子供，青線は若者，黒線は高齢者）

た災害時の避難行動をシミュレートするにあたって，本研究では Scenargie を用いた。また，通信結果に応じてエージェントの行動を指定する実装を行い，目的地が到達不可である情報を共有し避難者の歩行速度によって決定した避難所の情報を把握できるようにした。シミュレーションの結果，通信機がある場合に避難完了までの時間が平均で600s短縮された。また，歩行速度によって分けられたグループの避難完了までの時間は子供が490s，若者が120s，高齢者は400s短縮された。

今回のシミュレーションでは，全体の避難完了時間の短縮と歩行速度の遅い子供や高齢者の避難完了時間を短縮できたため，避難所の満員情報の共有と歩行速度を考慮した避難所情報を把握しておくことは避難者の避難に役立つと言える。また，避難人数が多ければ多いほど，災害時における避難状況や，避難所の空き情報を共有する機能があれば，より大きな効果を得られると考えられ，情報を把握することの重要性が高いと言える。

今後の課題として，次の4つが挙げられる。

- (1) サーバとの通信を行い，避難者全員に情報がいきわたるようにすること。
- (2) エージェントが複数人で非難する場合のシミュレーションを行うこと。
- (3) エージェントは徒歩で移動を行うよう設定したが，自家用車や公共交通機関なども移動手段として用いたシミュレーションを行うこと。
- (4) 実際の災害時には，通行できなくなる道の発生が考えられるため，特定の道が通行不可になってしまった場合を考慮したシミュレーションを行うこと。

## 参考文献

- [1] 一般財団法人国土技術研究センタートップ/国土を知る/意外と知らない日本の国土/地震の多い国，日本入手先 (<http://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary12>) (2018.10.15).

- [2] 気象庁 | 南海トラフ地震について | 南海トラフ地震とは入手先  
(<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/nteq/nteq.html>)  
(2018.10.15).
- [3] 宮崎県:南海トラフ巨大地震から身を守ろう!  
入手先 ([https://www.pref.miyazaki.lg.jp/kiki-kikikanri/kurashi/bosai/bousai-kikikanri/nankaitorafu\\_miwomamorou.html](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/kiki-kikikanri/kurashi/bosai/bousai-kikikanri/nankaitorafu_miwomamorou.html))  
(2018.10.15).
- [4] 南海トラフ地震の被害想定:朝日新聞デジタル  
入手先 ([http://www.asahi.com/special/nankai\\_trough/](http://www.asahi.com/special/nankai_trough/))  
(2018.10.15).
- [5] Edgar Marko Trono, Manato Fujimoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, Keiichi Yasumoto: Generating pedestrian maps of disaster areas through ad-hoc deployment of computing resources across a DTN, Computer Communications, Vol100, pp.129-142(2017).
- [6] 石橋健一, 藤岡政樹: エージェントモデルによる災害時避難行動シミュレーションの試みー湘南海岸における事例ー, オペレーションズ・リサーチ, Vol.47, No.7, pp.447-452(2002).
- [7] Space-Time Engineering 入手先  
(<https://www.spacetime-eng.com/jp/>) (2018.10.15).
- [8] 宮崎市/観光・文化/みやレポ/宮崎市の観光統計入手先  
(<http://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/city/statistics/results/12183.html>) (2018.10.15).
- [9] ひなた GIS 入手先 (<https://hgis.pref.miyazaki.lg.jp/hinata/>)  
(2018.10.15).
- [10] 宮崎市津波ハザードマップ入手先  
([http://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/life/fire.department/hazard\\_map/803.html](http://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/life/fire.department/hazard_map/803.html)) (2018.10.15).
- [11] 宮崎県/宮崎県の推計人口と世帯数/年齢別人口入手先  
([https://www.pref.miyazaki.lg.jp/tokeichosa/kense/toke/documents/11105\\_20180209171910-1.pdf](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/tokeichosa/kense/toke/documents/11105_20180209171910-1.pdf))  
(2018.10.16).