

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 29 日現在

機関番号：33901  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2009～2011  
 課題番号：21700177  
 研究課題名（和文） 災害救助エージェントシミュレーションの環境の定量化と分類  
 研究課題名（英文） Quantifying and Classifying Environment for Disaster Rescue using Agent-Based Simulations

研究代表者  
 岩田 員典（IWATA KAZUNORI）  
 愛知大学・経営学部・准教授  
 研究者番号：80367606

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、建物と道路の特徴から地図の特徴の指標を定義した。そして、その指標と災害救助シミュレーションの代表的なひとつである RoboCupRescue シミュレーションシステムにおける災害救助エージェントの間に依存関係があることを示した。また、指標と震災シミュレーションとの依存関係は、シミュレーションで動作するエージェントアルゴリズムによって異なることも示した。さらに地図の特徴の指標と震災シミュレーションとの依存関係から、そのエージェントアルゴリズムの特徴を推測できることを示した。

## 研究成果の概要（英文）：

In this study, we define the relationship between map features, including road networks and building information, and the evaluation of multi-agent simulations. We also perform an evaluation experiment to confirm the relationship between the indexes and the results of RoboCupRescue simulations. The results show that the indexes contribute to the absolute evaluation of agents' cooperative algorithm by considering their environmental dependency. This study in researching agents is absolutely imperative to encourage the development of robotomorphic cooperative agents that act on many kinds of environments.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：知能情報学

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：エージェント，人工知能，知能ロボティクス

## 1. 研究開始当初の背景

近年、国内外で頻発している大規模な地震、津波、台風などの自然災害による大規模災害に対する取り組みに注目が集まっている。その取り組みの一つに、日本を中心にして 1999 年に始まったロボカップレスキュープロジェクトがあり、多数の国が参加する国際的なプロジェクトとなっている。このプロジェク

トでは、火災の発生、建物の延焼などあらゆる物理現象をできる限り正確にモデル化し、さらにマルチエージェントシステム(以降、MAS)を用いて人間 1 人、1 人を独立した行動主体(エージェント)として設計することにより、現実に近い災害救助シミュレータの実現を目指し研究開発に取り組んでいる。災害救助シミュレータでは被災地のシミュレー

ションを通して、自然災害による被害予測や、それに基づく被害対策などへの利用が期待されている。また、適用する地域に応じて地図やエージェントの能力を自由に変更可能でなくてはならない。したがって災害救助エージェントの設計における課題は次のとおりである。

(1) 異種エージェントによる協調行動に基づく防災戦略の設計

災害救助エージェントとして消防隊や土木作業部隊(封鎖された道路を切り開く)などをできるだけ正確に実現することだけでなく、それらをどのように組み合わせるかが重要である。また、個々のエージェントが持つ戦略によって被害が変化するので、地域に応じた戦略を持つエージェントを選択することが望まれる。

(2) 地図によらない防災戦略の設計

設計したエージェントの協調行動や防災戦略は他地域にも適用できることが望ましい。しかし、実際には防災戦略が地形や道路形状などに大きく影響を受けるため、ある地域で設計した防災戦略が別の地域で、どの程度有効であるか見積もることは大変困難である。そこで、災害救助エージェントと地図の関係分析をおこなう。

以上の(1)と(2)を達成するには MAS 分野で最も難しい課題のひとつである「MAS の環境の評価」の問題に取り組む必要がある。MAS は環境とその環境に含まれる複数のエージェントによって構成される。つまり、MAS の協調行動の結果は環境に依存してしまうことになる。したがって災害救助シミュレータの要求に応えるためには次の研究が必要となる。

(1) 災害救助エージェントが動作する地図の構造に関する特徴の定量化による分類

(2) (1)の成果に基づくエージェントの評価手法

## 2. 研究の目的

前述の背景から MAS の環境である地図の特徴の定量化と分類を目差す。具体的には以下の項目を目的とする。

### 統計分析を用いた地図のネットワーク構造分析

地図をネットワーク構造としてとらえ、グラフ理論の局所連結度やネットワークフロー統計分析の正準相関係数、社会ネットワーク分野のスマールワールド性やスケールフリーネットワークなど、さまざまな角度から地図を統計分析し定量化する。

### 地図の難しさを考慮した、適切なエージェントの配置に関する研究

どのような防災戦略を持つ災害救助エージェントを何体配置すれば災害が最小に

なるかを地図毎に調べ、定量化した地図の構造との関連を調べる。さらに、その成果をロボカップレスキューシミュレーションシステムなどに適用することで、成果の確認をおこなう。

## 3. 研究の方法

地図は災害救助シミュレーションの MAS に大きな影響を与える。その影響の原因は地図の持つ構造にあると考えられる。本研究ではこの構造として道路の接続状態に注目して、道路をネットワーク構造とみなす。このネットワーク構造はグラフ構造とも考えることができるため、グラフ理論の側面から分析をおこなう。さらにはその結果を統計分析する。また、ネットワーク構造の分析では社会ネットワークの構造分析の分野で用いられている手法を導入する。詳細は次のとおりである。

(1) 地図データを道路ネットワークとして定義

地図データを道路ネットワークと見なし、ネットワーク分析のできる形式として定義する。具体的には、道路と道路が交差している箇所をノードと見なし、それらの交点間をつなぐ道路をエッジと見なす。これにより、地図データの道路に関する情報を道路ネットワークとして記述する。

(2) グラフ理論のアプローチで分析

国土交通省の公開している道路地図 2500 および 25000 を利用して、道路を辺、交差点を頂点としたグラフを生成する。生成されたグラフ構造を用いて、その直径、最短経路長、局所連結度、最大フローなどを求め地図を分類する。それらに基づき、「地図の難しさ」=「エージェントの移動の難しさ」という視点から、地図の構造に基づく特徴を定量化する。しかしながら、従来のネットワーク分析ではエッジに単一の重み付きグラフまでしか分析が行えない。一方、地図は「長さ」と「幅」の二つの要素がエッジに存在することになる。そこで、道路の「長さ」と「幅」の両方を考慮に入れた分析をおこなう。ただし、分析は道路ネットワークの定義に影響を受けるので分析をしつつ、定量化の方法を見直す。

(3) 建物の立地と道路の関係を定義

災害救助においては道路だけでなく建物の立地も大きく関係してくる。そこで、建物の立地状況と道路の関係を定量化する。

(4) 統計的手法を用いた分析

統計分析の手法を用いて、(1)、(3)で得られた指標をさらに分析する。その際に、正準相関係数を用いて指標として不必要なものは除くようにする。

## 4. 研究成果

(1) 地図データと道路ネットワーク

### ① 国土地理院の数値地図 25000

分析する対象として地図データとして国土地理院の数値地図 25000 を用いた。なぜなら、信頼性が高く、入手が容易だからである。数値地図 25000 の道路に関するデータは、道路節点と道路区間の二つに分類できる。道路節点とは、交差点や行き止まり、道路と道路のつなぎ目などを表現するものであり、主に「ID」、「緯度」、「経度」というデータをもつ。道路区間とは、道路を表現するものであり、主に「ID」、「種別」、「幅員」、「この道路区間の端点を表す二つの道路節点の ID」というデータをもつ。

### ② 道路ネットワークの定義

数値地図 25000 の道路に関するデータを利用して、以下のように道路ネットワークに関する定義を行う。

#### 点集合, 道路集合

点集合  $V$  とは、点  $v$  の集合である。点とは、緯度 longitude, 経度 latitude をもつものである。また道路集合  $E$  とは、道路  $e$  の集合である。道路とは、点  $v_{\text{head}} \in V$  から点  $v_{\text{tail}} \in V$  に接続し、長さ length, 幅員 width という重みをもつものである。

#### 道路ネットワーク

道路ネットワークは、重み関数  $l, w$  をもつ重みつき有向グラフ  $G=(V, E)$  である。重み関数  $l: E \rightarrow R$  とは、道路に長さを与える。重み関数  $w: E \rightarrow R$  とは、道路に幅員を与える。道路ネットワーク  $G$  は、 $x$  軸を経度、 $y$  軸を緯度とした  $x$ - $y$  直交座標系に配置されるものとする。そして  $G$  の各点  $v \in V$  は、直交座標系における座標に配置される。また  $G$  の各道路  $e \in E$  は、直交座標系に配置された点対を結んだ線分である。ただしこの道路ネットワークは、次の三つの性質をもつ。

(i) 強連結である。(ii) 任意の点で自己ループは存在しない。(iii) 任意の点対で同方向の複数の道路は存在しない。

### (2) 道路ネットワーク複雑さの指標

道路ネットワークの複雑さを表す指標を以下のように定義する。

#### 最短経路距離

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において、経路  $p=\square v_0, v_1, \dots, v_k \square$  の距離とは、その経路を構成する道路の重みの和である。点  $u$  から点  $v$  への経路のうち最も距離の値の小さいものを最短経路とよび、その距離を  $\delta(u, v)$  と表す。

#### 有効道路率, 有効道路長率, 有効道路面積率

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において、5.5m よりも広い道路の割合を有効道路率とする。同様に 5.5m よりも広い道路の長さの割合を有効道路長率、面積の割合を有効道路面積率とする。

#### 最大フロー

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において、 $s$  を入口とし、 $t$  を出口とする ( $s, t \in V$ )。このとき、 $G$  におけるフローとは、次の 3 条件を満たす  $f: E \rightarrow R$  のことである。(i) 容量条件: 全ての  $(u, v) \in E$  に対して、 $f(u, v) \leq w(u, v)$  でなければならない。(ii) 歪対称性: 全ての  $u, v \in V$  に対して、 $f(u, v) = -f(v, u)$  でなければならない。(iii) フロー保存則: 任意の  $u \in V - \{s, t\}$  に対して、 $\sum_{(v, u) \in E} f(v, u) = 0$  でなければならない。この  $f(u, v)$  を道路  $(u, v)$  のネットフローと呼び、道路  $(u, v)$  の点  $u$  から点  $v$  へのフローを表す。このとき最大フロー  $|f_{\text{max}}|$  とは、入口  $s$  と出口  $t$  をもつ道路ネットワークにおける  $s$  から  $t$  へのフローの最大値である。

#### 交差点率

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において、点の出次数と入次数がともに三以上のものを交差点と呼ぶ。このとき、 $V$  に対する交差点の割合を交差点率とする。

#### 区画整理率

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において、 $x \rightarrow v \rightarrow z$  を道路  $(x, v)$  と道路  $(v, z)$  の角度とする ( $0^\circ < x \rightarrow v \rightarrow z \leq 180^\circ$ ,  $x, v, z \in V, x \neq v \neq z$ )。このとき、 $75^\circ$  から  $105^\circ$  もしくは  $165^\circ$  から  $180^\circ$  の角度をもつ道路の割合を区画整理率とする。

#### 直進率, 距離に対する直進率

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において、点  $v_0$  から点  $v_n$  への最短経路を  $pv_0 \Rightarrow v_n = \square v_0, v_1, \dots, v_n \square$ , 経路  $pv_0 \Rightarrow v_n$  の距離を  $\delta(v_0, v_n)$  としたとき、 $v_0$  から  $v_n$  までの移動において角度  $10^\circ$  以下の交差点の割合を直進率、距離に対する角度  $10^\circ$  以下の交差点の割合を距離に対する直進率とする。

#### 局所道路連結度

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において二点  $m, n \in V$  を到達可能でなくするために必要な道路の最小個数を、二点  $m, n$  間の局所道路連結度という。ただし、 $m$  から  $n$  への経路が存在するとき、 $m$  と  $n$  は到達可能であるという。

#### 道路使用回数率

道路ネットワーク  $G=(V, E)$  において、道路  $e \in E$  が全点対の最短経路によって使用された累積回数を  $u$  とする。また、全点対の最短経路数の総和を、 $u_{\text{max}} = \sum_{i, j \in V} n_{i, j}$  とする。ただし、 $n_{i, j}$  を任意の二点  $i, j \in V, i \neq j$  における最短経路の数とする。このとき、道路  $e$  の  $u_{\text{max}}$  に対する  $u$  の割合を道路使用回数率とする。

### ① 複雑さの指標の計算項目の選択

道路ネットワークの複雑さの指標である 13 個の計算項目から、互いに相関が強い少数の計算項目を取り出すために、多重共線性を解決することを考える。多重共線性を解決するために、各変数に対して VIF を求め、

VIF が高い計算項目を取り除いていく方法が用いられる。そこで、13 個の計算項目に対して VIF を算出し、VIF が高い計算項目を取り除いていくことで、互いに相関が強い少数の計算項目を選択した。そして選択された以下の計算項目を、道路ネットワークの複雑さの指標として扱うこととした。

・最短経路距離・有効道路率・区画整理率・道路使用回数率・幅員・有効道路長率・距離に対する直進率・局所連結度

### (3) 実験

本実験では、エージェントにとってどの程度移動することが困難であるかを数値化する指標を導出する。また、導出した指標とマルチエージェントシミュレーションにおけるエージェントの評価との依存関係について検証する。ここで、マルチエージェントシミュレーションとして、RoboCupRescue (以下 RCR) シミュレーションを用いる。

#### ① 道路ネットワークの複雑さとエージェントの移動との依存関係の分析

(a) 対象とするエージェントと評価方法  
移動型エージェントとして、車両エージェントを考える。ここで車両エージェントは、走行する道路の幅員に応じて制限速度が設定されており、右左折時には減速する。また、車両エージェントの移動に関する評価として、道路ネットワーク上の任意の二つの交差点間の移動時間の平均値を用いる。

(b) 依存関係の分析  
道路ネットワークの複雑さと平均移動時間との依存関係を分析するにあたり、重回帰分析を用いる。まず、様々な地図データに対して、道路ネットワークの複雑さの指標と、平均移動時間を算出した。そして、複雑さの指標を説明変数に、平均移動時間を従属変数として重回帰分析を行った。その結果重回帰分析の決定係数は 0.9734 となり、これにより平均移動時間を十分に推測できていると考えられる。そしてこの式の値が大きい地図データほど、目的地までの移動時間が長くなり、移動することが困難であると考えられる。そこで、上式で得られる値を「移動難易度」と呼び、移動難易度が高い地図データほど、移動することが困難であると考えられる。

#### ② RCR シミュレーション

##### (a) 災害救助エージェントの評価方法

RCR シミュレーションにおける評価とは、災害救助エージェントの災害救助活動により、震災時における都市の被害をどの程度抑えることができたかを評価することである。RCR シミュレーションの競技会では、生存者数や、燃え残った建物の面積などから計算される、都市価値によりエージェントを評価する。そこで本実験では、シミュレーション開始時の都市価値に対するシミュレーション

終了時の都市価値の割合である、都市価値維持率により評価することとする。

##### (b) 移動難易度との依存関係の考察

移動難易度と都市価値維持率との依存関係について分析するにあたり、回帰分析を用いる。まず、様々な地図データに対して移動難易度を算出し、RCR シミュレーションを行った。そして、移動難易度を説明変数、都市価値維持率を従属変数として、回帰分析を行った。ここで、移動難易度と都市価値維持率との相関係数は-0.3698 であり、移動難易度が高い地図データほど、都市価値維持率がやや悪くなる傾向があることがわかる。また、回帰直線の決定係数は 0.1295 であり、移動難易度により都市価値維持率を推測することは難しいと考えられる。この原因として、RCR シミュレーションにおける道路以外の環境(建物や発火点など)が、都市価値維持率に影響を与えているからだと考えられる。

### (4) 建物および道路の特徴の数値化

#### ① 諸定義

地図データに対して建物および道路の特徴を指標として用いられるように計算項目として数値化する。建物および道路の特徴を数値化するにあたり、次のように定義する。

**グロス**：道路の中心線によって囲まれる最小単位の区画。

**セミグロス**：道路外側線によって囲まれる区画。

**隣接建物集合**：当該グロス内において、ある建物  $B_a$  の壁面ごとに、もっとも近い建物の壁面を探す。この壁面ごとにもっとも近い壁面を持つ建物の集合。

**建物と道路との隣接**：次のいずれかの条件を満たすとき、建物  $B$  と道路  $R$  は隣接するといふ。

- ある道路  $R$  の外側線から 5 メートル以内に建物  $B$  の壁面がある場合。
- 当該グロス内において、ある建物  $B$  とそのグロスを形成する各道路の中心線との距離の中で、最小の値を  $D_{\min}$  とする。このとき、建物  $B$  と、グロスを形成する道路のうちの一つである道路  $R$  の外側線との距離が  $D_{\min}$  より短い場合。

**道路外側線に沿って建つ建物**：ある道路  $R$  の外側線  $R_b$  から 5 メートル以内に建物  $B$  の壁面がある場合、建物  $B$  は道路  $R$  に沿って建つ建物であるという。

**従属度**：ある建物  $B_1$  の隣接建物集合の中で、もっとも建築面積の広い建物  $B_2$  の建築面積を建物  $B_1$  の建築面積で割る。この数値を建物  $B_1$  の従属度とする。

**最大隣接建物距離**：ある建物  $B_1$  の隣接建物集合の中で、もっとも遠い建物  $B_2$  との距離を建物  $B_1$  の最大隣接建物距離とする。

**最小隣接建物距離**：ある建物  $B_1$  の隣接建物

集合の中で、もっとも近い建物 B2 との距離を建物 B1 の最小隣接建物距離とする。

**配置配分比**：ある建物 B の最大隣接建物距離と最小隣接建物距離の差を、建物 B の最大隣接建物距離で割ったものを、建物 B の配置配分比とする。

**接道距離**：ある建物 B と隣接する道路 R との距離を、建物 B と道路 R との接道距離とする。

**建物の道路に面する長さ**：ある建物 B の壁面の各端点から道路 R の外側線 Rb に垂線を引き、その交点の中でもっとも遠い 2 点間の距離を、建物 B が道路 R に面している長さとする。ただし、建物 B のある壁面の端点 We から線分 Rb に垂線が引けない場合、We から Rb への垂線との交点は We に近い方の線分 Rb の端点であるとする。

**隙間率**：ある道路 R の外側線 Rb に沿って建つ建物群が道路に面している長ささと道路外側線 Rb の長さの差を Dg とする。Dg を道路外側線 Rb の長さで割った値を、隙間率とする。ただし、建物が道路に面している長さに関しては、道路に沿って建つ建物どうしで重複している部分は除く。

**沿道建物数**：ある道路 R の外側線 Rb に沿って建つ建物の数を、道路外側線 Rb の沿道建物数とする。

## ② 計算項目の定義

上述の諸定義に基づいて、建物および道路の特徴を数値化する計算項目を定義する。災害救助エージェントの評価との依存関係を調べるための計算項目であることを考慮し、災害救助活動の特性を踏まえて建築面積、建物の要素、建物と建物の位置関係、建物と道路の位置関係、密度の 5 分類にわけて定義する。

**建築面積**：地震火災においては、1 つの街区内でまとまって延焼する。したがって、1 つの街区内にどれだけ建物が建っているかを、以下の項目で数値化する。

- I. グロス建蔽の平均値：グロスの面積とグロス内の建築面積の割合の平均値。
- II. セミグロス建蔽率の平均値：セミグロスの面積とセミグロス内の建築面積の割合の平均値。
- III. グロス容積率の平均値：グロスの面積とグロス内の延床面積の割合の平均値。
- IV. セミグロス容積率の平均値：セミグロスの面積とセミグロス内の延床面積の割合の平均値。

**建物の要素**：火災や市民の埋没は建物の構造に影響を受ける。よって、建物の階数など建物単独での要素を以下の 2 項目で数値化する。

- V. 建物の周長の平均値：建物を形成する多角形の周長の平均値。地図データ上の建物の形の特徴を表す。
- VI. 建物の階数の平均値：建物高さの平均を表す。

**建物と建物の位置関係**：火災の延焼は、建物

の配置に影響を受けると考えられる。そこで、建物間がどの程度離れているか、などの建物間の位置関係を以下の 4 項目で数値化する。

- VII. 従属度の平均値：建築面積のばらつきを表す。

- VIII. 最大隣接建物距離の平均値：建物間の距離の特徴を表す。

- IX. 最小隣接建物距離の平均値：同上。

- X. 配置配分比の平均値：建物間の距離のばらつきを表す。

**建物と道路の位置関係**：街区を越えた延焼は、道路と建物の距離などに影響を受ける。よって、各街区を区切る道路と、建物との位置関係を以下の 3 項目で数値化する。

- XI. 接道距離の平均値：建物と道路の距離を表す。

- XII. 隙間率の平均値：道路から見た建物間の距離を表す。

- XIII. 沿道建物数の平均値：道路に近い建物が道路 1 本あたりにどれだけ建っているかを表す。

**密度**：埋没している市民の探索や、道路を跨ぐ延焼においては、建物や道路がどれだけあるかが問題になると考えられる。そこで、単位面積当たりどの程度あるか、などの密度を以下の 3 項目で数値化する。

- XIV. 道路の総延長：地図内の道路の長さの総和。

- XV. 道路密度：地図内で道路の占める面積の割合。

- XVI. 棟数密度：地図内の建物数を地図の面積で割った値。

## ③ 関連の強い項目の除去

実験で用いる 20 地域の地図データに対し前述 16 項目の数値を算出し、各計算項目の VIF を求める。VIF が 10 以上のものがあるとき、もっとも VIF の値が大きい計算項目を取り除く。これを VIF が 10 以下になるまで繰り返し、計算項目間で関連の強いものを除去した。

## ④ 地図の特徴の指標の定義

計算項目間で関連の強いものを除去した結果、残った計算項目を地図の特徴の指標として定義する。結果、建物および道路の特徴の計算項目のうち(III)、(V)、(VI)、(VII)、(VIII)、(X)、(XI)、(XII)、(XIV)、(XV)、(XVI)の 11 項目を総称して、地図の特徴の指標と定義した。

## (5) 実験結果と考察

### ① 実験方法

定義した 11 項目からなる地図の特徴の指標と、RCR シミュレーションの結果から得られるエージェントの評価指標との偏相関係数を調べることにより、地図の特徴の指標とエージェントの評価指標との依存関係を考察する。エージェントの評価指標に関して、本実験では RCR シミュレーション終了時のスコ

アをシミュレーション開始時のスコアで割った値を都市価値維持率とする。そして、1つの地図データにつき30回のシミュレーションをおこない、その都市価値維持率の平均値をその地図データにエージェントの評価指標とした。

名古屋市内から選定した20地域を対象に、RCRシミュレーションをおこない、その結果とその地図で算出した地図の特徴の指標とで偏相関係数を求める。エージェントアルゴリズムはRoboCup2007でチームMRLが用いたもの(以下、MRL)とチームNAITO-Rescueが用いたもの(以下、NAITO)を使用する。エージェントや避難所などの数や配置は、どの地図データでシミュレーションをおこなう場合でもできる限り現実に近いシミュレーションになるよう設定する。

## ② シミュレーション結果と考察

シミュレーション結果であるエージェントの評価指標と、地図の複雑さの指標との偏相関係数を求めた。その結果、いずれの値についても一方では明白な相関が見られるのに対し、他方ではそれに比べて相関が弱くなっており、エージェントによって影響を受ける地図の特徴が違ってくる。MRLでは火災の広がりや早いと考えられる。MRLでは火災の広がりを早期に止められたのに対し、NAITOではそれができなかったために従属度の平均値とエージェントの評価値とに負の相関が表れたものと考えられる。

また、MRLは道路の総延長とエージェントの評価指標とに強い相関があるのに対し、NAITOは中程度の相関である。ここで、道路の総延長が長くなるのは(a)対象領域の面積が広いために1本あたりの道路が長く、それにより増加する、(b)道路が密集しているために道路の本数が増え、総延長が伸びる、の2つが考えられる。しかし、道路の総延長と道路密度の偏相関係数は0.4625と弱い相関である。(b)が原因である場合、地図の面積に対する道路の面積が増えるはずであるから、本実験では(a)が原因で道路の総延長が伸びた標本の方が多いと考えられる。このことから、MRLはNAITOに比べて対象領域の面積が広がるほど能力が発揮できなくなるアルゴリズムであると考えられる。

## (6) まとめ

本研究では、道路ネットワークの複雑さの指標である13個の計算項目から、他の計算項目と相関が強い8個の計算項目を選択した。そして、選択した8個の計算項目を用いて移動難易度を導出し、移動難易度とエージェントの評価との依存関係について検証した。

また、同様に建物と道路に関する特徴も定義により定量化し、その指標とRCRシミュレーションにおける災害救助エージェントの評価との依存関係を考察した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 岩田員典・伊藤暢浩・瀬戸口陽一・石井直宏, Analyzing Map Features and Building Information for Disaster Response using Agent-Based Simulations, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 査読有, Vol. 6883, 2011, pp. 616-626
- ② 岩田員典・中島豊四郎・阿南佳之・石井直宏, Clustering and Analyzing Embedded Software Development Projects Data using Self-Organizing Maps, Studies in Computational Intelligence, Springer-Verlag, 査読有, Vol.377, 2011, pp. 47-59
- ③ 岩田員典・伊藤暢浩・瀬戸口陽一・石井直宏, Analyzing the Relationship between Complexity of Road Networks and Mobile Agents' Simulation, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer-Verlag, 査読有, Vol.5712, 2009, pp.639-647

[その他]

ホームページ等

[http://www.aichi-u.ac.jp/tsearch/AUT\\_detail.aspx?pid=11338](http://www.aichi-u.ac.jp/tsearch/AUT_detail.aspx?pid=11338)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩田 員典 (IWATA KAZUNORI)  
愛知大学・経営学部・准教授  
研究者番号：80367606