

# 被災者救助のための IC タグによる位置特定手法の提案と考察

関西大学大学院社会学研究科 大東正虎  
関西大学経済学部 谷田則幸

## 1. 序論

本稿では、被災地においてランダムに散布されたアクティブ型 IC タグ（以下 IC タグ）の位置を検出するアルゴリズムを考案し、マルチエージェントに基づくプログラムとして実装した。そのプログラムを用いたシミュレーションの結果から被災地における被災者発見の効果について考察した。

IC タグを使ったネットワークの研究には、L. M.Ni, et al. [4]などがある。こうした研究の多くは、移動体に取り付けられた IC タグを特定の位置から捕らえることを目的としたものが多い。

このような、無線技術の発展を背景として、総務省では大規模な災害時にセンサ付ネットワーク装置を上空から散布して被災地の状況を確認することが計画されている。しかし、このようなシステムをどのように実現するかについては決まっていない。

現在普及している電話網や光ファイバー網などは、ほとんどが有線であるため、大規模災害が発生して断線すると、被災地の状況確認は困難である。また、携帯電話など無線による被災地の状況確認も、基地局の停電や利用者の莫大なアクセス集中による困難も容易に想像できる（文献[1]）。

一方、大林ら[2]は、温度や音声で反応するセンサ付きで電波の送受信可能な IC タグを用いた、セキュアな相互協調システムの構築を行っている。したがって、このような IC タグを用いたネットワークにおいて被災者の位置特定ができれば、早期に被災者を救出することが可能となる。

我々は、三辺測量による位置特定のアルゴリズムを提案し、シミュレーションを行った。その結果から、我々のアルゴリズムは、被災者発見のための有効な手法であることが分かる。

## 2. シミュレーションモデル

シミュレーションにおける電波の到達距離は、半径 30m とし、セルの一边を 3m とした。図 1 内の数値は（単位：m）、エージェント（黒丸）から各セルとの距離を示している。また、同時に電波の到達距離を示している。

また、図 2 に示すように、位置が未決定（赤丸）の IC タグを既に位置が確定している IC タグ（青丸）3 点の円周が交わる部分から三辺測量して位置を特定する。

連絡先：大東正虎

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号  
ソシオネットワーク戦略研究センター

E-mail: daito@rcss.kansai-u.ac.jp

エージェントの種類には、1) 目的 IC タグエージェント、2) 散布 IC タグエージェント、3) 固定 IC タグエージェントがある。シミュレーション開始後、固定 IC タグエージェント以外は、ランダムに配置される。次に、シミュレーションで用いる各エージェントの役割を示す。

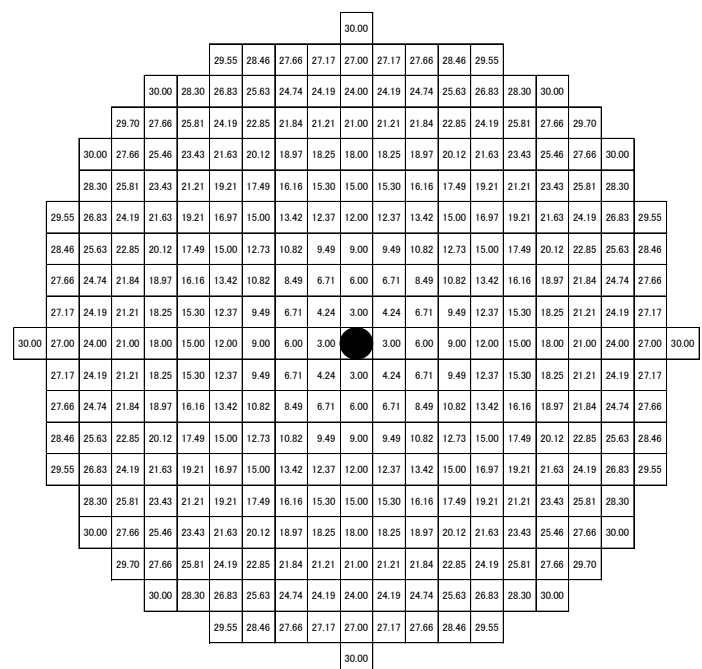


図 1 エージェントの通信範囲

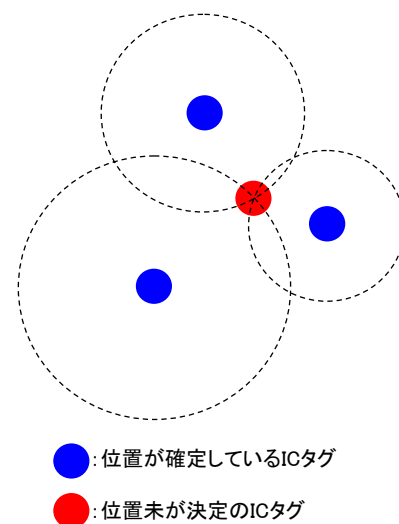


図 2 三辺測量による位置特定の方法

（出所）峰野ら[3]の図 3 を加筆修正した。

### 2-1. ランダムに配置直後の各エージェントのルール

シミュレーション開始後、目的 IC タグエージェントからの情報伝達によって、散布 IC タグエージェントと固定 IC タグエージェントがどの程度離れているかを計測する。最初の 6 ステップまでは、以下のルールで各エージェントが行動する。

### 1) 目的 IC タグエージェント

通信範囲内にある散布 IC タグエージェント、または固定 IC タグエージェントに情報を伝える。

### 2) 散布 IC タグエージェント

目的 IC タグエージェントからの情報を取得した場合、通信範囲内に存在する散布 IC タグエージェント、または固定 IC タグエージェントにその情報を与える。

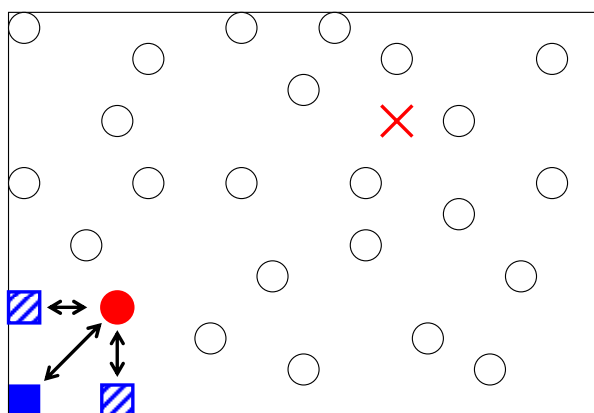
## 2-2. 各エージェントの位置特定のルール

第7ステップでは、図3に示すように、予め位置が分かっている固定 IC タグエージェントのうち、主導権を持ったエージェント（青四角）が固定 IC タグエージェント3地点の通信範囲の和集合から、散布 IC タグエージェント（赤丸）をひとつ選ぶ。この際、選ばれる散布 IC タグエージェントの優先順位は、先に示した、目的 IC タグエージェントからの情報を基にし、より目的 IC タグエージェントに近いものを選定する。その結果、選ばれたエージェント（赤丸）は、位置が確定しているエージェント（青四角、青斜線四角）3点との相対的位置関係を把握し、三辺測量によって位置を確定する。

また、位置が確定したエージェント（赤丸）は、固定 IC タグエージェント（青四角）から主導権を得る。主導権を持ったエージェント（赤丸）は、もともと主導権を持っていた固定 IC タグエージェント（青四角）と主導権を持たなかった2つのエージェント（青斜線四角）のうち、どちらか（目的 IC タグエージェントへの到達距離が近い情報を持っている方）との和集合の中から散布 IC タグエージェントをひとつ選ぶ。第8ステップ以降では、同様の方法で、目的 IC タグエージェントまで、位置を特定し続ける。

## 2-3. 目的 IC タグエージェントまで到達した後のルール

目的 IC タグエージェントまで接続してきた順番を逆に辿りながら、固定 IC タグエージェントまで伝達する。その時点でシミュレーションは終了する。



- 固定ICタグエージェント:和集合の中からエージェントを1選ぶ主導権をもつ
- ▣ 固定ICタグエージェント:主導権を持たない
- 散布ICタグエージェント:三辺測量により位置が確定
- 散布ICタグエージェント:位置が未確定
- × 目的ICタグエージェント:被災者の場所

図3 シミュレーションによる位置特定の方法

## 3. シミュレーションの実行

災害発生時に人命救済を行う為にセンサ付きのアクティブ型 IC タグを上空から散布した場合、どの程度のタグの散布量が最適であるのかを考察するためにシミュレーションを実行した。シミュレーションの空間は、Y軸方向に175セル、X軸方向に175セルを設定し、固定 IC タグエージェントを3エージェント、目的 IC タグエージェントを1エージェント用いた。そして、散布 IC タグエージェントを2000、2125、2250、2375、2500 エージェント用いて、それぞれ10回ずつシミュレーションを実行し、データの集計を行った。分析に用いるデータは以下の4つである。

- (1) 目的 IC タグエージェントへの到達率
- (2) 目的 IC タグエージェントへ到達した時点のステップ数
- (3) 目的 IC タグエージェントまでの距離
- (4) 位置特定に使用した総エージェント数

(1) は、散布 IC タグエージェントの量による、目的 IC タグエージェントへの位置特定の達成率を示す。(2) は、目的 IC タグエージェントまでの位置特定にどの程度のステップ数を必要とするかを示す。(3) は、目的 IC タグエージェントまでの実際の距離と位置特定に要した距離との関係を示す。(4) は、目的 IC タグエージェントに辿り着くまでに使用した全エージェントの個数を示す。

## 4. 結果の考察

### 4-1 固定 IC タグエージェント以外を散布した場合

シミュレーションを実行した結果を表1に示した。図4より、目的 IC タグエージェントをランダムに散布した場合、散布 IC タグエージェントが少なくなるにつれて、目的 IC タグエージェントまでの到達率は、下がることわかった。

しかし、目的 IC タグエージェントをランダムに散布すると、結果がその初期位置に大きく影響を受ける可能性がある。よって目的 IC タグエージェントの位置を固定したシミュレーションも実施する。

表1 シミュレーションの結果

散布ICタグ数(個)	2500	2375	2250	2125	2000
目的ICタグまでの直線距離の平均(m)	414.18	454.95	279.82	503.26	332.10
目的ICタグからの伝達距離の平均(m)	1096.72	1120.48	763.04	1337.76	852.55
直線距離と伝達距離(伝達距離/直線距離*100)	265%	246%	273%	266%	257%
目的ICタグへの到達率(到達回数/実行回数*100)	100%	80%	80%	50%	30%
目的ICタグまでに使用したICタグの平均(個)	66.80	70.88	46.75	80.60	54.00
目的ICタグへの到着までにかかったステップ数(回)	206.80	215.25	146.00	250.60	158.33
1ステップあたりの進歩(m)(伝達距離/目的タグへの到着ステップ数)	5.30	5.21	5.23	5.34	5.38
ICタグ1個あたりの平均距離(m)(伝達距離/使用個数)	16.42	15.81	16.32	16.60	15.79

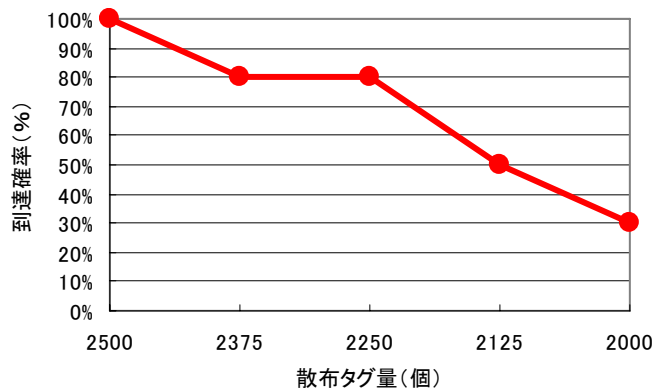


図 4 目的 IC タグエージェントまでの到達確率

表 2 目的 IC タグエージェントを固定して計測した結果

散布ICタグ数(個)	2500	2375	2250	2125	2000
目的ICタグまでの直線距離の平均(m)	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
目的ICタグからの伝達距離の平均(m)	1255.32	1235.43	1212.28	1180.73	1093.23
直線距離と伝達距離(伝達距離/直線距離*100)	279%	275%	269%	262%	243%
目的ICタグへの到達率(到達回数/実行回数*100)	100%	80%	40%	30%	20%
目的ICタグまでに使用したICタグの平均(個)	235.70	242.75	232.00	218.00	209.50
目的ICタグへの到着までにかかったステップ数(回)	76.20	78.00	75.75	70.67	67.50
1ステップあたりの進歩(m)(伝達距離/目的タグへの到着ステップ数)	5.33	5.09	5.23	5.42	5.22
ICタグ1個あたりの平均距離(m)(伝達距離/使用個数)	16.47	15.84	16.00	16.71	16.20

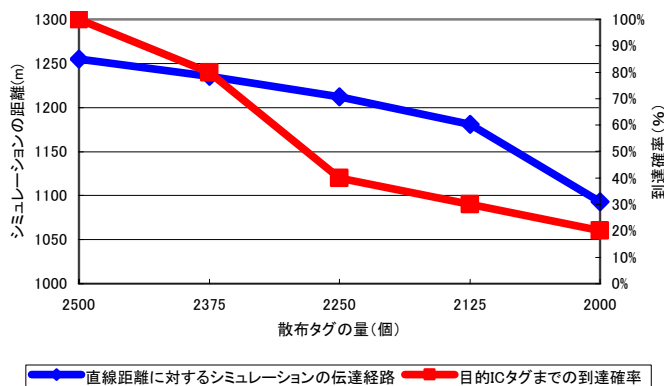


図 5 到達確率と伝達距離との関係

#### 4-2 目的 IC タグエージェントを固定した場合

シミュレーションを実行した結果を表 2 に示した。図 4 より、散布 IC タグエージェントが少なくなるにつれて、ランダムに目的 IC タグエージェントを配置した場合と同様に到達率は、下がることがわかった。また、散布 IC タグエージェントが少なくなると、伝達距離は、直線的に進むことが分かった。

つまり、散布 IC タグエージェントの数が多ければ、それだけ、目的 IC タグエージェントにたどり着くまでのルートを選択肢が存在し、目的 IC タグエージェントへより確実に到達できるようになる。一方、散布 IC タグエージェントの数が少なければ、それだけ、目的 IC タグエージェントにたどり着くまでのルートが減少し、到達できなくなる傾向にある。ルートを選択肢が少なくなるにつれて、計算量は減少するが、目的 IC タグエージェントまで到達

できない確率が高まると、そのメリットは低減する。計算量を減らすメリットと到達確率減少のデメリットはトレードオフの関係にある。

こうした観点から更なる分析を行う場合、散布 IC タグエージェントの相互作用をさらに増やすなど、モデルの精緻化が必要である。

## 5. 結論

本稿では、三辺測量による位置特定のアプローチを提案し、マルチ・エージェント・シミュレーションを行った。シミュレーションの結果から、散布する IC タグエージェントの個数が少なくなると、目的とする IC タグエージェントへの到達率が下がることが分かった。また、計算量を減らすメリットと到達確率減少のデメリットはトレードオフの関係にあることがわかった。実際に実験を行う場合、このような検証には多くの時間と費用を要するので、コンピュータシミュレーションは極めて有効な手段となる。

本稿で得られた結果は、被災地をモデルとしたものであるが、この結果は、遭難者の発見、生態系の観察などにも適用可能である。

## 謝辞

本研究の一部は、平成 18 年度関西大学研修員研修費によって行われた。

## 参考文献

- [1] 安心安全のためのデジタル防災行政無線の高度化に関する調査検討会(2006),『安心安全のためのデジタル防災行政無線の高度化に関する調査検討報告書』, 総務省信越総合通信局.
- [2] 大林真人・西山裕之・溝口文雄(2006), 「TinyMRL: センサネットワークへのマルチエージェント言語の導入によるセキュアな相互協調システム」, 『電子情報通信学会論文誌 D』, 第 89 巻, 第 8 号, pp.1764-1776.
- [3] 峰野博史・山田罔裕・水野忠則(2004), 「簡易型屋内位置情報システムのための位置検出環境構築方法の提案」, 『マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2004)シンポジウム論文集』, 第 2004 巻, 第 7 号, pp.205-208.
- [4] L. M. Ni, Y. Liu, Y. C. Lau and A. P. Patil(2004), “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID”, *Wireless Networks*, Vol. 10, No.6, pp.701-710.