

マルチエージェントモデルによる避難行動に与える影響要因の予測

長崎大学大学院 学生会員○中川 仁志

長崎大学工学部 正会員 坂本麻衣子

1. はじめに

長崎市はわが国の西端九州の西北部に位置し、地勢は平地に乏しく、いたるところに山岳と丘陵が隆伏しているため、長崎市は災害に対して脆弱な地域であると考えられる。さらに、一般の人は災害に対する意識が低いいため災害時に避難が遅れ、被害が増大することが問題視されている。これまでマルチエージェントモデルを用いた災害時避難シミュレーションが広く研究されており¹⁾、実用規模の問題に適用した場合のモデルの有用性の検討がなされている。しかし、本来災害時は不確実な要素が複雑に重なりあっているため、人智の範囲で論理的にすべての事態を予測することは難しい。そこで、本研究ではマルチエージェント・シミュレータ *artiso* を用いて地域の特性を考慮しある程度の偶然性を持たせてシミュレーションを行うことによって、論理的に演繹できないような事態を予測することを試みる。

2. 人的脆弱性評価基準の作成と地域診断

地域の特性について考えるために、人的属性のデータを用いて、コミュニティの災害耐力を評価する上での指標を作成する。ここでは、平成12年度と平成17年度について主成分分析を行い、脆弱な地域の分布状況の検討をし、主成分の時系列変化を見る。すなわち、同一地域の年度別の主成分を比較することによって、コミュニティの災害耐力の変化を見ることを試みる。

コミュニティとは人々の集合体のことであり、その災害耐力を診断するに当たって最も重要になるのは人々の属性であると考えられるため、人的属性の中から人口、年代別割合、世帯当り人員、自主防災組織数、借家に対する持ち家の比率、人口密度の説明変数を用いた。長崎市では、平成12年度から平成17年度の間に市町村合併が行われているため、新たに追加された町を省き、細分化された町については1つにまとめることで平成12年度のデータ数と平成17年度のデータ数を合わせて分析を行っている。

表-1に主成分分析の結果を示す。成分1に着目すると、人口、15歳未満人口割合、世帯当り人員の重みが大きい。人口が多くなれば単純に人と人との接する機会が増えるため、人口の多さは人と人との繋がりについて、15歳未満人口割合の大きさは子供の学校での友達との繋がりや子供を通じた繋がりについて、世帯当り人員の多さは家族の繋がりについて表しているものと解釈できる。したがって成分1は人と人との繋がり、すなわち「相互連携」と

表-1 主成分分析結果

	成分		
	1	2	3
人口	.651	-.256	.497
15歳未満人口割合	.812	-.060	-.214
65歳以上人口割合	-.713	.380	.387
世帯当り人員	.575	.601	-.241
自主防災組織	.359	.411	.655
持ち家率	.028	.851	.065
人口密度	-.065	-.561	.372

解釈する。この成分の値が小さい地域ほど他人との繋がりが希薄であり、災害時の避難や救助活動において、脆弱であると考えられる。

成分2に着目すると、世帯当り人員、持ち家率の値が大きく、さらに人口密度の値が小さい。持ち家率が高く、人口密度が低い地域は、末端地域に多く見られる。したがって成分2を負の値でとらえ、成分2を「都市化度」と解釈する。この成分の値が大きい地域ほど、災害復旧活動などが中心部に比べて後回しになるため、脆弱であると考えられる。

成分3に着目すると、人口、65歳以上人口割合、自主防災組織の値が大きい。一般的に、自主防災組織はほとんどが高年齢の人で組織されている。さらに、高年齢の人ほど災害時に周りの住民に対して率先して避難を促すことができると考える。したがって成分3を「潜在的自主防災力」と解釈する。この値が大きい地域は、災害発生時に対応できる可能性が相対的に高いと考えられる。

3. 相互連携に関する脆弱な地域の抽出

主成分分析で得られた主成分のうち、災害時における人の行動特性に最も影響を与えるものとして相互連携に着目する。相互連携に関して町別に得点化したものを年度別に図-1に示す。

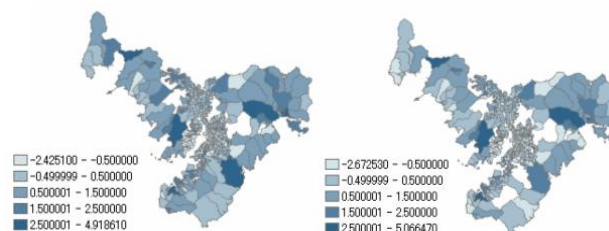


図-1 相互連携の得点化 12年度(左)17年度(右)

図-1を見ると、末端地域や郊外部においては広く相互連携の値が大きいことが分かる。これは、人が多く集まる中心部では、住宅の形態や居住の目的などが多様であり、いくら人が密集していても、隣人を意識することが少ないため、近所付き合いなどの隣人同士の結びつきが弱くなっていると考えられる。したがってこれらの地域は、相互連携の面で、災害に対して脆弱であると考えられる。一方、中心から離れた北西部や北東部の地域は、相互連携の点においては災害耐力が高いと考えられる。

次に12年度と17年度の比較をしてみると、戸町1丁目、船石町などに大きな変化が見られる。戸町1丁目について見てみると、相互連携の得点は2.7増加している。これは人口の増加による影響が大きいと考えられる。さらに、船石町については相互連携の得点は0.5減少している。これは、15歳未満人口割合の減少と65歳以上人口割合の増加による影響が大きいと考えられる。次章では、相互連携の得点が減少、すなわち相互連携に関して災害耐力が減少傾向にある船石町に着目して分析を行う。

4. シミュレーション前提条件の設定

4.1 マルチエージェントモデルについて²⁾

マルチエージェントモデルとは、エージェントが相互作用を及ぼすことによってシステム全体の流れを生み、またその流れがエージェントの個々の動きを決定するという循環プロセスによってシステム全体の動きを表現するモデルのことをいう。マルチエージェントモデルでは、エージェントに様々な変数を持たせることができ、さらに同一空間上に性質の異なる複数のエージェントを配置できるという特徴がある。

4.2 避難者の設定

避難者が通過するルートの全体像を見るために避難者の初期位置を各交差点に設定した。さらに、実際に避難する際には避難者は避難場所まで最短経路で向かうと思われるため、避難者は避難所まで最短経路を通り避難を行うとした³⁾。

土砂災害は地震などとは違い、事前にその危険を知り避難を始めることができる。降雨の状況等により土砂災害発生の危険性が高いと判断される場合は、住民に対し、防災行政無線、広報車等により避難準備及び自主避難の呼びかけを行うとされている。しかし、避難の勧告が十分に機能を発揮できていないという問題が指摘されている。住民に対し警告を発しても、受ける側に避難する意識がなければ意味がないのである。避難をするかしないか、いつ始めるかといった避難行動は、避難する人の属性によって変わってくると考えられる。そこで、シミュレーションでは、初期設定で避難する人と避難しない人の2通りに分けた。2通りに分けられる確率はランダムに設定される。さらに、避難する人は周りの人の行動を避難を始める指標とする場合もある。この点を相互連携による影響と考え、避難しない人は避難している人が近くにきたら影響を受けて避難を始めることとした。

4.3 避難経路の設定

避難経路として設定した船石町の道路構造と地区分けを図-2に示す。シミュレーションでは地形特性による避難行動の差を見るために町の中央部をA地区、北部をB地区、北東部をC地区、南東部をD地区とし4つの地区に分けた。A地区は他の地区よりも周囲がひらけており見通しも良く、町民の多くはこの地区に住んでおり、町の中心部といえる。それに比べC・D地区は道路の両側を山で囲まれており見通しも悪く、住んでいる住民も少ない。B地区はその中間程度であるといえる。

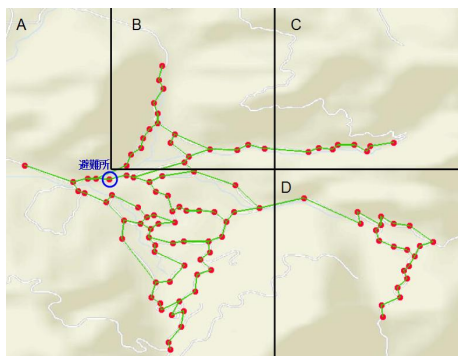


図-2 避難経路と地区分け

A～Dの地区の交差点の数すなわち避難者エージェントの数は、A地区58人、B地区19人、C地区8人、D地区21人となる。

5. シミュレーション結果と考察

表-2 シミュレーション結果

影響を受ける確率	避難をする人の確率		A	B	C	D	合計
0.3	0.3	平均人数	13.4	4.5	1.7	5.7	25.3
		非避難率	0.23	0.24	0.21	0.27	0.24
		分散	10.24	7.25	4.21	8.41	30.41
	0.5	平均人数	9	2.6	1.6	4.5	17.7
		非避難率	0.16	0.14	0.20	0.21	0.17
		分散	9.8	1.84	2.84	5.45	12.81
	0.7	平均人数	3.7	1.2	0.8	1.9	7.6
		非避難率	0.06	0.06	0.10	0.09	0.07
		分散	5.41	1.16	0.56	3.49	2.84
0.5	0.3	平均人数	13.3	4.1	2.1	5.9	25.4
		非避難率	0.23	0.22	0.26	0.28	0.24
		分散	7.21	4.49	4.69	12.29	37.64
	0.5	平均人数	7.2	1.6	1.1	2.8	12.7
		非避難率	0.12	0.08	0.14	0.13	0.12
		分散	3.96	1.24	0.89	4.36	6.81
	0.7	平均人数	3.9	0.4	0.6	1.6	6.5
		非避難率	0.07	0.02	0.08	0.08	0.06
		分散	3.69	0.44	0.64	2.24	10.25

シミュレーション結果を表-2に示す。避難しない人が避難する人から影響を受ける確率を0.3、0.5の2通りに分け、さらに初期設定で避難をする人の確率を0.3、0.5、0.7の3通りに分け、それぞれ10回ずつシミュレーションを行った。それぞれの地区で最終的に避難をしなかった人の数の平均をその地区の避難者の数で除した値を非避難率とした。

まず、非避難率の合計を見てみると、最初に避難する人が多いほど非避難率が減少していることが分かる。影響を受ける確率を0.3から0.5に増加させた場合、最初に避難する人の確率が0.5と0.7の場合には非避難率が減少しているが、0.3の場合には変化が見られない。4つの地区を比較すると、A地区とB地区は非避難率が低い傾向であるのに対し、C地区とD地区は非避難率が高い傾向にある。これは、A地区やB地区が交差点の数が多く道路構造で、さらに見通しも良いため、避難している人から影響を受けやすくなっており、逆にC地区D地区は、交差点がなく1本道であるために避難している人から影響を受けにくくなっていることが原因だと考えられる。しかし例外も見られ、避難している人から影響を受ける確率が0.3で初期設定の避難する人の確率が0.3の場合においては非避難率が各地区である程度一定になっている。

各確率に対する結果はA・B地区とC・D地区で傾向が異なることが分かる。これは、避難行動は地形特性からも大きく影響を受けていることを示していると考えられる。さらに、相互連携の強さも、避難意識と地理特性の両者の兼ね合いによって行動に与える影響は変わってくる。すなわち、最初に避難する人の確率が0.3の場合には、どれだけ相互連携の値を強くしても結果には影響してこないことが示されている。以上の結果より、災害時の避難行動には避難者の意識や相互連携の強さだけではなく、地形特性も含めた3つの要素が影響していることが示された。

参考文献

- 1)村上陽平, 石田亨, 河添智幸, 菱山玲子. インタラクティブ設計に基づくマルチエージェントシミュレーション. 人工知能学論文誌, 18巻, 5号, 2003.
- 2)山影進: 人工社会構築指南, 書籍工房早山, 2007.
- 3)MASコミュニティ, <http://mas.kke.co.jp/index.php> (2009.10.16 閲覧).