

MAS を利用した道路網防災性能指標の算出

信州大学大学院

○渡邊 卓也

信州大学工学部

正会員 大上 俊之

信州大学工学部

正会員 小山 茂

1. はじめに

地震が起きた際の問題点として建物倒壊等による道路閉塞が考えられる。災害対応活動をスムーズに行うためには、道路閉塞を起こしやすい地区を予め把握しておくことが重要である。このような対策を考える上で必要となるのが地区レベルの道路網の防災性能評価である。地区レベルの道路網の防災性能評価手法について、久貝ら¹⁾は精力的に研究を行っている。

本研究では久貝らの研究を基本とし、より簡易な方法で道路網の防災性能の指標を算出する方法について検討する。

2. パーコレーション理論

指標算出の基礎理論としてパーコレーション理論を用いる。パーコレーションモデルは空間上に分布する点のある確率 P でつなぐ幾何学的な確率モデルであり、媒体は点および点同士を結ぶ線で構成される。点のことをサイト、点同士を結ぶ線をボンドと呼ぶ。パーコレーション理論では、クラスターと呼ばれるサイトまたはボンドがつながって形成されるかたまりに着目する。空間モデルには正方格子を用いて、正方格子の幅 L と格子のつながりができる確率 P (通行可能確率) を対象地区内の状態から算出し、道路網の防災性能指標を求める。

3. 防災性能指標

防災性能指標には以下の3つがある。

R : 消防車両が対象領域内を通過できる確率。

有限領域において領域の端から端まで貫通するクラスターが存在する確率で表す。

θ : 最大活動可能区域率。最大クラスターの系の大きさに占める割合で表す。

χ : 活動可能区域の平均大きさ。ボンド当たりのクラスターの大きさの期待値で表す。

これら3つの指標は、 P と L を説明変数とした、有限サイズスケール関数を用いた式で求めるこ

とができる。そのため防災性能指標を算出するには P 、 L を先に求めておく必要がある。

$L=4$ の場合の指標 R 、 θ 、 χ を求めるには、図 1(b) の $L=4$ の格子について算出する必要がある。この形の格子では有限サイズスケール関数を適用できないため、久貝らは、有限サイズスケール関数を適用できる図 1(a)、(c) の $L_S=3$ と $L_B=4$ の格子の値を不等号で挟み込むことによって防災性能指標を求めている。これに対し、本手法では MAS を利用することによって図 1(b) の格子に対する指標を直接求めることができる。

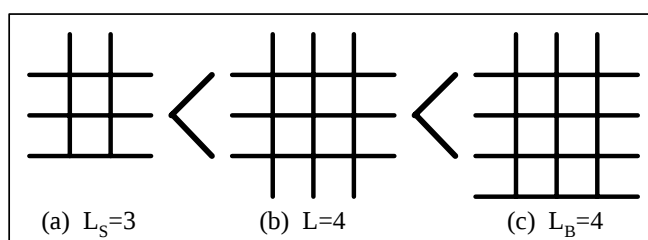


図1 防災性能指標の大小関係

4. MAS による防災性能指標の算出

通行可能確率 P を算出するためには下記の市街地データが必要となる。

- ・道路数 ・交差点数 ・行き止まり点数
- ・道路幅 ・建物数 ・建物建築年代
- ・建物構造 ・建物高さ ・地盤構造

既存研究ではこれらのデータから、建物1つ1つの全壊率、倒壊した建物による道路の閉塞確率、道路リンクの不足率を求め、通行可能確率 P を算出している。しかしながら、この手法では道路に面するすべてのデータについて個々に状況を把握する必要があり、多大な時間と労力を要する。

本研究ではこの作業を簡単にするために、対象とする領域について、必要な各データを種類別に条件ごとの比率で集計し、マルチエージェントシミュレーション(MAS)によって防災性能指標を算出するこ

とにした。

MAS はエージェントと呼ばれる独立性を持った行動体に個々のルールを持たせ、そのルールに従って行動させるシミュレーションである。その特徴を正方向格子のクラスターのつながりを調べるために利用する。サイトおよびボンドをエージェントとして捉え、各エージェントがどのようにクラスターを形成しているかをシミュレーションにより求めた。

MAS による格子の配置例を図 2 に示す。図中■はサイトとボンドを表すエージェントであり、●はクラスターの大きさおよびつながり状況を計算するエージェントを表している。

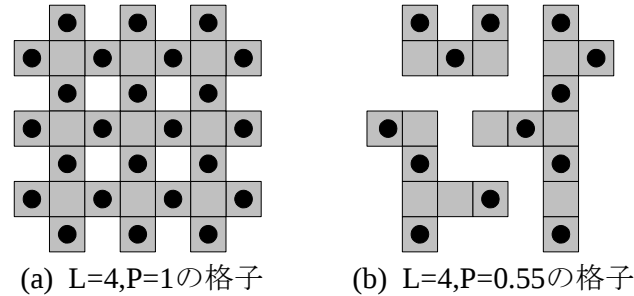


図 2 格子配置例

本手法の妥当性を検討するために、簡単な試験用の市街地図（図 3）を作成し、久貝らの方法によって求めた結果との比較を行う。図 3 から作成した建物建築年代別建物数と道路幅別道路本数のデータ集計の例を表 1、表 2 に示す。

表 3 は本手法のシミュレーションで得られた通行可能確率 P および指標 R 、 θ 、 χ の値と、久貝らの結果を比較したものである。

通行可能確率 P に関しては、久貝らの方法との差は 0.01 未満であった。一方、 R 、 χ については本手法による結果は久貝らの方法で得た結果の範囲に入っているが、 θ は範囲外となっている。久貝らの方法では、ある幅を持った指標 R 、 θ 、 χ の曲線のグラフから L 、 P に対する各指標を求めている。今回の例では、 θ に関して、曲線幅が約 0.03 と算出できるので、久貝らの結果は最大 $0.393 < \theta < 0.454$ の範囲となる。このことから、本手法で求めた θ は妥当な値であると判断できる。また、指標算出に要する時間は既存のものと比べ、図 3 に示すモデルで約 50% 短縮することができた。

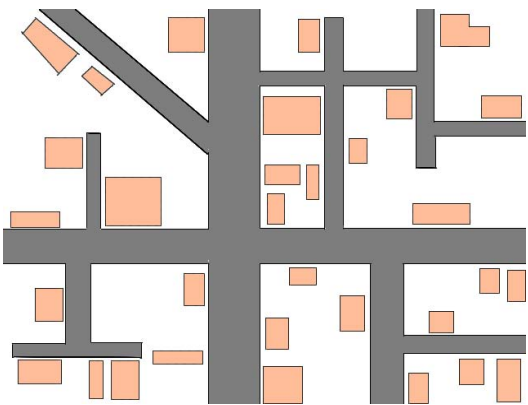


図 3 試験用市街地図

表 1 建物建築年代別建物数表

建物建築年代	棟数	割合
～S45	4	0.125
S46～S55	15	0.469
S56～	13	0.406

表 2 道路幅別道路本数表

道路幅	本数	割合
4.4m	12	0.48
5m	4	0.16
7m	5	0.20
14m	4	0.16

表 3 既存研究との比較

	久貝らの方法	本手法
P	0.5754	0.5836
R	0.680～0.725	0.718
θ	0.423～0.424	0.441
χ	6.729～11.507	9.533

5. 終わりに

今回の研究では、MAS を利用して道路網の防災性能指標の値を算出する方法を示した。長野市の実データを用いた防災性能指標の算出について当日発表する予定である。

参考文献

[1] 例えば、久貝壽之、加藤孝明、小出治：パーコレーション理論に基づいた地区レベル道路網の防災性能評価に関する基礎研究（その 4），日本建築学会計画系論文集，vol.615，pp.113-120，2007.5.