

心理状況を考慮した災害時における避難行動の考察

Evacuation simulation considering psychological situation.

電気電子情報通信工学専攻 楠橋 淳

Jun Kusubashi

1. 研究目的・背景

近年、大規模災害の頻発を経験し、大規模災害に対する防災・減災・復興のための電子情報通信技術の重要性が認識され、様々な取り組みが行われている。セルラ方式の基地局の崩壊や機能不全等による大規模なネットワーク障害等が実際に発生しており、大規模災害時のライフラインとしての通信手段を迅速に提供することは重要な課題となっている。エンドノード間の連結な経路を必要とせず、情報を隣接ノードに送り、情報を受け取ったノードが移動しながら他のノードに送り、これを繰り返すことで最終的な目的地に情報を運ぶ方法をエピデミック伝送と呼ぶことにする。このエピデミック伝送を利用して、避難所などの位置情報を共有し効率的な避難を行うことを検討する。

実際に災害が発生した場合、避難者間には心理状況により、様々な行動指針が現れる。このような心理状況による行動変化を不安度という概念を用いて、シミュレーションに反映することで、心理状況による避難の影響に関して考察を行う。

2. シミュレーション設定

2.1. 概要

避難状況は文京区をモデルとしたマップ(図1参照)を設定し、災害が発生、現実の避難所に即した三カ所を避難所として設定し、この三カ所への避難行動をシミュレーションする。避難は主要道のみを用いて行われるとし、それ以外の道は通行不可とする。ただし、避難者の初期位置は、災害発生時、建物の中にいる場合などを考慮し、マップ内において完全ランダムとする。そのため、避難者が移動不可な場所に配置されることも考えられる。避難者は避難行動を開始した場合、現在地点から一番近い避難所、または主要道に向けて移動を行うものとする。

また、心理状況を用いた行動を表すため、不安度という指標を用いる。実際に災害が発生した場合、「迅速に避難を開始する人」、「避難行動を行わず、その場にとどまる人」、「近くを見て回り、情報収集に努める人」など、様々な行動をとることが考えられる。災害発生からあまり時間が経過していない場合は心理的余裕があると考え、このような様々な行動が行えるが、災害発生から時間が経過すると周囲の惨状や、周囲の人々

の行動などから心理的余裕が失われ、このような様々な行動を取れなくなり、直ちに避難行動を行うものと考えられる。そのため、この心理的要因による行動を考察するため、不安度という指標を用いる。不安度はシミュレーション開始から時間経過により増大し、不安度が一定値以下の場合、上記心理的余裕がある状態とし、様々な行動を行うことができるが、不安度が一定値を超えると心理的余裕が失われた状態とし、即時避難行動を行うものとする。

今回のシミュレーションでは通信可能範囲と避難者の人数を変化させ、各条件下のもとで25分経過時の、避難完了者の人数を計測し、考察を行う。

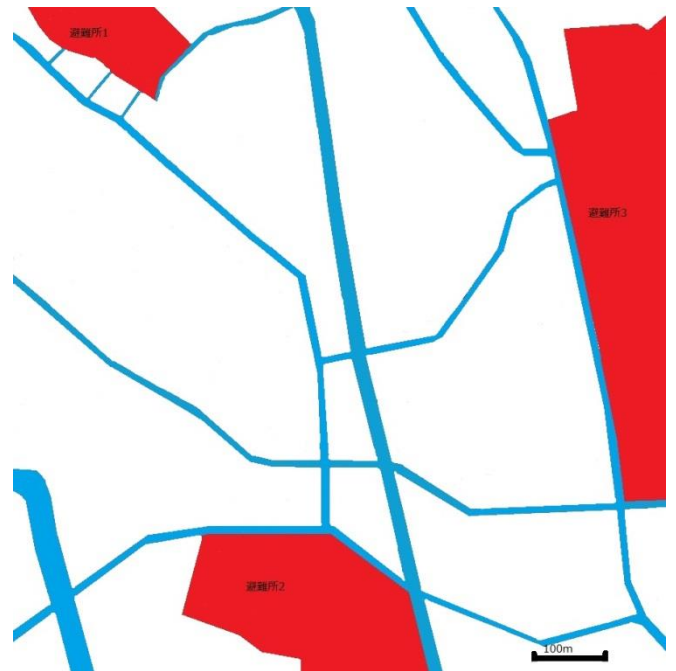


図1.避難シミュレーションマップ

2.2. 避難者の移動

避難者が避難所の情報を所持している場合、避難所までの最短経路を進むものとする。

避難者が避難所の情報を得ていない場合、または、心理的余裕があり、周囲を探索する場合、避難者はラ

ンダムに移動することとなる。

避難者は現在の位置から移動可能な道を判断し、移動可能な道の中から、より道幅の広い道を選択して移動する。

また、初期位置の設定上、周囲に通行可能な道がない場合が考えられる。その場合、各避難者は現在地から一番近い主要道、もしくは避難所へ移動するものとする。

3. シミュレーション結果

図 1 に示した避難シミュレーションマップにおいて、不安度を用いた心理状況を考慮したシミュレーション結果を図 2,図 3,図 4 に示す。

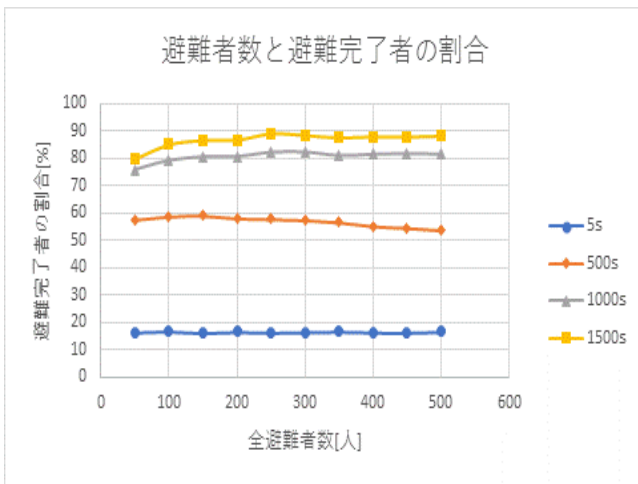


図 2.全避難者数と避難完了者の時間変化

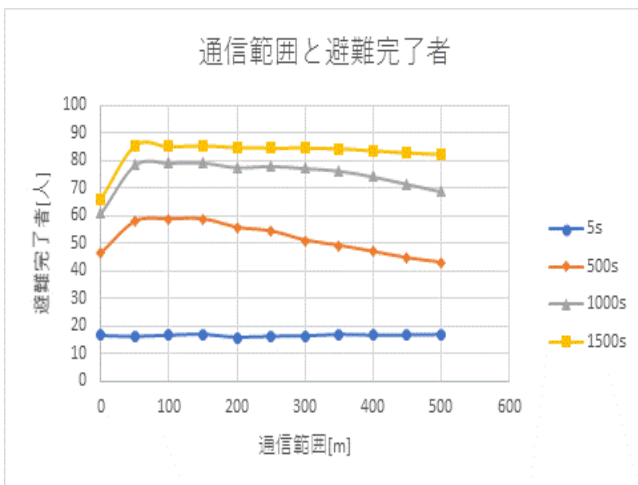


図 3.通信可能範囲と避難完了者の時間変化

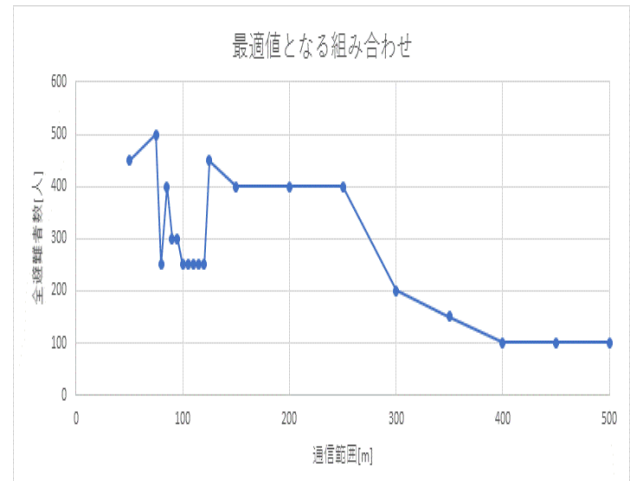


図 4.各通信可能範囲と全避難者数の最適地

図 2 では、通信可能範囲を 100m と固定し、避難者の人数を変化させた場合のシミュレーション結果を示す。基本的に結果は横這いであるが、シミュレーション開始から時間が経過すると、避難者数が少ないところでは右上がりとなり、一定数を超えると一定となる。

図 3 では避難者の総数を 100 人と固定し、通信可能範囲を変化させた場合のシミュレーション結果を示す。こちらも基本的に結果は横這いであるが、図 2 と違い、通信範囲が大きくなると避難完了者の人数は減少傾向にあることが分かる。

図 4 には通信可能範囲と避難者の総数を相互変化させ、シミュレーション終了時、避難完了者数の割合が最高値となる場合の通信範囲と避難者の総数の組み合わせを示す。基本的に結果は右下がりのグラフとなっているが、通信可能範囲が 200m の場合、例外的に避難者の総数が減少している。

シミュレーションでは、全避難者における通信可能範囲及び、避難者の総数を変化させ、各条件下における最適値を求める。避難シミュレーションの各条件を表 1 に示す。

表 1.シミュレーション条件

パラメータ	値
エリア	950m×1000m
津波到達時間	震災発生から 25 分後
避難者総数	100 人~500 人
歩行速度	3.6km/h(1m/s)
通信可能範囲(半径)	50m~500m
避難所の位置を知っている避難者の割合	50%

4. 考察

4.1. 避難者数と避難完了者の変化に関して

通信可能範囲を 100m と固定し、シミュレーションを行った場合の結果は図 2 に示したように、最終的には横這いとなっている。

避難開始から 500s 後では、避難者の総数が多いほど、避難完了者の割合が若干減少していることが分かる。それに対し、避難開始から 1000s、1500s 後では避難者の人数が多いほど、避難完了者の割合が若干増加していき、避難者の総数が 250 人を超えたあたりで一定となっている。

これに関して、不安度を導入したことによる影響が見られている。避難者の総数を増やした場合、情報の拡散は速やかに、ほぼ全避難者に行われ、各避難者が避難所の位置情報を共有することが可能となる。その代わりに、通信範囲内に観測できる他の避難者の人数が増加し、不安度が減少し、全避難者が避難行動に移行するまでの時間がより長くなり、その結果として、避難開始からの時間が短い間は避難完了者の割合が減少する。

そのため、避難開始から 500s 後では、不安度による避難行動に移るまでの時間の影響が大きく、避難者数の増加に伴い、避難完了者の割合が減少することとなる。また、避難開始から 1000s、1500s 後では、不安度の影響により避難開始が遅れた場合でも、十分に避難が完了するだけの時間があるため、不安度の影響は見られなくなり、避難所の位置情報の共有度が重要となる。避難者の総数が 250 以上でほぼ一定となっているため、通信可能範囲が 100m の場合は、250 人以上で避難所の位置情報をほぼ全員が共有可能であると判断できる。

4.2 通信範囲と避難完了者の変化に関して

避難者の総数を 100 人と固定し、シミュレーションを行った場合の結果は図 3 に示したように、こちらも最終的には横這いとなっている。

避難開始から 500s、1000s 後では、通信可能範囲が 0 の場合を除き右下がりのグラフとなっている。それに対し、避難開始から 1500s 後では、通信可能範囲が大きくても小さくてもほぼ横ばいであり、多少ではあるが、通信可能範囲が大きくなると、こちらも減少している。

これに関しても、不安度の影響が見られている。通信可能範囲を増加させた場合、各避難者による情報の共有は、広い範囲で行われることとなる。特に今回のシミュレーションでは、シミュレーションエリアが 950m×1000m であるため、通信可能範囲を 500m とすると、一人でシミュレーションエリアの約 1/4~1/2 の

範囲と通信が可能となり、明らかに全避難者に対して、避難所の位置情報の共有が行われる。これだけであると、通信可能範囲を増加させることで、速やかに避難が完了すると思われるが、不安度の問題が発生する。通信可能範囲が増大することで、通信可能範囲内の他の避難者数も比例して増大する。この増加の影響で、避難者の総数を増加させたとき同様に、各避難者が避難行動に移行するまでの時間が長くなる。しかし、避難者の総数を増加させた場合と比較すると、図 2 と図 3 で図 3 の方が右下がりの傾きが大きくなっていることから、明らかに通信可能範囲を増加させた場合の方が不安度の影響が大きいということが分かる。これは、通信可能範囲を増加させたことによって、シミュレーションエリアの 1/5~1/4 と通信可能となる場合の方が、上記”count”の値の増加も大きくなり、より避難行動に移るまでの時間が長くなるためである。不安度の影響が大きいため、避難開始から 1000s 経過後でもグラフが右下がりとなる不安度の影響が見られている。

これに対して、避難開始から 1500s 後でグラフが横這いとなっているのは、避難開始が大幅に遅れた場合でも、ほとんどの避難者が避難を行えたということである。

4.3 最適となる組み合わせに関して

避難者の総数及び通信可能範囲を増減させ、シミュレーションを行った場合の結果は図 4 に示したように、基本的に右上がりのグラフとなっている。

避難者の総数が少ない場合、避難所の位置情報を共有できるようにするため、最適化には、基本的に、通信可能範囲を大きくする必要がある。同様に、避難者の総数が大きい場合では、通信可能範囲を小さくする必要がある。

図 4 のグラフを見ると、通信可能範囲が 250m~300m の間で、最適となる避難者の総数が大きく変化している。こちらに関しては、4.1 及び 4.2 で考察したように、避難者の総数の変化よりも、通信可能範囲の変化の方が、不安度に与える影響が大きいためと考えられる。

図 4 において、通信可能範囲が 100m 付近の場合、例外的に避難者の総数が少なくなっている。これに関して、通信可能範囲が 100m 付近の場合、不安度による避難開始時刻の遅れの影響が少ないことに由来する。図 2 及び図 3 において、1500s 後のグラフを見ていくと、避難者の総数が増加すると、避難完了者の割合はわずかに増加しているが、ほとんど横這いである。また、通信可能範囲が増加すると、避難完了者の割合はわずかに減少しているが、こちらもほとんど横這いである。これは、不安度の変化により、避難開始時刻が遅れているが、1500s という時間が経過した段階では、

1500s という時間が、避難開始が遅れた影響があっても、多くの避難者が避難完了する余裕があるということである。

これを踏まえて、図 4 を考える。通信可能範囲が大きく、避難者の総数も大きくしていくと、相互に影響を与え、不安度の減少を大きく抑制してしまい、1500s という時間でも避難完了できない人が増加してしまう。そのため、基本的に右上がりのグラフとなるということである。

では、通信可能範囲が 100m 付近において、右上がりのグラフとならないことに関して考える。通信可能範囲が 100m において、不安度が一定値を超えた避難者が 90%を超えた場合の避難者数と避難開始からの時刻の関係を図 5 に示す。

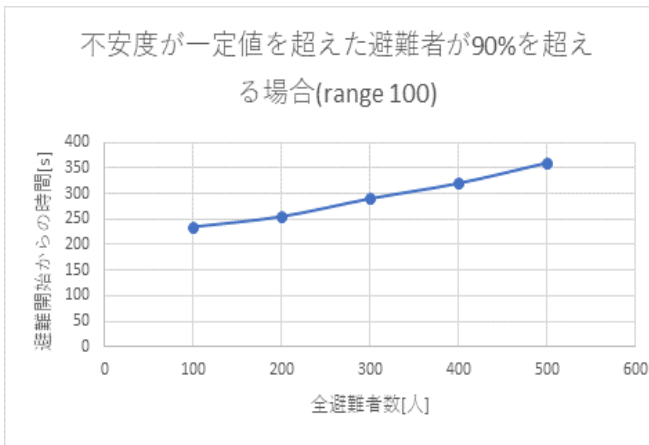


図 5.避難者数の割合と時刻(range 100)

図 5 より通信可能範囲が 100m の場合、遅くとも避難開始から 350s 後には、全避難者の 90%が即時避難を開始していることが分かる。避難シミュレーションのエリアは 950m×1000m であり、マップ中央から四隅に移動する場合でも、かかる時間は 700s 近くである。そのため、350s 後あたりから避難を開始しても、シミュレーション終了時である 1500s 後には避難を完了していることとなる。つまり、通信可能範囲が 100m 付近から 100m 未満に関しては、不安度の影響が殆ど表れないこととなる。そのため、100m 付近においては、グラフが右下がりとならず、ホップしたような値となっている。

5. 結びと今後に関して

本報告では、私が以前行った、心理状況を考慮した避難シミュレーションを、都市部で行った場合の研究となる。以前は格子状のマップを構築し、通行可能範囲や通行不能範囲を設定せず、シミュレーションを行っていたため、課題となっていた、現実に即したマッ

プでのシミュレーションを行った。

避難行動に関しては、心理状況による影響が多くみられると考えられ、今回では主に“心理状態における初期行動変化”に着目してシミュレーションを構築したものである。今回の避難シミュレーションでは各避難者の通信可能範囲を減少させればいいわけでもなく、また、避難者の人数を増加させればいいというわけでもないという結果が得られた。結果として、避難者の人数に対し、最適となる通信可能範囲を設定することが、都市部における避難において、重要であることが得られた。

今後の課題として、避難者の行動として、周囲の人々の人数により、避難せずとも大丈夫であるという、同調性の心理状況を考慮するために不安度を導入したが、もう一つの同調性である“ほかの避難者についていく”という追従性を導入していないため、今後の課題となる。また、避難シミュレーションエリアにおいて、通行可能な道を主要道と限定したが、大通りを選んで通るという心理状況をより考慮するために、主要道以外の通路も交通可能とし、大通りを選んで通るような移動確率を設定することも課題となる。

文 献

- [1] 中野敬介、宮北和之、田村裕、“情報通信における理論とシミュレーション”、日本シミュレーション学会誌、第 33 巻第 1 号、pp.4-8、2014 年 3 月
- [2] 山崎達也、大和田泰伯、浜口清、“エージェント属性を取り入れた都市避難シミュレーション”、進学技法、ICTSSL2016-16.
- [3] 中野敬介、宮北和之、“情報滞留の理想モデルによる考察”、電子情報通信学会安全・安心な生活のための情報通信システム研究会 ICSSSL2015-02
- [4] 楠橋淳、田村裕、“心理状況を考慮した避難行動の考察”、2017 年電子情報通信学会総合大会 A19-18