避難経路を迷路のように捉えた場合、どのようなアルゴリズムや戦略を使うことで効率的かつ安全に避難できるのか。

中 3-D-4 今 出　雅 理

目次

はじめに　研究テーマとそのテーマにした理由

第 1 章　災害とその避難方法について

第 1 節　災害の種類

第 2 節　災害時の避難方法の種類

第 3 節　垂直避難と水平避難の違い

第 4 節　避難の判断基準

第 5 節　災害時の適切な避難方法

第 2 章　迷路探索について

第 1 節　グラフ理論について

第 2 節　深さ優先探索について

第 3 節　幅優先探索について

第 4 節　順位優先探索とダイクストラ法について

第 5 節　足立法について

第 3 章　実験

第 1 節　ゴールがわからない場合

第２節　順位優先探索を使用する場合

第３節　ダイクストラ法を使用する場合

第４節　足立法を使用する場合

第５節　特殊な事例

おわりに

参考文献

はじめに

近年、世界中で自然災害が多発しており、多くの死傷者や負傷者など甚大な被害になっている。それを減らすための具体的な策として避難があり、災害時の避難は人命に関わる行為になる。そして私は避難経路の地図を見たとき、まるで迷路のようだと感じた。迷路には左手を壁に添えて歩くと必ずゴールに着くというものがある。そのような迷路の必勝法は他にもあり、それを避難のときに活かせば避難経路を知らない状況でも安全に適切な避難を行えるのではな

いかと考え、今回のテーマとして選んだ。

第１章　災害とその避難方法について

第１節　災害の種類

　災害には自然災害と人為災害の２種類がある。自然災害とは自然現象によってもたらされる災害のことで、人為災害は人為的原因によって、人間の社会生活や人命にもたらされる被害のことだ。それぞれの例として、自然災害には主に地震、津波、台風、豪雨・洪水、土砂災害、火山噴火、豪雪、竜巻などが挙げられる。人為災害には主に大気汚染、土壌汚濁、建物の老朽化による倒壊事故、交通事故、火の取り扱いの不備による火災などが挙げられる。

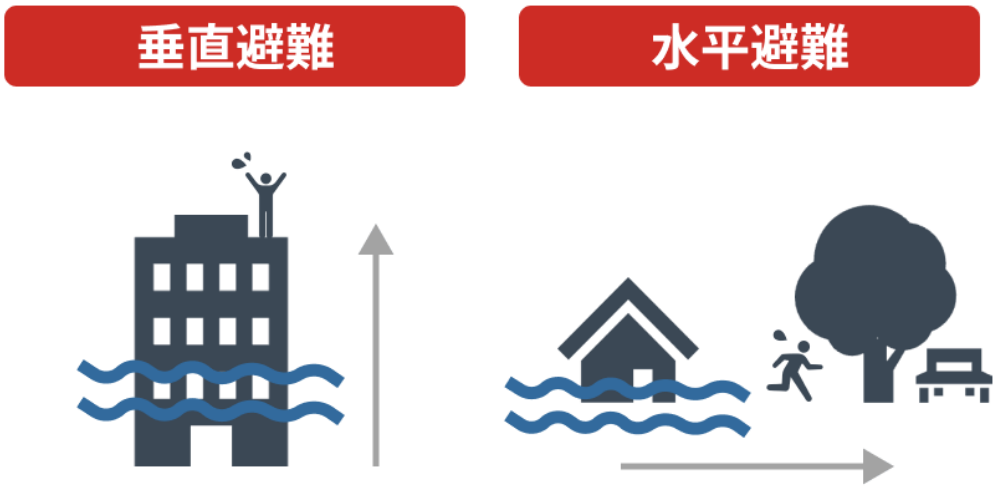
第２節　災害時の避難方法の種類

　一言に避難といっても、避難方法には様々な種類があり、その災害での自宅への危険度によって対応が変わっていく。自宅に被害があまり及ばないときに、自宅にとどまる避難のことを在宅避難(屋内安全確保)という。洪水などで自宅の下層階での浸水が想定される場合に、建物の上層階に避難することを垂直避難という。自宅が危険な場合に、指定避難所や親戚・知人宅などより遠く

に避難することを立ち退き避難(広域避難・水平避難)という。この３つが基本である。

第３節　垂直避難と水平避難の違い

垂直避難と水平避難を図に表すと図―1のようになり、主な違いとしては垂直避難の方がはやくに安全を確保することができるが孤立してしまう可能性が高くなる。よって、洪水や津波で外への避難が危険な場合、夜間や荒天で水平避難が困難な場合、水平避難のタイミングを逃した場合に垂直避難を行う。



図－1

第４節　避難の判断基準

在宅避難を行うかどうかの判断基準は３つある。

１つ目は建物の安全性。これが最も重要である判断基準で自宅の建物が倒壊していなくても、建物に傾きや大きなひび割れがないか、余震で倒壊する可能性がないかを確認する。少しでも危険があるなら、在宅避難はできない。

２つ目は周辺環境。近隣で火災が起きていないか、河川の氾濫、傾斜地による崖崩れなど周辺の環境も確認する。

３つ目はライフラインが使用できるかどうか、できない場合でも３日～1 週間程の備蓄があるのかどうかだ。ライフラインが停止している場合、水道・電気・ガスなどが使えなくなり、そのため衛生・健康管理を行うことが大切だ。

垂直避難の判断基準も３つある。

１つ目は屋外移動が困難かどうかだ。傘が差せないほどの強風、道路が冠水して水深が深く歩行が困難な場合などだ。

２つ目は夜間の場合。夜間だと見通しが悪く水没や転倒のリスクがある、側溝や障害物が見えにくくなる、就寝中であった場合は判断力と行動に遅れが出るため危険になる。

３つ目は浸水深が１メートル以下であるかどうかだ。１メートル程で一階が浸水するため浸水深が１メートル程であれば２階以上は安全になる。

立ち退き避難（広域避難・水平避難）の判断基準は自宅が倒壊・浸水の恐れ

がある場合だ。

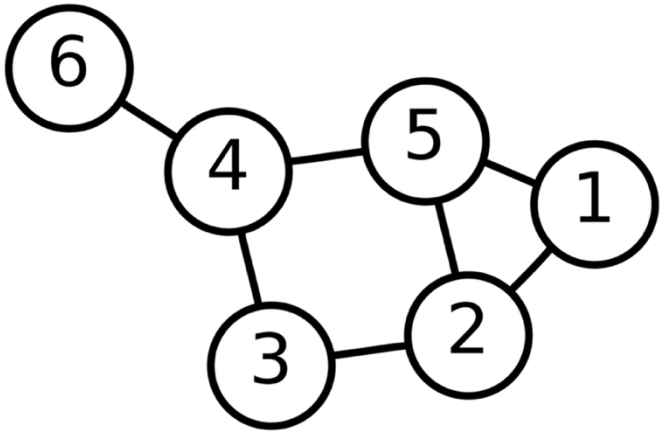
第 5 節　災害時の適切な避難方法

　基本としては避難情報（高齢者等避難、避難指示、緊急安全確保）に従って行動することが大切だ。第 1 節で例に挙げた自然災害の 9 つの場合だと、基本的には第 2 節で挙げた 3 つのことを守りながら避難する。それに加えて、地震では身を守る、火の始末、脱出経路の確保などの行動が必要になる。津波は「より高く」、「より遠く」を意識して避難する。

第 2 章　迷路探索について

第 1 節　グラフ理論について

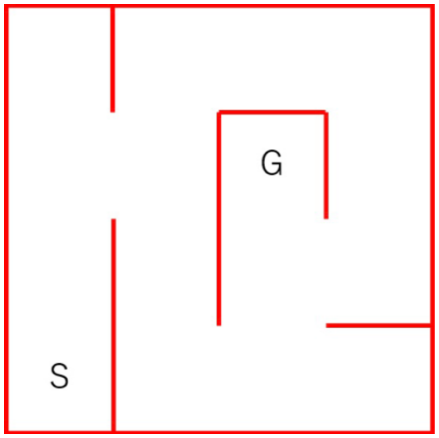
　グラフ理論とは二次関数や棒グラフなどのグラフのことではなく、図－2 のような「点」とそれを結ぶ「線」を用いてモノとモノの関係を表すことをグラフ理論という。「点」のことをノード(Node、Vertex)、「線」のことをエッジ(Edge)と呼ぶ。グラフ理論を SNS 上での友達関係で例えてみると、各人が「点」、友達登録が「線」となり、誰が誰と繋がっているかのコミュニティの構造を見ることができる。そしてこれを迷路に当てはめて考える。



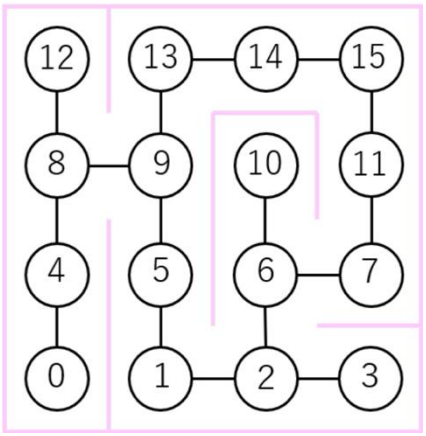
図－2

第２節　深さ優先探索について

例として図―3 のような迷路があったときノードとエッジにして表すと図－4 のようになる。このとき図―4 では 0 がスタートとなり、10 がゴールとなる。



図―３



図－４

深さ優先探索とは、今いる場所から行ける未探索のノードがあれば記録し、記録された最新のノードに進む。探索したら記録から削除する。そうすると、分岐に会ったら、分岐のどれかを選ぶ、その行動を繰り返し、行き止まりに会うか、すでに探索したノードに会うまで先に

「深く深く」探索を進める。行き止まりまたは探索区画に出会ったら、直近の分岐までもどり、まだ選択していないノードに進み、同じことを繰り返していく方法である。つまり、とにかく一本の道をただひたすらにすすんでいき分岐点があればランダムに選ぶということだ。図―4を例とすると 0→4→8→12→9→13→14→15→11→7→6→10というふうになり、ゴールに辿り着くことができる。

第3節　幅優先探索について

幅優先探索は、探索した点から行ける未探索のノードを記録する、記録した最も古いノードを最優先に探索する。探索し終わったら記録を削除する。もっとも古い未探索のノードを探索するまでは先には進まず、場合によっては戻りながら最初の場所から徐々に探索したノードを広げていく方法だ。イメージとしては火事の延焼である。図―4を例とすると

0→4→8→12→9→13→5→14→1→15→2→11→3→7→6→10のようになる。

第４節　順位優先探索とダイクストラ法について

深さ優先探索と幅優先探索はゴールがわからない状況下でのゴールの見つけ方だが、順位優先探索とダイクストラ法はゴール地点がわかっている際に行うことが可能な方法である。

順位優先探索とは「深さ優先探索」または「幅優先探索」にゴールから最も近いノードを優先するなどの何らかの方法で優先順位をつけることを順位優先探索という。

迷路の探索ができたとしても、最短経路を見つけられないといけないので、どうやって最短経路を見出すかが問題である。簡単で確実な方法は、迷路に沿ってゴールからの歩数を数える。スタートまで数え終わったら、逆に歩数が減っていく方向にスタートからたどると、それが最短経路となる。 この方法は区画から区画への移動（ノードからノードへの移動）を一歩として行う方法だ。これを汎用的にしたのが最短経路導出アルゴリズムであるダイクストラ法だ。以下、ダイクストラ法について説明する。ノードとノードのエッジには異なる重み（距離）があるとする。記録する際には、値とその値が示している点との対応が後からでも判断しうるとする。手順としては

1.スタート地点に接続しているすべてのノードのスタート地点からの距離を求め記録する。

2.データ構造から最小値をもとめる。最小値の示す点を次の訪問先として選ぶ。その際、最小値はデータ構造から取り除く。

3.新たな訪問先の点に接続している未訪問のすべてのノードのスタートからの距離を求め記録する。その際、すでに以前に距離が計算されていた場合は、最新の計算結果が小さい場合だけ記録する。

4.すべてのノードを訪問したら終了。そうでなければ 2.に戻る。

　これを行うことによって迷路の最短経路を求めることができる。

第 5 章　足立法について

　足立法とはグラフ理論ではなく、常に現在地からゴールまでの最短経路を求めながら迷路を探索していく探索アルゴリズムのことである。常に最短経路を求め、もしものその経路が壁に当たっていた場合はまた新しく最短経路を考えるということを繰り返していくことで最短経路を求めることができる。

第３章　実験

第１節　ゴールがわからない場合

今回は図－５の地図を使い実験していく。そしてこれにノードとエッジを加えると図―６のようになる。



図―５



図―６

前提として三角が現在地、四角が避難する際にあたって向かう必要がある場所だとする。災害の危険度は垂直避難、または立ち退き避

難（広域避難・水平避難）が必要であるものとする。

四角の場所がわからない場合は幅優先探索だと戻る工程が多くなり時間がかかってしまうため、深さ優先探索を用いて避難経路を出す。1と2は適当に選び、それが2になったとする。避難経路は基本的に曲がった数が少ないほど短くなるのでできるだけ直進をすると道としては2→14→12→10→13→7→5となり四角に着くことができる。

第2節　順位優先探索を使用する場合

ゴールがどこかわかっていて順位優先探索を使用して避難経路を導き出すときは深さ優先探索でゴールから最も近いノードを優先するようにする。図―6のときは1→2→3→4となり避難経路を導き出すことができる。

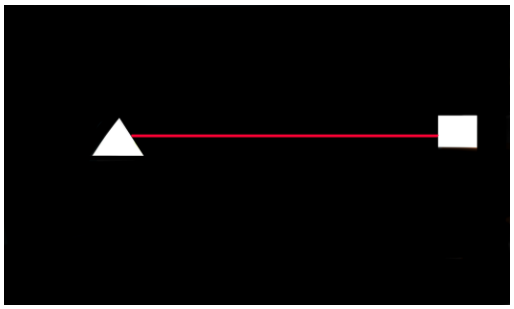
第3節　ダイクストラ法を使用する場合

ダイクストラ法を使用しようとすると全ての道の長さを知らなければならず、建物が複雑であった場合頭の中で最短経路を導き出さなければならずできたとしても時間がかかってしまうため災害時で

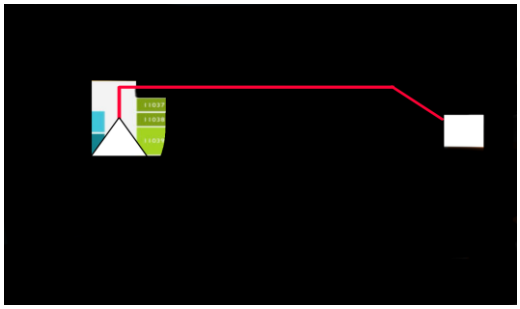
の避難としては適切ではない。

第４節　足立法を使う場合

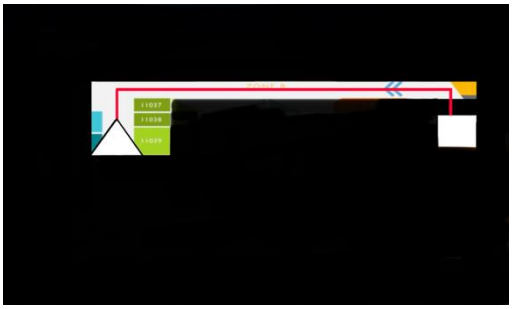
四角の場所が分かっている場合は足立法を使う。足立法を用いた経路を表すと、⑴～⑷の順になる。⑴時点での最短経路は三角から四角への直進で進もうとしたら、目の前には壁があったため最短経路を導き直すと⑵のようになる。そして⑵の道のとおりに進むと壁がないことがわかったため⑶の道となり最終的に⑷の道となる。



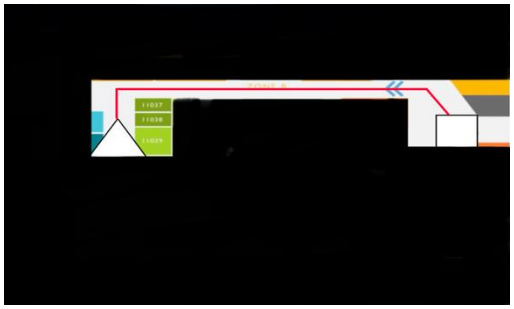
⑴



⑵



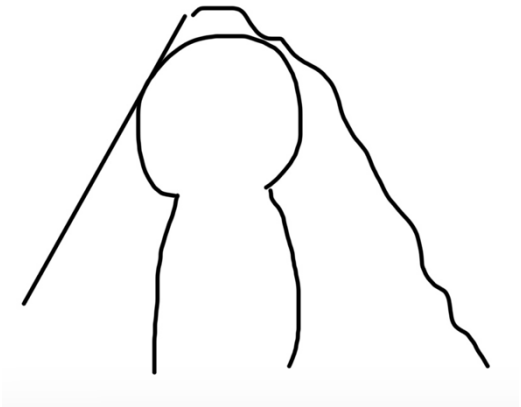
⑶



⑷

第 5 節　特殊な事例

基本的な災害であれば第 1 章と第 2 章でのことを活かせば第 3 章のように安全に避難することができるが、火災は他の災害とは大きく異なり、煙によって視界が悪くなる。煙の速度は垂直方向は 3～5m/s、水平方向には 0.5～1m/s になる。そして煙による視界の悪さを図―7 のように袋を被せて再現したときの平均歩行走度が 0.88m/s になり避難する速度が遅くなる。そして火が迫ってきていたりして階段に向かうことが危険な場合は窓にある赤色の三角形の「消防隊侵入口マーク」または「非常用侵入口マーク」と呼ばれ、火災時などの緊急時に消防隊がはしご車などで窓を破って建物内に迅速に侵入し、人命救助や消火活動を行うための目印であるため、この窓のそばによることも手段のひとつである。



図―7

おわりに

避難を行う際、階段などの向かうべき場所がどこにあるのかわからない場合は、深さ優先探索を使用することで避難を行うことができる。また、向かうべき場所がわかっているがどの道が最短経路であるかわからない場合は、順位優先探索または足立法を使用することで最短経路を導き出し、避難することができる。

最後になりますが、この課題研究Jを完成させるにあたって丁寧なアドバイスをしてくださり、ご指導いただいた担当の伊吹先生にお礼を申し上げたいと思います。本当にありがとうございました。

参考文献

首相官邸　『避難はいつ、どこに？』

https://www.kantei.go.jp/jp/headline/bousai/hinan.html

内閣府防災情報のページ　『避難情報に関するガイドラインの改定(令和３年５月)』

https://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3_hinanjouhou_guideline/

「理系的な戯れ」のページ　『グラフ理論と迷路探索』

https://rikei-tawamure.com/entry/2020/06/12/000109

JSCE 公益社団法人土木学会　『迷路実験による緊急時の人間行動性』

http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00037/441/441-0107.pdf

朝日新聞　『自然災害の種類一覧|国内・海外の事例や特徴、対策をわかりやすく解説』

https://www.asahi.com/sdgs/article/16191679

関西電力　『自然災害の種類と特徴は？人為災害と違いや防災・減災の取り組みを紹介』

https://sol.kepco.jp/useful/anpis/w/shizensaigaisyurui/

あそび防災プロジェクト　『災害の種類を紹介!自然災害・人為災害の特徴を解説』

https://asobi-bosai.com/blog/202307184396/