

大規模洪水を想定した 広域避難計画に関する研究 ～常願寺川大洪水を対象として～

吉本 寛之¹・藤生 慎²・高山 純一³・中山 晶一朗⁴

¹ 学生会員 金沢大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: ptfrmu@gmail.com

² 正会員 金沢大学助教 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp

³ フェロー 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

⁴ 正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

東日本大震災以降、地震によるリスクが増加している近年において、防災・減災対策の重要性は増している。1858年に富山県で発生した飛越地震による土石流災害は常願寺川の扇状地に甚大な被害をもたらしたが、現在においてそのような災害が発生した場合、防災対策が進んだ現在の社会であれば被害を最小限に抑えることは可能であると考えている。しかしハード面の対策だけでは限界があり、実際に「避難」の段階まで必要となるレベルの災害が起きた場合、被害を抑えるためには住民による協力が必要不可欠である。本研究では交通流シミュレーションソフトを用い、広域的な避難シミュレーションを行うことから広域避難計画の課題を明らかにする。

Key Words : Flood disaster, Evacuation, Evacuation simulation, Questionnaire survey

1. はじめに

富山県は、立山などの高山に囲まれているため、山岳部から流れる河川は急流である場合が多く、富山平野をはじめ、射水、高岡などの地域の地形は扇状地となっている。黒部川、常願寺川、神通川、庄川、小矢部川は国が管理する一級河川に指定されており、富山県の五大河川と呼ばれ、全国でも屈指の急流河川である。このいずれかの河川が氾濫した場合、扇状地内の地域にはその地形ゆえ、氾濫流が放射状に流れることになる。¹⁾

常願寺川は源流から河口までの約 3000m の標高差に対して長さ 56km と非常に急流な河川として有名である。1858 年 4 月 9 日、マグニチュード 7.0~7.1 と推定される飛越地震が起き、立山連峰の鷲山が山体崩壊を起こした。鷲山には大鷲山と小鷲山のふたつのピークがあったが、山体崩壊により大鷲山と小鷲山は完全

に消滅し、立山カルデラに大量の土砂が流れ込んだ。崩壊土砂量は全量で 4.1 億立方メートルと推定され、地震性の山体崩壊として、判明している分では有史以来日本最大規模のものである。流れ込んだ土砂によってできた堰止湖が決壊、常願寺川が大氾濫を起こし、死者 140 名にもいたる大災害が発生している。その後も土砂の流出で度々土砂災害が発生しており、立山カルデラでは現在も砂防工事が行われている。カルデラ内に残存している土砂の量は 21 世紀初頭の時点で約 2 億 m³、これは仮にすべて流出したとすると富山平野が厚さ 2m の土砂で覆われてしまう程の量である。

前述した通り、常願寺川の河道は現在改修途上であり、洪水を安全に流せる能力は依然として十分でない。そのため、現在の河道で流すことのできる限界以上の洪水が発生すれば、いたる所で堤防の決壊が予想される。計画上の河道が完成したとしても計画を上回る洪水は自然を相手にしている限り発生する可能性が

あり、破堤に備えた対策を常に考えておくことが必要である。

本研究では、まず住民の防災意識や洪水が起きたと仮定したときの避難行動などを問うアンケート調査を行った。過去に大きな土砂災害にみまわれた富山市に住まう市民の防災意識・基礎情報・避難行動を調査、そこで得た避難行動を交通流シミュレーションに反映させ、自動車での避難シミュレーションを行うことから、広域避難計画への課題模索を目的としている。

2. アンケート調査

2.1 概要

本研究で行ったアンケートの調査票は、大きく分けて SP 調査、個人属性・防災意識を問う項目の 2 つで構成されている。主に以下の 2 つのことを調査するためにアンケートを実施した。

① SP 調査

避難選択行動モデルを作成するにあたり、常願寺川が氾濫したと仮定した際の避難行動を問い、どのような状況になると住民は避難を開始するのか、または避難しないのかなど避難選択行動モデルの作成に必要な要因の調査のために行った。詳しい内容としては、常願寺川の氾濫を想定したときの避難準備情報、避難勧告、避難指示、常願寺川氾濫時と各々の段階ごとに避難行動を問う項目、「平成の鳶崩れ」²⁾と称した北陸地方整備局 立山砂防工事事務所企画の土砂災害を想定したときの避難行動を問う項目で構成した。

② 個人属性・防災意識調査

個人属性については回答者の年代や性別など、防災意識については過去に大規模な土砂・洪水災害がみまわれた地域の住民に対して、今現在、常願寺川の洪水・氾濫への程度に関心があるのかなど調査した。

総配布部数は 4000 部、無作為抽出で配布を行い、回収率は 11.0% となった。

2.2 対象地域

アンケート調査を行う対象地域は常願寺川の浸水想

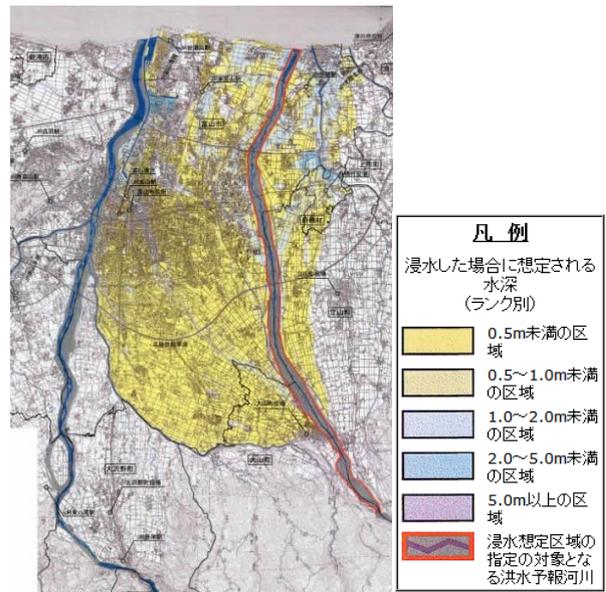


図 2-2 常願寺川の浸水想定区域図³⁾

定区域を参考に選定した。選定理由は、1858 年に起きた鳶崩れが要因である土砂災害の被害区域であり、現在の常願寺川の浸水想定区域にも該当していることとした。浸水想定区域の範囲は比較的広いが、常願寺川からの距離が違うこととその影響で住民の意識に違いがあるのではないかと予想される。常願寺川の浸水想定区域を図 2-1 に示す。

3. アンケートの基礎集計

3.1 回答者の属性・防災意識に関する質問の割合

まずはアンケート回答者の性別の割合を図 3-1 に示す。男性が約 7 割を占め、若干偏りを見せた。次に回答者の年代の割合を図 3-2 に示す。10~40 代の割合より、50~80 代の中老年・高齢者で 8 割を占める結果となった。次に、富山市の洪水ハザードマップ（以下洪水 HM と記述する）を知っているか（図 3-3）、また、見たことあるか（図 3-4）、洪水 HM における自分の住む地域・勤務先がある地域の予想浸水深確認の有無（図 3-5）、洪水 HM における自分が避難すべき避難所の位置やそこまでの経路確認の有無（図 3-6）と、洪水 HM についての質問の集計結果を示す。これを見ると洪水 HM の認知度は低いわけではないことが伺える。ただ、避難所の位置は確認したが、予想浸水深など予想される被害の規模を確認する者は 5 割という結

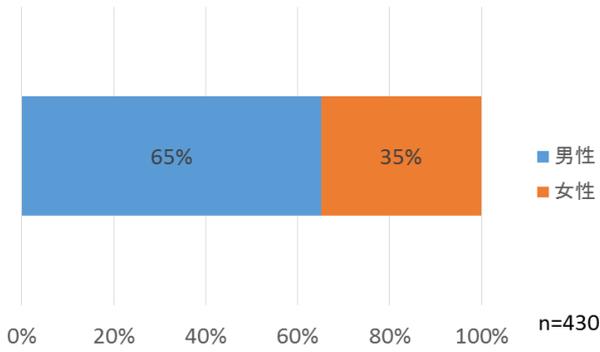


図 3-1 性別の割合

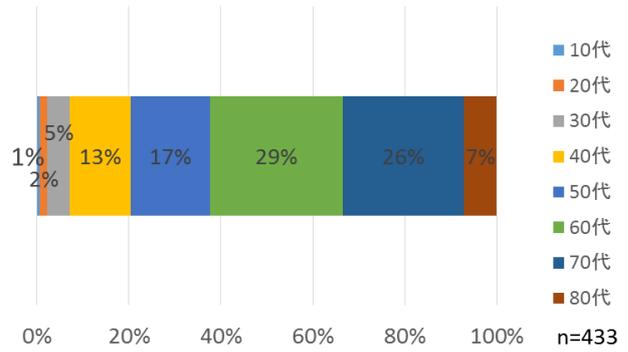


図 3-2 年代の割合

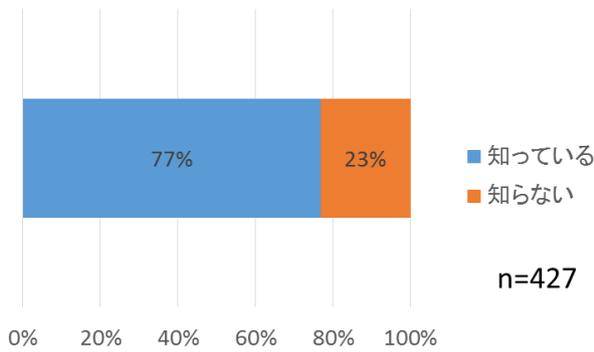


図 3-3 「洪水 HM を知っている人」の割合

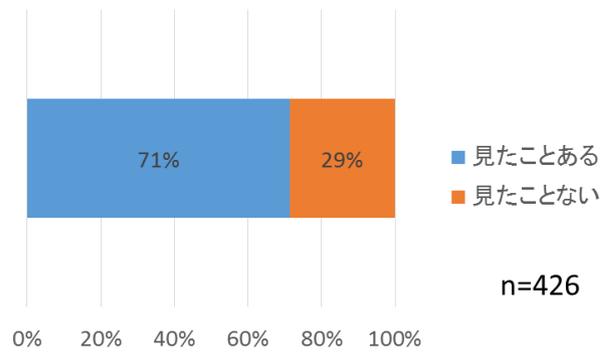


図 3-4 「洪水 HM を見たことある人」の割合

果になっている。これは浸水の様子を考えると、平面・二次元としてはとらえるが、立体・三次元としてはあまりとらえないためではないだろうか。浸水深をわかっていないと、垂直避難で良いのかなどの判断がしにくいため、浸水深に注目することも重要である。

最後に、例として 2014 年 8 月に広島県広島市で発生した住宅地を巻き込む土砂災害など、近年このような災害が報道される中、どのように感じたのか危機感を 1~5 の 5 段階評価で回答して頂いた (1 が全く危機感を感じなかった, 5 が大変危機感を感じた, を表している.)。その割合を図 3-7 に示す。中間である 3 を除いて考えると、若干ではあるが危機感を感じた人の割合が多いということがわかる。しかしながら、ほぼ半々であるため、危機感の感じ方に偏った結果は見られなかった。

3.2 避難行動に関する質問の割合

次に、自宅にいるとき、常願寺川の増水を仮定したとき、その時の避難行動を避難準備情報発令時、避難勧告発令時、避難指示発令時、常願寺川氾濫時（以下状況 a~d と記述する）にそれぞれ分けて問うた。

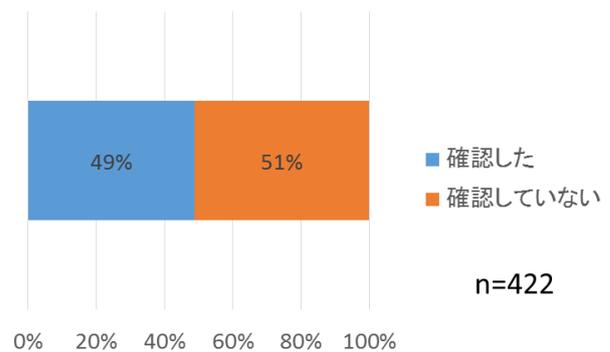


図 3-5 「洪水 HM における自分の住む地域・勤務先がある地域の予想浸水深確認の有無」の割合

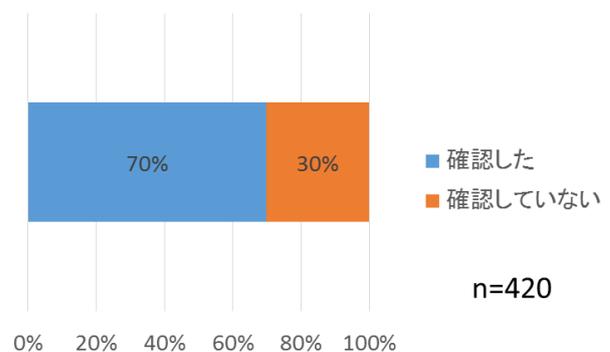


図 3-6 「洪水 HM における自分が避難すべき避難所の位置やそこまでの経路確認の有無」の割合

その時の避難行動の割合をそれぞれ図 3-8～図 3-11 に示す。ここで、「避難する」の割合は「避難所へ避難する」と「建物の上層階へ避難する」の割合の合計である。

図 3-8 の状況 a においては、避難の強制力が低いこと、常願寺川氾濫の危険性がまだ低いことから、「避難する」の割合は半数を下回り、「避難しない」の割合の方が若干高い結果となった。避難の強制力が強い図 3-10 の状況 c でさえ、「避難しない」の割合は 13% であった。図 3-11 の状況 d は、常願寺川が氾濫している状況であるために、建物の上層階へ避難すると答えた人の割合は大幅に増加し、「避難する」の割合が高まったと推察できる。

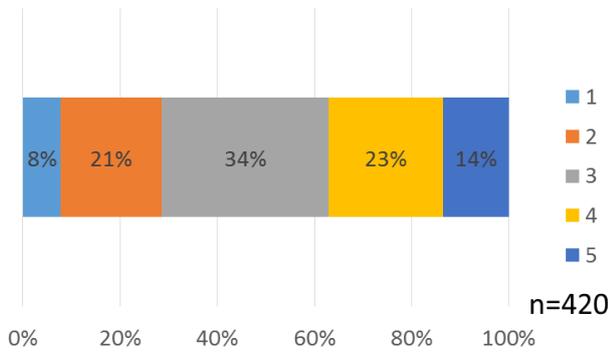


図 3-7 「洪水・土砂災害に対する危機感」の割合

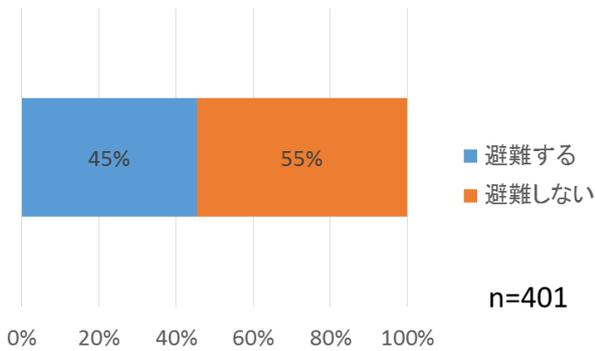


図 3-8 状況 a 時の避難行動の割合 (自宅)

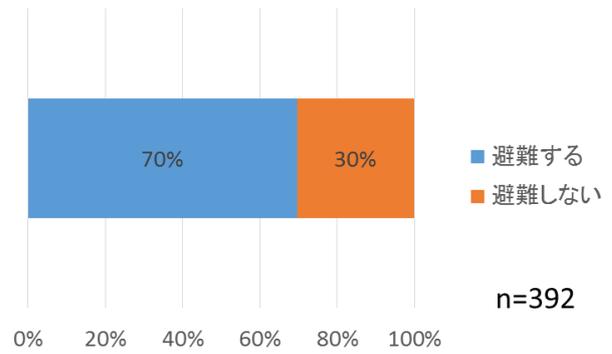


図 3-9 状況 b 時の避難行動の割合 (自宅)

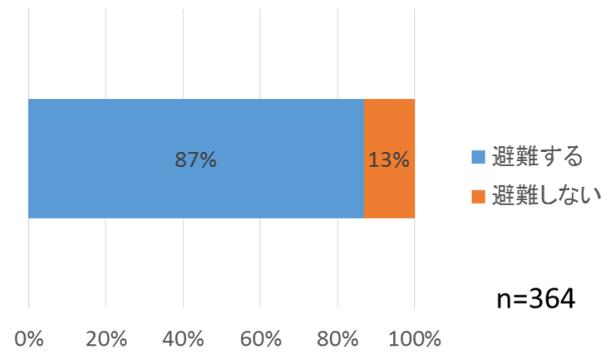


図 3-10 状況 c 時の避難行動の割合 (自宅)

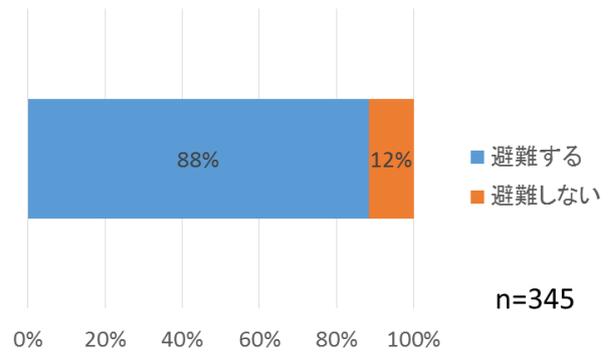


図 3-11 状況 d 時の避難行動の割合 (自宅)

表 4-1 シミュレーションシナリオ

避難情報	避難準備情報、避難勧告、避難指示、それぞれの発令時に分け、シミュレーションを行う
情報発表から取得するまでの時間を考慮	市民の住宅の位置や、それぞれの人の状況によって上記の情報を発表から所得するまでの時間が異なることを考慮する
天候	天候によって交通状況が異なることを考慮する
要援護者の避難を考慮	要援護者の有無によって避難開始が遅れたりなど、要援護者がいるために起こる影響を考慮する
浸水域の考慮	河川が氾濫し、浸水域が広がっていくことを考慮する
バス避難の考慮	臨時・避難バスでの避難を考慮する
歩行者の考慮	実際にシミュレーション上に歩行者を表示させる
車両の種類を考慮	普通車、トラック、バイクなど車両の種類を考慮する
避難所の車両収容量の考慮	それぞれの避難所の車両収容限界量を考慮

4. 水害からの避難シミュレーション

まず、試験的に大規模洪水ではなく、規模の小さい水害での避難シミュレーションを行う。

4.1 避難のシナリオ

避難シミュレーションを行う際には、シミュレーションシナリオを考える必要がある。表 4-1 にシナリオを示す。河川が氾濫する危険性が出た場合、避難情報としてその危険度によって避難準備情報、避難勧告、避難指示が発令される。それぞれ避難の強制力が異なるため、情報を受け取ったとしても避難しない人がいる可能性がある。そういったことを考慮し、避難情報ごとに避難車両数を変えるなどしてシミュレーションを行う。その情報の取得時間が人によって異なることを考慮し、避難開始のタイミングにばらつきをお与えるなどして、情報取得時間の違いをシミュレーションに反映させる。天候、晴天・雨天時などによって交通の状況が変わってくる。例えば、雨天時は避難車両の移動速度を遅くさせるなどして天候の影響を考慮する。家庭に災害時要援護者がいる場合があり、それを考慮し、例えば災害時要援護者を抱える世帯の避難開始時間を遅らせるなどして影響を反映させる。河川が氾濫した場合でも避難シミュレーションを行うため、浸水

が広がっていくことを考慮する必要がある。シミュレーション上では浸水した道路は通行できないものとして設定するなどして、浸水の影響を反映させる。バス避難の考慮とは、地域によっては河川氾濫の危険性が見受けられた場合、臨時バスや避難バスを出して市民の避難を手助けするといったことがある。そのような場合は 1 世帯から車 1 台で避難するわけではないため、避難車両の数を減らすなどして影響を反映させる。歩行者の考慮について、私が使用する交通流シミュレーターには歩行者の表示が可能である。現実に近い状況として歩行者を考慮し、どのように影響が出るかをシミュレーションによって判断する。車両の種類を考慮、とは、普通乗用車、トラック、バイクなど車両には様々な種類があるということを考慮し、シミュレーションに反映、影響を調べる。避難所の車両収容量の考慮について、避難所にはもちろんだが、車両の収容できる限界量が決まっている。それを考慮し、実際にシミュレーションで避難所の収容数を設定し、もしその避難所の収容数が限界に達した場合、避難車両の目的地を変更する、などの設定を行い現実に近い状況を反映させる。

以上のシナリオを現在では考えているが今後、大規模洪水のシミュレーションを行う際には状況が異なるため、変更や追加の可能性がある。水害のシミュレ

表 4-2 評価指標

避難完了率	全避難車両数と避難が完了した避難車両数の割合
浸水域内の残留車両数	浸水域内に避難できず残留している避難車両の数
避難車両ごとの避難距離	避難車両ごとの出発地から目的地となる避難所までの移動避難
全避難車両の避難距離の総和	全避難車両の避難距離の合計
避難完了時間	全避難車両が避難完了するまでにかかった時間
避難車両ごとの避難完了時間	避難車両ごとの避難完了するまでにかかった時間
地区ごとの避難完了時間	地区ごとの避難完了するまでにかかった時間

シオンでは上記のシナリオの組み合わせによって Case1, Case2・・・とし、水害の避難についても避難計画の課題を探求する。

4.2 評価指標

避難シミュレーションを行うにあたって、一般的な評価指標として避難完了率はもちろん、その他複数の評価指標を用いて評価を行う(表 4-2)。浸水域内の残留車両数について、これはシナリオとして浸水域も考慮してシミュレーションを行った際に、避難中どれだけの車両が浸水域に残されてしまうか、という観点から評価を行うというものである。避難車両ごとの避難距離は、避難車両 1 台 1 台の出発地から目的地となる避難所までの距離を平均・最小値・最大値とを比較し、評価を行うというもの。全避難車両の避難距離の総和は前述した避難車両ごとの避難距離を足し、その長さから評価を行うというもの。当然だが、長ければ評価としてはあまり良いものとは言えないため、避難経路・目的地となる避難場所の改善を行う必要がある。避難完了時間とは、すべての避難車両が目的地となる避難所まで、避難するまでにかかった時間から評価を行うというもの。避難車両ごとの避難完了時間は、避難車両 1 台 1 台の出発地から目的地となる避難場所まで、避難にかかった時間から評価を行うというもの。筑後との避難完了時間とは、避難車両 1 台 1 台では細かすぎる可能性があるため、出発地の位置が同等の地区で考える。その地区ごとの避難するまでにか

かった時間から評価を行う。それぞれの評価指標で評価の良し悪しに変化するものであるため、それぞれでしっかりと評価を行い、シミュレーションであるため、理論上にはなるが避難計画への課題を検討したい。

4.3 シミュレーションにおける道路網の構築

本研究の目的にあるとおり、富山市常願寺川の大規模洪水における広域的な避難シミュレーションを行うにあたって、シミュレーションソフト Aimsun で道路網の構築を行った。まだシミュレーションを行う段階には至っていないため、今回はシミュレーションを開始するにあたって、試験的に狭い範囲で簡易シミュレーションを行った。しかし、前提として右折レーン・避難所の車両収容量の限界は考慮していないため、実際の状況からは少し遠い条件となっている。

図 4-1 は今回行った簡易シミュレーションの対象範囲である。シミュレーションの様子を図 4-2 に示す。

赤色と緑色のドットが目的地である避難所を指し、青色のドットは出発地を指している。出発地から発生する車両数はその地域の世帯数を考慮し、1 世帯 1 台と考え、30 分間で 8 箇所の出発地から合計 1537 台発生させた。最初は緑色の目的地のみに出発地からそれぞれ避難させた結果、全車両が避難するまでにかかった時間は避難開始から 57 分であった。次に赤色の避難所を追加し、目的地を 4 箇所に増やしてシミュレーションを行った結果、避難完了までの時間は 52 分と

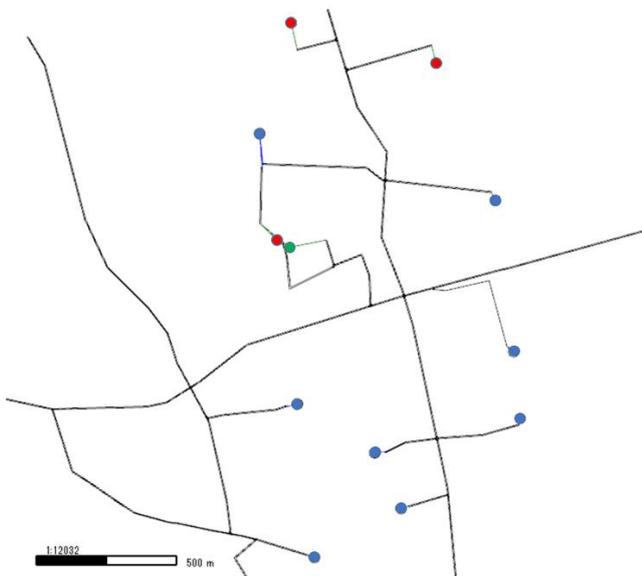


図 4-1 簡易シミュレーションの対象範囲

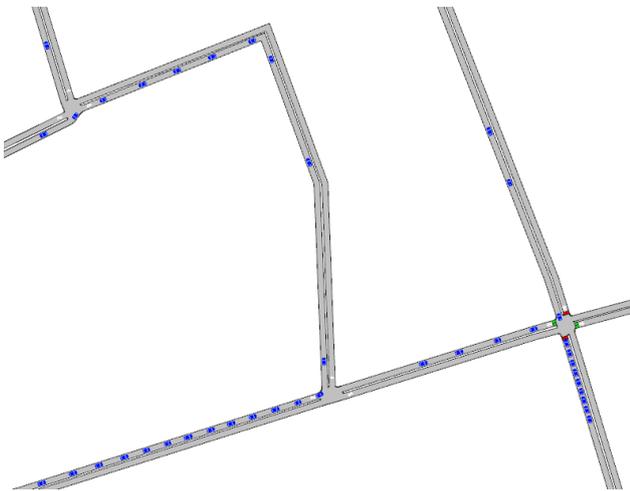


図 4-2 簡易シミュレーションの様子

わずかではあるが時間が短縮される結果となった。避難所を増やすことによって避難完了時間が短縮されるということを実測して得ることができた。ただ、緑色の避難所に 1537 台の車を収容できるはずもないため、実際はかなりの渋滞が起きることが推測できる。今後は今回行った狭い範囲ではなく、広い範囲でシミュレーションを開始する。

5. まとめと今後の課題

アンケート調査においては、富山市民の現状意識・

属性などの貴重なデータを得ることができた。ここで載せることができた内容はかなり少ないものになってしまったが、その他の設問において得られたデータも有意性が高いと考えられるため、今後研究を進める上で活用したい。

今回は道路を富山市の道路を構築する段階までしか進めることができず、避難シミュレーションの実行には至らなかった。簡易シミュレーションでは、当たり前かもしれないが、避難所の数が多いほど避難完了時間が早くなるという結果を得ることができた。富山市には避難所はたくさんあるが実際にシミュレーションを行うまでは数がそれで十分なのかはわからない。シミュレーションを行い、その点も検討したい。

今後の課題としては、まず水害の避難シミュレーションを行い、避難をスムーズに行える方法などを検討する。その後、タイトルに挙げた大規模な洪水を想定し、広域的な避難シミュレーションを行う予定である。鳶山崩れのような災害が起きた場合、水害が起きたときのための避難所では土石流に巻き込まれる可能性がある。そのため、浸水域や土石流の範囲外に避難する必要がある、そのシミュレーションを最終的な目標としている。

6. 参考文献

- 1) 平成 24 年度 富山県大学連携協議会公開講座 (2015/04/20)

http://www.nihonkaigaku.org/library/university/2012_2.html

- 2) 国土交通省 北陸地方整備局 立山砂防事務所 『平成の鳶崩れに備える』防災訓練パンフレット

- 3) 国土交通省 北陸地方整備局 富山河川国道事務所 (2015/4/20)

<http://www.hrr.mlit.go.jp/toyama/k00110.html>