

釧路市低平地における既存構造物を利用した津波避難に関する一検討

A basic study of tsunami evacuation to tall building in Kushiro low lying area

北見工業大学大学院社会環境工学専攻	○学生員	内海晃太	(Kota Uchiumi)
北見工業大学大学院社会環境工学専攻	学生員	清水俊明	(Toshiaki Shimizu)
北見工業大学社会環境工学科		村本穂乃佳	(Honoka Muramoto)
北見工業大学社会環境工学科	正会員	齊藤剛彦	(Takehiko Saito)
北見工業大学社会環境工学科	正会員	宮森保紀	(Yasunori Miyamori)
北見工業大学社会環境工学科	正会員	三上修一	(Shuichi Mikami)

1. はじめに

北海道東部太平洋沿岸の釧路市は、これまでもプレート境界型の規模の大きい地震が繰り返し発生しており、大津波の発生が懸念されるとともに対策が行われてきた。

一方、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震を契機に、各地で津波想定の見直しが進められている。北海道防災会議により2012年6月に公表された津波浸水深予測図¹⁾では、釧路市全域が広範囲に浸水するとされ、対策の大幅な見直しが必要となっている。このような巨大津波に対しては、行政主導の避難誘導では十分な対応はできない。住民の自助による避難場所の確保と避難行動の実行を基本に中長期的な都市構造の改善や周辺地域との連携により減災を図ることが望まれる。これまでに著者らは、釧路市における巨大津波に対する津波避難の基礎的検討として、公表された津波浸水深予測図を基に、沿岸部を対象に避難に利用可能な構造物の調査を行ってきた^{2),3)}。

検討の結果、地区ごとに避難可能範囲のカバー率が異なっており、空白域は住宅地で多くみられる結果となった。調査を行っていない内陸部に関しては住宅地が多く高い構造物が少ないことから、避難可能範囲のカバー率が低くなることが考えられる。また、低平地に住むすべての住民が津波到達までに、東部の高台に避難することは困難となるため、内陸部も含め釧路市の低平地に住む住民が高台を利用せずに避難が可能か現状を把握する必要がある。

そのため、本論文ではこれまでの検討結果を踏まえたうえで、内陸部の鳥取地区(北部)・愛国地区を調査しその調査結果を基に釧路市低平地(図-1)で既存の構造物を利用した津波避難の可能性について検討していく。

2. 釧路市で予測される津波被害

北海道防災会議が2012年6月に公表した報告書¹⁾では、市内のかなり広範な地域への浸水が予測されている(図-2)。地震発生から津波到達までの時間は約30分となっている。釧路川より西側では全域で浸水が予測され、浸水深は海岸近くでは10m以上、内陸側でも3m以上であるとともに、津波は市街地後背の湿原にまで到達する。この想定結果を受け、釧路市では浸水深10mを想定した場合の避難対象者数を概算した結果約12万人と



図-1 釧路市の地理⁴⁾

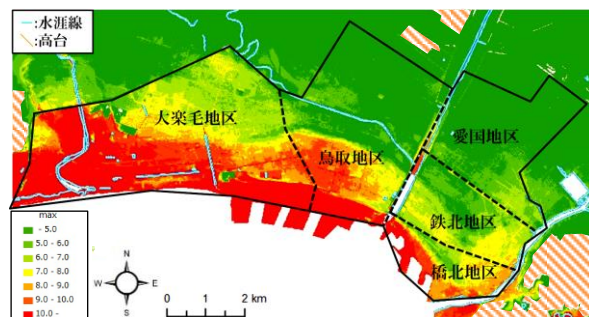


図-2 釧路市最大津波浸水深予測図¹⁾

なった⁵⁾。津波発生から到達までの30分以内に人口約12万人が東部の高台に避難することは、移動時間や人数を考慮した場合非常に困難であると考えられる。そのため、高台に代わって低平地に存在する既存の構造物を活用した避難が必要となってくる。

3. 避難可能施設の検討

3.1 調査対象地域

これまで著者らが行った研究では、釧路市の中でも浸水深が最大10m程度である沿岸部の大楽毛地区・鳥取地区・橋北地区・鉄北地区の4地区を調査対象地区として検討してきたが、本論文では内陸部の鳥取地区(北部)・愛国地区も現地調査を行い、これまでの調査結果と併せて津波避難の検討を行う。鳥取地区(北部)は、これまでに行ってきた鳥取地区とは別であり、新釧路川の支流である仁々志別川より北の地域を指す。

鳥取地区(北部)は、標高3~5mで浸水深は最大で

8m程度となっている。新釧路川の右岸に位置し、地区内には仁々志別川が流れているなど河川に囲まれている。仁々志別川の周辺は、1978年頃には住宅地として開発されていたことから外観の古い建造物が多く、高い建造物も中学校が1棟とそれ以外で目ぼしい建造物は見られなかった。一方、北側と中央部の一部地域は住宅用地として、最近まで土地開発が行われていたため、外観の新しい住宅やアパートが多く見受けられた。また、地区の中央部には避難先として利用できそうな郊外型の大型ショッピングセンターや学校・市営住宅などが集積している。

愛国地区は標高2～4mで浸水深は全体的に低く5～7mとなっている。この地区の南部には、病院や高層マンション等高さがある建造物が集積しており、その一つに多くの被災者を収容することが期待できる労災病院が存在する。東部に関しては、公立大学や市営住宅等高い建造物がいくつか見られた。北部においては、新住宅市街地土地開発事業の対象地域であるため、市営・道営住宅が約40棟集積しており、周辺には、学校・商業施設・医療施設といった公益施設が備わっている。地区の西部は、商業施設などもいくつか存在するが避難に利用できそうな高い建造物はほとんど存在しない。

3.2 現地調査による建造物の選定

現地調査では、建造物の高さを測定するためのレーザー距離計 Nikon LASER1000AS、建物の状況と位置を記録するための GPS 機能付きデジタルカメラは CASIO EX-H20G・Panasonic DMC-TZ40 の2機種を用いて、調査対象地域における建造物の高さ・状況・位置を調べるとともに、屋上の状況、外階段などにより外部からの避難が可能かどうかを可能な範囲で調査を行った。また本研究では、大楽毛から内陸部の後背を通るバイパス道路のうち、整備が完了している釧路新道に架かる橋梁やカルバートも調査した。元データとして紙媒体で保存した建造物1棟ごとの調査記録は、全て統合し GIS 上でデータベース化している⁹⁾。

避難先として建造物を選定する際に選定基準を設けるために、図-2 から各町の最大浸水深を読み取りその値を、各町の選定基準(表-1)として定めた。そのため、同じ地区においても、選定基準は違う値をとることとなる。調査により得られた建造物の高さデータと選定基準を比較したうえで、調査した全ての建造物を対象として避難先となり得るか選定する。

例として、5階建て15mで屋上が存在する建造物が最大浸水深10mの町にあるとする。この建造物は一階あたりの高さが3m、浸水しない高さが5mとなっている。次に、浸水しない階数が存在することを確かめるために浸水しない高さから1階あたりの高さを割ることで浸水しない階数が求まる。今回の場合は、1.67で1階存在することとなり、さらに屋上もあるためこの建造物は5階と屋上に避難できることとなる。しかし、5階建て15mで屋上なし最大浸水深が13mの場合、1階あたり3m、浸水しない高さが2mとなるため浸水しない階数が0.67となることから、浸水しない階が存在しない、つまり避難が出来ないこととなる。

表-1 各町の津波最大高さ

地区名	浸水深(m)
大楽毛地区	10
鳥取地区	5～10
愛国地区	5～7
鉄北地区	6～10
橋北地区	7～10

3.3 避難可能距離の算出と避難可能範囲の可視化

前節のようにして選定した建造物に対する避難可能距離の算出を行った。避難する方法としては高い建造物に徒歩で避難すると仮定する。高い建造物・立体交差部への避難が可能な距離の算出方法としては、文献7)、8)を参考に、次の式(1)、(2)で計算される距離によって判断する。

$$L_1 = P_1 \times (T - t_1) \quad (1)$$

$$t_1 = L_t / P_2 \quad (2)$$

ここで、

L_1 : 建造物に対する避難可能距離(m)

P_1 : 歩行速度(m/秒)=0.9m/秒^{9),10)}

T : 避難に使用できる時間(秒)=600秒

t_1 : 津波が届かない高い建造物へ階段を用いて上るのに要する時間(秒)

L_t : 津波最大高さ(m)(表-1)

P_2 : 階段昇降速度(m/秒)=0.21m/秒⁹⁾

P_1 は文献9)、10)を参考に0.9m/秒に設定した。避難に使用できる時間 T は600秒(10分)とする。これは、北海道防災会議による最大想定津波の予測到達時間として31～32分とされていることと、文献11)の調査により、東日本大震災における地震発生から避難開始までに要した時間は生存者で平均19分、亡くなった方は平均21分であったことに基づく。この避難開始までに要した時間と最大想定津波の予測到達時間31～32分を比較すると、避難に使用できる時間 $T=600$ 秒(10分)はやや安全側の数値となる。 t_1 で用いる津波最大波高 L_t は前節で決定したように表-1の値を用い、階段・上り昇降速度 P_2 は文献9)を参考にした。さらに、建造物への避難を論じる場合には、建造物の収容力と範囲内の人口も勘案することも必要なる。本研究では次の式(3)を用いて建物の概算収容力と周辺の人口密度から避難可能距離 L_2 を算出した。

$$L_2 = \sqrt{\frac{C/D}{\pi}} \quad (3)$$

ここで、

L_2 : 収容力を考慮した建造物への避難可能距離(m)

C : 収容可能人数(人)

D : 地域人口密度(人/m²)

収容可能人数 C については基盤地図情報縮尺レベル2500¹²⁾で得られた建物の面積に対して、避難場所として

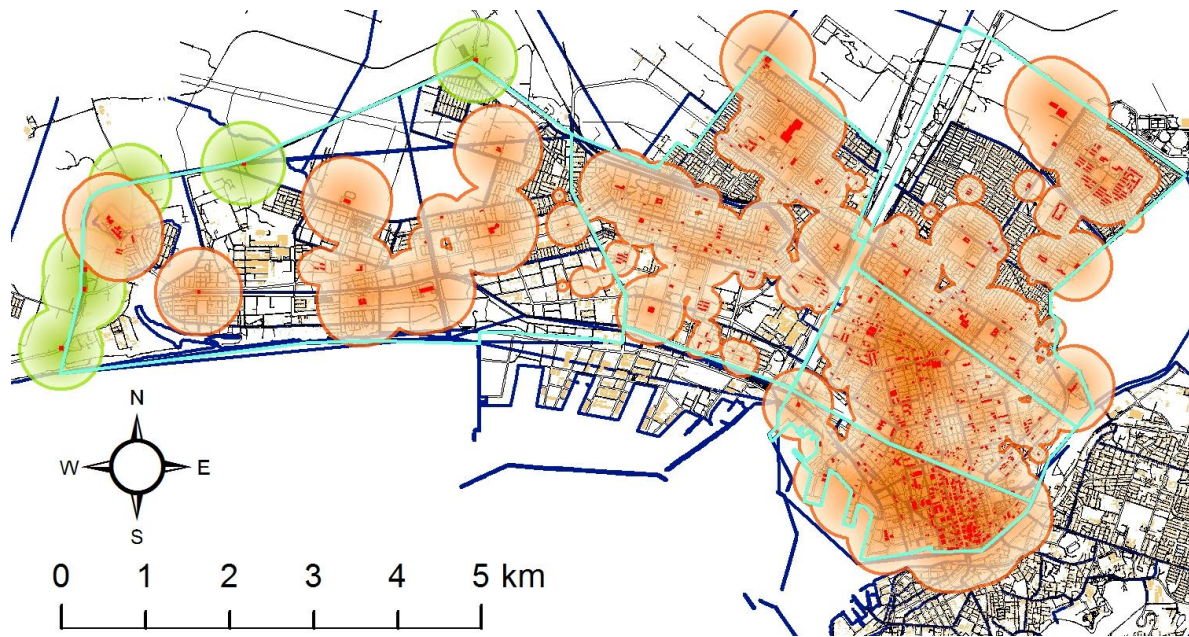


図-3 釧路市低平地における避難場所と避難可能範囲

利用可能と考えられる階数(屋上が利用可能な場合も屋上も含む)を乗じ、1名あたりの面積として 3m^2 を除した値を用いた。また、地域人口密度 D は基盤地図情報における当該地区の面積と人口データ¹³⁾における当該地区の人口から算出した。以上で求めた L_1 および L_2 のうち、値の小さなものを避難可能距離として取り扱うこととし、現地調査で選定した避難場所と避難可能距離を ArcGIS10.0 に入力して避難可能範囲を可視化した。

GIS に入力する基礎データとして、国土地理院の基盤地図情報ダウンロードサービスで提供されている基盤地図情報縮尺レベル 2500¹²⁾と現地調査で得た構造物データを用いた。はじめに、基盤地図情報の建築物データを用いて各地区で選定した構造物・釧路新道の橋梁の避難場所におけるレイヤを作成した。次に、各避難場所を中心とした避難可能範囲を可視化するため円の中心となる避難場所のレイヤを選択し、避難可能距離を半径としてバッファ処理を行うことで選択した構造物を中心に避難可能範囲が作成される。図形のグラデーションは中心から遠いほど薄く表示することで、各円の外縁部では条件によって対象の建物に避難できる可能性が低くなることを感覚的に表現した。

4. 釧路市低平地の避難可能範囲と考察

図-3 は釧路市低平地に関する避難場所と避難可能範囲である。図-3 において橙色の円は構造物を中心とした避難可能範囲、緑色は釧路新道の立体交差部を中心とした避難可能範囲、赤い四角は選定基準を満たした構造物となっている。選定基準を満たした構造物は釧路新道も含め、全 724 棟となった。全体的には釧路新道も避難先として活用したため、ある程度対象地区が避難可能範囲に収まる結果となった。本論文で新たに追加した内陸部においては、住宅地であることから高い構造物が少なく避難が困難になると思われたが、一部地域を除いて概

ね避難が可能であると考えられる。

地区ごとで評価していくと、橋北地区・鉄北地区は空白域がほぼ見られず、ほとんど避難可能範囲で覆われているが、内陸部と新釧路川より西側の地区においては空白域が目立つなど、地区ごとで避難可能範囲に差が生じているため、地区面積に対する避難可能範囲のカバー率を地区ごとで算出した(表-2)。

最もカバー率が高くなった橋北地区は、ホテル等の商業ビルが数多く存在していることで選定基準を上回る構造物が 200 棟以上となり、カバー率は 98%と非常に高い結果となった。またその北に位置する鉄北地区も選定基準を上回る構造物が 200 棟以上存在する。この地区は橋北地区と違い住宅地となっているが、高層の共同住宅が多数存在しているため、この地区に関しても避難可能範囲で全体的に満たされており、カバー率が 93%と橋北地区と同等の結果となった。それに比べ内陸部と新釧路川より西の地区は、カバー率が低下しており、最も空白域が目立つ大楽毛地区のカバー率は 44%と地区面積の半分以上となっていない。この地区は避難先として選定した構造物が約 20 棟と少ないのに対して、地区面積が広大であるためカバー率が最も低くなった。空白域を詳細に見ていくと、住宅地や工業団地・未利用の土地等、箇所によって地域人口密度に差があることから、地区内でも個別に避難対策を検討する必要がある。

その次に空白域の多くなった内陸部の愛国地区は、カバー率 64%と地区面積の半分以上は避難可能範囲に覆われている。この地区は、南部・東部に労災病院や公立大学等被災時の拠点となる構造物が存在し、また高い構造物も多く避難可能範囲でカバー出来ている。北部は避難者の収容力に期待が持てる道営・市営住宅が 40 棟以上集積しており、周辺の病院や学校も活用したため空白域が少ない。しかし、愛国地区の西部は一戸建住宅が立ち並ぶ地域で高い構造物はほぼ存在せず空白域が大きく

表-2 各地区の避難可能構造物数と地区面積のカバー率

地区名 各要素	大楽毛地区 (釧路新道も含む)	鳥取地区	愛国地区	鉄北地区	橋北地区
避難可能構造物(棟)	29	97	135	218	245
地区面積(km ²)	15.9	8.7	8.8	4.4	2.6
避難可能カバー率(%)	44	72	64	93	98

なったため、地区全体のカバー率も低下した。

一方、新釧路川の右岸に位置する鳥取地区は、カバー率が北部と併せて 72%となり、工業団地や住宅地といった空白域の生じやすい地域が存在するものの、空白域を3割程度に抑える結果となった。その理由として、鳥取地区の中央部を通る国道 38 号の周辺は、商業ビル等の高い構造物が多く、そこから南下した工業団地においては、小学校や道営住宅が点在しているため、調査をしなかった製紙工場の敷地内を除いて空白域が僅かとなった。また今回新たに調査を行った北部は、住宅地であるため一戸建住宅・低層アパートが多いものの、中央部には高い構造物が集積しており、この避難可能範囲に含まれたため、地区全体の空白域はそれほど大きくならなかった。

今回新たに調査を行った内陸部は、一戸建住宅が集積している個所で空白域が大きくなっており、周辺には高い構造物が存在せず、すぐ傍ら新釧路川が流れているため、迅速な避難が必要となる。現在着工中のバイパス道路である釧路外環状道路が釧路新道と繋がる形で内陸部の後背を通り隣接地域まで移動が可能となっている。そのため、空白域が生じている内陸部も含めバイパス道路と自動車を活用した避難を行うことで空白域に関しても、避難が可能になるのではないかと考えている。また、本研究では避難時間を安全側にとって 10 分としているが、津波避難に関して市民の理解が深まれば避難時間がより早くなり、避難時間が増加することで収容力の多い構造物は今回の結果よりも避難可能範囲が広がるため全体的にカバー率が上昇する。

5. おわりに

本研究では調査対象地区を釧路市低平地として、これまでに行ってきた調査結果を踏まえた上で今回新たな地域を加え検討を行った。

今回新たに追加した内陸部は、両地区とも住宅地であるため空白域が大きくなると思われたが、大型のショッピングセンターや病院、市営・道営住宅が多くみられ、調査対象地域が全体的に避難可能範囲でカバー出来ている結果となった。空白域に関しては、住宅地や工業団地で生じやすい傾向となっている。地区によって人口密度に差があるといった地域特性を考慮したうえで、その地区に存在する高い構造物を十分に活用することが低平地において、高台に避難が出来ない場合でも対応が可能ではないかと考えられる。そのためにも、市民のより深い理解と積極的な取り組みが必要となってくる。

一方、本論文で検討していないが釧路川左岸の高台が存在する地区も、浸水範囲となっている。この地区は、高台が存在するため避難が可能と思われるが、浸水範囲には麓はもちろん、高台の一部地域も含まれているため

今後この地区を詳細に検討する必要がある。

参考文献

- 1) 北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会：北海道太平洋沿岸に係る津波浸水予測図について、<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/bsb/tunami/index.htm>(2013 年 12 月 11 日閲覧)
- 2) 宮森保紀，内海晃太，清水俊明，山崎新太郎，大塚久哲：釧路市における既存構造物への津波避難に関する基礎的検討，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.69，No.4(地震工学論文集第 32 巻)，pp.I_919-I_931，2013。
- 3) 内海晃太，宮森保紀，清水俊明，齊藤剛彦：釧路市沿岸部における既存構造物を用いた津波避難に関する一検討，第 32 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.51-52，2013。
- 4) Google：Google earth，[http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/\(2013 年 12 月 11 日閲覧\)](http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/(2013年12月11日閲覧))
- 5) 釧路新聞：避難者 12 万人に増加/釧路市の想定，<http://www.news-kushiro.jp/news/20120911/201209111.html>(2013 年 12 月 11 日閲覧)
- 6) 清水俊明，宮森保紀，内海晃太，齊藤剛彦：釧路市における津波避難に用いる構造物情報のデータベース化，第 32 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，pp.45-46，2013。
- 7) 大塚久哲，箆島隆司，梶田幸秀，山崎智彦：立地条件を考慮した東北地方太平洋沿岸地域の津波避難支援，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.68，No.4(地震工学論文集第 31-b 巻)，pp.I_1081-1090，2012。
- 8) 津波避難ビル等に係るガイドライン検討会，内閣府政策統括官(防災担当)：津波避難ビル等に係るガイドライン，2005。
- 9) 足立啓，小松和郎，荒木兵一郎：障害者を考慮した住宅団地の研究(その 1)歩行行動から見た障壁の分析，日本建築学会大会学術講演梗概集計画系 55(建築計画・農村計画)，pp.1233-1234，1980。
- 10) 芳村隆史，早瀬秀雄，荒木兵一郎：視覚障害者の安全歩行空間計画に関する研究(その 4)駅構内における歩行追跡調査，日本建築学会大会学術講演梗概集計画系 55(建築計画・農村計画)，pp.1229-1230，1980。
- 11) 株式会社ウェザーニューズ：東日本大震災津波調査(調査結果)，http://weathernews.com/ja/nc/press/2011/pdf/20110908_1.pdf(2013 年 12 月 11 日閲覧)
- 12) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス，2012 年 9 月 1 日，<http://fgd.gsi.go.jp/download/#>(2013 年 12 月 11 日閲覧)
- 13) 釧路市：平成 23 年釧路市統計書，http://www.city.kushiro.lg.jp/shisei/toukei/shi_toukei/0001.html(2013 年 12 月 11 日閲覧)