

釧路市低平地における津波避難開始時間が避難可能範囲に 及ぼす影響の検討

A study of the effects of escape time on the tsunami evacuation range in Kushiro low-lying area

北見工業大学大学院工学研究科社会環境工学専攻
北見工業大学工学部社会環境工学科
北見工業大学工学部社会環境工学科
北見工業大学工学部社会環境工学科

○学生員
正 員
正 員
学生員

清水俊明 (Toshiaki Shimizu)
宮森保紀 (Yasunori Miyamori)
齊藤剛彦 (Takehiko Saito)
山内朋哉 (Tomoya Yamauchi)

1. はじめに

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が見直されている。北海道東部に位置し、拠点都市である釧路市においても津波災害が懸念されている。

著者らは現在北海道で予測されている最大想定津波¹⁾に対し、これまでに釧路市低平地において津波避難が可能と考えられる構造物の現地調査を行った。また、その現地調査によって得られた構造物の高さ、階数、屋上の有無などのデータを用いて避難可能範囲の算出を行ってきた^{2), 3)}。現地調査による選定構造物数及び各地区の人口及び面積を表-1 に示す。

これまでの検討の結果、地区ごとに避難可能範囲のカバー率が異なっており、構造物の多数存在する中心市街地周辺についてはある程度避難が可能であるという結果になった。一方、中心市街地から離れるにつれ住宅地、工場などの割合が増加し、構造物が減少していくという都市構造であり、空白域が生じるという結果となった。愛国地区、鳥取地区、大楽毛地区に関しては歩行のみによる避難には限界があるという結果となった。

しかし、これらの条件は各要素が一定という条件で避難可能範囲の可視化を行っており、実際の避難時において避難者の行動にはばらつきが生じる。特に大きく変化する要素として避難を開始する時間が挙げられる。東日本大震災の津波避難時には津波への警戒度によって避難を開始する時間に大きな差が生じている⁴⁾。釧路市においても東日本大震災以降、避難訓練⁵⁾や津波ハザードマップの更新⁶⁾など巨大津波対策が行われ、住民の危機意識の向上が図られている。これらの活動から避難を開始するまでの時間が短くなり、早期に避難を開始できることが考えられる。しかし、この時間の変動によって避難の可能性がどのように変化するか、また避難の可能性に大きな差が生じる避難開始時間の見極めが必要である。

そこで、本研究では避難を開始する時間の変化により避難可能範囲のカバー率にどのような変化が生じるか、また、避難可能性の大きな分かれ目となる時間帯がいつであるかについて検討を行った。まず、本研究において避難可能距離の算出を行う際の要素について説明する。次に、本研究で設定した避難開始時間について説明する。これらの要素を用いて避難可能範囲を可視化した結果について考察を加える。以上から、避難時間を一定とするのではなく、幅を持たせて検討することで、市民全体が目指すべき避難開始時間、また避難の早期化だけでは解決できない問題を明らかにする。

2. 避難可能範囲の検討方法

2.1 避難可能距離の算出方法

各構造物に対する避難可能距離の算出方法には、歩行速度に基づく距離と構造物の収容力に基づく距離があり、参考文献 7), 8)を参考に決定した。

まず、歩行速度に基づく避難可能距離については次の式(1)を用いて算出した。

$$L_1 = P_1 \times (T - t_1 - H/P_2)/1.5 \tag{1}$$

ここで、

L_1 : 構造物に対する避難可能距離(m)

P_1 : 歩行速度(m/s)=0.62m/s⁴⁾

T : 津波到達予想時間(s)=1800s¹⁾

t_1 : 避難開始までにかかる時間(s)

H : 最大浸水深(m)

P_2 : 階段昇降速度(m/s)=0.21m/s⁹⁾

歩行速度 P_1 については参考文献 4)を参考に、東日本大震災時の平均歩行速度 0.62m/s とした。津波到達予想時間 T については北海道防災会議による最大想定津波の予測時間¹⁾である 32 分から地震の揺れが収まるまでの時間を考慮し 30 分とした。避難開始までにかかる時間 t_1 については次節でも記述するが、0s, 300s, 600s,

表-1 各地区の概況と現地調査による選定構造物数

地区名 各要素	大楽毛地区	鳥取地区	愛国地区	鉄北地区	橋北地区	全域
地区人口 (人)	17,556	30,176	38,735	21,589	5,413	113,469
地区面積 (km ²)	15.9	8.7	8.8	4.4	2.6	40.5
選定構造物数 (棟)	24	96	135	217	245	717



図-1 避難開始までの時間 0 分

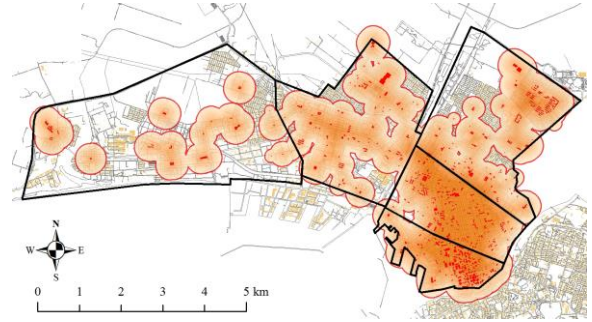


図-4 避難開始までの時間 15 分

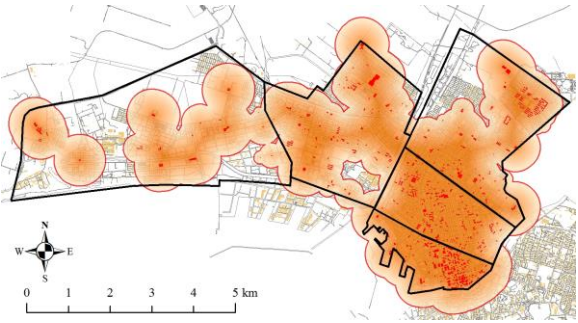


図-2 避難開始までの時間 5 分



図-5 避難開始までの時間 20 分



図-3 避難開始までの時間 10 分



図-6 避難開始までの時間 25 分

900s, 1200s, 1500s の 6 つのケースとした。最大浸水深 H については北海道防災会議の公表している GIS 浸水深データ¹⁾とした。階段の昇降速度 P_2 は参考文献 9)を参考にした。最後に式全体を 1.5 で除している。これは、直線距離を実際の避難ルートに即した避難距離に変換しており、1.5 という値は参考文献 4)の東日本大震災時の直線距離と避難距離の比を参考にしている。

次に、建造物の収容力に基づく避難可能距離については次の式(2)を用いて算出した。

$$L_2 = \sqrt{\frac{C/D}{\pi}} \quad (2)$$

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) = 建造物面積×避難階数/1

D : 地域人口密度 (人/m²)

収容人数 C については、基盤地図情報¹⁰⁾で得られた建物の面積に対して、避難場所として利用可能と考えられる階数(屋上含む)を乗じ、1 人あたりの面積として 1m² を除した値を用いている。また、地域人口密度 D については基盤地図情報における各地区の面積と釧路市統

計書¹¹⁾における各地区の人口から算出している。

以上で求めた L_1 , L_2 のうち、値の小さい方をその建造物に対する「避難可能距離」とする。そして、釧路市低平地において現地調査で選定した建造物と算出した避難可能距離より避難可能範囲の可視化を行う。

2.2 避難開始時間の設定

東日本大震災時の平均避難開始時間については参考文献 4)によると平均 22 分とされている⁴⁾。しかし、避難人数の 5 分刻みの分布を見てみるとばらつきが大きく、10-15 分が最も多く、次いで 0-5 分、5-10 分となっている。およそ半分は 15 分以内に避難しているものの、避難開始時間が 1 時間後や 2 時間後などのデータも含まれているため、平均はやや遅めになっていると考えられる。

そこで、本研究で用いる値としては 0 分で避難を開始するケースから避難に用いることのできる時間である 30 分の 5 分前である 25 分後まで、5 分(300s)刻みで 6 つのケース (0s, 300s, 600s, 900s, 1200s, 1500s) について避難可能範囲の可視化及びカバー率の算出を行う。ここで、カバー率の定義は「避難可能範囲に覆われた地区面積÷地区面積」としている。

表-2 避難開始時間の変化によるカバー率の変化

避難を開始する までの時間	避難可能範囲による地区面積のカバー率					
	大楽毛地区	鳥取地区	愛国地区	鉄北地区	橋北地区	全域
0 分	71%	95%	82%	100%	100%	83%
5 分	60%	92%	79%	100%	100%	78%
10 分	49%	89%	77%	100%	100%	73%
15 分	36%	82%	72%	97%	99%	65%
20 分	21%	67%	59%	94%	92%	51%
25 分	7%	32%	33%	71%	71%	29%

表-3 L_1 によって避難可能距離が決定する割合

避難を開始する までの時間	L_1 の割合					
	大楽毛地区	鳥取地区	愛国地区	鉄北地区	橋北地区	全域
0 分	33%	4%	4%	1%	17%	9%
5 分	42%	8%	8%	3%	24%	13%
10 分	46%	15%	14%	8%	37%	21%
15 分	67%	29%	38%	19%	52%	37%
20 分	88%	56%	66%	36%	78%	60%
25 分	100%	98%	93%	82%	99%	93%

3. 避難開始時間が避難可能範囲に及ぼす影響

図-1~6 は避難開始までの時間が 0 分から 25 分まで 5 分刻みとした 6 ケースの避難可能範囲となっている。黒枠は地区の区切り線となっており、赤い点は現地調査により選定した避難構造物、オレンジの円が避難可能範囲となっている。また、表-2 と図-7 に避難開始時間によるカバー率の変化を示す。さらに、2.1 節で述べたように避難可能距離は避難時間に基づく L_1 と収容力に基づく L_2 の小さい方で決定される。そこで、地区ごとに避難可能範囲に避難時間が与える影響を分析するため、表-3 に L_1 によって避難可能距離が決定した構造物の割合を示す。

3.1 大楽毛地区

大楽毛地区は住宅地や工業団地、未利用地などの利用状況にばらつきが大きい地区である。全 5 地区のなかでも最もカバー率が低い地区であり、カバー率の低下は直線的な傾向にある。地震後より工業団地や未利用地においてカバー率が低下し、25 分後の避難ではカバー率が 7%まで低下する。

この地区に関しては揺れが収まった直後に避難を行ったとしてもカバー率が 71%と最も低い値であり、歩行のみによる避難は難しい地区である。

3.2 鳥取地区

鳥取地区は工業団地や住宅地、商業ビルなどが存在する地区である。揺れが収まった後、速やかな避難を行うことでカバー率は 95%となりおおむね徒歩による避難が可能である。しかし、10 分後からカバー率が 90%を下回り、工業団地、住宅地において空白域が生じ始め、避難開始が 25 分後となると後述する愛国地区と同程度の 32%まで低下する。そのため、当地区に関しては早期避難の必要性が特に高い。

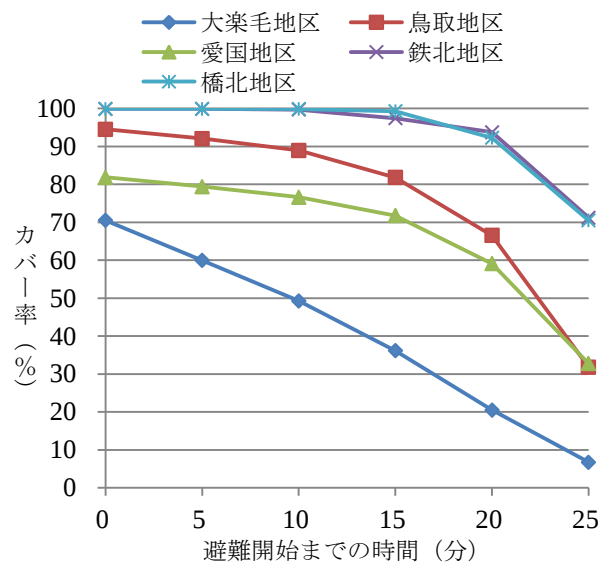


図-7 避難開始時間の変化によるカバー率の変化

3.3 愛国地区

愛国地区は主に住宅地や公営住宅からなる地区であり、揺れが収まった直後の避難でカバー率が 82%となり、徒歩による避難もある程度期待できるが、徒歩のみでは住民全員の避難は難しい。愛国地区は鳥取地区よりも避難構造物数が多いものの構造物の所在に偏りが大きい。新釧路川付近に住宅地が広がっており、避難構造物が少ないのが現状であり、新釧路川周辺の津波避難施設の設置、もしくは自動車を用いた内陸への避難が望まれる。

3.4 鉄北地区

鉄北地区は商業ビルや高層の共同住宅が多数存在する地区であり、地震後から 10 分後までの避難でカバー率が 100%となっている。しかし、15 分後から新釧路川沿

いの住宅地において空白域が生じ始め、25 分後には71%まで低下し、徒歩のみによる避難が難しくなる。そのため、当地区は早期に避難が開始されることで住民全員の避難が可能であると考えられる。

3.5 橋北地区

橋北地区の東部は釧路市の中心市街地であり商業ビルが集積している。しかし、沿岸部周辺には構造物が少ない傾向がある。当地区は鉄北地区と同じ傾向であり、10分後まではカバー率が100%であり、15分後から沿岸部が空白域になり始め、25分後では71%まで低下する。こちらの地区は沿岸部の早期避難が特に重要であり、地震後速やかな避難を行うことで住民全員の避難が達成できると考えられる。

3.6 各地区の比較

各地区を比較すると、大楽毛地区におけるカバー率の低下傾向は他地区とは異なり、地震後から25分後まで線形である。これは大楽毛地区において選定されている構造物に収容力の大きなものが多いこと、また人口密度が低いことによる影響である。大楽毛地区は表-3 からわかるように他地区と比較して避難開始時間が影響する式である L_1 で決定される構造物が多いため、避難開始時間の変化に直接的な影響を受けている。

その他の地区に関しては避難可能距離が L_1 となる数が少なく、避難開始時間が遅くなるにつれ徐々に影響を受けるため図-7のような傾向になっていると考えられる。

橋北、鉄北地区に関しては15分後以降、カバー率が大幅に低下するため、15分以内に避難を開始することが望まれる。鳥取、愛国地区に関しては地震後からカバー率が緩やかに低下し始めるため、可能な限り早期に避難すると同時に、空白域が生じている地域における津波避難ビルの整備、自動車を用いた釧路外環状道路、北海道横断自動車道への限定的な避難などが望まれる。大楽毛地区に関しては地震後からカバー率が低いことに加え、低下率も大きいため徒歩のみによる避難は難しく、避難施設の整備や自動車による国道を用いた内陸への避難が必要である。

4. まとめ

本研究では既往の研究に加え、津波避難を開始する時間が変化することにより避難可能範囲のカバー率にどのような影響を与えるか検討を行った。

その結果、橋北、鉄北地区に関しては地震後15分以内に避難を開始することで徒歩による避難がおおむね可能であるという結果となった。鳥取、愛国地区に関しては徒歩避難を可能な限り早期に開始すること、また徒歩避難が難しい空白域に関しては避難施設の整備が必要である。大楽毛地区に関しては早期に避難を開始しても徒歩による避難は困難であり、自動車を用いるなど徒歩避難以外の避難方法を検討する必要がある。

このように釧路市内において津波避難可能範囲に関する検討を行った結果として、市という単位でなく地区によって避難の可能性が大幅に変化するということが明らかとなった。このことから、各地区の特性を十分に考慮した津波避難対策を検討すべきである。そのためには、

住民自身が自分の住んでいる地域の現状を把握し、発災時に自分が行うべき行動をとれるような取り組みを続けることが最も望ましい。

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>, 2012.
- 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, 清水俊明, 村本穂乃佳, 齊藤剛彦, 宮森保紀, 三上修一：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, 土木学会北海道支部平成25年度論文報告集, 第70号 A-09, 2014.
- 4) 国土交通省都市局街路交通施設課：津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について（第3版）, 2013.
- 5) 釧路市：釧路市 HP, 平成26年度釧路市防災総合訓練の実施結果,
<http://www.city.kushiro.lg.jp/bousaiky/bousai/saigai/sonaeru/page0010.html>, 2014.
- 6) 釧路市：津波ハザードマップ,
<http://www.city.kushiro.lg.jp/bousaiky/bousai/map/0100>, 2013.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 足立啓, 小松和郎, 荒木兵一朗：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) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス,
<http://fgd.gsi.go.jp/download/>, 2014年12月10日
- 11) 釧路市総合政策部企画課統計担当編：釧路市統計書 平成23年(2011), 2012.