

来街者の選好特性を加味した避難経路の分析

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 非会員 一瀬恭平
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 鳩山紀一郎
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 佐野可寸志
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 松田曜子

1. 研究目的と背景

現在、南海トラフ巨大地震などにより大津波の発生が想定されている各地域では、地域防災計画の策定や津波避難施設の設置、避難訓練の実施等の諸対策が実施されている。しかし、これらは主に住民が対象とした対策である。一方で、観光等の目的で地域を来訪した来街者とした対策は少なく、来街者は自身の現在地から避難場所を認知しにくい状況にある。

本研究では、来街者を対象とした避難対策として、津波避難誘導システムを挙げる。そしてそのシステムは、不特定多数に情報を知らせ、個人に対応した情報を送ることに適している必要があるため、身近に利用しており、災害発生時に情報を確実に届けることが可能であるスマートフォン等の携帯端末を利用した情報を受け取る仕組みが適していると考えた。今回は、避難誘導を行う経路について、個人の選好特性に応じた経路設定が必要であると考え、その選好の要因の調査と分析を行う。

2. 既往研究のレビュー

津波避難に関する研究としては、池田ら¹⁾の市街地における避難先配分を、避難ポテンシャルを用いて最適化を行うもの、鳩山ら²⁾の自動車避難の実現可能性を判断する仕組みを検討するものがある。

しかしながら、来街者を対象とした津波避難誘導を行う有効的なシステムについては十分に検討されていない。

日常生活における経路選択に関する研究としては、竹上ら(2006)³⁾の経路選択行動に影響を与える要因をしめし、空間的定位に焦点を当てて分析を行うも

の、大佛ら⁴⁾の経路選択の判断材料に関する実験を行うものがある。

避難時における経路の誘導に関する研究としては、佐藤ら⁵⁾の被験者に経路を口頭で指示した場合の移動経路を調査するものがある。

以上の研究から、日常生活における経路選択は単純な最短経路の誘導は好ましくなく、津波避難時においてもそれは同様であることが分かる。よって、利用者ごとの経路に対する選好を調査することは、重要である。

そこで本研究では、来街者を対象とし、個人の選好特性に応じた避難誘導を行うシステムを開発するため、避難時における経路選択について調査し、どの要因が影響を及ぼすのか検討を行う。

3. 調査の設計

3.1. 避難経路選択の要因の決定

土地勘がない来街者を対象として想定した避難誘導において、単純な最短経路による誘導の場合、本来であれば津波浸水域から離れた避難場所へ逃げる事ができる場合においても、近い避難場所へ誘導することや、避難者に合わない避難経路を選択する可能性がある。これを解消するために経路の選好の要因を決定し、その要因の分析を行う。

竹上ら³⁾及び大佛ら⁴⁾の研究より、日常での経路選択の要因は以下の4つに分類されることが分かっている。

- 経路長
- 歩行環境
- 空間的定位

- ・歩行者属性
- ・ターン回数

経路長は現在地から目的地までの経路の距離を示す。歩行環境は、幅員や道路舗装状況、自動車交通などの道路の状況を示す。空間的定位は、歩行者が自ら置かれている空間的位置を認識しながら歩いている時に生じる行動特性のことを示す。歩行者属性は年齢や性別、健康状態を示す。ターン回数は経路における交差点等の右左折の回数を示す。

また、本研究では避難時の経路選択を行うため、以下の要因が別に影響を及ぼすことが考えられる。

- ・避難方向
- ・避難施設情報
- ・避難経路の危険性

ここで、避難方向は現在地から避難場所へ逃げる場合、それが海から離れる方向か近づく方向なのかを示す角度のことである。避難施設情報は階数や建築面積、標高の情報のことを示す。避難経路の危険性については、道路が閉塞されている場合などが考えられるため、必要であると考えられる。

以上から本研究における避難経路選択の要因を以下の要素に設定し、分析を行う。

- ・避難経路長
- ・ターン回数
- ・道路幅員
- ・避難施設収容人数
- ・避難施設属性
- ・避難方向

各要因の採用理由について述べる。避難経路長は最短経路による誘導と比較するために必要な基準のため採用した。ターン回数については、避難誘導アプリケーションにした場合の常に現在地と目的地までの経路案内が確認できる状態であれば重要度は下がるという想定をしたため、その証明を行うものである。道路幅員については、ガレキ等による道路閉塞の可能性を表す基準として利用する。避難施設収容人数と避難施設属性については避難施設情報に該

当する。避難経路選択においては目的地の候補が複数あるため、避難場所の情報が必要であると考えたため、採用した。避難施設属性には「高台」と「津波避難タワー」の2属性に設定した。本研究における高台と津波避難タワーのイメージを図-1に示す。避難方向に関しては、津波避難において海の方へ逃げることにに対する危機意識を持つのか調査するために採用した。



(a) 津波避難タワー (b) 高台

図-1 避難施設のイメージ

3.2. 調査方法

前節で設定した要素について調査・分析を行う。今回は経路の選好を調査するため、好みや利用意向を尋ねる SP(Stated Preference: 顕示選好) 調査を行うことで分析するためのデータを収集する。表-1に本調査で利用する要因の水準を示す。

調査を行う場合においては全てのパターンについてアンケート調査を行わなければならないが、回答者の負担などの面から実際に行うことは困難であ

表-1 各要素に関する水準数

属性		要因	水準数			
高台	道路	避難時間[分]	1	8		
		ターン回数[回]	2	7	5	
		幅員	2	4m以下	4m以上	
	避難施設	収容人数[人]	2	1000	400	
		避難方向[度]	2	60	30	
避難タワー	道路	避難時間[分]	2	6	4	
		ターン回数[回]	2	5	3	
		幅員	2	4m以下	4m以上	
	避難施設	収容人数[人]	2	300	100	
		避難方向[度]	3	30	-30	-60

る。そのため、今回はテストケースの数を減らす手法としてペアワイズ法を用いることでケース数を16まで削減した。表-2にペアワイズ法によるテストケース生成を行った表を示す。

予備実験として、今回はWebアンケート作成ツールである「Survey Monkey」を用いることで表-2の要件を満たすアンケートを作成した。テストケースの条件に合うように図-1のような図を作成し、どちらの経路を通るのが好ましいか、一対比較によるアンケート形式をとった。

表-2 ペアワイズ法によるテストケースの生成

No.	高台 避難 時間	タワー 避難 時間	高台 ターン 回数	タワー ターン 回数	高台 幅員	タワー 幅員	高台 収容 人数	タワー 収容 人数	高台 避難 方向	タワー 避難 方向
1	8	4	5	5	4m以下	4m以上	1000	300	30	-60
2	8	4	5	5	4m以上	4m以下	400	100	30	-60
3	8	4	5	5	4m以上	4m以上	400	300	30	-30
4	8	4	5	3	4m以上	4m以下	400	100	60	30
5	8	4	5	5	4m以下	4m以上	1000	100	60	-30
6	8	4	7	3	4m以上	4m以下	400	300	60	-30
7	8	4	7	3	4m以上	4m以下	1000	100	60	30
8	8	4	7	3	4m以下	4m以上	1000	300	60	30
9	8	4	7	5	4m以下	4m以上	400	100	30	-60
10	8	6	5	3	4m以上	4m以下	400	300	30	-30
11	8	6	5	3	4m以下	4m以上	1000	100	60	30
12	8	6	7	5	4m以上	4m以下	1000	100	60	-30
13	8	6	7	5	4m以上	4m以上	400	300	60	30
14	8	6	7	3	4m以上	4m以上	400	100	30	-30
15	8	6	7	3	4m以上	4m以下	1000	100	30	-60
16	8	6	7	3	4m以上	4m以上	400	300	30	-60



図-1 アンケートに使用した比較図の一例

4. 調査結果の分析及び考察

4.1. パラメータの推定

アンケートの結果、回答者の数は30人で、経路選択の回答数は376集まった。アンケート調査で収集したデータサンプルを二項ロジットモデルによるパラメータ推定を行う。推計する際に用いた効用関数を以下に示す。

$$V_1 = \alpha_1 x_{11} + \alpha_2 x_{21} + \alpha_3 x_{31} + \alpha_4 x_{41} + \alpha_5 x_{51} + \alpha_6 x_6 \quad (1)$$

$$V_2 = \alpha_1 x_{12} + \alpha_2 x_{22} + \alpha_3 x_{32} + \alpha_4 x_{42} + \alpha_5 x_{52} \quad (2)$$

ここで、

V_j : 選択肢 j を選択したときの効用

x_{1j} : 選択肢 j の避難方向

x_{2j} : 選択肢 j の時の収容人数

x_{3j} : 選択肢 j の時の道路幅員

x_{4j} : 選択肢 j の時のターン回数

x_{5j} : 選択肢 j の時の避難時間

x_6 : 避難経験の有無

$\alpha_1 \sim \alpha_6$: パラメータ

とし、 $j=1$ を高台、 $j=2$ を津波避難タワーに逃げた場合とする。パラメータの推定結果を表-3に示す。

表-3 パラメータ推定結果

説明変数	係数	t値
避難方向[度]	0.0248	5.050
収容人数[人]	0.0004	0.950
幅員(1:4m以下、0:4m以上)	-0.5140	-2.962
ターン回数[回]	-0.0188	-0.224
避難時間[分]	-0.0409	-0.356
避難経験(1:有,0:無)	0.1400	0.474
サンプル数	376	
調整済み尤度比	0.376	

表-3より、尤度比が0.3以上と適合性の高いモデルが得られていると考えられる。

パラメータ推定結果の傾向として、避難方向と幅員の変数のt値の絶対値が自由度 ∞ の際の5%有意水準である1.96よりも高くなっている。このことから特にこの2項目について選択確率に影響を与える

要因であることが分かる。また、避難を行う場合の行動選択として幅員の狭いところへの避難を避け、海側にある避難場所を避ける傾向があることが分かる。個人属性の情報として避難経験の有無を推定したが、避難経験の有る方が高台に逃げる傾向があるが、t値が0.4と低いため、影響を与える要因とは見なせない。

4.2. 考察

表-3の結果より、係数について他の要素に比べ、ターン回数の影響が低いことが分かった。これは携帯端末を利用した場合、紙の地図や口頭での道案内と比較し、迷う可能性が低くなるため、影響が低くなっていると考えられる。また、今回の設問において、ターン回数については数字ではなく、経路の形による表現だったため、影響が低くなったことも考えられる。ターン回数の数値を明示する等で回答者に質問に違うことを分かりやすくする必要があると考えられる。

次に設定した要因の中で影響が低いのは収容人数と避難時間である。収容人数については、今回の設問では、現在いる地域の人口規模等についての設定をしておらず、避難する被災者の人数が想定できなかったことに原因があるのではないかと考えられる。そのため、収容人数の規模に対して、自分以外にその避難場所に逃げる人数を考えることができなかつたことに影響があると考えた。周辺人口や町の規模等の情報を入れる等、ある程度現在いる地域の情報を与えることで回答者に想定しやすい状況を作ることと改善すると考えられる。

避難時間については、高台と津波避難タワーのどちらの選択肢においても津波が到達する時間以内に逃げるができるという設定にしたため、大きな影響を及ぼす結果にならなかったと考えられる。

5. まとめと今後の課題

来街者を対象とした津波避難誘導システムの開発のため、避難経路選択について調査を行った。影響を及ぼす要因を設定し、一対比較によるWebアンケート調査を行った結果、避難方向と幅員による影

響が大きいという結果が出た。今回はアンケートの回答数が30人と少ない条件で年齢属性が20代に偏っていたため、年齢属性の層を増やし、回答者数を増やす必要があると考えられる。

今後の予定としては、アンケートの提供の仕方を再考し、改めてアンケート調査を行う。次は回答者の年齢層ごとにおける経路の選好について分析を行う。そして、調査の結果から津波避難誘導システムの経路選択の部分への適用を考えていく。具体的には、非常時において、津波到達までに避難可能な避難場所を検索し、ユーザーの避難経路に関する選好に応じて、避難経路を提示するシステムを検討していく予定である。

謝辞

避難誘導システム開発面において継続的にご助言をいただいている東京大学生産技術研究所の伊藤昌毅助教に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 池田浩敬, 木村謙, 和田聖治, 白井くるみ(2017): 市街地における津波避難先配分の最適化に関する研究 - 沼津市第二地区における検討事例 -, 地域安全学会論文集, No.30
- 2) 鳩山紀一郎, 平松大輝(2015): 自動車を利用した津波避難方針設計手法に関する基礎的検討, 交通工学論文集, 第1巻, 第2号(特集号A), pp.A_172-A_178
- 3) 竹上直也, 塚口博司(2006): 空間的定位に基づいた歩行者の経路選択行動モデルの構築, 土木学会論文集, Vol.62, pp.64-73
- 4) 大佛俊泰, 田中あずさ(2017): 経路選択に関わる要因分析と歩行者行動のモデル化, 日本建築学会計画系論文集, Vol.82, pp.895-903
- 5) 佐藤翔輔, 阿部紀代子, 大塚友子, 中川政治, 皆川満洋, 岩崎雅宏, 今村文彦(2015): 来街者の津波避難誘導をねらいにした避難行動・誘導実験とその分析—石巻市中心市街地における事例—, 土木学会論文集 B2(海洋工学), Vol.72, pp.I_1639-I164