

津波避難における移動手段と自転車活用に関する研究 —南海トラフ地震に備える愛知県田原市の訓練事例—

A Study on Travel Means for Tsunami Evacuation and Use of Bicycles
- Evacuation Drills in Tahara City Facing Hazard by Nankai Trough Earthquake -

村上ひとみ¹, 脇浜貴志², 小山真紀³, 奥村与志弘⁴

Hitomi MURAKAMI¹, Takashi WAKIHAMA², Maki KOYAMA³
and Yoshihiro OKUMURA⁴

¹ 山口大学 大学院理工学研究科 環境共生系専攻

Graduate School of Environmental Sci. and Engr., Yamaguchi University

² (株) 鴻池組

KONOIKE Construction Co. Ltd.

³ 岐阜大学 流域圏科学研究センター

River Basin Research Center, Gifu University

⁴ 京都大学大学院 地球環境学堂

Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University

In this study, authors investigated means of transportation and benefit of bicycle usage for tsunami evacuation drill in Tahara city facing the high threat of Nankai Trough earthquake. According to the questionnaire survey, 45% of people evacuating longer distance destination (Atsumi Sports Park) used bicycles, and percentage of cases finishing within 15 minutes target time is higher. According to the time measurement at safety line, delay time of bicycle users is shorter than pedestrians. GPS log recordings indicated average velocities of 91m/min for pedestrians and 146m/min for bicycles, and standard deviation is smaller for bicycles than for pedestrians. Identifying contour polygon for 5 min., 10 min. and 15 min. allowance time for evacuation, bicycles are effective to cover wider communities where evacuation destination is more than 1km and rather distant.

Keywords: Tsunami evacuation, Means of transport, bicycles, Nankai Trough Earthquake, Evacuation drill, Questionnaire survey, GPS logger

1. はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)は岩手県・宮城県・福島県の沿岸に甚大な津波被害をもたらした。津波から避難する際に車を利用して渋滞に巻き込まれて逃げ遅れたケースが存在した。国土交通省の復興支援調査¹⁾によれば、避難における車の割合はリアス部で46%、平野部で60%を占める。柳原・村上²⁾は石巻市の津波避難アンケート分析により、車と徒歩の移動パターンと所要時間の特徴を示した。また藤生ら³⁾により、避難時に発生する自動車数を少なくすることが安全な避難に繋がると報告されている。今後の巨大津波に備え、自動車への過度な依存を減らす避難手段を確立すること、自主避難できる高齢者を増やす施策が必要である。

そこで本研究では、南海トラフ地震に備える愛知県田原市における津波避難訓練の調査・計測をもとに、住民の避難特性を把握し、自動車に代わる避難手段として自転車の有効性について検討することを目的とする。

2. 研究対象地域

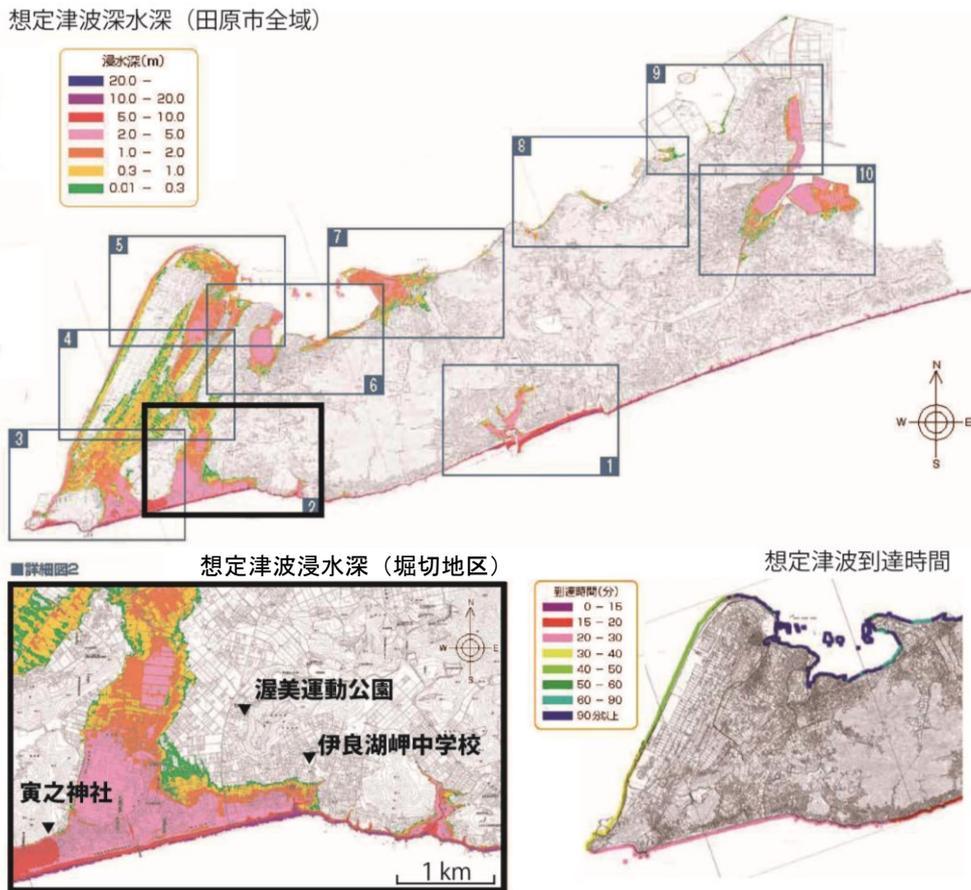
(1) 愛知県田原市の概要と津波の危険性

愛知県田原市は人口64,812人(2014年9月末)であり、愛知県の南端に位置する渥美半島のほぼ全域が市域である。田原市太平洋岸は歴史資料から1096年以来、11回の津波襲来を受けてきたことがわかる⁴⁾。堀切校区は田原市の南西部の太平洋沿岸地域で、堀切町と小塩津町の2つの自治会により構成され、人口は2,012人(2014年11月末)である。また、2010年国勢調査によれば、堀切校区の自宅外就業者の通勤手段⁵⁾は自家用車が82.7%、自転車が5.3%である。

田原市は、東北地方太平洋沖地震津波が発生する前は、東海・東南海・南海地震(M8.8)の同時発生の津波発生シナリオを最悪シナリオとして浸水予測を実施しており、堀切校区は浸水しないとしていた⁶⁾。しかし、同津波の発生を受け、内閣府「南海トラフ巨大地震モデル検討会」⁷⁾による11通りの南海トラフ巨大地震(M9.1)の津波発生シナリオの中から同市で最大浸水規模となるシナリ

オを用いた浸水予測を行い、堀切校区でも大きな津波浸水を想定するようになった⁶⁾。同市が公開している浸水予測地図(図1)によると、堀切校区の浸水深は2~5m、津波到達時間(沿岸の潮位が1m上昇する時間)は20~30分である。こうした想定を踏まえて、堀切校区では避難の目標時間を15分に設定している。

は毎年200名を超え、そのうち自転車の利用者は毎回30名程度である。避難場所別で見ると、寅之神社と伊良湖岬中学校において自転車利用者は毎回1%程度しか存在しないが、渥美運動公園では自転車利用者が毎回30%程度存在する。これは住宅街から高台がある渥美運動公園までの距離が長いことが理由であると推測される。



※ 上図はすべて南海トラフ巨大地震 (M9.1) を想定している

図1 堀切校区の津波浸水想定区域⁶⁾

(2) 堀切校区の津波避難訓練

田原市の堀切校区の津波避難訓練では徒歩を原則としてきたが、2013年7月に行われた訓練で体力の劣る子どもや高齢者での避難を許可利用した⁸⁾。そのことを知り、筆者らは2013年11月と2014年11月の津波避難訓練において、現地調査を行った。なお、堀切校区の地理的環境及び2013年11月の調査結果について文献⁹⁾に報告している。

堀切校区の地形図に3つの避難場所とセーフティラインを示す(図2)。田原市は、渥美運動公園を避難先とする集落から高台の同公園まで1.5~2.4kmと距離があることから、津波浸水想定区域から標高1.5m高い場所にセーフティラインを設置し、最低でもセーフティラインまでは全力で避難することを住民・自治会に呼びかけている。また、セーフティラインのある伊良湖岬中学校通学路は左手に路側帯、右手に縁石のある歩道となっており、交錯回避に役立っている(図3)。

避難訓練の参加者数を表1に示す。避難訓練の参加数

表1 避難訓練参加数

	避難場所	参加数(人)	
		計	内、自転車(割合)
2013年 7月7日 (日)	寅之神社	194	5 (2.6%)
	渥美運動公園	87	33 (37.9%)
	計	281	38 (13.5%)
2013年 11月9日 (土)	寅之神社	127	2 (1.6%)
	渥美運動公園	62	18 (29.0%)
	伊良湖岬中	95	1 (1.1%)
計	284	21 (7.4%)	
2014年 11月8日 (土)	寅之神社	189	2 (1.1%)
	渥美運動公園	87	26 (29.9%)
	伊良湖岬中	123	1 (0.8%)
計	399	29 (7.8%)	

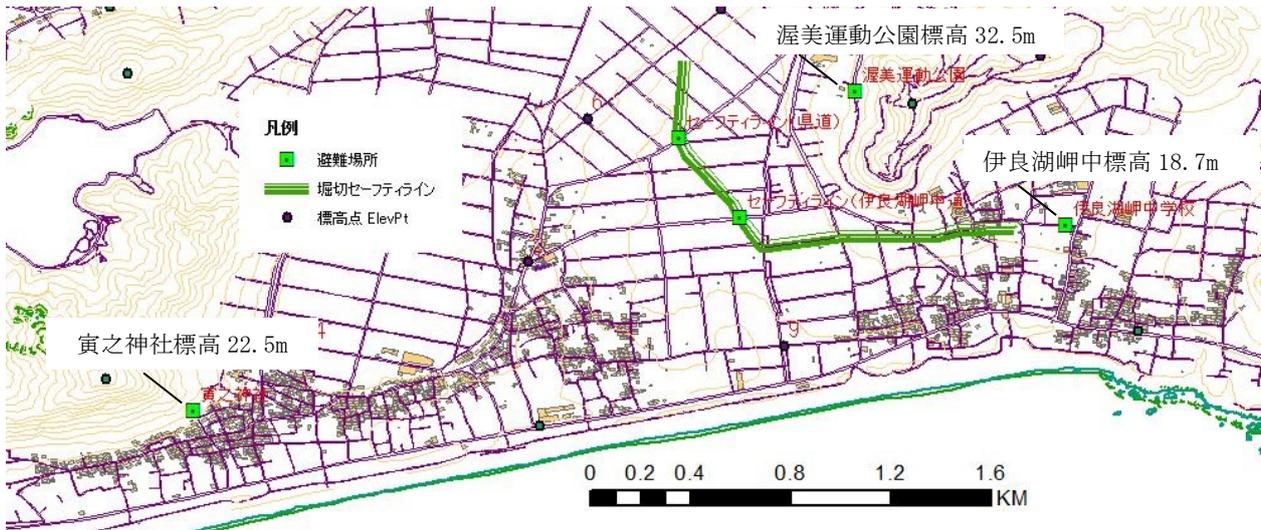


図2 堀切校区の地形、避難場所の標高とセーフティライン



図3 自転車避難(2013年)

表3 セーフティライン測定調査の概要

調査年	2013年：30人(内、自転車15人) 2014年：47人(内、自転車16人)
調査方法	ビデオカメラによる写真(動画)撮影
調査場所	伊良湖岬中学校通学路

表4 GPSロガーによる測定の概要

調査年	2013年, 2014年
調査方法	避難訓練参加者にGPSロガーを配布し、避難ログを計測
対象避難場所	寅之神社, 渥美運動公園
サンプル数	19件(内、徒歩13件, 自転車6件)

3. 研究の方法

本研究は愛知県田原市堀切校区を対象地として、アンケート調査により津波避難訓練での避難状況、避難意向を把握する。また、セーフティラインにおいて避難者の通過時間を測定し、GPSロガーを用いて住民の避難ログを計測して、移動手段の特性について把握する。これらの調査結果をもとに、避難遅れ要因と移動手段についての考察を行う。アンケート調査の概要を表2に示す。調査は2014年11月に実施し、調査票はA4版全2ページに質問11問を含む。質問項目は、避難訓練、日ごろの備え、属性に関する内容の3つに分類される。避難開始時間や到着時間は、到着後に避難場所で記入してもらった。セーフティラインにおける調査概要を表3に、GPSロガーによる測定概要を表4に示す。

表2 アンケート調査の概要

調査対象	堀切校区(堀切町, 小塩津町)
配布	自治会より各世帯に1枚ずつ配布
回収日時	2014年11月8日の避難訓練時
回収方法	それぞれの避難場所で瀬古ごとに回収
回収部数	292件
回収率	574世帯に対して51%

4. アンケート調査の結果

(1) 基本集計

瀬古(自治会内の地区)別のアンケート回答者数と避難先を図4に示す。新堀瀬古はその東西によって避難先が渥美運動公園と寅之神社の2カ所に分かれるため、新堀(渥), 新堀(寅)とする。また、伊良湖岬中学校を避難先とする小塩津自治会の瀬古は地域的な特徴を踏まえ、小塩津A, 小塩津B, 小塩津Cに筆者が地区分けした。表5に各瀬古から避難場所への距離を示す。

2010年国勢調査⁵⁾による堀切校区住民の年齢分布とアンケート回答者の年齢分布を図5に示す。回答者は40代~60代が多く、この世代で71%を占める。2010年国勢調査⁵⁾と比較すると、40代~60代においてアンケート回答者の割合が多く、80代が少ない。なお、回答者の性別は男性が65%、女性が35%である。

避難場所別の避難手段(図6-A)は徒歩が85%、自転車が13%であり、渥美運動公園では自転車が45%を占める。また、自転車のうち電動アシスト付き自転車の利用者は少ない。移動手段を選択した理由を図6-Bに示す。徒歩の選択理由は「原則徒歩避難だから」が69%で最も多く、自転車の選択理由(多項目選択)は、「距離が遠い」が68%で最も多い。また徒歩のうち自転車で避難し

たいと考えている人は 10%以下であり、自転車のうち日常的に自転車を利用している人は 5%に留まる。自転車避難の多い渥美運動公園について、性別と避難手段をみると、自転車の割合が女性 44%、男性 48%となり、統計的に有意な差は無い。年齢と避難手段でも、自転車の割合は 30-40代で 36%、50-60代で 47%、70-80代で 47%となり、これも統計的に有意な差は無いが、若い世代は自転車に頼らない体力があり、自治会で高齢者の自転車避難を推奨している影響がみられる。

防災マップの認知(図7)は「見たことがあり、参考にした」が 67%を占める。避難開始時間(図8)は「地震を知らせる放送がなる間または直後(7時0分~5分)」が 66%と最も多い。

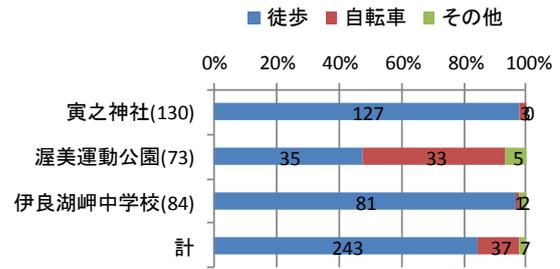


図 6-A 避難場所別の避難手段(n=287)

表 5 各地区と避難場所の距離概算

避難場所	地区名	直線距離	
		d(m)	d*1.4(m)
寅之神社	西部	520	728
	大瀬古	270	378
	中部	500	700
	新堀(寅)	930	1302
渥美運動公園	新堀(渥)	1700	2380
	東二	1500	2100
	東一	1300	1820
伊良湖岬中	小塩津 A	300	420
	小塩津 B	450	630
	小塩津 C	830	1162

d: 地区の中心から避難場所までの直線距離

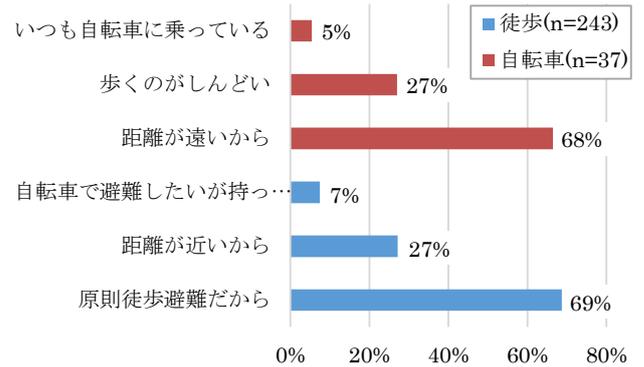


図 6-B 移動手段選択の理由(MR:多項目選択)



図 4 地区別の回答数と避難場所

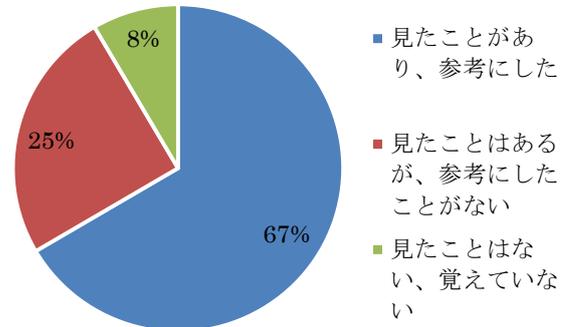


図 7 防災マップの認識(n=272)

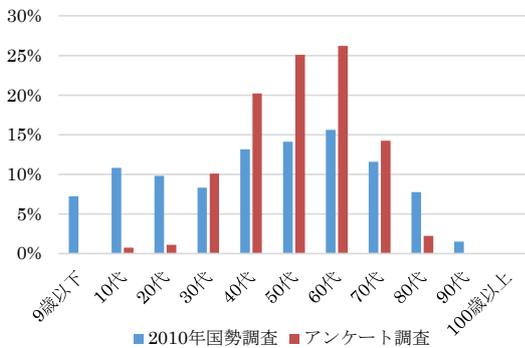


図 5 2010年国勢調査による堀切校区の年齢分布とアンケート調査回答者の年齢分布

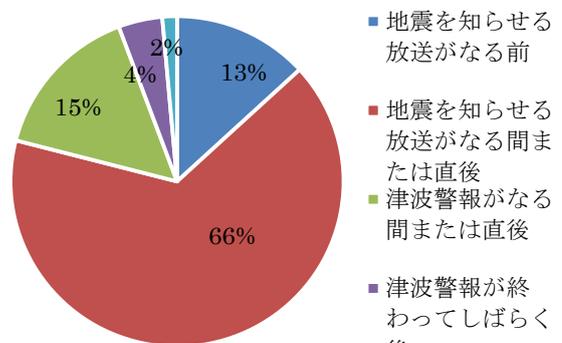


図 8 避難開始時間(n=281)

(2) 到着時間の集計

避難場所までの到着時間を、避難場所別に集計した(表6)。寅之神社と伊良湖岬中学校は平均到着時間が8.8分、10.1分であり、15分以内の避難完了率が90%を超えるが、渥美運動公園は平均到着時間が他の避難場所と比べ10分程度遅く、15分以内の避難完了率も32.8%と低い。渥美運動公園において他の避難場所よりも到着時間が遅れる理由は、表5に示したように避難場所まで距離が長いことが要因であると推察される。

地理的にみた地区別の平均到着時間(図9)は、寅之神社と伊良湖岬中学校へ避難する地区においては避難場所から遠いほど平均到着時間が遅くなる傾向がみられる。

表6 避難場所別の到着時間

	平均到着時間	標準偏差	15分以内避難完了率
寅之神社(n=106)	8.8分	4.3分	92.5%
渥美運動公園(n=64)	19.1分	5.3分	32.8%
伊良湖岬中学校(n=54)	10.1分	4.2分	94.4%



図9 地区別の平均到着時間

(3) 避難遅れ要因と車の必要意識

堀切校区において設定している避難目標時間の15分はあくまで目安であり、発生する地震津波の条件によりそれより早く、あるいは遅くなる可能性もある。ここでは暫定的に、「到着時間」を「15分以内か否か」にリコーディングし、クロス集計によって避難遅れ要因について考察する。

避難場所において避難条件に明らかな差があることから、渥美運動公園と寅之神社・伊良湖岬中学校を分ける。避難遅れに影響する要因のカイ二乗検定結果(有意判定のみ)を表7、表8に示す。渥美運動公園では「移動手段」と「車の必要意識」において有意差がみられ、徒歩は自転車と比べて避難が遅れる人が多く(図10)、遅れありのグループで「4. 確実に使いたい」、「3. 出来れば使いたい」の割合が高い(表9)。表8より寅之神社・伊良湖岬中学校では「性別」と「地区」において避難遅れに有意差がみられ、避難遅れは女性に多く(表10-A)、距離の遠い地区に多い傾向がある(表10-B)。

表7 渥美運動公園の避難遅れ影響要因 (n=106)

説明変数	カイ二乗値	自由度	p値	判定
避難手段	15.6263	1	0.0001	**
車の必要性	8.2218	3	0.0416	*

※判定: 「*」が5%有意, 「**」が1%有意

表8 寅之神社・伊良湖岬中の避難遅れ影響要因 (n=118)

説明変数	カイ二乗値	自由度	p値	判定
性別	13.1268	1	0.0003	**
地区	18.4964	6	0.0051	**

※判定: 「*」が5%有意, 「**」が1%有意

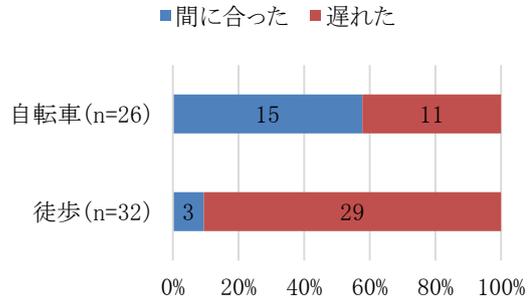


図10 移動手段と避難遅れ(渥美運動公園, n=58)

表9 渥美運動公園の車の必要意識と避難遅れ

観測度数	間に合った	遅れた	計
1使う必要感じない	1	0	1
2徒歩や自転車の方が安全確実	4	6	10
3出来れば使いたい	15	24	39
4確実に使いたい	0	11	11
計	20	41	61

表10-A 寅之神社・伊良湖岬中の避難遅れと性別

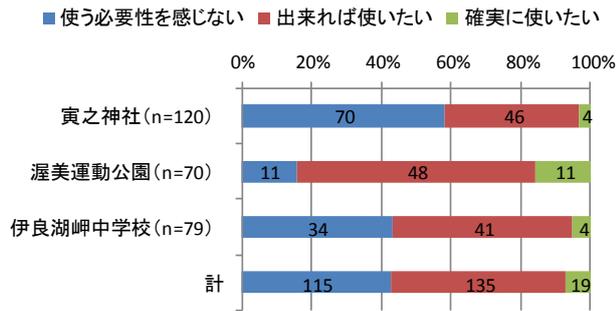
観測度数	間に合った	遅れた	計
女	42	9	51
男	104	2	106
計	146	11	157

表10-B 寅之神社・伊良湖岬中の避難遅れと地区

観測度数	間に合った	遅れた	計
小塩津A	14	1	15
小塩津B	18	0	18
小塩津C	19	2	21
新堀	23	7	30
西部	28	0	28
大瀬古	23	0	23
中部	25	1	26
計	150	11	161

避難場所別の自動車の必要意識(図11)をみると、「使う必要性を感じない」が寅之神社で60%弱、伊良湖岬中学校で40%以上存在するが、渥美運動公園では「出来れば使いたい」または「確実に使いたい」の割合が80%を超え、カイ二乗検定により有意差が認められる。車を「出来れば使いたい」、または「確実に使いたい」と回答した地区別の割合(図12)より、距離が長くなると車の必要意識が高くなる傾向がみられる。

渥美運動公園への避難者について、訓練時の移動手段と自動車避難必要性、性別と自動車避難の必要性のクロス表を表11-A, 11-Bに示す。両者とも統計的に有意な差は認められない。避難訓練に自転車を活用する人も、実地震の場合は「出来れば車を使いたい」が多数を占めるが、「確実に車を使いたい」は徒歩のケースが24%に対して自転車のケースは6%と少ない傾向がみられる。性別については女性は男性より「使う必要を感じない」が多い一方、「確実に使いたい」の割合も多い。



p 値=0.00000017<0.001

図 11 避難場所別の車の必要意識 (n=269)



図 12 地区別の車の必要意識

表 11-A 移動手段と車避難の必要意識 (P=0.122)

	使う必要性を感じない	出来れば使いたい	確実に使いたい	計
徒歩	6	19	8	33
自転車	5	24	2	31
計	11	43	10	64

表 11-B 性別と車避難の必要意識 (P=0.107)

	使う必要性を感じない	出来れば使いたい	確実に使いたい	計
女	7	14	5	26
男	4	31	5	40
計	11	45	10	66

(4) 避難対策に関する考察

アンケート分析の結果、避難距離が 2 km 以上と遠い渥美運動公園では、避難距離が短い寅之神社や伊良湖岬中学校に比べ到着時間の遅れること、自転車避難が徒歩避難に比べ目標時間の 15 分に間に合う割合が有意に高いことが認められた。距離の遠さと避難遅れは自動車避難の必要意識につながっている。一方、比較的元気な高齢者は自転車を使えば訓練参加率も向上し、迎えを待たずに自分で率先避難ができる可能性が増すなど非常時の利点がある。健康度維持のため、また避難手段の選択肢を増やす意味でも普段から自転車利用を促すことが望ましい。

5. 自転車避難の所用時間と速度

(1) セーフティライン通過時間

セーフティラインの通過時間を移動手段別に表 12 に、経過時間にみる移動手段別の通過人数を図 13 に示す。平均通過時間は、徒歩が 13.5 分、自転車が 8.9 分であり、自転車が 4.6 分早い。また標準偏差は徒歩の方が自転車より 1.7 倍大きく、通過時間の分布が後ろの方に延びて

いる。歩くのが遅い人は、自転車活用により遅れを短縮する可能性があり、自転車の利点として重要といえる。

表 12 セーフティライン測定データ

	徒歩	自転車
通過人数(人)	46	31
平均通過時間(分)	13.5	8.9
標準偏差(分)	3.9	2.3
15 分以内の通過率	72%	97%
最速通過時間	6 分 19 秒	5 分 45 秒
最遅通過時間	21 分 42 秒	15 分 52 秒

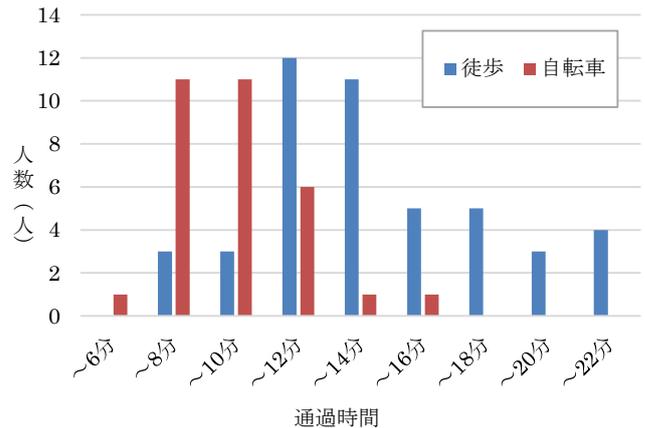


図 13 セーフティラインにおける通過時間の度数分布 (n=77)

(2) 避難ログの分析

測定した避難ログの経路を航空写真上に示す(図 14)。測定した避難ログの集計結果を表 13 に示す。避難路と校区の様子を写真 15 に示す。

寅之神社への避難路は短い、集落の中を通過していくことから、ブロック塀の被害や墓石転倒が人身事故につながる心配がある。渥美運動公園への避難路は集落からハウス栽培畑作地帯の平坦な道のり(傾斜はおおよそ $15\text{m}/1000\text{m}=1.5/100$ であり、自転車走行に適する)を進み、最後に公園緑地へ向かう急傾斜の車道(傾斜はおおよそ $10\text{m}/200\text{m}=5/100$ であり、ギアや電動アシストの無い自転車にはやや走行がづらい)や遊歩道でアクセスしている。なお、自治会では自転車避難の際、急傾斜の車道を通ることを避けて運動公園下最寄の保育園敷地内に駐輪し、そこから裏手の階段を上がって集合場所に向かうことを申し合わせている。

セーフティラインを通過する経路は、伊良湖岬中学校通学路となっている市道または県道であり、実地震による避難時は混雑が予想される。運動公園への入り口も実際の地震で車が増えると渋滞が心配される。自動車に比べて自転車で避難する利点として、東日本大震災での避難事例の報告にあるように¹⁰⁾、道路閉塞や渋滞により乗り捨てても容易に人手で移動できること、周りの音や警報、人の呼びかけがよく聞こえ、コミュニケーションしやすいことなどが考えられる。

表 13 より平均避難速度は、徒歩が $\mu_p=90.8(\text{m}/\text{min})$ 、自転車が $\mu_c=145.6(\text{m}/\text{min})$ であり、自転車は徒歩より避難速度が 1.6 倍と大きいこと、また、標準偏差は自転車よりも徒歩の方が 1.7 倍大きく、速度にばらつきがあることがわかる。また、渥美運動公園において自転車は徒

歩よりも平均所要時間が約5分短い。

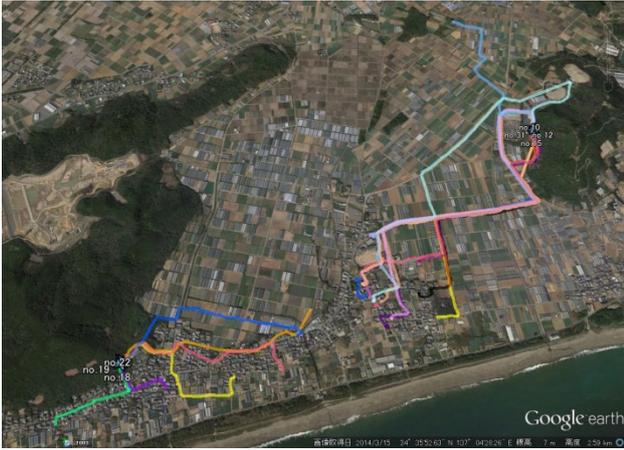


図 14 避難ログ経路 (n=17) (地図出典 : Google earth)

表 13 測定した避難ログデータ

	徒歩 (p)	自転車 (c)
有効サンプル数	12	5
平均避難速度 (m/min), μ	90.8	145.6
標準偏差 (m/min), σ	19.2	11.2
平均所要時間 (分)	寅之神社 (人数)	12.1 (4)
	渥美運動公園 (人数)	20.7 (8)
平均避難距離 (m)	寅之神社	1016.3
	渥美運動公園	1867.9
		2308.0



図 15 堀切校区の避難路の様子

ログの代表的な時間断面として、渥美運動公園に向かう徒歩事例を図 16-A に、自転車事例を図 16-B に、寅之神社に向かう徒歩事例を図 16-C に示す。なお、GPS ログは 5 秒ごとの記録となっており、ここで標高及び速度は、その前 20 秒 (記録 4 点) の平均をとり平滑化している。

- ・A: 徒歩 No. 7, 50 代男性, 距離 1570m, 20 分, 平均速度 79m/分
- ・B: 自転車 No. 12, 50 代女性, 距離 2236m, 15 分, 平均速度 149m/分
- ・C: 徒歩 No. 19, 50 代男性, 距離 721m, 11 分, 平均速度 66m/分

徒歩事例 (図 16-A) では標高 5m ほどの自宅から緩傾斜で進み, 7 時 20 分頃, 運動公園に入る前の遊歩道を通り, 傾斜が大きくなるのがわかる。前半は速度 4~5km/h で進み, 傾斜のきつくなるあたり (遊歩道) で速度が落ちるが, 公園に入ると速度が回復している。

自転車事例 (図 16-B) では, 標高 0m 前後から 10m 弱に上がり, 7 時 11 分頃運動公園すぐ下の保育園に自転車を駐輪して階段をのぼって集合場所のテニスコート駐車場にたどり着いている。この標高傾斜に応じて速度も高 (12km/h) ・中 (9km/h) ・低 (5km/h : 徒歩) と 3 段階に変化している。より海岸に近く標高の低い避難開始段階では速度が 12km/h と高いことは, セーフティラインに早く到達するためにも長所といえる。

寅之神社へ避難の徒歩事例 (図 16-C) では, 標高 5m 付近の低地部で速度約 4~5km/h で進み, 7 時 11 分頃, 傾斜が増す神社への林間歩道に入り速度が明らかに低下する様子が伺える。



図 16-A 避難ログの時間断面 : 徒歩・渥美運動公園 (No. 7 : 50 代男性)



図 16-B 避難ログの時間断面 : 自転車・渥美運動公園 (No. 12 : 50 代女性)



図 16-C 避難ログの時間断面：徒歩・寅之神社
(No. 19： 50代男性)

避難ログの避難距離と所要時間を移動手段別にプロットした(図 17)。1500m から 2500m の範囲で測定者の所要時間をみると、自転車は 15 分前後に集まり、徒歩は 15 分から 25 分に分布しているのがわかる。徒歩の平均距離である 1868m でみると、徒歩が 21.7 分、自転車が 12.7 分となり、徒歩に比べて自転車の所要時間が約 9 分短くなる。

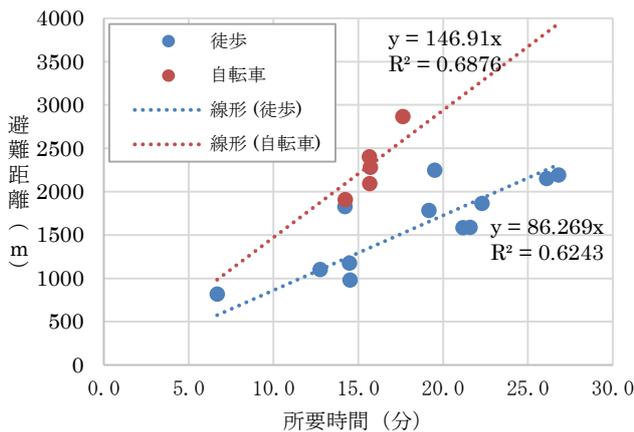


図 17 ロガーによる避難距離と所要時間 (n=17)

(3) 移動手段別の避難可能範囲

ArcGIS のネットワークアナリスト機能を用いて、設定時間別 (5 分, 10 分, 15 分) に各避難目的場所に到着できる避難可能領域を算出する。GPS ロガーにより測定した避難速度 (表 13) から、避難速度は平均値 μ - 標準偏差 σ とし、徒歩速度 v_p を

$$v_p = \mu_p - \sigma_p = 71.6 \text{ (m/min)} \quad (1)$$

自転車速度 v_c を

$$v_c = \mu_c - \sigma_c = 134.4 \text{ (m/min)} \quad (2)$$

とする。なお本研究では、国土数値情報の道路センターラインに避難場所までの避難経路を追加し、シェープファイルからネットワークを構築して、コンター図を作成した。

寅之神社と渥美運動公園 (セーフティライン) に向かう徒歩の避難可能範囲を図 18-A に示す。寅之神社はほぼ全域で徒歩でも 15 分以内で避難が可能であるが、渥美運

動公園ではセーフティラインまでも 15 分以内に徒歩では間に合わない地域 (新堀地域) が存在することが把握される。

寅之神社は徒歩の設定のまま、渥美運動公園 (セーフティライン) に向かう自転車の避難可能範囲を図 18-B に示す。自転車を利用することで渥美運動公園への避難地区全域がカバーされ、5 分以内到達エリア、10 分以内到達エリアも拡大し、さらに 15 分の目標タイムに遅れていた地域の避難遅れが解消される結果となる。渥美運動公園への避難において、さらなる自転車利用が望ましいことがわかる。また、自治会において、地区単位に避難先を寅之神社と渥美運動公園に分けて決めているが、徒歩で寅之神社に向かうより、自転車で渥美運動公園に避難する方が移動が容易で所要時間の短縮が見込める高齢者も考えられ、柔軟な避難先選択が望ましい。

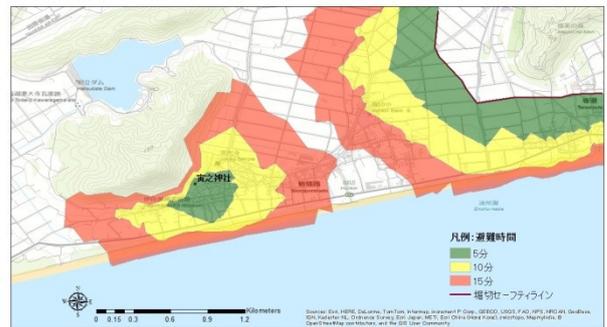


図 18-A 徒歩(寅之神社、セーフティライン)の避難時間コンター

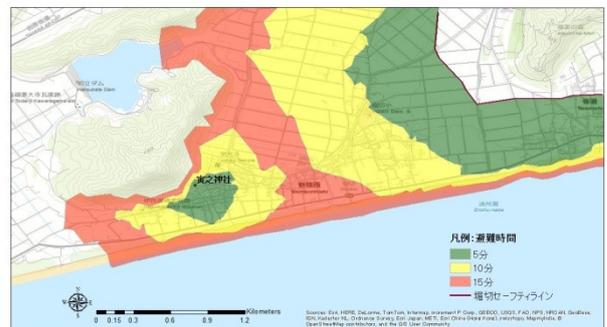


図 18-B 徒歩(寅之神社)と自転車(セーフティライン)の避難時間コンター

6. まとめ

本研究では、南海トラフ巨大地震の津波に備える愛知県田原市において徒歩と自転車を活用する避難訓練を対象にアンケート調査とセーフティライン通過時間及び GPS ログによる測定を実施した。避難手段として徒歩と自転車の特性を比較・分析した結果、自転車の有効性について以下のことが明らかになった。

避難訓練において、距離が 1.5 km 以上と遠い渥美運動公園避難者のうち 45% が避難に自転車を利用しており、避難手段により目標時間からの遅れに有意な差がある。実地震時における車の必要意識は、避難場所の比較においても、地区別の地図でみても、距離が長くなると高くなる傾向にある。なお訓練での移動手段(徒歩と自転車)によって車の必要意識に有意な差は無い。

セーフティラインにおける通過時間測定と避難ログの

測定調査から、自転車は徒歩よりも到着時間（所要時間）平均値が早く、偏差値が小さく、到着遅れの人を減らす効果が見込める。平均避難速度は徒歩が 91m/s、自転車が 146m/s となり後者が 1.6 倍速い。徒歩及び自転車による避難ログにより標高・傾斜に対応した避難速度の時系列変化の特徴が確認できた。

避難訓練で測定した避難速度（平均±標準偏差）をもとに渥美運動公園（セーフティラインまで）の避難可能範囲を導き出すと、徒歩に比べて自転車利用により 5 分、10 分での避難可能範囲も拡大し、地域の大半が 10 分以内での避難が可能となる。

今後の課題としては、避難手段の選択要因について支援を要する家族条件や勤務先からの帰宅行動などの調査が大切である。また、自転車避難者のほとんどが日常で自転車を利用していないこと、自転車統計¹¹⁾によると自転車保有率（自転車 1 台当たりの人口数）が 1.8 であることからみて、平常からコミュニティでのサイクリング等、利用者を増やす取組、健全度を保つ介護予防に自転車を役立てるなど長い目でみた取組が望まれる。

謝辞：

本研究の実施にあたり、田原市堀切校区会長の高瀬勲氏、堀切自治会・小塩津自治会役員や住民の皆様、堀切市民館主事の松野氏には多大な協力を頂きました。避難訓練における測定調査には京都大学清野研究室・元学生の湯浅亮氏、東京電機大学高田研究室・元学生の長島健太氏の参加を頂きました。田原市防災対策課には防災関連資料の提供を頂きました。ここに記して謝意を表します。本研究は文科省科研費基盤研究 C(課題番号 25350475, 代表・村上ひとみ)の成果であることを付記します。

参考文献

- 1) 国土交通省：東日本大震災の津波被災現況調査結果（第 3 次報告）～津波からの避難実態調査結果（速報）～、

2011. 12. 26

<http://www.mlit.go.jp/common/000186474.pdf>（2014 年 12 月 10 日閲覧）

- 2) 柳原純夫・村上ひとみ：東日本大震災における石巻市内での避難行動-移動パターン・移動距離からの分析-, 土木学会論文集 A 1（構造・地震工学）, Vol. 69, No. 4, I_1013_I_1020, 2013.
- 3) 藤生慎・高田和幸・中山晶一郎・高山純一：自動車をを用いた津波避難の評価～東日本大震災で被災した宮城県気仙沼市を事例として～ 第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集, 2014.
- 4) 東三河地域防災協議会：愛知県東三河地域における地震による津波の歴史, 2012.
- 5) 総務省統計局：2010 年国勢調査>小地域集計>23 愛知県 利用交通手段
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001036632&cycode=0>（2015 年 1 月 10 日閲覧）
- 6) 田原市：防災・減災お役立ちガイド, 47p., 2013, http://www.city.tahara.aichi.jp/emergency/pdf/oyakutachi_guide.pdf（2015 年 5 月 22 日閲覧）.
- 7) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編 津波断層モデルと津波高・浸水域等について 津波計算結果（津波高等）津波高, 2012 年 8 月 29 日発表.
- 8) 中日新聞：「子どもや高齢者自転車で逃げろ 田原・堀切で避難訓練」2013 年 7 月 8 日付
- 9) 脇浜貴志・村上ひとみ・小山真紀：南海トラフ地震に備える津波避難手段の課題—愛知県田原市の事例—, 第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集, 2014.
- 10) 村上ひとみ・三上卓・柳原純夫：東日本大震災における津波避難の交通手段と危険度—石巻市のアンケート調査をもとに—, 第 32 回地震工学研究発表会講演論文集, 6-377, 2012.
- 11) 自転車統計要覧（第 48 版）, 一般財団法人自転車産業振興協会, 2014.

（原稿受付 2015.6.6）

（登載決定 2016.1.23）