

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04653

研究課題名(和文) 鉄道における津波避難モデルの構造化とあり方に関する研究

研究課題名(英文) Research on the structuring and methods of tsunami evacuation models in Railways

研究代表者

西川 一弘 (Nishikawa, Kazuhiro)

和歌山大学・紀伊半島価値共創基幹・准教授

研究者番号：60516459

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、鉄道における津波避難モデルの構造化を通じて、乗客の主体的避難に必要な力量と訓練のあり方を明らかにすること、鉄道における津波避難の歴史について類型化と整理を行うことである。実車による実践的避難訓練への参加を通じた調査を行い、乗客の避難力を高める方策や実践的避難訓練のあり方について検討を行った。また、国内で発生した地震の中で鉄道への「津波被害」及び「旅客避難」について地域の社会教育施設を通じた文献研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「鉄道における津波避難」を考える際、津波襲来まで時間的制約が厳しい地域では、乗務員のみで安全を確保することは困難であり「乗客の避難力」の向上が求められる。

本研究では実車による「実践的避難訓練」を調査し、乗客の主体的避難を促進させるため「車内放送」のフレーズへの着目や、避難訓練のあり方では「乗客数」と「津波の時間的リスクの高低」をマトリクスとして検討する重要性を示したことに意義がある。また文献調査では、1944年に発生した昭和東南海地震においても乗務員の機転を利かせた避難行動が行われ、その結果旅客全員が助かったプロセスを詳細に明らかにしたことに特徴がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is twofold. Firstly, it aims to clarify the competencies and training methods necessary for passengers' proactive evacuation in railways through the structured modeling of a tsunami evacuation model. Secondly, it seeks to categorize and organize the history of tsunami evacuations in railways. Surveys were conducted through participation in practical evacuation drills using actual train vehicles to investigate measures for enhancing passengers' evacuation abilities and to examine the practical approach to evacuation training. Additionally, literature research was carried out on "tsunami damage" to railways and "passenger evacuation" during earthquakes that occurred in Japan, through local social educational facilities.

研究分野：鉄道防災教育

キーワード：鉄道防災 津波対策 津波避難

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、大きな人的被害があったが、鉄道乗車中、津波によって直接的に犠牲となった人は居なかった。これは地震の揺れから津波到達まで時間的余裕があったこと、輸送指令の指示ではなく、乗客による現地の情報(現場知)を基にした避難誘導や列車内待機の判断があったこと、当該地域が地震・津波の常襲地域であり、「地震の発生=津波の危険性」という認知が広がることで、事前の避難対策マニュアルや避難誘導訓練の実施がなされていたことが要因である。特に「現場知」を活かした避難は、土地勘の無い人を誘導するうえでも重要な視点であり、土地勘のある地元住民が率先避難者として行動することが求められる。

津波常襲地域を運行している鉄軌道事業者は津波対策に取り組んでおり、東日本大震災以降は耐震化や津波避難看板の設置など、ハード面でその対策は加速化されている。ソフト面ではより迅速な避難を達成するための実践的避難訓練や、乗務員に対する訓練の高度化などが行われている。とは言え、鉄軌道事業者で「実践的避難訓練」を行っている取り組みは多くなく、仮に訓練が行われていたとしてもその参加は地元の警察・消防・行政がほとんどである(西川・照本・辻本[2017])地域住民の避難とは異なり、鉄道における避難においては走行位置や緊急停止位置により最善の避難行動が変化する。また、列車密度や乗客密度が、乗客の避難行動に大きく影響する。津波襲来が想定されている地域を走る鉄道の乗客は、避難の認識を高めるとともに、沿線地域の状況と危険性に応じた現実的な避難方法を導き出し、乗客の判断のもとで避難ができる仕組みを整えておくことが求められる。

2. 研究の目的

上記の問題意識を踏まえ、本研究では大きく二つの目的がある。一つは鉄道乗客の主体的避難を支える力量の解明と訓練の高度化である。鉄道における津波避難については、特に沿岸部に敷設された路線では喫緊の課題である。発生が懸念されている東海・東南海・南海地震など、海溝型地震では大きな津波の想定(最大値の想定)がなされており、数分で津波が襲来する可能性のある路線もある。このような路線では、乗務員の誘導だけではなく、乗客の主体的な避難が求められる。乗客の主体的避難を促進する要因について検討することである。また、各鉄軌道事業者が実施している実車を使った津波避難訓練のあり方について、当該路線の乗車密度や津波のリスクによる類型化を行うことである。

もう一つは、「鉄道における津波避難の歴史の整理」である。明治5年に日本の鉄道が開業して以降、鉄道はさまざまな災害と向き合ってきた。歴史的に鉄道と津波はいかに向き合ってきたのか、津波発生時にいかなる避難を行っていたのか、その課題は何であったのか、などについて、文献や新聞報道を通じて整理を行う。率先避難者については「手記」や「記事」で証言していることが多く、全国流通しない地域で纏められた冊子などを踏まえて確認することである。

3. 研究の方法

(1) 鉄軌道事業者が実施する実車を使った津波避難訓練の分析

既存資料の分析

鉄軌道事業者による津波避難訓練の先行研究をレビューするとともに、これまで参画してきた約40か所の津波避難訓練について、列車密度と乗車密度に応じて、類型化を行う。類型化の視点としては、おおよそ都市部、地方都市部、中山間地域の三区分化を想定し、この区分ごとの避難上の課題、特性について整理を行う。

実際の訓練への参画

研究期間中に鉄軌道事業者が実施する津波避難訓練に参画し、現行の訓練の企画立案、目的、仮説検証方法などをレビューする。また、これまでの蓄積を踏まえ、乗客の主体性を高める要素を仮説として分析しつつ、その仮説を検証するための「仮説検証型の津波避難訓練」を鉄軌道事業者と共に立案する。実践的津波避難訓練の内容設計 実施のプロセスにコミットし、訓練結果に基づく検証を行う。

(2) 鉄道における津波避難の歴史整理の研究手法

「鉄道における津波避難」の歴史の整理をするために、沿岸部の鉄道がある市町村図書館や歴史民俗資料館などの社会教育施設を訪問し、鉄道に被害が生じた大きな地震に関する文献資料をレビューする。主に東南海地震、南海地震、チリ地震津波、新潟地震を対象とする。実際の避難の状況についてはまとまった先行研究が少なく、地方紙のバックナンバーや住民・乗客の手記などから調査する必要がある。このような資料は、地元のみで販売されたり、関係者だけに配布されたりするものが多く、実際の訪問調査が欠かせない。

4. 研究成果

(1) 鉄道乗客の主体的避難を促進させるための「車内放送」

避難に重要な三要素は、避難情報、避難誘導、避難経路である。列車という環境の中で迅速な避難を進めるためには、まずは多くの乗客に向けて「避難の構え」を伝える避難情報の提供が重要である。鉄道乗車中に異常事態に発生した際、乗客に情報提供する手段で最も基本的で、重要なものは車内放送である。鉄道乗車中には必ず耳にするものであるとともに、一斉に同じ内容を放送することが可能である。全国の鉄軌道事業者では津波避難訓練が行われているが、その際の車内放送の言葉は、定型化しているもの、乗務員に任せているもの、長いもの、短いもの、さまざまである。この車内放送を通じて、どのような言葉(内容)を乗客に伝えるのかによって、乗客の緊急性の認識や初動が変わってくる。本研究においては、過去に鉄軌道事業者が実施した津波避難訓練での車内放送を全て文字化し、テキスト分析を行った。結果、車内放送にて鉄軌道事業者が乗客に伝えている内容としては、「停車・避難の理由」に関すること、「降車支援依頼」に関すること、「ドアの開放」に関すること、「避難場所・方向」に関すること、「降車方法」に関することの五つの要素に分類することができた。

以上の分析を踏まえ、沼辺・西川[2021]では、車内放送において避難を促進させる十の要素に抽出するとともに、この要素を踏まえた「車内放送文面案」を制作することができた。

(2) 津波避難訓練の制度設計における留意点

鉄道の津波避難訓練を構築する際には、当該路線の特徴を踏まえた制度設計が求められる。どのような乗客数の路線で、どのくらいの津波のリスク(特に時間的リスク)があるのかを考慮しなければならない。当初は都市部、地方都市部、中山間地域という地理的規定に基づく類型化を検討していたが、訓練の分析を進めていく中で、路線の「乗客数」と「津波リスク」の二軸で、マトリクスとして類型化することにしたい(図1)。それぞれの領域(～D領域と位置づける)では、乗客の避難について、検討すべき方向性が異なることが明らかとなった。

なお、津波の時間的リスクについては、地震発生から津波襲来まで20分までの路線を「時間的リスクが高い」、60分以上の路線を「時間的リスクが低い」と位置付ける。

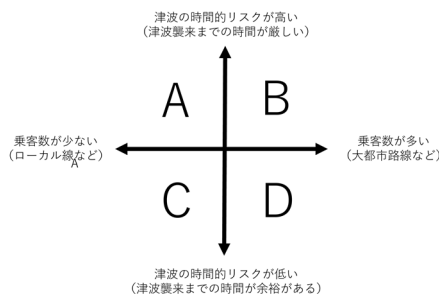


図1 乗客数と津波の時間的リスクに応じた避難のマトリクス

A領域(乗客が少なく津波の時間的リスクが高い)

A領域では乗客が少ないため、基本的には車両数も短い。津波の時間的リスクが高いため、丁寧な避難情報の提供や避難誘導実施する余裕が無い。そのため、乗務員の誘導ではなく、できる限り「乗客の避難力」を最大限高め、自らの力で避難してもらう必要があるであろう。乗客数が多くないため、降車後に滞留が発生する可能性は低い。きわめて時間的リスクが高いエリアでは、沿線に避難設備(津波避難タワーや高台、津波避難ビルの指定など)のハード整備が必要になる場合も想定される。また、沿線地域が高齢化している場合は、乗客の中に避難行動要支援者がいる場合があるので、この対応も重要になる。

B領域(乗客が多く津波の時間的リスクが高い)

B領域では乗客が多いため、基本的には車両数も長くなる。ラッシュ時であれば、車内で身動きがとれない人も出てくると想定される。津波の時間的リスクが高いため、丁寧な避難情報の提供や避難誘導実施する余裕が無い。そのため、乗務員の誘導ではなく、できる限り「乗客の避難力」を最大限高め、自らの力で避難してもらう必要があるであろう。乗客が多いため、降車後に滞留が発生する可能性が高い。滞留が発生しないように、複数方向の避難経路を検討する必要がある。また、都市部では線路と道路を区切る柵があるため、緊急脱出の出口を設ける必要がある。列車密度が高い区間で大規模な避難が行われるなど、ソフト避難だけで対応することが困難である場合、沿線に津波に強いインフラ整備(高架駅など)や沿線に大人数収容できる避難設備(津波避難ビルの指定など)のハード整備が必要になる場合も想定される。

C領域(乗客が少なく津波の時間的リスクが低い)

C領域では乗客が少ないため、基本的には車両数も短い。津波の時間的リスクは低いため、怪我無く丁寧な避難を行うことは可能であるが、避難場所までの距離や地形によっては時間的制約が発生する場合もある。基本的には乗務員の誘導を軸に、「乗客の避難力」を高めながら避難を行うが、降車後に滞留が発生する可能性は低い。また、沿線地域が高齢化している場合は、乗客の中に避難行動要支援者がいる場合があるので、この対応如何によっては時間的制約が発生

する場合もある。

D領域（乗客が多く津波の時間的リスクが低い）

D領域では乗客が多いため、基本的には車両数も長くなる。ラッシュ時であれば、車内で身動きがとれない人も出てくると想定される。津波の時間的リスクは低いため、怪我無く丁寧な避難を行うことは可能であるが、避難場所までの距離や避難経路によっては時間的制約が発生する場合もある。基本的には乗務員の誘導を軸に、「乗客の避難力」を高めながら避難を行うが、降車後に滞留が発生する可能性が高い。滞留によって時間的制約が発生する場合もある。滞留が発生しないように、複数方向の避難経路を検討する必要がある。また、都市部では線路と道路を区切る柵があるため、緊急脱出の出口を設ける必要がある。列車密度が高い区間で大規模な避難が行われるなど、ソフト避難だけで対応することが困難である場合、沿線に津波に強いインフラ整備（高架駅など）や沿線に大人数収容できる避難設備（津波避難ビルの指定など）のハード整備が必要になる場合も想定される。

A～Dの領域であっても、基本的には「乗務員が管理・主導する避難誘導」ではなく、「乗客の避難力」を高める取り組みが重要である。津波の時間的リスクが低い路線であっても乗客数や滞留した場合は、時間的余裕が無くなってしまいうことに留意しなければならない。

（3）昭和東南海地震における紀勢線乗務員の旅客避難誘導（西川[2023]）

1944年12月7日13時35分、紀伊半島東部の熊野灘沖を震源とするマグニチュード7.9の地震が発生。その数分後には津波が来襲し、震源域に近い紀伊半島東部の熊野灘沿岸一帯、特に尾鷲市付近を中心に大きな被害をもたらした。和歌山県内の津波高は、高いところで天満や太地町の5m、勝浦町の4m、宇久井村の3m、浦神村2.4m、串本2mと、高い津波は紀伊半島南東部に集中した。

紀勢本線の被害は、主に紀伊勝浦駅～那智駅に集中した。紀伊勝浦の駅舎はほぼ軒まで浸水して堀は全部崩れ落ちたものの、基礎工事がしっかりしていたことと建物が頑丈だったため流出は免れている。また、線路は紀伊勝浦駅から紀伊天満駅の間では、延長1kmに渡って線路が枕木とともに移動、最大40～50mにわたって流出するところもあり、大きな被害を受けた。

実はこの地震発生時に、紀伊勝浦付近を走行していた和歌山市発紀伊本行ききの「20列車」がある。20列車は最終的に那智駅に停車した際に駅長の判断で旅客を背後の山に避難させており、また津波の高さもプラットホームの上20cmまでだったので、被害が無かった（表[1946]）。

列車は駅長の迅速な判断によって難を免れているが、別に当時の中学生にヒアリングした新聞記事によると、「当該列車は勝浦駅を発車してまもなく地震が発生したため、運転士の判断で途中の紀伊天満駅には停車せず、そのまま那智駅に向かった」とある。紀伊天満は紀伊勝浦や那智よりも低い地域であり、鉄道線路が大きな被害を受けたところでもある。もし、紀伊天満駅付近に停車していればその被害は大きくなったと推察される。一方、当時紀伊勝浦駅に居た乗客の手記によると、地震発生後に紀伊勝浦駅に停車したが、定時で出発取扱を行っている当時の状況について証言している。

20列車の動きをまとめると、以下となる。紀伊勝浦駅到着は13時37分頃である。地震は13時35分に発生し、揺れが3分ほど続いていたので、揺れながら紀伊勝浦駅に列車は進入した。旅客扱いでは、乗客が我先に避難する様子が描かれているが、列車は紀伊勝浦駅で運転打ち切りせずに、定刻通りに同駅を出発。途中の紀伊天満駅は乗務員の判断により通過して、最終的には那智駅で旅客避難を行っている。紀伊勝浦駅で避難行動を行わず、かつ紀伊天満駅を通過した理由は、周辺より土地の低い紀伊勝浦駅ではなく、多少高台になっている那智駅の方を選択したのではないかと推察される。ただ、このような旅客避難が可能になったのは、地震自体の揺れが最大震度4であったため、線路自体に支障が生じなかったことが大きい。

<引用文献>

表俊一郎、昭和19年12月7日東南海地震に伴った津浪、東京大学地震研究所彙報、第24号、1946、31-67

西川一弘、和歌山における鉄道の津波被害と乗客避難、社会安全学研究、第13巻、2023、219-233

西川一弘、照本清峰、辻本勝久、鉄軌道における地震・津波避難対策に関する一考察～乗客連携と駅・乗務員の力量形成を中心として～、交通学研究、第60号、2017、183-190

沼辺健史、西川一弘、津波発生時に迅速な避難を促す車内放送に関する研究、電気学会論文誌D（産業応用部門誌）、141巻、2021、513-519

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 沼辺 健史, 西川 一弘	4. 巻 141
2. 論文標題 津波発生時に迅速な避難行動を促す車内放送に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌D (産業応用部門誌)	6. 最初と最後の頁 513~519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.141.513	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 西川 一弘	4. 巻 1
2. 論文標題 津波避難タワーの日常的利活用に関する一考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 和歌山大学Kii-Plusジャーナル	6. 最初と最後の頁 51~56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.19002/AA12921263.1.51	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 西川 一弘	4. 巻 13
2. 論文標題 Tsunami Damage to Railways and Tsunami Evacuation for Railway Passengers in Wakayama	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 社会安全学研究 = Journal of societal safety sciences	6. 最初と最後の頁 219~233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32286/00028269	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 西川 一弘	4. 巻 66
2. 論文標題 防災教育の新たな取り組みー鉄道防災を考えるー	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 月刊社会教育	6. 最初と最後の頁 24-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西川 一弘
2. 発表標題 公募による鉄道津波避難訓練の事例研究 ～「JR東日本横浜支社津波避難を体験する団体列車ツアー」の参加者分析から～
3. 学会等名 第27回 鉄道技術・政策連合シンポジウム（J-RAIL2020）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------