

異常時における鉄道車両からの降車に関する一考察

西川 一弘¹

¹正会員 和歌山大学准教授 地域活性化総合センター (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

E-mail:kazuhiro@center.wakayama-u.ac.jp

列車が駅間で異常時に緊急停車した際、やむを得ず当該場所で乗客を降車させることがある。それは地震、火災、車両故障など、さまざまなことが要因となる。地震に伴う津波が想定される場合は、迅速な避難が求められる。本研究では、全国の津波浸水想定区間がある鉄軌道事業者で実施されている実車を使った津波避難、とりわけ400人以上が参加する大規模な訓練に参与観察を通じた比較検討を行い、降車時間や課題を明らかにした。迅速な降車のためには、2列での避難を促進させること、降車後の滞留を防止するために避難はしごの位置や避難誘導情報の提供が重要になることを指摘した。

Key Words : train, emergency stop, evacuation drill, tsunami

1. はじめに

列車が駅間を走行中に、地震、火災、車両故障などの異常時に遭遇した場合、やむを得ず緊急停車位置から乗客を降車させることがある。2018年6月18日に発生した大阪北部地震では、関西一円のJR及び私鉄が緊急停止し、運転を見合わせ、計540万人に影響した。朝のラッシュ時間帯の地震であったので、JR西日本だけでも153本の列車が駅間に緊急停車した。車内に取り残された乗客は、各鉄道会社で約20万人に上ったと推測されている¹⁾。

駅間に停車した列車から乗客を降車させる方法としては、一般的に「避難はしご」を通じて降車する。しかし、車両の扉に対して数が少なく、地震・津波対策が強化されている鉄道会社以外では、1編成に1カ所しかない場合が多い。降車に時間がかかるため、乗客は「飛び降り型」や「座席シートをはしごの代わりとして活用」することで、大量の乗客の降車を行った。今回は直下型地震であったため、津波の危険性は無く、降車後は最寄りの駅までの誘導が主であった。津波の危険性がある場合は、高台などの津波避難場所へ避難するため、迅速な降車が必要となる。

緊急性が高い場合でも、低い場合でも、いずれの場合でも安全に車両から降車することは重要である。しかしながら、車両から降車する知見は多くは無い。降車の際、どのような課題があるのか、どのような点に留意しなければならないのか、大人数の場合はどれぐらい時間がか

かるのかを把握しておくことは意義があると考ええる。

本稿では津波想定区間が存在する鉄軌道事業者で実施されている大規模な「津波避難訓練」を比較しながら、列車からの降車における現状の把握と課題を整理する。

2. 本研究の視座

本稿では「車両からの降車」を対象とする。車両からの降車は、津波の様に緊急性の高い降車(時間の短さを第一とする)と比較的緊急性が低い降車(安全や確実を第一とする)の2つ存在する。本稿で取りあげる事例については、緊急性が高い降車、すなわち津波避難における降車を取りあげる。本来緊急性が高い場合は、緊急地震速報を受信してから乗客が指定避難場所に避難を完了するまで重要である。しかし、鉄軌道事業者によっては速報を受信してから扉を開けるまでの手順・時間が異なること、また指定避難場所については列車が緊急停車した位置によって変化することから、本稿ではいずれの場合でも普遍的である「扉が空いてから、すべての乗客が車両から降車する」までの時間を中心に検討するものとした。

後述する降車事例は最短での降車時間の事例であるので、緊急性の低い降車においても応用することは十分可能であると考ええる。

3. 鉄道における避難と降車

(1) 鉄道における避難

鉄道における地震発生時の避難は、以下の3段階存在する³⁾。第1段階は、鉄道車両からの避難である。第2段階は、線路や駅（駅舎・プラットフォーム）からの避難である。第3段階は、安全な指定避難所への避難である。第1段階・第2段階においては乗客の協力なしに迅速な避難を達成することが出来ない。それゆえ「乗客の主体的な避難行動を支える」という観点から、避難を見つめ直す必要がある。乗客がどうしたら協力したくなるのか、どうしたら協力することができるのか。声のかけ方、フレーズ、情報提供などを常にブラッシュアップすることが求められる。第3段階では避難所への看板やハード整備など、地元自治会や自治体など地域との連携が重要となる。地震による津波の発生が想定される場合はこの3段階を迅速に行うことが必要であるが、直下型地震においては落ち着いて避難することが求められる。

車両から降車する場合は、以下4つの制約がある。第一の「車両上の制約」は、ドアの枚数や大きさ・避難はしごの搭載数などである。通勤列車と特急列車ではドアの枚数や大きさに差があり、降車時間が長くなってしまふ。第二の「地域（地形）の制約」は、車両と線路の高さや角度である。緊急停車した位置の土手・盛土の角度が高くなれば、降車時に使用する避難はしごの傾斜角は高くなってしまふ。また、降りる場所の地面状態、すなわちバラスト（砂利）なのかコンクリートなのかでも降車時間に差が出ると考えられる。第三の「乗客の制約」は、乗客属性の多様性である。年齢や国籍だけではなく、地元の乗客か観光客（地域外の人）なのか、あるいは移動制約者の方が乗車しているのかなどである。第四の「誘導上の制約」は、乗務員の人数や誘導案内表示の有無などである。乗務員は運行本数の少ないローカル線であればワンマン運転が多く、乗務員の数が少ないが、都市部においては車掌が乗務していたとしても1編成の乗客数が非常に多いため、相対的に乗務員の数が少なくなってしまう。

(2) 鉄道車両からの降車の現状

鉄道車両からの降車に関する先行研究としては、山本他[2014]の研究がある。この研究では、手摺の有無や傾斜角の違うはしごを使用し、年代の違う被験者が降りる群衆を再現した実験を通じて、降下時間（被験者の降り始め時刻～降り終わり時刻）と乗り込み間隔（ある被験者の降り始め時刻～次の被験者降り始め時刻）を把握している。はしごを降りる流動特性として、乗り込み間隔と降下時間が流量に影響することが確認されるとともに、傾斜角が緩い手摺付のはしごは、乗り込み間隔が降車時

間より短いことが把握されている⁴⁾。石突[2016]他の研究では山岳トンネル内における鉄道車両からの避難に関して検討している。トンネル内の降車に限定しているものの、はしごを使った車両からの降車においては、はしごの設置角度が急になるにつれて降車時間が長くなることが把握されている⁵⁾。これらの研究から、はしごを通じて車両から降車する際は、その設置角度・はしごの手摺の有無が、降車時間に影響することが把握される。

4. 津波対策としての降車訓練

津波常襲地域で営業する鉄道路線では、東日本大震災以前からも津波避難訓練を実施している。東日本大震災以降、南海トラフ巨大地震などの巨大地震の被害想定が見直される中で、各鉄軌道事業者でも「津波対策」は重要な課題となり、ハード対策や避難訓練などのソフト対策などが展開されている。特にJR西日本和歌山支社では、鉄軌道事業者では初めて「飛び降り型」の避難を導入するなど、避難時間の短縮に向けた取り組みを行っている。

ここでは「車両からの降車」の現状と課題を確認するため、実車を使った実践的、かつ大規模（避難者400人以上）な津波避難訓練における降車時間と降車上の課題について比較検討する。

(1) JRきのくに線津波避難訓練（JR西日本和歌山支社）

JRきのくに線津波避難訓練（略称：きのくに線訓練）は2017年11月5日に「稲むらの火」のふるさとである和歌山県広川町で行われた(図-1)。訓練概要は「訓練列車が、JRきのくに線湯浅～広川ビーチ駅間を走行中にマグニチュード9.1の南海トラフ巨大地震が発生、緊急地震速報システム鳴動により乗務員が列車を緊急停車させるとともに、津波発生を予測して乗車中のお客様を地域が指定している避難箇所（広八幡神社）まで避難誘導を行う」ものである。実際の営業中の路線を使った訓練である。これはJR西日本和歌山支社が定期的実施している



図-1 JRきのくに線津波避難訓練

訓練であり、複線区間での避難上の課題把握も目的としている。参加者は、地元の小中学生、鉄軌道事業者、地元行政・警察の合計約400名である。地元の小中学生が主な乗客で参加している。

使用した車両は225系4両で、1両あたり扉は3カ所ある。訓練では複線の隣接線側（隣の線路がある側）の側面扉をすべて開放し、合計12カ所から降車した。12カ所のうち、先頭車両と2両目にある2カ所の扉からは、避難はしごを通じての避難した。残りの10カ所については、飛び降り型で避難した。乗務員がすべての車両の扉を開放してから、乗客全員の降車にかかった時間は、筆者の手元の時計で3分4秒であった。

降車においては小学校・低学年の生徒は、主に避難はしごを使用して避難した。小学生が飛び降りて避難する際は、乗客役の大人が抱きかかえたり、手を差し伸べるなどの介助して降車した。

(2) JR日豊本線津波避難訓練(JR九州大分支社)

JR日豊本線津波避難訓練（略称：日豊本線訓練）は、2017年4月14日、熊本地震からちょうど1年の日に大分県別府市亀川地区・亀川駅構内付近で行われた(図-2)。訓練概要は「運転士は別府大学～亀川駅間を走行中、緊急地震速報と共に別府湾を震源（慶長豊後型地震）とする震度7の大地震が発生し緊急停止（新川踏切付近）した。その後、大津波警報が発令されたため、直ちに避難はしごを設置し、降車及び学校法人別府溝部学園（約750m）まで避難誘導を行う」ものである。実際の営業中の路線を使った訓練である。避難先となっている別府溝部学園高等学校の生徒約350名と鉄軌道事業者、行政の合計481名が参加する、現状の実車を使った津波避難で最大級の訓練である。約500名の乗客が一気に避難する時間と課題の把握を目的としている。

使用した車両は415系4両で、1両あたり扉は3カ所ある。訓練では複線の隣接線側の側面扉をすべて開放し、12カ所の扉に加え、前面貫通路1カ所の合計13カ所から降車した。前面貫通路は避難はしごを通じての避難、側面扉12カ所については飛び降り型で避難した。乗務員がすべての車両の扉を開放してから、乗客全員の降車にかかった時間は2分32秒であった。

降車では勢いをつけて飛び降りた生徒が、バラスト上での着地に失敗してバランスを崩してしまう様子などが確認できた。

(3) JR横須賀線津波避難訓練(JR東日本横浜支社)

JR横須賀線津波避難訓練（略称：横須賀線訓練）は、2018年4月19日、神奈川県横須賀市・JR東日本横須賀駅構内で行われた(図-3)。訓練概要は「JR横須賀線田浦～横須賀間で、大地震発生により津波警報が発令された想



図-2 JR日豊本線津波避難訓練



図-3 JR横須賀線津波避難訓練

定のもと、乗車中のお客さまを乗務員が津波避難施設へ避難誘導する」ものである。しかし、営業中の路線は列車密度の関係で使うことができないため、実際は列車を横須賀駅構内の留置線に停めた状態で訓練を行った。参加者は約400名であるが、そのほとんどが自社の社員、もしくは他の鉄軌道事業者である。また、車椅子の乗客役が1名いる。この訓練では、車内が混雑した状況での避難の課題や、車椅子の降車上の課題を把握することが目的である。

使用した車両はE217系4両で、1両あたりの扉は4カ所ある。訓練では片方の側面扉をすべて開放し、合計16カ所から降車した。いずれも避難はしごは使用せず、飛び降り型で避難した。乗務員がすべての車両の扉を開放してから、乗客全員の降車にかかった時間は2分24秒であった。

留置線であったため構内が広く、多くの人間が滞留することなくスムーズに指定避難場所へ向かうことができた。

(1)～(3)のいずれの訓練も実際の通勤型車両を用いて訓練を行っている。また降車する場所についてもバラスト上であるが、盛土区間ではなく平坦な地形のところで降車した。

(1)と(2)の訓練は実際営業中の線路上で訓練を行っており、その参加者の多くが学校の生徒である。(3)の横須賀線訓練は、営業線ではなく留置線上で行われ、その参加者の大半が自社社員及び他の鉄軌道事業者である。

表-1 大規模な実践的津波避難訓練の比較

訓練名	車両	扉の数	避難人数	避難者属性	降車時間	扉ごと人数 (推測)	一人当たりの 降車時分	備考
JRきのくに線津波避難訓練	225系4両	1両につき3つ	約400人	広川町内の小・中学生、鉄道事業者、行政など	3分4秒	33人	5.6秒	先頭車と2両目の2つの扉で避難はしご使用
JR日豊本線津波避難訓練	415系4両	1両につき3つ	481人	別府清部学園高等学校の生徒、行政、鉄道事業者など	2分32秒	30人	5.1秒	貫通路からも避難はしごで避難
JR横須賀線津波避難訓練	E217系4両	1両につき4つ	約450人	JR東日本横浜・グループ会社、鉄道事業者、沿線自治体・地元の警察や消防など	2分24秒	35人	4.1秒	

この自社社員は訓練を主催したJR東日本横浜支社以外からの参加も多く、また現業部門だけではなく、間接部門の参加者も居た。

5. 降車にかかる考察

先述した3つの実践的津波避難訓練を比較したものが、表-1である。避難の人数、使用した車両、地形などは出来る限り類似した訓練を比較しているが、訓練の条件は完全に一致していないことに、留意する必要がある。

ここでは一人当たりの避難時間を把握するために、便宜的ではあるが参加者が平均的に扉に分散して降車すると仮定し、1つの扉からどれだけの人数が避難するのかを求め、一人当たりの降車にかかる時間を求めている。

(1) 降車に係る時間について

400人～500人の乗客がほぼ満員状態ですべての扉を開放して降車した場合、約2分半～3分強で車両から降車することが可能であることが明らかとなった。車両からの降車の時間、一人当たりの避難時間を比較した場合、横須賀線訓練が最も短時間で降車している。これは、きのくに線訓練・日豊本線訓練と比較して1両当たりの扉の枚数が多いこと、参加者のほとんどが鉄道関係者であることが影響していると推察される。

逆にきのくに線訓練で一人当たりの避難時間が長くなっているのは、①他の訓練と比較して降車する隣接線側のスペースが狭かったこと、②避難方向にマスコミの取材クルーが待機しておりそれが避難の邪魔をしていたことに加えて、③先頭車両に設置した避難はしご自体が避難の邪魔をしていたことが要因となり、降車時に滞留が起きたことが影響していると推察される。

(2) 降車方法について

3つの事例では主に「飛び降り型」での降車であり、避難はしごを使用したのは一部の扉である。山本他[2014]の研究では、避難はしごの角度や傾斜角、降りる方向（前向き降下か後向き降下か）の違いはあるが、平均値として約4～7秒強で降車することができる。飛び降り型の避難では、慣れた場合は約2秒ほどで降車することが可能である。しかし、地形が平坦なところでも地面



図-4 JR西日本和歌山支社の避難誘導看板

から列車までの高さがバラスト部分を含めて約160cmあるため、初めての人はその高さにまず驚いてしまう。安全に降車するためには、まず視線を低くするためにドアレール部分に腰を掛け、ブランコに乗るように足を投げ出し、真下に降りるのではなく出来るだけ前方へ向けて飛び降りることが重要である。実際の降車場面では、腰を掛けてからも、実際に飛び降りるために「一呼吸置く」生徒が多かった。この一連の動作を丁寧に行っているため、時間がかかるものと推察される。

(3) 降車後の避難通路の確保

きのくに線訓練では、降車後の滞留によって一人当たりの避難時間が延びたと推察される。取材クルーの集団問題については万一の時には起きないものの、先頭車の避難はしごが支障の要因となることはあり得る。今回はたまたま先頭車付近に取材クルーが集まり、その反対側で避難はしごが設置されたために、当該部分がボトルネックとなって滞留し、降車にまで影響した。

他にも、降車後の乗客が避難場所までの方向を判らなかった場合に、滞留することが想定される。今回の訓練では、率先避難者役の誘導及びJR西日本和歌山支社が沿線に整備を進めている「避難誘導看板」の避難方向矢印標(図-4)があったため、避難方向が判らなくて滞留した人は居なかった。

6. 迅速な避難を進めるためのあり方

3つの訓練結果及び考察を踏まえて、より迅速に避難するために必要な視座、あり方について述べることにしたい。

(1) 降車に係る時間の短縮を目指す

降車の時間を短くするためには、2列での降車を実施させることが重要である。3つの訓練では降車時に、1列で降車するパターンと2列で降車するパターンが混在していた。通勤型車両の平均的な扉の幅は130cmであり、2列で飛び降りることも可能であるし、避難はしごの幅も手摺込みで40cm～50cm程度であるので、飛び降りりと並列させて降車することも可能である。最初に降車した先頭者が1列で降車した場合は続いての降車も1列になるが、「2列で避難して」と呼びかけていた扉付近では、2列で降車をしていた。2列で降車することができれば、降車時間は短くなるであろう。また、呼びかけについてはアナウンスだけではなく、車内掲示などで事前に告知する方法も考えられる。

降車時間を短くするためには、実車を活用した実践的な津波避難訓練を実施し、より多くの乗客に参加していただくことで、降車方法を事前に学習する機会を増やすことも重要である。事前に降車方法と留意事項を学習しておくことで、より迅速な避難が達成されると考える。

(2) 降車後の滞留を防止する

降車後の滞留を防止するためには、乗客に対して避難場所の情報（特に降りてからの進むべき方向）を提供する必要がある。発災時の緊急アナウンスの中に呼びかけ文を入れるという方法もある。しかし、津波が想定される区間であれば、できるだけ事前に乗客へ伝えておくことで乗務員の負担を減らすことや、他の業務（例えば移動制約者への対応）に注力させる環境整備が重要となる。その際、JR西日本和歌山支社の取り組みの様に、電化柱に進むべき方角を事前に差し示した避難誘導看板を設置することや、近年列車の中に増えている「トレインヴィジョン」や「電光掲示板」を活用することも必要となるだろう。

また、避難はしご自体が避難通路の妨げになってしまうこと避けるためには、避難はしごを設置する場所に配慮しなければならない。特に手摺付の避難はしごは乗務員室に設置されている場合が多く、その最も近い扉に設置される確率が高くなる。設置においては、避難はしごが避難する乗客の障害にならないかどうかを留意しなければならない。貫通型の車両であれば側面扉ではなく、常に前面貫通路に設置することも検討する必要があるだろう。

(3) 降車するルートを複雑化する

営業線で訓練したきのくに線と日豊本線の訓練区間は複線であるが、実際に扉を開放したのは隣地線側のみである。訓練によっては隣接線側ではなく、反対側のみ開放する訓練もある。実際は列車が緊急停車位置の状況に

よっては、蓋のない側溝にはまるなどの危険性もあるが、避難が可能な地形では両方の扉を開放することも検討する必要がある。

7. おわりに

本稿では実車を使った大規模な津波避難訓練の事例を通じて、車両から降車する場合の現状と課題を見てきた。飛び降り中心の降車について、その降車時間を把握することができた。また、降車上の課題も整理し、迅速な避難を目指すためのあり方も検討してきた。実際に「車両からの降車」を考える場合は、緊急地震速報を受信してから乗客が指定避難場所に避難を完了するまでの一連の動作がある。本稿で検討してきた車両からの降車はその一部分であるが、この部分の迅速化を目指すことが全体の避難の迅速化に貢献することができる。もちろん、当然のことながら緊急地震速報を受信してからの扉を開放するまでの乗務員の行動（すぐに避難させるかどうかの判断やアナウンスの方法・フレーズ）の迅速化も目指さなければならないのは、言うまでもない。

今後も実施されるであろう、大規模な津波避難訓練との比較をさらに進めることで、降車時間や課題の把握を努めていきたい。

謝辞：本研究を実施するにあたり、JR西日本和歌山支社、JR九州大分支社、JR東日本横浜支社、訓練の参加者の皆様にご協力を頂いた。また本研究は科学研究費補助金「津波避難計画に関する地域モデルの構造化と体系化に関する研究（研究課題番号：16K01344）／研究代表者：照本清峰」の成果の一部である。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本経済新聞：「在来線の長時間運転中止 JR西社長『渋滞が影響』」、2018年6月19日版、<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO31966060Z10C18A6AC8Z00/>（2018年7月31日閲覧）。
- 2) 産経新聞：「鉄道、帰宅困難、ライフライン…浮かび上がった『想定外』」、都市機能復旧に課題」、2018年6月25日版、<https://www.sankei.com/west/news/180625/wst1806250007-n1.html>（2018年7月31日閲覧）。
- 3) 西川一弘、照本清峰：鉄道乗車時における実践的津波避難訓練の効果と課題—高校生防災スクールと連携したJRきのくに線津波対処訓練の事例をもとに—、土木計画学研究・講演集、No.49、CD-ROM、2014。
- 4) 山本昌和、辻村莊平、佐野友紀、藤井皓介：鉄道車両用非常梯子を降りる群集を対象とした基礎的な流動特性の把握、日本建築学会大会学術梗概集（近畿）、pp697-698、2014。

- 5) 石突光隆, 山本昌和 : 山岳トンネル内における鉄道車両からの避難に関する基礎検討, 日本建築学会大

会学術梗概集 (九州) , pp255-256, 2016.

(???)