

つくばエクスプレスに対する緊急時避難サポートシステムの一提案

秋月万恵 羽鳥冬星 楊闊
アドバイザー 伊藤誠

1 背景

近年、大多数の人々が公共交通機関を日常的に利用しているが、公共交通機関の構造やしぐみに深く通じている人は多くないことが予想される。そのため利用者が公共交通機関で大規模な災害に遭遇した場合、安全に行動できるよう促す支援策を考案する意義は大きい。災害発生時、駅係員や消防隊に避難方法や通報、初期消火、救出等を委ねるだけで利用者が安全に行動するのに限界があるからである。利用客が公共交通機関の災害時にどのように行動すべきかについて日常的に見知り、かつ緊急時にも明示されることにより、安全な避難を促すことができる可能性を示したい。

2 目的

公共交通機関利用者にとって、より安全にわかりやすい「緊急時避難サポートシステム」を提案することを本研究の目的とする。本研究では提案の対象となる公共交通機関と想定災害を絞ることにより、現実的で効果的な提案ができると考えている。ある想定災害と状況の中で新たな提案と既設の設備を応用とを組み合わせた提案をおこない、それらが利用者にとって有用かを客観的に評価・考察する。

2-1 想定災害

つくばエクスプレス(TX)へのヒアリング調査に基づき、最も人的被害が拡大すると考えられるケースとしての想定災害と状況を以下にまとめた(図1)。

対象：つくばエクスプレス (TX)

想定災害：火災

状況：列車乗車中の駅間トンネル内停止時、運転士が火煙に阻まれ、避難誘導できない。

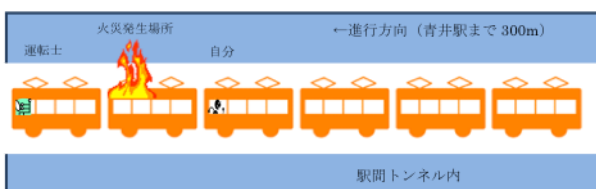


図1 想定する災害と状況説明図

2-2 提案内容

提案を以下の(1)から(7)に示す。提案のうち、表示方法については車内モニターとポータルサイトの両者による画像表示を意味する。

ポータルサイトは無線LANを通じてスマートフォンやタブレット端末に表示されるものを指す。TXの無線LAN状況はTX-2000系全編成、全区間でサービスが利用できるようになっている。列車火災発生時、この無線LANを利用して、災害発生場所、災害状況、利用者の所在地、避難経路などの画像情報を利用者に提供することを提案する。

一方車内モニターは、車内に設置されるディスプレイを指し、平常時から利用者の目に触れるようになっており、緊急時には自動的に防災情報を掲示するものである。現在のTXには設置されていないが、今後新規に導入するシステムの対象としての提案となる。

- (1) 車内に設置されている消火器の使用方法和設置場所を画像表示する。
- (2) 運転士や運輸指令所と繋がる非常時連絡装置が設置されていることを画像表示する。
- (3) やむを得ず乗客のみで駅間から列車を降り避難する場合、他列車が走行していない事実を画像表示する。
- (4) やむを得ず列車外へ出る場合、列車サイドドアを開放する方法を車内放送で具体的に指示する。
- (5) やむを得ず列車外へ出る場合の列車サイドドアコックの操作方法を画像表示する。

「この列車の2両目から火災が発生していることが判明しました。全ての列車が停止中です。前方2両乗客の方は、係員の指示に従い避難を行ってください。3両目以降の乗客の方はサイドドア上部のドアコックを使い、手動でドアを開け、列車外へ避難してください。」

- (6) 駅間でやむを得ず列車から降り避難方向を決定するにあたり、火災発生位置と自分の位置関係、前後の駅や前後のトンネル出口までの距離を画像表示する。
- (7) やむを得ず列車から降りた後の避難方向について車内放送により具体的に指示を出す。
「1両目2両目の方は進行方向に、それ以外の方は進行方向と反対に歩き、屋外に出るまで避難してください。」

3. 手法

3-1 TXの安全対策の調査

TXが毎年発行している「安全報告書」や各社新聞記事により現在のTXの安全管理や防災対策の概要を把握した。これらの調査で我々の疑問が明かされない部分について、大別すると以下の三点である。

- (1) TXがマニュアル策定時に乗客の行動をどのように想定しているか
- (2) 災害発生時の具体的な指示系統と流れ
- (3) 落雷事故、東日本大震災の際の具体的な対応

3-2 TXへのヒアリング調査

2013年5月28日に3-1での不明点を解消するために、TX本社でヒアリングを実施した。

ヒアリングを通じ新たに判明したことは、列車が駅間で動かなくなってしまったときの対応マニュアルがまだ作成されていないということと、列車が次駅まで自力走行できないという状況が想定されていないということの二点の問題である。

3-3 課題設定

TXのヒアリングに基づき、火災の発生から最終的な被害として死傷者発生までの事象の流れの中で、どのような問題が生じ得るかを検討した。事象の分岐を樹形図状に表したツリーを作成し、問題発生箇所を考察した(図2)。図2中の楕円で囲った部分は利用者の意向により避難するか、あるいは避難速度が変化するか分岐点となるため、楕円で囲った三点の状況下でどのように判断するかを問う質問とした。

3-4 質問紙調査

提案が意味のあるものであるかどうかを客観的に

評価するため、TX利用者に質問紙調査を行う。提案の有用性については質問紙調査の結果により示す。

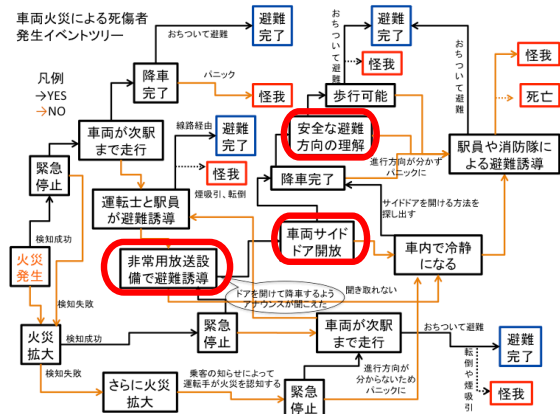


図2 列車火災による死傷者発生イベントツリー

質問紙調査の流れを以下の(1)から(4)に示す。

- (1) 質問紙グループを二つに分ける。一つ目をA群とし、提案を質問に盛り込む方とする。もう一つをB群とし提案を質問に盛り込まないグループにする。グループの分類は性別年齢を問わないが、被験者が一つの所属に属している場合、同数の質問紙を配布することにより平均的に分類する。
- (2) 各質問紙のうち前半では防災知識を問う。質問は両グループとも同内容である。得点結果より被験者の防災意識高低を分類するために使用する。
- (3) 全ての被験者に用紙を通じて我々の作成した想定災害と状況を提示する。
- (4) 想定災害の状況に置かれたとして、我々の提案があることにより(あるいはないことにより)問われている行動をとると思うか(できると思うか)を5段階で回答してもらう。

4. 結果

2013年10月1日から11日にかけて、質問紙の配布と回収を行った。その結果、200部配布したうち、我々の提案を質問に反映させた質問紙に回答したA群は62部、そうでないB群は64部、計126部回収できた。無回答の項目があったものを除いて、A群は58部、B群は59部のサンプル数で分析を行った。このA群・B群のサンプルを、防災意識の質問紙をもとに、「防災意識の高いグループ」と「防災意識の低いグループ」に分類した。これを整理したの

が表 1 である。

表 1 A 群、B 群の防災意識による分類

| | A 群 | B 群 |
|--------|------|------|
| 防災意識-高 | 25 名 | 33 名 |
| 防災意識-低 | 33 名 | 26 名 |

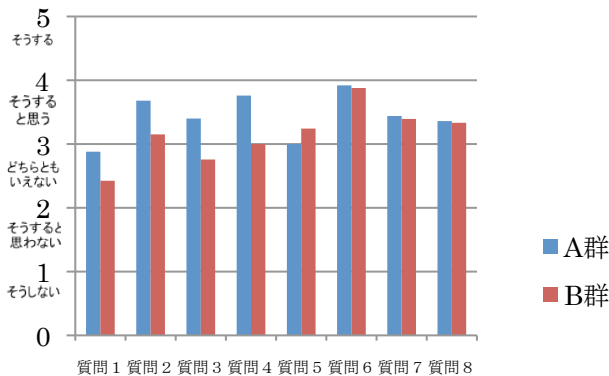


図3-1 防災意識が高いグループにおける A 群、B 群の回答平均値

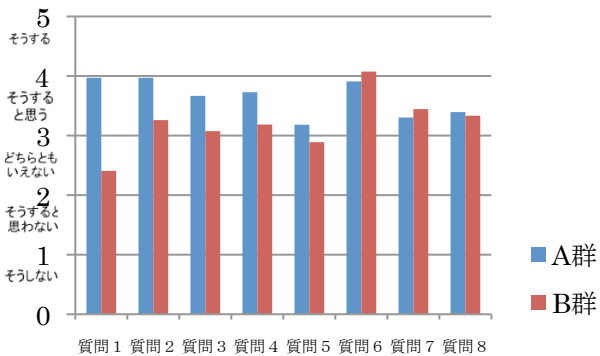


図3-2 防災意識が低いグループにおける A 群、B 群の回答平均値

また、図 3-1、3-2 では、防災意識が高いグループ、低いグループごとに、それぞれの質問に対する A 群、B 群の回答の平均値をまとめてある。これを見ると、質問 1 から質問 4 に関しては A 群の回答の方がより大きい数値の番号を選んでいる様子が見て取れるが、これが統計的に意味のあるものであるのかを検証したい。対応の無い 2 群に関する検定なので、ウィルコクソンの順位和検定[4]を用いる。この検定手法は予め分布を仮定する必要がなく、A 群、B 群の回答に差があったのかを判定することができる。有意水準 5% 下での検定の結

果を以下、表 2 に示す。防災意識が低いグループに対しては、質問 1、質問 2、質問 3 に関して A 群と B 群の差は有意であった。

表 2-有意水準 95%における検定の結果

| 防災意識高 | 質問1 | 質問2 | 質問3 | 質問4 |
|-------|------------|---------|---------|--------|
| p 値 | 0.1928 | 0.1019 | 0.05257 | 0.1151 |
| 有意か否か | 有意でない | 有意でない | 有意でない | 有意でない |
| | 質問5 | 質問6 | 質問7 | 質問8 |
| p 値 | 0.3869 | 0.8048 | 0.9292 | 0.7123 |
| 有意か否か | 有意でない | 有意でない | 有意でない | 有意でない |
| 防災意識低 | 質問1 | 質問2 | 質問3 | 質問4 |
| p 値 | 0.00000179 | 0.01089 | 0.03356 | 0.1296 |
| 有意か否か | 有意 | 有意 | 有意 | 有意でない |
| | 質問5 | 質問6 | 質問7 | 質問8 |
| p 値 | 0.2118 | 0.6067 | 0.4578 | 0.8371 |
| 有意か否か | 有意でない | 有意でない | 有意でない | 有意でない |

5. 考察

防災意識が低いグループに関して有意差があると判断された質問 1 から 3 について考察する。

質問 1 は隣の車両で火災を発見したときに、初期消火をするかという質問である。ここでの提案は、図 4、5 のように、ポータルサイト等に消火器の位置と消火方法を明示するというものである。この質問によって、具体的に消火器の場所と使用方法を知ることが、初期消火に結びつくことがわかった。特に防災意識が低いグループの p 値は小さい。これは元々の防災意識が低い人であっても、適切な情報を与えられれば初期消火を行う可能性が増すことを示している。

質問 2 は煙が列車中に充満してきた時に、係員と非常用連絡が手段を探し出し、状況を伝えるか否かという質問である。提案は図 4、5 のような画像をポータルサイトや車内モニターに表示し、係員と非常時連絡がとれる装置があることを明示するというものである。



図 4 車内の消火器位置



図 5 消火器の使用方法

| | 秋葉原 → | | | | | |
|-----|--|---------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| 号車 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 形式 | TX-2100形 (CT1) | TX-2200形 (M1) | TX-2300形 (M2) | TX-2400形 (M1') | TX-2500形 (M2') | TX-2600形 (CT2) |
| 備考1 | 女性専用車 | 車椅子スペース | セミクロスシート 弱冷房車 | セミクロスシート | 車椅子スペース | |
| 備考2 | <ul style="list-style-type: none"> 非常通報装置を車内に設置しています(各車両に2箇所、車椅子スペースに1箇所設置)。ボタンを押すと乗務員室につながり通話することができます。乗務員が対応できない場合に、15秒後に総合指令所につながり指令員と通話することができます。 各車両には消火器を装備しています(各車両の床の下に4箇所設置)。 | | | | | |

注: C:制御車
T:付随車
M:電動車

図6 車内の非常用連絡設備の常備を示した図

このように列車の全体像と非常用連絡設備の有無を明示することによって、外部への連絡を取りやすくしたことが、乗客の行動を変化させることがわかった。質問3は車内放送が流れているが、聞き取れない状況において、能動的に状況把握をするかという質問である。ここでの提案は質問2同様、ポータルサイト等によって、係員と非常時連絡がとれる装置の存在を画像で知らせる(図6)というものである。質問2、3によって、乗客が自分の置かれた状況を理解できない場合でも、非常用連絡設備の存在を明確にするだけで、乗客は状況把握しようとするのがわかった。特に質問3に関しては、防災意識が高いグループに対してのp値も0.052と決して低い数値ではない。このことは防災意識の高低に関係なく、非常用連絡手段の明示が乗客の安全行動につながることを示唆している。

つぎに、有意差が出なかった質問についても考えてみたい。質問4は、駅間でサイドドアから車外に避難することが求められた場合、スムーズに降車できるかを問う質問である。サイドドアから避難する必要がある場合、隣の線路に他の列車が走行する可能性があるために、なかなか避難がスムーズに進まないかもしれない。ここで提案は、ポータルサイト等によって、自分がいる周辺には他列車が走行していないことを明示するというものである。この質問は今回の手法では有意差こそ生まなかったものの、防災意識によって分類する前のA群のサンプル58、B群のサンプル59で検定を行った結果は有意であり、提案そのものは有効であったが、有意差を出すにはサンプルサイズが不足していたと考えられる。

質問5と質問8はアナウンスに関する提案である。まず質問5ではB群に対して、「この列車の2両目か

ら火災が発生していることが判明しました。全ての列車が停止中です。係員の指示に従い避難を行ってください。係員が避難誘導に向かえない場合はお客様自身でドアを開け列車外に避難してください」という車内放送が流れた際に、スムーズに避難できるとするかを聞いている。一方質問5のA群に対しては、「この列車の2両目から火災が発生していることが判明しました。全ての列車が停止中です。前方2両乗客の方は、係員の指示に従い避難を行ってください。3両目以降の乗客の方はサイドドア上部のドアロックを使い、手動でドアを開け、列車外へ避難してください。」というように具体性を持たせた放送をしている。質問8では、列車から降車後に放送を聞いた後の行動に関して質問している。質問8のB群の回答者に対しては、「乗客の皆様は、煙を避けながら、屋外に出るまで避難してください。」という放送の後に、スムーズに避難できるとするかを問うた。一方質問8のA群の回答者への放送は「1両目、2両目の方は進行方向に、それ以外の方は進行方向と反対に歩き、屋外に出るまで避難してください。」というように、質問5同様、具体性のある放送をしている。

しかし防災意識の高低に関わらず、質問5と質問8ともにA群B群の間で有意差は生じなかった。放送内容に具体性を持たせることが、必ずしも乗客の行動の変化には繋がるとは言えないことが理解できる。他の質問と比較してみても、質問5と質問8のp値は比較的高く、災害時には放送を工夫だけでなく、視覚的な状況提供を併用した方が効果的であると考えられる。

質問6は、列車火災発生のため、全列車が運行停止状態だと判明したときに、何れかの方法によって列車外に出られると思うかを問う質問である。A群の回答者にのみ、「ポータルサイト等表示に車両サイドドア開放方法について写真付で説明があります。

(図7参照)」というように脱出方法を明示してある。この質問が有意差を生まなかったことによって、非常時には脱出経路が多少不明確であっても、乗客は自力で避難する手段を探そうとする傾向にあることが読み取れる。

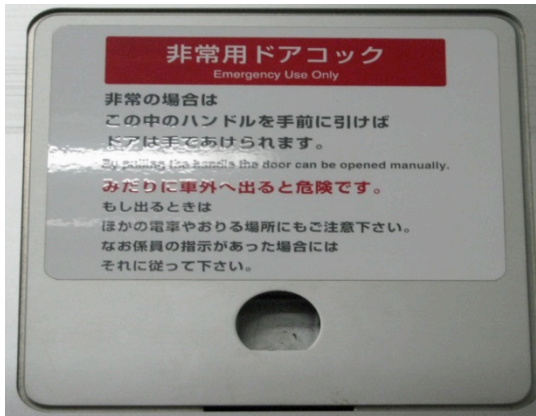


図7 ドアコックによるドア開放方法

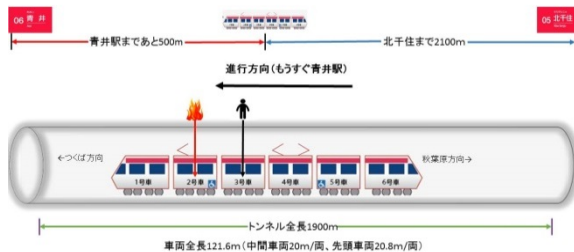


図8 トンネル内の自分と火元の距離関係

質問7は、乗客のみでサイドドアを開けて線路に降りた際に、スムーズに避難できると思うかを問う質問である。A群のみ、トンネル内の自分と火元の位置関係をポータルサイト等から図8のような形で知ることができる。この質問により、乗客が自身の置かれた状況を知ることによって、災害時のスムーズに避難に繋がると想定していたのだが、緊急時にはこの情報では行動の差に反映されないことがわかった。一つの案として、図8の情報に加えて、具体的に避難する方向を示すようなシステムを提案することが考えられる。

6. 結論

当初の提案に質問紙調査の結果を反映したものを最終的なTXへの提案とし、本研究の結論とする。TXへの提案としての位置づけは、利用者の安全避難を支援するための一情報提示方法である。以下に調査結果を反映した提案結果を記す。

(1) 当初提案のとおり (2-2(1)に対して)

車内に消火器が列車内に常備してあることと消火器の設置場所を平常時から画像により提示し

ておく。(車内モニターやポータルサイト)

(2) 当初提案のとおり (2-2(2)に対して)

TXはワンマン運転である。駅間トンネルで列車が火災のため停止した場合、様々な役割を一度にこなす必要がある。運転士の避難誘導の遅延が利用者への安全な避難を阻害せぬよう、利用者から運転士や指令所へ積極的に連絡できるようなしくみを確保しておくことが望ましい。そもそも既設の列車内の非常通報装置はそのために存在するが、存在すること自体利用者が知らないからには緊急時の利用は難しい。そのため、本提案では日常から列車内に非常用連絡装置の存在を画像表示することで周知しておき、緊急時には自動的にこの画面が表示されるしくみとして提案する。

(3) 当初提案に車内放送による具体的な降車サイドと避難方向、出火場所を追加 (2-2(3)に対して)

降車時ポータルサイト等で他列車が走行していないことを示したものであるが、同様の内容を車内放送で周知することを併用した場合、利用者の列車外避難に関して不安をより除くことができる可能性があると考えられる。

(4) 当初提案と画像表示を併用し、ドアコック開放には相応の腕力が必要であることと乗客同士の助け合いによる降車を具体的に車内アナウンスで指示することを追加 (2-2(4)に対して)

サイドドアを開ける方法を明示するだけでは列車外へ安全に避難できると思わない理由がある。サイドドア上部のドアコック操作は目線より高い位置にあることに加え、男性の握力でやっと開放できる程度の締め具合である。しかも列車外へは梯子もなく線路へ飛び降りるかたちにならざるを得ない。

(5) (4)と併用

(6) 当初提案と車内アナウンスを併用 表示には直近の地上避難口までの距離を追加車内アナウンスでは落ち着いたはっきりとした声で反復することを追加 (2-2(6)に対して)

火災発生位置と自分の位置関係、前後の駅や前後のトンネル出口までの距離を表示しただけ

では安全に避難できるとは思えない理由がある。質問紙の自由記述欄には「パニック、混雑が予想される」ことや「トンネル外や駅以外に地上に繋がる通路があるのでは、あれば明示すべき」などと記載があり、理由の一部と考えられるため、これを反映する。

(7) (6)と併用

7. 今後の課題

(1) 質問紙回答者属性のランダム性不足

本質問紙調査における被験者を選択した条件は「TXの利用経験がある」ことのみとした。サンプルの属性が十分にばらついていないことによる結果の偏向が考えられる。一提案とはいえ、属性のばらつきを熟慮した質問紙調査による裏付けの方が、現実に近い提案としての有効性を示せる。

(2) 設計外力を超えた火災によるシステムの障害

ポータルサイトを通じた防災情報の表示は、無線LAN設備が正常に機能していることが前提である。しかし火災等の損害により機能が失われる可能性がある。平常時からの表示方法の工夫と車内放送との併用によりそれを補う必要がある。

(3) 提言の他社への汎用性

鉄道と一言にいても、路線によって運行管理体制や列車構造が異なる。しかし利用客への緊急時の情報提示のあり方を考察するうえで、列車構造やトンネル、地下設備や建築物構造が類似した他社においても同様の概念を応用することも可能ではないか。一組織に提案する意義は、ある災害想定とそれに応じた対策を実現しその有用性を検証することにより、他社への応用や改善策を生み出せるところにあると考えている。今回の提案の位置づけとしては、その第一歩である考える。他社で導入する場合は、個別の実態調査やTXで採用された際の検証結果を加味する必要がある

(4) 費用便益比

提案を採用するにはそれに見合う便益かを分析する必要がある。そもそもTXは生産性よりも安全性を重んじる組織であり、事実として高い安全性を確保してきた。列車や列車付近で大規模

な火災が発生し拡大する確率と列車が不燃材で造られている背景をふまえると、提案が採用に至るには議論の余地がある。

しかし既設の無線LANを使用したTXプラットフォームには、本提案のような防災関連情報が掲載されていない。既設のプラットフォームに新情報を入れるだけであれば、費用負担はさほどない。なお、車内放送の工夫については、費用の苦慮はほぼ不要である。今回の放送内容の提案について質問紙調査の結果、効果はさほどなかったが、避難する全利用者にとって安全でわかりやすい放送文を統一しておく必要はある。

8. 謝辞

多忙な中、質問紙調査にご協力いただいた皆様に深く感謝申し上げます。

首都圏新都市鉄道株式会社様には、ヒアリング調査の協力依頼を快く承諾して下さいました。心より感謝申し上げます。

9. 参考文献

- 1) 愛媛大学防災情報研究センター(2012), 防災に関するアンケート調査結果:単純集計(松山市)
<http://cdmir.jp/wp/files/2012/03/a4d7dd843d1dea3de1606a8c7af2dd91.pdf> (最終閲覧 2013年10月12日)
- 2) 国土交通省/軌鉄道輸送の安全にかかわる情報(平成24年度)
<http://www.mlit.go.jp/common/001006297.pdf> (最終閲覧 2013年10月8日)
- 3) 首都圏新都市鉄道株式会社(2013), 安全報告書2013
- 4) 鈴木武, 山田作太郎(1996), 数理統計学-基礎から学ぶデータ解析-, 内田老鶴圃
- 5) 東京消防庁(2013), 平成23年消防に関する世論調査, 東京消防庁
- 6) 横浜市消防局/消火器の使用
<http://www.city.yokohama.lg.jp/shobo/seikatsu/shokishouka/shoukaki.html> (最終閲覧 2013年10月12日)