

# 駅における火災時の避難安全性を高める

石突 光隆  
 構造物技術研究部  
 (建築 研究員)

山本 昌和  
 同  
 (同 副主任研究員)



いしづき みつたか



やまもと まさかず

## はじめに

2000年代に入り、米国の世界貿易センタービルのテロ火災による崩壊や、韓国テグ市の地下鉄火災、日本においては相次ぐ雑居ビルでの火災と、火災による惨事はまだ記憶に新しいと思います。

日本の鉄道に関しては、過去の鉄道火災事故の教訓を生かした対策基準の整備によって、近年、火災による大惨事は発生していません。しかし、2006年には下関駅で放火が発生しており、深夜の放火であったこともあり死傷者はできていませんが、木造駅舎が全焼しています。また、最近では2008年の変電所火災による大幅な列車遅延や、高架下での火災による避難、駅構内でのボヤ騒ぎなどが発生しており、2009年にも駅ビルでの火災による避難が行われています。

このように、火災による被害は少なからず発生しており、有事の際に混乱なくお客様を誘導する手法の更なる検討が必要です。また、近年の鉄道駅は大規模化・複合化が進み、隣接建物との連続性も高くなっており、相互の連携を取った統一的な避難対策もまた必要となってきました。

以下では、現状の駅の火災対策基準と、鉄道総研で行っている、火災時の避難安全性能の向上を目的とした基礎的な避難実験等について紹介します。

## 鉄道の火災対策基準

木造の建築物が多い日本では、古くから火災による大きな被害を受けてきました。江戸時代には「火事は江戸の華」と言われるぐらい火災が多く、その後も関東大震災の火災、昭和に入ってから、白木屋百貨店、千日デパートなどの大型店舗での火災が発生し、その歴史は現在へと続いています。

鉄道においても例外ではなく、昔の木製部材を使った車両では火災が多く発生していました。中でも1951年に発生した桜木町駅の車両火災では、死者106名、負傷者92名の大惨事となりました。この車両火災では、工事中に切れてしまった架線と車両が接触し、パンタグラフから発生した火花が木製の屋根に引火し、車両を全焼させてしまいました。車両の不燃化が進んでいなかった事以外にも、窓が一部しか開かず脱出できなかった事や、車両間の貫通路の扉の開く向きなど、車両の構造上の問題等が明らかになり、その後の応急的な対策として防火塗料の塗布や貫通路扉の引き戸化などが講じられました。

1956年に発生した南海高野線トンネル内の列車火災後には、車両の使用材の不燃・難燃化が強化され、1968年の日比谷線車両の床下からの出火事故では、実際の車両の

燃焼実験も行われ、基準が見直されました。1972年に発生した北陸トンネルの列車火災事故後には、山岳トンネルを走行する車両の火災対策が強化され、地下駅およびトンネルの火災対策の検討が行われました。

2001年には、材料や設備の仕様を定める仕様規定から、仕様規定と同等の性

表1 火災対策基準改正の変遷内容

| 年           | 変遷内容   |
|-------------|--|
| 1956年 (S31) | 南海高野線鉄道で発生した列車火災を契機に車両の部位別に使用できる材料の防火性能が通達された。     |
| 1975年 (S50) | 建造物の不燃化をはじめ防火管理室、二方向避難経路等の整備についての基準が通達された。         |
| 2001年 (H13) | 仕様規定であった基準を性能規定化し、火災対策に関する具体的基準については、解釈基準として規定された。 |
| 2004年 (H16) | 2003年のテグ地下鉄火災を受け、想定火源、避難安全の照査方法等が解釈基準として規定された。     |



図1 鉄道に関する技術基準<sup>1)</sup>

表2 火災対策基準での想定火源

| 火災種類  |    | 出火源                     |
|-------|----|-------------------------|
| 通常火災  | 車両 | 車両床下機器からの出火(昭和50年策定の基準) |
|       | 売店 | ライター等による放火(昭和50年策定の基準)  |
| 大火源火災 | 車両 | ガソリン4リットルによる放火          |
|       | 売店 | ガソリン4リットルによる放火          |

能を有するその他の方法を認める性能規定化に伴い、火災対策に関する具体的基準は省令の解釈基準として規定されました。

そして、2003年に発生した韓国テグ市の地下鉄火災を受けて、「地下鉄道の火災対策検討会」が開かれ、その報告書に基づく解釈基準の改正が行われました。主な改正点は、従来の通常火源に加え、テグ市のようなガソリンによる放火を想定した大火源火災の設定と、火源に対応した要避難者の避難時間の算出です(表2, 図2)。

通常火災では、火災時に発生する煙の温度が低く、煙が一様に拡散する特性を持つため、避難安全の照査には、要避難者が避難を完了した時間における煙濃度が許容値以下であることを確認します。大火源火災では、火災時に発生する煙の温度が高く、煙が天井面に層を成して流動し、蓄煙とともに煙が降下する特性を持つことから、床面から煙層下端までの高さが避難上支障の2mに達する時間で避難安全の照査を行っています。

昭和50年策定の基準では、車両火災の場合でホーム階からコンコース階までの避難時間を一律7分、コンコース火災の場合でホーム階から地上までを一律10分としていました。そして、この避難時間を基に必要な排煙能力の設計を行っていましたが、近年の駅の大規模化を受け、駅ごとの形態を考慮した算出を行う必要から、駅の規模(要避難者数)と形態を考慮した方法が解釈基準の解説として提案されました<sup>1)</sup>。

### 駅の避難安全性向上

駅における避難安全性を向上させるには、基準を満たした上で、更に効果的な設備等の配置や、機能の付加を行う事が考えられます。そこで、駅の中でも既設置数の多い設備として、照明および放送用スピーカに注目した実験を行いました。

#### (1) 光による誘導

現在の基準では、非常照明に切り替わった場合の照度は床面で1ルクス以上になるように定められています。しかし、一律に1ルクスの光環境を与えるよりも、避難上有効と考えられる場所、例えば出口に近い箇所などでは、他との明るさに差をつけることが効果的であると考えられます。そこで、光による誘導に関する基礎的な実験を行いました。実験は、鉄道総研敷地内の実物大規模の模擬駅舎「駅シミュレータ」<sup>2)</sup>の中に改札口を2箇所設置し、様々な光源条件下で30人の群集が避難し、どちらの改札を選択するかというものです(表3, 図3)。

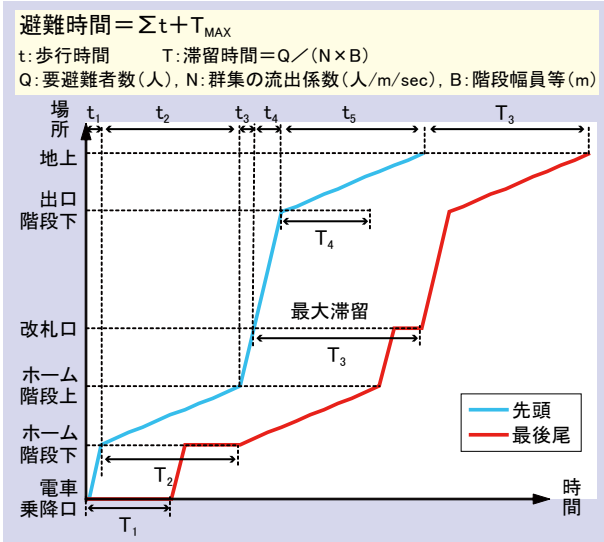


図2 避難時間の算出

表3 光による誘導実験の各条件

| 実験条件<br>・スタート位置 2パターン<br>・改札条件 2パターン<br>・光源条件 3パターン | スタート位置条件 |           |
|---|----------|-----------|
|   | 階段A      | 階段B       |
| 改札2<br>改札1<br>階段A<br>階段B<br>駅シミュレータ平面               | 改札位置条件   |           |
|   | 改札1(近)   | 改札1(遠) 5m |
| なし  | 光源条件     |           |
|   | 改札1      | 改札2       |
|   | なし       | なし        |



図3 光による誘導実験の実験風景

結果を図4に示します。図4 (a)の階段Aから実験を開始した場合と、(b)の階段を昇り切った後に転回が必要な階段Bから開始したいずれの場合においても、光源のある方の改札選択率が高い結果になっています。

被験者に行った改札選択理由のアンケートの分析では、光源がない場合の改札の選択理由は、「前の人についていったから」が半数を占めており、光源なしでは、経路判断が難しく追従型行動をとる傾向が強いことがわかりました。また、光源がある場合には、約63%の人が「明るさ」を理由に改札を選択していることから、光を利用した誘導の効果が表れていることがわかりました。一方で、「人に追従」という理由が次に多く、追従型行動の傾向も表れていました。また、光源のない改札を選択した理由では、「他の改札が混んでいたから」が、全体の約30%を占めており、混雑を回避しようとしている傾向も表れました。

今後は、得られた群集行動特性も考慮し、避難上有効な非常照明の配置方法等について、更に検討を行う予定です。

## (2) 音による誘導

駅では、普段からお客様に様々な案内を行うため、多くの放送が流れています。また、放送以外にも、足音や話し声など様々な音で溢れています。これらの音環境の中で、火災時に異常を伝える方法として、非常警報設備があります。非常警報設備から発せられる警報音は非常に大きく、多くの人が異常に気づくと思われまます。しかし、警報音後の効果的な避難誘導を行う際には、場所ごとに放送内容を変え、適切な誘導を行わなければならない事から、その際の避難者の移動状態を考慮した聴き取りに関する基礎実験を行いました。

実験は、親密度の高い単語や文章（多くの人が日常的によく使用する単語）を被験者が聴き取り、それを「聴き取りにくい」から「大変聴き取りにくい」まで4段階で回答し、「聴き取りにくい」以外の回答をした被験者の割合で評価する聴き取りにくさ実験を、静止時と歩行時に行いました。

静止時では、図5の評価地点に被験者を並べ音声放送の聴き取りを行い、歩行時にはB地点からA地点に全員で移動する「一方向」の場合と、A地点とB地点に被験者を半分に分けて待機させ、その後同時に反対地点に移動する「対向」の場合の2種類の歩行条件を行いました。

図6の実験結果を見ると、SN比（放送と放送以外の騒音レベル差）が1～3dBのときに静止時と歩行時で若干の差が見られます。また、SN比が小さい場合で、歩行状態が

複雑な対向の方が一方向よりも、やや聴き取りにくさが増すという傾向が得られました。

今回の実験条件では音声放送に意識が集中していたため、静止時と歩行時の聴き取りにくさに大きな差が出なかったものと考えられます。今後は、実際の避難時の意識により近い状態を再現し、避難時の重要な情報となる放送内容の聴き取りに関する検討を行っていく予定です。

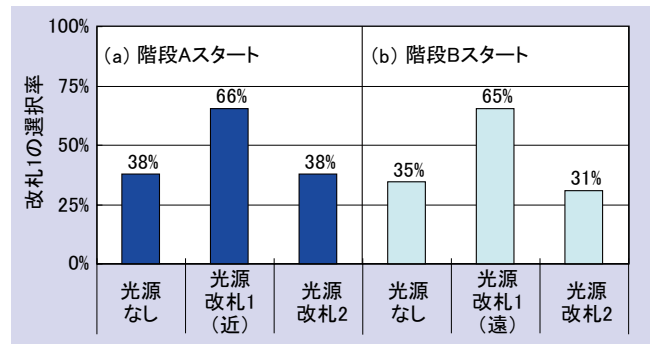


図4 光源条件を変化させた場合の改札1の選択率

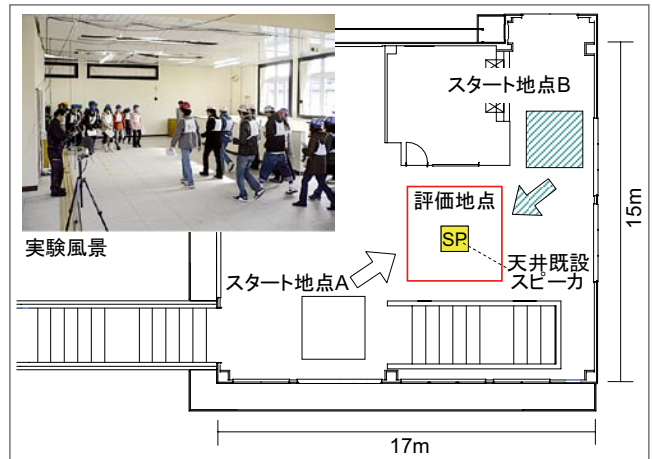


図5 聴き取りにくさ実験の概要

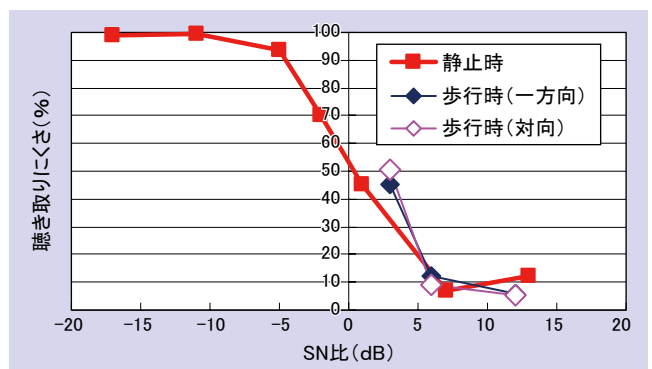


図6 静止時と歩行時の聴き取りにくさ

## 火災時の避難状況の再現

火災時の避難を想定した実験を行う場合、当然ですが実際の火を扱うことはなく、被験者の方に火災が発生している状況を想像してもらい、その前提条件の下で実験を行います。その際、言葉による説明だけでなく、絵を見せたり、実際の火災の音を聞かせたり、煙を発生させたりと、より臨場感のある設定を行います。しかし、言葉や絵のみでは必ずしも被験者に統一の環境を想定してもらえないことから、想像力のある程度統一化する必要があります。

そこで、近年発達しているバーチャルリアリティ（VR：人工現実感）技術を活用した実験方法が考えられます。コンピュータ技術の発達によって、バーチャル空間をリアルタイムにレンダリング（物体の見え方をコンピュータが計算しながら、画像を作成していくこと）することが可能になり、よりわかりやすい想定環境を被験者に提示することが出来るようになってきました（図7）。

既存のバーチャルリアリティ技術を用いた火災関係の設備では、総務省消防庁消防大学校消防研究センターの「fire cube」があります<sup>3)</sup>。fire cubeは、大型のスクリーンにCGで再現した火災映像を投影し、火災状況と連動して室内の温度や湿度、また煙を発生させることができるシステムです。実際の火災を体験することが現実的ではないことから、過去の火災事例を再現し、体感することで防火安全の教育・訓練への適用や安全対策の確認を行うことを目的としています。

また、バーチャルとリアルとの融合という観点からVRの進化系とも言えるAR（Augmented Reality：拡張現実感）技術も進化しています。ARとは、現実の空間にコンピュータを用いて情報を付加する技術で、ゲームから医療まで様々な分野で現在応用研究が行われています。USBカメラなどで対象を見ると、現実空間に置かれたマーカーと呼

ばれる識別子の場所に実際には存在しない物体が表示されるシステムで、主にヘッドマウントディスプレイ（頭部に装着する小型のディスプレイ）を用いることで、現実空間と仮想空間をリンクさせ、没入感を得ることができます（図8、図9）。

鉄道総研でも、これら最新の技術を駅シミュレータに取り入れることで、より現実味のある火災避難実験が可能な設備の開発に取り組んでいます。

## おわりに

鉄道における火災対策基準の一部と避難誘導に関する基礎検討実験を紹介しました。鉄道駅における避難安全性は、過去の火災事例毎の対策により、一定の水準に達していますが、より安全で円滑な避難が可能となる設計及び設備の開発を目指し、今後も実験を重ね検討を続けていきます。

本実験の一部は、国土交通省の補助金で実施しました。

RRR

## 文 献

- 1) 「解説 鉄道に関する技術基準（土木編）（別冊）地下駅等の火災対策基準・同解説」, 2007年11月
- 2) 伊積康彦, 石突光隆, 川崎たまみ: 駅空間の快適性を向上する, RRR, p30-34, 2008年6月
- 3) 消防科学研究センター: <http://www.fri.go.jp/cgi-bin/hp/index.cgi>
- 4) FORUM8「UC-win/Road」: <http://www.forum8.co.jp/index.html>
- 5) 「ARToolKit」: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>  
(URLは2009年6月現在のもの)



図7 バーチャルリアリティソフトでの駅の再現<sup>4)</sup>



図8 AR用ツール



図9 ARによる現実空間への情報の付加<sup>5)</sup>