

鉄道分野の事例及び社会環境等の変化から 見た地下空間の安全確保の課題と方向性

A PROPOSAL STUDY FOR CHALLENGES AND FUTURE ASPECTS OF UNDERGROUND SPACE SECURITY FROM THE VIEWPOINT OF INSTANCES OF THE RAILWAY FIELD AND SOCIAL TRANSITION

金山 洋一¹

Yoichi KANAYAMA¹

This paper shows challenges and future aspects on the current plans for public security in underground space, with referring the cases of railways including history of security development, and based on the disastrous and social transition and development and prevalence of ICT.

It indicates that modification is necessary to apply experiences for expected great earthquakes because of differences from those of past, support by ICT is effective despite mismatches between mass of public and administrative system, vertical functional strengthening are required for collaborative relationship.

Key Words : Great earthquake, tsunami, flood, information, collaboration, IoT, AI.

1. はじめに

地下空間は，市街地における地上の空間狭隘性等から，様々な分野において活用が進んできている．鉄道においても多くの地下鉄が整備され，近年では大深度地下使用の計画も進められている．また，鉄道は，安全性の高い交通機関とされるが，幾つもの事故が礎となって改善を繰り返し，高い安全性が達成されてきたものである．

本稿では，緊急性があるとされる巨大地震発生時における地下空間の災害対策に着目し，安全性向上の歴史ともいえる鉄道分野の例を紹介しつつ，公衆の安全確保策に係る課題と方向性を論ずる．

まず，災害等の自然環境の変化，高齢化やインバウンド観光等の社会情勢の変化，ICT等の技術の進展と普及について俯瞰する．次いで，既往大地震について，想定される大地震との比較を行いバイアスの存在と注意点を示す．そのうえで，国，地方公共団体による取組みを概観し，防災・減災の実効性を高めるために更に注目が必要と思われる事項と対応の方向性について提言を行う．

地下空間の機能や災害対策等は，総じて不特性多数が

自由に移動する浅中深度地下空間と，車両等が通過する大深度等地下空間とで大きく異なる．本稿では，浅中深度地下空間を対象とし，特に断らない限り，同空間を「地下空間」と称する．

2. 自然環境・社会情勢・技術の変化

(1) 自然環境の変化 ～災害リスクの高まり

過去二千年の間に4例あった東日本太平洋側の巨大地震では，4例とも±10年以内に首都圏直下型地震が発生し，3例について±18年以内に東海・南海・東南海地震が発生している(表-1)．現在，東日本大震災から6年が経過しており，上記事例に従えば大地震の発生リスクは極めて高くなっているといえる．

また，近年はこれまで経験したことがなかった豪雨等が発生するようになった．気象庁によると過去40年間のアメダスのデータ等から，大雨の年間発生回数は，一時間降水量50mm以上と80mm以上，日降水量400mm以上とも増加傾向にある¹⁾．最近では，平成29年7月九州北部豪

キーワード：大地震，津波，浸水，情報，連携，IoT，AI

¹ フェロー会員 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 技術企画部長 Professor, Director of Department for Engineering Affairs and Transportation Research/Planning, (E-mail:kanayama.yoi-5h3z@jrtt.go.jp)

表-1 過去2000年間の東日本太平洋側巨大地震と関連大地震

東日本太平洋側		首都圏直下型	東海・南海・東南海
貞観地震 (M8.3-8.6) 869年	→	9年後 878年 相模・武蔵地震 (M7.4)	18年後 887年 仁和地震 (M8.0-8.3) 東海・東南海
慶長三陸地震 (M8.1) 1611年	→	4年後 1615年 江戸地震 (M6.1)	6年前 1605年 慶長地震 (M7.9-8.0) 東海・南海・東南海
明治三陸地震 (M8.2-8.5) 1896年	→	2年前 1894年 明治東京地震 (M7.0)	—
昭和三陸地震 (M8.2-8.5) 1933年	→	10年前 1923年 関東大震災 (M7.9)	11年後 1944 1946年 昭和南海・東南海地震 (M7.9-8.0)

(徳山日出男. 土木学会地下空間シンポジウム講演資料.
H28. 1. 22より作成)

雨(7月5日～6日)において、総降水量が多いところで500mmとなり、福岡県朝倉市では時雨量が観測史上最大の約130mmとなった。関東地方では、平成27年9月関東・東北豪雨により鬼怒川の堤防が決壊している。

(2) 社会情勢の変化

2016年の訪日観光客数は2,400万人を超え、政府は、2020年までに4,000万人を目指すとしている。中でも大都市圏を訪れる割合は大きく、例えば2015年の訪日観光客1,974万人のうち約6割が東京を訪れ²⁾、旅行提供会社によるツアーではなく、スマートフォンを用いた個人単位の旅行が増加傾向にある。また、東京特別区での外国人居住人口が4%を超えた区が17あり、新宿区、豊島区では1割程度となるなど外国人居住者も増加している³⁾。そのほか、2020年の25歳～44歳の女性就業率の政府目標が73%とされ、また高齢者の就業者数は過去最高の681万人(2014年度)となるなど女性や高齢者の外出機会も増え、公共交通のバリアフリー化の進展等もあって移動制約者の屋外移動機会も増加している。

社会情勢としては上記のほか、テロ対策が鉄道事業者等によって取り組まれ、また、内閣官房は、弾道ミサイル、航空攻撃、核爆発やテロの発生時に地下街への避難を勧めている⁴⁾。

(3) 技術の変化

ここでは、急激に発展・普及してきた技術に着目する。

ICT関連の技術は、近年、急激に発展してきている。特に、人工知能(AI)は通信技術の高度化を背景にクラウド上からのビッグデータ等をディープラーニングさせること等により革新的に発展しつつある。例えば、気象分野では、2017年3月にIBMが、AIである「Watson」に気象の変化を予測させて気象の影響を受ける企業等向けに有用なデータ提供サービスを開始すると発表した。

表-2 訪日観光客数上位5か国のスマートフォン保有率(2016)

国名	訪日観光客数	国民の保有率
中国	637万人	79%
韓国	509万人	91%
台湾	417万人	82%
香港	184万人	79%
米国	124万人	72%
参考: 日本	—	59%

その他、東京駅舎等への投影で広く知られるところとなった建築物等へのプロジェクションマッピング技術、災害対応等の情報収集ロボット、3次元化、4K(8K)等の高精度表示などのIoT関連技術が発展・普及しつつある。鉄道分野でも、無線を利用した列車制御システムCBTC(Communication-Based Train Control system)の導入が世界で進みつつある。

また、近年、スマートフォンの普及が国内外ともに進み、インバウンド観光も含め、Airbnbの利用拡大やwi-fi環境の整備拡大等からも見られるように観光行動に広く用いられるようになってきている。ここで、訪日観光客数上位5か国のスマートフォンの保有率を表-2に示す⁵⁾。

3. 既往大震災の経験バイアスの存在

(1) 東日本大震災の経験におけるバイアスの存在

鉄道の今日の安全性は、一朝一夕に構築されてきたものではなく、大事故等多くの事故の経験(表-3)が礎となって達成されたものである。

一方、大都市圏における大地震に備えた多くの検討においては、激甚さの程度に近い東日本大震災での経験が多く参考にされている。典型的なものとしては、首都圏で発生した帰宅困難者対策が挙げられ、地下空間は地震に対して比較的安全であり、帰宅困難者対策としても有効性があるとされた。

東日本大震災における首都圏での経験は、今後の対策に有効に反映されるべきものであるが、事故の歴史にあって幾つもの改良・改善を繰り返して今日の安全性を達成した鉄道分野と異なり、参考となる経験値が少ないことによるバイアスが存在することに注意が必要である。

表-3 安全確保の歴史上の我が国の重大鉄道事故

時期	事故名称	死者	負傷者
1963.11.9	鶴見事故	161名	120名
1962.5.3	三河島事故	160名	296名
1951.4.24	桜木町事故	106名	92名
1947.2.25	八高線列車脱線転覆事故	184名	495名
1945.8.24	八高線列車正面衝突事故	105名	67名
1940.1.29	西成線列車脱線火災事故	189名	69名

※ 今日の安全性の基礎に繋がった歴史的事故を筆者選定

表-4 東日本大震災と首都直下地震想定との比較

	東日本大震災		首都直下地震想定
評価エリア	宮城県	東京地区	首都圏
震度	7(栗原市)	5強	7
津波	8.6m (石巻市)	1.6m (横浜市)	最大4.4m (横浜市)
浸水被害	あり(広域)	なし	あり(広域)
住家全壊数	83万棟	20棟	20万棟
火災	137件	34件	焼失41万棟
死者	10,566人	9人	23万人

(消防庁、中央防災会議、東京都、神奈川県資料より作成⁶⁾)

※ 東京地区は、「地下街に関する基本方針」(1974.6.28.建設省都市局)による地下街を有する都区部(23区)及び川崎市、横浜市。

※ 首都直下は、都心南部直下地震(冬・夕、風速8m/s)の想定。津波は東京都と神奈川県の想定による。参考として、大正関東地震タイプの場合は住家全壊51万棟、焼失19～82万棟、死者2～7万人。

表-5 東日本大震災と想定大地震との差異

	広域性 激甚性	被災	津 波	火 災	停 電	洪 水
東日本大震災	広	×	×	×	×	×
首都直下地震	広・激	自ら	○	○	○	△
南海トラフ地震*	広・激	自ら	○	○	○	△

※ ○は該当、×は該当なし、△は可能性あり。評価は筆者想定。

「火災」は広域性、「停電」は長期性にて評価(計画停電除く)。

* 東日本大震災は首都圏における評価。南海トラフ地震は近畿圏及び名古屋圏等太平洋側の諸都市における評価。

例えば東京地区を対象に、東日本大震災による被害と首都直下地震被害想定との相違点を見ると(表-4)、東京地区は、東日本大震災では震源から約400km離れ、震源に近いエリアに比べれば被害は相対的に限定的であった。想定されている首都直下地震の被災想定は、東日本大震災よりも総じて大きいことがわかる。

そこで、差異が明確になるよう定性的表現とし、南海トラフ地震を加え、対象を関連諸都市に広げた(表-5)。これにより、想定されている二つの大地震は、経験した大地震と多くの点で違いがあることがわかる。

(2) 既往大地震の発生時刻によるバイアスの存在

1995年以降の震度6強以上の地震の発生時刻を見ると、ほとんどが多くの人々が在宅ないし就業している深夜や平日の日中、及び休日の日中となっている。平日の通勤時間帯等、中間的な時間帯としては21:26発生の熊本地震が唯一となっている(熊本市等で震度6弱)。すなわち、大都市圏において、中間的な時間帯で震度6強を経験した事例はない。

大地震が既往大地震と異なる時間帯に発生することは十分に考えられ、被害の規模・状況、必要な対策等は、経験値と大きな相違がありうることに注意が必要である。

表-6 震度6強以上の地震の発生時刻(日本、1995年以降)

大地震名称	発生日	最大 震度	発生 時間	発生時間帯
兵庫県南部	1995/01/17(火)	7	5:46	深夜～未明
新潟県中越	2004/10/23(土)	7	17:56	土日祝の日中
能登半島	2007/03/25(日)	6強	9:42	〃
新潟県中越沖	2007/07/16(祝)	6強	10:13	〃
岩手・宮城内陸	2008/06/14(土)	6強	8:43	〃(概ね)
東北地方太平洋沖	2011/03/11(金)	7	14:46	平日の日中
同関連地震	2011/03/12(土)	6強	3:59	深夜～未明
同上	2011/03/15(火)	6強	22:31	〃(概ね)
同上	2011/04/07(木)	6強	23:32	〃
熊本	2016/04/14(木)	7	21:26	中間的時間帯
同関連地震	2016/04/15(金)	6強	0:03	深夜～未明
同上	2016/04/16(土)	7	1:25	〃
同上	2016/04/16(土)	6強	3:55	〃

4. 都市再生安全確保計画における想定

2012年の都市再生特別措置法の一部改正を受け、地方公共団体は、都市再生緊急整備地域において協議会を設置し、大規模地震発生時を想定した都市再生安全確保計画等を策定している。各計画を確認したところ、公衆の数に着目し、最も多い平日の日中をイメージしたものが多く、それ以外の時間帯については、自治体職員の出勤前のもの等が見られるが一部の計画に留まっている。また、火災や津波(浸水エリアがある地区)も想定しているが、地震、津波が繰り返し発生したり、洪水と複合する場合については必ずしも検討がなされていない⁷⁾。

ここで、大都市圏における通勤状況を概観する。東京23区・大阪市の通勤者について、都心就業エリア外からの通勤者は各8割、7割を占め、他県からの通勤者は各36%、21%となっている(表-7)。通勤時間について見ると、例えば東京都心3区、大坂都心6区への通勤者のうち、60分以上が各62%、49%であり、更に75分以上の割合も大きい(図-1)。地下空間に係る施設管理者や自治体の職員等も同様の傾向があると仮定すると、発災時間帯によっては容易に参集できないことがわかる。

表-7 従業人口に占める当該エリア外からの通勤者数割合

	東京23区	大阪市
従業者数	6,499千人	1,930千人
都内又は府内の他市区町村に居住する通勤者数a	2,863千人 44%	1,008千人 52%
他県に居住する通勤者数b	2,371千人 36%	405千人 21%
域外からの通勤者数計(a+b)	5,234千人 81%	1,413千人 73%

(平成27年国勢調査による)

※ 各行下段の数値(%)は、通勤者数/従業者数

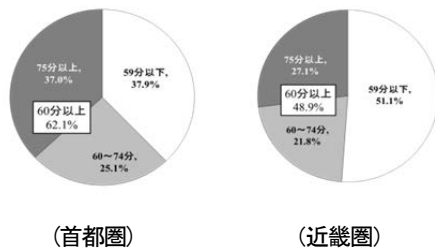


図-1 東京都心3区・大阪都心6区を着地とする通勤所要時間
(平成27年大都市交通センサスより作成)

※ 3区:千代田区, 中央区, 港区,
6区: 北区, 福島区, 中央区, 西区, 天王寺区, 浪速区

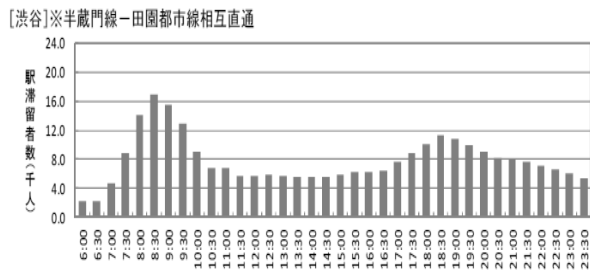


図-2 鉄道旅客の時間帯別動向(例)
(出典:平成22年大都市交通センサス)

他方、鉄道旅客の時間帯別駅滞留者数は、図-2の例のように、朝の通勤時間帯は突出して多いが、夕方以降も、緩やかに減少するものの終電まで相当数の旅客が滞留している傾向がある。地下空間を利用する公衆も同様の傾向があるものと思われる。

5. 地下空間の災害対策の課題と方向性

既述した地下空間に係る社会環境等の変化、技術の発展・普及、既往大地震の経験バイアス、鉄道旅客の動向から推測できる公衆等の状況から、今後、更に注目が必要と思われる事項と対応の方向性について提言する。

(1) 管理体制にも着目したシーンタイム分析の必要性

地方公共団体の安全確保計画等は、ほとんどが公衆の多さに着目したものとなっているが、地下街会社、接続オフィスビル管理者（以上を「施設管理者」とする）、店舗管理者、自治体（以上を「管理側」とする）の状況についても着目し、時間とともに変遷していく光景（シーン）を踏まえたものとして考えられる。

大都市圏を想定したシーンタイム分析の例(イメージ)を表-8に示す。平日は、日中・夕方は公衆が多いものの、管理側の職員も多い。朝の通勤時間帯及び21:30以降終電までは、公衆は多いものの管理側は社員や業務委託等による最低限の保安要員であるため災害対応要員として

表-8 シーンタイム分析で想定される状況（大都市）（例）
(平日)

	～7:30	朝通勤時	日中 9:30～ 17:30	夕通勤時	21:30 ～ 終電
公衆					
地下街	×	△	○	○	○
地下通路	×	◎	○	○	○
鉄道利用者	×	◎	○	○	○
管理側					
地下街会社	×	×	○	×	×
接続オフィスビル	×	×	○	×	×
店舗管理者	×	×	○	○	×
国・自治体	×	×	○	×	×
ミスマッチの有無	無	有	無	有	有

(週末)

	～7:30	朝移動時	日中 9:30～ 17:30	夕移動時	21:30 ～ 終電
公衆					
地下街	×	△	○	○	△
地下通路	×	○	○	○	○
鉄道利用者	×	○	○	○	○
管理側					
地下街会社	×	×	×	×	×
接続オフィスビル	×	×	×	×	×
店舗管理者	×	×	○	○	×
国・自治体	×	×	×	×	×
ミスマッチの有無	無	有	有	有	有

※ 店舗は9:30に開店、21:30に閉店とした。

※ ◎(特に多い), ○(多い), △(多～少), ×(不在) (保安要員程度)とし、人数規模について筆者が分類。

※ ミスマッチの有：公衆は多いが管理側人数が少ない状況。

は不在⁹⁾（以下同様に評価）。また、週末は、施設管理者や自治体の職員等は不在で、店舗管理者も21:30以降は不在となる。管理側職員は、夜間等は在宅中であり、発災時は自ら被災するうえ、一定数以上が想定される遠距離通勤者は、鉄道・道路の機能麻痺のため出勤困難なことが考えられる。すなわち、公衆の多さに比べて管理側が不在となるミスマッチ時間帯が存在し、対応策を検討する必要がある。

熊本地震では、避難した住民を保護し、多くの質問や要請に対応する避難所の運営に、そうしたノウハウがない、出勤できた数少ない職員である幼稚園の教諭が配置されるといった状況だったことも念頭に置く必要がある。

(2) 災害のシーケンシャルイベント想定必要性

実際の災害は、最初の本震（余震）、その後の断続的な余震（本震）の発生による構造物の被害や津波の繰り返し到来が想定され（表-9）、加えて地震に起因する火災の発生、堤防等の決壊・浸水リスク、更に地震と関係のない内水や河川氾濫による浸水のリスクも存在する。都市再生安全確保計画等において、同一災害が断続的に

表-9 地震・津波発生リスクの継続性イメージ(例)

	→ 時間 →
大地震	揺れ→津波
余震等関連地震	揺れ→→津波
同	揺れ→→津波
同	揺れ→津波
重ね合せ	揺-揺-津波津波-揺れ→津波揺れ→津波

表-10 複合災害の組み合わせパターン (例)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9～16
地震	○	○	○	○	○	○	○	○	○
津波	○	○	○	○	○	○	○	○	○
火災		○			○	○		○	左記の繰り返し
外水			○		○		○	○	同上
内水				○		○	○	○	同上

※ 海外での地震による津波のみ到達してくる場合は略した。

※ 「外水」は外水氾濫、「内水」は内水氾濫による洪水。

発生する、または他の災害と重なるケースも想定した複合的な観点での確認ないし検討が必要である(表-10)。

(3) 既往大災害のバイアス補正の必要性

既述の通り、既往の大地震災害は、災害内容、規模、発生時刻等、想定されている大地震とは異なる部分があるため、想定地震向けに変換したうえで、防災等の諸検討に反映させる必要がある。例えば、表-6で示した既往大地震のうち、平日の中間時間帯に発生したものは熊本地震のみであるため、近傍市街地の状況を分析したうえで大都市圏を対象に変換し、得られた知見を検討に反映させることが考えられる。また、東日本大震災では、津波が発生したが東京圏の地下街エリアが浸水することはなかった。地震発生時の仙台圏等の市街地の状況を分析し、東京圏等の大都市圏にある地下空間に津波が到達した場合に変換し、その知見を対策に反映させることが考えられる。大規模火災等他の災害との複合についても同様である。ここで、氾濫浸水想定区域、津波想定区域、延焼危険性等から著しく危険な密集市街地に関する区域⁹⁾を重ね合わせた図を示す(図-3、図-4)。なお、氾濫については水防法改正(2015.5)前のデータであり想定しうる最大規模ではなく、かつ高潮や内水による氾濫等は含まれていないことに注意が必要である。

また、予測される大地震は東日本大震災とは異なり、地下街等の管理要員にとって、自らに加え家族等も被災する広域的な激甚災害となるため、自身の安全確保を優先すると同時に、携帯電話等を用いた家族等の安否確認や実際の帰宅行動(家族の安全確保・救出行動等)に意識が向きやすいことも前提とする必要がある。

(4) 発災時の情報伝達～地下空間における方向性

鉄道では、気象や災害、運行トラブル等の情報は極め



図-3 地下街と津波、氾濫エリア等の関係(東京地区)
(国土数値情報浸水想定区域データ(H24), 津波浸水想定データ(H28)からGISにより作成(図-4も同))



図-4 地下街と津波、氾濫エリア等との関係(近畿圏)



図-5 鉄道における指令系統(例)

て重要であり、情報を専門に扱う部署が情報を集約し、的確な情報発信と指示を行っている。例えば、「列車指令」は運行面を、「旅客指令」は旅客の誘導面を、「電

力指令」は電力供給面を担っている（図-5）。

地下は、地上の防災行政無線や広報車による周知が届かない空間であり、多様な公衆が居合せ停電の発生も想定される。従って、デマ等による混乱のリスクを勘案すると、情報の適切性、情報伝達の確実性、より多くの公衆に対する同時の情報提供、情報受信の確実性に関する情報提供が特に重要と思われる。ここで、情報伝達とは受け手側が情報を認識し理解できることを指し、情報提供と区別した。

a) 適切な情報の把握と発信 ～ICT技術による補完

鉄道の「指令」は、専門知識を有する社員が専任で行うが、防災の専門家とは限らない施設管理者や店舗管理者（社員や業務委託等）は発災時の混乱にあって得られた情報から当該地下空間に必要な情報を的確に選択し、発信できるだろうか。

既述した通り、想定する大地震では管理要員もその家族等も被災するものであるため、冷静さの維持に課題があり、また、2016年7月に下水管が破裂した新宿サブナードの事例に限らず、人は目の前の事象に囚われやすいため、情報の一部を見落とし、重大な結果に繋がるリスクも考えられる。更に、既述のシーンタイム分析から、公衆は多いが管理側の要員が少ない時間帯が存在する。しかし、台風の接近等予め予測できる場合はともかく、災害時に必要となる管理要員を平時から常駐させておくことは現実的ではない。こうした限界にあって、AIやIoT等の技術による補完は極めて有効と考えられる。

IoT技術は、地下空間における被災者の状況把握、避難誘導、避難している者に対する情報伝達など、情報関連の基盤ツールとして、早期の検討、導入が必要と考える。AIは、発災時の避難誘導等に関しては、学習データ（事例）が少ないため判断ミスをなくせるかが課題と思われる。当分の間は人による判断を前提にしておく必要があるが、IBMの「Watson」の例のように膨大な情報の中から必要な情報を選択させることは有効と考えられる。すなわち、こうした技術がない時代における人間による情報選択方法ではなく、地下空間管理者の判断を必須とはせずに、国や自治体の情報から自動的に当該地下空間エリアに必要なものが選択され、更には地下空間内に直接情報が伝えられる技術的な措置を講ずることも有効と考えられる。更に、GPS機能があるスマートフォンに、国や自治体の情報から必要な情報を自動的に選択・受信させることも考えられる。

また、地下空間管理者による空間内の情報把握は重要であり、近年特に発達してきている暗視カメラや情報収集ロボット等を活用することも考えられる。

b) 確実な情報伝達 ～ICT技術による補完

地下空間の管理者にとって、豪雨、余震等による津

波・洪水の情報が常に確実に入る状況でない場合、地下空間への避難誘導、帰宅困難者滞泊といった措置は、むしろ大きな被害につながるリスクを伴うため避ける必要があり、二重系、三重系の情報伝送路の確保、地下空間に音声や画像が伝達されたかわかる診断機能が不可欠と考えられる。

また、情報の輻輳による混乱を避けるため、例えば、各監視カメラの近傍にスピーカーや画像投影装置を設置し、地下空間全体だけでなく、問題が発生した特定箇所のみに対する、直接関係ない公衆には不用意に伝えないシステムが有効と考えられる。また、施設管理者からだけでなく、当該監視カメラ側にいる被災者側からのメッセージ等も伝えられる双方向機能が有効と考えられる。

c) 発災時の情報伝達 ～より多くの公衆への同時伝達

発災時により多くの公衆に確実に届く情報伝達方法は極めて重要となる。広く検討されている大型ビジョンは、同時に多くの公衆に情報を伝えられるため特に有効であるが、人だかりに遮られにくい高所での設置が望ましい。地下空間の新設又は改良時に、その配置と天井高さも含めた空間計画を整合させる必要がある。天井高の確保は、火災時の煙対策、爆発物等によるテロ被害の軽減にも有利に働く可能性がある。また、天井高を確保しにくい既存施設等については、柱等で見通しがきかない箇所も含め小中型のビジョンを補完的に設置することが考えられる。

また、発災時には被災者が保有するスマートフォンの電源がまだ生きているため、地下でも有効なGPS環境を整備するとともに、現在位置や安全な階段（非常口）、近隣の避難場所等に関する必要な情報を自動的に受信させることも有効である。スマートフォンによる伝達は、周辺のスマートフォン非保有者にとっても間接的に有効であり、また、外国人にも伝わる表記とすることでインバウンド観光客にとっても有効である。

また、地下空間の暗さをメリットととらえ、近年発達したプロジェクション等の投影技術を用い、天井面や壁面上部等に外国人でもわかるピクトグラム等による避難方向等に関する静止画又は動画投影を行うことも考えられる。なお、より多くの公衆が情報を正しく認識しうするためには激しい混乱状態は避けるべきであり、停電による照度低下時に、シークエンス景観に一定の連続性を持たせる映像投影や照明デザインも有効と考えられる。

d) 情報提供の質、頻度 ～情報受信の確実性の情報等

既述したシーンタイム分析からも伺えるが、発災時刻によって、地下空間にいる多くの公衆の属性は変わりうる。例えば平日は、離れた家族の安否と、いつになったら自分が家に戻れるかといった情報を欲する就業者が、週末の場合は、どこに行けば安全かといった情報を欲す

る家族連れが多いことが考えられ、求められる情報に差異があることも踏まえ情報の内容や伝達順位を工夫することが考えられる。

また、鉄道では、列車の運行乱れ時に、乗客の不安を軽減させるため、情報に変化がなくても定期的に車内アナウンスをするようになってきているが、地下空間に避難している公衆にとって、情報がない空白期は、単に心理的不安が増すのみではなく、情報伝達ルートが途絶えたのか実際に何も情報がないのかの区別ができない（情報の非対称）。このため新たな津波発生等の情報が得られなくなっているのではないかと具体的な不安から、集団ヒステリー(mass hysteria)等の発生リスクを高めることになる。新たな情報がなくても心理面や情報受信の確実性を伝えるため、継続的な情報提供が重要といえる。

(5) 電源問題

既述したが、鉄道では、電力に関する専門部門を有し、「指令」による情報の集約と管理を行っている。

継続的な電源確保は、情報提供等のインフラである管理者の送受信設備、各通信会社及びwi-fiのアンテナ等全てにおいて、また、照明、熱供給面等でも不可欠な前提条件となる。そのためには蓄電池の容量確保、非常用電源のための燃料の確保、エリア内での非常用電気等供給施設¹⁰や電力会社による優先復旧個所の設定において地下空間に関する措置は極めて重要となる。なお、非常用発電機は地上階や地下に設置されていることが多い¹¹、浸水想定区域等においては移設、防護等の措置が急がれる。

長時間通勤通学者が少なくない大都市圏においては、帰宅困難者が避難所滞泊時及び徒歩による帰宅行動過程にて、道路の安全性や自位置に係る情報、新たな災害発生に係る情報取得のために受信側であるスマートフォンは貴重なツールであり、充電対策は人命に繋がりうる重要な事項と位置づける必要がある。

(6) ハード面・ソフト面での管理者間連携の実現

市街地における鉄道新線工事は、地下空間を活用することが多く、関係する各管理者との構造形態や費用負担に係る調整に多くの時間を要するものとなっている。

また、鉄道関係者の間では、地下空間を構成する各管理者とのサインの統一は、費用負担を伴い、立場や考え方に差があるため、十数年もの間、進捗がなかなか見られない課題として認識されてきている。

このように複数の企業等が関係する場合の調整の困難性の経験に照らし、地方公共団体が地下空間に係る協議会等を設置し連携方針を策定しても、期待されるスピード感での具体化には困難が見込まれる。大規模災害対策

の観点からは、サインは便利か不便かではなく、安全か危険かの人命にかかわる問題であり、地方公共団体主導による調整がより円滑に進むよう、インセンティブを付与する措置等について早急な検討が必要と考えられる。

発災時における情報提供や避難誘導等に関する人的なソフト面での連携は極めて重要となるが、調整には更に困難性があると思われる。特に、各店舗管理者等の立場や姿勢の差に加え、既述した通り各管理者の社員等にとって、自らに加え家族等も被災者となる広域災害となるため、地下空間の公衆の安全確保を義務付ける各管理者ルール、及び、既述したシーンタイムに応じた発災時の役割分担や連絡体制のルールを明確に規定しておく必要がある。なお、ソフト面を支える情報連携ツールとして、ICT技術によるシステム上の連携は有効と考える。

(7) 街側との機能連携～立地を生かした連携可能性

地下空間(地下街等)は、人口が集中する都市部に設置され、多くの人々が利用するため、いったん災害が発生すると被害規模が大きいものとなりやすいリスクがあるが、他方、ビル群と接続したり比較的近傍に行政機関や基幹病院等が存在しているといったメリットもある。

例えば、津波等の被害においては、下水の氾濫、腐敗物等の漂着を伴い、衛生面での対応も重要となる。日本環境感染学会は、避難所における特別な配慮事項として、消毒薬の常備、呼吸器疾患、皮膚感染症、感染性胃腸炎などの感染拡大を防止するための措置、救護所における3T(トリアージtriage, 応急措置treatment, 後方搬送transportation)対応、ACS(臨時医療施設)の設置等について定めている¹²。東日本大震災では、通信と道路の断絶等により医薬品の供給体制が課題となった。地下空間が立地する地区は、基幹病院等が近隣に立地している可能性も高く、医薬品や救護者搬送のための道路啓開を早期に行い、ACSの機能の一部又は大方を直接基幹病院に持たせることも考えられる。

(8) 平面連携から立体連携

地下空間が浸水リスクを徹底して防止する措置は重要であるものの、想定外というリスク、ハード面及び人的な資源の制約等から、確実性には課題も存在する。

そこで、接続するビルとの主たる連携を地下空間のみ(いわば平面連携)から、ビル自体の上階空間に広げること(いわば立体連携)が有効である。例えば、エリア津波避難ビルの考え方を地下空間と関連付けて都市部に本格導入するとともにエリア防災ビルの発想を合わせ、「エリア浸水避難ビル」とし、地方公共団体が指定する一次避難施設に位置付けることが考えられる。なお、一次避難施設を地上階とする例が見られるため、浸水リスクに

応じて上階フロアに再設定する必要がある。また、多くの防災センターが浸水の影響を受けやすい地下又は地上1階に設置されているため、その移設等も必要である¹³⁾。

(9) 発災時の対策実施の確実性

鉄道事業者の社員は、家族等の被災状況等にかかわらず、利用者の保護や避難誘導等を最優先するのが通例である。一方、地下街管理会社や店舗の管理者が発災時に同様に行動するかは、課題が考えられる。

鉄道事業法では、国土交通大臣による許可基準に輸送の安全上の適切さ、事業を的確に遂行するに足る能力（第5条）、輸送の安全の確保と向上に係る努力規定（第18条の2）、同大臣と鉄道事業者による安全に関する公表（第19条の3、4）等が規定されている。

他方、地下空間に関しては、例えば避難確保・浸水防止計画の作成のために必要な、接続する地下空間管理者で構成する協議会の設置について「促すことが望ましい」とされ参加させる法的な権限がないため、未参加の施設管理者等が管理する施設の出入口等の状況が把握できないといった例もある¹⁴⁾。

鉄道に準じ、地下空間にいる公衆を利用者、地下街管理者等を事業者とみなし、接続するビル等も含めた地下空間管理者に安全確保に係る一定の義務付けや取り組み状況の公表等によるインセンティブの付与について検討する必要があると考えられる。

(10) 技術ノウハウの向上及び技術情報の非対称の解消

鉄道新線建設技術は、各鉄道事業者にとって恒常的に事業がないため技術は普及したものとはなっていない。そうしたなか、唯一の全国的な公的技術者集団である（独）鉄道・運輸機構が技術を承継しつつ、鉄道事業者や自治体、国に対し所要の支援を行ってきている。

地下空間は、地方分権の流れから、例えば、地方公共団体に地下街等の避難確保・浸水に係る防止計画の対象施設とするか否か等の安全対策が委ねられ、国は地下街中央連絡会議及び地下街関連通達を廃止している。

我が国は地殻変動が活発化し、大地震発生期に入っているが、地下空間に係る防災・減災のノウハウは確立されたものではなく、一般に普及しているものでもない。地下空間に係る防災・減災に係るノウハウを可能な限り早期に高め、自治体等に展開することは極めて重要であり、国の役割の一層の強化等が期待される。

6. おわりに

大地震発生時の地下空間における公衆の安全確保策に

ついて、利用者（公衆）の安全性向上の歴史でもある鉄道分野の事例を示しつつ幾つかの提案を行った。他にも実質的に関連しうる事項としては、対策の要となる自治体職員が出勤困難な勤務先ではなく自宅近傍の自治体に出勤する自治体職員連携、テレビ局等が放送をエリア単位で分担し各エリアの情報を伝えられるようにする報道機関連携、ガソリン不足にあつて医薬品、食料等を日本海側等から被災圏域に迅速に大量輸送する新幹線、在来線による早期の輸送連携なども考えられ、広範にわたる。

地下空間は、多くの公衆が利用し、都市の経済活動に大きな役割を果たすようになってきたが、平時及び想定される大規模地震の発生時において、益々重要な役割を発揮しうるよう、安全性を早期に確立する必要がある。本稿がその一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 気象庁、気候変動監視レポート 2016, 2017.7
- 2) 東京都、PRIME 観光都市・東京～東京都観光産業振興実行プラン 2017, 2017.1
- 3) 住民基本台帳, 2017.1.1.
- 4) 内閣官房、武力攻撃やテロなどから身を守るために、2016.10.1.
- 5) 日本政府観光局報道発表資料 2017.1.17, 及び Consumer Batometer with Google による。
- 6) 消防庁、平成 23(2011 年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第 155 報), 2017.3.8. 中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキング、首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告), 2013.12. 東京都、首都直下地震等による東京の被害想定, H24.4.18. 神奈川県、津波浸水予測について(解説), H27.2.
- 7) 2017 年 3 月末時点で作成済みの都市再生安全確保計画（大阪駅周辺・中之島・御堂筋周辺地域（大阪駅周辺）、東京都心・臨海地区（大丸有地区）等 18 計画）及びエリア防災計画（上野駅周辺地域、大井町駅周辺地域等 11 計画）
- 8) 地下街会社ヒアリングによる。
- 9) 「地震時等に著しく危険な密集市街地」（H24.10.12. 国土交通省都市局都市安全課・住宅局市街地建築課市街地住宅整備室）における「密集市街地のうち、延焼危険性又は避難困難性が高く、地震時等において最低限の安全性を確保することが困難である、著しく危険な密集市街地」
- 10) 都市再生特別措置法の一部を改正する法律(H28.9)により規定。
- 11) 水災害に関する防災・減災対策本部 地下街・地下鉄等ワーキンググループ 最終とりまとめ、国土交通省, H27.8.26
- 12) 大規模自然災害の被災地における感染制御マネジメントの手引き【第一版】日本環境感染学会, 2014.1
- 13) 新宿駅周辺地域都市再生安全確保計画【第二次改定】、新宿駅周辺地域都市再生緊急整備協議会, H28.3.
- 14) 地下街等地下空間利用施設の安全対策等に関する実態調査 総務省行政評価局, H28.4.