

帰宅困難者対策としての地下空間のあり方の一提案 UTILIZATION OF UNDERGROUND SPACE AS SUPPORTING MEASURES FOR THE DIFFICULT TO RETURN HOME

永田 尚人*・西村 典子**・山本 幸司***

Hisato NAGATA, Noriko NISIMURA, Koshi YAMAMOTO

Generally, Underground Space has been out of consideration as the supporting measures view to the difficult to return home in the local plan for disaster prevention. At first, this research makes clear the problem of the difficult to return home which has been occurred with the paralysis of traffic transportation. As the next step, in order to secure the safety of urban development planning in opposition to the earthquake disaster, it has been described in detail of the position as temporary refuge site in underground space.

Moreover, it has a purpose to show about the disaster prevention plan including the ground and underground from the aspect of the supporting measures for the difficult to return home.

「Key Words」 the difficult to return home, disaster refuge site, underground space

1. まえがき

都市の発達による都市機能の集積に伴い，大都市部においては土地の高度利用ならびに地下空間を有効に活用した都市づくりが進められてきている．都市の地下空間は，交通インフラとしての地下鉄や都市高速道路，供給空間としての共同溝，建物の地下階や大規模な地下街など多種多様な施設が建設されてきており，大深度地下使用特別措置法の施行によりさらに深度化が計画されていく方向にある．このような地下空間における利用にあたっては地下空間の閉塞性などの特質に対して，火災等安全防災面での調査研究がなされてきており，数多くの課題が指摘されてきている．また，阪神・淡路大震災などを契機として都市防災への関心が高まり，地下空間は都市における防災上の要素として考えられるようになっていく．

阪神・淡路大震災における神戸市のように，昼間時の大都市中心部には多数の通勤・通学，買い物等を目的とする来街者の存在がある．平成9年度に公表された東京直下地震の被害想定¹⁾によると，これらの人々の数は東京都全体で1日平均約819万人，区部において約695万人にのぼることが想定されている．このため，大規模地震発災直後において，主要な輸送機関である鉄道の運行停止や不通区間の生じることにより多くの帰宅困難者の発生が予測されている．地下鉄等の交通インフラについては，発災直後には大きな被害が予想されるため保守部門の綿密な安全確認が行われ，「安全」が確認されるまで運行は行われただけでなく，被害状況によっては閉鎖となることも考えられ，交通機関利用者の収容先も大きな検討課題となっている．

「キーワード」：帰宅困難者・地震避難施設・地下空間

* 正 員 工 修 (株)熊谷組都市再生PFIプロジェクト室

** 学生員 名古屋工業大学大学院社会開発工学専攻 博士前期課程

*** 正 員 工 博 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 教授

多くの帰宅困難者は、徒歩により帰宅行動を行うものと考えられるが、帰宅経路の安全状態や経路の被害状況の情報とともに、長時間にわたる帰宅経路における食料や飲料水の確保が大きな課題となる。

本研究では、地域防災計画の中で地下構造物が帰宅困難者対策として位置づけられていないことを認識したうえで、交通輸送機関の麻痺により発生する帰宅困難者の問題点を明らかにし、災害に強い都市作りを目的とした地下空間の一時的な避難空間としての役割を検討し、帰宅困難者対策面からの地上・地下を含めた防災計画のあり方について提示することを目的とする。

2. 帰宅困難者対策における問題点

帰宅困難者とは、「震災時に交通機関が使用できなくなったとき、自宅が遠距離のため徒歩による帰宅が困難となる外出者」と東京都では定義し、名古屋市では「警戒宣言発令時に交通機関が使用できなくなったとき、自宅等が遠距離のため徒歩による帰宅が困難となる外出者」と定義している。東京直下地震の被害想定では、こうした帰宅困難者が約371万人発生すると予想されており、大きな社会的混乱が懸念されている。

また、愛知県防災会議による東海地震等の被害予測調査報告書による帰宅困難者数は、表－1に示すように推定されている²⁾。突発地震時においては、愛知県内で約100万人に近い帰宅困難者が発生すると予測され、そのうち名古屋市で半数近い47万人をはじめとして、岡崎市、豊田市等の都市部で発生が予測されている。ここで、名古屋市の数値は昼間に名古屋市にいる人のうち帰宅困難になる人数を示すものである。

このように大都市部における大規模な震災では大量に発生する帰宅困難者への対応が大きな課題となっており、中央防災会議³⁾、東京都⁴⁾等の資料によると、

帰宅困難者対策として、①普及啓発、②情報収集・提供、③事業所・学校・施設における対策、④ターミナル駅周辺の対策、⑤徒歩帰宅支援、⑥代替輸送の各項目について対応策を検討しているが、具体的な対応を取るためには克服すべき課題が山積している。(表－2)

表－1 東海地震による帰宅困難者の推定値

	突発地震時			警戒宣言時		
	就業者・就学者	私事等	計	就業者・就学者	私事等	計
名古屋市	331,549	138,688	470,237	192,188	48,545	240,733
愛知県全体	651,822	323,381	975,203	282,579	77,007	359,586

表－2 帰宅困難者対策とその問題点(課題)

対策項目	現状での対応	問題点・課題
普及啓発	・リーフレットやポスターによる広報活動が主である	・昼間都民が帰宅困難者問題について具体的に理解していない ・徒歩帰宅経路地図の事前作成や平常時における確認等の徒歩帰宅についての具体的な対策が必要である
情報収集・提供	・8都県市でインターネットへの情報提供の仕組みを検討 ・組織に属さない買物客等への効果的な提供方法を検討	・国、自治体等の関係機関が帰宅困難問題の情報を共有する体制になっていない(関連機関の情報を集約・共有する仕組みが必要) ・通信手段や情報提供機器の災害時の信頼性確保についての検討や帰宅経路の被害状況等個別情報の提供が必要とされる
事業所・学校・施設における対策	・事業所等の自己責任で実施対策の推進とその指導の実施 ・集客施設での安全確保の指導	・事業所、不特定多数収容施設が、帰宅困難者対策の主導(組織対応原則の徹底)をとらなければならないことへの認識不足 ・集客施設での対策や中小規模の施設での取組みが容易でない
ターミナル駅対策	・個々の駅での混乱防止対策に加えて、ターミナル地区全体での安全性の構築	・駅と地元の連絡体制の不備 ・鉄道は本社が対策の方針全てを決めるため駅独自の対応ができないとともに一時休息所の十分な確保が困難である
徒歩帰宅支援	・一部の市で帰宅支援施設(休息所)や対象道路の設定等、支援体制構築が進められている	・徒歩帰宅支援機関間の役割分担、調整が取られていない ・水、食料の備蓄は行政区域内の住民への対策であり帰宅困難者向けではない。また、支援施設が沿道に確保されていない。
代替輸送	・東京都では移送計画について代替交通手段の検討を開始 ・他の県市と共同で代替交通輸送訓練の計画が望まれている	・発災時においては救出活動等の緊急輸送が主体であり、これらの活動が収束した段階でないと帰宅困難者輸送は困難 ・移送実施機関の広域的な対応が必要。しかし、役割分担等の調整の検討が不十分。また一時避難場所からの安全な誘導も必要

大量の帰宅困難者を円滑に帰宅させるためには、一次的な休息場所などの帰宅支援施設の配置や長距離の帰宅経路上での飲食物確保などの支援体制構築が必要になる。特に、発災が冬季の夜間かつ悪天候時の場合、または夏季における真夏日の炎天下の場合には、長時間にわたる徒歩帰宅は体力の消耗が激しいなど経路上での休憩施設の設置が重要な検討課題となってくる。

図－１は、平成 10 年度に行われた東京都・渋谷区合同防災訓練内における国道 246 号（渋谷駅～多摩川河川敷 10km 区間）での徒歩帰宅訓練におけるアンケート結果を参考に

したものである⁵⁾。同年 9 月 1 日に実施された訓練であり、「水・食料等の支援について何 km ごとに必要と思われるか」という設問に対して、実際に 10km を歩いた 287 名へのアンケート回答結果から、飲料水、トイレ等の全項目で 5km ごとに支援を必要としていることが読み取れる。東京都等の行政機関では、原則として帰宅困難者に対する飲食物備蓄は、通勤・通学者の所属組織での対応としているが、集客施設等個々の組織における対応力は脆弱であり、社会的なシステムを構築することは非常に有益な事項と考えられる。

本稿では、“より大量の帰宅困難者が発生すると考えられる突発地震後に自宅周辺の安全が確認された段階（2～3 時間後）から多くの人が帰宅行動を開始する⁶⁾。また、避難所への避難行動もある程度整序化されてきている。”というシナリオを想定し、一時休憩施設、飲食物提供等の支援施設として、主要な幹線道路にほぼ 1km 間隔で設置されている地下鉄駅舎部（以下、地下鉄駅とする）の適用可能性について検証を行う。

3. 名古屋市における方面別の帰宅困難者に関する分析

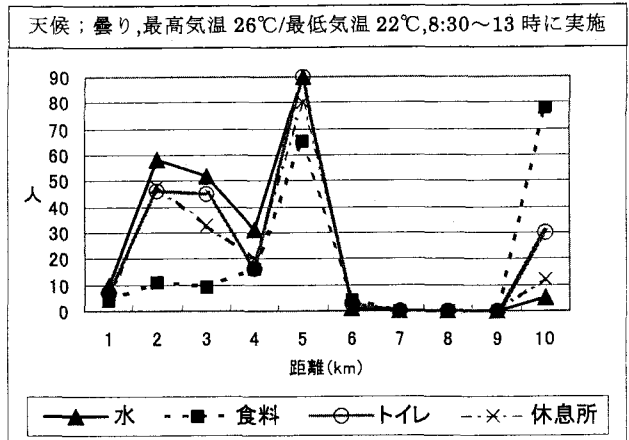
3・1 東海地震における帰宅困難者の行動

東海地震では、警戒宣言発令の有無により震災前後の状況が大きく異なると予想され、震災前に判定会が召集されれば、公共交通機関の利用が可能であるこの段階で帰宅を促すとする企業・学校が多く存在するため、震災後の帰宅困難者は名古屋市で約 50%、全県で 40%弱に減少すると予想されている²⁾。（表－１）

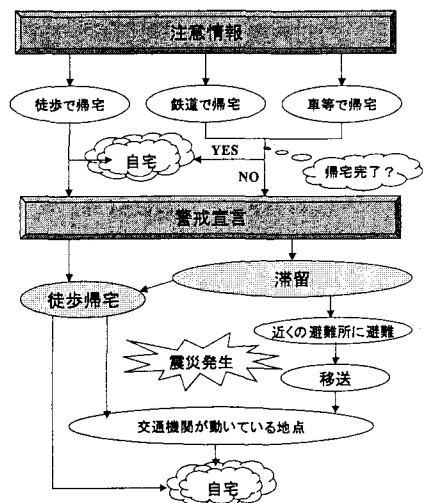
注意情報を認知した後および警戒宣言が発令された後の帰宅希望者がたどる行動パターンは、おおよそ図－２のように示すことができる⁷⁾。表－３に情報レベルと各主体の対応を示すが、注意情報が震災前に発信されると、警戒宣言前までに移動（帰宅行動）を済ませておく必要が生じる。

表－３ 東海地震に関する情報レベルと対策

レベル	行動および対策
注意情報	- 多くの学校・企業で準備行動を開始 - 名古屋市が準備行動を開始
警戒宣言	- 公共交通機関がストップ - 交通規制の実施 - 地震防災応急対策の実施



図－１ 徒歩帰宅訓練におけるアンケート結果



図－２ 警戒宣言による帰宅困難者の動向

しかしながら、注意情報の発令から警戒宣言までの期間が予測できないことの不安から、帰宅行動者が一時的にターミナル駅等の中核駅に殺到する可能性が高い。このように、震災前の段階ですでに帰宅困難者が発生するという事態への対応が、名古屋市等の行政機関や交通事業者にとって大きな課題となるだけでなく、地震予知は非常に難しい課題であり突発的な発災の可能性が高いことを視野において検討する必要がある。

3・2 方面別の徒歩帰宅者数（帰宅困難となる者）の推定

本研究では、夜間人口とパーソントリップ調査を利用して簡便な帰宅困難者（徒歩帰宅者）の発生推定手法を構築し、この結果に基づき帰宅のための沿道での支援方策を提示することを目的としている。帰宅困難者の多くはその定義より、震災時に鉄道等の利用者が公共交通機関を使用できなくなった場合に発生することから、通勤通学等の鉄道利用者数を推定することで概略数を把握できるものと考えられる。本稿では、以下のように検討対象エリアを設定し、推定手法の検証を試みた。

（a）検討対象エリアの設定

平成 13 年度に中京都市圏総合都市交通計画協議会によって実施された「第 4 回 中京都市圏パーソントリップ調査」(以下、PT 調査とする)の中間報告書⁸⁾より、ピーク時における名古屋市中区の昼間人口居住分布は、図-3 に示される。名古屋市都心部である中区は、主要交通機関である市営地下鉄 4 路線も集中し、事業所・商業娯楽施設・学校等が集積していることから、毎日多くの通勤・通学者のみならず、自由目的の買物客が市の東・南部から流入し滞在している。このような状況下で大規模な地震が発生すると、家族や自宅の状況が不明なことなどから、心理的に不安が増大し、帰宅行動を開始することが想定される。東京都のような広域的な通勤通学圏域の都市圏と異なり、名古屋都市圏は中心部から半径 20km 圏域が大半を占めるというコンパクトな都市圏域を形成している。このため、多くの人が徒歩帰宅行動を行うものと考えられるが、帰宅経路について不案内であることが想定される。このため、震災時の指定緊急交通路である幹線道路等を中心に徒歩帰宅支援を行う必要がある。

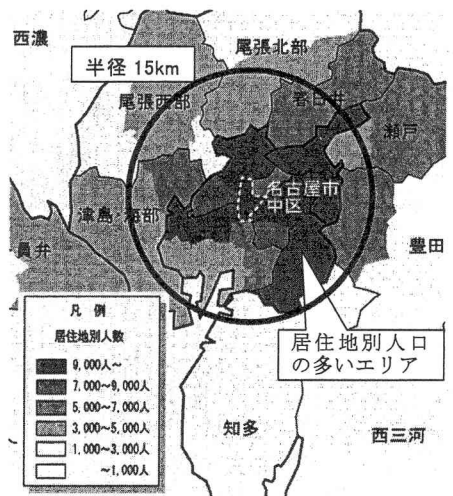


図-3 名古屋市中区における昼間人口居住分布⁷⁾

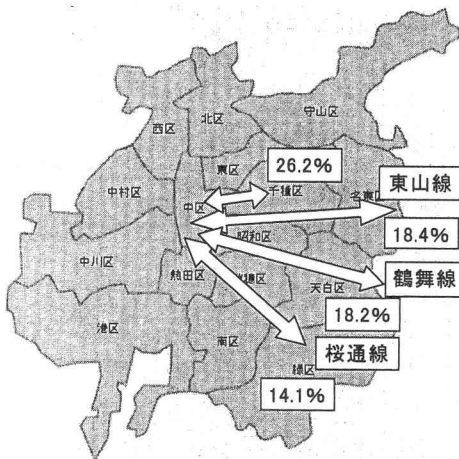


図-4 PT 調査による各区の鉄道利用率^{注1)}

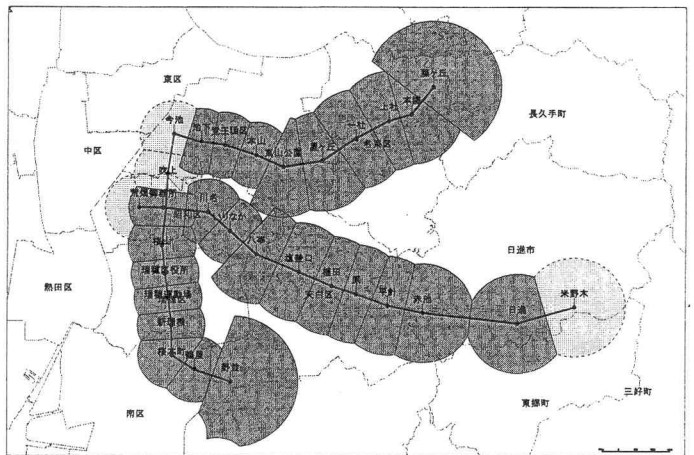


図-5 各地下鉄路線の駅勢図

注 1) 図-3 および図-4 は参考文献 8) の PT 調査の名古屋市詳細図等を引用

(b) 路線別の徒歩帰宅者数の推定

本稿では、PT 調査、4 次メッシュ人口データ等から帰宅困難者(徒歩帰宅者)数を以下の方法で推定する。

- 鉄道分担率、一人当たりのトリップ数は、H13 年実施の「第 4 回中京都市圏 PT 調査」の各区データより各駅の鉄道分担率は所在区の利用率とする(図-4)
- 駅勢圏については、半径 1.0~1.5km 圏内(起終点は半径 2km 圏内)メッシュ人口データをもとに算出する(H12 国勢調査の町丁目人口データ、他路線と競合する範囲は、人口の 1/2 を計上、図-5)
- 夜間人口の地下鉄利用=H12 夜間人口のうち通勤、通学、私事目的利用の鉄道利用者の合計とする
- 駅勢圏内にある大学、私立中学高校等の通学生についても鉄道分担率をもとに帰宅困難者に算入する

【計算式】 乗車客数=人口×一人あたりトリップ数×鉄道分担率÷2

(c) 徒歩帰宅者数の推定結果

地下鉄路線別の徒歩による帰宅者数の推定結果は、以下の表-4~6 に示すとおりである。名古屋市中心部(栄地区等)より 5km 以遠にある地下鉄駅利用者を何らかの支援が必要な帰宅困難者とみなして算出する。通勤通学等の鉄道利用概略数を把握することで、地下鉄駅を使用した沿道での支援対策について提示できるものと考えられる。ここで、乗車客数の実績値は名古屋市公表データ⁹⁾である平成 12 年度の年間乗車客数をもとに 1 日平均乗車客数を算定したものである。川名、赤池、日進駅については、駅勢圏に拠らない始発駅による吸引効果や競合バス路線等の要因で推定値が実績と乖離しているが、それ以外の駅は概ね良好な推定結果となっており、簡易モデルにより概略の帰宅困難者数の推定が可能と考えられる。

表-4 東山線推定結果

駅名	栄からの距離(km)	鉄道利用の推定値	乗車客数(実績値)
寛王山	4.2		(6,724)
本山	5.2	13,091	15,371
東山公園	6.1	5,450	5,699
星ヶ丘	7.2	19,613	20,770
一社	8.5	12,188	13,327
上社	9.6	9,247	9,720
本郷	10.3	10,844	10,657
藤ヶ丘	11.6	24,247	24,545
合計		94,680	100,091

表-5 鶴舞線推定結果

駅名	伏見からの距離(km)	鉄道利用の推定値	乗車客数(実績値)
川名	6.1	7,034	4,237
いりなか	7.1	10,349	10,609
八事	8	12,740	11,343
塩釜口	9.4	10,657	9,731
檀田	10.6	8,101	7,198
原	11.4	8,338	8,771
平針	12.3	6,408	6,724
赤池	13.4	8,152	11,668
日進	16.4	8,657	4,729
合計		80,436	75,010

表-6 桜通線推定結果

駅名	久屋大通からの距離(km)	鉄道利用の推定値	乗車客数(実績値)
御器所	5.1	8,465	8,774
桜山	6.2	9,032	9,184
瑞穂区役所	7.1	8,682	7,879
瑞穂運動場	7.8	4,533	3,021
新瑞橋	8.5	7,768	9,533
桜本町	9.6	3,019	3,261
鶴里	10.5	2,105	2,138
野並	11.6	13,790	13,250
合計		57,394	57,039

4. 都市防災施設としての地下空間の分析

4・1 地下鉄空間の防災機能としての利用

(a) 都営地下鉄大江戸線の駅防災倉庫の概要

東京都地域防災計画震災編(平成 15 年修正)によると、地下鉄大江戸線の麻布十番駅と清澄白河駅には表-7 に示す仕様の備蓄倉庫が併設され、両駅で約 1 万人分の飲食料や医薬品等が完備されている。災害発生時には防災活動拠点として機能するようになっており、都心部に滞留する昼間都民への食料等の供給を行う意義と災害初動時には 2 駅の周辺地域に物資を輸送・配布することが想定されている¹⁰⁾。

また、地下深くに設置された新しい地下鉄構造物は耐震性に優れており、損壊・支障の恐れが少ないことから、地震に強い地下鉄の輸送力を

表-7 地下鉄大江戸線駅部に設置された防災倉庫の仕様¹¹⁾

整備駅名	面積	主な設備(2 駅共通)
麻布十番駅(港区)	約 1,380m ²	ベルトコンベアを併設した地上出入口
清澄白河駅(江東区)	約 780m ²	災害時に備えた自家発電装置

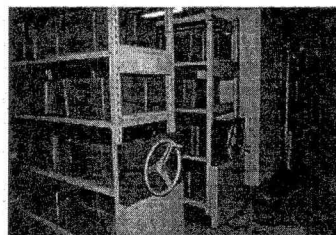


写真-1 地下鉄構造物に設置された備蓄倉庫(東京都 HP より)

活用した支援と備蓄物資の迅速な輸送を行うことも計画されている。このように、陸上交通路が遮断された場合においても、下町地域から山の手地域までを広く視野においた被災者の救援・救護のために地下鉄空間を活用し、備蓄物資だけでなく外部地域からの支援物資を地下鉄全駅の周辺地域に輸送することとしている。この計画に示されるように、地下鉄駅部に空間が存在する場合、防災拠点駅として平時より整備することも可能であり、地震に強い地下鉄の震災時貨物利用と地上の広い避難拠点等を連結することで防災ネットワーク機能も有し、昼間都民への備蓄食料の供給や災害時の緊急物資輸送への活用等、帰宅困難者対策への有効活用の視点から重要な事例と考えられる。

(b) 徒歩帰宅者への支援拠点駅の設定

前述の図-1に示される徒歩帰宅訓練におけるアンケート結果から、帰宅困難者（徒歩帰宅者）は5kmごとに支援を望んでおり、数千人に対する支援が可能な空間を有する駅部（隣接地を含めて）を拠点駅として想定する。拠点駅の選定基準としては、①耐震性を有する、②隣接地に都市公園等があり地上部を含めまとまった空間を有する、③他の路線との乗換駅であり余裕空間を有する、④地下鉄の終端駅（この駅以遠からの利用者への支援）、⑤バスターミナルを併設する、等を考慮する。図-6、図-7に中心部からの距離と終端部駅からの累積乗客数（支援を必要とする概略の徒歩帰宅者数）の関係と5km毎に設ける支援拠点駅の候補を示す。東山線については、JR中央線との乗換駅である千種駅、乗換駅である本山駅、東山公園が隣接する東山公園駅と星ヶ丘駅、終端部の藤ヶ丘駅を支援の拠点とし、鶴舞線については、鶴舞公園が隣接し中央線との乗換駅である鶴舞駅、地下鉄乗換駅となる御器所駅・八事駅、終端部の赤池駅を拠点と考える。

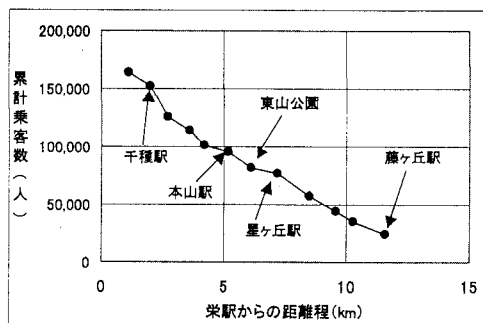


図-6 東山線の乗客数と拠点駅の候補

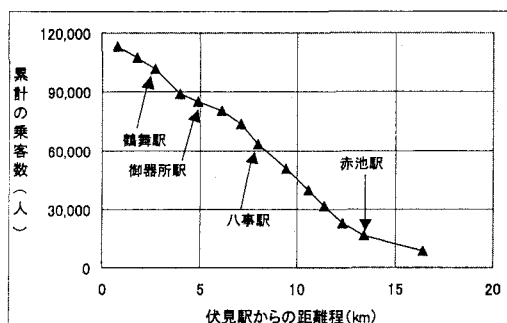


図-7 鶴舞線の乗客数と拠点駅の候補

徒歩帰宅行動では、避難情報の伝達や安全な避難経路の確保が重要になる。大量の徒歩帰宅者の発生は、健常者と弱者が渾然一体となるため、流動特性は一般的に低下する。避難時の歩行速度も日常の自由歩行と比べると著しい低下が想定され、その歩行速度も拠点駅の設定に対する一要因と考えられる。群集密度と歩行速度の関係を表す数学モデルは、日本やロシア等の研究者により実測例をもとに数多くのものが提案されている¹¹⁾。本稿では、水平な通路における流動量を表すD.Oedingの速度-密度関係式（直線式）を例に、郊外への徒歩帰宅者の流出状況と歩行速度の検証を行った。

- 歩行速度 (m/sec) = $1.499 - 0.394 \times \text{密度 (人/m}^2\text{)}$
- 流動量 = $1.499 \times (\text{密度}) - 0.394 \times (\text{密度})^2$

図-8は、上式をグラフ化したものである。ここに、最大流動量は、密度1.9人/m²の場合の1.4人・m/secとなる。さらにその時の歩行速度は、0.75 m/secである。

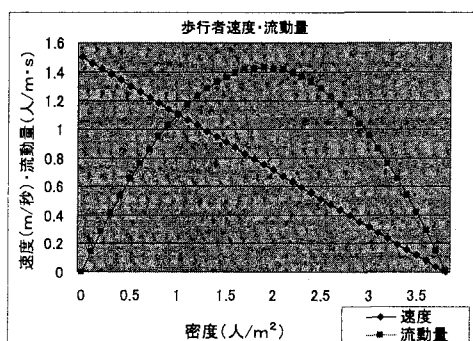


図-8 群集密度と歩行速度の関係式 (D.Oeding)

この結果を踏まえて、図－6における千種駅で約 15 万人の帰宅者が順次到着し、最後尾の帰宅者が通過する場合、幅員 5m の歩道両側を円滑（理想的）に歩行した場合の通過時間は、3 時間を要する。このときの歩行速度は 2.7km/hr であり、拠点駅間隔を 5km とした場合、拠点間の移動時間は約 2 時間となる。

4・2 震災に対する地下鉄の現状（名古屋市交通局を事例として）

地下鉄駅構造物を徒歩帰宅者の一次的な支援施設とするためには、耐震的な安全性が確保されている必要がある。例えば、名古屋市交通局では平成 12 年度以降に開業した新規区間は耐震基準を満たしているだけでなく、阪神・淡路大震災以降課題となっていた開削トンネルの中柱の補強工事を実施完了している。しかし、東海地震等の大規模震災に対しては「全壊はしない」程度の耐震性であり、震災後は補修を行わないと使用できない可能性もあるため、当局では積極的に地下鉄構造物を防災対応施設として位置づけてはいない。

名古屋市交通局では、突発地震時および東海地震の警戒宣言発令時の対応として、表－8 に示すような列車の運転規制、対応を考えている。

表－8 から、名古屋市営地下鉄では震災時においては地下空間に利用者を滞留させない方向で考えられており、平時より一時的にせよ避難施設としての防災機能利用は考えられていない。しかし、阪神・淡路大震災時にも確認されたように、地下鉄構造物は、旧耐震基準で建設された神戸高速鉄道大開駅の崩壊や新長田、三宮駅等で一部の中柱が損傷する以外には大きな被害は確認されていない。このため、地震後における構造物の安全点検により損傷が認められない駅地下空間については、非常用発電装置も完備されていることから、日常的な公共交通機関（地下鉄等）利用者が震災時に帰宅が困難となる者（徒歩帰宅者）のための一時的な避難空間として、平時より防災機能のあり方を検討しておくことは有益な事項と考えられる。特に東海地震に対しては、警戒宣言が発令された場合、発令宣言の解除まで列車の運行はストップしたままであり、地下鉄利用者への何らかの支援が求められるものと思われる。

表－8 名古屋市交通局における地震時の対応

	地震時における対応（ヒアリングより）
突発地震時	■ 加速度が 80gal 未満の場合には極力運行を行う。80gal 以上の場合には被害が予想されるため保守部門の綿密な安全確認が行われる。 ■ 地震発生後、地下鉄施設等について、所轄部署が被害状況を早急に点検し、安全確認後、運転再開となる。異常が発見された場合は、当該箇所の応急復旧後に運転再開となる。 ■ 駅は基本的には閉鎖しないが、軌道、駅施設等の被害状況によっては、閉鎖もありうる。 ■ 地震発生時における近隣避難所について各駅毎に選定されている。 ■ 各駅で「避難所マップ」を入手できるが、滞留者への避難所への誘導等を行わない。あくまで駅出入り口までの対応となり、その後は乗客の自己判断に任される。 ■ 代替輸送の確保については、輸送ルート、輸送方法等について自動車部との協議。 ■ 震災後は、基本的には復旧作業が優先される。駅を一時的な避難場所として活用することについては、駅構内の安全性が担保できないため現状では避難施設として考慮していない。
東海地震 ＜注意報及び 警戒宣言の 発令時＞	【 注意報発令時 】 ■ 交通局地震災害対策準備本部を設置し、各部の役割に基づき非常配備体制をとる。 ■ 列車は平常運行とする。また、状況に応じた輸送力確保および旅客の秩序維持のため、主要駅に応援職員を配置する。 ■ 駅職員、乗客員は、旅客に対して東海地震注意情報が発表された旨を車内放送、駅掲示板等により広報、周知する。 ■ 各駅においては、旅客及び輸送状況等、駅構内の状況について運転司令室および準備本部に報告するとともに、必要に応じて関係機関（警察・消防等）と相互に情報交換する。 【 警戒宣言発令時 】 ■ 警戒宣言が発令された時点で、地下鉄等の運行を中止する旨を通知する。 ■ 警戒宣言発令後は、市営地下鉄地震防災応急計画では、全線運行停止とし、駅は閉鎖する。 ■ 地下鉄の運行停止により発生する滞留者への対応は、避難場所を記載したチラシの配布と駅の出入り口まで誘導のみ。代替輸送についても、突発地震時と同じ。

5. 地下構造物を活用した支援方策のあり方の分析

地下鉄駅舎部を一時的な帰宅困難者（徒歩帰宅者）への支援施設と考える場合、その徒歩帰宅者集団は、「一時的に集合し一定の組織のない不特定多数の人々」¹³⁾としての群集と考えられる。日常的な地下空間は群集を対象としているが、非常時においてはその対応を誤ると韓国大邱市の地下鉄火災におけるような大惨事を引き起こす可能性を持っている。したがって、震災時のような非常時における地下鉄施設の利用計画に際して、群集がどれだけの面積を占有するのか、またどのように流れで動くのかを検討しておく必要がある。

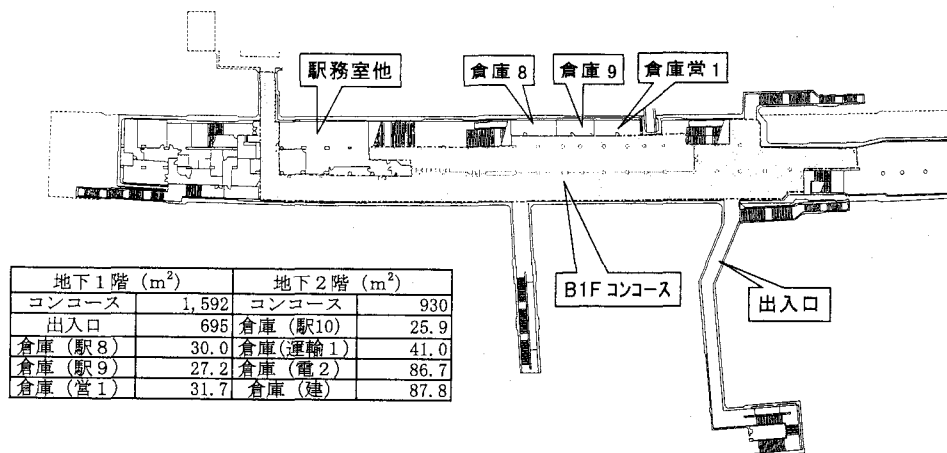
5・1 一時的な収容空間としての地下空間の分析

徒歩帰宅者の一時的な休憩空間として地下鉄コンコースを考える場合、収容する群衆の占有面積を把握するためには、群集密度と混雑度について検討する必要がある。静止状態の密度は、表－9のとおりである。

本研究は、大量に発生する徒歩帰宅者が円滑に帰宅できるように、幹線道路沿いにある地下鉄駅舎部を帰宅支援施設として活用を検討するものであるが、震災時の徒歩帰宅者の全てを限られた地下鉄空間に収容し支援していくことは現実的ではなく、組織から支援を受けられない帰宅困難者や天候状態の厳しい場合における一時的な休憩施設として地下鉄空間を活用するものである。支援スペースとしては、安全管理上の観点からホーム階の利用は考慮せず、コンコースを含めた地下通路内での収容とした。このため、表－9に示す2～3人/m²の密度で収容できる3～4千人程度の収容空間ととらえ、路線ごと、駅ごとの許容能力の分析を行う。一例として、比較的新しい路線である桜通線の御器所駅（鶴舞線との乗換駅）の地下1階部分を図－9に示す。御器所駅は、桜通線開通により既設路線である鶴舞線との乗り換え通路も含めて整備されている。

表－9 群集密度と混雑度の関係¹⁴⁾

密度	混雑度が示す状態
1人/m ²	雨の日に群集ひとりひとりが傘をさしている状態
2人/m ²	畳1畳(1,820×910mm)1枚に3人が座るような状態。集会の席で少し詰めて座るユカ座の状態である。
3人/m ²	やや窮屈な映画館の座席に人が詰まっている状態。シート幅420mm、前後間隔を800mmとした座席である。鉄道省令では、「客室の床面積は旅客一人あたり0.3m ² 以上たることを要す」とあり、イメージ的には通勤時の駅ホームで整然と並ぶ状態
4人/m ²	球場のスタンドでベンチに並んで座った状態。通勤電車の混雑度150%に相当
5～7人/m ²	エレベータが満員になった状態。通勤電車の混雑度200%に相当
10人/m ² 以上	満員電車のドア付近の状態。11～12人/m ² で周囲から体圧を感じる



図－9 地下鉄桜通線地下1階の概要

図－9より、比較的新しく建設された地下鉄駅では、地下1階部分のコンコースだけでも約1,600m²の面積があり、2～3人/m²の密度で徒歩帰宅者を収容する場合3.2～5千人程度を収容することが可能となる。

5・2 備蓄空間としての地下鉄駅舎の分析。

徒歩帰宅者への支援物資としては、飲料水と簡便な食料を考える。また、帰宅経路上での情報や移送交通機関の情報の提供が必要とされる。

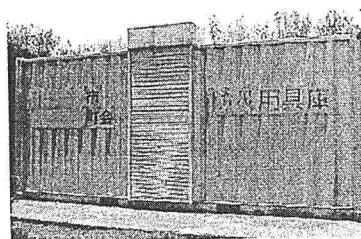
徒歩帰宅者対策は、発災当日～2日目までの短期的な対応であり、原則として所属組織で対応すること、経路上のコンビニエンスストア等での調達も可能であることから収容人員の2食分程度の備蓄を考慮する。飲料水については、一人当りの歩行1kmについての必要飲料水量が定まると、地下鉄経路上の徒歩帰宅者数によりその経路上の必要水量が求められる。必要量については、個人、気候条件により一律に評価することは困難であるが、ここでは以下のとおり設定する。

地震直後における1日あたりの必要飲料水量は、各地の地域防災計画等では3ℓ程度と考えられている。1時間あたりは125mlであり、4・1で想定した速度で10kmの道のりを徒歩帰宅する場合には、500mlペットボトル1本分程度となる。8000本程度で概ね10m³の収容スペースと考えられる。食料はその2倍のスペースを必要とすると、写真－2の防災備蓄コンテナ1個分(L6m×B2.4m×H2.5m)のスペースがあれば十分収容可能な空間といえる。図－10に御器所駅の断面図を示すが、倉庫スペースもある程度確保されていることから、備蓄コンテナ程度の支援物資の収納は十分に設置可能と考えられる。また、東山線等の比較的初期の頃に整備された路線については、倉庫等の設置スペースが確保できないことも考えられるため、その対応として近年設置を進める自治体もでてきている地域貢献型自動販売機¹⁵⁾も検討に値する。自動販売機に文字情報が内蔵されニュース等の情報がリアルタイムで提供されるだけでなく、災害時には緊急防災情報を一斉に表示するとともに、飲料水不足への対応として飲料水メーカーとの協定により自販機内の飲料水を無償で提供することも出来る機能がある。

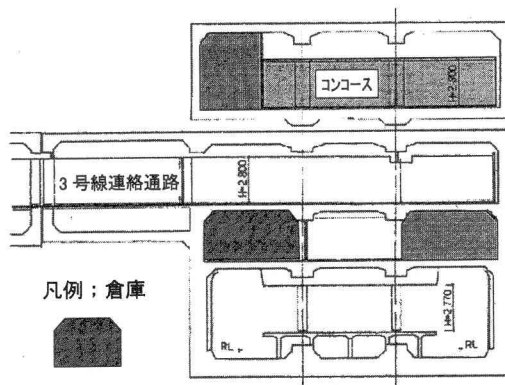
この他に各地下鉄事業者で進められている駅コンコース等のコンビニの活用も考えられる。

6. 徒歩帰宅者対策としての地下鉄駅空間利用の提案と今後の展望

従来から地下構造物は、地震に対して安全であると言われている。自然から受ける影響が少なく、地震時においても大きな変形が生じることは少ない。反面、地震後とはいえ災害時(火災等も含む)等におけるパニック状態では地下であるが故の閉そく性、迷路性に対する解決策が明らかにされているとは言い難い。本研究では、地震災害発生後に構造物の安全性が検証された以降の段階、かつ被災者が情報の輻輳する中で身の回りの状況を確認し徒歩による帰宅行動を開始する段階における帰宅困難者対策として、都市防災関連施設としての地下鉄駅空間の有効活用をテーマに、施設管理を行う行政の立場とは無関係に独自の視点で取り組んできたものであり、種々の施設の情報収集を行った。現状での地下鉄駅は、地域防災計画の中で防災関連施設として位置づけられていないため、積極的な利用は考えられていない。本稿で事例とした名古屋市交通局は、行政体と運輸事業者としてサービスを提供する立場の側面もあり、雨露を凌ぐための一時的な施設利用について、強い要請があれば検討の可能性もあると思われる。



写真－2 防災備蓄コンテナ



図－10 御器所駅断面図(参考図)

地下鉄駅施設の空間的な把握結果より、利用による徒歩帰宅者対策について以下のように提案を行う。

- 1) 駅空間を利用した地下鉄利用者のための最低限の飲料水、食料の備蓄を行う。
- 2) 安全が確認された段階で、駅コンコースを一時的な休憩施設として主に地下鉄利用者である徒歩帰宅者に開放する。
- 3) 確保するスペースとしては1000~2000m²、収容人員で3~5千人/駅を想定する。
- 4) 拠点駅の基準に合わせて約5kmごとに帰宅困難者(徒歩帰宅者)向けの支援拠点駅を設定し、飲食料の提供や各種の情報提供、トイレ利用を含めて基本的な防災支援機能を確保する。備蓄倉庫の設置スペースのない比較的古い駅には、地域貢献型自動販売機等の設置により飲料水を確保する。
- 5) 発災後の停電に対応するためには、支援拠点駅には自家発電設備の設置や燃料電池を活用した小型分散型電源施設の増強により、休憩時の照明や最低限の換気を行い安心・安全な空間を確保する。

本研究は、地下空間が地震に対して強いといわれているにも係わらず、防災支援空間としての積極的な位置づけが与えられていないことに対して、帰宅困難者支援への一方策を示してきた。日常的に利用する地下鉄空間が非常時における防災支援施設として機能していくためには、「どのようにして、災害後の安全空間の確保状況を把握するか」等が重要であり、今後はこれらの課題を具体化するための方法(手法)について議論を深めてゆく必要があると思われる。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、貴重なご意見および地下鉄駅部の資料を提供して戴いた名古屋市交通局関係部局のご担当をはじめ関係者の方々に御礼を申し上げる次第である。

7. 参考文献

- 1) 東京都：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書,1997.8
- 2) 愛知県：愛知県防災会議「愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書」,2003
- 3) 中央防災会議：南関東地域直下の地震対策に関する大綱,1998.6 改訂
- 4) 東京都：震災時における昼間都民対策検討委員会報告,1999.3
- 5) 湯原麻子：大都市震災時の徒歩帰宅者数の推計,筑波大学第三学群卒業研究論文 pp.3,1999.2.
- 6) 湯原麻子・熊谷良雄：大都市震災時における都心従業者の就業地滞留に関する分析,地域安全学会論文集 No.3,pp.1-6,2001.11.
- 7) 山本幸司ほか：コンビニ利用を前提とした震災直後の救援物資提供システム,第14回日本都市計画学会中部支部研究発表会論文・報告集,pp.17-20,2003.10.
- 8) 中京都市圏総合都市交通計画協議会：「第4回パーソントリップ調査(平成13年度調査)人の動きから見る中京都市圏のいま」,2003.3
- 9) 名古屋市 HP：統計なごや Web 版(平成15年版),URL <http://www.city.nagoya.jp/>
- 10) 東京都 HP：東京都福祉局,URL <http://www.fukushi.metro.tokyo.jp/gaiyou/2002sya/47.htm>
- 11) 東京都総務局・福祉局：土木学会地下空間研究委員会防災小委員会資料
- 12) 吉岡昭雄ほか：交通工学ハンドブック,技報堂出版,1984
- 13) 岡田光正・高橋鷹志著：新建築学体系13 建築規模論,彰国社,1984
- 14) 岡田光正・吉田勝行・柏原士郎・辻正矩：建築と都市の人間工学,鹿島出版会,1977
- 15) 坂戸市 HP：新着情報,「災害時における救援物資提供に関する協定を締結しました」,
URL http://www.city-sakado.com/shiryoku/syomuka/saigai_kyuuei/kyuuen_kyoutei.htm,