

# 地下街の 3 次元モデル構築と避難検討への利活用

大森 高樹<sup>1</sup>・小野 栄子<sup>2</sup>・沼川 清久<sup>3</sup>・角田 大輔<sup>4</sup>・塚田 眞基<sup>5</sup>  
 檜村 奈美<sup>6</sup>・宮木 哲也<sup>7</sup>・成澤 守<sup>8</sup>・神戸 敏彦<sup>9</sup>・佐野 俊之<sup>10</sup>

1正会員 (株)日建設計シビルCM防災部 (〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27) E-mail:oomorita@nikken.jp

2非会員 (株)日建設計シビルCM防災部 (〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27)

3非会員 (株)日建設計シビルCM防災部 (〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27)

4非会員 (株)日建設計D D L (Digital Design Lab) (〒102-8117 東京都千代田区飯田橋2-18-3)

5非会員 (株)日建設計D D L (Digital Design Lab) (〒102-8117 東京都千代田区飯田橋2-18-3)

6非会員 (株)日建設計D D L (Digital Design Lab) (〒102-8117 東京都千代田区飯田橋2-18-3)

7非会員 (株)エスカ (〒453-0015 名古屋市中村区椿町7-1)

8非会員 (株)エスカ (〒453-0015 名古屋市中村区椿町7-1)

9非会員 名古屋地下街 (株) (〒450-6215 名古屋市中村区名駅四丁目7番1号)

10非会員 名古屋地下街 (株) (〒450-6215 名古屋市中村区名駅四丁目7番1号)

現在、国土交通省都市局の補助を適用して「地下街防災推進事業」が実施されている。筆者らは「地下街の安全避難対策ガイドライン」に沿って、地下街全体の避難安全検討を「新・建築防災計画指針」に準拠して実施している。その避難計算結果を2つの地下街において3次元モデルに適用して避難シミュレーションを実施し、課題等を整理した。3次元モデルを利用して人の避難行動をわかり易く再現することで、従来の避難計算だけでは見えてこない避難時の人の動きを把握することができた。特に、階段周辺に避難する人が多く集まり避難時間がかかることが可視化された。本論文は、避難シミュレーションで確認できた課題の抽出、それらを改善して避難時間の最適化を図る提案、3次元モデルを適用した内容を地下街関係者との合意形成に利用すること、などをまとめたものである。

**Key Words :** *Underground space, Disaster prevention in underground space, Three-dimensional models, Evacuation simulation*

## 1. はじめに

昨今の国土交通省も含めた建設業界の動向をみると2016年を「生産性革命元年」と位置づけて生産性の向上に取り組んでいることから、i-Constructionという重要施策のなかで測量・調査から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスの各段階において3次元データを今まで以上に積極的に活用することは明らかである。このような背景と今後の3次元データの利活用を目的に、国土交通省では2017年11月に「3次元データ利活用方針」<sup>1)</sup>を公表した。そして、国土交通省では、2012年度以降3次元データの利活用の取組みの1つとしてCIMモデルを活用するモデル事業を進めてきている。このCIMモデルとは、対象とする構造物等の形状を3次元データで表現した「3次元モデル」に部材の諸元や物性値等の属性情報を付与して各種のシミュレーション等に活用するモデルであり、作成用途に応じて線形モデル・地形モデル・構造物モデルなどがある。

今回、筆者らは地下街防災推進事業の1つである避難検討(シミュレーション)で地下街という地下構造物を3次元モデル化して検討の深度化を図った。その主な目的は、シミュレーションを実施するうえで従来の2次元の平面データよりも、より立体的な表現ができる3次元モデルで行うことにより誰が見ても一目で理解できる。しかも、課題となる箇所も現実に近いもので確認できるという特徴を活かして、階段周辺に避難する人が多く集まり避難時間がかかることが可視化することができる。

地下街管理者は、地下街利用者に的確な災害情報と落ち着いて地下街関係者の指示に従うことを伝えるとともに、原則としてその場に留まるように指示し、周囲や避難経路の安全が確認された後は必要に応じて地上へ落ち着いて移動してもらうことを促すことになる。すなわち、避難の基本的考え方は避難行動を避難者が落ち着いて行うことが大前提となる。地下街管理者は、避難検討を行う際に、一定の条件をもとにしたシミュレーションを実施する避難シミュレーションを用いることで具体的に地下街における避難検討が可能である。

本論文は、2つの地下街管理者とともに実施した「避難シミュレーション」で確認できた課題の抽出、それらを改善して避難時間の最適化を図る提案、3次元モデルを適用した内容を地下街関係者との合意形成に利用すること、などをまとめたものである。

## 2. 地下街防災推進事業における避難検討

### (1) 地下街防災推進事業の概要

国土交通省都市局は、地下街防災推進事業制度要綱（平成 26 年 4 月 1 日）を制定し、併せて関係通達の遵守、並びに「地下街の安心避難対策ガイドライン」<sup>2)</sup>（以下、「ガイドライン」とする）を公表し、地下街の安全確保および防災対応力の向上のための計画づくりと耐震補強事業を実施している。なお、地下街防災推進事業制度要綱に基づく補助対象事業は地下街防災推進計画策定と地下街防災推進事業としている。

この「ガイドライン」は、大規模地震時の公共用通路等公共的施設を対象として、地下街が有する交通施設としての都市機能を継続的に確保していくために必要な耐震診断・補強の方法や非構造部材の点検要領、様々な状況を想定した避難計画検討の方法などについて、技術的な助言として取りまとめている。

### (2) 避難シミュレーションの位置づけ

地下街全体の避難検討は、「地下街の安全避難対策ガイドライン」に準拠して実施し、施設の状態把握や「新・建築防災計画指針 平成 7 年 7 月 日本建築センター発行」（以下、「指針」とする）に準拠した避難シミュレーションに基づく避難計画等の検討を行うものである。

この「ガイドライン」では大きな地震が発生し、安全を確保するために地上に避難するとした場合に、計画している避難経路が使用できない場合など、様々な状況を想定して避難シミュレーションを行い、どういった場合にどのような課題が生じるかを確認し、課題がある場合はどのような対策を施したらよいかを示している。地下街事業者は、この「ガイドライン」に従って避難シミュレーションを行い、より安全な避難を実現するための対策が必要な場合は、その対応方法を検討する必要がある。また、その検討結果は地下街での避難時における接続ビルや店舗等との調整を行うための基礎資料として共有していくことができるものである。

「ガイドライン」で適用している避難計算法では計算を簡単にするために避難者の行動について次のような仮定を設定していることに留意する必要がある。

- ① 避難対象者は通路だけでなく店舗内にも人がいるものとし均等に分布している

- ② 避難は全ての出入口を利用して一斉に逃げる。但し出火室と非出火室では開始時間が異なる
- ③ 避難者はあらかじめ定められた経路を通過して避難する
- ④ 歩行速度は一定で追越しや後戻りはしない
- ⑤ 避難者の流れは出入口などのネックによって規制される
- ⑥ 避難経路が複数ある場合には最寄りの経路を利用する

また、避難シミュレーションは避難時における避難者の時間経過に従った動きを再現するもので、簡単な手計算により時間と人数を把握するものから、避難する人の動きをコンピューター上の仮想空間で再現する高度なものがあり、いずれを用いることも可能である。

上記に示した留意点のように実際の避難時には過度の滞留等による混乱や転倒なども起こるが、避難シミュレーションでは混乱や転倒などを再現することは難しいため、整然とした避難を前提に避難状況を再現することになる。その上で、混乱や転倒の原因となる過度の滞留や避難の待ち時間が発生しないかを確認し、必要があれば改善策を検討する。ただし、シミュレーションはあくまでも想定の世界であり、避難の実態を忠実に再現することには限界がある。シミュレーションにより比較的短い時間で避難が可能という結果が出たからといって安心するのではなく、普段から避難経路上に避難の妨げとなるようなものがないかどうかを確認するなど、災害時に避難する人が落ち着いて安全に避難ができるように意識を高めることが、地下街管理者や地下街を利用する我々にも必要なことである。

### (3) 避難対象人数の設定

避難対象人数については、地下街を利用している人の実態調査数値を利用することも考えられる。今回の検討では、まずは地下街防災計画書の避難計画に適用する「指針」に準拠して避難計算用人口密度に居室面積を乗じて避難対象人数を算出し避難計算を行い、避難計算用の人口密度を以下のように設定した。

- |       |                              |
|-------|------------------------------|
| 建築用途： | 百貨店、物販店舗など                   |
| 対象部分： | 連続式店舗状の部分                    |
| 人口密度： | 0.7 (人/m <sup>2</sup> ) 飲食店舗 |
|       | 0.5 (人/m <sup>2</sup> ) 売り場  |
|       | 0.25 (人/m <sup>2</sup> ) 通路  |

なお、この指針で扱っている避難計算とは、ある階を災害時の出火階とみなし、その階にいた人々の全員が避難階段まで避難する状況を予測し、これによって建築物の避難安全性を検討評価するものである。

### (4) 避難シミュレーションの流れ

「ガイドライン」に記載されている避難シミュレーションの流れは以下の通りである。

## ①施設の状況把握

- ・仕様の確認として通路幅員，階段幅，階段間の距離などを既存資料や実測により確認する
- ・既定計画等の確認として避難確保計画，浸水区域・浸水ハザードマップ等を確認する
- ・隣接する施設状況の確認として隣接する地下街，隣接建物の地下階，地下鉄駅等を確認する

## ②避難シミュレーションの実施

## ③避難シミュレーションによる課題点の把握

- ・避難時間や滞留人数が大きい階段等の避難安全上の課題を把握する

## ④対応方策の検討実施

- ・課題を解決する対策を検討し実施する

**(5) 避難シミュレーションの実施範囲**

今回実施したシミュレーション計算を行う実施範囲は地下街全体で行い，そのなかでも地下1階の公共地下通路と地上へつながる階段を避難計算の対象とし，地下2階にある駐車場階からの避難は検討しないものとした。さらに今回の避難検討では地下街全体を3次元モデルで構築して避難の可視化を図り，最終的には避難シミュレーションの検討結果を踏まえた避難安全上の課題把握・対策案を立案する資料の一つとした。

**(6) 災害想定と避難シナリオの設定**

災害想定は，地震時において火災が発生した場合，地下街を利用している人が地上へ避難することを対象とした。避難検討のなかで想定する避難シナリオは，地上へつながる出入口（接続ビル内を含む）や階段等が使えなくなり，避難に障害が発生した場合の避難時間や滞留人数が大きい階段等について検討する必要があるため，避難における課題およびシミュレーションを実施する際の留意点を整理した。大規模地震において火災が発生し，安全を確保するために地上へ避難するとした場合の避難検討を行う想定条件としては，計画している避難経路が使用できない場合など様々な状況が考えられるため，「ガイドライン」の p31 参照で想定している下記の内容を考慮した。

想定①：全ての避難階段が使用でき，避難者が最も近い階段に避難した場合

想定②：落下物や地上の混雑等で一部の避難階段が使用できなくなった場合

想定③：隣接ビルや駅施設から多くの避難者が地下街へ流入する場合

**(7) 避難シミュレーションによる状況再現**

地下街管理者として，災害時のどのような場合に避難状況の課題が生じるかを確認し，課題がある場合はどのような対策を実施したらよいかを事前にシミュレーションを利用して検討しておくことは重要である。この避難シミュレーションを実施することは，避難時の避難者の時

間経過に従った動きを再現することが可能である。したがって，地下街の在街者が災害発生時に避難をする場合に著しく避難時間がかかる階段があったり，大きな滞留が起こったりしないかを確認する目的で避難シミュレーションを行うことは意義のあるものとする。

**(8) 適用したシミュレーションプログラムの概要**

今回，避難する人の動きをコンピューター上の仮想空間で再現するために適用した避難計算プログラムは，「ガイドライン」に準じて計算した結果を参考にして，この避難計算で設定された各種設定を基にマルチエージェントシステムを採用した歩行者シミュレーションソフト「MassMotion」を使用してシミュレーションを行った。このマルチエージェントシステムとは，それぞれ異なった判断アルゴリズムなどの特徴（キャラクターシティブック）を持ったエージェントモデルを用い，複数かつある一定以上のエージェントを多数設定し相互に依存し合っているシステムである。

人の避難行動を再現できる「MassMotion」に適用することで，従来の避難計算だけでは見えてこない避難時の人の動きを把握することができる。具体的には人が避難時に滞留する状況の箇所等，その場を退避して別な方向へと避難するように設定を行った。数値設定は，日本建築センター発行「新・建築防災計画指針」1985年版に準拠し避難計画用基礎数値を設定した。

①歩行速度	店舗	}	1.0 m/秒
	公共地下歩道		
	地下広場		
	階段	}	0.5m/秒
②流動係数	店舗出入口		
	広場出入口	}	1.5 人/m・秒
	階段		
			1.3 人/m・秒

## ③エージェントとエージェントの間隔設定 (図-1)

- ・MassMotion におけるエージェント体の半径設定：0.25m
- ・エージェントとエージェントの最小間隔：0.5m
- ・最小密度 0.25 m<sup>2</sup>/人

※(参考値) 避難における許容密度(新・建築防災計画指針)

廊下・その他通路	0.3 m <sup>2</sup> /人
階段室附室・バルコニー	0.2 m <sup>2</sup> /人



図-1 エージェントの間隔設定イメージ

**(9) シミュレーション結果の活用**

地下街全体の避難検討は、「指針」に準拠した避難シミュレーションに基づく避難計算を行った結果を3次元モデルに適用して可視化を実施した。「指針」を反映した避難計算結果は問題とならなかったが、店舗からの避難者が一番近くの階段部を目指して一斉に避難するためその階段周辺に避難する人が多く集まり、避難時間が想定よりも多くかかることが確認ができた。そのような状況を3次元モデルのなかで可視化し、避難時間の最適化を図ることで地下街関係者の理解を促して合意形成の資料とした。

**3. 地下街の3次元モデル構築**

**(1) 3次元モデル構築の流れと留意点**

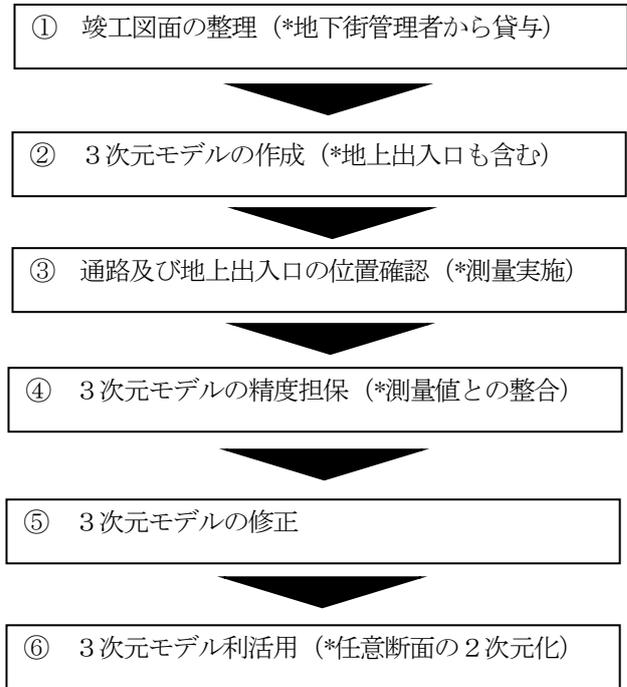
対象とした2つの地下街は、エスカ地下街の開業が昭和46年(1971年)、サンロード地下街の開業が昭32年(1957年)であり、開業からエスカは47年、サンロードは61年が経過しているかなり古い地下街である。筆者らは、地下街管理者からできるだけ多くの竣工図や施工図等を貸与してもらい、それらの図面情報を整理することで地下街の3次元モデルを作成した。

3次元モデルをできるだけ多く活用していくためにも、竣工図や施工図だけの情報で3次元モデルを作成することは不十分であると考えている。その理由は、築年代が古い地下街は何回も改修を実施していることや、地上から地下まで幅横した階層を別々に図面化して3次元的に一致させていないことが多いからである。したがって、地上部の階段から地下の通路や施設内(柱を含む)を含めた測量を極力実施して地下街全体の構造物としての精度を担保する必要があると考える。この点を簡略化してしまうと構造物の3次元情報から2次元情報への利用などを含めた様々な活用を行う時点で、精度を保った検討に支障をきたすことになるものと考えている。図-2に3次元モデル構築の流れを示す。

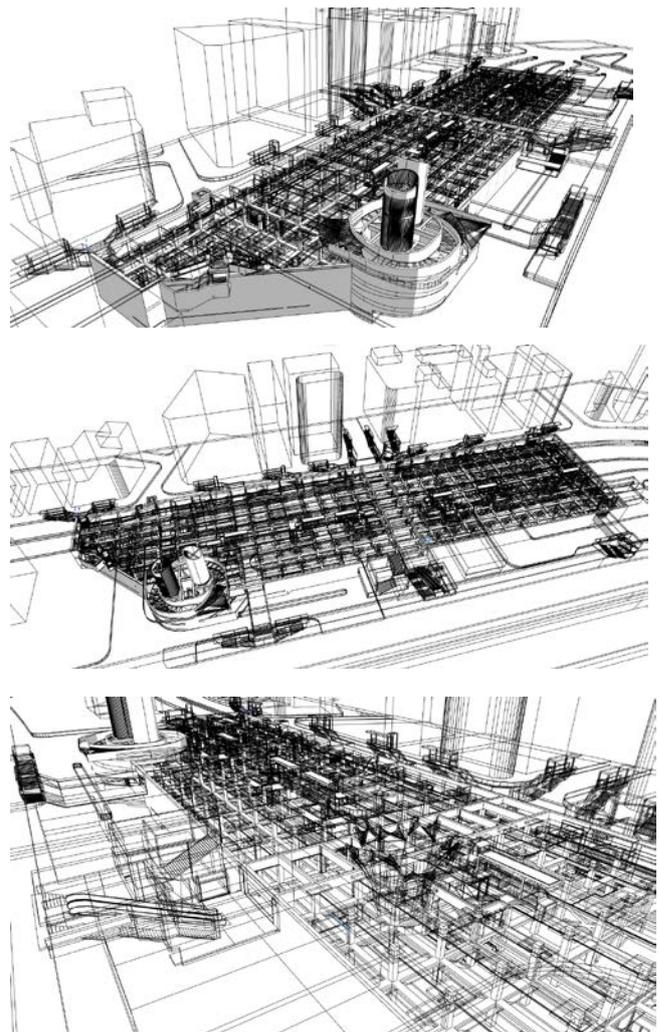
**(2) 対象とした地下街の3次元モデル**

筆者らが対象とした2つの地下街は共に名古屋駅につながっている地下街である。これらの地下街の3次元モデルを図-3、図-4に示す。

各々の地下街の大きさは地下街帳登録の面積でエスカ地下街 29,179 m<sup>2</sup>、サンロード地下街で 11,383 m<sup>2</sup>となっている。エスカ地下街は地下2階が駐車場を併設し、サンロード地下街は名古屋市交通局東山線(地下鉄)と一体となっている。



**図-2 3次元モデル構築の流れ**



**図-3 エスカ地下街の3次元モデル**

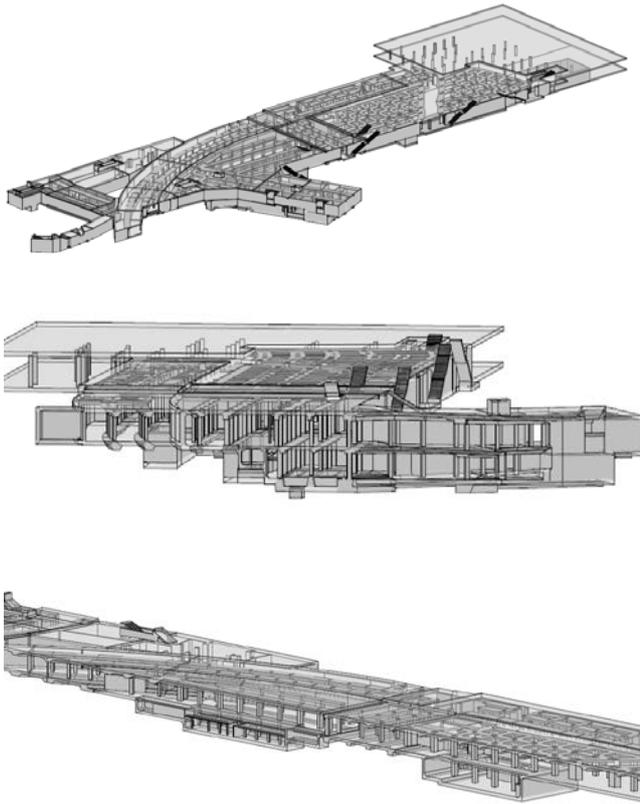


図-4 サンロード地下街の3次元モデル

#### 4. 3次元モデルを適用した避難検討

##### (1) 避難計算の特徴比較

「指針」に準拠した避難計算は、居室避難時間と階避難時間が許容避難時間に収まるかどうかを避難人数と避難距離によって簡易的に計算するものである。この際、避難者の動き（歩行速度など）は原単位が決められているため、人と人との動きによる交差・交錯や滞留などの避難行動特徴は計算には反映されない。なお、「ガイドライン」に記載されている避難時間の長さを評価する指標としては下記のようなものが参考となり、7～8分と示されている。

- ①地下鉄駅等の火災対策基準・同解説（日本／国土交通省監修の地下駅の火災安全対策の基準）：ホームから避難を開始してコンコースへの避難が完了する時間を7分以下とする。
- ②Guide to Safety at Sports Ground（英国／文化・メディア・スポーツ省発行のスタジアムの設計基準）：観客席から避難を開始し避難施設への避難が完了する時間を8分以下とする。これは過去の研究や経験から避難者が動揺やストレスを感じずに避難できる上限と解説されている。

一方、3次元モデルを利用した避難シミュレーションは、避難者の時間経過に従った動きや避難者の滞留などを立体的に再現して可視化することが可能である。そのため、災害発生時に避難をする場合に人が交錯して著しく避難時間がかかる、避難する階段に多くの人が殺到してしまい階段周辺の空間が閉塞して大きな滞留が起こることなどが可視的に確認できるという利点をもっている。

##### (2) 3次元モデルを利用した避難計算の結果

###### 1) エスカ地下街

エスカ地下街全体の避難経路図を図-5に示す。今回実施した避難計算のシナリオは3つである。

(シナリオ1) すべての階段を利用でき、避難者が最も近い階段を利用して避難した場合を基本とし、避難完了時間や滞留人数の特に大きい階段がないかどうかを確認する。

(シナリオ2) 大地震があり、落下物等により避難用の階段が使えない場合で、E9階段が使用不可となった場合を想定する。

(シナリオ3) 大地震があり、落下物等により避難用の階段が使えない場合で、E9階段に加えてE4階段とE5階段も使用不可となった場合を想定する。

###### a) シナリオ1についての検証

「指針」に基づく避難計算結果では、居室避難も階避難も許容避難時間を満足している結果となったが、実際に3次元モデルを適用して避難者を動かしてみると一斉に人が地上につながる階段へ殺到するため、多くの人の動線が交錯し人溜まりが発生してしまうことが分かった。シミュレーション結果より一番避難完了に時間を要するのはE12階段であり、E12階段で避難する人数（計算上504人）が最後の人が避難完了するまで9分45秒かかることが確認された。これは店舗⑫、⑬、⑮、⑯からの避難者が集中し、E12階段の避難扉前の通路内で動線の交錯が起きることが要因と考えられる。また、E12階段の避難扉幅が800mmと狭く、避難扉としては避難能力が低くなってしまいう要因が計算に反映されて避難時間が多くかかってしまうこととなっている。（図-6）

###### b) シナリオ1の改善についての検証

図-7に示すように計算上は、避難開始から2分で地下街内の最大滞在人数が4473人になるため、これらの人がすべての避難階段を利用して避難完了する時間が8分以内となるように、避難ルートを変更してシミュレーションを実施した。この改善を目的とした計算は、E12階段に避難する人が集中したため、避難人数の多い店舗⑬、店舗⑯、店舗⑮から利用する避難者を階段E12以外の13階段および8階段へ分散するというシミュレーションである。シナリオ1で避難時間が一番時間を要したE12階段の避難時間は9分45秒から7分6秒と避難時間

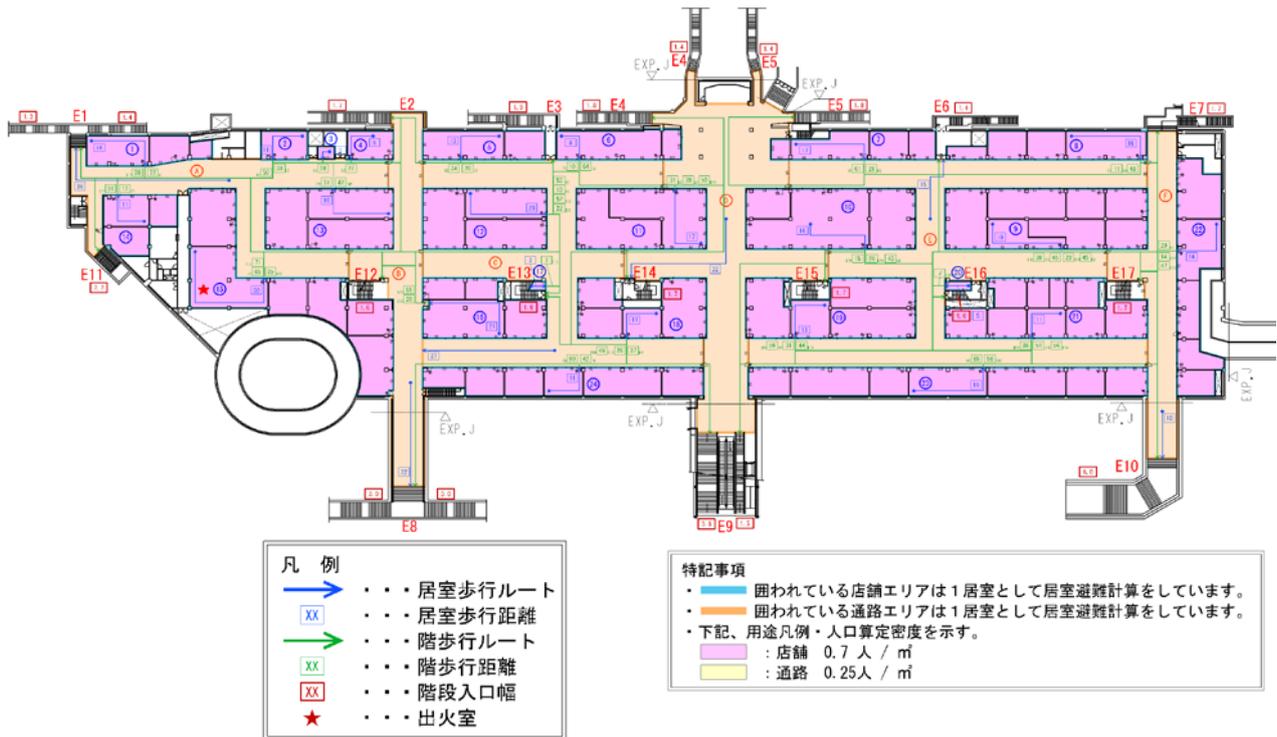
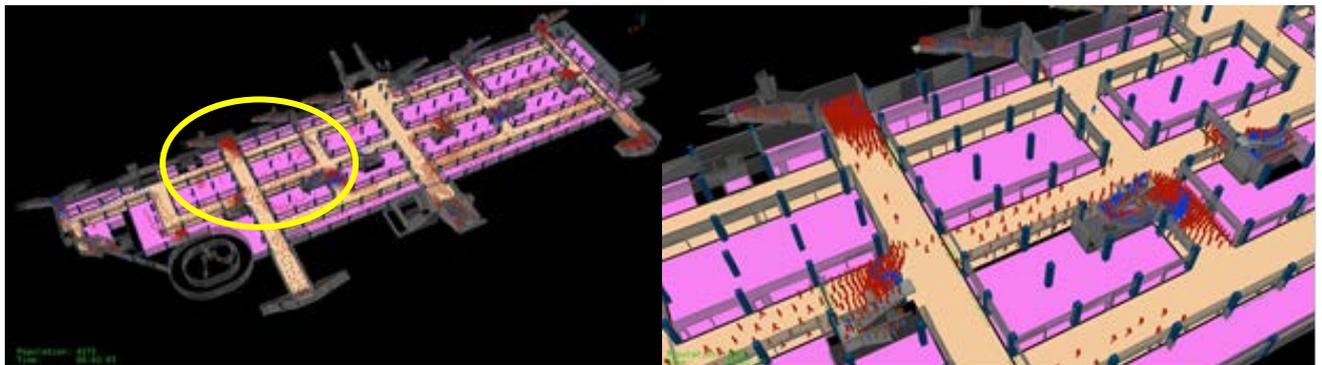
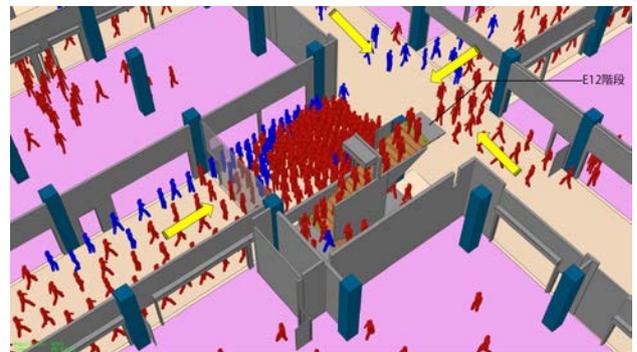


図-5 エスカ地下街全体の避難経路図



(エスカ地下街全体の3次元モデル)

(階段付近に着目した画像)



(最長で避難時間を要する E12 階段)

図-6 3次元モデルによる避難状況の可視化

を大幅に短縮する結果となった。結果的にすべての人が避難完了する時間は 7 分 15 秒となり「ガイドライン」に記載されている目安の 7～8 分以内となった。

避難者が多くなる E13 階段と E16 階段の状況図と避難者目線での混雑状況を図-8～図-11 に示す。階段前の人溜まりにより、避難者の視野は極端に遮られ通路先の避

難状況が認識し辛く、一旦人溜まりの中に入ってしまうと身動きが取り辛く経路変更もし辛い状況になることをシミュレーションから確認することができた。なお、このシミュレーションプログラムでは、人の視線の高さは 165 cm となっている。このことから、経路変更する際は他の避難階段を目視出来ない状況になるため、これを改善していくためにも誘導員の配置や的確で効果的な誘導方法、混雑時での十分な可視領域内でのサイン計画が重要である。なお、サイン計画については地下街改修のときに合わせて行うことも一つの方法であると考える。

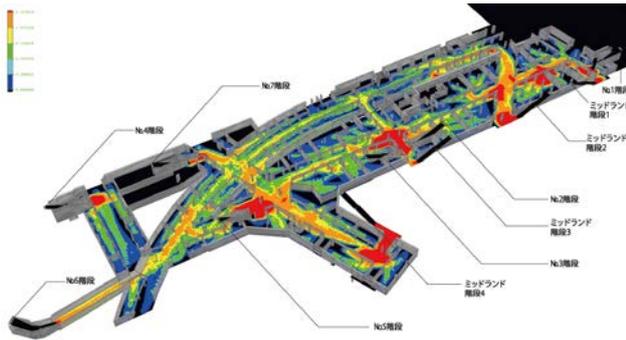


図-7 避難開始 2 分後の最大人数密度分布状況

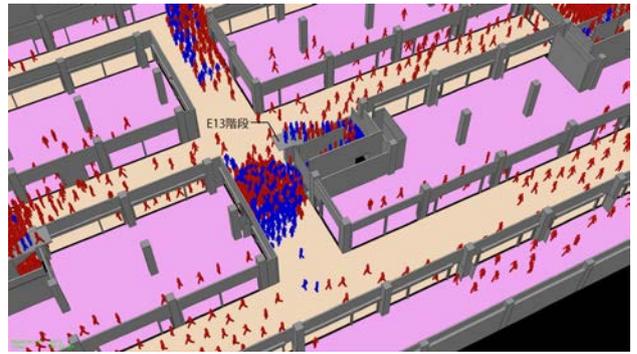


図-10 E16 階段の避難状況 (2:00)

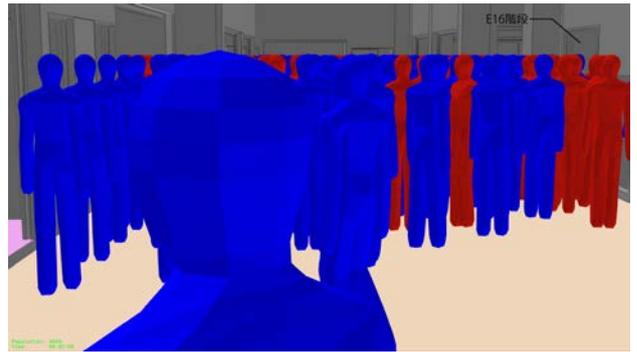


図-11 E16 階段前 避難者視野

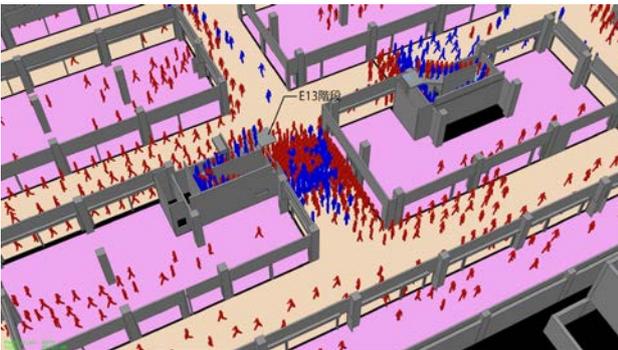


図-8 E13 階段の避難状況 (2:00)

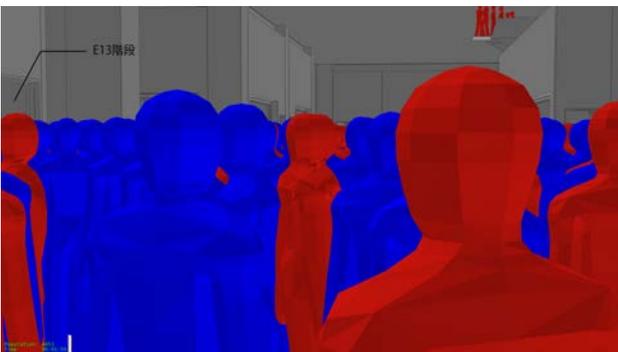


図-9 E13 階段前 避難者視野

## 2) サンロード地下街

サンロード地下街の全体図と避難経路図を図-12 に、店舗配置図を図-13 示す。今回実施した避難計算のシナリオは 3 つである。

(シナリオ 1) すべての階段が使用でき、避難者が最も近い階段に避難した場合を基本として他のケースに比べて避難完了時間や滞留人数の特に大きい階段がないかを確認する。

(シナリオ 2) 大地震があり、落下物等により避難用の階段が使えない場合で利用者が一番多い階段（今回は 5 番階段）が不慮の事故により使用できなくなった場合を想定する。

(シナリオ 3) シナリオ 2 の結果を踏まえて避難が可能な出入口について制限を受けた場合を想定する。本検討ではミッドランド側にある地上と繋がっている階段が利用できない場合とする。

### a) シナリオ 1 についての検証

「指針」に基づく避難計算結果では、居室避難も階避難も許容避難時間を満足している結果となったが、実際に 3 次元モデルを適用して避難者を動かしてみると一斉に人が地上につながる階段へ殺到するため、多くの人が交錯して人溜まりが 2 番、3 番、5 番階段で顕著であることが確認された。（図-14、図-15）なお、通路上にいる人の避難も含めて対面で位置する 2 番と 3 番階段付近における計算上集計した OD 表からも 2 番階段が約 850 人と避難人数が集中していることが確認された。





結果的にすべての人が避難完了する時間は 11 分 23 秒となり、「ガイドライン」に記載されている目安の 7～8 分を大きく超える結果となった。

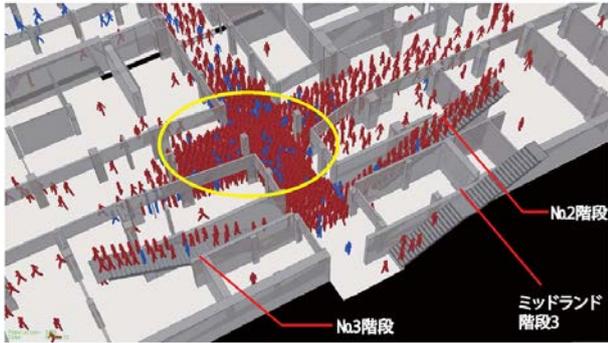


図-14 2番, 3番階段の避難状況

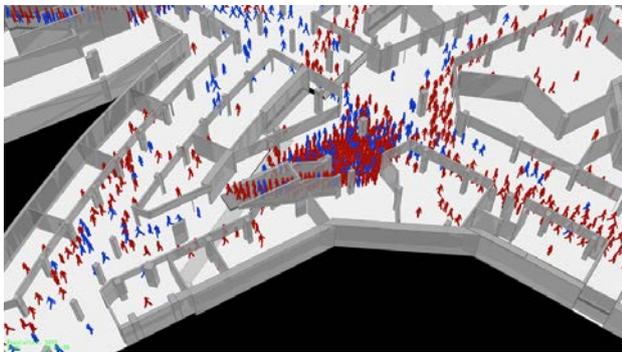


図-15 5番階段の避難状況

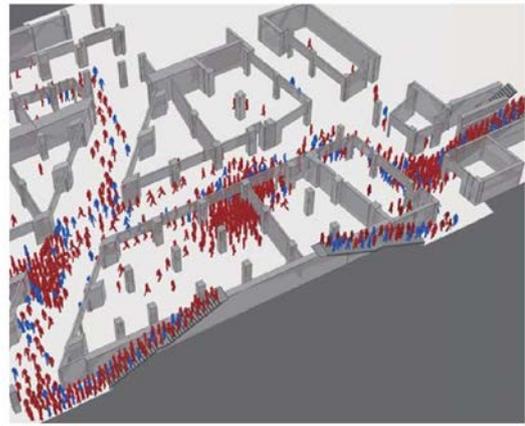


図-17 ミッドランド階段1および2と1番階段

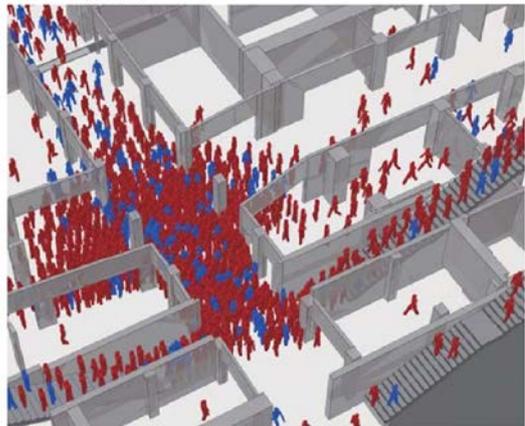


図-18 2番階段と3番階段

b) シナリオ 1 の改善についての検証

図-16 に示すように計算上は、避難開始から 2 分で地下街内の最大滞在人数が 3483 人になる。これらすべての人が避難完了する時間が 8 分以内となるように避難ルートを変更してシミュレーションを実施した。

計算は、2 番階段に避難する人が集中したため、避難人数の多い店舗⑤、店舗⑩、店舗⑮から利用する避難者をミッドランド階段1および2と1番階段へルートを変更して避難者の分散を実施した。

結果的にすべての人が避難完了する時間は 7 分 47 秒となり「ガイドライン」に記載されている目安の 7～8 分以内となった。避難者が多くなる階段の状況図を図-17～図-20 に示す。

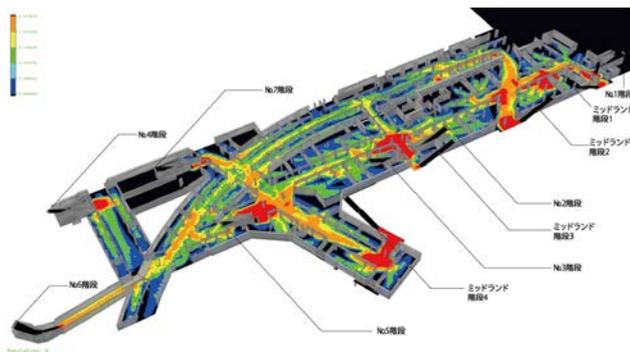


図-16 避難開始 2 分後の最大人数密度分布状況

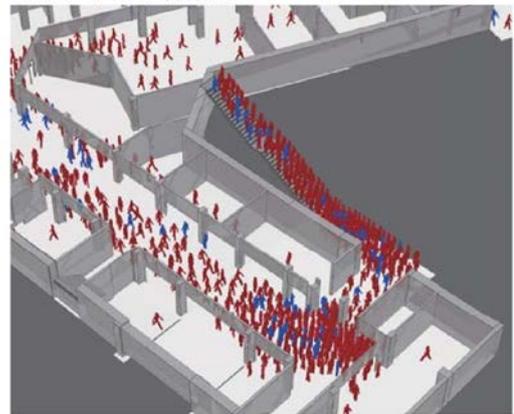


図-19 ミッドランド階段4

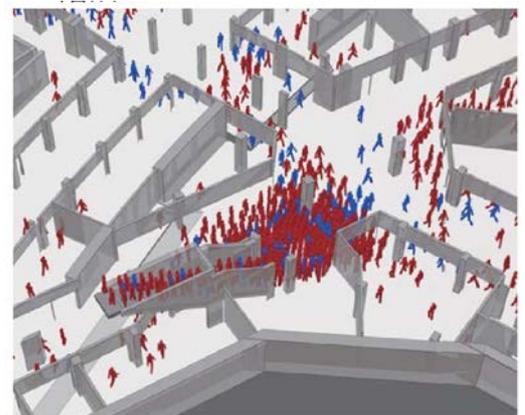


図-20 5番階段

なお2番階段に避難する人が集中することを回避するもう一つのケースとして、避難人数の多い店舗④、店舗⑩、店舗⑪、店舗⑬、店舗⑭、店舗⑮から利用する避難者をミッドランド階段1および2と1番階段へルートを変更して避難者の分散をシミュレーションした結果、すべての人が避難完了する時間は8分51秒となり、ガイドラインに記載されている目安の7～8分を超える結果となった。したがって、避難者をミッドランド階段3の方向へ避難させることが集中してしまうと目安時間8分を超えてしまうこともシミュレーション計算から確認できた。

### (3) 3次元モデルを適用した避難計算結果からの課題

#### 1) エスカ地下街

シミュレーション結果より一番避難完了に時間を要するのはE12階段であることがわかった。図-21にE12階段の混雑状況を示す。計算上集計したOD表より階段毎の避難人数を算出した結果、E11階段は避難人数が極端に少なく、避難時における階段の利用率が低いことが課題であることを確認した。また、店舗①、⑭、⑮から避難動線計画されているが、それぞれ最短ルートで避難するには階段E1階段とE2階段を利用する避難者が多いため、結果的にE11階段の利用が少ない結果となる。したがって、実際の災害における避難誘導時の誘導員の呼びかけや指差誘導法などにより避難者を空いている避難階段へ導くことが課題となることが想定される。

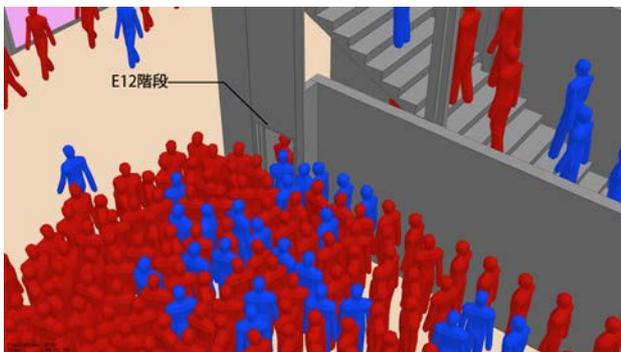


図-21 E12 階段部分の混雑状況

#### 2) サンロード地下街

実際、写真-1に示すように2番と3番階段は対面位置のため、災害時に多くの人が一斉に避難した場合、通路内で人が捌ききれず人溜りが起きることが課題である。また、避難時に人溜りが発生する範囲は、店舗⑩付近の通路まで及びミッドランド階段3へのルートも遮断されてしまう可能性が高いことが課題であることも確認した。(図-23)

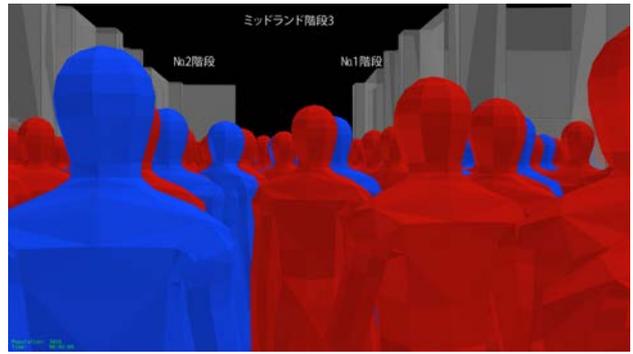


図-22 2番と3番階段手前通路内 避難者視野



写真-1 2番階段と3番階段へつながる通路

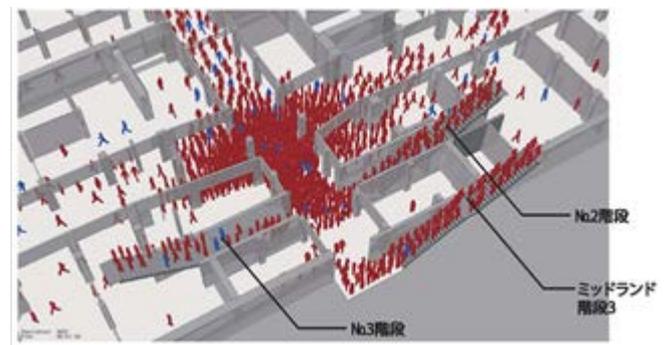


図-23 ミッドランド階段3および2番と3番階段付近

#### 4. まとめと今後の利活用

本論文では、一般的に地上と地下の関係性が分かりにくいと言われている地下街において、「指針」で示されている2次元の計算検討のほかに、地上と地下構造物を含めた空間を3次元モデルを利用して人の動きを可視化できる避難計算を適用した結果をまとめたものである。

3次元モデルの活用については、国土交通省の施策としてCIM導入が本格的に開始されており、その一環として「3次元データ利活用方針」でも示されているように、3次元データ化された情報を利活用できる仕組みを

構築することで各種シミュレーションに活用できるようになることである。

今回、地下街における避難時の通路内での滞留状況を人の視線の画像を掲載したが、階段を利用して避難する人混みで極端に視野が狭められることがわかった。この状況下では他の経路選択時の避難階段やサインパネル等が見えなくなることが予想される。また、視野が狭められることにより避難者の精神的不安を煽る心理状態も予想される。

したがって今後は、避難時における視野領域の可視化やサインパネルが最適な位置に配置されているかなどを3次元空間内の視線解析等で評価し、それを地下街管理者との合意形成に役立てていきたいと考えている。なお、筆者らはCIMの本格的な利用を想定して地下街管理者と共同で3次元モデルによる避難検討やその利活用を始めただけであり、計算結果に一喜一憂することなく今後の避難啓発活動にこれらの結果を活かして、実際に災害が起きた時に安全に避難してもらうことを最重要項目として考え日々の管理や防災活動を実施していく考えである。

## 参考文献

- 1) 3次元データ利活用方針, 国土交通省, 2017. 11
- 2) 地下街の安心避難対策ガイドライン, 国土交通省, 2014

## PROFIT UTILIZATION TO THREE-DIMENSIONAL MODEL CONSTRUCTION AND THE REFUGE EXAMINATION OF THE UNDERGROUND SHOPPING CENTER

Takaki OMORI, Eiko ONO, Kiyohisa NUMAKAWA, Daisuke TUNODA, Maki TUKADA  
Nami KASIMURA, Tetsuya MIYAKI, Mamoru NARUSAWA, Tosihiko KANBE, Tosiya SANNO

Now, underground shopping center disaster prevention promotion business applies assistance to Ministry of Land, Infrastructure and Transport City Bureau is carried out. We carry out refuge security examination of underground shopping center according to a building disaster prevention plan guidance along the safe refuge measures guidelines. We apply a refuge calculation result to three-dimensional model in two underground shopping centers, and carry out refuge simulation; as for the problems. We were able to grasp the movement of the person at the time of the refuge that was not seen only by a conventional refuge calculation by reproducing the refuge action of the person using three-dimensional model clearly. Particularly, it was visualized what a lot of people who evacuated around stairs gathered, and refuge time suffered from. This paper gathered up the contents which applied suggestion, three-dimensional model that this article improved extraction of the problem that was able to confirm by refuge simulation, them and planned optimization of the refuge time for the agreement formation with the underground shopping center person concerned.