

**愛知工業大学教育・研究特別助成**  
**AIT Special Grant for Education and Research**  
**平成 30 年度中間報告書**

種 目	研究 分野横断型 研究期間：平成 29 年度～平成 31 年度		
課 題 名	名駅地下街の防災力と利便性の向上および維持管理の効率化 ～3次元の切り口から～		
研究代表者	中村 栄治（情報科学部 情報科学科 教授）		
助 成 額	5,017,323 円 (平成 30 年度)	実 支 出 額	4,105,987 円

費目別決算

(単位：円)

区 分	合 計	設備備品費	消耗品費	旅 費	その他
経費内訳	4,105,987	928,230	834,018	217,076	2,126,663

専門分野：土木情報、防災、維持管理、仮想・拡張現実

キーワード：地下街、防災、利便性、維持管理、3次元

### 1. 研究開始当初の背景

8年後のリニア中央新幹線の開業に向け、名駅周辺は100年に一度と言われる大規模な変革へと船出した。60年前のメイチカとサンロードの開業以来、名駅地下街（図1）は歩行者交通の要となってきた。



図1 名駅地下街（名駅ドットコムより転載）

しかし、9事業者による集合的地下空間である名駅地下街は、防災、利便性、維持管理の3課題を抱えている。狭い通路に多くの人々が行きかう名駅地下街にあっては、都市型ゲリラ豪雨や地震などの災害発生時に、安全に利用者を避難誘導させるといった、防災力の向上が求められている（地下街防災推進事業：国交省、2014～2019年）。迷路のように広がった名駅地下街では地元市民でない限り、迷うことなく目的場所へ移動することは困難である。

オリンピックやリニアにより観光客の増加を見込む名古屋市にとり、名駅地下街の利便性を向上させることが急務である（名古屋駅周辺まちづくり構想：名古屋市、2014年）。その多くが開業から50年以上経過しており、耐震化はもとより、電気ガス水道・空調設備やコンクリート躯体の点検や新規設備への更新といった維持管理の効率化に迫られている（インフラ長寿命化基本計画：国交省、2013年）。

### 2. 研究の目的

名駅地下街の3次元モデルを切り口として、3次元避難シミュレーションによる適切な避難誘導方法の提案（防災力の向上）、3次元バーチャルリアリティ空間を利用した自己位置検出方法の提案（利便性の向上）、壁や床で見えない電気ガス水道および空調設備の3次元的データベース化方法の提案（維持管理の効率化）により、上述した3課題を統一的に解決することが本研究の目的である。これら課題は、名駅地下街の事業者が取り組むべきものである。しかし、事業者には必要となる知識を備えた専門家がおらず、申請書らがチームとなり専門的な知識と技術を互いに補完しながら課題を解決する戦略である。

### 3. 研究の方法

地下街の3次元モデルを中核として、地下街の防災力と利便性の向上および維持管理の効率化を実現することが本研究の目的である。

初年度は3年に渡り実施される研究の礎となる地下街の3次元モデルを作成するための技術の確立に努める。次年度以降は、3次元モデルを利用して、(1) 防災力向上のための避難シミュレーションの実施、(2) 利便性を向上させるためのARコンテンツの作成、(3) 維持管理の効率化のためのICTツールを作成する。

### 4. 主要な設備備品

平成30年度に購入した主要な設備備品は、ARアプリ開発のためのノートPC (MacBook Pro) とタブレット端末 (iPad Pro)、空調設備点検の結果を現場で登録するためのタブレット端末 (Surface Pro)、避難シミュレーションの高速化のための大容量SSD (4TB) である。

### 5. 研究成果 (現在までの研究実施状況)

#### 5.1 3次元モデルの作成

図1に示す名駅地下街および、これらと接続する鉄道駅 (JR 名古屋駅、名鉄名古屋駅、近鉄名古屋駅) の3次元モデルをVissimにより作成した (図2)。これら施設の面内位置 (XY座標) はOpenStreetMapおよびGoogleの航空写真から推定し、垂直位置 (Z座標) は公開されている公共測量データから推定した。上記既知のデータから推定できない値は、現地に出向き、床のタイルの数 (XY座標) や階段の蹴上高 (Z座標) から算出した。



図2 名駅地下街と鉄道駅の3次元モデル

Vissimは世界中で最も多く使用されているPTV Groupによる交通工学シミュレータであり、3次元空間で車や人の動きを解析できる特徴を備えている。

#### 5.2 避難シミュレーション

地下街を利用する人の数 (来街者数) や流

れ (流入場所から流出場所への経路) を現地において調査した。この調査結果と、名古屋市による地下鉄名古屋駅の乗降客数やメイチカの通行量調査結果を参考にし、名駅地区で対応が急がれる2つの水害 (外水氾濫と内水) に対しての避難シミュレーションを行った。以下、代表的な地下街であるゲートウォークとサンロードにおける避難シミュレーション結果について記す。

#### 5.3 ゲートウォークにおける避難

ゲートウォークは地下鉄東山線と名鉄線およびJR線と高島屋を結ぶ導線上に位置するため、極めて多くの人々が利用する地下街である。しかしながら、地上への避難路となる階段は4か所と少ない。内水氾濫時での避難を考えた場合、直接歩道へと通じる2つの階段 (名称: G8とG9) は浸水の危険性があるため利用を避け、ゲートウォークに隣接する名鉄北改札へ通じる階段と名鉄百貨店へ通じる2つの階段を使った避難が望ましい。

この状況を考慮して避難シミュレーションを行った。その結果、図3に示すように、避難経路上、最初に現れる名鉄北改札へ通じる階段へ避難者が殺到することによる滞留の発生を防ぐため、より離れた名鉄百貨店への階段に向かう避難者の流れを作る避難誘導が必須であることが明らかになった。



図3 ゲートウォークにおける避難状況

#### 5.4 サンロードにおける避難

サンロードには歩道に通じる7つの階段があるが、水深が2~3mと予測される外水氾濫時には、歩道からさらに近隣のビルの2階以上に避難する必要があるため、これら歩道階段を使うのではなく、サンロードに隣接する名鉄百貨店と近鉄パッセへと通じる階段を使い避難することが望ましい。しかし、図4に示すように、来街者が2つの階段に集中することにより、階段手前の通路において激しい滞留が発生することがシミュレーションにより分かった。

しかし、通路にいる来街者およびブティックなどの非飲食店舗に滞在している来街者を先に避難開始させ、10分経過した後に飲食店内の来街者を避難させるという時間差避難を行うことにより、図4に示すような滞留を回避できることがシミュレーションによ

り明らかになった。



図4 避難者集中による滞留の発生

### 5.5 地下街での迷いを防ぐ AR

目印の豊富な地上とは異なる地下街では、左右の視界が類似構造の店舗群により遮られ、上下の視界も特徴の少ない天井や床により遮られるため、地下街は非常に迷いやすい施設といえる。そうであるならば、地下街にしながら地上の目印を AR の技術を使い可視化することにより、地下街での迷いが解決できるかもしれないとの仮説に基づいて検証を行った。

図5はエスカの通路でスマートフォンを JR セントラルタワーズ方向に向けてかざしている様子である。地下街の様子はスマートフォンの背面カメラでライブビューとしてとりこまれ、ライブビューにオーバーラップされるように CG で作成された JR セントラルタワーズが表示されている。地上にある JR セントラルタワーズが地下街の天井や地面を透過して見えている状況である。スマートフォンを向けた方向に進むことにより JR 名古屋駅に到達できることを示している。このように、左右前後、どの方向に目的地があるか把握が困難な地下街においても、AR により地上の目印となる建物を可視化により、スムーズに目的地へと向かうことができることを確認した。



図5 AR による地上の可視化

### 5.6 地上から地下街へと誘う AR

地下街には多種多様であり魅力的な店舗が集積しているにもかかわらず、地上からは直接目にはできないため、地下街は

地上歩行者を顧客として取り込むことができていないのが実情である。地下街の活性化を考えた場合には、この問題を未解決のまま放置するわけにはいけない。AR 技術により地上から地下街店舗を可視化することにより、この問題の解決を試みた。

図6は歩道においてスマートフォンをかざした時の画面である。背面カメラにより地上の風景がライブビューとして取り込まれ、オーバーラップするようにエスカの店舗がボックス型の CG オブジェクトとして写し出されている。歩道の直下に店舗があることがわかり、ボックス型オブジェクトをタップすると、店舗情報が表示される仕組みになっている。同じ画面に映っている地下街への連絡階段を使えば、それら店舗に迷うことなく直行することができる。

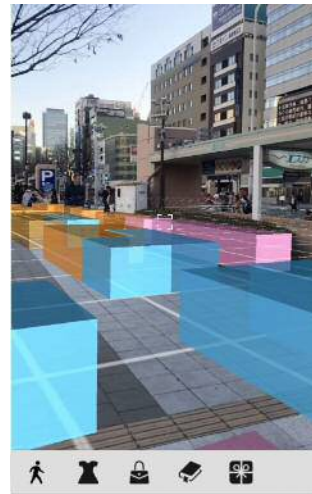


図6 AR による地下街店舗の可視化

### 5.7 電子化による維持管理業務の効率化

地上とは異なり閉じた地下空間は、高温多湿であり酸素不足を生じることがないように、緻密な空調制御が必要となる空間である。どの地下街にも空調設備が整えられており、空調機器の維持管理に多くの経営資源が投じられている。主たる維持管理業務は、日常点検と月間点検であるが、点検対象設備が多種多様であるばかりか、点検項目も多岐にわたる。例えば、熱交換器の目詰まりの度合いやフィンの変形の有無、モータ V ベルトの張り具合やファン軸受け温度の計測などである。日々膨大な検査データは現場において点検記録紙に書き込むスタイルであり、データベース化もされていないため、維持管理業務に直接役立てることができないのが現状である。

今年度においては、図7と図8に示すように、検査結果をタブレット端末を使って電子的に記録できるよう、エクセルベースのアプリケーションを開発した。図7は AC の3次元モデルであるが、ラベル付けされた点検箇

所をクリックすると、図8の点検項目のデータ入力テーブルが表示される。入力データはエクセルのデータベース機能で管理される仕組みになっている。例えば、モータの負荷電流の時間変化がグラフで確認することができ、維持管理業務を大幅に効率化することができる。

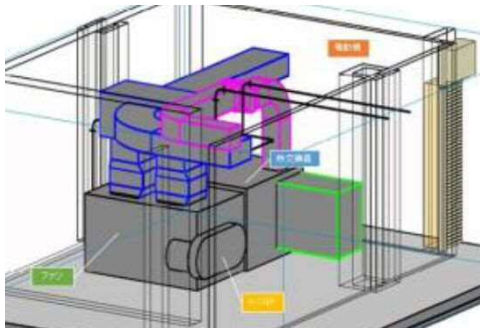


図7 ACの点検箇所

機器番号	AC-17	機器番号	3-6
空調機種別	遠隔	種別	両水
定格電流 (A)	27.0 (A)	定格電流 (A)	4.5 (A)
負荷電流 / 1HV	(A)	負荷電流 (A)	(A)
異常・振動等	sound data File	吐出圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	
温度 (°C)	(°C)	ギャップ等	
張り具合		異常・振動等	
配管・漏	Image File	負荷電流 (A)	(A)
目録書の持ち		吐出圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	
(遠隔室)		ギャップ等	
ケーシング	Image File	異常・振動等	
異常・振動等	sound data File	水位	
油温温度 (°C)	(°C)	クローラ	
目視状態	Image File	電圧値	-
油質温度		油圧	
異常		手廻し等	-
機器点検	PRE/MEIN		

図8 点検項目とデータ入力欄

## 6. 次年度の研究計画

### 6.1 防災力向上のための避難シミュレーション

地下街単位ではなく、地下街と地下駅が統合した地下空間全体として、避難シミュレーションを行う。地下街や地下駅間の利用者の流入出を考慮したものであり、現実を高度に反映した避難シミュレーションとなる。

### 6.2 利便性向上のためのARコンテンツ

本年度開発したARアプリを地下街事業者にも評価してもらい、その結果を取り入れながら改善を行う。さらに、ARアプリにより地下街のどこにいても迷いが解消できるかを検証する。

### 6.3 維持管理効率化のためのICTツール

空調設備だけでなく、天井裏に配置されている給排水管や電力線の維持管理においても、効率的に検査結果を電子的に記録できるICTツールを作成する。さらに、維持管理に

においても、設備を透視できるようなARアプリの開発を試みる。

## 7. 主な発表論文等

### 【雑誌論文】(計1件)

中村栄治、小池則満：地下街での来街者数調査に基づいた避難シミュレーションからの滞留者予測と避難誘導の提案～名古屋・セントラルパークを例として～、土木学会論文集 F6(安全問題)、Vol.74, No.2, pp.I\_93-I\_100, 2018. [https://doi.org/10.2208/jscej.74.I\\_101](https://doi.org/10.2208/jscej.74.I_101)

### 【学会発表】(計4件)

松河剛司、中村栄治、山本義幸：地下街での使用を目的とした地上建築物が見えるARナビシステムの開発、2018年度土木情報学シンポジウム講演集、東京、Vol. 43, pp. 209-212, 2018.

松河剛司、中村栄治、山本義幸：地上から地下街の店舗が確認できるARアプリケーションの開発、情報処理学会研究報告、沖縄、Vol. 2019-GN-106 No. 49, 2019.

鳥山敏、飯田葉月、河路友也：セントラルパーク地下街における空調設備維持管理の効率化に関する研究、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会講演集、名古屋、2019.

中村栄治、山本義幸、沼川清久：螺旋状地下構造物の3次元レーザ計測による現状把握～エスカ地下街駐車場を例として～、地下空間シンポジウム論文・報告集、第24巻、pp.42-45, 土木学会、東京、2019.

### 【その他】

出口翼：近鉄における水害発生時の避難計画、卒業研究・卒業制作要旨集、愛知工業大学情報科学科、pp.225-226, 2019.

岡崎迅馬：サンロードにおける避難シミュレーション、卒業研究・卒業制作要旨集、愛知工業大学情報科学科、pp.227-228, 2019.

寺井寛輝：ゲートウオークにおける避難シミュレーション、卒業研究・卒業制作要旨集、愛知工業大学情報科学科、pp.229-230, 2019.

山下巧：名鉄名古屋駅における混雑緩和の提案、卒業研究・卒業制作要旨集、愛知工業大学情報科学科、pp.231-232, 2019.

小川翔太郎：エスカにおける避難シミュレーション、卒業研究・卒業制作要旨集、愛知工業大学情報科学科、pp.233-234, 2019.

伊藤徳洋：地下鉄桜通線名古屋駅における交通シミュレーション、卒業研究・卒業制作要旨集、愛知工業大学情報科学科、pp.235-236, 2019.

窪田遥：ファッションワンにおける避難シミュレーション、卒業研究・卒業制作要旨集、愛知工業大学情報科学科、pp.237-238, 2019.

中日新聞：AR使い“脱迷駅”、元旦特集第4部、2019.