

愛知工業大学教育・研究特別助成
AIT Special Grant for Education and Research
平成 29 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	4,870,000 円 (平成 29 年度)	実 支 出 額	4,852,677 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	4,852,677	3,674,472	324,438	0	853,767

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

10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（併設地下駐車場も含む）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/VRコンテンツの作成、(3) 維持管理の効率化のためのデータベースの構築を行う。

4. 主要な設備備品

平成29年度に購入した主要な設備備品は1級GPS計測機Trimble R10 GNSS VRS BUNDLEである。この計測機を購入した目的は、地下街の位置座標を効率よく算出するためである。名古屋駅周辺には公共測量点は複数あるが、地下街から遠く離れている場合もあり、このような公共測量点を基点としてトータルステーションにより地下街の位置座標を算出するには非効率となるからである。しかし、GPS計測機を使えば、RTK測量により短時間で地下街近くの任意の点の位置座標を求めることができる。

5. 研究成果（現在までの研究実施状況）

5.1 3次元モデル作成技術の確立

本研究の中核となる3次元モデルは、(1) 意匠部が忠実に再現されていること、(2) 躯体構造の情報が欠けていないことの2つの要件を満たしている必要がある。その理由は、(1) 避難シミュレーションおよびAR/VRコンテンツの作成においては、来街者が目にする現実の地下街と変わらない情景が3次元モデルに必要となるからであり、(1) 維持管理においては壁や柱あるいは天井裏の配管状況など躯体構造の情報が必要であるからである。意匠部はレーザ計測により3次元モデル化することができ、躯体構造については図面（竣工図）から3次元モデル化することができる。

以下において、意匠部の3次元情報を取得するためのレーザ計測結果について述べるとともに、躯体構造の3次元情報を得るための竣工図の電子図面化の結果について述べる。さらに、地下街の3次元モデルが近隣の地上建築物とどのような関係にあるかを特定するために必要となる地下街の土木測量の結果についても述べる。

当初の計画では、平成29年度において、名駅地下街のレーザ計測を行う予定であったが、名古屋市による公共事業（名古屋駅周

辺現況平面図等作成業務委託）で一般業者が3次元レーザ計測を行ったため、急遽計画を変更せざるを得なかった。したがって、栄地区にあるセントラルパークを研究対象に替えて、3次元モデルを作成する技術の確立に努めた。

5.1.1 レーザ計測

地下街のレーザ計測には据置型レーザ計測機が適しているため、FARO社のFocus3Dを使用した。この計測機では、赤外線レーザが中心から周囲へ発せられるとともに写真が撮影されるため、計測対象物（被写体）は計測機を中心とするローカル座標（XYZ値）とカラー情報（RGB値）を持つ6次元の点群データとして取得される（図1）。

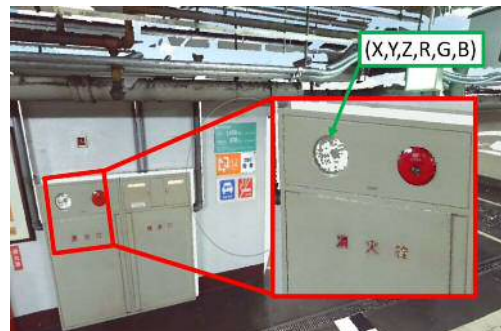


図1 点群データの一例

1回の計測では計測機から半径20m程度の点群データしか得られないため、広大な地下街を計測するためには、数百回にも及ぶ計測が必要である。このような計測により得られた点群データは、それぞれローカル座標で表されているため、それらを結合して共通する一つの座標に変換する必要がある。そのためには各計測において、共通する計測エリアを見つけ出し、各計測結果を結合する作業を行う。マーカをどの位置に配置するかが点群データの結合精度を決めるカギとなる。具体的には、レーザ光の入射角が浅い場所に配置されたマーカは図2のように、結合するために必要となる十分な点群密度が得られにくい。このような問題を回避するためには、レーザ光が深い角度で入射する場所にマーカを配置する必要がある。



図2 レーザ入射角が浅い場合の例

このようにマーカの適切な配置場所を考慮しながら、28日間にわたり合計500回の計測を行った。得られた点群データの容量はテキスト形式で2TBほどである。図3は500回の計測結果を1つのデータとして結合して得られたものであり、地下街の商店街部分と、地上へと通じる階段および地上の風景をとらえた点群データの一例である。このように、レーザ計測により点群データが得られれば、任意の視線から地下街を観察することができる。



図3 レーザ計測結果の一例

5.1.2 電子図面化

わが国における地下街の多くは図面が電子化される以前に竣工した土木建築物であり、地下街の維持管理に利用できる資料は青焼きの竣工図しかないのが現状である。紙図面は破損しやすく、また、維持管理の履歴を直接記録することはできないため、まずは、紙図面の電子化が必要となる。図4は経年変化により文字が消えかかり、一部が破損している竣工図の例である。

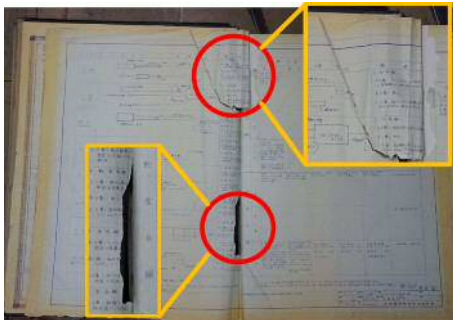


図4 劣化し破損した竣工図の一例

このような状況を踏まえ、300ページにおよぶ地下街（商店街および駐車場）の竣工図を読み解き、3か月ほどかけて完成した電子図面の一例を図5に示す。電子化においては、単に紙に記されている情報をそのままCAD化すればよいわけではない。上述したように、消えかかっている文字以外にも、青焼きコピーしたために文字が潰れて判読が困難な箇所もある。さらには、地下街の現況がすべて正しく竣工図に反映されているわけではない。このような場合、レーザ計測から得られた点群データを使って電子図面をアップデ

ートすることになる。

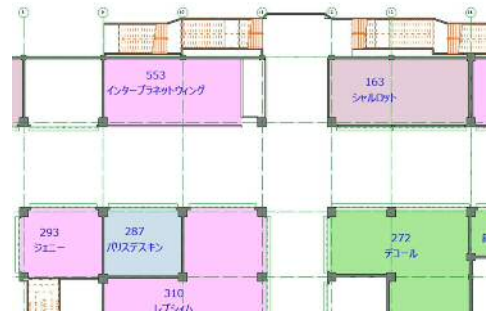


図5 電子化図面の一例（平面図）

5.1.3 土木測量

地下街はそれ単体として存在しているのではなく、地上の近隣商業施設と密接に結びついている。地下街の3次元モデルを作成するためには、地下街を地図上で特定できる位置情報（平面直角座標のXY座標値）が必要になる。図6に、3級基準点から4級基準点測量により地下街の座標を多角測量により求めるために設定した測量路線の概略図を示す。

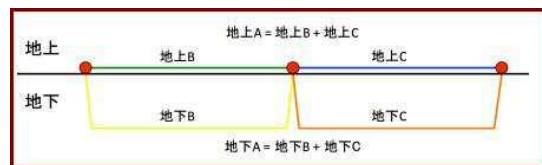


図6 測量路線の概略図

セントラルパークの営業終了時（22時）から翌朝の営業開始前（6時）の時間帯で、Trimble社のトータルステーションS6を使って測量を行った。表1に上記路線の閉合差を示す。路線Aは地上路線の誤差が大きく、路線BとCは地下部分の誤差が大きかったが、いずれも許容誤差を大きく下回る結果が得られた。

表1 閉合誤差と許容誤差

路線名	閉合差	許容誤差
地上A	2.5mm	281mm
地下A	1.5mm	320mm
地上B	0.7mm	200mm
地下B	8.0mm	252mm
地上C	1.3mm	192mm
地下C	7.6mm	220mm

5.1.4 3次元モデル

上述した3次元レーザ計測、竣工図の電子図面化、そして土木測量の結果に基づき、セントラルパーク地下街の商店街および駐車場、さらにはセントラルパーク近隣地上部に位置するビルの3次元モデルを作成した。図7は空中からセントラルパークを中心として見下ろしたシーンである。図8は商店街を部

分的にクローズアップしたスナップショットである。

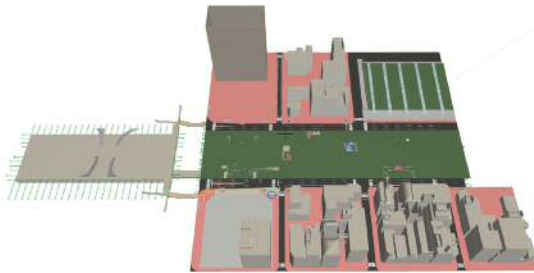


図7 地上からの見下ろし

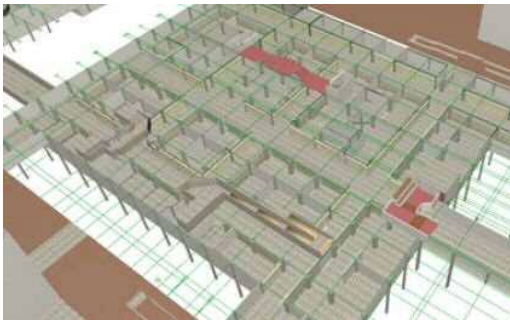


図8 商店街のクローズアップ

5.2 避難シミュレーションの予備実験

後述するように、名駅地下街の3次元モデルを作成する作業が次年度にずれ込むことになったため、セントラルパークの3次元モデルを題材にして避難シミュレーションの予備実験を行った。

公的な防災対策事業では、国土交通省が定めた来街者密度（店舗：0.7人/m²、通路：0.3人/m²）に基づいてシミュレーションを行うため、実態を反映したシミュレーションを行えない。一方、本研究では実態を反映したシミュレーションを行うのが目的であるため、図9に示すように、実際に現地で目視により来街者密度を計測した。

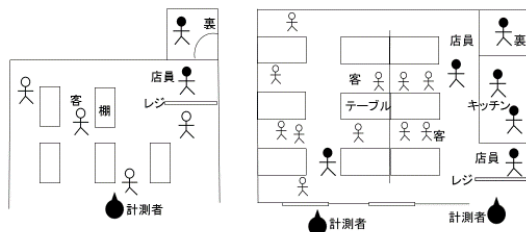


図9 来街者の計測方法

来街者数は曜日と時間帯により大きく変化する。現実を反映したシミュレーションを行うために、監視カメラにより取得された来街者数を地下街事業者より入手した。平日においては、通勤時間帯に地下街を通勤路として利用する来街者がピークとなり、休日においては、お昼前後にショッピングや飲食を目的とした来街者がピークを示すことが判明した。これらの実データを基にして避難シミュレーションを行った。

合計 21 か所の地上へ通じる階段において、3 か所で避難者の滞留が発生することが分かった。滞留の一例を図10に示す。



図10 階段での滞留

これら 3 か所の階段での滞留を防ぐため、他の広い階段への従業員による避難誘導を行うことで、滞留発生を防止できることをシミュレーションで確認することができた。

6. 平成30年度の研究計画

上述した名古屋市による公共事業の成果を研究に利用できるように各地下街事業者と交渉して計測結果を入手し、当初の計画よりも1年遅れとはなるが、名駅地下街全体の3次元モデルを作成する。そのモデルに基づき以下のテーマについて研究を進める。

①防災力の向上：来街者数を現地調査と事業者による来街者カウント記録から推定し避難シミュレーションを行う。

②利便性の向上：自己位置把握が困難である地下街を行きたいところに行きやすい商業施設にするために、3次元モデルをベースにしたスマートフォンで動作するAR/VRコンテンツを作成する。

③維持管理の効率化：冷温水・衛生・消火などの配管設備のデータベースを作成し、最も運営コストがかかっている空調状態をモニタリングできる手法を検討する。

7. 主な発表論文等

1. 村井一帆「セントラルパーク地下街における避難シミュレーション」情報科学科卒業論文、2018年3月
2. 川島勝雄「セントラルパーク躯体図の電子図面化」情報科学科卒業論文、2018年3月
3. 日比野大治「地下街災害時における地上避難に向けた歩行者シミュレーションに関する研究」土木工学科卒業論文、2018年3月
4. 木下陽右「地下空間での多角測量を行う際の作業規程の準則の運用」土木工学科卒業論文、2018年3月