

# 3次元可視化による公共空間の 管理に関する研究 —道路地下インフラの立体的把握—

山崎 俊夫<sup>1</sup>・佐藤 侑樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 函館工業高等専門学校 社会基盤工学科 (〒042-8501 北海道函館市戸倉町14-1)

E-mail:toshi\_ya@hakodate-ct.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 株式会社東鵬開発 技術部 (〒041-0808 北海道函館市桔梗1-4-17)

E-mail:sato@kktoho.co.jp

本研究では、道路の地下空間を3次元モデルにより視覚化する手法を検討した。道路地下は重要なライフライン（上下水道・ガス・電線類）を収容する。道路管理者と共に様々な企業がこれらを管理している。しかし、これらの情報は事業者間で共有されておらず一元管理されていない。また、地下埋設物の損傷事故も多く発生している。入手できる資料より地下埋設物を3次元で可視化することができた。さらに各埋設物の属性情報を付加し表示することができた。視覚化により関係者間の情報共有と合意形成を円滑化できる。本手法は公共空間内のすべての都市設備に応用可能である。これにより公共空間を一元管理する手法の構築にも繋がると考えられる。

**Key Words :** *underground facilities, three dimensions, visualization, maintenance*

## 1. 序論

街路空間には多種多様な事物が存在し、その多くが公共物である。そして、街路空間に収容される都市設備はさまざまな事業者により設置され、維持管理されている。こうした中、地下埋設物は地中内にあるため視認することができない。建設工事の際に埋設管を破損する事例が絶えない。これは施工者の不注意にもよるが、地下埋設物の情報が共有されていないために起こるといえる。地下埋設物を一元管理し、事業者間を調整する仕組みが必要である。そこで、本研究では道路地下にある上下水道、ガス管、電線類を3次元モデルにより視覚化する方法を検討した。3次元モデルで立体化することにより、各設備の位置関係を直感的に把握することができる。そして、工事計画の立案に役立つであろう。さらに、補修時期が判れば道路を掘削する時期の調整も行いやすくなる。

近年、建築ではBIM（ビルディング・インフォメーション・モデリング）が進展し、大手企業のみならず民間企業や自治体においてBIMが主流になりつつある。BIMはモデリング・ソフトウェアを使用してリアルタイムでダイナミックに、3次元の建物設計および建設現場の生産性を向上させる。BIMでは、調査・設計から施工・管

理までの工程を、関係者の情報共有のもとに推進することができる。一方、土木では先行するBIMに対してCIM（コンストラクション・インフォメーション・マネジメント）を提唱している。調査・計画・設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の段階においてもICTツールと3次元モデルを連携・発展させる。あわせて事業全体にわたる関係者間で情報を共有し、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものである。

筆者らは、既存道路の特定区間における電線類の地中化を検討した。その際に、上下水道・ガス管の埋設状況を3次元モデルで可視化した。そのうえで電線類を収容する共用FA管・ボディ管・樹（特殊部）等の設置個所を検討した。この研究<sup>1)</sup>において、電線類地中化を3次元で検討することは、BIMと共通する部分があることが判った。建物のパイプスペースにライフラインが通るように、道路の地下にライフラインが敷設される。土木の中でも電線類地中化は、CIMになじみやすい事業であるという結論を得た。

大都市においては、古くから下水道の整備により都市の衛生環境の向上がなされている。また、上下水道、ガスと言ったライフラインとともに、電線類の地中化が進

められている。地下埋設物は道路管理の面からは占用物となる。道路管理者らは500分の1の道路台帳図をベースとした図面により管理していた。先行研究<sup>2)</sup>において、地下埋設物の管理のための地理情報システム等の活用を提案している。こうした結果、電子地図とデータベースにより地下埋設物の情報化が進んでいる。窪田ら<sup>3)</sup>は道路占用物（特に地下埋設物）の申請業務の効率化を提案している。このシステムは、Webベースで空間基盤データを共有し、CADデータを利用可能にする。これは大阪府域を対象とするものであるが、地下埋設物に関する紙地図等の電子化が進み、移動コストの削減と迅速な情報共有を実現している。こうした取り組みは、地下埋設物の立体的な把握に繋がると考えられる。

安全でゆとりと潤いのある生活空間の再生のために、地下空間の活用が進んでいる。さらに水害や地震への安全対策、地上の自然環境や景観の保全対策として地下空間が着目されている。本研究が目標とする到達点は、地下空間を含む公共空間を3次元モデルにより可視化することにより、今後の都市整備のあり方ならびに維持管理の手法に対する基礎的な知見を得ることにある。本論では、GISソフトウェアと3DCGソフトウェアを用いて、道路の地下空間を3次元モデルにより視覚化する際の課題を明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

### (1) 研究対象

本研究では、地下歩行空間を含むJR札幌駅前から大通公園までの札幌駅前通を対象とする。札幌駅前通は、歩道部において従来からある地下埋設物に加えて電線類が地中化されている。そして車道部の地下空間には、札幌駅前通地下歩行空間が建設されている。さらに、その地下空間には地下鉄南北線の軌道が敷設されており、札幌駅前通の南北にさっぽろ駅と大通駅が存在する。（図-1参照）

札幌駅前通は、札幌市および札幌圏の重要な交通拠点・交通結節点であるが、高機能ゆえに複雑な構造を有している。道路そのものの維持管理もさることながら、地下埋設物の維持管理の効率化は、札幌圏の中核となる交通機能を維持するうえで重要な課題である。さらに、水害・震災等の災害対応の観点からも、道路地下空間の可視化の重要性が今後さらに高まると考えられる。

### (2) 収集資料

本研究で対象とした地下埋設物とその資料入手方法を表-1に示す。入手した資料は紙媒体（一部は画像データ）であるが、いずれも電子情報化されていた。

### (3) 札幌駅前通地下歩行空間の資料

地下歩行空間（チカホ）とは、平成23年（2011）3月に開通した延長520m、幅員20mの地下歩道である。札幌市等のウェブサイトより地下歩行空間の平面図や幅員データ等を入手した。また、地上と接続する階段の段数と1段あたりの高さ（蹴上げ高）を現地で計測した。

### (4) 空間基盤データ

国土地理院のウェブサイトより札幌市の基盤地図情報入手した。使用したデータは基本項目の「建築物の外周線」「道路縁」「道路構成線」と数値標高モデルの「5mメッシュ」である。基盤地図情報ビューアによりShapeファイルに変換し、GISソフトウェア「QGIS」に読み込ませた。

表-1 対象とした地下埋設物の資料入手方法等

	図名（縮尺）	サイズ	入手先
上水道	参考図面 (1/1000)	A3	札幌市水道サービス協会
下水道	平面図 (1/500)	画像データ*	札幌市建設局
ガス	配管図 (1/500)	長尺紙	北海道ガス
電線類	布設図 (1/750)	A3	北海道電力

※ 札幌市下水道台帳情報提供サービスよりダウンロード



図-1 札幌駅前通概要図（出典<sup>4)</sup>を加工）

### (5) 3次元モデルの作成手順

本研究では、GISソフトウェア、3DCGソフトウェアを用いて都市地下空間の3次元化を行った。以下にその手順を示す。

#### a) 収集資料のデジタル化

収集した資料は一部を除き印刷物であるため、スキャナーで読み取り、画像編集ソフトウェアを用いてデジタルデータに置き換えた。

#### b) 画像データの位置合わせ

QGISのGeoreferencerという機能によりデジタル化した資料の位置情報を設定し、QGISにおいて札幌市の基盤地図情報に重ね合わせた。

#### c) 地下埋設物の形状トレース

QGISにおいて各地下埋設物ごとに新規レイヤーを作成し、画像データをトレースして地下埋設物の位置を線で図として表示した。

#### d) DXFファイルへの変換

QGISで作成した形状データは、Shapeファイルで保存される。Shapeファイルとは「図形情報と属性情報をもった地図データファイル」が集まったファイルであり、GIS業界の標準フォーマットである。これを3DCGソフトウェア「Sketch Up」に対応させるためDXFファイルに変換する必要がある。DXFファイルとは、Autodesk社のAutoCADというCADソフトの汎用データ互換フォーマットである。QGISのDXFエクスポートという機能を用いてDXFファイルに変換して出力した。

#### e) DXFファイルの読み込み

Sketch Upのインポート機能を用いて、DXFファイルを読み込んだ。QGISの座標系は平面直角座標系を用いた。出力したDXFファイルは、この座標系に基づく座標値を持つ。この座標値が位置情報に反映されるため、Sketch Upへの読み込みでは初期設定（テンプレート）の単位を正しく選択する必要がある。

#### f) Sketch Upでの立体化

収集資料に基づきインポートした管路のデータに高さ（地上面からの深さ）を与えた。そのうえで管径にあわせて立体化した。深さならびに管径の数値等は、収集資料より判読した。管径に応じて円管に立体化するには以下の方法を採用した。

- ① Sketch Upの軸ツールを用いて、立体化する直線データに軸を移動し、軸の方向を直線に合わせる。
- ② 軸をあわせた直線に垂直に交差するように管径に基づいた円を描く。
- ③ 描いた円にプッシュプルツールを適用して、直線を円柱に立体化する。

こうした工程を繰り返し、上水道、下水道、ガス管、地中化された電線類のすべての直線データを立体化した。

#### g) 札幌駅前通地下歩行空間の3次元モデル

地下歩行空間の総幅員は20m、中央の通路部分は12m、両側の広場・休憩スペース部分等はともに4mを基本とした。地下歩行空間の深さ（床面の高さ）は、地上に接続する階段の段数に蹴上げ高を乗じて設定した。計測結果より蹴上げ高を15cmと設定し、段数より地上からの深さを算出すると5.7～6.9mと幅のある結果となった。しかし、地下歩行空間はおおむね平坦であるため、GISデータの標高値と突合せたうえで、床高さがほぼ一定となるように地上部からの深さを調整した。

入手した資料をもとに地下歩行空間の断面図を作成した。次にプッシュプルツールを用いて出入口の箇所を除き立体化し、大まかな形状を作成した。最後に出入口の箇所を作成し、一定間隔ごとに地下通路内に柱を立て、天井部のスルーホールを設けて地下歩行空間の3次元モデルとした。

#### h) 札幌駅前通都市空間の3次元モデル

作成した各3次元データを、基盤地図情報に基づいて作成した札幌市の3次元都市モデルに合成した。

#### i) 地下埋設物の属性情報の表示

Sketch Upにプラグインをインストールして、地下埋設物の属性情報を入力し、表示する方法を検討した。

以上の手順により、札幌駅前通の3次元化を行った。使用したGISソフトウェア「QGIS」はver.2.8.2、3DCGソフトウェア「Sketch Up」はPro2014版、make2015版である。

## 3. 結果

### (1) Sketch Upによる3次元表示

Sketch Upを用いて、地下埋設物および地下歩行空間を3次元で可視化することができた。カメラ機能（標準ビュー）により視点を、オービット機能により視方向を自由に変更できる。さらにパン機能により自由に注視点（視対象）を変更できる。これにより様々な角度から地下埋設物の状況を把握することができる。

Sketch Upのレイヤー機能により、上水道、下水道、ガス管、電線類を別レイヤーに区分する。これにより上水道とガス管のみを表示するといったことが可能になる。また、ズーム機能により任意の箇所を拡大して確認することができる。

### (2) 地下埋設物の交差・分離の状況

下水道は地中の最も深い位置にある。異種の管類との交差はなく、分離距離も十分に確保されている様子が見える。上水道とガス管は近接している。全体としては上水道の下側にガス管が敷設されている。平面的には

重なって見える箇所が4箇所程度あったが、横方向から見ると重なっていないことが確認できた。また、互いの管の交差部がほぼ直角であることが確認できる一方、2箇所で45°程度で交差していることが確認できた。なお、十分な離隔距離が確保できていないと懸念される箇所が3箇所程度あった。

電線類は、上水道やガス管を避けるように道路中央に寄せて敷設されている。また、4本の管が並列に配置もしくは2本ずつ2段、3本ずつ2段に配置されており、上水道、ガス管よりも収容スペースを必要とすることが判る。上水道と電線類は36箇所程度で交差している。このうち4箇所程度で交差角度が45°以下となっていることが確認できた。また、およそ2箇所において上水道と電線類が平行に重なり離隔距離が十分に確保されていない様子がうかがえた。さらに上水道と電線類は地表面からの深さが近似しており、交差部において離隔距離が十分に確保されていない様子が判った。ガス管と電線類は27箇所程度で交差している。このうち3箇所程度で交差角度が45°以下となっているほか、2箇所程度で離隔距離が十分でないことが確認できた。また、およそ4箇所においてガス管と電線類が平行に重なり、内2箇所では離隔距離が十分に確保されていない様子がうかがえた。

このように、地下埋設物を3次元化することにより、相互の状況を立体的に視認することができる。

### (3) 地下埋設物の属性情報の表示結果

Sketch Upに「Eneroth Attribute Editor」と「Attribute Helper」というプラグインをインストールし、地下埋設物の属性情報を入力し、表示することができた。Eneroth Attribute Editorにより属性情報を入力し、Attribute Helperで属性情報を表示する。地下埋設物を選択してEneroth Attribute Editorを起動し、名前 (Name) を入力した。次いで、属性項目名 (Key) と値 (Value) を入力した。そして、Attribute Helperを起動すると、ダイアログボックス (小さなウィンドウ) で属性情報を表示できた。図-2のように、この方法により、すべての地下埋設物に属性情報を入力し、表示することができる。

## 4. 考察

### (1) 地下埋設物の3次元表示の効用

地下埋設物を3次元モデルで可視化することで、高さや深さ、奥行き、管路の重なりを表現することができ、図-3のように位置や形状、方向などが瞬時に理解できる。これにより事業者間の情報共有が促進される。新たな埋設管の設置や既設の埋設管の改修・交換を検討する際に有用である。さらに、建設機械による作業状況を3DCG

によりシミュ

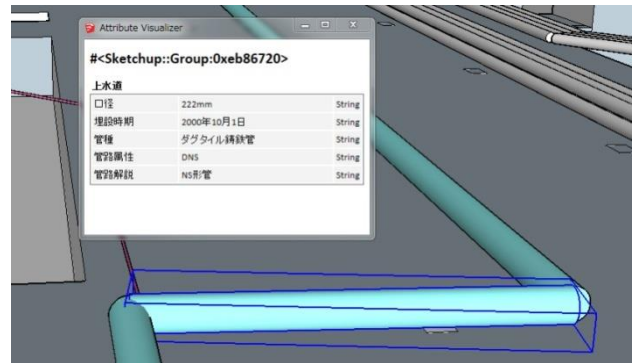


図-2 地下埋設物の属性情報の表示

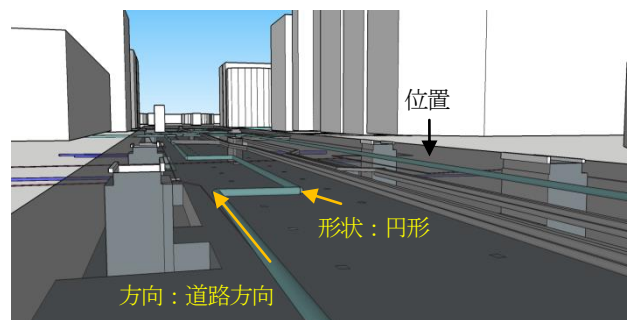


図-3 札幌駅前通3次元都市モデル

レーションすることも可能である。なお、本工事に際しては、詳細設計に基づく入念な検討が必要である。また、建設事業に関する知識のない近隣住民等への説明も容易になると考えられる。

従来から道路の地下には、ガス、上水道、下水道等、生活に密着した都市施設が埋設されてきた。これにより都市住民は様々な生活利便を享受してきた。しかし、敷設・維持管理の都度に道路の掘削を必要とするため、道路の構造や交通に著しい影響を与えてきた。このため道路管理の面からは、地下埋設物の維持管理の効率化は重要な課題である。道路管理者による一元管理の必要性は高い。

良好な都市環境・住環境の形成等の観点から、市街地内における幹線道路等の無電柱化は、国の重要な施策として推進されている。今後、無電柱化事業の推進において、地下埋設物の3次元表示は住民に対して理解しやすい資料を提供する。さらに本手法は、道路上の公共物 (街路灯、信号機、道路標識、街路樹等) にも適用可能である。公共空間の3次元可視化は、無電柱化による景観形成効果を視覚的に訴える、説明力の高い資料作成に貢献すると考えられる。

### (2) 地下埋設物の3次元表示化における課題

本論における3次元化の方法では誤差が大きい。作成した3次元モデルでは、一部に埋設管の干渉・衝突が見られるが、これは現実には生じていない。今後、関係者

の同意が得られれば、電子媒体（デジタルデータ、GIS データ）の資料提供が期待できる。そうすれば3次元モデルの精度をさらに高めることができる。

現在、既設の地下埋設物の多くが地理情報システム等により電子情報化されていると考えられる。そして、地下埋設物の敷設に関する設計業務はCAD化されている。今後、これらをCIMにより3次元化することは業界として取り組むべき課題である。しかし、既設の地下埋設物の3次元化に関しては多くの課題がある。かつては紙地図やマイラー（フィルム）に図化されて管理された地下埋設物は、事業者の多大な努力により電子情報化された。これをさらに3次元化することを事業者側に求めるのは、大きな負担を与えることになり理解を得ることは難しいと考えられる。道路管理者が一元管理すると想定した場合も、地下埋設物を簡便に3次元化する仕組みが必要である。事業者が地下埋設物の管理に使用しているシステムは多種多様であると考えられる。しかし、空間基盤データをベースとして電子地図とデータベースにより管理していると想定される。よって、事業者側よりGISソフトウェアの業界標準であるShapeファイルでの資料提供を想定しうる。地下埋設物の位置情報と属性情報を、道路管理者が事業者側からShapeファイルで受け取る。これをプログラミング言語で開発した自動化システムで3次元化する。そして、3次元化したモデルを事業者さらに一般市民にも公開するといった仕組みである。公開する3次元モデルは、誰もが利用しやすいソフトウェアで閲覧可能なものである必要がある。閲覧に使用するソフトウェアとしては、Sketch Upが候補にあがるが、Web3Dの活用についても検討が必要であろう。

### (3) 建設業界におけるICT化への対応

社会資本ストックの高齢化が進む中、維持管理の重要性がさらに増している。右肩下りの経済状況下においては、新規投資は望みにくい。ゆえに既存ストックの正常な機能を長く保つ工夫が必要である。耐用年数の目標を定めた維持管理や検査のあり方が求められている。可視化により社会資本ストックがオープンデータ化される。社会資本ストックの可視化には、建設部門の生産性向上を飛躍的に進める可能性が秘められている。3次元データに時間軸を導入して4次元化すれば、社会資本ストックを効率的にマネジメントできる。さらに、スマートフォンやタブレットを持って道路上に立てば、地下の構造物・埋設物の様子が理解できる可視化の技術も必要になると考えられる。

維持管理手法の革新は、ICTに長けた若手技術者に活躍の場を与えることが期待できる。現在、少子高齢化を背景に、魅力が乏しい建設産業では若手技術者の絶対数が不足している。建設産業では生産性の向上が図られず、

魅力溢れる活躍の場を若手技術者に提供できていない。建設産業における若手技術者の確保は喫緊の課題といえるであろう。

## 5. まとめと結論

GISソフトウェアと3DCGソフトウェアを用いて、地下埋設物を3次元モデルで表示することができた。3次元モデルによる可視化は、地下埋設物の視覚的な確認を容易にする。これにより事業者間の情報共有を促進し、建設工事における地下埋設物の破損事故の減少につながると考えられる。それとともに、建設工事に際する一般市民への説明が容易になり、同一個所の二度掘りといった批判が解消される。こうした長所が考えられる半面、既設の地下埋設物を3次元モデル化することは容易ではない。3次元モデル化を進めるためには、事業者側の理解が得られる仕組みの開発が必要である。例えば、事業者側から地下埋設物の資料提供を受けて、これらを道路管理者が3次元モデル化し一元管理する仕組みである。そのためには、地下埋設物のGISデータを3次元化する自動化プログラムの開発が必要になる。さらに、道路管理者が一元管理する場合、道路上の公共物（街路灯、信号機、道路標識、街路樹等）も対象とすることが視野に入る。CIMが建設業界に浸透することにより、3次元可視化への機運の盛り上がり期待される。今後、建設業界全体としてICT化を推進する必要があり、若手技術者の活躍の場を確保するという観点からも、CIMの推進が必要であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 玉熊大輝：CIM に向けた電線共同溝の3次元設計の試行に関する検討，函館工業高等専門学校 環境都市工学科 第16期生卒業論文，2015。
- 2) 例えば，東明佐久良：地下埋設物管理のための地理情報システムの開発とその実用化の評価，GIS—理論と応用 Vol.2 No.1, pp.117-129, 1994。
- 3) 窪田諭，村一保，一氏昭吉：空間基盤データを用いた地下埋設物管理の効率化提案と実証評価，GIS—理論と応用 Vol.18 No.1, pp.39-50, 2010。
- 4) 札幌駅前通地上部詳細マップ：札幌駅前通まちづくり株式会社，<<http://www.sapporoekimae-management.jp/チ-カ-ホについて/地図/>>，2015年12月アクセス

(受付)

A STUDY ON THE MANAGEMENT OF PUBLIC SPACE BY THE THREE-  
DIMENSIONAL VISUALIZATION  
three-dimensional grasp of infrastructure in the underground of the road

Toshio YAMAZAKI, Yuki SATO

In this study, we considered the visualizing method of underground space of the road by the three-dimensional model. The underground of the road accommodate important facilities, water and sewer services, gas pipe, power line, and communication cable. The various companies are managing these along with the road administrator. However, this information is not shared between the enterprise and those are not centrally managed. Also, damage accident of underground facilities has much happened. We visualized those facilities in three dimensions by available data. In addition, we added attribute information on all facilities and we were able to display them. We facilitate information sharing and consensus building between the people concerned. We can apply this method to all of the city facilities in public space. Therefore, we would build the central management system of the public space.