

(77) 点群と CAD のハイブリッドデータを利用した 下水施設可視化システム

中村 栄治¹・山本 義幸²

¹正会員 愛知工業大学教授 情報科学部情報科学科 (〒470-0092 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

E-mail: eiji-nakamura@aitech.ac.jp

²正会員 愛知工業大学准教授 工学部土木工学科 (〒470-0092 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

E-mail: y.yamamoto@aitech.ac.jp

下水施設の健全な運用は現代社会の至上命題の一つである。自治体の財政が縮小する昨今、住民に支持される効率的かつ計画的な下水施設の管理（ストックマネジメント）が強く求められている。この課題を解決するための一つの手段として、本研究では、地上にしながら透視するように下水管の現状を容易に把握でき、計画的な下水管路の修繕や更新のために最新の診断結果を現場で活用できるシステムを開発した。地上の道路や建物の点群と汚水管路の CAD を統合することで、図面に頼らず下水管路の埋設位置を周辺風景から特定できるとともに、地上からでも視認できるマンホールの蓋をキーとして下水管内の検査結果を検索表示できるシステムについて述べる。

Key Words: sewage, stock management, visualization, point cloud, CAD

1. はじめに

下水道インフラは 24 時間 365 日、日本を休むことなく支えている社会基盤でありながら直接目につくことがないためか、その存在が一般市民の日常生活において意識されることは稀である。わが国における下水道管の総延長は 47 万 Km に及ぶが、下水道管に起因する道路陥没事故が年に 4,000 件も起きており¹⁾、下水道施設の維持管理や更新は現代社会での喫緊の課題である。最大の問題は、昨今の国や地方自治体の厳しい財政状況や、水道関係職員や民間を含めた水道関連技術者の減少も重なり、十分な資源を下水道施設の維持管理や更新に充てることができないことである²⁾。この現状を踏まえると、下水道施設（ストック）の管理（マネジメント）、つまりストックマネジメントを効率的かつ計画的に行うとともに、施設使用料の支払い者である住民から支持されるストックマネジメントを実現することが、持続可能な社会に向けた重要な課題になっているといえる。

本研究では、下水施設管理者による現場作業の効率化と、市民の下水施設への理解の向上を目的として、下水施設の可視化システムを開発した。地下に埋設され目視できない下水施設を、直接視認できる地上の道路や建物との関係を手掛かりとして、スマートフォンにより容易に把握することができるシステムである。管理者にとっ

ては、図面に頼らずに下水施設の埋設位置を特定できるため、作業時間を大幅に短縮できる。一般市民にとっては、地中の下水施設を見慣れた地上の風景と一緒にとらえることができ、下水施設への関心が高まることが期待できる。

2. 点群と CAD のハイブリッドデータ

(1) 写真による点群の生成

地上の環境（道路、建物、自然地形）と地下に埋設されている下水管路との位置関係をできるだけ正確に表すために、さらに地上の環境を見たままに表現するために、地上の環境を忠実に 3 次元データとして反映できる点群を利用した。点群は 3 次元レーザ計測³⁾もしくは膨大な数の写真を撮影すること⁴⁾から生成することができる。本研究では、研究対象を大学キャンパスとしたため、広範な領域を点群化することになった。そのため、カメラを搭載した機動性の高い UAV で上空から写真撮影を行い、写真から点群を生成した（図 1 参照）。写真から得られた点群は、被写体の実際の大きさと場所の情報を持たないため、RTK-GPS 測量⁵⁾で得られた地上の標定点を使い、写真点群が日本平面直角座標第 VII 系の座標値を持つように座標変換を行った。



図-1 キャンパス全体の UAV 写真点群

(2) ハイブリッドデータ

図2は地上の道路や建物を表している点群に下水管路のCADを統合して生成した「点群とCADのハイブリッドデータ」を点群ビューワ Geoverse MDM[®]で表示した例である。M272とM274と記されているラベルはマンホールの識別番号である。道路面の点群が一部透けて表現されており、そこから下水管が見えている構図である。このような現場作業者の視点から下水管路を見ることができるだけでなく、例えば地中から地上を見上げるように、任意の視点から下水管路の埋設状況を把握できる点が、地上点群と下水管路CADを統合したハイブリッドデータの利点である。



図-2 地上の点群と下水管路CAD

(3) 下水管調査結果との紐づけ

作業現場において下水管路内の検査結果を速やかに参照できるようにすることで、維持管理業務の効率化を図ることができる。上述したように、点群は平面直角座標値を持っており、点群で表されたマンホールの蓋も、その座標値を持っている。したがって、作業者の現在地からマンホールの蓋を特定し、マンホールの蓋と検査結果のデータを紐づけることにより、作業者の現在地を手掛かりとして、目的とする検査結果を参照することができる。本研究では、作業者の現在地はスマートフォンの位置情報取得機能を利用して取得するようにした。

3. システムの概略

(1) 公衆回線を経由したデータの流れ

図3はネットワークから見たシステム内でのデータの流れである。現場作業者はスマートフォンにインストールされたアプリを使い、公衆回線を通してデータベースサーバにアクセスする。一方、一般住民はPCやスマートフォンのWebブラウザを使ってデータベースサーバにアクセスする。新規データの登録やデータの変更を行うサーバ管理者は、PCのWebブラウザを使ってデータベースにアクセスする。

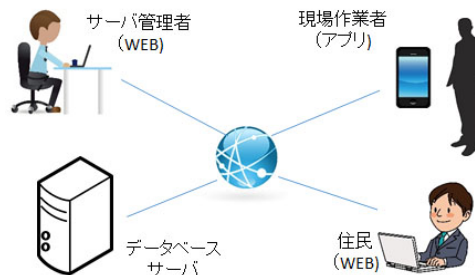


図-3 システムでのデータの流れ

(2) データベースの内容

a) 点群CADハイブリッドデータのビデオ映像

図2に示すハイブリッドデータを機種やOSに依存することなく閲覧できるようにするために、ハイブリッドデータそのものではなく、点群ビューワ上で表示されているハイブリッドデータのビデオ映像をデータベースに保存した。図4に示すように、地上と下水管路の関係を様々な視点から把握できるようにするために、点群ビューワ上で、ハイブリッドデータを上空から下水管路が埋設されている領域を俯瞰できる位置からスタートし、下水管路を目指して高度を下げ、地中に視点を移動して埋設状況がわかるように視点を移動させた。このようにして映し出される地上と下水管路の見え方が変化する様子をビデオ映像として取得し、データベースに保存した。個々のマンホールの蓋に対して1つのビデオ映像を作成し、マンホールの蓋と紐づけてデータベースに保存した。

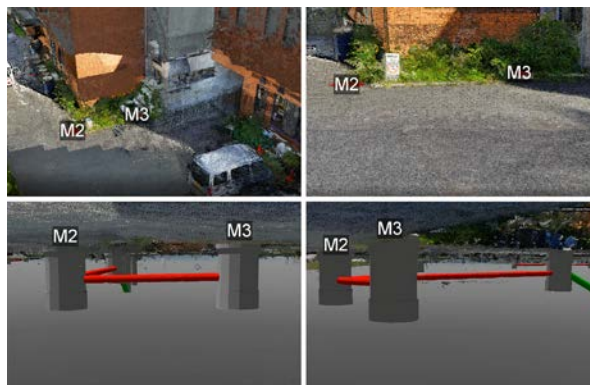


図-4 ビデオ映像シークエンスの一例

b) 下水管路内調査データ

下水管内部の状態をロボットにより検査した調査記録を大学事務局から入手した。調査記録には、隣接するマンホールをつなぐ下水管ごとに、管内部の写真とビデオ映像が DVD に保存されているとともに、木の根の侵入や管のひび割れなどの不具合箇所が一覧表にまとめられ、DVD と合わせてバインダに綴じられている（図 5 参照）。



図-5 下水管洗浄調査結果

不具合箇所はテキストデータとしてデータベースに保存し、管内部を撮影した映像は DVD からビデオクリップとして切出して MP4 ファイルとしてデータベースに保存した。

4. 利用シーンに応じた機能

(1) 現場作業向け機能

作業者はデータベースに公衆回線を通してアクセスできるアプリがインストールされているスマートフォンを現場に持参する。現在位置はスマートフォンの位置取得機能（GPS や基地局及び WiFi アクセスポイントから現在地を推定する機能）で得られる緯度と経度を使うことで、図 6 に示すように、現場周辺のマンホールが自動的にピンで表示される。マンホールの蓋の位置は点群データから算出されてデータベースに保存されているため、現在地の緯度と経度を平面直角座標に変換することで、図 6 のように周辺に位置するマンホールが表示できる。



図-6 現在地を中心とするマンホール分布

スマートフォンによる現在地推定には 10m 単位での誤差が生じる場合もある。図 7 に示すように、マンホー

ルを表すピンをタップすることで蓋の写真が表示されるため、マンホールの蓋の特徴（種類や模様など）を手掛かりとして現在地を確定することができる。



図-7 マンホールの蓋の表示

図 7 に示すマンホールの蓋の写真をタップすると、図 8 に示すように、このマンホールと直接つながっている下水管およびマンホールの一覧が表示される。この例では、マンホール M210 は隣接する 3 つのマンホール M209、M211、M212 と下水管でつながっていることがわかる。

人孔番号	
上流	下流
M210	M211
M209(断)	M210
M212	M210

図-8 下水管の選択

管内状況を知りたい下水管を図 8 から選択すると、図 9 に示す管内の調査結果が表示される。破損やクラックのレベルが A（軽微）である箇所が 3 か所あることが見て取れる。

人孔番号 M210-M211		
侵入水・侵入水跡		
A	B	C
隙間・ズレ		
A	B	C
破損・クラック		
A 3	B	C
配管の動画を見る		景観の動画を見る

図-9 管内状況

管内の状況をビデオ映像により確認したい場合には、図 9 の左下メニュー[配管の動画をみる]をタップすると、図 10 に示すように管内をロボットが上流から下流へ移動しながら撮影した動画が再生される。



図-10 管内の動画

地下に埋設されている下水管を道路や建物との関係で確認したい場合には、図 9 の右下のメニュー[景観の動画をみる]をタップすると、図 11 に示したハイブリッドデータのビデオ映像が再生される。図 12 は地上から地下へと視点が移動し、地中に埋設されている状態の下水管をとらえているシーンのビデオキャプチャ画像である。



図-11 埋設状況の動画

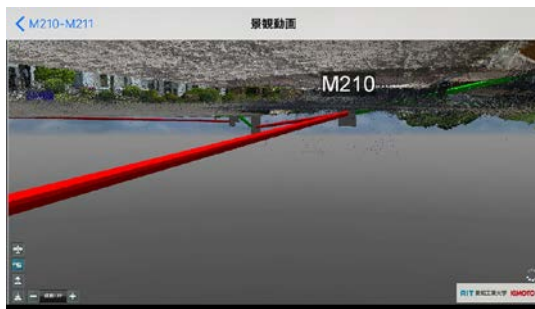


図-12 地中における下水管

(2) 一般市民向け機能

日常では意識することのない下水管を、地上から透視するようにハイブリッドデータの動画で下水管の埋設状況を把握できる手段を一般市民に提供することにより、人々に下水事業への理解を深めてもらうための有効な手段であると判断した。一般市民がハイブリッドデータの動画にアクセスする手段として、機種や OS に依存しない Web ブラウザが最も適していると考えられる。図 13 は Web ブラウザでデータベースにアクセスすると表示されるマンホールの分布である。地図とマンホールの蓋を手掛かりとすることで、興味のある下水管の埋設状況を

ハイブリッドデータの動画で確認することができる（図 14 参照）。



図-13 Web ブラウザでのマンホール分布表示



図-14 Web ブラウザでのハイブリッドデータ閲覧

5. まとめ

下水管路の現場作業の効率化と一般市民の下水施設への理解向上を目的として、下水管の埋設状況と検査結果を容易に確認できるシステムを開発した。地上点群と下水管 CAD を統合したハイブリッドデータにより、任意の視点から下水管の埋設状況を確認することができる。下水管の検査結果はマンホールの蓋と紐づけられることにより、スマートフォンで取得できる現在位置情報から速やかに目的とする下水管の管内ビデオや不具合箇所や内容を参照することができる。

謝辞：株式会社きもと技術本部情報技術グループの羽鳥良子氏には、点群を高速点群ビューワ Geoverse MDM で表示できるようデータの変換を行っていただきました。心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省社会資本整備審議会：新しい時代の下水道政策のあり方について【答申】，2015.
- 2) Vosselman, G and Maas, H ed. : *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*, CRC Press, 2010.
- 3) Hartley, R and Zisserman, A : *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, 2002.
- 4) 小白井亮一：わかりやすい GPS 測量，オーム社，2010.
- 5) 株式会社きもと，Geoverse MDM，<https://www.kimoto.co.jp/business/datakitchen/3ddata-2->2，2018 年 6 月アクセス