

## 下水マンホールデータビューワの開発 A manhole data viewer for sanitary and storm sewer systems

中村栄治<sup>†</sup>, 蟹江秀俊<sup>††</sup>  
Eiji Nakamura<sup>†</sup>, Hidetoshi Kanie<sup>††</sup>

### Abstract

This technical report introduces a manhole data viewer for sanitary and storm sewer systems. It consists of an android based application working on a smart phone or tablet and a data base server accessible from the Internet. The database server contains manhole data of their sizes, locations, and pictures which are needed for the maintenance of sanitary and storm sewer systems. The viewer was test-driven in our college campus where more than 900 manholes are found. The test-drive showed that the viewer lists up automatically the data of manholes in the vicinity of the viewer installed android device whose location is estimated based on GPS signals.

### 1. はじめに

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、日常では直接「目にする事が無い」ためか、一般市民には存在価値を正しく理解されていない、それが下水道インフラである。わが国における下水道管の総延長は45万Kmに及び、稚内鹿兒島間の87往復にも相当する長さである。下水道管に起因する道路陥没事故が年に5000件近くも起きており[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。

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。

ストックマネジメントにおいては、下水道施設の安全性の確保、サービスレベルの確保、ライフサイクルコストの最小化が目標となり、住民からの事業の支持が不可欠になる。3つの目標は独立ではなく相互に関連している。

下水道施設の現状を正しく診断し、診断結果と施設寿命を考慮した上で、修繕や更新を適切に行うことで、安全性が確保されるとともに、下水道サービスのレベルも確保され、施設のライフサイクルコストも最小化される。

マンホールは、地中に埋め込まれている下水管路を地上から知ることができる唯一の手掛かりである。下水管路の調査データを現場でも手軽に参照できるようにするためには、当該データが、下水管路のどの部分に相当するデータであるかを地上から把握できることが必要である。筆者らは、マンホールを手掛かりとして下水管路を特定し、関連する調査データを作業者が持つタブレットに表示できるシステムの構築を現在進めている。

この研究報告では、そのようなシステムの基礎的な部分、すなわち、現場で下水マンホールの位置情報や種別などを閲覧あるいは登録できるビューワの開発[2]について報告する。このビューワはストックマネジメントを構成する一要素となる。下水道施設を効率よく維持管理するための第一歩となる基本的な技術の開発といえる。

### 2. 下水管路の管理方法

#### 2.1 道路台帳

地下に埋設されている上下水道管や電気ガス管などを総称して地下埋設物と呼ぶ。地下埋設物の維持管理において

<sup>†</sup> 愛知工業大学 情報科学部 情報科学科 (豊田市)

<sup>††</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 (能美市)

は、どの場所に何が埋設されているかを記録しておくことが必要である。わが国では道路台帳を使い、これらの情報を記録している。道路台帳とは道路法第 28 条で道路管理者に作成を義務付けられている調書や図面のことである[3]。調書と図面には道路法施行規則第 4 条の 2 に指定された事項が記載されている。この中で、地下埋設物は「軌道その他主要な占有物件」として扱われている。地域によっては道路台帳とは別に、地下埋設物のみの台帳や、埋設物の種類ごとに台帳が作られていることもある。

2.2 道路台帳の電子化

情報通信技術の進歩に合わせ、従来の紙ベースの道路台帳からネットワークを通して利用できる道路台帳へと、道路台帳においても情報化が進められている。例えば、豊田市においては、とよた i マップ[4]と呼ばれる地図情報サービスを提供している。多様な地図情報が掲載されており、その中に下水道情報が含まれている。図 1 は下水道の図面である。青線でつながれている丸印をクリックすると、該当する下水管の管渠番号、管径、管種を知ることができる。しかしながら、このサービスは市民に向けたものであり、下水道の維持管理のためのものではない。



図 1 下水道図面の一例 ([2]より転載)

2.3 下水管調査データ

下水管を維持管理する上で定期的に管内検査を行う必要がある。簡易的な目視検査からロボットを使い管内を写真撮影やビデオ撮影をしながら綿密に調査する方法まで、予算と状況や目的に応じて、様々な検査方法を選ぶことができる。

愛知工業大学では 2010 年に汚水管路の詳細な調査を行っている[5]。この調査では、管路の不具合(クラック、木根侵入、浸食、ずれ等、全 9 種類)をロボットによるビデオ撮影で記録し、ロボットの走行記録と対応する形で不具合箇所を記録してある。図 2 はマンホール (ID 番号 M56) を起点とする汚水管を下流方向に沿って調査した記録である。17 本の汚水管から構成される汚水路の部分の記録であるが、9 本の汚水管においてクラックがあることがわかる。

クラックの位置も M56 マンホールからの距離として記録されており、クラックの深刻度も 3 段階 (A~C) で評価されていることもわかる。

図 2 調査記録の一例 [5]

さらに、図 3 に示すように、クラックの状況をロボットにより撮影された写真で確認することができる。

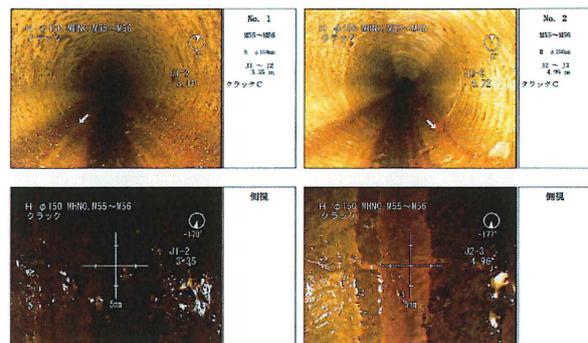


図 3 汚水管亀裂の写真 [5]

調査結果は 800 ページ及び冊子として詳細にまとめられている。図 4 に示すように、膨大な調査結果を概観できるように集計表が備えられている。この表により、9 種に分類された不具合の数を、上流マンホールと下流マンホールをつなぐ管路ごとに把握することができる。

図 4 調査集計表 [5]

しかしながら、図 4 の表だけでは参照したい污水管路の調査結果を知ることはできない。図 5 に示すマンホール位置を記した地図も併せて使うことにより、初めて結果を参照することができる。この地図にはマンホールの ID 番号が記されており、この ID 番号を共通キーとして図 4 に記された不具合内容を参照できることになる。

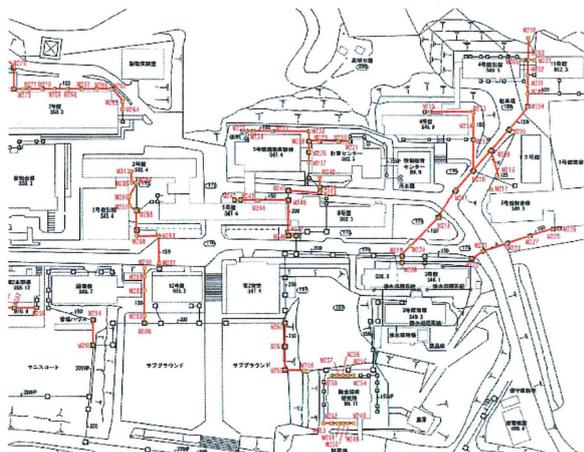


図 5 マンホール位置の地図 [5]

このように、調査結果は污水管路の維持管理には非常に貴重なデータではあるが、作業現場において手軽に参照できるようなものではない。もし、作業現場でこれらの調査データを容易に参照できるならば、污水管路の維持管理の質を飛躍的に向上させることができるはずである。さらには、新規調査結果を現場で簡単に記録できるようであれば、維持管理コストの低減もできるはずである。

このような理由から、筆者らは調査結果をデータベース化して現場からでも容易に参照あるいは新規追加できるシステムの開発を進めている。この研究報告では、その予備的な研究となるマンホール情報について、タブレット端末でスムーズに参照あるいは新規追加できるようなマンホールデータのビューワ開発について報告する。

### 3. 開発したビューワ

#### 3.1 ビューワの概要

開発したマンホールデータビューワのインターネットを経由したデータベースサーバとのデータの送受信を図 6 に示す。マンホールの位置情報や種別あるいは大きさなどをインターネットからアクセスできるデータベースサーバ（以降 DB サーバと呼ぶ）に保存しておく。合わせてこのサーバには、マンホールの写真やその周囲の建物や道路などの写真も保存しておく。

作業者は公衆回線につながる端末を現場に持参し DB サーバにアクセスする。この端末は GPS 衛星からの信号を受信

し、おおよその現場位置を算出する。算出データを基にして、現場近辺に位置するマンホールに関する情報（3.2 節）が作業者が持つ端末に自動的に表示される仕組みとなっている。マンホールのデータを閲覧できるばかりでなく、新規にマンホールに関するデータ（3.2 節）を登録する、あるいは既存のデータを修正することもできる。

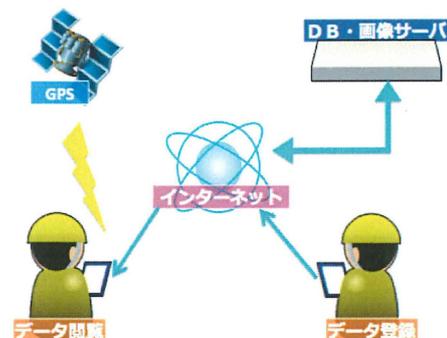


図 6 マンホールデータビューワの概略

#### 3.2 マンホールデータ

データベースに保存されるマンホールに関するデータは以下の 10 項目である。

1. マンホールの ID 番号
2. 近隣の施設などを目印としたマンホールのおおよその位置
3. マンホールが上流起点あるいは下流起点となる下水管路の種別（污水または雨水）
4. 地理座標（平面直交座標：日本測地系 IIV 系，X，Y，標高）
5. 地理座標（緯度と経度）
6. 特記事項
7. マンホールがデータベースに登録された年月日
8. マンホール情報が更新された日時
9. マンホールを真上から撮影した画像が保存されている DB サーバ内ディレクトリへの URL パス
10. マンホールを取り巻く近隣施設や道路を撮影した画像が保存されている DB サーバ内ディレクトリへの URL パス

項目 4 の面直交座標の値はマンホールの中心部を VRS-GPS 計測器で測定して得られた値であるか、トータルステーションで測定して得られた値である。項目 5 の緯度と経度は上記座標の値を変換して得られた値である。上述したように、端末で GPS 信号を受信して現在地を推定する。このとき、推定された現在地は緯度と経度で表わされる。したがって、現在地周辺に位置するマンホールをリストアップできるようにするためには、項目 5 の緯度と経度が必要になる。

図 7 はデータベースに保存されているマンホール画像の一例である。図 7 左図がマンホールを真上から撮影した写真であり、図 7 右図が該当するマンホールを判別しやすいように、マンホールの近隣施設を撮影した写真である。



図 7 マンホールと周辺の写真

3.3 アンドロイド アプリの概要

開発したアプリと DB サーバ間で送受信されるデータの流れを図 8 示す。アプリは OS がアンドロイドであるスマートフォンあるいはタブレットで動作するように作られている(以降、これらデバイスをまとめて端末と呼ぶ)。

アプリは GPS からの信号を基にして、作業現場の地理座標(緯度と経度)を算出する。算出した位置データをアプリから DB サーバにインターネットを経由して送信する。DB サーバでは受け取った位置データを基にして、その周辺に存在する全てのマンホールに関する情報(3.2節)を JSON[6]フォーマットを使って一度にアプリに送信する。JSON フォーマットを使う理由は、個別に情報をアプリに送るのではなく一度に情報を送ることで、端末にマンホールに関する情報を同じタイミングで一度に表示できるからである。

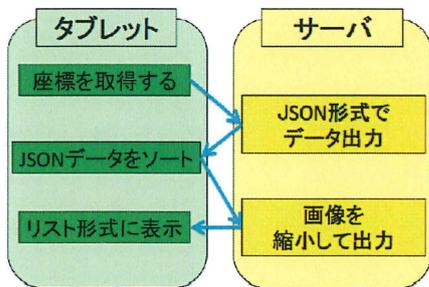


図 8 アプリ(端末)とDBサーバ間でのデータの流れ

アプリは受け取った画像が保存されている URL パスを使い DB サーバにアクセスし、DB サーバでは該当する画像を縮小してタブレットに送信する。端末ではマンホールの情報表示が整ったため、図 9 に示すように、作業現場付近に位

置する全てのマンホールの情報を自動的に表示する。図 9 左図は現場周辺に位置するマンホールに関する情報の一覧表示である。左側にマンホールを真上から撮影した写真が表示され、それぞれのマンホールの位置情報と雨水汚水の種別、そして現在地からのおおよその直線距離が表示される。

図 9 右図はユーザが特定のマンホールを選択し、そのマンホールの詳細な情報(マンホール自身の拡大写真、周辺施設の写真、地理座標、データ登録日時、データ更新日時)を表示した例である。



図 9 マンホール情報の表示の一例

どの範囲を現場近辺とするかは作業者や作業内容によっても異なる。ユーザが半径 10m, 15m, 20mの計 3 種類から選びマンホールが表示される範囲を決定できるよう選択ボタンを設けた(図 9 左図の上部)。

3.4 現場でのデータの更新と新規登録

現場作業においては、DB サーバに保存されているマンホールデータを参照するだけでなく、時には新規にデータを追加、もしくは既存のデータをアップデートする必要がある。例えば、新しく下水管を埋設する場合には、新たにマンホールを埋設することになるため、データベースへマンホールを登録する必要がある。あるいは、現場に行くと初めて現物のマンホールと既存のデータを比べ、そのデータに誤りがあることが判明しデータを書き換える必要が生じる場合も考えられる。これらの状況に対応するため、開発したアプリでは、現場で既存のデータを変更でき、あるいは新たにマンホールの写真を端末のカメラで撮影してデータベースに登録できる機能を実装した。その一例を図 10 に示す。図 10 左図は新規登録の画面である。マンホールに関する 10 種の情報(3.2節)が入力できるフィールドが設けられている。図 10 右図は登録結果である。[マンホール画像を撮影]ボタンや[周辺を撮影]ボタンを押すと、端末のカメラにより写真が撮影され画像として DB サーバに保存される。



図10 マンホール情報の新規登録例

#### 4. 実証実験の結果と考察

##### 4.1 GPS による推定現在地からの自動参照

愛知工業大学の八草キャンパス（図11）は南北に450m、東西に900m、高低差が50mに及ぶ丘陵地に広がっている。図11の右側（東側）3分の1ほどの区域に野球場や陸上競技場が設けられている。左側（西側）3分の2の区域に講義棟が建てられており、この区域に下水施設が集中している。キャンパスには、汚水マンホールが合計437個、雨水マンホールが合計493個設置されている。八草キャンパスの下水マンホールのデータ（総数930個）を使い、開発したシステムの動作検証を行った。



図11 八草キャンパス全景

開発したアプリがインストールされている端末をキャンパスで持ち歩きながら、マンホールデータをどの程度、自動的に参照できるか、すなわち現在地近辺に位置するマンホールの情報が自動的に端末に表示されるか否かの実験を行った。アプリではGPSからの信号により現在位置を推定しているため、位置推定には最悪10mほどの誤差が含まれる。このやむを得ない誤差により、自動参照されるマンホールが位置する領域を小さな半径（10m）と設定した場合には、参照されるべきマンホールが表示されない事例

が多く生じた。そのため、できるだけGPSによる現在位置推定の誤差の影響が少なくなるような大きな半径の設定（例えば30m）が望ましいことがわかった。

しかしながら、半径設定をむやみに大きくすると、自動的に参照されるマンホール数が増加することで、目的とするマンホールの参照効率の悪化を招くことにある。このことを考慮すると、GPS信号に基づいたマンホール情報の自動表示だけに頼るのではなく、他のオプションも提供すべきとの結論にいたった。例えば、現在位置をユーザが周囲の建物の特徴から判断して、地図からマンホールの参照範囲を指定できるといった機能を付け加えることができるオプションである。

##### 4.2 マンホールと周辺画像の表示

マンホールの画像とその周辺の画像は、現場においてマンホールを間違いなく特定するために必要となるデータである。DBサーバには、汚水マンホールに関する写真を合計874枚、雨水マンホールに関する写真を合計986枚登録した。個々の写真の解像度は1500×2688ピクセルであり、ファイル容量は1.3MBほどである。図9左図に示すように、参照対象となる全てのマンホールが同時に表示される。3.3節で述べたように、参照されるマンホールの画像はDBサーバで解像度を低くして端末に送信される。参照されるマンホール数が増えるほど低解像度化処理に要する時間が長くなる。このために、端末にスムーズにマンホール画像が表示されない事象がたびたび生じた。

現場でストレスなくシステムを使用できるようにするためには、画像のスムーズな表示が不可欠である。この問題を解決するためには、あらかじめ画像を端末での表示に適した解像度に調整してデータベースサーバに保存しておくなどの改善が必要であることがわかった。

##### 4.3 GPS 信号が受信できない場所での利用

GPS信号が捕捉できないような環境（建物の直近や屋内）では現在位置が推定できなくなる。このような環境においては、Wi-Fiの電波を受信できるような状況にあれば、Wi-Fiの電波に基づいて現在位置を推定できる。しかし、Wi-Fiの電波も得られないような場合には現在位置を推定することはできないため、現場付近のマンホールを端末に表示することができなくなる。つまり、どのマンホールも参照することができなくなる。

このような条件の悪い現場でもマンホールデータを参照できるようにするためのオプションを付け加える必要があることがわかった。例えば、4.1節で述べたように、GPSやWi-Fiに頼らず、ユーザが現在地を地図で指定することにより、その近辺のマンホールを参照できる機能を付け加えることである。

## 5. おわりに

下水道施設の維持管理の効率化の一手段として、下水マンホールの大きさや種別、埋設位置などの情報を参照や変更、あるいは新規に追加できるマンホールのデータビューワを開発した。このシステムを使うことで、マンホールに関する情報がインターネットからアクセスできる DB サーバに保存されており、必要な情報が現場にいながら端末で参照、あるいは端末を使ってデータを更新もしくは新規登録することを可能にした。

マンホールの位置情報は DB サーバに保存されているため、GPS 信号を利用することで現場の位置を推定し、現在地と DB サーバの位置情報を照合することで、現場付近に存在する全てのマンホールの情報を端末に自動的に表示されるようにした。この自動表示は便利な機能である反面、GPS 信号や Wi-Fi の電波が捕捉できないような環境では、現場付近のマンホールを参照できなくなるといった副作用をもたらすことがわかった。今後、ユーザによる現在地の指定といった機能を追加する計画である。

## 参考文献

- [1] 松宮洋介, 下水道管路に起因する道路陥没, 管路更生, pp. 26-35, No. 13, 2010 年 1 月.
- [2] 蟹江秀俊, 地下埋設物管理用モバイルシステムの検討, 愛知工業大学情報科学部情報科学科卒業論文, 2016 年.
- [3] e-Gov 道路法 (昭和 27 年 6 月 10 日法律第 180 号)  
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S27/S27HO180.html>, 2016 年 1 月 12 日アクセス.
- [4] とよた i マップ, <http://www2.wagamachi-guide.com/toyotacity/>, 2016 年 1 月 27 日アクセス.
- [5] フルタ工業株式会社, 愛知工業大学構内汚水管洗浄調査, 2010 年 5 月.
- [6] JSON, <http://www.json.org/json-ja.html>, 2016 年 1 月 24 日アクセス.