

(35) 情報化ポールを活用した リアルタイム位置情報取得システム

宇野 昌利¹・樫山 和男²

¹学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 都市人間環境学専攻 博士後期課程

(〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

E-mail: a17.jcnx@g.chuo-u.ac.jp

²正会員 中央大学教授 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

E-mail: kaz@civil.chuo-u.ac.jp

工事に伴う地下掘削を行う場合には、事前に埋設物の位置を関係者全員が共有することが重要である。地上から見えない埋設物をAR技術を使ってタブレット端末上に配置する埋設物可視化システムが開発され運用されている。システムの位置情報取得は、GNSSを利用して取得しているが、高層ビルなどが近くにあるとGNSSからの情報を取得できないことが多い。埋設管は歩道下にある場合が多く建物に近接するため、GNSSに依存しない位置情報取得システムが望まれていた。そこで、全天球カメラ等を装備した情報化ポールを活用したリアルタイム位置情報取得システムの開発について述べる。

Key Words : AR, buried object, location information, GNSS, informationized pole, tablet device

1. はじめに

都市域における地下埋設物は、都市の近代化や人口集中に伴って多様化し、電力、ガス、上下水道、通信ケーブル等が複雑に入り組んで埋設されている。このため、開削工事や立坑工事など地下掘削を行う工事では、地下に埋設されたライフラインを損傷しないように、事前に地下埋設物の位置を工事関係者全員が共有することが重要である。地上から見えない地下埋設物の情報を作業員に周知させないと、埋設物損傷事故が発生するリスクとなる。そのため、現場で簡易にライフラインの位置情報を把握できるシステムが求められていた。通常、現地に看板やスプレーなどで明記し確認をしていたが、現地で図面を広げて確認することは、作業の効率性にも課題があった。

近年、AR技術を用いて、誰もが簡単に地下埋設物を精度よく可視化できる埋設物可視化システムの開発を行い、その実用性を現場で確認し、様々な現場に展開を始めている¹⁾²⁾。ARとは、「拡張現実感 (Augmented Reality)」の略で、実際の景色、地形、感覚などにコンピュータを使ってさらに情報を加える技術を指す。

しかし、現状の埋設物可視化システムは、現在地を正確に把握するため、衛星測位 GNSS (Global Navigation

Satellite System) を利用しているが、高層ビルに近接している箇所では、位置情報を取得できない箇所が一部存在することが明らかになってきた。本報告では、GNSSを補完する新たな位置情報取得システムを提案する。

2. 埋設物可視化システムの概要

現在運用中の埋設物可視化システムは、清水建設らが開発した¹⁾²⁾。タブレット端末 (iPad) のカメラで写している現況に埋設物の図面を重ねて投影することで埋設物の存在や位置を可視化できるものである。タブレット端末による本システムのイメージを図-1に示す。

基準局のPCと移動局のタブレット端末はインターネットで接続され、常に最新の観測データがタブレット端末に送られる。



図-1 タブレット端末による使用時のイメージ

測定誤差を小さくかつより安価なシステムとするため、GNSS位置検知の高精度測位法（RTK法）を導入した。その結果、測定者の位置を数cmの誤差でリアルタイムに検知することができる。システムの構成は、基準局のアンテナ・受信機とPC、移動局のアンテナと受信機、クラウドサーバである（図-2）。アンテナと受信機は10cm程度の小型タイプを採用した（図-3）。移動局は同時に複数の利用が可能であり、使用者はタブレット端末を持つだけでよいので機能性に優れる。稼働中の現場において本システムを適用して実用性を確認した。現場への適用に当たっては、事前に位置情報を付加した埋設物の図面データをクラウドサーバに登録する。試掘調査等で埋設物の位置が更新された場合は、サーバ内のデータを更新することで、一元管理しているデータベースを最新状態にすることができる。

現場での適用状況を手順に沿って以下に説明する。まず、移動局の利用者がタブレット端末とGNSSアンテナ・受信機を携行して現場に向かい、地下埋設物の近傍に近づくとも周辺に存在する埋設物の対象図面リストがタブレット端末に自動表示される。次に、使用者が確認したい図面名を選択すると当該図面及び使用者がいる位置が表示される（図-4）。続いて、タブレット端末の内蔵カメラで掘削工事を行う地表面を眺めると、直下に敷設された埋設物のラインが浮き上がるように地表面の映像上に投影される（図-5）。本システムは、タブレット端末を使用する位置や端末を保持する角度等に応じて、地表面のライブ画像に埋設物の敷設ラインが自動的に追従して表示されるため使い勝手が良く、誰にでも手軽に利用できる。

なお、通信状況によるが、基準局から約10kmの範囲まで基準局の観測情報が有効なため、複数の現場間で基準局を共用することも可能である。

3. GNSSの限界

GNSSによる、高精度な位置情報取得は、ある程度開けた場所で、少なくとも4個以上の基地局から衛星信号が受信できる必要がある。地下埋設物は、歩道の地下にある場合が多く、小西らの論文²⁾によると、市街地における任意の衛星測位環境について、その利用可能性を評価可能なシュミレーションをした結果、時間帯によっても異なるが、GPSのみでは、測位利用可能範囲率は、42.3%であり、準天頂衛星が3機配置されているものとしても、76.9%程度となっている。

しかし、準天頂衛星が利用できる環境になっても約2割程度は計測できない箇所が想定される。そこで、GNSSを補完する新たな位置情報測定システムが必要で

あると考えた。

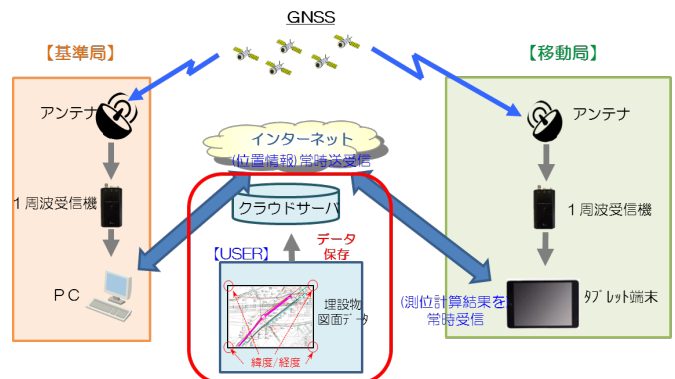


図-2 システム構成



図-3 アンテナ・受信機

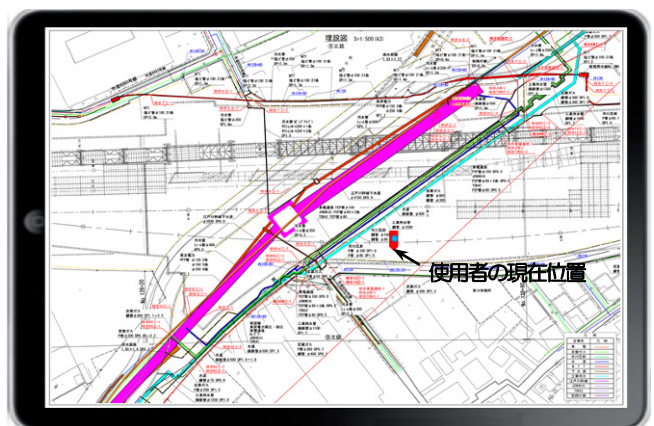


図-4 埋設物図面の表示

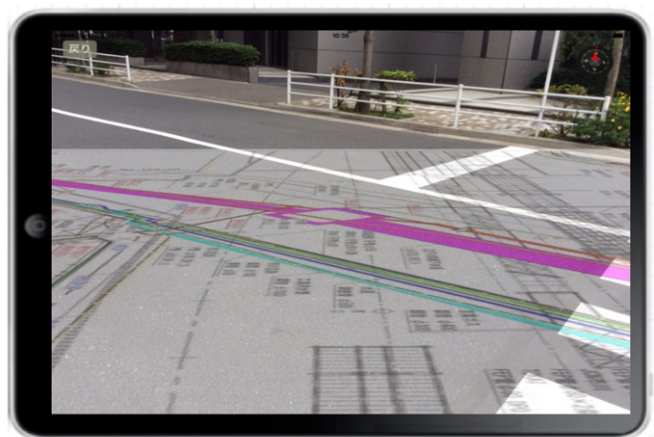


図-5 カメラ画像に投影

4. 情報化ポールの開発

準天頂衛星を含めた GNSS で位置情報を取得できない箇所について、より簡便に位置情報を取得できるシステムが望まれていた。そこで、ゴムボールの上部に全天球カメラ、内部に電子コンパス、アドホック通信チップを搭載し、その表面にマーカーを印刷した情報化ポールを複数本利用して位置情報を取得するシステムを開発する(図-6)。

計測のしくみは、3本以上のポールの方角を確認できれば、相対的な位置関係がわかることを利用している。ポール同士が、全天球カメラでお互い撮影することで、どの方向にポールが存在するかを確認する。アドホック通信チップを入れることでポール自体がIoT (Internet of Things) として機能する。そのため、相対的な位置関係を一元管理することができるため、1カ所に測量基準点やGNSSで正確な位置情報が把握できれば、さみだれ式に位置情報を取得できる(図-7)。

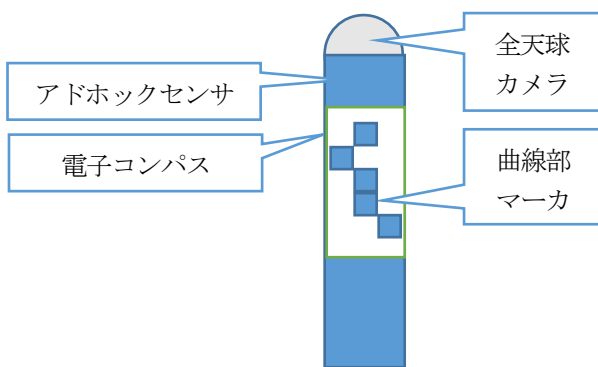


図-6 情報化ポール

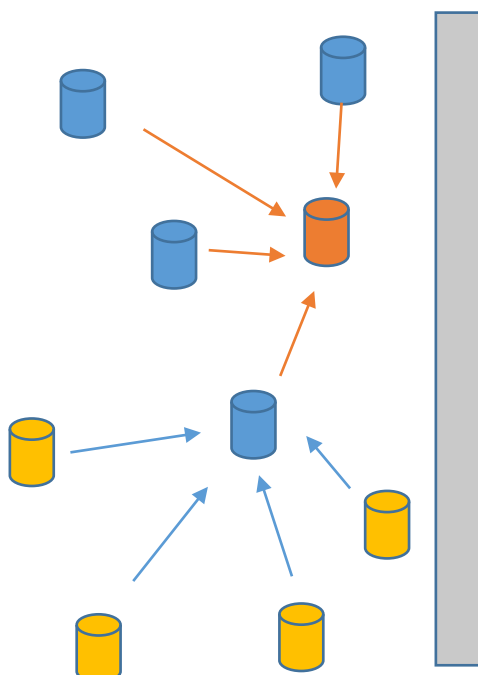


図-7 さみだれ式計測のしくみ

5. 情報化ポールの基礎実験

基礎実験として、5本のゴムボールにマーカーを貼り付けて、複数本同時に見える箇所にリコー社のシータSの全天球カメラを配置して撮影した。ゴムボールの円周が、317mmであり、CADで36等分(1マス 10°)して、カメラに写る模様によってどの方向にカメラの位置があるか把握できる。図-8にマーカーのイメージを示す。全天球カメラから、3カ所以上の情報化ポールを一度に確認することで相対的な位置関係がわかる。

実際の基礎実験で使用した情報化ポールを、図-9に示す。向きは電子コンパスで、北を 0° として、配置した(図-10)。基礎実験は、実際の現場でも適用できるように、大学のキャンパス内の広場を利用して、屋外で実施した。実験では、全天球カメラを三脚にセットし、周囲に、5本のマーカー付きポールを3m(4)、5m(2、3、5)、8m(1)の距離で配置した(図-10)。

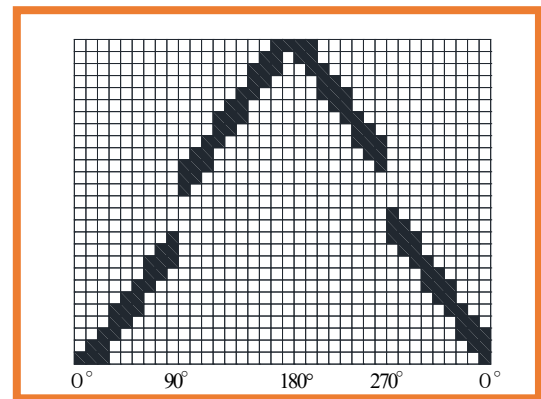


図-8 マーカーの例



図-9 情報化ポールと電子コンパス



図-10 基礎実験の様子

ポールは電子コンパスで北を 0° として、全天球カメラは、2つのレンズが東西方向に向けて、操作ボタンがある方向を南にセットした。その結果、全天球カメラの画像は、北 (0°) が、右半分の中央、南 (180°) が左半分の中央になる。

全天球カメラで撮影した画像に写っている情報化ポールの方向を撮影して、画像から方向を確認する (図-11)。ポール5を拡大して確認すると、ポールの中心が 290° 方向を差し示していることがわかる (図-12)。同様に、日向部分のポール3を拡大して確認すると、ポールの中心が、 160° 方向を指し示している。赤で囲った直射日光が直接当たる箇所は、白化してしており、一部認識できない箇所が発生した。

図-11の全天球カメラの撮影位置と、図-12のポール5、図-13のポール3のマーカー表示がほぼ一致している。

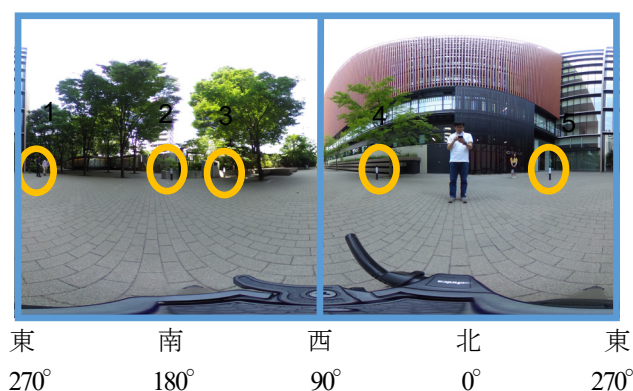


図-11 全天球カメラ画像

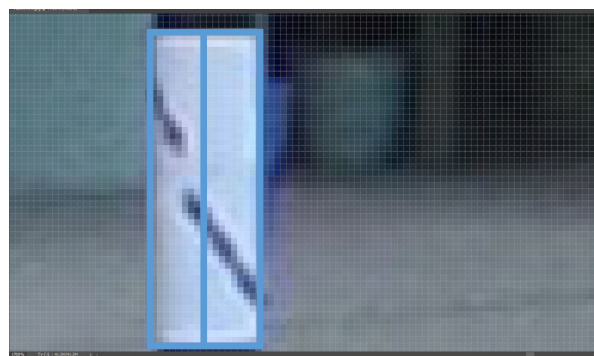


図-12 17倍拡大画像 (5 : 290° 方向)



図-13 17倍拡大画像 (3 : 160° 方向)

今回の基礎実験では、全天球カメラの新しい活用方法として、複数のマーカーを同時に撮影することで位置情報を推定できる可能性を確認できた。

画像解像度としては、5m の距離で撮影すると、情報化ポールのポール幅で 18 ピクセルとなり、中心付近で 2 ピクセルで 10° であり、分解能は 5° であった。8m となると、ポール幅で 11 ピクセルとなり、分解能は、約半分の 10° となった。しかし、直射日光が直接当たる箇所は、白化して識別が困難となる課題も出てきた。

今後は、ポールの位置と精度の関係および画像処理について検討を行う予定である。

5. まとめ

全天球カメラに写る 3 つ以上の情報化ポールのマーカーから、相対的な位置情報を取得できると考えられる。

また、8m の距離までであれば条件がよければ方向を確認できたが、直射日光など局所的な明暗部の課題もある。

今後、さらに精度を高めるためには、高性能な全天球カメラの開発が待たれる。また、画像解析としては、例えば、コンクリートのひび割れを検知するシステムを活用した 2 値化等の手法による画像処理、デジタルカメラの顔認識機能のように、情報化ポールを自動的に検知・認識する機能がある。また、IoT として認識するためにアドホック通信チップにより、連携したネットワークを構築して一元管理できるシステムを開発する。その結果、情報化ポールを置くだけで、リアルタイムに位置情報を取得できると考える。

謝辞：中央大学檜山和男研究室のみなさまをはじめ、埋設物可視化システムを開発した清水建設、菱友システムズの関係者、茨城工業高等専門学校の岡本准教授、さらに、情報化ポールの基本構想について多くのアドバイスを頂いた清水建設の谷川氏、宮瀬氏など多くの方のご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 西村晋一：特集 映像と土木 地下埋設物可視化システムー「ShimzAREye 埋設ビュー」の開発ー，土木技術 72 巻 6 号，2017。
- 2) 三木浩，荒木尚幸，西村晋一，宇野昌利，岡本修，石田新二，西原邦治：埋設物可視化システムの開発，土木学会 平成 28 年度全国大会第 71 回年次学術講演会 VI-880，2016。
- 3) 小西勇介，SUH Y，袴田知弘，柴崎亮介：衛星測位の利用可能性評価シミュレーションによる準天頂衛星とスードライトの評価，土木計画学研究・講演集(CD-ROM) 巻：27 ページ：IX(249)，2003。