

AR技術を用いた 社会インフラ施設維持管理の効率化

川田卓嗣*
渡辺完弥*
川浦健央**

Augmented Reality for Effective Maintenance of Social Infrastructure

Takushi Kawada, Kanya Watanabe, Takeo Kawaura

要旨

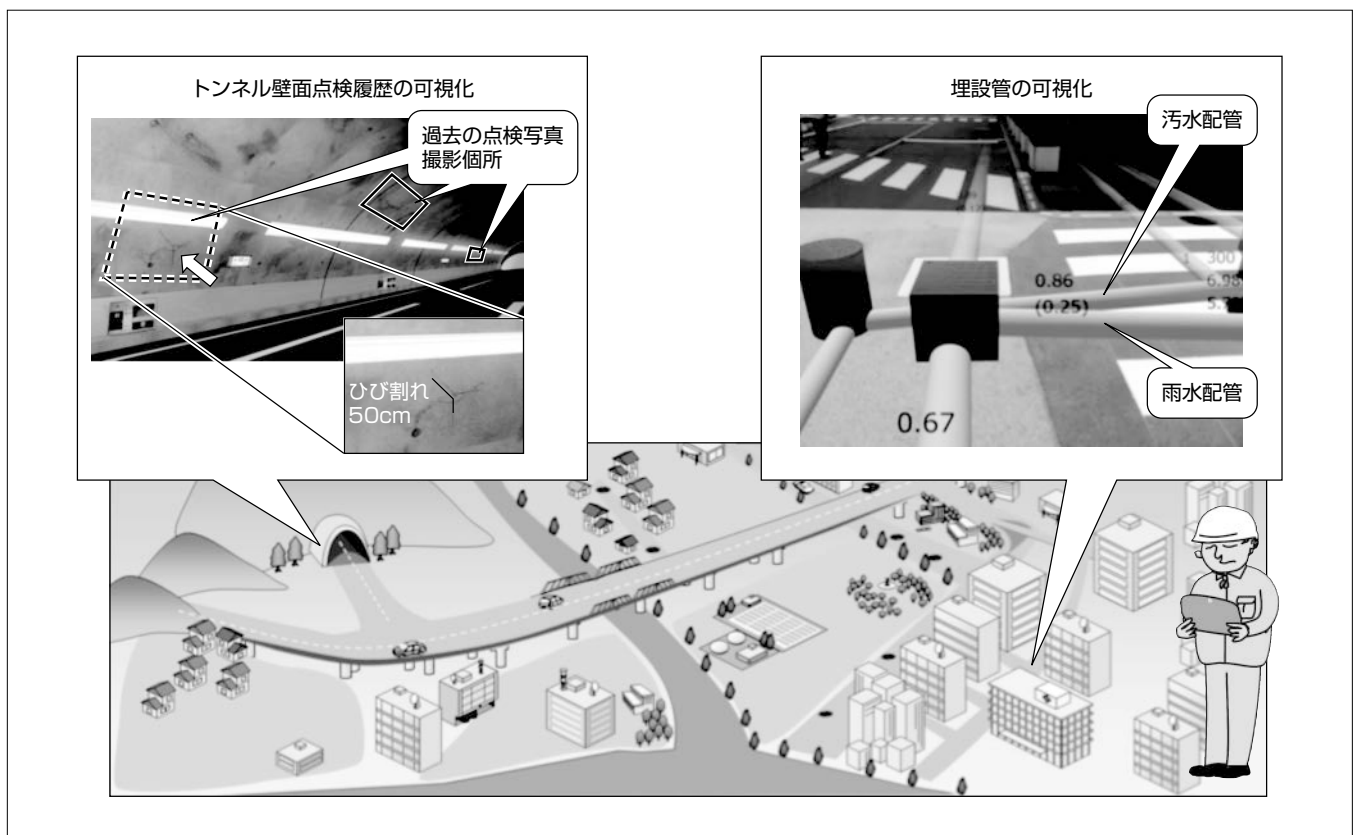
AR (Augmented Reality: 拡張現実) とは、“現実環境に情報を付加してユーザーが見ているものや場所を理解しやすくすること”を意味しており、維持管理の現場では、点検等の維持管理作業の履歴可視化や、地下の埋設管路や壁の裏側に隠れている施設の情報の可視化への応用が考えられる。

これまで、維持管理業務の支援を目的に、あらかじめ設置したマーカを使ってAR表示を行うマーカ型ARが用いられてきたが、道路や水道・下水道など、広範囲に敷設された社会インフラでARを利用するには、対象施設に個別にマーカを設置するための手間がかかる点が問題であった。

近年モバイル機器にかかわる技術の進歩、利用者への普

及拡大は目覚ましいものがあり、GPS (Global Positioning System: 全地球測位システム)・ジャイロ・カメラ等のセンサを標準で備えるようになってきている。そこで三菱電機はモバイル機器に搭載されたセンサを用いた高度な自己位置推定技術を基に、マーカレス型ビジョンベースAR技術を採用し、マーカ設置の手間をかけることなく、広範囲な施設の維持管理、長寿命化のための施設点検の支援に、ARを利用できるようにしている。

本稿では、まず、社会インフラ向けARシステムについて述べた後、社会インフラの維持管理の現状の課題と、AR技術を使った解決策について述べる。



社会インフラの維持管理へのAR技術の適用例

社会インフラの維持管理作業にAR技術を用いたモバイル機器を利用することで、維持管理の履歴や施設の情報、現場のカメラ画像に重ね合わせて表示することができる。例えば、トンネルの壁面について、過去の損傷写真の撮影箇所を可視化することで、状態基準保全で必要となる継続的な監視が容易になる。また、下水管の埋設位置を可視化することで、埋設物の位置関係の把握が容易になり、掘削の際の事故が予防できる。

1. ま え が き

高度経済成長期に建設された様々な社会インフラが標準耐用年数を超えようとしている中、社会インフラの状態を把握し、必要な改修を行いながら長寿命化させることが必要となっている。

また、熟練作業者の減少に伴って、施設の維持管理のノウハウが失われ、施設の適切な維持が困難になりつつある状況も警鐘されて久しい。

一方、特に、モバイル機器にかかわる技術の進歩、利用者への普及拡大は近年目覚ましいものがあり、社会インフラの維持管理の現場でも、モバイル機器の直感的な操作を使った、作業効率化、非熟練作業支援の実現が求められるようになってきている。

当社は、社会インフラの維持管理業務で、直感的で分かりやすい操作を実現する上で、特にAR技術に着目して技術開発を進めている。

本稿では、まず、社会インフラ向けARシステムの概要について述べた後、社会インフラ維持管理の課題と、AR技術を使った解決策について述べる。

2. 社会インフラ向けARシステム

ARとは、“現実環境に情報を付加してユーザーが見ているものや場所を理解しやすくすること”を意味する。ARは現実環境に情報を付加するものであるため、ユーザーが常に持ち歩けるモバイル機器は、ARの表示デバイスとして最適である。モバイル機器には、カメラと複数センサが標準で搭載されている上に性能も十分に向上しており、また、汎用化が進んだことで、各種センサの利用も容易となっている。

ARは技術的な特性から、大きくロケーションベースARとビジョンベースARの2つに、またビジョンベースARはマーカ型とマーカレス型の2つに分類される(表1)⁽¹⁾。

マーカ型ビジョンベースARは、対象物に事前にマーカを設置しておく必要があり、上下水、道路、鉄道等、広範囲に敷設された施設の維持管理に利用しようとする、事前準備にかかる手間が膨大になる。

そこで当社は、マーカの設置が不要な、ロケーションベ

表1. AR技術の分類

分類	特徴	課題
ロケーションベースAR	GPS、ジャイロ、コンパス等を組み合わせて現在地とカメラの視線を求め、情報を表示する。	位置推定の精度の向上が難しい。
マーカ型ビジョンベースAR	特定の図形(マーカ)を認識することによって付加情報の表示位置を特定し情報を表示する。	情報を表示したい場所にマーカの設置が必要である。
マーカレス型ビジョンベースAR	現実環境に実在する物体そのものを認識して、表示位置を特定し情報を表示する。	認識に要する計算量が多く技術的難易度も高い。

ースARと、マーカレス型ビジョンベースARの2つを組み合わせた、社会インフラ向けARシステムを開発している。

当社の社会インフラ向けARシステムの全体構成を図1に示す。このシステムは、施設や維持管理履歴の情報を管理する既存の施設情報管理システムサーバと、インターネット等の回線を通して接続されたタブレットから構成される。

タブレット上の機能構成を図2に示す。ARシステムは、自己位置推定機能でタブレットの正確な自己位置を推定し、その自己位置を基にAR表示機能でタブレットのカメラ映像に各種情報をARとして重畳表示する。

正しく重畳表示を行う上で、利用者の現在地の正確さが必要になるため、表2に示す複数の手段を組み合わせる自己位置推定を行っている。

推定した自己位置に基づいて、緯度・経度・高度の情報を持つ管路や道路の情報を、タブレットのカメラで撮影した画像に重ね合わせ、ディスプレイに表示する。

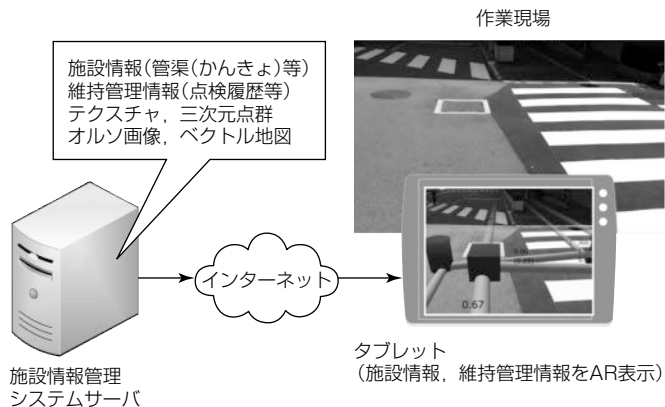


図1. 社会インフラ向けARシステム

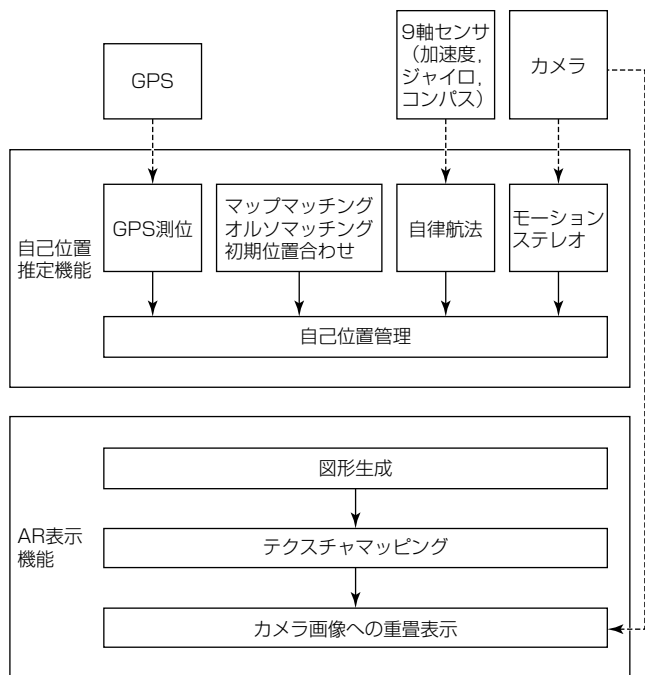


図2. タブレット上の機能構成

表 2. 自己位置推定の手段

機能	概要
GPS測位	4つ以上のGPS衛星を使って自己位置を測位する。原理上、最大10m程度の測位誤差がある。
マップマッチング オルソマッチング	正確なベクトル地図、又は、MMS(Mobile Mapping System：移動計測車両による測量システム)で作成したオルソ画像地図と、カメラ画像から認識した道路の形状の情報を比較することで、正確な位置が得られる。
設備位置を使った 初期位置合わせ	マンホールや標識等の目標物の位置があらかじめ分かっている場合に、カメラ画像内で目標物を指定すると正確な位置が得られる。
自律航法	ジャイロ、コンパスの値をリアルタイムに取得して相対的な移動量を算出する。
モーションステレオ ⁽²⁾	最新のカメラ画像と前画像を基に三角測量で相対的な移動量をリアルタイムに算出する。



図 3. 下水道台帳の表示例

3. 社会インフラ維持管理の課題とAR技術による解決

3.1 施設情報管理へのARの適用

多くの社会インフラで、施設情報管理システムが導入されている。

施設情報管理システムは、施設の敷設状況の把握と、維持管理業務の状態把握及び作業効率向上を主な目的としてきたが、近年では、熟練作業者の減少への対処や、熟練作業員から若年作業員へのノウハウの引継ぎの支援といったことがより強く求められるようになってきている。このような状況に対応するため、当社では、現場作業の効率化とノウハウの共有を目的に、施設情報管理システムのモバイル機器対応を進めている。

図 3 に、下水道管路の埋設状況を、地図を用いて管理する“下水道台帳”の表示例を示す。“下水道台帳”は、地中に埋設されている下水道管路や、マンホールの位置を、地図・図面を使って表示するシステムである。

従来事務所に設置された“下水道台帳システム”で地図・図面を参照していたが、モバイル機器への対応を進めたことで、現場で同じ情報が利用できるようになっている。しかし、“下水道台帳”が平面的な図面であるため、現場では、地上の風景と図面の記載内容を基に、地下の状況を想像することが必要である。

また、現場の埋設物の構造が複雑になっていたり、図面自体が不正確である等の理由によって、地下の状況を把握する困難の度合いが増し、掘削時に、不用意に関係のない埋設物を壊してしまうといった事態も生じやすい。

図 4 は、地中の埋設管をAR表示した例を示す。地中の雨水・汚水等の管渠の埋設状況が、地面を透過して表示されるため、管渠の埋設位置・流下方向等が一目で分かる。

下水道の維持管理現場では通常、工事担当者はマンホール等の地上の目標物と、配管図面を使って、配管等の地下に埋設された施設の位置を推定し作業を行っている。管渠施設をAR表示することで、実際には見えない埋設位置や

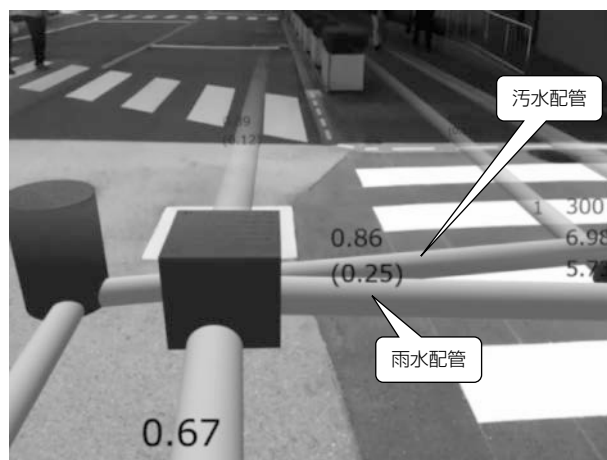


図 4. 埋設管のAR表示例

表 3. 下水分野へのAR適用

機能	概要
管渠表示	地中に埋設されている管渠とマンホールの3Dグラフィックスをカメラ画像に重畳して表示する。タブレットを道路に向けただけで、管渠の埋設位置・深さを直観的に把握できる。
テキストチャ マッピング	調査用ロボットによって撮影された管渠内の展開画像を、管渠の3Dグラフィックスにテキストチャとして貼り付け、地上から異常の発生箇所、管と管の接続位置が容易に特定できる。

状況を正確に把握できるようになり、効率的な工事と工期の短縮が可能となる。

さらに、管内のカメラ調査を実施した結果がある場合は、地中管の周りに管の内面写真を貼り付ける(テキストチャマッピング)することも可能である。マンホールがなく、地中で管と管が直接接続されている箇所の特定は、非常に手間がかかるが、管の内面写真のテキストチャマッピングによって、接続箇所が一目で分かるようになる(表 3)。

3.2 施設の点検・状態監視保全(CBM)へのARの適用

社会インフラを構成する施設等の維持管理に、CBM(Condition Based Maintenance)の考え方に基づく長寿命化が導入され始めている。

CBMは、施設の点検を継続的に実施することで、健全

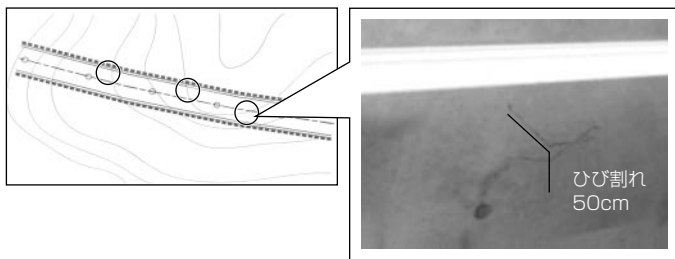


図5. 従来のトンネル不具合箇所の管理(イメージ)

度の把握と劣化の予測を行い、維持管理上又は運用上致命的な不具合が起きる前に、適切な補修又は改築を行おうというものである。

CBMを適切に行う上で、市民等からの要望や苦情の蓄積、又は、コンクリートのひび割れや浮きなどの不具合箇所の継続的な観察が必要になる。

施設の点検・維持管理の現場では、施設図面や現場写真の組合せで、不具合の発生箇所を管理している。又は、図面の代わりに1/500程度の縮尺の地図で管理している場合もある。

例えば、施設の点検を実施する中で、コンクリートのひび割れが見つかった場合、CBMでは、補修が必要な状態になるまで、ひび割れの状態を継続的に監視していく必要が生じる。

従来、図面上の位置や、写真等、又は、チョークなどを使った現場でのマーキングを使ってひび割れの位置を管理してきたが(図5)、施設の老朽化が進み、管理が必要な不具合箇所の数が増大になるにつれて、不具合を過去の履歴と照合するために必要な作業が負担になってきている。

そこで道路・トンネル・擁壁・河川の護岸等の土木構造物の維持管理の現場に対しては、AR技術を用いて、不具合箇所を継続的に監視するための手段を実現している。

図6に道路・トンネルの維持管理状況に関するAR表示の例を示す。この例では、路面やトンネルの壁面に、過去に登録された不具合報告書の説明写真の画枠を、AR技術を用いて赤枠表示している。したがって、タブレットのカメラを通して表示された現場の画面を見れば、過去、現場で報告された不具合箇所が一望できる。

また、AR表示された赤枠に合わせて、写真を撮影することで、前回とほぼ同じ画角で写真を撮影できる。同一の不具合の継続的な監視が容易になるため、CBMによるトンネルの長寿命化が容易になる。

また、撮影した写真と合わせて、撮影時の写真のスケール

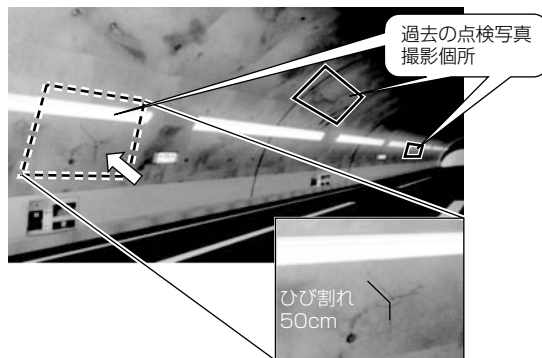


図6. 変状箇所のAR表示例

表4. 道路分野へのAR適用

機能	概要
写真撮影履歴表示	不具合報告書として撮影・蓄積された路面や壁面の写真の撮影範囲を、現場のタブレット画面に表示する。不具合が報告された箇所が一目で分かるとともに、前回撮影したのと同じ箇所を同じアングルで撮影できる。
注記表示	不具合の箇所や内容、作業指示等を、マーキングやアノテーションで表示することによって現場作業者への注意喚起ができる。
計測	撮影時の写真のスケールを使って、写真から正確な長さ、面積が計測できる。

を保管しておき、後から、写真上で、距離や面積を計測することも可能である(表4)。

4. む す び

対象施設にマーカを設置しなくてはならないマーカ型ビジョンベースARでは、道路・下水等、広範囲に敷設された施設の維持管理の現場作業に適用しづらい。当社は、ロケーションベースAR技術とマーカレス型ビジョンベースAR技術を組み合わせた社会インフラ向けARシステムによって、マーカ設置等のコストをかけることなく、作業者の支援や、長寿命化のための施設点検を可能にしている。

参 考 文 献

- (1) 蔵田武志, ほか: 「実世界と仮想世界」を繋ぎ「人と人」を結ぶ拡張現実インタラクション, ウェアラブルコンピューティング研究会研究報告, 1, No. 2, 34~39 (2005)
- (2) Menglong Zhu., et al.: Monocular Visual Odometry and Dense 3D Reconstruction for On-Road Vehicles, Computer Vision-ECCV 2012, Workshops and Demonstrations Lecture Notes in Computer Science, 7584, 596~606 (2012)