

トンネル覆工点検への KINECT センサーの活用

山口大学大学院理工学研究科 学生会員 ○下村 康介
山口大学大学院理工学研究科 正会員 進士 正人

1. はじめに

トンネルの維持管理は、一般的に点検、調査、対策の流れで行われる。現在、道路トンネルの覆工点検は、「道路トンネル定期点検要領(案)」¹⁾に基づき、近接・遠望目視によりひび割れ等の変状の計測および、打音点検が2～5年毎に実施されている。トンネル覆工点検は、暗所での厳しい条件下で実施するために、点検者によるバラツキ、見落としが生じ、客観的な評価が困難なことや点検に大幅な交通規制を伴うなどの問題がある。この問題を解決するため、レーザ計測装置と画像計測装置及びGPS、オドメトリが搭載された、“走行型計測システム(MIMM)”²⁾が開発されている。しかし、MIMMは高精度であるものの高コストであるという問題点が挙げられる。

本研究ではトンネル覆工点検を出来るだけ一定の精度でかつ安価に実施する方法の確立を目的とし、図-1に示す Kinect センサー(以下、“Kinect”と略称する)と、Kinect アプリケーション(以下、“Kinect アプリ”と略称する)を組み合わせた、トンネル維持管理システムの可能性を検討した。

2. Kinect 及び Kinect アプリの動作環境及び開発

Kinect とは、2010 年から Microsoft 社から販売されている Xbox 360 向けのゲームデバイスである。Kinect には、RGB カラー映像認識用カメラ(以下、“RGB カメラ”と略称する)1 基、奥行き測定用赤外線カメラ(以下、“IR カメラ”と略称する)1 基、赤外線照射発光部 1 基の 3 つの光学系センサーが設置されている。これらのセンサーによって、3 次元のデータを得ることが出来る。

これまで述べたように Kinect は、あくまでもゲームをするための装置であるものの、種々のセンサーを有した上に安価である。そのため、世界中のいろいろなエンジニアが Kinect をパーソナルコンピュータ(以下、“PC”と略称する)に接続し利用したいと考えている。そのため、Kinect を PC に接続するためのソフトウェア(デバイスドライバー)が開発、発表されている。

本研究では、その中で Kinect アプリの動作環境としては、Kinect と Kinect 用のドライバー、OpenNI、OpenCV

などを使用する。Kinect アプリの開発には、Microsoft Visual C++を用いた。図-2に Kinect アプリの動作環境と開発の流れを示す。以下に、代表的なソフトウェアを紹介する。

(1) OpenNI²⁾

OpenNI は、Kinect に搭載されているセンサーを制御して RGB 画像や奥行き情報、IR カメラの画像、音声を PC に入力するソフトウェアである。OpenNI を利用することで、Xbox360 の代わりに PC をモーションキャプチャー機器として、Kinect で捉えた人間・物体の動きをデータ化して PC に入力することが出来る。

(2) OpenCV

OpenCV とは、Kinect に入力された画像データを、静止画または動画として PC 上に表示するなど多くの機能を持つ、画像処理ソフトウェアである。

3. Kinect アプリの概要

本研究では、覆工点検への第一歩として Kinect で動画撮影した対象物の任意の 2 点間の実際の距離を、動画再生時に計測することが出来る Kinect アプリを開発した。



図-1 Kinect センサー

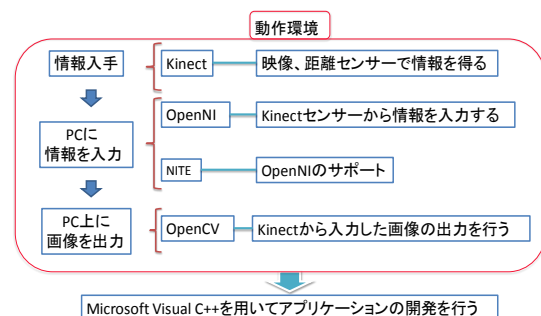


図-2 Kinect アプリの動作環境と開発の流れ

作成した Kinect アプリは、図 - 3 中に指定した 1 点目を測点①、2 点目を測点②とすると、測点①と測点②の 3 次元座標をそれぞれ (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) として取得する。なお、x、y 座標は IR カメラ画像の中央を原点とし、z 座標は Kinect からの距離である。得られた 3 次元座標をもとに、次式(1)により 2 点間の距離を求める。

$$dst = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (1)$$

4. Kinect アプリの性能検証

(1) 目的

作成した Kinect アプリを用いて Kinect の精度及び適切な撮影距離の検証を行う。

(2) 実験方法

覆工のひび割れを再現するため、ダンボールに 0.1mm、0.3mm、0.5mm、2mm、5mm、10mm の異なる太さのペンで書いた仮想ひび割れを対象とする(図 - 4 参照)。図 - 5 は、図 - 4 を IR カメラで撮影した画像である。Kinect が対象物を認識できる距離は 0.5m 以降で、推奨使用距離は 1.8m である²⁾。そこで、Kinect からの撮影距離を 0.5m、1.0m、1.3m、1.5m、1.7m、1.8m、1.9m と変えて、仮想ひび割れを撮影した。撮影は台車を用いて歩行速度で行なった。その後、IR カメラ画像から仮想ひび割れ長さを計測した。

(3) 結果

IR カメラ画像では、全ての撮影距離で 5mm 未満の仮想ひび割れは映らなかった。また、撮影距離が 1.8m 以降の時には全ての仮想ひび割れが映らず、計測を行えなかった。従って、撮影距離が 1.8m より手前の時に IR カメラ画像に写った、5mm と 10mm の計 19 個の仮想ひび割れ長さを計測した。各計測距離による平均誤差を図 - 6 に示す。撮影距離 0.5m、1.0m では、非常に大きな誤差が生じた。それに対して、撮影距離 1.3m、1.5m、1.7m の範囲では、撮影距離 0.5m、1.0m の時に比べ誤差が小さい。特に、撮影距離 1.3m の時に最も誤差が小さい。以上より、本実験では対象物により適切な使用距離がある事が分かった。

5. 結論

本研究では、映像を録画し IR カメラ画像を用いて距離計測が行える Kinect アプリを作成した。Kinect アプリの実験結果から、撮影距離 1.3m の時に最も良い結果となったが、このままでは全体的に精度が低く定量的な計測もできないため、現時点では現場への適用は

困難が多いことが考えられる。今後は、精度を向上させるための機械学習やひび割れの自動認識などが課題となる。その上で、再度室内実験を行い現場への適用を実現したい。

参考文献

- 1) 重田佳幸, 田近宏則, 西川啓一, 下澤正道, 安田亨: トンネル維持管理における走行型計測の適用: トンネル工学報告集第 21 巻 pp.209~210 平成 23 年
- 2) 谷尻豊寿: Kinect センサー画像処理プログラミング 平成 22 年

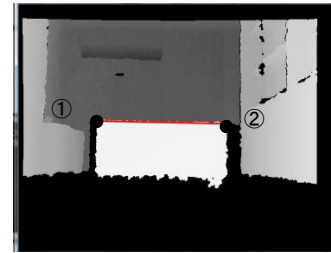


図 - 3 IR カメラ画像



図 - 4 仮想ひび割れ

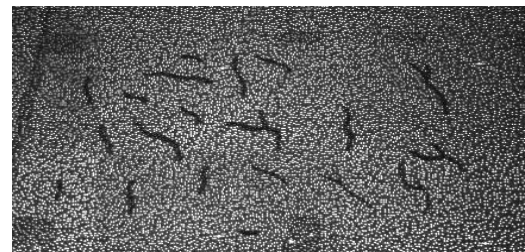


図 - 5 IR カメラ画像

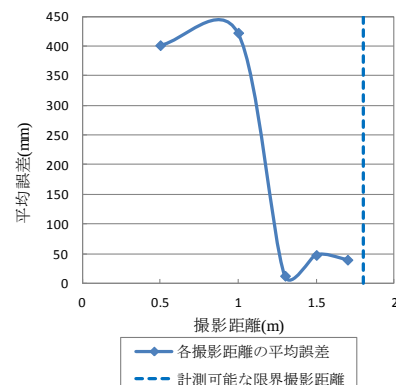


図 - 6 各撮影距離による平均誤差