

令和2年度 研究成果の概要(1/2)

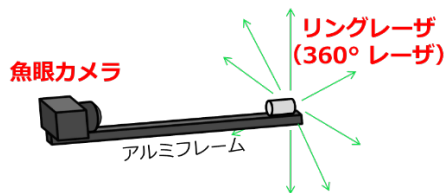
<p>研究テーマ： 「光切断法を用いたトンネル 3 次元計測についての技術研究開発」</p>
<p>研究代表者 ・氏名(ふりがな)： 山下 淳(やました あつし) ・所属、役職： 東京大大学院工学系研究科精密工学専攻・准教授</p>
<p>研究期間： 令和 2年 11月～令和 5年 3月</p>
<p>研究参加メンバー(所属団体名のみ) ・東京大学, 株式会社大林組</p>
<p>研究の背景・目的 トンネルの 3 次元形状情報はトンネルの施工・維持管理に有用である。本研究では、光切断法を用いてトンネル断面の 3 次元形状を計測する技術を新規に提案する。広い視野を有する広視野カメラと広範囲にレーザ光を照射可能なリングレーザを用いることにより簡便かつ高速に密な 3 次元計測を実現する技術・システムの構築を目指す。</p>
<p>研究内容(研究の方法・項目等) トンネルの施工・維持管理において、トンネル形状の 3 次元計測は必要不可欠である。かつてはメジャー(巻尺)を使ってトンネルの高さや幅を計測していたが、近年ではトータルステーション(TS)やレーザ距離計などの ICT 機器・技術を用いた方法も採用されつつある。これらの計測装置は、トンネル壁面のある 1 点のみに光を照射し、その 1 点のみを計測する計測原理に基づいている。複数点を計測したい場合、手で計測装置の方向を変化させることや光照射装置を回転台に搭載してスキャンすることにより、計測点の数だけ光を複数回照射する方法が用いられている。従って、従来の計測装置は、複数点、特に多点の高速計測には原理的に不向きであり、空間的に高密度な計測(以後、密な計測と呼ぶ)を高速に行うことは困難である。 高速かつ密な計測が可能な方法として、光切断法と呼ばれる手法があり、整備された環境である工場内での小型対象物(部品)の形状計測・点検などに幅広く用いられている。しかし、安定性と計測精度の問題から、一般に光切断法は、非整備環境における大型構造物の計測には、ほとんど注目・利用されてこなかった。 そこで本研究では、非整備環境における大型構造物であるトンネルの 3 次元計測を実現するための未解決問題を解決し、簡便かつ高速に密な 3 次元計測を実現する、光切断法に基づいた新しいトンネル形状計測手法・システムの構築を目的とする。</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>光切断法を用いたトンネル 3 次元計測の概略図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>トンネルにレーザを照射した例</p> </div> </div>
<p>本研究では、最初にトンネル内の一断面を 1 回のレーザ照射のみで計測する手法・システムを構築する。次に、断面数のレーザ照射のみで複数の断面形状をそれぞれ計測した上で、複数断面間の位置姿勢の関係を自動的に求め、複数断面形状の計測結果を自動統合する手法・システムを構築する。提案手法・システムを用いることでトンネルの 3 次元形状モデルを生成することにより、例えばトンネル切羽面の設計値と計測値の差分の自動検出や可視化が可能となり、トンネルの施工・維持管理の生産性向上や効率化を図ることができる。</p> <p>具体的な研究項目は以下の通りである。令和 2 年度は、(1) 一断面の 3 次元計測手法に関する基礎理論構築、(2) 計測システムプロトタイプ構築、(3) プロトタイプを用いた理論検証を行う。令和 3 年度は、令和 2 年度に構築した計測システムのプロトタイプを改良し、高精度に密な 3 次元計測が可能な計測システムの構築を行う。令和 4 年度は、令和 2～3 年度に構築した一断面の 3 次元計測手法を用いて取得した複数の断面形状の計測結果統合を行う手法の構築、トンネルでの検証実験および評価を行う。</p>

令和2年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果の概要

(1) 一断面の3次元計測手法に関する基礎理論構築

トンネルのような大型構造物の計測では、計測すべき範囲が広く、また計測対象までの距離も遠い。本研究では、画角の広い魚眼カメラと、周囲 360 度に同時にレーザ光を照射可能なリングレーザを用いることにより広い範囲を同時にワンショットで計測する手法を構築した(左図)。ここでは、正確なカメラとレーザのキャリブレーション(校正)手法、トンネルにレーザを照射して撮影した画像からレーザ領域を自動抽出する画像処理手法、抽出したレーザ領域の3次元座標を算出する方法を構築した(右図)。



提案した計測装置の概念図



魚眼カメラでの撮影画像



レーザ自動抽出結果

(2) 計測システムプロトタイプ構築

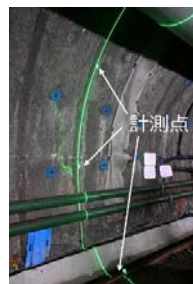
(1)で構築した基礎理論で実際に計測を行うため、計測システムのプロトタイプを構築した(左図)。計測現場でカメラとレーザのキャリブレーションを行うためのソフトウェア(中央図)、計測現場で3次元計測結果を算出するためのソフトウェアの開発を行った。あわせて計測システムのプロトタイプの精度評価を行う方法を新規に構築し、提案手法と真値計測用トータルステーションの両方で計測可能な計測点を製作し、トンネルの実現場に設置した(右図)。



計測装置



カメラ・レーザキャリブレーション

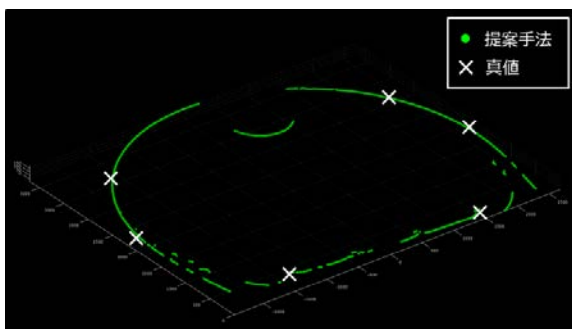


計測精度評価のための計測点の製作と設置

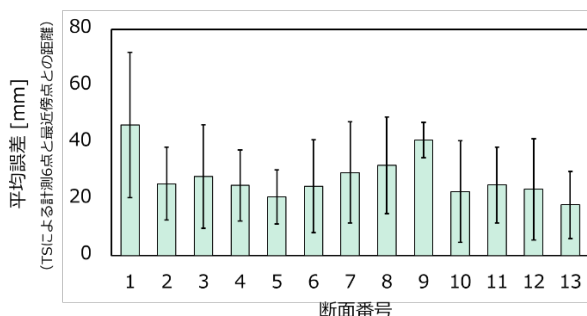
(3) プロトタイプを用いた理論検証

(2)で構築したプロトタイプを用いて、北海道大沼トンネルで計測実験を行った。各断面 6 か所に計測点を設置し、合計 13 断面の計測を行った。トータルステーションを用いて、各計測点の3次元座標の真値を求めた。ある一断面の3次元計測結果の例を左図に示す。トータルステーションでの計測では一断面の6点を計測するために10分程度の作業時間が必要となることに対して、提案手法ではワンショット(一瞬)で1000点以上の高速かつ密な計測が可能となった。13断面の3次元計測結果を右図に示す。想定精度での3次元計測が実現され、提案手法の有効性が確認できた。以上、トンネルの一断面の計測については、研究成果の活用・発展性が見込みが示された。

今後、構築した計測システムのプロトタイプを改良し、高精度に密な3次元計測が可能な計測システムの構築を行うとともに、一断面の3次元計測手法を用いて取得した複数の断面形状の計測結果統合を行う手法の構築を行うことにより、研究成果の更なる活用・発展が見込まれる。



一断面の3次元計測結果



全断面の3次元計測結果(誤差)