

画像を用いたマーカー検知によるボーリングマシンの自動停止機構の開発

安藤ハザマ 正会員 ○石濱 裕幸
 安藤ハザマ 正会員 千野 雅紀
 安藤ハザマ 山岸 稔

1. はじめに

高速道路等の供用車線に隣接した工事において、路線を利用する第三者の安全性を確保することは最も重要である。一方、作業場所は狭隘な場所となり、その狭い場所に作業員、重機、その他材料等が配置されることとなる。このような状況での従来の安全対策としては、2D LiDAR を用いたレーザーバリア、3D LiDAR を用いた建設機械の検知などにより、作業場所と供用車線の間に境界を設定して、境界を超える物体を検知して警報の発報を行う方法が考えられる。しかし、レーザーバリアでは境界を越えた物体全てに反応するため、特定の物体のみを検知することは不可能である。また、3D LiDAR は導入コストが高い点や、準備段階での設定が煩雑である点、計算量が多いため検知速度が遅くなる点といった弱点がある。

本開発では、カメラを用いた画像処理により特定物体の検知を行うことを考えた。カメラは比較的低価格なセンサであり、画像処理により特定の物体の認識が可能で、検知対象となる物体が撮影範囲に入るように設置すれば良いことから設置が容易であるという利点がある。今回、供用車線に隣接した工事で用いられるボーリングマシンについて、画像処理により境界を越えたことを検知し、自動停止する機構を開発したため報告する。

2. システム構成

2.1 概要

自動停止機構の概要について説明する。本システムは、マーカー、カメラ、マーカー検知アプリケーション、通信機器、停止用電磁バルブを追加したボーリングマシンから構成される。システム構成を図-1 に示す。

ボーリングマシンの最外周の可動部にマーカーを設置して、カメラは進入禁止の境界線上に設置する。マーカー検知アプリケーションにより、カメラで撮影した画像上でマーカーをリアルタイムにトラッキングする。また、画像上に仮定の境界線を設定して動作可能エリアと進入禁止エリアを設定する。マーカーが境界線を越えたことを検知すると、進入信号を発出して通信機器を通じてボーリングマシンに送信される。進入信号を受信したボーリングマシンは、電磁バルブを作動させて作動油の流れを停止することで動作を停止する。

2.2 マーカー検知手法

マーカーは任意の姿勢においても画像上に投影される形状が変化しない球体を利用し、周囲にある物体とは異なる色に着色する。マーカーを検知する流れを以下に示す。

カメラで撮影した画像に対して、事前に設定したマーカーの色設定でマスク処理を行い、背景部分とマーカー部分を分離する。その後、ハフ変換による円検出を行い、マーカーを抽出する。抽出されたマーカーのトラッキングにはパーティクルフィルタを利用することで、頑強にトラッキングを行う。

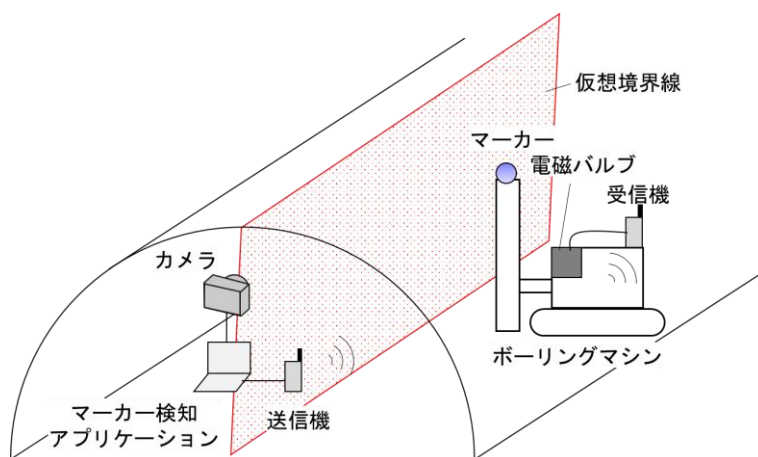


図-1 システム構成

キーワード 画像処理、パーティクルフィルタ、自動停止、ボーリングマシン、安全管理

連絡先 〒105-7360 東京都港区東新橋 1-9-1 株式会社安藤・間

Tel: 03-3575-6108 E-mail: yamagishi.minoru@ad-hzm.co.jp

3. 実験

3.1 マーカー種類による検知実験

提案するマーカー検知手法による，進入禁止エリアへの進入検知の可否を確認する実験を行った．実験は，供用中のトンネル現場と模擬トンネルを利用して行った．

人がマーカーを持ち，仮想境界線上を往復するようにマーカーを動かして，マーカー検知アプリケーション上でマーカーを検知してトラッキングが可能であることを確認した．実験条件として，マーカーの色（黄，緑，桃）と大きさ（70 mm, 150 mm），カメラとの距離（最大 50 m）を変更して実験を行った．

カメラとレンズは，長距離でマーカーを検知するために 10 倍ズームが可能な機種を用いた（カメラ：The Imaging Source 社 DFK33UX178，レンズ：興和オプトロニクス社 LMVZ990-IR）．

マーカー検知実験の結果を図-2 に示す．検知するマーカーの色を設定してマスク処理を行い，パーティクルフィルタによるトラッキングが問題なく行えることを確認した．実トンネルにおいては緑色，模擬トンネルでは桃色のマーカーで検知が可能であった．壁面や照明の違いから，トンネルによって検知可能なマーカーの色に違いが出た．たとえば，図-3 に示すように，実トンネルで黄色のマーカーを使用した場合，坑内照明と色味が似ていることからマーカー検知が失敗することがあった．ズームを用いない場合，150 mm のマーカーで 50 m まで，ズームを用いた場合，70 mm のマーカーで 50 m までの距離で検知可能であった．



図-2 マーカー検知結果

緑マーカーのパーティクルフィルタによる物体追跡



図-3 マーカー検知失敗例

黄マーカーのマスク処理失敗

3.1 ボーリングマシン自動停止実験

マーカー検知から通信を経てボーリングマシンが停止するまでの一連の流れについて，動作確認の実験を行った．ボーリングマシンはソイルメック社の SM-6 を用い，マーカーをブームの頂部に設置した．

ボーリングマシンの自動停止実験の結果を図-4 に示す．マーカーの大きさは 70 mm，実験場所の広さからカメラとボーリングマシンの距離は 40 m で実施したが，マーカー検知から自動停止まで 1 秒未満の反応速度で問題なく動作することを確認した．

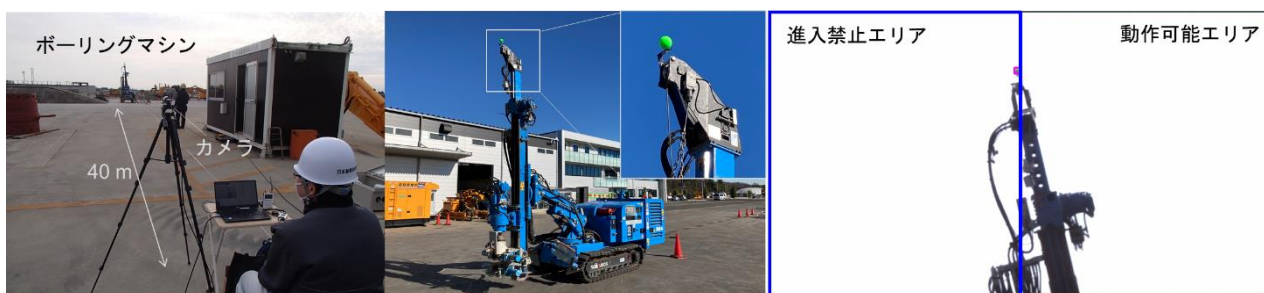


図-4 自動停止実験

（左：実施状況，中：ボーリングマシンへのマーカー設置，右：自動停止状況）

4. まとめ

仮想境界線を越えたボーリングマシンの自動停止機構について開発を行い，一連の流れの中でボーリングマシンを停止させることができ，実用上，問題ないことを確認した．本システムは，自動停止機構を備えた機械であれば，ボーリングマシン以外の機械への適用も可能である．今後は，実際の現場での実証実験を重ねて，システムの信頼性を高めていく．