

放射線環境下における搬送作業の自動化（その2）

ー フォークリフト自律走行システム

鹿島建設（株） ○浜本 研一, 大塩 真, 三浦 悟
山口 功, 永森 邦博
産業技術総合研究所 加賀美 聡, Simon Thompson

1. はじめに

本報告では、東京電力福島第一原子力発電所 3 号機の原子炉建屋上部の建屋解体・瓦礫撤去工事での放射線ガレキの構内保管施設への搬送作業において自律走行システムを開発し、実用化した内容のうちフォークリフト自律走行システムの概要について報告する¹⁾。

2. フォークリフト自律走行システム

(1) 導入目的

今回、ガレキ内蔵コンテナを構内保管施設に搬送、定置するに当たり、遠隔操作型フォークリフト（写真-1）が採用されたが、狭い屋内での搬送作業のため、操作ミス及び作業効率の低さが懸念されていた。そこで安全性を確保し目標サイクルタイムを確保する対策として、自律走行システムを導入した。

(2) システムの特徴

本システムの大きな特徴として GPS が使えない屋内での自己位置認識技術にレーザスキャナ方式を採用したことが挙げられる。今回の現場では切返し走行や走行路変更への対応が求められているため、自動搬送車（AGV）で実用例の多い電磁誘導方式は施設内での工事やを必要とし、適用が困難であった。そ

こで、事前工事が不要かつ走行路の変更に伴う構造物や機械等への工事・改造が不要であるレーザスキャナによる位置・姿勢計測方法を開発し適用した。

(3) システム概要

フォークリフト諸元を表-1 に示す。建屋解体箇所からクローラダンプで運んだ鋼製コンテナをフォークリフトに積替え、構内保管施設内に定置する（図-1；搬送システムの全体概要については（その1）を参照²⁾）。コンテナの積替え・定置はオペレータが遠隔操縦で行い、それ以外の7%スロープの上り下り、直線・切返し部の搬送を自律走行システムで行う。保管施設の走路幅は約 5.8m であり、壁面設備を考慮すると車両幅に対し左右の余裕幅は約 1.0m である。なお、保管施設には有線及び無線による LAN が構築されており、フォークリフトの遠隔操縦は施設から約 500m 離れた建物内の遠隔オペレータ室から行うことができる（写真-2）。

表-1 フォークリフト諸元

車両重量	16,360kg	定格荷重	8,500kg
車両全長	6,315mm	車両全幅	2,370mm
最小回転半径	4,055mm		



写真-1 フォークリフト全景

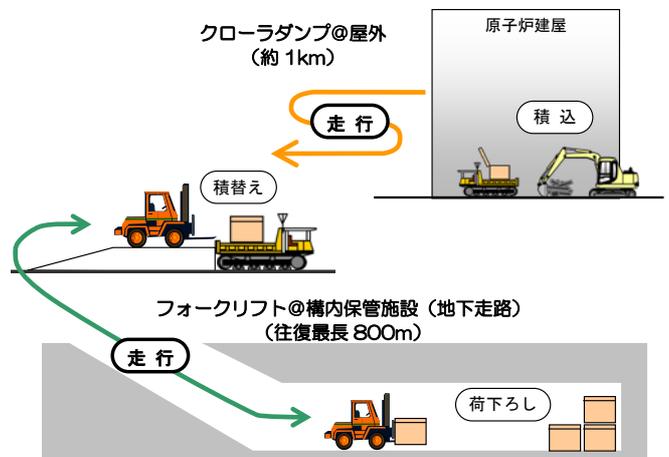


図-1 自律走行システム概要

キーワード 自動化, ガレキ搬送, 放射線, 自律走行, フォークリフト, レーザスキャナ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設（株）技術研究所 TEL 042 - 489 - 6256

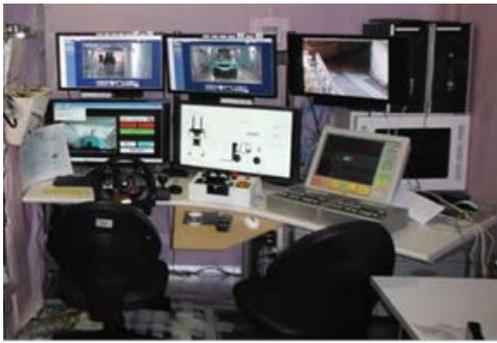


写真-2 遠隔オペレータ室

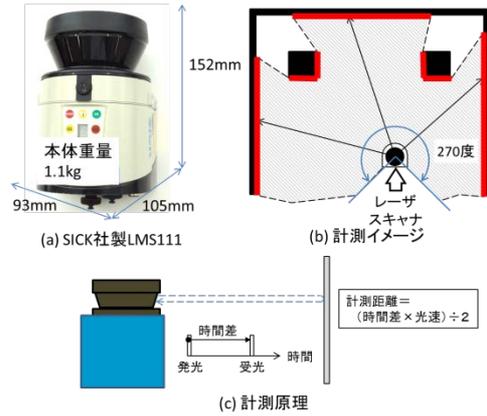


図-3 レーザスキャナの諸元と動作原理

(4) レーザスキャナ計測原理

今回使用したレーザスキャナの外観を図-3(a)に示す。レーザスキャナはレーザ光を回転しながら反射した対象物までの距離を連続的に計測する装置で、図-3 (b) のように赤線部の距離を得て、周囲形状を計測する。本装置は 270 度 (正面より左右 135 度) の範囲を計測できる。図-3 (c) に示すように照射レーザ光の反射時間と光速から距離が得られる。

(5) レーザスキャナによる位置・姿勢計測方法

本システムに適用した手法では、レーザスキャナの計測結果 (図-4 左) を施設内の壁に反射して得られたものと考え、CAD 図面などの事前に得られた構造物形状を高速にマッチングすることで、フォークリフトの施設内での相対位置・姿勢をリアルタイム (0.05 秒毎) に計測することが可能である (図-4 右)。本システムではレーザスキャナを機体の前後左右の

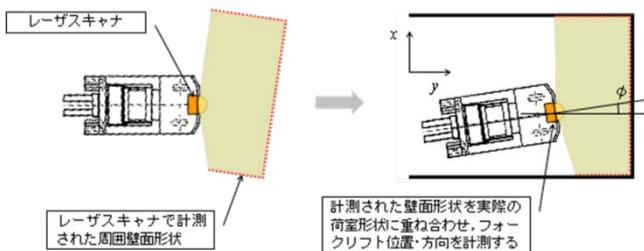


図-4 相対位置・姿勢角の導出

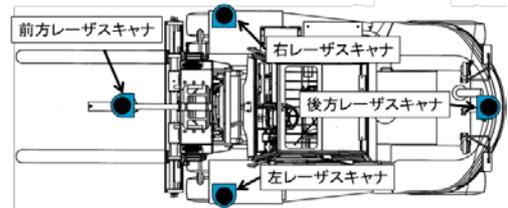


図-5 レーザスキャナ配置図

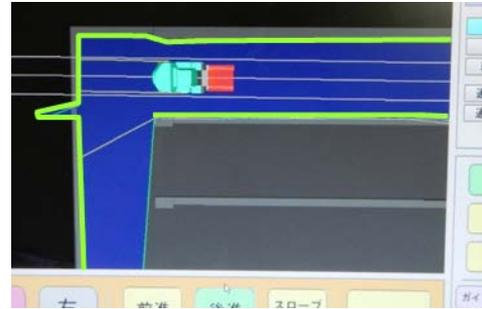


図-6 施設内走行中のCG図

4か所に配置し (図-5)、左右のセンサを用いて位置・姿勢計測を行い、すべてのセンサで障害物検知を行っている。図-6 に施設内通路を走行している機体の位置・姿勢をCGで可視化した状況を示す。レーザスキャナで計測した形状 (図-6 緑線部) を施設内の壁として認識し、機体の相対位置・姿勢を正しく検出していることが分かる。

(6) 走行制御方法

機体の相対位置・姿勢を計測後、予め定められた目標ラインからの誤差変位および誤差方向を求め、目標ライン上にフォークリフトが追従するように操舵角・速度を計算し制御している。制御サイクルタイムは、主に位置・姿勢計測のサイクルタイムに依存しており、約 0.05 秒である。本手法により直線部、スロープの上り下りおよび切返し部での自律走行を実現した (平均約 2.0km/h で走行している)。

3. おわりに

本報告で概説したガレキ搬送作業におけるフォークリフト自律走行システムにより、直線部、スロープの上り下りおよび切返し部での自律走行を実現した。本システム導入の結果、オペレータ (熟練度) に関係なく一定時間で搬送作業工程を完了でき、また遠隔操縦オペレータの負担低減が図れた。

参考文献

- 1) 三浦浩ほか:放射線環境下における搬送作業の自動化, 土木施工, Vol. 54, No. 1, 2013, pp. 52 - 55.
- 2) 黒沼出ほか:放射線環境下における搬送作業の自動化 (その1), 土木学会第 68 回年次学術講演会, 2013