

フォークリフト軌跡上の路面凹凸の推定に関する検討

日本貨物鉄道(株)	正会員	○長谷川	陽平
北海学園大学	正会員	上浦	正樹
ニチレキ(株)	正会員	遠藤	浩隆
北海学園大学		滑川	聖也
日本貨物鉄道(株)	正会員	村松	穂高

1. はじめに

鉄道貨物ヤードでは大部分がアスファルト舗装によるコンテナホームであり、ここでフォークリフトによる荷役作業を行っている。路面の劣化や損傷が発生しているコンテナホームでフォークリフトが特に旋回しながら荷役をするとフォークリフトの振動によってコンテナ内の荷崩れや運転時の疲労の増加などが生じる。そこで、本研究では旋回するフォークリフトの振動と路面との関係を調べる基礎的な段階として旋回するフォークリフトの軌跡上における路面凹凸を3次元で推定し、この軌跡上のプロフィールを推定することとした。さらにこのプロフィールを使用して、フォークリフトの振動加速度と関係が深い FRI (Freight Roughness Index)¹⁾ を求めることとした。

2. フォークリフトの走行軌跡の推定

測定対象を JR 貨物の札幌貨物ターミナル駅コンテナホームにおいて線路方向 (X 方向) は 56m, 線路直角方向 (Y 方向) は 10.5m の範囲とした。この範囲で、X 方向は 8m 間隔, Y 方向は 3.5m 間隔にメッシュを作り、その交点を現地にペイントで印付けた。フォークリフトの軌跡はコンテナを貨車から取り出し、旋回してトラックに積み込む荷役作業を対象とした。ドライブレコーダー (Pioneer 製 ND-DVR30) を 12f コンテナ用フォークリフトの運転

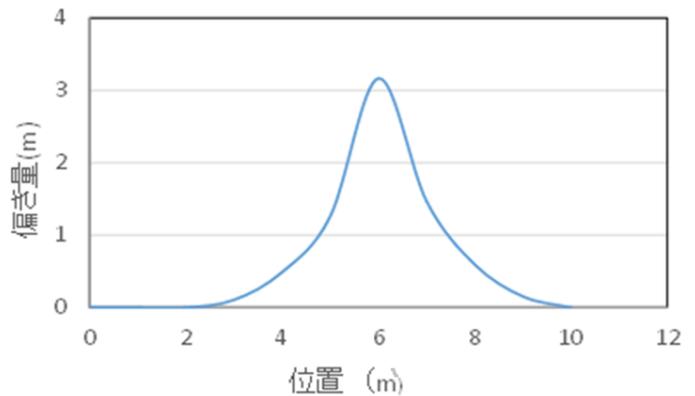


図-1 フォークリフトの走行軌跡

席に取り付け走行軌跡の形状と走行映像を記録することとした。図-1 は走行軌跡の局地座標を推定したものである。この走行軌跡はフォークリフトの左右後輪の軸中央について Y 方向の位置における X 方向の変位量を表している。また、12f コンテナ用フォークリフトの最小回転半径 4.0m を参考にした。

3. 路面性状測定車と倍長演算法

路面性状測定車によってわたち掘れと平坦性の測定を行った。また、コンテナホーム端にベンチマークを置き、高さを 1.000m としてメッシュの交点全てに標尺をセットしてレベル測量を行った。この路面性状測定車により線路方向 (X 方向) に移動しながら、CCD カメラによって線路鉛直方向 (Y 方向) のわたち掘れを 3.50m の幅で 0.25m 間隔によって測定し、同時に平坦性の測定はレーザ変位計による Y 方向で変位量を 0.50m 間隔で測定した。この測定を X 方向において始点から終点まで測定しこれを 1 セットとした。次に Y 方向へ 3.50m 移動して同様に移動して始点から終点まで測定して次のセットとした。以上の方法で全体では 3 セットを行った。次に、平坦性の値 (v_i) は 3m 弦の端部の平均変位と中央(端部から 1.5m)の差を示す。この弦長が 2 倍の 6m 弦の区間で 3m 弦を用いた場合、1.5m ピッチで測定すると 1.5m, 3.0m, 4.5m の 3 か所の平坦性の値 (v_1, v_2, v_3) が得られる。そこで弦長 6m の変位量を V_{6i} (i は任意の位置を示す) と弦長 3m の平た

キーワード プロファイル, 路面性状測定車, 倍長演算法, レベル測量

連絡先 〒800-0057 福岡県北九州市門司区大里新町 11-1

日本貨物鉄道株式会社 西日本工事管理事務所 北九州工事支所 TEL 093-372-3386

ん性の値の関係は、 $V_{6i} = v_1 + 2v_2 + v_3$ となる。

このように 12m 弦や 24m 弦のように 2 の倍数を繰り返した弦長の変位量を 3m 弦の平坦性の値から求める方法が倍長演算法である。本研究は 12m 弦の変位量 (V_{12i})を用いた。これから 12m 弦の変位量 V_{12i} は $V_{12i} = v_1 + 2v_2 + 3v_3 + 4v_4 + 3v_5 + 2v_6 + v_7$ となる。

4. 路面凹凸の3次元での推定

本研究では 12m 弦での変位量が路面の凹凸を表しているを見なし、 V_{12i} を路面凹凸量とした。そして路面性状測定車の測定の開始点の高さをレベルのベンチマークと同じ 1.000m を測定開始点の路面高さとした。

これに基づき順次 12m 弦を 0.50m ずつ X 方向に移動して変位量から路面高さを求めた。順次、X 方向の路面高さを算定した後 Y 方向へ移動して同様の演算を繰り返すことで測定対象範囲の平面上の路面高さを推定した。図-2 において、路面高さの一部を 3次元で示した。以上により倍長演算法とレベル測量とのそれぞれの路面の高さの差のばらつきは平均値 9mm、標準偏差 5mm となった。これにより倍長演算法で得られる変位は路面の高さと見なせるものと判断できる。

5. フォークリフト軌跡上の路面の高さと FRI

フォークリフトが貨車からトラックへコンテナを積み替える荷役作業の軌跡は図-1 で求めていることから、図-2 の走行軌跡上の位置に対応した 3次元の路面高さを求めることができる。その結果を図-3 に示す。また、この図に基づき 3m 弦による平坦性プロフィールを推定した(図-4)。既往の研究¹⁾ではクォーターカーモデルを用いて場合にフォークリフトのバネと質量のパラメータを推定しているので、本研究ではフォークリフトのパラメータに加え、平坦性プロフィールから解析プログラム RoadRuf を使用して FRI を求めた(図-5)。

5. まとめ

路面性状測定車によるわだち掘れと平坦性の測定結果により 3次元の路面高さを推定し、レベル測量でその精度を確認した。これに基づき旋回を伴うフォークリフトの軌跡上のプロフィールの推定が可能となった。

参考文献

1) 中藪他: コンテナヤードの路面凹凸が荷役機械及び荷物に与える影響, 土木学会舗装工学論文集, Vol.14, pp. 211-219, 2009.12

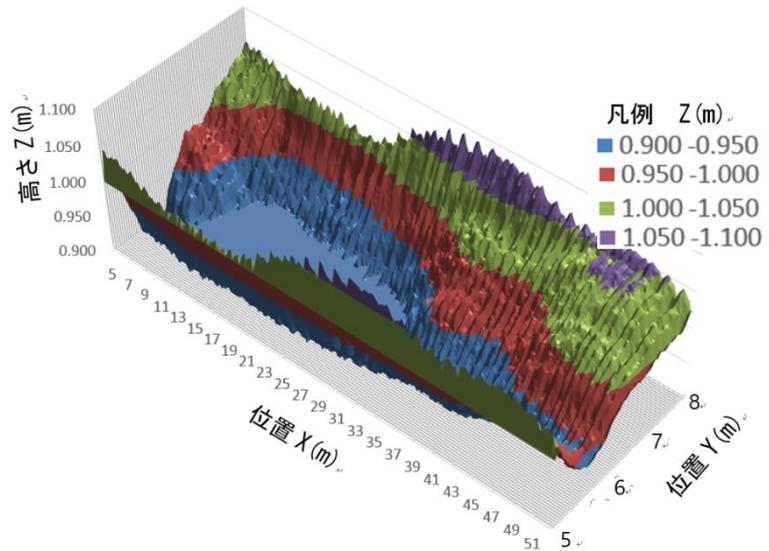


図-2 3次元による路面高さ (Y 方向 5m~8m)

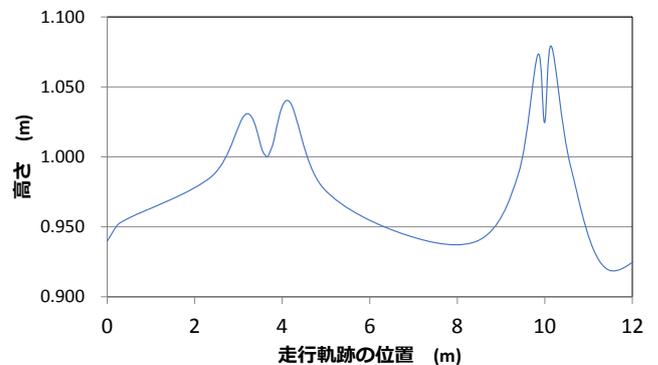


図-3 走行軌跡上の路面の高さ

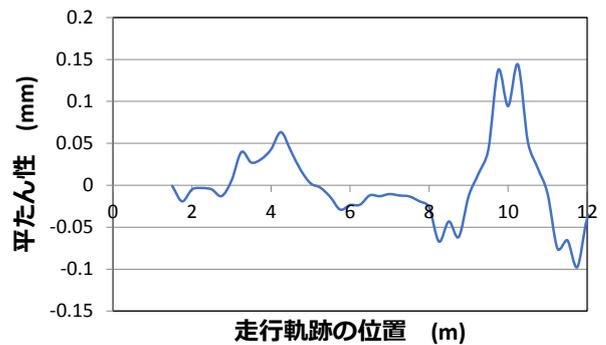


図-4 走行軌跡のプロフィール

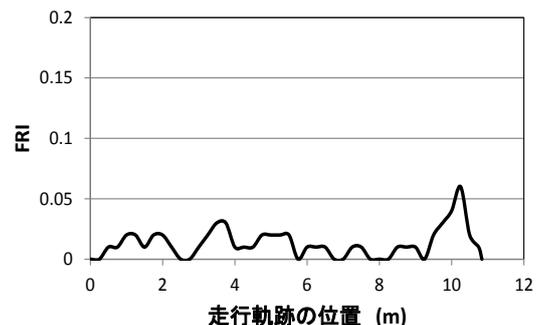


図-5 走行軌跡の FRI