



鉄道車両の停車時の乗り心地再現シミュレータの 小規模化のためのデータ分析

Data Analytics for Smaller Simulator of Ride Comfort when Rolling Stock Stop.

濱圭悟¹⁾, 江島寛人¹⁾, 高橋秀智²⁾

Keigo HAMA, Hiroto ESHIMA, and Hidetomo TAKAHASHI

- 1) 東京工科大学 工学系研究科サステイナブル工学専攻
2) 東京工科大学 工学部機械工学科 (〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1, takahashihdtm@stf.teu.ac.jp)

概要: 鉄道車両の停車時に躓くような衝撃を感じることもある。特に通勤列車は立位姿勢の乗客が多く、姿勢の安定性にも影響を及ぼす。シミュレータを用いれば乗り心地が良いと感じられる程度を調査できるが、鉄道車両の乗り心地を再現するシミュレータは規模の大きなものとなる。小規模なものにできればより手軽に乗り心地の評価を行えると考えた。そこで、実際の車両走行時の 6 軸挙動計測を行い、分析結果より必要な仕様を明確化する。

キーワード: 移動感覚, 乗り心地, 車両, 鉄道

1. 背景

鉄道車両の走行中の乗り心地は振り子装置や空気ばねなどの開発により向上してきた。また、減速中の乗り心地についての研究も行われている[1]。しかし、停車する瞬間にまで言及されているものは見当たらない。特に在来線の電車に立位姿勢で乗る際、車両が止まる瞬間に躓くような衝撃を感じることもあり、どの要素が乗り心地に影響するかの調査、そして改善の余地がある。また、現在乗り心地について調査を行う際は現車を走行させる方法がある。これは条件を揃えて多くの被験者を対象とし評価試験を行うことは困難である。様々な乗り心地を再現できるシミュレータを用いる方法もあるが大規模であり手軽さには欠ける[2]。

そこで本研究では鉄道車両の停車時の挙動を再現できる小規模なシミュレータの製作を目指す。

2. 目的

これまでに実際に列車に乗り、センサを用いて 6 軸方向について停車時の加速度および床面角度を測定した。それらのデータを分析することにより、製作するシミュレータの仕様を明確にする。

3. 関連研究

小淵らの研究では汎用 3 次元振動台と傾斜台、並進台を組み合わせた加減速時の乗り心地を再現できる小規模な

シミュレータを開発している[3]。これを参考に停車時の車両の挙動を再現できるシミュレータの製作を目指す。

4. 測定

WitMotion 社の 6 軸センサ BWT901CL を営業列車の床面に固定し加速度および床面角度変化を測定した。通勤路線であり立位姿勢の乗客が多く、また駅数が多く運行密度も高いため強めのブレーキを用いることの多い山手線のデータを分析する。シミュレータの仕様を決定するにあたり、最大でどの程度の加速度、床面角度を再現できればよいのかを知る必要がある。図 1 より、山手線は環状線であるため曲線が多く、西側が台地で東側が低地となっていることがわかる。したがって、中でも小半径の曲線や大きな勾配のような車両の挙動や乗客の乗り心地への影響が大きくなると考えられる線形の箇所注目する。

今回は直線で水平な線形で基準とする秋葉原駅、半径 310m の曲線の後の停車となる鶯谷駅、標高差が 19.5m の下り勾配の後の五反田駅、29%の勾配を上った後の西日暮里駅の 4 駅を選出した。

測定は、進行方向を x 軸+, 右方向を y 軸+, 上方向を z 軸+とした。また、床面角度については x 軸まわりをロール, y 軸まわりをピッチ, z 軸まわりをヨーとした。

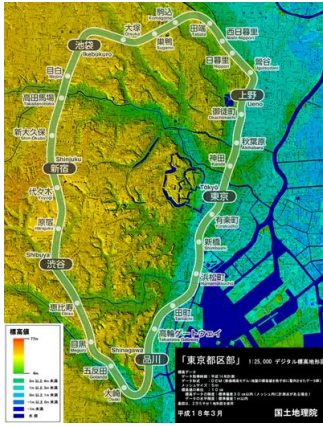


図1 山手線の経路と標高
(国土地理院デジタル標高地形図に
実形山手線路線図を重ねて作成)

4.1 秋葉原駅

秋葉原駅は直線を走行しての停車である (図2)。



図2 秋葉原駅の線形 (Google マップより)

停車時の加速度と床面角度の変化を図3, 4に示す。

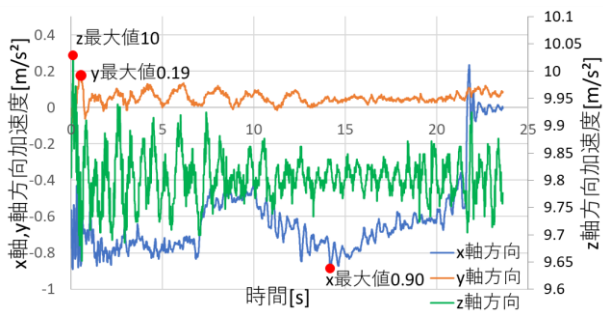


図3 秋葉原駅停車時の加速度変化

図3に示す加速度の最大値は絶対値で示している。以降同様である。

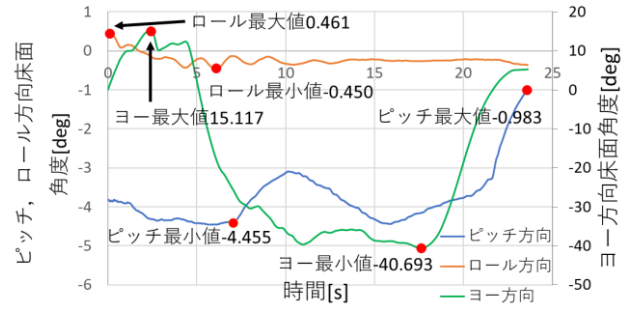


図4 秋葉原駅停車時の床面角度変化

4.2 鶯谷駅

鶯谷駅は半径310mの曲線を走行しての停車である(図5)。



図5 鶯谷駅の線形 (Google マップより)

停車時の加速度と床面角度の変化を図6, 7に示す。

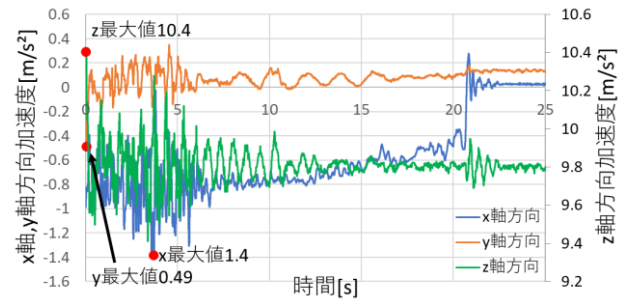


図6 鶯谷駅停車時の加速度変化

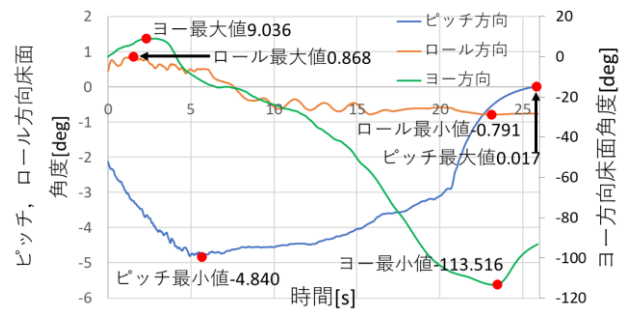


図7 鶯谷駅停車時の床面角度変化

4.3 五反田駅

五反田駅は標高が 3.3m であり、1 駅前の目黒駅の標高は 22.8m であるため大きな勾配を下つての停車である[4] (図 8).

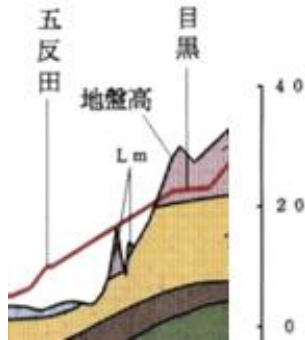


図 8 五反田駅と目黒駅の線形

(東京都地質調査業協会, "技術ノート", No.15, 1993 年より)

停車時の加速度と床面角度の変化を図 9, 10 に示す.

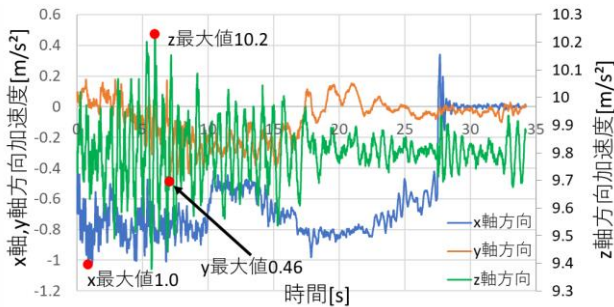


図 9 五反田駅停車時の加速度変化

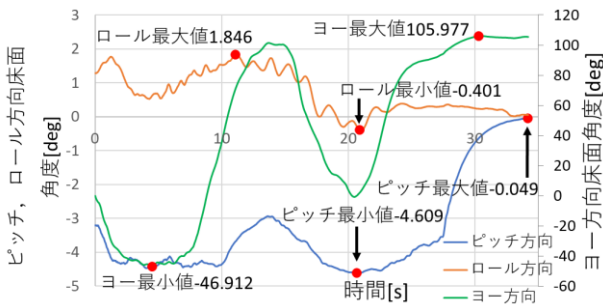


図 10 五反田駅停車時の床面角度変化

4.4 西日暮里駅

西日暮里駅は標高が 12.4m であり、1 駅手前の日暮里駅の標高は 5.5m であるため大きな勾配を上つての停車である[5] (図 11).

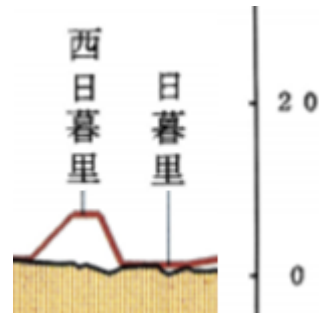


図 11 西日暮里駅と日暮里駅の線形

(東京都地質調査業協会, "技術ノート", No.15, 1993 年より)

停車時の加速度と床面角度の変化を図 12, 13 に示す.

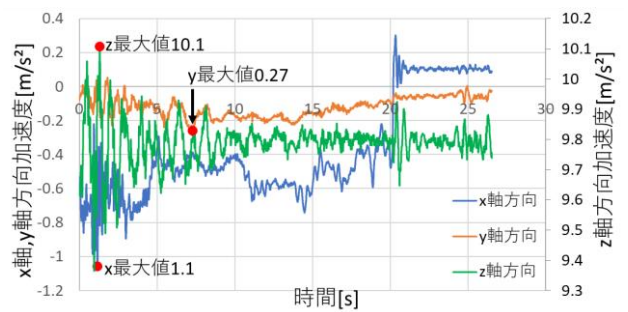


図 12 西日暮里駅停車時の加速度変化

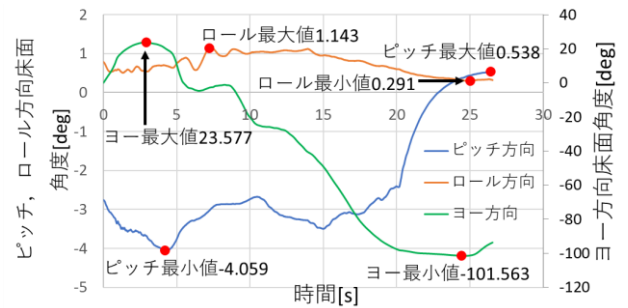


図 13 西日暮里駅停車時の床面角度変化

加速度の図に比べて床面角度の図の線が滑らかに引かれている理由は、センサがカルマンフィルタを用いて角度を導出しているためだと考えられる.

5. 比較

各駅についての加速度の絶対値の最大値を表 1 に、それぞれの方向の床面角度の最大値と最小値を表 2, 3, 4 に示す.

表 1 加速度

[m/s ²]	x 軸方向	y 軸方向	z 軸方向
秋葉原	0.90	0.19	10
鶯谷	1.4	0.49	10
五反田	1.0	0.46	10
西日暮里	1.1	0.27	10

表2 床面角度 ピッチ方向

[deg]	最大値	最小値
秋葉原	-0.983	-4.455
鶯谷	0.017	-4.840
五反田	-0.049	-4.609
西日暮里	0.538	-4.059

表3 床面角度 ロール方向

[deg]	最大値	最小値
秋葉原	0.461	-0.450
鶯谷	0.868	-0.791
五反田	1.846	-0.401
西日暮里	1.143	0.291

表4 床面角度 ヨー方向

[deg]	最大値	最小値
秋葉原	15.117	-40.693
鶯谷	9.036	-113.516
五反田	105.977	-46.912
西日暮里	23.577	-101.563

6. 考察

停車に至るまでの走行環境について異なる特徴の4か所を比較した。直線や曲線、勾配を走行して停車する場合の車両の挙動はそれぞれ異なることが測定データからもわかる。表5, 6に今回分析した結果よりわかったシミュレータに必要なスペックを示す。各方向の最大値および最小値を再現することができれば、多様な停車パターンを試験できる小規模なシミュレータを実現できると考える。

表5 必要な加速度のスペック

	加速度[m/s ²]
x軸方向	1.4
y軸方向	0.49
z軸方向	10

表6 必要な床面角度のスペック

床面角度[deg]	最大値	最小値
ピッチ方向	0.538	-4.840
ロール方向	1.846	-0.791
ヨー方向	105.977	-113.516

7. 今後の予定

今回の結果に加え、さらに角速度と角加速度にも注目し、他の測定したデータを分析、比較する。それらを元に実際にシミュレータを設計、作製する。

また、人間の感覚特性について評価を行い、車両の挙動から乗客が感じられる乗り心地の関係についても調査する。

本研究のシミュレータを用いれば停車時の乗り心地を規模の大きな設備を用いることなく、より手軽に評価できるようになり乗り心地の向上への貢献、そして躓くような衝撃を感じる原因の究明にも役立つと考える。

参考文献

- [1] 小美濃幸司, 白戸宏明, 遠藤広晴, 清野寛: 乗り心地に配慮したブレーキパターン, 人間工学, 42 巻3号, p. 164-171, 2006
- [2] 須田義大, 林哲也, 金保忠正, 平沢隆之: 鉄道車両の振動・動揺環境下における快適性評価に対するシミュレータ実験, 日本機械学会「運動と振動の制御」シンポジウム講演論文集, 9 巻, p. 164-167, 2005
- [3] 小淵勇樹, 中里祐一, 宮島康行, 下坂陽男: 鉄道車両の加速度を再現できるシミュレータを用いた乗り心地評価, 日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集, J182011, 2012
- [4] 品川区, “広報しながわ”, 1819号, pp.4-5, 2012年
- [5] 国土地理院地図