

## 急曲線における非線形接触状態を考慮した車輪/レールの接触幾何実験

[機] 須田 義大 ○ [機] 仁科 穰 [機] 小峰 久直 [機] 林 世彬 [機] 辻 隆史 (東京大学)

[機] 宮本 岳史 [機] 土井 久代 [機] 陳 樺 (鉄道総合技術研究所)

[機] 杉山 博之 [機] 谷井 良充 (東京理科大学)

### Analysis of Wheel/Rail Contact Geometry during Tight Curving Considering Nonlinear Contact Conditions

Yoshihiro Suda, ○Minoru Nishina, Hisanao Komine,  
Shihpin Lin, Takashi Tsuji, (The University of Tokyo),  
Takefumi Miyamoto, Hisayo Doi, Hua Chen, (Railway Technical Research Institute)  
Hiroyuki Sugiyama, Yoshimitsu Nanii, (Tokyo University of Science)

When the dynamics of railway vehicle is considered, understanding the wheel/rail contact positions is very important because most of the forces acting to the vehicle are introduced through this contact positions. However, investigations of wheel/rail contact geometry in tight curves including flange contact are not conducted well. The authors performed experiments of contact geometry in a tight curve of 48.3m in radius. The results are shown in this paper.

キーワード：接触幾何，フランジ接触，急曲線

Key Words：Contact geometry, Flange contact, Tight curve

#### 1. 緒言

今日では、一方では 300km/h 超の高速化、また他方では半径 10m 程度の超急曲線をスムーズに走行できることが望まれており、走行条件は以前よりも格段に厳しいものとなっている。鉄道車両に加わる力の大部分は、車輪/レールの接触点を通じて伝えられるため、このような厳しい走行条件における鉄道車両のダイナミクスを考える際、車輪/レールの接触幾何の把握は非常に重要である。

また、鉄道車両のダイナミクスだけでなく、踏面形状の設計の際にも、接触幾何の把握は重要となる。近年、LRT が欧州をはじめとして広がりつつあり、LRT に適した踏面形状の開発が望まれている。しかしながら、急曲線におけるフランジ接触も含めた接触幾何の検討は未だ十分に行われていない。

そこで著者らは、実物の台車および軌道を用いて、曲線半径 48.3m という急曲線における、静止状態での車輪/レールの接触幾何実験を行ったので、本稿ではその内容を報告する。

#### 2. 接触幾何実験

##### 2.1 実験装置

###### (1) 東京大学生産技術所 千葉試験線

実験で使用する軌道は、図 1 に示す、東京大学生産技術研究所が 2007 年 10 月に千葉実験所に敷設した試験線である。鉄道の試験線は車両の走行試験のために大変重要なものである。海外においては、高速走行や、急曲線通過性能が評価できる大規模な試験線が存在し、研究開発のみならず各種試験、乗務員の訓練など幅広い目的に活用されている。一方、日本国内には本格的な試験線はほとんど存在しない。本試験線は LRT をはじめ様々な試験の実施を目的に敷設された試験線であり、大学が所有する日本初の施設である。

試験線の特徴は以下の通りである。

- LRT における急曲線通過を模擬することを想定し、曲線半径を 48.3m に設定。
- 国際的な標準である 1435mm の標準軌を採用。
- 脱線防止のため、内軌側に脱線防止レールを設置。
- 定常円曲線内に、地上計測が可能な設備がある。
- 試験線用地は、構内道路および自動車などの走行実験



輪軸の左右変位, ヨー角, ロール角はレーザ変位計を用いて測定し, 車輪/レールの接触点位置は感圧紙を用いて測定する.

前輪軸に与える変位の条件は, 以下の通りである.

- 実験1. 計測地点まで, 準静的に移動させた場合
- 実験2. 輪軸中心を軌間中心に近づけた場合
- 実験3. 外軌側車輪が 2 点接触する場合

実験の様子を図 6 に, 車輪とレールの接触状態を図 7 に示す.

2.3 実験結果

実験結果を表 2 に, 実験 3 における接触痕を図 8 に示す. なお, 左右変位は, 外軌側に変位する場合を正, ヨー角は時計回りを正, ロール角は進行方向に対して反時計回りを正としている. 実験 1 では, 左右変位が 17.16mm と大きいにもかかわらず, フランジ接触を生じていない. これは, 軌道に 20mm のスラックが存在するためである. 図 8 から, 実験 3 ではフランジ部の接触点前後位置が車輪の接触点前後位置と大幅にずれることがわかった.

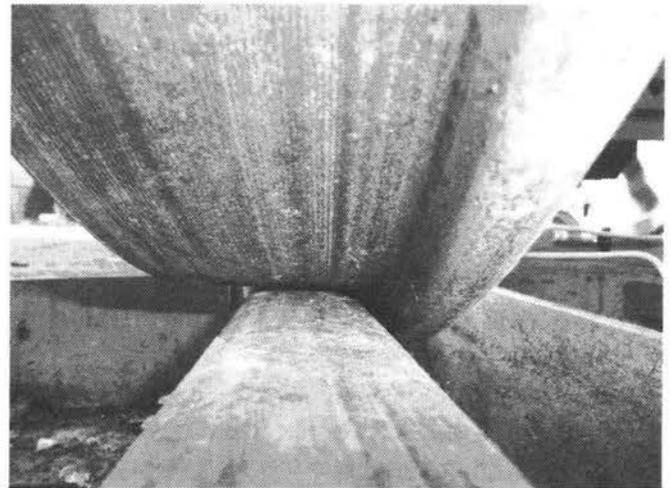


図 7 車輪とレールの接触状態

表 2 実験結果

実験番号	左右変位 [mm]	ヨー角 [deg]	接触点位置 [mm]		
			接触場所	左右	前後
1	17.2	1.93	内軌車輪	-744.5	7.5
			外軌車輪	747.7	14.2
2	2.7	0.69	内軌車輪	-752.5	-1.0
			外軌車輪	751.6	7.5
3	18.0	2.80	内軌車輪	-752.0	-34.2
			外軌車輪	747.8	14.5
			フランジ	725.0	46.0

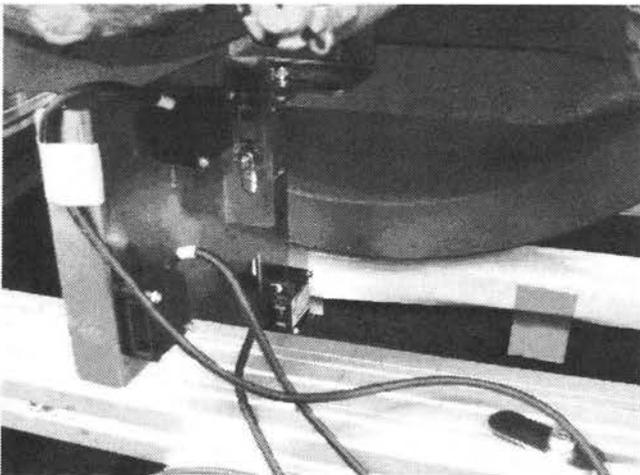


図 5 計測方法

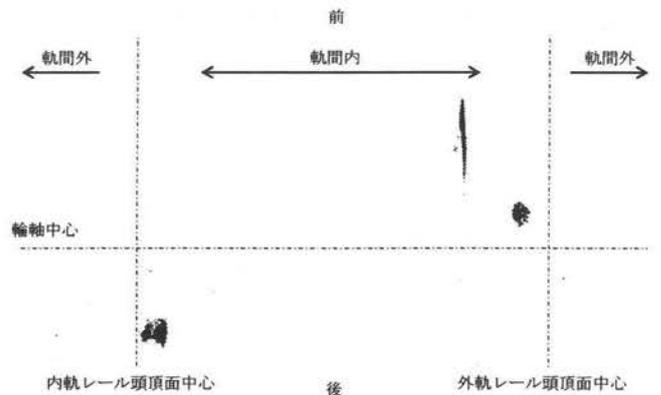


図 8 実験 3 の接触痕 (左側: 内軌車輪, 右側: 外軌車輪)

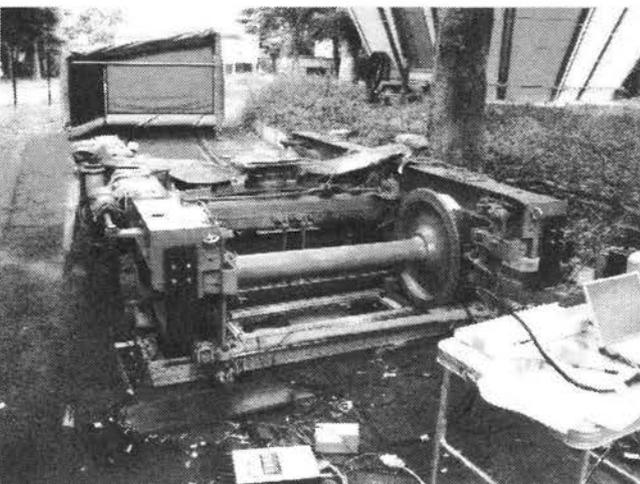


図 6 実験の様子

3. 考察

今日の車輪, レールは円弧を組み合わせた形状を有していることが多く, 接触幾何学は非常に複雑となる. そのため, 接触幾何解析では複雑さを理由に, 輪軸が左右方向のみに動く 2 次元問題として取り扱われることが多い<sup>2)</sup>. ところが, 表 2 に示す実験結果より, 車輪/レール接触点の前後位置が, 左右の車輪で大きくずれることがわかった. そのため, 厳密な接触幾何解析を行うためには, ヨーイングの影響も含めた 3 次元解析をする必要があるといえる.

一方, 著者らが提案する接触幾何解析手法では, 三次元接触幾何解析が可能である. さらに, 輪軸がヨー変位した上でフランジ接触が発生する場合, フランジ前方または後方で 2 点目の接触が発生するため, 車輪の周方向の接触点

移動も厳密に考慮する必要があるが、本手法ではそれが可能である<sup>3)</sup>。そこで今後、今回の実験結果と本手法との比較を行う予定である。さらに、今回の実験で使用した台車とは異なる車輪踏面形状を有する台車の接触幾何実験および接触幾何解析も行う予定である。

#### 4. 結言

本稿で得られた知見を以下に示す。

- ・ 実物の軌道と台車を用いて、半径 48.3m の急曲線における車輪/レールの接触幾何実験を行った。
- ・ ヨー角がついている場合、車輪/レールの前後方向接触点位置が、左右の車輪で大きくずれることがわかった。
- ・ ヨー角がついている状態でフランジ接触が発生する場合、踏面での接触点の前後位置とフランジでの接触点の前後位置が大きくずれることがわかった。

#### 参 考 文 献

- 1) 日本機械学会編：鉄道車両のダイナミクス，電気車研究会，1994。
- 2) 須田義大，宮本昌幸：車両の運動力学入門-11～第 11 回車輪・レールの接触幾何学～，鉄道車両と技術，1996 年 6 月号，pp. 29-32，1996。
- 3) 杉山博之，須田義大：バックゲージ接触も考慮した車輪/レール 2 点接触幾何解析手法，日本機械学会論文集(C 編)，73 巻 729 号，pp. 1457-1464，2007。