

○砥上 靖弘 後藤 亮介 荻野 智久 鹿田 敬司 (東京地下鉄)

砥出 朋史 水野 将明 正[機]下川 嘉之 (新日鐵住金)

Development of the new concept steering truck Part2

Yasuhiro TOGAMI, Ryosuke GOTO, Tomohisa OGINO, Keiji SHIKATA, Tokyo Metro, 3-19-6, Higashiueno, Taito-ku, Tokyo  
Tomofumi TOIDE, Masaaki MIZUNO, Yoshiyuki SHIMOKAWA, Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation

There are many problems in sharp curve negotiation such as large lateral force, squeal noises and excessive wear of wheel flange and rail gauge corner. To solve these problems, single axle steering truck has been developed by Tokyo Metro and Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation, and Tokyo Metro adopted this newly developed steering truck for the new train series 1000 for Ginza-line. The series 1000 has started commercial operation in April 2012 and silence of cabin is highly appreciated. In this paper, the design concept and outline of steering truck for series 1000 are described. And curving performance of steering truck for series 1000 is evaluated based on the result of field test.

Keywords : railway, vehicle dynamics, steering truck, lateral force, wear, squeal noise

1. はじめに

地下鉄路線では、建設の制約上、急曲線やカントでい減倍率の小さい曲線が多く存在し、著大横圧、車輪・レール間の騒音、車輪フランジ摩耗、緩和曲線での著大な輪重変動などの課題がある。これらの解決策として、著者らは、軸箱支持剛性・空気ばね系の最適化<sup>(1),(2),(3)</sup>、ボルスタ付台車の再評価<sup>(4)</sup>、摩擦調整材噴射装置<sup>(5),(6)</sup>の開発等に取り組み、実用化してきた。

これら諸課題の更なる改善を目指し、東京地下鉄と新日鐵住金(旧住友金属)は、車両中央側の軸のみを操舵する試作操舵台車(FS576台車)を共同開発した。そして操舵台車によって、曲線走行時の横圧、騒音の低減、車輪フランジ摩耗の低減を確認した<sup>(7)</sup>。

その結果、操舵台車の曲線通過性能が良好であったことから、銀座線新造車両の1000系用の台車として、新規にSC101操舵台車を設計した。2012年4月から営業運転を開始した銀座線1000系車両の外観をFig.1, SC101操舵台車の外観をFig.2に示す。本報では、本操舵台車の概要、夜間試運転結果、及び営業運転時の軌道からの測定結果について報告する。



Fig.1 銀座線 1000系車両外観

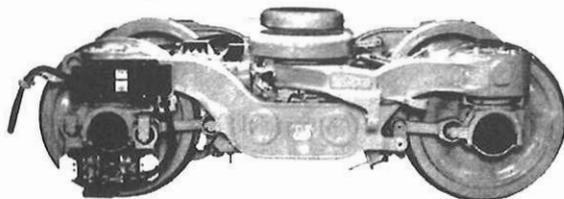


Fig.2 SC101 操舵台車外観

2. SC101 操舵台車概要

2.1 SC101 操舵台車の構成

銀座線1000系車両の構成をFig.3に示す。車端側の車軸(第1軸, 第4軸)は非操舵軸, 車体中央側の車軸(第2軸, 第3軸)は操舵軸であり, 1台車のうち, 片軸のみを操舵する。本操舵方式の採用により, 両軸操舵と比較して, 操舵装置をコンパクトにでき, メンテナンス性向上にも寄与できる。なおSC101台車の操舵装置の質量は, 関連部品を含めて100kg未満である。

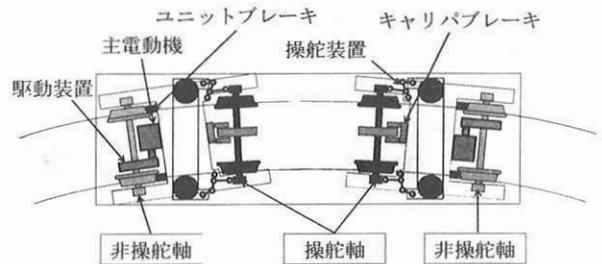


Fig.3 銀座線 1000系車両の構成

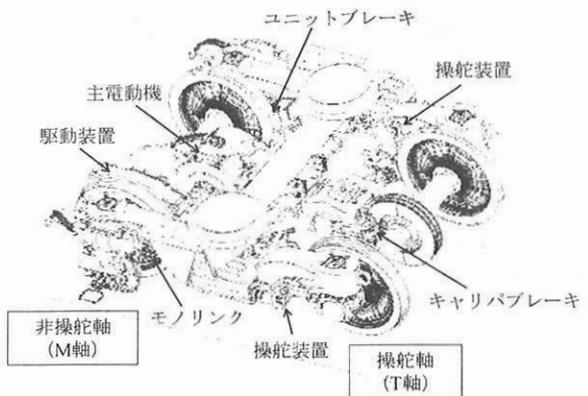


Fig.4 SC101 操舵台車の概略図

SC101 操舵台車の概略図を Fig.4、主要諸元を Table1 に示す。車端側第1軸、第4軸の非操舵軸の軸箱支持装置は、従来のモノリンク式とし、ブレーキ装置はユニットブレーキを採用した。また、車端側の第1軸、第4軸には、緩和曲線通過時に著大な輪重変動が生じることから、主電動機、駆動装置を非操舵軸に搭載し、M軸として軸重を増大させ、輪重抜け割合を抑制した。

車体中央側の操舵軸は、T軸とした。操舵軸のブレーキ方式はディスクブレーキ式とし、キャリバ装置によって、操舵による台車枠と車軸の相対ヨーイング角を許容している。

Table1 SC101 操舵台車

軌間	1435mm
ボギー中心間距離	10500mm
軸距	2000mm (直線時)
車輪踏面	銀座・丸ノ内線型円弧踏面
操舵比	1 : 5.25
軸箱支持方式	モノリンク方式 (非操舵軸) 操舵リンク方式 (操舵軸)
車体支持方式	ダイレクトマウント方式
ブレーキ方式	空圧式ユニットブレーキ (非操舵軸) 空圧式ディスクブレーキ (操舵軸)

## 2.2 操舵装置

SC101 操舵台車の操舵装置は、揺れ枕-台車枠-軸箱(輪軸)をリンク機構で接続したボギー角連動式のリンク式操舵装置である。操舵装置の動作機構を Fig.5 に示す。リンク式の操舵装置は、輪軸を機械的に操舵させるため、曲線出入口や分岐器等での動作遅れが生じるが、地下鉄のような急曲線が多く、動作頻度の多い環境下に適した、信頼性の高い操舵装置である。

操舵比は、操舵軸が曲線区間で幾何的にラジアル方向を向き、アタック角がゼロとなるように設定した。

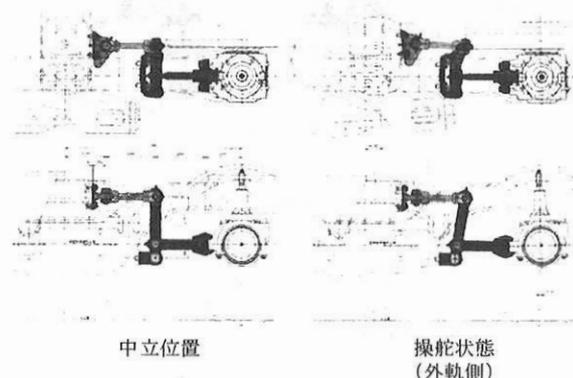


Fig.5 操舵装置の動作

## 3. 曲線通過時の台車挙動

### 3.1 通常台車

通常台車の台車姿勢を Fig.6 に示す。通常台車では、台車の前軸(前台車: 第1軸、後台車: 第3軸)にアタック角が生じ、それに伴う横クリープ力が発生する。さらに後軸(前台車: 第2軸、後台車: 第4軸)は車輪・レール接触位置が軌道中心付近のため、輪径差不足となり、縦クリープ力(接線力)が発生する。そして前軸の横クリープ力と、後軸の縦クリープ力により、前軸外軌に高横圧が発生する。

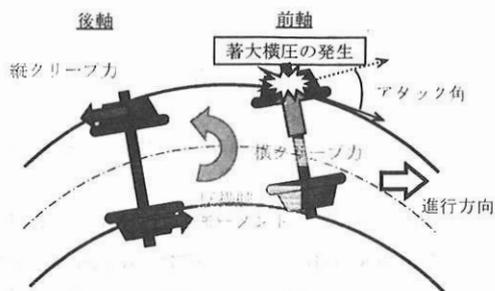


Fig.6 曲線中の通常台車の姿勢

### 3.2 操舵台車 (前台車)

操舵台車の前台車姿勢を Fig.7 に示す。進行方向前側の操舵台車では、後軸を操舵することによって、後軸の車輪・レール接触位置が外軌側に寄り、第2軸の縦クリープ力が減少する。また、第2軸が外軌側にあるため、台車姿勢が、通常台車よりもオーバーステアリング側の姿勢となるため、直接操舵されない第1軸においてもアタック角が減少し、第1軸の横クリープ力が減少する。その結果、第1軸の外軌横圧が減少する。

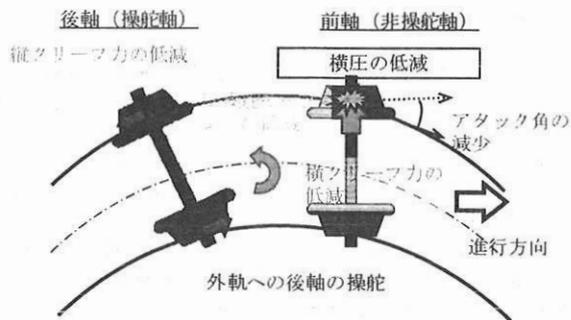


Fig.7 曲線中の操舵台車の姿勢 (前台車)

### 3.3 操舵台車 (後台車)

操舵台車の後台車姿勢を Fig.8 に示す。進行方向後側の操舵台車では、前軸である第3軸を操舵することで、アタック角が減少し、第3軸に発生する横クリープ力が減少する。その結果、第3軸の外軌横圧が減少する。

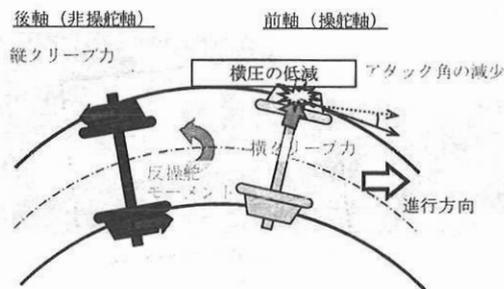


Fig.8 曲線中の操舵台車の姿勢 (後台車)

## 4. 現車試験結果

通常台車と操舵台車の曲線通過性能比較のため、2011年12月に、丸ノ内線で、空車条件で現車試験を実施した。

現車での比較試験は、Fig.9 に示す1401号車で行い、操舵条件で走行後、操舵装置を取り外して通常のモノリンク条件とし、同一区間を走行した。



結果を Fig.16 に示す。操舵台車では、1kHz 以下の低周波数領域および 4~7kHz の高周波数領域で、車輪・レール間の騒音が大幅に抑制されている。

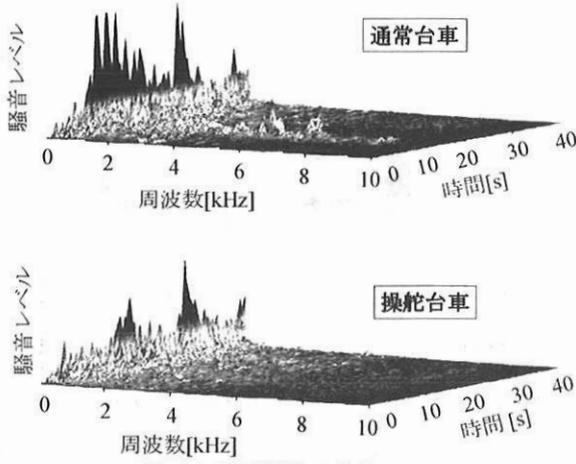


Fig.16 床下騒音の比較

### 5. 営業線測定結果

レールにひずみゲージと振動加速度計が設置されている円曲線区間で、営業運転中の 1000 系操舵台車車両と従来の 01 系通常台車車両の輪重・横圧と、車両通過中のレールの振動加速度測定を行った。01 系車両の測定は、乗車率条件および車輪・レール潤滑条件等を、1000 系車両と極力合わせるため、1000 系が通過した前後に走行した 01 系車両と比較した。試験条件を Table2、測定結果を Fig.17, Fig.18 に示す。

Table2 営業運転での測定条件

項目	詳細
曲線条件	曲線半径 120m, カント 95mm, スラック 12mm
測定期間	2012 年 9 月 11 日~10 月 3 日
測定軸位	6 号車進行方向最先頭軸 (第 4 軸, T 軸) の横圧 6 号車進行方向最先頭軸 (第 4 軸, T 軸) の 内軌レール左右振動
測定軸の 空車軸重	1000 系操舵台車車両 65kN 01 系通常台車車両 65kN

Fig.17 より、1000 系操舵台車車両では 01 系通常台車車両と比較して、営業運転においても、横圧は低い値で安定している。

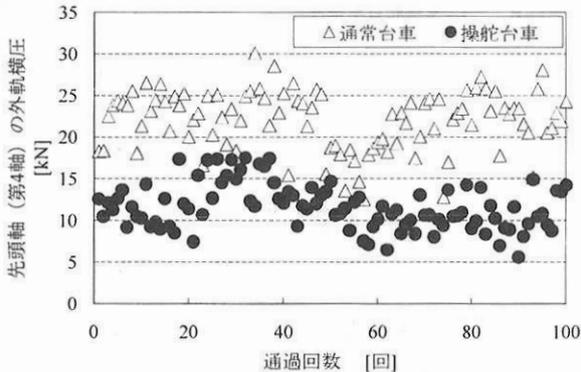


Fig.17 先頭軸 (第 4 軸) の外軌横圧の比較

Fig.18 より、1000 系操舵台車車両は、レール左右振動加速度の大幅な低減が確認できる。これは、操舵によるアタック角の減少等により、車輪・レール間のすべりが減少したためと推定する。これにより、軌道に与える負荷を低減している。

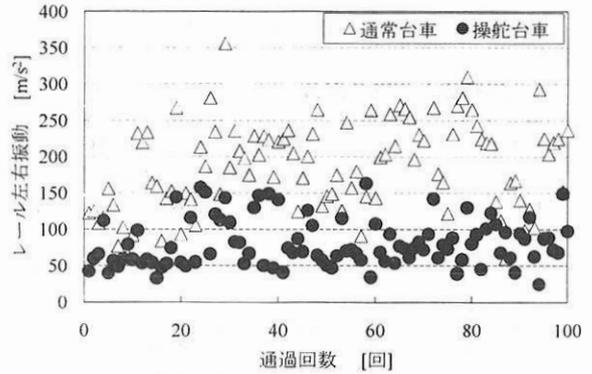


Fig.18 先頭軸 (第 4 軸) の内軌レール左右振動の比較

### 6. まとめ

鉄道車両における走行安全性、快適性の更なる向上、車輪・レールの摩耗特性改善を目的に、東京地下鉄と新日鐵住金 (旧住友金属) は、車両中央側の軸のみを操舵する試作操舵台車 (FS576 台車) を共同開発した。その結果、操舵台車の曲線通過性能が良好であったことから、銀座線新造車両の 1000 系用の台車として、新規に SC101 操舵台車を設計し、2012 年 4 月から営業運転を開始した。

1000 系車両用 SC101 操舵台車で、操舵台車と通常台車の曲線通過性能を比較した結果、横圧低減、騒音低減、レール振動の低減を確認した。

2012 年 10 月現在、営業線投入開始から約 6 ヶ月が経過しているが、曲線通過性能は良好な状態で安定している。今後も各種走行安全性能、車輪・レールの摩耗特性について、調査する予定である。

### 参考文献

- 1) 留岡, 鹿田, 加部, 生方, 仲田, 佐藤, 下川, 岡本: 空気ばね系が輪重変動に与える影響, 日本機械学会第 10 回交通・物流部門大会講演論文集, No.2211, 2001
- 2) 留岡, 加部, 富岡, 栗原, 佐藤, 中居, 下川: 空気ばね系が輪重変動に与える影響 (第 2 報), 日本機械学会第 12 回交通・物流部門大会講演論文集 No.1205, 2003
- 3) 栗原: 営団地下鉄における最近の台車開発, 鉄道車両と技術, No.80, pp.16-22, 2003
- 4) 荻野, 下村, 中居, 佐藤, 下川: 東京メトロの最新のボルスタ付台車について, 鉄道技術連合シンポジウム J-Rail2009 講演論文集, pp.179-182, 2009
- 5) 留岡, 加部, 野村, 須田, 小峰, 中居, 谷本, 岸本: 営業線における車輪/レール間摩擦特性制御, 鉄道技術連合シンポジウム J-Rail'01 講演論文集, pp.535-538, 2001
- 6) 齋藤: 車輪接線力モニタリングによる摩擦調整材噴射制御システム, R&M, Vol.18, No.6, pp.10-14, 2010
- 7) 岩本, 梅原, 下村, 荻野, 鹿田, 水野, 亀甲, 下川, 中居: 地下鉄用新操舵台車の開発, 鉄道技術連合シンポジウム J-Rail2010 講演論文集, pp.191-194, 2010