

国内における路面電车用動力転てつ機の調査

潮見 俊輔* 五十嵐 義信*

Survey of the Point Machines of All Tram Lines in Japan

Shunsuke SHIOMI Yoshinobu IGARASHI

We surveyed the usage of point machines which are installed in all tram lines in Japan. We confirmed that 27% of the point machines were “active” point machines: electric point machines, hydro-electric point machines and a pneumatic point machine. Also, 18% of the active point machines were manufactured by foreign companies. Because those machines have advantages in space saving and systemization, they have been installed recently. We also confirmed problems of designing an active point machine for trams. One of the problems is the small market: only 121 active point machine units are installed in the tram lines. Thus a new point machine for the trams should be designed so as to be capable of the operation of non-tram railway’s turnouts. However, it concerns another problem which is miniaturization, because the stroke of the tongue rail affects the width of the point machine.

キーワード：路面電車，LRT，動力転てつ機，電気転てつ機，発条転てつ機，調査

1. はじめに

現在，国内各都市において路面電車の新設や改良が計画，実施されている^{1) 2) 3)}。特に，既存の路線網への新しい路線の追加や，利便性向上のためのターミナル駅更新などを伴う場合において，列車の進行方向を変える動力転てつ機の更新や新規導入が行われると考えられる。しかし，現在一般的に供給されている動力転てつ機は，普通鉄道での使用を前提としているものであり，路面電車の使用に対して最適化されたものであるとは言い難い。今後，路面電車をはじめとした地方交通の再構築に寄与する研究開発を実施するにあたっては，路面電車向けの動力転てつ機が具備すべき特有の要件について，現状を踏まえた上で整理を行う必要があると考えられる。

本報では，日本国内における路面電车用の動力転てつ機について実数および使用状況を調査した結果について報告を行う。また，上記の調査結果を踏まえ，路面電車向け動力転てつ機が具備すべきと考える機能について述べる。

2. 路面電车用動力転てつ機の実態調査

2.1 調査対象，調査時期

路面電车用動力転てつ機の使用実態を把握するため，表1に示す，道路上に敷設された軌道を有する軌道事業者のうち普通鉄道と同様の車両を運行する路線（例：京

阪電鉄京津線）を除いた路線，鉄道事業者のうち軌道線と事実上一体的に運営されている路線（例：富山ライトレール），および歴史的経緯により軌道事業者に類する車両を運行する路線（例：筑豊電気鉄道線）において実態調査を行った。

表1 調査対象および調査時期

事業者名	路線名	調査時期
札幌市	一条線，山鼻西線，山鼻線	2010.5
函館市	全線	2010.8
東京都	荒川線	2010.12
東京急行電鉄	世田谷線	2010.12
豊橋鉄道	東田本線	2010.11
福井鉄道	福武線 (鉄軌分界点～田原町， 市役所前～福井駅前)	2010.11
富山地方鉄道	富山軌道線	2010.3 2014.12
富山ライトレール	全線（鉄道線含む）	2010.3
万葉線	全線（鉄道線含む）	2010.3 2012.12
阪堺電気軌道	全線	2010.10
岡山電気軌道	全線	2009.4
広島電鉄	全線（鉄道線含む）	2009.4 2010.12
土佐電気鉄道 (現とさでん交通)	全線	2009.4
伊予鉄道	城南線，同連絡支線， 本町線，大手町線， 花園線，城北線（鉄道線）	2010.3
筑豊電気鉄道	全線（鉄道線）	2010.6
熊本市	全線	2010.9
長崎電気軌道	全線	2010.12
鹿児島市	全線	2010.10

* 信号・情報技術研究部 信号システム研究室

対象は営業運転を行う本線上の転てつ機とし、車庫や側線内ものは含まない。また、調査は2009年（平成21年）4月から2010年（平成22年）12月の期間に実施した。また、一部線区についてはその後に改良が行われた箇所のみ追加調査を行った。

2.2 調査結果

2.2.1 総数および種類

対象事業者全体および鉄軌道別の総数、および種類別の数量を表2に示す。動力転てつ機のうち、電気等により能動的に動作するものが27%、発条転てつ機など分岐器背向からの車両の進入により受動的に動作するものが72%であった。また、本調査の対象外であるが、レバー等により手動操作を行う分岐器は29箇所を確認された。

電気等を動力とする転てつ機のうち、国内メーカにより製造されたものは82%、海外メーカ製のものは18%であった。また、発条転てつ機等のうち、国内メーカ製と確認できたものは73%、海外メーカ製と確認できたものは12%、メーカの商標や銘板が存在せず、製造元が確認できないものは15%あった。電気転てつ機および発条転てつ機の例を図1に示す。

国産の路面電車用電気転てつ機のうち、昭和20年代から30年代に開発されたと推測されるものが電気転てつ機全体の20%を占めている。近年に製作されたものも存在するが⁴⁾、路面電車向けとして導入されているものは7%にすぎない。普通鉄道向けのNS形やYS形電気転てつ機を使用している箇所が54%ある。NS形は鉄道区間や新設軌道に限らず、路面区間において使用される例も存在する。

海外製の転てつ機については、特に、新線や利便性向上等のために停留所を移設・改良した箇所での導入事例が多いが、既存の分岐器との置き換えの事例も存在する。分岐器と一体で供給されており、電気転てつ機、発条転てつ機、割り出し保持形転てつ機（背向から列車が進入した方向を保持する）の各タイプの導入事例がある。また、一部においては、車上制御装置を含めた転換システム全体として導入されている事例もある。

動力転てつ機の種類別の使用状況をまとめると以下の通りである。

- ・ 路面電車向けに設計された国産の電気転てつ機のうち、70%以上は昭和30年代以前に開発されたものである。
- ・ 路面電車用転てつ機の老朽取り替えは一部の事業者での実施に留まっている。近年新設や改良された箇所の多くでは、分岐器と一体的に供給された海外製の電気転てつ機が導入されている。
- ・ 発条転てつ機は、緩衝機能を持たない簡易的な構造の発条転てつ機を使用する例が多い。このうち半数近くは、片側のトングレールのみ可動の構造

のものが使用されている。

- ・ 海外製の発条および割り出し保持形転てつ機は、海外製の電気転てつ機と同一の箇所で使用されている例が多い。

表2 動力転てつ機の使用状況（数量、種類別）

種類	品形	数量	備考
電気転てつ機 (鉄道用)	NS形	63	
	YS形	2	
電気転てつ機 (軌道用)	KS形, KB形	17	S30～40年代製
	DLS形, DLG形	7	S30～40年代製
	ESM-RSA形	9	1990年代以降製
	H&K	18	海外製
	VAE	4	海外製
	京三製作所	1	品形不明
小計 (電気転てつ機等)		121	
発条転てつ機 (鉄道用)	SSP形	21	
	横形	17	
発条転てつ機 (軌道用)	大同 キャストイングス	129	片トングレールのみ可動
	大同 キャストイングス	67	両トングレール可動
	製造元不明	21	片トングレールのみ可動
	製造元不明	28	両トングレール可動
	H&K	33	海外製, 割り出し保持形含む
	VAE	4	海外製, 割り出し保持形含む
小計 (発条転てつ機等)		320	
合計		441	



(a) 電気転てつ機 (VAE製)



(b) 発条転てつ機 (大同キャストイングス製)

図1 動力転てつ機の使用例

2.2.2 路面電车用動力転てつ機の設置環境

路面電车用動力転てつ機の多くは、道路の中央に軌道が敷設される特有の環境に設備されている。このため、動力転てつ機および付属装置の設置形態は、転てつ機や分岐器の構造のみならず、道路や安全地帯などの環境の影響を受ける点が普通鉄道と大きく異なる。

道路上に設置されている分岐器に用いる動力転てつ機の設置位置は以下に大別される。

- (a) 分岐器軌間内
- (b) 安全地帯、停留場 (図2)
- (c) 歩道および類似する箇所 (図3)
- (d) その他 (図4)

(a) については、軌間内に設置可能な寸法・形状を有することが前提である。そのため、緩衝機構を持たない簡易的な構造の発条転てつ機を用いる箇所や、海外製の転てつ機を用いる箇所に限られている。



図2 動力転てつ機の設置例 (安全地帯, 停留場)



図3 動力転てつ機の設置例 (歩道上)

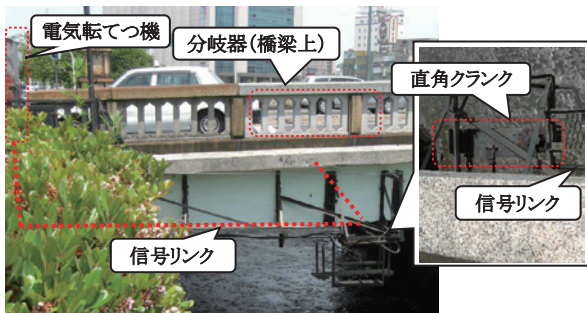


図4 動力転てつ機の設置例 (橋梁欄干部)

(b) については、十分な幅を有する停留場の付近に設置される場合に多く、動力転てつ機の種類は問わない。スイッチアジャスタ等の転てつ付属装置は普通鉄道に近い寸法のもので使用される。ただし、浸水対策として嵩上げて設置される場合や停留場ホーム下や道路下のマンホール内に設置される場合には、オフセットの大きなスイッチアジャスタが使用される。

(c) については、分岐器の転てつ棒の延長線上に設置される事例が多く、道路下を通る比較的長尺のスイッチアジャスタおよびロッドにより分岐器と接続されている。そのため、普通鉄道の分岐器に比べて、降雨による浸水や温度の影響を受けやすい環境にあると考えられる。また、(a)、(b) の環境や普通鉄道の転てつ機とは異なり、公衆が容易に立ち入りうる箇所に設置されることから、カバーや立入防止処置などの安全対策が必要となる。

(d) の例としては、橋梁の欄干付近に電気転てつ機を設置して、橋梁上の分岐器と信号リンクとクランクを用いて接続している事例が存在する。(c) の事例より更に保守が困難な環境におかれていると推測される。

なお、軌道事業者の新設軌道区間および軌道事業者と一体的に運営される普通鉄道等の動力転てつ機については、分岐器および動力転てつ機の種類から (a) の形態をとる箇所を除いて、普通鉄道と同様に分岐器のまわりに設置されている。

3. 考察

調査結果を踏まえ、路面電车用動力転てつ機が今後具備すべき条件について述べる。

3.1 少量生産への対応

国内の路面電车用動力転てつ機のうち、電気等により能動的に転換動作を行う種類の転てつ機は121台にすぎず、数万台が稼働している普通鉄道用の電気転てつ機と比べると市場規模は小さい。したがって、路面電用の動力転てつ機を今後開発する場合には、出荷台数が少ないことを想定しておく必要がある。例えば、海外製の転てつ機の例のように、発条転てつ機や割出し保持形転てつ機との設計の共通化を行うことや、普通鉄道、たとえば閑散線区向けの動力転てつ機としても使用できる設計とすることが一つの方策であると考えられる。

また、現在使用されている路面電用の動力転てつ機が長年にわたって使用されている状況から、老朽取替による継続的な受注は期待しにくい。路面電車向け動力転てつ機、特に電気転てつ機の開発や生産に関する知見の維持も特有の課題であるといえる。

3.2 形状および機能

設置環境上、最も制約が少ない形態は、分岐器軌間内に構成可能な転てつ機であり、分岐器横の路面下に設置可能なものがそれに次ぐと考えられる。

分岐器軌間内に転てつ機を設置する場合、分岐器の軌間とトングレールの動作量（行程）が転換機構の構造に影響する。国産の電気転てつ機の作動量（動程）が90mm、海外製で32～100mmで設計されており⁵⁾、路面電車用分岐器の行程は普通鉄道用分岐器の行程（最大約200mm）と比べると小さい。路面電車用の分岐器に限定した場合、軌間内に転換機構を収容することは比較的容易と考えられる。また、深さ方向の寸法も転換機構の制約条件となりうる。ただし、海外製のように分岐器と転てつ機が一体の転換システムとして設計され、転てつ機の軌間内設置を前提とした構造になっている場合であれば、制約を減らすことができると考える。

また、路面下に機構を設けることから、降雨に対する防水もしくは排水を考慮した設計とすることや、防錆を考慮した設計とすることが必要である。更に、軌道敷内への自動車の進入に耐えうる構造とすることが必要である。

動力源については、現在、電気動力が一般的であるが、海外製の動力転てつ機では、電動油圧式（Electro-Hydraulic drive）や電磁式（Electro-Magnetic drive）のもの、電空式のもが用いられている^{5) 6)}。転換力はNS形などの普通鉄道用の電気転てつ機と比べて大きく、5kN程度としているものが多い。

また、線形によっては、これまで発条転てつ機を用いていた箇所に割り出し保持形転てつ機の適用も可能である（図5）。この種類の転てつ機や緩衝機能付きの発条転てつ機による転換動作に伴う騒音低減も、沿線環境の向上のために今後必要とされる可能性がある。

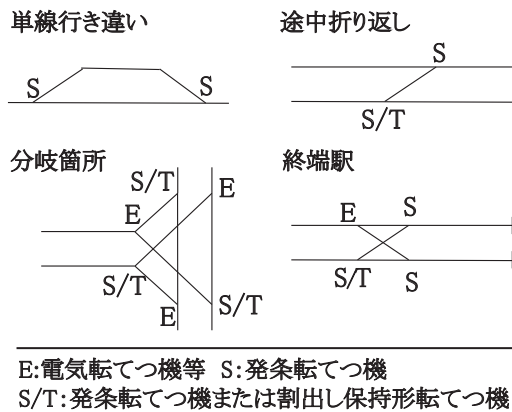


図5 線形と適用可能な転てつ機の種類

4. おわりに

日本国内における路面電車用の動力転てつ機について実数および使用状況を調査した結果、特に近年に新設、改良を行った箇所において海外メーカ製の電気転てつ機の導入が進んでいることが判明した。この理由として、分岐器の軌間内に設置が可能であり電気転てつ機専用のスペースが不要である点や、分岐器や転てつ機、制御装置などの転換システムを統一したシステムとして供給できる点が挙げられる。ただし、発条転てつ機を含む総数は441台と普通鉄道用の動力転てつ機と比べて市場が限られており、路面電車専用の転てつ機としての開発や製品には課題が多いことが判明した。

軌間内への動力転てつ機の設置は、行程や軌間など分岐器の設計や、まくらぎの形状や固定方法など、軌道側を含めた総合的な設計が必要なものの、特に路面電車においては利点が大きいと考えられる。鉄道総研では閑散線区向けの新しい割り出し可能転てつ機の開発⁷⁾を実施しているが、この技術は路面電車への適用について検討の余地があると考えられる。

なお、本調査を含めた新しい割り出し可能転てつ機の開発については、国土交通省鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

文献

- 1) 富山市都市整備事業の概要, 富山市, 2012
- 2) 国土交通省 札幌市電の運送高度化計画を有効認定, 交通新聞, 2013/4/11
- 3) 巨額事業 LRT 軌道に乗る?, 産経新聞, 2015/8/9, 5面
- 4) 製品紹介 路面電車用電気転てつ機, 京三サーキュラー, Vol.47, No.5, p.31, 1996
- 5) Point Machine HW(E)61.1 (カタログ), Hanning & Kahl GmBH
- 6) Hanning & Kahl <http://www.hanning-kahl.com/>
(参照日: 2015年9月25日)
- 7) 新井英樹, 潮見俊輔, 北野康隆: 閑散線区向け信号システムの技術開発, 鉄道と電気技術, Vol.25, No.7, pp.10-15, 2014