

3408 側引戸戸先ゴムの開発

正 [電] ○川村 淳也 (JR 西日本)

石原 鋼 (JR 西日本)

矢尾板 恵 (JR 西日本)

Development of the door rubber for side sliding door

Junya KAWAMURA, West Japan Railway Company 2-4-24, Sibata, Kita-ku, Osaka City

Tsuyoshi ISHIHARA, West Japan Railway Company

Megumi YAOITA, West Japan Railway Company

We have developed the door rubber for side sliding door, due to improve safety when door is closing. It is improved sensing capability and reducing obstacle removal force. This paper describes outline of the development article and examination results.

Keywords: safety, door rubber, sensing capability, obstacle removal force

1. 背景と目的

以前より駅において、お客様の身体や所持品がドアに挟まれる事象(戸挟み事象)が発生しており、場合によっては、挟んだまま走行(戸挟み走行)する危険性がある。そのため、これまでハード対策およびソフト対策を包括的に取組んできている。例えば、ハード対策として戸先ゴム中実部分の延長、ソフト対策として車掌による各車の戸閉め状況の視認性を向上させるためのモニタ設置、などが挙げられる。

しかしながら、これらの対策を行ってきているが、朝夕のラッシュ時に駅ホームが混雑しているときなどは、戸挟み事象が発生する可能性がある。戸挟み走行を発生させないためにも、ドア開閉時の更なる安全性向上が必要である。

そこで、ドア開閉時の安全性向上を図るため、車両側のハード対策に取組んだので、その結果を述べる。

2. 戸閉め装置の概要

近年製作する車両は、空気を動力源とした直動式戸閉装置を使用している。この空気式の直動式戸閉装置の機構を図1に示す。

空気式の直動式戸閉装置は、空気シリンダに空気が入りすることでドアが開閉する。ドアが開いているときは、ドア上部の押し棒が戸閉スイッチから離れるため、戸閉スイッチの接点が切り替わらず、力行回路が構成されないシステムとなっている。

3. 安全性向上方策の検討

3.1 戸挟み検知幅を決定する構造上の要因¹⁾

空気式の直動式戸閉装置における戸閉スイッチの調整は、床面より1000mm高さの位置で、幅20mm・高さ40mmの角棒を挟み、車側灯「点灯」・運転士知らせ灯「消灯」となるように押し棒の位置を調整する。

この調整は、幅を小さくするほど検知しやすくなるが、以下の要因により検知幅には限度がある。

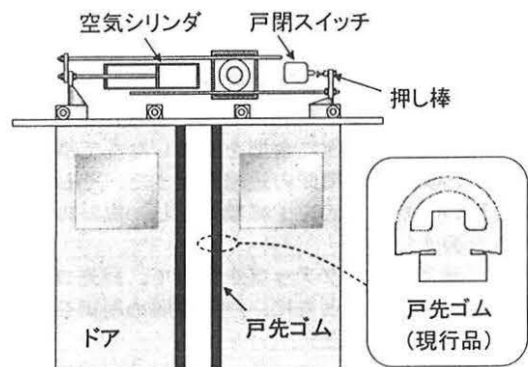


図1 直動式戸閉装置(空気式)

① ドア取付部の寸法狂い

戸車やレールといった摺動部分については、使用により摩耗するため、寸法の狂いが発生すると考えられる。

② 戸先ゴムのたわみ

手などが挟まれた場合に衝撃を緩和させるため、図1に示すように、戸先ゴムの内部に空洞を設けている。

物などが挟まった場合は、挟まれた場所に戸閉力が集中してかかるため、薄いものが挟まれた場合は、戸先ゴムのたわみに埋もれてしまう可能性があり、戸閉めスイッチの接点が切り替わってしまう。また、戸先ゴムは温度によって弾性係数が変化するため、季節によってもたわみやすきが異なる。

3.2 方策の検討

既存のシステムが適用でき、なおかつ速やかに展開できることを前提として、図2のとおり開発のねらいを定めた。

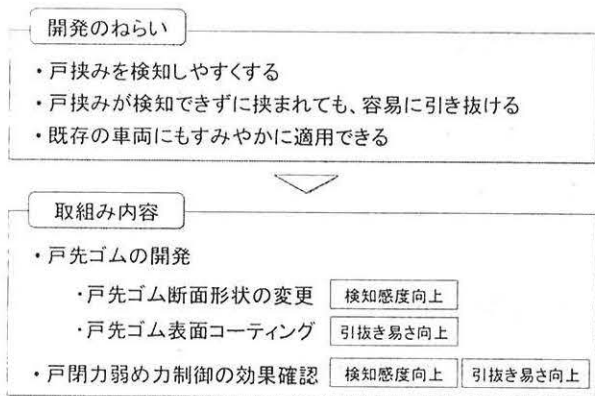


図2 方策検討結果

方策を検討した結果、本開発では新たな戸先ゴムを開発し、これと合わせて戸閉力弱め制御を適用した場合の効果を確認した。戸閉力弱め制御とは、ドアが閉まると一時的に空気シリンダへの供給空気を減圧し、戸閉力を弱めるものである。

本論文では、ものなどを挟んだときに、車側灯「点灯」・運転士知らせ灯「消灯」となる最小寸法を「検知感度」と呼ぶ。

4. 開発ステップ

開発ステップを図3に示す。まずは、戸先ゴム断面形状の選定試験を行った。断面の候補形状を数種類考え、戸先ゴムの試験片（長さ50mm程度）を製作した。試験片を用いることで、製作に金型を使用しなくて済み、コスト低減、および試験期間の短縮を図った。そして、性能試験を行い、断面形状を1種類選定し、実際の長さの戸先ゴムを製作した。

その後、ドアのモックアップを用いて、戸先ゴム開発品の性能試験を行うとともに、戸閉力弱め制御を適用した場合の効果を確認した。

性能試験と並行して、コーティング材の耐候性（耐オゾン性）を確認するために耐候性試験を行った。これは、実際の使用環境では、戸先ゴムは直射日光にさらされるため、悪影響を及ぼさないかを確認するためである。

また、実際の使用環境では、戸先ゴムはドアの繰返し開閉により負荷を受けるため、繰返し負荷により戸先ゴムに異常な変形が発生しないか確認試験を行った。

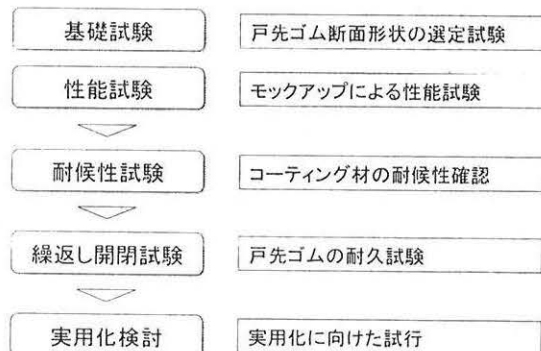


図3 開発ステップ

5. 戸先ゴム断面形状の選定

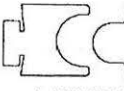
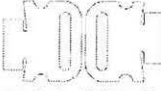
5.1 試験片を用いた断面形状の選定試験

試験条件を表1に示す。戸先ゴムの断面形状は、大きく分けて2通り考えた。ひとつは戸先ゴム左右の断面が凹凸形状のパターンであり、何かが挟まった場合は、凹凸の寸法だけ検知感度の向上が期待できる形状である。もうひとつは、従来と同様の左右対称形状のパターンである。

戸先ゴム表面にコーティングを施した場合の、試験結果を図4に示す。凹凸形状のパターンについては、戸挟物（角棒）を挟むと、戸閉力が戸挟物に集中するため、戸先ゴムが大きく変形した。（図5）よって、戸先ゴム間隔および引抜力が安定して測定できなかった。

試験結果より、図4の左右対称形状Bを採用することとした。

表1 試験条件

項目	内容
断面形状の分類	  (a)凹凸形状 (9通り) (b)左右対称形状 (3通り)
試験内容	◎たわみ量測定 試験片に戸挟物(角棒、丸棒)を挟んで押付けたときの戸先ゴム間隔を測定 ◎引抜力測定 戸挟物を挟んだ状態から引抜くために必要な力を測定

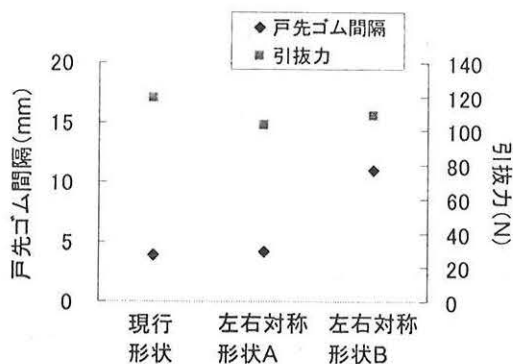


図4 試験結果（コーティング有の場合）

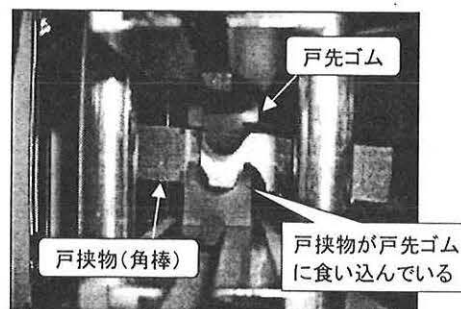


図5 凹凸形状での試験結果例

5.2 戸先ゴム開発品の特徴

戸先ゴム開発品の特徴を図 6 に示す。前述のように、戸先ゴム内部の空洞によって戸先ゴムが大きいたわむため、空洞を浅くした。また、戸当たり部を平坦にして戸閉力を分散させ、手などが挟まれたときの痛さの緩和や、検知感度および引抜き易さを向上させている。

側面には切り欠きを設け、横方向のたわみを与えることで引抜き易さを向上させた。さらに、取り付け部は現行品との取り付け互換を持たせている。

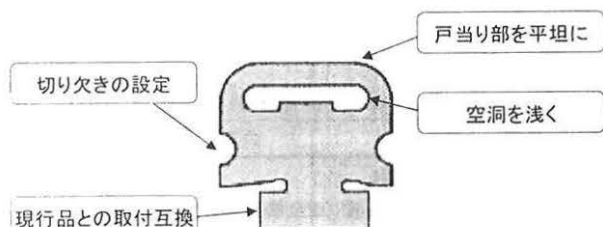


図 6 戸先ゴム開発品の特徴

6. モックアップを用いた性能試験

本試験は、現車を模した環境下で、選定した戸先ゴムの性能および戸閉力弱め制御の効果を検証することを目的としている。戸閉装置やドアなどについては、現車に搭載しているものを使用している。

試験条件を表 2 に、試験項目を表 3 に示す。ドアは上部で戸閉力を受けるため、ドアの高さ方向には一様に戸閉力はかからず、上部ほど戸閉力は高くなることが考えられる。そこで、測定高さの影響を確認するため、測定高さは、検修時に戸閉スイッチを調整する 1000mm 高さに加えて、500mm および 1500mm を設定した。試験風景を図 7 に示す。

検知感度測定は、各戸閉力および測定高さで戸挟物(角棒、丸棒)を挟み、検知感度を測定する。また、引抜き測定は、各戸閉力で戸挟物を挟み、引き抜くために要する力を測定する。

ア. 検知感度測定結果

戸挟物が角棒の場合の検知感度測定結果を図 8 に示す。検知感度の値は小さいほど向上、すなわちより薄いものでも検知しやすくなる。結果は以下の通りであった。

- ・ 新形状戸先ゴムの効果：4mm の検知感度向上
- ・ 戸閉力弱め制御の効果：1mm の検知感度向上

表 2 試験条件

項目	内容
戸先ゴム	形状：2種類(現行形状、新形状) コーティング：無、有
戸閉力	500N(現行)、125N
測定高さ	500mm、1000mm、1500mm

表 3 試験項目

項目	内容
性能試験	検知感度測定
	引抜き測定
記事	・高さ1000mmにて評価 ・各性能の高さ方向の影響を確認

また、測定高さ別の検知感度測定結果を図 9 に示す。結果は以下の通りであった。

- ・ 測定高さが低いほど、検知感度は悪くなる。
- ・ 測定高さ 1500mm と 500mm とでは、2～4mm の検知感度差がある。

イ. 引抜き測定結果

戸挟物が丸棒の場合の引抜き測定結果を図 10 に示す。引抜き力の値は、小さいほど引き抜きやすい。結果は以下の通りであった。

- ・ コーティング効果：約 40% の低減
- ・ 戸閉力弱め制御の効果：40～50% の低減



図 7 試験風景

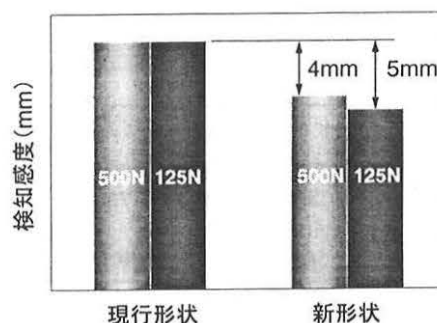


図 8 検知感度測定結果 (角棒)

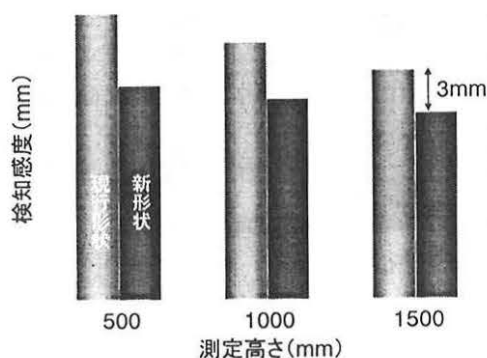


図 9 検知感度の測定高さの影響 (角棒, 500N)

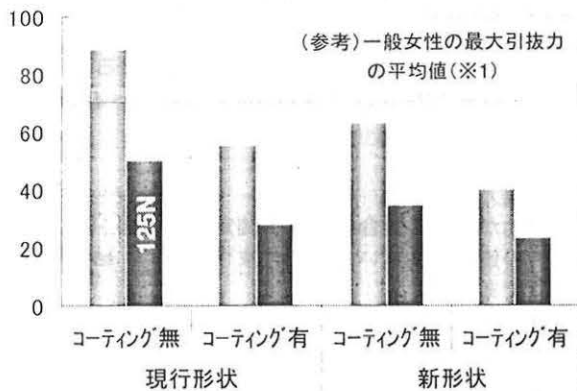


図 10 引抜き力測定結果 (丸棒)

※1 (独) 製品評価基準基盤機構 人間特性データベースから抜粋

7. 耐候性試験

戸先ゴムは車外にさらされるため、耐候性（日光によるオゾン劣化）が懸念される。そこで、戸先ゴム表面にコーティングを施した場合の耐候性について検証試験を行った。試験概要を表 4 に、試験結果を図 11 に示す。

コーティング無および有の場合において、試験片表面に亀裂は見られなかった。また、試験前後で引抜き力を測定したが、引抜き力の著しい低下は見られなかった。

よって、コーティングを施した場合でも耐候性を有することを確認した。

表 4 耐候性試験概要

項目	内容
試験方法	JIS K 6386(防振ゴム—ゴム材料)に準拠 オゾン濃度: 500±50ppb 温度: 40±2度、時間: 72時間 引張ひずみ: 20±2% 試験片形状: ダンベル状1号形
試験対象	コーティング無、有
評価方法	試験片表面への亀裂の有無を確認



図 11 耐候性試験結果

8. 繰返し開閉試験（耐久試験）

開発した戸先ゴムの繰返し開閉による、異常な変形や検知感度、引抜き力への影響がないかを確認するため、繰返し開閉試験を行った。試験概要を表 5 に示す。試験結果は以下のとおりであった。

- 繰返し開閉後の戸先ゴムの外観については、コーティング部、非コーティング部ともに異常な変形や摩耗は見られなかった。
- 検知感度や引抜き力に対して、異常な変化は見られなかった。

表 5 繰返し開閉試験概要

項目	内容
開閉回数	80万回 (代表車種の2全検相当の開閉回数)
戸閉力	500N(現行)
評価方法	20万回毎に検知感度および引抜き力を測定し、外観を確認

9. まとめ

本開発では、戸挟み走行を防止するための車両側のハード対策を行うための研究開発を進めてきた。具体的には、戸先ゴムの開発と、それに合わせて戸閉力弱め制御の効果を確認した。その結果、検知感度向上と引抜き易さ向上を満足する戸先ゴムを開発し、戸閉力弱め制御の効果も確認できた。

現在、実用化に向けた取組みを進めている。戸先ゴムについては、既存車の数編成を対象とした試行を計画中である。また、戸閉力可変制御については、今後新製される車両に弊社としては初めて適用する予定である。

最後に、本開発では車両のハード対策を検討したが、駅設備や乗務員における対策についても、これまでと同様に検討してゆく必要がある。最終的には、戸挟み走行を撲滅させ、より安全な鉄道に向けて包括的に対策を進めてゆきたい。

謝辞

本取組みに際して、試験品の製作および試験などご協力いただいた、株式会社ニシヤマ殿、ナプテスコ株式会社殿に感謝申し上げます。

参考文献

- 解説 鉄道に関する技術基準（車両編）改訂版，国土交通省鉄道局監修，2006-11