

ブレーキに関する国際規格審議からみた 日本と欧州の違い



中澤 伸一
Shinichi Nakazawa
車両技術研究部
ブレーキシステム研究室長

はじめに

鉄道分野における国際標準化活動は2000年頃から活発化し、国際標準化機構 (ISO) では2012年に鉄道分野専門委員会 (TC 269, TCは Technical Committee) を新設しました¹⁾。ブレーキ分野は2013年にアドホック (特設) グループとして活動を開始し、2014年以降はワーキンググループ (WG: Working Group)²⁾として、これまでにブレーキ計算²⁾³⁾、一般用語⁴⁾、一般要求事項⁵⁾などの国際規格を発行してきました。

ブレーキWGには、ドイツ (国際主査も輩出)、フランス、イギリスの欧州勢と、中国、日本が最初期からエキスパートとして参加しており、その後、スイス、アメリカ、韓国らが加わりました。このような顔ぶれがそろい、それぞれの国・地域における鉄道のブレーキ技術の起源をさかのぼってみれば、いずれも1870年代に登場した「自動空気ブレーキ (詳細は後述します)」に行きつき、現在に至って標準化を進めようとすると、たいへん多くの議論を必要としています。

ここでは、規格審議を通じて感じた日本と欧州との鉄道のブレーキ技術に関する「違い」について、背景となる鉄道事業や規格体系の「違い」をふまえて紹介したいと思います。

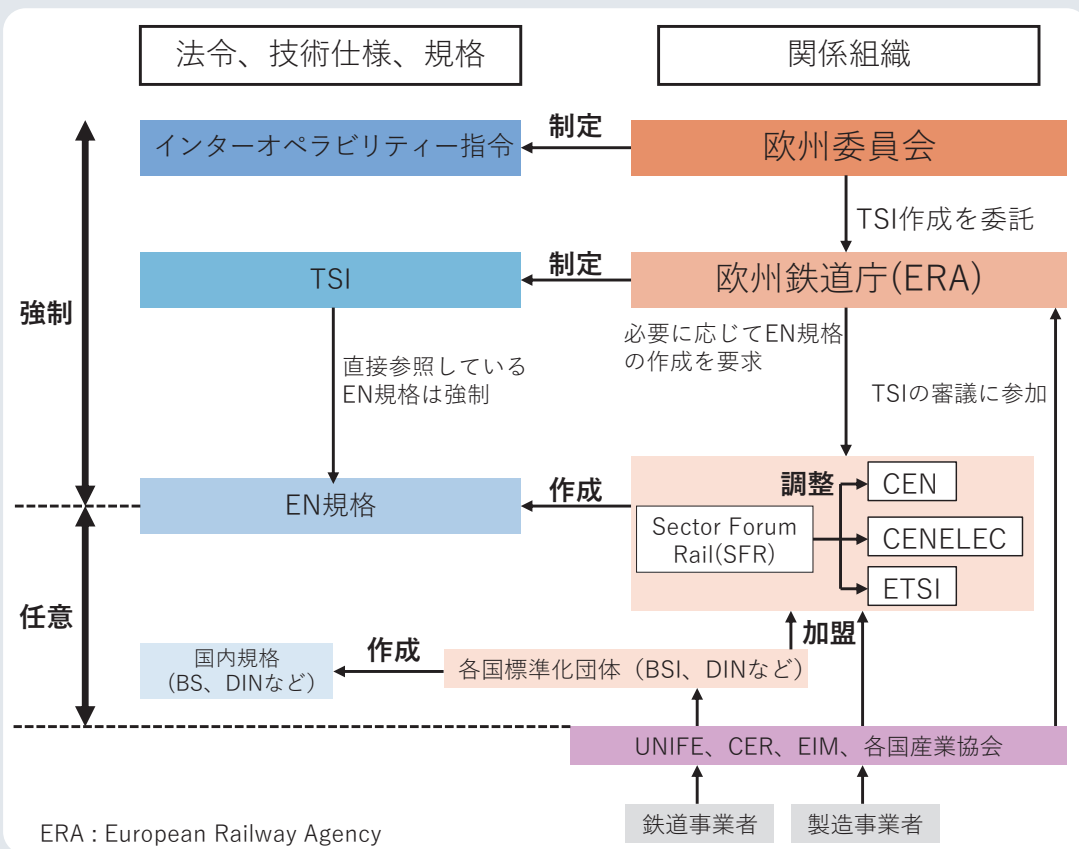
欧州の鉄道と規格

規格の体系

欧州の鉄道網の典型例としてよく耳にする「インターオペラビリティ (interoperability, 相互運用性)」とは、“国境を意識すること無く、鉄道を横断的に運行できるように鉄道システムの互換性が確保できる状態⁷⁾”を指し、比較的長距離の都市間輸送を行う鉄道網を対象としています。⁸⁾ **コラム**このために車両、軌道、信号などさまざまな要素を共通化する必要があり、「相互運用性に関する技術仕様書」(TSI: Technical Specifications for Interoperability. Webで閲覧できます¹⁰⁾)を定めています。国・地域をまたがる共通仕様を定めることはまさに標準化の一過程といえ、TSIが直接参照する**EN規格**⁹⁾

ワーキンググループ、エキスパート、国際主査

国際規格の審議は、ワーキンググループ、プロジェクトチームなどと呼ばれる作業部会において行われます。作業部会は、リーダーである国際主査と各国のエキスパートで構成されます。国際主査は、担当する規格の審議に責任を持つ重要な立場にあります (以上、文献6より一部を抜粋)。ISOのブレーキWGはTC 269の分科委員会SC 2 (SC: Sub Committee) の傘下に属する“ISO/TC 269/SC 2/WG 1 Railway braking”として活動しています。また、ブレーキWGの活動に対応して日本国内の意見をまとめるために、鉄道事業者や車両、ブレーキメーカーなどが参加する国内作業部会があります。



EN規格 (European Norm)

産業界が参画している欧州の標準化機関CEN（欧州標準化委員会）、CENELEC（欧州電気標準化委員会）、ETSI（欧州電気通信標準化委員会）で策定される地域規格（“ある地域の国々の中で共通して利用される規格¹²⁾”）。よく聞かれる「UICリーフレット」は団体規格（地区規格ともいう“一つの業界や一つの企業内で使う標準¹²⁾”）で、[図1](#)に示す体系には直接的には現れませんが、EN規格に密接にかかわるものが多数あります。我が国の体系と比較すると、日本産業規格（JIS）は国内規格（国家規格ともいう“一国内で使われる標準¹²⁾”）、団体規格には日本鉄道車輛工業会規格（JRIS）などが相当します。

図1 欧州における技術基準の体系（文献11より抜粋・簡略化し、用語の説明を追加）

には強制力があり、加盟国は国内規格をEN規格に整合することが求められます（[図1](#)）。

ブレーキに関するTSI

車両分野のTSIには車種で大別した「機関車及び旅客車 (Locomotive and Passenger Carriages, LOC & PASと表記されることが多い)」と「貨物 (Freight Wagon)」とがあります。このうちTSI (LOC & PAS)¹²⁾のブレーキ関連の項には「『UICブレーキシステム』と互換性 (compatibility) があるブレーキ管 (BP: Brake pipe) によるブレーキシステムを備えること」と規定されています。この“UICブレーキシステ

ム”こそが自動空気ブレーキ（基本的な動作原理を[図2](#)に示します）で、編成を引き通した空気管 (BP) によって各車のブレーキを制御する機構です。現在の日本国内では貨物列車などの機関車けん引列車や一部の気動車などに使用が限られています。欧州のインターオペラビリティには必須となっています。自動空気ブレーキは、最小限の構成としてBPのみを接続すれば電源も不要で編成車両のブレーキを制御できることに加え、列車分離（意図せず車両間の連結が離れてしまう）が発生してもすべての車両に自動的にブレーキが作用する利点があります。

【コラム】インターオペラビリティの対象となる鉄道網

EU鉄道システム (Union rail system) がインターオペラビリティの対象とする鉄道網として、(a) 一般に250km/h以上で運行可能な専用高速路線、(b) 200km/h程度で運行できるように特別に改良された高速路線、などがEU指令⁸⁾に挙げられています。また同じEU指令で、「メトロ (注) や路面電車などを対象に含まないが、加盟国の判断で自主的に適用することは妨げない」ともされています。これらEU指令は、官報 (OJ: Official Journal) としてWebから自由に閲覧できます。（注: ISOの定義⁹⁾では地下鉄に限定されず、道路交通や他の鉄道システムから分離されている路線の総称）

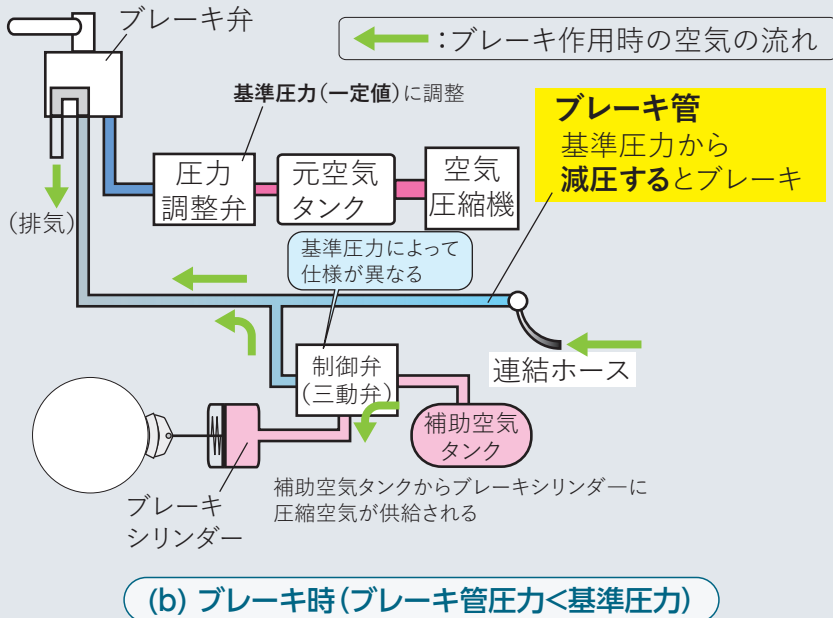
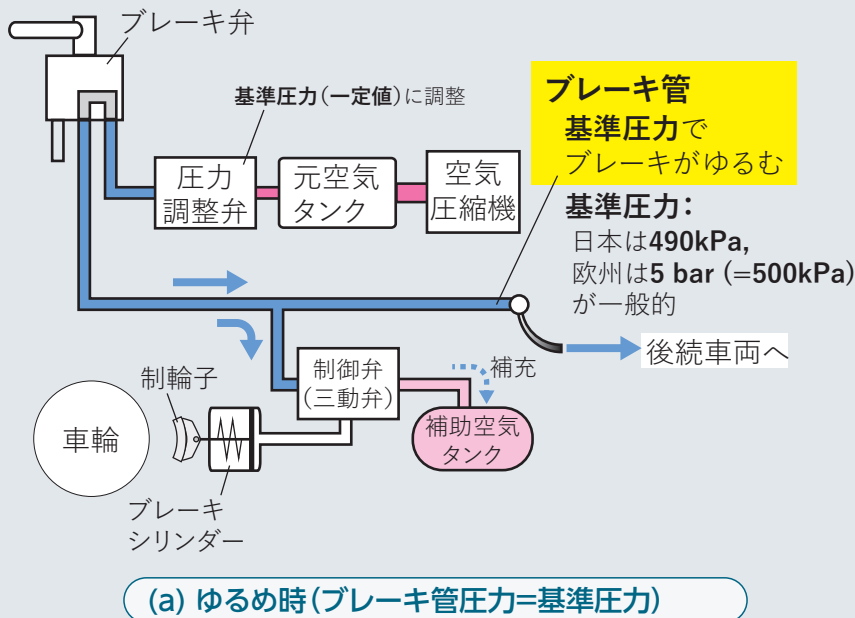


図2 自動空気ブレーキの基本的な動作原理

ただし、基本的な動作原理は共通ですが、日本と欧州ではまず「基準圧力」が異なるため、付随する制御弁などの周辺機器にも多くの違いがあり、日本と欧州の自動空気ブレーキ車両に互換性はありません。

ほかにも、粘着に関する規定から一例を抜粋すると、一定以上の減速能力を必要とする車両には滑走制御[®]が必須と明記され、さらに減速能力が必要であれば粘着に依存しないレールブレーキ[®]の使用が認められています。

「ブレーキ」と「制動」

「ブレーキ力」とは？

歴史的な経緯のなかで技術的な仕様が国や地域で異なっていくことはやむを得ない面があります。そこでブレーキWGでは、物理現象は万国共通だろうと考えてブレーキに関する性能計算方法に着目するとともに、議論には欠かせない用語とその定義を共有することから始めました。

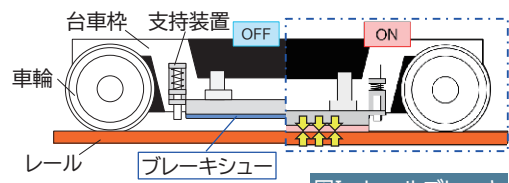
規格審議では英語を用いることから、英語圏と非英語圏（ドイツやフランスもこちらの立場）の間にある違いも現れます。たとえば、「ブレーキ力」を「brake force」とするのは

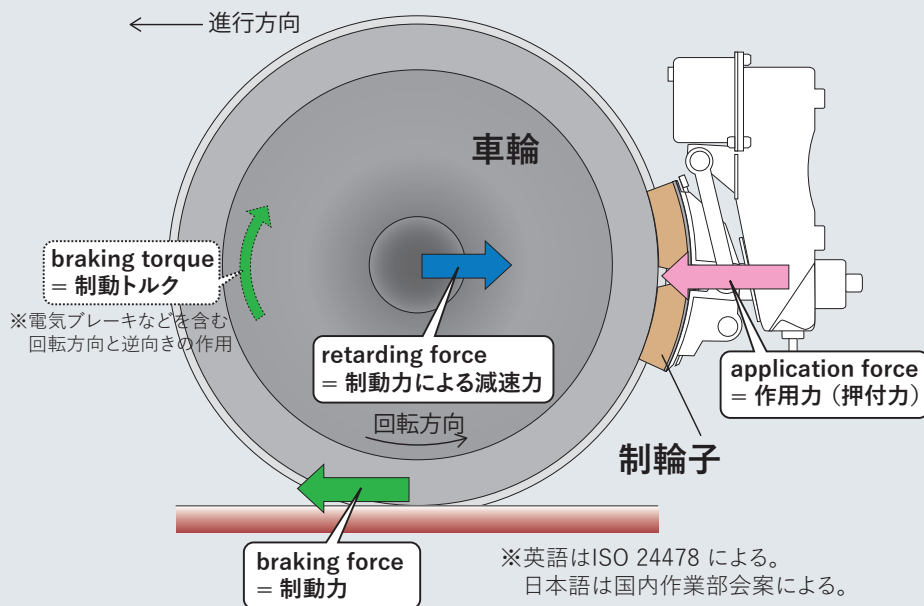
滑走制御

制動時に車輪がレールに対してすべったとき、これを検知して制動力を一時的に低減させる動作を自動的に行う機能。滑走防止制御、滑走再粘着制御、フラット防止装置、アンチロックブレーキ（ABS：Anti-lock Brake System）などの名称もあります。TSIの一例では、踏面ブレーキ（図3右）を備え30km/hを超える速度で走行し、減速度でおよそ4.3km/h/sを上回る性能をもつ車両では滑走制御が必須とされています。

レールブレーキ

欧州ではトラックブレーキ（track brake）と呼ばれる、レールを利用するブレーキシステム。図1は、台車に取り付けたブレーキシューを磁力でレールに吸着させ、摩擦によって制動力を得る「電磁吸着方式」の模式図です（ほかにも、レールと非接触の渦電流方式などがあります）。減速性能が車輪・レール間の「粘着」に依存しないことから安定した制動力が得られやすい「非粘着ブレーキ」の一種です。





踏面ブレーキ



在来線車両に適用されるもっとも基本的なブレーキ機構で、車輪踏面に摩擦材（制輪子）を押し付け摩擦によって制動力を得ます。

図3 制動時にはたらく力（踏面ブレーキの例。ISO規格⁴⁾の図を参考に一部を抜粋）

誤りで、「braking force」が正とされます。この「brake」と「braking」の違いは日本語での「ブレーキ」と「制動」の関係に対応し、前者は「車両その他機械装置の速度・回転速度などを抑えるための装置¹⁴⁾」、後者は「運動を制止すること。ブレーキをかけること。¹⁴⁾という「動作」を表します。つまりISO規格⁴⁾を忠実に翻訳すると「ブレーキ力」は存在せず（注）、「制動力」を充てることとなります。（注：誤りとされるのは単独の用語として「ブレーキ力=brake force」を使用することで、たとえば「電気ブレーキ力」などは、「『電気ブレーキ（という装置）』による力=electric brake force」となります。）

制動時にはたらく力

それでは「ブレーキ力」をすべて「制動力」に置き換えればよい、とはいかず、「制動力」とは何かも含めて理解する必要があります。ISO規格⁴⁾の定義を使って、踏面ブレーキによる制動時にはたらく力を表すと図3のようになります。

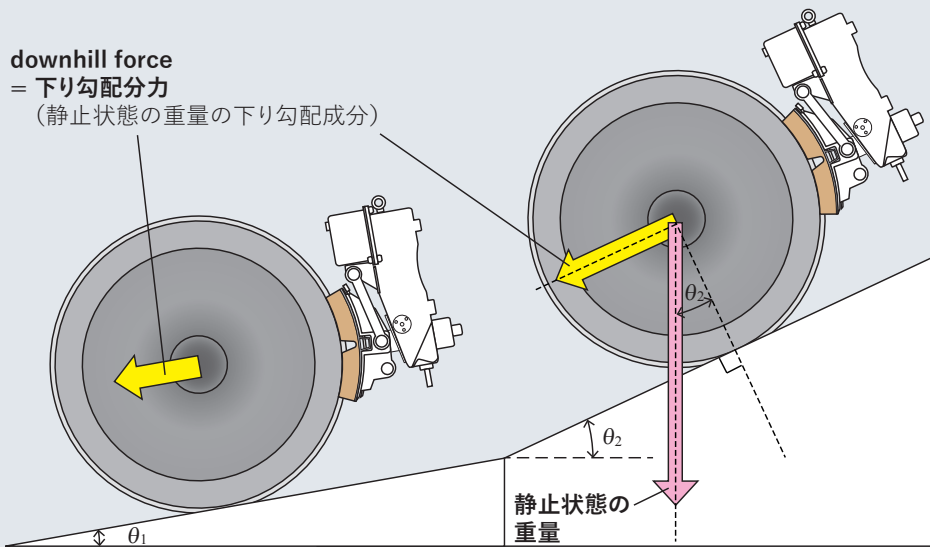
「braking force（制動力）」は、「application force（作用力）」によって押し付けた制輪子と車輪との摩擦で得る力を指し、作用力と制輪子摩擦係数の積にあたります。そして、車輪が滑

走したときなど、制動力がすべて減速に寄与するとは限らないことから、減速に寄与する力を「retarding force（制動力による減速力）」とする別の用語で与えています。既存の日本語では「（車輪・レール間の）粘着力」に相当しますが、ISO規格には「粘着力：adhesive force¹⁵⁾」は使われていません。

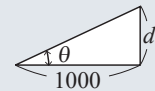
すべて厳格にISO規格に従うのも現実的ではないかもしれませんが、たとえば日本では「ブレーキ力」という用語が慣用的にとっても幅広く使われており、時と場合によって「制動力」を指していたり、「粘着力」を指していたり（そもそも「粘着」が曖昧に使われることが多い）と、意思疎通に手間がかかることも少なくありません。ときには別の用語に置き換えてみることで、誤解を減らせるかもしれません。

「転がり」と「すべり」

つづいて、ブレーキ計算のISO規格²⁾から、車両を斜面上に静止させる（留置する）場合の計算例について紹介します。図4に示すように、斜面上にある車両には自身の重量に起因する力（downhill force、「下り勾配分力」とします）



勾配 d と角度 θ



勾配 d はパーミル (%) で表すことが多く、角度 θ との関係は

$$\tan \theta = \frac{d}{1000}$$

となる。

重量を W とすると、下り勾配分力は、

$$W \sin \theta$$

となる。

※英語はISO 20138-1 による。
日本語は著者による。

図4 斜面上に留置した車両にはたらく力

が斜面を下る方向に作用し、勾配が大きいほど下り勾配分力が大きくなります。仮に、手歯止め(図3右)を設置しないものとして、斜面上に車両を留置するためには、まず下り勾配分力を上回る制動力が必要になります。これを満たせない場合、車輪が回転しながら車両が斜面を下ってしまう「転がり (rolling)」状態となります。また、もし制動力が下り勾配分力を十分に上回っていても、車輪が回転しないまま車両が斜面を下ってしまう「すべり (sliding)」に至る場合があります。

留置から「すべり」に至るか否かは車輪とレール間の「粘着」に大きく依存し、前述の「retarding force (制動力による減速力)」を考えなくてはなりません(ただし、静止摩擦の状態を考えます)。勾配が大きいほど、下り勾配分力が大きくなると同時に車輪とレールの接触荷重は小さくなるため、「転がり」よりも「すべり」に注意が必要となります。ISO規格では留置のために作用する力の合力に個別の用語「retention force (保持力)」を定義しています(図5)。手歯止めなどによる粘着に依存しない力を含まない場合は retention force = retarding force となります

が、これも用語を区別することで物理現象のイメージがわかりやすくなる事例の一つと思います。

なお、図5は1つの車輪に単純化した例であり、編成車両の一部の軸位にのみブレーキを作用して留置する場合などの計算には、文献16などを参照ください。

おわりに

ISOにおけるブレーキWGの活動は10年を超え、この間に発行されたISO規格は5件です(追補、見直しは除く)。これらの多くは、物理的な計算や用語など技術の土台となる部分で、国や地域による違いがほとんどない領域にもかかわらず、発行までに時間を要しています。その理由は、国・地域ごとに異なる点があったときに、いずれか一つを選んでほかを排除する、ということではなく、それぞれの背景も理解し、共通する要素を抽出することに注力しているためです。たとえば、本文で触れた斜面上での車両留置には車両だけでなく線路形状の制約が性能要件に影響することから、ブレーキの一般要求事項(基本的な要件)を定義するISO規格⁵⁾の審議では、各国・地域の線路形状

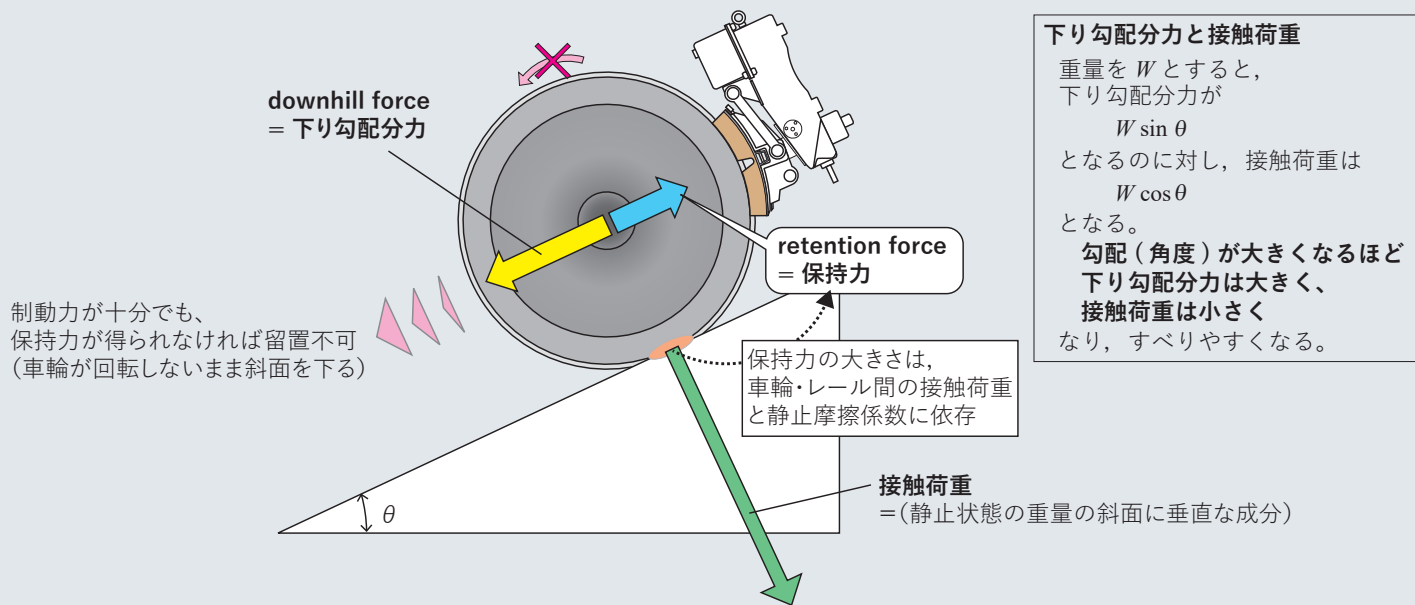


図5 留置からすべり (sliding) に至る条件

に関する法令や規格類を調査する過程が必要でした。TSIに明記されている、最大40%の斜面上で留置可能であること(手歯止めなどの使用も含む)、車輪・レール間の静止摩擦係数を0.12以下と見込むこと、などは拘束力のない注記(Note)や附属書(Annex)の形でISO規格に盛り込まれています(日本の法令¹⁷⁾、技術基準¹⁸⁾などとの対応も附属書になっています)。

ブレーキに関して根幹となる技術には日本と欧州との間に大きな違いはないと感じますが、個々の部品やシステムとしてみれば大半が互換性をもたないのは事実です。国際規格化を図る対象が今後さらに広がっていくと見込まれますので、欧州と日本の違いを理解しながら、日本にとっても利点となるように標準化活動を進めたいと考えます。RRR

文献

- 1) 田中裕：鉄道国際規格センターの活動と今後の取り組み, RRR, Vol.72, No.4, pp.12-15, 2015
- 2) ISO 20138-1:2018 Railway applications — Calculation of braking performance (stopping, slowing and stationary braking) Part 1: General algorithms utilizing mean value calculation
- 3) ISO 20138-2:2019 Railway applications — Calculation of braking performance (stopping, slowing and stationary braking) Part 2: General algorithms utilizing step by step calculation
- 4) ISO 24478:2023 Railway applications — Braking — General vocabulary
- 5) ISO 24221:2024 Railway applications — Braking system — General requirements
- 6) 関清隆, 野澤浩之：鉄道分野の国際規格審議状況, RRR, Vol.72, No.4, pp.16-19, 2015
- 7) 美濃良輔：欧州における鉄道の技術及び安全性に関する法制度, 安全工学, Vol.61, No.5, pp.321-327, 2022
- 8) OJ L 138, 26.5.2016, pp. 44-101, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2016/797/oj/eng> (入手日: 2025年12月4日)
- 9) ISO 22575:2026 Railway applications — General vocabulary
- 10) European Union Agency for Railways: Technical Specifications for Interoperability (TSIs), https://www.era.europa.eu/domains/technical-specifications-interoperability_en (入手日: 2025年12月5日)
- 11) 国土交通省：都市鉄道向け無線式列車制御システム(CBTC)仕様共通化検討会とりまとめ 令和3年3月, <https://www.mlit.go.jp/common/001394016.pdf> (入手日: 2025年12月5日)
- 12) 日本規格協会グループ: JSA GROUP Webdesk, 用語集「規格とは」, https://webdesk.jsa.or.jp/common/W10K0500/index/dev/glossary_3/ (入手日: 2025年12月5日)
- 13) EN 14198 Railway applications — Braking — Requirements for the brake system of trains hauled by locomotives
- 14) 新村出 編：広辞苑 第7版, 岩波書店, 2018
- 15) JIS E 4001, 鉄道車両—用語, 日本産業規格
- 16) 日本鉄道車両機械技術協会：鉄道電気車両 台車—構造、機能と設計—, 2017
- 17) e-Gov法令検索：鉄道に関する技術上の基準を定める省令(平成十三年国土交通省令第百五十一号), <https://laws.e-gov.go.jp/law/413M60000800151> (入手日: 2025年12月19日)
- 18) 国土交通省：鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準(令和7年11月11日改正), <https://www.mlit.go.jp/common/001968198.pdf> (入手日: 2025年12月19日)