

第36回

基礎ブレーキ装置

はじめに

ブレーキは車両を減速・停止させる機能を担う安全確保のために極めて重要な装置です。鉄道の発展のなかで、方式や種別によりさまざまなブレーキが登場してきました。中でも、摩擦材を車輪踏面やディスクに押し付け、その摩擦によってブレーキ力を得る機構を基礎ブレーキ装置と呼び、最も基礎的なブレーキとして長い歴史を有しています。本稿では、基礎ブレーキ装置に関する歴史と今後の展望について紹介します。

基礎ブレーキ装置とは

現在、一口にブレーキと言っても多くの方式や種別があります(図1)。ま

ず大きく分けられるのが、粘着方式と非粘着方式です。前者はレール・車輪間の摩擦力(粘着力)に依存する方式で、後者は粘着力に依存しない方式です。国内の営業車両に使用されているブレーキのほとんどは粘着方式です。さらに、粘着方式は電気ブレーキと機械ブレーキに分けられ、それぞれに複数の種別のブレーキがあります。

この中で、「基礎ブレーキ装置」という用語が示す範囲はそれほど広くありません。例えば、鉄道技術用語辞典¹⁾より、「基礎ブレーキ装置」の項目の一部を抜粋すると、『空圧、油圧をブレーキシリンダーに流入させ、テコ機構などを介して制輪子を車輪、ディスクに圧着させるためのブレーキシリンダーから制輪子に至るブレーキ機構』とあります。つまり、機械的にブレー

キ力を得るための押付装置であり、発電ブレーキや回生ブレーキといった電気ブレーキは含まれません。

なお、引用した例では、動力源を「空圧、油圧」に限定していますが、これらの技術が鉄道に適用される以前の歴史からひも解いていくことを考え、動力源については広く捉えたうえで触れていくことにします。

基礎ブレーキ装置の変遷²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

鉄道の歴史の最初期にあたる18世紀イギリスの馬車鉄道では、人力により木片を車輪に押し付けてブレーキをかけていました。その後、動力が馬から蒸気機関となり、速度と輸送量が向上したため、摩擦の多い木片は铸铁製の制輪子(19世紀中頃に登場⁶⁾)とな

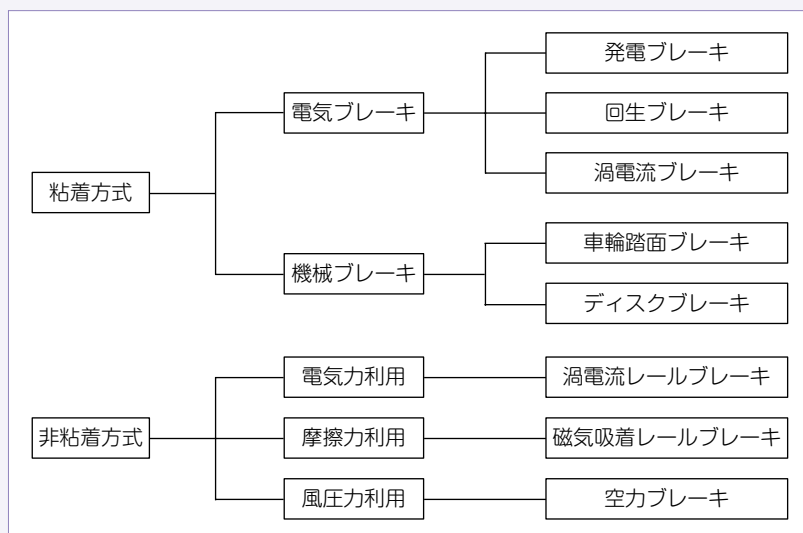


図1 鉄道車両のブレーキ方式



図2 G. Stephenson

出典: Public domain, via Wikimedia Commons

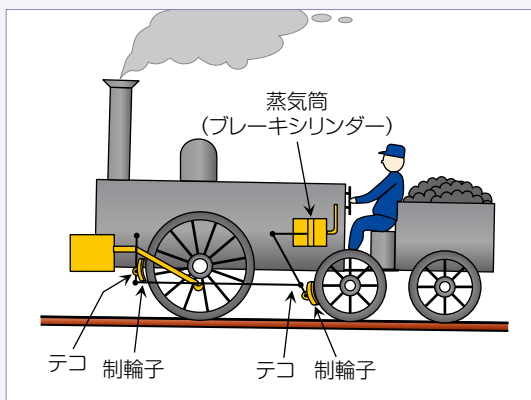


図3 蒸気ブレーキ

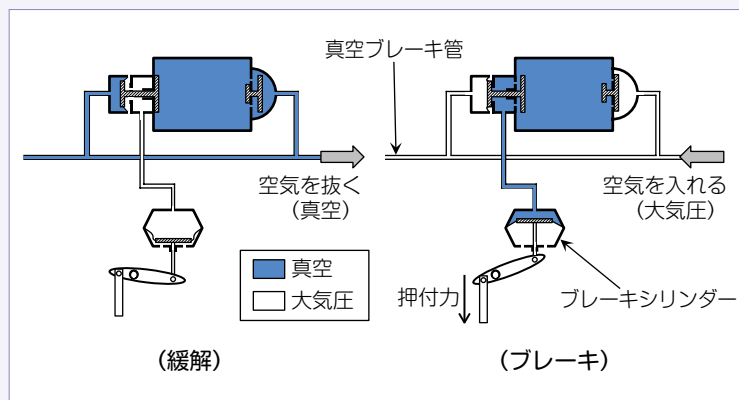


図4 フェールセーフ化された真空ブレーキ

り、また押付力は人力よりも大きな力が求められるようになりました。

そこで、1833年にはイギリスのジョージ・スチープンソン (G.Stephenson, 図2) により蒸気ブレーキが考案されます。蒸気ブレーキは、機関車で発生した蒸気をブレーキシリンダーに送り、ピストンに接続するテコ機構を介して制輪子を押し付ける機構でした(図3)。ブレーキシリンダーによって押付力を得る最も古典的な手法であり、今日の基礎ブレーキ装置の原型と言ってよいでしょう。蒸気ブレーキは、人力にくらべ格段に大きな力が得られるため効果的でしたが、蒸気は冷えると膨張力を失うため一定の圧力でブレーキをかけることは困難でした。また、列車先頭の機関車だけに作用するだけで、連結した後続の車両にブレーキは作用しないため、連結車両は機関車からの汽笛合図により人力でブレーキをかけていました。

1844年にはイギリスのジェームス・ナスミス (James Nasmyth) とチャールズ・メイ (Charles May) により、真空ブレーキが考案されます。真空ブレーキは、蒸気エジェクターや真空ポンプを使用して得られる真空度により大気圧との圧力差を作り、それを利用するブレーキです。真空ブレーキは、編成内のすべての車両にブレーキをかける構造(貫通ブレーキ)がとれ

たため広く使用されることになりました。開発初期の段階では、空気の経路であるパイプやホースに一箇所でも漏れが生じると、全車ブレーキが効かなくなる問題がありましたが、その後の改良により、全車両に真空ブレーキ管が引き通される構造となりました。これは、真空ブレーキ管内が真空になるとブレーキが緩解され、大気圧となるとブレーキがかかる仕組みです(図4)。これにより、列車が分離した場合には、真空ブレーキ管に空気が流入して大気圧となりブレーキが自動で作用します。このようなフェールセーフシステムにより信頼性が向上したことも広く採用される要因となりました。ただし、圧力は最大でも1気圧しか得られず、真空度を高くできない当時では最大圧力は60kPa程度と性能に限界があり、後に開発される空気ブレーキに交代することになります。

1869年にはアメリカのジョージ・ウェスティングハウス (G.Westinghouse, 図5) により、空気ブレーキが実用化されます。空気ブレーキは、高圧の圧縮空気を利用したもので、大きなブレーキ力が得られるため、世界的に普及していきます。その後、さまざまな発展、改良を経ていきますが、圧縮空気をシリンダーに込めて押付力を得るという基本原理は、現在使われている基礎ブレーキ装置でも同じです。開発

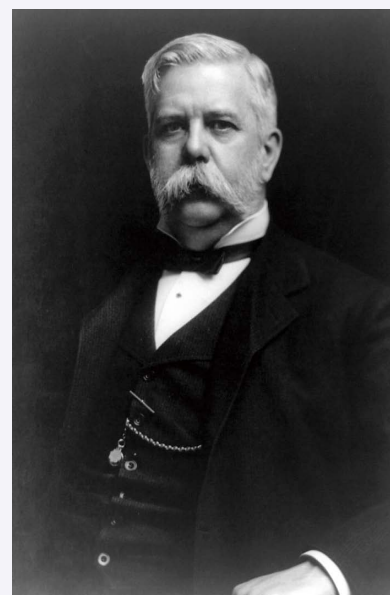


図5 G.Westinghouse
出典：By Joseph G.Gessford.between 1900 and 1914. Public domain, via Wikimedia Commons

から100年以上経過した現在でも用いられている空気ブレーキは、基礎ブレーキ装置の歴史上、最も大きな進歩であったと言えるでしょう。

日本における基礎ブレーキ装置の歴史⁷⁾⁸⁾

世界に対して、日本の基礎ブレーキ装置はどのような歴史をたどっているのでしょうか。日本の鉄道史は1872年(明治5年)の新橋・横浜間での開業に始まります。開業からしばらくは貫通ブレーキはなく、機関車の蒸気ブレーキ

キとけん引される客車や貨車の手ブレーキを、機関士と車掌が互いに合図を交わしながら同期させていました。

1886年(明治19年)、イギリスから真空ブレーキが輸入されたのを契機に、次第に貫通式の真空ブレーキが普及し、1906年(明治39年)の国有化の時点では、ほぼすべての客車列車に採用されていました。真空ブレーキの導入により、ブレーキの操作性や信頼性は向上しましたが、世界の歩みと同じく、根本的な圧力不足により、十分なブレーキ力を得るのが困難でした。列車速度の向上や駅間距離の短縮が求められるようになると、安全確保と運転能率の向上を図るため、より高い圧力を利用できる空気ブレーキに転換する必要が認識されはじめます。特に、我が国の地理には勾配が多いため、勾配区間でのブレーキ力の確保は必須でした。

大正期に入った1919年(大正8年)、日本でも空気ブレーキの採用が決定されます。この頃、第一次世界大戦を契機とする国内経済の飛躍的な発展に伴い鉄道事業も急成長を遂げており、1920年(大正9年)には、鉄道省が設置され総合的な鉄道行政が開始されま

す。また、鉄道車両の国産化や長大トンネルの建設などが図られ、日本の鉄道技術が国際的水準に達した時期でもありました。

押付機構について⁹⁾¹⁰⁾

ここまでは、動力源の視点から基礎ブレーキ装置に触れてきましたが、シリンダーによって作られた力をどのように押付力として作用させるかを担う押付機構にもさまざまな方式があります。大きく分けると、車輪踏面ブレーキ方式とディスクブレーキ方式があります。それぞれの仕組みと登場の経緯を大まかにご紹介します。

車輪踏面ブレーキ方式とは、車輪踏面に制輪子を押し付ける機構です。最も基本的な押付機構であり、基礎ブレーキ装置が誕生した頃からこの方式がとられています。高いブレーキ力を得るためには、押付力を強くすることが求められるため、テコ機構を介して増強された力により制輪子を車輪踏面に押し付ける仕組みです。現在では、ブレーキシリンダーとテコ機構をコンパクトにまとめ、取り付けの簡易化と

軽量化を図り、防じん構造により環境条件の影響(降雨、降雪など)を受けにくくしたユニットブレーキ(図6)も普及してきています。

車輪踏面ブレーキ方式は、鉄道発祥の頃から長い実績を有している一方、車輪踏面に摩擦による負荷を与えることに慎重な見方が求められるようにもなりました。そもそも、車輪は車両重量の支持、横動の案内、駆動力や制動力の伝達など、走行安定性に重要な役割を果たしているため、ブレーキによる大きな負荷を与えることは、車輪踏面の損傷を招く可能性があると考えられてきたためです。そのため、新幹線のように運動エネルギーの大きい高速車両では、次に紹介するディスクブレーキ方式を用いて、車輪踏面に負荷を与えないようにしています。

ディスクブレーキ方式とは、輪軸または車輪側面に取り付けられたブレーキディスクにライニングを押し付ける機構で、主にテコ式とキャリパー式があります(図7)。放熱性の良いブレーキディスクをしゅう動面が大きくかつ平面の摩擦材で挟み込むため、運動エネルギーを熱エネルギーに変換できる

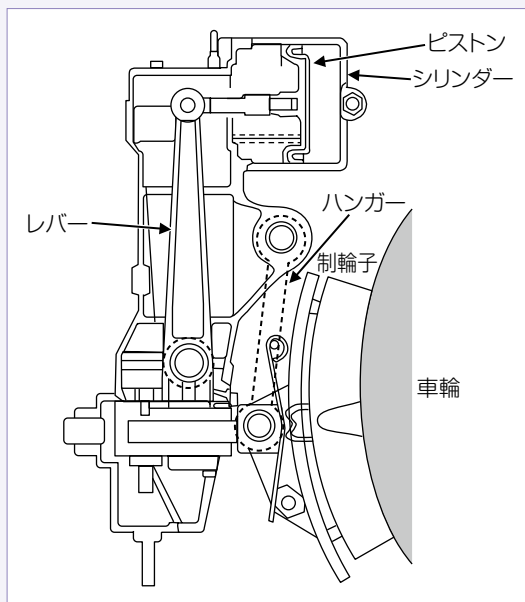


図6 ユニットブレーキの構造

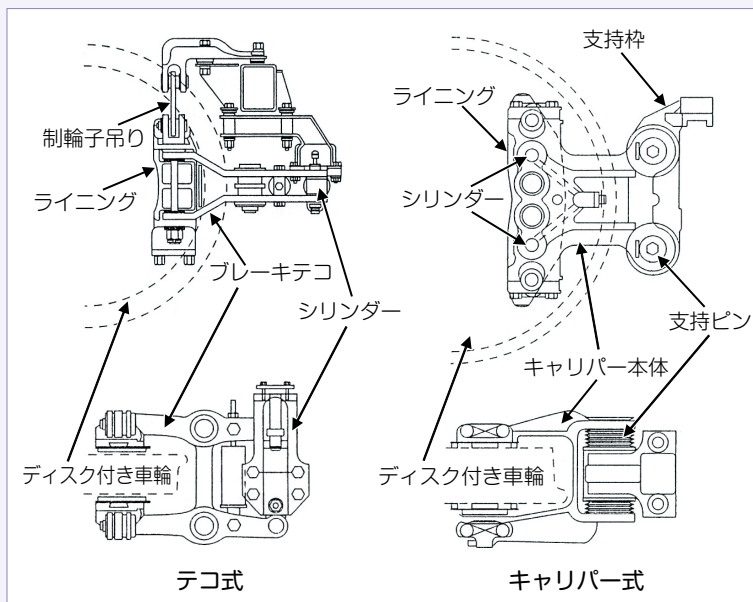


図7 ディスクブレーキ方式

