

第 34 回 蔵前 関西懇話会 『電車を止める』

□頭による補足説明。

構成

1. 電車・鉄道の概史…年表から、
2. 『止める』 ことについて…機能と原理
 - ・ 『止める』…自動車 vs. 電車 (自動車・トラックとの対比を含めて)
 - ・ 空気ブレーキのはたらき
3. 鉄道用ブレーキの構造、分類、歴史
 - ・ WH の発明(特許)、自動ブレーキの概要 (SL が牽引する列車をベースに)
 - ・ 直通ブレーキ・電磁直通ブレーキ(長大編成・電車編成への対応・改良)…電車ブレーキの概要
 - ・ 電気指令式(直通)ブレーキ (ブレーキについてあれこれ p23/23 3.2 用語集 とも)
4. 初歩物理(学)的に考える
 - ・ エネルギー・力学的な検討・考察
 - ・ 応用・実用例を、マスコミ記事等から紹介…新幹線ユレダス・新型ディスク・シューの開発
 - ・ 鉄道機器のメンテナンス概要、ブレーキ装置・機器の必要寿命、耐久性など
5. 主なブレーキ事故とその対策・改善策
 - ・ 青山事故、富士急暴走事故、田無事故、京福事故 等(保安 B、耐雪 B、元住吉事故等)
6. さいごに
 - ・ 環境 エネルギー-管理へのとりくみと成果・期待

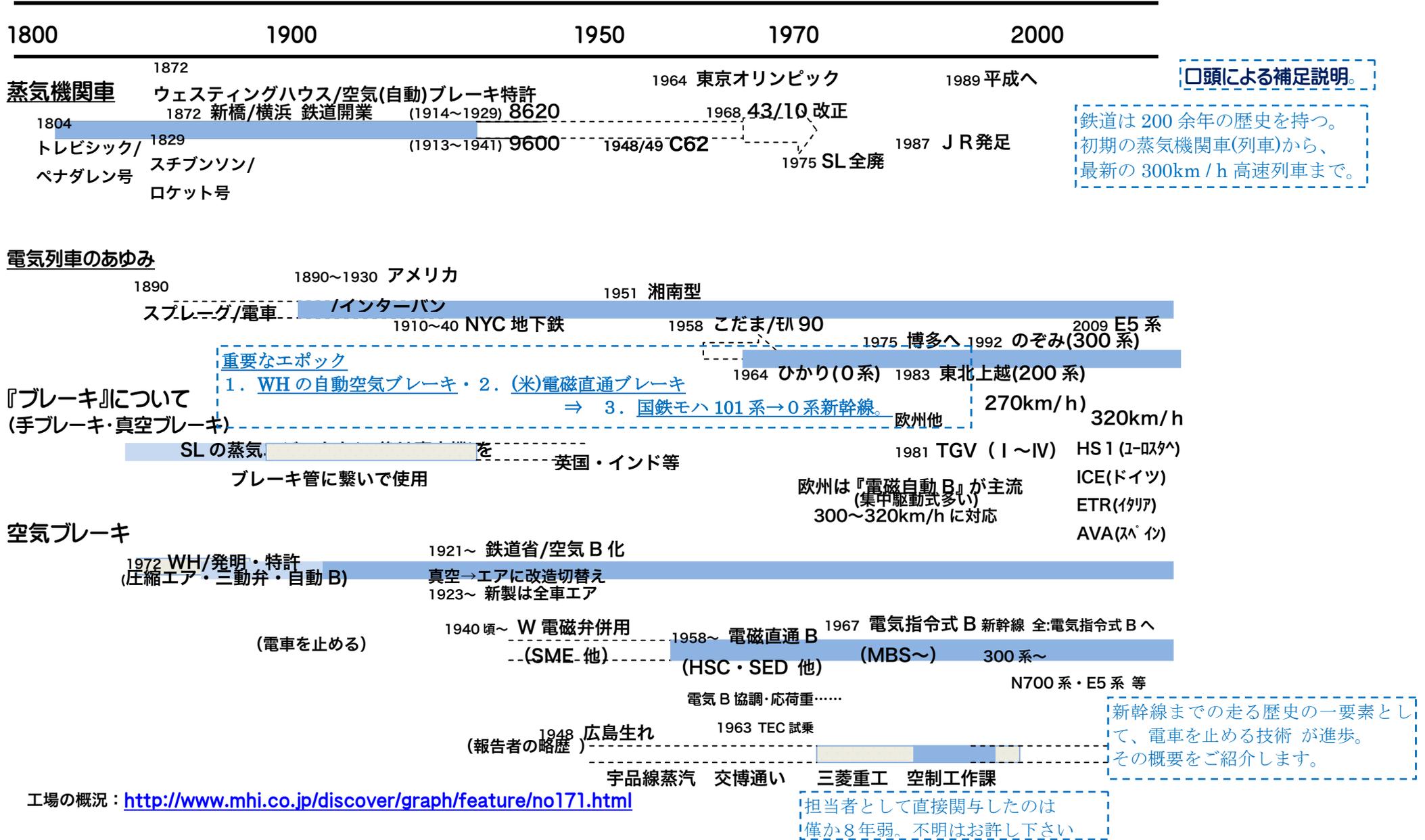
とりわけ、新幹線までの走る歴史の一要素として、止める技術 が進歩してきた。その概要をご説明します。

X. 補遺

7. 参考・参照資料
 8. マーケット Map
- Y. 総合的な説明のある参考 HP ご参照ください(懇話会会場でも放映)
- ・ …<http://www.mhi.co.jp/discover/graph/feature/no171.html> (MHI-HP 重工グラフ URL 版)…U/B 等の動画あり
 - ・ …http://www.mhi.co.jp/discover/mhi_file/index.html#file_03 ……MHI File. No124 『ブレーキで僕らの夢は加速する』(動画 4min)
 - ・

資料提供のご協力: 三菱重工業(株)交通・輸送ドメイン
 作成: 長井史夫(神戸市灘区、S45 生産機械卒、元三菱重工 勤務)

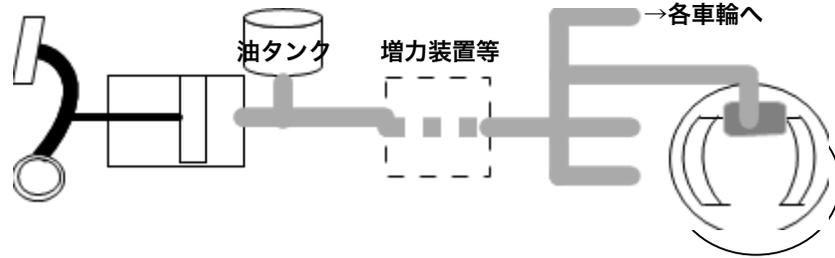
1. 電車・鉄道の概史



2. 機能と原理 (自動車・トラックとの対比を含めて) 『止める』ことについて

・『止める』とは…自動車

付加機能
アンチスキッド・【自動運転】等



自動車の場合

メカニズム(M): 摩擦シュー & ドラム(ディスク)

エネルギー(E): 熱エネルギー (+エンジン)

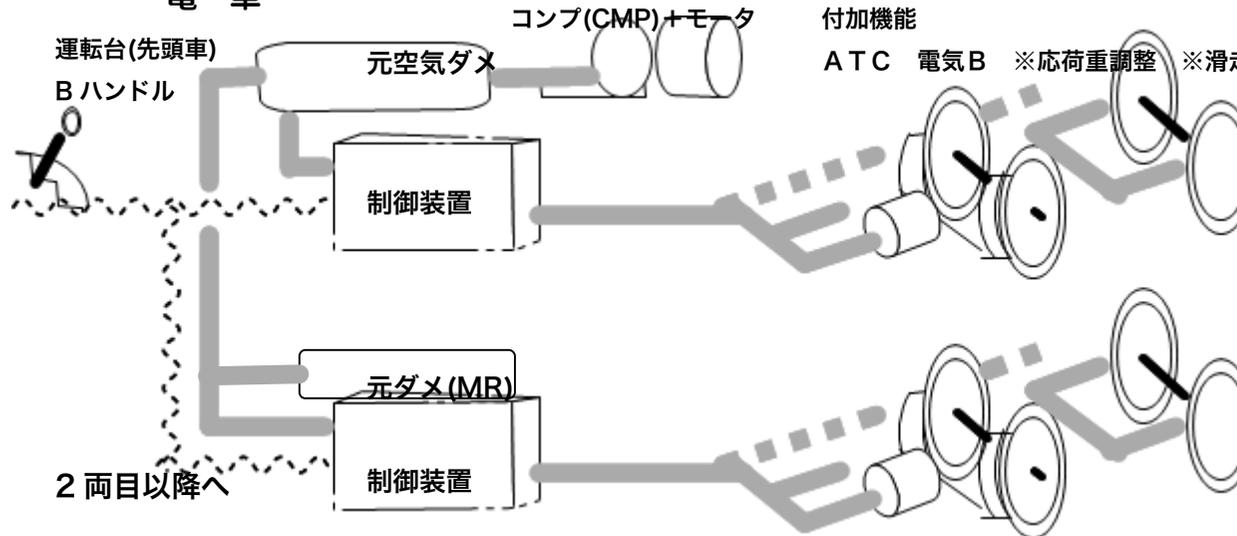
パワー(P): 足踏み(+倍力装置)

制御(C): 運転者(+マイコン制御)

『自動車』 vs. 『鉄道』 の止める対比
同じこと:

- ・車輪を摩擦で止める (メカニズム)
- ・『人』が操作(調節・制御)…変化あり

・電車



違うこと

・『ゴム・路面』 vs. 『鉄輪・鉄レール』
・『1台』 vs. 『多数両の編成』
・『人力』 vs. 『圧縮空気(他)』

電車の場合

…※: 車両編成(2~16両編成)特有の機能

メカニズム(M): = 自動車

エネルギー(E): = 自動車(+電力)

パワー(P): コンプ(空気ダメ) (ダメ=溜)

制御(C): 運転手 (+制御PGM)

空気ブレーキのはたらき

常用B:

圧縮空気力(コンプレッサ CMP・MR)

運転手(B力) ----> 制御装置 ----> エアシリンダ

(制御弁・1台/両) 摩擦力

↑電力B力<---->車輪/レール →ブレーキ(止める)

非常時(典型例)

運転手-非常操作-->(制御)装置---->(急)エアシリンダ---->車輪/レール →急ブレーキ(止める)

さらに、付加機能として関係するシクミ・機器あり

ATC 電気ブレーキ との協調

※応荷重調整 装置

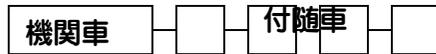
※滑走防止装置・保安ブレーキ (特別非常時・駐車時) 等

3.鉄道用ブレーキの構造、分類、歴史

ブレーキの基本機能とは

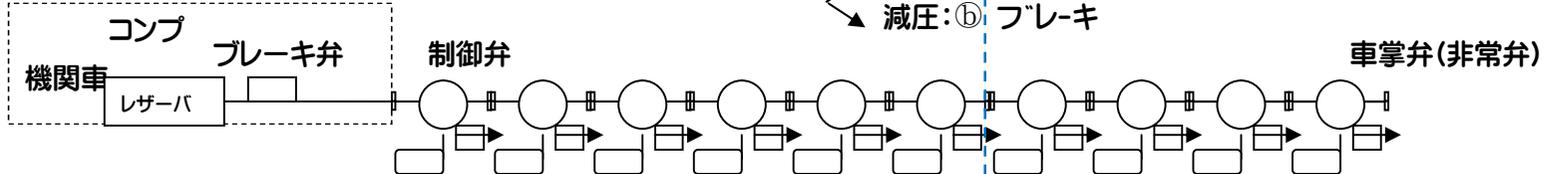
- ① 指示(操作)により車(輪)を拘束する。
- ② フェールセーフ停止。分離・故障したら即 STOP。
- ③ 減速力を適切に調節。(乗り心地他)
- ④ 保守容易でコスト小さい(+省エネ性)

…信号システム・運航規則(法律)に適合(前提の条件として)
それ以前 一般的に



※問題点: ・失効(モレ)起きたときの対応策 ・力 は充分か(過ぎないか)

自動ブレーキ (SL が牽引する列車をベース) の概要
(George)WestingHouse の『自動ブレーキ』システムの発明(1872 特許)



1本のブレーキ管により (a)蓄圧 (b)ブレーキ の両方を行う
(ブレーキ管圧力を変える(高・低・変化速度=アナログ量)ことで、付随車の『(制御)弁・切換』を行わせる) →※問題点を解決

基本機能(①~④)を、
鉄道列車というシステム製品で達成している。

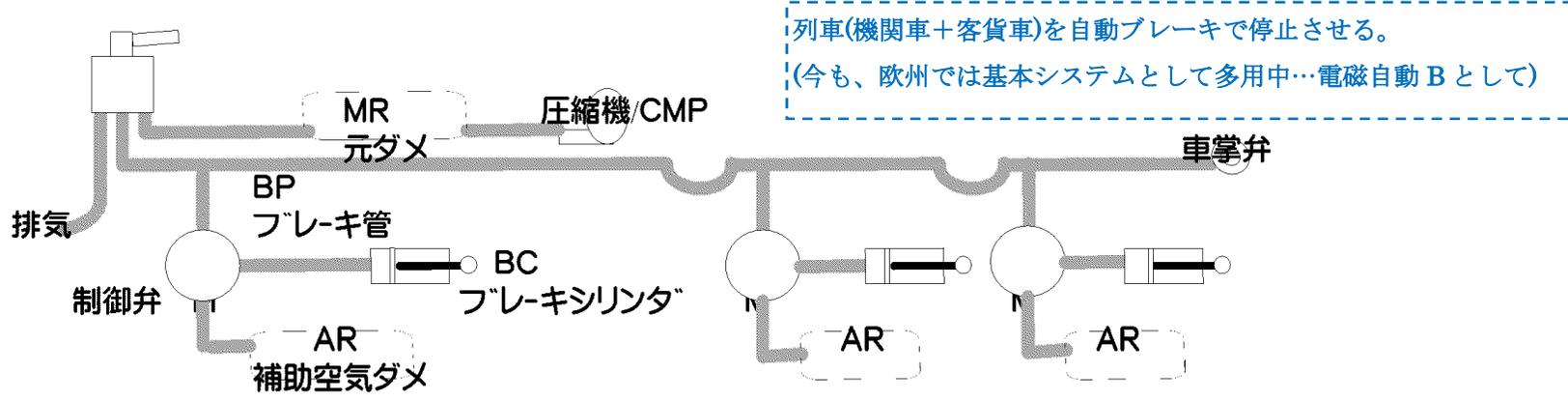
車輪 ← シュー 押付け(加圧)して止める
加圧力 = 人力(レバ・チェン)・真空力・(圧縮)空気圧 (油圧)

↑ 昇圧: (a) 蓄圧
↓ 減圧: (b) ブレーキ

『WHの自動ブレーキ』は、
各車両に制御弁(三動弁)をおくことで
1本のブレーキ管 (BP) だけの減圧・昇圧使い分けで
『編成全体』を、安全停止することを実現している。
そして、かつブレーキとしての
『フェールセーフ』機能も実現している

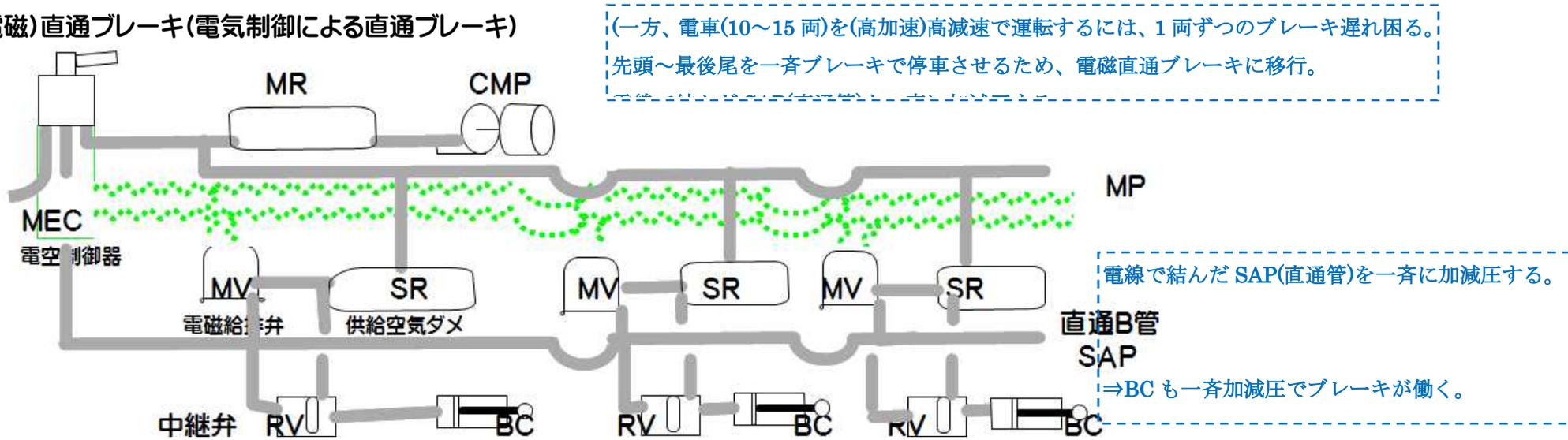


(A) 自動ブレーキ、



自動ブレーキ→BP 管の減圧により減速 = 付随の 1(車)両ごとに、約 0.35 秒 遅れていく(電磁自動ブレーキへの改良と活用されている)

(B) (電磁)直通ブレーキ(電気制御による直通ブレーキ)



電車のブレーキは こうなっている

運転台の(ブレーキ)ハンドル操作とその働き一覧表。

ブレーキ弁の作用 (ハンドル操作とその働き)

ブレーキ弁	ブレーキ管	制御弁	供給ダメ(S/R)	B/C
① 込め	加 圧	BP 圧→S/R へ	加 圧	--(弛めのまま)--
②ブレーキ (step1~7)	減 圧	切換・ブレーキ	→B/C へ供給	ブレーキ作動
③ 保ち	----	----	----	加圧保持(ブレーキ)
④ 非常	急減圧(解放)	急切換	急切換 (B/C へ急供給)	急ブレーキ作動
(⑤抜き)	----	----	----	----

(普通の)電車では右手でブレーキ操作(旧タイプ~最近まで)。

いまはワンハンドルが多く、手前に引くとブレーキがかかる。

新幹線(0系からは、右手で加速、左手でブレーキ。N700A も同様 (継承している)。

(長時間 操作する) マスコンハンドルが右手操作。

機関車は左手ブレーキ



電車 等は右側にある
ブレーキハンドル



大阪市交 20 系 ツーハンドル運転台



右側=B ハンドル

阪急-9300 モノハンドル運転台



手前に引く=ブレーキ



N700 系運転席_左手ブレーキ

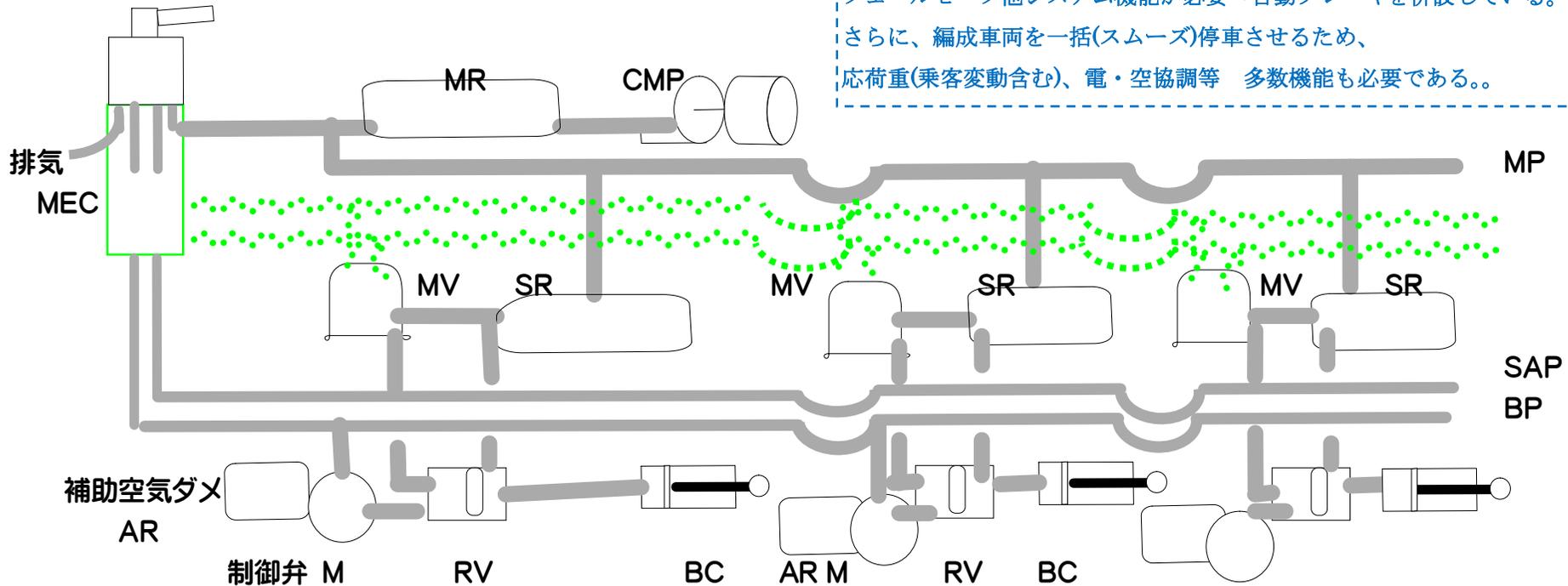


N700A 運転席(左と同様)



(C) 電磁直通ブレーキの実例 (HSC※の概要)

実際の電磁直通ブレーキでは通常停止のほか、20～40t/両の電車に対してフェールセーフ他システム機能が必要→自動ブレーキを併設している。
さらに、編成車両を一括(スムーズ)停車させるため、応荷重(乗客変動含む)、電・空協調等 多数機能も必要である。



さらに 応荷重装置

電制協調ユニット(含電力回生ブレーキ、制御協調)
(滑走防止(再粘着)装置) 等がプラスされる

実際の事例(国鉄-SED モデル図 HSC ブレーキシステムとほぼ同じ)を、次ページに示す。

Straight air brake / Electromagnetic / Dynamic: 発電制動付電磁直通空気ブレーキ

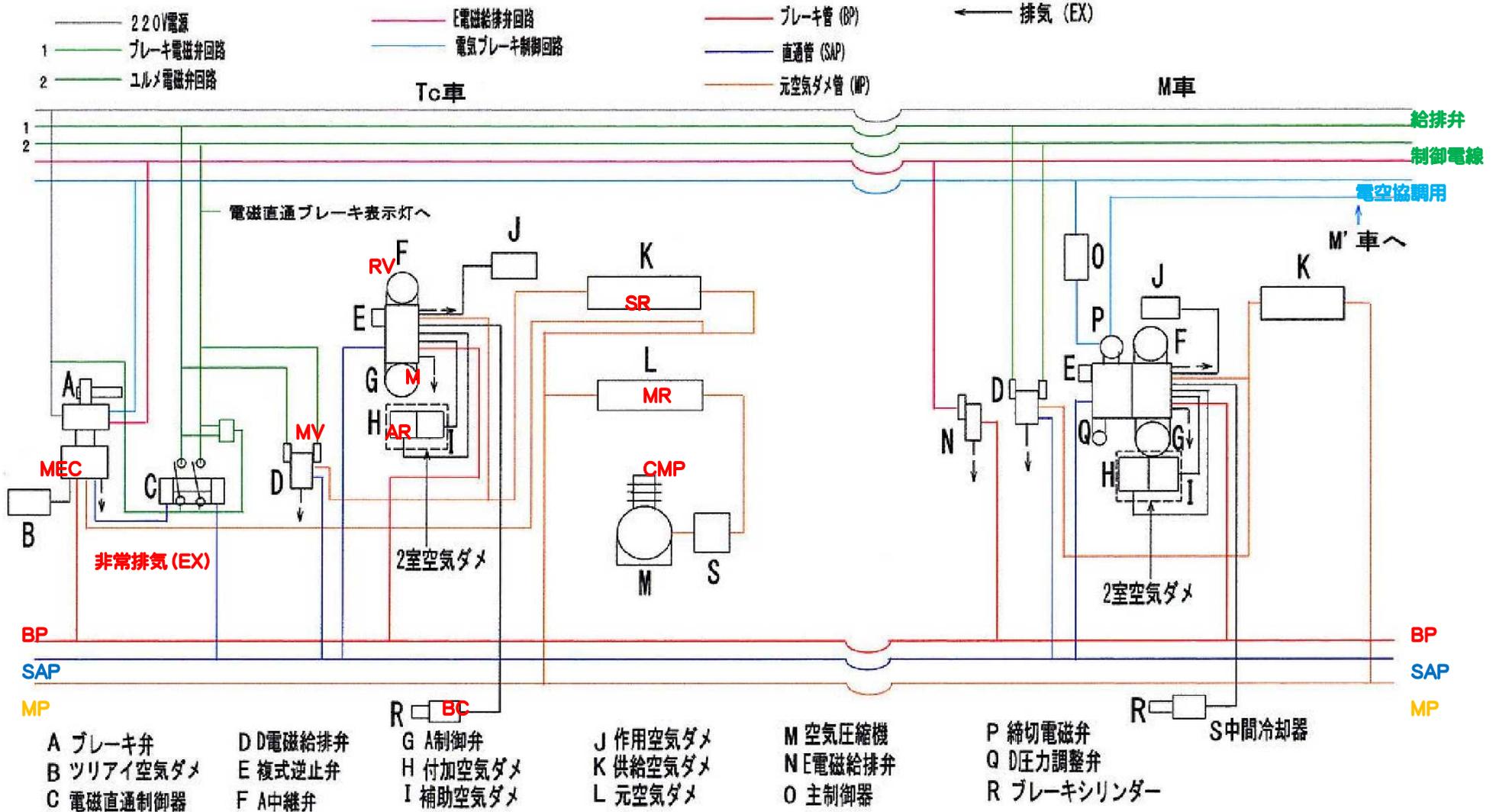
国鉄の基本的な電磁直通ブレーキの名称

Straight air brake / Electromagnetic / flexible Load / Dynamic: 応荷重装置および発電制動付き電磁直通空気ブレーキ (々 上)

※ High Speed Control 高速電車用空気ブレーキ

電磁直通ブレーキの一般的な呼び名 (Melco 社の商標)

(C) '電磁直通ブレーキの実際例…国鉄 SED タイプ(103系 他 1970~80 の大半に採用。0系新幹線とも)のモデル図



米国・日本のブレーキメーカー・鉄道会社で改良をかさね
 SMEE HSC SED・SELD など、各ニーズに応じて開発。
 国鉄 101系(もとはこだま系で使用) から、0系新幹線までの基本形。
 (新幹線では、強いブレーキ力と滑走防止(急弛め)に、最終段は油圧含める)

SED形 電磁直通ブレーキを設置した車両の写真

S38～S60頃まで、基本型としての製造を続けた（小改良は多数）。

コンプ・空気ダメ～各装置・BCまでを、他機器と並べて床下～台車に取付



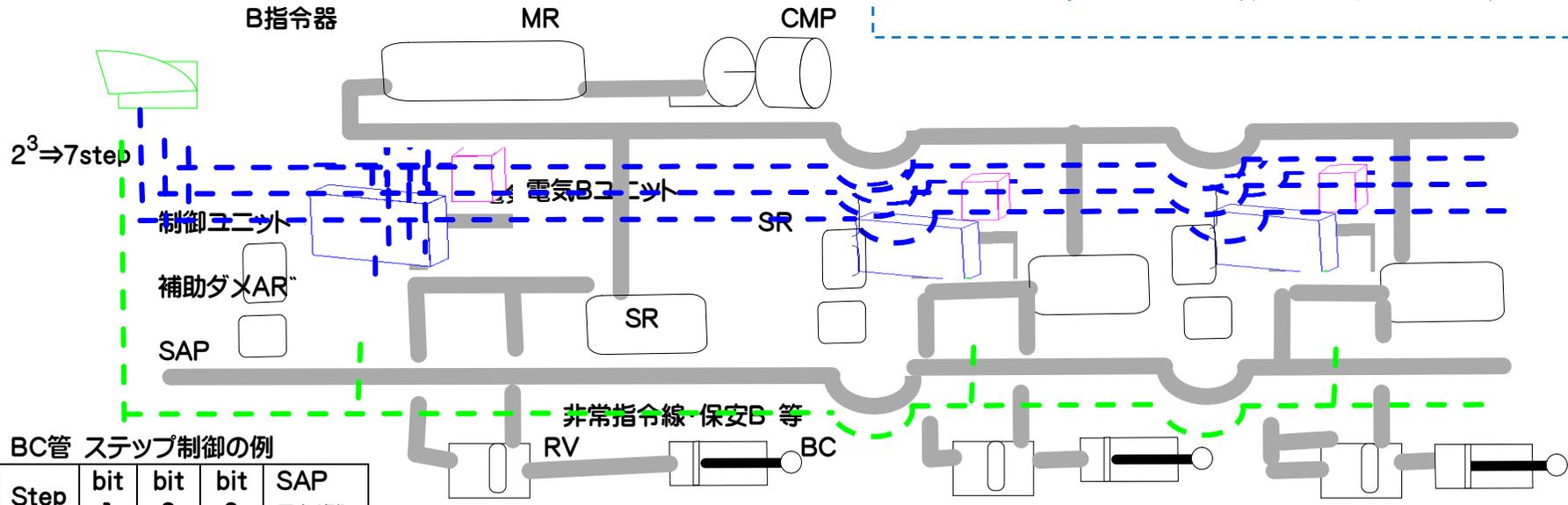
モハ114-1176 (2013. 6. 22撮影)

(左から) ブレーキ制御装置、空気圧縮機CP、誘導コイル、電動発電機MG、起動装置、減速抵抗器、元空気だめ

(D)電気指令ブレーキ(MBSタイプ)

直通管と電磁弁のブレーキ指示を、電線(3本)の on-off 組合せに置換え.

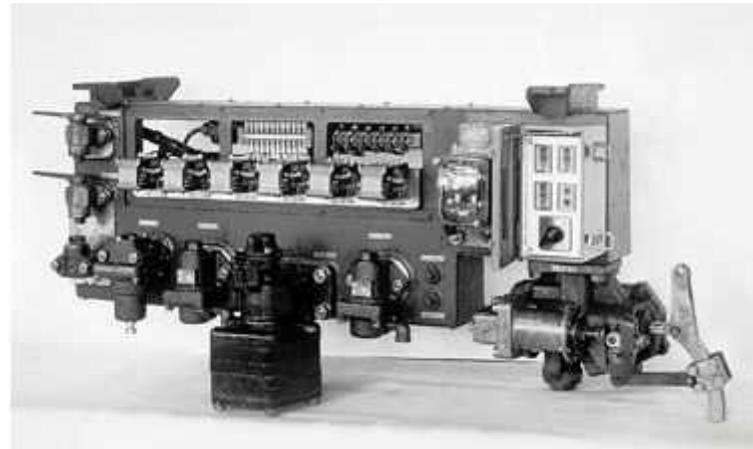
空気圧(+電線組合せ)主体で、複雑に多種機能に対応していたが、電気制御の取入れも図られた。大阪地下鉄(万博前の30系(1968)から、OEC 1として実用化)



BC管 ステップ制御の例

Step	bit 1	bit 2	bit 3	SAP 圧力(例)
0	×	×	×	0
1	×	×	○	1.0
2	×	○	×	2.0
3	×	○	○	3.0
4	○	×	×	4.0
5	○	×	○	5.0
6	○	○	×	6.0
7	○	○	○	7.0
EM	(X)	(X)	(X)	8.0
MP				8.5
保安				5.0

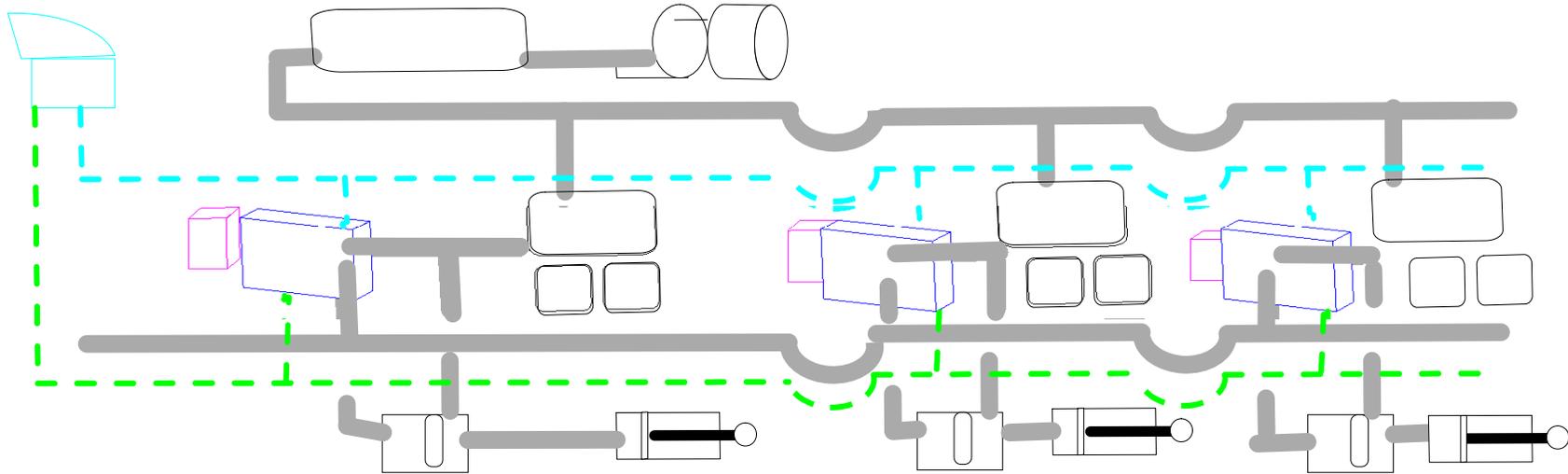
実用ブレーキは7段階制御が一般的だったので、3本電線オンオフによる7ステップ制御を行っている。その他も、電磁直通ブレーキのノウハウを折り込んでいる。



(D) 電気指令ブレーキ(MBSA タイプ)

ブレーキ指示値を、アナログ量(1本電線)とするタイプ

(1本線)アナログ値による電気指令式も一般化されている。
 (新幹線も、200系・100系・300系と順次電気指令式に変わっている)



(ブレーキあれこれ)...

閑話休題

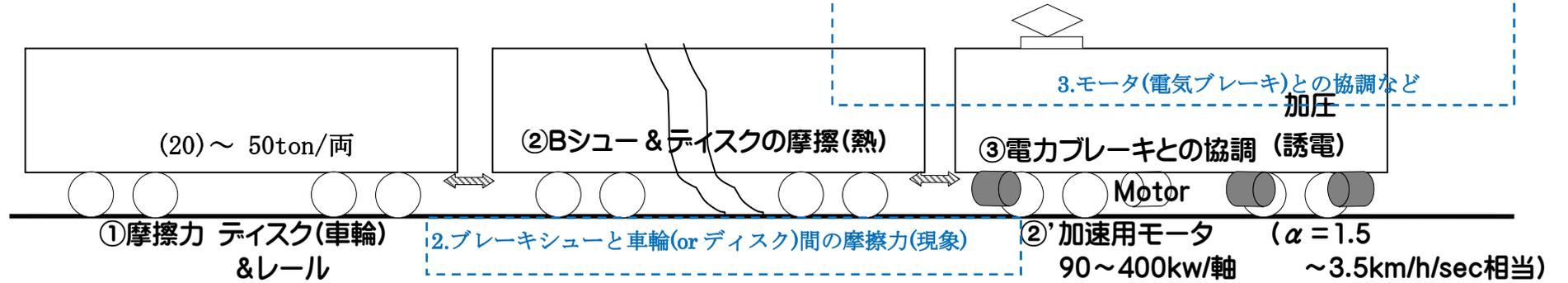
その他、ブレーキに関する各種の用語を、末尾 P25/25 に表示しています。

ブレーキ力(動体を止める)あれこれ

- ・動力(利用)ブレーキ:電気(電力回生)・エンジンシリンダ ...『回生ブレーキ』は、省エネに欠かせないが、『回生負荷』が課題
- ・電磁力(摩擦の代りに):渦(誘導)電流・トラック(台車)コイル (100系新幹線に使われた)
- ・空力(空気抵抗):フィンを立て...200~300km/h では有効 (→リニア新幹線?)
- ・カーリターダ(キャッチャー):レール側に摩擦力かける装置を置く (かつては、貨車ヤード(ハンプ)の必需品だった)
- ・油圧ブレーキ:応答性(加・減圧とも)良い。得失両面がある。空気Bと併用(新幹線・名古屋市交他)されている。

4-1. (走行する)車両を止める…物理的に考える
「電車を止める」現象を、初歩の物理(学?)的に考察してみる

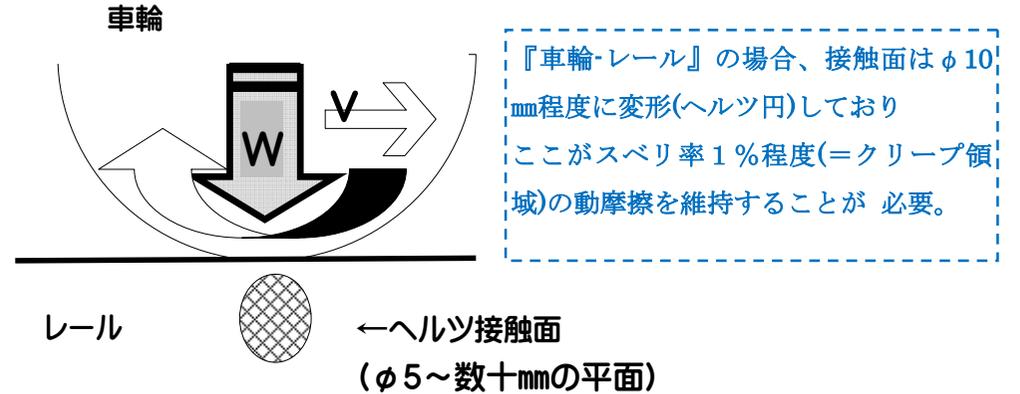
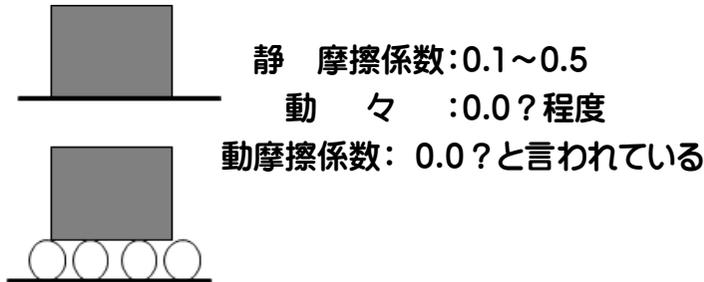
主要3点それぞれを考察。
それぞれ、「鉄-鉄」の摩擦現象であり、経験的な制御を反映させる。



1. レール上を鉄車輪が滑らずに(粘着)停止できること (スキッドレス)

ブレーキの実用減速度 $\alpha = 2.5 \sim$ 緊急非常停止(4~5km/h/sec 程度)である

① 「レール-車輪」のトライボロジー考察
マサツの基礎



経験的に (動)摩擦係数 = 0.0X ←このxは 小さい整数(3~5~7)
このとき すべり率 = 1% 程度(といわれている)
(粘着力 Max のとき = 微小すべり(クリープ)領域)
この領域を上回ると、タイヤ固着(スキッド)・空転発生する。
⇒(タイヤフラット損傷を生じる…一旦ブレーキ解放して、再粘着するしかない)

鉄輪(車輪)-レール の場合
ヘルツ応力からφ10mm程度の接触(弾性変形)と
みられる[車輪φ860 5ton 加重程度の場合]
面圧 $P_s \approx 1\text{GPa} (100\text{kg}/\text{mm}^2)$

②「減速に必要なエネルギー」(=ブレーキシューとディスクの摩擦で消費するエネルギー)

25トンの電車が、 $V=100\text{km/sec}$ で走っているとき

仕事量は 約 $6.7\text{M N}\cdot\text{m}/\text{両}$ これを(全て)、摩擦力(電気ブレーキ力)で、吸収・消費(回生)する。

日本国内の基準(日本国有鉄道運転規定(1947)⇒非常ブレーキ $<600\text{m}$ =※:次ページ参考あり)から

空走距離(1sec で $28\text{m} \leftarrow 100\text{km/h}$ のとき)等を除き、 $500\sim 550\text{m}$ 以内で止められるブレーキ性能が必要である。

(滑走・ばらつき・下り坂の場合等を含めて)

さて、運転時間・速度性能等のバランスも考えて

もし、 100km/h から 所要距離 300m 程度で停車させる(試算ベース)には

減速度 $4.7\text{ km/h} / \text{sec}$ ($28\text{m/sec} \rightarrow 0\text{m/sec} \Rightarrow 1.3\text{m}/\text{sec}\cdot\text{sec}$)

↑ これをエネルギー率に換算すると

約 300KW に相当する

↑ = 0.12 G :レール上摩擦の限界に近い

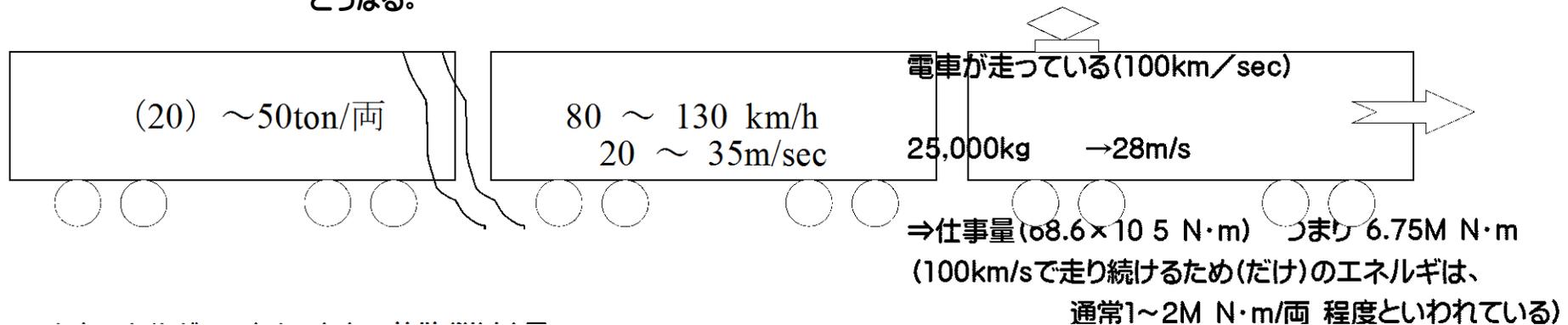
鉄道に関する法律は、歴史と環境により、様々である。

日本では、1947 国鉄規定(最高速で $<600\text{m}$ 以内に全停止※)がベース。

但し、※ 例外あり。→新幹線は別途規定。完全な立体交差路線等(湖西線・北越 T 等)では 800m 許容⇒ 160km/h 走行 OK)

実際例を図示すると、

こうなる。



減速エネルギー量：非常ブレーキで止まるときの放散(消失)量

$$V=28\text{m/s} \quad \text{所要時間} = T \text{ (21sec)}$$

(法律上※は空走含めて 600m以下)

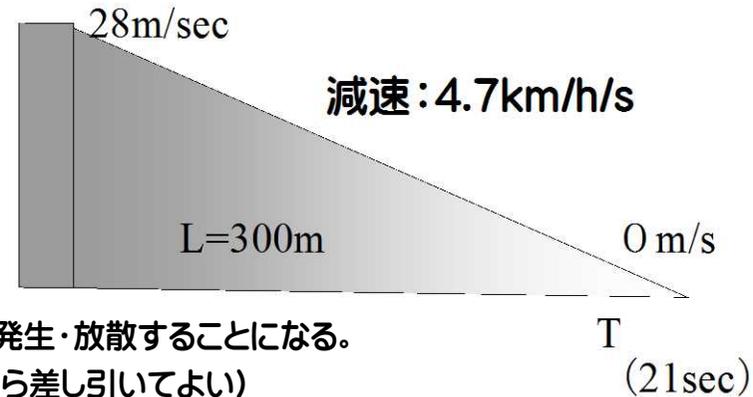
空走等を除く、実停止距離L:300mとして、減速度 = 4.7km/h/sec

エネルギー(率) = 約 300KW/両 に相当する

1両に、走行車輪(またはブレーキディスク)が8枚あるとして

このように停車するとき、(車輪)ディスク1枚は、40KW 程度の熱負荷が発生・放散することになる。

(常用ブレーキでの場合は、電気ブレーキ作用分をこの放散エネルギー量から差し引いてよい)



このように、ブレーキ発熱は決して小さくない。
下りの連続勾配線では、車輪(タイヤ輪)の水冷による弛み防止なども行われる。(実例=箱根登山鉄道 他)

普通の運転走行からみると、駅に停車する(回生協調の常用 B)ときは

(80~)70km/h から、200~300m位かけて停車する(減速度 3km/h/sec 程度である)

なお JR 西日本 新快速は非常停止の場合、130km/h(12両)から、約 20sec 強で停止している(空走 0.5~1 秒を含まず)

一方、電車の加速(走行)用モータは 100~200KW/個 程度(通常 走行台車軸の 30~70%に装備している)。

JR東海-N700 系は AC 誘導モータ=305KW/個(14/16両) 公称加速度 2.6km/h/sec 公称(非常)減速度 3.64km/h/sec である

※：新幹線は「特例法」で適用外(0系当初は 目安距離 = 2500m。現在は各鉄道・路線単位に規定?)

なお外国の例(法令?)は ドイツ=700~1000m、中国=800~1400m、英・仏は明文なし…

- ③ 電気ブレーキで車軸に働くブレーキ力(減速エネルギー)に相当する摩擦力をブレーキ制御装置内で演算して、シュー加圧力(BC 圧力)から差し引く。
(これがスムーズでないと、スキッドしたり、車両ガタ付きを生じる)

ただ、非常ブレーキは、全空気ブレーキである。

(電気ブレーキは、原則として非常時には使わない)

この電気ブレーキ力の演算と、その結果を BC 圧力に反映することはブレーキ装置設計の、空圧演算・制御系設計の双方にて重要なノウハウ。また、通常の常用ブレーキでは、この減速エネルギーをさらに架線に回生し、他電車の加速動力に利用する。これは、省エネ・省電力の有効手段である。そのために、常用は電気(回生)ブレーキを、目一杯働かせ、その不足分だけを『T 車遅れ込め』するブレーキ制御も、多数使われている。そして、電気ブレーキは、シュー・車輪等の保守簡素化にも大切な対策。ただ、非常停止(一般に非常ブレーキ)では、全空気ブレーキとしている。

新幹線-コレダス…大きな地震を遠隔検知して、非常ブレーキで減速する …(D40407 日経電子版_新幹線コレダス解説記事 参照)

地震発生時、大きな揺れが来る前に新幹線にブレーキをかける仕組みが「早期地震検知システム」である(図2)。地震の初期微動を検知し、架線への送電を停止することによって列車を停止させる。東日本旅客鉄道(JR東日本)の場合、初期微動を検知してから止めるべきかどうかの判断に要する時間は2秒。これをさらに、0.5秒へと短縮する研究が進んでいる。



図2 新幹線早期地震検知システムの地震計

高架橋の補強、脱線時にレールから車両が逸脱しない仕組みの整備などと合わせて、地震への対策は着実に進歩している。新幹

こうしたブレーキの関連技術が、最近では、(地味ではあるが)マスコミにもその重要部分に関して紹介され、散見できる(その事例から、最近技術の一部を紹介)

N700A 新幹線に採用された新技術の紹介記事 …ブレーキディスクの記事が Top (D40510 週刊現代 新幹線の現場探報.jpg から) →NHK-BS 特集 でも紹介された内容



【中央軸結ブレーキディスク】
安全性の向上のため「早く止まること」をめぐり、研究開発された。ブレーキ動作時に車輪とブレーキディスクとの間に発生する摩擦熱によるディスクの歪みを抑制。ブレーキ性能が向上した。

より強く、安定したブレーキ力を実現

【定速走行装置】
ダイヤが乱れた場合に速やかに回復し、安定した高速運行を実現。

【車体傾斜システム】
カーブ通過時の速度向上と乗り心地を向上させた。傾斜制御として、制御システム(車体傾斜制御装置)が搭載された。

【新ブレーキ】
新幹線の第1回「新幹線の安全と技術」50年の安全と技術

日本の新幹線は、安全と技術を追求し、世界に誇る。新幹線の安全と技術を追求し、世界に誇る。新幹線の安全と技術を追求し、世界に誇る。

320km/h 用ディスクブレーキの新形式ライニング紹介((株)曙ブレーキ環境パンフから…これも NHK で放映(紹介された)も
http://www.akebono-brake.com/docs/e_catalog2012/index.html#page=17

こうしたブレーキの関連技術が、最近では、(地味ではあるが)紹介された。その重要部分に関して紹介され、散見できる(その事例から、最近技術の一部を紹介)

●● 開発・設計段階での取り組み

環境に優しいブレーキの開発をさまざまな用途で拡大しています

環境負荷物質を使用しない製品づくりを推進

akebonoは国内・海外法規よりさらに厳しいakebono独自の自主ガイドラインを定め、開発・設計段階から、より環境負荷物質の少ない製品づくりを推進しています。PRTR法やREACHなどの環境負荷物質に該当する原材料は極力使用を避けるほか、人や環境への影響が大きいと判断した場合は代替材料に換えるなど、環境負荷物質の使用を削減しています。また、近年の環境負荷物質に対する規制強化に伴って、新規に採用する原材料については作業安全性、環境安全性について厳しくチェックし、環境負荷物質について意図的な含有がある場合は微量でも含有量を確認して、より環境負荷物質の少ない原材料を選定するよう取り組んでいます。将来規制の対象になる可能性のある原材料は、代替材料を先行開発し、使用しないことで規制強化に備えています。また、環境対応として製品の摩耗による粉塵を少なくする技術開発も進めています。



環境負荷の少ない素材の開発に努めています

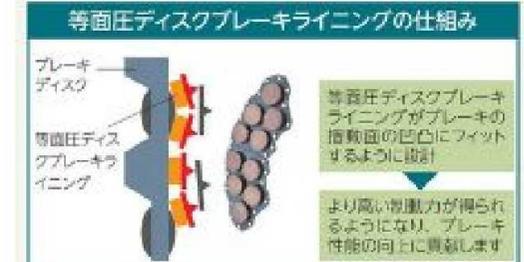
開発リードタイム短縮による省エネルギー・省資源への貢献

akebonoの製品開発では法的基準に沿った安全性や、お客様の要求スペックとの適合を確認するため、試作品を製作・評価・確認しています。この開発段階でのリードタイム短縮を目的として、FEMなどの数値解析の導入や設計の標準化を進めることで、評価サイクル数を減少させています。これは試作品製作や試験機運転稼働などの開発における付帯電力のエネルギー削減と試

作品のブレーキ機構部品や摩擦材などの使用削減となり省資源にも貢献しています。akebonoは設計業務の詳細な分析と解析で開発リードタイムを短縮し、効率的で環境に優しい製品開発システムを構築しています。

● TOPICS
 第41回日本産業技術大賞「文部科学大臣賞」受賞

東北新幹線E5系「はやぶさ」の開発に携わったakebonoを含む計10社が共同受賞しました。この新幹線に搭載されている新しいタイプの等面圧ディスクブレーキライニングは、ブレーキディスクにライニングを均一な力で押しつけることができ、時速300kmを超える高速車両の安全な運行、安定した制動力に貢献します。ライニングには環境負荷の少ない原材料を用いており、akebonoの同製品における開発・量産化の実績を認められ、今回の受賞となりました。



東北新幹線 E5系「はやぶさ」

鉄道車両用製品

- ・新幹線用ディスクブレーキ
- ・新幹線用ディスクブレーキライニング
- ・鉄道車両用制輪子
- ・リニアモーターカー用ブレーキ など



新幹線(N700系)

<p>■ 新幹線用ディスクブレーキ</p>	<p>■ 鉄道車両用制輪子</p>
<p>■ 新幹線用ディスクブレーキライニング</p>	<p>■ リニアモーターカー用ブレーキ</p>

④地震等の場合の緊急停止(減速)について

- JR東日本の新型E5系 の場合、最高速度(Max 320km/h)から50秒程度での停止を設定している(ようです)
- これを、試算すると
- $V = 89\text{m/s}$ $T = 50\text{s}$ (程度)
- \Rightarrow 最大 6km/h/sec 程度になる
- これは、限界に近い(クリープ・摩擦熱の両方で)と言える。
-
- 「ユレダス(地震計に連動した緊急対応システム)」の改良など、さらに高性能化進めておられる。
- 今のクリティカル条件は、地震の「P波(速いタテ波)ーS波(ひどいヨコ波)」伝達時間Gapの間に、(最高)運転速度から比較的安全と思われる速度(100 キロ以下)まで、落とすことがタスクと考えられる。

新幹線の非常停止についても、再三紹介されている。世界的にも大切な技術である。

(成果例： ①上越地震-最小限の脱線のみだった。
②三陸地震-非常停止が安全に機能した 等)

4-2. ブレーキの寿命・耐久性・保守(メンテナンス)について

鉄道(車両)の保守周期(詳細は、個々に規定されている)

仕業点検	月検(交検)	重検・全検	(車両)更新(修繕)	さらに 長寿命
↓	↓	↓	↓	40~60年 程度
(目視)	(個々確認)	(分解・消耗交換)	(機器交換・変更設計)	----->
by オペレータ	by 保守員	by 検修工場	by メーカー等	詳細検討
		内部検査・機能点検 消耗品交換		
要求: 基本的に	基本的に	繰返し保守	新車(時)と同等	別途
レベル	トラブルゼロ	(新品同等)		
保守周期:				
1(毎)日	100日(3月)	1,000日(3年)	10,000日(約30年)	別途

これらをまとめると、各鉄道会社での 課題(Task) として

- ・基本的に「使用中のトラブルは ゼロ」
万一の場合も、安全側に機能すること(今は、これも中々許されないが)
(フェールセーフ)
- ・(数年間の使用)摩耗・消耗・劣化によるトラブルなし
(オーバーホールにより、100%の 機能回復)
- ・(車両の)製品寿命を上回る耐久性をもつ
(・ユーザ内各部門の)能力に対応した、保守ができること
- ☆・実績・歴史の蓄積を踏まえた、機能・製品であること
(トラブル事例含め) ⇒どのような工業製品でも、同様ではあるが
「止める」機能の製品ゆえ、殊更 重要である

【(仮)結論】 (各々の)鉄道で必要な「止める」ことを、車両が(存在するかぎり)実績を持つやり方で必ず実行続けること

5. 主なブレーキ(が関係する)鉄道事故とその対策

かつては、暴走・逸走も多くあって、その原因不明も少なくない。側線誘導・(登り)停止分岐など、施設面の対策も多数とられた。近年は(当然であるが)、個々の事故原因に対して、各々の具体的な措置・対策(法制化含めて)が執られている。

No.	年月	表題	事故の概要	再防対策
1	(1889)	北アイルランド、アーマー鉄道事故	勾配途中で事情により分離・分割した列車の後半部分が逸走した)	かつては、暴走・逸走多数で、原因不明も多い。側線誘導・(登り)停止分岐など、施設面の対策多数アリ
2	(1926)	箱根登山 暴走・転落事故	急勾配でブレーキが故障(詳細理由未詳し)、暴走・転落	箱根登山(スイス等には多い)のトラックブレーキ、神戸電鉄の3重系ブレーキなどが対応策(継続中))
3	1948	近鉄奈良線生駒トンネル事故	生駒トンネル内で走行中にブレーキ故障。下り坂を暴走し、追・衝突	戦後の混乱期特有の保守・不具合に起因する
4	1971	富士急行列車暴走事故	踏切衝突事故で、トラックが(新製直後の電車)ブレーキ-エア系を破壊した。全くのノーブレーキ状態になり、勾配線を逸(暴)走・転倒転落した	保安(直予備)ブレーキの(法律)義務化。
5	1971	近鉄大阪線青山事故	(ATC関係のトラブルで)原因不明停止した電車のブレーキ管コックを誤って解放。その後の(誤?)操作で、勾配線でノーブレーキになり青山トンネル内を暴走して、対向電車に衝突。	前項目と 同対策 (他、多くの措置)
6	1986	西武新宿線田無事故	降雪が制輪子-車輪間に詰まり、ブレーキ不能となって追突。	耐雪ブレーキ機器取付(使用)を厳しく管理
7	1992	関東鉄道常総線列車衝突事故	ディーゼル車のブレーキトラブルに対して、不適切なコック操作で全ての(保安B含め)ブレーキ不能のまま発車。次(終端)駅でノーブレーキ暴走、駅ビルに突込み大破した。	種々対策。
8	1993	ニュートラム住之江公園駅事故	終端駅手前で、継電器トラブルで常用B効かずに、車止めに衝突。接続不良の再現できず、真因未詳といえる。	全車両の電気系設計改良・施工で、運行を再開した。
9	2000	京福電鉄永平寺線事故	(旧型電車の)ブレーキ(元)ロッドが、保守改造不適切で走行中に折損。ノーブレーキ状態で暴走・衝突	旧型車両の保守・管理について法制化。
10	2014	東急東横線元住吉事故	降雪天候のなかで、ATSによるブレーキ・非常制動ともが効かずに、前方駅停車中の車両に追突。	(雪と(線路塗布)油の複合トラブル…… 真因は未発表?) D40712読売新聞-元住吉事故_中間報告記事. Pdf

しかし、最近(H26/2 発生)でも、元住吉事故のように、悪条件(降雪)のなかで、ATSによるブレーキ・非常制動ともが効かず、前方駅停車中の車両に追突した事例あり。原因は、雪と(線路塗布)油の複合トラブルである(調査委-中間結論)とされているが、

(参照:D40912 日経もの_元住吉事故. pdf D40712 読売新聞-元住吉事故_中間報告記事. pdf)

6. まとめ…「電車を止めるブレーキ」の使命を、再度整理とりまとめます。

1.安全確保の最終手段である

社会システム(インフラ)としての鉄道輸送のなかで、通常運転の一要素として「止める」ことも大切・重要であるが、あわせて『いつ・いかなるとき(まさに非常の状態・条件下)でも、止める』ことができる装置・システムであること

- ・システム(機器)として、安全・確実に止める機能を果たす。
- ・いかなる条件(ex. 停電・地震・非常事態…)でも止める。
- ・(システムとしての)多重性・冗長性・補完性・安全性などの成熟度が高いこと。

2.環境・エネルギー管理への貢献・責務

地球上の基本的な社会インフラ施設として、大切な資質の一つである。

(エネルギー消費の)環境影響・エネルギー管理に、充分・適切な役割と改善を果たす(続ける)

・様々の技術革新(材料・エレクトロニクス・制御技術等)のおかげで、近年(30~40年間)に 鉄道が使用・消費する『電力エネルギー率』は、約40%(半減以上に改善)になったと言われている。車両の軽量化、電力回生活用、駆動システム改良(DC→AC 転換とその特性活用)etc など、多項目に亘る。今後も着実に工夫・改善続けることを望むところである。

- ・現在は、運転(操業)エネルギーの低減改善に加えて、車両の一生(製作~使用~廃棄)に関わる『総エネルギー』を最小化する LCA(Life Cycle Energy Analysis)管理が取り組まれている。
その見地にて、『止める機能』に関わる、一層の工夫改善が期待される。

おわり

7. 電車を止める_PP 報告-引用・参考資料 List

宮本昌幸編著 図解『電車のメカニズム』 BlueBacks (株)講談社
 宮本昌幸著 ここまで来た『鉄道車両-しくみと働き』 オム社
 蒸気機関車の基礎講座 清水昭一著 々々
 国鉄蒸機発達史 高木宏之 著 『日本の蒸気機関車』 (株)ネコパブリッシング
 岡田鉄之助他 鉄道車両ブレーキの課題と開発 三菱重工技報 vol.33 (1995-7)

宮本先生の著書はじめ、多くの先生諸氏・企業の資料に
 感謝・お礼申し上げます。

Wikipedia 『電磁直通ブレーキ』・『電気指令式ブレーキ』 他
 々 『日本の鉄道事故』(各年代編)
 インターネット 『運転台画像集(私鉄編)』 他

最近技術のネット紹介資料:

<http://www.mhi.co.jp/discover/graph/feature/no171.html> (MHI-HP 重工グラフ URL 版) …U/B 等の動画あり
http://www.mhi.co.jp/discover/mhi_file/index.html#file_03 …総合説明動画(4min)…西村 B を紹介
http://www.youtube.com/watch?v=JVV_zoyC8ck (N700 系車両で使用中の CS1500 について TV - CM 30sec)

8. 鉄道-車両-ブレーキ メーカーのマーケット Map

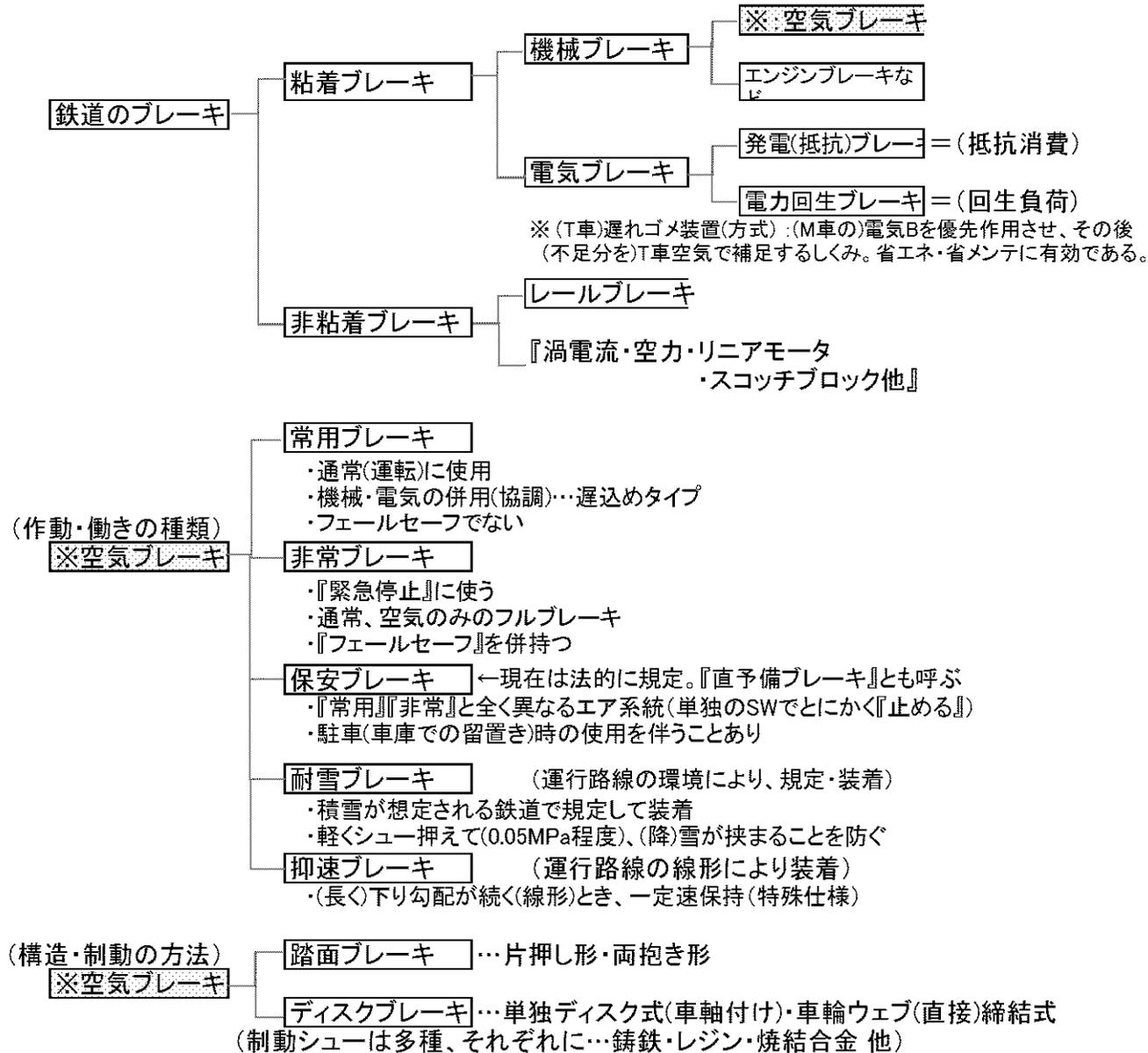
鉄道-車両-ブレーキ メーカーのマーケットMap

区分	米国	欧州	アジア各国	日本
車両メーカー	B社(加)	A社(仏) ABB(瑞)	中国北方… (CNR 協業?) 韓国 数社	Ka社・H社・Ki社… JR各関連社。NT社…
鉄道会社 (+運行会社)	各 民鉄社 (Amtrak) 都市交通各社	各国々鉄 運行会社 (自治体交通)	各国々鉄 (自治体交通)	JR各社 民鉄各社 (自治体交通)
ブレーキメーカー	WABTEC	KNORR	CNR関連	ナブテスコ
	NY Air Brake	(英)W.B.S	(韓)Yujin Mcry.	三菱電機 (三菱重工)
		Faiveley Transport		

・適用規格・標準 :

UIC (国際鉄道連合) 規格書
 (日本) 鉄道事業法
 JIS (旧 JES…JIS 発足時のベース)
 各国の鉄道法・各鉄道事業法令
 等

3-2 ブレーキのあれこれ(用語集)



以上