鉄道の技術と課題

(施設の役割) 交通と都市のシステム

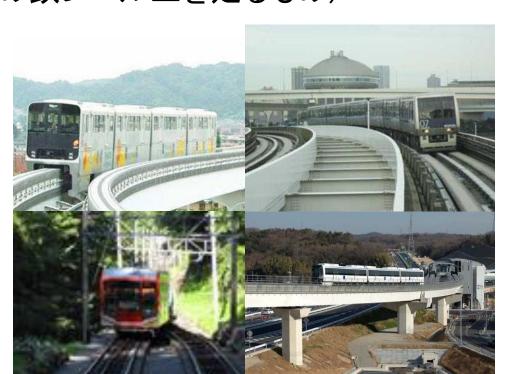
東北大学 奥村 誠





鉄道とは

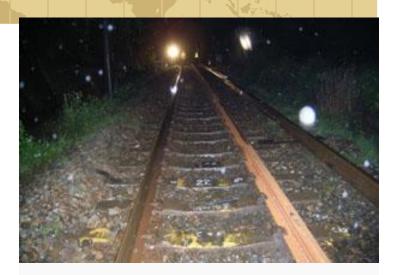
- 陸上交通機関として一定の土地を占有し、連続的なガイドウェーに沿って車両を運転して、旅客や貨物を運ぶもの
- ◆ 通常の鉄道(2本の鉄レール上を走るもの)
- ♦ 路面電車
- ♦ モノレール
- ♦ 新交通システム
- ♦ ケーブルカー
- ♥ 浮上式鉄道





鉄道の構成要素

- ⇔線路構造物
- ♥電気設備
- ♥信号保安•通信設備
- ⇔停車場
- ●車両基地



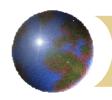


● 車両(東海道新幹線資産の5%)

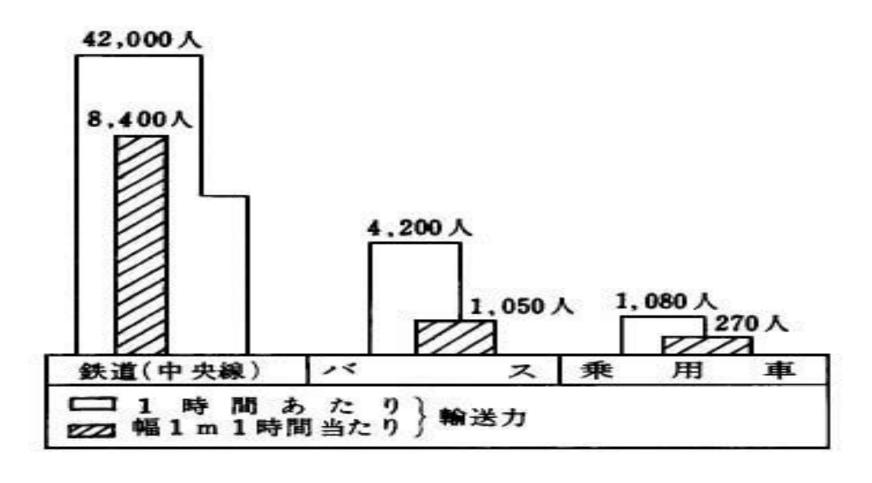


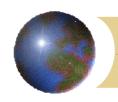
鉄道の特徴(利点)

- ◆ レールで案内されるため、限られた土地で大量輸送が可能である
- ◆ 鉄のレールと車輪により走行抵抗が小さい
 20km/h時の抵抗1~2kgf, ゴムタイヤ10kgf
- ◆ 外部給電できるため高効率の電気運転ができる■ 蒸気機関2~3%, ディーゼル20%台, 電気30%台
- ◆ 専用レールと保安設備により高速運転が可能
- ♥ 定時性が確保される
- ♥ 安全性が非常に高い



空間の利用から見た輸送力





交通機関の動力馬力の比較

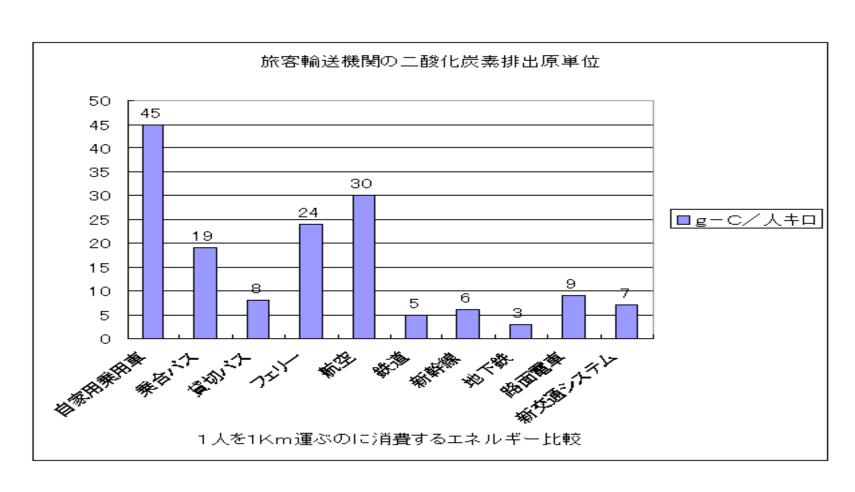
表 2 - 2 交通機関の動力馬力比較

機関	別	運転重量 (t)	積載重量A (t)	動力馬力B (PS)	運行速度 (km/h)	B/A (PS/t)
鉄	適	1.200	800	1.600	70	5
トラ・	ック	50	10	300	70	30
ジェッ	ト機	100	10	100.000	900	10.000
AG:	船	15.000	10.000	10.000	25	1

出典 久保田 博 著「鉄道工学ハンドブック」



二酸化炭素排出原单位(旅客)

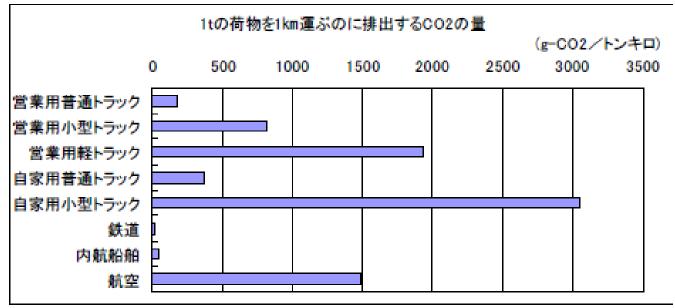


「運輸関係エネルギー要覧(平成11年度版)」

図表1-16 主な輸送機関別の輸送量(トンキロ)によるCO2排出原単位

1 t の荷物を1km運ぶのに排出するCO2の量 (g-CO2/tkm)

CAN LA IN CHANGE OF AN LAND A DOOR	10 t mm
区 分	CO2 排出原単位
営業用普通トラック	178
営業用小型トラック	819
営業用軽トラック	1,933
自家用普通トラック	372
自家用小型トラック	3,049
鉄道	21
内航船舶	40
航空	1,483



注) 積載量3,000kg以上を普通トラックとする

出典: 平成14年度国土交通白書



鉄道輸送の定時性

- ◆ 2003年度JR東日本(三戸2005)
 - 新幹線:遅れ1分以内96.2%、平均0.3分
 - 在来線:遅れ1分以内90.3%、平均0.8分
- ◆ 2006年度東海道新幹線(JR東海HP)
 - 平均遅延0.3分(11万本の平均値)
- ♦ 航空:15分以上の出発遅れを「遅延便」(国内7社)
 - 遅延率は2006年下期5.41%、2007年上期6.44%
 - 天候0.12%機材故障0.49%機材繰り2.78%、他2.44%
 - 🟗 欠航率は2006年下期2.86%、2007年上期5.17%
 - 天候0.72%機材故障0.07%機材繰り0.28%、他0.25%



輸送機関別の事故率

図表1-20 輸送機関別の事故率

運搬方法	輸送量	(A) 輸送量×	(B) 重大事故	年間事故発生率 (c) = (B) / (A)	(D) 輸送時の
1 = /2	(万'。/年)	走行距離 億トンキロ/	発生件数 (件/年)	件数/億 和トン	事故発生率 (件/10年間)
トラック 営業用危険物運搬車両	約16,000	約 135	約 40	0.2963	0.2×10-1
船舶 (内航船積卸量)	112,500	2,347	7.2	0.0031	0.2×10-3
鉄道 (JRコンテナ貨物)	2,123	240	0.3	0.0013	0.8×10-4

出典:「北九州市 PCB 処理安全性検討委員会」報告書

注) 重大事故の定義

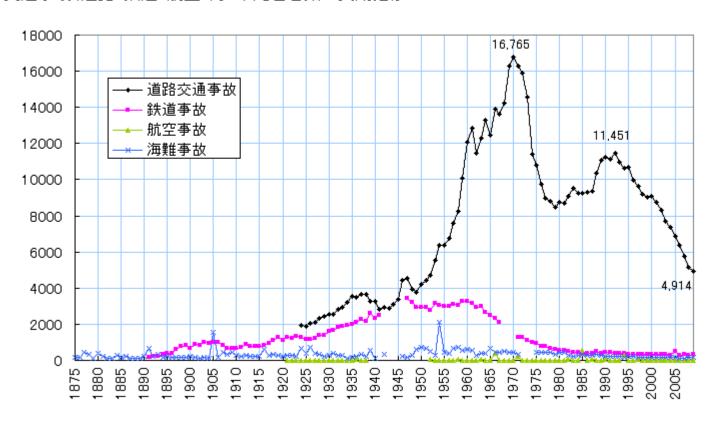
、火災、鉄道車両との衝突・接触、死者・重傷者を伴ったもの 積載貨物・家屋等に 200 万円超の損害を与えたもの

故障により運転ができなくなったもの

事故(渾行不能事故)

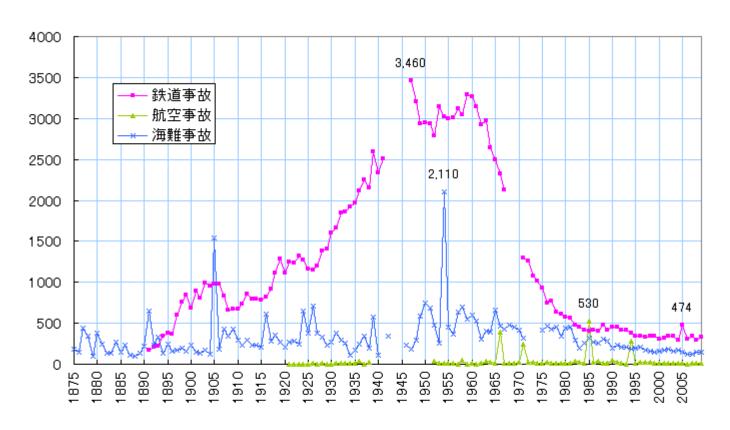
交通事故による死者数の推移

交通事故(道路・鉄道・航空・海上)死亡者数の長期推移



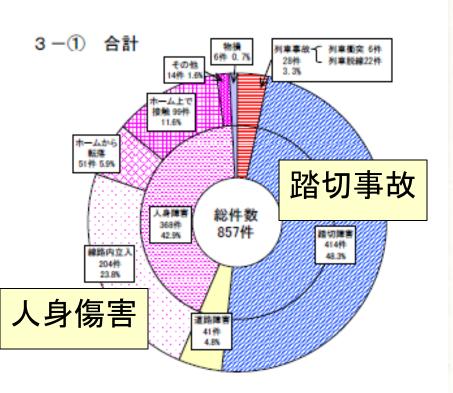


交通事故による死者数の推移

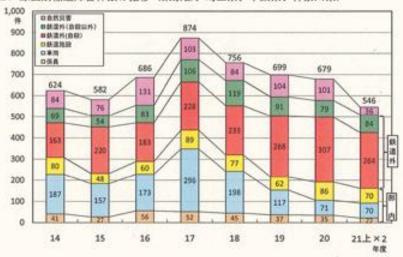


- (注) 2007年までのデータ。鉄道事故は列車事故のほか踏切事故、人身事故等を含む(1981年まで年度ベース)。 道路交通事故、鉄道事故は24時間死者。海難事故は行方不明者を含む。
- (資料)総務省統計局「日本長期統計総覧」「日本の長期統計系列(HP)」、内閣府「交通安全白書」(道路交通 事故2005年以降、鉄道事故1982年以降、航空事故2002年以降、海難事故1975年以降)

踏切事故と 人身障害事故 が多い



2. 原因別輸送障害件数の推移(東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県)



3. 原因別輸送障害件数の推移(全国)



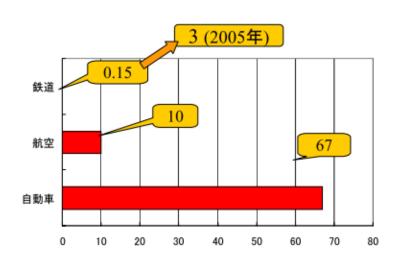
注) 平成21年度は、平成21年度上早期の件数 (連報値) を2倍したものである。



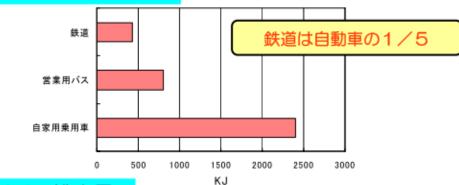
統計的に見れば・・・

事故死亡率 (乗客・乗員) (10¹⁰人キロ当たりの事故死亡率)

鉄道は自動車の1/400

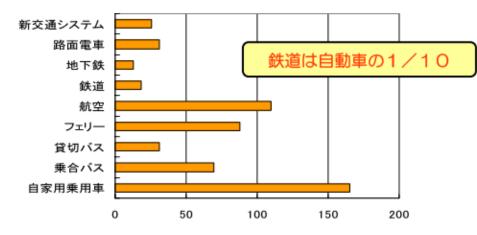


エネルギー消費率



CO₂排出量

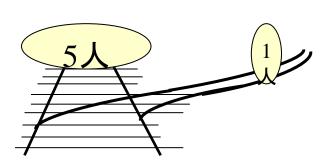






「サンデル教授の白熱教室」の問い

- 参 あなたは路面電車の運転手である。ブレーキが故障して止まれなくなった。そして前方の線路上には5人の労働者がいる。隣の待避線には1人の労働者がいる。いま使えるのはハンドルだけだ。さて、道徳的に正しい選択は?
 - 5人を助けるため、ハンドルを切って1人を犠牲にする。
 - ☆ 命の選択を拒否し、ハンドルを切らず5人を犠牲にする。



サンデル教授は、鉄道の仕組みを全く分かっていない!

鉄道の進路は、運転手ではなく、地上 施設側でコントロールする

- ◆ 鉄道車両の「ハンドル」は、速度を制御するものだけ(ギアチェンジとブレーキ)
 - 車両側から進路を選ぶことはできない
- ⇒地上側で、進路の安全を確保して、その方向に分岐させ、準備できたことを「信号」で知らせる
 - そのために複雑な施設・設備が必要
- ⇔路面電車は例外的に、一旦停止のタイミングで進路の切り換えをすることができる。

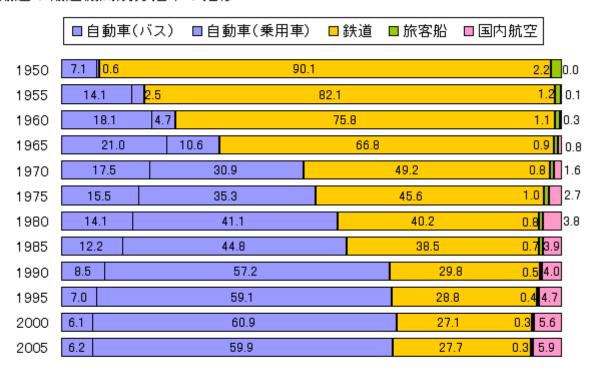


鉄道の特徴(欠点)

- ◆ 線路や停車場など専用施設に大きな投資が必要であり、大量輸送しなければ採算が取れない
- ◆ 施設や車両の不具合がシステム全体の乱れに影響しやすい。維持管理に人手と金がかかる
- ◆ 駅から駅までの輸送に限られるため、端末の交通 条件に左右される。

旅客輸送機関別シェア(輸送人キロ)

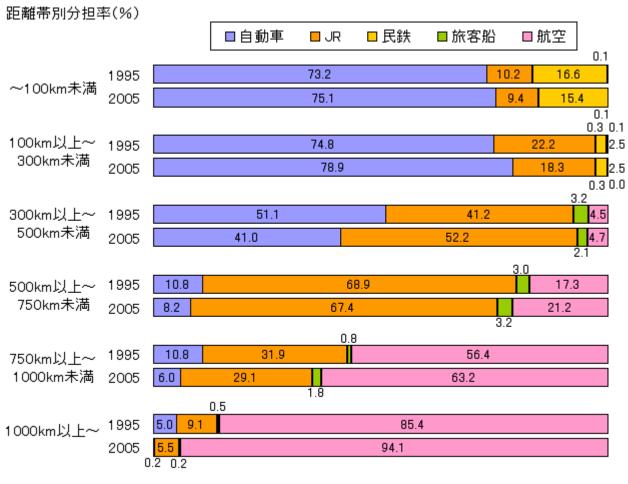
旅客輸送の輸送機関別分担率の推移



(注)年度、人キロベースのシェア。1990年度より自動車には軽自動車および自家用貨物車が追加。 (資料)国土交通省「陸運統計要覧」



距離帯別シェア(輸送人員)

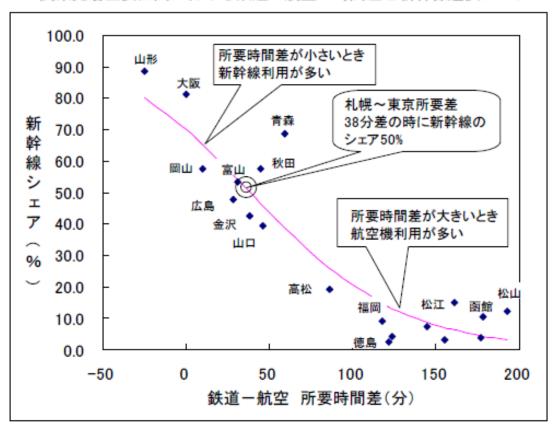


(注)年度、輸送人数ベース (資料)国土交通省「貨物・旅客地域流動調査・分析資料」



航空との所要時間差と鉄道利用率

関東発着主要区間における鉄道・航空の時間差と新幹線選択シェア



(出典) 2003 年旅客地域流動 (総流動) 調査を加工して作成

(羽田~各都市への所要時間と当該地点間を結ぶ新幹線経由の最短時間により算出)

北海道経済連合会北海道新幹線札幌延伸報告書(H18.7)



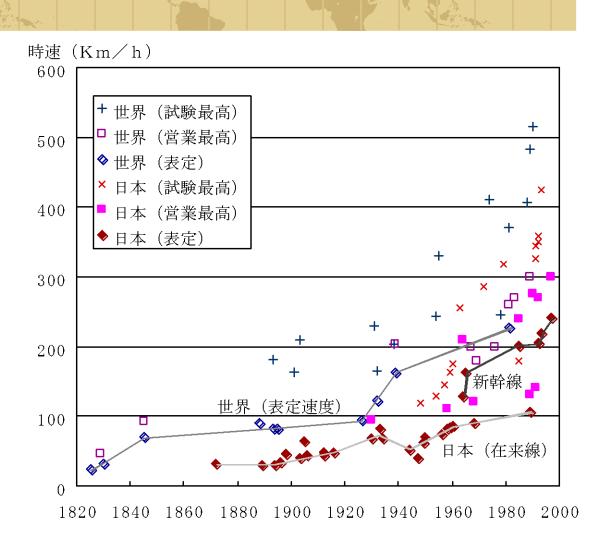
鉄道の速度

- ◆ 最高速度 瞬間的な最高の速 度
- 🕈 表定速度

区間距離を停車時間 を含めた所要時間 で割ったもの

♥ 平均速度

区間距離を停車時間 を除いた走行時間 で割ったもの

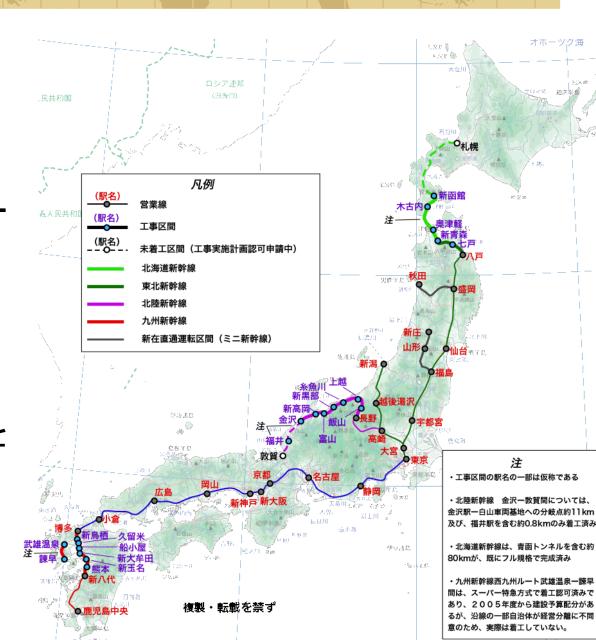


住田「世界の高速鉄道とスピードアップ」日本鉄道図書,1995のデータに加筆の上作成



新幹線

- 全国新幹線鉄道整備法 (1970)
- 主たる区間を200キロメートル毎時以上の速度で 走行できる幹線鉄道
- 東海道新幹線(東京~新大阪)1964年に開業
- 世界で、高速鉄道の役割が見直されるきっかけとなった.
- 山形新幹線と秋田新幹線は,法律的には在来線の扱いで,最高速度は130km/h





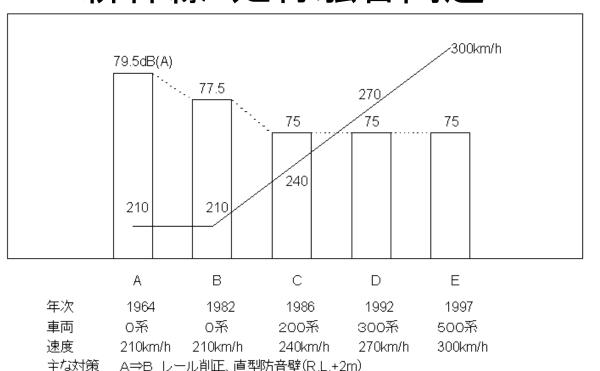
新幹線の特徴

- 軌間1435mm(標準軌)⇔在来線1067mm(狭 軌)
- 参緩いカーブ:曲率半径4000m(トンネル多い)
 - 東海道は2500m, 都心部は例外あり
- ◆継ぎ目・隙間の無いレール、分岐器の工夫
- ◆ 駅の間隔が長い(30~40km)
- ◊ 停止距離の制限を解除している
 - ☆ 踏切がなく立体交差(高架橋が多い)
 - 線路への立ち入りを法律で禁止
- ♥ 車上信号方式
- ♥ 動力分散型の電車(構造物への影響が小さい)



鉄道の高速化を制約するもの

♥新幹線:走行騒音問題



いまは、トンネルの 衝撃音が問題化

車両の断面積を小さ くする 先頭車両を流線型 に近づける トンネルの入り口の 形状を変更する

A⇒B レール削正、直型防音壁(R.L.+2m)

B⇒C ブスケーブル引き通し等、バンタカバー導入、吸音材付き逆L型防音壁(R.L.+2m)等

C⇒D 車両表面平滑化、吸音材付き逆L型防音壁(R.L.+2m)等

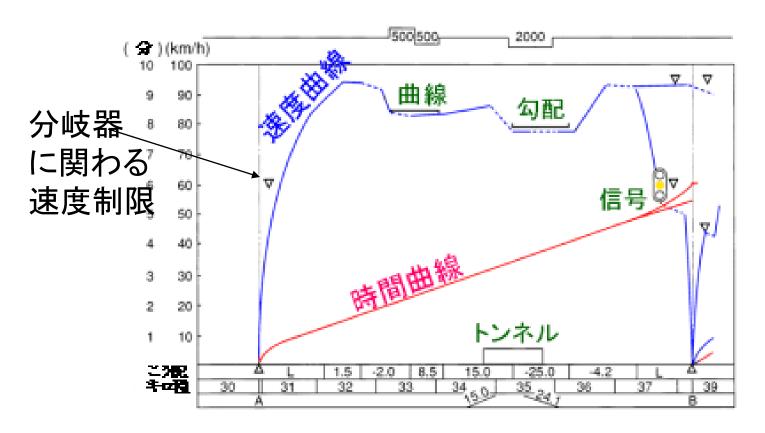
D⇒E 低騒音バンタグラフ、車両表面平滑化、吸音材付き逆L型防音壁(R.L.+2m)等

条件 線路から25mの地点、コンクリート高架橋(G.L.~R.L. 7.9m)、スラブ軌道

http://www.mlit.go.jp/kisha/oldmot/kisha00/21koutu/kankyou-s10_.htm 国土交通省

鉄道の高速化を制約するもの

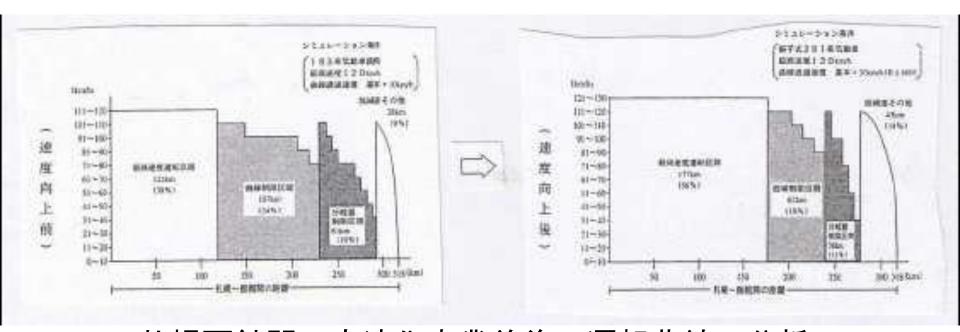
・ 運転曲線(横軸に距離,縦軸に速度と所要時間をプロットした図面)





鉄道の高速化を制約するもの

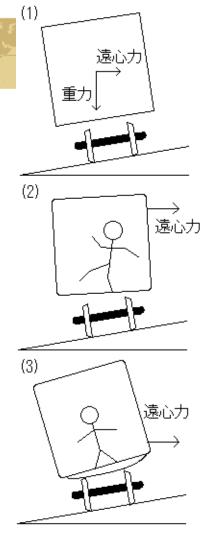
曲線制限、分岐器制限が多く、最高速度が出せない



札幌函館間の高速化事業前後の運転曲線の分析 (「鉄道ピクトリアル」1995.8(鉄道図書刊行会)より作成)



- ♥ 振り子式車両
 - 速度の2乗に比例する遠心力のため、 乗り心地が悪くなる
 - 車体を内側に傾斜させて、乗客にかかる遠心力を打ち消す
 - 乗り心地を確保しながらより速いスピードで曲線を通過できる
- - ☆ 従来よりもより強い軌道にしておく必要がある

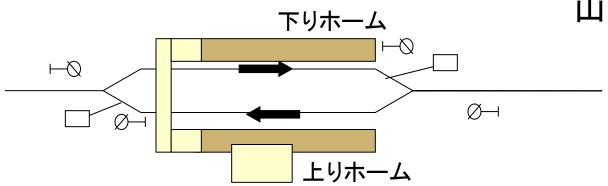




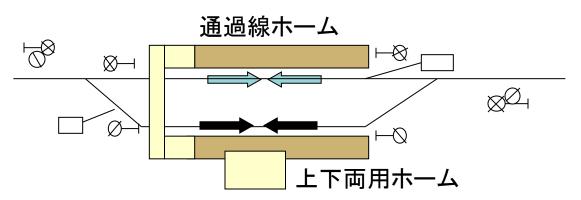


分岐器の通過速度を上げる

一線スルー化(通過列車は直線側を通過)

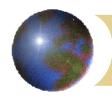






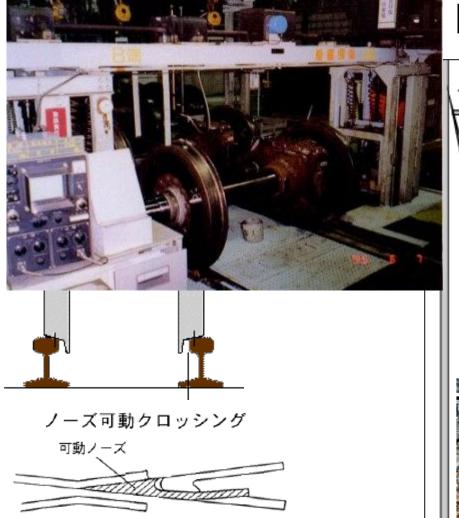


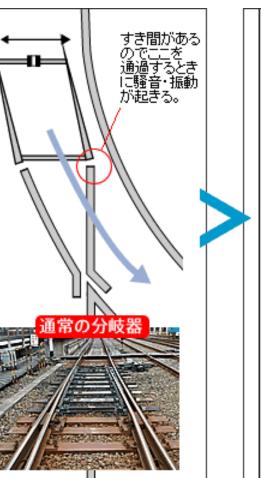
http://www6.plala.or.jp/abetanpidf50568/index.htm

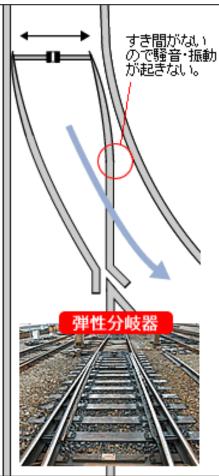


分岐器の通過速度を上げる

レールの切れ目をなくす









鉄道の課題(量から質へ)

- ◆大都市圏鉄道の混雑解消
- ◆ 在来線鉄道の高速化など、利用者ニーズ への対応
- 鉄道相互、他の交通機関との接続改善ハード、時刻、運賃、情報のシームレス化
- ⇔来る高齢化への対応
 - バリアフリー新法(←交通バリアフリー法)



大都市圏鉄道の混雑解消

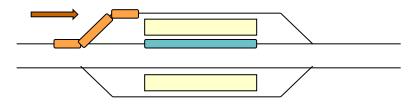
- ⇔停車駅における工夫
- か折り返し駅における工夫

- ⇔複線区間の複々線化
- ♥別線建設・貨物線の旅客線化



停車駅における工夫

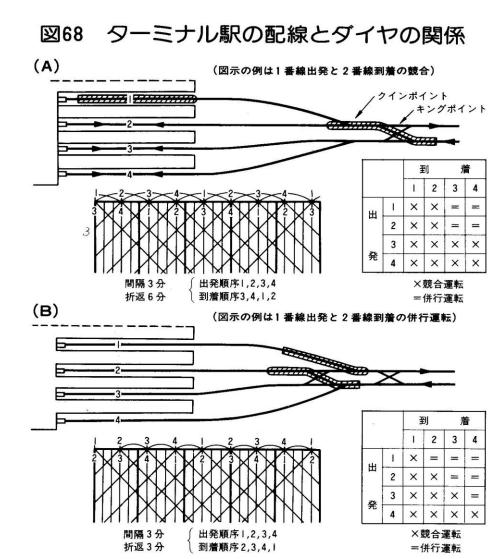
- ◆ 交互発着 alternately arrival and departure
 - □ 先行列車との間隔は、先行列車が駅に停車中の時に最小となる。
 - 乗降客の多い停車駅では、同じ方向に2つの 線路を用意し、互い違いに停車させる
 - ☆ 先行列車の停車中でも、次の列車が進入できる。





終着駅における工夫

- ◆乗降時間が短縮できるよう、線路の両側に乗車ホームと降車ホームを設置する
- 参ある線路への列車の 到着と、別の線からの 列車の発車が同時に できるように、線路の 配置を工夫する





折り返し駅の配線

- ひ間列車と, 直通 列車との乗継ぎが 便利なこと

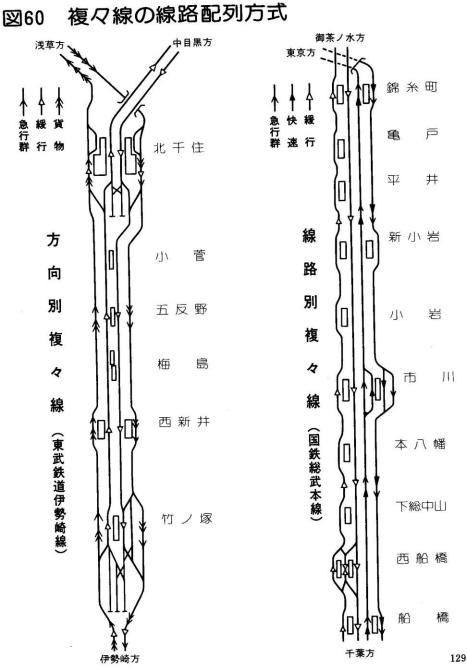
(左側を都心方とする) (A) Y線型 (B) シーサース型 (C) 島ホーム1線折返型 (D) 中線両側扱い型 (E) 中線片側扱い型 (i) 上りホーム両面扱い (ii) 下りホーム両面扱い (F) 島ホーム2面型



複々線



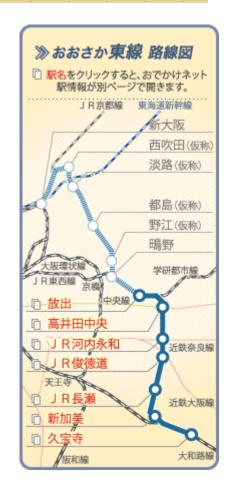
- ◆ 方向別複々線
 - 列車間の乗換えが便利
 - 部分的に複々線化できる
 - 折り返し、車両基地の配置 が難しい
- ♥ 線路別複々線
 - 2本ずつ引けばよいので、 土地が確保しやすい
 - # 折返しが容易
 - 列車間の乗換えが不便
 - 複線区間とのつなぎ目に交差が発生する





貨物線の旅客線化

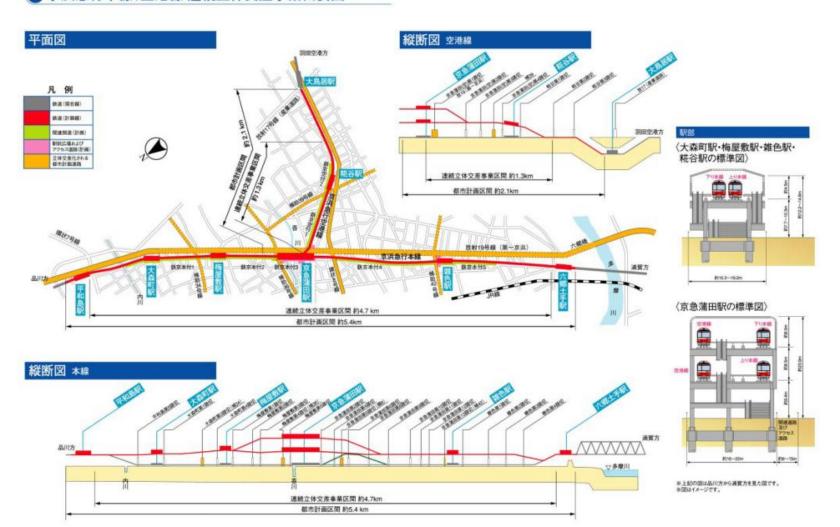
- ♥ 東京都市圏
 - 東海道貨物線
 - →湘南新宿ライン・横須賀線
 - 山手貨物線→埼京線、成田EXP
 - ☑ 武蔵野線
 - ☎ 京葉線
- 💠 名古屋都市圏
 - 西名古屋港線→あおなみ線
- ♦ 大阪都市圏
 - # 梅田貨物線→くろしお・はるか直通
 - 城東貨物線→おおさか東線





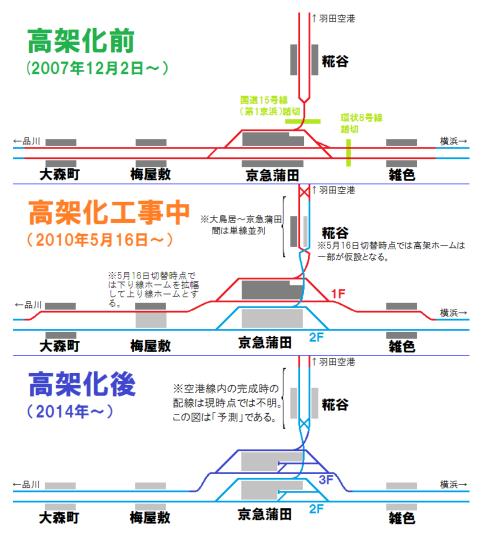
駅施設の改良:高架化との連動

● 京浜急行本線、空港線 連続立体交差事業概要図





分岐に伴う平面交差をなくす



設計も工事も難しい

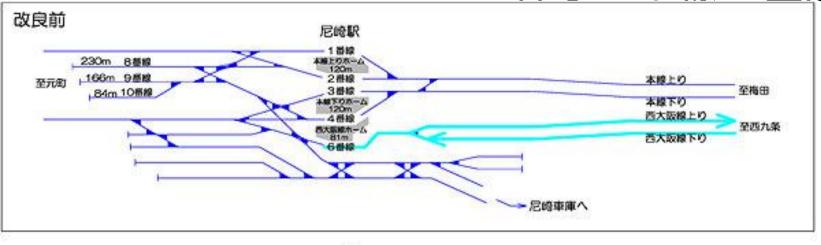
勾配の制約 敷地の制約

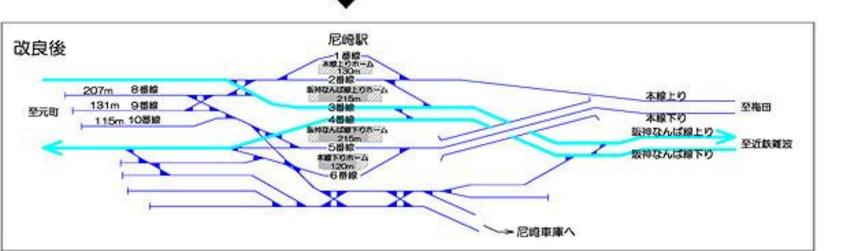
営業運転を継続しながらの工事(直上高架)



阪神尼崎駅改良

◆近鉄線につながる阪神なんば線の直通化







シームレス化





PASMO·Sulca Z利用路線図

JR北海道 デュアルモードビークル

都市鉄道等利便增進法



都市鉄道利便性增進法(2005)

基本方針

(国土交通大臣)

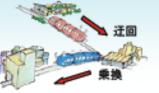
事業の意義・既存ストックを有効活用しつつ都市鉄道ネットワークの機能を高度化する施設の整備

⇒ 都市鉄道等の利便を増進

(その他、下記「速達性向上計画」及び「交通結節機能高度化計画」の作成に関する基本的事項等を規定)

(速達性の向上)

路線間の接続が不十分で 遠くの乗換駅へ迂回が必要





速達性向上計画

- 新たな「受益活用型」の上下分離方式 (既存路線に発生する「受益」も活用した施設整備)
- 鉄道の営業主体と整備主体が共同で計画を策定 (上記「受益」の額等は国が裁定)
- 利用者や地域による提案を制度化

(交通結節機能の高度化)

駅内外の一体性が不十分で 円滑な移動が困難



駅内外の一体的整備により 交通結節機能を高度化

交通結節機能高度化計画

- ・大規模ターミナルについて、都道府県が協議会を組織 (市町村、鉄道事業者、駅周辺施設の整備者等が参加)
- ・上記「協議会」において、駅内外の一体的な整備計画一一 を策定 (鉄道と都市が連携)
 - 利用者や地域による提案を制度化

計画認定

(国土交通大臣)

鉄道事業者の 事業実施の促進 財政上・税制上の 支援措置

都市計画事業等の 事業実施の促進



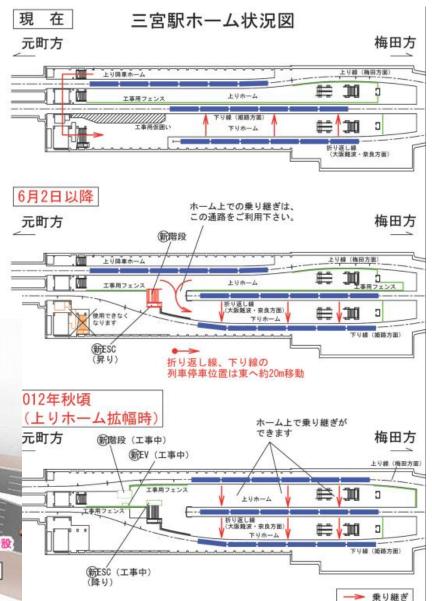
相鉄-JR直通線の整備(2005-2015)





三宮駅整備 (2005-2014)

三宮駅の整備 「大スターミナル 大スターミナル 大スターミナル 大スターミナル 大スターミナル 大大な都市整備を誘発 ボートライナーへ 新たな乗換助線を整備 「阪神電鉄本線」 「大型の都市側事業と整合をとりつつ駅施設の改良を実施





バリアフリー新法(2006)

- 🟗 高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律
- ハートビル法(1994)+交通バリアフリー法(2000)
- ♥ 基本方針の設定(主務大臣)
- ◆施設管理者等が講ずべき措置 旅客施設及び車両等(福祉タクシーを追加) 道路・路外駐車場・都市公園
 - 建築物(既存建築物の基準適合努力義務追加) 新設又は改良時の移動等円滑化基準への適合義務 既存施設について、基準適合の努力義務
- ◆ 重点整備地区における移動等の円滑化に係る事業の 重点的かつ一体的な実施



大手民間鉄道16社の バリアフリー化

日本民間鉄道協会HPより

車両の車椅子スペース

