

談話室

鉄道車両のスピードアップ

田中真一*

1. はじめに

鉄道の経営環境は近年、高速自動車道や地方空港の整備拡充と利用客ニーズの多様化にともない、一段と厳しくなり、従来は鉄道の特性分野であると考えられていた都市間輸送の面でもシェアの後退を続けている。このような状況を少しでも打開し、将来への展望を持つ一つの手段としてのスピードアップ計画がこのところ次々とたてられている。

ここでは、スピードアップの必要性と、その制約条件、それを打破する技術的方策などについて、車両の立場から述べてみたい。

2. スピードアップの必要性

鉄道が他の交通機関との厳しい競争下で生き残るためには、他の交通機関と比べて、到達時分、料金、利便性、安全性などを含めた商品価値が高くなければならない。これらの商品価値に含まれるどのファクターを優先して競争に臨むかは結果に大きな影響を与えることになる。図1は各交通機関の距離帯別シェア分析の結果である¹⁾。図より、100~300 kmにおける自動車との競争、300~1 100 kmにおける航空機との競争を十分意識した戦略が重要といえる。前者の距離帯について、東京、大阪を考えると、多くの主要都市がこの中に入り、これら主要都市間との交通量は鉄道にとつても魅力あるものであるが、自家用車の利便性と比べると鉄道は大きく劣っており、ここでの当面の競争は高速バスを相手とせざるを得ない。この場合には、前述のファクターのうち、到達時分と料金が主要な競争条件となろう。後者の距離帯における航空機との競争では、空港アクセスを含めた到

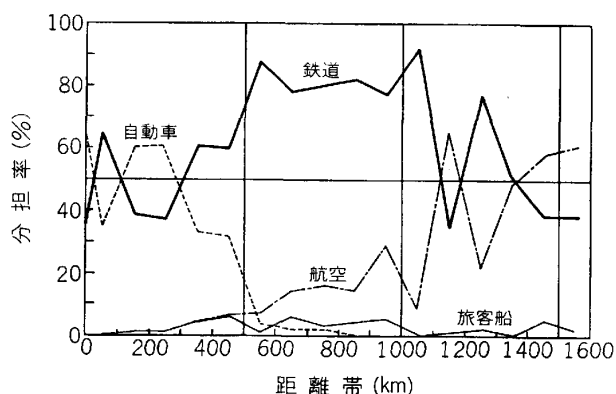


図1 距離帯別旅客輸送分担率

* 鉄道技術研究所

表1 主要国の速度記録

西暦(年)	国名	列車種別	機種	最高速度 (km/h)
1825	イギリス	ストリックトン~ダーリントン鉄道開通(営業車)	蒸気機関車	25
1848	イギリス	リバプール号(試験車)	同上	126
1890	フランス	北部鉄道(試験車)	同上	137
1903	ドイツ	試験電車	電車	210.2
1907	イギリス	シティ・オブ・トゥルーロ号(試験車)	蒸気機関車	154.5
1913	フランス	北部鉄道(試験車)	同上	172
1938	イギリス	マラード号(試験車)	同上	202.7
1939	イタリア	ETR 200形電車(試験車)	電車	203
1955	フランス	CC 7107号 BB 9004号(試験車)	電気機関車	331
1963	日本	試作A編成(試験車)	電車(新幹線)	256
1964	日本	新幹線(営業車)	同上	210
1967	フランス	キャピトル号(営業車)	電気機関車	200
1969	イタリア	Al. 601形電車(試験車)	電車	248
1969	アメリカ	メトロライナ(試験車)	同上	266
1972	フランス	TGV 001(試験車)	ガスタービン車	318
1972	日本	951形(試験車)	電車(新幹線)	286
1973	西ドイツ	103形(試験車)	電気機関車	253
1973	イギリス	HST(試験車)	ディーゼル動車	229
1976	イギリス	HST(営業車)	同上	200
1978	西ドイツ	IC 特急(営業車)	電気機関車	200
1978	南アフリカ	6 E形(試験車)	同上	245
1979	日本	961形(試作車)	電車(新幹線)	319
1981	フランス	TGV(試験車)	電車	379.9
1983	フランス	TGV(営業車)	同上	270

達時分が主要な競争条件といえる²⁾。

いずれの場合も到達時分が主要なファクターであり、ここに、スピードアップが他交通機関との競争上、重要な戦略として位置付けられる。

3. スピードアップの歩み

鉄道におけるスピードアップは車両のみでなく、軌道、保安設備などシステム全般の進歩、改善が伴って初めて実現できるが、社会的ニーズとマッチし、経済的にもそれに要する費用を十分吸収できるような活発な状況下にあることが必要である。

表1は主要国の列車速度記録の経緯を示したものであり、図2は日本国鉄における列車最高速度と表定速度(停車時分を含めた目的地までの所要時分でその間の距離を割った値)の変遷を示したものである³⁾。表1から、1900年代初めと1930年代および1960年代末から1970年代にかけて目立つた変化が認められる。1900年代初めは産業革命後の繁栄の中で続々と大型の蒸気機関車が登場した時代であり、1930年代は両大戦に挟まれた安定期で、各国の鉄道がサービスとスピードを競つ

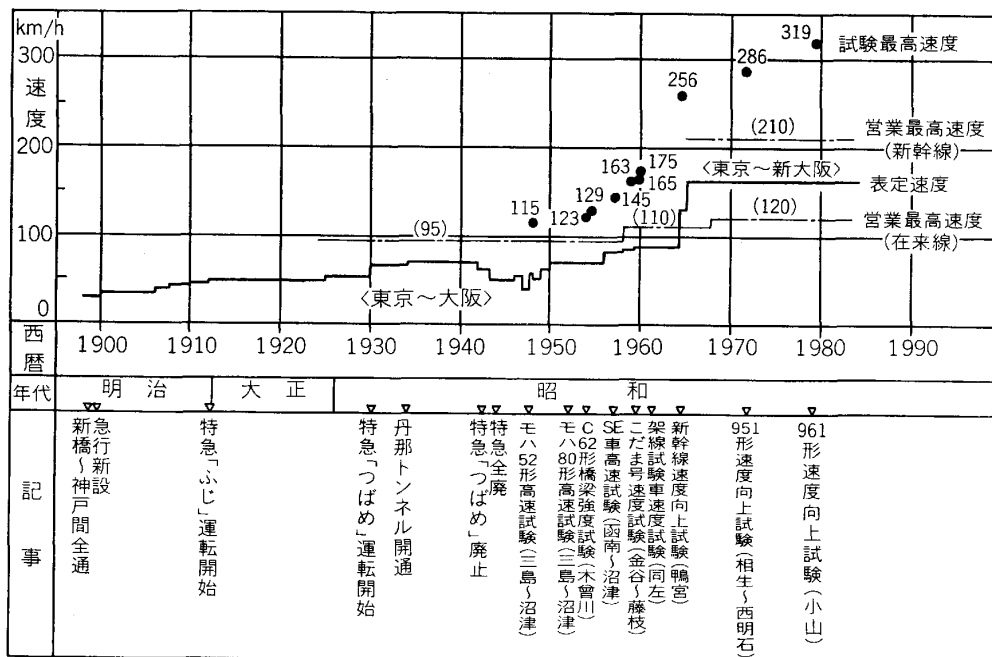


図 2 我が国における最高速度および表定速度の変遷

た時代でもあつた。1960 年末から 1970 年代にかけては、日本の新幹線の成功と、航空機や自動車との競争のために都市間高速列車で対抗しようとした時代といえる。この時代には新幹線とともに、フランスでは TGV、西ドイツでは IC、イギリスでは HST、APT などの画期的な車両が生まれている。

図 2 の日本の鉄道におけるスピードアップも似たような経緯をたどっている。しかしながら、在来線の営業最高速度は 15 年以上も 120 km/h にとどまっている。これは、在来線が 1067 mm という狭軌であり、地形上曲線が多く、また沿線に人口の多い都市が散在しており停車駅も必然的に多いというハンディキャップがあることがその理由でもあるが、1970 年代は社会的に環境問題がクローズアップされ、また過去の急成長期のひずみ是正に対する要望が強くなつた時代であり、内部的にも多くの難問を抱え、その対応に追われた時代でもあつた。この時代における技術開発は、安定輸送や環境保全に関連したものが多く進められており、また等時隔のいわゆる L 特急ダイヤを全国的に拡大したり、自然振り子式電車を開発して急曲線の多い中央線の到達時分の短縮をはかるなど、スピードアップ面での目立つた変化はないものの、信頼性、環境安全性および速達性などの面での地味な努力がなされている。

一方、新幹線は開業以来 20 年間、速度は 210 km/h であり、1981 年にはスピード世界一の座をフランスの TGV に奪われている。

現在の鉄道の経営環境は一段と厳しさを増している。このような状況からの脱却と将来への展望を切り開くため、スピードアップを積極的に図っていく必要がある。

4. スピードアップの制約条件

スピードアップには軌道、車両、保安設備などから多くの制約条件があるが、効果的にスピードアップを図るには焦点を絞つた技術開発が必要であり、またコスト面からの評価も忘れてはならない。

表 2 は在来線の特急 2 例について、運転時分を制限因子別に分析したものである⁴⁾。白鳥号の場合、線路条件等の良い湖西線が大阪〜金沢間の約 20% を占めていることを考えると、在来線のスピード制約条件の第 1 は曲線半径であり、次いで分岐器、加減速、最高速度の順であることがわかる。

一般に、曲線を車両が通過する場合には車体に遠心力が作用し、直線との出入口で加速度が変化するので、転覆に対する安全性や乗心地が低下する。また、車輪の転向のためレールとの間の水平方向荷重が増え、レールの

表 2 特急列車の運転状況に及ぼす速度制限

線区	制限区間別運転時分の割合 (%)	
	白鳥号 (大阪・金沢 267.6km)	あずさ号* (新宿・松本 225.1km)
速度制限因子		
最高速度の制限	31	5
曲線による制限	27	47
分岐器による制限	16	14
下り勾配による制限	4	8
停車駅における減速及び加速	19	14
その他	3	12

* 最高速度を 120km/h とした場合

表 3 分岐器の制限速度 (単位 km/h)

レールの種別	弾性ポイント (溶接クロッシング)		帽子形ポイント (マンガンクロッシング)(組立クロッシング)		普通形
	95 以上 (特定区間の 高性能列車 100)	95 (特定区間の 高性能列車 100)	95	90	
50N 以上	95 (特定区間の 高性能列車 100)	95 (特定区間の 高性能列車 100)	90	85	80
50	—	—	90	85	80
40N	—	—	—	80	—
37	—	—	—	—	70
30	—	—	—	—	60

摩耗やレールの締結装置の強度が問題となる。

分岐器では、在来線の場合、直線側を通過する際にも表3のような速度制限がある³⁾。欧米ではこの種の制限はほとんどなく、日本での制限理由は車両の左右車輪間隔の寸法誤差が大きいことが主な要因といわれている。

加減速による制約条件では、ブレーキ距離 600m という条件と滑走防止が大きな要因といえる。

最高速度は車両性能のほか軌道、架線、信号保安などの設備によつて左右され、その制約は主に軌道破壊と信号保安設備面から受ける。軌道については、レールを重くし、枕木本数を増やし、道床バラスト厚さを厚くするとそれに応じて軌道破壊の進行は遅くなり、その分だけ保守量との見合いで速度を上げることができる。架線についても強度を上げ、張力を増し、凹凸を少なくする構造とし、かつパンタグラフとの接触による振動を少なくし、離線が起りにくくするため軽量で耐摩性に優れたものを用いることが必要となる。信号設備については、踏切問題を含めてブレーキ距離を確保するための改良が必要となる。いずれにしても、制約条件を克服するには多額の経費が必要となる。

新幹線のスピードアップの制約条件は、現在の 210 km/h 以上の大幅なスピードアップを図る場合を除いて、在来線ほど多くはない。例えば、山陽や東北新幹線などは設備的には 260 km/h 用に設計されており、車両に改良を施すことでスピードアップは可能である。東海道新幹線は上記の線区に比べて曲線半径が小さく、制約条件の克服には設備面における改良も必要となるほか、列車本数も多く、改良形車両への取り替えもかなりの時間を要するなどの問題もあるが、この区間における旅客の需要は最も多いので、ここでのスピードアップは他の線区に劣らず重要と考えられる。

以上のように、スピードアップには多くの制約条件があるが、それによつて得られる利益は、利用者側からのものと経営側からのものの二つがあり、両者の利益がマッチした場合にその効果は大きなものとなる。

利用者は旅行時間の短縮と個人の自由活動範囲の拡大という利益を受けるが、スピードアップのために料金が

高くなれば、その負担の程度によつて利用客は増減する。経営側はこの判断を適切に行うことが必要となるが、その根拠を定量化することはなかなか困難である。一例として、昭和 56 年度の GNP をもとにした試算では、1分当たり約 26 円、国鉄の特急と急行の利用客の選好性をもとにした試算では約 22 円となつている⁴⁾。

また、東北新幹線の開業により、仙台や盛岡地区では都市開発や経済活動が活発化したといわれているが、それによつて生み出された利益で、国鉄側に還元される額は利用客の増加以外の分はあまり期待できないといつてよい。

このように、スピードアップによる経営効果の判断は慎重な配慮が必要ではあるが、適切な到達時分目標の設定を行い、投資を効果的に進めることが現状ではもつとも得策といえる。例えば、東京～長野間や大阪～金沢間では自動車との競争を念頭に置いて到達時分を 2 時間台に、また東京～青森間では航空機との競争を念頭に置いて 4 時間台、大阪～博多間では同じく 2 時間台を当面の目標としており²⁾、車両を主体にした技術開発によりスピードアップの制約条件を克服する方策を現在進めているところである。

5. 車両におけるスピードアップの方策

スピードアップを効果的に行うには、地上設備への投資を極力抑え、車両の改良や性能向上で対処することが望ましい。この観点から、在来線では軽量、低重心で曲線通過性能と加減速性能の優れた車両が、また新幹線では、軽量、低重心であり、空気抵抗が少なく、かつ環境保全性に優れた車両の開発が必要となる。

車両の軽量化は、車体では初期には構造の準張殻構造化により、その後は構造材料を耐候性鋼材からアルミ合金 5083, 7N01, 6N01 などの板材および押出型材へ、次いで最近ではステンレス鋼 SUS 304, SUS 301 による薄板化などの方策により進められている。台車では、構造材料は以然として鋼材を用いているが、まくらはりをなくしたボルスタレス化、中空軸や波板車輪の採用などの方策による軽量化が行われつつある。その他、内装品、電気部品、ブレーキ部品などについてもきめ細かな軽量化方策が図られつつある。

曲線通過性能の向上に関しては、従来の 381 形自然振り子形電車の性能改善を主な方策とした技術開発が現在進められつつある。もともと、この電車は本格的に営業に使われた世界初の振り子形電車であるが、車体傾斜にコロを用いているため、曲線部への出入り時に傾斜の時間遅れが生じやすく乗心地が必ずしも良いとはいえず、また軽量化に関してもいま一步の感があつた。これらの問題を解決するため、図3に示すような空気シリンダと地点検知を用いた制御付振り子装置の開発⁵⁾を進めると同時に、ボルスタレスと軽量輪軸を組み合わせた台車の

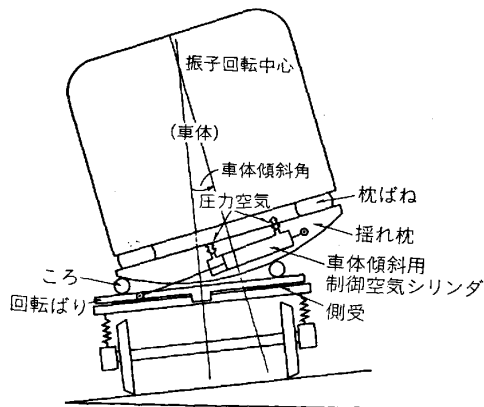


図 3 制御付振り子車両

開発を行つている。これにより、当面は最高速度を 130 km/h に、将来は 160 km/h にすることが計画されている。

加減速性能のうち、特に開発要素の大きいのはブレーキディスク、滑走防止装置である。耐熱・耐摩性の優れたブレーキディスク開発のため鋳鋼に代わつて、鍛鋼やクラッド材、非金属材料などの試作が進められている。なお、日本では電車列車によるスピードアップが主流となつており、電気ブレーキが併用できるメリットがある。

新幹線の場合、高速域での空気抵抗の増加は直ちにエネルギー消費量の増加や出力アップにつながるの、できるだけ抵抗の少ない形状の選択と表面積の縮小を図ることが必要である。また、高速でトンネルに突入する際に生じる圧力波は、環境問題としては低周波騒音問題(トンネル出口でボンという音が発生する問題)、車両としては車内換気方式と気密問題の解決を要し、そのための技術開発が必要となる。当面の目標である 220~240 km/h 程度までのスピードアップではこれらはあまり大きな問題にはならないが、将来を考えて、現在、鉄道技術研究所では図 4 に示す小形・軽量で、300 km/h 程度の走行が可能な車両(SUS)の研究開発を進めている⁶⁾⁷⁾。このような車両による場合、軌道への影響とともに、前述の空気抵抗は現在の新幹線車両の 70% 程度と考えられ、低周波騒音やいわゆる振動騒音問題の解決が難問ではあるが、地形等を配慮して速度をきめ細かく制御することで対処することを考えており、大幅なスピードアップが可能となろう。この他、各種制御装置のマイクロエ

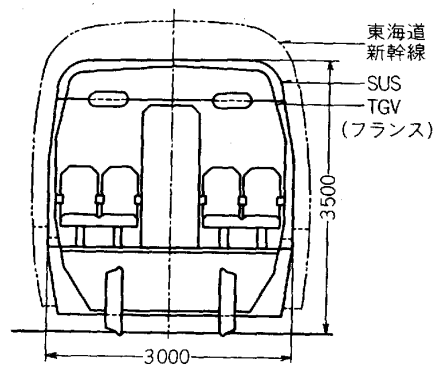


図 4 軽量小形新幹線車両の断面イメージ

レクトロニクス化、高速度対応の自動列車制御方式、集電性能の良いパンタグラフおよびスリ板材料、高速台車、高速度対応軌道管理手法などの研究を行つている。

なお、このような車両によるスピードアップを図つた場合、保守運営費の上昇分は、時間短縮と利用客の選好性を考慮した予測による利用客の増加で十分まかない得るとの予測がなされており、今後の開発が期待されている。

6. おわりに

鉄道は安全、正確、乗心地といった面での信頼性、大量、高速といった利便性、エネルギーの使用効率、好環境特性があるといわれている。この特性を生かした輸送分野におけるシェアも他交通機関とその利用網の発達によつて年々低下しつつあり、それに伴つて経営環境も一段と厳しくなつてきた。

ここでは、鉄道の特性を生かし、他交通機関との競争の一手段としてスピードアップをとり上げ、その制約条件と技術的な解決策を車両を主体にして述べた。

企業の活力に占める技術開発の力は鉄道の場合も決して少なくはない。この面からもスピードアップは魅力あるテーマの一つであり、この問題に携わる一員として、今後も大いに努力していきたいと考えている。

文 献

- 1) 運輸経済センタ報告書 (1980), p. 8
- 2) 福島義平: 交通技術, 39 (1984) 7, p. 217
- 3) 国鉄技術開発室: 技術要覧 (1984), p. 19 [日本国有鉄道]
- 4) 山之内秀一郎: 運輸と経済, 43 (1983) 8, p. 22
- 5) 山田 真: 交通技術, 39 (1984), p. 213
- 6) 田中真一: 交通技術, 39 (1984), p. 202
- 7) 笠井浩三: JREA, 26 (1983) 4, p. 14