

次世代の通勤電車の課題

Themes to develop commuter trains of next generation

正〔機、電〕 ○佐藤芳彦 奥村高司（東日本トランスポートエック）

Yoshihiko SATO, Takashi OKUMURA, East Japan Transport Technology, Co.

Newly developed commuter trains realised the reduction on building costs, maintenance costs and energy savings by introducing asynchronous motor driving system, recuperation braking, light weight car body of stainless steel or aluminium, bolster-less bogies, train information management system, etc. In a mean, the dream has been realised. However, there are many themes to be solved. This article offers examples to be developed for new commuter trains.

Keywords; Railway, EMU, RAMS, Hazard analysis, anti inflammable, shock absorbing

1. はじめに

「価格半分、寿命半分、重量半分」の衝撃的コピーで開発した JR 東日本の 209 系が 1992 年から量産され、その後継車 E217 系および E231 系は 2003 年 4 月までに 2000 両以上製造されている。同時に、E231 系とほぼ同仕様の相模鉄道 10000 形、東急電鉄 5000 形も製造されている。また、京王電鉄 9000 形、小田急電鉄 3000 形および京成電鉄 3000 形等もコスト重視で開発され、基本構造を同じとした姉妹車といってもよいであろう。さらに、日本鉄道車輛工業会が中心となって標準電車の検討も進められている。

これらに共通するのは、低迷する旅客需要の中で低価格の車両とするために、主要部材の共通化と各鉄道の差別化を如何に調和させるかである。ある意味では一つの目標が達成されたともいえよう。しかし、技術もデザインも飽和に達し、次のステップに向けての課題が見えなくなったことも事実である。本稿では、通勤電車を取り巻く環境を分析し、今後の課題について考察を試みた。

2. 輸送量と車両数の推移

関東と関西の JR、公営および大手民鉄の 1987～2001 年における旅客輸送量の推移を Fig.1 および Fig.2 に示す。鉄道統計年報をベースとしているので、JR 東日本および JR 西日本には地方のデータも含まれているが、マクロの傾向を捉えるには支

障がないと思われる。関東のピークは 1993 年であり、ピーク時に対して 2001 年には輸送人員で 96.5%、輸送人キロで 97.2%と減少している。関西は輸送人員のピークは 1993 年、輸送人キロのピークは 1992 年であるが、ピーク時に対して 2001 年は輸送人員で 87.5%、輸送人キロで 90.8%と大きく減少している。関西では JR 西日本が微減傾向であるので、公営・民鉄の減少が際立っている。日本経済の低迷の中でも東京への一極集中が進んだ結果といえる。

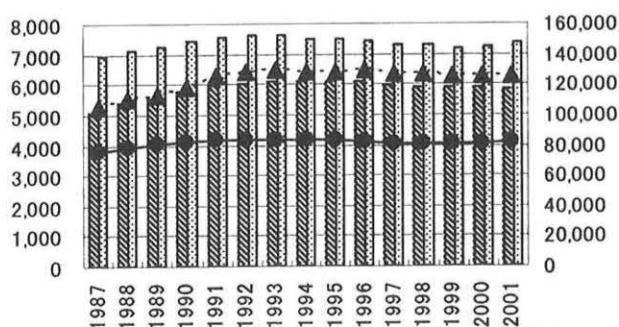


Fig.1 Passengers of railways in Kanto area

J R 輸送人員 (百万人) J R 輸送人キロ (百万人キロ)
 公営鉄輸送人員 (百万人) 公営鉄輸送人キロ (百万人キロ)

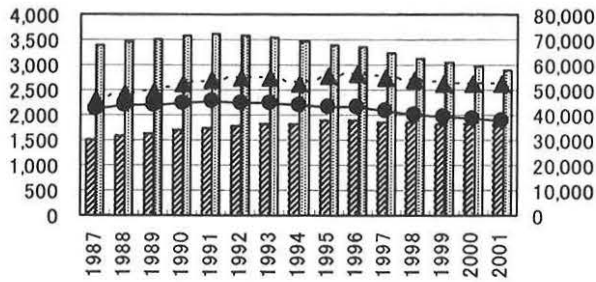


Fig. 2 Passengers of railways in Kansai area

さらに、団塊の世代の退職、少子化による労働人口の減少に加えて、都心地価下落による住宅地の都心回帰は輸送需要そのものも変化させ、遠距離通勤の定期客減少となって表れている。一方、Fig. 3 に示すように車両数は微増傾向にあり、1993 年に対し 2001 年は 106.0% となっている。したがって、車両数から見れば、これまで目標としてきた混雑率低減は達成されつつあるといえるが、鉄道経営の面からは厳しい環境となっている。

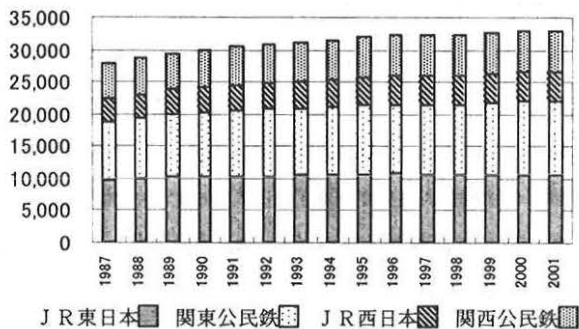


Fig. 3 Numbers of rolling stock

いくつかの新線建設が進められているが、新たな需要を生み出すよりも、他事業者との競争が厳しくなると予想される。このため、各社とも車両を含めた技術部門の要員削減、新車投入の抑制が行われている。新車開発に際してもコスト低減が最重要となっている。このような背景から、他社と同一仕様でも低価格のものを購入するようになり、標準車両の開発も検討されている。

3. 車両構造の変遷

新車の車両構造の推移を 1992～1999 年の日本鉄道車輛工業会の統計から概観すると、車体材料は Fig. 4 に示すように 1992 年にスチール 17.4%、ステンレス 44.9%、アルミニウム 37.7% であったものが 1999 年にはスチール 3.4%、ステンレス 55.4%、アルミニウム 41.2% となった。今後 10 年以内に JR、公営およ

び大手民鉄の車両は全てステンレスまたはアルミニウム車に置き換わる見込である。制御方式についても Fig. 5 に示すように、1992 年に VVVF が 64.4% であったものが 1999 年には 97.9% となり、電力回生ブレーキ車も 76.4% が 97.5% (含む発電併用) となっている。ほぼインバータ制御誘導電動機駆動となっており、直流電動機は例外的存在となっている。

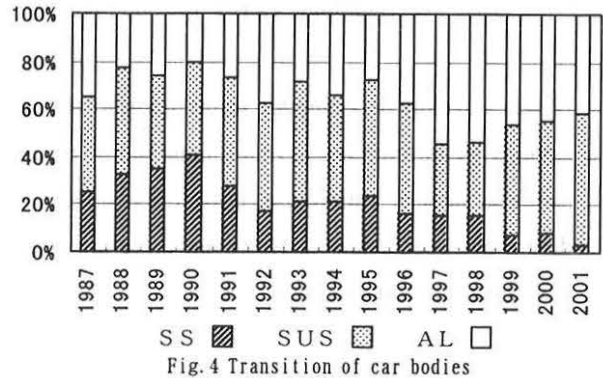


Fig. 4 Transition of car bodies

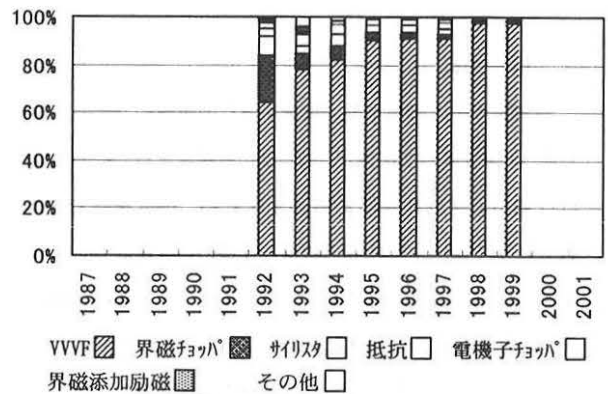


Fig. 5 Transition of propulsion system

以上から、車体が腐食しなくなった反面、電子部品から構成される電機品の寿命が短くなっている。この結果、新造から十数年経過した時点で車体の更新修繕を行い、電機品を保守しつつ 30～40 年で車両を取替えるという従来のパターンは通用しなくなりつつある。車体と電機品の寿命が逆転したといえよう。十数年毎の内装更新は必要としても車体そのものの修繕は発生しない。その代わり、電機品の制御基板やコンデンサ等の交換が十数年毎に発生し、場合によっては制御器そのものを取替えることになる。さらに、機器のモニタリング装置や列車内情報管理システムの導入は、定期的なシステム変更を必要とする。このように、車両構造が大きく変わったことにより車両取替えの基準も変化し、車体は未だ使えるが電機品や情報システム更新費用を考えると車両そのものを取替える方が経済的だとの見方になりつつある。

4. ハザード分析

鉄道運営で大きなリスクを伴うものは、災害、旅客、公衆および従業員の死亡や傷害並びに大規模な輸送混乱である。国際電気標準（IEC）でも「信頼性、アベイラビリティ、保守性および安全性の評価とデモンストレーション（RAMS）」が規格化され、鉄道事業者が新たな施設、システムおよび車両等を導入するときの要求事項を定量化し、かつ明確にして、メーカーがそれに沿った設計・製造を行う手続きが制定された。これは強制的なものではないが、規制緩和の中で行政、鉄道事業者および製造者の説明責任を担保するので、いずれは ISO9001 のように広まるであろう。

RAMS のうち、信頼性とアベイラビリティについては現在の車両についての分析¹⁾を試みており、今後の新車設計への適用が期待される。日本では死亡事故につながるもののリスクを具体的な数値として明示することについての社会的な合意が得にくいので、安全性に関わる定量的なデータが公表されていない。しかし、上記リスクに関わるものが絶対起きない、起こしてはいけないとの精神論のみでは解決しないので、ハザード分析により適切な対策を行う必要がある。本来は幅広く議論されるべきものと考えているが、未だその時期には至っていない。車両に関わる主なものを Table-1 に示す。回避手段の多くは既に対策が取られているが、括弧で要開発、要検討としたものが取組むべき課題と考えられる。

課題を整理すると、踏切障害検知装置や落石検知装置からの車両への情報伝送に関わるもの、EMC のように車両と地上設備共通のもの、車両単独のものに分けられる。火災対策については、北陸トンネル火災事故後の対策があるが、韓国の大邱地下鉄火災のようなものは想定していなかったため、新たな対策が必要となる。また、耐火基準についても国際規格制定の動きがあるので、それとの整合性も検討することとなる。踏切対策として前面強化や衝撃吸収構造が一部の事業者で採用されているが、トラックの大型化に対応した対策も必要となっている。

5. 今後の課題

今後の高齢化社会の中での輸送需要を想定すると、従来のような輸送力重視の 4 扉車主体の車両構成も見直し、バリアフリー化、快適性向上の観点を重視した車両開発が必要となると思われる。さらに、ユビキタス社会に合わせた IT 化も推進する必要があり、車両と外部のネットワークとの接続も考慮しな

ければならない。この意味でも車両の社会的寿命は短くなり、物理的寿命よりも社会的寿命で車両を取替えるようになると考えられるので、性能や信頼性の向上は当然のこととして、新造コスト低減がさらに重要になってくる。

一方、インバータや情報システム導入により電機品の開発コストが高騰し、上記の設計プロセス採用によるコストも加わるので、製造ロットの小さい鉄道車両では、標準化あるいは大量生産する車両との仕様統一に向かうこととなる。しかし、次世代通勤電車として何が求められているかが問題である。社会的に受け入れられる新しいコンセプトを実現する技術あるいはデザインがなければ、標準化は技術の低迷を招くのみとなる。

規制緩和の動きに比べて車両開発プロセスの近代化が遅れていると思われる。鉄道事業者は製造者に ISO9001 等の規定に沿った仕様書、設計条件を提示し、製造者はそれらを満たす車両を設計・製造し、その評価も客観的に行われることが望ましいが、現状はあいまいな仕様書のみで契約し、事業者と製造者の設計会議で具体的に煮詰める方式となっている。規制緩和、国際化の中で鉄道事業者の説明責任を明確にするためには、RAMS 規格等による信頼性目標値の設定、ハザード分析による安全性評価を行って、車両開発プロセスを客観的に検証できるものとする必要がある。前項で述べたハザード分析は未だ入口であり、信頼性データの蓄積も含めた幅広い研究が期待される。

6. まとめ

ハードの議論は別において、今後の通勤電車に求められるものについて考察した。ハザード分析では、安全性の問題に一步踏みこんだが、鉄道が安全な乗り物として、高齢化社会にも受け入れられるためには、ここで提起した課題に挑戦し、説明責任を果たす必要があると思われる。それでなければ、ハードの目新しさのみを追求しても技術者の自己満足に終り、新車をつくとのコンセンサスも得られないであろう。

Table-1 Hazard analysis on rolling stock

原因箇所	事象	影響	深刻さ	回避手段
鉄道外	踏切障害	列車脱線、乗務員あるいは旅客の死亡・傷害	大	○ 障害検知装置から車両への情報伝送（要開発） ○ 衝撃吸収構造の採用（要検討） ○ ブレーキ管等の保護
	落石、崩壊等	同上	大	○ 落石検知装置から車両への情報伝送（要開発）
	地震	同上	大	○ 地震検知による一斉停止
	落雷	列車火災、乗務員・旅客感電	大	○ 避雷器設置
	人身障害	列車遅延、車両損傷	中	○ 用地内への侵入制限、ホームドア等の設置 ○ 救助網設置（要開発）
	テロリズム	列車火災、係員あるいは旅客等死傷	大	○ 火災対策強化（要検討）
鉄道従業員	信号冒信	列車衝突・脱線、乗務員あるいは旅客死傷	大	○ ATS等の設置
	取扱誤り	同上	大	○ 錯誤動作に対するバックアップ機能（要検討）
	保守作業ミス	同上	大	○ ブレーキコック締切時等のフィードバック ○ バカ防止設計
	居眠り・失神	同上	大	○ EB、デッドマン等の設置
鉄道施設	工作物損傷	列車脱線、車両破損、乗務員・旅客死傷	大	○ 車両側の対策困難
	軌道狂い	列車脱線、乗務員・旅客死傷	大	○ 列車動揺モニタリングおよび脱線検知システム（要開発）
	信号機故障	列車衝突、乗務員・旅客死傷	大	○ 信号機のフェールセーフ設計
	架線垂下	列車火災	大	○ 屋根絶縁 ○ 変電所の検知精度向上
鉄道車両	台車・輪軸破損	脱線、乗務員・旅客死傷	大	○ 台車・輪軸の安全設計、保守
	輪重アンバランス等	乗り上がり脱線、乗務員・旅客死傷	大	○ 輪重管理 ○ 台車設計の最適化
	駆動装置破損	車両損傷、旅客死傷	大	○ 駆動装置設計、製造 ○ 破損の場合の影響防止設計（未対策）
	電気機器短絡	車両火災	大	○ 不燃設計 ○ 火災対策強化（要検討）
	ブレーキ故障	列車衝突、脱線、乗務員・旅客死傷	大	○ ブレーキのフェールセーフ設計 ○ 冗長系
	電磁誘導	機器の誤動作、旅客への影響	中	○ EMC評価手法および防止対策（要開発）

ⁱ 信頼性評価を用いた鉄道車両の新しい設計法、佐藤芳彦他、電気学会産業応用部門大会論文集、2002年8月