

招待論文
INVITED
PAPER

招待論文

自動車と鉄道

AUTOMOBILE AND RAILROAD TRANSPORTATIONS



井口雅一

Masakazu IGUCHI

工博 東京大学工学部産業機械工学科教授
(〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

Key Words : automobile, railroad, transportation

1. 生い立ち

(1) 移動の原点；面交通

人は面状に分散して住んでいる。勤務先にしても都市に集中しているとはいえない、人の移動の観点からすれば面状に分散している。農業時代の生活では、居住はもっと広域に分散していたはずである。したがって、人の移動も物の輸送も、基本は平面上の任意の一点から他の任意の一点へという面交通である。

移動手段の原点である徒歩はもとより、家畜の背に乗ること、個人用馬車などはいづれも個別交通用である。道路網の上を、ドアからドアへ直行できる面（ネットワーク）交通手段である。したがって、上記の面交通需要に適合していた。

17世紀に入ると乗合馬車事業、つまり個別ではなく、乗合交通が始まったが¹⁾、輸送力が小さく社会的影響も小さかった。

(2) 乗合交通（鉄道）の誕生

化石エネルギーを使う最初の動力機関が蒸気機関である。ワットが最初の実用蒸気機関を制作したのは1776年であった。これに対して自動車用のエンジンである内燃機関の発明は、1876年のオットーのガス機関が最初である²⁾。蒸気機関の発明のちょうど1世紀後になる。

機械技術的には蒸気機関の方が内燃機関よりも機構が簡単で実現が容易である。したがって、蒸気機関が内燃機関よりも1世紀も早く実用化されたのは技術の上からは当然である。しかし、交通の世界（社会も含めて）に大きな変革を二度引き起こすこととなった。

蒸気機関はボイラーで蒸気を発生させ、その蒸気をシリンダーに導いてピストンを動かして動力を発生させ

る。つまり外燃機関である。出力の割に大きく重かった。蒸気機関は馬の代わりとして各所に応用されたが、小さく軽いことが要求される自動車には大きく重過ぎた。そのために蒸気自動車は普及しなかった。そして長大な列車を牽引するために大きく重いことが利点ともなる蒸気機関車として成功し、蒸気鉄道という近代的交通機関を生んだ。

1829年、イギリスのストックトン・ダーリントン間鉄道に使う機関車コンペで、スチブンソンの蒸気機関車ロケット号が優勝し²⁾、鉄道狂時代の幕が開かれた。鉄道は先進諸国に瞬く間に広がった。

蒸気鉄道は馬車に比べて、15倍の速度と10分の1の経費で輸送したと言われる³⁾。新しい交通手段が生まれると、必ず新旧運輸事業者間の争いが起こるが、速度とコストに1桁以上の差があっては勝負にならない。鉄道が圧勝した。

(3) 鉄道の性格

鉄道は大量交通機関である。平面的に分散している交通需要を駅という一か所に集め、まとめて輸送する集中輸送方式である。したがって、輸送効率が高い。しかし、出発点から駅まで（アクセス）、駅から目的地まで（イグレス）を結ぶための、面交通手段の助けを要する。その意味では、鉄道は自立システムとは云えない。

駅に人を集めには、列車が出発する時刻表が必要になる。つまり人の生活を時間で縛ることになる。

目的地の異なる多数の乗客を乗り合わせるから、各駅停車の線運行しかできない。十数年前、面状に分散する出発地と目的地を持つ乗合利用客に対して、ドアツードアの交通サービスを行おうとしたデマンドバスは、結局実用化しなかった。乗合方式でドアツードアの面運行は困難である。乗合交通機関は乗客に自分の足で他の線に

乗り換えてもらうことによって、面交通機能を果たしている。

場所（駅）と時間（時刻表）とで人の自由を束縛し、乗り換えという不便さを強要する鉄道ではあるが、その速さと安さに勝てず、人は生活様式を鉄道に合わせた。駅の近くに住まいを設け、都市は駅を中心に発展することになった。汽車の時刻表に合わせて、生活のスケジュールを決めた。

（4）自動車の誕生

蒸気機関が発明された後1世紀経て、小型、軽量で出力の大きな内燃機関が発明され、自動車が生まれた。1885年にベンツがガソリン乗用車を作り、1886年にダイムラーが彼の高速エンジンを四輪馬車に取り付けた²⁾。金持ちの遊び道具として西ヨーロッパで発達した自動車はアメリカに伝わり、フォードの大量生産システムの開発により大衆化した。ドイツにオートバーンが生まれ、アメリカはハイウェイ・ネットワークを完成させて自動車交通時代を拓いた。

自動車・道路交通は徒歩を拡張した個別・面交通機関である。自動車を使えば、場所（駅）と時間（時刻表）の拘束と、乗り換えの不便さから解放される。つまり、鉄道時代以前の交通の原点に戻れる訳である。人が自動車を買える経済力を持てば、面交通時代に復帰することは自然である。かくて1910年代に、アメリカとイギリスで鉄道から自動車交通へと交通機関の主役が交代した。アメリカでは自動車会社が鉄道を買収し、線路を取り外すことまで行われた。そして、鉄道の駅を中心に発展した都市は、昔に戻って再び面状に広がりだした。駅を中心とした鉄道時代の繁華街は、活力を失いだした。

日本では、ロケット号の優勝から四十数年遅れて、1872年に鉄道が新橋・横浜間に開通した。その後、富国強兵策の下で鉄道は路線を広げ、交通の主役となつた。そしてアメリカ、イギリスに遅れること約半世紀の1960年に貨物輸送量（トンキロベース）では内航海運に、1971年に旅客輸送量（人キロベース）では自動車に首位を譲ることになった⁴⁾。

日本の鉄道は、1964年に東海道新幹線の開業に成功して、世界の絶賛を浴びた。日本のほとんどの鉄道関係者が、日本の鉄道事業は欧米の様に衰退することはない、これで安泰だと考えた。しかし、1966年にマイカー元年を迎えた自動車は、その後10年足らずして旅客輸送の主役に躍り出た。約半世紀遅れて発展も衰退もアメリカ、イギリスを追隨することは避けられなかった。

（5）自動車と鉄道の連携

交通の原点は面交通である。線交通の鉄道にねじ曲げられた交通システムは、自動車の発明とともに、需要により良く適合した個別の自動車・道路交通に戻ってきた。しかし、その自動車交通も今では事故、渋滞、公害

表一 鉄道と自動車との性格比較

種類	乗合交通／鉄道	個別交通／自動車交通
運行	線運行 各駅停車	面運行 ドアツードア直行
利用	駅、時刻表 乗り換え	随時、随意
末端交通	要	不要
輸送形式	集中型	分散型
所有／運営	事業者	個人
運転保安	信号保安	個人責任
運行速度	高速	中速
安全性	大	小
信頼性	大	小
輸送力	低廉	高価
利用コスト	大	小
輸送空間効率	中	大
産業規模		

等多くの社会問題を抱え、一方では鉄道の復権が叫ばれている。

歴史に見るように、鉄道と自動車とは競争関係にあった。しかし、どちらが勝者になっても、一方が他方の完全な代替はできない。鉄道は乗合交通、大量輸送機関の勇として、自動車は唯一の個別交通機関として、両者は両極端の性格を備えている。表一にそれを示す。自動車と鉄道との間には、両者を補完するタクシー、道路上の乗合交通であるバス、部分的に軌道を走るガイドウェイバス、中量の輸送力を備えたモノレール、新交通システムなどが存在する。

自動車と鉄道とは両極端の異なる性格を備えているが故に、連携の効果が大きい。一部では互いに競争することによって、交通サービスの向上を期待したいが、同時に、連携によって利用者サービスと輸送経済の著しい向上もまた期待できる。

2. 鉄道

（1）現状

1987年に国鉄が民営化して、それまでは、単に旅客を大量に運ぶだけの輸送業から、運ぶ以上の付加価値を提供するサービス業と意識されるようになった。駅と駅施設が綺麗になり、車両のデザインも一新した。

日本の鉄道は自動車・道路の普及とともに急激に旅客輸送分担率を減らしたが、それでも現在、約30%（人キロベース）の分担率で下げ止まりとなった。この分担率は、欧米先進国で鉄道分担率の一番大きなフランスでさえ十数%であるのに比べると、日本の鉄道が旅客輸送にいかに大きな役割を担っているかが分かる。

図一は日本の主な都市の従業地・通学地からみた旅客輸送の分担率（人キロベース）である⁵⁾。東京都区内、大阪市、横浜市、神戸市では鉄道が自動車よりも分担率が大きくなっている。大都市の鉄道通勤交通は「痛勤」と言われるような過酷な状況であり、相変わらずの

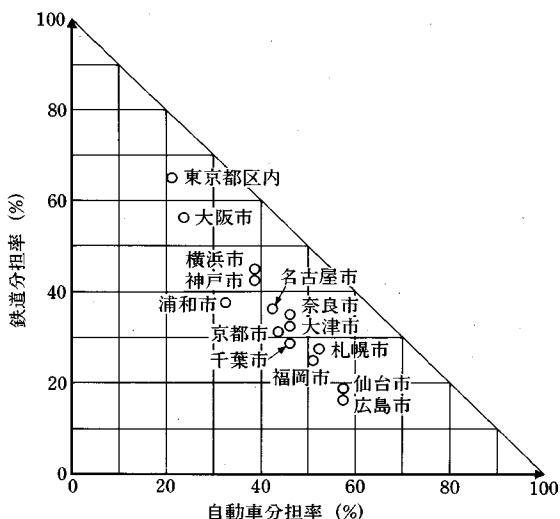


図-1 従業地・通学地からみた旅客輸送の
鉄道と自動車の分担率（人キロベース）⁵⁾

輸送力増強が要請されている。大都市交通には鉄道以外に代替交通機関はない。

航空が発展して長距離航空旅客が増加しているが、東京と大阪在住者にとって空港利用が不便なために、約700キロ以下の距離帯の都市間交通では新幹線は優位に立っている。JRのある役員が、「新幹線がなかったら、日本の鉄道は都市鉄道以外に生き残れなかつたろう」と表現していた。

問題は来来地方鉄道である。地方の道路整備も自動車普及もこれからも続く。自動車利用はますます便利になる。それに対してJRの総営業キロの中で、表定速度が100キロ台は7%にすぎず、32%が時速60キロ台にある（1991年運輸省資料）。大都市を離れると高速バスにも追い抜かれる云われる。地方在来鉄道はこれからも厳しい経営状況が続く。

（2）鉄道の課題：面交通サービス

利用者の鉄道にたいする要望は高速化、快適性の向上、利便性の向上、安全性の向上に集約される。しかし、交通システムとしての鉄道への要望は、乗合制が持つ特長を最大限に活かしながら、線交通の鉄道にできるだけ面交通の自動車に近い機能を持たせることであると筆者は考える。

今年の夏は暑かった。列車の冷房化率は増えたお陰で、乗車中は暑さを感じなくともすむようになった。しかし、列車を降り駅から出ると「あとはご自由に」と放り出され、汗みどろとなる。ほんのわずかなアクセス／イグレスでも、発汗を考えるとつい最初から自動車を使うことになる。

利用者側から見ると、移動とはドアからドアへ面移動の一連の過程がすべて満たされて初めて交通サービスが

完成すると考える。どこかに一か所でも途切れていたり不満があれば、利用者に満足を与えない。

次に、利用者を時間で拘束しない（待たせない）だけの高頻度運転が要望される。現在の列車運行は、旅客需要が変動すると運転間隔を変えることによって対応する。つまり、需要のピーク時には運転間隔を短くし、オフピーク時には長くする。そのため、混雑を避けて空いている時間帯に利用しようと思うと、さんざん待たされ、プラットホームが混雑しないと列車は来ない。結局、待たされたあげく混雑する。同じように混雑するなら、ピーク時の待たされない時間帯の方がサービスレベルが高いと言えるかも知れない。

オフピークには運転間隔を長くしないで、列車の編成長を短くすることによって需要減に対応する。深夜には単車運転もあり得よう。そのためには、列車の自動運転と、編成の自動連結／解放が必要条件となるであろう。同時に、自動化投資のコストを安くする必要もある。

近郊鉄道と地下鉄との相互乗り入れによって、乗り換えをなくしたことは、歴史に残る優れた対策の一つである。新幹線と在来線との直通運転は、改軌（狭軌を標準軌に代える）により山形新幹線として実現した。列車の車輪間隔を変える可変ゲージ台車の開発が進められている。開発に成功すれば、直通運転はさらに容易となるであろう。

最も大きな課題はアクセス、イグレス対策、つまり端末交通機関との連携である。端末交通機関の多くは自動車である。タクシー、バスはもとより、個人用自動車（マイカー、レンタカー）とも連携する必要がある。郊外や地方駅には駐車場を整備し、パークアンドライドを増やす必要がある。しかし、その整備には大きな資金を要し、採算性も悪い。鉄道事業者は手に出したがらない。利用者の便益を重視した行政的な措置が要望される。

（3）高速化

フランスのTGVが大西洋線で最高速度300km/hの営業運転を成功させていることにも刺激されて、鉄道高速化への社会要請が大きい。新幹線の300km/h運転、さらに350km/h運転のための技術開発がJRにより続けられている。

新幹線高速化のための最大の技術課題は、パンタグラフから発生する外部騒音（空力音）を低減することである。「のぞみ」に使われているパンタグラフ・カバーを使った空力音低減対策には限界があり、パンタグラフ自体を空力音の発生しにくい構造にする必要がある。空力音の大きさは速度の6乗に比例すると云われ、高速化するほど解決がますます困難になる。それに挑戦するため、JRでは最高風速400km/hの大型低騒音風洞を、旧国鉄米原操車場跡地内に建設中で、1996年3月に完成

の予定である。

1970年代の技術見直し時代に、新幹線には厳しい騒音基準が決められた。空港や道路の騒音は時間平均的な値で評価されるが、新幹線では瞬間的なピーク値が使われる。新幹線を高速化すると、パンタグラフ通過の一瞬のピーク値が基準値を越える。新幹線では一列車当たりのパンタグラフ数を減らす努力をしており、ピークの数も減っている。他の交通機関並に、時間平均的な評価法に見直しても良いのではないかと考える。

高速化すると、外部振動が大きくなる。軌道やレールに与える衝撃も大きくなり、劣化速度を速める。これらの問題解決のために車両の軽量化は避けて通れない。国鉄時代にも車両性能を向上させ省エネを図るために軽量化努力はなされた。しかし、大きな効果は上げられなかつた。重いことに意義がある機関車の設計常識から脱皮できなかつたし、軽量化して強度が低下し破損などのトラブルを起して責任を問われる様なことをしたくないという保身の意識から、軽量化の効果は上げられなかつた。他産業ではハイテク機器は大事にそっと扱うのが常識であるが、鉄道車両では機器を乱暴に扱っても壊れないのが常識であった。そのため機器は丈夫で重かった。東海道新線車両よりも後に設計された東北・上越新幹線車両は、アルミなどの軽量化材料を利用しながらも、雪害対策のために逆に車両重量が重くなつた。

JRになってから設計された「のぞみ」は重量が四分の三になつた。高速試験車のスター21は重量がほぼ半分になつた。モデルチェンジの度に軽量化を繰り返してきた自動車では、一度のモデルチェンジでこれほどの軽量化を実現することは不可能である。二十数年間軽量化しなかつた新幹線では、それが可能となつた。JRのある役員は、これはJRの含み資産であると表現した。国鉄末期、労働組合の合理化反対という運動の結果、JRは沢山の含み資産を抱えている。

自動車との競争に勝つには、在来線の高速化も必須である。急曲線を高速で通過できるように、空気圧あるいは油圧サーボ機構で強制的に車体を傾斜させる強制振り子列車がようやく普及しつつある。航空機、自動車、建設機械などに広く普及している油圧サーボ技術は、油が漏れるからという理由から導入が遅れたが、ようやく使いこなせるようになった。

しかし、急曲線と踏切の多い在来線では、車両改良のみで高速化できる範囲は限られている。曲線緩和すること、踏切の立体化などの施設改良には大きな投資を伴うのが悩みである。

(4) 快適性の向上

大都市鉄道の混雑緩和が最大の課題である。それには新線建設、既設線の輸送力増強など、インフラ整備に関わるところが大きい。土木学会会員諸兄に期待したい。

列車の冷房化が進み、二階建ての車両が造られるなど、座席率も増加している。車内のインテリアデザインも新車になるごとに改善されている。今後の改善を期待したいのは、車室内の騒音と振動の低減である。鉄道車両は利用客を安全に運べばそれで十分であるとの発想から、これまで車内の騒音・振動低減には関心が薄かつた。

車室内に侵入する走行音、空調の騒音、駆動機器から発生する磁気騒音、建て付けの悪さからくるビビリ音など車室内的静謐環境は良いとは言えない。補機冷却ファンの騒音もプラットフォームの待ち客には迷惑である。騒音対策には防音材、遮音材を多用する事が多いので、車両の軽量化とは両立しにくい。きめの細かい個別対策の積み重ねで対応して行くしかない。

今後列車を高速化すると振動乗り心地も悪化する。軌道の構造とメインテナンス法の改善によるレール不整の低減と、車両の防振支持性能の向上と共に一段と高い技術が求められる。

(5) 安全性

日本の鉄道の安全性は、利用客が鉄道を利用するときに安全性には無関心になれるほど高いレベルにある。

列車の追突、衝突などによる大事故の多くは、赤信号の無視が原因であった。しかし、自動列車制御装置(ATC)や新型自動列車停止装置(ATS)が完備するに従い、大事故は減少した。

現在では、大きな事故の多くが踏切で、自動車と衝突することによって起きている。踏切内の障害物自動検知装置の整備が進んでいるが、遮断機を破壊して列車の直前に飛び込む自動車に対しては打つ手がない。乗務員と乗客保護の対策として、列車の全面を衝撃吸収構造にする研究が行われている。

利用客にとってわずかな危険箇所の一つがプラットホームである。酔った利用客がプラットホームから転落する事故が多いが、他の乗客に突き落とされる犯罪的な事故も起こる。また自殺も少なくない。

新交通システムに多く用いられているプラットフォームドアが設置されれば、上記の問題のほとんどが解決される。駆け込み乗車も少なくなるといわれる。その上、列車風からも保護されるし、空調により冬の寒さ、夏の暑さからも逃げられる。

問題は設備費であるが、プラットホームの幅員がドアの間際まで安全に使えるので、プラットホームの有効幅が広がるという利点もある。その分幅員を狭めれば、プラットホームドアの設備費が相殺される。新線の新設駅にはプラットホームドアの導入を望みたい。

3. 自動車

世界の自動車保有台数は約6億台⁶⁾であるが、年率約

5%で着実に増加している。一国の人口当たりの自動車保有台数は一人当たりのGNPにほぼ比例するといわれる所以、経済成長が目覚ましいアジア地域の自動車保有台数は今後急速に増加すると思われる。

バブル経済崩壊後の日本は経済不況に苦しんでいますが、それでもなお自動車保有台数は年率約2.7%ほどの増加を示し、すでに6千7百万台を越えた。飽和値は9千万台程ではないかと筆者は予想している。日本の自動車保有台数もまだまだ増える。

自動車交通の課題は云うまでもなく、環境保護、安全、円滑、省資源である。燃費の良い小さい車を使い、シートベルトを締め、電車が使えるときには電車で動くことが社会的には望ましいことが分かっていても、自動車の魅力にはかなわない。自動車利用の自粛を他人には求めても、自分自身は別扱いにする。この建て前と本音のギャップが自動車交通対策を困難にしている。

鉄道が最初から軌道、列車、運行がシステムとして一体化して発展してきたのに対して、自動車交通は、道路は公共事業として国が整備し、国の交通管制に従って、個人が自己責任の下に自由に自動車を運転して走り回るという形態となっており、システムとして強固な一体化がなされていない。道交法の規制があるにせよ、ドライバーに大幅な自由が与えられており、そこが自動車の魅力の一つともなっている反面、事故、渋滞の原因ともなっている。

(1) 低公害車

電気自動車、代替燃料車など多くの低公害車が開発されているが、現在の石油燃料車に比べると性能が低下する上に、車両の値段が高い。燃料原価も必ずしも石油よりも安いとは言えない。

排ガスを出さない電気自動車に期待が持たれているが、価格／性能比が石油燃料車に比べて一桁劣る。都市内利用に限れば、現在のガソリン車は性能に余裕があり過ぎ、過剰性能となっている。ユーザーは過剰性能を持つものが「自動車」と認識してしまっている。そして現在の電気自動車が都市内では十分使える性能を持っているにもかかわらず、過剰性能のガソリン車と比較して性能に不満持つ。冬には暑すぎるヒーターと、夏には寒すぎるクーラーとを要求する。今後技術開発によって次第にこの差は縮小されるが、近い将来に差がゼロになることは期待できない。

低公害車はちょっと我慢すれば都市内利用には十分使えるにしても、ユーザーはそのちょっとの我慢に耐えられない。政府、自治体、公益事業体で電気自動車普及のために率先して購入使用を進めているが、利用者は仕方なく使っているのが本音である。

政府関係組織による積極的な電気自動車の購入も、同格ガソリン車の数倍の値段では購入金額が大きく、最近

の税収減の財政では購入車両の数が大きく増えてはいかない。法制上の強制措置を適用しての普及もあり得るが、経済的な影響が大きいので、民意の支持がなければ実行は困難である。

低公害車の普及には、価格／性能比を改善する技術開発はもとより、市民の意識変革に期待したい。運搬機械のフォークリフトには、動力源を内燃機関とするものとバッテリーのものとの二種類ある。バッテリー式は値段が50%から100%高い。しかし特別な優遇措置は無いにも関わらずシェアを拡大し、現在1/3にもなっている。排ガスを嫌うようになったからである。

屋内だけなく都市の空気を汚染することが市民の非常識となるにはまだ時間を要するが、意識改革のための努力は続ける必要がある。

(2) インテリジェント化

システムとは、構成要素が合目的的に結合した組織をいう。その観点から自動車交通システムを見ると、構成要素間、つまり道路、多数の自動車、ドライバー相互間の通信手段が貧しい。安全で円滑な交通には、広域の交通情報が必要なのに、ドライバーは視覚で得られる目先の情報を知るだけである。

前を走る自動車のブレーキランプが点灯しても、異常による急ブレーキか、単なる減速なのかも分からぬ。自動車間の交信手段もわずかである。車室内は情報的には外界と孤立し、混雑の中で孤独を楽しむには良い場所と言われる程である。

人間工学は、人間とはエラーをするものであると教える。したがって、現在のマン・マシン・システムでは、ヒューマンエラーが直接事故に結びつかないように、バックアップ（保安）機能を設ける。自動車の運転でもドライバーのエラーは起こりうる。操作機器に誤操作防止のためのフルブルーフ設計を施したり、表示機器に錯覚を減らすための人間工学的設計を採用しているが、万全の保安機構が導入されているとはいいがたい。

自動車交通の保安機構が弱い原因是、保安機能を実現するには技術がまだ未熟であったことにもよるが、ドライバー個人が運転の自由を持ち、何らかの意味でその自由を束縛することになる保安機構を、ドライバーが受け入れたがらないこともある。

最近の計算機技術、情報技術、通信技術の発展は、安全・円滑な道路交通に必要な知能（インテリジェンス）の一部を道路、交通管制、車両側に付与することが可能になりつつある。これを道路交通のインテリジェント化（ITS; Intelligent Transport Systems）と呼び、先進諸国が技術開発に熱心に取り組んでいる。

この方面的日本の取り組みは早く、現在は5省庁（警察、運輸、通産、郵政、建設）がそれぞれ独立に関連技術の開発を支援している。欧米諸国では官民一体とな

り、国の壁を乗り越えて協力体制を組織しているので、日本も産学官一体となって開発を進める体制を構築する必要に迫られている。

(3) 交通安全

最近の道路交通事故の状況を死亡事故について見ると、自動車乗車中が一番多く 44.2%，歩行中が 27.1%，自動二輪車、自転車、原付自転車乗車中が合わせて 28.6% となっている。年齢層別に見ると、自動車乗車中死者数のうち、16 歳から 24 歳の若者の占める率が大きく、31.7% を占めている。また 65 歳以上の高齢者の占める率が最近急増している。自転車乗車中と歩行中の死者数の中では、65 歳以上の高齢者がいづれも 50% 以上を占めている⁷⁾。

これまでの車両の安全対策は衝突後の乗員保護に力点が置かれていた。ヘッドレストレインント、シートベルト、エアーバッグ、衝突衝撃を吸収する車体構造の開発などが行われた。乗員保護にシートベルトの効果が高いにもかかわらず、着用率が一般道路の運転手で 75.1% とあまり高いとは言えない。したがって、自動車乗車中死者数の 77.7% がシートベルト非着用となっている⁷⁾。人は自分の命は惜しいと口では言いながら、必ずしも実行が伴わない。

自動車交通のインテリジェント化は、事故を未然に防止する積極的な安全対策を目指している。すなわち、事故の未然防止を図る予防安全対策、危険を回避する事故回避対策、さらに、事故発生後の被害拡大防止対策である。

予防対策では、必要な広域交通情報を予め提供する交通情報提供システムがある。道路交通情報通信システム(VICS)が 1996 年度からサービスを開始予定となっている。このシステムは、路側に設けた通信端末と走行中の自動車とが、ビーコンと呼ばれる移動体通信によって交信し、車は地上から交通情報を受信し、交通管制に必要な情報を地上に送信する。FM 多重放送を使って、交通情報を自動車に送信することも行われる。

自動車は、現在普及が急速に進んでいる車載のカーナビゲーション装置で受信した情報をドライバーに表示する。交通情報は地理と密着した情報が殆どである。そこで自動車が自分で現在位置を検出し、CD-ROM に記録された道路地図内の現在位置をディスプレイに表示して、その中に交通情報を描画する。ドライバーは表示された地図情報を道案内に使うこともできるし、渋滞を避けて空いた道路を選択したり、事故災害を避けるための誘導を受けることができる。

ドライバーモニターにより、運転中の居眠りや覚醒水準の低下を検出して警告を与えること、急病に対応することも研究されている。

死亡事故の中で一番多い自動車乗車中の事故形態は、

道路に近接して設けられている物件に自動車が自分から衝突するいわゆる工作物衝突が最も多く 33.1% を占めている。そして、正面衝突(26.0%)、交差点での出会い頭衝突(10.3%)と続いている⁷⁾。

危険の検知の殆どはドライバーの視覚によって行われる。前方、側方、後方の車両、バイク、自転車、歩行車、動物、落下物、道路付帯施設などドライバーは走行中に常に認知していかなければならない。しかし、交通が錯綜していて見落としたり、視界が悪く見えなかったり、ぼんやりしていて気付くのが遅れ事故を起こす。高齢ドライバーが増えてくると、視力の低下も無視できない。

この見落としのバックアップには、対象物の自動検知技術が必要となる。イメージセンサー、画像認識など人間の視覚機能を代行する技術が鍵を握る。対象物(障害物)を検知し、危険度を判断し、ドライバーに警報を与え、将来、必要があると判定されれば、ドライバーに代わって自動操作を行おうとしている。

一番最初に実用化されると思われる機能は、前方車両との間の車間距離を自動検知して、安全な距離を維持するインテリジェント(あるいはアダプティブ)クルーズ・コントロールであろう。現在車載されているオートクルーズでは、設定した走行速度を一定に維持するだけであるが、インテリジェントクルーズでは、車間距離に対応して走行速度が自動制御される。将来は前車が急ブレーキを掛けた場合に、自動的に急ブレーキが作動することになる。

前方の急カーブを自動検知して、安全速度にまで車を自動減速させる。車線を自動検知してそれからの逸脱に警報をあたえる。交差点に気付かず一時停止を無視しそうな時には自動停止をさせる。事故が発生した場合には自動検知し、即座に後続車を自動停止させるとともに、救急車を出動させるための自動通報を行うことなども研究されている。

自動車専用道路で、道路状況に応じた安全最高速度を越えると、自動車に強制的に速度リミッターを働かせ、ハンドル操作に介入して危険な車線逸脱を防止し、安全車間距離を維持する速度自動制御を働かせれば、保安機構に支えられた新幹線の列車運転方式に似てくる。そして新幹線に近い安全性を実現できるであろう。

このような保安機構を自動車交通に導入することは、結果として運転の自由を制限することになる。多くのドライバーはハンドルを握ると、自分だけは事故を起こさないという過度の自信を持つ。危険を告げる警報をうるさいと思い、運転へ自動操作の強制介入は余計なお世話とばかりに保安機構を外されることは意味がない。ドライバー受容性の高い保安技術に仕上げる必要があるが、同時に、ドライバーの安全に対する意識高揚無しには保安技

術の普及が困難であることも確かである。

(4) 渋滞対策

渋滞対策には道路新設、道路の交通容量増加対策、それに交通需要の抑制がある。

交通容量の増加方策には、交通信号管制を高度化して交差点の交通容量を増加させる、交通情報の提供／誘導により、交通流を分散させる、交通流の妨害となる違法駐車対策を強力に進めるなどの方策が上げられる。

米国ロスアンゼルスでは、都市面積の半分以上を道路に割きながらも自動車交通が破綻しているように、大都市では自動車需要を全部担えるだけの道路を造ることができない。大量交通機関に頼らざるを得ない。大量交通機関に需要をシフトするには、まずそのサービスレベルを自動車に近づける必要がある。渋滞に巻き込まれて時間が掛かっても、電車よりも自動車が良いといわれるうちは渋滞が無くならない。

しかし、予想しない渋滞に巻き込まれ、電車を利用すべきであったと後悔することも少なくない。ドアを出る前に、自動車よりも代替交通機関を使った方が目的地への到達時間が早くなるとの正確な情報を提供できれば、自動車利用を止めて他の交通機関を選択してもらえる。公共交通機関を含めた正確な交通情報の提供も需要分散の一つの方法である。

自動車から大量交通機関へ乗り換える（パークアンドライド）のに必要な駐車場の整備も重要である。既存駅では空間コストが高く、駐車場整備は容易でないが、自治体の支援の下に、土地代の安い沿線に駐車場駅を新設するなど、技術以前の知恵が求められる。

(4) 貨物輸送

日本の貨物輸送機関分担率（トンキロベース）では、トラックが 50.6%，内航海運が 44.5%，鉄道が 4.8% と、鉄道の分担率が低いのが特徴になっている⁸⁾。欧米では、鉄道が 20% ないし 30% 以上を分担している。自動車公害の原因の多くはトラックであり、貨物輸送に占めるトラックの分担率を他の交通機関にシフトする必要がある。

しかし、日本の鉄道の貨物輸送分担率が小さいのは内航海運の競争力が強く、欧米では鉄道が担っている分の多くを日本では内航海運が担っているからであり、トラックが鉄道の分を奪っているという訳ではない⁹⁾。トラック輸送が問題となっている東海道地区、大都市及びその周辺では、鉄道線路容量の殆どが旅客輸送で占められており、JR 貨物会社が魅力ある貨物輸送サービスを自由に展開できると言う条件はない。

特に大都市内の貨物輸送では、鉄道の分担率は殆どゼロである。例えば首都圏の場合重量ベースで、自動車が 87%，海運が 12% となっている¹⁰⁾。鉄道による貨物輸送は末端の集配にトラックが不可欠であり、都市内の短

距離輸送ではトラックに積載すればそのまま目的地に輸送するのが効率的である。都市内貨物が鉄道にシフトする可能性はない。

地方の自動車道路の整備が進めば、トラックによる長距離貨物輸送の競争力が大きくなる。鉄道による貨物輸送は、余程のコスト低減と、配送トラックとの密接な連携なしには分担率の大幅な増加は残念ながら望めそうにない。

トラックによる貨物輸送を代替できる候補として期待されているのは、テクノスーパーライナーと新物流システムという新しい輸送機関である。前者は現在開発中の速力 90 km/h、積載重量 1 000 トンの高速貨物船である¹¹⁾。

新物流システムは、いわゆるデュアルモード貨物輸送システムで幹線は電動トラックがレールから電力の供給を受けながら無人走行し、末端の配送は一般道路を人の運転で行う。幹線を人を完全に排除して自動走行させれば、車間距離を詰めて高密度運行ができるので、輸送力を増すことができる。

将来の日本の生産年齢人口の減少を考えると、トラックの運転手不足が懸念されるので、新システムの早期実現が望まれるが、実現には時間要する。また、採算上もどれほど大きな規模にできるかも不確実である。陸上貨物輸送の問題は短期的には、共同配送や高度のロジスティックシステムによる、貨物輸送の高効率化に期待することになる。流通業では輸送コストの削減が課題となっているので、ロジスティックシステムの発展が期待できる。

5. 産業と技術

(1) 自動車工業

先進諸国ではどの国でも自動車産業は基幹産業となっている。日本では、自動車製造業の生産高 44 兆円（1991 年）は全製造業の 12.9% を占め、自動車関連産業に従事する就業人口は全就業人口のほぼ 1 割に達する。生産台数 1 250 万台（1992）は世界の生産台数の約 1/4 を占める。輸出は海外現地生産が増加するにつれ急激に減少しつつあるが、現在 45.3%（1992）である¹²⁾。国内生産台数は 1990 年に 1 350 万台に達したが、円高と完成車輸出の困難性、途上国の急激な追い上げなどを考慮すると、その生産台数を回復するのは今世紀末まで困難であろう。

1980 年代の初め、自動車貿易摩擦が起り始めた頃、欧米から「日本は欧米から自動車技術を学び、長時間低賃金労働でコストの安い自動車を生産し、世界中に売りまくっている」と批判された。しかしその後、日本の自動車生産技術が欧米に理解されるに従い、日本がオリジナルに開発したリーン（無駄を省いた）生産技術として

高く評価されるようになった。

日本式生産方式がグリーン生産技術として概念化されると、世界に急速に普及した。米国の自動車産業は回復し、途上国の生産技術は発展した。現在の日本の自動車工業はその板狭みにあって構造変革を迫られている。

1910年代の末から、自動車生産台数を急速に増大させたアメリカは、西ヨーロッパに向かって自動車の輸出攻勢を掛けた。これが最初の自動車貿易摩擦といわれる。西ヨーロッパ諸国は輸入関税率を高くして阻止しようとした。そこでアメリカは工場移転を行った。西ヨーロッパはアメリカの移転工場から生産技術を学び、第二次大戦後の自動車工業の発展を成し遂げた。

1980年代、日本の米国への自動車輸出攻勢が日米貿易摩擦を呼び起し、工場進出に転換した。そしてアメリカは日本の工場から自動車生産方式を学び、自動車工業の再生を果たした。歴史は繰り返すということわざを思い出させる。

従来のアメリカの自動車工業は、組立メーカーが全部品の60-70%を内製していた。残りを外注していたが、部品メーカーとの結びつきは強くなかった。これに対して、日本の自動車メーカーは反対に60-70%を外注し、部品メーカーは系列化されて自動車メーカーと強く結びついていた¹⁴⁾。

最近の米国自動車工業を見ると、自動車メーカーは自社内の部品工場を、子会社として独立させて内製率を減らし、特定の部品会社とは結びつきを強めている。一方の日本では、自動車生産量が減少する分、自動車メーカーは内製率を上げざるを得ない。また部品メーカーの系列化は弱まり、良くて安い部品であればどの自動車メーカーとも取引が行われるようになりつつある。日本とアメリカの自動車工業は相互に学び合うことにより、構造に歩み寄りが見られる。

円高でコスト低減に迫られている日本の自動車メーカーは、コストの安い部品を求めて海外からの調達を増やしている。コスト競争力を失った日本の部品メーカーは他に転換する以外はない。しかし、完成車輸入を制限している国は多いが、部品に関して制限している国は多くない。アジア各国では部品技術を求めている。競争力の大きな部品を開発できれば、拡大する世界の市場でのビジネスが可能であり、大きな成長が期待できる。今後、部品メーカーに激しい消長が見られるであろう。

日本は自動車生産技術の面では、上記のように世界に認められる貢献をしたが、自動車自身、いわゆる製品技術とか、自動車交通というシステム技術に関しては、著しい貢献はしていない。世界の最大自動車生産国として、また、事故、渋滞、公害の点でも厳しい状態にある国として、製品技術や利用技術についても何らかの寄与をしたい。

自動車は大衆商品であり、ユーザーのニーズに叶わなければ普及しない。低公害車もインテリジェント自動車も社会的に好ましくても、ニーズから離れていれば受け入れられない。だが、ユーザーの嗜好も徐々にではあるが変わっている。十年前には安全は商売にならないといわれた。しかし、今では自動車の安全装備がセールスポイントの一つになっている。自動車がもたらす社会的副作用を軽減し、ユーザーニーズを先取りした技術開発で世界の自動車技術に貢献したい。

(2) 鉄道車両工業

鉄道車両は誰でも日常利用し、目に触れる車両の数も多い。したがって、鉄道車両工業の規模は大きいと考えている人が多い。だが、鉄道車両の年間生産高は3,880億円(1991)と自動車工業の百分の一以下、自転車工業の約5千億円よりも少ない¹⁵⁾。したがって、鉄道技術者の数も自動車技術者数の数よりも二桁少ない。しかし、自動車も鉄道車両も車両として基本的には技術内容は似通っており、似た機能の部品から構成されている。それにもかかわらず規模が小さいために、自動車に比べれば技術進歩速度は遅い。

国鉄時代の鉄道車両工業は、国営企業の下請け的存在であった。国鉄が研究所を持ち、車両設計事務所を抱え、車両製造会社は出来上がった図面に基づいて製造するだけであった。車両のメインテナンスさえ鉄道会社が行った。国の産業振興の対象でもあり、国鉄からの新製車両の発注は平等に行われた。したがって競争原理は働きにくかった。

1987年に国鉄がJRに民営化して状況は変わった。JRも鉄道車両製造企業も私企業として同列となった。これまで国鉄で開発された技術やノウハウは国の資産として公開され、誰でも只で利用できた。現在はどうかというと、JRは売上金の一部を割いて昔の研究所を(財)鉄道総合技術研究所として運営することになった。車両設計技術陣も抱えたままであり、大手のJRは自社内に研究所を設けた。JRの技術開発能力は相変わらず大きいが、私企業となったJRは当然のことながら開発技術を只で公開することはしない。したがって、技術開発のただ乗りは許されなくなり、その面でも鉄道車両工業は自立しなければならなくなってしまった。

安くて良いという二律背反する要求を両立させた製品を造るには、研究開発、設計技術、製造技術、メインテナンスの専門技術者が平等の立場で協力し合わなければならない。自動車産業はこれを行って日本式の自動車生産技術を創り上げた。国鉄時代にはこの内の製造技術者だけが車両製造企業に嘱し、下請け会社のために地位を低く見られていた。車両技術の開発はもっぱら性能向上を目的とした製品技術の開発であって、生産技術を開発テーマとしたことはなかった。車両生産技術は日陰の存

在であって進歩しなかった。現在、車両製造企業は技術開発能力と設計能力を高めようと努力しているが、産業規模が小さいために思うようには行っていない。特に、メインテナンス情報を自前では得られないことは大きな弱点である。鉄道車両工業の完全な自立は容易でない。鉄道会社と技術情報をどのように交流させるかが課題である。

国鉄が民営化する直前には、民営化したら経費節減のために新製車両の発注量が激減すると恐れられた。しかし現実にはJR各社は競ってニューデザインの車両を新製し始め、発注高は国鉄時代よりも大きくなつた。あるJRが、寿命半分（したがってメインテナンスは殆ど不要）、重量半分、値段半分の車両を発注し、鉄道車両の概念を変えた。それまでの鉄道車両は、人手で丹念にメインテナンスすることで数十年にわたって使うことが常識であった。耐久性を持たせるために重く、値段も高かつた。数十年も手直ししながら使うのでは、新技术が導入されるのも遅くなるし、乗客は陳腐化した車両に乗せられた。乗客を運べばよい時代にはそれでも良かった。

すでにその車両は通勤電車として走っているが¹⁶⁾、コスト削減のために部品点数が減って内外ともにデザインがすっきりし、静粛で軽快に走り、利用客の評価も高い。耐久性や信頼性についてはこれからの実績有待たなければならないが、鉄道車両の概念を変えた意義は大きい。

鉄道は施設、設備ばかりか、営業、運用、メインテナンスも含めてシステムとして一体化されているので、そのシステムアーキテクチャーに従わなければ、システムの中に入り込めない。したがって、車両などの輸入製品は少ない。そのため、日本の鉄道車両工業は、日本の市場を独占できた。車両輸入は146億円（1992）と微々たるものであった。同時に円高のため輸出競争力も強いとはいえない、輸出総額は465億円である¹⁵⁾。

しかし、民営JRは当然のことながら、車両購入価格に厳しい目を持つようになった。開かれた日本の市場では、国際価格競争力が低下すれば、鉄道会社といえども海外調達を思考することにならう。鉄道車両工業も、国内市場を独占し、円高とは無関係とはいっていられなくなった。品質、信頼性が高く、コストの安い車両を製造するための生産技術を開発する必要性がこれまで以上に高まってきた。

車両に限らず、鉄道では施設、設備を、人手によるきめ細かなメインテナンスを加えることによって、長期間使うことを条件に設計され、造られてきた。しかし、鉄道のメインテナンスは危険、きつい、汚いといふいわゆる3Kの典型といわれ、若者に嫌われている。たとえば、走行する車両に電力を供給する架線のメインテナンスは、屋外高所夜間作業なので、冬季などはきつい上に

危険である。今後若年労働力が減少するので、今のままでは施設、設備のメインテナンスに支障を来す。

列車速度を上げれば、相応の高いメインテナンスレベルを必要とするので、メインテナンスに支障を来せば、運行信頼性が低下するばかりか、安全性も損なわれる。そこで、今後は鉄道施設、設備ばかりでなく、鉄道技術全体を省メインテナンス型に変えていかなければならぬ。前述の寿命を半分にして省メインテナンスを図った車両にするのも一つの方法である。

新しい車両の開発方式にも改善の必要がある。東海道新幹線の「のぞみ」が営業運転を始めた頃、何度かのトラブルを起こし話題となつた。30年前、東海道新幹線が開業した直後には、もっと高い頻度でトラブルを起こしていた。しかし、その当時は他の機械でも初期にトラブルが多発するのは常識であり、マスコミも社会も異常とは考えなかつた。しかし、その後大量生産機械を中心に製品の品質、信頼性は大幅に改善された。最初からトラブルがないのが社会の常識となつた。大幅なモデルチェンジを施した「のぞみ」が、あの程度のトラブルで済んでいることは、昔ながらの新車開発方式を踏襲している鉄道車両技術にとって大きな進歩ではあったのだが、社会の常識の方がもっと進んでしまつていて。

鉄道車両の寿命は長い。廃車になるまでの数十年間に数百万キロを走る。したがって、開発過程で完全な耐久性試験、寿命試験をすることは容易でない。その上、テスト線路が日本にはない。鉄道会社の営業線を使い、営業列車のダイヤの隙間を縫つて走行テストをしている。事故を起こせば営業に支障するので、危険の大きなテストができるない。

そこで、鉄道車両の開発では、安全に関わる箇所の走行確認は済ませるが、早期に営業運転に使い、注意深い点検を繰り返しながら、問題があれば改良し時間を掛け完成に近づけて行く方法を取つてきた。しかし現在では、その方式では社会の期待に応えられない。テスト線路がないので、営業線路を使った走行テストは最終試験に止め、性能試験を初めとして、耐久性試験や寿命試験は、工場内ですべて行えるような試験設備と試験方式を開発する必要がある。

6. まとめ

鉄道と自動車とは競争相手として発展してきた。鉄道車両技術と自動車技術とは、どちらも車輪の上に乗つて走ることから、同じ基本技術を持ちながら、互いに無関心であった。むしろ、自動車は大量生産で造られ、鉄道車両は少数注文生産であることなど、相互の違いのみが強調されて、相互交流には拒否反応が強かつた。

違いがあるからこそ、相互交流の効果が大きいともいえる。鉄道は生まれた直後からシステムとして発展して

きたので、鉄道のシステム技術について自動車交通側は学ぶところが大きい。鉄道車両側は特に自動車のリーン生産技術の考え方に対する参考になる点が多い。どちらも自分の技術分野だけに閉じこもらず、他分野技術の長所を取り入れ、発展して欲しい。

交通機関としての自動車交通と鉄道についても同様である。利用者の立場から見ると、互いに正反対の性格を持つ自動車と鉄道であるからこそ、相互に連携することによって、便利で快適な交通システムが出来上がる。

異なる事業組織と行政組織に属する自動車交通と鉄道は、自己の分野内でのサービス向上には熱心だが、利用者が望んでいても、利益が大きいとは思われない相互連携には消極的である。利用者にとって、交通サービスとはドアからドアまで、切れ目無く連続して提供されるものでなければ価値が少ないことが忘れられている。利用者のための交通行政として、相互連携が両事業者の利益になるような施策を望みたい。

参考文献

- 1) 本城：馬車の文化史、講談社現代新書、69頁、1993。

- 2) リリー著、伊藤他訳：人類と機械の歴史、岩波書店、1971。
- 3) オーエン他著中山訳：車の話、60頁、タイムライフインターナショナル、1968。
- 4) 矢野記念会編：日本の100年、日本国勢図会、1991。
- 5) 東京都市白書、94、30頁、東京都、1993。
- 6) 1993日本の自動車工業、日本自動車工業会、平成5年版、34頁、1993。
- 7) 交通安全白書、平成6年版、総務庁編、1994。
- 8) 平成5年版 運輸経済年次報告、運輸省、27頁、1993。
- 9) 角本：鉄道と自動車 21世紀への提言、133頁、交通新聞社、1994。
- 10) 平成5年度、首都圏白書、65頁、国土庁編、1993。
- 11) 小山：海上輸送システムと造船技術の展望、土木学会論文集、No. 470/IV-20、23頁、1993。
- 12) 道路技術五ヵ年計画、建設省道路局パンフレット、1994。
- 13) 1993日本の自動車工業、日本自動車工業会、1993。
- 14) 下川：自動車、日経産業シリーズ、22-24頁、日本経済新聞社、1990。
- 15) 94/95日本国勢図会、268頁、国勢社、1994。
- 16) JR東、209系電車。

(1994.8.3受付)