

自動車に関する研究問題

Problems yet to be researched on Motor Vehicles

平 尾 収*

Osamu HIRAO

歴史的にみると自動車の性能に関する研究のうちでは原動機の比出力の向上が、始めは重要問題であったが、その後重点は動力伝達装置の性能、懸架装置の性能、運動性能などへじょじょに移ってきた。そして最近では安全性に関する研究が最も重要緊急な問題として登場するに至った。このことは人間と切り離れた自動車の研究の域を脱して人—自動車系の研究、すなわち人動車の研究に進むことが必要になったものといつてよいと思う。

1. 緒 言

将来の自動車について現在何を研究すべきか、あるいは研究したらよいかということは、自動車の使用される環境が将来どのように変わるか、さらにそれによって自動車に対する社会的要求がどのように変わっていくかということを考えて上で決まってくる性質のものである。

そこでまず現在の社会における自動車の位置づけということについて考えてみると、まず工学と社会の結びつきは大別して次の3点に分けて考えることができるものと思われる。すなわち

- i) 人員、物資、情報などの輸送、伝送および伝達。
- ii) 原材料、機械、器具などの生産。
- iii) 住宅、環境などの建設あるいは改善および災害、公害の防除など。

しかしてこの三つは現代の文明社会を支える3本の柱であるといつてよいもので、健全な社会開発はこの3本の柱のバランスによって始めて可能となるものといえよう。

現在は都会への人口の集中にともない、交通の柱の補強がとかくおくれがちで、種々の社会問題をひきおこしていることは周知のとおりである。また環境を整える面では、今までとくなくおざりにされていた公害の問題が、これまた大きな社会問題となっている。このような現象は政府の所得倍増計画によって生産の柱の増強のみに力が入られ、他の2本の柱、すなわち交通、環境の柱の増強がやや忘れられたための不均衡によるものと考えてよいのではあるまいか。

このように今後社会開発が進むにつれ、生産、環境の改善や整備も進むわけであるが、それによって交通の柱に対してどのような要求が出てくるかということを考えて上で対策をうち出す必要があるはずである。

しかしてその方向は内容としてより高速、より安全ということになるわけであるが、この2点について今後どのように考えていくべきかということをしよく考えてみたいとおもう。

2. 自動車による交通の本質と研究課題

交通の柱の中には電信、電話、ラジオ、テレビなどによる情報の伝送、伝達も含まれているわけであるが、ここでは情報の伝送、伝達については一応別にして考えることとし、人員と物資の輸送に限って考えることとすると、その手段としては宇宙、空、海、陸を利用するものがある。

すなわち宇宙空間を利用するロケットによる輸送、空気の存在する空間を利用する航空機による輸送、海上・河川を利用する船舶による輸送、陸上を行く鉄道および自動車による輸送があって、これらを互いにどのようにのばしていくかということがまた重要な問題である。これをまた別な角度から分類すると、一定の時間表によって定められた地点間を定期的に運行する形態の輸送と、必要に応じて随時、任意の地点に運行する形態のものとの2種類に分けられる。

かりに前者を「公共輸送形態」、後者を「自家輸送形態」と呼ぶことにすると、宇宙空間を利用する輸送はまだ少し先の問題として、航空機、船舶、鉄道および自動車はすべて公共輸送に利用されているが、自家輸送の要求の大部分は自動車によってまかなわれているのが現状である。もちろん軽飛行機、小型船舶またはヨットなども場所によって自家輸送に用いられているが、主力は自動車にたよっているといつてよい。

そこで自動車交通を論ずる場合には、まず公共輸送と自家輸送のそれぞれの性格や特徴を明らかにして、それぞれの占める役割りの位置づけをした上で議論を進める必要がある。

まず公共輸送は前述したように一定のダイヤに従って定期的に定められた地点間を運行する形態のものであって、これを利用する場合は定められた手続きによって料金を支払い、切符などを購入し、定められた場所へ定められた時刻までに人であれば行くことが、また荷物であれば搬入することが必要である。この場合まえもって予約

* 東京大学生産技術研究所第2部

しないと切符が売り切れたり、貨車の確保ができなかったりということで輸送計画にそごを来すことがあるのが現状である。また戸口から戸口までということができない場合も多く、出発地までと到着地から最終目的地までは自家輸送にたよる場合も多いのである。このような場合には乗り換えや、荷物の積みかえとそのため余計な時間が必要となるのが普通である。しかし公共輸送は単位距離当たりの輸送単価は一般に安く、長距離を大量の物資を輸送する場合に有利である。しかし一方では前述したように貨物の場合は貨車の確保などの問題があるほか積みかえのとき手間や時間がかかるほか損傷をおこしたりすることもある。また人員の輸送の場合でも指定席の制度がある場合にはその切符を入手するまでには種々の不便があったり、指定席制でない場合には非常に混み合っ立席にあまじなければならなかったりして必ずしも快適さが保障されないのが現状である。

このような公共輸送形態の特徴に対して、自家輸送形態の自動車輸送はあらかじめ切符を手に入れておくと、混み合っ立席でがまんしなければならぬとかいう心配や、途中で荷物の積みかえをするため荷造りをていねいにする必要がなくなる点や、また出発時刻におかれて乗り損なうなどの心配がないことと、戸口から戸口までということなどが大きな特徴である。

しかし一方では距離当たりの単価が高くなったり、自動車の維持や操作のための人員や経費が必要となる上、その運行と安全についての管理などに気を配ることがいろいろ必要となってくるのである。

そこで自動車の役割りの位置づけをする場合に公共輸送形態の自動車交通運輸が全交通運輸体系の中で占める役割と、公共輸送形態に対する自家輸送形態の役割りと二つの面から検討する必要がでてくる。

この第一の面からいえば、自動車は他の輸送手段すなわち航空機、船舶、鉄道に対して補助的な役割り、すなわちその終点から戸口の近傍までのあるいは戸口の近傍から駅などまでの比較的近距离の輸送に用いられているといつてよい。しかしこのような関係は将来ともそれほど変化するとも思われない。しかし第2の面では自動車輸送は前述したように他の手段にはまったく欠けている特質を持っているので、この点から自動車が将来どのような位置づけをされるかということについてはいろいろな見解があるものと思う。これについての筆者の見解としては自動車道路の建設と改良が進むにつれて、自家輸送の分担する行動半径は逐次拡大して現在の近距離を主とする姿から中距離(300 km 程度)輸送にも広く用いられるようになり、鉄道、航空機などによる公共輸送と併行して利用されることも多くなって、社会的要求としてはこれをさらに 500 km からできれば 1000 km というようにつぎつぎと延長したいということになってく

るものと予測するのである。この場合、所要時間は極力増大しないように押えたいという強い要求も同時にでてくるから安全性を損なうことなくより高速に、しかも楽で疲れないようにというむずかしい注文がつくのである。したがって自動車の研究はこの注文に答えるために「より安全に、より速く、より楽に」を目標に進めなければならないということになってくるものと思うのである。

この場合にその焦点は大まかにいって

- 1) タイヤの高速における信頼性と経済性の向上。
- 2) 高速走行における人間の負担を軽減するための研究。
- 3) 原動機の性能向上。

の三つに絞られる。

このうち 3) については、いまさらその研究項目の体系について説明する必要もないと思うので、割愛するが、1) と 2) については表 1 および表 2 のような内容になるものと考えている。

3. タイヤに関する研究

表 1 に研究項目の体系を示したが各項目に対して少しく説明を加えてみよう。

1. タイヤの性能論: この項目は飛行機でいえば翼の空気力学的特性の研究と同じような意味を持っているもので、自動車に対する作用外力の最も重要な部分を占めるタイヤと路面の間の作用力に関する法則を明らかにすることが中心となっている。① **力学的モデルに関する研究**とは実際のタイヤのもっている静的、動的特性たとえば慣性能率、弾性率、内部摩擦、振動数、などの特性、また路面すなわちタイヤと路面とが接する部分における圧力分布や部分的スベリと力学的な関連のは握、さらに進んで路面との相対的運動によって生ずる作用力に関する法則を明らかにすることが内容となっている。また高速において発生する停滯波(定常波ともいわれるが干渉によって生ずるものとは性質の異なるものであるので区別してみた)の防除に関する研究も重要である。これらの性質に関連して力学的な相似則に関する知見も整理する必要があると思っている。このような分野に関する研究はこの 10 年くらいの間大いに進展したが、非線形領域についてはまだまだ残された問題が多く、実用的にはむしろこの残されているところに大きな問題がある。② **性能規準**とは自動車の性能論の立場からのタイヤに対する要求事項を整理して、タイヤとしての性能向上の方向を具体的に明らかにすることを目的とする分野である。すなわち加速、燃費、最高速、制動などの観点からの要求、操縦性、安定性などからの要求、振動乗り心地や路面騒音などの点からの要求など、タイヤ特性の面からすれば互いに相い容れないものがたくさんあるが、そのだ協点は用途によっても、また道路事情によ

表 1 タイヤに関する研究項目の体系

I タイヤ性能論	①力学モデル	物理的諸特性の近似 踏面の物理的, 力学的近似 3分力特性の近似 停滯波の発生機構 相似則等
	②性能規準	動力性能, 制動性能, 運動性能, 振動乗り心地性能, 路面騒音等の自動車性能論からの要求性能の究明
	③自動車に対する適合性	重荷重用車両のタイヤ 軽車両用タイヤ 乗用車用タイヤ 特殊高速車用タイヤ
II タイヤ構造論	①強度規準	許容荷重, 耐久性, 耐摩性, 許容速度ならびにこれらに関する安全率
	②構造設計	タイヤ材料 強度部分の構造および設計 形状およびトレッド
III タイヤ試験法	①性能試験	均一性試験法 3分力特性試験 物理的特性試験 実車走行試験
	②強度試験	耐圧試験 耐久試験 耐候試験 摩耗試験

表 2 人間の負担軽減に関する項目の体系

I 人体機能論	①人間の応答特性	情報収集の特性 情報処理の特性 入出力特性とその動揺 外乱, 雑音の周期とその影響
	②人間と自動車のインピーダンス整合	人間の出力インピーダンス 自動車の人間に対する適合性 自動車の積分特性の補償
	③人間の負担を決定する因子	情報検出のための負担 情報処理(制御)の負担 制御操作の負担 生理的環境に基づく負担
II 人一自動車系の特性	①人間の力学的モデル	検出機能のモデル 制御機能のモデル 操作機能のモデル
	②自動車の力学的モデル	動力および制御性能モデル 操縦および安定性能モデル 振動および乗り心地性能モデル
	③操縦された自動車の特性	速度制御特性 方向および位置の制御特性
III 自動操縦による人間の置換	①走行中の外乱	道路の状況と障害物 天候, 気象 交通流の干渉
	②制御系に必要な特性	追突防止 緊急時の最適応答 耐久性, 信頼性等
	③制御方式	

でも変わってくるものである。そこで ③ 自動車に対する適合性の問題が重要になってくる。用途によっては、強度上の問題が最も重要になったり、乗り心地や騒音が重視される場合があったり、操縦性安定性が重要であったりというぐあいであるが、多くの場合はその一つに徹するというわけにはいかないのである。

II. タイヤ構造論:これはタイヤ性能論の研究で明らかにされたことがらを備えたものを具体的にかたちづくり,かつ強度的にもまた耐久性,信頼性の点でも実用上満足されるようなものにするにはいかにするかということの研究する分野である。まず①強度規準とはタイヤに要求される強度上の要求,使用中にそう遇する負荷の性質や種類ならびにそれらの実用負荷に対する所要安全率などに関する検討を行なう分野で強度部分の設計の基礎資料となる。②構造設計は強度部分の設計と形状およびトレッドの設計に大別できるのではないかと考えている。前者は内圧とともに許容荷重の限界をきめる要素となるし,後者はタイヤの性能を左右する重要な要素を含むものといつてよからう。また路面騒音を支配する重要な因子としてトレッドの模様とタイヤ全体の音響学的な特性が重要であることも知られている。

III. タイヤ試験法:これは性能論からの要求をとりいれ,強度規準を満足するように設計されたタイヤが,はたして予想どおりの性能になっているかどうかを確かめる方法を検討する分野であって,性能論,構造論の進歩につながるデータを提供するという意味で重要である。①性能試験はまずタイヤの幾何学的寸法,重量分布,弾性率の分布などの均一性の試験,走行抵抗,コーナリング力とタイヤ荷重の相関を求める3分力試験,硬度,温度特性,内部摩擦など構成材料の物理的特性を求める試験および実車走行試験によって動力性能,制動性能,操縦性能,安定

性能, 振動乗り心地性能, 騒音性能, などについての適合性の試験が必要となる。これらの試験でどのような計測を行ない, それをどのように整理して性能論, 構造論に寄与するかという点についてはまだまだ十分明らかにされていないのが現状である。(2) 強度試験は主としてドラムを用いて行なわれ繰り返し衝撃を与えるものと, 構成材に高速の繰り返し曲げを加えるのをおもなねらいとするものがある。製品の品質の管理に広く用いられている。

4. 人間の負担軽減に関する研究

自動車を運転するときの人間の負担はできるだけ少なくしなければならないが, 一般的にいて走行速度が速くなるにつれてこの負担が増加する。そして現在の1級の高速道路においては, たとえタイヤの安全性, 高速性能などの点で進歩があってもこの負担の増大を抑えることができなければ自動車の平均常用速度を大幅に向上することは困難な段階にきているといつてよい。ところがこの自動車を運転するときの人間の負担がどのような内容を持っており, それを軽減するためにはどのようなことが必要なかというようなことについてはほとんどわかっていないといつてよいのではないかと思う。そこでまずこの分野における研究項目を整理してみたのが表2である。これについて少しく説明を加えてみよう。

I. 人体機能論: これは人間を検出, 制御, 操作を行なう系と考えその機能を明らかにして, それが生体としての状態によってどのように変化するかを検討して, 人間の負担を機能の低下という角度からは握しようというように考えてみた。① 人間の応答特性これはまず人間がどのようにして運転に必要な情報を収集し, これを処理して手, 足などの運動に及ぼすか, またそのときの入力から出力までの系の特性はどのようにになっているか, 特に人間の場合には機械と異なってこの特性が生体としての人間の状態によってかなりの幅で変動することについての生体機能学的な研究が必要であると思う。そしてこの変動には短周期のものと長周期のものがあってそれぞれ原因を異にするものといわれている。また種々の外乱のほか, 考えごとと感違いなどのような一種の内部的雑音

の影響の検討も重要ではないかと思っている。② 人間と自動車のインピーダンスの整合人間は手, 足などで操作する場合意のままに扱える寸法, 速さ, 重さには一定の上限と下限がある。このような点を考えて自動車のハンドル, レバー, ペダル類は人間に適合するようになっていなければならないし, また, 操作の結果をフィードバックして最適の(思ったとおりの)結果を得るようになるためには上述のゲインの問題だけでなく位相の問題が重要である。人間の制御機能には進相作用も含まれていることは知られているが, この進相機能を要求すると人間の負担が増すといわれている。このような意味から自動車が本質的に持っている積分的性質を補償することはこのような観点から重要なことと考えている。③ 人間の負担を決定する因子人間が自動車を運転することに基づく負担は検出, 制御, 操作の各段階に分けて検討, 整理するのがよいと考えている。このほかに通風, 換気, 気温, 湿度, 振動あるいは姿勢などの環境にもとづく生理的な負担がいわゆる乗り心地として疲労の問題として研究されている。

II. 人—自動車系の特性: これは人間が運転している自動車の特性について研究する分野で, この分野での知見が人間の負担を軽減する手段とその限界などについての事がらをわれわれに提供するものと思っている。

① 人間の力学的モデルすなわち人間の制御特性のモデル, ② 自動車の力学的モデルすなわち被制御系としての特性をは握して, ③ 操縦された自動車の特性を論ずることができるのである。この場合運転している人間が何をどのように検出しているかということが最も議論のわかれるところであろうと思う。

III. 自動操縦による人間の置換: 初めにも述べたように現在の一応の目標は人間の負担をできるだけ減らし, もっと高速でしかも安全にということであるが, いずれはその限界に達して, しかも, もっと速く安全に, ということになることが予想されるわけである。こうなればどうしてもそのような超高速道路においては人間を除外して自動操縦にたよることになるものと思っているが, どのようなゆう導方式を用いるかということの検討が重要問題と考える。(1967年2月28日受理)

