

“車の流れ”の研究

白 井 崇 博

自動車が人間の本質的欲求や生活上の必要性から、急激に増加して来た過程でいくつかの問題が生みだされてきた。安全性の問題、排出ガスや騒音等の公害問題といったものがそれである。さらには石油危機等の社会現象とあいまって、今や自動車を単なる自動車としてではなく、社会生活を総合的に考え、科学と人間の関係を見直す中で自動車の問題を考えることが必要になって来た。平尾は自動車の安全に関する研究を次の如く体系化している。

A. 自動車の人間工学的安全に関する研究

i) 人間の形態と機能の研究

- 1) 人体計測規準の作成
- 2) 室内寸法の適正值
- 3) 心身反応の測定法
- 4) 人間の制御機能

ii) 人間の安全の研究

- 1) 車内事故防止の研究
- 2) 道路環境と人間

B. 自動車の構造的安全に関する研究

i) 車体構造と安全の研究

- 1) 弾性領域における衝突の研究
- 2) 塑性変形をともなう衝突の研究
- 3) 挫堀破壊、破断をともなう衝突の研究
- 4) 試験法の確立

ii) 室内構造と安全の研究

- 1) 座席取付部に加わる荷重
- 2) 座席とくに背当の剛性とのエネルギー吸収
- 3) 安全ベルトの構造と座席の関連
- 4) 乗員の姿勢と身体各部に加わる加速度

C. 自動車の力学的安全に関する研究

i) 機構要素と安全の研究

- 1) 舵とり装置の構造と安全

- 2) タイヤの特性と安全
- 3) ブレーキの特性と安全
- 4) 懸架装置の構造と安全
- ii) 静特性と安全性
 - 1) 懸加特性と安全
 - 2) 定常円旋回特性と安全
 - 3) 8字走行特性と安全
- iii) 人間への適応性と安全性
 - 1) 手放しおよび舵固定の特性
 - 2) 車線乗り移り特性と安全
 - 3) 異常時の力学的特性と安全
 - 4) 横風を受ける時の特性と安全
- D 安全に関する試験法の研究
 - 1) 固定障壁法
 - 2) 移動質量法
 - 3) 無人自動車法
 - 4) 応答試験法

又、日産の総合技術開発の全貌は次の如く体系化されていると聞いている。

- A 無公害化への研究
 - 1) 排出ガス浄化装置の開発
 - 2) 完全燃焼方式の追求
 - 3) 燃料・潤滑油の改良
 - 4) 騒音防止対策の徹底
- B 新動力の開発
 - 1) 新しい内燃機関の実用化
 - 2) 外燃機関の研究
 - 3) 電力の応用
 - 4) ハイブリッド方式の研究
- C 徹底安全の追求
 - 1) 人命保護の徹底
 - 2) 衝撃吸収装置の充実
 - 3) E S V (実験安全車) の試作実験
 - 4) ドライバーズ・コンディション・チェッカーの開発
- D より快適な車へのアプローチ

- 1) コンフォタビリティ (快適性) の促進
- 2) 運転・操作の自動化の研究
- 3) 車と外界との交信システムの開発

E 新交通システムの研究

- 1) 都市交通システムの研究
- 2) 貨物輸送システムの研究
- 3) 新しい荷役システムの研究

こうした研究体系の中では単独の自動車についての研究が多いが、しかし実際には自動車は、群あるいは集団として前後左右相互に影響しあいながら運動するので、自動車群あるいは自動車集団についての研究、即ち **traffic flow** の諸特性を究明する研究が必要になって来る。歴史的には、交通現象は、交通工学あるいは道路工学の分野において、考現学のおよび理論的に研究されてきた。したがって道路の側からでなく自動車の側からこの種の問題を研究することは重要でありまた有用であろう。

いうまでもなく、車の流れは運転者である人間と車と道路の三者が絡み合っている。天候とか交通法規などは道路条件に含めて考えてよいであろう。このような問題は明らかに普通の物理学の対象とは異なっている。その上交通問題は余りにも差し迫った解決を求められているままに、どうしても対策に焦点が絞られがちであるけれども、そこに生じる車の流れを物理現象として、できるだけ普遍的にとらえようとする試みについて考えてみよう。

人間の参加する現象に統計力学的方法を用いようとする野心的な試みと、車の個性を塗りつぶして連続の流れとして考えようという流体力学的方法の試みを眺めてみよう。

後者の流体力学的方法においては、流れを量的に捕えるために、流量、密度、速さをそれぞれ q , k , u と定義すれば、一様な流れでは勿論、

$$q = ku$$

が成り立つが、一様でないときは平均の速さを取らねばならない。一定区域内にある車の台数の時間的变化は両端から出入する車の台数にもとづくことを示した連続の式を、流体力学の場合にならって

$$\partial k / \partial t + \partial(ku) / \partial x = 0$$

と書かれる。この連続の法則だけを用いて、1955年に **Lighthill** と **Whitham** ²⁾ は車の列に生ずる波の問題を定性的ではあるがみごとに説明した。これらの議論は一方通行の道路で取り扱われているが、両方向の流れがある場合は **Bick** と **Newell** ³⁾ によって取り扱われている。

又一方、統計力学的方法においては、時刻 t において速さが $(v, v+dv)$ の間にある車の割合を $f(v, t) dv$ とし、**Boltzmann** の式に対応して次式を仮定する。

$$\partial f / \partial t = -(f - f_0) / \tau + (\partial f / \partial t)$$

$f_0(v)$ は相互作用がないとした場合の速さ V_f の分布関数で、右辺第一項は密度が小さくなったとき、

fのf₀からのすれがτ程度の時間でへっていくことを示している。第二項は密度が大きくなったときの相互作用を示すもので、平均速度を小さくする特性をもっている。こうして Prigogine と Herman⁴⁾ は車の流れでも、最も基本的な量は速度分布関数であると考え、分子運動論的議論を展開した。これに対し、追越しの確率を考えた多車線の場合にも拡張を許す試みが、PrigogineとHerman⁵⁾ 及び Anderson⁵⁾ によって行なわれ、ある臨界値を境として流れの性質の変わることが示された。

この分布関数を用いる方法は、流れの安定性や局所的な乱れの伝播の問題などにも用いられて成果をあげているが、初期条件や境界条件のもとに流れ全体の様子を調べるには適していない。

人間臭い問題にも、統計力学的方法を応用しようとする Prigogine⁴⁾ の研究の一つと、方法論としては正反対に位置する Lighthill-Whitham²⁾ の流体力学的方法を紹介したが、これらの方法に共通しているのは、まず複雑な現象を適当なモデルで捕え、人、車、道路、交通法規等を含めてどのようなパラメーターが支配的であるかをきめ、できるだけ少ないパラメーターで大胆に表示してのち、物理学でよく知られた概念や方法の助けを借りて現象の本質に迫ろうとしていることである。

高度に開発された現在の自動車は交通渋滞という現実を前にして、今やその性能は十分に発揮出来なくなったばかりか、便利なものとして開発されてきたはずのものが、不便なものへと変りつつある現在、流れを全体として把握することは道路の輸送効率を考える上では基本となるべきものであろうけれども、理論を実証する実験はほとんど行なわれていない。それどころか、理論との比較のためには密度、平均速度などをどう測るのが最も適当であるかという問題から出発し直さねばならない。

交通の流れとは別に、信号位置における待ち行列の問題は、待ち合わせ理論を用いて広く研究されている。この場合も信号に到着する車の数の時間的変化を連続関数として取り扱い、行列ができ始めてから消えるまでの行列の長さの変化の大勢を普遍的に説明している。この問題は将来、流れの問題と結びつくであろう。

ここに述べた Lighthill-Whitham²⁾ の論文がでてからすでに20年に近い年月が過ぎたにも拘わらず、流れの研究はなお交通工学の隅でわずかに息づいているに過ぎない。最近の科学の進歩の早さからみれば、不毛の地に近い分野ではあるが、やがて交通理学にまで発展する日のくることを期待すると共に、とにかく新しい思考や方法で路の開かれることを待っている原野がここに存在していることを強調しておく。

追伸・何方か研究しませんか。

References

- 1) 平尾収：自動車技術 20 (1966) 4
- 2) M.J. Lighthill and G.B. Whitham : Proc. Roy. Soc. A229 (1955) 317
- 3) J.H. Bick and G.F. Newell : Quart. appl. Math. 18 (1960) 191

- 4) I. Prigogine and R.Herman : Kinetic Theory of Vehicular Traffic. American Elsevier, New York 1971
- 5) I. Prigogine, R.Herman and R.Anderson : Proc. 2nd Intern on Theory of Traffic Flow. London 1963