

## &lt;資 料&gt;

人間-機械系としてみた自動車操縦  
における情報伝達過程<sup>†</sup>

—工学心理学的推論—

杉 山 貞 夫\*

著者は先に「人間-機械系におけるコミュニケーション」<sup>1)</sup>と題して発表したが、本論においては、この問題を自動車操縦に限って推論を行いたいと思う。

当然な事ではあるが、自動車の運転とは人間と機械が夫々持っている能力によって、走行と云う目的を協力して達成する過程をさしていると考えてさしつかえない。ここで云う協力とは、情報伝達過程そのものをさして居り、outputとしての走行は、この協力関係如何にかかっていると考えられる。

狭義の Human factors engineering の研究において、先ず我々は人間に如何なる情報が入って来るかに興味をもち、又その生体への入力に対応する出力 (motor response) の関係をさぐろうとしてきた。しかし、その出力は更に機械系においては入力となり、それに対応する出力は、我々の目的である走行を達成せしめるのである。この情報伝達過程は典型的なフィードバック・ループを形成している。即ち、走行は新たな input を生体に持ち込み、ここに情報の循環が考えられるわけである。この関係を図示すると第1図の如くなる。

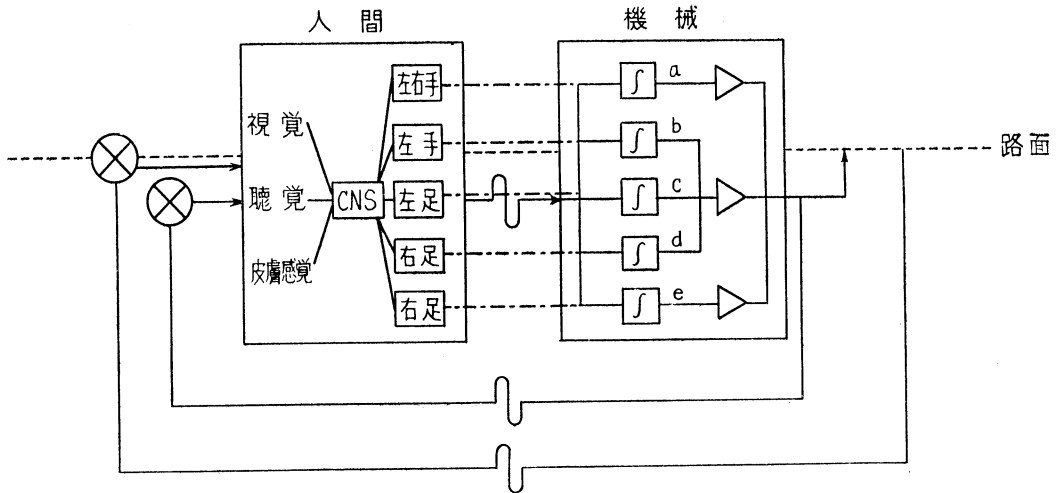
現在まで我々が考えてきた Human factors engineeringは、第1図において示される人間に対する sensory input と motor response の対応関係の研究であると考えてよい。しかし、仮定的に第1図より考えられる15の対応関係の中、数組の対応関係についてしか、我々の分析は行きとどいていないわけである。勿論、これらの対応関係がすべて均等な重要度を持っていると云うわけではない。よって、我々は、この限定された過程においても、二重の ambiguity を持っている事になる。即ち、第一に我々の生体についての知識が不十分な事によるものであり、第二には対応関係は確定していても、それについての応用的な研究の不足によるものである。又、この過程は訓練の対象となり、練習の過不足もこの対応関係形成にあずかっている。しかし、output として出て来るものは要するに手足の運動であり、それによってのみ機械系との情報連絡が可能となっている。機械系内での情報伝達過程は、著者の専門とするところではないので詳述する事はさけるが、機械系内での各部分の情報伝達は一応 linear な対応関係が考えられている。

更に今一つの問題は、機械系の作動状態を示す各種の表示器の監視による sensory input と motor response の関係である。当然の事ではあるが第1図での外側のフィードバックループのもたらす情報は、内側のフィードバックループのそれと対応しなくてはならない。内側のそれは現在のところ主として視覚的に提示されているので視

† 本論は第30回日本応用心理学会(於信州大学)におけるシンポジウム「自動車運転と人間工学」(司会:科学警察研究所 宇留野藤雄氏)における講演をもとにしたものである。

\* 関西学院大学社会学部専任講師

1) 杉山貞夫, “人間-機械系における Communication について”, 関西学院大学社会学部紀要, 第3号, 17-26, 昭和36年9月



第1図 a ハンドル, b チェンダレバー, c クラッチ, d アクセル, e ブレーキ現在の普通の機構をもつ車輛では、人間系の反応は左右両手—a, 左手—b, 左足—c, 右足—d, 右足—eとして機械系に伝達される。自動車操縦は飛行機と異なり二次元的移動であるので外環境の変化情報は、機械系からの直接的フィードバックによる表示以外に外環境監視よりも伝達されるし、又車輛と路面の相対関係の情報は視覚以外のチャンネルを通して

て伝達される。註：印は ambiguity の発生可能ループ。勿論この他にも ambiguity は人間系内、又

機械系内においても起りうる。機械系内情報伝達過程の guickening により若し, unburdening が可能とすれば、この図から少くとも bcd は一つのものとして整理されうるし、完全な自動化が行われれば a も e も省略されうるが、その場合の人間系の task を監視とすれば少くとも a, e は緊急時の為には何らかの方法で残されねばならず、又車輛を semi-automatic なものとして考えると a, b 及び bcd の一つになったものは必要である。

覚は、情報収集器官としては相当な負荷がかかるものと考えられる。

では次に、第1図の何処に一体 ambiguity を生じさせる部分があるのであろうか。著者は既に、生体内において ambiguity の生起する可能性については指摘した。又機械を作動させる過程、即ち、人間と機械系との連絡過程においては、生体内に原因をもつ作動のし違い或は、機械系の装置の調整不十分による作動のしちがいの可能性が認められよう。当然乍ら機械系内部においては設計の適・不適による ambiguity, 又各部分の異ったスピードで来る老朽化や摩滅による ambiguity 等が考えられる。又、二つのフィードバックループの途中にも、種々の機械的、自然的な ambiguity の生起可能性が存在するであろう。更に重要なこの生起可能性の所在は道路にもある。高速道路の如きある規則にのっとり一様性のある場所は、よいとしても、普通の所謂道路においては、情報伝達がスムーズに行くと言う保証はない。又代理経験としての表示器には、道路状態を前もって予測して表示するものではなく、道路

からの情報については我々は外側フィードバックループしか持っていないわけであり、当然あるスピードで走る車にとっては反応に時間的なズレを生じ、どうしても適当な操作は、時間的におくれる結果となる。勿論この点について、人間の所謂“判断”の中には予知 (prediction) 機能をはたすものがあるが、急激な刺激変化に対しては、反応操作には時間的にずれを生じざるを得ない。

要するにこの人間—機械系にあっては、実に多くの情報伝達上の ambiguity の存在が考えられるわけである。

では、現在の自動車走行はすべてこの ambiguity を克服した様な理想的なものであろうか。更に、すべて計算通りの人間—機械系機能によって走行がはたされているだろうか。明らかに、これらに対する答は否である。

西山<sup>2)</sup>の研究によると、事故の多くは運転者側に原因(即ち、人間系)があり、その割合は全事故の90%を上まわっている。これに反して車輛性

2) 西山正俊, 関西学院大学社会学部卒業論文 (1938年度)

能に起因する事故は数%にもみたなく、この率は除々に低下の傾向をとっている。勿論、この事は車輛性能が最善である事を意味しているのではない。むしろ、著者は車輛を操作する人間と車輛のある場(道路)の関係が不均衡であり、不適当な操作がこの原因であると思う。

この場合の人間とは、ある運転訓練を経て、又熟練度を持っている人間を指している。即ち、sensory input と motor response の対応関係にある固定した stereotype が形成されたものを指しているのである。又次に大切な事は機械系と道路の関係である。この関係は運転技術よりも、道路の路面状態、交通量、走行距離、走行時間との関係において考えられなくてはならない。勿論、運転者の疲労等の身心条件も考えなくてはならないが、道路と車輛の関係が現在の車輛で最適の関係にあるかと云う点になると答えは、不明であり、又疑を持たざるを得ない。例えば、車京一大阪間の距離を大ざっぱに 600km としよう。時速 100km で連続走行して 6 時間はかかるわけである。人間系を neutral と仮定しても、この長時間走行を余裕を持って完成出来る車はまだ数少いと云わなければならない。かかる走行による機械系の疲労度は相当のものであり、若し、之がハイウェイでなければ当然その何倍かの負荷を車輛は受けるわけである。しかし、これを操作する人間が機械系の持つ可能性や不可能性について十分の知識を持っているなら、これは人間系における負荷吸収でもって解決しうるわけである。

現在の自動車走行においては、機械系の状態もさる事ながら、大部分の負荷は人間が之を受持っていると考えてさしつかえない。

では、将来、どの様にしてこの三者間の関係を理想化して行ったらよいかと云う点について二、三の私見を述べる。

第一に、人間系の能力を過大評価しない事である。如何に訓練により熟練度は高まるとは云え、人間系にかかる上記の種々のストレスは、一定の output level の維持を困難ならしめる事は明白である。よって、日本人本来の物の考え方の一つである名人芸を尊ぶ事を、自動車操縦において適用する事を止め、日本人の平均の達成可能な技

量に合わせて機械系の設計を行わなくてはならない。アメリカにおける交通事故の分析について聞いた事があるが、その国では、老年者は慎重すぎるが故の事故が多く、若年者においては、それに欠けるが故の事故が多いと聞く。我国において、この事が、そのままデータに表れているか否かは不明であるが、(即ち、アメリカでの老年者は子供の時から運転をしていた人が多い故に)誰でもが運転を余裕をもって出来る様な機構(例えば、オートマチックシフトの如き)は将来、更に進められなければならない。之は第 1 図における sensory input と motor response の対応を単純化する事に他ならない。一体日本人の運転者人口がどの様なものであるか、或は彼等が持っている stereotype はどんなものであろうか。今後の研究を要する運転の社会心理学的問題と云えよう。この問題について我々は、目下実験計画中であり、近い将来に結果を提出しようと思う。

第二に、当然な事ながら、道路の整備は更に考えなければならない点である。単に道路だけの問題ではなく、それに乗る車の性能と更にそれを操作する運転者の所謂 driving habit は考慮すべき問題であろう。又その driving habit は単に所謂経験にのみまかせられない高度に組織的なものであり、ここに組織的教育の問題が考えられねばならない根拠がある。

第三の機械系の問題はより複雑となる。即ち、multi-purpose の車輛が存在しない以上、之を解決する手段は二つしかない。先ず、目的に応じた車を設計する事である。換言すると市街地走行用の車と遠距離走行用の車を明確にわける事である。しかし、之は我国の経済的事情が許さないとすると、種々の商業的な操作が可能となるわけである。しかしながら、現在の如き過渡期では、この考えは適用しにくいと考えてさしつかえない。では第二の手段としては、現在の平均的道路事情にマッチした車輛を設計し、操縦者の操縦技術にまかせるわけである。現在はこの考え方に立っていると思われるが、これは実に多くの負荷を人間系に与えていると云ってよい。更に機械系内の状況を操縦者に与えるフィードバックループは、更に選択的に必要情報を与える様にすべきであると

考えられる。視覚情報系の overload は唯でさへ多岐にわたってみられる現象であるが、視覚系は他の感覚系に比し実に多くの情報集収能力はあるとは云うものの、例えば長距離連続高速運転では、これを制限する心理的要因が多く働き、必ずしも理論通りには考えられない。よって、他の感覚系の利用は大いに考えるべき事であろう。例えば、腰部皮膚感覚の如きものについての研究である。

結論的には、人間系に入る情報を制限し重点的に配分する必要がある。例えば、すべての情報を視覚を通さず、視覚を外部監視に重点的に配分し、他の情報を機械系内と道路との間において feedback してしまうが如き努力は為されねばならない。自動車操縦は飛行機のそれと異なり、二次元的運動である。よって人間一機械系のある場及びその相対関係については、飛行機における程の情報は必要とされない。しかし、事故生起の確率が高い以上 prediction の可能なものであるべきだし、これがすべて現在のところ人間の判断にまかされている点、個々人の能力には大きな差がある以上、非常な危険率を持っていると考えてきしつかえない。よって、必然的に自動監視装置による automatic prediction device は考えられねばならないし又、機械系内フィードバックにより、あるプログラム以上の走行を不可能ならしめる様な装置は考慮さるべきである。そこで車輛のある場を考えると、当然 multipurpose の車は危険があると云う結論を下さざるをえない。

自動車操縦は本来、人間を含めた情報伝達過程としてみる場合、それは intermittent system である。よってそれは nonlinear mathematics によって discontinuous sampling system として扱う事が可能ではあるが、それは非常に精度の低いものとなる。よって、普通、我々はそれを linear に近いものとして直線微分方程式によって、近似値をとるのであるが、これも不適切な類似関係と云う以外の何物でもない。

この解決法は唯将来の実験的な又実際の場面での種々観察による分析と推論による他はない。

要するに、如何なる intermittent system であ

っても、それらが理論的解析の対象となりうるか否かは別であり、実験的に又日々の運転経験によって改善して行かねばならない事は明白である。と云って理論面(人間一機械系)がおろそかにされてよいと云う理由は全くなく、将来の問題予見には framework が必要であり、その為の理論は必要である。

著者はこの点につき、次の様に考える。即ち、(1)人間系に入る負荷を更に低減し、すべての人が比較的楽に操作しうる車輛を作り道路条件もその様にととのえる方向に向う。よって、(2)自動車については、操縦装置の自動化は必然的に進められるべきである。更に、(3)人間系への入力を外部環境監視からのみにする様に、努力すべきである。その為、人間の判断の為のチャンネルが視覚からにかたよっていた点を是正し、他の感覚からのも含める様に設計すべきではなからうか。換言すると、特に自動車操縦においては運転過程の種々の判断機能への入力として座席から腰に入る情報は無視出来ない。むしろ、feeling に近いものではあるが、平地地高速連続運転では判断は計器や外部監視からの入力のほか、所謂 feeling of driving は重要な要素となる。(4)として著者の考える事は、prediction についてである。即ち、車輛のおかれている場と車輛状態の相対関係についての情報は現在のところ、速度計温度計等から来るもの以外ない。しかしながら、その他にも車輛走行について必要情報は多い。現在のところその大部分はフィードバックループが無い為、所謂 feeling of driving によって行われている。例えば、走行中のタイヤ内圧変化及び温度変化を指示する様な表示器は特殊な場合を除いて装備されていない。よってこれから来る情報はすべて all or none 即ち、パンクするか正常と見なされるか以外判断は不可能である。勿論経験的には、これだけ走ったから温度は大分上昇しているだろうと判断はされうるのであるが、問題はかかる判断の域を超えている。即ち、degree についての情報を我々は必要とするし、どの程度からが事故生起率が高いと云う情報は少くとも我々は知るべきであり、経験のみにたよる事は出来ない。かかる情報が走行中、如何なるチャンネルからも我々人間には

入って来ない為に、それによる事故が多発すると云う事は云えよう。

これはある意味で quickening が必要である事を示している。換言すると運転者に対し彼が操作している作業の結果を直ちに知らせる事の必要性と云えよう。その他にも、quickening が必要である人間—機械系機能については、多くある。即ち、次の如き情報は我々が運転中必要とするであろう。

- 1) タイヤ内圧, 温度についての情報
- 2) 油圧, 温度, 充電, 発火, 回転数等, エンジン作動情報
- 3) ブレーキ作動情報
- 4) 電気系作動情報
- 5) ハンドル作動情報
- 6) ギャー作動情報
- 7) 道路面との相対関係についての情報等

前述の如く、(1)については走行中の情報は全く与えられていないと云ってよい。これに反し、(2)については比較的情報は得られている。しかし、燃料伝達についての情報は全く得られていないし、普通我々は結果が起きてから、その事実を認知出来るわけである。(3)では、アンバランスについての情報が不足であるし、又ブレーキドラム内温度、油圧系の作動状況については知らされていない。(4)では大体充分な情報はあるとみてよいが、故障箇所についての情報は全く得られない。(5)については未だ、かかる情報が正確に与えられている例は見ない。しかし、これは、むしろ、ハンドル抵抗から来る情報を触覚的チャンネルに得ているので、普通の乗用車では一たん driving habit が完成すれば、十分であろう。しかしこれ

は(7)とも関係するが、トレーラーをひいて後退する時などには、ある程度必要な情報であろう。(6)もこれは触覚的チャンネルを通して、大体満足されていると考える。しかし、初心者、或はオートマチックシフトから手動シフトに移った場合など比較的必要なものではないかと思われる。最後の(7)は全く現在の普通車では得られていない情報である。著者も現在これについての model は考えているが、これは電子計算機とレーダーの如き予知機能を有する装置が必要となろうし、又将来のハイウェイでの programmed driving においては当然予知機能は大いに開発研究がなされなくてはならない。

要するに自動車操縦においては quickening mechanism が必要か否かは別として、必要な情報は普通走行前の条件予測によるものしかない点、まだまだ、人間に起因する危険は存在するわけである。何となれば、一たん走行を開始すると各条件は、時間と走行によって変化し、その変化情報を我々は得られないからである。よって、著者は quickening mechanism をもう少し車輛設計にとり入れるべきであり、車輛制御をこの点から自動的に行う様な情報伝達過程を挿入すべきと考える。従来の間工学的研究は unburdening (総合コントローラーとしての人間のもつ作業量を減少させる事)を中心として為されて来たが、これと同時に quickening mechanism を自動車に更にとり入れる様な努力をしてはどうかと思うものである。特に、将来の自動車は高度に自動化される方向に向って居り、高速自動車道路の完成も一部ではあるが、既に実現した。今後の自動車走行では必然的に quickening mechanism をとり入れた unburdening をめざさなくてはならないと思う。