

自動車運転者の適性基準判定指針の検討に関する研究

A proposal for judgment of motor driver's aptitude

主任研究員：岩佐哲夫

分担研究員：金住順二 宮井義裕 岡本征四郎 竹口知男

運転適性をテーマにしてから5年が経過し、その難しさがようやく分かりかけた。本年で一応の区切りをつけ、新たな観点から運転適性を考えようという事を検討する段階になった。この意味から、今までの経過と残された課題について報告し、平成8年度内に最終報告を提出したいと考えている。

本研究を始めようと言うきっかけは、高齢者社会が進行する中で、必然的に高齢運転者の割合が増加し、それに伴う交通事故が急激に増加するのではないかと懸念を持ったことに始まった。また、そのような兆候もすでに見られ、高齢が原因と推測される事故の報道が目につくようになった。最近では70歳近い運転者に対して、別途の身体的な機能検査を試みている自治体もあり、高齢者の交通事故への社会的関心は非常に高まっている。当初は、運転適性を判定することより、運転適性をどのような尺度で表示すべきか、また、運転者の年齢分布や交通事故統計の調査など非常に基礎的な検討から始まった。その後、本所報で第一報として報告をした「運転適性に関する皮膚電気反応の研究」において、刺激に対する運転者の情動変動の検出指標としてGSRが適切であることを確認した。GSR反応は交感神経系の活性状態によるもので、交感神経系線維を刺激する要因の有無、あるいは強弱に因って変動する。このことは、運転者の適性を定量的あるいは定性的に測定する方法として適切な着目であったと考えている。結論として、この方法は採用しなかった。その理由は、実際の測定装置として利用するための実験環境、基礎データの収集等に別途の時間的余裕が必要であると判断したためである。現在も、この測定法については未練を持っているが、目的の入り口段階で留まることを避け、今後、派生的研究として発展させたいと考えている。

第二段階として、運転適性の具体的な要因の選定とその測定法に重点を置いた。その内容については、第二報「運転機能測定装置の試作」および第三報「視覚機能に関する実験的研究」に報告した。この二報と昨年度の3年間は運転適性の要因を選定し、その要因の量的表現を確立すること、その値の独立と機能評価を行うこと、判定を行うための統計モデル検討、データの蓄積に依存しない新しい手法の検討を進めてきた。特にこの新しい手法は、近年急速に発達をしている画像処理がPCでも可能になりつつあることを受けて、仮想現実いわゆるバーチャルリアリティの技法を応用した適性判定の手法の研究である。現時点では、画像を作る、画像を移動させる程度の基礎的な準備段階であるが、PID制御の動作を組み入れた移動による適性の判定を3次元で行うことを検討している。この基

礎的研究については今回の分担課題報告でも報告している。この分野は非常に技術革新の速い先端的課題でもあるため、本テーマに連続する次期テーマと位置づけているため、基礎的研究として中断できない現状である。

要因の選定については、ほぼ確定したが、その中で、視覚機能について簡単に説明しておく。その前提として、個々の要因については慎重な検討を行ったが、データを得る手段として、計測は単純かつ短時間で出来ること、特殊な実験環境を必要としないこと、装置が軽便で運搬が簡単なことが、初期の方針であった。この意味で、暗順応、明順応の要因をどのように定量化すべきかが課題であった。データを整理する中で、眼鏡の有無が順応性に関係していることが伺えた。現在も、暗さの中の動体視力を含めて研究を進めているが、測定値として、裸眼視力と矯正視力を採用した。当然のことであるが、眼鏡の不用な被験者の矯正視力は裸眼視力とした。これによって、運転適性に視力と暗順応の二つの機能が加味されたと考えている。本年度はこのあたりをもう少し整理して、一区切りの報告としたい。

分担研究報告

適性要因の解析と判定モデルに関する研究 岩佐哲夫・宮井義裕（工学部）

運転適性を判定する要因として、どのような機能が関係するか、また、その機能をどのように定量化するか、という課題について検討を進めてきた。これらの一部は本所報で報告した。その報告の中から、反射機能について、手と足の反射機能の間に相関関係のないことと、一連のデータ収集の中でバラツキすなわち、標準偏差の大きい被験者に着目し、疲労あるいは集中力に関係しているではないか、の2点について平成7年度の自動車技術会春期講演会で発表した。

これらの研究を通じて、（運転適性）＝（運転者が起因となる事故）という観点から測定すべき項目について再検討を行った。この結果、疲労あるいは睡眠不足は事故に結びつく可能性が高く、このような状況で運転すべきでないことは一般常識となっている。したがって、疲れ易さと疲れているという状態は運転者の自覚の問題として、すなわち、等価であるという判断で、適性判定の要因とすることを見送った。

集中力は判断機能の測定（4つのLED）（左右に赤・青色が一对で計4個）がランダムに点灯し、それに対応したペダルを踏み、その正解度を測定）する中で、判断のみでなく、集中力もファクタとして加味されると考えた。なお、この装置のLEDはランプの点灯までの時間を短縮させ、前回の報告における問題点を解消した。

残された適性要因として、予測機能の定量化があった。この予測性を測定する装置として、ノートパソコンの画面上を移動するカーソル（光源）が、ある区間（光源の見えないトンネル）を通過するとき、指定したポイントに到達したことを予測させる。当然、この区間ではカーソルの移動は見えない。カーソルの移動速度は3種類として測定を行った。

この結果、運転適性の要因として、手および足の反射機能、ランドルト環による識別機能、視力、判断機能、予測機能の6機能が測定可能となった。このデータをもって、何らかの判別を試みるとき、データ館の相関性、データによる特徴性等があってはならない。特に運転適性を判別する場合、その要因が一つでないことが判別の難しさである。判別モデルの検討を行うために、22歳前後の学生、50歳から60歳代の中高年者、それぞれ8名の各機能データを判別分析用のサンプルデータとして採取し、各項目についてデータの年齢との相関、年齢による偏りのないことを確認した後、判別分析法による線形判別関数を作成し、ランダムに選んだ被験者がどちらかの群に属すかを判別した。結果は、非常に若者に近い中高年側に判別された学生が十数名中2名、40歳代後半から50歳代の被験者8名の内、40歳代後半の2名が非常に中高年に近い若者側に判別された。この結果から、判別分析法による運転適性判定の一助になり得ると考え、さらに具体的な実験を実施したいと考えている。

視覚機能に関する実験的研究 (暗順応に関する研究) 金住順二・岡本征四郎(工学部)

本報告は明るい状態から突然に暗い状況に環境が変わった場合に事物、事象の認識・確認にどの程度の時間を要するかといった視覚機能の特性の一端(暗順応)について実験的に調べるものである。

前報告では、暗順応について明から暗に変わる環境を実験的に作りだし、明から暗への環境の急激な変化に対し、瞳孔がいかなる動きをするのか、明から暗への光の刺激(光量の変化)の違いが暗い状況下の事物、事象の確認に要する時間にどのような影響を及ぼすかを調べた。

その結果、明から暗に急激に環境が変化した場合に事物、事象が確認できるまでに要する時間は光刺激が大きい(光量の変化量が大きい)ほど長くなること、同一の視力において光刺激が大きくなると裸眼の場合よりも矯正視力の場合が確認に要する時間が長くなること等を明らかにした。

今回の実験的研究では裸眼と眼鏡装着、コンタクトレンズ装着のそれぞれにおいて、明から暗へ急激に光量に変化した場合、事物・事象の確認に要する時間にどのような違いが出てくるか、また、対象とする事物・事象の幾何形状違いによって認識に要する時間にどのような影響が現れてくるかを調べた。

裸眼、眼鏡、コンタクト等によって、明から暗への急激な光量の変化に対する事物・事象の確認時間にどのような違いが現れるかについては、同一の視力であっても光刺激が大きくなると裸眼、眼鏡、コンタクトの順に事物・事象に対する確認時間が長くなることを明らかにした。

また、確認の対象である事物・事象の幾何形状な違いによって光刺激後の認識時間にどのような違いが見られる下については、数字の認識（丸みをおびた数字とそうでない数字）による方法で認識時間に違いが現れるかを調べた。その結果、数字の形状による認識時間では丸みをおびた数字の場合に認識時間が長くなるとことを明らかにした。

3次元ビジュアルシステムによるドライバー 安全教育用適性基準判定指針に関する研究 竹口知男（工学部）

本分担研究では、当該長期的共同研究組織「自動車運転者の適性基準判定指針の検討に関する研究」に対する新たなるアプローチとして、仮想現実感（Virtual Reality;VR）技法を用いた3次元ビジュアルシステムによる「ドライバー安全教育用適性基準判定指針」策定のための支援システムについての研究を進めている。平成7年度における活動としては、本研究組織に参加して1年目であり、主として、関連する文献の調査、ならびに上記アプローチのためのシステム構成の検討を行った。その調査・検討の結果として、以下のような知見を得た。

人の制御を受けた車両の運動は

$$\frac{y(s)}{y_{oL}(s)} = \frac{G_y(S)H(s)}{1+H(s) \{G_y(s)+LG_\theta(S)\}}$$

によって表わせることが知られている。ここに、 $y(S)$ は車両の横変位を、 $y_{oL}(S)$ は前方注視距離Lでの前方注視点での横変位を、 $G_y(S)$ ならびに $G_\theta(S)$ は人に実舵角 δ を受けた際の車両の横変位 y およびヨー角 θ に対する伝達関数を表わし、 $H(S)$ は人の車両制御動作の伝達関数を表わす。ただし、 $G_y(S)$ ならびに $G_\theta(S)$ は車両の特性によって定まる伝達関数であり、近似的には、車両の固有振動数、減衰比、横加速度ゲイン定数およびヨー角速度ゲイン定数をそれぞれ、 ω_n 、 ζ 、 $G_y^*(0)$ および $G_\theta^*(0)$ とすると、

$$G_y(S) = G_y^*(0) \frac{1+T_{y1}s+T_{y2}s^2}{\left[1+\frac{2\zeta}{\omega_n}s+\frac{1}{\omega_n^2}s^2\right]s^2} \quad G_\theta(S) = G_\theta^*(0) \frac{1+T_\theta s}{\left[1+\frac{2\zeta}{\omega_n}s+\frac{1}{\omega_n^2}s^2\right]s}$$

で与えられる。上式をブロック線図で表わすと、図1のようになる。また、一般に、人の制御動作の伝達関数 $H(s)$ は

$$H(s) = h \left[\tau_D s + 1 + \frac{1}{\tau_I} \right] e^{-\tau_L s}$$

として表すことができる。ここに、 h 、 τ_D 、 τ_I および τ_L は、制御理論における、それぞれ比例定数、微分時間、積分時間およびむだ時間を表わす。したがって、制御理論における同定手法を用いて、各被験者の比例定数 h 、微分時間 τ_D 、積分時間 τ_I 、むだ時間 τ_L ならびに予見制御としての前方注視の距離Lを同定することによって、各被験者の車両制

御に対する動作特性を推定することが可能となる。また、多くの被験者に対する車両制御動作特性（パラメータ）を検証することによって、平均的な車両制御動作特性と特定の被験者の車両制御動作特性との差異を計測し、被験者の自動車運転適性ならびに運転時に注意すべき事項についてのアドバイス指針を生成するシステムを構築することが可能となることが分かった。

一方、システム構築の準備活動としては、動作特性同定のためのビジュアルシステムとして、視差・収差を考慮した3次元立体視が可能なバーチャル・リアリティ開発用の開発プラットフォームならびにヘッド・マウンテッド・ディスプレイ（HMD）を整え、平成8年度よりの研究基盤を整えた。

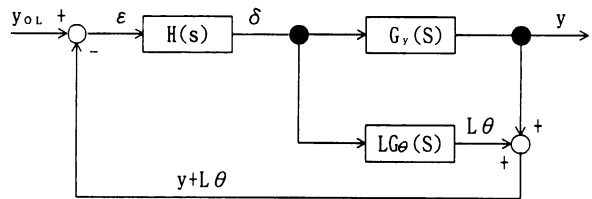


図1. 人の車両制御動作に対するブロック線図

運転適性に関する生得適経験（学習）的条件 宮本芳文（工学部）

前回（1992）運転に入る前および運転中の精神状態の制御、運転適性を得るための学習、自己組織化能力が必要なことに着目したが、さらに検討を進めた。人間は情報処理、制御の能力を備えた完全なシステムであるが、それぞれに個体差をもち、運転適性とはその運転者が運転に際して内的外的変化に対する適応制御機能を有しているか否かを意味する。人間という制御システムでは、最高位脳神経中枢連合系内に行動のフィードバック機能とフィードフォワード機能が統合されていて次の心身指令を指令する。運転適性の条件として問題となるのは個々の運転者のフィードフォワード機能である。フィードバック機能は経験により変容するが、フィードフォワード機能は経験により変容する要素と生得的に保存している要素とで構成されている。従って運転不適性のうち生得的な不適性は修正困難であるが、経験的な不適性は修正により適正化の可能性もあり得ると考えられる。運転適性に関わるフィードフォワード機能としては、自己暗示、擾乱に対する情動変化、注意、錯覚などが挙げられる。

自己暗示、擾乱に対する情動変化については、ある経験の思考の固執が要因と考えられ、消極（逃避）思考の集積はストレスを助長するので事故に繋がる。我々の実験によると、被験者が抱えているストレスの程度については脳波検出により想定可能であった。自信喪失、自己嫌悪に陥っている被験者は α 波出現時間率が低く不安定な α 波形の推移を現した。また、静寂な環境と何らかの擾乱のある環境下での α 波を比較すると、後者は、 α 波活性が弱く β 波活性が優位であった。ストレスを克服する方法については心理学的に認知行動療法、論理情動行動療法などで追求されている。我々は心因的ストレスに限っては、大半の被験者において聴覚 α 波バイオフィードバック訓練学習により低減できるとの実験結果

を得た。この学習効果は被験者のフィードフォワード機能を改善させることによって促進される。例えば、我々は訓練の都度モデル的なフィードバック信号を聴取させこれを記憶させるといふ「教師つき強制学習」を用いて効果を得た。

注意集中力も個体差があるが、これは上記の擾乱に対する情動変化と同様に訓練により改善可能な場合もある。また、錯覚に陥り易い運転者は運転不適性と考えられる。錯覚に陥り易い性格か否かは適切な実測によって判定できる（我々はミュラー・リヤーの錯視を実施した）。実測は被験者の特性を示唆するので、ある程度の矯正は可能である。

まとめ：運転適性の心理的側面は生得的経験（学習）的特性に左右されるが、運転不適性の要素はこれを何らかの訓練（自己学習あるいは強制学習）によって運転適性に修正可能なものと、修正不可能なものに分別し、それぞれの処置を行うことを提言したい。