

自動車の自動操向とそれに関連する問題

菊 池 英 一

日常生活で自動車があまりにも身近なためか、なぜ操向できるかといった抽象的な面の検討が比較的おそろかにされている。自動車工学の究極の目標は人間が操縦しやすい自動車を作り出すことにあると思われるが、理論と実際のへだたりはまだ大きい。考え方の筋道がはっきりすれば、今後何をなすべきかが明確になるように思われるので、最近話題に上ようになった自動車の自動操縦を中心に、主として考え方を紹介してみた。

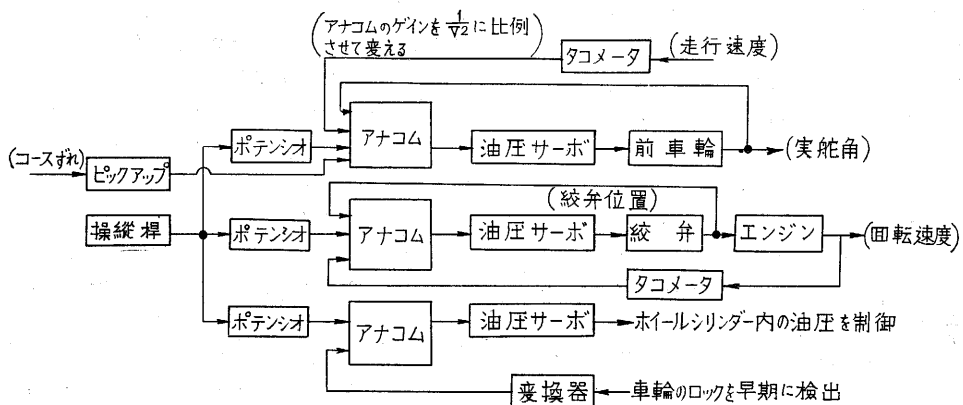
1. ま え が き

自動車の自動操縦というと動力装置、制動装置等の自動制御まで含むことになるので問題を自動操向 (Automatic steering) に限定することにする。自動車の自動操向はかなり古くから試みられており、スイスの F. Dussaud (穿孔テープ)¹⁾、米国 MIT の H. Singleton のサイバネティックスの実験 (光電管)²⁾、RCA 社の W. K. Zworykin (高周波を通した埋設電線)³⁾、日本では関東学院大学の大串⁴⁾、鐘紡の浅井・土生の方式 (鋼帯と磁気ピックアップ)⁵⁾、ソニー社の「すばる」による実験、防衛技研の実験等があり、最近、英国の駅構内の 3km/h の無人運搬車がテレビの海外ニュースで紹介された。米国では RCA 社と GM 社の共同研究で自動操向ばかりでなく追突防止、追越し、交通管制まで実験を進め実用化を計っている。上の例でもわかるように自動車の自動操向には必ず、自動車側と路面側に仕掛けが必要であって、検出装置に関しては、路面に設けた溝を機械的ななぞる方式を直流とみなすならば、埋設電線、レーダ、赤外線等電磁波のほとんど全周波数帯にわたるエレクトロニクス技術上の考案⁶⁾ がなされているが、ピックアップの S/N 比の面からは実用性が抑えられて高周波ケーブルとか磁気方式が残るようである。前述の GM 社の実験はガスタービン自動車 Firebird III にユニコントロー

ルという自動操縦装置をつけ高周波ケーブルを埋めた誘導路の上を走らせているが、その記事⁷⁾ から制御回路を書いてみると第 1 図のようになる。米国の高度に発達した油圧サーボ機構とエレクトロニクス技術をもってすれば、自動操縦装置の実現も容易であったと思われる。しかし機械として見た自動車の運動の側から自動車の自動操向の可能性を理論的に基礎づけた研究はほとんどなかったといつてよい。

2. 自動車の自動操向の要件

自動操向装置とは要するに、人間の代わりにハンドル操作をするものであるから、説明の順序として人間が自動車を操縦する場合から考えてみよう。人間は予定のコースと数秒後に自分の運転する自動車を通るであろう位置とのずれを眼で見て大脳に伝え、ここである演算を行なって腕の筋肉に右または左に何度ハンドルを回せと命令を下す。この際にハンドルの位置は刻々に腕の筋肉運動知覚を通じて大脳にフィードバックされる。つまり人間は検出部と補償回路 (一種の計算機) と増幅器と操作部の役割をしているわけで、人間の腕の筋肉はいわば一種の回転原動機の形で、自動車のハンドルから前車輪を負荷とする位置サーボを動かしていることになる。この位置サーボの出力信号となっている前車輪実舵角が、今度は自動車の入力信号となって自動車の運動を支配する。



第 1 図 GM社のユニコントロール

このように書くとハンドル系という位置サーボが自動車と直列に接続されていて、自動車側からハンドル系に反作用がないように思われるが、実は前車輪タイヤには走行中にセルフアライニングという独得の作用があって、ハンドル軸に復元トルクを加えて舵角を減らすように作用する。すなわち負フィードバックとして働き自動車の操縦性の改善に役立っている。したがって人間を動力源とするハンドル系の位置サーボにフィードバックループがあるため人間とハンドル系を分離して考えることができず、今またハンドル系の位置サーボと自動車がタイヤのセルフアライニング作用という反作用があるためにハンドル系と自動車を分離して考えるわけにはゆかなくなるので、自動車の操向という現象は何重にもかかったフィードバックループの存在のためかなり複雑なものになる。

人間もサーボ系の要素として含まれた操向という現象を考えるのではなくて、人間要素を除いた自動車だけの運動性能を調べる場合には、ハンドル入力として角度とトルクを考えることができる。自動車の重心の横変位に着目すると、ハンドルに加わる入力信号が角度、トルクのいずれであっても自動車の運動を表わす伝達関数の分母に0次、1次の項を欠くから定位性がないので（別のいい方をすれば定常円旋回のような定常状態では自動車の作用する求心加速度とハンドル角度またはトルクが比例すること、比例定数は自動車の走行速度によって変化する）、与えられたコースから外れないように自動制御するには、原理的に「比例+微分」型の制御動作が必要であることはよく知られている。

しかし具体的に人間が自動車の操向をする場合に、何が制御量で、何をどこで検出し、どのような種類の入力をハンドルに与えればよいかということは、すっかりした概念として説明されていなかった。今までにわかっている事柄を要約すれば、最も簡単で基礎的な、実舵角入力を与えて車体の横変位とヨーイングだけを考える場合には、自動制御的な見方をすれば、自動車の運動は横変位を制御量とし、前にも述べたように人間を検出部・補償回路・増幅器・操作部として含むサーボ系であって、自動車の操向の著しい特色は人間が操縦する場合、検出点位置と増幅器としての人間のゲイン定数が自動車の速度に応じて変化することであって、一種の Adaptive 制御をしていることになる。路上のコースと自分の自動車の位置とのずれを測る検出点は運転者が意識して決めるわけではないが、たとえば左ハンドルの自動車の運転者はマスコットを基準にして、できるだけマスコットと道路の中心線が一致するようにハンドル操作をしている。

このことは一見、自動車の中心線の延長上の前方検出点で測ったコースずれに比例させて、ハンドルに入力信号を与えているように思われるが、実は前方の検出点にお

けるコースずれが、自動車の重心におけるコースずれと、自動車の重心から検出点までの距離と、自動車の車体中心線がコースに対してなす角（姿勢角）の三つから合成されるから、正確にいうとコースずれと姿勢角を検出し、速度に応じて検出点位置を変えていることになる。自動車の車体中心線と重心の速度ベクトルの方向が必ずしも一致しないので、変位とその微分に比例するとはいえないが、近似的にハンドルにコースずれの「比例+微分」信号を与えていると考えてよい。

つぎに、検出点の位置と自動車の速度との関係は、人間が操縦している場合に自分の自動車の前方および側面が広く空いて視界がよくきき高速で走れる場合は、自動車の重心の横変位は制御量ではなくて、はるか前方の検出点の横変位が制御量となっている。たとえばダットサン110型では50m前方でコースずれを検出してハンドルに入力信号を加える場合（前方の検出点でコースずれを検出する場合を距離補償とよぶことにする）は、人間が頭脳で「比例+微分」演算をしなくとも自動車と人間を含めたサーボ系が安定であることが計算から求められる⁹⁾。

この場合タイヤの横剛性と車体のローリングの影響は無視しても安定性の面からは安全側にあると考えられる⁹⁾。交叉点で多くの自動車がつながってしまって動きがとれない時とか街角を曲がる場合は、前方、側方とも見通しがきかず、検出点を自動車から遠くとれないので制御すべき量は車体の横変位となり、検出点におけるコースずれに比例した入力信号をハンドルに与えるだけでは安定な走行には不十分となるから、もはや距離補償には頼れず、人間が頭脳で「比例+微分」の演算をして自動車の運動特性の劣化を補わねばならなくなる（これを頭脳補償と仮によんでおく）。距離補償と頭脳補償は一方が増加すると他方が減少するいわば共役の関係にあると思われる。人間は練習によってある程度まで頭脳補償に慣れることはできるが、あまりその微分の程度が大きくなると精神的に強い緊張を強いられ、そのような自動車は操縦しにくいと感じられる¹⁰⁾。自動車の種類・大きさによって距離補償から頭脳補償に移る速度が異なるであろうことは想像できる。

人間と自動操向装置の本質的な差は次の点にある。レーダで路上のコースを走査し、テレビを使って人の眼の代用をさせ、高級な計算機で演算をさせるにしても、なんといっても人間の頭脳のように比較的小容積で、自動車の数メートル先から無限遠まで、周囲の環境をも含めて判断し、しかも非線型による最適制御をやっているのけるようなすぐれた検出・計算機構は当分出現を望めない。したがってどのような検出方式を使うにしても一応、自動車の前バンパーのあたりに検出装置をつけてコースずれを測ることになるから、自動操向装置の場合は人間が

操縦する場合の距離補償は期待できないので、必然的に人間の頭脳補償に相当する補償回路を自動操縦装置に組み込まねばならない。

3. 制御対象としての自動車の性質

タイヤの力学と自動車の操縦性についてはここではあまり深入りしないことにする。タイヤの対路面動特性、タイヤの横剛性、車体のピッチング、ローリング等の影響を無視し、操向系の振り剛性は無限大とみなし、自動車は横変位とヨーイングのみするものとして線型として扱ってみる。自動車の運動を調べるには過渡特性と周波数特性と二つあって、実は両者は表裏一体の関係にあるが、一般的にいった後者の方から得られる知識の方が多く思うのでここでは後者を使うことにする。特性のパラメータとなるのは自動車の走行速度 V である。

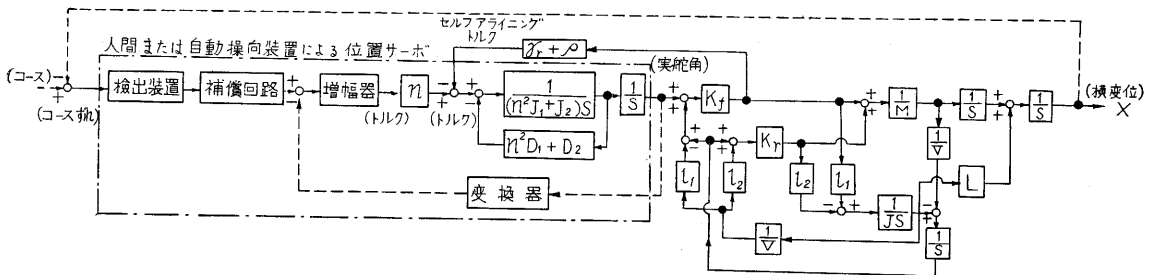
まず記号を次のように定める：

J_1 ：ハンドルの慣性モーメント， D_1 ：ハンドル側の粘性減衰モーメント係数， n ：総減速比 (>1)， J_2 ：両前車輪のキングピンまわりの慣性モーメント， D_2 ：キングピンまわりの粘性減衰モーメント係数， γ ：キャスト角， r ：タイヤの有効半径， ρ ：ニューマチックトレ

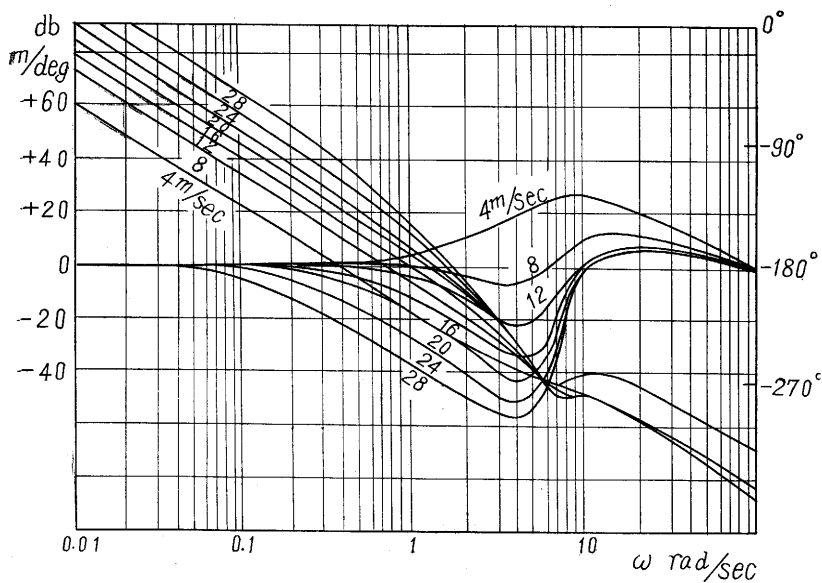
ール， θ_1 ：ハンドル角， T ：ハンドルトルク， M ：自動車の質量， l ：軸距， l_1 ， l_2 ：重心から前後車軸までの距離， J ：重心を通る鉛直軸まわりの自動車の慣性モーメント， K_f ， K_r ：前、後両輪タイヤのコーナリングパワー， V ：自動車の走行速度， θ ：コースと車体中心線のなす角， L ：自動車の重心から検出点までの距離， X ：検出点で測った基準線からのコースずれ， s ：ラプラス変換のパラメータ。

連立の微分方程式を書きならべただけではなんのこともわからないので、微分方程式を解くことと等価で、アナログ計算機を組み立てる場合の参考にもなるので自動車の運動を表わすブロック線図に直したのが第2図である。前にも断ったように、車体のローリングとタイヤの横剛性、タイヤの動特性の影響を考慮するとブロック線図が著しく複雑になるが、幸いなことにこれらの項は高次の項としてきいてくるので人間が操縦する場合のような低周波では無視してもそれほど大きな誤りはおかさない。

ハンドル角度と検出点の横変位の関係を求めると、



第 2 図 自動車の操向のブロック線図



第 3 図 自動車の周波数応答、重心の運動（計算値）

$$\frac{X}{\theta_1} = \frac{K_f \cdot K_r \cdot V \cdot l \left\{ \frac{J + Ll_1 M}{K_r l} s^2 + \frac{L + l_2}{V} s + 1 \right\}}{n \left\{ \frac{K_f K_r l^2}{V} - MV(K_f l_1 - K_r l_2) \right\} s^2 \left[\frac{MJV}{\frac{K_f K_r l^2}{V} - MV(K_f l_1 - K_r l_2)} s^2 + \frac{M(K_f l_1^2 + K_r l_2^2) + J(K_f + K_r)}{\frac{K_f K_r l^2}{V} - MV(K_f l_1 - K_r l_2)} s + 1 \right]} \dots (1)$$

(1)式からわかることは安定な手放し走行のためには分母の $\left\{ \frac{K_f K_r l^2}{V} - MV(K_f l_1 - K_r l_2) \right\}$ が常に正の値であることが望ましく、そのためには $-MV(K_f l_1 - K_r l_2)$ の値が正であればよいから $K_f l_1 \leq K_r l_2$ 、すなわちニュートラルステアないしアンダステアであればよい。第3図は国産の某小型車について実数計算した結果であって、重心の横変位とハンドル角度の関係を走行速度 V をパラメータにして表わしたものである。この図から、4m/s 以下の低速では、重心でコースずれを検出して比例制御をしても安定に走行できることと、ゲイン定数がほぼ V^2 に比例して増加することがわかる。しかし高速になると(1)式の分子、分母を因数分解して $(Ts+1)$ 、 $(T^2s+2\zeta Ts+1+1)$ という型の項の積に直した場合、分子の時定数 T はほとんど変化しないが、分母の時定数は速度の上昇に伴って増大し自動車の運動性能を悪化させる。補償回路には $(T_1 s+1)/(T_2 s+1)$ の型の特性をもたせて、 $T_1 > T_2$ として、分子の $(T_1 s+1)$ で自動

車の伝達関数の分母の最も大きい時定数の項を相殺させ、代わりに短い時定数の項 $(T_2 s+1)$ を入れて運動性能を改善するので、いわば中身のすりかえの作用をするわけである。

つぎにハンドルトルクと検出点の横変位の関係を求めてみる。この場合は2のところで述べたようにタイヤのセルフアライニングトルクのために運動特性がかなり改善されて高速走行に有利になるはずである。

(2)式からわかることは安定な手放し走行のためには分母において $(\gamma r + \rho) > 0$ であること、すなわちキングピンと地面との交点が常にタイヤのコーナリング力の著力点よりも前になければならぬということである。 $(\gamma r + \rho) < 0$ となる場合は手放し走行では skid という不安定で危険な状態が起こる。第4図には国産の小型車の前車軸から 50m 前方にある検出点の横変位とハンドルトルクの関係を第3図と同じく走行速度 V をパラメータにして計算した結果を示す。第3図と比較してセルフアライニングという負フィードバックと、検出点が重心から

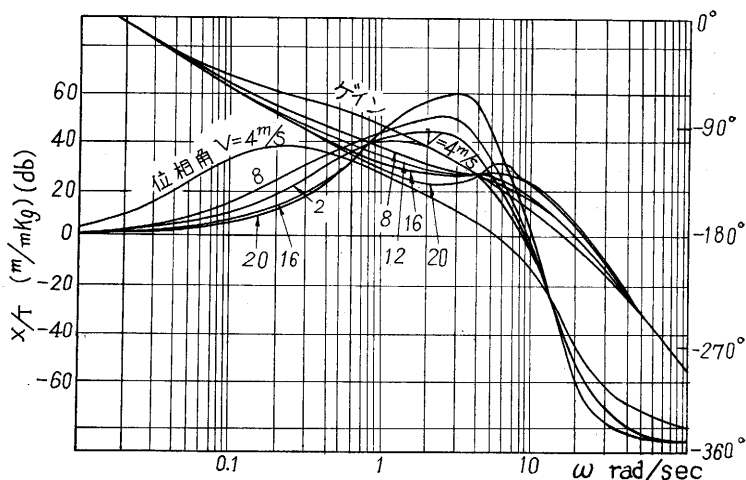
$$\frac{X}{T} = \frac{nl}{M(\gamma r + \rho)} \frac{\frac{J + Ll_1 M}{K_r l} s^2 + \frac{L + l_2}{V} s + 1}{s^2(A_4 s^4 + A_3 s^3 + A_2 s^2 + A_1 s + 1)} \dots (2)$$

ただし、

$$A_4 = \frac{JV(n^2 J_1 + J_2)}{(\gamma r + \rho) l_2}, \quad A_3 = \frac{MJV(n^2 D_1 + D_2) + (n^2 J_1 + J_2) \{M(K_f l_1^2 + K_r l_2^2) + J(K_f + K_r)\}}{M(\gamma r + \rho) l_2}$$

$$A_2 = \frac{MJVK_f(\gamma r + \rho) + (n^2 D_1 + D_2) \{M(K_f l_1^2 + K_r l_2^2) + J(K_f + K_r)\} + (n^2 J_1 + J_2) \left\{ \frac{K_f K_r l^2}{V} - MV(K_f l_1 - K_r l_2) \right\}}{M(\gamma r + \rho) l_2}$$

$$A_1 = \frac{K_f(\gamma r + \rho) \{M(K_f l_1^2 + K_r l_2^2) + J(K_f + K_r)\} + (n^2 D_1 + D_2) \left\{ \frac{K_f K_r l^2}{V} - MV(K_f l_1 - K_r l_2) \right\} - K_r^2(\gamma r + \rho)(J + Ml_1^2)}{M(\gamma r + \rho) l_2}$$



第4図 前車軸から前方にある検出点の運動(計算値)

はるか前方に移ったため高速走行に都合のよい特性に変わっていることがわかる。この場合(2)式のゲイン定数の中には走行速度が含まれていない。

(1), (2) 式を較べてみるとゲイン定数は別にして両式とも分子の項がまったく同じであって、 s^2 と s の係数の中に重心から検出点までの距離 L を含んでいる。 L が大きくなることは分子の式を因数分解して $(Ts+1)$ の型の項の積にした場合の T が大きくなることで、実は(1)式の説明のところで述べた補償回路の役目、あるいは2の項で距離補償と名づけたものを式の上で示していることになる。

さきにも述べたように人間とか自動操向装置が自動車の操向をする場合には、それぞれを独立させ、分離して性質を調べることは不自然なのであるが、今の場合、自動車が制御対象としてどのような性質をもつか、また負フィードバックの作用によって自動車の運動性がどのように改善されてゆくか、大ざっぱな概念をつかむためにあえて不自然なことをしてみたわけである。手放しの場合の自動車の操縦性と人または自動操向装置が操向する場合の操縦性がかなり異なることは理解できるであろう。

4. 自動操向装置の構成

自動車の自動操向は自動車工学と自動制御工学の境界領域となっている。検出装置・補償回路・増幅器・動力舵取装置のそれぞれについてさまざまな方式があり、組合せかたもいろいろと考えられるが、要は安くて、小型で軽く、頑丈で信頼性のあるものでなければならない。制御対象の自動車が複雑で移動するものであるところに室内実験とは異なった困難性がある。増幅器は最終的にはトランジスタ増幅器または磁気増幅器が有望のように思える。動力舵取装置は幸いにも自動車ですでに油圧による方式の技術がほぼ確立されているのでそれが利用できる。おそらくスイッチで手動のパワーステアリングから、自動パワーステアリングに切り換えて使うようになるだろう。

すでに使われている運搬車等は 3km/h 程度の極低速のものである。第3図で見たように、補償回路なしの比例制御だけでも安定に走れる。自動舵取装置も高価で高精度、高性能の油圧機器を使わずに、簡単な電気モータの類で間に合うと思うし、少々の蛇行に目をつぶればオン・オフ制御でもすみそうである。以上は広い意味の自動車であるが、高速で走る自動車になるとかなり要求は厳しくなる。極低速の運搬車ではタイヤのセルフアライニング作用は問題にならないが、高速で走る自動車ではかなり大きくなる。自動操向装置の作用の説明を試みると、まずコースずれを検出してコースずれ量に比例した電圧に変換し、補償回路で「比例+微分」の型の電圧に直して増幅してからパイロット弁を動かして油圧サーボシリンダーに力を発生させてセルフアライニング

トルクに打ち勝って前車輪を回す。同時に前車輪の実舵角に比例した電圧が負フィードバックされて、増幅器の入力信号から引算される。セルフアライニングトルクがなければ入力信号と実舵角に比例するフィードバック信号が等しくなるような実舵角がとられたところでサーボシリンダーの動きは止まるが、セルフアライニングトルクがあると、それに等しいトルクを出させるために増幅器入力として電圧がいることになり、入力信号と実舵角によるフィードバック信号とは完全に等しくはならない。したがって静止状態でも力の発生できる油圧機器が望ましいことになる。

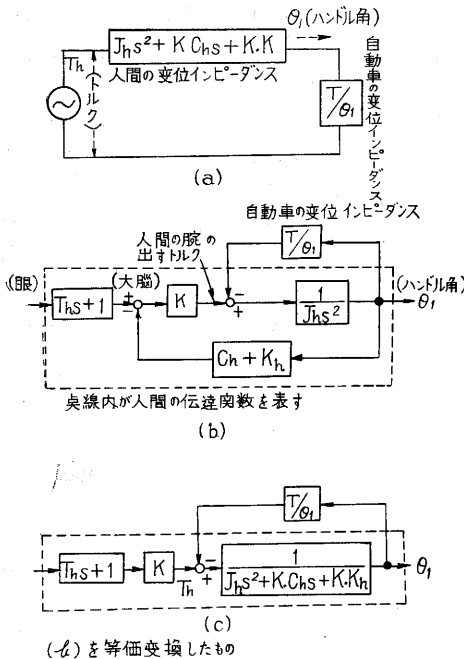
平坦な直線路で横風が無ければ、自動車はコースと完全に一致して走るが、直線路でも横風を向けるとか、横に傾斜するとタイヤが横滑りを始め自動車がコースから外れるのでそれに対抗するために最終的には有限のコースずれを残し、それが自動操向装置の入力となってコースから外れるのを修正する方向に実舵角をとって落ち着く。曲線路でも同様に一定量のコースずれが残る。

5. 自動車の操縦性と人間工学

今までに述べたことは自動制御の線型理論を自動車の操縦性の研究に応用して制御対象としてみた自動車の動特性を明らかにすることであつた。自動車の操縦性のような狭い研究分野でも自動制御で問題になるような事項に事欠かない。たとえばハンドルの減速歯車のバックラッシュ、タイヤの特性の非線型性の影響等のほかに、同じ航行体の船と飛行機の舵は後にあるのに、自動車では前にあるのは、後輪で舵を切るとたとえばハンドルを右に回した時に、後輪の運動の軌跡がいったん左へ動いてから右に動くいわゆる逆応答になるので、道路交通には具合が悪く高速車には向かないといった問題もある。

前にも述べたように人間は操作部としてハンドルにトルクを加えると共に、ハンドル角位置を腕の筋肉運動知覚を通じて大腦にフィードバックし人間自体もサーボ機構の一部になっている。人間の神経系の信号伝達には遅れがあることは知られているが、従来の研究では眼・耳等に信号を与えた瞬間から手足の筋肉が動くまでの伝達遅れが測定されているに過ぎない。人間をサーボ系とみなすならば、たとえば眼→大脳皮質、大脳皮質→手、手→大脳皮質というように伝達おくれが分割して測定されるはずで、脳波を利用すれば可能のように思えるが、まだそのような方向に研究が進んでいないらしい。

人間を自動車のハンドルにトルクを加えて角変位させる動力源とみなすならば、電気工学の概念を借りて、腕の慣性モーメント、減衰係数、ばねからなる内部インピーダンス(第5図(a))を持っていると考えることができる。電気インピーダンスに対応する機械インピーダンスは厳密にいうと(トルク)/(角速度)となるが、自動車では定常円旋回の場合にはこれでは無限大になって具合



図中の記号は

J_h : 人間の腕の慣性モーメント

K : (腕の出すトルク)/(眼からの信号)のゲイン定数

$K \cdot C_h$: 人間の腕の減衰係数

$K \cdot K_h$: 人間の腕のばね係数

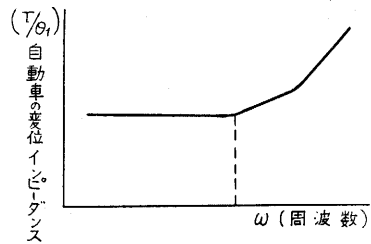
T_h : 人間の脳による微分時間

第 5 図

が悪いので変位インピーダンス (トルク)/(角度) を使うことにする。人間の変位インピーダンスは第 5 図 (c) に示すように人間の伝達関数の分母に相当する部分であって、肉体労働だけに係り、人間の脳による予測とか判断などの精神作用による部分は含まず、人間がハンドルに加えるトルクとハンドルの変位角の比として定義される。

3 の項で求めた (1), (2) 式の比をとると (ハンドルトルク)/(ハンドル角) の関係が得られ、これが自動車の変位インピーダンスになる。(1), (2) 式の分子は同じものだから比を作るときに消去されてしまっていて、自動車の変位インピーダンスは検出点の位置に無関係、したがって人間の操縦の巧拙によらないものになる。半対数線図に書くと、一つの走行速度に対しては第 6 図のような右上りの折線が得られる。曲線の平坦部の高さからハンドルの静的な重さ (手応え) が、折点周波数の位置から動的なハンドルの重さ (切返しの忙しさ) が判断できる。

同じく電気回路との類推から人間と自動車のインピーダンスのマッチング (整合) が考えられ、両インピーダンスが整合していないとハンドルが重過ぎるとか軽過ぎるということになる。両インピーダンスが整合して等し



第 6 図

い時に人間のエネルギーが最も有効に自動車に供給される。もしも万人が快適に操縦できると折紙をつける自動車があったら、その自動車は人間とよくインピーダンスが合っているわけだから、その自動車の (ハンドルトルク)/(ハンドル角) の関係を走行速度をパラメータとした周波数特性として求めれば、それが「自動車を操縦する場合の」人間の变位インピーダンスになる。

人間の動特性を直接測定することは、人間の意志、記憶のような脳の作用と疲労が邪魔になってなかなか難しいけれども、このような間接的な方法ではあるが、いわゆる操舵規定装置とストレインゲージを使って人間の動特性を推定することが可能になる。

重車両の場合にはハンドルを軽くするために、ハンドル減速歯車の歯数比を多くすると、切返しが忙しくなって人間のエネルギーの消耗が烈しくなるから、パワースティアリングを採用することになるが、パワースティアリングがバイラテラル (双動型) でない時、つまりトルクフィードバックループをもっていないと、パワースティアリングを含めた自動車側の変位インピーダンスが 0 になって、当然、人間とインピーダンスの整合がとれず、ハンドルが軽過ぎて高速車では思わず舵を切り過ぎて事故を起こすことにもなる (軽自動車でも同じような事情になる)。ジェット機の場合のように双動型にせずに、操縦桿に復元ばねを入れて操舵感覚を与えるやり方は人間の手に外乱を伝えない利点はあるが、負フィードバックループの一つが消失するので双動型の場合より人間を含んだ系全体の動特性が悪くなると思われる。

結局、人間の变位インピーダンスを知っておくことは、自動車の操縦性の研究、パワースティアリングの設計、その採用の必要性の判断の基準として、乗心地の研究における Janeway 曲線に匹敵する重要な役割を果たすものと思われる。

6. むすび

将来においても自動車が全面的に自動操縦になるとは考えられない。自動車は高速道路ばかり走るわけではないし、特殊作業車、建設車両の操作には人間が必要だからである。初めにも述べたように自動車の自動操縦には自動車側だけでなく路面の側に交通管制のための仕掛けが必要で、その建設には莫大な費用がかかるし、最近の

ように自動車の洪水のような街路を巧みに走り抜けるようなことはやはり人間の方が自動制御装置より数倍高級な作用をしてくれる。低速で走る自動操向の運搬車はすでに実用されているし、自動操向の残された研究分野は、結局、1) 高速自動車道路を走る遠距離定期トラック・バスの運転者の疲労の軽減のため、2) 人間が乗っている危険な衝突等の実験および悪路による自動車の耐久試験の場合の運転者の代用品として、3) 人間によって自動車の操縦性を判定する場合には主観的な人間的誤差が入るから、標準となる自動操向装置を自動車に載せて操向させ客観的なデータを集める、4) 自動車を操縦する人間の動作を自動操向装置で完全に模擬させて逆に人間工学的な研究の道具として使うことなどである。

筆者の浅学非才のため、説明不十分でわかりにくい点、独断的な箇所も多くあったと思うがお許しを願って拙文を終わることにする。(1961.2.28)

文 献

- 1) 菊池：自動車の自動操縦，自動制御，Vol. 3. No. 3 (1956) p. 141~152.

菊池他：自動車の自動操向に関する基礎的研究 (第1報 模型自動車による実験)，自動車技術，Vol. 14, No. 8(1960)p. 306~308.

Pierre Devaux: "Automates et Automatiime" (1948) p. 56, que-sais-je?

- 2) N. Wiener: "Mensch und Menschmaschine" (1952) p. 175, Alfred Metzner Verlag. Mesures et controle industriel, No. 182(1952) p. 148.
- 3) O. Macek ATZ. 57 Jahrg. Heft 2, Feb.(1955) S.31/34.
- 4) 大串：科学朝日，Vol. 15, No. 3(1955)p. 48.
" Vol. 19, No.9(1959)p.53~55.
- 5) 浅井・土生：自動制御，No. 3(1956) p. 55.
- 6) Y.Chu & Bufford P.N.: Land Vehicle Guidance by Radar, IRE, 1959. National Convention Record, p. 95~112.
- 7) W. E. Bushor: Electronics and the American Automobile, Electronics, engineering issue, Nov. 21, 1958, p. 73~79.
- 8) 菊池：ハンドルの重さと操縦性，自動車技術会論文集，No. 6, 1959,
- 9) 菊池：自動車の運動性能に及ぼすタイヤ横剛性と車体のロールの影響，機械学会第 37 期通常総会学術講演会，機械力学等前刷，p. 15~18.
- 10) 井口：運転者の運動性能からみた自動車の走行安定性，機械学会誌，Vol.62, No. 491, 1959, p. 1715~1722.
- 井口他：模擬自動車による運転者の制御動作の基礎研究，自動車技術会論文集，No. 7 1960, p. 1~7.

正 誤 表 (4月号)

頁	段	行	種 別	正	誤
1	右	1	本 文	横傾斜角	横傾角
"	"	2	"	縦傾斜角	縦傾角
2	左	12	"	[(1), (2)式]	[(1), (2) 式]
8			第1表	純ジルコニウム	純シリコニウム
表紙3	左		筆者紹介	田宮真 教授	田宮真 助教授
"	"		"	安藤良夫 工博 を入れる	
"	"		"	日本原子力研究所 東海研究所	日本原子力東海 研究所
"	"		"	長谷川功三専攻 溶接工学	長谷川功三専攻 船体構造学

☆

☆

☆

次 告 予 告 (6月号)

退官記念講演

日本の塩.....岡 宗次郎

研究解説

原子炉用 Zr 合金の溶接.....安藤 良夫

雷放電カウンタによる測定.....藤高 周平
河村 達雄

海外事情

米欧の電気工学 (II)森脇 義雄

研究速報

拡張誤差函数を裏函数に含む
新しいラプラス変換式安達 芳夫

関数 $I_1(z; x_1, x_2)$ と $I_2(z; x_1, x_2)$ の性質
.....安達 芳夫
渡辺 勝

超音波厚み計による板波の観察.....尾上 守夫
化学反応により整流，記憶発振作用を
行なう電解質装置山本 啓太