

逆モデルによるドライバモデル

黒沢隆一¹⁾

Driver Model Composed of Inverse Model

Ryuichi Kurosawa

Construct the drive model with a physical model that connects inverse model of human dynamics and inverse model of vehicle dynamics in series. The human inverse model outputs a smooth acceleration to the inverse model of the vehicle, then which outputs the steering angle. The vehicle realize the smooth acceleration by this steer.

Since the goodness or inferiority of the car maneuverability can be obtained by the physical quantity, it is possible to carry out on the desk detailed objective evaluation which could only be evaluated by feeling. Automatic operation is also possible with speed control according to the environment.¹

KEY WORD: vehicle dynamics, steering system, driver model, inverse model, human dynamics, autopilot

0. はじめに

私たちは練習無しには何も出来ない。逆の手では歯も磨けないし箸を使うことはほぼ不可能。しかし練習すれば何でも出来るようになる。

子供の頃の自転車乗り、どうしたら良いか分からないまま出鱈目にやっている内に、すいすい乗れるようになる。

結果を目指して感覚をたよりに試行錯誤するうちに、どうしたら良いかという逆モデルが脳内にできあがる。まともな逆モデルができあがると身についたと言われ、さらに精進すれば匠の域に。

しかしサーキットレース中にプロドライバでもスピンしてしまう光景が見受けられるように、匠のプロでも運転できない領域がある。物理的に能力を超えた操作を要求されてスピンに至るので、練習でこれ以上の逆モデルを身につけることが出来ない。

本論文のドライバモデルは、車の運動逆モデルが練習無しに機械的の与えられ、匠の域を超えた物理的制限のない全能のドライバーとなる。弘法車を選ばずで、スピンするような車に対しても物理的な制限のない素早いハンドル操作で、スピンしない車と同一の走りを再現するので、限界まで含めた全挙動領域でのドライバーの操作と車の挙動の物理データを得ることが可能になる。

1. 運転行為

まだ車の数が少なかった私の子供の頃、子供の飛び出しを注意して、よく言われていた標語が、“車は急には止まらない”、でした。

1.5~2トンの鉄の塊を、街中で秒速15m程の速度で走らせる車の運転、何かあったときに咄嗟に対処出来るような

物理的な状況がなく、大変危険な行為に思われる。しかし免許を取って何年か走り込めば脇見し放題で、スマホを操作し、時には居眠りまでしてしまう。

事故原因は”見込み違い”、運転行為を科学的に追求されていた東京大学生研名誉教授故平尾収先生が機会ある毎に言っておられました。

脇見をしていて追突。

もし脇見が原因なら、何処も追突事故だらけ、だから原因

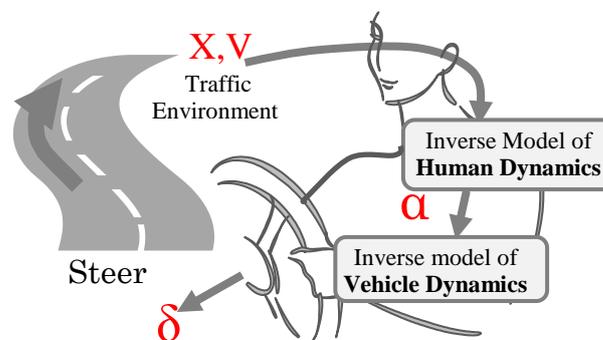


Fig.1 Inverse model outputting steering angle δ to realize the smooth acceleration α outputted from the inverse model of human dynamics adapted to sensory/motor characteristics in the traffic environment(X, V).

は脇見では無く、読み間違いの”見込み違い”。

前方交通環境に合わせて速度をコントロールする車の運転では、それに要する積分時間に相当する秒単位の時間を遡った、先回りの見込み操作が必須となる。先読みして事前に必要な処置を、身についた逆モデルで行っているので、平気で脇見が出来る。

それでも、もし万一見込み違いがあれば、咄嗟の対応を強いられ、事故と言うことになる。

¹ 株) アイオテック 〒497-0013 愛知県あま市七宝町川部八反田 56-1

2. 見込み運動を実現する逆モデル

見込みで行われる運転は、結果（環境位置での速度）が先に与えられて、今発揮すべき力を求める逆モデルで行われる。その力が積分時間を経て目指す位置／速度を得る。

狙う結果が先にあってこれを目指して試行錯誤で行われるが、試みた結果は感覚によって一瞬にして評価され、身体内の逆モデルがブラッシュアップされる。そして感覚の世界と物理量の世界を橋渡しする法則がある。今回は、感覚から導かれる運動方程式を人の運動逆モデルに当てる。

Weber's Law
Ernst Heinrich Weber (1795-1878)

$$\frac{\Delta S}{S} = C$$

S : Physical Stimulus *ΔS* : Just Noticeable Difference

$$S \rightarrow m x''$$

$$x'' = a - C x'$$

Human Motion

Fig. 2 Derive a Human Motion Equation from the Weber's Law

19世紀のドイツの生理学者 エルンスト・ハインリヒ・ヴェーバー (Ernst Heinrich Weber, 1795年6月24日 - 1878年1月26日) の生理学上の法則(図2)。

例えば止まる場合ブレーキのかけ方は色々あるが慣性力に抗して姿勢を保持し易い、人の感覚に沿った減速（慣性力の変化）が求められる。ウェーバーの法則で刺激の物理量 *S* として力 mx'' を考えると、力の感覚に沿った運動として次の運動方程式が導かれる。

$$x'' = a - Cx' \quad (1)$$

この式は速度を見込んで加速度運動を行う式の形をしており、人の運動逆モデルとして、人の力感覚に沿った滑らかな見込み運動を行うことが出来る。

式(1)は単なる減衰の式で、この減衰の式の形を保って、*C*の部分工夫して位置も見込めるようにし、追従したり、信号で止まったり、カーブを曲がったりして、交通環境を走り抜ける逆モデルを造る。具体的な人の運動 $\alpha(t)=x''$ を実現するには減衰係数 *C* を、環境位置 *X* で速度 *V* を実現が出来るように作成する。水中を泳ぎ回る魚に例えれば環境に合わせてヒレを巧みに動かす制御式を求めようなもの。例えば場所 *X* で速度 *V* を実現したいなら、

$$C = \frac{a}{V} \left(\frac{\varepsilon}{X - x + \varepsilon} \right)^p \quad (2)$$

とすれば、目指す $x'=V$ 、 $x=X$ で $x''=0$ を実現。

カーブ走行なら、人の感覚に沿った横方向の加速度 $\alpha(t)$ の運動

$$\alpha(t) = y'' = a - C y' \quad (3)$$

粘性係数 *C* のパラメータ *X, V* は環境毎に決まる。この横加速度 $\alpha(t)$ を機械的に車の逆モデル与えて、運動 $\alpha(t)$ を行うハンドル操作を得ることになる。車の逆モデルと組み合わせて、横加速度 α の運動を実現する操舵角 δ を得るドライバモデルが得られる。

3. 身に付ける車両運動逆モデル

車両運動逆モデルとして次の式(4)を当てる。

$$\delta = \frac{m}{2K_f} \alpha + \left(1 + \frac{K_r}{K_f}\right) \beta \quad (4)$$

コーナリングパワ K_f 、 K_r は

$$K_f = K_{f0} + \varepsilon_f \left(\frac{R_f \phi + m_f h_f \alpha}{T_r} \right)^2 \quad K_r = K_{r0} + \varepsilon_r \left(\frac{R_r \phi + m_r h_r \alpha}{T_r} \right)^2$$

(*m, mf, mr* : 質量 K_f 、 K_r : 前後タイヤのコーナリングパワ α : 横加速度 ϕ : ロール角 h_f, h_r : ロールセンタ高 R_f 、 R_r : ロール剛性 β : 車体横滑り角(実車から得る))

車の運動は4つのタイヤの力で行われる。タイヤの力の発生には横滑り角 β の係数

$$\left(1 + \frac{K_r}{K_f}\right)$$

が非常に重要で、 K_f 、 K_r はコーナリング時の左右の荷重移動を考慮して決める必要がある。

4. ドライバモデルの作成

4-1 レーンチェンジを行う人の逆モデル例

レーンチェンジは横方向だけの運動と考え、横方向にレーン幅だけ移動、移動後の横方向速度はゼロ。式(3)に当たる人の感覚に沿った横方向加速度 $\alpha(t)$ の運動は

$$y'' = a \left(1 - \frac{y'+\varepsilon}{\varepsilon} \left(\frac{T_c y' + \varepsilon}{L - y + \varepsilon} \right)^p \right)$$

(5)

L はレーン幅、 T_c 、 ε 、 ε は微少な定数

この場合ハンドル操作が必要なので、 y'' の加速度を発生させる操舵角 δ を算出する車両運動逆モデルが必要になる。

$$\delta = \frac{m}{2K_f} y'' + \left(1 + \frac{K_r}{K_f}\right) \beta \quad (6)$$

式(6)に式(5)の y'' を代入したものがレーンチェンジのドライバモデル。

4-2 進路変更の人の逆モデル例 (図3)

斜めのレーンチェンジに成るが横向きの力だけ考えて、 γ だけ偏向した偏向路と車両の距離を *S*、偏向開始位置 X_1 、現在位置 (*y*、*x*) として、

γ だけ偏向した進路の式を、

$$x = \tan(\gamma - \frac{\pi}{2})y + X_1$$

変形すると、

$$x \sin \gamma + y \cos \gamma - X_1 \sin \gamma = 0$$

この直線と、車両位置 (x、y) の距離はS、

$$S = \frac{y \cos \gamma + x \sin \gamma - X_1 \sin \gamma}{\sqrt{\sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma}}$$

変形して符号を変えて (このままでは原点 (0.0) 側の距離 S が負になっているので)、

$$S = -(y \cos \gamma + x \sin \gamma - X_1 \sin \gamma)$$

S'は

$$S' = -(y' \cos \gamma + x' \sin \gamma)$$

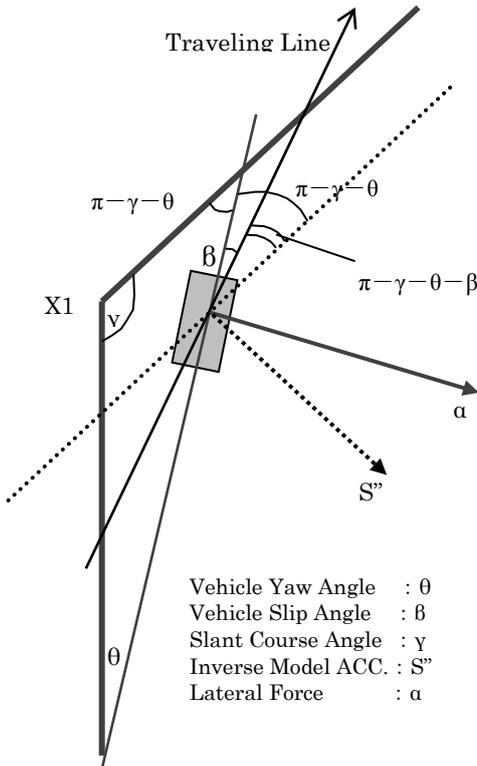


Fig.3 Angle Course. Schematic diagram of geometric relationship between vehicle and running course.

横加速度 S'' を得る求心加速度 α の関係は、 α と S'' のなす角が $\pi - \gamma - \theta - \beta$ となり、

$$S'' = \alpha \cos(\pi - \gamma - \theta - \beta)$$

変形して、

$$S'' = -\alpha \cos(\gamma + \theta + \beta)$$

符号を CarSim と合わせるため、

$$S'' = -\alpha \cos(\gamma + \theta - \beta)$$

S'' 発生に必要な α は、

$$S'' = k(1 - \frac{1}{V}(\frac{T S'}{S})^p S')$$

とすると、

人の運動 α は

$$\alpha = \frac{-1}{\cos(\gamma + \theta - \beta)} k(1 - \frac{1}{V}(\frac{T S'}{S})^p S') \quad (7)$$

車両運動逆モデルにこの α を与えた

$$\delta = \frac{m}{2 K_f} \alpha + (1 + \frac{K_r}{K_f}) \beta$$

が偏向のドライバモデル。

4-3 円旋回の人逆モデル例 (図4)

ヨー方向の運動をコントロールして進路を維持している場合の公転運動の角速度 ϕ' を見込む、人の感覚に沿った角加速度 ϕ'' の運動は

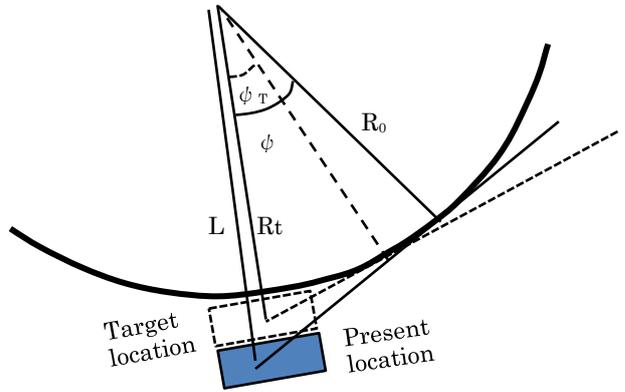


Fig.4 Schematic view of circle turning

Assuming that the inside radius of the road is R_0 , the target turning radius R_t , the distance between the car and the turning center is L . A tangent line is drawn from the vehicle position to the circular arc of R_0 , and the contact point is taken as an angle ψ . A tangent is drawn from the position of the target turning radius R_t to the arc of R_0 , and the angle at which the contact is expected is ψ_T . Control is performed so that the angle ϕ coincides with the angle ψ_T . The running position is stabilized at the position of the radius

$$\phi'' = a(1 - \frac{\phi'}{\phi'_T}) \quad (8)$$

ターゲットを ϕ'_T として、立ち上がりを緩やかにするよう $Exp-1$ を加えて、

$$\phi'' = a(1 - \frac{\phi'}{\phi'_T})(e^{-\frac{t}{\tau_c}} - 1)$$

道路内側半径を R_0 、車と旋回中心の距離を L 、旋回目標半径 R_t とすると、車両位置から R_0 の円弧に接線を引いて、接点を見込む角度 ψ が、旋回目標半径 R_t の位置から R_0 の円弧に接線を引いた場合の接点を見込む角度 ψ_T が一致するようにコントロールして、走行位置を半径 R_t の位置に安定させる。

$$\phi'' = a \left(1 - \frac{\phi'}{\phi_r} \left(\frac{\varepsilon}{\phi_r - \phi + \varepsilon}\right)^p\right) \left(e^{-\frac{t}{T_c}} - 1\right) \quad (9)$$

$$\phi'' = a \left(1 - \frac{\phi'}{\phi_r} \left(\frac{\varepsilon}{a \cos \frac{R0}{L} - a \cos \frac{R0}{Rt} + \varepsilon}\right)^p\right) \left(e^{-\frac{t}{T_c}} - 1\right) \quad (10)$$

公転のヨー角速度 ϕ' は横加速度 α に対して $\alpha = v \phi'$ (v : 速度) の関係があるので、この α を車両逆モデルに与えた

$$\delta = \frac{m v}{2 K_f} \int \phi'' dt + \left(1 + \frac{K_r}{K_f}\right) \beta \quad (11)$$

が円旋回のドライバモデル。

4-4 カーブ進入走行の人の逆モデル(図5)

実際の運転では、いきなり円旋回するのでは無く、カーブ直前でカーブの方向に進路変更して、カーブに入ってから円旋回するので、図5に模式図で示すように、3-2節の進路変更 + 3-3節 円旋回のドライバモデルを直列につないだ形になる。

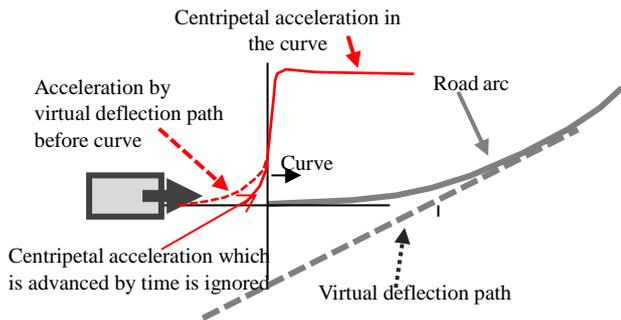


Fig.5 Schematic diagram of curve entry. Changing the course to the direction of the curve just before the curve circle turn then entering to the curve.

5. ドライバモデルによる運転シミュレーション
ドライバモデルは MATLAB/Simulink、車両は CarSim を使用。

5-1 レーンチェンジ例

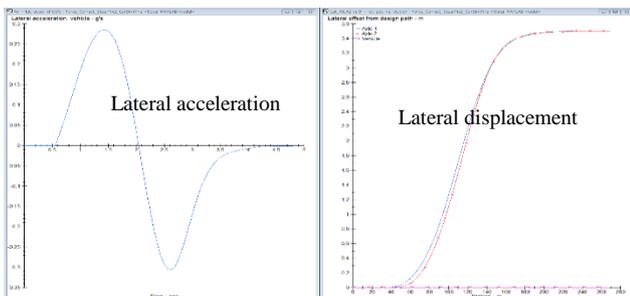


Fig.6 Lane Change Simulation (CarSim/MATLAB)
Lane change at exactly 3.5m at vehicle speed 200 km/h by the driver model.

$$y'' = a \left(1 - \frac{y'+\varepsilon}{\varepsilon} \left(\frac{T_c y'+\frac{\varepsilon}{3}}{L_{width} - y + \frac{\varepsilon}{3}}\right)^p\right)$$

Lwidth=3.5 Tc=0.1 a=100 p=1.05 ε=0.25

正確に 3.5m のレーンチェンジを時速 200km/h で滑らかに実施しているのが図6から分かる。

5-2 左へ150度進路変更例

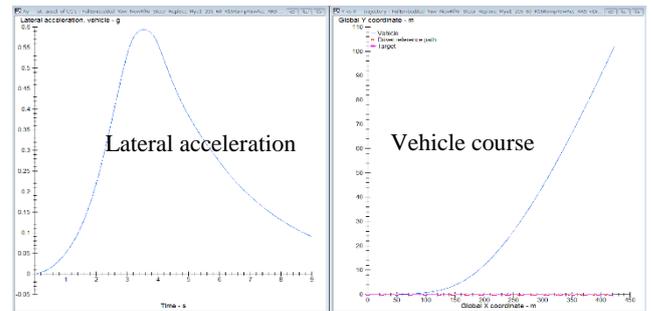


Fig.7 Change course simulation (CarSim/MATLAB)

It enter the road that deflects by 150 degrees ahead at 150km/h.

前方の150度偏向する道路に180km/hで進入(図7)。

5-3 円旋回例

150km/hでいきなり300R定常円旋回に入った場合のシミュレーション結果を図8に示す。

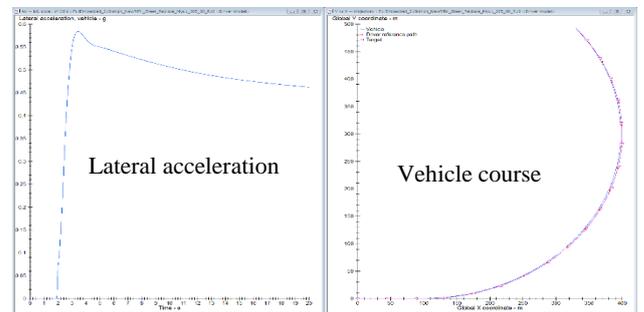


Fig.8 Circular turn simulation

Here is a simulation example using CarSm / MATLAB when entering 300R circle at 150 km / h.

5-4 カーブ進入走行例

100m先の300Rのカーブに200km/hで進入し求心加速

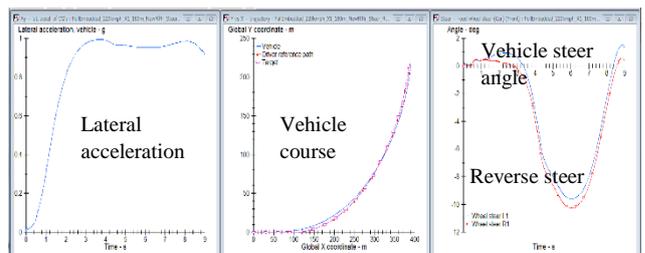


Fig.9 Curve entry simulation

Here is a simulation example using CarSm / MATLAB when entering a curve of 300R 100m ahead at 200km / h.



Photo.1 CarSim. In a curve entry simulation, the car is running on curves while skidding with reverse handle.

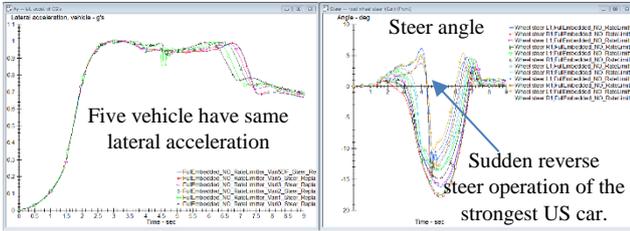


Fig10 One g turning at different US level cars and sudden reverse steering of the strongest US car be uncontrollable (CarSim/MATLAB). Cornering at the same centripetal acceleration 1g of five cars of different US levels setting which is changed gradually.

度 1g で旋回する様子を 図 9、写真 1 に示す。US レベルを段階的増加した場合の 5 台の車両の操舵状況を 図 10 に示す。US レベルが増大すると突如リバースして、人の能力では捌けないステアリング操作が要求される。

5-5 4WS車のレーンチェンジ

同相 4WS の逆モデルは、平面運動の運動方程式と車体の回転の運動方程式を連立して δ_f 、 δ_r について解く。横滑り角 β 項省略、ヨーレート ω 寄与拡大修正。

$$\delta_f = \frac{l_r}{l_f + l_r} \frac{m}{2K_f} \alpha - 300 \frac{l_f \omega}{v}$$

$$\delta_r = \left(\frac{l_f}{l_f + l_r} \frac{m}{2K_r} \alpha + 300 \frac{l_r \omega}{v} \right)$$

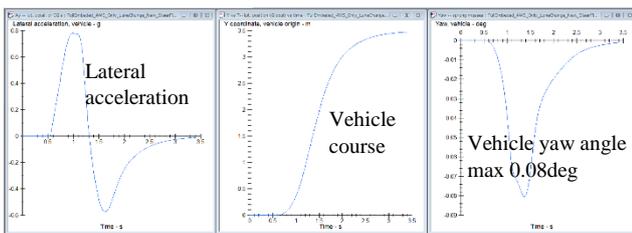


Fig11 Lane change at small yaw angle(0.08deg) change by four wheel steering vehicle.

Four wheel steering vehicle lane change at exactly 3.5m at vehicle speed 200 km/h by the 4WS driver model. (CarSim/MATLAB)

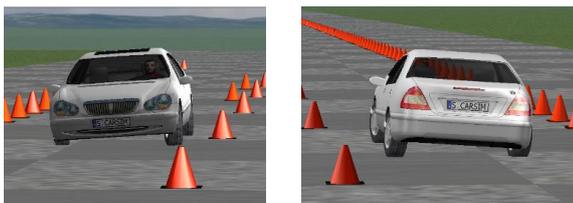


Photo.2 Four wheel steer vehicle lane change. Physical data is shown Fig.11 above(CarSim/MATLAB).

図11に示すように車体を進行方向と平行のまま0.8g程度のレーンチェンジを200km/hで滑らかに実行している。

5-6 交通環境に沿った速度コントロール走行

4台の車両の追従走行シミュレーション。交通環境例は3つで、信号 C_{signal} 、追従 C_{follow} 、速度規制 C_{speed} 、ドライバモデルは $x'' = a - (C_{signal} + C_{follow} + C_{speed})x'$

信号環境
$$C_{signal} = a_i \frac{1}{SW + \epsilon} \left(\frac{1}{X_{signal} - x_i} \right)^{\frac{3}{2}}$$

信号赤で SW=10000 → 0

追従環境
$$C_{follow} = a_i \frac{1}{x'_{i-1} + \epsilon} \left(\frac{T_i x_i + L_i}{x_{i-1} - x_i} \right)^2$$

```
NDSolve[{
  x1''[t] - a1 + a1 ((x1'[t] + e1) / Ksignal[t] + e1)^1.0 ( (x1[t]^2 0.001 + 11) / abs2[nonzero[Xsig - x1[t]]) )^1.5 + a1 x1'[t] == 0,
  x2''[t] - a2 + a2 ((x2'[t] + e1) / Ksignal[t] + e1)^1.0 ( (x2[t]^2 0.001 + 12) / abs2[nonzero[Xsig - x2[t]]) )^1.5
  + a2 ((x2'[t] + e2) / x1'[t] + e2)^2 ( (T2 x2'[t] + L2) / x1[t] - x2[t] )^2 + (a2 x2'[t] (1 - (T2 x2'[t] + L2) nerv2) / x1[t] - x2[t]) == 0,
  x3''[t] - a3 + a3 ((x3'[t] + e1) / Ksignal[t] + e1)^1.0 ( (x3[t]^2 0.001 + 13) / abs2[nonzero[Xsig - x3[t]]) )^1.5
  + a3 ((x3'[t] + e2) / x2'[t] + e2)^2 ( (T3 x3'[t] + L3) / x2[t] - x3[t] )^2 + (a3 x3'[t] (1 - (T3 x3'[t] + L3) nerv3) / x2[t] - x3[t]) == 0,
  x4''[t] - a4 + a4 ((x4'[t] + e1) / Ksignal[t] + e1)^1.0 ( (x4[t]^2 0.001 + 14) / abs2[nonzero[Xsig - x4[t]]) )^1.5
  + a4 ((x4'[t] + e2) / x3'[t] + e2)^2 ( (T4 x4'[t] + L4) / x3[t] - x4[t] )^2 + (a4 x4'[t] (1 - (T4 x4'[t] + L4) nerv4) / x3[t] - x4[t]) == 0,
  x1'[0] == v10, x2'[0] == v20, x3'[0] == v30, x4'[0] == v40,
  x1[0] == x10, x2[0] == x20, x3[0] == x30, x4[0] == x40,
  {x1, x2, x3, x4}, {t, 0., 100}, MaxSteps -> 10000];
a1 = 4.5; a2 = 3.5; a3 = 2.5; a4 = 2.5; T1 = 2.5; T2 = 1.0; T3 = 2.0; T4 = 2.0;
L2 = 7.0; L3 = 8.0; L3 = 6.0; L4 = 5.0; Tratio = 1; l1 = 1; l2 = 1; l3 = 1; l4 = 1;
e1 = 0.05; e2 = 10.0; v60 = 16.7; nerv2 = 1.0; nerv3 = 1.0; nerv4 = 1.0;
Xsig = 1000.; x10 = 800.; x20 = 700.; x30 = 600.; x40 = 550.;
v10 = 20.; v20 = 20.; v30 = 20.; v40 = 20.;
```

Fig. 12-1 Examples of driver model expressions for 4 vehicles in signal stop, following the vehicle, speed regulation environment(Mathematica).

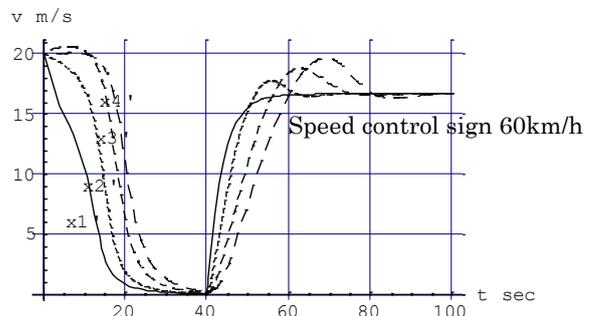


Fig. 12-2 Motion equation of four vehicles and speed simulation results of four vehicles under traffic signal, preceding vehicle following, speed regulated traffic environment.

The initial speed is 20 m / s for all four vehicles, and the initial positions at the intersection are 200 m, 300 m, 400 m, 450 m, and the distance between the cars is given by the independent headway time(Mathematica).

制限速度環境
$$C_{speed} = a_i \frac{1}{V_{60}} \left(1 - \frac{T_i x_i' + L_i}{x_{i-1} - x_i}\right)$$

となる。4 台分のドライバモデル式を図 12-1 に、及び滑らかな信号停止、発進および速度規制に合わせ追従走行する 4 台の車両の速度コントロール状況を図 12-2 に示す。

交通環境の種類は限られるので、交通環境毎の C_i を作成して結合したモデル式

$$x'' = a - \sum C_i x'$$

でどんな交通環境も走り抜けるドライバモデルが作れる。

式 (2) の交通環境を表す

$$C_i(X_i, V_i) = \frac{a}{V_i} \left(\frac{\varepsilon}{X_i - x + \varepsilon} \right)^p$$

の値は $x = X_i$ の近傍で値を持ち、車両位置 x が X_i から離れていると $C_i(X_i, V_i) \approx 0$ となるので、重ね合わせても環境通過時には (X_i, V_i) を正確に実現出来る。

6. 結果の整理

1. 運転行為を物理モデルで構成：人の運転行為を、人の運動逆モデルと車両運動逆モデルを直列につないだ形の物理モデルで表現した。
2. 人の運動の物理表現：人の運動逆モデルを、感覚生理学上のウェーバーの法則から導かれる、速度を見込む形の運動方程式 $x'' = a - Cx'$ とし、この式に従って車両がレーンチェンジ、円旋回など見込んだ運動を正確に行えることをシミュレーションで示した。
3. 物理データによる操縦安定性評価：練習無しに機械的に与えられる車両運動逆モデルに従って運転するドライバモデルは万能で、人では運転困難で練習できないような領域まで、安定した運転を行う。例えば CarSim によるシミュレーションでは US のクリティカルレベルを超えた強 US 車の突然のリバースステア時 (図 10 の操舵角の変化) の、人では対応不可能な素早いハンドル操作状態等の物理データを取得。これにより制御可能な適切な US レベルに設定できる。
4. 新しい操縦機構の評価：4 WS 車のドライバモデルが 4 WS 車両を見事に運転する例を示した。普通のドライバーが 4 WS など変わり種の運転をしたらどうなるかも、ドライバモデルの車両逆モデルを 2 WS にして、4 WS 車両を運転させれば容易に調べられる。
5. 自動運転：前方に現れる種々の交通環境 C_i を人と同じように次々走り抜けるドライバモデルを、環境を重ね合わせた運動逆モデル

$x'' = a - (C_1 + C_2 + \dots) x'$ で表現し (C_i が位置依存で現在環境位置の C だけが値を持つため重ね合わせが可能)、シミュレーションを行った。4-6 節に示

すように種々の環境に対応するドライバモデルは容易に作成出来る (図 11-1, 2)。

7 得られたこと

1. 物理的に能力を超えた操作を要求される領域の運転技術は、練習によって身につけられないので、人の運転では、この領域まで含めた車の全挙動領域を評価できない現状だが、これを解決出来るドライバモデルを作成した。

これにより、限られた領域での専門ドライバーによるフィーリングでしか評価できなかった車の操縦性の善し悪しなどが CarSim 等を使って、人が運転できる安全な挙動領域だけでなく車の全挙動領域で、車および運転者の挙動の詳細な評価が物理データにより客観的に行える。

弘法車を選ばずで、コースおよび走行条件を与えられれば、特性の違う車両も全く同じ条件の走りを実現して、そのときの弘法のハンドル捌きの物理データを見て、人の可能な操作範囲内かどうかの評価ができる。設計段階で限界まで操作可能な安心してステアリングの切れる車に絞り込める。

2. リヤステアなど操縦性に関わる新機構を搭載した車両の評価も机上で容易に出来る。
3. 一次元の経路に沿って、人の感覚に沿った加速度制御で種々の交通環境 C_i を環境の指定する速度で次々走り抜ける自動運転が人の運動逆モデルで可能。

8. おわりに

「基礎自動車工学 前期編/後期編」の著者東京工業大学名誉教授故近藤政市先生は車のことを”半機械人間”、”半人間機械”と言われ、事故原因は見込み違いの先読みの平尾先生は”人動車”と言われていました。

ベテランによる人車一体となった滑らかな運動は、物理法則に従って走る車と、それを心得て巧みに運動制御するドライバーによって成り立ちます。物理モデルを脳内に形成して車と一体になって走る名人の運転が物理式で表現出来るのが自然な気がします。

そして平尾先生の”事故原因は見込み違い”に接して、速度を見込んで運動する方程式 $x'' = a - Cx'$ を人の見込み運動方程式として、交通事故総合分析センターで作成しました。先生は 1995 年 7 月 4 日に亡くなりましたが、ご指導いただいたのはその 2 年前のことでした。先生は見込み違いの起こりにくい交通環境を強く望まれ、もう 20 年以上に成りますが当時から左足ブレーキを推奨されていました。

その他

筆者 HP : <http://bimolab.com> CarSim シミュレーション動画