

自動車の蛇行走行モデル

京都大学工学部 正員 井上 矩之
大阪府 正員 中根 慎治

1 はじめに

道路平面線形の危険性の評価は事故要因分析という形で行なわれることがほとんどである。この種の研究では統計的手法による処理が行なわれるが、事故の偶発性、稀少性に起因する欠点が多くあった。本研究は道路平面線形の危険性評価を決定論的に扱おうとする自動車の蛇行走行モデルの開発を目的とする。

2 自動車の軌跡の表現方法¹⁾

自動車の軌跡で線形を評価するのは妥当であると思われる。そのため4輪を2輪で代表させた等価2輪車を用い、進行角 θ 、舵角 α 、車軸長 L 、回転半径 R 、等価後輪の位置で示される自動車の位置 x, y を図-1のように定める。舵角 α 、回転半径 R 、車軸長 L の間には

$$L = R \tan \alpha \approx R \cdot \alpha$$

の関係があり、微小な進行距離 ds と微小な進行角 $d\theta$ 、回転半径 R には

$$R = ds/d\alpha$$

の関係がある。速度一定と仮定すると $ds = V \cdot dt$ となり、これより次式が求まる。

$$\theta = \int \alpha dt + \theta_0$$

この関係から自動車の軌跡を x, y 平面上に表わすと

$$x = V \int \cos \theta dt + x_0 = V \int \cos \left(\int \alpha dt + \theta_0 \right) dt + x_0$$

$$y = V \int \sin \theta dt + y_0 = V \int \sin \left(\int \alpha dt + \theta_0 \right) dt + y_0$$

となる。舵角 α とハンドル角（ハンドルの中立状態からの角度）は一義的な関係にあり、これより自動車の軌跡はハンドル角の2重の積分で表わされたことになる。

3 自動車の蛇行走行モデル

運転者は自動車とそれを取りまく環境との関係から情報を入手し、その情報でハンドル操作を決定する。加えられた操作は自動車と環境の新しい関係を生じ、運転者と自動車、環境は1つの閉回路を形成する。ところで何を情報として得、その情報から何を決定するかに関して次の仮定を設定する。

1) 運転者は車線上に希望進路を持ち、それに沿って走ろうとする。

2) 他車は存在せず、運転者の注意は希望進路に沿うことのみに向けられる。

3) 走行経路に沿った自動車の速さは一定とする。

4) ハンドル操作は希望進路と自動車の位置との偏倚距離、希望進路と自動車の進行方向との偏倚角度、希望進路の半径の3種の情報によって決定される。

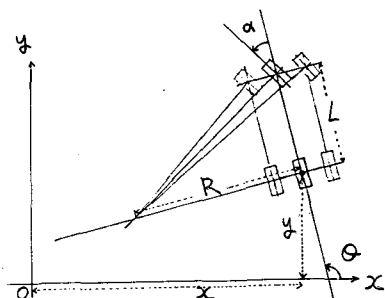


図-1 変数の定義

Noriyuki INOUE, Shinji NAKANE

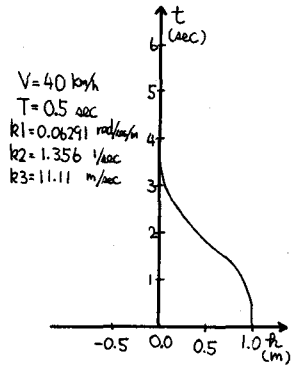
5)上の情報により運転者はハンドル角を決定する。

6)運転者のハンドル操作の行動には反応時間の遅れがある。

ハンドル角と進行角の変化率には1対1の対応があり、情報をハンドル操作の外力と考
え重ね合わせが出来るものとする。次の蛇行走行モデル式を得る。

$$\dot{\theta}(t) = k_1 \cdot r(t-T) + k_2 \cdot (\psi(t-T) - \theta(t-T)) + k_3 \cdot \frac{1}{r(t-T)} \quad (T: \text{反応時間})$$

ここに r は偏倚距離、 $\psi - \theta$ は偏倚角度であり、 k_1, k_2, k_3 はパラメータである。希望進路が直線である場合と円である場合の走行パターンの考察より、



a) 偏倚距離の情報だけの走行は希望進路に一時的にのりこ
とはあっても発散の傾向がある。

b) 偏倚角度の情報だけの走行は安定性はあってもその安定
位置は希望進路ではない。

c) 希望進路が直線、円でも自動車が希望進路上に収束する
ためには $k_3 = V$ でなければならぬ。

d) 計算と実験によってパラメータの推定値 $k_1 = 0.06291 \text{ rad/sec/m}$ 、 $k_2 = 1.356 \text{ 1/sec}$ が得られた。

という結果を得た。偏倚距離 1m、反応時間 0.5 秒、時速 40 km/h のときの走行パターンを示したものが図-2 である。

4 平面線形の検討

このモデルを用いてまず平面線形接続方法の検討を行なった。希望進路を車線中央に定め、設計速度3種に対する最小半径の円に直線から進入するとき、直接円に結びつける方法をA、クロソイドを介在させる方法をB、クロソイドを直線で代用させる方法をCとし、最大偏倚距離を求めたのが表-1 である。これより次のことがわかった。接続方法ではクロソイドが最も安全である。直線でクロソイドを代用させる方法が最も危険である。またクロソイドを使えば曲線半径を1ランク下げても影響はない。緩和曲線を緩和接続線で代用させるときには接続部分に交通安全上の注意を払うべきである。

表-1 接続方法と最大偏倚距離 (単位 m)

V (km/h)	接続方法 R (m)	最大偏倚距離 (単位 m)		
		A	B	C
40	50	1.009	0.387	4.045
	60	0.847	0.387	2.845
60	120	0.938	0.339	3.071
	150	0.753	0.339	1.655
80	230	0.859	0.256	4.733
	280	0.698	0.244	1.480

次に本モデルを片側2車線道路の屈曲部に適用したところ、車線幅員の拡幅などの安全対策必要部分を指摘することができた。また曲線内側車線と外側車線ではこの拡幅などの対策部分が異なることがわかった。

5 おわりに

今後は視距の導入、事故発生安全度の評価方法の確立などのモデルの改良を行ない、道路構造令の平面線形に関する項目を検討してゆきたい。

参考文献) 1) 米谷栄二監修「交通工学」, 国民科学社, 近藤政市「基礎自動車工学(前, 後期編)」, 養賢堂