

IV-331 ミニ・ロータリー走行時の大型車の軌跡

外務省 正会員 山田 晴利
IBS 〃 青木 英明

1. はじめに

従来コミュニティ道路においてシケインを設置する場合に大型消防車の通行の問題が生じ、実際に大型消防車を走行させて走行が可能であることを確かめるなどの方法が採られてきた¹⁾が、シケイン走行時の大型消防車の軌跡を描くことによって走行が可能かどうかの検討ができることが青木・久保田等²⁾によって示されている。本論でも文献2)の方法によってミニ・ロータリー走行時の大型消防車の走行軌跡を描き、大型消防車が走行するために必要なミニ・ロータリーの形状・寸法を検討する。

2. 走行軌跡の計算方法

車両の前軸・後軸の中心にそれぞれ前輪・後輪をもつ2輪車によって4輪車をモデル化する(図-1)。車体後軸の中央(モデル2輪車の後輪)に原点をもち、車体の移動とともに移動する座標系 $X_B O_B Y_B$ と、空間に固定された座標系 $X O Y$ の2つを設ける。モデル2輪車の操舵角をES, モデル2輪車の車体とY軸とのなす角(車体の傾き角)をETとし、それぞれ左回りを正とする。図-1に示すように記号を定めると、モデル2輪車の舵角ESと4輪車の舵角 E_0 , E_1 との間には、

$$\cot ES = (\cot E_0 + \cot E_1) / 2$$

という関係があることがわかる。

さらに、前部外側タイヤあるいは車体前部外側(図-1のA点)が一定の半径の円弧に沿って走行する場合のモデル2輪車の舵角ESは次のように求められる。

a. 前部外側タイヤが一定の半径の円弧に沿って走行する場合——図-1で R_0 が一定の値をとる場合を考えればよいので、

$$ES = \arctan\left(\frac{2}{\cot E_0 + \cot E_1}\right).$$

b. 車体前部外側が一定の半径の円弧に沿って走行する場合——車体前部外側(図-1のA点)が沿って走る円弧の半径を R_A とすると、

$$\sin E_A = (OHf + W_B) / R_A.$$

$$R_0^2 = R_A^2 - 2R_A \sin E_A \cdot OHf + OHf^2 \\ - R_A \cos E_A \cdot (W - T_R) + (W - T_R)^2 / 4.$$

この式から求められる R_0 を R_0' と書表すことにすると、 R_0' は車体前部外側が半径 R_A の円弧に沿って走行する場合に前部外側タイヤが走行する円弧の半径を表す。従って、上記a.によって2輪車モデルの操舵角ESを求めることができる。

2輪車の操舵角ESが一定の場合には2輪車の前輪・後輪は、移動座標 $(-W_B/\tan ES, 0)$ をもつ点Cを中心とした同心円運動を行う。本論では、操舵角ESが連続的に変化する場合でもこの関係が成立すると仮定し、前輪が微小な回転変位 ΔL を行った後の車体位置を点Cを中心とする同心円運動で近似して求める。前輪の微小な回転変位 ΔL に対応する前輪の回転変位 $\Delta \theta$ は、

$$\Delta \theta = \Delta L / R_F = \Delta L \sin ES / W_B$$

で求められる。

前輪が半径 R_F の円弧上を ΔL だけ回転する前後の移動座標の原点 O_B の空間座標を (X_B, Y_B) , (X_B', Y_B') と

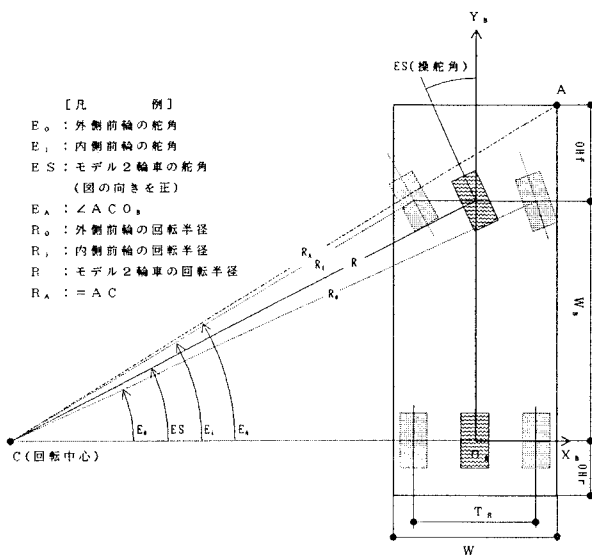


図-1 モデル2輪車と舵角の関係

表すことにすると、両者の間には、

$$\begin{aligned} \begin{vmatrix} X_g' \\ Y_g' \end{vmatrix} &= \begin{vmatrix} \cos \Delta \theta & -\sin \Delta \theta \\ \sin \Delta \theta & \cos \Delta \theta \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X_g \\ Y_g \end{vmatrix} \\ &+ \begin{vmatrix} 1-\cos \Delta \theta & \sin \Delta \theta \\ -\sin \Delta \theta & 1-\cos \Delta \theta \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X_c \\ Y_c \end{vmatrix} \end{aligned}$$

なる関係が成立つ。ここに、 (X_c, Y_c) は回転中心Cの空間座標である。なお、回転後の車体の傾き角 ET' は、

$$ET' = ET + \Delta \theta = ET + \Delta L \sin ES / W_g$$

によって計算できる。

3. 計算対象車両及び計算条件

本論では、表-1に示した諸元をもつ大型消防車を計算対象とした。表-1の最小回転半径は前輪内側タイヤの回転半径（図-1の R_i ）なので²⁾、これに対応するモデル二輪車の最大舵角 ES_{max} を求めると28.878度となる。さらに、前節a., b.に従って前部外側タイヤあるいは車体前部外側が一定の円弧に沿って走行する場合のモデル二輪車の舵角を計算すると表-2の

表-1 計算対象車両の諸元¹⁾〔単位:m〕

前部オーバーハング(OHf)	2.250
後部オーバーハング(OHr)	2.600
ホイールベース (W_b)	5.150
全 長	10.000
全 幅 (W)	2.500
輪 距 (T_R)	2.000
最小回転半径 (R_o)	9.800

ようになる。この表によると、車体前部外側が一定の円弧に沿って走る場合には半径は13.0m以上必要となることがわかる。

表-2 一定の円弧に沿って走行する場合の舵角

半径 (m)	前部外側タイヤが 円弧に沿う	車体前部外側 が円弧に沿う
11.5	29.022 (度)	----
11.6	28.732	----
12.9	----	28.933 (度)
13.0	----	28.619

以上から、表-1に示した大型消防車の車体がロータリーから逸脱することなく走行できる可能性のある円弧の半径は13.0mであることがわかったので、

走行軌跡を計算によって求め、実際に走行が可能かどうかを検証する。検証では直交する2本の道路の交差点に設けられたロータリーにおいて、大型消防車が左折、Uターン、右折、及び直進が可能かどうかを走行時の軌跡を描いて確認する。走行軌跡はパーソナルコンピュータのCRT画面上に描いた。ロータリーの形状は、次のように設定した。

- 交差道路の幅員は6m、内側のサークルの半径は4mとする。
- ロータリー隅角部における隅切りはない。
- 既に述べたように、ロータリーの半径は13.0m以上必要であるが、半径13.0mのロータリーについて予備的な描画を行ったところ逸脱せずに通行することが困難だったため、0.5mの余裕を「安全率」として見込み、半径13.5mのロータリーを対象とする。

また、操舵角 ES を外生的に与える必要があるので、左折、Uターン、右折、直進のそれぞれについて関数型を仮定した。最大舵角に達するまでの走行距離は1mとした。関数のパラメータの値を変え、ロータリーから逸脱せずに通行できるようになるまで計算を繰返した。交差道路の幅員が6mと狭いので、左側通行にはこだわらず、車体が反対車線へ逸脱することを許容して計算を行った。

4. 計算結果に対する考察

計算結果によると、表-1に示した諸元をもつ大型消防車は半径13.5mのロータリーを逸脱することなく走行できることがわかる。なお、直進だけに限れば、上記の条件下で外側の円の半径を11.8mにまで縮小することが可能である。

【参考文献】

- 建設省道路局：「地区内道路における歩車共存手法の導入に関する調査報告書」、(社)日本道路協会、1988.3.
- 青木英明、久保田尚、山田晴利、吉田朗：「シケインの形態と速度抑制効果に関する基礎的研究」、土木計画学研究論文集4, pp.253-260. 土木学会, 1986.10.
- 近藤政市：「基礎自動車工学一前期編一」、1968, 養賢堂。
- 東京消防庁：「火災等の災害発生時における『はしご車』の円滑な消防活動を確保するための基準」、1976.8.