



Title	大型貨物車左折に対する交差点評価に関する研究
Author(s)	加来, 照俊; 堀内, 数; 川上, 征雄
Citation	北海道大學工學部研究報告, 98, 1-11
Issue Date	1980-05-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41614
Type	departmental bulletin paper
File Information	98_1-12.pdf



大型貨物車左折に対する交差点評価に関する研究

加 来 照 俊* 堀 内 数** 川 上 征 雄***

(昭和 54 年 12 月 27 日受理)

A Study on the Estimation of Intersections for Left Turning Large Trucks

Terutoshi KAKU, Kazu HORIUCHI and Yukio KAWAKAMI

(Received December 27, 1979)

Abstract

This paper deals with one of the preventive measures for traffic accidents or traffic interruptions caused by large trucks turning left at intersections.

The content and procedure are as follows.

First, the locus of a truck when it turns left at an intersection is analyzed. Second, the Characteristic Occupancy Circle (COC) as an index is calculated using the locus of the truck.

On the other hand, Occupancy Inscribed Circle (OIC), which is peculiar to each intersection and is required for left turning trucks, is calculated.

Finally, the size of COC is compared with that of OIC, and if the former is larger than the latter, we adjudge that the truck can readily execute a left turn. As a result, we can present a clear policy on the left turn prohibition for large trucks at an intersection.

In addition to above, it is possible to decide the layout and shape of corner cut at an intersection.

1. ま え が き¹⁾²⁾³⁾

我国は自動車保有台数の増加(表 1)に伴って貨物輸送量の多くを道路交通機関に頼ることになった(表 2)。その結果車両の大型化も余儀なくされ、近年大型貨物車の交差点左折時における事故多発(表 3)が問題となっている。これに対し主に車両面からの対策として運転者の視界確保のためにバックミラー取付位置の改善や、運転席を右から左に移す、あるいは車両へのまき込み防止としてガードを車両下部側面に取付けるなどについて検討され、一部は実施されている。

しかし、いずれにしても運転者は左右同時に視認することは不可能であり、加えて、たとえ大型車左折が無理であると思われる交差点であっても、運転者は勘のみを頼りに左折しているのが現実である。そこで筆者は観点を変えて、交差点の大型車左折に対する広さと、大型車が交差点

* 土木工学科 交通工学講座

** 北海道工業大学

*** 大学院環境科学研究科

表1 自動車保有台数推移表(千台)

年度	トラック	バス	乗用車	軽自動車等	合計
'53	690	36	158	619	1,503
'60	1,316	58	440	1,590	3,404
'65	2,861	105	1,878	3,279	8,123
'68	4,655	153	4,291	4,923	14,022
'69	5,126	176	5,512	5,714	16,528
'70	5,437	190	6,777	6,515	18,919
'71	5,792	197	8,173	7,061	21,223
'72	6,235	206	9,965	7,463	23,869
'73	6,686	214	11,598	7,465	25,963
'74	7,019	219	13,207	7,425	27,870
'75	7,341	219	14,822	6,760	29,142
'76	7,715	222	16,200	6,904	31,041
'77	7,980	224	17,569	7,192	32,965

表2 貨物輸送量の推移(億トンキロ)

年度	国鉄	民鉄	トラック	内航船舶	合計
'55	426	7	95	324	852
'60	536	9	208	616	1,369
'65	564	10	484	806	1,864
'70	624	10	1,359	1,512	3,508
'71	613	10	1,427	1,570	3,621
'72	586	10	1,536	1,300	3,432
'73	574	9	1,410	2,077	4,070
'74	516	9	1,308	1,924	3,757
'75	466	8	1,297	1,836	3,607
'76	455	8	1,326	1,878	3,667
'77	406	7	1,431	1,948	3,792

表3 北海道におけるまき込み死亡事故

発生年月日	場 所	第一当事者	第二当事者
'75. 3. 19	旭川市1条8丁目	大型貨物	自転車
'75. 5. 31	旭川市4条西7丁目	大型貨物	自転車
'75. 7. 19	上磯郡上磯町	タンクローリー	歩行者
'75. 8. 15	旭川市末広町	大型貨物	自転車
'75. 10. 29	旭川市東旭川	大型貨物	自転車
'76. 2. 23	札幌市北27条西4丁目	大型バス	歩行者
'76. 3. 16	函館市八幡町	大型貨物	自転車
'76. 3. 17	釧路市大楽毛	タンクローリー	自転車
'76. 4. 22	勇払市鶴川	普通貨物	歩行者
'76. 5. 12	千歳市本町	大型貨物	歩行者
'76. 6. 15	旭川市末広町	大型トレーラ	自転車
'76. 7. 26	富良野市栄町	大型貨物	自転車
'76. 7. 29	函館市旭町	普通貨物	幼児
'76. 8. 31	空知郡南幌	大型ダンプ	自転車
'76. 9. 16	上川郡清水町	大型貨物	自転車
'76. 11. 20	沙流郡平取町	大型ミキサー車	自転車
'76. 12. 2	札幌市中央区	大型貨物	自転車
'78. 7. 3	北見市	大型貨物	原付
'78. 7. 24	札幌市	大型貨物	原付
'78. 8. 21	森町	大型貨物	自転車
'78. 11. 26	旭川市	大型特殊	自転車

左折時に必要とする車両の占有面積とから、大型車が交差点を左折し易いかどうかについて交差点を評価する方法を考えた。その結果大型車左折に対して不十分な大きさの交差点では左折禁止、交差点改良などの方策によって事故防止、円滑な交差点の通過などの一助となすべく検討を行なった。

その方法は、車両の左折における軌跡からその時の占有面積を求め、一方、交差点内の面積を計算し、この両者を比較することによるものである。その結果から交差点を大型車が左折可能な

どうかについて評価し、大型車左折に対して望ましくない交差点であれば、隅切り形状の改良、付帯設備の配置変更などの手段について検討を行なうものである。

2. 大型車の走行軌跡

道路構造令⁴⁾において、設計車両は小型自動車、普通自動車、セミトレーラ連結車の3種に区別されている。それぞれの車両諸元は図1のようなのである。本研究で対象とした大型車はあとの2者を指すものとする。

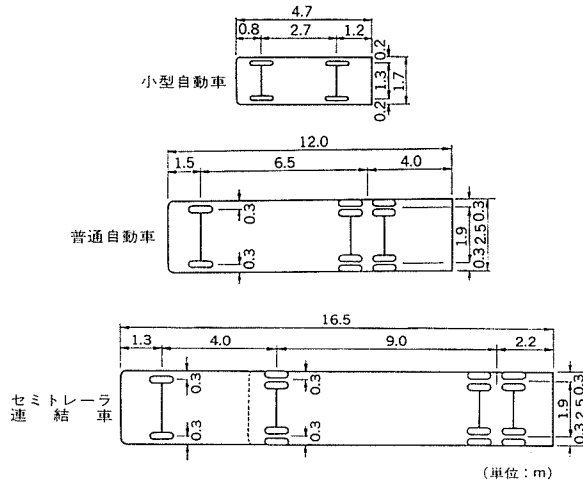


図1 設計車両の諸元

2.1 普通自動車の走行軌跡⁵⁾

単体車は、一般に後輪軸の中心線の延長線と前輪の中心線の延長線との交点が車両の回転しようとする半径の中心点であるとしてその運転を解析している。

この考えから走行軌跡を計算すると以下になる。ただし ϕ はハンドル操舵角である。前輪の操舵角はハンドル操舵角に比例するものとする。 κ は比例定数とすると図2および図3から、

$$\Phi = \kappa \phi \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{b} \cdot \tan \phi = \frac{\Phi}{\kappa b} \quad (2)$$

$$R \cdot d\tau = dL \quad (3)$$

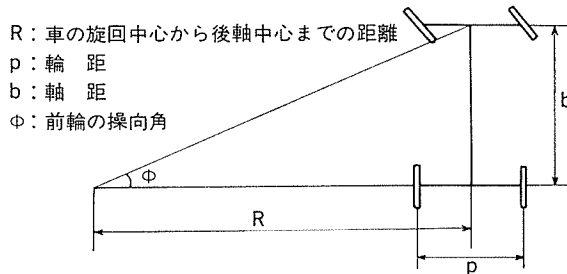


図2 単体車の旋回説明図

t : 経過時間
 v : 車の速度
 L : 車の走った距離
 K : 曲 率
 τ : 螺旋角
 α : 加 速 度
 w : ハンドルを切る速さ

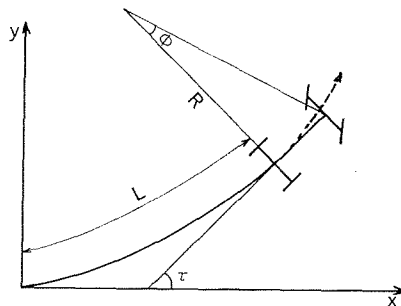


図3 車の回転運動説明図

よって図4より

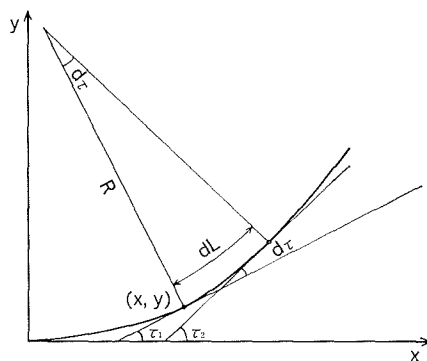


図4 車の運動

$$R = \frac{dL}{d\tau} \quad (4)$$

$$K = \frac{d\tau}{dL} \quad (5)$$

また

$$v = \frac{dL}{dt} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2L}{dt^2} \quad (7)$$

$$\omega = \frac{d\phi}{dt} = \kappa \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad (8)$$

車体の回転角速度を求めると

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{d\tau}{dL} \cdot \frac{dL}{dt} = Kv = \frac{v\phi}{\kappa b} \quad (9)$$

また角加速度は

$$\frac{d^2\tau}{dt^2} = \frac{1}{\kappa b} \cdot \left(v \frac{d\phi}{dt} + \phi \frac{dv}{dt} \right) = \frac{1}{\kappa b} (v\omega + \alpha\phi) \quad (10)$$

車両の走行軌跡を求めるには (6) 式より

$$L = \int v dt \quad (11)$$

であるから (2), (9) 式より

$$\begin{cases} x = \int \cos \tau dL = \int v \cdot \cos \tau dt \\ y = \int \sin \tau dt \end{cases} \quad (12)$$

となる。

2.2 セミトレーラ連結車の走行軌跡

セミトレーラ連結車の走行軌跡を求める方法は2通り考えられる。ひとつは、単体車の走行軌跡の求め方を連結車にも援用して解く方法であり、いうなれば「動的解法」である。いまひとつの方法は車両の走り去った後の残跡をみる幾何学的な手法による「静的解法」である。

2.2.1 動的解法

いま図5のような2台に連なる車を想定する。前を走る車の運動はすでに2.1で述べたように解析できる。このときの車両の運動は前輪の傾きで決まった。つまり前輪の操向角によってその回転半径がきまるのである。ここで後を走る車について考える。もし後を走る車の前輪が図5の如く前を走る車の後輪の傾きに一致するならば、同様に後を走る車の運動は定められる。つまり連結車の場合は前車の車両の傾きつまり前車の後輪の傾きが後車の前輪の操向角と同一であるとみなすことによって解析できる。このような2車の合体によってセミトレーラ連結車の運動軌跡を求めることができる。

前節の(12)式に続けて、図5から

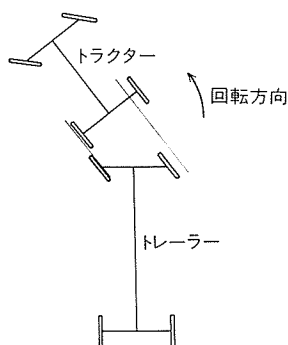


図5 セミトレーラ連結車運動計算仮定（動的）

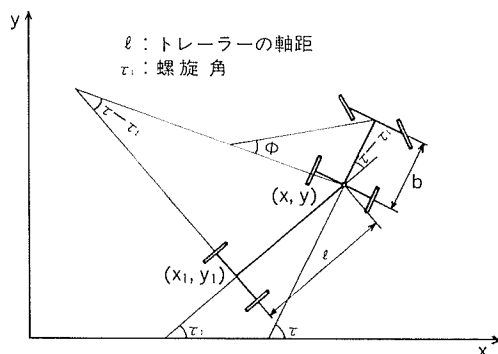


図6 セミトレーラ連結車の走行軌跡

$$\frac{d\tau_1}{dL} = \frac{1}{l} \sin(\tau - \tau_1) \quad (13)$$

(6) 式より

$$d\tau_1 = \frac{v}{l} \sin(\tau - \tau_1) dt \quad (14)$$

ところで図6より

$$\begin{cases} x_1 = x - l \cos \tau_1 \\ y_1 = y - l \sin \tau_1 \end{cases} \quad (15)$$

となり、トレーラの軌跡は定まる。

2.2.2 静的解法

セミトレーラ連結車の運動はトラクターがトレーラを牽引して走っているわけであるから、あたかも飼主が犬を引いて散歩する様子にたとえられる。つまり犬は飼主と綱の長さ分だけの間隔を保ちながら、主人に対して最短距離をとりながら追っていくのである。これと同じくトレーラ

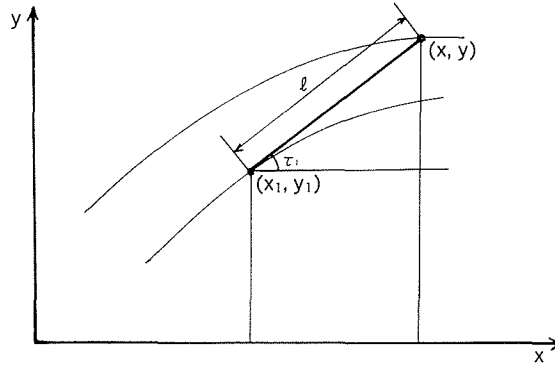


図7 セミトレーラ連結車運動解析の「静的解法」

の描く軌跡はトラクターの軌跡に対しトレーラの長さだけの一定間隔を保ちながらかつ常にそれが描く軌跡の接線の連続である。

この関係を使って、いま図7の状態を考える。

図7から

$$\begin{cases} x = x_1 + l \cos \tau_1 \\ y = y_1 + l \sin \tau_1 \end{cases} \quad (16)$$

また

$$\begin{cases} \frac{dy}{dL_1} = \sin \tau_1 \\ \frac{dx}{dL_1} = \cos \tau_1 \end{cases} \quad (17)$$

である。(17) 式を (16) 式に代入して

$$\begin{cases} x = x_1 + \frac{dx}{dL_1} l \\ y = y_1 + \frac{dy}{dL_1} l \end{cases} \quad (18)$$

ところで

$$dL_1 = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx \quad (19)$$

であるので (18) 式は

$$\frac{\frac{dy}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}} = \frac{y - y_1}{l} \quad (20)$$

となる。これより

$$\frac{dx}{dy} = \sqrt{\left(\frac{l}{y - y_1}\right)^2 - 1} \quad (21)$$

を得る。

この式から、トラクターの軌跡上の点 (x, y) が決まればトレーラの軌跡上の点 (x_1, y_1) が求まる。

2.3 大型車の直角旋回軌跡

以上の考え方から設計車両の諸元を用いて算出した直角旋回軌跡は図8, 9のようになる。但し、このとき車両は据え切りした状態で発進し最小回転半径の4分の1円を描いた後に操舵を元に戻すものとした。よって、セミトレーラ連結車の場合はトラクターを円運動と直線運動の組み

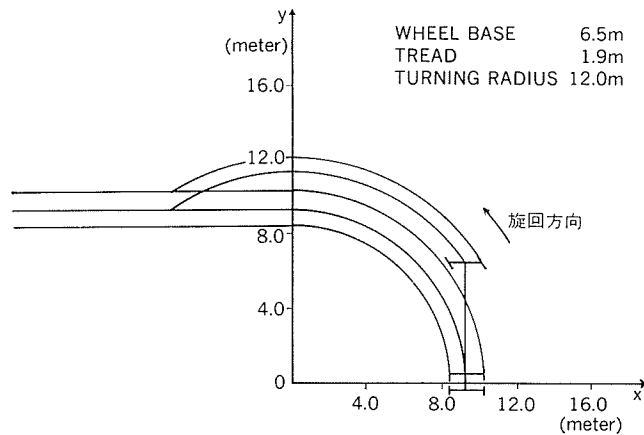


図8 普通自動車の直角旋回軌跡

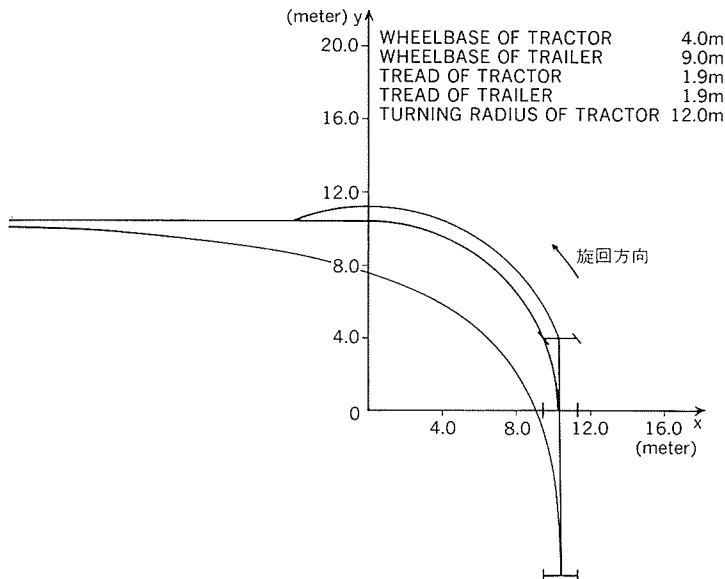


図9 セミトレーラ連結車の直角旋回軌跡

合わせて規定してトレーラの軌跡を静的解法で求めたものである。また動的解法のものと大きな差はない。

尚、計算は北大大型計算機センターの FACOM 230-75 により X-Y プロッターから出力をさせたものである。これらを図8と図9に示す。

3. 大型車左折時の交差点評価

前節で求めた大型車の軌跡は据え切りしてから旋回するものであった。実際に運転者はハンドルを切りながら左折するであろうからその軌跡は計算とは幾分差異がでるものと考えられるが、報告されている実車による走行軌跡の計測実験結果と比較して良い一致が得られている⁹⁾。

交差点左折時の問題を論ずるに当たっては据え切り時のもののほうが危険側であると考えられるので本研究には適しているからこれを用いた。

3.1 固有占有円について

いま図10のように車両の走行軌跡の内外の幅が最大となるところに内接する円を計算、あるいは

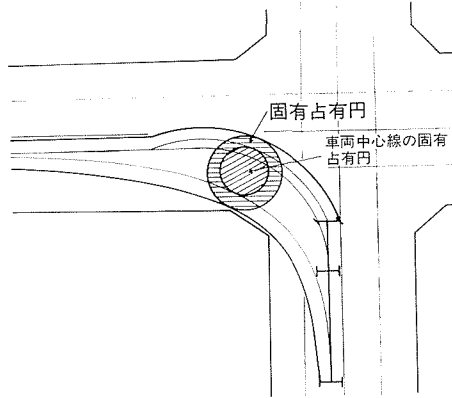


図10 固有占有円

は図により求める。この時、この円はそれぞれの車両によって異なり固有のものであるところから、これを車両左折時の固有占有円と呼ぶことにする（図10）。

この固有占有円の直径 Rc は車両の走行軌跡解析の結果を考慮することより次式を用いて計算して求められる。 R_1 を車両の回転半径、 p をトレッド、 w をホイールベースとして

普通自動車の場合、次式である。 a は車両中心軸から左右最外側タイヤまでの距離である。

$$Rc = \sqrt{\left\{ R_1 \cdot \cos\left(\sin^{-1}\frac{w}{R_1}\right) - \frac{p}{2} \right\}^2 + w^2} - R_1 \cos\left(\sin^{-1}\frac{w}{R_1}\right) + \frac{p}{2} + a \quad (22)$$

またセミトレーラ連結車の場合は、 R' を後軸中心までの旋回中心からの距離、 l をトレーラの軸距とすると、次式から求められる。

$R' > l$ のとき

$$Rc = \sqrt{\left\{ R_1 \cos\left(\sin^{-1}\frac{w}{R_1}\right) - \frac{p}{2} \right\}^2 + w^2} - \sqrt{\left\{ R_1 \cos\left(\sin^{-1}\frac{w}{R_1}\right) - \frac{p}{2} \right\}^2 - l^2} + a \quad (23)$$

$R' < l$ のとき

$$Rc = l + a \quad (24)$$

3.2 左折適否基準

3.1 で述べた固有占有円とは、いわば車両が左折する時に道路を占有する面積の極大値である。運転者は車両のこの大きな面積の占有部分を交差点の最も面積の大きいところを利用するように旋回しようとし、経験的にこの手段を会得しているものと理解される。そのため、この車両の固有占有円の面積が交差点の面積よりも大きければ左折は困難であるといえる。実際、交差点にこ

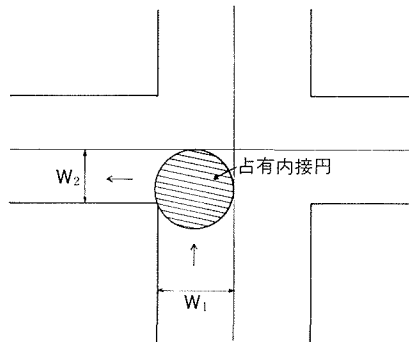


図11 占有内接円

の固有占有円をあてはめるときは、交差点内でとり得る最大の円を考える。そしてその円は対象とする交差点でそれぞれ決まる固有のものであり唯一つ存在する。そこでこの円を交差点の占有内接円と称するものとする（図 11）。

占有内接円の直径 R_i は以下のように求めることができる。 w_2 を広い方の道路幅員、 w_2 を狭い方の幅員とすると

$w_1 \geq 2w_2$ のとき

$$R_i = w_1 \quad (25)$$

$w_1 < 2w_2$ のとき

$$R_i = 2(w_1 + w_2 - \sqrt{2w_1w_2}) \quad (26)$$

で表わされる。

これらの結果を用いて、第 4 種第 1 級の道路どうしの交差点について試算してみると 1 車線のみを使うときの占有内接円の直径は 3.81 m、2 車線を使っては 7.62 m となる。この占有内接円を先に計算した設計車両の固有占有円の直径であるところの普通自動車の 3.98 m、セミトレーラ連結車の 7.87 m と比較してみる。これより普通自動車は 1 車線のみの占有では、セミトレーラ連結車は 2 車線のみの占有では左折がやや困難であると判断できる。

このように車両の固有占有円と交差点の占有内接円の大きさを比較することで、もし前者が後者よりも大きければ車両の左折は難しく、反対に前者が後者よりも小さければ左折が容易に行なわれることになる。

また、この方法の妥当性は 14 分の 1 の相似模型車両の左折実験において確認した。

4. 交差点改良の方策

前節の評価法により望ましくないと判断された交差点については占有内接円を大きくすることが必要である。更に占有内接円の広がり妨げる設備の設置場所についても考慮を加えることが必要となる。

4.1 隅切り長の評価

道路構造令における隅切りに関する事項は隅切り長として長さの標準しか示されていない。隅切りとして理想的なのは車両の走行軌跡に合わせて隅角部を 3 心複合曲線や緩和曲線にすることであろう。

いずれにせよ、隅切りは交差点の占有内接円を大きくするという意味でその効用が説明できる。逆に占有内接円の必要とする大きさから隅切り長の評価あるいは決定をする手段が考えられる。

隅切りを考慮した占有内接円の直径を求めると図 12 より

$$R_i = 0.586(w_1 + w_2) + 0.414c \quad (27)$$

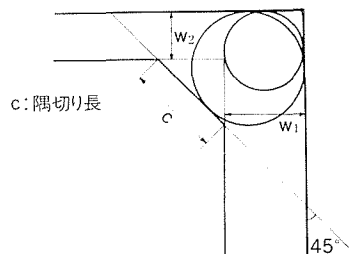


図 12 隅切りを考慮した占有内接円

であり、反対に欲するだけの占有内接円の直径を得るために必要な隅切り長は

$$c = 2.414 \cdot R_i - 1.414(w_1 + w_2) \quad (28)$$

で求められる。

隅切りは単に交差点の占有内接円を拡大させるための役割を持つのみでなく、交差点の最大占有部分に至るまであるいはそれを過ぎてからの占有幅を徐々に増大あるいは減少させるはたらかも持ち大型車の通行には望ましい方策である。これと同時になめらかな内接円の配列を促し、実際の車両軌跡の内接円の配列に近いものとする効果がある。

第4種第1級の道路どうしの交差点において道路構造令では隅切り長を12mと決めている。これを用いて交差点の占有内接円の直径を試算すると、1車線のみを使用するときは8.78m、流入1車線、流出2車線を使うとき10.68m、2車線ずつ使って12.59mという結果を得る。これを設計車両の固有占有円直径である普通自動車の3.98m、セミトレーラ連結車の7.87mと比較すると両車両とも1車線の占有だけで充分左折が可能になると判断できる。

また1車線のみを使つての両車両の左折可能な最低隅切り長は5.81mとなる。このように隅切り長の評価及び設定基準を固有占有円、占有内接円の考え方から解決することが可能である。更にいま隅切りを道路構造令で限定されている隅切り長に従うものとして隅切り長は変えずに隅切り角を変化させたときについて考えてみる。車両の軌跡は前に示したように固有占有円の占有幅を軸として大体左右対称となっている。つまり固有占有円に至るまでの占有円の直径の増減は交差点への流入部および流出部で同じ割合である。従って図12のように幅員の同じような道路の交差点の場合は45度が適しているといえよう。図13のように異なる幅員の交差点での隅切りは同じ隅切り長ならば、その隅切り面がなるべく狭い幅員の道路の方へ向くように考慮すべきであろう。

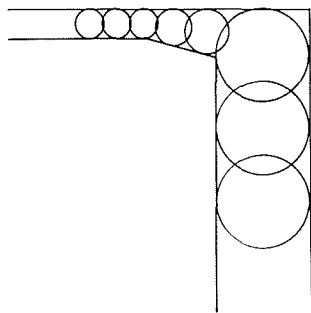


図13 隅切り形の考え方

4.2 付帯設備の設置について

いままでは、車両左折時の道路上の占有つまり平面的な占有についてのみ考えてきた。しかし道路フェンスや標識あるいは信号機、照明灯などの交差点付帯設備の設置場所を決定するに当たっては車両の立体的な占有を考慮の外に置くことはできない。なぜなら、道路面上は通行できるはずでも種々の付帯設備のために、たとえば隅角部の信号の柱などのために車両のバックミラー等の突起部分が触れて通行不可能になるということもあり得るからである。このような事態の解消のための手段を考えてみる。

車両の固有占有円の式(22)、(23)において a にはいままでトレッドを用いてきた。しかし、ここで a の値を車両の最大突起幅、たとえば右に張り出したバックミラーから左のそれまでの長さとして固有占有円の式に代入して用いるならば立体的占有についても考慮することができる。その結果から図14のように付帯設備の設置場所の決定に適用できる。

また、立体的占有で軽視できないのはオーバーハングからくる占有幅の拡幅である。これは、特に大型バスなどに見られるものであるが、確かにタイヤは交差点を通過することができても前部オーバーハングが大きくその軌跡の外にはみ出ることがよくある。

このような車両のオーバーハングから生じる拡幅量を a' とするなら図15より

$$a' = \frac{hw}{R_1} \quad (29)$$

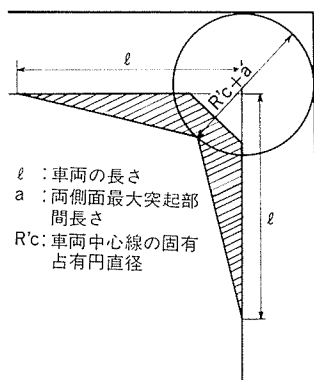


図 14 交差点隅角部の付帯設備設置禁止区域

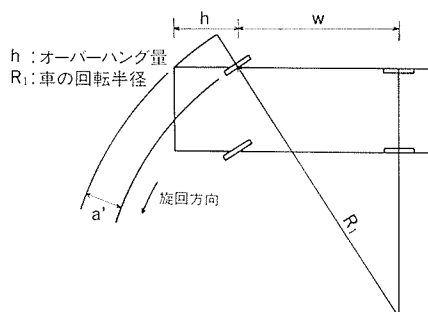


図 15 オーバーハングによる拡幅

となる。この a' を式 (22), (23) に更に加えればオーバーハング量を考慮した立体的占有の固有占有円直径が求まる。ただし、オーバーハングによって生じる拡幅は左折時には右外側にみられるものであるから、このことは中央分離帯の設置場所や導流島を設置するときの基準となると考える。

5. あとがき

以上、大型車左折時の交差点における諸問題を解決するため、車両の走行軌跡を基礎とし、車両の固有占有円、交差点の占有内接円といった概念を導入して大型車左折の適否基準を導いた。また、この二円の関係より、隅切り長の評価や決定、交差点付帯設備の設置場所についての検討に役立つと考えられる。

これらの結果は、個々の交差点を左折する車両に対する規制にも基準となり得る。それにより左折に適さない車両は右折への振りかえ等の手段が講じられる。

本研究では直角旋回の際のみしか考慮しなかったが更に今後は種々の角度で交差する交差点についても研究してゆく必要がある。

参考文献

- 1) 運輸省：陸運統計要覧，昭和 54 年度版。
- 2) 朝日新聞社：朝日年鑑，昭和 54 年度版。
- 3) 北海道警察：死亡事故の概要，昭和 50 年 1 月～昭和 53 年 12 月。
- 4) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，昭和 45 年 11 月。
- 5) 近藤政市他：自動車ハンドブック，昭和 39 年度版。
- 6) 高速道路調査会（自動車部会隅角部研究会）：セミトレーラの旋回軌跡，昭和 46 年 3 月。