

接近車両の速度判断限界に関する基礎的研究

山口大学 大学院 学生員 ○三村 浩史
山口大学 正会員 田村 洋一

1 はじめに

我が国の交通事故発生件数は一貫して増加傾向にあり、7年連続で過去最悪の記録を更新した。また、死者数は4年連続減少していたが、12年は9,066人とわずかであるが、増加した。この中で、状態別交通事故発生件数は自動車運転中、歩行中の順に多く、全体の6割を占めている。このような事故が引き起こされる最大の要因は速度と距離に対する誤判断と考えられる。そこで本研究では、車両の接近による視野角や視認面積の増加等の視覚刺激により速度判断が行なわれると考え、視力に基づいて速度判断限界を解析検討した。なお、本研究では、接近してくる車両からの視覚刺激を線的、面的な角速度として従う場合を取り扱い、速度判断において回転角は重要でないのを考慮していない。

2 解析概要

2.1 視野角の変化

斜め前方向に車両を見る場合の各変数の関係は次に示す通りである。

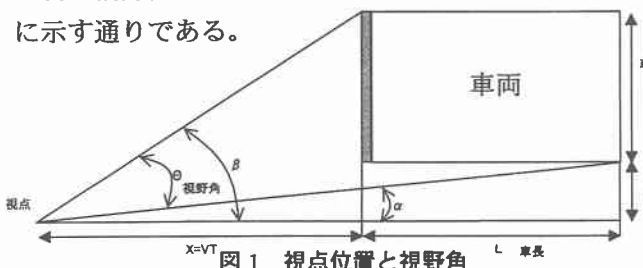


図1 視点位置と視野角

$$\tan(\theta + \alpha) = \frac{A+W}{X}, \quad \theta + \alpha = \arctan\left(\frac{A+W}{X}\right) \dots (1)$$

$$\tan \alpha = \frac{A}{X+L}, \quad \alpha = \arctan\left(\frac{A}{X+L}\right) \dots (2)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{A+W}{X}\right) - \arctan\left(\frac{A}{X+L}\right) = \arctan\left(\frac{A+W}{VT}\right) - \arctan\left(\frac{A}{VT+L}\right) \dots (3)$$

$$\Delta\theta = \frac{d\theta}{dX} = -\left(\frac{1}{A+W}\right) \sin^2\left\{\arctan\left(\frac{A+W}{X}\right)\right\} + \left(\frac{1}{A}\right) \sin^2\left\{\arctan\left(\frac{A}{X+L}\right)\right\} \dots (4)$$

$$\Delta\theta = \frac{d\theta}{dT} = -\left(\frac{V}{A+W}\right) \sin^2\left\{\arctan\left(\frac{A+W}{VT}\right)\right\} + \left(\frac{V}{A}\right) \sin^2\left\{\arctan\left(\frac{A}{VT+L}\right)\right\} \dots (5)$$

2.2 面積変化

真正面方向に車両を見る状況で解析を行い、車両の縦横の長さが目の角膜に映る長さを角膜の焦点距離1.7cmを利用し求め、掛け合わせることで角膜に映る車両の大きさを求めた。図と式は以下に示す。

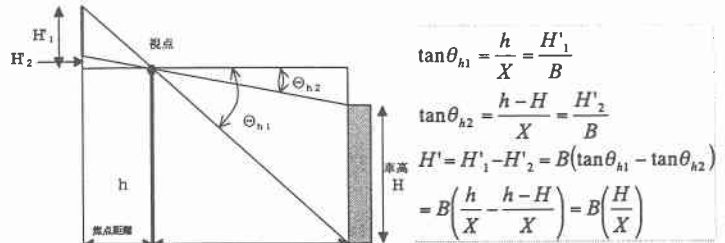


図2 対象物に対する角膜に映る車高（普通車、バイク）

$$\begin{aligned} \tan \theta_{h1} &= \frac{h}{X} = \frac{H'_1}{B} \\ \tan \theta_{h2} &= \frac{h-H}{X} = \frac{H'_2}{B} \\ H' &= H'_1 - H'_2 = B(\tan \theta_{h1} - \tan \theta_{h2}) \\ &= B\left(\frac{h}{X} - \frac{h-H}{X}\right) = B\left(\frac{H}{X}\right) \end{aligned}$$

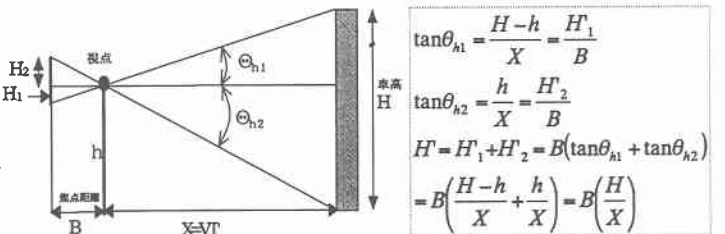


図3 対象物に対する角膜に映る車高（大型車）

$$\begin{aligned} \tan \theta_{h1} &= \frac{H-h}{X} = \frac{H'_1}{B} \\ \tan \theta_{h2} &= \frac{h}{X} = \frac{H'_2}{B} \\ H' &= H'_1 + H'_2 = B(\tan \theta_{h1} + \tan \theta_{h2}) \\ &= B\left(\frac{H-h}{X} + \frac{h}{X}\right) = B\left(\frac{H}{X}\right) \end{aligned}$$

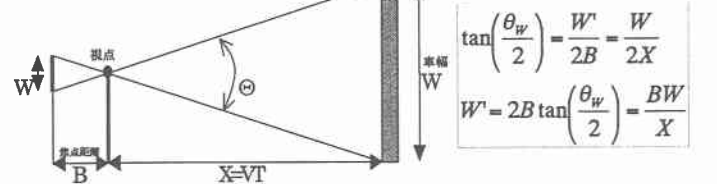


図4 対象物に対する角膜に映る車幅

$$S' = W'H' = \frac{BW}{X} \times \frac{BH}{X} = \frac{B^2WH}{X^2} = \frac{B^2WH}{V^2T^3} \dots (6)$$

$$\Delta S' = \frac{dS'}{dX} = -\frac{2B^2WH}{X^3} \dots (7)$$

$$\Delta S' = \frac{dS'}{dT} = -\frac{2B^2WH}{V^2T^3} \dots (8)$$

2.3 限界視角

視力検査で用いるランドルト環を用いて、視力の定義、5m離れた地点から直径7.5mmの円の切れ幅1.5mmを視認できれば視力1.0であることから、限界視角について求めた。式を下に示す。

$$\frac{1}{60} \times \frac{1}{5} \times X = 0.0033 X = 0.0033 VT \dots (9)$$

2.4 視認面積限界

5m離れて、縦横1.5mmの正方形を視認できれば視力1.0とし、面積変化と同じ様に考え面積比は相似比の2乗に比例を利用して限界面積を求めた。

$$1.7^2 : 500^2 = S : 0.15^2 \text{ より}$$

$$S = \frac{1.7^2 \times 0.15^2}{500^2} = 2.6 \times 10^{-7} \text{ だから}$$

$$\frac{S}{500^2} X^2 = \frac{2.6 \times 10^{-7}}{500^2} X^2 = \frac{2.6 \times 10^{-7}}{500^2} (VT)^2 \dots (10)$$

3 解析結果

視野角変化と面積変化の距離に対する増分と速度判断限界との関係を図 5 に示す。これにより視野角変化と面積変化との間で、速度判断限界に大差はみられない。また、20～30m 以降では面積変化の方が勾配が急になる。これより、車両が接近するにつれ面積変化の刺激が大きくなることが分かる。

また、同図から速度判断限界は普通車の場合で $A=1\text{m}$ の時 33m、 $A=2\text{m}$ の時 34m、 $A=3\text{m}$ の時 35m となり A つまり車両と視点の鉛直距離が大きくなるほど速度判断限界が大きくなる。このことは、路側に配置された樹木等は A を小さくすることから危険要因となることを意味する。しかし、 A が大きくなるとそれだけ、車との距離が離れるので遠くで判断できて道路に近づくのに時間がかかるので、どちらが良いとは言えないことである。

同図で車種についてみれば、同じ距離であれば、車種サイズが大きいほど視角変化が大きくなるまた、視角変化を固定すれば、車両サイズが大きいほど水平位置は遠くなる。このことはバイクのように車両サイズが小さいと速度が過小評価される可能性が高いことを示していると考えられる。

面積変化に対する速度の影響を示したのが図 6、7 である。これより、いずれの場合も、速度が大きい程、速度判断限界距離が増加して、特に、面積変化の場合に顕著であるのでこちらを用いて分析を行なった。速度の増加に伴って判断距離も伸びるが、その伸びは速度の伸びに対しては少ないことが表 2 よりわかる。例えば、普通車の場合で速度が倍になると判断限界距離は 1.14 倍になり、25m 伸び、TTC は 0.57 倍となり、4.3 秒短くなっている。以上より、速度が大きくなり、速度判断限界の距離が増加しても、それに対する距離の伸びの倍率は小さく、TTC は減少しているので、安全な判断というよりも、危険であることがわかる

4 おわりに

今回の研究で解析して求めた速度判断限界は試算的であるので、それを一つの指標として、VTR または CG 映像実験でシュミレーションを行い、速度誤判断についての研究を進めていく必要がある。

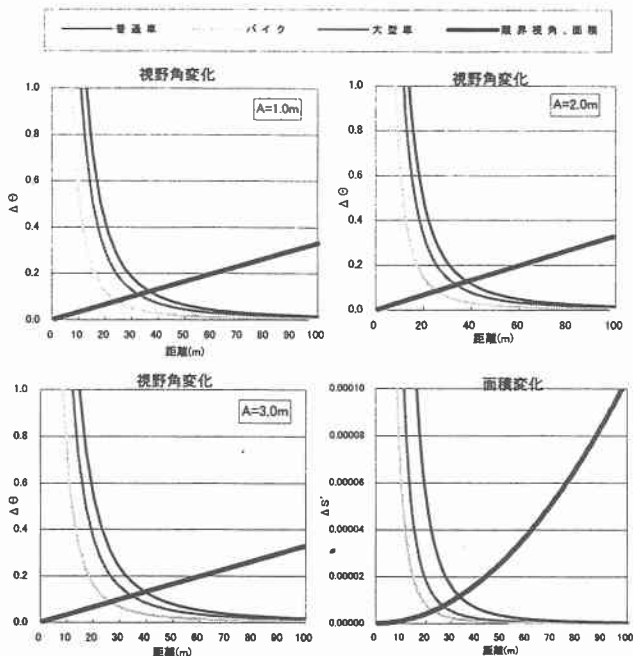


図 5 速度を考慮しない速度判断限界

表 1 速度を考慮しない速度判断限界

	速度判断限界 (m)	
	視野角変化(斜め) $A=1.0$	面積変化
普通車	33	27
バイク	25	23
大型車	38	34

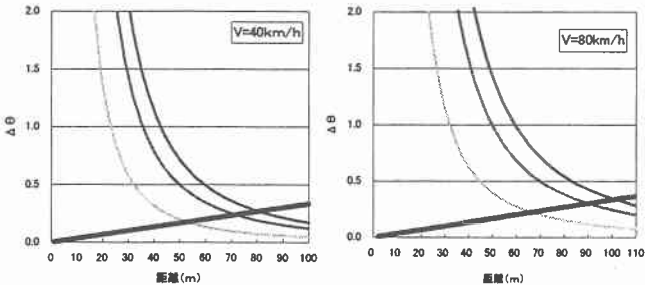


図 6 速度を考慮した速度判断限界 (視野角変化)

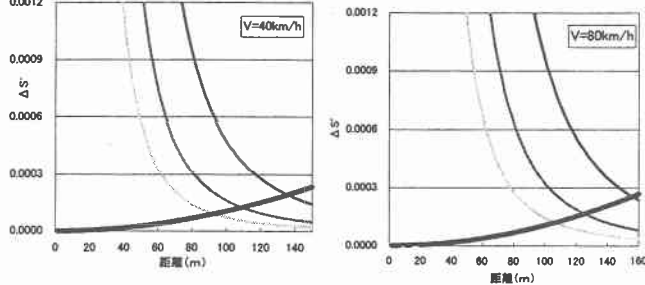


図 7 速度を考慮した速度判断限界 (面積変化)

表 2 速度を考慮した速度判断限界と TTC (面積変化)

速度(km/h)	40			80		
車種	普通車	バイク	大型車	普通車	バイク	大型車
速度判断限界(m)	111.00	93.24	137.64	126.54	106.56	157.62
TTC(sec)	10.00	8.40	12.40	5.70	4.80	7.10

TTC:Time To Collision(衝突までの時間)