

# 時速・秒速換算と停止距離等の計算

## 1 時速・秒速の換算

### (1) 速度と距離、時間の関係

速度と距離、時間の間には、次の関係式が成り立つ。

$$\text{①速度} = \text{距離} \div \text{時間} \quad \text{②距離} = \text{速度} \times \text{時間} \quad \text{③時間} = \text{距離} \div \text{速度}$$

速度と時間は目に見えないが、距離は2地点間の長さで、目に見て測定可能である。

距離が分かり、その間における車両の移動時間が分かれば、速度の算出ができる。

### (2) 秒速<→時速の換算

#### ア 秒速を時速に換算する

時速は、秒速の数値に3.6を掛ければ求められる。

$$\text{秒速 (m/s) の数値} \times 3.6 = \text{時速 (Km/h)}$$

$$(例) \quad 10(\text{m/s}) = 10/1000 \times 60 \times 60 = 10 \times 3.6 = 36(\text{Km/h})$$

#### イ 時速を秒速に換算する

秒速は、時速の数値を3.6で割れば求められる。

$$\text{時速 (Km/h) の数値} \div 3.6 = \text{秒速 (m/s)}$$

$$(例) \quad 60(\text{Km/h}) = 60 \times 1000 \div 60 \div 60 = 60 \times 1000 / 3600 = 60 / 3.6 = 16.667(\text{m/s})$$

## 2 停止距離等の算出

### (1) 車速から必要な停止距離を求める

かつて交通事故防止の標語に「車は急に止まれない」というのがあった。自動車の運転者が走行中に急ブレーキをかけて自動車を停止させるまでには、一定の距離が必要である。

運転者が急ブレーキをかけようと判断（知覚・反応）した地点から自動車が停止する地点までの距離を「停止距離」というが、この停止距離は、空走距離と制動距離とに分けられる。

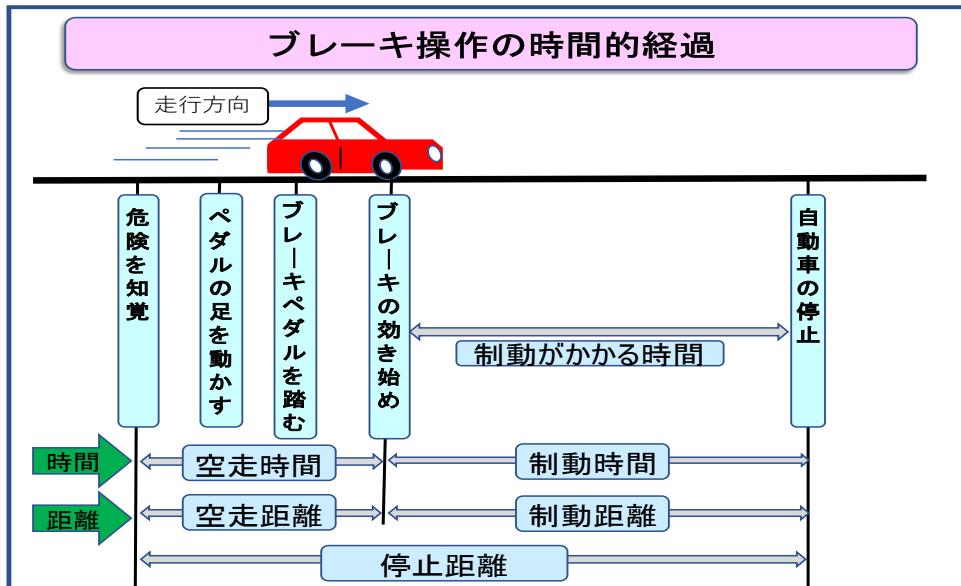
$$\text{停止距離} = \text{空走距離} + \text{制動距離}$$

#### ア 空走距離

空走距離というのは、運転者が①危険を感じて急ブレーキが必要と判断した時点から、②アクセルペダルから足を動かし（反射時間 0.4～0.5 秒）、③ブレーキペダルに足を乗せ（踏替え時間 0.2 秒）、④これを踏み込んでブレーキが効き始める（踏込み時間 0.1～0.3 秒）時点までの時間、自動車が走行した距離である。

この間の制動措置を取るまでに要する時間を「知覚・反応時間（空走時間）」といい、個人差はあるが、通常人の平均的な反応時間は 0.7 秒位とされている。

突発的な緊急時には、反応時間は遅くなり、1 秒位はかかると考えられる。



#### ★最一小判平成 11.7.19 交民 32 卷 4 号 1008 頁

原審は、上告人車の停止距離を算出するに当たり、空走時間（自動車運転者が危険を発見し、これに反応して制動措置を執り、制動機能の効果が発生するまでの全時間）を 0.6 秒としているが、通常、自動車運転者は、異常な事故の発生を予測して自動車を運転しているわけではないのであり、本件事故のような突發的事故に遭遇した場合における空走時間を 0.6 秒とするのは、自動車運転者に酷に過ぎるというべきである。

この空走時間に走行する距離（空走距離）は、「反応時間(秒) × 車速(m/秒)」で求められる。

$$\text{空走距離} = \text{反応時間(秒)} \times \text{制動前の車速 (m/秒)}$$

#### イ 制動距離

制動距離というのは、制動措置によりブレーキが効き始め、車輪の回転が止まり、自動車が滑走（スキッド）した後に停止するまでの距離である。

この制動距離は、エネルギー保存の法則、すなわち、「制動前の機械的エネルギー＝制動力による消費エネルギー」であることから計算できる。

制動距離 S の算式は、速度(km/h)を V、タイヤと路面の摩擦係数を  $\mu$ 、重力加速度 ( $9.8\text{m/s}^2$ ) を g とすると、

$$\frac{1}{2}mV^2 = m\mu gS \rightarrow V^2 = \frac{2}{m}(mg\mu S) \rightarrow S = V^2/2g\mu$$

つまり、

制動距離 S = 制動前の車速(m/秒)の 2 乗 ÷ (2 g μ) (A 式)
---

で算出される。

例えば、速度 50 Km/時の車両が平坦道路(摩擦係数 0.7)で、急ブレーキをかけた場合、その制動距離は次のとおりである。

$$\text{制動距離} = (50/3.6)^2/(2 \times 9.8 \times 0.7) \doteq 14.0598 \text{ (m)}$$

#### 【参考文献】

- ・ 江守一郎「新版自動車事故工学」(1993 年・技術書院) 44 頁
- ・ 林洋「実用自動車事故鑑定工学」(2002 年・技術書院) 140 頁

制動力はタイヤの路面に対する摩擦によって得られ、タイヤトレッド(タイヤの地面との接触面)の摩耗、路面の状況、路面の濡れ程度等によって異なるので、状況に応じた係数の設定が必要になる。

一般に、乾燥路面での摩擦係数は、0.7 位が設定される。

#### 【参考】 各種路面に対するタイヤの摩擦係数

路 面	摩擦係数
乾いたアスファルトまたはコンクリート	0.7
ぬれたコンクリート	0.5
ぬれたアスファルト	0.45~0.6
砂利道路	0.55
乾いた非舗装道路	0.65
ぬれた非舗装道路	0.4~0.5
固くなった雪	0.15
氷	0.07

江守一郎「新版自動車事故工学」(1993 年・技術書院) 45 頁

上記の制動距離の算式は平坦道路の場合のものであるが、坂路の場合の制動距離は、傾斜角により次のような算式になる。

#### (ア) 上り坂道路の場合

急ブレーキをかけて停止するまでの距離(坂路での制動距離)

制動距離 S(m) = (時速 V/3.6) <sup>2</sup> / (2 g × (μ cos θ + sin θ))
---

(例) 速度 50 Km/時の車両が傾斜角  $3^\circ$  の上り坂(摩擦係数 0.7)で、急ブレーキをかけた場合の制動距離

$$\text{制動距離} \doteq (50/3.6)^2 / (2 \times 9.8 \times (0.7 \times \cos 3^\circ + \sin 3^\circ)) = 13.0984 \text{ (m)}$$

#### (イ) 下り坂道路の場合

急ブレーキをかけて停止するまでの距離（坂路での制動距離）

$$\text{制動距離 } S(m) = (\text{時速 } V)^2 / (2 g \times (\mu \cos \theta - \sin \theta))$$

(例) 速度 50 Km/時の車両が傾斜角 3° の上り坂（摩擦係数 0.7）で、急ブレーキをかけた場合の制動距離

$$\text{制動距離} \doteq (50/3.6)^2 / (2 \times 9.8 \times (0.7 \times \cos 3^\circ - \sin 3^\circ)) = 15.2185 \text{ (m)}$$

#### 【参考文献】

- 江守一郎「新版自動車事故工学」（技術書院・1993年）
- 林洋「実用自動車事故鑑定工学」（技術書院・2002年）

### (2) 停止距離を求める

停止距離は、次の算式で求められる。

$$\begin{aligned}\text{停止距離} &= \text{空走距離} + \text{制動距離} \\ &= \text{空走距離} (\text{車速(秒速}) \times \text{反応時間(秒)}) \\ &\quad + \text{制動距離} (\text{車速(m/秒)の2乗} \div (2 g \mu))\end{aligned}$$

以上により、例えば、時速 50 Km で走行中に急ブレーキを掛けた場合の停止距離は、通常人の反応時間を 0.7 秒、摩擦係数を 0.7 として計算すると、

$$\begin{aligned}\text{停止距離} &= (50 \div 3.6) \times 0.7 + (50 \div 3.6)^2 \div (2 \times 9.8 \times 0.7) \\ &= 9.72 + 14.06 = 23.78 \text{ m}\end{aligned}$$

となる。

### (3) 制動距離の算式の違い

平地での制動距離の算式  $S = V^2 / 2g\mu$  は、時速  $V$  を秒速  $v$  に換算した算式にすると、

$$\begin{aligned}S &= (v/3.6)^2 / 2g\mu = v^2 / 3.6^2 / 2g\mu = v^2 / (3.6^2 \times 2 \times 9.8 \times \mu) = v^2 / 254.016\mu \\ &\doteq v^2 / 254\mu\end{aligned}$$

となり、分母に定数 254 を用いた簡便な算式が導かれる。

他方、この算出過程中の  $2g$  を  $2 \times 9.8 = 19.6 \doteq 20$  として計算すると、

$$\begin{aligned}S &= (v/3.6)^2 / 20\mu = v^2 / 3.6^2 / 20\mu = v^2 / (3.6^2 \times 20 \times \mu) = v^2 / 259.2\mu \\ &\doteq v^2 / 259\mu\end{aligned}$$

となり、分母に定数 259 を用いた算式が導かれる。

制動距離の算式を紹介する説には、上記の①定数 254 を用いるものと②定数 259 を用いるものがある。

#### 【参考文献】

①について

- 1 副島海夫ほか「スキッド・マークの長さからの車速の推定について」（判例タイムズ 212 号 232 頁以下）
- 2 高木典雄「自動車による業務上（重）過失致死傷事件における過失の認定について」司法研究報告書第 21 輯第 2 号
- 3 「新任交通警察官から幹部まで徹底解析・交通事故事件検査」（2002 年・東京法令出版）

## ②について

- 1 安西温「自動車交通犯罪（現代実務法律講座）」（1968年・青林書院新社）22頁
- 2 最高裁判所事務総局刑事局監修「刑事判決書に関する執務資料一分かりやすい裁判をめざして一」参考事例(六)(108頁以下、118頁)

摩擦係数0.7の道路上で50Km走行中の車両が急ブレーキをかけた場合の制動距離は、

①説では、 $50^2 / (254 \times 0.7) = 14.06\text{m}$ 、②説では、 $50^2 / (259 \times 0.7) = 13.79\text{m}$ となる。

できるだけ物理法則から導き出される上記のA式によるのが望ましく、簡便な計算方法を用いる場合には、定数として「254」を用いる方が適切であろう。

## 3 裁判例

車両の速度、道路の摩擦係数、人の知覚・反応時間から、空走距離、制動距離を求め、停止距離を算出し、これらの結果等に基づき過失の認定判断をした事例として、以下の裁判例が参考になる。

- 最三小判昭和43.12.17〔刑事案件〕刑集22巻13号1525頁(裁判例検索システム)
- 東京高判昭和50.12.19〔刑事案件〕高刑28巻4号525K頁
- 最二小判昭和60.4.26集民144号551頁〔民事事件〕(裁判例検索システム)
- 最一小判平成11.7.19交民32巻4号1008頁
- 福岡高判平成13.6.26〔刑事案件〕判タ1118号276頁
- 神戸地判平成14.3.25〔刑事案件〕(Web判例検索)
- 神戸地判平成15.1.29〔刑事案件〕(Web判例検索)
- 広島高判平成15.11.12(Web判例検索)
- 仙台高判平成15.12.2〔刑事案件〕(Web判例検索)

## 4 ABS装置

最近の自動車にはABS（アンチ・ロック・ブレーキシステム（Anti-lock Brake System））が標準装備化され、タイヤが完全ロック状態になるのを防ぎ、ハンドルの操作が可能になる仕組みになっている。

こうした装備車では、ブレーキが効き車輪の回転が止まり、自動車が滑走（スキッド）した後に停止することを前提にした上記の計算式は、そのまま適用しても正確な結果が得られない場合がある。

しかし、ABS装備車であっても、タイヤ面との摩擦により制動効果を得ることに変わりはなく、スリップ痕は印象される。ただ、印象痕が薄かったり、断続的であったりすることははあるようである（高山俊吉「交通事故事件弁護学入門」（2019年・日本評論社））。

## 5 速度のいろいろ

	方 法	時 速	秒 速
1	老人・子供が歩く速さ	3 . 6 Km/h	1 . 0 m/s
2	人が普通に歩く速さ	4 . 5 Km/h	1 . 2 5 m/s
3	自転車がゆっくり走る速さ	1 0 . 8 Km/h	3 . 0 m/s
4	自転車が普通に走る速さ	1 8 Km/h	5 . 0 m/s
5	マラソンの男子世界記録	2 0 . 4 2 km/h	5 . 6 7 m/s
6	原動機付自転車の法定最高速度	3 0 km/h	8 . 3 3 m/s
7	幹線道路における自動車の法定最高速度	6 0 km/h	1 6 . 6 7 m/s

(警察庁交通局監修・科学警察研究所交通部編「道路交通管理の技術的基礎知識」、他のデータを参考にして作成)

(別表1) 時速・秒速換算表

時速 Km/h	秒速 m/s								
1	0.278	21	5.833	41	11.389	61	16.944	81	22.500
2	0.556	22	6.111	42	11.667	62	17.222	82	22.778
3	0.833	23	6.389	43	11.944	63	17.500	83	23.056
4	1.111	24	6.667	44	12.222	64	17.778	84	23.333
5	1.389	25	6.944	45	12.500	65	18.056	85	23.611
6	1.667	26	7.222	46	12.778	66	18.333	86	23.889
7	1.944	27	7.500	47	13.056	67	18.611	87	24.167
8	2.222	28	7.778	48	13.333	68	18.889	88	24.444
9	2.500	29	8.056	49	13.611	69	19.167	89	24.722
10	2.778	30	8.333	50	13.889	70	19.444	90	25.000
11	3.056	31	8.611	51	14.167	71	19.722	91	25.278
12	3.333	32	8.889	52	14.444	72	20.000	92	25.556
13	3.611	33	9.167	53	14.722	73	20.278	93	25.833
14	3.889	34	9.444	54	15.000	74	20.556	94	26.111
15	4.167	35	9.722	55	15.278	75	20.833	95	26.389
16	4.444	36	10.000	56	15.556	76	21.111	96	26.667
17	4.722	37	10.278	57	15.833	77	21.389	97	26.944
18	5.000	38	10.556	58	16.111	78	21.667	98	27.222
19	5.278	39	10.833	59	16.389	79	21.944	99	27.500
20	5.556	40	11.111	60	16.667	80	22.222	100	27.778

(別表2) 停止距離一覧表

反応時間(秒):0.75 摩擦係数:0.7 距離単位:m 小数点以下第3位を四捨五入

時速(Km/h)	秒速(m/s)	空走距離	制動距離	停止距離
5	1.389	1.04	0.14	1.18
10	2.778	2.08	0.56	2.64
15	4.167	3.13	1.27	4.40
20	5.556	4.17	2.25	6.42
25	6.944	5.21	3.52	8.73
30	8.333	6.25	5.06	11.31
35	9.722	7.29	6.89	14.18
40	11.111	8.33	9.00	17.33
45	12.500	9.38	11.39	20.77
50	13.889	10.42	14.06	24.48
55	15.278	11.46	17.01	28.47
60	16.667	12.50	20.25	32.75
65	18.056	13.54	23.76	37.30
70	19.444	14.58	27.56	42.14
75	20.833	15.62	31.64	47.26
80	22.222	16.67	36.00	52.67
85	23.611	17.71	40.64	58.35
90	25.000	18.75	45.56	64.31
95	26.389	19.79	50.76	70.55
100	27.778	20.83	56.24	77.07

(注)ABS車(アンチ・ロック・ブレーキシステム(Anti-lock Brake System)装備車)を除く。