

### 3. 縦断勾配の限界に関する検討

本章では、小規模な道路において自動車が徐行することを前提に、通行可能性と安全性の面から縦断勾配の限界について検討する。現在の道路構造令では、縦断勾配の基準は設計速度に応じて定められている。設計速度の最低ランクは 20km/h であり、その時の最大縦断勾配は、特例値で 12%と定められている。したがって、徐行を前提にすれば、最大縦断勾配はもっと大きくすることができると考えられる。

以下、**3.1** では、登坂能力、タイヤの滑り摩擦係数及びブレーキの制動力という観点から、縦断勾配の物理的限界について検討する。次に、**3.2** では実在する急勾配箇所を対象に、ヒアリング調査及び現地調査を通じた交通の実態及び安全性の検討を行う。さらに、**3.3** では、縦断勾配に関する国内外の基準値について整理する。最後に **3.4** で検討結果のまとめを行い、縦断勾配の限界について考察する。

#### 3.1 縦断勾配の物理的限界の検討

**3.1** では縦断勾配の物理的限界について検討する。まず、**3.1.1** では、自動車諸元表（公益社団法人自動車技術会）から自動車のエンジン性能を求め、徐行時における車両の最大登坂能力を明らかにする。次に **3.1.2** と **3.1.3** では、タイヤの滑り摩擦係数及びブレーキの制動力から見た縦断勾配の限界について検討する。

なお、今回の検討では、徐行速度を 10km/h として検討を行うため、勾配の長さの制約である制限長は規定しない。その理由は以下のとおりである。

道路構造令では、制限長は登坂時における速度低下が一定の水準になる状況をもとに算出されている。しかし、本検討では徐行で走行することを前提とするため、坂路での走行速度は低下しない状況を考える。このことから、制限長については規定しないこととする。

##### 3.1.1 車両の登坂能力から見た縦断勾配の限界

車両の登坂能力から、上り勾配における縦断勾配の限界値を把握するため、現在、国内において最も多く走行している車種を選定して登坂能力を調査した。しかし、実際に走行している車両の数を特定することは極めて困難であるため、現在走行している車両の平均車齢だけ遡った年の新車販売台数が多い車種を選定することとした。

###### (1) 現在走行している車両の平均車齢

現在、国内で走行している車両の平均車齢を、財団法人自動車検査登録情報協会の統計資料（表 3-1）から調査した。その結果、平成 21 年 3 月末時点で乗用車の平均車齢は 7.48 年、貨物車の平均車齢は 9.16 年であった。

表 3-1 車種別の平均車齢の推移（軽自動車を除く）

単位：年（各年3月末現在）

年	乗用車			貨物車			乗合車		
	乗用車計	普通車	小型車	貨物車計	普通車	小型車	乗合車計	普通車	小型車
昭和50年(1975年)	3.30	3.70	3.29	3.59	3.48	3.56	4.70	5.49	4.01
昭和51年(1976年)	3.50	3.60	3.50	3.78	3.79	3.74	4.97	5.70	4.30
昭和52年(1977年)	3.79	3.67	3.79	3.97	4.07	3.91	5.13	5.82	4.53
昭和53年(1978年)	4.03	3.75	4.03	4.13	4.28	4.07	5.27	5.95	4.68
昭和54年(1979年)	4.18	3.80	4.18	4.24	4.37	4.18	5.34	5.98	4.80
昭和55年(1980年)	4.25	3.75	4.26	4.28	4.39	4.24	5.43	6.07	4.89
昭和56年(1981年)	4.33	4.00	4.34	4.36	4.53	4.30	5.55	6.18	5.01
昭和57年(1982年)	4.42	4.21	4.43	4.53	4.76	4.47	5.67	6.29	5.12
昭和58年(1983年)	4.48	4.58	4.47	4.71	4.96	4.65	5.82	6.43	5.28
昭和59年(1984年)	4.52	4.74	4.51	4.90	5.18	4.82	6.00	6.60	5.47
昭和60年(1985年)	4.57	4.93	4.56	5.06	5.37	4.98	6.14	6.73	5.61
昭和61年(1986年)	4.63	5.17	4.62	5.20	5.56	5.10	6.24	6.78	5.76
昭和62年(1987年)	4.71	5.43	4.69	5.35	5.76	5.24	6.34	6.84	5.90
昭和63年(1988年)	4.74	5.30	4.72	5.40	5.80	5.29	6.42	6.88	6.00
平成元年(1989年)	4.75	5.21	4.73	5.32	5.61	5.23	6.37	6.83	5.97
平成2年(1990年)	4.64	4.40	4.65	5.29	5.52	5.21	6.43	6.89	6.01
平成3年(1991年)	4.54	3.67	4.60	5.25	5.41	5.19	6.45	6.95	6.00
平成4年(1992年)	4.53	3.14	4.65	5.24	5.39	5.19	6.47	6.98	6.02
平成5年(1993年)	4.58	2.93	4.79	5.37	5.56	5.30	6.60	7.09	6.16
平成6年(1994年)	4.75	2.94	5.05	5.59	5.83	5.50	6.78	7.25	6.36
平成7年(1995年)	4.88	3.07	5.27	5.76	5.99	5.67	6.94	7.39	6.54
平成8年(1996年)	5.04	3.28	5.51	5.90	6.16	5.80	7.11	7.55	6.72
平成9年(1997年)	5.14	3.53	5.66	6.03	6.33	5.89	7.29	7.75	6.88
平成10年(1998年)	5.33	3.90	5.87	6.29	6.64	6.13	7.53	7.99	7.13
平成11年(1999年)	5.60	4.37	6.11	6.71	7.16	6.51	7.93	8.34	7.57
平成12年(2000年)	5.84	4.82	6.31	7.14	7.73	6.84	8.28	8.69	7.93
平成13年(2001年)	6.04	5.22	6.45	7.48	8.15	7.15	8.64	9.04	8.27
平成14年(2002年)	6.23	5.63	6.56	7.77	8.41	7.46	8.97	9.36	8.63
平成15年(2003年)	6.39	6.03	6.59	8.10	8.70	7.77	9.24	9.57	8.95
平成16年(2004年)	6.58	6.38	6.70	8.17	8.75	7.87	9.33	9.70	9.00
平成17年(2005年)	6.77	6.66	6.83	8.36	8.94	8.06	9.53	9.87	9.22
平成18年(2006年)	6.90	6.89	6.90	8.50	9.10	8.18	9.61	9.90	9.35
平成19年(2007年)	7.09	7.14	7.06	8.68	9.31	8.33	9.80	10.07	9.57
平成20年(2008年)	7.23	7.26	7.20	8.98	9.60	8.62	10.02	10.23	9.83
平成21年(2009年)	7.48	7.49	7.47	9.16	9.81	8.78	10.26	10.04	10.13

※平均車齢とは、国内でナンバープレートを付けている自動車が初度登録されてからの経過年数の平均で、人間の平均年齢に相当する。

〔出典〕財団法人自動車検査登録情報協会資料による

## (2) 登坂能力の検討対象車種の選定

前項で調査した平均車齢だけ遡った年の新車販売台数を調査し、販売台数の多かった上位5車種のうち、登坂能力が低い車両（「車両総重量／最高出力」が最も大きい車種）を選定し、登坂能力の検討対象車種とした。選定の手順は以下のとおりである。

まず、乗用車については、平均車齢は平成21年時点で7.48年であるため、平成14年における新車販売台数の上位5車種について調査を行った（表3-2）。

また、貨物車については、「道路構造令の解説と運用」の縦断勾配の項において、普通トラック（14t）の満載時を普通トラックの参考車両として掲載していることから、14t相当（13t～17t）の車両を中心に調査を行った。貨物車の平均車齢は、9.16年であり、平成12年で調査を行うべきところ、販売台数の統計データが平成16年以前は不明のため、平成16年時点での販売台数をもとに調査を行った（表3-3）。

販売台数上位5車種のうち、最も登坂能力が低い車種は乗用車ではトヨタのヴィッツ、貨物車（14t相当）では日野自動車の車両（プロフィア）であるため、これらの車両を登坂能力の検討対象車種として選定した。

表 3-2 乗用車の上位5車種（平成14年実績）

	車種	02販売台数	最高出力 (kW(PS)/r. p. m.)	車両総重量 (kg)	車両総重量/ 最高出力
1	フィット	250,790	73 [100] /6,000	990	13.56
2	カローラ	226,222	81 [110] /6,000	1,415	17.47
3	マーチ	139,332	66[90]/5,600	950	14.39
4	イスト	103,579	80[109]/6,000	1,150	14.38
5	ヴィッツ	100,801	52[71]/6,000	1,030	19.81

表 3-3 貨物車の上位5車種（平成16年実績）

	車種	04販売台数	最高出力 (kW(PS))	積載量(kg)	車両総重量 (kg)	車両総重量/ 最高出力
1	日野	8,087	235	14,700	24,290	103.36
2	三菱ふそう	7,124	279	13,900	24,950	89.43
3	日産ディーゼル	6,157	302	13,900	24,825	82.20
4	いすゞ	5,820	279	16,300	24,850	89.07
5	輸入車	308	-	-	-	-

※車両総重量：車両重量+（乗車定員×55キロ）+最大積載量+オプションパーツ（スペアタイヤ、工具、ジャッキ含む）（参考）車両重量：車本体+燃料満タン+オイル規定量+冷却水規定量

(3) 対象車両の登坂能力の検討

(2)で選定した乗用車であるトヨタのヴィッツ、貨物車である日野自動車の車両（プロフィア）について、走行性能曲線図から、登坂能力を調査した。今回の検討においては、徐行の速度を 10km/h としていることから、車速 10km/h 時における登坂能力を把握する。

1) 小型自動車等の登坂応力

図 3-1 は、平成 11 年 1 月に発売された初代ヴィッツの走行性能曲線図\*である。

図によると、車速 10km/h 時においては、第 1 速ギアで約 32%の勾配の登坂が可能である。

\*：平成 11 年 4 月以降、走行性能曲線図は国交省への届出義務がなくなったため、それ以降のモデルについては、メーカーでは走行性能曲線図を作成していない。

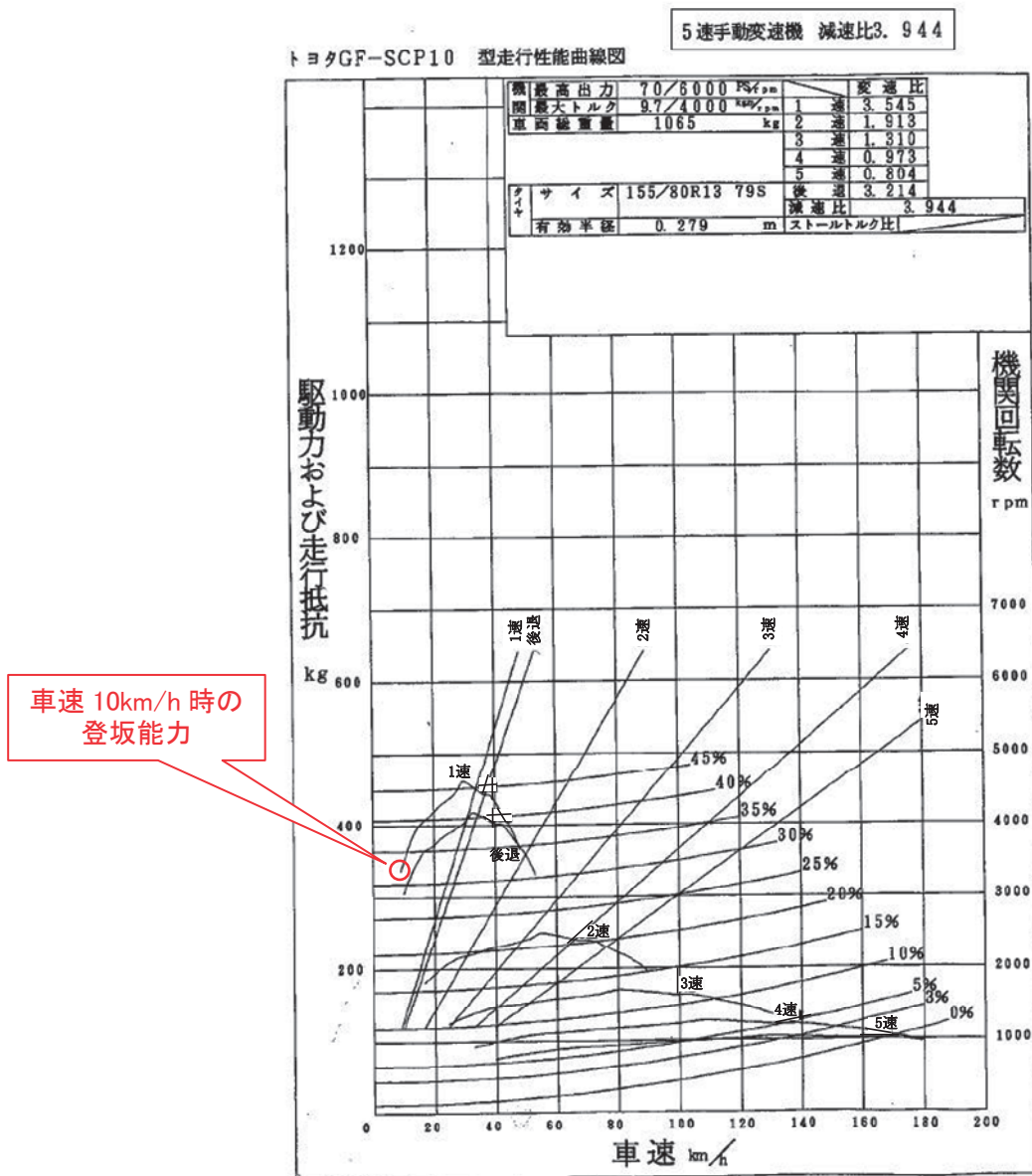


図 3-1 トヨタヴィッツ（初代：平成 11 年 1 月発売）の走行性能曲線図

2) 普通自動車の登坂能力

図 3-2 は、日野プロフィアの車両の走行性能曲線図である。小型自動車同様、平成 11 年 4 月以降走行性能曲線図は公表されていないため、平成 11 年当時の車両を参考とした。

図によると、車速 10km/h の時、第 1 速ギアで約 32% の勾配の登坂が可能である。

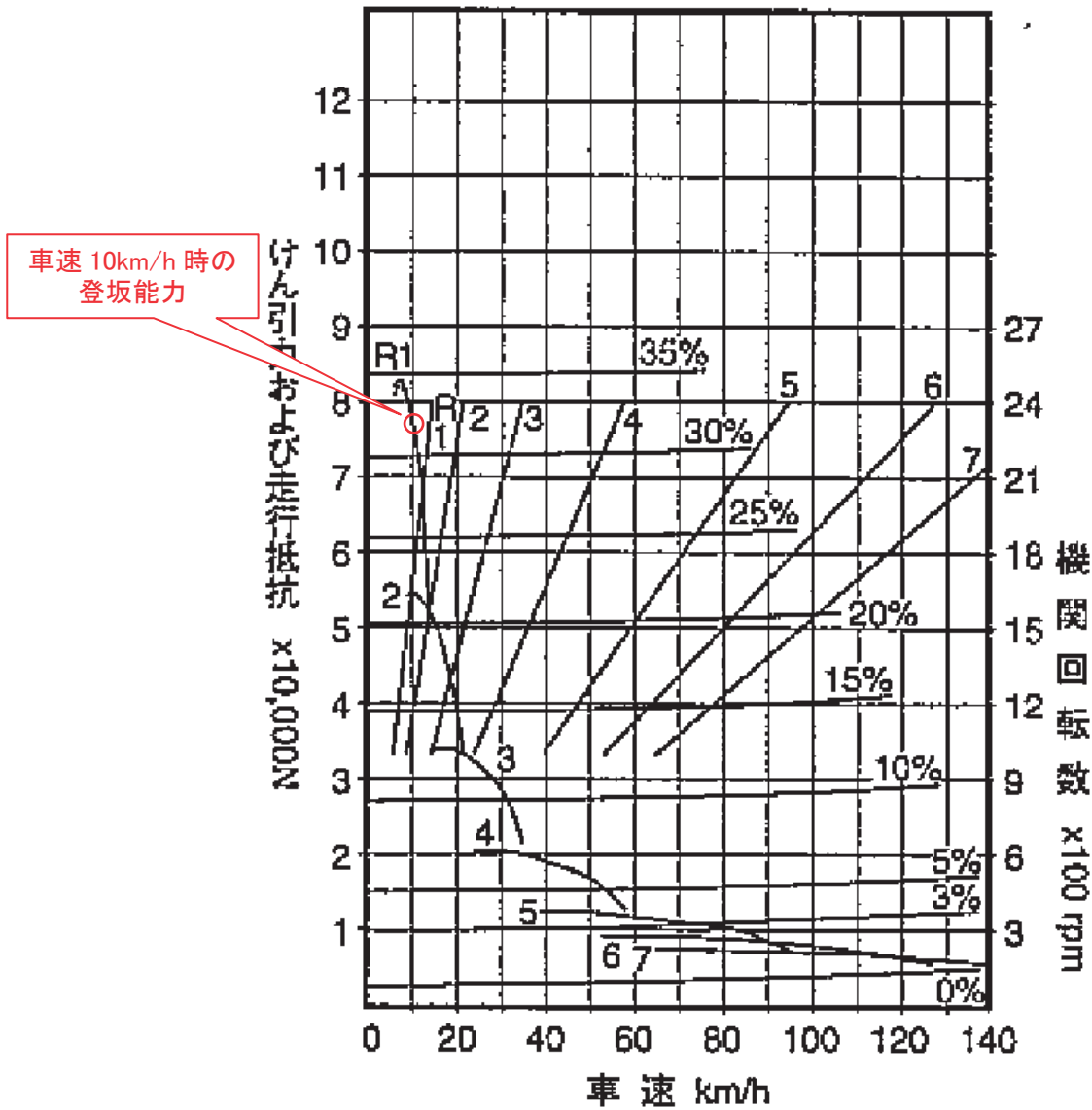


図 3-2 日野プロフィアの走行性能曲線図

3) 徐行時に小型自動車等と普通自動車が登坂できる縦断勾配

調査対象車両の走行性能曲線図から、徐行時 (10km/h) における最大登坂能力は乗用車 (小型自動車等)、トラック (普通自動車) とともに 32% であった。

したがって、車両の登坂能力から見た上り勾配における縦断勾配の限界は 32% と考えられる。

### 3.1.2 タイヤの滑り摩擦係数から見た縦断勾配の限界

3.1.1 では、車両の登坂能力から、上り勾配における縦断勾配の限界を検討した。3.1.2 では、タイヤの滑り摩擦係数から、上り勾配としての縦断勾配の限界値を検討する。

一般に、質量 $m$ の物体が斜面において動いている状態で加減速できる（タイヤがスリップしない）限界値（ $\theta$ ）は、以下のように表される（図 3-3）。

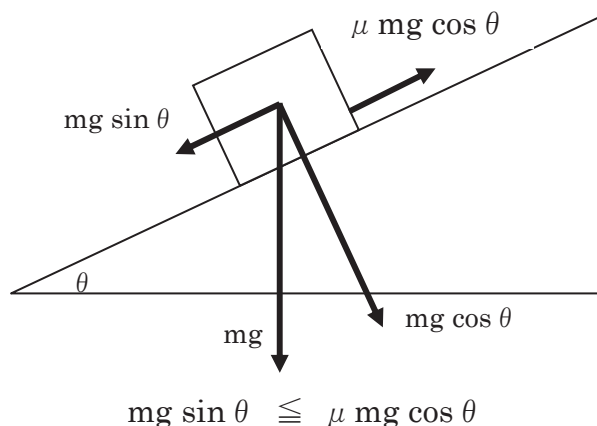


図 3-3 斜面と摩擦係数の関係

ここで、今回得られた小規模な道路における最小限必要な縦断勾配として得られた 32% (17.74°) を代入する。

摩擦係数の値は、道路構造令の解説と運用に記述されているタイヤと路面との縦すべり摩擦係数を用いることとし、乾燥時 0.63、湿潤時 0.44、積雪時 0.15 とする。

なお、乾燥時及び湿潤時の値は、設計速度が最も低い道路に採用されている値とする。

また、積雪時の縦すべり摩擦係数は、スノータイヤ、チェーンなどを装着している場合である。

$$(\text{乾燥時}) \quad mg \sin 17.74^\circ = 0.305mg \leq 0.63mg \cos 17.74^\circ = 0.63mg \times 0.952 = 0.600mg$$

$$(\text{湿潤時}) \quad mg \sin 17.74^\circ = 0.305mg \leq 0.44mg \cos 17.74^\circ = 0.44mg \times 0.952 = 0.419mg$$

$$(\text{積雪時}) \quad mg \sin 17.74^\circ = 0.305mg \geq 0.15mg \cos 17.74^\circ = 0.15mg \times 0.952 = 0.143mg$$

したがって、乾燥時と湿潤時においては、3.1.1 で求めた車両の登坂能力から見た縦断勾配の限界である 32%の勾配でも、車両は滑り落ちることなく通行することができる。

一方、積雪時においては、車両は斜面を滑り落ちてしまうので、積雪寒冷地では 32%の勾配を採用することはできない。

なお、各路面状態で車両が滑り落ちない限界値は、

$$(\text{乾燥時}) \quad mg \sin \theta = 0.63mg \cos \theta \quad \theta = 32.21^\circ = 63\%$$

$$(\text{湿潤時}) \quad mg \sin \theta = 0.44mg \cos \theta \quad \theta = 23.75^\circ = 44\%$$

$$(\text{積雪時}) \quad mg \sin \theta = 0.15mg \cos \theta \quad \theta = 8.53^\circ = 15\%$$

となる。

$$mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$$

$$\therefore \sin \theta = \mu \cos \theta$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \mu$$

$$(\because \tan \theta = \sin \theta / \cos \theta)$$

### 3.1.3 ブレーキの制動力から見た縦断勾配の限界

3.1.1、3.1.2 では、車両の登坂能力及びタイヤの滑り摩擦係数から、上り勾配における縦断勾配の限界を検討した。3.1.3 では、ブレーキの制動力から、下り勾配における縦断勾配の限界値を検討する。

質量 $m$ の物体が斜面において停止できる制動力 $N$ と限界値( $\theta$ )は、以下のように表される(図3-4)。

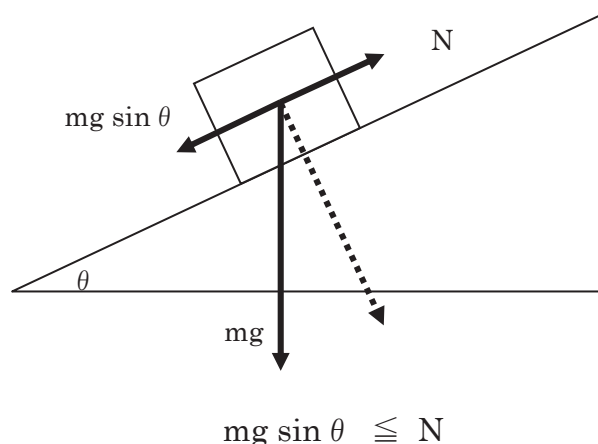


図 3-4 斜面と制動力の関係

「道路運送車両の保安基準」第12条、「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示」第171条で規定されている制動力の検査基準では、ブレーキテストで測定した制動力の基準として、制動力の総和を検査時車両状態における自動車重量で除した値が4.9N/kg以上としている。

ここで、最小の制動力を持つクルマとして4.9N/kgと定義する。

$$\text{制動力 (N)} = 4.9\text{N/kg} \times \text{自動車重量 kg}$$

$$mg \sin \theta \leq F = 4.9\text{N/kg} \times m$$

$$\therefore \sin \theta \leq \frac{4.9}{g} = \frac{4.9}{9.8} = 0.5$$

$$\therefore \theta = 30^\circ = 57\%$$

したがって、3.1.1と3.1.2の検討結果から乾燥時及び湿潤時において、上り勾配における縦断勾配の限界として整理された32%の勾配は、下り勾配とした場合に自動車が制動できる勾配であることが確認できた。

### 3.2 実在する急勾配箇所を対象とした交通の実態及び安全性の検討

3.1 では、縦断勾配の物理的限界について机上での検討を行い、32%という値を得た。しかし、この検討では、ドライバーを含む道路利用者の安全性に関する検討が十分に行われていない。3.2 では、道路構造令に規定された縦断勾配の最大値である 12%を超えた実際の急勾配箇所（以下「急坂」という。）を対象に、ヒアリング調査及び現地調査を通じた交通の実態及び安全性の検討を行う。対象は都市部とし、具体的には東京都を対象に調査を行った。

#### 3.2.1 ヒアリング調査

##### (1) 縦断勾配の独自規定及び急坂の管理基準に関するヒアリング

まず、一般論として、急坂に対する縦断勾配の限界値の独自規定の有無、及び急坂に関する管理基準に関して東京都庁に対しヒアリングを行った。ヒアリング項目は以下の通りである。

- ①東京都独自の縦断勾配の規定があるのかどうか。
- ②「急坂」に配慮した管理基準等があるのかどうか。勾配に応じた基準等があるのかどうか。  
(ある場合、以下の項目について教えて頂きたい。)
  - ・規制速度
  - ・舗装材の材質
  - ・車両通行を可能とする場合と歩道（斜路付き階段等）とする場合の限界勾配値
  - ・滑り止めや手すりの設置
  - ・警戒標識等の設置
  - ・通行規制状況（雨天時、積雪時等）
  - ・代表的な箇所（路線名、所在地、通称名、種級区分等）
  - ・その他
- ③交通事故の実態
  - ・縦断勾配が原因で発生した事故の有無
- ④今後の整備方針、維持管理方針
  - ・通過車両の通行制限や一方通行 等
- ⑤その他
  - ・市区町村道の現況
  - ・市区町村への指導等の有無
  - ・市区町村道の代表的な箇所（1つか2つほど）

ヒアリングの結果、都や市区町村で独自の基準を設定している事例はないことが判明した。そこで、東京で最も勾配が大きい急坂を管理する区の窓口を紹介いただき、急坂を管理する道路管理者に対し、ヒアリングを行うこととした。



(2) 急坂の具体箇所を対象とした道路管理面での運用実態等のヒアリング

上記を受けて、紹介いただいた急坂の概要を図 3-5 に示す。

ここでは、この急坂を管理する区の道路管理者に対し、道路管理面における運用実態や維持管理の考え方について、ヒアリングを実施した。ヒアリング項目とヒアリング結果は表 3-4 のとおりである。

交通事故は、年 1 回程度、坂を下りきったところで交通事故が発生しているものの、重大事故は発生していない。通行止めに関しては、危機管理マニュアルにしたがい、5cm の積雪が予報された時に所轄の警察と協議を始め、降り始めを想定して、道路管理者がバリケードを立て通行止めを行うということである。

		路線延長 (m)	幅員 (m)	構造*	工事履歴	規制関係	縦断勾配
①	特別区道	278	6.8~7.4	Co55 (一部 As)	S50 年度 (一部)	相互通行	25%
②	特別区道	159	3.5~4.0	Co55 (一部 As)	S52 年度 以前	相互通行	20%
③	特別区道	343	4.0~5.2	Co55 (一部 As)	S52 年度 以前	一方通行	19%

\* Co55 = 舗装用コンクリート 250 + セメント処理混合物 150 + 粒度調整砕石 150



図 3-5 急坂の概要

表 3-4 急坂に関するヒアリング項目と回答

ヒアリング項目	回 答
<ul style="list-style-type: none"> <li>・規制速度（例：警察との協議内容、道路の構造や交通量等、協議の対象になるもの 等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・警察が決定する。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装材の材質（縦断勾配が何%を超えたらコンクリート舗装にするのか 等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工当時なぜコンクリート舗装にしたのかは不明。            今後、維持修繕を行う際には、コンクリートにこだわらず、コストや施工性、安全性（滑りにくさ）、地域の事情（通行止めができない）等を勘案し、コンクリート、改質アスファルト、密粒ギャップ型アスコン等、複数の素材を検討する。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両通行を可能とする場合と歩道（斜路付き階段等）とする場合の限界勾配値（縦断勾配が何%までであれば車両通行を許可するのか 等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実態として、すでに車両通行を許可しているところでは通行止めは困難（生活道路となっていることから、地域住民の理解がまず得られない）。</li> <li>・重大事故が発生し、住民側から通行止めの要望等がない限りあり得ない（このような状況もまずあり得ない）。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・滑り止めや手すりの設置（縦断勾配が何%を超えたら滑り止めや手すりを設置するのか 等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高齢者等の利用者から要望があった場合、設置の必要性を検討する。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・警戒標識等の設置（縦断勾配が何%を超えたら警戒標識を設置するのか 等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・交通事故が発生したため、警察から警戒標識設置の指示をされた（年 1 回程度、坂を下りきったところで交通事故が発生している）。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・通行規制状況（危機管理マニュアルにおける雨天時、積雪時の具体的な対策 等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・危機管理マニュアルにおいては、5cm の積雪が予報された時、所轄の警察と協議を始める。降り始めを想定しながら、道路管理者がバリケードを立て、通行止めする。</li> <li>・通行規制区間はマニュアルに定められている（急坂、長い橋梁等）</li> </ul>

### 3.2.2 現地調査

図 3-5 に示された急坂において最も勾配の大きい図 3-5①の 25%勾配の急坂において、安全性等の確認のため現地調査を行った。写真 3-1 に急坂の状況を示す。勾配が 25%であることを示す警戒標識が設置されている。坂を上る場合は、自転車を押して通行することになる。

#### (1) 現地調査の方法

- ・日 時：平成 22 年 2 月 10 日（水）13:00～16:00
- ・場 所：東京都内
- ・観測内容：
  - ① 4 名の運転者が実際に車両を運転し、運転感覚や視界等についての留意点等を整理
  - ② 走行中の車両の運転席から、運転者目線でのビデオ撮影を実施
- ・使用車両：トヨタ・パッツ（996cc 71ps 9.6kg・m 13kg/ps）



写真 3-1 対象とした急坂の状況

## (2) 運転席からの視点による観測の状況

写真 3-2 に運転席から見た急坂の状況を示す。黄色の点線は、10km/h での徐行時に必要な視距を 10m とした場合に、どの程度見通しがあるのかを把握するために 10m 先を明示したものである。なお、道路構造令では、20km/h で 20m、30km/h で 30m、40km/h で 40m の視距を確保することとされている。



写真 3-2 運転席からみた急坂の状況

### (3) 調査結果

#### 1) 急坂における運転感覚や視界

急坂を実走行した4名の運転者が感じた運転感覚や視界は、以下のとおりである。

##### ①上り坂走行

- ・ アクセルを踏み込む必要があることは当然だが、頑張って踏み込まなければ上れないという感覚はない。ただし、坂の途中でキックダウン（オートマチックトランスミッションを搭載した自動車ではアクセルペダルを大きくあるいは急激に踏み込んだ場合に、より低速なギアに切り替わる機構を言う。）はする。
- ・ むしろ傾斜が急なので、車が後進するのではないかという危惧の方が強かった。何度か通過しているうちに、特に違和感は無くなった。
- ・ 上り坂での注意点は、頂上付近での前方視界が悪いので、徐行しないと危険である。しかし、対向車は視界が利かないにもかかわらず速度を緩めず、中央線からはみ出して走行する車がほとんどで怖かった。下り坂の交通量が上り坂と比較して圧倒的に多く、普段通行している車は車両が上ってくることをあまり想定していないように感じられた。

##### ②下り坂走行

- ・ アクセルを踏む必要はない。ブレーキをかけ続けていればいつでも止まれるが、ブレーキを掛けないとスピードは出る。一般車両は40km/h程度で走行していた。
- ・ 坂を下りきったところがT字路になっており、そこから車や自転車が飛び出してくると危険だが、観測中にはそこから出てくる車等はいなかった。
- ・ 下り坂にさしかかるときは路面及び対向車が直前まで見えないので、十分速度を落とさないと危険である。
- ・ 坂の下に十分長い平坦部があったので、下りでスピードを出しても怖くは感じないが、歩行者や自転車の通行も多いことから、「常に人や自転車が飛び出してくるかもしれない」という認識が必要である。

##### ③坂道発進

- ・ 坂の途中からの発進は、多少後ろに下がる感じはあるものの、オートマチック車であれば不安はない。
- ・ ギアがニュートラルでも、サイドブレーキのみで停止していられた。

##### ④その他

- ・ 自転車は坂を上れないので、坂の下で自転車を降りていた。観測中に特段危険を感じる場面はなかったが、路肩、歩道も狭く、歩行者、自転車が車道にはみ出すことが危惧された。
- ・ 自転車は下り坂でかなりの速度で走行していた。自転車を降りて坂を下っている人は見なかった。
- ・ 人力車（豆腐屋）が坂を下っていたが、スピードが制御できていない感じだった。あの状態で転倒すれば、大怪我は免れない。

## 2) ビデオ撮影による視界の確認

図 3-6 に、運転者席において運転者の目線の高さで固定したビデオカメラを用いて行った撮影結果の一例を、模式図とともに示す。平坦部と急坂の間の縦断曲線半径が小さいため、十分な視界の確保ができない場合があった。①平坦部から下りの急坂にかかる場合や、②上りの急坂から平坦部にかかる場合である。

なお、車種によっては、ボンネットによって死角が大きくなり、視距の確保が一層困難になる場合もあると考えられる。

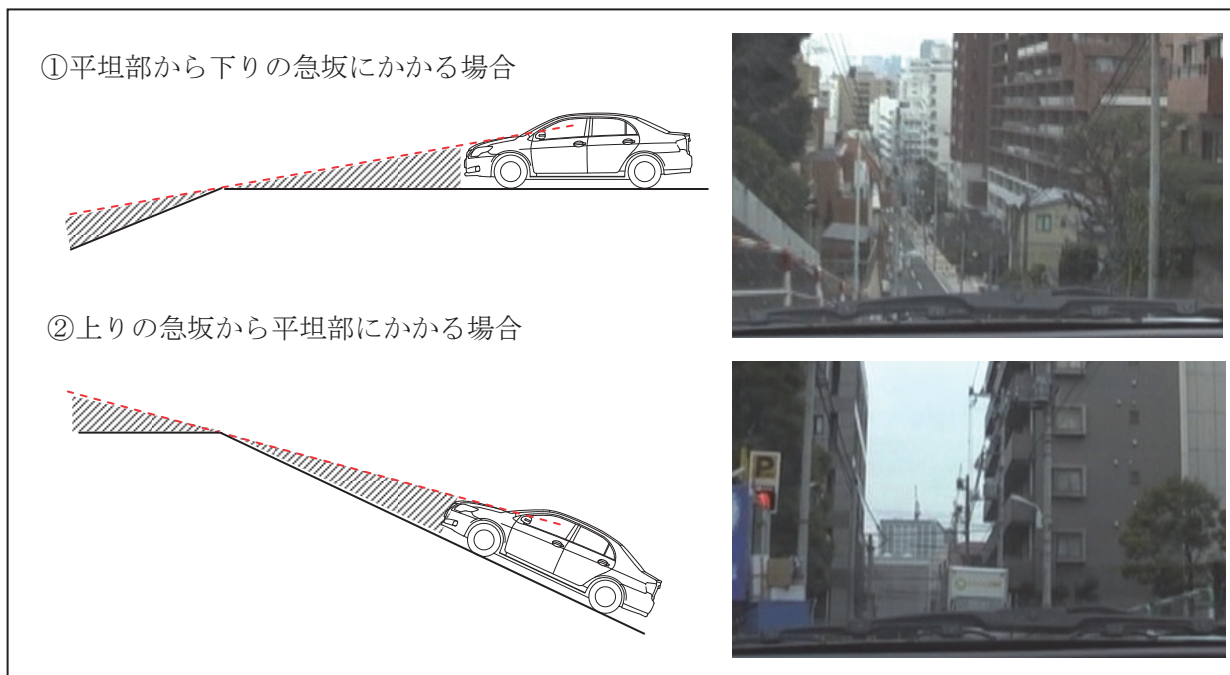


図 3-6 ビデオ撮影による視界の状況

### (4) まとめ

実在する 25%の勾配の急坂を対象に、ヒアリング調査及び現地調査により、交通の実態及び安全性の検討を行った。その結果を整理すると、以下のとおりである。

- ① 交通事故は、坂の下端部で年 1 回程度、発生しているものの、重大事故は発生していない。
- ② 交通規制に関しては、5cm の降雪時には道路管理者が警察と協議の上、通行止めが行われている。また、25%の勾配を示し注意喚起を行う警戒標識が設置されている。
- ③ 車両の走行、制動及び発進に関しては、特に問題はみられない。
- ④ 平坦部から下りの急坂にかかる場合や、上りの急坂から平坦部にかかる場合に、視界が十分に確保されず、危険を感じることもある。

なお、今回の現地調査では、小型自動車を用いた検討しか行っておらず、普通自動車を用いた検討は行っていない点に注意が必要である。

### 3.3 国内外における種々の縦断勾配の基準値との比較

#### 3.3.1 諸外国の基準との比較

諸外国での縦断勾配に関する基準を参考にするため文献調査を行い、表 3-5 に整理した。諸外国の最急縦断勾配の規定については、米国では設計速度が 20 マイル (32km/h) の補助幹線道路 (地方部) の山岳部で 16%、欧州では 40km/h で 9%の基準が定められている。

一方、日本のような低速 (20km/h) での規定値は定められていなかった。

表 3-5 日本と諸外国との縦断勾配に関する基準の比較

単位: %

設計速度 (km/h)	日本	アメリカ									ドイツ	フランス	オーストリア
		幹線道路			補助幹線道路(都市部)			補助幹線道路(地方部)					
		平坦	起伏	山岳	平坦	起伏	山岳	平坦	起伏	山岳			
20	9(12)												
30	8(11)												
32					9	12	14	8	11	16			
40	7(10)										8		9
48					9	11	12	7	10	14			
50	6(9)										8		8
60	5(8)										8		7
64					9	10	10	7	9	12			
70											7		6
80	4(7)	4	5	7	7	8	10	6	8	10	6	6	5
90											5		
96		3	4	6	6	7	9						
100	3(6)										4.5	5	3
112		3	4	5	5	6	7						
120	2(5)										4	4	3
140													3

( )は特例値

日本: 道路構造令、アメリカ: AASHTO、ドイツ: RAS-L、フランス: ICTAAL、オーストリア: RVS、イタリア: CNR

### 3.3.2 道路構造令以外の国内における縦断勾配に関連した基準の整理

表 3-6 及び表 3-7 に、道路構造令以外の国内における道路の縦断勾配に関連する基準の整理を行った。横浜市の占用工事の復旧工事の基準、旧建設省の工事用道路の基準、農林水産省の林道規定及び東京都の道路工事設計基準である。

縦断勾配の最大値は、工事用道路等であっても 15%程度までであり、林道における自動車道 3 級・設計速度 20km/h の特例値で 14%、設置延長 100m として、設計速度 20km/h の特例値で 18%がもっとも大きな縦断勾配であった。



表 3-6 最急縦断勾配と舗装の種類等の適用基準の整理（1）

		横浜市	建設省															
基準名		横浜市道路掘削跡復旧工事標準仕様書	土木工事 仮設計画ガイドブック（Ⅱ） 工事用道路（国土交通省九州地方整備局設計要領も引用）															
発行		昭和58年4月1日制定 平成21年4月1日改正	平成9年 9月30日															
適用範囲		横浜市が管理する道路において、占有者が道路の占有に関する工事（以下「工事」という。）を行う際に守らなければならない一般的事項を示すことにより、安全かつ円滑に施工させることを目的	建設区域内において建設資材・建材・機械及び人員等に運搬・輸送を目的として用いられる道路に適用															
適用条件	範囲	本復旧及び仮復旧	工事完了後に撤去される短期の工事現場内の工事用道路															
	勾配	10%以上	10%～15%以下															
	舗装	舗装設計交通区分L交通以下の道路 本復旧：Co舗装 仮復旧：As舗装	碎石舗装。ただし、勾配を最急の15%程度とする場合は路面の安定及び洗掘等の維持管理を考慮し、仮設舗装を行うこと等の検討が必要															
適用基準 抜粋	<div style="text-align: center;"> <p>(本復旧・仮復旧) S(1) タイプ (縦断勾配が10%以上で L交通以下の時) 単位：cm</p> </div>																	
	<p>3) 縦断勾配</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>一般に縦断勾配は、工事用道路の設計速度に応じて定めるものであるが、現場条件を考慮の上、15%程度以下とすることが望ましい。</p> </div> <p><b>【解説】</b> 道路は、常に同一の走行状態が得られるように設計することが望ましいが、工事用道路は、その目的を達すれば不要となる場合が多く、厳密に一般道に適用される縦断勾配に適合させる必要はない。</p> <p>このため、道路構造令や林道規程をそのまま適用することはできないが、これらの考え方を参考として、通行車輛の登坂能力を考慮し、走行の安全性を充分検討したうえで、適切な縦断勾配を設定することが望ましい。</p> <p>縦断勾配の検討時の留意事項は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 縦断勾配は、坂路の前後における縦断線形や平面線形に左右されるので考慮を要する。</li> <li>・ 登り方向に対しては、工事用車輛が主に空車時あるいは積載時であるかを考慮する。例えば、空車時が多い場合には勾配を大きく、積載時が多い場合には勾配を小さくすることが望ましい。</li> <li>・ 勾配を最急の15%程度とする場合には、路面の安定及び洗掘等の維持管理を考慮し、仮設舗装を行うこと等の検討が必要である。</li> <li>・ 路面排水は、横断勾配を付けて処理するのが一般的であるが、降雨強度、礫石の有無、排水設備の規模等により路面排水が十分行われないことがある。このようなことから、0.3～0.5%程度の縦断勾配を設けることがある。</li> </ul> <p>工事用道路の幅員、最急縦断勾配、路盤工に対する規定値の参考例を表 6.2.2 に示す。</p> <p>表-6.2.2 工事用道路の幅員、最急縦断勾配、路盤工に対する規定値（参考）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>規定値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. 全 幅</td> <td>3.5m ～ 5.0m</td> </tr> <tr> <td>2. 全幅（2車線）</td> <td>8.0m</td> </tr> <tr> <td>3. 有効幅員（砂利敷幅）</td> <td>3.0m ～ 4.0m</td> </tr> <tr> <td>4. 有効幅員（2車線）</td> <td>7.0m</td> </tr> <tr> <td>5. 最急縦断勾配</td> <td>10% ～ 15% 以下</td> </tr> <tr> <td>6. 歩道幅員</td> <td>0.75m</td> </tr> <tr> <td>7. 砕 石</td> <td>W=3.0m～4.0m, t=30cm</td> </tr> </tbody> </table>		項目	規定値	1. 全 幅	3.5m ～ 5.0m	2. 全幅（2車線）	8.0m	3. 有効幅員（砂利敷幅）	3.0m ～ 4.0m	4. 有効幅員（2車線）	7.0m	5. 最急縦断勾配	10% ～ 15% 以下	6. 歩道幅員	0.75m	7. 砕 石	W=3.0m～4.0m, t=30cm
項目	規定値																	
1. 全 幅	3.5m ～ 5.0m																	
2. 全幅（2車線）	8.0m																	
3. 有効幅員（砂利敷幅）	3.0m ～ 4.0m																	
4. 有効幅員（2車線）	7.0m																	
5. 最急縦断勾配	10% ～ 15% 以下																	
6. 歩道幅員	0.75m																	
7. 砕 石	W=3.0m～4.0m, t=30cm																	

表 3-7 最急縦断勾配と舗装の種類等の適用基準の整理（2）

基準名	農林水産省		東京都																																																																																																																																										
	林道規定		道路工事設計基準																																																																																																																																										
発行			平成20年4月																																																																																																																																										
適用範囲	林道規定一解説と運用により、林道の利用形態により舗装路面、設置延長とその適用勾配を規定		舗装編において、As舗装とCo舗装の標準的な適用場所の整理																																																																																																																																										
適用条件	範囲	もっぱら森林施業の用に供する道路		都道全般																																																																																																																																									
	勾配	1.1級林道 V=40km/h 標準値7%以下、特例値10%以下 2.1,2,3級林道 V=30km/h 標準値9%以下、特例値12%以下 3.1,2,3級林道 V=20km/h 標準値9%以下、特例値12~14%以下 4.設置延長100mとして、V=20km/hにおいて、16~18%以下まで適用可		道路構造令の規定値通り																																																																																																																																									
	舗装	砂利舗装、AsまたはCo舗装		As:都道全般 Co:交差点部、踏切および駐停車場内																																																																																																																																									
適用基準 抜粋	<p style="text-align: center;">林道規定(H18年度改正)</p> <p>林道の種類及び区分</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>林道の種類</th> <th>自動車の区分</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">自動車道</td> <td>自動車道1級</td> <td>国道、都道府県道と連絡する幹線</td> </tr> <tr> <td>自動車道2級</td> <td>自動車道1級及び自動車道3級以外のもの</td> </tr> <tr> <td>自動車道3級</td> <td>小利用区域にかかる支線及び分線等</td> </tr> <tr> <td>軽車道</td> <td></td> <td>全幅員1.8m以上3.0m未満のもので軽自動車の通行できるもの</td> </tr> <tr> <td>単線軌道</td> <td></td> <td>地表近くの空中に架設する軌条(複数の軌条を有するものを含む)及び軌条上を走行する車両並びにこれに必要な施設</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">林道規定(H18年度改正)</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>規定値</th> <th>特例値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1級</td> <td>2車線のもの</td> <td>40又は30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>1車線のもの</td> <td>40,30又は20</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>2級</td> <td>30又は20</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>3級</td> <td>20</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>林道の利用形態がもっぱら森林施業の実施である場合は、上表規定値の値を下表の値とする。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>設計速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1級</td> <td>2車線のもの</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>1車線のもの</td> <td>30又は20</td> </tr> <tr> <td>2級</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>3級</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">林道規定(H18年度改正)</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">区分</th> <th colspan="8">縦断勾配</th> </tr> <tr> <th colspan="4">1級</th> <th colspan="2">2級</th> <th colspan="2">3級</th> </tr> <tr> <th colspan="2">2車線のもの</th> <th colspan="2">1車線のもの</th> <th>既定値</th> <th>特例値</th> <th>既定値</th> <th>特例値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設計速度</td> <td>既定値</td> <td>特例値</td> <td>既定値</td> <td>特例値</td> <td>既定値</td> <td>特例値</td> <td>既定値</td> <td>特例値</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>(16) 14</td> <td>9</td> <td>(18) 14</td> </tr> </tbody> </table> <p>林道の利用形態がもっぱら森林施業の実施である場合は、上表規定値の値を下表の値とする。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">区分</th> <th colspan="4">縦断勾配</th> </tr> <tr> <th colspan="2">1級</th> <th>2級</th> <th>3級</th> </tr> <tr> <th colspan="2">2車線のもの</th> <th>1車線のもの</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設計速度</td> <td colspan="2"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td colspan="2">—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td colspan="2">—</td> <td>9</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td colspan="2">—</td> <td>舗装の場合 12 未舗装の場合 9</td> <td>舗装の場合 12 未舗装の場合 9</td> </tr> </tbody> </table>				林道の種類	自動車の区分		自動車道	自動車道1級	国道、都道府県道と連絡する幹線	自動車道2級	自動車道1級及び自動車道3級以外のもの	自動車道3級	小利用区域にかかる支線及び分線等	軽車道		全幅員1.8m以上3.0m未満のもので軽自動車の通行できるもの	単線軌道		地表近くの空中に架設する軌条(複数の軌条を有するものを含む)及び軌条上を走行する車両並びにこれに必要な施設	区分	規定値	特例値	1級	2車線のもの	40又は30	20	1車線のもの	40,30又は20	—	2級	30又は20	—	3級	20	—	区分	設計速度	1級	2車線のもの	—	1車線のもの	30又は20	2級	20	3級	20	区分	縦断勾配								1級				2級		3級		2車線のもの		1車線のもの		既定値	特例値	既定値	特例値	設計速度	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値	40	7	10	7	10	—	—	—	—	30	9	12	9	12	9	12	—	—	20	9	12	9	14	9	(16) 14	9	(18) 14	区分	縦断勾配				1級		2級	3級	2車線のもの		1車線のもの		設計速度					40	—		—	—	30	—		9	—	20	—		舗装の場合 12 未舗装の場合 9	舗装の場合 12 未舗装の場合 9
林道の種類	自動車の区分																																																																																																																																												
自動車道	自動車道1級	国道、都道府県道と連絡する幹線																																																																																																																																											
	自動車道2級	自動車道1級及び自動車道3級以外のもの																																																																																																																																											
	自動車道3級	小利用区域にかかる支線及び分線等																																																																																																																																											
軽車道		全幅員1.8m以上3.0m未満のもので軽自動車の通行できるもの																																																																																																																																											
単線軌道		地表近くの空中に架設する軌条(複数の軌条を有するものを含む)及び軌条上を走行する車両並びにこれに必要な施設																																																																																																																																											
区分	規定値	特例値																																																																																																																																											
1級	2車線のもの	40又は30	20																																																																																																																																										
	1車線のもの	40,30又は20	—																																																																																																																																										
2級	30又は20	—																																																																																																																																											
3級	20	—																																																																																																																																											
区分	設計速度																																																																																																																																												
1級	2車線のもの	—																																																																																																																																											
	1車線のもの	30又は20																																																																																																																																											
2級	20																																																																																																																																												
3級	20																																																																																																																																												
区分	縦断勾配																																																																																																																																												
	1級				2級		3級																																																																																																																																						
	2車線のもの		1車線のもの		既定値	特例値	既定値	特例値																																																																																																																																					
設計速度	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値	既定値	特例値																																																																																																																																					
40	7	10	7	10	—	—	—	—																																																																																																																																					
30	9	12	9	12	9	12	—	—																																																																																																																																					
20	9	12	9	14	9	(16) 14	9	(18) 14																																																																																																																																					
区分	縦断勾配																																																																																																																																												
	1級		2級	3級																																																																																																																																									
	2車線のもの		1車線のもの																																																																																																																																										
設計速度																																																																																																																																													
40	—		—	—																																																																																																																																									
30	—		9	—																																																																																																																																									
20	—		舗装の場合 12 未舗装の場合 9	舗装の場合 12 未舗装の場合 9																																																																																																																																									
				<p>【運用細則】</p> <p>(1) 縦断勾配は、林地へのアクセスの確保、土工量及び構造物等の削減等を勘案し、地形に順応した波形勾配の採用に積極的に努めるものとする。なお、縦断勾配変移点間の距離は、20mまたは縦断曲線長を最小とする。</p> <p>(2) 第20条第1項ただし書きの値（以下例外値という）は、地形、森林施業の作業性、周辺環境への影響、コストなどを総合的に勘案して、区間、勾配ともに必要最小限の範囲に限定して適用するものとする。</p> <p>(3) 例外値を適用する場合の交通安全施設等は、下表を参考に当該箇所の縦断勾配、地形、交通状況等から想定される危険度に応じて適切な施設を設置するものとする。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>施設</th> <th>具体的な内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①登降坂時の運転注意を喚起する標識施設</td> <td>急勾配であることを表示し、運行速度の抑制等を喚起する標識類</td> </tr> <tr> <td>②登降坂時のすべり止め施設</td> <td>①クラッシュラン等の良質な材料による路盤工 ②セメント安定処理工 ③石灰安定処理工 ④舗装 ⑤舗装におけるすべり止め溝 ⑥すべり止め用砂等</td> </tr> <tr> <td>③すべりを生じた場合の逸脱防止施設</td> <td>防護柵</td> </tr> <tr> <td>④急な登降坂下部における緩勾配区間の設置</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(4) 砂利道の林道において例外値を適用する場合は、路面侵食等のおそれが高くなることから、必要に応じ、路面侵食を防止できる構造とする等の措置を講ずるものとする。</p> <p>(5) 曲線部において例外値を適用する場合は、車道内側線の縦断勾配が車道の中心より急勾配になることから、曲線半径の小さな曲線部における急勾配の適用を避けること。</p> <p>(6) 第20条第2項表中における舗装等とは、第22条第1項及び林道技術基準第9章に規定するアスファルトコンクリート舗装及びセメントコンクリート舗装並びに第22条第2項及び林道技術基準第3章第1節路盤工に規定されるコンクリート路面工、セメント安定処理工（ソイルセメントを含む）及び石灰安定処理工をいうものとする。</p>	施設	具体的な内容	①登降坂時の運転注意を喚起する標識施設	急勾配であることを表示し、運行速度の抑制等を喚起する標識類	②登降坂時のすべり止め施設	①クラッシュラン等の良質な材料による路盤工 ②セメント安定処理工 ③石灰安定処理工 ④舗装 ⑤舗装におけるすべり止め溝 ⑥すべり止め用砂等	③すべりを生じた場合の逸脱防止施設	防護柵	④急な登降坂下部における緩勾配区間の設置																																																																																																																																
施設	具体的な内容																																																																																																																																												
①登降坂時の運転注意を喚起する標識施設	急勾配であることを表示し、運行速度の抑制等を喚起する標識類																																																																																																																																												
②登降坂時のすべり止め施設	①クラッシュラン等の良質な材料による路盤工 ②セメント安定処理工 ③石灰安定処理工 ④舗装 ⑤舗装におけるすべり止め溝 ⑥すべり止め用砂等																																																																																																																																												
③すべりを生じた場合の逸脱防止施設	防護柵																																																																																																																																												
④急な登降坂下部における緩勾配区間の設置																																																																																																																																													

### 3.3.3 道路運送車両の保安基準の整理

道路運送車両の保安基準では、下記に示すように、車両の積載状態での登坂能力及びサイドブレーキの制動力を定めている。

- ① 「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示 別添 10(トラック及びバスの制動装置の技術基準)」においては、車両の積載状態での登坂能力を 25%としている。
- ② 車両の保安基準においては、「20%の登り又は下り斜面において、積載状態の試験自動車を停止状態に維持できること」と定められている。(道路運送車両の保安基準の細目を定める告示 別添 12(乗用車の制動装置の技術基準))

### 3.4 縦断勾配の限界に関する検討結果のまとめと考察

道路構造令では、最大縦断勾配は、設計速度 20km/h の時の特例値として 12%と定められている。本章では、自動車が徐行することを前提に、様々な角度から縦断勾配の限界の検討を行った。その結果は、表 3-8 のとおりである。

これらの結果から、徐行を前提とした場合は、縦断勾配の限界を道路構造令の特例値の 12%より大きくできる可能性がある。今後、特に安全上の観点から、縦断勾配の限界について更に検討を深める必要がある。

なお、東京都に 25%の勾配を有する急坂も実在している。ここでは、重大な交通事故は発生していないものの、坂の下端部で年 1 回程度の事故は発生している。また、平坦部から下りの急坂にかかる場合や、上りの急坂から平坦部にかかる場合に、視界が十分に確保されず、危険を感じる場合も生じている。25%の勾配の安全性については、その延長及び縦断曲線半径並びに沿道状況も考慮した慎重な検討が必要と考える。

また、今回の検討では、車いす等の歩行補助機器や自転車等の利用者の観点からの縦断勾配の限界 (4.3 参照) は考慮していない。

表 3-8 縦断勾配の限界の検討結果のまとめ (表 1-1 再掲)

根 拠		縦断勾配 の限界	
道路構造令 (第 1 種、第 2 種及び第 3 種の普通道路) 特例値		12%	
3.1.1	車両の登坂能力	32%	
3.1.2	タイヤの滑り摩擦係数	乾燥時	63%
		湿潤時	44%
		積雪時	15%
3.1.3	ブレーキの制動力	57%	
3.2	東京都に実在する急坂	25%	
3.3.1	アメリカの基準 (AASHTO)	20 マイル(32km/h)	16%
3.3.2	林道規定 (平成 18 年度改正)	自動車道 3 級の特例値	18%
3.3.3	車両の積載状態での登坂能力 (道路輸送車両の保安基準)		25%
3.3.3	サイドブレーキの能力 (道路輸送車両の保安基準)		20%