

斜面の地形工学的見方

土木学会斜面工学研究小委員会
2008年3月14日

鈴木 隆介

中央大学名誉教授
JR東日本・防災研究所・顧問
国際航業・技術センター・顧問

1

話の道筋

1. 地形とは何か
2. 斜面の区分法
3. 斜面の多様性
4. 斜面の長期的安定性

2

地形の本質

地形とは、地形構成物質 (= 地形物質) の移動の結果として生じた地表の起伏形態であり、今後も変化する。

地表面: 固体地球圏と流体圏の境界面
= 陸地面 + 海底面 + 水底面

系1: 地形は、地形物質の移動過程 (= 地形過程) の表れであり、主として4種の変数に制約される。
地形学公式

系2: 地形と地形種の区別:
この区別をしないと、地形の意味が分からないので、
地形から土地の工学的性質が読み取れない。

3

地形学公式

地形量と地形過程の基本的変数の関係を示す経験式・実験式・理論式

$$Q = f(S, A, R, t)$$

ここに、

- Q = 問題とする地形量: geomorphic quantity
 - S = 地形場(元の地形)の地形量 ($S_1 \sim S_n$): geomorphic setting
 - A = 地形営力 ($A_1 \sim A_n$): geomorphic agent
 - R = 地形物質 ($R_1 \sim R_n$): resistance of landform materials
 - t = 地形営力の継続時間 ($t_1 \sim t_n$): duration of acting agent
 - T = 絶対時間(地質学的時間): absolute time or geologic time
- 長期間の地形変化を扱う場合には、 $t = f(T)$ と見なせるから、

$$Q = f(S, A, R, T)$$

• 地形は一つの変数だけの表れではない!

4

地形と地形種: アマとプロ

- 地形 (Landform) : 日常用語
固体地球の表面の起伏形態: 成因を問わない形態用語
例. 山, 高台, 丘, 尾根, 谷, 崖, 平地, 半島, 磯, 浜, etc.
- 地形種 (Geomorphic species) : 地形学用語
特定の地形過程(地形物質の移動過程)で生じた,
特定の形態・内部構造をもつと地形学的に認識された,
地表(地形)の一部分を表す成因用語
例. 日本の地形の5大区分: 火山, 山地, 丘陵, 段丘, 低地
平地: 扇状地, 蛇行原, 三角州, 自然堤防, 後背湿地, 浜堤, etc.
急崖: 段丘崖, ケスタ崖, 断層崖, 熔岩流末端崖, etc.
半島: 陸繋島, 砂嘴, 熔岩流半島, 地すべり半島, etc.
凹地: カルスト凹地, 地すべり凹地, 砂丘間凹地, etc.
火山: 成層火山, 火山碎屑丘, 熔岩円頂丘, 火砕流原, etc.

5

地形種の階層性の例: 河成堆積低地

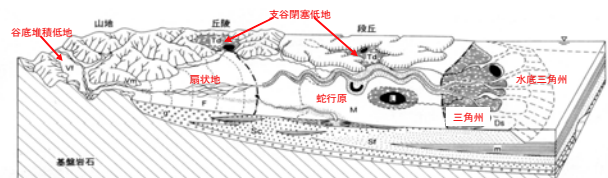


図 6.2.1 5種の河成堆積低地の横式図
Vf: 谷地堆積低地, Vm: 谷口, F: 扇状地, M: 蛇行原, D: 三角州 (Ds: 水成三角州), L: 湖沼, Td: 支谷閉塞低地, g: 礫層, Sc: 粗粒・中粒砂礫, Sf: 細粒砂礫, m: 泥層(シルト・粘土層)。一点太破線は、扇状地、蛇行原および三角州の境界線である。

6

地形種の階層性

1地点の地形種は階層の異なる複数の地形種で呼称しうる。

- ① **平野**(例. 関東平野) = 低地 + 段丘
- ② **低地** = 堆積低地 + 付着低地 + 侵食低地 + 溶食低地 + 集団移動成低地
- ③ **堆積低地** = 河成堆積低地 + 海成堆積低地 + 湖成堆積低地 + 風成堆積低地 (+ 氷河成堆積低地)
- ④ **河成堆積低地** = 谷底堆積低地 + 扇状地 + **蛇行原** + 三角洲 + 支谷閉塞低地
- ⑤ **蛇行原** = 河川敷 + 河跡湖 + 流路跡地 + 自然堤防 + **後背低地** (+ 河畔砂丘)
- ⑥ **後背低地**(広義) = 後背低地(狭義) + 後背湿地 + **後背沼沢地** + 後背湖沼

階層の低い地形種ほど、その形成過程(地形過程)が簡単であるから、それを特定するほど、その地点の自然条件の推論の精度が上がる。
(一地形工学の論拠の一つ)

7

地球表面の高度と深度の頻度分布

「地球表面は斜面の集合」であるが、

普通には、**傾斜5度以上の地表面を斜面**と言う。

- A: 山地
- B: 平野
- C: 大陸斜面
- D: 大洋底
- E: 海溝

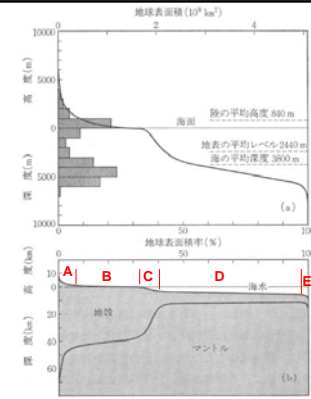


図 5.1 (a) 地球表面の高度頻度分布と高度面積曲線、(b) 図(a)の高度面積曲線を地表断面と見立てて描いた地殻の厚さ分布の概念図

斜面の規模と特徴

表 14.0.1 斜面の規模による分類

	斜面長(km)	変形の主因	頂部-基部の範囲
大陸斜面	$10^1 \sim 10^2$	アイススタシー	大陸棚縁-大洋底
山体斜面	$10^0 \sim 10^1$	地殻変動, 削剝	主分水界-山麓線
丘陵斜面	$10^{-2} \sim 10^0$	削剝	分水界-低地・谷底
急崖斜面	$10^{-3} \sim 10^{-1}$	削剝	遷急線-遷緩線

人為的に改変できる斜面の規模は、斜面長 10^0 km 以下の斜面に限られ、実際には、山地・丘陵・火山・段丘崖などの斜面である。

9

地形界線の分類

表 3.1.1 地形界線の分類

大分類	中分類	小分類	定義*	例または別称
地形線 (地形線)	傾斜方向急変線**	尾根線(凸線)	両側に低くなる線(流水線の突出線)	山脈, 鞍部, 尾根線, 流域界
		谷線(凹線)	両側に高くなる線(流水線の凹出線)	谷部, 沢道
	傾斜角急変線**	遷急線	下方が不適切に急傾斜になる線	侵蝕斜面, 滝段(遷急点)
		遷緩線	下方が不適切に緩傾斜になる線	山麓線, 段丘崖線, 滝段(遷緩点)
	地形点	山頂(凸点)	四週に低くなる点(流水線の突出点)	普通山の頂, 尾根上の突起
		鞍部	一方に高く, 三方に低くなる点	切通山脈(断崖三角未成山の頂など)
本底線 (水成線)	高水成線	山頂	一方に高く, 三方に高くなる点	峠, 集積
		谷底点	一方に低く, 三方に高くなる点	谷間の分岐点, 道合
	頂点	四週に高くなる点(流水線の凹出点)	山頂と頂上の後傾点	
	河原線	洪水量(この流量を越える日数)が年毎5日(以上)の時の水成線	洪水量の境界(堤防の河内側)	
	中等河原線	洪水量(年間18日以上)時の水成線	地形図に描かれた流域	
	低水成線	洪水量(年間275日以上)時の水成線	地形図には描かれていない	
海岸線 (打線)	海岸線	洪水量(年間355日以上)時の水成線	地形図には描かれていない	
	海岸線	同上	小分類は河原線の場合と同じ	
	高潮時打線	高潮時の打線	海岸の上流線	
	中等潮時打線	中等潮時の打線	陸地高度の基準面(地形図の海岸線)	
雪氷線	低潮時打線	低潮時の打線	海成水成の基準面(地形図の海岸線)	
	万年雪線	万年雪線	日本では極めて数点的に存在するにすぎない	
	氷原線	氷河・氷山の範囲・氷原の境界線	日本にはない	

* 1 地形図では「その線から」, 地形図では「その線から」, 本底線と水成線では「その線」をそれぞれ加えて読む。
* 2 傾斜角急変線上の1地点を指す場合は傾斜角急変点または遷急点と称する。また、遷急線および遷緩線上の1地点はそれぞれ遷急点(例: 遷急)および遷緩点(例: 遷緩)とよぶ。傾斜角急変線(傾斜角急変線)は同時に傾斜方向の急変線である場合が多い。

斜面の区分法(=地形線の認定法)

地形線

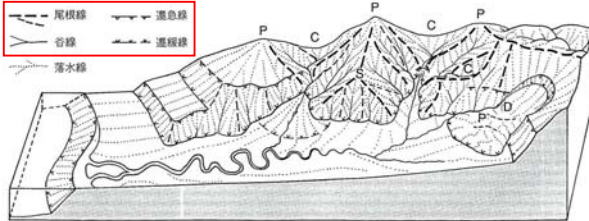


図 3.1.1 地形界線の模式図 細点線: 落水線, 破線: 尾根線, 実線: 谷線, P: 凸点(山頂), D: 凹点, C: 鞍部, S: 山麓
地形点

11

顕著な地形界線の認定例



図 3.1.9 地形界線の描き方の練習図 (2.5万「上牧清水」(宇和島44) 平3 標準)



図 3.1.11 図 3.1.9 の範囲の地形区分図
a: 鞍部線, b: 海成河成線, c: 開削された海成砂礫線,
d: 巨礫線, e: 山頂小頂線, f: 谷内急傾斜線, g: 谷内急傾斜線(谷),
h: 谷内急傾斜線, i: 沖積傾斜線, j: 沖積傾斜線(谷), k: 沖積傾斜線,
l: 沖積傾斜線, m: 沖積傾斜線(谷), n: 沖積傾斜線(谷), o: 沖積傾斜線(谷)

地形・地質・
地形過程の
関連



19

地形・地質・
水文条件の関連

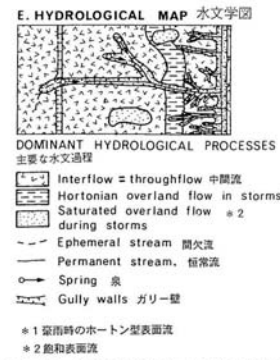
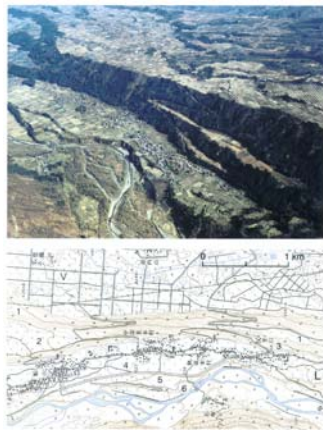


図 3.1.10 b 鳥居的地形地質スケッチの地区の地形形成過程図 (C)、地形過程図 (D) および水文学図 (E) (Brunsdén et al. の原図を Selby, 1993, が改訂したものを配図替えし、和訳を付けてある)

0

斜面の多様性



21

斜面傾斜の各種の表示法

表 3.1.4 斜面傾斜の各種表示法 (定義の記号は図 3.1.12 と同じ)

傾斜の表示名	単位	定義	表示例	備考
傾斜角	度、分、秒 (°, ', ")	$\theta = \angle ABC$ $\tan \theta = h/D$ $1^\circ = 60' = 3600''$	$32^\circ 24'$ ($\approx 32.4^\circ$)	1. もっとも一般的に使用。 2. 野外で一定傾斜を角度表示で設定するのは困難。 3. 微小な角度の表示に不便。
傾斜分数	ない	$h/D = 1/x$	$x = 2.5$ のとき、 $1/2.5$ と表示	1. 土木工事の現場で常用。 2. 野外で一定傾斜を設定するのに便利。 3. 法面のような、 $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲の表示に便利。
法率 (法面勾配)	割、分	$h/D = 1/x$ のときの x の整数を割、小数第 1 位を分とよぶ	$x = 2.5$ のとき、 割 5 分 という	
傾斜比	ない	$\tan \theta = h/D = x$	$x = 2.5$ のとき 2.5 、 $x = 0.025$ のとき 2.5×10^{-2} 、 $x = 0.025$ のとき 2.5×10^{-4} 、 などと表示	1. 地形図上での計測結果の表示が容易。 2. 傾斜比の有効数字とその桁数を表示する場合が多い。 3. $x/100$, $x/1000$ と表示することもある。 4. 微小角度の表示に便利なので、既地の傾斜や河床勾配などに常用。
傾斜百分率	パーセント (%)	$(h/D) \times 100 = x\%$ $x\% = 100 \tan \theta$	$x = 2.5$ のとき、 25%	1. 傾斜比と同じ意義をもつが、 $x\%$ を書き添えると面倒する。
傾斜千分率	パーミル (‰)	$(h/D) \times 1000 = x‰$ $x‰ = 1000 \tan \theta$	$x = 2.5$ のとき、 2.5‰	2. $2.5 \times 10^{-3}\%$ などという表示は傾斜比と混同するので不適切。
アルタン	アルタン (altan)	$1 \text{ altan} = 10 \log \tan \theta + 3$ $= 10 \log (1000 \tan \theta)$	$0^\circ = 0 \text{ altan}$ $1.82^\circ = 15 \text{ altan}$ $45^\circ = 30 \text{ altan}$	1. $\text{angle} \log \text{ tangent}$ の略。 2. 傾斜内の微小変化は一般に小さな角度の地表ほど重要になるので、斜面地形研究で使用される。

22

傾斜による斜面の分類と斜面の慣用的呼称

傾斜角 (度)	本書	土木用語集 (1977)	鳥居等編訂人の訳注集 (1980)	斜面学辞書 (1969)	傾斜角 (度)	傾斜角 (度)
90	垂直	垂直	垂直	垂直	90	垂直
75	急峻	急峻	急峻	急峻	75	急峻
60	急傾	急傾	急傾	急傾	60	急傾
45	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	45	急斜面
30	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	30	急斜面
15	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	15	急斜面
10	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	10	急斜面
5	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	5	急斜面
3	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	3	急斜面
1	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	1	急斜面
0.5	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	0.5	急斜面
0.1	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	0.1	急斜面
0.05	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	0.05	急斜面
0.01	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	0.01	急斜面
0.005	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	0.005	急斜面
0.001	急斜面	急斜面	急斜面	急斜面	0.001	急斜面

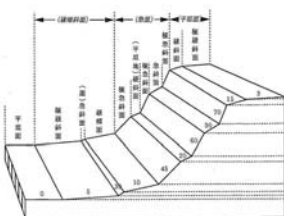


図 3.1.15 斜面の相対的・慣用的な呼称 図中の数値は傾斜角 (度) を示す。カッコ内の用語は相対的・慣用的な呼称であり、それ以外は実際の角度を表 3.1.4 にしたがって区分した用語である。

緩傾斜な斜面ほど細分される。
∴物質移動過程が微妙に異なる。

23

斜面の平均傾斜の例

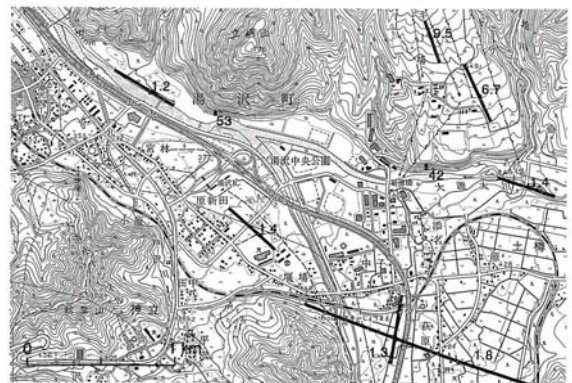


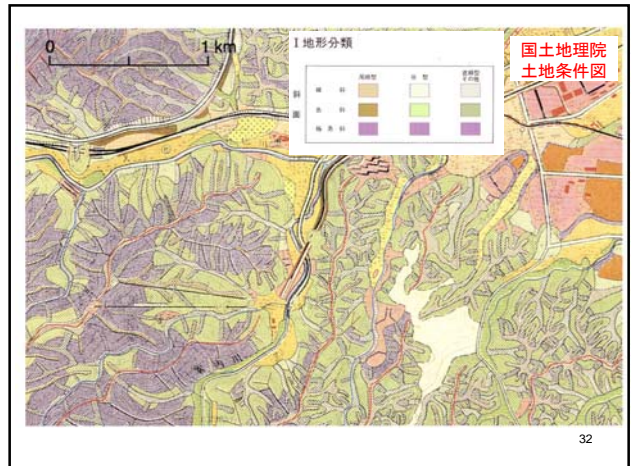
図 3.1.17 地表傾斜の計測練習図 (丘陵・段丘・低地の場合) (2.5 m 間隔法) (高田 3・3 平 4 巻)

国土地理院「土地条件図」の斜面分類

I 地形分類

斜面	緩斜	尾根型	谷型	崖断型その他
	急斜			
	極急斜			

傾斜角を重視しているようである。



単位地表面

表 3.1.3 単位地表面の分類基準

分類基準	分類された単位地表面の例	
斜面形態	傾斜角	平坦面、緩斜面、急斜面、崖、オーバーハンク
	断面形状	凸形斜面、等背斜面、凹形斜面
	水平断面形状	尾根型斜面、直線斜面、谷型斜面
地形過程	侵蝕面、堆積面、付着面、定着面、亀裂面、新成変位面など	
形成営力	河成面、海成面、氷成面、集積移動成面、火山成面、変位面など	
地形物質 (地形物質)	岩盤面(硬岩面、軟岩面)、砂礫質面、砂質面、泥質面、火山噴出物面、流れ礫斜面、受け礫斜面など	
時間	形成時代	更新世面(洪積面)、完新世面(沖積面)、下末古期面、立川期面、など
	形成順序	侵蝕面、前輪回面、新期面、古期面、など
地形場: 相対位置の形容詞として使用	頂面、山脈、山麓、分岐、窪地、川底、谷口、河川、湖沼、海岸、海底、地底、崖部、基盤、上部・中部・下部、最上位・上位・中位・下位・最下位、など	

自然斜面の多様な分類基準

表 14.0.2 斜面 (自然斜面) の分類基準と分類例

分類基準	斜面の分類例	本書中の参照図法
傾斜角	(平)斜面、極緩斜面、緩斜面、急斜面、崖、オーバーハンク	図 3.1.14
断面形状	凸形斜面、等背斜面、凹形斜面	表 3.1.18、図 14.0.1
	垂直断面形状と水平断面形状の組み合わせによる斜面形状の9種分類	
水平断面形状	尾根型斜面、直線斜面、谷型斜面	図 13.1.11、図 13.1.12、図 6.1.08、図 6.2.32
	何成斜面 河成斜面 (改修斜面、消込斜面、直走斜面) 河成堆積斜面 (自然成形の前面・後面斜面)	
地形学的な斜面の形成過程 (形成営力と物質移動過程)	海成斜面 海成侵蝕斜面 (海蝕面、懸崖状斜面、波砕懸崖状面)、プランジング崖、海成堆積斜面 (三角洲の前置斜面)	図 7.3.1、表 7.3.1、図 6.2.32
	集積移動 堆積斜面 (扇状地、扇状地、扇状地)、地すべり堆積面、地すべり準堆積面、未成斜面・傾斜斜面、土石流斜面 (土石流準、沖積面)、陥没面	
地形物質 (地形物質)	氷成斜面 氷蝕斜面 (カール壁、U字谷の谷壁など)、扇状斜面	図 17.0.1
	風成斜面 砂丘 (風上斜面、風下斜面)	
形成順序	火山斜面 噴出物定着斜面 (砕岩流面、火砕流準堆積面、降下火砕物堆積面)、火山成堆積面 (火口壁、カルデラ壁)、火山成堆積面	図 15.1.1
	変動斜面 新成変位斜面 (断層面)、撓曲斜面、屈折曲斜面	
地形場: 相対位置の形容詞	その他 サンゴ斜面、カルスト斜面 (鐘乳・柱状斜面)	図 8.0.6
	岩質 花崗岩斜面、斑岩斜面、石英岩斜面、蛇紋岩斜面、シラス斜面	
形成過程	傾斜度 急傾斜面 (硬岩斜面)、地盤斜面 (硬質・砂質・泥質斜面)	表 2.3.11、表 2.3.13
	相対傾度 水平斜面、緩急斜面、平行斜面、逆行斜面、垂直斜面、受け斜面	
地形場: 相対位置の形容詞	侵蝕斜面、古期斜面、前輪回斜面、新期斜面など	図 14.0.13
地形場: 相対位置の形容詞	山頂・山麓・山麓、河川、対峙付壁 (改修壁、消込壁、直走壁)、崖岸、海岸、海底、地底、斜面全体 (砂盤斜面、段丘面、海蝕面など) の頂部・上部・中部・下部・基盤、段丘面の前面・後面、侵蝕面の上・下・方、他の地形種との相対位置など	

斜面縦断形状の地形量

表 14.0.3 斜面縦断形状に関する主な地形量 (図 14.0.2 参照)

地形量	記号	定義
斜面長 (ground-surface length)	L_g	
斜面高 (relative height)	h	
水平距離 (horizontal length)	L	
空気斜面長 (air-length)	L_a	
曲率 (crest curvature)	C_c	
基礎曲率 (basal curvature)	C_b	
見通し平均傾斜 (air-mean angle)	θ_{mean}	$\tan \theta_{mean} = h/L$
名目平均傾斜 (nominal mean angle)	θ_n	$\sin \theta_n = h/L_g$
最大傾斜 (maximum angle)	θ_{max}	
曲率方向の変換数 (number of changes of direction of curvature)	N_c	
傾度 (slope simultaneity)	P_s	$P_s = L_g/L_a$
凹凸度 (slope roughness)	R	$R = L_g/N_c$
各部 (単式斜面) の斜面高*	h_n	
各部の水平距離*	L_n	
各部の見通し傾斜*	θ_n	$\tan \theta_n = h_n/L_n$
断面式 断面式斜面の各部分の比高傾成*	E_n	$E_n = h_n/h$

* : 凸形斜面のみを例示。

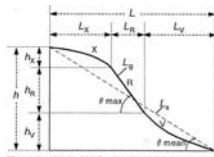


図 14.0.2 斜面 (複式斜面) の地形量の定義 (参照 表 14.0.3)
X: 断面式斜面、R: 中級傾度、V: 基礎傾度

縦断形の異なる単式斜面の組み合わせ

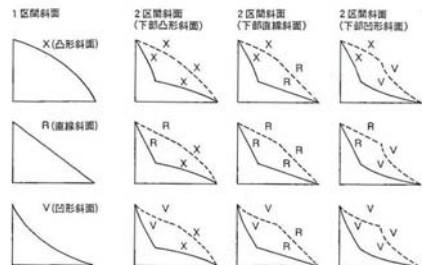


図 14.0.3 単式斜面の縦断形 (左端の列) ならびに 2 区間複式斜面の縦断形の組み合わせ (右 3 列)

2 区間複式斜面では斜面の上部で下部より緩傾斜の場合 (破線) と急傾斜の場合 (実線) が描かれている。

斜面縦断曲線の区分



図 14.0.4 3 区間複式斜面 (上) と 4 区間複式斜面 (下) の基本的類型 (Chorley et al., 1984, Fig. 11.2)

斜面の形態的区分の練習図

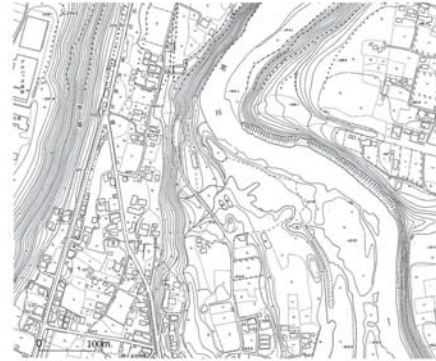


図 14.0.3 大規模地形図による斜面の形態的区分の練習図 (原文図同程度、1:5,000、30x40、資料提供、巻 13, 400 頁、巻 13 点線を補記)

斜面の形態的区分の練習の回答例



図 14.0.6 図 14.0.5 の読図による段丘崖の斜面型の区分 (X, R, V) は図 14.0.1, 傾斜交換線は図 3.1.10A とそれぞれ記号が同じ。横線部は段丘面で、数字は下位段丘面の区分名称。Sm は中位段丘面。斜方部は人工改変地。図中の直線と番号は図 14.0.20 の実測断面図の位置と番号。実測断面線 32 の下端付近の凹形斜面は麓斜面である。

斜面の形態的区分の練習の回答例

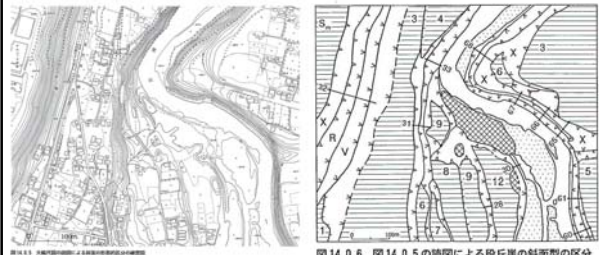


図 14.0.5 図 14.0.5 の読図による段丘崖の斜面型の区分 (X, R, V) は図 14.0.1, 傾斜交換線は図 3.1.10A とそれぞれ記号が同じ。横線部は段丘面で、数字は下位段丘面の区分名称。Sm は中位段丘面。斜方部は人工改変地。図中の直線と番号は図 14.0.20 の実測断面図の位置と番号。実測断面線 32 の下端付近の凹形斜面は麓斜面である。

地層の相対傾斜の定義

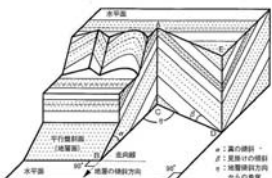


図 14.0.11 地層の真の傾斜 (α) と見掛けの傾斜 (β) 地層が平らであっても、斜面が曲面であると (図左方の斜面), 見掛けでは地層が彎曲して曲がっているように見えることに注意。

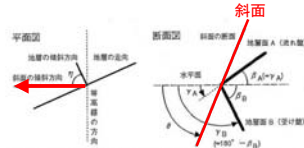


図 14.0.12 地層の見掛けの傾斜 (β) と相対傾斜 (γ) 断面図 (右図) は、平面図 (左図) における斜面の補射方向の断面である。

斜面傾斜 (θ) と地層の相対傾斜 (γ) の組み合わせによる斜面分類

	H	D	P	N	V	I
普通斜面 common slope ($0^\circ < \theta \leq 90^\circ$)						
用語	水平盤 horizontal dip	経目盤 daylighting dip	平行盤 parallel dip	逆目盤 hangnail dip	垂直盤 vertical dip	受け盤 infacing dip
定義	$\gamma = 0^\circ$	$0^\circ < \gamma < \theta$	$\gamma = \theta$	$\theta < \gamma < 90^\circ$	$\gamma = 90^\circ$	$90^\circ < \gamma < 180^\circ$
斜面の安定性	安定	極めて不安定	安定⇔不安定	安定	安定⇔不安定	安定
反斜面 (小規模) overhang ($90^\circ < \theta < 180^\circ$)						
用語	反水平盤 anti-horizontal dip	反経目盤 anti-daylighting dip	反垂直盤 anti-vertical dip	反逆目盤 anti-hangnail dip	反平行盤 anti-parallel dip	反受け盤 anti-infacing dip
定義	$\gamma = 0^\circ$	$0^\circ < \gamma < \theta$	$\gamma = 90^\circ$	$90^\circ < \gamma < \theta$	$90^\circ < \gamma = \theta$	$\theta < \gamma < 180^\circ$
斜面の長期的存在	常に存在する	存在しない	存在しない	存在しない	常に存在する	存在する

図 14.0.13 地表面傾斜 (θ) と地質的不連続面 (地層面, 節理面など) の相対傾斜 (γ) の組み合わせの区別

流れ盤と受け盤の分類だけでは荒っぽ過ぎる!

実存する段丘崖の傾斜(θ)と地層の相対傾斜(γ)の関係

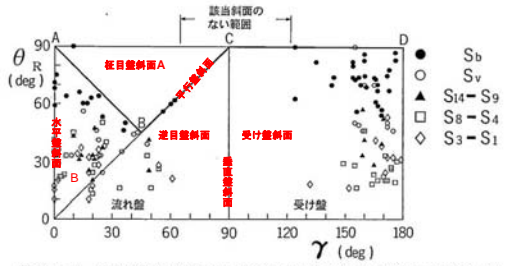


図 14.0.14 秩父盆地荒川沿岸における岩石段丘崖の中部等斉斜面の傾斜角 (θ) と岩盤 (第三系) の相対傾斜 (γ) の関係 (Suzuki and Nakanishi, 1990)
 段丘崖の形成年代 (T) で、段丘崖が次の 5 群に区別されている。Sb: 現成段丘崖 (裸岩斜面, $T=0.5$ ka), Sv: 現成段丘崖 (植生被覆斜面, $T=1$ ka), S₁₄-S₉: 最下位の段丘崖群 ($T=1.5\sim4$ ka), S₈-S₄: 中下位の段丘崖群 ($T=5\sim9$ ka), S₃-S₁: 上下位の段丘崖群 ($T=10\sim30$ ka)。

43

硬岩の段丘崖の傾斜(θ)と地層の相対傾斜(γ)の関係

調査地域:
 犀川(明科—信濃新町)
 大井川(千頭—家山)・寸又川

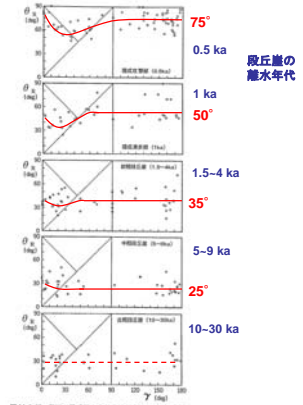


図 14.0.15 犀川の段丘崖の中部等斉斜面の傾斜 (θ) と基盤岩盤の相対傾斜 (γ) の関係 (横軸は γ , 縦軸は θ)。図 14.0.14 の S_b、S_v、S₁₄-S₉、S₈-S₄、S₃-S₁ の各群の傾斜角はそれぞれ異なる年代 (T) を示す。

44

斜面物質とその収支の異なる斜面各部の概念

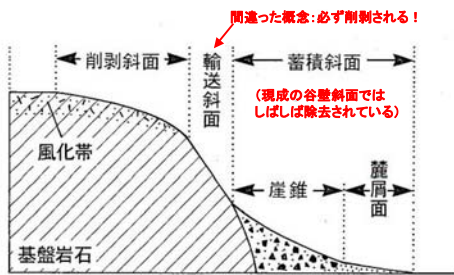


図 14.0.15 斜面物質の収支の異なる斜面各部の概念

45

古典的な斜面発達モデル

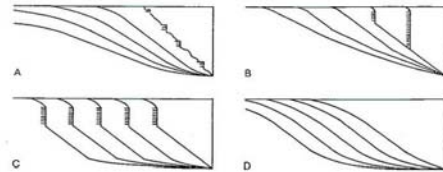


図 14.0.19 古典的な斜面発達モデルの例 (Young, 1969)
 A: 減傾斜後退説, B: 斜面交代説, C: 平行後退説 (自由面を伴う場合), D: 平行後退説 (自由面を伴わない場合)
 各仮説の数本の縦断曲線は、斜面発達の途中経過の縦断形を示すが、水平距離と高さの絶対値の目盛はなく、その経過時間は絶対時間間隔とは無関係である。

斜面各部の内部構造を無視していることに注意! 46

斜面発達の追跡データ (高さ5フィートの側溝の壁)

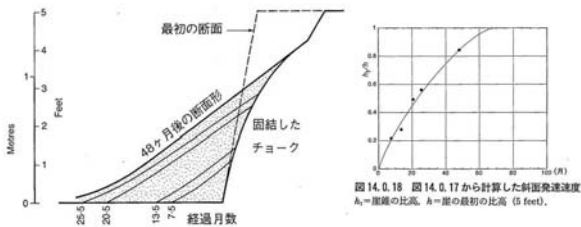


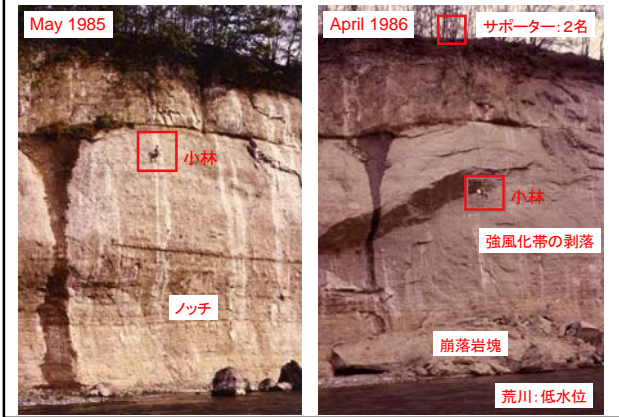
図 14.0.17 実験斜面で観察された斜面発達 (Proudfoot, 1970)

47

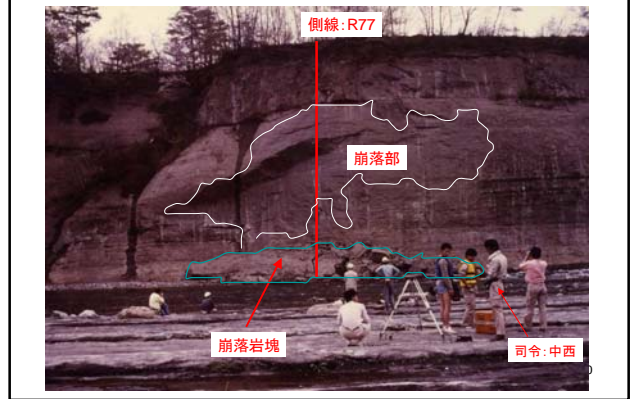
岩石段丘崖の斜面発達



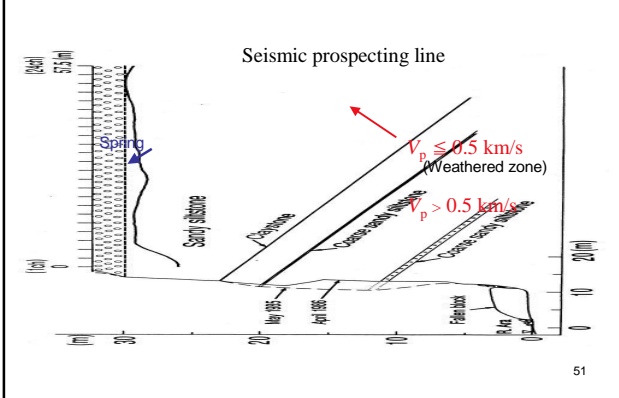
岩石段丘崖の斜面発達



秩父: 岩石段丘崖の岩盤崩落

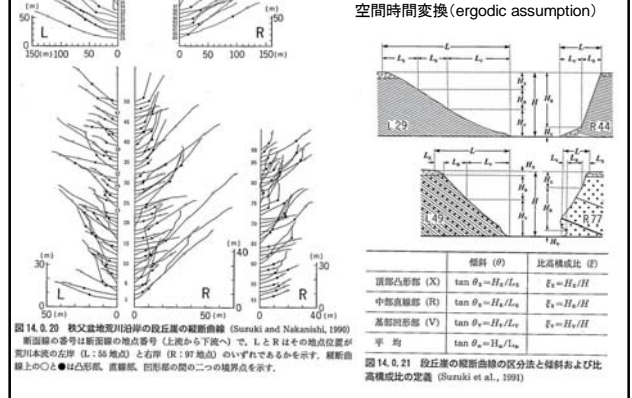


岩石段丘崖の斜面発達 (現成段丘崖の崩落)

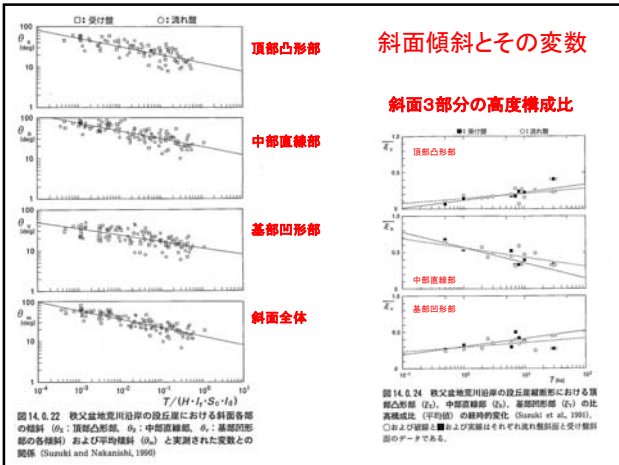


51

実際の斜面発達



斜面傾斜とその変数



斜面減傾斜速度の地形学公式 (経験式)

Rates of decline of slope

$$\frac{d\theta}{dT} = -\alpha\beta \left(\frac{1}{H} \cdot \frac{P \rho w}{I_r S_c I_d} \right)^{\beta} T^{-(\beta+1)}$$

- 地形量: θ_c = angle of each segment or mean angle of terrace scarp (degree),
 - 時間: T = scarp age (ka),
 - 地形高: H = scarp height (m),
 - 地形量力: P = mean annual precipitation (mm/year),
 - 地形物質: ρ = mean unit weight of the materials transported during slope evolution (gf/cm³),
 - 地形場: w = unit width on a scarp (1 m),
 - 地形物質: I_r = effective relative-dip index of scarp-forming bedrock (dimensionless),
 - 地形物質: S_c = compressive strength of bedrock (MPa),
 - 地形物質: I_d = discontinuity index of bedrock (dimensionless).
- α and β are dimensionless constants different in the values according to three segments of slope.

54

長期的な斜面発達 の予測例

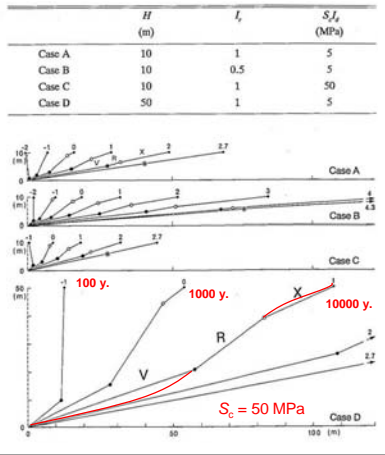


図 14.0.26 秩父盆地荒川沿岸における段丘崖崩壊形態の経時的変化速度を基礎とした斜面発達予測例 (Shiraki et al., 1995)

断崖状の断面 (R)、崩壊岩石の相對経路 (L) および断面 (X, V) の位置や異なるケース (Case) によって予測的な変位を示す。断面は崩壊と崩壊前部の断面は等価に等価であるが、この図では崩壊で示されている。断面は崩壊の進展の速度によって異なる時間経過を示す。図では断面に示したとおり、断面の初期位置、断面の初期位置を 50 MPa とおいたときも示す。ただし、 $k=1000$ 年。

斜面発達の行方

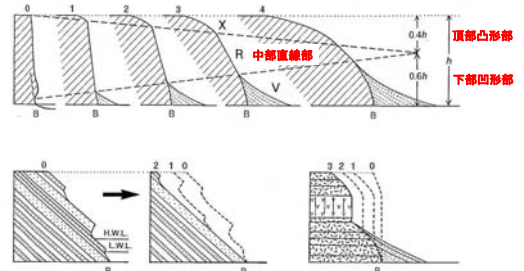


図 14.0.27 秩父盆地荒川沿岸の河成段丘崖の斜面発達を基礎とする、斜面発達の定量的経験モデル。数字は時間の経過であり、絶対時間の間隔は不問である。上図は受け継がれた断面の場合である。X, R, V は凸形斜面、直線斜面、凹形斜面をそれぞれ示す。B は最大時 (時点 0) の斜面基点の位置を示す。h は斜面の最初の比高である。下左図は流れ型斜面、下右図は水平型で断面中腹に硬岩層の自由面をもつ場合である。断面は省略されている。

斜面の多様性

任意地区の斜面は、右表の分類基準によって、さまざまに分類され、その組み合わせは極めて多様である。

よって、丁場の斜面がどのような組み合わせの斜面であるかを認識することが肝要である。

斜面構成物質は、その場での直近過去の地形過程で移動されずに、残っている物質である。

表 3.1.3 単位地表面の分類基準

分類基準	分類された単位地表面の例
始斜的	平坦面、緩斜面、急斜面、崖、オーバーハング
	断面形状
断面形状	凸形斜面、等背斜面、凹形斜面
	水平断面形
地形過程	侵蝕面、堆積面、付着面、定着面、複製面、新成変位面など
形成営力	河成面、海成面、氷成面、集積移動成面、火山成面、変位面など
地形物質 (地形物質)	岩盤面 (硬岩面、軟岩面)、砂礫質面、砂質面、泥質面、火山噴出物面、流れ礫斜面、受け継がれた面など
形成時代	更新世面 (洪積面)、完新世面 (沖積面)、下末古期面、立川期面、など
形成順序	形成面、高輪面、新成面、古期面、など
地形場：相對位置の形容詞として使用	山頂、山腹、山麓、谷壁、崖頂、崖底、谷口、河岸、湖岸、海岸、海底、地底、頂部・基部、上部・中部・下部、最上位・上位・中位・下位・最下位、など

工学者のための、地形一般についての参考書: PR

建設技術者のための地形図読図入門

第4巻 火山・変動地形と応用図

鈴木隆介著

全1322頁

建設技術者のための地形図読図入門 1 地形図の基礎

建設技術者のための地形図読図入門 2 地形

建設技術者のための地形図読図入門 3 地形図の応用

建設技術者のための地形図読図入門 4 火山・変動地形と応用図