

斜面変動因子に関する概念 - 図解の試み -

Idea on the Causative Agencies of Slope-movement - Tentative Illustration -

野崎 保（株式会社中部日本鉱業研究所）

Tamotsu NOZAKI (CNK Geotechnical Institute Inc.)

キーワード：斜面変動因子、素因、誘因、図解

Key words : Causative agencies of slope-movement, Primary cause, Triggering cause, Illustration

1. はじめに

平成 6 年度から 12 年度にわたって、藤田崇大阪工業大学教授（現名誉教授）の発案のもとに、日本応用地質学会に 6 つのワーキンググループからなる「斜面地質に関する研究特別委員会」が設置された。本委員会は 2 期にわたったが、第 1 期の活動終了後に各グループの代表者を中心に編集委員会が組織され、その成果が 1999 年に「斜面地質学の現状と課題」と題する冊子として刊行された。筆者は「斜面変動の地質素因」グループの一員として活動し、その経過と成果を 1996 年 10 月に開催された「斜面地質に関するシンポジウム」において報告した（野崎ほか，1996）。また、最終成果は、上記冊子第 2 章に「斜面変動と地質」としてまとめられている（横山，1999）。ここでの議論はリーダー

であった現横山俊治高知大学教授によってまとめられたものであり、概ね当グループの統一された見解であるが、細部においては構成員それぞれに異なった考え方が残ったのは致し方のないことである。また、すべてに当てはまるような定義付けは困難であり、議論もやや難解なものとなっていることは否めない。そこで、ここでは再度筆者なりの考え方をまとめておくこと、こうした議論は本学会においてこそ重要な課題であり、上記委員会の成果を初学者や専門外の方々にも広く知っていただくことを意図し、図表による解説を試みた。試みである。

2. 最近の考え方

表 - 1 は Terzaghi(1950)によってまとめられたものであり、地質あるいは岩質に関する観点

表 - 1 地すべりに至るプロセス(Terzaghi, 1950 野崎訳)

A	B	C	D	E	F
原因も	原因を伴う結果・過程	原因の作用形式	作用に及ぶ重要な斜面物質	主要因の特性	斜面の破壊機構への影響
地質素因	斜面施工あるいは除去	1. 斜面高の増加	あらゆる物質	斜面構成物質の応力状態の変化	せん断応力の増加
誘因の力	構造運動	2. 地盤の大幅な変形	硬質で割れ目の発達した粘土・頁岩	応力状態の変化と割れ目の発生	せん断応力の増加とプロセスの開始
誘因の力あるいは 誘因のあるいは 誘因物	地震あるいは津波	3. 高周波振動	あらゆる物質	斜面と配の増加	せん断応力の増加
斜面構成物の重量	斜面の形成過程	4. 斜面土のクリープ	粘土質の土	一時過応力変化の発生	せん断力の減少とせん断力の増加
水	斜面あるいは崖壁	5. 斜面土の乾燥	粘土質の土	粘土割れ目の増加	せん断力の減少
		6. 断面内の空気の移動	乾燥した土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		7. 開口割れ目内の空気の移動	乾燥した土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		8. 断面に付着する水の減少	乾燥した土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		9. 化学的風化	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		10. 凍結による水の移動	凍結した土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		11. 水質の形成と溶解	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		12. 行水	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		13. 斜面土質に付着した水の減少	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少
		14. 粘土質配の開始	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少
15. 斜面構成物質内の 地下水面上昇	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少		
16. 断面内の水の減少	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少		
17. 断面内の水の増加	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少		
18. 断面内の水の減少	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少		
19. 断面内の水の増加	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少		
20. 断面内の水の減少	粘土質の土	断面内の乾燥	せん断力の減少		

(Terzaghi, 1950)

がやや不足しているようにも思われるが、現代の認識と大きな相違はなく、地すべり（斜面変動）に関与する因子は多種多様であることがわかる。また、我が国における斜面変動因子に関する議論は、20 世紀初頭に遡るが（藤田, 1999）、ここでは最近の考え方のみをまとめておくことにする。

一般には、斜面変動の構成物質の性質に関する「地質要因」、発生現場としての「地形要因」、それらの要因に影響して斜面変動を発生させる「外的要因」に 3 大別して考えることができようである。このような発生要因に関しては、多くの研究者の見解があるが、最近の代表的なものとしては、植村、羽田野、藤田の見解がある（藤田, 1999）。

植村（1974, 1980）は、地質学的な観点から地すべり因子としての素因を材料物質の性質に関するものと、それを取り巻く環境に関するものに 2 大別し、前者を「物質因子群」、後者を「環境因子群」と呼んだ。そして、「物質因子群とは岩質や土質あるいはその内部構造に関するものであり、地すべりの内的原因（内因）であるとみることができる。環境因子群とはもっぱら「場」の因子である温度・圧力・水などであり、物質因子を変化させて地すべり発生の難易をコントロールする役割を担っており、その意味から外的条件（外因）と呼ぶにふさわしい。一方、誘因は素因の臨界状態を誘発する原因といふことができ、具体的には豪雨とか地震とか地すべり発生の引きがねに当たるものことである。」と述べている。

羽田野（1974a, 1974b）は、地形的観点から崩壊性の斜面変動を主体とした発生要因を、地形要因・物質要因・変動要因の 3 つに分けた。物質要因はほぼ植村の物質因子に相当するものであり、地形要因は様々な地形の形状から生ずる要因であり、物質要因と深く関連しているものと考えている。また、変動要因は降雨・地震・水文・植生・人為といった植村の環境因子に相当するものに加え、地形の発達史などを含めたも

のである。

藤田（1990, 1994）は、植村・羽田野の考えを参考に発生要因を物質要因と場の要因に 2 大別した。物質要因は、植村・羽田野の見解とほとんど同じであるが、地下水を含めている。場の要因は、山地の成長などに伴われる斜面の形成機構に関する因子群や植生・表流水なども含めているので、植村の環境因子あるいは羽田野の変動要因といった要素を含んでいる。

### 3. 斜面変動因子の考え方と図解の試み

図 - 1 は以上のような 3 者の考えを統合し、斜面変動（地すべり）の構成因子とその相互関係を図式的に表してみたものである。すなわち、この図は内因としての物質因子である岩質・地質構造・地下水（この場合は主に結晶水や処女水など）に外因としての環境因子である温度・力・水（この場合は主に地表からの浸透水や一時的な地下貯留水など）が作用して斜面変動の素因が醸成されると共に、地形因子が関係するというメカニズムを示したものである。また、物質因子群と環境因子群の時間的变化は、図 - 2 のように、問題とする現象が作用する時間の長さに応じて短期・中期・長期的な要因に区別して考えることが必要であろう。短期的な要因は、外因の一時的で急激な変化であり、それが

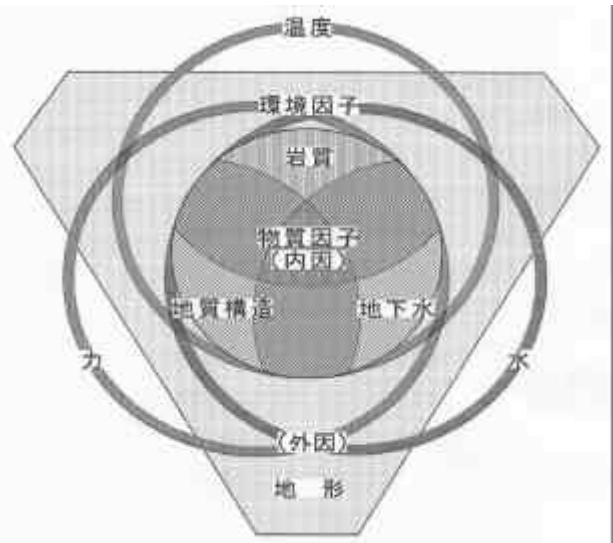


図 - 1 斜面変動因子の相互関係

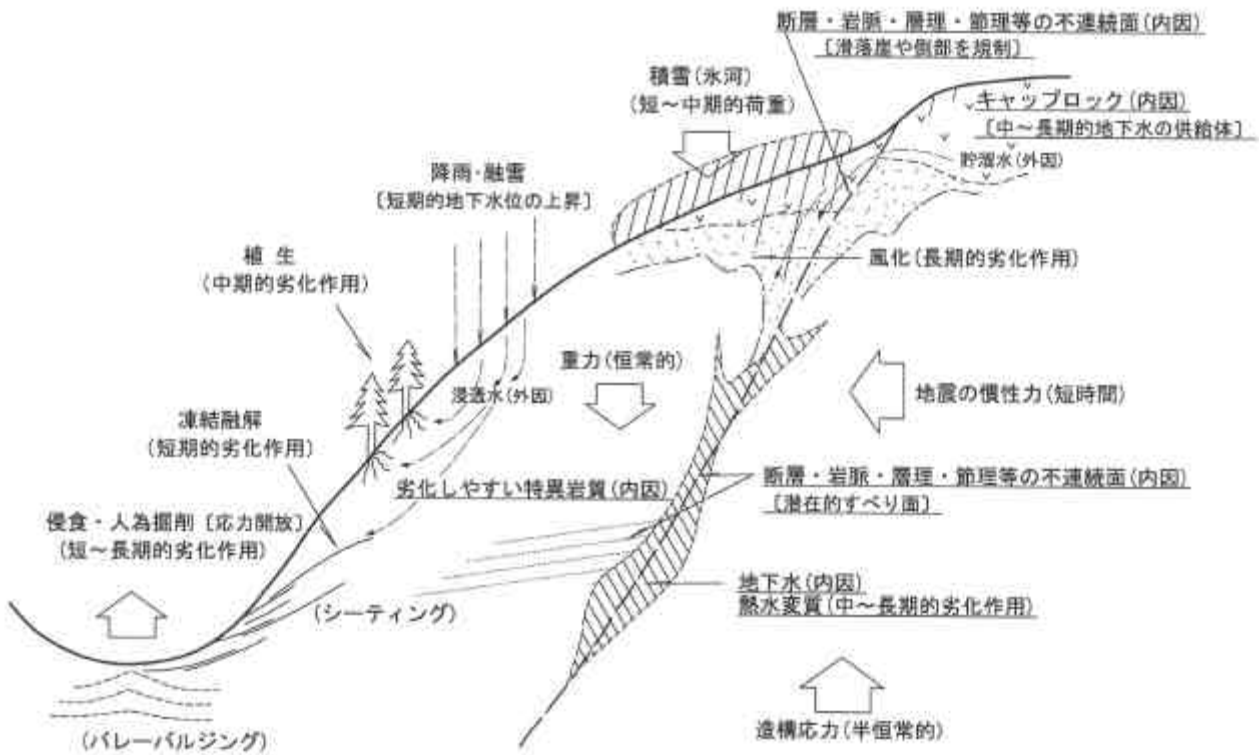


図 - 2 様々な斜面変動因子の概念図

直接的な斜面変動の引きがねとなった場合が誘因と呼ばれることになる。横山(1999)は、このような誘因は、その直前にのみ作用するのではなく、それ以前から地質体に作用し、素因を醸成する働きをすると述べている。すなわち、臨界状態（安全率  $F_s=1.0$ ）に達するまでは誘因が作用するたびに不安定化が急速に進行し、臨界状態を越える誘因が作用した時点で初生変動が発生することになる。横山は直接的な引きがねとなったケースをそれまでの多くの誘因とは区別して「直前の誘因」として定義付けている。しかし、それは「トリガー」としてのみの意義であり、すべての誘因は単に外因の一時的な急変であり、それ自体は特別なものではない。

ところで、一見特に直前の誘因が無くても変動する場合がある。長期的な要因は斜面構成物質の主として風化・変質で示され、このような要因のみに支配された斜面変動は、植村(1980)のいう素因型ということになるであろう。だが、実際には中～長期的な要因によって培われた条件下において、短期的な要因がある時突然にそ

の臨海状態を誘発するというのが一般的な様式であり、これが誘因型ということになるであろう。こうした考え方は、図 - 3 に示すように、すでに Terzaghi (1950) によって図式化されている。横山(1999)はこれに斜面変動の形成過程や

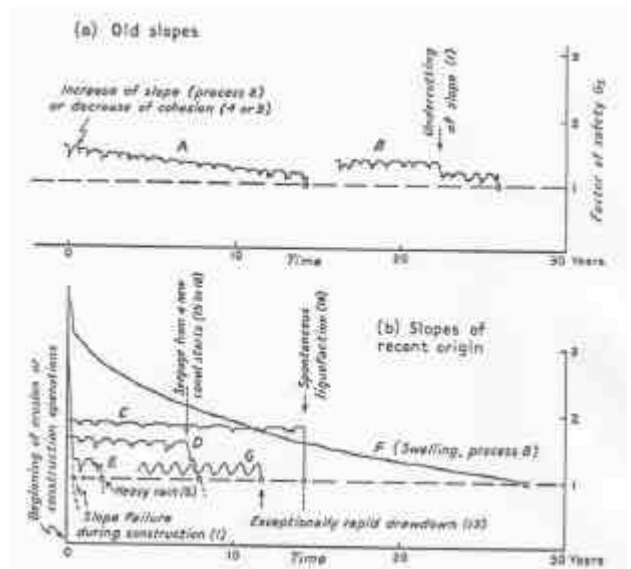


図 - 3 様々な斜面における安全率の変化 (Terzaghi, 1950)

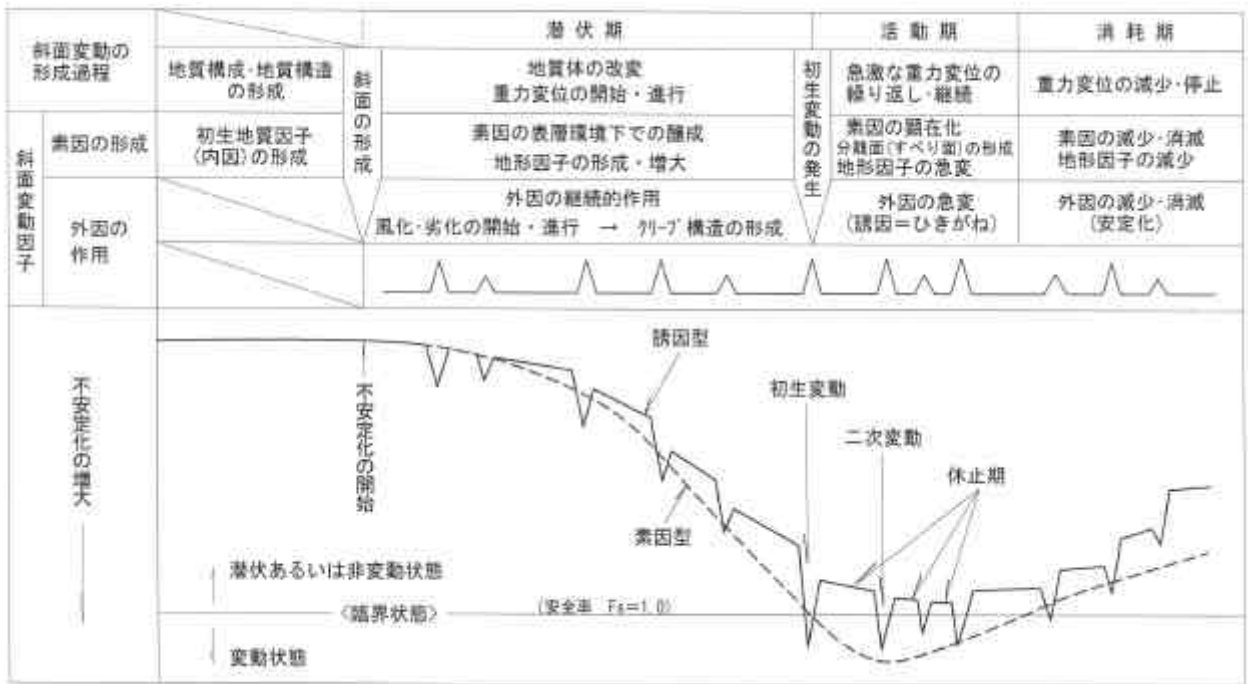


図 - 4 斜面変動の形成過程と不安定化の概念（横山,1999 を改変）

変動因子の作用形態を加えた図を示したが、臨界状態とか安全率の概念に問題を残しているように思われる。そこで、この図を植村（1980）の考え方を基礎として図 - 4 のように改変してみた。

4 . おわりに

以上のように、斜面変動の発生因子に関しては、研究者によってあるいは研究分野によって多少の見解の相違はあるものの、現代ではその大局において考え方が統一されてきつつあるように思われる。しかし、その議論がやや難解であり、一般の理解はまだ十分なものとは言えないように思われる。要は素因・誘因といった斜面変動因子の概念を固定的なものとして捉えることよりもその内容の把握が大切であり、小論がその一助になれば幸いである。また、筆者の考え方に対して諸兄のご批判を期待したい。なお、ここに示した図を作成するにあたり藤田崇大阪工業大学名誉教授にはいろいろと助言をいただいた。記して感謝の意を表すしだい

である。

主な参考文献

藤田崇(1999)：斜面変動の素因研究の系譜．斜面地質学 - その研究動向と今後の展望 - ，日本応用地質学会，pp.15-17.  
 羽田野誠一(1974a,b)：崩壊地形(その1, 2)：土と基礎，Vol.22, No.9, pp.77-84. No.11, pp.85-94.  
 野崎保・横山俊治・地質素因ワーキンググループ(1996)：斜面変動の地質素因 斜面地質に関するシンポジウム 予稿集，日本応用地質学会，pp.5-15.  
 Terzaghi K.(1950):Mechanism of Landslides. Application of Geology to Engineering Practice, Geological Society of America, Nov.1950.  
 植村武(1980)：地すべり考．自然災害と水 - そのひきがねとなる水 - ，pp.37-48.  
 横山俊治(1999)：斜面変動の素因研究の現状と課題．斜面地質学 - その研究動向と今後の展望 - ，日本応用地質学会，pp.48-51.