

# 都市の斜面災害

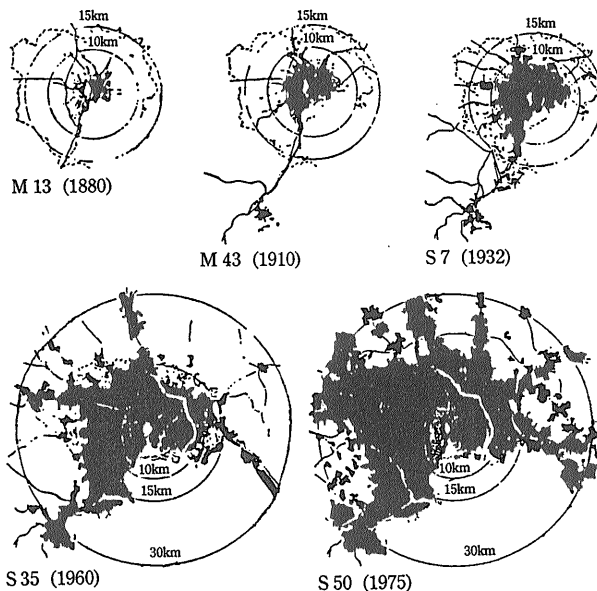
## —大都市圏斜面災害予測図作成の意義と課題—

釜井俊孝<sup>1)</sup>

### 1. はじめに

人が家を買う理由は様々であるが、住む場所を決める理由はそれほど多くない。交通や買い物の利便性、地価、環境(日当たりや緑)、路線・地域のステータスなどであろうか。つまり、普通の人は地盤条件にあまり注意を払わないで、住所を決めているのである。このことは、東京に暮らすと実感として理解できる。すなわち、災害ポテンシャルが極めて高いと予想される低地や沿岸の埋め立て地(いわゆるウォーターフロント)に住宅・マンションが建ち並び、東京西南部の“高級”住宅地においても地価に与える地盤条件の影響は極めて少ないのである。したがって大規模な地盤災害の発生は、専門家にとっては自明でも、住民にとっては寝耳に水と言うことになる。恐らく、阪神大震災で家を失った人々の何割かは、今でもその理由に釈然として

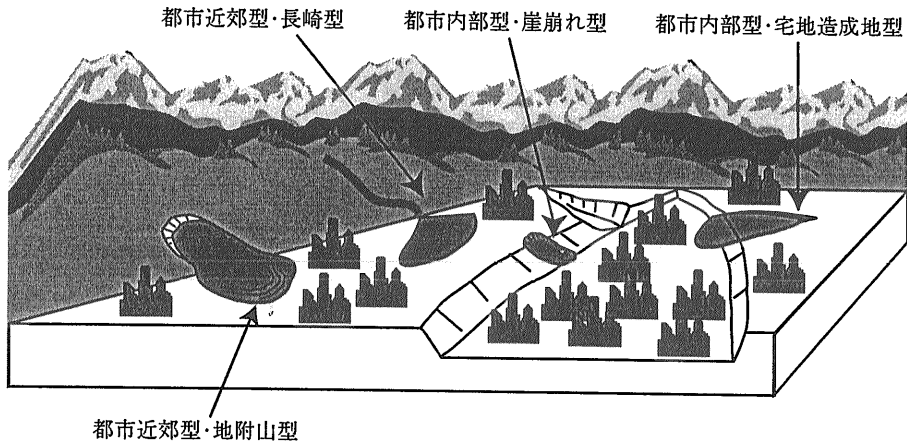
いないのではないかと。こうした事態の背景には、都市計画や土地利用、土木構造物の配置計画等、行政の領域に属する問題が少なくない。しかしこれまでは、地盤の専門家の意見が、都市における土地利用計画に生かされる機会は意外に少なかったと言える。その理由の一つは、都市における地盤災害についての情報の整理が進んでいないことにある。地盤災害には様々な種類があるが、なかでも、斜面災害については従来型の急傾斜地保全対策を前提とした調査・解析が主流であり、必ずしも現在の都市の土地利用実態に即した情報の蓄積と分析が行われているとは言えない。そこで、本稿では、都市における斜面変動の特徴を整理し、必要な防災対策について述べると共に、土地利用(都市計画)に地盤情報を反映させることの重要性を更めて指摘したいと思う。



第1図 東京における市街地の拡大(長谷川, 1988による)。

1) 日本大学理工学部土木工学科:  
〒101 東京都千代田区神田駿河台1-8

キーワード: 都市計画, 斜面, 災害, 予測図



第2図 都市における斜面変動の類型.

## 2. 都市における斜面変動の定義と分類

### 2.1 膨張する都市と斜面変動

第1図は、1900年～1970年の半世紀における東京市街地の変化と人口の推移を示している(長谷川, 1988)。大正以降昭和50年頃までの間に東京都市圏が急速に膨張していった過程が読みとれる。東京の郊外は、主に私鉄沿線に沿って開発が進んだ。比較的初期に開発の対象となった東京-横浜間の地域(東急電鉄・京浜急行・小田急電鉄沿線)は、もともと関東ロームに覆われる丘陵・台地(海成更新-鮮新統)とこれらを開析する沖積低地からなっている。この地域では、谷間の沖積低地は水田(谷津田)として利用されてきたが、昭和30年代以降、こうした場所にも住宅が建設されるようになった。その結果、崖崩れ(崩壊)災害が頻発する様になり、1966年6月の台風4号による災害では横浜を中心に26名の死者がでた。他の都市においても、都市の膨張は斜面災害を引き起こしている。例えば、鹿児島市におけるシラスの崖崩れ発生件数は1965年以降増加傾向にあるが、この時期は鹿児島市への人口集中が開始された時期と一致する(岩松ほか, 1982)。この様に戦後、都市で頻発する様になった斜面災害を最近の災害事例をもとに分類すると以下の4タイプに区分できる(第2図)。

### 2.2 都市近郊型(自然斜面型)

#### ①長崎型

1982年7月23日に長崎市で発生した豪雨災害(長崎豪雨)と翌1983年7月23日の山陰豪雨災害

は、集中豪雨によって発生した都市の斜面災害の典型例である。これらの災害では、裏山の崩壊(山腹崩壊)、崖崩れ、土石流と洪水(水害)が複合して発生し、都市機能は深刻なダメージを受けた。記録によれば、西日本(九州から山陰地方)における梅雨末期の豪雨災害(諫早, 天草, 浜田, 鹿児島等)は15～20年くらいの間隔で発生しているが、最近では災害の規模が大きくなる傾向がうかがわれる。これは、急な山腹斜面や崖(例えばシラスの)の近くにまで宅地開発が及んで来たことと関連すると考えられる。この様に、もともと危険性のあった地域を宅地に転用した結果、発生した都市型災害をここでは、“都市近郊型”とし、このうち、水害と複合的に発生する崩壊や土石流災害を“長崎型”と呼ぶことにする。

#### ②地附山型

1987年7月26日に長野市の地附山地すべりは、最終的な破壊に達した。末端部の押し出し土砂によって老人ホームにいた26名の老人が亡くなり、大きな社会問題を引き起こした。地附山地すべりが、他の中山間地の地すべりと異なって、社会問題化した背景は、この地すべりが、このころ増加しつつあった、地方中核都市における宅地開発と斜面災害の関連を象徴する出来事と受け取られたからである。長野市等の地方中核都市が立地する沖積低地は、関東平野とは異なって、一般に狭小であるため、宅地開発は必然的に丘陵地の開発となる。丘陵地には多くの場合、新第三系～下部更新統の泥質岩・凝灰岩が分布するので、もともと地すべり

が分布している場合が多い。これらは従来、裏山(里山)の地すべりとして、古くからの住民によって開発が制限され、生活と災害のバランスが微妙に保たれてきた場所である。しかし、都市化が郊外に及ぶと、経済原則の貫徹による地域コミュニティの弱体化によって、こうした場所も開発されるようになり、再活動に至ることが多い。また、地すべりの頭部には、一般に過去の活動の結果、比較的大規模な凹地が発達している。最近はこうした地すべりの頭部陥没帯に産業廃棄物最終処分場を建設する例があり、環境汚染と地すべりの両方の災害が懸念されている。ここでは、こうした地すべり災害を“地附山型”と呼ぶ。

### 2.3 都市内部型(自然+人工斜面型)

上記の2タイプは、都市が膨張する過程で、人がもともと居住に適さない領域にまで立ち入った結果、発生した災害であり、いわば都市の外縁部で発生したことに特徴がある。しかし、都市における斜面災害にはこの他に、その形成過程がまさに都市化そのものであり、開発そのものが生み出したと考えられるタイプの災害がある。これらは都市の内部において、いわば都市開発のいわば鬼子として生み出されたと考えられる災害である。それらをここでは、“都市内部型”と呼び、“崖崩れ型”と“宅地造成地型”に区分する。

#### ③崖崩れ型

“\*\*坂”という地名に代表されるように、都市の内部には、意外に急斜面が多い。これは近世都市が台地(山手)と低地(下町)の開発をセットとして発達したため、東京の場合は江戸時代以来の都市計画の結果である。これら台地(段丘)の縁辺部の崖は、崩壊等の侵食過程と人工地形改変の両方の要因によって生み出されてきた。しかし現在、東京都区内などでは、急斜面の大部分は切土・盛り土によって平坦化されて宅地となるか、法面保護工事によって覆われ、全く自然のままの崖はほとんど見られない。こうした“人工の崖”は平時には安定であるが、“震災”を引き起こすような大地震や記録的な大雨によって崩壊し、災害となる場合がある。例えば、東京のお茶の水駅周辺の斜面は、江戸時代の運河開削による切り土斜面であり、長期にわたって安定であったが、大正関東地震によ

って崩壊した。また、平成7年の阪神大震災においても西宮市五月が丘地区などの数ヵ所において、人工地形改変の著しい段丘崖が崩壊し、住宅に被害が及んだ(釜井ほか, 1995)。この様に、都市の内部に抱き込まれた形で分布する急斜面の崩壊を“崖崩れ型”と呼ぶ。

#### ④宅地造成地型

田村(1977)によれば、1960年代以降、大都市周辺では著しい地形改変(尾根を削り、谷を埋める)を伴う宅地造成が開始された。こうした造成地は浅田(1982)によれば3タイプに区分される。すなわち、単一流域タイプ(浅田のAタイプ)、複数流域にまたがるタイプ(浅田のBタイプ)そして、斜面すり付けタイプ(浅田のCタイプ)である。これらの宅地造成地盤に共通する特徴は、盛り土の底面に比較的急傾斜の部分が存在することであり、いわば急斜面が地下に埋没している状態を人工的に作り出しているといえる。これまで、近代都市を襲った大地震の際には、こうした人工宅地地盤における災害が発生した(1978年宮城県沖地震による仙台市、1993年釧路沖地震による釧路市、1997年兵庫県南部地震による阪神地域等)。すなわち、人工埋没谷ごと移動するタイプの崩壊や液状化にともなう側方流動、切り盛り境界でのクラックの発生等による災害の発生が報告されている(田村ほか, 1978; 井口, 1995; 釜井ほか, 1995)。関東大震災では、鉄道や道路が沖積低地を横切る部分で、盛り土の崩壊事例が報告されているものの、宅地造成地盤の被害例についての記載は無い。これはこの時代には、大規模な土木工事をしてまで住宅を作る需要が無かったためと考えられる。すなわち、“宅地造成地型”の災害は、近代都市の発達過程と関連する現代的課題でもある。

### 3. “都市内部型”斜面災害の防災対策

#### 3.1 阪神大震災の教訓

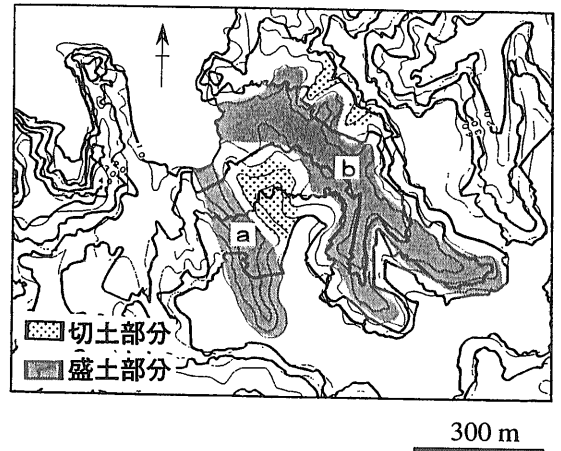
阪神大震災では、様々なタイプの災害が発生したが、斜面災害としては都市内部型の存在が改めてクローズアップされた。釜井ほか(1996)によれば、神戸・西宮間の都市地域において、震災に関連して確認された214ヵ所の斜面変動(地すべり・斜面崩壊)のうち、最も多く発生したのが人工谷埋

め・盛り土に関連する地すべり(宅地造成地型)であり、過半数を占めている。次いで、急斜面の崩壊(崖崩れ型)が多く、約1/3を占めている。すなわち斜面災害の面から見ると、この災害は、最も若い地盤と地形的に最も不安定な場所(急斜面)という都市内部の弱点を的確に衝いた災害であったといえる。さらにこうした斜面災害は、比較的古い時期(昭和42年以前)の小規模開発地域に多く発生している。こうした事実は、1978年の宮城県沖地震において仙台市周辺の宅造地で見られた現象と類似しており、小規模ではあるが底面勾配の急な盛り土の形成と、転圧不足(不十分な締め固めによる強度不足)や排水施設の老朽化が原因の一つであると考えられる。

一方、都市近郊型の斜面災害(長崎、地附山型)は、自然斜面の地すべり・崩壊であり、メカニズムにおいて山地災害と変わるところはない。すなわち、土地利用の問題を除けば、たまたま発生した場所が都市の外縁部であったため、都市の災害として認知されたと言える。これに対し、都市内部型災害は、都市開発がいわば能動的に災害を生み出した点で、前者とは異なる意味を持っている。すなわち、高い災害ポテンシャルを持った地域が、都市内部に既に形成されており、そうした地域は今後も増加する可能性が高いことをこれらの災害は如実に示した。不幸なことに、我が国の大都市圏の内部には都市内部型災害の候補地として、“既存不適格地盤”が広く分布している。したがって今後、都市直下型地震が発生した場合、今回と同様な災害が繰り返される可能性はきわめて高く、新たに、調査や対策の方策を立てる必要がある。

### 3.2 調査法の進歩

都市における地盤災害研究の機運は、1978年の宮城県沖地震を契機として盛り上がり、1980年代前半位まで続いた。研究の結果、地震時安定性に問題のある宅地造成地盤の存在が明らかになったので、地形改変の履歴を調べて、対象地域を絞り込む研究等が行われた。また、損害保険料率算定会(1992)は、最近この種の研究のレビューを行い、新たに横浜や千葉のテスト地域で災害予測を試みた。これらの研究で明らかになったことは、以下の三点である。



第3図 横浜市鶴見区北部における地形改変。図中aの部分は、谷埋め盛り土の末端部が擁壁で押さえられており、仙台や阪神の経験から斜面変動の発生が懸念されるタイプである。bの部分は、旧谷底が水田に利用されていた場所であり、地震時に液状化する可能性が高い。

- ①新旧の地形変化を地形図をもとに調べる手法が、地形改変の過程を明らかにするうえで、最も手軽で有効な手段である。
- ②1/25,000の縮尺では、盛り土分布地域の抽出は粗い精度に留まり、地山・盛り土境界の位置や盛り土底面の傾斜等、地盤の安定性に関連する個々の地点毎の項目も読みとることが出来ない。したがって、より大縮尺の基図を使用する必要がある。
- ③人間は地形図から標高の変化を読みとるといって、単純ではあるが精緻な作業には向いていない。

そこで、神保・釜井(1997)は、GISを利用した検討を試みた。対象地域は下末吉丘陵の一部で、下末吉面と小規模な開析谷及び鶴見川の沖積面からなっている。第3図は、1939年及び1994年刊行の1/10,000地形図(鶴見)を使用して各時期の数値地形モデルを作成し、その差分を表示したものである。すなわち、過去55年間にこの地域で起きた地形改変(大部分は人工の)の状況を示しており、明らかに台地の縁辺部を中心に大規模な地形改変があったことがわかる。また、この図からは、切り盛り境界や盛り土の厚さ、宅地造成のタイプまでも判読することが可能である。このように、最近のソフトウェアの進歩によって、地震時に不安定化する恐

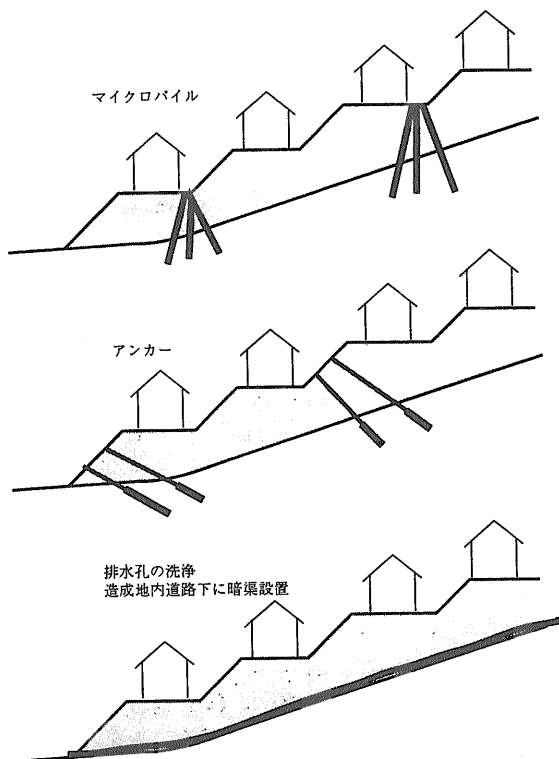
れのある地域を効率よく抽出し、表現することが可能になった。

### 3.3 防止対策

斜面災害の予防としては、施設の建設をともなうハード的な処置と、PRや都市計画の充実等のソフト的対策がある。ハード的な処置では、斜面が下方に滑ろうとする力に対抗し、人工的な抵抗体を建設することが中心で、一般には擁壁やアンカー、杭の設置等が考えられる。しかし、都市内部型の斜面災害の規模は、通常の地すべりの場合と比べて小さく、作用土圧も小さい。さらに、対策工法としては、施工空間が狭いこと、低コストであることなどが求められる。したがって、“宅地造成型”の場合は上記の点で新たな技術開発を行う余地がある。第4図は、“宅地造成型”斜面災害に対する防止工事のイメージを示している。一方、“崖崩れ型”に対しては、阪神大震災の経験から判断して、従来の急傾斜地対策工事の仕様で充分であろう。

しかし、“宅地造成型”斜面災害の場合、ハード的な防災対策における実際上の障害は、対策工事を公共事業として行うことが難しい点である。現在、地すべり・斜面災害の防止工事は斜面災害関連の法令（地すべり等防止法、急傾斜地崩壊危険区域の指定等）に基づいて行われている。政府の見解では、これらの法令で対象とする斜面は自然斜面（ボタ山を除く）であり、誘因は自然現象（降雨・地震等）にほぼ限定される。したがって、“宅地造成地”の様な個人の所有する人工斜面の対策を公費で行うことは、行政上は難しいという理屈になる。しかし、良く知られている様に、地すべり等防止法に基づく“合法的”事業の中には、諸般の事情により安定した斜面にも地すべり対策工事を行う場合（銀座地すべりという）がある。こうした地方の中山間地の斜面災害に対する行政の手厚い対策に比べ、都市の斜面災害、特に“宅地造成型”斜面災害に対する行政の姿勢との間にはあまりに大きい落差があると言える。

一方、我が国の斜面災害の対策は、諸外国に比べ著しくハード的対策に偏っており、災害予測図の整備等のソフト的対策はあまり行われて来なかった。これは、従来の法令に基づく公共事業が中山



第4図 “宅地造成型”斜面災害に対する防止工事のイメージ。既存の宅地を利用しつつ、工事を行う必要があるため、施工性やコストにおいて技術開発が必要である。

間地においては、一種の失業対策や福祉事業といった公共サービスの面も持っていたためであり、その結果、現象の面的な把握や長期的な計画立案に関する研究の必要性があまり無かったためである。しかし、既に述べてきたように、都市の斜面災害の問題は、結局のところ土地利用の問題に行き着く。すなわち、都市近郊型災害の場合、根本的な原因は耕地や荒地として利用を制限されていた危険な場所に、住宅（人間）が近づきすぎたことであり、土地利用が本質的な問題である。また、都市内部型災害は、都市の膨張に伴う乱開発や都市計画の遅れが本質的な原因である。したがって、現時点におけるソフト的対策としては、速やかに災害予測図等を整備し、総合的な土地利用計画（都市計画）を整えることが重要である。第1表は、このための都市の斜面災害予測図作成プランである。この計画では、切り土・盛り土等の人工地形改変によって、時々刻々と変化している都市の地盤を“ダイナミ

第1表 都市の斜面災害予測図作成プラン。

- ◆ 都市域の斜面災害予測図作成プラン
  - ◆ 作成期間 1997-XXXX年
  - ◆ ダイナミック都市地盤図とは
    - ◆ 1/10000以上の縮尺、予測性のある地図 (土地条件とはひと味違う)
  - ◆ 地形、地質、地下水、地表水、災害インベントリー、人工地形改変、避けるべき行為等を表示
  - ◆ 災害予測基本図としても使える 神奈川県のアボイドマップの例
  - ◆ ダイナミック都市地盤図の意義
    - ◆ 人工地形改変と斜面一般神大震災の教訓一
    - ◆ 日々変化する都市の地形・地盤条件 (刻々変化する地形改変や盛り土・埋立の状況) を表現できないものか
  - ◆ 作成に当たっての三つの理念 (約束)
    - ◆ 情報の公開
    - ◆ 責任の自覚 (研究者、行政、住民)
    - ◆ 産官学民の連携
- ◆ 具体的手法
  - ◆ 資料調査
    - ◆ 過去の災害事例
      - ◆ 1978年宮城県沖地震
      - ◆ 新潟沖地震
      - ◆ 1995年兵庫県南部地震
    - ◆ 大縮尺地形図の時系列的収集、比較、分析
      - ◆ 仙台、神戸、東京南部、横浜北部
    - ◆ 空中写真の収集、分析
  - ◆ 現地調査
    - ◆ 地盤の強度
    - ◆ 変状
  - ◆ 斜面災害発生予測図の作成
    - ◆ ダイナミック都市地盤図の応用例
      - ◆ 縮尺1/10000
      - ◆ 仙台、東京南部、横浜北部の内それぞれ1図幅 (計3図幅)
    - ◆ GISの利用
      - ◆ 数値化
        - ◆ 旧版地形図の数値化
        - ◆ 現況地形図の数値化
        - ◆ 人工地形改変地の分類と数値化
    - ◆ 情報の加工
      - ◆ 傾斜分級図
      - ◆ 傾斜変化図
      - ◆ 人工地形改変図
    - ◆ 解析
      - ◆ 事例解析からの安定度予測式の作成
- ◆ 出版
  - ◆ CD-ROMによる出版
  - ◆ 地質調査所特殊地質図シリーズ?

ック都市地盤図”にまとめ、これをもとに災害予測を行い、土地利用に反映させて行くことを目指している。

#### 4. おわりに

先日、講義(環境防災論)のレポートで、自宅周辺の斜面について調べさせたところ、大半の学生(土木工学科)から自分の家は都会の中にあるので、斜面は存在しないし、災害が起こるはずは無いという反応が返ってきた。しかし実際には、大都市の周縁部や内部で斜面災害は発生しているし、発生する恐れのある場所も依然として数多く存在している。たしかに普通の都市住民にとって、自分が斜面災害に遭遇することは常識外のことであるかも知れない。しかし、都市の斜面災害ポテンシャルが必要以上に増大した背景には、こうした生活実感と現実との間の大きなギャップに一因があるのではないと思われる。したがって、都市に潜在する危険因子について、正確に市民に認知させることは、地質学の社会的使命として重要なものの一つである。そのためにも大都市斜面災害予測図(ハザードマップ)の作成と公開は、現在、最も緊急の課題といえる。

#### 参 考 文 献

浅田秋江(1982):宅地造成地盤の地震時危険の予測法と防止工法に関する研究,土質工学会論文報告集,22-4,191-202.  
 長谷川徳之輔(1988):東京の宅地形成史,住まいの図書館出版局,251.  
 井口 隆(1995):谷埋盛土における地震時地すべりの事例と若干の考察,兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究委員会報告書,地すべり学会,101-117.  
 岩松 暉・下川悦郎(1982):“シラス災害”と防災提言,現代の災害(日本科学者会議編),水曜社,162-181.  
 釜井俊孝・鈴木清史・磯部一洋(1995):1995年兵庫県南部地震による阪神都市地域の斜面災害,応用地質,36,47-50.  
 釜井俊孝・鈴木清史・磯部一洋(1996):平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動,地調月報,47-2/3,175-200.  
 神保千加子・釜井俊孝(1997):都市域における地震時斜面変動の発生予測,第32回地盤工学研究発表会講演集(印刷中).  
 損害保険料率算定会(1992):人工地盤における地震被害予測に関する研究,地震保険調査研究,33,253.  
 田村俊和(1977):山・丘陵—丘陵地の地形とその利用・改変の問題を中心に一,土木工学体系19 地域開発論(I),彰国社,1-73.  
 田村俊和・阿部隆・宮城豊彦(1978):丘陵地の宅地造成と地震被害,15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集,321-324.  
 東北大学理学部地質古生物学教室(1979):1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と被害について,東北大地質古生物研報,80,1-97.

KAMAI Toshitaka (1997) : The urban landslides : Mission of urban hazard map.

<受付:1997年6月12日>