

建設省土木研究所 ○ 武士俊也 門間敬一
 パシフィックコンサルト(株) 千葉 淳 須原 茂
 国際航業(株) 松田 宏

1. 目的

雪崩の到達範囲の予測には様々な手法が提案されている。これまでの実績をもとに地形要因等から推定する手法と物理モデルをもとにしたシミュレーション手法に大別できるが、後者の場合モデル式のパラメータの設定が問題となる。これまで寺田ら¹⁾によって到達範囲を出力とした可能性線形回帰分析がなされてきたが、今回本手法をもとに斜面の地形要因などから運動モデルのパラメータを設定する手法について検討を行った。

2. 検討事例

建設省が道路やダムの管理等のために撮影した冬季空中写真について松田ら²⁾が収集、抽出した自然停止の雪崩約 500 事例のなかから、実走距離等を目安に 22 事例を抽出した。このうち 19 事例で可能性線形回帰モデルの構築を行い、3 事例でモデルの検証を行った。

今回の検討では Voellmy によって提案された、質点系一次元の運動方程式を用いる。移動過程における侵食及び堆積の影響は考慮しない。

$$dU/dt = g(\sin \theta - \mu \cos \theta) - (g/\xi h)U^2 \quad (1)$$

ただし、 U : 崩土の速度、 h : 層厚、 μ : 摩擦係数、 ξ : 抵抗係数

雪崩の到達範囲がわかっている事例^μ

をもとに、実績の停止地点において速度が零となるよう計算を行い μ と ξ を逆算した。 h は空中写真からでは情報は得られず、また走路における層厚は一般に計測は困難である。このため集落雪崩災害の対策施設設計のさいに使用される、100m の移動に対して 1m 層厚が増加するという関係をもとに層厚を推定した。 μ と ξ はいろいろな組み合わせが考えられるため、筆者ら³⁾が鹿児島島のしらすの崩土の事例で検討した、すべての組み合わせについて計算を行い μ について平均をとり、 ξ を決定するという手順でパラメータの算出を行った(図-1)。

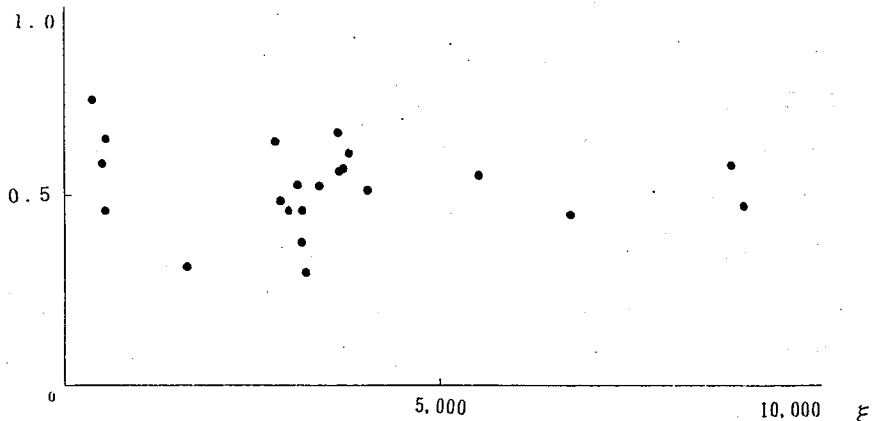


図-1 各事例から計算されたパラメータ

3. 可能性線形回帰モデル

摩擦係数 μ と抵抗係数 ξ を出力値、斜面の傾斜等の要因を入力値とした可能性線形回帰モデルの同定を行った。可能性線形回帰モデルは次のように表される。

$$Y_i = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + \cdots + A_n X_n \quad (2)$$

ただし Y_i : 出力値、 A_j : 要因のファジイ係数、 X_j : 要因の評価値、(各係数の意味などについては筆者ら³⁾ 参照)。入力要因としては寺田ら¹⁾によって整理された地形等の要因をもとにした。パラメータの算出された 22 事例のうち検証に使用する 3 事例を除いた 19 事例を用い可能性線形回帰モデルの同定を行った。

同定にあたっては表-1に示すように要因を変化させた各々のケースで検討を行った。後述する検証等も考慮し、最適と考えられるモデルは次式のとおりである。

μ について

$$Y_{\mu} = (0.632, 0.000) + (0.016, 0.000)X_1 + (0.017, 0.000)X_2 + (0.001, 0.009)X_4 + (-0.093, 0.000)X_5 + (0.025, 0.009)X_8 \quad (2)$$

ξ について

$$Y_{\xi} = (2633.3, 0.000) + (623.2, 108.4)X_2 + (706.0, 0.000)X_3 + (-1074.1, 0.000)X_4 + (-55.94, 392.7)X_5 + (809.0, 0.000)X_6 + (491.6, 429.2)X_7 + (-996.9, 0.000)X_8 \quad (3)$$

ただし、 X_1 :発生区傾斜角、 X_2 :走路傾斜角、 X_3 :斜面形状、 X_4 :収束度、 X_5 :斜面長、 X_6 :発生標高、 X_7 :発生区面積、 X_8 :標高差

(2)式および(3)式のBj大きさから、 $\mu \cdot \xi$ ともに特に大きな影響を与える要因はないことがわかる。

4. 可能性線形回帰モデルの検証

ランダムに抽出した3事例をもとに、可能性線形回帰モデルの検証を行った検証結果を図-2、図-3に示す。3事例とも可能性の範囲内に実測値(運動モデルからの逆算値)は入っているが、 ξ については本回帰モデルで

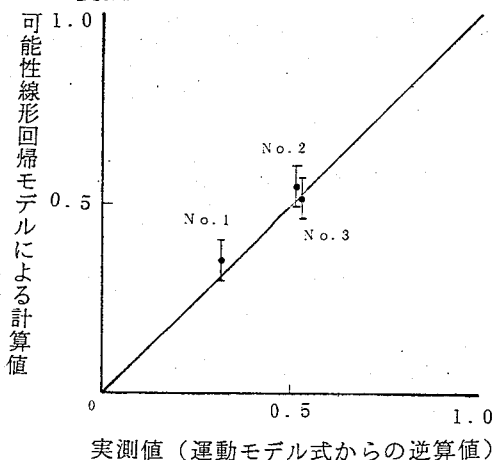


図-2 検証結果(μ)

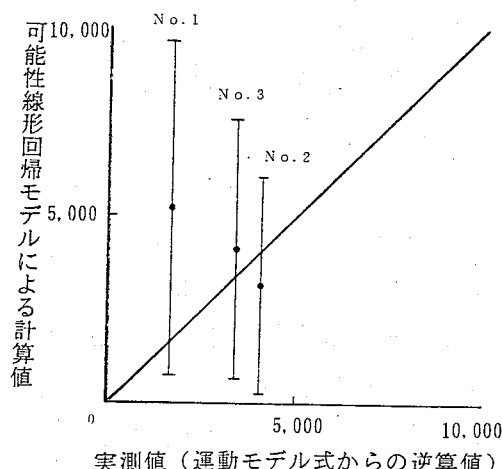


図-3 検証結果(ξ)

は可能性の幅がきわめて大きくなっており、計算された中心値をそのままパラメータの値として使用することはできない。 μ については計算値と実測値はよく一致している。

5. おわりに

雪崩の運動モデルのパラメータ設定に関して可能性線形回帰モデルによる手法の検討を行った。崩土の到達範囲に関しても筆者ら³⁾は同様な検討を行っており本手法の検討にあたっては崩土によるものと同様に運動モデルのパラメータの適切な評価手法の検討およびより詳細な回帰モデルの構成に関する検討が必要である。

参考文献

- 1)寺田、大浦、中村、藤沢、須原、吉野；(1993)；可能性線形回帰分析による雪崩の到達範囲予測の検討。平成5年度砂防学会研究発表会概要集 pp.315-318
- 2)松田、武士、綱木；(1994)：雪崩の到達範囲の実態。平成6年度砂防学会研究発表会概要集 pp.75-78
- 3)武士、門間、千葉、須原；(1995)：崩土の到達範囲予測手法について。平成7年度砂防学会研究発表会概要集