

佐世保市小舟地区における地すべりの危険度評価

長崎大学工学部 正 員 後藤恵之輔
 (株) ベック 正 員 杉山 和一
 長崎大学工学部 学生員 三浦 国春
 同 上 学生員○中村 伸二

1. まえがき

近年、都市の発達に伴い、山地や丘陵地の開発が盛んに行われるようになったため、地すべりの被害が各地で頻発するようになってきた。地すべりの発生を予測することは、その防災において非常に重要なこととなっている。従来、危険度評価は、既存資料と現地調査により、それらの結果と過去の経験による判断によって行われてきた。しかし、この方法では判断者の主観・経験により結果に個人差が生じ、また、誰にでも行えるものではない等の欠点が挙げられた。

本研究では、人工衛星データを用いた植物の活性によって知ることのできる地中情報と、地形・地質等の地すべり発生の要因を数量化理論第Ⅲ類を適用し、客観的な分析による危険度評価によって、地すべりの発生予測を行うシステムを確立して行こうというものである。

今回の解析では、1986年7月実際に地すべりを起こした長崎県佐世保市小舟地区において、地すべりの危険度評価を行った。

2. 解析方法

(1) 解析方法

解析は、ランドサットMSSデータ(1985年5月17日観測)を位置標定することによって地形図上にメッシュ(57m×57m)設定し、メッシュ総数2071個について図-1のフローチャートに示す解析を行った。データの選出については、地すべりに関すると思われる要因として平面、縦断、傾斜角、傾斜方向、地形分類、表層地質、土壌、土地利用、TVIの合計9個を選び、各アイテムについて数個づつのカテゴリーに分類した。

(2) 植生指標¹⁾

植生指標は、植物の活性を数的に表したもので、その値が大きいほど活性は良くなり、次のような比演算式などが提案されている。

$$NDVI = (B7 - B5) / (B7 + B5)$$

$$TVI = (ND + 0.5)^{0.5}$$

B5 : バンド5 (0.6~0.7μm)

B7 : バンド7 (0.8~1.1μm)

本研究では、これらの計算値よりTVIの値を用いることにした。植生指標により、地盤の状態や地下水位の変動などの肉眼で見ることのできない地中の情報を、間接的に知ることができる。

(3) 数量化理論第Ⅲ類²⁾

数量化理論第Ⅲ類は、ある個体(サンプル)が、ある範疇(カテゴリー)のどれに関連するかによってその個体のもつ特性と、他の個体との関連を加味しながら数量的に分類し、個体の構造を説明するものである。

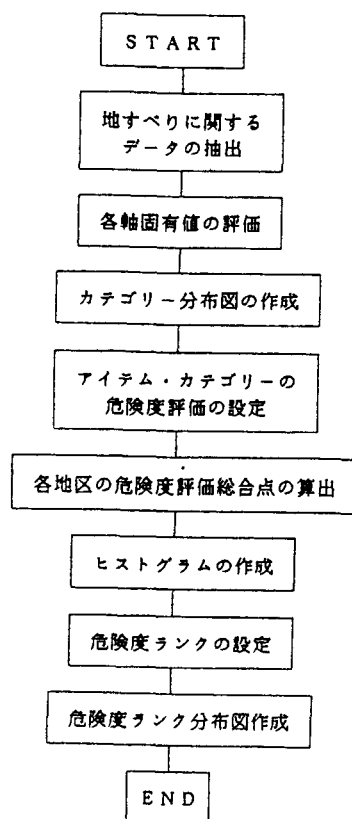


図-1 解析方法のフローチャート

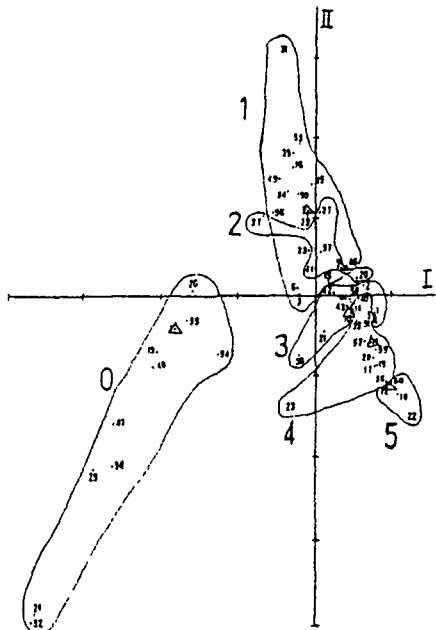


図-2 カテゴリー分布図
(△印は基準アイテムを示す)

表-1 相関係数と固有値

	I 軸	II 軸	III 軸	IV 軸	V 軸
固有値	0.5073	0.3499	0.2409	0.2318	0.2121
相関係数	0.7123	0.5915	0.4909	0.4815	0.4808

表-2 カテゴリーに付した危険度評価点

アイテム	危険度評価点							
	0	1	2	3	4	5		
平面形状		3.その他		1.高橋 2.沢				
縦断形状		5.直線形		4.凸形	5.凹形			
傾斜角	7. 0° - 5°	8. 5° - 10°	9. 10° - 15°	10. 15° - 20°	11. 20° - 25°	12. 25° 以上		
地形分類	13. 谷間平地 14. その他	15. 丘陵地 (100m以下) 16. 砂れき台地	17. 小起伏山地 (起伏量200m以下)	18. 山頂地 (起伏量100-200m) 19. 丘陵地 (起伏量200-400m) 20. 山地 (起伏量400-600m) 21. 山地 (起伏量600-800m) 22. 山地 (起伏量800-1000m) 23. 山地 (起伏量1000m以上)	24. 丘陵地 (起伏量100-200m) 25. 丘陵地 (起伏量200-400m) 26. 丘陵地 (起伏量400-600m) 27. 丘陵地 (起伏量600-800m) 28. 丘陵地 (起伏量800-1000m) 29. 丘陵地 (起伏量1000m以上)	30. 丘陵地 (起伏量100-200m) 31. 丘陵地 (起伏量200-400m) 32. 丘陵地 (起伏量400-600m) 33. 丘陵地 (起伏量600-800m) 34. 丘陵地 (起伏量800-1000m) 35. 丘陵地 (起伏量1000m以上)		
気候地質	25. 砂れき 26. 砂れき・粘土 27. その他	28. 砂れき 29. 砂れき・粘土 30. 砂れき・粘土 31. 砂れき・粘土 32. 砂れき・粘土 33. 砂れき・粘土 34. 砂れき・粘土 35. 砂れき・粘土 36. 砂れき・粘土 37. 砂れき・粘土 38. 砂れき・粘土 39. 砂れき・粘土 40. 砂れき・粘土 41. 砂れき・粘土 42. 砂れき・粘土 43. 砂れき・粘土 44. 砂れき・粘土 45. 砂れき・粘土 46. 砂れき・粘土 47. 砂れき・粘土 48. 砂れき・粘土 49. 砂れき・粘土 50. 砂れき・粘土 51. 砂れき・粘土 52. 砂れき・粘土 53. 砂れき・粘土 54. 砂れき・粘土 55. 砂れき・粘土 56. 砂れき・粘土 57. 砂れき・粘土 58. 砂れき・粘土 59. 砂れき・粘土 60. 砂れき・粘土 61. 砂れき・粘土 62. 砂れき・粘土 63. 砂れき・粘土 64. 砂れき・粘土 65. 砂れき・粘土 66. 砂れき・粘土 67. 砂れき・粘土 68. 砂れき・粘土 69. 砂れき・粘土 70. 砂れき・粘土 71. 砂れき・粘土 72. 砂れき・粘土 73. 砂れき・粘土 74. 砂れき・粘土 75. 砂れき・粘土 76. 砂れき・粘土 77. 砂れき・粘土 78. 砂れき・粘土 79. 砂れき・粘土 80. 砂れき・粘土 81. 砂れき・粘土 82. 砂れき・粘土 83. 砂れき・粘土 84. 砂れき・粘土 85. 砂れき・粘土 86. 砂れき・粘土 87. 砂れき・粘土 88. 砂れき・粘土 89. 砂れき・粘土 90. 砂れき・粘土 91. 砂れき・粘土 92. 砂れき・粘土 93. 砂れき・粘土 94. 砂れき・粘土 95. 砂れき・粘土 96. 砂れき・粘土 97. 砂れき・粘土 98. 砂れき・粘土 99. 砂れき・粘土 100. 砂れき・粘土	25. 砂れき 26. 砂れき・粘土 27. その他	28. 砂れき 29. 砂れき・粘土 30. 砂れき・粘土 31. 砂れき・粘土 32. 砂れき・粘土 33. 砂れき・粘土 34. 砂れき・粘土 35. 砂れき・粘土 36. 砂れき・粘土 37. 砂れき・粘土 38. 砂れき・粘土 39. 砂れき・粘土 40. 砂れき・粘土 41. 砂れき・粘土 42. 砂れき・粘土 43. 砂れき・粘土 44. 砂れき・粘土 45. 砂れき・粘土 46. 砂れき・粘土 47. 砂れき・粘土 48. 砂れき・粘土 49. 砂れき・粘土 50. 砂れき・粘土 51. 砂れき・粘土 52. 砂れき・粘土 53. 砂れき・粘土 54. 砂れき・粘土 55. 砂れき・粘土 56. 砂れき・粘土 57. 砂れき・粘土 58. 砂れき・粘土 59. 砂れき・粘土 60. 砂れき・粘土 61. 砂れき・粘土 62. 砂れき・粘土 63. 砂れき・粘土 64. 砂れき・粘土 65. 砂れき・粘土 66. 砂れき・粘土 67. 砂れき・粘土 68. 砂れき・粘土 69. 砂れき・粘土 70. 砂れき・粘土 71. 砂れき・粘土 72. 砂れき・粘土 73. 砂れき・粘土 74. 砂れき・粘土 75. 砂れき・粘土 76. 砂れき・粘土 77. 砂れき・粘土 78. 砂れき・粘土 79. 砂れき・粘土 80. 砂れき・粘土 81. 砂れき・粘土 82. 砂れき・粘土 83. 砂れき・粘土 84. 砂れき・粘土 85. 砂れき・粘土 86. 砂れき・粘土 87. 砂れき・粘土 88. 砂れき・粘土 89. 砂れき・粘土 90. 砂れき・粘土 91. 砂れき・粘土 92. 砂れき・粘土 93. 砂れき・粘土 94. 砂れき・粘土 95. 砂れき・粘土 96. 砂れき・粘土 97. 砂れき・粘土 98. 砂れき・粘土 99. 砂れき・粘土 100. 砂れき・粘土	25. 砂れき 26. 砂れき・粘土 27. その他	28. 砂れき 29. 砂れき・粘土 30. 砂れき・粘土 31. 砂れき・粘土 32. 砂れき・粘土 33. 砂れき・粘土 34. 砂れき・粘土 35. 砂れき・粘土 36. 砂れき・粘土 37. 砂れき・粘土 38. 砂れき・粘土 39. 砂れき・粘土 40. 砂れき・粘土 41. 砂れき・粘土 42. 砂れき・粘土 43. 砂れき・粘土 44. 砂れき・粘土 45. 砂れき・粘土 46. 砂れき・粘土 47. 砂れき・粘土 48. 砂れき・粘土 49. 砂れき・粘土 50. 砂れき・粘土 51. 砂れき・粘土 52. 砂れき・粘土 53. 砂れき・粘土 54. 砂れき・粘土 55. 砂れき・粘土 56. 砂れき・粘土 57. 砂れき・粘土 58. 砂れき・粘土 59. 砂れき・粘土 60. 砂れき・粘土 61. 砂れき・粘土 62. 砂れき・粘土 63. 砂れき・粘土 64. 砂れき・粘土 65. 砂れき・粘土 66. 砂れき・粘土 67. 砂れき・粘土 68. 砂れき・粘土 69. 砂れき・粘土 70. 砂れき・粘土 71. 砂れき・粘土 72. 砂れき・粘土 73. 砂れき・粘土 74. 砂れき・粘土 75. 砂れき・粘土 76. 砂れき・粘土 77. 砂れき・粘土 78. 砂れき・粘土 79. 砂れき・粘土 80. 砂れき・粘土 81. 砂れき・粘土 82. 砂れき・粘土 83. 砂れき・粘土 84. 砂れき・粘土 85. 砂れき・粘土 86. 砂れき・粘土 87. 砂れき・粘土 88. 砂れき・粘土 89. 砂れき・粘土 90. 砂れき・粘土 91. 砂れき・粘土 92. 砂れき・粘土 93. 砂れき・粘土 94. 砂れき・粘土 95. 砂れき・粘土 96. 砂れき・粘土 97. 砂れき・粘土 98. 砂れき・粘土 99. 砂れき・粘土 100. 砂れき・粘土		
土 質	34. その他	35. 砂れき土 36. 砂れき土 37. 砂れき土 38. 砂れき土 39. 砂れき土 40. 砂れき土 41. 砂れき土 42. 砂れき土 43. 砂れき土 44. 砂れき土 45. 砂れき土 46. 砂れき土 47. 砂れき土 48. 砂れき土 49. 砂れき土 50. 砂れき土 51. 砂れき土 52. 砂れき土 53. 砂れき土 54. 砂れき土 55. 砂れき土 56. 砂れき土 57. 砂れき土 58. 砂れき土 59. 砂れき土 60. 砂れき土 61. 砂れき土 62. 砂れき土 63. 砂れき土 64. 砂れき土 65. 砂れき土 66. 砂れき土 67. 砂れき土 68. 砂れき土 69. 砂れき土 70. 砂れき土 71. 砂れき土 72. 砂れき土 73. 砂れき土 74. 砂れき土 75. 砂れき土 76. 砂れき土 77. 砂れき土 78. 砂れき土 79. 砂れき土 80. 砂れき土 81. 砂れき土 82. 砂れき土 83. 砂れき土 84. 砂れき土 85. 砂れき土 86. 砂れき土 87. 砂れき土 88. 砂れき土 89. 砂れき土 90. 砂れき土 91. 砂れき土 92. 砂れき土 93. 砂れき土 94. 砂れき土 95. 砂れき土 96. 砂れき土 97. 砂れき土 98. 砂れき土 99. 砂れき土 100. 砂れき土	34. その他	35. 砂れき土 36. 砂れき土 37. 砂れき土 38. 砂れき土 39. 砂れき土 40. 砂れき土 41. 砂れき土 42. 砂れき土 43. 砂れき土 44. 砂れき土 45. 砂れき土 46. 砂れき土 47. 砂れき土 48. 砂れき土 49. 砂れき土 50. 砂れき土 51. 砂れき土 52. 砂れき土 53. 砂れき土 54. 砂れき土 55. 砂れき土 56. 砂れき土 57. 砂れき土 58. 砂れき土 59. 砂れき土 60. 砂れき土 61. 砂れき土 62. 砂れき土 63. 砂れき土 64. 砂れき土 65. 砂れき土 66. 砂れき土 67. 砂れき土 68. 砂れき土 69. 砂れき土 70. 砂れき土 71. 砂れき土 72. 砂れき土 73. 砂れき土 74. 砂れき土 75. 砂れき土 76. 砂れき土 77. 砂れき土 78. 砂れき土 79. 砂れき土 80. 砂れき土 81. 砂れき土 82. 砂れき土 83. 砂れき土 84. 砂れき土 85. 砂れき土 86. 砂れき土 87. 砂れき土 88. 砂れき土 89. 砂れき土 90. 砂れき土 91. 砂れき土 92. 砂れき土 93. 砂れき土 94. 砂れき土 95. 砂れき土 96. 砂れき土 97. 砂れき土 98. 砂れき土 99. 砂れき土 100. 砂れき土	34. その他	35. 砂れき土 36. 砂れき土 37. 砂れき土 38. 砂れき土 39. 砂れき土 40. 砂れき土 41. 砂れき土 42. 砂れき土 43. 砂れき土 44. 砂れき土 45. 砂れき土 46. 砂れき土 47. 砂れき土 48. 砂れき土 49. 砂れき土 50. 砂れき土 51. 砂れき土 52. 砂れき土 53. 砂れき土 54. 砂れき土 55. 砂れき土 56. 砂れき土 57. 砂れき土 58. 砂れき土 59. 砂れき土 60. 砂れき土 61. 砂れき土 62. 砂れき土 63. 砂れき土 64. 砂れき土 65. 砂れき土 66. 砂れき土 67. 砂れき土 68. 砂れき土 69. 砂れき土 70. 砂れき土 71. 砂れき土 72. 砂れき土 73. 砂れき土 74. 砂れき土 75. 砂れき土 76. 砂れき土 77. 砂れき土 78. 砂れき土 79. 砂れき土 80. 砂れき土 81. 砂れき土 82. 砂れき土 83. 砂れき土 84. 砂れき土 85. 砂れき土 86. 砂れき土 87. 砂れき土 88. 砂れき土 89. 砂れき土 90. 砂れき土 91. 砂れき土 92. 砂れき土 93. 砂れき土 94. 砂れき土 95. 砂れき土 96. 砂れき土 97. 砂れき土 98. 砂れき土 99. 砂れき土 100. 砂れき土	34. その他	35. 砂れき土 36. 砂れき土 37. 砂れき土 38. 砂れき土 39. 砂れき土 40. 砂れき土 41. 砂れき土 42. 砂れき土 43. 砂れき土 44. 砂れき土 45. 砂れき土 46. 砂れき土 47. 砂れき土 48. 砂れき土 49. 砂れき土 50. 砂れき土 51. 砂れき土 52. 砂れき土 53. 砂れき土 54. 砂れき土 55. 砂れき土 56. 砂れき土 57. 砂れき土 58. 砂れき土 59. 砂れき土 60. 砂れき土 61. 砂れき土 62. 砂れき土 63. 砂れき土 64. 砂れき土 65. 砂れき土 66. 砂れき土 67. 砂れき土 68. 砂れき土 69. 砂れき土 70. 砂れき土 71. 砂れき土 72. 砂れき土 73. 砂れき土 74. 砂れき土 75. 砂れき土 76. 砂れき土 77. 砂れき土 78. 砂れき土 79. 砂れき土 80. 砂れき土 81. 砂れき土 82. 砂れき土 83. 砂れき土 84. 砂れき土 85. 砂れき土 86. 砂れき土 87. 砂れき土 88. 砂れき土 89. 砂れき土 90. 砂れき土 91. 砂れき土 92. 砂れき土 93. 砂れき土 94. 砂れき土 95. 砂れき土 96. 砂れき土 97. 砂れき土 98. 砂れき土 99. 砂れき土 100. 砂れき土
傾斜方向	47. その他	39. 東 40. 南東 41. 南 42. 南西 43. 西 44. 北東 45. 北 46. 北西	41. 南	42. 南西 43. 西 44. 北西	40. 南東			
土地利用	44. 市街地 45. その他	46. 水田 47. 畑 48. 森林 49. 草原 50. 牧場 51. 農地 52. 農地 53. 農地 54. 農地 55. 農地 56. 農地 57. 農地 58. 農地 59. 農地 60. 農地 61. 農地 62. 農地 63. 農地 64. 農地 65. 農地 66. 農地 67. 農地 68. 農地 69. 農地 70. 農地 71. 農地 72. 農地 73. 農地 74. 農地 75. 農地 76. 農地 77. 農地 78. 農地 79. 農地 80. 農地 81. 農地 82. 農地 83. 農地 84. 農地 85. 農地 86. 農地 87. 農地 88. 農地 89. 農地 90. 農地 91. 農地 92. 農地 93. 農地 94. 農地 95. 農地 96. 農地 97. 農地 98. 農地 99. 農地 100. 農地	44. 市街地 45. その他	46. 水田 47. 畑 48. 森林 49. 草原 50. 牧場 51. 農地 52. 農地 53. 農地 54. 農地 55. 農地 56. 農地 57. 農地 58. 農地 59. 農地 60. 農地 61. 農地 62. 農地 63. 農地 64. 農地 65. 農地 66. 農地 67. 農地 68. 農地 69. 農地 70. 農地 71. 農地 72. 農地 73. 農地 74. 農地 75. 農地 76. 農地 77. 農地 78. 農地 79. 農地 80. 農地 81. 農地 82. 農地 83. 農地 84. 農地 85. 農地 86. 農地 87. 農地 88. 農地 89. 農地 90. 農地 91. 農地 92. 農地 93. 農地 94. 農地 95. 農地 96. 農地 97. 農地 98. 農地 99. 農地 100. 農地	44. 市街地 45. その他	46. 水田 47. 畑 48. 森林 49. 草原 50. 牧場 51. 農地 52. 農地 53. 農地 54. 農地 55. 農地 56. 農地 57. 農地 58. 農地 59. 農地 60. 農地 61. 農地 62. 農地 63. 農地 64. 農地 65. 農地 66. 農地 67. 農地 68. 農地 69. 農地 70. 農地 71. 農地 72. 農地 73. 農地 74. 農地 75. 農地 76. 農地 77. 農地 78. 農地 79. 農地 80. 農地 81. 農地 82. 農地 83. 農地 84. 農地 85. 農地 86. 農地 87. 農地 88. 農地 89. 農地 90. 農地 91. 農地 92. 農地 93. 農地 94. 農地 95. 農地 96. 農地 97. 農地 98. 農地 99. 農地 100. 農地	44. 市街地 45. その他	46. 水田 47. 畑 48. 森林 49. 草原 50. 牧場 51. 農地 52. 農地 53. 農地 54. 農地 55. 農地 56. 農地 57. 農地 58. 農地 59. 農地 60. 農地 61. 農地 62. 農地 63. 農地 64. 農地 65. 農地 66. 農地 67. 農地 68. 農地 69. 農地 70. 農地 71. 農地 72. 農地 73. 農地 74. 農地 75. 農地 76. 農地 77. 農地 78. 農地 79. 農地 80. 農地 81. 農地 82. 農地 83. 農地 84. 農地 85. 農地 86. 農地 87. 農地 88. 農地 89. 農地 90. 農地 91. 農地 92. 農地 93. 農地 94. 農地 95. 農地 96. 農地 97. 農地 98. 農地 99. 農地 100. 農地
T V I	55. 0-49	56. 50-59	57. 60-69	58. 70-79	59. 80-89	60. 90-99		

3. 解析結果及び考察

数量化理論Ⅲ類の解析による固有値と相関係数の値は表-1によりI軸, II軸, III軸, IV軸, V軸の順で高くなっており、この順でカテゴリー間の相関が高いことがわかる。そこで、数量化されたカテゴリーをI-II軸平面にプロットし、傾斜角を基準アイテムに設定したグループ分けを、図-2のように行った。次に、各グループに危険度評価点をつけ、表-2のようなカテゴリー分類を行い、これを基に危険度評価総合点を各メッシュについて算出し、ヒストグラムを作成した。このとき各危険度の度数の総和がなるべく等しくなるように6つの危険度ランクに分け、危険なものから順に、赤, 橙, 黄, 緑, 水色, 青で示し危険度ランク分布図(掲載略)を作成した。

これを見る限りでは、地すべりを起こした箇所が、他より比較的に危険であることが示されている。また、表-2のTVI(植生指標)を見ると、TVI値が高い程、危険であることが顕著に表れている。これにより活性が良いことで、地下水が十分にあることが予測でき、植物の活性と地すべりとの関連が推察できる。

4. あとがき

衛星データを利用した数量化理論Ⅲ類による地すべりの発生予測の方法は、広範囲の解析を短時間に、客観的に、また誰にでも行えるという利点を持ち、結果からも多分に有用であると思われる。しかし、基準アイテムを傾斜角に設定したため、山岳地の傾斜角の大きい所は危険になりがちという欠点もあり、必ずしも危険・安全と言い切れるものでもない。より高い精度の予測を行うには、地すべりに関するデータの収集・選択・抽出が重要であると言える。

また、この結果と現地調査による判断を組合せることにより、より高精度な予測を行い、防災に役立てることが望まれる。

(参考文献) 1) 日本リモートセンシング研究会編: リモートセンシング用語事典, 共立出版(1989)

2) 河口至商: 多変量解析入門Ⅱ, 森北出版(1978)