

(一社)日本リモートセンシング学会 平成26年度 第56回春季学術講演会
平成25年5月16日(金) 於:(独)産業技術総合研究所・つくばセンター)

地すべり誘因広域逆推定支援を目的とした 有効なモデル修正

○関根亮¹⁾ ・ 小島尚人²⁾

1) 学生会員 東京理科大学大学院・理工学研究科・土木工学専攻

2) 正会員 東京理科大学・理工学部土木工学科

研究の背景

潜在危険斜面の広域推定を目的して、各種地理情報、衛星リモートセンシングデータを説明変量(以下、素因)としたモデル構築に関わる研究は、国内外をみても枚挙にいとまがない。

「誘因」を「未観測情報(潜在変量)」として扱い、共分散構造分析法をベースとして、誘因を逆推定するモデルを構築し、誘因逆推定図を提案した。

従来のパス図は、「誘因」が「素因」に影響を及ぼすものとして構成されており、「目的変量:教師データ(既崩壊地)」と「誘因」間のパス係数によるウェイト分析ができないといった問題があった。

研究の目的

①素因(説明変量:観測変量)と誘因(潜在変量:未観測変量)の両者が「目的変量(教師データ:既崩壊地)」を説明付けるパス図を提示



適合度検定:提案パス図が採用されれば...

②パス係数に基づいて、対地すべり「素因影響率、誘因影響率」を定義し、「地すべり」に関わる「素因・誘因影響分析」を実施し、その有用性の有無について検討。(表層崩壊、深層崩壊にも適用)

③従来パス図と提案パス図をもとに作成される誘因逆推定図の違いを抽出した「差画像(感度分析図)」を提示し、モデル修正に伴う感度分析支援策として寄与することを示す。

対象領域：同時多発型・異種斜面崩壊発生

誘因：2004年新潟県中越地震



表層崩壊

土木学会・調査報告書より引用



深層崩壊

土木学会・調査報告書より引用

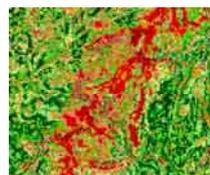
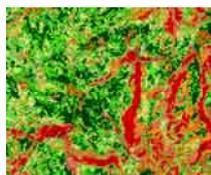


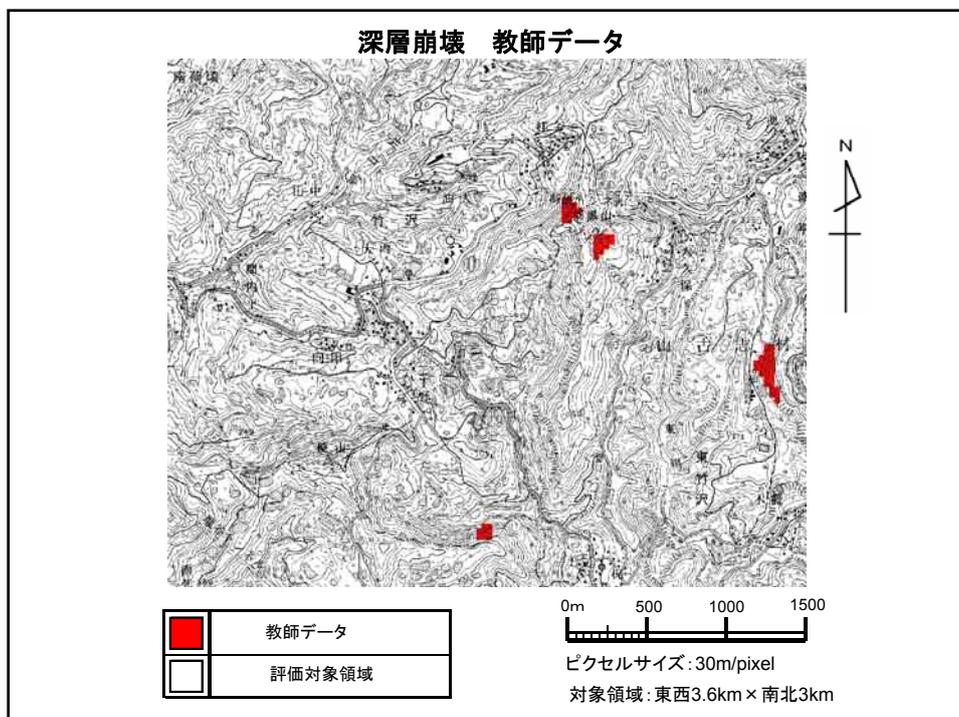
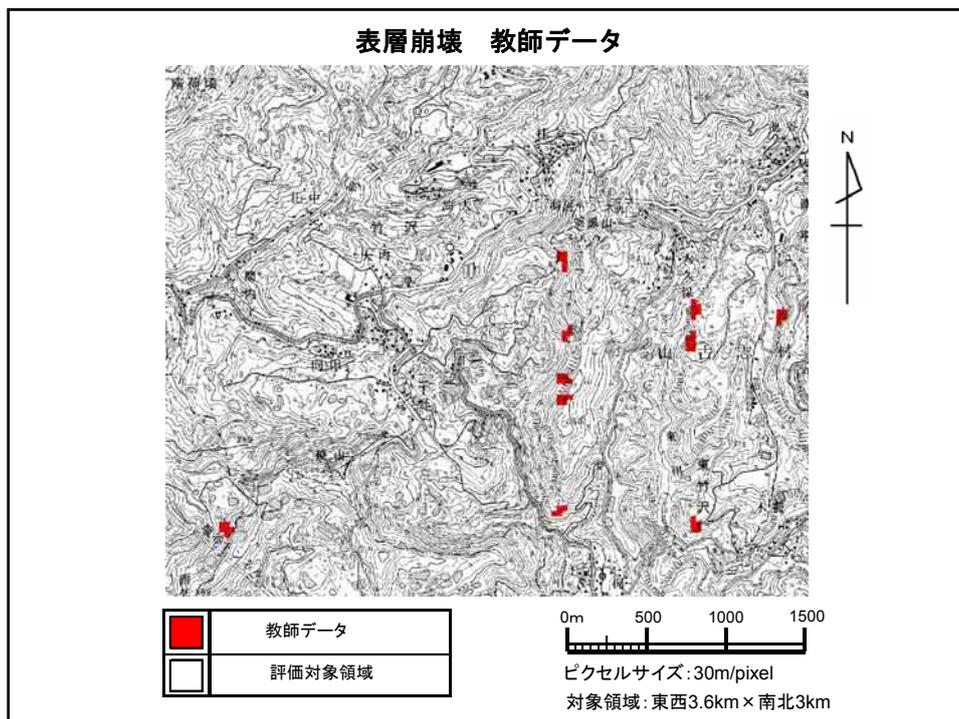
地すべり

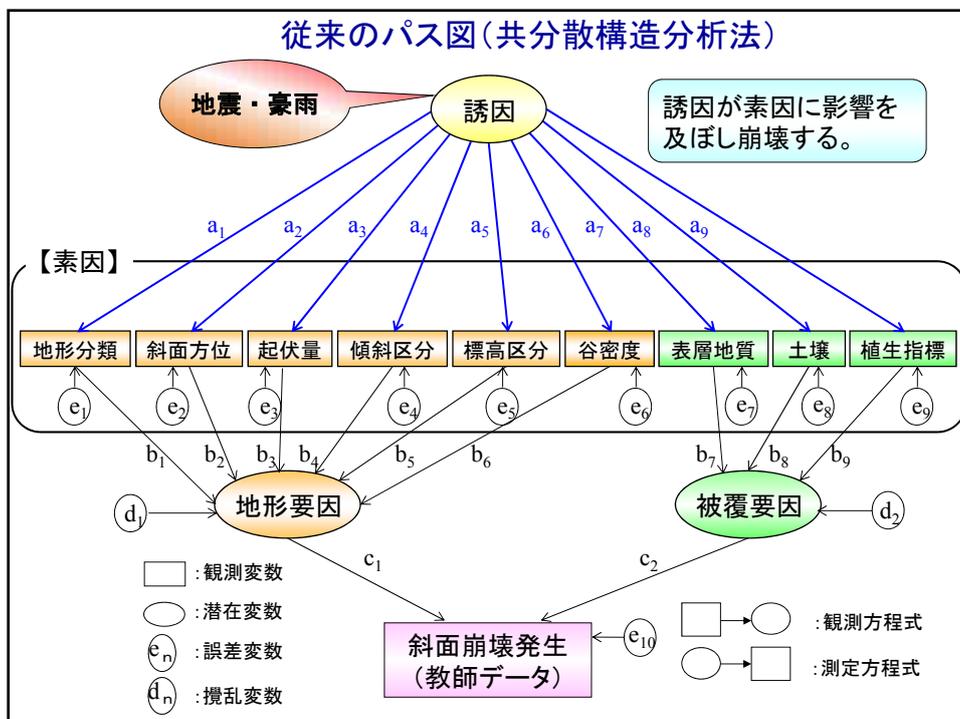
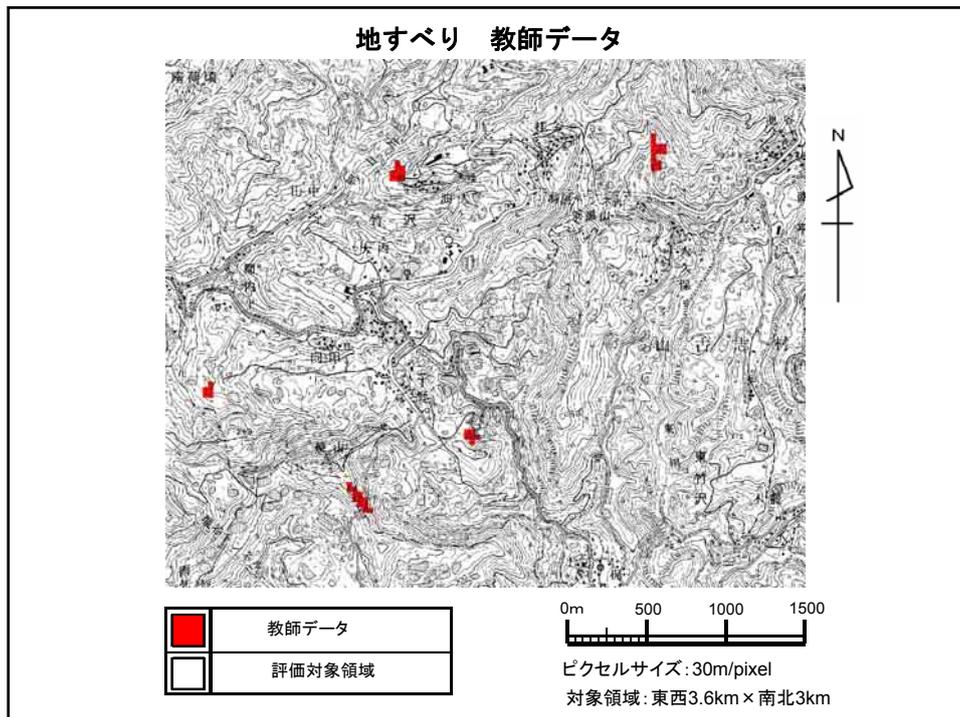
土木学会・調査報告書より引用

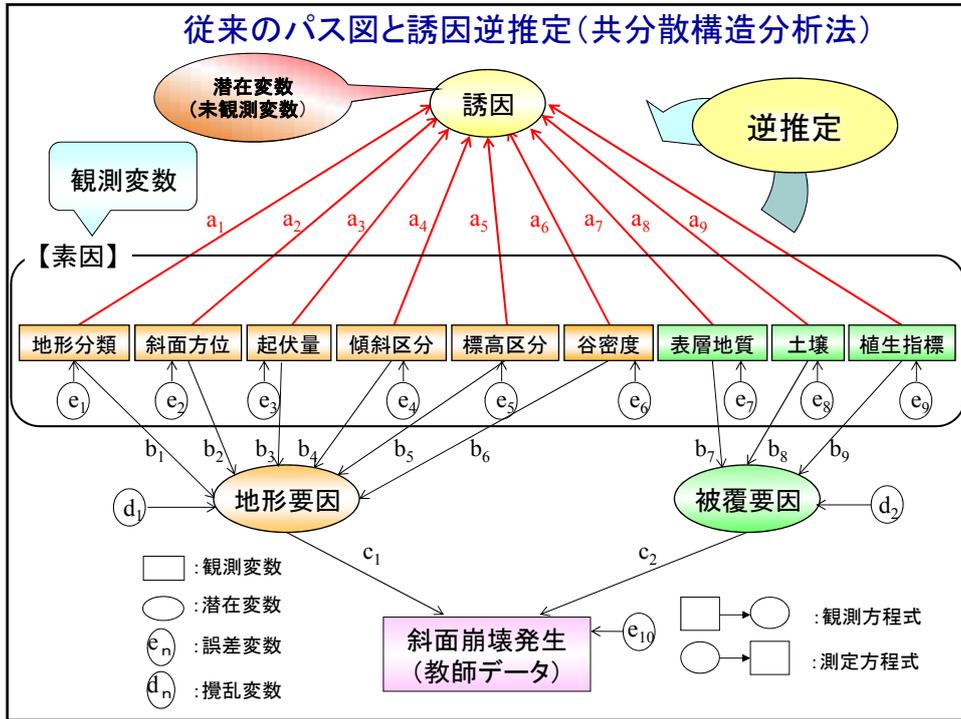


共分散構造分析法の導入：誘因広域逆推定図の提示(既往研究)









測定方程式 $z_{ji} = a_j f_i + e_{ji}$

z_{ji} : i 番目の画素に対応する素因 j のデータ
 a_j : 素因 j に対するパス係数
 f_i : i 番目の画素に対応する誘因情報 (潜在変数)
 e_{ji} : i 番目の素因 j に対する誤差

推定する誘因 $\hat{f}_i = \sum_{j=1}^p h_j z_{ji}$ 推定値 \hat{f}_i が真値 f_i に近くなるよう h_j を求める

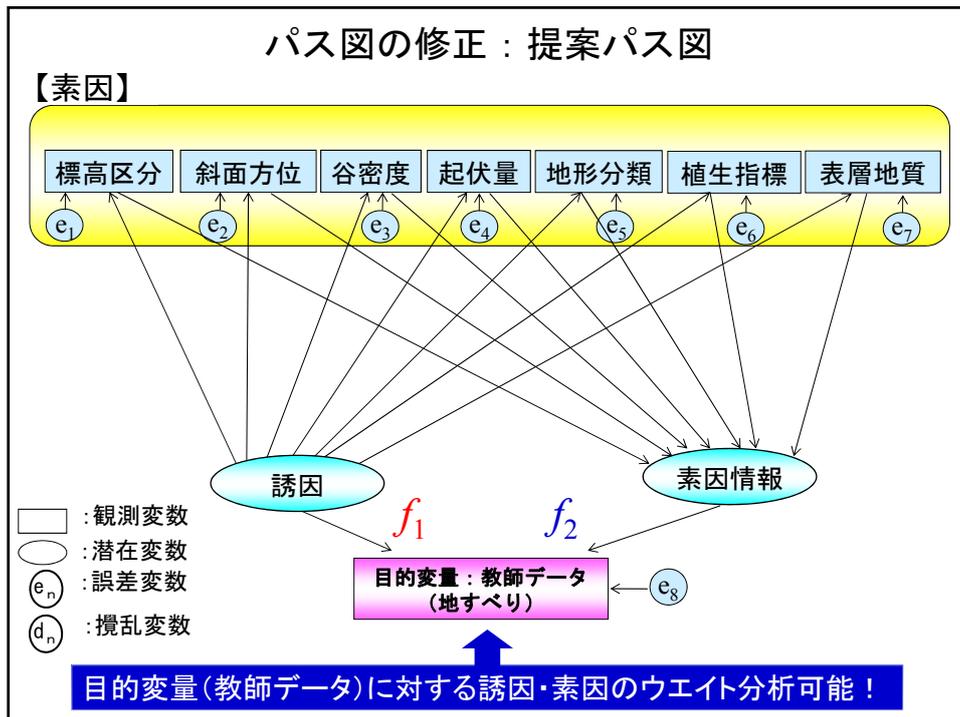
最小化する式 $Q = \sum_{i=1}^n (f_i - \hat{f}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (f_i - \sum_{j=1}^p h_j z_{ji})^2$

$$\frac{\partial Q}{\partial h_j} = -2 \sum_{i=1}^n z_{ji} (f_i - \sum_{j=1}^p h_j z_{ji}) = 0$$

⋮

逆推定パラメータ $\rightarrow h_j = \sum_{j'=1}^p a_j r^{jj'}$

$r^{jj'}$: 相関係数 R の逆行列 R^{-1} の (j, j') 要素

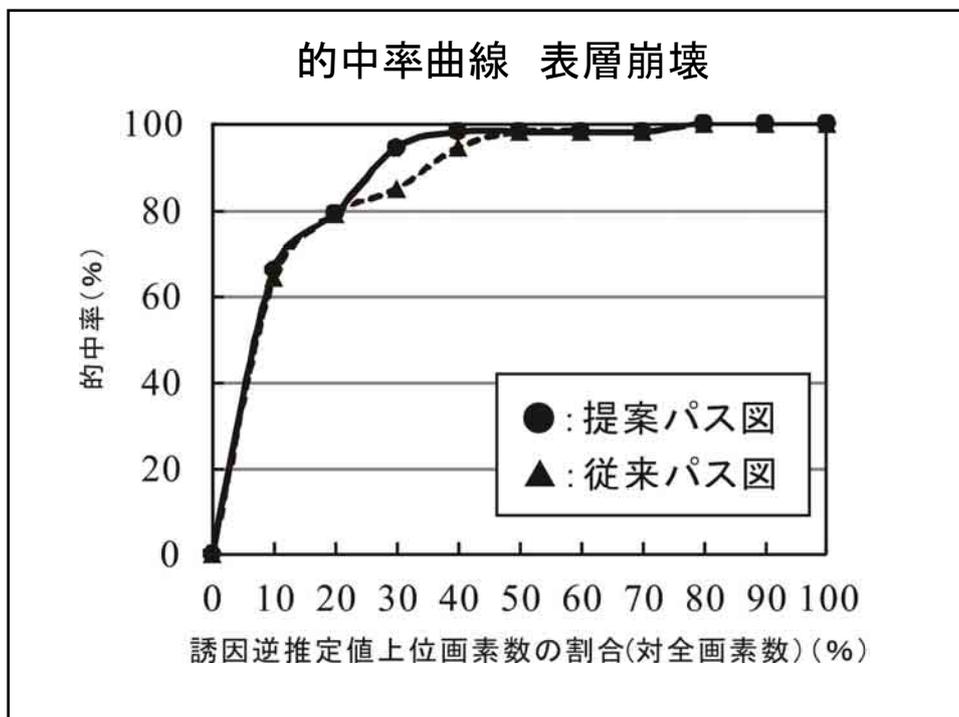
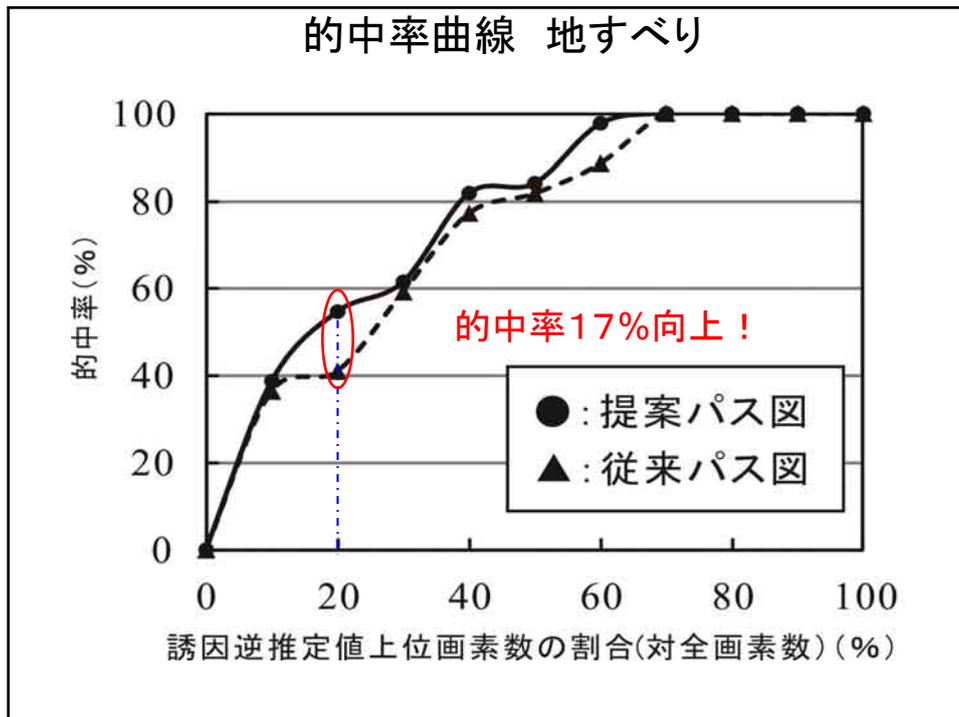


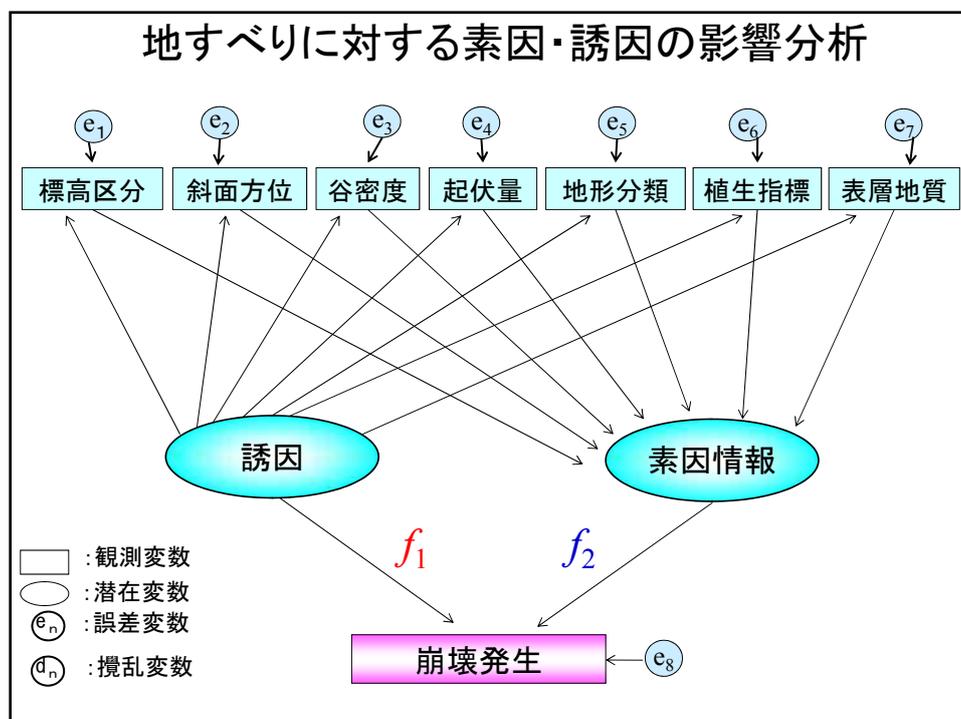
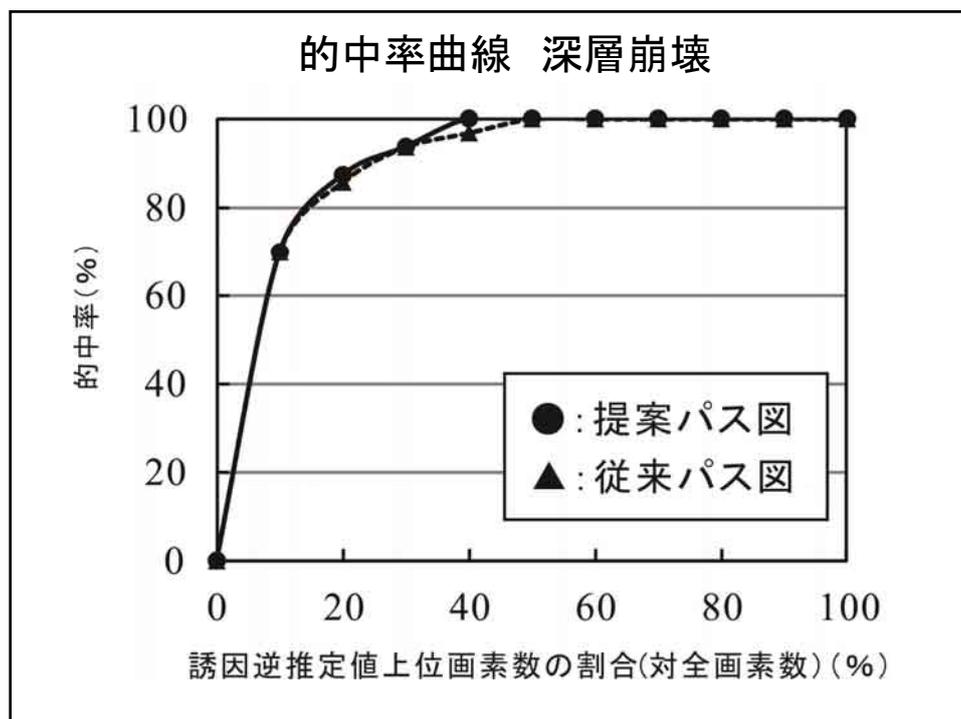
適合度検定 崩壊形態別

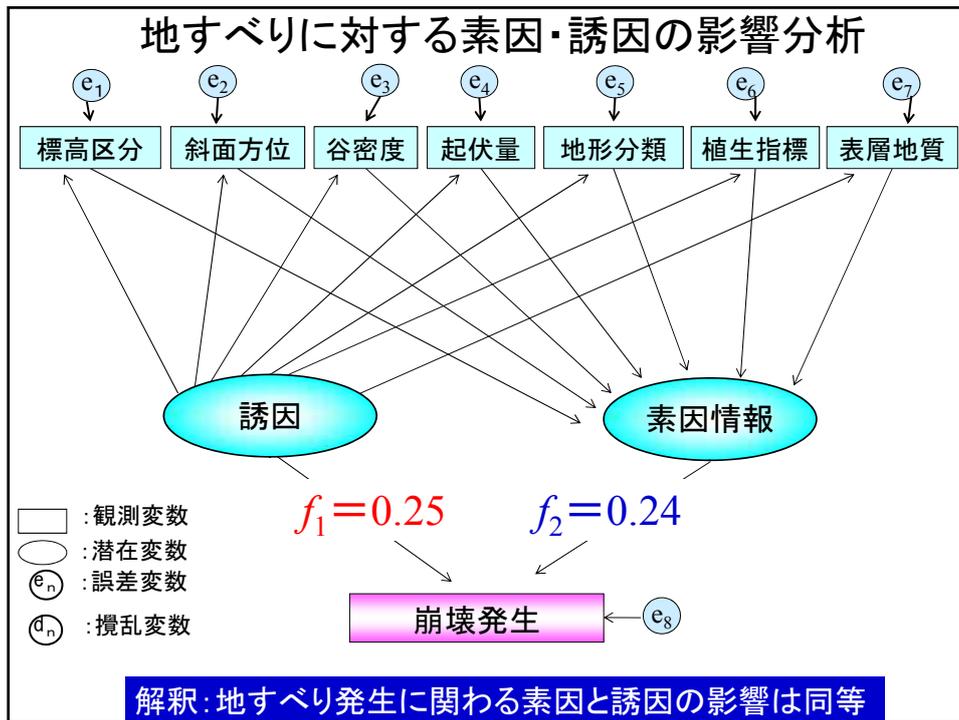
崩壊形態	パス図	適合度指標			
		GFI	AGFI	RMSEA	AIC
表層崩壊	提案パス図	0.995	0.988	0.036	272.4
	従来パス図	0.995	0.988	0.039	279.9
深層崩壊	提案パス図	0.991	0.977	0.05	473.4
	従来パス図	0.991	0.976	0.05	487.0
地すべり	提案パス図	0.991	0.977	0.05	415.4
	従来パス図	0.99	0.975	0.052	434.1

注)GFI: Goodness of Fit Index
 AGFI: Adjusted Goodness of Fit Index
 AIC: Akaike Information Criterion
 RMSEA: Root Mean Square Error of Approximation

・従来パス図、提案パス図とも採用可能。
 ・従来パス図に比べて、提案パス図は優位。







素因・誘因影響率(対地すべり)

$$W_i = \frac{f_i}{f_1 + f_2} \times 100 \quad (\%)$$

但し、

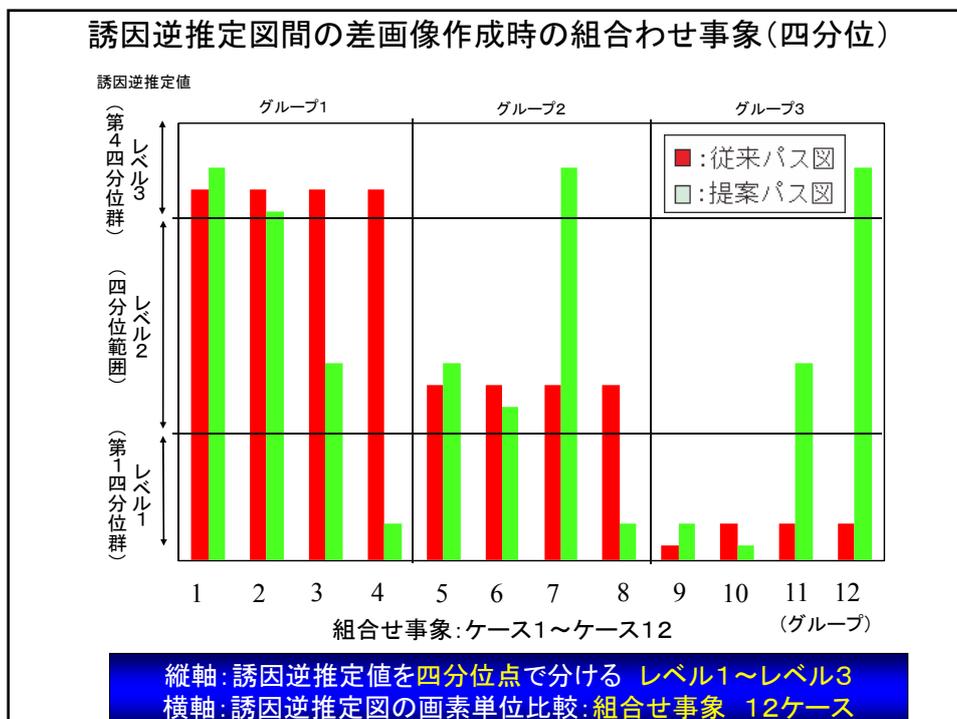
i = 1 : 対地すべり誘因影響率

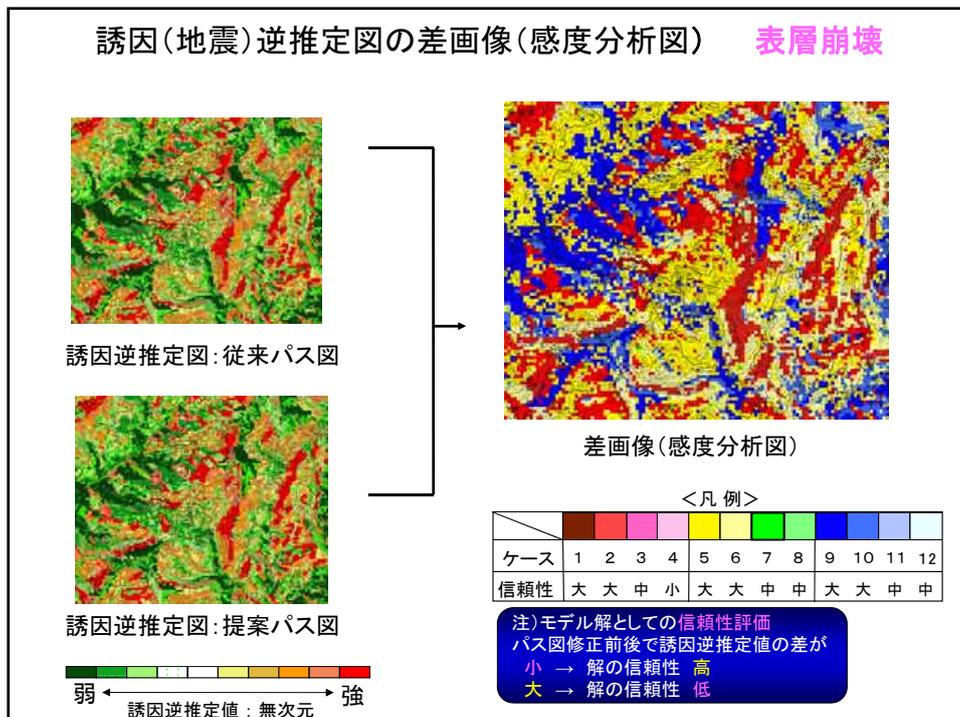
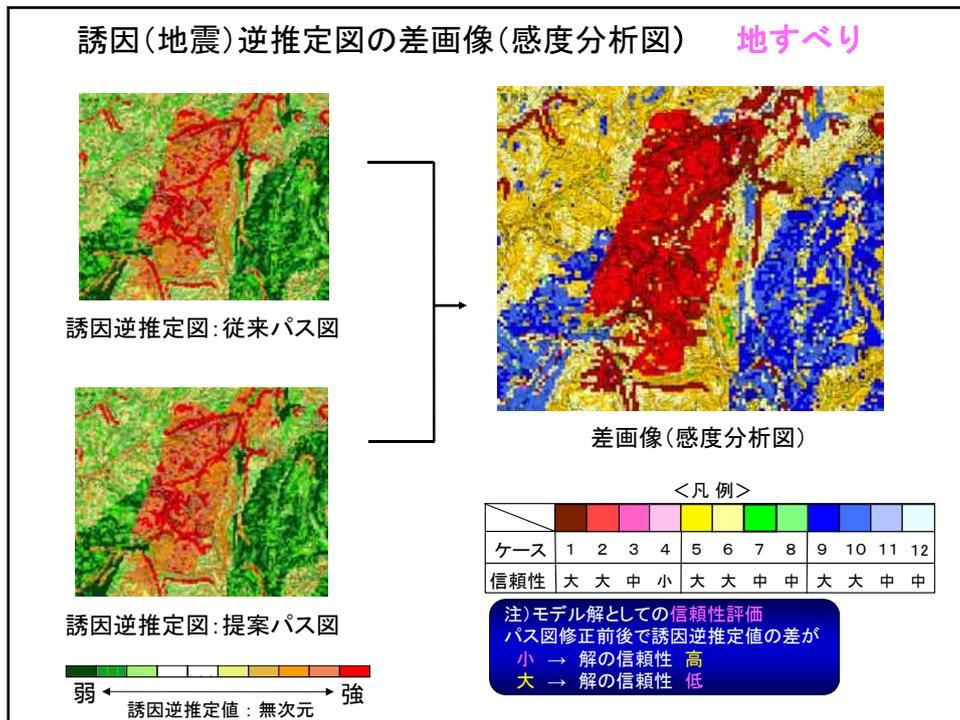
i = 2 : 対地すべり素因影響率

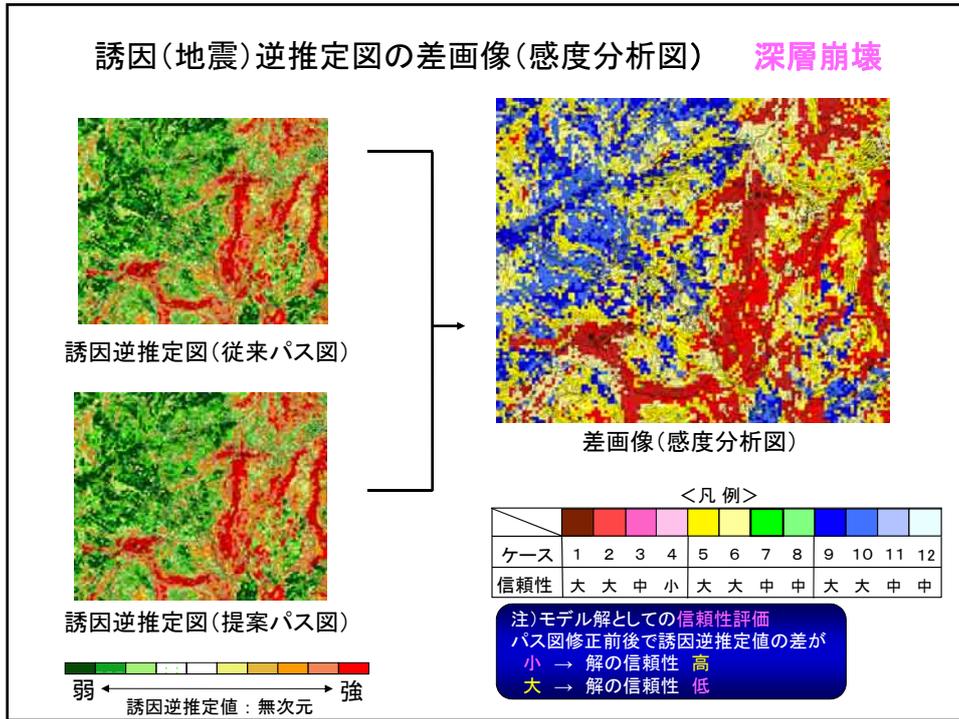
f₁ : 「誘因」から「目的変量: 教師データ」へのパス係数

f₂ : 「素因情報」から「目的変量: 教師データ」へのパス係数

素因・誘因影響率 崩壊形態別				
崩壊形態	パス関係			対崩壊素因or誘因影響率
表層崩壊	素因	→	崩壊発生	35.8 %
	誘因	→	崩壊発生	64.2 %
深層崩壊	素因	→	崩壊発生	50.7 %
	誘因	→	崩壊発生	49.3 %
地すべり	素因	→	崩壊発生	49.3 %
	誘因	→	崩壊発生	50.7 %







誘因逆推定図間の差画像(感度分析図)の一般解釈表 例：地すべり

グループ名	モデルA (パス図修正前)	誘因逆推定値 の大小関係	モデルB (パス図修正後)	感度分析における一般解釈 (パス図修正前後)		モデル解 としての信頼性	ケース	ピクセル数	色付け
				安全側評価レベル	危険側評価レベル				
グループ1	レベル3 (第4四分位群)	≤	レベル3 (第4四分位群)	3	1	高	1	1656	
		>	レベル3 (第4四分位群)	3	1	高	2	1316	
		>	レベル2 (四分位範囲)	2	2	中	3	28	
		>	レベル1 (第1四分位群)	1	3	低	4	0	
グループ2	レベル2 (四分位範囲)	≤	レベル2 (四分位範囲)	3	1	高	5	3581	
		>	レベル2 (四分位範囲)	3	1	高	6	2370	
		<	レベル3 (第4四分位群)	2	2	中	7	28	
		>	レベル1 (第1四分位群)	2	2	中	8	21	
グループ3	レベル1 (第1四分位群)	≤	レベル1 (第1四分位群)	3	1	高	9	1300	
		>	レベル1 (第1四分位群)	3	1	高	10	1679	
		<	レベル2 (四分位範囲)	2	2	中	11	21	
		<	レベル3 (第4四分位群)	1	3	低	12	0	

安全側・危険側評価

&

<モデル解としての信頼性評価>
 パス図修正前後で誘因逆推定値の差が
 小 → 解の信頼性 高
 大 → 解の信頼性 低

まとめ

- ①従来パス図に基づく変量間ウェイト分析の限界を指摘した上で、素因(説明変量:観測変量)と誘因(潜在変量:未観測変量)の両者が「目的変量(教師データ:既崩壊地)」を説明付けるパス図を提示。
- ②適合度検定、的中率(対教師データ)を通して、従来パス図、提案パス図ともに採択されることを確認するとともに、従来パス図に対する提案パス図の優位性を確認。
- ③パス係数に基づいて、対地すべり「素因影響率、誘因影響率」を定義し、斜面崩壊に関わる「素因・誘因影響分析」支援につながることを示した。
- ③従来パス図と提案パス図をもとに作成される誘因逆推定図の違いを抽出した「差画像(感度分析図)」を提示し、モデル修正に伴う感度分析支援策(安全側評価、危険側評価、モデル解信頼性評価)として寄与することを示した。

今後の課題

- ①連鎖誘因と素因影響分析
- ②源頭部斜面崩壊に関する素因・誘因影響分析(庄原地区)

