

活断層のずれ速度を利用したBPT分布更新過程の事前分布によるベイズ型予測

総合研究大学院 後期博士課程 野村俊一

1. 目的

現在、日本の主要な活断層とプレート領域で算出されている長期地震確率について、算出手法の改善案を提示する。

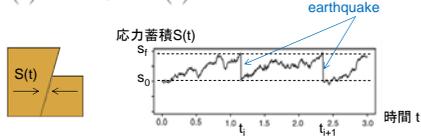
(左)主要活断層の評価結果、(右)主要海溝型地震の評価結果(2010,地震調査委員会)



2. 手法

■ 地震の発生モデル(ブラウン緩和振動過程)

$$S(t) = \lambda t + \sigma W(t)$$



■ Brownian Passage Time (BPT) 分布更新過程

$$X_i = t_{i+1} - t_i \sim f(X_i; \mu, \alpha)$$

$$\mu = E[X_i] = \frac{s_f - s_0}{\lambda}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{\text{Var}[X_i]}}{E[X_i]} = \frac{\sigma}{\sqrt{\lambda(s_f - s_0)}}$$

■ 現行手法

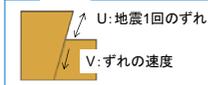
地震調査委員会(2001)

$$\hat{f}(x) = \frac{f(x; \hat{\mu}, \hat{\alpha})}{\int f(x; \mu, \alpha) \pi(\mu, \alpha) d\mu d\alpha}$$

プラグイン予測分布

$$\hat{\mu} = \begin{cases} \sum_{i=1}^n X_i / n \\ \bar{X} = U/V \end{cases}$$

$$\hat{\alpha} = 0.24$$



課題

- 過去の発生間隔 X_1, \dots, X_n とずれの情報 \bar{X} のうち片方の情報しか利用できない
- $\alpha = 0.24$ で当てはまりの悪い活断層も多い

■ 提案手法

提案手法

$$\hat{f}(x) = \iint f(x; \mu, \alpha) \pi(\mu, \alpha | \bar{X}, X_1, \dots, X_n) d\mu d\alpha$$

ベイズ予測分布

$$\mu | \bar{X} \sim \frac{1}{\bar{X}} \pi_1\left(\frac{\mu}{\bar{X}}\right) \quad (\text{ずれの情報ありの場合})$$

$$\mu \sim \pi_1'(\mu) \propto \frac{1}{\mu} \quad (\text{ずれの情報なしの場合})$$

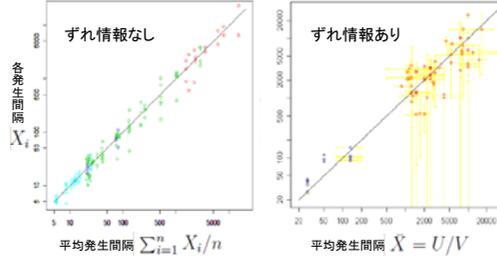
$$\alpha \sim \pi_2(\alpha)$$

従来からの改善策

- ベイズの枠組みを導入し、ベイズ予測分布で推定することで、少数データでも安定した予測精度を得る
- 過去の発生間隔 X_1, \dots, X_n とずれの情報 \bar{X} の両方を同時に利用できる
- μ, α の事前分布は全活断層から推定することで他の活断層の情報も推定に利用できる

3. 事前分布の推定

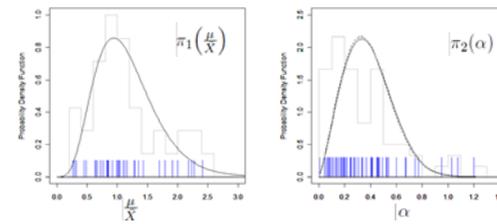
■ データ



■ ABICの比較

	$\pi_2(\alpha)$				
$\pi_1\left(\frac{\mu}{\bar{X}}\right)$	Lognormal	Gamma	Weibull	Exponential	Uniform
Lognormal	246.62	245.27	244.50	263.00	249.82
Gamma	245.78	244.44	243.67	262.66	249.94
Weibull	246.02	244.66	243.88	262.97	250.46
Exponential	268.67	267.38	266.63	285.84	275.17
Uniform	251.86	250.48	249.69	268.92	257.63

■ 推定された事前分布



4. 各手法の比較

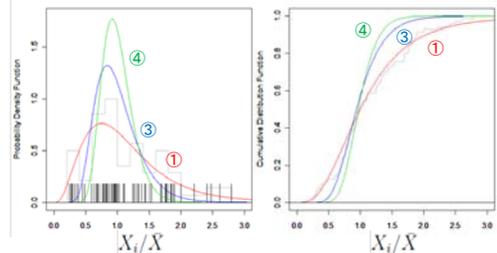
手法①: ベイズ予測分布(ずれの情報あり)

手法②: ベイズ予測分布(ずれの情報なし)

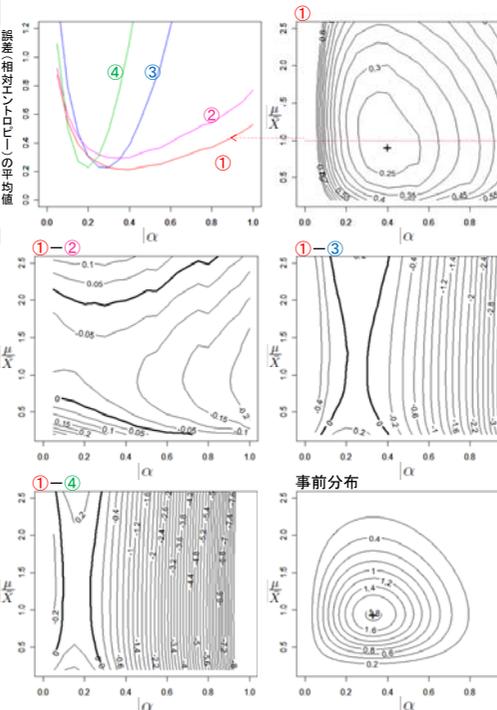
手法③: 最尤推定(μ : 各活断層のMLE, $\alpha=0.345$: 全活断層共通のMLE)

地震調査委員会のモデル(平均発生間隔, $\alpha=0.24$)

■ データと各予測分布の比較

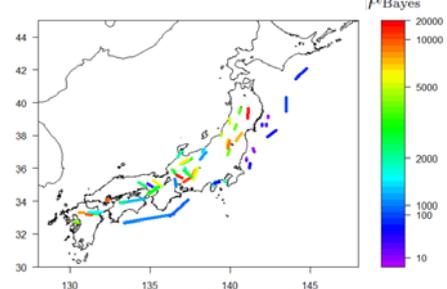


■ シミュレーションによる予測誤差の比較

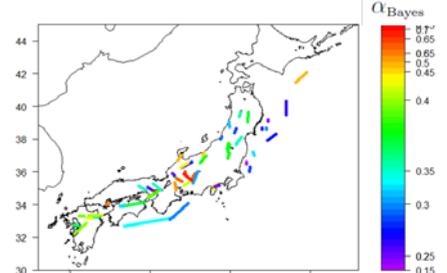


5. 活断層の評価結果

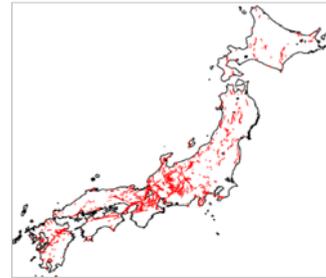
■ μ の推定値の分布



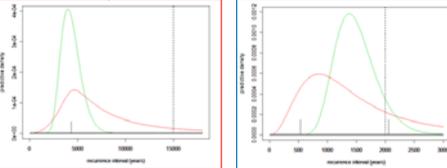
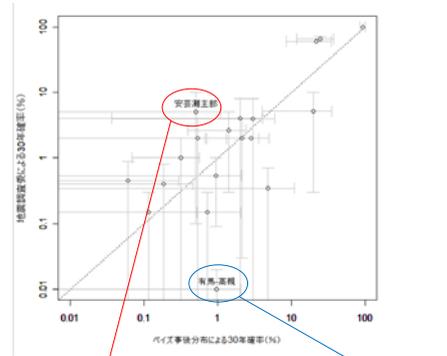
■ α の推定値の分布



■ 日本内陸の活断層



■ 地調委と提案手法との予測結果比較



6. まとめ

- 地震発生間隔の予測にベイズ予測分布を用いることで、 α の値に対してロバストな推定となった
- ずれ情報から求めた平均活動間隔を利用することで他の手法に比べて概ねよい予測精度が得られた
- α のベイズ推定値は、ほとんどの活断層において地調委の推定値(0.24)を上回った
- 過去の発生間隔とずれ情報からの平均活動間隔に開きのある活断層において、地調委と提案手法の確率評価の値に大きな差が表れた