

内陸活断層地震に対するベイズ型予測とその予測性能

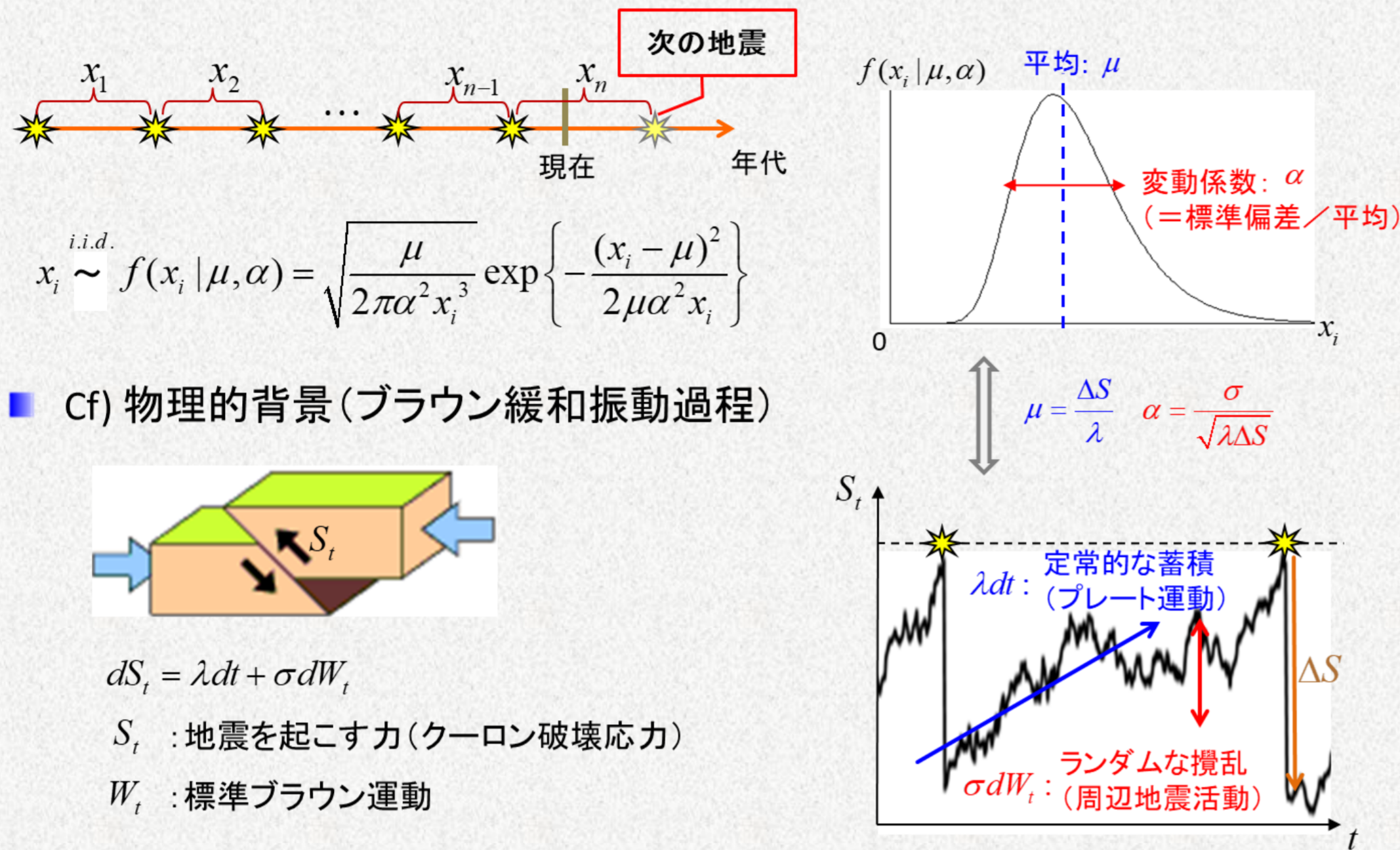
野村 俊一 モデリング研究系 助教

概要

地震調査研究推進本部(地震本部)では、内陸主要活断層ならびに海溝型地震の長期地震予測(30年, 50年, 100年地震確率)の評価結果を公表している。長期地震予測では、主に更新過程と呼ばれる統計モデルが用られ、活断層ごとの地震活動間隔の平均とばらつき(変動係数)に基づいて予測が行われる。本研究では、地震本部の長期予測手法における、活動間隔のばらつきパラメータ α の推定に関する課題を取り上げ、厳密な尤度とベイズモデルに基づいた予測が優れていることを数値実験で示すとともに、日本の内陸活断層におけるばらつきパラメータ α の新たな推定値を与える。

BPT分布更新過程

- 更新過程とBrownian Passage Time (BPT)分布



- Cf) 物理的背景(ブラウン緩和振動過程)

地震本部による推定・予測手法とその課題

- 地震本部によるパラメータ推定手法の概要

平均活動間隔: $\hat{\mu} = \begin{cases} \text{①直接法: 過去の活動間隔の平均} \\ \text{②間接法: 地震1回のずれの量/年平均ずれ速度} \end{cases}$

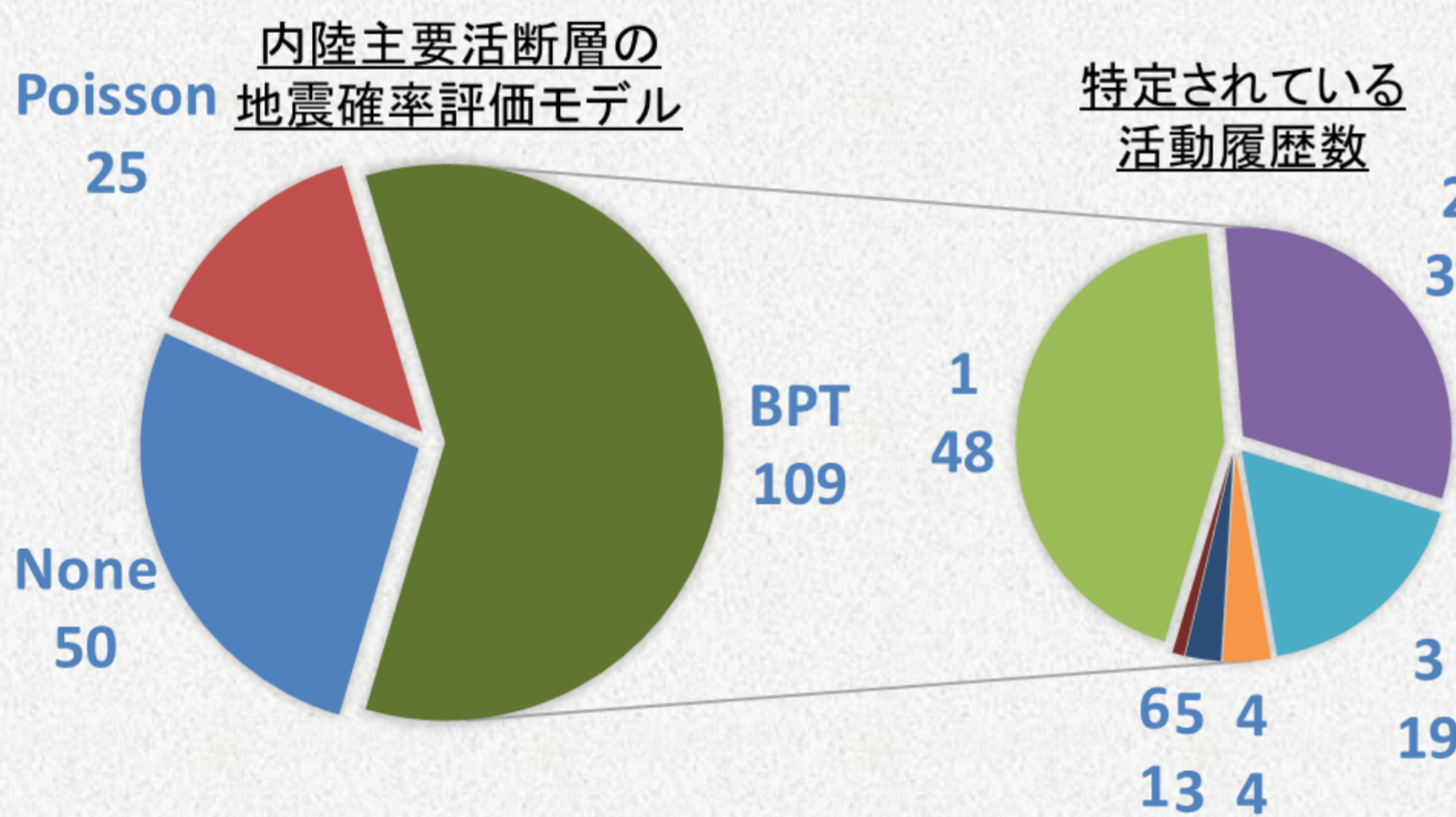
活動間隔の変動係数: $\hat{\alpha} = 0.24$ (活動履歴が多く判明していた4つの活断層に対する共通の最尤推定値)

- 最新活動時期から x 年経過時点における、将来 Δ 年間の地震発生確率を次式の条件付き確率で予測

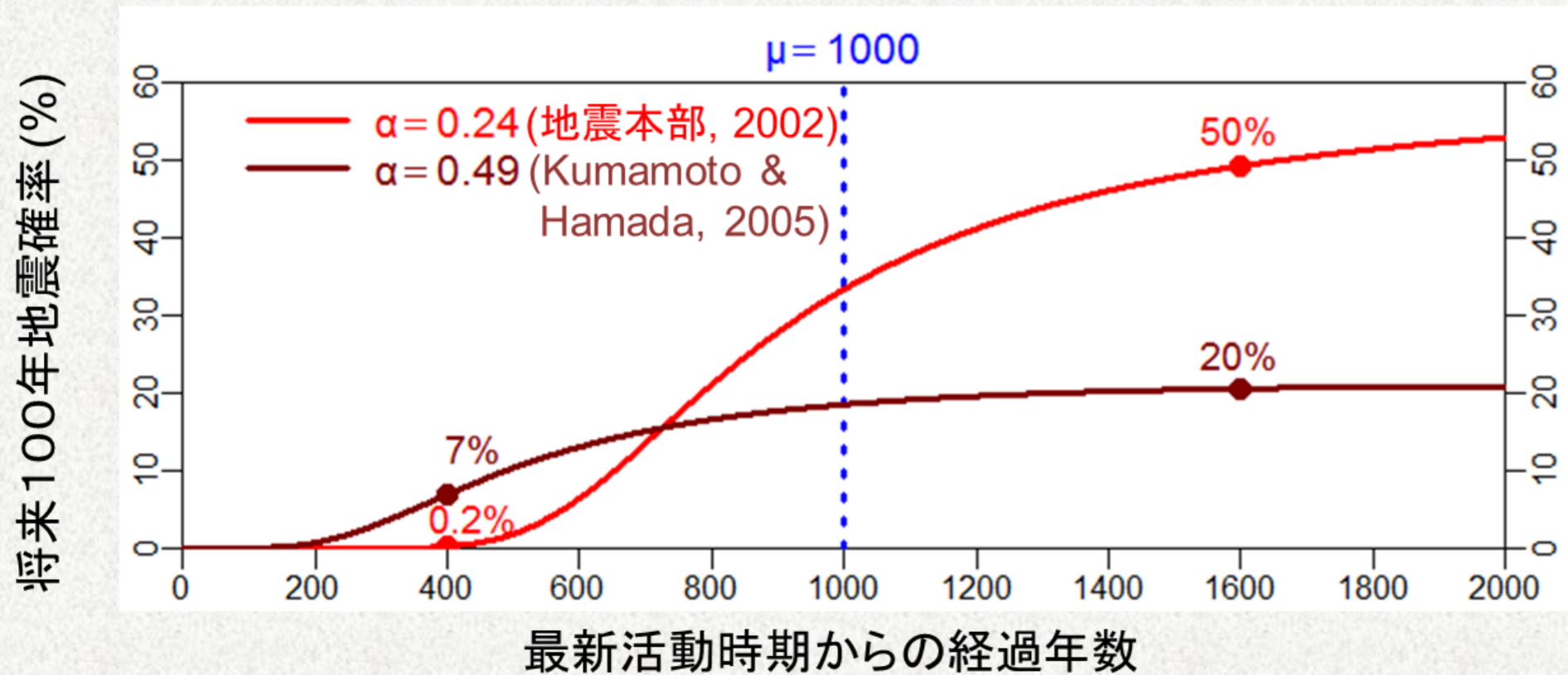
$$F(\Delta | x, \hat{\mu}, \hat{\alpha}) = \frac{\int_x^{x+\Delta} f(y | \hat{\mu}, \hat{\alpha}) dy}{\int_x^{\infty} f(y | \hat{\mu}, \hat{\alpha}) dy}$$

最新活動時期 x 年経過 Δ 年予測期間 現在

- ばらつきパラメータ α は活断層ごと個別に推定されるべきだが、ほとんどの活断層では3つ以下の活動履歴(2つ以下の活動間隔)しか得られていない



- 変動係数 α の偏り(誤差)は将来の地震確率評価に重大な影響を及ぼす



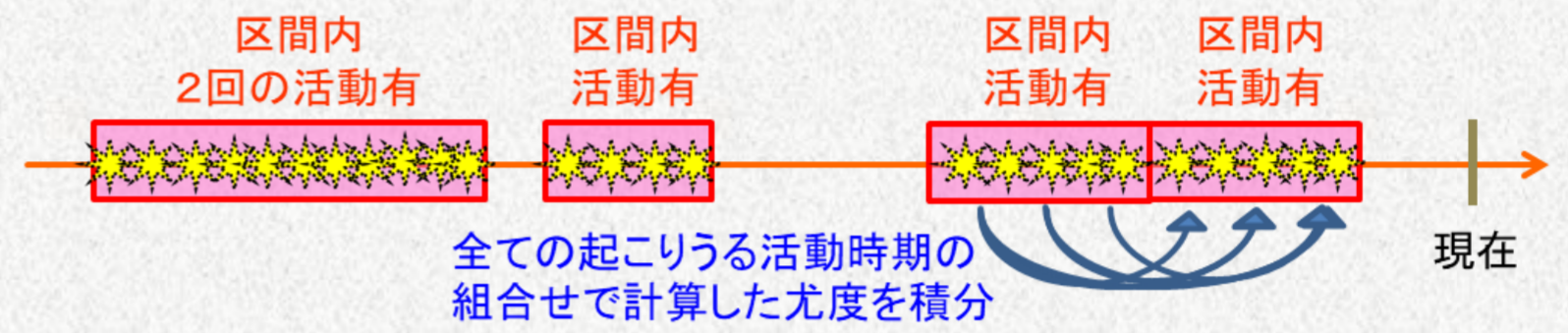
数値実験による予測性能比較

- 以下の3つの手法による α の推定の偏りと予測精度を比較する

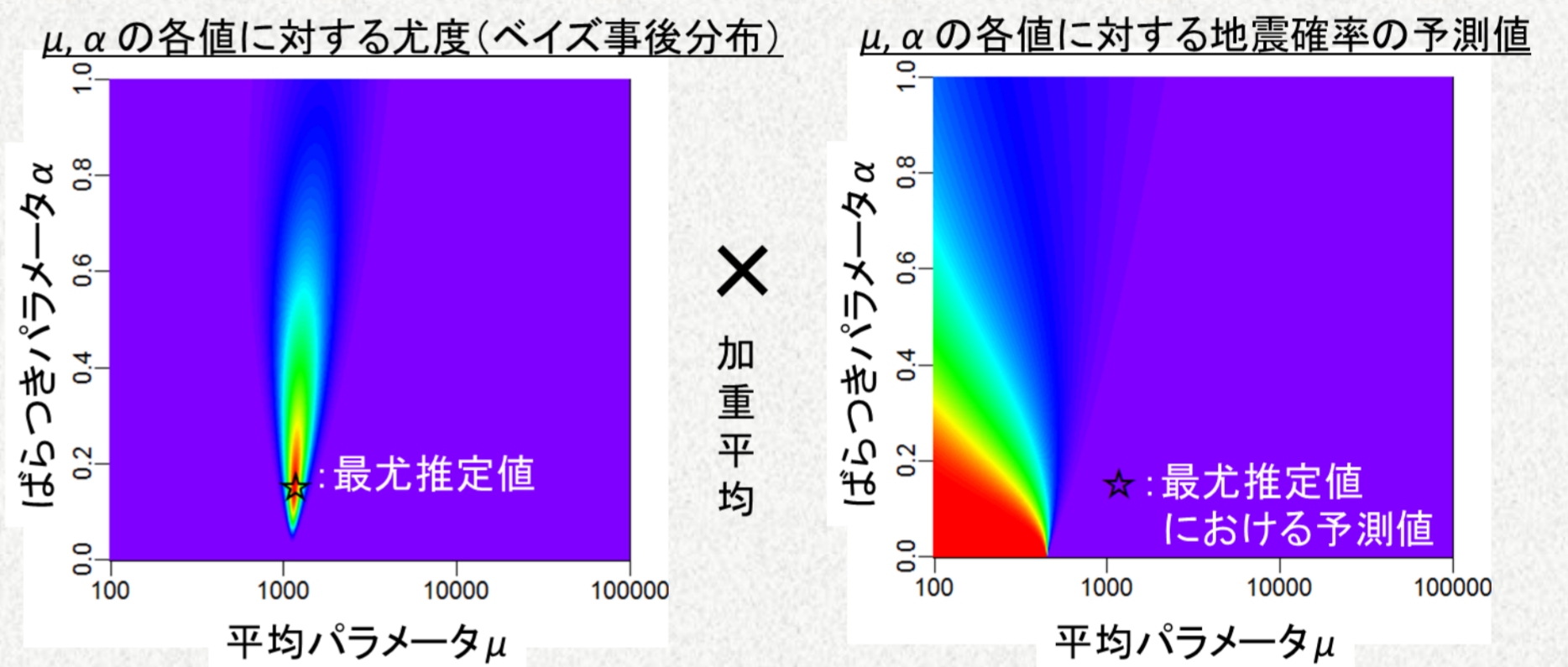
- ① 活動時期を推定区間の midpoint で近似して、最尤推定値を用いて予測



- ② 活動時期の推定区間で積分した尤度を用いて、最尤推定値を用いて予測



- ③ 活動時期の推定区間で積分した尤度(②と同じ)を用いて、ベイズ予測



ケース1: $\mu = 1000, \alpha = 0.5$ の単独活断層から活動履歴3つを生成して推定・予測

比較手法	μ の推定値の平均	α の推定値の平均	将来30年確率(%)の平均二乗誤差
① 中点近似尤度	1018.0	0.325	31.1
② 積分尤度	1019.9	0.278	65.3
③ 積分尤度&ベイズ			8.3

ケース2: $\mu = 1000, \alpha = 0.5$ の100活断層から活動履歴3つずつを生成し、パラメータ α を全活断層共通とした上で推定・予測

比較手法	μ の推定値の平均	α の推定値の平均	将来30年確率(%)の平均二乗誤差
① 中点近似尤度	1017.1	0.399	7.9
② 積分尤度	1019.6	0.359	9.2
③ 積分尤度&ベイズ		0.500*	5.8

* α のベイズ推定値(事後分布平均)の平均

日本の内陸活断層におけるばらつきパラメータ

- 地震本部が長期評価で公表している内陸主要活断層のカタログのうち、最新活動時期と1つ前の活動時期が判明している73セグメントに対して、数値実験と同じ3手法で共通の α (ベイズの場合は事後分布) を推定した
- 3つの手法の推定値の間には、数値実験と同様の大小関係が見られており、 α のベイズ事後分布の平均 $\alpha = 0.50$ が最も偏りのない推定値と考えられる

