

地質環境の長期安定性に関する研究

長期予測・影響評価モデルの開発

－ 第2期中期計画における研究開発の現状と今後の予定 －

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

地層処分研究開発部門

地質環境の長期安定性に関する研究（第2期中期計画）

① 調査技術の開発・体系化

過去の自然現象の記録や現在の状況を調査するための体系的な技術の整備

⇒ サイトの選定や安全性の検討に必要なデータの取得

② 長期予測・影響評価モデルの開発

将来の自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価するための手法の整備

⇒ 変動シナリオに基づく安全評価に必要な技術

③ 年代測定技術の開発

最先端の機器分析装置を用いた放射年代測定技術を含めた編年技術の高度化

⇒ ①、②の信頼性の向上するための技術基盤

（データの品質・解釈等の妥当性を評価するための技術的能力の蓄積）

2. 長期予測・影響評価モデルの開発

2-1 地形変化シミュレーション技術の高度化

第1期中期計画において開発した地形変化シミュレーション技術の妥当性の検討

2-2 断層運動に伴う地下水流動系の変化に関する評価技術

数値シミュレーションによる地震時の地殻応力・歪、地下水圧の変化などの評価

2-3 超長期における予測・評価手法に関する検討

予測結果の不確実性に起因する過去の地質イベントの分解能の提示

2-4 古水理地質学的アプローチによる地質環境の変化の予測・評価手法の開発

超長期の地質環境を再現するための調査・解析・評価手法に係る技術基盤の整備 ⇒ 地質環境長期安定性評価確証技術開発

2-1 地形変化シミュレーション技術の高度化

【目 標】

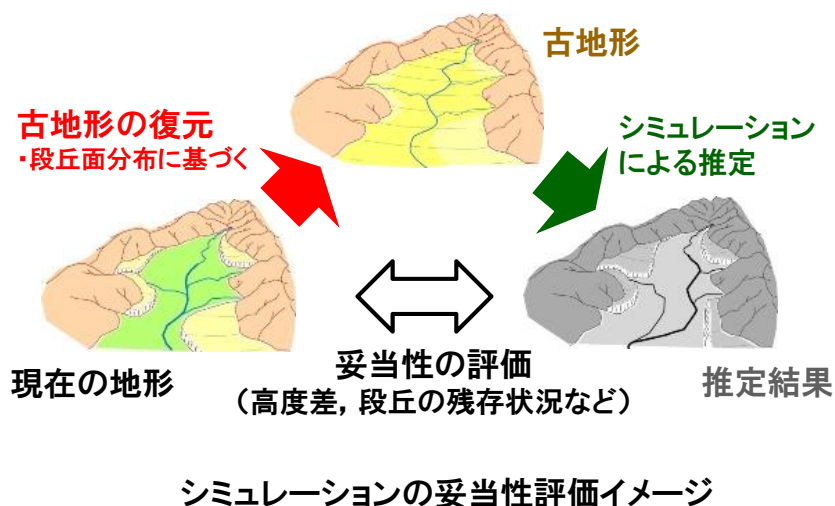
将来十万年程度の広域的な地形変化を把握するための基盤となるシミュレーション技術の高度化を図る。

【実施項目】

➤ これまでに開発した地形変化シミュレーション技術の妥当性の評価

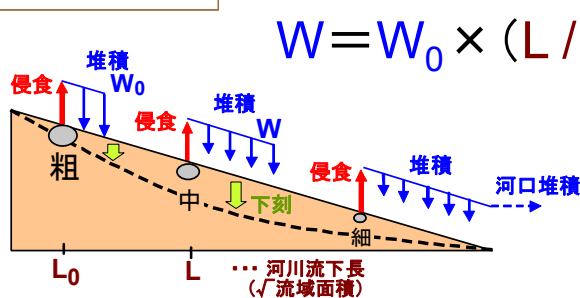
→ 段丘面分布に基づき復元した古地形を起点とする地形変化シミュレーションを実施

→ シミュレーションで得られた地形と現在の地形を、分布や比高を用いて定量的に比較



2-1 地形変化シミュレーション技術の高度化

粒径変化モデル



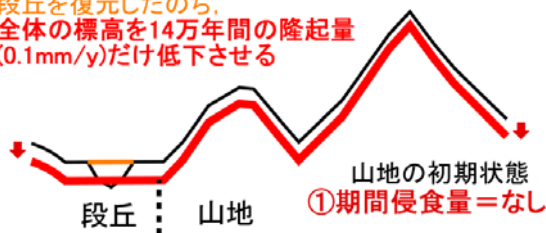
- W : 任意点での堆積区間長
 L : 任意点の流下長(√流域面積)
 W_0 : 谷頭位置での堆積区間長
 L_0 : 谷頭位置の流下長(√流域面積)
 α : 粒径係数(土砂運搬距離の増大率)

河川で侵食された土砂の運搬距離が
下流側で増大するモデル

- 粒径変化に基づく河川堆積プロセスを組み込んだ地形変化シミュレーションプログラムを第1期中期計画で開発
⇒このプロセスのシミュレーション方法について特許取得(特許第5422833号)

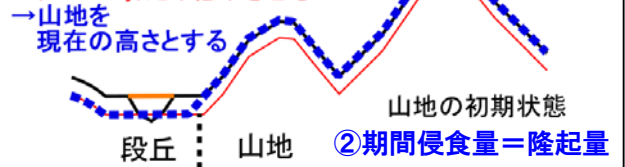
【実施内容】古地形復元の考え方

段丘を復元したのち、
全体の標高を14万年間の隆起量
(0.1mm/y)だけ低下させる



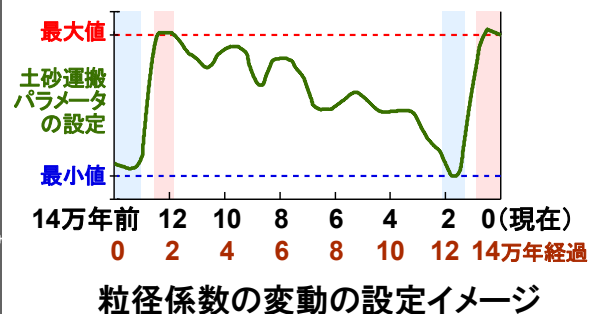
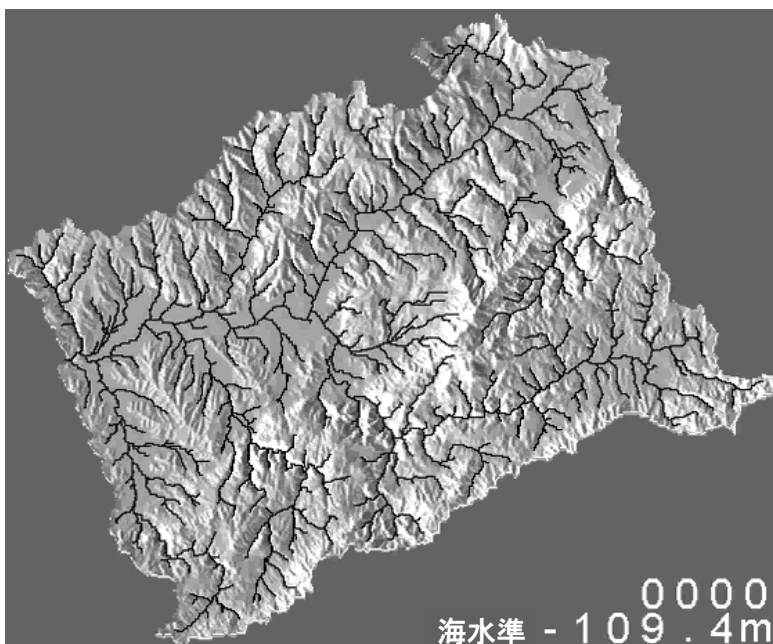
初期地形の
とりうる幅

段丘を復元したのち、
全体の標高を14万年間の隆起量
(0.1mm/y)だけ低下させる



2-1 地形変化シミュレーション技術の高度化

【研究成果】



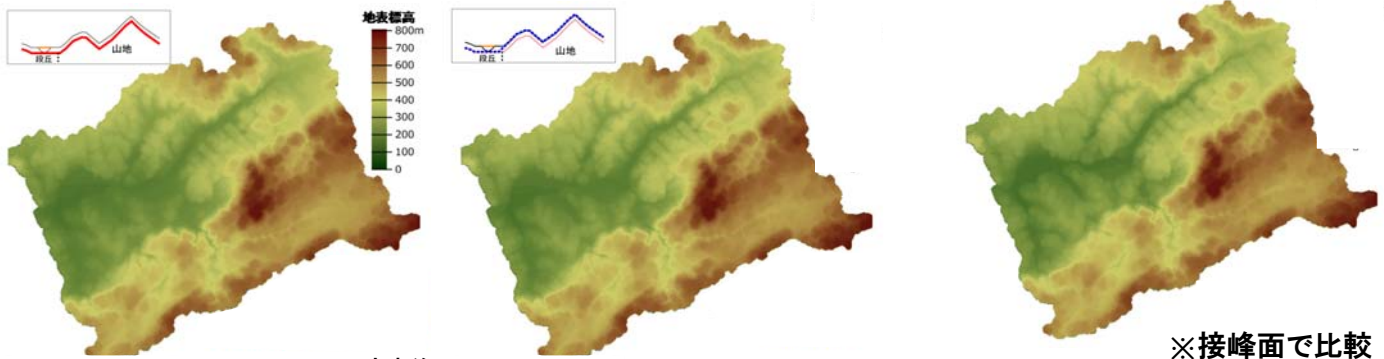
- 復元した14万年前の地形を初期状態として、14万年分のシミュレーションを実施

2-1 地形変化シミュレーション技術の高度化

ケース①

シミュレーション結果 ケース②

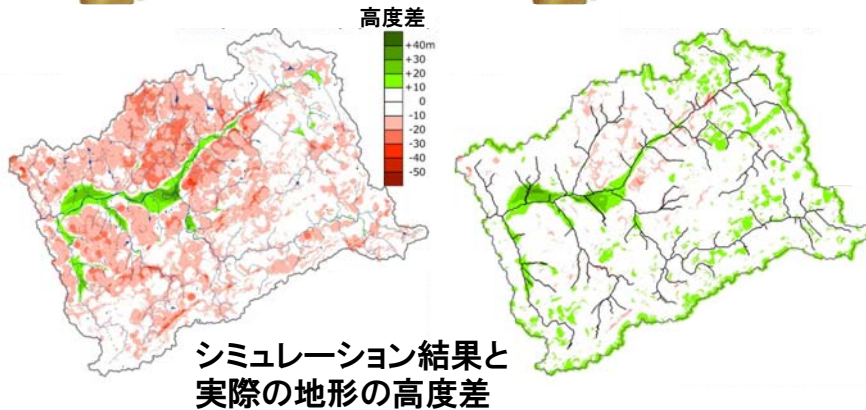
実際の地形



※接峰面で比較

● シミュレーション結果と実際の地形の高度分布は概ね一致

● ケース①はケース②の結果より概ね10~20m程度低い
→山地の初期状態のとり得る幅がシミュレーション結果に与える影響について提示



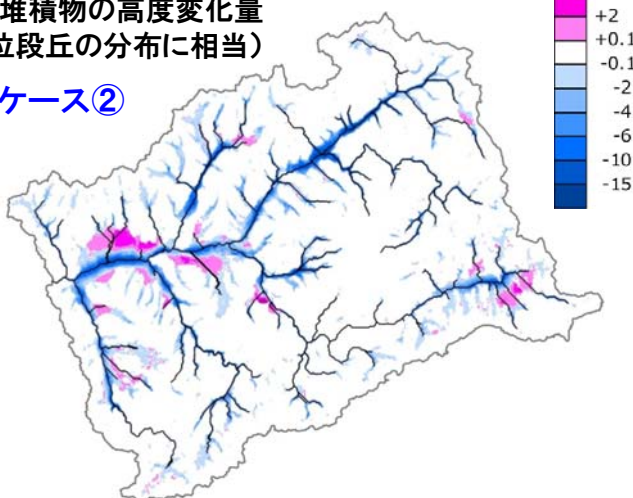
シミュレーション結果と実際の地形の高度差

2-1 地形変化シミュレーション技術の高度化

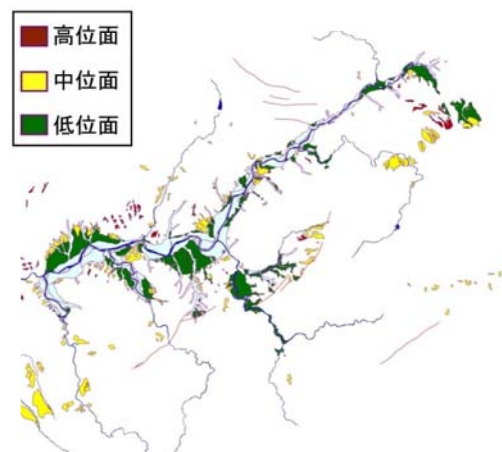
シミュレーション結果

1.5万年前～現在の間の
堆積物の高度変化量
(低位段丘の分布に相当)

ケース②



実際の段丘分布



● シミュレーション結果は、実際の地形と比べて、高度において概ね一致し、河成段丘の分布において同程度であることを確認

→ これまでに開発を進めてきた10万年程度の地形変化シミュレーション技術の妥当性を評価

● 10万年程度で生じる将来の地形変化は、数値シミュレーション結果と外挿・類推結果との比較・検討による予測結果の信頼性向上が課題

2-1 まとめと今後の課題

【目標達成状況】

- 10万年程度の地形変化シミュレーション技術の妥当性を評価
- ✓ 段丘面分布から復元した古地形を起点とするシミュレーション結果と現在の地形を定量的に比較

【今後の課題】

- 10万年程度で生じる将来の地形変化の予測結果の信頼性向上
→ 数値シミュレーション結果と外挿・類推結果との比較・検討

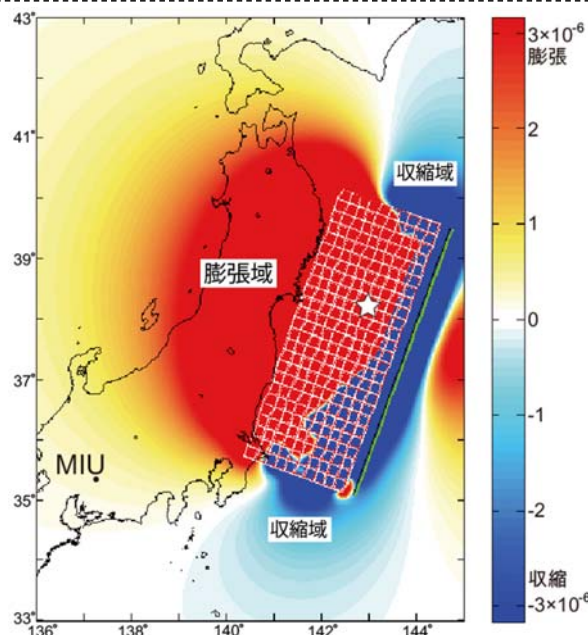
2-2 断層運動に伴う地下水流動系の変化に関する評価技術

【目 標】

サイトの近傍での断層運動や海溝型地震の発生によって生じる地下水流動系の変化を評価するための手法を提示する。

【実施項目】

- 数値シミュレーションによる地震時の地殻応力・歪, 地下水圧の変化などの評価
- 地震に伴う体積歪変化の計算
- 瑞浪超深地層研究所における地下水圧観測データの解析

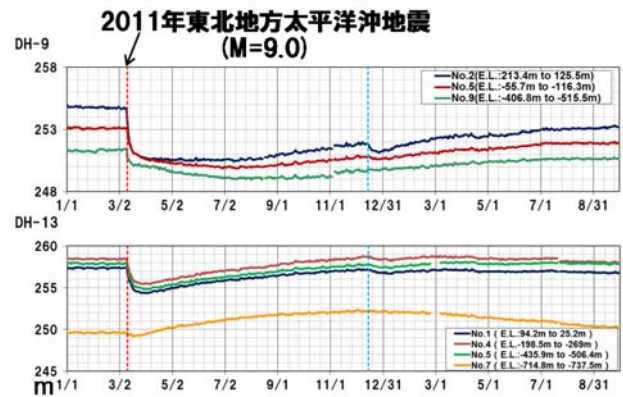


Coulomb3.1の計算による2011年東北地方太平洋沖地震に伴う体積歪変化
断層モデル:
Yagi & Fukahata (2011)

2-2 断層運動に伴う地下水流動系の変化に関する評価技術

東北地方太平洋沖地震に伴う地下水圧変化の
理論計算値と観測値との比較の一部

ボーリング孔	観測 区間	地下水圧変化(水位換算)(cm)	
		理論計算値	観測値
DH-7	No.1	44	62
DH-7	No.2	33	46
DH-7	No.3	54	88
DH-7	No.5	65	35
DH-11	No.1	68	19
DH-11	No.3	65	33
DH-11	No.4	84	35
DH-11	No.5	78	39



東濃地域の地下水圧の経時変化(2011.1.1~2012.9.30)

地震後に変化した地下水圧も、時間の経過につれて
変化前の状態に回復していく傾向あり

- 地震前後に観測された地下水位の変化は、断層モデルを用いた体積歪の変化に基づく理論計算値と概ね整合的
⇒ 海溝型巨大地震によって生じる地下水流動等の地質環境の変化を予測・評価するための手法を提示するとともに、東北地方太平洋沖地震を事例に妥当性を検証
- 地層処分の更なる安全性の検討に際しては、東北地方太平洋沖地震のように1000年に1回の稀頻度の地質イベントを考慮した評価シナリオと解析手法の開発が必要

2-2 まとめと今後の課題

【目標達成状況】

- 数値シミュレーションによる地震時の地殻応力・歪、地下水圧の変化の予測・評価手法を提示
- ✓ 東北地方太平洋沖地震を事例に観測値と理論計算値が概ね整合的
- ✓ 地震後に変化した地下水圧は時間の経過につれて回復傾向あり

【今後の課題】

- 稀頻度の地質イベントを考慮した評価シナリオと解析手法の整備

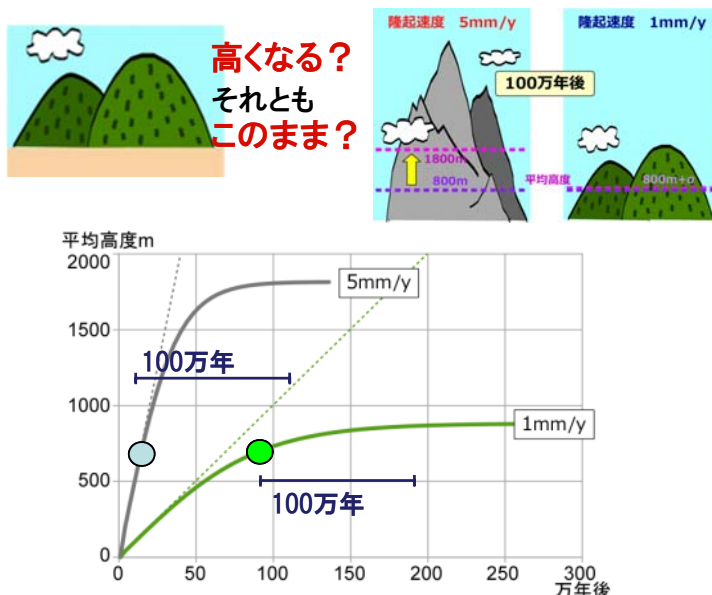
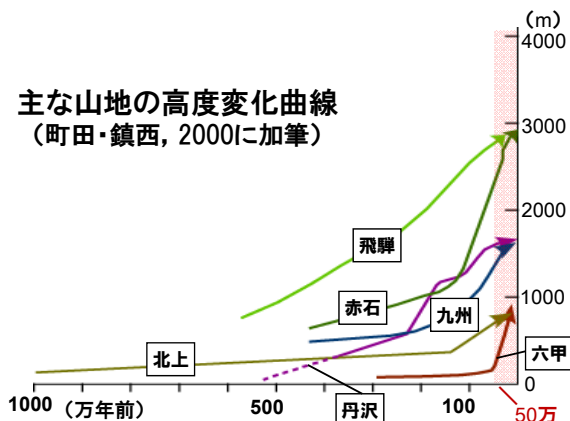
2-3 超長期における予測・評価手法に関する検討

【目標】

より長期の変動シナリオを考慮した安全評価に反映するため、外挿法や確率論等の既存の予測・評価に伴う不確実性を検討する。

【実施項目】

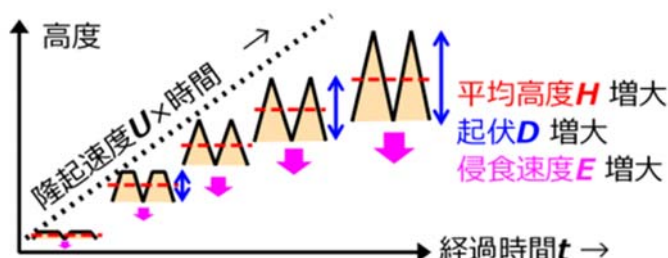
- 日本列島の山地発達段階の検討
→ 山地発達モデルの高度化



2-3 超長期における予測・評価手法に関する検討

【実施内容・研究成果】

最新データに基づき, Ohmori(1978)の山地高度変化モデルの関係式を再計算
⇒隆起・侵食の平衡状態を検討



■山地の平均高度 H の変化

$$\Delta H / \Delta t = \text{隆起速度 } U - \text{侵食速度 } E \dots\dots ①$$

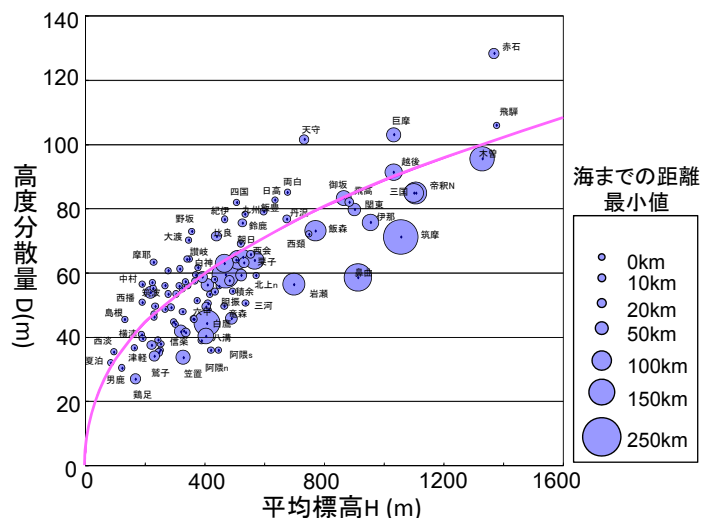
■山地の侵食速度 E は起伏 D の関数

$$E = \alpha D^\beta \quad (D: \text{高度分散量}) \dots\dots ②$$

■山地の起伏 D は平均高度 H の関数

$$D = a H^b \dots\dots ③$$

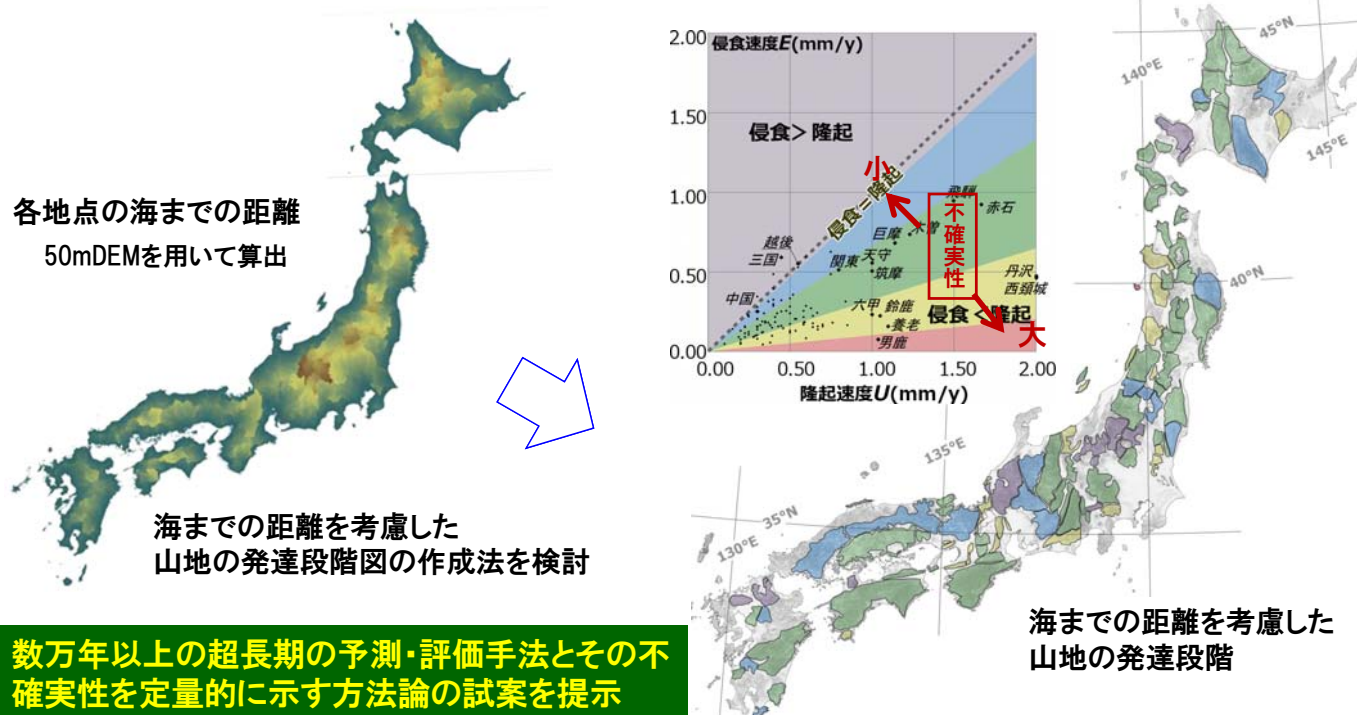
$$\therefore \Delta H / \Delta t = U - \delta H^\gamma \dots\dots ①'$$



山地ごとの海までの距離を考慮した
平均標高 H (高度) と高度分散量 D (起伏) の関係

- 海からの距離により両者の関係に差を確認
⇒ 山地の規模や位置の影響が現れる可能性あり

2-3 超長期における予測・評価手法に関する検討



数万年以上の超長期の予測・評価手法とその不確実性を定量的に示す方法論の試案を提示

- 超長期の予測・評価では、不確実性が著しく増大することから、予測期間に応じた不確実性を定量的に評価するための手法の開発が必要

2-3 まとめと今後の課題

【目標達成状況】

- 数万年以上の超長期の予測・評価手法とその不確実性を定量的に示す方法論の試案を提示
- ✓ 日本列島の山地の発達段階を評価する手法

【今後の課題】

- 予測期間に応じた不確実性を定量的に評価するための手法の開発