

2013/01/17(木)
職員組合ミニ講義
京大職員組合事務所

山が動いた、傾いた！

—最近の地震災害の観測調査研究から—

京都大学防災研究所
地震災害研究部門・強震動分野
松波 孝治

はじめに

一般に私たちは、「動かざること山のごとし」と言って、山は動かないものの代表としています。しかし、そうではないのです。この自然界にはエー！と驚く現象がいっぱいあるのです。ここでは、山が地震により人の歩く速さで百m以上動き、山と山がぶつかり合い、さらには、地震の度にガクンと傾いたりすることを紹介します。それは、2008(平成20)年6月14日午前8時43分頃発生した岩手・宮城内陸地震の時に、宮城県の栗駒山麓の荒砥沢ダム上流で起こりました。

2008(平成20)年岩手・宮城内陸地震の概要

平成20年6月14日(土)午前8時43分発生

岩手県奥州市 震源深さ約8km

マグニチュードMj7.2

岩手県奥州市と宮城県栗原市で震度6強

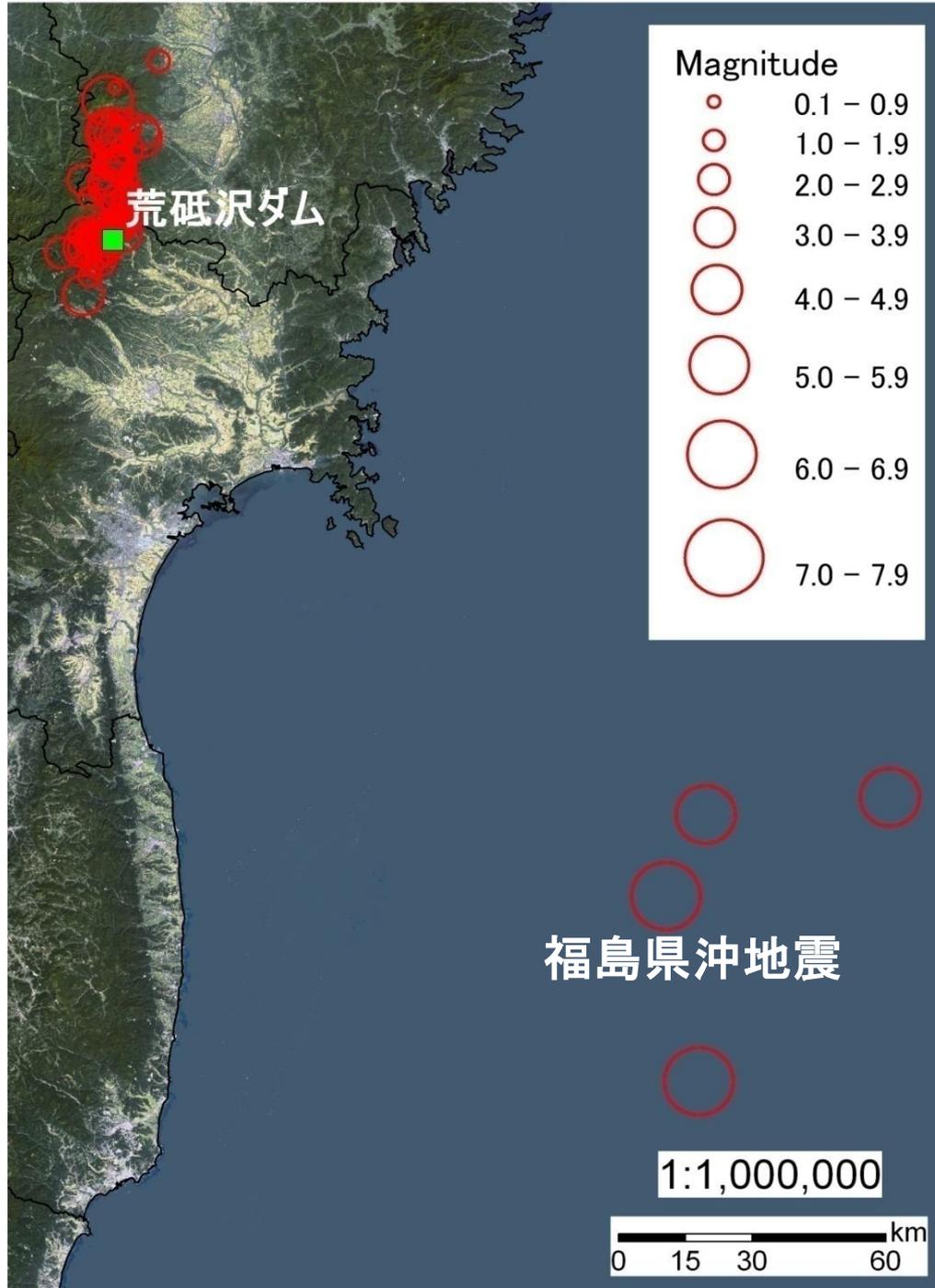
荒砥沢ダム

震央からの距離約16km

震度6弱 最大加速度1024ガル

2008(平成20)年 岩手・宮城内陸地震

本・余震分布





地震前：荒砥沢から栗駒山の眺望

地震後：荒砥沢ダム上部大崩落

冠頭崖



冠頭崖



An aerial photograph showing a large reservoir (dam lake) in the upper portion of the image, surrounded by dense green forest. Below the reservoir, a significant area of the landscape has been eroded, revealing light-colored soil and rock layers. The erosion appears to be a large-scale landslide or a deep gully cut through the forested hillside. The text 'ダム湖' is overlaid on the reservoir, and '冠頭崖' is overlaid on the eroded area in the bottom right corner.

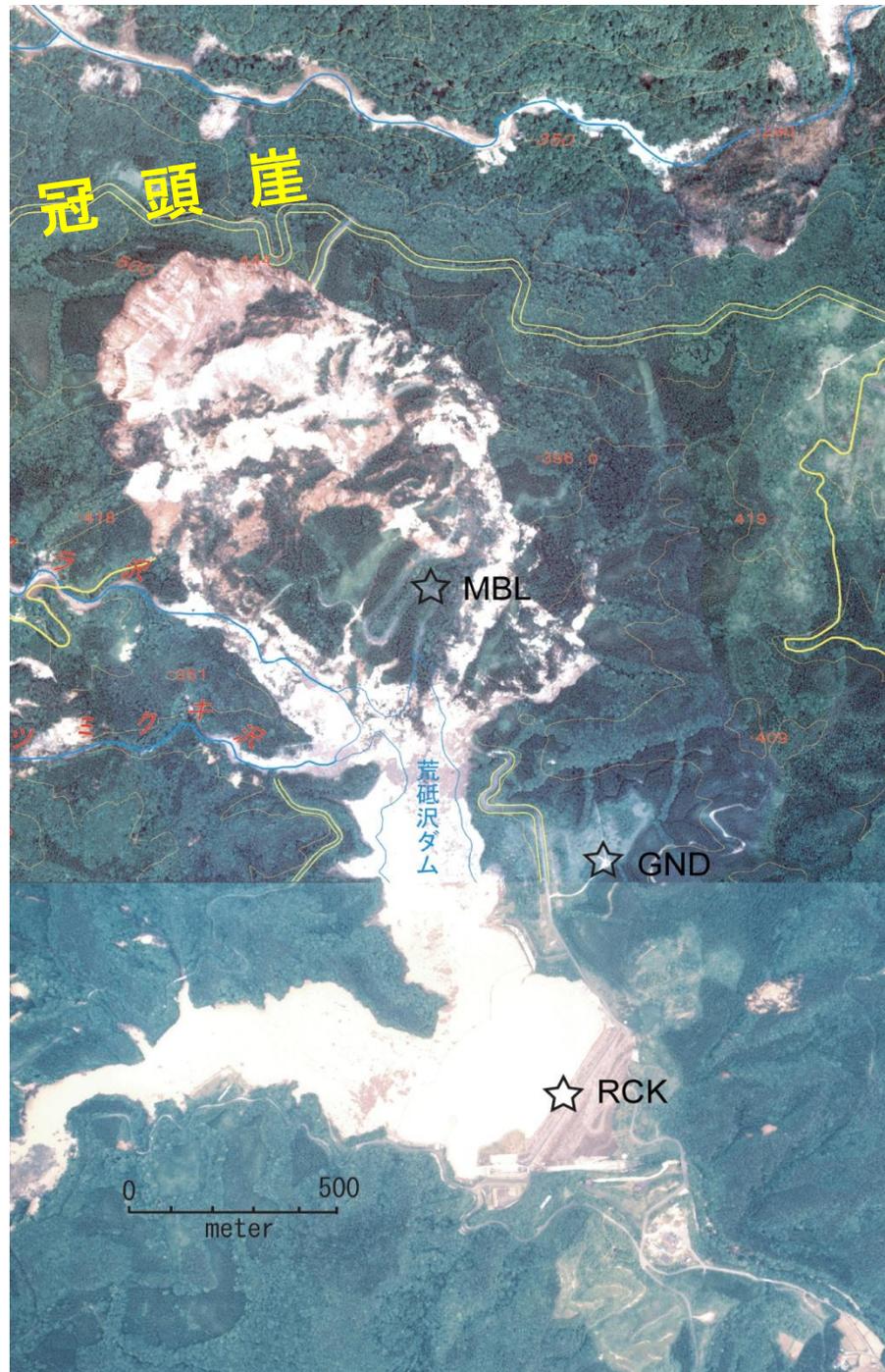
ダム湖

冠頭崖

上空から見た 地震後の状況

荒砥沢ダム左岸上流部で大規模地すべり、大崩壊。

各河川で崖崩れ、泥流被害。



崩壊地の大きさ



冠頭崖

148m

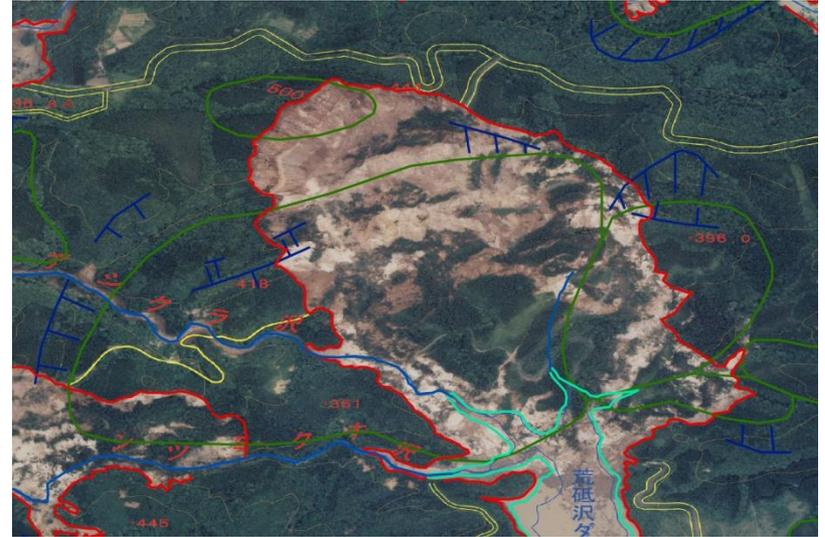
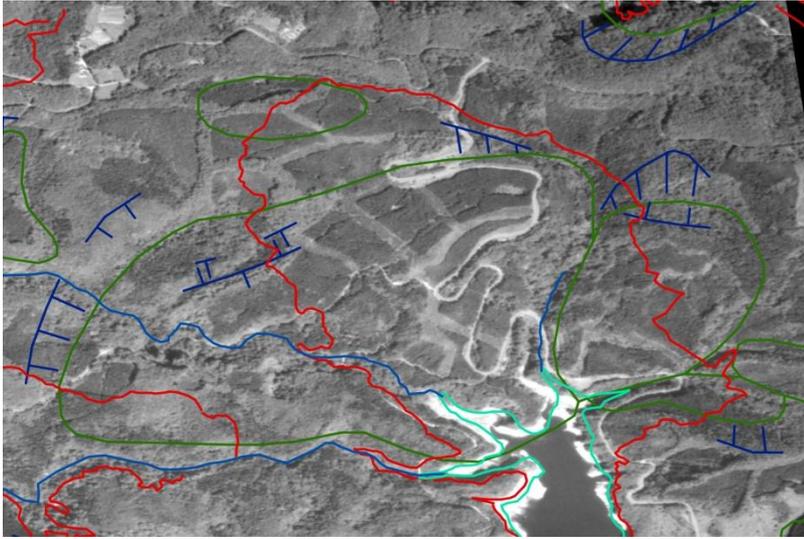
800m

1200m

地震前後で、地形はこう変化した

地震前

地震後

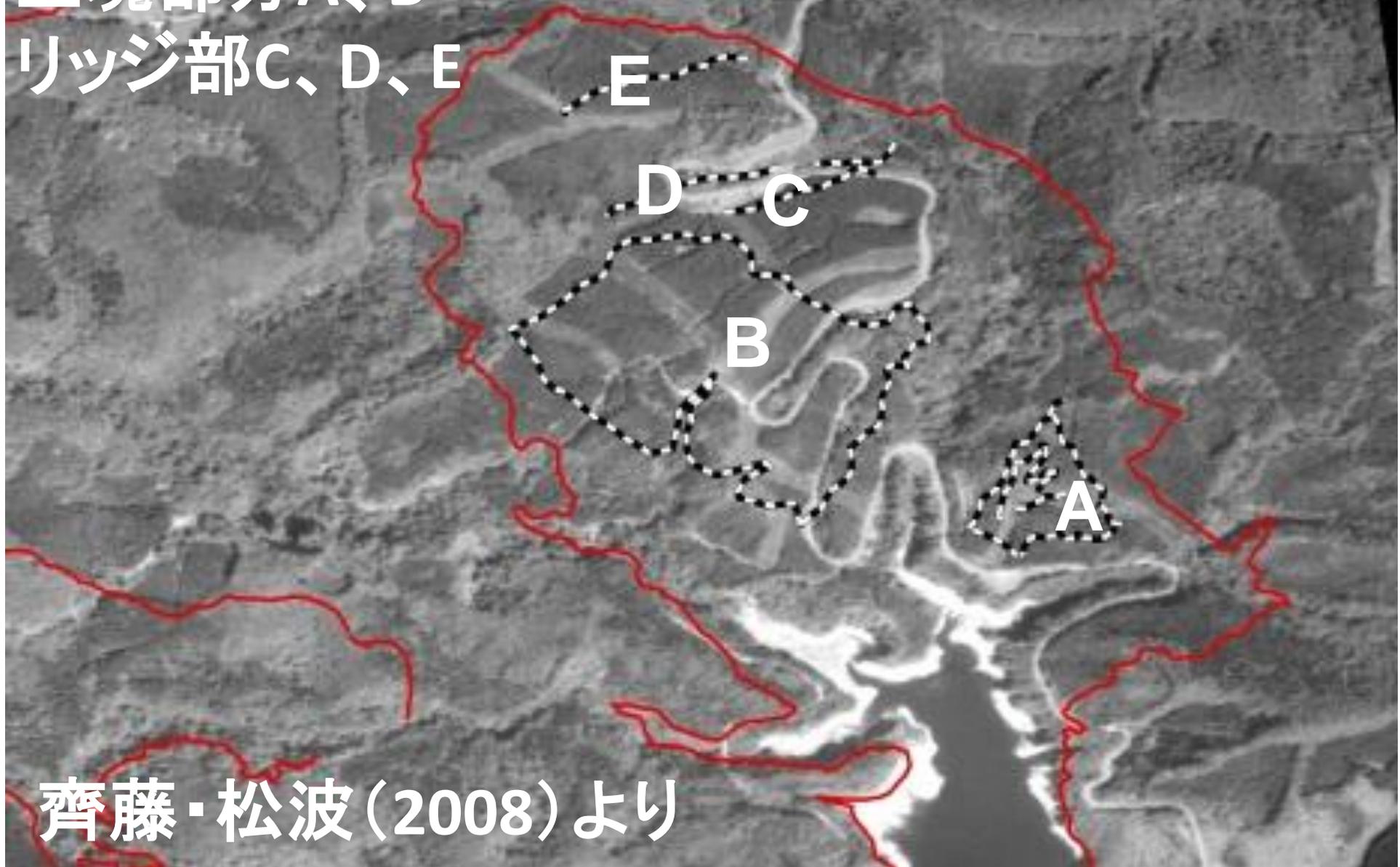


赤線: 地表変状(崩壊)の生じた範囲

水色の線: 地震発生時のダム湖面

地震前

追跡が可能であった
土塊部分A、B
リッジ部C、D、E



齊藤・松波(2008)より

地震後

冠嶽

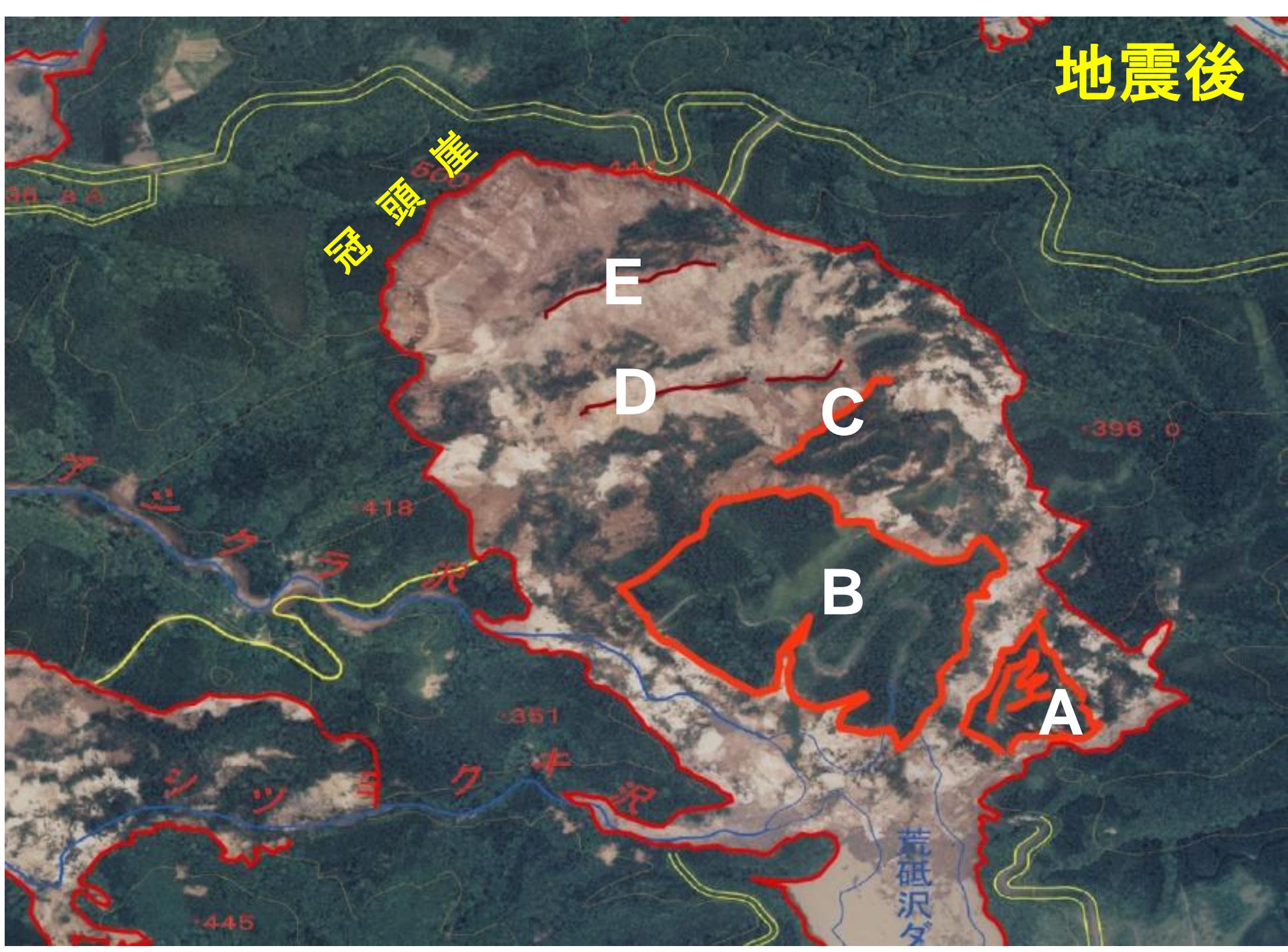
E

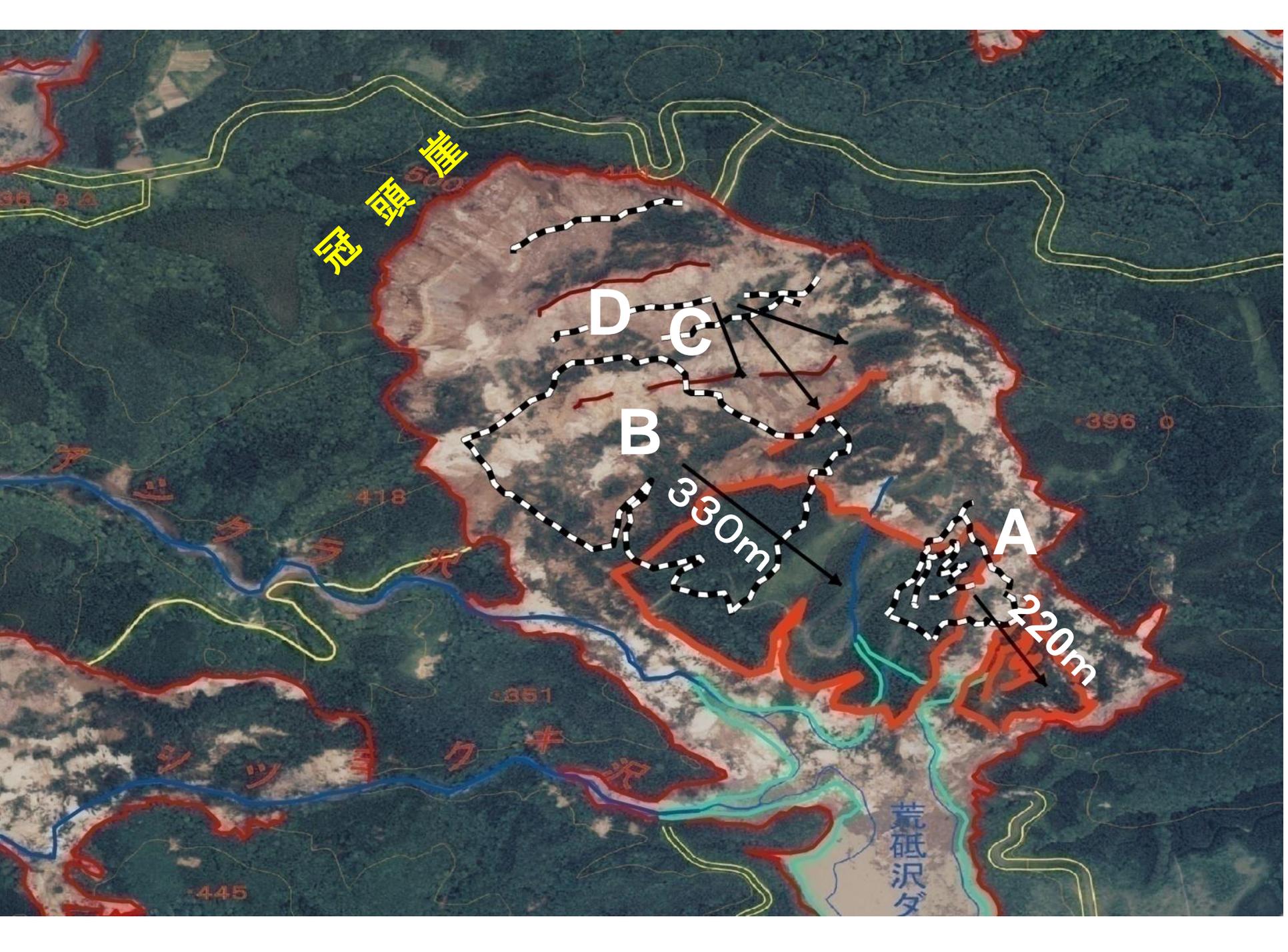
D

C

B

A





山の移動と大崩壊は何故発生し、 どのような経過をたどったか？

1. 山の斜面での本震による揺れの強さは？
2. 山の移動はどのように始まり、
どういう経過をたどり、終息したか？
3. 荒砥沢ダム湖の貯留量の時間変化から何
がわかるか？
4. 移動山塊は余震によりどのような運動をす
るのか？

どれだけ強い揺れだったか 平成20年岩手・宮城内陸地震

平成20年6月14日(土)午前8時43分発生
岩手県奥州市 震源深さ約8km
マグニチュードMj7.2

岩手県奥州市と宮城県栗原市で震度6強
荒砥沢ダムは震央からの距離約16km
震度6弱 最大加速度1024ガル、
重力加速度980galを超えた

荒砥沢ダム付属 地震計 設置個所

監査廊
堤頂下74.4m
床面標高
205.00m

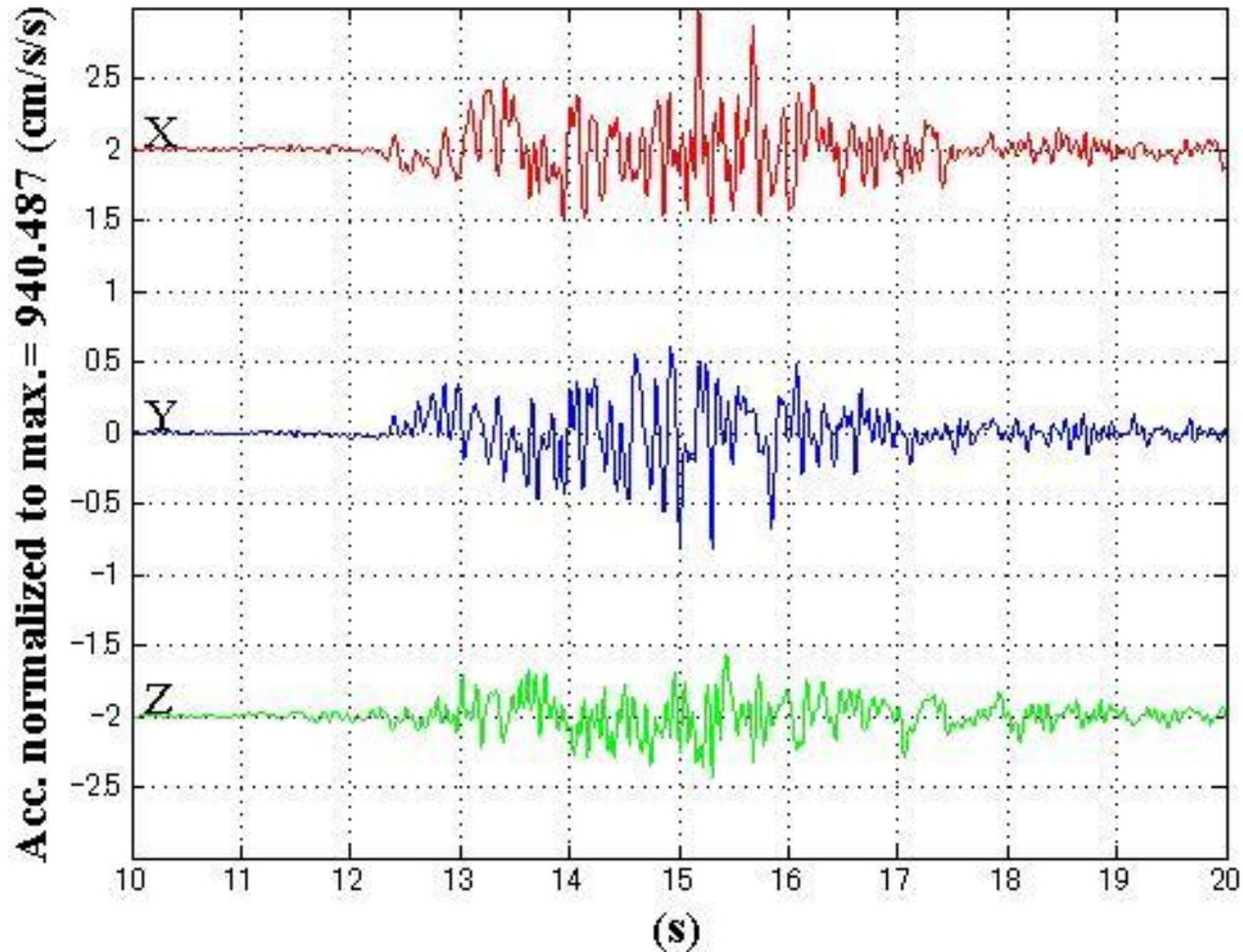


右岸地山

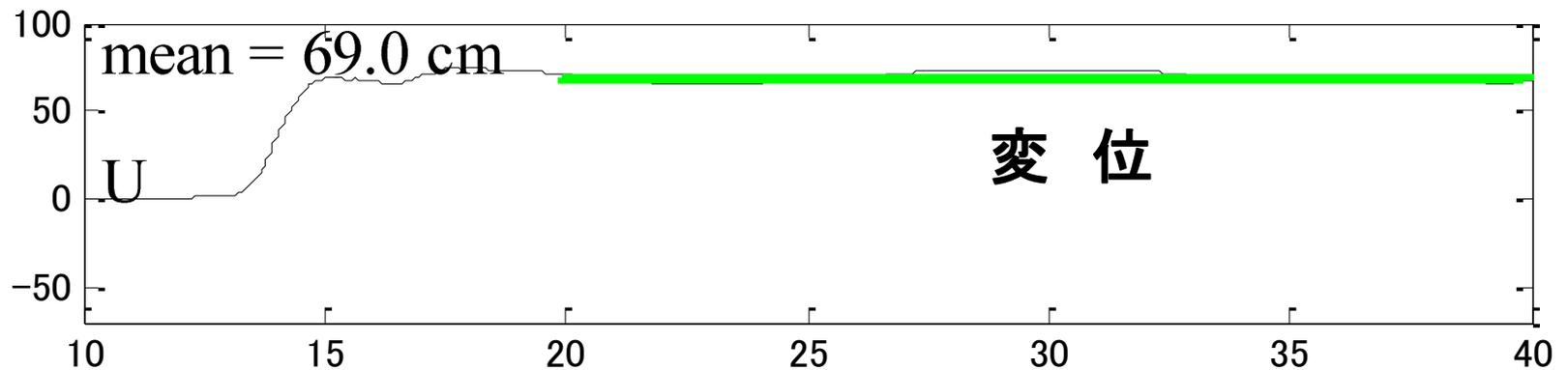
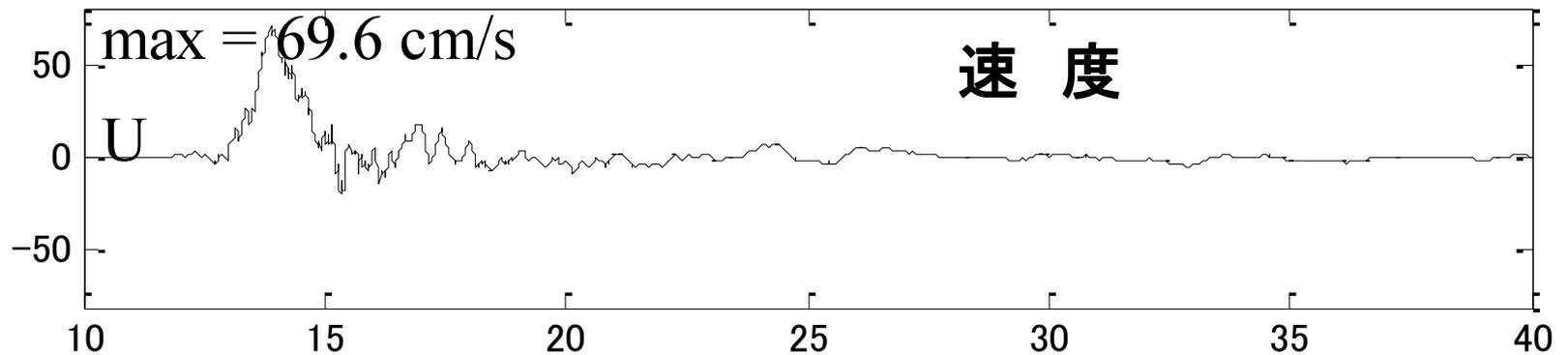
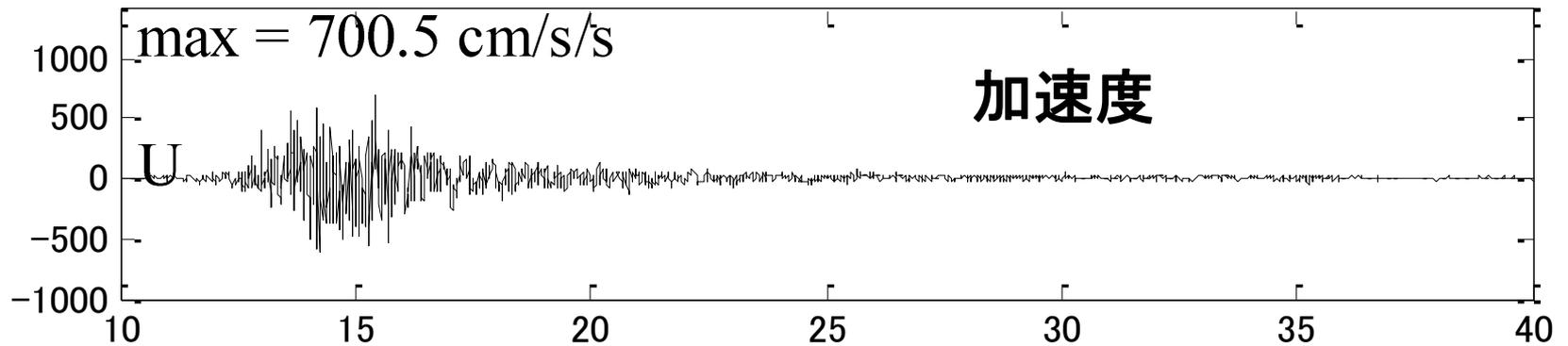


本震時のダム監査廊での地震動 (加速度波形)

RCK: 2008/06/14 08:43

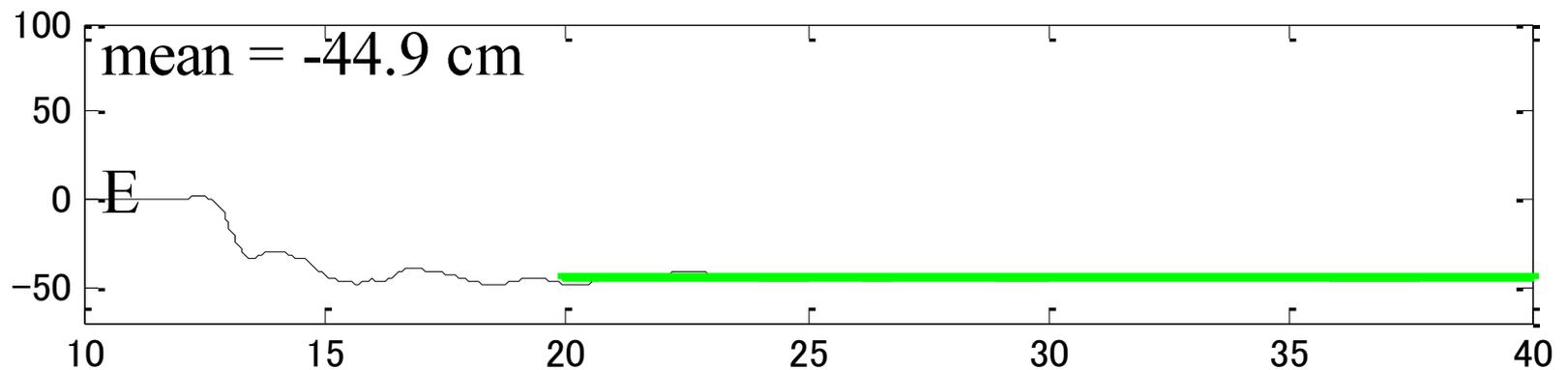
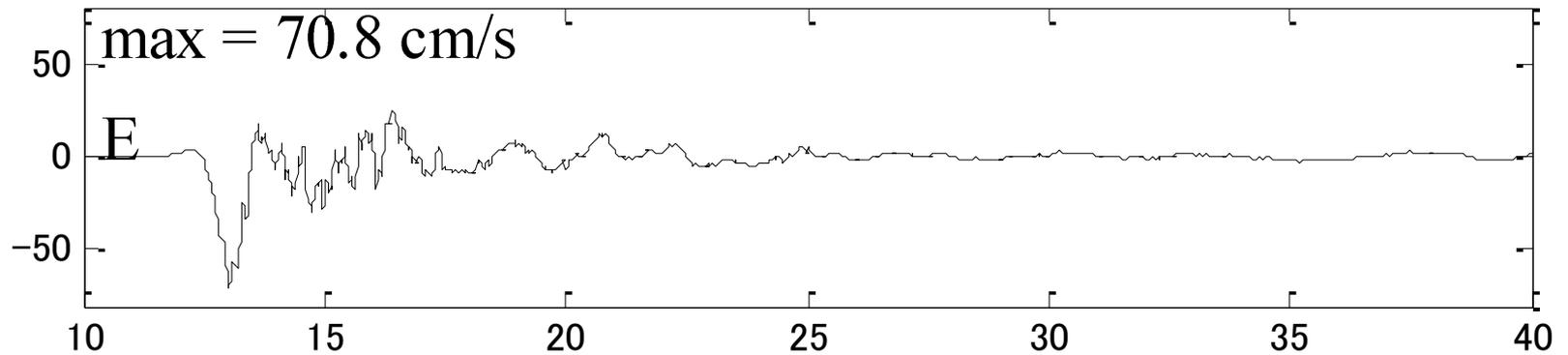
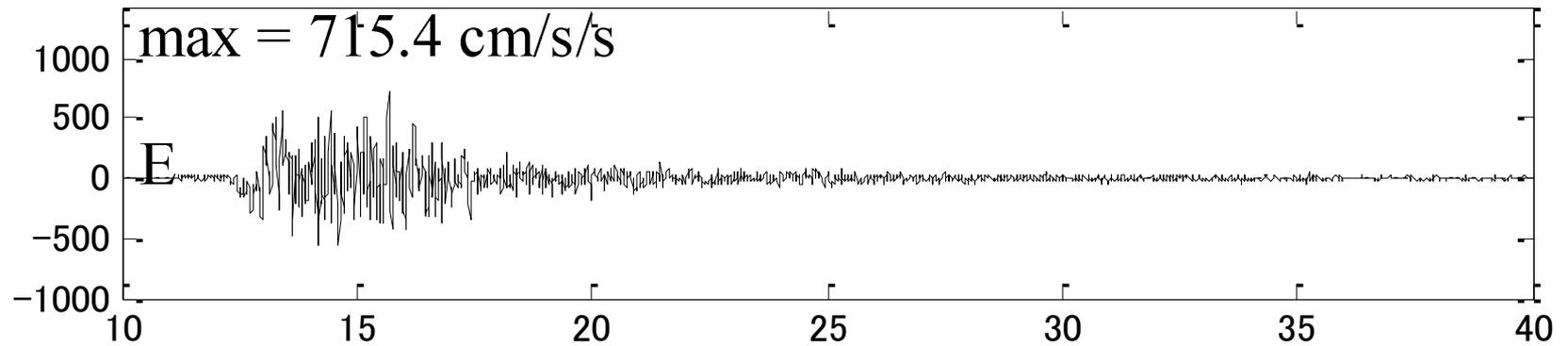


監査廊(RCK) 上下動成分波形



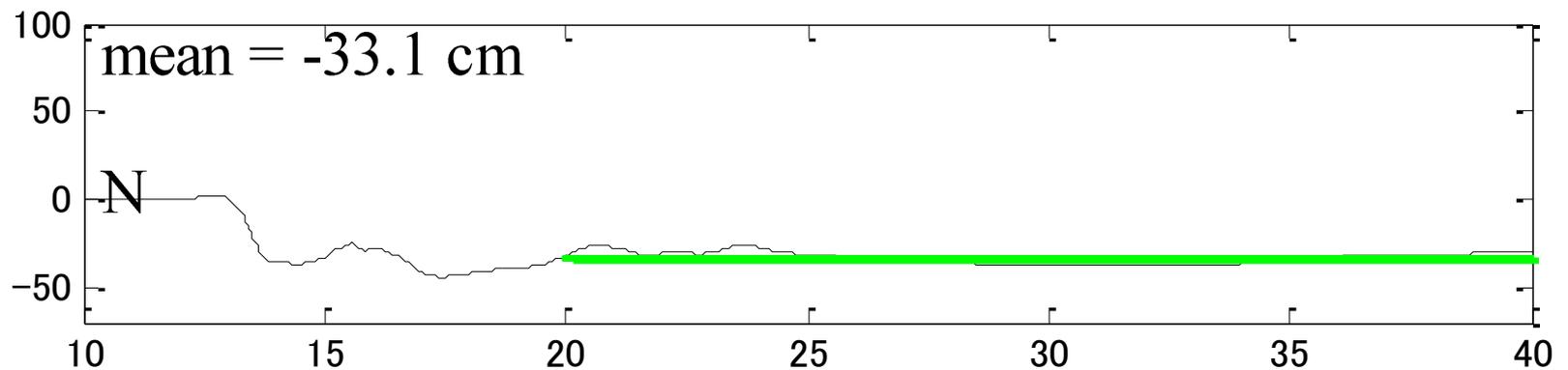
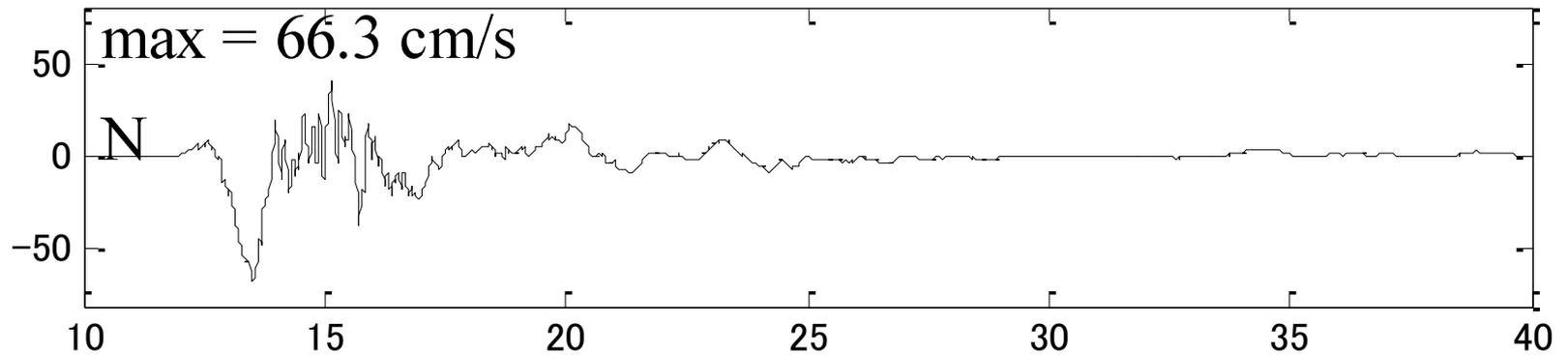
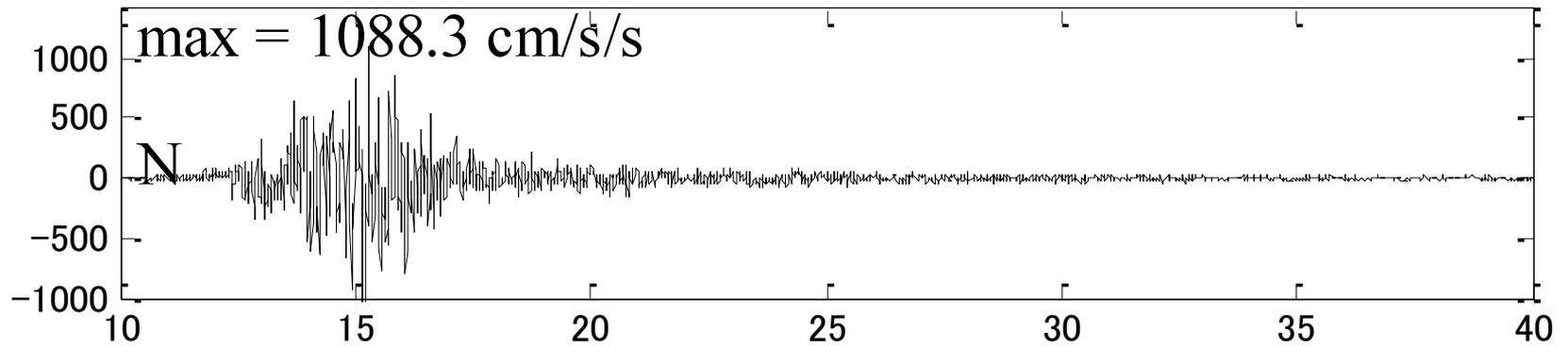
(s)

監査廊(RCK) 東西動成分波形



(s)

監査廊(RCK) 南北動成分波形



(s)

監査廊の地震記録から分かること

地表から約78m下の**基盤岩細倉層での
本震時の加速度、速度、変位**を示す。

加速度 : 南北動成分で**最大1088ガル**を観測

速度 : 3成分共に幅**1～3秒の
強烈な(約70カイン)パルス波**を観測

変位 : **南西に56cmの水平変位を伴い約69cm隆起**

山ではどのような揺れだったか？

KOE: 冠頭崖近くの民家の庭

KSR: ダム監査廊床面

KOE



☆ MBL

☆ GND

KSR

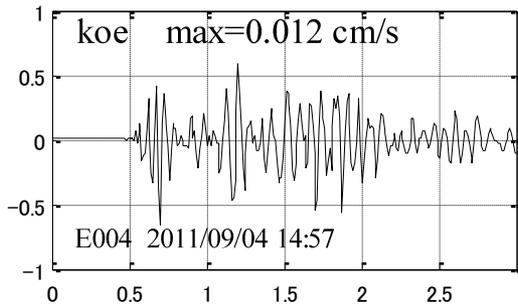
CK

0 500
meter

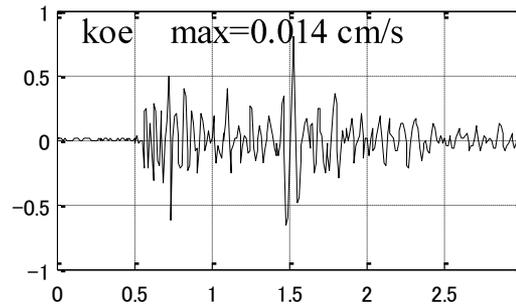
P波部分、特に上下動成分が強く励起される

KOE
地すべり斜面付近山地

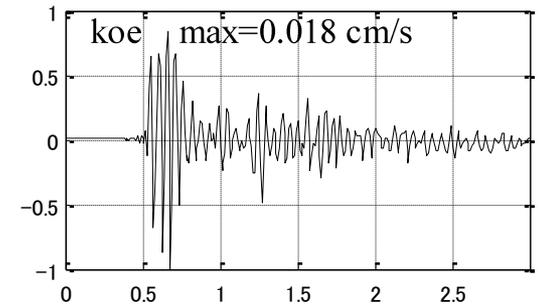
N/S



E/W

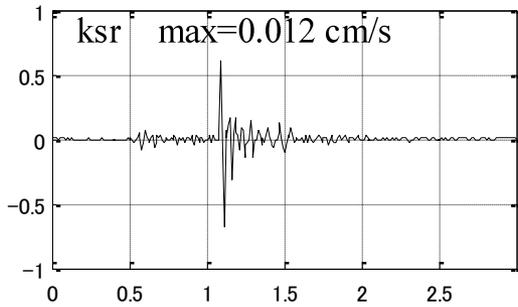


U/D

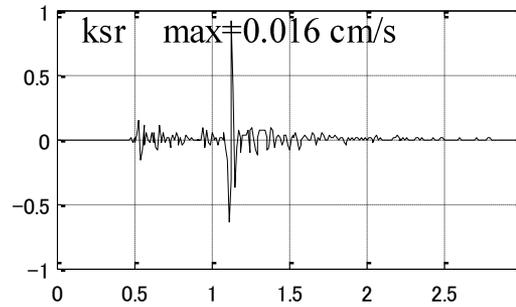


KSR
ダム監査廊床面

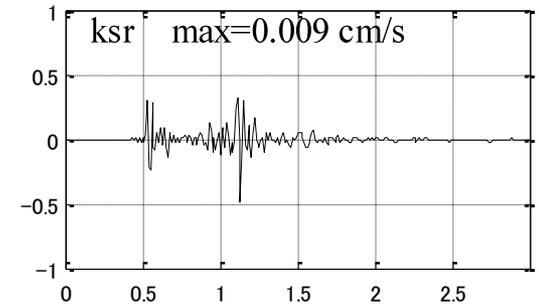
ksr max=0.012 cm/s



ksr max=0.016 cm/s



ksr max=0.009 cm/s



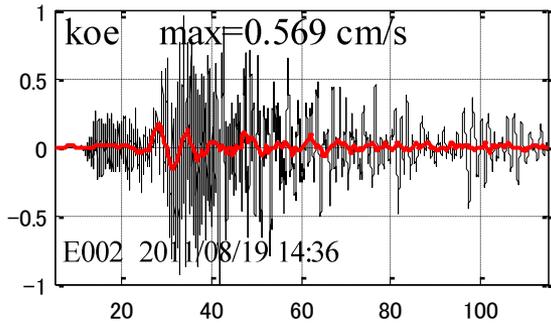
(s)

(s)

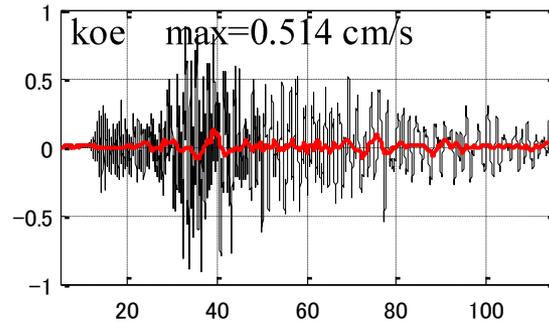
(s)

長周期成分の増幅なし 短周期成分の顕著な増幅

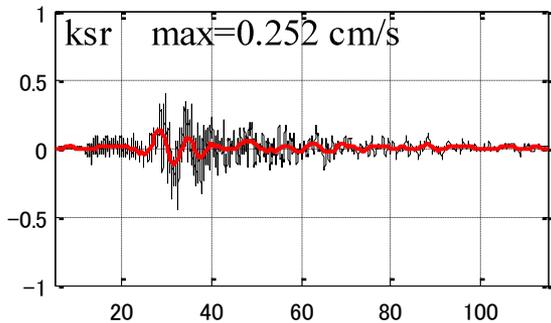
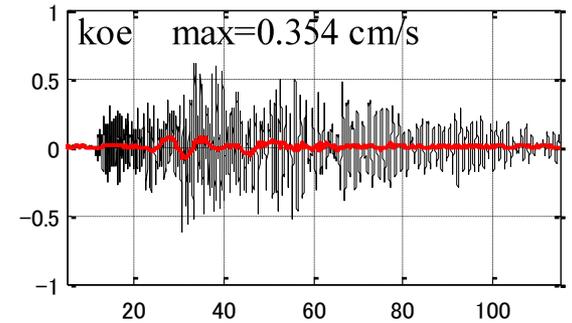
N/S



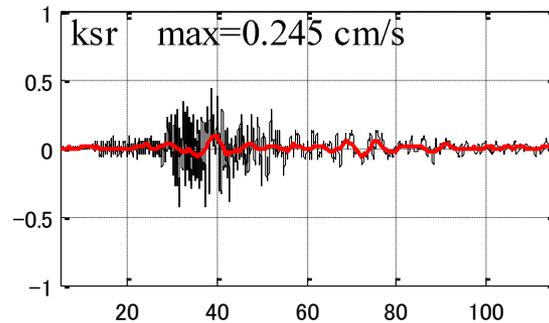
E/W



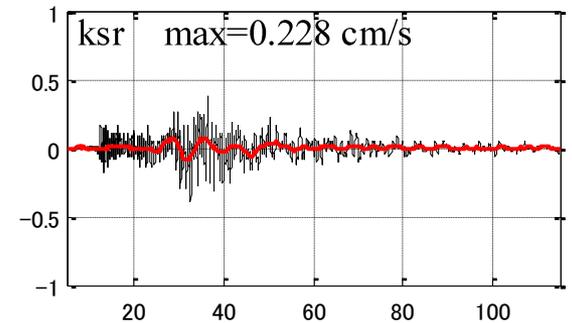
U/D



(s)



(s)



(s)

強い揺れにより、大きな岩が飛んだ



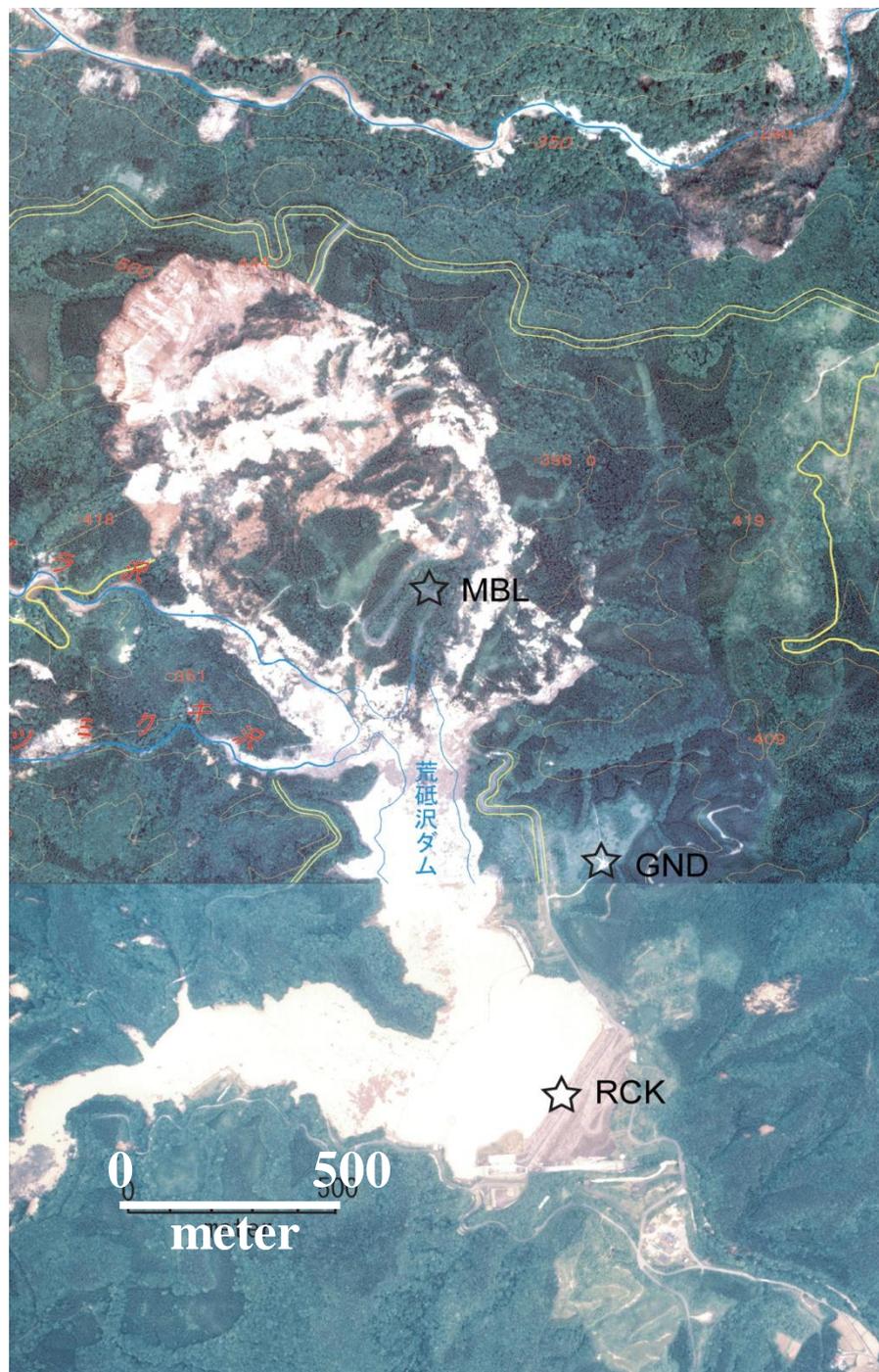
2012/09/05 13:39

いたるところで岩が飛んでいる

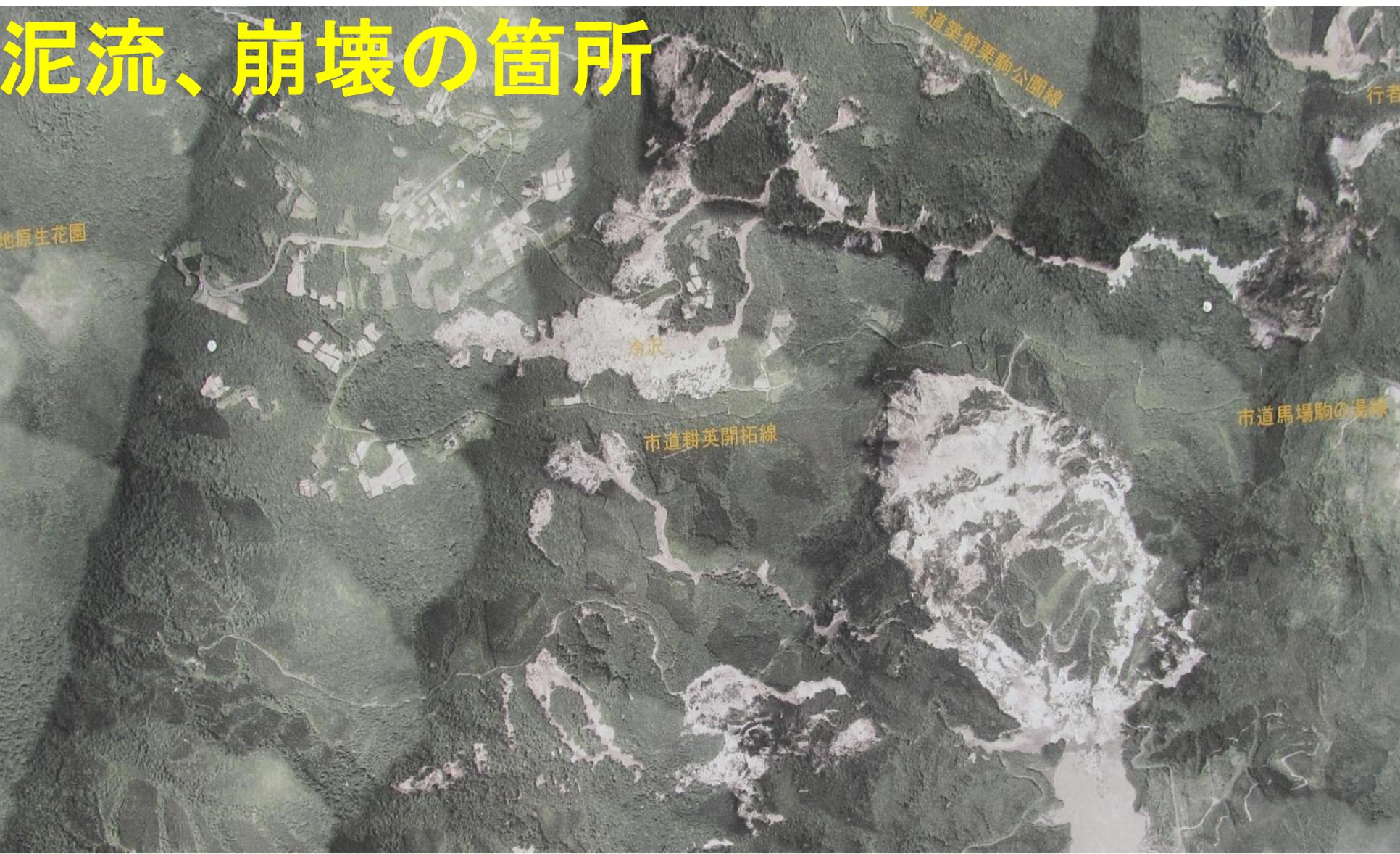


どうして
山が動き
だしたか？

一迫川、
三迫川、
上流での
泥流の発生に
ヒントがある。



泥流、崩壊の箇所



強い揺れによる火山灰砂質土の泥流化





沢の両岸の火山灰砂質土

2009 8 12





火山灰砂質土の盛り土や自然斜面が
強震動によって泥流状の流動化土砂になって
崩落する

特徴:

- ・傾斜角30度未満の緩斜面
- ・不飽和状態(地下水位面より上部にある)
- ・火山灰砂質土の土粒子は多孔質で保水性が高く、降雨がなくても、常時、水を含んでいる

風間基樹・他(東北大)

さらに、

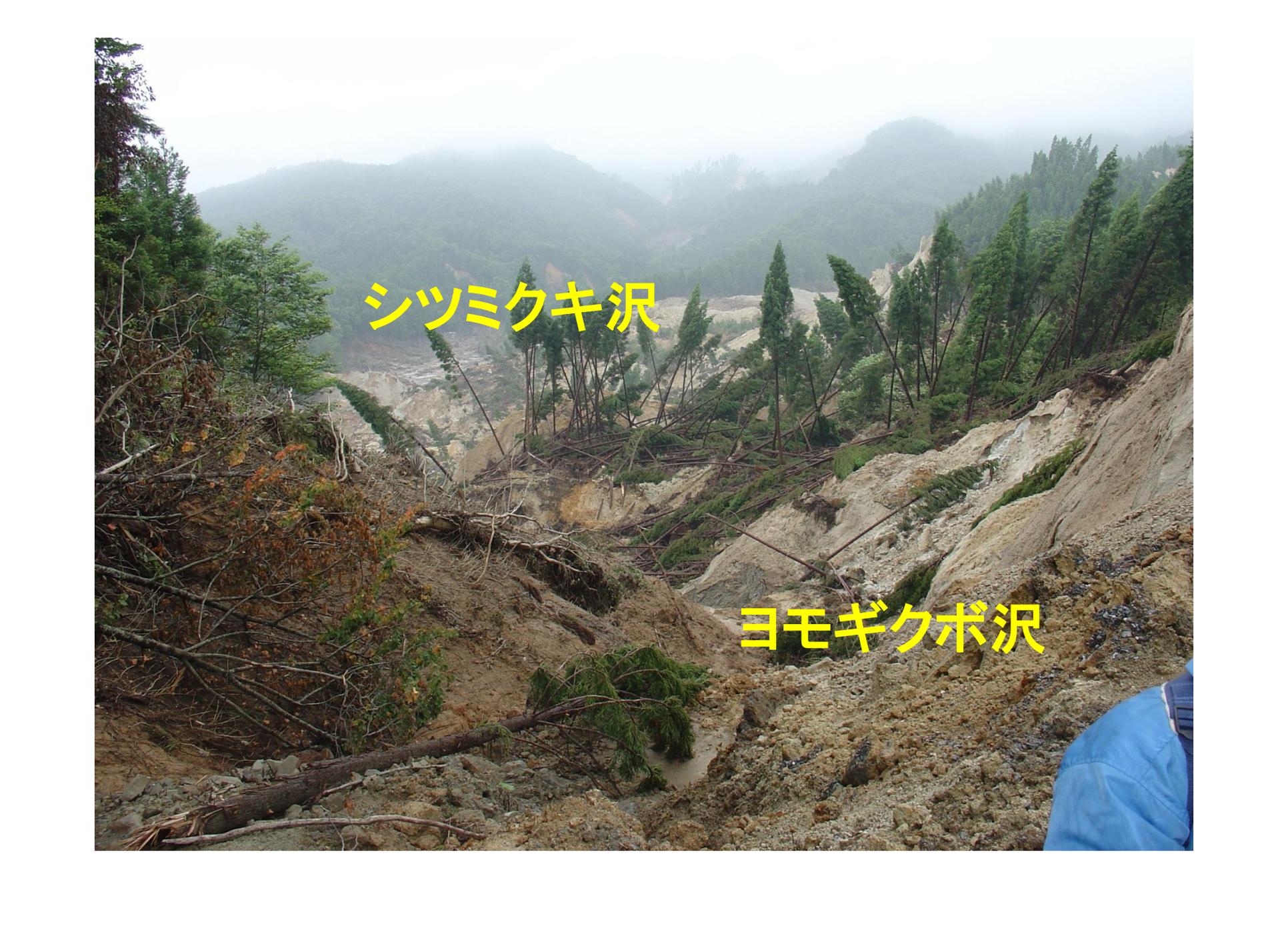
- ・明らかに**不飽和状態**であっても、**振動**を加えると**土が流動化**状態を呈すること
- ・火山灰砂質土の資料を用いた繰り返しせん断実験により、振動時にサクションが低下し、有効応力が低下することを確認した。

保水されていた間隙水が強震動によって浸出して流動化状態になり斜面を流下した。

乱泥流発生の証拠

ヨモギクボ沢からシツミクキ沢への
乱泥流の突入と段波(津波)の発生





シツミクキ沢

ヨモギクボ沢

シツミクキ沢

ヨモギクボ沢

シツミクキ沢

上流側

2008 10 13



シツミクキ沢

上流側

2008 10 13



シツミクキ沢

上流に約60m運ばれた鉄橋

上流側



2008 10 13



各沢が泥流化し山塊の脚部を削り取り、
山は不安定になり動き出した

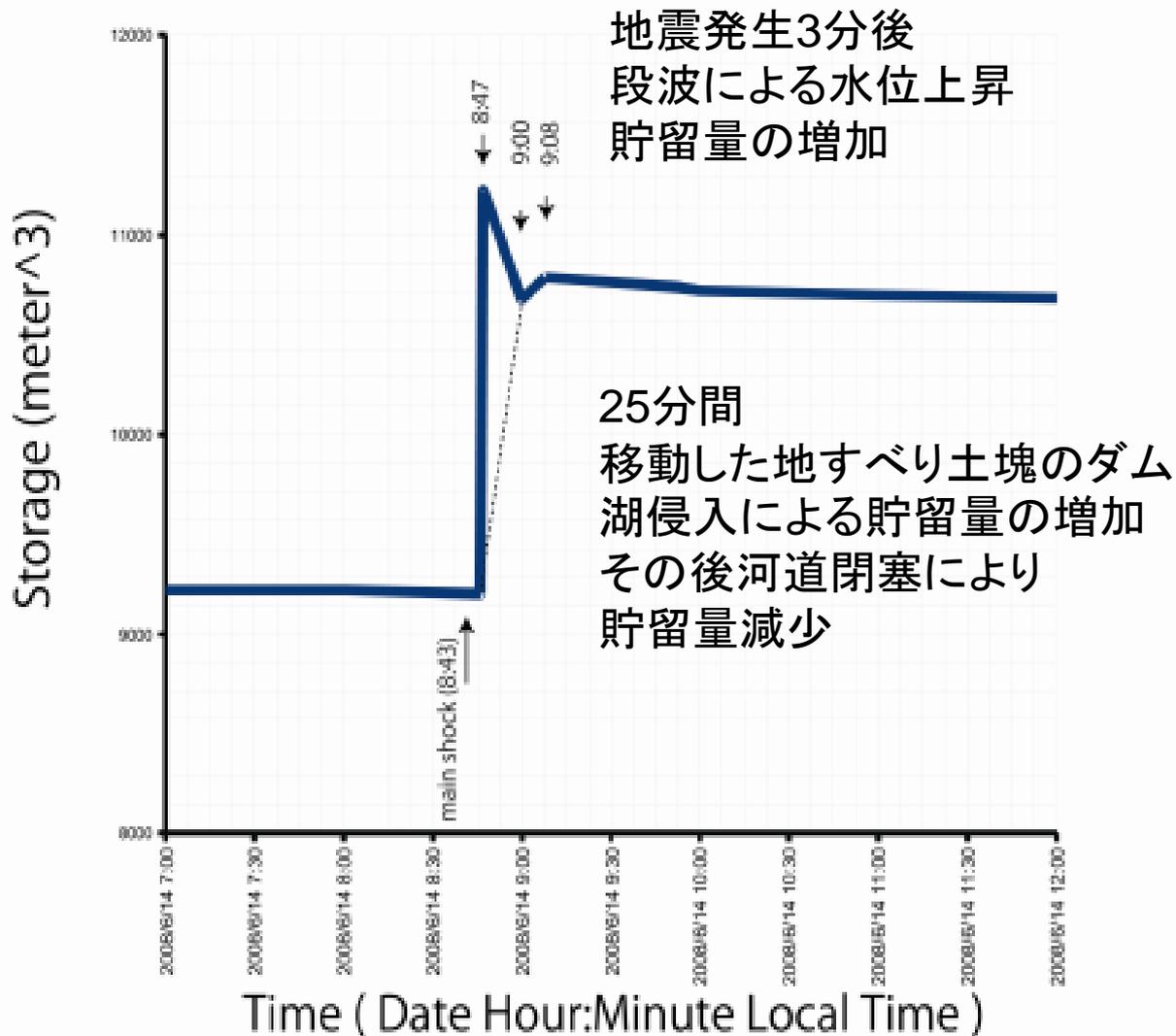


山塊A: 下流側に移動後山塊Bに押される
山塊B: 下流側に移動, 反時計回りにわずかに回転し、
山塊Aに乗り上げる



C部: 谷を埋め表面高度を下げて崩れるように停止
D部: 旧谷部に沿うように移動, 谷を埋めて停止

荒砥沢ダム湖 貯留量の時間変化



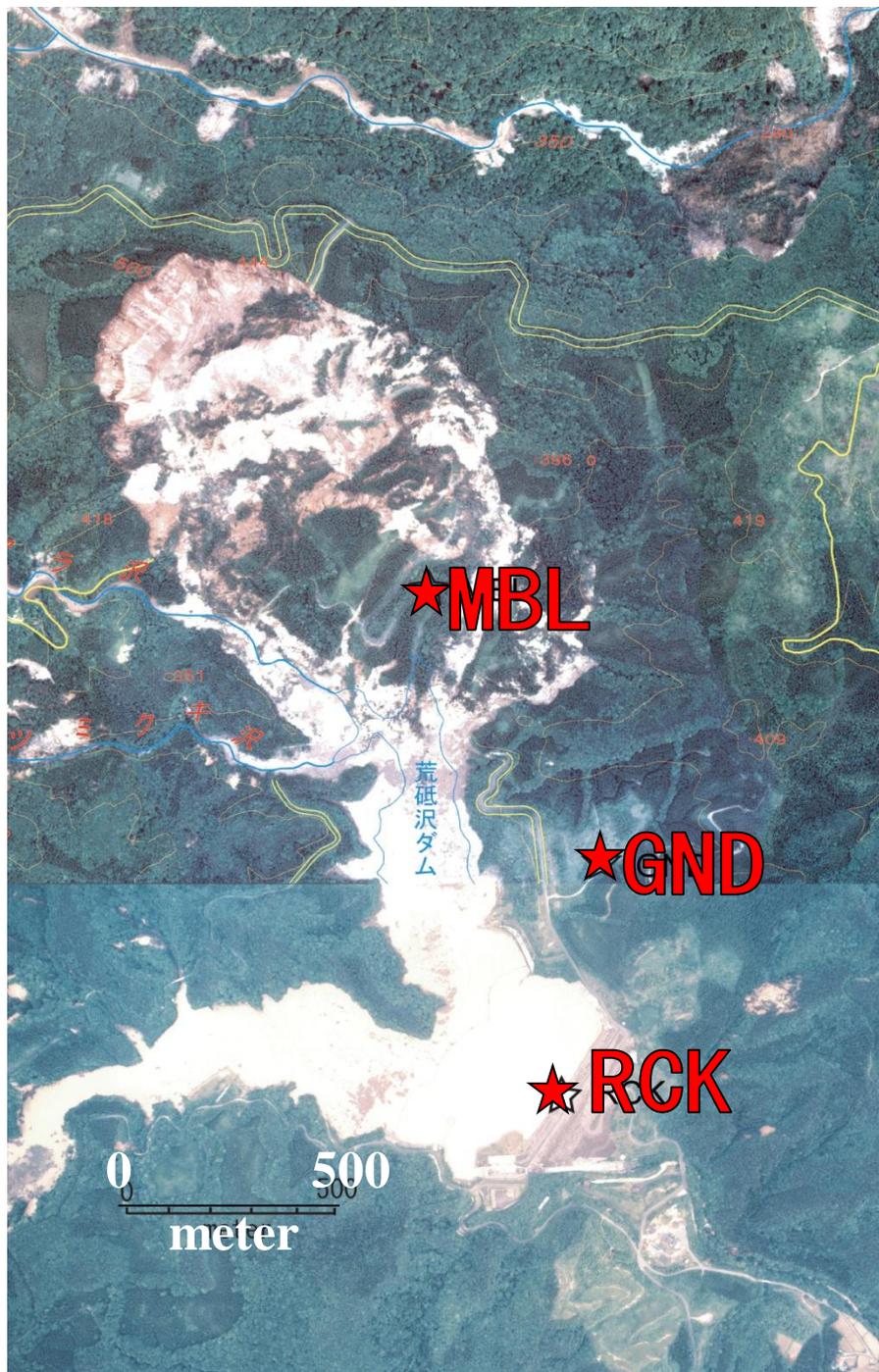
Temporal change of Storage of Aratosawa Reservoir

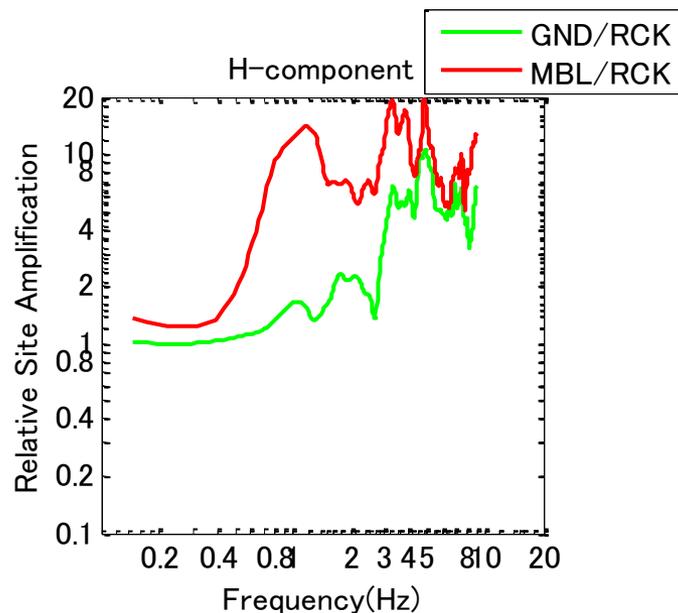
余震により 移動山塊Bが大きく 揺すぶられる！

余震の解析から見える。

RCKを基準としたMBLとGND
のサイト増幅特性を調べる。

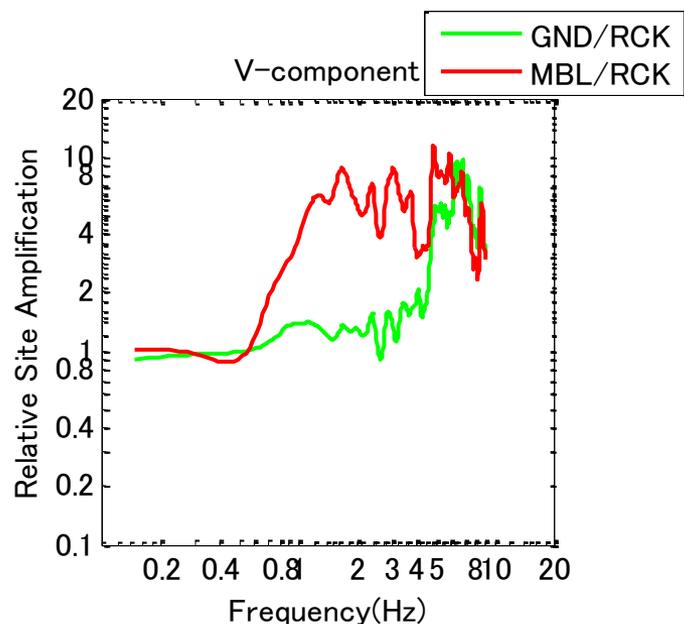
MBL/RCK
GND/RCK
の評価





MBL/RCK :

水平, 上下成分ともに
1~1.5Hz付近に顕著な
ピークがある.



GND/RCK : ない.

山塊ブロックの大きな
揺れ

山が傾いた！

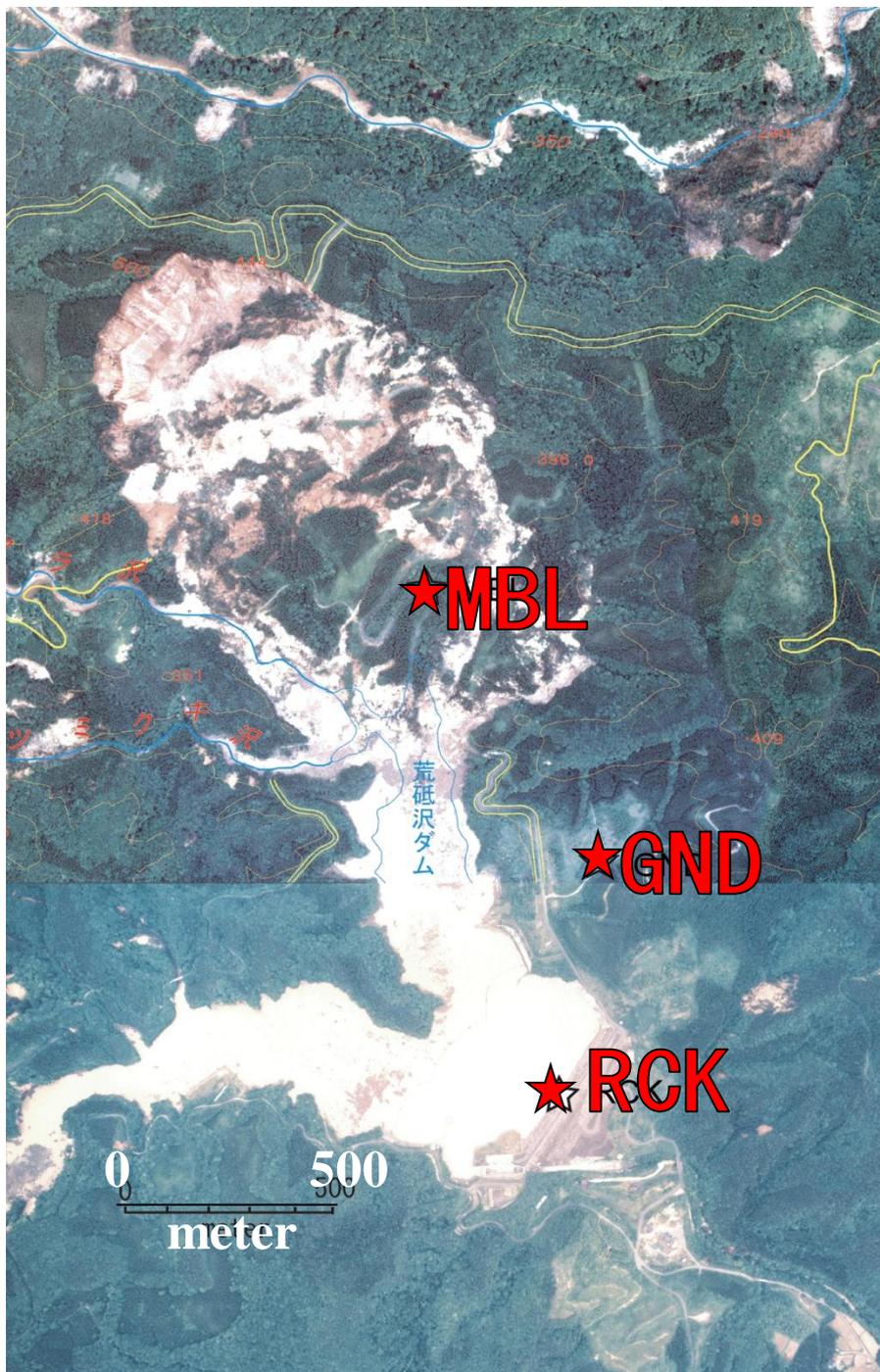
移動山塊B上での余震観測
から見えた

速度計VSE-311K

MBL : 山塊ブロックBの地盤上

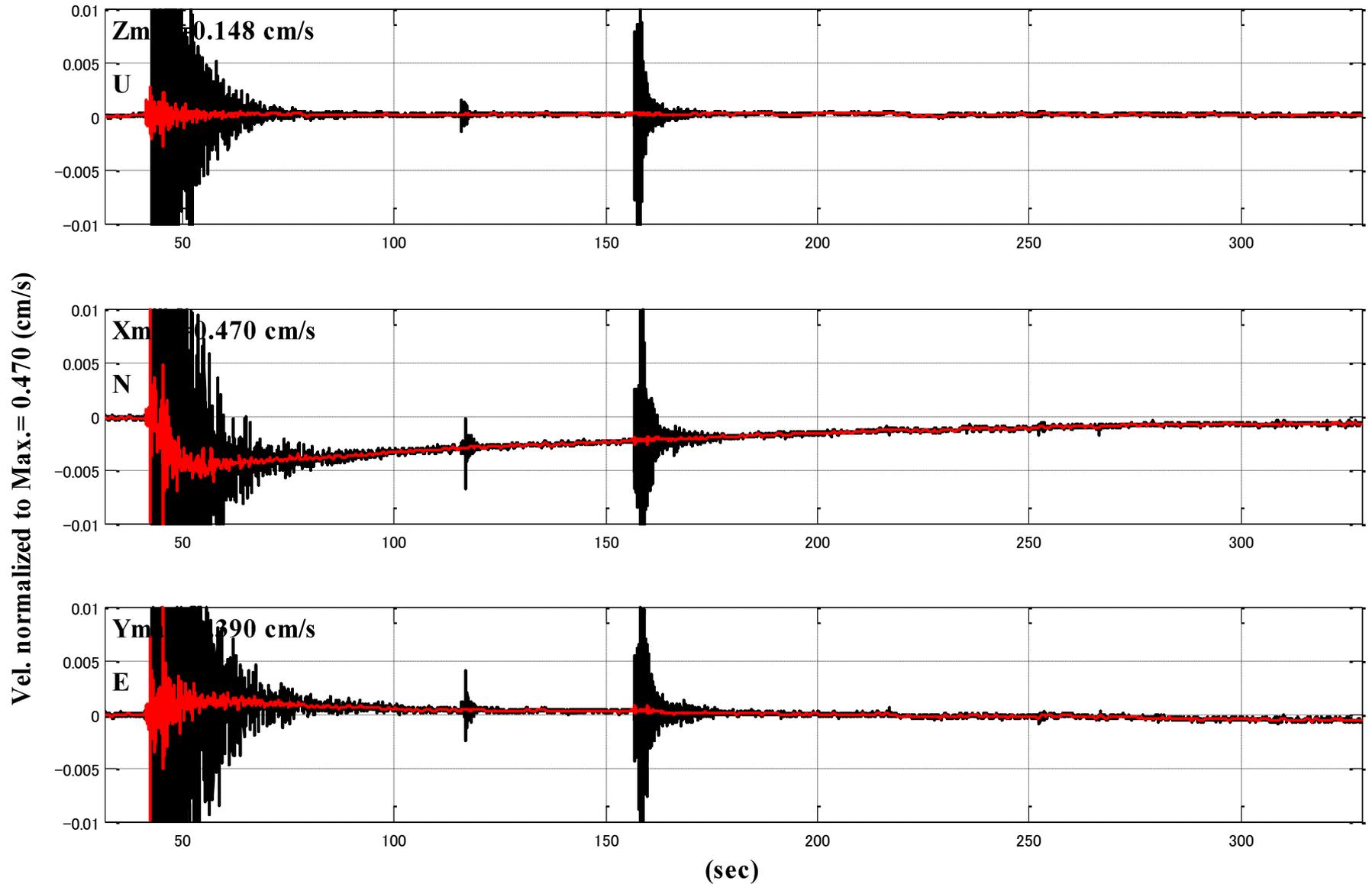
GND : 地すべり地ではない不
動地表面

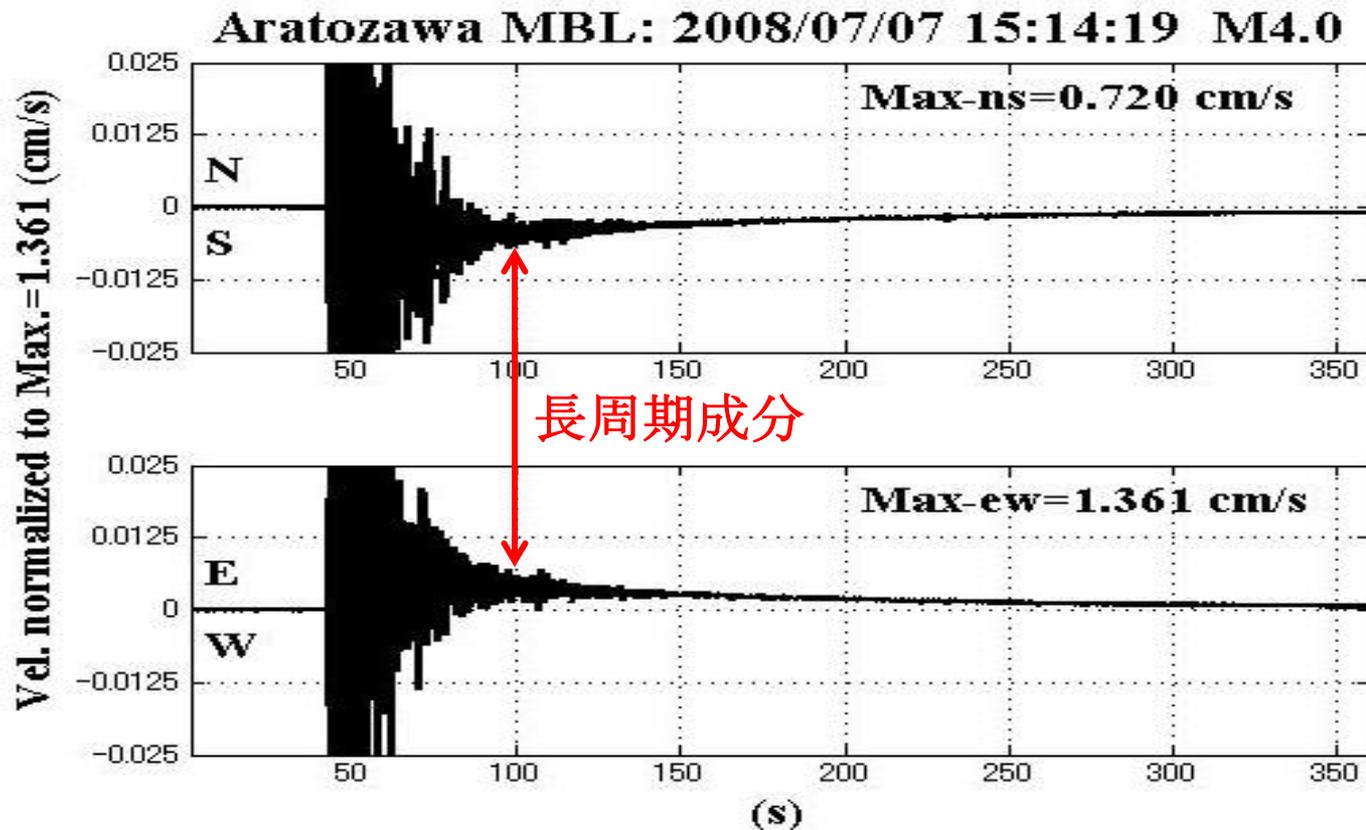
RCK : ダム監査廊床面



波形を平滑化すると長周期のパルス波が見えてくる

MBL: 2008/07/10 22:16:05





地震動短周期成分に300秒程度の長周期成分が重なっている。強い揺れにより山塊が傾斜し、地震計振子にstep状加速度変化が生じた。北西に $23\mu^\circ$ 傾いた。山塊移動方向に一致する。

本震時に移動した山塊は別の山塊にぶつかり乗り上げるようにして停止したが、

余震により大きく揺すぶられ、時に強い余震の場合には傾斜、上下運動を起こしながら更に安定な状態へと向かっていることがわかった。

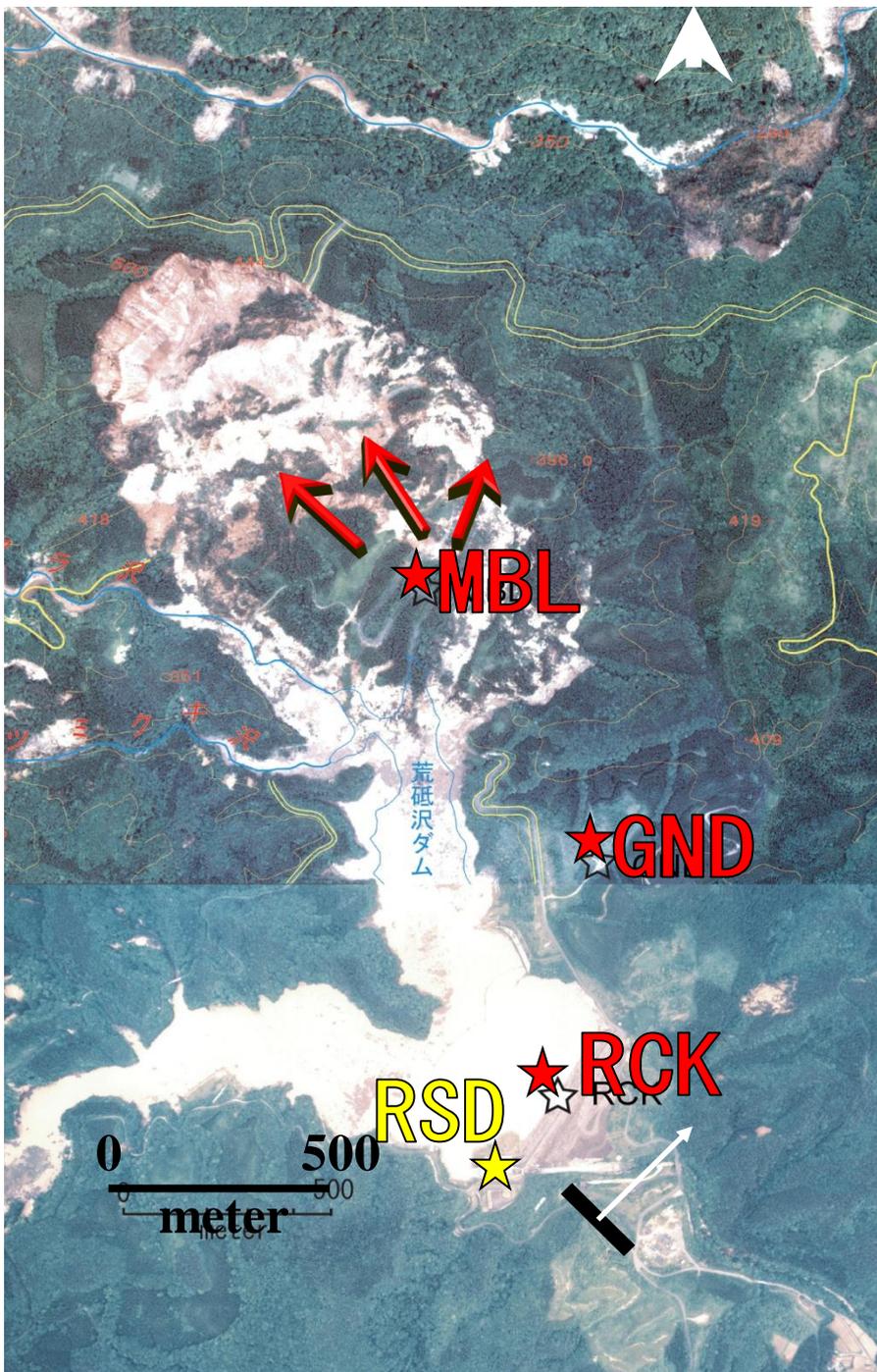
山塊Bの傾斜・鉛直運動

方位: $N17^{\circ} W \sim N25^{\circ} E$
傾斜量(度): $10^{-6} \sim 10^{-5}$ deg
鉛直変位(cm): $-26 \sim +55$

山塊ブロックBが移動, ブロックAへの乗り上げ, そして停止する移動プロセスと整合。

地震波入射で山が1~1.5Hzで大きく揺れる

山塊ブロックの不安定性を示している。



・まとめ・

- ・山塊の移動・崩落は、地震による強い揺れ、沢・川の両岸の火山灰質土の流動・泥流化、山体脚部の削剥により生じた。
- ・世界的に見ても例のない現象が発生し、非常に貴重な地形が誕生した。この価値ある地震地盤変動を、内外の大学・研究機関や、小学生から高校生までの理科教育のフィールドとして活用することが望まれる。
- ・この自然現象の観察を通して自分たちが住んでいる土地の地形などにもっと関心を持ってほしい。

山の神様の救出



2009 4 5

元の位置



現在の位置













2009 4 5

おわり

