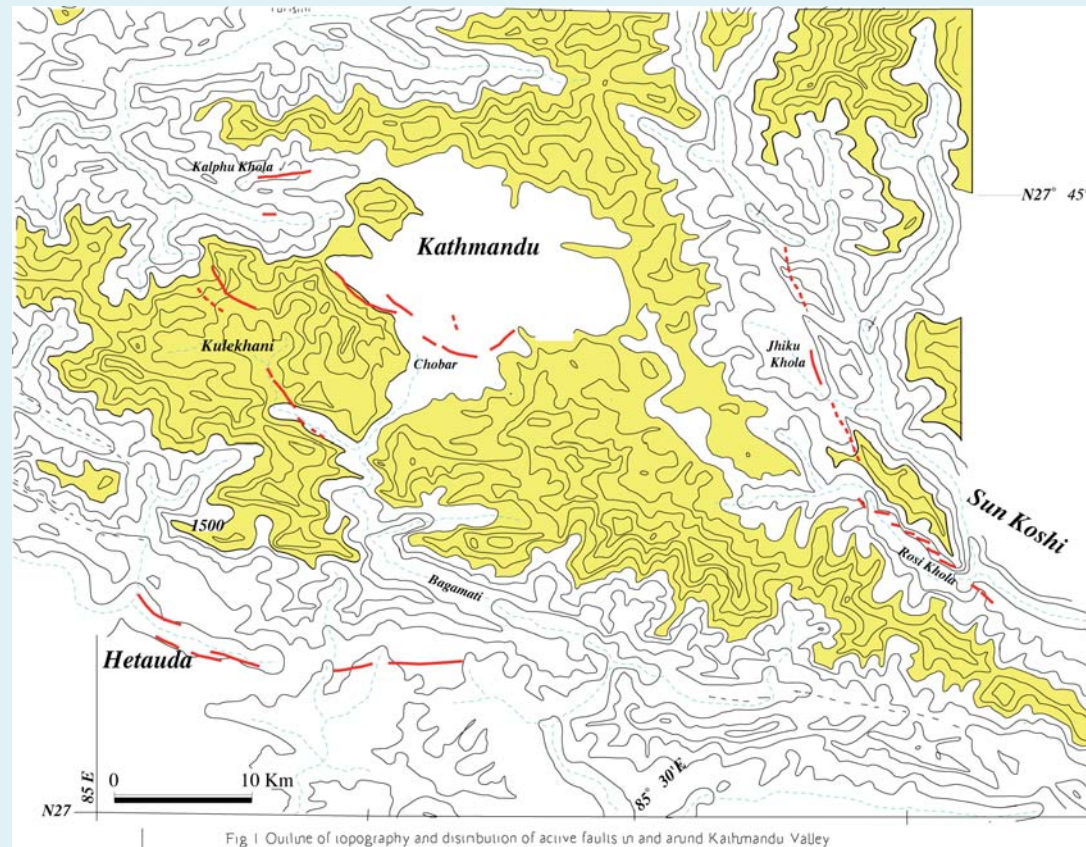


# 2015年ネパール(Gorkha)地震 にともなう斜面災害



カトマンドゥは山の  
上の盆地

黄色:1500m以上

## カトマンドゥ盆地周辺の地形概観

八木浩司(山形大学・地域教育文化学部)

# ヒマラヤの模式的な地形断面と地下構造

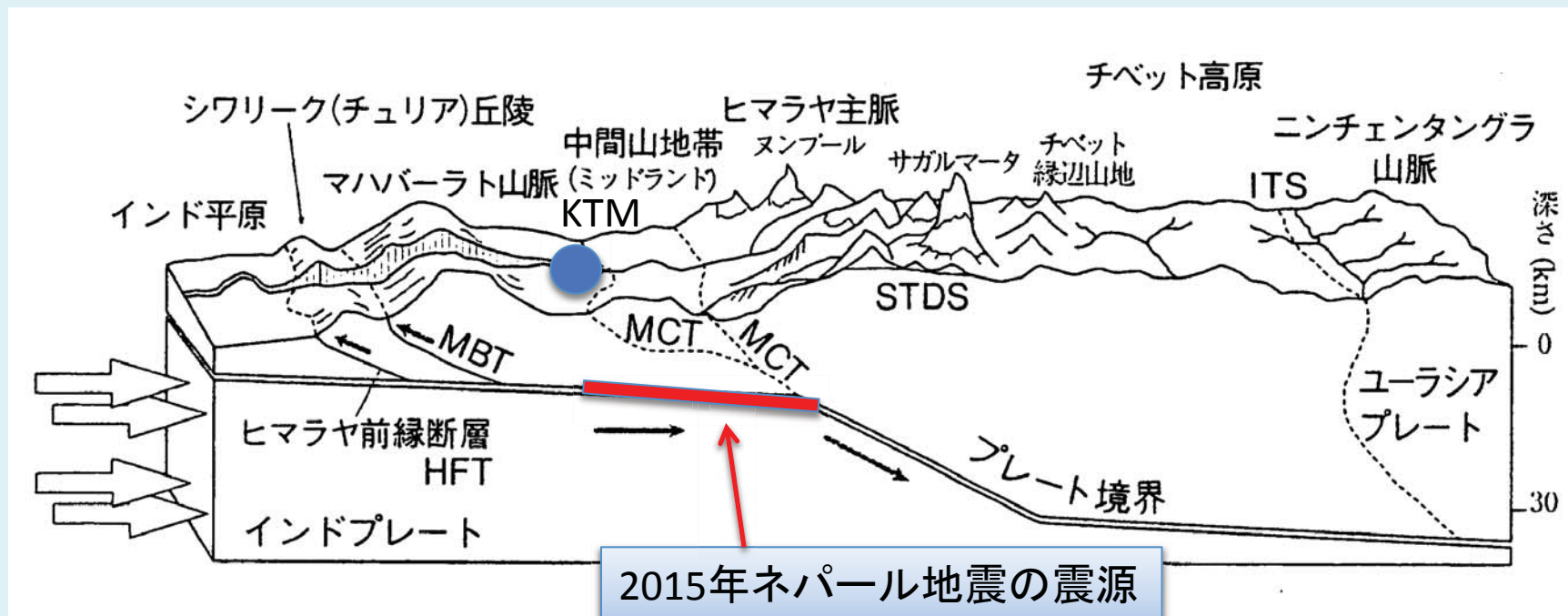


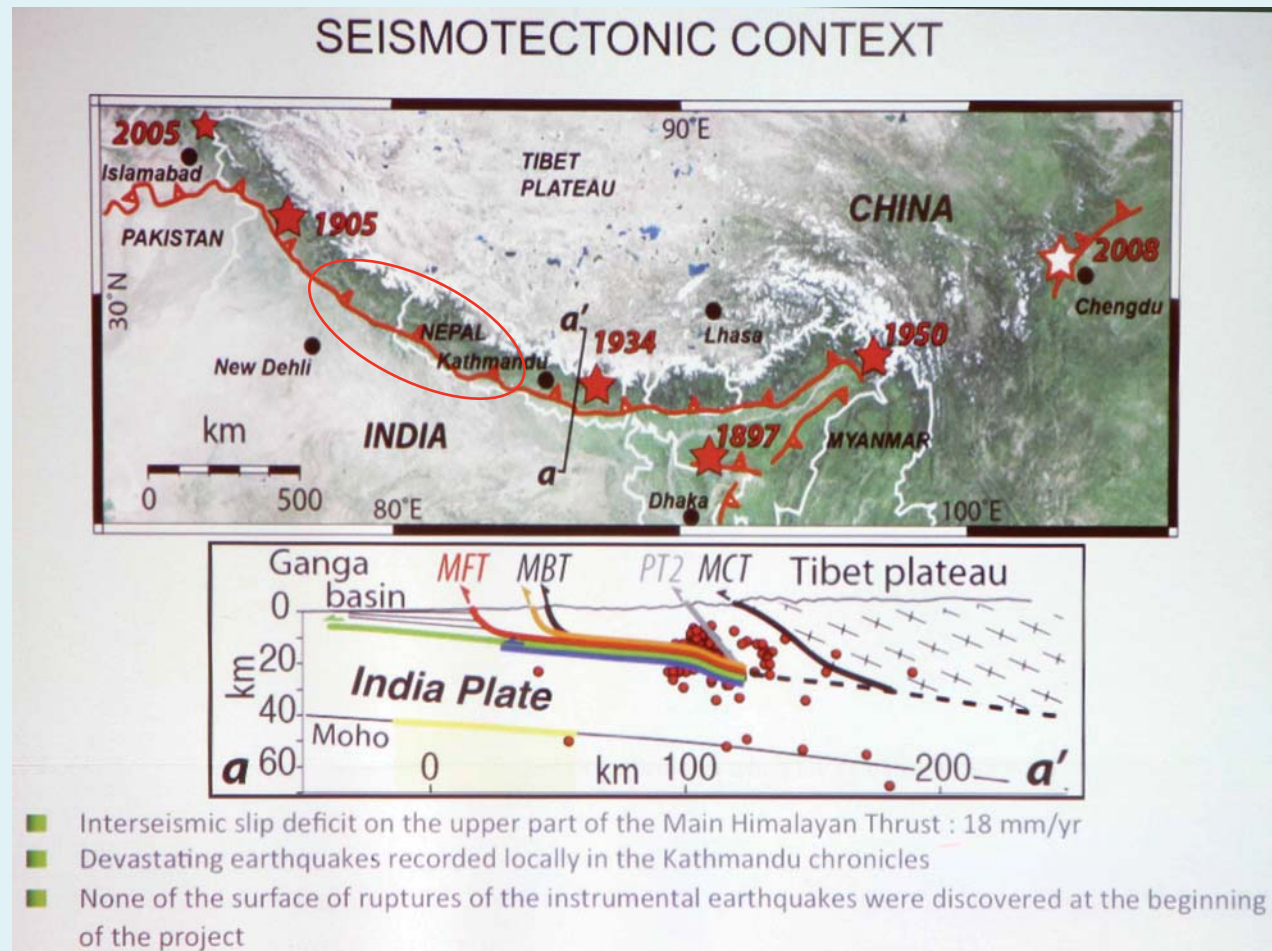
図2 ヒマラヤ山脈から南チベットにかけての大地形と主要断層などの地下構造との関係を示したブロックダイヤグラム。

岩田修二(2000)に追記



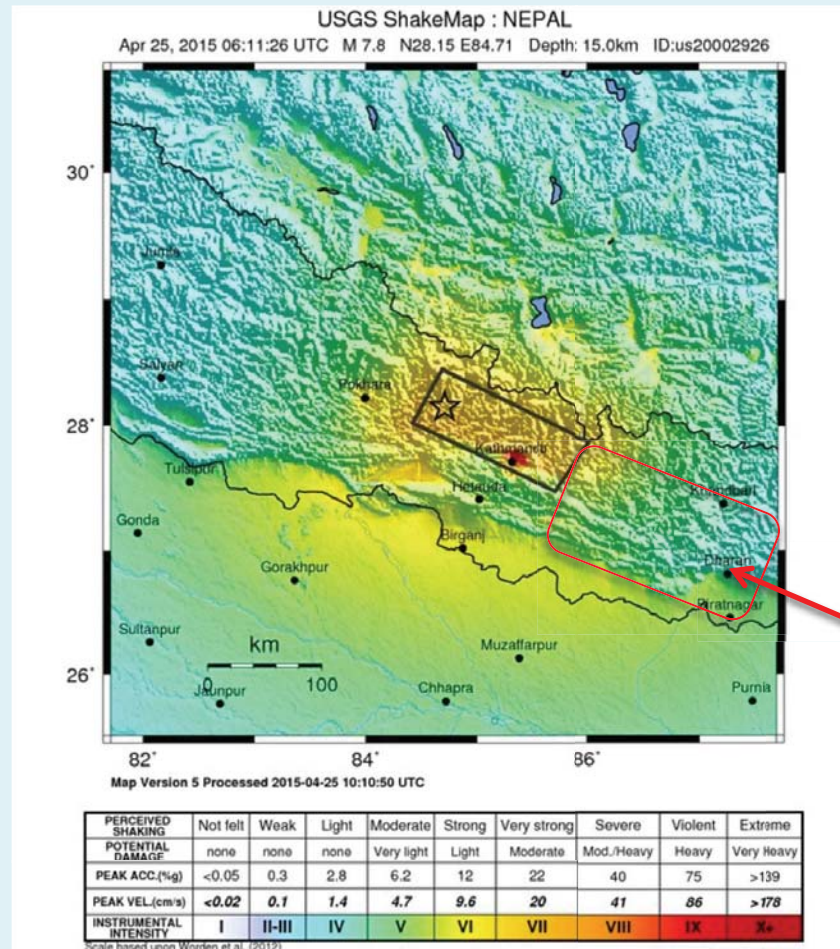
Lesser Himalayaの山地斜面は生業活動の場  
伝統的集落は,尾根の上に展開

# Seismic Gapと1934年地震の震源 および微小地震分布



After Upreti et.al. (2015)

# 2015年ネパール地震の震源断層



2015年4月開催のネパール地質学会議で1934年地震の推定震源断層が示されたところ。

(Sapkota et al., 2015)

After USGS

ネパール中部からインド・ウッタランチャル州にかけては19世紀以降大地震の記録がなかった。このため、サイスミックギャップと呼ばれ、近未来の地震被害が懸念されてきた。

# 当初の斜面災害予想



2004年中越地震



2005年パキスタン北部(カシミール)地震



2005年パキスタン北部(カシミール)地震



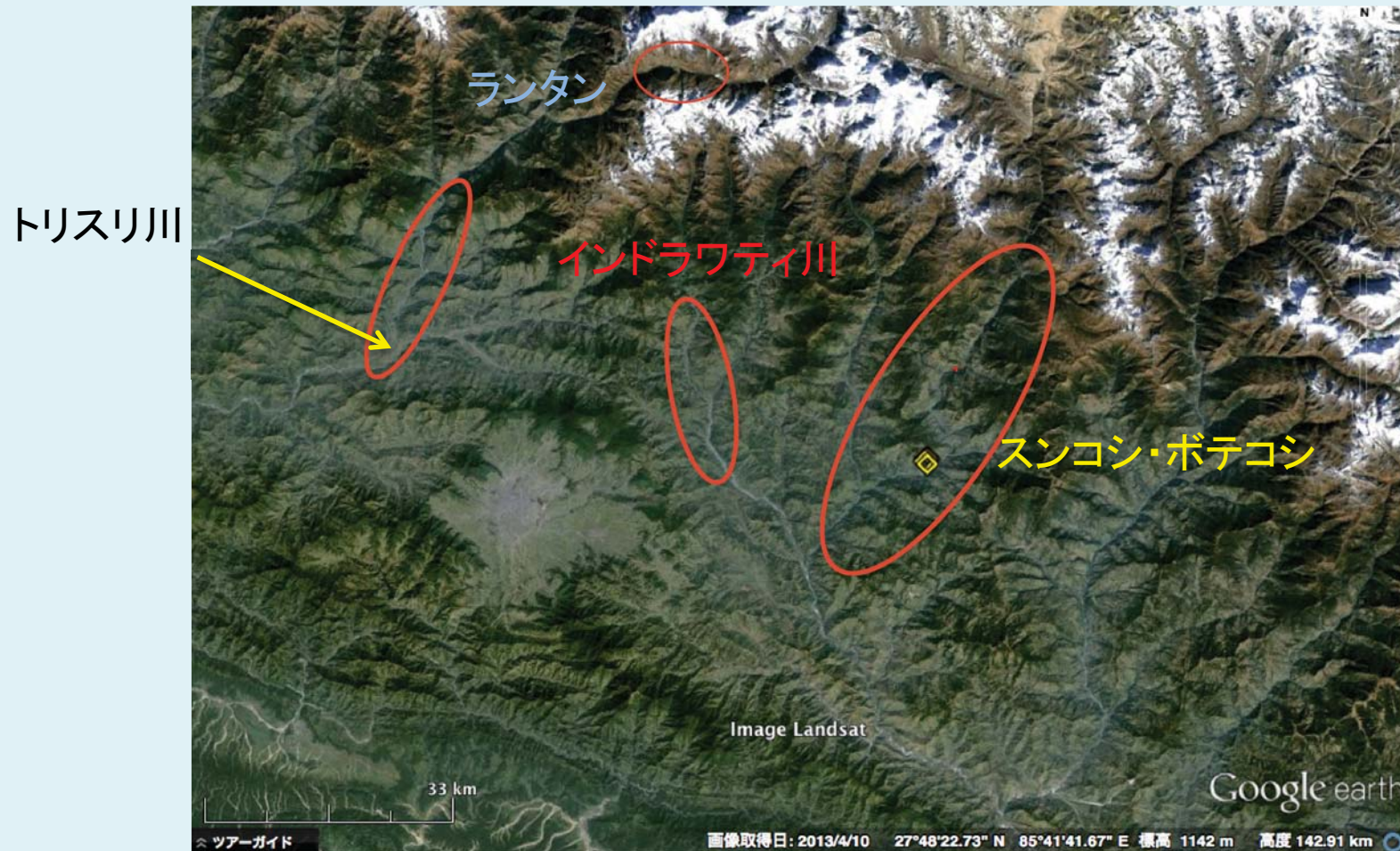
2008年岩手宮城内陸地震

起震断層上盤側での全面的な崩落と深層地すべり・河道閉塞の発生を予想

# 現地からの情報

- トリスリ川中流からランタンにかけて崩れや土石流が認められる。
- ランタンではカタストロフィックな土砂災害が発生。
- シンドウパルチョークで、尾根に上に立つ家屋の倒壊被害が多い。
- スンコシ川～ボテコシ川(チベット側から流れ出る河川)流域でも多そうだ。
- ポカラ地域では揺れも弱く、被害も少ない。

# 日本地すべり学会有志による画像判読



衛星画像を用いた斜面変動調査を日本地すべり学会で実施中



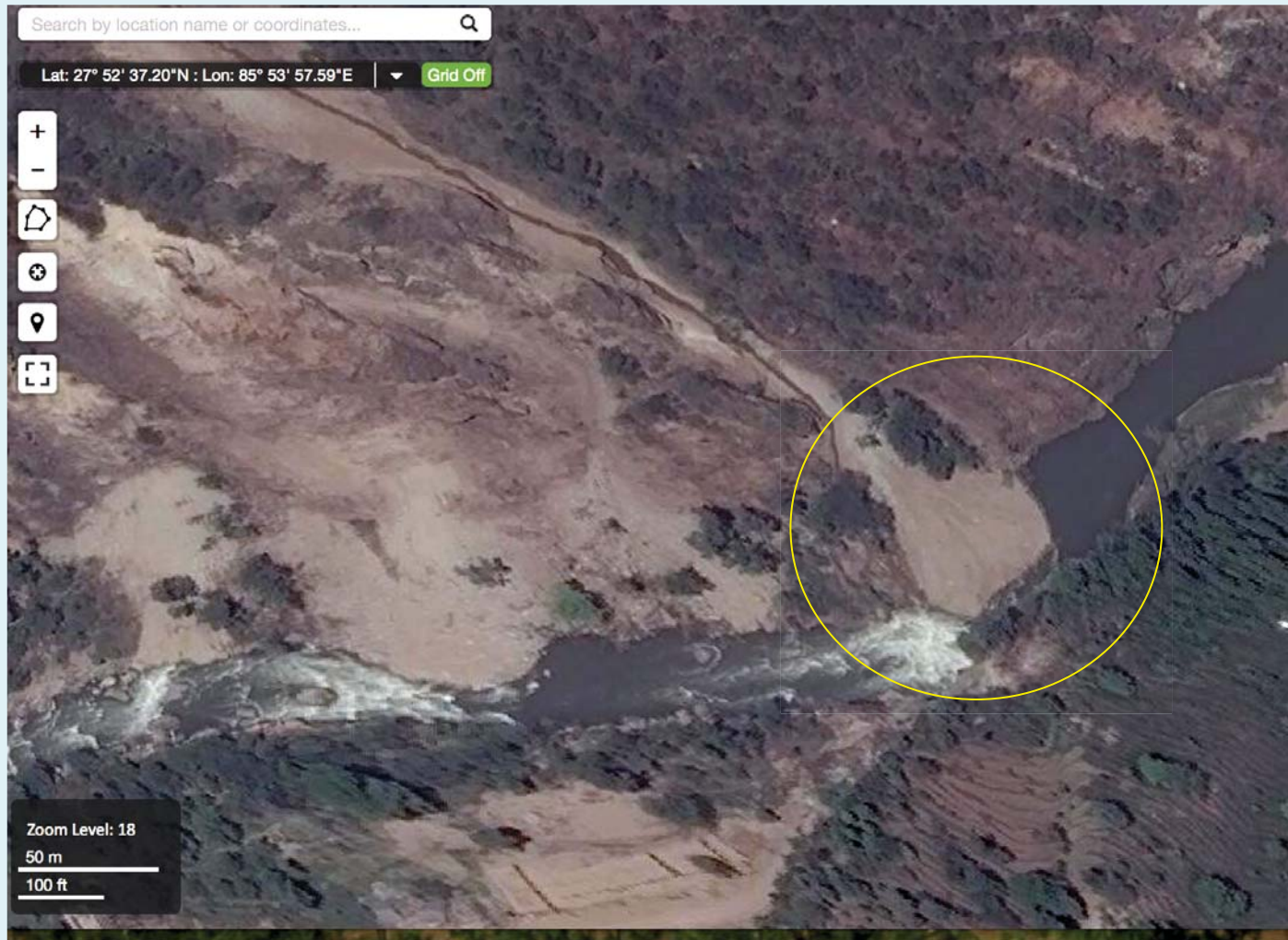
# ボテコシ沿いの新たな地変 (震災前:左, 震災後:右)



もともと斜面崩壊の多発地域でもあったが、明らかに  
新期の崩壊が発生している。

DigitalGlove社提供衛星画像

# 表層崩壊・岩屑なだれによる ボテコシの河道閉塞(一時的)



# 中国との国境付近:コダリ



カトマンドゥからラサに抜ける交易ルートとして中世以来栄えた街道  
狭い谷底に開かれた国境貿易の町

# コダリにおける地変



背後の斜面(段丘崖)の遷急線下位が崩落  
岩層なだれがコダリの街村を直撃

# 2014年8月発災のJure地すべり (深層崩壊型)には大きな変化見られず



2014年12月撮影



2015年5月撮影

落石や表層崩壊的な斜面変位は多いようであるが、深い地すべりは多くなさそう

# トリスリ川沿い発災前後の画像



河道右岸沿いが崩壊 -> 洗掘 道路面の崩壊・喪失  
道路面に崩落した岩塊が覆っている  
トリスリ川の水が混濁→土石流のなごり？

# トリスリ川沿いの発電所取水堰の被災前後



土石流通過の痕跡

震災前

土石流の給源はどこか？

# ランタン谷(U字谷)を襲った 岩屑なだれ→雪氷を含んだ土石流(高速slush)



流下した泥質物質が厚く覆う  
粒径の大きな岩塊が相対的に少ない

After FaceBook of Himlal Sherpa



# 家屋が吹き飛ばされている

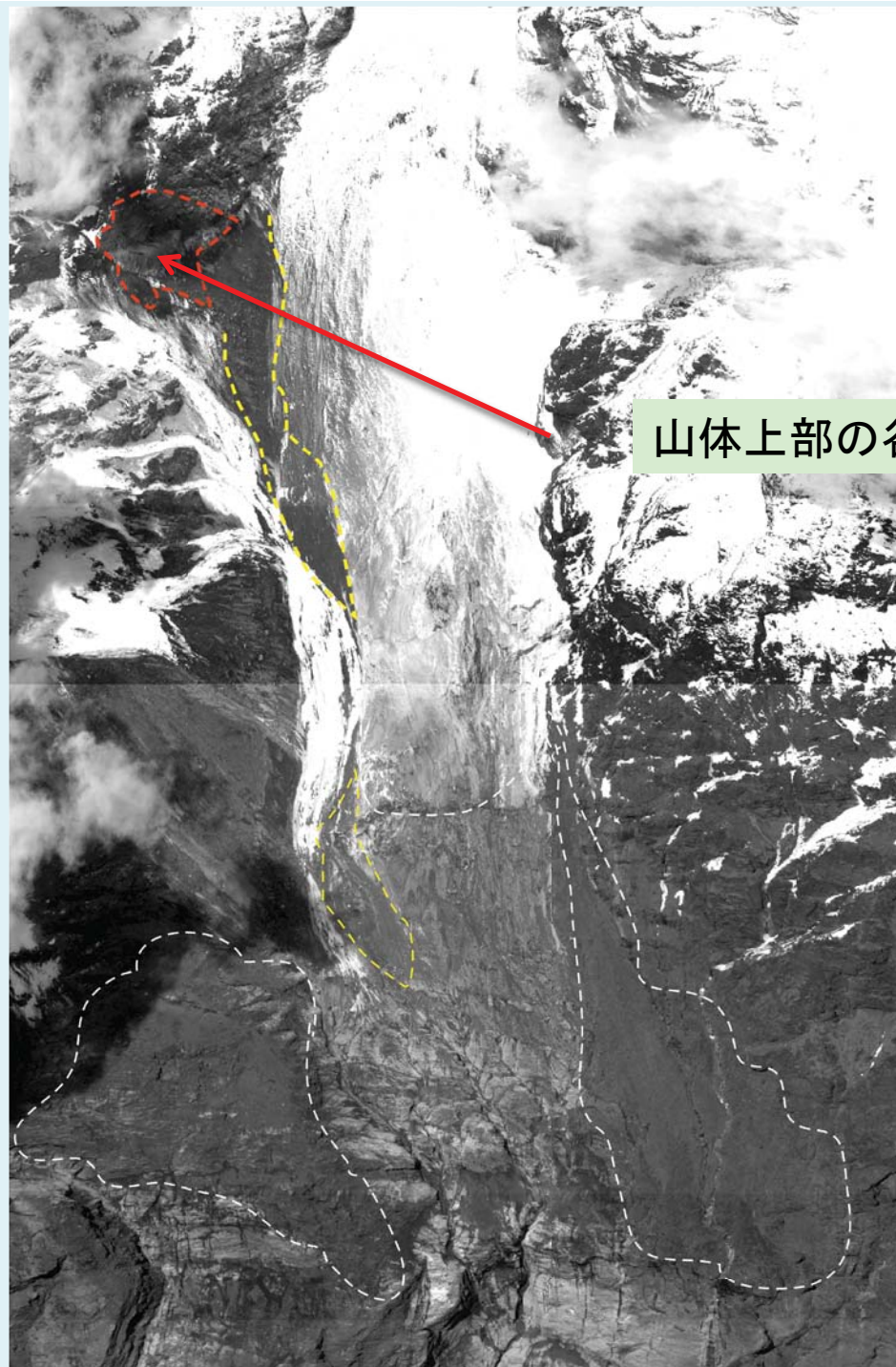


After FaceBook of Himel Sherpa

高速Slush・土石流の通過と衝突にともなって爆風が発生し、  
家屋を吹き飛ばした。

DigitalGlove社・5月1  
日撮影のランタン谷周  
辺衛星画像解析  
(Photoshopにより色  
調補正)

地震によってランタン  
リルン山南面(標高  
6000m付近)が岩盤崩  
壊し、氷河上で破碎さ  
れた後、岩屑が氷河  
表層を削剥しながら下  
流側へ流下したものと  
考えらる。



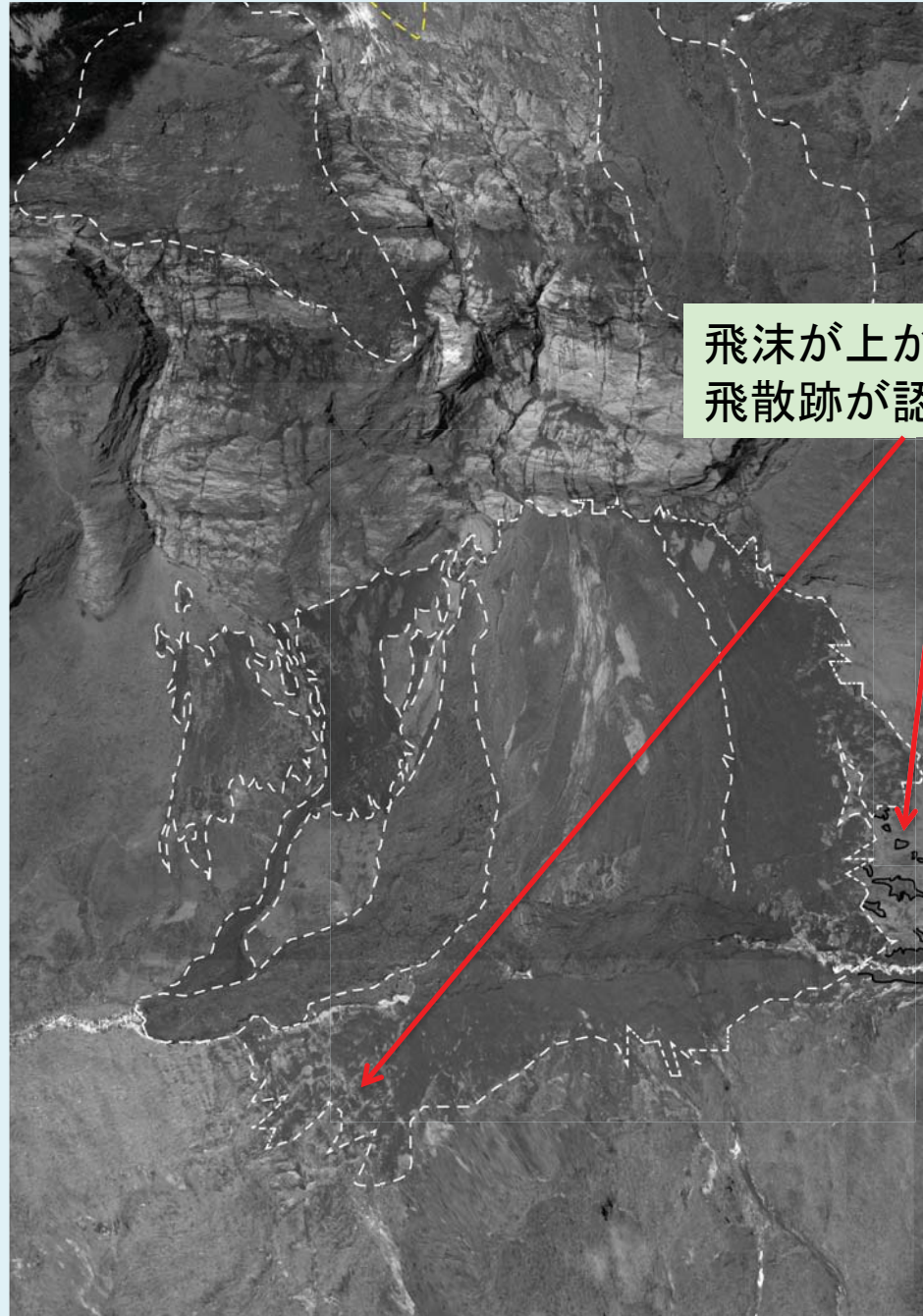
山体上部の谷壁が崩壊した？

氷河上の黒い  
エリアは、岩屑  
の分布域

氷河上を流れ下った岩屑は、氷河を削剥し氷と水を  
巻き込みながらU字谷壁上端からジャンプし  
ランタン谷底に激突・飛散した。

岩盤崩落  
発生位置  
4800-5000m





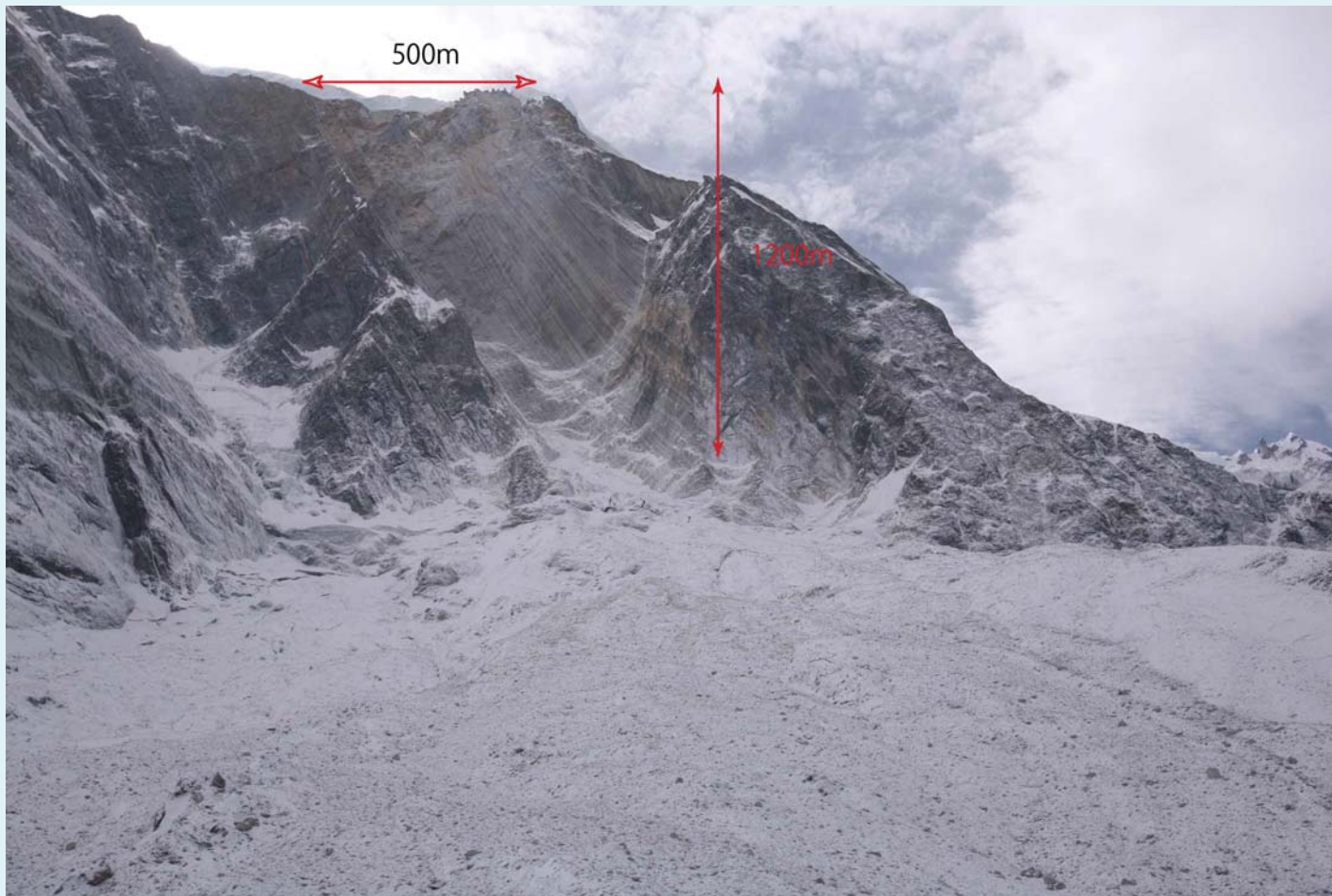
飛沫が上がったような移動物質の  
飛散跡が認められる。

氷河由来の氷水を多量に含んだ  
土石流->slushがU字谷壁から  
ジャンプするように流れ落ち、集  
落の乗る氷河性段丘や対岸に激  
突した。

同様な現象が2012年5月5日に発生した。  
アンナプルナVI峰西壁の岩盤崩落に起因する  
岩屑なだれとセティ川を流下した土石流



# アンナプルナIV峰西面の 巨大岩盤崩壊



崩壊物質の氷河上部での細粒化と岩屑なだれが  
雪氷を巻き込みながら流下. 高速泥質slush化



# 岩屑雪崩によって浸食され，丸みを帯びた 土柱・屏風状地形



石灰質泥層区間  
平均勾配  
11°

岩屑なだれに雪氷が巻き込まれ，氷河湖成・石灰質泥層を侵食しながら流下  
細粒物質を巻き込み高速泥質slush化，一部泥流としても流下した痕跡



## 岩屑なだれ/高速泥質slushに倒された針葉樹



倒された樹木に泥がまとわりついた状態で現地に残されていることは泥水まじりの乱流体が駆け抜けた？

# 岩屑なだれ・高速泥質スラッシュに伴う爆風で なぎ倒された針葉樹



樹木の幹には風上側だけ泥が付着  
泥質物質は、途中で侵食され取り込まれた氷河湖成堆積物起源

# 2005年パキスタン北部地震で発生した 巨大高速地すべり



斜面長:1800m 最大幅:700m 比高800m

Deep sheeted landslide: ダンベ地すべり  
7000万立方メートルが一瞬で崩れ落ちた

# 2008年岩手・宮城内陸地震



これまでの内陸直下型地震で引き起こされた巨大深層地すべりが、2015年ネパール地震では発生していない。

# まとめ

- 低ヒマラヤから高ヒマラヤ移行部の狭窄部(急傾斜域)で斜面崩壊が多発.
- 一部で一時的な河道閉塞を起こしたが現在ではブリーチした.
- 崩壊に伴うデブリ・岩屑なだれが構造物を破壊.
- 深層地すべりは少ない→長周期成分が少ない?
- 高起伏・急傾斜のマハバラート山脈南面では, 斜面変状が少ない. → 震源断層がマハバラート山脈以南に達していない?
- ランタンの災害は, 岩盤崩壊→岩屑なだれ→高速 slush によるもの. 河川に流入後再び土石流として流下. 一部はトリスリ川にも流入か?

## 今後の調査研究課題

- 主要道路沿いで岩盤の緩みや地すべり前兆現象の把握と inventory mappingを進める。(画像判読と現地調査)
- 雨期を前に監視対象を特定するための短期的Susceptibility mapの作成
- 中・長期的な広域的危険箇所判定図の作成