

3. H23年1月10日～12日「岩手・宮城内陸地震現地調査」参加報告

坪田 邦治

1. はじめに

平成23年1月10日～12日で、名古屋大学「岩手・宮城内陸地震現地調査」(表-1 参照)に同行した。調査の目的の一つに、平成20年6月14日8時43分頃に、岩手県内陸南部を震源とするM7.2(気象庁マグニチュード)の地震発生による被害の現地調査および、その後の調査の際に採取されたボーリングコアの観察であった。

さらに、この地震では、震源近傍で最大加速度4,022gal(観測された地震による加速度として、最大記録としてギネス認定:1月11日読売新聞)が記録されている。私達は、この観測された一関西の観測地近傍(KiK-net WITH 25)も見学した。また、この観測地点で得られた地震動には、青井 真¹⁾が指摘する非対称性の発見とトランポリン効果を地盤工学的に検証しようとするのが最大の目的であった。貴重な体験を行えたことから、参加記録として報告する。

2. 地震の概要

気象庁²⁾による本震及び余震の状況を以下に述べる。2008年6月14日08時43分に、岩手県内陸南部の深さ8km、北緯39度01.7分、東経140度52.8分でM7.2(最大震度6強)の地震が発生した。地震活動は本震一余震型で推移している(図-1)。

余震は北北東-南南西方向の長さ約45kmに広がっており、本震は余震域の中央付近で発生している。これまでの最大余震は、本震の37分後の09時20分に発生したM5.7(最大震度5弱)の地震である³⁾。

3. 現地見学結果

(1)一関市 市野々原(いちののばら)地区

一関市市野々原地区では、磐井川右岸側の斜面で長さ600m、幅400mの崩壊性地すべり(崩壊土砂量:約173万m³)が発生し、磐井川の河道を閉塞した(写真-1)。地すべりが発生した場所周辺の地質は砂岩となっており、流れ盤で地すべりが発生したと考えられている⁴⁾。

当地域では、新第三系中新統の下嵐江層堆積岩類及び市野々原凝灰岩部層を基盤とし、同時代の瑞山層デイサイト及び鮮新統国見山安山岩の溶岩がこれを覆って

発生位置: 磐井川・北上川の合流点から約40km地点
 発生規模: 幅約200m、堰止長約700m、深さ25~30mの渓谷を閉塞崩落
 土砂量は173万m³、3つの地すべりブロックが滑動
 湛水面積: 約20万m²(今回の地震で発生した湛水池のうち最大級)
 湛水量: 179万m³(今回の地震で発生した湛水池のうち最大級)

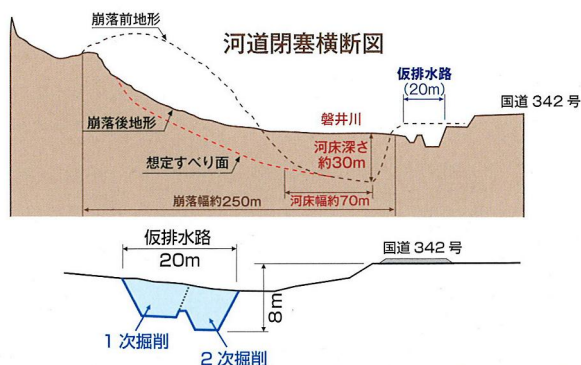
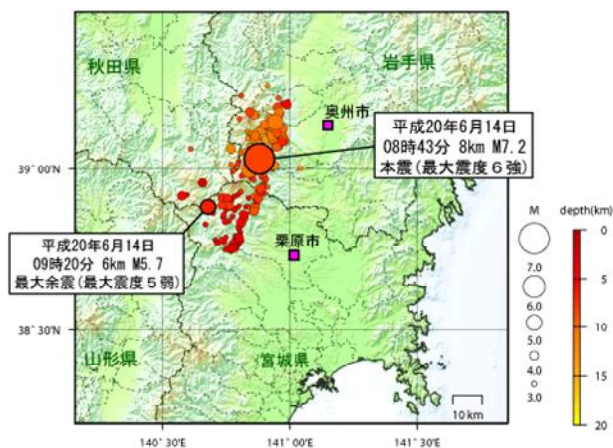


図-2 崩壊断面の解説図⁴⁾ (東京ドーム1.4倍程度の体積)

表-1 名古屋大学現地調査参加者

No.	氏名	所属
1	浅岡 颯	名古屋大学 名誉教授 (財)地震予知総合研究振興会)
2	中野正樹	教授
3	野田利弘	教授
4	山田正太郎	准教授
5	坪田邦治	中部土質試験協同組合 専務理事
6	武田茂典	基礎地盤コンサルタンツ(株)東北支社地質部 部長
7	高橋忠良	東北地方整備局岩手河川国道事務所一関出張所 所長
8	櫻田 勉	調査第一課 建設監督官
9	菊池恭二	岩手県南広域振興局土木部一関土木センター 所長
10	小関 司	災害復旧対策課長

震央分布図 (平成20年6月14日以降、深さ0~20km、M≥3.0)



丸の大きさはマグニチュードの大きさ、色は震源の深さを表す。地形データには国土院の数値地図50mメッシュ(標高)、数値地図25000(行政界・海岸線)および日本海洋データセンターのJ-E60500を使用。この図のPDF形式はこちらにあります。⇒震央分布図(7月18日12時現在) [PDF形式:585kB]

「平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震」の震源要素³⁾

地震発生時刻	発生場所(震源位置)	M
平成20年6月14日08時43分	北緯39度01.7分 東経140度52.8分 深さ8km	7.2

³⁾震源要素:地震が発生した時刻と場所及び地震の規模(マグニチュード:M)

図-1 震央分布図²⁾



写真-1 崩壊状況⁴⁾に追記



写真-2 河道掘削状況⁴⁾



写真-3 対策完成後（2011年1月現在）



写真-4 本復旧完成後（下流側）

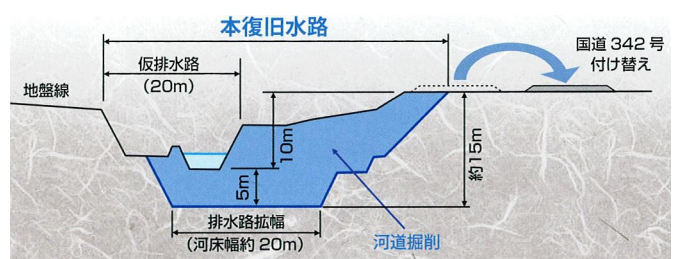


図-3 完成断面⁴⁾

(・当地域周辺は、緑色凝灰岩 ・100年に1度の洪水にも対応)

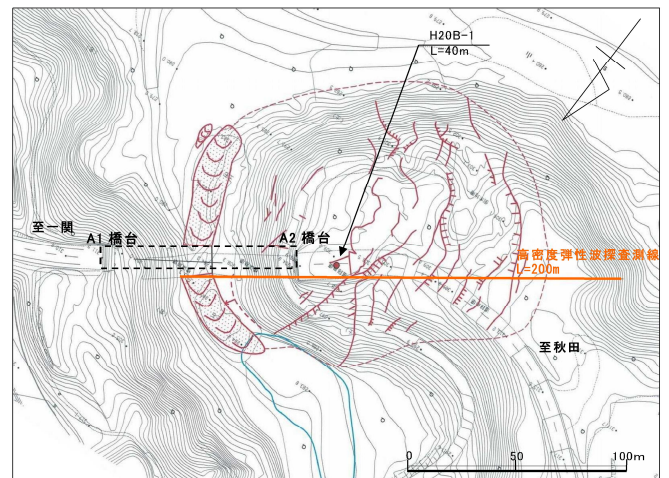


図-4 祭時大橋地区すべり範囲平面図⁶⁾

表-2 被災シナリオ⁷⁾

主たる原因		シナリオ	番号	
地震動の影響で落橋した		地震動により、最初に P1 橋脚が破壊し落橋した。	シナリオ1	
地盤が 11m 移動したことにより落橋した	最初に破壊が始まった部位	上部工 (主桁の破壊)	A2 橋台側の地盤が移動したことにより、最初に主桁が破断し、P1 橋脚を破壊した。	シナリオ2
		下部工 (P1 橋脚の破壊)	A2 橋台側の地盤が移動したことにより、上部工の移動の力が、P1 橋脚頭部に強制変位を与え、P1 橋脚が破壊し落橋した。	シナリオ3
		上部工と下部工の結合 (支承の破壊)	A2 橋台側の地盤が移動したことにより、最初に支承が破壊し、上部工と下部工の結合がなくなった。	シナリオ4

いる。急峻な山地斜面が国見山安山岩に、その下方の丘陵地と山麓斜面が下嵐江層（市野々原凝灰岩部層）の分布域とほぼ重なるとされている³⁾。

(2) 祭時大橋被災状況

国道 342 号祭時大橋は、今回の地震により「落橋」という橋梁被害の中で、最も深刻な被害を受け、過去に類を見ない落橋の形態となりました。

- ①A2 橋台と P2 橋脚の約 11m 程度の移動
- ②A1 橋台パラペットの破断と後方への約 4m の移動
- ③P1 橋脚の 3 分割による崩壊
- ④主桁の破断と落橋

⑤A2 橋台側(秋田)地盤に大きな地割れや陥没が発生
当地域の約 2km 上流側に、KiK-Net の地震計(一関西)が設置されており、観測史上最大の 4,022gal の最大加速度値が計測された。この地震動は、上下非対称の波形状で、トランポリンのように振る舞うことから、「トランポリン効果」と名付けられました⁶⁾。

今回の調査目的は、この現象を解析で算定することが主目的である。

ボーリング結果、高密度弾性波探査結果によると、図-5 に示すように、A2 側橋台基礎地盤は、深度 30m 程度までの地盤が緩んでいることが確認されました。当地域の地盤は、約 5° 程度の勾配を示す「流れ盤構造」で、砂岩・泥岩の地層境界の一部で風化などにより、弱層にな

っていたと推定された。また、A2 橋台背後に、高角度の分離面が存在していたと推定された。表-2 に被災シナリオを掲載したが、委員会ではシナリオ-3 が成立する可能

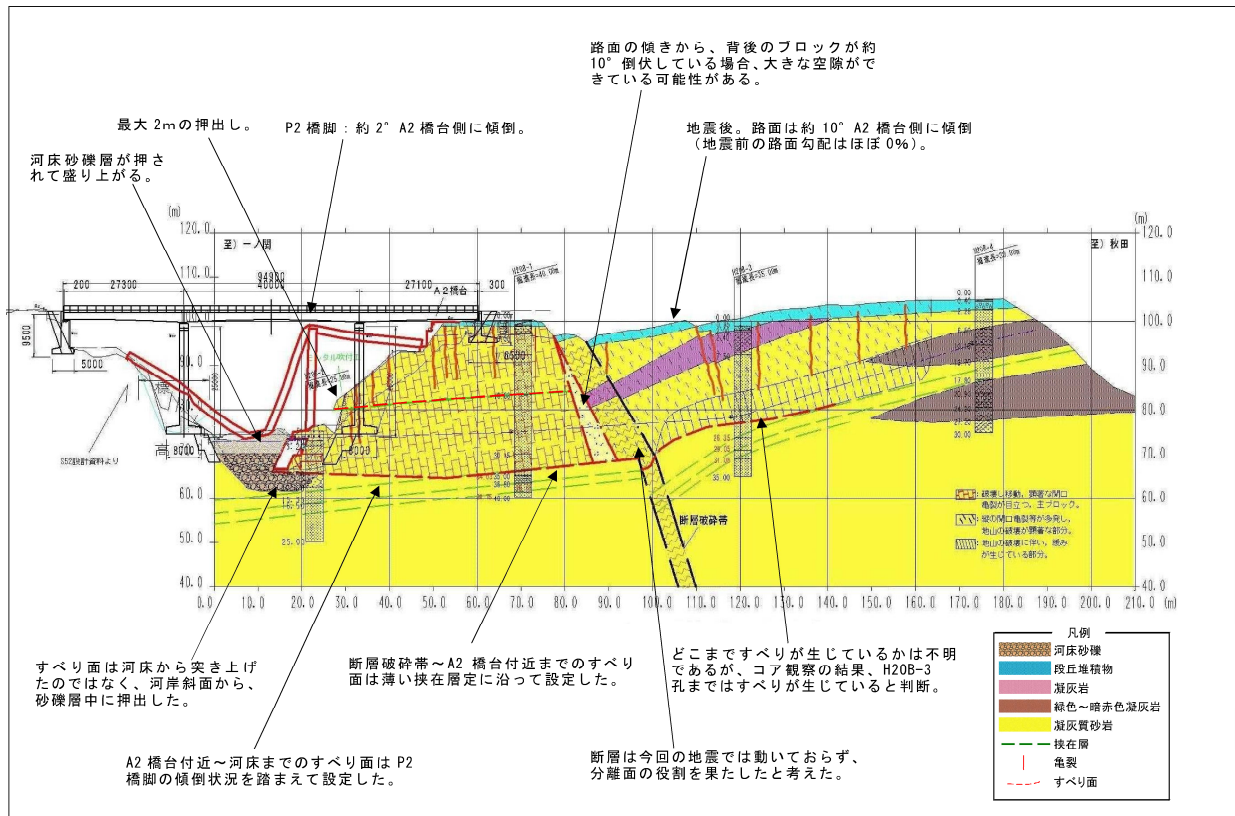


図-5 祭時大橋地区地質断面図⁶⁾

性が高いと位置づけている。すべりが起きた A2 橋台側（秋田側）の地盤は、約 11m 移動した領域と、前面地盤の移動に伴い緩みが生じた領域に分けられると推定した。また、ボーリングコアの観察から、一部に薄いシルト層や凝灰岩層を挟在し、軟質化や破断している部分があったが、基本的には良質の地盤であることが確認され、空中写真判読結果と考え合わせると、初生的な岩盤すべりが発生したと結論付けた。これらの結果から、地震発生後の変状を確認することによって地すべり層を特定することはできるが、本地盤の当該深度ですべりを起こすということを事前に予測することは困難であったと言える。

橋梁被害調査および構造要素耐力の検討の結果、それぞれの部材や橋体は破壊するまでは健全に機能していた可能性が高く、それらが備えていた耐力を超える力によって破壊されことにより、現状のような被害形態となったものと認められた。設計どおりに施工し、適切な維持管理によって健全性が維持されることで、過去に作られた構

造物は今回のような大地震に対してもそれぞれの部材は設計で期待した性能を確実に発揮しうることが示された。

今後の技術的配慮事項として、「橋梁の計画段階においては、周辺に地すべり地形が分布しており、かつ流れ盤構造で突出するような地形では、事前にやや広い範囲について地形調査や地質調査を行うとともに、基礎のボーリング調査等においては薄い弱層等にも着目して綿密に観察や地質構造等の評価を行うこと、さらには土質試験を実施するなどして、斜面の不安定化の可能性について注意深く検討する必要がある」と指摘している⁷⁾。



写真-5 地震発生前の祭時大橋³⁾



写真-5 地震発生前の祭時大橋³⁾（一関側の A1 橋台側からの橋梁全景）



写真-7 現在の祭時大橋（この状態で保存されるとのこと）
（手前は、仮設の祭時大橋）

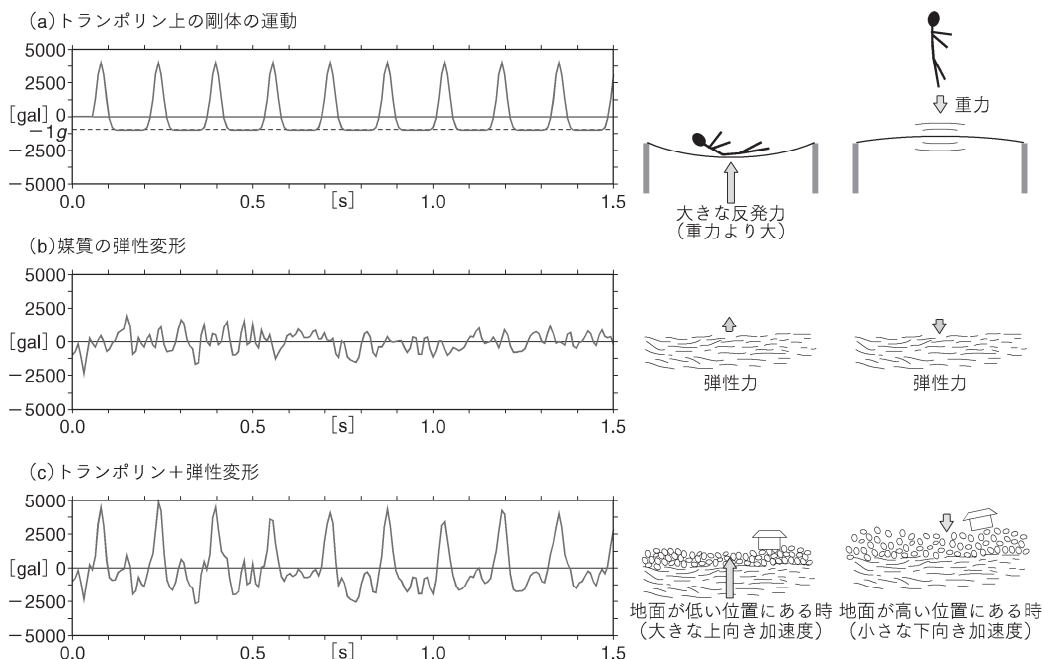


写真-8 完成した祭時大橋新橋（2010年12月18日に開通）
（引用元：http://kenplatz.nikkeibp.co.jp）

（付録-1:「トランポリン効果」とは?」)

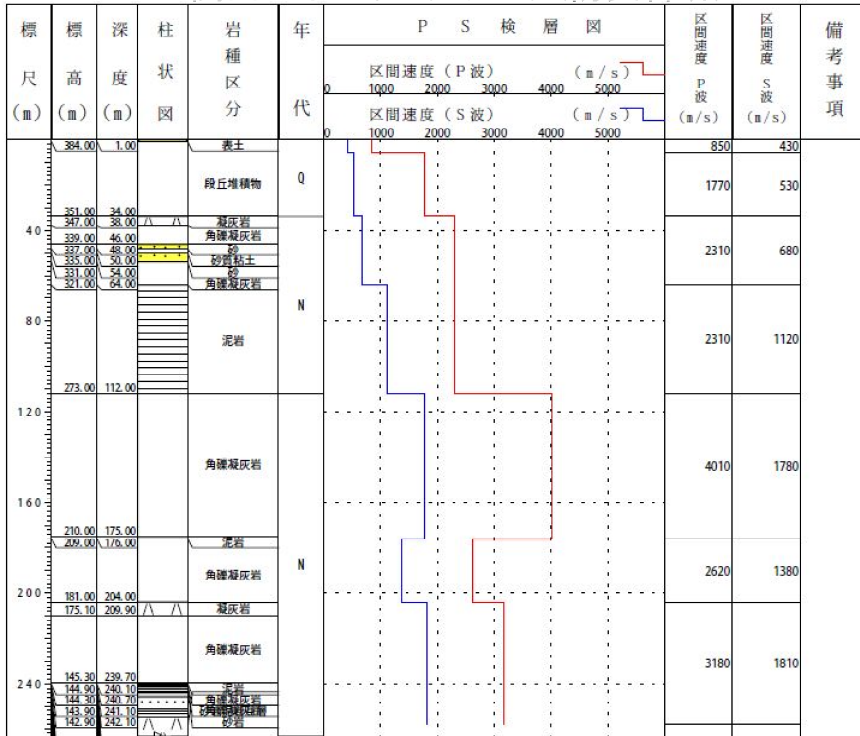
①今回観測された非対称な地震動は、トランポリン上で跳ねている物体の運動に類似していることから、青井らはこの現象を説明するためにトランポリンモデルを提唱した。
②物体がトランポリンから反発力(>1g)を受けている時間は短いとその力は大きく、逆に、宙に浮いて重力加速度(1g)による下向きの力のみを受けて自由落下している時間は長い。その挙動は振幅と周期という2つの非対称性をもつ上に、下向きの加速度が概ね1gで頭打ちするという点でも、観測事実とも整合的である(引用図2(a)).
③弾性体がトランポリンのような挙動を示す理由として、表層付近の地盤が大加速度の入力により弾性限界を上回る張力場にさらされて、媒質が破壊されたり伸張クラックが生じたりすることにより、部分的に粒状体的な性質をもつことが考えられる。側面と底面を拘束された粒状体(たとえ

ば砂箱)は、上向きの加速に対しては固まりとして振る舞い、弾性的な性質をもつ。一方、下向きの加速に対しては、その加速度が小さい場合においては上向きの場合と同様な振る舞いが期待されるが、その加速度が重力加速度を超えると、もはや固まりとして振る舞うことができず、砂同士の相互作用が極端に小さくなり、粒状体的な振る舞いが卓越する。もちろん、強震動時の表層媒質は、完全に粒状化するわけではないため、弾性的な振る舞い(引用図2(b))と粒状体的な振る舞い(引用図2(a))の中間的な振る舞い(引用図2(c))となると考えられる。
④引用図2(c)に示すトランポリンモデルによる模擬波形は、次ページの観測波形の拡大図の性質をよく再現している



引用図-2¹⁾ (a) トランポリン上の剛体運動を単純化したモデル. (b) 媒質の弾性変形. (c) トランポリン上の剛体運動と媒質の弾性変形との和. KiK-net 一関西観測点で記録された地表加速度上下動の特徴(振幅と周期の非対称性)をよく再現している.

(付録-2:一関西の観測情報)



引用図-3 一関西のボーリングデータ⁹⁾

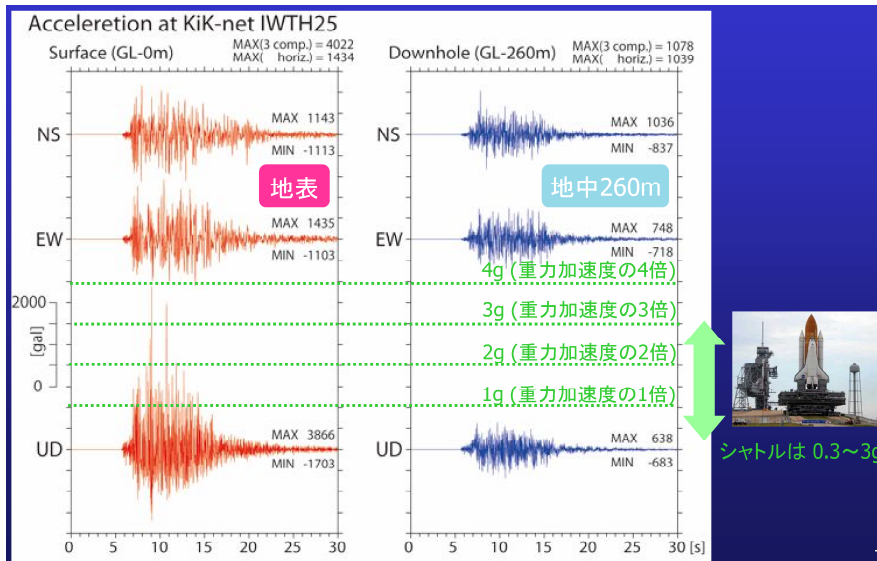


引用図-5 一関西地震計設置位置



引用図-6 一関西地震計設置位置と観測小屋¹⁰⁾

(地震計埋設深度: 地表部, GL-260m)



引用図-4 一関西における強震動¹¹⁾

(参考文献・引用文献)

- 1) 青井 真: 地震動の非対称性の発見とランボリン効果, 科学, Vol.79, No.4, pp.366~370, 2009.4.
- 2) 気象庁: 平成20年6月 地震・火山月報 (防災編), 121p, 2008
- 3) (社)地盤工学会 2008年岩手・宮城内陸地震災害調査委員会: 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震災害調査報告書, p1~159, 2008
- 4) 東北地方整備局岩手河川国道事務所: 岩手・宮城内陸地震~河道閉塞への対応~ (リーフレット), 2010.5
- 5) 基礎地盤コンサルタンツ(株): 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震調査報告書(社内技術資料), 2008
- 6) 国道342号祭時大橋被災状況調査検討委員会: 国道342号祭時

大橋被災状況調査検討委員会報告書概要版, 平成21年6月

- 7) 国道342号祭時大橋被災状況調査検討委員会: 国道342号祭時大橋被災状況調査検討委員会報告書, 平成21年6月
- 8) 国土交通省緊急災害対策派遣隊 (TEC-FORCE): 国道342号・祭時(まつるべ)大橋調査報告, H20.6.18
- 9) 入倉孝次郎・倉橋奨: 2008年岩手・宮城内陸地震の震源モデルと強震動~なぜ4000ガルの強震動が生成されたのか~, 日本活断層学会2008年度秋季学術大会, 2008.
- 10) エイト日本技術開発(株)HP: <http://www.ejec.ej-hds.co.jp/bousai/kb/20080614eq/>
- 11) 瀧瀬 一起・三宅弘恵: 岩手・宮城内陸地震の震源メカニズム, 地球惑星物理学特別演習

* 左の図には, シャトル打ち上げ時の加速度が記載されているが, 4Gの大きさが理解できる。