

東日本大震災の被害について

～道路・鉄道を中心に～

神戸大学自然科学系先端融合研究環
都市安全研究センター
吉田信之

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

地震概要

発生時刻：2011年3月11日（金）14時46分18秒
震源：三陸沖（牡鹿半島の東南東約130km付近）
震源の深さ：約25km
モーメントマグニチュード(Mw)：9.0
最大震度：7（宮城県栗原市築館）
最大加速度：2,933ガル（宮城県栗原市）

(地震調査研究推進本部資料2011.04.12)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

地震概要

断層型：逆断層(西北西-東南東方向に圧力軸)
断層の大きさ：長さ約450km, 幅約200km
断層のすべり量：最大20~30m程度
破壊継続時間：約170秒間

断層の破壊：宮城県沖から始まり、岩手県沖の方向、福島県・茨城県沖の方向に伝播

3運動した地震断層の模式図

気象庁の強震加速度波形(上下動)

(各観測点毎の最大振幅で正規化して表示)

※観測は各々の観測点の最大値で正規化している。
※3つの大きな観測点の観測を掲載できる。

(気象庁資料第28報 2011.03.25)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

地震概要

余震(M5.0以上)の発生回数：435回
(平成23年4月28日15時現在)

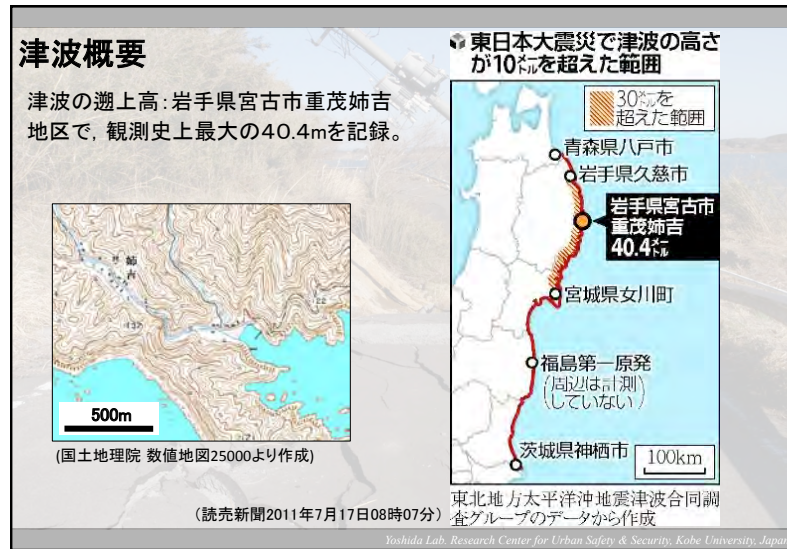
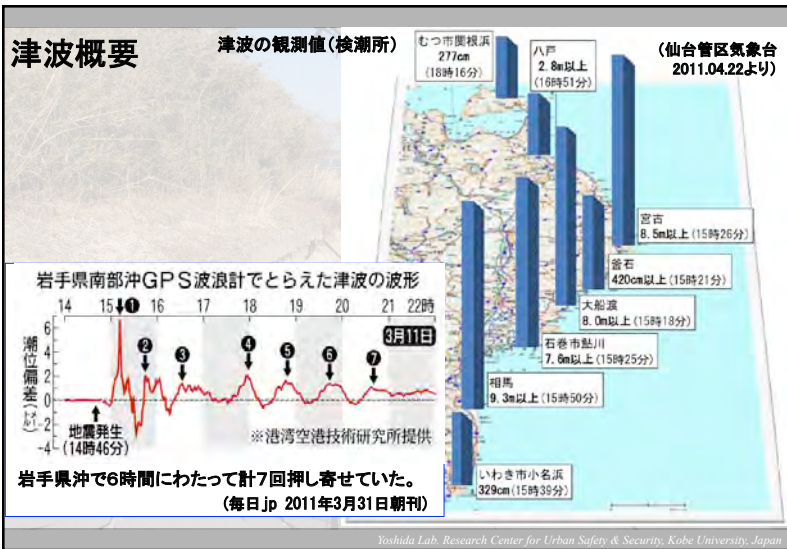
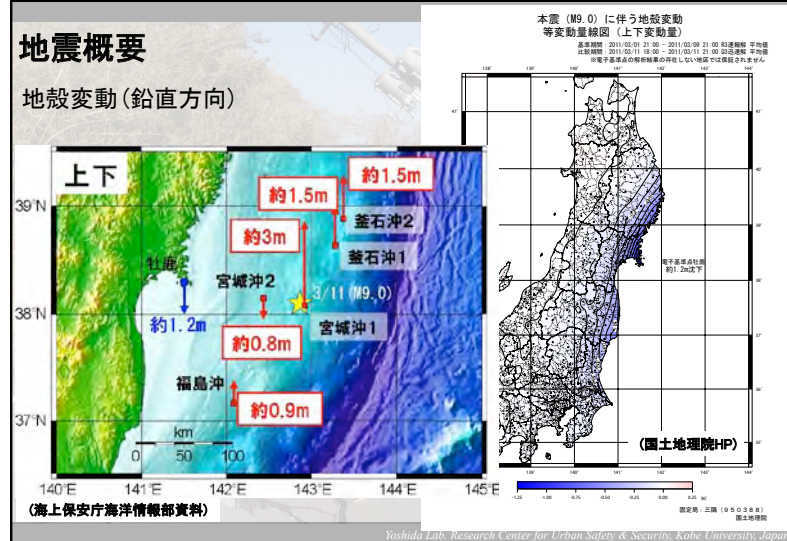
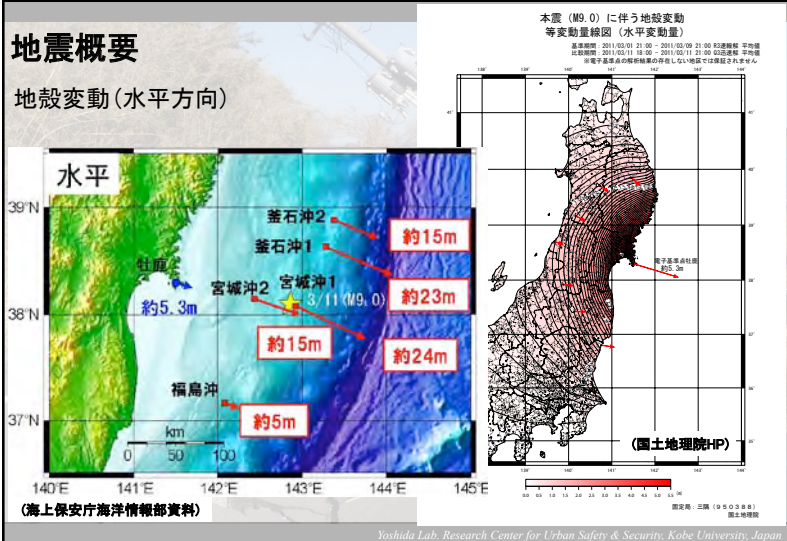
本震からの経過日数

日	発生回数
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70
8	80
9	90
10	100
11	110
12	120
13	130
14	140
15	150
16	160
17	170
18	180
19	190
20	200
21	210
22	220
23	230
24	240
25	250
26	260
27	270
28	280
29	290
30	300
31	310
32	320
33	330
34	340
35	350
36	360
37	370
38	380
39	390
40	400
41	410
42	420
43	430
44	435

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(M9.0)
平成9年(1997年)北海道東方沖地震(M8.0)
平成15年(2003年)十勝沖地震(M8.0)
平成15年(1994年)三陸はるか沖地震(M7.6)
平成15年(2000年)十勝沖地震(M8.0)
平成15年(1994年)三陸はるか沖地震(M7.6)

(気象庁資料第41報 2011.04.28)

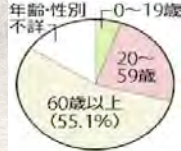
Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan



被害概要(人的)

死者:15,656人, 行方不明:4,975人, 負傷者:5,680人 (警察庁資料2011.08.01現在)

亡くなった人の年齢



死因



(4月11日までの検視などによる判明分)

- ・岩手, 宮城, 福島3県で, 震災から1か月間の検視による死者1万3135人のうち, **水死が92.5%**。
- ・宮城県の水死割合が**95.7%**, 岩手県(87.3%), 福島県(87.0%)。圧死や全身骨折を含む損傷死など(計578人)の多くも, 津波で倒壊した家屋の下敷きになったり, 流される間にがれきに衝突したとみられ, **水から顔を出し助けを待つうちに凍死した人も**。
- ・**焼死は148人**で, 宮城県気仙沼市など激しい火災が起きた地域で多かった。
- ・約8割が住宅倒壊などによる窒息死・圧死だった**阪神大震災と異なる**。
- ・身元が判明した犠牲者の約65%は**60歳以上**。

(読売新聞2011年4月20日朝刊)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

被害概要(物的)

(内閣府資料2011.06.24より)

項目	被害額
建築物等 (住宅・宅地, 店舗・事務所, 工場, 機械等)	約10兆4千億円
ライフライン施設 (水道, ガス, 電気, 通信・放送施設)	約1兆3千億円
社会基盤施設 (河川, 道路, 港湾, 下水道, 空港等)	約2兆2千億円
農林水産関係 (農地・農業用施設, 林野, 水産関係施設等)	約1兆9千億円
その他 (文教施設, 保健医療・福祉関係施設, 廃棄物処理施設, その他公共施設等)	約1兆1千億円
総計 (原発事故被害は含まず)	約16兆9千億円

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路・鉄道の被害概要

(国土交通省HPから作成)

道路: 通行止め路線区数	箇所
高速道路会社等管理道路(首都高速道路を除く)	20路線
直轄管理道路	38区間
都道府県管理国道	45区間
都道府県道等	270区間

(国土交通省HPから作成)

鉄道: 全線または一部区間が運転休止中の路線
11事業者36路線

※2011年3月19日現在

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

高速道路の被害概要

被害を受けた路線と延長(首都高速道路を除く)

(2011年3月24日付)

路線名	延長km	路線名	延長km
東北自動車道	347.1	東京外環自動車道	0.9
釜石自動車道	7.7	北関東自動車道	45.8
山形自動車道	28.1	仙台北部道路	11.8
東北中央自動車道	6.6	仙台東部道路	18.5
磐越自動車道	85.5	三陸自動車道	4.0
関越自動車道	11.8	東水戸道路	10.2
上信越自動車道	15.0	京葉道路	6.4
常磐自動車道	166.4	東京湾アクアライン	15.1
館山自動車道	7.5	富津館山道路	4.1
東関東自動車道	63.1	圏央道	14.2
		計20路線	869.8

(NEXCO東日本HPから抜粋)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

高速道路の被害概要

被害の形態と箇所数(首都高速道路を除く)

(2011年3月24日付)

被害の形態	箇所	被害の形態	箇所
路面のクラック	97	橋梁支承部の損傷	5
ジョイント部段差	56	盛土のり面崩れ	1
路面陥没	23	跨道橋脇の階段損傷	1
路面段差	174	遮音壁パネル落下	1
道路本体・路面の崩落	2	津波による被害	2
	97	土工部液状化	1
		合計	363

(NEXCO東日本HPから抜粋)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

東北新幹線の被害概要

被害の形態と箇所数

(2011年4月5日付)

被害の形態	箇所	被害の形態	箇所
電化柱の折損・傾斜・ひび割れ	約540	防音壁の落下・傾斜・剥離	約10
架線の断線	約470	天井材等の破損・落下	5駅
高架橋柱等の損傷	約100	橋桁のずれ	2.0
軌道の変位・損傷	約20	橋桁の支点部損傷	約30
変電設備の故障	約10	トンネル内の軌道損傷	2.0
		合計	約1200

(JR東日本HPから抜粋)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

在来線の被害概要

被害の形態と箇所数(津波影響の無い36線区)

(津波を受けた7線区の被害は含まず)

(2011年4月5日付)

被害の形態	箇所	被害の形態	箇所
軌道変位	約2200	駅舎の損傷	約80駅
電化柱の折損・傾斜・ひび割れ	約1150	トンネルの損傷	約30
道床碎石流出	約220	架線の断線	約30
乗降場変状	約220	変電設備の故障	約20
盛土・切取等土工設備の変状	約170	落石	約20
信号・通信設備の故障	約130	乗換二線橋等停車場設備の損傷	約10
橋りょう・高架橋の損傷	約120		
		合計	約4400

(JR東日本HPから抜粋)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

在来線の被害概要

被害の形態と箇所数(津波を受けた7線区)

(2011年4月5日付)

被害の形態	箇所	被害の形態	箇所
津波による駅舎流失	23駅	信号・通信設備の故障	約80区間
津波による線路流失・埋没	66(延長約60km)	橋りょう・高架橋の損傷	約30
津波による橋げた流失・埋没	101	駅舎の損傷	25駅
軌道変位	約210	変電設備の故障	4
電化柱の折損・傾斜・ひび割れ	約950	乗換二線橋等停車場設備の損傷	約15
道床碎石流出	約80	落石	1
乗降場変状	約40	架線の断線	約10
盛土・切取等土工設備の変状	約50		
		合計	約1680

(JR東日本HPから抜粋)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

調査概要

調査期間:
2011年4月5日～8日

調査移動範囲:
宮城県北部(右図)



Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

調査概要

調査期間:
2011年5月2日～5日

調査移動範囲:
岩手県南部(右図)



Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

確認した主な被災

1. 津波による被災

- 盛土: 流失, 浸食, 洗掘崩壊
- 斜面: 浸食, 崩壊, 石積損壊
- 防波堤: 損壊, 転倒
- 橋梁: 上部工流出, 橋脚損壊, 取付部の土砂流出

2. 地震動による被災

- 盛土: 沈下, 変状, 滑り
- 斜面: 崩壊, 落石
- 橋梁: 取付部の沈下による段差, 橋脚の変状, 支承の損傷

* 地震動と津波の複合した被災もあるが詳細はこれから

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

長沼湖周道路(宮城県登米市長沼辺, 長沼湖北側)

・約200m直線～曲線区間: 斜面崩壊による路面クラック, 道路陥没



Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

本吉街道(宮城県栗原市若柳福岡小谷町, 追川左岸近辺)

- ・約450m直線区間: 盛土の側方流動(5m以上)による道路陥没(約2m), 路面クラック



Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

国道343号 猿沢トンネル西側(岩手県一関市大東町猿沢)

- ・盛土法面変状, 路面クラック, 路面陥没, 路面波打ち



トンネル西口後方から見る

南側車線: 変状無し

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

県道156号線(岩手県奥州市江刺区藤里, 瀬戸屋バス停近く)

- ・盛土: 擁壁転倒, 道路の沈下, 路面クラック



ブロック積み擁壁の傾斜に伴う沈下。

ブロック積み擁壁



Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

県道106号線(岩手県一関市東山町長坂, 幽玄洞近く)

- ・自然斜面: 落石
- ・落石は道路面から24m上方から落下し, 落石防護ネットを飛び越え道路面で跳ね, 沢に落下。
- ・石の径は1m程度と推察。



防護ネット

ガードレールの破損

落下した石は沢の対岸へ

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

国道284号 真滝バイパス建設現場
(岩手県一関市滝沢字鶴ヶ沢地内)

国道284号
・盛土法面クラック&崩壊,路面沈下,カルバートボックス取り付け部段差,テールアルメ変状

国道284号 真滝バイパス

水田に盛土構築

北側車線を西方向に見る
(法面崩壊により路肩相当部にずれ&沈下)

クラック

基層面を東方向に見る
(法面崩壊による基層面の沈下)

北側法面を北側から見る
(法面崩壊跡が残っている)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

国道284号 真滝バイパス建設現場
(岩手県一関市滝沢字鶴ヶ沢地内)

国道284号
・盛土法面クラック&崩壊,路面沈下,カルバートボックス取り付け部段差,テールアルメ変状

国道284号 真滝バイパス

西側橋台を南側から見る
(橋台アプローチ部の側溝変状,北側も同様の変状)

テールアルメに変状

南側法面を見る
(クラック多数,さらに西側にも道路延長方向に平行なクラック)

東側橋台を北側から見る

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(地震動による被災例)

国道284号 真滝バイパス建設現場
(岩手県一関市滝沢字鶴ヶ沢地内)

国道284号
・盛土法面クラック&崩壊,路面沈下,カルバートボックス取り付け部段差,テールアルメ変状

国道284号 真滝バイパス

目地拡大&土砂漏れ

テールアルメ頭部が外側に張り出し

東側橋台を北側から見る

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

鉄道(地震動による被災例)

東北貨物線 長町~宮城野間
(宮城県)

被災箇所

土壁&ジオグリッド

翼壁破損および路盤流出
・上り線側の橋台の翼壁が破損し,背面盛土と路盤の一部が流出

RRR工法による補強盛土で復旧中

被害状況(JR東日本HPより)

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

鉄道(地震動による被災例)

東北本線 梅ヶ沢～新田間(宮城県)

- ・軟弱地盤上の盛土区間:盛土崩壊
- ・盛土は旧線に新線を増設した構造. 旧線側で盛土崩壊, 天端で約1.5mの沈下, 延長約150mに渡って影響.

ふとん箆

梅ヶ沢駅方向

手前が北東, 奥が南西方向

被害状況(JR東日本HPより)

ふとん箆およびジオテキスタイルを用いた復旧工事

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(津波による被災例)

県道41号(岩手県宮古市白浜, 太田浜近く)

- ・斜面崩壊, 半車線&路肩部陥没

太田浜

引き波による浸水面の急低下による斜面崩壊か?

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(津波による被災例)

県道38号他(岩手県陸前高田市小友町小友浦)

- ・防波堤&堤防の崩壊&流失, 湾内一般道の崩壊, 県道38号路肩陥没

地震前

地震後

県道38号

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(津波による被災例)

県道38号他(岩手県陸前高田市小友町小友浦)

- ・テールアルメ裏込土流失&変状, 路肩部陥没

鳥島

県道38号

テールアルメ

堤防端から北方向を見る

この角度で見ると

コンクリートスキンの傾斜

土砂流失によりストリップ露出

クローズアップ

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路・鉄道(津波による被災例)

船場鉄橋 & 宮古橋 (岩手県宮古市)



鉄道(津波による被災例)

船場鉄橋 & 宮古橋 (岩手県宮古市)



道路(津波による被災例)

船場鉄橋 & 宮古橋 (岩手県宮古市)



鉄道(津波による被災例)

気仙沼線 (宮城県本吉郡南三陸町歌津, 歌津駅付近)



鉄道(津波による被災例)

JR大船渡線(岩手県陸前高田市米崎町, 脇の沢駅付近)



- ・自然斜面: 浸食, 崩壊
- ・法枠横の自然斜面部の崩壊, 崩壊土砂がJR軌道上に
- ・引き波による浸水面の急低下による斜面崩壊か, 津波後の余震による崩壊か



Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

鉄道(津波による被災例)

山田線(岩手県大槌町浪板, 浪板海岸駅付近)



Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

鉄道(津波による被災例)

山田線(岩手県大槌町浪板, 浪板海岸駅付近)



- ・鉄道橋上部工流失, 盛土法面洗掘, 線路流失



- ・盛土天端から北方向を見る
- ・パラスト&線路流失



- ・山田線盛土部~橋梁部を東側から見る
- ・盛土法面の浅層崩壊, 鉄道橋上部工流失

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

道路(津波による被災例)

山田線(岩手県大槌町浪板, 浪板海岸駅付近)



- ・鉄道橋上部工流失, 盛土法面洗掘, 線路流失

- ・国道45号線盛土の法背面の復旧工

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan



まとめ(一次, 二次調査から)

- ・沿岸部を通る道路, 鉄道の被害は津波によると考えられるものが多い。ただし, 津波襲来までの地震動による損傷の程度は分からない。
- ・内陸部や津波の影響を受けなかった沿岸部の道路, 鉄道の被害は, 過去の地震被害と同じ形態が多い。クラック, 陥没, 沈下, 法面崩壊, 等々。
- ・津波による被害形態は, 盛土では洗掘, 流失, 橋梁では桁, 橋脚の移動・流失, 舗装では表基層のみ, 表層~路床上部まで洗掘・流失, 軌道・路盤では軌道の移動・流失, 路盤の洗掘等である。

ただし, 法面保護の有無とその効果については今後検討が必要である。

Yoshida Lab. Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

まとめ — 津波による被災形態と被災メカニズム(推測)

盛土, 自然斜面(法面)

被災形態1

津波の越流水による盛土裏(陸側)法面が浸食, 流出

被災形態3

津波通過時の流体力により盛土の洗掘, 押し流し

被災形態2

津波の越流水による盛土裏法尻部が洗掘に伴う法崩壊

土構造物である「盛土」の被災のうち, 津波による被災形態は陸側のり面の浸食(被災形態1)が最も顕著である。

植生工はそのほとんどが浸食されているが, 海側は残存する箇所も認められた。

石張りは比較的浸食に強い。ただし, 土砂部との境界から浸食し崩壊するケースも多い。

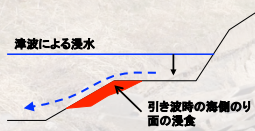
(平成21年台風9号による地震災害調査報告書(地盤工学会関西支部, 2009)参照) Research Center for Urban Safety & Security, Kobe University, Japan

まとめ — 津波による被災形態と被災メカニズム(推測)

盛土, 自然斜面(法面)

被災形態4

津波の引き波による法面浸食, 流出



被災形態5

浸水面の急低下による斜面崩壊

