

土木分野における 地震本部成果の活用動向 および今後への期待

2018年10月24日

土木学会地震工学委員会

産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

吉見雅行

■土木：文明を支える社会基盤の整備・維持・管理

- 道路：橋梁，高架橋，盛土，トンネル，IC，etc.
- 河川：ダム，堤防，堰，護岸，運河，砂防施設，etc.
- 海岸：防潮堤，護岸，水門，防波堤，etc.
- 港湾：航路，岸壁，防波堤，etc.
- 空港：滑走路，空港敷地，etc.
- 鉄道：橋梁，高架橋，盛土，トンネル，駅，etc.
- 街：街路，街区，宅地，都市公園，etc.
- インフラ：上下水道，管路，通信設備，送電・発電施設，etc.
- その他：地下空間，圃場整備，など

様々な自然環境に対して，社会基盤を整備・維持する必要

地震・津波は大きな脅威のひとつ

自然に対する知見が限られていることを認識して意思決定
(Engineering)：設計，補強

地震動

津波

断層変位

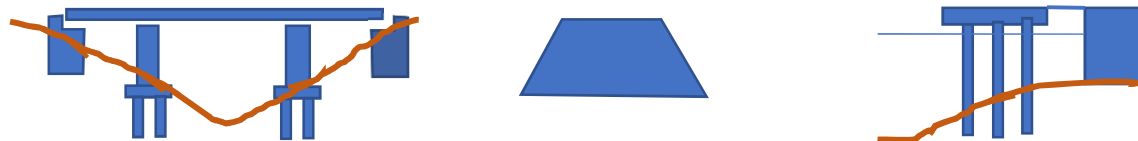
■ 土木分野の耐震設計基準

- 構造物の区分毎に設計基準が存在

(主な例)

- 道路橋: 道路橋示方書(支間長200m以下の橋)
 - 道路盛土: 盛土工指針, など
 - 港湾: 港湾の施設の技術上の基準
 - 鉄道: 鉄道構造物等設計標準
 - 河川: 河川管理施設等構造令
 - ダム: 大規模地震に対するダム耐震設計照査指針(案)
 - 水道: 水道施設耐震工法指針
 - 高圧ガス: 製造設備等耐震設計指針, LNG関連指針など
- 特殊な構造物については, 個別検討も行われる

#主たる構造形式, 利用形態が異なる→設計方法, 重視すべき外乱等に違い



■ 設計地震動の基本的考え方

- 建造物の「使用性」、「復旧性」、「安全性」の照査を目的に、2つの地震レベルを設定（主に兵庫県南部地震以後）

◆ **レベル1地震動**: 建造物の建設地点にて供用期間中に数回程度発生するような地震動（「使用性」の検討に利用）

- ・ 実態は従来型の 水平震度 * 地域別補正係数
- # 確率論的評価を考慮する指針もある

◆ **レベル2地震動**: 建造物の建設地点で考えられる最大級の強さを有する地震動（「復旧性」、「安全性」の検討に利用）

- ・ 海溝型地震（タイプI）
- ・ 内陸活断層の地震（タイプII）

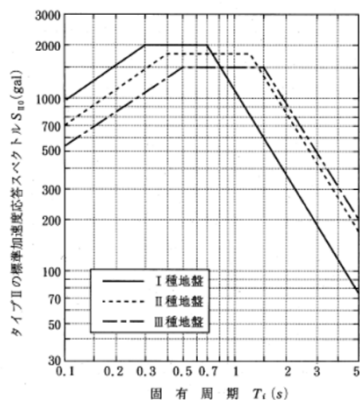
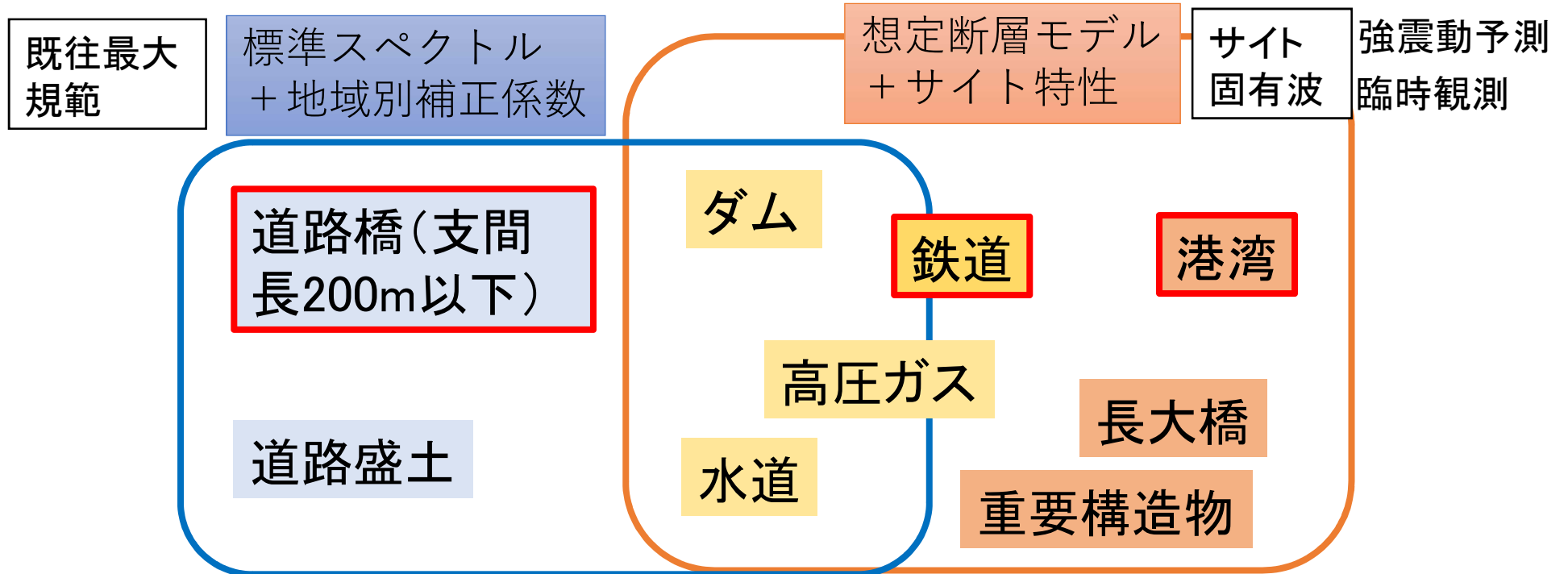
発生確率は考えない

「最大級」: 対象建造物への影響度で評価

「復旧性」「安全性」の検討: 軟弱層の応答, 相互作用(地盤—建造物特性)を考慮し, 建造物の損傷後の挙動を含めた検討を行い, 弱点を発見し, 粘り強い建造物を実現することが目的.

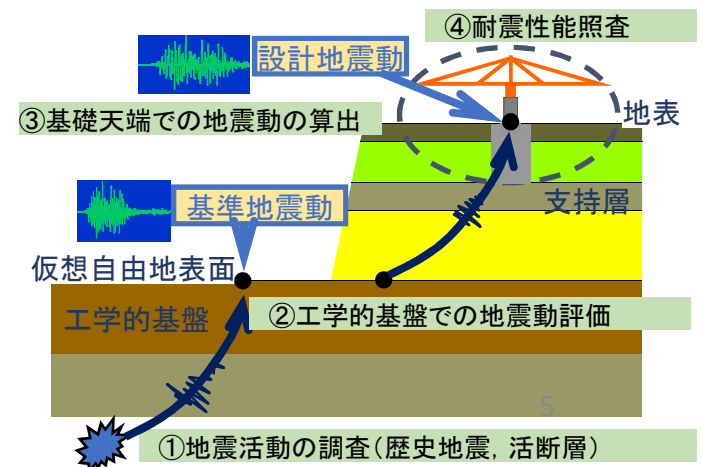
■ 各種土木構造物のレベル2設計地震動

・ 構造物によって地震の科学的知見の活用度に差がある



※道路橋示方書はH24年改訂で断層モデルを削除

#土木学会提言では
理学的成果の活用に前向き



道路橋示方書のレベル2地震動 地盤種別毎に地震動の強さの規定あり。

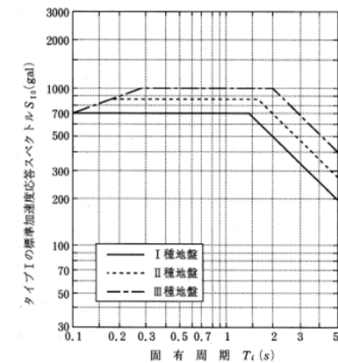
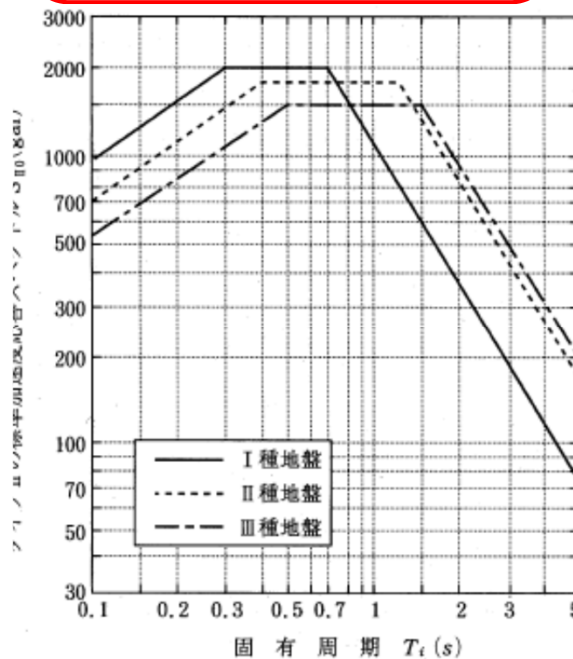
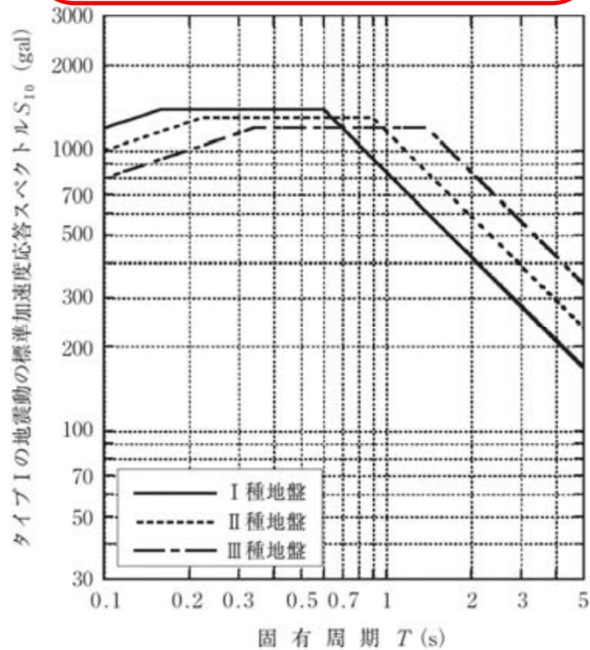
標準スペクトル
+ 地域別補正係数

適用年度	内容
平成 8年	プレート境界型のタイプⅠ，内陸直下型地震のタイプⅡ の2種類を規定。
平成14年	H8を踏襲。ただし，断層モデルで推定可能な場合には，個別に設定。
平成24年	地震動の個別設定は容易ではないので，個別設定の規定を削除。関東地震の見直し，東海地震等の予測，地盤の非線形性等を考慮し，タイプⅠを改定。
平成29年	熊本地震の影響を確認した上で，H24を踏襲。

タイプⅠ：海溝型地震
H24～現在

タイプⅡ：内陸直下
H8～現在

スペクトルの設定には
多数の地震動観測記録
+ 地盤データが寄与



H8～H24のタイプⅠ
短周期帯域に違い

■ 鉄道標準のL2(レベル2)地震動

想定断層モデル
+ サイト特性

- 強震動予測手法に基づく**地点依存の地震動を設定**

地震動の設定手順(工学的基盤面で設定)

- 1) 対象震源域の特定 #表層地盤の挙動を含んだ
構造物の応答計算が前提
- 2) 震源域のパラメータ設定
- 3) 対象地点のサイト増幅特性の評価
近傍のサイト増幅特性(K-NET観測点)を使用
サイトでの地震観測記録もしくは常時微動観測に基づき補正
- 4) 統計的グリーン関数法による地震動評価

活用・参照される
地震本部成果

- ・震源位置
- ・地震規模
- ・活断層

・地震動データ

強震動レシピ(参照)

#詳細な検討を必要としない場合には, 簡易な手法「標準応答スペクトル」の利用も可能(スペクトル適合波)

- 1) $M_w=7.0$ よりも大きな震源域が建設地点近傍に確認されない場合
- 2) 耐震設計上の基盤面より深い地盤によって地震動の著しい増幅が想定されない場合

標準スペクトル
+ 地域別補正係数

- ・震源位置
- ・地震規模
- ・活断層
- ・地下構造モデル

■ 港湾基準のレベル2地震動

サイト特性設定ではK-NET, KiK-netデータを活用
地震選定時に地震本部成果(震源位置, 規模)も参照

- ◎「解説」の記述(地震動関連箇所の抜粋に色付け, 下線を追加)

第十六条2 レベル2地震動については、地震動の実測値、想定される地震の震源パラメータ等をもとに、震源特性、伝播経路特性及びサイト特性を考慮して、時刻歴波形を適切に設定するものとする。

(7) レベル2地震動

① レベル2地震動

レベル2地震動の設定に当たっては、次の(i)から(vi)に掲げる想定地震の中から、それらの想定地震によりもたらされる地震動の最大振幅、周期、継続時間、構造物に与える影響の大きさ等を考慮して、レベル2地震動を設定するための地震を選定する。なお、想定地震の選定に当たっては、中央防災会議や地震調査研究推進本部等の国の機関における調査の結果、又は地域防災計画等を踏まえて総合的に判断する。

- i) 過去に大きな被害をもたらした地震の再来
- ii) 活断層の活動による地震
- iii) 地震学的あるいは地質学的観点から発生が懸念されるその他の地震
- iv) 中央防災会議や地震調査研究推進本部など国の機関の想定地震
- v) 地域防災計画の想定地震
- vi) **M6.5の直下地震**

② 震源パラメータ

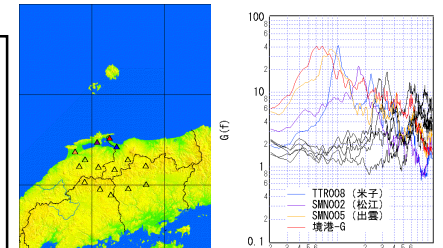
レベル2地震動の設定に当たっては、想定する地震の特性を考慮して、巨視的震源パラメータおよび微視的震源パラメータを適切に設定する。

工学的基盤面で設定

想定断層モデル
+ サイト特性

活用・参照される
地震本部成果

← 地震動データ
← サイト特性

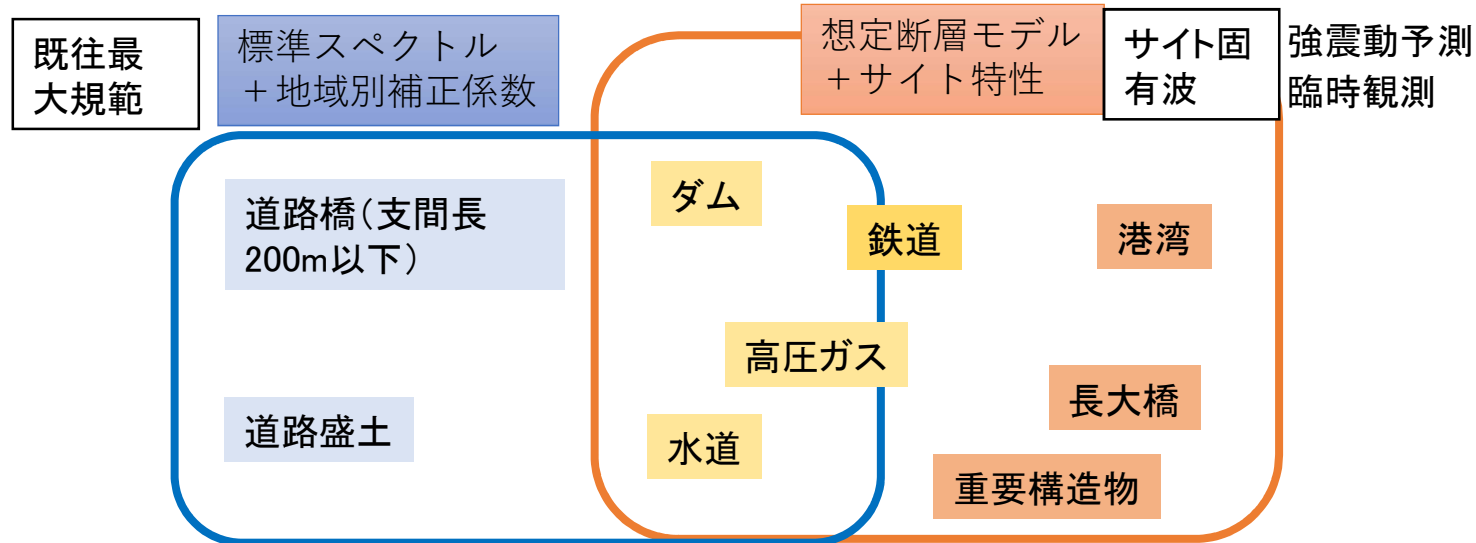


サイト増幅特性(港空研資料)

← 震源位置
← 地震規模
← 活断層

← 強震動レシビ
(参照) 8

■ 各種土木構造物のレベル2設計地震動



重要で代替不能・復旧困難な構造物ほど，レベル2設計では，サイト固有波を用いた検討が行われている。

設計用地震動の設定では，K-NET，KiK-net等の強震観測記録，地震本部の震源位置・地震規模情報，地下構造モデル，強震動レシピが活用・参照されている。これらの充実・不確実性提示に期待

課題：地盤・構造物系の実挙動公開データに乏しい。

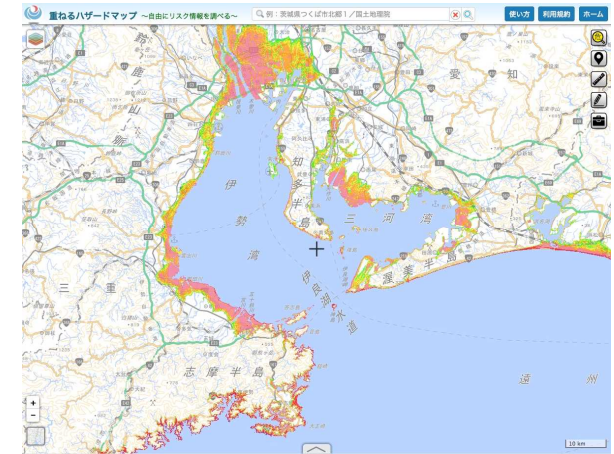
地震動再現技術を予測に用いた際の本当の不確実性が不明

■ 土木分野の津波対策と地震本部成果の利活用

▪ ハード施設整備（防潮堤嵩上げ，防波堤の強化）

各地域の海岸施設管理者（主に都道府県）が津波高さ（L1，L2）を設定：
シミュレーション，痕跡高
#直轄海岸は国土交通省

- 避難施設整備（津波避難タワー等）
- 行政・学校施設の高台移転
- 事前復興型まちづくり etc..



三重県，愛知県，静岡県の津波浸水想定

都道府県の津波浸水想定を受けて津波対策を実施

震源情報は地震本部のものも参考にされるが，
対策のための津波計算は独自に実施されている

■ 断層変位対策

・線状インフラ(道路, 鉄道, 水道)は活断層と交差せざるを得ない場合がある.

#断層変位対策の記述がある設計基準

鉄道標準: 調査, 対策を要する区間, 望ましい構造の考え方
水道耐震指針: 変形性能の確保, バックアップルート確保

2016年熊本地震では多くの橋梁が断層変位で被災
→道路橋示方書に活断層の考慮が新たに盛り込まれた.

架橋位置選定時の配慮, 避けられない場合は構造形式等で対処

活断層の位置情報の重要性が増している

#工学では, 活断層位置の不確実性(出現範囲等)も極めて重要な情報

#断層変位と強震動の同時作用の実態(観測)データも重要

■耐震補強の優先順位付け

緊急輸送道路の耐震補強の優先順位付け(国土交通省)に確率論的地震動予測地図が活用された。

- 2021年目標:震度6弱以上の30年確率26%以上の地域
- 2026年目標:全国の緊急輸送道路

道路における震災対策

緊急輸送道路の耐震補強の加速化

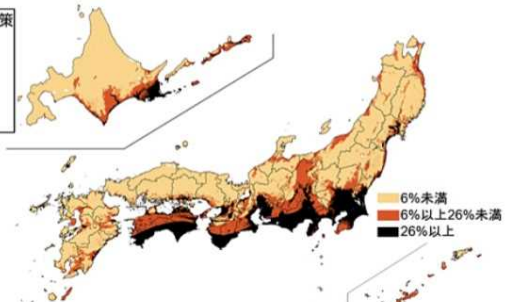
高速道路や直轄国道について、大規模地震の発生確率等を踏まえ、落橋・倒壊の防止対策に加え、路面に大きな段差が生じないように、支承の補強や交換等を行う対策(※1)を加速化します。この他、地方管理道路の緊急輸送道路についても対策を推進します。

- 2021年度まで(※2)に少なくとも発生確率が26%以上の地域で完了を目指します。
- 2026年度まで(※2)に全国で耐震補強の完了を目指します。

※1: 支承部の補強等により、橋としての機能を速やかに回復させることを目指す
支承部の補強ができない場合は、他の対策を実施

※2: 対策完了目標年次

速やかに機能を回復させることを目指した対策
落橋・倒壊を防止する対策
+
支承の補強・交換等



今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率
※今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率が26%、6%であることは、それぞれ、ごく大まかには、約100年、約500年に1回程度、震度6弱以上の揺れに見舞われることを示す。
出典) 全国地震動予測地図2016年版(地震調査研究推進本部)を基に作成

【参考】耐震対策内容(速やかな機能回復が可能な性能を目指す対策、落橋・倒壊を防止する対策)

<http://www.mlit.go.jp/road/bosai/measures/index1.html>

■土木分野における地震本部成果の活用状況

- **強震観測網は工学的にも極めて重要なインフラ**
 - 設計スペクトル，サイト増幅特性の設定に活用
 - K-NET等の定常観測を前提とした追加調査も実施される
- **震源位置(海溝型，活断層)と地震規模の情報は広く活用**
 - 地震動計算・津波計算は設計者が実施
 - 地下構造モデル，強震動レシピも参照.
 - 断層変位への関心が高まっている状況であり，情報ニーズ増大中.
- **確率評価の使用例は現状では多くない**
 - 地震発生を前提とした「復旧性」「安全性」の照査が基本.
 - 使用性評価（レベル1地震動）には確率が利用されることもある.
 - 全国的対策の優先順位付けに活用実績あり.
- **加工情報(強震動・津波計算結果)の直接利用は限定的**
 - サイト固有波の検証には活用されていると思慮.

■ 地震本部への今後への期待

技術者・施策決定者が納得して利用できる情報の充実と配信

◆ 一次情報・データの充実

- ・ 震源：活断層位置，潜在断層，地震規模，断層変位
- ・ 構造：ボーリングデータ、物性データ、地盤増幅特性
- ・ 観測：基盤的地震動観測から**防災国土観測網**への展開
震源近傍，公共施設、学校、都市、斜面 etc.
配置，スペックの検討も含め，**工学分野との協業が不可欠**
自治体観測網，気象庁観測網等のデータ集約

◆ 成果の信頼度評価・不確実性評価

- ・ 強震動評価，地下構造モデルの**不断の実力検証**
- ・ 長期評価の信頼度評価
特に，震源位置・規模，地表断層の出現範囲

理学的知見→広報，教育→防災力向上 から

理学的知見＋工学的視点→地震に揺らがない国の実現 へ