平成28年度地震被害想定調結果報告書

平成30年２月

北海道

目　　　　次

１．調査研究の概要	1-1 研究の背景と目的	･･･ 1
	1-2 北海道の地震被害想定の対象地震	･･･ 2
	1-3 北海道地震被害想定調査	･･･ 4
	(1) 調査の流れ	･･･ 4
	(2) 平成 28 年度の被害想定の調査範囲	･･･ 6
	(3) 被害想定項目	･･･ 7
２．被害想定手法	2-1 地震被害想定手法	･･･ 9
	(1) 地震動	･･･ 9
	(2) 液状化危険度	･･･ 62
	(3) 急傾斜地崩壊危険度	･･･ 65
	(4) 建物被害（揺れ、液状化、急傾斜地）	･･･ 68
	(5) 火災被害	･･･ 80
	(6) 人的被害（揺れ・火災・急傾斜地による死傷者数、避難者数）	･･･ 88
	(7) ライフライン被害（上水道、下水道）	･･･103
	(8) 交通施設被害（道路、橋梁）	･･･113
３．主な想定地震の被害想定結果	3-1 地震被害想定結果	･･･119
	(1) 地震被害想定の概要	･･･119
	(2) 沼田－砂川付近の断層帯（モデル 30_4）の地震	･･･126
	(3) 月寒背斜に関連する断層の地震	･･･155
	(4) 北海道留萌沖（走向 N225° E、モデル No.2）の地震	･･･184
	(5) 石狩低地東縁断層帯南部（深さ３km、モデル 30_3）の地震	･･･213
	(6) 石狩低地東縁断層帯南部（深さ３km、モデル 30_２）の地震	･･･242
	(7) 函館平野西縁断層帯（モデル 45_3）の地震	･･･271
	(8) 北海道南西沖（モデル No.2）の地震	･･･300
	(9) 富良野断層帯西部（モデル 45_3）の地震	･･･329
	(10) 増毛山地東縁断層帯（モデル 30_2 ）の地震	･･･358
	(11) 北海道北西沖の地震（モデル No.2）の地震	･･･387
	(12) 標津断層帯（モデル 30_1）の地震	･･･416
	(13) 十勝平野断層帯主部（モデル 45_2）の地震	･･･445
	(14) 十勝沖の地震	･･･474
	(15) 標津断層帯（モデル 45_5）の地震	･･･503
４．地域目標の設定方法に関わる検討	4-1 検討の流れ	･･･532
	4-2 推定死者数評価	･･･533
	4-3 10 年間の時間変動を考慮した死者数の算定	･･･538
	4-4 結果と考察	･･･539

１．調査研究の概要

1-1　調査研究の背景と目的

大規模地震は、被害が甚大・広域のため、国や地方公共団体、関連機関、住民などが様々な対策によって被害軽減を図ることが肝要である。特に切迫性の高い地震や甚大な被害が予想される地震は、効果的・効率的に軽減策を講じなければならない。このため具体的な被害軽減量を数値目標として定め、被害要因の分析を通じ効果的な対策を選択し、戦略として集中的に推進することが求められる。

平成 17 年 3 月の中央防災会議において、大規模地震に対し、被害想定に基づく人的被害の軽減など減災目標を定めた地震防災戦略が策定された。地方公共団体においても数値目標、達成時期・対策内容など地域目標の設定が求められている。

また、平成 20 年 12 月に中央防災会議において、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の地震防災戦略が策定され、国の減災目標が定められた。これに対して地方公共団体にも、地域目標(＝地方自治体の地震防災戦略)を策定し効果的・効率的な地震対策の推進を努めることが求められている。

一方、北海道の想定地震については、内閣府の地震防災対策の目標設定に関する調査報告や文部科学省の地震調査研究推進本部による海溝型地震、活断層の長期評価結果を踏まえて、平成 23 年 3 月に新たな想定地震が定められたところである。これを受けて、北海道の地域特性を有する地盤や社会基盤など地域データや､地域特性を考慮した被害評価手法を用いた被害想定の実施が必要であると共に、他都府県と異なり広域でかつ非常に多くの震源が想定されている北海道の地震環境に即した地震防災対策の目標設定について検討することが必要となっている。

このため本調査は、新たな想定地震を対象とする北海道の地域性を考慮した被害想定等を実施するものである。

1-2　北海道の地震被害想定の対象地震

北海道で想定される地震は、千島海溝や日本海溝から陸域へ潜り込むプレート境界付近やアムールプレートの衝突に伴って日本海東縁部で発生する海溝型地震と、その結果圧縮された陸域で発生する内陸型地震に大きく分けられる。海溝型地震は、プレート境界そのもので発生するプレート間の地震や 1993 年釧路沖地震のようなプレート内部のやや深い地震からなる。内陸型地震としては、主に内陸部に分布する活断層や地下に伏在していると推定される断層による地震、過去に発生した内陸型地震などである。想定地震の見直しに当たっては、既往の研究成果、特に海溝型地震と内陸型活断層に関する最新の研究成果等の検討により、北海道に影響を及ぼす可能性のある 30 地震が想定されることとなった。

これらの想定地震を対象に地域目標を検討するための地震被害想定を行うには、断層モデルの設定が可能（地震動を計算する緒元が明らかであること）な地震を選定する必要がある。このため、北海道では、平成 23 年 6 月に 31 地震 193 断層モデル※を設定した（図 2-1-1）。

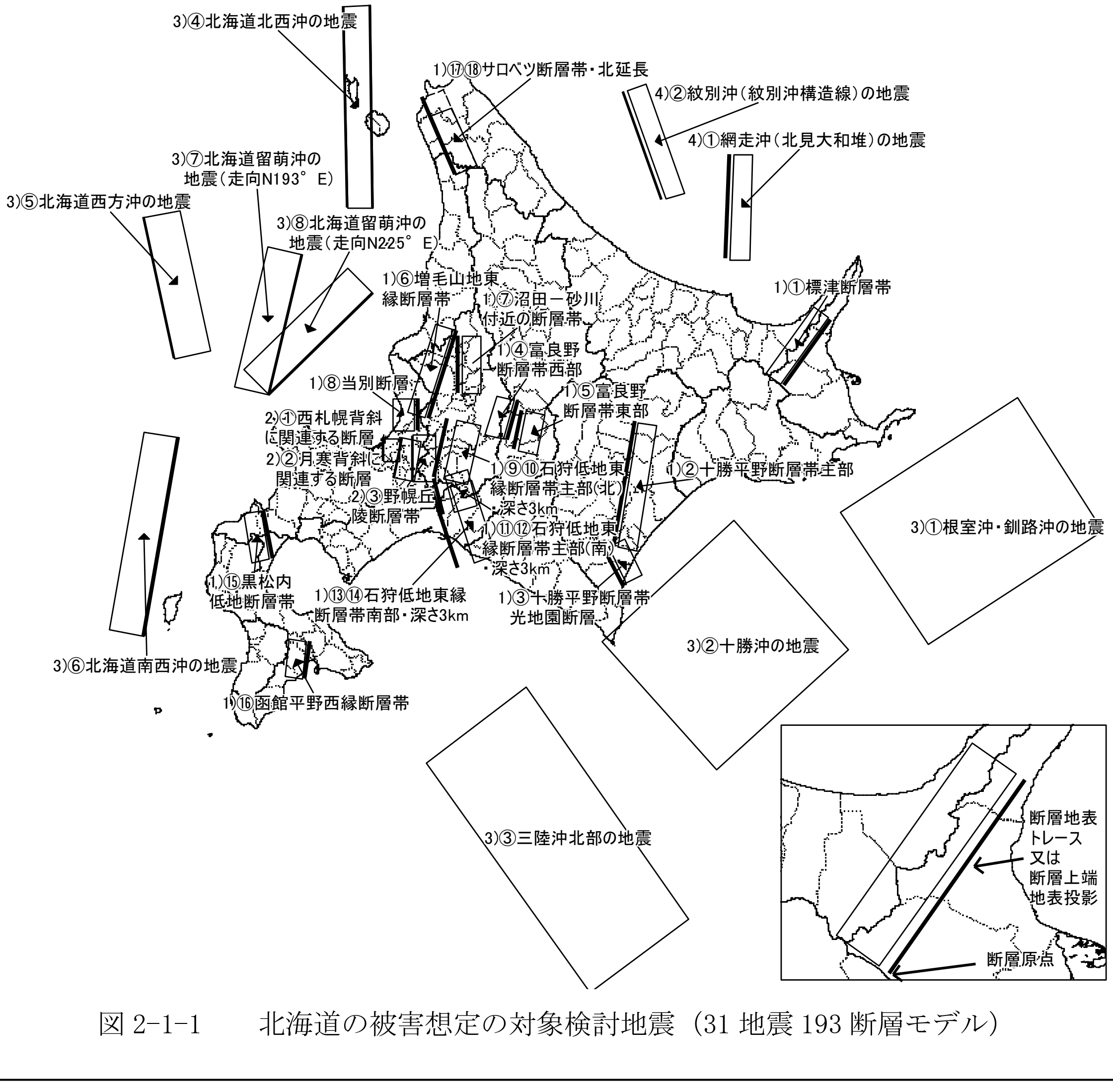


図 2-1-1　　北海道の被害想定の対象検討地震（31 地震 193 断層モデル）

※　同一名称の地震であっても、断層上端の深さや断層長さが異なるなどの場合、別の地震としてをカウントしているため、30 地震より多くなっている。

北海道に想定される30地震から、地震動による被害が極めて少ないことが予想されること、断層モデルを設定するデータが十分ではない理由から、北海道の被害想定の対象検討地震（31地震）から除いた9地震を表2-1-1に示す。

表2-1-1　北海道の被害想定の対象検討地震から除いた想定される地震

想定される地震		理由
千島海溝/日本海溝	色丹島沖	地震動による被害が極めて少ないことが予想されるため
	択捉島沖	
	500年間隔地震	断層モデルを設定するデータが十分ではないため
プレート内	釧路直下	断層モデルを設定するデータが十分ではないため
	厚岸直下	
	日高中部	
既往の内陸地震	弟子屈地域	断層モデルを設定するデータが十分ではないため
	浦河周辺	
	道北地域	

次に被害想定の対象検討地震である31地震193断層モデルから、地域目標を検討するための詳細な被害想定を実施していく想定地震を、地震動被害の概略計算を基に選定した。

選定の考え方は、①中央防災会議・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会の想定地震（根室沖・釧路沖の地震、十勝沖の地震、三陸沖北部の地震）の採用、②クラスター分析を用いた被害分布の似通った断層モデルをグループ化することによる絞り込み、③ＡＨＰ(階層分析法)を用いた地域（総合振興局、振興局）毎に防災対策のための優先度の高い地震の抽出、④総合振興局・振興局で住家被害が最大となる断層モデルの４つである。

表2-1-2に選定した24地震54断層モデルを示す。

表2-1-2　北海道の被害想定の詳細計算のための対象地震（24地震54断層モデル）

対象地震		対象地震	
地震名	断層モデル	地震名	断層モデル
標津断層帯	30_1、45_5	十勝平野断層帯主部	45_2、45_5、30_3
富良野断層帯西部	45_3、30_2、30_5	増毛山地東縁断層帯	30_2、45_1、45_2、45_3、45_4、45_5
沼田－砂川付近の断層帯	45_1、45_2、45_3、45_4、30_3、30_4	当別断層帯	30_2、30_5
石狩低地東縁断層帯主部(北)	45_1、30_1、30_5	石狩低地東縁断層帯主部(北)(深さ3km)	45_2、45_3、45_5、30_2
石狩低地東縁断層帯主部(南)(深さ3km)	45_2、45_5	石狩低地東縁断層帯南部	30_5
石狩低地東縁断層帯南部(深さ3km)	30_2、30_3、30_5	黒松内低地断層帯	45_3、45_4、30_5
函館平野西縁断層帯	45_2、45_3	サロベツ断層帯(断層延長)	30_2、30_3、30_5
西札幌背斜に関連する断層	－	月寒背斜に関連する断層	－
野幌丘陵断層帯	45_1	根室沖・釧路沖	－
十勝沖の地震	－	三陸沖北部	－
北海道北西沖	No.2、No.5	北海道南西沖	No.2
北海道留萌沖(走向N193E)	No.1	北海道留萌沖(走向N225E)	No.2

1-3　北海道地震被害想定調査

(1) 調査の流れ

被害想定の流れを図 3-1-1 に示す。被害想定に必要なデータは、市町村が保有する資料・図面等から収集し、ＧＩＳデータとして加工する。次に、各種被害項目について、被害の算定を行い、地震防災マップを作成する。これらの算定結果及び地震防災マップを基に減災効果の予測を行い、減災目標検討のための基礎資料とする。

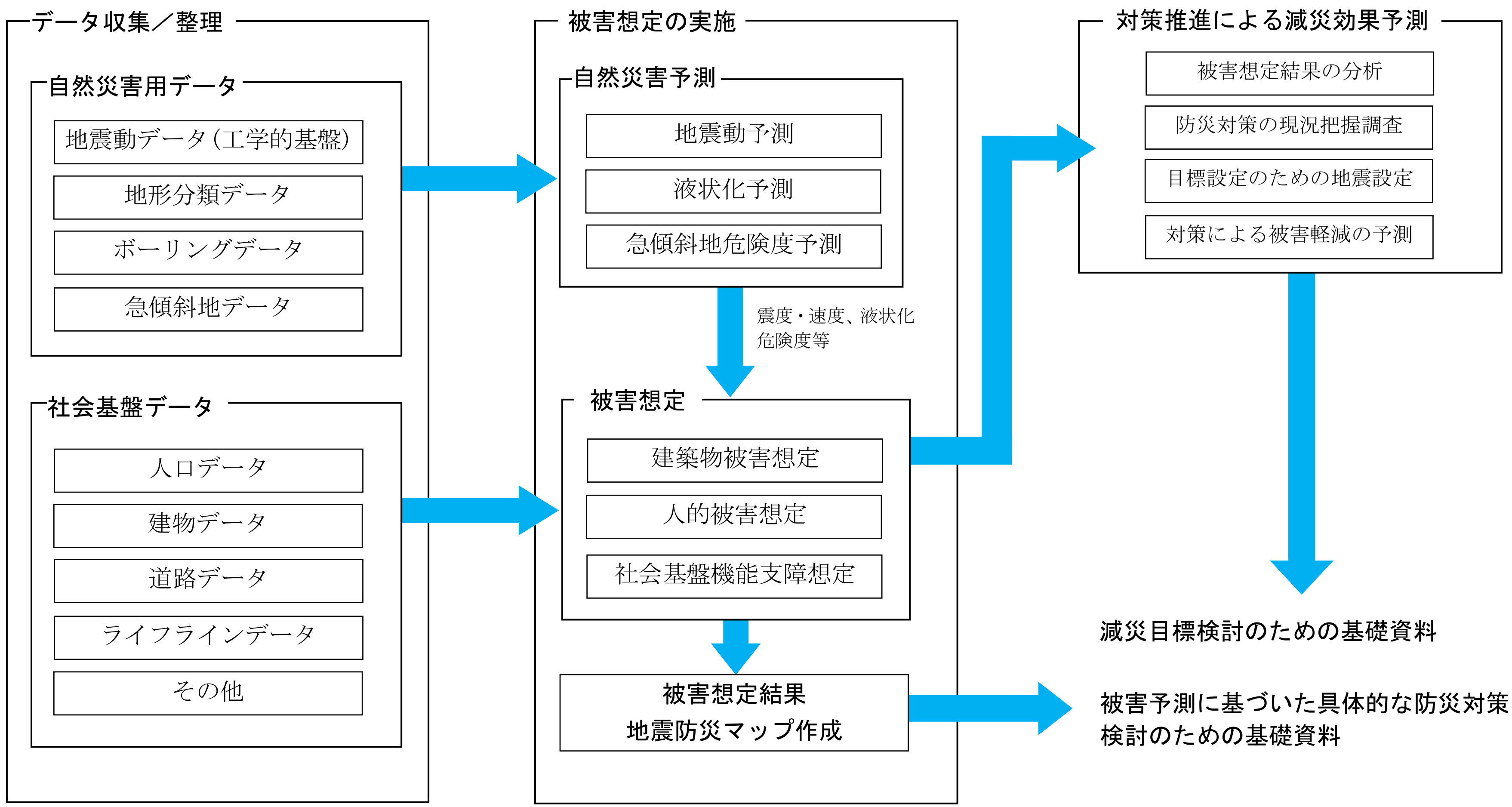


図 3-1-1　北海道地震被害想定調査の流れ

(2) 平成 28 年度の被害想定の調査範囲

平成 28 年度は、全道データの構築および空知、上川を含む全道の地震被害想定を実施する(表 3-2-1、図 3-2-1)。被害想定に用いる全道データとして、建物・人口やライフライン（上・下水道、道路・橋梁）のデータは、収集年度時点のものを利用する。

但し、過年度に作成したデータの統合作業に際して、①収集年度以降に入手した地盤データを追加、②属性が不明な水道管路の推計、③地盤属性が不明などの理由により震度が計算されない評価単位への震度の割り当て、④水道管や道路・橋梁などが市町村境界を跨ぐ場合の管理自治体の割り当てなど一部変更作業を行った。

この他、作成年度毎にデータ処理が異なる場合があるため、統合の際にデータの精査を行っている。

表 3-2-1　　地震被害想定調査のデータ収集・データ構築・被害想定の実施年度

調査年度	収集	データ構築	被害想定
平成 24 年度	十勝、釧路、根室 オホーツク、上川	十勝、釧路、根室	十勝、釧路、根室
平成 25 年度	渡島、胆振、日高	渡島、胆振、日高	渡島、胆振、日高
平成 26 年度	檜山、後志、石狩、留萌	檜山、後志、石狩、留萌	檜山、後志、石狩、留萌
平成 27 年度	空知、宗谷 オホーツク、上川（一部）	空知、宗谷 オホーツク、上川	宗谷、オホーツク
平成 28 年度	―	全道データ	全道（空知、上川を含む）

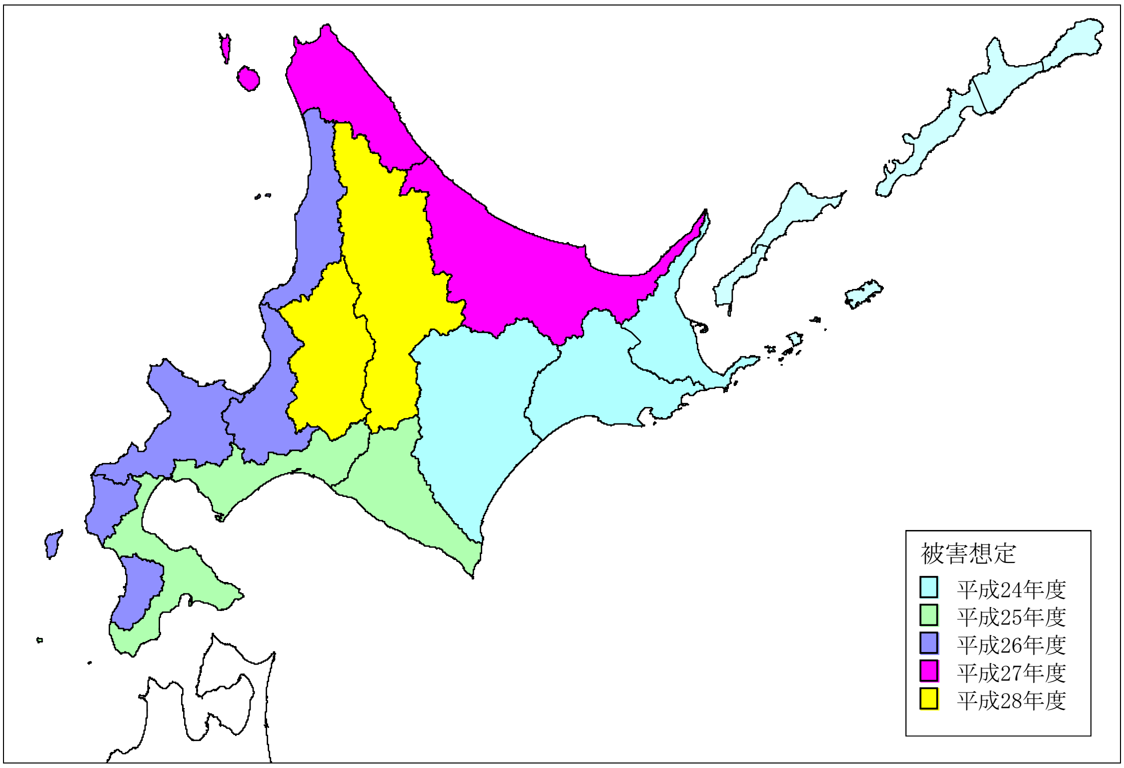


図 3-2-1　被害想定の実施年度

(3) 被害想定項目

被害想定項目及び被害想定手法並びに収集資料・データの一覧を表 3-3-1 に示す。

被害想定項目は、一般的に都府県で採用されている項目とした。被害想定手法は、最新の研究成果や他都府県の実績を踏まえ、さらに北海道の地域特性を考慮した手法を選定している。収集資料・データは、被害想定手法に必要なものとしている。

被害想定手法は、平成 24～27 年度の調査報告で採用した手法を原則用いている。但し、①避難者数の想定手法に飲料水の備蓄率を新たに加えた、②建物被害の想定に用いる建物の耐力分布のうち、古い建築年代の木造建物については推計方法を変更した。

計算に用いた設定条件として、火災被害の計算に用いる消防力に関するデータなどについては、最新の統計結果に変更した。

表 3-3-1　被害想定項目、被害想定手法・データ

被害想定項目				被害想定手法の概要		収集資料、利用データ
自然災害		地震動	工学的基盤面の地震動	Sugito and Kameda の手法	概算計算における工学的基盤面の強震動計算結果を利用	・概算計算における工学的基盤面の強震動計算結果
			地表面の地震動	表層地盤増幅度を用いる手法	地形・地盤分類よる地盤増幅度を、収集したボーリングデータから計算した増幅度により補正	・ボーリングデータ ・地形・地盤分類による地盤増幅度
		液状化危険度		松岡・若松ら(2011)による手法	地形・地盤分類 250mメッシュマップに基づく液状化危険度の推定手法から算出	・地形・地盤分類データ
		急傾斜地危険度		日本道路協会道路震災対策委員会(1986)の手法	点検内容を利用した法面・斜面の耐震判定。震度と耐震判定ランクによる地震危険度ランクの判定。	・急傾斜地崩壊危険個所に関する資料
建物被害		地震の揺れによる被害	木造	岡田・高井による損傷度関数(1999)	耐震診断値毎の震度と損傷度との関係の手法)及び北海道の耐震診断結果から算出	・評価単位別の構造、建築年代別の建物棟数 ・評価単位の図面／・北海道の耐震診断結果
			非木造	中央防災会議(2006)による手法	建築年代ごとの震度と被害率との関係から算出	・評価単位別の構造、建築年代別の建物棟数 ・評価単位の図面
		液状化による被害		中央防災会議(2006)などによる手法	過去の地震による液状化面積率と建物被害率から算出	・評価単位別の構造、建築年代別の建物棟数
		出火・延焼による被害	出火予測	中央防災会議(2006)による手法	建物全壊率に基づく要因別の出火率の算出（既往災害に基づく標準出火率）	・揺れによる建物全壊棟数の計算結果
			延焼防止(消防力)	中央防災会議(2012)などによる手法	阪神淡路大震災の結果に基づく消防力(ポンプ車数、水利数)を指標としたマクロ式から算出	・消防力に関わる資料
			延焼予測	中央防災会議(2012)などによる手法 他	建物単体データを利用した延焼クラスターに基づく火災評価手法から算出	・建物単体データ（都市計画基礎調査）
		急傾斜地崩壊による被害		鳥取県(2005)の手法 他	過去の被害を基にした急傾斜地の危険度ランク別の崩壊率や建物被害率と対策工事着手状況から被害棟数を予測	・急傾斜地の影響人家戸数に関わる資料
人的被害		死者数		田畑・岡田らによる棟死亡率関数(2007)他	建物被害計算結果にもとづく被害の算出	・評価単位別の人口データに関わる資料 ・屋内人口滞留率に関わる資料
		負傷者数		中央防災会議(2006)による手法 他	建物被害計算結果にもとづく被害の算出	
		避難者数		東京都(1997)の手法	過去の地震(兵庫県南部)をもとに建物被害・インフラ被害による影響人口と避難率の関係から算出	・建物被害計算結果／断水世帯数
社会基盤機能支障	ライフライン被害	上水道施設	送水管、配水管被害箇所数	東京都(1997)による手法 他	地震動に応じた標準被害率を設定し、地盤・液状化の係数、管種・管径による係数を考慮して被害率を計算。	・上水道管路網図あるいはGISデータ ・管路毎の管長、管種・管径に関わる資料
		下水道施設	管きょの被害延長	大規模地震による下水道被害想定検討委員会(2006)の手法	液状化危険度および管種による地震動と被害率の関係から被害延長を算出。	・下水道管路網図あるいはGISデータ ・管路毎の管長、管種に関わる資料
	ライフライン機能支障	上水道施設	断水世帯数の予測	川上(1996)の手法	過去の地震(兵庫県南部など)を基にした配水管被害率と断水率の関係による予測手法	・管路被害計算結果
			復旧期間の予測	埼玉県(1998)の手法	水道の管径別復旧効率及び必要人員、確保可能作業員数から復旧日数を予測する手法	・北海道の上水道作業員数データ
		下水道施設	機能支障人口の予測	東京都(1997)の手法	枝線管きょの被害率を支障率と設定	・管路被害計算結果
			復旧期間の予測	東京都(1997)の手法 他	下水道の復旧効率及び必要人員、確保可能作業員数から復旧日数を予測する手法	・北海道の下水道作業員数データ
	交通施設被害、機能支障	道路	道路区間の被害箇所	埼玉県防災会議(1982)の手法	過去の地震被害に基づき地盤種別による地震動と被害率との関係から被害箇所を算出	・道路区間データ
		橋梁	橋梁の被害箇所	宮崎県(1997)の手法	過去の地震被害に基づき、示方書年による地震動と不通・通行支障率との関係から計算	・橋梁の位置、設計年(示方書の年)、耐震化の有無などに関わる資料

２．被害想定手法

2-1　地震被害想定手法

(1) 地震動

1) 検討の流れ

地震動予測のフローを図 1-1-1 に示す。断層モデルおよび工学的基盤面における地震動の波形は、概算計算時のものを利用する。地盤の増幅度は、収集し全道のボーリングデータに基づく表層地盤の平均Ｓ波速度 AVS30 から、概算計算時の地形・地盤分類に基づく増幅度を補正したものを利用し、250 ｍメッシュ単位で震度・最大速度を算定する。

なお、計算対象範囲から、被害想定の対象地震を選定するために実施した地震動被害の概略計算において、最大震度が４以下となったほとんど被害が発生しない振興局を除いている。

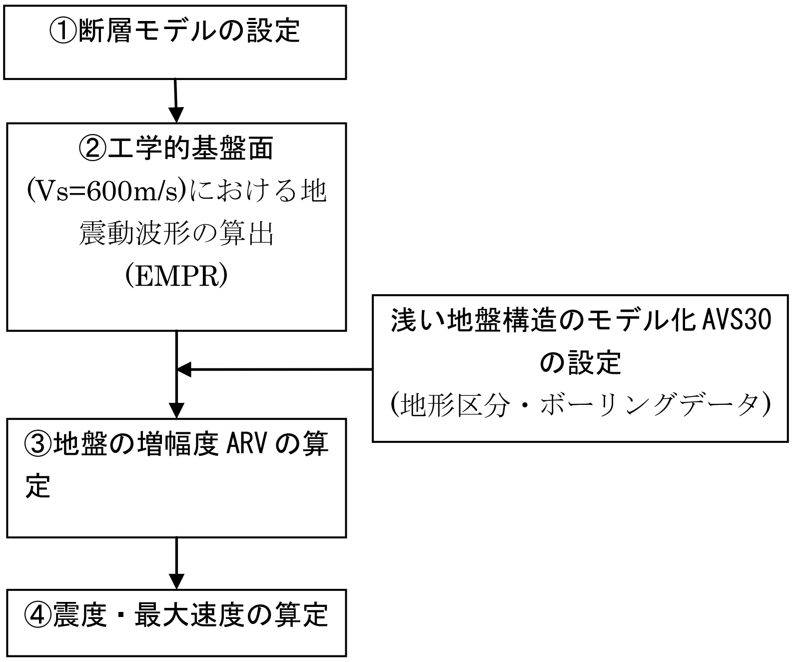


図 1-1-1　地表面地震動予測の流れ

2）評価手法

① 断層モデルの設定

工学的基盤面における地震動波形を算出するために必要な断層モデルとして、概算計算において設定したモデル[1)]を利用する。

断層モデルは、中央防災会議や北海道の調査結果など既存の被害予測資料から地震調査研究推進本部（以下、「地震本部」という）による「活断層で発生する地震の強震動評価のレシピ（以下、「レシピ」という）」を用いて設定されたものである（表 1-1-1）。断層パラメータのうち、「傾斜角」「破壊開始点」「アスペリティ位置」については複数のモデルを検討して選定している。

図 1-1-2 に主な断層パラメータのイメージを示す。

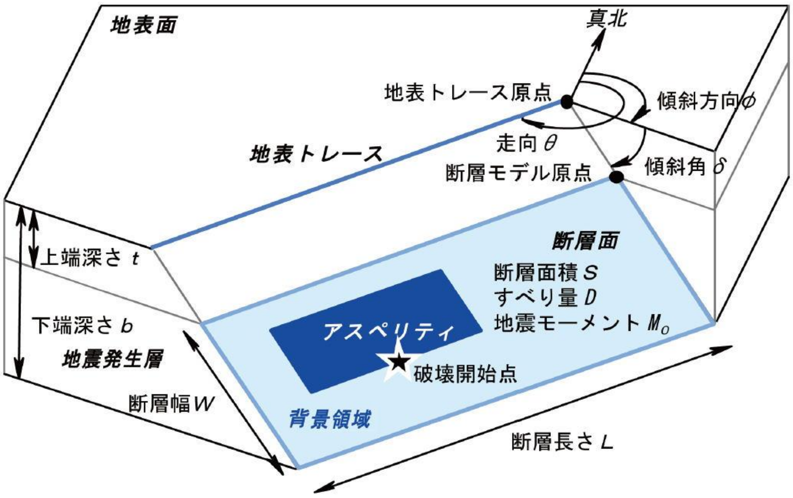


図 1-1-2　主な断層パラメータ※

※　地震調査研究推進本部ホームページ、http://www.jishin.go.jp/resource/column/jun_kyoshindo/

表 1-1-1　断層モデル設定の根拠

地震名	断層モデル	断層モデル設定の根拠
標津断層帯	30_1	・防災科学技術研究所の地震ハザードステーション(J-SHIS)[2] および地震本部のレシピを参考に断層モデルを設定
	45_5	
十勝平野断層帯主部	30_3	
	45_2	
	45_5	
富良野断層帯西部	30_5	
	45_3	
	30_2	
増毛山地東縁断層帯	30_2	
	45_1	
	45_2	
	45_3	
	45_4	
	45_5	
沼田－砂川付近の断層帯	30_3	
	30_4	
	45_1	
	45_2	
	45_3	
	45_4	
当別断層	30_2	
	30_5	
石狩低地東縁断層帯主部（北）･断層上端深さ 7km	30_1	・北海道による石狩低地東縁断層帯の調査報告書[3]および地震本部のレシピを参考に断層モデルを設定
	30_5	
	45_1	
石狩低地東縁断層帯主部（北）･断層上端深さ 3km	30_2	
	45_2	
	45_3	
	45_5	
石狩低地東縁断層帯主部（南）･断層上端深さ 3km	45_2	
	45_5	
石狩低地東縁断層帯南部･断層上端深さ 7km	30_5	・防災科学技術研究所の地震ハザードステーション(J-SHIS)[2] および地震本部のレシピを参考に断層モデルを設定
石狩低地東縁断層帯南部･断層上端深さ 3km	30_2	
	30_3	
	30_5	
黒松内低地断層帯	30_5	
	45_3	
	45_4	
函館平野西縁断層帯	45_2	
	45_3	
サロベツ断層帯・北延長	30_2	・北海道による想定地震見直しＷＧで設定
	30_3	
	30_5	
西札幌背斜に関連する断層	－	・札幌伏在断層については、札幌市防災会議による第３次被害想定における断層パラメータを参考に設定
月寒背斜に関連する断層	－	
野幌丘陵断層帯	45_1	
根室沖・釧路沖	－	・中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」および地震本部のレシピを参考に設定
十勝沖	－	
三陸沖北部	－	
北海道北西沖	No.2	・地震調査研究推進本部の長期評価結果を参考に「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（レシピ）」に基づき断層モデルを設定
	No.5	
北海道南西沖	No.2	・1993 年北海道南西沖地震の断層モデルを参考に設定
北海道留萌沖(走向 N193° E)	No.1	・北海道の津波シミュレーション（北海道日本海沿岸）の結果を参考に設定
北海道留萌沖(走向 N225° E)	No.2	

被害想定の対象地震（24 地震 54 断層モデル）の断層モデルを次に示す。

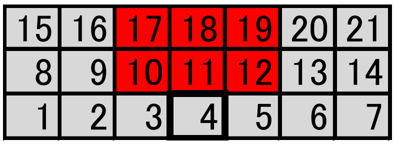
a. 標津断層帯の断層モデル

○断層原点：43°　32′　10″，　144°　42′　4″　　走向：N35.583°　E　　断層上端深さ：3km
断層長さ：56km　　断層幅：18km　　傾斜角：45°，30°

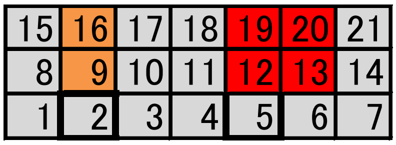
○Mw：7.1　　Mo：5.26E+19（N・m）　　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　　S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数　7×3

アスペリティモデル：

	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第1アスペリティ	2.95E+19	6	3.19	2.18E+19	4	3.54
第2アスペリティ				7.69E+18	2	2.50
背景領域	2.31E+19	15		2.31E+19	15	

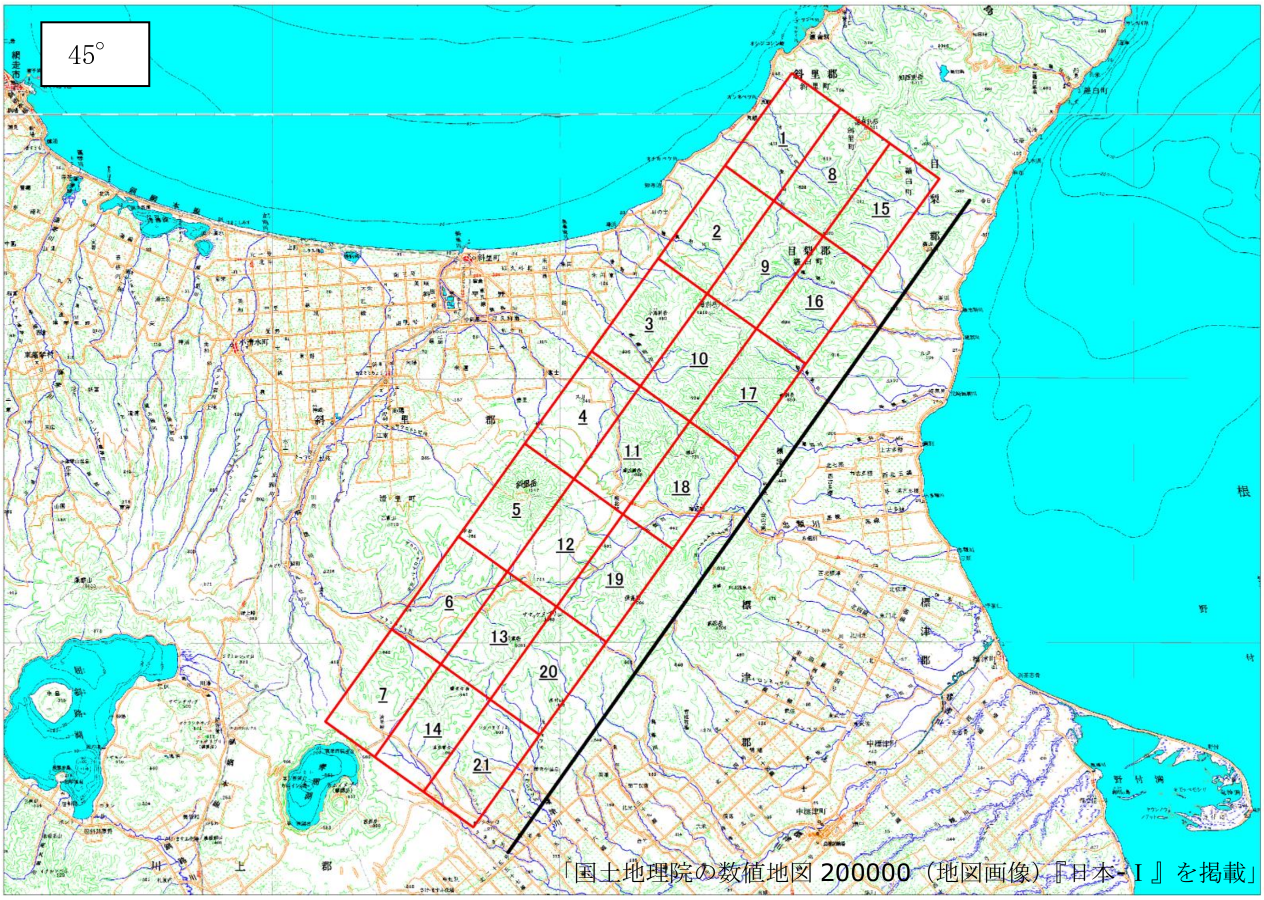


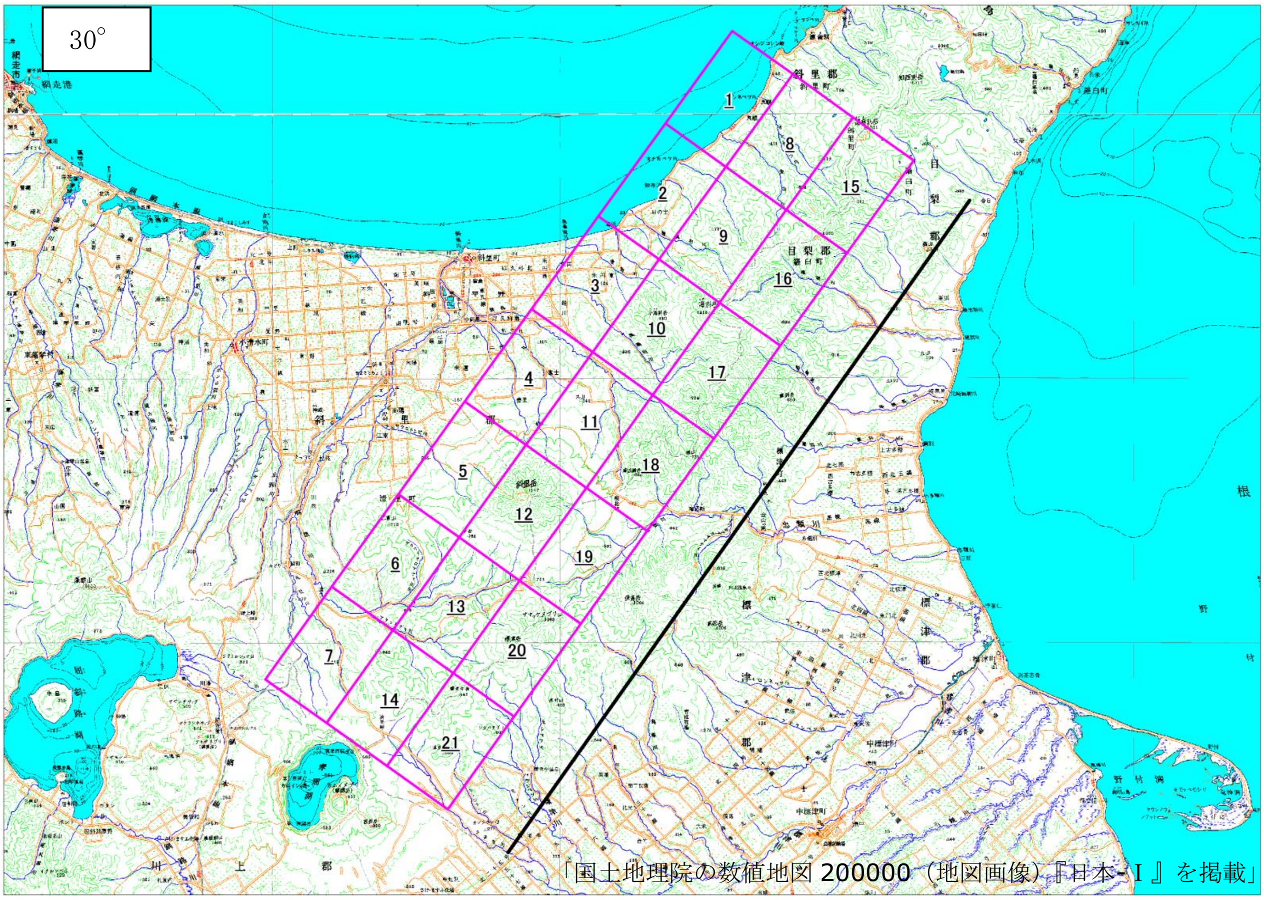
モデル A



モデル C

地震コード	45_5	30_1
傾斜角	45°	30°
破壊開始点	2	4
アスペリティ	C	A


45°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」


30°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

b. 十勝平野断層帯主部の断層モデル

○断層原点：42°31′56″，143°14′45″　　走向：N9.152°E　　断層上端深さ：3km
　断層長さ：88km　　断層幅：18km　　傾斜角：45°，30°

○Mw：7.4　　Mo：1.34E+20（N・m）　　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　　S 波速度：3.4(km/s)
　断層分割数　11×3

　アスペリティモデル：

	２アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	7.56E+19	8	6.28
第２アスペリティ	2.67E+19	4	4.44
背景領域	3.16E+19	21	

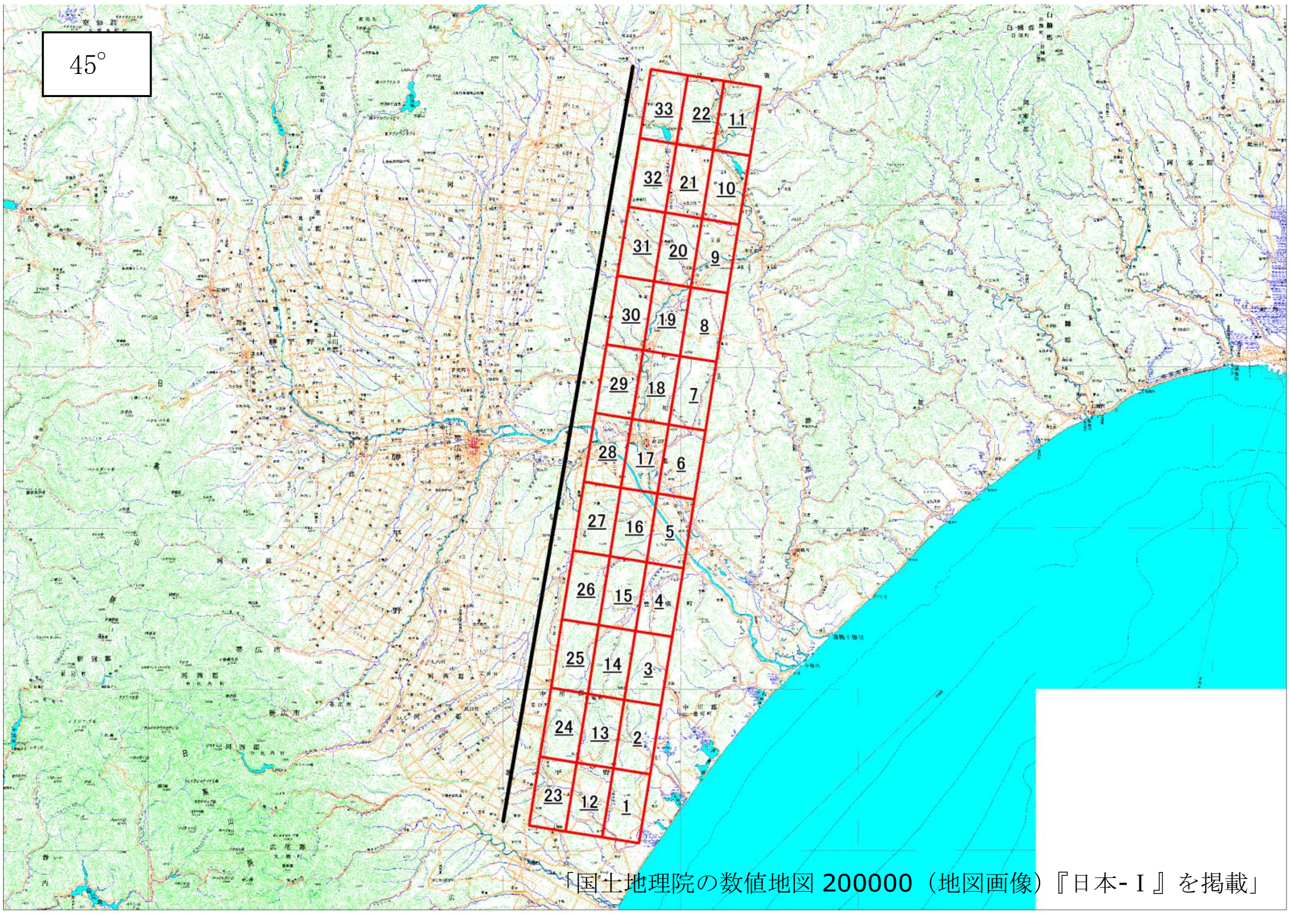
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

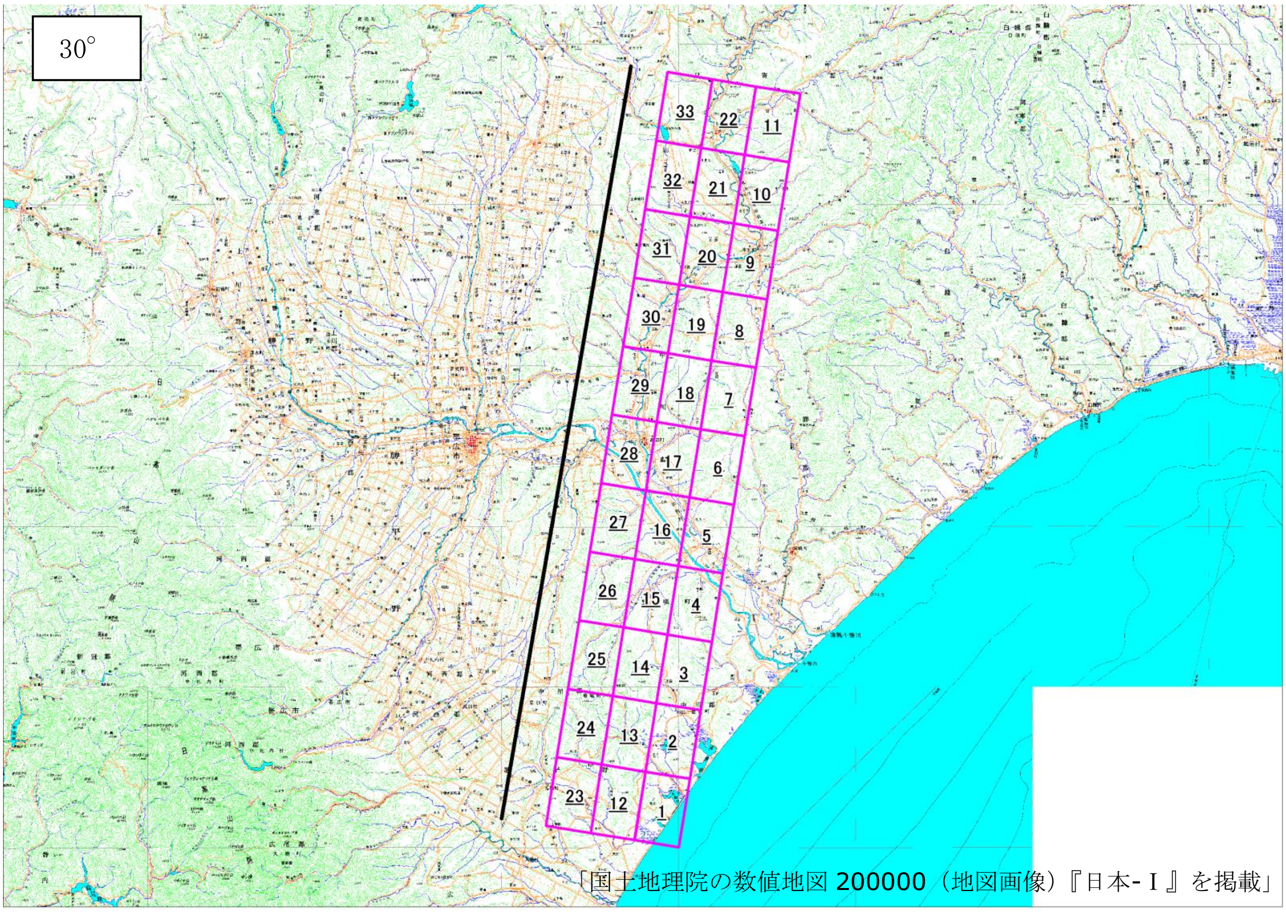
モデル B

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

モデル C

地震コード	45_2	45_5	30_3
傾斜角	45°	45°	30°
破壊開始点	9	3	4
アスペリティ	B	C	B


45°
33
22
11
32
21
10
31
20
9
30
19
8
29
18
7
28
17
6
27
16
5
26
15
4
25
14
3
24
13
2
23
12
1
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」


30°
33
22
11
32
21
10
31
20
9
30
19
8
29
18
7
28
17
6
27
16
5
26
15
4
25
14
3
24
13
2
23
12
1
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

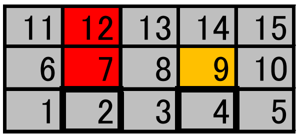
c. 富良野断層帯西部の断層モデル

〇断層原点：43°　11′　44″，　142°　20′　21″　　走向：N196.309°　E　　　断層上端深さ：3km
　断層長さ：28km　　断層幅：18km　　傾斜角：45°，30°

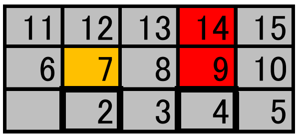
〇Mw：6.7　　Mo：1.47E+19 (N・m)　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　　S波速度：3.4(km/s)
　断層分割数　5×3

　アスペリティモデル：

	１アスペリティ			２アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo比
第１アスペリティ	5.74E+18	3	2.57	4.24E+18	2	2.85
第２アスペリティ				1.50E+18	1	2.02
背景領域	8.93E+18	12		8.93E+18	12	

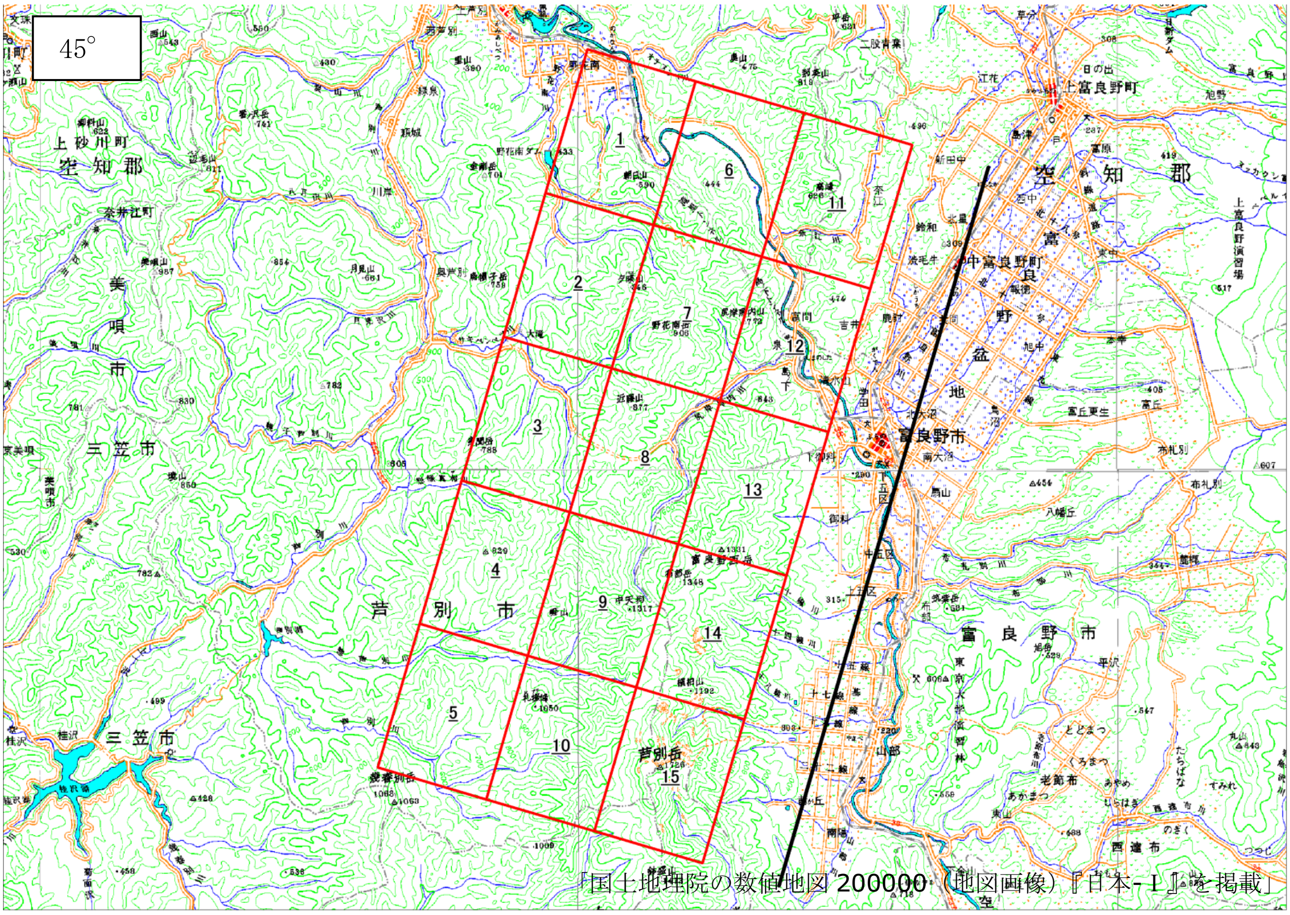


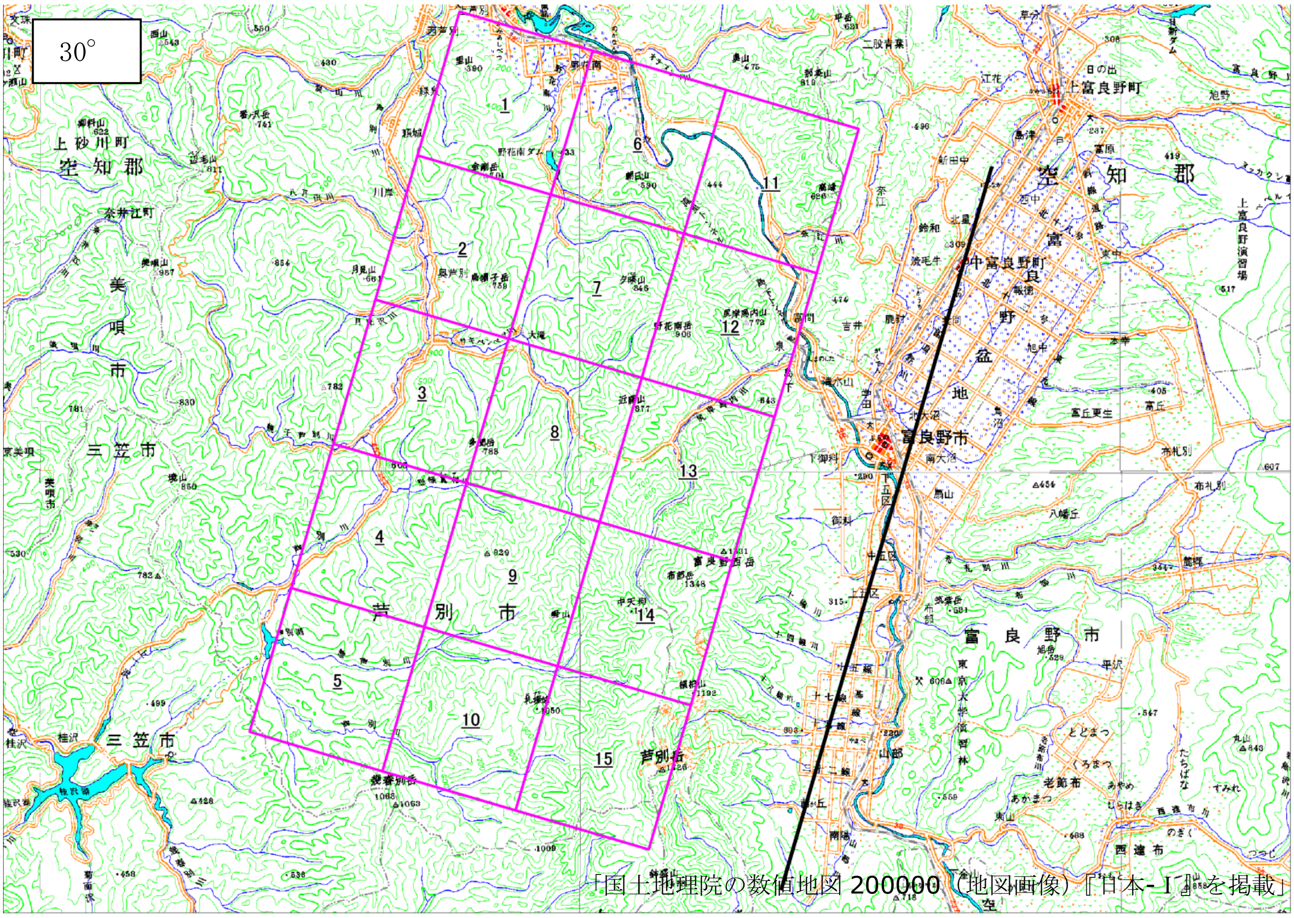
モデルB



モデルC

地震コード	45_3	30_2	30_5
傾斜角	45°	30°	
破壊開始点	2	4	2
アスペリティ	B	B	C


45°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
上富良野町
中富良野町
富良野盆地
富良野市
芦別市
空知郡
上砂川町
奈井江町
美唄市
三笠市
芦別岳
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」


30°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
上富良野町
中富良野町
富良野盆地
富良野市
芦別市
空知郡
上砂川町
奈井江町
美唄市
三笠市
芦別岳
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

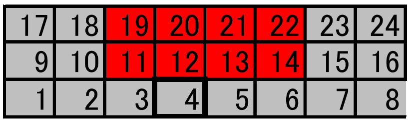
d. 増毛山地東縁断層帯の断層モデル

○断層原点：43° 19′ 59″ , 141° 40′ 30″ 走向：N17.297° E 断層上端深さ：3km
断層長さ：64km 断層幅：18km 傾斜角：45° , 30°

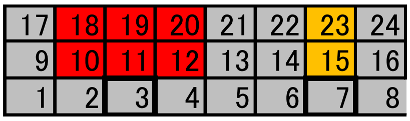
○Mw：7.2 Mo：6.96E+19 (N・m) 破壊伝搬速度：2.4(km/s) S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数 8×3

アスペリティモデル：

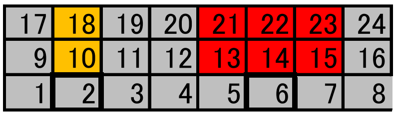
	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第1アスペリティ	4.19E+19	8	3.03	3.09E+19	6	2.97
第2アスペリティ				1.09E+19	2	3.15
背景領域	2.77E+19	16		2.77E+19	16	



モデル A

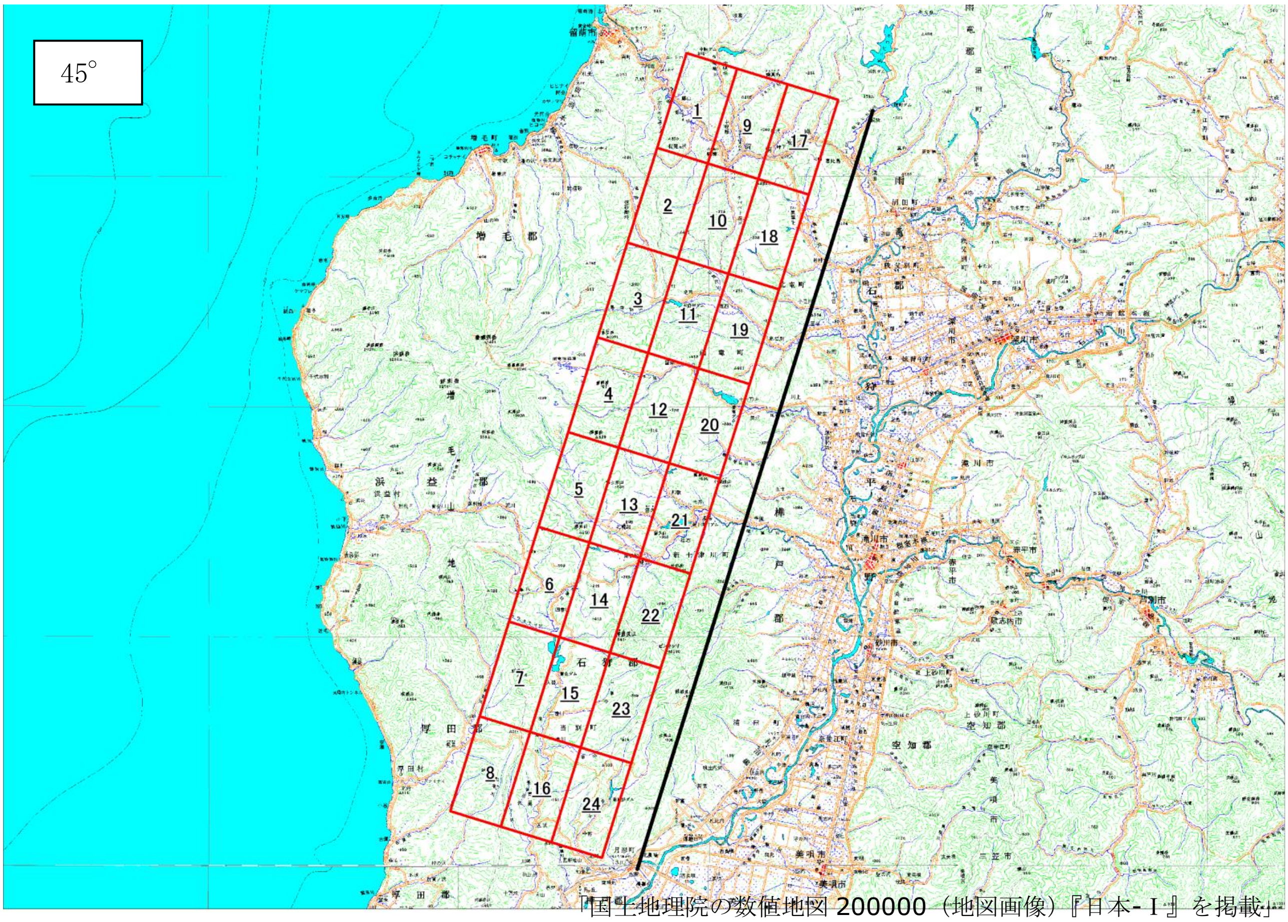


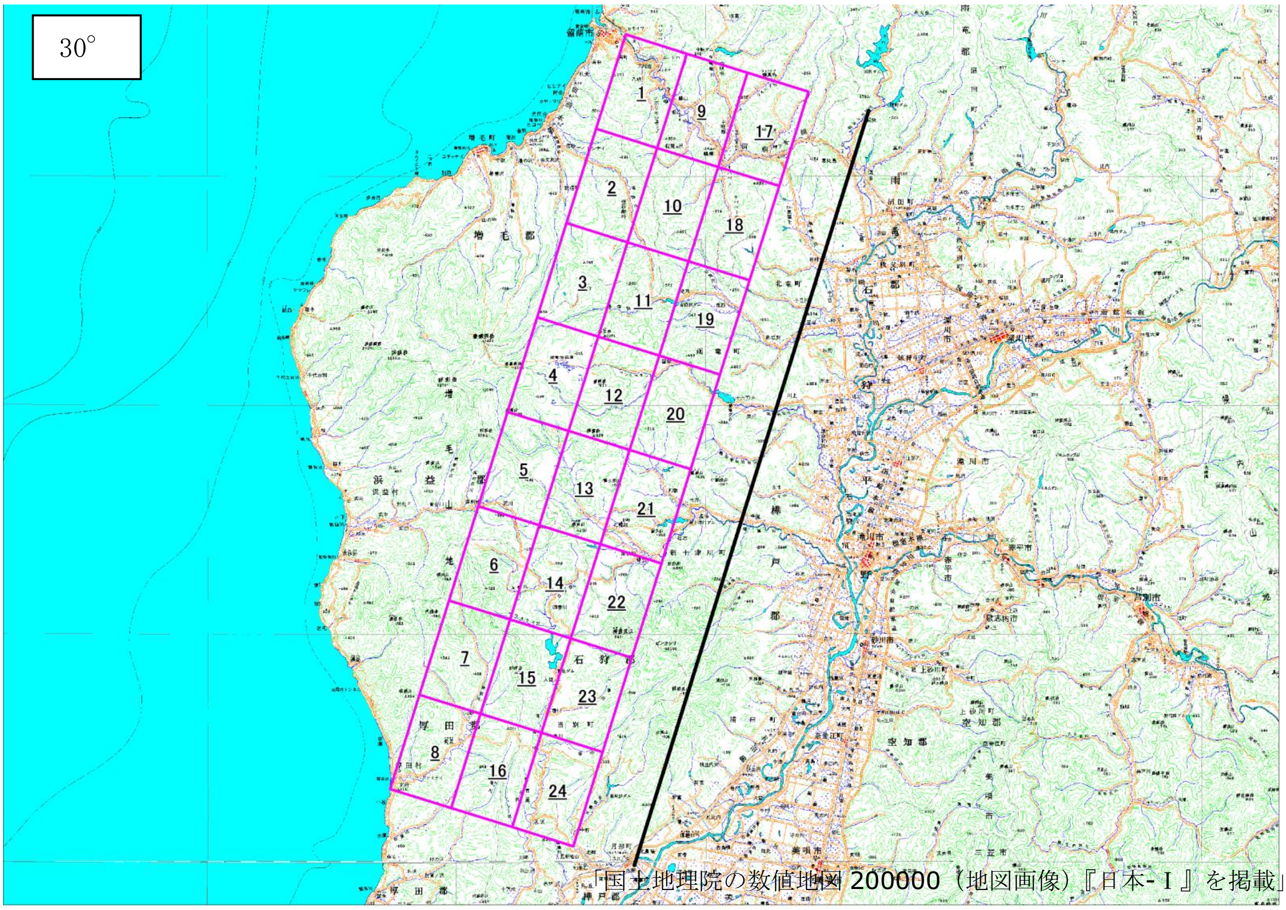
モデル B



モデル C

地震コード	45_1	45_2	45_3	45_4	45_5	30_2
傾斜角	45°					30°
破壊開始点	4	7	3	6	2	7
アスペリティ	A	B		C		B


45°
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」


30°
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

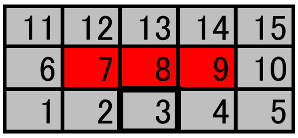
e. 増毛山地東縁断層帯・沼田ー砂川付近の断層帯の断層モデル

○断層原点：43°29′28″，141°55′1″　　走向：N359.998°E　　断層上端深さ：3km
　断層長さ：40km　　断層幅：18km　　傾斜角：45°，30°

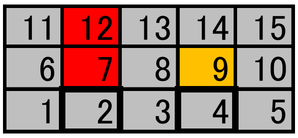
○Mw：6.9　　Mo：2.85E+19（N・m）　　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　　S 波速度：3.4(km/s)
　断層分割数　5×3

　アスペリティモデル：

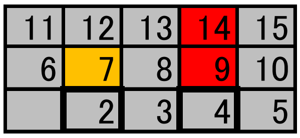
	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第1アスペリティ	1.4E+19	3	3.84	1.03E+19	2	4.23
第2アスペリティ				3.64E+18	1	2.99
背景領域	1.46E+19	12		1.46E+19	12	



モデル A

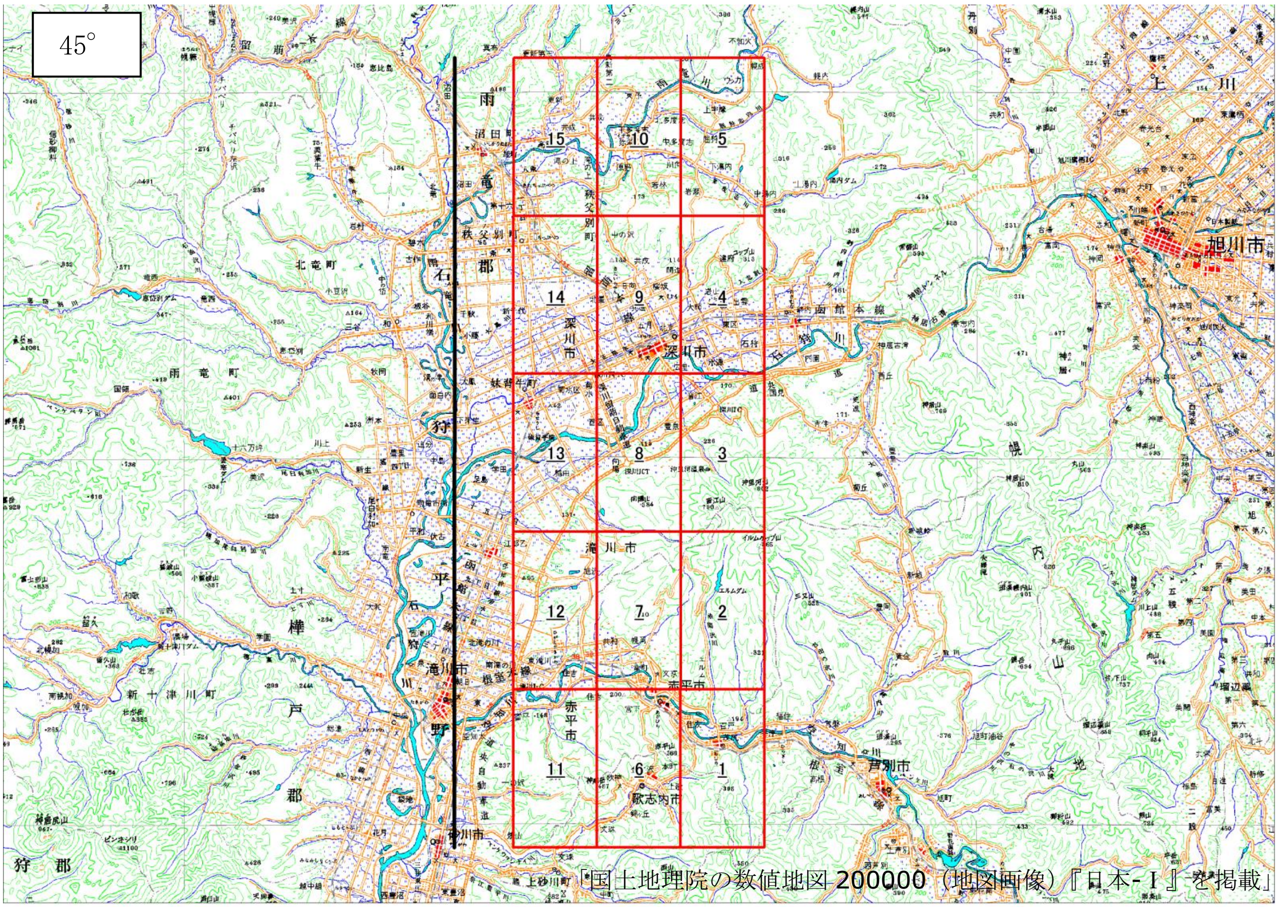


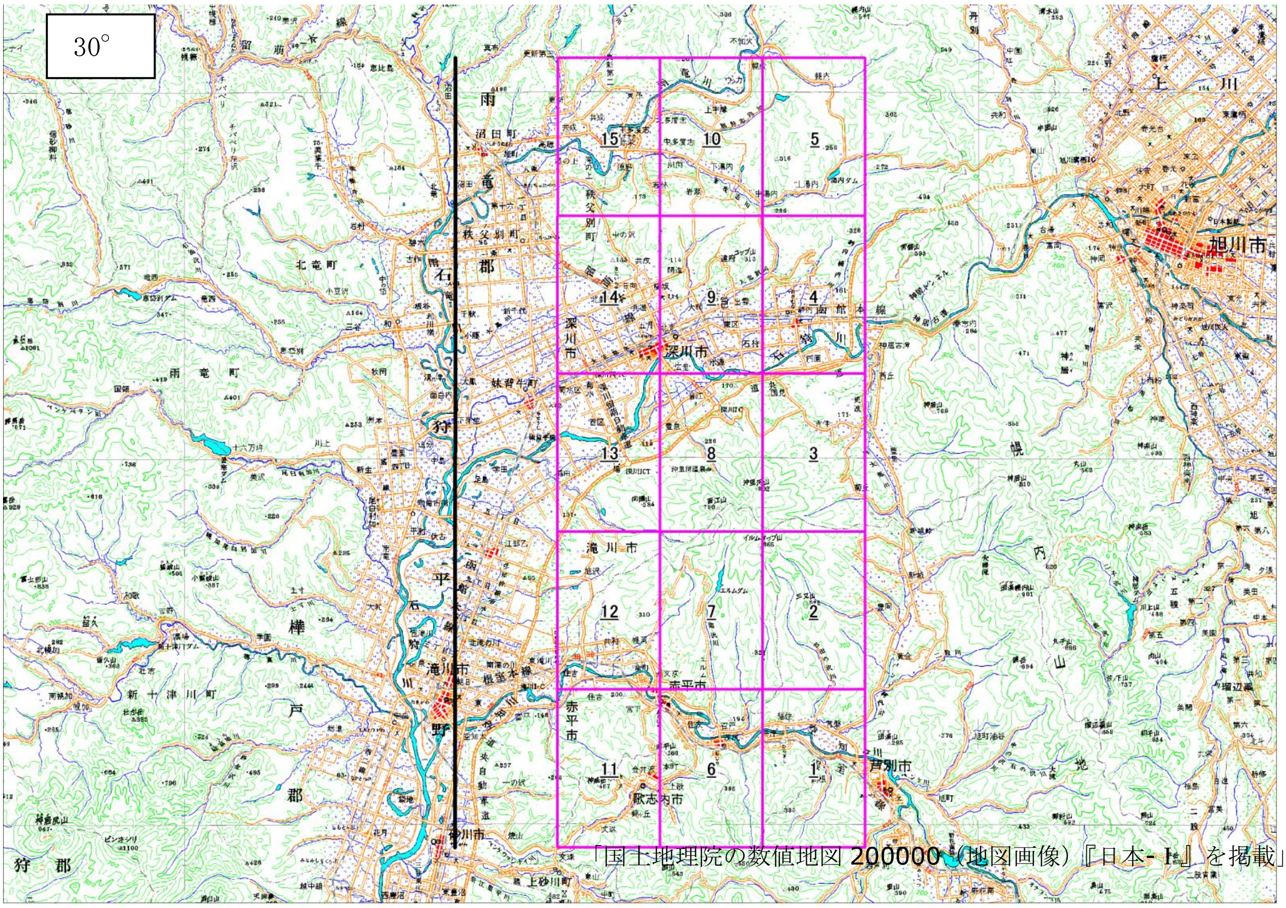
モデル B



モデル C

地震コード	45_1	45_2	45_3	45_4	30_3	30_4
傾斜角	45°				30°	
破壊開始点	3	4	2	4	2	4
アスペリティ	A	B		C	B	C


45°
15
10
5
14
9
4
13
8
3
12
7
2
11
6
1
深川市
滝川市
赤平市
歌志内市
芦別市
旭川市
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」


30°
15
10
5
14
9
4
13
8
3
12
7
2
11
6
1
深川市
滝川市
赤平市
歌志内市
芦別市
旭川市
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

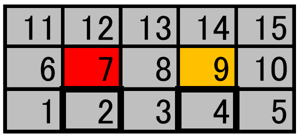
f. 当別断層の断層モデル

〇断層原点：43°15′28″， 141°34′60″ 走向：N179.997°E 断層上端深さ：3km
断層長さ：22km 断層幅：18km 傾斜角：40°，30°

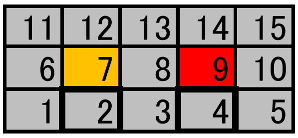
〇Mw：6.5 Mo：8.17E+18（N・m） 破壊伝搬速度：2.4(km/s) S波速度：3.4(km/s)
断層分割数 5×3

アスペリティモデル：

	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo比
第1アスペリティ	2.54E+18	2	2.93	1.87E+18	1	4.32
第2アスペリティ				6.65E+17	1	1.54
背景領域	5.63E+18	13		5.63E+18	13	

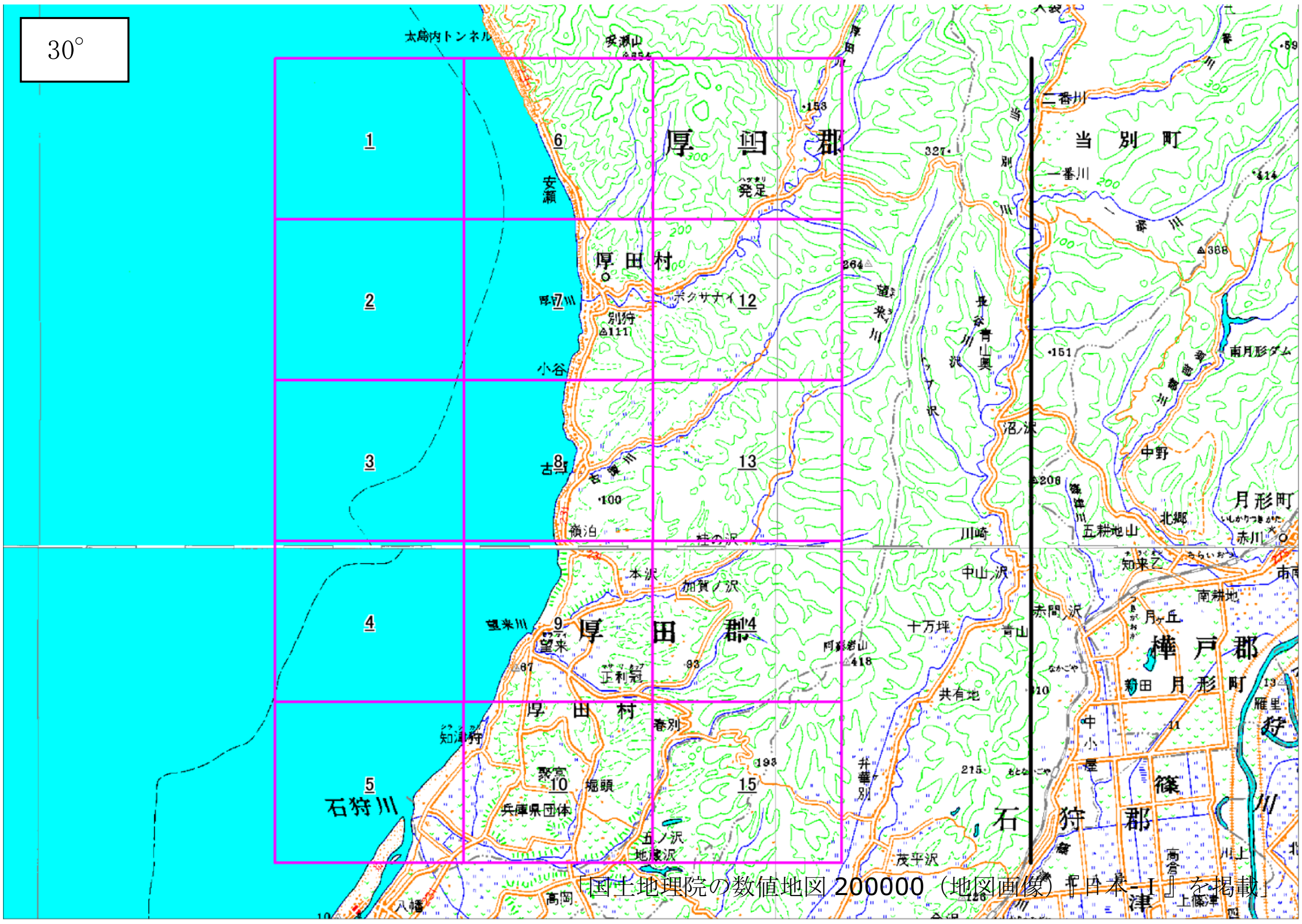


モデルB



モデルC

地震コード	30_2	30_5
傾斜角	30°	
破壊開始点	4	2
アスペリティ	B	C



「国土地理院の数値地図200000（地図画像）『日本-I』を掲載」

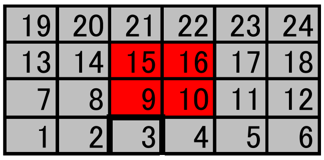
g. 石狩低地東縁断層帯主部(北)(断層上端深さ 7km)の断層モデル

○断層原点：42°　58′　00″，　141°　43′　00″　　走向：N12.476°　E　　断層上端深さ：7km
　断層長さ：42km　　断層幅：24km　　傾斜角：45°　，30°

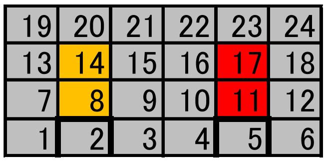
○Mw：7.0　　Mo：3.50E+19（N・m）　　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　　S 波速度：3.4(km/s)
　断層分割数　6×4

　アスペリティモデル：

	1 アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第 1 アスペリティ	1.10E+19	4	2.31
第 2 アスペリティ			
背景領域	2.37E+19	20	

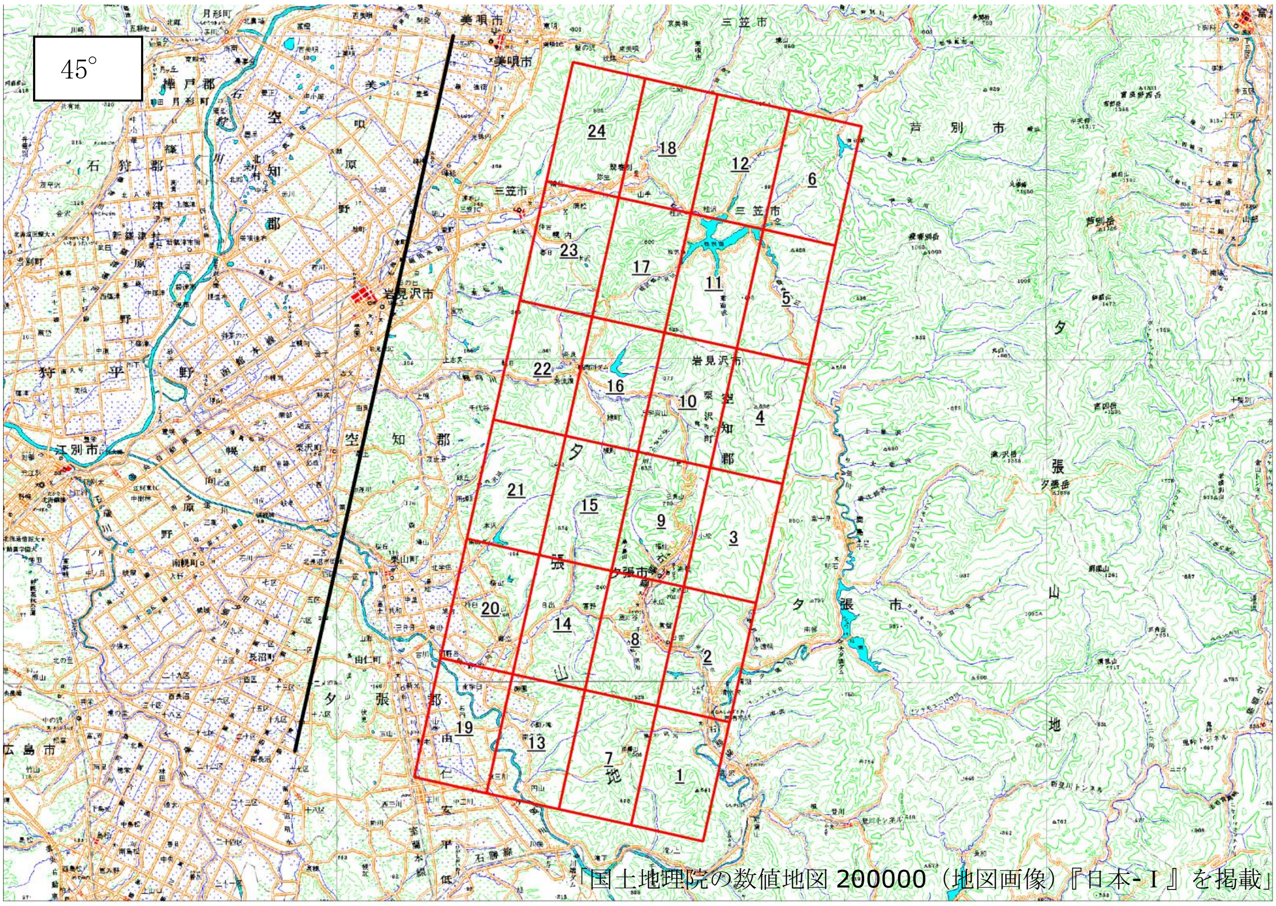


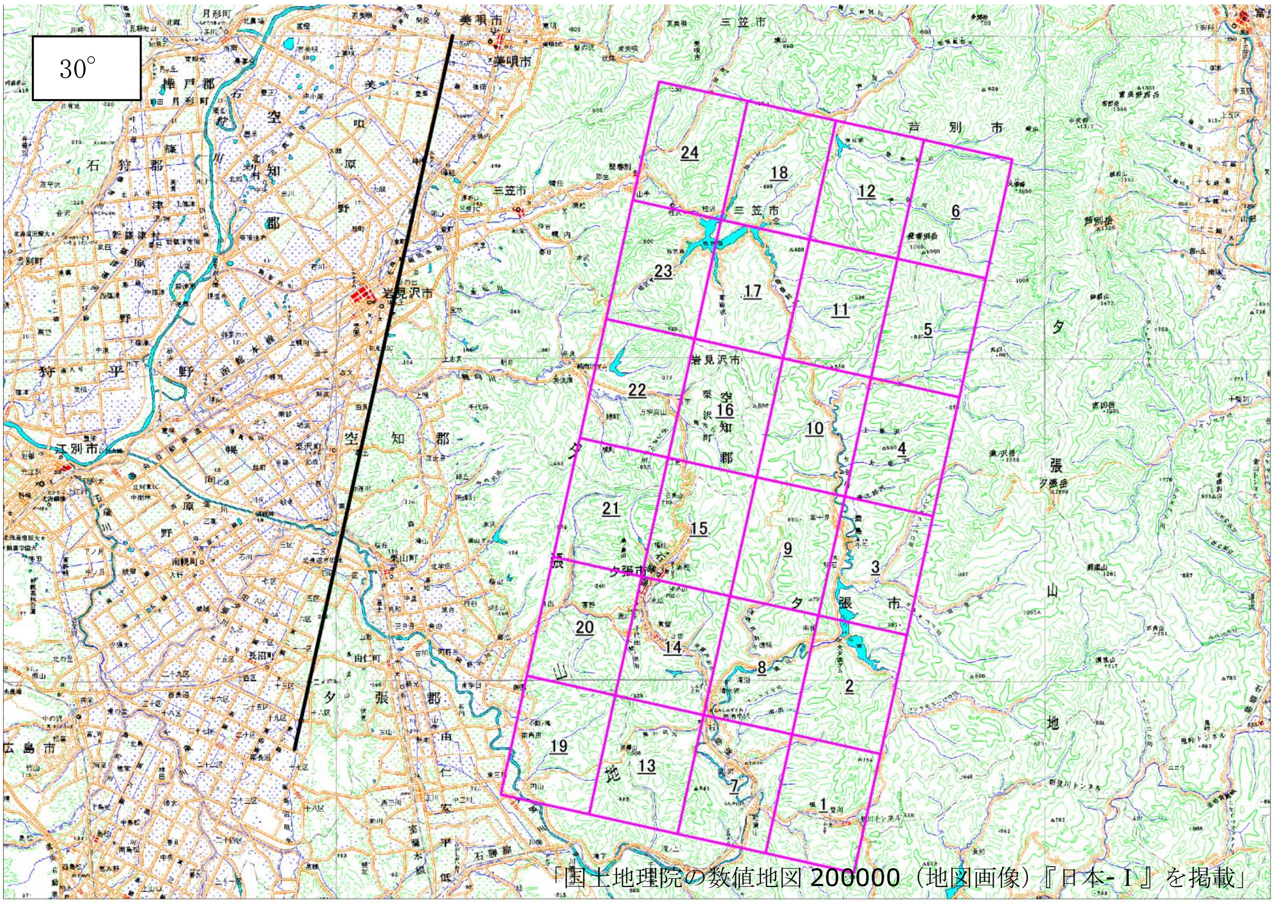
モデル A



モデル C

地震コード	45_1	30_1	30_5
傾斜角	45°	30°	30°
破壊開始点	3	3	2
アスペリティ	A	A	C


45°
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」


30°
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

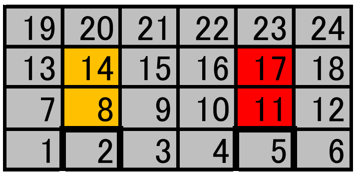
h. 石狩低地東縁断層帯主部(北)(断層上端深さ 3km)の断層モデル

○断層原点：42°58′00″， 141°43′00″ 走向：N12.476°E 断層上端深さ：3km
断層長さ：42km 断層幅：24km 傾斜角：45°，30°

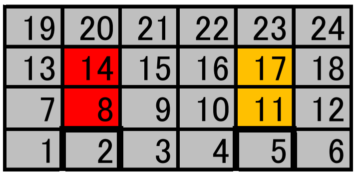
○Mw：7.0 Mo：3.50 E+19 (N・m) 破壊伝搬速度：2.4(km/s) S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数 6×4

アスペリティモデル：

	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第1アスペリティ	1.10E+19	4	2.31	8.11E+18	2	3.42
第2アスペリティ				2.87E+18	2	1.21
背景領域	2.37E+19	20		2.37E+19	20	

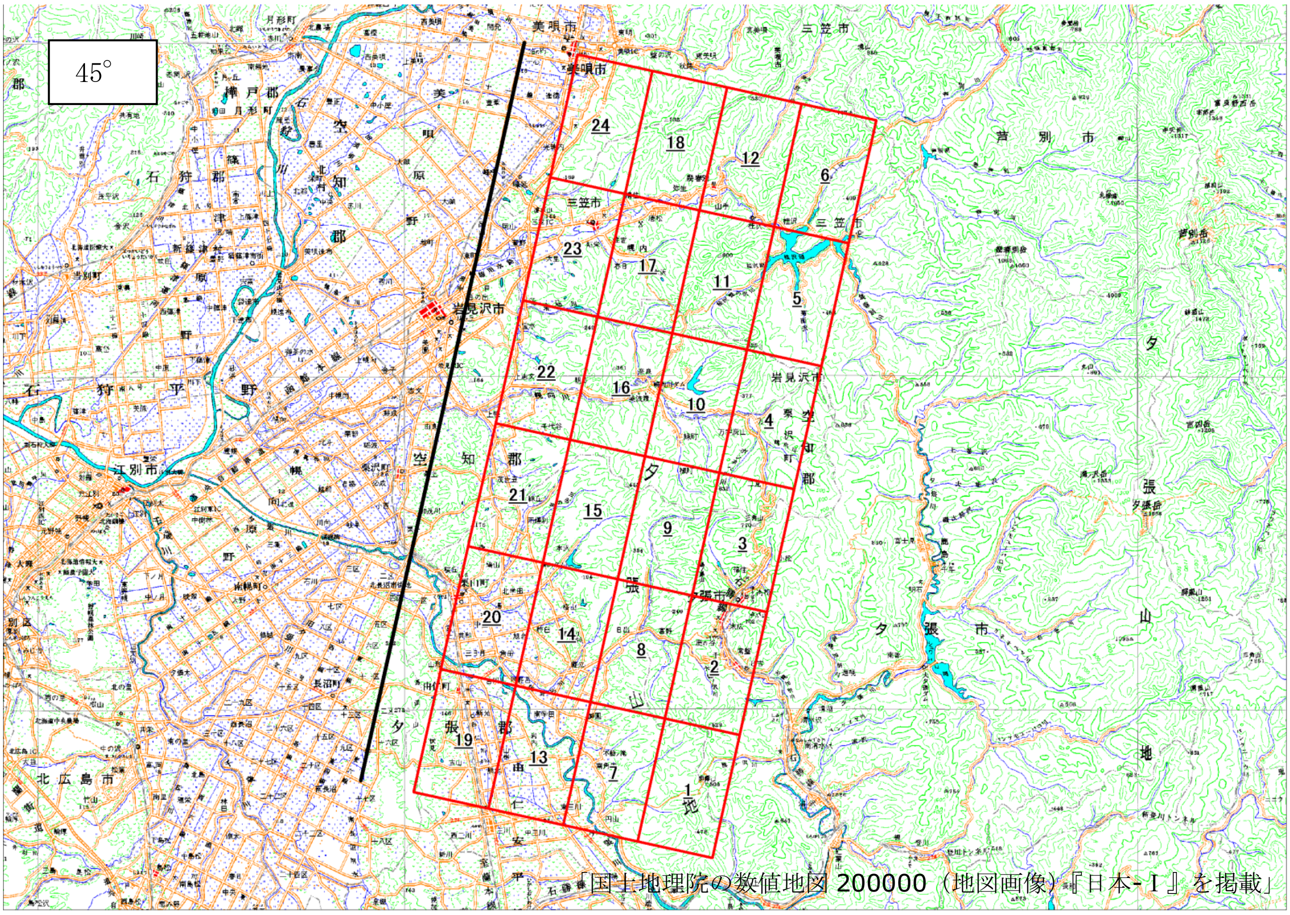


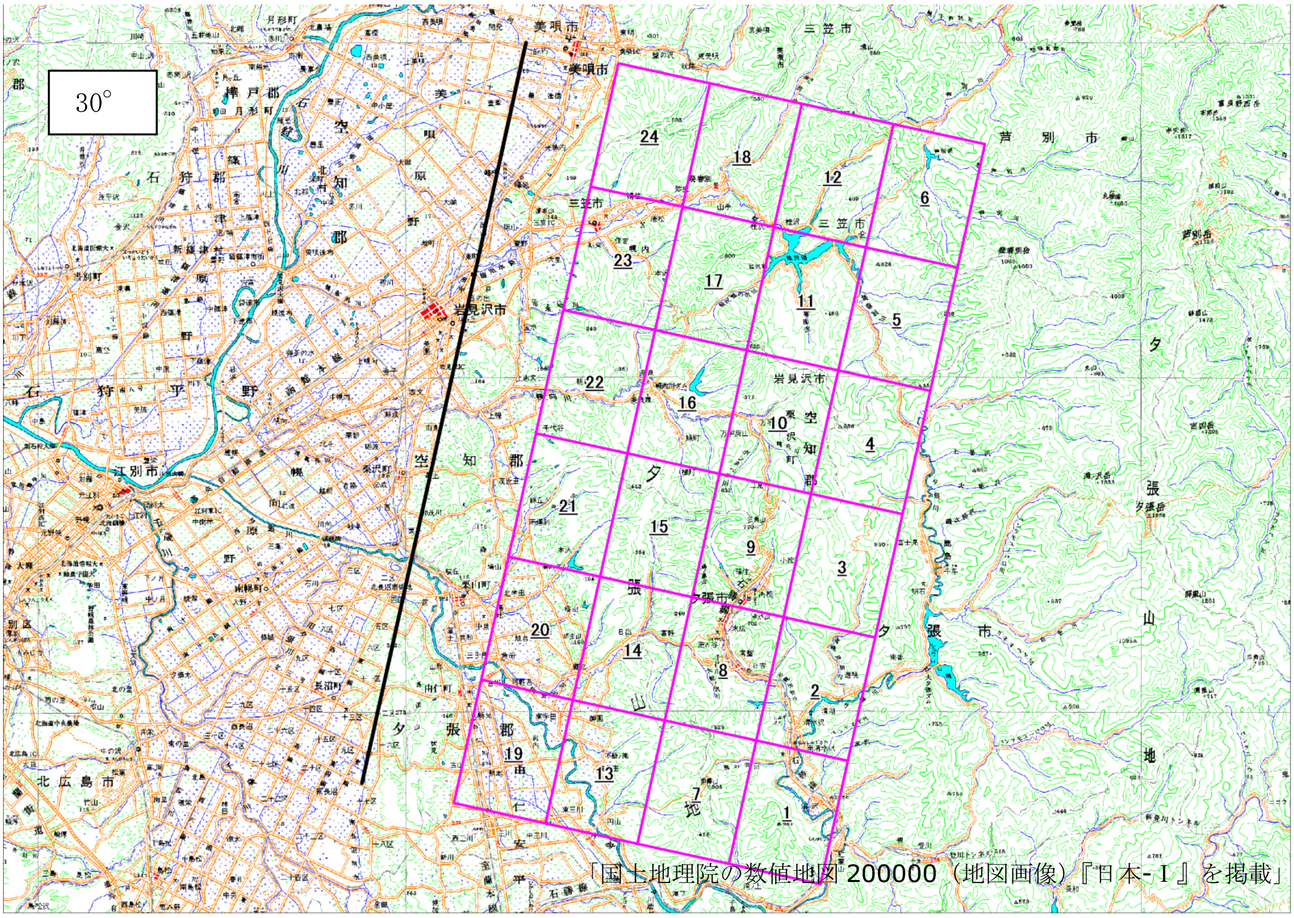
モデル B



モデル C

地震コード	45_2	45_3	45_5	30_2
傾斜角	45°			30°
破壊開始点	5	2	2	5
アスペリティ	B		C	B


45°
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」


30°
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

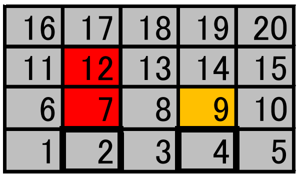
ⅰ．石狩低地東縁断層帯主部(南)（断層上端深さ 3km)の断層モデル

○断層原点：42°44′00″，　141°48′00″　　走向：N345.403°E　　断層上端深さ：3km
　断層長さ：26km　　断層幅：24km　　傾斜角：45°，30°

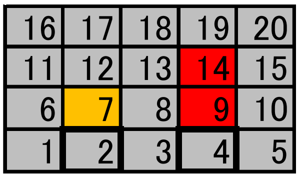
○Mw：6.7　　Mo：1.40E+19（N・m)　　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　　S 波速度：3.4(km/s)
　断層分割数　5×4

　アスペリティモデル：

	１アスペリティ			２アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	3.23E+18	3	1.76	2.39E+18	2	1.95
第２アスペリティ				8.44E+17	1	1.38
背景領域	1.04E+19	17		1.04E+19	17	

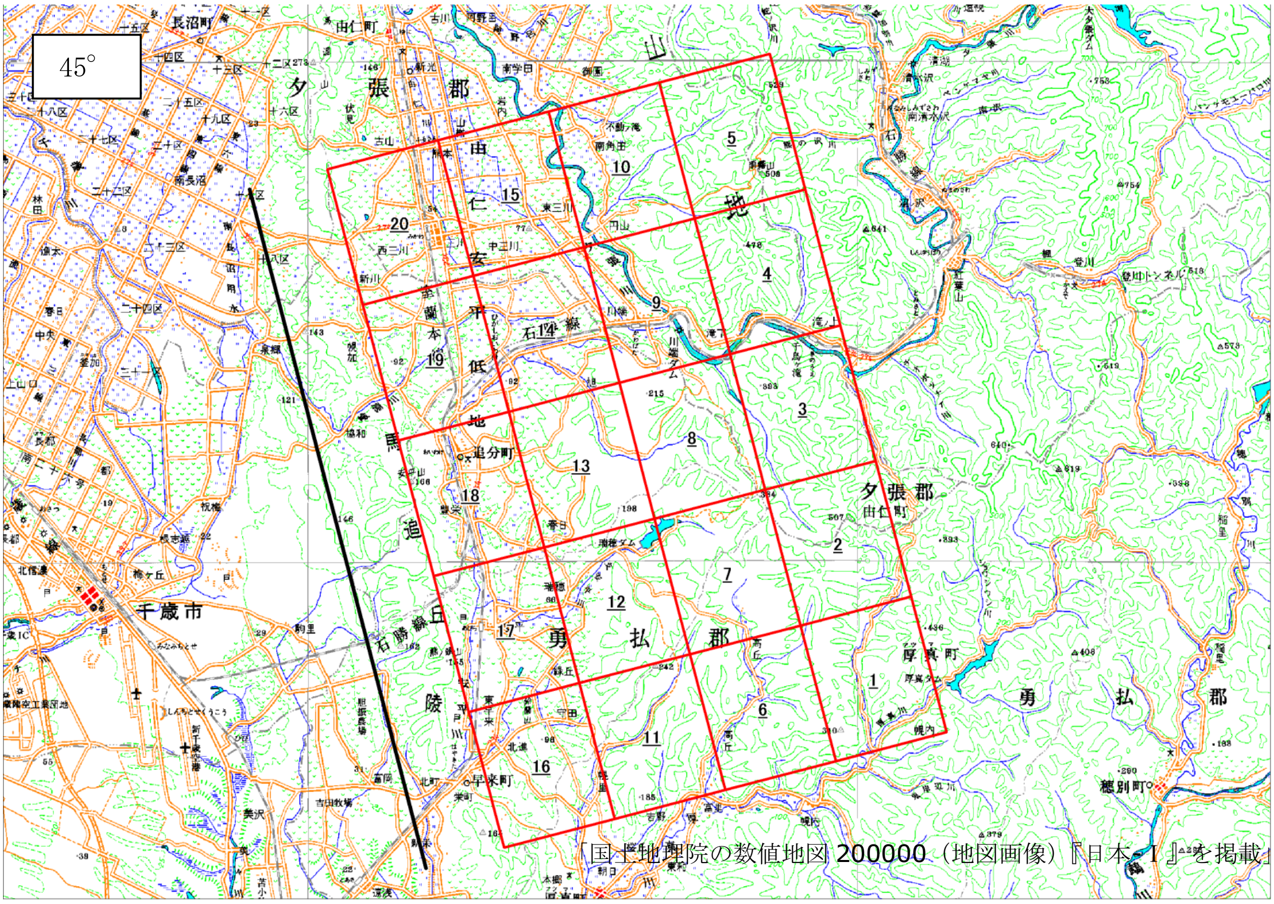


モデルＢ



モデルＣ

地震コード	45_2	45_5
傾斜角	45°	
破壊開始点	4	2
アスペリティ	B	C



「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

j. 石狩低地東縁断層帯南部（断層上端深さ 7km）の断層モデル

○断層原点：42° 24′ 9″， 141° 55′ 1″　走向：N342.2° E　断層上端深さ：7km
断層長さ：55km　断層幅：18km　傾斜角： 30°

○Mw：7.16　Mo：5.36E+19（N・m）　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数　7×3

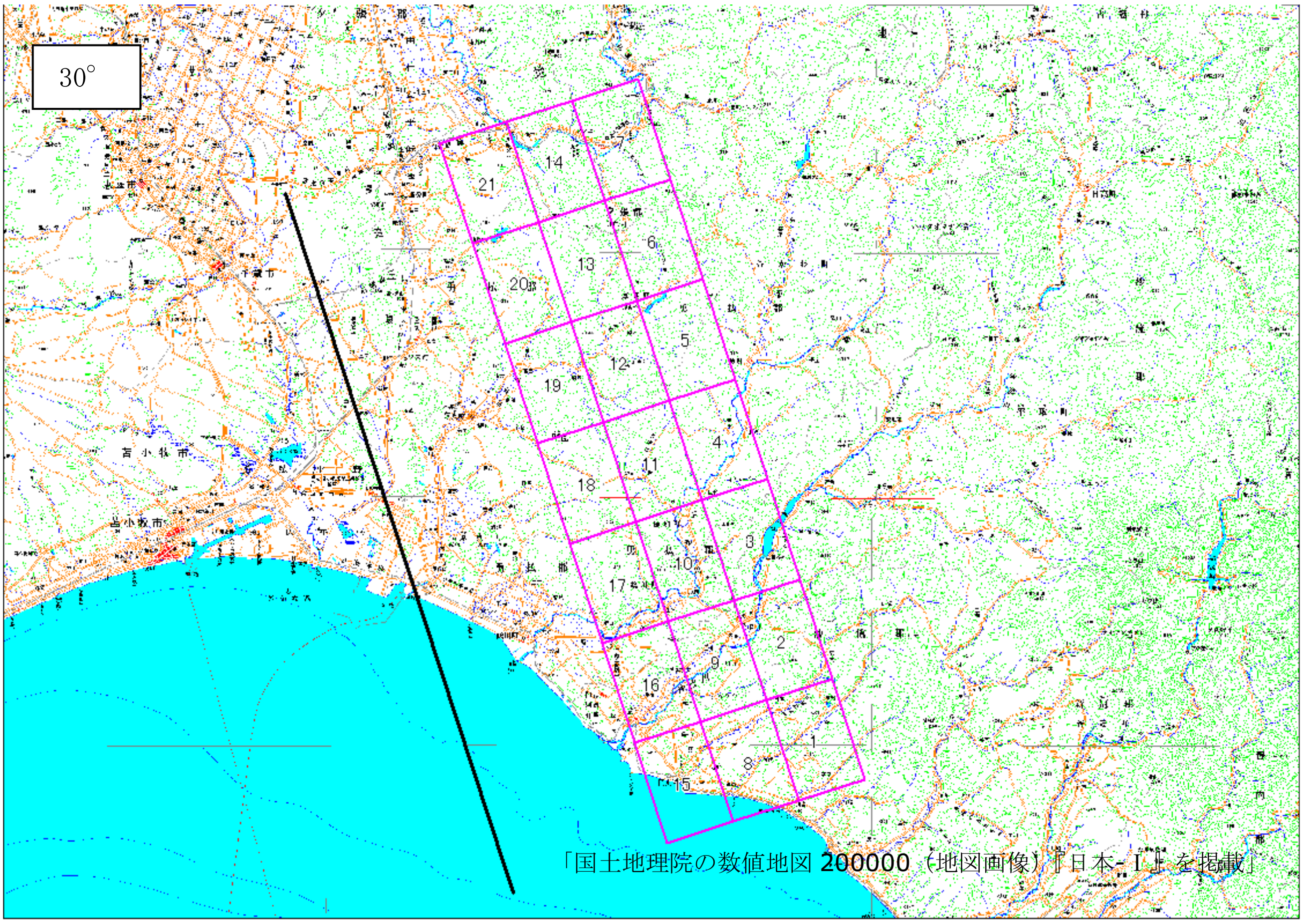
アスペリティモデル：

	１アスペリティ			２アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	3.13E+19	6	3.52	2.32E+19	4	3.91
第２アスペリティ				0.82E+19	2	2.76
背景領域	2.22E+19	15		2.22E+19	15	

15	16	17	18	19	20	21
8	9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7

モデル C

地震コード	30_5
傾斜角	30°
破壊開始点	2
アスペリティ	C


30°
21
14
7
20
13
6
19
12
5
18
11
4
17
10
3
16
9
2
15
8
1
苫小牧市
千歳市
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

k. 石狩低地東縁断層帯南部（断層上端深さ 3km）の断層モデル

○断層原点：42° 24′ 9″， 141° 55′ 1″ 走向：N342.2° E 断層上端深さ：3km
断層長さ：55km 断層幅：18km 傾斜角： 30°

○Mw：7.16 Mo：5.36E+19 (N・m) 破壊伝搬速度：2.4(km/s) S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数 7×3

アスペリティモデル：

	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第1アスペリティ	3.13E+19	6	3.52	2.32E+19	4	3.91
第2アスペリティ				0.82E+19	2	2.76
背景領域	2.22E+19	15		2.22E+19	15	

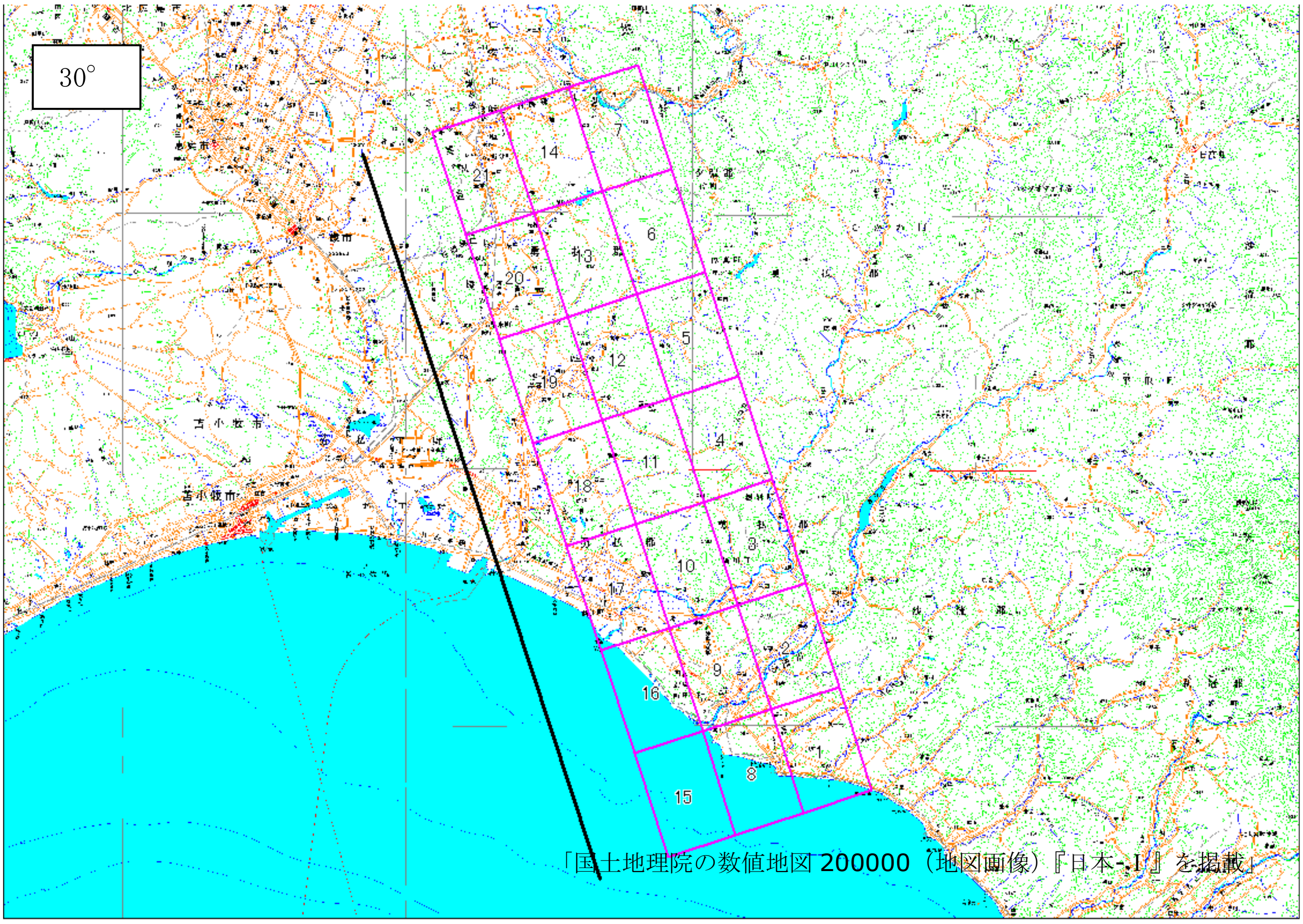
15	16	17	18	19	20	21
8	9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7

モデル B

15	16	17	18	19	20	21
8	9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7

モデル C

地震コード	30_2	30_3	30_5
傾斜角	30°		
破壊開始点	6	3	2
アスペリティ	B		C


30°
7
14
21
6
13
20
5
12
19
4
11
18
3
10
17
2
9
16
1
8
15
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本－I』を掲載」

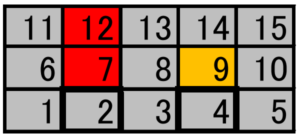
Ⅰ. 黒松内低地断層帯の断層モデル

○断層原点：42° 27′ 28″ ，140° 20′ 7″ 　走向：N350.178° E 　断層上端深さ：2km
断層長さ：34km 　断層幅：18km 　傾斜角：45° ，30°

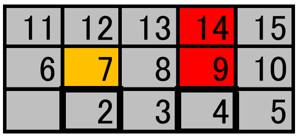
○Mw：6.8 　Mo：2.04E+19 (N・m) 　破壊伝搬速度：2.4(km/s) 　S波速度：3.4(km/s)
断層分割数 5×3

アスペリティモデル：

	１アスペリティ			２アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo比
第１アスペリティ	8.84E+18	3	3.05	6.53E+18	2	3.38
第２アスペリティ				2.31E+18	1	2.39
背景領域	1.16E+19	12		1.16E+19	12	

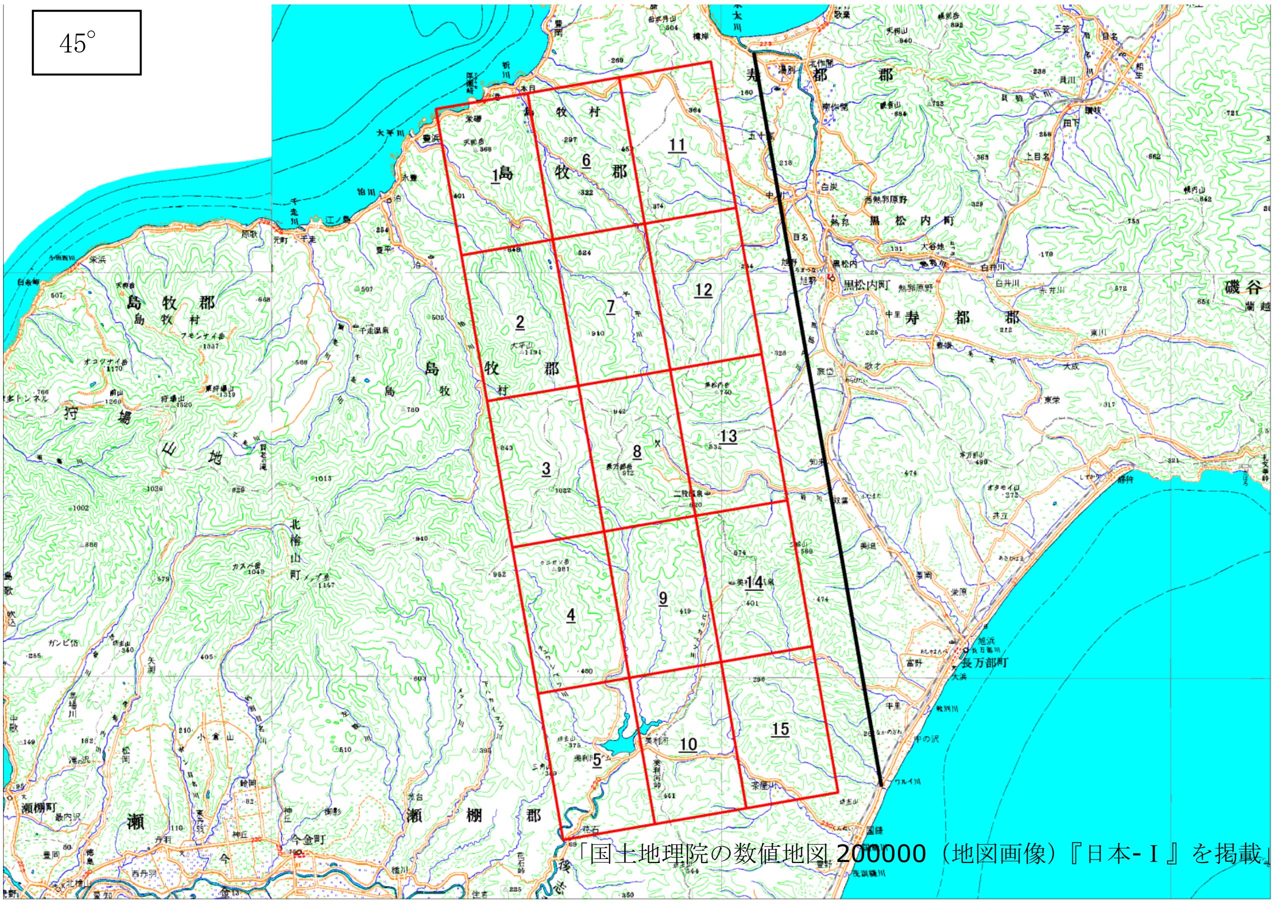


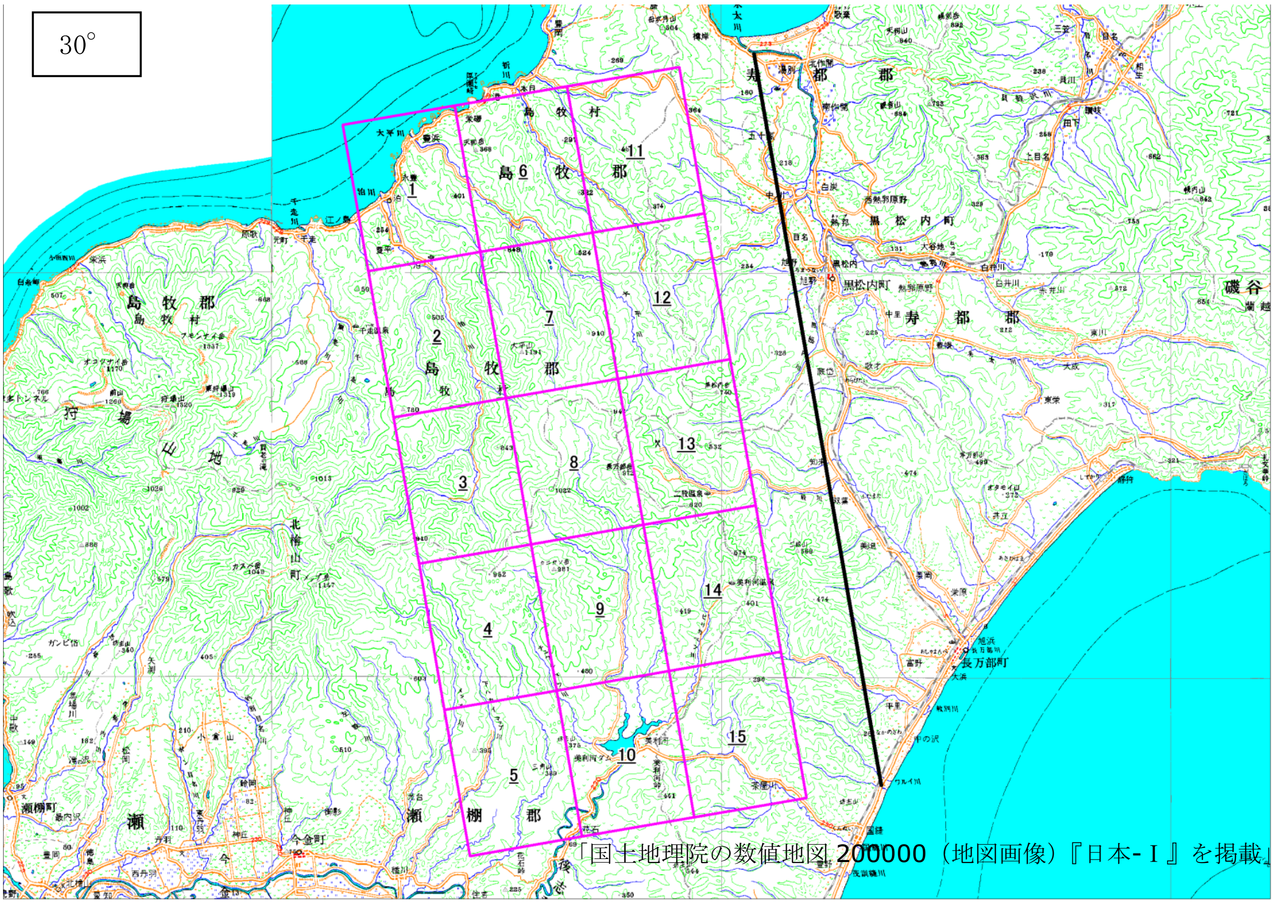
モデルB



モデルC

地震コード	45_3	45_4	30_5
傾斜角	45°		30°
破壊開始点	2	4	2
アスペリティ	B	C	C


45°
「国土地理院の数値地図200000（地図画像）『日本-Ｉ』を掲載」


30°
「国土地理院の数値地図200000（地図画像）『日本-Ｉ』を掲載」

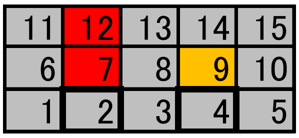
m. 函館平野西縁断層帯の断層モデル

○断層原点：41° 42′ 29″， 140° 36′ 54″ 走向：N7.048° E 断層上端深さ：2km
断層長さ：26km 断層幅：18km 傾斜角：45°，30°

○Mw：6.6 Mo：1.17E+19（N・m） 破壊伝搬速度：2.4(km/s) S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数 5×3

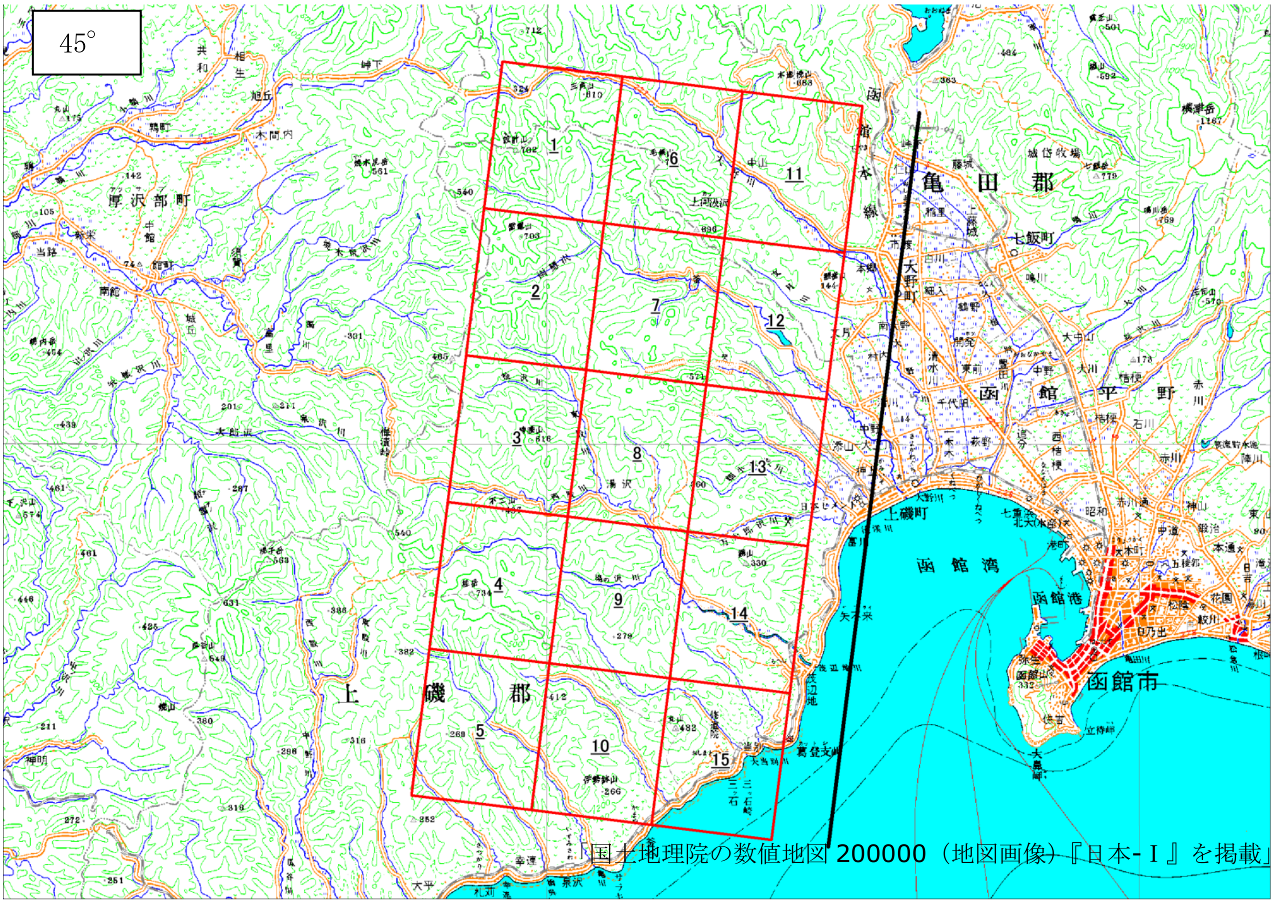
アスペリティモデル：

	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第1アスペリティ	4.08E+18	3	2.15	3.02E+18	2	2.39
第2アスペリティ				1.06E+18	1	1.68
背景領域	7.58E+18	12		7.58E+18	12	



モデル B

地震コード	45_2	45_3
傾斜角	45°	
破壊開始点	4	2
アスペリティ	B	


45°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
亀　田　郡
七飯町
大野町
函　館　平　野
上磯町
函館湾
函館市
上　磯　郡
厚沢部町
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

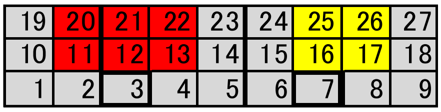
n. サロベツ断層帯　北延長の断層モデル

○断層原点：45°13′17.3″，　141°40′52.5″　　走向：N337°E　　断層上端深さ：7km
　断層長さ：58km　　断層幅：18km　　傾斜角：30°

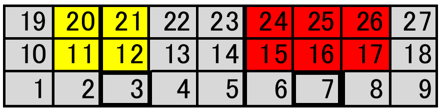
○Mw：7.1　　Mo：6.51E+19（N・m）　　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　　S 波速度：3.4(km/s)
　断層分割数　9×3

　アスペリティモデル：

	1アスペリティ			2アスペリティ		
	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第1アスペリティ	4.44E+19	10	3.65	3.28E+19	6	4.49
第2アスペリティ				1.16E+19	4	2.38
背景領域	2.07E+19	17		2.07E+19	17	

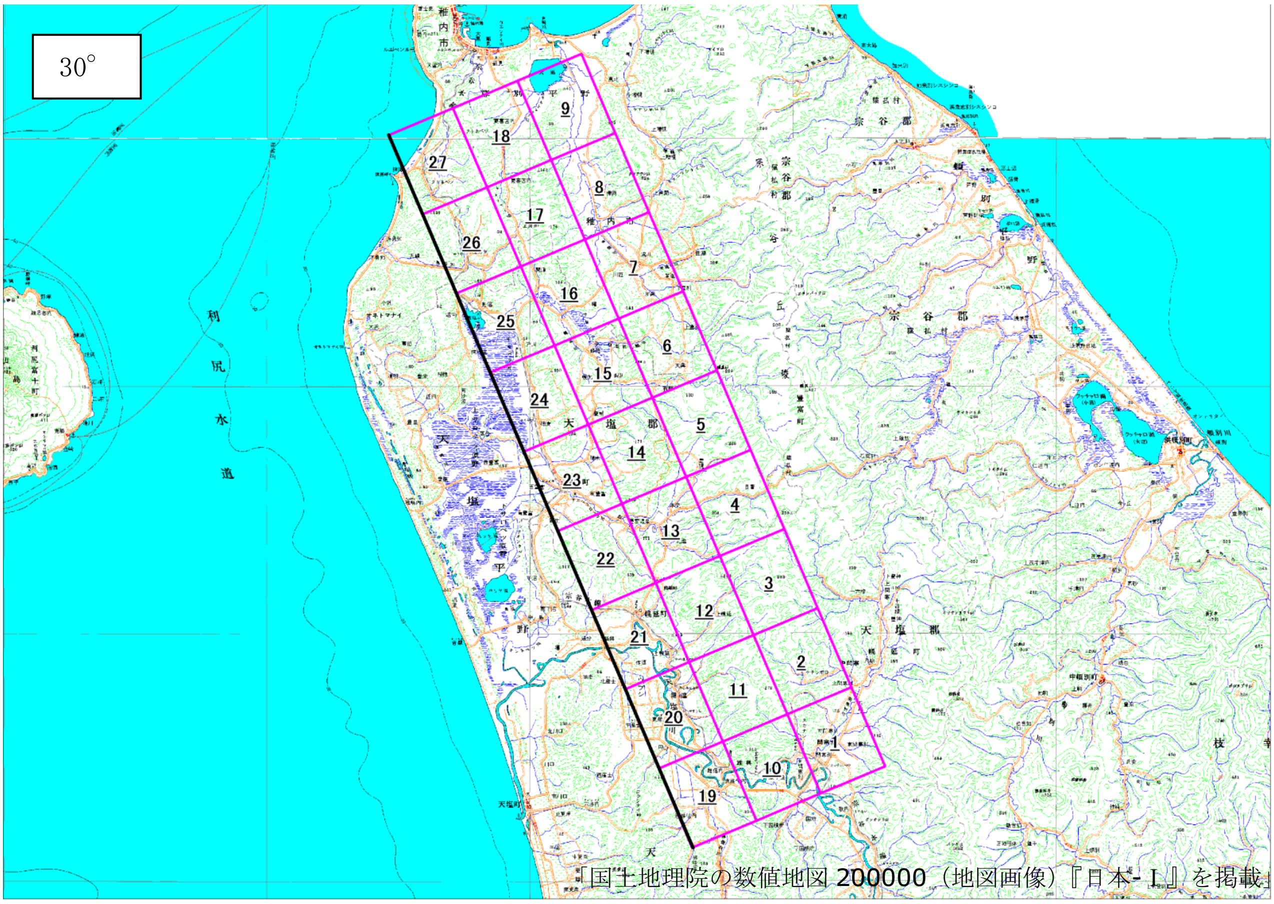


モデルB



モデルC

地震コード	30_2	30_3	30_5
傾斜角	30°		
破壊開始点	7	3	3
アスペリティ	B		C


30°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

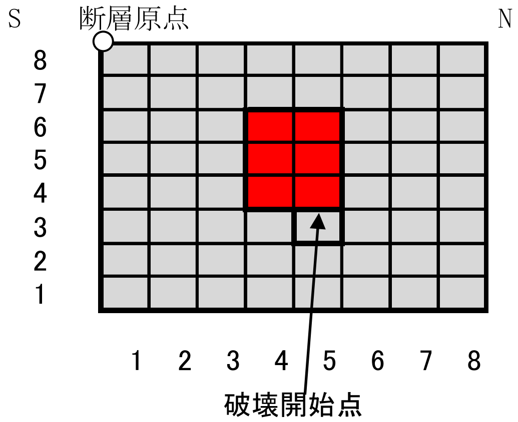
o. 西札幌背斜に関連する断層の地震の断層モデル

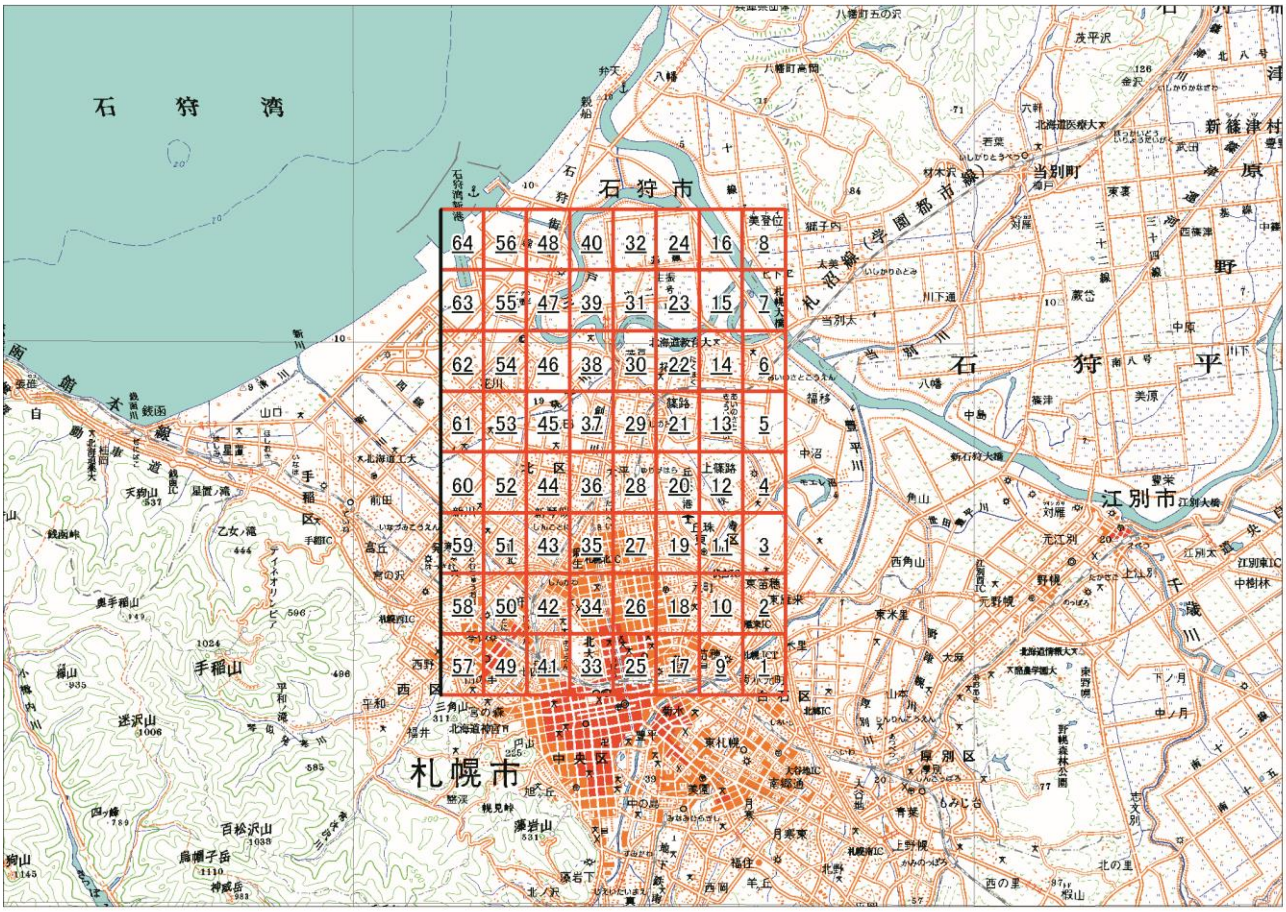
○断層原点：43°3′49.3″，　141°16′53.6″　走向：N0°E　断層上端深さ：5km
断層長さ：16km　断層幅：16km　傾斜角：45°

○Mw：6.33　Mo：3.94E+18(N・m)　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数　8×8

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
アスペリティ	7.29E+17	6	2.20
背景領域	3.21E+18	58	1.0





石狩湾
石狩市
札幌市
江別市
石狩平野
手稲山
中央区
北区
64 56 48 40 32 24 16 8
63 55 47 39 31 23 15 7
62 54 46 38 30 22 14 6
61 53 45 37 29 21 13 5
60 52 44 36 28 20 12 4
59 51 43 35 27 19 11 3
58 50 42 34 26 18 10 2
57 49 41 33 25 17 9 1

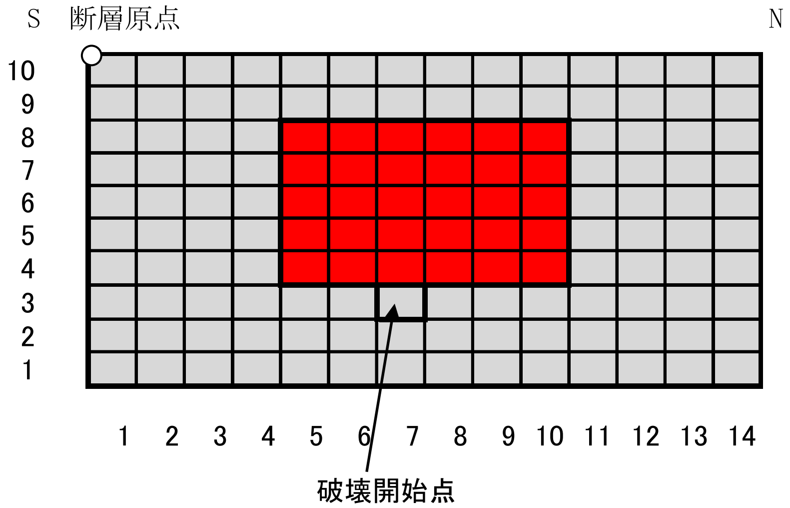
p. 月寒背斜に関連する断層の断層モデル

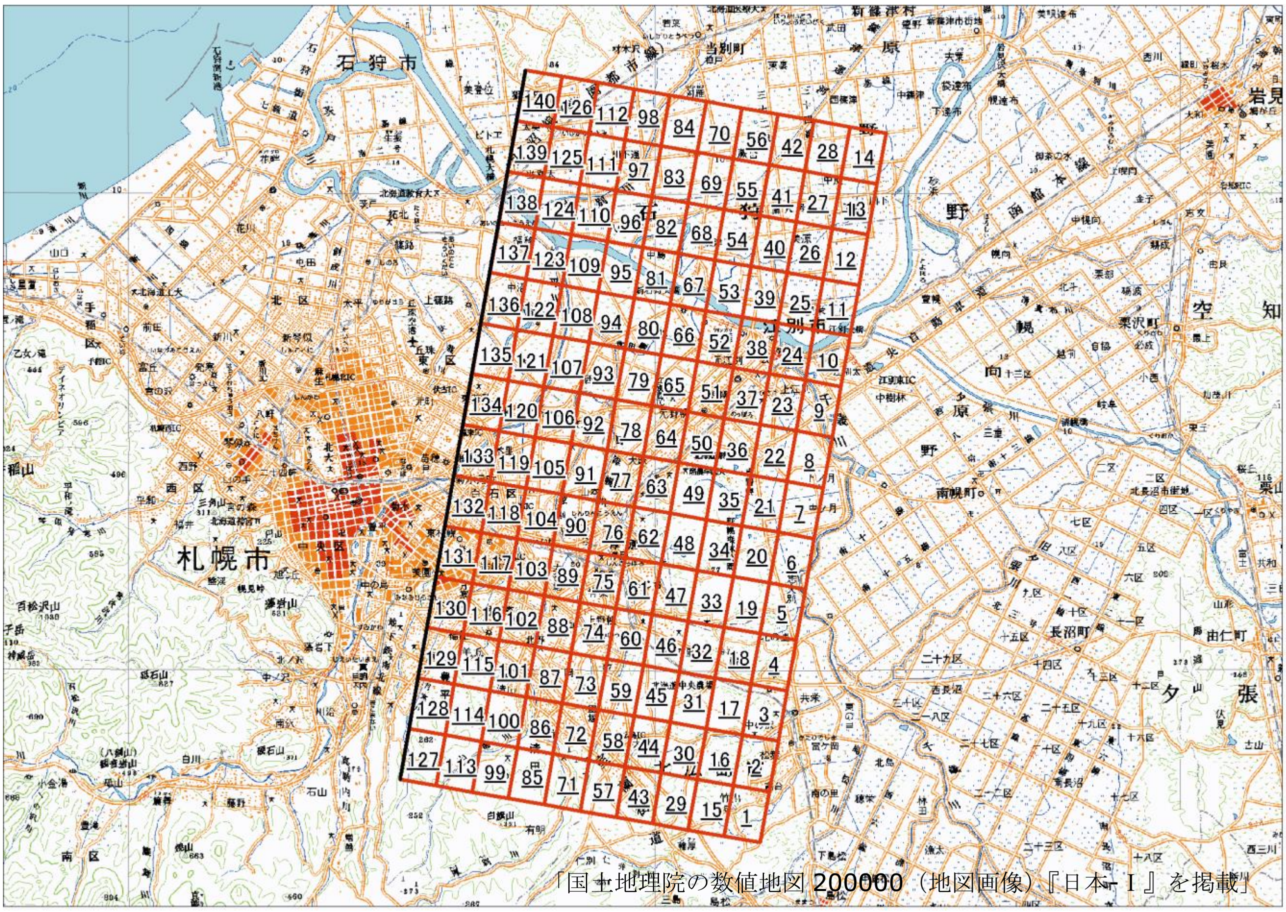
○断層原点：42°57′48.3″, 141°22′30.9″　走向：N10°E　断層上端深さ：6km
断層長さ：28km　断層幅：20km　傾斜角：45°

○Mw：6.76　Mo：1.74E+19（N・m）　破壊伝搬速度：2.4(km/s)　S波速度：3.4(km/s)
断層分割数　14×10

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo比
アスペリティ	7.48E+18	30	2.77
背景領域	9.90E+18	110	1.0





「国土地理院の数値地図200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

q. 野幌丘陵断層帯の断層モデル

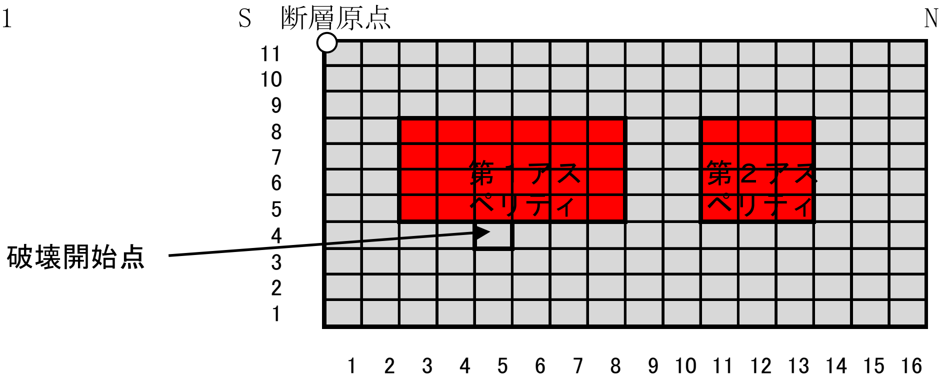
○断層原点：42° 56′ 28.7″， 141° 32′ 7.6″ 走向：N0° E 断層上端深さ：6km
断層長さ：32km 断層幅：22km 傾斜角：45°

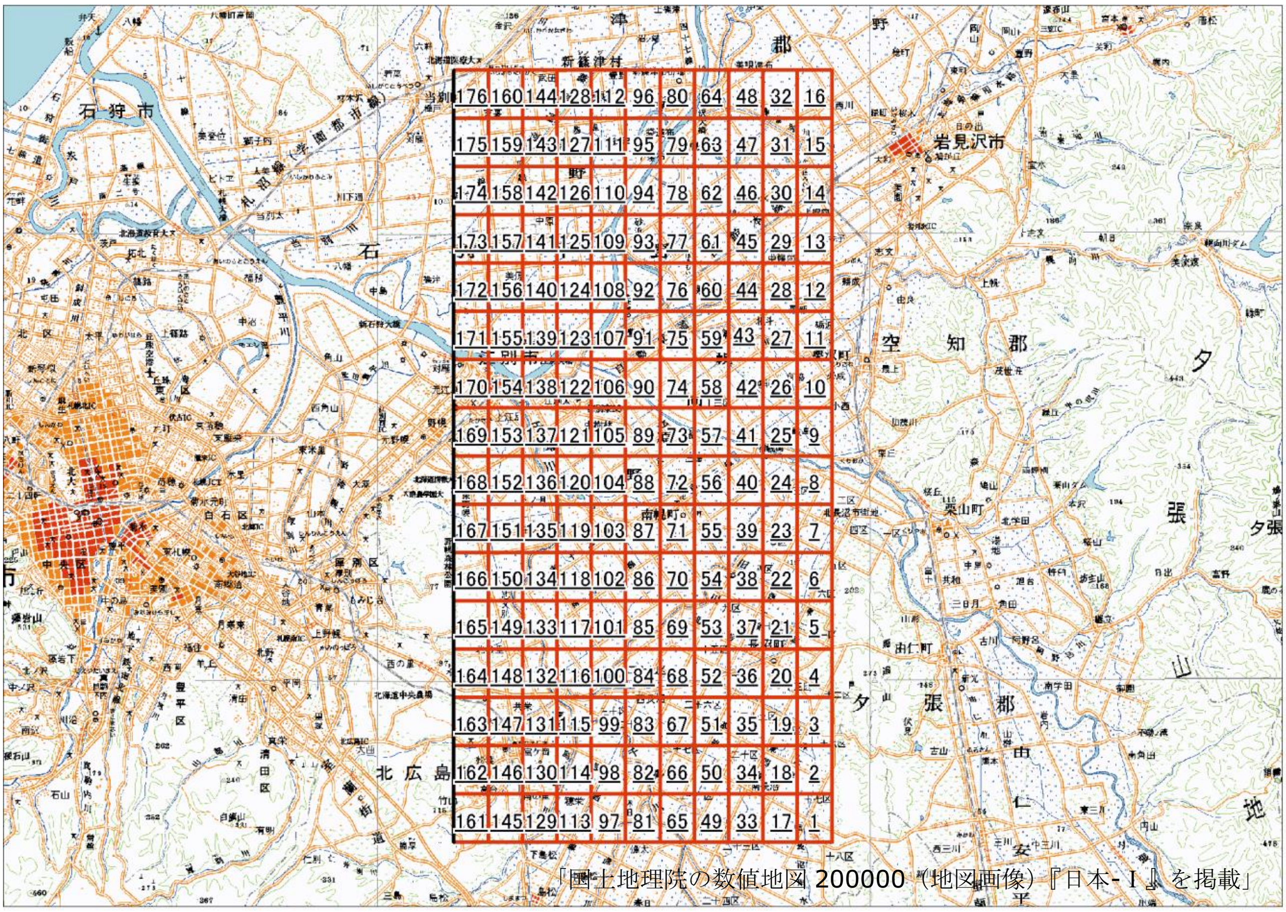
○Mw：6.89 Mo：2.72E+19 (N・m) 破壊伝搬速度：2.4(km/s) S 波速度：3.4(km/s)
断層分割数 16×11

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第 1 アスペリティ	8.33E+18	24	3.05
第 2 アスペリティ	2.95E+5	12	2.16
背景領域	1.59E+26	140	1.0

45_1





「国土地理院の数値地図 200000（地図画像）『日本-Ⅰ』を掲載」

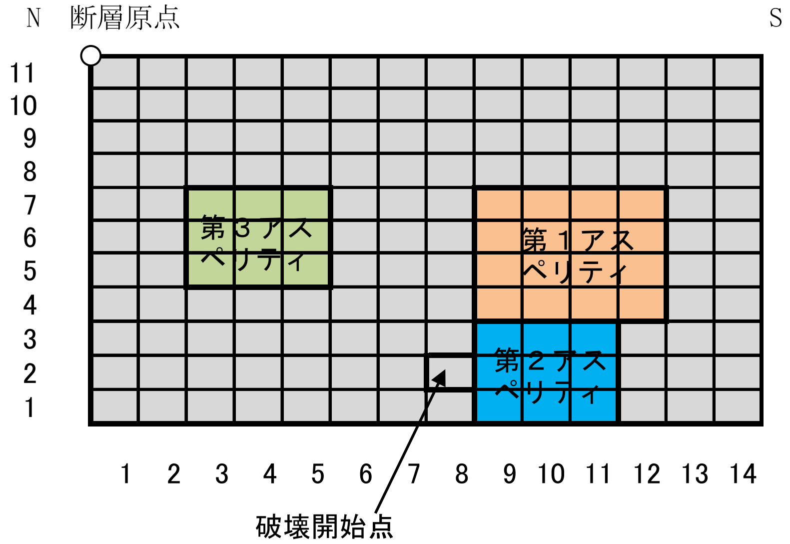
r．根室沖・釧路沖の地震の断層モデル

○断層原点：42° 37′ 56.7″， 147° 25′ 13.7″ 走向：N235.6° E 断層上端深さ：10km
断層長さ：146km 断層幅：114km 傾斜角：15°

○Mw：8.3 Mo：3.10E+21(N・m) 破壊伝搬速度：2.83(km/s) S波速度：3.93(km/s)
断層分割数 14×11

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	7.53E+20	16	3.19
第２アスペリティ	3.03E+20	9	2.28
第３アスペリティ	2.70E+20	9	2.03
背景領域	1.77E+21	120	1.0



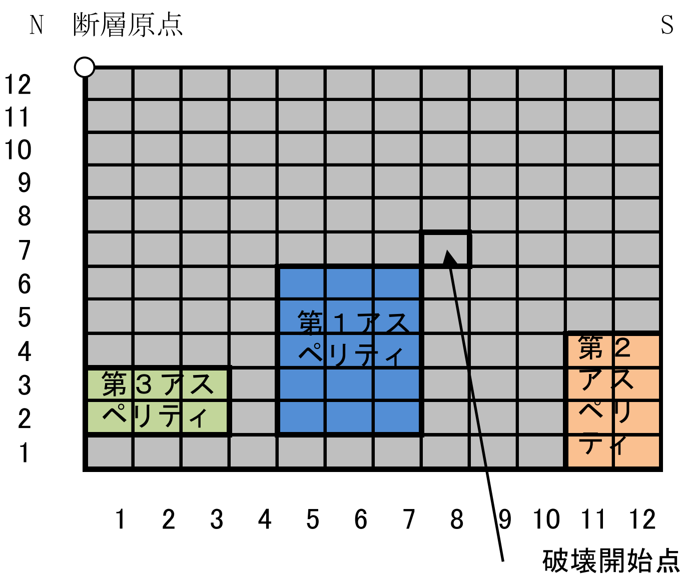
s. 十勝沖の地震の断層モデル

○断層原点：41° 53′ 37.4″， 145° 14′ 37.8″ 走向：N227.8° E 断層上端深さ：10km
断層長さ：125km 断層幅：124km 傾斜角：14°

○Mw：8.2 Mo：2.76E+21(N・m) 破壊伝搬速度：2.83(km/s) S 波速度：3.93(km/s)
断層分割数 12×12

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	7.57E+20	15	3.90
第２アスペリティ	3.23E+20	8	3.12
第３アスペリティ	1.94E+20	6	2.50
背景領域	1.49E+21	115	1.0



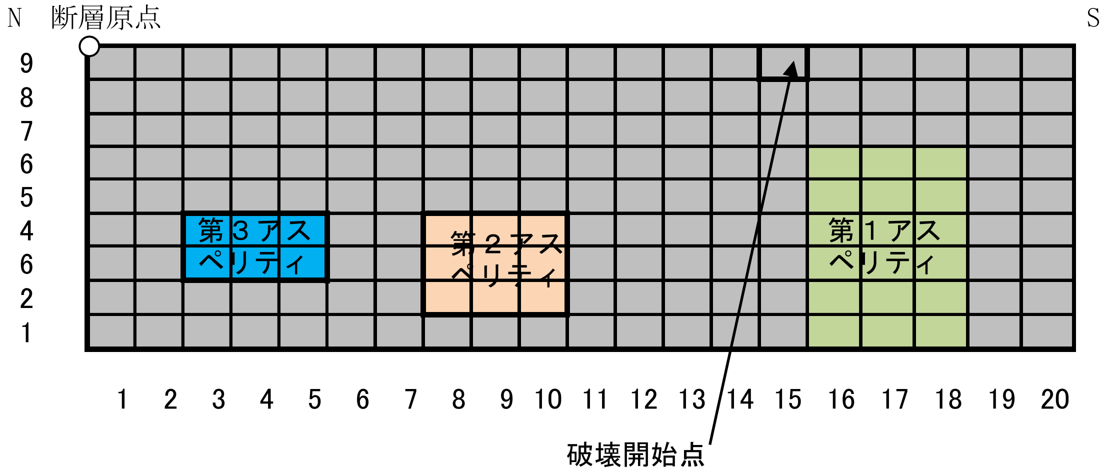
t. 三陸沖北部の地震の断層モデル

○断層原点：41° 39′ 14.8″， 142° 30′ 12.5″ 走向：N142.2° E 断層上端深さ：10km
断層長さ：200km 断層幅：90km 傾斜角 (x)：13° (y)：9°

○Mw：8.3 Mo：3.49E+21(N・m) 破壊伝搬速度：2.83(km/s) S 波速度：3.93(km/s)
断層分割数 20×9

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	8.55E+20	15	4.11
第２アスペリティ	3.58E+20	9	2.87
第３アスペリティ	2.06E+20	6	2.48
背景領域	2.08E+21	150	1.0



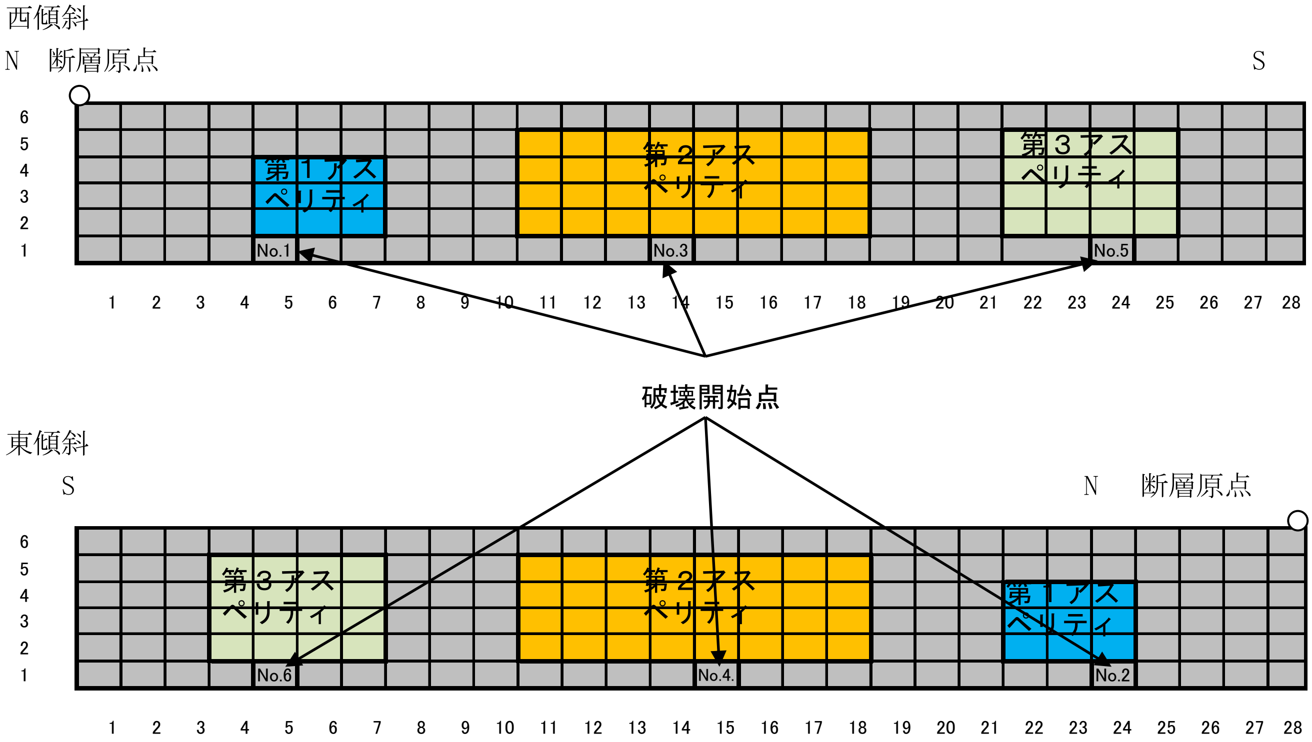
u. 北海道北西沖の地震の断層モデル

〇断層原点：45°　54′　36.0″，　141°　10′　1.2″　走向：N180°　E　断層上端深さ：2km
　断層長さ：140km　断層幅：24km　傾斜角：　45°　(東傾斜・西傾斜)

〇Mw：7.8　Mo：6.28E+20　(N・m)　破壊伝搬速度：2.52(km/s)　S 波速度：3.5(km/s)
　断層分割数　28×6

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第 1 アスペリティ	3.72E+19	9	2.43
第 2 アスペリティ	2.97E+20	32	5.47
第 3 アスペリティ	1.05E+20	16	3.87
背景領域	1.88E+20	120	1.0



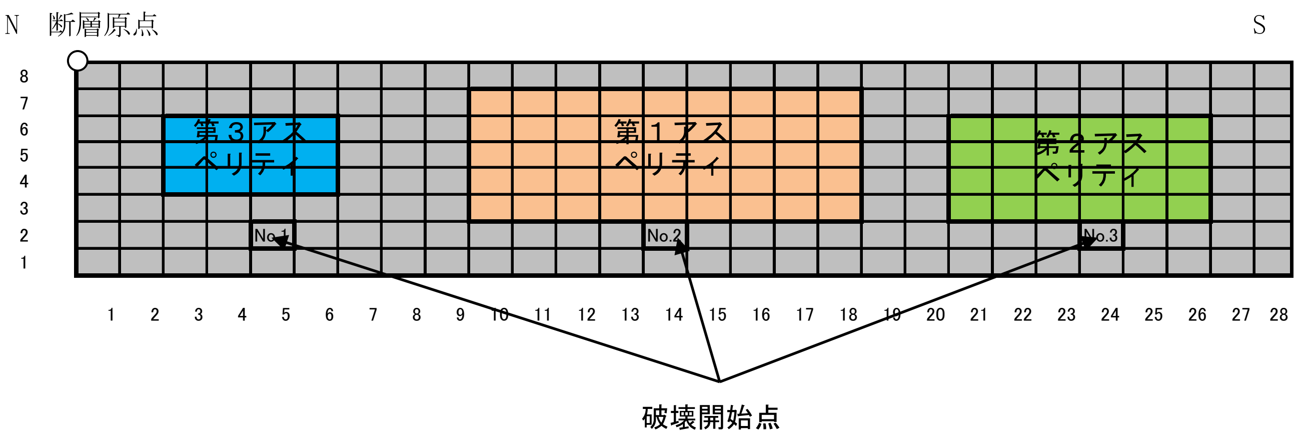
v. 北海道南西沖の地震の断層モデル

○断層原点：43° 12′ 48.9″， 139° 32′ 6.0″ 走向：N190° E 断層上端深さ：2km
断層長さ：140km 断層幅：35km 傾斜角： 45°

○Mw：8.0 Mo：1.34E+21 (N・m) 破壊伝搬速度：2.52(km/s) S 波速度：3.5(km/s)
断層分割数 28×8

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	6.32E+20	45	5.01
第２アスペリティ	2.24E+20	24	3.32
第３アスペリティ	7.90E+19	12	2.35
背景領域	4.01E+20	143	1.0



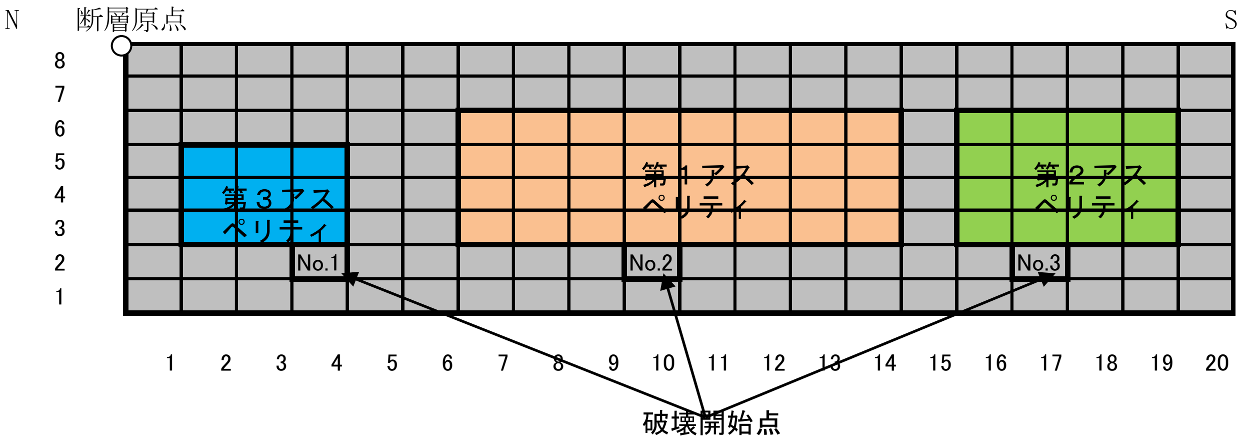
w. 北海道留萌沖の地震(走向 N193° E) の断層モデル

○断層原点：44° 21′ 19.4″， 140° 35′ 30.7″ 走向：N193° E 断層上端深さ： 2km
断層長さ：100km 断層幅：35km 傾斜角： 45°

○Mw：7.8 Mo：6.81E+20(N・m) 破壊伝搬速度：2.52(km/s) S 波速度：3.5(km/s)
断層分割数 20×8

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	3.23E+20	32	5.08
第２アスペリティ	1.14E+20	16	3.59
第３アスペリティ	4.03E+19	9	2.26
背景領域	2.04E+20	103	1.0



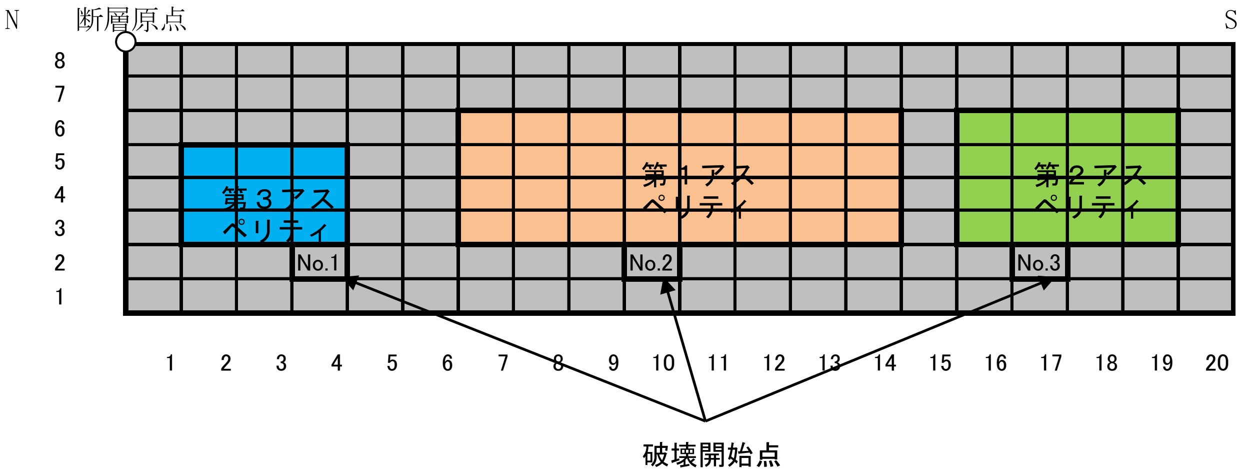
x. 北海道留萌沖の地震(走向 N225° E) の断層モデル

○断層原点：44° 6′ 54.4″， 141° 11′ 31.3″ 走向：N225° E 断層上端深さ： 2km
断層長さ：100km 断層幅：35km 傾斜角： 45°

○Mw：7.8 Mo：6.81E+20(N・m) 破壊伝搬速度：2.52(km/s) S 波速度：3.5(km/s)
断層分割数 20×8

アスペリティモデル：

	Mo	ﾒｯｼｭ数	Mo 比
第１アスペリティ	3.23E+20	32	5.08
第２アスペリティ	1.14E+20	16	3.59
第３アスペリティ	4.03E+19	9	2.26
背景領域	2.04E+20	103	1.0



② 工学的基盤面における地震動波形の算出

工学的基盤面における地震動予測手法 EMPR[3]を用いて、工学的基盤面における地震動波形を算出する。EMPR とは、既往の観測記録に基づきスペクトル強度や波形の時間特性の回帰モデルを作成し、想定断層の３次元的広がりや断層破壊方向と着目点との関係などを考慮して波形を算定する方法であり、断層の広がりやアスペリティ分布、断層の破壊開始点を考慮できる手法である。

石狩、後志、檜山、留萌の対象地域を 500mメッシュに区画し、工学的基盤面（Vs600m/sec）における地震動の計算を行う。本報告では、概算計算 [1]において計算された工学的基盤面の地震動を利用する。

③ 地盤の増幅度 ARV の算定

内閣府の地震防災マップ作成技術資料 [4]における地盤の増幅率の算出方法を参考に、地形・地盤分類、ボーリングデータから深度 30m までの表層地盤の平均Ｓ波速度 AVS30 を計算する。AVS30 と表層地盤の速度増幅度の関係から、増幅度 ARV を算定する。

工学的基盤（S 波速度 600m/sec 相当層）から地表面までの最大速度の増幅率は、藤本・翠川（2006）[5]による表層地盤の速度増幅度の関係式(1-1-1)により計算される。

$$\mathrm{Log\ ARV} = 2.367 - 0.852 \log \mathrm{AVS}(30) \quad (100 < \mathrm{AVS} < 1500) \qquad \text{(1-1-1)}$$

ARV　： 基準地盤(S 波速度 600m/sec)に対する地表の速度増幅度
AVS30： 地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度(m/sec)

ここでは、地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度の計算は、以下の手順で行う。

① 地形・地盤分類に基づいた AVS30
② ボーリングデータを用いて AVS30 を計算
③ ①、②の結果をもとに空間的な平滑化処理を行い、250m メッシュ区画毎の増幅度を計算

a. 地形・地盤分類と AVS30

地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度：AVS30 として、松岡・若松(2008)[6]により、地形・地盤分類に基づいた 250mメッシュ区画の AVS30 が構築されている。

松岡・若松(2008)による地形・地盤分類の釧路市の例を図 1-1-3 に、AVS30 の釧路市の例を図 1-1-4 に示す。

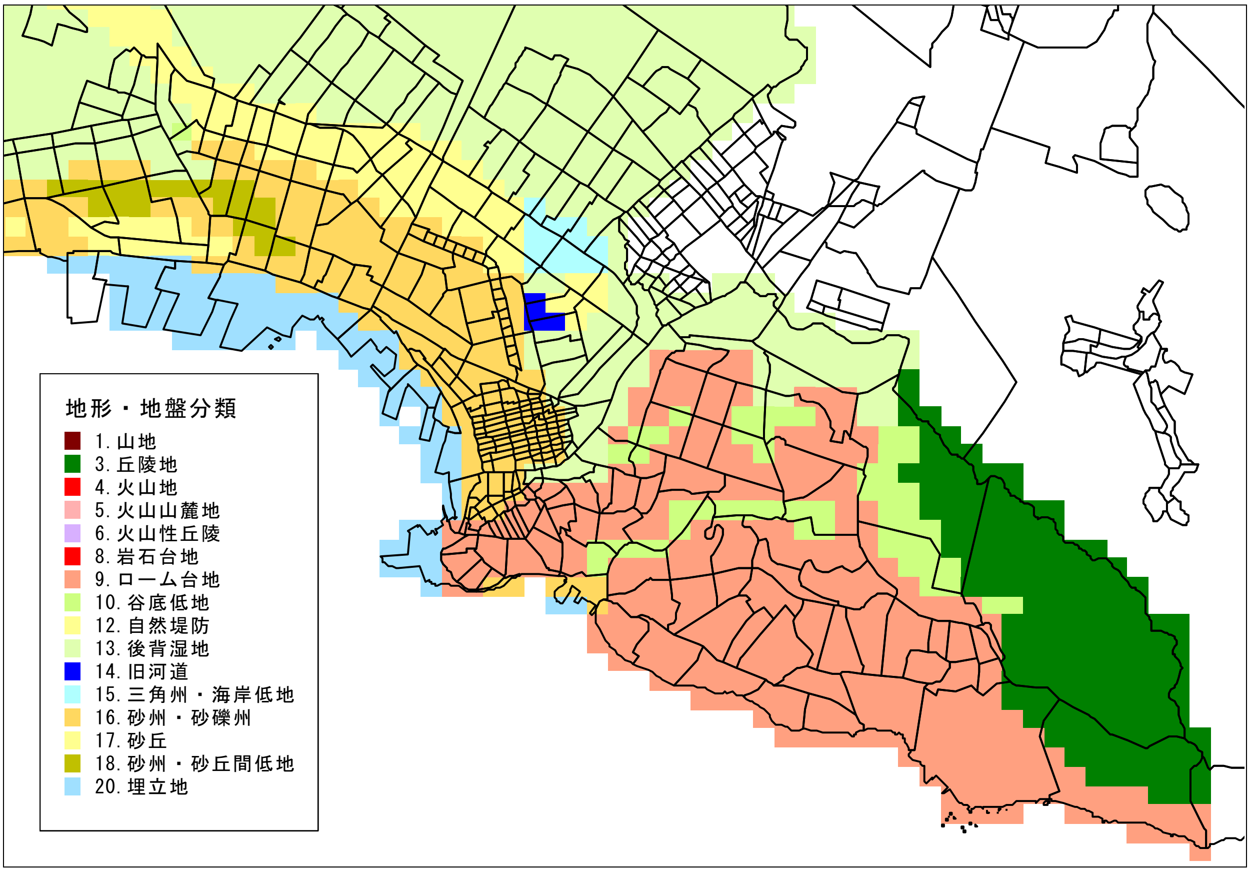


図 1-1-3　250mメッシュ地形・地盤分類の例

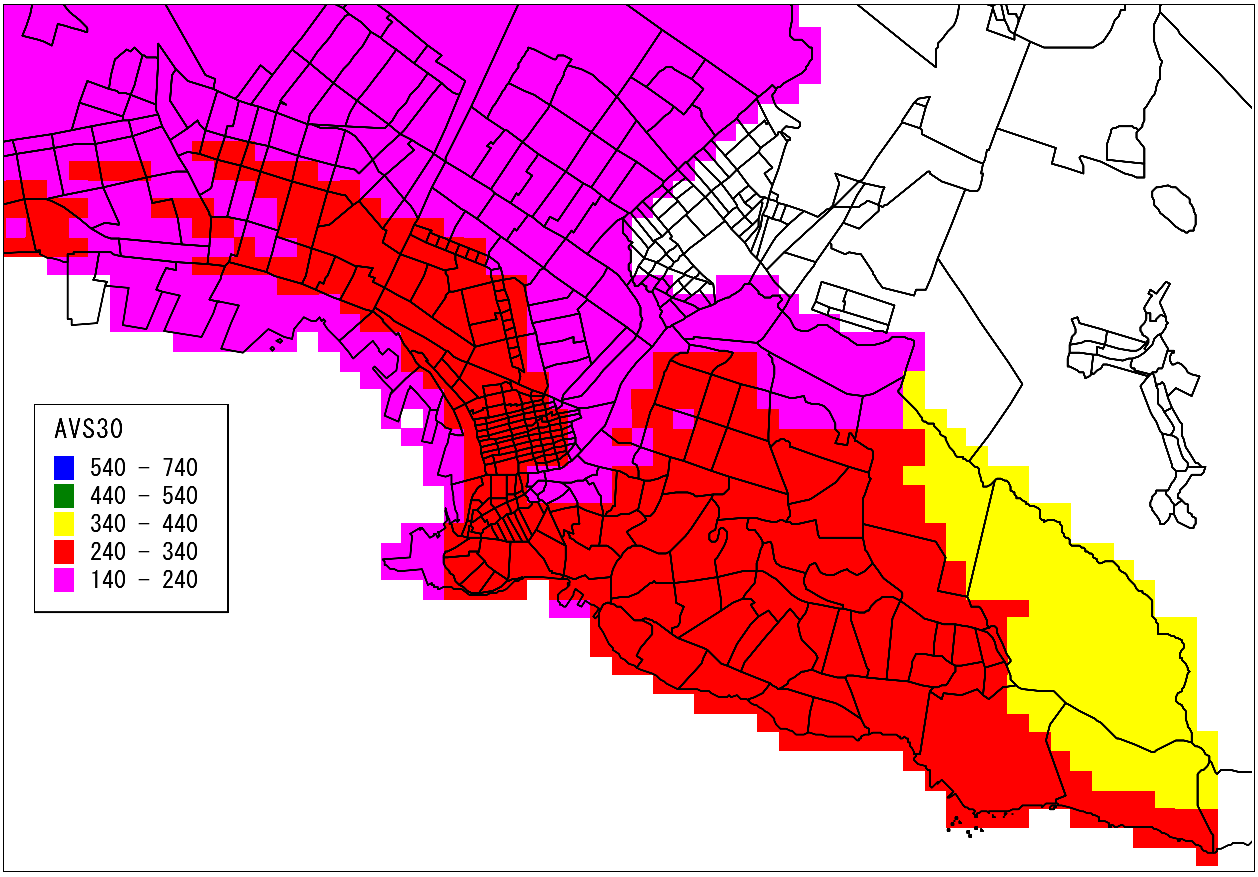


図 1-1-4　250mメッシュ地形・地盤分類による AVS30 の例

b. ボーリングデータを用いたAVS30の計算

今回収集したボーリングデータを用いて、内閣府による地震防災マップ作成技術資料[4)]の方法によりAVS30を計算する。

各層のＳ波速度の推定には、内閣府による式（1-1-2）を用いる。

$$Vs = a \cdot N^{b} \quad \text{——————} (1\text{-}1\text{-}2)$$

Vs：Ｓ波速度(m/sec)　Ｎ：Ｎ値（層ごとの平均Ｎ値：50以上は50とする）

a：土質係数１（粘土：111.30，砂：94.38，礫：123.05）

b：土質係数２（粘土：0.3144，砂：0.3020，礫：0.2443）

c. 収集したボーリングデータの概要

ボーリングデータとして、各自治体から収集したボーリング調査資料を用いた。掘削深度、Ｎ値、地質区分などのデータが整理されている。

収集したボーリング資料のうち、掘削長が10m以下のもの、あるいは10m以上であっても標準貫入試験が実施されていないものはAVS30を算出することができない。これらを除いて計算に使用したボーリングデータの本数を表1-1-2に、位置を図1-1-5に示す。

表1-1-2　計算に使用したボーリング数（箇所）

	ボーリングデータ数
空知	4,205
石狩	828
後志	795
胆振	546
日高	376
渡島	322
檜山	321
上川	1,665
留萌	455
宗谷	153
オホーツク	189
十勝	1,199
釧路	913
根室	809
計	12,776

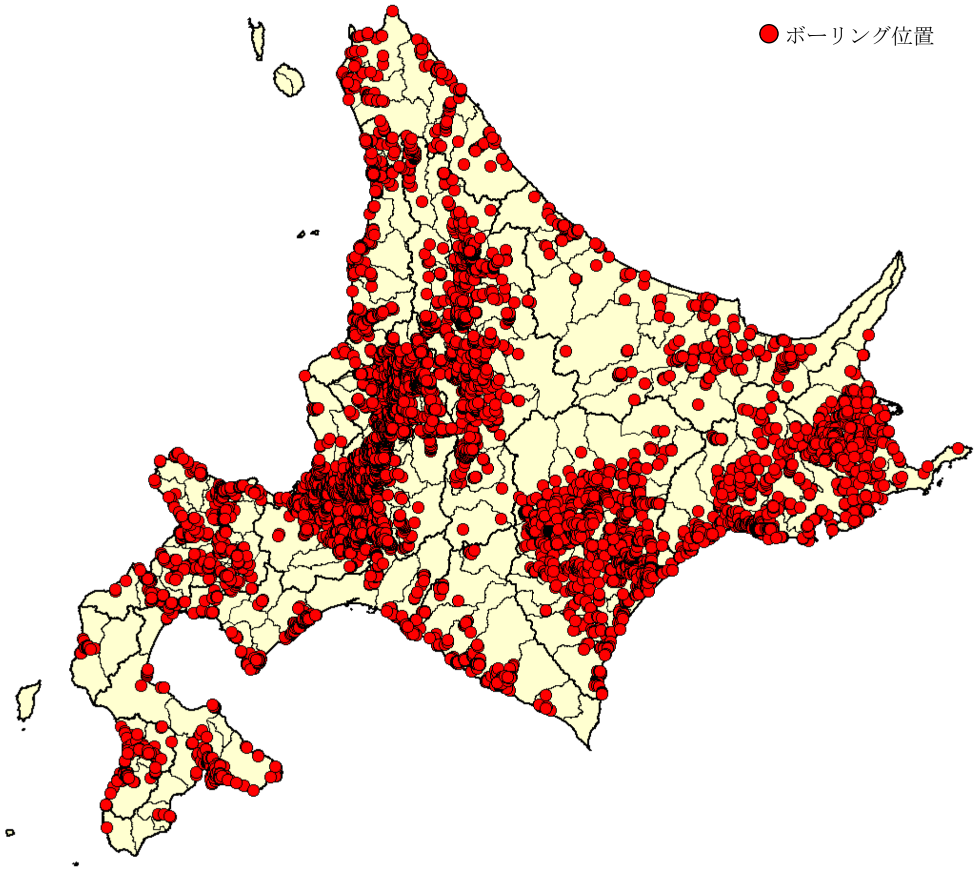


図 1-1-5　収集したボーリングデータ地点

d. AVS30 の計算

ボーリングデータごとの AVS30 の推定は掘進深度 30m 以上、掘進深度 30m 未満での場合の２ケースに分けて実施した。

ⅰ. 掘進深度 30m 以上のボーリング

ボーリングデータの層区分より、上から粘性土層(c)、礫質土層(g)、砂質土層(s)の３つの層で区分し、式(1-1-2)により各層ごとのＳ波速度を計算する。次に各層の層厚とＳ波速度から地表から深度 30m までのＳ波速度の到達時間を式(1-1-3)により算定し、その値から式(1-1-4)よりボーリング地点の AVS30 を設定した。

$$T_{30}=\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i}{Vs_i} \quad \text{——————}(1\text{-}1\text{-}3)$$

T_{30}: 地表から深度 30m までのＳ波速度の到達時間(sec)

Hi：i 層の層厚 (m)

Vsi ：i 層のＳ波速度(m/sec)

$$AVS30=\frac{30}{T_{30}} \quad \text{——————}(1\text{-}1\text{-}4)$$

AVS30：地表から深度 30m までの平均Ｓ波速度(m/sec)

ⅱ. 掘進深度 30m 未満のボーリング

まず、掘進深度 30m 未満のボーリングデータについて、Ｎ値≧50 基盤が存在するかどうか確認する。Ｎ値≧50 基盤の判定は、以下の基準で行っている。

○ ボーリング孔底付近でＮ値 50 以上を連続３回以上確認してボーリングを止めている。

○ ボーリング孔底付近でＮ値 50 以上の岩盤部を確認してボーリングを止めている。

AVS30 がＮ値≧50 基盤深度 10m 未満のボーリング、加えて掘進深度 10m 未満のボーリングについては、AVS30 の推定の対象から外すこととする。

AVS30 の推定は、Ｎ値≧50 基盤が確認できるケースと確認できないケースの２つに分けて設定を行う。

○Ｎ値≧50 基盤が確認できるケース

Ｎ値≧50 基盤深度より浅く、10m、15m、20m、25m のうちで最もＮ値≧50 基盤深度に近い値を設定し、その深度までの平均Ｓ波速度 AVS n(n=10,15,20,25)を計算する。その値より、AVSn-AVS30 の経験式である、式(1-1-5)により AVS30 を推定する。

$$AVS30=a_n\times AVS_n+b_n \quad \text{——————}(1\text{-}1\text{-}5)$$

n：10,15,20,25

AVS10：a10=1.441,b10=58.726

AVS15：a15=1.144,b15=43.528

AVS20：a20=1.083,b20=29.658

AVS25：a25=1.034,b25= 7.937

○Ｎ値≧50 基盤が確認できないケース

掘進深度より浅く、10m、15m、20m、25m のうちで最も掘進深度に近い値を設定し、その深度までの平均Ｓ波速度 AVS n(n=10,15,20,25)を計算する。その値より、AVSn-AVS30 の経験式である、式(1-1-6)

により AVS30 を推定する。

$$AVS30 = a_n \times AVS_n + b_n \quad \text{(1-1-6)}$$

n：10, 15, 20, 25
AVS10：a10=0.832, b10=59.881
AVS15：a15=0.909, b15=37.213
AVS20：a20=0.946, b20=23.318
AVS25：a25=0.983, b25= 9.113

ただし、N値≧50 基盤が確認できるケースで、周辺の地質から基盤が 30m より深いことが確実な場合には、基盤が 30m まで続いていると仮定して AVS30 を推定した。
図 1-1-6 に推定した AVS30 の例を示す。

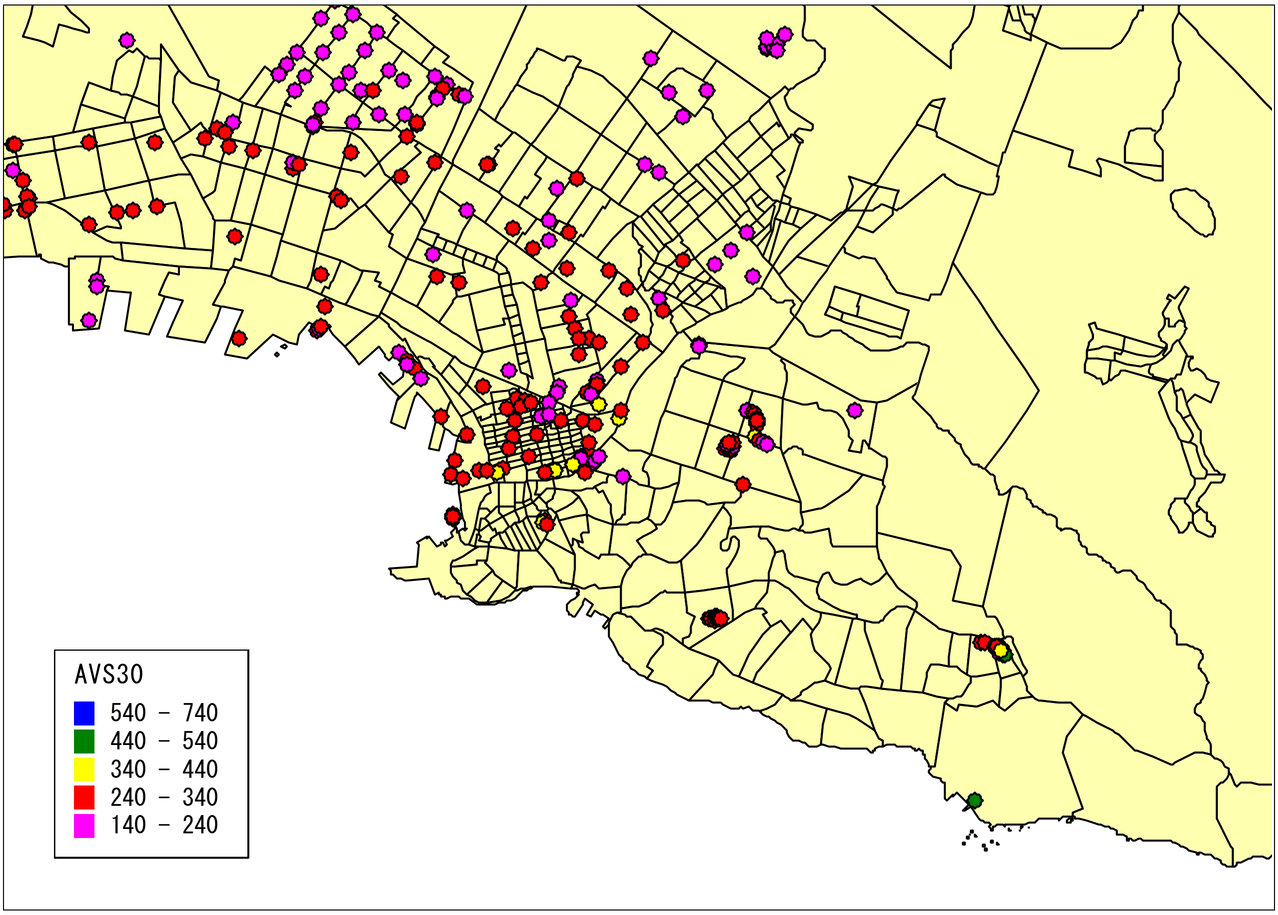


図 1-1-6　ボーリングの位置と AVS30 計算結果の例

e. 平滑化処理による 250mメッシュ区画における増幅度の計算

a の地形・地盤分類による AVS30 と b～d のボーリングデータによる AVS30 の値を空間的に平滑化処理し、250mメッシュ区画における AVS30 を計算する。

平滑化の方法は IDW（重みつき逆距離補完法）を用いる。平滑化を行う半径は、隣接するメッシュへの影響を考慮するため 500m とする。AVS30 は同一地盤・地形分類ごとに平滑化する。

求めた AVS30 と式(1-1-1)から増幅度 ARV を計算する。250mメッシュ区画における増幅度 ARV の結果の例を図 1-1-7 に示す。

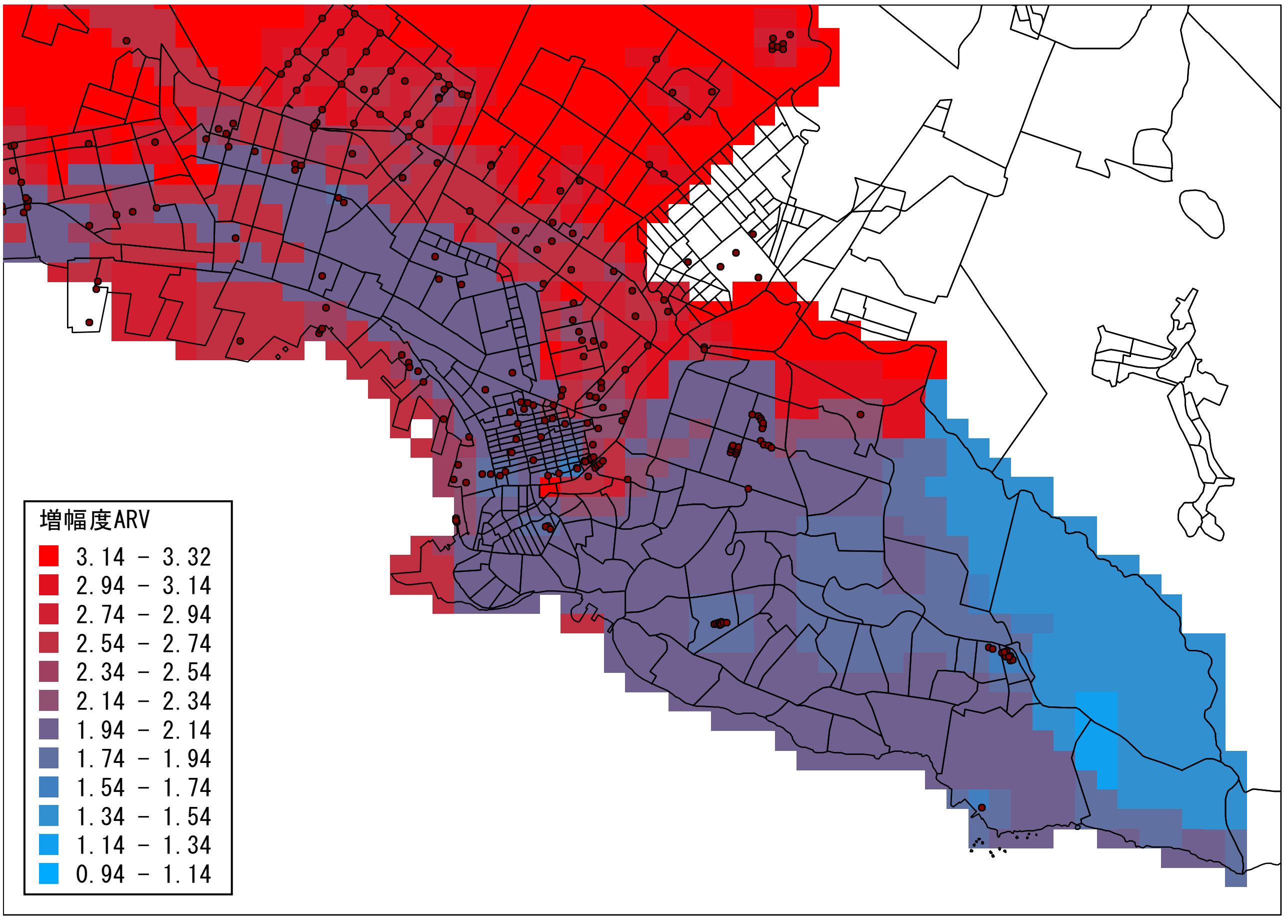


図 1-1-7　地盤増幅度の例

④ 震度・最大速度を算出

工学的基盤面速度に増幅度 ARV を乗じて地表面最大速度 PGV(m/sec)を計算する。次に地表面最大速度 PGV(m/sec)から藤本・翠川(2005)[7)]による計測震度と表面における最大速度の関係式である式(1-1-7)により震度を計算する。

$$\left.\begin{array}{ll} I = 2.165 + 2.262 \cdot \log_{10}(PGV) & (I<4) \\ I = 2.002 + 2.603 \cdot \log_{10}(PGV) - 0.213 \log_{10}(PGV)^2 & (I \geqq 4) \end{array}\right\} \quad (1\text{-}1\text{-}7)$$

I　：計測震度

PGV：地表面における最大速度 (cm/sec)

【2-1(1) 地震動の想定の参考文献】

1) 北海道防災会議・地震火山対策部会地震対策専門委員会・想定地震見直しに係るワーキンググループ:検討報告書、2011.3.

2) 独立行政法人 防災科学技術研究所 地震ハザードステーション(J-SHIS)ホームページ、http://www.j-shis.bosai.go.jp/

3) Sugito,M., Furumoto,Y., and Sugiyama,T., Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra, 12th World Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM, Auckland, New Zealand, January 2000.

4) 内閣府(防災担当):地震防災マップ作成技術資料、2005.3.

5) 藤本一雄・翠川三郎：近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均Ｓ波速度の関係、日本地震工学会論文集 第６巻、第１号、2006.

6) 若松加寿江・松岡昌志：地形・地盤分類 250m メッシュマップ全国版の構築、日本地震工学会大会－2008 梗概集、pp.222-223、2008.11.

7) 藤本一雄,翠川三郎:近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法,地域安全学会論文集,Vol.7, P241-246,2005.11.

(2) 液状化危険度

1) 検討の流れ

液状化発生の予測には、地盤の硬さを示す指標であるＮ値や土質情報を用いたF_L法・P_L法などが利用されている。しかし、これらの方法は詳細な地盤調査データが必要となるため、広域な評価単位を対象とした液状化予測には必ずしも適しているといえない。

松岡・若松・橋本(2011)[1)]は 250mメッシュの地形・地盤分類から液状化危険度を推定する手法を提案している。これは最近の９地震（2003 年十勝沖地震を含む、2000 年鳥取県中部地震から 2008 年岩手宮城内陸地震までの９地震）液状化の発生状況から、微地形区分ごとに震度と液状化発生確率との関係を推定したものである。

ここでは、地震動と同じ 250mメッシュの地形・地盤分類データを活用でき、北海道の過去の液状化発生状況（2003 年十勝沖地震）を含んで推計されている、松岡・若松・橋本(2011）による手法を用いて、250mメッシュ単位の液状化危険度（液状化発生確率）を計算することとする。

図 1-2-1 に液状化危険度の算定の流れを示す。

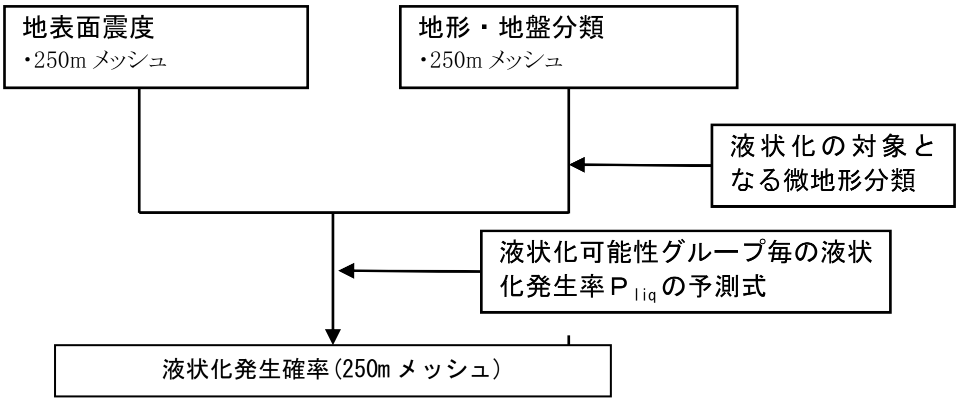


図 1-2-1　液状化危険度の算定の流れ

2) 評価手法

① 液状化の対象となる地形・地盤分類

対象となる地形・地盤分類と松岡・若松・橋本(2011)によるグループ分類を表 1-2-1 に示す。液状化発生確率の判定対象とする地形・地盤分類は、液状化発生確率の非常に低い山地・台地（山地、山麓地、丘陵、火山地、火山山麓地、火山性丘陵、岩石台地、ローム台地など group5）を除いた 250m メッシュ(group1～4)を対象とする。

表 1-2-1　グループと地形・地盤分類

グループ	微地形分類					
group1	NTL 自然堤防	LSD 砂丘末端緩斜面	LDB 砂丘間低地	ARC 旧河道	REC 干拓地	FLL 埋立地
group2	ALF 扇状地（>=1/100）	AFS 扇状地（<1/100）	BAR 砂州・砂礫州			
group3	BKM 後背湿地	DEL 三角州・海岸低地	DUN 砂丘			
group4	VBP 谷底低地（>=1/100）	VPS 谷底低地（<1/100）	GVT 砂礫質台地			
group5	上記以外					

② 液状化可能性グループ毎の液状化発生確率の予測

液状化可能性グループ毎の液状化発生率 P_{liq} の予測式を式(1-2-1)に示す。また、震度と液状化発生確率との関係を図 1-2-2 に示す。

$$P_{liq}(I) = \Phi[(I-u)/\sigma] \quad \text{———————} (1\text{-}2\text{-}1)$$

表 1-2-2　液状化発生確率の予測式のパラメータ

グループ	平均値 μ	標準偏差 σ
group1	6.96	0.761
group2	7.16	0.773
group3	7.906	0.933
group4	7.231	0.628

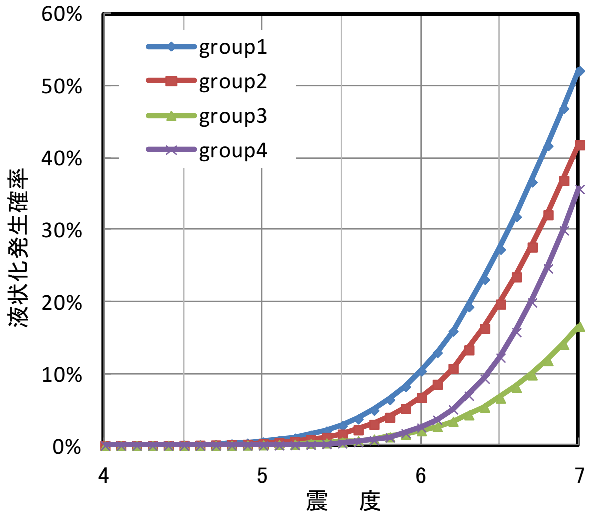


図 1-2-2　震度と液状化発生確率との関係

【2-1(2)液状化危険度の想定の参考文献】

1）松岡昌志、若松加寿江、橋本光史：地形・地盤分類 250mメッシュマップに基づく液状化危険度の推定手法、日本地震工学会論文集、第１１巻、第２号、2011.

(3) 急傾斜地崩壊危険度

1) 検討の流れ

① 使用するデータの概要

地盤崩壊危険性の予測は、北海道が指定する急傾斜地崩壊危険箇所を対象として、崩壊危険性の予測を行う。

急傾斜地崩壊危険箇所は、Ⅰ～Ⅲの分類に分かれている。地盤崩壊危険性の予測は、分類Ⅰ～Ⅲのうち特に人家に影響のある地域として、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表（北海道建設部土木局河川砂防課）[1]が整備されているⅠ及びⅡの箇所を対象とする。急傾斜地崩壊危険箇所の分類と被害想定対象を表 1-3-1 に示す。

表 1-3-1　急傾斜地崩壊危険箇所の分類

分　　類	説　　明	箇所数	崩壊危険度想定対象
急傾斜地崩壊危険箇所Ⅰ	被害想定区域内に人家が５戸以上等（５戸未満であっても官公署、学校、病院、社会福祉施設等の災害弱者関連施設等のある場合を含む）ある箇所。	3,158	○
急傾斜地崩壊危険箇所Ⅱ	被害想定区域内に人家が１～４戸ある箇所。	2,428	○
急傾斜地崩壊危険箇所に準ずる斜面Ⅲ	被害想定区域内に人家がない場合でも、都市計画区域内であること等一定の要件を満たし、住宅等が新規に立地する可能性があると考えられる箇所。	880	×

※分類Ⅰで4箇所、分類Ⅱで2箇所において、二次判定結果が不明のため計算対象外となる。

② 検討の流れ

急傾斜地崩壊危険箇所の地震時崩壊危険度評価は、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表を活用し、急傾斜地の状態及び対策工の有無を踏まえ、震度分布と重ね合わせることにより評価する。

検討の流れを図 1-3-1 に示す。

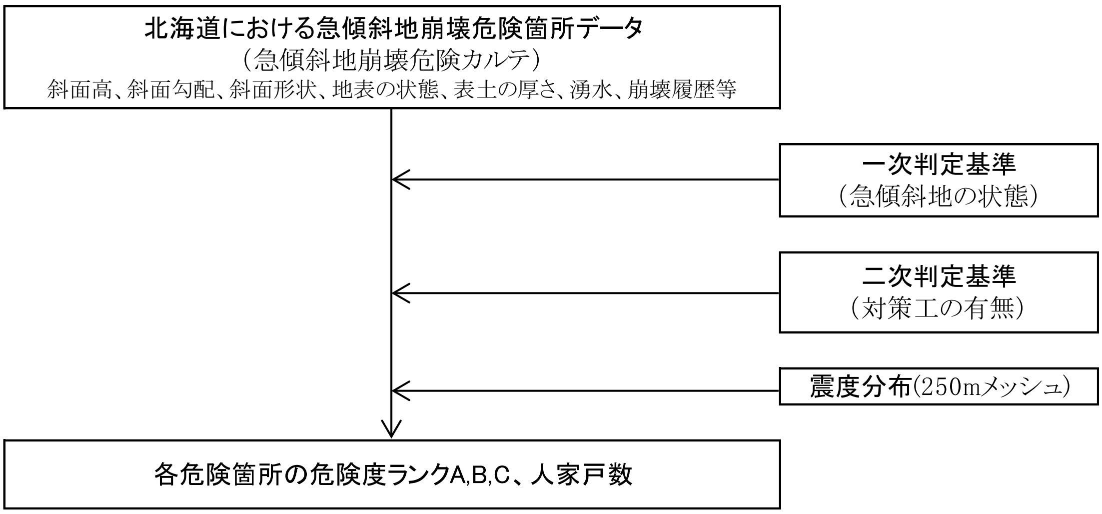


図 1-3-1　検討の流れ

2) **評価手法**

評価手法は、一般的に自治体で用いられている、日本道路協会道路震災対策委員会(1986)[2)]による法面・斜面耐震判定方法を採用する。

急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表を活用し、急傾斜地崩壊危険箇所を崩壊危険度 A、B、C に判定する。地震による急傾斜地の崩壊危険度の考え方を表 1-3-2 に示す。

表 1-3-2　地震による急傾斜地の崩壊危険度の考え方

崩壊危険度	評　価
A	崩壊の可能性が高い
B	崩壊の可能性がある
C	崩壊の可能性が低い

判定は三段階で行う。一次判定では、表 1-3-3 に示す 7 項目について判定基準を定め、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表との照合から採点を行い、点数の合計により一次判定ランク a、b、c を決定する。

表 1-3-3　斜面崩壊危険度判定基準（一次判定）

項　目	小項目名	点数
斜面高	50m 以上	10
	30～50m	8
	10～30m	7
	10m 未満	3
斜面勾配	60°以上	7
	45～60°	4
	45°未満	1
オーバーハング 遷急線 縦断形状	オーバーハングあり、遷急線が非常に明瞭	7
	遷急線が明瞭、凸型斜面	4
	遷急線は不明瞭、直線型、凹型斜面	0
地表の状態	亀裂が発達、開講しており転石・浮石が点在する	10
	風化、亀裂が発達した岩である	6
	礫混じり砂、砂質土	5
	粘性土	1
	風化、亀裂が発達していない岩	0
表土の厚さ	0.5m 以上	3
	0.5m 未満	0
湧水	有	2
	無	1
崩壊履歴	当該斜面に新しい崩壊地あり	5
	当該斜面に古い崩壊地あり	3
	崩壊地は認められない	0

第一次判定ランク	合計点数 24 以上	a
	合計点数 14～23	b
	合計点数 13 以下	c

二次評価では、表 1-3-4 に基づき、当該箇所に対する対策工の実施状況を加味して二次判定ランク a’、b’、c’を決定する。

表 1-3-4　斜面崩壊危険度判定基準（二次判定）

二次判定基準	一次判定ランク		
	a	b	c
対策工なし、未完成	a’	b’	c’
対策工既成	c’	c’	c’

最後に、当該崩壊箇所に震度分布を重ね合わせ、表 1-3-5 に基づき地震時の斜面崩壊危険度判定Ａ、Ｂ、Ｃを決定する。なお、急傾斜地の範囲が複数の震度メッシュに該当する場合は、その最大値を用いる。また海岸付近などで震度が計算されていない場合は直近のメッシュの震度を用いることとする。

表 1-3-5　地震時の斜面崩壊危険度

二次判定ランク	震度階級				
	～4	5弱	5強	6弱	6強～
a’	C	B	A	A	A
b’	C	C	B	A	A
c’	C	C	C	B	B

【2-1(3)急傾斜地被害の想定の参考文献】

1) 北海道建設部土木局河川砂防課：急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表 1012.

2) 日本道路協会道路震災対策委員会：道路の震災対策に関する調査報告－道路構造物の耐震調査及び震災対策後方に関する研究－，1986.

(4) 建物被害（揺れ、液状化、急傾斜地）

1) 揺れによる建物被害

① 検討の流れ

揺れによる建物被害は、木造建物・非木造建物の全壊棟数及び全半壊棟数について算定する。

算定方法としては、建物の応答解析に基づいて被害を算定する手法と、過去の地震の被害結果に基づく震度と建物被害率の関係から評価する経験的な手法の２つに分けられる。後者の経験的な手法が比較的簡便で多くの自治体で用いられている。また岡田・高井(2004)[1)]は、個別の住宅を対象として診断値と震度とから損傷度を確定的に計算する手法を提案している。これは、木造住宅の耐震精密診断(建築防災協会、1995)による総合評点(Is 値)を指標に、震度、PGV を説明変数として、被害の程度（損傷度 Damage Index）を評価する手法である。被害想定を実施する地域の耐震診断結果の分布があれば、被害の地域性を考慮することが可能である。

本被害想定では、木造建物の被害評価手法として、岡田・高井の損傷度評価手法の考え方を採用し、北海道の木造住宅の耐震診断結果の地域分布を適用することで、北海道の地域性を考慮した被害の評価を行う[2)]。また、積雪荷重を考慮した耐震診断結果と考慮しない場合の診断結果とを適用することで、冬（積雪期）と冬以外（無積雪期）の被害想定を行う。なお、木造非住家の被害評価手法にも木造住家と同様の手法を適用する。

非木造建物の被害評価手法として、中央防災会議(2006)の経験的な手法[3)]を適用する。

図 1-4-1 に建築物被害の算定の流れを示す。

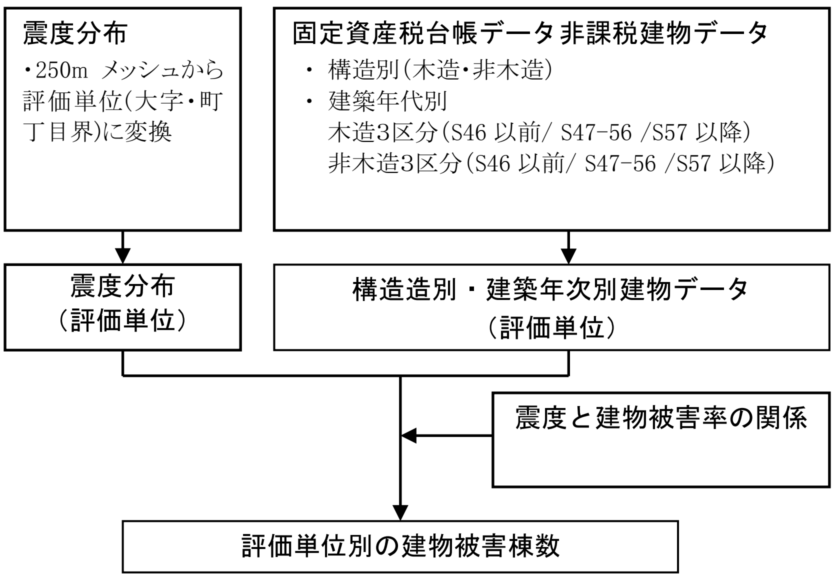


図 1-4-1　揺れによる建物被害の算定の流れ

② 被害想定手法

a. 建物データの構築

市町村から収集した用途別（住家、非住家)、構造別（木造、非木造)、年代別（被害計算方法に合わせた年代区分）の建物データを利用する。収集調査年の1月時点の固定資産税台帳の建物を基本とし、可能な範囲で非課税建物を含め、評価単位毎の集計を市町村に依頼して入手したものである。

建物データの集計単位は、「GISMAP 町丁目・大字界（北海道地図株式会社、平成24年)」をベースに、市町村から収集した境界地図をもとに修正した大字・町丁目界を評価単位として用いる。

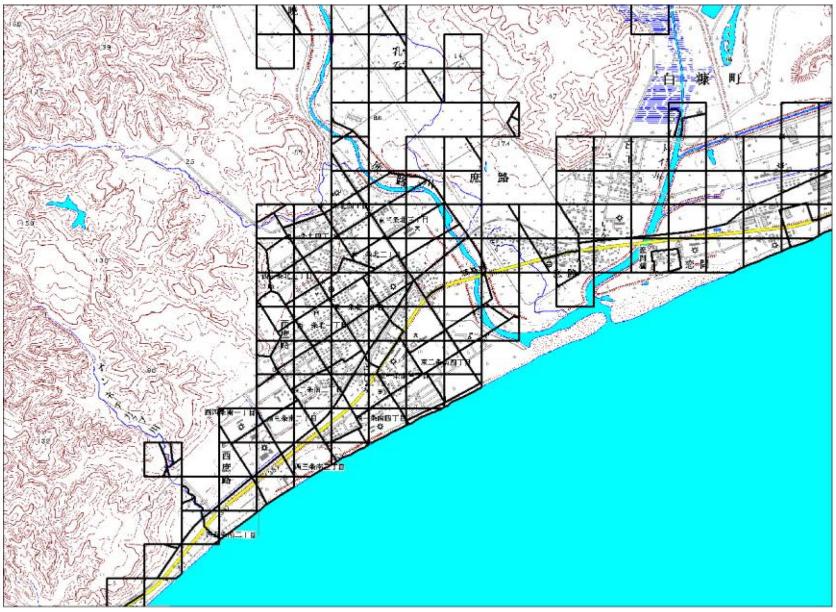
表 1-4-1　建物データ（棟）

振興局	住家木造棟数	住家非木造棟数	非住家木造棟数	非住家非木造棟数	建物
空知	103,805	13,195	18,996	26,363	162,359
石狩	426,891	61,244	19,410	56,672	564,217
後志	85,247	8,062	13,302	12,320	118,931
胆振	122,733	11,711	9,806	17,585	161,835
日高	27,922	2,742	14,700	9,524	54,888
渡島	135,920	9,727	26,059	16,559	188,265
檜山	16,844	880	7,779	3,602	29,105
上川	160,727	13,819	21,936	27,577	224,059
留萌	21,253	1,442	5,002	3,902	31,599
宗谷	24,785	1,994	5,205	5,134	37,118
オホーツク	102,703	9,165	14,333	26,406	152,607
十勝	111,237	11,746	22,075	30,538	175,596
釧路	77,773	5,133	10,388	13,123	106,417
根室	27,729	2,600	5,164	13,887	49,380
計	1,445,569	153,460	194,155	263,192	2,056,376

b. **大字・町丁目界の代表震度**

建物被害は、集計した大字・町丁目別に計算する。この際、被害計算には、大字・町丁目別の代表震度が必要となる。このため、250mメッシュ単位で計算された震度を大字・町丁目別に変換する必要がある。変換の方法は以下のとおりである。

国土地理院発行の数値地図 25000（地図画像）を背景として、建物の凡例を含む 250mメッシュを抽出する（図 1-4-2）。抽出されたメッシュを大字・町丁目界で分割する。分割されたメッシュごとの震度を基に、大字・町丁目界毎に面積を重み付けにした平均を計算し、大字・町丁目界の代表震度とする。



国土地理院発行の数値地図 25000（地図画像）「釧路」

図 1-4-2　建物のあるメッシュの同定

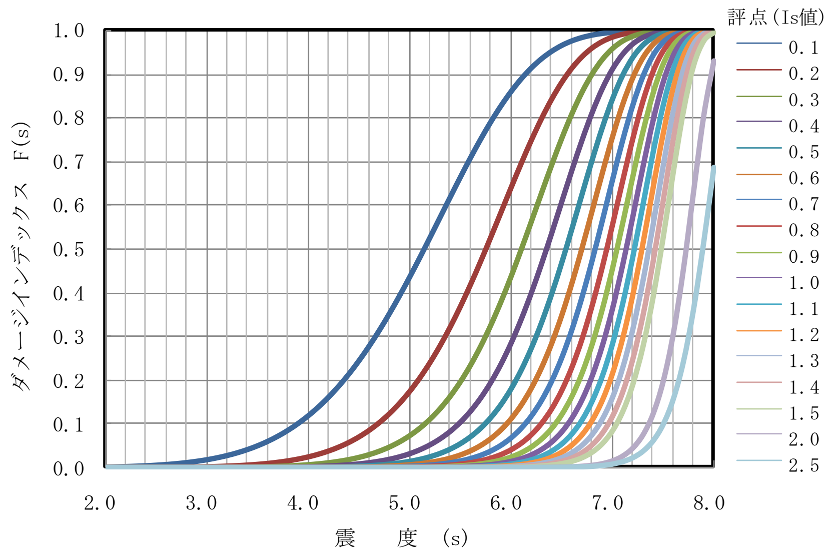
c. 木造建物被害の予測手法

ｉ. 一般診断法(2004)の診断結果を指標とした損傷度関数

岡田・高井の損傷度関数[1]は、耐震精密診断((財)日本建築防災協会,1995)による耐震診断結果（上部構造評点＝耐震診断によって計算される耐震性能を表す数値。以下、「評点」という)を指標としている。2004 年に改訂された(財)日本建築防災協会の一般診断法による耐震診断結果(評点)を利用するため、日本木造住宅耐震補強事業者協同組合（以下、「木耐協」という）が平成 17〜20 年に行った一般診断法による耐震診断結果(評点)をもとに、損傷度関数を作成した[2]。図 1-4-3 に示す。

$$F(s) = 1 - \exp(-s/\eta)^{m}$$

$F(s)$ ：損傷度
s　：地震動強さ(気象庁震度)
m，η ：Is 値によって定まる値



Is_wd	m	η
0. 1	6. 77	5. 43
0. 2	9. 19	5. 98
0. 3	11. 12	6. 31
0. 4	12. 85	6. 53
0. 5	14. 49	6. 71
0. 6	16. 10	6. 85
0. 7	17. 68	6. 97
0. 8	19. 28	7. 08
0. 9	20. 88	7. 17
1. 0	22. 52	7. 25
1. 1	24. 18	7. 33
1. 2	25. 87	7. 39
1. 3	27. 58	7. 46
1. 4	29. 31	7. 52
1. 5	31. 04	7. 57
2. 0	38. 59	7. 80
2. 5	37. 41	7. 97

図 1-4-3　一般診断法の診断結果(評点)を指標とした損傷度関数

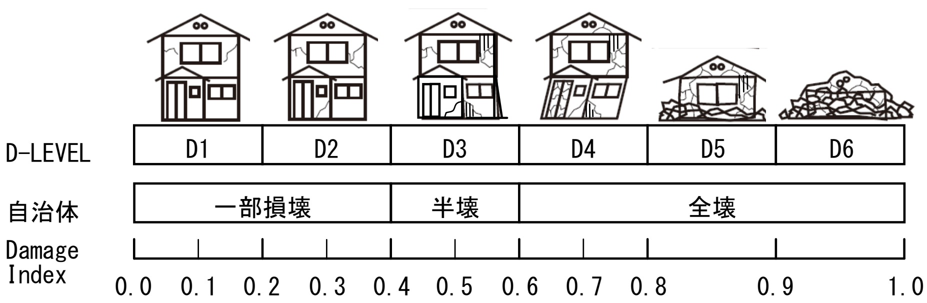


図 1-4-4　破壊パターンとダメージレベルと損傷度[4]

ⅱ．冬以外の木造建物被害の予測手法

北海道が行った木造住家の耐震診断結果(評点)※1を基に、積雪荷重がない場合の建築年代別の耐震診断結果(評点)の統計分布を推定した。結果を図 1-4-5 に示す。

地域における被害レベルごとの震度と被害率との関係は、道内の木造住家の年代別の耐震診断結果(評点)が一様に分布していると仮定し、一般診断法の耐震診断結果(評点)を指標とした損傷度関数から計算した[2)]。

なお、診断結果件数が少ない 1971 年以前の診断結果の分布について、件数の少なさによる偏りを補正するため、全国の耐震診断結果※2を用いてベイズ更新を行うことによって分布を見直した。

結果を図 1-4-6 に示す。

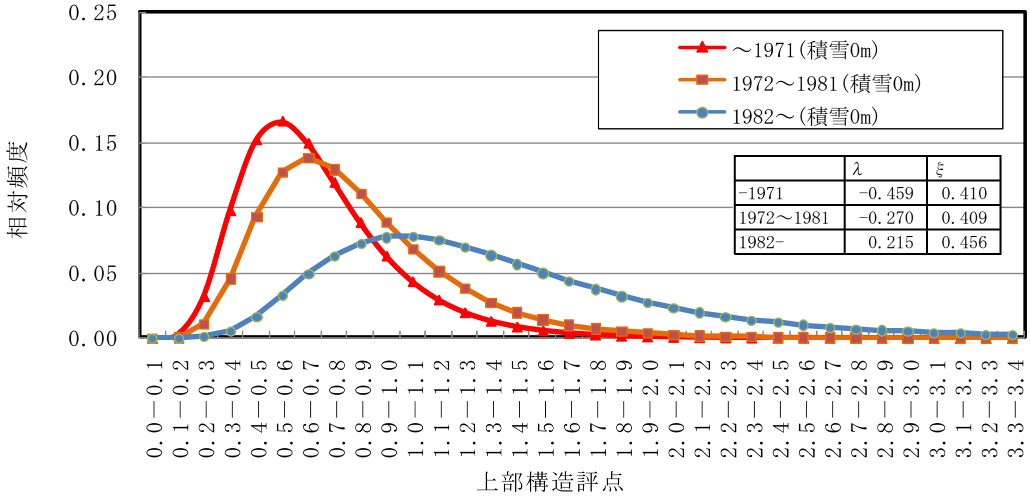
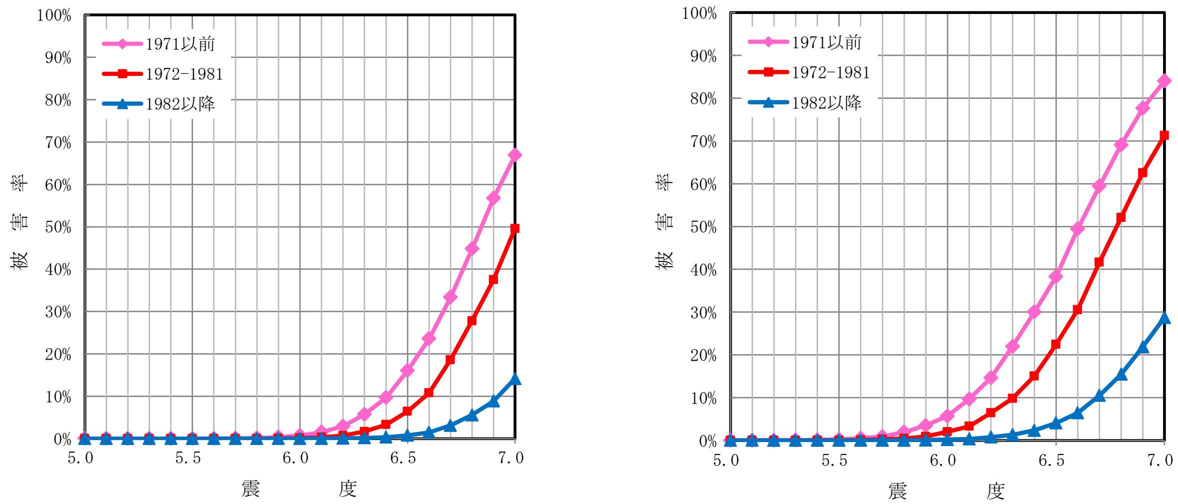


図 1-4-5　建築年代別の耐震診断結果(評点)の分布



a）建築年代別の震度と全壊率との関係　　　b）建築年代別の震度と全半壊率との関係

図 1-4-6　年代別の震度と被害率との関係

※1　北海道建設部住宅局建築指導課が、一般居住者を対象に実施した木造住宅の無料耐震診断のうち、平成 18 年から 21 年までの診断結果 433 件を利用した。

※2　日本木造住宅耐震補強事業者協同組合（木耐協）が、全国を対象に実施した一般診断結果

ⅲ．冬の場合の木造建物被害の予測手法

木造住宅の耐震診断の場合、多雪区域では積雪時の地震を考慮し、積雪荷重による必要耐力を加算し診断する。このことから冬の場合、多雪区域（垂直積雪量 1.0m 以上の地域）※1については、北海道が行った木造住家の耐震診断結果(評点)に基づく垂直積雪量を考慮した評点を基に木造建物被害の予測手法を構築する。

垂直積雪量1.0m以上地域の建築年代別の耐震診断結果(評点)の分布を推定した結果を図1-4-7に示す。地域における被害レベルごとの震度と被害率との関係は、道内の木造住家の年代別の耐震診断結果(評点)が一様に分布していると仮定し、一般診断法の耐震診断結果(評点)を指標とした損傷度関数から計算した。なお、1971 年以前の診断結果の分布について、冬以外の場合と同様に、全国の耐震診断結果を用いてベイズ更新を行い分布を見直した。結果を図 1-4-8 に示す。

垂直積雪量 1.0m 未満地域は､積雪荷重のない場合の年代別の耐震診断結果(評点)の分布と同等とし､図 1-4-6 の年代別の震度と全壊率との関係を適用する。

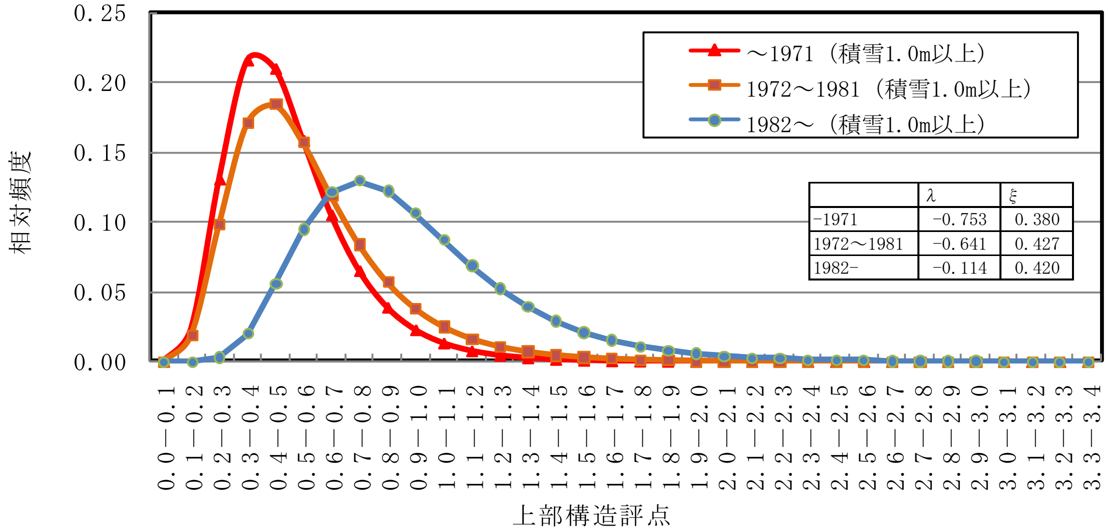
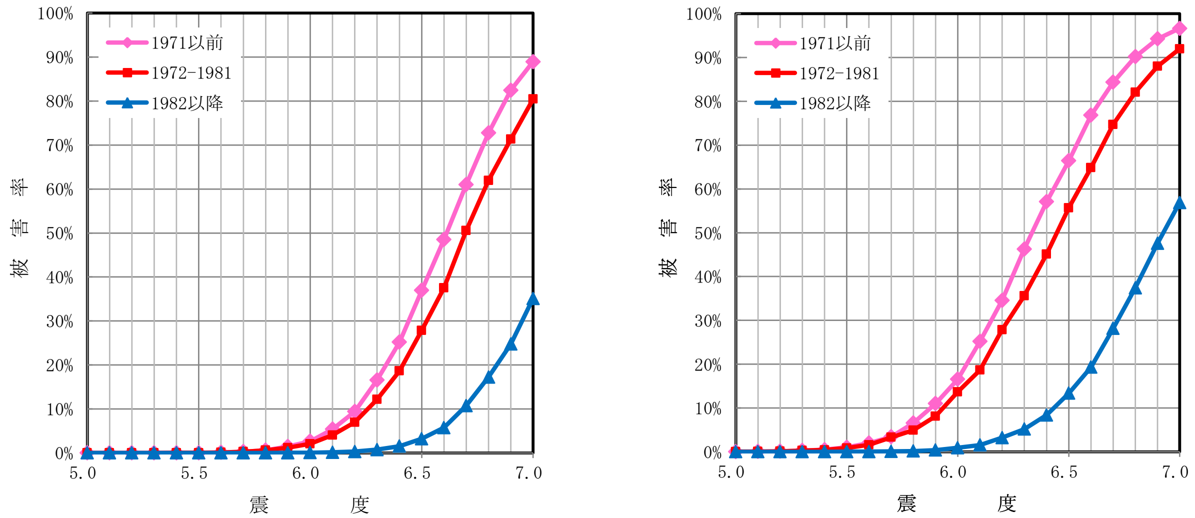


図 1-4-7　建築年代別の耐震診断結果(評点)の分布
（垂直積雪量 1.0m 以上地域）



a）建築年代別の震度と全壊率との関係　　b）建築年代別の震度と全半壊率との関係

図 1-4-8　年代別の震度と被害率との関係（垂直積雪量 1.0m 以上地域）

〈参考〉木造建物の震度と被害率との関係

前出の条件を基に計算した、木造建物の震度と被害率との関係について参考に掲載する。

〈被害棟数の算定式〉

全壊棟数　＝（各年代別の木造建物棟数 × 震度による全壊被害率） 全半壊棟数 ＝（各年代別の木造建物棟数 × 震度による全半壊被害率） 半壊棟数 ＝ 全半壊棟数 － 全壊棟数

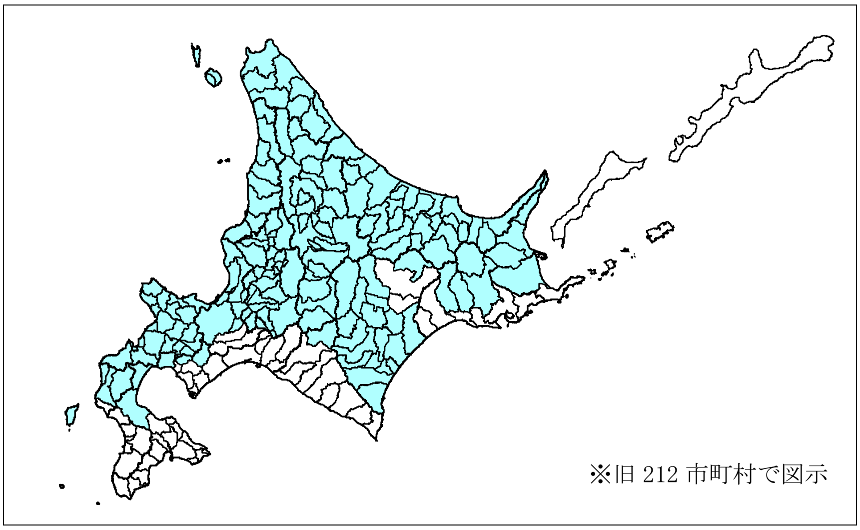
木造建物の震度と被害率の関係（冬以外）

震度	全壊被害率			全半壊被害率		
	1971以前	1972-1981	1982以降	1971以前	1972-1981	1982以降
5.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.4	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
5.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
5.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.1%	0.0%
5.7	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.2%	0.0%
5.8	0.1%	0.0%	0.0%	1.9%	0.4%	0.0%
5.9	0.4%	0.1%	0.0%	3.5%	0.9%	0.1%
6.0	0.7%	0.1%	0.0%	5.7%	2.0%	0.2%
6.1	1.5%	0.3%	0.0%	9.7%	3.3%	0.3%
6.2	2.9%	0.7%	0.1%	14.6%	6.4%	0.8%
6.3	5.7%	1.7%	0.1%	22.0%	9.8%	1.3%
6.4	9.7%	3.3%	0.3%	30.0%	15.0%	2.3%
6.5	16.0%	6.4%	0.8%	38.3%	22.4%	4.1%
6.6	23.5%	10.8%	1.5%	49.4%	30.6%	6.4%
6.7	33.3%	18.6%	3.1%	59.4%	41.6%	10.5%
6.8	44.8%	27.8%	5.6%	69.1%	52.1%	15.5%
6.9	56.7%	37.5%	8.8%	77.7%	62.6%	21.8%
7.0	66.9%	49.6%	14.1%	84.0%	71.3%	28.7%

木造建物の震度と被害率の関係（冬の場合）

震度	全壊被害率			全半壊被害率		
	1971以前	1972-1981	1982以降	1971以前	1972-1981	1982以降
5.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
5.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
5.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%
5.4	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.4%	0.0%
5.5	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.8%	0.0%
5.6	0.1%	0.1%	0.0%	2.0%	1.6%	0.0%
5.7	0.3%	0.3%	0.0%	3.4%	3.3%	0.1%
5.8	0.6%	0.6%	0.0%	6.6%	4.9%	0.2%
5.9	1.4%	1.2%	0.0%	11.0%	8.1%	0.4%
6.0	2.6%	2.0%	0.0%	16.5%	13.7%	0.9%
6.1	5.4%	4.0%	0.1%	25.2%	18.6%	1.5%
6.2	9.4%	6.9%	0.3%	34.6%	27.9%	3.2%
6.3	16.5%	12.2%	0.7%	46.3%	35.6%	5.2%
6.4	25.2%	18.6%	1.5%	57.1%	45.1%	8.4%
6.5	36.9%	27.9%	3.2%	66.4%	55.7%	13.4%
6.6	48.5%	37.5%	5.7%	76.8%	64.8%	19.3%
6.7	61.0%	50.6%	10.7%	84.4%	74.7%	28.2%
6.8	72.8%	62.0%	17.2%	90.2%	82.1%	37.4%
6.9	82.5%	71.3%	24.7%	94.3%	88.0%	47.6%
7.0	89.0%	80.4%	35.1%	96.7%	92.0%	56.9%

※1　建築基準法施行細則第17条第1項で規定される建築基準法施行細則第17条第1項で規定する多雪区域（垂直積雪量100センチメート以上の区域）



〈参考〉　建築基準法施行細則第17条第1項で規定される多雪区域
（垂直積雪量100センチメート以上の区域）

ⅳ. 非木造建物被害の予測手法

中央防災会議の経験的な手法は、評価単位毎に算定された震度を基にして構造別・建築年代別の被害率を求め、評価単位毎の構造別・建築年代別の棟数に掛け合わせ合算することで算定される。

以下に被害棟数の算定式と震度と被害率の関係を示す。

〈被害棟数の算定式〉

全壊棟数　＝（各年代別の非木造建物棟数 × 震度による全壊被害率）
全半壊棟数 ＝（各年代別の非木造建物棟数 × 震度による全半壊被害率）
半壊棟数 ＝ 全半壊棟数 － 全壊棟数

表 1-4-2　非木造建物の震度と被害率の関係

震度	全壊被害率			全半壊被害率		
	1971以前	1972-1981	1982以降	1971以前	1972-1981	1982以降
5.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%
5.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%	0.0%
5.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.4%	0.1%
5.3	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.7%	0.1%
5.4	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	1.1%	0.2%
5.5	0.2%	0.2%	0.0%	2.5%	1.8%	0.3%
5.6	0.4%	0.4%	0.1%	3.7%	2.7%	0.6%
5.7	0.7%	0.6%	0.1%	5.5%	4.0%	0.9%
5.8	1.2%	1.0%	0.2%	7.8%	5.8%	1.4%
5.9	2.0%	1.7%	0.4%	10.8%	8.2%	2.1%
6.0	3.1%	2.6%	0.6%	14.6%	11.2%	3.1%
6.1	4.8%	3.9%	1.0%	19.1%	15.0%	4.5%
6.2	7.2%	5.8%	1.5%	24.5%	19.6%	6.4%
6.3	10.4%	8.2%	2.3%	30.5%	24.9%	8.8%
6.4	14.5%	11.4%	3.3%	37.2%	30.9%	11.8%
6.5	19.5%	15.4%	4.8%	44.2%	37.4%	15.5%
6.6	25.5%	20.2%	6.7%	51.5%	44.3%	19.8%
6.7	32.3%	25.8%	9.1%	58.6%	51.4%	24.9%
6.8	39.7%	32.2%	12.2%	65.5%	58.5%	30.6%
6.9	47.6%	39.1%	15.9%	72.0%	65.3%	36.7%
7.0	55.6%	46.3%	20.2%	77.7%	71.6%	43.3%

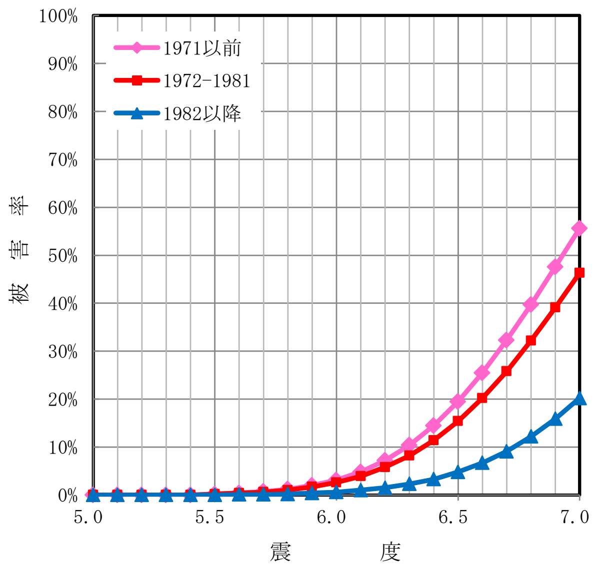


図 1-4-9　震度と非木造全壊率との関係

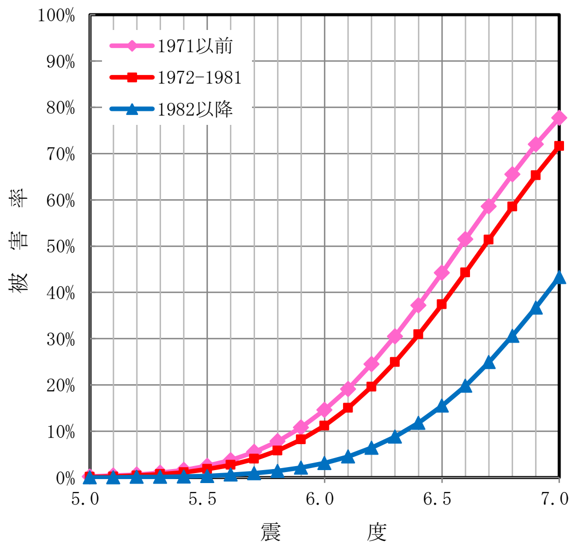


図 1-4-10　震度と非木造全半壊率との関係

2） 液状化による建物被害

① 検討の流れ

液状化危険度の想定では、一般的に自治体で利用されている、計算した液状化発生確率と収集した建物データから、過去の地震における液状化による建物被害率を用いて、全壊棟数および半壊棟数を計算する方法を用いる。液状化による建物被害の算定の流れを図 1-4-11 に示す。

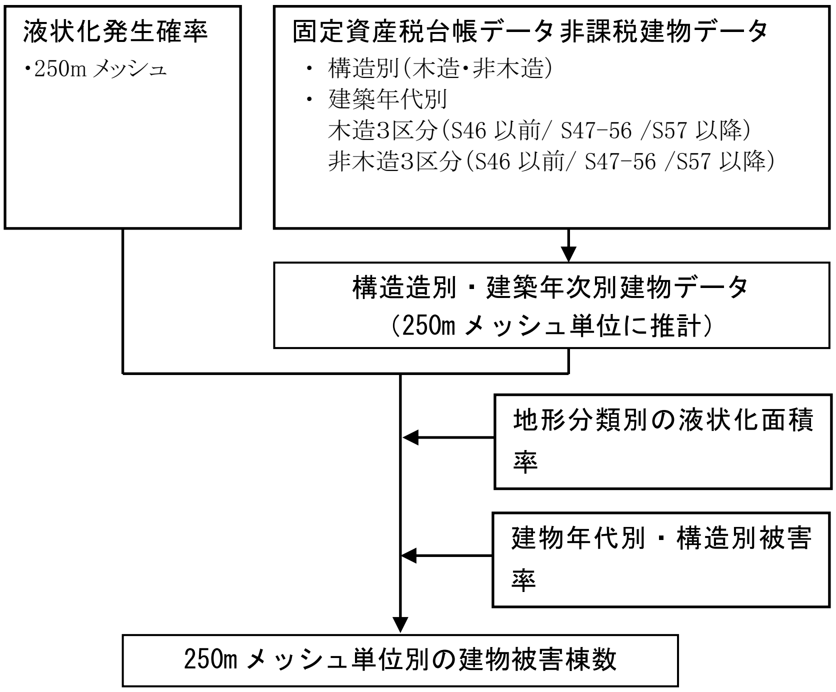


図 1-4-11　液状化による建物被害の算定の流れ

② 被害想定手法

液状化による被害計算式を次式に示す。液状化面積率については、1983 年日本海中部地震および 2004 年新潟県中越地震に加え、過去の地震の液状化面積率を参考に損害保険料率算出機構[5)]がまとめた表 1-4-3 を利用する。液状化面積率が整理されていない砂礫質台地については、松岡・若松・橋本(2011)の液状化危険度予測式で砂礫が広く堆積する同じグループとされている谷底低地と同じ液状化面積率とする。

液状化による建物被害率について、中央防災会議(2006)では半壊率が示されていない。ここでは、中央防災会議(2006)のもととなった静岡県(2001)・愛知県(2003)の手法を参照して、液状化発生地域内の全壊率・半壊率を設定した埼玉県(2007)[6)]による被害率を用いる。

木造の被害率については静岡県(2001)の大破・中破率を、東京都(2006)を参考にして、全壊・半壊の 7 割程度と仮定して、全壊率・半壊率が設定されている。非木造の被害率については愛知県(2003) の大破・中破率を、東京都(2006)を参考にして、非木造の場合は全壊・半壊と同等と設定されている。建物種別と液状化による建物被害率を表 1-4-4 に示す。

非木造建物の杭の有無別の建物棟数については、東京都(2006)を参考にして、4F以上の建物及び、1972 年以降の 1～3F の建物の 20%を杭ありと推計する。

〈被害棟数の算定式〉

被害棟数 ＝ (液状化発生確率)×(液状化面積率)×(建物被害率)×(各年代・杭の有無別の建物棟数)

表 1-4-3　液状化面積率

微地形分類	液状化面積率
扇状地型谷底低地	3%
デルタ型谷底低地	3%
急勾配扇状地	1%
緩勾配扇状地	1%
自然堤防	10%
後背湿地	3%
旧河道	25%
三角州・海岸低地	2%
砂州・砂礫州	5%
砂丘間低地	5%
砂丘	5%
埋立地	20%

表 1-4-4　　建物種別と液状化による建物被害率

区分	木造		非木造	
	35 年以前	36 年以降	杭なし	杭あり※
全壊率	19.0%	13.7%	23.0%	0.0%
半壊率	18.4%	25.7%	30.0%	0.0%

※ 杭あり：4F 以上の建物及び S47 以降の 1～3F の建物の 20%

3) 急傾斜地崩壊による建物被害の想定

① 検討の流れ

急傾斜地崩壊による建築物被害は、「(3)急傾斜地崩壊危険度」によって判定した斜面崩壊危険度判定ランク及び、急傾斜地崩壊危険箇所現地調査表で把握されている影響人家戸数を使用し、棟数[7)]換算して危険度ランク別崩壊確率及び震度別人家被害率を掛け合わせることで被害住家棟数を推計する。

検討の流れを図 1-4-12 に示す。

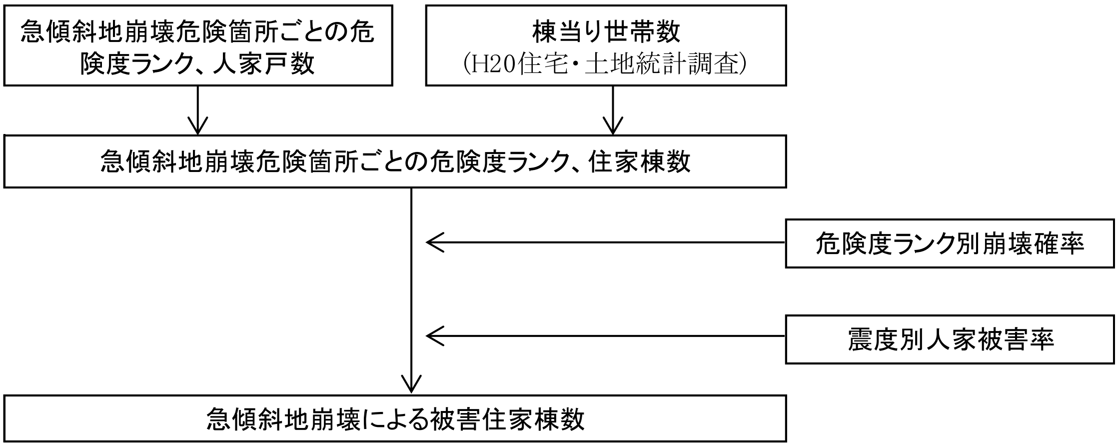


図 1-4-12　検討の流れ

② 被害想定手法

評価手法は、危険度箇所内の人家棟数に、危険度ランク別崩壊確率及び震度分布に基づく震度別人家被害率を乗じて算出する鳥取県(2005)[8)]の手法を用いる。

急傾斜地崩壊による住家被害棟数＝危険度箇所内の影響住家棟数
×危険度ランク別崩壊確率（表 1-4-5）×震度別人家被害率（表 1-4-6）

鳥取県(2005)では、宮城県沖地震(1978)での被害事例を参考に危険度ランク別崩壊確率を設定している（表 1-4-5 参照)。また、震度別人家被害率を、宮城県沖地震(1978)と伊豆大島近海地震(1978)での被害事例を参考に設定している（表 1-4-6 参照)。

表 1-4-5　危険度ランク別崩壊確率

危険度ランク	崩壊率
A（崩壊の可能性が高い）	59%
B（崩壊の可能性がある）	12%
C（崩壊の可能性が低い）	0%

表 1-4-6　震度別人家被害率

	震度階級					
	～4	5弱	5強	6弱	6強	7
全壊率	0.0%	2.5%	5.5%	8.0%	11.0%	14.0%
半壊率	0.0%	6.0%	13.0%	19.0%	26.0%	33.0%

【2-1(4)建物被害（揺れ、液状化、急傾斜地）の想定の参考文献】

1）岡田、高井：木造建築物の損傷度関数の提案と地震防災への適用－地震動入力を確定的に扱う場合－，日本建築学会構造系論文集第 582 号，2004.

2）竹内、岡田、戸松、南、石井：北海道の木造住宅の診断結果を考慮した建物被害予測手法の検討，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.83，2013.6.

3）中央防災会議・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会:第１７回日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定手法について，2006.1.

4）岡田、高井：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン,日本建築学会構造系論文集，524，pp.65-72,1999.

5）損害保険料率算出機構：微地形区分データを用いた広域の液状化発生予測手法に関する研究，地震保険研究１５，pp74，2008.6.

6）埼玉県：平成 19 年度埼玉県地震被害想定調査報告書，2007.

7）総務省統計局:住宅の建て方(4 区分)、構造(2 区分)、階数(4 区分)別むね数―市区町村，住宅・土地統計調査，2008

8）鳥取県：鳥取県地震防災調査研究報告書，2005.3.

(5) 火災被害

発生時刻および季節について、冬の早朝および夕方、夏の昼間を想定し、火災被害（出火件数、焼失棟数）を検討した。

1) 出火件数の検討の流れ

地震時に発生する全ての出火件数と家人、隣人、自主防災組織等の初期消火による効果を踏まえて、残りの組織的な消防力が必要とされる炎上出火件数を評価する。

本被害想定では、阪神・淡路大震災時の揺れによる建築物の倒壊と出火の関係に基づいた出火件数の評価手法である中央防災会議(2006) [1] の方法を用いる。

出火件数の算定の流れを図 1-5-1 に示す。

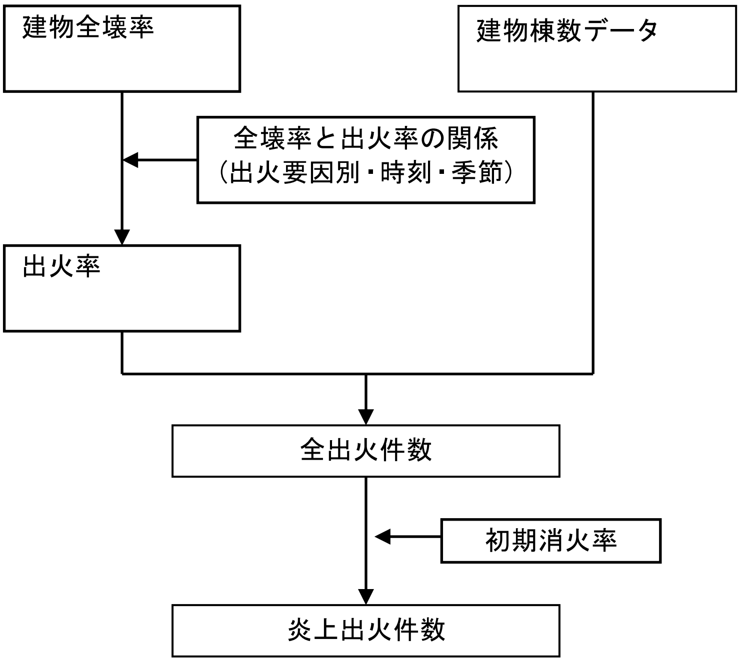


図1-5-1　出火件数の算定の流れ

※　全出火件数 ＝ 初期消火件数 ＋ 炎上出火件数

2) 出火件数の被害想定手法

全出火件数の算定手法を以下に示す。

〈全出火件数の算定式〉

全出火件数 ＝ 住家棟数 × 出火率

阪神・淡路大震災の建築物全壊と出火の関係に基づき標準出火率が設定される。

出火率 ＝ 要因別出火率 × 0.0011 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$ × 時刻係数 × 季節係数

住家からの出火を想定し、出火要因は一般火器具（ガス・コンロ・石油ストーブ等)、電熱器具（電気ストーブ・電気コンロ等)、電気機器・配線（電気製品、屋内配線）とする。一般火器具及び電熱器具は、季節や時間帯によって使用率に差が生じるため、時刻と季節を考慮する。出火要因別の出火率と時刻係数、北海道の季節係数を表 1-5-1 に示す。

表 1-5-1　要因別出火率と時刻係数、季節係数

出火要因	要因別出火率	時刻係数			季節係数（北海道）				
		5時	12時	18時	春	夏	秋	冬 18時	冬 5時
一般火器具	16.4%	1.0	5.5	12	2.29	0.14	2.29	3.01	3.33
電熱器具	32.7%								
電気機器・配線	32.6%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

出火率の算定式と表 1-5-1 から要因別の出火率は、

a) 一般火器具

出火率ａ ＝ R_1 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$

ただしR_1は、冬５時：0.00060、夏 12 時：0.00014、冬 18 時：0.00652

b) 電熱器具

出火率ｂ＝ R_2 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$

ただしR_2は、冬５時：0.00120、夏 12 時：0.00028、冬 18 時：0.01299

c) 電気機器・配線

出火率ｃ ＝ 0.00036 × (揺れによる建物全壊率)$^{0.73}$

以上から出火率は、各火災要因別の出火率を合計した値となる。全出火件数の算定手法を以下に示す。

出火率 ＝ 出火率ａ ＋ 出火率ｂ ＋ 出火率ｃ

炎上出火件数の算定手法を以下に示す。

〈炎上出火数の算定式〉

炎上出火件数 ＝（1 － 初期消火率）×（全出火件数）

表 1-5-2　初期消火率

震　度	初期火率
震度５弱～５強	78.6%
震度６弱～６強	51.8%
震度７	43.9%

3）焼失棟数の検討の流れ

延焼による火災被害（焼失棟数）の計算方法としては、市街地をメッシュ区画に分割して予測する手法や建物単体のデータを用いる手法がある。メッシュ区画に基づいた方法では、メッシュ内は均一な市街地として扱われ、大規模空地など延焼遮断効果が反映されにくい。また出火点の位置を仮定する必要があり、位置により被害数が変わる。

ここでは、建物の延焼限界距離や隣棟間隔など市街地の空間特性を考慮でき、出火点を仮定することなく市街地の焼失棟数の期待値を算出できる、建物単体データを用いた火災被害の計算方法として加藤ら(2006) の延焼クラスターに基づく焼失棟数の予測手法[2)]を用いる。加藤ら(2006) の手法は、中央防災会議(2012)や東京都(2012)、横浜市(2012)などで利用されている。

延焼クラスターとは、建物構造から延焼限界距離を求め、この距離内に連担する建物群を一体的に延焼する可能性があると見なしたものである。

図 1-5-2 に火災被害（焼失棟数）の検討の流れを示す。

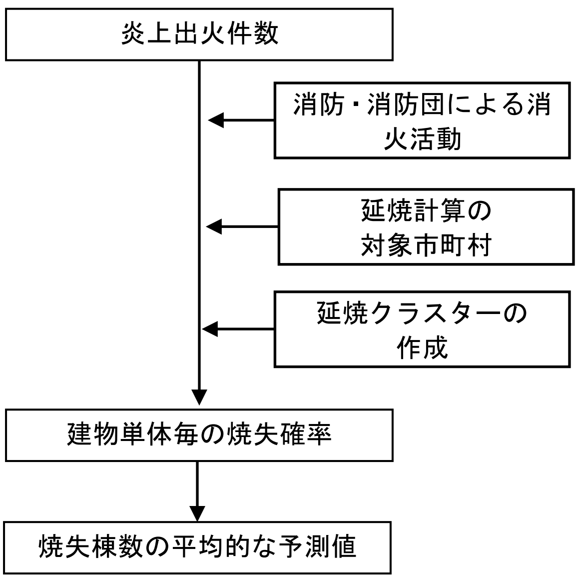


図 1-5-2　焼失棟数の検討の流れ

4) 焼失棟数の評価手法

① 消防運用（消火可能火災件数と残火災件数）

消防運用には、風向・風速や延焼速度から火面延長を求め、現有の消防力・拠点からの到達時間などから消火可能件数を計算する方法と、消防ポンプ自動車数・小型動力ポンプ数及び消防水利数などから経験的に消火可能件数を計算するマクロ式を利用する方法とがある。

ここでは全道の火災被害をマクロに捉える観点から、中央防災会議(2012)[3)]や愛知県(2003)[4)]、札幌市(2008)[5)]で利用されている現況の消防力と阪神・淡路大震災での消火実績等をもとにしたマクロ式を利用し、市町村単位の消火可能件数を算定する。

予測式を下記に示す。阪神・淡路大震災の事例（平均風速 3m/s）をもとに推計された式である。予測式は、発災１時間後に出動可能な場合の消防運用に該当する。

$$\text{消火可能火災件数} = 0.3 \times (\text{消防ポンプ自動車数}/2 + \text{小型動力ポンプ数}/4) \times \{1 - (1 - 3.14 \times 140^2 / \text{宅地面積(㎡)})^{\text{水利数}}\}$$

$$\text{残出火件数} = \text{炎上出火件数} - \text{消火可能火災件数}$$

消火可能件数を市町村毎にマクロに計算するにあたり以下の仮定を行った。

現有の消防力(消防ポンプ自動車数・小型動力ポンプ数及び消防水利数)は、「平成２７年消防年報・北海道」の統計資料を元に推計する。消防組合毎に消防力がまとめられている場合、人口規模に基づいて市町村毎に按分する。ただし、地震時には水道管破損のため消火栓は用できない可能性が高いため、消防水利数に消火栓を含まないこととする。市町村単位の市街地面積（宅地面積）は、市町村毎の統計値がないことから、全道の宅地面積（平成２５年度土地所有・利用の概況、国土交通省土地・建設産業局土地市場課資料）を収集した建物棟数で按分することで推計する。

② 延焼計算の対象市町村

出火が火災延焼に繋がる恐れのある建物密度の高い地域として、市町村の境域内で人口密度の高い地域として設定された平成２２年度国勢調査による人口集中地区（DID）を含む都市計画区域（ゾーン区域）を選定した。上記市町村の該当地域は都市計画基礎調査により建物単体データが整備されており、想定地震により残火災件数が見込まれる場合は、延焼クラスターに基づく焼失棟数の予測を行う。

上記以外の市町村は、基本的に延焼しないとし、炎上出火件数をそのまま焼失棟数とする。

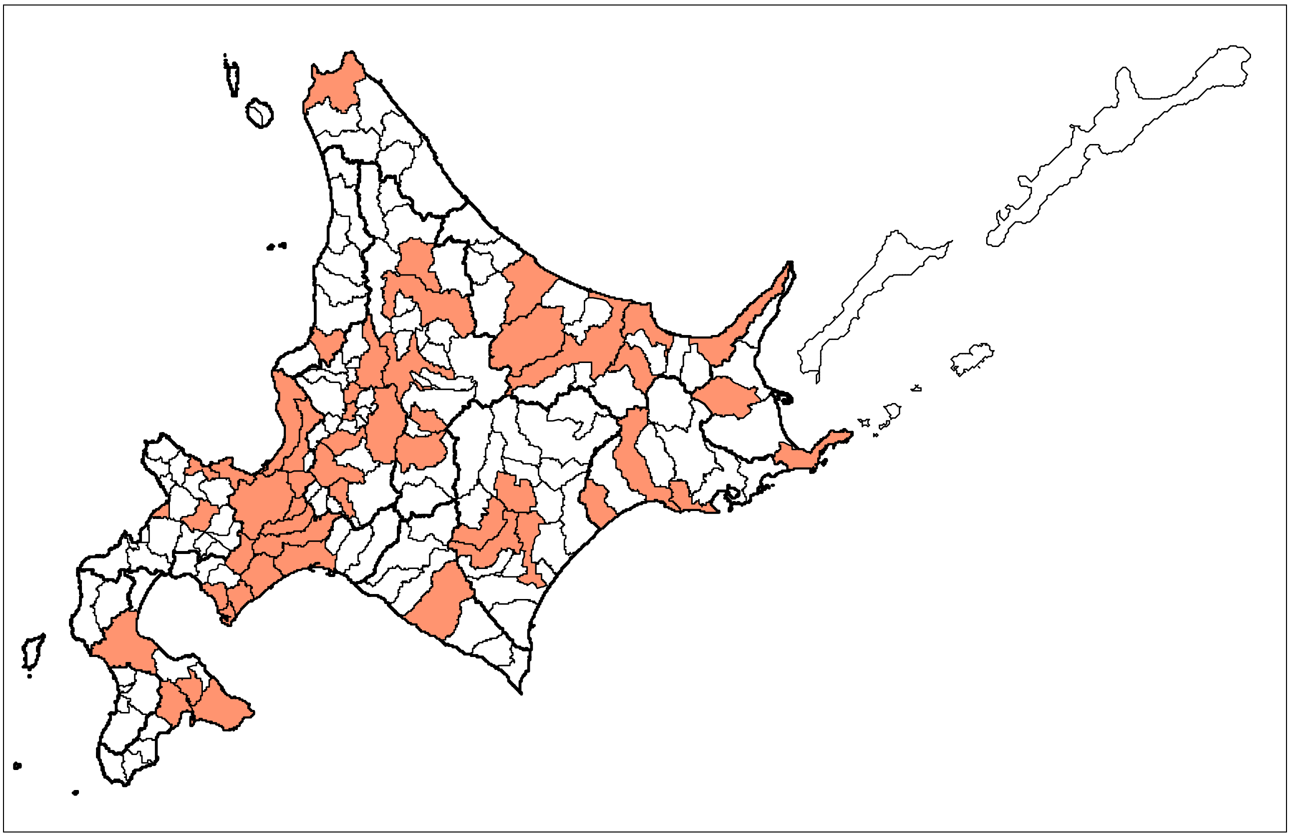


図 1-5-3　人口集中地区（DID）を含む都市計画区域をもつ市町村

③ 延焼クラスターの作成

各地域の都市計画基礎調査の建物単体データを用いて、延焼クラスターを作成する。

a. 構造の推定

延焼限界距離を計算するために、建物単体データを「裸木造」「防火造」「準耐火造」「耐火造」に分類する。都市計画基礎調査の構造分類は「木造」「簡易耐火造」「耐火造」「不明」であるため、以下のとおりに仮定する。

・「簡易耐火造」は「準耐火造」

・都市計画基礎調査には木造と裸木造の区分がないため、北海道における木造住家の仕様の変遷を参考[6)7)]にし、昭和 35 年（1960 年）以前を「裸木造」、昭和 36 年（1961 年）以降を「防火造」と仮定する。年代が不明な木造は安全側に判断し「裸木造」とする。

・「不明」は建築面積から仮定する。40 ㎡以下は置き物置や置き車庫が多いことから「準耐火造」、平屋の木造住宅や長屋の建築面積を考慮し 40 ㎡から 400 ㎡までを「裸木造」、400 ㎡以上を「耐火造」と仮定する。

b. 延焼限界距離の計算

国土交通省総合技術開発プロジェクト「まちづくりにおける防災性能評価・対策技術の開発（平成10～14 年度）」[8)]で示された各構造の延焼限界距離の算定式を用いる。

〇裸木造：

$$D = 12 \cdot \left(\frac{a}{10}\right)^{0.442} = 4.34 \cdot a^{0.442} \quad [\mathrm{m}]$$

〇防火造：

$$D = 6 \cdot \left(\frac{a}{10}\right)^{0.322} = 2.86 \cdot a^{0.322} \quad [\mathrm{m}]$$

〇準耐火造：

$$D = 3 \cdot \left(\frac{a}{10}\right)^{0.181} = 1.98 \cdot a^{0.181} \quad [\mathrm{m}]$$

〇耐火造：

$$D = 0 \quad [\mathrm{m}]$$

＊建築面積を A[㎡]とすると $a = \sqrt{A}$

ここで、耐火造の延焼限界距離を 0m としているが、これは耐火造を空地と同等の防火的機能を有するものと考えることによる。

c. バッファーによるクラスターの作成

市街地の中で各建物から構造・規模に応じて延焼限界距離の半分のバッファーを発生させ、その論理的和集合を取ることにより、それぞれの建物間に延焼経路を持つクラスターを作成する。

図 1-5-4　延焼クラスターの例

d. 焼失棟数の予測

以下の方法で、焼失棟数の平均的な予測値を計算する。

ⅰ評価単位ごとの炎上出火件数から、建物単体の出火確率を設定する。

ⅱ建物の焼失確率は、建物が属するクラスターから 1 件以上出火する確率に等しいことから、クラスターを構成する建物を n 棟、クラスターに属する建物の出火確率の平均値を $\bar{p}$ とすると、各建物の焼失確率 P は、次の式で求められる。

$$P = 1 - \exp(-n\bar{p})$$

ⅲ集計単位（評価単位など）における焼失棟数の平均的な予測値 χ は、集計単位に含まれる建物の焼失確率 P の総和に等しくなることから、次の式で求められる。

$$\chi = \sum P$$

なお、ここで焼失棟数の対象となる建物は都市計画基礎調査において「母屋」となっているデータを用いることとする。

【2-1(5)火災被害の想定の参考文献】

1) 中央防災会議・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会:第１７回日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定手法について、2006.1.
2) 加藤孝明・程洪・亜力坤玉素甫・山口亮・名取晶子：建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築、地域安全学会論文集 No.8、2006 .
3) 中央防災会議・防災対策推進検討会議・南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震の被害想定について(第一次報告)資料 2-1 南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、2012.8.29.
4) 愛知県防災会議地震部会：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書－想定地震に基づく被害想定－、2003.3.
5) 札幌市：平成 19 年度地震動及び被害の評価事業報告書、2008.3.
6) 岡田成幸・戸松誠・西川忠:7.北海道の住家の耐震性(北海道・東北地方の地震防災力向上を目指して)、自然災害科学、vol.23、No4、pp489-495、2005.
7) 戸松誠・大柳佳紀、南慎一:北海道旭川市における都市防火性能評価による防火地域・準防火地域指定基準の策定、日本建築学会計画系論文集、第 75 巻
8) 国土交通省：国土交通省総合技術開発プロジェクトまちづくりにおける防災性能評価・対策技術の開発、2003.3.

(6) 人的被害（揺れ・火災・急傾斜地による死傷者数、避難者数）

1) 揺れによる人的被害

① 検討の流れ

a. 死者数の予測

地震による人的被害は、建物倒壊、火災、津波、ブロック塀などの転倒、土砂災害、また避難生活のストレスによるものなどによって発生することが予想される。ここでは阪神・淡路大震災の死者の大部分が家屋の倒壊などによる圧死が占めていたことから、建物被害を主な要因とする死傷者数の算定手法を用いる。

木造建物の死者数の評価手法は、死者発生に強く関係のある住宅の崩壊形態（損傷度）を考慮し、対象建物周辺の全壊率という地域性を考慮している田畑・岡田(2007)[1]の手法を用いる。

非木造建物の死者数の評価手法は、中央防災会議(2006)[2] の全壊棟数と建築物倒壊による死者数の関係式を適用する。

建物倒壊による死者数の算定の流れを図 1-6-1 に示す。

発生時間ごとの人口動態(施設内滞留人口など)が死傷者発生に関わる大きな要因とされているため、冬の早朝、夏の昼間、冬の夕方の場合を想定する。

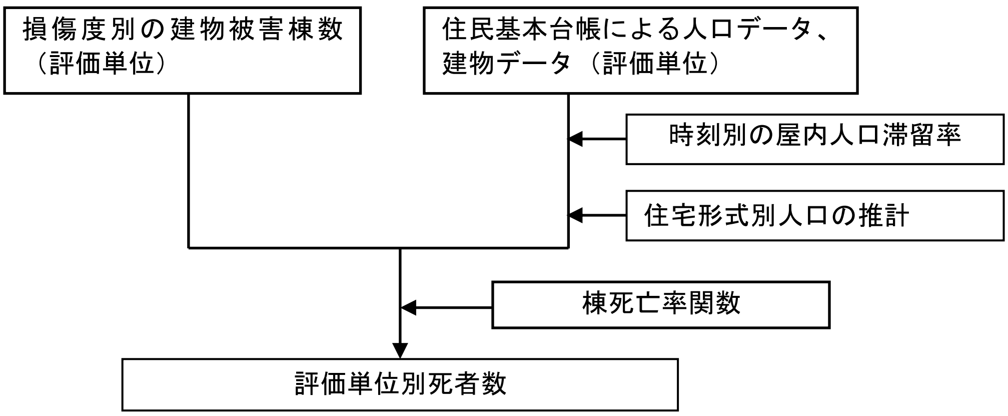


図 1-6-1　建物倒壊による死者数の算定の流れ

b. **負傷者数・重傷者数の予測**

負傷者数・重傷者数の評価手法は、阪神・淡路大震災における建物被害率と負傷者率との関係及び負傷者に占める重傷者の割合（重傷者比率）を用いた大阪府の手法(1997)[3]を適用する。

建物倒壊による負傷者数・重傷者数の算定の流れを図 1-6-2 に示す。

発生時間ごとの人口動態(施設内滞留人口など)が死傷者発生に関わる大きな要因とされているため、冬の早朝、夏の昼間、冬の夕方の場合を想定する。

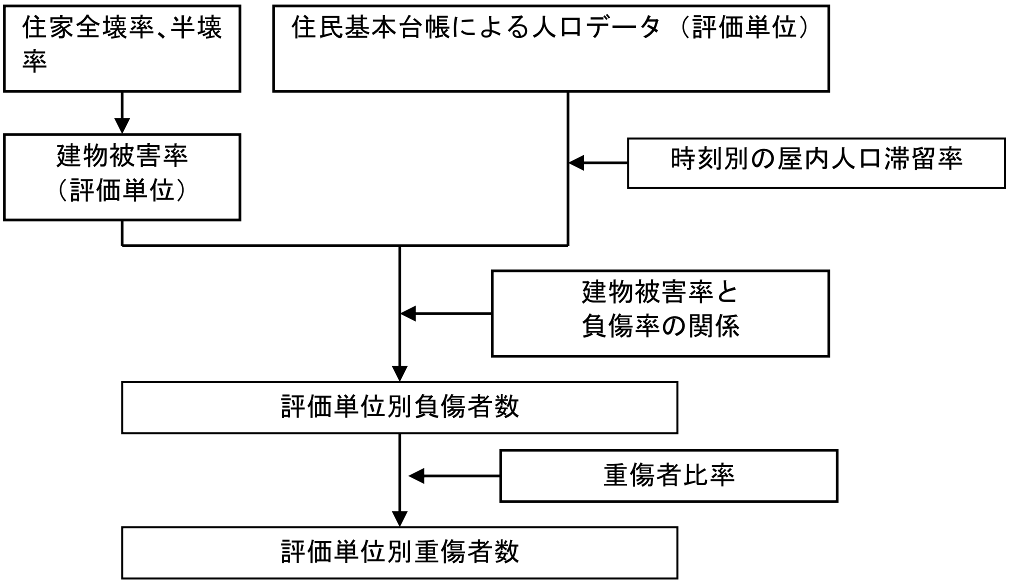


図 1-6-2　建築物倒壊による負傷者数・重傷者数の算定の流れ

② 被害想定手法

a. 人口データの構築

市町村から収集した年齢構成別の人口データを利用する。収集調査の前年 12 月末時点の住民基本台帳を基本として、評価単位毎の集計を市町村に依頼して入手したものである。集計単位は、建物データと同様に「GISMAP 町丁目・大字界（北海道地図株式会社、平成 24 年)」をベースに、市町村から収集した境界地図をもとに修正した大字・町丁目界を用いる。

表 1-6-1　人口データ（人）

振興局	15 歳未満	15 歳～65 歳未満	65 歳以上	計
空知	30,349	171,013	110,351	311,713
石狩	280,009	1,522,401	558,422	2,360,832
後志	23,035	126,574	74,581	224,190
胆振	48,905	250,665	114,398	413,968
日高	8,888	43,455	20,973	73,316
渡島	47,286	255,487	122,035	424,808
檜山	4,003	21,697	14,612	40,312
上川	61,870	312,740	146,478	521,087
留萌	5,223	27,613	17,334	50,170
宗谷	8,092	39,923	20,138	68,153
オホーツク	36,440	183,878	85,680	305,998
十勝	45,696	216,793	88,954	351,443
釧路	36,174	157,620	54,415	248,209
根室	11,200	50,687	18,960	80,847
計	647,170	3,380,546	1,447,330	5,475,046

b. 屋内人口滞留率と屋内滞留人口の推定

想定地震の発生時刻毎の被害予測のため、早朝、昼間、夕方の屋内滞留人口を推定する。

ⅰ. 昼間人口・夜間人口

夜間人口（常住人口）は、市町村より収集した人口データをあてはめる。昼間人口については、平成 17 年国勢調査および平成 18 年事業所統計をもとに推計された昼夜間人口比と、収集した人口データから推計する。

ⅱ. 屋内人口滞留率

住家の場合の屋内人口滞留率（以下、「屋内人口滞留率(在宅)」という）は、「データブック国民生活時間調査」（ＮＨＫ放送文化研究所）[4)]から平日の時間帯別在宅人口比率データを設定する。

人口規模別の屋内人口滞留率（在宅）を下記の図 1-6-3 に示す。時刻別の屋内人口滞留率（在宅）を表 1-6-2 に掲げる。

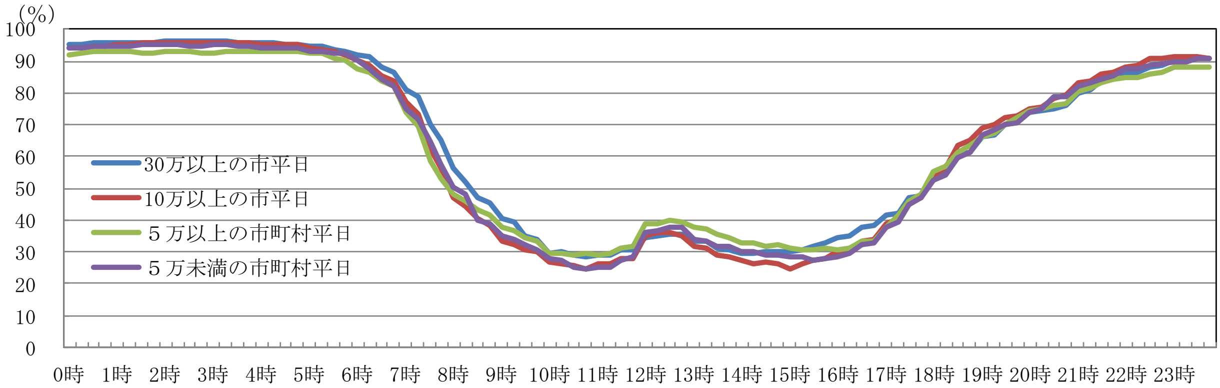


図 1-6-3　屋内人口滞留率（在宅）

表 1-6-2　時刻別の屋内人口滞留率（在宅）

	早朝	昼間	夕方
30 万人以上の市	96.3%	34.7%	54.2%
10 万人以上の市	95.9%	35.2%	54.1%
５万人以上の市町村	93.3%	38.7%	55.4%
５万人未満の市町村	95.0%	36.3%	52.8%

※ 早朝の屋内人口滞留率は、住宅で最も被災受ける人数が多い時間とし、
深夜から早朝の間で最も高い割合を採用した
昼間の屋内人口滞留率は 12 時、夕方は 18 時の屋内人口の割合を採用した

非住家の場合の屋内人口滞留率（以下、「屋内人口滞留率（勤め先その他）」という）は、内閣府被害想定支援マニュアル[5)]で設定されている、時間帯別生活行為別人口比率を屋内人口滞留率に変換するための生活行為別の屋内・屋外比率（表 1-6-3）を用いて推計した。

人口規模別の屋内人口滞留率（勤め先その他）を図 1-6-4、表 1-6-4 に示す。

表 1-6-3　生活行為別の屋内・屋外比率の設定

生活行為		屋内（勤め先その他）	屋外
仕事関連	仕事	0.5	0.5
	仕事のつきあい	0.5	0.5
学業	授業・学内の活動	1	0
	学校外の学習	0.5	0.5
家事	買い物	0.5	0.5
社会参加		0.5	0.5
会話・交際		0.5	0.5
レジャー活動	スポーツ	0.5	0.5
	行楽・散策	0	1
	趣味・娯楽・教養	0.5	0.5

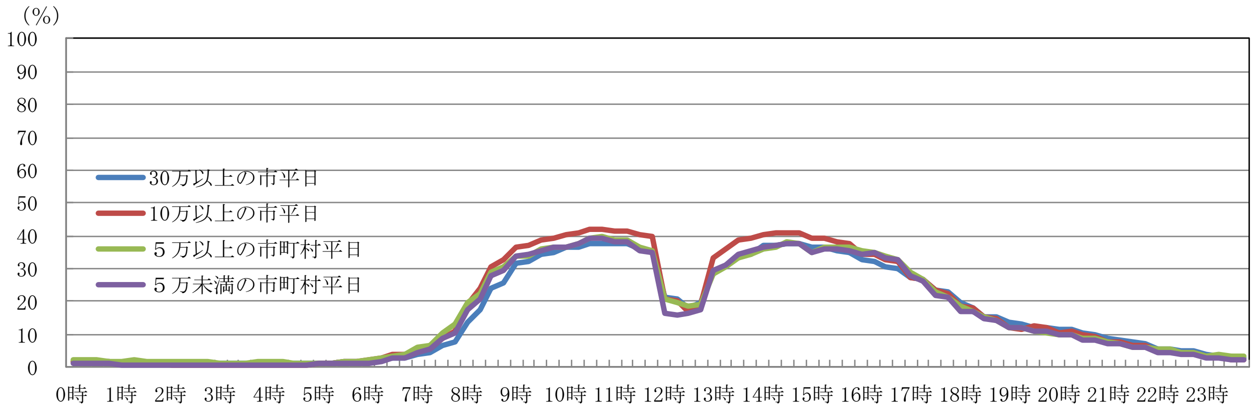


図 1-6-4　屋内人口滞留率（勤め先その他）

表 1-6-4　屋内人口滞留率（勤め先その他）

	早朝	昼間	夕方
30 万人以上の市平日	1.6%	21.4%	19.3%
10 万人以上の市平日	1.7%	20.9%	18.3%
５万人以上の市町村平日	2.1%	20.8%	18.3%
５万人未満の市町村平日	1.1%	16.2%	17.1%

※ 早朝の屋内人口滞留率は、深夜から早朝の間で最も高い割合を採用した
昼間の屋内人口滞留率は 12 時、夕方は 18 時の屋内人口の割合とした。

ⅲ．屋内滞留人口の推定

求めた昼夜間人口や屋内人口滞留率から、時刻別の在宅および勤め先その他における滞留人口を以下の式で求める。

午前９時から午後６時に該当する場合は昼間人口を、午後７時から午前８時までは夜間人口とする。

［早朝、夕方］

屋内滞留人口（在宅）　　　　　＝　屋内人口滞留率　×　夜間人口

屋内滞留人口（勤め先その他）＝　屋内人口滞留率　×　夜間人口

［昼間］

屋内滞留人口（在宅）　　　　　＝　屋内人口滞留率　×　昼間人口

屋内滞留人口（勤め先その他）＝　屋内人口滞留率　×　昼間人口

b. 木造建物の倒壊による死者数の予測

ｉ. 木造建物の倒壊による死者数の予測

死者数の予測のために、独立・集合（長屋、共同）住宅別の人口を推計する。推計方法は、住宅・土地統計調査結果から「木造一戸建」、「木造長屋建」、「木造共同住宅」、「非木造一戸建」、「非木造長屋建」、「非木造共同住宅」別の人口比率を求めて、時刻別の滞留人口を掛け合わせることで、構造別・建て方別の人口を求める。

ⅱ. 木造建物の倒壊による死者数の予測

田畑・岡田(2007)[1)]の手法による木造住家の死者数の予測式を式(2-6-1)に示す。ｘは損傷度であり、0.6 未満の半壊以下では死者は発生しないとしてカウントしない。ｙは周辺全壊率、ａ、ｂ、ｃは住宅形式毎の係数である。表 1-6-5 に木造低層建物棟死亡率関数パラメータを示す。破壊パターンとダメージレベルと損傷度を図 1-6-5 に示す。

$$Dr(x, y) = ae^{bx} + cxy^2 \qquad \text{式(2-6-1)}$$

表 1-6-5　木造低層建物棟死亡率関数パラメータ

住宅形式	木造独立	木造集合（長屋・共同建）
a	0.0104	0.000580
b	6.68	9.32
c	11.0	6.69

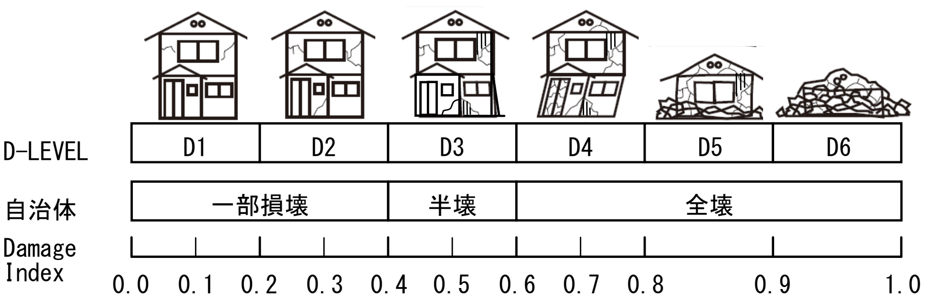


図 1-6-5　破壊パターンとダメージレベルと損傷度

c. 非木造建物の倒壊による死者数の予測

中央防災会議(2006)の手法を用い、全壊棟数に係数と建物内滞留率を掛けることで算定する。以下に算定式を示す。

〈死者数の算定式〉

非木造建築物被害による死者数 ＝ 0.003 × 非木造建築物全壊棟数 × 建物内滞留率

住家内滞留率は、屋内人口＝夜間人口を想定することから 1.0 とする。

d. 建物の倒壊による負傷者数の予測

建物の倒壊による負傷者数は、大阪府の手法(1997)[3]による建物被害率と負傷者率との関係から算定する。以下に算定式を示す。図 1-6-6 に、阪神・淡路大震災における建物被害率と負傷者率の関係を示す。

〈負傷者数の算定式〉

負傷者数 ＝ 負傷者率 ×(人口× 住家内滞留率)

負傷者率＝0.12×建物被害率　　　　(0≦建物被害率＜0.25)
負傷者率＝0.07－0.16×建物被害率 (0.25≦建物被害率＜0.375)
負傷者率＝0.01　　　　　　　　　　(0.375≦建物被害率)
建物被害率＝全壊率＋半壊率×1/2

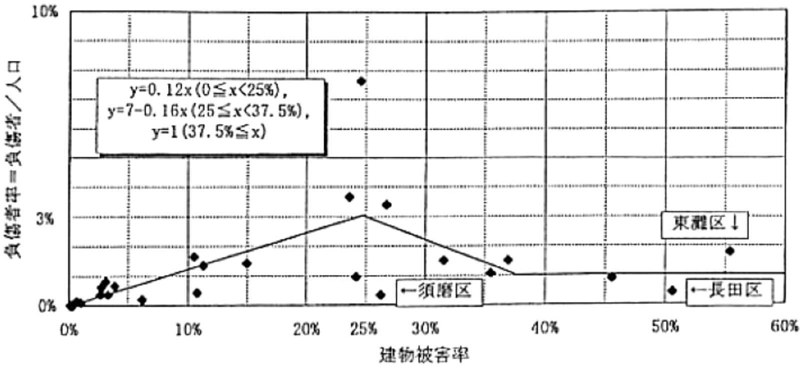


図 1-6-6　阪神・淡路大震災における建物被害率と負傷者率の関係[5]

重傷者数は、大阪府(1997)の手法による負傷者に占める重傷者の割合（重傷者比率）から算定する。算定式は以下のとおりである。

重傷者比率＝0.10　(0≦建物被害率＜0.10)
重傷者比率＝0.15－0.5×建物被害率　(0.10≦建物被害率＜0.20)
重傷者比率＝0.05　(0.20≦建物被害率)

これより、重傷者数及び軽傷者数は、

重傷者数　＝　重傷者比率　×　負傷者数
軽傷者数　＝　負傷者数　－　重傷者数

2) 火災による人的被害

① 検討の流れ

火災による死者の発生要因として、以下の３つのシナリオに基づき想定する。予測は、東京都(1997)[6]、中央防災会議(2012)[7]の手法を用いる。

表 1-6-6　火災による死者発生のシナリオ

シーン	死者発生のシナリオ	備考
出火直後	A. 炎上出火家屋内からの逃げ遅れ	突然の出火により逃げられなかった人 （揺れによる建物倒壊を伴わない）
	B. 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者（生き埋め等）	揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に出火し、逃げられない人
延焼中		揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に炎症が及び、逃げられない人
	C. 延焼拡大時の逃げまどい	建物内に閉じ込められていないが、避難にとまどっている間に延焼が拡大し、巻き込まれて焼死

② 死者数の評価手法

a. 炎上出火家屋内からの逃げ遅れ

突然の出火により逃げられず被災した死者数を中央防災会議(2012)の次式より計算する。

(炎上出火家屋内から逃げ遅れた死者数)＝(死者発生率 0.046)×出火件数×(屋内滞留人口比率)

※死者発生率:0.046 は、平成 17 年～22 年の５年間の全国における１建物出火あたりの死者数

※ここで(屋内滞留人口比率)＝(発生時刻の屋内滞留人口)÷(屋内滞留人口の 24 時間平均)

b. 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者

倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者による死者数を東京都(1997)の次式より計算する。

(閉じ込めによる死者数)＝(全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人)×(1－生存救出率 0.387)

※(全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人)＝(1－早期救出可能な割合 0.72)×(全壊かつ焼失家屋内の要救助者数)

※(全壊かつ焼失家屋内の要救助者数)＝(自力脱出困難者発生率 0.117)×(全壊率)
×(全壊かつ焼失棟数/全壊棟数)×(発生時刻の出火家屋内滞留人口)

c. 延焼拡大時の逃げまどい

延焼拡大時の死者数は、過去の大火における焼失棟数と死者数の関係に基づいた東京都(1997)の次式より計算する。

(延焼火災による死者数)＝0.0218×(焼失棟数)×(屋内滞留人口比率)

※ここで(屋内滞留人口比率)＝(発生時刻の屋内滞留人口)÷(屋内滞留人口の 24 時間平均)

③ 負傷者数の評価手法

a. 炎上出火家屋内からの逃げ遅れ

突然の出火により逃げられず被災した死者数を中央防災会議(2012)の次式より計算する。

(出火直後の火災による重傷者数)＝0.075×出火件数×(屋内滞留人口比率)
(出火直後の火災による軽傷者数)＝0.187×出火件数×(屋内滞留人口比率)
※ここで(屋内滞留人口比率)＝(発生時刻の屋内滞留人口)÷(屋内滞留人口の 24 時間平均)

b. 延焼拡大時の逃げまどい

延焼火災による負傷数は、東京都(1997)の次式より計算する。

(延焼火災による重傷者数)＝0.053×0.1308×焼失棟数×(屋内滞留人口比率)
(延焼火災による軽傷者数)＝0.137×0.1308×焼失棟数×(屋内滞留人口比率)
※ここで(屋内滞留人口比率)＝(発生時刻の屋内滞留人口)÷(屋内滞留人口の 24 時間平均)

3) 急傾斜地崩壊による人的被害の想定

① 検討の流れ

急傾斜地崩壊による人的被害は、「(4)-3)急傾斜地崩壊による建物被害の想定」によって算出した急傾斜地崩壊危険箇所ごとの被害人家戸数を用いて、市町村ごとの世帯人員から影響人口を算出し、自治体人口規模別の時間別滞在率、急傾斜地崩壊による人的被害発生率を掛け合わせて算出する。

検討の流れを図 1-6-7 に示す。

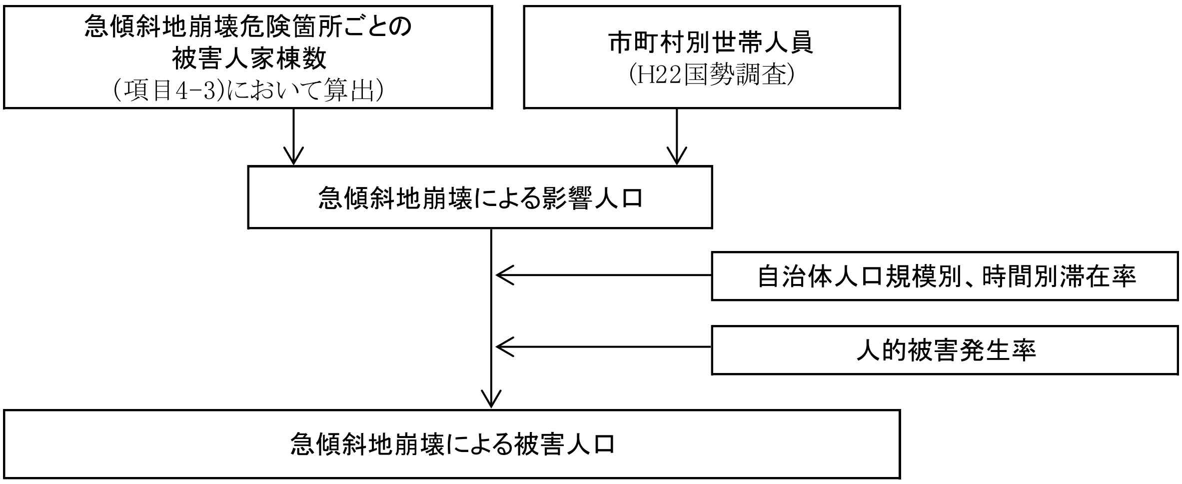


図 1-6-7　検討の流れ

② 被害想定手法

急傾斜地崩壊による人的被害は、伊豆大島近海地震（1978）での崖崩れによる建物被害での人的被害発生率から予測する東京都(1997)[6]の手法を用いて予測する。

東京都では人的被害発生率について、伊豆大島近海地震(1978)を参考に、死者を被災戸数の 8.7%、重傷者数を 14.8%、軽傷者数を 47.4%と設定し、世帯人員で補正している。

崖崩れによる死者数　　＝ 0.087 × 被災戸数 × （木造建物 1 戸あたり存在者数／3.51）
崖崩れによる重傷者数 ＝ 0.148 × 被災戸数 × （木造建物 1 戸あたり存在者数／3.51）
崖崩れによる軽傷者数 ＝ 0.474 × 被災戸数 × （木造建物 1 戸あたり存在者数／3.51）
　ただし、3.51：東伊豆町・河津町における 1 世帯あたり人員

木造建物 1 棟あたり存在者数　＝　市町村ごと 1 世帯あたり人員×滞留率

滞留率は、前掲した平日の時間帯別在宅人口比率データ[4]を使用する（表 1-6-6 参照)。

表 1-6-7　屋内人口滞留率（在宅）

市町村規模	早朝	昼間	夕方
30 万人以上の市	96.3%	34.7%	54.2%
10 万人以上の市	95.9%	35.2%	54.1%
5 万人以上の市町村	93.3%	38.7%	55.4%
5 万人未満の市町村	95.0%	36.3%	52.8%

4) 避難者数の想定

① 検討の流れ

避難者は、地震による建物の倒壊や、火災で住宅を失うことで発生する。また、兵庫県南部地震(1995)では、自宅建物に被害がない場合でも、ライフラインの途絶による避難者があった。東京都(1997)[6)]は、避難者を避難所避難者数と避難所外避難者数に分類し、表 1-6-8 のように定義している。

表 1-6-8　避難者の定義

避難者分類	避難の状況
避難所避難者	建物被害やライフライン被害により避難所生活を強いられる住居制約者数
避難所外避難者	建物被害やライフライン被害により疎開を強いられる住居制約者数(避難所以外への避難者)

本想定では、前章までに算出した建物被害のうち、揺れによる季節別住家全半壊棟数、急傾斜地による住家全半壊棟数、液状化による建物全半壊棟数、火災による時間帯別建物焼失棟数を活用するとともに、次章で算出している上水道被害による断水率に基づき、避難所避難者数と避難所外避難者数を計算する。

建物焼失棟数や断水率が市町村単位の計算結果であるため、避難者数についても市町村単位で計算する。

なお、液状化及び火災焼失に関する建物被害については住家・非住家の区分がないが、本項では避難者数を安全側で把握することとし、全数を住家と仮定して計算する。また、災害発生 1 日後の避難者数を推計する。

検討の流れを図 1-6-8 に示す。

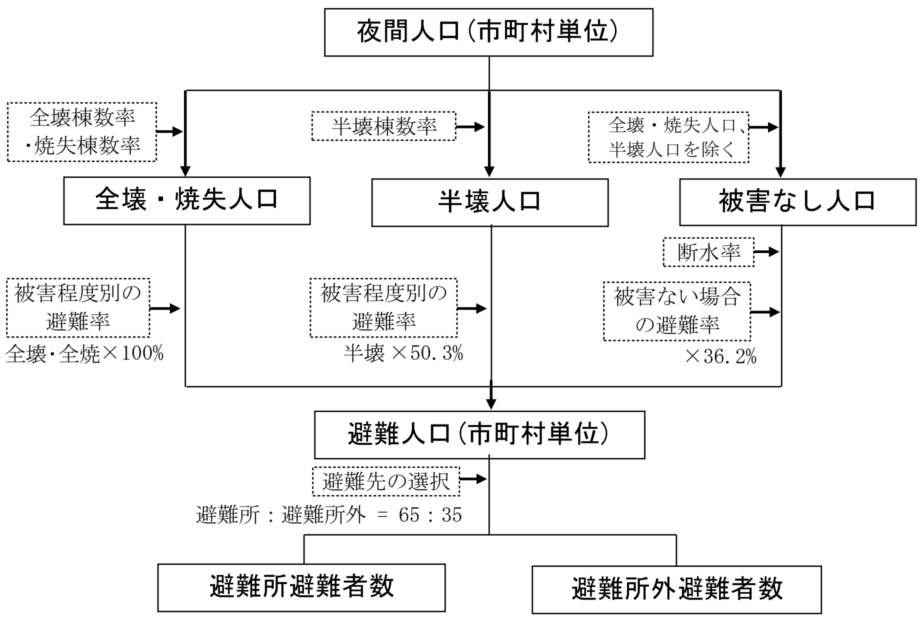


図 1-6-8　検討の流れ

② 被害想定手法

避難者数は、被害程度別に避難率を設定して計算可能な手法である、東京都(1997)[6]の手法を用いる。東京都(1997)の手法は、建物被害別の避難率とライフライン被害による避難率により避難者数を算出する

室崎・流郷(1996)[8]は、兵庫県南部地震(1995)における住民アンケート結果から、発災翌日に住宅から避難所へ避難する人は、全壊・大破が 100%、半壊・中破が 50.3%、被害軽微・被害なしが 36.2%であり、避難者数のうち避難所へ避難する人と避難所以外へ避難する人の割合は 65:35 であったとしている。

また、住宅に被害が生じていない世帯の避難者数は、断水を指標として推定している。

避難人口(市町村単位)
　　＝ 1.000×全壊・焼失人口 ＋ 0.503×半壊人口 ＋ 0.362×断水率×被害なし人口
避難所避難者数(市町村単位)　　＝ 0.65×避難人口
避難所外避難者数(市町村単位)　＝ 0.35×避難人口

ただし、

全壊・焼失人口(市町村単位)＝{全壊棟数率＋焼失棟数率－(全壊棟数率×焼失棟数率)}×夜間人口
半壊人口(市町村単位) ＝ {半壊棟数率－(半壊棟数率×焼失棟数率)}×夜間人口
被害なし人口(市町村単位) ＝夜間人口－全壊・焼失人口－半壊人口

全壊棟数率(市町村単位)
　　＝ 揺れによる建物全壊率 ＋ 液状化による建物全壊率 ＋ 急傾斜地による建物全壊率
半壊棟数率(市町村単位)
　　＝ 揺れによる建物半壊率 ＋ 液状化による建物半壊率 ＋ 急傾斜地による建物半壊率

全壊・焼失人口の計算に際して、揺れによる建物全半壊に比較し、液状化による被害数が少ないため、ダブルカウントを除去していない。また揺れに比べ急傾斜地の崩壊による被害の影響が大きいため、ダブルカウントを除去していない。

避難人口を計算するための断水率については、札幌市の想定手法を参考に、飲料水の家庭内備蓄の割合(26%、札幌市)をもとに、上水道の想定で計算した発災１日後の断水率に対して（1-0.26）＝0.74を乗じた「見かけ断水率」を用いる。

【2-1(6)人的被害の想定（揺れ・火災・急傾斜地による死傷者数、避難者数）の参考文献】

1）田畑直樹・岡田成幸・高井伸雄：建物損傷度関数と棟死亡率関数の地震防災への利用法―人命損失に着目した木造低層建物の被害率関数の作成と震害予測例―、日本建築学会構造系論文集、第 611 号、pp. 39-46、2007. 1.

2）中央防災会議・日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会:第１７回日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る被害想定手法について、2006. 1.

3）大阪府：大阪府地震被害想定調査報告書、1997.

4）ＮＨＫ放送文化研究所：データブック国民生活時間調査 2010、2011. 3.

5）内閣府：地震被害想定支援マニュアル、http://www. bousai. go. jp/manual/index. htm 、2001

6）東京都防災会議：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書、1997. 8.

7）中央防災会議・防災対策推進検討会議・南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ：南海トラフ巨大地震の被害想定について(第一次報告)資料 2-1 南海トラフの巨大地震建物被害･人的被害の被害想定項目及び手法の概要、2012. 8. 29.

8)室崎益輝・流郷博史：阪神淡路大震災における市民の初期対応行動に関する研究, 地域安全学会論文報告集 No. 6, pp. 205-212, 1996.

(7) ライフライン被害（上水道、下水道）

1) 上水道被害の想定

① 検討の流れ

a. 使用する上水道データの概要

上水道の管路データとして、市町村が管理する上水道や簡易水道、農業用雑飲用水道を対象とした。また一部、市町村内にある専用水道や組合水道など収集できた範囲の小規模水道の管路についても対象とした。

管路データは、市町村)より提供された管路資料（台帳などの紙データまたはｃａｄやＧＩＳなどのデジタルデータ）にもとづきＧＩＳデータを構築した。ただし、図面の不足などにより、すべて給水区域の管路を把握しているわけではない。給水区域図に掲載されている管路など入手した資料はデータ化し、管種や管径が不明な場合は、同規模の市町村の管種・管径割合などから推計した。

被害想定の対象となる上水道管路延長を表 1-7-1 に示す。

表 1-7-1　被害想定の対象となる上水道管路延長

振興局	上水道管路延長
空知総合振興局	5,690 km
石狩振興局	8,802 km
後志総合振興局	2,386 km
胆振総合振興局	3,726 km
日高振興局	1,331 km
渡島総合振興局	2,864 km
檜山振興局	956 km
上川総合振興局	5,139 km
留萌振興局	1,102 km
宗谷総合振興局	2,103 km
オホーツク総合振興局	4,120 km
十勝総合振興局	7,083 km
釧路総合振興局	2,828 km
根室振興局	2,228 km
計	50,358 km

b. 検討の流れ

上水道管路の被害想定は、市町村ごと上水道管路網に標準被害率、液状化による係数、管種・管径係数を掛け合わせて被害箇所数、被害率を算出する。また、上水道被害箇所数、被害率に基づき、断水世帯数を算定するとともに、被害箇所数に基づき復旧日数を算定する。

検討のフローを図 1-7-1 に示す。

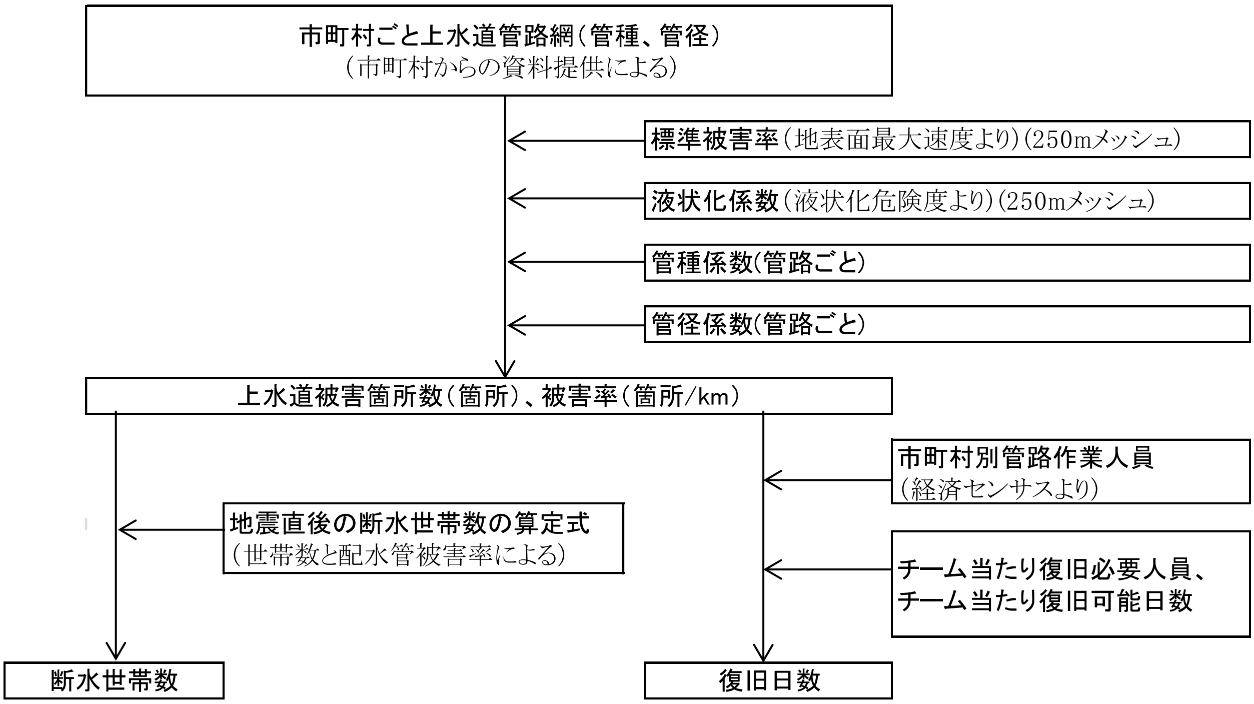


図 1-7-1　検討のフロー

② 被害想定手法

上水道の被害想定は、一般的に自治体で利用されている手法を用いる。

a. 管路被害

管路被害は、阪神・淡路大震災等の過去の震災における水道管（普通鋳鉄管）の被害データから得られた標準被害率 R（箇所/km）と地表最大速度 PGV（cm/sec）との関係から算出した標準被害率を用いて、液状化危険度、管種、管径による被害率の違いを加味し、管路延長（km）に乗じることで算出する。

上水道管路被害箇所数の計算式を以下に示す。

$$Nh = R \cdot L$$

$$R = R_1 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

Nh：管路被害箇所数　R：被害率（箇所/km）　R_1：標準被害率（箇所/km）

C_1：液状化係数　C_2：管種係数　C_3：管径係数　L：管路延長（km）

また、標準被害率 R_1 の計算式[1)]を以下に示す。

$$R_1 = 2.24 \cdot 10^{-3} (PGV - 20)^{1.51}$$

PGV：地表最大速度

液状化係数 C1 は、日本海中部地震の被害事例より、以下の計算式で求められる。

C1＝液状化被害率（11）・液状化発生面積率＋１・(１－液状化発生面積率)

管種係数 C2、管径係数 C3 は、表 1-7-2 に示すとおりである。

表 1-7-2　管種係数 C2、管径係数 C3

管　種	C2	管　径(mm)	C3
ダクタイル鋳鉄管	0.3	～75	2.00
		100　～450	1.00
		500　～900	0.30
		1000　～	0.15
鋳鉄管	1.0	～75	1.70
		100　～250	1.20
		300　～900	0.40
		1000　～	0.15
鋼　管	0.3	～75	2.80
		100　～250	1.40
		300　～	0.80
塩化ビニール管	1.5	～75	1.00
		100　～250	0.80
石綿セメント管	3.0	～75	2.30
		100　～250	0.90
		300　～	0.40
ポリエチレン管	0.1	～1200	1.00
		1200　～	0.50

b. 断水世帯数

断水世帯数は、阪神・淡路大震災を含む近年の地震による各市町村の配水管の物的被害率と地震直後の断水率の関係から得られた式（川上, 1996）[2]で算出した断水世帯率に世帯数を乗じて算出する。

地震発生直後　$y0 = H \cdot 1/(1 + 0.0473 \cdot R^{-1.61})$

1日後　$y1 = H \cdot 1/(1 + 0.307 \cdot R^{-1.17})$

2日後　$y2 = H \cdot 1/(1 + 0.319 \cdot R^{-1.18})$

y：断水世帯数　H：世帯数（国勢調査の世帯人員で人口を除して算出）

R：被害率（箇所/km）

c. 復旧日数

復旧日数は、埼玉県(1998)[3]等で用いられている水道管の管径別復旧効率及び必要人員を用いて、管路の被害箇所数及び各自治体で動員可能な復旧作業員数から復旧期間を予測する。

復旧は、管径を3段階に分け、復旧作業必要人員の合計および1件当たり復旧作業時間を適用して復旧に必要な時間を算出し、1日当たりの作業時間を8時間として復旧日数を算出する（表1-7-3)。

表1-7-3　復旧作業必要人員、1件当り復旧作業時間（埼玉県(1998)等）

区　分	復旧作業必要人員（職員数・人）	復旧作業必要人員（作業員数・人）	復旧作業必要人員合計（人）	1件当り復旧作業時間(h)
φ400mm以上	4	12	16	63
φ100～350mm	2	6	8	13
φ100mm未満	0.5	3	3.5	4

復旧工事は、管内の管路被害を当該振興局の作業員のみで復旧すると仮定する。そのため、復旧日数の評価単位は振興局単位となる。また、作業員のうちすべてが災害後に作業を行うことは難しいことから、総数のうち上水道の復旧に当たることができる割合を作業人員の１／４、または１／２と想定した場合の復旧日数を算出する。

作業員数は、振興局単位の上水道工事業者及び管路工事業者数（経済センサス, 2009）[4]（表1-7-4参照）を用いる。

冬期の復旧工事遅延の影響については、復旧効率が夏期の7割（札幌市, 2012）[5]とする。

表 1-7-4　上水道作業員（人）

振興局	上水道業と管工事業の合計
空知	939
石狩	9,231
後志	683
胆振	1,845
日高	195
渡島	1,404
檜山	112
上川	1,920
留萌	132
宗谷	219
オホーツク	1,052
十勝	1,164
釧路	1,007
根室	262
上水道作業員全道合計	20,165

（平成 21 年経済センサス-基礎調査　参考表　第３表　産業（小）別民営事業所数，従業者数－市区町村）[4)]

2) 下水道被害の想定

① 検討の流れ

a. 使用する下水道データの概要

下水道の管路データとして、市町村が管理する下水道、農山漁村集落排水処理施設の埋設管渠とする。

管路データは、市町村より提供された管路資料（台帳などの紙データまたはｃａｄやＧＩＳなどのデジタルデータ）にもとづきＧＩＳデータを構築した。ただし、図面の不足などにより、すべての処理区域の管路を把握しているわけではない

被害想定の対象となる下水道管路延長を表 1-7-5 に示す。

表 1-7-5　被害想定の対象となる下水道管路延長

振興局	下水道管路延長
空知	2,210 km
石狩	7,377 km
後志	1,203 km
胆振	2,900 km
日高	474 km
渡島	2,336 km
檜山	217 km
上川	2,554 km
留萌	295 km
宗谷	459 km
オホーツク	2,084 km
十勝	2,263 km
釧路	1,458 km
根室	408 km
計	26,238 km

b. **検討の流れ**

下水道の被害想定は、市町村ごと下水道管路網（管種、管径）データに、震度および液状化危険度をふまえて管種別に設定した被害率を掛け合わせて被害延長及び被害率を算出する。また、被害率、被害延長に基づき、機能支障人口、復旧日数を算出する。検討のフローを図 1-7-2 に示す。

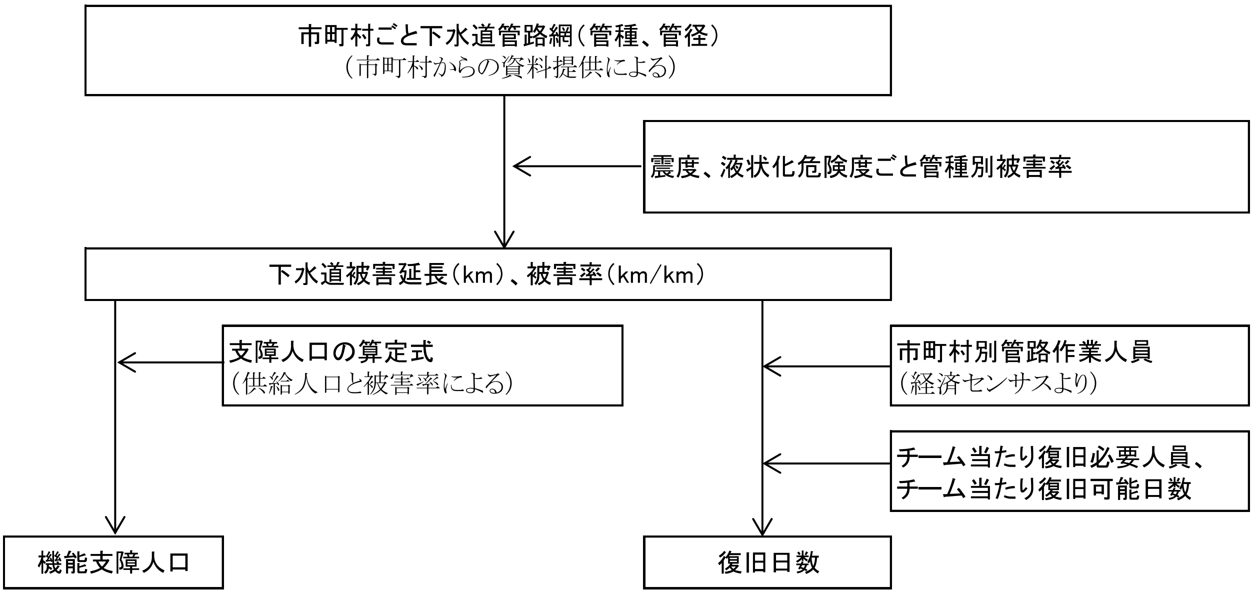


図 1-7-2　検討のフロー

② 被害想定手法

下水道の被害想定は、管路被害については兵庫県南部地震、新潟県中越地震および日本海中部地震など近年の地震被害実態に基づいた手法を、機能支障人口および復旧日数については一般的に自治体で利用されている手法を用いる。

a. 管路被害

下水道管渠の被害想定手法は、管種・管径や地盤情報により設定した被害率により被害延長を算出する方法[6)]や、液状化危険度と土被り厚から土砂堆積延長を算出する手法[7)]等がある。

本被害想定では、前者の手法である、兵庫県南部地震、新潟県中越地震および日本海中部地震など近年の地震被害実態に基づいた、地震動分布と液状化の分布などにより設定した管渠の管種別被害率から被害延長を求める手法（大規模地震による下水道被害想定検討委員会，2006）[6)]を採用する。

下水道管路被害延長の計算式を下記に、下水道の管種別被害率を表 1-7-6 に示す。

下水道管路被害延長の計算式

Ｎｄ＝Ｒ・Ｌ

Ｎｄ：管路被害延長（㎞）　Ｒ：被害率（km/km）　Ｌ：管路延長（㎞）

表 1-7-6　下水道の管種別被害率Ｒ

管種	液状化危険度	PL 値	震度階級 5弱	5強	6弱	6強	7
		計測震度基準値	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管･陶管	A～D	ALL	1.0%	2.3%	5.1%	11.3%	24.8%
その他の管	A	15＜PL	0.6%	1.3%	3.0%	6.5%	14.5%
	B	5＜PL≦15	0.5%	1.0%	2.2%	4.8%	10.7%
	C	0＜PL≦5	0.4%	0.9%	2.0%	4.5%	9.8%
	D	PL＝0	0.4%	0.9%	1.9%	4.2%	9.2%

b. 機能支障人口

機能支障人口は、評価単位を単位として、機能支障率が当地区の下水道の被害率に等しいと仮定（東京都，1997）[1)]し、地区の下水道被害率に人口を乗じて算出する。

機能支障人口 yp の計算式

yp＝供給人口・Ｒ

c. 復旧日数

復旧日数は、事前調査に1日、2日後から応急復旧作業が開始されるとし、作業効率は200m/班、必要作業員数は6人/班（東京都，1997）[1]とする。

復旧工事は、管内の管路被害を当該振興局の作業員のみで復旧すると仮定する。そのため、復旧日数の評価単位は振興局単位となる。また、作業員のうちすべてが災害後に作業を行うことは難しいことから、総数のうち下水道の復旧に当たることができる割合を作業人員の１／４、または１／２と想定した場合の復旧日数を算出する。

管工事業者は、上水道作業員数としても見込んでいるが、下水道は上水道が復旧しなければ使用できないことから、復旧工事は基本的に上水道が優先され、上水道の復旧後に下水道の復旧が戦略的に行われると想定されるため、本想定では作業員の上下水道への配分は行っていない。

作業員数は、振興局単位の下水道工事業者及び管路工事業者数（経済センサス，2009）[4]（表1-7-7参照）を用いる。

冬期の復旧工事遅延の影響については、復旧効率が夏期の7割（札幌市，2012）[5]とする。

表1-7-7　下水道作業員数（人）

振興局	下水道業と管工事業の合計
空知	1,012
石狩	9,696
後志	783
胆振	1,897
日高	236
渡島	1,456
檜山	132
上川	2,057
留萌	132
宗谷	270
オホーツク	1,191
十勝	1,213
釧路	1,032
根室	270
下水道作業員全道合計	21,377

（平成21年経済センサス-基礎調査　参考表　第3表　産業（小）別民営事業所数，従業者数－市区町村）[4]

【2-1(7)ライフライン被害の想定（上水道、下水道）の参考文献】

１)東京都：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書，1997.8.

２)川上英二:道路交通システムの形状と連結確率の関係,第１回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集,169-172, 1996.

３)埼玉県：埼玉県地震被害想定調査報告書，1998.3.

４)総務省統計局：-基礎調査 参考表 第３表 産業（小）別民営事業所数，従業者数－市区町村，経済センサス，2009.

５)札幌市：第3次地震被害想定について（想定結果，要点），第3 次地震被害想定，2012.3.

６)大規模地震による下水道被害想定検討委員会：管路施設の被害予測手法について，第１回大規模地震による下水道被害想定検討委員会資料　及び　大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用方法に関するマニュアル,2006.3.

７)東京都防災会議：東京における地震被害の想定に関する調査研究，1991.9.

(8) 交通施設被害（道路、橋梁）

1) 道路被害の想定

① 検討の流れ

a. 使用する道路データの概要

道路データは、(一財) 日本デジタル道路地図協会製のデジタル道路地図データ (DRM) [1)]を基本とし、DRM では網羅されていない道路データについては市町村より収集した道路網図から構築した。

本被害想定では、道路データを主要な道路（高速道路、国道、主要道道）と、その他の道路（一般道道、市町村道他）に分類して被害想定を行う。

道路被害想定の対象となる道路延長を表 1-8-1 に示す。

表 1-8-1　被害想定の対象となる道路延長

振興局	主要な道路 (高速道路、国道、主要道道)	(参考)その他の道路 (一般道道、市町村道他)
空知	1,374 km	8,190 km
石狩	1,340 km	10,886 km
後志	794 km	4,521 km
胆振	1,181 km	5,746 km
日高	497 km	2,761 km
渡島	1,030 km	4,340 km
檜山	347 km	1,823 km
上川	1,586 km	13,718 km
留萌	380 km	2,180 km
宗谷	714 km	3,774 km
オホーツク	1,500 km	10,523 km
十勝	1,675 km	13,682 km
釧路	964 km	5,594 km
根室	521 km	3,290 km
計	13,904 km	91,026 km

b. **検討の流れ**

道路区間の評価手法は、一般的に、一般国道、主要地方道などを評価対象として、過去の地震で発生した被害(路面亀裂・法面崩壊など)と地盤種別との関係から被害率を算定する手法が利用されている[2)]。

本被害想定では、地盤情報と震度分布による車両の通行不能となる被害率から被害箇所数を求める方法を用いて、主要な道路（高速道路、国道、主要道道）における市町村ごとの道路被害箇所数を推計する。また、参考として、その他の道路（一般道道、市町村道他）についても同様の手法で被害想定を行う。

検討の流れを図 1-8-1 に示す。

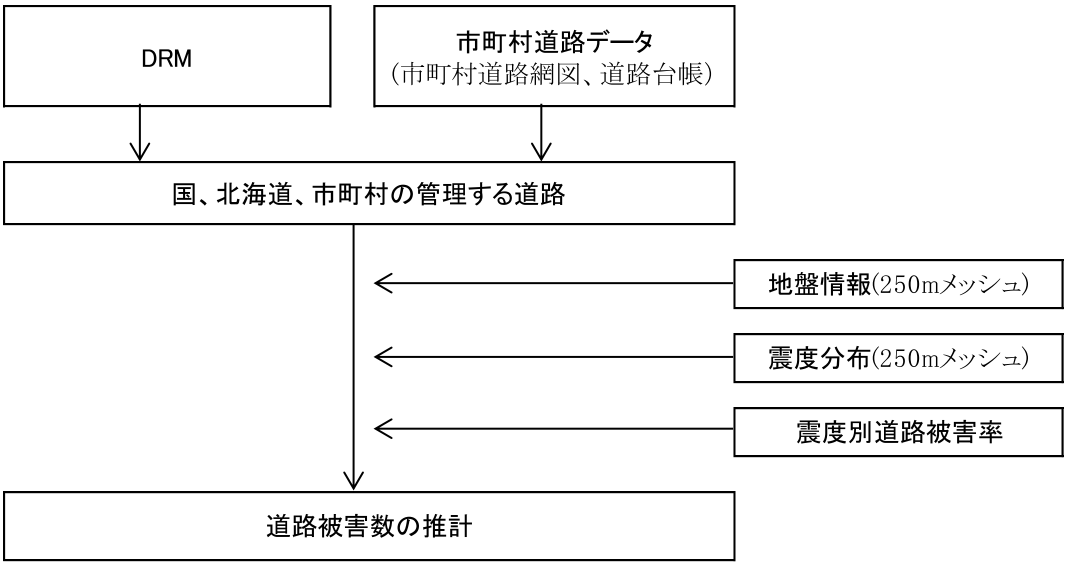


図 1-8-1　橋梁被害検討の流れ

② 被害想定手法

道路の被害想定は、車両の通行不能となる被害率を求める埼玉県防災会議[2)3)]の手法を用いて、道路データと震度分布との重ね合わせから、震度別被害率により道路被害延長を推計する。

埼玉県防災会議では、下記の式により道路の被害箇所数を算定している。

道路の被害箇所数　＝　震度別・地盤種別道路被害率　×　道路延長

震度別・地盤種別の道路被害率は、表 1-8-2 のとおりである。

表 1-8-2　震度別・地盤種別道路被害率（単位：箇所/km）

震　度	地　盤　種　別		
	１・２種	３　種	４　種
7	0.11	0.16	0.25
６強	0.09	0.13	0.20
６弱	0.07	0.10	0.16
５強	0.05	0.07	0.12
５弱	0.03	0.04	0.06
～４	0.00	0.00	0.00

※地盤種別は「道路橋被害示方書･同解説(1988)」[4)]の分類による。

また、日本道路協会による地盤種別[4)]の定義と今回利用した地形分類との関係を表 1-8-3 に示す。地形分類との関係は青森県[5)]や内閣府[6)]の地盤種別と地形分類の関係を参考として定めた。

表 1-8-3　地盤種別と地形分類との関係

地 盤 種 別		地 形 分 類
１種	第３紀以前の地盤 岩盤までの洪積層厚さが 10m未満	古第三紀以前、新第三紀
２種	岩盤までの洪積層厚さが 10m以上 岩盤までの沖積層厚さが 10m未満	第四紀火山、丘陵地、ローム台地、砂礫台地
３種	沖積層厚さが 10m以上 25m未満でかつ軟弱層の厚さが 5m未満	扇状地、砂州・砂丘
４種	上記以外の地盤	谷底平野、デルタ・後背湿地

2) 橋梁被害の想定

① 検討の流れ

a. 使用する橋梁データの概要

被害想定の対象橋梁は、国道、道道、市町村道に架設されている橋梁のうち、橋長が 15m 以上の橋梁とする。また、参考として橋長 15m 未満の橋梁についても被害箇所数を算出する。橋長の不明な橋梁については､道路台帳等を活用して橋長を推定し､その他不明分は橋長 15m 未満の橋梁に分類する。

橋梁データは、国および北海道、市町村が管理する橋梁台帳及び橋梁位置図に基づき、GIS データを構築した。

被害想定の対象となる橋梁データを表 1-8-4 に示す。

表 1-8-4　被害想定の対象となる橋梁データ（箇所）

振興局	橋長 15m 以上の橋梁	(参考)橋長 15m 未満の橋梁
空知	1,555	1,899
石狩	1,218	1,332
後志	673	1,018
胆振	809	921
日高	494	735
渡島	737	925
檜山	384	367
上川	1,938	2,647
留萌	547	405
宗谷	570	589
オホーツク	1,374	1,762
十勝	1,766	2,159
釧路	628	453
根室	425	205
計	13,118	15,417

b. 検討の流れ

橋梁の被害想定は、国道、道道、市町村道の橋梁データをもとに、橋梁の示方書年と震度分布の関係から設定される被害率を掛け合わせて被害箇所数を算出する。

検討の流れを図 1-8-2 に示す。

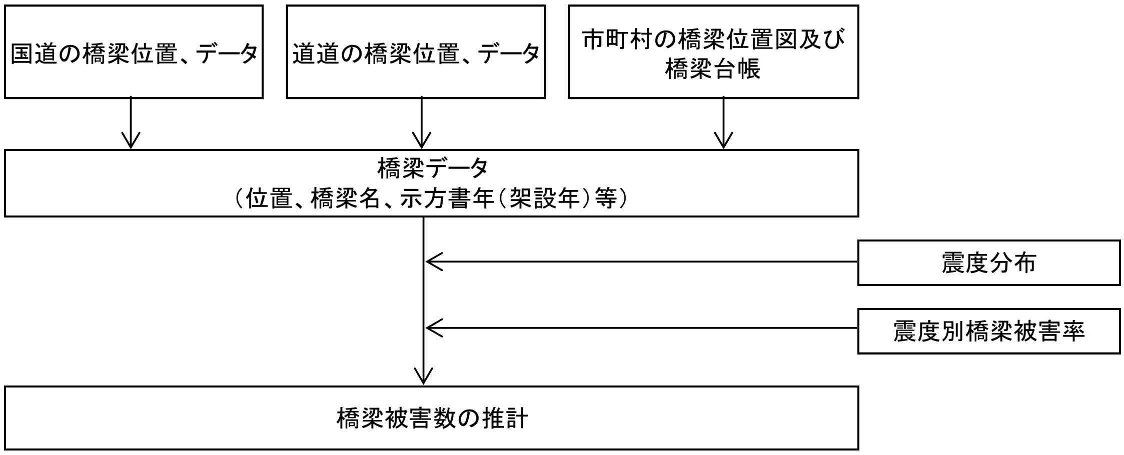


図 1-8-2　橋梁被害検討の流れ

② 被害想定手法

橋梁の被害想定は、道路橋示方書準拠年を基準とし、兵庫県南部地震(1995)の被災事例を基に示方書年別に設定された通行支障（通行制限を指す）及び不通となる確率（箇所/箇所）を設定している宮崎県(1997)[2)7)]の手法を用いる。

道路橋示方書準拠年別の震度と橋梁被害率の関係を表 1-8-5 に示す。

なお、道路橋示方書準拠年は、橋梁の耐震化後の適用示方書が反映されているものを利用しており、耐震化がなされた橋梁については 1980 年、1990 年の被害率が適用されている。一方、市町村から収集した道路橋の中には、適用示方書年が不明なものがある。これらについては、架設年からそれ以前の示方書年を推計するほか、架設年が不明な場合は、最も被害の大きい示方書年を適用する。

なお、橋梁の震度であるが、ＧＩＳ上で橋梁の中心点の座標を求め、その点のメッシュ震度を用いた。中心点の震度が計算されていない場合は直近メッシュの震度を用いた

表 1-8-5　震度と橋梁被害率の関係

被害程度	通行支障(通行制限)		不　通	
示方書年	1964 年、1971 年	1980 年、1990 年	1964 年、1971 年	1980 年、1990 年
震度5強以下	0.00	0.00	0.00	0.00
震度6弱	0.03	0.00	0.03	0.00
震度6強	0.13	0.02	0.12	0.00
震度7	0.14	0.04	0.14	0.02

【2-2(8)交通施設被害の想定（道路、橋梁）の参考資料】

1)一般財団法人日本デジタル道路地図協会：デジタル道路地図データベース（ＤＲＭ）＜全国デジタル道路地図データベース標準」＞, 2012.3.

2)損害保険料率算出機構:5.交通･輸送施設被害の予測,自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査,p231-248, 2006.7.

3)埼玉県：地震被害想定策定調査報告書, 1982.

4)(社)日本道路協会：道路橋被害示方書・同解説, 1988.

5)青森県：平成８年度青森県地震・津波被害想定調査報告書, 1997.3.

6)内閣府(防災担当):地震防災マップ作成技術資料、2005.3.

7)宮崎県: 宮崎県地震被害想定調査報告書, 1997.3.