第2章 地震動等の予測

1 想定地震の断層モデルの設定

(1) 南関東地域における地震環境

本市の位置する南関東地域は、北米プレート、フィリピン海プレート及び太平洋プレートの3つのプレート *が交わって沈み込む地域である(図 2.1-1)。このため、この地域ではプレートの境界面やプレートの内部で様々なタイプの地震(図 2.1-2)が発生し、大きな被害を引き起こしてきた。

文部科学省の地震調査委員会(2014) ⁵は、南関東地域でプレートの沈み込みに伴 う M7 程度の地震の発生確率を今後 30 年以内で 70%程度であるとしている。また、 中央防災会議(2013a⁶, b⁷)は南関東地域では 1923 年大正関東地震タイプの M8 程 度の地震の発生前に、沈み込むプレート内で発生する M7 程度の地震(図 2.1-2 の③) の発生が頻発するとしている(図 2.1-3)。

これらの地震の発生想定から、内閣府は、防災・減災対策の主眼を置く地震として 都心南部直下地震(図2.1-4)について被害想定を実施した。また、平成26・27年度 県調査ではプレート内で発生する M7 程度の地震として、市川市~千葉市直下を震源 域とする千葉県北西部直下地震(図2.1-5)について新たに被害想定を実施した(千 葉県(2016))。

フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震(図 2.1-2 の②)においては、 中央防災会議(2004)や千葉県(2008)において「東京湾北部地震」が想定されて おり、市川市(2013)においても、東京湾北部地震について検討している。しかし ながら内閣府(2013)は、大正12(1923)年に発生したプレート境界地震である大 正関東地震の震源域に、従来東京湾北部地震が発生すると想定されていた範囲が含ま れるとしており、大正関東地震の際にひずみが解放されたと想定されることから、こ の範囲で近いうちに地震が発生する確率は低いとして検討から除外している(図 2.1-6)。

図 2.1-3 より、1703 年元禄地震や 1923 年大正関東地震等のフィリピン海プレート と北米プレートの境界の M8 クラスの地震については当面発生する確率は低いが、今 後 100 年先頃には発生の確率が高くなっていると考えられる。

^{*}プレート:プレートとは、地球の表面を覆っている十数枚の巨大な板状の岩盤で、それぞれが違う 方向に年間数センチメートルの速度で動いている。千葉県付近では、陸のプレートである北米プレー トの下に海のプレートであるフィリピン海プレートと太平洋プレートが引きずり込まれ、その力に耐 えきれず跳ね上がろうとするときに海溝型地震が発生する。



図 2.1-1 関東周辺のプレート境界(内閣府(2013))



図 2.1-2 南関東地域で発生する地震のタイプ(内閣府(2013))



図 2.1-3 南関東で発生した地震(M6以上、1600年以降)(内閣府(2013))



図 2.1-4 内閣府(2013)で検討対象とした地震の断層位置(内閣府(2013))



図 2.1-5 千葉県北西部直下地震の震源位置及び破壊開始点*(千葉県(2016)) (フィリピン海プレートの深さは内閣府(2013)による) 一背景領域 —SMGA*



図 2.1-6 内閣府(2013)におけるプレート境界・プレート内部の地震の再検討

(2) 想定地震の設定

本業務の想定地震は、市川市(2013)、千葉県(2016)、内閣府(2013)に基づき、本市に大きな影響を及ぼす以下の3つの地震を採用した(表2.1-1)。M7クラスのフィリピン海プレート内の地震は、30年以内の発生確率が高く、防災・減災対策

^{*}破壊開始点:断層面の中で最初に破壊が開始する位置であり、順次隣接する小断層面を破壊が伝播 する。

^{*}強震動生成域(SMGA):断層面の中で特に強い地震波(強震動)を発生させる領域のことを「強震動生成域(SMGA)」という。従来は「アスペリティ」と呼ばれていたが、この言葉は強い強震動を 発生させる領域と断層すべりの大きな領域の両方を示す用語であり、東北地方太平洋沖地震の詳細な 結果、両者は必ずしも一致しない場合があるため、強震動生成域と呼ばれるようになった。(内閣府 2013)

が急務とされている。さらに震源の違いにより、地域ごとの建物・人的被害等の様相 が異なることが予想されるため、東京湾直下地震と千葉県北西部直下地震の2地震を 想定地震として設定した。M8クラスの大正型関東地震は、30年以内の発生確率は低 いものの、発生時には M7クラスとは異なった甚大かつ広域的な被害が想定されるた め設定した。想定地震の断層位置図を図2.1-7に示した。

- (a) 東京湾直下地震(M7クラスの地震)
- (b) 千葉県北西部直下地震(M7クラスの地震)
- (c) 大正型関東地震(M8クラスの地震及び長期的な視野に立った地震)

A2.1 1 心足内水とした地展の 見					
タイプ	地震名	Mw*	概要	30 年以内 発生確率	
プレート内	東京湾直下地震	7.3	防災・減災対策の	70%	
	千葉県北西部直下地震	7.3	主眼に置く地震	70%	
プレート境界	十二刑間市地雷	8. 2	長期的視野に立った	0~2%	
(相模トラフ沿い)	人 正空 民 東 地 辰		対策を実施する地震		

表 2.1-1 想定対象とした地震の一覧



図 2.1-7 本業務における想定地震の断層位置図

^{*}マグニチュード(M) とモーメントマグニチュード(Mw)の違い:マグニチュード(M) は気象庁 が地震発生直後に公表するマグニチュードと同じもので、気象庁マグニチュード(Mj) とも呼ぶ。一 方、近年、国際的に「震源における断層運動の大きさ」を反映したモーメントマグニチュード(Mw) が用いられており、最新の国や自治体等の調査でも同様である。そのため、本業務においても地震の 規模はモーメントマグニチュード(Mw)で表している。

2 断層モデルの作成

(1) 想定地震の断層モデル

本業務では、3 地震(東京湾直下地震、千葉県北西部直下地震、大正型関東地震) を対象とする。想定3 地震の断層パラメータと断層モデルの位置図を以下に示す。

① 東京湾直下地震

内閣府(2013)は、どこの場所の直下でも発生する可能性のあるフィリピン海プレート内の地震として 10 地震を選定し、その中でも特に東京湾直下地震の震源位置が本市に近く、大きな被害を及ぼす可能性が高い。

東京湾直下地震の震源モデルについては、内閣府(2013)で示されている震源モ デルを採用し、強震動生成域のみで構成されるモデルである。震源位置は、本市の南 側に位置し、断層平均深さは約 48km 程度となっている。本業務で用いた断層パラメ ータを表 2.2-1 に示す。本市と断層モデルの位置図を図 2.2-1 に示す。

断層全体	プレート内地震(62MPa)	備考
断層面積S(km ²)	900	岩田・浅野(2010)
平均的な応力パラメータΔσ(Mpa)	10.3	面積と地震モーメントの関係より
平均すべり量D(m)	2.5	
地震モーメントMo(Nm)	1. 1E+20	岩田・浅野(2010)
モーメントマグニチュードMw	7.3	
長さ(km)	28.1	
幅(km)	32.1	
走向 θ	0°	南北方向
傾斜δ	90°	
すべり角	0°	横ずれ
SMGAの内部パラメータ		
応力パラメータ	62	岩田・浅野(2010)
面積(km ²)	150	
面積比	16. 7%	
平均すべり量(m)	5.1	平均すべり量×2
地震モーメントMo(Nm)	3. 5E+19	$Mos = \mu DS$
モーメントマグニチュードMw	7.0	$\Delta \sigma \times S/Ss$
その他		
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.9	
Fmax(Hz)	6	
剛性率 μ (N/m ²)	4. 6E+10	

表 2.2-1 東京湾直下地震(Mw7.3)における断層パラメータ(内閣府(2013))



図 2.2-1 東京湾直下地震 (Mw7.3) における震源モデルの位置図 ※ 傾斜 90 度の断層になるので、断層要素が垂直に配置されている。

② 千葉県北西部直下地震

千葉県北西部直下地震は、平成 26・27 年度県調査による市川市から千葉市直下の M7.3 のフィリピン海プレート内の想定地震(過去に発生が確認されていない地震) である。平成 26・27 年度県調査による千葉県北西部直下地震の本市での最大震度は 6 強であり、本市を含む広い範囲で被害が想定される。

本業務で用いた断層パラメータを表 2.2-2 に示す。震源位置は、本市の西南西側に 位置し、断層平均深さは約 45km 程度となっている。本市と断層モデルの位置図を図 2.2-2 に示す。

項目		数値	備考	
	断層原点緯度	° N	35.59	
	断層原点経度	°E	140. 19	
	面積	km²	900	岩田・浅野 (2010) ⁸
	平均応力降下量	MPa	10. 3	面積と地震モーメントの関係よ り
断	平均すべり量	m	2.5	
層	地震モーメント	Nm	1.1E+20	岩田・浅野(2010)
主体	モーメントマグニチュード		7.3	
	長さ	km	28. 1	
	幅	km	32. 1	
	走向	o	290	東南東-西北西
	傾斜	o	80	高角
	すべり角	o	30	縦ずれ成分を持った左横ずれ
強震動生成域 (SMGA)	応力パラメータ	MPa	62	岩田・浅野(2010)
	面積	4 km²	150	
	面積比	%	16. 7	
	平均すべり量	m	5. 1	平均すべり量×2
	地震モーメント	Nm	3.5E+19	$M_{os}=mDS$
	モーメントマグニチュード		7.0	$Ds \times S/S_s$
	深さ	km	38.4	
その他	破壞伝播速度	km/s	2. 9	
	高周波限界遮断周波数	Hz	6	
	剛性率	N/m²	4.6E+10	

表 2.2-2 千葉県北西部直下地震(Mw7.3)における断層パラメータ(千葉県(2016))



図 2.2-2 千葉県北西部直下地震(Mw7.3)における震源モデルの位置図



図 2.2-3 東京湾直下地震と千葉県北西部直下地震における震源モデルの立体図

③ 大正型関東地震

大正型関東地震の震源モデルについては、内閣府(2013)で示されている震源モ デルを採用した。本業務で用いた断層パラメータを表 2.2-3 に示す。本市と断層モデ ルの位置図を図 2.2-4 に示す。相模トラフ沿いの相模湾から房総半島までの領域に、 5 つの強震動生成域を配置している。破壊開始の順番は、SMGA①より始まり、 SMGA②→SMGA④→SMGA⑤→SMGA③の順に破壊されていく。断層平均深さは 約 14km 程度となっている。

		地位		
		1.2		
SMGA	面積	Km²	1/64	セクメント内の SMGA の面積の和
SMGA①	面積	km²	312.8	
	地震モーメント	Nm	5.7E+19	$M_0=0. 41 \times \Box \Box \times S^{3/2}$
	Mw		7.1	$\log(M_0) = 1.5Mw+9.1$
	応力パラメータ	MPa	25.0	
	ライズタイム	S	3.3	$0.5 \times \sqrt{S/V_r}$
	面積	km²	401.1	
	地震モーメント	Nm	8. 2E+19	$M_0=0. 41 \times \Box \Box \times S^{3/2}$
SMGA(2)	Mw		7.2	$\log(M_0) = 1.5Mw+9.1$
	応カパラメータ	MPa	25.0	
	ライズタイム	S	3.7	0.5× $\sqrt{S/V_r}$
SMGA(3)	面積	km²	314.4	
	地震モーメント	Nm	5.7E+19	$M_0=0.41 \times \Box \Box \times S^{3/2}$
	Mw		7.1	$\log(M_0) = 1.5Mw+9.1$
	応力パラメータ	MPa	25.0	
	ライズタイム	S	3.3	$0.5 \times \sqrt{S/V_r}$
SMGA④	面積	km²	473.5	
	地震モーメント	Nm	1.1E+20	$M_0=0. 41 \times \Box \Box \times S^{3/2}$
	Mw		7.3	$\log(M_0) = 1.5Mw+9.1$
	応力パラメータ	MPa	25.0	
	ライズタイム	S	4.0	$0.5 \times \sqrt{S/V_r}$
SMGA(5)	面積	km²	262. 1	
	地震モーメント	Nm	4.3E+19	$M_0=0.41 \times \Box \Box \times S^{3/2}$
	Mw		7.0	$\log(M_0) = 1.5Mw+9.1$
	応カパラメータ	MPa	25.0	
	ライズタイム	S	3.0	$0.5 \times \sqrt{S/V_r}$
その他	破壊伝播速度		2.7	$V_r = V_s \times 0.72$
	f _{max}		6	

表 2.2-3 大正型関東地震(Mw8.2)における断層パラメータ(内閣府(2013))



図 2.2-4 大正型関東地震 (Mw8.2) における震源モデルの位置図

3 地盤情報の整理

(1) 地盤モデルの概要

地震動は地中深くの震源断層で発生し、地震基盤(S波速度 3,200m/s 相当層) ~深 部地盤~工学的基盤(S 波速度 350m/s 相当層)~浅部地盤を伝わって地表に達する (図 2.3-1)。地震動の予測では、工学的基盤で波形を計算する場合、地震基盤以深の 地殻構造、深部地盤及び浅部地盤の3種類の地盤モデルを用いる。浅部地盤及び深部地 盤内の地震動評価に関するフローを図 2.3-2 に示す。

深部地盤は、地震基盤から工学的基盤までの地盤であり、深部地盤構造モデルは、 「地下構造モデル作成の考え方(地震本部、2017)9」及び「関東地方の浅部・深部統 合地盤構造モデル説明資料(地震本部、2017)¹⁰」に基づいて作成された J-SHIS モデ ル((国研)防災科学技術研究所)を用いた。地震基盤以深の地殻構造モデルは内閣府公 表の長周期地震動検討用地盤モデル(内閣府、2015)¹¹を用いた。

浅部地盤については、地盤情報として、ボーリングデータ及び地質断面図等のデータ を収集するとともに、詳細な微地形区分データを用いた。これらの各種データを基に、 地震調査委員会や内閣府による知見を踏まえ、市内全域を 50m メッシュで地盤増幅度 モデルを作成する。





図 2.3-2 工学的基盤以深及び浅部地盤内の地震動評価に関するフロー

(2) 震度増分の評価で用いる 50m メッシュ微地形区分データの作成

本業務では、浅部地盤モデルを検討するため、250mメッシュ微地形区分(若松・松岡、2020)¹²(図 2.3·3)を基に、既往資料(ベクトルタイル「地形分類(自然地形)」 (国土地理院、2016)¹³、ボーリングデータ、地質断面図等)を参考にしながら微地形

区分を新たに 50mメッシュに細分化した。ベクトルタイル「地形分類(自然地形)を 図 2.3-4 に示す。

ベクトルタイル「地形分類(自然地形)」より 50m メッシュに細分化されているが、「氾濫平野」と「旧水部」は 250m メッシュ微地形区分の凡例に含まれていない。市域 南北に広がる氾濫平野と南部の旧水部は、若松・松岡(2020)を参照しつつ、以下の 要点で微地形変換を行った。

- ・ 台地より北部にあたる氾濫平野は内陸とみなし、谷底低地(浅い谷)に分類
 した。
- ・ 台地より南部にあたる氾濫平野は沿岸平野とみなし、三角州・海岸低地と分類した。
- ・ 旧水部は、250mメッシュ微地形区分を参照し、埋立地と干拓地で区別した。

以上より、本業務で作成した市川市の 50m メッシュ微地形区分データを図 2.3-5 に示す。



図 2.3-3 若松・松岡(2020)による市川市の 250m メッシュ 微地形区分



図 2.3-4 ベクトルタイル「地形分類(自然地形)」による 50m メッシュ 微地形区分



図 2.3-5 本業務における 50m メッシュ微地形区分

(3) 震度増分の評価で用いる AVS30 分布データの作成

J-SHISより250mメッシュのAVS30*分布が公表されている(図2.3-6)。本業務では、 50m メッシュで詳細評価するために、前節で作成した 50m メッシュの微地形区分に J-SHISのAVS30の値を当て込み、微地形ごとに平均値をとることにした。

J-SHIS の AVS30 分布を見ると、南部の埋立地と干拓地における AVS30 が江戸川を挟 んで北東部と南西部で様相が変わっている。AVS30 の平均をとる際、北東部エリアと南西 部エリアに分けて、微地形ごとの AVS30 の平均値を算出した。南西部エリアにおける微地 形ごとの AVS30 の平均値を表 2.3-1 に、北東部エリアにおける微地形ごとの AVS30 の平 均値を表 2.3-2 に示す。

以上の微地形ごとの AVS30 の平均値を本業務で作成した微地形区分(図 2.3-5)に適用 した 50m メッシュの AVS30 を図 2.3-7 に示す。

^{*} AVS30:地表から深さ 30m までの平均S波速度のことを言う。地盤増幅度を求める際、パラメータの1 つとして用いられる。AVS30の数値が低いほど地震に対する地盤が軟弱であることを示す。



図 2.3-6 J-SHIS による AVS30 の分布

微地形	平均 / AVS	標準偏差 / AVS			
干拓地	151.21	9. 23			
砂丘・砂州間低地	196. 67	16. 22			
砂州・砂礫州	179.81	10. 73			
三角州・海岸低地	164. 25	16. 92			
埋立地	150. 14	5. 64			

表 2.3-1 南西部エリアにおける微地形ごとの AVS30 の平均値

表 2.3-2 北東部エリアにおける微地形ごとの AVS30 の平均値

微地形	平均 / AVS	標準偏差 / AVS
ローム台地	244. 28	26. 73
河原	192. 14	21.41
干拓地	197.66	19.35
後背湿地	179.35	27.43
砂丘	186.96	27. 52
砂丘・砂州間低地	176.90	0.00
砂州・砂礫州	200. 13	32.35
三角州・海岸低地	200. 55	23.83
自然堤防	210. 70	15. 98
谷底低地	194. 37	30. 46
埋立地	176.11	25.00



図 2.3-7 本業務で作成した AVS30 の分布

(4) 震度増分の算出方法

50m メッシュの AVS30 から、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(レシピ)」 (地震調査委員会、2020)¹⁴の考え方を基に、速度増幅率及び震度増分を算出する。以下 に「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(レシピ)」(地震調査委員会、2020)に 記載ある経験式を示す。

 $\Delta I = I - I_b = 2.603 \cdot log_{10} amp - 0.213 \cdot \{log_{10} amp\}^2 - 0.426 \cdot log_{10} PGV_b \cdot log_{10} amp$ (式 2.3-1)

ΔI:震度増分
 amp:最大速度の増幅率

PGV_b:工学的基盤上面における最大速度

 $log_{10}amp = 2.367 - 0.852 \cdot log_{10}AVS30$

(100 < AVS30 < 1500)

(式2.3-2)

amp:平均S波速度600m/sの工学的基盤を基準とした最大速度増幅率

(5) 液状化計算で用いる浅部地盤モデル

千葉県(2016)では、県内で収集された約5万8千本のボーリングデータを基に、液状化について詳細な検討をすることを目的として、250m×250mの詳細なモデルを作成している。県の層構造モデルを基に本市所有のボーリングデータを反映して浅部地盤モデルを作成した。市役所近辺の浅部地盤モデルを図2.3-8、図2.3-9に示す。



図 2.3-8 市川市の浅部地盤モデル断面位置図(市役所近辺:東西 27、南北 18)



(市役所近辺、上図:東西27、下図:南北18)

4 地震動の解析手法

(1) 概要

これまでに整理した知見及び構築した地盤モデルを基に、地震動の想定を行う。

地震動の予測は、震源断層の位置と規模(マグニチュード)及び震源断層モデルや地盤 構造の詳細なモデル化により、地震波形を理論的にシミュレーション計算する手法(詳細 法)を用いて行った。高層建築物等といった大型施設も視野に入れ、長周期及び短周期の 両地震動を考慮することとした。まず深部地盤を対象として、短周期地震動予測について は統計的グリーン関数法*で、長周期地震動予測は有限差分法*で計算し、両者をハイブリ ッドした波形を作成することにより、工学的基盤の地震動を求めた。

地表の地震動については、AVS30から算出した震度増分から求めた。

(2)予測手法

① 統計的グリーン関数法

統計的グリーン関数法による工学的基盤における地震動の作成の流れを図 2.4-1 に示す。

^{*}統計的グリーン関数法:震源から放射される地震波は、震源断層をいくつかに分割した小断層から放射 される地震波を足し合わせたものであると考えることが出来る。小断層による小地震は大地震よりも多く 発生するため、このような小地震の観測記録(経験的グリーン関数)から大地震の波形を合成することが できて、経験的グリーン関数法と呼ばれる。観測記録の代わりに小地震の波形を計算により求めて大地震 の波形を合成する手法が、統計的グリーン関数法である。

^{*}**有限差分法**:地盤を三次元方向の格子点に分割し、格子点における地震動の大きさを逐次方程式を解い ていくことにより計算する手法。長周期地震動の予測に多く用いられているが、多大な計算機容量及び計 算時間を要する。



図 2.4-1 統計的グリーン関数法の流れ

以下に、今回想定に適用した統計的グリーン関数法の計算手法について示す。

 対象とする断層面を小断層に分割し、小断層ごとに、Boore(1983)¹⁵の手法により ω-2 乗則 *を満たす振幅スペクトル*の形状を求める。要素地震波形*として、このスペ クトルモデルに経験的な位相*特性を与えたものを使用する。

小断層ごとに Boore (1983) の手法により ω-2 乗則を満たす振幅スペクトルの形状を求 める。このスペクトル形状は以下の式で表現される。

^{*}ω²乗則(オメガにじょうそく):要素地震波形を定義するスペクトルの振幅は、低い振動数(ω)では地震モーメントにほぼ等しい一定値であるが、ある振動数(「コーナー振動数」)より高い振動数では、振動数の二乗に逆比例して振幅が減少するという法則。

^{*}スペクトル:地震波形には、様々な周期の波が含まれている。理論的には、任意の波形はある振幅と周波数を持つ正弦波(サインカーブ。 $y=A\cdot\sin(\omega t - \varphi)$)という関数で表される。tは時刻、Aは振幅、 ω は角周波数、 $-\varphi$ は初期位相(t=0における位相)という。)の和で表すことができる。これらの正弦波の周波数とその振幅を並べたものを「スペクトル」と呼ぶ。地震の特徴を説明するためにスペクトルが用いられることがある。

^{*}要素地震波形:細かく分割した断層のそれぞれが発生する地震波形のこと。

^{*}位相:正弦波をグラフで表した時に、グラフが横軸(時刻)方向にどれだけずれているかを示す値。

$$S_{A}(\omega) = \frac{R_{\theta\phi}}{4\pi\rho\beta^{2}}M_{0} \cdot \frac{\omega^{2}}{1 + (\omega/\omega_{C})^{2}} \cdot \frac{1}{1 + (\omega/\omega_{max})^{2}} \frac{e^{-\omega R/2Q\beta}}{R + C} - (\not \Xi 2.3-3)$$

ここで、 $\omega_{\rm C} = 2\pi f_{\rm C}$ 、 $f_{\rm C} = 4.9 \times 10^6 \beta (\Delta \sigma/M_0)^{1/3}$ $\omega_{\rm max} = 2\pi f_{\rm max}$ 、 $f_{\rm max}$ は高周波遮断周波数

なお、Mo は地震モーメント〔dyne・cm=10-7Nm〕、ρ は密度〔g/cm3〕、β は媒質の S 波速度〔km/s〕、R は震源距離〔km〕、△σ は応力パラメータ〔bar=10-1MPa〕である。 Rθφ はラディエーション係数であるが、これは、小断層ごとに計算地点への方位角、射出 角により計算する。位相特性については、小断層—計算地点間の距離を考慮する佐藤 (1994)¹⁶に従って設定する。

2) 上記手法で作成した計算地点での地震基盤におけるスペクトルに対して、工学的基 盤までの地盤構造による増幅を考慮するため、SH 波・については斜め入射の SH 波 動場を、SV 波・については、P-SV 波動場の応答計算を行う¹⁷。



図 2.4-2 P 波、SV 波と SH 波

3) 求められた工学的基盤で P 波、SH 波、SV 波を東西、南北、上下方向の成分に変換 する。工学的基盤での各小断層からの波形を入倉ほか(1997)¹⁸に従って、それぞ れの成分ごとに足し合わせる。これにより、工学的基盤での 3 成分波形を求める。

^{*}SH 波:地震波の進行方向の垂直方向に振動する波のうち、地震波の進行方向を矢印で紙の上に書いたときに、紙 面と垂直方向に振動する波。横波。

^{*}SV 波:地震波の進行方向の垂直方向に振動する波のうち、地震波の進行方向を矢印で紙の上に書いたときに、紙面と平行方向に振動する波。横波。

② 三次元有限差分法

三次元差分法計算に用いる断層モデル及び深部地盤モデルは、統計的グリーン関数法 と共通とした。差分法は、空間方向と時間方向に関して速度成分と応力の微分方程式を 時間差微分で解く方法である。地盤のモデルをスタッガードグリッドと呼ばれる不連続 格子(図 2.4-3 参照)を用いてモデル化し、物性を付与することで三次元地盤構造を考 慮した解析が可能である。なお、半無限帯を模擬するため、モデル境界には地震波の振 幅を低減させる吸収領域を設けている。

解析には林・引間(2001)¹⁹による手法を用いた。三次元有限差分法計算に用いる断 層モデル及び深部地盤モデルは、統計的グリーン関数法と共通とした。計算の対象周期 は 1.56 秒以上長周期地震動を算出した。





③ ハイブリッド合成法

統計的グリーン関数法で算定された強震波形、波数積分法の理論的手法で算定された 強震波形に対して適切な接続周期を設定し、マッチングフィルター(図2.4-4)を介し接 合し、工学的基盤波形を計算した。各計算方法による波形のスペクトルがスムーズに接 合されるよう、周期 2.0 秒で接合を行うこととした。



図 2.4-4 ハイブリッド合成法のイメージ図 (「「全国地震動予測地図」作成手法の検討」に加筆)

(3)予測結果

① 工学的基盤における震度分布図

東京湾直下地震の工学的基盤における震度分布図を図 2.4-5、千葉県北西部直下地震の 工学的基盤面における震度分布を図 2.4-6、大正型関東地震の工学的基盤における震度分 布図を図 2.4-7に示す。



図 2.4-5 工学的基盤における震度分布図(東京湾直下地震)



震度階級 図 2.4-6 工学的基盤における震度分布図(千葉県北西部直下地震)



図 2.4-7 工学的基盤における震度分布図 (大正型関東地震)

地表における震度分布図

東京湾直下地震の地表における震度分布図を図 2.4·8、千葉県北西部直下地震の地表における震度分布を図 2.4·9、大正型関東地震の地表における震度分布図を図 2.4-10 に示す。

東京湾直下地震、千葉県北西部直下地震、大正型関東地震の 3 地震ともに南部から北部にかけて震度 6 強の分布が広がっている。地表の計測震度分布図より、東京湾直下地震は市の中央部において 6.2~6.4 を、千葉県北西部直下地震、大正型関東地震については、市の南部において 6.2~6.4 を示している。それぞれの地震の震源深さ、地震波の放射特性や到来方向、深部地盤の不均質性等が起因していると考えられる。

各想定地震の既往結果との比較については図 2.4-11~図 2.4-13 に示す。東京湾直下地 震について、内閣府(2013)では、南部のみ震度 6 強の分布になっており、本業務の結 果と異なる傾向が見られた。要因として、両者で採用されている深部地盤モデルが異な り、J-SHIS の深部地盤モデルの方が中央部にかけて深い構造になっている。このこと により、地震波の伝播経路に影響し地震波が増幅されることが考えられる。千葉県北西 部直下地震について、千葉県(2016)の結果では南西部が震度 6 弱と示されており、本 業務の結果より小さな評価となっている。浅部の評価方法が異なるとことが要因とされ る。千葉県(2016)は、等価線形解析で地表にあげており、土質の非線形性を考慮して いるため小さな評価になっている。大正型関東地震について、内閣府(2013)と本業務 の結果を比較すると、大きな差異はなく、本業務で作成した微地形や浅部情報を反映し た結果と言える。



図 2.4-8 地表における震度分布図(東京湾直下地震)



震度階級 図 2.4-9 地表における震度分布図(千葉県北西部直下地震)



図 2.4-10 地表における震度分布図(大正型関東地震)



内閣府(2013) 本業務(図 2.4-11 東京湾直下地震:既往結果との比較







