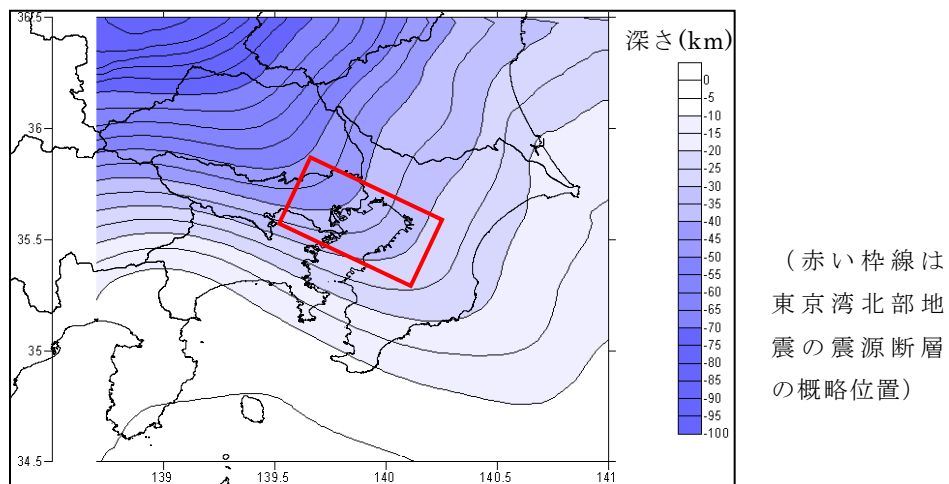


III-2. 想定される地震像と地震動等の分布

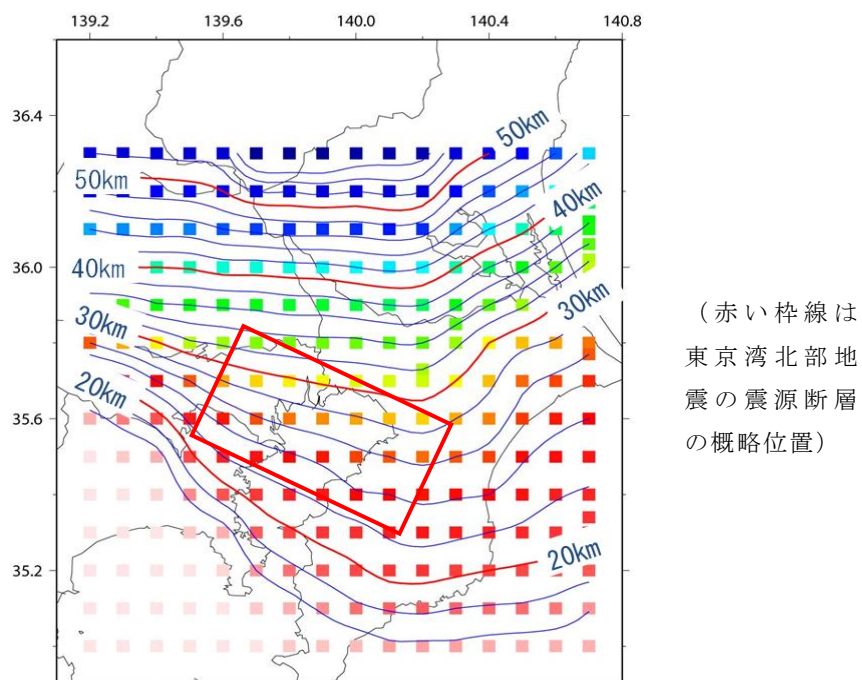
1. 地震像(震源モデル・波源モデル)

1.1 フィリピン海プレートの上面深度について

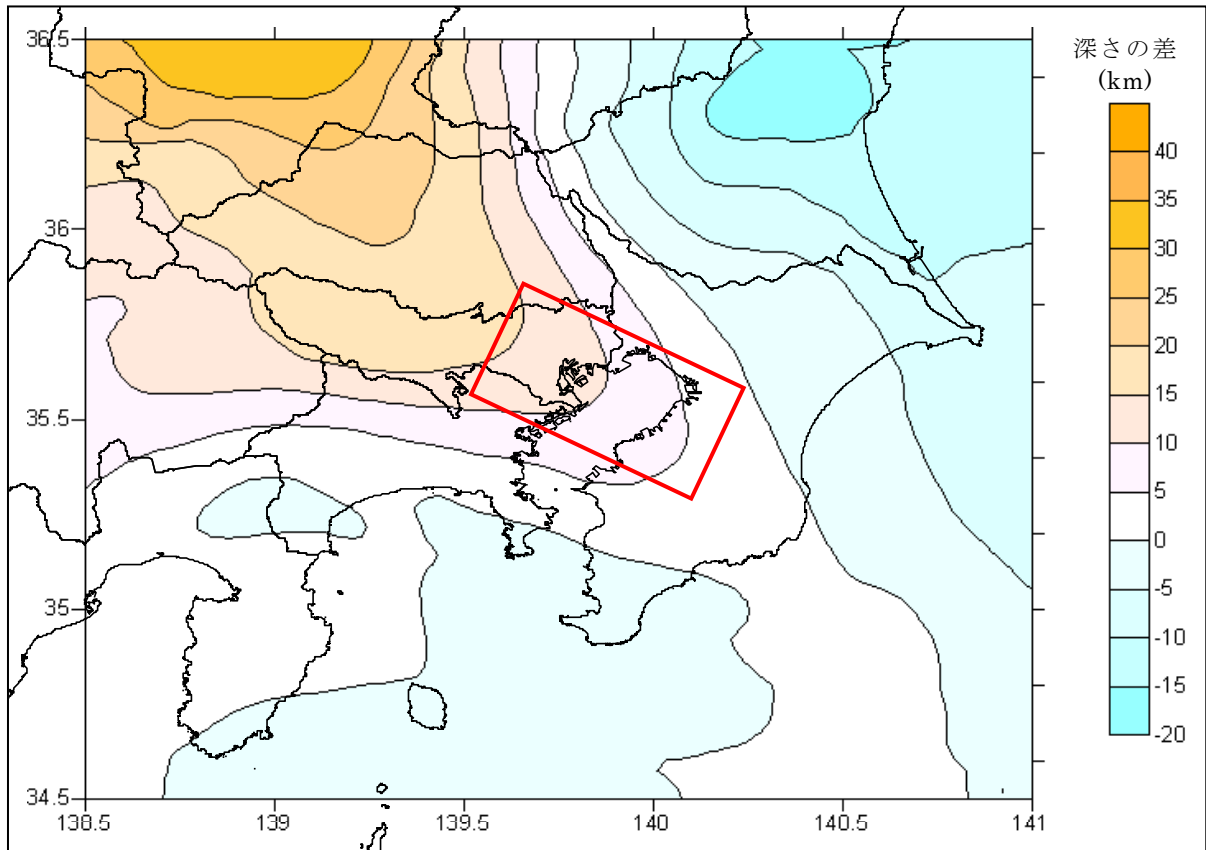
近年の研究調査によって、南関東直下のフィリピン海プレートの深さ分布について新しい知見が得られ (Sato et al.(2005)、首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2012)等)、フィリピン海プレートの上面深度が従来の Ishida(1992)に比べ、約 10km からところによっては約 15km 強程度浅くなることが判明した。このため、本調査においては、最新の首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2012)によるフィリピン海プレートの上面深度を用いる。



図表 従来のフィリピン海プレート上面のコンター図(Ishida (1992) をもとに作成)



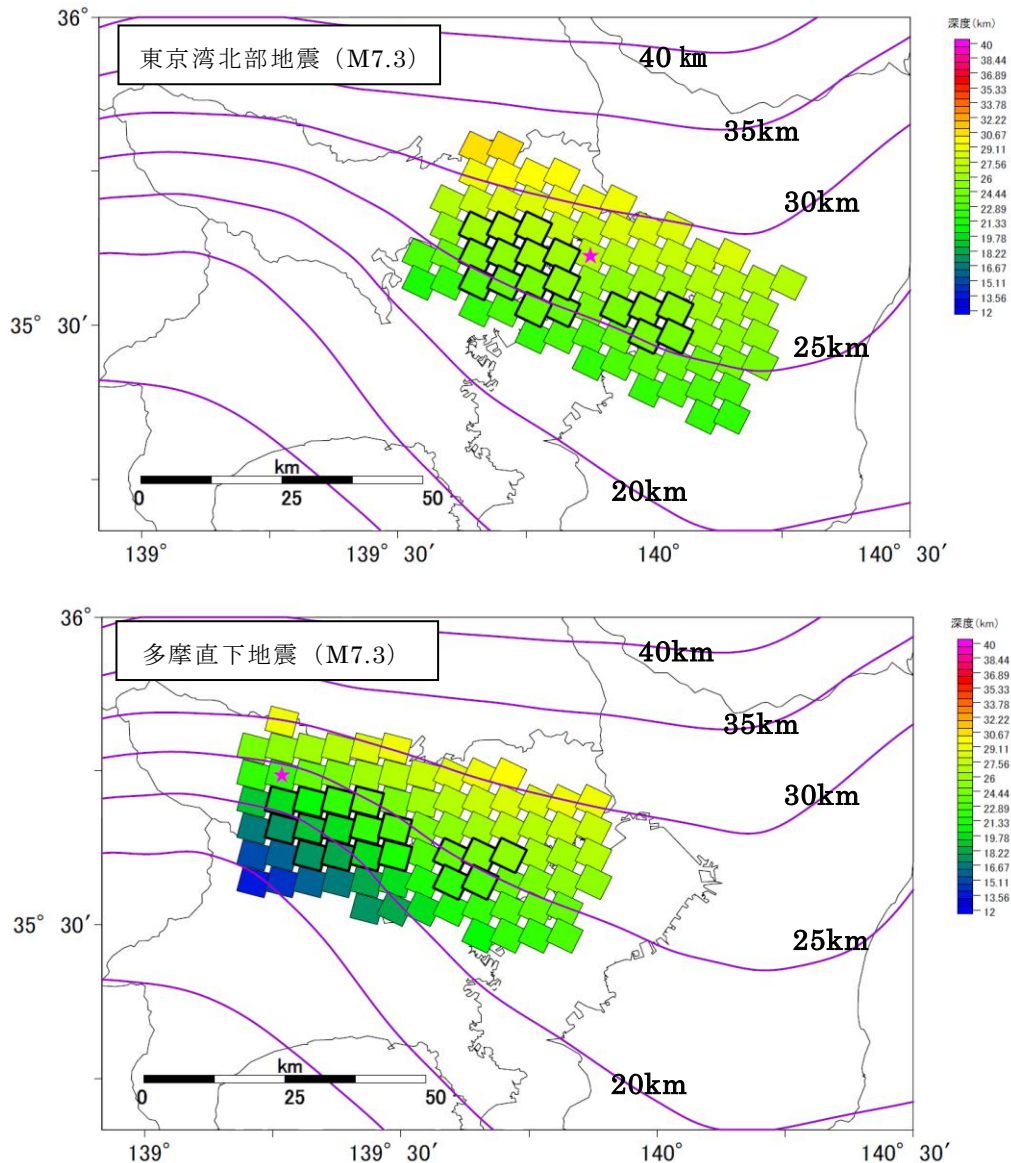
図表 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2012)における、フィリピン海プレート上面の深さ分布(首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2012)に加筆)



**図表 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2012)と
従来のIshida(1992)のフィリピン海プレート上面深度の差
(正の値:従来より浅い、負の値:従来より深い)
(赤い枠線は東京湾北部地震の震源断層の概略位置)**

2. 首都直下地震の震源モデル

東京湾北部地震（M7.3）と多摩直下地震（M7.3）の震源モデルについては、中央防災会議（2004）で設定された震源モデルの深さを、最新の知見に基づくフィリピン海プレート（首都直下地震防災・減災特別プロジェクト，2012）の上面深度に対応して変更したモデルを採用した。普段は強く固着していて地震時に壊れる際に強い地震波を発生する「アスペリティ」については、東京に大きな影響を与えるため、双方とも西側が大きいモデルとした。震源断層モデルの位置図と震源断層のパラメータ設定は次のとおりである。



図表 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2012)のフィリピン海プレート上面に設定した東京湾北部地震(上図)と多摩直下地震(下図)の震源断層モデル
(太枠線はアスペリティ、★印は破壊開始点、
コンター図はフィリピン海プレート上面の深さを示す。)

図表 東京湾北部地震(M7.3)の震源断層パラメータ設定

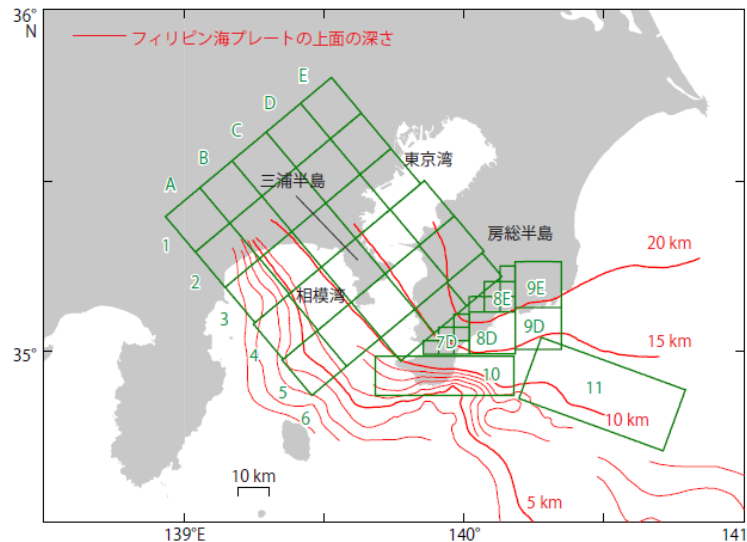
断層帯	東京湾北部(3MPa)	
緯度(°)	35.3200	
経度(°)	140.1400	
上端深さd(km)		フィリピン海プレートの1 km上方
長さL(km)	63.64	
幅W(km)	31.82	
走向θ	296	
傾斜δ(°)	23	
すべり角λ(°)	138	
マグニチュードMjma	7.3	
地震モーメントMo(Nm)	1.12E+20	logMo=1.5Mw+16.1(金森)
モーメントマグニチュードMw	7.3	
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	2025	$\Delta\sigma = 7\pi^{1.5}/16 \times Mo/S^{1.5}$
S波速度Vs(km/s)	3.5	地殻内の平均的値
平均密度ρ(g/cm ³)	2.8	地殻内の平均的値
剛性率μ(N/m ²)	3.4E+10	$\mu = \rho Vs^2$
平均的な応力パラメータ $\Delta\sigma$ (MPa)	3	
平均すべり量D(m)	1.62	Mo=μ DS
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.5	Vr=0.72Vs
Fmax(Hz)	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
fc(Hz)	0.051	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma / Mo)^{1/3}$
短周期レベルA(Nm/s ²)	1.16E+19	$A = Mo \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma / Mo)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	450	Sa=S×0.22
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	3.23	Da=D×2.01
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	4.99E+19	Moa=μ DaSa
アスペリティの総応力パラメータ $\Delta\sigma a$ (MPa)	12.7	$\Delta\sigma a = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.109	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma a / Moa)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	2.33E+19	$A = Moa \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma a / Moa)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)	325	Sa1=S×0.22
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	3.61	Moa1=μ Da1Sa1
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	4.03E+19	Moa1=Moa×Sa1 ^{1.5} /ΣSai
アスペリティ1の応力パラメータ $\Delta\sigma a1$ (MPa)	16.7	$\Delta\sigma a1 = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fca1(Hz)	0.128	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma a / Moa)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	2.60E+19	$A = Moa \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma a / Moa)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ2の面積Sa2(km ²)	125	Sa2=S×0.22
アスペリティ2内の平均すべり量Da2(m)	2.24	Moa2=μ Da2Sa2
アスペリティ2でのモーメントMoa2(Nm)	9.60E+18	Moa2=Moa×Sa2 ^{1.5} /ΣSai
アスペリティ2の応力パラメータ $\Delta\sigma a2$ (MPa)	16.7	$\Delta\sigma a2 = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.206	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma a / Moa)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	1.62E+19	$A = Moa \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma a / Moa)^{1/3} \times 2\pi)^2$
背景領域		
面積Sb(km ²)	1575	Sb=S-Sa
地震モーメントMob(Nm)	6.23E+19	Mob=Mo-Moa
すべり量Db(m)	1.15	Mob=μ DbSb
応力パラメータ $\Delta\sigma b$ (MPa)	2.4	$\Delta\sigma b = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.058	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma b / Mob)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	8.32E+18	$A = Mob \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma b / Mob)^{1/3} \times 2\pi)^2$

図表 多摩直下地震(M7.3)の震源断層パラメータ設定

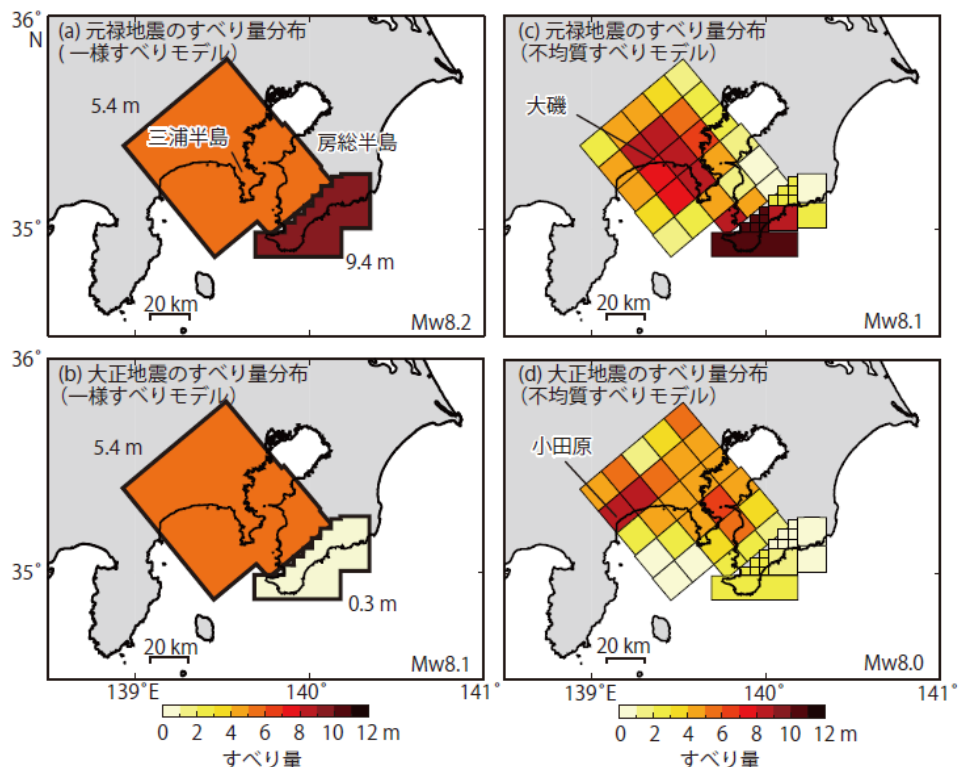
断層帯	多摩直下地震(3MPa)	
緯度(°)	35.4500	
経度(°)	139.8400	
上端深さd(km)		フィリピン海プレートの1 km上方
長さL(km)	63.64	
幅W(km)	31.82	
走向θ	296.285	
傾斜δ(°)	23.26	
すべり角λ(°)	138.15	
マグニチュードMjma	7.3	
地震モーメントMo(Nm)	1.12E+20	logMo=1.5Mw+16.1(金森)
モーメントマグニチュードMw	7.3	
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	2025	$\Delta\sigma = 7\pi^{1.5}/16 \times Mo/S^{1.5}$
S波速度Vs(km/s)	3.5	地殻内の平均的値
平均密度ρ(g/cm ³)	2.8	地殻内の平均的値
剛性率μ(N/m ²)	3.4E+10	$\mu = \rho Vs^2$
平均的な応力パラメータ $\Delta\sigma$ (MPa)	3	
平均すべり量D(m)	1.62	Mo=μ DS
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.5	Vr=0.72Vs
Fmax(Hz)	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
fc(Hz)	0.051	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma / Mo)^{1/3}$
短周期レベルA(Nm/s ²)	1.16E+19	$A = Mo \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma / Mo)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	450	Sa=S×0.22
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	3.23	Da=D×2.01
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	4.99E+19	Moa=μ DaSa
アスペリティの総応力パラメータ $\Delta\sigma_a$ (MPa)	12.7	$\Delta\sigma_a = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.109	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_a / Moa)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	2.33E+19	$A = Moa \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_a / Moa)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)	325	Sa1=S×0.22
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	3.61	Moa1=μ Da1Sa1
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	4.03E+19	Moa1=Moa×Sa1 ^{1.5} /ΣSai
アスペリティ1の応力パラメータ $\Delta\sigma_{a1}$ (MPa)	16.7	$\Delta\sigma_{a1} = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fca1(Hz)	0.128	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_{a1} / Moa)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	2.60E+19	$A = Moa \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_{a1} / Moa)^{1/3} \times 2\pi)^2$
アスペリティ2の面積Sa2(km ²)	125	Sa2=S×0.22
アスペリティ2内の平均すべり量Da2(m)	2.24	Moa2=μ Da2Sa2
アスペリティ2でのモーメントMoa2(Nm)	9.60E+18	Moa2=Moa×Sa2 ^{1.5} /ΣSai
アスペリティ2の応力パラメータ $\Delta\sigma_{a2}$ (MPa)	16.7	$\Delta\sigma_{a2} = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.206	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_{a2} / Moa)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	1.62E+19	$A = Moa \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_{a2} / Moa)^{1/3} \times 2\pi)^2$
背景領域		
面積Sb(km ²)	1575	Sb=S-Sa
地震モーメントMob(Nm)	6.23E+19	Mob=Mo-Moa
すべり量Db(m)	1.15	Mob=μ DbSb
応力パラメータ $\Delta\sigma_b$ (MPa)	2.4	$\Delta\sigma_b = 2.436 Mo / S^{1.5}$
fc(Hz)	0.058	$fc = 4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_b / Mob)^{1/3}$
短周期レベル(Nm/s ²)	8.32E+18	$A = Mob \times (4.9 \times 10^6 Vs (\Delta\sigma_b / Mob)^{1/3} \times 2\pi)^2$

3. 海溝型地震の波源モデル・震源モデル

元禄型関東地震 (M8.2) の津波シミュレーション用の波源モデルとしては、フィリピン海プレートの上層深度が浅くなったことを加味し、1703 年の元禄関東地震における地殻変動量から推定された、最新の行谷ほか (2011) のモデルを用いる。



図表 行谷ほか(2011)における元禄・大正関東地震の震源モデル
 (元禄型関東地震の場合は、房総沖の小断層 11 を含む場合がある)
 (フィリピン海プレート上面深さ分布(赤線)と設置した断層面(緑線)、
 緑字で書かれた番号は小断層の番号を表す。)

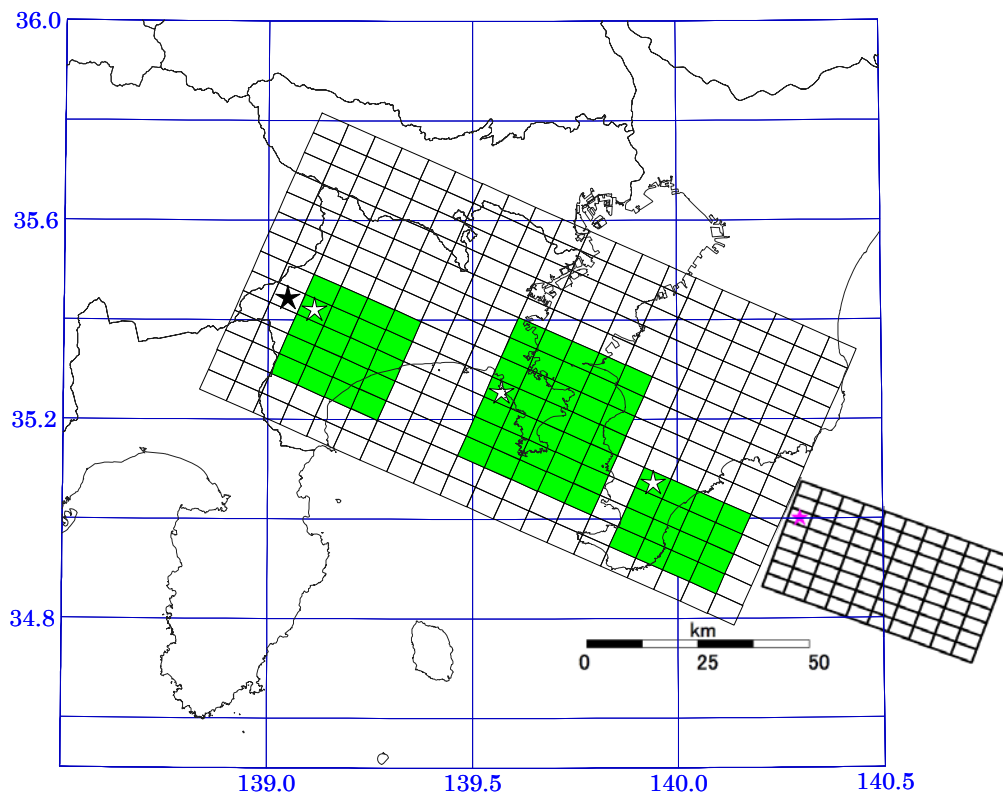


図表 地殻上下変動量分布からインバージョン解析により推定したすべり量分布(行谷ほか,2011)

行谷ほか(2011)では、1703年元禄関東地震と1923年大正関東地震の震源について同時に検討している。この内、津波シミュレーション用の波源モデルとしては、前ページ下図の元禄地震（一様すべりモデル）モーメントマグニチュード（Mw）8.2に、前ページ上図にある房総沖の小断層11を含めたモデルを採用する。小断層11については、行谷ほか(2011)より傾斜角は45度、すべり量は10mとする。

一方、元禄型関東地震の強震動シミュレーション用の震源モデルについては、Sato et al. (2005)による大正関東地震のアスペリティの位置と行谷ほか(2011)のすべり量および房総沖の小断層11を参考にしたモデルを下図の様に作成した。モーメントマグニチュード（Mw）は、波源モデルと同様8.2となった。

なお、房総沖の小断層11は、行谷ほか(2011)では外房の津波を説明するために設定されたものであり、強震動シミュレーションに用いる根拠は小さい。ただし、長周期地震動への影響が考えられるため、震源モデルに追加している。



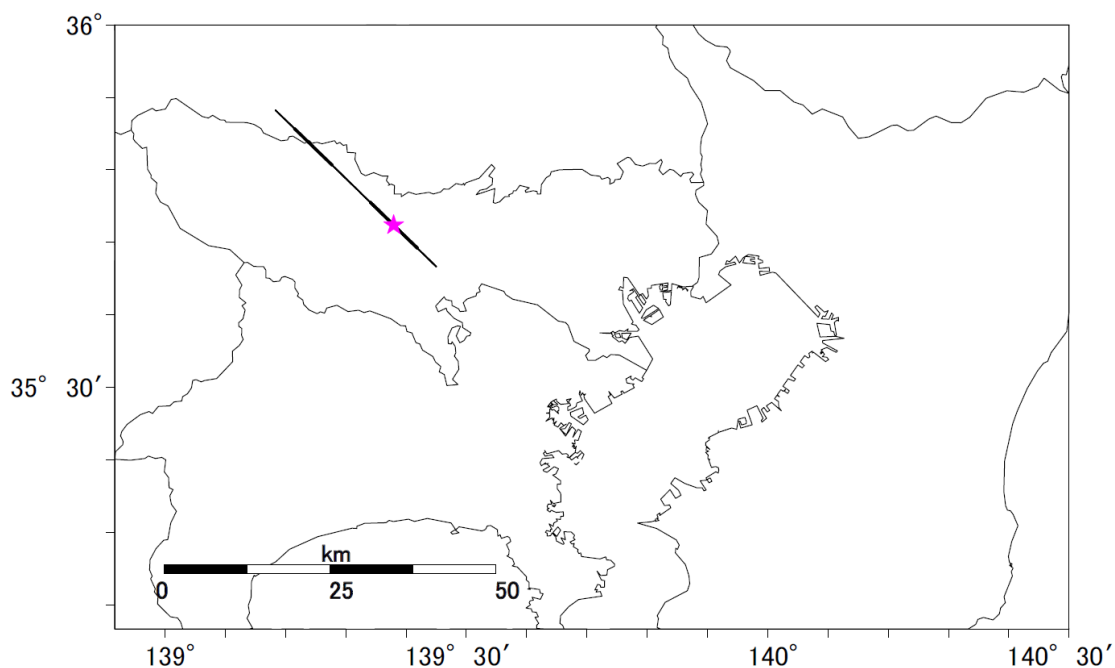
図表 Sato et al. (2005) の 1923 年大正関東地震の震源モデルと、行谷ほか(2011)の滑り分布を参照して作成した強震動計算用の 1703 年元禄型関東地震の震源モデル（緑はアスペリティの位置、★は各断層やアスペリティの破壊開始点を示す。）

図表 元禄型関東地震(M8.2)の強震動計算用の震源断層パラメータ設定

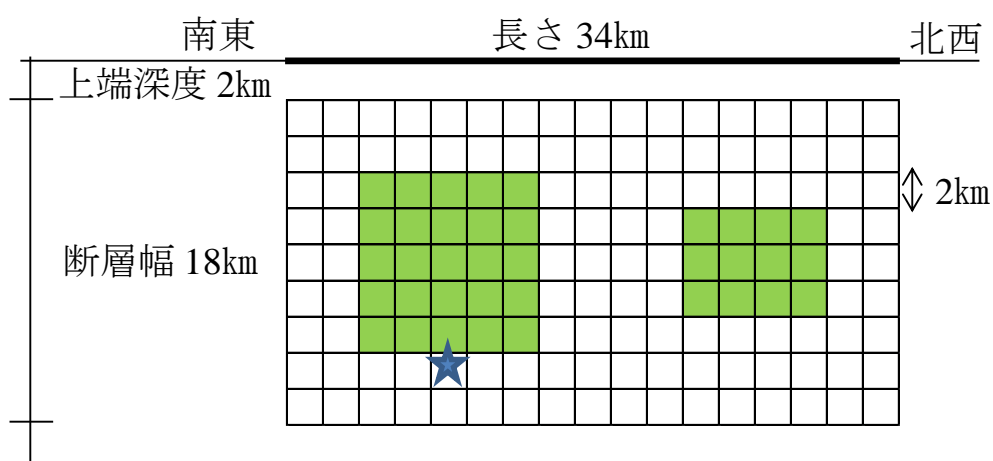
項目	数値	備考	
緯度(°)	34.7861		
経度(°)	140.1360		
上端深さ(km)	3.76、1.3	Sato et al.(2005)、行谷ほか(2011)	
走向θ(°)	294、290		
傾斜角δ(°)	16、45		
すべり角λ(°)	143、125	Sato et al.(2005)のすべり分布から平均して求めた値 行谷ほか(2011)	
長さL(km)	130、50	Kanamori(1971)、行谷ほか(2011)	
幅W(km)	70、30		
面積S(km ²)	10600	S=LW	
平均すべり量D(m)	6.67	D=M ₀ /μ/S	
地震モーメントM ₀ (Nm)	2.12E+21		
モーメントマグニチュードM _W	8.2	logM ₀ =1.5M _W +9.1 [Kanamori(1977)]	
高周波遮断周波数f _{max} (Hz)	6.0	鶴久・他(1997)、兵庫県南部地震の解析値	
S波速度V _s (km/s)	3.7	笠原(1985)	
平均密度ρ(g/cm ³)	2.9	Ludwig et al.(1970)	
剛性率μ(N/m ²)	3.00E+10	Sato et al.(2005)	
平均応力降下量Δσ(MPa)	4.2	Δσ=7π ^{1.5} /16×M ₀ /S ^{1.5}	
破壊伝播速度V _r (km/s)	2.6	Sato et al.(2005)	
ステップ1 エリア	地震モーメントM _{0a} (Nm)	7.65E+20	M _{0a} =μD _a S _a
	総面積S _a (km ²)	2307.5	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
	平均すべり量D _a (m)	11.04	D _a =2.01D [Somerville(1999)]
ステップ1 ティ	地震モーメントM _{0a1} (Nm)	4.39E+20	M _{0a1} =M _{0a} S _{a1} ^{1.5} /ΣS _{ai} ^{1.5}
	総面積S _{a1} (km ²)	1137.5	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
	すべり量D _{a1} (m)	12.87	D _{a1} =M _{0a1} /μ/S _{a1}
	応力降下量Δσ _{a1} (MPa)	27.9	Δσ _{a1} =7π ^{1.5} /16×M _{0a1} /S _{a1} ^{1.5}
	ライズタイムT _{ra1} (s)	6.73	T _{ra1} =αW _{a1} /V _r α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
ステップ2 ティ	地震モーメントM _{0a2} (Nm)	1.90E+20	M _{0a2} =M _{0a} S _{a2} ^{1.5} /ΣS _{ai} ^{1.5}
	総面積S _{a2} (km ²)	650	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
	すべり量D _{a2} (m)	9.73	D _{a2} =M _{0a2} /μ/S _{a2}
	応力降下量Δσ _{a2} (MPa)	27.9	Δσ _{a2} =7π ^{1.5} /16×M _{0a2} /S _{a2} ^{1.5}
	ライズタイムT _{ra2} (s)	4.81	T _{ra2} =αW _{a2} /V _r α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
ステップ3 ティ	地震モーメントM _{0a3} (Nm)	1.36E+20	M _{0a3} =M _{0a} S _{a3} ^{1.5} /ΣS _{ai} ^{1.5}
	総面積S _{a3} (km ²)	520	Sato et al.(2005)のすべり分布より求めた値
	すべり量D _{a3} (m)	8.70	D _{a3} =M _{0a3} /μ/S _{a3}
	応力降下量Δσ _{a3} (MPa)	27.9	Δσ _{a3} =7π ^{1.5} /16×M _{0a3} /S _{a3} ^{1.5}
	ライズタイムT _{ra3} (s)	3.85	T _{ra3} =αW _{a3} /V _r α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
ステップ4 ティ	地震モーメントM _{0a4} (Nm)	6.20E+20	
	総面積S _{a4} (km ²)	1500	行谷ほか(2011)
	すべり量D _{a4} (m)	12	D _{a4} =M _{0a4} /μ/S _{a4} V _s 3.5 ρ 2.8(地殻のS波速度と密度の平均)
	応力降下量Δσ _{a4} (MPa)	26.0	Δσ _{a4} =7π ^{1.5} /16×M _{0a4} /S _{a4} ^{1.5}
	ライズタイムT _{ra4} (s)	5.77	T _{ra4} =αW _{a4} /V _r α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした
背景領域	地震モーメントM _{0b} (Nm)	7.35E+20	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	総面積S _b (km ²)	6792.5	S _b =S-S _a
	すべり量D _b (m)	3.61	D _b =M _{0b} /μ/S _b
	応力降下量Δσ _b (MPa)	3.2	Δσ _b =7π ^{1.5} /16×M _{0b} /S _b ^{1.5}
	ライズタイムT _{rb} (s)	13.46	T _{rb} =αW _b /V _r α=0.25~0.6[片岡(2003)]よりα=0.5とした

4. 活断層で発生する地震の震源モデル

立川断層帯地震 (M7.4) の震源モデルについては、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2009) で設定された震源モデルを採用した。震源モデルの位置図 (破壊開始点が南側の場合) を下表に示す。

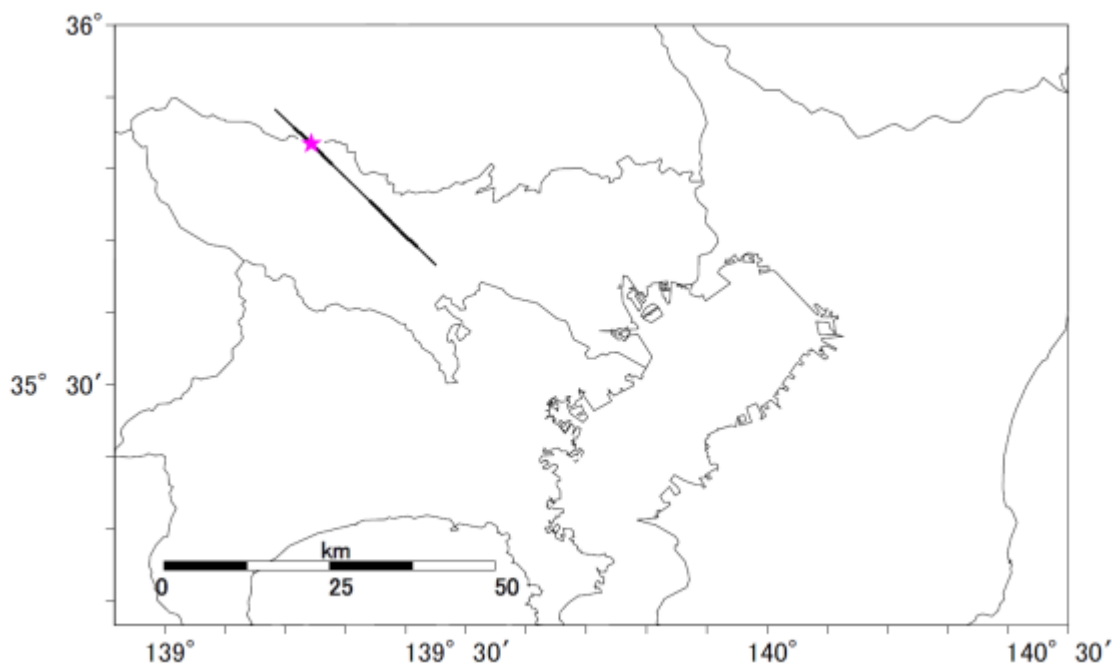


図表 立川断層帯地震の震源モデルの位置(破壊開始点が南側の場合)

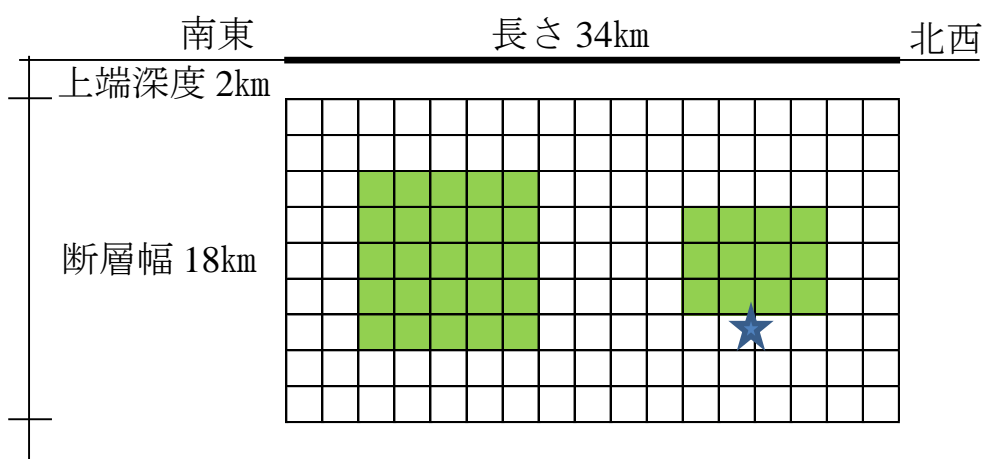


図表 立川断層帯地震の震源モデル(左図:地中の断面図、右図:断層の正面図)
(緑はアスペリティの位置、★は南側の破壊開始点を示す。)

なお、立川断層帯については不明な要素が多いため、参考として地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009)で設定された破壊開始点が北側のモデルについても地震動予測を行った。以下にその場合の位置図と震源モデルを示す。



図表 立川断層帯地震の震源モデルの位置(破壊開始点が北側の場合)



図表 立川断層帯地震の震源モデル(左図:地中の断面図、右図:断層の正面図)
(緑はアスペリティの位置、★は北側の破壊開始点を示す。)

図表 立川断層帯の震源断層パラメータ設定(破壊開始点の位置以外は同じ)

断層帯	立川断層帯	
緯度(°)	35.6667	
経度(°)	139.4500	
上端深さd(km)		
長さL(km)	34.00	
幅W(km)	18.00	
走向θ	314.9	
傾斜δ(°)	90	
すべり角λ(°)	90	
マグニチュードMjma	7.4	
地震モーメントMo(Nm)	2.17E+19	logMo=1.17M _{JMA} +10.72
モーメントマグニチュードMw	6.8	
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	612	
S波速度Vs(km/s)	3.4	地殻内の平均的値
平均密度ρ(g/cm ³)	2.7	地殻内の平均的値
剛性率μ(N/m ²)	3.1E+10	μ=ρ Vs ²
平均的な応力パラメータΔσ(MPa)	3.5	7/16*M0/R ³
平均すべり量D(m)	1.1	Mo=μ DS
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.4	Vr=0.72Vs
Fmax(Hz)	6	鶴来・他(1997)
短周期レベルA(Nm/s ²)	1.48E+19	A=2.46・10 ¹⁷ ・M0 ^(1/3)
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	141	π r ² , r=7π /4・M0/(A・R)*β ²
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	2.2	Da=D×2.0
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	9.68E+18	Moa=μ DaSa
アスペリティの総応力パラメータΔσ a(MPa)	15.1	7/16*M0/(r ² ・R)
アスペリティ1の面積Sa1(km ²)	94	Sa1=S×0.22
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	2.44	Moa1=μ Da1Sa1
アスペリティ1でのモーメントMoa1(Nm)	7.15E+18	Moa1=Moa×Sa1 ^{1.5} /Σ Sai
アスペリティ1の応力パラメータΔσ a1(MPa)	15.1	
ライズタイム(秒)	2.08	Tr=(Wa/2Vr)
アスペリティ2の面積Sa2(km ²)	47	Sa2=S×0.22
アスペリティ2内の平均すべり量Da2(m)	1.72	Moa2=μ DaSa
アスペリティ2でのモーメントMoa2(Nm)	2.53E+18	Moa2=Moa×Sa2 ^{1.5} /Σ Sai
アスペリティ2の応力パラメータΔσ a2(MPa)	15.1	
ライズタイム(秒)	1.25	Tr=(Wa/2Vr)
背景領域		
面積Sb(km ²)	471	Sb=S-Sa
地震モーメントMob(Nm)	1.20E+19	Mob=Mo-Moa
すべり量Db(m)	0.82	Mob=μ DbSb
応力パラメータΔσ b(MPa)	2.7	
ライズタイム(秒)	3.75	Tr=(Wa/2Vr)