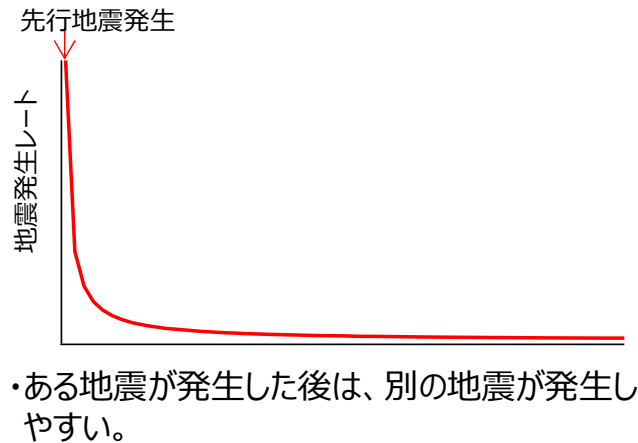


時空間ETASによる計算について

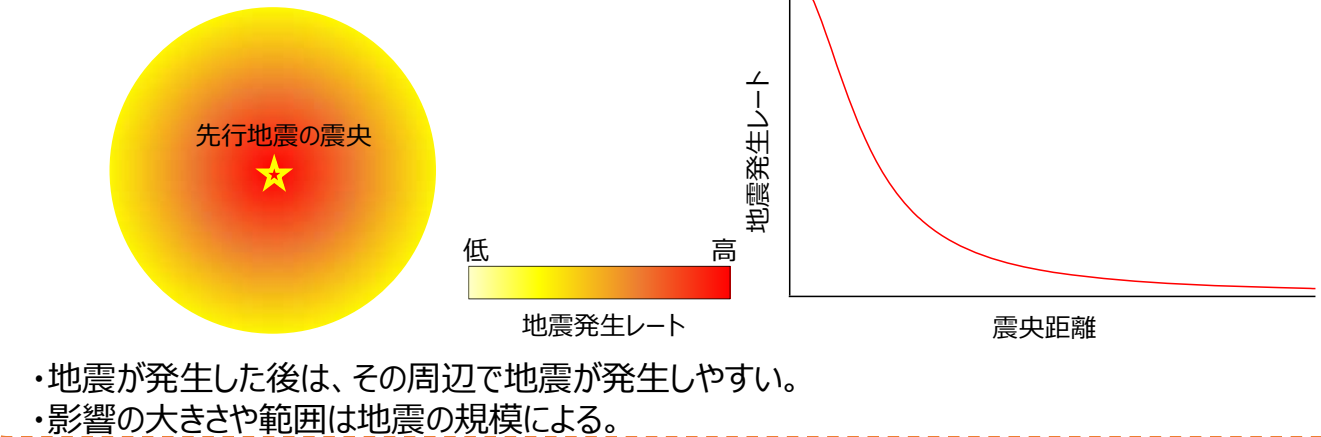
- 先行地震による地震発生可能性の高まりの検討のため、Ogata (2011) 及びOgata and Zhuang(2006)によるモデルを使用して、一定期間、一定領域内で、パラメータ推定に用いたデータのM下限以上の地震の発生回数の期待値を計算
- GR則を仮定してある規模以上の地震の発生回数の期待値に換算し、これらの発生がポアソン分布に従うとして、期間内に少なくとも1回の地震が発生する確率を算出

時空間ETASモデルが表現する地震の特徴

◆地震発生後の地震活動の推移



◆地震による影響の大きさと空間範囲



試算に用いたモデル

単位面積当たりの地震発生レート

$\mu=0$ を仮定

$$\lambda(t, x, y) = \mu(x, y) + \sum v(t-t_i) g(x-x_i, y-y_i; M_i)$$

◆地震発生後の地震活動の推移

$$v(t) = K/(t+c)^p$$

K, c, pは地震発生レートの時間変化を表すパラメータ

◆地震による影響の空間範囲

モデル1 : $g(x, y; M) = \{(x^2+y^2)/e^{\alpha(M-M_c)} + d\}^{-q}$ 【Ogata, 2011】

モデル2 : $g(x, y; M) = e^{(\alpha-\gamma)(M-M_c)} \cdot \{(x^2+y^2)/e^{\gamma(M-M_c)} + d\}^{-q}$ 【Ogata and Zhuang, 2006】

M_cはパラメータ推定に用いるデータの下限M

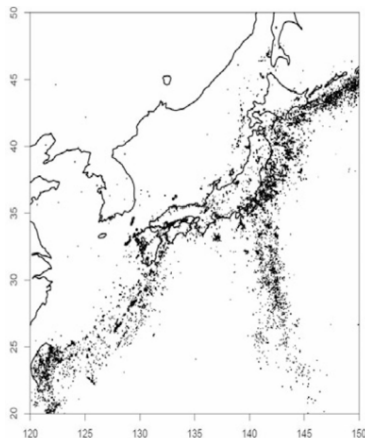
α, γ, d, q は地震発生レートの先行地震規模依存性や空間分布を表すパラメータ

- 先行地震の影響による一定期間、一定領域内でのM_c以上の地震発生回数の期待値を計算 (λ を対象範囲で積分)
- GR則を仮定してある規模以上の地震の発生回数の期待値に換算 (M_{th} 以上の地震の回数 $N(M \geq M_{th}) = N(M \geq M_c) \times 10^{-b \times (M_c - M_{th})}$)
- 期間内に少なくとも1回の地震が発生する確率を算出

試算に用いたモデルとパラメータ

- Ogata (2011) 及びOgata and Zhuang(2006)によるモデルを使用
- GR則のb値は、各モデルのパラメータ推定に用いたデータと同期間、同領域の一元化カタログから推定した

モデル 1



Ogata (2011)による2セットのパラメータを使用

Table 1. Estimates of the models applied to the $M \geq 4$ data.

Model unit	μ events/day/deg ²	K events/day/deg ²	c days	α 1/mag	p —	d deg ²	q —	AIC, ABIC —
Space-Time ETASiso	7.77E-05	9.63E-05	1.24E-03	1.197	0.853	2.32E-04	1.415	47972.0

モデル 1 -Mc4

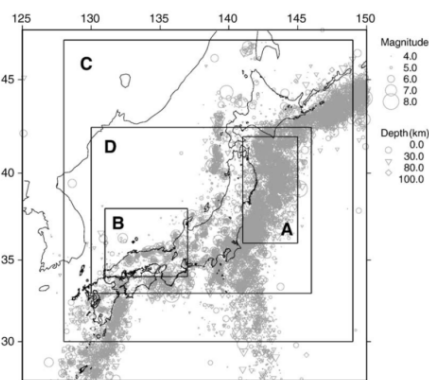
データ期間 2002年~2008年、 $M \geq 4$ 、 $b=0.86$

Space-Time ETASiso	7.97E-06	8.79E-05	4.48E-03	1.257	0.891	4.88E-03	1.763	81893.7
--------------------	----------	----------	----------	-------	-------	----------	-------	---------

モデル 1 -Mc5

データ期間 1926年~2008年、 $M \geq 5$ 、 $b=0.90$

モデル 2



Ogata and Zhuang(2006)による3セットを使用

The MLEs of space-time ETAS model fitted to the three datasets 1926-1995

Model Unit	$\hat{\nu}$ Events/day/degree ²	\hat{K} Days	\hat{c} Days	$\hat{\alpha}$ Magnitude ⁻¹	$\hat{\gamma}$ Days	\hat{p} Days	\hat{d} Degrees ²	\hat{q} Days	AIC
------------	---	-------------------	-------------------	---	------------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------------	-----

Off the east coast of Tohoku District (Region A) $M \geq 4.5$, 4333 events

(10)	0.134×10^{-3}	0.402×10^{-4}	0.243×10^{-1}	1.645	1.331	1.050	0.179×10^{-2}	1.648	-1057.6*
------	------------------------	------------------------	------------------------	-------	-------	-------	------------------------	-------	----------

モデル2A

$b=0.75$

Central and western Honshu (Region B) $M \geq 4.0$, 3007 events

(10)	0.953×10^{-4}	0.524×10^{-4}	0.878×10^{-2}	1.103	0.802	1.028	0.416×10^{-3}	1.580	-675.1*
------	------------------------	------------------------	------------------------	-------	-------	-------	------------------------	-------	---------

モデル2B

$b=0.80$

All Japan data (Region C) $M \geq 5.0$, 4586 events

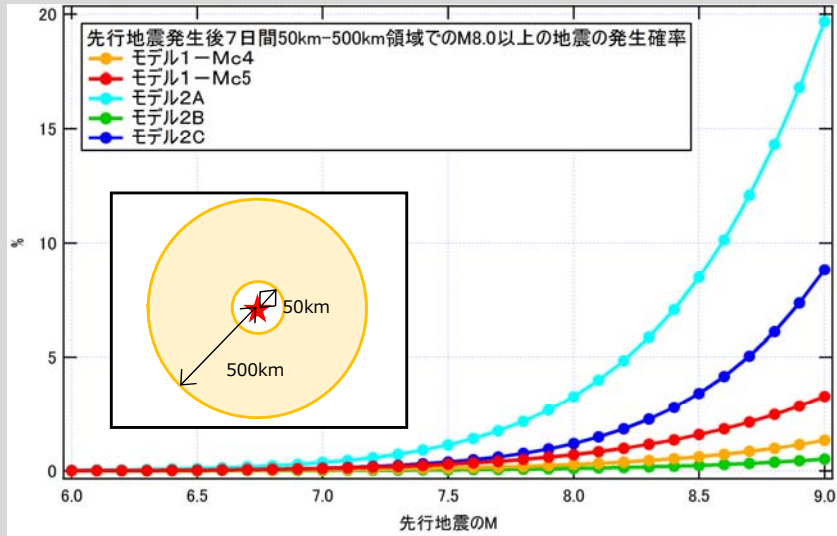
(10)	0.134×10^{-3}	0.468×10^{-4}	0.186×10^{-1}	1.644	1.183	1.026	0.394×10^{-2}	1.800	-1435.0
------	------------------------	------------------------	------------------------	-------	-------	-------	------------------------	-------	---------

モデル2C

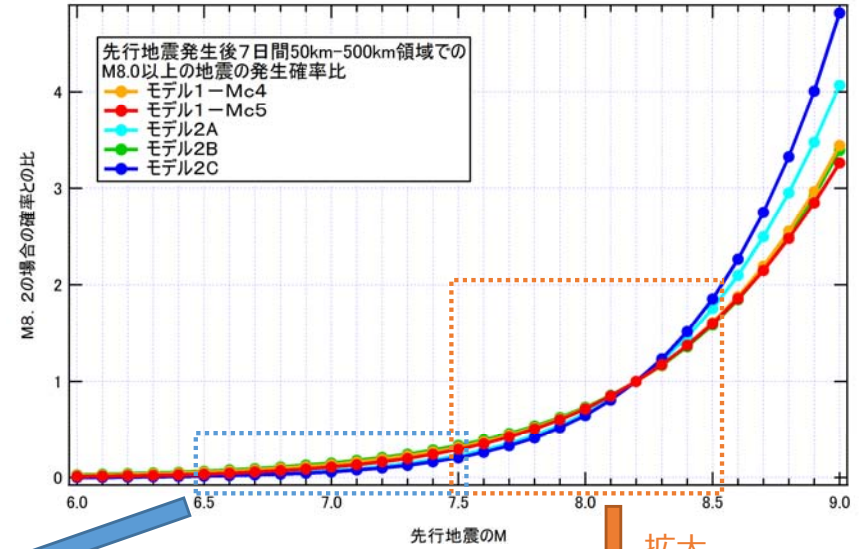
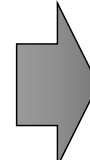
$b=0.92$

地震発生後にM8クラス(M8.0以上)の地震が発生する確率の先行地震規模依存性

○ 発生確率はモデルによりばらつくが、ある規模の地震発生後の確率との比を取ることにより、GR則のb値の影響が無くなり、先行地震の規模依存性へのパラメータの影響は小さくなる

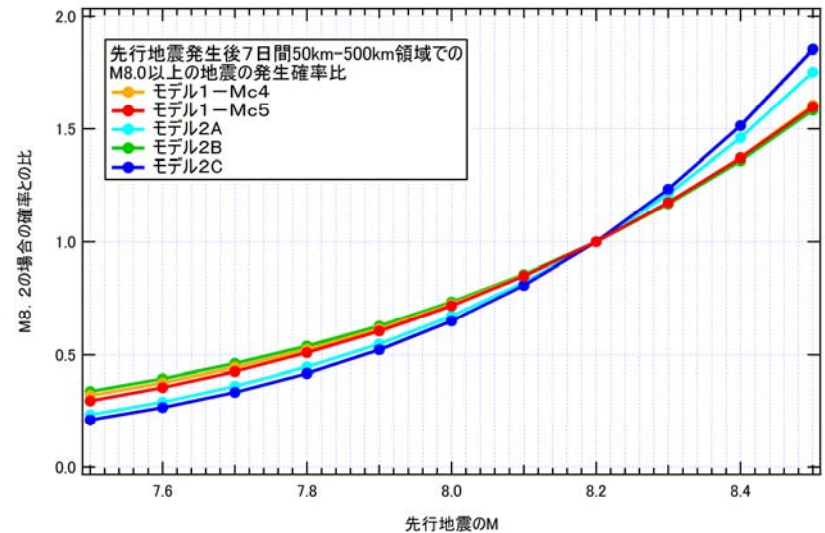
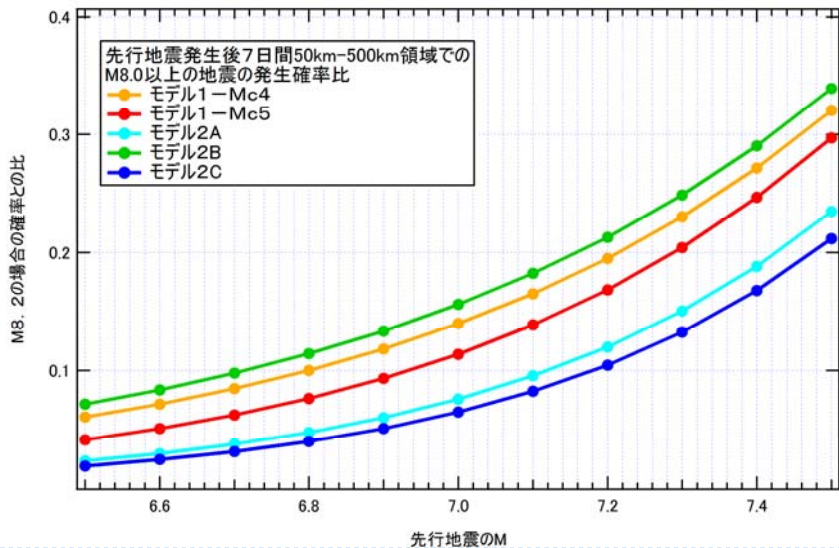


M8.2の場合との比



拡大

拡大



	M6.5	M6.6	M6.7	M6.8	M6.9	M7.0	M7.1	M7.2	M7.3	M7.4	M7.5	M7.6	M7.7	M7.8	M7.9	M8.0	M8.1
M8.2の場合との比 (5モデルの平均)	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8