

日本の地震活動

東京大学 地震研究所

主な被害地震

2011 Tohoku-oki

Shi Tsuruoka, Sayoko Yokoi

Tokyo

SEP 2011

日本の地震活動

●主な被害地震

No.	発震時刻	震源地	震度	震害	No.	発震時刻	震源地	震度	震害
1	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	11	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
2	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	12	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
3	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	13	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
4	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	14	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
5	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	15	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
6	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	16	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
7	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	17	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
8	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	18	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
9	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	19	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本
10	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本	20	昭和37年10月20日 5:58	熊本県熊本	7.3	熊本県熊本

日本の活火山

No.	名称	所在地	標高(m)	活動状況	No.	名称	所在地	標高(m)	活動状況
1	富士山	静岡県	3776	活動中	11	浅間山	長野県	3836	活動中
2	桜井山	東京都	1592	活動中	12	奥の浅間山	長野県	3836	活動中
3	浅間山	長野県	3836	活動中	13	大菩薩峠	長野県	3836	活動中
4	大菩薩峠	長野県	3836	活動中	14	大菩薩峠	長野県	3836	活動中
5	大菩薩峠	長野県	3836	活動中	15	大菩薩峠	長野県	3836	活動中
6	大菩薩峠	長野県	3836	活動中	16	大菩薩峠	長野県	3836	活動中
7	大菩薩峠	長野県	3836	活動中	17	大菩薩峠	長野県	3836	活動中
8	大菩薩峠	長野県	3836	活動中	18	大菩薩峠	長野県	3836	活動中
9	大菩薩峠	長野県	3836	活動中	19	大菩薩峠	長野県	3836	活動中
10	大菩薩峠	長野県	3836	活動中	20	大菩薩峠	長野県	3836	活動中

CSEP-SCC

Contents of this talk

1. Rules of CSEP-Japan 2009/11/1-
2. Models submitted to CSEP-Japan
3. CSEP-Japan Infrastructure
4. One day test for aftershocks of the 2011 Tohoku-
oki event
5. 3 month test of 5th – 12th rounds: Before and
after the 2011 Tohoku event
6. Kanto 3D test region

1. Rules of CSEP-Japan 2009/11/1-

(Nanjo et al., 2011; Tsuruoka et al., 2012)

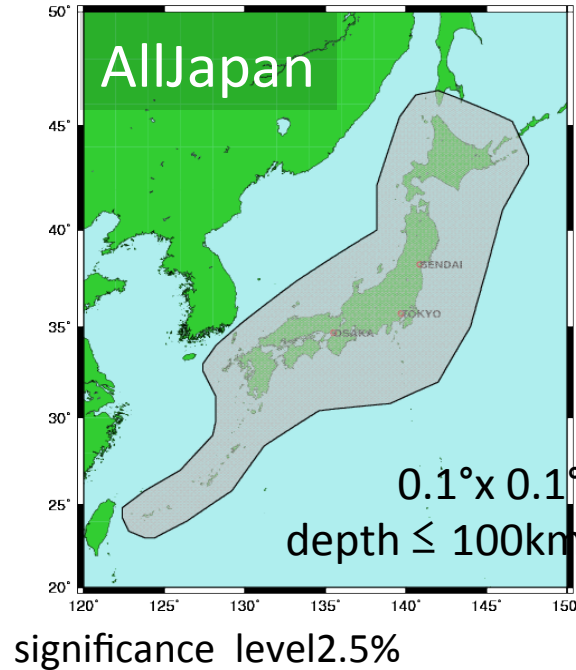
Test class

1-day	$4 \leq M \leq 9$
3-month	$4 \leq M \leq 9$
1-year	$5 \leq M \leq 9$
3-year	$5 \leq M \leq 9$

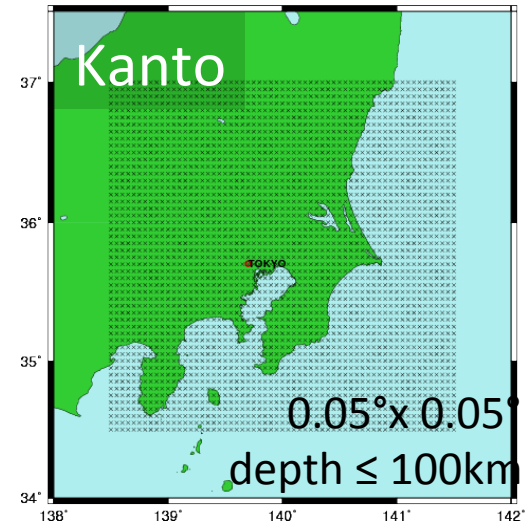
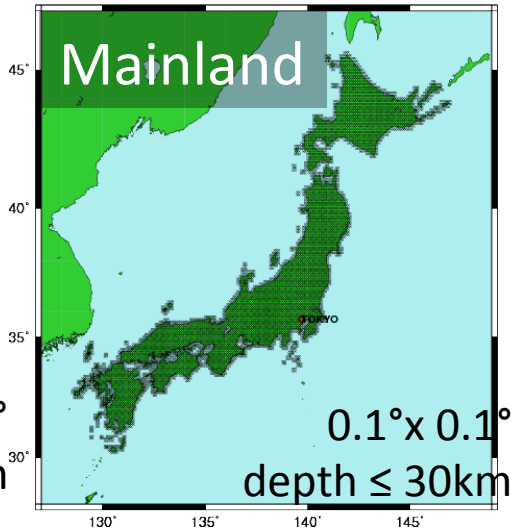
Evaluation

test	
L	Likelihood of distributions of magnitude, number and place
CL	Conditional L-test
N	Event number
M	Magnitude distribution
S	Spatial distribution
W/T	Pair-wise comparison between forecasts

2013/5/7



Test region



CSEP-SCEC

2. Models submitted to CSEP-Japan

	1D	3M	1Y	3Y	TOTAL
2009/11/01-	11	25	31	24	91
2012/08/01-	31	45	53	31	160

3M testing class 12th round (2012/08/01-2012/11-01)

Model1	AllJapan	Mainland	Kanto
1	HISTETAS5PA	EEPAS	HISTETAS5PA
2	HISTETAS7PA	PPE	HISTETAS7PA
3	MARFS	MARFS	RI10K
4	MARFSTA	MARFSTA	RI30K
5	RI10K	RI10K	RI50K
6	RI30K	RI30K	RI100K
7	RI50K	RI50K	TRIPLES1011
8	RI100K	RI100K	HISTETAS5PA1011
9	TRIPLES1011	TRIPLES1011	HISTETAS7PA1011
10	T1Q1208	HISTETAS5PA1011	HISTETAS5PA1205
11	T2Q1208	HISTETAS7PA1102	HISTETAS7PA1205
12	T4Q1208	T1Q1208	ETAS1208
13	HISTETAS5PA1205	T2Q1208	
14	HISTETAS7PA1205	T4Q1208	
15	ETAS1208	HISTETAS5PA1208	
16		HISTETAS7PA1208	
17		DelonayPoisson	
18		ETAS1208	
TOTAL	15	18	12

AllJapan
Mainland
Kanto

-T1Q1205, T2Q1205, T4Q1205
-T1Q1205, T2Q1205, T4Q1205
+ETAS1208

+T1Q1208, T2Q1208, T4Q1208, ETAS1208
+T1Q1208, T2Q1208, T4Q1208, HISTETAS5PA1208,
HISTETAS7PA1208, DelonayPoisson, ETAS1208
TOTAL=45

2013/5/7

CSEP-SCG

45

3. CSEP-Japan Infrastructure

- ERI invite Thomas Beutin from GFZ
 - February 5 – 16, 2013
 - SETUP latest CSEP version (v13.1.0)
 - Virtual Machine Environment (urbancsep)
- Setup new machines
 - urbanseis, urbanfs

4. One day test for aftershocks of the 2011 Tohoku-oki event Testregion:AllJapan

2011/03/08-27 results

Geophysical Journal International



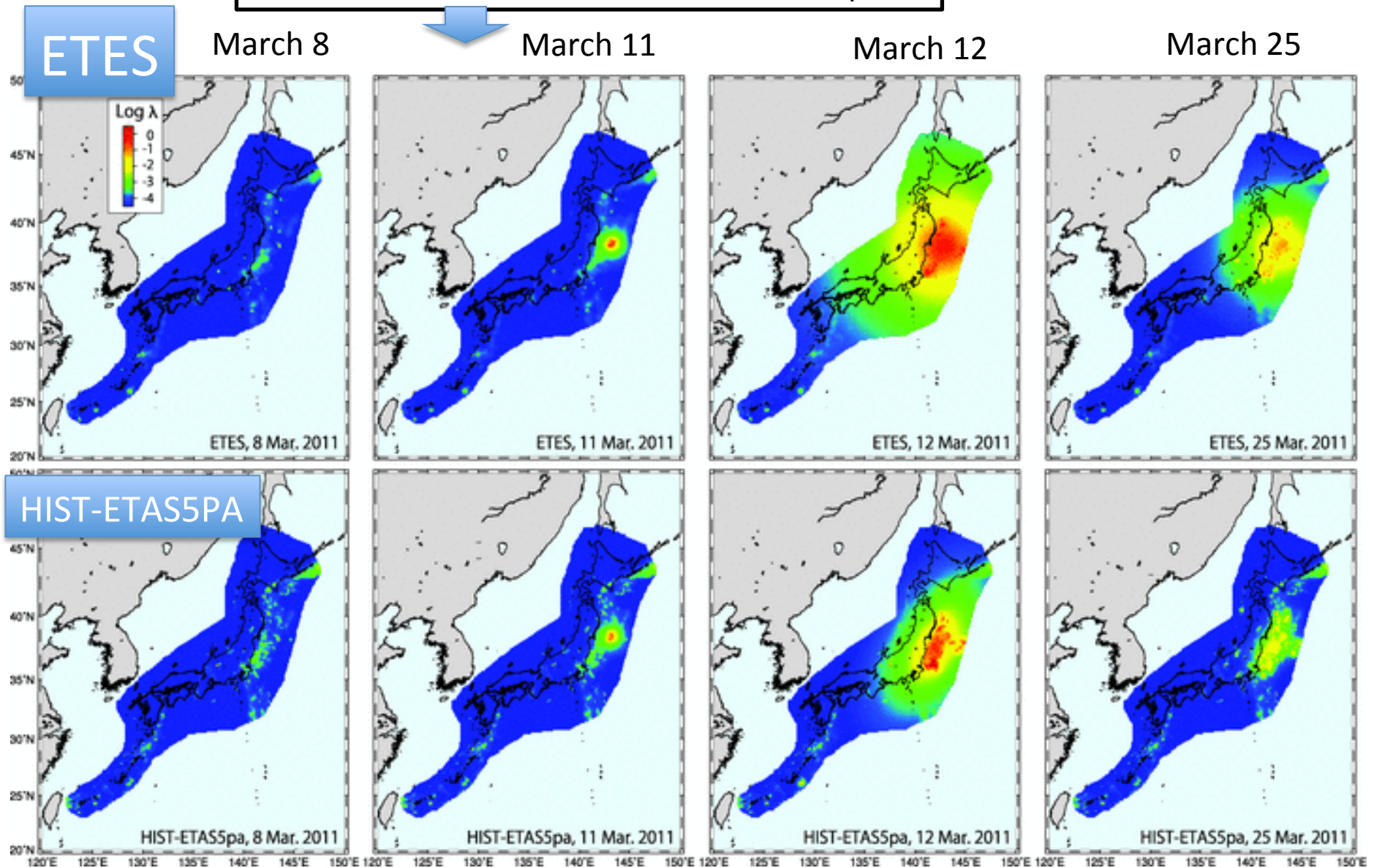
Geophys. J. Int. (2012) 191, 653–658

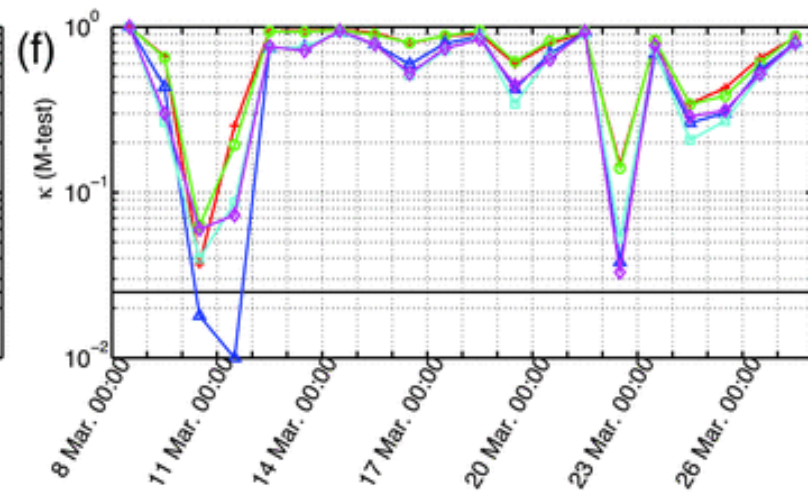
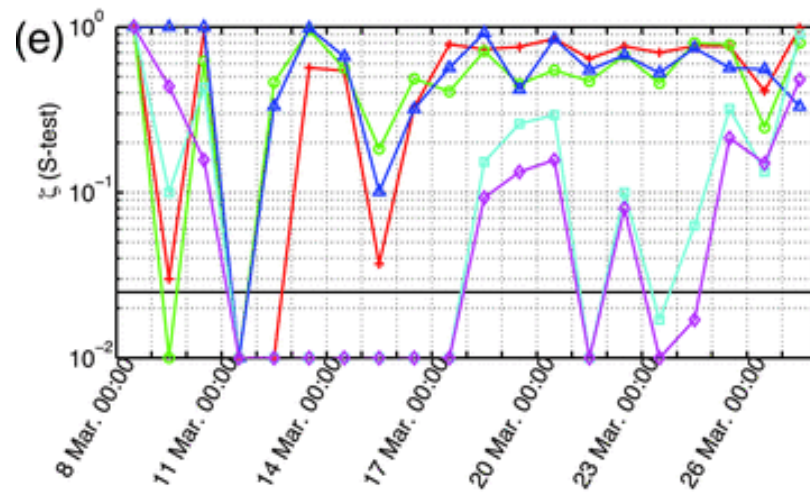
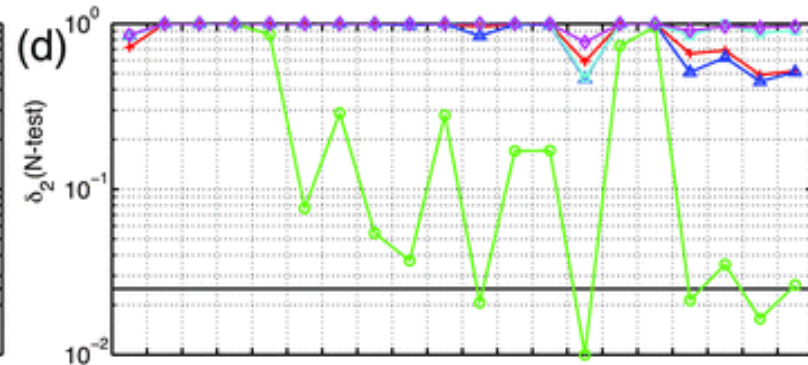
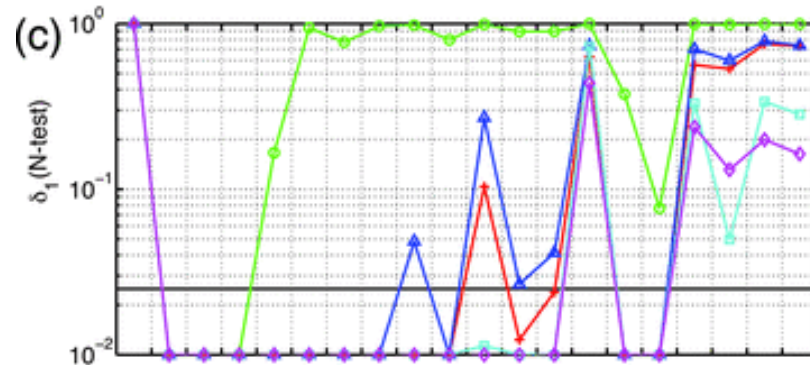
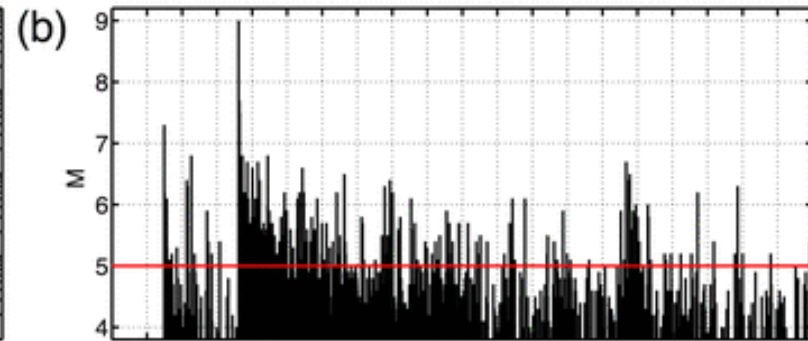
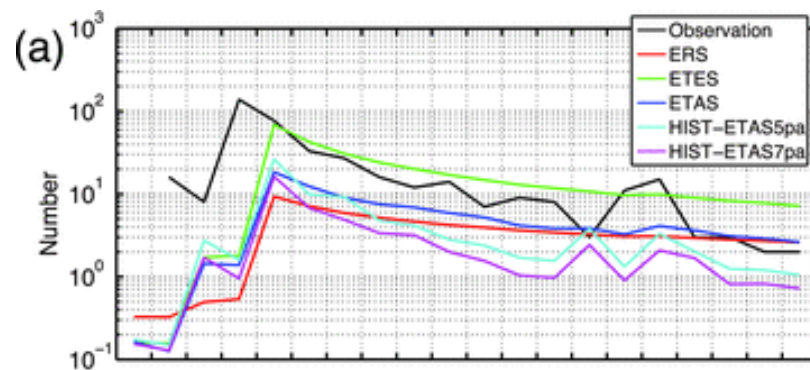
doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05626.x

Predictability study on the aftershock sequence following the 2011 Tohoku-Oki, Japan, earthquake: first results

K. Z. Nanjo,^{1,2} H. Tsuruoka,¹ S. Yokoi,¹ Y. Ogata,³ G. Falcone,⁴ N. Hirata,¹ Y. Ishigaki,⁵
T. H. Jordan,⁶ K. Kasahara,¹ K. Obara,¹ D. Schorlemmer,^{6,7} K. Shiomi² and J. Zhuang³

Main shock of the 2011 Tohoku-oki earthquake





RESULTS

- Generally, the models fail on the most active days. (ex. 3/9, 3/11, 3/22)
- ETES model provides consistent predictions for the total numbers. The other models underestimate the numbers.
- Ability of the HISTETAS models improve with time.
- ETAS models fails M-test from March 10 to 11.

5. 5th – 12th rounds results
Before and after the 2011
Tohoku-oki event
Testregion: AllJapan
Testclass: 3 month

3month 5th 2010/11/01-2011/02/01

Before the 2011 Tohoku-oki event

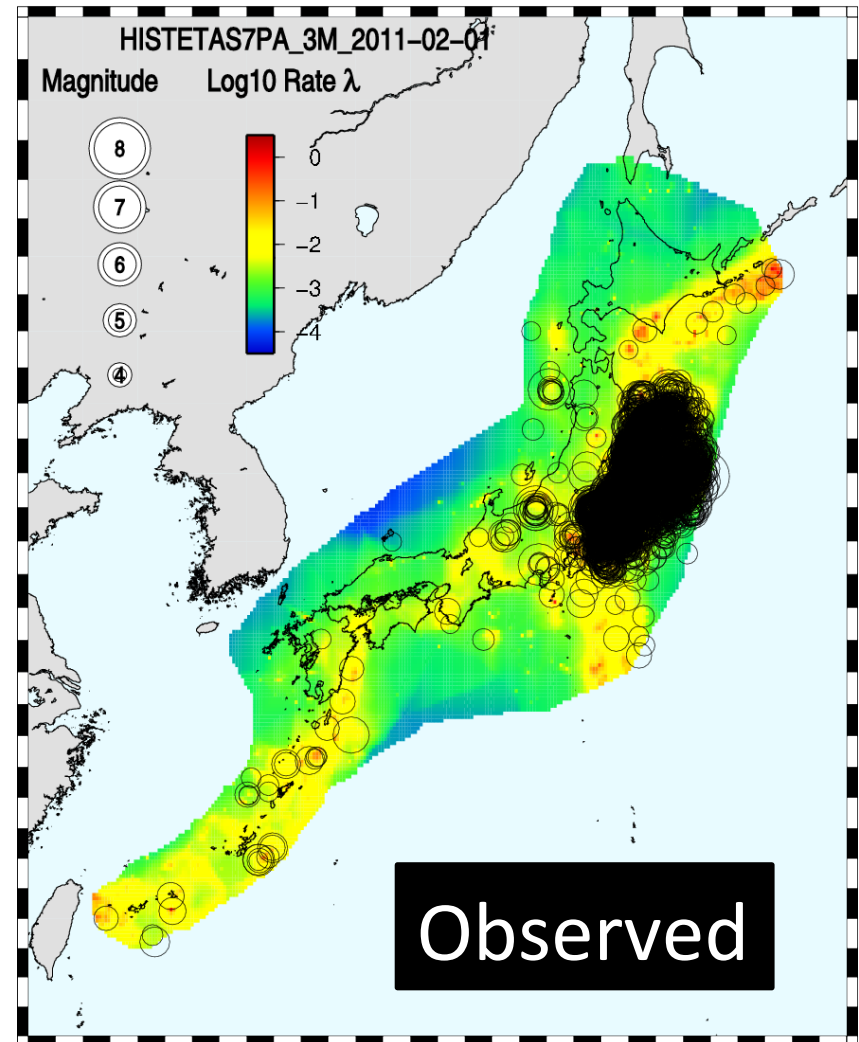
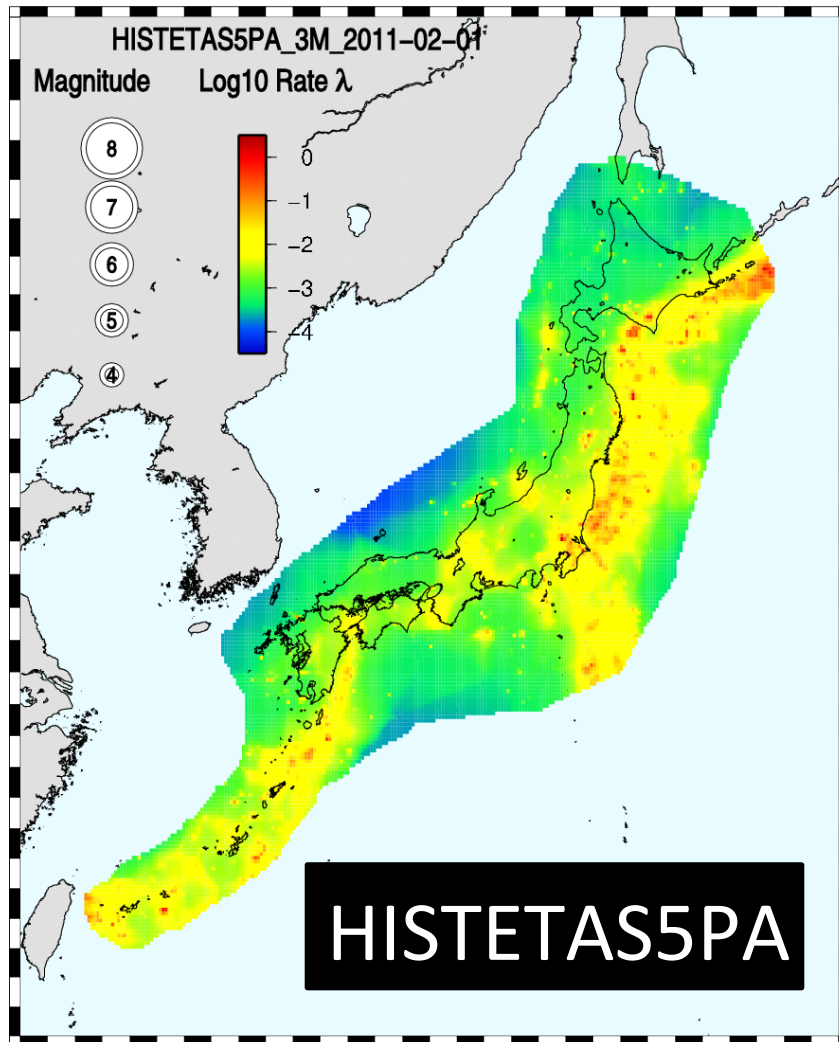
TEST		L	N(under)	N(over)	M	S	forecast(obs)	fore/obs
MODEL	LL(L)	gamma	delta1	delta2	kappa	zeta	forecast(obs)	fore/obs
HISTETAS5PA	-553.96521	1.000	1.00000	0.00000	0.262	0.155	132.21126(68.0)	1.94
HISTETAS7PA	-554.48529	1.000	1.00000	0.00000	0.257	0.479	132.20472(68.0)	1.94
RI10K	-555.94433	1.000	1.00000	0.00000	0.284	0.065	124.21431(68.0)	1.83
MARFS	-574.73038	1.000	1.00000	0.00000	0.349	0.001	130.57214(68.0)	1.92
RI30K	-576.21008	1.000	1.00000	0.00000	0.334	0.037	124.21430(68.0)	1.83
RI50K	-587.82008	1.000	1.00000	0.00000	0.297	0.082	124.21430(68.0)	1.83
RI100K	-599.47050	1.000	1.00000	0.00000	0.332	0.291	124.21430(68.0)	1.83
TRIPLES1011	-616.66693	1.000	1.00000	0.00000	0.561	0.647	122.89603(68.0)	1.81

3month 6th 2011/02/01-2011/05/01

With the 2011 Tohoku-oki event

TEST		L	N(under)	N(over)	M	S	forecast(obs)	fore/obs
MODEL	LL(L)	gamma	delta1	delta2	kappa	zeta	forecast(obs)	fore/obs
HISTETAS7PA	-26311.15385	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	126.75051(3702.0)	0.03
HISTETAS5PA	-26439.18496	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	126.75947(3702.0)	0.03
RI100K	-26482.17245	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	119.41082(3702.0)	0.03
RI50K	-26766.78596	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	119.41082(3702.0)	0.03
RI30K	-26964.84176	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	119.41082(3702.0)	0.03
TRIPLES1011	-27729.81732	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	118.55716(3702.0)	0.03
RI10K	-27800.54045	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	119.41082(3702.0)	0.03
MARFS	-27890.97891	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	114.74027(3702.0)	0.03

Forecasted and Observed spatial distribution 3month 6th 2011/02/01-2011/05/01



3month 7th 2011/05/01-2011/08/01

After the 2011 Tohoku-oki event

TEST		L	N(under)	N(over)	M	S	forecast(obs)	fore/obs
MODEL	LL(L)	gamma	delta1	delta2	kappa	zeta	forecast(obs)	fore/obs
HISTETAS5PA	-4686.46623	0.000	0.00000	1.00000	0.852	0.007	191.00939(867.0)	0.22
HISTETAS7PA	-4901.23170	0.000	0.00000	1.00000	0.860	0.537	190.92155(867.0)	0.22
RI10K	-5195.86952	0.000	0.00000	1.00000	0.600	0.001	153.21037(867.0)	0.18
RI30K	-5273.59231	0.000	0.00000	1.00000	0.624	0.254	153.21037(867.0)	0.18
RI50K	-5348.83241	0.000	0.00000	1.00000	0.637	0.984	153.21037(867.0)	0.18
RI100K	-5443.53623	0.000	0.00000	1.00000	0.609	1.000	153.21037(867.0)	0.18
MARFS	-5478.89797	0.000	0.00000	1.00000	0.253	0.000	143.02775(867.0)	0.16
TRIPLES1011	-5924.33672	0.000	0.00000	1.00000	0.000	0.000	141.22630(867.0)	0.16

3month 12th 2012/08/01-2012/11/01

One and half year after the 2011 Tohoku-oki event

TEST		L	N(under)	N(over)	M	S	forecast(obs)	fore/obs
MODEL	LL(L)	gamma	delta1	delta2	kappa	zeta	forecast(obs)	fore/obs
HISTETAS5PA	-1185.07647	0.969	0.94834	0.05970	0.768	0.878	209.81296(187.0)	1.12
RI10K	-1195.06581	0.577	0.34128	0.68527	0.831	0.863	181.13562(187.0)	0.97
MARFS	-1195.17379	0.658	0.42438	0.60411	0.875	0.839	184.07388(187.0)	0.98
RI30K	-1229.50003	0.689	0.34128	0.68527	0.830	0.988	181.13562(187.0)	0.97
HISTETAS7PA	-1231.85582	0.994	0.94713	0.06106	0.722	0.996	209.64589(187.0)	1.12
RI50K	-1257.38876	0.685	0.34128	0.68527	0.841	1.000	181.13562(187.0)	0.97
TRIPLES1011	-1274.27537	0.116	0.00183	0.99856	0.582	0.997	149.73916(187.0)	0.80
RI100K	-1302.52153	0.700	0.34128	0.68527	0.846	1.000	181.13562(187.0)	0.97

3 month test results

For 6th round (include 2011 tohoku EQ)

- All models DO NOT pass N, **M**, **S**, L-tests.
- Usual round $RI10K > RI30K > RI50K > RI100K$,
- Only this round
 $RI100K > RI50K > RI30K > RI10K$
- From 12th round, Models tend to pass consistency tests.

Change Minimum Magnitude

$M \geq 7$ kappa $\rightarrow$ 0.366

$M \geq 6$ kappa $\rightarrow$ 0.753

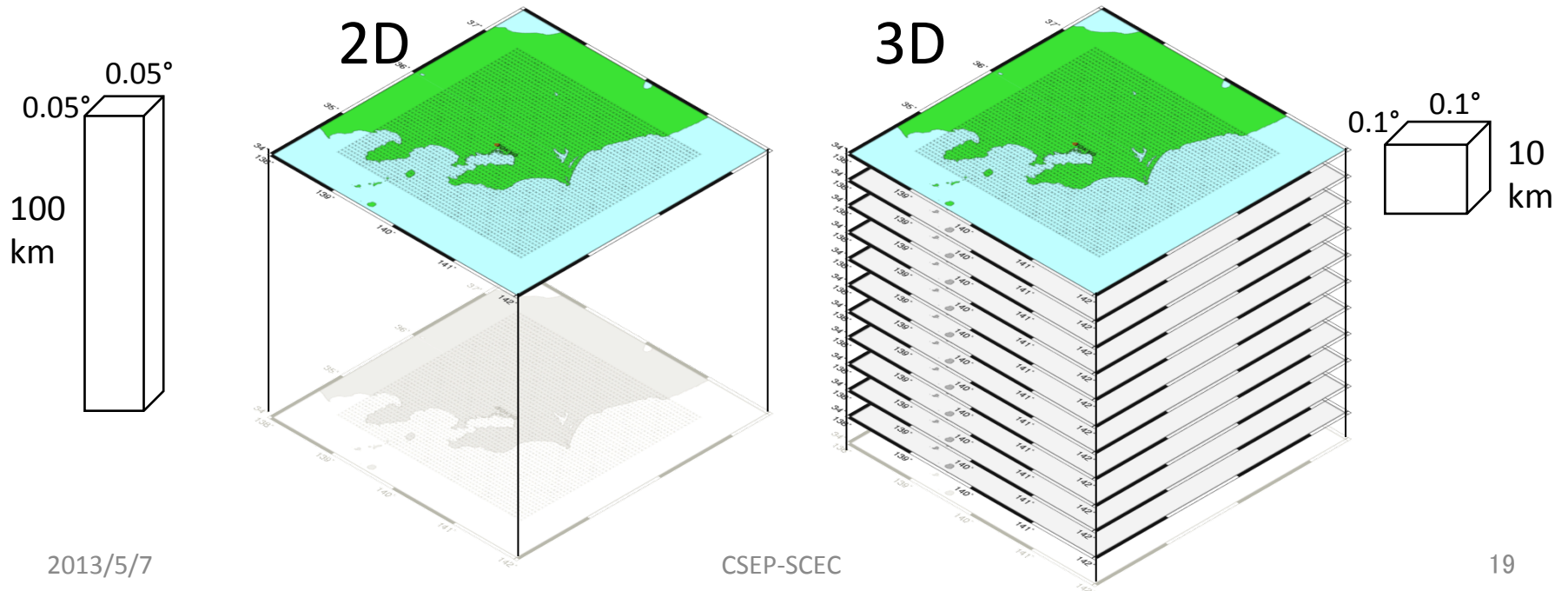
$M \geq 5$ kappa $\rightarrow$ 0.057

$M \geq 4$ kappa $\rightarrow$ 0.000

M-test results depend on minimum magnitude!

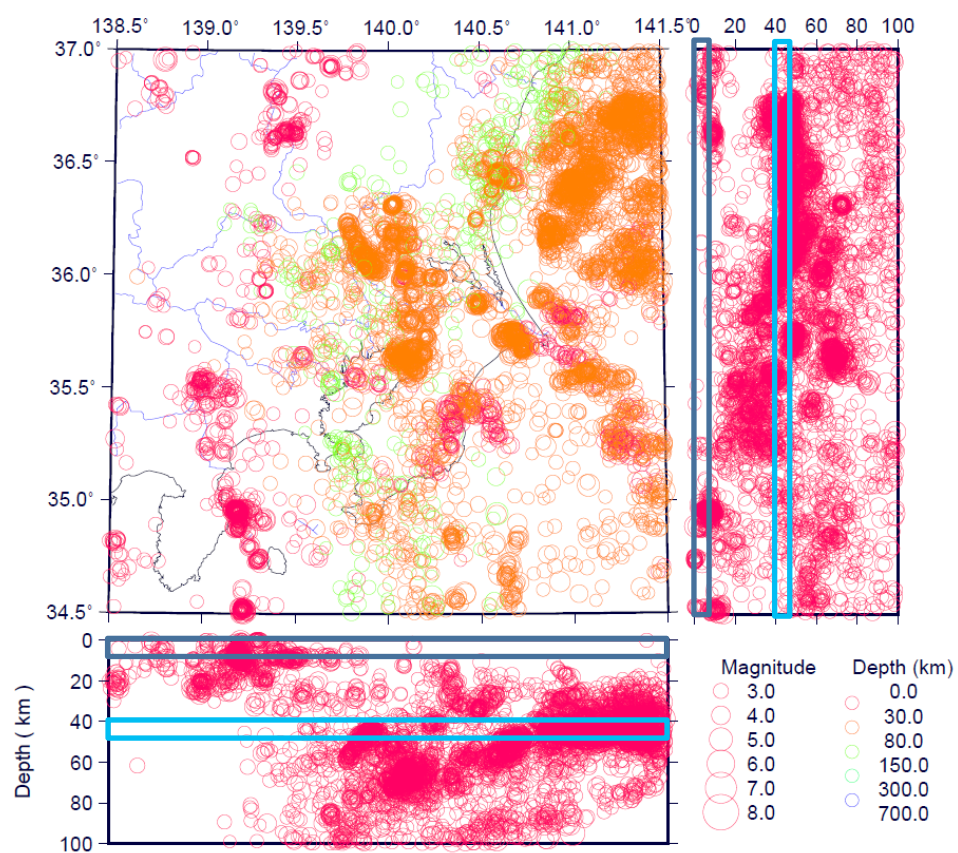
6. Kanto 3D test region

	2D (CSEP)	3D(Toshi-saigai)
Test region	CSEP Kanto region Lon138.5-141.5 Lat34.5-37.0 Dep0-100km	
resolution	0.05°x0.05°x 100km (169881bins=3331x51x1)	0.1°x0.1°x10km (382500bins=750x51x10)



Kanto seismicity

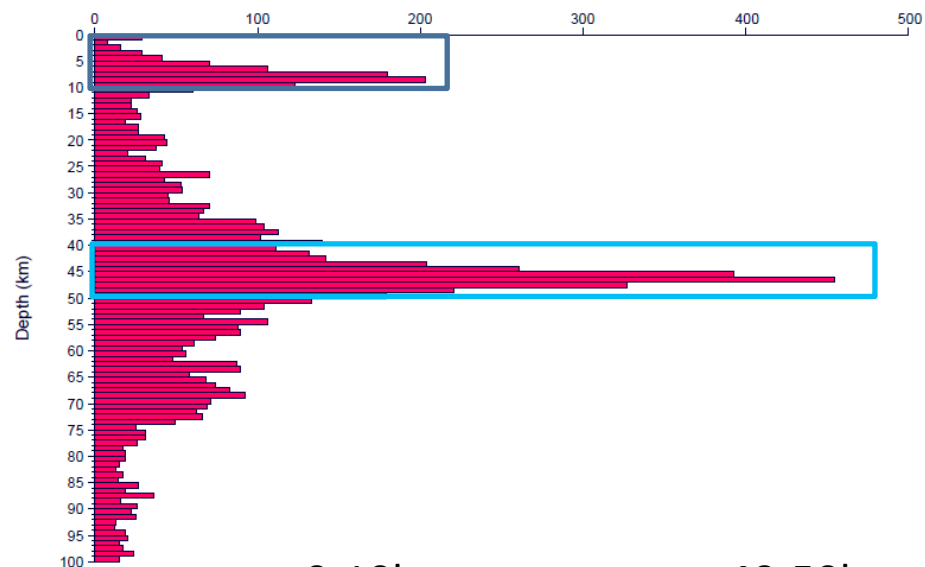
1998/1/1-2009/11/1 $M \geq 2.5$ $d=100\text{km}$



H:Z=100: 100

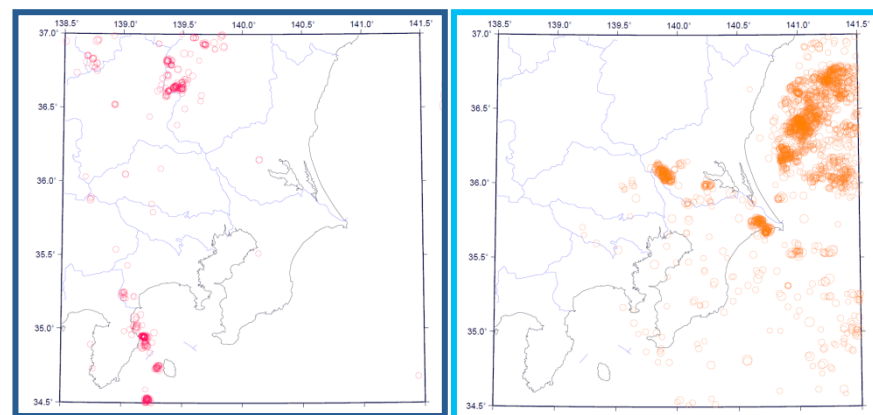
2013/5/7

EQ NUMBER



0-10km

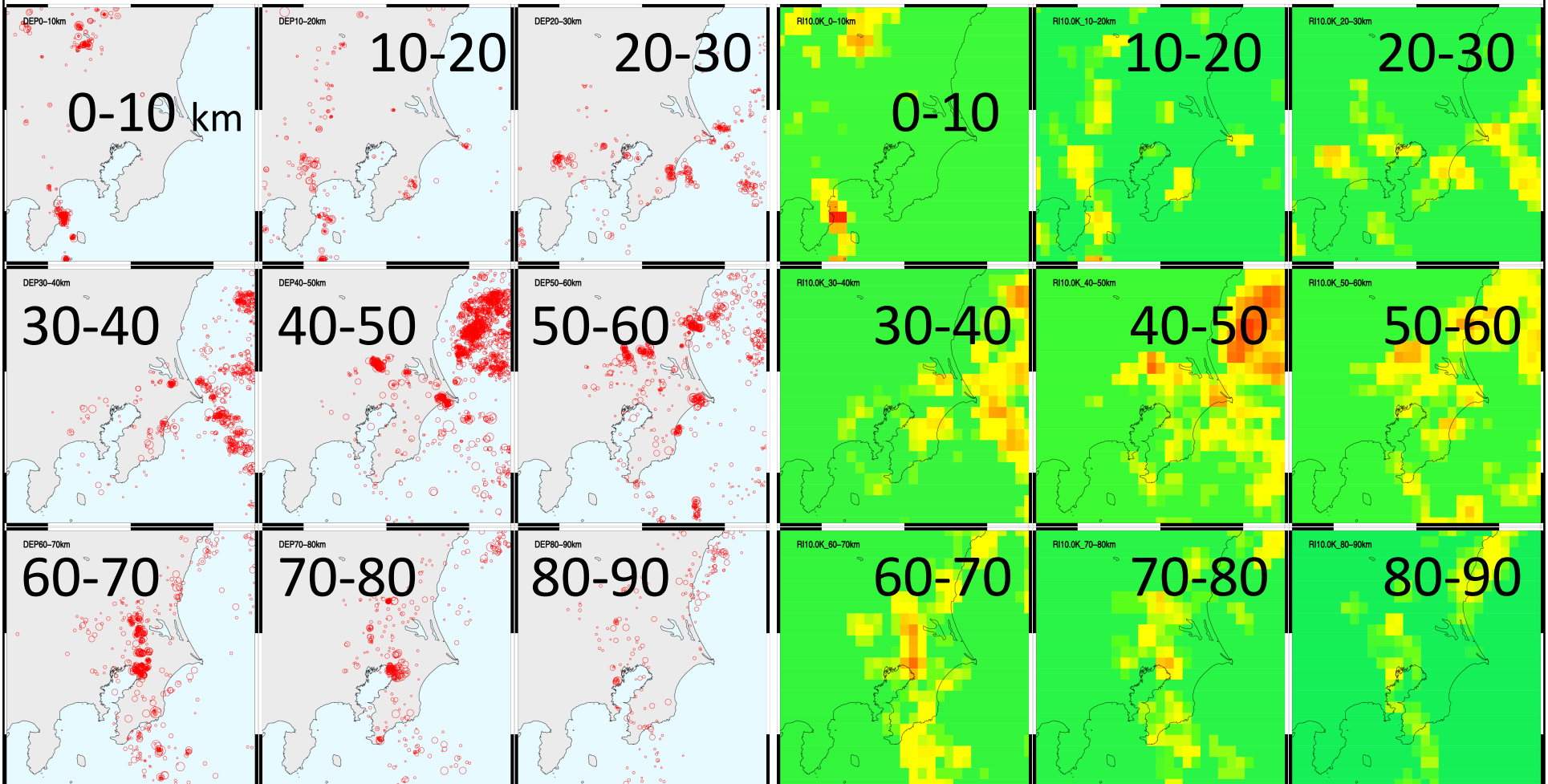
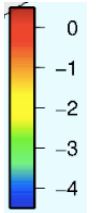
40-50km



CSEP-SCEC

20

3D forecast model (RI10K)



SUMMARY

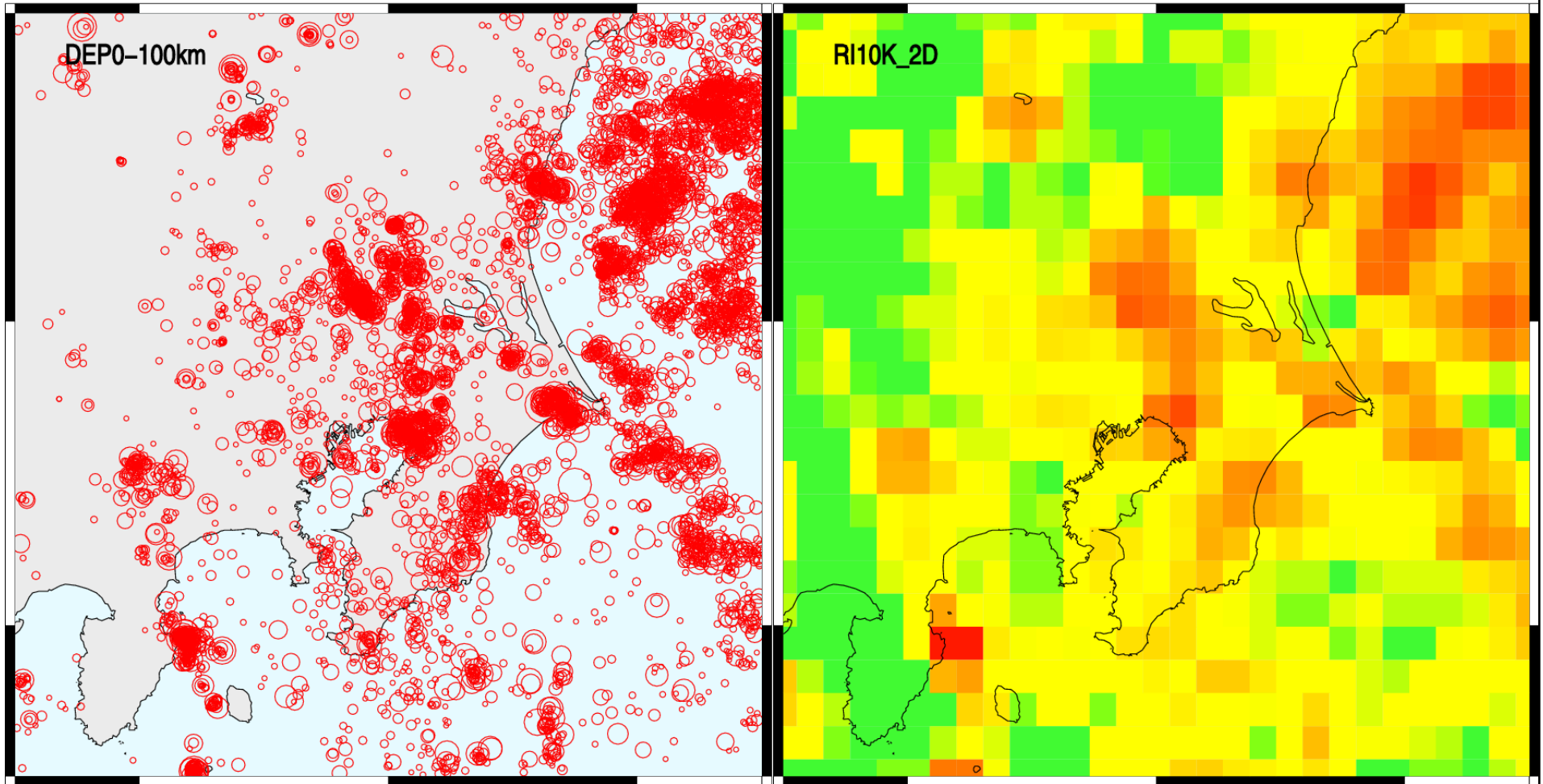
- CSEP-Japan
 - Infrastructure
 - V13.1.0
 - Implement new machines (urbancsep, urbanfs, urbanseis)
 - Testing results
 - 1D testing class
 - 3M testing class
- 3D Kanto test region

2D vs 3D

model	loglikelihood
2D-RI10K	-113.155
3D-RI10K	-87.7

3D > 2D

Seismicity and 2D model(RI10K)



1998/1/1-2009/11/1 $M \geq 2.5$ $H \leq 100\text{km}$ CSEP-SCEC

SUMMARY

- CSEP-Japan
 - Infrastructure
 - V13.1.0
 - Implement new machines (urbancsep, urbanfs, urbanseis)
 - Testing results
 - 1D testing class
 - 3M testing class
- 3D Kanto test region

7. Targets in this year

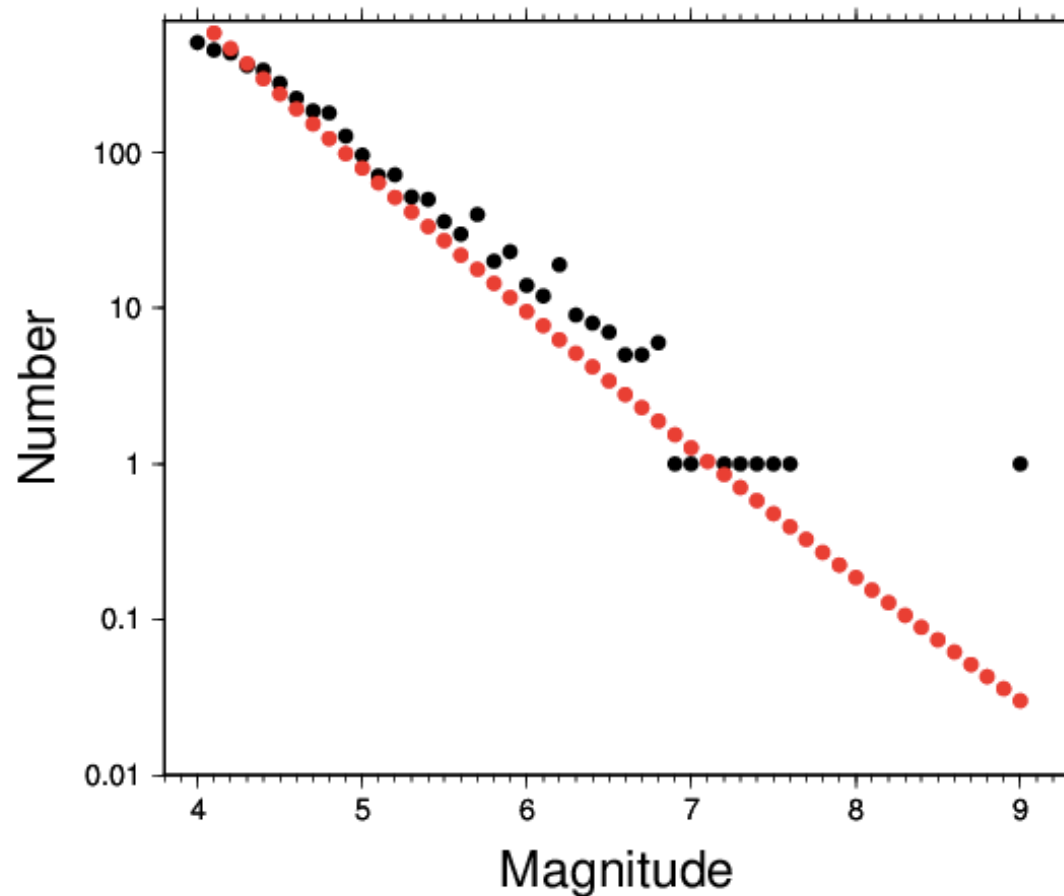
- We will develop 3D Kanto earthquake forecast model based on HISTETAS model.
- We will compile KANTO catalogues.

Why do not pass M-Test?

HISTETAS7PA

BLACK:OBS

RED: FORECAST



M OBS FORE

4.0 510 734.5

4.1 456 585.2

4.2 436 466.7

4.3 361 372.6

4.4 337 297.7

4.5 278 238.2

4.6 222 190.7

4.7 185 152.9

4.8 179 122.7

4.9 127 98.6

N-Test pass curve

