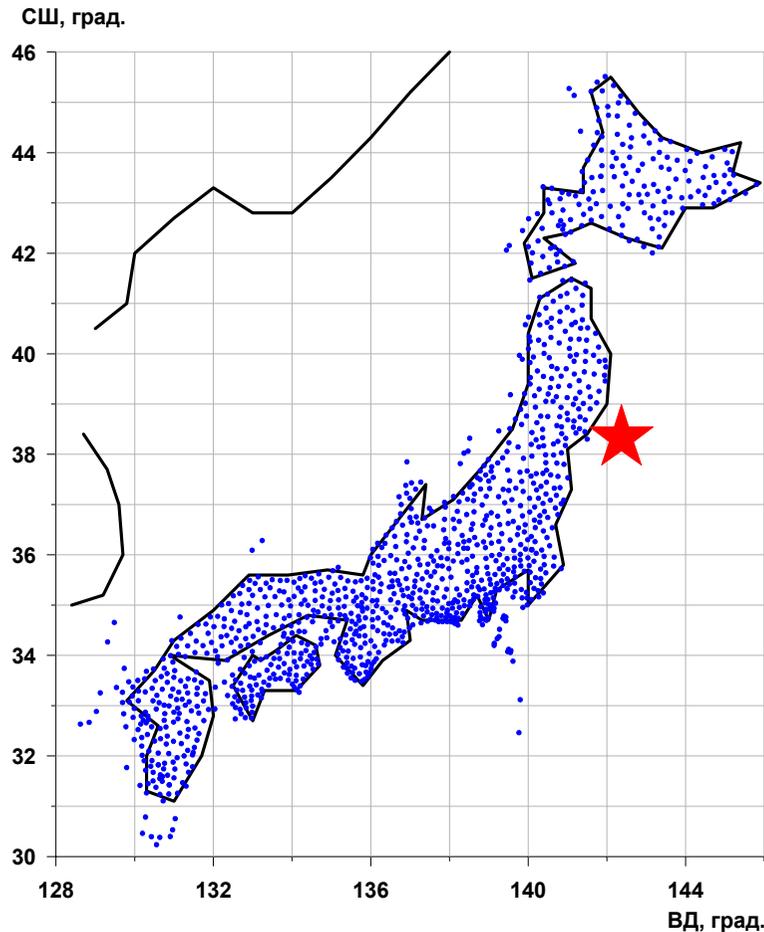


Анализ данных GPS в Японии за период наблюдений с 30 января 2011 г. по 26 марта 2011 г.

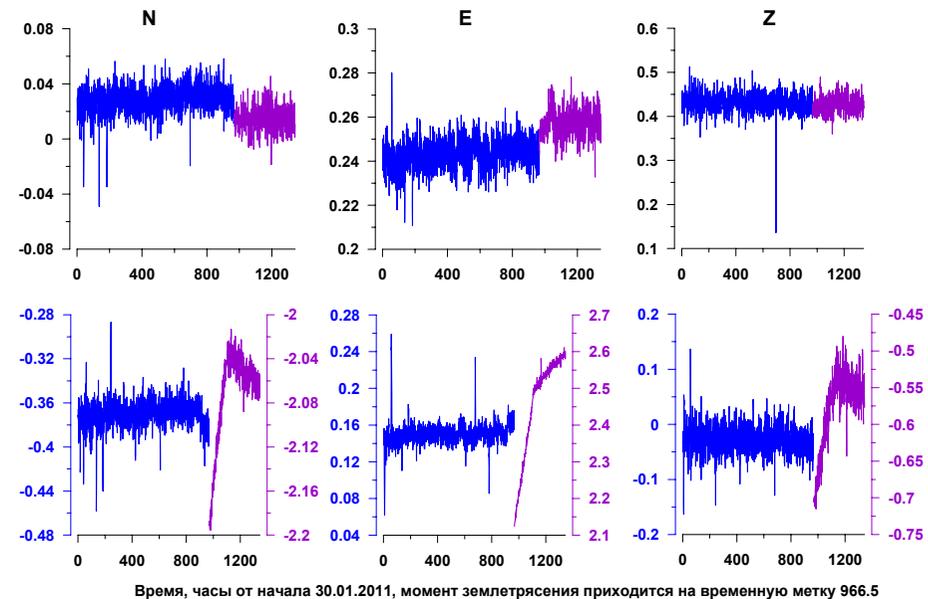
Шаг по времени – 30 минут, до землетрясения 11 марта 2011 г. – 1932 отсчета (чуть более 40 суток), после – 756 отсчетов (почти 16 суток).

Информация свободно доступна по адресу: ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/JPL_GPS_Timeseries/japan/30min_sol/



Примеры графиков временных рядов GPS:

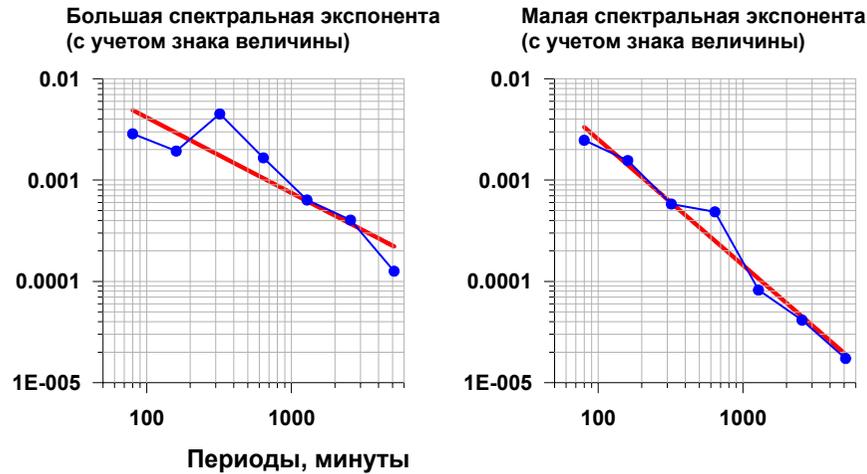
На станции, удаленной от эпицентра



На станции, близкой к эпицентру. Пришлось использовать разные оси ординат для построения графиков до и после события

Положения сети GPS станций на Японских островах.
Красная звезда – положение эпицентра землетрясения Тохоку.

Вейвлет-спектры мощности GPS сигналов после перехода к приращениям



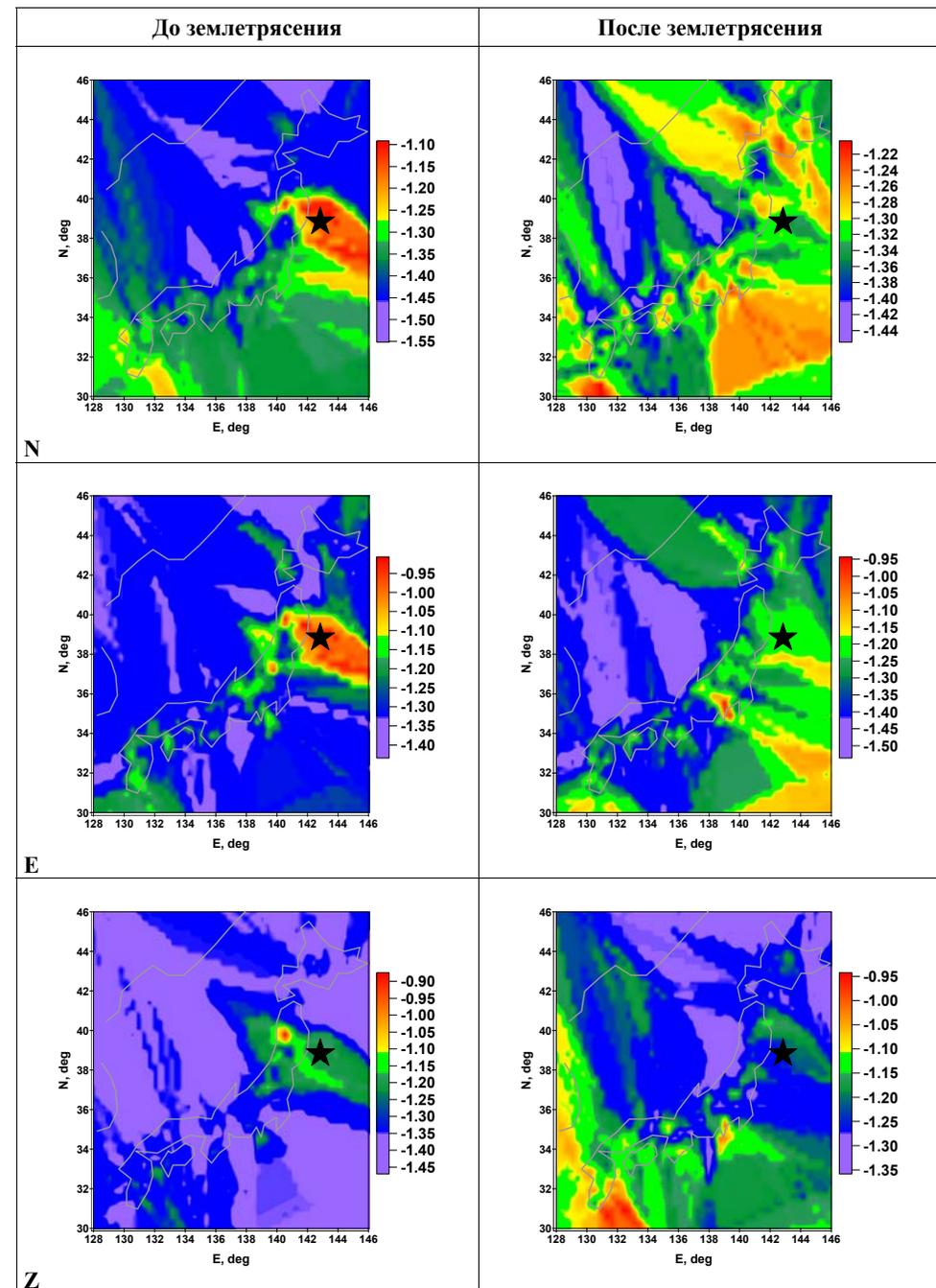
Спектральная экспонента – угол наклона линейного закона, аппроксимирующего зависимость логарифма среднего значения квадратов вейвлет-коэффициентов на уровнях детальности ортогонального вейвлет-разложения («энергии уровня») от логарифма периода, соответствующего центральной частоте уровня.

Карты спектральной экспоненты →

В каждом узле регулярной сетки размером 50×50 узлов бралось среднее от значений спектральной экспоненты в 10 ближайших станциях.

После удаления линейного тренда и перехода к приращениям.

Область будущего мега-землетрясения выделяется как пятно повышенных значений спектральной экспоненты

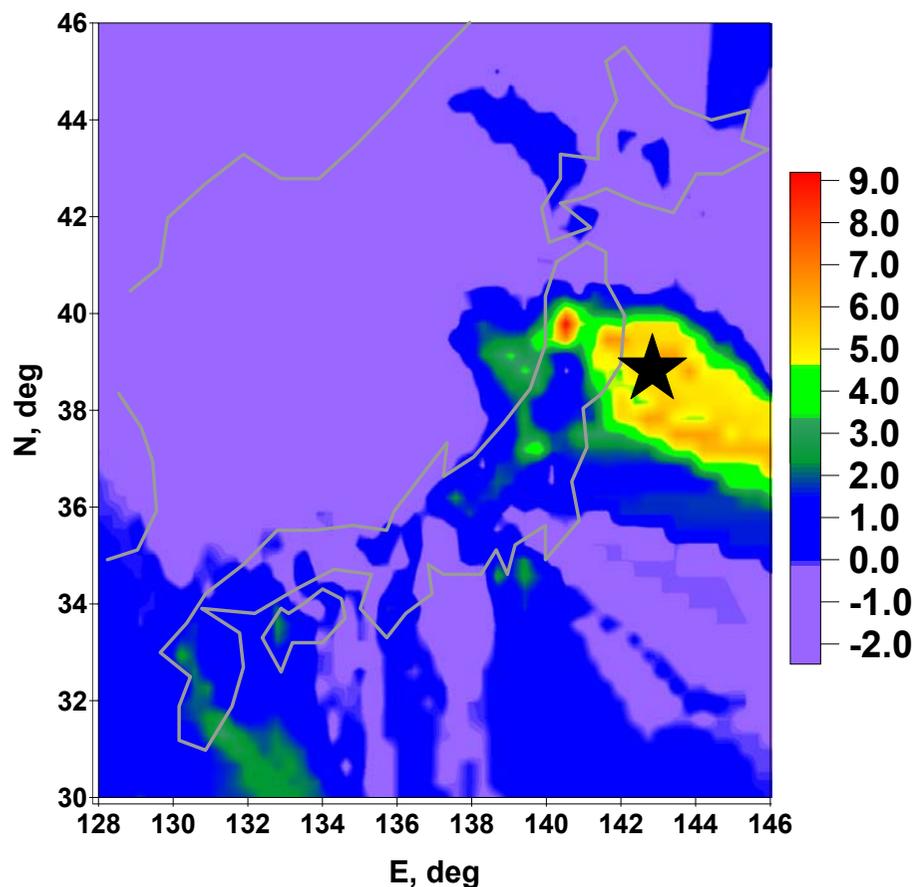


Первая главная компонента значений спектральной экспоненты для флуктуаций компонент GPS-сигналов на регулярной сетке карты после центрирования и нормировки.

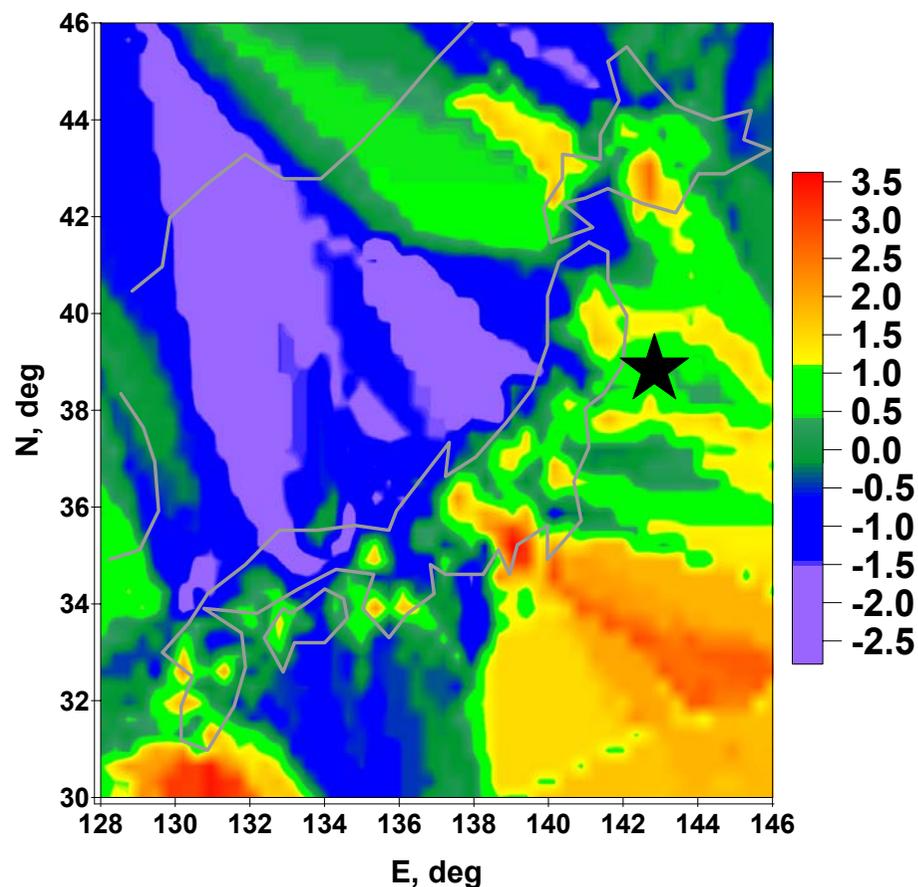
Оказалось, что для прогноза важен не традиционный анализ: куда и с какой скоростью плиты ползут, а то, как они «дрожат».

Alexey Lyubushin and Pavel Yakovlev (2014) Properties of GPS noise at Japan islands before and after Tohoku mega-earthquake. SpringerPlus 2014, 3:364 doi:10.1186/2193-1801-3-364, <http://www.springerplus.com/content/3/1/364>, <http://www.springerplus.com/content/pdf/2193-1801-3-364.pdf> <http://link.springer.com/article/10.1186%2F2193-1801-3-364>

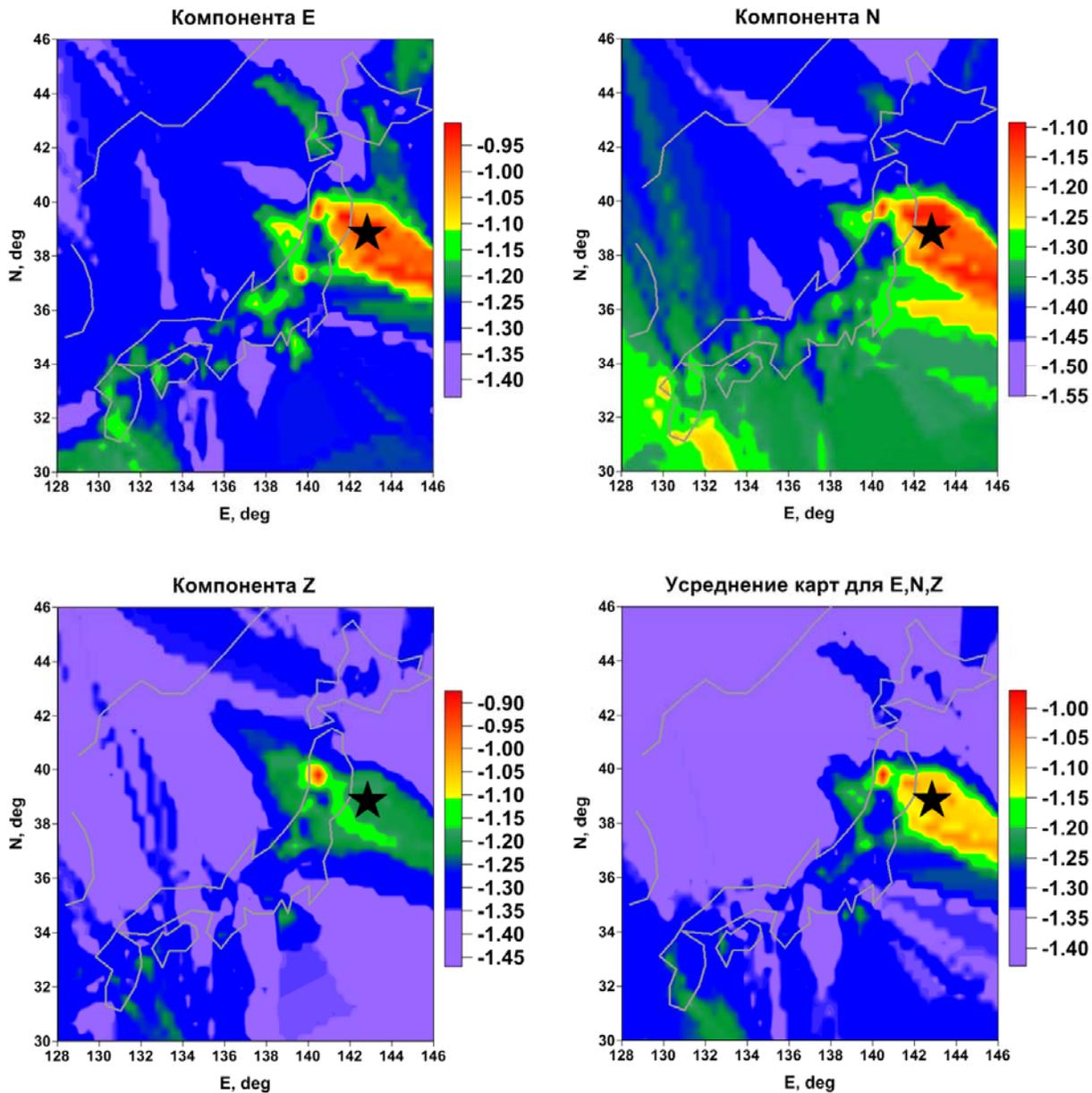
До землетрясения



После землетрясения

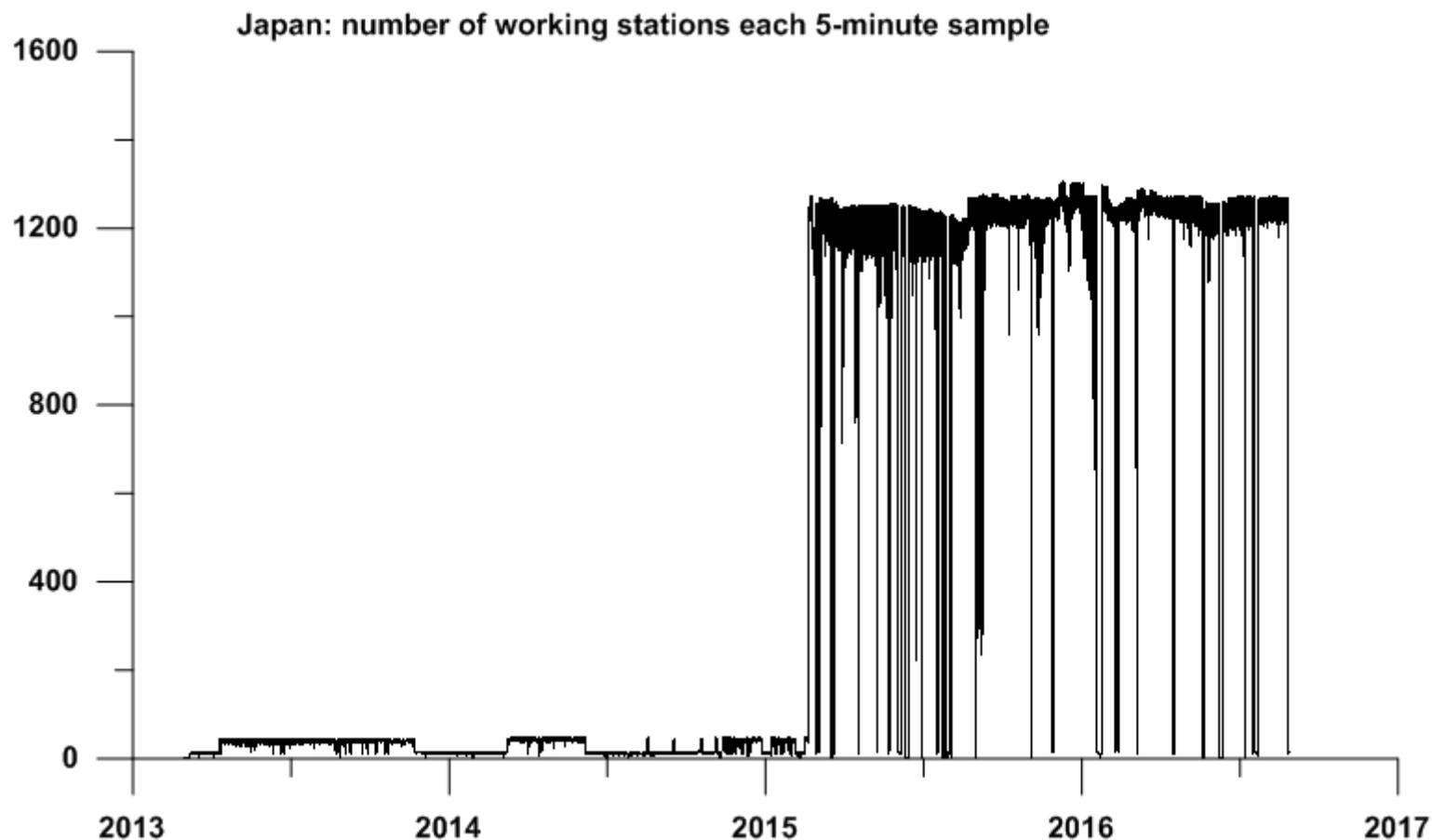


Карты распределения вейвлетной спектральной экспоненты временных рядов GPS с шагом по времени 30 минут до мега-землетрясения Тохоку за период 30.01.2011 – 10.03.2011



Формально GPS данные с шагом по времени 5 минут доступны по Японии с февраля 2013 г., однако фактически – с начала марта 2015 г.

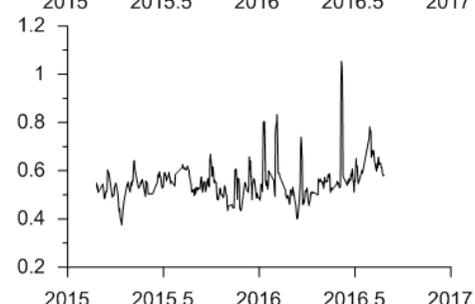
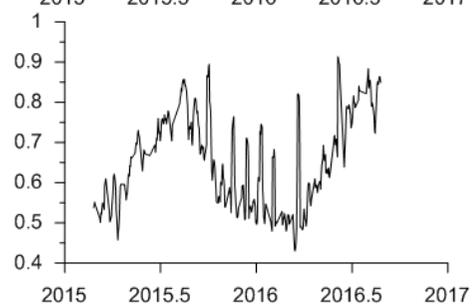
Трех-компонентные временные ряды GPS с шагом по времени 5 минут доступны по адресу: ftp://gneiss.nbmj.unr.edu/rapids_5min/kenv/



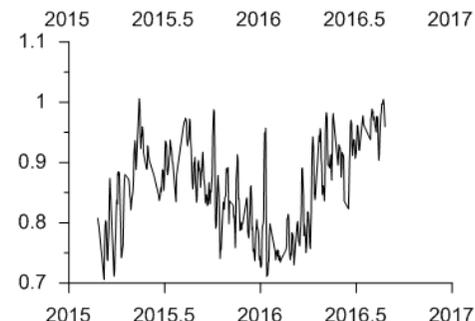
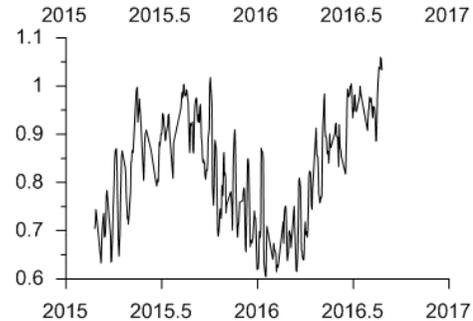
Япония: медианы спектральных экспонент по работоспособным станциям временных рядов GPS с шагом по времени 5 минут в скользящем временном окне длиной 1440 отсчетов (5 суток) со смещением 288 отсчетов (1 сутки)



N

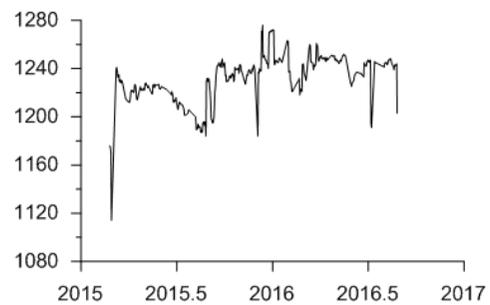


E

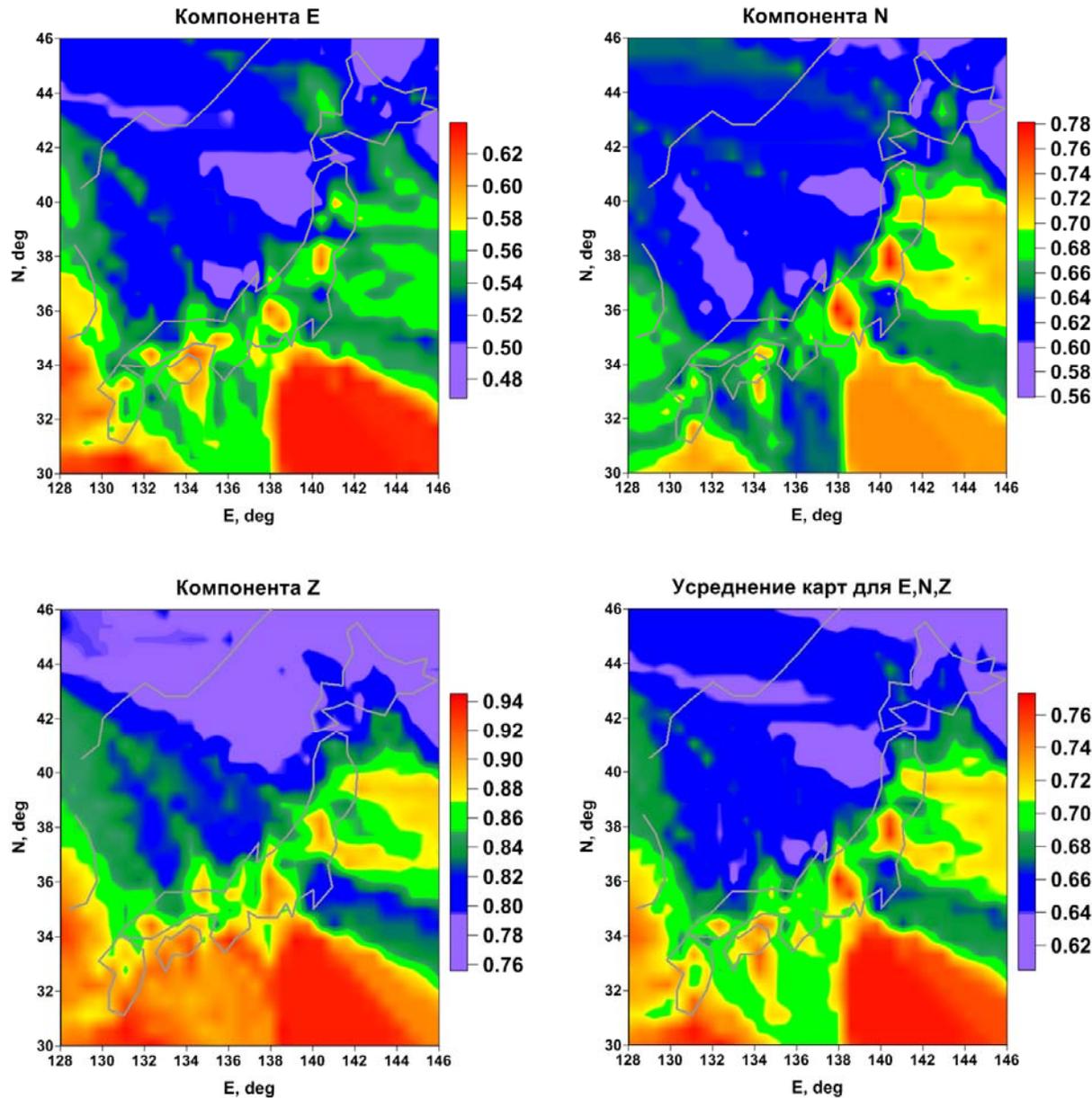


Z

Число работоспособных станций в каждом окне



Усредненные карты распределения вейвлетной спектральной экспоненты временных рядов GPS с шагом по времени 5 минут за период 03.03.2015 – 14.08.2016.

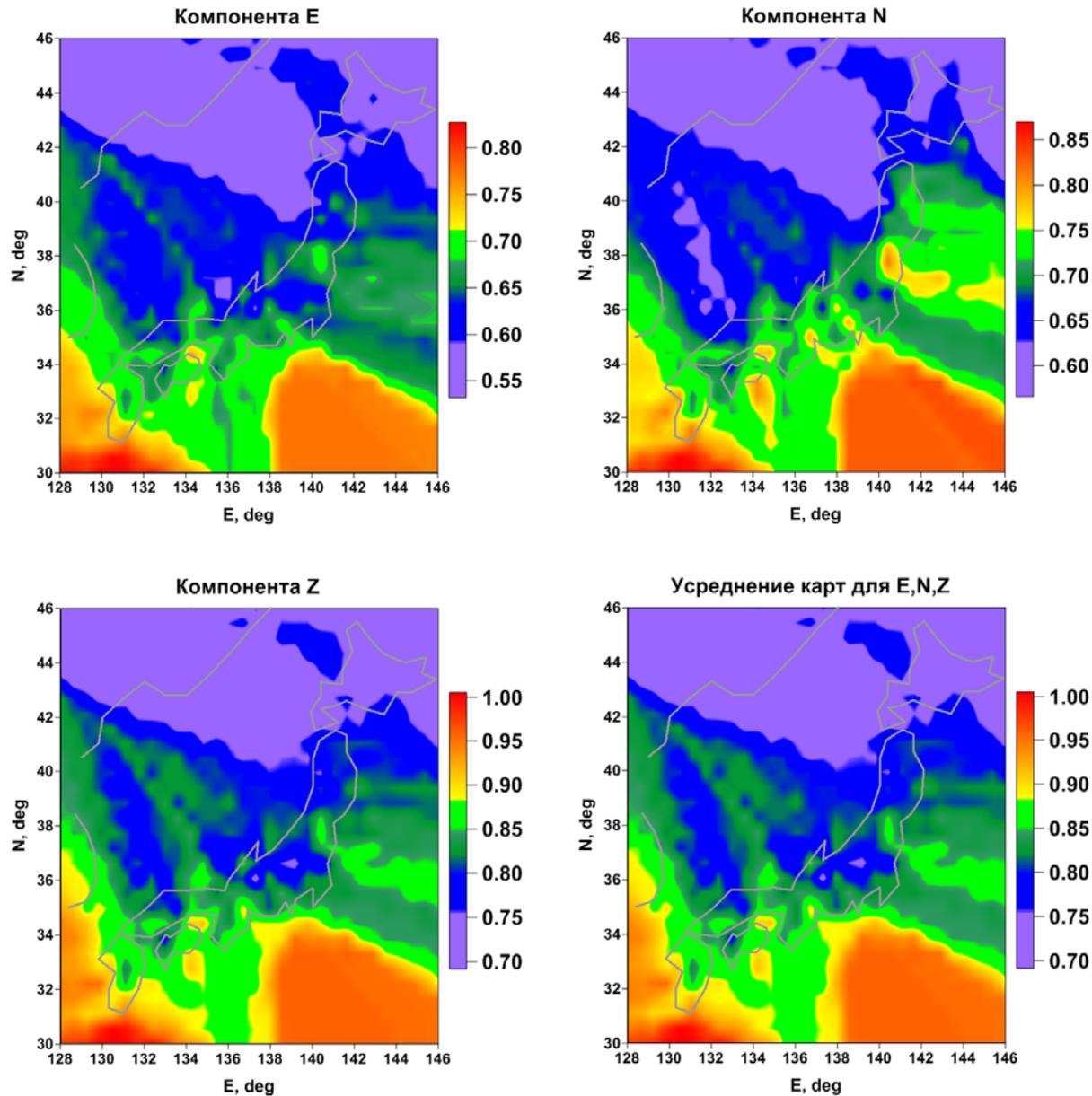


В скользящем временном окне длиной 1440 отсчетов (5 суток) со смещением 288 отсчетов (1 сутки) для каждого узла регулярной сетки узлов (размером 30×30) от 10 ближайших работоспособных станций вычислялась последовательность «элементарных» карт.

Станция считается работоспособной в данном временном окне, если интервал ее регистрации включает в себя рассматриваемое временное окно и число восполненных пропущенных значений внутри этого окна не превосходит заданной максимально допустимой доли от общей длины, равной 0.1.

На рисунках представлены карты, полученные путем усреднения всех последовательных «элементарных карт» от каждого 5-суточного временного окна для компонент E, N и Z временных рядов GPS и карта, полученная путем усреднения трех карт для каждой компоненты.

Усредненные карты распределения обычной спектральной экспоненты временных рядов GPS с шагом по времени 5 минут за период 03.03.2015 – 14.08.2016.

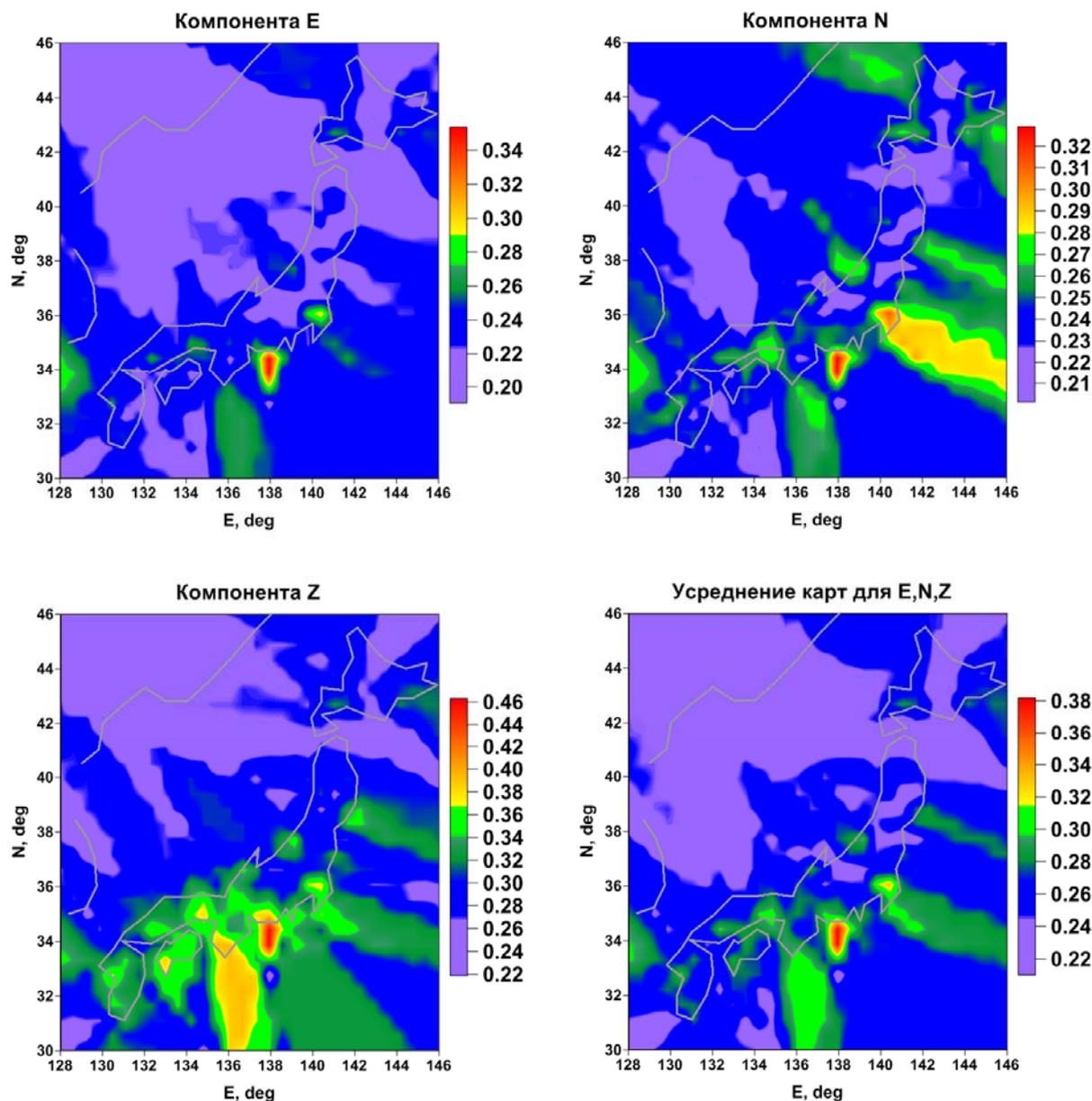


В скользящем временном окне длиной 1440 отсчетов (5 суток) со смещением 288 отсчетов (1 сутки) для каждого узла регулярной сетки узлов (размером 30×30) от 10 ближайших работоспособных станций вычислялась последовательность «элементарных» карт.

Станция считается работоспособной в данном временном окне, если интервал ее регистрации включает в себя рассматриваемое временное окно и число восполненных пропущенных значений внутри этого окна не превосходит заданной максимально допустимой доли от общей длины, равной 0.1.

На рисунках представлены карты, полученные путем усреднения всех последовательных «элементарных карт» от каждого 5-суточного временного окна для компонент E, N и Z временных рядов GPS и карта, полученная путем усреднения трех карт для каждой компоненты.

Усредненные карты распределения максимального нормированного собственного числа корреляционной матрицы шума временных рядов GPS от 10 ближайших соседних станций с шагом по времени 5 минут за период 03.03.2015 – 14.08.2016.



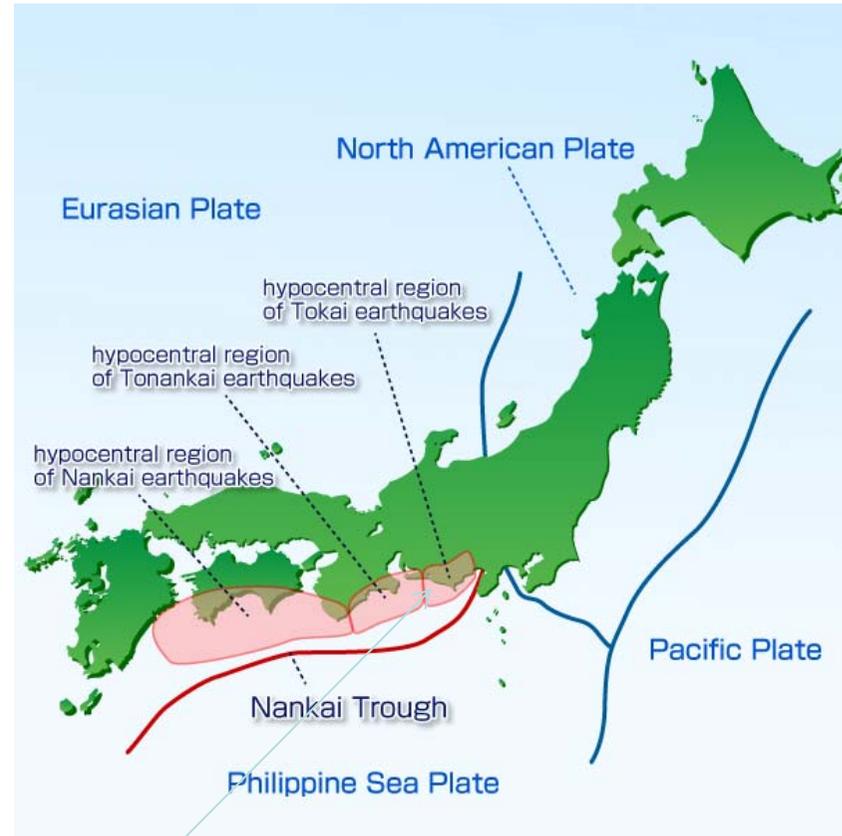
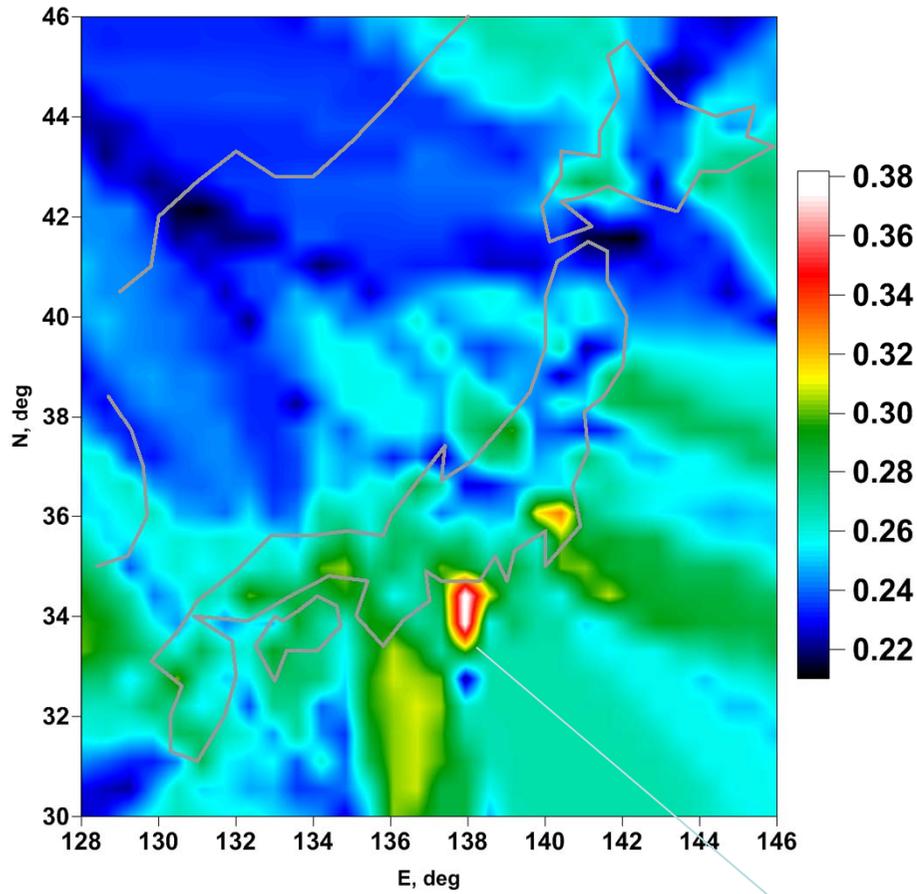
Корреляционные матрицы вычисляются в скользящем временном окне длиной 1440 отсчетов (5 суток) со смещением 288 отсчетов (1 сутки) для каждого узла регулярной сетки узлов (размером 30×30) от 10 ближайших работоспособных станций.

Станция считается работоспособной в данном временном окне, если интервал ее регистрации включает в себя рассматриваемое временное окно и число восполненных пропущенных значений внутри этого окна не превосходит заданной максимально допустимой доли от общей длины, равной 0.1.

Перед вычислением корреляционной матрицы в каждом окне производится удаление тренда ортогональным полиномом 4-го порядка и $\pm 3\sigma$ винзоризация.

На рисунках представлены карты, полученные путем усреднения всех последовательных «элементарных карт» от каждого 5-суточного временного окна для компонент E, N и Z временных рядов GPS и карта, полученная путем усреднения трех карт для каждой компоненты.

Mean map of E,N,Z



Region of Tokai earthquakes