

第4回

緊急地震速報評価・改善検討会 技術部会 資料

第4回緊急地震速報評価・改善検討会技術部会資料

目次

1. 緊急地震速報の発表状況と課題及びその対策について
ー平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震とその後の活発な地震活動ー
 1. 1 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震とその後の地震に対する発表状況と課題について（P1～）
 1. 2 広域欠測に関する対策（P21～）
 1. 3 同時多発に関する対策（P22～）
 1. 4 単独観測点処理の高度化及びリアルタイム震度モニタを併用した緊急地震速報の高度化
 1. 4. 1 単独観測点処理の高度化（P26～）
 1. 4. 2 リアルタイム震度モニタを併用した緊急地震速報の高度化（P31～）
 1. 5 緊急地震速報（警報）発表の時間制限の対策（P33～）
 1. 6 新全相M（S波以降最大振幅によるマグニチュード）への改良について（P35～）
 2. 大深度地震計、D O N E T観測点データの活用について
 2. 1 D O N E Tの海底地震計データのマグニチュード補正について（P38～）
 2. 2 大深度・海底地震計解析処理装置の整備状況について（P45）
 3. 震度予想の精度向上のための観測点増幅度の導入について（P46～）
 4. その他
 4. 1 観測点の増強（P49）
 4. 2 日本海溝海底地震津波観測網の緊急地震速報への活用に関する計画（P50）
 4. 3 緊急地震速報の震度予想の精度（P51～）
-

1. 緊急地震速報の発表状況と課題及びその対策について

－平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震とその後の活発な地震活動－

1. 1 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震とその後の地震に対する発表状況と課題について

この項の要点

- ・ 気象庁は、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に対して、震度 5 弱以上を予測したときに発表する緊急地震速報（警報）を、最初の地震波の検知から 8.6 秒後に発表した。緊急地震速報（警報）を発表した全ての地域に対して主要動の到達前に発表した。
- ・ 緊急地震速報（警報）発表時点でのマグニチュードは M7.2 であったため、震度予測が過小となり、震度 5 弱以上を観測した関東地方等に警報を発表していない。
- ・ 緊急地震速報は、第 15 報（最終報）まで発表し、第 14 報以降において M8.1 を推定、最大震度 6 弱を予測、東北地方から関東地方や北陸地方の広い範囲に震度 4 以上を予測した。しかし、緊急地震速報（警報）の発表・更新は、地震波検知から 60 秒後までとして運用しているため、関東地方を対象とする緊急地震速報（警報）の発表していない。
- ・ この巨大地震の震源断層の長さは約 450km におよんだ。また、初期破壊から主破壊まで時間がかかっているため、最大加速度を観測したのは、初期破壊点から伝播した S 波の到達よりもかなり後であり、東北地方の沿岸部においても、緊急地震速報を発表してから最大加速度を観測するまでに 30 秒から 110 秒の時間があつた。現在の緊急地震速報では、揺れの振幅予測式の距離減衰補正に用いる断層までの最短距離として、震源を中心とした推定 M に応じた半径の球面上からの距離を採用している。これが一因となって、この巨大地震の断層面の広がりをもっと正しく評価できず、観測された震度に比べて過小に予測した。
- ・ 平成 24 年 8 月までに 112 回警報を発表し、このうち 42 事例については概ね適切に発表したが、70 事例については発表が適切ではなかった。適切ではなかった 70 事例の原因は、地震活動が活発になり異なる場所でほぼ同時に発生した地震の同時多発等である。
- ・ 平成 24 年 8 月までに震度 5 弱以上を観測した地震で、警報と予報ともに発表しなかった事例は 10 事例あつた。この原因は、M9 イベント後、地震観測点において地動レベルが上がり、地震検知が困難な状態になったためである。

(1) 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の緊急地震速報の発表状況
気象庁は、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に対して、震度 5 弱以上を予測したときに発表する緊急地震速報（警報）を、石巻大瓜観測点（宮城県石巻市）における最初の地震波の検知から 8.6 秒後に発表した。震度 7 を観測した宮城県栗原

市築館をはじめとして、緊急地震速報（警報）を発表した全ての地域に対して主要動の到達前に発表した。図1. 1に観測された震度分布（地域最大震度）と、緊急地震速報（警報）の猶予時間および発表対象地域を示す。しかし、この時点で推定したMは7.2であったため、震度予測が過小となった。

緊急地震速報（予報）については、最初の地震波の検知から5.4秒後に、第1報を発表し、以降計15報を発表した。表1. 1に緊急地震速報（警報および予報）の発表状況の詳細を示す。緊急地震速報の第1報から第15報（最終報）までのそれぞれの震源の推定位置を図1. 2に、推定マグニチュード及び予測震度の最大値の推移を図1. 3に示す。推定したマグニチュードは、時間の経過とともに成長し、第14報～第15報（最終報）においてM8.1を推定、最大震度6弱を予測、東北地方から関東地方や北陸地方の広い範囲に震度4以上を予測した。図1-4に、緊急地震速報（予報）第1報の発表から主要動到達までの時間および推計震度分布を示す。また、図1-5に、観測された震度分布（地域最大震度）と、緊急地震速報（予報最終報）の震度4以上を予測した地域を示す。

この事例では、地震検知してから105.0秒後には、地震検知8.6秒後の警報発表時に震度3以下を予測していた茨城県北部について、震度4から5弱程度と予測している。しかし、現在、緊急地震速報（警報）の発表・更新は、地震波検知から60秒後まで行うこととして運用している（1.5項参照）ため、震度6強を観測した茨城県北部や震度5強を観測した東京都23区をはじめ、関東地方を対象とする緊急地震速報（警報）の発表・更新をしていない。

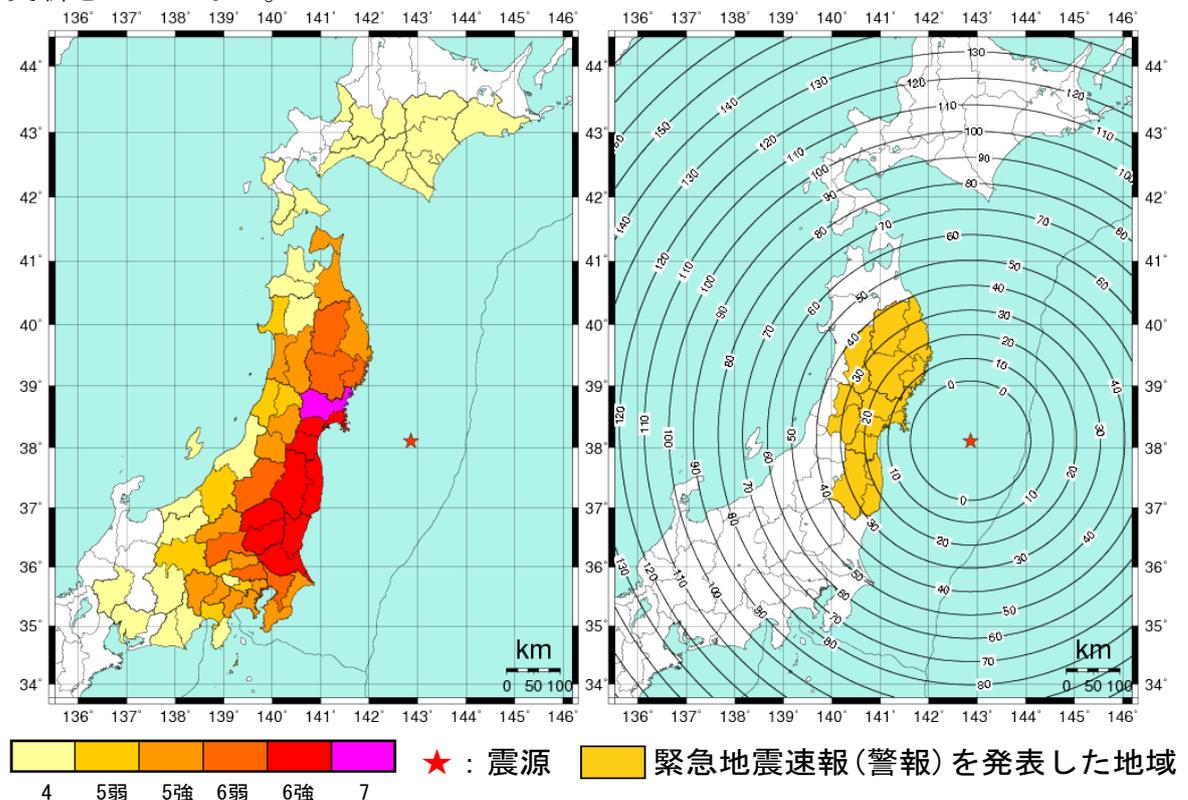


図1. 1 観測された震度分布（地域最大震度）と緊急地震速報（警報）の猶予時間・発表対象地域

表 1. 1 緊急地震速報（警報及び予報）の詳細

発表時刻等		地震波検知からの経過時間 (秒)	震源要素				発表から主要動到達までの時間 (秒)						予想した最大震度	警報の発表
			北緯	東経	深さ	マグニチュード	宮城県石巻市	宮城県栗原市	福島県浪江町	茨城県高萩市	栃木県宇都宮市	東京都千代田区		
地震波検知時刻	14時46分40.2秒													
1	14時46分45.6秒	5.4	38.2	142.7	10km	4.3	6	19	19	35	49	67	1	
2	14時46分46.7秒	6.5	38.2	142.7	10km	5.9	4	18	18	34	48	66	3	
3	14時46分47.7秒	7.5	38.2	142.7	10km	6.8	3	17	17	33	47	65	4	
4	14時46分48.8秒	8.6	38.2	142.7	10km	7.2	2	15	16	32	46	63	5弱	○
5	14時46分49.8秒	9.6	38.2	142.7	10km	6.3	1	14	15	31	45	62	4	
6	14時46分50.9秒	10.7	38.2	142.7	10km	6.6	0	13	14	30	43	61	4	
7	14時46分51.2秒	11.0	38.2	142.7	10km	6.6	0	13	14	29	43	61	4	
8	14時46分56.1秒	15.9	38.1	142.9	10km	7.2	—	8	9	24	38	56	4	
9	14時47分02.4秒	22.2	38.1	142.9	10km	7.6	—	2	2	18	32	50	5弱	
10	14時47分10.2秒	30.0	38.1	142.9	10km	7.7	—	—	—	10	24	42	5弱	
11	14時47分25.2秒	45.0	38.1	142.9	10km	7.7	—	—	—	—	9	27	5弱	
12	14時47分45.3秒	65.1	38.1	142.9	10km	7.9	—	—	—	—	—	7	5強	
13	14時48分05.2秒	85.0	38.1	142.9	10km	8.0	—	—	—	—	—	—	5強	
14	14時48分25.2秒	105.0	38.1	142.9	10km	8.1	—	—	—	—	—	—	6弱	
15	14時48分37.0秒	116.8	38.1	142.9	10km	8.1	—	—	—	—	—	—	6弱	

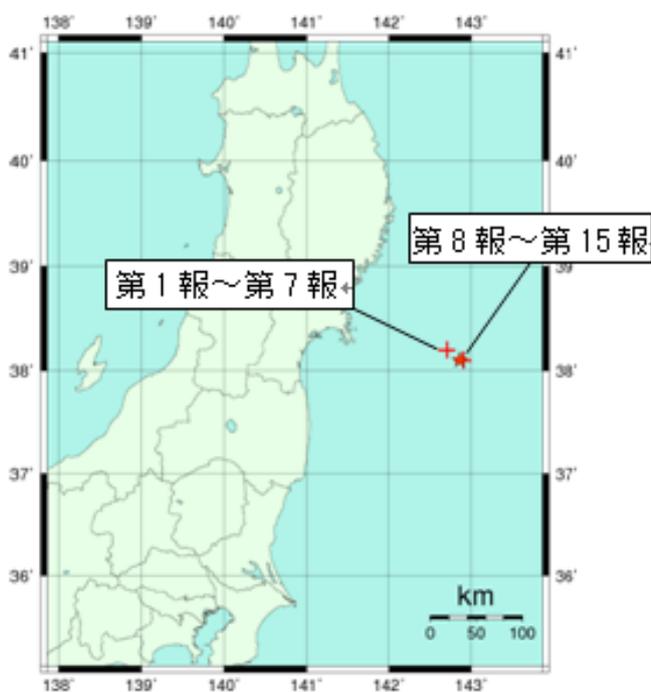


図 1. 2 緊急地震速報の震源の推定位置

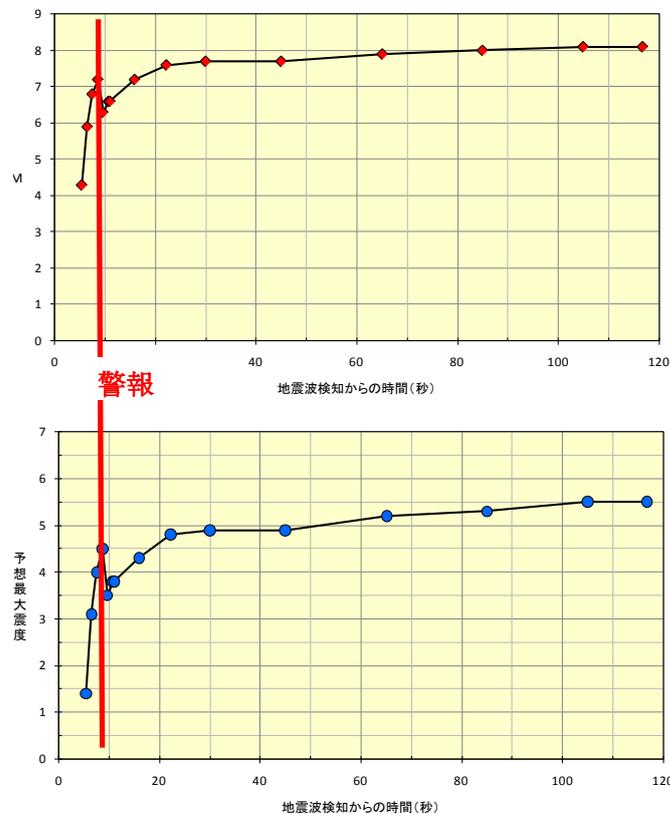


図 1. 3 緊急地震速報の推定マグニチュード（上図）と予測最大震度（下図）の時間的推移

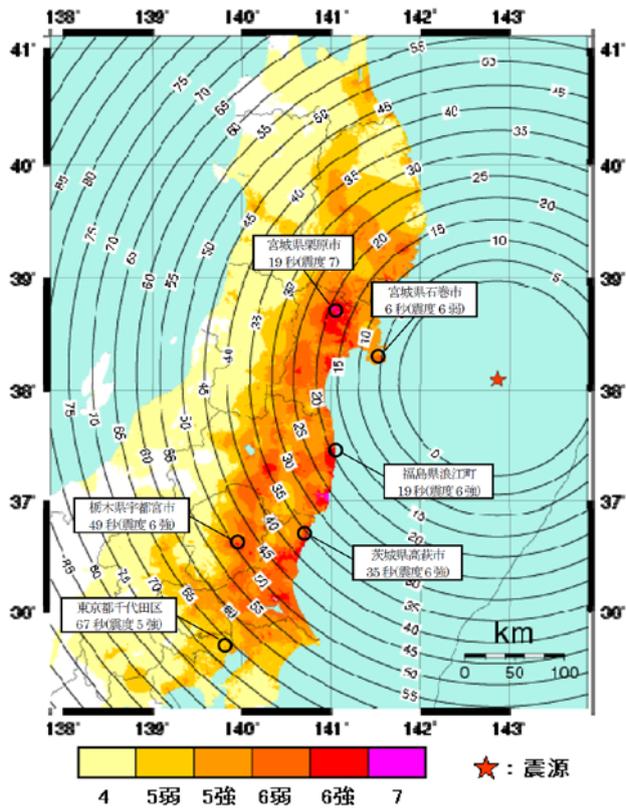


図1. 4 緊急地震速報（予報）第1報の発表から主要動到達までの時間（秒）及び推計震度分布

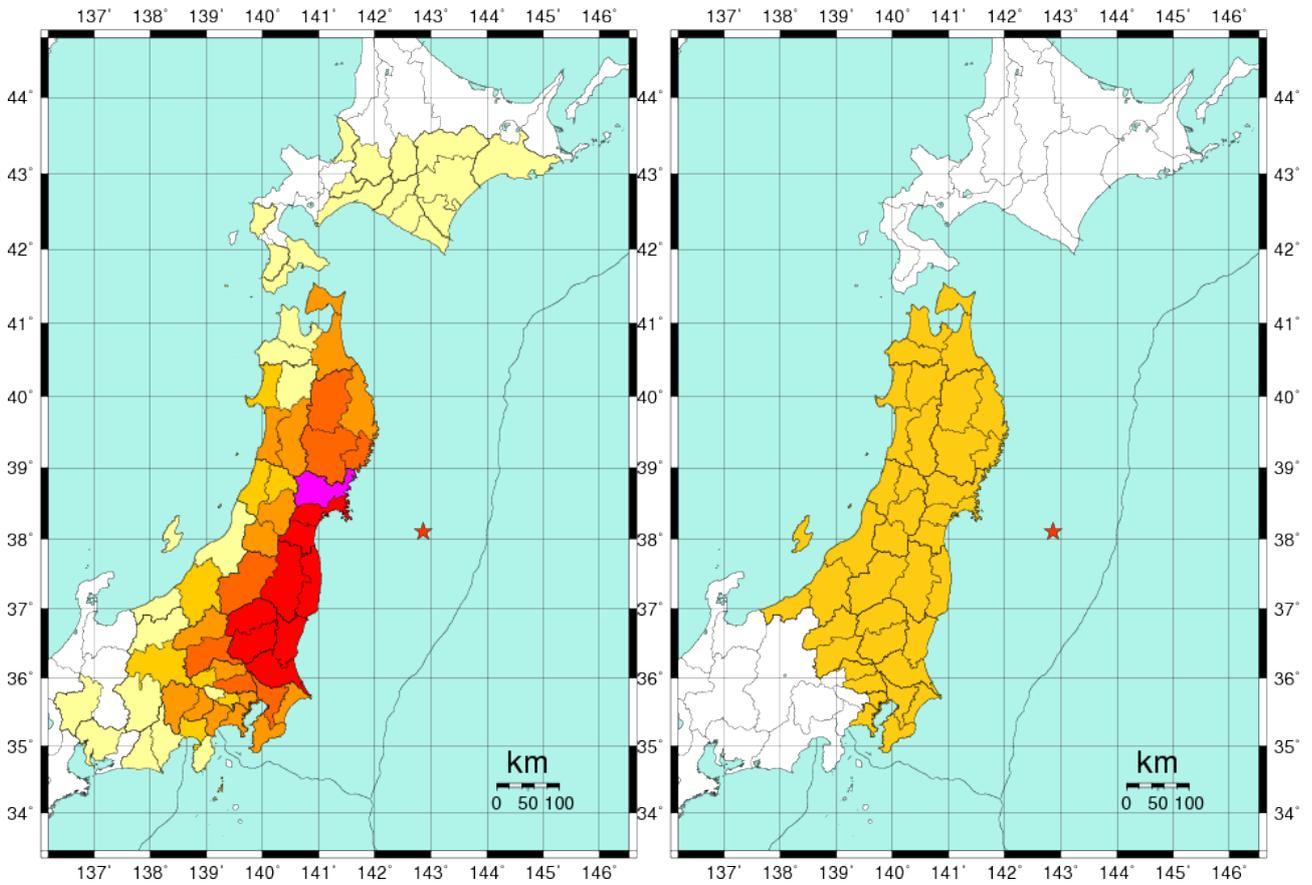


図1. 5 観測された震度分布（地域最大震度）と緊急地震速報（予報最終報）の予測震度4以上の地域

巨大地震の震源断層は岩手県沖から茨城県沖までの約450キロの広がりを持っている。また、初期破壊から主破壊まで時間がかかっているため、最大加速度を観測したのは、初期破壊点から伝播したS波の到達よりもかなり後であった。図1. 6に震源過程解析結果を、図1. 7に各震度観測点において最大加速度を観測した時間でコンターを引いた図を示す。東北地方の沿岸部においても、緊急地震速報を発表してから最大加速度を観測するまでに30秒から110秒程度の時間があったことがわかる。

現在の緊急地震速報では、揺れの振幅予測式の距離減衰補正に用いる断層までの最短距離として、震源を中心とした推定Mに応じた半径の球面上からの距離を採用している。これが一因となって、この巨大地震の断層面の広がりをもっと正しく評価できず、適切な震度予測ができなかった。このような巨大地震に対して適切な処理を行うためには、現在と異なったアプローチをとる等、抜本的な対策を考える必要がある(1.4項参照)。

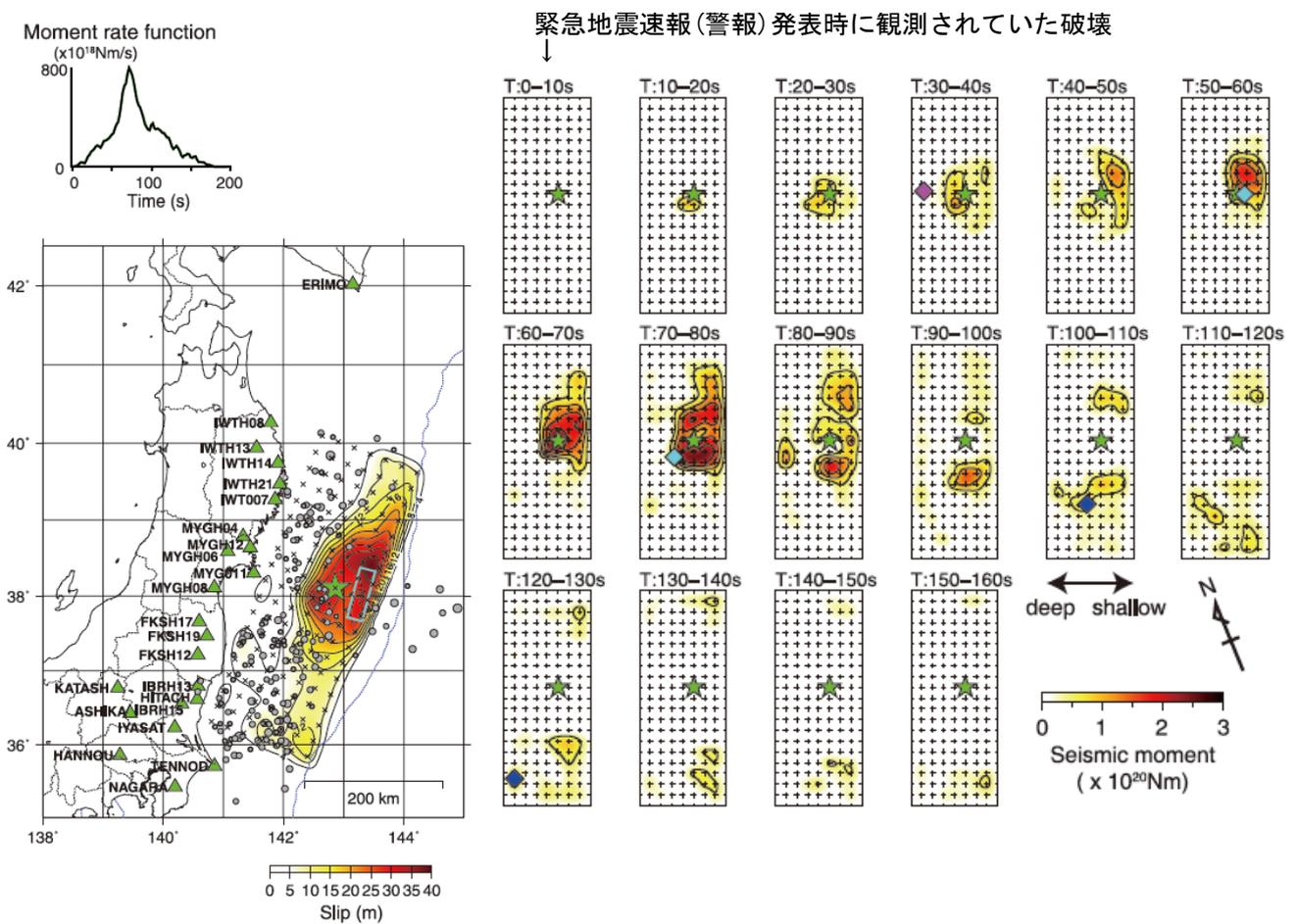


図1. 6 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の震源過程解析結果。Yoshida et al. (2011, EPS 63)より引用。

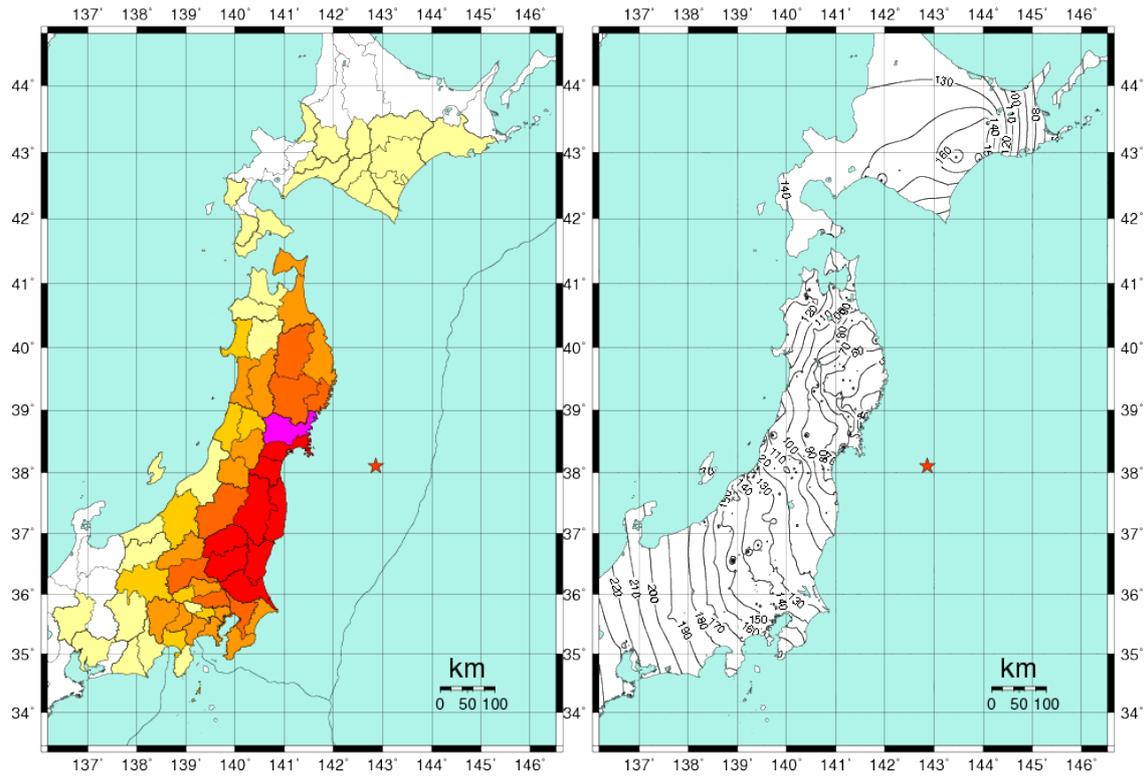


図 1. 7 観測された震度分布（地域最大震度）と緊急地震速報（警報）を発売してから最大加速度観測までの時間(秒)

(2) 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後の緊急地震速報の発表状況
表 1. 2 に、平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後に発表した緊急地震速報 (警報) の発表状況を示す。この地震後、平成 24 年 8 月までに 112 回警報を発表した。このうち 42 事例について概ね適切に発表した。

警報を発表したすべての地域で震度 2 以下となった事例が 36 事例 (以下誤報という)、警報を発表地域のうち 1 つでも震度 2 以下の地域があった事例が 34 事例 (以下不適切という) あり、計 70 事例について警報の発表が適切ではなかった。

これら適切ではなかった 70 事例の原因を以下に示す。また、表 1. 2 に原因別に分けし、表 1. 4 に原因別のイベント数を示す。

○広域欠測

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震直後、大規模な停電や通信障害が起こり、観測データが大幅に減少したため、東北地方を中心とした地域で発生する地震について、緊急地震速報 (警報及び予報) を適切に発表できない状態となった。

(4 事例)

○複数地震同時発生

活発な地震活動により、異なる場所でほぼ同時に発生した地震を分離できずにひとつの地震として処理したため適切に発表できなかった。(44 事例)

○地震連続発生

同じ場所で連続して 2 つの地震が発生し、これらを 3 つの異なった地震として不適切に処理し、3 つの警報 (適切な 1 警報を含む) を連続して発表した。(2 事例)

○単独地震

単独地震で、震源の推定、震度の予想の誤差などにより適切に発表できなかった。
(20 事例)

上記のほか、複数地震の同時発生により、緊急地震速報 (予報) が発表できなかった事例を以下に示す。

①茨城県南部 (平成 23 年 8 月 22 日、M4.7、最大観測震度 3)

②福島県沖 (平成 23 年 11 月 24 日、M6.1、最大観測震度 4)

③千葉県北西部 (平成 24 年 5 月 29 日、M5.2、最大観測震度 4)

また、表 1. 3 に震度 5 弱以上を観測した地震の緊急地震速報の発表状況を示す。

観測した最大震度が 5 弱以上で、警報を発表しなかった事例は、本震後、平成 24 年 8 月までに 34 事例あった。

震度 5 弱以上観測した地震で、警報・予報ともに発表しなかった事例は 10 事例あった。特に、2011 年 3 月 11 日 15 時 15 分茨城県沖の地震では、震度 6 強を観測したが緊急地震速報 (警報及び予報) を発表しなかった。これら未発表となった主な原因は、M9 イベント後、地震観測点において地動レベルが上がり、地震検知が困難な状態となったためである。ある観測点では地震を検知したが、それ以外に検

知する観測点がないため、地震イベントと識別できなかった事例もある。

震度5弱以上観測した地震で、警報を発表せず（予報は発表）、予測震度が観測震度と2階級以上ずれた事例は6事例あった。これら全ての事例について、警報を発表しなかったのは、予測震度が警報発表の基準に達しなかったためである。

また、平成24年3月11日14時48分、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の後続波の揺れにより、観測点「福島川内」で振幅が100galを超えたため予報が発信され、その後キャンセル報を発信するという事例があった。

表1. 2 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震以降の緊急地震速報(警報)の発表状況

No.	月日	時分	緊急地震速報(警報)で 発表した震央地名	緊急地震速報(警報)を 発表した 地域の数	実際に観測した 最大震度毎の地域の数				すべての 地域で震度 2以下 (誤報)	一つの地 域でも震 度2以下 (不適切)	備考
					震度5弱 以上	震度4	震度3	震度2 以下			
1	3月11日	14時46分	宮城沖【平成23年(2011年)東北 地方太平洋沖地震】	12	12	0	0	0			
2		17時42分	福島県	4	2	2	0	0			
3		19時36分	福島沖	23	0	1	5	17		×	
4	3月12日	3時12分	茨城沖	3	0	0	3	0			
5		3時59分	新潟県	8	4	1	3	0			
6		4時09分	茨城沖	4	0	2	2	0			
7		4時16分	新潟県	7	0	0	1	6		×	※1
8		4時32分	栃木県	45	1	3	2	39		×	※1
9		5時12分	新潟県	6	0	0	0	6	×	×	※1
10		5時42分	新潟県	3	1	1	1	0			
11		6時19分	神奈川県	16	0	0	0	16	×	×	※1
12		6時34分	長野県	32	0	1	3	28		×	※1
13		6時49分	千葉東方沖	2	0	0	1	1		×	
14	22時16分	福島沖	22	1	4	13	4		×		
15	22時25分	岩手沖	7	0	0	1	6		×		
16	22時27分	岩手沖	6	0	0	0	6	×	×	※1	
17	23時35分	新潟県	25	1	0	0	24		×	※1	
18	23時43分	岩手沖	3	0	0	3	0				
19	3月13日	8時25分	宮城沖	14	1	5	7	1		×	
20		10時26分	茨城沖	9	0	2	4	3		×	
21	3月14日	10時02分	茨城沖	11	1	5	5	0			
22		15時52分	長野県	32	0	0	0	32	×	×	※1
23		16時25分	長野県	18	0	0	0	18	×	×	※1
24	3月15日	1時36分	長野県	6	0	0	0	6	×	×	※1
25		5時34分	長野県	12	0	0	0	12	×	×	※1
26		7時29分	秋田沖	31	0	0	1	30		×	※1
27		22時31分	山梨県	7	4	3	0	0			
28	3月16日	2時41分	茨城沖	9	0	0	0	9	×	×	※2
29		12時23分	茨城沖	7	0	0	0	7	×	×	※2
30		12時52分	千葉東方沖	3	1	2	0	0			
31	3月17日	21時32分	千葉東方沖	8	0	4	0	4		×	
32	3月19日	6時19分	栃木県	6	0	0	0	6	×	×	
33		8時34分	秋田県	6	0	1	2	3		×	※2
34		18時56分	茨城県	4	1	3	0	0			
35		18時57分	栃木県	6	1	5	0	0	(×)		
36	18時57分	茨城県	7	2	5	0	0	(×)			
37	3月20日	14時20分	宮城沖	35	0	0	1	34		×	※2
38	3月22日	12時38分	福島県	34	0	1	7	26		×	
39	3月23日	1時12分	栃木県	15	0	0	1	14		×	
40		7時12分	福島県	3	1	2	0	0			
41		7時36分	福島県	3	1	2	0	0			
42		8時47分	千葉東方沖	11	0	0	0	11	×	×	※3
43	3月25日	20時36分	岩手沖	11	0	4	6	1		×	
44	3月27日	19時23分	茨城県	6	0	0	0	6	×	×	※2
45	3月28日	7時24分	山形沖	20	1	7	11	1		×	
46	4月1日	19時49分	秋田県	3	1	1	1	0			
47	4月3日	16時39分	茨城県	30	0	2	2	26		×	
48	4月4日	18時29分	千葉東方沖	7	0	0	0	7	×	×	
49	4月7日	23時33分	宮城沖	28	15	11	2	0			
50	4月11日	17時16分	福島県	13	10	3	0	0			
51		17時26分	福島県	3	1	0	2	0			
52		18時05分	福島県	3	0	3	0	0			
53		20時42分	福島沖	3	1	2	0	0			

54	4月12日	8時09分	福島県	3	0	1	1	1		×	※2
55		8時08分	福島県	43	1	7	10	25		×	※2
56		10時24分	福島県	3	0	0	0	3	×	×	※2
57		12時21分	千葉東方沖	5	0	0	0	5	×	×	
58		14時07分	福島県	15	4	7	4	0			
59	16時14分	長野県	20	0	0	0	20	×	×	※4	
60	4月13日	10時08分	福島県	33	1	5	8	19		×	
61	4月14日	6時43分	宮城県	9	0	0	0	9	×	×	
62		12時09分	福島県	3	0	2	1	0			
63		20時24分	岩手沖	24	0	0	2	22			×
64		21時24分	福島県	1	0	0	1	0			
65	4月15日	23時34分	福島県	8	0	0	0	8	×	×	※2
66	4月16日	11時19分	栃木県	11	4	5	2	0			
67	4月19日	4時14分	秋田県	3	1	0	1	1			×
68		6時34分	福島県	3	0	0	1	2			×
69	4月21日	22時37分	千葉県	9	1	3	5	0			
70	4月24日	20時50分	福島県	15	0	0	1	14			×
71	4月30日	2時04分	宮城沖	24	0	0	0	24	×	×	
72	5月11日	4時22分	福島県	3	0	0	0	3	×	×	※2
73		4時58分	福島沖	5	0	0	0	5	×	×	※2
74	5月13日	17時19分	茨城県	3	0	0	0	3	×	×	
75	5月15日	7時30分	根室半島沖	9	0	0	1	8			×
76	5月28日	22時54分	千葉東方沖	7	0	0	0	7	×	×	
77	6月4日	1時00分	福島県	30	1	3	9	17			×
78	6月10日	22時39分	山形県	6	0	0	0	6	×	×	※2
79	6月23日	6時51分	三陸沖	26	4	13	8	1			×
80	6月24日	23時46分	新潟沖	9	0	0	1	8			×
81	6月30日	8時16分	長野県	3	1	0	1	1			×
82	7月5日	19時18分	和歌山県	2	1	0	1	0			
83	7月12日	10時35分	栃木県	5	0	0	0	5	×	×	※4
84	7月23日	13時34分	宮城沖	9	2	4	3	0			
85	7月25日	3時51分	福島沖	9	3	3	3	0			
86	7月31日	3時54分	福島沖	10	4	5	1	0			
87	8月1日	23時58分	静岡沖	9	2	5	2	0			
88	8月12日	3時22分	福島沖	4	1	3	0	0			
89	8月19日	14時36分	福島沖	13	5	3	5	0			
90	9月21日	22時30分	茨城県	2	1	0	1	0			
91	9月25日	3時12分	福島県	2	0	0	0	2	×	×	※3
92	9月26日	16時49分	北海道道南	2	0	1	0	1			×
93	9月29日	19時05分	福島県	14	1	0	6	7			×
94	10月5日	19時13分	長野県	3	0	0	0	3	×	×	
95	11月21日	19時16分	広島県	3	1	2	0	0			
96	11月24日	19時25分	浦河沖	3	1	1	1	0			
97	12月3日	5時55分	千葉県	7	0	3	4	0			
	平成24年										
98	1月12日	12時20分	茨城沖	19	0	3	7	9			×
99	1月27日	13時19分	千葉東方沖	2	0	0	2	0			
100	2月8日	21時01分	佐渡付近	4	1	0	3	0			
101	2月19日	14時54分	茨城県	3	1	0	1	1			×
102	2月29日	1時57分	千葉東方沖	8	0	0	0	8	×	×	※3
103	3月10日	2時25分	茨城県	3	1	0	2	0			
104	3月14日	21時05分	千葉東方沖	8	3	3	2	0			
105	3月27日	20時00分	岩手沖	5	3	2	0	0			
106	4月1日	23時04分	福島沖	10	1	7	2	0			
107	4月29日	19時28分	千葉県	11	1	2	6	2			×
108	5月14日	8時17分	福島県	8	0	0	0	8	×	×	
109	6月18日	5時32分	宮城沖	5	0	4	1	0			
110	6月21日	13時19分	福島県	4				4	×	×	
111	6月29日	2時44分	千葉東方沖	2			1	1			×
112	8月14日	12時01分	北海道道北	4	0	0	0	4			×
			合計	1178	115	185	201	677	30		0

(注) 評価に使用している観測した震度については、速報値を使用していますので、後日、修正する場合があります。

[凡例]

水色の行：概ね適切に発表した事例

茶色の行：停電や通信回線の途絶のため使用できる地震計の数が減少したことから適切に発表できなかった事例

黄色の行：同時に発生した複数の地震を分離して処理できず一つの地震として処理したために、適切に発表できなかった事例

橙色の行：同じ場所で連続して2つの地震が発生し、これらを3つの異なった地震として不適切に処理し、3つの警報（適切な1警報を含む）を連続して発表した事例

灰色の行：単独地震で、震源の推定、震度の予想の誤差などにより適切に発表できなかった事例

※1 平成24年3月16日に実施した改修（同一地震判定の対象とする観測点を狭い範囲に絞り込むことによって、複数の地震を誤って結びつける頻度を減らす：1.3(1)項参照）によって改善を図った事例（12事例）

※2 平成23年8月11日に実施した改修（緊急地震速報（警報）の発表対象としていない小規模の地震を計算対象から除外することによって、複数の地震を誤って結びつける頻度を減らす：1.3(2)項参照）によって改善を図った事例（13事例）

※3 推定した震源誤差が大きかったことと、その後の処理でマグニチュード(M)が不定となったため前回のM値を使用して処理したことにより、過大の震度を予想し、誤報を発表した事例

※4 観測点におけるノイズを地震として検知し、ノイズと地震波を混在して処理したことにより震源の推定精度が悪化し、誤報を発表した事例

表1. 3 (平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震以降、震度5弱以上を観測した地震の緊急地震速報の発表状況

	地震発生年月日	時分	震源	M	観測した最大震度	警報発表時の予想震度	予想した最大震度
1	2011年3月11日	14時46分	三陸沖	9.0	7	5-	6-
2	2011年3月11日	14時51分	福島県沖	6.8	5-	無	-
3	2011年3月11日	14時54分	福島県沖	6.1	5-	無	-
4	2011年3月11日	14時58分	福島県沖	6.6	5-	無	-
5	2011年3月11日	15時06分	岩手県沖	6.5	5-	無	-
6	2011年3月11日	15時08分	静岡県伊豆地方	4.6	5-	無	-
7	2011年3月11日	15時08分	岩手県沖	7.4	5-	無	-
8	2011年3月11日	15時12分	福島県沖	6.7	5-	無	-
9	2011年3月11日	15時15分	茨城県沖	7.6	6+	無	-
10	2011年3月11日	16時28分	岩手県沖	6.6	5+	無	-
11	2011年3月11日	17時40分	福島県沖	6.0	5+	5+	5+
12	2011年3月11日	20時36分	岩手県沖	6.7	5-	無	-
13	2011年3月12日	3時59分	長野県北部	6.7	6+	5+	6-
14	2011年3月12日	4時31分	長野県北部	5.9	6-	5+	5+
15	2011年3月12日	5時42分	長野県北部	5.3	6-	5-	5-
16	2011年3月12日	22時15分	福島県沖	6.2	5-	5-	5-
17	2011年3月12日	23時34分	長野県北部	3.7	5-	6-	6+
18	2011年3月13日	8時24分	宮城県沖	6.2	5-	5-	5-
19	2011年3月14日	10時02分	茨城県沖	6.2	5-	5-	5-
20	2011年3月15日	22時31分	静岡県東部	6.4	6+	5-	5-
21	2011年3月16日	12時52分	千葉県東方沖	6.1	5-	5-	6-
22	2011年3月19日	18時56分	茨城県北部	6.1	5+	5-	5-
23	2011年3月23日	7時12分	福島県浜通り	6.0	5+	5-	5+
24	2011年3月23日	7時34分	福島県浜通り	5.5	5+	無	5+ *1
25	2011年3月23日	7時36分	福島県浜通り	5.8	5-	5-	5+
26	2011年3月23日	18時55分	福島県浜通り	4.7	5+	無	6- *1
27	2011年3月24日	8時56分	茨城県南部	4.8	5-	無	4
28	2011年3月24日	17時20分	岩手県沖	6.2	5-	無	4
29	2011年3月28日	7時23分	宮城県沖	6.5	5-	6-	6-
30	2011年3月31日	16時15分	宮城県沖	6.1	5-	無	4
31	2011年4月1日	19時49分	秋田県内陸北部	5.0	5+	5-	5-
32	2011年4月2日	16時55分	茨城県南部	5.0	5-	無	4
33	2011年4月7日	23時32分	宮城県沖	7.2	6+	5+	6-
34	2011年4月9日	18時42分	宮城県沖	5.4	5-	無	4
35	2011年4月11日	17時16分	福島県浜通り	7.0	6-	5+	6+
36	2011年4月11日	17時26分	福島県中通り	5.4	5-	5-	5-
37	2011年4月11日	20時42分	福島県浜通り	5.9	5-	6-	6-
38	2011年4月12日	7時26分	長野県北部	5.6	5-	無	4
39	2011年4月12日	8時08分	千葉県東方沖	6.4	5-	7	7
40	2011年4月12日	14時07分	福島県中通り	6.4	6-	5+	6-
41	2011年4月13日	10時07分	福島県浜通り	5.7	5-	6+	6+
42	2011年4月16日	11時19分	茨城県南部	5.9	5+	5-	5-
43	2011年4月17日	0時56分	新潟県中越地方	4.9	5-	無	4
44	2011年4月19日	4時14分	秋田県内陸南部	4.9	5-	5-	5-
45	2011年4月21日	22時37分	千葉県東方沖	6.0	5-	5-	5-
46	2011年4月23日	0時25分	福島県沖	5.4	5-	無	4
47	2011年5月6日	2時04分	福島県浜通り	5.2	5-	無	4
48	2011年5月25日	5時36分	福島県浜通り	5.0	5-	無	4
49	2011年6月2日	11時33分	新潟県中越地方	4.7	5+	無	4
50	2011年6月4日	1時00分	福島県沖	5.5	5-	5-	5-

51	2011年6月23日	6時50分	岩手県沖	6.9	5-	5+	5+
52	2011年6月30日	8時16分	長野県中部	5.4	5+	5-	5-
53	2011年7月5日	19時18分	和歌山県北部	5.5	5+	5-	5-
54	2011年7月15日	21時01分	茨城県南部	5.4	5-	無	4
55	2011年7月23日	13時34分	宮城県沖	6.4	5+	5-	5-
56	2011年7月25日	3時51分	福島県沖	6.3	5-	5-	5-
57	2011年7月31日	3時53分	福島県沖	6.5	5+	5-	5-
58	2011年8月1日	23時58分	駿河湾	6.2	5-	5-	5-
59	2011年8月12日	3時22分	福島県沖	6.1	5-	5-	5-
60	2011年8月19日	14時36分	福島県沖	6.5	5-	5-	5-
61	2011年9月7日	22時29分	日高地方中部	5.1	5+	無	4
62	2011年9月21日	22時30分	茨城県北部	5.2	5-	5-	5-
63	2011年9月29日	19時05分	福島県浜通り	5.4	5+	6-	6+
64	2011年10月5日	23時33分	熊本県熊本地方	4.5	5+	無	4
65	2011年11月20日	10時23分	茨城県北部	5.3	5+	無	4
66	2011年11月21日	19時16分	広島県北部	5.4	5-	5-	5-
67	2011年11月24日	19時25分	浦河沖	6.2	5-	5-	5-
68	2012年1月23日	20時45分	福島県沖	5.1	5-	無	4
69	2012年1月28日	7時43分	山梨県東部・富士五湖	5.4	5-	無	4
70	2012年2月8日	21時01分	佐渡付近	5.7	5+	5-	5-
71	2012年2月19日	14時54分	茨城県北部	5.2	5-	5-	5-
72	2012年3月1日	7時32分	茨城県沖	5.3	5-	無	4
73	2012年3月10日	2時25分	茨城県北部	5.4	5-	5-	5-
74	2012年3月14日	21時05分	千葉県東方沖	6.1	5+	6-	6-
75	2012年3月27日	20時00分	岩手県沖	6.6	5-	5-	5-
76	2012年4月1日	23時04分	福島県沖	5.9	5-	5-	5-
77	2012年4月29日	19時28分	千葉県北東部	5.8	5-	5-	5-
78	2012年5月24日	0時02分	青森県東方沖	6.0	5+	無	4
79	2012年7月10日	12時48分	長野県北部	5.2	5-	無	4
80	2012年8月25日	23時16分	十勝地方南部	6.1	5-	無	4
81	2012年8月30日	4時05分	宮城県沖	5.7	5+	無	4

凡例： 5- ; 5弱、5+ ; 5強、6- ; 6弱、6+ ; 6強

○茶色の行

観測した最大震度 5 弱以上で、警報及び予報とも発表しなかった事例 (10 事例)

○橙色の行

観測した最大震度 5 弱以上で、警報発表せず (予報は発表)、予測震度が観測震度と 2 階級以上ずれた事例 (6 事例)

*1 (24・26 番目)

1 点処理では震度 5 弱以上を予測したが、2 点処理以降の予測が震度 5 弱未満であったため、警報を発表しなかった。

表 1. 4 適切に緊急地震速報（警報）を公表できなかった事例の原因別内訳と改善状況

(1) 緊急地震速報（警報）を公表したが、適切に公表できなかった事例

原因	誤報	不適切	
広域欠測	4	0	4
複数地震同時発生	25 (このうち※1及び※2により 15事例改善)	19 (このうち※1及び※2により 10事例改善)	44
地震連続発生	2	0	2
単独地震	5	15	20
計	36	34	70

(2) 震度5弱以上観測したが、警報及び予報とも発表しなかった事例

原因	警報報及び予報とも発表なし
地動レベル上昇による 地震検知力の低下	10

(3) 誤報及び未発表となった事例

① 2011年3月15日01時36分の事例

事例概要

先に新潟県中越地方を震源とする地震（M2.5、最大震度2）が発生し、その後東京湾を震源とする地震（M3.3、最大震度2）が発生した。これらの地震について最大震度5弱程度とする緊急地震速報（警報）を発表した。

緊急地震速報処理の経過

先の地震により中部地方北部の観測点（2点）がトリガオン状態となり、その後関東地方南部の観測点が同一地震判定条件に合致するタイミングでトリガオン状態となった（図1.8）。これらの観測データを統合して処理したことで、M計算が不安定化し、過大な警報（M5.9、最大震度5弱程度）を発表した。（図1.9）

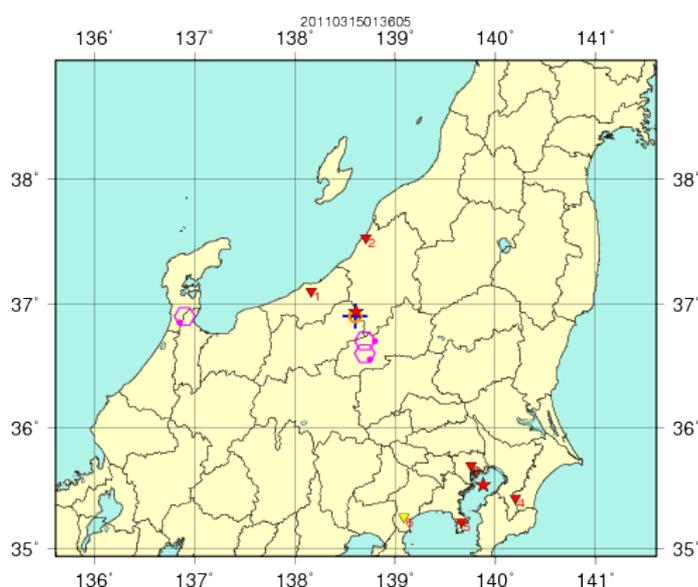


図1.8 緊急地震速報処理による震源の遷移図

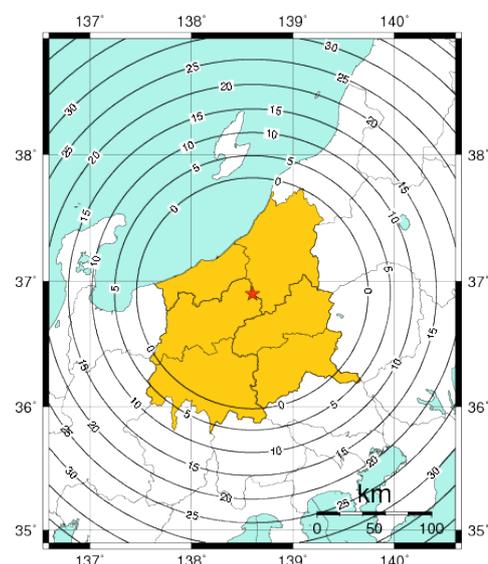


図1.9 緊急地震速報（警報）の発表地域

凡例	
★	震源
▼	トリガ成立観測点 (計算使用)
▼	トリガ成立観測点 (不使用)
+	情報発表時の震源
⬡	テリトリ、グリッド ドサーチ震源
○	着未着法震源

② 2011年3月19日18時57分の事例

事例概要

茨城県北部を震源とする地震（M4.0）が発生した直後に同じ場所で地震（M6.1、最大震度5強）が発生した。この地震について、緊急地震速報（警報）を3地震分発表した。

緊急地震速報処理の経過

先の地震により震源付近の観測点（8点）がトリガオン状態となり、緊急地震速報処理が起動した。その後発生した大規模な地震により、緊急地震速報処理は大振幅を検知し、ただちに緊急地震速報（警報）を発表した。後に発生した地震により多数の観測点がトリガオン状態となったが、緊急地震速報処理はこれらを同一地震と判定しなかったため、別の地震として処理し、警報を発表した。後続の警報は、震源から見て南西側の観測点グループによるものと、北西側の観測点グループによるものとの2つが発表されている。（図1. 10～図1. 13）

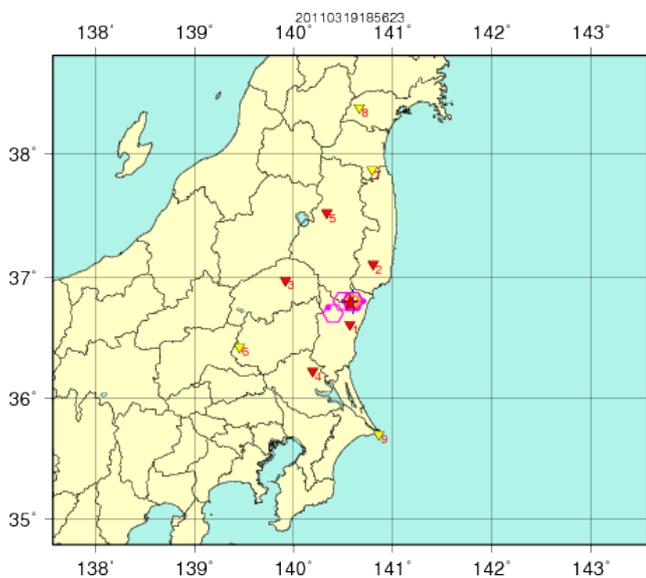


図1. 10 緊急地震速報処理による震源の遷移図

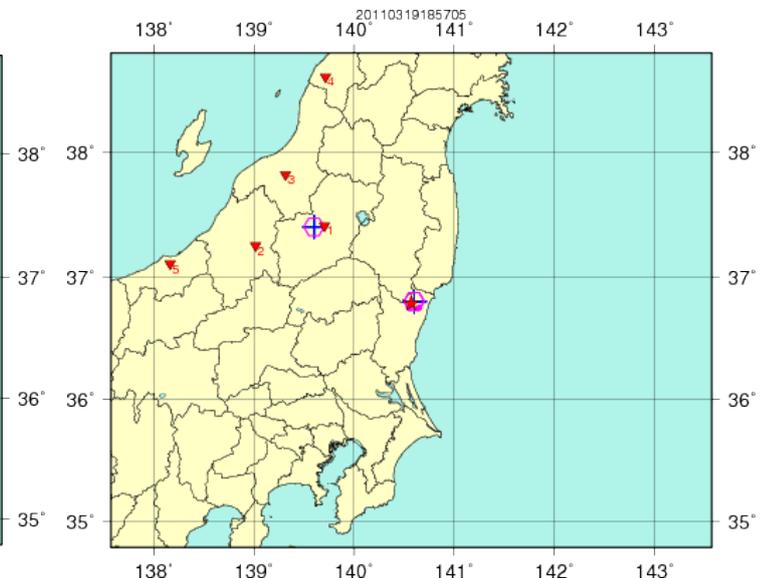


図1. 11 緊急地震速報処理による震源の遷移図

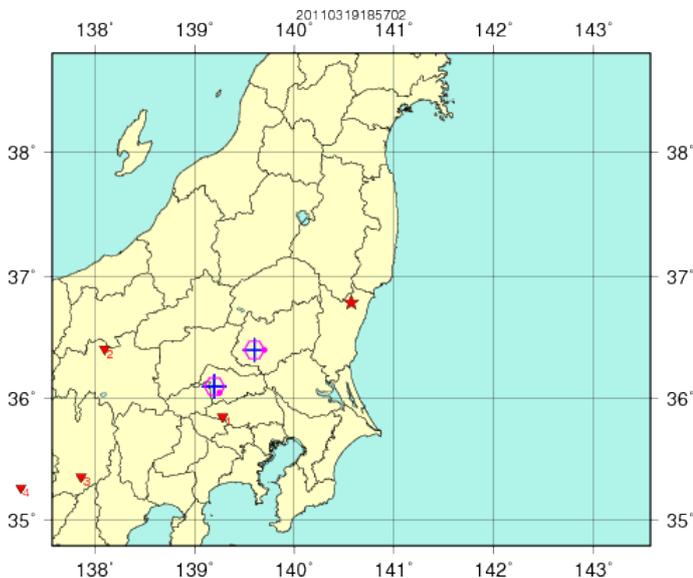


図1. 12 緊急地震速報処理による震源の遷移図

- 凡例**
- ★：震源
 - ▼：トリガ成立観測点
（計算使用）
 - ▼：トリガ成立観測点
（不使用）
 - +
 - ⊕：情報発表時の震源
 - ⬡：テリトリ、グリッ
ドサーチ震源
 -
 - ：着未着法震源

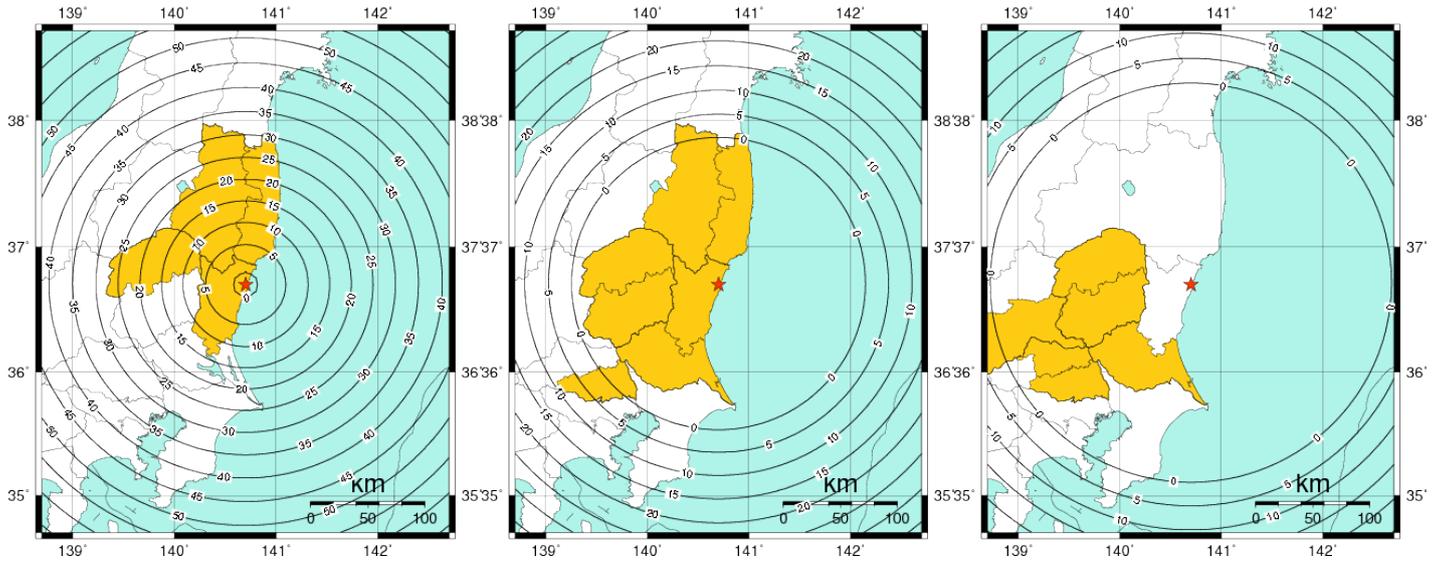


図 1. 1 3 緊急地震速報（警報）の発表地域

③ 2011年4月12日08時08分の事例

事例概要

先に福島県浜通りを震源とする地震（M2.6、震度1以上の観測なし）が発生し、その後千葉県東方沖を震源とする地震（M6.4、最大震度5弱）が発生した。これらの地震について、東北地方から関東・中部地方にかけての広い範囲に対して最大震度6弱から7程度とする緊急地震速報（警報）を発表した。

緊急地震速報処理の経過

先に発生した福島県浜通りの地震については、着未着法プロセスが処理を進めていた。それと並行して千葉県東方沖で地震が発生し、震源に最も近い観測点である銚子天王台観測点が地震を検知し、トリガオン状態となった。この観測データを用いて、震源位置を千葉県東方沖、M6.7、最大震度5弱とする緊急地震速報（予報）を発表した。発表直後に、銚子天王台観測点の検知時刻が着未着法で決定された震源（福島県浜通り）の理論P波着震時刻と合致することから、同一の地震と判定され、震源規模、予想震度の再計算が行われた。その結果、震源を福島県浜通りとし、M7.5、最大震度6弱から7程度とする緊急地震速報（警報）を東北地方から関東・中部地方にかけての広い範囲に対して発表した。（図1.14、図1.15）

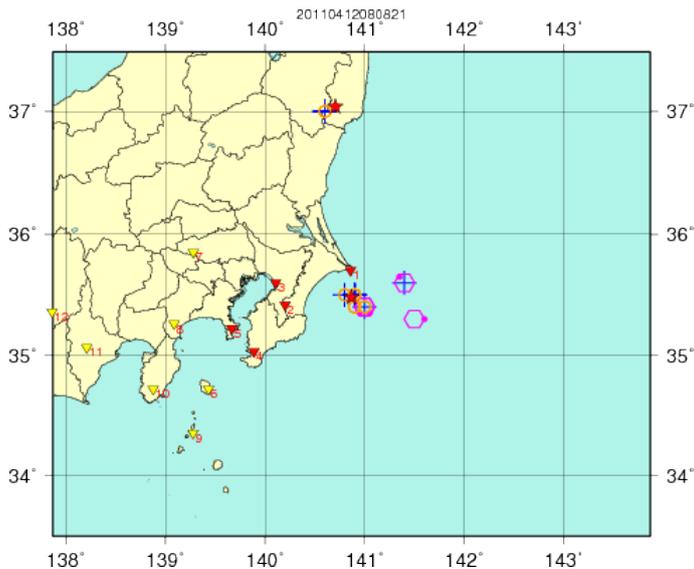


図1.14 緊急地震速報処理による震源の遷移図

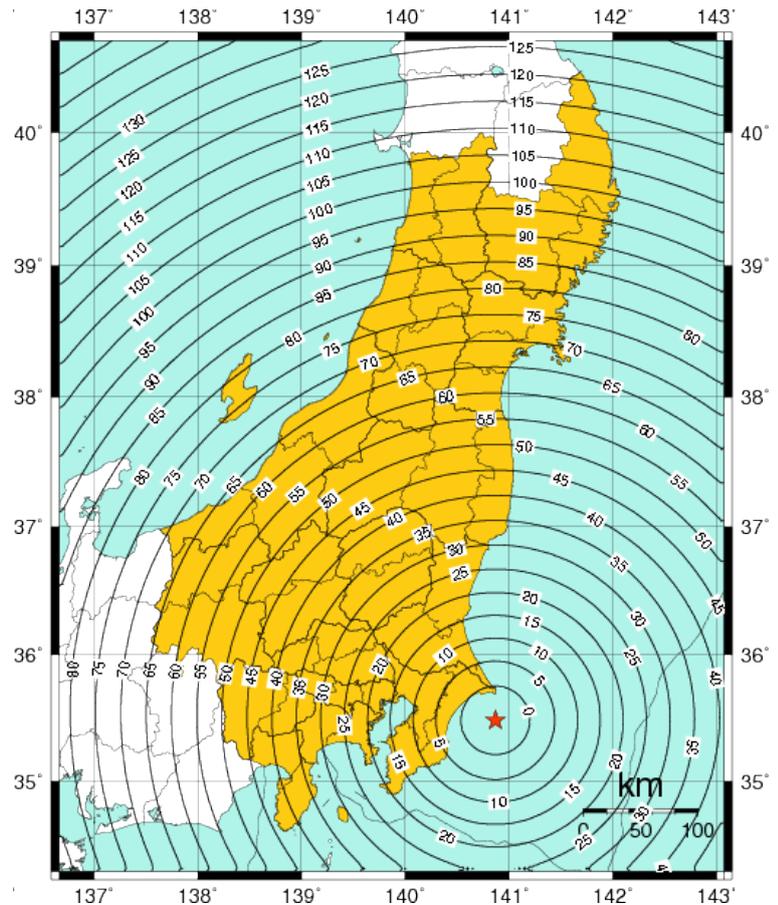


図1.15 緊急地震速報（警報）の発表地域
(震源は気象庁カタログ)

④ 2012年5月29日01時36分の事例

事例概要

千葉県北西部を震源とする地震（M5.2、最大震度4）が発生したが、この地震について緊急地震速報を公表しなかった。

緊急地震速報処理の経過

この地震が発生する約50秒前（01時35分57秒）に岩手県沖を震源とする地震（M2.5、震度1以上の観測なし）が発生し、緊急地震速報処理が起動していた。十分小さな地震であったため、情報を発表することもなく、01時36分53秒に情報発表処理が終了した。その直後、01時36分57秒に千葉特別地域気象観測所の地震計が千葉県北西部の地震を検知し、トリガオン状態となった。この検出時刻は岩手県沖の地震の理論P波着震時刻と一致したため、緊急地震速報処理では岩手県沖の地震の観測値と同一と判定された。岩手県沖の地震についての情報発表処理はすでに終了していたため、情報は発表しなかった。（図1.16）

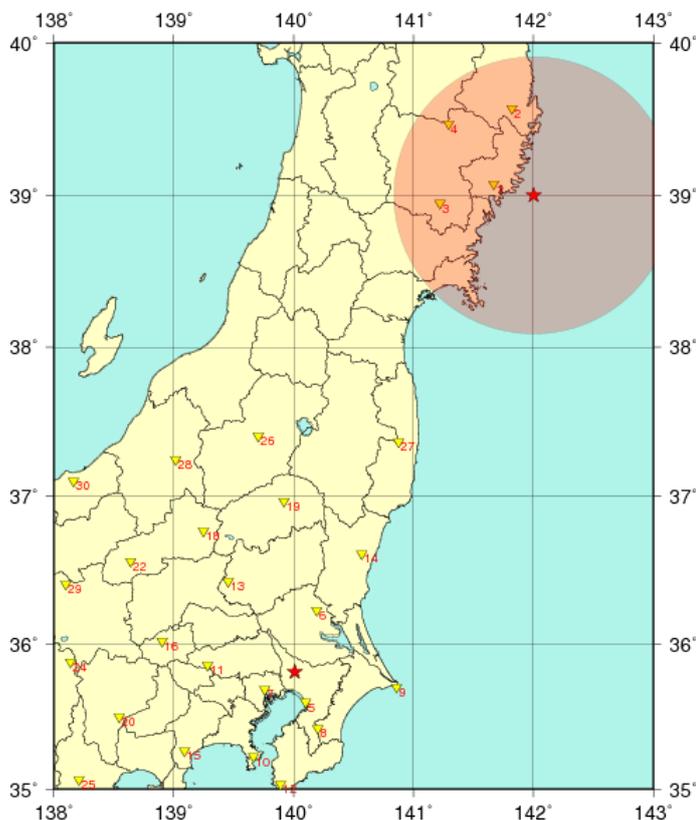


図1.16 トリガ成立した観測点(▽)および震源(☆)の分布図
(赤円は先の地震によるトリガ成立観測点の範囲)

⑤ 2012年8月14日12時01分の事例

事例概要

オホーツク海南部の深さ 654km を震源とする地震 (M7.3、最大震度 3) が発生し、この地震について緊急地震速報 (警報) を発表した。

緊急地震速報処理の経過

震源に最も近い宗谷地方北部の観測点が初めにトリガオン状態となり、緊急地震速報処理が起動した。3観測点分の観測データがそろった段階で、グリッドサーチ処理により震源位置を宗谷地方北部と計算した。これらの観測点では十分大きな振幅が観測されていたため、M5.7、最大震度 5弱と計算され、緊急地震速報 (警報) を発表した。(図 1. 17, 図 1. 18)

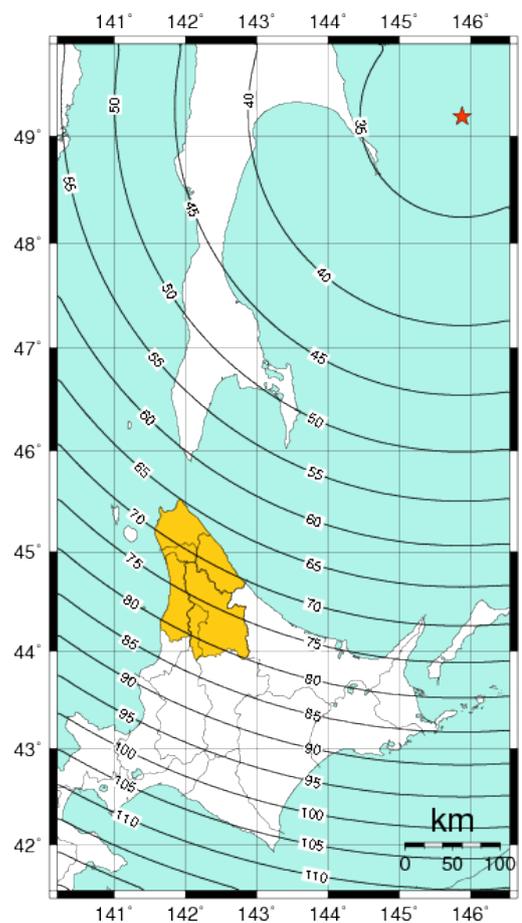
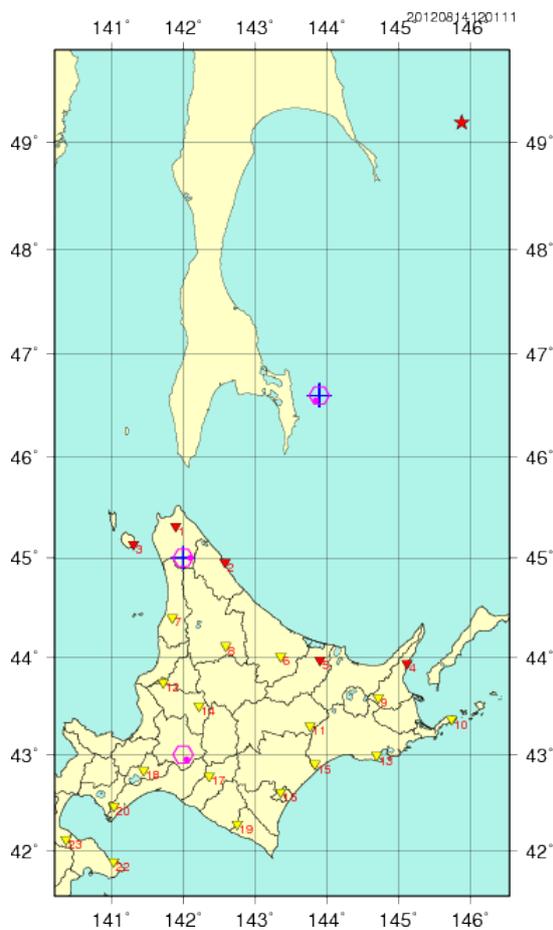


図 1. 17 緊急地震速報処理による震源の遷移図

図 1. 18 緊急地震速報 (警報) の発表地域

凡例	
★	震源
▼	トリガ成立観測点 (計算使用)
▼	トリガ成立観測点 (不使用)
+	情報発表時の震源
⬡	テリトリ、グリッド サーチ震源
○	着未着法震源

1. 2 広域欠測に関する対策

この項の要点

- ・平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震発生後、東北地方を中心に大規模な停電や通信障害が発生し、東北地方を中心に観測データが大幅に減少したため、発表すべき警報を発表しなかったり、緊急地震速報の精度の大幅な低下が生じた。
- ・大規模な停電や通信障害に備えるため、多機能型地震観測装置の電源強化や衛星回線によるバックアップ通信を行うための機能強化を現在進めている。

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震発生後、東北地方を中心に大規模な停電が発生し、復旧までに相当な時間を要した。多機能型地震観測装置は、商用電力の供給が途絶した場合のためにUPS（無停電電源装置）を備えているが、商用電源の復旧に数日要したため、一部の観測点ではUPSの電源を使い果たした。また、多機能型地震観測装置は、地上2回線（VPN・INS回線）によりデータ伝送を行っているが、多くの観測点で通信途絶となった。

これらの大規模な停電や通信障害により、東北地方を中心に観測データが大幅に減少したため、発表すべき警報を発表しなかったり、緊急地震速報の精度の大幅な低下が生じた（表1.2、表1.4、図1.19）。

このような停電や通信障害に備えるため、電力供給が途絶えても72時間稼働する予備電源の強化や、衛星回線によるバックアップ通信を行うための機能強化を現在進めている。

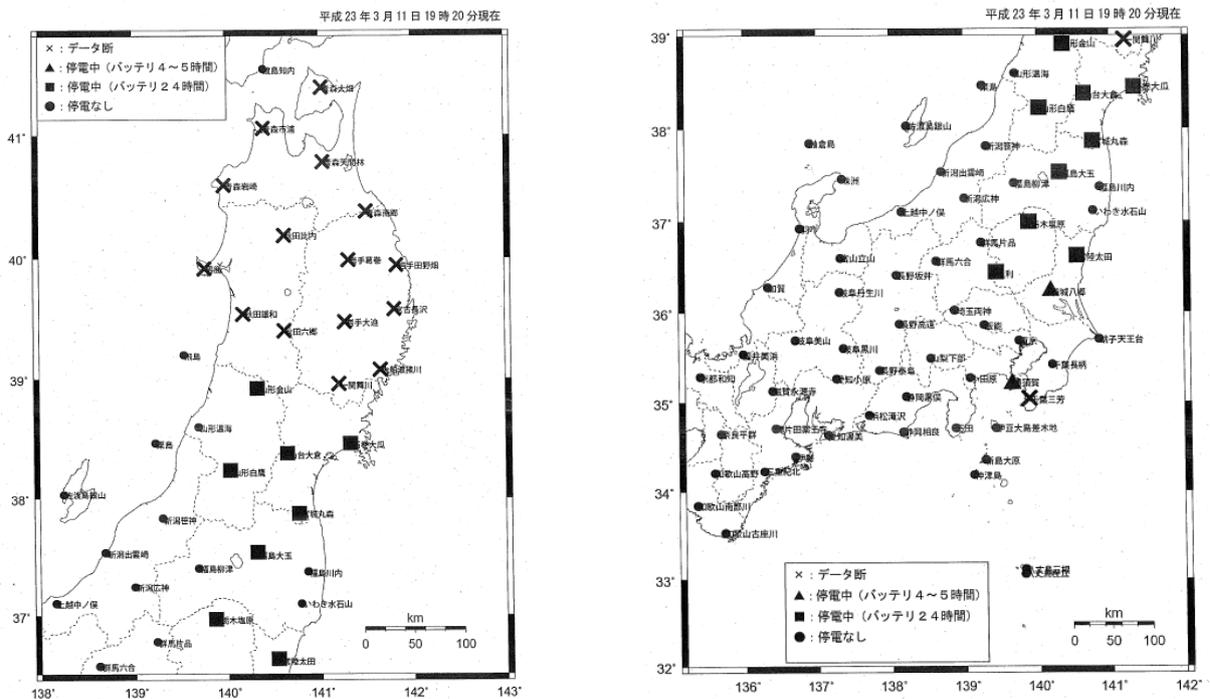


図1.19 観測点の障害状況（平成23年3月11日19時20分現在）

今回、異なる場所でほぼ同時に発生した複数の地震を分離して処理できずにひとつの地震として処理することにより、震源や規模の推定を誤る事例（過大な警報発表や緊急地震速報未発表）が多発した。緊急地震速報を発表したが、適切に発表できなかった事例は44事例あった。なお、発表すべき緊急地震速報（警報）を発表できなかった事例はなかった。

これらの対策として、以下の（1）（2）の改修をそれぞれ平成23年3月16日、平成23年8月11日に実施した。適切に発表できなかった44事例のうち、25事例について改善が図れることを確認した（表1.2、表1.4参照）。

今後も、走時データ、未着データを含めて振幅データをできる限り厳密に扱う等により、改修を継続していく。また、現行システムでは改修が大規模になりそうなものについては、次期システムで対策を行う予定である。

（1）同一地震判定を行う観測点範囲の変更

緊急地震速報処理の図1-20に示す「多機能震源処理」では、地震が発生すると複数の観測点からトリガー電文が入電するが、それらがどのイベントに属するかを判定する同一地震判定処理を行っている。この同一地震判定処理を行う観測点の範囲は、従来は基準観測点の半径350km以内の観測点を対象としていたが、対象観測点の範囲を狭い範囲に絞り込むことで複数の地震を同一とみなす頻度を減らすために、半径150km以内の観測点を対象とする改修を平成23年3月16日に実施した（図1.21）。この改修により12事例について改善が図れることを確認した（表1.2 ※1）。

同一判定を行う観測点範囲(新潟広神の場合)

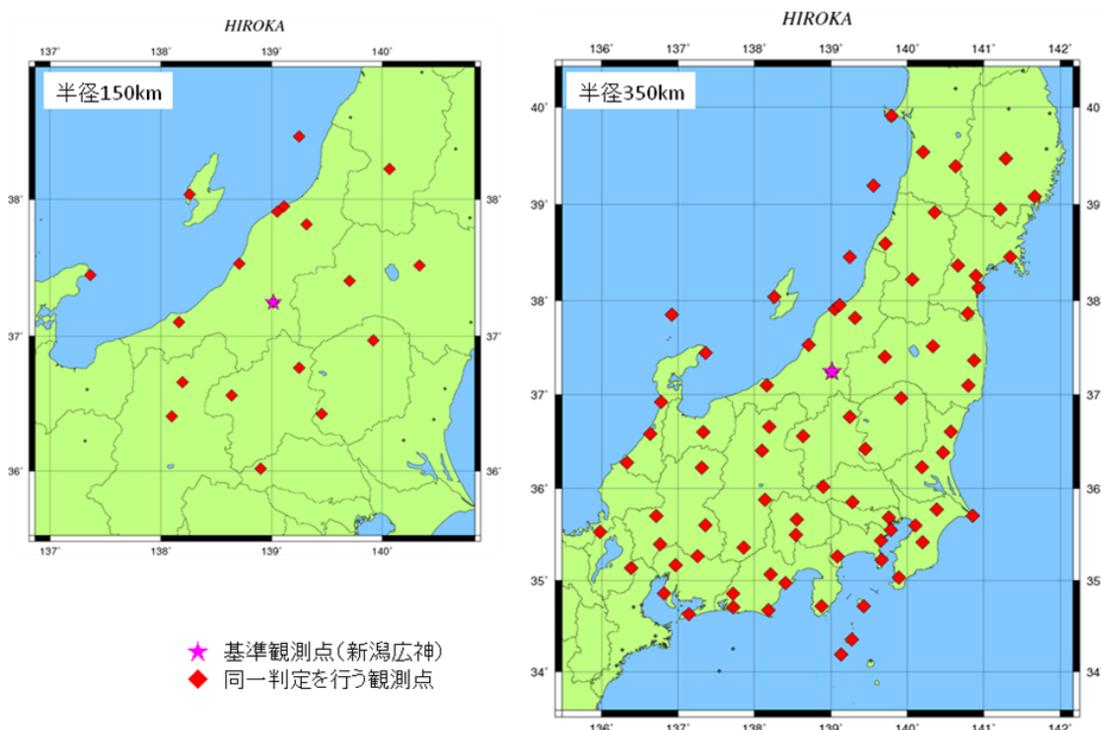


図1.21 同一地震判定処理を行う観測点範囲の変更による改善（平成23年3月16日実施）

（2）小規模地震の除外

緊急地震速報（警報・予報）の発表対象とならないような小規模な地震を震源取り込み対象から外し（図1.22）、複数の地震を誤って結びつける頻度を減らす改修を平成23年8月11日に実施した。

この改修による改善効果の例を図1.23に示す。

4月12日に発生した千葉県東方沖の地震（最大観測震度5弱）について、福島県浜通り（M2.8、震度1以上観測なし）と千葉県東方沖（M6.3、最大震度5弱を観測）が同時に発生したため、これらを同一の地震として処理した結果、広範囲に警報を発表した。この改修により、2つの地震を識別して千葉県東方沖の地震について適切に警報を発表できるように改善された。

この改修により13事例について改善が図れることを確認した（表1.2 ※2）。

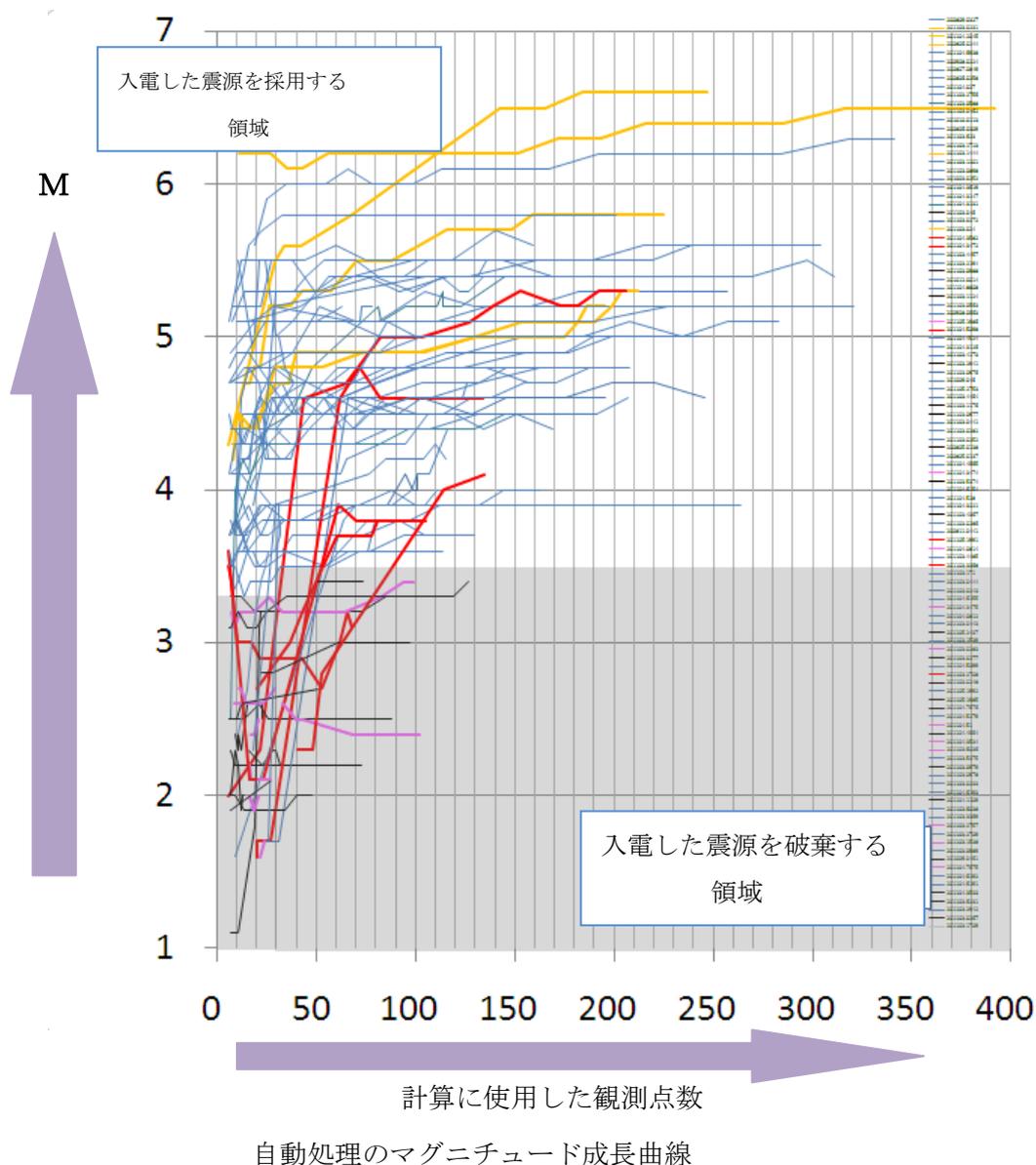


図1.22 小規模な地震の震源を処理対象外とする改修（平成23年8月11日実施）

～ 4月12日8時8分の千葉県東方沖の地震（震度5弱）の例 ～

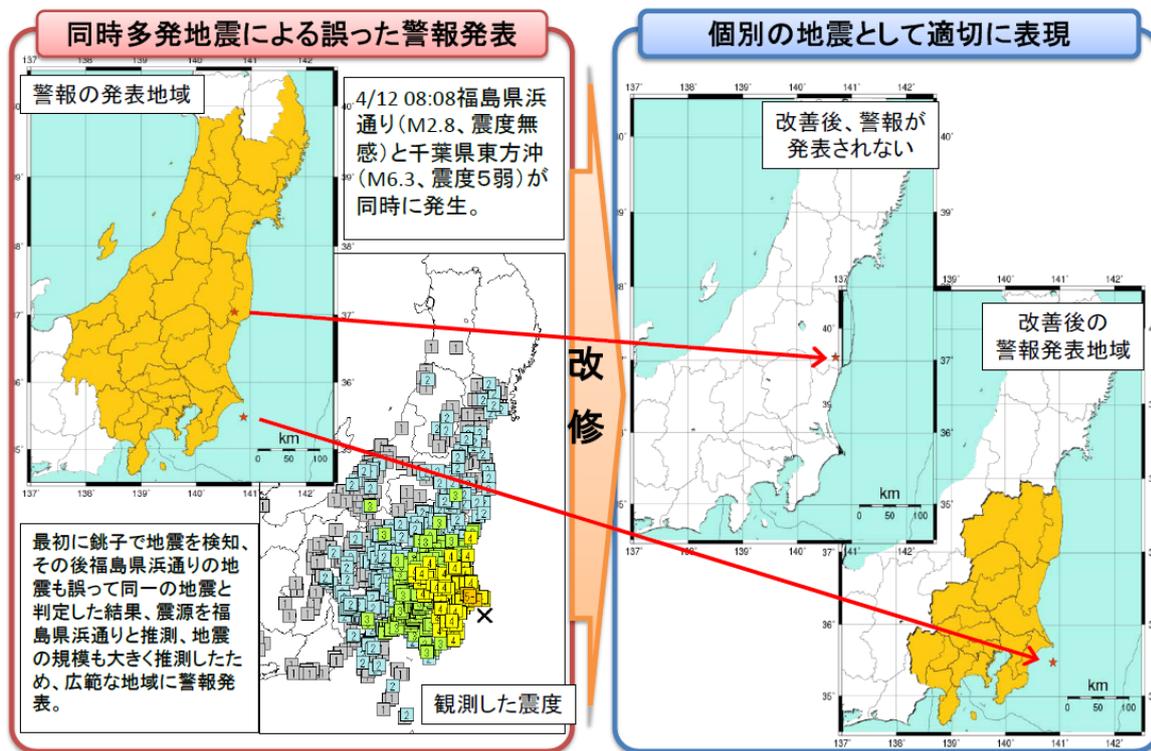


図1. 2 3 緊急地震速報の改善例（小規模な地震の震源を処理対象外とする改修による）

1. 4 単独観測点処理の高度化及びリアルタイム震度モニタを併用した緊急地震速報の高度化

1. 4. 1 単独観測点処理の高度化について

この項の要点

- ・観測点（「単独観測点処理」）側の処理項目の追加・高度化により緊急地震速報処理の信頼性向上を図る。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震などにより顕在化した緊急地震速報の課題に対処するため、観測点（「単独観測点処理」）側の処理項目の追加・高度化により緊急地震速報処理システム全体の効率化を行う。具体的には、

- ・従来の「トリガ送信モード」に加え「連続送信モード」を追加
- ・リアルタイム震度の導入
- ・非常に強い揺れが 1 観測点でも観測された場合に、「最大震度 5 弱程度以上と推定」として発表している緊急地震速報（予報）の発表基準について、従来の「加速度振幅（上下成分・100gal）以上」から「リアルタイム震度 4.5 以上」への変更を検討

などである。以下、主な項目について報告する。

（1）電文送信モードに「連続送信モード」を追加

地震検知（トリガ）後に地震処理と A 電文の送信を開始する従来の「トリガ送信モード」に加えて、トリガの有無によらず常に単独観測点処理を行い電文を送信させる「連続送信モード」を追加する。

これにより、連続的な強震動監視・予測処理のための基礎データが、トリガの有無に関わらず常に確保でき、全ての観測点の現在の状況を把握できることになるため、例えば同時発生した地震の分離や推定された震源の妥当性の評価等に利用することができる。

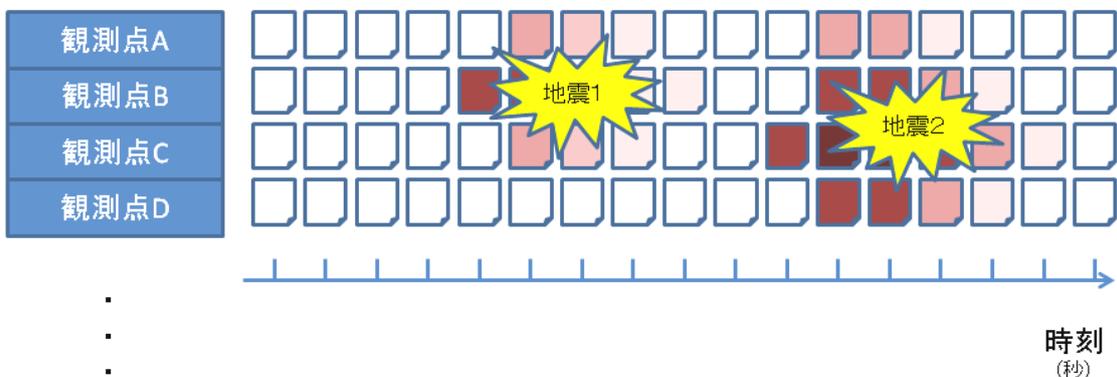


図 1 - 2 4 単独観測点処理（連続送信モード）による処理結果データの概念図

中枢の緊急地震速報システムで、地震の有無とは無関係に各観測点からの強震動データを毎秒取得できるようにする。赤色は強震動指標の高まり（例：リアルタイム震度の値）を表す。

(2) リアルタイム震度を導入

功刀・他(2008)により、観測点で得られる加速度データに時間領域での漸化式フィルタ処理を施すことで、限られた計算資源でも逐次・実時間で計測震度に相当する量(リアルタイム震度)を計算することが可能となった。例えば、以下の利活用を想定し、単独観測点処理に追加する。

1. リアルタイム震度から強震動域の広がりを実タイムに監視
2. より直接的な震度相当データからの震度予測処理を模索
3. 震度マグニチュード(「強震指標」)の利用
4. 同一地震判定や決定された震源要素の妥当性評価として活用

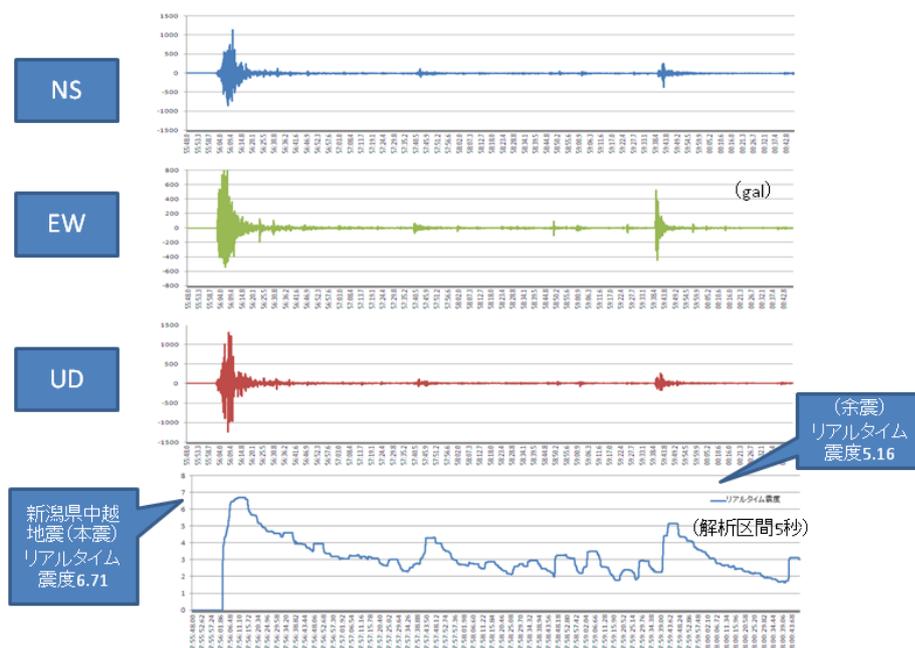


図 1-25

K-NET・小千谷観測点(独)防災科学技術研究所・全国強震観測網・加速度3成分とリアルタイム震度
平成16年(2004年)新潟県中越地震(本震)時の例

※加速度波形データは(独)防災科学技術研究所によるものである

※リアルタイム震度は防災科研方式(功刀・他(2008,地震2, 60, 243-252))にしたがい、後から計算して追加したものである

(3) リアルタイム震度によるレベルデータ送信

緊急地震速報(予報)の発表基準のひとつに「加速度振幅(上下成分・100gal)以上」がある。これは地震を検知している地点が1点しかなく、緊急地震速報(警報)の発表に至らない早期の段階でも、非常に強い揺れを観測していることを迅速にお知らせする目的で定められた基準である。しかし、現在の発表基準では不安定性が高いため、これまでの運用において、①雷による電氣的・振動ノイズや②機器障害による加速度データの乱れにより、誤って緊急地震速報(予報)(100gal基準)を発表してしまうケースが何例かあった。

今回の単独観測点処理の改善により、リアルタイム震度が算出可能となることから、緊急地震速報(予報)の発表基準である「加速度振幅(上下成分・100gal)以上」を「リアルタイム震度4.5以上」へ変更することを検討している。

リアルタイム震度の計算手法には、計測震度の演算と同じ周波数帯域フィルタや継続時間についての概念が含まれており、パルス的なノイズの影響を受けにくく緊急地震速報（予報）を安定して発表できるようになる利点がある。過去、ノイズにより誤って緊急地震速報（予報）（100gal 基準）を発表した 5 事例のうち、3 事例を防止できることを確認している。

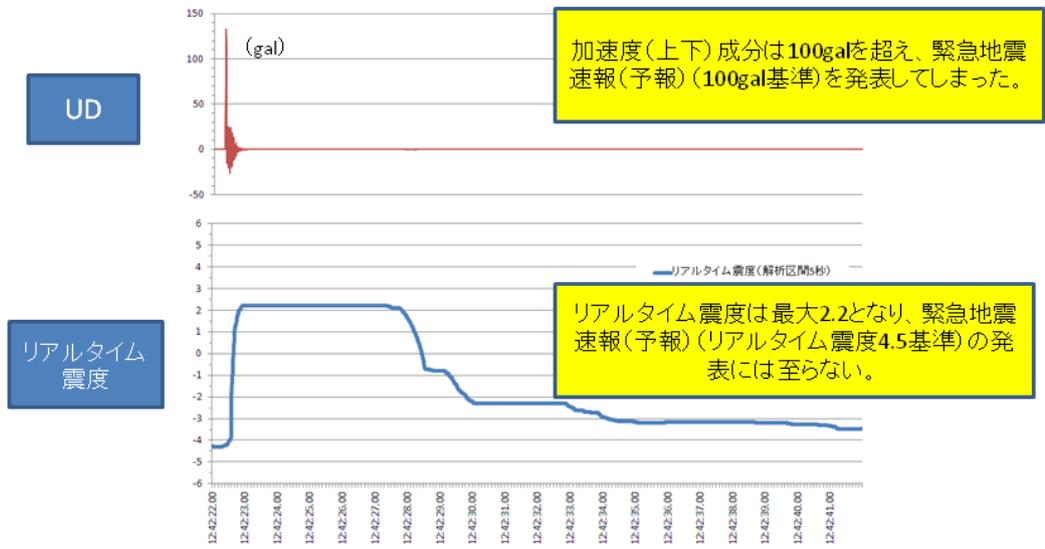


図 1 - 2 6 焼尻島観測点 (気象庁・津波地震早期検知網・加速度上下成分とリアルタイム震度)
平成21年(2009年)10月10日雷ノイズ時の例
※リアルタイム震度は防災科研方式(功刀・他(2008,地震2, 60, 243-252))にしたがい、後から計算して追加したものである

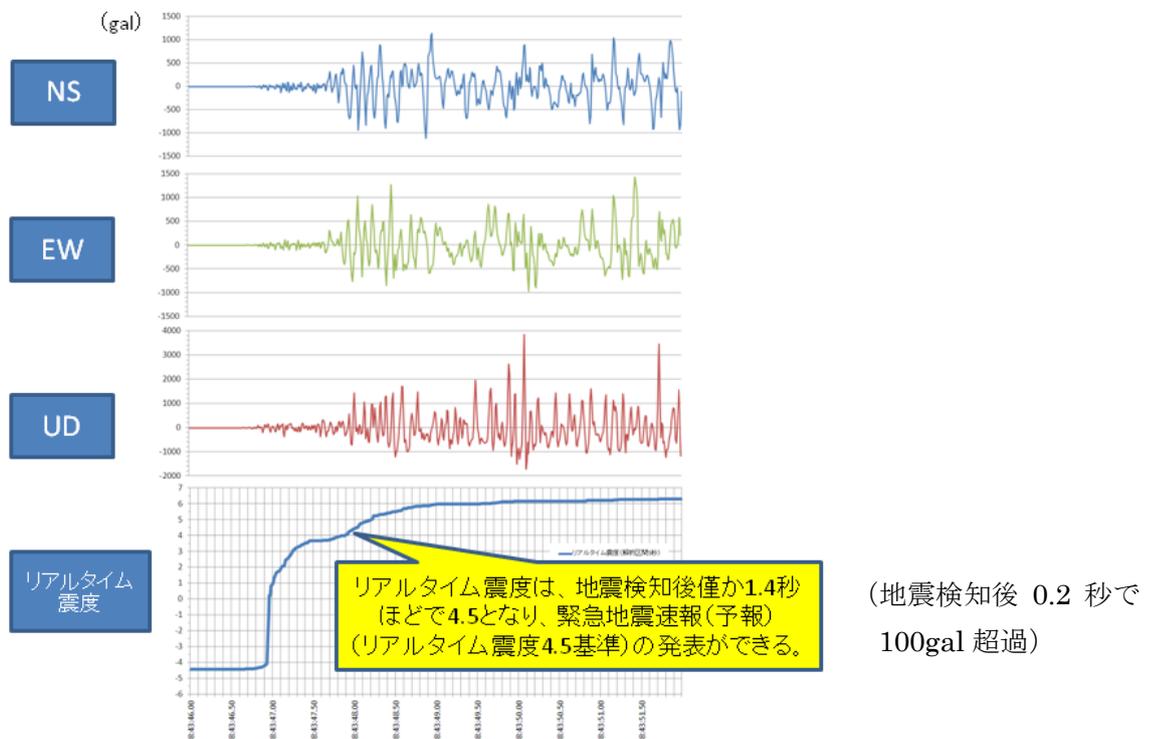


図 1 - 2 7 KIK-NET・一関西観測点 (独)防災科学技術研究所・基盤強震観測網・加速度3成分とリアルタイム震度)
平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震(本震)時の例

※加速度波形データは(独)防災科学技術研究所によるものである
※リアルタイム震度は防災科研方式(功刀・他(2008,地震2, 60, 243-252))にしたがい、後から計算して追加したものである

(4) その他

- ・自乗和（積分）値を計算

加速度・速度・変位の広い周波数帯域について、揺れの継続時間を加味した地震波エネルギー（相当・積分量）を監視。

- ・自乗和マグニチュードの計算

揺れの継続時間が反映された、長周期の地震波を対象とした、飽和しにくい積分型の指標を算出。

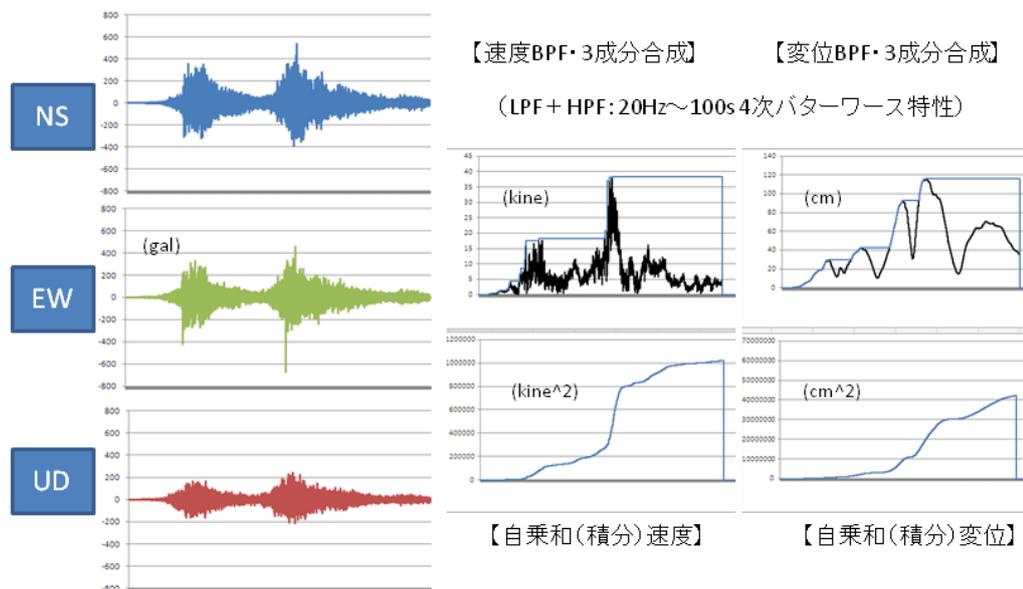


図 1-28 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震時の石巻大瓜観測点の事例。加速度 3 成分と自乗和積分(速度・変位)。揺れの継続時間を加味した地震波エネルギー（相当・積分量）を監視。

- ・ノイズ判定データも送信

トリガ送信モード時でも、トリガオンしたが単独観測点処理の結果ノイズと判定された電文も中枢へ送信。トリガオン情報をもれなく中枢で把握することで、同一地震判定を厳格化、整理することができ、複数地震の統合、単一地震の分離を改善。

- ・状態フラグを送信

地震待ち・地震中（P 波/S 波）・ノイズ中・地震終了などの各状態を中枢へ送信。中枢での地震処理の起動・終了を的確なタイミングで行うことや、例えば「P 波中状態」を活用した地震識別、震源推定精度向上を検討。

- ・レベルデータの時刻変更

閾値超過時刻（トリガオン時）から検出時刻へ変更して中枢へ送信。地震検出時刻の乱れを解消（粗い閾値超過時刻の代わりに精度の良い検出時刻を伝送）。

- ・加速度データを積分して得られた速度データの活用

多機能型地震計の速度データの振り切れ等により、最大速度振幅や速度 M が乱

れたり、決定できない問題を解消し、緊急地震速報 M として補助的に利用。中規模地震 (M4~M5 クラス：警報下限レベル) での緊急地震速報 M の安定化に貢献。

1. 4. 2. リアルタイム震度モニタを併用した緊急地震速報の高度化

この項の要点

- ・ 気象研究所では、従来から行っている震源要素を元にした緊急地震速報で、随時、新たに現地単独観測点で算出されるリアルタイム震度を参照することにより、地震同時多発時や巨大地震発生時にも柔軟に対応できる、より精度の高い緊急地震速報の手法を開発している。

既に述べたとおり、現在、緊急地震速報処理は、比較的少ない観測点で気象庁の多機能型地震観測点の現地処理結果を利用して迅速に行う「多機能震源処理」を基本に、より精度の良い震源推定値が得られた場合には、(独)防災科学技術研究所の Hi-net 観測点を用いた「着未着法処理」による震源や、従来から行われている自動震源決定手法を用いた「EPOS 震源処理」による震源を取り込んでいる(図1-20)。このうち、「多機能震源処理」に利用する強震計によるデータは、

- ・ 多機能型地震計(全国 215 点 : H24.09.30 現在)
- ・ 東南海 OBS(5 観測点)

である。これに加え、全国約 800 点の防災科学技術研究所整備 KiKNet 等の現地単独観測点処理結果を緊急地震速報処理へ併用することを想定した研究を気象研究所で行っている。この場合、単独観測点処理の「連続送信モード」の導入(1.4.1(1)項参照)とあわせ、全国の「揺れ」の状況が従来よりも遙かに高密度で把握することができるようになる。また、観測点の高密度化による震源決定精度や早期検知能力の向上など、様々な改善が見込まれる。

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震のような巨大地震や、その余震活動の活発化等による地震同時多発時には、現在の震源要素を元にした緊急地震速報では適切な情報が発表できない事例が幾つかあった。

このような状況を踏まえ、従来から行っている震源要素を元にした手法にリアルタイム震度モニタを加えた手法を模索している。概念図を図1-29に示す。

手法の概要は以下の通りである。

1. 信頼できる震源要素が得られた場合のみ、従来から行っている各震度観測点における震度予測を行う。
2. 各震度観測点の近隣 Xkm 以内(図1-29では 30km 以内とした)の観測点における最大リアルタイム震度を、地盤増幅度や観測点増幅度を加味した上で、その地点における予測震度とする。
3. 1 と 2 で得られた予測震度の大きい方を、その震度観測点の予測震度とする。
この手法により、従来から行っている震源要素を元にした手法の長所である、
 - ・ 決定された震源要素を津波予報等に利用できる。
 - ・ 比較的猶予時間が長い。

を生かしつつ、短所である、

- ・震源域が広域である巨大地震に対応できない。
- ・地震同時多発時など、震源要素が適切に決定できないと情報発表できない。

に対処できるようになると考えられる。

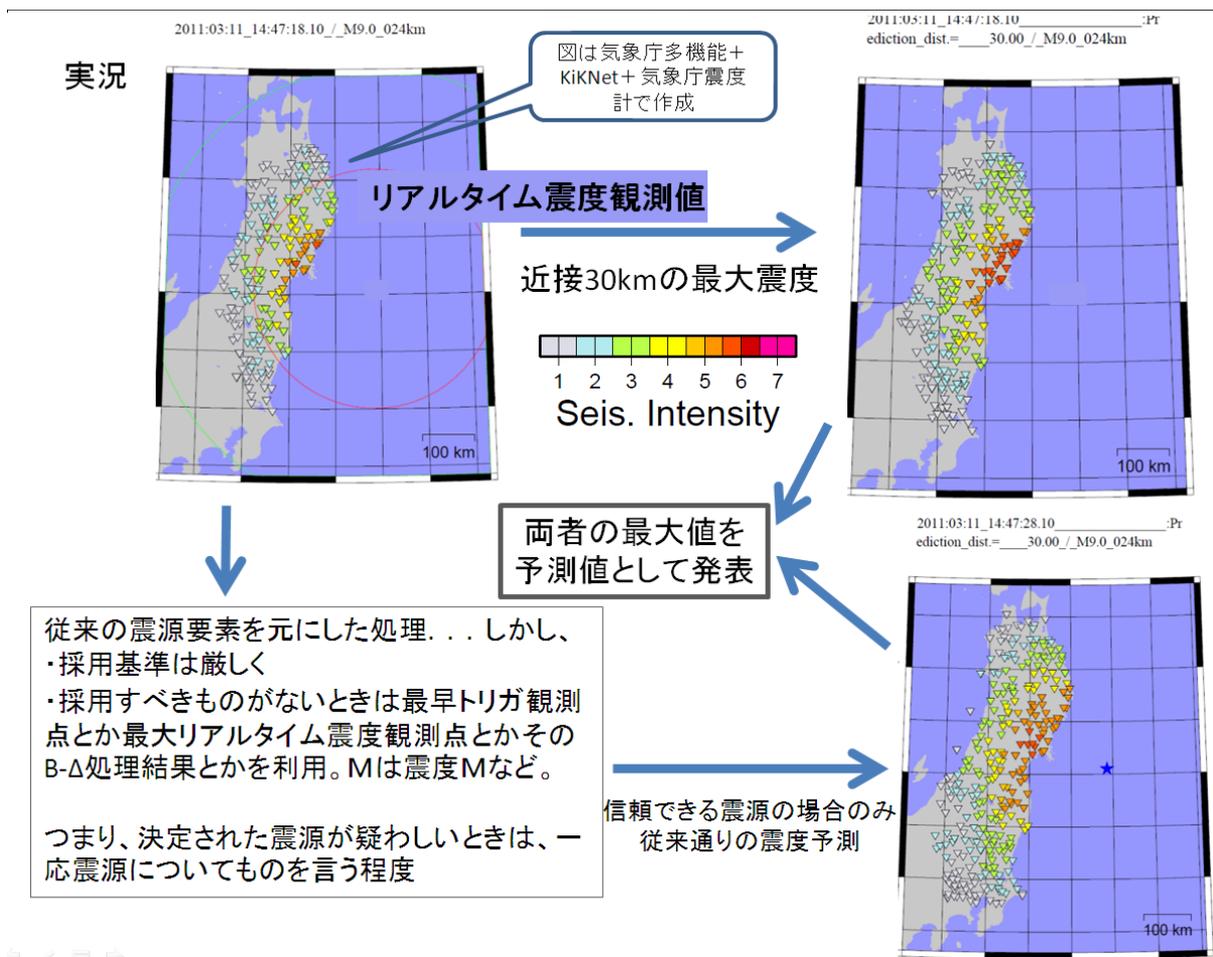


図1-29 新たな手法の概念図

1. 5 緊急地震速報（警報）発表の時間制限の対策

この項の要点

- ・現在、緊急地震速報（警報）の発表・更新は、地震波検知から 60 秒後まで行うこととして運用している。今後、この制限を撤廃し、Mに応じた設定された緊急地震速報処理の継続時間内すべてについて、緊急地震速報（警報）の発表・更新を行うことを検討している。

気象庁では、一般向け緊急地震速報の開始（平成 19 年 10 月 1 日）以来、緊急地震速報（警報）の発表および更新は、地震波検知から 60 秒後まで行うこととして運用している。この時間制限は、①気象庁における緊急地震速報処理において P 相 M 式を適用済みであり早期に M 推定が可能であること、②主要動が到達した時点以降になってからの不要な緊急地震速報（警報）を未然に防ぐ目的のため、導入している。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震では、地震波検知してから 8.6 秒後に東北地方の太平洋側の地域等に緊急地震速報（警報）を発表した。しかし、震度 6 強を観測した茨城県北部や震度 5 強を観測した東京都 23 区をはじめ、関東地方に緊急地震速報（警報）の発表（更新）を行わなかった。この事例では、地震検知してから 105.0 秒後には茨城県北部について震度 4 から 5 弱程度と予想しており、最大 60 秒の制限がなければ、このタイミングで関東地方、北陸地方に緊急地震速報（警報）を発表（更新）することができたものと考えられる。

一方、平成 20 年 5 月 8 日の茨城県沖の地震（M7.0）では、緊急地震速報（警報）を発表したのは地震検知してから約 58 秒後であり、警報対象地域のすべてに既に主要動が到達した後であった（警報が間に合わなかった）。この事例について、民間が行ったアンケート結果では、テレビ・ラジオ等で緊急地震速報（警報）を見聞きした人の中には、揺れが収まりかけたときに聞いたのでさらに強い揺れが来ると誤解した人もいたとされている。しかし、最大 60 秒の制限がなかったとしても、緊急地震速報（警報）の発表が警報対象地域のすべてに既に主要動が到達した後であった事例は、この一例だけである。

一般的に、M8 を超える巨大地震の破壊継続時間は 60 秒以上となる。例えば、このような地震が陸域から離れた場所で発生し、継続する破壊の終わり頃に主破壊がある場合など、予想震度が緊急地震速報（警報）発表基準の閾値をこえるのが地震検知後 60 秒以降であることは十分に考えられる。今後は、警報発表が主要動到達後であるケースを避けるよりも、地震検知後、十分に時間が経過した後に大きな揺れが来るケースにも対応できることを目指したい。

現在の緊急地震速報処理は、震源要素の決定に用いる最遠観測点における理論 S 波到達時間と推定 M に応じた破壊継続時間

10.0[^](0.5M-2.3) (秒) (宇津, 1987)

に加え、これに一定値(30秒)を加算して継続させており、最長で180秒で打ち切りとしている。今後、緊急地震速報(警報)の発表および更新時期の制限時間(60秒)を撤廃し、緊急地震速報処理の継続時間内すべてについて緊急地震速報(警報)の発表および更新を行うことを検討したい。

M	破壊継続時間(秒)	緊急地震速報の処理継続時間(秒)※1	
		震央が内陸の事例 (平成20年(2008年) 岩手・宮城内陸地震)	震央が海域の事例 (平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震)
5.0	2	48	62
5.5	3	49	63
6.0	5	51	65
6.5	9	55	69
7.0	16	62	76
7.5	28	75	88
8.0	50	96	110
8.5	89	136	149
9.0	158	180	180
9.5	282	180	180

※1:「地震波検知からの経過時間」(最初の地震検知観測点におけるP相検出時刻からの経過時間)に換算。

表1-5 緊急地震速報の処理継続時間。薄い赤色で塗りつぶしたところは、緊急地震速報処理の継続時間が60秒を超えている部分。

1. 6 新全相 M (S 波以降最大振幅によるマグニチュード) への改良について

この項の要点

- ・ 第 2 回技術部会で提案した新しい全相 M 式について、最近の M7.0 以上の地震による観測点データに適用して追加検証をおこなった。
- ・ 第 2 回技術部会の時点でデータが不足しており、十分な検証ができていなかった M7.5 以上についても、適切な M が推定できているため、全相 M 式の変更を行う。

第 2 回技術部会では、現全相 M 式にみられる M 依存性 (M 小で過大、M 大で過小評価する) について、新全相 M 式により解消できることを示した (図 1-30)。

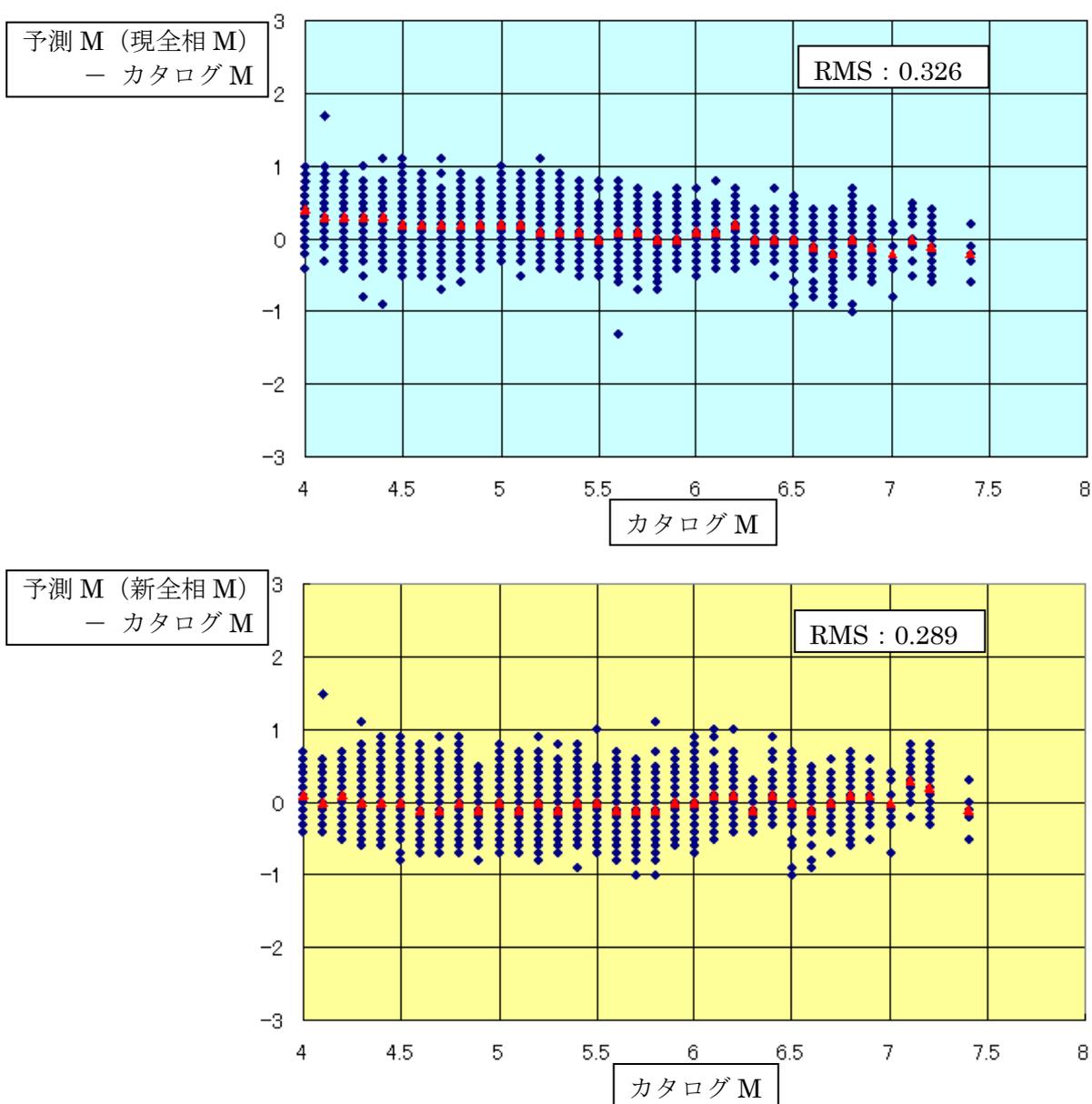


図 1-30 現行の全相 M 式 (上) と新全相 M 式 (下) のカタログ M との差の比較
(青印は個々の地点 M、赤印は各 M 毎の平均値 ※第 2 回技術部会資料)

推定式はそれぞれ以下の通りである。新全相 M 式は、 M を定数倍することで M 依存性を含む形とした。また、観測点が震央付近にある (Δ が 0 に近い) 場合でも比較的安定して地点 M を算出できることから、より速やかに適切な緊急地震速報を公表できることになる。

現全相 M 式：

$$M = \log A + \log \Delta + 1.1 \times 10^{-3} \Delta + 7.0 \times 10^{-4} D + 1.8$$

A : 最大振幅 (10 μ m)、 Δ : 震央距離 (k m)、 D : 震源の深さ (k m)

新全相 M 式：

$$0.87M = \log A + 1.0 \log R + 1.9 \times 10^{-3} R - 5.0 \times 10^{-3} D + 0.98$$

A : 最大振幅 (10 μ m)、 R : 震源距離 (k m)、 D : 震源の深さ (k m)

なお、震源の深さ D に関する補正項 (右辺第 4 項) については、沖合で発生した浅い地震を誤って深く決定することにより M 過小評価につながる危険性があることから、 P 相 M 式と同様に新全相 M 式にも同じ深さ固定処理を適用する。

新全相 M 式について、第 2 回技術部会で課題となった事項は、以下の通りである。

- ① $M6$ から 7 程度の観測点から遠く離れた海域の地震で、やや過小評価が残っている。
- ② $M7.5$ より大きな地震について、データが不足しており十分な評価ができない。

上記の課題について、最近発生した地震 ($M7.0$ 以上) により観測点データが得られたため、実際の緊急地震速報処理にしたがって新全相 M 式の追加評価を実施したところ、過小評価は認められず適切な M が推定できていることが分かった。

これらのことから、第 2 回技術部会で提案した新全相 M 式は適切なものであり、すみやかに緊急地震速報処理に適用すべきであると考えている。なお、ここでは新全相 M とカタログ M を比較して検証を行ったが、 $M8$ 程度以上の (超) 巨大地震については、新全相 M においてもカタログ M (気象庁マグニチュード M_j) と同様な飽和現象が発生することが想定される。(超) 巨大地震発生時に、適切な緊急地震速報を発表するためには、別の手法を含めた更なる改善が必要である。

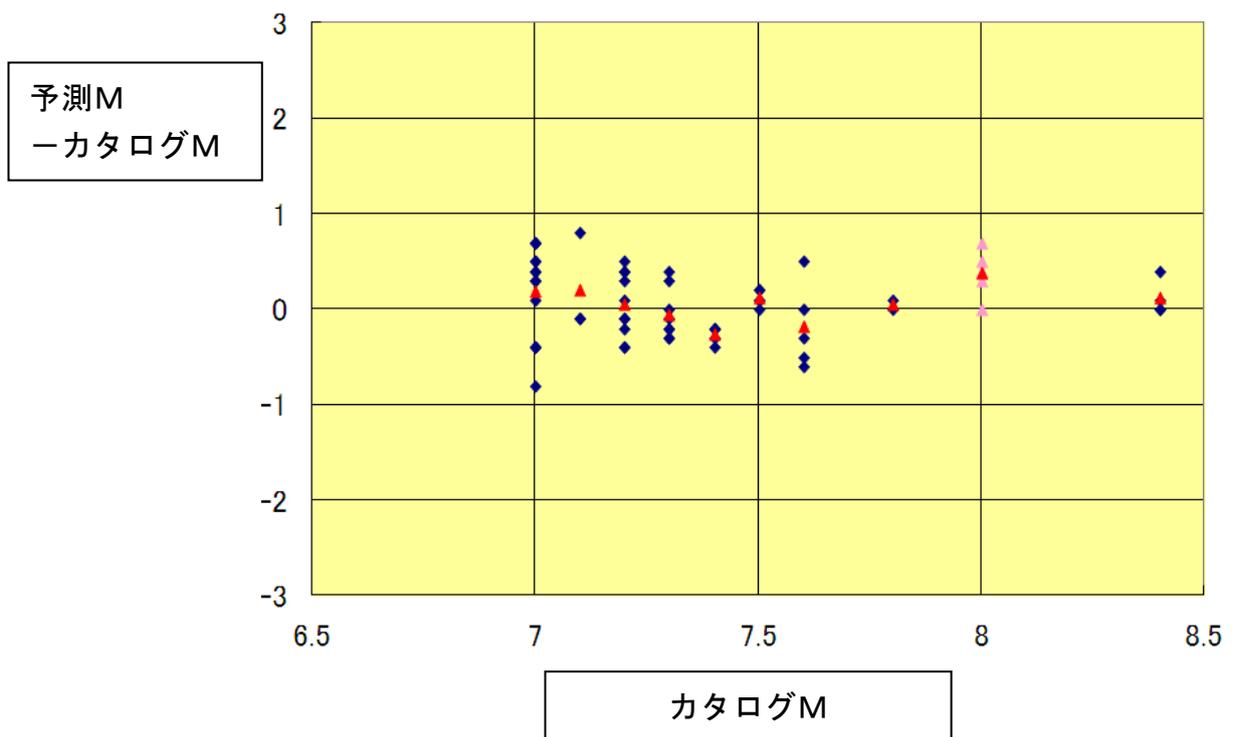
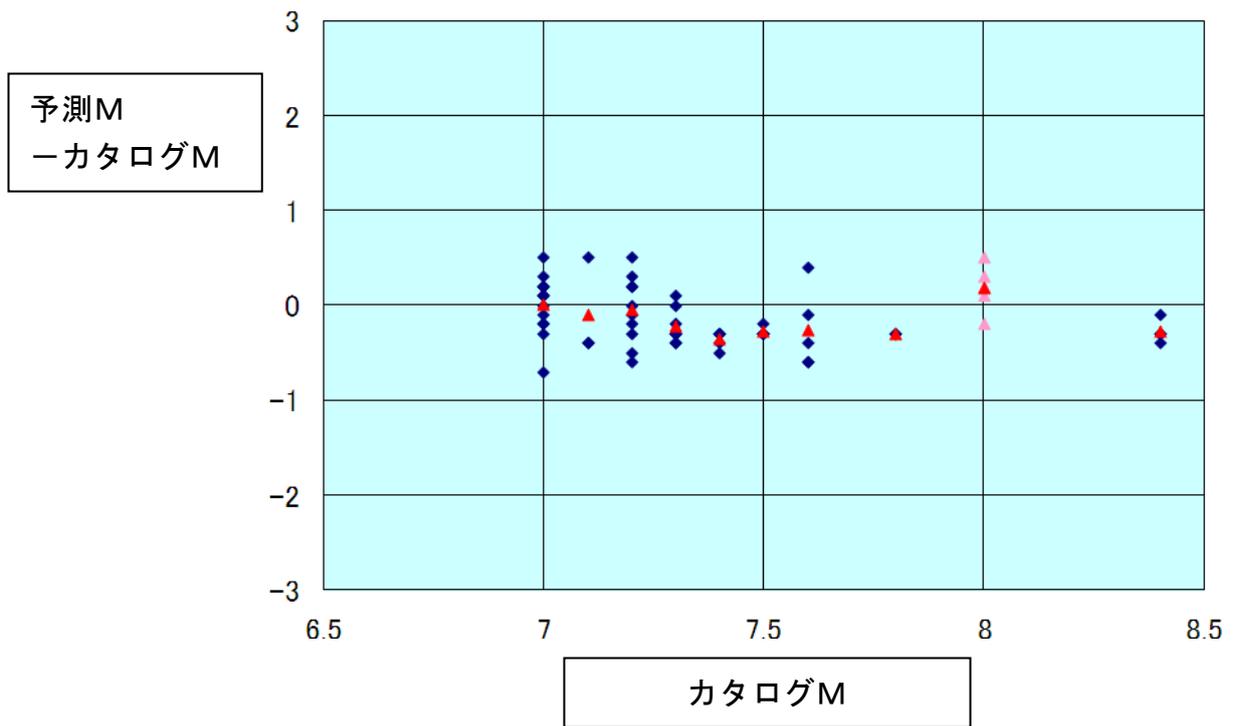


図 1-3 1 現行の全相M式（上）と新全相M式（下）のカタログMとの差の比較
 （青印は個々の地点M、赤印は各M毎の平均値 ※今回追加評価分）
 （ピンク印は平成 15 年（2003 年）十勝沖地震のデータ）

2. 大深度地震計、DONET 観測点データの活用について

2. 1 DONET の海底地震計データのマグニチュード補正について

この項の要点

- ・DONET のデータを緊急地震速報に利用する上でのマグニチュード補正の必要性について検討した。
- ・P 波 M は M_j と概ね一致する。
- ・全相 M は、現行全相 M 式では 0.5、新全相 M 式では M_j より 0.35 大きくなる。

2. 1. 1 概要

DONET は、独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）により熊野灘に設置された海底地震・津波観測監視システムであり、東南海地震の想定震源域直上に 20 点の観測点が展開されている。これらのデータを緊急地震速報に活用することは、海域の地震の早期検知のために大変重要であるが、海底地震計は地震波増幅度の大きい堆積層上に設置されているなど、陸上の観測点とは設置環境が異なるため、利用に際しては注意が必要である。ここでは DONET のデータを緊急地震速報の M 推定処理に用いる上での補正の必要性について調査する。

2. 1. 2 手法およびデータ

緊急地震速報のマグニチュード推定には、加速度波形を積分して変位波形とし、ベクトル的に合成した 3 成分合成変位波形が用いられる。P 波から S 波到達前までの最大振幅を用いる P 波 M と、波形全体の最大振幅を用いる全相 M が存在し、それぞれ次式で推定される。

P 波 M :

$$0.72 \times M = \log A + 1.2 \times \log R + 5.0 \times 10^{-4} \times R - 5.0 \times 10^{-3} \times D + 0.46$$

全相 M (現行式) :

$$M = \log A + \log \Delta + 1.1 \times 10^{-3} \times \Delta + 7.0 \times 10^{-4} \times D + 1.8$$

ここで、 A : 最大振幅 (10 μ m)、 Δ : 震央距離 (km)、 R : 震源距離 (km)、 D : 震源の深さ (km)

2011 年 4 月 20 日以降、DONET での最大変位振幅が 50 μ m を超える記録が得られた地震 (図 2. 1) について、DONET (20 点) での P 波 M、全相 M を推定し (図 2. 2)、気象庁一元化震源の M (M_j) と比較することで、補正の必要性を検討した。なお、比較のために東南海 OBS (5 点) や周辺の陸上の観測点 (12 点) についてもあわせて示す。

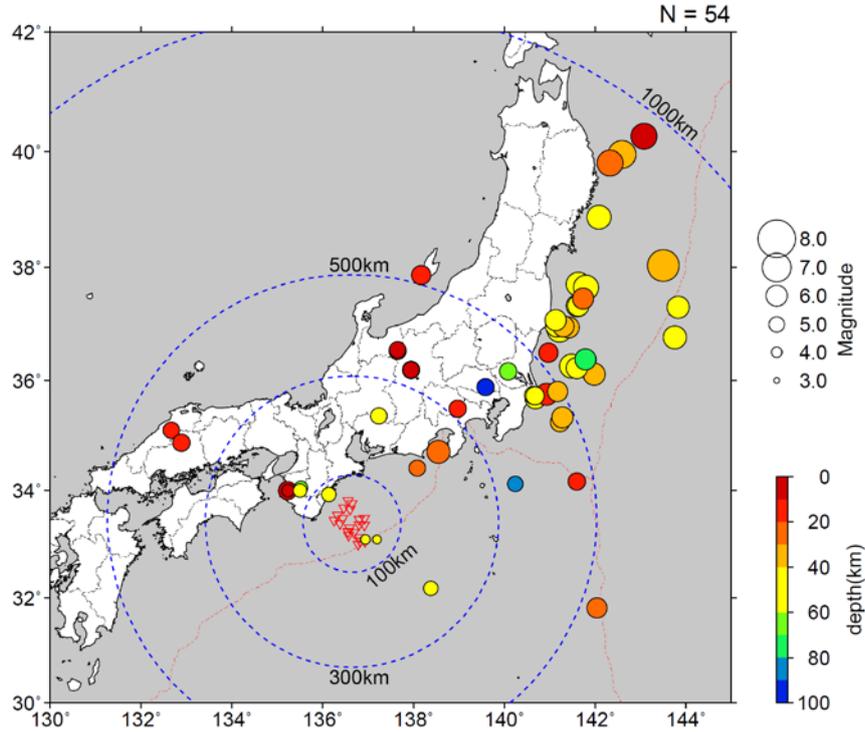


図 2. 1. 解析に用いた地震の震央分布図。破線の円は DONET の設置場所からのおおよその距離を表す。

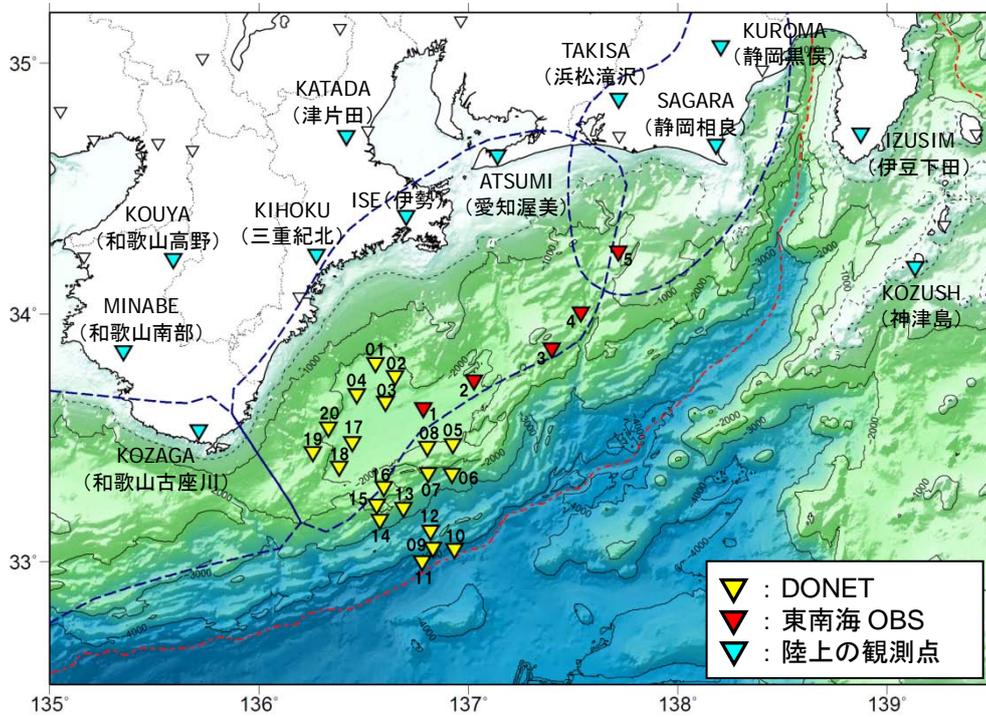


図 2. 2. DONET (黄色の逆三角形) および周辺の観測点の配置図

2. 1. 3 P波Mの推定結果

DONETのP波Mは、M_jや周辺の陸上の観測点のP波Mと概ね一致しており、P波Mの補正の必要はないと考えられる(図2. 3, 図2. 4)。なお、P波部分では最大変位振幅50 μ mを超える記録が十分でないため、40 μ m以上の変位振幅が得られた記録においてP波Mを算出した。

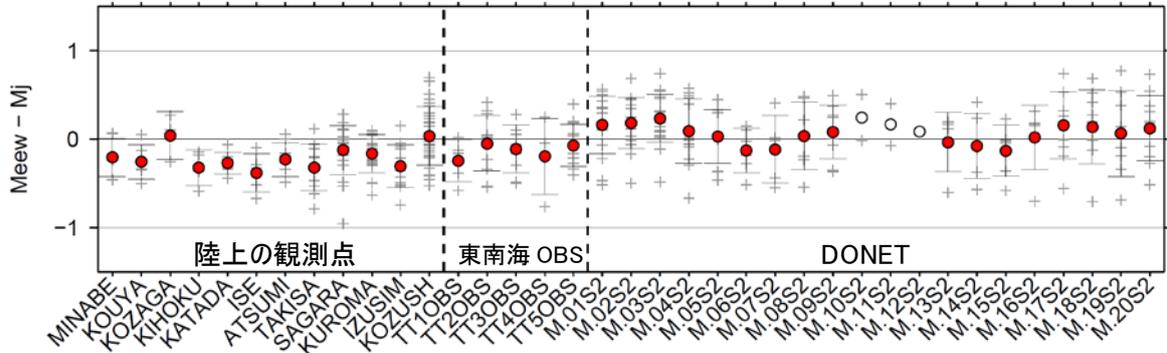


図2. 3. 観測点ごとのP波MとM_jとの差(赤丸は観測点ごとの差の平均値で、サンプルが3個以上あるもの。エラーバーは±1 σ の範囲を示す)

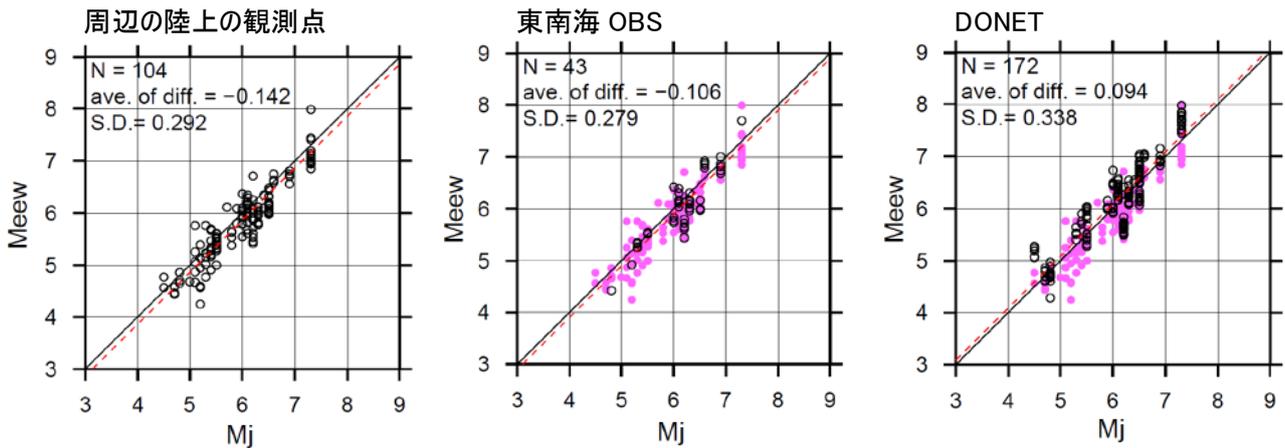


図2. 4. P波MとM_jとの比較。左から、周辺の陸上の観測点、東南海 OBS、DONETを示し、ピンクの円は陸上の観測点のデータを背景に示している。赤の破線は、P波MとM_jとの差の平均値を表す。

2. 1. 4 全相Mの推定結果

周辺の陸上の観測点の全相Mが概ねM_jと一致するのに対し、DONETの全相Mは、M_jより平均で0.6ほど大きい(図2. 5, 2. 6)。また、M_jとの差は、マグニチュードや震源距離、観測点への入射方位にほとんど依存しない(図2. 7)。すなわち、震源特性や伝播経路特性ではなく、海域での観測点近傍のサイト特性によるものと考えられる。M_jとの差は、DONETの中でも観測点ごとにややばらつきがみられ、観測点ごとにみると、陸域に近い点ほどM_jとの差が大きくなる傾向にある(図

2. 8)。

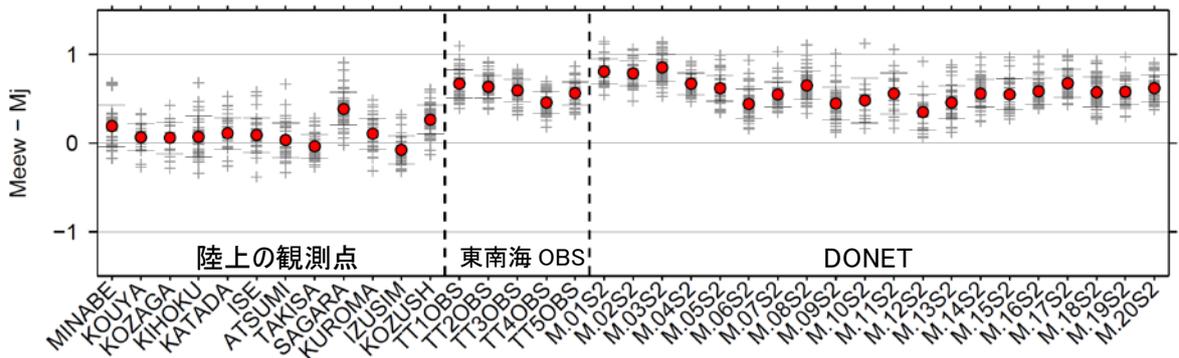


図2. 5. 観測点ごとの全相 M と Mj との差 (赤丸は平均値、エラーバーは $\pm 1 \sigma$ の範囲を示す)

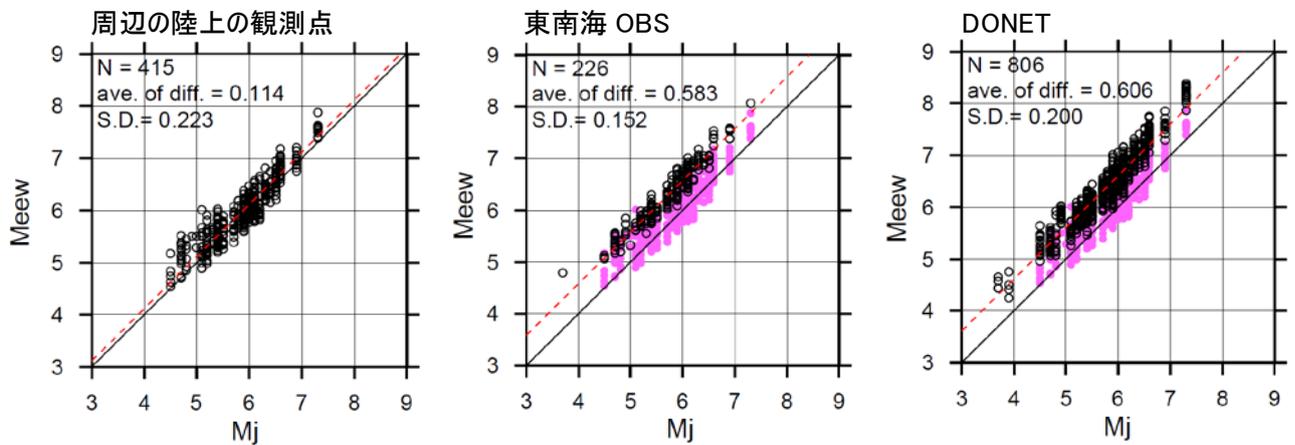


図2. 6. 全相 M と Mj との比較。左から、周辺の陸上の観測点、東南海 OBS、DONET を示す。ピンクの円は陸上の観測点のデータを背景に示している。赤の破線は、全相 M と Mj との差の平均値を表す。

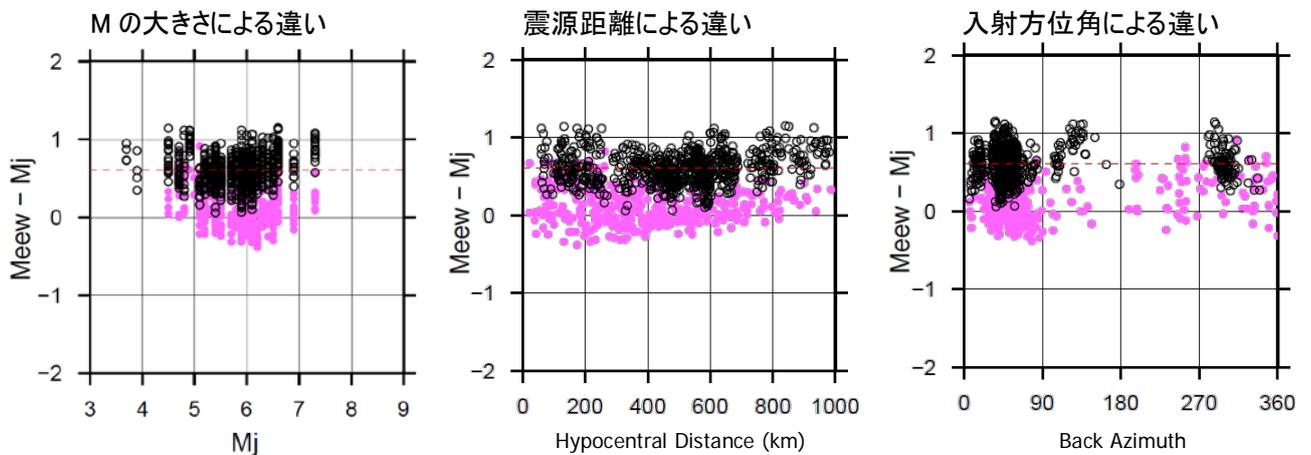


図2. 7. DONET における全相 M と Mj との差と、M・震源距離・入射方位角との関係。ピンクの円は陸上の観測点のデータを背景に示している。

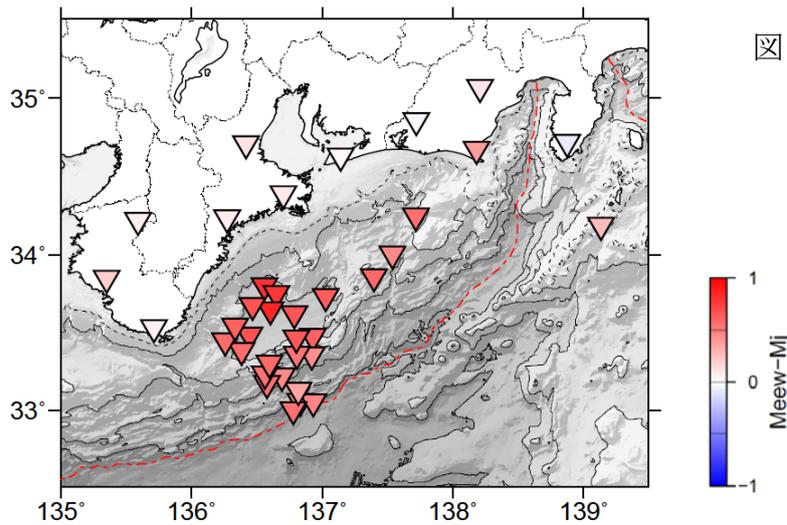


図2. 8. 全相 M と Mj との差の、観測点ごとの平均値分布図

2. 1. 5 データ長を制限した場合の全相 M の推定結果

全相 M の推定結果において、最大振幅が発現した時刻に着目すると、DONET や東南海 OBS では周辺の陸上の観測点よりも最大振幅の発現が遅れる傾向にある（図2. 9）。陸上の観測点では、最大振幅の発現が Lg 波の走時と概ね一致するが、OBS ではより遅くなる。緊急地震速報のマグニチュードは、その時点までの限られたデータで推定を行う必要があるため、たとえ最終的に Mj との一致が良くなるとしても、最大振幅が遅れるのでは、実処理上問題である。そこで、実際に緊急地震速報に利用されるであろう、より S 波に近い時間内での最大振幅について吟味するため、以下の条件で最大振幅を用いる時間窓を限定して全相 M の推定をおこなった。

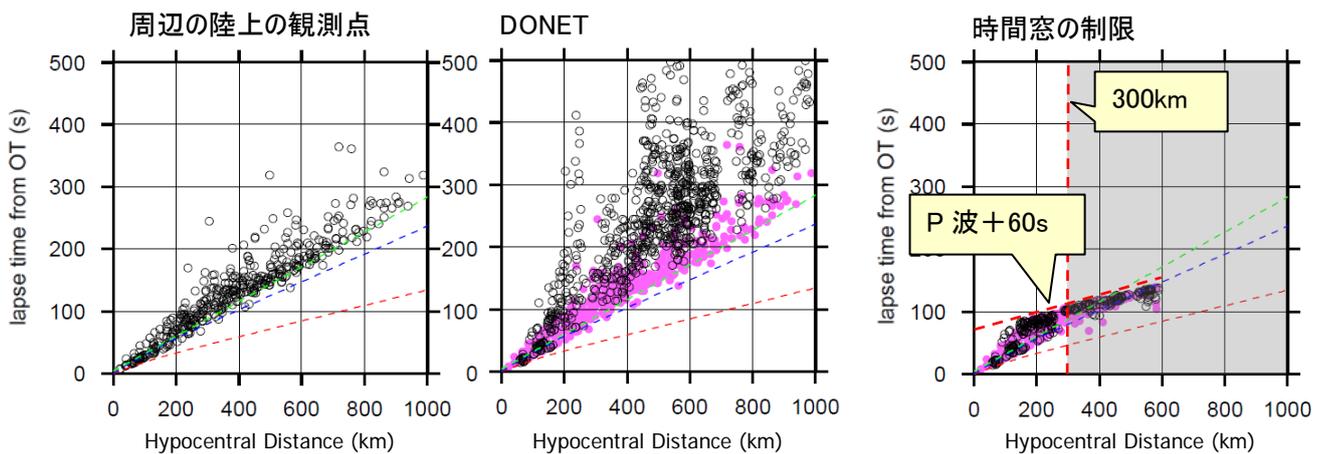


図2. 9. 陸域の観測点と DONET の最大振幅発現時刻と震源距離の関係（左、中）と、データ長を制限した場合の最大振幅発現時刻（右）
 ピンクは周辺の陸上の観測点の値を背景として示す。破線は赤が P 波、青が S 波、緑が Lg 波の、震源の深さを 10km とした場合の理論走時を示す。

- ✓ 第3回技術部会、および清本・他（2010）による新全相 M 導出の際に用いた基準である、P 波到達時から 60 秒以内の最大振幅を用いる。
- ✓ 震源距離を 300km 以内に制限する。

P 波後 60 秒に制限することで、OBS の全相 M の増幅は 0.6 から 0.5 程度となる（図 2. 1 0， 2. 1 1 左）。増幅の傾向には変化が見られないが、M 依存性が顕著である（図 2. 1 1 中央）。これは、最大振幅を P 波後 60 秒に制限したことによるものと考えられる。

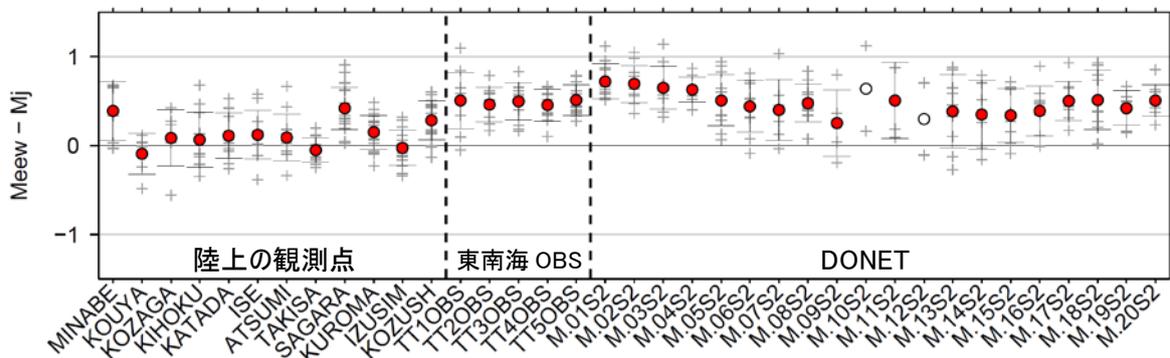


図 2. 1 0. P 波後 60 秒データに制限した場合の観測点ごとの現全相 M と Mj との

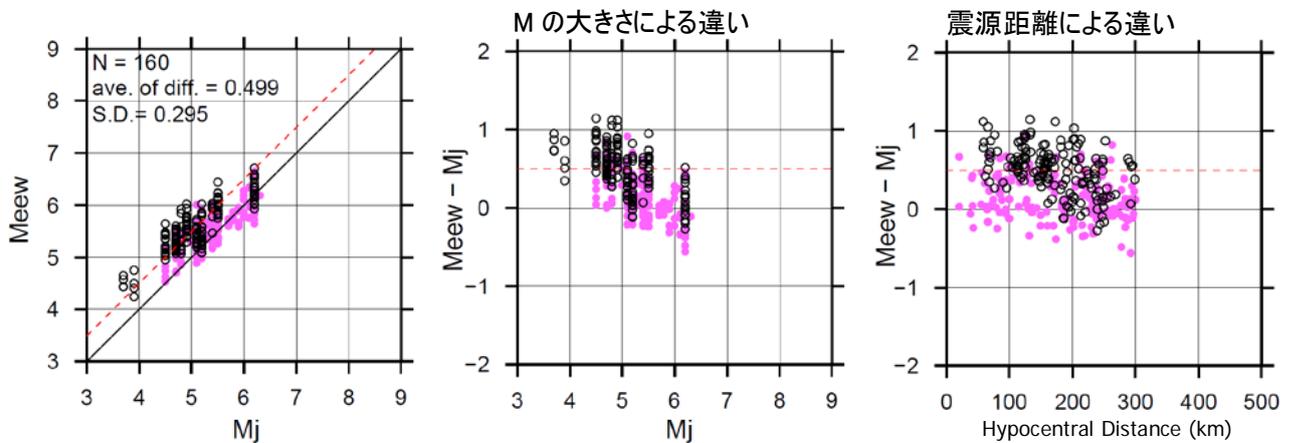


図 2. 1 1. P 波後 60 秒データの現全相 M と Mj との比較。ピンクの円は陸上の観測点のデータを背景に示している。

第3回技術部会、および清本・他（2010）では、上記の時間窓で全相 M を求める式が提案された。

新全相 M :

$$0.87 \times M = \log A + 1.0 \times \log R + 1.9 \times 10^{-3} \times R - 5.0 \times 10^{-3} \times D + 0.98$$

A: 最大振幅 (10 μ m)、R: 震源距離 (km)、D: 震源の深さ (km)

同じデータに新全相 M 式を適用した結果、OBS の新全相 M は Mj と比較して 0.35 程度大きくなる（図 1 2， 1 3 左）。また、現全相 M に見られた M 依存性がやや緩

和された (図 1 3 中央)。

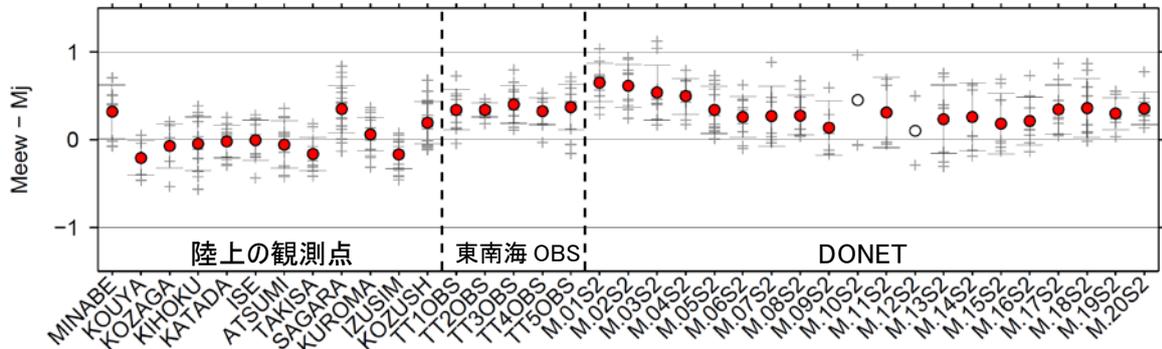


図 2. 1 2. P 波後 60 秒データの観測点ごとの新全相 M と Mj との差

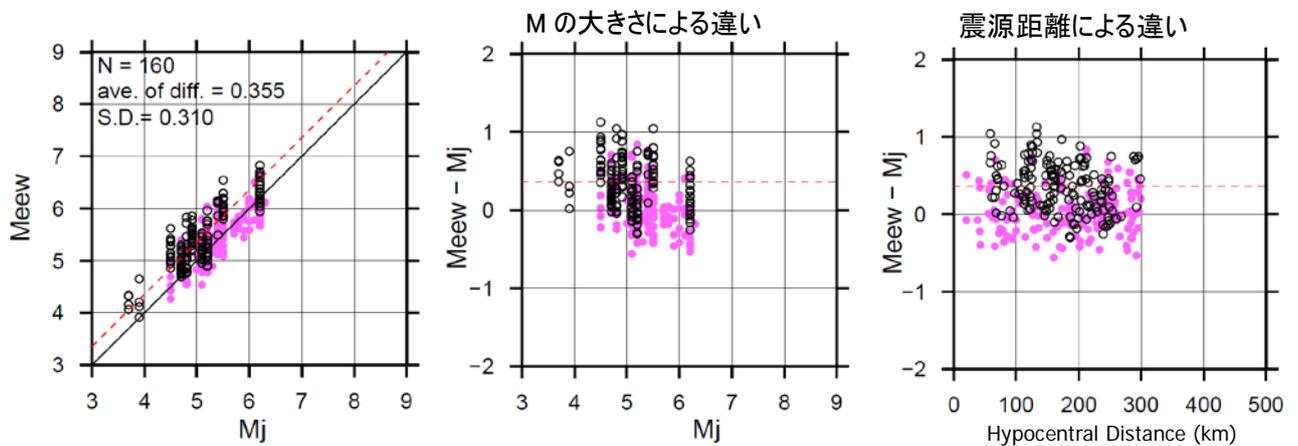


図 2. 1 3. P 波後 60 秒データの new 全相 M と Mj との比較。ピンクの円は陸上の観測点のデータを背景に示している。

なお、現在東南海 OBS については、P 相 M、全相 M 共に -0.6 の補正を行っている。今回提出した資料に見られるように、P 相 M については補正の必要がないと考えられるため、補正しないこととしたい。新全相 M については、 -0.35 の補正を行うこととしたい。

2. 2 大深度・海底地震計解析処理装置の整備状況について

気象庁では、首都直下地震や東南海地震等に対する緊急地震速報の精度向上及び迅速化を図るため、平成22年度から（独）防災科学技術研究所が所有する南関東周辺の基盤強震観測網（KiK-net）の大深度地震計及び（独）海洋研究開発機構が所有する地震・津波観測システム（DONET）の海底地震計の観測データを取り込み・処理する装置「大深度・海底地震計解析処理装置」（冗長性を確保するため東京と大阪に設置）の整備を行っており、平成24年8月に気象庁本庁及び大阪管区气象台への当装置の整備を終了した。

今後、実証実験を行ったうえで緊急地震速報への活用を開始する予定である。これにより、首都直下地震については中央防災会議で想定している東京湾北部地震が発生した場合に約1秒の時間短縮が、東南海地震の想定震源域の南端付近に震源がある場合は約8秒の時間短縮効果が期待される。

3. 震度予想の精度向上のための観測点増幅度の導入について

この項の要点
<p>気象庁が発表する緊急地震速報の震度予想は、震度観測点の震度を予想することにより行っている。この震度予想の精度向上のため、現行の微地形区分に基づく「地盤増幅率」の代わりに、震度観測点における観測データから求めた「観測点増幅度」を震度観測点の約6割について、平成24年10月2日に導入する予定である。</p>

3. 1 概要

気象庁が発表する緊急地震速報の震度予想は、地震の規模と震源からの距離によって計算される揺れの大きさに、地盤ごとの増幅率をかけることで行っている。これまで、気象庁では微地形区分に基づいた「地盤増幅率」(ARV)を用いて予想震度を計算してきたが、震度予想の精度向上のため、平成24年10月2日から、震度観測点における震度観測データに基づく「観測点増幅度」を観測点の約6割に適用する。(図3.1)

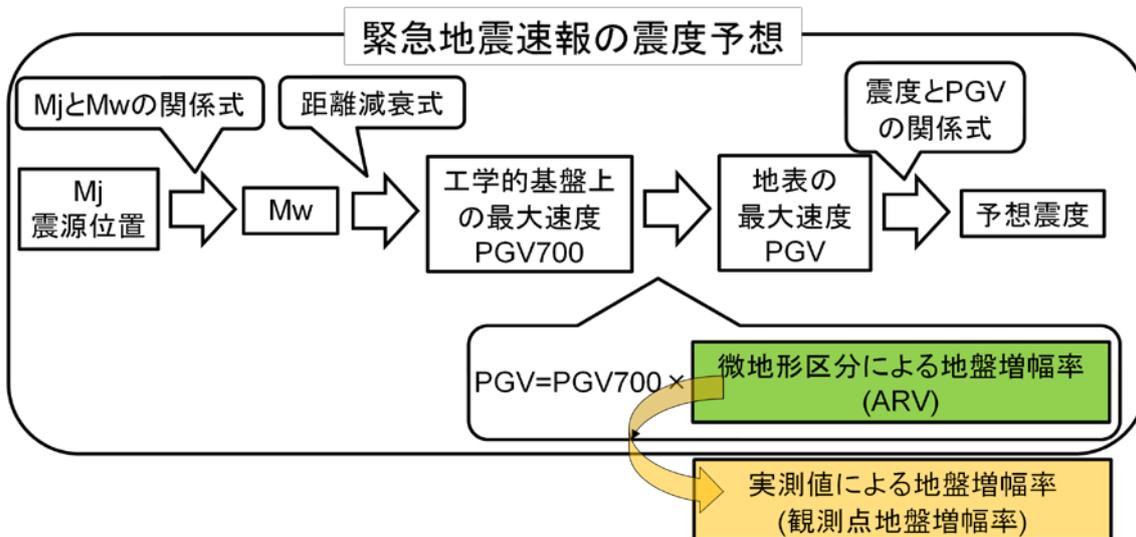


図3.1 緊急地震速報の震度予想の流れ

3. 2 観測点増幅度を求めるための使用データと観測点増幅度を求める方法

- ・使用した地震 (535 イベント)
1996年5月～2012年2月の期間に発生した地震
深さ120キロ以浅
M4.0以上
震度3以上の観測データが5地点以上ある地震
- ・使用した震度観測点

震源距離 300km 以内で震度 3 以上を観測し、1 観測点で 3 地震以上の震度データがある観測点

- ・使用した震源要素
気象庁で精査した震源

観測点増幅度の求め方は、以下の文献による方法を用いた。

今回用いた方法は、緊急地震速報評価・改善検討会第 2 回技術部会に提案し同意が得られた方法と同様である。

[文献] Iwakiri, K., M. Hoshiba, K. Nakamura, N. Morikawa, Improvement in the accuracy of expected seismic intensities for earthquake early warning in Japan using empirically estimated site amplification factors, Earth Planets Space, 63, 57-69, 2011.

3. 3 「観測点増幅度」の適用による震度予想の改善効果

全震度観測点 4358 観測点のうち、2460 観測点（約 6 割）について「観測点増幅度」が求まった。「観測点増幅度」の分布図を図 3. 2 に示す。

予想震度（精査後の震源・Mによる）の残差頻度を図 3. 3 に示す。左図が観測点増幅度適用前、右図が観測点増幅度適用後の震度残差（予想値－観測値）を示す。震度残差が ± 0.5 の範囲に入る割合は 60% から 67% に上昇し、 ± 1.0 の範囲に入る割合は 92% から 96% に上昇する。全体の震度予想誤差は震度残差の RMS で 14% 減少する。震度残差の平均は 0.25 で適用前後に変化はない。

以上のことから「観測点増幅度」の適用により緊急地震速報の震度予想の精度向上が期待される。

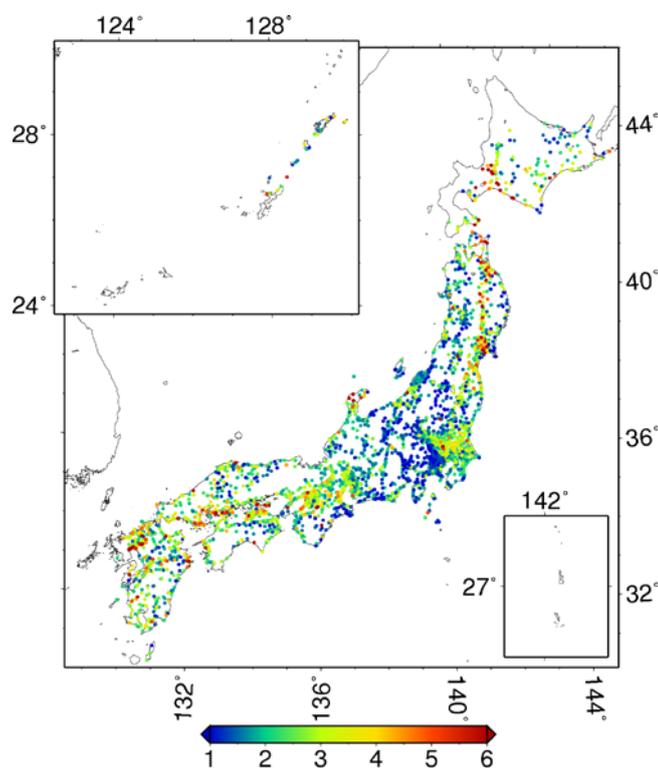


図 3. 2 観測点増幅度の分布

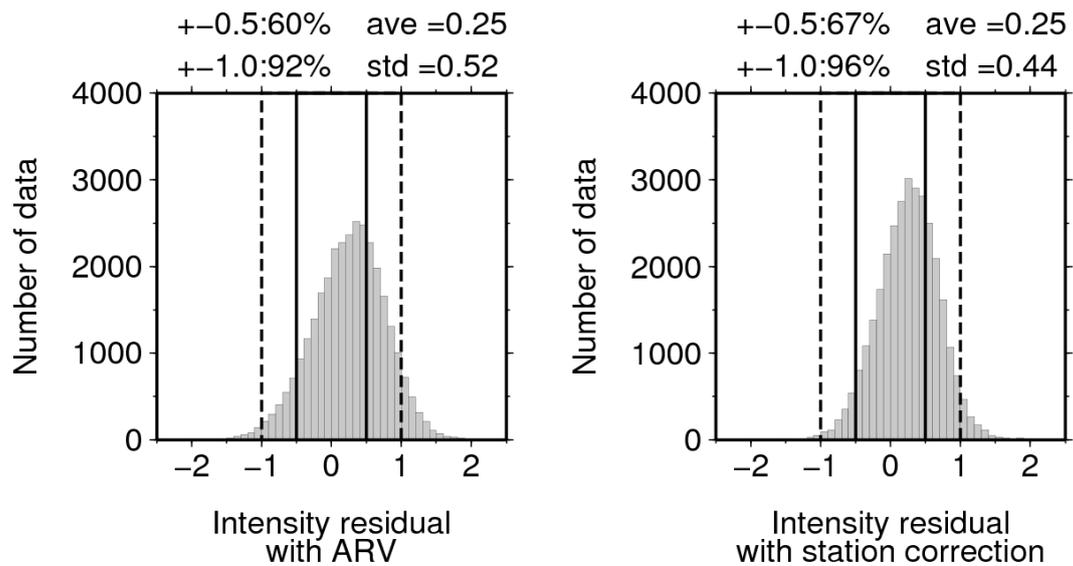


図3. 3 予想震度（精査後の震源・Mによる）の残差頻度分布図

（左図：観測点増幅度適用前 右図：観測点増幅度適用後）

4. 1 観測点の増強

気象庁は、海溝型地震等に対する緊急地震速報の精度向上及び迅速化のため、平成23年度第1次補正予算及び第3次補正予算により、多機能型地震観測装置（加速度計を地表と地中に設置）50観測点の整備を進めている。平成24年度中に整備を完了し、観測データの検証を行ったうえで、平成25年度に緊急地震速報への活用を開始する予定である

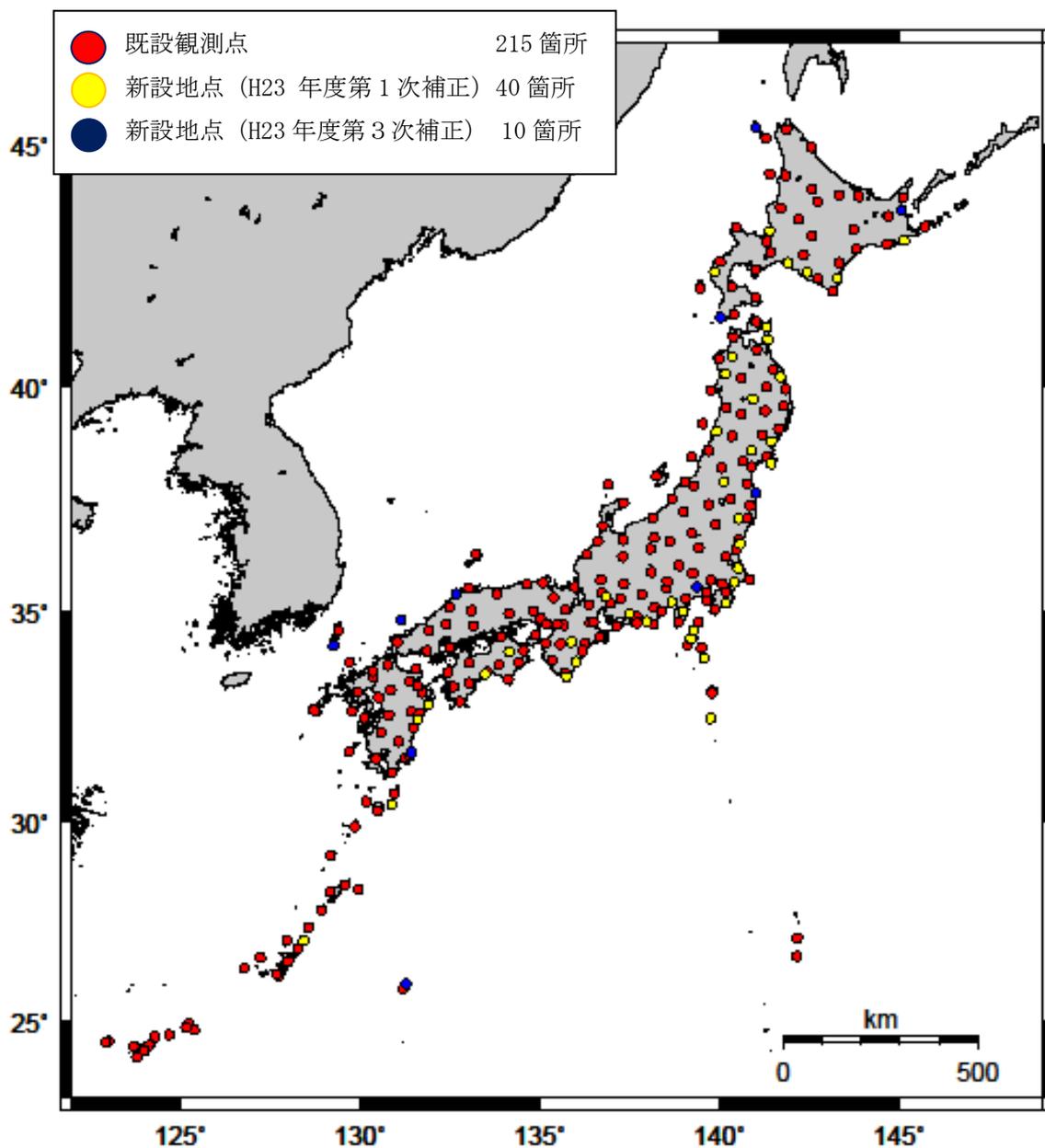


図4. 1 多機能型地震観測装置の既設地点及び新設地点

4. 2 日本海溝海底地震津波観測網の緊急地震速報への活用に関する計画

(独) 防災科学技術研究所は、平成23 年度（補正予算）に、北海道沖から房総沖までの日本海溝・千島海溝沿いに154 点（予定）からなる地震津波観測点の整備を開始した。平成24 年度には房総沖・三陸沖北部に観測点（各海域ごとに25 点ずつの予定）を整備、平成25 年度には茨城沖・宮城沖・十勝沖に観測点（各海域ごとに25 点ずつの予定）を整備、平成26 年度には海溝軸外側（アウターライズ）に観測点（29 点の予定）を整備する予定である。気象庁は、これら観測点のデータを緊急地震速報に活用する方向で現在調整を行っている。

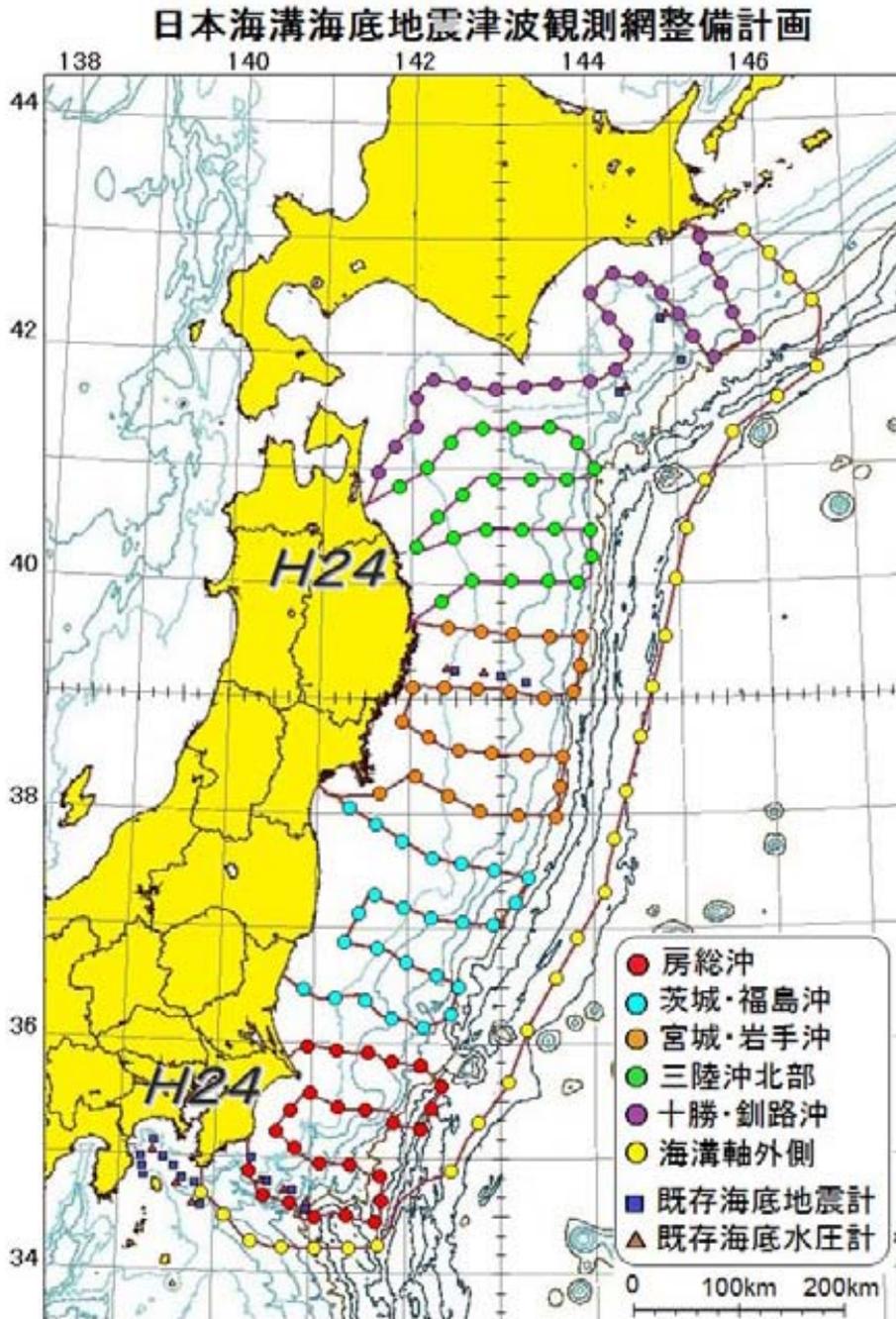


図4-2 (独) 防災科学技術研究所による日本海溝海底地震津波観測網整備計画。独) 防災科学技術研究所報道発表資料(H24. 03. 29)より抜粋。

4. 3 緊急地震速報の震度予想の精度

2010年から2012年までの年毎の緊急地震速報の震度予想の精度について、緊急地震速報（警報）と緊急地震速報（予報）に分けて図4. 3～図4. 5に示す。

年毎に地震数や期間の違いはあるが、予想震度と観測震度の差が±1階級以下の割合は、2010年は警報46%、予報85%、2011年は警報37%、予報63%、2012年は警報60%、予報78%である。平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震が発生した2011年の割合は低いですが、2012年1月～8月の期間では警報が60%、予報が78%で、予想震度と観測震度の差が±1階級以内おさまっている。

		緊急地震速報による予想震度										
		0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7	
観測された震度	0					4	0	0	0	0	0	0
	1					12	0	0	0	0	0	0
	2					15	0	0	0	0	0	0
	3					11	1	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	3	8	3	1	0	0	0	
	5弱	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
	5強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6弱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

±0(一致)	11	18%
±1階級の違い	17	28%
±2階級以上の違い	33	54%
合計	61	100%

		緊急地震速報による予想震度									
		0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
観測された震度	0					0	0	0	0	0	0
	1					1	0	0	0	0	0
	2					7	0	0	0	0	0
	3					17	1	0	0	0	0
	4	5	0	0	43	28	2	1	0	0	
	5弱	0	0	0	0	4	0	0	1	0	
	5強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6弱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

±0(一致)	28	25%
±1階級の違い	66	60%
±2階級以上の違い	16	15%
合計	110	100%

図4. 3 緊急地震速報の震度予想の精度（2010年1月1日～2010年12月31日）

上図：緊急地震速報（警報） 下図：緊急地震速報（予報（最終報））

		緊急地震速報による予想震度									
		0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
観測された震度	0					298	40	24	10	2	0
	1					90	21	7	3	2	0
	2					114	35	7	0	0	1
	3					151	19	2	3	3	0
	4	0	0	27	92	128	21	4	2	3	0
	5弱	0	0	3	8	36	15	2	0	0	0
	5強	0	0	5	10	10	10	2	2	0	0
	6弱	0	0	0	4	7	3	2	2	1	0
	6強	0	0	0	4	4	3	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

±0(一致)	147	12%
±1階級の違い	317	25%
±2階級以上の違い	780	63%
合計	1244	100%

		緊急地震速報による予想震度									
		0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
観測された震度	0					57	13	1	0	0	0
	1					19	4	1	0	2	0
	2					85	3	1	0	0	0
	3					266	5	0	1	0	0
	4	256	0	24	307	264	17	5	0	0	0
	5弱	23	0	0	8	51	15	3	0	0	0
	5強	5	0	0	5	23	9	7	0	1	0
	6弱	0	0	0	0	7	4	4	3	1	0
	6強	1	0	0	0	4	1	6	1	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

±0(一致)	289	19%
±1階級の違い	659	44%
±2階級以上の違い	566	37%
合計	1514	100%

図4. 4 緊急地震速報の震度予想の精度 (2011年1月1日~2011年12月31日)

上図：緊急地震速報（警報） 下図：緊急地震速報（予報（最終報））

		緊急地震速報による予想震度									
		0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
観測された震度	0					14	4	1	0	0	0
	1					3	1	0	0	0	0
	2					14	1	0	0	0	0
	3					27	2	0	0	0	0
	4	0	0	2	12	15	3	0	0	0	0
	5弱	0	0	0	2	3	4	0	0	0	0
	5強	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
	6弱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

±0(一致)	19	17%
±1階級の違い	48	43%
±2階級以上の違い	44	40%
合計	111	100%

		緊急地震速報による予想震度									
		0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7
観測された震度	0					4	1	0	0	0	0
	1					2	0	0	0	0	0
	2					17	0	0	0	0	0
	3					59	1	0	0	0	0
	4	19	0	7	80	46	0	0	0	0	0
	5弱	0	0	0	2	14	2	0	0	0	0
	5強	0	0	0	0	3	1	0	2	0	0
	6弱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6強	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

±0(一致)	48	18%
±1階級の違い	156	60%
±2階級以上の違い	56	22%
合計	260	100%

図4. 5 緊急地震速報の震度予想の精度 (2012年1月1日~2012年8月31日)

上図：緊急地震速報（警報） 下図：緊急地震速報（予報（最終報））