

※ 大学・研究機関との技術協力のための資料：当分非公開

※ 写真については、転載や他への利用は禁止としてください。

Particle Accelerator Development Note

平成 23 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震と関連する東日本大震災の影響

～ KEK つくばキャンパス 個別研究拠点：PS・EP1 電源棟 ～

報告者： 中村英滋 (KEK 加速器第六研究系・研究機関講師)

要約

平成 23 年 3 月 11 日 14:46 分の本震を前後に、平成 23 年 3 月 9 日から今日に至るまで、多数の前震・余震・他震源による地震が群発的に起こっており、KEK としてはかなりの影響を受けた。科研費基盤研究 21540310 の個別研究の拠点である KEK つくばキャンパス PS・EP1 電源棟の被害状況をまとめておく。

当該箇所における震度は 6 弱であったが、重度の不具合はなく、当該地区が復電された 3 月 28 日に、震災前の状況にほぼ復旧できた。但し、科研費研究の重量材料が多数破損した。

なお、震災及び関連する福島第一・第二原発の放射線漏れ、電力供給量制限等、多数の要因により、KEK 職員は原則として 3 月 25 日まで自宅勤務（特別休暇：職務免除）の扱いとなった。

その後の詳細調査により、電源や部品類の一部の破損、性能劣化が続々みつかつてきている。科研費研究に影響が出始めている。

追記(20110412)：4/11 までは落ち着く傾向だったが、データでも突如急変したため。付録参照。

追記(20110425)：4/11 の震源は落ち着く傾向に。ただ、震源は南下し、MC8 予測傾向を否定する事象には至っていないので、今後も要注意。付録 Part B 参照。

追記(20110429)：付録 Part B：県別データ追加。福島内陸震源は落ち着く傾向。仙台は長期。

追記(20110506)：付録 Part A：全国積算値が指数関数的傾向から線形的傾向に。要注意。MC の傾向は落ち着いているので、震源の動向はごく自然な傾向。土地が脆弱になっていることを示唆していると解釈するのが妥当かもしれません。

追記(20110613)：3ヶ月経過しました。私事ですが、ようやく屋根瓦修理が終わりました。

追記(20110615)：影響指数評価を理論的な震度式に変更しました。また、頻度分布も追加。

追記(20110912)：半年が経過しました。実験室の雨漏りが出る等、徐々にダメージが浮き彫りになってきています。

経過

3月11日(金曜) 14:46 本震

・直前に成果論文の掲載が決定した連絡を受けた。諸手続きもあり、遅い昼休みをとるため、所外に出た。本震直後は、交通も麻痺し、KEK に戻れたのは約 2 時間後となってしまった。この点は個人的に反省致しております。午後 5 時前に当該箇所の点検を実施し安全を確認した後、諸報告も兼ねて、加速器施設長に連絡を入れた。なお、既に非常灯も含め停電状態である。

3月14日(月曜)

- ・現場再確認
- ・軽量物の現場復旧
- ・共同研究打合せ： 酒井泉教授 (福井大学)

3月23日(水曜)

- ・現場再確認
- ・居室復電 → 問題無し

3月28日(水曜)

- ・現場再確認
- ・重量物の現場復旧
- ・PS・EP1 電源棟復電 → 問題無し

4月2日(金曜)

- ・現場再確認
- ・PS・EP1 電源棟、及び、M2 電源棟の天井を確認 → 問題無し

正式報告（平成23年3月28日提出分・抜粋）

高山様、関係皆様

M2、新M2の復電、被害に関する報告を、私の方の H23 年度利用計画と併せて送ります。

----- 要約 -----

予定通り、10:40過ぎに M2 復電しました。大きな問題はありません。数時間待機して様子をみます。外見上、問題ありそうなものは全て復旧させました。しかしながら、細かい点に関して多数見受けまますので、ご心配の方は手があきましたらご確認ください。当分 10 kW 以上の実験（一般電力を除く）は予定しておりません。当面、現時点での使用電力4kW弱（AVR2. 4kW;残りはパソコン他）+数kWになります。

=====

[A] M2 の復電： 一般電力問題無し。ユーザー側機器は徐々に確認しながら通電。ネットワークはOK。

[B] 被害報告と応急： いずれも軽微で、ほぼ震災前に復帰

- ・ 3 月期は、ATF火災の教訓もあり、実験機器はブレーカーからOFFの状態。
- ・ 外部：建屋に大きな損傷無し。
- ・ 室内：照明、空調、シャッターは良（点検後、停止）。

(a) 旧M2：

- (a. 1) 旧式AVR(1974年調達;不使用)が枕木から外れ傾く -> 枕木追加で平行保つ。
- (a. 2) ベビコン -> 復電後、自動復帰。問題無し。

(b) 中M2：制御ラック 1 台配置ずれる -> 元に戻す。

(c) 新M2：

- (c. 1) セプタム電源AB, C: 扉が開いたのみ。
- (c. 2) MICセプタム電磁石(中村)が枕木から 1 脚外れ傾く -> 修正し現状復帰。
- (c. 3) ユーザー側AVR3(100V/300A)：

数十cmずれる(旧規定により、アンカー固定はしてない)。

-> 配置修正。主電線は、目視確認で問題ない様子。出力配線群に若干ストレスかかった様子。

断線見受けず。通電 OK。様子を見ながら利用。

(c. 4) ユーザー側AVR2(200V/50A)：

一部、カバー部品欠損。応急処置済み。通電には支障なく、特に問題無し。

(c. 5) FXキッカー電源関係：外傷無し。順次通電時に確認しながら。

(c. *) その他、散乱物は、可能な限り現状復帰。

(*) 外部：建屋に大きな損傷無し

[C] H23年度計画

新M2 電源室は、下記の加速器基盤技術開発のための科研費研究継続・新規課題を予定。

継続： 科研費基盤C（代表:中村英滋，分担:薮上信教授[東北学院大]，高山正和准教授[秋田県立大]，酒井泉教授[福井大]）

立ち入り者は、中村英滋が常時。他、上記研究者及び関連研究機関の研究者と学生が年 1 回 2 ～ 3 日程度の短期で予定。

他、万が一、財団系助成が採択されれば随時追加。

※実験に関しては、当面大電力実験は実施しません。電力事情が回復したときに10kW前後の実験を実施する予定ではあります。

=====

以上です。中村英滋 KEK 加速器研究施設

震災後の当該電源棟の写真



左入口から。左手は変電設備。棚、空調。軽量物散乱。FXキッカー電源ラック数台ずれる。



セプタム電源の扉開く。



軽量物散乱。



軽量物散乱。ラックから未配線ケーブル垂れる。



試験材料破損。



シャッター付近は特になし。



不使用配線垂れる。



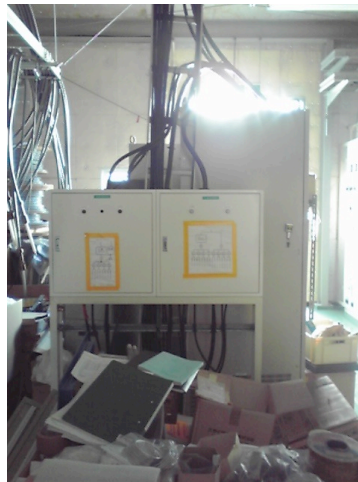
FXK 電源のずれ。



MIC セプタム電磁石が若干斜めになる。



空調機パネル外れ。



AVR3 が移動。背面ケーブルラックも引っ張られている。



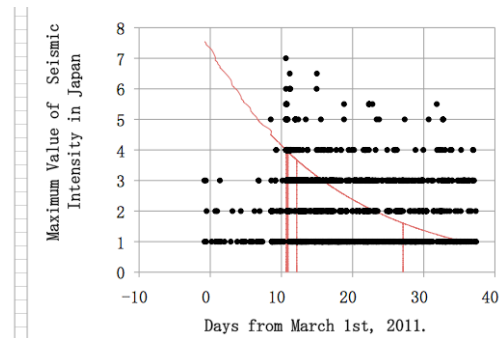
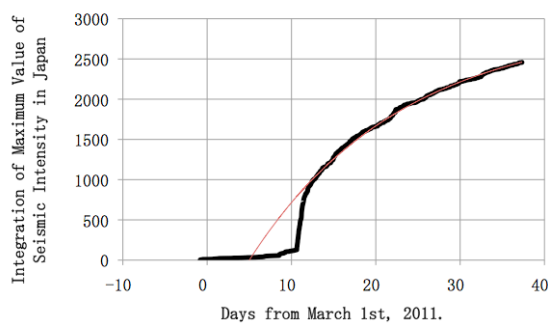
[Part A: 福島内陸震源以前]

参照 1 : KEK つくばキャンパスの他の影響 : 数十平米にわたって、土地が陥没。



参照 2 : 日本全土の最大震度積算データ

※ 徐々に増加量が減少していく傾向にある。



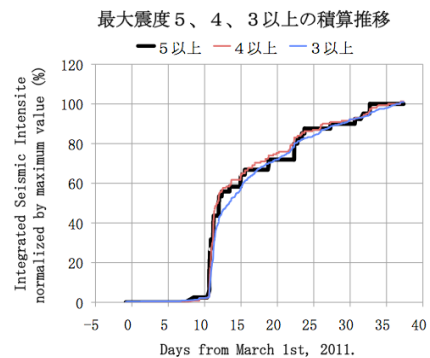
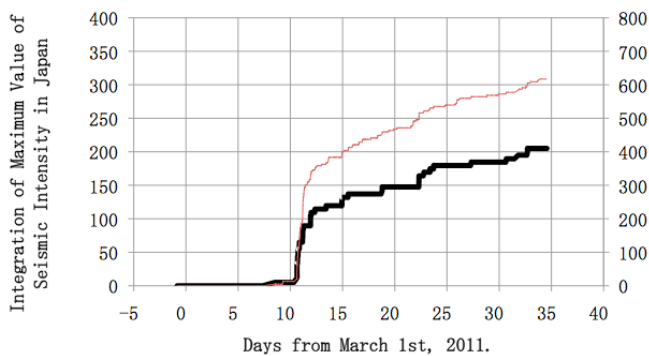
参照 3 : 日本全土の最大震度積算データ (震度 4 以上と 5 以上)

※ 参考 2 とは異なり、増加量は有為には減少していない。引き続き警戒が必要と感じる。

震度 5 以上 (2/3) 回/日程度、震度 4 以上は 2 回/日以上ペース。

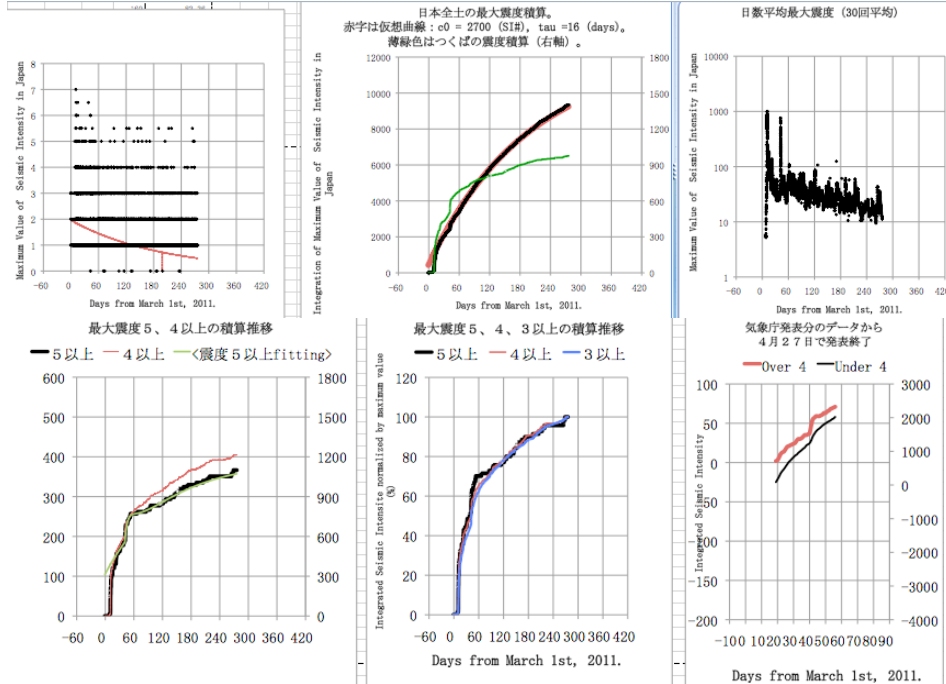
震度 3 以上の積算は徐々に減少しているので、震度 3 の地震はかなり減少している。

震度 5 以上と 4 以上の積算推移



[Part B: 福島内陸震源以降追加 (H23.06.15 現在)]

参考4: 4月22日朝までのデータ追加。参考2・3では落ち着く傾向にあった安心材料となったが、福島内陸震源の4月11日17:16の震度6弱をきっかけに急変している。まだまだ安心とはいかない様子。→ 4/11 福島内陸地震は別物のような感触。
→ 4/22: M9 時からは指数関数的減衰で自然な現象を示していたが、福島震源以降線形的に増加している。震度積算だけでなくマグニチュード積算も同様の傾向を示しており、要注意。
※サンプルの仕方に依存するため、あくまでめやすです。震度1以下の回数はかなり多いはずですが、無感扱いとなりますのでそれらは含みません。また、どこまで日本とするかにもよります。

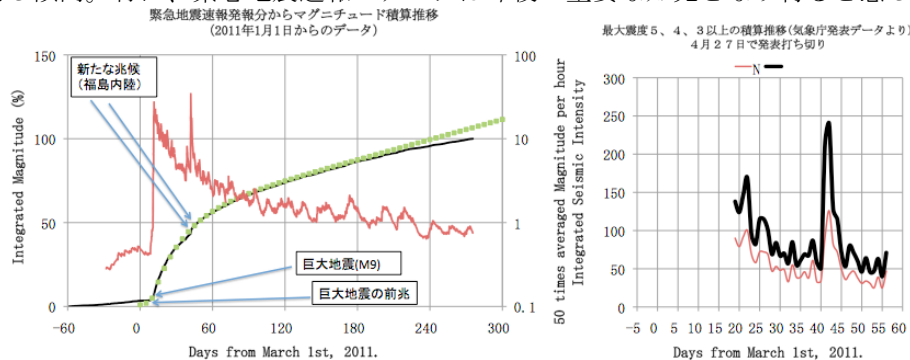


参考5: 報道 (4月14日)

いくつかの研究機関が、1ヶ月以内に M9 震源の東側で M8 クラスの規模の地震と、これによる 10m の津波が仙台に押し寄せる可能性が高いという見解を発表した。

→ 結果論としては、起こらなかった。下図のように地震規模はおさまりつつあるが、上図のようにその影響は大きくなっているため、引き続き警戒を要する。

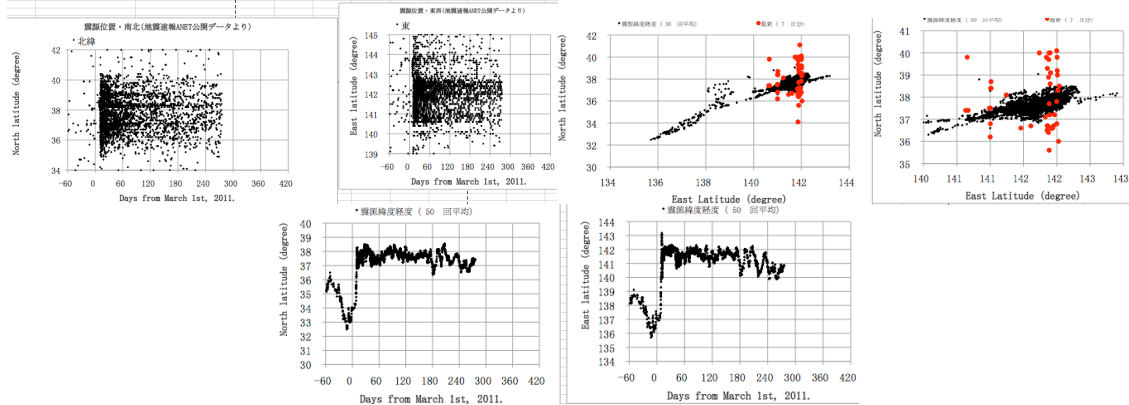
参考6: 緊急地震速報データからのマグニチュードと気象庁公開震度データの積算推移。上記とほぼ同じ傾向。特に、緊急地震速報のデータは今後の重要な知見となり得ると感じる。



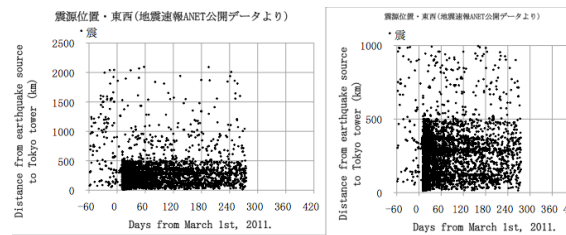
参考 7： 震源位置の推移と仮想影響指標 (M/r(3/4)) の推移

拡大図： 南北は徐々に南下しており、東西は徐々に分散・どちらかという西に。

→ 北緯 37 度、東経 140.8 度 (福島内陸)

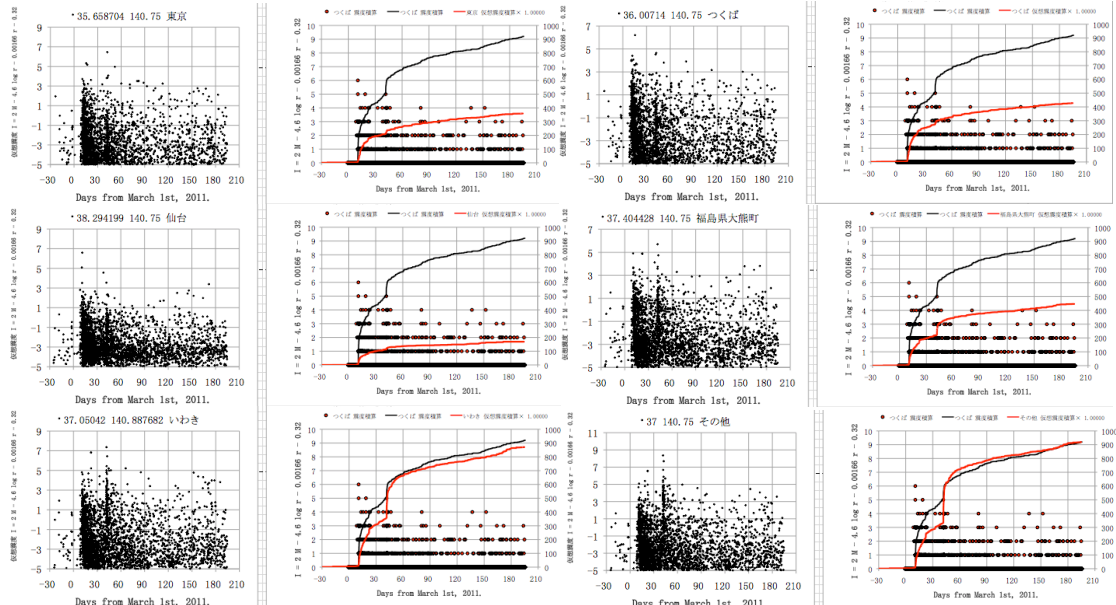


平均した経過履歴をみると、巨大地震前には、徐々に南西へ移り、北緯 33/東経 136.5 (津市の南 190 km、紀伊半島南端近辺の海洋) で 1 ヶ月ほど停滞している。

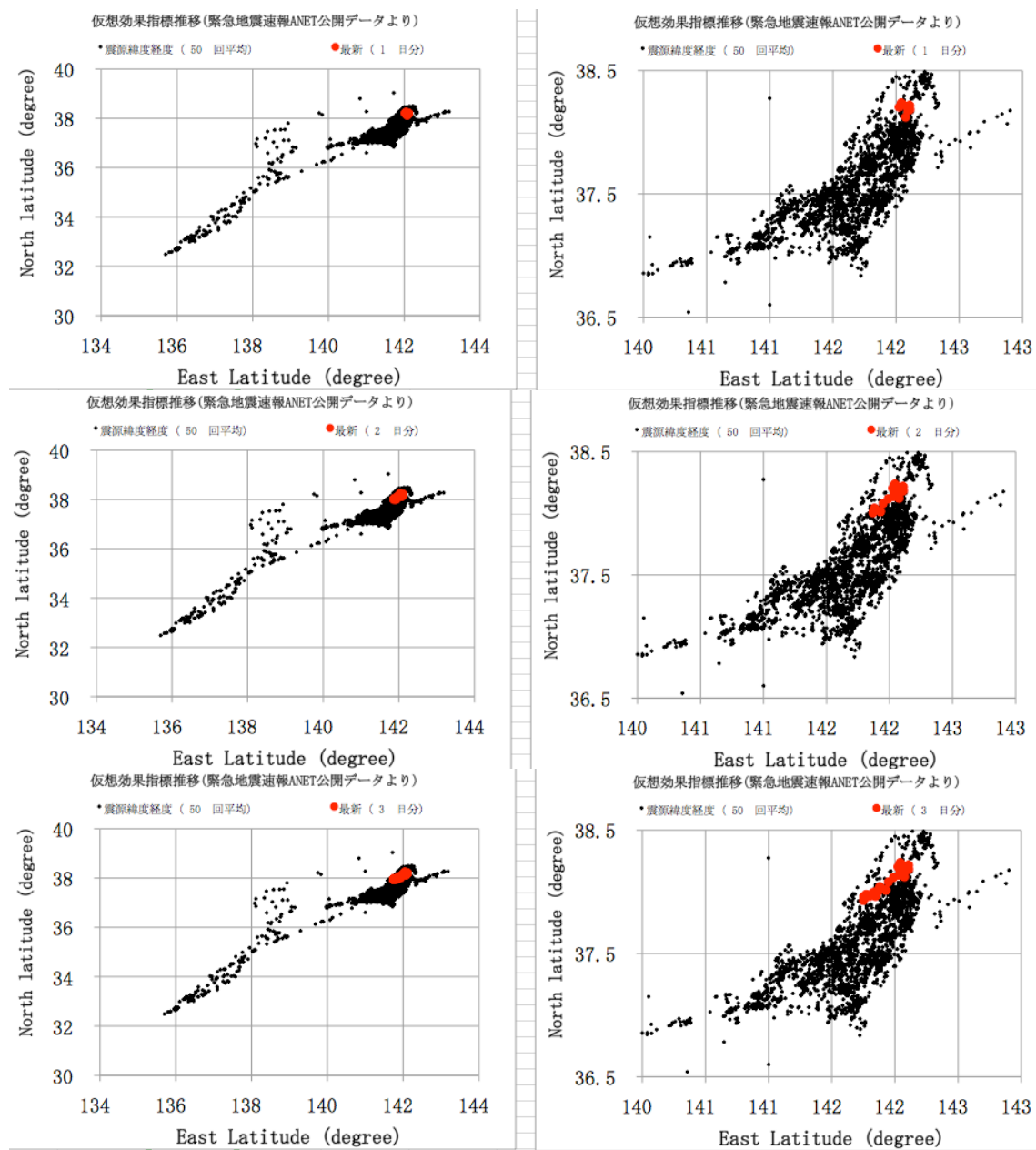


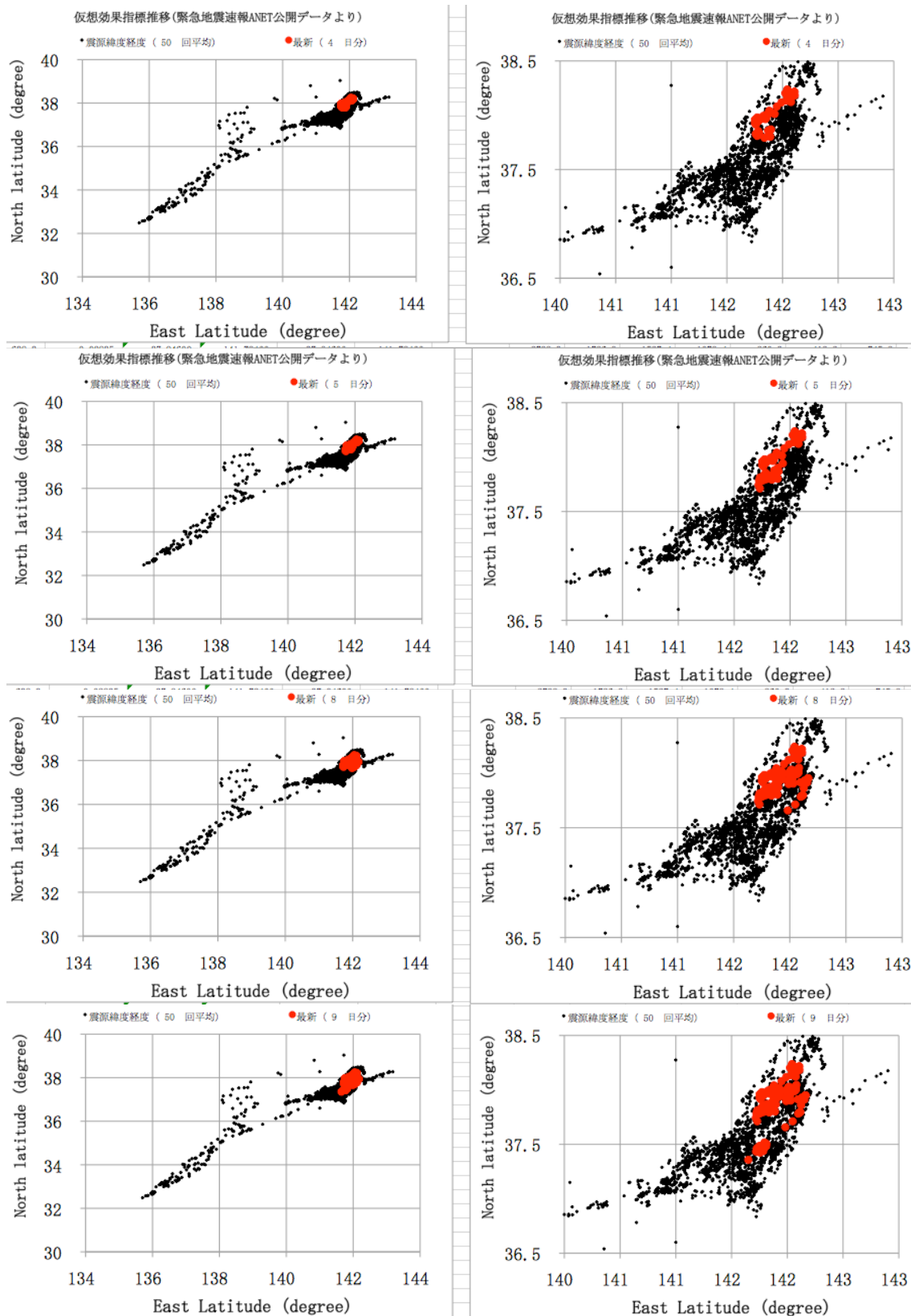
東京タワーからの震源迄の距離の推移: 100Km 近辺 (茨城沖) と 300Km 近辺 (宮城、三陸沖) が多い。

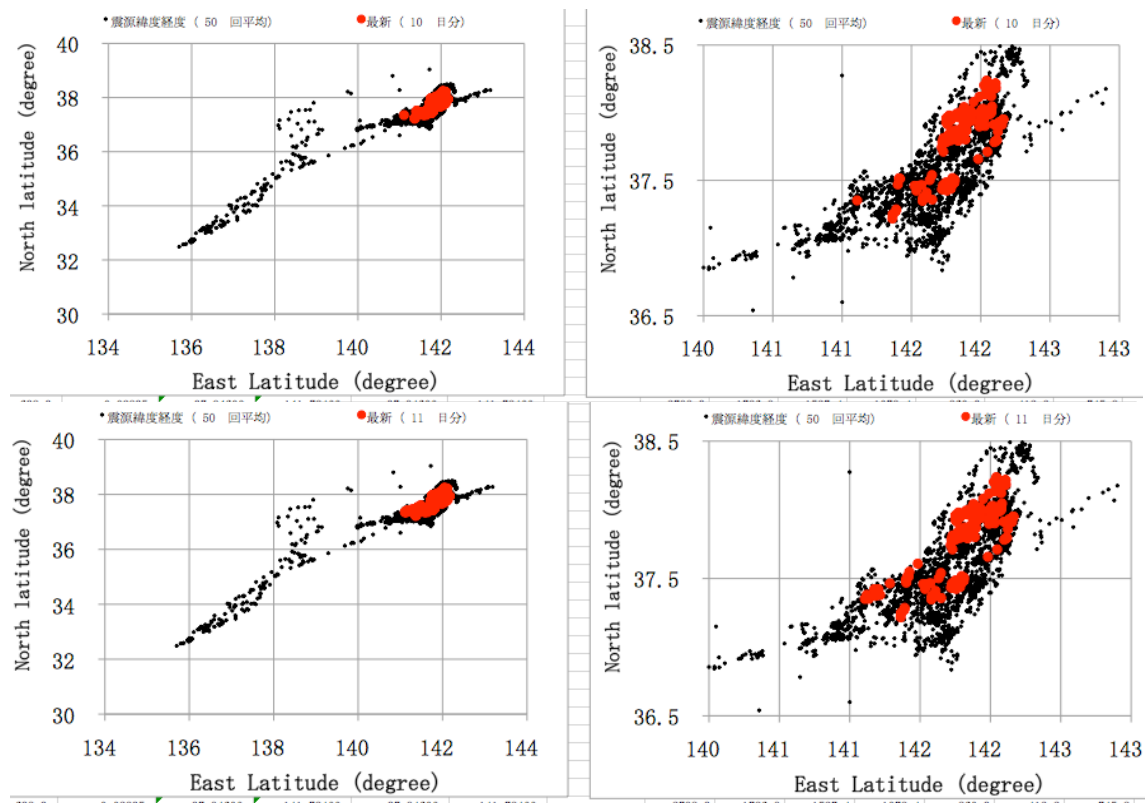
仮想影響指標： 福島内陸震源が起こったとき以外は徐々に減衰傾向にありそう。参考文献 1, p. 126 式 (5. 21) 引用に変更 (H23. 6. 15)。



震源位置 50 回平均の推移：5 月 2 0 日午前を基準







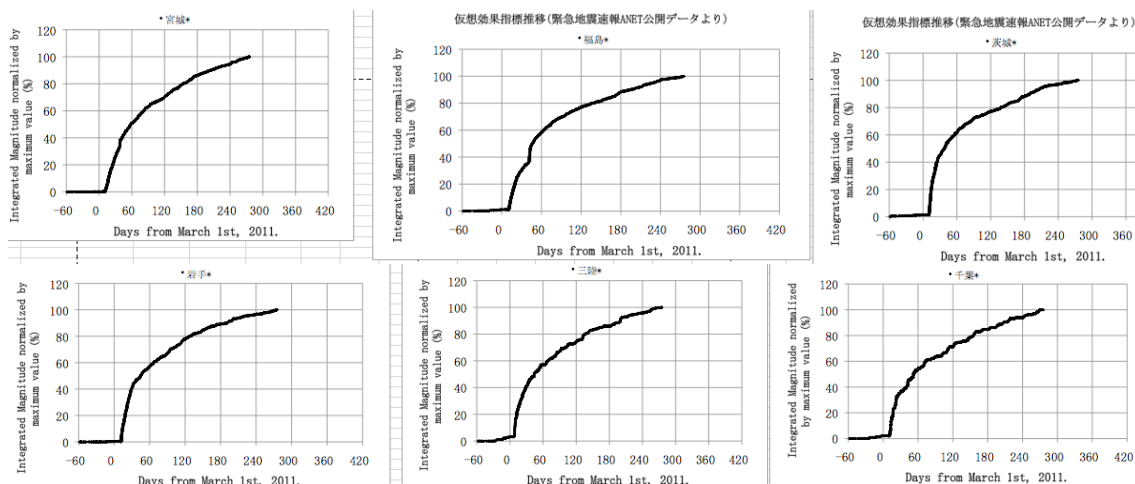
参考 8 : 仙台・多賀城、製油所壊滅時の遠方からの写真。火山噴火と間違えるほど。3/12。



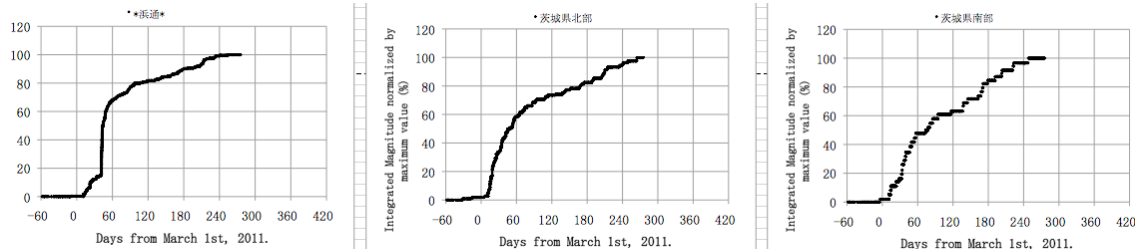
参考 9： 県・区域別の地震規模積算データ

| | 総数 | 3790 | 90.77 (%) | | 北緯 | 東経 | 深度 | Ms | 震源距離 | 日付 | 日数 (平成23年) | (%) |
|---------------|----------|------|-----------|--|-----------------------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|------------|--------------|
| | 東東北+茨城 | 3298 | 86.23 (%) | | 震源位置のデータ | | | | | | | |
| 東北・東 | 福島* | 1031 | 27.28 (%) | | Max | 46.2 | 149.7 | 560 | 8.1 | 2096.5 | | |
| 東北・東 | 宮城* | 801 | 21.13 (%) | | Min | 17.1 | 122.2 | 10 | 1.1 | 12.8 | | |
| 東北・東 | 茨城* | 541 | 14.35 (%) | | Ave | 37.48437 | 141.42268 | 24.117491 | 4.0986 | 296.0 | | |
| 東北・東 | 岩手* | 421 | 11.27 (%) | | 福島県沖 (大熊町役場から東方約40km) | | | | | | 15418.9 | |
| 東北・東 | 三陸* | 309 | 8.15 (%) | | | | | | | | | |
| 東北・東 | 千葉* | 153 | 4.04 (%) | | | 37.404428 | 141.0 | | | | | |
| 中継・内 | 長野* | 25 | 0.63 (%) | | | 0.079942 | 0.4 | | | | | |
| 東北・西 | 秋田* | 20 | 0.66 (%) | | | 8.8639707 | 38.8 | | | | | |
| 中継・西 | 新潟* | 18 | 0.47 (%) | | | | | | | | | |
| 東北・西 | 青森* | 20 | 0.53 (%) | | | | | | | | | |
| 関東 | 神奈川* | 4 | 0.11 (%) | | 北緯 | 東経 | 深度 | Ms | | | | |
| 関東 | 静岡* | 4 | 0.11 (%) | | 36.0 | >35.74 | <36.25 | 255 | 東京、つくば | 10 | 2419 | <3>0 86 |
| 関東 | 埼玉* | 4 | 0.16 (%) | | 36.5 | >36.24 | <36.75 | 367 | 水戸、日立 | 20 | 264 | <4>2,99 1921 |
| 関東 | 栃木* | 6 | 0.16 (%) | | 37.0 | >36.74 | <37.25 | 670 | いわき | 30 | 211 | <5>3,99 1178 |
| 関東 | 群馬* | 7 | 0.18 (%) | | 37.5 | >37.24 | <37.75 | 421 | 前橋 | 40 | 254 | <6>4,99 490 |
| 関東 | 群馬* | 3 | 0.08 (%) | | 38.0 | >37.74 | <38.25 | 335 | 福島、二本松 | 50 | 367 | <7>5,99 81 |
| 東北・西 | 山形* | 6 | 0.16 (%) | | 38.5 | >38.24 | <38.75 | 507 | 仙台 | >60 | 257 | <8>6,99 5 |
| 関東 | 東京* | 4 | 0.11 (%) | | 39.0 | >38.74 | <39.25 | 389 | 船橋市 | | | <9>7,99 1 |
| 関東 | 伊豆* | 3 | 0.08 (%) | | 39.5 | >39.24 | <39.75 | 198 | 横浜、横浜 | | | <10>8,99 0 |
| 関東 | 新潟* | 20 | 0.53 (%) | | 40.0 | >39.74 | <40.25 | 295 | | | | |
| 関東 | 大宮・さいたま* | 28 | 0.74 (%) | | total | | | 3437 | total | 3762 | total | 3762 |
| 関東 | 相模原* | 7 | 0.18 (%) | | 東経 | | | | | | | |
| 関東 | 横浜* | 3 | 0.08 (%) | | 160.0 | <160.25 | >159.74 | 70 | * | 143.5 | <143.75 | >143.24 155 |
| 東北・内 | *茨城* | 270 | 7.12 (%) | | 160.5 | <160.75 | >160.24 | 280 | * | 144.0 | <144.25 | >143.74 94 |
| 関東 | 茨城県北部 | 94 | 2.48 (%) | | 161.0 | <161.15 | >160.74 | 468 | * | 144.5 | <144.75 | >144.24 53 |
| 関東 | 茨城県南部 | 36 | 0.95 (%) | | 161.5 | <161.75 | >161.24 | 463 | | 145.0 | <145.25 | >144.74 36 |
| 関東 | 茨城県沖 | 41 | 10.92 (%) | | 162.0 | <162.25 | >161.74 | 733 | | 145.5 | <145.75 | >145.24 23 |
| | | | | | 162.5 | <162.75 | >162.24 | 861 | | 146.0 | <146.25 | >145.74 13 |
| | | | | | 163.0 | <163.25 | >162.74 | 149 | | 146.5 | <146.75 | >146.24 6 |
| | | | | | total | | | 2855 | total | | | 3383 |
| *：主要都市が含まれる場所 | | | | | 37.05042 | 141 | | | 37.0 | 140.75 | | その他 |
| | | | | | 35.9 | 141.6 | | | | | | いわき |
| | | | | | 35.658704 | 139.7 | 88.3 | | 1.0 | 東京タワー | | 東京 |
| | | | | | 36.00714 | 140.1 | | | 36.0 | つくば | | 霞ヶ浦 |

県別傾向： 宮城県沖が最も日数がかかる感触。他は落ち着く傾向に入りつつ有る。



代表的区域： 福島県浜通りは落ち着いたとみてよい感触。茨城県北部は時定数3ヶ月のレベル。茨城県南部はもともと少ないが、近日では稀に、2週間ほど起こっていない。
→ 若干ながら増えだしました。



参考 10： 死者・行方不明者

Victims identified until November 30th, 2011.

Pref. Dead (Missing)

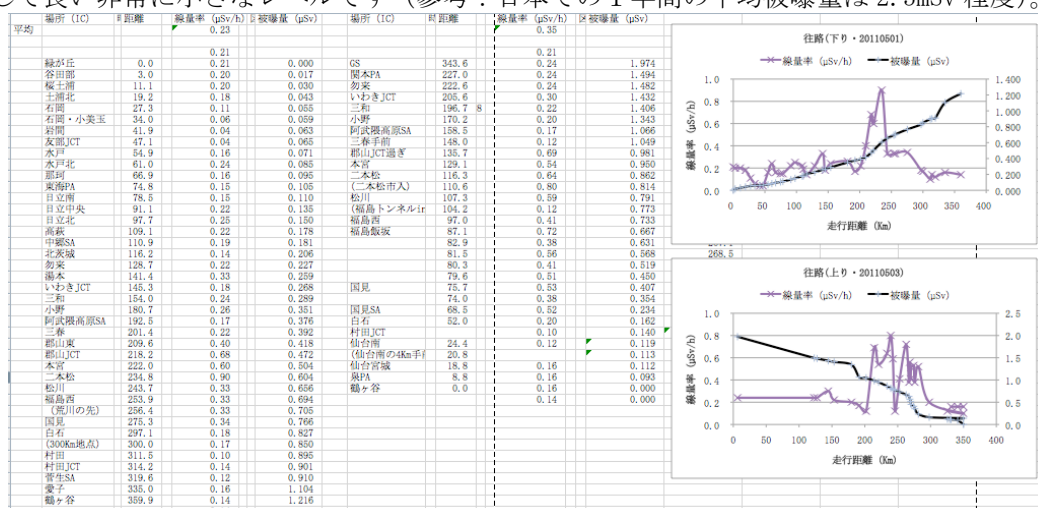
| | |
|-----------|----------------|
| Miyagi | 9,504 |
| Iwate | 4,665 |
| Fukushima | 1,605 |
| Ibaraki | 24 |
| Chiba | 20 |
| Tokyo | 7 |
| Kanagawa | 4 |
| Tochigi | 4 |
| Aomori | 3 |
| Yamagata | 2 |
| Hokkaido | 1 |
| Gunma | 1 |
| Total | 15,840 (3,607) |

参考 11： 東北道・磐越道・常磐道の様子（5月初旬）

※ 不具合箇所は、軽度の部分を除いて補修されていた。反面、全線にわたって、路面が上下にうねっていた。通常走行には問題ないと思いますが、通常より 10 km/h 以上はスピードを落とした方がよいかと感じました。

※ なお、簡易線量計で計測した往路・帰路の結果を示しておきます。走行しながらの車内での 1 分間程度の計測ですので精度はありませんが、報道にあったとおり、郡山・福島は高かったです。あまり報道されていなかった二本松が最大で通常平均の 6 倍程度でした。また、この近辺のトンネル内に入る（帰路の約 250Km 地点でのディップ）とすぐに通常平均値に戻っていたので、典型的なコンクリート遮蔽効果とみなせ、有為な値と考えてよいと思います。

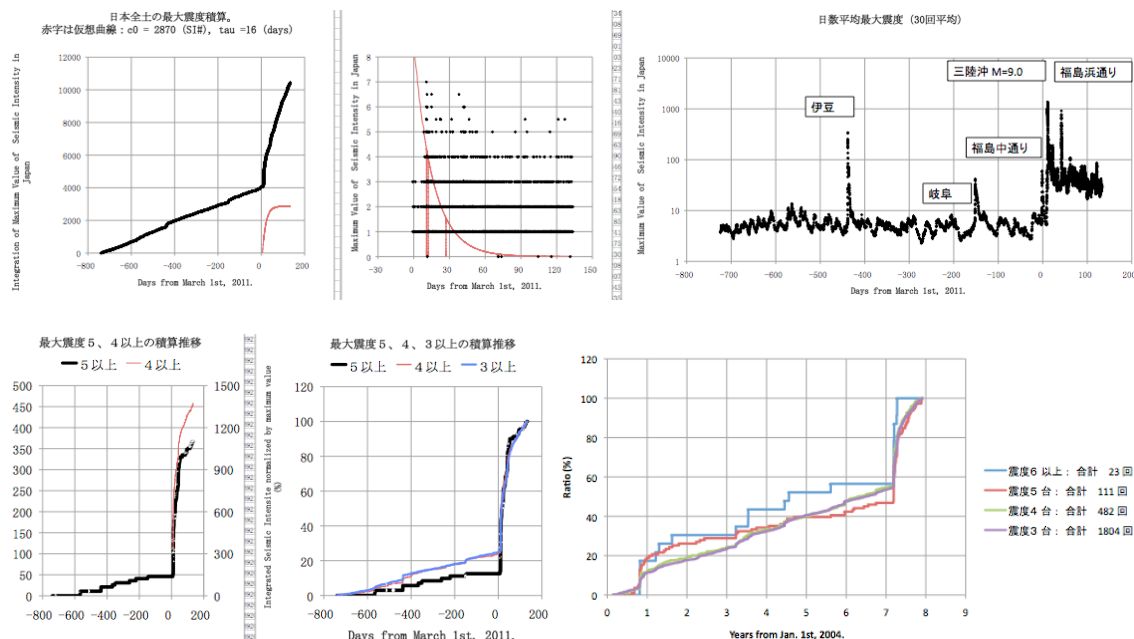
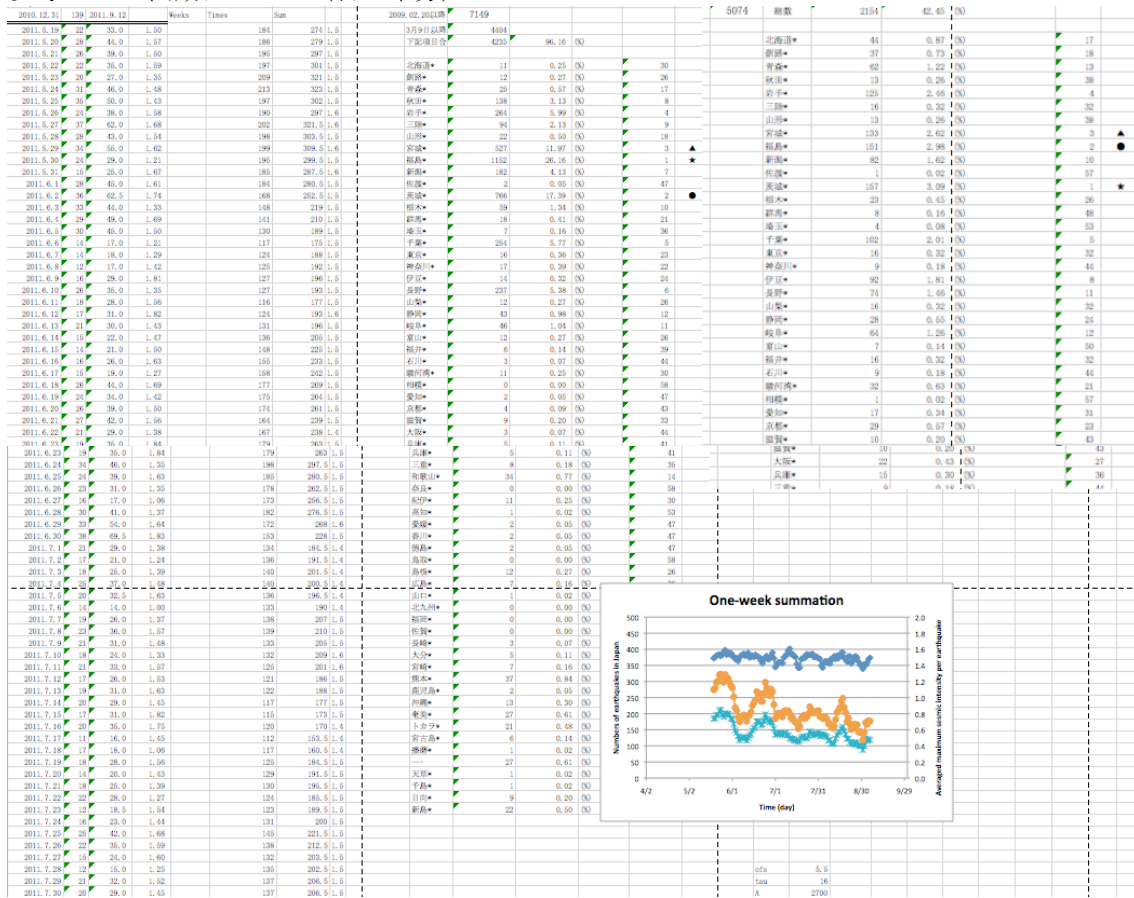
※ 往路は渋滞がさほどなかったため、総被曝量は 1μSv 程度で、ほぼ通常平均値でした。他方、帰路は、福島近辺での渋滞が響き、約 2 倍になっています。ただ、この値は、健康面では無視して良い非常に小さなレベルです（参考：日本での 1 年間の平均被曝量は 2.5mSv 程度）。



参考 12： 東北道・磐越道・常磐道の様子(8月12・13日)：あまり変わらず。つくば・いわき・田村 0.28, 郡山東 0.35, 郡山 JCT 0.84, 本宮 0.53, 二本松 0.74, 白石 0.3, 仙台 0.05, 弘前・大鰐 0.13

参考 13： 東北道・磐越道・常磐道の様子(9月22日)：あまり変わらず。つくば 0.2, 郡山東 0.5, 郡山 JCT 1.0, 二本松 0.6, 仙台 0.13, 弘前・大鰐 0.13

参考 14： 長期データ (約 2 年分)



※(H23.09.05) 集束予測：450 日 (H24.06 月) ※2004 年 1 月 1 日あたりからのデータ追加

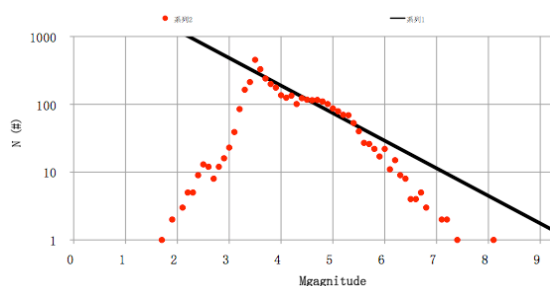
参考 15： つくばと仙台・多賀城の違い（平成 23 年 5 月 3 日時点）

地震の直接的被害は、大きな差はなく同レベルと感じました。震度 6 強～6 弱と震度 6 弱～5 強の差はある程度ありますが、35 年ほど前の宮城県沖地震のときの被害の方が大きい印象です。津波の影響を除いて、ライフラインの復旧は以前よりかなり早い印象でした。

ただ、津波の影響が非常に大きい事は報道されている以上に実感させられました。私個人はボランティアをできるほどの余裕がありませんで、仙台の実家・親戚まわりがてら見た多賀城の海近くの光景は大災害そのものでした。震災から 2 ヶ月近く経とうとしておりますが、車の横転・乗り上げは言うに及ばず、家に家が突き刺さっていたりしております。勿論、現地の方々やボランティアの方々のご尽力で、全体的な観点からは非常に進んでいると感じます。店舗が大ダメージを受けたコンビニも、店舗先に店を広げ、旗振りによる呼び込みをされている等、活気づけようというところがけが嬉しくもありました。

なお、GW も重なり、仙台から多賀城・塩竈・松島・石巻・気仙沼...へ向かう利府街道、R45 等が非常に混雑しておりました。また、参考 10 にも記載しましたが、高速道路は復旧が早く助かりましたが、全線にわたって、程度は小さいとの判断かと思いますが、上下に波打っている状態でした。運転される方々はご注意戴ければ、と感じます。仙台のガソリンの供給は復旧されているようで、価格も相場通りのようです。

震災ゴミの廃棄が必要で、公園や空き地を指定場所として積まれている状態です。管理されているところはすごいと感じました。他方、その廃棄のための車の待ち渋滞もあちこちに見受けました。また、現状ではひどいことを言うことになるのかもしれませんが、昔遊んだ場所場所がゴミの山となってしまった点、複雑な心境でもあります。



参考 16： 頻度比較(右上図)：参考文献 p.134 参照。

総数が十分とは言えないが巨大地震には要注意。

参考 17： 私事・被災状況（平成 23 年 6 月 21 日更新）

東北地方に親戚や共同研究者等多数居りますが、物的被害は多数ありましたが、皆無事でした。なんとか、避難せずに生活できているようです。

むしろ、私自身の方が難儀しているのかもしれませんが。怪我はありませんでしたが、自宅屋根瓦の修理がようやく完了したところです。これもあり、現在、罹災証明の手続きを執っているところです。減衰はしておりますが、放射線も未だ通常の数倍はあります。

ともあれ、前を向いていきましょう！ ※追記： 罹災証明を戴きました (H23. 6. 23)

参考 18： 地震予報と今後の明るい未来へ

このように改めて地震データと向き合ってみると、予兆はかなり明確にあったと言ってもよいかと思います。また、macroscopic な観点から、地震動力学的にも、非常に自然な傾向がみてとれました。3 月 11 日の本震前には、実に 39 回も連続して三陸沖の緊急地震速報が発令されておりました。これは異例でしょう。気象庁等が収集し発表している貴重な地震データを自然に解釈することで、いろいろな知見が得られると、改めて感じました。「地震予知」はあまりよくみられておりませんでした。このようにリアルタイムに近い形で様々な地震情報が得られる世の中になり、地震予知の根拠となる実際のデータが、昔では得られないほどの量得られております。関連された方々に深く御礼申し上げたく思っております。あとは、それを自然に解釈し即座に反映できるような社会的な仕組みを作り上げられれば非常に多くの助けになると強く感じました。

この分野の発展を期待したいです。

References： [1] 宇津徳治著、「地震学」、共立全書 216、ISBN4-320-00216-4 C3344