

企業の「事業継続・BCP」対策を考え直す

# 緊急地震速報

緊急地震速報 システム導入の手引き

の  
導入の  
進め

Ver 06

2017.07

一から始める  
地震に強い企業づくり。

緊急地震速報の情報のための情報資料集

気象庁 気象業務許可  
全国の任意の地点の演算・解析及び製造端末による個別地の予報の提供  
・予報センターから個別地点への予報の提供許可  
予報業務許可 (株Totallife) 気民第142号・許可第97号(地震動1号)



非売品



TOTAL LIFE  
SERVICE COMMUNITY

企画・開発・設計 (株)トータル・ライフサービスコミュニティー

本社 / 〒530-0001 大阪市北区梅田3丁目3番45号  
TEL: 06-6342-5110 ・ <http://www.totalife.co.jp>

2018.6.09 改定版 発行者 大西喜一

Totalife HPに掲載 非売品 誤字脱字ごめん。

ページ						
1	緊急地震速報の物理的解説	43	計測機器の検定基準	85	緊急地震速報の目的	128 地震計測と結果発表
2	Takusu-IDCの業務内容	44	地震波 押し引き並みの解説	86	地震の尺度	129 Shake Out ログが出来るまで
3	秒を争う情報と通信技術	45	震源地での断層運動	87	個別地点での計測	130 Japan Shake OUTについて
4	地震速報の「警報・予報」	46	行政と防塞	88	予報業務の定義	131 模擬訓練について
5	地震波の伝達と流れ	47	あの東北太平洋沖地震の 通報時間検証	89	専用端末の現状と未来	132 マニュアルについて
6	速報の配信システム中枢型	48	地震発生と対策	90	地盤のN値と揺れ	133 地震防災チェックシート
7	予報と警報の解説	49	被災度 判定	91	計測と結果発表条件	134 緊急地震速報対応フローチ7
8	音声ガイダンスの紹介	50	マグニチュード 地震の規模	92	地震速報の現状	135 加速度の大きさと震度 「気象庁」
9	緊急地震速報の仕組み I	51	マグニチュードと震度の違い	93	専用端末 響きの開発趣旨	136 無線端末の利用法
10	速報の配信方式 警報と予報	52	震度階と加速度の早見表	94	Galの解説	137
11	警報と予報 II	53	気圧と高度の関係	95	解説	138 端末装置のガイドライン
12	地震速報論理的解説 II	54	マグニチュードの解説	96	地震の各種単位	139 緊急地震速報の種類
13	各種地震動と振動の強さと指標	55	地震とトン度	97	地震の発生と余震	140 緊急地震速報の歴史
14	加速度とSI値	56	地震と基準時刻	98	緊急地震速報の配信方法の検討	141
15	予報の限界	57	セシウム原子時計の精度	99	緊急地震速報の配信プロセス	142
16	長周期時振動	58	自動ドアのバニックオープン	100	緊急地震速報の解説	143
17	予報と警報	59	商法設備と緊急地震速報の接続	101	専用端末の現状と未来通信プロトコール	144
18	地震の揺れ	60	地震速報の要点	102	絶対速度応答ベック	145
19	地震と地震動の解説	61	PLUM法の解説	103	長期時振動の階級	146
20	配信方式	62	新製品の開発趣旨	104	地震速報端末のボタン	147
21	端末受信装置のラインナップ	63	緊急地震速報の専用通信プロトコール	105		148
22	加速度と大災害の目安	64	リアルタイム地震計の操作「装置の操作方法」	106	被災ど判定システム	149
23	加速度 SI値	65	緊急地震速報の通信経路	107	システム解説	150
24	端末装置の配信経路	66	地震波の伝わり方	108	液化化現象のメカニック	151
25	配信方式	67	PLUM法の解説 II	109	地震の発生と余震	129
26	警報の解説	68	新リアルタイム地震計	110	被災判定の概要	130
27	予報の解説	69	緊急地震速報の訓練シナリオ	111	地震の波形	131
28	配信方法	70	地震波 引き波と押し波	112	理論的緊急地震速報の解説	132
29	オンサイト情報	71	震度階 加速度解説	113	地震の計測について	133
30	新震度推定の方法	72	地震波 P波とS波	114	P波とS波について	134
31	緊急地震速報と携帯電話	73	緊急地震速報の目的	115	緊急地震速報の結果発表条件	135
32	エリアメールの配信方法	74	SI 値 単位はカイン	116	ガル・カインの解説	136
33	携帯端末の利用方法	75	緊急地震速報の情報と計測 結果発表の条件	117	値用周期時振動の解説	137
34	地震波から震源距離を求める	76	揺れと振動	118	短周期地震動の解説	138
35	大森公式の 震源地計算	77	訓練の成果と目標	120	長周期地震動の階級	139
36	大森公式の解説 I	78	地震波の伝わり方	121	TCP/UDPシステム	140
37	大森公式の解説 II	79	緊急地震速報	122	リアルタイム地震計	141
38	大森公式の解説 III	80	長周期地震動	123	緊急地震速報の技術的改善策	142
39	理論的緊急地震速報の配信	81	気象業務法	124	PLUM法・IPF法	143
40	地震波の特徴を知ろう「揺れ方」	82	リアルタイム地震計	125	PLUM法・IPF法の解説	144
41	地震波形の見方	83	災害時連絡カード	126	PLUM法・IPF法解説	145
42	地震波形の見方 押し引き波	84	緊急地震速報の配信経路	127	PLUM法・IPF法の解説	146

## 緊急地震速報の歩み

### 緊急地震速報の開発の歴史とTotllifeのあゆみ

- 1995年1月に兵庫県南部地震(M7.3)発生。
- 1962年「ブループリント」計画(地震学会)で動きだす。
- 1978年には大規模地震対策特別措置法(注2)が施行される。
- 1990年代後半兵庫県南部地震などを契機に高感度地震観測網(Hi-net)の整備が決定。高感度の地震計が日本各地に設置され始める。この観測網から得られたデータにより研究が進み、通信技術が大きく発達したことでこれらを応用した速報的な地震情報の提供が検討され始める。
- ・2003年4月 文部科学省、気象庁、防災科学技術研究所にて、リアルタイム地震情報の伝達の実用的に行えるようにすることを目的としたリーディングプロジェクト「高度即時的地震情報伝達網実用化プロジェクト」を開始。平成19年度までに「リアルタイム地震情報(防災科学技術研究所)」と「ナウキャスト地震情報(気象庁)」を実用化に向けて統合し、地震情報を高速・高度化、迅速で正確な伝達手法の開発を目指すもの。
- ・2003年4月31日高度即時的地震情報伝達網実用化プロジェクトに参加西日本担当する。
- ・2004年2月 気象庁の「ナウキャスト地震情報」と防災科学技術研究所の「リアルタイム地震情報」を統合、「緊急地震速報」へと改編。
- ・2004年 2月25日行政機関、交通、報道、通信などで希望する機関に対し緊急地震速報の試験運用を開始。対象は九州東岸から関東までの地域。
- ・2004年 4月「ナウキャスト地震情報」と「リアルタイム」。
- ・2011年 8月 1日同年3月11日の東北地方太平洋沖地震後に誤報が多発したことを受けて、同時に発生した地震を区別し、弱い地震を計算から除外する、修正プログラムの運用を開始
- ・2011年 4月16日気象庁は、「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」が発表された。
- ・2011年 3月31日予報業務の許可等に関する審査基準、標準処理手順及び処分基準」の改正がなされました。
- ・2011年 3月16日Totallife社が出願中の「地震通報とシステム」の特許が承認されました。
- ・2012年 8月10日ネットワーク対応の地震計の販売開始される。
- ・2013年 3月28日気象庁の長周期地震動に関する観測情報(試行)開始参加
- 2013年 5月16日UCLAバークレー校Richard Allen 教授 来訪「UCLAとはUniversity of California, Los Angeles」
- ・2013年 1月16日日本生命(株)全国の不動産物件に被災判定システムq-NAVI採用決定
- ・2014年 3月16日東京都 被災 判定制度条例
- ・2016年 4月15日熊本地震発生
- ・2018年 3月22日気象庁 地震予知の終息
- ・2018年 3月22日気象庁緊急地震速報PLUM法運用開始

### 緊急地震速報の 法的な位置付け

気象業務法の2007年12月1日改正、施行で緊急地震速報は地震動の予報・警報に位置づけられ、他の予報・警報と同じく気象庁に義務づけられている。(第十三条)

気象庁の発表は、名称「緊急地震速報」を警報に用い、区別には「緊急地震速報(警報)」 「緊急地震速報(予報)」を用いている。地震動警報・予報の区分(気象庁資料による。)地震動警報: 推定最大震度5弱以上で発表。強い揺れが予想される地域に対し、地震動により重大な災害が起こるおそれのある旨を警告。地震動予報: 推定最大震度3以上または推定マグニチュード3.5以上で発表。

「一般向け」緊急地震速報は地震動警報に該当し、また、「高度利用者向け」でも「一般向け」の基準を満たすものが生じると、その一連の統報を含めて警報扱いである。気象庁以外の者は、原則として地震動警報を発表できず(同法第二十三条)、

また地震動予報の業務を行うには気象庁長官の許可が必要である(第十七条)。

気象庁は、許可事業者の地震動「予報」発表にあたっては、気象庁による「警報」との区別を利用者に周知すべきだとしている。なお、「警報」については、気象庁は「政令の定めるところにより、直ちにその警報事項を警察庁、国土交通省、海上保安庁、都道府県、東日本電信電話株式会社、西日本電信電話株式会社又は日本放送協会の機関に通知しなければならない」(第十五条)と規定されている。

(第十七条)の予報業務の許可を受けた者は、当該予報業務の目的及び範囲に係る気象庁の警報事項を当該予報業務の利用者に迅速に伝達するように努めなければならないと定められている。

## 気象庁・ガイドラインに基づく Takusu 緊急地震速報配信及び受信専用端末の機能と能力の説明

気象庁では、「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」が平成23年4月22日公表されました。気象庁は、受信端末の利用者が本来の利用目的に即して緊急地震速報を適切に利用できるよう、受信端末や配信方法を選択する際や、緊急地震速報を利用する際の参考となる事項について、「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」として取りまとめられました。

受信端末の利用のご検討いただく中におかれましては、受信端末及び配信方法の選択や受信端末の設定、緊急地震速報を利用する際には、本ガイドラインを参考にさせていただきようお願いします。また、予報業務許可事業者や配信事業者におかれましては、本ガイドラインに沿って、受信端末をこれから導入される方や利用されている方に対し、受信端末の機能や配信能力について公開し、説明されますようお願いいたします。「以上が気象庁の報道発表内容」  
[http://www.jma.go.jp/jma/press/1104/22c/eew\\_guideline.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1104/22c/eew_guideline.html)

よって弊社では下記の製品説明システム等の公開を行います。気象庁・「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」によるTakusu製品の製品説明公開事項について。今まで、緊急地震速報の受信端末の機能や、端末まで緊急地震速報を配信する能力、利用方法について示したものはなく、機能的に不十分な受信端末を高度な条件設定が必要な制御に用いるなど、適切とは言えない利用状況が散見されていました。

このため気象庁では、受信端末の利用者が本来の利用目的に即して緊急地震速報を利用する際の参考となる事項について検討され、今般、標記のガイドラインとして取りまとめられました。受信端末の利用者におかれましては、受信端末及び配信方法の選択や受信端末の設定、緊急地震速報を利用する際にはガイドラインを参考としていただくようお願いいたします。そこで、弊社「予報業務許可事業者」において、ガイドラインに沿って、受信端末をこれから導入される方や利用されている方に対しTakusu受信端末の機能や配信能力について公開し説明義務をガイドラインで指示されています、よつて下記の通りTakusu 製品の説明及び公開しています。参照下さい  
<http://www.takusu.co.jp>

### 「報告事項」 緊急地震速報のガイドライン制定の経過

市場で販売されている緊急地震速報の受信端末の機能や端末まで緊急地震速報を配信する能力、利用方法についての基準等を示したものはなく、機能的に不十分な受信端末を高度な条件設定が必要な制御に用いるなど、適切とは言えない利用状況が散見されていました。

このため、気象庁では、受信端末の利用者が本来の利用目的に即して緊急地震速報を利用する際の参考となる事項について検討され、今般、標記のガイドラインとして取りまとめられました。受信端末の利用者におかれましては、受信端末及び配信方法の選択や受信端末の設定、緊急地震速報を利用する際にはガイドラインを参考としていただくようお願いいたします。そこで、弊社「予報業務許可事業者」において、ガイドラインに沿った受信端末をこれから導入される方や利用されている方に対しTakusu受信端末の機能や配信能力について公開し説明する義務をガイドラインで指示されています、よつて下記にTakusu製品ガイドライン47項目準拠状況を説明を公開しております。

### ガイドラインの主要事項の一部抜粋

気象庁・緊急地震速報専用端末製品・配信等のガイドラインの一部抜粋、「今回発表のガイドラインの直接配信・端末受信等に関する主要部分の抜粋。」○端末毎に個別配信可能なこと○端末毎に利用者の求めに応じ訓練報やテスト報を発信可能なこと○配信履歴を保存・管理していること○端末利用者への利用方法に関する助言●気象庁が緊急地震速報(予報/業)を発表してから端末に届くまでに要する時間のトータル1秒未満であること(理論値)○セキュリティ対策(なりすまし防止等)がされていること●緊急地震速報(予報/業)の精度情報による動作●100ガル越え緊急地震速報を受信した場合の動作●ある地震の緊急地震速報(予報/業)を受信した後、続けて別の地震の緊急地震速報(予報/業)を受信した場合の動作●深発地震についての緊急地震速報(予報/業)を受信した場合の動作●キャンセル報を受信した場合の動作●訓練報を受信した場合の動作○予報履歴を保存し、利用者が参照可能なこと「2年間対応済」●気象庁から発表される緊急地震速報(予報)のシステム変更等が容易に対応可能であること●不正な緊急地震速報(予報/業)を受信した場合は動作しないこと○動作履歴を保存すること●自己診断機能を有すること「自然体で特別な操作なくして可能済」

## 人々が求める生活情報

日本発「高度即時的地震情報伝達網」実用化プロジェクト参加から15周年  
緊急地震速報運用開始から10周年記念にあたり。

28年前のあの震災の朝を思い出し、あの時は、うとうとしながら寝ていました。  
(震度4)40km地点で体験。

その時  
「ミシミシ… ビリビリビリ…」 「ガタガタ…ガタガタガタ…」  
部屋の蛍光灯の紐が揺れています。それに気づいた瞬間…

「ユサユサユサユサ…」  
机の上の昨夜の飲み残しのコーヒーはこぼれてしまいました。この一連の現象。

「ミシミシ ビリビリビリ…」 「ガタガタ…ガタガタガタ…」 「ユサユサユサユサ…」  
この現象が地震です。

地震国の国民でありながら本当の大きな地震現象を体験し今なお、覚えている人は何人いるだろうか、そんなに多くはない。」特定の地域の人々だけが覚えている現象ではないか。災害は、忘れたところにやって来ると言い伝えられているその備えのための知恵集。

### ここがポイント

地震速報、地震の「予知」は長年世界の地震学者の研究においても残念ながら予知の情報は提供できない、今尚、なまずを飼って監視している人もいます。何時どこで発生するかもわからない、緊急地震速報は国が認め法律として発表しているのです「気象庁の緊急地震速報」地震国の地震防災情報です。その情報も個別の情報となると緊急地震速報(予報)「高度利用者向け」だけです。信用するかしないかは別として「緊急地震速報」は国の唯一の防災情報である。

今回の地震で、東北新幹線は地震の揺れをいち早く検知するシステムが作動し、最初の揺れの9秒前、最も大きい揺れが起きる1分10秒前に変電所から列車への送電を自動的に停止し、主要動(S波)が沿線に到着するまでに列車の速度を低下させていたことが分かりました。新幹線は平成20年11月より東海道新幹線早期地震警報システム(テラス)と気象庁からの緊急地震速報(高度利用者向け「予報」)と連動させ、全ての列車で緊急停止がかり速やかに減速が行われています。新幹線も皆さまにTakusuの提供している情報も同じ情報です。JR東日本では、この効果もあって新幹線が脱線を免れたとみて、データの詳しい解析を進められています。



昨今、地震などの自然災害や不正アクセスなどのセキュリティインシデントのような、組織運営を脅かす脅威が顕在化した場合のリスクマネジメントとして、BCPおよびBCMの重要性は急速に高まっています。万が一業務が中断した場合でも、目標時間内に重要業務を迅速に再開させることのできる柔軟な対応力が、企業や自治体の社会的責任として求められています。

**東南海地震など大地震の発生が危惧されるなか**、内閣府等のBCP関連ガイドラインでも企業経営におけるBCPの重要性が指摘されているほか、業界における監督官庁からの指導、サプライチェーンにおける取引先からの要求等のかたちで、BCPの導入が強く求められています。そのような状況において、BCPの取り組みの第一歩として、自社の核となるBCP(事業継続計画)を短期間で効率的に策定し、PDCAサイクルに則った継続的な取り組みにつなげることで、持続的な事業継続力向上の実現をねらっています。

今日、わが国をとりまく危機は、地震や台風などの自然災害だけではなく、石油化学コンビナートや原子力発電所などの重大事故、学校への不審者侵入殺傷やテロによる破壊行為などの重大事件、リスクの高い感染症や有毒物質の漏洩などの健康危機といったように、いろいろな危機が発生し、また発生するおそれがあります。弊社には、マニュアルをはじめ、社内規則が作成されています緊急マニュアルもあります。しかし、それだけでは危機への対策には不十分です。いざ危機が発生したときに、社員の参集は？避難所の運営は？負傷者の救出は？など、企業がどのように対応するかが問題となります。

そこで、この機会に毎年実施している**火災訓練を防災訓練**とした位置づけにし、「**地震発生による火災**」を基本的考えに社内・工場内の危機管理を見直す機会にしていだければと思います。

**チャレンジプランの目的・内容**

「工場・各家庭・職場のための災害対策・防災教育のハンドブック」の作成の進め。

企業の継続のために自然災害から従業員の命を地震災害から守るためには、工場・事務所の施設の脆弱性評価と現場における正確な災害像の認知が不可欠である。この実現のために、各職場で実施可能な自己診断プログラム「地震防災チェックシート」を完成させ、脆弱性と判断された防災施策や教育について、改善策や事例をまとめた「地震防災対策・教育ハンドブック」を作成することを目的としている。

**1、地震から家庭・企業を守る施設づくりのために**

- ～工場の耐震化と設備の安全点検～
- 1、建物の倒壊から家庭・企業を守る耐震化
- 2、設備や備品の落下・飛散を防ぐ

**2、家族・従業員を確実に守り、企業の継続に支障をきたさない**

- ～社員研修から始められる実効性のある防災対策マニュアルづくり～
- 1、地震から家族・企業を守るための社員研修の重要性
- 2、シミュレーションで変える防災意識とマニュアル

**3、自分の身を守ることから、企業の地震災害から守る環境を作るために**

- ～家族・企業内のトップと一緒に取組む防災教育プログラム～
- 1、現場と事務所の防災意識の統一
- 2、経営者と一緒に防災を考える機会をつくる

**4、もしもの時の応急処置**

- 1、止血法
- 2、心肺蘇生法
- 3、園から家庭への案内



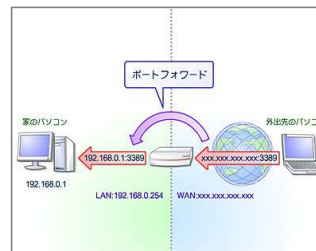
**Takusu-S 緊急地震受信端末の接続方法**

- 1、電源 ACアダプターを電源に差し込む
- 2、アダプターのコネクタをTakusu-Sの電源DCジャックに差し込む正面の電源LED青が点灯する。
- 3、現在使用中のインターネット回線ルーターのLAN端子にLANケーブルを接続する。
- 4、LANケーブルの片側をTakusu-SのLANコネクタに差し込む。以上で接続は完了です。

つなげるだけで使用するには、ルーターの機能が下記の設定がされていることが条件となります。

- ① 設置されているルーターがUPnP対応製品であること。(UPnP対応製品に限る)
- ② ルーターの設定がUPnP対応がONになっていること。
- ③ ルーターの設定を手動で行う、「ポートフォワード設定」
- ④ Takusu社からルーター設定済みのルーターを準備する方法「回線・プロバイダーのID必要」(有料で技術者派遣紹介有料で可能)

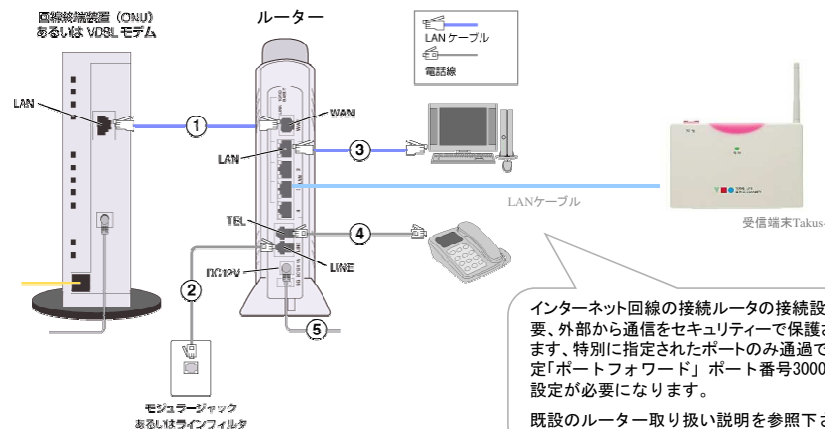
確認は、パソコンを接続して確認しないとわからない、パソコンの知識のある人に見てもらってください。産業界で初、UDP対応されたのがTakusu-V (当時つなぐだけの実現・製品)



**通信のセキュリティ**

ルータによっては、「ポートフォワード」ではなく、「ポートマッピング」、「アドレス変換」などと機能の呼び方が異なる場合もありますが、基本的な設定方法に大きな違いはありません。ルータの設定画面を開き、転送元のポート番号、転送先のPCのIPアドレスを設定するという手順です。

試しに、リモートデスクトップで外出先から自宅のPCに接続する場合を見てみましょう。リモートデスクトップが利用するポートは「30005」です。LAN側のPCのIPアドレスが「192.168.0.1」であると仮定すると、このポートに対する通信があった場合にポートフォワードで「192.168.0.1」に転送すれば良いことになります。同じようにセンターからTakusu-Sに配信する場合ポートUDP 30005が開放されていれば通信可能になります。



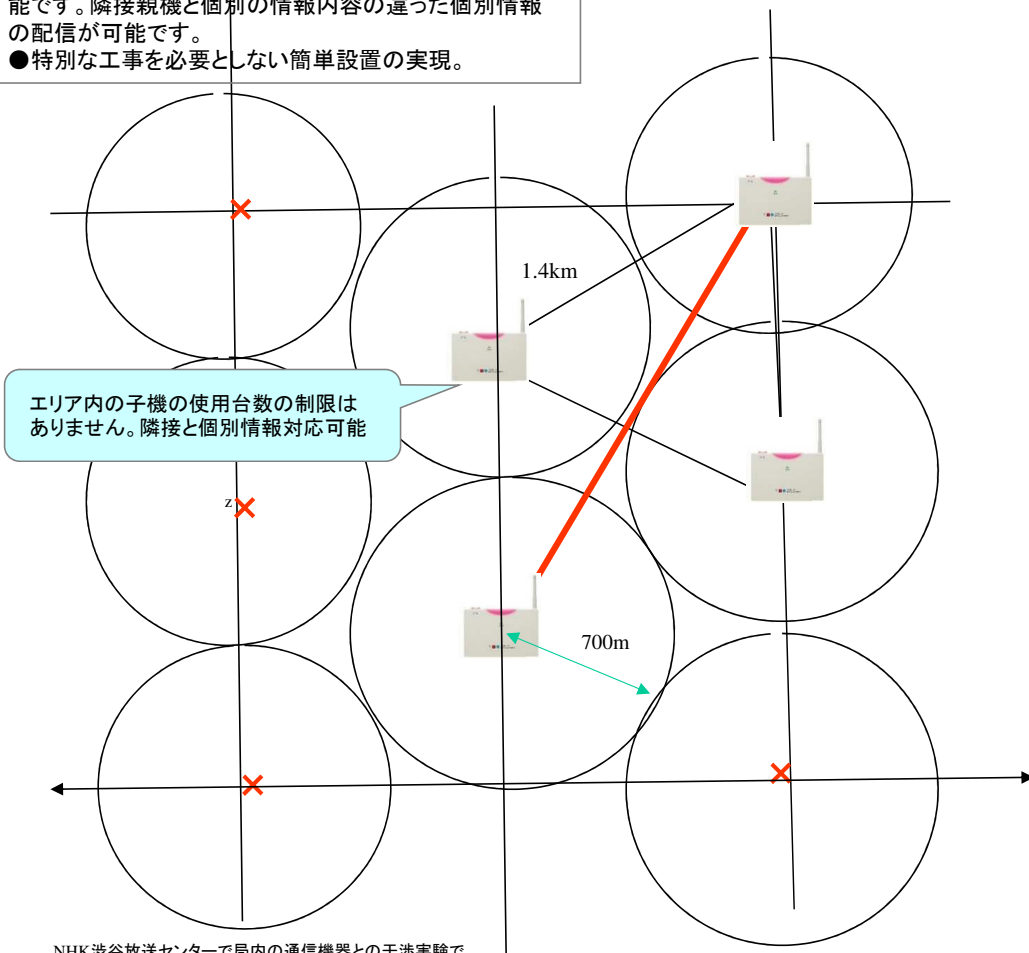
インターネット回線の接続ルータの接続設定が必要、外部から通信をセキュリティで保護されています、特別に指定されたポートのみ通過できる設定「ポートフォワード」ポート番号30005の許可設定が必要になります。  
既設のルーター取り扱い説明を参照下さい。UPnP対応は業界、この分野初の採用となります。

弊社の社の技術で今なし得る、無線通信技術「放送ではありません。」

1台で半径700mの実績を利用した。個別エリアー情報配信システム。

- 町内・地域に個別の情報配信が可能現行総務許可範囲で最低1.4kを基準に個別情報配信が可能。
- 町内・地域に生活情報防災、地域情報の配信が可能になりました。
- 親機の範囲内において台数制限なく子機の使用が可能です。隣接親機と個別の情報内容の違った個別情報の配信が可能です。
- 特別な工事を必要としない簡単設置の実現。

総務省技術技術基準認証  
種類 特定小電力セキュリティ無線  
無線規格 RCR STD-30準拠



エリア内の子機の使用台数の制限はありません。隣接と個別情報対応可能

NHK渋谷放送センターで局内の通信機器との干渉実験で各種通信機器との干渉無く運用できる確認済み。

約4K範囲のサービス

緊急地震速報の物理的解説  
緊急地震速報の震度決定の方法と論理的緊急地震速報の解説

緊急地震報

緊急地震報地震発生後、震源付近の観測点のデータを元にできる限り早く震源やマグニチュードを確定してユーザーに提供する情報です。震源やマグニチュードの確定制度が良くなるたびにそれを、更新するものです。「現在、第1報～10報程度更新して配信されています。」その結果、震源と観測点の位置関係によって対象となる地域にS波(主要動)が到達する前に、場合によってP波が到達する前に情報を配信することが出来る。

我々が地震の発生を知るために、震源に最も近い観測点にP波が届く必要がある。この届いたP波を観測点で処理することが、現在の技術で最も早く大地震の発生を知る手法である。個々の観測点において地震波形を処理し、観測点から震央までの距離や最大振幅値などを算出することを「単独観測点処理」と呼ぶ。この結果、処理中枢(気象庁本庁)に直ちに送出される。処理中枢において、単独観測点処理の結果が1～2地点集約されるテリトリー法、3～5地点集約されるクリットサーチ法と呼ばれる手法によって震源とマグニチュードから各地の震度や地震波の到達時間が計算され、緊急地震報の発表条件、また再更新条件を満たした場合に緊急地震報として配信されている。

配信の条件等、気象業務法の「警報」「予報」の配信基準によることが定められています。そこで、弊社の場合緊急地震報として予報業務範囲の配信と地震報伝達義務として「警報」の配信を行っています。その区別緊急地震報1報～2報の情報による通報、警報を含む10報の気象庁基準による地震報としている。気象業務法による警報の伝達義務と予報情報提供を区分している。「警報」に地震波の特質からスピードに限界があるために間に合わなかったり、誤報も含む場合もある。その関係からお客様に通報義務として気象庁の中継配信を行っています。「予報」について、独自の「気象庁告示の第2号エ(2)を満たす計算の方法」を採用し物件単位に気象庁許可を受けその方法を採用しています。別に、システムで紹介している関係のサーバー予報型方式の利便性、独自の配信システムにより高度な遅延なき大規模配信を可能にしています。

それが気象庁・緊急地震報「緊急地震報と法律用語一般に使われすぎ頭に気象庁としました。」  
緊急地震報を正確に迅に配信するため地震波のポイント、地震波の伝播状況と特性、

地震発生時に、地震かな? と感じ始める地震波、小刻みに物を揺らします。木造家屋の障子や硝子戸などがガタガタと音を立て揺れます。そこで地震だと一般に知りえる。この地震波が「P波(Primarywave)」で縦波“です。縦波と言う地震の進行方向に振動する波です。

仮に震源が北の方向の場合、P波、南北方向に揺れながら南の方向に伝わります。それからしばらくすると、自分の身が揺らされている感じを受けます。これがS波(Secondarywave)の到来です。この波が進行方向に直角に振動する横波“です。震源が北の場合東西方向に震源が真下にあれば水平方向に振動して伝わります。また、しばらくして、建物全体がゆさゆさと大きく揺れだします。大きな地震だと驚き始めます。この大きな揺れをもたらすものが「表面波」と言います。P波とS波が伝わる時に反射屈折をおこすために特別な波を生じますが、地表に出る時にそのエネルギーを開放するために大きな揺れになります。成因为P波や波の伝播上の反射屈折ですから震源から近い所で伝播距離が短いために大きな表面波起きません。以上が地震の発生と伝播状況です、関西の人阪神淡路の震災から20年忘れておられると思いますが思い出して参考にして下さい。



## Takusu-IDCの業務内容

### 緊急地震速報

気象庁から配信される「緊急地震速報」が平成19年10月1日から一般に向けて国の地震情報として配信が開始されました。

しかし、その後は緊急地震速報についての認知度は高まってきてはいますが、「企業などの施設でのシステムとしての利活用」となると、まったくといえよい程行われていない状態です。その理由の多くは、緊急地震速報の本当の価値や導入方法、必要性を十分に理解していない。

地震の発生において大きな揺れの来る前に教えてくれる、近代科学の結集による世界に誇れる最高の減災システムである。そのシステムの導入方法や使い方のノウハウを少しでも理解していただくことを目的に小冊を作成してみました。

### 情報と行動

危機管理と騒ぎたて設備投資を行い、緊急地震速報等の設備を設置してもその設備を理解し利用しないと意味がない。

緊急地震速報は、間に合う、合わない騒がれているが、本来の目的は、地震の大きな揺れがくる数秒前に揺れが来る事を教えてくれる情報です。それを利用して如何に行動するかは、貴方次第？ …… その行動の補助をしてくれるのが緊急地震速報です。

「情報と行動」が一体になって初めて成果が望める、究極の地震減災システムであることは忘れてほしい。

### 良かったとホッとすればいい

人々が訓練をすれば、10数秒は有効に使えることは証明されています。その上で空振り(強い揺れが来ない)だったら良かったと「ホッとすればいい」。

10秒あれば机の下に入るくらいはできる、地震が来て、パニックになるのを防ぐことができ10秒間の行動が生死を分ける場合もあるとしたら、やはり緊急地震速報は侮らないほうがいだろう。

### あるホテルでの基本的な考え方

都内の高級ホテルでは、震度2で止めています。お客さまをEVIに閉じ込めてはいけません。誤報であっても閉じ込めるより止めた方がよい。より低い震度、(現在は震度2)で止めても止めたことでお客さまは喜ばれる。この精神お客さまに対するこれも「おもてなしの心」。

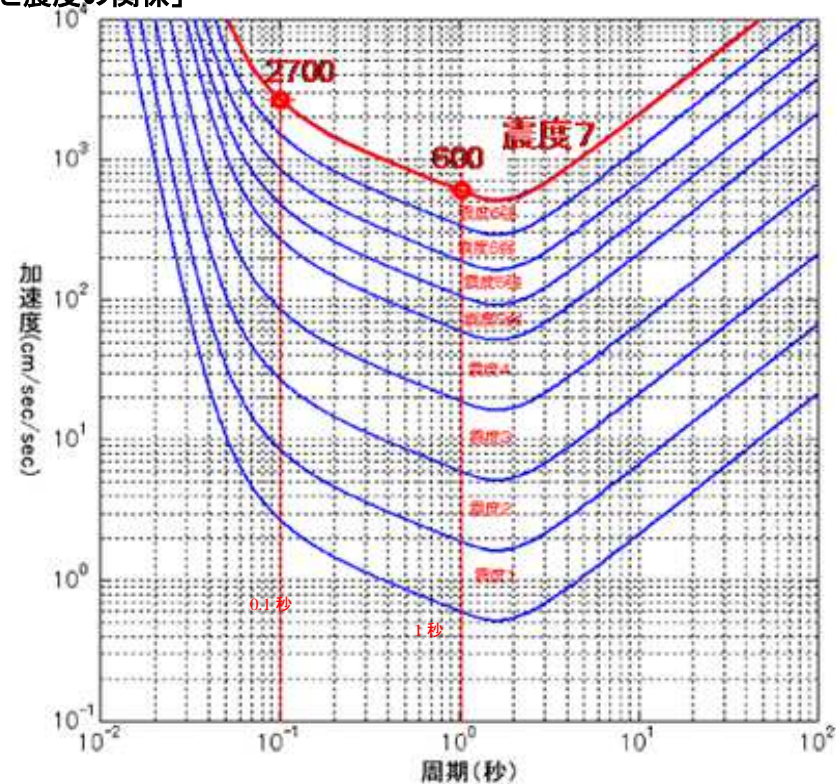
### 地震についてはまだまだ未知の領域が多い自然現象。

地震は、揺れから始まり、建物の倒壊、火災、津波災害、液化化現象と発生のたびに新しい現象が発生している。直下型等騒がれていますが、地震災害は未知の自然災害である。用心を心がけてください、地震は、未知の世界その都度新しい災害が発生しています。

加速度で十周期および加速度と震度(理論値)の関係—均な周期の振動が数秒間継続した場合 加速度の周期が長くなればガル値は少なくなる 周期が小さくなると(小刻み)ガル値は大きくなる。

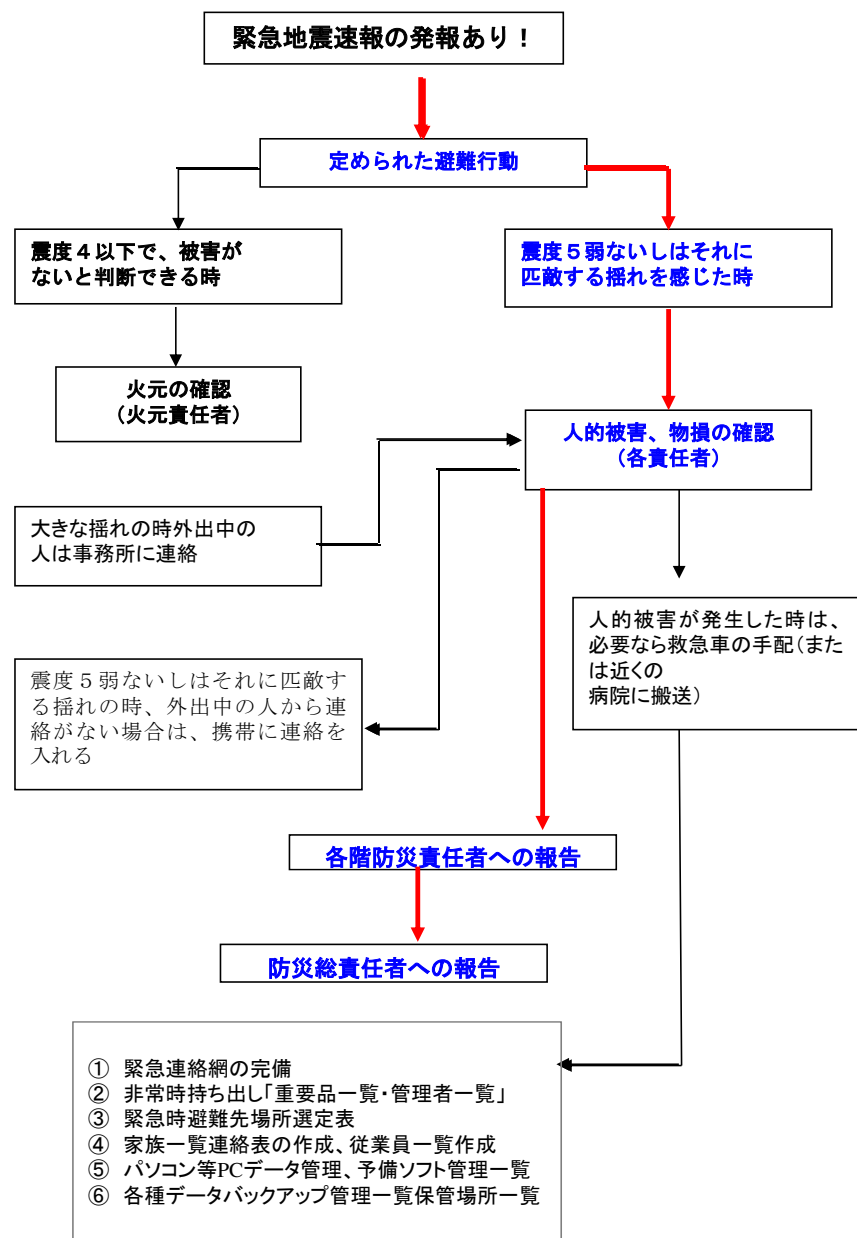
下のグラフによれば同じ**震度7**のゆれでも、ゆれの周期が0.1秒であるときは、**2700ガルの加速度が必要な**のに周期が1秒では、その約1/5強の**600ガルの分**ということになる点をご理解ください。

### 「ガルと震度の関係」



加速度の大きさと周期の関係を表すグラフが気象庁から開示されています。

加速度で十周期および加速度と震度(理論値)の関係均な周期の振動が数秒間継続した場合。



大きなゆれが来る前にお知らせするのが私たちの情報

緊急地震速報は通信及びシステムで決まる。UDP/IP・SCB方式

独自の通信プロトコル「TCP/IPの通信とUDP/IPの通信ではどう違う。」一目でわかる優位性

下記IPの実際の通信の手順を図で示しました。TCP/IPの場合は、コネクション接続を行いデータの応答を確認する等を行いデータを送受信します。下記の図の通り多くのパケットの送信が必要となります。結果時間を要します関係から緊急通報には向かない。そこでT弊社は独自の通信プロトコルの開発によるUDP/IPを採用し瞬時配信が可能な配信方法を他社に先駆け採用しています。(特許取得済み)

UDP/IPメリット・デメリット

コネクション無し、いきなり情報を送信通信が速い。送信の仕組みがシンプルなために通信の無駄がなくなりまし。 (一般的に信頼性が低いを解消した「UDP/IP・SCB方式」)ここが、一般的なサーバー演算方式と違います。「特許出願済」TCP/IPメリット・デメリット非常に多い通信手順を踏む代わりに高い信頼性があるが緊急地震速報には向かない。複雑なデータ向き、通信時間に関係しい情報配信向け。独自の通信プロトコル「TCP/IPの通信とUDP/IPの通信ではどう違う。」 一目でわかる優位性

下記IPの実際の通信の手順を図で示しました。TCP/IPの場合は、コネクション接続を行いデータの応答を確認する等を行いデータを送受信します。下記の図の通り多くのパケットの送信が必要となります。結果時間を要します関係から緊急通報には向かない。そこでT弊社は独自の通信プロトコルの開発によるUDP/IPを採用し瞬時配信が可能な配信方法を他社に先駆け採用しています。(特許取得済み)新開発「UDP/IP・SCB方式」方式を使った場合新しく開発した「UDP/IP・SCB方式」方式は、データ送受信するだけの単純なUDP/IPプロトコルを使い、データの管理をアプリケーションが積極的に行います。たとえば、データを受け取ったというAck信号が端末から返ってこなければ再度データを送信する再送動作はアプリケーションが管理し実行します。送信するデータは1パケットに収まるよう極めて小さくなっており、データ分割による部分的な欠落は発生しません。このように新方式でデータを早く送受信するとともに、データの信頼性をTCP-IPプロトコルと同等にまで高めています。同時にその管理を通じて受信端末の動作管理も兼用して行います。従ってTCP-IPを使う場合に比べて送受信の負担を大幅に減らすことが出来、個別配信個別管理が可能になりました。尚、一般的なサーバー演算方式とは手法が違う点を強調しておきたい。

UDP/IP・SCB方式は、(株)トータルライフサービスコミュニティーが開発した通信プロトコルです、SCBは「Signal Catch Back」の略称です。(特許出願済)

下記IPの実際の通信の手順を図で示しました。TCP/IPの場合は、コネクション接続を行いデータの応答を確認する等を行いデータを送受信します。下記の図の通り多くのパケットの送信が必要となります。結果時間を要します関係から緊急通報には向かない。そこでT弊社は独自の通信プロトコルの開発によるUDP/IPを採用し瞬時配信が可能な配信方法を他社に先駆け採用しています。(特許取得済み)新開発「UDP/IP・SCB方式」方式を使った場合新しく開発した「UDP/IP・SCB方式」方式は、データ送受信するだけの単純なUDP/IPプロトコルを使い、データの管理をアプリケーションが積極的に行います。たとえば、データを受け取ったというAck信号が端末から返ってこなければ再度データを送信する再送動作はアプリケーションが管理し実行します。送信するデータは1パケットに収まるよう極めて小さくなっており、データ分割による部分的な欠落は発生しません。このように新方式でデータを早く送受信するとともに、データの信頼性をTCP-IPプロトコルと同等にまで高めています。同時にその管理を通じて受信端末の動作管理も兼用して行います。従ってTCP-IPを使う場合に比べて送受信の負担を大幅に減らすことが出来、個別配信個別管理が可能になりました。尚、一般的なサーバー演算方式とは手法が違う点を強調しておきたい。UDP/IP・SCB方式は、(株)トータルライフサービスコミュニティーが開発した通信プロトコルです、SCBは「Signal Catch Back」の略称です。(特許出願済)



**緊急地震速報（警報）**

簡単に言えば、特に強い地震が発生した場合（最大震度が5弱以上と予想される場合）に、強い揺れが予想される地域を発表するものです。各地域で予想される震度や、大きな揺れ（主要動）の到達予想時刻発表せず、対象地域に対して端的に警戒を呼びかけます。一般にテレビや携帯電話などで見聞きする緊急地震速報この「警報」にあたります。これが緊急地震速報の（警報）です。

発表する内容、地震が発生した場所や、震度4以上の揺れが予想された地域名称などです。具体的な予測震度の値、±1程度の誤差を伴うものであること、及び、できるだけ続報避けたいことから発表せず、「強い揺れ」と表現することとされています。震度4以上と予想された地域まで含めて発表するの、震度を予想する際の誤差のため実際に5弱である可能性があることと、震源域の断層運動の進行により、しばらく後に5弱となる可能性があるというふたつの理由により地震発生情報でなく、緊急に発生を伝える最新の情報で「秒と争う超高情報です。以上からこれだけの情報を秒単位で行うことに限界もありますそのご理解をいただきたい。」（仮に情報が外れても短時間に判断し通報することにも限界がある認識を持って利用する情報である理解が必要。）

**緊急地震速報（予報）:**（個別地点の任意の閾値予測可能）

**許可事業者（業）:**

気象庁のガイドラインで、許可事業者が提供する緊急地震速報を緊急地震速報（業）と呼ぶことにしている。緊急地震速報（業）の予報内容についての責任、当該許可事業者が負う。許可事業者によって、緊急地震速報（業）に予報資料等の全部または一部を含める場合もある。緊急地震速報（業）に、別に示す端末予報型とサーバー予報型の2つの提供形態が存在します、弊社の場合サーバー予報方を採用しています。

許可事業者: 予報資料等を用いて、気象庁長官の許可を受けた予想の方法により地震動予報を行う事業者。また、その方法に基づく地震動予報を行う端末について責任を持つ事業者。許可事業者の中に、別に示す配信事業者を兼ねているところもある。

**配信事業者**

: 緊急地震速報（予報／業）また予報資料等を端末に配信する事業者。気象業務支援センター[一次配信事業者]から配信を受けて再配信を行う事業者[二次配信事業者]、さらにそれを受けて再配信する事業者[三次以降の配信事業者]がある。（気象庁から端末まで通報の所要時間を1秒以内の指導がある関係をご考慮してご採用ください。）

**端末予報型の緊急地震速報（業）**

サーバー、緊急地震速報（予報）また予報資料等を配信するだけで、端末が予報資料に基づき地震動予報を行って、あらかじめ設定された条件に従い報知・制御動作を行う緊急地震速報（業）の提供形態。この場合、配信と端末 必ずしも同じ事業者が提供すると限らない。

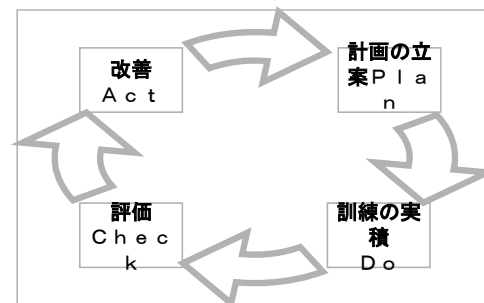
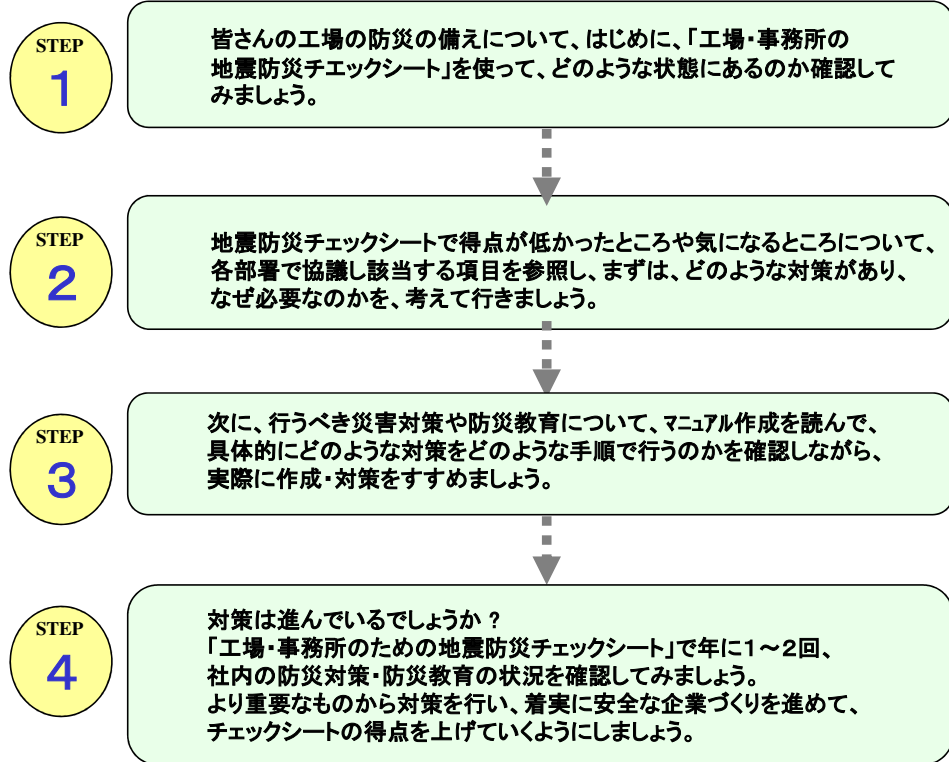
**サーバー予報型の緊急地震速報（業）「弊社の場合こちらを採用しています。」**

サーバー内で、緊急地震速報（予報）また予報資料等から地震動予報を行い、あらかじめ設定された条件に従い、端末に緊急地震速報（業）として配信し、端末が報知・制御動作を行う緊急地震速報（業）の提供形態。この場合、配信と端末一般に同じ許可事業者が提供することが多い。また、サーバー許可事業者に設置されることが多いが、配信事業者に設置される場合もある。

**端末装置**

緊急地震速報（業）を報知したり、緊急地震速報（業）により機械・設備制御用の接点出力等の外部出力を行う機器またパソコン上のソフトウェア。これに加えて、地震動予報機能の一部あるいは全部を有する端末もある。基本的に端末利用者側に置かれる。なお、本ガイドラインにおいて、端末による制御により同じ内容の緊急地震速報（業）をより多くの人に伝えるための装置[例: 集合住宅において一斉報知を行うインターホンについて端末と扱わず、端末により制御される装置とする。]

このマニュアル ハンドブックは、災害対策や防災教育にこれから取り組む、あるいは取り組んでいる、企業の管理者の方に役立てていただくために、地震防災チェックシートから以下のような構成にしました。



### 緊急地震速報を利用した防災訓練ストーリー案

1. 地震が起きたとき危険なものは常日頃から片付け整理整頓に努める。
2. 自分がいる場所を想定し安全な場所はどこかを普段から考えておく。
3. 地震が来ることがわかったらどう行動するかを各自が決めておく。
4. 避難訓練で、実際に行動してみて避難行動を修正しておく。  
(猶予時間が10秒では、5秒ではなど)
5. 警報の閾値は**震度5.弱**以上の地震が来ると知った場合緊急地震速報受信装置が通報されます。
6. 緊急地震速報の通報がなされた場合の対応

#### 「鳴ったら身の安全確保」

■「鳴ったらすぐに机の下へ！脚を握って3分間！」を合言葉

地震からまずわが身の安全を守っていただきたい。

「自分の身は自分で守れ」

■「まず自分。」自分が助からなければ、地震の後、誰をも助けることはできません！

■自分が助からなければ、「企業も、家族の安否も確認することもできません！」

地震対策の第一歩は常日頃から、「震度5弱の大きさの地震で30秒の猶予時間があればどうするかをあらかじめ決めておくこと」そして地震が来たら、「まずわが身の安全確保」です。その行動の訓練を実施。  
(体験)



#### 訓練のストーリー

1、訓練実施日：平成30年2月14日 15時23分

講演会場から緊で緊急地震速報の模擬訓練信号の配信配信を受ける。

訓練内容：「南海地震の再現(1946.12.21)」と地震による火災発生仮定案

マグニチュード：8.0

発生場所：震源地 和歌山沖で発生(33, 0/135, 6)187.7Km

2、大阪市内：阿部野区民センターにおける影響

予測震度：震度5

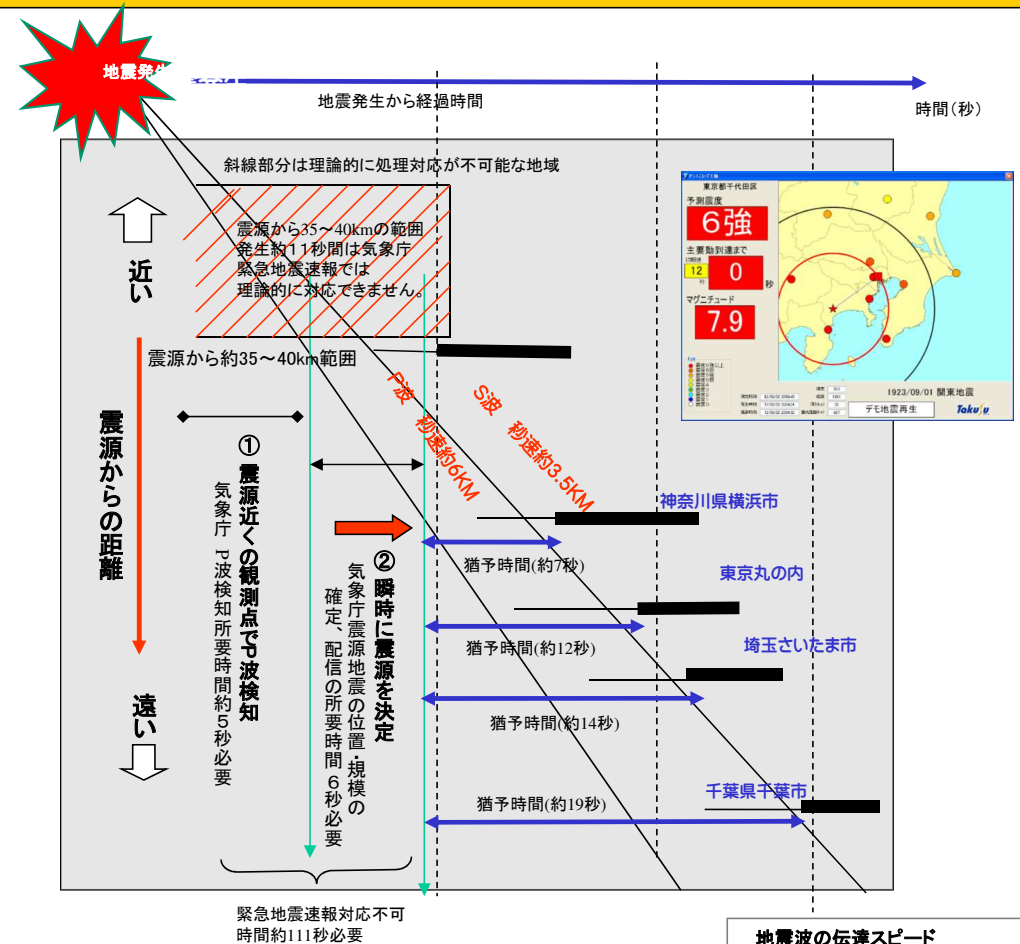
主要動到達猶予時間(大阪市内) 30秒予測

3、地震により地下から火災発生

4、何秒で何が出来るか体験する。

訓練 緊急地震速報発報……大きな揺れの来る30秒の猶予期間の体験

- ① 会館内の各座席エリア(猶予時間の体験)座席から移動しない体験。  
3分間の猶予時間 (3分間の体験)
- ② 揺れの確認、余震の安全を確認し安全エリアで点呼し社員の安全確認  
3分後から点呼・安全確認
- ③ 事務所に全員無事の連絡  
総務部長への全員安全連絡を受けその後火災発生通報(避難開始)
- ④ 3階食堂炊事場から火災発生の通報全員避難場所に避難開始  
避難行動・開始、避難
- ⑤ 避難場所で全員避難の確認「点呼開始」  
避難整列点呼で全員安全確認
- ⑥ 防災訓練の終了  
訓練の反省と対策



1923年9月1日の関東震災をTaku「ドンとこい」ソフトで再現してみました結果です。

	評価地点	推定震度	M	猶予時間	震源距離
1	神奈川県横浜市	6弱	7.9	7秒	47.2km
2	東京都丸の内	6強	7.9	12秒	68.7km
3	埼玉県さいたま市	6弱	7.9	14秒	74.6km
4	千葉県千葉市	6弱	7.9	19秒	93.1km

#### 地震波の伝達スピード

秒速 P波(5~7km)・S波(3~4km)

時速 P波(18,000~25,200km)

S波(10,800~14,400km)

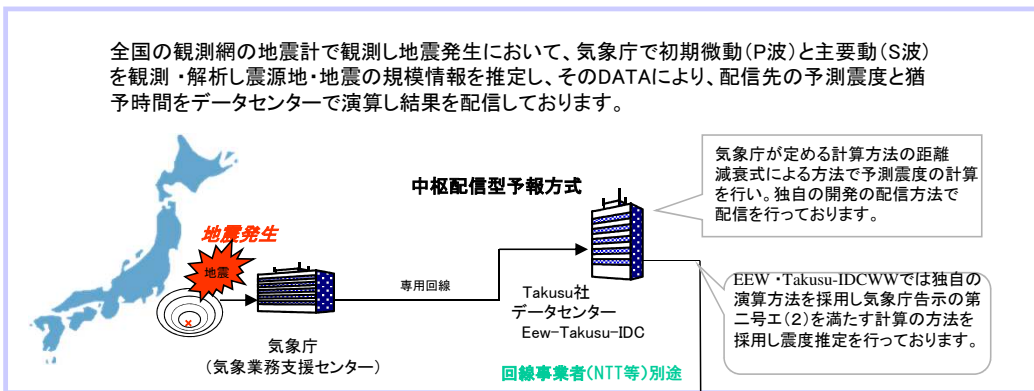
地震波は、時速300kmの新幹線と比べてみると72倍の速さです。「東北太平洋沖地震」では時速14,000kmで地球を5周したことになります。大阪~静岡の直線距離は350kmほどP波では50~70秒で到達してしまいます。

現在でも地震の予知は不可能な時代、究極の地震情報としてただ一つ利用されているのが緊急地震速報です。上記の図の通り、秒を争う情報です。システムは最高の通信技術とIT技術で構成されていることをご理解いただき、秒を争う中で迅速に情報を伝えることは時速11,000kmの猛スピードで襲ってくる地震波と、戦っているのです。現在、なせる限界ギリギリでの情報提供がなされている点をご理解いただき。その情報が「間に合っても合わなくても緊急に伝える義務の難しさをご理解いただき、究極の地震防災情報として有効にご利用いただき我が身を守っていただければ幸いです。

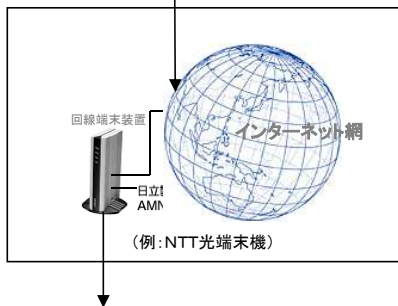
## 「緊急地震速報」の予報事業者の業務

予測震度と猶予時間情報

### 緊急地震速報(予報)の中核配信型・システムイメージ 図 EEW-Takusu-IDC 独自方式



- 独自の配信方法「中核型予報方式を採用し一般的なTCP-IPから独自開発のUDP-IPによる配信方法を採用しています。
- 端末に関係なくセンターの中核部の更新のみで常時最新のシステム構成で運用可能にしている。
- 配信方法の工夫により通信回線の帯域負荷等を軽く低コストで運用可能にしている。
- 地震情報だけでなく各種情報配信が容易に可能。



#### 気象庁告示の第二号エ(2)を満たす計算の方法

(株)小堀鐸二研究室、Takusu社の開発方式)“” 警 “” の震度予測方式は、独自のもので気象庁告示の方法では考慮していない震度位置の違いや、伝播経路の地質条件等、地域的な特徴も考慮して行う、このため、予測地点ごとに個別に作成する必要があるが気象庁の予測震度の約2倍の制度を持っており、小さい目の地震おおきめの地震でも、予測震度に違いは無く、無駄な警告や無駄なエレベータの停止を起し難いという特徴を持っている改善策対応。

気象庁告示の第二号エ(2)を満たした震度推定とは。一般的に気象庁では、緊急地震速報の震度推定方法を定め指導している、その方法以外では許可を与えていない、が気象庁の定める方法以上の震度推定方法の開発・発見した場合、その手法が各方面から認められた場合(気象庁告示の第二号エ(2)を満たした震度推定)その手法を認めるとしているものです。

2月の大阪で開催 緊急地震速報10周年記念講演開催から主催 気象庁・緊急地震速報利用者協議会

28年前のあの震災の朝を思い出し、あの時はとうとしながらの出来事。

その時「**ミシミシ… ビリビリビリ…**」「**ガタガタ…ガタガタガタ…**」  
部屋の蛍光灯の紐が揺れています。それに気づいた瞬間…

「**ユサユサユサユサ…**」

机の上の昨夜の飲み残しのコーヒーはこぼれてしまいました。この一連の現象。

「**ミシミシ ビリビリビリ…**」「**ガタガタ…ガタガタガタ…**」「**ユサユサユサユサ…**」の現象が地震です。

地震国、日本人でありながら本当にこの現象を知っている人は何人いるだろうか、「大きな地震を体験している人はそんなに多くはいない。」特定の地域の人々だけが知っている現象ではないでしょうか。

(コーヒーがこぼれたのは、地震による被害の現象です。……………)

さて、地震はなぜ発生するのでしょうか? しかもいつどこで発生するのかわからない自然現象。私たちが立つ地面はプレートに乗っていてプレートの動きによって、どんどん力が加わっていきます。その地下の地盤(岩石)がその応力に耐えられなくなったとき、岩盤は破壊し波動が励起します。それが地震です。地震が発生すれば、縦波(P波)と横波(S波)そして表面波が励起します。

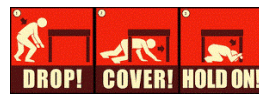
前章の「**ミシミシ…**」は、そのP波であり、「**ガタガタ…ガタガタ…**」はS波(主動波)の揺れ、「**ユサユサユサユサ…**」は表面波です。それが地震です。知っているようで知らない本当の地震の現象、「本物に体験したらパニックになるのは間違いない。」だから、今、模擬体験訓練を進めているのだ。……

先日、大阪の区民会館で500人以上の来場者の防災講演会の中で「模擬訓練」を行った。そこで地震の揺れが来た擬音(バリガラガラどん)を使って行ってみた。お陰様でその内容が皆さんに大変好評を得た。(その擬音が心象感があつて良かった。)と多くの来場者からのアンケート結果をいただきました。

やはり、皆さんが本当の地震の恐怖を忘れていたり知らない。(容易に体験はできない、あつては困る。)未知の不意の世界「体験検証は定期的に訓練として必要ではないか。」模擬訓練の意義があつたとの声をいただきました。

ここで、もう一つ気が付いた。体験訓練となると一般に良くストーリーを事前に定め実施されている。主催者はやはり失敗(事故)を恐れる文化が根強くよく浸透していることを体験した。特に当たり前であるが公的な機関の皆さんは、このことが特に強い、今回の訓練の実施にあつても擬音についても気象庁の担当者の方は各種検討の上で素晴らしい台本を作成され順序だてて進行されていた。擬音も音が出ない場合の準備を準備したり、うまく行かない場合の対応を事前に協議し最善を尽くされ準備されていた。会場の講演でも兵庫県立大学の木村先生は講演でも失敗を恐れないでその失敗をうまく利用する方法を紹介されていました。本来の訓練の目的は防災リテラシーを求められる。(訓練で事故を起こしたのでは話にならない、防止のために徹底した準備を行っているのが現実である。)だが防災の模擬訓練となるとそれは、ナンセンスである不意に行つて、そこで色々な現象を体験し、イザというときのために勉強するのが模擬であるはずを実感せられた一日であった。そこを、重点的に行っているのがアメリカの訓練「ShakeOut」2008年からカリフォルニアで始まり、2011年には950万人を動員した大規模防災訓練です。参加者は参加の意思表示を事前にネットで登録し、指定された開催日時に自主的に防災訓練をおこないます。「開催時刻は発表していない点がポイントである。」訓練の内容は最も初歩的な“drop, cover and hold on”(日本の小学校の避難訓練ではお馴染みの机の下に伏せる、(頭を)覆う、つかまる)から、業務復旧手順の確認をおこなうものまで、参加者が自由に選択できる点がポイント、実際に体を使い、より多くの人が参加し、その体験を共有することにより、実践的な防災リテラシーを高めて行く意識が必要ではないか、そこをうまく行っているのがアメリカの「ShakeOut」訓練であり我々も学びたい。

防災訓練で、防災模擬訓練を実施しよう。「**模擬を忘れていないですか。**」



USA 「Shake Out」

防災リテラシーとは、(防災に関する知識や技術を自ら学ぶことができる能力)  
東京都千代田区が行政として既に参加表明、大阪府の880万人防災訓練が発展することを期待したい。



各地で開催される防災訓練に思う。

1月、3月、9月は防災訓練の開催される月です。

地震関係には造語が多い。直下型地震、最近では長周期地振動、緊急地震速報、すべて造語も英語の造語を真似て日本で最近使い出している。シェイクアウト訓練とは、米国カリフォルニア州各地で始まった毎年10月第3木曜日に実施されている地震、防災訓練の名称です。2008年に開始されたまだ新しい方式の訓練です。ShakeOutは完全な造語で意識すると「一斉防災訓練」ですが、直訳では「地震を吹っ飛ばせ」という意味になります。

臨機応変その場その場の変化に応じて適切な処置をとる行動が必要ではないか。

今年の春の地震防災「模擬訓練」を終えて……………

特に今年、気象庁の「 」大阪をお手伝いして思うこと。そろそろ、訓練の方法も独自の新しい時代の「模擬訓練」に移行しないと死傷者の減には貢献しない。言うまでもなく地震は、いつでもどこでどんな規模の地震が発生するかわからない、その対応は現状の方法では不可能ではないかと開催者として考えさせられた。

その地震に対応するための訓練(模擬訓練)は、その時代、その場の変化に応じた適切な行動を取らなくてはならない。地震災害は何時も決まったものではない、過去の地震、阪神淡路大震災、東北太平洋沖地震の経験でもその規模、被害の状況はそのつど決ったものではない。過去の経験をいかしたいがそういかないのが地震だ、地球上の環境を作り上げているのは、我々人間である数年前までの建物は三十数mの高さが制限されていた。今では300mを越す建物が聳え立っている、そんな時代の訓練は「模擬訓練」とし臨機応変、その時代その場の変化に、応じて適切な処置をとった行動が取れる訓練が必要ではないか。

だが、各地で実施されている訓練はその時代の変化に対応していないのではないか、旧態のままの状態ではないかイザと言うときのための模擬訓練が必要ではないかと思知らされた。

一部の地域で「Shake Out」とした訓練が実施されているがこの造語も十年前に日本で緊急地震速報が運用されそのときに大阪港区の幼稚園で実施した訓練をNHKのニュースで放映された。そのニュースを参考に州と大学の地震研究所の皆さんが一体になって作られたのが「Shake Out」訓練の始まりです。「そこには、避難場所位置の指定、窓側のレットゾーンの指定」がなされていた。「前ページ写真参照ください。」



緊急地震速報 模擬訓練  
2004 OSAKA JAPAN NHK TV nws



Shake Outの始まり。

「Drop (まず低く、しゃがむ)」、「Cover (頭を守る、かくれる)」、「Hold On (動かない、待つ)」の合言葉とともに、自分を守るがUSA仕様2008年からアメリカのカリフォルニア州で行われている地震に備えた避難訓練の造語として「Shake Out」が作られた単語、図案化したのはUCALの関係者。だが実は2004年の日本の緊急地震速報の訓練を参考にしたものであった。「日本版は、「伏せる、身を守る、待機する」と幼稚園で行っていた。又その後 情報、備え、行動ともしている。」…

高度利用者向けの緊急地震速報(予報)の内容・発表条件

平成18年8月1日より先行的に活用できる分野について提供している緊急地震速報は、機器制御などの高度な利用者向けとして、平成19年10月1日以降も、引き続き提供しています。また、各家庭用の端末などで、高度利用者向けの緊急地震速報(予報)を受信し、受信地点の予測震度や主要動到達予想時刻などを表示する等にも利用されています。高度利用者向けの緊急地震速報(予報)の内容・発表条件については次の通りです。

2. 緊急地震速報(予報)の発信条件(※)

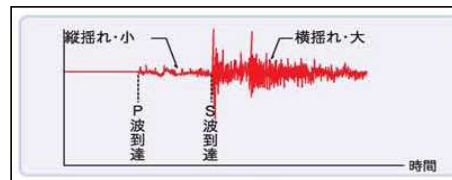
気象庁の多機能型地震計設置のいずれかの観測点において、P波またはS波の振幅が100ガル以上となった場合。地震計で観測された地震波を解析した結果、震源・マグニチュード・各地の予測震度が求まり、そのマグニチュードが3.5以上または最大予測震度が3以上である場合。

3. 緊急地震速報(警報)で続報を発表する場合

- ・緊急地震速報を発表した後の解析により、震度3以下と予想されていた地域が震度5弱以上と予想された場合に、続報を発表する。
- ・続報では、新たに震度5弱以上が予想された地域及び新たに震度4が予想された地域を発表する。・落雷等の地震以外の現象を地震と誤認して発信された緊急地震速報(誤報)のみ取り消すこととし、例えば震度5弱と予想していた地域が震度3以下との予想となった場合などは取り消さない。

(※)1点の観測点のみの処理結果によって緊急地震速報(予報)を発信した後、所定の時間が経過しても2観測点目の処理が行われなかった場合は雷など地震以外の揺れ(ノイズ)と判断し、発表から数秒~10数秒程度でキャンセル報(地震以外の揺れで発表した緊急地震速報を取り消す情報)を発信します。島嶼部など観測点密度の低い地域では、実際の地震であってもキャンセル報を発信する場合があります。なお、この場合には、キャンセル報の発信までに30秒程度かかることがあります。

もう一度確認しておこう。緊急地震速報とは、地震のP波を検知するものであり、S波(横波)よりもP波(縦波)が早く伝搬するので、P波を先に検知測定することで後から来るS波の大きさも予測する。S波の大きさをP波から推測して、大地震の到来を数秒前に警告することができるわけです。



一般的な震度予測方法は、気象庁が「距離減衰式」を利用する方式を最低限のものとして告示に提示しており一般にはこの方法を利用している。

この方法では、地盤増幅率として独自の値を使う場合はあっても、震度から工学的基盤までの地盤は全国各地でも均一に地震波が減衰するという仮定に基づいており、「異常震域」のような現象を表現することは難しい。また、この方法のもう一つの弱点は、震度3や震度4といった程度の震度の小さな領域では、**震度を大きめに予測する傾向にあり**、この程度の震度から制御を行うエレベータを最寄り階への自動停止などは、本来なら停止の必要の無い場合までエレベータを無駄に停止させがちになり、一方で、震度5を越えるような大きな地震では、**逆に震度を小さめに評価してしまいがちである点である**。ざい北浜のような超高層建物には適合しません、そこで特別に気象庁の許可を受け独自の震度推定方法を採用してやります。

## 伝える ガイダンス

### 詳細表現音声ガイダンス

今回の、東北地方太平洋沖地震の連日の余震経験から利用者の皆さまのお声を加味し改修を行い、詳細表現が1番妥当とのご要望により採用しました。(本来に趣旨には反しております。)

Takusu-S、Takusu-VⅢの音声ガイダンスは詳細表現と曖昧表現の二種類から選べます。

- 20秒以上 : NHK音 20秒後 震度5弱の地震がきます。その後電子音ピ・ピ・ピ……
- 10秒 : NHK音 10秒後 震度5弱の地震がきます。
- 10秒以下 : NHK音 震度5弱の地震がきます。(到達まで繰り返す)

### 曖昧表現音声ガイダンス 「曖昧すぎて不安になるとの現実の声」

- 31秒以上 : NHK音 地震が発生しました。(3回繰り返す)
- 30秒~11秒 : NHK音 まもなく地震がきます。(3回繰り返す)
- 10秒以下 : NHK音 すぐに地震が来ます。(揺れが来るまでの間繰り返す)

#### 現実からの改善

熊本地震の余震が起こるたびに、携帯電話などのアラーム音が鳴ることに、被災者から「怖い」「眠れない」といった声が出ていると報じられている。記事によると、熊本市内の避難所では18日夜、余震でアラーム音が一斉に鳴って、子供たちが大きな揺れを思い出して「怖い」と訴えていた。多くの人が携帯電話などを持っており、内陸部の直下型地震のため、揺れの最中にあちこちで携帯電話が鳴り響き恐怖心を増幅させている様子。

我々は、この現象、すでに5年前の東北地方太平洋沖地震で端末装置で経験済、その対応を実施した装置は、今回の熊本地震でその成果が証明され一般的な緊急地震速報端末と違う点の評価を頂いた。携帯電話のケタタマシク鳴る報知音とは違い、「震度何ぼ、地震が何秒後に来ることを知らしてくれる。」この方式であれば地震の揺れを予測できパニックになることもなく安心して対応できた。携帯電話の警告音は恐怖を招くだけで地震の揺れより遅く、又いつ来るのか良くわからなく恐怖を招く通報となった、本来の通報の意味がない。携帯の普及する時代の副産物、地震情報過多の根源ではないか中が必要。

Takusu製品の報知音は、著作権が日本放送協会に属することから予報事業者・Takusu株式会社・㈱トータルライフサービスコミュニティーは日本放送協会との利用許諾契約による承諾を得て、緊急地震速報専用端末「Takusu製品」の報知音として許可され使用しているものです。



教室の中央の安全ゾーンに警報と共に避難 「大阪みなと幼稚園」 2004年



Shake Out ロゴが出来るまで



日常の安全ゾーンの状態

写真はイエロゾーン(後に赤に変更)  
気象庁の1階ホールも実施されていた。



運動場で点呼 安全確認風景



当事指導いただいたのは、防災教育で有名な、東京大学の片田教授でした。



単独観測点処理

P波が観測点に到達し、基準以上の地動が観測されると単独観測点処理が開始される(この処理はP波が観測点に到達してから逐次実行され、地動が通常状態に戻るまで毎秒処理中枢に結果が送信されるが、振幅のモニターを除いた各処理は、最初の1秒間で行われる(図2))。単独観測点処理にはレベル法、主成分分析法、B-Δ法(東田ほか[2004])と呼ばれる処理があり、最大振幅値や震央方位、震央距離などが推定される。単独観測点処理の中枢をなす、レベル法および主成分分析法・B-Δ法は、以下のとおりである

(1) レベル法

レベル法は観測点直下付近で地震が発生した場合を考慮したものである。現在は上下加速度波形が100galを超えた場合、処理中枢にレベル超過を伝えるレベルデータを発信する。図3に示すように、計測震度4.5以上の場合、ほぼ100galを超える。

(2) 主成分分析法・B-Δ法

地震波が観測点に到達し、ノイズレベルの10倍の振幅が観測された場合(以下トリガと称する)、処理が開始される。まず、最初にトリガがかかった時点から遡ってノイズレベルを振幅が超えたと考えられる時点を読み取る。これをP波の検測時刻とする。この時点から1秒間の変位波形を用いて地震波がどちらの方向から到来したかを主成分分析により求める(図4)。次に1秒間の加速度波形の絶対値波形を作成し、これに、

$$y(t) = Bt \cdot e^{-At} \cdots (1)$$

をフィッティングする(図5)。(1)式の係数Bはこの絶対値波形の増加率を反映した数値、係数Aは振幅増加傾向の継続時間を反映した数値である。つまり、係数Bが大きければ大きいほど鋭く立ち上がり、係数Aが小さければ小さいほど振幅増加が長く続くことになる。特に、係数BはMによらず震央距離Δと相関関係があり係数Bからおおよそその震央距離Δを求めることができる(図6)。

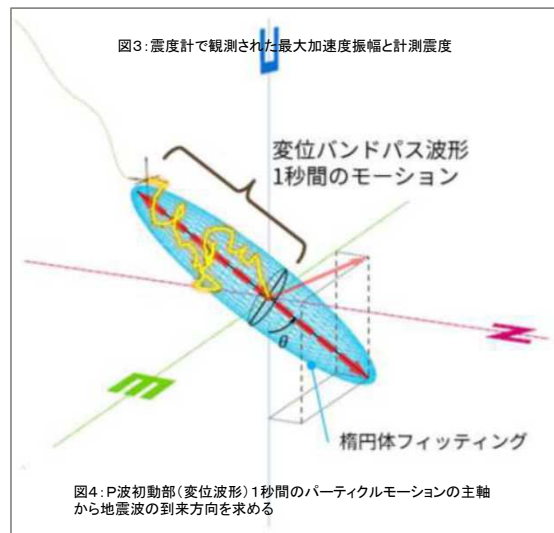
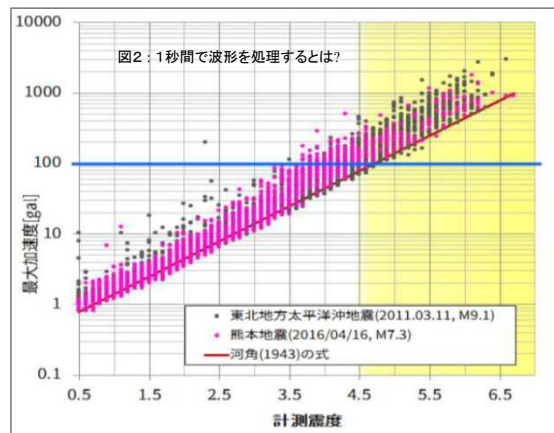
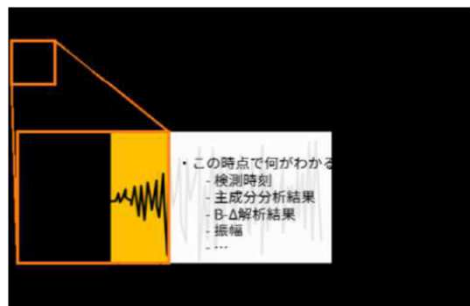
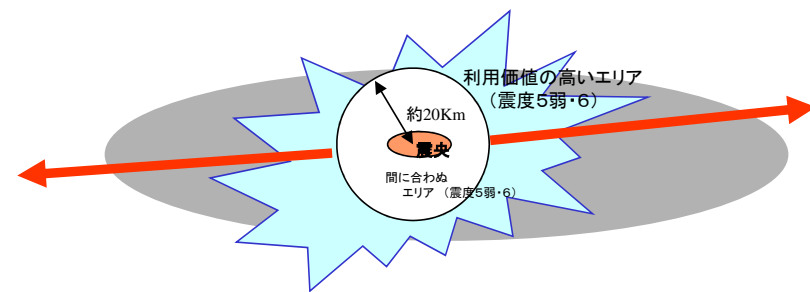


図4: P波初動部(変位波形)1秒間のパーティクルモーションの主轴から地震波の到来方向を求める

緊急地震速報の仕組み

地震発生による初期微動(P波)を全国1千ヶ所の観測網で感知し、地震発生時刻、震源地の位置、マグネチドを推定し民間の予報事業者に配信し本振動(S波)が到達するまでに任意の地点における主要動の到達時刻、予測震度を演算し結果を音声ガイダンス又は制御信号等で「予報・警報」するものです。警報は、気象庁長官が最大震度5弱以上の揺れが予想されたときに、強い揺れが予想される地域に対して地震動による重大な災害がおこるおそれのある旨を警告し発表するものと定められています。「予報」は最大震度3以上又はマグニチュード3.5以上等と予想されたときに発表され、その内容が大きく違い任意の場所の予測震度、主要動の到達時間を個別に演算を行い通報する位置情報です。



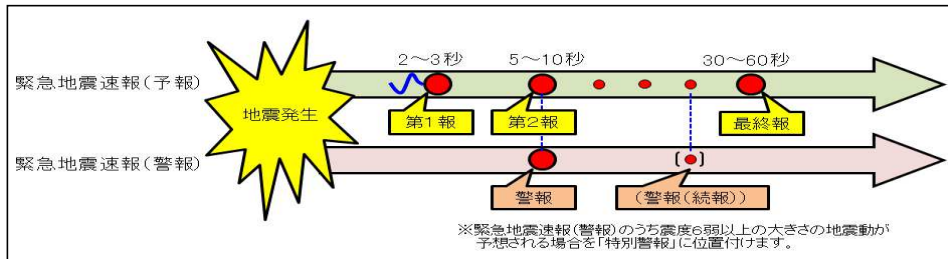
P波(Primarywave、初期微動)とS波(Secondarywave、主要動)は地盤の状況にもよって速度は変わりますがS波のスピードは5~7km/秒、P波のスピードは3~4km/秒です。この速度の違いを利用して、個別地点までの揺れの到達時間を予測計算しデータを配信するまでに数秒の時間がかかります。そして端末で受信して通報システムを起動させるのに数秒の時間を要します、「端末演算方式の場合はここで個別地点の到達時刻等を演算します」震源(震央)からおおよそ20km以内の激震地では残念ですが地震波の特性として間に合わないこととなります。しかし、たとえ数秒前にもそれがわかれば、家具に挟ませたり、大きな機械等に潰されたり、閉鎖空間に閉じ込められたりしないですむ。また総じて怪我の程度を軽減することが可能となります。局地的な地震では、このシステムの恩恵を受ける地域面積は狭いと考えられるが今後発生する海溝型の広範囲におよぶ巨大地震では、地盤が割れ初めてから、一定の地域を越えて割れ終るまでに1分近く、要するためにこのシステムによる人的な減災効果は計り知れないものとなることが期待されています。

この特徴から気象庁のガイドラインは気象庁が配信してから端末までに配信所要時間の合計を1秒以内(理論値)と指導されています。「緊急地に地震速報では、秒速約4kmでS波が伝達することから気象庁の地震検知に6秒、演算解析に5秒の時間猶予が必要、逆算すると10秒で40kmの範囲は対応不可能とされている。」その対応を新製品で計画中です。



緊急地震速報の種類について(警報/予報)

緊急地震速報には、大きく分けて「警報」と「予報」の2種類があります。また、「警報」の中でも予想震度が大きいものを「特別警報」に位置付けています。



緊急地震速報(警報)の内容・発表条件

気象庁は平成19年10月1日から、緊急地震速報(警報)の発表を開始しました。緊急地震速報(警報)の発表条件・内容については次の通りです。

1. 緊急地震速報(警報)を発表する条件

地震波が2点以上の地震観測点で観測され、最大震度が5弱以上と予想された場合に発表する。

一般の皆様へ伝えられる緊急地震速報(警報)の発表条件は、2点以上の地震観測点で地震波が観測され、最大震度が5弱以上と予想された場合です。2点以上の地震

観測点で地震波が観測された場合とした理由は、地震計のすぐ近くへの落雷等による誤報を避けるためです。最大震度5弱以上が予想された場合とした理由は、震度5弱以上になると顕著な被害が生じ始めるため、事前に身構える必要があるためです。

2. 緊急地震速報(警報)の内容

- ・地震の発生時刻、発生場所(震源)の推定値、地震発生場所の震央地名
- ・強い揺れ(震度5弱以上)が予想される地域及び震度4が予想される地域名(全国を約200地域に分割)(※1)
- ※地域名については、緊急地震速報の予報区をご覧ください。

(※1)具体的な予測震度と猶予時間は発表しません。

発表する内容は、地震が発生した場所や、震度4以上の揺れが予想された地域名称などです。具体的な予測震度の値は、±1程度の誤差を伴うものであること、及び、できるだけ続報は避けたいことから発表せず、「強い揺れ」と表現することとしました。震度4以上と予想された地域まで含めて発表するのは、震度を予想する際の誤差のため実際には5弱である可能性があることと、震源域の断層運動の進行により、しばらく後に5弱となる可能性があるというふたつの理由によります。猶予時間については、気象庁から発表する対象地域の最小単位が、都道府県を3~4つに分割した程度の広がりを持ち、その中でも場所によってかなり異なるものであるため、発表いたしません。

気象庁は、緊急地震速報の技術的改善策として(IPF法、PLUM法)が発表されました。(警報) 予報の場合は、PLUM法の情報短縮に期待したい。

緊急地震速報は、強い揺れの前の身の安全確保、工場での機械の自動制御等、地震災害の防止・軽減を目的に導入し、今年で試験運用開始(平成16年2月)から10年、一般提供開始(平成19年10月)から7年目を迎えます。

この間、緊急地震速報(警報)は、地震災害の防止・軽減に役立てられてきましたが、平成23年東北地方太平洋沖地震では、東北地方に対しては主要動の到達前に緊急地震速報(警報)を発表したものの、関東地方への緊急地震速報(警報)の発表はありませんでした。また、その後の広域にわたる活発な地震活動により、震度予想が過大となる緊急地震速報の発表が続きました。さらに昨年8月8日には過大な震度予想となる緊急地震速報を広域に発表しました。このため気象庁では、精度改善に向けた応急措置を講じてきたところですが、緊急地震速報の精度のさらなる向上のためには、同時に複数の地震が発生した場合の不適切な震源推定の回避、及び巨大地震発生時における広域に及ぶ強震動域の適切な把握が重要です。これらの状況を踏まえて、今後5年以内を目途に以下の改善を図っていく予定が発表されています。

(1) 同時に複数の地震が発生した場合でも、震源を精度良く決定~パーティクルフィルタを用いた統合震源決定手法(IPF法)の導入~

【これにより改善が確認された事例】

- ・緊急地震速報(警報)の発表警報発表区域の精度向上するとされている。
- ・熊本地震における(IPF法)による改善効果が検証されました。

- ・平成25年8月8日の広域に発表した過大な震度予想事例の回避
- ・平成23年3月から4月に発表した全21誤報事例の回避

(2) 巨大地震発生の際に強く揺れる地域をより適切に予想  
~近傍で観測されたりリアルタイム震度から震度予想をする手法(PLUM法)の導入

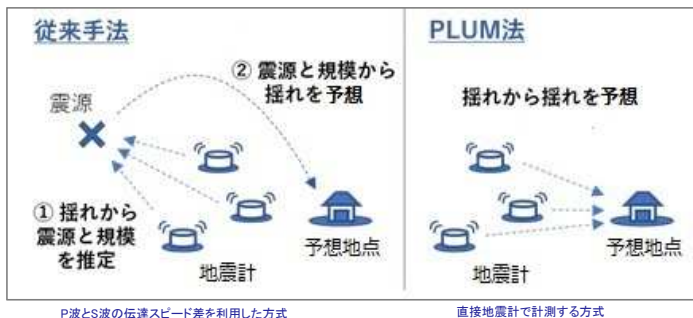
【これにより改善が確認された事例】

- ・4/14日の熊本地震 警報第1報で1.5~2.5秒、通報が早まると検証結果が発表されている。
- ・東北地方太平洋沖地震による関東の強震動域の適切な推定

これらの改善により、緊急地震速報の不適切な情報発表が全くなくなるわけではありません。このような緊急地震速報の特性や技術的境界をご理解の上、ご利用ください。(予報については、従前とあまり変わらない、通報が早まる可能性のメリットに期待したい。)

次の地震では、地震、津波、長周期地震動、地盤の液状化現象、等の新しい地震災害が表面化してくる

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震が発生した際、震源から遠く離れた関東地方でも強い揺れを観測しましたが、従来手法ではこの強い揺れを精度良く予想することができませんでした。「その改善策として考えられた。」



PLUM法は、巨大地震が発生した際でも精度良く震度が求められる新しい予想手法であり、震源や規模の推定は行わず、地震計で観測された揺れの強さから直接震度を予想します。「予想地点の付近の地震計で強い揺れが観測されたら、その予想地点でも同じように強く揺れる」という考えに従った予想手法であり、予想してから揺れがくるまでの時間的猶予は短時間となりますが、広い震源域を持つ巨大地震であっても精度良く震度を予想することができます。緊急地震速報が従来の「地震波の特性を利用したP波S波の伝達速度差を利用していたものから直接震度測定の予想に変更された。」

これは、「秒を争う地震速報「緊急地震速報」が後退したのではない心配。」

開発の背景

低価格で高性能な加速度センターの開発普及、震度推測の演算法の開発、高性能なコンピューターシステムの開発及び通信回線の普及による。結果「低価格で高性能な地震計が普及するであろう。」  
尚、用途が緊急地震速報に限らず「長周期地震動」、SI値の計測による「被災判定等の基準構築が求められる。」

PLUM法を用いた予報については、制度の準備が整ってから運用が開始されます。このため、予報業務許可事業者による予報は、当面の間、従来手法による予報となります。

ハイブリット法 = 従来法+PLUM法 ・ IPF法 = 従来法の手法の高度化

自社開発「響き」メニュー「PLUM法対応」

- A. 地震発生情報
- 1. 地震発生情報の取得 (第1報).....初期微動計測時刻
  - 2. 震源地位置推定.....震源地推測地
  - 3. 地震の規模推定.....計測化速度値
  - 4. 地震発生時刻決定.....「響き」計測時刻
  - 5. 計測加速度送出.....計測加速値
  - 6.
  - 7. 任意の地点の波到達予測時刻推定.....「響き」計測時刻
  - 8. 予測震度の演算.....「響き」

B. 被災度(SI値)計測演算

- 計測微震値(加速値).....
- 計測時刻.....

C. 長周期地震動の階級推定値

- 予測震度.....
- 長周期震度と振動時間.....
- 長周期階級.....

また、緊急地震速報(警報)における続報の発表は、次の通りです。

3. 緊急地震速報(警報)で続報を発表する場合

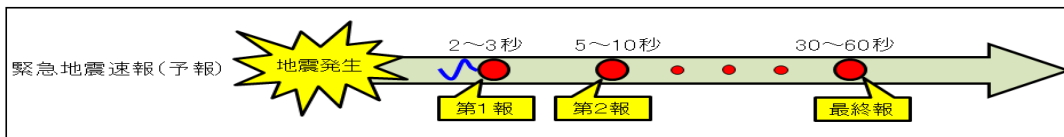
- ・緊急地震速報を発表した後の解析により、震度3以下と予想されていた地域が震度5弱以上と予想された場合に、続報を発表する。・続報では、新たに震度5弱以上が予想された地域及び新たに震度4が予想された地域を発表する。
- ・落雷等の地震以外の現象を地震と誤認して発信された緊急地震速報(誤報)のみ取り消すこととし、例えば震度5弱と予想していた地域が震度3以下との予想となった場合などは取り消さない。

緊急地震速報(予報)は、機器制御などへの活用のほか、各家庭用の端末などで受信地点の予測震度や主要動到達予想時刻などを表示する等にも利用されています。緊急地震速報(予報)の内容・発表条件については次の通りです。

1. 緊急地震速報(予報)の内容

- ・地震の発生時刻、地震の発生場所(震源)の推定値
- ・地震の規模(マグニチュード)の推定値
- ・予測される最大震度が震度3以下のときは、
  - －予測される揺れの大きさの最大(最大予測震度)
- ・予測される最大震度が震度4以上のときは、地域名に加え
  - －震度4以上と予測される地域の揺れの大きさ(震度)の予測値(予測震度)
  - －その地域への大きな揺れ(主要動)の到達時刻の予測値(主要動到達予測時刻)
 ※地域名については、緊急地震速報の予報区をご覧ください。

緊急地震速報(予報)が従来の地震情報と異なる点はその迅速性です。気象庁は緊急地震速報(予報)として下図のように地震を検知してから数秒～1分程度の中に数回(5～10回程度)発表します。第1報は迅速性を優先し、その後提供する情報の精度は徐々に高くなっていきます。ほぼ精度が安定したと考えられる時点で最終報を発表し、その地震に対する緊急地震速報の提供を終了します。



2. 緊急地震速報(予報)の発信条件(※)

気象庁の多機能型地震計設置のいずれかの観測点において、P波またはS波の振幅が100ガル以上となった場合。地震計で観測された地震波を解析した結果、震源・マグニチュード・各地の予測震度が求まり、そのマグニチュードが3.5以上、または最大予測震度が3以上である場合。

(※)1点の観測点のみの処理結果によって緊急地震速報(予報)を発信した後、所定の時間が経過しても2観測点目の処理が行われなかった場合は雷など地震以外の揺れ(ノイズ)と判断し、発表から数秒～10数秒程度でキャンセル報(地震以外の揺れで発表した緊急地震速報を取り消す情報)を発信します。島嶼部など観測点密度の低い地域では、実際の地震であってもキャンセル報を発信する場合があります。なお、この場合には、キャンセル報の発信までに30秒程度かかることがあります。

(※)この基準は変更する場合があります。



緊急地震速報の論理的解説

緊急地震速報の震源地決定等の方法と論理的緊急地震速報の解説

緊急地震速報

緊急地震速報は地震発生後、震源付近の観測点のデータを元に出きる限り早く震源やマグニチュードを確定してユーザーに提供する情報です。

震源やマグニチュードの確定制度が良くなるたびにそれを、更新するものです。「現在、第1報～10報程度更新して配信されています。」その結果、震源と観測点の位置関係によっては対象となる地域にS波(主要動)が到達する前に、場合によってはP波が到達する前に情報を配信することが出来る。

我々が地震の発生を知るためには、震源に最も近い観測点にP波が届く必要がある。この届いたP波を観測点で処理することが、現在の技術で最も早く大地震の発生を知る手法である。個々の観測点において地震波形を処理し、観測点から震央までの距離や最大振幅値などを算出することを「**単独観測点処理**」と呼ぶ。この結果は、処理中枢(気象庁本庁)に直ちに送出される。処理中枢において、単独観測点処理の結果が1～2地点集約される**テリトリ法**、3～5地点集約される**クリットサーチ法**と呼ばれる手法によって震源とマグニチュードから各地の震度や地震波の到達時間が計算され、緊急地震速報の発表条件、また再更新条件を満たした場合に緊急地震速報として配信されている。

配信の条件は、気象業務法の「**警報**」「**予報**」の配信基準によることが定められています。そこで、弊社の場合緊急地震速報として予報業務範囲の配信と地震速報伝達義務として「**警報**」の配信を行っています。その区別は緊急地震速報は1報～2報の情報による通報、警報を含む10報の気象庁基準による地震速報としている。気象業務法による警報の伝達義務と予報情報提供を区分している。「**警報**」には地震波の特質からスピード限界があるために間に合わなかったり、誤報も含む場合もある。その関係からお客様に通報義務として気象庁の中継配信を行っています。「**予報**」については、独自の「気象庁告示の第2号工(2)を満たす計算の方法」を採用し物件単位に気象庁許可を受けその方法を採用しています。別に、システムで紹介している関係のサーバー予報型方式の利便性、独自の配信システムにより高度な遅延なき大規模配信を可能にしています。

緊急地震速報を正確に迅速に配信するため地震波のポイント

地震波の伝播状況特性、

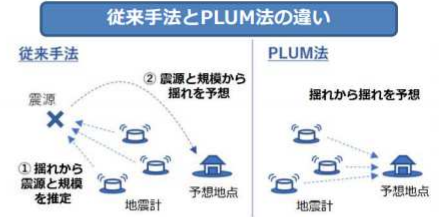
地震発生時に、地震かな?? と感じ始める地震波は小刻みに物を揺らします。木造家屋の障子や硝子戸などがガタガタと音を立て揺れます。そこで地震だと一般に知りえる。この地震波が「P波(rimary wave)」で「縦波」です。縦波というのは地震の進行方向に振動する波です。

仮に震源が北の方向の場合は、P波は、南北方向に揺れながら南の方向に伝わります。それからしばらくすると、自分の身が揺らされている感じを受けます。これがS波(Secondary wave)の到来です。この波が進行方向に直角に振動する「横波」です。震源が北の場合は東西方向に震源が真下にあれば水平方向に振動して伝わります。また、しばらくして、建物全体がゆさゆさと大きく揺れだします。大きな地震だと驚き始めます。この大きな揺れをもたらすものが「**表面波**」と言います。P波とS波が伝わる時に反射屈折をおこなうために特別な波を生じますが、地表に出る時にそのエネルギーを開放するために大きな揺れになります。成因がP波やS波の伝播上の反射屈折ですから震源から近い所では伝播距離が短いため大きな表面波は起きません。以上が地震の発生と伝播状況です関西の人は阪神淡路の震災から20年忘れておられると思いますが参考にして下さい。

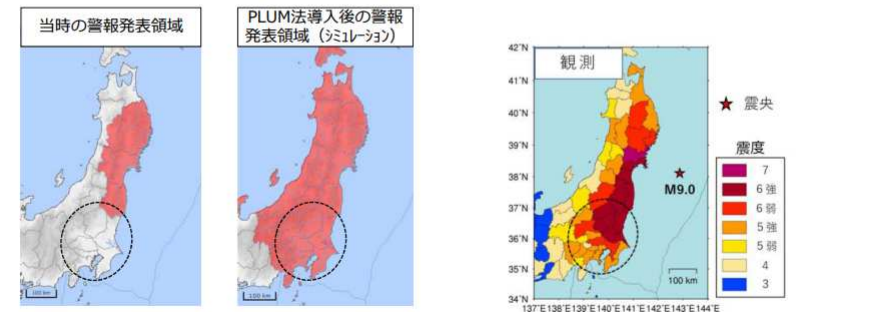
気象庁から巨大地震が発生した際の震度予測精度が向上したとの発表がありました。そこで今回ポップス テップジャンプでは、その内容について見ていきたいと思います～

PLUM (プラム) 法とは ～巨大地震が発生した場合における精度の向上～ 別紙

「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」が発生した際、震源から遠く離れた関東地方でも強い揺れを観測しましたが、従来手法ではこの強い揺れを精度良く予想することができませんでした。PLUM法は、巨大地震が発生した際でも精度良く震度が求められる新しい予想手法であり、震源や規模の推定は行わず、地震計で観測された揺れの強さから直接震度を予想します(右図)。これは「予想地点の付近の地震計で強い揺れが観測されたら、その予想地点でも同じように強く揺れる」という考えに従った予想手法であり、予想してから揺れがくるまでの時間的猶予は短時間となりますが、広い震源域を持つ巨大地震であっても精度良く震度を予想することができます。



PLUM法による改善事例 (平成23年東北地方太平洋沖地震 マグニチュード9.0の地震)



(左) 当時警報を発表した領域。(中央) PLUM法を導入した後の警報発表領域(シミュレーション) (右) 観測した震度。従来手法は震源域の広がりに対応できなかったために、関東地方の強い揺れが予想できなかった(図中黒円内)。PLUM法は揺れの広がりそのものから揺れを予想するため、震源から離れた関東地方の強い揺れも予想できる。

気象庁は、平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震(東北大震災)において、震源から遠い関東地方でも強い揺れを観測していましたが、これらの地域に対して緊急地震速報が発表出来ませんでした。「その対策が練られた。」

～巨大地震が発生した場合における精度の向上～

PLUM法は、震源域が百キロメートルを越えるような巨大地震が発生した際でも精度良く震度が求められる新しい予測手法です。従来手法では、推定した震源や地震の規模を元に、任意の地点の震度を求めていました。一方で、PLUM法では、**震源や地震の規模の推定は行わず、予測したい地点の周辺の地震計で観測された揺れの情報(震度に相当する値)から直接その地点の震度を求めます。**これは「予測地点の付近の地震計で大きな揺れが観測されたら、その予測地点も同じように大きく揺れる」という考えに従った予測であり、予測してから揺れがくるまでの時間的猶予は短時間となりますが、広い震源域を持つ巨大地震であっても精度良く震度を予測できます。東北地方太平洋沖地震(マグニチュード9.0)にPLUM法を適用すると、震源から離れた関東地方の強い揺れも精度良く予測できることを確認したとしている。こうした事態を受けて、巨大地震にも対応できる新たな手法(PLUM法)の開発を進め、従来の手法と組み合わせた緊急地震速報の発表、運用開始は3月22日12時頃開始。

PLUM法は、開発及び検証等が完了次第、予測精度と揺れまでの時間的猶予の双方の効果を上げるようにIPF法と組み合わせた形で平成30年3月から運用を開始するとしていた。今回のPLUM法の導入とともに、過大な震度予想を防ぐために従来手法により推定した地震の震源・規模が妥当かどうかを実際の揺れから評価する機能を緊急地震速報に導入するとしている点がきになるが期待したい。「今回は、(東北大震災の対策であるが次の時代には、新たな開発が求められる、未知の世界との挑戦が続く。)結果、気象庁に任しておけなくなって自費で「リアルタイム地震計」の開発、個別地点における計測、加速度センサーを用いて、まもなく大きな揺れが来ることを利用者に知らせることは、地震動の予報業務にあたるのか。(結果は)単体の(加速度)P波センサー(特定地点においてP波を観測し、その後、当該地点に大きな地震動が到達することを報じる装置)のような観測装置を用いて、当該観測場所におけるS波の地震動を報じる業務については、当該観測場所にS波がP波よりも後に到達し、かつより大きな地震動をもたらすという**自明なことを報じているに過ぎません**ので、予報業務にはあたらない(装置)であるとされるケツカから「響き」を提供する案と現業のサーバ演算方式の予報業務の充実を図ることで今後の地震防災情報の配信の提供に大きく貢献できると願っている。「別添微振動の計測装置(震度1計測可能な「響き」を提供する。)追記 ここで述べておく 気象庁は、緊急地震速報の「**予報**」の情報提供は行っていない点を示すべきではないか。「警報」の理論的に難しい情報を担当している上でその事である。「**警報**」は時機を見て撤廃すべき情報ではないか。(情報に限界がある大やけどをする前に。予知と同じく撤退すべきではないか。)



## PLUM法、IPF法、ハイブリッド法が採用されました。

緊急地震速報について下記の技術的な改善を行い、H28年12月14日14時に運用を開始します。

1. 同時に複数の地震が発生した場合の緊急地震速報の技術的な改善について－IPF法の運用開始（下記別紙1）
2. 平成28年8月1日に発生した緊急地震速報（予報）の誤情報の発表への技術的対応の適用について（下記別紙2）引き続き、緊急地震速報の技術的改善を図ってまいりますと発表された。



### ■ IPF法

従来の手法の高度化  
 ・複数の地震が同時発生した場合でも従来より適切に地震を分離して過大な警報発表を回避  
 ・従来の手法と同じく、震源の位置やマグニチュードを推定して震度を予測（IPF法で精度向上）従来



### ■ PLUM法

・現在の手法とは根本的に異なる手法  
 ・震源推定を行わずに予測地点周辺の観測値（リアルタイム震度※）から震度を予測

### ■ ハイブリッド法

・従来法（含IPF法）による震度予測とPLUM法による震度予測の大きい方を採用

※リアルタイム震度・・・地震動の大きさを即時に算出したもの（通常の「計測震度」は1分間の震動データから震度を算出）

1. PLUM報による予測では、猶予時間は長くて十秒程度です。
  2. PLUM法（ハイブリッド法）導入により、警報・予報の発表（統報）回数が増えます。
- 3.11東北地方太平洋沖地震のシミュレーション  
 ・現行の手法警報：2通予報：約15通（警報発表60秒制限なしの場合）  
 ・ハイブリッド法警報：4通予報：約50通  
 ・PLUM法のみ警報：7通予報：約100通

※IPF法、PLUM法（ハイブリッド法）の導入によっても、地震の規模や震度を過大に予測する事例、強い揺れを見逃す事例等が完全に無くなるわけではありません。

## 各種地震動の強さ、指標の表し方

### 最大加速度

最大加速度は強震記録を基に簡単に求められることから、よく用いられる指標であるが、振動数成分や地震動の継続時間に関する情報が含まれないために問題点も存在する。加速度の性質から最大加速度が大きい強震記録は、大きな破壊力を持つことになるが、強震記録の一部分だけ振幅が大きく、かつ、それが非常に高い振動数で構成されている場合は、一般建物等構造物に対してそれほど大きな被害を与えることは少ないことから、最大加速度だけで建物等構造物に与える影響を評価することは困難である。最大速度最大加速度と同様に、観測した速度強震記録の最大振幅値（絶対値）を最大速度（PGV）と言う。加速度記録は高周波数帯域の振動が強調されるのに対して、速度記録は高周波数と低周波数の中間帯域の振動が強調される性質を持っており、一般建物等構造物の固有振動数の帯域とほぼ一致している。そのため、最大速度は最大加速度よりも、地震被害を精度良く説明することができる指標の一つと考えられている。

### 最大変位

最大変位は強震記録の低周波数帯域に関連した指標である。しかし、加速度強震記録から求めようとした場合、それらに含まれる長周期成分ノイズや、数値積分、フィルター処理で発生する丸め誤差が原因となり、正確な最大変位を求めることが難しい。それゆえに、最大変位は最大加速度や最大速度とは異なり地震動強さの指標として用いることが少ない。

### 震度

有感地震が起きた時に発表される震度は、最も有名な地震動強さの指標と言えよう。震度には国際的に統一された基準が無く、日本では気象庁によって制定された気象庁震度階級が用いられている。過去、震度観測は体感によるものであり、階級数も1949年～1996年3月の震度階級は震度0～Ⅶの8階級であったのに対して、1996年4月からは震度計が示す計測震度に基づいて決められており、階級数は震度0～7で震度5を震度5弱と5強に、震度6を震度6弱と6強に分割した合計10階級となっている。

SI値は69ページの表参照SI値とはアメリカのハウズナー（G.W.Housner）によって提唱され、地震によって一般的な建物にどの程度被害が生じるかを数値化したものです。地振動による構造物の破壊等の被害は、地震発生時の構造物の振動エネルギーが寄与し、地振動の最大加速度が同じでも地震の継続時間が長いほど構造物の被害が大きくなるといえます。しかし残念ながら、高層ビルや石油タンクに代表される固有周期が数～十数秒の長大構造物に対して、それらに影響を与えるやや長周期地震動成分がSI値には含まれないため有効な指標として用いることはできない問題点がある。SI値とは地震動による構造物への影響を表現する方法として速度応答スペクトルがあります。構造物の剛性が高い場合、その主な固有周期は0.1～2.5秒間にあり、この間のスペクトル積分値（面積値）をもって、地震動の破壊力を表す1つ目安とすることが可能であり、この値を「スペクトル強度＝SI値」と呼んでいのです。

### 継続時間

地震による構造物の剛性や耐力低下は、地震による揺れが続いている間に加わる繰り返し荷重や応力が加わることが原因である。そのため、揺れの振幅が大きくても、短時間であれば構造物に繰り返し加わる荷重や応力の回数が少ないため、被害はそれ程大きくならない。しかし、振幅が中規模であっても継続時間が長い場合、逆に重大な被害を引き起こす可能性が生じてくる。そのため、継続時間は重要な地震動強さの指標として用いられる。地震動の継続時間は、一般に地震動の始まった地点から振動がノイズレベルに戻るまでの間の時間であるが、工学的には加速度記録の強震動部分だけを対象とすれば十分である。継続時間の定義には様々なものがあるが、よく用いられるものとしては、あるしきい値以上を超えた時から、その値を超えなくなるまでの時間を継続時間と定義して用いることが多い。

## 地震メモ（震度特徴と加速度、SI値まで）

## 地震の被害の大きさは、加速度の数値が同じでも、揺れの周期で変わってくる。

「周期1.5秒ぐらいの揺れが一番被害が大きくなる。1.5秒より大きくなっても小さくなくても、被害は小さくなる傾向にある。このために、加速度を震度に換算する時には、周期1.5秒前後（周波数では0.6Hz~0.7Hz）の揺れを大きめに周期1.5秒より速い揺れや遅い揺れを小さめに評価するために、フィルターを通す必要がある。その開発が重要で、この点を利用者に理解していただいで使用できる装置が求められる。

○ 地震の場合、加速度が様々な方向にかかり、ある程度揺れても、最大加速度が0.02～0.1秒前後と非常に短い時間で生じるので加速度が大きいのは一瞬だけの事になる。地震の揺れ方によってはガルの数値がそれほど大きくない、にもかかわらず、震度の被害が大きくなることもある。

「東日本大震災では約2,900ガルで震度7だったが、阪神淡路大震災では約800ガルでも震度7であった。」これは、震度の算出方法が「同じ震度でも周期が0.5秒以下の細かな揺れではガルの値が大きく、周波数1秒程度の揺れでは600ガル程度で震度7の基準となるためである。

○ 1秒間に1cm移動すれば1カイン (cm/s) で表記されます。  
 ○ 経験的に関東大震災(震度6)に耐えられる強度(400gal)が建築基準法の最低基準となっています。  
 ○ 地表面における重力加速度を1Gと表現し、1G=981galと表せます。  
 ○ 一般的な鉄骨造ビルの場合、その固有周期T(秒)は、階数をNとすればおおむね $T=0.1N$  高さ $H(m)$ とするとおおむね $T=0.02\sim 0.03\times H$ であるといわれています。例えば、30階建て高さ120m程度の高層ビルでは「固有周期」が3.0～3.5秒程度、50階建て超高層ビルでは固有周期が5.0～6.0と、ここで、「固有周期」は構造物が振動しやすい周期ですから、構造物を揺さぶる地震動の周期がこの「固有周期」に近い値になると、構造物は最も大きく振動します。この現象は「共振」と呼ばれ、共振が起こると最も大きく振動するので、結果として構造物の災害につながる。

○ 地震によって一般的な建物にどの程度の被害が生じるかを数値化したもの。SI値は、現在の地震災害尺度の中で一番物理的数値が明確である。地震動による構造物の被害は、地震発生時の構造物の振動エネルギーが関係している。そこで建造物の振動エネルギーと直接する物理量として、構造物の地震時の揺れ速度の最大値(応答速度エネルギー)Svを、固有周期が0.1 から2.5秒で減衰定数が20%の構造物に対して平均した値をSI値と定義した。したがって、個別の構造物の揺れを表すのではなく、揺れの速度の平均値を表している。なお、単位は、通常のカインとする。これをSI値という。工場、プラントの設備の場合、固有周期は0.1秒から2秒ぐらいに分布しているのでSI値は構造物の被害との相関性が高い尺度として計測されている。しかしながら、近年話題の高層ビルの長周期地震動(固有周期2秒から10秒程度の地震動)を表す尺度とはならない。

○ 地震の被害と尺度、「被害が発生した場合の尺度」  
 震度とマグニチュード震度は揺れの度合い、マグニチュードはエネルギーの規模、大きさを示しています。「震度」は、震源から遠ざかるほど揺れが弱くなる。あなたが床を50kgの力でたたくとします。この50kgの力がマグニチュードです。(地震の馬力)床の近くは大きく振動します。離れると、振動は小さくなってきます。それがマグニチュードです。○ 気象庁基準のADコンバーター変換回数は毎秒100回行っているよう、今回響きでは、コストバランスを考えて毎秒50回の変換としています。  
 ○ 震度0とは、震度0～0.0006g(600μg) (周期約1.5秒)周波数0.6Hzから～0.7Hzの場合。  
 ○ 1時間に1回、バッテリー電圧測定(設定電圧以下の場合緑のLEDを点滅)  
 ○ 地震の発生有無の判定は、12秒毎に行っています。  
 ○ 4秒に1回の周期で点滅し地震の発生を知らせる。  
 ○ 記録できる地震は12回  
 ○ 各種設定は、30秒以内に実行。

## Takusu方式による対策済み方式の場合

緊急地震速報 PLUM法での予報開始について。

平成28年後半(予定)より、気象庁 緊急地震速報の震度予測方法が大きく変わります。これを受けまして、技術的内容に関する事項を私なりにまとめてみました。

## 【新たに導入される震度予測方法 PLUM法とは?】

従来の手法は、初めにP波(初期微動)から『震源の緯度経度・深さ・地震の規模』を予測します。続いて、予測したデータに基づいて各地の震度を計算します。予測したデータに誤差がある場合、過大・過小評価となるのが欠点です。新しく導入されるPLUM法は、震源を推定せずに震度を予測する全く新しい手法です。

予想したい地点の半径30km範囲内のリアルタイム震度に基づいて震度を計算します。S波(主要動)を観測してから計算を行うため、猶予時間が最大で約10秒と短いのが欠点です。全国各地で揺れる直前に発令されるため、地震速報や津波・大津波警報より後に発令されるケースも考えられます。緊急地震速報で無くなる。弊社ではすでに対策済み。(気象庁告示の第二号エ(2)を満たす計算の方法採用)

## 【なぜPLUM法を導入するのか?】 この対策で十分対応できるのか。.....

PLUM法を導入することによって、今まで技術的に難しかった緊急地震速報の発令が可能となります。・巨大地震発生時、広範囲に緊急地震速報を発令することが可能になる。従来の手法では、規模の大きい地震を短時間で解析することが難しく、過小評価となるため。

震源の深さが150km以上となる場合においても、緊急地震速報を発令することが可能になる。従来の手法では、精度の問題で震度予測が難しかったため。震度4以上を観測したが、緊急地震速報を発令できなかったケースを減らすことが可能になる。PLUM法ではリアルタイム震度を用いるので、震度4を観測した時点で緊急地震速報を発令することが可能となるため。推定した震源が信頼できないデータである場合、従来の方式で震度予測を行わないことによって、誤報・過大評価による警報発令を回避することが可能になる。PLUM法での震度予測に切り替え、信頼できない震源データを破棄することが可能になるため。震源が推定できない場合においても、緊急地震速報を発令することが可能になる。PLUM法での震度予測は震源を推定する必要がないため。

弊社ではすでに対策済み。(気象庁告示の第二号エ(2)を満たす計算の方法採用)

従来の手法・PLUM法にはそれぞれの利点・欠点が存在し、PLUM法は『従来の手法の欠点を補う』位置づけで導入されます。また、従来の手法とPLUM法を統合したハイブリッド法での震度予測も導入されます。これは、震度を従来の手法とPLUM法の両方で予測し、各地点ごとに大きかった方の震度をそれぞれ採用するものです。状況によりこれらの手法を使い分け、緊急地震速報を発令されます。

## (株)トータル・ライフサービスコミュニティの対応

今回の改善策について、特別に対応は考えていない。従前の通り運用を行う。端末装置(次期新製品でリアルタイム地震計測、長周期動、IA対応を考えている。)センター側のシステム側のシステム更新で配信先の端末装置の更新は必要ないために行わない。

今後の、気象庁の実績等を考慮した運用を考えた上で運用を行う。

すでに、「気象庁告示の第二号エ(2)を満たす計算の方法を採用しています。」



リアルタイム地震計

- 計測個別地点・・・枚方 lat 34° 86' 68" ・ loh 135° 67' 88"
- 個別地点海拔・・・ 52m 住宅内
- 震源距離・・・ 282.3791km  
震源地・・・ 35° 1' ・ 132° 5' (気象庁暫定)  
深さ・・・ 10km (気象庁暫定)  
マグニチュード・・・ 5.7 (気象庁暫定)
- 計測加速度値・・・ 水平1.1 gal・垂直 0 gal
- 計測震度・・・ 震度1
- 揺れ時間・・・ 1分
- 計測時刻・・・ 30年4月9日 1時32分34.3秒  
地震発生(検知)時刻・・・30年4月9日 1時32分34.3秒(気象庁暫定)

※ ○ 丸印、個別地点で・本機で計測数値を示す。



$$X = E - W ( ) / Y = N - S ( )$$

波形計測は外付けPC接続により計測可能。



簡易表示LCD

最近の標準的な強震計では、2g (gは重力加速度、9.8m/sec<sup>2</sup>)程度までの測定が可能になっています。

項目	内容
計測成分	3成分(xyz) 加速度計 Kinonix社製 45μg√Hz ローノイズ
最大計測範囲	2g 実計測範囲
AD変換器	24 bit 最大1ksp/s 内蔵 16 bit使用 ANALOG DEVICES社製
フィルター	独自開発 震度フィルター システム
時計機能	内蔵時計、オプションGPS対応可
電源	DC9V ~ DC12V ACアダプター・5V (単三電池4本 5V 約1ヵ月程度計測可能)監視時: 2mA、地震発生時: 3mA、データ読み出し: 9mA、
CPU	マイクロチップ社 PICシリーズ
計測範囲	0.0006g=600μg ~ (周期1秒)目安 / 震度0 ~ 7・計測周期 0.1 ~ 10Hz
ノイズ peak to peak	240μV(p-p) × 2
震度フィルタ	震度フィルタ 0.45倍減衰

地震発生と予報の限界

地震発生と各種予報値の限界線

地震発生による被害発生限界線は、最大化速度80gal程度、SI値で6kine程度計測震度で4程度(震度5弱の下限程度)に相当する値が目安。Galとカインと震度とマグニチュードガル(gal, 記号:Gal)は、CGS単位系における加速度の単位である。その名前は、ガリレオ・ガリレイにちなむもので、単位名をガリレオ(galileo)としている地域もある。

1ガルは、1秒(s)に1センチメートル毎秒(cm/s)の加速度の大きさと定義されている。すなわちガルは「センチメートル毎秒毎秒」(cm/s<sup>2</sup>)と書き表すことができる。国際単位系(SI)における加速度の単位はメートル毎秒毎秒(m/s<sup>2</sup>)であり、1 Gal = 0.01 m/s<sup>2</sup>となる。地球表面における重力加速度はおおよそ981ガルである。世界最大の地震による加速度は、岩手・宮城内陸地震(2008年6月14日)の際に岩手県一関市厳美町祭時で観測した4022ガルである。以上ウィキペディアよりの抜粋です。地表面における重力加速度を1Gと表現し、1G=981galと表せます。阪神大震災の最大重力加速度は880galでした。これは0.9galに相当します。つまり瞬間的にはありますが、建物を殆ど垂直な断崖絶壁の壁に横向きに建てたのと、同じ位の横向きの力が働いた事を表しています。ただ、瞬発的な加速度を示す単位ですので、galだけで地震の強さを表現出来ません。そこで1秒間にどれだけ移動したかを示す記号が必要になります。それがカイン(Cain)です。

1秒間に1cm移動すれば1カイン(cm/s)で表記されます。

100カインを越えれば大地震と云えます。200galの重力加速度が1秒続けば200カインとなり、巨大地震となりますが、880galの地震でも0.01秒しか続かなければ8.8カインとなり大きい地震とは云えません。Galとカインを勘案して、体感的に気象庁が発表しているのが震度階です。ですので、阪神大震災では880galを記録し、気象庁が震度7を発表しましたが、880galが震度7を指すとは限りません。ちなみに気象庁が発表する震度階は単位の無い抽象的な表現であるため、構造設計に用いる事が出来ません。そのためgalを用いて安全を確認しています。経験的に関東大震災(震度6)に耐えられる強度(400gal)が建築基準法の最低基準となっています。この他に地震そのものの強さを示すマグニチュードがあります。マグニチュードは対数グラフで表され、マグニチュードが2増えるとエネルギーは1000倍になることを意味します。但しマグニチュードが大きくても、震源域から離れれば離れるほど震度階の値は小さくなります。

カイン (kain)

地震ごとに、同じ最大加速度(ガル)でも同じ最大速度(カイン)になるとは言えない。最近では地震動の最大加速度(ガル)の大きさよりも最大速度(カイン)の大きさの方が建物の被害状況とよく一致することが知られているので、地震動の大きさとしてカインを用いて表すことが多くなった。ガル、カインも観測しているその地点での地震動の大きさを表すが、震度よりももう少し揺れ方を正確に(科学的に)表している。ガルは地震動の大きさを「加速度」で表したものの、自動車が発進する時に、ある大きさの速度に達するまでの時間が短ければ短いほど大きな加速度が加わる。gal(ガル)通常の「ガル」という単位。※単位名由来は「ガリレオ」(galileo)から。1ガルは、1秒(s)に1センチメートル毎秒(cm/s)の加速度の大きさの定義から。

- 1ガル=1秒間に1cm移動する加速度
- 100ガル=1秒間に100cm(1m)移動する加速度
- 1,000ガル=1秒間に1,000cm(10m)移動する加速度となります。



「長周期地震動」はメディアによる造語

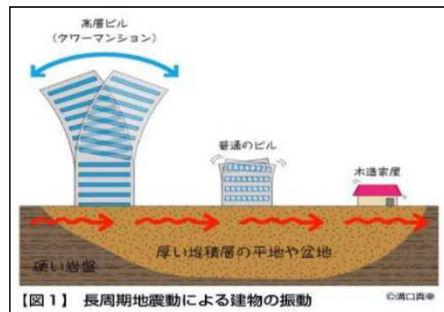
この奇妙な現象はメディアの注目を集め、取材を受けた研究者は、現象が「やや長周期地震動」によるものと答えました。しかし、報道では「長周期地震動」と省略されることが多く、結局、翌年1月に放送されたNHKスペシャル『地震波が巨大構造物を襲う』で国民に広く知られたことにより、省略した形が定着してしまいました。つまり、「長周期地震動」は「直下型地震」と同じくメディアによる造語ということもできます。

どの構造物にもある固有周期

地震による強震動(第2回「揺れの測り方」参照)が街を襲うだけでは災害になりません。強震動が構造物を破壊して物的災害となり、破壊された構造物がわれわれに危害を加えることによって人的災害となります。「構造物」とは、複数の材料や部材で構成される建物や道路、橋、貯蔵タンクなどの総称です。建物以外の構造物を土木構造物と呼ぶこともあります。地震の揺れ(地震動)などにより構造物が振動するとき、どの構造物も振動しやすい特有の周期(第3回「長周期地震動とは?」参照)を持っています。これが「固有周期」です。「固有周期」は構造物に特有のもので、構造物ごとに異なるのが普通です。例えば、比較的単純な形をしたビルは地面の一点で固定された振り子のようなものですから、振り子の棒が長いほど、つまりビルの高さが高いほど固有周期が長くなります。同じように、東京のレインボーブリッジや横浜のベイブリッジなどのつり橋は長さが長いほど、また石油などを貯蔵するタンクは直径が大きいほど、長い「固有周期」を持っています。

建物の共振

ビルについてもっと詳しく見ると、地震調査委員会(2009)によれば、一般的な鉄骨造ビルの場合、その固有周期T(秒)は、階数をNとすればおおむね $T=0.1N$ 、高さをH(m)とするとおおむね $T=0.02\sim 0.03\times H$ であるといわれています。例えば、30階建て高さ120m程度の高層ビルでは「固有周期」が3.0~3.5秒程度、50階建て超高層ビルでは固有周期が5.0~6.0秒程度で、「固有周期」は構造物が振動しやすい周期ですから、構造物を揺さぶる地震動の周期がこの「固有周期」に近い値になるとき、構造物は最も大きく振動します。この現象は「共振」と呼ばれ、共振が起こると最も大きく振動するので、結果として構造物は災害につながるような危険な状態になります。



【図1】長周期地震動による建物の振動

長周期地震動第3回で解説した長周期地震動にはいろいろな定義がありますが、例えば2秒から3秒程度より長い周期の揺れという定義を用いるとしましょう。この周期の範囲に「固有周期」を持つ、30階程度の高層ビルや新宿副都心の超高層ビル、横浜ランドマークタワーは、長周期地震動に「共振」してしまうということになってしまいます(図1左)。一方、それらより低い普通のビルの「固有周期」は3秒より短いので、「共振」が起こる可能性は小さくnarimasu(zu1中)。木造家屋は「固有周期」がさらに短く1秒未満ですので、可能性はさらに小さくなります(図1右)。つまり、長周期地震動による災害は、高層ビル、超高層ビルが出現するようになった現代の新しい災害なのです。0秒程度と見積もられ、実際に東京・新宿副都心の50階程度の超高層ビルでは「固有周期」が5秒前後となっているそうです。また、日本一の高さの横浜ランドマークタワーは70階建て高さ296mなので、その「固有周期」は7秒前後と見積もられます。

関東地方で地震がありました」などとアナウンスされますが、ここでの地震は揺れを意味しているように聞こえます。これでは混乱してしまうので、揺れを意味するときは「動」の一文字を追加して「地震動」と呼ぶことになっています。また、「地震」による揺れを、日常の海で見られる波と同じようなものと考えれば「地震波」と呼ぶことも可能でしょう。地震波の伝わる速度は岩盤では秒速数km以上になります。たとえば、地表に最も近い岩盤は地殻と呼ばれますが、その上部では地震波は秒速6 km程度の速度で伝わります。これを時速に直せば21,600 kmに達し、最高時速約300 kmの新幹線と比べ72倍もの速さです。したがって、地震波や地震動は地震により起こる現象の中でも、最も早く現れる現象です。(図1)は、岩手県釜石市沖に設置されていた東京大学地震研究所の海底ケーブルシステムが観測した、東北地方太平洋沖地震の津波の記録です。大きな津波の波形の先頭部分、地震が発生した14時46分の直後に小刻みなギザギザが見えます。これは実は、海底を伝わって津波より早く到達した地震波、つまり地震の揺れでした。

迅速な安全・安心の確保のために

普及型リアルタイム計測システム (Totallife) の提供

大地震が発生したとき  
ビルを使いつづけられるかの確かな判断が求められる  
余震による二次災害を防止するための情報取得のために

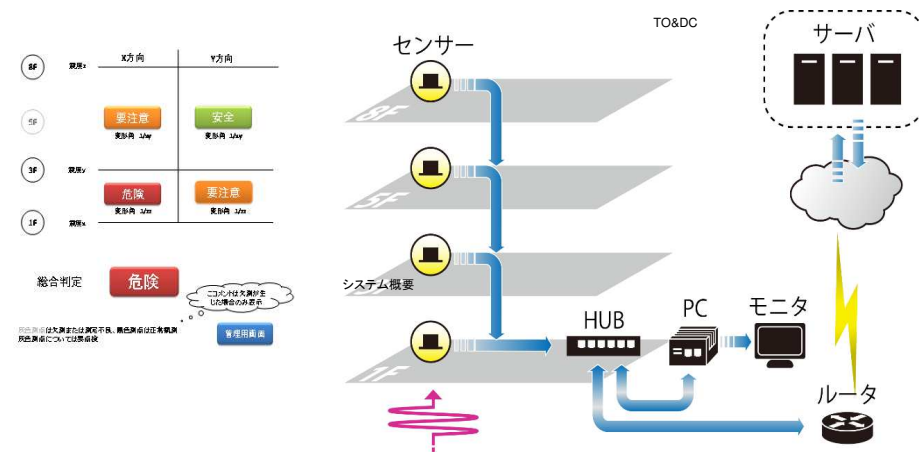
震度1から計測可能なリアルタイム計測 (長周期地振動の個別地点計測)

首都直下地震等大規模災害が発生し、鉄道等の公共交通機関が当分の間、復旧の見通しが無い中、多くの方が帰宅を開始しようとするれば、火災や建物倒壊等により、自ら危険にさらされるだけでなく、発災後に優先して実施しなければならない救助・救済活動等に支障が生じる可能性があります。

こうしたことから都は、「自助」、「共助」、「公助」の考え方に基づき、帰宅困難者対策を総合的に推進する条例を平成24年3月に制定し、平成25年4月から施行されました。そのガイドラインでは、地震後3時間までに、建物にとどまることが可能かどうかを事業者が判断することを求めています。建物管理者あるいは建物所有者は、大地震の直後に余震による二次災害を防止するため、建物が被害を受けていないか早急に判断する必要があります。なお、国土交通省は建築物におけるエレベータのP波センサーの設置義務化による各種情報の統一化の検討がないま複数の装置が設置され経済的な無駄となりここで検討する必要がある。

そこで、大手建設会社では大地震後の建物の危険度判定には、一部では「緊急危険度判定」という仕組みが2007年から展開され都内で3カ所超高層ビルを対象に本格運用されて現在30棟の超高層ビルに設置されている、その実績から低価格で普及型多機能のリアルタイム地震計測のご要望が多く今回開発提案にいたりました。

既存建物の30m以上の建築物を中心に一階や最上階など数フロアに地震の揺れを検知する計測装置を設置、得られたデータを専用の情報処理端末で情報を解析して、各階ごとの地震力(加速度)や建物のひずみ(層間変形角)長周期地振動の計測に対応し成功し揺れの大きさを数秒で解析し評価し通報するシステムが完成しました。緊急地震速報からエレベータのP波検知、超高層建物の長周期地振動の各階計測まで対応の多機能を実現しました。



**危険** : この建物に立ち入ることは危険です。  
すぐに建物から避難してください。倒壊の恐れがあります。  
**要注意** : この建物に立ち入る場合十分注意が必要です。  
**安全** : この建物に立ち入っても安全です。

## 長周期地震動の階級

### 長周期地震動階級

長周期地震動階級とは、固有周期が1～2秒から7～8秒程度の揺れが生じる高層ビル内における、地震時の人の行動の困難さの程度や、家具や什器の移動・転倒などの被害の程度から4つの段階に区分した揺れの大きさの指標です。気象庁では、地上に設置している地震計の観測データから求めた絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の周期1.6秒から周期7.8秒までの間における最大値の階級をその地点の「長周期地震動階級」としています。長周期地震動に関する情報の発表に用いる長周期地震動階級の絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の値は表のとおりです。

表 長周期地震動に関する情報の発表に用いる長周期地震動階級の絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の値

長周期地震動階級	絶対速度応答スペクトルS <sub>va</sub> (減衰定数5%)の値 (対象周期T: 1.5秒<T<8.0秒)※
長周期地震動階級1	5cm/s ≤ S <sub>va</sub> < 15cm/s
長周期地震動階級2	15cm/s ≤ S <sub>va</sub> < 50cm/s
長周期地震動階級3	50cm/s ≤ S <sub>va</sub> < 100cm/s
長周期地震動階級4	100cm/s ≤ S <sub>va</sub>



※当面、周期1.6秒から7.8秒において、0.2秒刻みで計算する。

例えば、図では、絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の最大値の階級が長周期地震動4となりますので、この地震観測点での長周期地震動階級は「長周期地震動階級4」となります。

### 長周期地震動階級の凡例: ■ 階級1 ■ 階級2 ■ 階級3 ■ 階級4

長周期地震動階級	人の体感・行動	室内の状況	備考
長周期地震動階級1	室内にいたほとんどの人が揺れを感じる。驚く人もいる。	ブラインドなど吊り下げものが大きく揺れる。	—
長周期地震動階級2	室内で大きな揺れを感じ、物に掴まりたいと感じる。物につかまらなさと歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	キャスター付き什器がわずかに動く。棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。	—
長周期地震動階級3	立っていることが困難になる。	キャスター付き什器が大きく動く。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものも倒れることがある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が入ることがある。
長周期地震動階級4	立っていることができない。揺れにほんろうされる。	キャスター付き什器が大きく動き、転倒するものがある。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が多くなる。

## 「緊急地震速報の(予報)と(警報)」

(鹿島建設、小堀鐸二研究室、Takusu社の開発方式)「“鹿島RDMS&Takusu-IDC”の震度予測方式は、独自のもので気象庁告示の方法では考慮していない震度位置の違いや、伝播経路の地質条件等、地域的な特徴も考慮して行う、このため、予測地点ごとに個別に作成する必要があるが気象庁の「予測震度の約2倍の精度を持っており、小さい目の地震おきめの地震でも、予測震度に違いは無く、無駄な警告や無駄なエレベータの停止を起し難いという特徴を持っています。」気象庁は、告知の方法より高精度の場合のみ独自の震度予測方法を許可するので、その方式が採用されています。

結果、東北太平洋沖地震で緊急地震速報は働く働かないと騒がれたのです。弊社ではその点を独自の震度推定を小堀鐸二研究所の協力では是正し精度の高い情報配信に心がけ気象庁の承認を受け配信させていただいております。この方式については東京大学総合防災情報研究センターの鷹野澄教授(地震防災)も同じ学説を述べられ東京大学の地震速報の通報を改善されている。

### 気象庁・緊急地震速報の「警報」と「予報」の比較(違い)

比較するに当たって、これは比較ではなく「警報」という特性からやむえない検証と見るべきです。一般に間に合う合わないの原点もここにあると思います。

	「警報」(一般利用者向け)	「予報」(高度利用者向け)
特徴	緊急地震速報「警報」の特徴として、地震発生により大きな災害が発生する可能性がある場合に広く国民に伝達すると言う義務がある。各種の制限を受ける中で運用等はやむえない、現状の条件下では大変厳しいのが現状です。	一般向けに対して高度利用者向けは、名前の通り高度な利用者向けに配信されている情報、有料であるが広範囲に利用できる情報として今後が期待されている、残念なことにはまだまだ認知度が極端に低い。
情報の配信方法	テレビ・ラジオによる法定伝達機関の「警報」による一斉放送、特定の場所の人だけに配信することは出来ない、公益な「警報」の配信。	専用受信端末による特定の場所を限定した、個別地点の情報の配信を目的とした「予報」情報の配信。
信号の精度	一定の広範囲の地域情報に付き、情報を受ける場所により大きく情報の結果が異なってくる。	特定の場所を定め、その場所の(ピンポイント)の情報として演算を行った精度の高い情報の受信可能。
情報の料金	国が出している、不特定多数の方に一斉に配信している無料の「警報」情報	民間企業が、特定の定められた位置の情報を有料で提供している「予報」情報
配信震度階	一定の基準以上の震度で、国民に大きな被害を及ぼす可能性がある場合、気象庁が「警報」として配信される情報。	個別地点において、気象庁の情報を基に任意の地点の震度階の(閾値)以上の場合位置情報として配信される「予報」情報。
地震速報の信号と制御信号関係	機器の制御信号としては、差異大きく使用することは出来ない。	特定の位置における演算された結果情報につき制御信号として使用可能な予報情報。
任意の震度階設定	任意の震度階の設定は不可「警報」のみ「震度5弱以上の場合に限定」	任意の個別地点の震度階の設定が可能な予報情報。
情報の配信順位	気象庁の情報の一定規準以上(震度5弱以上)の信号の場合配信される。	気象庁の情報の第一報から配信可能。



## 揺れを整理すると、

ガル、gal という名称は、ガリレオ・ガリレイ (Galileo Galilei) にちなむ。地震に関連する分野ではよく用いられるが、国際単位系としては認められていない単位である。ただし、日本の計量法は特殊の計量である「重力加速度又は地震に係る振動加速度の計量」に限定してガル (Gal) および1000分の1のミリガル (mGal) の使用を認めている。1 Gal = 0.01 m/s<sup>2</sup> = 1 cm/s<sup>2</sup> である。

地震のゆれ方は一方向への運動ではなく、行ったり来たりする往復運動です。加速度 (ガル) が大きければ、ゆれは大きくなろうとしますが、加速度の働く向きがゆれの途中から逆向き (ゆれを止まる方向) に変わるので、ゆれが小刻みすぎると (周期が小さい) ゆれの早さも、ゆれ幅も大きくなりません。一方加速度が小さくても、ゆれがゆったりしている (周期が大きい) 場合は、ゆれの速さもゆれ幅も大きくなります。

ある震度に対して、加速度の大きさと周期の関係を表すグラフが気象庁のホームページに掲載しています。このグラフによれば同じ震度7のゆれでも、ゆれの周期が0.1秒であるときは、2700ガルの加速度が必要なのに周期が1秒では、その約1/5強の600ガルの分ということになります。加速度で十周期および加速度と震度

## (理論値) の関係均一な周期の振動が数秒間継続した場合。

震度は、震度階級には種々の規格があり、日本では気象庁震度階級を使っていること、また、他国の震度階級では、観測員が、被害状況とゆれかた (体感) から、震度を決めているのに対して、気象庁震度階級は、震度計が地震波から自動的に震度を決めている唯一の震度階級 (計測震度といえます) である事を書きました。

日本の震度階級も、以前は体感によるものを使っていたのですが、1996年4月から計測震度が導入されました。これは、1994年の三陸はるか沖地震や、1995年の兵庫県南部地震で、震度6や7の判定が難しかったため、発表が遅れがちになり、結果的に地震後の初動対応の遅れにつながる等の懸念が契機となっています。尚、同様な問題で、震度5と6では、被害程度の幅が広く判定が難しかったので、それぞれ、5弱5強、6弱6強とに分割し、1996年10月から採用されています。さて、計測震度の導入は、震度判定を早めたばかりでなく、地震時の観測者のいる場所による感じ方の違いや、観測者個々の感覚の違い等、体感による判定での弱点を排除し、一貫性のある判定を可能にしました。しかし、震度はもともと、被害の程度も含めて体感で判定していた指標であり、地震波から直接機械的に判定することは、簡単ではないと思われます。まず、地震波ですが、地震波は複数の単純な波に分解できます。下例の合成波は、3種類の単純な波からできていますが、地震波も同様に、無限に近い単純な波からできていると言うことができます。そして、振幅の大きい周期帯が長周期なら、長周期的な地震波、短周期なら短周期的な地震波という、性格づけをすることができます。もちろん、その他に、ゆれの激しさや方向、ゆれの継続時間も被害の大きさに影響をあたえますが、その中でも周期は最も重要な要素といえます。

長周期地震動の対策は、固有周期に伴う建物の被災は、地震が起こると地盤が揺れ、その上に建っている物も当然揺れが生じます。この時に、建物の“相性”がうまく地盤と合ってしまうと、建物は大きく揺れて、最悪の場合壊れることもありますそれを避けるために建物の固有周期と地盤の周期が合わないようすべき。ある地点の地表面での“揺れ”は、地殻の震源 (断層) で発生した地震波が、地震基盤 (岩盤) を伝播していく経 (伝わり方) 、さらに表層地盤での地震波などによって左右されます。この地震の揺れの性質は「振幅」と「周期」によって分けて考える事ができます。「振幅」は地震の揺れの大きさをあらわし、「周期」は時計の振り子のように地震の揺れが“いって戻って”という往復するまでにかかる時間を示しています。地震の振幅と周期は地盤によって変わってきます。「軟らかい」地盤では振幅が大きく周期が長くなる傾向が、「硬い」地盤では振幅が小さく周期が短くなる傾向があります。このような地盤が持つ揺れの周期の特性を特に『卓越周期』と呼んでいます。

建物は地盤から伝わる振動を受けて常に揺れていますが、建物にも地盤と同じように固有の周期があります。全ての建物は材料の密度や全体の重量などによって、それぞれが揺れる周期を持っており、これを建物の『固有周期』と呼んでいます。建物の固有周期 (設計用一時固有周期) は、略算式で、次の式で求めることができます。

$$T = h(0.02 + 0.01 \alpha)$$

ここで、T: 建物の設計用一次固有周期 h: 建物の高さ (m)  $\alpha$ : 建物のうち柱および梁の大部分が木造又は鉄骨造である階 (地階は除く) の高さの合計の h に対する比

例えば、RC構造であればRC構造であれば、 $T = 0.02h$  となり、5階～10階以下の建物 (1階あたり3mで計算すると、建物高さは15～30m程度) だと、0.3秒～0.6秒前後の固有周期となります。固有周期に伴う建物の被災は、地震が起こると地盤が揺れ、その上に建っている建物も当然揺れが生じます。この時に、建物の“相性”がうまく地盤と合ってしまうと、建物は大きく揺れて、最悪の場合壊れることもあります。(図-1参照)

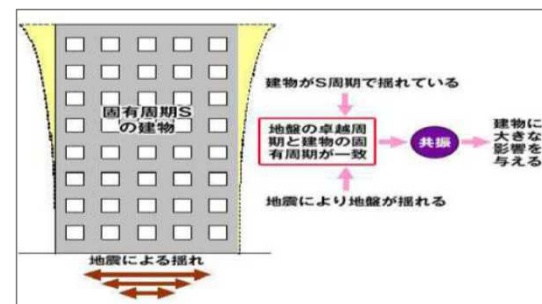


図-1 共振による影響

この“相性”とは、地震時に地盤の周期と建物の周期とが一致して共振することを指しており、共振する事によって揺れは激しさを増し、そして建物の強度の限界を超えたとき、ついに建物は倒壊してしまうのです。このことは、関東大震災の木造と土蔵の被害を調査したときに初めて明らかにされました。調査の結果、木造の建物は地盤が軟弱な下町で多く壊れ、土蔵 (木造に比べ剛性が大きい) は地盤が比較的良好な山手で多く壊れていることが報告されています。つまり、軟らかい構造である木造の長い固有周期が軟らかい地盤である下町の卓越周期にあい、硬い構造である土蔵の固有周期が硬い地盤である山手の卓越周期にあつたということです。したがって、共振させないためには、建物の周期と地盤の振動の周期とを一致、または近づけないようする事が大切です。図-1 共



### 長周期地震動の階級とは

気象庁が定めた長周期地震動によって引き起こされる揺れの大きさの指標です。高層ビルにおいて、人の体感や行動の困難さ、室内の状況や被害の程度等により、4つの段階に区分されています。算出方法地震計の観測データから求めた絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の周期1.6秒から周期7.8秒までの間における最大値の階級をその地点の「長周期地震動階級」としています。

- 長周期地震動階級1 5cm/s ≤ S<sub>va</sub> < 15cm/s
- 長周期地震動階級2 15cm/s ≤ S<sub>va</sub> < 50cm/s
- 長周期地震動階級3 50cm/s ≤ S<sub>va</sub> < 100cm/s
- 長周期地震動階級4 100cm/s ≤ S<sub>va</sub>
- 長周期地震動階級

長周期地震動階級とは、固有周期が1～2秒から7～8秒程度の揺れが生じる高層ビル内における、地震時の人の行動の困難さの程度や、家具や什器の移動・転倒などの被害の程度から4つの段階に区分した揺れの大きさの指標です。気象庁では、地上に設置している地震計の観測データから求めた絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の周期1.6秒から周期7.8秒までの間における最大値の階級をその地点の「長周期地震動階級」としています。長周期地震動に関する情報の発表に用いる長周期地震動階級の絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の値は表のとおりです。

例えば、図では、絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の最大値の階級が長周期地震動4となりますので、この地震観測点での長周期地震動階級は「長周期地震動階級4」となります。

長周期地震動に関する情報で発表する長周期地震動階級は、原則として地表や低層建物の一階に設置した地震計の観測データから計算された絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)によって求めたものであり、その場所に高層ビルがあれば高層階でどのような揺れになるかを推計したものです。周辺の高層ビル等における建物内の被害状況把握の参考にできるものの、個々の高層ビル等の特性や地盤条件まで表現しているものではありません。また、高層ビルの中でも、階や場所によって揺れの大きさが異なります。特に、建物の頂部のゆれ方は、発表した長周期地震動階級よりも大きくなる場合もあります。

### 短周期地震動

大阪府北部を震源とする最大震度6弱の地震が18日午前7時58分ごろに起きてから25日で1週間になる。今回の地震(マグニチュード(M)6.1)では、強い揺れを観測したものの、全壊家屋の報告は少ない。阪神大震災(M7.3)や熊本地震(M7.3)に比べて地震の規模が小さかったことに加え、家屋にダメージを与える周期1～2秒の揺れも弱かったためとみられる。一方、**ブロック塀や家具が倒れやすい0.5秒以下の短い周期の揺れは強かったと専門家は指摘している。**

地震による揺れにはカタカタした短周期の揺れや、ゆったりした長周期の揺れが複雑に混ざっている。地下の断層のずれ方や地盤の状態によって、短周期の揺れが強くなり、長周期の揺れが強くなる。構造物にはそれぞれ揺れやすい周期があり、地面の揺れと一致すると共振して大きく揺れる。小さいものは短い周期で揺れやすい。今回高槻市で観測された波を解析したところ、阪神大震災で目立った周期1～2秒の揺れは弱く、0.5秒以下の短周期の揺れが強かった。こうした短周期の揺れがブロック塀の倒壊や家具の転倒、屋根瓦の破損などに影響したとみられる。

同じ震度6弱の地震でも、周期1～2秒の揺れが強ければ、木造や中低層の建物の被害は大きくなる。このため境さんは「今回、壊れなかったからといって、耐震性が低い建物が震度6弱に耐えられると思わないほうがいい」

### 「地震」という言葉は何を表すのでしょうか?

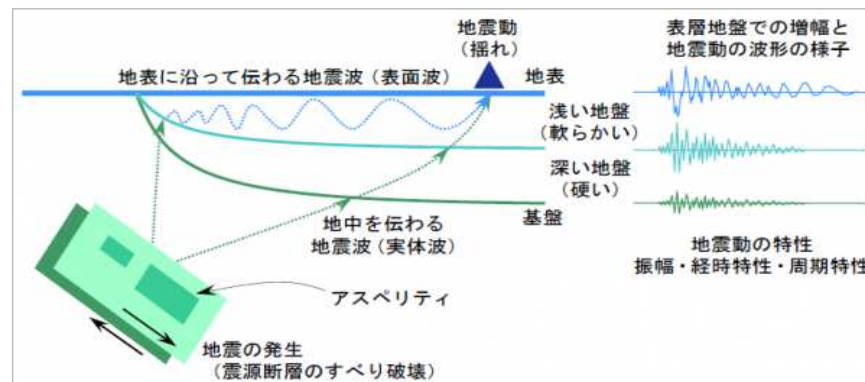
プレート運動などにより地中に蓄積されたひずみが限界に達し、断層が破壊することを地震と言います。地震は地震波を発生させ、地震波が地表に到達すると地面が揺れます。普通私たちはこの揺れによって地震を認識しています。このように「地震」という言葉には、

1. 断層が破壊するという現象と、
2. 地面が揺れるという現象(「あ、地震だ!」と言うように)

1,2が、特に区別されることなく含まれています。しかしながら、「断層の破壊(断層運動)」と「地面の揺れ(振動)」を区別して扱う場合には、それらが同じ言葉で表わされては不便です。

### 地震と地震動

そこで、特に地震の研究においては、地震波の発生源である断層運動を「**地震**」、地震波が伝わってきたある地点での地面や地中の揺れを「**地震動**」と呼んで区別しています。



地震(断層のすべり破壊)・地震波(地中や地表を伝わる波)・地震動(揺れ)

J-SHISから公開されている「**全国地震動予測地図**」は、ある地点での地震による揺れを予測した地図という意味です。例えば「**確率論的地震動予測地図**」は、確率といっても地震の発生確率を示した地図ではないので注意が必要です。

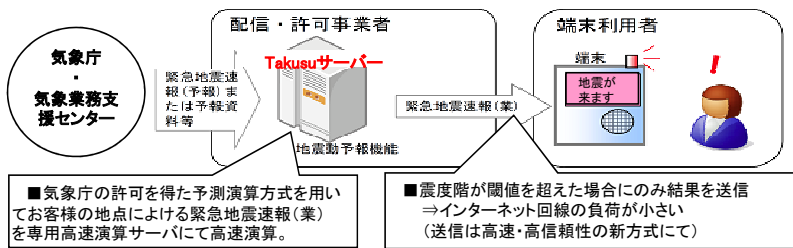
#### 地震の研究で区別される地震と地震動

**地震**.....地震波の発生源である断層運動  
(○時○分発生マグニチュード×.×の地震という出来事)

**地震動**.....地震波によって生じた地表や地中の振動  
(人や建物が見舞われる揺れ)

## 端末予報型とサーバ予報型配信方式の解説

お客様の手に設置する端末で緊急地震速報(予報)に基づく予測演算を行うのではなく、Takusuサーバにて、お客様の地点(緯度・経度)における地震の主要動の到達までの猶予時間と主要動の震度階を予測演算を行い、その結果、予測される震度階があらかじめ定めた閾値を超える場合にのみ受信端末へ緊急地震速報(業)を送信します。受信端末は受け取った猶予時間と震度階に応じた制御・報知動作を行います。



項目	端末予報型 方式	サーバ予報型 方式
サーバの役割と配信データ	気象庁からのデータをそのまま、もしくは加工して <b>すべての受信端末</b> に配信(地震が感じられない地域にも配信——ネットワークトラフィックを増加させる)	気象庁からのデータを受信し、各受信端末設置地点での震度と到達までの残り時間の予報値を演算し、地震の揺れが <b>所定値以上となる端末</b> に対してのみ必要な予報値だけを配信。
演算速度	受信端末のハードウェアと演算プログラムにより決定されてしまう。(演算は自地点一箇所のみ)	サーバの演算速度とサーバの台数による。高速サーバへの置き換え、台数の増加などにより向上させることができる。
演算精度に及ぼす 因子	①時刻: 気象庁の時刻と受信端末内蔵時刻のずれがそのまま到達時間のずれとなる。 ②設定緯度経度: ユーザの設定間違いがあれば誤った地点の推定となる。	①受信端末は時刻を必要としない(サーバは気象庁と一致しているので時刻はずれない。) ②顧客の住所を交換してサーバに設定。(ダブルチェックで確認)
演算式の改良による 予測精度の向上 (気象庁推奨)	個々の受信端末のプログラム交換。(実質的に困難)	サーバプログラムを改良するだけで、即、全受信端末が最新の演算結果を使用できる。
送信結果の記録 演算結果の記録 (気象庁推奨)	送信結果は配信サーバにて記録。演算結果は受信端末で記憶。(機種による)	配信結果演算結果ならびに受信端末の受信応答などすべての記録がセンターサーバにログとして記録される。
配信速度 (気象庁端末まで1秒以内の指導)	インターネットの環境ならびに使用プロトコルおよびデータ量による。一般的には、サーバ演算方式よりもデータ量が多くなり、それゆえTCP/IPプロトコルを使用することになり、配信速度は遅くなる。	①データ量が小さい。(必要な結果のみ) ②閾値を超えた利用者のみ送信(送信対象が少なく回線負荷が小さい)③新開発のUDP/IP・SCB方式を採用しているとともにデータ量を1パケット以内に収めているので他のシステムに比較して速い。
その他の特徴端末管理 (気象庁の指導)	受信端末で高速演算を行う必要があり、端末構成が高機能と成る。逆にそれゆえ信頼性が低下する可能性がある。	センターサーバでユーザの情報を一元的に管理している。付加機能として、 <b>ユーザの地域での地震震度予報などを携帯電話にメール送信することも可能である。</b>

Takusu社のサーバ演算方式は、一般的なサーバ予報型ではなくTakusu社独自の通信プロトコル(UDP/IP・SCB方式)及び配信方式を採用し効率の良い通信スピードを実現していますその関係から容易に気象庁のガイドライン47項目にも準拠していません。一部端末メーカーに直下型対応と表現した商品が販売されています、気象業務法では直下型等の方式は認められていません。

※赤字部 気象庁ガイドライン事項を示す。 UDP/IP・SCB方式(Signal Catch Back)

## 長周期地震動が発生する条件

2003年十勝沖地震の際のような被害を及ぼす「長周期地震動」は、いくつかの条件がそろったときに発生します。まず、地震の震源から長周期の地震波がたくさん出てくる必要があります。地震は規模が大きくなればなるほど、放出される地震波が長周期になります。また、第2回「揺れの計り方」で「長周期地震動」の主成分は表面波であると述べました。表面波は震源が浅い(地表面に近い)ほどたくさん発生します。以上の震源に関する事項をまとめると、第一の発生条件は「浅くて大きな地震」ということになります(図1の赤線次に、震源で発生した長周期地震動が、被害地域まで効率よく伝えられる必要があります。言い換えると、第二の発生条件は「効率的な伝播経路」です。たとえば、南海トラフの陸側には付加体という、比較的軟らかい地層で構成されている領域が存在します(図1のピンク領域)。こうした地層は表面波をよく伝え、場合によっては発達させることもあります。したがって、南海トラフの巨大地震の震源域と首都圏や中京圏は、効率的な伝播経路である付加体で結ばれていることとなります。

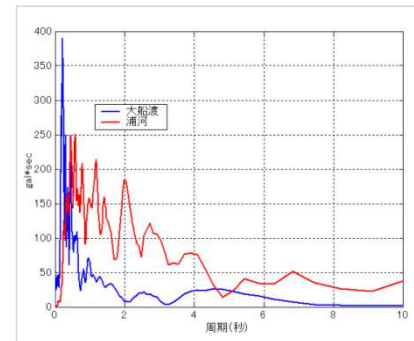
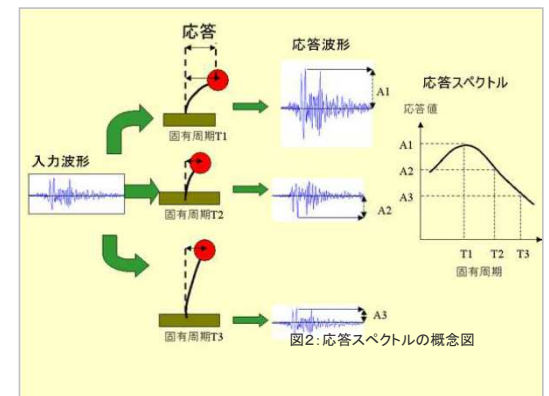


図1: 大船渡(青)と浦河(赤)の東西動成分のフーリエスペクトルある入力波形に対して、様々な固有周期を持つ減衰定数が等しい物体の応答が最大になる振幅をプロットしていきます。右の図の例では、固有周期T1の物体の応答波形の最大振幅がA1で、同様に固有周期T2ではA2、固有周期T3ではA3となり、それらの線を結んで一番右の応答スペクトルのグラフができます。もちろん、入力波形が異なれば応答スペクトルも異なります。

## 応答スペクトル

地震動に対する応答スペクトルとは、「足元の地面が、ある地震動によって、ある周期(周波数)でどの程度の最大振幅を出すかを計算したもので、加速度、速度、変位それぞれに応じて、加速度応答スペクトル、速度応答スペクトル、変位応答スペクトルと言います。したがって、応答スペクトルは地震動によって異なりますし、同じ地震でも場所によって異なります。建築物などに入力された地震波は粘性抵抗により減衰します。この粘性抵抗は波の速度に比例しますので、そのような項を含む運動方程式を立てて、ある地震波が入力されたときの、ある周期(周波数)における最大加速度、最大速度最大変位を求めていきます。



## 建物の固有周期と応答スペクトル

建物にはそれぞれゆれやすい周期があり、それを固有周期といいます。  
・鉄筋コンクリート建築物の固有周期は、経験的に以下の式が使われています。固有周期をT(秒)、建築物の高さをH(m)とすると、 $T=0.02H$  ( $T=0.15H$ と書いてある本もあります)ちなみに普通の鉄筋コンクリートの建物の高さは、1階あたり約3mとして0.02Hをもとに計算しますと、10階建ての鉄筋コンクリートの建物の高さはだいたい3×10で30mとなりますので、固有周期は $0.02 \times 30=0.6$ (秒)、固有周波数は $1/0.6 \approx 1.7$ (Hz)となります。建築物の減衰定数は数%程度ですので、応答スペクトルの計算の際には減衰定数にこの程度の値を入れるのが普通となっているようです。ある地震波が入力されたときに、応答スペクトルの計算による卓越周期と、建物の固有周期が一致した場合、その建物が大きく揺れることが予想されるのです。



## ガル・カインの解説

**ガル(gal)** 980Gal=980cm/s<sup>2</sup> ≒ 1G

加度の単位で、人間や建物にかかる瞬間的な力の事。地震動の加速度で一秒間にどれだけ速度が変化したか表す単位で、震度同様、同じ地震でも観測地点の位置によって違う値を示す。

これはガリレオ・ガリレイ(イタリアの天文学者)の頭文字からとったもので、速度が毎秒1cm(1カイン)ずつ速くなる加速状態を1ガルとしている(1ガル=1cm/sec<sup>2</sup>)。地上で物体が自由落下するとき、落下する速度は毎秒980カインずつ増す。これにより重力の加速度は、980ガルとなる。重力加速度は980ガル=1g(ジー)で表す。気象庁の震度計は測定した加速度の揺れの周期などで補正し、震度をはじき出す。

ガルは大きいほど揺れが激しいことを示すが、必ずしも震度や被害とは直接結び付かない。建物などの被害は地震の周期や継続時間に影響を受ける面が大きいからだ。地震時に物体に働く力の大きさは、その物体の質量と地震により生じる加速度の積となることから、昔から地震による揺れの尺度として慣例的に用いられている。標準重力加速度の値を、正確に9.80665 m/s<sup>2</sup>と規定、重力加速度は加速度の単位としても用いられる。この場合は大文字でGと書かカイン(kine)れ1.0 G = 9.80665 m/s<sup>2</sup>「SI= 9.80665 m/s<sup>2</sup>」

### カイン (KIINE)

地震動の最大速度で一秒間にどれだけ変位するかを表す単位で、1カインは、1カイン=1cm毎秒(1kine=1cm/sec)として。自動車の発進に例えると、同じ加速度でも、言い換えれば同じようにアクセルを踏んでも、どのくらいの時間アクセルを踏み続けたかで、速度や移動距離が変わって来る。建物に加わる地震動でも同様に、最大加速度が同じ地震動であっても、加速度の継続時間などによって速度に違いが生じる。建物にとっても地震動の速度が重要になるので、この速度の最大値で地震動を表わすことがある。最大何カインの地震動が働いたと言うように使う。もちろん大きい数値程大きな地震動であったことを表す。

地震ごとに、同じ最大加速度(ガル)でも同じ最大速度(カイン)になるとは言えない。最近では地震動の最大加速度(ガル)の大きさよりも最大速度(カイン)の大きさの方が建物の被害状況とよく一致することが知られているので、地震動の大きさとしてカインを用いて表すことが多くなってきた。

ガル、カインも観測しているその地点での地震動の大きさを表すが、震度よりももう少し揺れ方を正確に(科学的に)表している。ガルは地震動の大きさを「加速度」で表したものの。自動車が発進する時に、ある大きさの速度に達するまでの時間が短かければ短いほど大きな加速度が加わる。急発進をすると座席に強く押し付けられるように感じられるのはこの加速度の仕業。地震があると、地面の揺れによって建物や人に加速度が働く。この作用した加速度の最大値を使って地震動の大きさを表わすことがある。「この地震ではこの場所で最大何ガルの加速度が生じた」と使う。これも大きい数値程大きな地震動であったことを表す。関東大震災の時がおよそ330ガル、阪神大震災では最大800ガルの加速度が生じたと言われている。ところが、最近、仙台でおきた地震は、それほど大きな地震というわけではなかったのに、丘の上にあった地震計が、思いもかけぬ1000ガルを超えた記録が示した。これは、傾斜面から平らな地形に移る突出角部分等地面の形によっては、局部的に大きな地震になることがあると説明されている(阪神淡路大震災でも、神戸付近の地盤の形が地震を大きくしたのが大震災の一因とされている)。

実際の建物が受ける地震動の大きさは、地震の状況をおおまかに示した震度ではなく、ガル、カインで表すことが一般的。例えば、建物は地震によって東西南北上下と立体的に3方向に揺られるで、それぞれの方向に“最大何ガルの地震動が働いた”と言うように表す。建物が地震に対して安全かどうかを検討する場合には、ときには、過去に起きた地震の記録を用いて検討する。

最近の地震では、■免震建物の地震時性能2 最近の強震記録に対する免震建物の安全性非常に強い地震動が観測されています。最大加速度は1Gを上回り、最大速度は高層建物の設計で慣用されている50カインを大きく超えて100カインレベルの記録さえ得られています。

「大地震に対する安全性」を基本目標とする免震建物は、これらの強い地震動に対しても安全な設計となっているのでしょうか。実際の免震建物を例にあげ、最近の強震記録に対する安全性を検討してみます。

#### 1. 対象建物

ここでは都内にある免震建物(Mビル)を取り上げます。この建物は地下2階地上12階、延床面積約6,000m<sup>2</sup>。地下階と地上階の間に配置された13体のLRB免震装置(直径1.0から1.2m)が建物重量約8,000トンを支えています。

#### 2. 検討用強震記録

検討対象とする地震動は、最近の地震で観測

## 震度階と加速度の早見表

### ● Takusuの緊急地震速報 受信端末ラインナップ

**Takusu - S**

気象庁・高度利用者向け緊急地震速報対応

(放送設備のご利用がないお客様へのご提案)

気象庁・ガイドライン準拠品



**Takusu - VIII**

(放送設備への接続のご提案)

気象庁・ガイドライン準拠品

業務用「緊急地震速報」簡易型通報制御端末

B、Cボタン

既存の放送設備の接続に最適な装置です。



**Takusu - P II**

(放送設備・設備連動型のご提案)

気象庁・ガイドライン準拠品

業務用最高級品「緊急地震速報」通報制御端末の決定版!



Aボタン

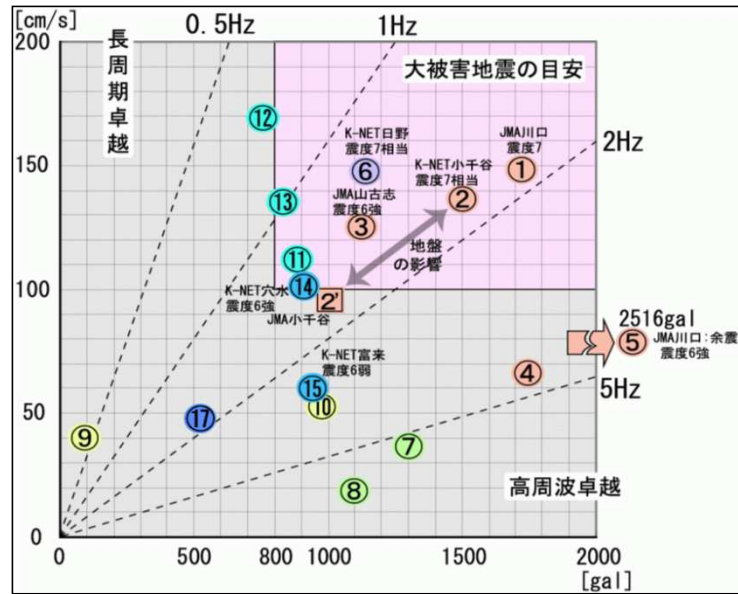
#### 製品コンセプト

- ① 設備機器として長期使用耐用の製品構成 (最低10年以上)
- ② ノー・メンテナンスでの使用に耐えること。
- ③ 通信セキュリティ対応・電文の暗号化対策
- ④ 常時最新のファームウェアで作動、オートバックアップ体制
- ⑤ 気象庁・演算方式の更新を自動対応可
- ⑥ 死活監視機能 (使用者・センター双方監視)
- ⑦ オールマイティな通信環境での運用可能
- ⑧ 演算・解析の2重化(冗長化対応)



◎ 最大加速度(PGA) vs 最大速度(PGV)

図中の○で囲んだ数字は、上記表の最右欄に示した地震に対応する。



図中の○で囲んだ数字は、上記表の最右欄に示した地震に対応する。ピンクで示したのは、PGVが100cm/s以上かつPGAが800gal以上の領域で、川瀬(1998)が示した、構造物に対し大きな被害がでる目安である。点線で示したのは、等価卓越周波数(PGA/PGV/2π)が、0.5, 1.0, 2, 5Hz。  
 ①②③⑥⑪⑫⑬は周期1-2秒前後の、木造・中低層構造物の被害を引き起こす周期帯の地震波が卓越しており、速度・加速度共に大きな値を示している。⑨は速度に比して加速度が極端に小さく、通常の構造物に対しては被害を及ぼしにくいと考えられるが、長大構造物(超高層ビル・長大橋・大型タンクなど)の被害を引き起こす長周期地震動。⑦⑧は加速度に比して速度が極端に小さいため、通常の構造物に対しては被害を及ぼしにくいと考えられる。□2'は、ちょうど境界領域であると言える。

地震情報と計測、結果発表条件

地震の発生のたびに地震の揺れの強さは地震発生後今なお、気象庁の発表される物理的根拠のない震度階が使われている。大きな地震の発生では震度6強、震度7となると大きな被害が発生することを良く知られている。各地域防災本部には、その物理的な意味のない震度情報が気象庁から発表される情報を受け防災対策が発動されている。気象庁の震度階は、本来、明確な物理的意味はなく、コップの水がこぼれる、家具が転倒するや、木造家屋が倒壊する、といった揺れや被害状況からの経験的に設定されたもの、気象官署の担当官の感覚によって決められてきたが兵庫南部地震のあと、客観性と迅速性を目的として、加速度を計測し、旧震度と同等になるように定められた式によりこの時刻暦の波形データを加工し得られた計測震度値から、震度階を決定するように厳格に定義されて、平成8年気象庁告示第4号で始まった。近年、地震動の活発な動きにより大規模地震の発生が予想されているなかで地震防災上の観点から地震動の強さの尺度についての情報を考え直してみようか。緊急地震速報の各種論議をする前にやるべきことがあるのではないかと。一般的な、産業界ではすでに工場の設備、コンピュータシステムにおいて緊急地震速報の情報以上に、個別地点におけるSI値の値が重要視されてきている、SI値は、耐震設計基準と対応づけが容易で地震動の揺れの強さの尺度として信頼性が高く地震防災上の処置がとりやすく、また、SI値の計算間隔は、1秒以下の計測で警報を出すことが可能になり、リアルタイムの地震動の揺れの強さの判断基準として適切であり現実に鉄道、インフラ企業の供給制御には利用されている。

コスト的にもMEMSの低価格なセンサーの開発で低価格なSI計測器が可能となってきた。多数の計測器の普及で広範囲の地震動の強さの分布を把握し、きめ細かい地震防災対策の実施の可能性がある時代が到来している。現在、気象庁関係では、あまりSI値を取扱っていない、現実に地震防災上の地震動の強さの尺度としては、まだ現状では多くは利用されていないがこれを採用するメリットは十分あるのではないかと。緊急地震速報は、一つの防災対策上の手法であるがその前に利用者が真に求めている情報は何かを模索する必要があるのではないかと。そろそろ、緊急地震速報は、防災の一つの手法としてのアイテムであるが人々が真に求めている地震防災の情報ではないのと同じではないかと考え方を考えその手法を考えるべきではないかと。世の中は、進歩し道路を走る自動車は自動運転される世の中自分の命を自然災害から守る方法も考えられるAI(人口頭脳)の時代における道を開くためには物理的意味のある情報の取扱いに移行し旧来の感覚による震度設定の手法から脱皮する感覚べきではないかと表ではないかと、地震は難しい未知の世界がはこの世の中では通用しない。誤報では人々を守ることは出来ない。

地震波のスピード

地震波は、地盤の中をどれくらい速度で伝播するのでしょうか？地盤の種類や内部の割れ目などの物理的特性によって幅がありますが、花崗岩や玄武岩など硬い岩盤は、P波で700m/secから5000m/sec(時速2520kmから18000km)、S波では400m/secから3000m/sec(時速1440kmから10800km)とずいぶん大きな値になります。地球の直径が6378kmなので、地震が地球の裏側に直線的に伝わるとすれば、P波は22分、S波でも35分ほどで到着します。砂や粘土など、私たちの生活により身近な土質地盤の場合は、岩盤に比べてやわらかいので、伝播速度は遅くなり、P波で600m/secから2000m/sec、S波で80m/secから400m/secの範囲になります。

このように、伝播速度が地盤によって決まっていることを利用して、地震波を地盤の調査に使っています。この調査方法を、弾性波速度検層、またはPS検層といいます。ボーリングによる調査をせずとも、地盤がどのような地層から構成されているかを、推定することができる優れた地盤調査方法です。さらに、地盤サンプル試験から得られた物性値と合わせて、地盤の機械的な値(ポアソン比・ヤング率・剛性率)も算出することができます。砂や粘土など、私たちの生活により身近な土質地盤の場合は、岩盤に比べてやわらかいので、伝播速度は遅くなり、P波で600m/secから2000m/sec、S波で80m/secから400m/secの範囲になります。

P波

P波 Primary wave (第一波) また Pressure wave (圧力波) の略。進行方向に平行に振動する弾性波。固体・液体・気体を伝わる。度岩盤中で5-7キロメートル/秒、地震発生時最初に到達する地震波で、初期微動を起こす。

S波

断層の震源で発生した地震の揺れ基本的に2つの波として伝わってきます、それがP波とS波です。どちらも地盤岩盤に力がかかることで生じる弾性波になります。P波地震の起こったところで岩石を押ししたり引いたりする作用で起こる物体のもとに戻す働きで出来る波で縦波です、進む度のい波で揺れのじめの小さな物で初期微動を伝える物です。S波地震の起こったところで岩石の形を変えようとするねじれを基に戻そうという事で出来る波です、横波でP波と同時に発生しますが度が遅いのでP波あとに続く大きなゆれの波に成り、主要動を伝えます。波という物質自身が進むのでなく、物質の振動が次々に伝わっていく現象です。P波振動の方向と波が進む方向が同じで固体、液体気体を伝わりますが、S波振動の方向が波が進む方向に対して垂直で固体の中のみを伝わります。

P波とS波

[http://www.5d.biglobe.ne.jp/~kabataf/yougo/E\\_jisin/jisin2\\_Pwavewave...](http://www.5d.biglobe.ne.jp/~kabataf/yougo/E_jisin/jisin2_Pwavewave...)

横波と縦波

<http://www.wakariyasui.sakura.ne.jp/2-1-0-0/2-1-1-3yokonamitotatena>

P波縦波で圧縮の力ですので、圧縮力を加えた場合、圧縮された空気も、圧縮された液体も、圧縮された固体の鋼で出来たバネも同じように変位に比例して復元力が働きますので進みますが、波で縦波でせん断の力ですので、固体変位に比例して復元力が働きますが、液体変形するだけでもとに戻ろうとする復元力が働かませんので液体の中伝わらないのです。液体(水)流れて終わってしまうのです。

要点:P波微動縦波(初期微動)い・波主要動横波(大きな動き)遅い  
Secondary wave (第二波) また Shear wave (ねじれ波、たわみ波もしくは剪断波) の略。進行方向と直角に振動する弾性波。固体を伝わる。度岩盤中で3-4キロメートル/秒、P波に続いて到達し、主要動と呼ばれる大きな揺れを起こす。断層破壊でS波の振幅が大きくなる傾向にあるが、地下核実験などによる等方発で理論上S波発生しない[2]。なお、P波・S波を「縦波」「横波」と呼ぶことがあるが、あくまでも進行方向に対しての縦横であり、P波で家が上下に揺れる、あるいはS波で家が左右に揺れると限らない(この場合、「縦揺れ」「横揺れ」)。ただし地震計での記録などを見ると、震源が浅い地震における震央のごく近傍などを除き、屈折により波の進行方向が地表面に対し垂直になるため、P波上下成分が、S波水平成分が卓越する傾向にある。

地震メモ (震度特徴と加速度、SI値まで)

地震の被害の大きさは、加速度の数値が同じでも、揺れの周期で変わってくる。

「周期1.5秒ぐらいの揺れが一番被害が大きくなる。1.5秒より大きくなって小さくなくても、被害は小さくなる傾向にある。このために、加速度を震度に換算する時には、周期1.5秒前後(周波数では0.6Hz~0.7Hz)の揺れを大きめに周期1.5秒より速い揺れや遅い揺れを小さめに評価するために、フィルターを通す必要がある。その開発が重要で、この点を利用者に理解していただいて使用できる装置が求められる。

○ 地震の場合、加速度が様々な方向にかかり、ある程度揺れても、最大加速度が0.02~0.1秒前後と非常に短い時間で生じるので加速度が大きいのは一瞬だけの事になる。地震の揺れ方によってはガルの数値がそれほど大きくない、にもかかわらず、震度の被害が大きくなることもある。

「東日本大震災では約2,900ガルで震度7だったが、阪神淡路大震災では約800ガルでも震度7であった。」これは、震度の算出方法が「同じ震度でも周期が0.5秒以下の細かな揺れではガルの値が大きく、周波数1秒程度の揺れでは600ガル程度で震度7の基準となるためである。

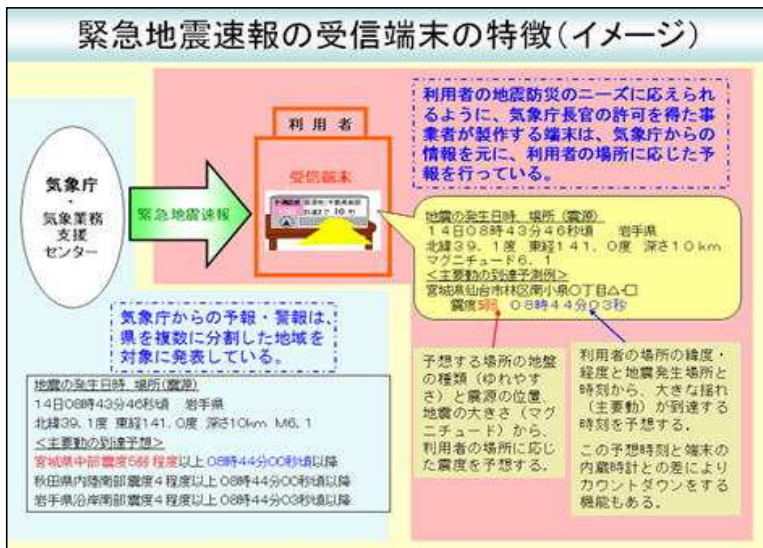
- 1秒間に1cm移動すれば1カイン(cm/s)で表記されます。
- 経験的に関東大震災(震度6)に耐えられる強度(400gal)が建築基準法の最低基準となっています。
- 地表面における重力加速度を1Gと表現し、1G=981galと表せます。
- 一般的な鉄骨造ビルの場合、その固有周期T(秒)は、階数をNとすればおおむねT=0.1N高さをH(m)とするとおおむねT=0.02~0.03×Hであるといわれています。例えば、30階建て高さ120m程度の高層ビルでは「固有周期」が3.0~3.5秒程度、50階建て超高層ビルでは固有周期が5.0~6.0と、固有周期は構造物が振動しやすい周期ですから、構造物を揺さぶる地震動の周期がこの「固有周期」に近い値になるとき、構造物は最も大きく振動します。この現象は「共振」と呼ばれ、共振が起こると最も大きく振動するので、結果として構造物の災害につながる。

○ 地震によって一般的な建物にどの程度の被害が生じるかを数値化したもの。SI値は、現在の地震災害尺度の中で一番物理的数値が明確である。地震動による構造物の被害は、地震発生時の構造物の振動エネルギーが関係している。そこで建造物の振動エネルギーと直接する物理量として、構造物の地震時の揺れ速度の最大値(応答速度エネルギー)Svを、固有周期が0.1から2.5秒で減衰定数が20%の構造物に対して平均した値をSI値と定義した。したがって、個別の構造物の揺れを表すのではなく、揺れの速度の平均値を表している。なお、単位は、通常のカインとする。これをSI値という。工場、プラントの設備の場合、固有周期は0.1秒から2秒ぐらいに分布しているのでSI値は構造物の被害との相関性が高い尺度として計測されている。しかしながら、近年話題の高層ビルの長周期地震動(固有周期2秒から10秒程度の地震動)を表す尺度とはならない。

- 地震の被害と尺度、「被害が発生した場合の尺度」  
震度とマグニチュード震度は揺れの度合い、マグニチュードはエネルギーの規模、大きさを示しています。「震度は、震源から遠ざかるほど揺れが弱くなる。あなたが床を50kgの力でたたくとします。この50kgの力がマグニチュードです。(地震の馬力)床の近くは大きく振動します。離れると、振動は小さくなってきます。それがマグニチュードです。」○ 気象庁基準のADコンバーター変換回数は毎秒100回行っているよう、今回響きでは、コストバランスを考えて毎秒50回の変換としています。
- 震度0とは、震度0 ~ 0.0006g(600μg) (周期約1.5秒)周波数0.6Hzから~0.7Hzの場合。
- 1時間に1回、バッテリー電圧測定(設定電圧以下の場合緑のLEDを点滅)
- 地震の発生有無の判定は、12秒毎に行っています。
- 4秒に1回の周期で点滅し地震の発生を知らせる。
- 記録できる地震は12回
- 各種設定は、30秒以内に実行。



## 受信端末への緊急地震速報の配信経



## ご利用に対してのご注意

最近、携帯電話の普及で「緊急地震速報」の名称が良く耳にします。「緊急地震速報」は、気象業務法によるもので携帯電話の「緊急通報」と同一のものでないことをあまり知られていません。

「同じ情報素材を使用していますがその情報の利用プロセスが異なります。(「警報」と、同じ内容であるが「予報」の配信スピード等の要素とは異なります)地震情報は秒を争うスピードを求められる情報です、そのシステム等が違い、緊急地震速報は専用の通信システム基準から配信されている点が大きく違い特に「予報」は、遅延なき配信に努められています、その特徴を生かしていただき有効なご利用を期待しております。」

緊急地震速報は、「警報」、一般向け、「予報」、高度利用者向けと、名称等の種類も多く複雑で解説不足な点もあります本来の「緊急地震速報」の働き等、仕組みについて残念ながら啓蒙活動が遅れています。ですが、そんな中で現状に至っては、一般的に携帯電話の「緊急通報メール」が「緊急地震速報」と誤解され間違った認識がなされてしまっています、この機会にあらためて仕組みをご認識いただき秒を争う地震情報の有効な利用がいただけますようお願い申し上げます。

### 地震情報は自然現象との戦い

地震の発生「予知」等は、現在の高度な科学の力を駆使しても、未知の自然の分野の力には対応できません。そこで、地震発生(検知技術)において、地震波の持つ特徴を利用した情報収集と各種の演算技術、解析、通信技術等の総合力から主要動が到達する数秒前に、秒

## 理想的な緊急地震速報配信事業者及び端末メーカーと緊急地震速報とは

### 株式会社Totallife、緊急地震速報関係従事者の自主基準案

#### 緊急地震速報の配信・専用端末の開発自主基準……案の15項目

- 専用端末は正確な動作と長期的に安定した動作が保証されるものでなくてはならない。
- 常時マンパワーの性能で長期に待機し、イザと言う時に確実に最高の性能を発揮できるシステムでなくてはならない。
- 緊急地震速報の情報配信は、安定した端末に情報を継続して配信がなされなくては意味がない。
- 顧客「配信先の増加による」情報配信の遅延が発生したのでは意味ない、確実にガイドラインの1秒以内は確保しなくてはならない。遅れたのではない「揺れてからでは意味がない。」
- 装置、システムの維持管理が確実になされその確認が容易に出来なくてはならない。
- 緊急地震速報関係の業務に従事する企業は一定基準以上の財務内容を確保した者で、事業が継続的に続けられる者の意外が行なってはならない事業。
- 情報配信等は秒を争う情報です、その主要な目的を達成している商品以外の類似品、粗悪品等を販売したり情報を提供する者は罪が深い。
- 端末及び配信事業は人々の生命と財産を守るために、日々技術の進歩の中で常時最高の環境を維持する工夫がなされ、その技術を提供しなくてはならない。
- 配信事業者は利用者に代わり、常時システムの維持管理・運用管理を補佐しなくてはならない。
- 人々の生命と財産を守る為に必要な日々の維持管理、必要経費は利用者にご負担いただき、民間企業として適正な利潤の確保ができる事業でなくてはならない。
- 一定のレベル以上の経営感覚の持ち主以外の者が手を出す事業ではないそれは直接人々の生死に関係する業務で信頼性を追及される。
- 許可事業者は一定の技術者を確保でき、日々最高の技術と工夫を提供しなくてはならない。
- 緊急地震速報のシステムは、日々最高の技術環境を維持しなくては意味がない、なお、その技術が容易に活用できる環境を構築し本来の世間のために尽くさなくては本当の技術ではない。
- 地震の揺れの後に泣いたのでは遅い、泣き伝えるのは端末に任せてください。
- 緊急地震速報は、幼い子供からお年寄りまで「鳴ったら」の行動は同じ身を守るために。

## 緊急地震速報は、「幼児からお年寄りまで」簡単でわかりやすい、自分で自分の身を守るための避難情報であるべき。「サル山の猿でも危機管理はボスの役目」猿真似も出来ない人間

- チョリンチャリン、なつたら逃げろ緊急地震速報その心は ……  
「情報を聞入ってしまった、見入ってしまったでは避難する時間がなくなる。」秒を争う情報です、確実に貴方に危険を知らせてくれているのです。(時間の余裕はない)

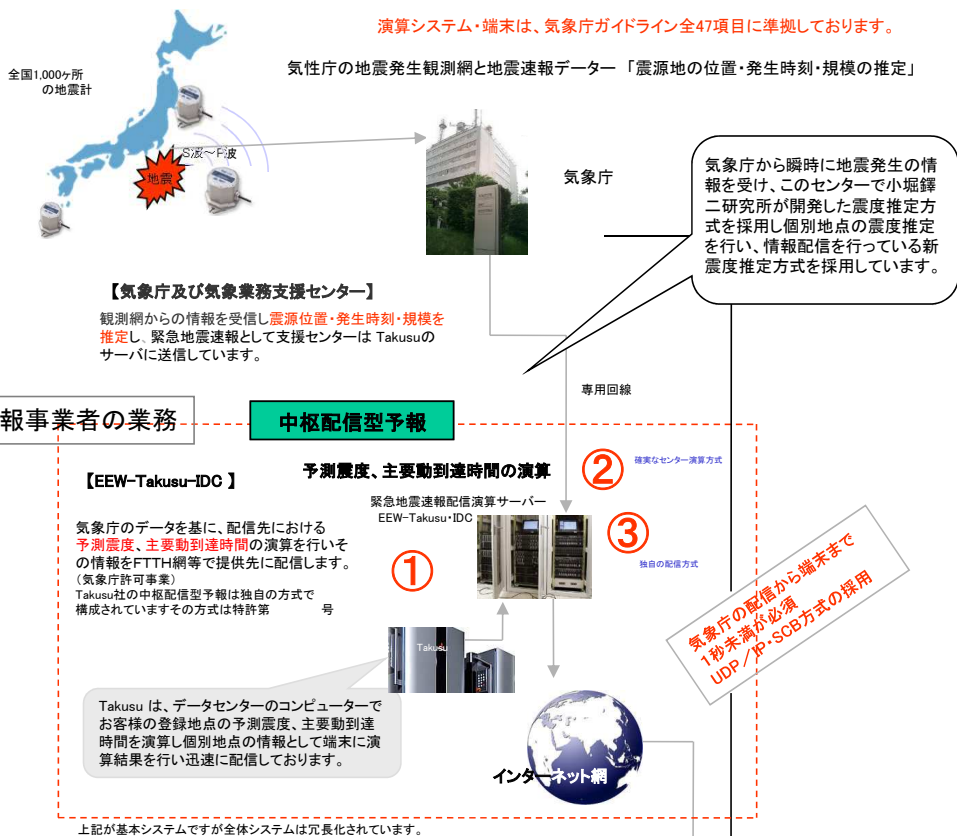
- 鳴ったら逃げる事を幼児から確実に教えること、人々が生きるための防災義務教育です……
- 子供が1人で留守番をしていても、確実に対応出来る簡単な行動を日々教えておくこと……
- お年寄りでも、自分の身は自分で守る行動を事前に教えておくこと……
- 必ず家族で訓練を実施し体験し、イザと言う時の準備を欠かさないこと……
- 防災の鉄則、自分が助からなくては、周りの人々家族を助けることは出来な……
- 地震の後に津波の発生、あわてないで念のために高台に避難が第1歩……
- 緊急地震速報は、イザと言う時のための情報、その情報は訓練のための通報でもある「訓練は、形だけのものでは意味が無い」情報とそれによる行動が一体となって働いて初めて成果となる……その模擬であるべき。

世の中に緊急地震速報の類似品等混乱を招く製品が氾濫していますが国が認めている信頼おける、気象庁の緊急地震速報で正しい利用で貴方の身を守ってください。



演算システム・端末は、気象庁ガイドライン全47項目に準拠しております。

気象庁の地震発生観測網と地震速報データ「震源地の位置・発生時刻・規模の推定」



**Takusuの六つの特徴**

- ① 気象庁以上の独自の震度推定方法の採用 仮称「小堀Takusu方式」(気象庁認定)
- ② 独自の中枢配信型予報と配信方法を採用 (端末演算でなく大型コンピューター演算方式)
- ③ 独自の配信方法は、もちろん 特許第4951397号・特開2010 140395
- ④ 無線子機により、利用する場所を選びません。市街地で半径700mサービスエリア確保
- ⑤ モバイル端末利用で、震源地地図情報の配信 特許第5160391号
- ⑥ 気象庁ガイドライン全47項目準拠の配信システム・受信端末

Takusuの中枢配信型予報は、同じ他社の方式であっても、一段と高度な方式を採用していることとなります。それは、独自の通信プロトコルの開発によるUDP-IPを使用していることです。この方式は、緊急地震速報の一秒を争う緊急地震速報の情報配信に適した方式と評価されています。

注、平成24年3月にサーバ予報型が「中枢配信型予報」、端末予報型が「個別端末型予報」と名称が気象業務法で改正されました。

気象庁気象業務支援センターから配信される基礎的なデータの配信経路は、気象庁から許可された配信事業者を介して配信される「高度利用者向け」(予報)とテレビやラジオでの放送に使用される「一般向け」(警報)のがあります。

一般向けは気象業務法による「警報」です。ある程度広範囲の地域に対して一定規準以上の規模の地震が発生した場合に警報として気象庁が発表する速報です。

その内容は、最大震度5弱以上の揺れが予想されたときに、「強い揺れが予想される地域に対し地震動により重大な災害が起こるおそれのある旨を警告して発表するものと定められています。」

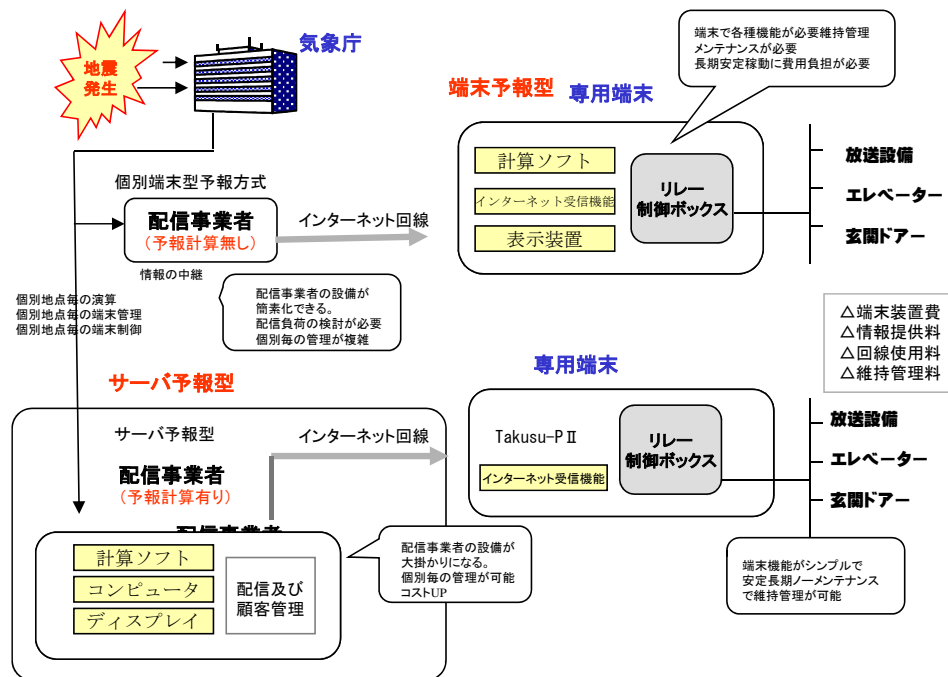
前者では、気象庁データを気象業務支援センター経由で民間の配信事業者者に配信され、その情報を配信事業者のサーバで個別地点の予測震度、主要動の到達時間を演算しその結果を配信する情報(サーバ型予報型)方式と配信事業者が情報を中継配信しそれぞれの場所に設置されている専用端末又は利用者側のコンピューター等を利用し専用端末ソフトによって「その場所」での揺れの規模と主要動の到達時間を計算する(端末予報型)方式があります。

この端末の演算結果が、所定の震度(各個別毎に設定)を超えると判断されたとき専用の接点制御ボックスを介して接続された、各種設備のそれぞれの制御盤に動作のシグナル・音声信号を自動的に出す仕組みとして利用されています。

弊社は、前者のサーバ演算方式を採用し、インターネット網の通信回線を利用し専用の受信装置から機器の制御信号を自動的に出す(リレーボックス)装置・音声ガイダンス出力装置が一体になった緊急地震速報受信専用端末及び制御装置「Takusu-P II」を製造し提供しております。

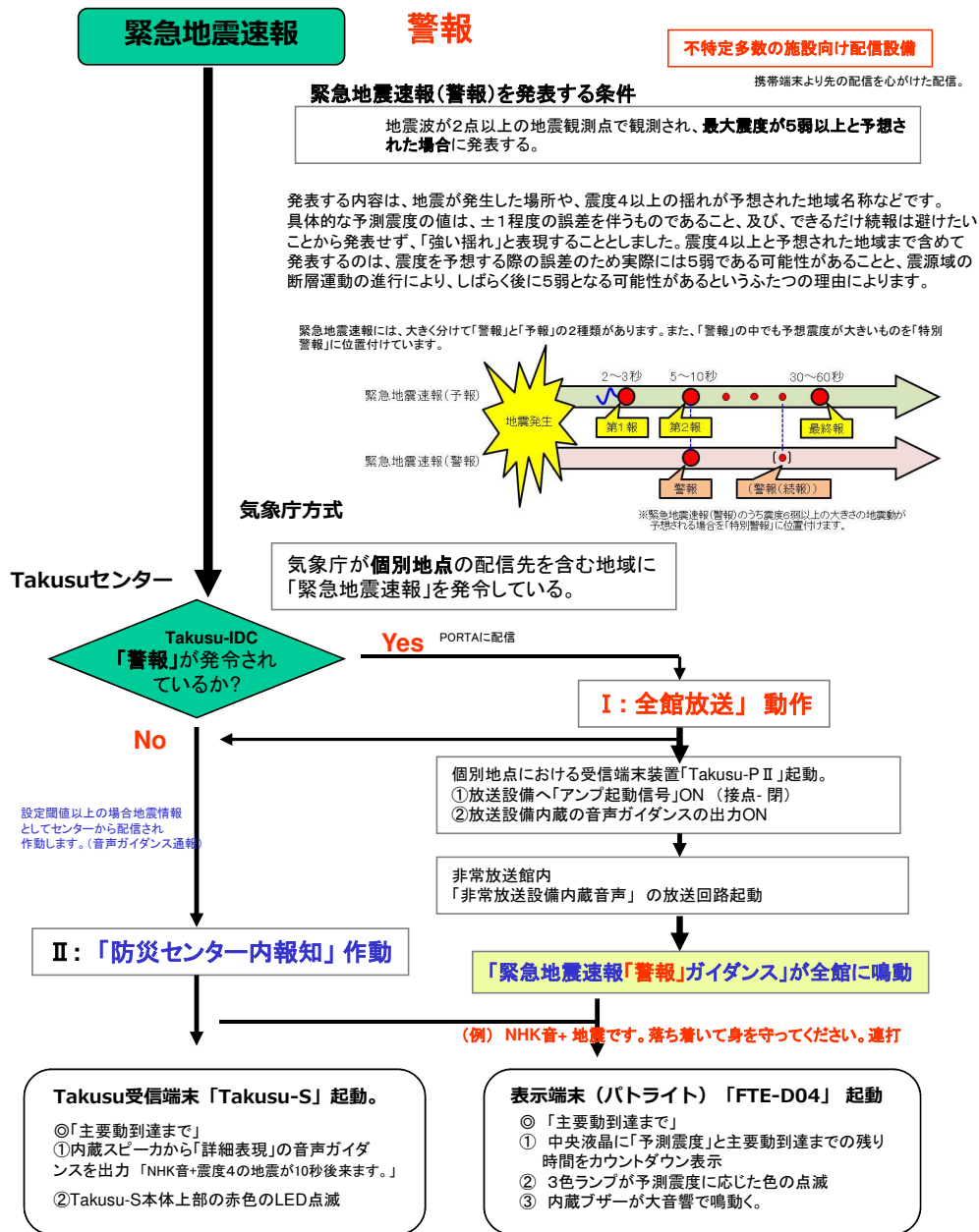
注、Takusu社の製品はサーバ型予報方式を採用しています。

**導入に必要なアイテム**

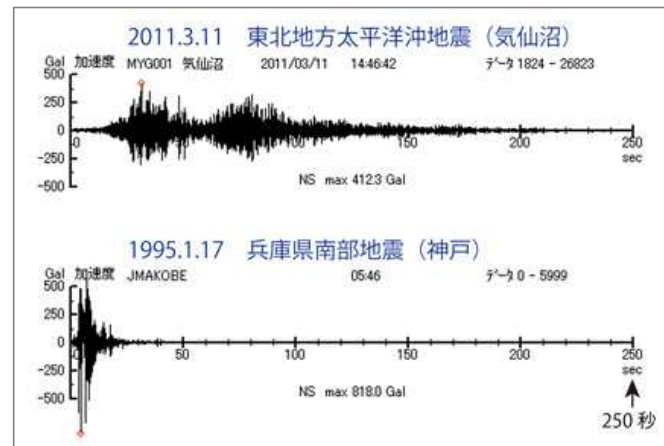
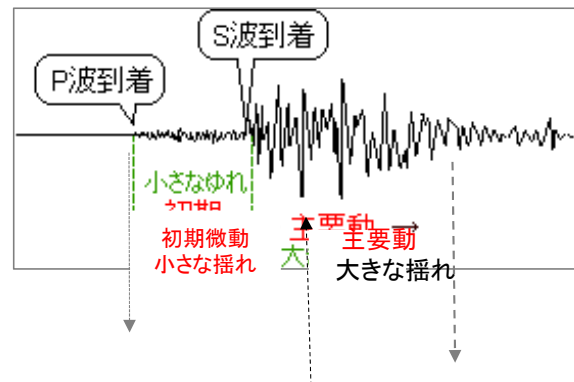


新しい時代の緊急地震速報とTakusuの配信

不特定多数の人々対象場所での配信。



地震の波形



地震速報の機器については、民生品扱いではなくシステムの目的から当然産業品扱で各種計画を行い経済的・施工上からの検討結果本来の我々のメンテナンスの基本姿勢は、「**修理を前提としていません故障なしを前提とした。**」基本姿勢でまとめました。

地震は、自然現象で近代科学を駆使しても未知の世界が多く、いつどこで発生するかわからない、それが地震、地震の予知をすることも出来ない、ただひとつ地震発生時の地震波のS波とP波の特性を利用し主要動が到達する前に知る方法手段以外に手はない、そのために各種の方策が考えられています。

このシステムは、常時待機状態でイザと言うときに確実に動かなくてはならない。故障、停止状態は許されない、基本的にシステムは冗長化されているために大きな障害が発生しない工夫がなされています。(気象業務法によるガイドライン項目)私どもの製品は一般的な家電製品と同等の部品及び製造工程では作られてはいませんが、MTBF3,000,000時間を確保した部品を採用し、常時待機状態でイザと言うときに確実に作動し長期に安定した、遅延なき運用がなされることを基本としています。

「気象庁から端末の動作まで1秒以内の基準を確保した遅延なき装置としている。」主要装置の付属装置ディスプレイ、キーボード、マウス類は消耗品として扱っています。(市販商品は信頼していない)主要装置は、産業機器類とした独自の基準で検証し対応している点をご理解いただきたい、最近の一般家電製品とは全く違うご理解をいただきたい。

ご承知の通り、我々は人々の生命と財産を守るための装置と情報を提供し、その情報は一般的な緊急地震速報とは違った高度な演算方法を採用し気象庁から認められ、「小堀研の演算手法Takusuの中核予報配信方法」が採用され、その性能が評価され国内の主要施設で運用されています。その関係から主要装置はもちろん冗長化されていることをご理解いただきたい。また不意の、異常が発生しても冗長化されている予備の装置が自動で正常運用に支障をきたさない方式が採用されています。

今回開発の、被災判定システムは、コストと使用目的から経済的な工夫をした最新のシステムを構築し運用する予定をしています。そこで、皆さんが今までなぜと思われる故障が発生していない点は、発生してはいけないのではなく発生させない手順をとっております。もちろん故障が発生するような部品、製品の機構製品等は採用しないことにしております。

そこが、防災関係機器類の取扱いの基本的な提供指針が違います。その上でのメンテナンスを考えてください、的は故障しないことです。私たちのメンテナンスとは、故障して修復するための体制とは考えておりません、このシステムが計画されている機能を長期に安定稼働させ常時待機状態でイザと言うときに確実に目的の機能が実施されることを維持するためです。「常時待機状態で、いざと言うときに確実に「納品10年後でも」をしなくては目的が果せない商品です。原則商品の特性として劣化は許されないのが防災機器です。この、システムを導入いただいたお客様が、設備を長期に運用させるために必要な情報配信の最新DATA確保に必要な経費、システムの更新費用、その情報配信を維持するための経費をお客様にご負担いただき情報の提供を行い関係者の生命と財産を守るお手伝いを目的としています。緊急地震速報装置等も原則ノーメンテナンス方式を採用しております訪問メンテナンスは実施しておりません。センター側からリモート管理実施特別物件については年一回の訓練と連動させ動作確認を有償で行い故障がしない手順を施し安心を提供してまいります。

新しい時代の緊急地震速報

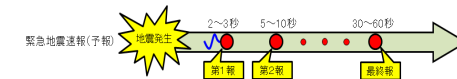
緊急地震速報 予報

不特定多数の人々が集まる場所における緊急地震速報の配信と、携帯端末以上の精度の利用と通報。

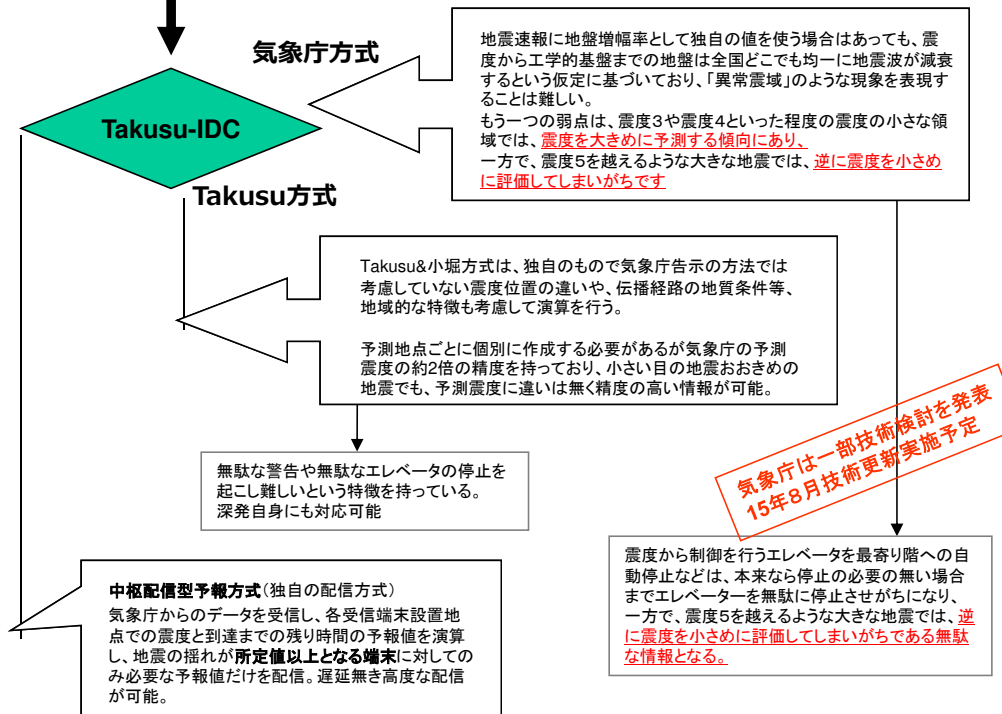
高度利用者向けの配信条件

気象庁の多機能型地震計設置のいずれかの観測点において、P波またはS波の振幅が**100ガル以上**となった場合。地震計で観測された地震波を解析した結果、震源・マグニチュード・各地の予測震度が求まり、その**マグニチュードが3.5以上**、または**最大予測震度が3以上**である場合発表される。

緊急地震速報(予報)が従来の地震情報と異なる点はその迅速性です。気象庁は緊急地震速報(予報)として下図のように地震を検知してから数秒~1分程度の間に数回(5~10回程度)発表します。第1報は迅速性を優先し、その後提供する情報の精度は徐々に高くなっていきます。ほぼ精度が安定したと考えられる時点で最終報を発表し、その地震に対する緊急地震速報の提供を終了します。



地震動の予報の業務の許可を受けた者は、気象庁が発表する地震動の警報の迅速な伝達に努めなければなりません。義務が課せられています。弊社では特別な伝達方法を紹介しております。別紙





## 気象庁・緊急地震速報の分類緊急地震速報の現状をご存知ですか。(現状の弱点)

緊急地震速報は現状開発途中の対応が必要東北地方太平洋沖地震3:11以後緊急地震速報の信頼度を各種問題発生でなくしている。地震の予知は出来ない中でただ一つ地震の発生をとらえて地震波の特性を利用し主要動の到達数秒前に大きな揺れが来ることを知ることが出来る。情報端末の利用を無視することは出来ない。地震波の特性を正しく理解し有効に利用すべきシステムです。それが「緊急地震速報」、だが、今までの方式も改善する必要もある。震度予測方法は、**気象庁が「距離減衰式」を利用する方式を最低限のものとして告示に提示**しており、一般にはこの方法を採用している。

### 現状

前項の方法では、地盤増幅率として独自の値を使う場合はあっても、震度から工学的基盤までの地盤は全国どこでも均一に地震波が減衰するという仮定に基づいており、「異常震域」のような現象を表現することは難しい。また、この方法のもう一つの弱点は、震度3や震度4といった程度の震度の小さな領域では、震度を大きめに予測する傾向にあり、この程度の震度から制御を行うエレベータを最寄り階への自動停止などは、本来なら停止の必要の無い場合までエレベータを無駄に停止させがちになり、一方で、震度5を越えるような大きな地震では、逆に震度を小さめに評価してしまいがちである点である。ただし、全国どこでも同じ方法であり、簡単な計算なので瞬時に簡易的に震度予測が出来て、最低水準として早期に広く普及を図るためには有利であった、3:11以後はその時代は過ぎ去り、新しい時代に入った。人々の求める情報の内容の要求も時代りの移り変わりと共に変化してきている、高度で物理的根拠のある情報が好まれる。現状改革進行中弊社は鹿島建設・小堀鐸二研究所、Takusu社で特別に気象庁から許可され独自の演算方法を採用し気象庁以上の精度と認められている方式を採用「気象庁告示第2号エ(2)を満たす計算の方法による方式を採用し対応を進めています。

### 緊急地震速報の採用の最低条件

- 1、気象庁発表の「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」に全項目準拠していること。
- 2、緊急地震速報は、一定の基準以上の震度推定技術を確保し予報できる技術を確保するシステムの採用。3、緊急地震速報はシステム、装置はもちろんその情報を配信する気象庁許可の予報事業者の技術・能力で遅延なき確実な情報を入力しないと意味が無い。そんな中で、自然現象をいち早くキャッチし伝達するには、それなりの時間がかかります。(時間をかけていたのでは意味が無い)その内容には、地震波を検知し推測・演算を行い、その情報を遅延無く秒速で提供するためには最新の通信回線が必要です。そこでインターネット網を使った正確な情報伝達、独自の技術に努め独自の新配信方法を開発し対応しております。そんな厳しい条件化下での最新技術を駆しても、誤報になる場合もあります。それを恐れていたのでは人々を地震災害から守ることはできません。そこで、誤報とは言わないで、でなく、技術の限界に挑戦した情報伝達に努めても、未知の世界を征服することができないのが地震です。そこが関係者のまどかかしさ、ご理解いただける利用者様だけでも、その時に、良かったと安どの思いが報われることを祈るかぎり。

震度 マグネチュード カイン ガル 地震の尺度

加速度 最大加速度 最大変位

SI値 = 被災判定度

N値 = 地盤体力判定

長周期地震動 押し波 引き波

継続時間 P波 S波 表面波

固有周期 共振 応答スヘック

### 緊急地震速報の各方式

ハイブリッド法 = PLUMと従来法（新気象庁方式）

PLUM法 = 震源推定を行わない（新気象庁方式）

IPF法 = 従来の高度化（新気象庁方式）

大森式 = 距離減衰法（従来計測）

オンサイド情報 = 個別地点での計測情報（新方式）

気象庁告示の第二号エ(2)を満たす計算の方法

長周期地震動と階級表示（気象庁試案）

## 液状化現象のメカニク と 地盤の硬さを示すN値

大きな地震の揺れ 震度5以上といわれています。揺れている時間が長くなると被害が大きくなる傾向にあります。(※3) ※1. N値とは、地盤に差し込んだ杭に、所定の方法で重りを落下させ、一定の深さに打ち込むために必要な落下回数で、地盤の硬さを示します。N値が大きいほど... が伝播しました。そこで、今回の地震とこれまでの地震の液状化に対する影響を比較するため、液状化しやすい仮想地盤を対象として、東日本大震災で観測された地震波と、阪神・淡路大震災での観測地震波を用いた数値計算を行いました。

**液状化現象とは？** 一言で言うと、「地震が発生した際に地盤が液体状になる」ということです。地下水を含んだ土が揺さぶられると、土の粒が水に浮かんだような状態になります。その後、土の粒は下の方へ沈み、水が上の方へと分離します。

### 緩い砂地盤 N値

海岸や河口付近、埋立地、河川の扇状地などで多くみられます。地盤の硬さを示すN値が20以下で、土の粒子の大きさが0.03mm～0.5mmの砂地盤です。

N値とは、地盤に差し込んだ杭に、所定の方法で重りを落下させ、一定の深さに打ち込むために必要な落下回数で、地盤の硬さを示します。N値が大きいほど地盤は硬くなります。

目安として、軟弱な地盤はN値が5以下で、大きな建物を建てる時に杭が不要ほど硬い地盤はN値30以上です。また、土の粒子の大きさにも関係があり、粘土地盤では液状化は発生しません。

N値、標準貫入試験（SPT試験）で求められる値をいう。地盤の強さを現地でありのままに測定するために標準貫入試験が行われる。これは、ボーリング孔を利用し、「ロッドrod（鋼製の棒）の先に直径5.1センチメートル、長さ81センチメートルの中空円筒形試料採取器をつけたものを、重さ63.5キログラムのハンマーで75センチメートルの高さから自由落下させ、貫入深さ30センチメートル当りの貫入に要する打撃回数（N値）を測定して土層の硬軟を調べる試験」である。粘土層では精度が悪いが、砂層または砂礫（されき）層では信頼度が高い。

過去に液状化を経験している地域は対策が施されていない建造物の基礎部分、は再現象が発生しやすい危険性が高い地盤といえる。過去の情報の収集は防災対策として重要である。

支持層 「N値50以上の層が5m以上つづいている層」その理由は……1mの層厚がN値50以上であっても、すぐ下の層がN値1にならないとも限らず、5m以上N値50の硬い層がつづけばその下の層は軟らかい地層の可能性がないとされているため。

従って、標準貫入試験ではN値50以上の層が5m以上つづいた時点で測定を終了するのがほとんどで、測定結果においても、16m地点でN値が50に達し、その後5mにおいてN値50以上の層がつづいたので21m地点において測定を終了している。ボーリング柱状図に表されている。

## オンサイト情報（直下型対応）。

### 緊急地震速報は現状開発途中の対応が必要

緊急地震速報については、東北地方太平洋沖地震およびその余震の発生によって様々な利点と問題点が指摘されています。震源域が広域の本震では、宮城県などの地域では主要動が来る前に警報が発令されましたが、一点震源を仮定して揺れを予測しているため、首都圏など遠い地域では予測震度が小さく警報が発令されませんでした。さらに余震では複数の余震がほぼ同時に違う場所で発生したために、震源が正しく求まらず、誤報が多発したり、地震計の不具合が発生したり、これは、震源を評価して揺れを予測することの難しさを示しています。

これを補完するものとして、オンサイト速報のように敷地で地震観測したものを、直接揺れの予測に結びつけることが信頼性確保に重要と考えられます。オンサイト速報において、

- ①用いる地震計を複数台使うことによって地震計の不具合に対する冗長性を確保すること、
- ②P波検知機能を使って早く地震の識別を行い迅速な速報を提供できるようにすること、
- ③遠方の巨大地震についてはP波の振幅がゆっくり増加するので、短時間では揺れが大きくなることを予測できない可能性があるため、振幅トリガーを併用することによって予測漏れをなくし信頼性を向上させること、などの改良を行うことで信頼性を向上させることが可能です。最終的には緊急地震速報の予測震度情報と組み合わせ、最適な速報信号を出すようにシステムを構築しました。

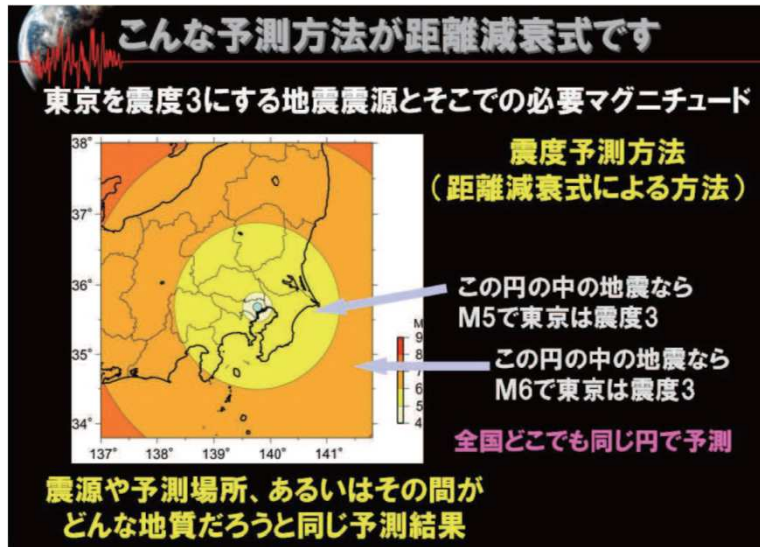
### 気象庁以上の精度確保の緊急地震速報 震度推定

このニュー緊急地震速報は、気象庁が発信する広範囲の地域を対象に震度を知らせる緊急地震速報とは異なり、特定の場所に「いつ」「どのくらい」の揺れが起きるのかを高精度に予測して知らせるシステム。地盤特性や全国の震度データ、地域的な揺れやすさなどのデータを基に、各対象地点ごとの震度予測方法を作成し、高精度で信頼性の高い震度を予測する。

予測方法は気象庁の認可を3社で得た独自手法を採用することになり特別な気象庁の許可が必要となる。それは、「配信先個別ごとの許可」となるが高度な確実性の高い情報配信となるためには一般的な高度利用者向け緊急地震速報とは、さらに高度な信頼性の高い情報が提供できるシステムが完成しました。現在すでに情報配信の提供配信を行っているお客様には、より高度なバージョンアップされた新方式に更新することで配信先の事業を継承させることとなります。



気象庁の一般的な緊急地震速報の予測方法。



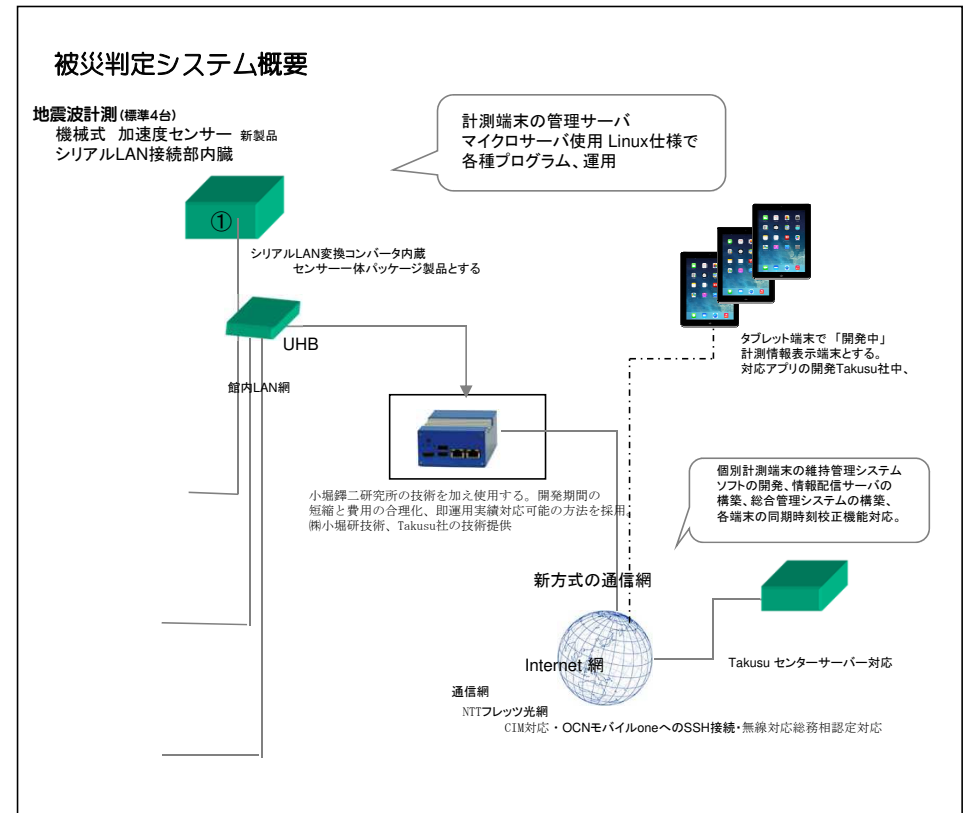
従来からの一般的な気象庁配信方法

震度予測方法は、気象庁が「距離減衰式」を利用する方式を最低限のものとして告示に提示しており、一般にはこの方式を利用している。

この方式では、地盤増幅率として独自の値を使う場合はあっても、震度から工学的基盤までの地盤は、全国どこでも均一に地震波が減衰するという仮定に基づいており、「異常震域」のような現象を表現することは難しい。また、この方式のもう一つの弱点は、震度3や震度4といった程度の震度の小さな領域では、震度を大きめに予測する傾向にあり、この程度の震度から制御を行うエレベーターを最寄り階への自動停止などは、本来なら停止の必要の無い場合までエレベーターを無駄に停止させがちになり、一方で、震度5を超えるような大きな地震では、逆に震度を小さめに評価してしまいがちである点である。ただし、全国どこでも同じ方法であり、簡単な計算なので瞬時に簡易的に震度予測が出来て、最低水準として早期に広く普及を図るためには有利であった。3.11以後はその時代は過ぎ去り新しい時代に入ってきたといえます。

結果、東北太平洋沖地震で緊急地震速報は働く、働かないと騒がれたのです。弊社ではその点を独自の震度推定を小堀鐸二研究所の協力で是正精度の高い情報配信に心がけ気象庁の承認を受け「商品改良による」配信をこころがけてまいります。

層間変形角の算出式は、小堀研の前身大先輩武藤博士のD値法といえ、今のようにコンピュータが発達していない時代に手計算で簡単にラーメンの水平分担力を求める方法として、誰もが知る略算法の開発者でした。今の若い人(というと私が年を取っているように聞こえてしまいますが(^\_^))には馴染みの薄い手法ですね。つい10年くらい前は当たり前のように使っていましたよ。



加速度計 KTN-3G-1 自社製品

(株)小堀鐸二研究所認証製品

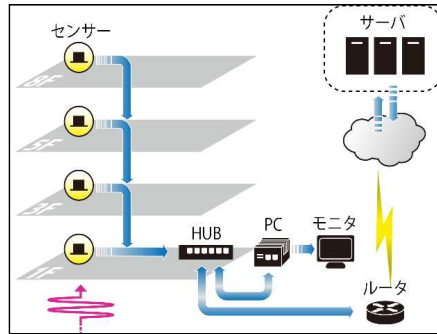


## KT・q-navi-01N 装置

地震防災の総合情報コントロールボックスが完成しました。超高層のあけぼのから50年、各種地震対応・構造の研究結果から多くの建物にその技術が採用され超高層建物の建設に貢献してまいりました。その技術を正しく有効に利用して行く中で欠かすことが出来ないのが地震防災、そこで付随する社会現象の中から災害軽減システムが求められる昨今、災害発生時に有効な技術的情報の入手手段として我々研究機関が最新の地震防災情報システムをパッケージにしました。



KT・q-navi-01N



### ブラックボックスの(KT)キットパッケージ内容

地震波解析装置 KT・q-NAVI-01N

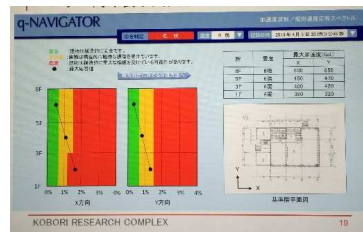
- ◆地震波解析システムプログラム
- ◆被災度判定システムプログラム
- ◆情報維持管理通信システム
- ◆地震波解析・被災判定データベース管理システム
- ◆建物構造解析システム
- ◆各種DATA表示システム
- ◆システム運用管理システム

- ◇独自オンサイト緊急地震速報システム
- ◇緊急地震速報（気象庁方式）
- ◇緊急地震速報（独自小堀・Takusu方式）
- ◇長周期地震動計測システム
- ◇層間震度推定システム
- ◇昇降機等震度設定による運転停止システム
- ◇個別地点におけるお天気情報の配信受信システム
- ◇微振動計測機能システム

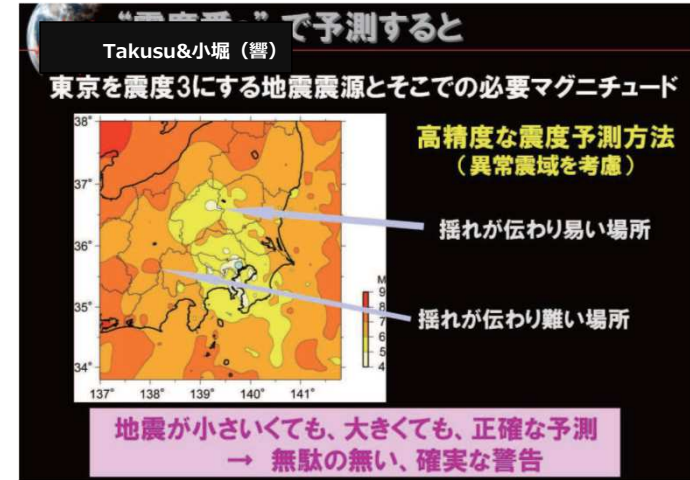
◇印 オプションを示す。KT (KOBORI&Takusu)

### 姉妹品

Takusu- eq 地震波計測装置開発横浜みなとみらいで運用開始



## 気象庁告示の第2号エ(2)を満たす計算の方法による



### 今回弊社が採用している新方式

（鹿島建設、小堀鐸二研究室、Takusu社の開発方式）「“鹿島RDMS&Takusu-IDC”の震度予測方式は、独自のもので気象庁告示の方法では考慮していない震度位置の違いや、伝播経路の地質条件等、地域的な特徴も考慮して行う、このため、**予測地点ごとに個別に作成する必要があるが気象庁の予測震度の約2倍の精度を持っており、小さい目の地震おきめの地震でも、予測震度に違いは無く、無駄な警告や無駄なエレベータの停止を起し難いという特徴を持っている。**気象庁は、告知の方法より高精度の場合のみ独自の震度予測方法を許可するので、“鹿島「RDMS&Takusu-IDC”では、予測場所ごとに震度予測方法を個別に作成するだけでなく、気象庁に鹿島建設、小堀鐸二研究室、Takusu社が申請して高精度であることを検証していただくために全ての地点の震度計算は必ず気象庁による証明付きといえる。

オンサイト地震通報システムとは、現場で地震が発生したことをいち早く検出して緊急停止するシステムのことで、これには、実際に強い地震動（主要動）を検出して動作する「P波検知」と、その前の初期微動を検出して主要動の強い揺れを予測して緊急動作する「P波検知」がある。前者は確実性が高いシステムと言える、後者は多少信頼性は劣るが空振りの影響が少ない場所に有効とされている。また、地震波検知は、緊急地震速報の弱点とする震源に近い場所で効果的であることから他社では簡易的な加速度センサーチップを緊急地震速報受信端末に内蔵させたものが販売されているが十分ではなく、外付けの本格的な震度計を京都大学防災研究所の平成年度文部科学省先端研究施設共用促進事業「強震応答実験施設」による地震波における加速度センサーの各種感知能力の確認とその利用法の検討」事業として川瀬教授の指導のもとで実証実験を繰り返し、**近傍型の地震対策**として、都市部の多くの施設、建物において緊急地震速報と併用した利用が可能である検証が得られ、気象庁緊急地震速報受信専用端末に接続することと近傍型地震（約30km）と震源地から約30km以上の地震の場合の信号受信、信号優先動作システムの構築、外付けの試作・使用に着手しました。

## ETWSの3GPP規定（携帯電話の配信時間基準）「緊急情報」

ETWSでは情報を、PrimaryとSecondaryの2つに分けて配信する。CMASは、PrimaryがなくSecondaryのみ存在**Primary Notification**は、Primaryは最も迅速に伝えるべき警報で、日本の一般向け緊急地震速報や津波警報などがこれに当たる。

Primaryの配信時間は4秒以内（自治体や政府から緊急情報を受信してから4秒で端末に第1報を配信することが3GPPの規定）。現行のCBSによる配信時間は**10秒以内、最速の場合は6秒**Primaryでは、パターン化された災害情報のみの最低限の情報 警報の内容はフォーマット化されていて、「地震」である、ということだけが伝達される。

このため、Primaryはセグメンテーションの起こらない短いメッセージになるので、1回の報知情報通知サイクル内で全情報を受信完了でき、伝達が早い。**Secondary**は少し時間的猶予がある情報で、避難の指示や勧告などを含む。「地震の震度はxxで、震源地は××地方 沖合△△km」いった情報、これまで一回で送信されていた内容が、Primaryによる第一報の数秒後に第二報として送られる（ETWS以前は、1回で送っていた）。Secondaryの配信時間は特に明示されていない。  
Secondaryには、文字情報、Message ID(災害種別を示す)、Serial Number が設定されている。

## 緊急地震速報の気象庁のガイドライン 「緊急地震速報端末」

「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」

## ○端末や配信の選択

端末や配信を選択するにあたっては、許可・配信事業者が公開・説明する端末の機能及び配信能力を参考にすることを推奨する。中でも、緊急地震速報(業)を迅速かつ確実に使用するために、以下の項目については、特に考慮することを推奨する。・気象庁が緊急地震速報(予報)を発表してから端末が制御を開始するまでに要する時間がトータルで**1秒以内のもの**。

- ・気象庁から端末まで配信をとぎれさせないような十分な対策をとっているもの。
- ・時刻の誤差が常に±1秒以内となるよう時刻合わせしているもの。
- ・配信・許可事業者によるサポートが充実しているもの。

## ○適切な利用のために端末利用者に推奨する事項」及び「3 適切な利用のための端末機能や配信能力」に示した事項の詳細を示す。

○気象庁が緊急地震速報(予報)を発表してから端末が報知または制御を開始するまでに要する時間がトータルで1秒以内のもの緊急地震速報(業)の提供から強い揺れが来るまでの猶予時間は短いので、気象庁が緊急地震速報(予報)を発表してから端末が報知または制御を開始するまでに要する時間が平均して1秒以内に行える配信・許可事業者を推奨する。

緊急地震速報端末と携帯電話の緊急情報は用途目的が違う別のもの。

緊急地震速報の論理的解説から付録  
TCP/IPとUDP/IPの解説なぜか今だ、緊急地震速報の通信にUDP/IPが適合しているのか？  
ご理解いただけない方の為の解説。

**TCP** (Transmission Control Protocol)とは、IPと同様にインターネットにおいて標準的に利用されている プロトコルです。特別なものではありません。TCPは、IPの上位プロトコルでトランスポート層で動作するプロトコル。ネットワーク 層のIPとセッション層以上のプロトコル(例: HTTP、FTP、Telnet)の橋渡しをする形で動作しています。

TCPは、信頼性の高い通信を実現するために使用されるプロトコルであるのに対して、同じく、IPの上位 プロトコルのUDPは信頼性が高くはないが、高速性やリアルタイム性を求める通信に使用されるプロトコル。このようにどちらかが優れているということではなく、通信特性によりTCPまたはUDPを使い分けられます。よって、緊急地震速報はデータ小さく緊急性を主目的(秒を争う情報)の取り扱いのために特性を生かしています。

**UDP** (User Datagram Protocol)とは、IPやTCPなどと同様にインターネットにて標準的に利用されている プロトコルです。UDPはIPの上位プロトコルでトランスポート層で動作するプロトコル。ネットワーク層の IPとセッション層以上のプロトコル(例: DNS、NTP、DHCP)の橋渡しをするかたちで動作しています。情報を投げ込むのみで重複した動作は省略し、別の方法で通信の確認方法を採用させている。UDPのポート番号の考え方についてTCPと同様です。しかし、TCPのように3way handshake、確認応答、順序制御、再送制御、ウィンドウ制御、フロー制御などの機能はなく、ほとんど何もしないプロトコルです。UDPは、TCPと比べて信頼性が高くはないが、速さやリアルタイム性を求める通信に使用されるプロトコル。よって、緊急地震速報向きに工夫がなされている今までパケットの紛失等の経験はしておりません。

## TCPより信頼性が低いのは(重層な包装は必要ない)

TCPではより確実に相手にデータ(セグメント)を届けるために、スリーウェイハンドシェイク、認識応答、フロー制御、輻輳制御など様々な機能を備えています。これらの信頼性を高めるための機能をUDPは一切備えていません。冒頭で「UDPはIPをほとんどそのまま利用した通信プロトコルである」と言いました。IPパケットと同じようにUDPセグメントも、相手に届いたかどうか、いつかは送信元で分かりません。また途中のネットワークの状態によって、送信した順番にUDPセグメントが相手に届く保証はありませんし、途中のセグメントが届かなかったからと言って再送処理が行われるわけでもありません。ただ単にネットワーク層のプロトコルであるIPとセッション層以上のプロトコルやアプリケーションとの橋渡しを行っているだけかすぎないのです。

## 転送速度(スループット)がTCPより高いのは(緊急地震速報向けである)

まずはUDPヘッダを見て下さい。TCPのヘッダが20オクテットあるのに対し、UDPヘッダは8オクテットしかありません。ヘッダが少ない分送信するデータの全体容量が減ることになりますので、TCPに比べて転送速度が高くなるのです。更に既述ですがUDPではスリーウェイハンドシェイクと確率応答を行いません。即ち相手からの応答を待つ待ち時間が一切無いのです(一方的に送りつけるだけです)。当然待たなくて良い分転送速度も上がりますし、余分な作業をしない分内部処理的な負荷も少なくなります。これらのことからUDPはTCPに比べ、軽量で高速なプロトコルと言えるでしょう。

## 1対多の通信にもいっているのは(サーバの負荷が軽減されます)

これも既述ですがUDPではスリーウェイハンドシェイクを行いません。即ちコネクションを確立しないコネクションレスと言う通信方式となります。TCPではブロードキャスト通信、マルチキャスト通信の際にも全ての端末とスリーウェイハンドシェイクを行い、コネクションを確立しなければなりません。このことから送信元の負荷は非常に大きなものとなってしまいます(コネクションを確立するための送受信作業にウィンドウのためのバッファの確保など)。しかしUDPでは余分な作業をしない分、一回の送信動作で複数相手に同じデータを送信することが簡単にできるのです。

## 使用条件(弊社のより通信の確率アップのため手法)

- ①、通信のデータは小さくすること (緊急地震速報の演算結果程度のデータでは問題ありません)
- ②、データの確認のためにデータの認識方法を採用している。Acの有効利用。
- ③、認識した方式を各種(死活監視、端末監視、通信の確率確認)等に利用する方式を採用している。
- ④、TCP/IPの様な重複したコネクションの確率を最小必要範囲内に合理化し軽量と高速を確保させる。



Aパターン、本格的業務用制御専用モデル Takusu-P II

エレベーターの緊急停止および来客への地震報知

緊急地震速報を建物、施設、病院でご利用いただく本格的な防災機器、プラント制御、エレベーターの制御を行う事を目的としています。制御後の普及等の信号を内蔵プログラムで設定可能にしました。



Bパターン、放送設備接続・表示装置を加えたモデル Takusu-V IIIa

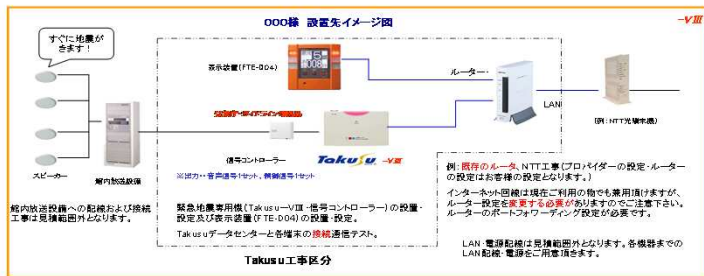
(再配信機能付)

館内放送に表示灯による視覚を加えた地震報知

広く多くの人々に伝えることが目的です。放送設備に簡単に接続できる装置です。同じLAN内に緊急地震速報の表示装置、回転灯の使用が再配信で可能にしました。

※出力・音声信号1セット、制御信号1接続

Takusu-V III ..... 信号コントローラー  
..... 表示装置  
..... 設置設定工事費



Takusuの配信サービスとエリアメールの配信方法の比較

Takusuの配信はなぜ早いのか.....それは・

1. 従来のエリアメールとETWSの配信方式の違い



ETWSはPaging\*を用いて第一報(PrimaryNotification)として短時間で災害発生情報のみを通知、詳細情報を第二報(SecundaryNotification)で通知することで行動開始までの時間短縮を実現。  
\*Paging: ネットワークが端末を呼び出すための信号。端末が同報的にこのpagingを見て、情報があるかを確認



▼エリアメールとETWSの配信方式の概要(図版提供:NTTドコモ)

注、従来のエリアメールの経過時間は、NTTdocomo テクニカル・ジャーナルでは9秒と発表している。

熊本地震で頻繁に発生する余震で「パニック」発生。

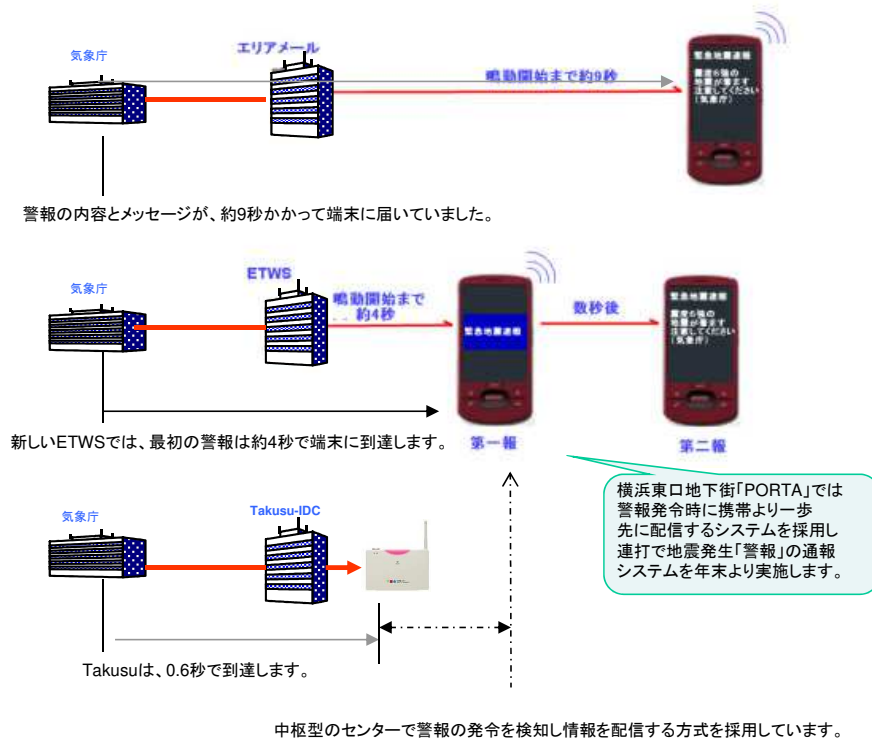
携帯電話やテレビの「緊急地震速報」におびえる子どもたち、3.11の東北地方を経験しながら生かされていなかった「報知音」地震が発生したら、余震は続くそのたびに鳴り響くその恐怖は、経験しないとわからない。単に伝えるためにビービー、ブーブ機械的な報知音を発報するだけの携帯電話(緊急通報)では、その装置の普及と共に二次災害が発生していることに注目しておくべき。当事者以外は気が付いていない。弊社は3.11の経験から、この問題を予期して専用端末の販売済み商品の報知、音声ガイダンスを詳細表現方式に全製品改修し対応完了しています。防災機器については、現実の使用の経験とその対応、利用者の声を取り入れる工夫がなされているかで、端末は生かされるか、どうかは決定される。使いこなすことで意味がある。



## 無線端末の利用方法

### 携帯電話配信と緊急地震速報の利用

これまで携帯各社の緊急地震速報の配信では、NTTドコモやソフトバンクモバイルは「CBS (Cell Broadcast Service)」方式を、au (KDDI) は「BroadcastSMS」を用いて緊急メッセージの配信が行われています。今回紹介する「ETWS」は、その後に登場した技術で、従来よりも高度化したが、それでもガイドラインの1秒を実現していない。



新しい携帯システムの特徴として、従来方式よりも、スピーディに端末へ届くことが挙げられます。たとえば、従来型の仕組みであるCBS方式を利用したFOMAのエリアメールでは、警報が発信されると、警報の内容とメッセージが、約9秒かかって端末に届いていました。新しいETWSでは、(ドコモの場合)最初の警報は約4秒で端末に到達します。ただし、ETWS方式では警報の内容とメッセージは一度には送られません。まず第一報として警報の内容だけが送られます。そして、数秒後に第二報として「地震の震度は○。震源地は××地方 沖合△△km」と、これまで一回で送信されていたメッセージが二回に分けて送られるよう、変更されています。

## 震源地等の求め方

### 地震発生における震源地の求め方

次に、震源地の求め方です。地殻内を伝播するP波の速度は、毎秒5~7km S波の速度は、毎秒3~4kmです。P波とS波の速度差は毎秒数kmです。ですから、P波が到達した時刻からS波が到達するまでの時間は、「この時間は、PS時間あるいは初期微動継続時間と言う」震源から遠い観測点ほど長くなる訳です。脚の速い者と遅い者が同時に歩き出したことを考えてください。ゴールが遠ければ遠いほど両者の差が広がるのと同じです。この様子を利用したのが「緊急地震速報」です。

### 震源地までの距離計算

震源までの距離は、PS時間×(7~8km)となります。これで観測点から三次元座標での震源地の距離は判りましたが次は方向です。方向を求めるには観測点が3カ所必要になります。観測点A,B,Cからの震源までの距離を前述の方法で震源までの距離を求め、それぞれの値をa,b,ckmとすれば、観測点A,B,Cそれぞれから半径a,b,ckmの球を描き、3個の球が交った所が震源になります。円で無く球を描くのは震源が地下深くにあるために3次元座標で考える必要があるからです。

### マグニチュードで地震の揺れ巾を知る

マグニチュードですが、これは1935年地質学者のC.F.リヒターが地震に導入した量で、震央[震源域の中央]から100km地点での揺れ幅を表します。具体的には、震央から100km地点に設置された周期0.8秒、減衰定数1倍率2.800の“ウッド・アンターソン型地震計”の記録の最大振幅をマイクロメートル[100万分の1m]単位で計り、その対数をとったものです。

### 震源決定大きく分けると3種類の方法

ひとつは、数箇所地震計での計測値を、震源決定の図式にあてはめて決めるとりあえずの速報値。もうひとつは、詳細を解析して最終的に決定される暫定値。気象庁では、防災科研、大学等関係機関から地震観測データの提供を受け、気象庁のデータと合わせて文部科学省と協力して、速報値としての地震観測データを更に整理、分析して最終的に暫定値を決められている。今回、新しく緊急地震速報の技術改善策からPLUM法、IPF法が採用されました。「PLUM法、IPF法は、3.11地震において、緊急地震速報の対応不備を指摘され「警報」の精度アップが実施され工夫された手法です。一般的な地震「予報」においては特別な地震以外は従来手法で問題なく当分の間、実績のある従来法方式を併用してまいります。」

### 新方式開発

緊急地震速報の技術的改善策として新しい方式が発表されています。近日中に実用化される予定。今回、緊急地震速報「警報」精度アップのために改善策の方式が採用されました。「PLUM法・IPF法」

この際、絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>の計算に用いる周期刻みは、周期選択性の強い高層ビル高層階での長周期地震動階級を適切に表現でき、かつ、地震計にも搭載して現地処理が出来るよう、0.2秒とすることが適当である。なお、この計算刻みについては、今後の地震計の現地処理能力向上に応じて再検討することも考慮すべきである。また、絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>の計算に用いる減衰定数は、設計用地震動などとの比較がしやすく、かつ、実際の建物の揺れを適切に表現できる5%を基本とする。以上のことより、「長周期地震動階級」の算出は以下の方法で行うものとする。

- ①  $ACCr(t)+2h\omega VELr(t)+\omega 2DISr(t)=-A(t)$   
 ACCr(t): 相対加速度応答時刻歴  
 VELr(t): 相対速度応答時刻歴  
 DISr(t): 相対変位応答時刻歴  
 A(t): 地動加速度時刻歴  
 h: 減衰定数

$\omega$ : 計算する系の固有円振動数で与えられる1質点減衰系の地動に対する応答、すなわち、相対速度応答時刻歴VELr(t)に地動速度時刻歴V(t)を足しあわせて求めた絶対速度応答時刻歴VELa(t)を元に、絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の計算を周期1.6秒から周期7.8秒までの間で行う。②周期1.6秒から周期7.8秒における絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)の最大値の階級を求め、これをその地点の「長周期地震動階級」とする。

なお、この方法で作成・発表する長周期地震動階級は、地震計の観測データから計算された絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>(減衰定数5%)によって求めたものであり、その場所に高層ビルがあれば高層階でどのような揺れになるかを推計したものである。したがって、周辺の高層ビル等における建物内の被害状況把握の参考にできるものの、個々の高層ビル等の特性や地盤条件まで表現しているものではないこと、対象となる高層ビルの構造や状態により揺れの大きさが異なること、また、高層ビルの中でも、階や場所によって揺れの大きさが異なること、特に建物の頂部のゆれ方は発表した長周期地震動階級よりも大きくなる場合もあることを明記する必要がある。

これまでの調査研究による室内の状況から区分した長周期地震動階級と、そこに最も近い階における観測値(最大床応答加速度、最大床応答速度、最大床応答変位等；ここで床応答は建物の床そのものの揺れの大きさ)の調査結果から、同一周期における観測値の大小によって長周期地震動の揺れによる行動の困難さなどの状況を区分しやすい観測値は最大床応答速度であることが分かっている。また、周期1.5秒～8.0秒の周期帯において、長周期地震動階級の各階級の状況に対応する最大床応答速度の値はほぼ一定であることが得られている。これらのことから、長周期地震動階級は最大床応答速度を用いることで階級の区分を表現することが可能と考えられる。本来、高層ビル内での程度の揺れとなっているかを知るためには、各々の高層ビルに管理者自らが地震計を設置して床応答速度を把握することが望ましいが、現実には全ての建物に地震計が設置されているわけではない。

気象庁が発表する長周期地震動情報がこのようなニーズに応えるためには、高層ビル高層階の最大床応答速度を出来るだけ合理的に表現し、長周期地震動階級を推計する必要がある。地震工学の分野においては、地表に設置した地震計での地震観測データを用いて、様々な固有周期や減衰定数からなる建物の高層階においてどれだけ最大の揺れ(応答)が生じるかを示す応答スペクトルを用いることが多い。応答スペクトルには、地面に対する建物の床の相対的な揺れの大きさ(相対応答スペクトル)と、建物の床そのものの揺れの大きさ(絶対応答スペクトル)があり、長周期地震動階級の推計にあたっては、絶対速度応答スペクトルS<sub>va</sub>を用いることが適当である。

## ■ 地震波から震源距離を求める

各地の地震計の記録から、[震源](#)を調べることができます。この関係を明らかにしたのは大森房吉(1918)で、[大森公式](#)と呼ばれています。

実際の計算では、[たて波\(P波\)](#)の速さを約8km(7km)、[横波\(S波\)](#)の速さを4km(3.5km)とする[と初期微動継続時間](#)に8(7)をかけた値が、[震源](#)からの距離ということになります。

### 大森式の解説

$$\frac{\text{震源からの距離}}{\text{S波の速さ}} - \frac{\text{震源からの距離}}{\text{P波の速さ}} = \text{初期微動継続時間}$$

震源からの距離をL km, 初期微動継続時間をt秒, S波の速さを4 km/秒, P波の速さを8 km/秒とすると, 上の式は,

$$\frac{L}{4} - \frac{L}{8} = t \quad \frac{2L}{8} - \frac{L}{8} = t \quad \frac{2L - L}{8} = t \quad \frac{L}{8} = t$$

$$\therefore L = 8t$$

図4は、[兵庫県南部地震](#)のゆれを記録した彦根と福井での記録です。

彦根は[震央](#)からの距離が134kmで、[初期微動継続時間](#)は16秒、福井は[震央](#)からの距離が195kmで、[初期微動継続時間](#)は24秒です。[震央](#)からの距離に近い彦根では、[主要動](#)が大きいことがわかります。

あるとき、本を読書をしていました。

その時

「ミシミシ... ビリビリビリ...」「ガタガタ...ガタガタガタ...」

机に置いてある、あなたの飲みかけのコーヒーは揺れています。

それに気づいた瞬間...

「ユサユサユサユサ...」

あなたのコーヒーはこぼれてしまいました。この一連の

「ミシミシ ビリビリビリ...」「ガタガタ...ガタガタガタ...」「ユサユサユサユサ...」の現象が地震です。

(コーヒーがこぼれたのは、地震による被害の現象です...)

さて、地震はなぜ発生するのでしょうか？ しかもいつどこで発生しているのでしょうか？

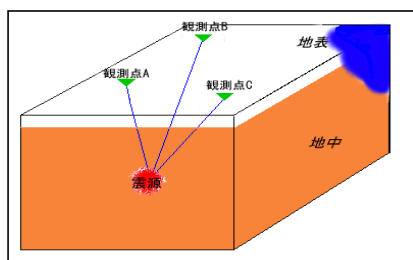
## 2. わかりやすい地震の発生メカニズムと震源の相対的な求め方

私たちが立つ地面はプレートに乗っていて、プレートの動きによって、どんどんと力加わっていきます。その地下の地盤(岩石)がその応力に耐えられなくなったとき、岩盤は破壊し波動が励起します。それが地震です。地震が発生すれば、縦波(P波)と横波(S波)そして表面波が励起します。前章の「ビリビリ...」はそのP波であり、「ガタガタ...ガタガタ...」はS波の揺れ、「ユサユサユサユサ...」は表面波です。

各波には速度差があり、媒質(地質)によって多少変化はしますが、縦波では通常4~9Km/sで地中を伝わっていくのに対して、横波では3~4km/sの速度で地中を伝わります。その速度差から、地震が発生して観測地点でP波が到着してから、S波が到着するまでの時間の違いが発生します。

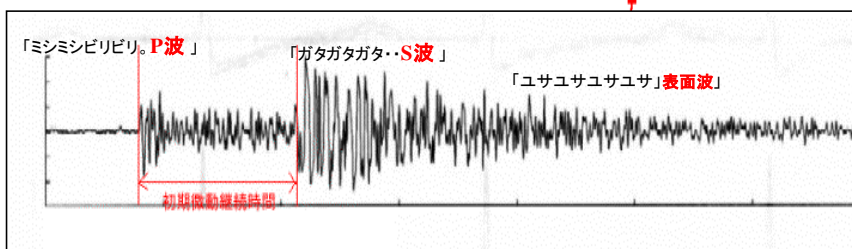
(これを初期微動継続時間と言います)ので、観測地点から震源までの距離をつかむことができます。

そこに観測地点が下の図1のように複数あれば、岩盤の破壊地点、すなわち震源が特定できます。この震源距離と初期微動継続時間の関係を示したのが「(震源距離の)大森公式」(Omori formula)であります。



### 「大森公式」

前章でP波とS波の到着時間の差、いわゆる初期微動継続時間が地震波形の記録からわかります。



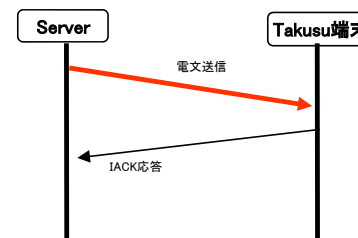
## Takusu 独自の通信プロトコル「TCP/IPの通信とUDP/IPの通信ではどう違う」

一目でわかる優位性

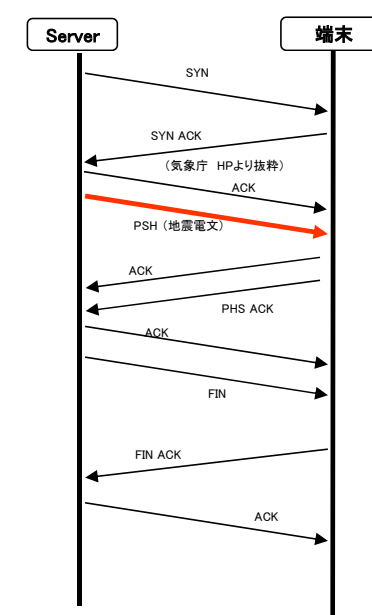
下記IPの実際の通信の手順を図で示しました。

TCP/IPの場合は、コネクション接続を行い応答の確認する等し、データを送受信します。下記の図の通り多くのパケットの送信が必要となります。結果時間を要します関係から緊急通報には向かない。そこでTakusu社は独自の通信プロトコルの開発によりUDP/IPを採用し瞬時配信に可能な配信方法を採用しています。

### UDP/IPの送信



### TCP/IPでの送信



### UDP/IPメリット・デメリット

コネクション無し、いきなり情報を送信通信が速い。送信の仕組みがシンプルなために通信の無駄がなくなりました。(一般的に信頼性が低いを解消した「UDP/IP・SCB方式」)ここが、一般的なサーバー演算方式と違います。「特許」

### 新開発「UDP/IP・SCB方式」方式を使った場合

新しく開発した「UDP/IP・SCB方式」方式は、データ送受信するだけの単純なUDP/IPプロトコルを使い、データの管理をアプリケーションが積極的に行います。たとえば、データを受け取ったというAck信号が端末から返ってこなければ再度データを送信する再送動作はアプリケーションが管理して実行します。

送信するデータは1パケットに収まるよう極めて小さくなっており、データ分割による部分的な欠落は発生しません。このように新方式では、データを早く送受信するとともに、データの信頼性をTCP-IPプロトコルと同等にまで高めています。同時にその管理を通じて受信端末の動作管理も兼用して行います。従ってTCP-IPを使う場合に比べて送受信の負担を大幅に減らすことが出来、個別配信個別管理が可能になりました。尚、一般的なサーバー演算方式とは違う点を強調しておきたい。

TCP/IPメリット・デメリット  
非常に多い通信手順を踏む代わりに高い信頼性がある。通信時間に時間がかかる。

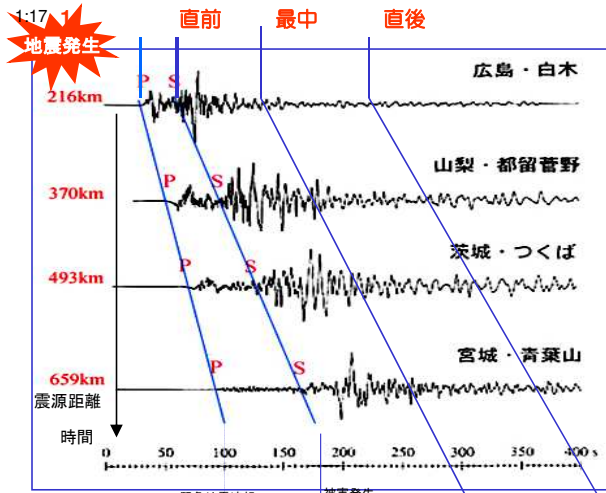
UDP/IP・SCB方式は、(株)一太郎ライフサービスコミュニティが開発した通信プロトコルです、SCBは「Signal Catch Back」の略称です。(特許取得済)



## 論理的緊急地震速報の解説

### Takusu「響」の地震波による地震防災システムの概要

緊急地震速報の情報は大きく進化して行く……



#### 防災情報サポート内容

- 地震発生情報
- 緊急地震速報
- 津波情報
- 層間震度情報
- 最大加速度分布、震度
- 長周期動情報
- 地震計測結果
- 過去の地震データ
- 建物点検情報
- オンサイト速報

#### モニター表示

- 初動支援・早期帰宅情報
- 地震情報・点検情報
- 要点検項目一覧

#### 携帯メール等の表示

- タブレット端末対応
- 母国語対応音声ガイダンス
- 館内・地域無線サービス対応
- 視覚危機通報

#### 情報

#### 機能

地震計測

建物応答シミュレーション解析

P波検知  
エレベータ対応

建物応答負荷評価

緊急地震速報

異常監視

損傷評価・異常検知  
震度分布表示  
被災度判定表示

危険回避  
安全停止(設備)

機能管制

初動、二次災害阻止、  
早期回復、被災度判定  
帰宅困難者対応

Takusu 株式会社 地震波図 岡田恒男・土岐憲三2000 地震防災事典から  
特殊用途情報等は榊小堀鐸二研究所との提携による情報提供用となります。

震源からの距離  $\alpha$  は初期微動継続時間に比例するので、

$$\alpha = \kappa T \quad (\kappa \text{ は比例定数})$$

が得られます。

P波の速度を  $\nu_1$  として、S波の速度を  $\nu_2$  とすれば、

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{\nu_2} - \frac{1}{\nu_1}} = \frac{\nu_1 \nu_2}{\nu_1 - \nu_2}$$

となります。この比例定数は「大森係数」と言われ、この値は8をとります。  
ここから、実際のそれぞれの観測点で大森公式により求めた、距離を半径として円を描き、  
3つの共通弦を引くと、1つの点Eが定まります。それが、震源の真上にある地表の点、  
震央(図2中点E)です。

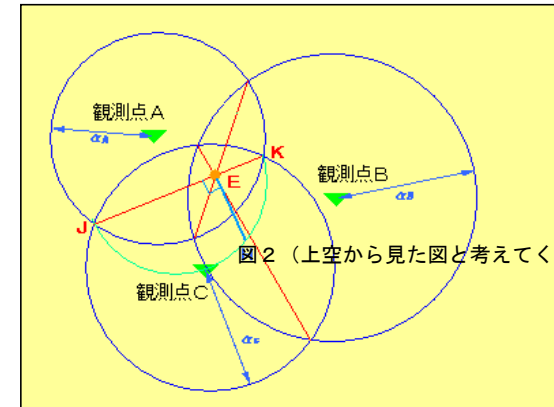


図2 (上空から見た図と考えてください)

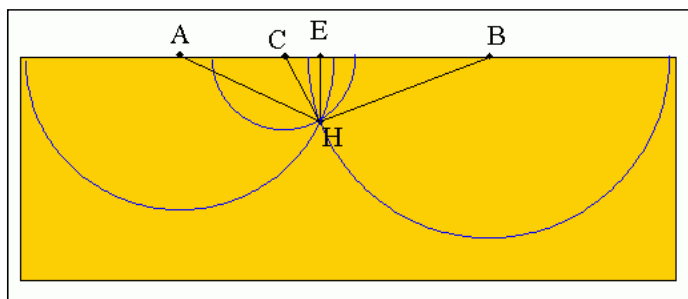
次に震源の深さを求めます。ここで、先述の共通弦のひとつを用いて、(図2中 JKの線)半円を描きます。

そして、JKの線と垂直な線を描き、半円との交点を作ります。(図2中 EHの線)

それが震央からの震源までの深さになります。

なぜそれが震源の深さになるのかは、下の図3を見て下さい。

EHを軸とする半球となります。(図2のKHJの半小円)



↑図3 (地中の断面図と見てください) この球が全て交わる点が震源となります。

#### 4. 「余震の大森公式」

地震はたいてい3つの過程に分けられ、本震の前に起きる小さな地震を前震、本震の後に起きる地震を余震と言います。

(この3つがはっきりしないのを群発地震と言います。)

大森房吉は余震発生回数が、時間とともにどのように減っていくかという規則性も、見つけ出しました。その式は、 $n(t)$  を単位時間あたりの余震回数とし、 $K$ 、 $c$  は各地震によって定まる定数とした場合、

$$n(t) = \frac{K}{t+c}$$

(余震の)大森公式(Omori formula)と言われます。

しかし今日では、上の式を改良し、より多くの余震系列について対応できるようにした、下の「(余震の)改良大森公式(modified Omori formula) (宇津徳治が大森公式を改良しました)

が用いられます。

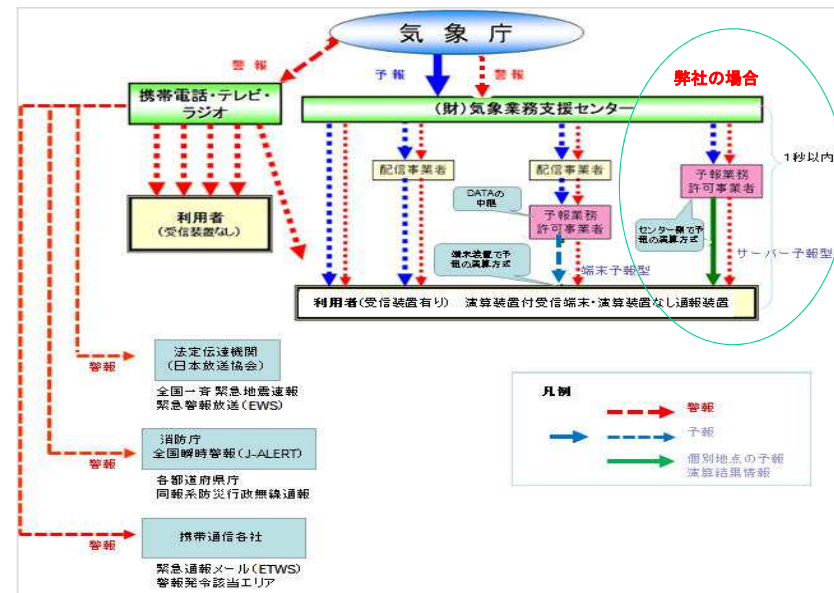
$$n(t) = \frac{K}{(t+c)^p}$$

改良大森公式は  $p=1$  の場合は、「(余震の)大森公式」と一致するが、 $p$  は1よりもやや大きい値をとる場合が多いです。

$c$  は大きくても1日、普通は0.1日以下です。これによって描かれるグラフは大抵次のようなグラフとなり、両対数グラフで取るとほぼ直線になります。

### 1、緊急地震速報の配信プロセス。

緊急地震速報は、以下のような経路から利用者の専用受信端末で受信できます。その信号を受信するには「緊急時に速報を受信するための専用回線が必要になります。それは、インターネットが利用できる回線でなくてはなりません。その他にテレビやラジオ(※2)、携帯電話(※3)でも緊急地震速報を入手できますが、入手できるのは緊急地震速報(警報)だけになります。 ※3 緊急通報による「警報」、全国瞬時警報(J-ALERT)は消防庁経由となります。



緊急地震速報(警報)はテレビやラジオ、携帯電話等で入手する他に専用受信端末で入手することができます。テレビやラジオ、携帯電話等で入手できる緊急地震速報は、「警報」としての緊急地震速報であり、気象庁が、最大震度が5弱以上と予想された地震について、全国を188に分けた「区域」ごとに予想した震度が4以上の区域の名称やその地域が属する都道府県名などを報じたものになります。【緊急地震速報(警報)】(※1) 一方、緊急地震速報の受信端末では、個々の利用者における地震防災のニーズにあわせて、気象庁が発表する緊急地震速報【緊急地震速報(予報)】をもとに任意の地点において予想した震度や主要動到達時刻を入手することができます。また、予想された主要動到達時刻と端末の内蔵時計との差によりカウントダウンする機能もあります。ただし、受信端末で緊急地震速報を利用するにあたっては、速報が発表されてから主要動が到達するまでの時間は長くて数十秒から数十秒と極めて短いこと、震源に近いところでは速報が間に合わないこと、震度や到達時刻の予想に誤差を伴うこと、などの技術的な限界、情報入手の地震波の特性の関係から、情報が間にあわない場合があることを十分理解して効にご利用ください。

緊急地震速報の受信専用端末の種類と配信方法

（予報事業者の方式の違い）

① サーバー（予報配信型） 「許可事業者 センター側で個別地点の予報の演算と配信、端末装置の製造」

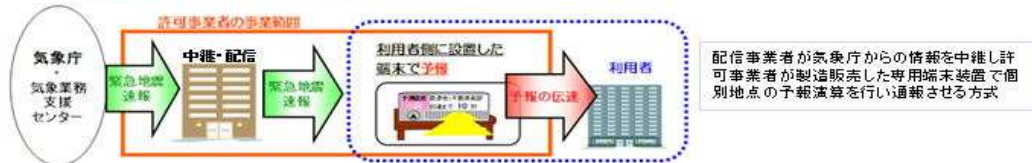
予報業務許可事業者の設置の大型コンピューターで個別地点の予報演算等をセンター側で行い、その予報結果を利用者の個別地点に配信し、設置の受信端末で受信通報する形態。



気象庁の技術改革等で演算方式等が改定されても専用端末装置には関係なく、センター側のサーバー等の更新のみで、対応可能に工夫されています。その結果、常時最新のシステム構成を維持しながら、端末装置の負担を軽減し最新システムでの稼働を可能としています。個別地点の端末装置の常時運用も、常時遠隔で維持管理、メンテナンスもセンター側で一括監視可能。「弊社の場合は配信方法が他社と違い独自配信方法を採用。」(特許)

② 端末（予報配信型） 「許可事業者情報のセンター側で気象庁情報の中継、端末装置の製造」

予報業務許可事業者が気象庁からの情報を中継し、許可事業者が個別地点に販売設置した専用受信端末装置で受信し、端末装置で演算通報する形態。



気象庁の技術改革・システム方式、演算方式等の変更・更新のために端末装置の交換、バージョンアップが必要になります。対応せないと最新の気象庁からの情報の受信ができない場合もあります。その都度、端末装置の更新が必要となります。常時端末装置の維持管理を利用者側で考慮しておく必要があります。「配信事業者は気象庁からの情報の中継のみ」

③ 装置提供型

予報業務許可事業者が、利用者に予報を行う装置を提供（販売）する形態。（利用者は、別途配信事業者と契約して緊急地震速報を受信する必要があります）



◎ 結果、気象庁の今回のシステム改革は、弊社の場合個別地点の端末装置に関係なく運用可能です。

引き波と押し波 最近の標準的な強震計では、2g（gは重力加速度、9.8m/sec<sup>2</sup>）程度までの測定が可能になっています。

観測点で発生した地震の初動が押し波だった場合、地面は最初上にゆれる。引きの場合は、地面はさがる。初動から震源の方向を求めると下図の通りとなる。

大森式から震源距離を求める。（震源からの距離は初期微動継続時間に比例する。）各地の地震計の記録から、震源を調べることができます。この関係を明らかにしたのは大森房吉（1918）で、大森公式と呼ばれています。

実際の計算では、たて波（P波）の速さを約8km（7km）、横波（S波）の速さを4km（3.5km）とすると初期微動継続時間に8（7）をかけた値が、震源からの距離ということになります。図3 ご参照ください。

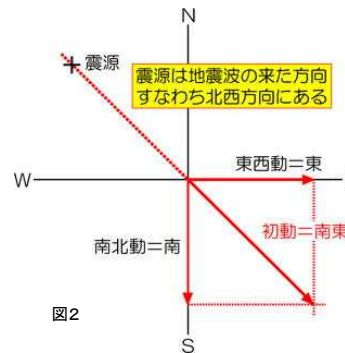


図2

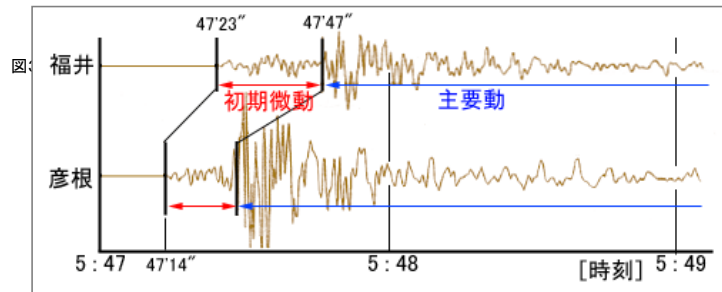
図4のように、東西南北の十字を作り、そこに南北動と東西動の矢印を書きます。このとき、矢印の長さは、それぞれ南北動と東西動の波形の大きさに準じて書きましょう。次に、矢印の先端から南北動と東西動それぞれに平行な点線を書き、観測点と対角を結んだ線が地震波の初動になります。最後に、この地震は押し波ですから、震源は地震で最初に動いた方とは逆方向の北西にあることとなります。

$$\frac{\text{震源からの距離}}{\text{S波の速さ}} - \frac{\text{震源からの距離}}{\text{P波の速さ}} = \text{初期微動継続時間}$$

震源からの距離を  $L$  km, 初期微動継続時間を  $t$  秒, S波の速さを  $4 \text{ km/秒}$ , P波の速さを  $8 \text{ km/秒}$  とすると、上の式は、

$$\frac{L}{4} - \frac{L}{8} = t \quad \frac{2L}{8} - \frac{L}{8} = t \quad \frac{2L - L}{8} = t \quad \frac{L}{8} = t$$

∴  $L = 8t$



GPS で設置緯度経度、震源位置決定  
セシウム原子時計で標準時計を起動される。



【東日本大震災と、阪神淡路大震災の揺れ方の違いについて】

「揺れ方」については、「波形(上下・東西・南北の3軸)」を見れば分かると思います。  
 気象庁「ホーム」各種データ・資料> 強震観測データ  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/index.htm>内、

「2011年3月11日14時46分平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」  
 「1995年1月17日05時46分平成7年(1995年)兵庫県南部地震」(87型電磁式強震計)  
 「強震波形(平成7年(1995年)兵庫県南部地震)」の場合、「震央距離(km):16.5」の「観測点名:神戸中央区中山手(JMA KOBE)」、「強震波形(平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震)」の場合、「震央距離(km):158.5」の「観測点名:涌谷町新町」などが良いかも。なお、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の場合、「主たる破壊の継続時間:3分程度(大きな破壊は3回)」※なので。

※気象庁「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第28報)報道発表日平成23年3月25日」<http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/25b/201103251730.html>の添付pdfを。

また、「揺れの時間」は

『地震による強い揺れはどの位長く続くのですか？  
 地震の揺れは2、3分ですが余震が連続して続く場合があります、ご注意ください。  
 時代と共に自然社会の構造物等も大きく変化してきてる関係から被害規模も大きく変化してきた。  
 第一に自分の身を守ることを考えて行動してくださいでないと周りの人も助けることもできません。  
 地震による強い揺れが続く時間は、その地震の断層運動(岩盤がずれる動き)が継続する時間とほぼ同じです。日本付近で発生する地震による強い揺れは、

マグニチュード7クラスの地震であれば約10秒間、  
 マグニチュード8クラスの地震であれば約1分間、  
 マグニチュード9クラスの地震であれば約3分間継続します以上を目安として覚えておこう。

例えば、「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」では15秒程度、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」では長く続いたところで190秒程度でした。

気象庁「ホーム」知識・解説> よくある質問集> 震度・マグニチュード、その他」より。「強い揺れ」とは、「震度4以上」のようです。

ガル値と震度  
 気象庁から開示のグラフから。 P 135 参照

震度7 「揺れの周期0.1秒の場合」 = 2.700ガル 「揺れ1秒の場合 = 600ガルとされている。  
 そこで センサーKXR94 採用

加速度センサーKXR94のノイズは、仕様書によると、 $45 \mu g \sqrt{Hz}$  (rms、電源電圧3.3V時)です。今回は4.15Vで使用してしまから、ノイズは、 $45 \times 3.3 \div 4.15 = 36 \mu g \sqrt{Hz}$  (rms)程度であると推定されます。回路図は別途掲載しますが、帯域幅0.72Hzで使っていますので、加速度センサーのノイズ(rms)は、 $36 \times \sqrt{1.6 \times 0.72} = 38.7 \mu g$  (rms) となります。

38.7  $\mu g$  (rms)を電圧に換算します。今回は、加速度センサーKXP94Rを4.15Vで駆動しています。センサー添付の資料によると、下記の通り。

5Vで駆動した場合……1g→ 1V  
 4Vで駆動した場合……1g→ 0.8V ですので、

・4.15Vで駆動した場合……1g→ 0.83V となり、38.7  $\mu g$  (rms)→32.1  $\mu V$  (rms) となります。

・「響き」は 4.15Vで駆動しています関係から。

震度とガルの関係 「震度をガルに換算すると」上記の式でガルを電圧に換算可能。参考

震度1	0.0006g	～	0.002g	(計測値)
震度3	0.006g	～	0.02g	
震度4	0.02g	～	0.06g	
震度5強	0.1g	～	0.2g	
震度6弱	0.2g	～	0.3g	

gal ガル

加度の単位で、人間や建物にかかる瞬間的な力の事。地震動の加速度で一秒間にどれだけ速度が変化したか表す単位で、震度同様、同じ地震でも観測地点の位置によって違う値を示す。

これはガリレオ・ガリレイ(イタリアの天文学者)の頭文字からとったもので、**速度が毎秒1cm(1カイン)ずつ速くなる加速状態を1ガルとしている(1ガル=1cm/sec<sup>2</sup>)**。

地上で物体が自由落下するとき、落下する速度は毎秒980カインずつ増す。これにより重力の加速度は、980ガルとなる。**重力加速度は980ガル=1g(ジー)で表す**。気象庁の震度計は測定した加速度の揺れの周期などで補正し、震度をはじき出す。

ガルは大きいほど揺れが激しいことを示すが、必ずしも震度や被害とは直接結び付かない。建物などの被害は地震の周期や継続時間に影響を受ける面が大きいからだ。地震時に物体に働く力の大きさは、その物体の質量と地震により生じる加速度の積となることから、昔から地震による揺れの尺度として慣例的に用いられている。標準重力加速度の値を、正確に9.80665 m/s<sup>2</sup>と規定、重力加速度は加速度の単位としても用いられる。この場合は大文字でGと書く **カイン(kine) 1.0 G = 9.80665 m/s<sup>2</sup> 「SI= 9.80665 m/s<sup>2</sup>」**

「地震の各種単位」 震度・最大化速度・SI値・継続時間

震度

震度について、気象庁の旧震度を新震度として現在広く計測震度として使われている。この震度階の基、揺れの強さこの震度階のもとし、揺れの強さを体感上の判断から分類にしたものであるり、被害の大きさと必ず結びついていないまた、計測震度地震動経過が10秒ごとに算出されるもので、リアルタイムの判断尺度として最適でない。有感地震が起きた時に発表される震度、最も有名な地震動強さの指標と言えよう。震度に国際的に統一された基準が無く、日本で気象庁によって制定された気象庁震度階級が用いられている。過去、震度観測体感によるものであり、階級数も1949年～1996年3月の震度階級震度0～Ⅶの8階級であったのに対して、1996年4月から震度計が示す計測震度に基づいて決められており、階級数震度0～7で震度5を震度5弱と5強に、震度6を震度6弱と6強に分割した合計10階級となっている。

最大加度(PGA)

加工場等の制御にPGAのガル値が利用されているが地震の強さ、防災の関係から構造物破壊現象に大きく影響するこの震度加度のみならず、地震動の卓越周期、継続時間などが破壊に大きく影響する。最大化度だけで被害との相関性低く地震動による構造物の破壊等の現象判断する尺度として、必ずしも制度が良いといえない。地震加度計測の上限周波数により大きく変わる。加度の計測技術開発の進歩で測定周波数の上限が高くなり高周波加度と被害の相関関係が低くなってきている。現状0.5Hzから現在鉄道関係も5Hzに移行されている。最大加度強震記録を基に簡単に求められることから、よく用いられる指標であるが、振動数成分や地震動の継続時間に関する情報が含まれないために問題点も存在する。加度の性質から最大加度が大きい強震記録、大きな破壊力を持つことになるが、強震記録の一部分だけ振幅が大きく、かつ、それが非常に高い振動数で構成されている場合、一般建物等構造物に対してそれほど大きな被害を与えること少ないことから、最大加度だけで建物等構造物に与える影響を評価すること困難である。

表面最大加度(PGV)

度と同様に、観測した度強震記録の最大振幅値(絶対値)PGVと言う、加度記録高周波と低周波中間帯域の振動が強調される性質を持っており、一般建築等構造物の固有振動数の帯域とほぼ一致している、そのため、最大度最大加度よりも、地震被害を精度良く説明することができる指導の一つと考えられている。

SI値

地震によって一般的な建物にどの程度の被害が生じるかを数値化したもの。I値、現在の地震災害尺度の中で一番物理的数値が明確である。地震動による構造物の被害、地震発生時の構造物の振動エネルギーが関係している。そこで建造物の振動エネルギーと直接する物理量として、構造物の地震時の揺れ度の最大値(応答度エネルギー)vを、固有周期が0.1 から2.5秒で減衰定数が20%の構造物に対して平均した値をI値と定義した。したがって、個別の構造物の揺れを表すのではなく、揺れの度の平均値を表している。なお、単位、通常のカインとする。工場、プラントの設備の場合、固有周期0.1 秒から2秒ぐらいに分布しているのでI値構造物の被害との相関性が高い尺度として計測されている。しかしながら、近年話題の高層ビルの長周期地震動(固有周期2 秒から10秒程度の地震動)を表す尺度とならない、最近、加度度が利用されている。(単位kine)Houser(1961)、地震で構造物がどの程度の被害を生じるのかを表す指標として、一般建物等構造物が持つ固有周期帯域(0.1～2.5秒)の応答ベクトルを用いて数値化することを提案している。これがスペクトル強度(I)である。しかし残念ながら、高層ビルや石油タンクに代表される固有周期が数～十数秒の長大構造物に対して、それらに影響を与えるやや長周期地震動成分が値に含まれないため有効な指標として用いることできない問題点がある。

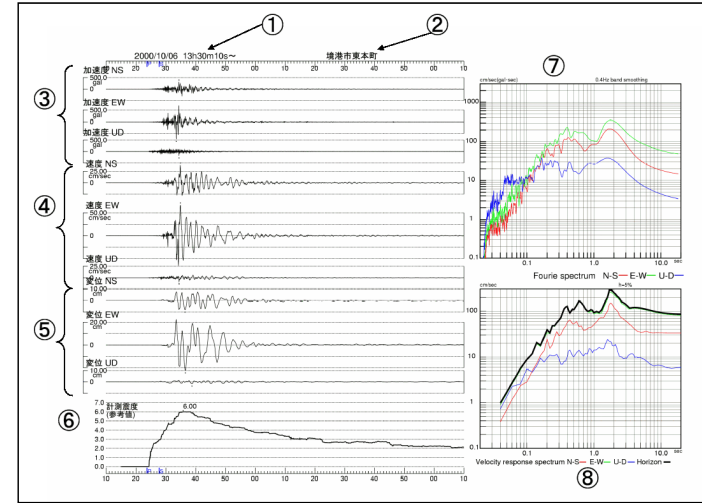
継続時間

地震による構造物の剛性や耐力低下、地震による揺れが続いている間に加わる繰り返し荷重や応力が増えることが原因である。そのため、揺れの振幅が大きくても、短時間であれば構造物に繰り返し加わる荷重や応力の回数が少ないため、被害それ程大きくならない、しかし、振幅が中規模であっても継続時間が長い場合、逆に重大な被害を引き起こす可能性が生じてくる。そのため、継続時間重要な地震動強さの指標として用いられる。地震動の継続時間、一般に地震動の始まった地点から振動がノイズレベルに戻るまでの間の時間であるが、工学的に加度記象の強震動部分だけを対象とすれば十分である。継続時間の定義に様々なものがあるが、よく用いられるものとして閾値以上を超えた時から、その値を超えなくなるまでの時間を継続時間と定義して用いることが多い。

「地震波形の見方」

強震波形等の図の解説

強震波形等の図の解説



- ① 観測開始年月日時分秒を表します。横軸が時間軸で、「P」「S」は、標準的なP波、あるいはS波到達時間を示しています。
- ② 観測点名を表します。観測点名は観測日当時の名称を使用しています。
- ③ 加速度波形表示です。縦軸はNS(北-南)、EW(東-西)、UD(上-下)方向の振幅で、先に書いた方が上側です。3成分とも同じ縮尺を用いています。
- ④ 速度波形表示です。速度の算出は漸化式によって算出しています。その他は、③の表示と同じです。
- ⑤ 変位波形表示です。変位の算出は漸化式によって算出しています。その他は、③の表示と同じです。
- ⑥ 加速度波形5秒ごとに算出した計測震度(参考値)で、実際の震度算出方法とは異なります。地震情報で発表される震度は、通常、地震動を観測してから60秒間の時間幅の加速度波形を用いて計算されます。ここで示した計測震度(参考値)は、60秒間の時間幅で計算した値と0.1程度の違いがありますので、ご注意ください。
- ⑦ 加速度波形のフーリエスペクトルです。横軸は周期(秒)、縦軸はスペクトルの強さ(単位はgal・sec)で、縦軸・横軸とも対数表示です。また、0.4Hzのバンド幅で平滑化を行っています。NS、EW、UD3成分それぞれについて表示しています。
- ⑧ 速度応答スペクトルです。横軸は周期(秒)、縦軸は速度応答値(単位はcm/sec)で、縦軸・横軸とも対数表示です。NS、EW、UD3成分それぞれと水平合成について表示しています。減衰率(h)5%は標準的な鉄筋コンクリート造りの建物の値です。

## 地震波形の見方

### 初動から震源を探る

地震波の初動から震源の位置を探る問題は苦手な人が多いのではないのでしょうか？ でもそんな人でもこのやり方をマスターすれば、解けるようになります。

#### ◆ 上下動を見る

まずは上下動を見ましょう。これが基本です。地震は必ず地中で発生します。当たり前だろうと思いますが、ここを勘違いしないようにしてください。

図1を見てください。これは発生した地震が、観測点では初動が押し波だった場合です。図からわかるとおり、押し波の場合、地面は最初上に揺れます。

図2 初動が引き波だった場合、地面は下がる

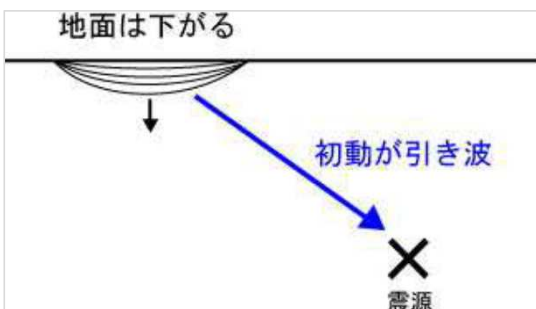
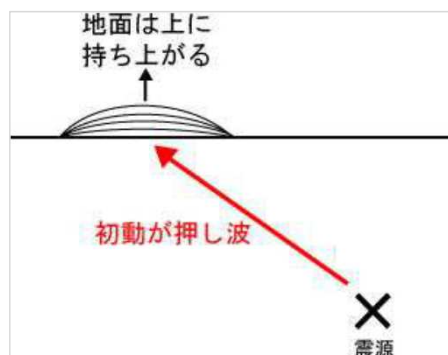


図2 初動が引き波だった場合、地面は下がる

### ガル(gal) 980Gal=980cm/s<sup>2</sup> ≒ 1G

加度の単位で、人間や建物にかかる瞬間的な力の事。地震動の加速度で一秒間にどれだけ速度が変化するかを表す単位で、震度同様、同じ地震でも観測地点の位置によって違う値を示す。これはガリレオ・ガリレイ(イタリアの天文学者)の頭文字からとったもので、速度が毎秒1cm(1カイン)ずつ速くなる加速状態を1ガルとしている(1ガル=1cm/sec<sup>2</sup>)。地上で物体が自由落下するとき、落下する速度は毎秒980カインずつ増す。これにより重力の加速度は、980ガルとなる。重力加速度は980ガル=1g(ジー)で表す。気象庁の震度計は測定した加速度の揺れの周期などで補正し、震度をはじき出す。ガルは大きいほど揺れが激しいことを示すが、必ずしも震度や被害とは直接結び付かない。建物などの被害は地震の周期や継続時間に影響を受ける面が大きいからだ。地震時に物体に働く力の大きさは、その物体の質量と地震により生じる加速度の積となることから、昔から地震による揺れの尺度として慣例的に用いられている。標準重力加速度の値を、正確に9.80665 m/s<sup>2</sup>と規定、重力加速度は加速度の単位としても用いられる。この場合は大文字でGと書かカイン(kine)れ1.0 G = 9.80665 m/s<sup>2</sup> 「SI= 9.80665 m/s<sup>2</sup>」

### カイン(KIINE)

地震動の最大速度で一秒間にどれだけ変位するかを表す単位で、1カインは、1カイン=1cm毎秒(1kine=1cm/sec)として。自動車の発進に例えると、同じ加速度でも、言い換えれば同じようにアクセルを踏んでも、どのくらいの時間アクセルを踏み続けたかで、速度や移動距離が変わって来る。建物に加わる地震動でも同様に、最大加速度が同じ地震動であっても、加速度の継続時間などによって速度に違いが生じる。建物にとっても地震動の速度が重要になるので、この速度の最大値で地震動を表わすことがある。最大何カインの地震動が働いたと言うように使う。もちろん大きい数値程大きな地震動であったことを表す。

地震ごとに、同じ最大加速度(ガル)でも同じ最大速度(カイン)になるとは言えない。最近では地震動の最大加速度(ガル)の大きさよりも最大速度(カイン)の大きさの方が建物の被害状況とよく一致することが知られているので、地震動の大きさとしてカインを用いて表すことが多くなってきた。

ガル、カインも観測しているその地点での地震動の大きさを表すが、震度よりももう少し揺れ方を正確に(科学的に)表している。ガルは地震動の大きさを「加速度」で表したものだ。自動車が発進する時に、ある大きさの速度に達するまでの時間が短ければ短いほど大きな加速度が加わる。急発進をする座席に強く押し付けられるように感じられるのはこの加速度の仕業。地震があると、地面の揺れによって建物や人に加速度が働く。この作用した加速度の最大値を使って地震動の大きさを表わすことがある。「この地震ではこの場所で最大何ガルの加速度が生じた」と使う。これも大きい数値程大きな地震動であったことを表す。関東大震災の時がおよそ330ガル、阪神大震災では最大800ガルの加速度が生じたと言われている。ところが、最近、仙台でおきた地震は、それほど大きな地震というわけではなかったのに、丘の上にあった地震計が、思いもかけぬ1000ガルを超えた記録が示した。これは、傾斜面から平らな地形に移る突出角部分等地面の形によっては、局部的に大きな地震になることがあると説明されている(阪神淡路大震災でも、神戸付近の地盤の形が地震を大きくしたのが大震災の一因とされている)。実際の建物を受ける地震動の大きさは、地震の状況をおおまかに示した震度ではなく、ガル、カインで表すことが一般的。例えば、建物は地震によって東西南北上下と立体的に3方向に揺られるので、それぞれの方向に「最大何ガルの地震動が働いた」と言うように表す。建物が地震に対して安全かどうかを検討する場合には、ときには、過去に起きた地震の記録を用いて検討する。

最近の地震では、■免震建物の地震時性能2 最近の強震記録に対する免震建物の安全性非常に強い地震動が観測されています。最大加速度は1Gを上回り、最大速度は高層建物の設計で慣用されている50カインを大きく超えて100カインレベルの記録さえ得られています。

「大地震に対する安全性」を基本目標とする免震建物は、これらの強い地震動に対しても安全な設計となっているのでしょうか。実際の免震建物を例にあげ、最近の強震記録に対する安全性を検討してみます。

#### 1. 対象建物

ここでは都内にある免震建物(Mビル)を取り上げます。この建物は地下2階地上12階、延床面積約6,000m<sup>2</sup>。地下階と地上階の間に配置された13体のLRB免震装置(直径1.0から1.2m)が建物重量約8,000トンを支えています。

#### 2. 検討用強震記録

検討対象とする地震動は、最近の地震で観

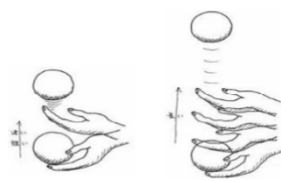
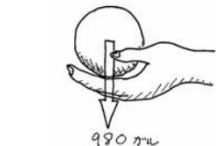


## gal ガルの解説

新聞などで、地震のゆれ方の程度を表す時、ガルという単位がよく出てきます。例えば「2004年の新潟県中越地震では1000ガル以上のゆれで、新幹線が浮き上がり脱線した。」とか「原子力発電所の耐震基準は800ガル以上とする。」という具合です。この様にガルは地震のゆれ方と密接な関係があります。

ガルは加速度を表す単位で、加速度とは速度が大きくなる割合のことを言います。仮に時速10kmで走行している車に、1000ガルを持つ力が加わると、その車は1秒後に時速46kmになり、10秒後には時速370 kmになります。1000ガルは、このように大きな値ですが、では、この値が大きいほど震度が大きくなり被害が大きくなるかという点、一概にそうともいえません。震度の大きさは、ガルの他にゆれの周期(往復時間)と地震の継続時間が関係してきます。

図に示す手の上のボールは、重力によって980ガルという加速度を受けて、手の上に押し付けられてとどまっています。もし手がなければ、ボールは980ガルという大ききで加速しながら落下します。この状態から、手を上向きに十分早く動かし、重力を打ち消す980ガル以上の加速度をボールに与えることができれば、ボールを手の平から浮かせることができます。



しかし、ボールの浮き上がり方は止めている手を動かす早さ(加速度と、その時間の長さ(地震の振動周期に相当)で変わります。(正確には動かしている手を止める早さも関係しますが、ここでは省略)。手を動かす速さが早いほどボールは高く浮き上がると思えるのですが、動かす時間が短時間ならボールは大きく浮き上がりません。新幹線が脱線したのは、まず980ガル以上の加速度により車輪が線路から浮き、且つ周期が十分大きかったので車輪が線路から外れてしまったと言えます。

### 整理すると、

地震のゆれ方は一方向への運動ではなく、行ったり来たりの往復運動です。加速度(ガル)が大きければ、ゆれは大きくなろうとしますが、加速度の働く向きがゆれの途中から逆向き(ゆれを止まる方向)に変わるので、ゆれが小刻みすぎると(周期が小さい)ゆれの早さも、ゆれ幅も大きくなりません。一方加速度が小さくても、ゆれがゆったりしている(周期が大きい)場合は、ゆれの速さもゆれ幅も大きくなります。

ある震度に対して、加速度の大きさと周期の関係を表すグラフが気象庁のホームページに載っています。このグラフによれば同じ震度7のゆれでも、ゆれの周期が0.1秒であるときは、2700ガルの加速度が必要なのに周期が1秒では、その約1/5強の600ガルの分ということになります。加速度で十周期および加速度と震度(理論値)の関係均一な周期の振動が数秒間継続した場合震度は、震度階級には種々の規格があり、日本では気象庁震度階級を使っていること、また、他国の震度階級では、観測員が、被害状況とゆれかた(体感)から、震度を決めているのに対して、気象庁震度階級は、震度計が地震波から自動的に震度を決めている唯一の震度階級(計測震度といいます)である事を書きました。日本の震度階級も、以前は体感によるものを使っていたのですが、1996年4月から計測震度が導入されました。これは、1994年の三陸はるか沖地震や、1995年の兵庫県南部地震で、震度6や7の判定が難しかったため、発表が遅れがちになり、結果的に地震後の初動対応の遅れにつながる等の懸念が契機となっています。尚、同様な問題で、震度5と6では、被害程度の幅が広く判定が難しかったので、それぞれ、5弱5強、6弱6強とに分割し、1996年10月から採用されています。さて、計測震度の導入は、震度判定を早めたばかりでなく、地震時の観測者のいる場所による感じ方の違いや、観測者個々の感覚の違い等、体感による判定での弱点を排除し、一貫性のある判定を可能にしました。しかし、震度はもともと、被害の程度も含めて体感で判定していた指標であり、地震波から直接機械的に判定することは、簡単ではないと思われます。まず、地震波ですが、地震波は複数の単純な波に分解できます。下例の合成波は、3種類の単純な波からできていますが、地震波も同様に、無限に近い単純な波からできていると言うことができます。そして、振幅の大きい周期帯が長周期なら、長周期的な地震波、短周期なら短周期的な地震波という、性格づけをすることができます。もちろん、その他に、ゆれの激しさや方向、ゆれの継続時間も被害の大きさに影響をあたえますが、その中でも周期は最も重要な要素といえます。

個別地点における加速度の計測から「震度・震源地・震源距離方向」を示す。

弊社の基本は、時刻の基準(セシウム時計の時刻を基準に)地震の発生情報を整理させる。発生時刻、個別地点の位置での計測で震度、震源地距離、到達時刻を計算させる。任意の計測場所を指定しない、無線対応機能付きで計測可能とする。計測データをセンターで総合的な遠隔監視を計画する。(超高層建物の長周期地震動の管理)個別地点の地震速報対応。製品仕様(未公開)

### 気象測器の検定とは。

気象測器は、個々に多少の器差を持っていますが、計測に使用するためには、一定の精度を有していることが必要です。気象観測行為は原則として自由ですが、不的確な測器により観測された値が公表されると、災害の予防などに遅れや過ちを生じ、社会的混乱あるいは人命や財産に関わる重大な問題を引き起こすことにもなりかねません。そのことから、地方公共機関が実施する観測、あるいは個人であっても公表のために実施する観測に使用される気象測器については、気象測器検定に合格したものを使用することになっています

### 気象業務法の抜粋。

第一条 気象業務に関する基本的制度を定めることにより、気象業務の健全な発達を図り、もって災害の予防、交通安全の確保、産業の興隆等公共の福祉の増進に寄与するとともに気象業務に関する国際的協力を行うことを目的とした法律です。(第一条より)気象庁検定については、この法律により気象観測の技術上の基準が定められており、この技術上の基準に従って行う気象観測に用いる気象測器は「検定」を受けたものを使用することが義務づけられています。「検定」では精度だけでなく構造や材質まで検査します。第六条 気象庁以外の政府機関又は地方公共団体が気象の観測を行う場合には、国土交通省令で定める技術上の基準に従ってこれを行わなければならない。但し、左に掲げる気象の観測を行う場合は、この限りでない。

- 一 研究のために行う気象の観測
- 二 教育のために行う気象の観測
- 三 国土交通省令で定める気象の観測
- 2 政府機関及び地方公共団体以外の者が次に掲げる気象の観測を行う場合には、前項の技術上の基準に従ってこれを行わなければならない。ただし、国土交通省令で定める気象の観測を行う場合は、この限りでない。一 その成果を発表するための気象の観測。
- 二 その成果を災害の防止に利用するための気象の観測
- 3 前二項の規定により気象の観測を技術上の基準に従ってしなければならない者がその施設を設置したときは、国土交通省令の定めるところにより、その旨を気象庁長官に届け出なければならない。これを廃止したときも同様とする。気象庁長官は、気象に関する観測網を確立するため必要があると認めるときは、前項前段の規定により届出をした者に対し、気象の観測の成果を報告することを求めることができる。

### 形式証明

気象業務に関する基本的制度を定めることにより、気象業務の健全な発達を図り、もって災害の予防、交通安全の確保、産業の興隆等公共の福祉の増進に寄与するとともに気象業務に関する国際的協力を行うことを目的とした法律です。(第一条より)気象庁検定については、この法律により気象観測の技術上の基準が定められており、この技術上の基準に従って行う気象観測に用いる気象測器は「検定」を受けたものを使用することが義務づけられています。「検定」では精度だけでなく構造や材質まで検査します。

### 気象機器検定のあらまし

平成14年4月より、気象測器検定制度が大巾に変更されました。変更のあらまきは、一部検定作業が民営化され、指定検定機関や認定測定者の制度が導入されました。。これにより、型式証明を受けた機種については、認定測定者が器差の測定を行い、申請後は書類審査のみで、実器の持ち込み検査は簡略化されました。なお、指定検定機関は登録検定機関に移行し、現在は登録検定機関(気象業務支援センター)が気象庁長官の登録を受け、検定を実施しています。

※平成16年3月1日より気象業務法の一部改正が施行されております。改正箇所「指定検定機関制度」→「登録検定機関制度」

### ◆ 水平成分だけを考える

上下動で押し波か引き波かがわかったら、次の段階は水平動を見ます。ここでは水平成分だけを考えます。図3を見てください。この図の波形は上下動の初動が「上」、すなわち押し波であり、波は震源から遠ざかるので、波が来た方向に震源があることを表しています。

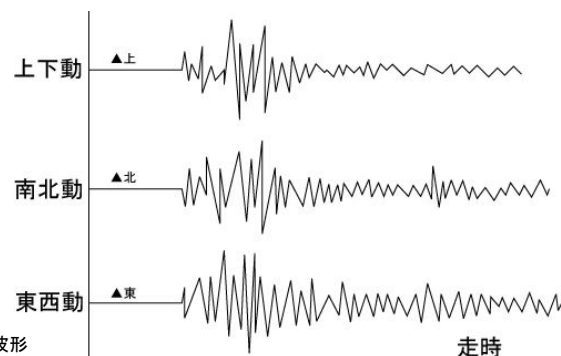


図3 ある地震波の波形

図3にマウスオーバーしてください。この地震波の初動は上下動が「上」、南北動が「南」、東西動が「東」ですから、初動から震源の方向を求めると、図4になります。

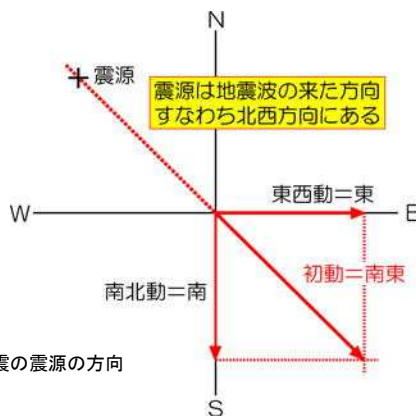


図4 図3の地震の震源の方向

図4のように、東西南北の十字を作り、そこに南北動と東西動の矢印を書きます。このとき、矢印の長さは、それぞれ南北動と東西動の波形の大きさに準じて書きましょう。次に、矢印の先端から南北動と東西動それぞれに平行な点線を書き、観測点と対角を結んだ線が地震波の初動になります。最後に、この地震は押し波ですから、震源は地震で最初に動いた方とは逆方向の北西にあることになります。

### 簡易地震計「響」製品スペック Gal Metrの開発趣旨

気象庁・緊急地震速報の分類緊急地震速報の現状をご存知ですか。  
(現状の弱点)

#### 緊急地震速報は現状開発途中の対応が必要

東北地方太平洋沖地震 3:11以後 緊急地震速報の信頼度を各種問題発生でなくしている。地震の予知は出来ない中でただ一つ地震の発生をとらえて地震波の特性を利用し主要動の到達数秒前に大きな揺れが来ることを知る情報端末の利用を無視することは出来ない。地震波の特性を正しく理解し有効に利用すべきシステムです。それが「緊急地震速報」、だが、今までの方式も改善する必要もある。震度予測方法は、気象庁が「距離減衰式」を利用する方式を最低限のものとして告示に提示しており、一般にはこの方法を採用している。

#### 現状

前項の方法では、地盤増幅率として独自の値を使う場合はあっても、震度から工学的基盤までの地盤は全国どこでも均一に地震波が減衰するという仮定に基づいており、「異常震域」のような現象を表現することは難しい。また、この方法のもう一つの弱点は、震度3や震度4といった程度の震度の小さな領域では、震度を大きめに予測する傾向にあり、この程度の震度から制御を行うエレベータを最寄り階への自動停止などは、本来なら停止の必要の無い場合までエレベータを無駄に停止させがちになり、一方で、震度5を超えるような大きな地震では、逆に震度を小さめに評価してしまいがちである点である。ただし、全国どこでも同じ方法であり、簡単な計算なので瞬時に簡易的に震度予測が出来て、最低水準として早期に広く普及を図るためには有利であったが3:11以後はその時代は過ぎ去り新しい時代に入ってきたといえる。「最近では8/11にノイズによる誤報を配信している。」

#### 現状改革進行中

弊社は鹿島建設・小堀鐸二研究所、Takusu社で特別に気象庁から許可され独自の演算方法を採用し気象庁以上の精度と認められている方式を採用。「気象庁告示第2号エ(2)を満す計算の方法による方式を採用しています。」

#### 緊急地震速報の採用の最低条件

1、気象庁発表の「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」に全項目準拠していること。2、緊急地震速報は、一定の基準以上の震度推定技術を確保し予報できる技術を確保してシステムの採用。3、緊急地震速報はシステム、装置はもちろんその情報を配信する気象庁許可の予報事業者の技術・能力で遅延なき確実な情報を入力しないと意味が無い。

速報 平成26年8月16日 気象庁は緊急地震速報の技術的改善を行う報道発表。

①巨大地震発生の際に強震動域をより適切に予想②同時に複数の地震が発生した場合でも、適切に震度を予想できる方式として、改善策を打出した、リアルタイム震度モニタ型予測と従来型の震源要素に基づく予測のハイブリッド化での対応の考え(最早H28年度)予定の発表PLUM法:Propagation of Local Undamped Motion 法と従来法を併用する手法(ハイブリッド法)複数の地震を分離・識別させる IPF法震源を推定せずに震度予測を行うPLUM法を新設PLUM法と従来法の長所を生かし合わせて活用のハイブリッド法が発表された。2点の改善は実行される様子、だが従前の端末は使用できなくなる、弊社の中核予報方式の端末は関係なく使用可能。

## 気象庁・緊急地震速報の分類緊急地震速報の現状をご存知ですか。

(現状の弱点)

緊急地震速報は現状開発途中の対応が必要東北地方太平洋沖地震3:11以後緊急地震速報の信頼度を各種問題発生でなくしている。地震の予知は出来ない中でただ一つ地震の発生をとりまえて地震波の特性を利用し主要動の到達数秒前に大きな揺れが来ることを知ることが出来る。情報端末の利用を無視することは出来ない。地震波の特性を正しく理解し有効に利用すべきシステムです。それが「緊急地震速報」、だが、今までの方式も改善する必要もある。震度予測方法は、**気象庁が「距離減衰式」を利用する方式を最低限のものとして告示に提示**しており、一般にはこの方法を採用している。

### 現状

前項の方法では、地盤増幅率として独自の値を使う場合はあっても、震度から工学的基盤までの地盤は全国どこでも均一に地震波が減衰するという仮定に基づいており、「異常震域」のような現象を表現することは難しい。また、この方法のもう一つの弱点は、震度3や震度4といった程度の震度の小さな領域では、震度を大きめに予測する傾向にあり、この程度の震度から制御を行うエレベータを最寄り階への自動停止などは、本来なら停止の必要の無い場合までエレベータを無駄に停止させがちになり、一方で、震度5を越えるような大きな地震では、逆に震度を小さめに評価してしまいがちである点である。

ただし、全国どこでも同じ方法であり、簡単な計算なので瞬時に簡易的に震度予測が出来て、最低水準として早期に広く普及を図るためには有利であった。3:11以後はその時代は過ぎ去り、新しい時代に入った。人々の求める情報の内容の要求も時代りの移り変わりと共に変化してきている、高度で物理的根拠のある情報が好まれる。現状改革進行中弊社は鹿島建設・小堀鐸二研究所、Takusu社で特別に気象庁から許可され独自の演算方法を採用し気象庁以上の精度と認められている方式を採用「気象庁告示第2号エ(2)を満たす計算の方法による方式を採用し対応を進めています。

### 緊急地震速報の採用の最低条件

1、気象庁発表の「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」に全項目準拠していること。

2、緊急地震速報は、一定の基準以上の震度推定技術を確保し予報できる技術を確保してシステムの採用。3、緊急地震速報はシステム、装置はもちろんその情報を配信する気象庁許可の予報事業者の技術・能力で遅延なき確実な情報を入手しないと意味が無い。

そんな中で、自然現象をいち早くキャッチし伝達するには、それなりの時間がかかります。(時間をかけていたのでは意味が無い)その内容には、地震波を検知し推測・演算を行い、その情報を遅延無く秒速で提供するためには最新の通信回線が必要です。そこでインターネット網を使った正確な情報伝達、独自の技術に努め独自の新配信方法を開発し対応しております。

そんな厳しい条件下での最新技術を駆しても、誤報になる場合もあります。それを恐れていたのでは人々を地震災害から守ることはできません。そこで、誤報とは言わないで、でなく、技術の限界に挑戦した情報伝達に努めても、未知の世界を征服することができないのが地震です。そこが関係者のまどかかしさ、ご理解いただける利用者様だけでも、その時に、良かったと安どの思いが報われることを祈るかぎり。

## ◆ 震源での断層運動の例題

図7はある地域の平面図であり、震源を通る断層の動きを模式的に表している。A、B地点で観測される東西動の波形は、それぞれa、bどちらが当てはまるか

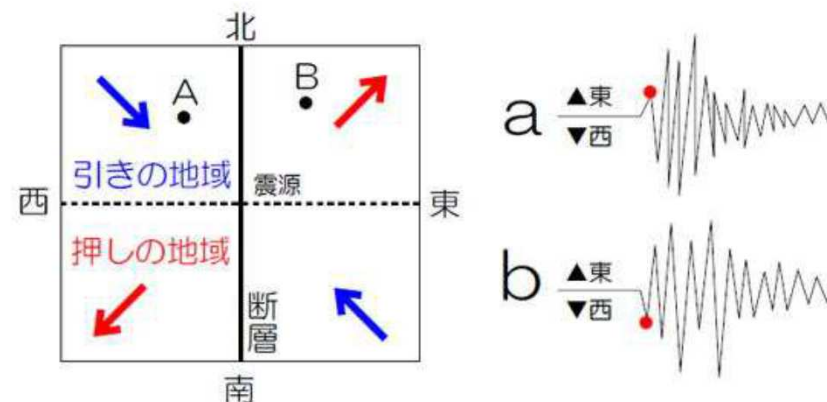
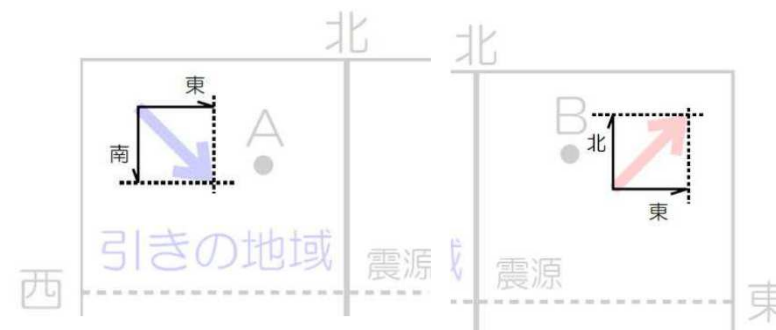


図7 震源での断層運動の例題

こんな問題があったとします。こういう問題に直面したとき、「ぜんぜんわかんない」とあきらめてしまつては絶対に解けるようにはなりません。これまでの知識を総動員しましょう。地震計は東西、南北、上下で測っていましたね。座標で言えばX軸、Y軸、Z軸の3方向で地震波を記録します。この問題ではこの3方向のうち、東西のみを考えればいわけです。A地点は震源に向かって南東に動いた「引き」の地域です。そのため水平成分だけを考えると、図8のようになり、A地点は南と東に動いたといえるのです。問題では東西動のみを聞いているわけですから、答えは「a」の東に初動のある波形が正解です。同様に、B地点は東と北に動きの成分が分解できるので、答えはこちらも「a」の東に初動のある波形が正解です。



同様に、B地点は東と北に動きの成分が分解できるので、答えはこちらも「a」の東に初動のある波形が正解です。



## 「東京都帰宅困難者対策条例」施行地震発生後の対応

東京都が昨年3月30日に制定した東京都帰宅困難者対策条例（東京都条例第17号）が平成24年4月から施行されました。東京都は条例の内容を発表し、その後も継続して首都直下地震帰宅困難者対策協議会が検討し、最終報告を9月10日に公表している。

本条例の施行により、都内の事業者（企業）は以下の対応を努力義務として課せられている。「努力義務」とは「従わなければ必ずしも罰せられる」ものではないが、大半の企業が従う可能性があり、「従わなかった場合に、他の企業との比較によりパッシングや風評となる」リスクを含むレベルのものとなる可能性がある。特に東京都は共助の視点から本条例を施行するため、CSR（企業の社会的責任）の立場からもどの程度事業者が対応を行う準備をしているかは、ステークホルダーから注目されるだろう。

### （1）従業者の一斉帰宅の抑制

本件については2011（平成23）年11月22日付で協議会より公表された「一斉帰宅抑制の基本方針」に基づくものである。事業者に対しては、従業者のオフィス内での安全な滞在を確保するため、建物の耐震化の検証、1981年以降の新建物耐震基準（建築基準法の改正内容）の確認が含まれている。同時に滞する室内が安全であることを視点に、什器備品の安全な配置、オフィス内での安全なスペース確保、キャビネット・書架・物置・移動ラックの固定措置、キャスター付き機器・テーブル・OA機器などのデスク周辺の固定措置、ローパーティションの床・壁への固定措置など、オフィス内において人的被害が発生する可能性の高い箇所について対策を講じることを前提としている。詳細な情報は「事務所における帰宅困難者対策ガイドブック」、東京消防庁「職場の地震対策」、東京消防庁「家具類の転倒・落下移動防止対策ハンドブック」などを参考にするとよい。また、家族の安否確認をサポートするためのしくみを導入することも前提となっている。理由と平成として、東日本大震災において、家族の安否確認が取れない人が多くいたため、従業員にオフィス待機を指示したい場合においても個々の従業員が帰宅するか会社にとどまるかの判断ができずパニックになるケースが散見されたためだ。

### （2）、3日分の備蓄

備蓄については、雇用の形態を問わず、事業所内で勤務する全従業員とし、水については、一人当たり1日3リットル（計9リットル）、主食については、一人当たり1日3食（計9食）、毛布については、一人当たり1枚、その他の品目については物資ごとに必要量とし、具体的に保温シート、簡易トイレ、衛生用品、敷物（ビニールシートなど）、携帯ラジオ、懐中電灯、乾電池、救急医療薬品類などが例示されている。

### （3）集客施設の施設利用者保護

本件については、主に百貨店、展示場、遊技場、映画館、コンサートホール等の集客施設が対象となるが、外部の訪問者が多数いる場合も考慮の対象となる。また、訪問者にそのような属性がない場合でも、帰宅途上にある帰宅難民が事業者へ援護を求めてくる可能性も想定されている。今回の条例の説明では、災害時要援護者（高齢者、障害者、乳幼児、妊婦、外国人、通学の小中学生等）への対応や急病人が発生した場合の対応を事業者側が検討しておく重要性が記載されている。

### 急ピッチで進む事業者の対策

最近、企業内で地震への対策が急ピッチで進んでいる。都内及び近隣にインフラを持つ企業では、施設の耐震性や安全性に対するリスク診断・アドバイスを専門家に求めることも少なくない。新たなオフィスの開設、引っ越し・移転などの際に、不動産・運送業者に加え、地震対策のプロを入れて、什器備品やラック・キャビネットなどの固定、室内での安全点検、防災のための指導を受ける事例も多くなってきている。また、備蓄についても大企業では、25年度末までには配備を概ね完了する準備を進めている。東日本大震災では、その大きな教訓として、事業者におけるEmergency Plan（緊急時計画）の中に、BCP（事業継続計画）は作成されていたもののEvacuation Plan（避難計画）が作成されておらず、従業員の安全面の視点からの対策評価が甘かったことが指摘されている。昨今の事業者における動向を見ると、建物、施設の安全性が確保されてこそ、従業員の安全が維持され、事業継続計画、避難計画・再開計画も遂行されることが再認識されつつあり、より実効性のある災害時計画が整備されている。

## 地震情報と計測、結果発表条件

地震の発生のたびに地震の揺れの強さは地震発生後今なお、気象庁の発表される物理的根拠のない震度階が使われている。大きな地震の発生では震度6強、震度7となると大きな被害が発生することを良く知られている。

各地域防災本部には、その物理的な意味のない震度情報が気象庁から発表される情報を受け防災対策が発動されている。気象庁の震度階は、本来、明確な物理的意味はなく、コップの水がこぼれる、家具が転倒するや、木造家屋が倒壊する、といった揺れや被害状況からの経験的に設定されたもの、気象官署の担当官の感覚によって決められてきたが兵庫南部地震のあと、客観性と迅速性を目的として、加速度を計測し、旧震度と同じになるように定められた式によりこの時刻暦の波形データを加工し得られた計測震度値から、震度階を決定するように厳格に定義されて、平成8年気象庁告示第4号で始まった。近年、地震動の活発な動きにより大規模地震の発生が予想されているなかで地震防災上の観念から地震動の強さの尺度についての情報を考え直してみてもどうか。緊急地震速報の各種論議をする前にやるべきことがあるのではないかと。一般的な、産業界ではすでに工場の設備、コンピューターシステムにおいて緊急地震速報の情報以上に、個別地点におけるSI値の値が重要視されてきている。SI値は、耐震設計基準と対応づけが容易で地震動の揺れの強さの尺度として信頼性が高く地震防災上の処置がとりやすく、また、SI値の計算間隔は、1秒以下の計測で警報を出すことが可能になり、リアルタイムの地震動の揺れの強さの判断基準として適切であり現実に鉄道、インフラ企業の供給制御には利用されている。

コスト的にもMEMSの低価格なセンサーの開発で低価格なSI計測器が可能となってきた。多数の計測器の普及で広範囲の地震動の強さの分布を把握し、きめ細かい地震防災対策の実施の可能性が出来る時代が到来している。現在、気象庁関係では、あまりSI値を取扱っていない、現実に地震防災上の地震動の強さの尺度としては、まだ現状では多くは利用されていないがこれを採用するメリットは十分あるのではないかと。緊急地震速報は、一つの防災対策上の手法であるがその前に利用者が真に求めている情報は何かを模索する必要があるのではないかと。そろそろ、緊急地震速報は、防災の一つの手法としてのアイテムであるが人々が真に求めている地震防災の情報ではないのと違うのではないかと考え方を考えるべきではないかと。世の中には、進歩し道路を走る自動車は自動運転される世の中自分の命を自然災害から守る方法も考えられるAI（人口頭脳）の時代における道を開くためには物理的意味のある情報の取扱いに移行し旧来の感覚による震度設定の手法から脱皮する感覚べきではないかと表ではないかと、地震は難しい未知の世界がはこの世の中では通用しない。誤報では人々を守ることは出来ない。

### 地震波のスピード（伝播速度）

地震波は、地盤の中をどれくらいの速度で伝播するのでしょうか？地盤の種類や内部の割れ目などの物理的特性によって幅がありますが、花崗岩や玄武岩など硬い岩盤は、P波で700m/secから5000m/sec（時速2520kmから18000km）、S波では400m/secから3000m/sec（時速1440kmから10800km）とずいぶん大きな値になります。地球の直径が6378kmなので、地震が地球の裏側に直線的に伝わるとすれば、P波は22分、S波でも35分ほどで到着します。砂や粘土など、私たちの生活により身近な土質地盤の場合は、岩盤に比べてやわらかいので、伝播速度は遅くなり、P波で600m/secから2000m/sec、S波で80m/secから400m/secの範囲になります。

このように、伝播速度が地盤によって決まっていることを利用して、地震波を地盤の調査に使っています。この調査方法を、弾性波速度検層、またはPS検層といいます。ボーリングによる調査をせずとも、地盤がどのような地層から構成されているかを、推定することができる優れた地盤調査方法です。さらに、地盤サンプル試験から得られた物性値と合わせて、地盤の機械的な値（ポアソン比・ヤング率・剛性率）も算出することができます。砂や粘土など、私たちの生活により身近な土質地盤の場合は、岩盤に比べてやわらかいので、伝播速度は遅くなり、P波で600m/secから2000m/sec、S波で80m/secから400m/secの範囲になります。

### 震の波形はなぜギザギザになるのか。N値とSI値

地震波形、自然現象は単純は成分だけであることは少なく、様々な周波数成分を含んでいることが普通です。そのため、地震波形も高周波成分も含んでいるため、ギザギザになります。ているからです。ただし、「質問の揺れ」とは変位・移動量のことになります。いわゆる地震計で計測した地震波形は加速度で計測しています。加速度は変位を2回微分したものです。逆をいうと変位は加速度を2回積分したものです。つまり加速度波形の面積を1回求める(積分する)と速度になり、その速度の波形の面積を求めると変位になります。

加速度波形にある細かいギザギザの高周波は面積的には、小さいので積分する課程であまり目立たなくなります。つまり変位では目立たない高周波が、加速度で計測するとよく目立ちます。

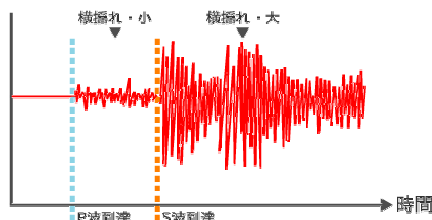
地震計の性質上そう見えてしまうだけなのでしょうか？

つまり、変位を考えている人にとっては加速度で計測する地震計の測定結果はより高周波が目立ちますので、地震計の性質上の話ともいえる。

地震は計測目的(主に計測したい周波数範囲)に応じて、変位・速度・加速度を使い分けて計測しています。でも、地震などに関するニュースに載るのは、加速度が多いように思います。

全国展開しているk-netは加速度、建物や建造物の耐震性を調査するために大学や建設会社、国土交通省、JRなどが設置したものは主に加速度(速度の場合も最近はあるが)です。

また、気象庁は以前は速度計を用いていましたが、震度を人間による観測から機械による観測(計測震度)への切り替え時に、加速度に変えたようです。



N値: N値とは、地盤の強さを現地でありのままに測定するために標準貫入試験が行われる。これは、ボーリング孔を利用し、ロッドrod(鋼製の棒)の先に直径5.1センチメートル、長さ81センチメートルの中空円筒形試料採取器をつけたものを、重さ63.5キログラムのハンマーで75センチメートルの高さから自由落下させ、貫入深さ30センチメートル当りの貫入に要する打撃回数(N値)を測定して土層の硬軟を調べる試験である。粘土層では精度が悪いが、砂層または砂礫(されき)層では信頼度が高い。

日本の海岸地帯に広く分布する軟弱粘土地盤では、N値は一般に4以下である。N値が30以上の地盤は、大型の建造物の基盤として安全である。現場では「杭打はN50を目安として施工していた。」

SI値: 地震によって一般的な建物にどの程度被害が生じるかを数値化したもの。SI値とはアメリカのハウズナー(G.W.Housner)によって提唱され、地震によって一般的な建物にどの程度被害が生じるかを数値化したものです。地振動による建造物の破壊等の被害は、地震発生時の建造物の振動エネルギーが寄与し、地振動の最大加速度が同じでも地震の継続時間が長いほど建造物の被害が大きくなるといえます。

### 3:11 あの東北地方太平洋沖地震における通報の検証。

地震発生からその後の状況を時系列に示すことで、緊急地震速報Takusuの実績が証明されます。「多賀市大代保育園では13秒の猶予がありました。」

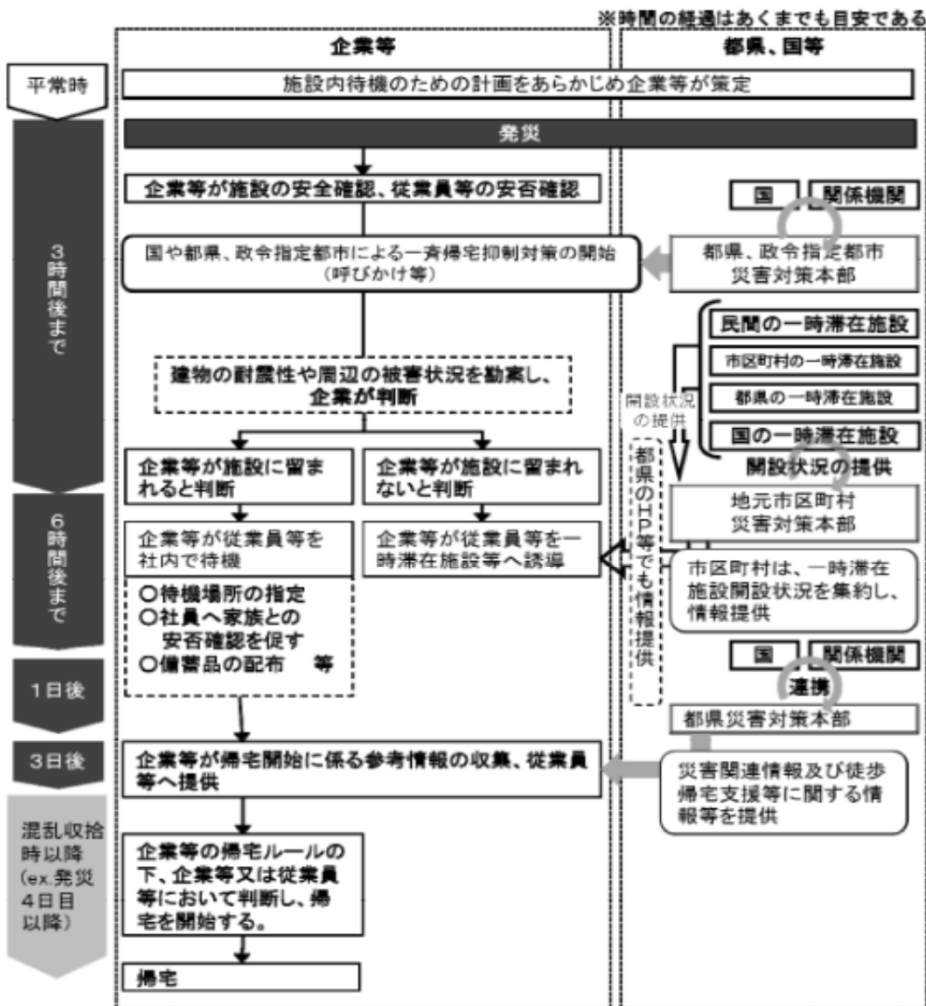
14.46.40	地震発生 (地震検知)
14.46.45.6	気象庁からの緊急地震速報第1報受信
14.46.46.7	気象庁からの緊急地震速報第2報受信
14.46.46.992	Takusu-IDC 受信 (センター受信・配信)
14.46.46.995	Takusu-S仙台市内で受信端末(13秒の猶予時間を確保しました)
14.46.48.800	気象庁第4報「警報」発令
14.46.56.000	NHK 警報法定伝達開始 (放送開始)
14.47.03.000	東北新幹線の制御時刻とされている
14.48.30.090	MTV系
14.48.30.140	TBS系
14.49.01.000	朝日系
14.49.17.000	テレビ東京系
14.50.58.000	フジテレビ系
14.49.01.000頃	携帯電話 エリアメール等が作動と思われるが未確認
14.49.01.000頃	J-ALERT・同法無線の通報 確認不可
14.50.00.000	大津波警報発表

場所によっては大きな揺れが到達していたことになります。「大きな揺れが来てから通報された事にもなる。」

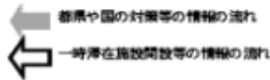
時刻等は、You Tube等各種発表の資料による。



地震発生時の対策



災害関連情報については、都県、国、市区町村、関係機関から、メディア等を通じて、随時行う。



「受信端末への現状の緊急地震速報、専用端末」

地震情報は、より正確で、物理的に根拠がある数値で示された情報で後に結果の検証が出来なくては情報商品にはならない。

民間企業が参入する地震速報と気象庁の地震速報は根本的に「国の防災情報と民間が配信する防災情報」商品の情報、基は同じでも情報の質が違う商品でありたい。」そのためには。

そのためには弊社の技術援助をいただいている提携先、株式会社小堀鐸二研究所の五十殿侑弘代表取締役社長が登場。「社会の安心・安全に役立つ最新の耐震技術動向—迫り来る巨大地震に備えて—」と題し、建物の耐震補強や最新の制震装置について解説していただいている。

日本の国土は、世界の陸地の0.25%であるが、世界で発生する震度6以上の地震の23%が起きている地震大国。同氏は、日本は大地震の発生率が高いため、耐震診断や補強など、震災への備えが必要であると述べた上で、既存の校舎等への耐震補強として、全国の小中学校などですでに施工されているパラレルフレーム構法を紹介した。この工法は従来に比べて耐震性能が高く、景観や眺望を確保できるとしている。また、同氏は気象庁の「緊急地震速報」システムが用いている距離減衰式は、揺れの伝わる経路や地盤条件が考慮されていないことを指摘、伝播経路や地盤の特性を考慮した震度予測のシステムが必要であると常日頃述べている。

そこで、個別地点の地盤条件を考慮した、震度推定が行うことでその結果を無駄なく個別に配信できるシステムが構築されていないと正しい、緊急地震速報の新しい時代の情報伝達には至らない、情報配信事業も時代の遅れを取り、正確な情報配信は出来ない人々から信頼されない「役に立たない緊急地震速報と言われる。」従来の様に、一定の基準で演算された餡の様にごで切っても同じ状態を創出する距離減衰方の結果ではお客様が求めている緊急地震速報の情報には至らない、そのために新しい地震に対応できない時代になって混乱が始まりかねない。

より正確で、物理的に根拠がある数値で示された情報でなくてはならない。そのためには、震源地から揺れの伝わる経路や地盤条件(過去の歴史的な地震データ等)を考慮した結果から創出された震度推定でなくてはならない、又その結果を適時に個別情報として遅延無く瞬時に多くの人々に提供できるシステムでなくてはならない、本来の早期警報システムとは言いえない……………。

お金をいただけるビジネスになる危機管理情報にはなっていない。単なる気象庁の天気予報と同じ国が提供している無償の「天気予報」の一つと見ているのではない。世界的な地震国としての危険な自然環境の中で、近代科学の力で、この快適な美しい自然環境の中安心・安全な生活が保障されることが求められている。今、世界の人々に観光立国として多くの人々を招く原点でないか、そのための対策技術が急がれている、そのための技術開発が必要ではないか。現状、世界に誇れる減災システムと誇っていたこのシステムも、取組は最高であったがその後の技術的開発が低迷している。技術更新には至っては今年、初期段階に甘んじ進化することもなく止まってしまっている。近年完全に遅れを来している、海外の各国のシステム技術開発の力の入れ方に完全に負けている。この世界でも、数年で完全に世界各国に負けを取るのではないか。その情報の重要度を軽く見ていないか、人々の直接の生命に関係している認識を再構築したい。



予報業務許可制度について 「予報業務」の定義を教えてください。

気象庁HP 気象等の予報業務許可に関してよくお寄せいただくご質問から。

予報とは、気象業務法によって「観測の成果に基づく現象の予想の発表」と定義されています。具体的には、「時」と「場所」を特定して、今後生じる自然現象の状況を、観測の成果を基に自然科学的方法によって予想し、その結果を利用者(第三者)へ提供することをいいます。業務とは「反復・継続して行われる行為」をいいます。地震動の場合は、地震発生後に特定の地点の震度や地震動の到達時間の予想結果を利用者に対して反復・継続して発表することは、予報業務となります。

緊急地震速報の予報業務に該当しない事業の代表例は以下のとおりです。

- 1) 気象庁の行う地震動の予報及び警報や、地震動の予報業務の許可または変更認可を受けた事業者等の発表する地震動の予報の内容をそのまま利用者に伝達する場合。

【例】(再配信)

- ・B社が、会社や家庭向けの緊急地震速報の配信事業を行う場合のB社。
- ・C放送が、気象庁発表の地震動の警報事項をそのままテレビ・ラジオで放送する場合のC放送。
- ・D百貨店が、A社(予報許可事業者)から配信された地震動の予報を受けて、お客様の避難誘導を行う場合のD百貨店。

- 2) 個別地点の地震動の予想を行う装置等の作成に全く関与しない事業者等が、当該装置等の利用者への提供(販売等)を行う場合。または、当該装置等の地震動の予想の方法に関係しない部分の作成のみに関与する場合(これら装置等を利用者に提供する場合等では、当該装置等の地震動の予想の方法に係る部分の作成に責任をもつ事業者が、予報業務の許可または変更認可を受けることが必要です)。

【例】(装置の販売)

- ・E社(A社の販売代理店)やF社(家電量販店)がA社(予報許可事業者)の製造した予報端末を販売する場合のE社とF社。
- ・G社(外部とのデータ送受信部分及び表示鳴動部分を作成)とA社(予想震度を計算し出力する部分を作成:予報許可事業者)が予報端末を共同で開発し、製造、販売を行う場合のG社。

**P波センサーを用いて、まもなく大きな揺れが来ることを利用者に知らせることは、地震動の予報業務にあたるのですか。「予報業務にはあたりません。」**

単体のP波センサー(特定地点においてP波を観測し、その後、当該地点に大きな地震動が到達することを報じる装置)のような観測装置を用いて、当該観測場所におけるS波の地震動を報じる業務については、当該観測場所にS波がP波よりも後に到達し、かつより大きな地震動をもたらすという**自明なことを報じているに過ぎませんので、予報業務にはあたりません。**

**自明(じめい)**とは、証明や説明、解説をしなくても、それ自体ではっきりしていると判断されること。ただし、必ず正しいことが保証されるものではない。こういった問題においては、主観的視点(客体)という部分を含み、何が自明であり何が自明でないかは、個人の感覚によって差があるため、より客観的な記述が求められる場合に於いて、より厳密な定義を必要とする。

新製品 **響き** は、P波センサー(特定地点においてP波を観測し、その後、当該地点に大きな地震動が到達することを報じる装置)です。  
予報業務の許可無く(対象外)、個別地点で「通報制御」が可能です。

被災度判定 「東京都帰宅困難者対策条例」施行迫る

条例に示す事業者課される努力義務とは？

平成23年の東日本大震災による混乱で首都圏では交通機関の混雑により大量の帰宅困難者等が発生しました。先の地震の教訓と今後予想される首都直下地震に備え、東京都では帰宅困難者対策条例(東京都条例第17号)が平成25年4月から施工されました。中でも事業者は従業員の一斉帰宅の抑制として「施設の安全を確認した上で、従業員を事業所内に留まらせる」「必要な3日分の水や食料などの備蓄する」等の取り組みが求められます。

本条例の施行により、都内の事業者(企業)は以下の対応を努力義務として課せられている。「努力義務」とは「従わなければ必ずしも罰せられるものではないが、大半の企業が従う可能性があり、「従わなかった場合に、他の企業との比較によりバッシングや風評となる」リスクを含むレベルのものとなる可能性がある。特に東京都は共助の視点から本条例を施行するため、CSR(企業の社会的責任)の立場からもどの程度事業者が対応を行う準備をしているかは、ステークホルダーから注目されるだろう。

このように、震災後企業の社会責任の立場から重要視され各方面から指導が始まり動き出してきた。その指導の中で震災時の被災判定を専門家に求められている。東京都のガイドラインでは地震発生後3時間以内に建物の耐震性や周辺の被害状況を勘案し企業等が施設に従業員を施設に留まれるかの判断を求められている。テナントビル等はその判断基準は施設管理者に求められる。被災度判定は専門家ではなくては判定は難しい、そこで事前に専門家の調査判定を受け、イザと言う時の対応が求められる。施設管理者は事前に専門家に指導を受けておくことがガイドラインに明記されている。

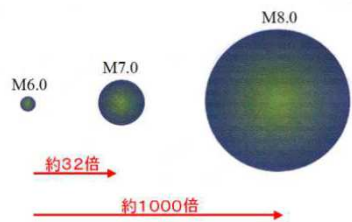
最近、企業内で地震への対策が急ピッチで進んでいる。都内及び近隣にインフラを持つ企業では、施設の耐震性や安全性に対するリスク診断・アドバイスを専門家に求めることも少なくない。新たなオフィスの開設、引越・移転などの際に、不動産・運送業者に加え、地震対策のプロを入れて、什器備品やラック・キャビネットなどの固定、室内での安全点検、防災のための指導を受ける事例も多くなってきている。また、備蓄についても大企業では、25年度末までには配備を概ね完了する準備を進めている。

東日本大震災では、その大きな教訓として、事業者におけるEmergency Plan(緊急時計画)の中に、BCP(事業継続計画)は作成されていたもののEvacuation Plan(避難計画)が作成されておらず、従業員の安全面の視点からの対策評価が甘かったことが指摘されている。昨今の事業者における動向を見ると、建物、施設の安全性が確保されてこそ、従業員の安全が維持され、事業継続計画、避難計画・再開計画も遂行されることが再認識されつつあり、より実効性のある災害時計画が整備されている。前項による、専門家の指導を具体的にを行うためには専門家の協力が必要となる、その技術は簡単に行かない我々のグループ、(株)小堀鐸二研究所グループは長年の実績と経験、各種持ち得ていた技術を終結しオンサイトの情報から緊急地震速報、高層建物の層間震度推定、長周期地震動の推定等の地震初期情報から今回の地震発生後の被災判定度推定まで総合的な情報提供を可能にしました。

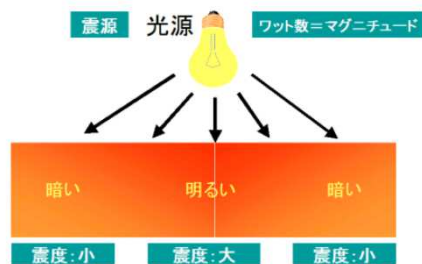
## マグニチュードとは

マグニチュードは、地震そのものの大きさ(規模)を表すものさしです。一方「震度」は、ある大きさの地震が起きた時のわたしたちが生活している場所での揺れの強さのことを表します。

マグニチュードと震度の関係は、例えば、マグニチュードの小さい地震でも震源からの距離が近いと地面は大きく揺れ、「震度」は大きくなります。また、マグニチュードの大きい地震でも震源からの距離が遠いと地面はあまり揺れなく、「震度」は小さくなります。



マグニチュードは1増えると地震のエネルギーが32倍になります。マグニチュード8の地震は、マグニチュード7の地震の32個分のエネルギーを持っていることになります。



ガルは加速度を表す単位で、加速度とは速度が大きくなる割合のことを言います。仮に時速10kmで走行している車に、1000ガルを持つ力が加わると、その車は1秒後に時速46kmになり、10秒後には時速370 kmになります。1000ガルは、このように大きな値です。では、この値が大きいほど震度が大きくなり被害が大きくなるかというと、一概にそうともいえません。震度の大きさは、ガルの他にゆれの周期(往復時間)と地震の継続時間と関係してきます。

地震の大きさ(規模)の尺マグニチュード(M)とは？

光源を震源とすると光源の強さつまりワット数=マグニチュード(M)となります。したがってマグニチュードはある地震に対して1つの値しかありません。

マグニチュードと地震エネルギーの関係

マグニチュードは、震源から放射された地震波の総エネルギーに関係づけられ、マグニチュードが0.2大きくなるとエネルギーは約2倍、1大きくなるとエネルギーは約32倍に、2大きくなると約1000倍になると考えられています。(下図)すなわち、M8クラスの地震エネルギーはM6クラスの地震1000回分と同等のエネルギーを有することになります。ちなみに広島型の原爆(20kton)は、M6.1に相当するといわれています。

マ

## 地震の尺度

地震の大きさを表す単位には、長さや重さを表す単位のメートルやキログラムと同じように、震度、マグニチュード(M)、ガル(gal)、カイン(kine)、の4つの単位がよく用いられる。同じ地震でもそれぞれの単位で表せますが、表している内容が違います。この4つの中で震度、ガル、カインは観測しているその地点での地震の揺れ方(地震動)の大きさを表し、一方、マグニチュードは地震そのものの規模(震源に置ける地震エネルギー)を表している。

### <マグニチュードと震度の関係>

マグニチュードと震度の関係は、電球の明るさ(ワット数)と机の上の明るさとの関係に似ている。同じ電球からの光でも、机が部屋のどこにあるかによって机の上の明るさが異なるように、1つの地震でも、地震が発生した場所(震源域)からの距離や方向によって震度が異なる。例えば、1995年の兵庫県南部地震(M7.2)の場合、震源域近くのいわゆる「震災の帯」では震度7となったが、神戸海洋気象台や洲本測候所では震度6、京都、彦根、豊岡では震度5となり、震源域から離れるにしたがって震度は小さくなった。震源域から遠く離れた東京では、さらに震度は小さくなり、震度1であった。

また、電球や机の位置が変わらない場合でも、電球の明るさ(ワット数)によって机の上の明るさが異なるように、同じ場所で発生した地震でもその規模(マグニチュード)によって、震度が異なる。

一般に、マグニチュードが大きいほど、かつ、地震の発生場所(震源域)に近いほど、震度は大きくなる。しかし、マグニチュードが大きいても震源域から離れていれば震度は小さい。なお、震度は、地震が発生した深さ、断層のずれ方、地震波の伝わり方、地盤の状況などにも関係するので、震源域から離れるにしたがって一様に減衰するものではない。

## マグニチュード

地震計の記録から求めた地震の規模を表す単位。(一つの地震について、各地の震度がさまざまな値を示すのに対して、マグニチュードは一つの値を示す。)地震そのものの大きさを表す尺度。Mという記号で表す。Mが1増加すると地震波エネルギーは約32倍になる。マグニチュードは震度のように直接観測できないので、各地の揺れの大きさなどから推定される。

1から3までを微小地震、3から5までを小地震、M5~7を中地震、M7以上は大地震、M8以上は巨大地震、というように分類している。マグニチュードは、地震の規模を表す単位です。

ですから、1つの地震には1つのマグニチュードの値で表します。同じマグニチュードの地震でもエネルギーを一気に放出する場合(断層のずれ動く速度が速い)とエネルギーを徐々に放出する場合(断層のずれ動く速度が遅く長い地震波が卓越する)では差がある。地震の大きさを把握する「マグニチュード」の歴史を簡単にたどって見ると①1930年代にリヒターという人が「震央距離100kmに置かれたウッド・アンダーソン地震計の最大振幅(揺れの幅)をマイクロン単位で測定して、その常用対数の値」と定義していたが、ウッド・アンダーソン地震計は短い周期の地震計でなので、短い周期の地震波に影響されやすい欠点があった。

②1940年代にはグーテンベルグという人が地表面の表面波の振幅に基づいたマグニチュード(Ms)と地球内部を伝わってきた地震波の振幅と周期の比に基づいたマグニチュードを提案。

③もっと物理的に明確なエネルギーで表したいと考えてリヒターとグーテンベルグは地震波のエネルギー(Es)単位をエルグ(エルグ=10e-07ジュール)で表してlog10Es=1.5Ms+11.8としてエネルギーとマグニチュードを関係付けた。

### 地震の尺度

地震の大きさを表す単位には、長さや重さを表す単位のメートルやキログラムと同じように、震度、マグニチュード(M)、ガル(gal)、カイン(kine)、の4つの単位がよく用いられる。同じ地震でもそれぞれの単位で表せますが、表している内容が違います。この4つの中で震度、ガル、カインは観測しているその地点での地震の揺れ方(地震動)の大きさを表し、一方、マグニチュードは地震そのものの規模(震源に置ける地震エネルギー)を表している。

### マグニチュードと震度の関係

マグニチュードと震度の関係は、電球の明るさ(ワット数)と机の上の明るさとの関係に似ている。同じ電球からの光でも、机が部屋のどこにあるかによって机の上の明るさが異なるように、1つの地震でも、地震が発生した場所(震源域)からの距離や方向によって震度が異なる。例えば、1995年の兵庫県南部地震(M7.2)の場合、震源域近く(いわゆる「震災の帯」)では震度7となったが、神戸海洋気象台や洲本測候所では震度6、京都、彦根、豊岡では震度5となり、震源域から離れるにしたがって震度は小さくなった。震源域から遠く離れた東京では、さらに震度は小さくなり、震度1であった。また、電球や机の位置が変わらない場合でも、電球の明るさ(ワット数)によって机の上の明るさが異なるように、同じ場所で発生した地震でもその規模(マグニチュード)によって、震度が異なる。一般に、マグニチュードが大きいほど、かつ、地震の発生場所(震源域)に近いほど、震度は大きくなる。しかし、マグニチュードが大きなくても震源域から離れていれば震度は小さい。なお、震度は、地震が発生した深さ、断層のずれ方、地震波の伝わり方、地盤の状況などにも関係するので、震源域から離れるにしたがって一様に減衰するものではない。

### マグニチュード

地震計の記録から求めた地震の規模を表す単位。(一つの地震について、各地の震度がさまざまな値を示すのに対して、マグニチュードは一つの値を示す。)地震そのものの大きさを表わす尺度。Mという記号で表わす。Mが1増加すると地震波エネルギーは約32倍になる。マグニチュードは震度のように直接観測できないので、各地の揺れの大きさなどから推定される。

1から3までを微小地震、3から5までを小地震、M5~7を中地震、M7以上は大地震、M8以上は巨大地震、というように分類している。マグニチュードは、地震の規模を表す単位です。ですから、1つの地震には1つのマグニチュードの値で表します。同じマグニチュードの地震でもエネルギーを一気に放出する場合(断層のずれ動く速度が速い)とエネルギーを徐々に放出する場合(断層のずれ動く速度が遅く長い地震波が卓越する)では差がある。地震の大きさを把握する「マグニチュード」の歴史を簡単にたどって見ると

①1930年代にリヒターという人が「震央距離100kmに置かれたウッド・アンダーソン地震計の最大振幅(揺れの幅)をマイクロン単位で測定して、その常用対数の値」と定義していたが、ウッド・アンダーソン地震計は短い周期の地震計なので、短い周期の地震波に影響されやすい欠点があった。

②1940年代にはゲーテンベルグという人が地表面の表面波の振幅に基づいたマグニチュード(Ms)と地球内部を伝わってきた地震波の振幅と周期の比に基づいたマグニチュードを提案。

③もっと物理的に明確なエネルギーで表したいと考えてリヒターとゲーテンベルグは地震波のエネルギー(Es)単位をエルグ(エルグ=10e-07ジュール)で表してlog10Es=1.5Ms+11.8としてエネルギーとマグニチュードを関係付けた。

### マグニチュードと震度の違いは？

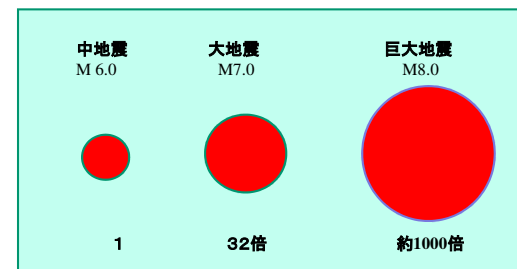
「**マグニチュード**」は、地震そのものの大きさ(規模)を表すものさしです。一方「**震度**」は、ある大きさの地震が起きた時のわたしたちが生活している場所での揺れの強さのことを表します。

マグニチュードと震度の関係は、例えば、マグニチュードの小さい地震でも震源からの距離が近いと地面は大きく揺れ、「**震度**」は大きくなります。また、マグニチュードの大きい地震でも震源からの距離が遠いと地面はあまり揺れなく、「**震度**」は小さくなります。

#### マグニチュードと震度の違いは？

「**マグニチュード**」は、地震そのものの大きさ(規模)を表すものさしです。

一方「**震度**」は、ある大きさの地震が起きた時のわたしたちが生活している場所での(揺れの強)さのことを表します。 [マグニチュードと震度の関係](#)



※マグニチュードが1違うと地震エネルギーは約32倍

マグニチュードは1増えると地震のエネルギーが32倍になります。マグニチュード8の地震は、マグニチュード7の地震の32個分のエネルギーを持っていることになります。

### 震度

地震における**震度**(しんど、)とは、地震動の強さを表す尺度を言う。工学的**震度**という場合、主に地震動の加速度を言う。

「震度0 ~ 1 2 3 4 5- 5+ 6- 6+ 7」と表す。



震度階と加速度の早見表

震度	標準目安 gal	呼び方	計測震度	加速度 Gal 値	SI 値	加速度 g 計測値
0	0~0.8	無感	0.5未満	~ 0.8	—	~0.0006g
1	0.8~2.5	微震	0.5以上1.5未満	0.8 ~ 2.5	—	0.0006g~0.002g
2	2.5~8	軽震	1.5以上2.5未満	2.5 ~ 8	—	0.002g ~0.006g
3	8~25	弱震	2.5以上3.5未満	8 ~ 25	1.1~3.7	0.006g ~0.02g
4	25~80	中震	3.5以上4.5未満	25 ~ 80	3.8~12.5	0.02g ~0.06g
5弱	80~250	強震	4.5以上5.0未満	80 ~ 165	12.6~22.8	0.06g~0.1g
5強	—		5.0以上5.5未満	165 ~ 250	22.9~41.6	0.1g~0.2g
6弱	250~400	烈震	5.5以上6.0未満	250 ~ 325	41.7~75.8	0.2 g~0.3g
6強	—		6.0以上6.5未満	325 ~ 400	75.9~138.1	0.3g~0.6g
7	400以上	激震	6.5以上	400 以上	138.2以上	0.6g ~

▲気象庁震度階 (原典:国立天文台編「理科年表 平成3年版」1991年)

●**1G=980GAL**  $1gal=1cm/s^2=10^{-2} m/s^2$  標準の重力加速度の値  $g=9.80665m/s^2$  ●重力を1gとすると(周期1秒の場合)を目安として示しております。(参考)気象庁HP震度と加速度●周期1秒の場合、震度7で0.6gから計測範囲を2gとした。●30度に傾けたときに0.50g(490Gal)になる、200Galは0.20Gになりますので11.8度の分度器で校正した。

● SI値とは (計算式等は78ページをご参照ください。)

SI値とはアメリカのハウスナー(G.W.Housner)によって提唱され、地震によって一般的な建物にどの程度被害が生じるかを数値化したものです。地振動による建造物の破壊等の被害は、地震発生時の建造物の振動エネルギーが寄与し、地振動の最大加速度が同じでも地震の継続時間が長いほど建造物の被害が大きくなるといえます。

参考(目安) 長周期地震動は建物自体の固有周期によって揺れが異なり、たとえば37階建の建物であれば、約3秒台が固有周期の目安となります。  
※ビル固有周期(秒)の目安計算例 : 0.09 × 階数で概算「建物の固有周期」数値としています参考。

● 建物にはそれぞれゆれやすい周期があり、それを固有周期といいます。・鉄筋コンクリート建築物の固有周期は、経験的に以下の式が使われています。固有周期をT(秒)、建築物の高さをH(m)とすると、 $T=0.02H$  ( $T=0.15H$ と書いてある本もあります)ちなみに普通の鉄筋コンクリートの建物の高さは、1階あたり約3mとして  $T=0.02H$  をもとに計算しますと、**10階建ての鉄筋コンクリートの建物の高さはだいたい3×10で30mとなりますので、固有周期は0.02×30=0.6(秒)、固有周波数は1/0.6≒1.7(Hz)となります。**

建築物の減衰定数は数%程度ですので、応答スペクトルの計算の際には減衰定数にこの程度の値を入れるのが普通となっているようです。ある地震波が入力されたときに、応答スペクトルの計算による卓越周期と、建物の固有周期が一致した場合、その建物が大きく揺れることが予想されるのです。

GPS セシウム原子時計 仕様 内蔵

- ◆プロセッサは、R8C/25を使用、OSC20MHz。
- ◆AE-GPSオプション、MTK3339互換品(1PPS出力仕様)使用可。
- ◆オープンコレクタ(O.C.)出力:  
正月、正日、正時、正分、正秒のO.C.パルス出力100ms,100mA。  
4chのウイークリータイマーO.C.出力100mA。  
通知信号:時刻有効、同期中、通知有り、各O.C.出力100mA。
- ◆D-sub9ピン・メス・シリアル入出力:  
コマンドレスポンスにより、日時取得、タイマーの設定等。(電波時計JJY2Iに一部準拠)  
基板上ジャンパ切り替えによりNMEA出力。  
1PPSパルス出力、1/9ピンに出力可能(デフォルト1ピン)。
- ◆3.3VTTL出力:TS-GPSClock01準拠(既存機器用)
- ◆拡張入出力:ケース組み込み等に全スイッチ、DC3.3V、GND、将来用予備
- ◆液晶表示器 16文字2桁(3.3V)付属。  
日時表示(12/24時間選択)、緯度経度表示、衛星数/移動速度[Km/Knot]/高度(GPSモジュール依存)表示
- ◆SPI接続7セグ表示器DFR0090接続可(表示器、専用スーパー3端子レギュレータoption)
- ◆電源:DC8~24V (7セグ使用時3端子レギュレータ・オプション)。
- ◆基板サイズ: 100mm×70mm [\[外形寸法図\]](#)

**緊急地震報**

地震発生後、震源付近の観測点のデータを元に、できる限り早く震源やマグニチュードを確定してユーザーに提供する情報です。震源やマグニチュードの確定制度が良くなるたびにそれを、更新するものです。「現在、第1報～10報程度更新して配信されています。」その結果、震源と観測点の位置関係によって対象となる地域にS波(主要動)が到達する前に、場合によってP波が到達する前に情報を配信することが出来る。

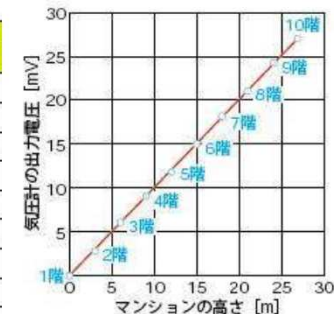
我々が、地震の発生を知るために、震源に最も近い観測点にP波が届く必要がある。この届いたP波を観測点で処理することが、現在の技術で最も早く大地震の発生を知る手法である。個々の観測点において地震波形を処理し、観測点から震央までの距離や最大振幅値などを算出することを「単独観測点処理」と呼ぶ。この結果、処理中枢(気象庁本庁)に直ちに送出される。処理中枢において、単独観測点処理の結果が1～2地点集約されるテリトリ法、3～5地点集約されるクリットサーチ法と呼ばれる手法によって震源とマグニチュードから各地の震度や地震波の到達時間が計算され、緊急地震報の発表条件、また再更新条件を満たした場合に緊急地震報として配信されている。配信の条件等、気象業務法の「警報」「予報」の配信基準によることが定められています。そこで、弊社の場合緊急地震報として予報業務範囲の配信と地震報伝達義務として「警報」の配信を行っています。その区別緊急地震報1報～2報の情報による通報、警報を含む10報の気象庁基準による地震報としている。気象業務法による警報の伝達義務と予報情報提供を区分している。「警報」に地震波の特質からスピードに限界があるために間に合わなかったり、誤報も含む場合もある。その関係からお客様に通報義務として気象庁の中継配信を行っています。「予報」について、独自の「気象庁告示の第2号エ(2)を満たす計算の方法」を採用し、物件単位に(個別地点の予報)気象庁許可を受けその方法を採用しています。別に、システムで紹介している関係の、サーバー予報型方式の利便性、独自の配信システムにより高度な遅延なき大規模多機能対応可能な配信を可能にしています。それが気象庁「緊急地震報」「緊急地震報」と法律用語一般に使われず頭頭に気象庁と命名して区別した名称にしました。」

**緊急地震報を正確に速に配信するため地震波のポイント、地震波の伝播状況と特性、**  
地震発生時に、地震かな?と感じ始める地震波小刻みに物を揺らします。木造家屋の障子や硝子戸などがガタガタと音を立て揺れます。そこで地震だと一般に知りえる。この地震波が「P波(Primary wave)」で縦波“です。縦波という地震の進行方向に振動する波です。仮に震源が北の方向の場合、P波、南北方向に揺れながら南の方向に伝わります。それからしばらくすると、自分の身が揺らされている感じを受けます。これがS波(Secondary wave)の到来です。この波が進行方向に直角に振動する横波“です。震源が北の場合東西方向に震源が真下になれば水平方向に振動して伝わります。また、しばらくして、建物全体がゆさゆさと大きく揺れだします。大きな地震だと驚き始めます。この大きな揺れをもたらすものが「表面波」と言います。P波とS波が伝わる時に反射屈折をおこすために特別な波を生じますが、地表に出る時にそのエネルギーを開放するために大きな揺れになります。成因がP波やS波の伝播上の反射屈折ですから震源から近い所で伝播距離が短いために大きな表面波起きません。以上が地震の発生と伝播状況です、関西の阪神淡路の震災から20年忘れておられると思いますが思い出して参考して下さい。

**緊急地震速報について**

70代に息づかせ、安定した経済活動に寄与し、社会にご恩返しができるという信条のもと日夜精進最近の球温暖化をはじめとする地球上の気象変化は、確実に我々人類の未来に警鐘を鳴らしています。また、過去の歴史を顧みますとこの地球上で発生する風水害によって夥しい数の、犠牲者が出ていることはデータを見るまでもありません。人類は知恵と叡智とたゆまぬ努力によってこれらの風水害と果敢に戦ってきました。近年のインターネット網の劇的な普及により、秒単位であらゆる情報を瞬時に手に入れることができるようになりました。気象庁の緊急地震速報もまさしくその重要な情報です。だが、地震の発生数時間前から予測できる情報ではありません。今、皆さんがいっしょやる場所に揺れてくる数秒から、数十秒前に初めてお知らせする事が出来る近代科学による世界初の究極の地震防災情報です。結果、数秒前であっても事前に揺れが来る事がわかるだけで被害の程度は大きく違ってきます。また、日頃よりこの緊急地震速報の利用方法等を取得しておけば、地震速報の情報を聞いたらどうするかということをご家族や企業内で話し合うことでより一層いざという時の行動が変わってきます。たとえ数秒前でも、まずは、困の状況に応じて身の安全を確保してください。我々の地元である関西では、あの「阪神淡路大震災」の想像を絶する光景が未だ人々の心に焼き付いております、あの時以上の死傷者を出してしまひ予想を超える東北地方太平洋沖地震の震災を受けてまいりました。あの当時、このシステムが運用され普及していればどれだけの被害を減災できたらどうかと考えると無念でなりません。地震はいつ、どこで起きるか分からない、そんな我がまま者の地震と戦うためには皆様の深いご理解が必要です。地震災害は、忘れたころに必ず発生しています。我々は一刻も早く全国の皆様のご理解を賜り、当システムの普及に努め「三方よし」の(売り手よし、買い手よし、世間よし)精神をしていく所存でございます。何卒、永きに亘るご愛顧のほどよろしくお願い申し上げます。

海拔 [m]	標準気圧 [hPa]	海拔 [m]	標準気圧 [hPa]	海拔 [m]	標準気圧 [hPa]	海拔 [m]	標準気圧 [hPa]
0	1013	1000	899	2000	795	3000	701
100	1001	1100	888	2100	785	3100	692
200	989	1200	877	2200	775	3200	683
300	978	1300	866	2300	766	3300	675
400	966	1400	856	2400	756	3400	666
500	955	1500	846	2500	747	3500	658
600	943	1600	835	2600	737	3600	649
700	932	1700	825	2700	728	3700	641
800	921	1800	815	2800	719	3800	633
900	910	1900	805	2900	710	3900	624



応用気圧計測の精度を上げれば、建物の階数を判断することもできます。

海拔高度 mのとき気圧**1013.25hpa**(ヘクト・パスカル)(気温15℃)1hpaは高度約9mに相当する。1hpaは100paにあたる。

結果、3階で1hpa違うことになる。「この原則を利用して地震計の設置場所を簡易的に「地上からの高さを知る」方法にも利用することも可能である、同時に気圧の変動を観測し天気予報を追加する。1hpaとは1㎡当たり、なんと約10000kgの空気に重ていることになる。

**○ 判断材料**

- ・気圧が上昇していると天候が回復し「晴れ」の傾向があり、気圧が低下していると天候が悪化し「雨」の傾向がある。(これだけの情報です)

**○ 問題点**

- ・毎日、太陽の引力が気圧に影響を与える。
- ・特に正午3時間前後に3hPa程度の谷(気圧の低下)が現れ、これが気圧変化のノイズとなる。
- ・観測地の高度によって、センサーの気圧値が影響を受ける。現地高度を調べて、気圧の正規化(海面気圧)を用いれば精度を上げることができるが、観測地の移動や1階2階の高度差によっても、気圧の変化がある。

- ・高気圧や低気圧が週単位で続くと、上層気圧の影響で地上気圧の判定に違いが出る。
- ・台風などの急激な低気圧は、気圧の動きが複雑で、判定条件を大きく外す場合がある。
- ・日本には四季があり、季節ごとに気圧の変わり方が大きく違う。

**○ 予報の方法**

- ・判定条件を細かく設定するほど、四季や地域差による誤差が大きくなるようです。
- ・よって、確率は下がりますが、判定をシンプルにする方が全体の誤差を平坦にできると思われれます。(全国のデータを検証できないので、妥協点と考えて下さい)・観測地は固定です。(移動すると数日間は誤差が大きくなります)
- ・センサーの出力を1秒ごとにサンプリングし、32個のデータを移動平均します。
- ・1日の気圧の変化量は少ないので、1時間に1データの保管とします。
- ・1日周期で来る太陽引力の影響を減らすため、24時間のローパスフィルターを入れます。
- ・現地気圧だけで判定するため、気圧の変移量のみを用いて天気判定条件とします。(確率は目分量で、季節により50%~70%程度です)

マグニチュードの解説

名称	M	地震の概略(浅い地震の場合)	日本周辺での発生頻度
大地震	9	数100~1000kmの範囲に大きな地殻変動を生じ、広域に大災害・大津波。	数百年に1回程度
	8	内陸に起これば広域にわたり大災害、海底に起これば大津波が発生する。	10年に1回程度
	7	内陸の地震では大災害となる。海底の地震は津波を伴う。	1年に1~2回程度
中地震	6	震央付近で小被害が出る。Mが7に近いと、条件によって大被害となる。	1年あたり10~15回程度
	5	被害が出ることは少ない。条件によっては震央付近で被害が出る。	1月に10回程度
小地震	4	震央付近で有感となる。震源がごく浅いと震央付近で軽い被害が出る。	1日に数回程度
	3	震央付近で有感となることがある。	1日に数10回程度
微小地震	2	震源がごく浅い場合に、震央付近でまれに有感となることがある。	1時間に10回程度
	1	人間に感じることはない。	1分に1~2回程度
極微小地震	0	人間に感じることはない。	無数に発生している。
	-1	人間に感じることはない。	
	-2	人間に感じることはない。	

地震の震源域で生じた現象そのものの大きさを表す尺度がマグニチュード(M)です。日本語では「規模」と称される場合もあります。規模の大きな地震でも遠く離れていれば地面の揺れは小さいし、逆に小規模の地震でもごく近傍で発生すれば大きな揺れが記録されます。



女子組版「災害時連絡カード」



印刷して切り抜き、定期入れや財布に入れて、お使いください

一人暮らしの方向け

**災害伝言ダイヤル**

録音方法: 171+1 を押す  
再生方法: 171+2 を押す

市外局番から入力  
被災地の連絡先:

一回に30秒まで録音できる

血液型: RH + - 持病・アレルギー  
かかりつけ医: 連絡先:

**災害時連絡カード**

名称・関係	連絡先 1	連絡先 2
緊急連絡先		

避難場所 (小中学校など)

ファミリー向け

**災害伝言ダイヤル**

録音方法: 171+1 を押す  
再生方法: 171+2 を押す

市外局番から入力  
被災地の連絡先:

一回に30秒まで録音できる

共通連絡先  
集合場所

**災害時連絡カード**

名称・関係	連絡先 1	連絡先 2
緊急連絡先		

避難場所 (小中学校など)

高齢者家庭向け

**災害伝言ダイヤルの使い方**

メッセージを録音したい時: 171 を押す  
メッセージを聞きたい時: 171 を押す

1 を押す  
2 を押す

被災地の連絡先:  
市外局番を忘れずに  
一回に30秒までメッセージを残すことができる

血液型: RH + - 持病  
かかりつけ医  
連絡先:  
飲んでいるお薬

**災害時連絡カード**

名前	連絡先 1	連絡先 2

家族の連絡先

避難場所 (小中学校など)



リアルタイム地震計

リアルタイム地震計

個別地点における加速度の計測から「震度・震源地・震源距離方向」を示す。

弊社の基本は、時刻の基準(セシウム時計の時刻を基準に)地震の発生情報を整理させる。発生時刻、個別地点の位置での計測で震度、震源地距離、到達時刻を計算させる。任意の計測場所を指定しない、無線対応機能付きで計測可能とする。計測データをセンターで総合的な遠隔監視を計画する。(超高層建物の長周期地震動の管理)個別地点の地震速報対応。製品仕様(未公開)

地震新方式の地震速報緊急が可能か疑問

の発生による初期微動(P波)を全国1千ヶ所の観測網で感知し、地震発生時刻、震源地の位置、マグネチユドを推定し民間の予報事業者に配信し本振動(S波)が到達するまでに任意の地点における主要動の到達時刻、予測震度を演算し結果を音声ガイダンス又は制御信号等で「予報・警報」するものです。警報は、気象庁長官が最大震度5弱以上の揺れが予想されたときに、強い揺れが予想される地域に対して地震動による重大な災害がおこるおそれのある旨を警告し発表するものと定められています。「予報」は最大震度3以上又はマグネチユド3.5以上等と予想されたときに発表され、その内容が大きく違い任意の場所の予測震度、主要動の到達時間を個別に演算を行い通報する位置情報です。

P波(Primarywave、初期微動)とS波(Secondarywave、主要動)は地盤の状況にもよって速度は変わりますがS波のスピードは5~7km/秒、P波のスピードは3~4km/秒です。この速度の違いを利用して、個別地点までの揺れの到達時間を予測計算しデータを配信しています。配信するまでに数秒の時間がかかり、そして端末で受信して通報システムを起動させるのに数秒の時間を要します。「端末演算方式の場合ここで個別地点の到達時刻等を演算し震源(震央)からおおよそ20km以内の激震地では残念ですが地震波の特性として間に合わないこととなります。しかし、たとえ数秒前にもそれがわかれば、家具に挟ませたり、大きな機械等に潰されたり、閉鎖空間に閉じ込められたりしないですむ。また総じて怪我の程度を軽減することが可能となります。局地的な地震では、このシステムの恩恵を受ける地域面積は狭いと考えられるが今後発生する海溝型の広範囲におよぶ巨大地震では、地盤が割れ初めてから、一定の地域を越えて割れ終るまでに1分近く、要するためにこのシステムによる人的な減災効果は計り知れないものとなることが期待されています。ところが東北地方太平洋沖地震当時、関東地方等震源から遠い地域に警報を発表できなかった。

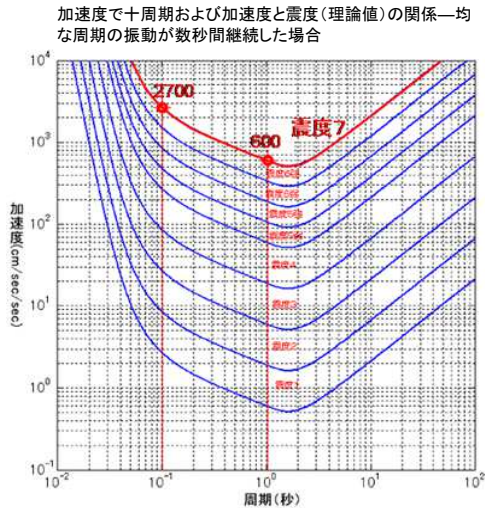
現在の、マグネチユド式でシミュレーションしても、およそ120秒程度以降になると緊急地震速報(警報)の発表されない地域でも強い揺れが到達し広がっていく。②巨大地震では破壊継続時間が長く60秒時点でも破壊が進行している。例えば、東北地方太平洋沖地震のシミュレーションでは、地震検知後120秒程度までマグネチユドの成長が見られその対策として今回の改善がなされ運用が始まりました。「<http://www.datajma.go.jp/svd/eqev/data/studypanel/eewhyoka/09/shiryou6.pdf#search=%27E%8B%97%E8%B1%A1%E5%BA%81%E3%81%AEPLUM%E6%B3%95%27>」

今回のPLUM法は、新たにリアルタイム地震計で地震発生を検地し、そのデータから震度、震源地を推測し通報するシステム、新たな「緊急地震速報」で上記方式とは大きく違い震源地を決定してから大森式の計算方法で推測していた方式から、最新の「リアルタイム地震計で計測した加速値から震度、震源地を予測する方式が採用されています。だが疑問点として、広範囲に計測可能であるが緊急地震速報、本来の特徴の「緊急」にS波到達までの数秒間の猶予時間内にどこまで対応できるか疑問点も残したままの船出となった。現在の手法とは根本的に異なる手法のため震源推定を行わずに予測地点周辺の観測値(リアルタイム震度)から震度を予測、ハイブリッド法、従来法(IPF法)による震度予測と新しい(LUM法)による震度予測の大きい方を採用する二本立を採用することになっている。

地震と震度

気象庁震度階と標準Gal・g値の目安表

震度	標準目安 gal	加速度Gal 値	加速度 g 計測値)
0	0~0.8	~0.8	~0.0006g
1	0.8~2.5	0.8~2.5	0.0006g~0.002g
2	2.5~8	2.5~8	0.002g~0.006g
3	8~25	8~25	0.006g~0.02g
4	25~80	25~80	0.02g~0.06g
5弱	80~250	80~165	0.06g~0.1g
5強		165~250	0.1g~0.2g
6弱	250~400	250~325	0.2g~0.3g
6強		325~400	0.3g~0.6g
7	400以上	400以上	0.6g~



加速度の大きさと周期の関係を表すグラフが気象庁から開示されています。

このグラフによれば同じ震度7のゆれでも、ゆれの周期が0.1秒であるときは、2700ガルの加速度が必要なのに周期が1秒では、その約1/5強の600ガルの分ということになる点をご理解ください。「ガルと震度の関係」

加速度で十周期および加速度と震度(理論値)の関係—均一な周期の振動が数秒間継続した場合。

- 1G=980GAL 1gal=1cm/s<sup>2</sup>=10<sup>-2</sup> m/s<sup>2</sup> 標準の重力加速度の値 g=9.80665m/s<sup>2</sup>
- 重力を1gとすると(周期1秒の場合)を目安として示しております。(参考)気象庁HP震度と加速度
- 周期1秒の場合、震度7で0.6gから計測範囲を2gとした。
- 30度に傾けたときに0.50g(490Gal)になる、200Galは0.20Gになりますので11.8度の分度器で校正した。

1ガルは、1秒(s)に1センチメートル毎秒(cm/s)の加速度の大きさと定義されている。すなわちガルは「センチメートル毎秒毎秒」(cm/s<sup>2</sup>)と書き表すことができる。国際単位系(SI)における加速度の単位はメートル毎秒(m/s<sup>2</sup>)であり、1 Gal = 0.01 m/s<sup>2</sup> となる。ガルは非SI単位であるが、日本の軽量法では重力加速度および地震に係る振動加速度の軽量に限定してガル(Gal)および1000分の1のミリガル(m Gal)の使用を認めている。地球表面における重力加速度はおおよそ981ガルである。世界最大の地震による加速度は、岩手・宮城内陸地震(2008年6月14日)の際に岩手県一関市巖手町時で観測した4022ガルである。マグネチユドは、Mという記号で表す。Mが1増加すると地震波エネルギーは約32倍になる。マグネチユドは震度のように直接観測できないので、各地の揺れの大きさなどから推定される。

地震の分類

- M1 から3までを微小地震、
- M3 から5までを小地震、
- M5 ~7を中地震、
- M7 以上は大地震、

M8以上は巨大地震、というように分類している。毎秒1cm(1カイン)ずつ速くなる加速状態を1ガルとしている(1ガル=1cm/sec<sup>2</sup>)。地上で物体が自由落下するとき、落下する速度は毎秒980カインずつ増す。これにより重力の加速度は、980ガルとなる。重力加速度は980ガル=1g(ジー)で表す。30° = 0.5G = 490GAL (30度に傾けた時に0.5Gつまり490GALになります。200GALは0.204Gになります) 11.8° = 0.204G = 200GAL 15° = 0.25G = 245GAL

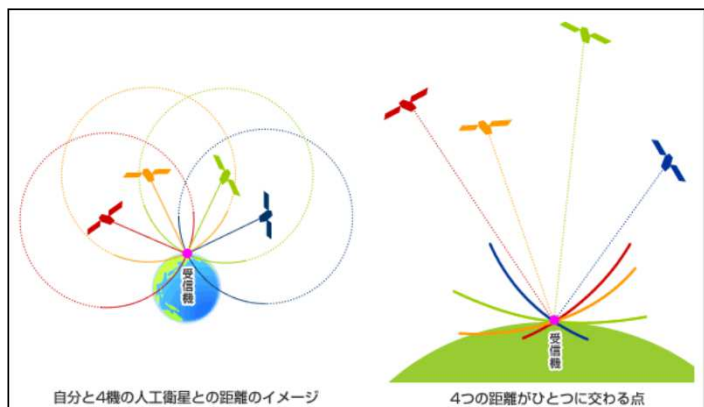
遠い宇宙から地球上の場所がわかる

衛星測位によって得られるのは、自分の位置(x,y,z)と時刻の情報です。衛星測位とは、4つの衛星からの電波を受信して、受信機と人工衛星との距離を測定、この測距データをもとに位置と時刻を計算します。

まず、それぞれの衛星からの信号を受信して、人工衛星から出た電波がユーザの持つ受信機のアンテナに届くまでの時間を計ります。人工衛星から送信した信号には、送信した時刻の情報が入っているので、自分のところに着いた時刻との“差”が届くまでの“時間”となります。この時間を「電波伝播時間」といいます。この“電波伝播時間”に“電波の速度(光の速度=299,792,458m/秒)”をかけて、人工衛星と受信機アンテナとの“距離”を求めます。

人工衛星との距離 = 電波伝播時間 × 電波の速度

一機の人工衛星との距離を求めただけでは、今自分がいる位置を特定することはできません。そこで人工衛星が4機必要になります。まず自分と4機の人工衛星との距離をそれぞれ計算し、4つの距離を求めます。すると4つの距離が一つに交わる点が出てきます(図1)。これが衛星測位によって求められる、今自分がいる位置ということになります。



※地上の受信機に内蔵されている時計が正確であれば、3つの人工衛星で自分の位置を特定できますが、受信機の時計はわずかに誤差があるので、正確な時刻を求めるためにはさらにもう1機の人工衛星の情報が必要です。

人工衛星に載る世界一正確な時計に対応衛星測位だけに限らず、測位を行う上で最も重要といわれているものは、「正確な時刻」です。ユーザは人工衛星から電波が発せられた時刻を“正しい”として自分の位置を計算します。電波は、1秒間に約30万キロも進むので、わずか1マイクロ秒(100万分の1秒)の時刻のずれが、300mもの測距誤差となってしまいます。

逆にいうと、ユーザの位置が300mの精度で得られるということは、ほぼ1マイクロ秒の精度で正確な時刻が得られるということになります。カーナビを使っている人も、測位計算を行うと位置と同時に正確な時刻も得られることを意外と知らないかもしれません。GPSの利用は位置を知るだけでなく、多くの地点で正確な時刻同期が必要な、地震の震源地の精密な観測などにも大変有効です。

GPSには、セシウム原子時計およびルビジウム原子時計が搭載されています。これらの原子時計の誤差は、30万年に1秒以下とも言われています。準天頂衛星にもルビジウム原子時計が2台搭載されます。

## 気象業務法

気象業務法の一部を改正する法律(平成19年法律第115号)の施行(平成19年12月1日)に伴い、緊急地震速報は地震動の予報及び警報と位置付けられ、以下のことが法律で規定されました。気象庁による地震動の予報及び警報の実施

気象庁は、発生した断層運動による地震動(以下では単に「地震動」といいます。)の一般の利用に適合する予報及び警報をしなければなりません。※地震動の予報とは、地震の最初のわずかな揺れから各地の揺れ(地震動)を予想し発表することであり、地震の発生の予想は含みません。

■ 気象庁以外の者に対する地震動の予報の業務の許可 気象庁以外の者が地震動の予報の業務を行おうとする場合は、気象庁長官の許可を受けなければなりません。■ 気象庁以外の者による地震動の警報の制限 気象庁以外の者は、地震動の警報をしてはなりません。■ 地震動の警報の伝達 気象庁は地震動の警報をした場合、直ちに政令で指定された機関(現在は日本放送協会になります。)に通知しなければなりません。通知された日本放送協会は直ちに警報を放送しなければなりません。また、地震動の予報の業務の許可を受けた者は、気象庁が発表する地震動の警報の迅速な伝達に努めなければなりません。

また、気象業務法及び国土交通省設置法の一部を改正する法律(平成25年法律第23号)の施行(平成25年8月30日)に伴い、新たに「特別警報」が規定されました。気象庁は、予想される現象が特に異常であるため重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合として気象庁が定める基準に該当する場合に、その旨を示して地震動の一般に利用に適合する警報(「特別警報」のことです。)をしなければなりません。この「気象庁が定める基準」は、「震度6弱以上の大きさの地震動が予想される場合」となります(平成25年気象庁告示第7号)。以上が法律で定められた緊急地震速報です。

法律に基づき(気象業務法 施行令、施行規則)及び平成23年4月22日に「緊急地震速報を適切に利用するために必要な受信端末の機能及び配信能力に関するガイドライン」が公表されています。

よって、受信端末の利用者におかれましては、受信端末及び配信方法の選択や受信端末の設定、緊急地震速報を利用する際には、本ガイドラインを参考としていただくようお願いいたします。また、予報業務許可事業者や配信事業者におかれましては、本ガイドラインに沿って、受信端末をこれから導入される方や利用されている方に対し、受信端末の機能や配信能力について公開し、説明されますようお願いいたします。気象庁から説明の実施義務の指導を受けております。

### ご利用に対してのご注意

最近、携帯電話の普及で「緊急地震速報」の名称が良く耳にします「緊急地震速報」は、気象業務法によるもので携帯電話の「緊急通報」と同一のものでないことをあまり知られていません。

「同じ情報素材を使用していますがその情報の利用プロセスが異なります。(「警報」と、同じ内容であるが「予報」の配信スピード等の要素とは異なります)地震情報は秒を争うスピードを求められる情報です、そのシステム等が違い、緊急地震速報は専用の通信システム基準から配信されている点が大きく違い特に「予報」は、遅延なき配信に努められています、その特徴を生かしていただき有効なご利用を期待しております。」

緊急地震速報は、「警報」、一般向け、「予報」、高度利用者向け」と、名称等の種類も多く複雑で解説不足な点もあります本来の「緊急地震速報」の働き等、仕組みについて残念ながら啓蒙活動が遅れています。ですが、そんな中で現状に至っては、一般的に携帯電話の「緊急通報メール」が「緊急地震速報」だと誤解され間違った認識がなされてしまっています、この機会にあらためて仕組をご認識いただき秒を争う地震情報の有効な利用いただけますようお願い申し上げます。



### 気象庁・長周期地震動の階級表示

通常の震度階級の他に、長周期地震動階級という長周期地震に対応した震度階級が新しく導入されています。この長周期地震動階級も、通常の震度階級と同じく、地表に設置された地震計で測定した地震波を元に計算されますが、長周期地震動階級の計算に使われるのは、絶対速度応答スペクトル(SVa)(減衰定数5%)という指標で、発表されるのは4段階です。さっぱり意味がわからない専門用語です…。ウィキペディア「応答スペクトル」に載っているのも相対速度応答スペクトルと絶対加速度応答スペクトルですが、それにしても、絶対・相対、応答、スペクトル、すべてわからない用語で残念ながら僕には理解不能です。1.5秒超8秒未満の振動周期のSVaが100cm/秒以上が長周期振動階級4になります。

#### 気象庁のウェブサイトでは、

地震時の人の行動の困難さの程度や、家具や什器の移動・転倒などの被害の程度を基に長周期地震動による揺れの大きさを4つの階級に区分した。固有周期が1～2秒から7～8秒程度の揺れが生じる高層ビル内における、地震時の人の行動の困難さの程度や、家具や什器の移動・転倒などの被害の程度から4つの段階に区分した揺れの大きさの指標-その場所に高層ビルがあれば高層階でどのような揺れになるかを推計したものです。周辺の高層ビル等における建物内の被害状況把握の参考にできるものの、個々の高層ビル等の特性や地盤条件まで表現しているものではありません。また、高層ビルの中でも、階や場所によって揺れの大きさが異なります。特に、建物の頂部のゆれ方は、発表した長周期地震動階級よりも大きくなる場合もあります。固有周期というのは、建物のサイズ・高さなどから決まる建物の特徴で建物によって異なる数字になります。イメージとしては、長くて太い音又ほど低い音(周波数が低い＝波長が長い)音を鳴らすという感じで、大きくて高層のビルほど長周期振動(振動周期が長い振動)の影響を受けやすく、高層ビルの被害の出やすさを示す指標です。

#### 色々な建造物の固有周期

木造の固有周期は、平屋建てか木造の固有周期は、平屋建てか二階建てか、新しいか古いかによって変わってくるが、ほぼ0.1秒から0.5秒までの範囲に分布している。平均的には、新しい二階建てが0.2秒前後、古い二階建てが0.3秒前後、平屋の場合はこれよりもやや短周期と考えれば良いだろう。…中略…

3階あるいは4階建ての一般的なRC造(鉄筋コンクリート造)の学校建物の固有周期はどのくらいだろうか。学校建物は長方形のプランを持つ単純な形状が多く、ほとんど同程度の固有周期を持つと考えられるが、実際には表層地盤の硬軟により変わってくる。硬い地盤上にある学校建物の固有周期は0.2秒程度であるが、これが柔らかい地盤上にある場合は0.3秒から0.4秒に伸びる。

より一般的な建物を考えてみよう。固有周期は建物の高さが高くなるほど長くなる傾向がある。1次固有周期T(秒)と建物高さH(m)の関係式として次式がある。T=0.02H(S造) T=0.015H(SRC造・RC造)この式は日本における建築物を対象にしており、設計基準の異なる他国の建築物については式中の係数も幾分異なってくる。

(なお、式中のS造、SRC造はそれぞれ鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造を意味する。)上式によれば、新宿副都心に立ち並ぶ200m級の超高層建物(S造)の固有周期は約4秒と概算できるし、現在日本で最も高い横浜のランドマークタワー(高さ296mのS造)の固有周期は約6秒と概算できる。…中略…

1995年兵庫県南部地震においても、周期1秒のパルス的な波が膨大な被害をもたらしたが、大破した構造物の大半は周期1秒よりも短周期の構造物であった。出典:『強震動予測で対象となる周期範囲(大林組技術研究所大堀道広)』ということなので、地盤によるものの長周期地震波震度階級で直接対象とされているのは大体30階建以上の高層建築です。ちなみに、同資料によると原子力発電所は硬い地盤に建てられているはずなので、(設計上の)固有周期は0.5秒以下になっているそうです。

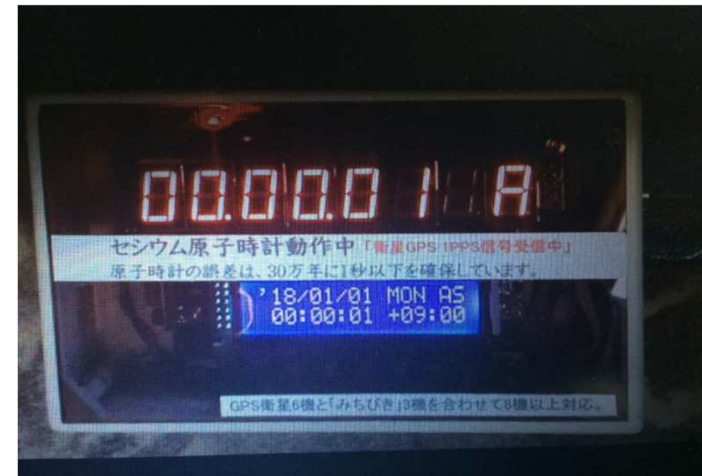
また、長周期地震波で高層建築も大きな被害があるとは言え、巨大地震の際に主な被害が起こるのは耐震性能がそこまで考えられていない普通の家屋だったり低層ビルのようなので、高層ビルで立っていられなくなったとしても、高層ビルのほうがまだ安全なのかもしれません。(窓ガラスが落ちてくるのは致命的ですので、高層ビルの近くは危険です)

衛星には、セシウム原子時計およびルビジウム原子時計が搭載されています。これらの原子時計の誤差は、30万年に1秒以下とも言われています。準天頂衛星にもルビジウム原子時計が2台搭載されている。

そのセシウム原子時計は簡単に工作の好きな人であれば作ることも可能です。

我が家の原子時計は衛星8基の信号を受信し高精度を確保し動いております。30万年に1秒以下とも言われている精度を確保しています。Ipps信号下記写真

2018年の新年の様子です。2018.01.01.00.00.01 新年のスターを示した原子時計



時刻と位置の確保により地震の発生震源地計測配信先端末の維持対応

気象庁の予報事業者の必需品として最低下記の装備を備えておきたい。

- ① セシウム原子時計(GPS 6機と(みちびき)2基対応)計8機で精度確保対応設置場所の緯度・経度計測可
- ② NSPサーバ(NTPブロードキャストによる時刻配信機能搭載)
- ③ 微震度計測計(震度1から計測)
- ④ 気圧計(デジタル)

その装置の使い方は、その道の人であれば説明不要。

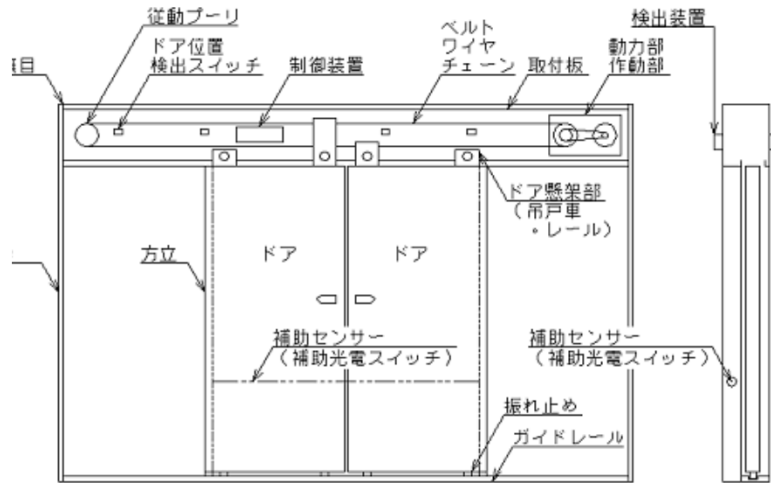
地震速報の配信先に常時一定の精度と遅延なき情報の提供確保。維持のために必要。独自の震源地推測、気象庁等からの情報の検証対応。



自動ドアと緊急地震速報 パニックオープン機能採用

自動ドアは、オペレータ部・センサー部及びドア・サッシ部で構成される。①オペレータ部駆動装置、制御装置からなる自動ドア開閉機構。

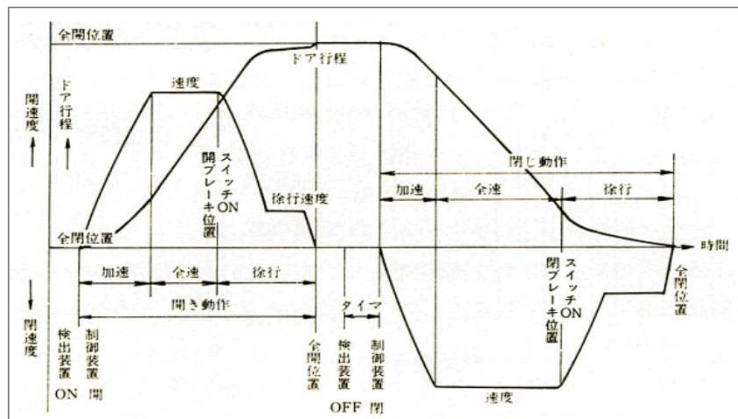
①-1駆動装置動力部、作動部、ドア懸架部よりなり、制御装置からの指令でドアを開閉する。①-2制御装置検出装置から開閉信号を受けて駆動装置を制御する。②センサー部自動検出及び人為操作を含む検出装置からなる。③ドア・サッシ部開口部回りのドア、無目、方立、枠、ガイドレールからなる。④緊急地震速報の信号による自動オープン等の検討



動作概要

①開き動作自動ドアに人が近づくと、内外に設置されている検出装置(マットスイッチ、反射スイッチ、音波スイッチなど)がこれを検出して、制御装置に信号を送る。この信号を受けて制御装置はモータをドア開き方向へ駆動する。モータの回転は減速機(油圧式では油圧ポンプを介して)、プーリ、ベルト或いはチェーンに伝えられドアを開き方向へ動かす。ドアが戸当りに近づいて開きブレーキスイッチを通過するとモータにはブレーキ力が発生してドアは減速し、徐行速度となり、戸当りに当たって停止する。②閉じ動作検出装置の検出範囲から人が離れ、開放タイマ後(この時間は調整可能)、制御装置はモータを逆回転させ、ドアを閉じ方向に作動し、徐行後、戸当りで停止する。③反転動作閉じ動作中人が検出範囲に入ると反転し、開き動作に移る。

動作状況図



「受信端末への現状の緊急地震速報端末装置、」

緊急地震速報端末

地震速報の機器については、民生品扱いではなくシステムの目的から当然産業品扱で各種計画を行い経済的・施工上からの検討結果本来の我々のメンテナンスの基本姿勢は、「修理を前提としません故障なしを前提とした。」基本姿勢でまとめました。地震は、自然現象で近代科学を駆っても未知の世界が多く、いつどこで発生するかわからない、それが地震、地震の予知をすることも出来ない、ただひとつ地震発生時の地震波のS波とP波の特性を利用し主要動が到達する前に知る方法手段以外には手はない、そのために各種の方策が考えられています。このシステム(専用端末)は、常時待機状態でイザと言うときに確実に動かなくてはならない。故障、停止状態は許されない、基本的にシステムは冗長化されているために大きな障害が発生しない工夫がなされています。(気象業務法によるガイドライン項目)私どもの製品は一般的な家電製品と同等の部品及び製造工程では作られてはなりません。MTBF3,000,000時間を確保した部品を採用し、常時待機状態でイザと言う時に確実に作動し長期に安定した、遅延なき運用がなされることを基本としています。「気象庁から端末の動作まで1秒以内の基準を確保した遅延なき装置としている。」主要装置の付属装置ディスプレイ、キーボード、マウス類は消耗品として扱っています。(市販商品は信頼していない)主要装置は、産業機器類とした独自の基準で検証し対応している点をご理解いただきたい、最近の一般家電製品とは全く違うご理解をいただきたい。ご承知の通り、我々は人々の生命と財産を守るための装置と情報を提供し、その情報は一般的な緊急地震速報とは違った高度な演算方法を採用し気象庁から認められ、「小堀研の演算手法Takusuのサーバ予報配信方法」が採用され、その性能が評価され国内の主要施設で運用されています。その関係から主要装置(センター機能)はもちろん冗長化されていることをご理解いただきたい。また不意の、異常が発生しても冗長化されている予備の装置が自動で動き正常運用に支障をきたさない方式が採用されています。今回開発の、被災判定システムは、コストと使用目的から経済的な工夫をした最新のシステムを構築し運用する予定をしております。そこで、皆さんが今までなぜと思われる故障が発生していない点は、発生してはいけないのではなく発生させない手順をとっております。もちろん故障が発生するような部品、製品の機構製品等は採用しないことしております。そこが、防災関係器機類の取扱いの基本的な提供指針が違います。その上でのメンテナンスを考えてください、目的は故障しないことです。私たちのメンテナンスとは、故障して修復するための体制とは考えておりません、このシステムが計画されている機能を長期に安定稼働させ常時待機状態でイザと言う時に確実に目的の機能が実施されることを維持するためです。「常時待機状態で、いざと言う時に確実に最高の働き「納品10年後でも」をしなくては目的が果せない商品です。原則商品の特性として劣化は許されないのが防災機器です。この、システムを導入いただいたお客様が、設備を長期に運用させるために必要な情報配信の最新DATA確保に必要な経費、システムの更新費用、その情報配信を維持するための経費をお客様にご負担いただき情報の提供を行い関係者の生命と財産を守るお手伝いを目的としています。緊急地震速報装置等も原則ノーメンテナンス方式を採用しております訪問メンテナンスは実施しておりません。センター側からリモート管理実施特別物件については年一回の訓練と連動させ動作確認を有償で行い故障がしない手順を施し安心を提供してまいります。

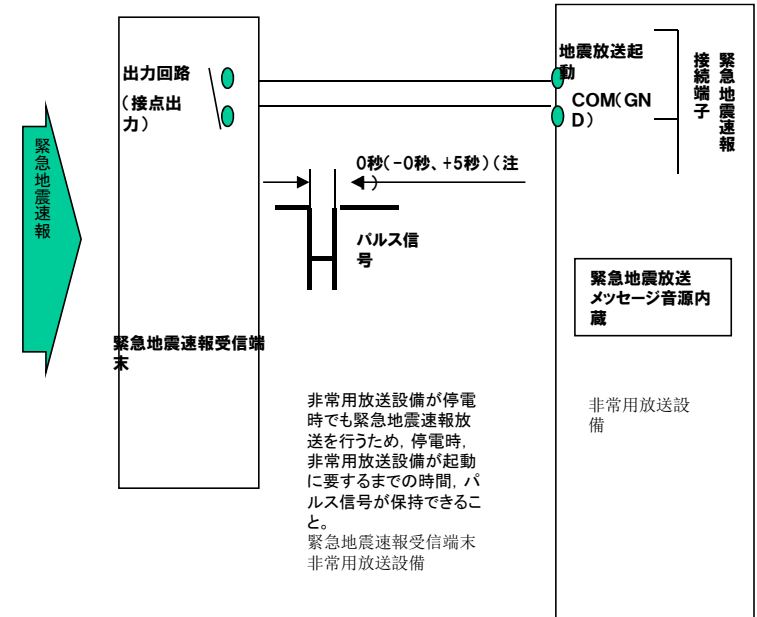
**緊急地震速報の**  
 緊急地震速報の提案は世界初であったがその後の進歩なく何時の間にか衰退してしまつた。  
 予報業務を民間に開放したが公的な補助がなく発展はしなかつた。  
 国民の生命と財産を守る自然防災を国は、認めていない。国会議員も票につながらなく見捨ててしまった公的業務。  
 民間企業も文科省の年度予算の確保材料とされ、本来の正しい対策を怠っている。  
 国立大学研究所等の年度予算確保の材料とされ実績検証がなされていない、豊満予算消化とはなっていないか。  
 関係者の技術開発の成果が検証されていない。  
 長年の怠慢が濃みとなり発展が見込まれない。  
 東大●● 京大●● 東北大●●の国立系が癌になっている。  
 名大は、大震法でうまく数年歩んできた。  
 地震と言う魔物(何時どこでどれだけ規模の発生等不明を理由に曖昧にしている)傾向がある。  
 古き時代の研究者の(大森、)先生たちの継続がされていない。

消防法施行規則等の一部を改正する省令(平成21年総務省令第93号)及び、非常警報設備の基準の一部を改正する件(平成21年消防庁告示第22号)により改正された非常放送中における地震動予報等に係る放送について具体的な仕様を明確にすることを目的として緊急地震速報に対応した非常用放送設備に関するガイドラインが定められました。2 適用範囲

このガイドラインは、非常用放送設備を利用して地震動予報等に係る放送を行うためのもので、非常警報設備の基準の一部を改正する件(平成21年消防庁告示第22号)で規定している仕様を満足させるための非常用放送設備の基準について規定する。また、非常用放送設備に接続する緊急地震速報受信端末の必要な仕様についても言及する。従前の非常用放送設備の業務放送チャンネルを使用し、緊急地震速報を受信して放送を行う方式(非常放送時に緊急地震速報による放送を中断させる場合)については適用範囲外とする。以後省略……

[http://www.jeita.or.jp/japanese/standard/pdf/TTR-4701\\_full.pdf](http://www.jeita.or.jp/japanese/standard/pdf/TTR-4701_full.pdf)

詳細を参照下さい。



(※)1点の観測点のみの処理結果によって緊急地震速報(予報)を発信した後、所定の時間が経過しても2観測点目の処理が行われなかった場合は雷など地震以外の揺れ(ノイズ)と判断し、発表から数秒~10数秒程度で**キャンセル報**(地震以外の揺れで発表した緊急地震速報を取り消す情報)を発信します。島嶼部など観測点密度の低い地域では、実際の地震であっても**キャンセル報**を発信する場合があります。なお、この場合には、キャンセル報の発信までに30秒程度かかることがあります。(※)この基準は変更する場合があります。

震度マグネチュードカインガル地震の尺度

加速度最大加速度最大変位

SI 値= 被災判定度

N値= 地盤耐力判定

長周期地震動押し波引き波

継続時間P波S波表面波

固有周期共振応答スヘ「ック

**緊急地震速報の各方式**

ハイブリッド法= PLUMと従来法(新気象庁方式)

PLUM法= 震源推定を行わない(新気象庁方式)

IPF法= 従来の高度化(新気象庁方式)

大森式= 距離減衰法(従来計測)

オンサイド情報= 個別地点での計測情報(新方式)

気象庁告示の第二号工(2)を満たす計算の方法

長周期地震動と階級表示(気象庁試案)

**訓練の成果と目標**

- I、20秒の短時間の体験、「20秒でこんなことができる。」
- II、緊急地震速報の音声ガイダンスの体験と確認。
- III、避難場所等の行動確認。「イエローゾンの行動確認」
- IV、訓練すれば、ここまで出来る。
- V、事前の通報の重要さの体験。

この訓練は、実施準備のための労力や実施に伴う業務への影響が少ないため、緊急地震速報を良く理解していただくためにも、毎月等の定期的な実施が望まれます。また、この訓練は、大人数で一斉に行う訓練のほか、学校などの教育単位、地方自治体や企業の室・課単位、小規模な事業室単位等の単独訓練としても実施できます。

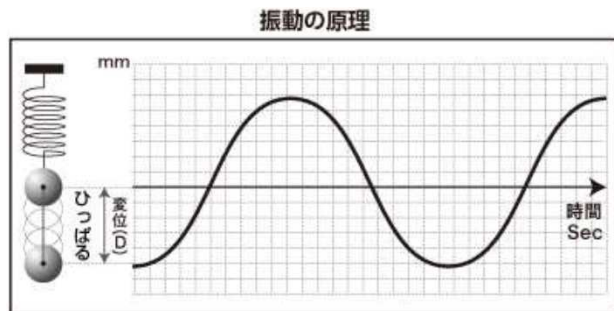
訓練音声ガイダンスは、下記の内容で約20秒に設定しています。

訓練チャリンチャリン地震が発生しました。  
 訓練チャリンチャリンまもなく地震がきます。  
 訓練チャリンチャリンすぐに地震がきます。  
 「大きな揺れ」擬音ガラスの割れる音

20秒で何が出来るか、どこまでできるか体験ください。



振動とは、物体が一点を中心としてその前後左右、または上下への運動を繰り返す状態をいい、一般に「振動数」「変位」「速度」「加速度」を用いてこれを表します。  
これらの要素は通常、アルファベット(F、D、V、A)の略称で示されます。最も単純な振動の典型であるバネ振り子を使って振動の変位を説明すると、振り子のおもりを静止している状態から変位Dだけ引っ張って放すと、おもりは右図のように振動します。



**振動数(F)**

振動している物体が、1秒間に繰り返し運動する回数を振動数(または周波数)といいます。単位:Hz

振動数(F) Frequency

**速度(V)**

変位の時間に対する変化率を速度といいます。単位: mm/s, cm/s

速度(V) Velocity

**変位(D)**

振動の往復している幅(距離)を変位といいます。単位:  $\mu$ m

変位(D) Displacement

**加速度(A)**

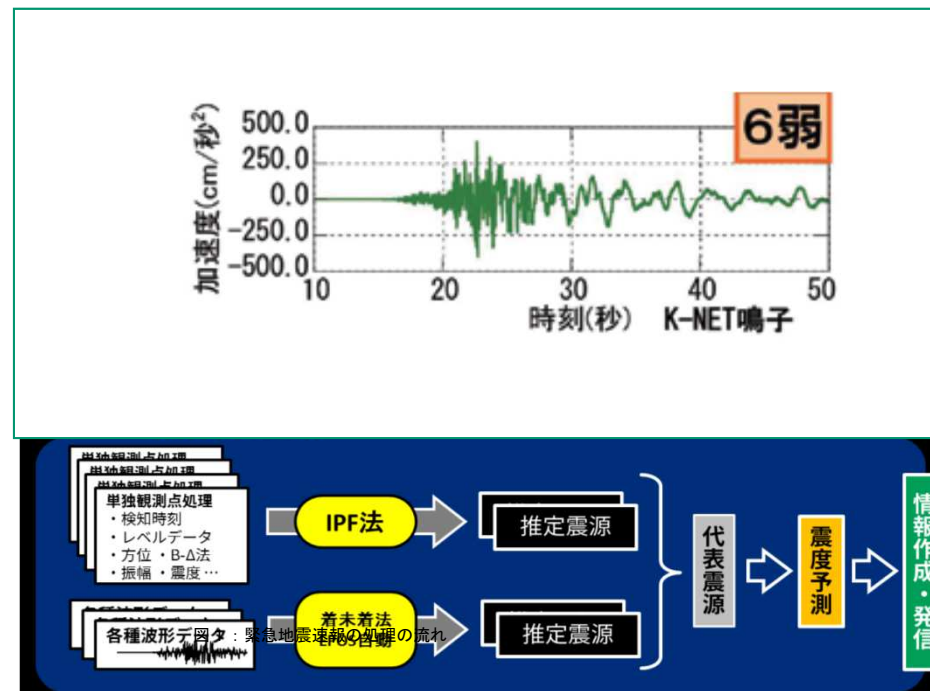
速度の時間に対する変化率を加速度といいます。単位: m/s<sup>2</sup>, g

加速度(A) Acceleration

**PLUM報の解説**

緊急地震速報は地震発生後、震源付近の観測点のデータを元に行ける限り早く震源やマグニチュード(M)を推定し、予想された各地の震度や到達時刻をユーザーに提供する情報であり、震源やMの推定精度が良くなるたびにそれを更新するものである。  
その結果、震源と観測点の位置関係によっては対象となる地域にS波(主要動)が到達する前に、場合によってはP波が到達する前に情報を配信することができる。

我々が地震の発生を知るためには、震源に最も近い観測点にP波が届く必要がある。この届いたP波を観測点で処理することが、現在の技術で最も早く大地震の発生を知る手法である。個々の観測点において地震波形を処理し、観測点から震央までの距離や最大振幅値などを算出することを「単独観測点処理」と呼ぶ。この結果は処理中枢(気象庁本庁および大阪管区気象台)に直ちに送出される。処理中枢においては、これらの単独観測点処理の結果が集約されIPF(Integrated Particle Filter)法を用いた震源決定がなされる。また同時にHi-netの波形データを用いた着未着法やEPOS(地震活動等総合監視システム: Earthquake Phenomena Observation System)による自動震源処理が動き、各々の震源の同一判定や精度評価を経て代表震源およびそのマグニチュードが決定される。この震源とMから各地の震度や地震波の到達時間が計算され、緊急地震速報の発表条件、あるいは更新条件を満たした場合に緊急地震速報が発信されるシステムです。(図1)。  
本資料では緊急地震速報処理の技術的な解説を行う。理論的背景等は参考文献等を参照ください。



弊社の独自の地震感知システムは、気象業務法に干渉しない独自の個別地点の揺れをセンサーで計測し、「自分の身を自分で守る道具」で気象業務法に触れない範囲で

震度0 (0.3gal程度) から、長周期地震動の計測まで可能になりました。

## 高層建物の必需品

長周期地震動の揺れをキャッチし伝える。



販売予定 壁掛け式

## Gal Meter 簡易地震計



揺れが始まると自動で赤色LEDが光り、地震を知らせます。揺れが納まると震度とガル数を自動で記録して、再び監視を続けます。

地震記録後は、4秒おきに赤色LEDが点滅し、ユーザーに地震があったことを知らせます。ユーザーは白いボタンを押せば、地震の発生時刻と震度・ガル数を知ることができます。

## 高層建物の必需品

「響」試作品に付形状変更可能性あり

建物等に設置して用いれば、地震時に気象庁から発表される震度情報とその建物のある場所の震度相当値、体感震度を比較することができ、震度についてより理解を深めることができます。さらに長周期動も対応し地震時に設置場所になくとも震度相当値の記録を残すことができるなど、防災意識の啓発効果や、既存の震度観測点を補完するセンサとして活用が期待されます。

「別商品で制御用出力端子付き対応商品も準備しております。」

### ご注意

微震動の計測が可能になりましたが高感度で使用が難しく、震度設定thrで使用目的に適合した値をご利用ください。「thrは値が小さいほど高感度になりますが、0.4以上の値としてください。」

0.4	計測震度	0.0	以上を検知	鉄筋コンクリート造以上、震度0 (0~0.8gal)
0.5	計測震度	0.5	以上を検知	
0.8	計測震度	1.0	以上を検知	
1.3	計測震度	1.5	以上を検知	
2.3	計測震度	2.0	以上を検知	木造建築物等

## 地震情報と計測、結果発表条件

単独観測点処理

地震の発生のたびに地震の揺れの強さは地震発生後今なお、気象庁の発表される物理的根拠のない震度階が使われている。大きな地震の発生では震度6強、震度7となると大きな被害が発生することを良く知られている。各地域防災本部には、その物理的な意味のない震度情報が気象庁から発表される情報を受け防災対策が発動されている。気象庁の震度階は、本来、明確な物理的意味はなく、コップの水がこぼれる、家具が転倒するや、木造家屋が倒壊する、といった揺れや被害状況からの経験的に設定されたもの、気象官署の担当官の感覚によって決められてきたが兵庫南部地震のあと、客観性と迅速性を目的として、加速度を計測し、旧震度と同等になるように定められた式によりこの時刻暦の波形データを加工し得られた計測震度値から、震度階を決定するように厳格に定義されて、平成8年気象庁告示第4号で始まった。近年、地震動の活発な動きにより大規模地震の発生が予想されているなかで地震防災上の観点から地震動の強さの尺度についての情報と考え直してみてもどうか。緊急地震速報の各種議論をする前にやるべきことがあるのではないかと。一般的な、産業界ではすでに工場設備、コンピューターシステムにおいて緊急地震速報の情報以上に、個別地点におけるSI値の値が重要視されてきている。SI値は、耐震設計基準と対応づけが容易で地震動の揺れの強さの尺度として信頼性が高く地震防災上の処置がとりやすく、また、SI値の計算間隔は、1秒以下の計測で警報を出すことが可能になり、リアルタイムの地震動の揺れの強さの判断基準として適切であり現実に鉄道、インフラ企業の供給制御には利用されている。

コスト的にもMEMSの低価格なセンサーの開発で低価格なSI計測器が可能となってきた。多数の計測器の普及で広範囲の地震動の強さの分布を把握し、きめ細かい地震防災対策の実施の可能性が出来る時代が到来している。現在、気象庁関係では、あまりSI値を取扱っていない、現実に地震防災上の地震動の強さの尺度としては、まだ現状では多くは利用されていないがこれを採用するメリットは十分あるのではないかと。緊急地震速報は、一つの防災対策上の手法であるがその前に利用者が真に求めている情報は何かを摸索する必要があるのではないかと。そもそも、緊急地震速報は、防災の一つの手法としてのアイテムであるが人々が真に求めている地震防災の情報ではないのと違うのではないかと考え方を考え直すべきではないかと。世の中は、進歩し道路を走る自動車は自動運転される世の中自分の命を自然災害から守る方法も考えられるAI(人口頭脳)の時代における道を開くためには物理的意味のある情報の取扱に移行し旧来の感覚による震度設定の手法から脱皮する感覚べきではないかと表ではないかと、地震は難しい未知の世界がはこの世の中では通用しない。誤報では人々を守ることは出来ない。

## 地震波のスピード

地震波は、地盤の中をどれくらいの速度で伝播するのでしょうか？地盤の種類や内部の割れ目などの物理的特性によって幅がありますが、花崗岩や玄武岩など硬い岩盤は、P波で700m/secから5000m/sec(時速2520kmから18000km)、S波では400m/secから3000m/sec(時速1440kmから10800km)とずいぶん大きな値になります。地球の直径が6378kmなので、地震が地球の裏側に直線的に伝わるとすれば、P波は22分、S波でも35分ほどで到着します。砂や粘土など、私たちの生活により身近な土質地盤の場合は、岩盤に比べてやわらかいので、伝播速度は遅くなり、P波で600m/secから2000m/sec、S波で80m/secから400m/secの範囲になります。

このように、伝播速度が地盤によって決まっていることを利用して、地震波を地盤の調査に使っています。この調査方法を、弾性波速度検層、またはPS検層といえます。ポーリングによる調査をせずとも、地盤がどのような地層から構成されているかを、推定することができる優れた地盤調査方法です。さらに、地盤サンプル試験から得られた物性値と合わせて、地盤の機械的な値(ポアソン比・ヤング率・剛性率)も算出することができます。砂や粘土など、私たちの生活により身近な土質地盤の場合は、岩盤に比べてやわらかいので、伝播速度は遅くなり、P波で600m/secから2000m/sec、S波で80m/secから400m/secの範囲になります。



地震波の種類

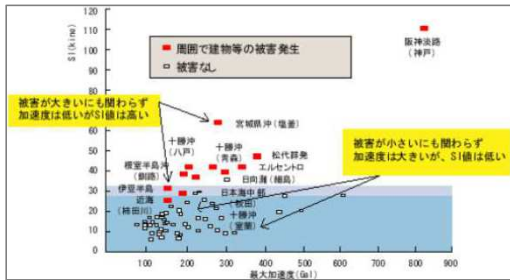
SI 値単位はカイン (1kine=1cm/s)

SI値とはアメリカのハウズナー(G.W.Housner)によって提唱され、地震によって一般的な建物にどの程度被害が生じるかを数値化したものです。地振動による建造物の破壊等の被害は、地震発生時の建造物の振動エネルギーが寄与し、地振動の最大加速度が同じでも地震の継続時間が長いほど建造物の被害が大きくなるといえます。【SI値を求めるための式SI値計算式】

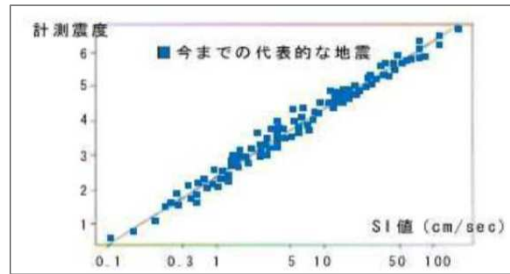
$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv dT (h=0.2)$$

SV: 速度応答スペクトル/T: 周期/h: 減衰定数 \* SIは Spectral Intensity の略です。

建造物の地震時のゆれ速度の最大値(応答速度スペクトルSv)を、固定周期が0.1から2.5秒で減衰定数が20%の建造物に対して平均した値をSI(Spectral Intensity)としている。単位はcm/s高層ビルや石油タンクに代表される固有周期が数~十数秒の長大建造物に対して、それらに影響を与えるやや長周期地震動成分がSI値には含まれないため有効な指標として用いることはできない問題点がある点が難題。



加速度と比較し、SI値の方が被害との相関が高いと言えます。ガス業界ではSI値を基準に供給停止判断を行っています。



SI値と気象庁が出している計測震度とは以下の表にある通り、非常に相関関係が高いことがわかります。そのため、非常に高価な計測震度計を設置しなくても、低価格で同等の信頼性が得られます。

SI値 計測震度の関連

SI値と気象庁が出している計測震度とは以下の表にある通り、非常に相関関係が高いことがわかります。非常に高価な計測震度計を購入しなくても低価格で同等の信頼性が得られます。

SI値 (計測震度) = 2.39 + 1.92log (IS値)

計測震	3	4	5 弱	5 強	6 弱	6 強	7
SI 値(参考)	1.1~3.7	3.8~12.5	12.6~22.8	22.9~41.6	41.7~75.8	75.9~138.1	138.2以上

「受信端末への現状の緊急地震速報、配信経路」通信と緊急地震速報

緊急地震速報の論理的解説から付録

TCP/IPとUDP/IPの解説

なぜか今だ、緊急地震速報の通信にUDP/IPが適合しているのか？

ご理解いただけない方の為の解説。

TCP (Transmission Control Protocol)は、IPと同様にインターネットにおいて標準的に利用されている プロトコルです。特別なものではありません。TCPは、IPの上位プロトコルでトランスポート層で動作するプロトコル。ネットワーク 層のIPとセッション層以上のプロトコル(例: HTTP, FTP, Teinet)の構築しをする形で動作しています。

TCPは、信頼性の高い通信を実現するために使用されるプロトコルであるのに対して、同じく、IPの上位 プロトコルのUDPは信頼性が高くはないが、高速性やリアルタイム性を求める通信に使用されるプロトコル。このようにどちらかが優れているということではなく、通信特性によりTCPまたはUDPを使い分けされます。よって、緊急地震速報コマデータは小さく緊急性を主目的(秒を争う情報)の取り扱いのために特性を生かしています。

UDP (User Datagram Protocol)とは、IPやTCPなどと同様にインターネットにて標準的に利用されている プロトコルです。UDPはIPの上位プロトコルでトランスポート層で動作するプロトコル。ネットワーク層の IPとセッション層以上のプロトコル(例: DNS, NTP, DHCP)の構築しをするかたちで動作しています。情報を投げ込むのみで重複した動作は省略し、別の方法で通信の確認方法を採用させている。UDPのポート番号の考え方についてはTCPと同様です。しかし、TCPのように3way handshake、確認応答、順序制御、再送制御、ウィンドウ制御、フロー制御などの機能がなく、ほとんど何もしないプロトコルです。UDPは、TCPと比べて信頼性が高くはないが、速さやリアルタイム性を求める通信に使用されるプロトコル。よって、緊急地震速報向きに工夫がなされている今までパケットの紛失等の経験はしておりません。

TCPより信頼性が低いのは(重層な包装は必要ない)

TCPではより確実に相手にデータ(セグメント)を届けるために、スリーウェイハンドシェイク、認識応答、フロー制御、輻輳制御など様々な機能を備えています。これらの信頼性を高めるための機能をUDPは一切備えていません。冒頭で「UDPはIPをほとんどそのまま利用した通信プロトコルである」と言いました。IPパケットと同じようにUDPセグメントも、相手に届いたかどうかということは送信元では分かりません。また途中のネットワークの状態によって、送信した順番にUDPセグメントが相手に届く保証もありませんし、途中のセグメントが届かなかったからと言って再送処理が行われるわけでもありません。ただ単にネットワーク層のプロトコルであるIPとセッション層以上のプロトコルやアプリケーションとの構築しを行っているだけかすぎないのです。

転送速度(スループット)がTCPより高いのは(緊急地震速報向けである)

まずはUDPヘッダを見て下さい。TCPのヘッダが20オクテットあるのに対し、UDPヘッダは8オクテットしかありません。ヘッダが少ない分送信するデータの全体容量が減ることになりますので、TCPに比べて転送速度が高くなるのです。更に既述ですがUDPにはスリーウェイハンドシェイクと確率応答を行いません。即ち相手からの応答を待つ待ち時間が一切無いのです(一方的に送りつけるだけです)。当然待たなくて良い分転送速度は上がりますし、余分な作業をしない分内部的な負荷も少なくなります。これらのことからUDPはTCPに比べ、軽量で高速なプロトコルと言えるでしょう。

1対多の通信に最適なのは(サーバの負荷が軽減されます)

これも既述ですがUDPではスリーウェイハンドシェイクを行いません。即ちコネクションを確立しないコネクションレスと言う通信方式となります。TCPではブロードキャスト通信、マルチキャスト通信の際にも全ての端末とスリーウェイハンドシェイクを行い、コネクションを確立しなければなりません。このことから送信元の負荷は非常に大きなものとなってしまいます(コネクションを確立するための送受信作業にウィンドウのためのバッファの確保など)。しかしUDPでは余分な作業をしない分、一回の送信動作で複数相手に同じデータを送信することが簡単にできるのです。

使用条件 (弊社のより通信の確率アップのため手法)

- ①、通信のデータは小さくすること (緊急地震速報の演算結果程度のデータでは問題ありません)
- ②、データの確認のためにデータの認識方法を採用している。Acの有効利用。
- ③、認識した方式を各種(死活監視、端末監視、通信の確率確認)等に利用する方式を採用している。
- ④、TCP/IPの様な重複したコネクションの確率を最小必要範囲内に合理化し軽量と高速を確保させる。

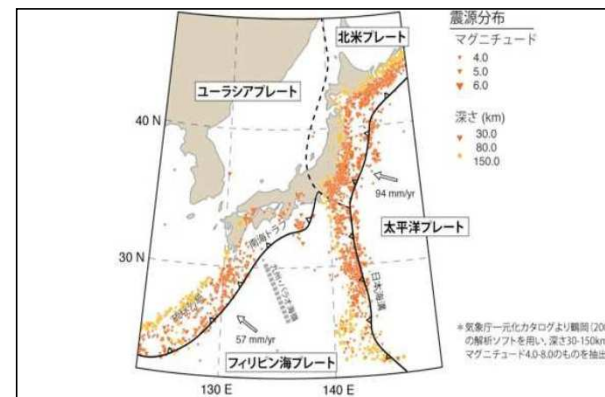


## 装置の操作方法Ⅱ

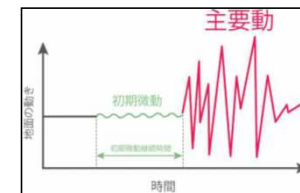
- ①電源を入れるとシリアルNo.が表示されます。
- ②水平方向の揺れの感度(thr)とバイアス値(bias)を設定します。  
・biasは「02」に設定してください。thrは値が小さいほど高感度になりますが、「08」以上の値として下さい。但し、  
④⑤で設定した「thr」の値08と同じか、プラス1の値にしておけばよいです。
- ③垂直方向の揺れの感度(thr)とバイアス値(bias)を設定します。水平方向と同じです。
- ④地震検知を二次元式で行うか、三次元式で行うかを設定します。「02」とすると二次元式となり、水平方向の揺れを検知すると、地震と判定します。「03」とすると三次元式となり、水平方向または垂直方向のどちらかの揺れを検知すると、地震と判定します。  
経験上、三次元式は誤検知が多くなりますので、二次元式をお薦めします。
- ⑤風レベル(wind level)を設定します。やや複雑なので説明を省略しますが、②③で設定した「thr」の値08と同じか、プラス1の値にしておけばよいです。
- ⑥時刻を設定します。ここで設定できるのは、「時間」と「分」のみです。①～⑤のいずれも、+ ボタンを押すと値が増え、- ボタンを押すと値が減ります。設定が終わったら、白ボタン(White)を押して先に進みます。  
なお、①～⑤までを30秒以内に行う必要があります。途中でタイムアップした場合は、電源を切って再度セットアップします。続いて、地震データを読み出す方法です。
- ①白ボタン(White)を押す毎に、地震の記録が新しい方から順次見られます。
- ②見終わったら、白ボタン(White)を長押しして離すと、電池の電圧、現在時刻が表示され、地震監視モードに戻ります。なお、1分が経過すると、途中でも自動的に地震監視モードに戻ります。  
最後に、年月日、日時分の設定方法です。
- 1 白ボタン(White)を押すと、地震の記録が新しい方から順次見られます。
- 2 白ボタン(White)が合計13回押されると、日時設定モードになります。
- 3 ③年、月、日、時、分の順に設定します。いずれも白ボタン+を押すと値が増え、白ボタン-を押すと値が減ります。設定が終わったら、白ボタン(White)を押して先に進みます。なお、1分が経過すると、途中でも自動的に地震監視モードに戻ります。最後に、EFROMの記録をリセットする方法です。
- 地震データの読み出し順序がおかしくなった場合などに、実行して下さい。
- ①電源を切る。
- ②黒、白、赤の3つのボタンを同時に押しながら、電源を入れる。
- ③緑ランプが点灯したら、スイッチを離す。これ以降は、セットアップの順と同じです。
- ④白ボタン(White)を押すと、地震の記録が新しい方から順次見られます。
- ⑤白ボタン(White)揺れが始まると自動で赤色LEDが光り、地震を知らせます。  
揺れが納まると震度とガル数を自動で記録して、再び監視を続けます。が合計13回押されると、日時設定モードになります。年、月、日、時、分の順に設定します。いずれも白ボタン+を押すと値が増え、白ボタン-を押すと値が減ります。設定が終わったら、白ボタン(White)を押して先に進みます。なお、1分が経過すると、途中でも自動的に地震監視モードに戻ります。  
揺れが始まると自動で赤色LEDが光り、地震を知らせます。揺れが納まると震度とガル数を自動で記録して、再び監視を続けます。地震記録後は、4秒おきに赤色LEDが点滅し、ユーザーに地震があったことを知らせます。ユーザーは白いボタンを押せば、地震の発生時刻と震度・ガル数を知ることができます。赤 LED……連続点灯→地震発生中／間欠点灯→新たな地震データあり(読み出すと消灯)「地震発生時ブザー警報音発生ON,OFF可能」CPUは常時、16ビットの加速度デジタル値をADコンバーターから受信しています。書き込まれたプログラムで地震の有無を解析し、地震であると判定した場合は、赤いLEDを光らせます。緑LED……連続点灯→地震記録中／間欠点灯→バッテリー消費1時間に1回、バッテリー電圧測定も行っています。設定された電圧以下になると、緑のLEDを点滅させ、ユーザーにバッテリー交換を促します。

## 緊急地震速報の目的

近代科学をくついても、地震の予知は不可能と発表された。これは地震予知には含まれないとの考えもあるが、どのような仕組みで緊急地震速報が発令されているかを簡単に説明する。地震で発生する波には、縦波と横波があることはご存知だろう。じつは、両者の波が伝わる速度はかなり違い、縦波に比べ横波の速度は半分程度しかない。そのため、地震発生後には先きに縦揺れがあり、それに続いて横揺れが起きる。震源が近い場合は、この時間差は短いですが、震源から離れた地域では、縦波が到達したあと数十秒おいて横波がやってくる。建物の揺れなどは、縦波岩石中を伝わる縦波速度はおおよそ6km/secに対し、横波の速度は3.5km/sec。そのため、震源が200km離れていれば、縦波が到達したのち、約24秒後に横波が到達する(この時間差からおおよその震源の位置や津波の襲来時刻を予測することもできる)。よりも横波やその後続波のほうが大きいので、横波が来る前に速報で分かれば待避することが可能となる。近年は地震計が密に配置されているために、より正確な緊急地震速報が可能となっており、鉄道会社や工場などの生産ラインでも活かされつつある。



日本列島は4つのプレートが会合する場である。そのようなプレート境界であるがゆえ、地震が多発する(日本は地震国)。とくに、海洋プレートが大陸プレートの下に滑り込む沈み込み帯では、その境界面に沿って地震が集中して発生する。東北地方では太平洋プレートが北米大陸プレートの下に、西日本ではフィリピン海プレートがユーラシア大陸プレートの下に沈み込んでいる。



震源からどれだけ観測地点が離れているかによって2種類の波が到達する時間差も大きくなるんだ。つまり、震源から離れば離れるほど初期微動継続時間(初期微動開始から主要動開始までの時間)が大きくなるってことね。

緊急地震速報もP波を速くキャッチすることで、いち早くs波の到達を知ることが出来る点がポイント。

専用端末の歴史

新緊急地震速報専用受信端末「リアルタイム微震計」

地震波の伝わる速度は、数km/秒程度です。一方で、現在、情報を伝えるために使われている有線・無線の電気信号は原理的には光の速度(約30万km/秒)で伝わるため、非常に短い時間で遠距離まで情報を伝えることができます。この地震波と電気信号が伝わる速度の差を利用すれば、地震が発生した場所の近くの地震計で地震波を検知し、それを電気信号で気象庁に伝え、地震波が伝わってくる前にこれから揺れることを再び電気信号を使って伝えることができます。そのシステムを利用した地震発生情報端末ではなく、多くの人々が求める本来の、一歩先を行く「緊急地震速報専用端末」とする。

- その仕様
- ① 地震が発生すると、震源からは揺れが波となって地面を伝わっていきます(地震波)。
  - ② 地震波にはP波(Primary「最初の」の頭文字)とS波(Secondary「二番目の」の頭文字)があり、P波の方がS波より速く伝わる性質があります。一方、強い揺れによる被害をもたらすのは主に後から伝わってくるS波です。このため、地震波の伝わる速度の差を利用して、先に伝わるP波を検知した段階でS波が伝わってくる前に危険が迫っていることを知らせることが可能になります。その地震波をキャッチして通報する本来の「緊急地震速報専用端末装置」とする。
  - ③ この装置は、個別地点における計測装置である。その地点に置く「加速度」から計測したものとします。
  - ④ 計測した情報は、その結果を音声ガイダンスで通報するものとします。付属としてLCDに表示可能とする。
  - ⑤ 気象予報事業者(地震動)の(予報)情報受信可能とする。
  - ⑥ 計測した端末装置のデータはインターネット網でセンターにバックアップ可能とする。
  - ⑦ 任意の震度階の設定が可能で任意のトリガ制御可能とする。
  - ⑧ 任意の個別地点の簡易震度計測を可能とする。「各階の長周期地震動、揺れの計測可能とする」
  - ⑨ 計測データ等の情報を子機機能に伝達可能とさせる。
  - ⑩ 音声ガイダンスは、多言語対応可能とする。
  - ⑪ 気象庁緊急地震速報対応と各種情報配信可能とする。
  - ⑫ センチュウム原子時計対応可能とする。(GPS対応)
  - ⑬ 震度1から計測可能とする。
  - ⑭ 設置場所(位置・高度を自動計測)し記録させる。



2005 実証実験参加専用端末 「Takusu-V」 Takusu 原形



運用当初からロング使用端末 PLAUマ法対応可



2006 Takusu V・S専用端末(市販品)サーバ演算端

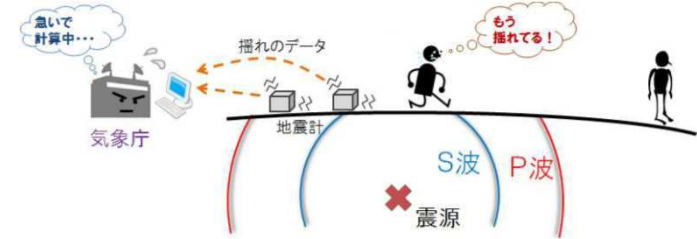


微弱震度計測対応 端末(新製品)

2030新製品専用端末「響き」Totalife

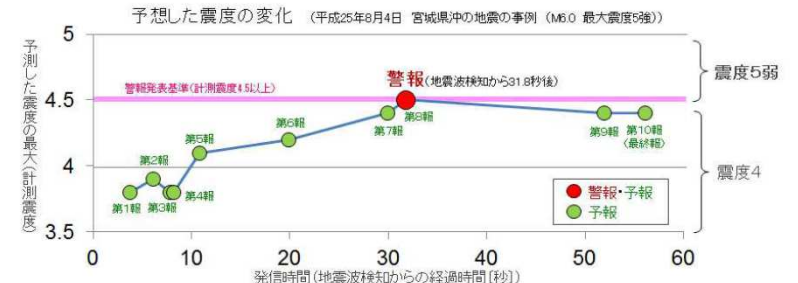
「受信端末への現状の緊急地震速報、配信経路」

緊急地震速報が強い揺れの到達に合わない場合があります  
解析や伝達に一定の時間(数秒程度)がかかるため、内陸の浅い場所で地震が発生した場合などにおいて、震源に近い場所への緊急地震速報の提供が強い揺れの到達に原理的に間に合いません。



震源に近い場所では緊急地震速報が強い揺れの到達に間に合いません

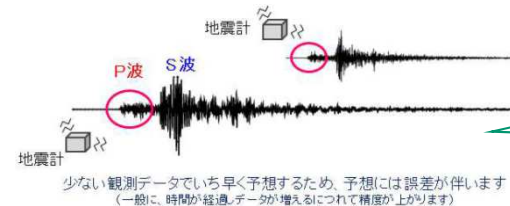
緊急地震速報は時間とともに精度が上がり予想震度なども変化します。  
緊急地震速報(警報)の発表基準を少し下回る状態がしばらく続いたあと、地震計で大きな揺れを観測し、これをきっかけとして、緊急地震速報(警報)の発表基準となる予測震度を上回ることがあります。こうした場合に、緊急地震速報(警報)の発表が地震発生から数十秒後となり、結果的に強い揺れの到達に間に合わないことがあります。



震度の予測が警報発表基準付近で推移する場合、警報の発表が遅れることがあります

予想マグニチュード3.5以上または予想最大震度3以上の場合に発表する緊急地震速報(予報)についても、警報の場合と同様、発表基準を少し下回る状態がしばらく続いたあとに発表基準に達し、結果的に遅れて緊急地震速報(予報)を発表することがあります。

予想には誤差が伴います  
少ない観測データでの短時間での観測データから地震の規模や震源を推定し、各地の震度等を予想するため、予想震度は±1階級程度の誤差を伴うなど、精度が十分でない場合があります。また、予想の誤差により、緊急地震速報(警報/予報)の発表基準を満たさず、緊急地震速報(警報/予報)が発表できない場合があります。緊急地震速報は秒を争う情報です。迅速に伝えるためにはその戦いには限界がありますが、その点をご理解ください。「誤報で良かったと思いたい。」



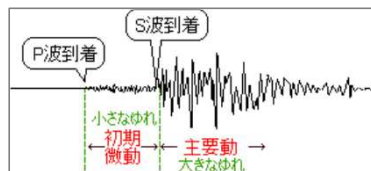
気象庁では、個別地点の情報を必要としないため、P波、S波の情報は重要視していない傾向がある。本来の緊急地震速報の情報が無視されていないか、「警報」を中心とした情報配信となっていないか、本来の緊急地震速報がわずれられていないか人々の身を守る、地震防災の究極の情報としてほしい。

少ない観測データでいち早く予想するため、予想には誤差が伴います  
(一般に、時間が経過しデータが増えるにつれて精度が上がります)



## 地震波の伝わり方

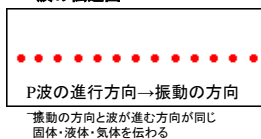
初期微動…はじめの小さなゆれ初期微動を伝える…P波(縦波・速い)主要動…あとに続く大きなゆれ主要動を伝える…S波(横波・遅い)初期微動継続時間…初期微動が続く時間(初期微動が始まって主要動がくるまでの時間)(P波到着からS波到着までの時間)



地下で地震発生地P波・S波同時に発生 → 観測地にまずP波到着初期微動が始まる → 観測地にS波到着主要動が始まる

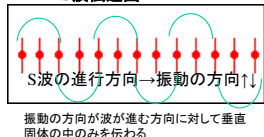
### P波・S波が伝わっていく様子

#### P波の伝達図

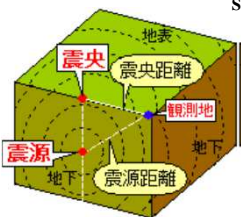


P波 (縦波) 初期微動スピード5 ~ 7Km/秒

#### S波伝達図



S波 (横波) 本震スピード3 ~ 4Km/秒



震源…地球内部の地震の発生したところ震源距離…震源から観測地までの直線距離  
震央…震源の真上の地表の地点震央距離…震央から観測地までの直線距離同心円状にゆれが伝わる

#### 表面波

地震が起きると様々な周期を持つ揺れ(地震動)が発生します。ここでいう「周期」とは、揺れが1往復するのにかかる時間のことです。南海トラフ地震のような規模の大きい地震が発生すると、周期の長いゆっくりとした大きな揺れ(地震動)が生じます。このような地震動のことを「長周期地震動」といいます。

## 「受信端末への現状の緊急地震速報、」

地震の発生結果情報は、一方的な気象庁の報告のみで現実の住まいの位置における震度はわからない。熊谷市の猛暑発表にいたっては、温度計で確認することは出来る、地震の震度を簡単に確認することは不可能、発表を信じるより方法は無い。地震情報等の情報は不確実性の要素が多くそこを巧妙に利用した事柄も多く、発達の妨げになっているのではないかと不安視されている……

地震速報は、地盤によって、良く揺れる地盤と揺れない地盤がある。その内容は考慮されていない震度階にいたっても数年前まで気象庁職員の経験値で示され科学的、計測数値で示されてはなかった不確実な状態が多い中地震の事前の発表も各種データは確率で示されたものが多く、手軽な地震情報も都道府県庁所在地における計測による広範囲な情報となっている。そこで、手軽に計測できる地震測定器が欲しいとのご要望から気象庁検定まで行かなくても、低価格で簡易な高性能なGal Metrを計画してみました。簡易測定であるが測定器となるとそれなりの性能が求められる。そこで、最近各方面で利用されている低価格なMEMS加速度センサーを利用することで低価格製品の提供が可能になり今回検証と共に開発にいたしました。注、「震度計は、気象業務法により気象庁の検定を受けないと公表のために実施する観測に使用される機器として、進販売、使用する場合は気象庁検定製品を受け使用することになっています。」

その他、海外でも各方面で利用のされている関係デバイスの利用、自社開発の震度フィルターと独自のシステムで一般にノイズに巻き込まれた計測不可能であった、微震の地震波も計測することが可能になりました。もう一つ、ハード的に震度0となるとクシャミをしても反応してしまう敏感な動きになり、それでは一般的な使用には適さなく、その難題も、システム上で任意の目的の感度に可変可能にすることで任意の使用に適した製品の完成にいたしました。なお、大学の先生方からのアイデアで計測結果の保存データの地震波、波形の確認検証が容易に可能にすることの提案をいただき、地震研究者へ生な地震波の計測を可能にし、長周期地震動の階層表示に至る幅広い用途に低価格で提供を試みました。

今回の計測器は、一般に期待されている気象庁の緊急地震速報情報の配信不可能な場合、地盤の揺れを感じた場合総て(センサが感知した)の建物周期に適合した計測データを取得することが出来るようにしました。(Gal値)、その結果を震度階に変換し表示しその場で確認できる「気象庁震度階と標準Gal値の目安表参照」生の計測を可能にしました。今後、予定されている高層建物長周地震動地震制御対応と幅広い用途の対応予定をしております。「高層分譲マンションの必需品として全戸標準設置予定商品

項目	内容
計測成分	3成分(xyz) 加速度計 Kinonix社製 45 $\mu$ g $\sqrt$ Hz ローノイズ
最大計測範囲	3g 実計測範囲 $\pm$ 2g
AD変換器	24 bit 最大1ksps 内蔵 16 bit使用 ANALOG DEVICES社製
フィルター	独自開発 震度フィルターシステム
時計機能	内蔵時計、オプションGPS対応可
電源	DC9V ~ DC12V ACアダプター・5V (単三電池4本 5V 約1ヵ月程度計測可能)監視時: 2mA, 地震発生時: 3mA, データ読み出し: 9mA,
CPU	マイクロチップ社 PICシリーズ
計測範囲	0.0006g=600 $\mu$ g ~ (周期1秒)目安 / 震度0 ~ 7 計測周期 0.1 ~ 10Hz
ノイズ peak to peak	240 $\mu$ V(p-p) $\times$ 2 $\cdot$ 「センサーノイズ 45 $\mu$ g $\sqrt$ Hz(電源電圧3.3V)」
DATA記録、配信・速報演算	センターサーバーコンピューターによる総合管理、演算、記録、DATA管理対応、インターネット回線網通信接続、特定省電力無線対応
震度フィルタ	震度フィルタ 0.45倍減衰

「響き」は、加速度センサーを用いて、まもなく大きな揺れが来ることを利用者に知らせることは、地震動の予報業務にあたるのか。(答)単体の(加速度)P波センサー(特定地点においてP波を観測し、その後、当該地点に大きな地震動が到達することを報じる装置)のような観測装置を用いて、当該観測場所におけるS波の地震動を報じる業務については、当該観測場所にS波がP波よりも後に到達し、かつより大きな地震動をもたらすという「自明なことを報じているに過ぎません」ので、予報業務にはあたらない(装置)です。 [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/q\\_a\\_s.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/q_a_s.html)



マグニチュードの目安一覧

緊急地震速報の仕組み

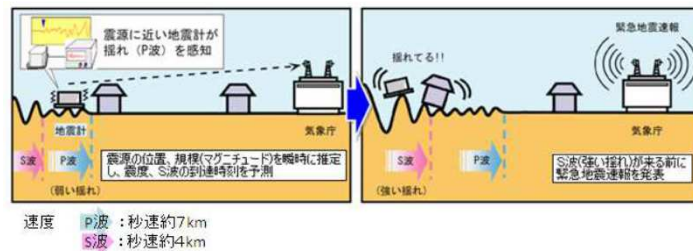
地震が発生すると、震源からは揺れが波となって地面を伝わっていきます(地震波)。地震波にはP波(Primary「最初の」の頭文字)とS波(Secondary「二番目の」の頭文字)があり、P波の方がS波より速く伝わる性質があります。一方、強い揺れによる被害をもたらすのは主に後から伝わってくるS波です。このため、地震波の伝わる速度の差を利用して、先に伝わるP波を検知した段階でS波が伝わってくる前に危険が迫っていることを知らせることが可能になります。

地震の発生を素早くとらえる観測体制緊急地震速報には、全国約270箇所の地震計に加え、国立研究開発法人防災科学技術研究所の地震観測網(全国約800箇所)を利用しています。多くの地震計のデータを活用することで、地震が起きたことを素早くとらえることができます。

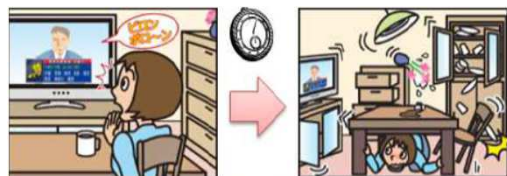
少ない観測データから揺れの強さを速やかに予測する技術緊急地震速報では、少ない観測点のデータから震源やマグニチュードを迅速かつ精度良く推定する必要があります。これは、コンピュータの性能の向上により瞬時に計算が出来るようになったこと、1観測点のP波の観測データから震源やマグニチュードを推定する手法などを活用することで可能となりました。検知した地震波や発表した緊急地震速報を素早く伝える情報通信技術地震波の伝わる速度は、数km/秒程度です。一方で、現在、情報を伝えるために使われている有線・無線の電気信号は原理的には光の速度(約30万km/秒)で伝わるため、非常に短い時間で遠距離まで情報を伝えることができます。この地震波と電気信号が伝わる速度の差を利用すれば、地震が発生した場所の近くの地震計で地震波を検知し、それを電気信号で気象庁に伝え、地震波が伝わってくる前にこれから揺れることを再び電気信号を使って伝えることができます。

「このシステムを緊急地震速報という。」

緊急地震速報は、地震発生情報ではありません、地震波の伝わる速度の差を利用して、先に伝わるP波を検知した段階でS波が伝わってくる前に危険が迫っていることを知らせるのが緊急地震速報です。

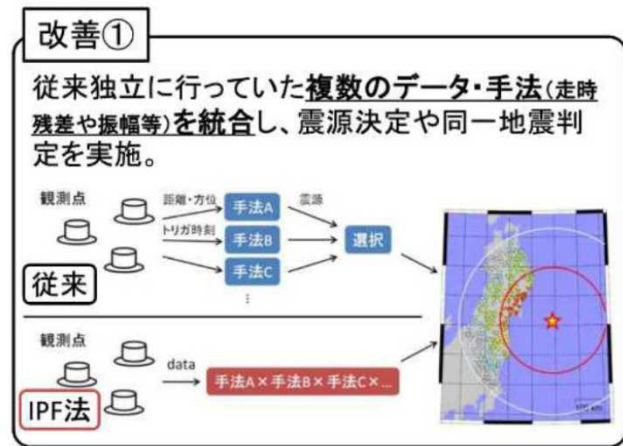


強い揺れまでの時間はわずかしかありません  
緊急地震速報は、地震が発生してから、その揺れを検知し、解析して発表する情報です。一般に、緊急地震速報を発表してから強い揺れが到達するまでの時間は、数秒から長くても数十秒程度と極めて短く、場合によっては緊急地震速報が強い揺れの到達に間に合わないことがあります。

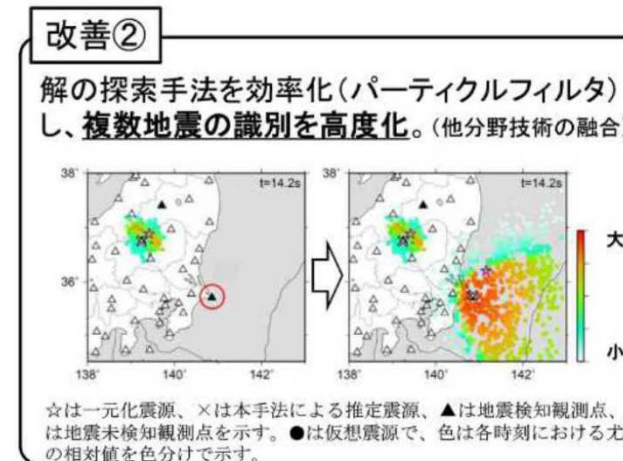


強い揺れまでの時間はわずかしかありません

気象庁新方式 Plum法とipf 法



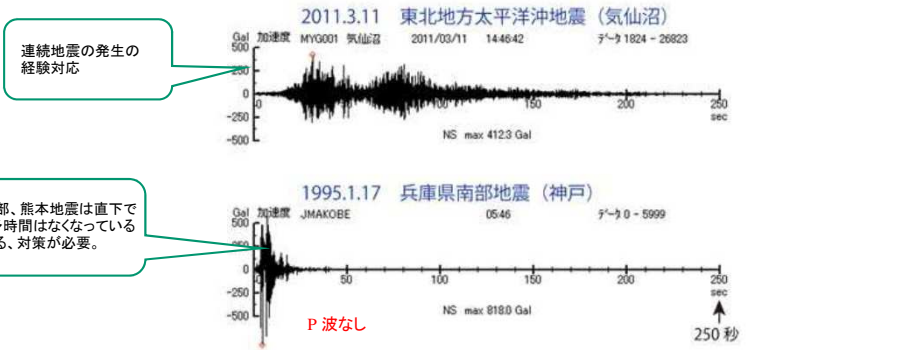
IPF法は、少ない観測点であっても多くの情報を同時に処理に用いるため、緊急地震速報で用いる震源要素の信頼性が向上する。



IPF法を適用することでほぼ同時に発生した複数の地震を適切に分離することができる。

PLUM法は、震源要素を用いないで、観測されたリアルタイム震度を基に震度予想を行う手法である。PLUM法を利用することによって、巨大地震発生時などにリアルタイムで強震動域を適切に把握し、震度予想を行うことができる。さらに、予想すべき震度に相当する量をリアルタイムで観測できるため、十分に観測点密度が高い場合は見逃しが無い。

リアルタイム地震計



連続地震の発生の経験対応

兵庫県南部、熊本地震は直下でP波の猶予時間はなくなっている傾向がある、対策が必要。

リアルタイム地震計 PLUM法対応

従来の緊急地震速報「予報」は、気象庁から地震発生の規模及び震源地の位置、発生時刻の情報提供を受け予報事業者のセンター及び専用端末で任意の地点の予測震度、主要動の到達時刻を計算して通報していました。東北地方太平洋沖地震3:11以後緊急地震速報の信頼度を各種問題発生でなくしている。回避するために今回のPLUM法は、震度や地震の規模の推定は行わず、予測したい地点の地震計で観測された揺れの情報、(震度に相当する値)から直接その地点の震度を求めます。PLUM法では、震源や地震の規模の推定は行わず、予測したい地点の周辺の地震計で観測された揺れの情報(震度に相当する値)から直接その地点の震度を求める。これは予測地点の付近の地震計で大きな揺れが観測されたら、その予測地点も同じように大きく揺れる」という考えに従った予測であり、予測してから揺れがくるまでの時間的猶予は短時間となりますが、広い震源域を持つ巨大地震であっても精度良く震度を予測できます。東北地方太平洋沖地震(マグニチュード9.0)にPLUM法を適用すると、震源から離れた関東地方の強い揺れも精度良く予測できることを確認したとしている。こうした事態を受けて、巨大地震にも対応できる新たな手法(PLUM法)の開発を進め、従来の手法と組み合わせた緊急地震速報の発表の運用が開始されました。PLUM法は、開発及び検証等が完了次第、予測精度と揺れまでの時間的猶予の双方の効果を上げるようにIPF法と組み合わせられた形で平成30年3月から運用を開始するとしたのだ。今回のPLUM法の導入とともに、過大な震度予想を防ぐために従来の手法により推定した地震の震源・規模が妥当かどうかを実際の揺れから評価する機能を緊急地震速報に導入するとしている点がきになるが期待したい。「今回は、東北大震災の対策であるが次の時代には、次の問題の新たな開発が求められ継承されて行くのではないかと、未知の世界との挑戦はまだまだ続くその対応が必要ではないか。」そのためには、我々の中枢のセンターサーバ演算方式を維持し各種サービスを提供しなくてはならない。リアルタイム微震計開発「響き」の特徴

- 1、内蔵の加速度センサーから個別地点の予測震度を推定する。
- 2、震度1からの微震計測が可能とする。(独自の震度フィルターの開発。)
- 3、近傍計測ネットワーク地震計のP波発生から個別地点での主要動到達猶予時間の計算。
- 4、リアルタイム震度を利用するために震度4を確認した時点で緊急地震速報の発令が可能になる。
- 5、低ノイズ、高感度な加速度センサーの開発とコンピューターの性能向上により瞬時に計算が可能になった。
- 6、上記5のMEMSセンサーの開発でコンピューターシステムにおいて高度な個別時点の情報が取得できることになりSI値の値が緊急地震速報以上に重要視されている、SI値は、耐震設計基準と対応付けが容易で寺振動の揺れの強さの尺度として信頼性が高く利用できる。
- 7、旧緊急地震速報の演算は、全国を一低の基準に指定だPLUM法は個別地点での計測値で正確な値が利用され地盤の関係が考慮される。
- 8、震源からの距離は初期微動継続時間に比例することの利用。
- 9、今後発生する長周期地震動は「7~8秒と長期に揺れる。」
- 10、基準となる精度高いセシウム原子時計の内蔵を求める。
- 11、P波センサーの初期微動の計測精度の向上を求める。
- 12、低消費電力運用時(2mA) 以内。
- 13、LAN接続可とする。

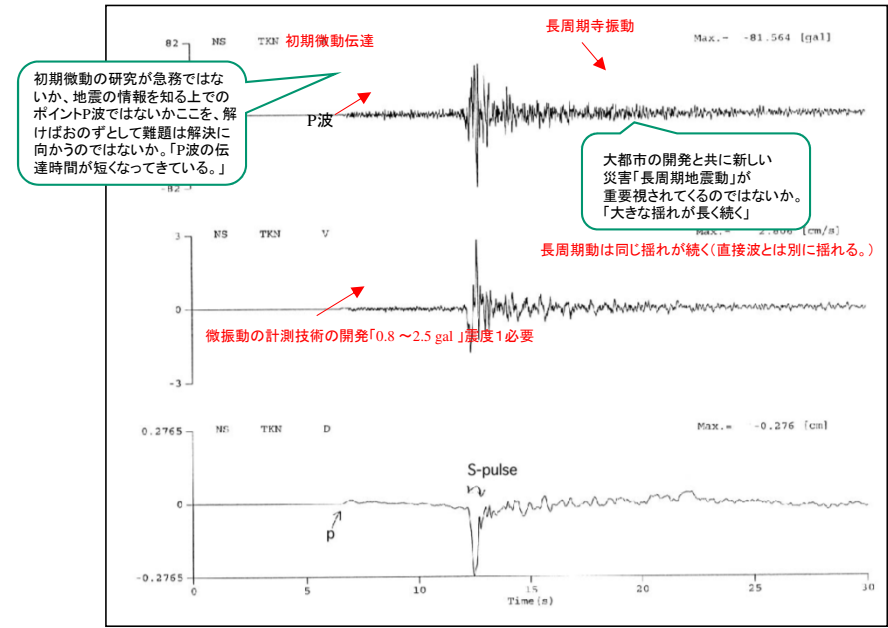
「緊急地震速報」、P波とS波の解説

緊急地震速報

十年前の当初の緊急地震速報は、究極の地震防災情報と持てはやされていたがいつの間にか、地震発生情報に様変わりしてしまっ。緊急地震速報」はどこに行ってしまったのか。過去のNHKのEWSと同じ道を歩んでいるのではないかと、忘れられてゆく国の安易な情報伝達の政策、(J-ALERT等・緊急地震速報)地震の予知の為に一兆円も国家予算を無駄使いをしてしまった。結果、「予知は無理です、一言で終わってしまった。」その過程で対応策の緊急地震速報もアヤブイ「国家予算で全国に設置した地震計の再利用案から提案であった。」開発当初から、地震予知は含まれないとの考えであったが、どのような仕組みで緊急地震速報が発令されているかを簡単に説明しておくが、今は、当初の面影は薄れてきている。地震が発生した場合発声する地震波には、縦波と横波があることはご存知だろう。じつは、両者の波が伝わる速度はかなり違いがある。縦波に比べ横波の速度は半分程度しかない、そのため地震発生後に、先に縦揺れがあり、それに続いて横揺れが起きる。震源が近い場合は、この時間差は短い震源からやや離れた地域では、縦波が到達したあと数十秒おくれで横波がやってくる。建物の揺れなどは、縦波が岩石の中を伝わる縦波は速度およそ6km/secに対し、横波の速度は3.5km/sec。そのため、震源が200km離れていれば、縦波が到達したのち、約24秒後に横波が到達する(この時間差からおおよその震源の位置や津波の襲来時刻を予測することもできる)。よりも横波やその後続波のほうが大きいので、横波が来る前に速報で分かれば待避することが可能となる。近年は地震計が密に配置されているために、より正確な緊急地震速報が可能となっており、工場の生産ライン、鉄道等で活かされているがその成果は公に公表されていない。当初計画の本来の「情報と通信、演算等の近代科学の技術の技は示されなくなってしまう。それはなぜだろうか

。それには、地震という特殊性を利用して関係者が尚曖昧にしてしまった。又巧みな手法を使い国家予算を投入してしまい、その結果の検証を行わないまま月日がたち曖昧なままの現状である。これも、行政の怠慢ではないか国民には期待を持たせ「国民の安心と安全を」理屈にして兆の予算をむしばんでしまった。鉄道会社や工場などの生産ラインでも活かされつつある。の緊急地震速報の趣旨は、ぬ

今後考えられる、新しい時代と共に発生する地震波の動向。



初期微動の研究が急務ではないが、地震の情報を知る上でのポイントP波ではないかここを、解けばおのずとして難題は解決に向かうのではないかと、P波の伝達時間が短くなってきている。

大都市の開発と共に新しい災害「長周期地震動」が重要視されてくるのではないかと、「大きな揺れが長く続く」

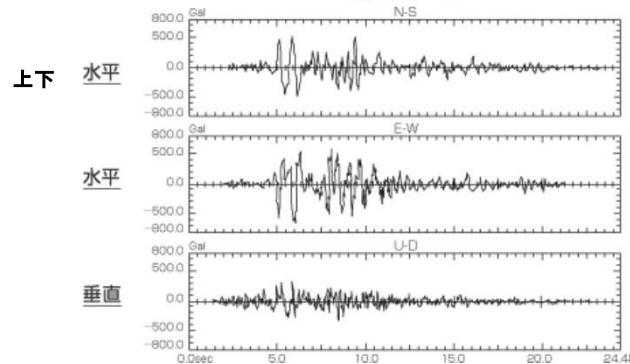
セシウム原子時計

振動数

1秒間に繰り返す回数をいい、単位はHzを使います。一般的な地震は数10Hz以下が主成分で、水平方向より垂直方向の波の方が振動数が高くなっています。

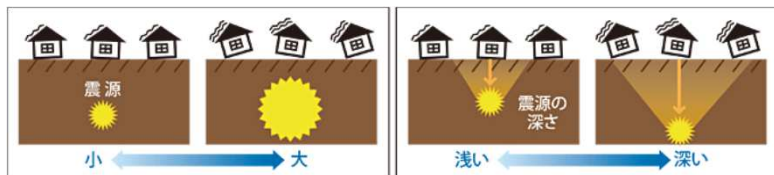


(地震波形データ)



地震の加速度を表す単位は※Gal(ガル)を使います。980Gal=980cm/s<sup>2</sup> ≒ 1G  
 阪神淡路大震災、中越沖地震、東日本大震災とも1000Galを超えた波形が記録されており重力加速度(1G)以上の加速度が発生したことが分かります。※Gal加速度の単位で1Gal=1cm/s<sup>2</sup>です。地震の分野では一般的に用いられており、新計量法による国際単位系(SI)でも用途を限定する非SI単位系として、「重力加速度」地震には猶予期限なく、使用が認められています。

震源地での地震の大きさを表す尺度です。一般に震源が深くマグニチュードが大きいほど広域に揺れが伝わります。



震源が深い方が広く拡散。  
 \*マグニチュードが同じでも震源の深さが異なると地表の激しさが異なる。

緊急地震速報の訓練 シンリオ

緊急地震速報訓練活用  
 防災訓練シナリオ(案)

緊急地震速報受信設備設置の場合

Point 訓練前に、役割分担を決めましょう!

- ① 初期消火担当
- ② 避難誘導担当
- ③ 119番通報担当

20秒程度

緊急地震速報受信の場合の訓練(シナリオ)  
 チャリンチャリン訓練地震発生  
 のガイダンスが放送されたら、訓練参加者は、20秒程度で大きな揺れが来る事になっている「揺れの擬音が放送された時が大きな揺れが来た時です」

それまでのわずかな時間に、避難対応行動をとることになります。(約20秒予定)  
 地震による揺れが収まった後に、火災が発生、ここで、消火活動や救助活動の訓練が開始されます。

約22秒予定の時間の体験をしてください。

揺れがおさまったことを想定して、全館放送で「地震の揺れがおさまりましたので、すみやかに、外の避難集合場所に集まってください」といった全館避難放送を行う。

消火班 消火器で消火活動  
 救助班 救助活動開始!

訓練の反省

消火活動・救助活動124

訓練会場で随時実施

事前にTakusu-IDCに訓練信号の配信  
 申込、開始時間の連絡。  
 定刻に訓練信号が配信されます。

緊急地震速報 受信

チャリンチャリン 訓練地震発生  
 訓練まもなく地震がきます。  
 訓練すぐに地震がきます

対応行動

- ① 予め社内で決められた安全ゾーンに避難する。
- ② 落下物の無い場所へ迅速に移動。身を低くして頭を守りながら揺れに備える。

地震による 大きな揺れ発生

ガラスの割れ擬音いま強く揺れています。

避難行動

「身の安全確保、余震に注意」

事務所湯沸場から 火災発生



地震波 引き波と押し波

**引き波と押し波** 最近の標準的な強震計では、2g (gは重力加速度、9.8m/sec<sup>2</sup>)程度までの測定が可能になっています。

観測点で発生した地震の初動が押し波だった場合、地面は最初上にゆれる。引きの場合は、地面はさがる。初動から震源の方向を求めると下図の通りとなる。

大森式から震源距離を求める。(震源からの距離は初期微動継続時間に比例する。)各地の地震計の記録から、震源を調べることができます。この関係を明らかにしたのは大森房吉(1918)で、大森公式と呼ばれています。

実際の計算では、たて波(P波)の速さを約8km(7km)、横波(S波)の速さを4km(3.5km)とすると初期微動継続時間に8(7)をかけた値が、震源からの距離ということになります。図3 ご参照ください。

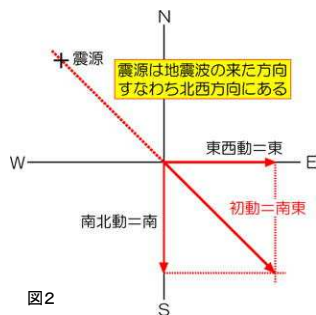


図4のように、東西南北の十字を作り、そこに南北動と東西動の矢印を書きます。このとき、矢印の長さは、それぞれ南北動と東西動の波形の大きさに準じて書きましょう。次に、矢印の先端から南北動と東西動それぞれに平行な点線を書き、観測点と対角を結んだ線が地震波の初動になります。最後に、この地震は押し波ですから、震源は地震で最初に動いた方とは逆方向の北西にあることになります。

図2

$$\frac{\text{震源からの距離}}{\text{S波の速さ}} - \frac{\text{震源からの距離}}{\text{P波の速さ}} = \text{初期微動継続時間}$$

震源からの距離を  $L$  km, 初期微動継続時間を  $t$  秒, S波の速さを  $4$  km/秒, P波の速さを  $8$  km/秒とすると、上の式は、

$$\frac{L}{4} - \frac{L}{8} = t \quad \frac{2L}{8} - \frac{L}{8} = t \quad \frac{2L - L}{8} = t \quad \frac{L}{8} = t$$

$$\therefore L = 8t$$

GPS で設置緯度経度、震源位置決定  
セシウム原子時計で標準時計を起動される。

緊急地震速報の技術的改善策の趣旨

東日本大震災と、阪神淡路大震災の揺れ方の違いについて】

・「揺れ方」については、「波形(上下・東西・南北の3軸)」を見れば分かると思います。

気象庁「ホーム > 各種データ・資料 > 強震観測データ」  
<<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/index.html>>内、  
「2011年3月11日14時46分 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」  
「1995年1月17日05時46分 平成7年(1995年)兵庫県南部地震」(87型電磁式強震計)

「強震波形(平成7年(1995年)兵庫県南部地震)」の場合、「震央距離(km):16.5」の「観測点名:神戸中央区中山手(JMA KOBE)」、「強震波形(平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震)」の場合、「震央距離(km):158.5」の「観測点名:涌谷町新町」などが良いかも。なお、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の場合、「主たる破壊の継続時間:3分程度(大きな破壊は3回)」※なので。

※気象庁「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について(第28報)報道発表日 平成23年3月25日  
<<http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/25b/201103251730.html>>の添付pdfを。

また、「揺れの時間」は

『地震による強い揺れはどの位長く続くのですか?』  
地震の揺れは2、3分ですが余震が連続して続く場合があります、ご注意ください。  
時代と共に自然社会の構造物等も大きく変化してきている関係から被害規模も大きく変化してきた。  
第一に自分の身を守ることを考えて行動してくださいでないと周りの人も助けることもできません。

地震による強い揺れが続く時間は、その地震の断層運動(岩盤がずれる動き)が継続する時間とほぼ同じです。日本付近で発生する地震による強い揺れは、

- マグニチュード7クラスの地震であれば約10秒間、
- マグニチュード8クラスの地震であれば約1分間、
- マグニチュード9クラスの地震であれば約3分間継続します以上を目安として覚えておこう。

例えば、「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」では15秒程度、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」では長く続いたところで190秒程度でした。

気象庁「ホーム > 知識・解説 > よくある質問集 > 震度・マグニチュード、その他」より。「強い揺れ」とは、「震度4以上」のようです。

問題 大森式の利用

問題

ある日、東京の丸の内地震が発生しました。その時の気象庁観測結果は、P波が午前10時0分、S波が午前10時1分5秒と記録されていました。

問い、  
①「今回の地震の場合のP波の速さを秒速8km、S波の速さを秒速4kmとすると、この地震の震源地は東京から何km離れた地点か、震源地までの距離を計算しなさい。」(P波とS波は震源を同時に起っていると考えてください。) 追加A、(正式)なP波の伝わる速さを秒速何kmか計算しなさい。  
(問題は、P波の速さを秒速8 kmとしています(正確は) B、今回の、地震の発生時刻も求めてみてください。

解説  
P波～初期微動を引き起す縦波、約7～8km/秒の速さ、S波～主要動を引き起す横波、約4km/秒の速さ  
震源から観測地までの距離=P波又はS波の速さ×到達までに要した時間  
初期微動継続時間～P波が到着してからS波が到着するまでの初期微動が続いている時間。

震源地から100km離れた地点でS波が到着するのは(主要動がはじまるのは)、  
時間=距離/速さより100/4。0=25秒、初期微動継続時間が12.5秒であることから、  
P波が到着するのにかかった時間は、25-12.5=12.5秒  
よってP波の伝わる速さは、100km/12.5秒=8km/=約8km/秒  
そこで、初期微動継続時間(P-S時間)から震源までの距離を求めるやり方で確認。  
震源までの距離={ (S波の速さ×P波の速さ) / (P波の速さ-S波の速さ) } × 初期微動継続時間  
もし上記の問題の数値で震源までの距離を求めるのであれば、大森式で計算すると  
{(4.0×8) / (8-4.0)} × 12.5=100km=約100kmとなります。

ヒント  
初期微動維持時間(P-S時間)というのが、P波が到着してからS波が到着するまでの間、初期微動が続いている時間だという概念がポイントになります。具体的に数字を当てはめるとP波の速さ8km/s S波の速さ4km/s  
震源までの距離100kmだとP波が到達するのは地震が起きて100/8=12.5秒後S波は100/4=25秒後  
初期微動継続時間は25-12.5=12.5秒となる。  
「以上の式、以外に東大の地震学者「大森房吉」教授の考案された、大森公式と言うのがあります。  
参考までに、Web等で調べて見ておいてください。」  
大森式による計算例初期微動継続時間(時間)から震源までの距離を求めるやり方です。  
震源までの距離={ (S波の速さ×P波の速さ) / (P波の速さ-S波の速さ) } × 初期微動維持時間、もし上記の問題の数値で確認すると震源までの距離を求めるのであれば、{(4.0×8.0) / (8.0-4.0)} × 12.5=100km=約100kmとなります。縦波、約8km/秒の速さ、S波～主要動を引き起す横波、約4km/秒、震源距離100kmの確認もできました。

問題の回答  
震源地から観測地点(千代田区)までの距離をL、到達するまでにかかった時間(秒)をAとすると、  
距離=速度×時間だから、  
P波は、L = 8 A……………①  
S波は、P波より65秒後(1分5秒後)に到達したからL=4(A+65)……………②  
①=②だから  
8 A=4 (A +65)  
8 A=4 A +260  
8 A-4A= 260  
4 A=260 : A =65 秒  
つまり、地震波は、地震発生時間の65秒後に到達した。このことから、式①へ65 秒を入れると、  
L=8×65=520 km 答え、520 kmとなります。  
地震発生時刻は、10 時から65 秒を引くと地震発生した時刻になります。  
[震源地は、遠く名古屋近くの地点になることがわかります

「受信端末への現状の緊急地震速報、配信計測」

ガルの解説 「表示単位 1 Gal = 0.01 m/s<sup>2</sup>」

震度	標準目安 gal	加速度Gal 値	呼	備 考	加速度 g (計測値)
0	0～0.8	～0.8	—	0.5未満	～0.006g
1	0.8～2.5	0.8～2.5	—	0.5以上1.5未満	0.006g～0.002g
2	2.5～8	2.5～8	—	1.5以上2.5未満	0.002g～0.006g
3	8～25	8～25	—	2.5以上3.5未満	0.006g～0.02g
4	25～80	25～80	—	3.5以上4.5未満	0.02g～0.06g
5弱	80～250	80～165	5弱	4.5以上5.0未満	0.06g～0.1g
5強		165～250	5強	5.0以上5.5未満	0.1g～0.2g
6弱	250～400	250～325	6弱	5.5以上6.0未満	0.2g～0.3g
6強		325～400	6強	6.0以上6.5未満	0.3g～0.6g
7	400以上	400 以上	7	6.5以上	0.6g ～

30度に傾けた時に0.5Gつまり490GALになります。200GALは0.204Gになります。分度器を使うと表示が正しいか確認できる。

gal 震度表示

◎ 1ガルは、1秒(s)に1センチメートル毎秒(cm/s)の加速度の大きさと定義されている。すなわちガルは「センチメートル毎秒毎秒」(cm/s<sup>2</sup>)と書き表すことができる。国際単位系(SI)における加速度の単位はメートル毎秒(m/s<sup>2</sup>)であり、1 Gal = 0.01 m/s<sup>2</sup> となる。ガルは非SI単位であるが、日本の軽量法では重力加速度および地震に係る振動加速度の軽量に限定してガル(Gal)および1000分の1のミリガル(mGal)の使用を認めている。

地球表面における重力加速度はおおよそ981ガルである。世界最大の地震による加速度は、岩手・宮城内陸地震(2008年6月14日)の際に岩手県一関市厳美町祭時で観測した4022ガルである。マグニチュードは、Mという記号で表わす。Mが1増加すると地震波エネルギーは約32倍になる。マグニチュードは震度のように直接観測できないので、各地の揺れの大きさなどから推定される。

SI値 (Kine カイン)

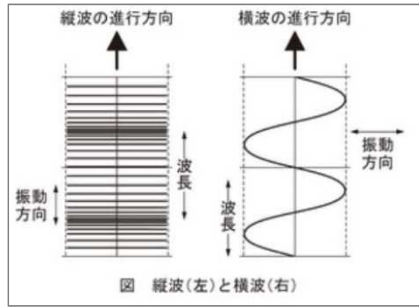
SI値とはアメリカのハウズナー(G.W.Housner)によって提唱され、地震によって一般的な建物にどの程度被害が生じるかを数値化したものです。地振動による構造物の破壊等の被害は、地震発生時の構造物の振動エネルギーが寄与し、地振動の最大加速度が同じでも地震の継続時間が長いほど構造物の被害が大きくなるといえます。「詳細 P参照」

◎ 地震の分類

- M1 から3 までを 微小地震、
- M3 から5までを 小地震、
- M5 ～7を 中地震、
- M7 以上は大地震、
- M8 以上は巨大地震、というように分類している。 ◎ 震源からの距離は、初期微動継続時間に比例する。

速度が毎秒1cm(1カイン)ずつ速くなる。加速状態を1ガルとしている(1ガル=1cm/sec<sup>2</sup>)。地上で物体が自由落下するとき、落下する速度は毎秒980カインずつ増す。これにより重力の加速度は、980ガルとなる。重力加速度は980ガル=1g(ジー)で表す。30° = 0.5G = 490GAL (30度に傾けた時に0.5Gつまり490GALになります。200GALは0.204Gになります) 11.8° = 0.204G = 200GAL 、 15° = 0.25G = 245GAL

地震波 P波とS波

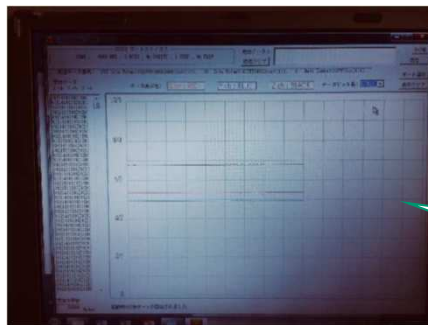


波はその伝わりかたで2種類に分けることができます。それが、横波と縦波です。横波と縦波の違いは、波の揺れる方向の違いです。波の進行方向と垂直なのが横波、進行方向なのが縦波です。

**【横波】**  
横波はイメージしやすい波です。びんと張ったロープを揺らしたときに伝わる波が横波です。波は物質が振動することによって生じます。ロープならロープそのものが振動します。その振動する方向が、波の進む方向と直角になるものを横波と呼びます。展示品ではムカデの足ののように並んだ水平棒が上下に揺らぐのが伝わっていきます。波が進む方向と棒が揺れる方向は直角なので、これは横波であることを示しています。

**【縦波】**  
縦波はイメージがしにくい波です。展示品は10mのパネで縦波を表わしています。展示品の動きを見ると、パネが押されることでパネの間隔の短い部分が伝わっていくのが分かります。パネの縞模様が移動していくように見えます。この縞模様の移動が波なのですが、一般的な波のイメージと異なるので、『波』ととらえることが難しいかもしれません。縦波は別名『疎密波』といいますが、こちらの名前の方が実態を表わしています。展示品の動きで分かるように、『疎』の部分と『密』な部分が伝わっていくのが縦波の本質です。縦波は、波の進む方向を『縦』ととらえることでそのように呼ばれます。

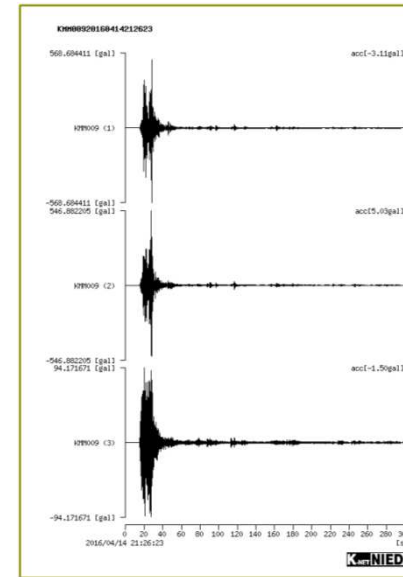
**【地震は縦波と横波】**  
震源で発生した揺れが伝わるのが地震です。地震は地面の揺れが波となって広がっていきます。地震は縦波と横波の両方が発生します。そして、縦波は横波よりも伝わる速度が早いという特徴があります。地震の縦波はP波と呼ばれて、大きな揺れが来る前のカタカタ揺れると表現されることが多い初期微動がそれにあたります。横波はS波と呼ばれ、初期微動の後の大きな揺れがそれにあたります。岩石や金属といった固体では縦波と横波の両方の波が生じます。



Gal Meter リアルタイム簡易地震計「響き」微震計測地震波P波表示S波表示引き波確認初期微動確認平常時

XYXときれいな波形を確保できました。平常時の波形

「個別地点の計測 地震波」



今回の熊本の地震の波形図です。いきなりドカンと来てます。下記の人工地震の波形図と同じです。(熊本地震の原因はアメリカの人工地震説ば理由にバナマ文書の影ばから拝借)

今浪カメラマンは、05年に福岡県で発生した福岡県西方沖地震も経験した。「あの時は震度5で、ドスンとした縦揺れに驚きました。その時より、今回の方がはるかにひどい」と強調した。

度7の大地震が発生した益城町に滞在していた。「いきなり、ズドンという横揺れがあった。それは、もう怖かった」と発生当時の恐怖を語った。

こちらが今回の熊本の地震の波形図です。いきなりドカンと来てます。下記の人工地震の波形図と同じです。(熊本地震の原因はアメリカの人工地震説ば理由にバナマ文書の影

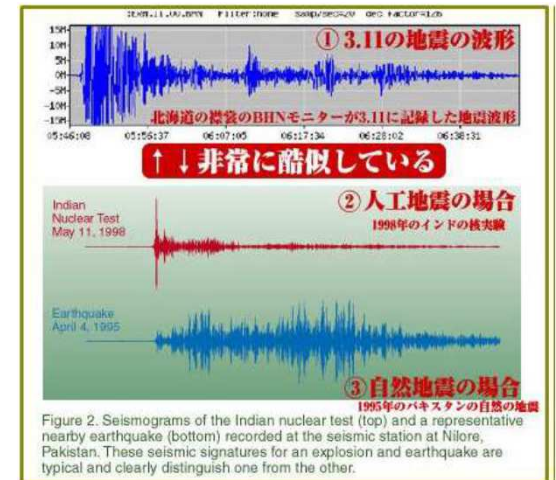


Figure 2. Seismograms of the Indian nuclear test (top) and a representative nearby earthquake (bottom) recorded at the seismic station at Nilore, Pakistan. These seismic signatures for an explosion and earthquake are typical and clearly distinguish one from the other.



「緊急地震速報」の各種分類 こんなに複雑…… 伝達所要時間差の目安

気象庁・緊急地震速報の分類 緊急地震速報の種類をご存知ですか。

一般向け「警報」、高度利用者向け「予報」

「予報」情報は、震度階によって提供先が変わってきます。「警報」は、気象庁の情報を中継伝達していますが配信システムによって到達は変わってきます。

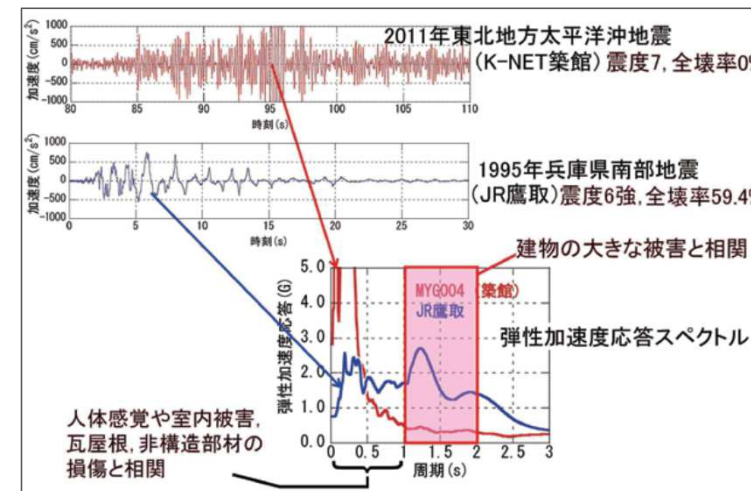
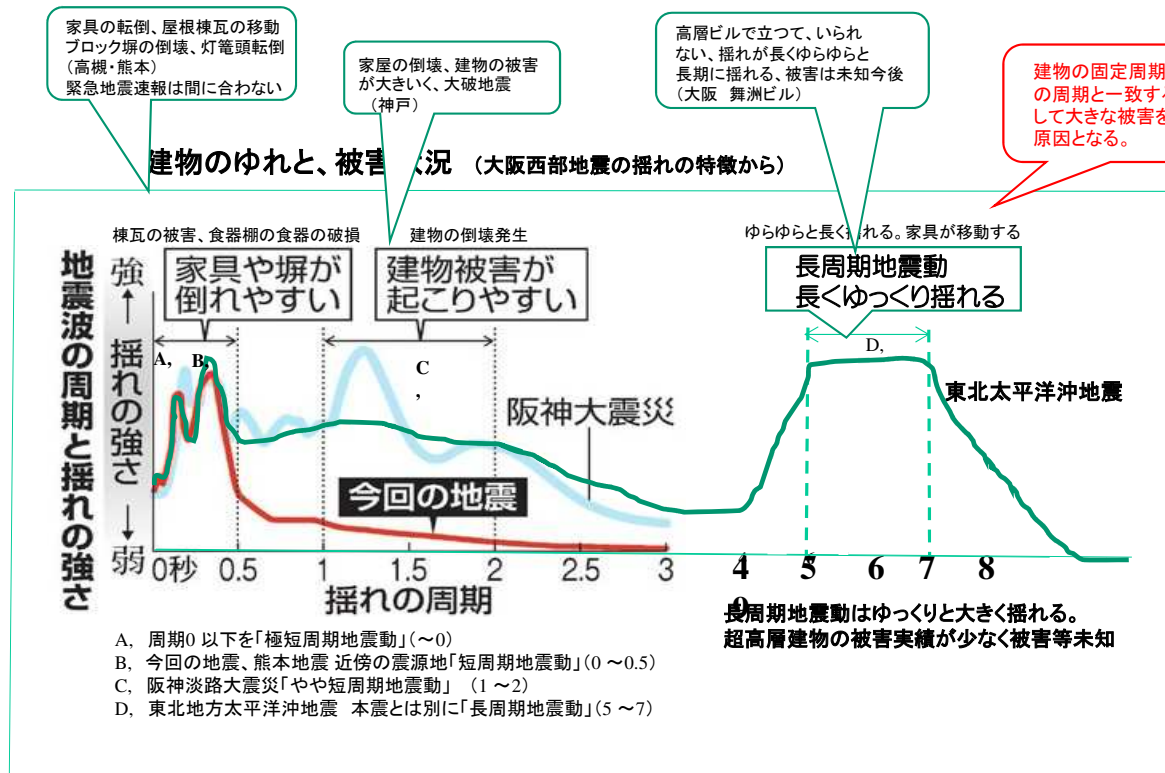
震度階	0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7	8	
気象庁 警報 予報	地震波が2点以上の地震観測点で観測され、 <b>最大震度が5弱以上と予想された場合に発表される</b> 警報の内容 強い揺れ(震度5弱以上)が予想される地域及び震度4が予想される地域名											警報発令基準に準じた場合に発令される。
	一般向け「警報」						高度利用者向け「予報」					予報は、地震発生時に通報される。
法定伝達機関 日本放送協会 民間放送	電源がONの場合情報をテレビ・ラジオで入手可能						NHKのTV ラジオ法定警報の伝達・民放の放送					全国にNHKは警報を伝達している。 民放も同じ
携帯電話各社	警報発令時そのエリアの携帯に発報される						携帯各社で警報の無料伝達					警報の発令地域情報
予報事業者 気象庁方式の伝達	専用端末で任意の震度階の設定で受信可能			気象庁方式による震度推定結果等の配信 (予報)								気象庁の地震発生時刻位置、規模を基準に気象庁方式で演算結果を通報
予報事業者 Takusu社対応 気象庁告示独自演算	専用端末で任意の震度階等が受信可能 任意の地点の震度推定を気象庁告示の第二号工(2)の演算方法による独自の方式 (予報)											気象庁の地震発生時刻位置、規模を基準に独自の震度推定で演算結果を通報
緊急地震速報 (予報)												鹿島建設・小堀・Takusu 震度推定方法の採用

- 緊急地震速報の「警報」地震情報として大変重要です。地震速報は秒を争う情報で短い時間で警報の決定は現在の技術でも大変難しい。そこでもうひとつの情報、予報の推定による情報の有効利用をお勧めします。
- 予報は、地震の発生をキャッチし地震波の特性を利用して大きな揺れが来ることを先回りして個別に知らせる情報です。
- 携帯電話のメール配信は、気象庁の「警報」発令により配信されるもので個別地点の情報ではありません、揺れが着てから配信される場合もあります、(一定のエリアの地域情報です。)
- 全国瞬時警報の情報 J-ALERT等の緊急地震通報は現在も通信経路等の関係で1秒以内の伝達は不可能ですご注意ください。
- 予報事業者からの情報も一定ではありません各社の配信システム技術、その通信方式で時間差が発生しています。一斉に同時に個別地点の情報を提供する技術高度な技術を要求されます。

最近の地震災害からのまとめ

阪神淡路大震災(内陸)・東北地方太平洋沖地震(海溝)、熊本・大阪北部(直下)地震と「震度・周期」の関係による地震の特徴と相関図

「建物の被害は(震度)揺れの大きさだけでなく地震の周期、建物の固定が大きく影響する、(共振)」



建物と固有周期の関係

構造	固有周期	高さm	階数	T 固有周期
RC	T=0.02h	15~30	5~10	0.3~0.6 程度
S	—	120	30	3~3.5 程度
S	—	200	50	5~6 程度
W	—	6	2	0.3~0.4程度
例 ライト	—	296	70	7 程度

※ 地震の揺れは、周期地震動と建物の固定周期の共振によって、被害の状況が大きく変動する。

建物の固有周期の計算

$T=h(0.02+0.01\alpha)$  T:建物の設計用一次固有周期、h:建物の高さ(m)  $\alpha$ :建物のうち柱および梁の階の高さの合計のhに対する比  
 1秒間の移動が1cmで1カイン、周期1.5秒程度の揺れが1番被害が大きくなる。

例えば、RC構造であれば、T=0.02hとなり、5階~10階以下の建物(1階あたり3mで計算すると、建物高さは15~30m程度)だと、0.3秒~0.6秒前後の固有周期となります。固有周期に伴う建物の被災は、地震が起こると地盤が揺れ、その上に建っている建物も当然揺れが生じます。この時に、建物の“相性”がうまく地盤と合ってしまうと、建物は大きく揺れて、最悪の場合壊れることもあります。

参考

**震度7のゆれでも、ゆれの周期が0.1秒であるときは、2700ガルの加速度が必要なのに周期が1秒では、その約1/5強の600ガルの分ということになる点をご理解ください。「ガルと震度の関係」 阪神淡路 800ガル、東北地方太平洋沖 2900ガル**

加速度が大きいのは一瞬だけの事になる。(地震の揺れは阪神淡路の場合10秒程度)また、地震の揺れ方によってはガルの数字がそこまで大きくないに関わらず、震度や被害が大きくなることもある。東日本大震災では約2900ガルで震度7だったが、阪神淡路大震災では約800ガルでも震度7であった。これは、震度の算出方法が「同じ震度でも周期が0.5秒以下の細かな揺れではガルの値が大きく、周期1秒程度の揺れでは小さくなりやすい」というデータによって、周期0.1秒の揺れでは2700ガル程度、周期1秒の揺れでは600ガル程度で震度7の基準となるため。例えるならば、電車が走行中に小刻みに揺れても立っていられるが、ポイントを通過する際に揺れるとよるめいてしまう事と同じである。参考

## ガル値と震度

気象庁から開示のグラフから。 P 55 参照

震度7 「揺れの周期0.1秒の場合」 = 2.700ガル ・ 「揺れ1秒の場合」 = 600ガル とされている。  
 そこでセンサーは「響き」は KXR94を 採用

加速度センサーKXR94のノイズは、仕様書によると、 $45 \mu\text{g}\sqrt{\text{Hz}}$  (rms、電源電圧3.3V時)です。  
 今回は4.15Vで使用していきまから、ノイズは、 $45 \times 3.3 \div 4.15 = 36 \mu\text{g}\sqrt{\text{Hz}}$  (rms)程度であると推定されます。  
 回路図は別途掲載しますが、帯域幅0.72Hzで使っていますので、加速度センサーのノイズ (rms)は、 $36 \times \sqrt{1.6 \times 0.72} = 38.7 \mu\text{g}$  (rms) となります。

$38.7 \mu\text{g}$  (rms)を電圧に換算すると、今回は、加速度センサーKXP94Rを4.15Vで駆動しています。  
 センサー添付の資料によると、下記の通り。

5Vで駆動した場合………1g→ 1V  
 4Vで駆動した場合……… 1g→ 0.8V ですので、

4.15Vで駆動した場合……1g→ 0.83V となり、 $38.7 \mu\text{g}$  (rms)→ $32.1 \mu\text{V}$  (rms) となります。

「響き」は 4.15Vで駆動しています関係から。

震度とガルの関係 「震度をガルに換算すると」上記の式でガルを電圧に換算可能。参考

震度1	0.0006g	～	0.002g	(計測値)
震度3	0.006g	～	0.02g	
震度4	0.02g	～	0.06g	
震度5強	0.1g	～	0.2g	
震度6弱	0.2g	～	0.3g	

## gal ガル

加度の単位で、人間や建物にかかる瞬間的な力の事。地震動の加速度で一秒間にどれだけ速度が変化したか表す単位で、震度同様、同じ地震でも観測地点の位置によって違う値を示す。

これはガリレオ・ガリレイ(イタリアの天文学者)の頭文字からとったもので、**速度が毎秒1cm(1カイン)ずつ速くなる加速状態を1ガルとしている(1ガル=1cm/sec<sup>2</sup>)**。

地上で物体が自由落下するとき、落下する速度は毎秒980カインずつ増す。これにより重力の加速度は、980ガルとなる。**重力加速度は980ガル=1g(ジー)で表す**。気象庁の震度計は測定した加速度の揺れの周期などで補正し、震度をはじき出す。

ガルは大きいほど揺れが激しいことを示すが、必ずしも震度や被害とは直接結び付かない。建物などの被害は地震の周期や継続時間に影響を受ける面が大きいからだ。地震時に物体に働く力の大きさは、その物体の質量と地震により生じる加速度の積となることから、昔から地震による揺れの尺度として慣例的に用いられている。標準重力加速度の値を、正確に $9.80665 \text{ m/s}^2$ と規定、重力加速度は加速度の単位としても用いられる。この場合は大文字でGと書かく カイン (kine)  $1.0 \text{ G} = 9.80665 \text{ m/s}^2$  「SI=  $9.80665 \text{ m/s}^2$ 」