

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**テリトリヤ法**、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。

配信の条件等は、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**」については、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・緊急地震速報 「緊急地震速報とは法律用語一般に使われず頭に気象庁としました。」

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、地震波の伝播状況と特性、

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(primary 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で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く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思い出して参考にして下さい。

緊急地震速報

地震防災システム導入の手引き

の
導入の
進め。

地震関係従事者必修資料集

Ver 067.07

一から始める
地震に強い企業づくり。

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取得事業者
予報業務許可 気民第125号・許可第97号(地震動 第1号)



TLC

TOTAL LIFE
SERVICE COMMUNITY

はじめに

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、合わないと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、究極の減災システムであることは忘れないでほしい。

良かったとホッとすればいい

数秒でも、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良い。

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様は喜ばれる。

この精神お客様に対するこれも「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ます。大都市の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す。

用心を心がけてください。

目次

はじめに……………

緊急地震速報のしくみと特徴……………

利活用と推奨システム仕組(予報と警報)……………

緊急地震速報の解説……………

地震計測とその指標……………

緊急地震速報の配信と情報伝達……………

緊急地震速報の法的規制と基準……………

地震計測と長周期地震動……………

地震災害と被災度判定……………

地震無計測について……………

新しい時代の地震計測と現状の検証……………

緊急地震速報の歴史……………

ここがポイント I

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。地震は何時どこで発生するかわからない。緊急地震速報は、国が認め法律の枠内で国民に発表される地震防災情報です。

「気象庁の緊急地震速報」地震国の震防災情報です。その情報も、個別地点における任意の情報となると緊急地震速報(予報)の「高度利用者向け」だけです。

情報を信用するかしないかは別として「緊急地震速報」は国の唯一の地震防災情報です。

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(ユレダス)と気象庁からの緊急地震速報(高度利用者向け「予報」)を連動させ、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今後に備えています。

地震については、まだまだ未知の点も多く新しい地震の発生のたびに新しい現象が表面化してきております。今までには、考えられなかった住環境での生活が(雲の上で住む)行われている昨今、だが、その快適な生活には、未知なるリスクが含まれていることだけは忘れないでいたい。

「緊急地震速報の主な用語説明

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）の到達予想時刻は発表せず、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はこの「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地震発生情報ではなく、緊急に発生を伝える最新の情報で「秒と争う超高速情報です。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）

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）の推定値の震度を（任意の個別地点）警報とは違い（予報）では発表します。

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、地域名に加えて 震度4以上と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の情報提供。

許可事業者（業）：

気象庁のガイドラインでは、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は、当該許可事業者が負う。許可事業者によっては、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）には、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。または、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。許可事業者の中には、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）または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）

サーバーは、緊急地震速報（予報）または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、配信と端末は必ずしも同じ事業者が提供するとは限らない。

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）または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、配信と端末は一般に同じ許可事業者が提供することが多い。また、サーバーは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は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は、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は端末とは扱わず、端末により制御される装置とする。〕

「緊急地震速報の受信端末の特徴」 無線対応（子機対応）

被災度 判定

地震災害後には、建物の継続使用の判断が必要となるが、現地調査に必要なとなる高度技術者の数は不足している。このため、建物を継続使用できるかどうかを判断するための地震計の設置は有用な方策だと思われる。なお、高層建物の場合、揺れが育つには時間がかかるので、緊急地震速報や長周期地震動に関する情報が役に立つ。緊急地震速報は契約をすれば、地震の震源位置や規模、地震動到達時間、予想される揺れの強さなどの情報を得ることができる。地震の規模が大きければ長周期の揺れが懸念されるので、猶予時間に応じて、種々の対応行動をとることができる。

また、気象庁は、2013年3月から長周期地震動情報の提供を始めた。テレビなどで発表されるプッシュ型の情報ではなく、ホームページを介したプル型の情報であるが、長周期の揺れが強い地震かどうか、周期別の長周期地震動階級によって公表される。高層建物の防災センターは1階や地下階に置かれる場合が多く、高層階の揺れに気づかない場合も多いので、この情報は重要である。また、高層階に居る人にとっては、地表の揺れである震度に比べ、より体感に近い揺れを知ることになるので、ぜひ活用したい。地震波は必ず発生し、確実に長周期地震動が襲ってくる。高層建物を作り始めた時期には、地震観測体制が十分でなく、また、巨大地震も発生していなかったため、長周期地震動の地震観測記録は存在しておらず、長周期地震動の発生を予測する研究も殆ど無かった。このため、この問題については、誰にも責任は無い。しかし、長周期地震動の問題に気付き始めた現在、早急な改善が必要である。高層建物は基本的に民間の建物であり、既存不適格建物への法の不遡及の原則もあり、解決が容易ではない課題である。しかし、南海トラフ巨大地震が発生したときに後悔しないために、ぜひ、前向きに対策をしていきたい問題。今から十年ほど前に大阪市内に超高層の高級マンションが完成した。そのマンションを購入された社長が私に話された一言が今なお耳から離れられない。大西さん地震情報の仕事をされていますが今後高層マンションの

① 長周期地震動の特性

マグニチュードが大きい地震ほど長い周期の揺れが大きくなります。また、長周期地震動の主成分である表面波は震源が浅い（地表面に近い）ほど卓越します。以上のことから、震源が浅くて大きな地震ほど長周期地震動が発生しやすくなります。

② 伝播経路

○ 短い周期の波に比べて減衰しにくいため、遠くまで伝わります。

東北地方太平洋沖地震では、震源から約700km離れた大阪市の高層ビルで、長周期地震動により大きく長く揺れることにより内装材や防火扉が破損したり、エレベーター停止による閉じ込め事故が発生しました。

堆積層で長周期の波は増幅されます

地震波が伝わってくる経路に柔らかい堆積層が堆積していると、長周期地震動を効率的に伝えます。

たとえば、南海トラフの陸側には「付加体」とよばれる、海洋プレートの上面に海底の比較的柔らかい堆積物が積もっている領域が存在します。

③ 地盤の特性

関東平野などの大規模な平野や盆地は、柔らかい堆積層で覆われており、堆積層で長周期の波は増幅されます。首都圏や近畿圏や中京圏などの大都市は大規模な平野部に立地しており、これらの都市は高層化等の進展により長周期地震動による影響を受ける人口が増加しています。

長周期地震動に関する情報の発表

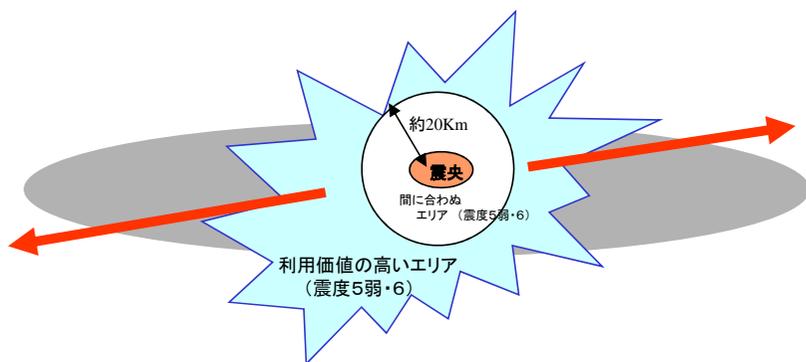
長周期地震動により、高層ビルが大きく長く揺れることで、室内の家具や什器などが転倒・移動したり、エレベーターが故障することがあります。気象庁では、地震発生後、震度の情報を発表していますが、震度が小さくても高層ビル高層階で大きな揺れになることがあります。東北地方太平洋沖地震で大阪市の高層ビルは、内装材などが破損するほど大きく揺れるビルもありましたが、地上で観測された震度は3でした。

このように震度では、高層ビル高層階の揺れの大きさは把握できないことから、気象庁では新たに長周期地震動階級を策定し、試行的に長周期地震動に関する観測情報の発表を開始されました。

「緊急地震速報の仕組み 予報・警報

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、たとえ数秒前でもそれがわかれば、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る。」その対応を新製品で計画中です。

地震情報 物理的情報の収集

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5~7kmS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個の球が交わ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、数箇所の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」

「緊急地震速報の解説 予報と警報

気象庁の許可を得た 独自の演算震度推定方法の採用による予報

(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。

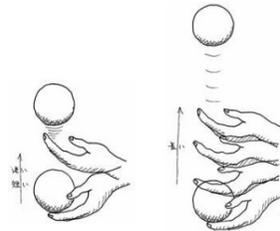
気象庁・緊急地震速報の「警報」と「予報」の比較(違い)

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て今後が期待されている、残念なことに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、特定の場所の人のみ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。

地震用語の説明 gal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、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。もし手がなげれば、ボールは980ガルという大きさに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ため、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10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の判定が難しいため、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ず。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することができます。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。

「緊急地震速報の種類 警報と予報の発表内容」

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

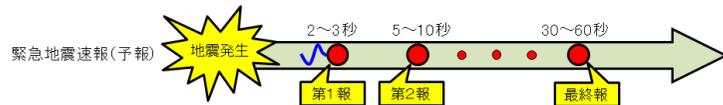
・緊急地震速報を発表した後の解析により、震度3以下と予想されていた地域が震度5弱以上と予想された場合に、続報を発表する。
 ・続報では、新たに震度5弱以上が予想された地域及び新たに震度4が予想された地域を発表する。
 ・落雷等の地震以外の現象を地震と誤認して発信された緊急地震速報(誤報)のみ取り消すこととし、例えば震度5弱と予想していた地域が震度3以下との予想となった場合などは取り消さない。

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、
 - ー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
 - ー震度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)
 - ー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。

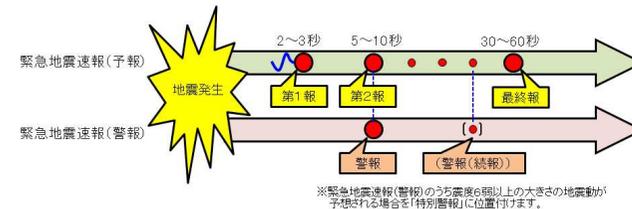
(※)1点の観測点のみの処理結果によって緊急地震速報(予報)を発信した後、所定の時間が経過しても2観測点目の処理が行われなかった場合は雷など地震以外の揺れ(ノイズ)と判断し、発表から数秒～10数秒程度でキャンセル報(地震以外の揺れで発表した緊急地震速報を取り消す情報)を発信します。島嶼部など観測点密度の低い地域では、実際の地震であってもキャンセル報を発信する場合があります。なお、この場合には、キャンセル報の発信までに30秒程度かかることがあります。

(※)この基準は変更する場合があります。

「緊急自身速報」の予報・警報について

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。

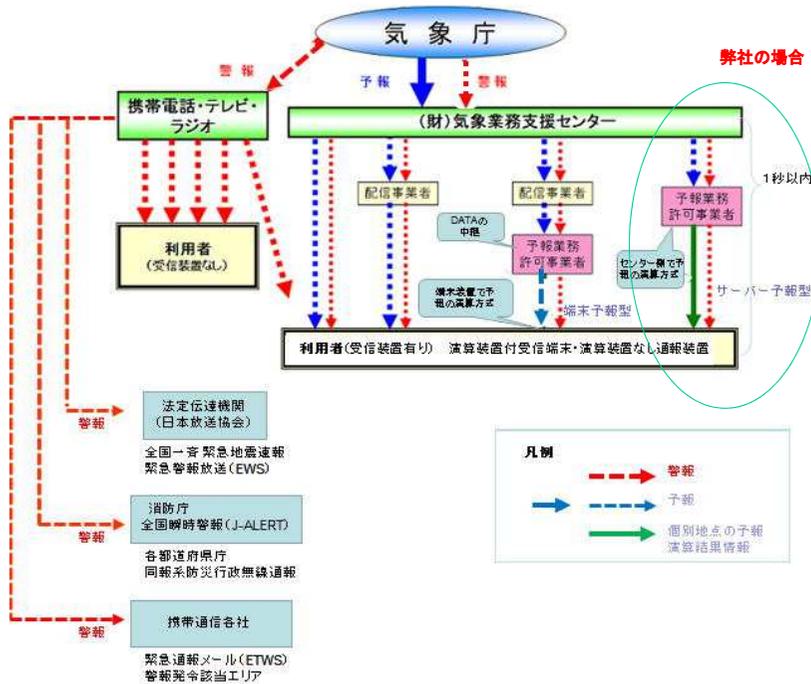
(※1)具体的な予測震度と猶予時間は発表しません。

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、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、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。

気象庁から「受信端末への配信経路

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「緊急時しか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も十数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、情報が間に合わない場合があることを十分理解して有効にご利用ください。

「緊急地震速報の予報の内容と発表条件

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。

3. 緊急地震速報(警報)で続報を発表する場合

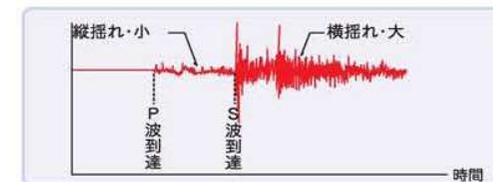
- ・緊急地震速報を発表した後の解析により、震度3以下と予想されていた地域が震度5弱以上と予想された場合に、続報を発表する。
- ・続報では、新たに震度5弱以上が予想された地域及び新たに震度4が予想された地域を発表する。・落雷等の地震以外の現象を地震と誤認して発信された緊急地震速報(誤報)のみ取り消すこととし、例えば震度5弱と予想していた地域が震度3以下との予想となった場合などは取り消さない。

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。

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式を利用している。

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**。ざー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。

緊急地震速報の配信方法の解説 端末予報とサーバ予報

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 すべての受信端末 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 所定値以上となる端末 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顧客の住所を変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閾値を越えた利用者のみに送信(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、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。

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す。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)

「受信専用端末の種類と配信方法(予報)」

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(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。対応さ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となる。」

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る)



◎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。

「緊急地震速報」の情報配信 配信方法の解説

緊急地震速報の伝達経路と仕組み

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模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。

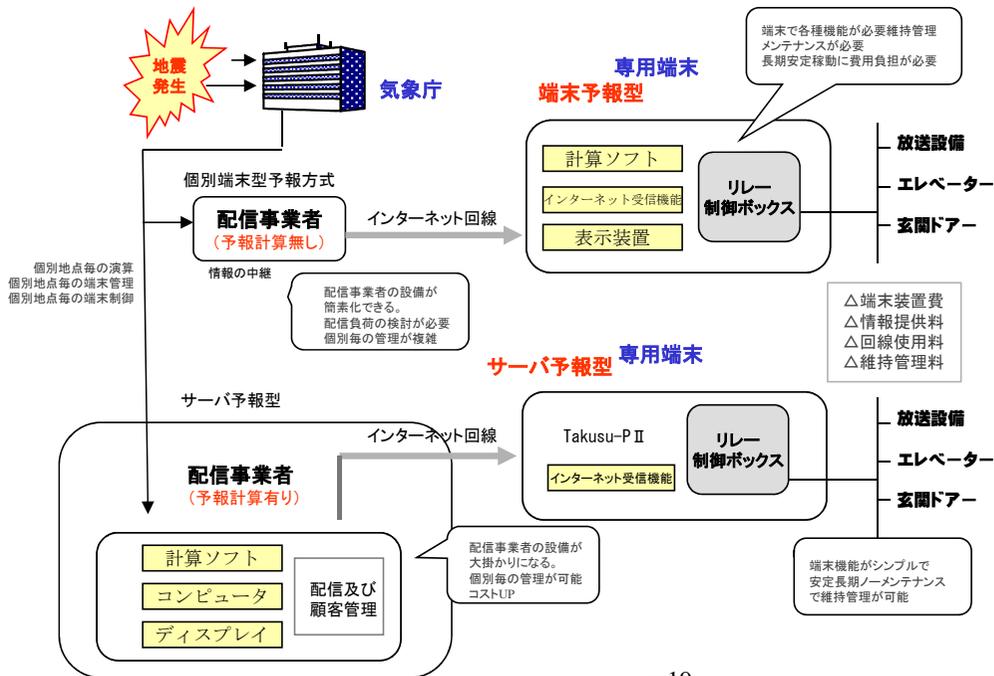
その内容は、最大震度5弱以上の揺れが予想されたときに、「強い揺れが予想される地域に対し地震動により重大な災害が起こるおそれのある旨を警告して発表するものと定められています。」

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て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。

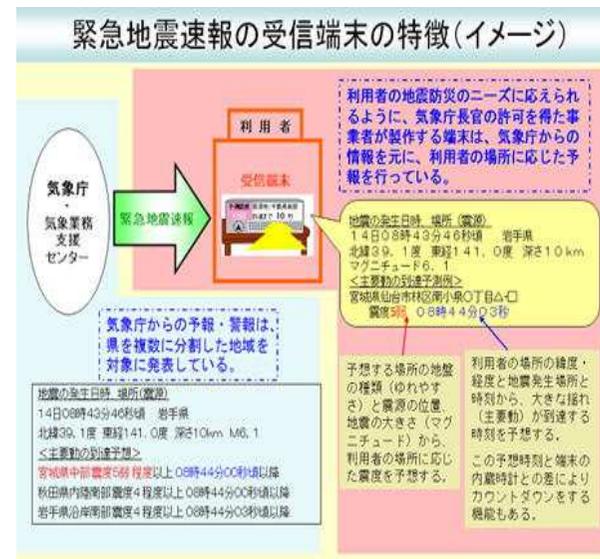
弊社は、前者のサーバ演算方式を採用し、インターネット網の通信回線を利用し専用の受信装置から機器の制御信号を自動的に出す(リレーボックス)装置・音声ガイダンス出力装置が一体になった緊急地震速報受信専用端末及び制御装置「Takusu-P II」を製造し提供しております。

導入に必要なアイテム **注、Takusu社の製品は中枢配信型予報方式を採用しています。**



緊急地震速報の受信専用端末への叙法配信経路

受信端末への緊急地震速報の配信経路



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、

「緊急地震速報受信端末装置の使用パターン」

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

Takusu-P II 本体価格 設定工事費

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 III a

(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

Takusu-V III 信号コントローラ
表示装置 設置設定工事費

※出力・音声信号1セット、制御信号1接点

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。

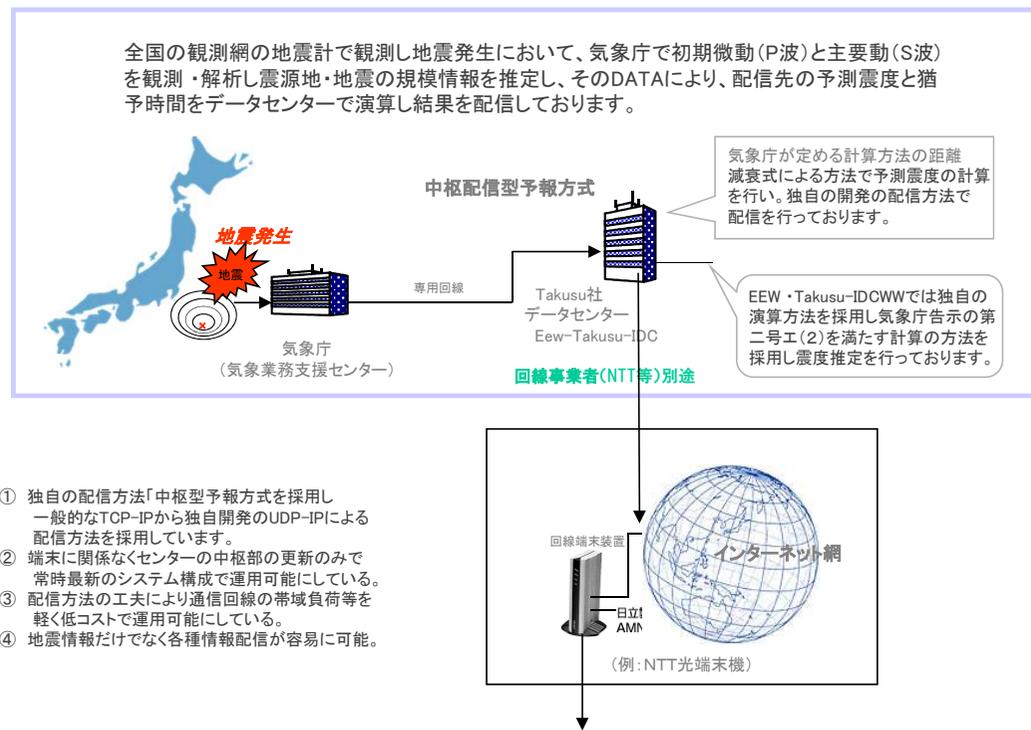


「緊急地震速報」予報事業者の解説

「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



気象庁告示の第二号工(2)を満たす計算の方法

(榊小堀録二研究室、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工(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工(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。

Takusu-IDの業務内容

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。

緊急地震速報

警報

不特定多数の施設向け配信設備

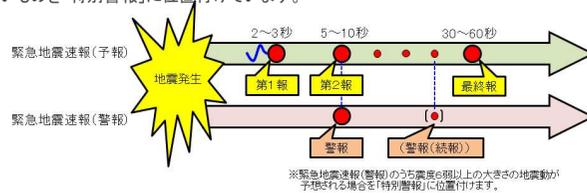
携帯端末より先の配信を心がけた配信。

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。

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。

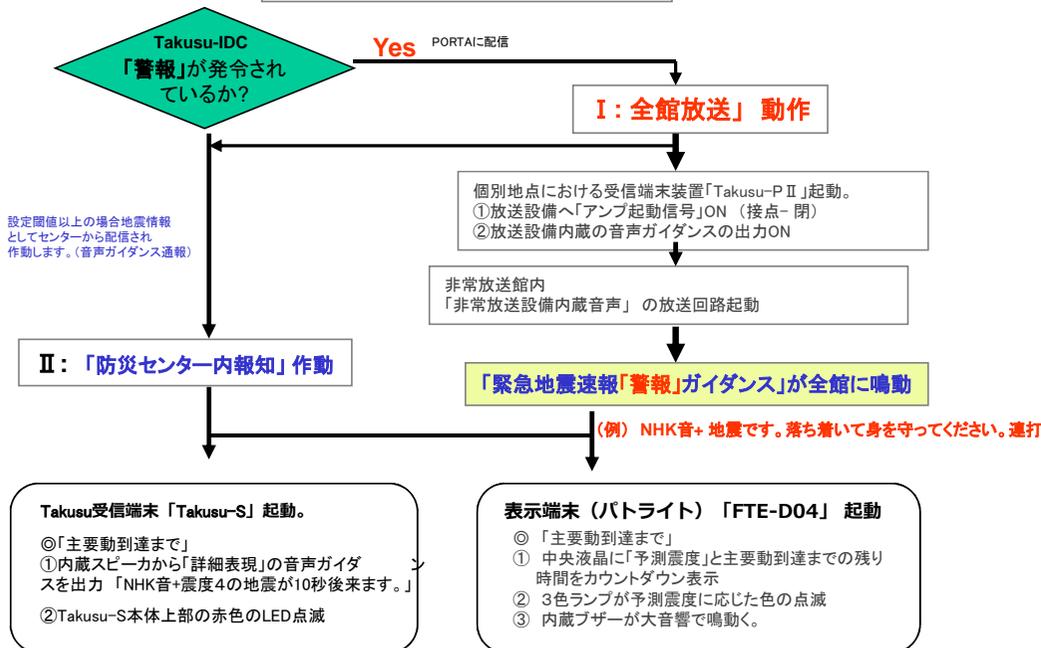
緊急地震速報には、大きく分けて「警報」と「予報」の2種類があります。また、「警報」の中でも予想震度が大きいものを「特別警報」に位置付けています。



※緊急地震速報(警報)のうち震度6弱以上の大きな地震動が予想される場合を「特別警報」に位置付けます。

気象庁方式

気象庁が個別地点の配信先を含む地域に「緊急地震速報」を発令している。



「緊急地震速報の伝達」音声ガイダンスの内容

伝える 音声ガイダンス

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)

訓練報のガイダンスの場合、NHKチャイム音の前に「訓練」の音声ガイダンス付属させ運用するものとする。

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において端末装置で経験済。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警報音のみで恐怖を招くだけで、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ていた、本来の通報の意味がない。携帯メールの普及による時代の副産物、地震情報過多の根源ではないか改善策が必要ではないか。

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。

注、人々は防災心理学上、いざという時、情報を聴き入ってしまったり、見入ってしまう習性を持っている、それが、仇となり避難行動を遅らしている点を群馬大学の片田教授の指導で考慮し音声ガイダンスを製作しました。「津波の避難行動の研究」から。

緊急地震速報 地震波の特徴 P波・S波

P波

Primary wave(第一波)または 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。速度は岩盤中で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

Secondary wave(第二波)または 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。速度は岩盤中で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。

断層破壊では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爆発では理論上S波は発生しない。

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は限らない(この場合は、「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波は上下成分が、S波は水平成分が卓越する傾向にある。

断層の震源で発生した地震の揺れは基本的には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成ります。

P波は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、進む速度の速い波で揺れのはじめの小さな物が初期微動を伝える物です。

S波は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速度が遅いので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のは物質自身が進むのではなく、物質の振動が次々に伝わっていく現象ですP波は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波は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://www5d.biglobe.ne.jp/~kabataf/yougo/E_jisin/jisin2_PwaveSwave...

横波と縦波

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

P波は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、S波で縦波でせん断の力ですので、固体は変位に比例して復元力が働きますが、液体は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は伝わらないのです。液体(水)は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)速い・**S波** 主要動 横波 (大きな動き)遅い

「緊急地震速報にも泣き所容

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事が出来る。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認し予報できる技術を確認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。

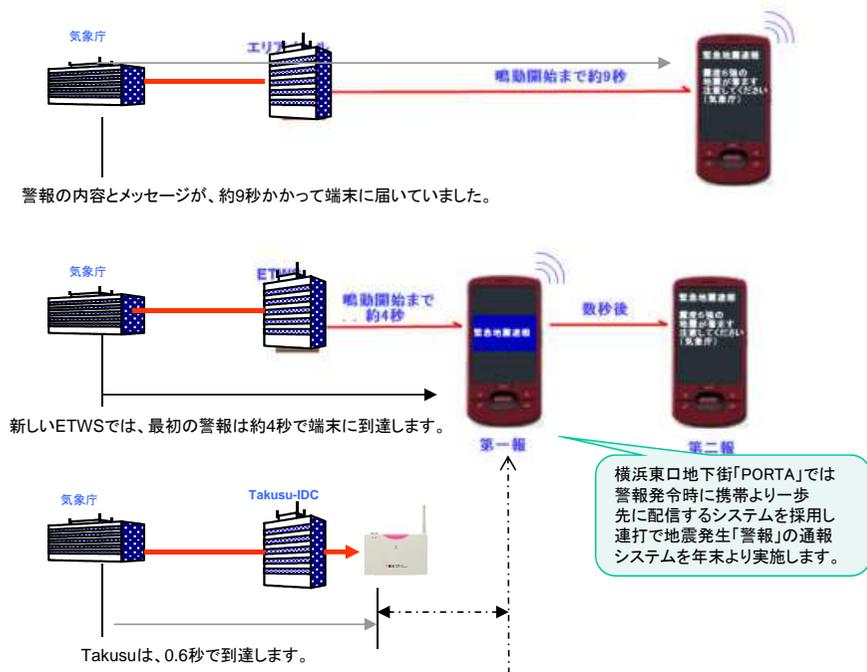
そんな中で、自然現象をいち早くキャッチし伝達するには、それなりの時間がかかります。(時間をかけていたのでは意味が無い)その内容には、地震波を検知し推測・演算を行い、その情報を遅延無く秒速で提供するためには最新の通信回線が必要で。そこでインターネット網を使った正確な情報伝達、独自の技術に努め独自の配信方法を開発し対応しております。

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。

緊急地震速報と携帯端末の違い

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。



中枢型のセンターで警報の発令を検知し情報を配信する方式を採用しています。

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。

緊急地震速報の端末装置の性能と配信方法

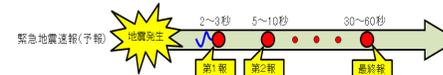
新しい時代の緊急地震速報

緊急地震速報 予報

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

気象庁方式

地震速報に地震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。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**、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す**

Takusu方式

Takusu&小堀方式は、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演算を行う。

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、小さい目の地震おおきめの地震でも、予測震度に違いは無く精度の高い情報が可能。

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。深発自身にも対応可能

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無駄な情報となる。**

中枢配信型予報方式(独自の配信方式)

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**所定値以上となる端末**に対してのみ必要な予報値だけを配信。遅延無く高度な配信が可能。

緊急地震速報の携帯電話での利用注意点

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のみ存在する**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き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。

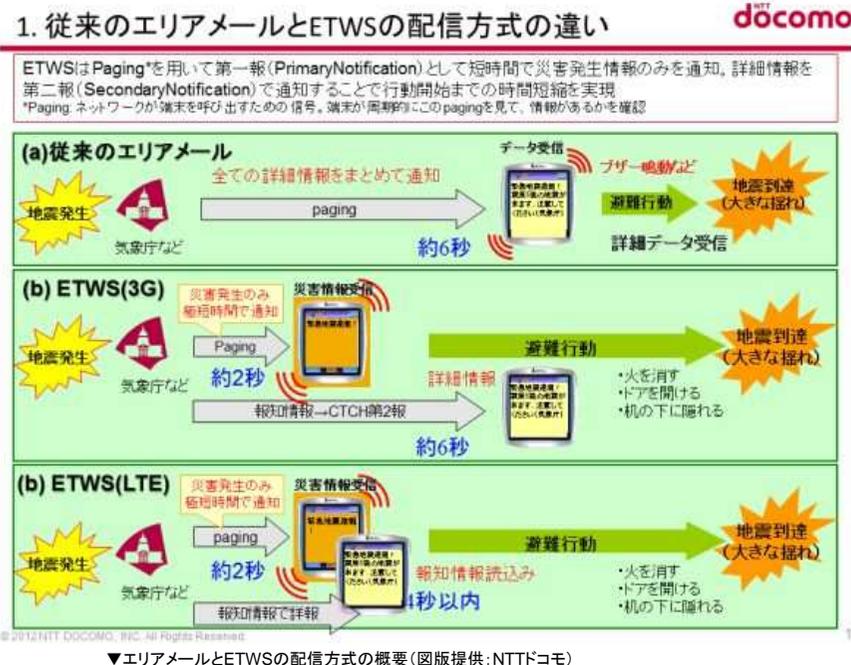
○気象庁が緊急地震速報(予報)を発表してから端末が報知または制御を開始するまでに要する時間がトータルで1秒以内のもの緊急地震速報(業)の提供から強い揺れが来るまでの猶予時間は短いので、気象庁が緊急地震速報(予報)を発表してから端末が報知または制御を開始するまでに要する時間が平均して**1秒以内**に行える配信・許可事業者を推奨する。

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。

緊急地震速報と携帯メールの緊急通報の違い

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・



注、従来のエリアメールの経過時間は、NTTドコモ 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した余震で「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きたい。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ら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。

地震の震度について

地震の表現方法

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/s²)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/s²)であり、1 Gal = 0.01 m/s² 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巖美町祭時で観測した4022ガルである。以上ウイ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行っています。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。

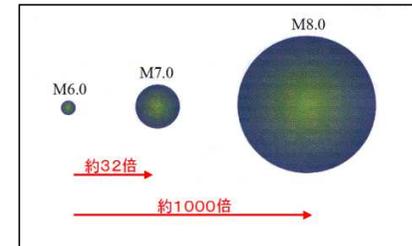
1秒間に1cm移動すれば1カイン(cm/s)で表記されます。100カインを越えれば大地震と云えます。200galの重力加速度が1秒続けば200カインとなり、巨大地震となりますが、880galの地震でも0.01秒しか続かなければ8.8カインとなり大きい地震とは云えません。Galとカインを勘案して、体感的に気象庁が発表しているのが震度階です。ですので、阪神大震災では880galを記録し、気象庁が震度7を発表しましたが、880galが震度7を指すとは限りません。ちなみに気象庁が発表する震度階は単位のない抽象的な表現であるため、構造設計に用いる事が出来ません。そのためgalを用いて安全を確認しています。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」で表したもので、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。



地震の大きさとマグニチュードの関係

地震の大きさ	マグニチュード Mj
極微小地震	1 以下
微小地震	1 ~ 3
小地震	3 ~ 5
中地震	5 ~ 7
大地震	7 以上
巨大地震	8 クラス

※マグニチュード:「気象庁マグニチュードMj」を指す

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となります。専門家の中で揺れを意味するときには「動」を追加して「地震動」と呼ぶことになっています。従って、「長周期地震動」という言葉の後半は地震による揺れを意味しています。大本の地中の現象である地震の規模は、マグニチュードと呼ばれる単位で表され、おおよそ0から9ぐらゐの値になっていますが、とても小さな地震はマイナスのマグニチュードになることもあります。これに対して、「地震動」の強さは震度という単位で表され、0から7までの値になっており、震度5と6は強と弱の2段階に区分されています。

加速度と震度(理論値)の関係

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、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。

マグニチュード(M)とは？

地震の大きさ(規模)の尺度のことです。簡単に上図で考えてみましょう。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。(上図) 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個分と同等のエネルギーを有することになります。ちなみに広島島の原爆(20kton)は、M6.1に相当するといわれています。

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、大きさです。マグニチュードはエネルギーの大きさなので同じですが揺れは震源から遠ざかるほど揺れが弱くなり、つまり、震度は弱くなります。分かりやすく譬えると灯り、蛍光灯の明るさは100Wの明るさだとします。震源は蛍光灯です。蛍光灯から遠ざかると暗くなります。これが震度です。つまり震度、揺れの大きさは遠くなると小さくなる。灯りも同じで遠ざかると弱くなります。しかし蛍光灯のエネルギー100Wは蛍光灯自身のエネルギーです。またあなたが床を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。その床の近くは大きく振動します。離れると、振動は小さくなります。これが震度です。つまりエネルギーは1つしかないのに対し、揺れは場所、距離に反比例します。因みにマグニチュードはプレートの接触面積で計算するそうです。震度は場所により異なります。しかしエネルギーは同じというか1つです。揺れとエネルギーの違いです。震源の深さによっても揺れが違います。浅いほど揺れが大きいのです。場所や起きる深さにより揺れは異なりますがエネルギーは同じです。

地震計測と加速度

地震用語の解説 震度・最大加速度の解説

地震波による地面(地震動)の揺れは、地震計(特に強いゆれを計測するための地震計を強震計という)で観測します。一個(一成分)の地震計では一方向の揺れしか計測することが出来ません。通常三つの地震計を組み合わせて、観測を行います。例えば、地震計を東の方向に向けると、東西の揺れをはかることが出来、これを『東西成分』と呼びます。東西成分以外に南北成分、上下成分を組み合わせた三成分で観測を行います。

地面の揺れは、一秒間に100から200回程度(100Hzから200Hz)、1分から数分にわたって計測されます。従って、1回の地震の1観測点のデータは数万個の数字の固まりです(例えば、3成分 x 120秒 x 100Hz = 36000データ)。このようなデータは非常に多くの情報を含んでいますが、解析を行って情報を抽出しなければなりません。誰でもすぐに分かる指標として、計測震度や最大速度、最大加速度などがよく用いられ、このような指標は1個の数字ですので非常に把握はしやすいのですが、数万個のデータに比べれば当然情報が失われています。特に、地震動の時間変化の情報が失われるために、周波数特性の違いが反映されにくくなります。それぞれの指標は下の表のような特徴を持っています。

	単 位	解 説
最大加速度	[m/s ²], [cm/s ²] [gal] ([cm/s ²]と[gal]は同意味)	変位(位置とほぼ同義)の二階微分、速度の一階微分(『車が加速する』と言うときの加速とほぼ同義)。 加速度に質量を掛けただのが力(ma=F)であることから、静的な釣り合いの関係に注目する立場から地震のインパクト(地震力)を見る場合、最大加速度が指標となる。
最大速度	[m/s], [cm/s] [kine] ([cm/s]と[kine]は同意味) 現在では、[kine]はあまり用いられない	変位の一階微分(『車の進む速度』と言うときの速度と同義)。 構造物の被害は、最大加速度に比べ最大速度と良い相関があるとされている。
計測震度	単位無し	被害や体感との相関を目指したもので、気象庁が使用している指標。地震時の、行政対応等の判断に用いられている。 以前は、震度を体感で決めていたが、現在では計測震度計(広い意味で地震計の一種)で機械的に計測されている。

・計測震度と最大速度・最大加速度との関係

観測された地震波計から、計測震度を求める方法は、気象庁により決められ、官報に告示されている。理科年表にも載っており誰でも見ることの出来るもので、決して恣意的に決定されるものではありません。計測震度は、最大速度と最大加速度の中間的な性質を持っており、さらに、ある程度揺れの継続時間も考慮されています。フィルターの特性は概ね周期2秒(周波数0.5Hz)にピークを持っている。これは、被害や体感が周期1〜2秒前後の、速度及び加速度(含む継続時間)に大きな関係があることを反映したものです。

・地盤について

地震動は、その地点(及び周辺)の地盤の影響を大きく受けます。基本的には、軟弱な地盤では地震波は増幅されやすく、硬質な地盤では地震動は小さくなる傾向にあります。ただし、軟弱な地盤の厚さ(や複数の層の組み合わせ)によって、周波数特性(増幅されやすい周波数とそれにくい周波数がある)が異なるため、一概に言うことは出来ません。地盤の特性の違いのために、同じ地震であっても卓越周波数が地点によって異なります。また、高周波が卓越すれば加速度が大きく、また、長周期(低周波)が卓越すれば速度が大きくなる傾向にあります。また、例えば、加速度(あるいは速度)だけが大きいような記録の場合、必ずしも計測震度が大きくないなどということも起きます(逆も亦然り)。
また、浅い地盤はほんの少し離れた場所でも大きく異なることがあるため、近い地域・場所でも大きく地震動(結局は、計測震度と最大速度・最大加速度も)が変化します。この他に、地盤自体が崩れたり液状化など、地震動以外の要因があります。

・計測震度と最大速度・最大加速度との関係

これらの指標は、交互にある程度の相関はあり、最大速度や最大加速度が大きければ計測震度が大きい傾向にあるのは当然です。ただし、一対一の関係があるわけではありません。地震動の周波数特性により、最大速度は大きいけれど最大加速度は小さい場合や、逆の場合もあります。計測震度との関係の同様のことが言えます(例えば、伯野元彦, 2003)。下記で詳しく述べますので、参考にしてください。

なお、被害に関しては、構造物の種類や大きさ等(=固有周期や減衰)、強度などの要因があるため、同じ地震動でも同じ被害が出るとは限りません。そういう意味で、計測震度等の指標との関係は、地震動以上に複雑な要因が絡んでいると言えます。

・計測震度計について

なお、計測震度計は一台一台気象庁の検定に合格することによって始めて正式に認定されるものですので、通常地震計の記録から計算したものは正式な計測震度としては認められません。防災科研の強震計のうち、K-NETは震度計の機能を有しており、そのうち777地点(平成19年3月)に関しては、気象庁を通じて震度値が公表されています。

震度

震度については、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。この震度階の基は、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、被害の大きさは必ず結びついていないまた、計測震度は地震動経過が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は最適ではない。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。

最大加速度 (PGA)

工場等の制御にはPGAのガル値が利用されているが地震の強さは、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速度のみならず、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。最大化速度だけでは被害との相関性は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は、必ずしも制度が良いといえない。地震加速度は計測の上限周波数により大きく変わる。加速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速度と被害の相関関係が低くなってきている。現状0.5Hzから現在は鉄道関係も5Hzに移行されている。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。

表面最大加速度 (PGV)

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)PGVと言う、加速度記録は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。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。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、最近では、加速度速度が利用されている。(単位は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)の応答スペ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(SI)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 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。

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増加す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。継続時間の定義には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。

長周期地震動対策 建物の固有周期

震度・マグニチュード・ガル・カインに関する説明

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)を伝播していく経路(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、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)

α: 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、 $T = 0.02h$ 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)。

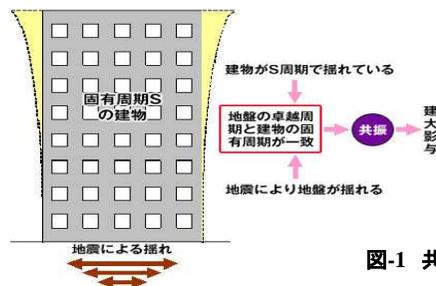


図-1 共振による影響

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)は地盤が比較的良い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ったということです。

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にする事が大切です。

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くほど、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。

(マグニチュード換算表)		
マグニチュード	大きさ	TNT換算
-2		0.015 g
-1.5		0.083 g
-1		0.48 g
-0.5		2.6 g
0	極微小地震	15 g
0.5		84 g
1		480 g
1.5	微小地震	2.6 kg
2		15 kg
2.5		84 kg
3		480 kg
3.5	小地震	2.6 t
4		1.5 t
4.5		84 t
5		480 t
5.5	中地震	2600 t
6		15000 t
6.5		84000 t
7	大地震	48 t
7.5		260 万t
8		1,500 万t
8.5	巨大	8,400 万t
9		18,000 万t

震度・マグニチュードガル・カインに関する説明

・ガル(gal) $980\text{Gal}=980\text{cm/s}^2 \approx 1\text{G}$

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/sec²)。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/s²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と書かれ1.0 G = 9.80665 m/s² 「SI= 9.80665 m/s²」

カイン(kine)

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)とする。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、地震動の大きさを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」で表したもので、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6,000m²。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、最近の地震で観測された最大速度Vmax=100カイン(=cm/s)レベルの強震記録および本建物での観測記録を拡張したもの(表1)とします。

「長周期地震動の解説」

「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

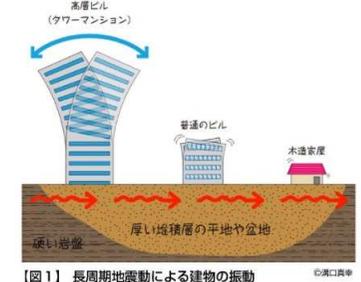
ビルについてももっと詳しく見ると、地震調査委員会(2009)によれば、一般的な鉄骨造ビルの場合、その固有周期T(秒)は、階数をNとすればおおむねT=0.1N、高さをH(m)とするとおおむねT=0.02~0.03×Hであるといわれています。例えば、30階建て高さ120m程度の高層ビルでは「固有周期」が3.0~3.5秒程度、50階建て超高層ビルでは固有周期が5.0~6.0と、ここで、「固有周期」は構造物が振動しやすい周期ですから、構造物を揺さぶる地震動の周期がこの「固有周期」に近い値になると、構造物は最も大きく振動します。この現象は「共振」と呼ばれ、共振が起こると最も大きく振動するので、結果として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

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秒より短いですから、「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。



気象庁の「高層建物」における長周期地震動の解説

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
- その場所にも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、長くて太い音叉ほど低い音(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)』

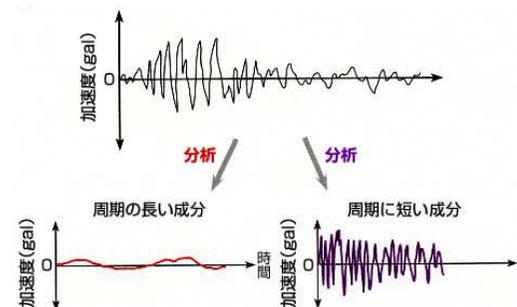
ということなので、地盤によるものの長周期地震波震度階級で直接対象とされているのは大体30階建以上の高層建築です。ちなみに、同資料によると原子力発電所は硬い地盤に建てられているはずなので、(設計上の)固有周期は0.5秒以下になっているそうです。

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)

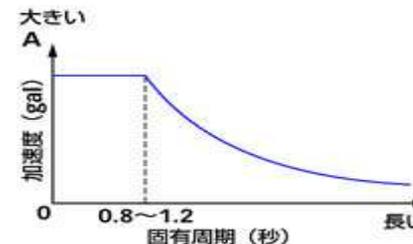
地震動と建物の固有周期・共振

地震動と共振

一つの地震には揺れははじめから終わりまで様々な周期の揺れが混在しています。過去の地震から1秒以下の短い周期の揺れの方が揺れの強さが大きく、建物に与える影響も大きい傾向があることがわかっています。



ある建物が一回揺れる時間は決まっています、この時間のことを、その建物の固有周期といいます。固有周期は高い建物ほど長くなり、鉄筋コンクリートの建物の場合は、建物高さ(m) × 2% = 固有周期(秒)で概算できます。



地震波が持つ固有周期別の揺れの強さ

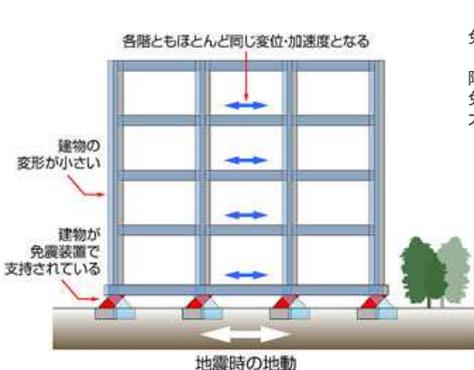
10階建て程度の建物では、固有周期は0.6-0.8秒程度で、一般的な地震では大きな加速度成分をもつ周期に対して共振することになります。現行の「新耐震基準」では、こうした強い影響を持つ周期で共振しても崩壊、倒壊に至らないよう設計の強度が定められています。

地震の揺れの周期と建物の固有周期(=建物が1回揺れる時間)が一致したとき、建物は共振という現象を起こし、大きな影響を受けることになります。揺れの強い、短い周期での共振を避け、建物の固有周期を長くすることで激しい揺れから免れることができるようになります。

免震とは、固有周期を長周期化する「免震装置」を建物に組み込み、建築物を地震から守るものなのです。



長周期地震動が発生する条件



免震建物の揺れ方

免震装置により長周期化された建物は、ゆっくりと大きく揺れるようになります。また、揺れによる変形は免震装置が受け持つことになるので、建物のどの階でもほぼ同じ様に揺れることになります。免震建物の揺れ幅は、地震の大きさによっても異なりますが、一般的には極大地震の場合、片側でおよそ25-30センチとなる様に設計されます。

追記

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るほど、放出される地震波が長周期になります。「長周期地震動」の主成分は表面波です。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」と言うことになります。

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。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になり心配されているのです。

結論

地震防災の対応は、「一に情報」、その情報から「二番目に知り得ている知識」その場で迅速な判断を行うこと、「三番目に自分の身を守るための行動」を取る意外に方法はない。

自分一人ひとりを守らなくては、周りを助けることも出来ない。

そのためには、各種知識を得る啓蒙活動の実施。

危機に対応する情報収集の手段の実行。その手段の実行のための訓練の実施。

長周期地震動が発生する条件

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」ということとなります(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。

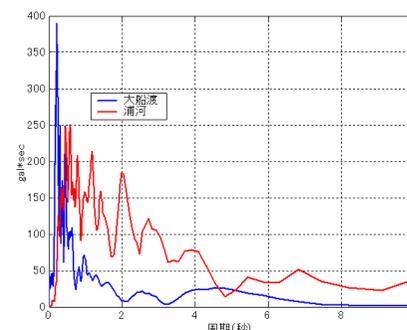


図1: 大船渡(青)と浦河(赤)の東西動成分のフーリエスペクトル

応答スペクトルの計算方法の概念図

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。

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 $3 \times 10 = 30m$ となりますので、固有周期は $0.02 \times 30 = 0.6$ (秒)、固有周期数は $1/0.6 \approx 1.7$ (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。

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、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。

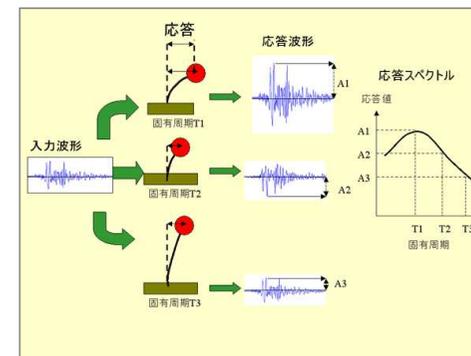


図2: 応答スペクトルの概念図

気象庁の「高層建物」における長周期地震動の解説

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」に載っているのも絶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/秒以上が長周期地震動階級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秒までの範囲に分れている。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、高層ビルで立て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)

気象庁の長周期地震動の情報提供と階級説明

気象庁の長周期地震動階級

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Sva(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Sva(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Sva(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Sva(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 ≤ Sva < 15cm/s
長周期地震動階級2	15cm/s ≤ Sva < 50cm/s
長周期地震動階級3	50cm/s ≤ Sva < 100cm/s
長周期地震動階級4	100cm/s ≤ Sva



※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Sva(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。物につかまらなると歩くことが難しくなる、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、吉櫃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、不安定なものは倒れることがある。	凹凸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ず、はわないと動くことができない。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。	凹凸切壁などにひび割れ・亀裂が多くなる。

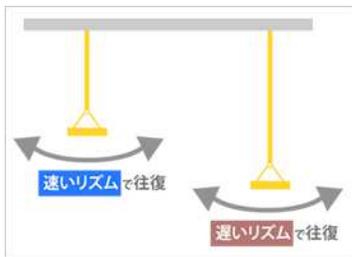
地震が建物に与える影響

建物の固有周期

建物の固有周期

共振がおこるリズム

実は建物やブランコのような揺れる物体は、初めから“揺れるリズム”が決まっているのです。様々な要因で決まるのですが、ブランコの場合は“長さ”が変わると揺れるリズムが変化します。どんどん短くすると早いリズムで往復するようになります。



フーリエスペクトルと加速度応答スペクトル（気象庁）

地震波にはさまざまな周期の波が含まれています。地震波をさまざまな周期の振動の集まりととらえ、周期ごとの地震波の強さに分解し表したものをフーリエスペクトルと言います。図1は2003年宮城県沖の地震のときの大船渡と2003年十勝沖地震の浦河のフーリエスペクトルです。大船渡は浦河に比べて周期の短い地震波が卓越していることがわかります。大船渡は周期が約0.5秒以下の地震波の振幅が大きいです。周期が1秒以上の地震波は浦河の方が大きくなっています。しかし地震波が構造物におよぼす影響を地震波のフーリエスペクトルから読み取ることは困難です。地震波によって構造物がどのように振る舞うかを知る方法として応答スペクトルがあります。

応答スペクトルは構造物がさまざまな固有周期、減衰定数を持つ1質点・1自由度系*と考えたとき、構造物がある地震波にさらされたときの最大応答値をスペクトルで表したものです(図2)。応答値が加速度の場合、加速度応答と言います。図3はおもな地震のおもな観測点の加速度応答スペクトルを示したものです。加速度の場合は0.5~2秒付近に主要な変動がよく現れますが、短周期をよく見えるように時間軸を対数表記しています。加速度に質量をかけたものが力ですから、2003年の宮城県沖の地震のときには、固有周期が0.3秒程度の構造物は大きな力を受けますが、固有周期が0.5秒以上の構造物は大きな力を受けなかったのに対し、兵庫県南部地震の固有周期0.5秒~1秒の構造物に大きな力を受けることがわかります。質点が1つだけで、その質点の運動を記述するために必要な座標軸が1つだけの系のこと。

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ます、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、

$T=0.02H$ ちなみに、普通の鉄筋コンクリートの建物の高さは、一階あたり約3mとして $T=0.03H$ をもとに計算しますと、

10階立ての鉄筋コンクリートの建物の高さはだいたい $3 \times 10=30\text{m}$ になりますので、固有周期は $0.02 \times 30=0.6$ (秒)、

固有周期数は $1/0.6=1.7(\text{Hz})$ 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。

長周期地震動の階級を求める方法

この際、絶対速度応答スペクトルS_{va}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_{va}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。

$$\textcircled{1} \text{ ACCr}(t)+2h\omega \text{VELr}(t)+\omega^2 \text{DISr}(t)=-A(t)$$

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

ω: 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_{va}(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_{va}(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_{va}(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、高層ビル内でのど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に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_{va}を用いることが適当である。

気象庁 緊急地震速報のガイドライン

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

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きました。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、よって下記の通り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緯

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きました。

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、よって下記に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・端末受信等に関係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」

長周期地震動の地震監視モードの基準 (気象庁基準より)

長周期地震動階級とは

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Sva(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

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Sva(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Sva(減衰定数5%)の値は表のとおりです。

値 周期地震動階級	絶対速度応答スペクトルSva(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 ≤ Sva < 15cm/s
長周期地震動 階級2	15cm/s ≤ Sva < 50cm/s
長周期地震動 階級3	50cm/s ≤ Sva < 100cm/s
長周期地震動 階級4	100cm/s ≤ Sva

※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Sva(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。

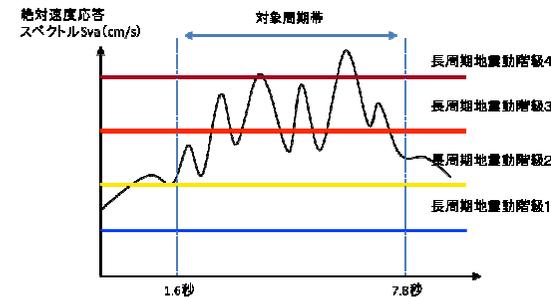


図1 A地震計における絶対速度応答スペクトルSva(減衰定数5%)のグラフ

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Sva(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はできるものの、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。

緊急地震速報向け、通信プロトコルの開発

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

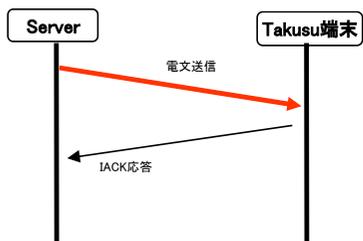
独自の通信プロトコル「TCP/IPの通信とUDP/IPの通信ではどう違う。」

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応答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社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て採用しています。(特許取得済み)

UDP/IP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。「特許出願済」

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、御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)

ガイドラインとは、法律ではありません国が作った指標です、「具体的な方向性」事故等の場合一つの判断基準とされています一般的に諸法令(関連する官公庁のガイドラインを含む)と理解され紛争等の場合は関連される可能性も高く無視できません。緊急地震速報は直接人々の生死に係わる情報です。その事故防止のためと信頼確保の為に気象庁ガイドラインの基準外の製品では対処が難しく、弊社では、ガイドラインを自主規制とし厳守しております。
http://www.jma.go.jp/jma/press/1104/22c/20110422_eeew_guideline_siryou2.pdf

地震情報の収集とその情報の検討

地震情報と計測、結果発表条件

地震の発生のため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層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は鉄道、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、現実には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え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。

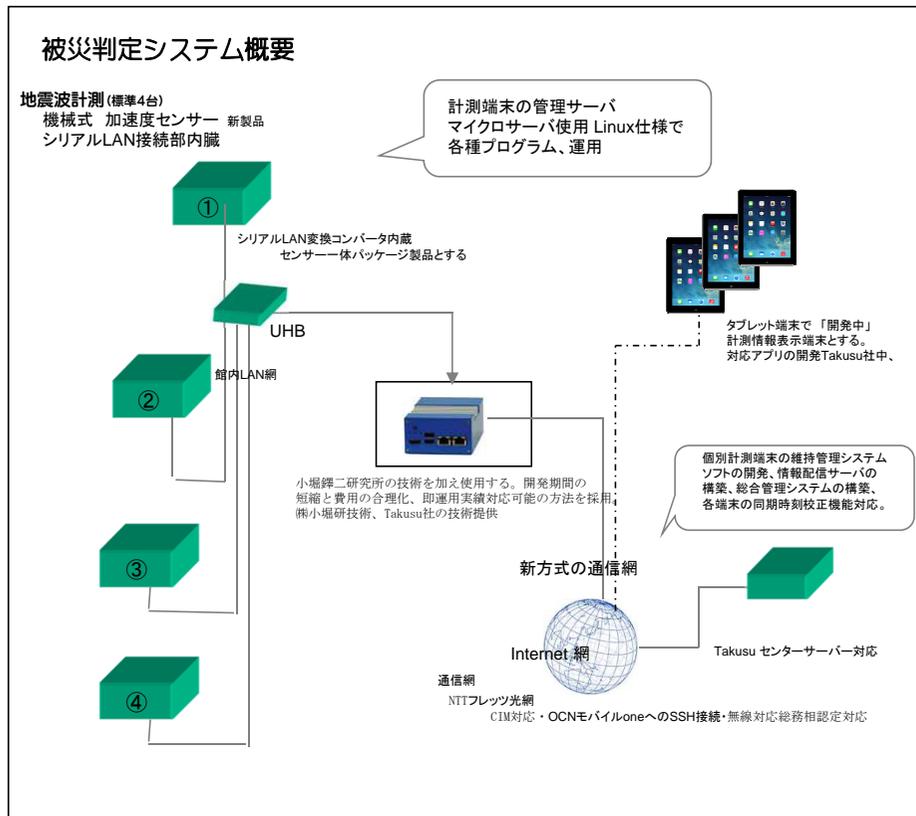
このように、伝播速度が地盤によって決まっていることを利用して、地震波を地盤の調査に使っています。この調査方法を、弾性波速度検層、またはPS検層といいます。ボーリングによる調査をせずとも、地盤がどのような地層から構成されているかを、推定することができる優れた地盤調査方法です。さらに、地盤サンプル試験から得られた物性値と合わせて、地盤の機械的な値(ポアソン比・ヤング率・剛性率)も算出することができます。

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。

Q-NAVIGATORシステムの概要

q--NAVIGATO

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

「地震災害時の被災度判定」

被災度判定 「東京都帰宅困難者対策条例」施行迫る

条例に示す事業者に係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月から施行されました。中でも事業者は従業員の一時帰宅の抑制として「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。

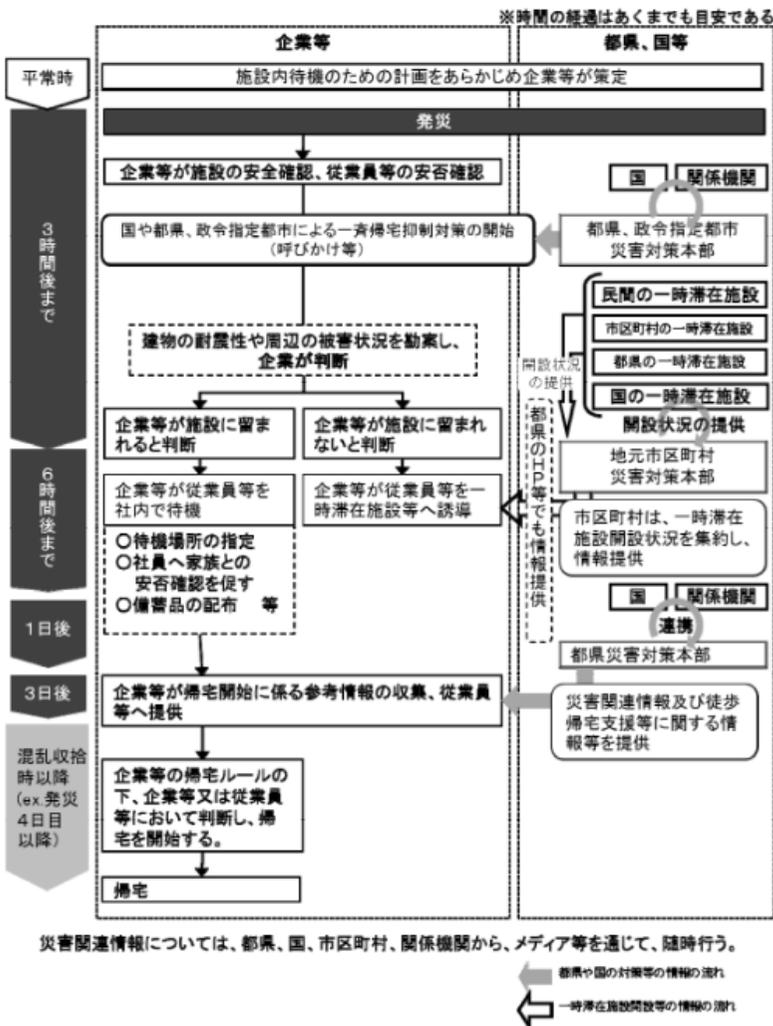
このように、震災後企業の社会責任の立場から重要視され各方面から指導が始まり動き出してきた。その指導の中で震災時の被災判定を専門家に求められている。東京都のガイドラインでは地震発生後3時間以内に建物の耐震性や周辺の被害状況を調査し企業等が施設に従業員を施設に留まれるかの判断を求められている。テナントビル等はその判断基準は施設管理者に求められる。被災度判定は専門家でなくては判定は難しい、そこで事前に専門家の調査判定を受け、イザと言う時の対応が求められる。施設管理者は事前に専門家に指導を受けておくことがガイドラインに明記されている。

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。

前項による、専門家の指導を具体的に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最終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。

地震災害時のタイムスケジュール・目安



「東京と帰宅困難者対策条例」 施工

「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「従わなければならない」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。

(1) 従業員の一斉帰宅の抑制

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、従業員のオフィス内での安全な滞在を確保するため、建物の耐震性の検証、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。

同時に滞在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・物品庫・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、ローパーテーションの床・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きみを導入することも前提となっている。理由と平成して、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。

(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に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。

「気象庁緊急地震速報の技術的改善策の概要」

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処の適用について（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。



P波検出
↓
震源を推定
震源を基に
マグニチュード算出
↓
全域の
震度を予測

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) 従来法



リアルタイム震度※
(観測値)
↓
周辺の観測値
から震度を予測
(震源推定せず)

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(続報)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。

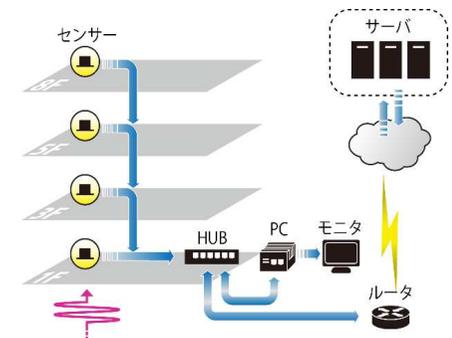
被害判定システム q^NAVI事業

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

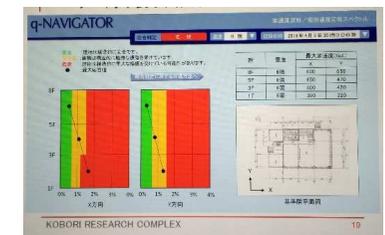
- ◆地震波解析装置 KT・q-NAVI-01N
- ◆地震波解析システムプログラム
- ◆被災度判定システムプログラム
- ◆情報維持管理通信システム
- ◆地震波解析・被災判定データ管理システム
- ◆建物構造解析システム
- ◆各種DATA表示システム
- ◆システム運用管理システム

- ◇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



「地震の強さの表現方法と尺度

各種地震動の強さ、指標の問題点

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

SI値とは69ページの表参照
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」と呼んでいいです。

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。

気象庁の緊急地震速報の技術的改善策

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～

●IPF法「複数の地震が同時に発生した場合に一つの大きな地震として誤認して過大な警報を出すことを避けそれぞれの地震に応じた適切な情報の発表を可能にした方式。」

【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とされている。

・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
～近傍で観測されたリアルタイム震度から震度予想をする手法(PLUM法)の導入

●PLUM法「震度の観測値を基に震度予測する方式（震源の位置に関係なく震度予想可能とされている）」

●ハイブリット法「地震発生当初は従来法、巨大地震の場合はPLUM法の特長を生かし迅速、確実な地震速報の発表を可能と考えられている方式。」

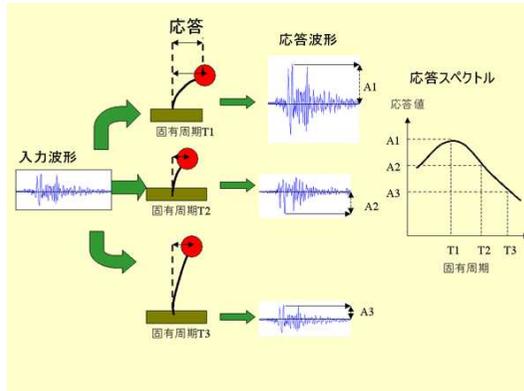
【これにより改善が策が確認された事例】
・4/14日の熊本地震 警報第1報で1.5～2.5秒、通報が早まると検証結果が発表されている。
・東北地方太平洋沖地震による関東の強震動域の適切な推定

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。)

改善策の評価と見解
改善策は、緊急地震全体の問題でなく過去の「警報」の誤報の改善策でハイブリット法が発表されているように、完全なる改善策でもなく今後の地震発生対応の結果による。確実な従来法が当分中心となる。あまり予報には関係ないとした。

「フーリエスペクトルと加速度応答スペクトル（気象庁）」

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



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。

応答スペクトルの計算方法の概念図

図2: 応答スペクトルの概念図

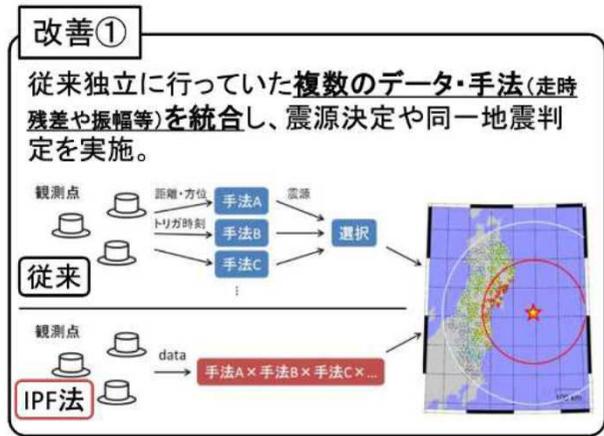
ある入力波形に対して、様々な固有周期を持つ減衰定数が等しい物体の応答が最大になる振幅をプロットしていきます。右の図の例では、固有周期T1の物体の応答波形の最大振幅がA1で、同様に固有周期T2ではA2、固有周期T3ではA3となり、それらの線を結んで一番右の応答スペクトルのグラフができます。もちろん、入力波形が異なれば応答スペクトルも異なります。

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 $T=0.02H$ 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 $3 \times 10 = 30m$ 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。

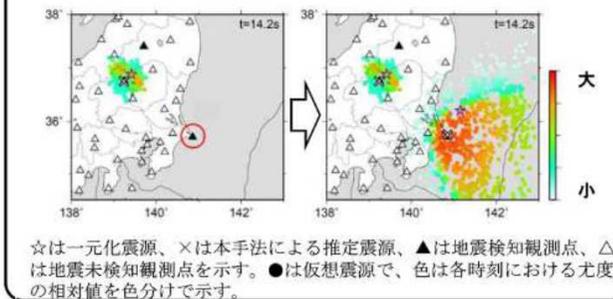
「気象庁緊急地震速報の技術的改善策の概要」



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。

改善②

解の探索手法を効率化(パーティクルフィルタ)し、複数地震の識別を高度化。(他分野技術の融合)



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、震源要素を用いなくて、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。

「地震災害時の被災度判定」

被災度判定 「東京都帰宅困難者対策条例」施行迫る

条例に示す事業者には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。と、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、㈱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。

「防災機器等の製造者の責任と義務」

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、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ない手順を施し安心を提供してまいります。

「地」緊急地震速報 受信端末の接続方法

簡易地震計「響」製品スペック Gal Metrの開発趣旨

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例も多く、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、造販売、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目的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ための提案をいただき、地震研究者へ生々の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期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」の計画。

「防災機器等地震判定 震度計算フィルター特性

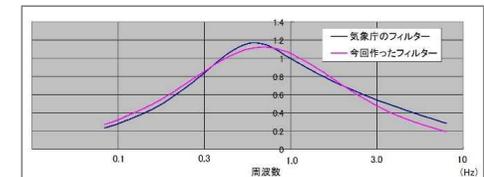
独自開発の震度フィルターの性能 信頼性の確保。

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きます。周期1.5秒ぐらいの揺れが一番被害が大きくなり、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、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の、フィルターを通す必要があります。気象庁の「計測震度の算出方法」に、震度フィルターの特性が示されています。このフィルターを正確に再現しようとする、複雑なデジタル処理が必要となり高額になるために今回は、抵抗とコンデンサーによるアナログ2次フィルターで簡易的に代用することで低価格を実現しました。

結果、震度0から計測可能な低価格な簡易なGal meterが完成しました。

上記で表されます。このフィルターを、気象庁のフィルターと比べてみましょう。まあまあ合っている、と言ってよさそうです。震度フィルターを通過したアナログ信号は、ADコンバーターへ送られます。

total Gal maeter の気象庁のフィルターとの比較



震度計算のためのフィルター特性

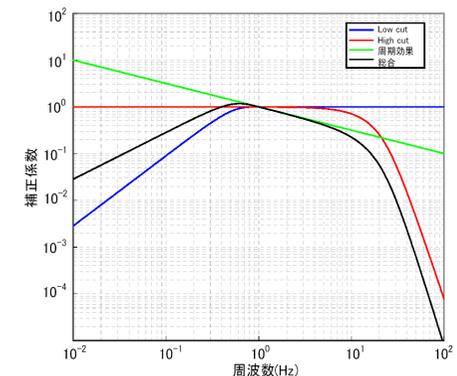


図3 震度計算のためのフィルター特性

計測震度の補正・確立

結果的に黒線の「総合」というフィルターをかけることになります。

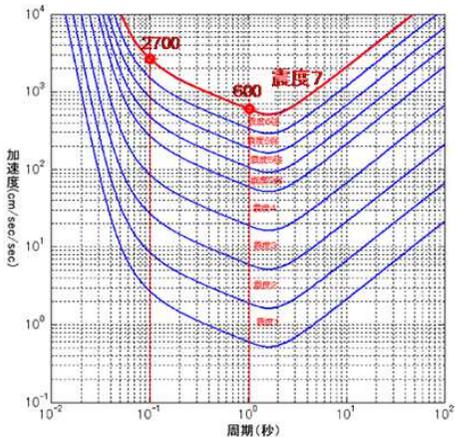
「周期効果のフィルターは、 $\text{Hz}^{-1/2}$ 」というのもそのとおりです。これは緑の線のことで、震度計のもともとの記録は地震動の加速度ですが、この周期効果のフィルターをかけることで加速度と速度の中間の量に変換しているのです。

地震動の主な部分である1~10Hzあたり以外はフィルターで落とし、この周期範囲の地震動を加速度と速度の中間の量に変換し、さらに振動の継続時間も考慮して計測震度を求めていることになります。

1. 地震デジタル加速度記録3成分(水平動2成分、上下動1成分)のそれぞれを求める
 2. 波の周期による影響を補正するフィルターを掛ける。
 3. 逆フーリエ変換を行い、時刻歴の波形にもどす。
 4. 得られたフィルター処理済みの3成分の波形をベクトル的に合成をする。
 5. ベクトル波形の絶対値がある値 a 以上となる時間の合計を計算したとき、これがちょうど 0.3秒となるような a を求める。この例では $a = 127.85 \text{ gal}$ となる。
1. 5.で求めた a を、 $I = 2 \log a + 0.94$ により計測震度 I を計算する。計算された I の小数第3位を四捨五入し、小数第2位を切り捨てたものを計測震度とする。)
1. 資料 気象庁hpから入手 http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc_sindo.htm#filter

「地」震度階とgal値の換算表

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



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
な周期の振動が数秒間継続した場合

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「参考」。

「防」地震情報の簡単覚え 響による計測仕様

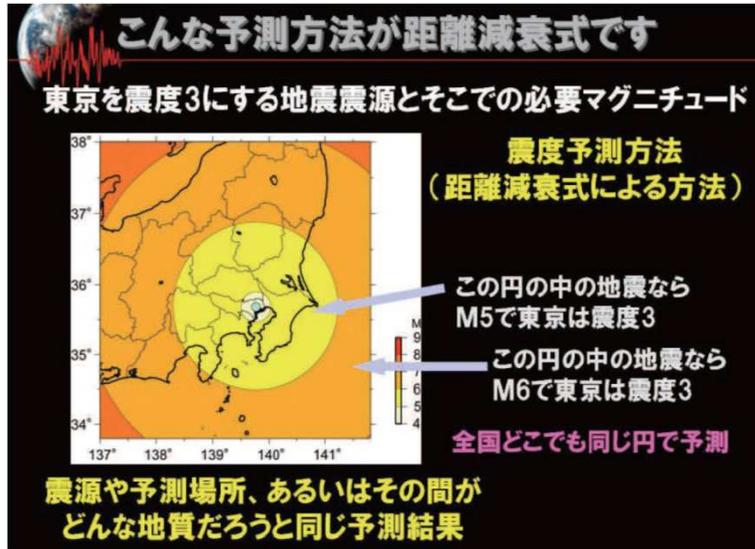
メモ

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0.6Hz0.7Hz)の揺れを大きめに
周期1.5秒より早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 $T=0.1N$ 、
高さをH(m)とするとおおむね $T=0.02\sim0.03\times H$ 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.、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。

「地震」従来からの一般的な緊急地震速報

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は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」配信をころがけてまいります。

多目的高性能 地震報知器の紹介

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。

販売予定壁掛式

gal meter 地震報知器

「響」

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。



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。

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所在地の震度相当値、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て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。」

「地震」従来からの一般的な緊急地震速報

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。

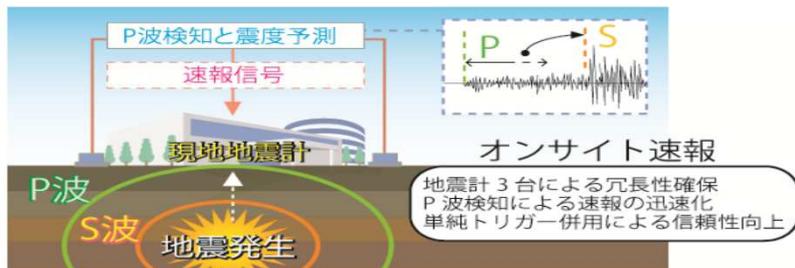
これを補完するものとして、オンサイト速報のように敷地で地震観測したものを、直接揺れの予測に結びつけることが信頼性確保に重要と考えられます。オンサイト速報において、

- ①用いる地震計を複数台使うことにより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

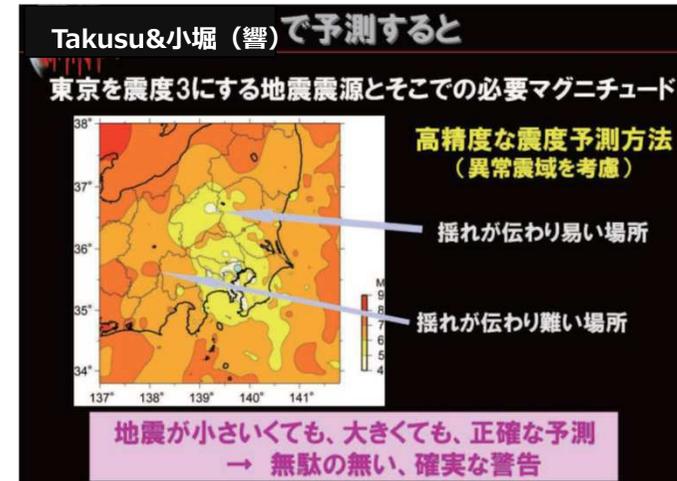
このニュー緊急地震速報は、気象庁が発信する広範囲の地域を対象に震度を知らせる緊急地震速報とは異なり、特定の場所に「いつ」「どのくらい」の揺れが起きるのかを高精度に予測して知らせるシステム。地盤特性や全国の震度データ、地域的な揺れやすさなどのデータを基に、各対象地点ごとの震度予測方法を作成し、高精度で信頼性の高い震度を予測する。

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。



「緊急地震速報」の新震度推定の採用

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

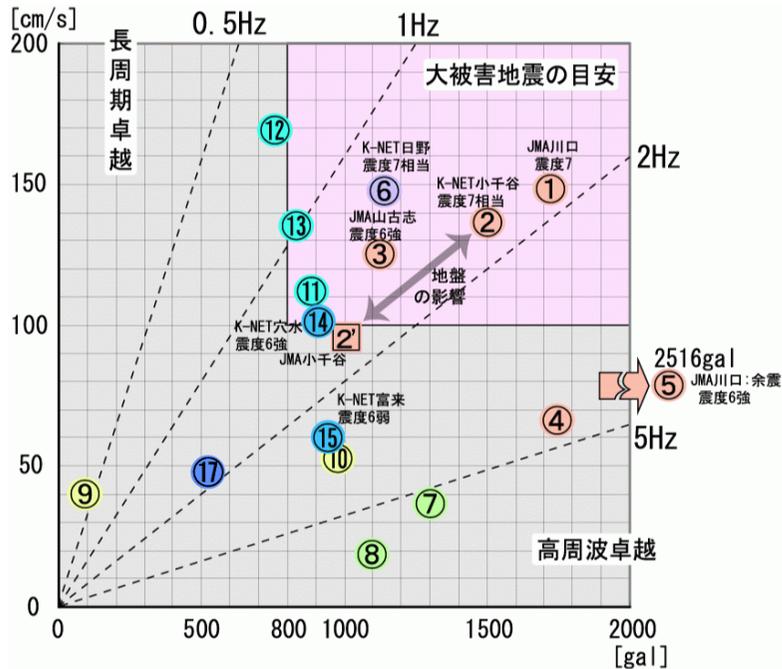
(鹿島建設、小堀鐸二研究室、Takusu社の開発方式)「“鹿島RDMS&Takusu-IDC”の震度予測方式は、独自のものです。気象庁告示の方法では考慮していない震度位置の違いや、伝播経路の地質条件等、地域的な特徴も考慮して行う、このため、**予測地点ごとに個別に作成する必要があるが気象庁の予測震度の約2倍の精度を持っており、小さい目の地震おおきめの地震でも、予測震度に違いは無く、無駄なエレベータの停止を起こし難いという特徴を持っている。無駄な警告や無**気象庁は、告知の方法より高精度の場合のみ独自の震度予測方法を許可するので、“鹿島「RDMS&Takusu-IDC”では、予測場所ごとに震度予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す。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、信号優先作動システムの構築、外付けの試作・使用に着手しました。

「加速度と被害度」

◎ 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。

地震情報とその防災対策商品と情報提供

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、情報提供商品とはならない。

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毎日頃述べている。

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 餡の様にどこ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か。

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だ、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。

「震度階と標準 gal 値の目安」

震度階	警報	計測震度	SI値	加速度値	加速度	標準目安
階			(Kine) cm/s	g	PGA (Gal)	
0		0.5	0.1	~0.0006	0.6	~0
1		0.75	0.1		0.8	(0.1~0.2)
		0.94	0.2	0.0006~0.002	2.5	
2		1.55	0.4		2.5	
		1.75	0.4		5.5	(0.4~0.9)
3		2.75	1.5		8	(1.5~2.8)
		3.3	2.8	0.006~0.02	25	
4		3.55	3.7		25	
		3.74	4.7		55	(3.7~9.4)
5弱		4.34	9.4	0.02~0.06	80	
		4.5	11.4		80	
		4.75	15.3		115	(11.4~19.1)
5強		4.94	19.1	0.06~0.1	150	
		5.03	21.2		150	(21.2~34.7)
6弱		5.45	34.7	0.1~0.2	270	
		5.5	36.8		270	
6強		5.75	48.8			(36.8~62.5)
		5.95	62.5	0.2~0.3	480	
7		6.01	67.1		480	
		6.1	74.6			
7		6.15	79.1			(67.1~115.1)
		6.47	115.1	0.3~0.6	850	
7		6.5	119.3			(119.3~200)
		6.94	200	0.6~	850	

マグニチュード	大きさ	TNT換算
-2		0.015 g
-1.5		0.083 g
-1		0.48 g
-0.5		2.6 g
0	極微小地震	15 g
0.5		84 g
1		480 g
1.5	微小地震	2.6 kg
2		15 kg
2.5		84 kg
3		480 kg
3.5	小地震	2.6 t
4		1.5 t
4.5		84 t
5		480 t
5.5	中地震	2600 t
6		15000 t
6.5		84000 t
7	大地震	48 万t
7.5		260 万t
8	巨大	1,500 万t
8.5		8,400 万t
9		18,000 万t

地過去からの地震発生と加速度

K-NET、KiK-netの主要(&特徴的な)記録の最大速度、最大加速度

地震名	日時 (JST)	観測点	最大加速度 gal	最大速度 cm/s	備考
新潟県中越地震	2004/10/23, 17:56	気象庁川口	1722	148.3	震度7①
中越 (余震)	2004/10/23, 18:34	気象庁川口	2516	68	震度7②
鳥取県 西部	2000/10/06, 13:30	KiK-net日野(TTRH02)	1142	147.2	震度7⑥
宮城県沖	2003/05/26, 18:24	KiK-net住吉(IWTH04)	1304.5	36.6	短周期⑦
十勝沖	2003/09/26, 04:50	K-NET広尾(HKD100)	89.3	40.0	長周期⑨
兵庫県南部	1995/01/17, 05:46	神戸海洋気象台(JMA)	891.0	52.4	⑩
能登半島沖	2007/03/25, 09:42	K-NET富来(ISK006)	90.3	134.6	⑭
新潟中越沖	2007/07/16, 10:13	K-NET柏崎(NIG018)	813	126.8	⑮
東北太平洋沖	2011/3/11	K-NET築館	2933	106	
熊本 余震	2016/04/14	K-NET	1580	92	
熊本 本震	2016/04/16	KiK-net益城	1362		
鳥取	2016/10/21/14:7	K-NET倉吉	1494		

マグニチュード(M) と 震度

M	地震の規模	事 例	M	過去の地震
-2~0.5	極微小地震	物が地面に落ちた時の振動レベル		
1.0~2.5	微小地震	大きな爆発があったレベル		
3.0~4.5	小地震	震源が地表付近なら体感できるレベル		
5.0~6.5	中地震	はっきり揺れがわかるレベル。ニュースで良く見る	6.5	熊本地震
7.0~7.5	大地震	かなりデカイ。地表付近なら震度6か7	7.3	阪神淡路
8.0~8.5	巨大地震	関東大震災レベル		
9.0~10	超巨大地震	東日本大震災、スマトラ島沖地震レベル	9	東日本
10.5~11	絶滅級	地球上の生物が絶滅の危機		
11.5~12	消滅級	地球への太陽のエネルギー1日分。地球真っ二つ		

気象庁震度階や最大加速度及び値は相互に直接対応していないが、適切な仮定をおき算定すると上記の表に示すような凡その対応関係を与えることができる。

参考 震度5強、PGA=250Gal <SI=30kine ぐらいいになると、かなり激しい地震と言える。

震度6弱PGA=300gal <SI=50kineを超えると、大きな波害が予想される。

JR西日本の運転新尺度 カイン : cm/sec

速度規則 SI値が9以上18未満・運転停止: 18以上

Takes-V.Sの無線技術を利用した、
個別地点、防災・生活情報の地域情報配信システムの開発

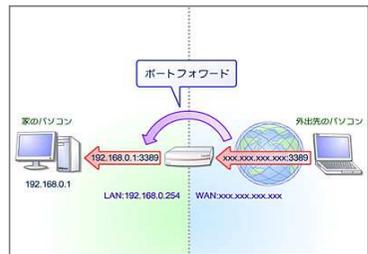
Takusu-S 緊急地震受信端末の接続方法

- 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・プロバイザーのID必要」
(有料で技術者派遣紹介有料可能)

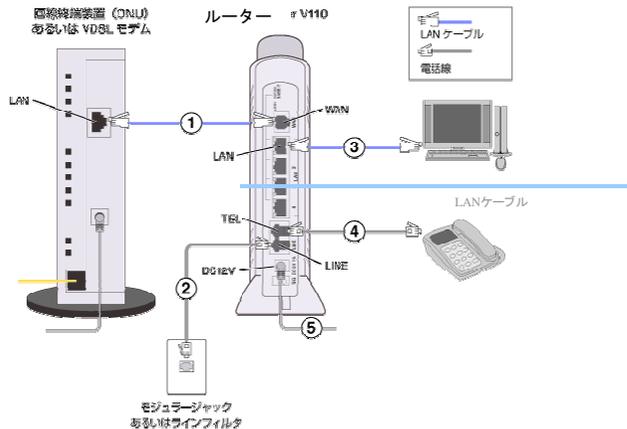
確認は、パソコンを接続して確認しないとわからない、パソコンの知識のある人に見てもらってください。
産業界で初、UDP対応されたのがTakusu-V (当時つなぐだけの実現・製品)



通信のセキュリティ

ルーターによっては、「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。
ルーターの設定画面を開き、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に接続するケースを見てみましょう。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。



地震情報と被害判定の基準 SI値

SI値 SI値 単位はカイン(1kine=1cm/s)

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。

[SI値を求めるための式 SI値計算式]

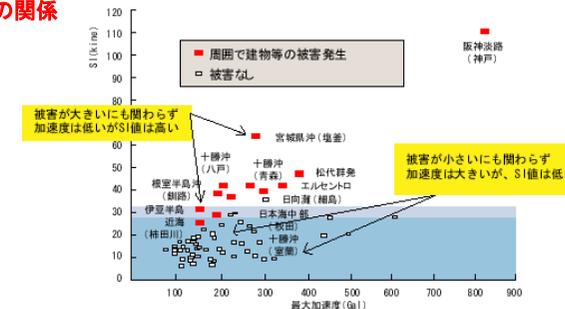
$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv dT (h=0.2)$$

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 (Spectrl Intensity)としている。単位はcm/s

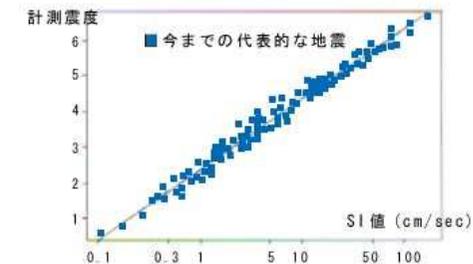
高層ビルや石油タンクに代表される固有周期が数~十数秒の長大建造物に対して、それらに影響を与えるやや長周期地震動成分がSI値には含まれないため有効な指標として用いることはできない問題点がある点が難題。

SI値と加速度の関係



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値と計測震度の関係



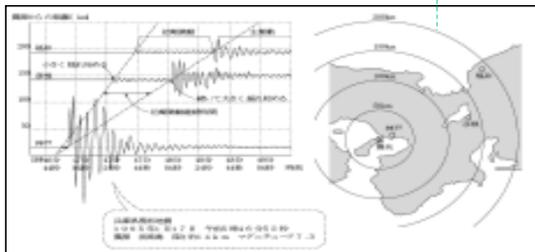
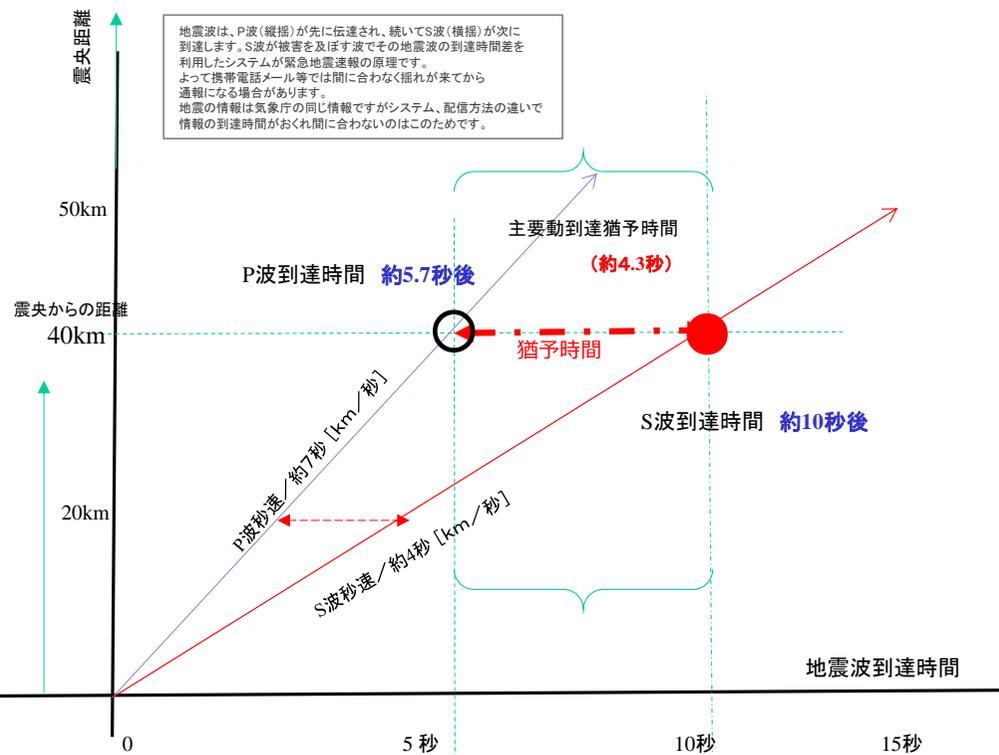
SI値と気象庁が出している計測震度とは以下の表にある通り、非常に相関が高いことがわかります。そのため、非常に高価な計測震度計を設置しなくても、低価格で同等の信頼性が得られます。

地震波の伝達スピードとの挑戦

「過去の地震の加速度と被害状況」

緊急地震速報の猶予時間の説明 (秒を争う情報)

震央からの距離と地震波P波S波の関係 (基本)



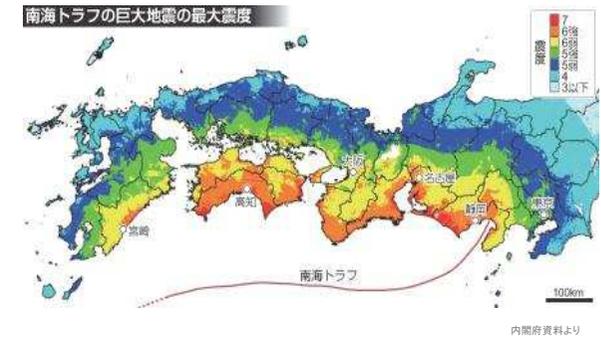
図で示す通り、震央に近い場合P波、S波の到達時間差が無くなり、伝達処理時間も無くなり近傍地震の場合は対応できない欠点があります。地震発生した情報ですから情報には間違いありません。(自然との闘いで例外も発生する)

地震災害の被害想定 内閣府発表

政府の中央防災会議の作業部会と内閣府の検討会が8月29日、被害想定や浸水域などを毎年発表されている。

そんなときにも大きな揺れが来る前に確実に知らせるのがTakusuの緊急地震速報です。

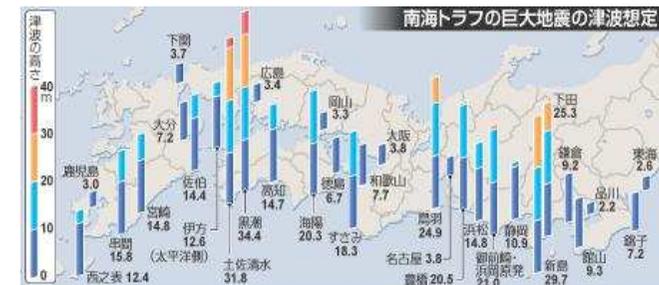
地震



地震は、忘れたころに必ず来る。

津波

大都市のイザと言うときのために



地震関連装置について

●地震は自然現象とも呼ばれていますように、今日の科学・技術水準をもってしても、なお、人知の及ばざる領域があります。また、提供情報は気象庁等の自動計器であるため、設置条件その他通信機器、回線により、誤差、誤報等、作動不良が生じる可能性を完全に排除できません。従いまして、地震による損害や作動不良に関連して生じた損害につきましては、賠償責任を負いかねますので、予めご了承ください

「気圧による建物の高さの計測」

気圧の単位

圧力の単位はPa(パスカル)です。これは、1m²に100gの錘をのせたときの圧力です。気圧にはこれを100倍したhPa(ヘクトパスカル)を使います。気圧は100hPa程度ですから、1m²に10,000Kgの錘を載せた圧力に相当します、気圧は大気圧の圧力ですから、高さによっても変化します。

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・超高層建物の地震計設置場所の位置の高さを計測する場合、気圧計測の精度を上げれば、建物の階数高さを判断することに利用でき一部で採用しています。

国際標準大気

海拔高度0m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の「地上からの高さを知る」方法にも利用できる。と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の空気の重さになる。

○ 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)

○ 計測精度の問題点

- ・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ず。(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。
- ・任意の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の判定条件とします。(確率は目分量で、季節により50%~70%程度です。)

緊急地震速報の訓練

防災訓練への組み込み

従来から行われている防災訓練は、主に①学校等で行われる地震による揺れが発生してから避難場所までの避難行動を訓練する「地震防災避難訓練」と、②地方自治体や企業により行われる地震発生後の消火活動や救助活動などを行う「地震防災応急対策訓練等」の2種類があります。この2種類の訓練にシナリオAを組み込み、緊急地震速報を取り入れたシナリオを作成します。

「一に、伏せる(備え)、二に、身を守る(情報)、三に、待機する(行動)と訓練に備えています。」

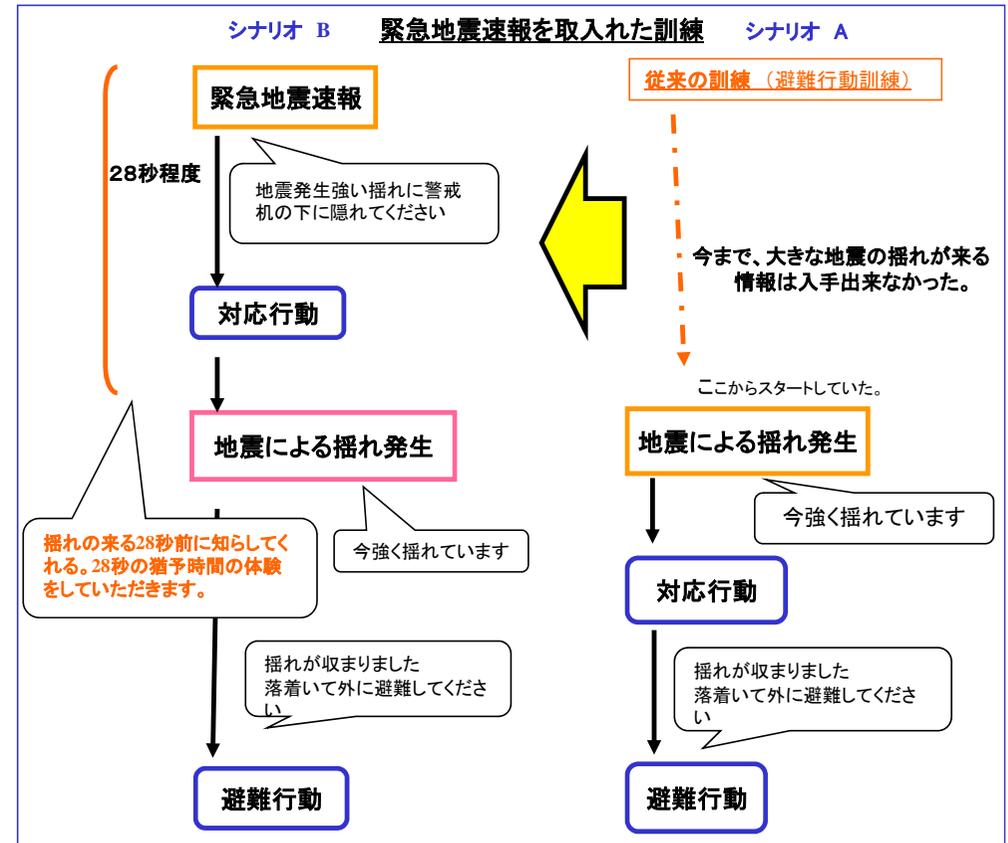


1に情報 2に備え 3に行動

地震防災避難訓練方法

従来のシナリオとの対比フローを(図)に示します。

従来は「地震による揺れ発生」を知らせる放送が入り、机の下に身を隠すなどの対応行動を取り、揺れが収まり安全が確認された旨の放送で、グランド等の避難地に避難するものでした。緊急地震速報を取り入れた訓練(シナリオB)では、訓練の最初(従来の訓練で言えばその開始20秒程度前)に緊急地震速報を知らせる放送が入り、地震による揺れが発生する前に対応行動を行います。地震による揺れが発生した、時点では対応行動を取っている最中となります。揺れが収まった後の避難行動は従来の訓練と同様となります。



地震波の計測からの情報 ④ 「押し引き地域」 例題

地震波の計測からの情報 ① 「押し引き波」

◆あなたの住まいの震源での断層運動の例題検討

図7はある大阪市内地域の平面図であり、震源を通る断層(上町断層)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。

地震波計から地震を知る方法

理論的に、住まいの地域の断層が動いた場合「引き地域か」「押し地域か」事前を知っておくのもあなたの身を守る上でも必要ではありませんか大阪(上町断層)が動いた仮定から推定しました。 例題参考に

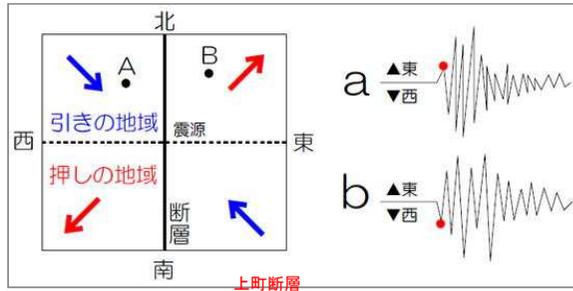


図7 震源での断層運動の例題

■ 地震の初動から震源を探る

地震計の波形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、簡単に解けるようになります。

まずは波形の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。**

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。同様にして、B地点は東と北に動き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。

◆上下動を見よ！

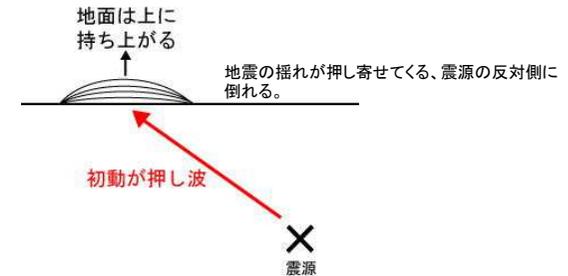


図1 初動が押し波だった場合、地面は上がる

次に図2 を見てください。これは発生した地震が**引き波**だった場合を表しています。初動が引き波なら、最初地面は下がります。

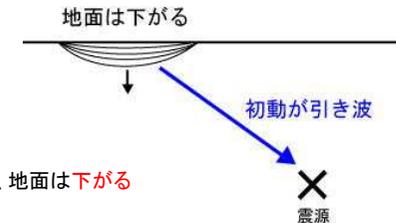


図2 初動が引き波だった場合、地面は下がる

上記のことから、初動が上下どちらに揺れたかで、押し波なのか引き波なのかわかるわけです。この押し波か引き波かは、この後の震源の方向を知るときにとっても重要な情報です。すなわち、この情報は、**揺れの来た方向に震源があるのか、揺れが進んだ方向に震源があるのか**を表しています。

押し波＝波は震源から遠ざかる ・ **引き波＝震源に向かって動く**

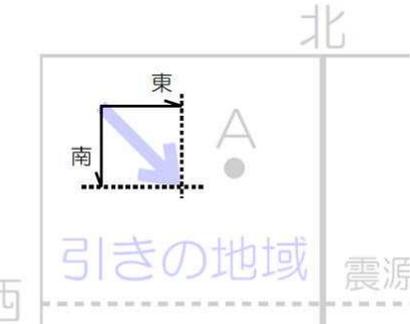


図8 上記例題のA地点での水平移動成分 宝塚・豊中地域 「引きの地域」

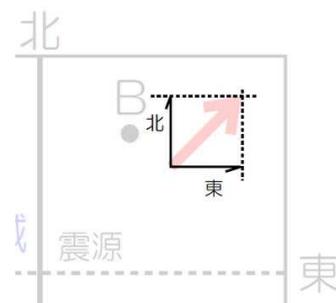


図9 上記例題のB地点での水平移動成分 京都・枚方・寝屋川地区 「押しの地域」

■ まとめ

- ・押し波なら・まずは上下動を見よ！
- ・押し波なら＝震源は動いた方向と逆方向
- ・引き波なら＝震源は動いた方向に存在

これを確実に覚えていれば、地震における初動で避難方向動きを事前に予測できる。

緊急地震速報 とその歩み。 ② 「水平成分」

地震波の計測からの情報

◆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 を見て下さい。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。

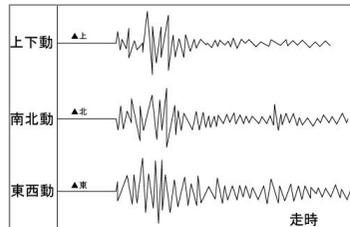


図3 ある地震波の波形

図3 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。

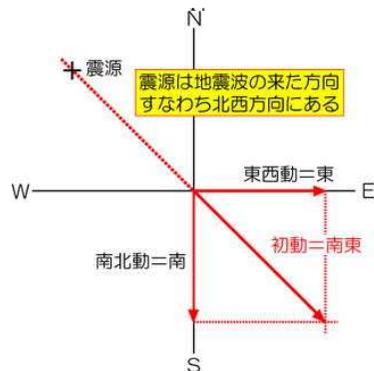


図4 図3 の地震の震源の方向

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。

次に、**初動が下の引き波**についても考えてみましょう。図5は、前述の図3とよく似ていますが、上下動の初動が「下」になっています。南北動と上下動は図3と変わりません。

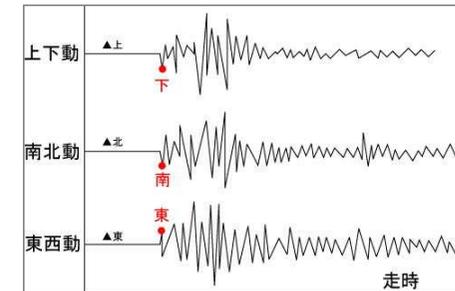


図5 ある地震波の波形

図5は上下動が「下」のため**引き波**です。地震は必ず地中で起こるので、初動が「引き波」ということは、すなわち**震源に向かって動いた**ことになります。

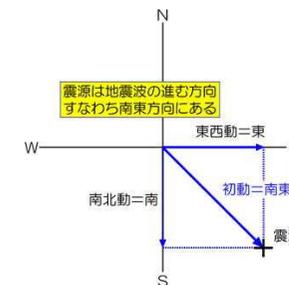


図6 図5の地震の震源の方向

図4の時と同様に、南北動と東西動の矢印を書き、対角線を結びます。そして、引き波ですから、初動で地面は**震源に向かって動いた**ことになるので、震源は南東にあることがわかります。

大森式による震源地の推定計算

問題

ある日、東京の丸の内地下で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波は震源を同時に出現し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としていますが正確は)
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所期微動継続時間～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)} × 初期微動継続時間、もし上記の時間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、

$$L = 8 A \dots\dots\dots ①$$

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

$$8 A = 4 (A + 65)$$

$$8 A = 4 A + 260$$

$$8 A - 4A = 260$$

$$4 A = 260 : A = 65 \text{ 秒}$$

つまり、波は、地震発生時間の65秒後に到達した。ことから、式①へ65 秒を入れたら、
L=8×65=520 km **答え、520 kmとなります。**

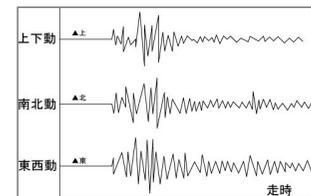
地震発生時刻は、10時から65秒を引くと地震発生した時刻になります。
{震源地は、遠く名古屋近くの地点になることがわかります。}

「響き」の計測結果から震源地検索方法

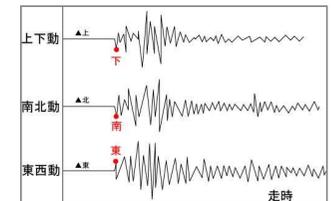
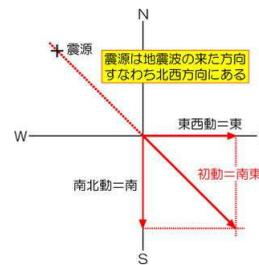
- 1、地震発生による「響き」による観測から初動が押し波か引き波かを確認する。
- 2、側点にNS EWを示す。
- 3、gal値水平(X)5.4、垂直(Y)3.3を示す。
- 4、A点と観測点を結びその延長線上に震源がある。
- 5、発生時間と検知時間の差に秒速7m×た地点が震源地になる。
- 6、以上で地震発生の震源地が決定することが可能になる。

以上をgooglマップ上に標示させる。

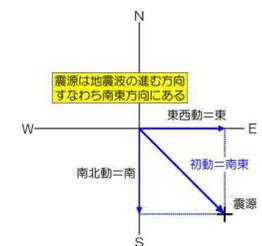
この図の波形は上下動の初動が「上」、すなわち押し波であり、波は震源から遠ざかるので、波が来た方向に震源があることを表しています。



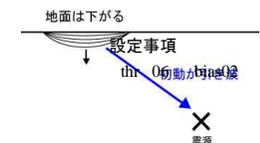
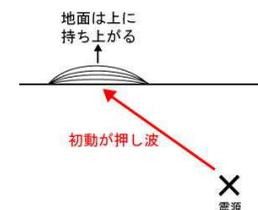
震源の方向
この地震波の初動は上下動が「上」、南北動が「南」、東西動が「東」ですから、初動から震源の方向を求めると、図4 になります。



震源の方向
右図の時と同様に、南北動と東西動の矢印を書き、対角線結びます。そして、引き波ですから、初動で地面は震源に向かって動いたことになるので、震源は南東にあることがわかります。



上の図のように、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。



製品販売機能確認試作品 (卓上型)

なかなか一般市場販売には至らない 実験中



ただいま揺れを検知しました。震度表示をご確認ください。震度4以上の場合、余震等にご注意ください。なお身の安全確保をし地震災害から逃れてください。??

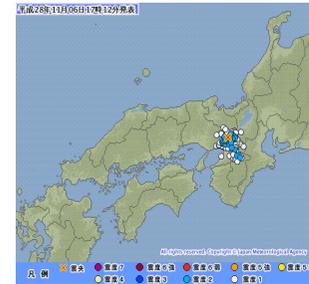
付属 Voice Cabin

- 85 -

地震報知器が揺れを検知すると音声で知らしてくれる付属装置音声ガイダンスは下記の通り。(任意ガイダンスオプション)

“ただいま、揺れを検知しました。震度5弱以上の場合 余震にご注意ください。” ***** 身の安全確保をし地震災害から逃れてください。*****

平成 28年11月6日 17時8分発生、「響き」地震報知計測結果 大阪北部震源地地震



平成28年11月06日17時12分 気象庁発表
11月06日17時08分頃地震がありました。
震源地は大阪府北部(北緯34.9度、東経135.6度)で、
震源の深さは約10km、地震の規模(マグニチュード)は
3.6と推定されます。
各地の震度は次の通りです。

近隣 気象庁震度火キスを見る目発表資料	
京都府 震度2	京都伏見区向島 * 京都西京区大枝 * 宇治市宇治琵琶八幡市八幡 * 大山崎町円明寺 * 久御山町田井 *
大阪府 震度2	大阪国際空港豊中市曾根南町 * 豊中市役所 * 吹田市内本町 * 高槻市桃園町 高槻市立第2中学校 * 高槻市消防本部 * 枚方市大垣内 * 茨木市東中条町 *

平成 28年11月6日 17時8分 発生地震 枚方市で「響き」の計測結果



計測時刻 平成28年11月6日 17時8分の地震計測 結果
揺れ時間 1分 :
震度 2 ・ gal 値(水平)X 5.4 ・ Y3.3 ・ 体感 3

「響き」計測確認表示画面



計測結果からの震源地推測

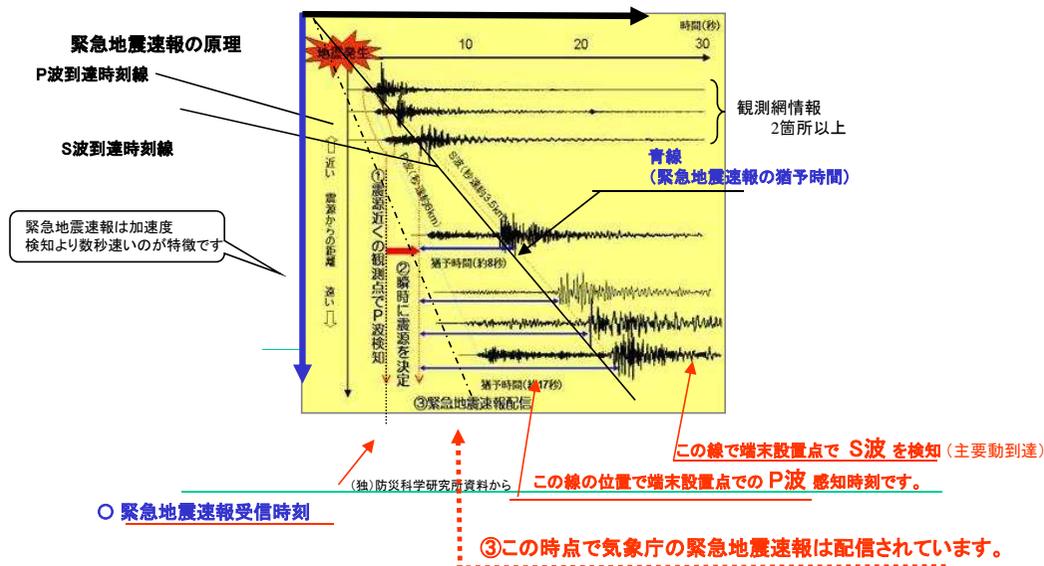
「緊急地震速報」の各種分類 こんなに複雑……

地震の発生から緊急地震速報の伝達と情報の流れ

地震が発生すると、観測点①にはまずP波が到着します。その後、P波に比べ振幅が 数倍大きいS波(主要動)が到着します。
震源の近くでP波を検知し、②地震の規模や位置を即時的に求め、それを広く伝達するシステムが構築でき、地震の大きな揺れが到着する前に防災対策を実行することが可能となりました。これが気象庁の緊急地震速報(高度利用者向け「予報」)の基本システムです。「但し、地震の発生地点(半径約20km)では時間差を利用する関係から前項の地震波の特性を利用している関係から時間差が求められなく震源地情報としては不可能です。現在断層型地震(直下型)について研究がなされています、現状では、実用の実績と実用の確実性が得られていないために断層型地震(直下型)は気象庁の基準では認められていません。」

【地震の発生から緊急地震速報の伝達の流れ】

【地震計によって観測される地震の揺れの例】



「響き」の個別地点計測項目

地震発生日時 : 20016年 12月 23日 17:00

観測点 緯度35.67 経度135.67

No	数値計測要素	気象庁数値	「響き」計測値	備考
1	震源地位置 緯度・経度	○	34.9 / 135.6	計測値 ヒュベニ(Hubeny)の公式(距離)
2	震源地距離 km	—	7.92	大森式
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				
3	Gal値 X / Y	—	5.4 / 3.3	計測値 (震源方位決定)
4	計測震度 (基準地盤)	—	2	計測値 (震度表示)
5	地震発生時刻	○	17:08:34	大森式逆計算・計測表示
6	震度	○	2	計測 個別地点
7	受震時刻	—	17:08:34	計測表示
8	引き・押し波の決定	—	引き	計測(地震波)検知
9	初期微動継続時間 (秒)	—	12.5	大森式(P-S時間)系算値
初期微動継続時間(P-S時間)というのが、P波が到達してからS波が到達するまでの間、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。具体的な数字をあてはめるとP波の速さ8Km/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。				
10	主要動到達時間	—	17:08:34	計測計算値
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				
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				
11	トリガ 閾値	—	3	任意の設定
12	SI 値 (地震被害尺度) K	—		
距離 = P波又はS波の速さ × 到達までに要した時間、所期微動継続時間 ~ 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				
13	マグニチュード M	○	2	計測計算値
$\log_{10} E = 4.8 + 1.5 M \dots \textcircled{1}$ 、 $(10^{1.5} = \sqrt{1000} \approx 31.6)$ マグニチュードが1違うと、エネルギーは約32倍違うことになります。				
14	個別地点計測震度	—	2	計測値
15	P波の秒速値時刻 (逆計算値) (秒)	—	8	大森式
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)] × 初期微動継続時間、もし上記の時間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。				
16	地震の発生時刻 (逆計算値)	—	17:08:34	大森式 計算値
地震発生時刻 = 地震検知時間から(S波到達時刻を引くことで地震発生した時刻になる。)				
17	設計一次固有周期	—	1.5	T = h(0.02 + 0.01α)
18	固有周期 (RC)	—	1.5	T = 0.015H (RC) ・ T = 0.02H (S造) T = 固有周期

凡例 - 未対応、○ 対応

初期微動到達時間 = P波が到達してからS波が到達するまでの間、(初期微動が続いている時間) 具体的に数字をあてはめるとP波の速さ8km/s S波の速さ4km/sとする。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。

大森式による計算例により 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)] × 初期微動継続時間、もし上記の時間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、約4km/秒、震源距離100kmの確認もできました。

緊急地震速報 とその今後

地震情報

地震発生予知は、残念ながら不可能の中での策を考案すべき。
その策として、基本的な緊急地震速報のシステムは重要な手法である。
地震波の特質を利用して確実な地震発生後の物理的現象を、最新の技術を利用して
「過去の地震発生データ、個別地点の地盤特性、地震発生規模等から主要動の到達時間
までに利用者に届ける手法の研究が必要ではないか。

- 1、地震発生感知観測網の充実
- 2、震源地の推定技術の充実、
「国土35Kmのメッシュ観測網の検討」
- 3、震源地推定技術の充実
- 4、個別地点の地盤情報が考慮された予測震度、猶予時間の計算精度の向上
- 5、遅延なき通信技術で高範囲の対応可能技術の充実
- 6、個別端末での実測震度の計測とセンターとの双方向通信の充実
- 7、

地震情報の現状を考えさせられた。

関西における鳥取地震速報の地震情報と防災情報過多について一言。

「10月21日14時7分「けたたましい警告音」が鳴り響いた。その後、ゆれた2分間の出来ごと。」
地震速報等の警告音等は知っていた。だが、これが本当の防災のための警告音になるのかと考えさせられた。
一家庭で、緊急地震端末装置のガイダンス、テレビの緊急地震速報の通報、携帯電話2台の警告音、一瞬、
何が起きたのか、家の中で鳴り響き、我は放心状態。
本来の「地震発生による通報の避難行動」体が動かない状態で地震の揺れの体験をしてしまった数秒……。

この体験で、東北、熊本での余震による連続の報知音の二次災害の恐怖が叫ばれているニュースを思い出した。
これは、大変だ「一に、伏せる(備え)、二に、身を守る(情報)、三に、待機する(行動)」とHPで唱えている者として考えさせられ。今回標語の順番を訂正させていただきます。



一に、**情報**(身を守る)、二に、**備え**(伏せる)、三に、**行動**(待機する)に順序を訂正します。

そこで今回、**情報**を受けることは出来た。**備え**(伏せる)**行動**(待機)の本来の目的は、とうてい実施できませんでした。次々と4種類の装置が鳴り響き「悔しいことに」何も行動が出来ないままで呆然と立ちはだかっていた。結果、本来の防災情報端末としての働きにならなかった。「防災情報端末装置等の使い方について考えさせられた。」

時代とともに、防災情報の過多になってはいないか。

本当の、情報とは何だろうか防災機器は直接人命に関係する装置お金の高い、安い、の問題ではない人々が生きるための道具。その扱い方を間違えると災害を増徴させる凶器になる。それは防がなくてはならない、そのためには訓練で体験をするか、単品で信頼できる端末装置の情報入手によるより方法はないことを、思い知らされた一日であった。そこで信頼できる、個別地点で計測できる端末装置「響」の開発をいそぎたい。

緊急地震速報の配信・通報メカニクの解説

緊急地震速報の情報を遅延無く伝える、「秒を争う情報伝達のために。」

緊急地震速報の情報の予報・配信方法は、気象業務法で定められ詳細は気象庁のガイドラインで二つの方法が指導されています。
 その一つは、**端末予報型**です、各戸別地点に端末装置を設置し、その端末装置で気象庁からの情報データを許可事業者を経由で受信し、端末装置で演算、解析を行い緊急地震速報(予報)として通報する方式です。
 二つめの方法は、**サーバー予報型**で、端末予報型と同じように端末装置を用いますが、その装置の仕組みが大きく違います。端末装置には演算、解析を行う機能は持っていません。緊急地震速報の内容を受信し、機器を制御させる機能と音声ガイダンスで通報する機能のみの簡素化した装置です。
 その、端末装置の緊急地震速報の各種データはすべて、システムの中核を受け持っているセンター側の大型コンピュータで行います。各種、演算、解析、データの保存、そのデータの配信、各戸別地点の端末装置の運用監視に至るまで総合的にセンター側で行っています。当社では、その各種結果データを独自開発の通信プロトコルで、パケットを個別地点の端末装置に送信し、その信号を受信したデータで端末装置を制御させ通報する仕組みを開発しサーバー予報型システムとして採用していますこれがサーバー予報型です。

尚、**サーバー予報型**においても配信方法が二種類あります。説明が専門的になりますが情報の緊急性から情報配信のポイントですからご理解ください。(解説は、弊社のサーバー予報型を基準に述べています。)
 それは、一般的に普通に使用されている通信方法を利用したサーバー予報型のシステム、と独自性を備えた通信のプロトコルを使った方式のサーバー予報型があります。
 その、独自性のシステムは緊急地震速報の通信では緊急性が求められる、緊急通信に適さないことからCP/IPを使わない、緊急地震速報専用の通信プロトコルを開発し、その開発の通信プロトコルは通信スピード性を生かされた従来からの一般的なUDP/IPの欠点を補足した無駄の無いコンパクトな効率の良いシステムを構築し採用した方式。当時弊社は、緊急地震速報の実証実験からこの方式を強く推奨し工夫がされてきました。

「管沢勘解由介 菅原貞秀」

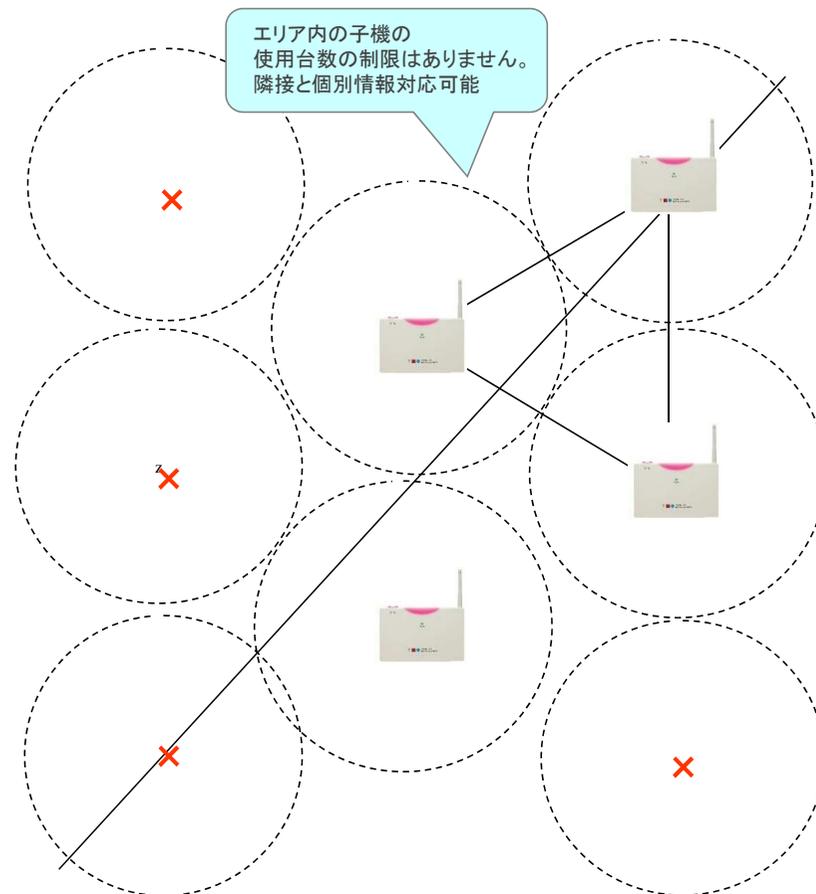
通信プロトコルUDP/IPを採用したのは、緊急地震速報は秒を争う情報の配信と一齐に個別地点に情報を配信を行う必要性個別監視の必要から、研究開発する余地があったために緊急地震速報に適合した、高度化に成功し実用化にこぎつけ運用しているのが弊社のサーバー予報型システムの主要構成です。
 一般のサーバー予報型を高度化したものではなく、その方式の詳細は、「殆んどの関係者も気が付いておられません。」ガイドラインの設定においてどうして「1秒以内に配信できるのか」と論議された、それは、通信方法が違うため。今では、それが可能になり緊急地震速報の「秒を争う遅延なき通信」の総合的な、かなめとなってきています。弊社は、早くから、一般的に利用されているTCP/IP通信プロトコルでの通信では、緊急性が求められる通信には適さない、緊急地震速報の実証実験当初からUDP/IPを推奨してまいりました。電子情報技術産業協会JEITA)の特別プロジェクトでも、当時まだ一般的にプロトコルの技術的な理解がなされていなくサーバー予報式は「通信の遅延が発生するとの意見」で、採用されなく端末予報型を採用するのが普通になり進められた経過があります。

結果、サーバー予報型を採用する、緊急地震速報の専用端末メーカーは、弊社一社になった過程から国内の緊急地震速報の端末の方式が端末予報式中心になりスタートした。
 当時、端末予報型の採用で問題も発生していた様子。個別地点の端末で訓練対応が出来ない「学校等で個別の訓練が出来ない、端末の稼動状況がわからない、(動いているのか)稼動しているのか等、騒がれたが改善がなされないままで一部現在に至っている。その後も、気象庁のシステム更新等の対応が出来ない問題も発生し、課題が残されているままの経過。その後も、弊社では、独自で通信方法及び緊急通報の端末の研究開発を進め、各種工夫を行い緊急地震速報ガイドラインの各項目を完結する仕様が完成し、その実績も20年になり評価されてきました。ここに来て、当時の共に苦労してきた関係者のご協力、指導いただいた先生方に感謝いたします。
 「容易に、1秒以内の遅延なき配信の確保」が出来たものではありません。その他の工夫で、サーバのワン・ユニットあたりの配信効率アップ、サーバの合理化による通信回線のコストダウン、今後の気象庁等のシステム更新・改修時の容易な対応、その他、端末装置の緊急地震速報の通信の緊急性を求められる用途に適合した通信プロトコルの特性を生かした方法等の研究が進み、現在まで、数多くの工夫の取得で好評が得られました。
 一般に使われていない、通信プロトコルの採用で緊急地震速報の特異性に対応した、緊急性の対応による通信のスピード性が生かされたUDP/IPを利用した効率の良い配信システムは、UDP/IPプロトコルが発表された当時から、緊急地震速報実証実験に採用してきた実績と経験により「結果、特許取得にいたっております。」

弊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。」

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

- 1台で半径700mの実績を利用した。個別エリア情報配信システム。
- 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。



NHK渋谷放送センター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確認が実証され運用可能確認済み製品。

約4K範囲のサービス

マグニチュード(M) と震度

M	地震の規模	事 例	M	過去の地震
-2~0.5	極微小地震	物が地面に落ちた時の振動レベル		
1.0~2.5	微小地震	大きな爆発があったレベル		
3.0~4.5	小地震	震源が地表付近なら体感できるレベル		
5.0~6.5	中地震	はっきり揺れがわかるレベル。ニュースで良く見る	6.5	熊本地震
7.0~7.5	大地震	かなりデカイ。地表付近なら震度6か7	7.3	阪神淡路
8.0~8.5	巨大地震	関東大震災レベル		
9.0~10	超巨大地震	東日本大震災、スマトラ島沖地震レベル	9	東日本
10.5~11	絶滅級	地球上の生物が絶滅の危機		
11.5~12	消滅級	地球への太陽のエネルギー1日分。地球真っ二つ		

「**マグニチュード**」とは、地震そのものの大きさ（規模）を表すものさしです。マグニチュードとは、地震そのものの規模を示す値です。「**マグニチュード**5.6」などと、小数点付きの値で上の表の通り発表されます。一方「**震度**」とは、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ています**。

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。」

「**震度**」とは、地震が起きたときのわたしたちが生活している場所での揺れの大きさを表し、日本では気象庁が10階級(0、1、2、3、4、5弱、5強、6弱、6強、7)に分けたものが使われています。60P参照ください。

最近の防災情報の伝達と訓練 おおさか880万人訓練から

その情報を単なる情報として扱うか、その情報を信頼して期待を持つものかで大きく違ってくる。下記の①は、単なる情報でその内容を期待するものではなく災害の結果情報伝達と理解すべき、④⑤は、結果の情報伝達である ②③は、観測結果から物理的根拠のある情報でその内容で対処しなくてはならないがその情報にも限界がある情報と情報の内容を周知した上で利用しないといけない告知が必要。そこで、「利用者がその情報を信頼して期待していた内容に反した場合は、凶器になる場合がある点を考慮したい。」

災害情報の分類

- A 災害等の結果伝達情報
- B 大きな災害が発生する予備情報(身の安全確保情報等の警報)
- C 災害時の処置対策伝達情報
- D 災害時の被害減災システム制御信号、通報制御信号
- E 警報等の解除情報

① **緊急速報メール**（各通信会社）情報の伝達（約6秒の伝達時間必要）
エリアメール、おおさか防災情報メール等統一されていない。その他に通信会社独自のメール配信システムを利用した緊急通報システム。主情報は気象庁から警報発令の場合、予報事業者、総務省の情報を再配信される。

② **緊急地震速報**「気象業務法による速報」（気象庁・予報事業者）緊急地震情報(警報)（約1秒の伝達時間必要）
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弱以上と予想され重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合気象庁が定める基準に該当する場合、政令の定めるところにより、その旨を示して警報が発令される。現在も**緊急地震速報**は気象業務法では「地震動警報」と位置づけられています。

発令者気象庁長官
** 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降雨量その他に関し気象庁が定める基準に該当する場合には、政令の定めるところにより、その旨を示して、気象、地象、津波、高潮及び波浪についての一般の利用に適合する警報を示さなければならない。「**警報**」とは、重大な災害の起こるおそれのある旨を警告して行う予報」警報をしたときは、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、消防庁、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予報事業者は警報の伝達義務を負うと定められている。
緊急地震速報はその情報と時間(秒)の戦いそれは地震波のスピードと競走するためです。（参考）（1秒）

地震P波のスピード秒速5～7km ・**暗時速**に直すとP波で18,000～25,200km/時、S波のスピード秒速3～4km ・時速10,800km～14,400kmの差を認識ください。

③ **全国瞬時警報**（J・アラート）「国民保護法に基づく(国民保護サイレン)（消防庁・地方公共団体）情報の伝達
「緊急情報を伝達します。北朝鮮が予告することなく弾道ミサイルを発射した場合には、政府としても」、伝達される緊急情報には、内閣官房が発表する「国民保護に関する情報」と、気象庁が発表する「自然災害に関する情報」の2種類があります。「国民保護に関する情報」とは、国民保護法に基づき内閣官房の発表する弾道ミサイル情報や航空攻撃情報、ゲリラ・特殊部隊攻撃情報などの武力攻撃に関する情報です。（約4秒の伝達時間必要）

④ **緊急警報放送** EWS 早期警報システム（NHK）情報の伝達と待機受信機の制御（約5秒の伝達時間必要）
総務省令電波法施行規則第2条第1項第84号の2に規定による放送。
緊急地震速報とは違います。**緊急警報放送**とは、津波など人命や財産に重大な影響の 予想される災害が発生した時に 緊急警報信号(ピロピロ音)を鳴らすことで、テレビやラジオのスイッチが入り、災害情いち早く知らせる放送。

⑤ **TV、ラジオ放送**
災害の発生速報、被害状況の伝達、避難状況の伝達

対応機種の確認

お持ちの携帯電話が『災害・避難情報』に対応しているかどうかについては、各携帯電話会社にお問い合わせください。工場出荷時から対応しているもの、アプリのダウンロードで対応するもの、パソコンに接続すれば対応するもの、販売店に持ち込む必要のあるものなど、機種によって大きく異なります。お手持ちの携帯電話に「エリアメール・緊急速報メールの設定」項目があり、この中に「災害・避難情報」の設定があれば、対応している機種です。対応していれば当日緊急通報メールを受信しています。受信しない場合に上記のご確認をお願いします。

送信メールの種類

訓練当日の午前11時03分頃に大阪府内にある携帯電話に訓練開始の合図として発信する「訓練情報」は、携帯電話会社のエリアメール/緊急速報メールサービスの『災害・避難情報』を利用します。エリアメール/緊急速報メールに対応している機種でも、設定メニューに『災害・避難情報』の項目が表示されていない機種は『災害・避難情報』には対応していません。大阪880万人訓練で発信するエリアメール/緊急速報メールを受信しませんので、ご注意ください。e-メールではなく、文字放送を携帯電話機が受信するシステムです。

メールの着信時間

緊急速報メールは発信してから数秒で携帯電話に届きますが、受信できなかった場合、自動再送されますので、着信が数分遅れる事があります。

近未来の緊急地震速報と国家地震防災事業の展望

二つの緊急地震速報、一般向け緊急地震速報「警報」P波が2ヶ所以上の地震計で観測され最大震度が5弱以上と推定されて始めて発せられる。不確実な段階で緊急地震速報をだして、はずれれば混乱を招くのでより正確性を求めて、2ヶ所以上の地震計による観測という原則を決めている。残念ながらその結果それだけ発表のタイミングが遅れることになる。

懸案事項：気象庁は「警報・予報」共に法的な緊急地震速報であるが、警報が長官の権限でもある関係から警報中心とした活動で、物理的に確実に精度の高い予報に光が当たっていない傾向が伺える点も一つの課題である。法的な「警報」とは、重大な災害の起るおそれのある旨を警告して行う予報をいう。とされている。「そこで、そこで早く正確な確実な情報の提供には限界があります。(地震波の秒速との戦い)物理的に(近傍地震に対しては)時間的猶予が無く対応できない予報である。)

その法的根拠から許可事業者(業)の警報伝達、法定伝達機関(日本放送協会・)直ちにその警報事項を警察庁、消防庁、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。ことから携帯端末から地震情報が伝達される仕組みが定められている。詳細は「警報」の発表規準による。

一般向けに対して高度利用者向け緊急地震速報「予報」は、個別地点の情報が伝えられる。一般向けが全国を200地域に分けた「面」に対しての情報提供であるのに対して。

高度利用者向けは、任意の場所の個別地点における利用者の情報を受け取る端末が設置されており、結果、「点」の情報が提供されている。それだけ確実な情報が届くことになる。しかも、高度利用者向けは一か所の地震計でP波が観測された時点で情報が配信されるためにより早い段階で情報が配信されることになる。

だが、高度利用者向け緊急地震速報が確実に地震の到来を教えてくれるかと言えばそうでもない、まだまだ計測網の地震計が不足している十分ではない正確で迅速な対応には至っていない。その対応として考案されたのがGalメータ内臓の端末装置である。

そこで、各方面の先生方も地震予知は可能なんだ。合理的な方法で取り組めば、しかし残念なことに現状では資金不足、民間ではビジネスにならず無理。国や自治体による補助を新設する案もなかなか実現しないのが現実なのだ。

提案

- ① 本格運用から10年今一度原点に戻り考え直す時期ではないか。そこから
- ② 高度利用者向け緊急地震速報の専用受信端末の開発、(地震計内蔵型)で双方向通信可能端末対応。
- ③ ②の端末装置のセンター側データ管理システムの開発、リアルタイム地震計測システムの構築
「結果、緊急地震速報自動地震計測網の構築による緊急地震速報の精度のアップに努められる。」
- ④ 日本で発生する、地震の7割までは海底で起きている。その関係から内陸の地震観測とは別に、海底地震計測網を充実させる必要がある。これは、国の事業として地震や津波などの防災情報を正しく情報たらしめる設備を推進すべき事項。「民間企業では不可能、国家事業であるべき。」
- ⑤ 防災省の新設と情報センターの設立。(民間の、予報事業者業務を国の機関として行うべき。
- ⑥ 民間のビジネスとして行う事業ではない。防災人々の生命と財産を守る商売はありえない、国家事業であるべきではないか。)

緊急地震速報の論理的解説から、付録

夏休み、自由研究「緊急地震速報の仕組み」と科学的根拠の検証を学。
情報の根拠となる地震波の特徴と地震速報のメカニクの探検学習〔数学の部〕

ヒント・地震波は秒速のスピードで伝播する、秒を争う情報が「緊急地震速報」(時刻の単位に注意)

平成年28度 中学一年生が解いていた都内で地震発生、震源地までの距離の計算

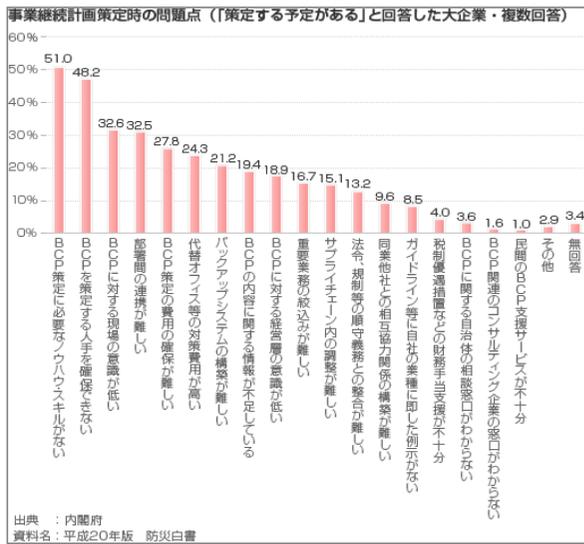
世間では、首都圏で直下地震が発生すると騒がれています。そんな中で防災教育と数学の応用問題として中学一年生が挑戦していました。
皆さんも一度地震のメカニクを知るために挑戦してみてください。

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

「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ると考えてください。)
追加、(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8kmとしています。正確には)
今回の、地震の発生時刻も求めてみてください。



地震防災とは何なのか
 自分は、地震防災に直接関係する仕事に付きながら適切な対処をしてこなかったために自分の大切なものを失い、そして社会を守ることが出来なかった無念だと思ふか。……………

医師は、癌の手術で患者を手当てする場合1人ずつしか助けることは出来ない。我々の防災担当者は正しい判断(情報)でまとめて多くの人々を助けることが出来る、その数は数万人の規模にもなる、そして社会を守ることが出来る。本当に良かったと感じるか……………

私たちの判断が一步間違えたと一瞬にして数万人の人々をまとめて失ってしまうことになる、当然その中に自分も入る。もちろん困っている人々を助けることは重要である。しかし、「地震防災の本質は違う」お金やエネルギーを、被害地で困っている人のケアのために準備しておくものではない。被害地で困ってしまう人々を減らす為に事前に有効活用する。」これが防災の基本ではないか今回の各地での震災から……………一言

もう一つ防災教育とは何か
 防災教育とは「オギャー」と生まれた赤ん坊から年輩の人達まで平等に生きるために必要な知識であるはず。災害大国日本において地震や台風などの自然災害の基本的な知識を生きるための対処法を教えない何が義務教育と言えるか考え直したい。

※ **事業継続計画(BCP)とは**

企業が自然災害、大火災、テロ攻撃などの緊急事態に遭遇した場合において、事業資産の損害を最小限にとどめつつ、中核となる事業の継続あるいは早期復旧を可能とするために、平常時に行うべき活動や緊急時における事業継続のための方法、手段などを取り決めておく計画のことです。

小堀鐸二研究所との提携

緊急地震速報の予報業務許可事業者である Takusu(株)と小堀鐸二研究所とが提携を結び、Takusu社のサービスを用いて全国任意の地点の緊急地震速報の配信を開始しております。これは、気象庁の許可を受けた中枢配信型予報方式のサービスで、震源や伝播経路の影響を観測、実データに基づく経験的な手法による精度の高い小堀研方式の震度予想手法を用いております。地震時に気象庁から専用線で取得した高度利用者向け緊急地震速報の信号を用いて、Takusu(株)のサーバで各地の震度予測を行い、演算結果をインターネット回線を通じて高速で信頼性の高い独自の開発の配信方法で配信しております。また、受信端末装置では独自の無線技術による配線の難しい工事現場や施設でも複数点での利用が容易に可能としている。今まで緊急地震速報導入のエンジニアリングを行ってきたサイトの本サービスへの切り替えをおこなうとともに、新規の地点へのサービス拡大を進めております。

Takusu(株)は、(株)トータル・ライフサービスコミュニティーで人々が快適な生活を営むために必要な手法を時代の最先端の技術網で開発されたシステム、装置等の情報技術等を利用して広く人々にその情報を提供するためのIDCとして設立された企業です。「Totallife(T)、KANDEN Brand Channel (K)、SYSTEM (S)からTakusuと命名された、「関西電力管内は「ひかりモ」その他地域使用権はTakusiと商品名とされた。」

本書は、緊急地震速報の普及促進のために要点をまとめた営業ツールとして製作されたものです。

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.totallife.co.jp

2016.10.01 初版 発行者 大西喜一
 2017.01.17 第5版 改版

企業の「事業継続・BCP」対策を考え直す
緊急地震速報 とその歩み。

緊急地震速報の開発の歴史とTakusuのあゆみ

- ・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活用した速報的な地震情報の提供が検討され始める。
- ・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」と改題。
- ・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。
- ・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4月 「ナウキャスト地震情報」と「リアルタイム地震情報」を統合、「緊急地震速報」と命名される
- ・2005年3月30日 試験運用の対象地域を東北から北海道までの太平洋岸に拡大。
- ・2005年6月8日 試験運用のデータ提供元に防災科学技術研究所の地震計が加わり、対象地域は日本のほぼ全域に拡大。
- ・2006年8月1日 希望する企業などに対して、先行的な提供を開始。
- ・2007年6月1日 10月1日一般家庭向け運用開始Takusu-Vが販売開始。
- ・2007年7月16日新潟中越沖地震で日本初一般家庭用で受信端末Takusu-V(実証実験機)が作動した。
- ・2007年10月1日この日の9:00(JST) から「一般向け」速報を導入。テレビ放送や一部の公共施設などで受信端末が導入され運用開始された。
- ・2007年12月1日気象業務法改正で、緊急地震速報が予報および警報として位置づけられた。下記「法的な位置付け」参照。
- ・2008年1月31日施行の気象業務法改正による、緊急地震速報配信事業者の気象庁長官許可第1号を(株)トータルライフサービスが取得する。
- ・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、標準処理期間及び処分基準」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。
- ・2012年10月7日IMF世界銀行総会 2012TOKYO でTakusu-V、PⅡ展示紹介される。
- ・2013年3月28日気象庁が周期地震動に関する観測情報(試行)開始参加
- ・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
- ・2016年12月10日気象庁緊急地震速報技術的改善策、第一弾運用開始される。

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、その一連の続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。

「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**」 携帯電話の「**緊急通報**」

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 <small>(気象業務法による)</small>	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 に発表される 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											
						一般向け 「 警報 」						
高度利用者向け (任意の地点の情報) 「 予報 」											警報発令基準に準じた場合に発令される。 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	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					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 <small>(緊急通報)</small>	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 <small>Takusu社対応</small> 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エ(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。

現在利用されている緊急通報システム等

- 全国瞬時警報 消防庁 J-ALERT (地方公共団体)
- 緊急警報放送 NHK EWS
- 緊急地震速報 気象庁 EEW
- (緊急地震速報の法定伝達機関) NHK
- (緊急地震速報配信事業者) 許可事業者
- 緊急通報メール 携帯通信事業者