

講演④

東北地方太平洋沖地震の揺れによる建物被害はどうだったのか？ -正確な地震被害予測に向けて-



境 有紀（さかい ゆうき）

筑波大学 教授（地震災害予測研究会委員）

筑波大学の境と申します。私はがらっと変わって建物被害の話させていただきます。がらっと変わってというのはどのような意味かという、今までは「こんなに被害がありました」という話でしたが、私からは「被害がありませんでした」という話になるということです。被害がなかったというと、「結構な話ではないか」「日本の耐震対策もずいぶん進んだな」と思われる方もいらっしゃるかもしれませんが、実は全然そうではないのです。色々と問題があります。そのような意味も含めてお話いたします。

図1が今回お話させていただく内容です。今回の地震は、マグニチュード9.0、最大震度7という超巨大地震であったと言えます。甚大な津波被害がありましたし、自然災害とは違った側面ではありますが、原発事故も非常に大きな災害と言えます。本棚が倒れたり工場設備が壊れて操業できなくなったりといった室内設備被害、また安田先生のお話にありました地盤の液化化もありました。さらに、地震直後は日本全体が本当に喪に服したようになり、半年以上経った今でも記憶が生々しいわけですから、人々の心に与えたダメージも非常に大きいものでした。その意味も含めて、非常に大きな被害があった地震だと思います。

そのような中、あまり聞こえてこないのが、揺れによる建物被害についてです。例えば皆様、1995年の兵庫県南部地震のことを鮮明に覚えていらっしゃると思いますが、あの時は10万戸以上にもなる多くの建物が倒壊し、6,000人以上の方が亡くなりました。ところが、今回はそのようなことはあまり聞こえてきません。結論を申し上げますと、揺れによる建物被害は非常に小さかったのです。少なくとも、マグニチュードや最大震度から考えると非常に小さかったと言えます。その原因は、日本の建物の耐震対策が進んで耐震性能が上がったからではない、という話をさせていただきます。最後に、正確な地震被害予測に向けて、少しお話いたします。東北地方太平洋沖地震はもう起こってしまったわけですが、これを最後とは思わないでください、ということです。東海・東

南海・南海地震、あるいは首都直下地震など、今回以上の巨大地震あるいは被害が生じる地震が、そう遠くないうちに立て続けに起こるかもしれません。これから発生する地震に備えて少しでも被害を減らすためにはどのように対処すべきか、というお話をいたします。

お話しさせていただく内容

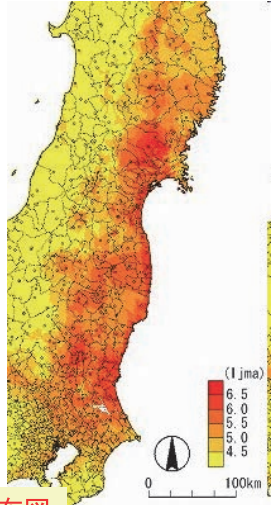
- 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
マグニチュード9.0, 最大震度7という超巨大地震
→ 甚大な津波被害, 原発災害, 室内設備被害,
地盤の液状化, 人々の心に与えたダメージ
- 揺れによる建物被害はどうだったのか?
- その原因は?
- 正確な地震被害予測に向けて

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 1

地震の揺れの大きさ(震度)

- 非常に広範囲で、建物が全壊するとされる震度6弱以上を記録
震度6弱: 全壊率 ~8%
震度6強: 全壊率 8~30%
震度7 : 全壊率 30%~
- 津波では甚大な被害が生じてしまっただが、地震の揺れによる被害はどの程度だったのか?



震度分布図

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 2

揺れによる被害がテーマですので、今回の地震による揺れがどうだったか、というお話をまずしま

す。図2が今回の地震の震度分布図です。赤い所が震度7、オレンジが震度6くらいですが、北から南まで全体に濃い色に染まっています。非常に広範囲で、建物が倒壊するとされる震度6弱以上の地震動が観測されています。震度と建物被害の関係については、一応解釈がありまして、図2の青字のように、木造家屋では震度6弱以上で全壊が始まり、震度6強を超えると8~30%、震度7になると30%以上が全壊になるとされています。以上を見ると、甚大な被害が広範囲に渡って起きてしまったのではないかと、という印象を持ちますが、実際はどうだったのでしょうか。

被害調査をする際に注意しないといけないこと

被害を受けた建物だけを調査して集めると、まるで全ての建物が被害を受けているかのような印象

被害の有無にかかわらず、全体を万遍なく調査

それは不可能なので、「**強震観測点周り**」という、地震の揺れの記録があり、かつ、エリアは限定されているが、ある意味「任意」に選ばれた場所を被害の有無にかかわらず万遍なく調査、報告する

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図3

私は、地震が起きたときには瀬瀬先生と一緒にニュージーランドに被害調査に行っておりました。向こうでも大変な騒ぎで絶望的な気持ちになりましたが、帰ってすぐに被害調査を始めました。被害調査には注意すべき点がいくつかあります(図3)。現地に入って被害のある建物を探して集めてくると、全ての建物が似たような状況であるということがよくありますが、それは被害を把握する際に注意しなければならないことです。被害のあるなしに関わらず全ての建物を調査しなければ、その地域の被害程度は分かりません。ところが、全ての建物を調査することは実際には不可能でしょう。そこでどうするか。強震観測点の周りを調査します。

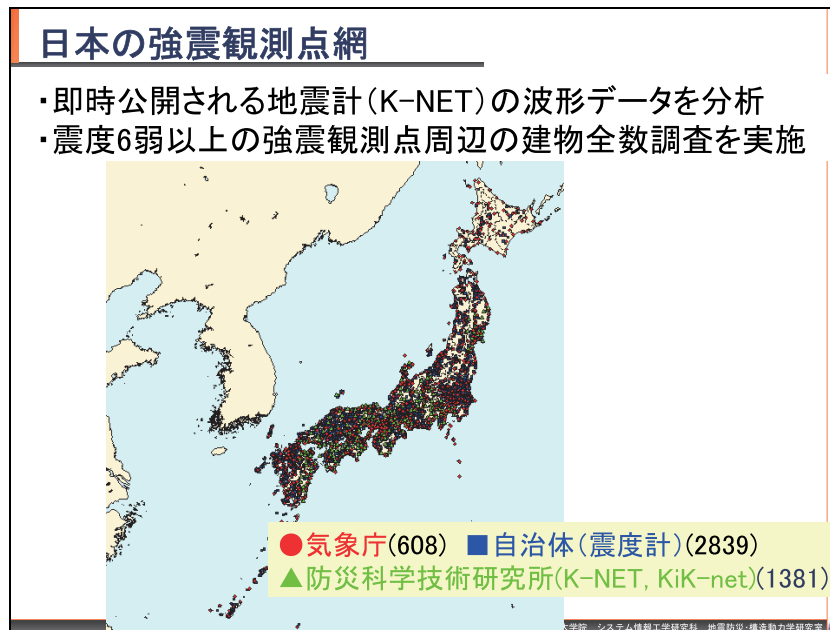


図 4

強震観測点というのは、気象庁、防災科学技術研究所、自治体などが、地震計を置いて地震の揺れの記録を取っているポイントです(図 4)。例えば、防災科学技術研究所の強震観測点(図 4 の三角)は、約 20km の間隔で全国に設置されています。強震観測点には地震の揺れの記録があるわけですから、その周辺で建物被害が出ていたら、その建物に問題があったのか地震動が強かったのかが分かります。全ての建物は無理でも、せめてこの強震観測点の周りだけは万遍なく調査することによって、被害の状態をある程度定量的に評価することができます。エリアは限定されてしまいますが、やはり地震の揺れの記録は非常に重要な情報なので、強震観測点の周りを、被害の有無に関わらず万遍なく調査して報告するというのを私は行っています。

さて、いつもは震度 6 弱以上を観測した強震観測点の周りで半径 200m 以内の建物を調査しますが、今回は、震度 6 弱以上の強震観測点だけでも 200 点以上あり、全部を調査すると半年くらい掛かってしまいますので、調査する強震観測点をいくつか絞り込みました(図 5)。そして、周りに建物がある程度あるか、震度レベルが高いか等を勘案し、土浦から北上して行きながら、3 月から 4 月にかけて全部で 4,000 棟程度の被害調査を行いました。

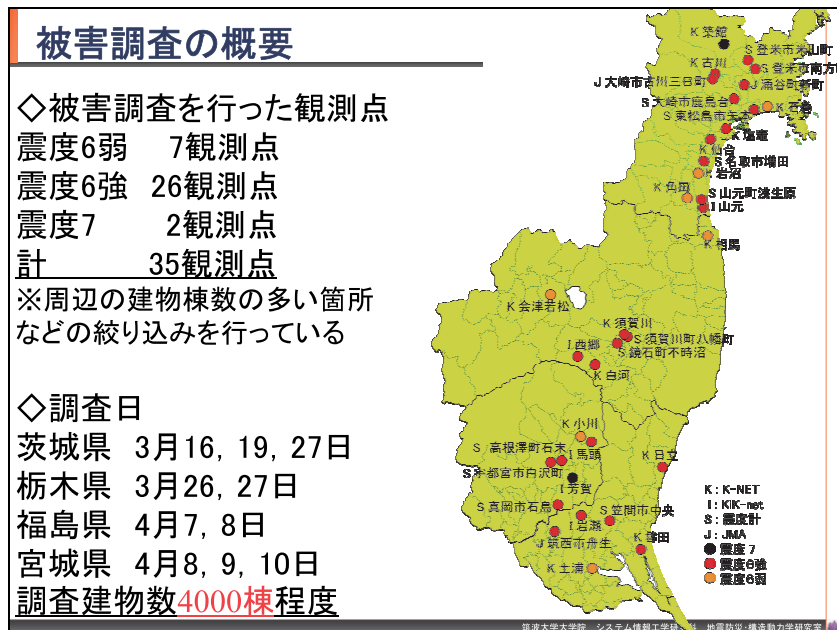


図 5

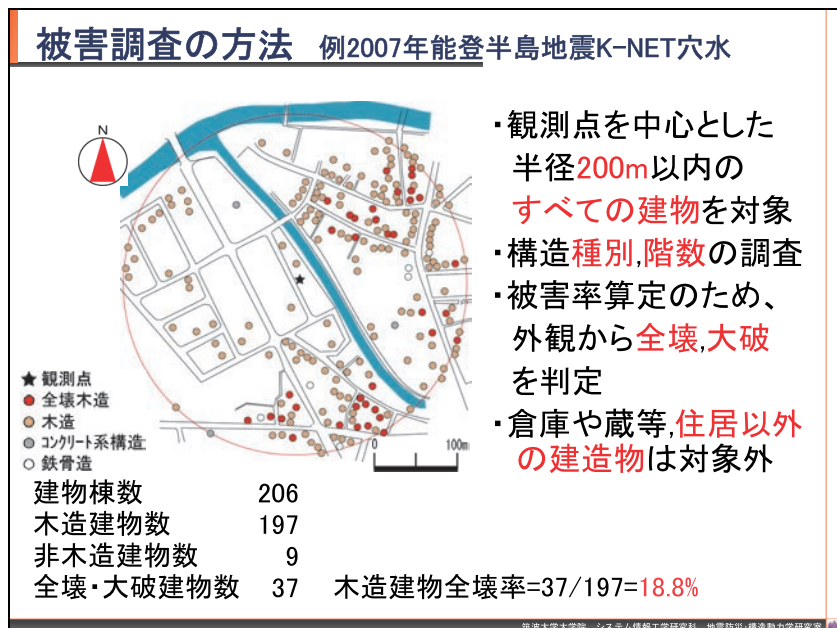


図 6

調査方法は、強震観測点の周辺で半径 200m の円を描き、その中に含まれる全ての建物をピックアップし、建物の構造種別、階数、それぞれの被害レベルを調査するものです。図 6 は、2007 年能登半島地震の K-NET 穴水という強震観測点で、木造建物全壊率 18.8%という非常に甚大な被害があった場所です。このように1棟1棟くまなく調べて行くのは結構大変なのですが、現地に行って

がんばって調査をしております。



図 7

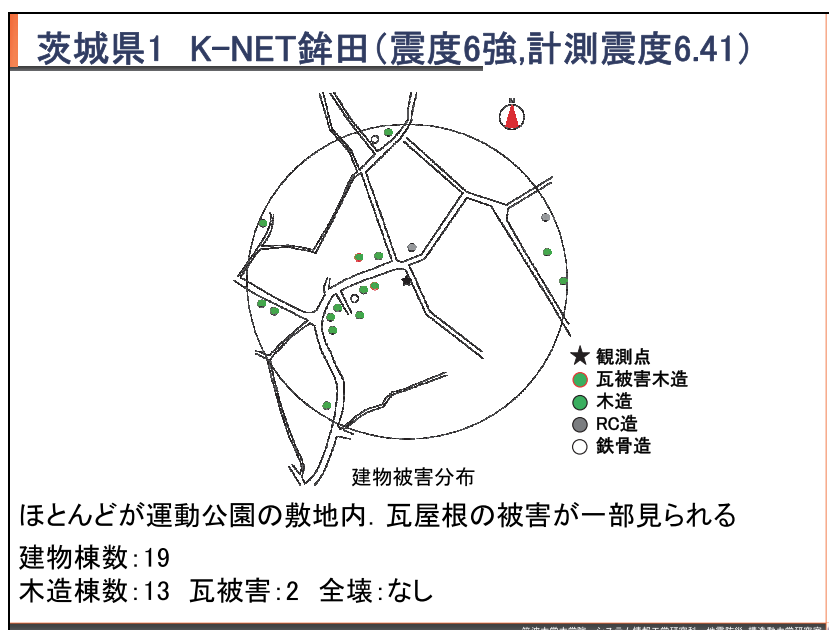


図 8

今回の地震の話に戻りますが、冒頭申し上げましたように、揺れによる建物被害はほとんどありません。図7の写真は、実際に被害があった所だけを集めているのではなくて、現地がまさにどのよう

な状況だったか、被害のあるなしに関わらず風景写真のようなものも含めて街並みを撮影しています。これは、K-NET 鉾田という強震観測点で、震度 6 強、計測震度は 6.41 です。計測震度 6.5 から震度 7 ですから、限りなく震度 7 に近い震度 6 強であるといえます。ですが、被害というと屋根瓦が少しずれている程度です。建物はあまりない地域ですが、被害はほとんどありません(図 8)。



図 9



図 10

K-NET 日立(図 9, 10)も震度 6 強、計測震度 6.46 でしたがほとんど被害はありませんでした。外装材の被害や、地盤に少しひび割れが入っているのが見られる程度で、建物の数は結構ある地域ですが、ほとんど被害がありません。ただし、ここは地震計が山の上にあり、半径 200m の円内で全て地震動が同じレベルとみなせるのかいつも議論になるところです。揺れの同一性については少し難しい部分があるかもしれません。



図 11



図 12

続いて KiK-net 芳賀という強震観測点です(図 11, 12)。こちらは震度7だったところです。気象庁が発表する震度は、気象庁や自治体が置いている震度計を基に出しており、今回の地震で最大震度7と発表されたのは栗原市築館です。この芳賀は波形から震度を計算することができまして、ぎりぎりですが震度7になります。ここでも被害は屋根瓦や、またここは大谷石の産地でして、その大谷石でできた塀が壊れたりしていましたが、その程度しか被害は出ていませんでした。これでも震度7です。



図 13



図 14

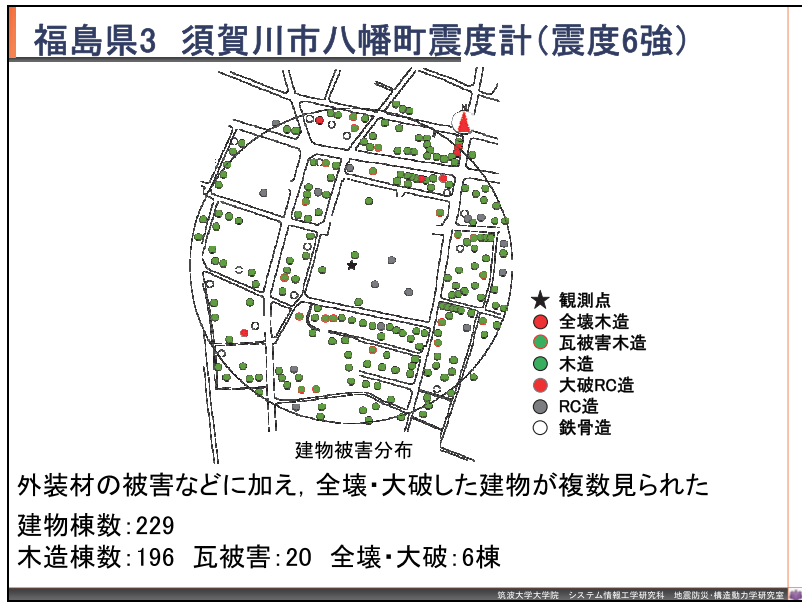


図 15

震度 6 強を観測した福島県須賀川は、今回私が調査をした中では被害が大きかったところで倒壊してしまった家屋も何棟かありますが、それでも全壊率は数%程度です(図 13~15)。

次は、仙台、塩釜、矢本町、石巻です(図 16~19)。石巻は住民の方々の感情を考慮に入れて調査しませんでした。津波で家屋が押し流された跡ではなく、浸水被害といえる被害がありました。しかし、震動による大きな被害というのは特に見られませんでした。



図 16



図 17

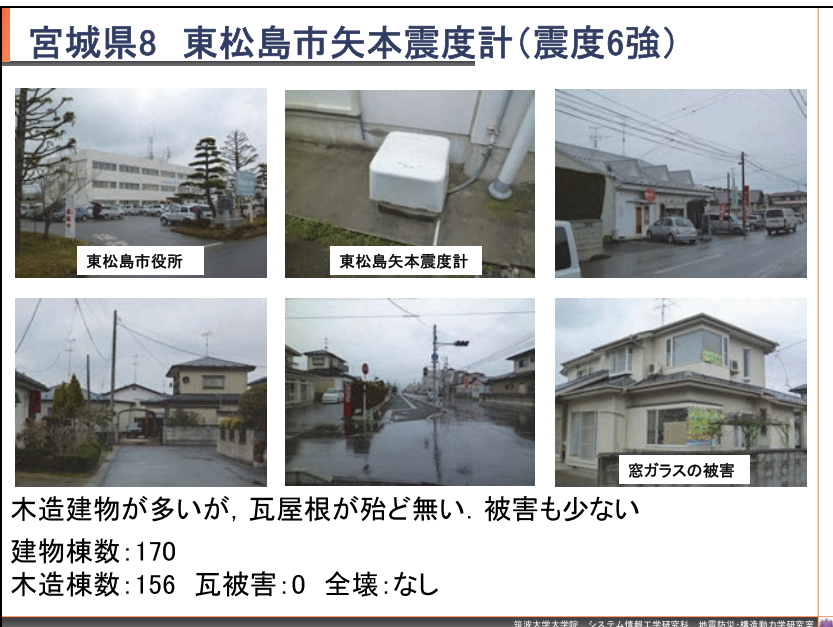


図 18



図 19



図 20

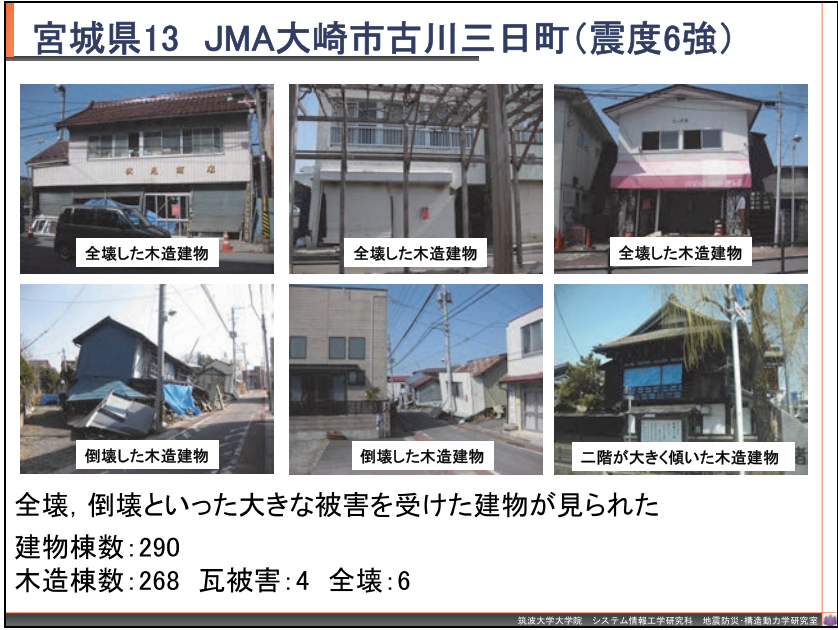


図 21

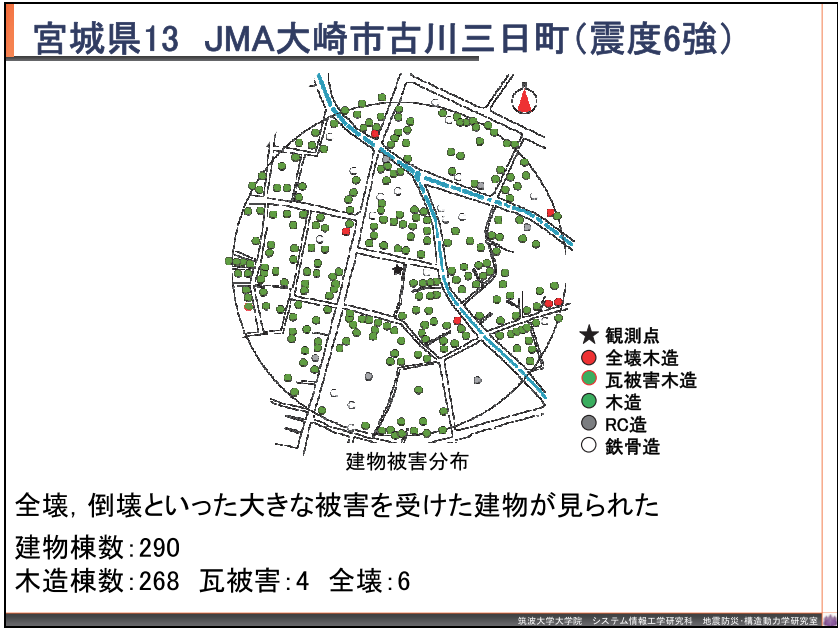


図 22

図 20～22 が震度 6 強を観測した JMA 大崎市古川三日町です。ここも比較的被害があった所です。周辺に全壊した家屋や大きく傾いた家屋もあるのですが、図 22 の分布図で見るとこのようになります。赤が全壊した建物で、緑は被害がなかった建物です。ここも全壊率をパーセンテージにすると数%くらいになります。



図 23

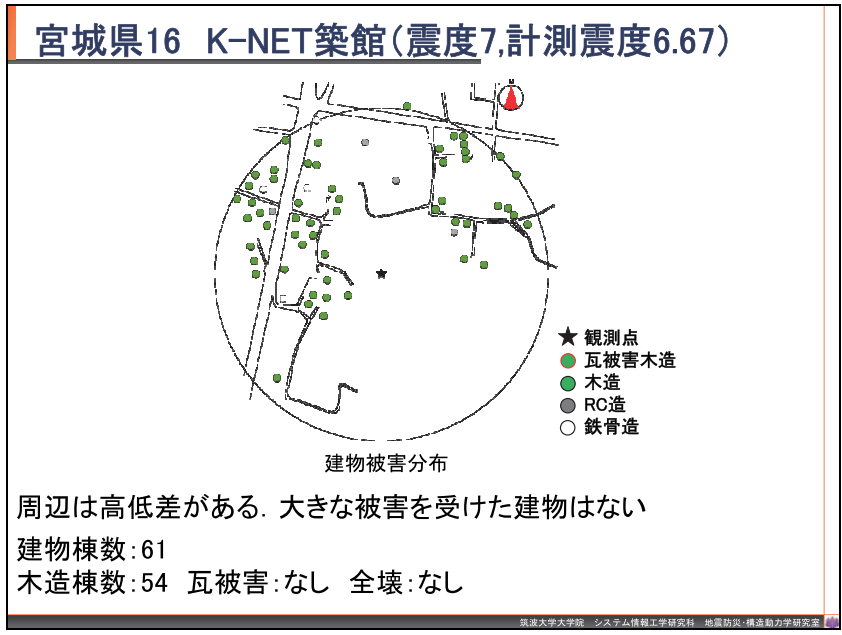


図 24

最後に、気象庁が震度7と発表した築館です(図 23, 24)。ここは、震度計が栗原文化会館の駐車場の裏にあって、設置状況について少し問題があると言われてはいますが、ここが震度7であったために栗原市が今回の地震の最大震度、震度7になっています。しかし、この周辺も大きな被害はまったくありません。

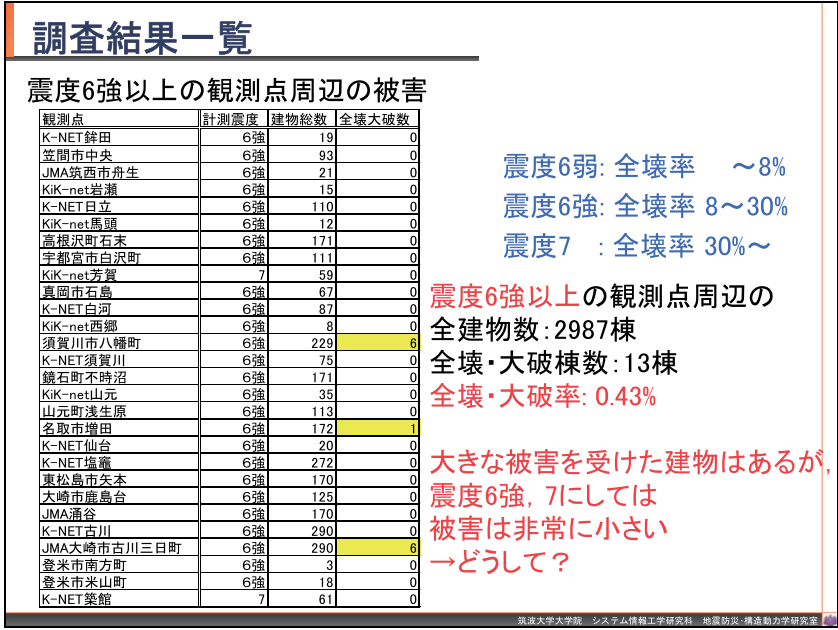


図 25

以上の調査結果をまとめたものが図 25 です。今回震度 6 強以上の強震観測点周辺を 2,987 棟調査したうち、全壊・大破に相当するものは 13 棟しかありませんでした。被害率では 0.43%ということになります。先ほど(図 2)の目安では、震度 6 強では 8~30%が全壊ということですので、今回、大きな被害を受けた建物は確かに存在しますが、震度 6 強、震度7という地震動レベルにしては被害が非常に小さいということは認めざるを得ないだろうと思います。

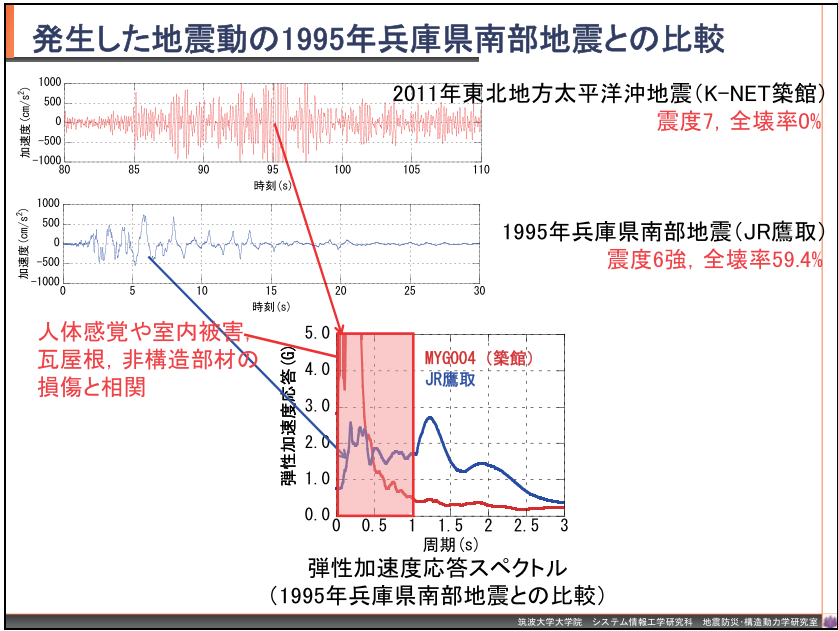


図 26

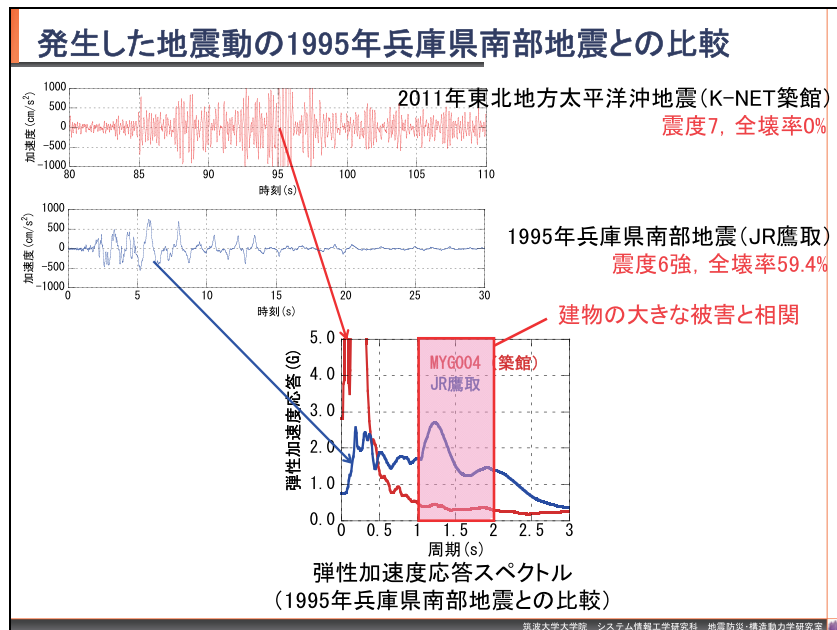


図 27

なぜそうなったのでしょうか。強震観測点周りの調査をしておりますので、当然波形が残っています。図 26 において、上側の波形が東北地方太平洋沖地震の K-NET 築館の記録、下側の波形が兵庫県南部地震の JR 鷹取の記録を載せています。築館は、震度7にもかかわらず、周辺での全壊率は 0%です。鷹取は限りなく震度7に近い 6 強なのですが、全壊率がなんと 59.4%ですので、3 棟に 2 棟の木造家屋が全壊または倒壊してしまっているということです。2 つの波形を見ると明らかに顔つきが違いますね。1 つの特徴としては、先ほど安田先生からお話がありましたように、東北地方太平洋沖地震の波形は非常に継続時間が長く、兵庫県南部地震のほうはたかだか 20~30 秒で終わってしまっています。もう 1 つの特徴としては、スペクトルを見ると揺れている周期が全然違います。周期というのはサイン波 1 波のようなもので、揺れが行って戻って来るまでに何秒かかるかというものです。横軸に周期を取って縦軸に弾性加速度応答(その周期の構造物の揺れ(加速度)の最大値)を描くと、どのような周期が卓越したのかがよりはっきり分かります。赤で描いた東北地方太平洋沖地震のスペクトルは、非常に短い周期で強くなっています(図 26)。それに対して、青で描いた兵庫県南部地震のスペクトルを見ると、短い周期の所は非常に小さい代わりに、周期 1~2 秒の所が 4 倍くらい違います(図 27)。兵庫県南部地震も今回の地震も最大震度は7です。震度というのは周期 1 秒以下の短い周期を測ってしまして、人体感覚や室内被害、非構造部材損傷などと相関が高い指標となっています。人がどのくらい強い揺れだと感じるかを機械で正確に測り、数分以内にテレビなどでその情報を流すネットワークを持っていることは非常に画期的なことです。ただ、震度で測っているのは被害ではなくて人体感覚である、ということです。このような地震の揺れ方の違いが 2 つの地震の被害の差となって現われたのではないかと考えています。

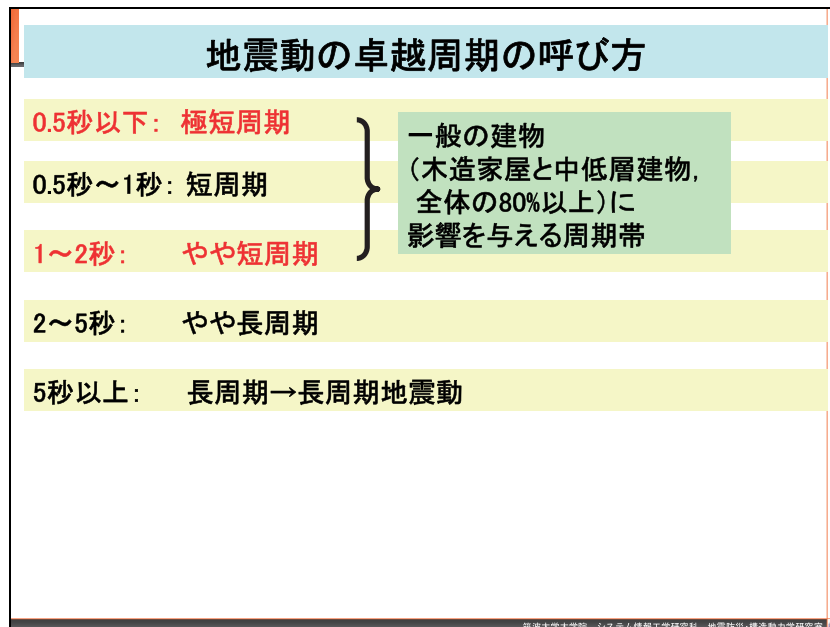


図 28

では、地震動の卓越周期にはどのようなものがあるかという、0.5 秒以下の非常に短い周期から、最近よく耳にする長周期地震動などがあり、それらの中間にあるやや短周期といわれる 1~2 秒というところが実は被害に効きます。要は震度レベルが同じでも揺れる周期などによって起こる現象が全然違ってくるということです(図 28)。

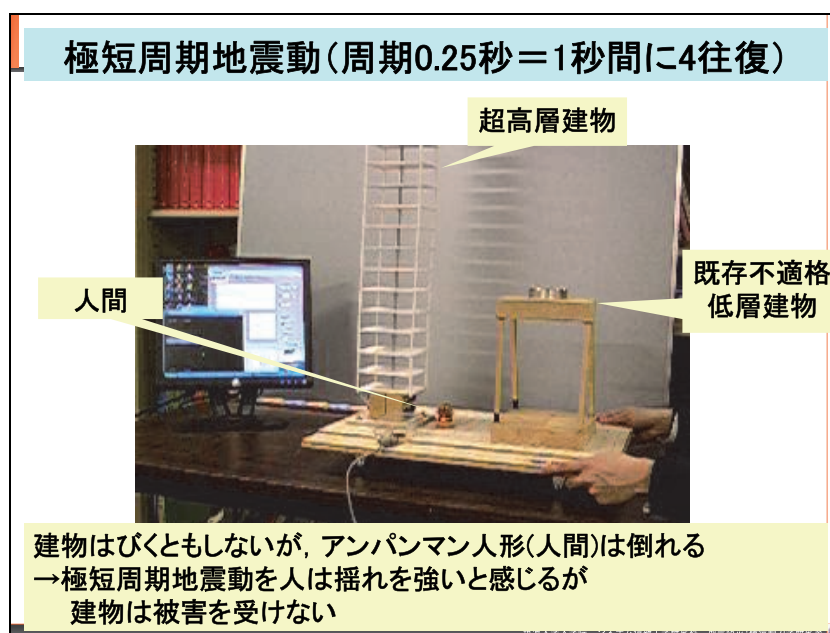


図 29

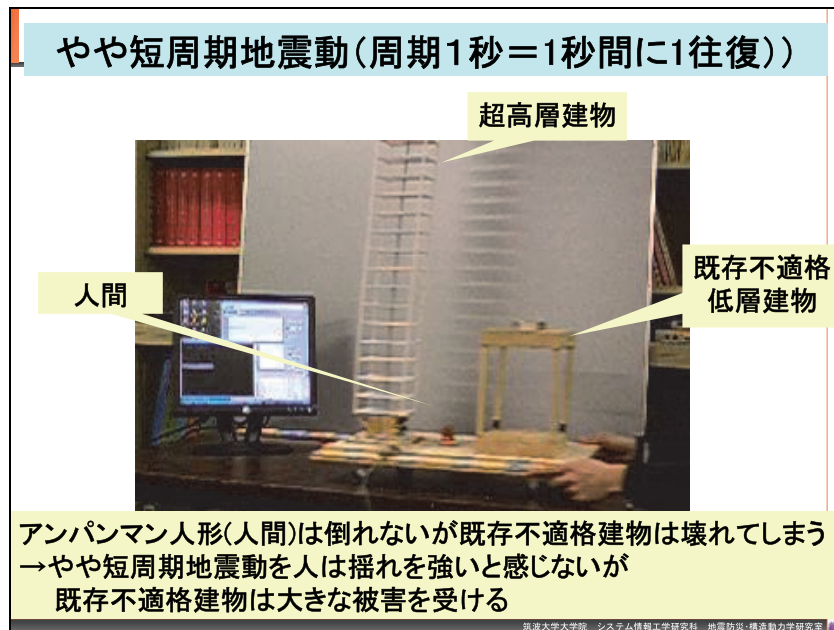


図 30

実験した動画をご覧ください(※会場では動画を上映)(図 29)。最初に、非常に短い周期で揺れた場合です。人間役の人形がいますが、ガタガタという非常に短い揺れが生じると、人形は転びます。震度6弱、周期0.25秒という揺れです。まさに今回の地震のような非常に周期の短い揺れで、人間は強い揺れだと感じますが、非常に古い木造家屋(図内の「既存不適格低層建物」)も隣の超高層建物も何ともありません。

これに対して、揺れの周期が1秒くらいになると、震度レベルは同じでも、古い木造家屋は一瞬にして壊れてしまいます。揺れる周期が変わるとこれだけ劇的に変わってしまうのです(図 30)。

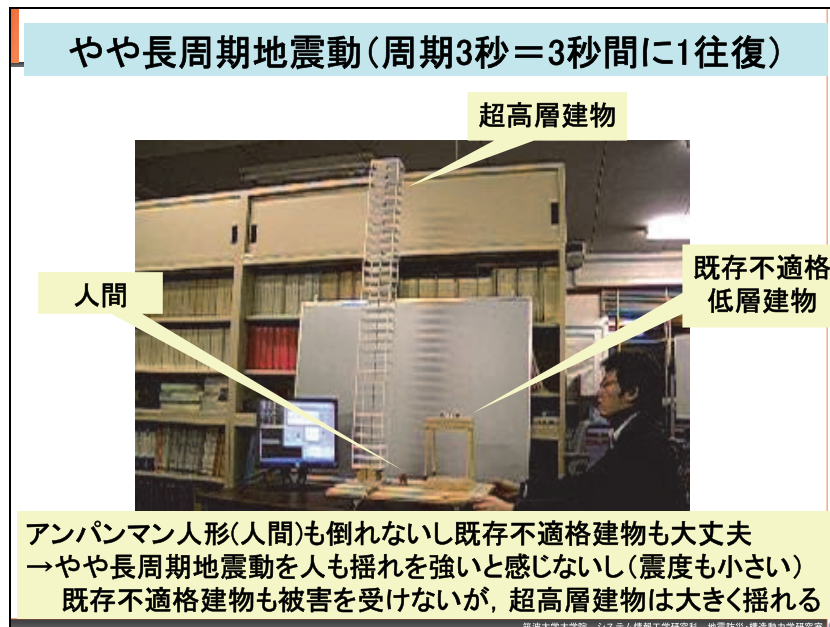


図 31

さらにこれはおまけですが、もっと長い周期、やや長周期くらいの揺れになるとどうなるでしょうか(図 31)。超高层建物は 30 階建てを模擬しています。震度レベルは 3~4 程度で、人間はほとんど揺れないし、古い木造家屋も何ともないですが、超高层建物だけがグワングワン揺れています。今回は、そういうことも実はあったわけです。

では、なぜ周期 1~2 秒が被害と相関を持つのでしょうか(図 32)。共振と思われるかもしれませんが、実は共振ではないのです。日本の建物の半数以上は木造家屋で、その弾性周期は 0.3~0.4 秒くらいといわれています。10 階建て以下の鉄筋コンクリート造を合わせると日本の建物の 90%以上を占めるのですが、その周期分布もだいたい同様に、0.2~0.5 秒くらいまでです。ですので、弾性周期で言えば、地震動でいう極短周期と同じくらいの周期です。共振だとするとまさに今回の地震のような周期 0.5 秒以下が卓越する地震動で被害が出るはずですが、出ませんでした。なぜでしょうか。

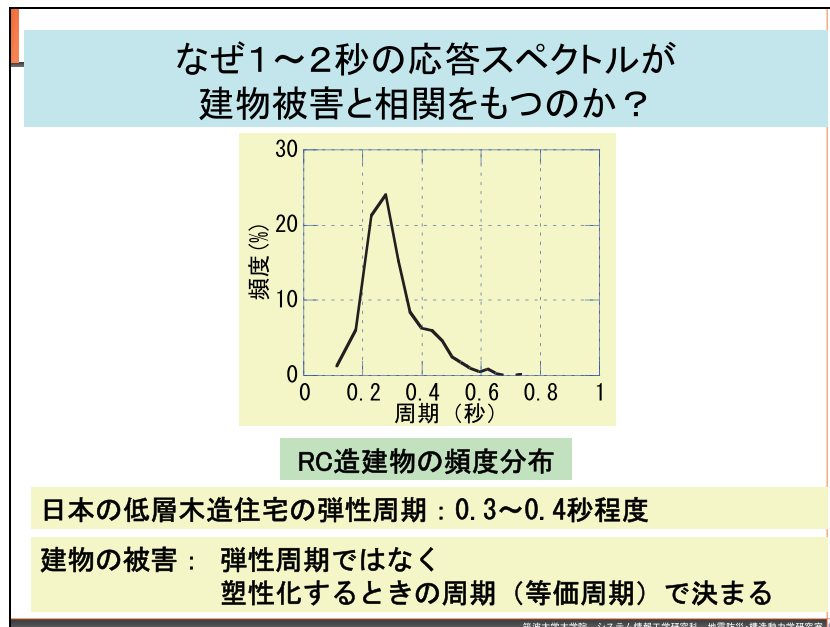


図 32

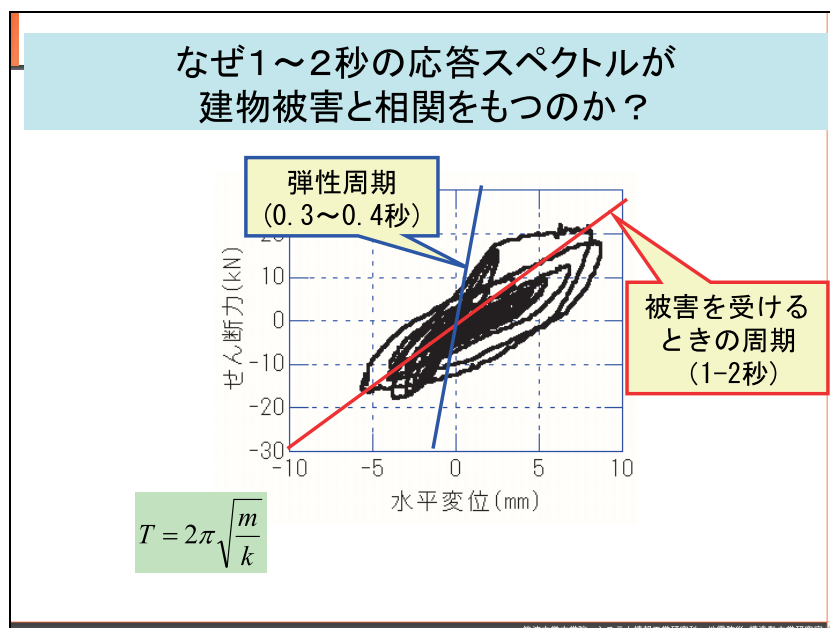


図 33

弾性周期というのは揺れの振幅が小さいときの周期です。建物の被害は振幅が大きくなったところで出ますが、被害を受けるときの周期は弾性周期よりも延びるという性質があります。今回はゼネコンの方もたくさんいらっしゃるということですので、建物が専門の方はよくご存知だと思います。図 33 は縦軸に力、横軸に変形を示した図で、最初は青い線の弾性周期で揺れているのです

が、建物が壊れるときは、降伏耐力強度(力)が頭打ちになって、赤い線に近くなり、木造家屋は全壊すると言われています。そうすると、建物の周期がだいたい3~4倍に伸びます。弾性周期の0.3~0.4秒に3~4を掛けるので、ちょうど1~2秒くらいになります。不思議なのですが、建物が壊れるのは共振ではなくて、0.3~0.4秒の周期をもつ非線形の振り子(建物)と、兵庫県南部地震のような1~2秒のパルス、ということです。「共振ではない」「1~2秒」これはひとつのキーワードかと思います。継続時間も関係ありません。液状化については継続時間が効くというお話が安田先生からありましたが、木造家屋や鉄筋コンクリートに関して言えば、最大応答で被害が決まるような構造物には継続時間は効きません。実際、兵庫県南部地震ではたった1~2回、1秒程度のパルスが来て、高速道路はあっという間に倒れましたし、木造家屋も倒壊してしまいました。周期1秒から2秒というところの振幅を見ないと被害が分からないのです。

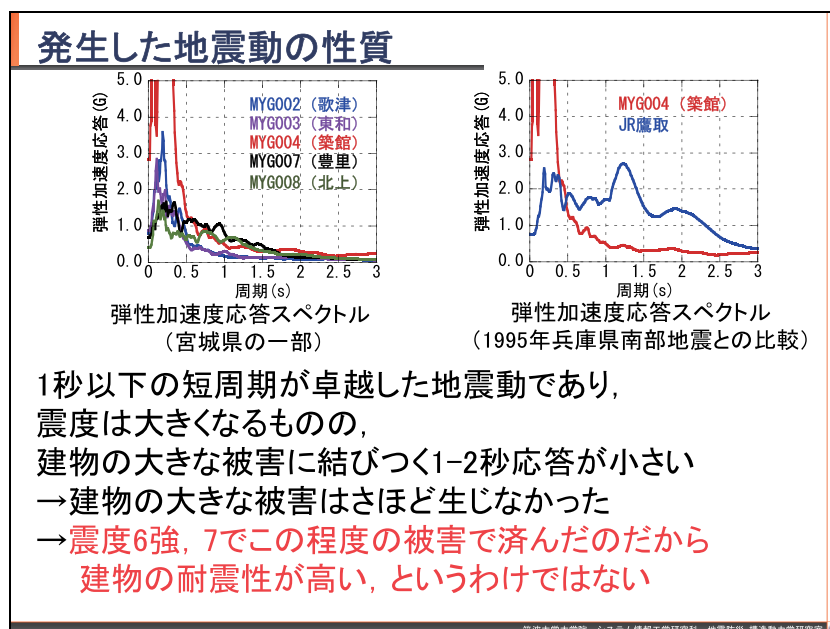


図 34

改めて今回の地震を見てみましょう(図 34)。東北地方太平洋沖地震で発生した地震動は非常に短い周期が卓越していて、1~2秒のところを見ると兵庫県南部地震の5分の1程度しかありません。建物に被害を与えるような揺れの強さは非常に小さかったといえます。

言葉ではいろいろな表現があるかと思いますが、つまり地震が「弱かった」ということです(図 35)。「弱かった」というと端的な言葉になってしまいますが、はっきり表現するとそうなります。つまり、地震が弱ければ、耐震補強など、何か地震対策をしていようがしてまいが、揺れが小さいので被害が無くて全然不思議はないわけです。地震対策が進んでいるのは事実です。しかし、揺れが小さければ弱い建物でも被害を受けないわけですから、少なくとも言えるのは、今回の経験で、「耐震対策が進んだから被害が小さかった」とは言えないということです。私が今日、一番言いたいのはその部分です。「マグニチュード9.0で最大震度が7、これだけの巨大地震が起こって、これくらいの

被害で済んだから、もうこれで大丈夫」という話をよく聞きます。それは非常に大きな間違いです。そのように思われている方はいらっしゃらないと信じたいですが、もしいらっしゃったら是非考えを改めてください。今後、周りにも、酒の席でも結構ですので、そうではないという話を是非広めて頂ければと思います。今回の超巨大地震で大丈夫だったからといって、これから大地震が来ても大丈夫とはゆめゆめ思うべからず、ということです。非常に心配しています。

東北地方太平洋沖地震の揺れによる建物被害のまとめ

- 揺れによる建物被害は、非常に小さい
- その理由は、地震の揺れが「弱かった」
(建物被害に結びつく1-2秒が小さかった)から
→建物の耐震性が高いからではない
- 今回の超巨大地震で大丈夫だったからと言って、
これから大地震が来ても大丈夫
とはゆめゆめ思うべからず！
→今回起こったことは、特殊なことなのか？

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 35

過去の地震ではどうか？

	最大震度
1995年兵庫県南部地震	7
1997年鹿児島県北西部地震	6弱
2000年鳥取県西部地震	6強
2001年芸予地震	6弱
2003年宮城県沖の地震(三陸南地震)	6弱
2003年宮城県北部地震	6強
2003年十勝沖地震	6強
2004年新潟県中越地震	7
2005年福岡県西方沖地震	6弱
2005年宮城県沖の地震	6弱
2007年能登半島地震	6強
2007年新潟県中越沖地震	6強
2008年岩手・宮城内陸地震	6弱
2008年岩手沿岸北部の地震	6弱
2009年駿河湾の地震	6弱

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 36

また、先ほど瀬先生から想定外・想定内という話がありましたが、こと揺れの性質と建物被害に関して言えば、今回起こったことは特殊かというとは実はそうでなく、完全に想定内のことであるということが言えると思います。実は過去、兵庫県南部地震以降に震度6弱以上の地震がこれだけたくさん起こっています。起きた地震は全部記録が取れていて被害調査もしていますので、分析すると今回のようなことがたくさん起こっているのです。つまり、非常に短い周期が卓越して震度は大きくなるけれども、被害は出ないということが非常にたくさん起こっているのです(図 36)。

2009年駿河湾の地震でもそうでした(図 37~42)。最大震度は6弱ですが、被害はほとんどありませんでした。「さすが静岡県、耐震対策が進んでいる」という話をよく聞きましたが、それも全く違います。

古くは2001年の芸予地震(図 43)、2003年の宮城県沖の地震(図 44)、2004年新潟県中越地震(図 45)もそうです。2005年福岡県西方沖地震(図 46)もそうです。



図 37



図 38



図 39

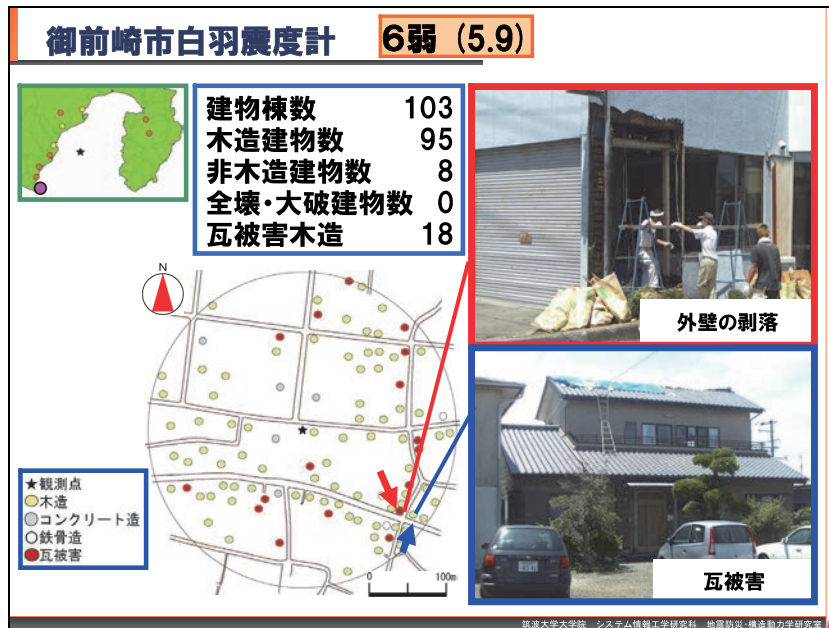


図 40

被害調査まとめ(駿河湾を震源とする地震)

6弱

観測点名	計測震度	観測点から半径200mの範囲内での被害状況	建物棟数				瓦被害率 (%)	全壊率 (%)	
			木造	非木造	全壊	半壊			
1 JMA御前崎市御前崎	5.7	屋根瓦被害あり	131	7	0	0	6	4.35	0
2 御前崎市白羽震度計	5.9	屋根瓦被害多数、外壁被害あり	95	8	0	1	18	17.48	0
3 牧之原市神原震度計	5.9	屋根瓦被害多数	83	28	0	0	19	17.12	0
4 牧之原市清水高震度計	5.5	屋根瓦被害多数	154	33	0	0	17	9.09	0
5 焼津市宗高震度計	5.6	屋根瓦被害多数	45	11	0	0	9	16.07	(0)
6 KIK-net静岡南	5.6	屋根瓦被害あり、公営プールの内装被害	14	8	0	0	1	4.55	(0)
7 KIK-net修善寺	5.7	被害なし	1	0	0	0	0	0.00	(0)
8 伊豆市市山震度計	5.5	屋根瓦被害あり	65	19	0	0	2	2.38	(0)
9 K-NET橋本	5.4	屋根瓦被害多数	87	27	0	0	8	7.02	0
10 K-NET焼津	5.4	屋根瓦被害あり	229	42	0	0	5	1.85	0
11 K-NET静岡	5.1	屋根瓦被害あり	334	214	0	0	1	0.18	0
12 K-NET清水	5.2	被害なし	35	29	0	0	0	0.00	(0)

5強

全観測点周辺において、大きな建物被害は見られなかった

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 41

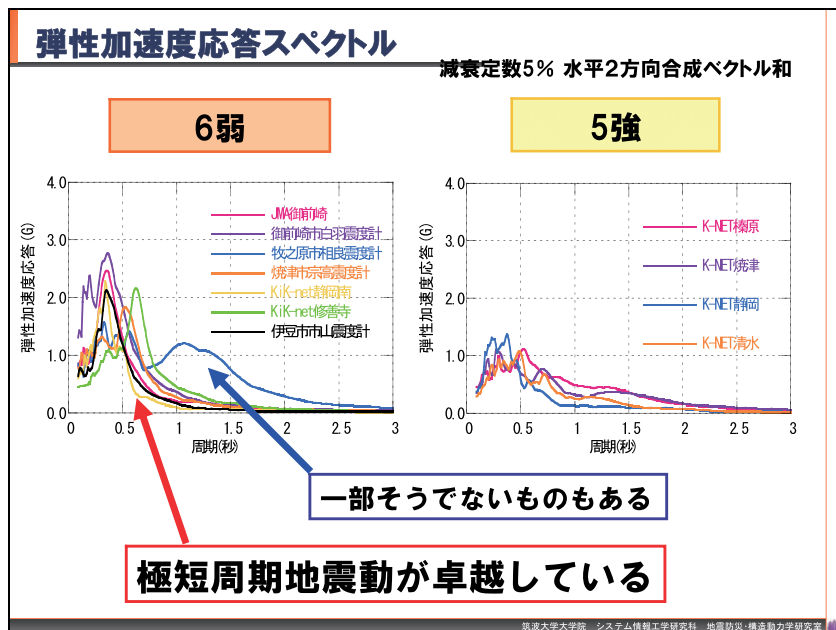


図 42



図 43

2003年宮城県沖の地震(三陸南地震)



JMA大船渡(6弱)周辺

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 44

2004年新潟県中越地震



K-NET十日町(6強)周辺

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 45



図 46

ただ、2007年能登半島地震(図47)では、一部周期1~2秒のやや短周期振動が発生し、大きな被害が出ました。2007年新潟県中越沖地震でも、いくつかそのような強震観測点がありました(図48~51)。そのような強震観測点の地震動のスペクトルを描いてみると、やはり周期1~2秒が大きくなっているのです。

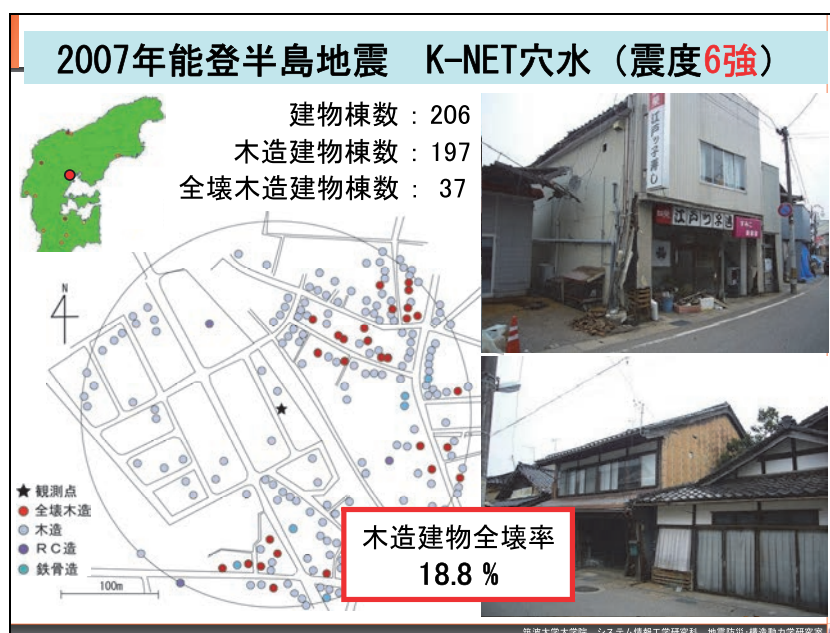


図 47



図 48



図 49



図 50

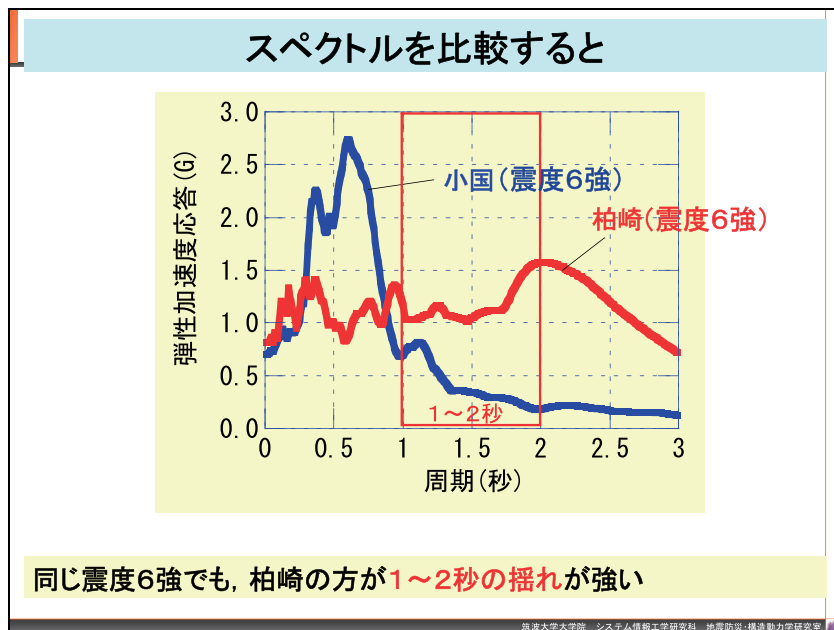


図 51

ご存知のように、兵庫県南部地震では周期 1~2 秒が非常に強かったため、非常にたくさんの木造家屋が倒壊したり、層崩壊が起こったりしました(図 52~57)。

1995年兵庫県南部地震



図 52

1995年兵庫県南部地震



図 53



图 54



图 55



図 56



図 57

過去の地震ではどうか？		最大震度
赤: 全て短周期地震動, 青: 一部短周期地震動		
1995年兵庫県南部地震		7
1997年鹿児島県北西部地震		6弱
2000年鳥取県西部地震		6強
2001年芸予地震		6弱
2003年宮城県沖の地震(三陸南地震)		6弱
2003年宮城県北部地震		6強
2003年十勝沖地震		6強
2004年新潟県中越地震		7
2005年福岡県西方沖地震		6弱
2005年宮城県沖の地震		6弱
2007年能登半島地震		6強
2007年新潟県中越沖地震		6強
2008年岩手・宮城内陸地震		6弱
2008年岩手沿岸北部の地震		6弱
2009年駿河湾の地震		6弱

図 58

図 58 にお示した兵庫県南部地震以降に発生した地震のリストのうち、赤字は全て極短周期振動しか発生していないもの、青字が一部周期 1~2 秒地震動が発生したものです。黒字の兵庫県南部地震だけが唯一例外で、全ての地震動が 1~2 秒が卓越したという最悪の地震動だったわけです。これを見ると、ほとんどが今回の地震ように全て極短周期振動しか発生していない地震なのです。非常に短い周期が卓越して震度は大きくなるけれども被害は出ません。これは、実は結構危ないことです。震度は 1996 年に機械による計測になりましたが、算定方法は人体感覚を重視しています。その震度が大きい地震が起こると、慌てて首相官邸に対策本部ができて、現地調査をしたけれども被害がなかったから結構ではないか、というように話が安全側に出る。それはまずい話です(図 59~62)。

東北地方太平洋沖地震の揺れによる建物被害で起こった(震度は大きいのに被害小)こと

- 「よくあること」で、発生する地震動の10回中9回は、短周期地震動(震度が大きくても被害小)
 - どうしてそういうことになるのか？
 - 震度とは？

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 59

震度とは

- 地震の揺れ(地震動)の強さを表す
- 1996年に計測震度に
 - ←それまで人が判定していたものを地震計の記録から機械判定
 - 地震発生からものの数分で各地の震度がテレビに世界でも日本だけがもつ技術で画期的
- 算定方法は、それまでの人の判定との連続性から人体感覚、つまり、人がどれだけ強いと思うかを重視
 - 人体感覚を機械的に算定することには成功(今回の東北地方太平洋沖地震)

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 60

震度と建物被害

- 計測震度は、人体感覚を機械的に算定することに成功したが、建物の大きな被害とは、対応がよくない
- それは、人体感覚が0-1秒、建物の大きな被害が1-2秒と、対応する周期がずれていたから
- ← 計測震度になった1996年当時は、強震観測網が整備される前でデータがなかった
- 現状ではどうすれば...
- 震度とは、人体感覚を測っているものであるということをしっかり認識して正しく利用する
- 震度で被害を判定してはいけない

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 61

震度は大きめに出るからそれでいい？

- ほとんどが短周期地震動で、1-2秒が来るのは10回に1回くらいで、短周期地震動では震度は大きめに
- ほとんどの地震で、震度は大きめに出るからOK？
- これって、津波警報や緊急地震速報と同じでは...
- 津波警報が出たらとにかく高台へ
- でも、実際に津波が来るのは10回に1回
(昨年3月のチリ地震, 東京マラソンの日)
- どうしても狼少年になってしまう
- 精度の低さを「安全率」でカバーすると逆に被害を拡大させてしまう危険性も
- 今回の地震で揺れによる建物被害が小さかったからと言って、決して安心してはいけない

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 62

話は飛躍しますが、ほかでもそのようなことは行なわれています。例えば津波警報です。今回、津波警報・大津波警報が出ました。ですが、昨年の東京マラソンの日にチリ地震が起こったときには、津波警報が出ましたが大した津波は来ませんでした。そういったことを繰り返していると、人間は徐々に「津波警報が出ても津波は来ない」と思うようになってしまいます。緊急地震速報も、以前

は警報が鳴ると身構えていたけれども、最近では鳴っても大した揺れが来ないから大丈夫だ、と思うようになってしまっています。これは安全率が掛かっているからです。今回は、震源のマグニチュードが非常に大きかったということで、緊急地震速報の精度がだんだん下がっている、という話がありますが、その精度が足りないにもかかわらず、それが安全率でカバーされてしまうと、今お話した狼少年のようなことになってしまいます。それは被害を拡大してしまうことになりかねません。これは、津波警報や緊急地震速報だけでなく、震度算定法についてもいえると思います。まさに今回、これだけ大きな震度を記録してもあまり建物被害が出なかったために、「大きな地震が来ても大丈夫なのだ」という方向に行ってしまう、10回中1回の本物の地震が来たときに大きな被害が生じてしまいかねません。このようなことになってはいけません。

「正確な地震被害予測に向けて」ということですが、簡単に言えば、震度ではなく、被害と対応した指標を用いるべきではないかと思います。東北地方太平洋沖地震の発生後、すぐに日本に帰って波形を見たときに、揺れの被害は少ないとすぐに分かりました。津波は本当に大変なことになってしまいましたが、せめて揺れの被害がこのくらいで済んだということは、このような言葉が適切かどうか分かりませんが、少しほっとしたところがあります(図 63~65)。

正確な地震被害予測に向けて

- 被害を予測するのであるから、被害と対応した指標を用いるべき
- 実は...

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 63

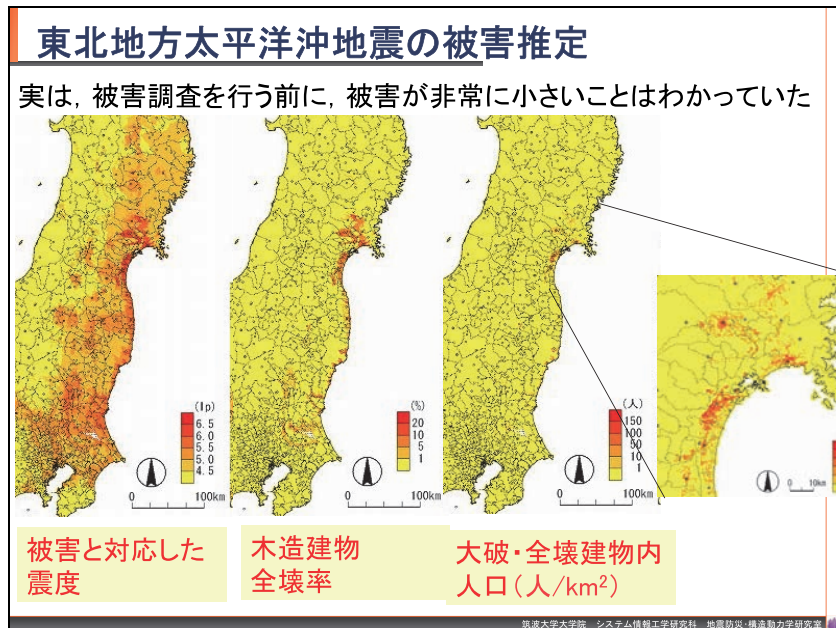


図 64

正確な地震被害予測に向けて

- 被害を予測するのであるから、被害と対応した指標を用いるべき
- 実は...
- 被害に対応した周期帯(1-2秒)を正確に予測する強震動予測も必要

← 今回のような超巨大地震で、どうして、破壊力のない短周期地震動しか発生しなかったのか？

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 65

まとめ

- 東北地方太平洋沖地震の揺れによる建物被害は、非常に小さかった
- その原因は、建物に大きな被害を与える1-2秒の成分が小さかったからで、建物の耐震性が高かったからではない
- これは、「よくあること」
 - ← 震度は、人体感覚を測っていて、発生する地震動の90%を占める短周期地震動では、大きめに出る
 - 残り10%で大きな被害とならないようにしっかり対策
- 正確な地震被害予測には、被害と対応した指標を使うべき

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室

図 66

私が一番言いたいのは、津波や液状化ではなく、揺れの被害に限定すれば、今回これくらいの被害で済んだからといって決して安心しないでください、これからがまさに本番です、ということです(図 66)。以上で私の話を終わります。

