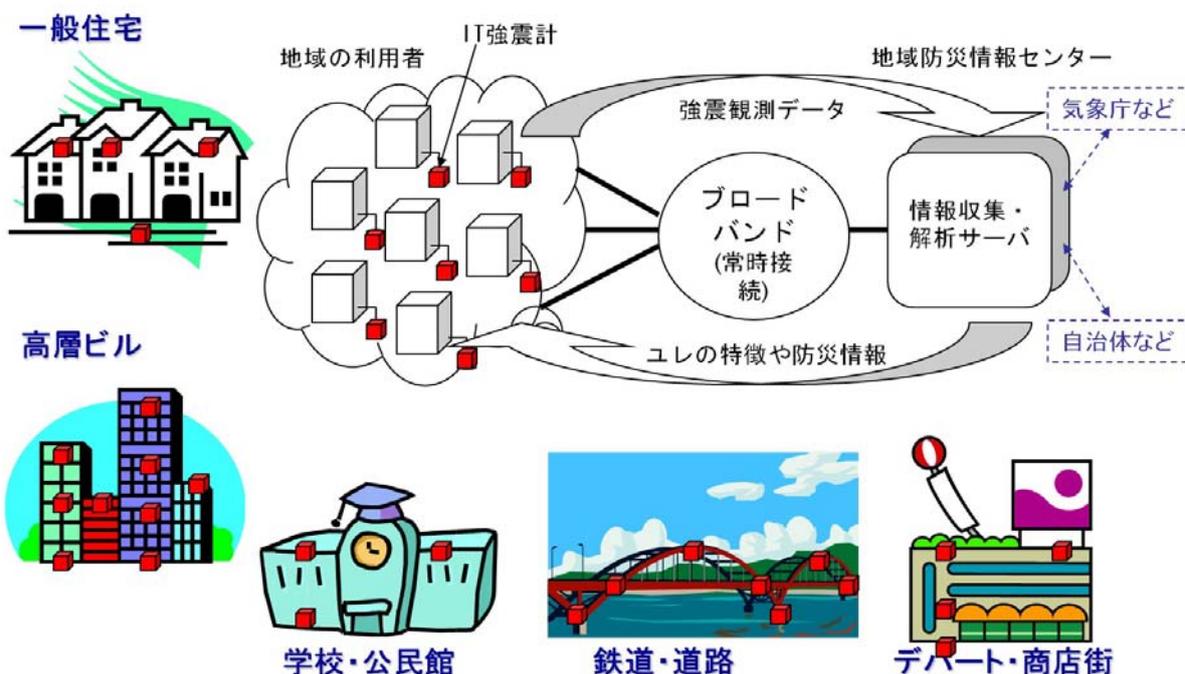




東京大学 地震研究所 ニュースレター

2007年11月号



IT 強震計と草の根型地域防災情報ネットワーク (→ 今月のピックアップ)

目次

今月の話題

・ 第5回火山都市国際会議・島原大会 p. 2

第854回地震研究所談話会

・ 今月のピックアップ：
建物用 IT 強震計で見た耐震補強前後の2号館の地震時応答の変化 p. 3

IT 強震計は、利用者自らが調べたい場所に設置して地震のゆれを測定し、その建物の問題を見つけることができる新しいタイプの地震計です。その IT 強震計を用いて、2006年度に耐震工事が行われた地震研2号館のゆれを調べてみました。

今月の話題

■第5回火山都市国際会議・島原大会

2007年11月19日～23日、火山と共生する都市（まち）づくりをテーマに、雲仙普賢岳の噴火災害（1990～95年）から復興を遂げた長崎県島原市で、第5回火山都市国際会議（COV5）が開催されました。COVは国際火山学地球内部化学協会（IAVCEI）の活動として2年おきに開かれています、アジアでは初めてです。会場の雲仙復興アリーナには、内外の研究者、行政・マスコミ関係者、地元市民など過去最多となる延べ2,700人が来場し、最新の火山学の研究成果や、噴火が都市・住民に与える影響、危機管理、防災活動、都市計画等を巡り熱い議論を交わしました。幼稚園・小中学生を含む島原市民の全面的な協力により、住民参加型の国際会議は大成功でした。



開会挨拶をする中田節也・地震研究所教授
（大会実行委員長、IAVCEI会長）

詳しい記事が <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/KOHO/NEWSLETTER/2007news/071130cov5.html> にあります。

第854回地震研究所談話会（2007年10月12日）

話題一覧 ★：今月のピックアップ

1. 東京大学での緊急地震速報の試験的利用および今後の展開について
鶴岡弘、鷹野澄、卜部卓、中川茂樹、平田直、大久保修平
- ★ 2. 建物用IT強震計で見た耐震補強前後の2号館の地震時応答の変化
鷹野澄、池田泰久
3. 粉体のレオロジーに関するスケーリング則とジャミング転移
波多野恭弘
4. 2004年スマトラ・アンダマン巨大地震により明らかとなった球対称地球自由振動モードの非球対称性
Severine Rosat (Royal Observatory of Belgium)、綿田辰吾、佐藤忠弘（東北大学）

建物用 IT 地震計で見た耐震補強前後の 2 号館の地震時応答の変化

鷹野 澄・池田泰久

IT 強震計とは

大地震による災害を軽減するためには、自宅や職場、学校などの建物がどのようにゆれるかを小さな地震のときに調べておき、その弱点を知って、効果的な耐震対策を取ることが重要です。IT 強震計は、利用者自らが調べたい場所に設置して地震のゆれを測定し、その建物の問題を見つけることができる新しいタイプの強震計です。

IT 強震計で観測されたゆれの情報は、インターネット経由で地域の防災情報センターにリアルタイムで送られます (図 1)。防災情報センターでは、たくさんの観測点の情報をもとに地域内の平均的なゆれの特徴を送り返します。それにより、IT 強震計を単独で使うより建物の弱点を見つけやすくなり、効果的な耐震補強を行うことができます。さらに、IT 強震計を通じて、防災情報センターから全国の地震情報や津波注意報・警報など、さまざまな防災情報を迅速に入手することもできます。

地震研では、建物内のいろいろな場所に設置して建

物のヘルスマonitoringができる「建物用 IT 強震計システム」を開発しています (図 2)。通常の IT 強震計は、防災情報センターと情報をやりとりするためにサーバ機能を持っています。しかし、学校やオフィスビルなど大型の建物では、多数の IT 強震計を設置することになるため、個々の IT 強震計にサーバ機能は必要ありません。そこで、独立させた複数の IT 強震計センサを建物内の LAN に接続し、データは 1 台のサーバで一括して処理できるようにしたのが、建物用 IT 強震計システムです。

2006 年度に地震研 2 号館の耐震工事が行われました。補強効果は、どの程度でしょうか。建物用 IT 強震計システムを用いて耐震補強前後の建物のゆれを測定し、比較することで、補強効果を分かりやすくお見せしたいと思います。

1 自由度系モデルと時系列解析

地震研 2 号館の耐震工事では、建物の北側と南側に鉄骨ブレースを取り付け (図 3)、1 階の柱を 4 ヶ所、補強しています。鉄骨ブレースの取り付けは、2006 年 12 月 18 日から 1 月 20 日に行われました。その前後で、ゆれがどのように変わったかを、IT 強震計システムを使って調べてみました。

2006 年 6 月から 2007 年 5 月の 1 年間で、無感も含めて約 50 個の地震が観測されています。その中から、震度 3 が 1 個、震度 2 が 4 個、震度 1 が 14 個の

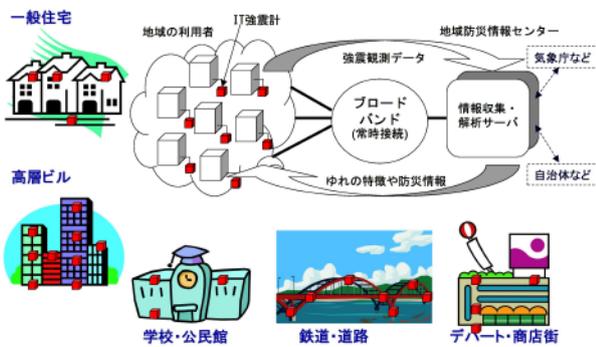


図 1：IT 強震計の利用

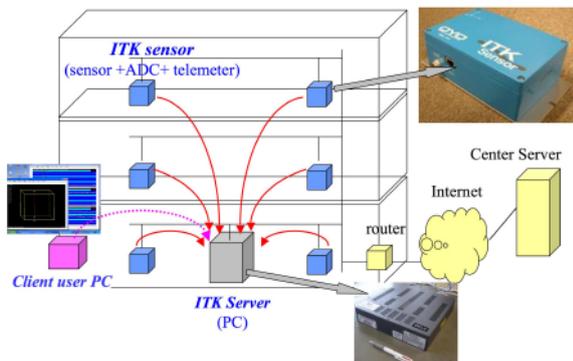


図 2：建物用 IT 強震計システム



図 3：耐震工事によって取り付けられた地震研 2 号館の鉄骨ブレース

合計 19 個のデータを解析に使用しました。震度 2 の地震は 6 個ありましたが、4 個だけ使っています。IT 強震計は弱いゆれでも変化をとらえることができるかどうかが重要なので、震度 1 の地震データを多く使いました。

複数階からなる建物のゆれを考える場合、多自由度系のモデルが望ましいのですが、各階の変化を見なければならず、観測点がたくさん必要になってしまいます (図 4 左)。そこで、観測点を節約するために、まず 1 自由度系というモデルで考えることにしました (図 4 中)。1 自由度系の場合、 $(cy'+ky)/m$ で表される値、つまり質点における加速度 (Y'') のマイナスを縦軸に、変位の大きさ (y) を横軸にとると、復元力特性として図 4 右に示したような曲線が得られます。曲線の傾きは k/m (k : 剛性、 m : 質点における質量) です。つまり、復元力特性曲線から剛性を求めることができるのです。

実際の観測データでも復元力特性曲線が図 4 のようになっているかどうか、つまり 1 自由度系のモデルで考えてよいかどうかを確認してみました。まず、2006 年 8 月 31 日に起きた震度 3 の地震について、2 号館の 2 階、6 階、地下 1 階で観測した 15 秒間のデータを使用しました。2 階と地下 1 階のデータを使って復元力特性曲線を書くと、ぐちゃぐちゃになってしまいました (図 5 左)。一方、6 階と地下 1 階のデータを使うと、きれいな曲線になったことから (図 5 右)、6 階と地下 1 階を使えば 1 自由度系のモデルで考えてよさ

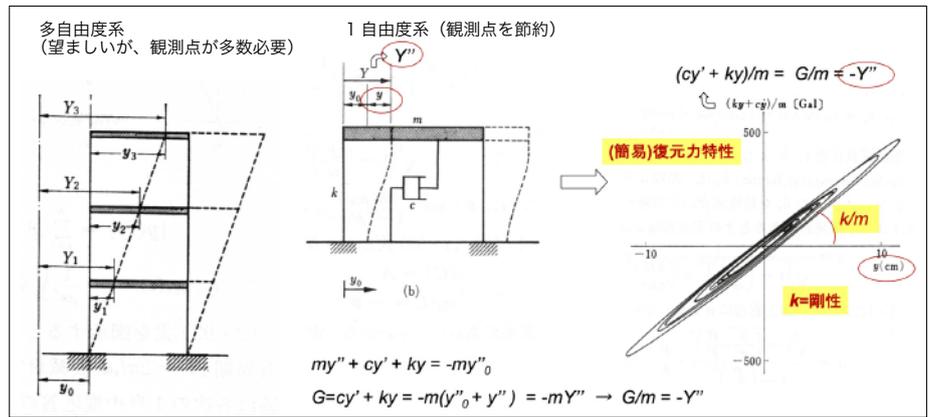


図 4 : 1 自由度系と復元力特性曲線

出典 : 柴田明徳、最新耐震構造解析-第 2 版-2003

そうです。

こうして確かに、 k/m の値は、復元力特性曲線の傾きからすぐに求められます。しかし、観測誤差が分かりません。数値が一つ出るだけなので、計測している人にとっては気持ちが悪いものです。何とか観測誤差を出せないものかと、やってみました。

図 6 は、2006 年 6 月 2 日の地震について、5 秒間のタイムウインドウをずらしながら復元力特性曲線の傾きを求めて、プロットしたものです。そこから分散をつくることができますから、この時系列解析が使えるそうです。

耐震補強の効果を見る

19 個すべての地震について、時系列解析を行ってみました。図 7 は、補強前と補強後の復元力特性曲線の傾きの時系列データです。補強前は 0.025 くらいですが、補強後は 0.03 を超えています。このグラフから、剛性が高まっていることがはっきり分かります。

19 個すべての地震について時系列解析を行って求め

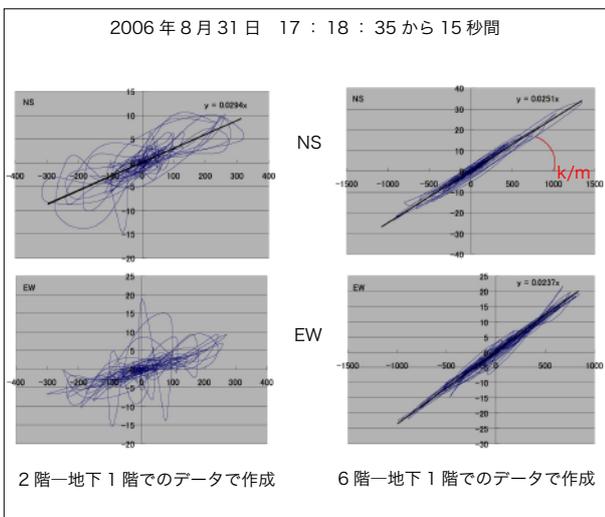


図 5 : 1 自由度系モデルの確認

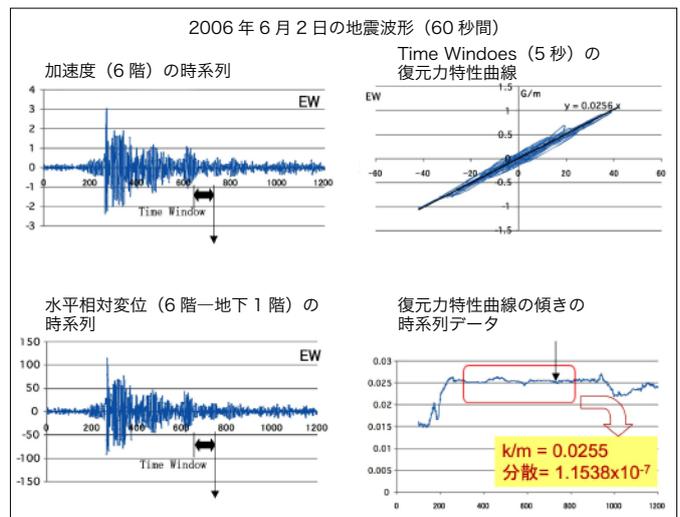


図 6 : 復元力特性曲線の傾きの時系列データ

た k/m の推定値を図 8 に示します。1 個 1 個の地震についてエラーバーをつけて書くことができます。2006 年 12 月 18 日から 2007 年 1 月 20 日が、鉄骨ブレースを取り付けた期間です。図 8 左は東西方向、2 号館の建物の長方向についてです。剛性が高くなり、補強の効果が見えています。2007 年 4 月 29 日の地震の値が 1 個だけ低くなっていますが、これについては後で話をします。

図 8 右は南北方向、つまり建物の短方向についてです。東西方向のような顕著な違いが出ていません。鉄骨ブレースは長方向に付けているので、東西方向は硬くなるが、南北方向は硬くならないことを示しています。

では、2007 年 4 月 29 日の地震の値は、いったい何か。エラーバーも大きいし、値もおかしいです。普通の地震の場合、ゆれている間は復元力特性の傾きの時系列解データは平坦です(図 9 上)。しかし、大きな

誤差が出た 4 月 29 日の地震では、平坦な部分がほとんどありません(図 9 右下)。また、2007 年 1 月 13 日の地震も誤差が大きくなっています。これは千島沖を震源とする地震で、山谷が多くなっています(図 9 左下)。誤差が大きくなる原因は、このあたりにあるのではないかと考えられます。

復元力特性の傾き (k/m) は、本来は一定です。しかし、低い値が出ているものがあります。その原因を調べてみると、センサノイズでした。IT 強震計は安価ですが、それでも比較的性能のいいセンサを使っていますが、それでもセンサノイズの影響が出ています。センサノイズが大きいと、変位の誤差が大きくなり、結果的に傾きの値が低くなります。つまり、センサノイズに埋もれてしまう小さなゆれの場合は、正確な k/m を推定できないことが分かりました。逆に言うと、きれいな平坦を示しているところは、それなりの値を示していることが、はっきりしました。

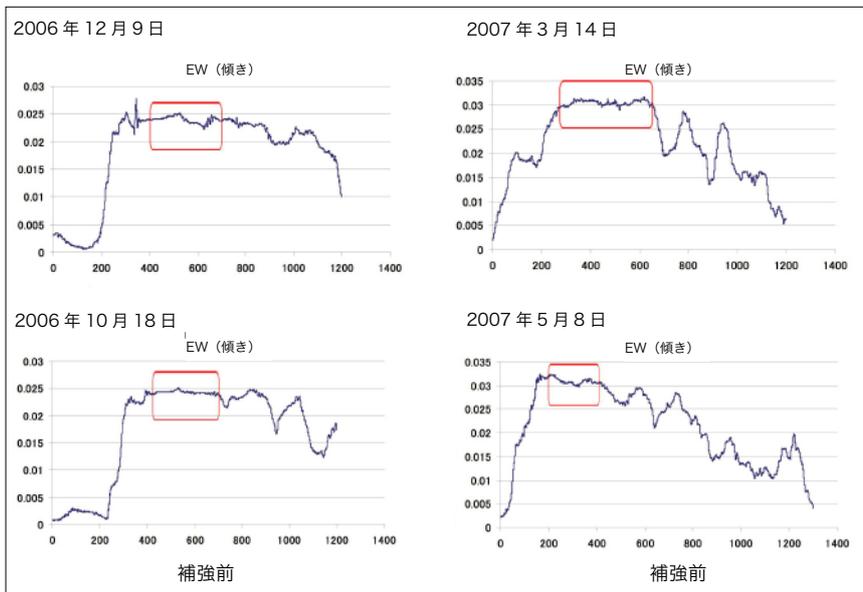


図 7：復元力特性曲線の傾きの時系列データ 補強前と補強後

IT 強震計システムの課題

今回、IT 強震計システムで観測された震度 1 程度の弱い地震動を使い、耐震補強前後の変化をとらえることができました。最後に、今後の課題を三つ、お話しします。

ここで紹介した解析は、1 自由度系モデルを使っています。建物全体の剛性が高くなったことは分かりました。しかし、実際は階ごとに補強の仕方が違います。部分ごとの補強の効果を見たい場合は、1 自由度系モデルでは分かりません。それぞれの補強部分を確認するには、各階す

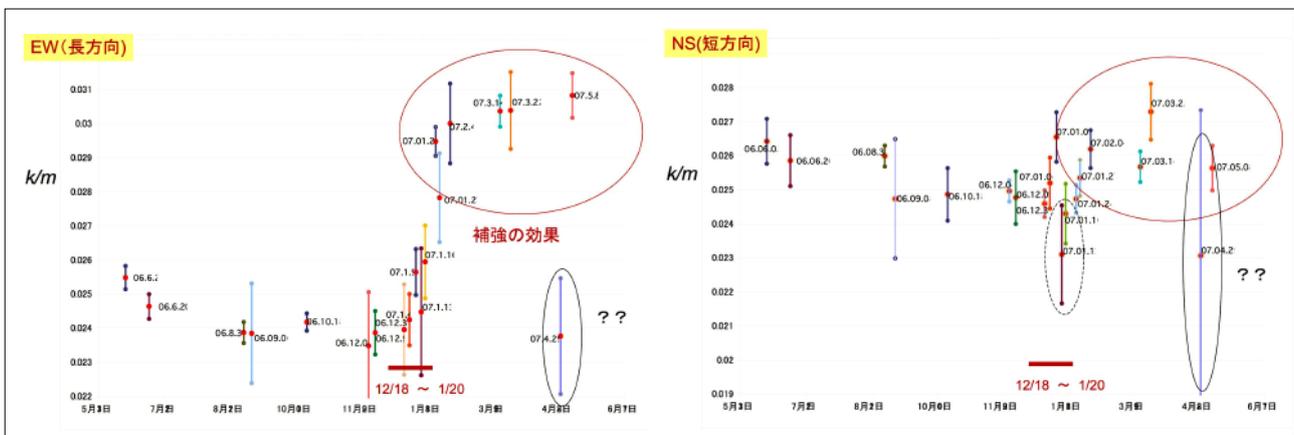


図 8：2006 年 6 月～2007 年 5 月の地震時の k/m 推定値

べてにセンサを設置して評価をしないとできません。そのためにはたくさんセンサが必要です。安価なセンサが必要になります。これが、一つ目の課題です。

二つ目の課題。今回、震度ゼロの地震は使っていませんが、震度ゼロでも検証が可能になれば、より短期間で結果が出ます。そのためには、センサノイズを低減しなければいけません。現在 K-NET が使っているセンサの精度は、0.002～0.008 ガル程度です。一方、IT 強震計のセンサは、0.2 ガル程度で、2 桁も低い。K-NET のセンサは常時微動を測ることができますが、IT 強震計では震度 1 以上でないとは測ることができません。MEMS と呼ばれる半導体センサは安価なのが魅力ですが、精度は IT 強震計より 1 桁悪く、2～5 ガルです。震度 3 くらいの地震でなければ、きちんとした波形が取れません。震度 3 の地震は 1 年間で 1 回しかないので、MEMS は IT 強震計のセンサとしては使えません。もっとノイズの低い、そして安価なセンサをつくる必要性が、IT 強震計の課題として浮き彫りになってきました。

最後の課題は、一般の人に分かりやすく見せるにはどうしたらよいか、ということです。剛性強化の表現は、私たち研究者には分かりやすいかもしれませんが、一般の人にとっては、分かりやすいとは言えないでしょう。一般の人に分かりやすい表現を検討しなければいけないと思っています。

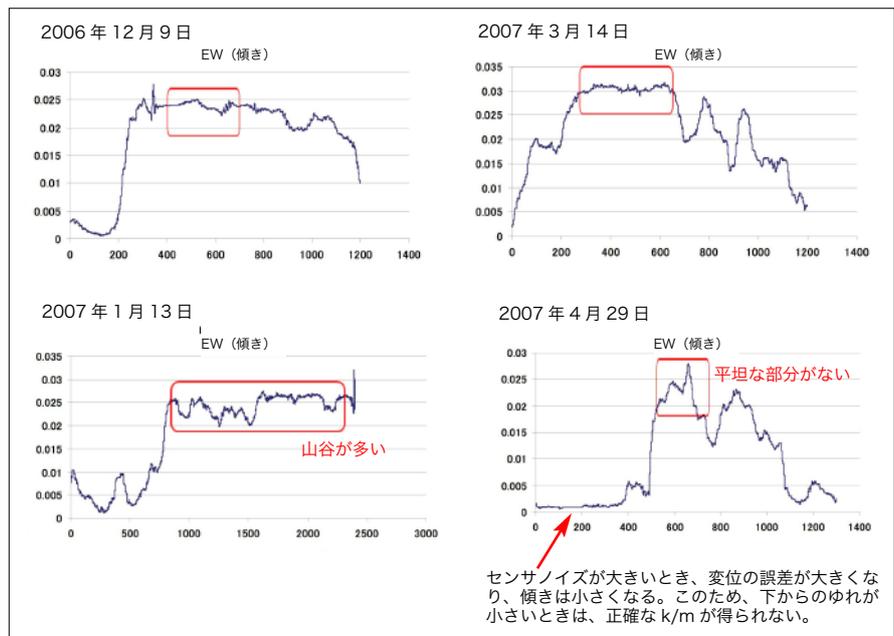


図 9：誤差の要因

質疑応答

— ここでいう「剛性」と耐震診断指標の「IS 値」は、どういう関係にあるのですか。IS 値が 0.3 未満では、地震によって倒壊する危険性が高いと言われていますが、剛性が高く硬ければいいというものではないと思います。

鷹野：ここで見ているものは、もともとあったものが弱くなっているか強くなっているかであって、IS 値に対応する絶対量は分かりません。

— 大きな地震が起きないと実感はないかもしれませんが、補強の効果が出ているらしいことが、IT 強震計で分かってきたということですね。

東京大学地震研究所ニュースレター

発行：東京大学地震研究所広報委員会

〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1

電話・FAX 03-5841-5643

電子メール outreach@eri.u-tokyo.ac.jp

ホームページ <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/>

著作権所有：東京大学地震研究所 2007

Copyright 2007 Earthquake Research Institute,
University of Tokyo, All rights reserved