

アレー観測記録を用いた 動的サイズミックゾーニングの試み

谷井 恵¹・神山 眞²・松川 忠司³

¹ 学生会員 東北工業大学大学院生 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

² 正会員 工博 東北工業大学教授 工学部土木工学科 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

³ 正会員 東北工業大学助手 工学部土木工学科 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35 番 1 号)

仙台市圏に構築・展開されたリアルタイム・オンライン・アレー観測システム Small Titan により得られた強震記録を用いた動的サイズミックゾーニングの試みが述べられる。最初に、動的ゾーニングの作成に至った経緯が述べられる。次に、動的アニメーションの作成過程と、作成されたアニメーションから代表的な時刻のゾーニングのスナップショットが紹介される。最後に、今回の試みから得られた有用性、また今後の課題について論究される。

Key Words : *real time, on line array observation, strong-motion record, dynamic animation*

1. はじめに

地震動は大別して震源特性、伝播経路、ローカルサイトによって決まることが知られている。これらの要因の複合的な寄与により、地震ごとに地点固有の地震動がもたらされ、ひいては地震災害も特定のある地域に集中して生じることが多い。したがって、地震防災の要諦はこれらの要因の寄与を総合的に考慮して地震動を予測する適切な手法を確立するとともに、これに基づき種々の防災ならびに減災対策をきめ細かく立てることである。

地震動予測に関してこれまで各種の試みがなされているが、現状は、未だ試行錯誤の域をぬけていないといっていよう。その大きな理由として、上記の各要因の相互干渉や連鎖が複雑であること、複雑であるがゆえに機構が十分に明らかにされていないことがあげられる。このような現状を克服する最も確実な方法は、回り道のようなものであるが、「観測による事実」の積み重ねとその有効利用であると考えられる。その意味から、観測体制の飛躍的充実が必要である。しかも、震源、伝播経路、ローカルサイトが多面的に、かつ多様に取りこめるアレー観測の充実が望ましい。

以上の観点から、東北地方の地方都市を対象にして、東北工業大学が仙台市圏にリアルタイム・オンライン・アレー観測システム Small Titan を構築・展開してから今年で3年余りになる。これまでに Small Titan から得られた貴重な強震動記録を用いて、最大加速度、最大速度、気象庁計測震度、スペクトル強度などのサイズミックゾー

ーニングマップを作成しており、成果を得ている。しかし、いずれも静的なマップであるので、時間変化の把握には至らない。本研究では、Small-Titan の記録を用いた地震動分布の動的アニメーションの作成を試みた。時間変化をサイズミックゾーニングマップに取り入れることで、リアルタイムに地震動を視覚的にかつ面的に把握できることが期待できる。また、どのように地震動分布の動的ゾーニングを地域地震防災に役立てることが可能かを探ることも本研究の一つのテーマとした。

2. 動的ゾーニングの作成

Small Titan の全 20 観測点は、防災システムへの併用を考え仙台市圏を出来るだけ均等に網羅している。そして、地震動にたいするローカルサイトの影響を的確に把握すべく種々の地盤に配置され、ローカルサイトの影響のうち不整形地盤の応答把握にも資する配置としている。また、懸念される潜在地震の震源効果を的確に把握できる配置としている。観測点一覧を図-1 に示す。

Small Titan からは、全 20 観測ステーションの E-W、N-S、U-D 成分の加速度記録が 0.01 秒単位で得られる。加えて Small Titan が有する 20 観測点の各センサーの絶対時刻は GPS システムにより 1 時間ごとに補正され、これらの絶対時刻によるトリガータイムが加速度データとともに送信されることにより各ステーションの記録の同期がとられている。つまり、地震動の動的アニメーションを作成するために記録を直接用いることができる。

ただし、試験観測を開始した1998年6月からしばらくの間は、機器の安定動作が不確定で絶対時刻が正確ではない恐れがあるため、ここでは機器の安定した以降の記録を対象とした。

まず、これまでの地震記録の中から、動的アニメーションに用いる地震動を選定する。選定には20観測点全てにおいて記録が得られている規模の大きい地震動が望ましい。これは、後の過程で地震記録を面的情報として拡張するため行う内挿計算を行う際に、情報量の多い高精度のマップを作成する必要があるため、全観測点から得られた記録を用いることが必須となるためである。今回は、2000年の記録の中から、3月20日の仙台湾を震源とする地震 ($M_j=5.4$) と6月3日の宮城県北部を震源とする地震 ($M_j=4.7$) を選んだ。震央と動的ゾーニング範囲との位置関係を図-2に示す。また、仙台湾を震源とする地震の加速度記録(N-S成分)を図-3に示す。

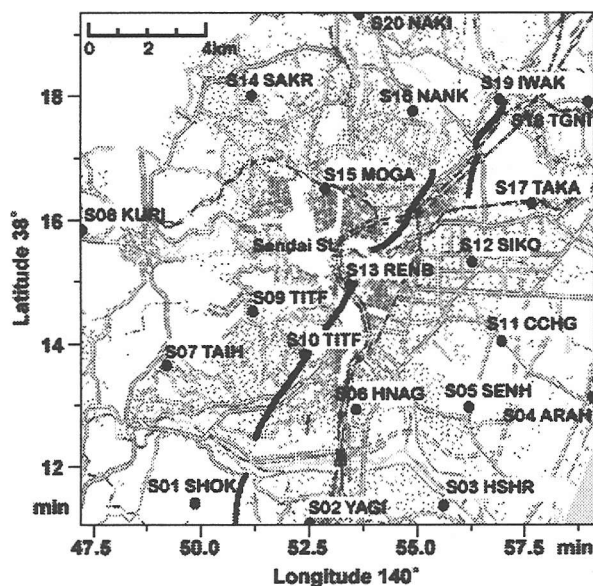


図-1 観測点配置図

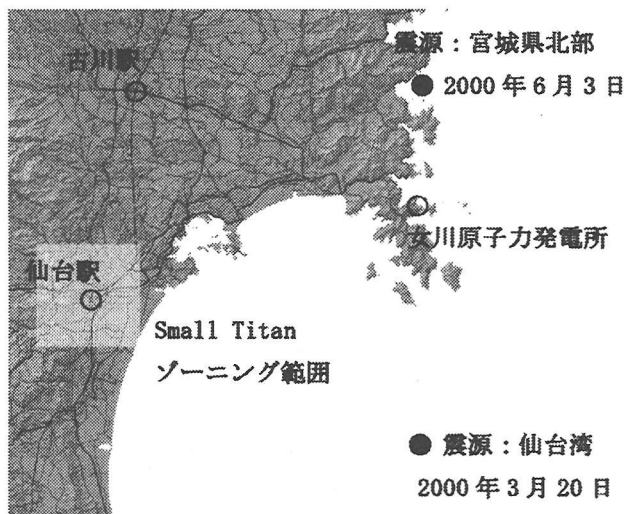


図-2 震央と動的ゾーニング範囲との位置関係

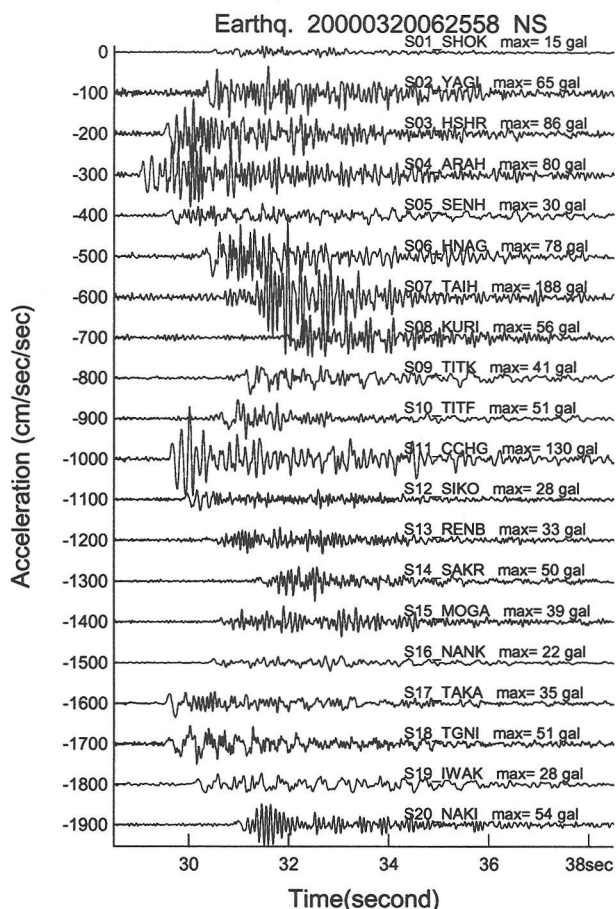


図-3 Small Titan 加速度記録

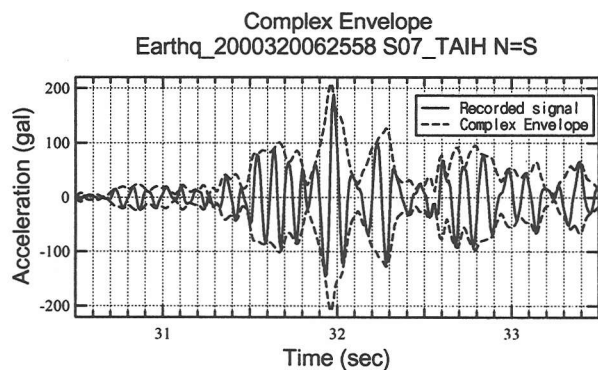


図-4 加速度記録とその包絡線

以上のように有限の数で、不規則に設定されている観測点データを面的情報として敷延するためには地震動の振幅の内挿等を時間ごとに実施することが必要である。ここでは、内挿法としては神山¹⁾によって例示されている幾何学的条件によるものを採用している。さらに、内挿の対象となる振幅としてはコンプレックスエンベロップ²⁾による絶対振幅を用いた。コンプレックスエンベロップと原加速度振幅の関係を図-4に示す。図-4に明らかなようにコンプレックスエンベロップを用いることで震動強度の時間変動が明確となり、正負で交番する振幅の大きさを画一的に扱える。

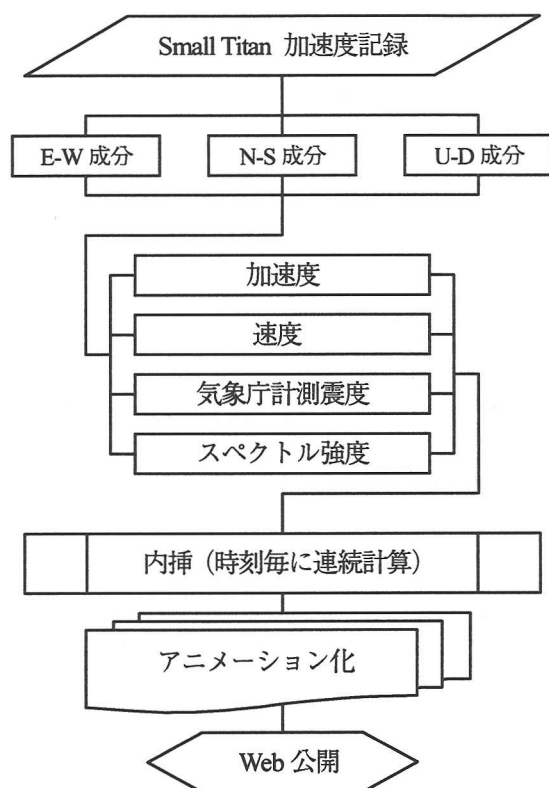


図-5 アニメーション作成のフロー

以上のようにコンプレックスエンベロップにより、加速度記録の包絡線の正値を計算した後、得られた20観測点全ての包絡線から、0.01秒毎に内挿計算を行う。そして、計算結果をマッピングソフトによりマッピングすることで時刻毎のフレームが完成する。ただし、内挿計算は非常に時間がかかるため、地震記録の主要動部分の数秒間のみの計算とした。実際、主要動部分以外の微小な波形はアニメーション化してもほとんど変化が見られないことが予想できたため、作業の効率化を図るうえで省くことにした。

最後に、マッピングしたすべてのフレームをWebアニメーション作成ソフトにてタイムライン上に並べ、仙台市圏の地理情報および観測点をオーバーレイさせる。そして、時刻の表示や再生・停止といったインタラクティブな操作が可能なボタンを配置し、それをWebで多用されるファイル形式に書き出してアニメーションの完成に至る。このような形式のアニメーションは、ほとんどのWebブラウザにて再生できるため、Webサイトを通じて広く一般に公開することが可能となる。なお、全体のアニメーション作成のフローを図-5に示す。

完成したアニメーションは、この紙面上に掲載することは不可能なため、2000年3月20日の仙台湾を震源とする地震の代表的な時刻のゾーニングのスナップショットを図-6～図-10に示す。

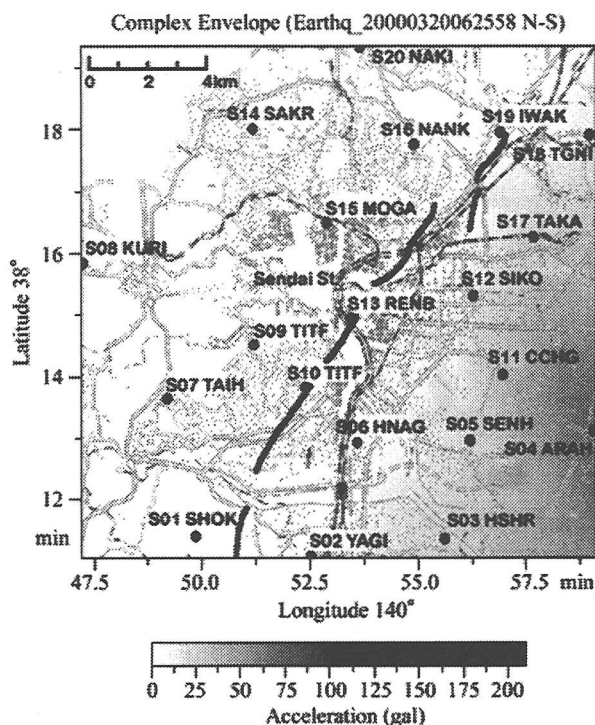


図-6 スナップショット (29.67 秒)

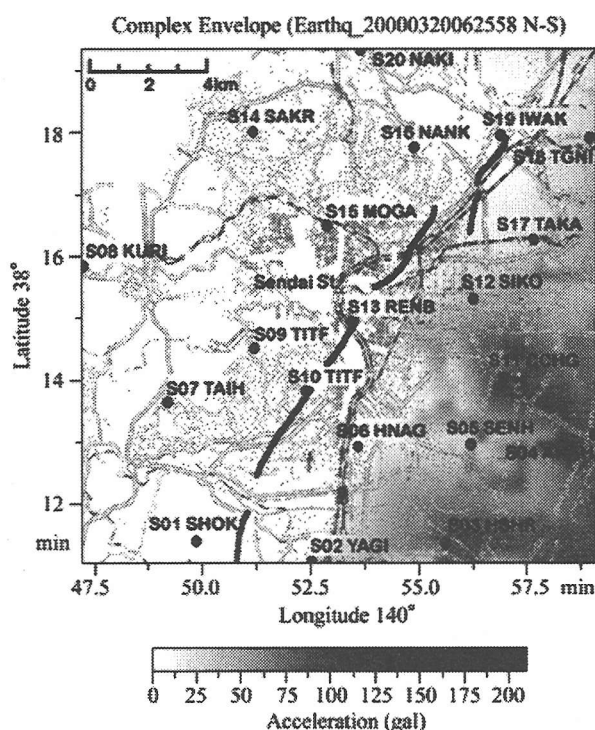


図-7 スナップショット (30.05 秒)

図-6では、震源方向(仙台湾)からの震動の入射が観察される。図-7は、図-6の0.38秒後である。長町利府断層東部に位置する観測点S03HSHR、S04ARAH、S11CCHG付近で加速度の増幅が観察される

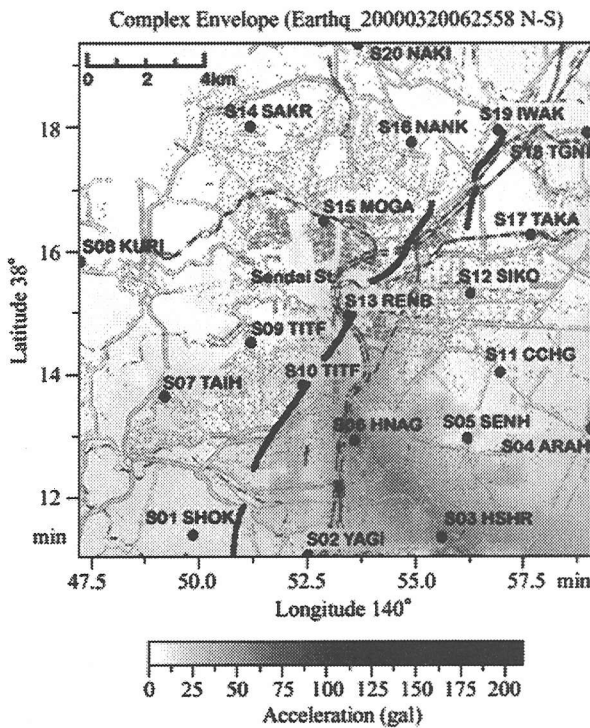


図-8 スナップショット (31.02 秒)

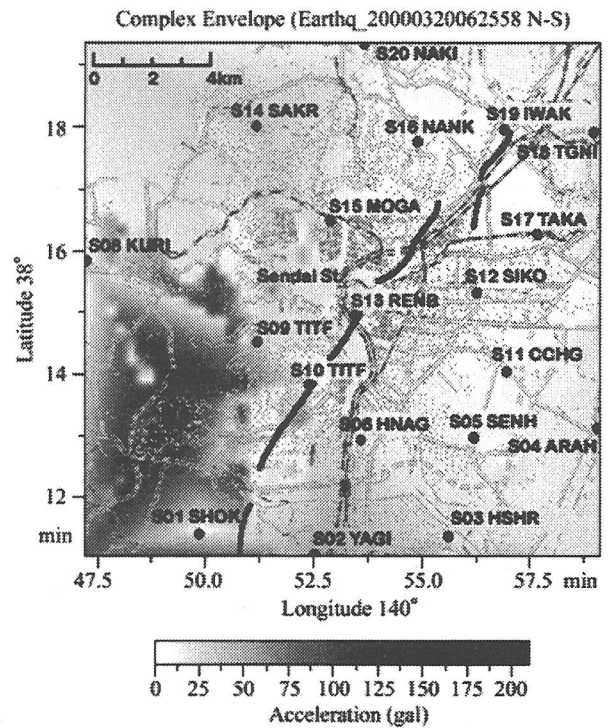


図-10 スナップショット (31.96 秒)

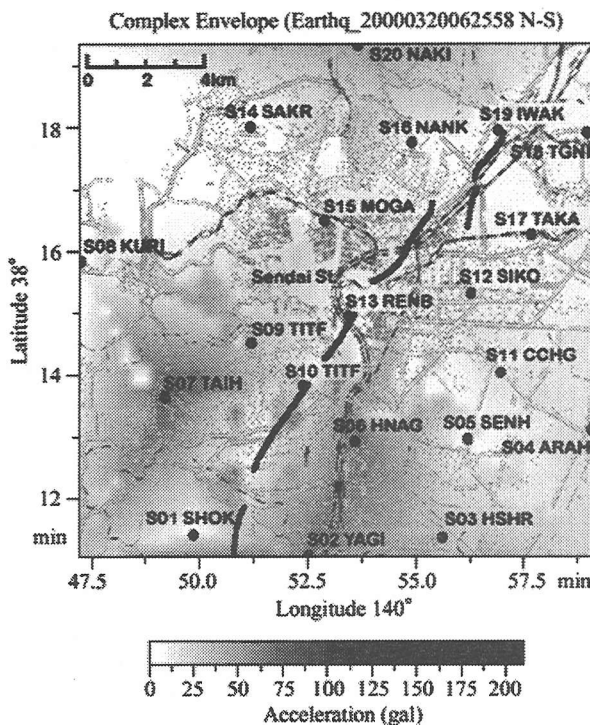


図-9 スナップショット (31.59 秒)

図-8 は図-7 の 0.97 秒後である。観測点 S06HNAG 付近で加速度の増幅が観察される。図-9 は図-8 の 0.57 秒後である。断層西部に位置する S07TAIH 付近で加速度の増幅が観察される。

図-10 は図-9 の 0.37 秒後である。観測点 S07TAIH でこの地震の最大加速度が得られている。この時刻では断層東部では加速度の増幅はほとんど観察されない。この時刻以降、震動は収束に向かう。

3. むすび

Small Titan の加速度記録を用いた地震動分布の動的ゾーニングの完成により、実際の地震動がいかにダイナミックな変動をしているのか、これまでの静的ゾーニングからは知り得なかった情報が得られた。アニメーションの中には、震源、伝播経路、ローカルサイトの効果が時間を追って生じることが観察された。今後、より多くの地震に対し加速度だけでなく、速度や気象庁計測震度のゾーニングをアニメーション化することで、現実的に地域地震防災に役立つ情報としての利用が可能であると考えられる。今後の課題としては作業過程の自動化と高速化を確立し高度なシステムとしての発展させることが必要である。

参考文献

- 1) 神山眞, 莊司雄一, 松川忠司, 浅田秋江, 中居尚彦: オンラインアレー地震観測システムの構築とその記録の若干の考察, 土木学会論文集 No.688, p283-298, 2001.
- 2) John S. Farnbach: THE COMPLEX ENVELOPE IN SEISMIC SIGNAL ANALYSIS, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.65, No.4, pp.951-962.1975.