

巨大地震発生時における即時警報の可能性の検討

東京大学大学院工学系研究科 学生会員 北代州平*

東京大学地震研究所助教授 正会員 堀宗朗*

1. 研究の背景と目的

ここ数年世界で発生している都市直下の巨大地震は、直接的な被害のみならず、間接的な被害でもわれわれの社会にまで甚大な影響をもたらしている。したがって、巨大地震による被害を軽減することに対して様々な研究が進められている。その中の一つとして即時警報という技術がある。発生した地震に対して、警報の対象とする地点よりも震源に近い場所で観測を行い、地震動よりも警報を先に対象地点に伝えるというものである。

現在までに、即時警報を出すための道具はほぼ整備されてきている。図1に示すように、より震源に近い場所での観測のために、2.75kmの大深度地下に強震計が設置されている。警報を多数の受け手に伝送するための技術の一つとして、地上デジタル放送の整備も進んできている。さらに、大企業や大学などでは受信した警報をさらに多くの受け手に伝えるためのLANによるネットワークも警報の伝送に十分なスピードのものが整えられている。また、町に行く市民に警報を伝送できる手段として、携帯電話、PHSも視野に入れることが可能であると考えている。

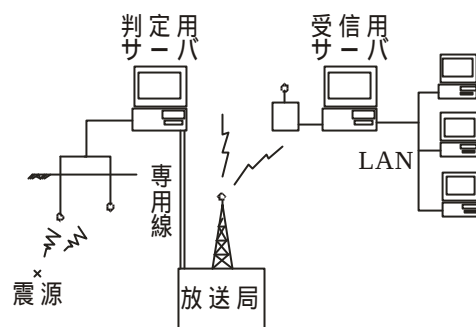


図1. 即時警報システムの概要

このことを考えると、即時警報を出すために求められることは、巨大地震とそれ以外のものとをできる限り早く区別することができる技術の開発ということになる。本研究では、巨大地震とそれ以外のものを区別し、どの程度早く即時警報を出すことができるのかを検討する。

2. 地震波の進行方向の決定

できる限り早く巨大地震かどうか判定することを考えると、P波を判定に用いるのがよい。P波の初動では反射などの影響を受けないため、ほとんど乱されていない震源の情報が得られるだろうと期待できる。また、震源から直達で観測点に届くため、屈折により多少進行方向は上に変化するものの、ほぼ震源の方向を向いている。したがって、P波が観測点に届いたときに即座にP波の進行方向を決定し、その方向の成分のみを見ることで、さらに観測の精度があげられると考えられる。

これらのことを考えると、P波の初動のみを見るがために地震波から得られる情報量は非常に少ないものの、その地震が巨大であるかどうかという判定をすることに限定すれば非常に短い時間での判定の可能性が出てくる。

そこでまず、観測点で得られた上下水平3成分の加速度データに対し、誤差を最小にするようなベクトルを特定し、そのベクトル

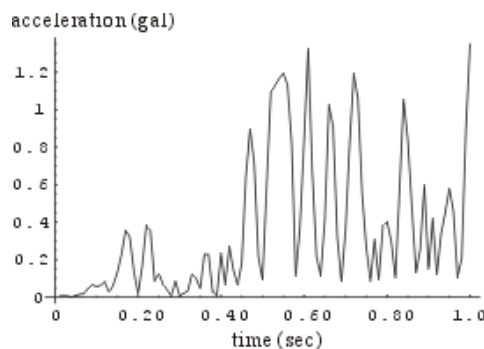


図2.(a) 特定方向成分のノルム

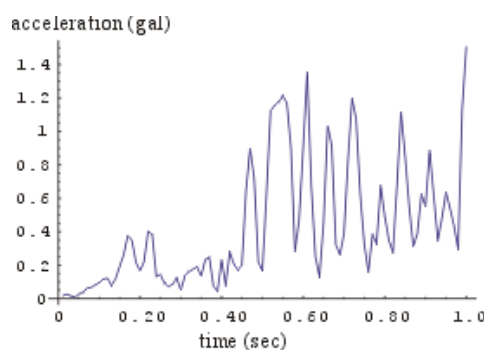


図2.(b) 3方向合成のノルム

キーワード：巨大地震、即時警報、P波、加速度変化率

* 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1 Tel. & Fax. 03-5841-5740

ルの方向を地震波の進行方向とした．その方向ベクトル上に加速度ベクトルを射影することで，加速度ベクトルから特定方向成分を抽出する．図 2 に示すように，3 方向合成のノルムのデータとよく似た傾向を示すが，特定方向を決定することで観測誤差を小さくしていることになるので，実際に小さめの値を示している．

3. 判定方法

先のプロセスにより得られたデータをもとに判定をする．判定指標としては，区間最大加速度変化率を用いると非常に短い時間でも震源の変化を示すことができるという結果(参考文献 1 参照)をもとに，加速度データに対してカルマンフィルタ¹を適用して，加速度の変化率 (C) を推定することにした．

大深度地下から得られた加速度データに対して判定を行ったものが図 3 である．閾値を $4(\text{gal/sec})$ とおくと，判定時間は地震波検知から 0.6 秒程度となり，十分な早さで判定できることになる．

また，実際に巨大地震を判定することができるかどうかを検証するために，1999 年 8 月 17 日にトルコ北西部イズミットで発生した地震 ($M 7.4$) のサカリヤ観測点で得られた加速度データを用いて判定を行った．結果を図 4 に示す．閾値を $20(\text{gal/sec})$ と大きくしても，大深度地下の場合と同様に地震波検知から 0.6 秒程度と，十分な早さで判定ができることがわかる．

また，比較のため，大深度地下で得られたデータの中で，被害を発生しなかった地震についても判定を行ってみた．結果を図 5 に示す．地震波検知から 1 秒間を見てみると，判定指標が先に設定した閾値 (4gal/sec) を上回ることがないので，この指標では地震波到達から 1 秒以内という非常に短い時間内で巨大地震をそれ以外のものと区別できると考えられる．

4. おわりに

今回示したケース数は少ないものの，カルマンフィルタによって加速度の変化率を推定するという判定手法を用いることで，短時間での判定の可能性をある程度示せたと考えている．この判定指標を即時警報システムのアプリケーションとして用いると，巨大地震が都市に到達するよりも早く警報を出せるのではないかと期待できる．

本研究には科学技術庁防災科学技術研究所の方々より，データの借用をはじめさまざまな示唆をいただいた．ここに記して感謝の意を表する．

参考文献

- 1) 北代州平：巨大地震即時警報システムの開発，東京大学工学部学士論文，1999
- 2) 北代州平，堀宗朗：強震動即時警報システムの可能性，日本災害情報学会 1999 年研究発表大会，37-44，1999

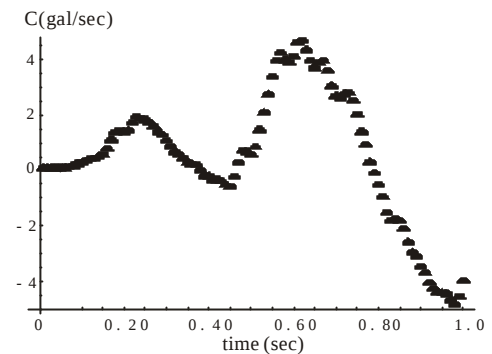


図 3. 大深度地下での判定

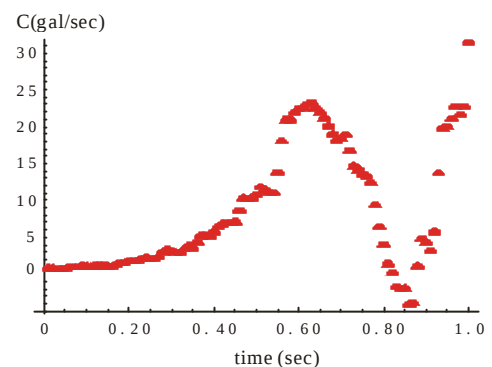


図 4. トルコ地震での判定

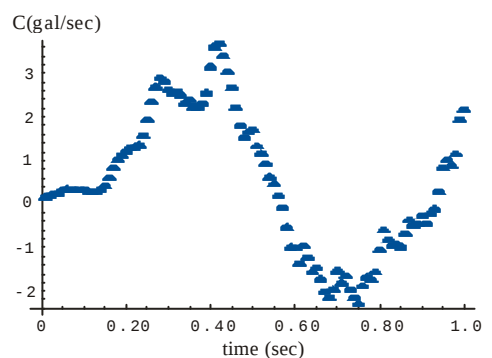


図 5. 無被害の地震での判定

¹ 観測方程式は常時微動の平均・分散を用い，状態方程式は“増加率は一定”という仮定でフィルタを設計．