

(8) サブダクションゾーンに起こる小地震の震源特性について

| | |
|------------|-------|
| (財)大阪土質試験所 | 澤田純男 |
| 同上 | 扶 長生 |
| (財)防災研究協会 | 吉川宗治 |
| 京都大学防災研究所 | 入倉孝次郎 |
| 関西電力(株) | 永野 徹 |
| 同上 | 尾崎昌彦 |

1. まえがき

プレート境界であるサブダクションゾーンで起こる地震は、プレート内で起こる地震に比べてストレスドロップが小さいことが指摘されている。日本の大地震はこのサブダクションゾーンで発生することが多く、これらの地震動予測を行なう場合にはサブダクションゾーンで起こる地震の震源特性を明らかにしておく必要がある。また、サブダクションゾーンを想定した大地震の地震動のシミュレーションを行なう場合には、断層の大きさが大きいため、伝播経路の影響が重要な問題となることが予想される。そこで本研究では、まず震源距離の小さい記録を用いて、サブダクションゾーンの震源関数の特性を検討した。

2. 富岡・いわきの観測波形の特徴

電力10社*によっておこなわれた電力共通研究によって観測された富岡観測点といわき観測点は、最深部が基盤まで達しており、本研究ではこの2つの観測点の地震動記録をもちいることとした。これらの深井戸記録を震源位置によって整理した結果以下のことがわかった。

○サブダクションゾーンに発生する地震の震源特性はマグニチュードがかなり大きく(5.5~6程度)ながらも非常に単純であり、観測波形は互いに非常に似ている。

○震源距離が小さいと波形は単純であるが、震源距離が大きくなる程伝播経路の影響で波形が複雑になり、継続時間が延びる。

本研究では、サブダクション・ゾーンで発生する地震の地震動予測が最終目的であるため、図1の上図に示すように震央が東経141度から142度、北緯37度から37度30分の地震のみを対象とした。図1の下図は震源位置を東西断面にプロットしたものであり、この範囲の地震は、ほぼプレート境界であるサブダクション・ゾーンで発生したと考えてよいことがわかる。また、この領域では、震源深さは40~50km付近に集中しており、震源深さの違いによる影響をほとんど考えなくてよいこともわかる。

図2に、この領域で発生した地震の、富岡基盤岩内(地下950m)といわき基盤岩内(地下330m)における速度波形(NS成分)を示す。観測は加速度でおこなわれており、波形は積分する際に0.7Hz~15Hzのバンドパスフィルタをかけている。図はマグニチュードの小さい順に並べてある。図からわかるように、マグニチュードが5.8程度までは波形は非常に単純であり、地震が異なっても波形はほとんど同じ形をしている。しかしながら、マグニチュード6程度以上は継続時間が大きくなり、波形は複雑になっている。これは震源過程が複雑になった影響と考えられる。富岡といわきの波形をくらべると、それぞれの特徴は

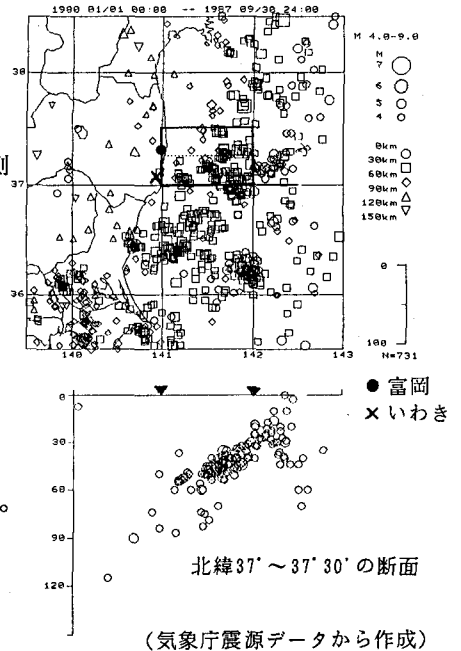


図1 対象とした地震

(気象庁震源データから作成)

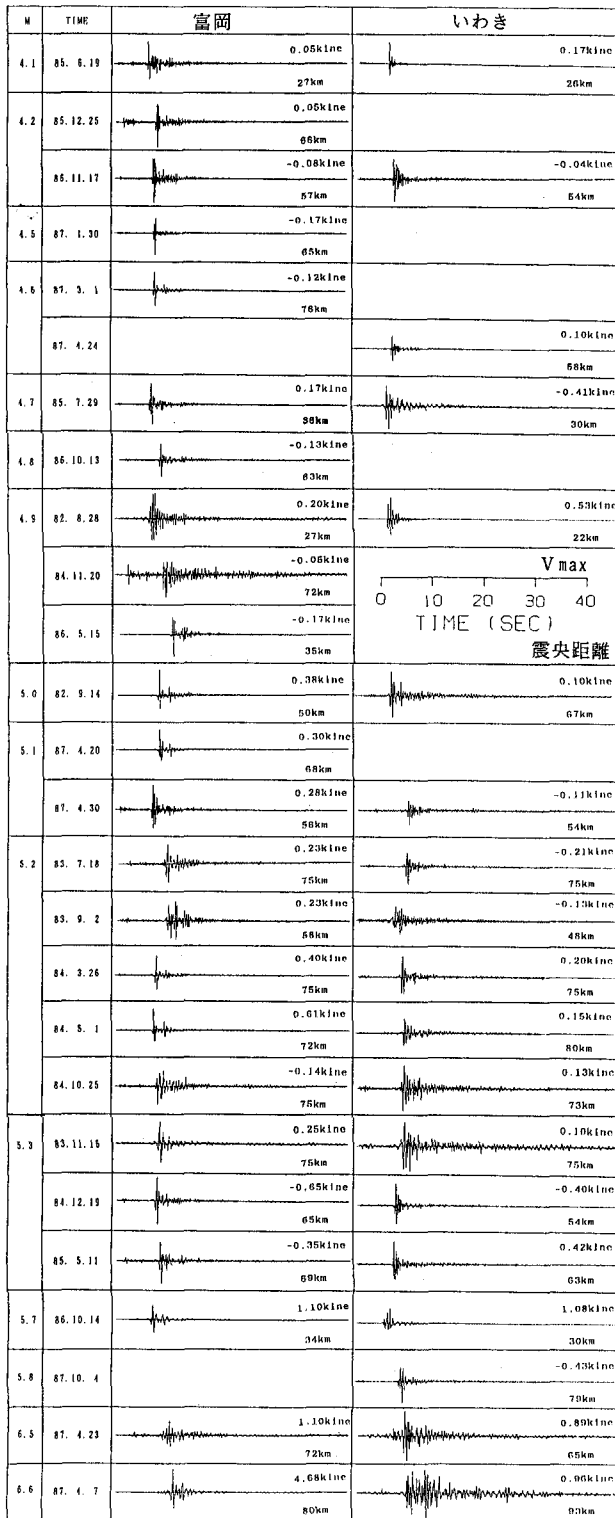


図2 富岡といわきの速度波形の比較

明らかに異なることがわかる。すなわち、富岡のほとんどの波形に、主要な波群が到着してから約1.8秒後に到着する波群が記録されているが、いわきの記録にはこれが見あたらない。また富岡の記録は、ほとんどが主要動は1波分しか継続しないのに対し、いわきの記録は2～3波分継続している。これらの特徴を単純化すると図3のようになる。この原因については次節で検討する。

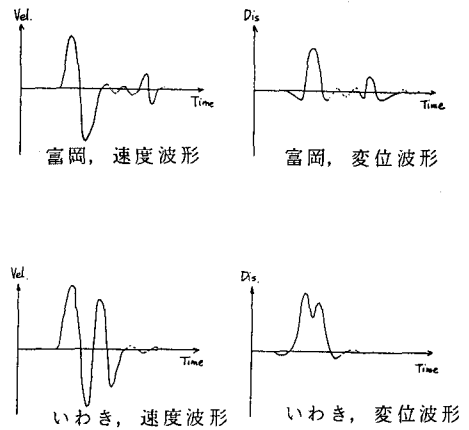


図3 富岡といわきの波形の特徴

3. 地表面反射波の影響

富岡およびいわきの観測点では、大規模鉛直アレーによって地震観測が実施されており、前節で示した波形は、その最深部（基盤岩内）の記録である。図4の左側に富岡の観測点におけるマグニチュード4.6の地震の鉛直アレーの速度波形を示す。図からわかるように、富岡の波形に記録されている、主要な波群の約1.8秒後に到着する波群は、地表面の反射波であることがわかる。すなわち、最初に到着する主要な波群のみを考えれば、これは震源特性を反映していると考えてよいことがわかる。同様に図4の右側にマグニチュード4.6の地震によるいわき観測点における鉛直アレーの全記録速度波形を示す。図から、いわきの記録は主要動が2～3波分継続している原因は、いわきは最深部が330mと富岡に比べると浅いため地表面の反射波が主要動から分離できないためであることがわかる。すなわち、いわ

きの基盤岩内の波形も、最初の1波のみを主要動部分とすれば、富岡の主要動部分と同じと考えてよいことがわかった。

このように各観測点の波形の特徴は、地表面からの反射波のためであることがわかった。そこで、これらの影響がシミュレーションでも確認できるかを調べた。用いた手法は、Herrmann²⁾による手法である。これは半無限水平多層地盤の理論解(Hudson³⁾)を周波数領域で数値積分する手法であり、SH実体波およびLOVE波を考慮できる。図5にシミュレーション用いた地殻モデルを示す。表層ありのモデルは、このあたりの地殻構造を調査したOkada他⁴⁾を参考にして設定し、このモデルの第2層が地表面まで続いているとしたモデルを表層なしのモデルとした。

図6に仮定した震源関数を示す。なお、本手法はSH波しか計算できないので便宜上震源はSTRIKE-SLIPとし、震動継続時間は0.5秒とした。

図7にマグニチュード5.3、震央距離約60kmの富岡の基盤岩内における観測波形と、シミュレーションによる地表面の波形との比較を示す。表層なしのモデルの波形が、非常に単純な波形であるのに対し、表層ありのモデルの波形は地表面付近の多重反射のために複雑な形をしている。

4. 震源関数の検討

観測記録の主要動部分は単純化すると図8のようになる。点震源を仮定した時の震源におけるすべり速度

は、震源から十分離れた地点で観測される変位波形とほぼ等しいことから、図中のインパルス幅 τ が震源における震動継続時間(ライズタイム)に相当すると考えられる。そこで富岡といわきの岩盤内記録と地表面記録の速度波形をもちいて、インパルス幅を読みとった。図9に、インパルス幅の読み取り例を示す。

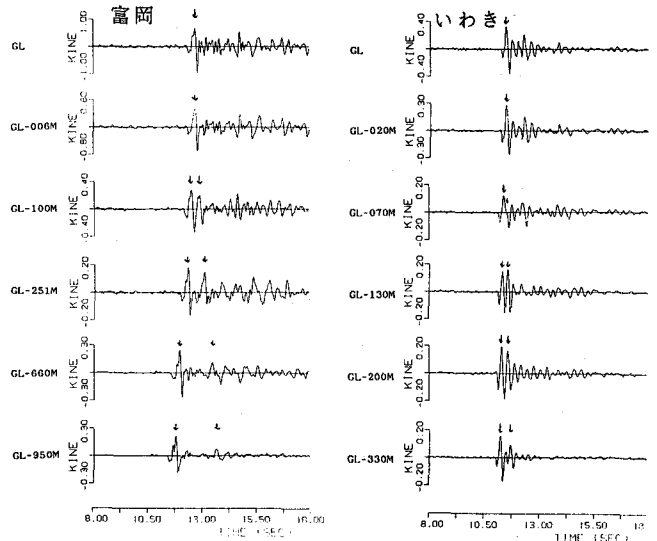


図4 地表面反射の例

| 表層あり | | | 表層なし | | |
|--------------|--------------------|-------|--------------|--------------------|-------|
| V_s (km/s) | ρ (t/m^3) | H(km) | V_s (km/s) | ρ (t/m^3) | H(km) |
| 1.2 | 1.8 | 0.5 | 3.2 | 2.8 | 8.0 |
| 3.2 | 2.8 | 7.5 | 3.8 | 3.0 | 17.0 |
| 3.8 | 3.0 | 17.0 | 4.6 | 3.5 | 15.0 |
| 4.6 | 3.5 | 15.0 | | | |

図5 シミュレーションに用いた地殻モデル

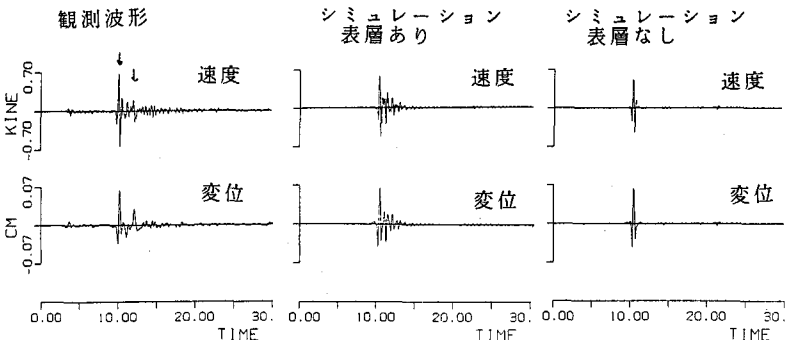


図7 観測波形とシミュレーション波形の比較 ($\Delta = 60\text{Km}$)

読み取ったインパルス幅とマグニチュードの相関関係を図10に示す。マグニチュード5.8以上の点がないが、これはマグニチュードが大きくなると波形が複雑になり、インパルス幅が読み取れないためであり、これらの波形のインパルス幅を読み取るにはなんらかの数学的手法をもちいて震源特性を抽出する必要がある。地表面記録のインパ

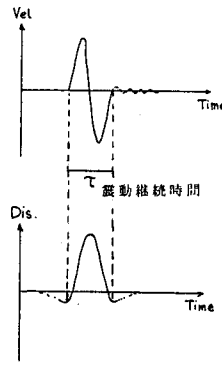


図8 震動継続時間

ルス幅と岩盤内記録のインパルス幅とは特に大きな傾向の違いはないことがわかる。このマグニチュードの範囲では、マグニチュードとインパルス幅は、ほぼ直線関係があると思われる。また富岡の方がいわきより系統的にインパルス幅が若干大きい傾向があるようである。これは主に伝播経路の影響と考えられ、断層の破壊伝播方向 (Directivity) の可能性もある。しかしながら、この傾向については地震数が少ないため断言はできない。

5. あとがき

電力共通研究で実施している富岡といわきの観測波形のうち、サブダクションゾーンの地震であると考えられる地震のみを選択し、震源関数の特徴を抽出した。今後の課題として以下のことが挙げられる。

- (1) 今回扱った地震のうちマグニチュード6以上のものは、波形が次第に複雑になるが、伝播経路特性は小地震のものと同じと考えられるので、小地震の記録を要素波として震源過程の解析を実施する必要がある。
- (2) さらに震央距離が大きくなると波形が非常に複雑になるが、この伝播経路特性を把握する必要がある。
- (3) 今回は震源関数の継続時間のみを考えたが、エネルギーの問題 (振幅) も考慮する必要がある。

なお、本研究で用いたデータは、電力10社*で実施した電力共通研究 (地震観測にもとづく基準地震動評価手法の研究) によって得られたものである。

参考文献

- 1) 石川有三ほか: Seis-PCの開発-概要-, 情報地質(10), 19-34, 1985.
- 2) Herrmann, R. B.: SH-Wave Generation by Dislocation Sources-A Numerical Study, BSSA, vol. 69, 1979
- 3) Hudson, J. A.: A Quantitative Evaluation of Seismic Signals at Teleseismic Distance - II Body Waves and Surface Waves from Extended Source, Geophys. J. R. astr. Soc., 18, 353-370, 1969.
- 4) Okada, H et. al.: Resonance of the Upper Mantle around Northeastern Japan as Revealed by Big Explosions at Sea, I Seiha-1 Explosion Experiment, JPE, vol. 27, suppl., 15-32, 1979.

*東京電力(株) (幹事) 北海道電力(株) 東北電力(株) 中部電力(株) 北陸電力(株) 関西電力(株) 中国電力(株) 四国電力(株) 九州電力(株) 日本原子力発電(株)

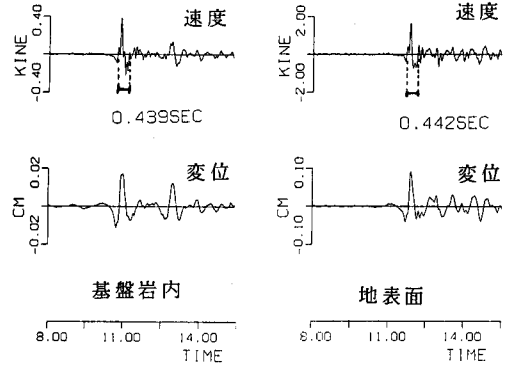


図9 震動継続時間の読み取り例

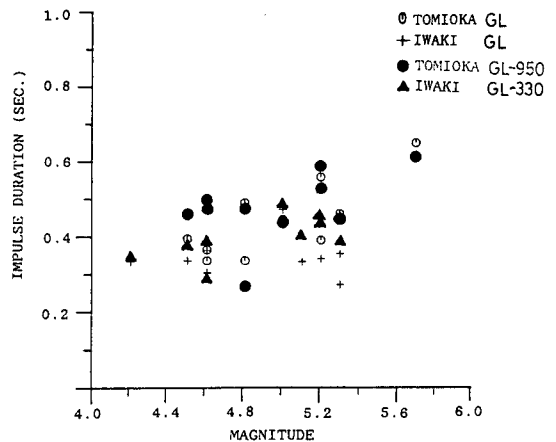


図10 マグニチュード～インパルス幅