

府中群列観測で得られた1987年福島県沖の
群発地震における後続波

御子柴正*・木下繁夫**

国立防災科学技術センター

**Strong Later Phases Recorded at the Fuchu Strong-motion Array
Observation during a Swarm of 1987
Off Fukushima Pref. Earthquakes.**

by

Tadashi Mikoshiba and Shigeo Kinoshita

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

In strong motion records, we sometimes notice later phases as compared favourably with the direct S phases. The later phases of this kind are possibly caused by the secondary wave generated from the basement-sediment system. During the swarm of 1987 Off Fukushima Pref. Earthquakes, we obtained such kinds of later phases at the Fuchu strong-motion array observation. In the present report, we show the characteristics of the observed later phases, i. e., predominant periods, apparent velocities and directions of wave propagation.

Key words: Off Fukushima pref. Earthquakes, Fuchu strong-motion array.

キーワード 福島県沖の地震, 府中群観測

1. はじめに

関東地域の先第三系基盤—堆積層系の非成層構造に由来する後続波は、波形全体を扱う地震工学において問題となる場合がある。特に、周期5～8秒のS波系の波は、堆積層自体の共振数域に入るため、増幅され、かつ、継続時間が長くなり重要な強震波群となる。この種の後続波としては、関東山地東辺の急激な基盤傾斜のため山梨県東部地震等で生じる全反射

* 第4研究部 ** 第3研究部

波列[木下(1985)]や1987年千葉県東方沖地震で観測された房総山地で生成された後続波[木下・御子柴(1989)]等が報告されている。この様な後続波は、SMAC型強震計に代表される加速度計主体の観測では観測されづらく、1980年代に至る迄存在を確認することが困難であった。

本小文では、1987年前半に群発した福島県沖の地震($M_{JMA}=6.4\sim 6.7$)において、府中地域の観測網で得られた強勢な後続波の観測例とその性質(卓越周期, 見掛け速度及び伝播方向)について報告する。

2. 府中群列観測と福島県沖の群発地震

2.1 府中群列観測

府中地域の観測網は、図1に示す様に府中地殻活動観測施設(図中のFCH)を中心とする6観測点から構成されている。FCHでは、GL-1m, GL-150m, GL-500m及びGL-2750mの地中観測が実施されている。地中観測は全て力平衡型加速度計を各孔底に設置し、1台のデジタル収録器で同時記録することで行われている。加速度観測における総合周波数特性は、 $0\sim 20\text{Hz}$ で振幅平坦特性である。また、図1に示した6観測地点の地表には速度型強震計が設置されており、各地点毎にデジタル収録がなされている。共通時刻コードはNHKの毎時刻を基準としており、常時5ms以内の精度が保持されている。強震計に用いられている速度

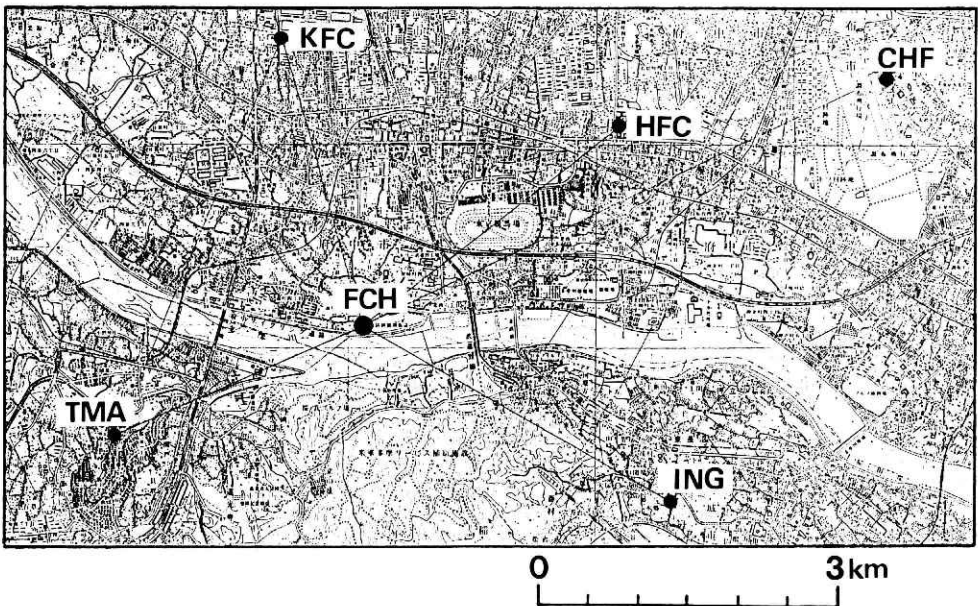


図1 府中小規模群列観測網
Fig.1 The Fuchu small-scale array.

計は、固有振動数 $1.43H_z$ 、減衰定数 ~ 100 の速度帰還型加速度計の帰還電流を固有振動数 $0.011H_z$ 、減衰定数 0.87 の二次系電流積分器で速度出力としたもので、 $0.02\sim 30H_z$ で振幅平坦特性を持っている。強震計の収録はICメモリーを用いてなされており、標準化時間 $0.02s$ 、分解能 $12bit/$ 標本である。また、収録部は $10s$ の遅延機能を持ち、この時間内のr. m. s.値の大小判別により自動編集出来る機能が付加されている。

図2は、1987年前半に群発した福島県沖地震とFCHの位置関係を示したものである。本報告では、震源地と府中群列観測網の間に位置する岩槻地殻活動観測施設(図中IWT)及び筑波嶺観測施設(図中TKN)の記録も併せて考察した。IWTではGL-1m, GL-108m及びGL-3510mの地中観測が加速度計を用いて行われており、TKNでは府中群列観測と同種の速度計による観測が行われている。

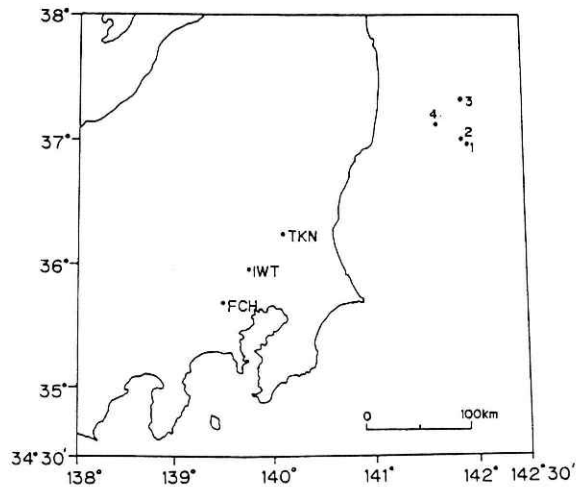


図2 観測点TKN, IWT及びFCHと震央
Fig. 2 Location of TKN, IWT, FCH and epicenters.

表1 福島県東方沖地震の地震リスト
Table 1 Earthquake data of OFF Fukushima Pref. Earthquakes.

Event No.	Origin time Y/ M/ D. h: m: s	Latitude	Longitude	Depth (km)	Mag.
1	1987/02/06, 21:23:44.6	36° 56' 12"	141° 56' 06"	30	6.4
2	1987/02/06, 22:16:15.3	36° 57' 42"	141° 53' 48"	35	6.7
3	1987/04/07, 09:40:43.4	37° 18' 00"	141° 52' 00"	44	6.6
4	1987/04/23, 05:13:23.4	37° 05' 18"	141° 37' 36"	46.8	6.5

2.2 福島県沖の地震

1987年2月～5月には福島県沖に群発地震が発生した。この地域では1938年にも今回より規模の大きい群発地震が発生している。本報告では表1に示す4地震における記録を用いて考察した。これらの地震のJMAマグニチュード M_{JMA} は、6.4～6.7である。また、FCHの震源距離は、255～286kmである。

3. 観測記録と後続波の性質

3.1 観測記録

始めに、最も規模の大きかった表1のNo.2地震の記録について述べる。図3は、府中群列観測における地表記録であり、EW成分の変位波である。この地震では、ING地点が欠測であり、かつ、KFCの刻時修正機能が不調であった。そこで、まず、KFCを除く4地点の記録のS波部分(図3のCHFの記録で、30.4sから10.4s間)を用いて、多点相関法により進行波面を図4の様求めた。線分OAはCHFとFCHかつCHFとTMAの方向の見掛け速度である。また、線分OBはCHFとHFCの方向の見掛け速度である。このAとBを線で進行波面abを決定した。次に、CHFからabに垂線を引いてN軸から計った垂線方向が到来方向であり、その長さが見掛け速度である。結果として、 $N81^{\circ}E$ 方向から見掛け速度 5.4km/s で通過する進行波面が求

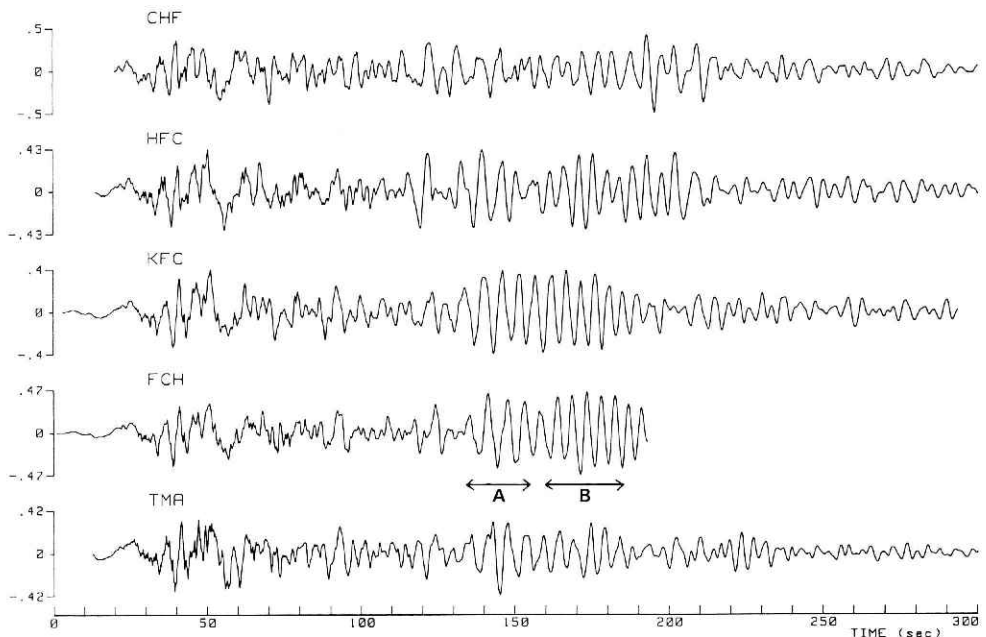


図3 府中群列観測における速度記録から求めた変位波形(EW成分)

Fig. 3 Displacement waveforms calculated from the velocity records observed at the Fuchu array. (EW-component)

まった。図3に示したところに位置するKFCの波形は、進行波面の線分ab上を延長し、KFCとCHFとを結んでC点を求めた。線分OCの長さからKFC方向への見掛け速度を調整して、KFCの時刻を求めたものである。

図3の群列記録には顕著な後続波がいくつか見られるが、特に著しいのは130s~190sの区間に見られる周期4s~8sの波群であり、1分近く卓越していることが判る。同様な後続波は、

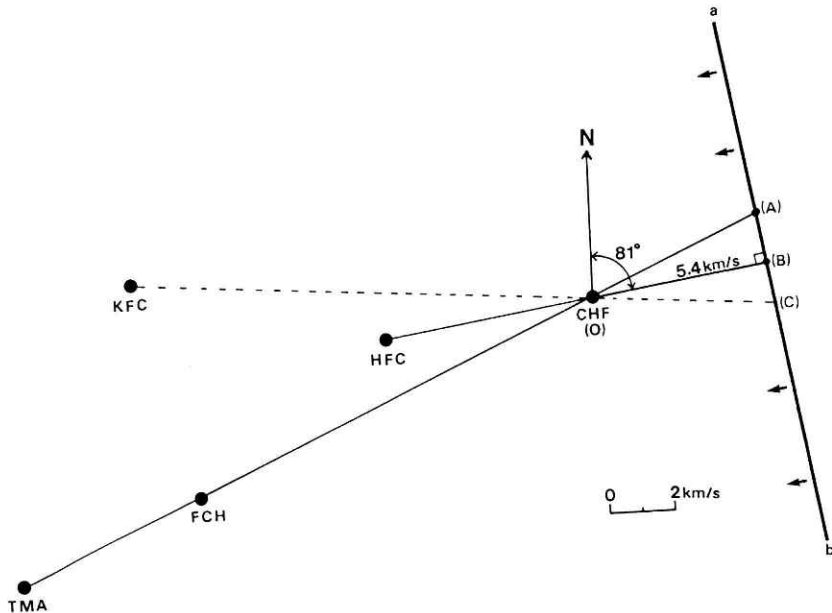


図4 S波部分の見かけ速度と到来方向の図表現

Fig. 4 Graphical representation of apparent velocity and azimuth of approach. (Direct S-waves)

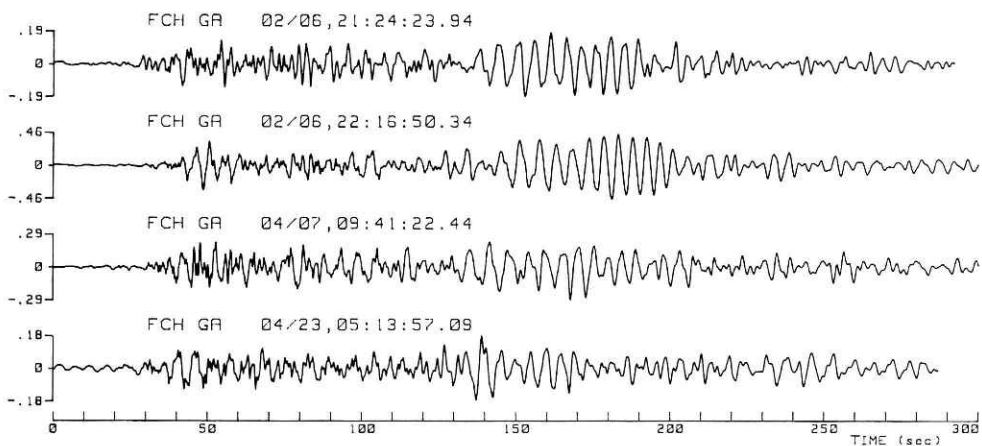


図5 観測点FCHにおける加速度記録から求めた変位波形(EW成分)

Fig. 5 Displacement waveforms calculated from the acceleration records observed at the Fuchu site. (EW-component)

福島県沖で群発した他の地震に際しても見る事が出来る。図5に表1の4地震における観測例を示す。これらは、FCHのGL-1mに設置された加速度計記録のEW成分を変位変換したものである。全ての地震において図3と同様の後続波が出現していることが判る。

3.2 後続波の性質

前節で観測例を示した後続波の性質について述べよう。まず、この後続波は全体として正分散している様に見える。そこで、図3に示した様にA、B2つの部分に分けて各部のフーリエ振幅スペクトルをみてみよう。図6及び図7が各々A及びB部分に対応するフーリエ振幅スペクトルであり、速度波形に対するものである。A部分では5～7sの周期の波が卓越し、B部分では4～5sの周期の波が卓越していることが判る。

次に、これらの周期(4～7s)を含む範囲で見掛け速度と到来方向を求めてみよう。これらの推定は、 $1/T_0=0.1\sim 0.25\text{Hz}$ 、 $h=0.2$ のバンドパスフィルタを通した速度波に多点相関法を用いて進行波面を決定する方法を用いた。A及びB2つの部分について得られた結果が図8及び図9である。到来方向はほぼN30°Eが共通して得られるが、見掛け速度は明瞭な違いを生じている。A部分では2.4～2.6km/s、B部分では1.3～1.5km/sの見掛け速度となる。

周期7s及び5sでの見掛け速度が2.6km/s及び1.4km/sという値は、この地域で期待されるLove波の基本モードの位相速度[南島・他(1986)]と比較して大きすぎる値である。また、

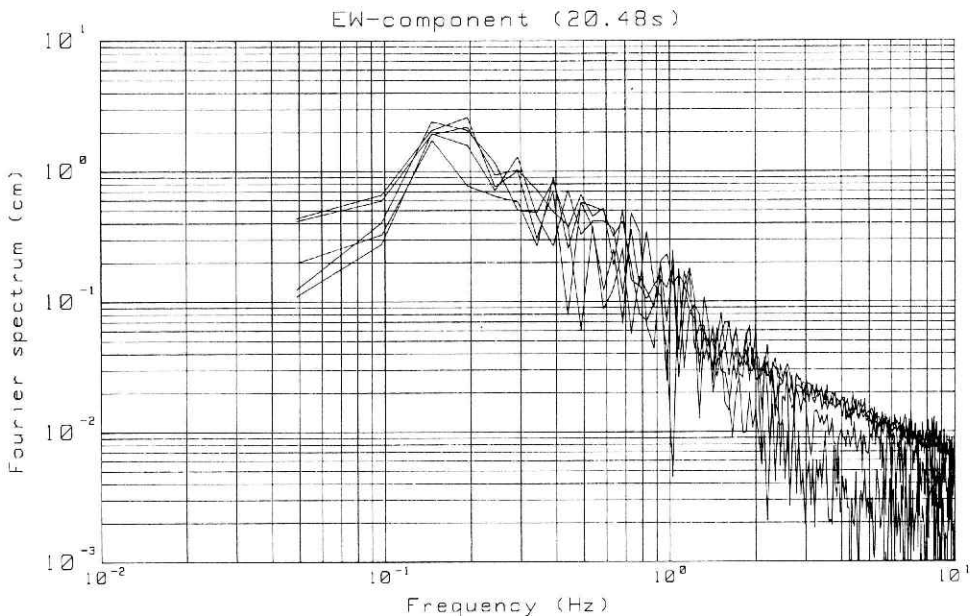


図6 速度記録から求めたフーリエ振幅スペクトル(図3のA区間)
 Fig. 6 Velocity Fourier spectra of section A in Fig. 3.

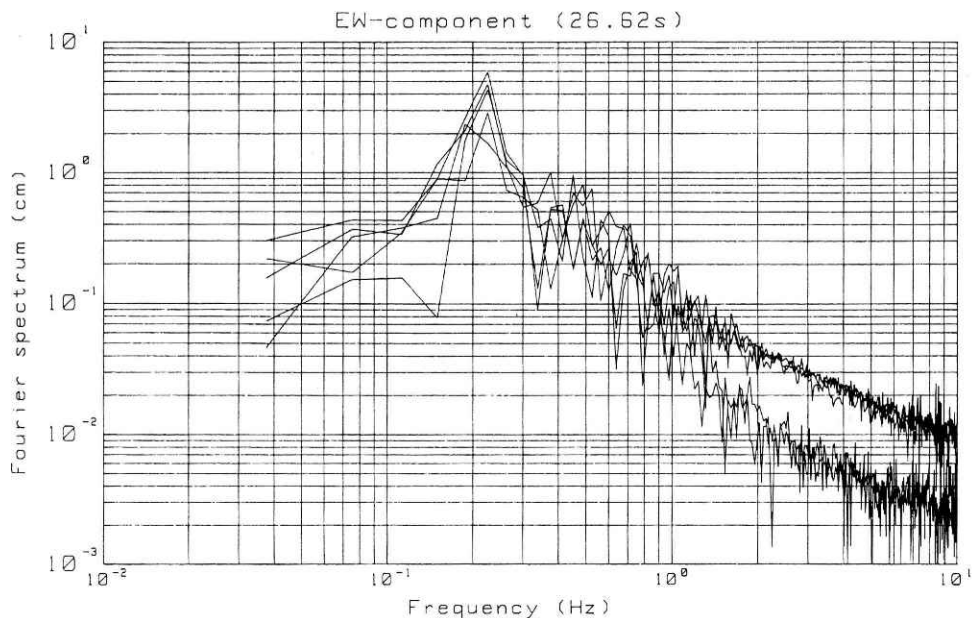


図7 速度記録から求めたフーリエ振幅スペクトル(図3のB区間)
 Fig. 7 Velocity Fourier spectra of section B in Fig. 3.

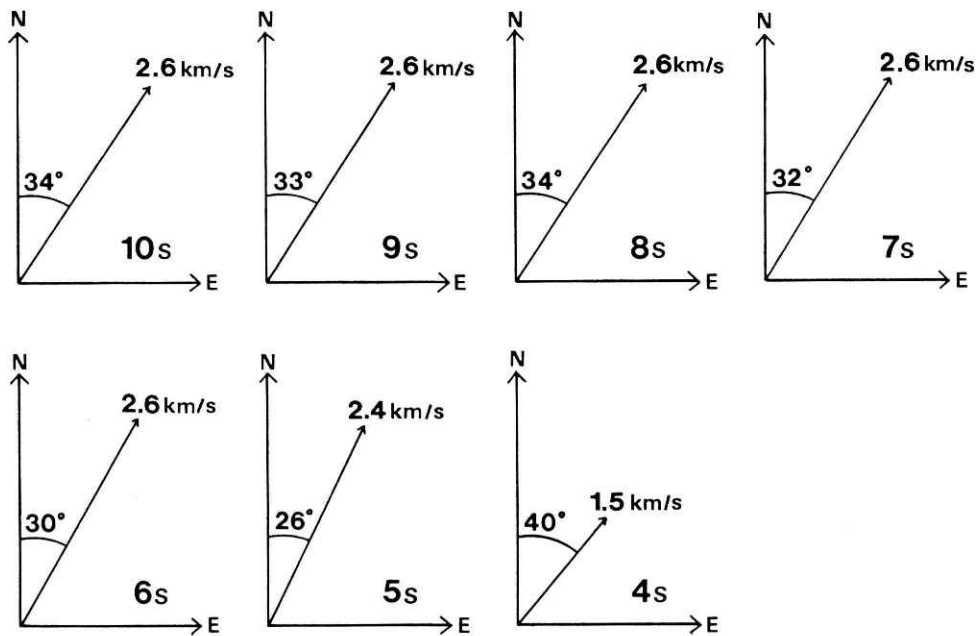


図8 見かけ速度と到来方向(図3のA区間)
 Fig. 8 Apparent velocities and azimuths of approach of section A in Fig. 3.

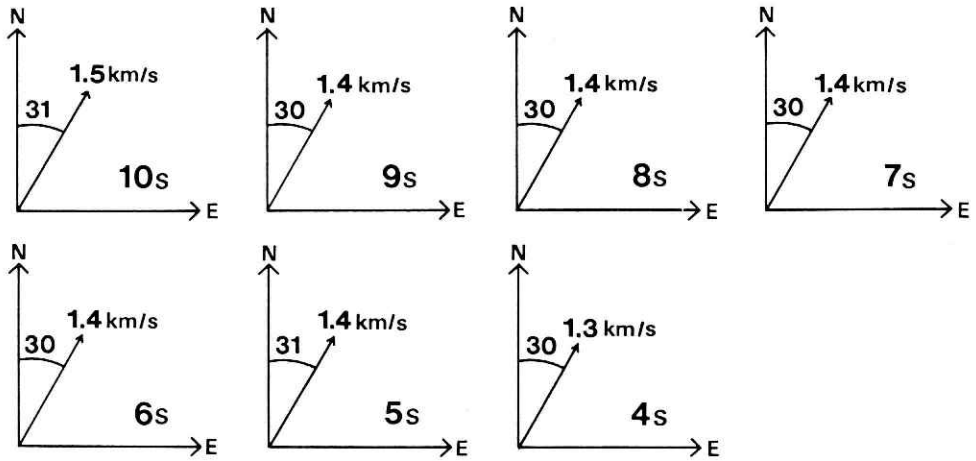


図9 見かけ速度と到来方向(図3のB区間)

Fig. 9 Apparent velocities and azimuths of approach of section B in Fig. 3.

A, Bを含む後続波の区間に上下動成分の卓越はないからRayleigh波的なものは一応除外して考えても良いだろう。さらに注目すべきことは、A, B各区間で、少くとも5s~10sの範囲で分散性が見られないことである。従って、全体として正分散している様に見えるため表面波的に見えるが、2種類の異なる実体波(変換波)群として見ることも可能であろう。

4. 考 察

3章で述べた後続波の出現位置について考察しよう。まず、図10にFCH, IWT及びTKNの変位波形(EW成分)を示す。IWTの地表記録(GA)では、FCHで観測された程顕著ではないが、かなりの勢力を持った後続波群が出現している。これに対して、基盤露出地点で電源に近いTKNではこの種の後続波は出現していない。図10はNo.2地震におけるものであるが、他の3地震についても同じである。即ち、府中群列観測で得られたやや長周期の後続波群が関東地域における先第三系基盤—堆積層系の盆状構造により生じた可能性を示唆している。そこで、出現位置を大ざっぱに見積ってみよう。No.2地震の発震時からTKNでのS波出現時迄は約40sである。TKNの震源距離が185kmであるから、S波の伝播速度は約4.6km/sである。これは、上部マントルを伝播したS波としてはもっともらしい値である。TKNは北関東東地域における基盤露出部の最も平野側に位置し、かつ、震源域と府中地域を結ぶほぼ線上に位置している。したがって、ここからFCHで得られた後続波が生じたとしよう。FCHでの後続波の出現時とTKNでのS波出現時との時間差は135sであり、かつ、2点間の距離は82kmであるから、伝播速度は0.6km/sとなる。一般に、関東地域の堆積層を伝播するS波の速度は0.7~1.0km/s程度である。0.6km/sという値はいくぶん小さいが、議論の荒さからみて許容

範囲かも知れない。ただし、TKNの存在する筑波山地からその西側を南北に走る烏山一菅生沼断層までは傾斜構造であり、この断層で基盤が落差1500m以上で西側に落ちているとされている [石井(1962)]。この間約30kmの幅がある。従って、この地帯全体(あるいは一部)が後続波生成に寄与したとすれば、実際には0.6km/s以上の伝播速度となるであろう。これは、数値解折と伴に今後解決せねばならない課題である。

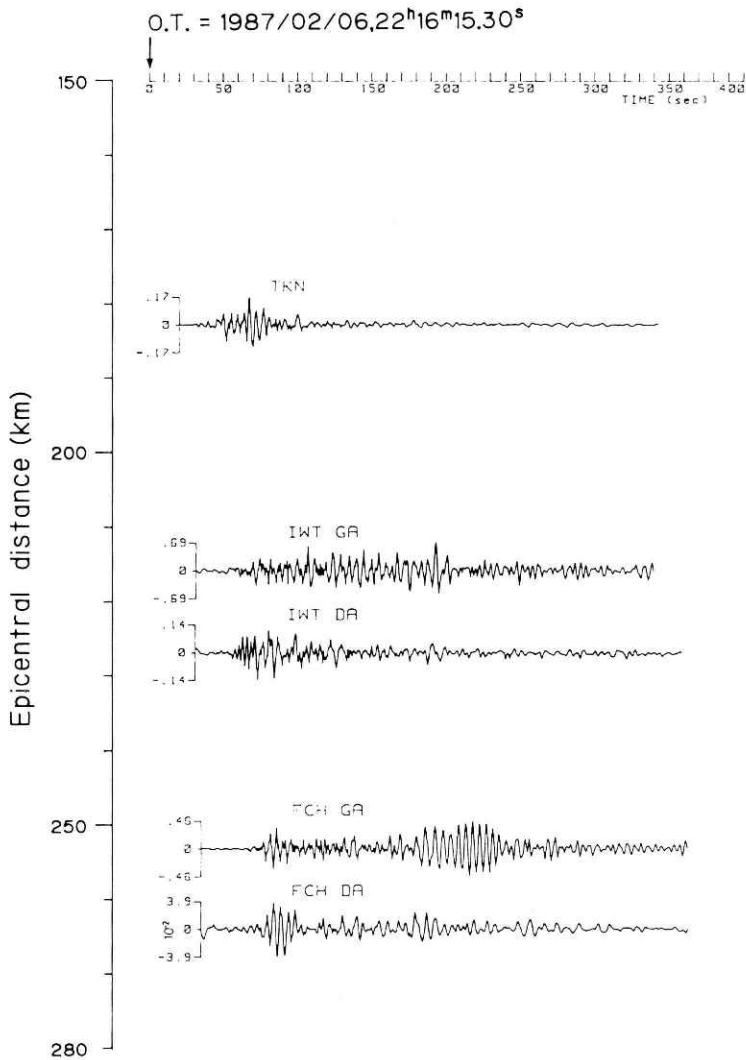


図10 観測点TKN, IWT及びFCHの変位波形の観測記録(EW成分)
 Fig. 10 Displacement waveforms of EW-component obtained at three sites of TKN, IWT and FCH.

5. おわりに

強度地動には、S波主要動部に匹敵する後続波が出現する場合がある。基盤—堆積層系の構造に基づいて2次的に生成される堆積層表面波である。1987年前半に発生した福島県沖の群発地震($M_{JMA}=6.4\sim 6.7$)において、府中地域の群列観測は、この種の卓越波群を明瞭に記録した。本小文では、記録された後続波の卓越周期、見掛け速度及び到来方向等の性質について示した。

参 考 文 献

- 1) 木下繁夫(1985)：傾斜層内におけるSH波の全反射伝播，地震，38, 596-608.
- 2) 木下繁夫・御子柴正(1989)：千葉県東方沖地震において東京低地で観測されたやや長周期後続波の構成波群，地震学会講演予稿集，1.
- 3) 南島正重・山崎謙介・工藤一嘉(1986)：堆積層上における中・強震動の波群解析の試み，地震，39, 533-554.
- 4) 石井基裕(1962)：関東平野の基盤，石油技術協会誌，27, 615-640.

(1989年6月16日 原稿受理)