

## 石川県羽咋市付近における邑知瀉断層帯の反射法地震探査

### Seismic reflection survey of the Ohchigata fault zone around Hakui City in Ishikawa Prefecture

下川浩一<sup>1</sup>・水野清秀<sup>2</sup>・杉山雄一<sup>3</sup>・片川秀基<sup>4</sup>・柴田俊治<sup>5</sup>

Koichi Shimokawa<sup>1</sup>, Kiyohide Mizuno<sup>2</sup>, Yuichi Sugiyama<sup>3</sup>,  
Hideki Katagawa<sup>4</sup> and Toshiharu Shibata<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, k.shimokawa@aist.go.jp,  
k4-mizuno@aist.go.jp, sugiyama-y@aist.go.jp)

<sup>4,5</sup> 北陸電力株式会社 (Hokuriku Electric Power Co., za52511@pi.rikuden.co.jp, za54148@pi.rikuden.co.jp)

**Abstract:** Seismic profiling revealed subsurface structure of the Ohchigata fault zone, which consists of several active faults 10-20 km long along the northwestern and southeastern margins of the Ohchi Plain. Surveys were conducted along two lines; line A, 5.2 km-long, traverses the entire Ohchigata fault zone, and line B, 1.3 km-long, crosses the Sekidosan fault at the southeastern margin. The seismic profiling has revealed that the sedimentary pile under the Ohchi Plain is as thick as 1000 m and gently inclined southwards. Several toplap structures within the sedimentary layers suggest unconformities. Near the margins of the plain, mountainward dipping reflectors with P-wave velocity reversal are identified. The NW-dipping reflectors near the northwestern margin are correlated to the Bijosan No. 2 fault on the basis of the existing drilling data. The SE-dipping reflector at the southeastern margin coincides with the surface trace of the Sekidosan fault.

キーワード：邑知瀉断層帯，反射法地震探査，眉丈山断層，石動山断層，不整合

**Keywords:** Ohchigata fault zone, seismic reflection survey, Bijosan fault, Sekidosan fault, unconformity

#### 1. はじめに

邑知瀉断層帯は、主にその地形学的特徴から、太田ほか(1976)によって活断層と認定され、邑知平野の北西及び南東縁に沿って延びる長さ 10~20km の複数の断層からなるとされている(活断層研究会, 1980, 1991; 加藤ほか, 1985). 木村・恒石(1978)は、本断層帯を構成する断層のうち、眉丈山第1断層と石動山断層については存在が疑わしいとし、石動山断層付近で地すべりの存在を指摘した。紺野(1981)も同様の指摘を行っている。

最近の調査では、邑知平野北西縁の眉丈山第2断層は後期更新世においては、ほとんど活動していないことが指摘されている(片川ほか, 1995; 池田ほか, 2002). 一方、平野南東縁については、片川ほか(2002a)は平野南東縁~石動山地を隆起運動の継続時期が異なる4つの地塊に区分し、太田ほか(1976)が報告した断層変位地形は飯山川・二宮川間の鹿島地塊に分布するとしている。堤ほか(2000)は、ジオスライサーを用いた調査により、飯山川の扇状地で完新世の地層に平野側への軽微な撓みが存在するとし、石動山断層の活動によるものとしている。これに対し、片川ほか(2002b)は、邑知平野南部地区

におけるボーリング調査を行い、平野南東縁における第四紀層の分布状況から、彼らが調査した範囲内では、後期更新世に石動山地に対する邑知平野の相対的な沈降は認めがたいとしている。また、片川ほか(2002c)は、石動山地に認められる地すべり地形がサギングに関連していることを報告している。

活断層研究センターと北陸電力株式会社は、平成13年5月、邑知瀉断層帯に関する共同研究契約を結んだ。この共同研究は、上に簡単に紹介した既往研究の結果を踏まえ、邑知瀉断層帯の後期更新世以降における断層運動の解明を目的とする。初年度の平成13年度には、活断層の位置、形状及び変位量等の解明を目的とするP波反射法地震探査を活断層研究センターが担当した。また、北陸電力株式会社は、既往研究成果の総括を目的とする文献調査を行うと共に、断層帯南部の断層推定通過地域で、マスマーブメントに起因する地質構造・現象の可能性に留意した詳細地形地質調査を担当した。

本稿では、活断層研究センターが担当したP波反射法地震探査の仕様及び解析結果等について述べる。

#### 2. 探査内容

## 2.1 探査測線

石川県羽咋市、鹿島郡鹿西町及び羽咋郡志賀町の一部を通過し、邑知瀧断層帯を横断する A 測線（長さ 5.2km）と、羽咋市の邑知平野南東縁を横断する B 測線（長さ 1.3km）の、2 測線を設定した（Fig. 1）。このうち、A 測線は、眉丈山地内の A1 測線、邑知平野を横断する A2 測線、石動山地内に延びる A3 測線の 3 測線に分かれている。但し、データの処理・解析は、Fig. 2 に示すように、CMP（共通中点）を単一の解析測線上に配置して行った。

## 2.2 探査仕様

本探査の主要諸元を Table 1 に示す。発震点間隔と受震点間隔は、A1 測線及び B 測線では各 5m、A2 測線と A3 測線では各 10m とした。邑知平野を横断する A2 測線での探査には、震源として大型パイプレーターを使用した。また、A1 測線ではインパクトを用い、A3 測線と B 測線ではミニパイプを使用した。

## 2.3 データ処理

得られたデータは、CMP 編集、プレフィルタ、位相振幅補償、デコンボリューション等の波形処理を行った後、表層静補正、標高補正、残留静補正等の静補正、速度解析を行って重合し、時間断面図を作成した。また、深度変換及びマイグレーションにより深度断面図を作成した。

## 3. 探査結果及び考察

A 測線と B 測線の時間断面図を、それぞれ Fig. 3 と Fig. 4 に示す。また、A 測線の深度断面図とその解釈断面図を Fig. 5 と Fig. 6 に、B 測線の深度断面図とその解釈断面図を Fig. 7 と Fig. 8 に示す。これらの反射断面図から、邑知瀧断層帯とその周辺の地下構造について、以下の特徴が明らかとなった。

### 3.1 A 測線

A 測線では、基盤岩の上面深度は、全体的に北から南に向かって深くなる傾向が認められる（Fig. 5）。邑知平野の中央部に当たる CMP350～650 付近では、基盤岩の上面はほぼ水平であり、その標高は -850m 付近と考えられる。測線北部の CMP650～800 付近では、基盤岩の上面は北に向かって浅くなっている。一方、CMP350 付近から南側では、南に向かって基盤岩上面が深くなっており、平野の南縁よりもやや石動山側に当たる CMP130 付近で最も深くなっている。

基盤岩を覆う堆積層中には、不整合と推定される構造が複数認められる。このうち、CMP250～300 の標高 -450m 前後に位置し、北へ向かって徐々に浅くなる反射面は、下位のより傾斜の大きな反射面と斜交しながら、これを覆うトップラップ構造を示す。この反射面の上位と下位の P 波速度の差も大きい。

また、CMP250～300 の標高 -750m 前後に位置し、やはり北へ浅くなる反射面も、弱いトップラップ構造を示し、その上位と下位で P 波速度に大きな差が認められる。

邑知平野北西縁では、CMP790 付近から、40° 程度の傾斜で北西側に追跡できる反射面の不連続が認められる。CMP810 付近の標高 -100m 前後には、この不連続構造に沿って、弱い反射波列が認められる。この反射構造の北西側の P 波速度は、南東側の同一標高の P 波速度よりも大きいことから、この構造は北西側（眉丈山地側）隆起の逆断層の可能性がある。

この反射構造に対応すると考えられる断層がボーリング調査で確認されており（片川ほか、1995）、太田ほか（1976）の眉丈山第 2 断層に当たると推定される。なお、太田ほか（1976）により眉丈山第 1 断層が存在するとされた眉丈山地南東斜面には、断層の存在を示唆する反射波構造は認められない。

一方、邑知平野南東縁では、CMP190 付近から 20° 程度の傾斜で南東に緩く傾く明瞭な反射面が認められる。この反射面の地表への延長位置は、石動山断層の地表位置とほぼ一致する。

この反射面に沿っては P 波速度の逆転が見られ、反射面の上側の P 波速度が下側の P 波速度よりも大きくなっている。この事実は、当該反射面が南東側（石動山地側）隆起の低角逆断層であることを示唆する。

### 3.2 B 測線

B 測線でも A 測線と同様に、邑知平野南東縁の CMP250 付近から南東に傾斜し、P 波速度の逆転を伴う反射波構造が認められる（Figs. 4, 7）。標高 -100m より浅い部分での傾斜は約 40° であるが、より深部では低角化してほぼ水平になっている。この反射波構造の地表への延長位置（CMP250 付近）は、石動山断層の地表位置とほぼ一致する。

この反射波構造の北西側の、幅 400～500m の範囲では、標高 -200m 前後に浅い反射面が緩い背斜状に盛り上がっている。この構造は、低角逆断層前面における圧縮変形に類似する。

## 4. 今後の課題

邑知瀧断層帯を横断する P 波反射法地震探査により、邑知平野の地下構造が明らかになると共に、その南北両縁において、既知の断層とほぼ一致する位置に、逆断層状の反射波構造が確認された。しかし現時点では、地下に分布する地層の年代や地表地質との対応は明らかではないため、これらの構造の実態や活動性を見積もることはできない。今後、S 波反射法地震探査等により、これらの構造の位置や形状をより正確に把握すると共に、群列ボーリング等によって地層を対比し、年代を特定する必要がある。なお、最近の研究では、邑知平野北西縁の眉丈山第

2 断層は後期更新世以降、ほとんど活動していないことが指摘されている(片川ほか, 1995; 池田ほか, 2002). したがって, 平野の南東縁で認められた, 低角断層の存在を示唆する反射波構造の実態を明らかにすることが, 本断層帯の活動性評価にとってより重要と考えられる.

5. まとめ

1) 石川県羽咋市及びその周辺地域において, 邑知潟断層帯を横断する測線上で, P 波反射法地震探査を実施した.

2) その結果, 邑知平野北西縁に, 眉丈山第2断層に当たると推定される逆断層状の反射波構造が確認された. また, 平野南東縁には, 石動山断層に対応する位置から南東側へ傾斜する低角逆断層状の反射波構造が認められた.

3) 邑知平野では, 全体として, 基盤岩の上面深度が北から南に向かって深くなることが明らかになった. 基盤岩を覆う堆積層中には, トップラップ構造を示すと共に, P 波速度の急変を伴う不整合と推定される反射波構造が複数認められた.

4) 今後, 平野南東縁において, 石動山断層に対応する位置から南東側へ傾斜する低角逆断層状の反射波構造について, その実態と活動性の解明を目的とする詳細調査を実施する予定である.

謝辞 本探査を実施するにあたり, 石川県, 羽咋市, 志賀町及び鹿西町の関係者の方々には, 多大なご協力を賜った. また, 山田浩二氏をはじめとする株式会社阪神コンサルタンツの技術者の方々には, 本探査に際しているいとご尽力いただいた. ここに記して篤く御礼申し上げる.

文 献

池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志(2002)第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254p.

紘野義夫(1981)5 万分の 1 土地分類基本調査「氷見」. 21-31.

片川秀基・大村一夫・中村俊夫(1995)邑知潟北西縁のリニアメントと断層. 第四紀研究, 34, 9-18.

片川秀基・北口善啓・伊藤 孝・穴田文浩・吉田 進・藤井昌彦(2002a)石動・宝達山地北西部の地塊区分と活構造. 地学雑誌, 111, no. 1, 16-32.

片川秀基・穴田文浩・吉田 進(2002b)邑知平野南部地区の平野下の第四紀層. 第四紀研究, 41, 145-160.

片川秀基・柴田俊治・吉田 進・浜田昌明・下川浩一・水野清秀(2002c)邑知平野南東縁の活構造と石動山地北西斜面の Mass-Movement. 地球惑星科学関連学会 2002 年合同大会予稿集, J029-P013.

加藤碩一・杉山雄一(1985)50 万分の 1 活構造図「金沢」, 地質調査所.

活断層研究会(1980)日本の活断層 - 分布図と資料. 東京大学出版会, 363p.

活断層研究会(1991)新編日本の活断層 - 分布図と資料. 東京大学出版会, 437p.

木村敏雄・恒石幸正(1978)太田陽子・松田時彦・平川一臣著「能登半島の活断層」に対して. 第四紀研究, 17, 39-42.

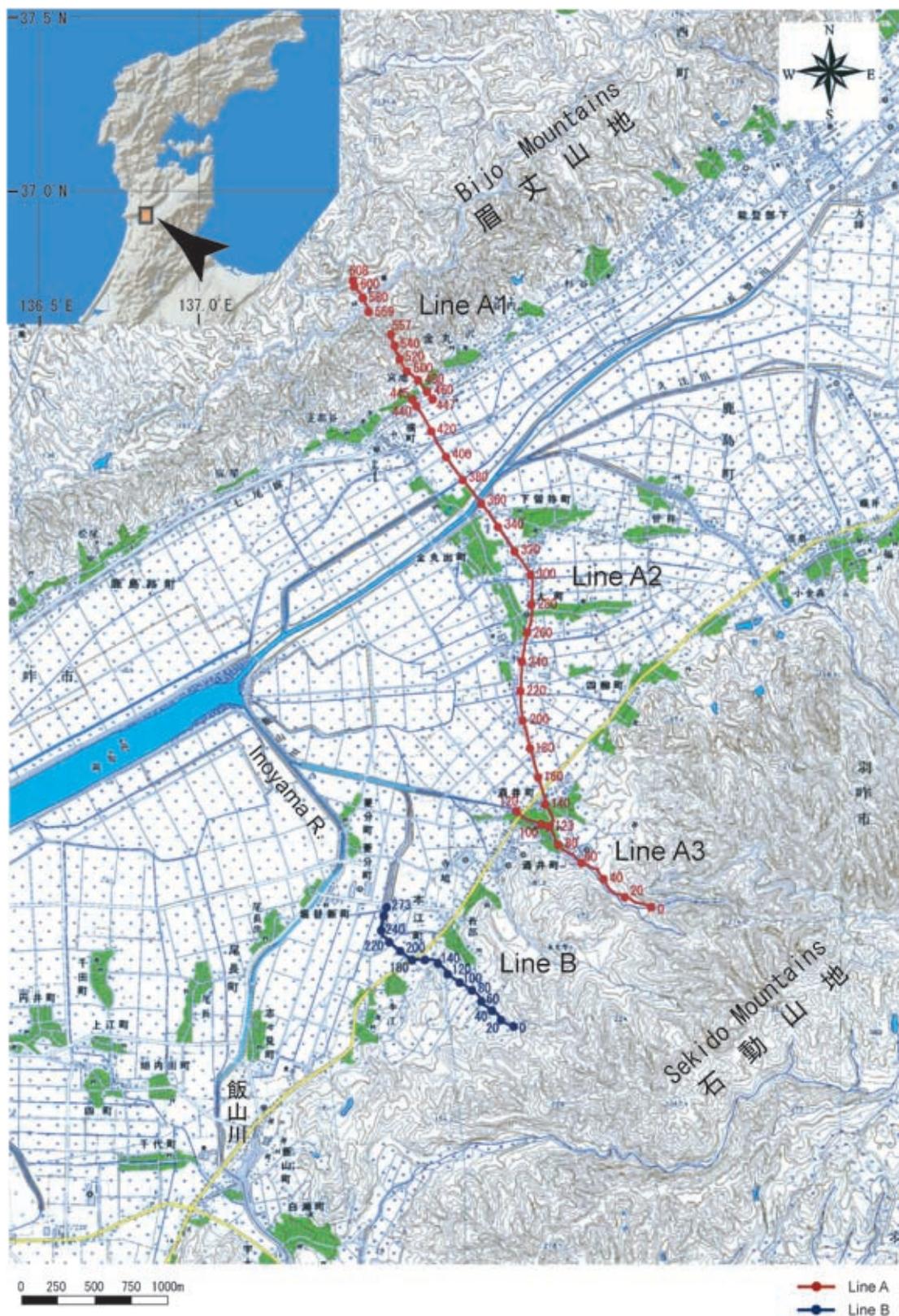
太田陽子・松田時彦・平川一臣(1976)能登半島の活断層. 第四紀研究, 15, 109-128.

堤 浩之・東郷正美・今泉俊文・石山達也・原口 勉(2000)石川県羽咋市における石動山断層の地層抜き取り調査. 活断層研究, no. 19, 69-76.

(受付: 2002 年 9 月 5 日, 受理: 2002 年 10 月 8 日)

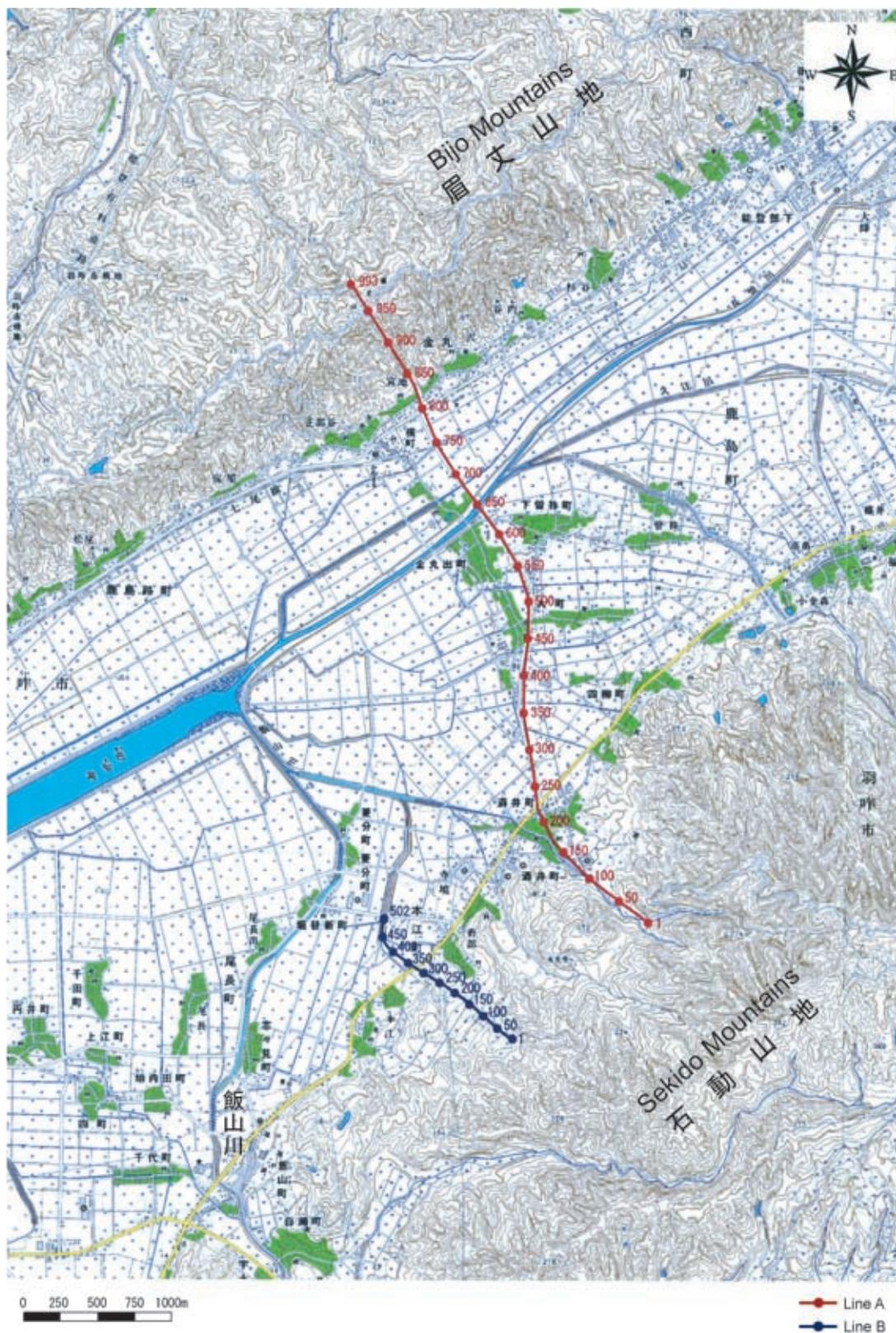
第 1 表. 反射法地震探査の主要諸元.  
Table 1. Main parameters of the seismic reflection survey.

Line	A1	A2	A3	B
Survey line length	1.2km	3.2km	0.8km	1.3km
Seismic source	Impactor	Vibro seis	Mini vibrator	Mini vibrator
Shot point interval	5m	10m	10m	5m
Receiving point interval	5m	10m	10m	5m
Standard vertical stacks	5-10	5-10	5-10	5-10
Standard receiving channels	200	230	160-200	180-273
Standard CMP fold	60	100	80	100
Record length	4 s	4 s	4 s	3 s
Sampling interval	2 ms	2 ms	2 ms	2 ms



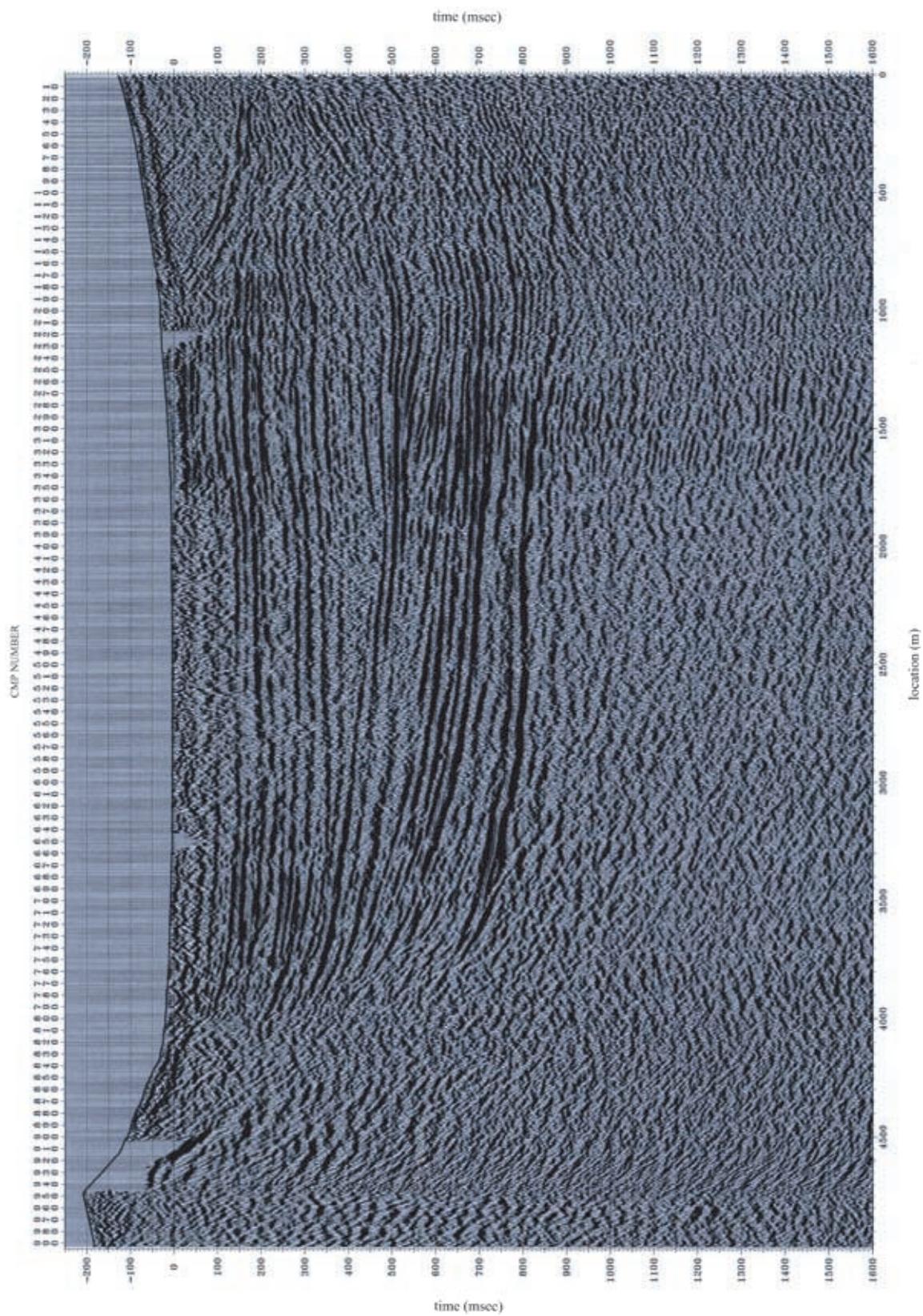
第1図. 調査地域及び調査測線位置図. 国土地理院発行 1:25,000 地形図「柴垣」及び「羽咋」を使用. 図中の数字は測点番号.

Fig. 1. Index map of the study area, and the location map of the seismic reflection survey lines and the receiving points.

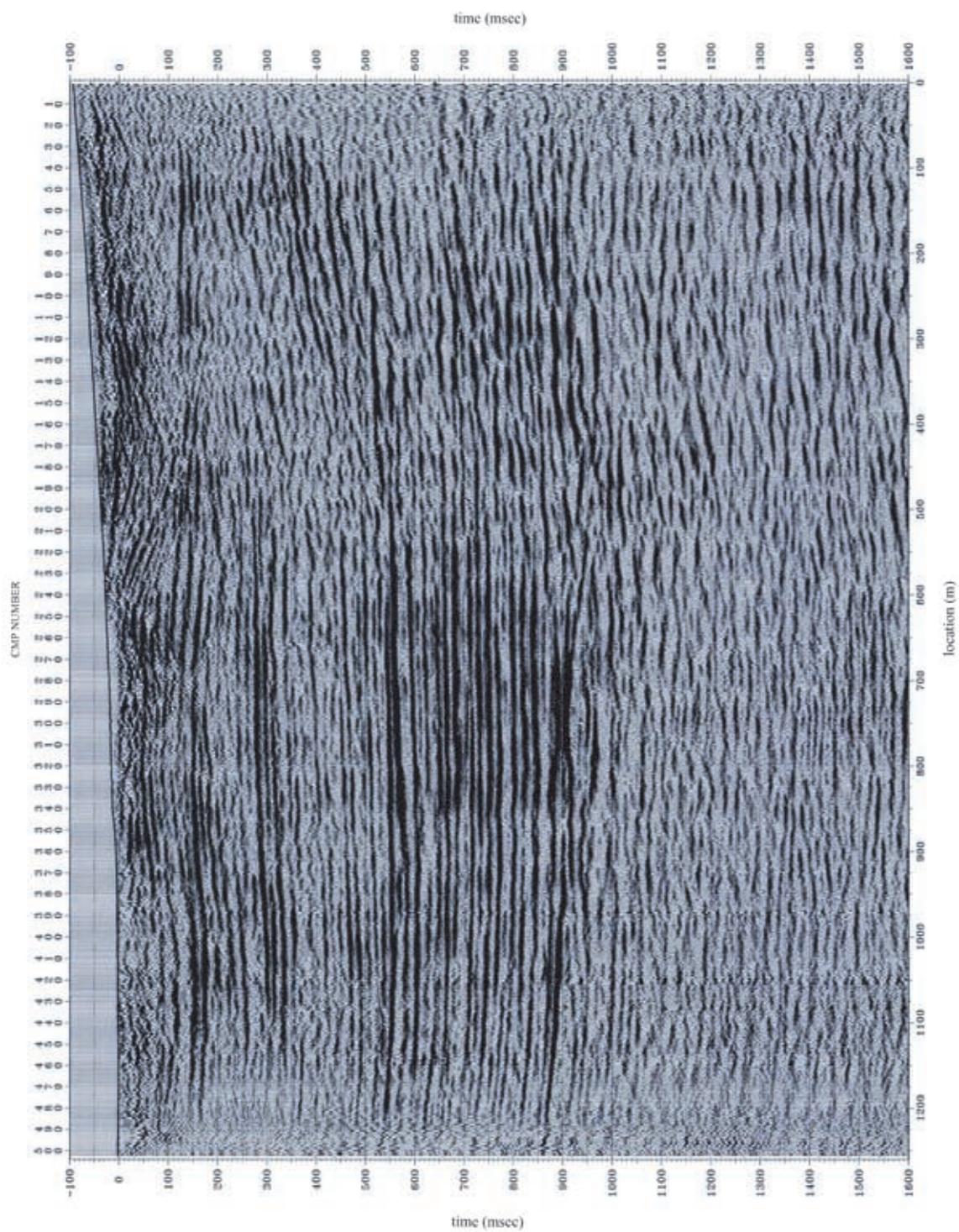


第2図. 解析測線位置図. 国土地理院発行 1:25,000 地形図「柴垣」及び「羽咋」を使用.  
図中の数字は CMP 番号.

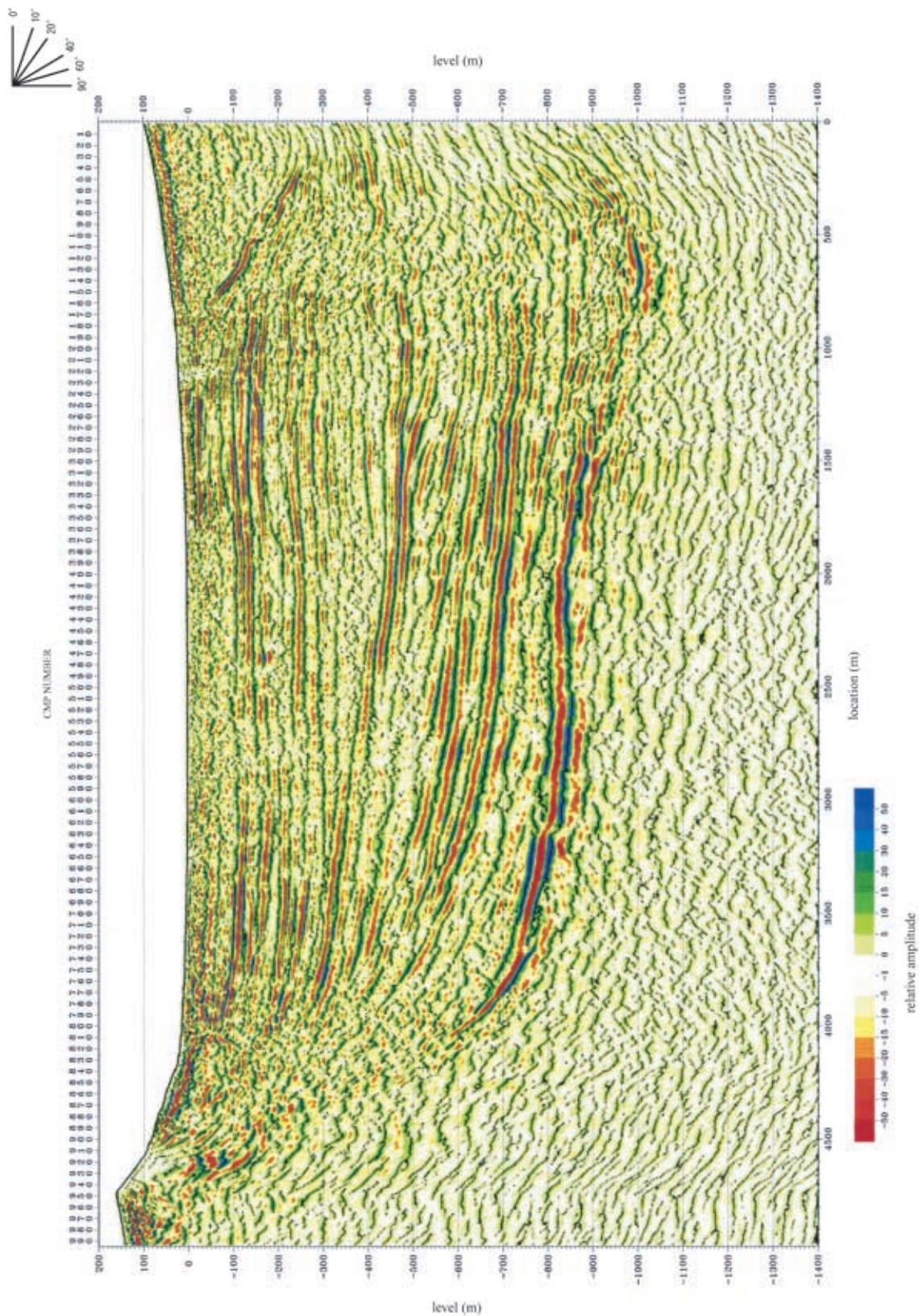
Fig. 2. Location map of the lines for reflection data processing and common mid-points.



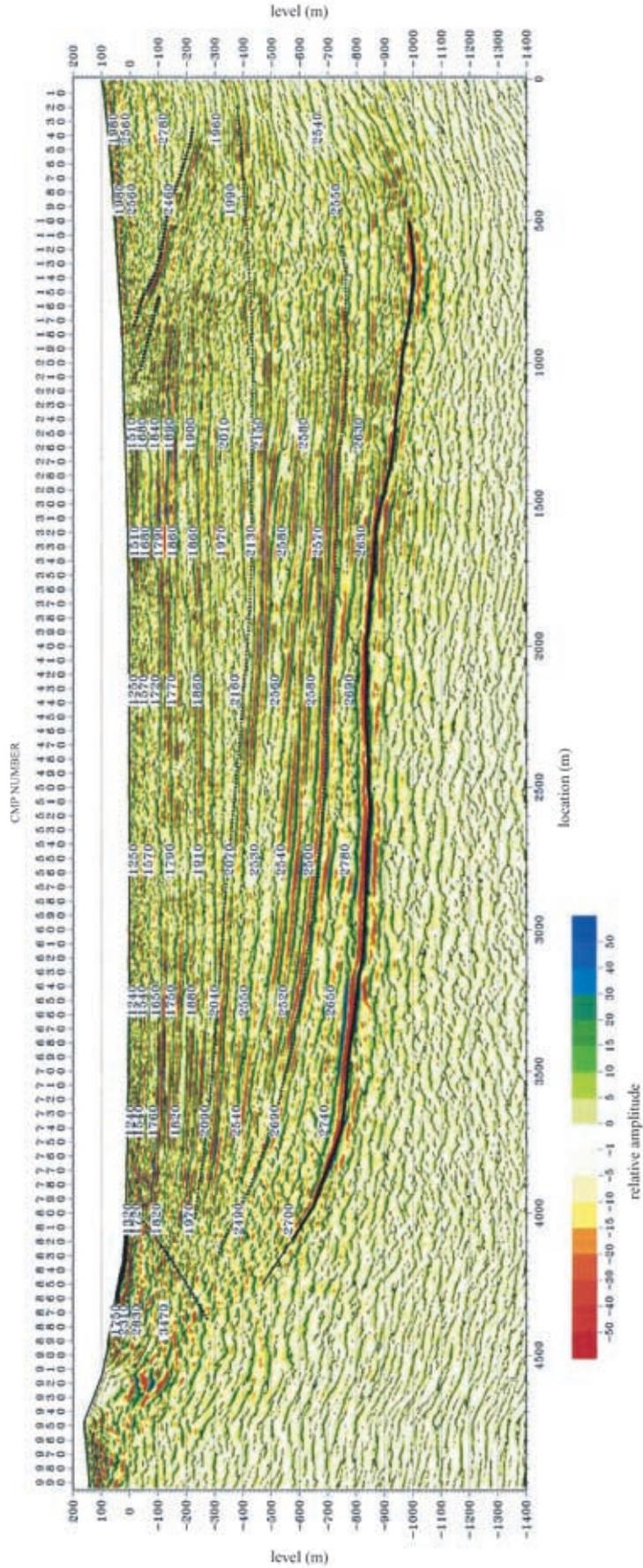
第3図. A測線の重ね後時間断面図.  
Fig. 3. CMP stacked time section along the line A without migration.



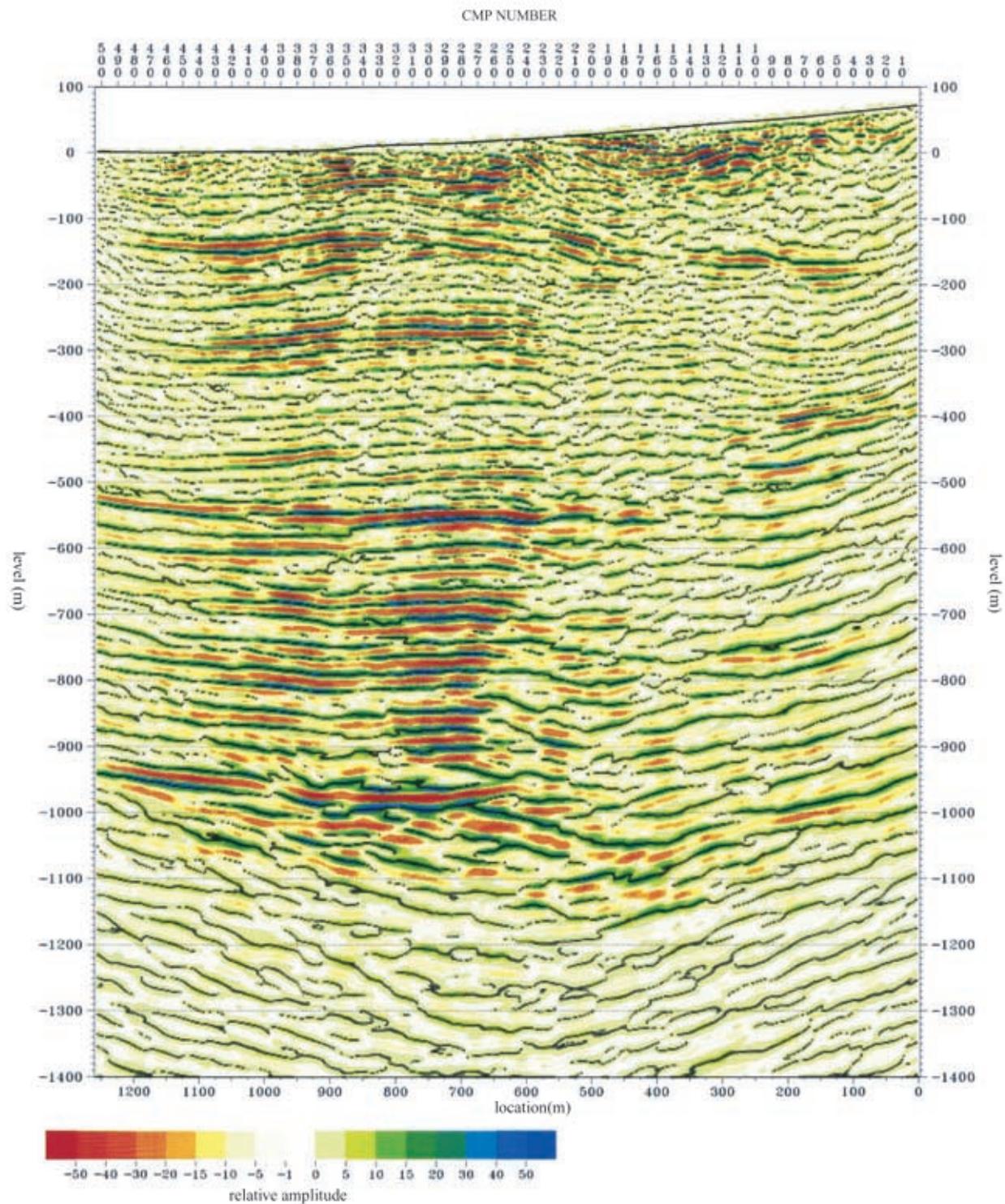
第4図. B測線の重ね後時間断面図.  
Fig. 4. CMP stacked time section along the line B without migration.



第5図. A測線の深度変換断面図. 鉛直誇張: 2倍.  
Fig. 5. Depth-converted reflection profile along the line A with post-stack migration. Vertical magnification: 2x

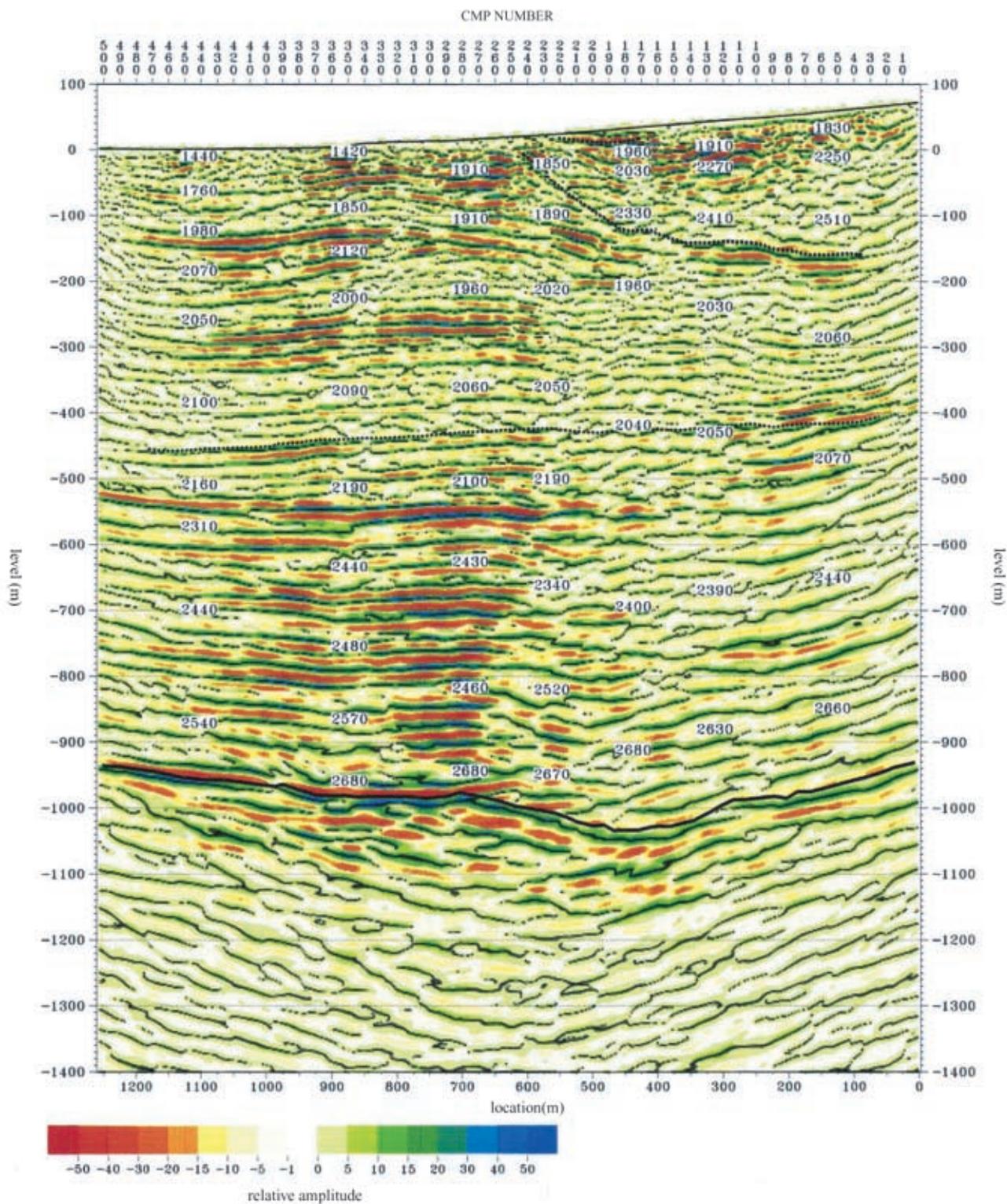


第 6 図. A 測線の解釈断面図. 図中の数字は速度解析により求められた P 波速度 (m/sec).  
 Fig. 6. Interpreted depth-converted profile along the line A. Numerals on the profile are P-wave velocities (m/sec) obtained by velocity analysis.



第7図. B測線の深度変換断面図.

Fig. 7. Depth-converted reflection profile along the line B with post-stack migration.



第 8 図. B 測線の解釈断面図. 図中の数字は速度解析により求められた P 波速度 (m/sec).  
 Fig. 8. Interpreted depth-converted profile along the line B. Numerals on the profile are P-wave velocities (m/sec) obtained by velocity analysis.