

関東平野中部, 加須低地・荒川低地の浅部地下構造

Shallow subsurface structure in the Kazo lowland and Arakawa lowland, in the central Kanto plain

山口和雄¹・加野直巳²・大滝壽樹³・住田達哉⁴・横倉隆伸⁵

牧野雅彦⁶・伊藤 忍⁷・横田俊之⁸・木村治夫⁹

Kazuo Yamaguchi¹, Naomi Kano², Toshiki Ohtaki³, Tatsuya Sumita⁴, Takano Yokokura⁵,
Makino Masahiko⁶, Shinobu Ito⁷, Toshiyuki Yokota⁸ and Haruo Kimura⁹

^{1,2,3,4,5,6,7} 地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ/AIST, yamaguchi-k@aist.go.jp)

⁸ 地圏資源環境研究部門 (Institute for Geo-Resources and Environment, GSJ/AIST)

⁹ 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST)

Abstract: We carried out high resolution seismic reflection surveys along two survey lines. The one is 7.5 km long in the Kazo lowland and the other is 6.2 km long traversing from the Arakawa lowland to the Omiya upland, in the Kanto plain. Many continuous reflectors are detected between several tens of meters and 1 km in depth and discontinuous reflectors are imaged in places below 1 km in the both sections. In the Kazo lowland, neither deformation nor gaps of reflectors are perceived around the inferred Kuki fault in the seismic section. Between the Arakawa lowland and the Omiya upland, a syncline is detected, which shows to be cumulative deformation of reflectors.

キーワード: 加須低地, 荒川低地, 大宮台地, 久喜断層, 元荒川構造帯, 荒川断層, 反射法地震探査, 地下構造

Keywords: Kazo lowland, Arakawa lowland, Omiya upland, Kuki fault, Motoarakawa tectonic belt, Arakawa fault, seismic reflection survey, subsurface structure

1. はじめに

産業技術総合研究所運営費交付金による研究テーマ「関東平野の地震動特性と広域地下水流動系の解明に関する地質学的総合研究」の一環として、関東平野中央部において反射法地震探査による地下構造調査を実施している(第1, 2図)。主な調査対象は深度数10 mから500 m程度の地層である。関東平野では、大阪平野、濃尾平野などに比べて、深度500 m程度までのオールコアボーリングが少なく、反射断面とボーリングデータとの詳細な対比例はほとんどなかった(水野ほか, 2006)。本テーマの地下構造調査は、既存ボーリング地点と新規掘削ボーリング地点の近傍を通る調査測線で探査を実施し反射断面を作成し、個々の反射面と地層を詳細に対比して平野中央部の広域的な地層変形を明らかにするとともに、地下水の水質異常(Yasuhara *et al.*, 2007)と地下構造との関係解明の基礎データを提供することを目的として実施してきた。

これまでに、入間台地から荒川低地(川越1測線, 山口ほか, 2006)、大宮台地から加須低地(菖蒲1測線, 山口ほか, 2007)の地下構造調査を報告した。平成19年度は、加須低地(加須1測線)と荒川低地

から大宮台地(桶川1測線)で調査を行った。本報では、加須1測線と桶川1測線の反射法の詳細を報告する。

2. 調査地域周辺の地形・地質

堀口(1974, 1980)に基づいて、調査地域周辺の地形と地質について概略を記す(第1図)。

加須低地は、大宮台地北部の沈降により、台地が沖積面下に埋没して形成されたものであり、埋没台地の存在が大きな特徴となっている。埋没台地では、大宮台地と同じように開析谷ができており、台地上面では埋積が薄く、谷では沖積層が厚く埋積している。

大宮台地は、平野の中に孤立し、中川・荒川・加須の各低地に取り囲まれている。台地の最高点は桶川の西部にあり、これより東方および南東へ次第に低くなり、岩槻・大宮付近で最も低く、南の安行でやや高い。台地の周囲は比高の大きな崖で低地と接し、台地地形が明瞭であるが、北側では地形的に低地との区別が難しい。台地面の大部分は武蔵野Ⅱ面に対比され、北西と南東の一部が下末吉面に対比される。

荒川低地は、荒川に沿う低地で、荒川本流および支流が流れており、自然堤防、後背湿地などの微地形が認められる。また、古い流路跡を示す低湿地が自然堤防の間に認められ、荒川低地が河川の蛇行により形成されたことがうかがえる。

入間台地は、関東平野西縁の丘陵に続く台地群の一つで、山地から平野に流出した河川の扇状地として形成された段丘である。武蔵野Ⅱ面堆積物が広く分布する。

3. 調査地域周辺の活構造

調査地域周辺では、大宮台地端から加須低地にかけて元荒川構造帯、荒川低地に荒川断層の存在が指摘されている（第1, 2図）。

3.1 元荒川構造帯

堀口（1974）は、関東平野西部を台地の地形・地質をもとに4つのブロックに分け、大宮台地から加須低地を経て館林台地に至る地域を1つのブロックと考え、関東造盆地運動は大宮台地では北方への傾動、館林台地では南方への傾動として表現されるとした。

清水・堀口（1981）は、大宮台地北東部から加須低地における微地形を検討し、綾瀬川の低地に沿う東側低下の綾瀬川断層と、その東側で台地面の変位を示す崖線や線状構造の北東縁としての久喜断層を認め、両断層ではさまれ変位地形や線状構造が発達する地域を元荒川構造帯と命名した。綾瀬川断層による変位は東京軽石層の変位から1年に0.12 mm前後と推定しているが、久喜断層の変位方向や変位量については言及が無い。地震調査推進本部（2000）は、綾瀬川断層北部については、笠原（1995）のKAN-92測線等の反射断面から活断層であると判断し、断層南部については、埼玉県（1996）のボーリング調査や反射断面等から活断層ではないと判断した。佐藤ほか（2006）は、北関東測線の反射断面で、綾瀬川断層付近の堆積層構造は東傾斜であり、浅部から深部が累積的に変形した活構造である、としている。このように、綾瀬川断層は断層地形周辺の地下の変形が確認されているが、久喜断層は変位方向や地下構造は明確にされていない。

3.2 荒川断層

貝塚（1957）は、武蔵野台地の地形考察に基づいて、武蔵野台地の北部が継続的に北東に傾き下がる変形を受け、その変動は大宮台地には及んでいないことを指摘した。貝塚（1975）は、入間台地・武蔵野台地と大宮台地の間に西落ちの断層を想定し、断層による台地面の落差は10~15 m、変位速度は1~2 m/万年と推定した。貝塚ほか（1977）は、荒川付近のボーリング資料から消去法により断層の位置を推定した。

荒川断層は西側低下の伏在活断層とされ、その位置や断層形状は不明であった。

多田（1983）は、重力探査や吉川一五日市測線の屈折法地震探査から、荒川付近には、大宮台地側（東側）隆起の基盤断層は認められず、武蔵野台地側（西側）隆起の基盤断層がみられるとした。笠原（1995）は、KAN-92測線の反射断面で荒川断層付近の反射パターンは古い地層ほど変位が大きいことを指摘した。遠藤ほか（1997）は、KW測線の反射断面で、北東傾斜の反射面が東端付近で水平になる傾斜変化を認め、これが荒川低地付近を境界とする地形面の傾斜変化の境界に対応するとした。

杉山ほか（1997）は、上記の笠原（1995）と遠藤ほか（1997）で見られる構造を東落ちの伏在断層と認め、これを推定活断層として図示し荒川断層に対応するものと考えた。廣内（1999）は、地形学的資料から荒川断層を再検討し、荒川断層は多田（1983）や遠藤ほか（1997）が示す東落ちの深部構造線としては認められるが、第四紀後期における活動は認められないと結論づけた。地震調査推進本部（2004）は、反射断面（笠原，1995；遠藤ほか，1997；埼玉県，1998）や地形の検討（廣内，1999）を根拠として、北東側隆起とされてきた荒川断層は存在しないと判断した。

一方、佐藤ほか（2006）は、北関東測線の反射断面の桶川市内の区間で、浅部から深部の堆積層が西傾斜を呈し深部ほど傾斜角が大きいことから変位の累積性が認められるとし、大宮台地の西縁を限る西側低下の荒川断層との関連を示唆した。この変位方向は、貝塚（1975）が推定した荒川断層の変位方向と一致する。

4. 反射法地震探査

4.1 調査測線と探査諸元

加須1測線は加須市南大桑から下谷那、水深、今鉢、久喜市北中曾根、菖蒲町三軒に至る約7.5 kmの範囲、桶川1測線は川島町上大屋敷から荒川河川敷、桶川市樋詰、葉師堂、上尾市藤波、桶川市下日出谷に至る約6.2 kmの範囲である。標高は、加須1測線は10 m~12 m、桶川1測線は荒川低地側が11 m~16 m、大宮台地側が10 m~21 mである。調査測線の詳細位置を第3図、現場写真を第4図に示す。測線選定に際しては、交通量、建物の密集度、埋設管の存否と材質を考慮し、加須1測線では事前に2箇所（NHK放送所付近、東北自動車道側道）でノイズ測定も実施した。それぞれの測線は、局所的に屈曲する箇所があるが、全体として南西-北東方向である。加須1測線と菖蒲1測線は72受振点、桶川1測線と川越1測線は94受振点が重なる。

この2測線の調査諸元は基本的に同じである（第1表）。発震点・受振点は道路に沿って設定した。1

箇所を受振点につき6個の受振器を50 cm範囲内にまとめて設置し，発震点を受振点間10 mを4等分した2.5 m間隔で設定した．震源はEnviroVib1台を使用し，スイープ周波数は15~120 Hzとした．これらの仕様は，バイブレータ震源による既存の反射法探査（笠原，1995；佐藤ほか，2006）の調査仕様（受振点間隔：25 mまたは50 m，受振器アレイ：18 m，発震点間隔：100 m~150 m，周波数：8~40 Hz）と比べて，2倍から60倍の細かさである．発震点・受振点の展開は，同時受振点144を固定し，その端から48受振点の位置まで発震というパターンを採用した．このパタンの最初は最大オフセット1440 mのエンドオン展開，48点目では最大オフセット960 mのスプリット展開となる．受振データは，探鉱器で相互相関を取り，全記録を個別に保存した．

加須1測線は，北から南方向に調査を実施した．下谷那地区の県道加須幸手線と青毛堀川の区間（測点97~184）はミニインパクトで発震し，同時受振点は96点，最大オフセットは960 mという展開とした．この区間でも比較的深い反射面を捉えるため，測点185~264で発震し測点1~144で受振するロングオフセット記録も取得した．50 m以上続けて発震出来なかった箇所は，県道加須幸手線付近の100 m，東北道交差位置付近の60 m，県道川越栗橋線付近の90 mである．NHK放送所付近ではスイープ波形にノイズが混入することが事前に判明していたので，相関前の受振データを保存しデータ処理時に正常なスイープ波形を用いて相互相関を適用しショット記録に変換した．

桶川1測線は，西から東方向に調査した．発震出来なかった箇所は，荒川水路部付近（測点187~197）の100 m，測点583~598の150 m，北端の609以降である．荒川は2007年の台風9号による大雨で増水し，河川敷内の受振点106~207の受振器・ケーブルが9月7日から8日にかけて水没した．水没による機器移動の遅れを解消するために，193~336の固定受振点に対して198以降の全点で発震し，それ以降は，固定144受振点の北側の48点を震源が移動するパターンに変更した．

4.2 データ処理

得られたデータはCMP重合法（例えば，水越・田村（1998））によって解析した（第2表）．

垂直重合では，2.5 m毎の発震データをダイバシティスタックし1つのショット記録とした．第5図に垂直重合したショット記録例を1 km毎に示す．多くの記録で初動が最大オフセット位置まで届き，ゼロオフセット走時数10 msから1 sの間に反射波が明瞭に認められる．両測線で全体として比較的S/N比の高いデータが得られた．加須1測線のミニインパクト記録（発震点150）で，初動はオフセット200 m付近まで届き，それ以降は送電線ノイズが卓越した．

ロングオフセット記録（発震点250）では，受振点1まで初動が届いている．

静補正値は，オフセット40 m~200 mの範囲の初動データを用いて，第1層の速度を700 m/sと仮定し，拡張されたGeneralized Reciprocal Methodで求めた．デコンボリューションはsurface consistentな方法を用い，バンドパスフィルタの通過帯域はスイープ周波数と同じ15~120 Hzとした．CMPソートでは，CMP間隔を5 mとし，屈曲のある発震点・受振点に滑らかに沿うCMP測線を設定した．発震点間隔を2.5 mとしているので平均CMP重合数は288である．速度解析は，加須1測線はCMP100, 500, 800, 1000, 1100の5箇所，桶川1測線はCMP150, 500, 900の3箇所で行った．隣接する11CMPギャザで速度スペクトル，5ギャザで定速度重合パネルを作成し，両者を見比べて適切と思われる速度をピックアップした．残留静補正はsurface consistent型の統計処理を適用した．NMO補正では，浅部の分解能を上げる目的で125%以上の伸張波を除去（ストレッチミュート）し，発震が連続して欠けている箇所の浅部データは空白となった．マイグレーションは周波数-空間領域（f-x）の方式とし，速度解析により決めた速度データを水平方向と時間方向に平滑化した速度を用いた．深度変換でもこの平滑化した速度を使用した．データ処理のデータムは標高10 mとし，断面の走時0 s，深度0 mに対応する．

4.3 反射断面

第6図に加須1測線の速度解析結果，CMP重合時間断面，マイグレーション時間断面，深度断面を示す．深度断面は縦横比2:1（鉛直誇張2倍）で表示した．同様に，第7図に桶川1測線の結果を示す．

加須1測線

深度数10 mから1 km付近まで連続のよい多数の反射面があり，1 km以深にも断続的な反射面が見られる．反射面は浅部ではおよそ水平，深部では南西側へ傾斜する．北東端で深度800 mの反射面は南西端で深度1 kmへと約2度の傾斜で深くなる．マイグレーションを適用した(c)，(d)では，(b)の反射面が断続する箇所からマイグレーションに起因するノイズが生じている．CMP950~1000の走時0s~0.5sの反射面の波形は周囲とやや異なり，震源波形の違いを反映している．CMP1000付近の走時0s~0.8sの波形の乱れは，発震点・受振点とCMP測線とのずれに起因すると考えられる．

桶川1測線

加須1測線と同様に，深度数10 mから1 km付近に連続のよい多数の反射面が認められ，1 km以深は部分的に反射面が存在する．1 km以深で反射面が断続的に現れる理由は，発震の強さや効きが測線全体で必ずしも一様ではなく，場所によって変わるからと考えられる．深度200 mより深い反射面は

CMP100~300 付近を最深部とする向斜構造を示し、深部ほど反射面の傾斜変化が大きい。

5. 考察

川越 1, 桶川 1, 菖蒲 1, 加須 1 の各測線の深度断面を縦横比 10:1 でカラー表示し切り貼りして繋げた(全測線, 第 8 図)。個別にデータ処理した断面同士ではあるが, 2 箇所の接続部はほぼスムーズに繋がった。約 30 km という比較的長い断面が得られたことと, 深度方向への誇張とにより, 川越から加須までの深度 1 km 程度までの地下構造の特徴が鮮明になった。

以下では, 加須 1, 桶川 1 の各断面と全測線の断面に基づいて考察する。水野ほか(2008)による川島, 菖蒲, 鷺宮の 3 坑井の地質柱状図を下総層群, 上総層群に簡略化し反射断面に投影した。両層群のおよその境界深度は, 川島で 90 m, 菖蒲で 160 m, 鷺宮で 150 m であり, 川島坑井では 587 m より下が中新統である。115 万年前の上越火山灰層の深度は川島, 鷺宮でそれぞれ 198 m, 373 m である。

菖蒲 1 測線と加須 1 測線は, 元荒川構造帯をほぼ直角に横断する。綾瀬川断層は構造帯の西端に位置し, その断層北部は断層撓曲崖が明瞭に追跡され, 複数箇所の地下構造調査で地層変形が確認されている(地震調査推進本部, 2000)。菖蒲 1 測線の綾瀬川断層との交点周辺においても断層に関連する反射面の変形やずれが見られる。

清水・堀口(1981)では, 綾瀬川断層の北東方に複数の線状構造を認めており, 菖蒲 1 測線と加須 1 測線は 3 本の線状構造に直交する。構造帯の北東端の断層とされる久喜断層は, 加須 1 測線の CMP470 付近を通る。この付近の反射面は深度数 10 m から 1 km の範囲で連続がよく, 浅部から深部に至る系統的で顕著な変形やずれなどは見られない。加須 1 測線の CMP900~1000 でやや反射面が乱れるが, これは調査仕様やデータ処理に起因するものと考えられる。菖蒲 1 と加須 1 の範囲内の反射断面では, 綾瀬川断層周辺の地層変形を除くと, 線状構造を示す地形(清水・堀口, 1981)の直下に断層状の顕著な地層変形は存在せず, それ以外のところにも断層らしき構造は見当たらない。

綾瀬川断層を境にして東側の反射面が東へ緩やかに深度を増している(第 8 図 ABC)。綾瀬川断層の北東 4 km 付近(B)を最深部として, 深部ほど反射面が下に撓み, それより北東方へは反射面は緩く浅くなる。深度 1 km 付近の反射面の傾斜は約 2 度である。

杉山ほか(1997)が示す荒川断層の位置は, 川越 1 測線と桶川 1 測線の接続部付近に相当する。その周辺では, 深度数 10 m から 1 km の範囲の反射面が大きくずれることなく繋がっているように見える。

桶川 1 測線の反射断面には荒川低地内の CMP200 付近を軸とする向斜状の構造が深度 1 km (DEF) から 100 m 付近に存在し, 深部ほど変形の程度が大きく変位の累積性が認められる。川島坑井の柱状図の地質年代(水野ほか, 2008)を参照すると, 中新世から少なくとも 115 万年の上越火山灰層までが変形している。向斜形成の継続性は, 深度 100 m 以浅の反射面が不鮮明で, かつ, 地形が平坦なため不明である。G の反射面の盛り上がりは測線の屈曲や不十分な表層補正等に起因する偽像の可能性があるが, その位置は杉山ほか(1997)で大宮台地上に示される活背斜の南端に相当する。

荒川低地付近に存在するとされる荒川断層の存否, 位置, 変位方向について不明な点が多かったが, 今回得られた反射断面により, 従来荒川断層が存在するとされてきた場所には向斜構造が伏在することが判明した。反射断面では深度 1 km 以下の構造は明確に捉えられていないが, 向斜の深部に向斜を形成する断層が存在する可能性は否定出来ない。

6. まとめと課題

関東平野中央部の加須低地(加須 1 測線)と, 荒川低地から大宮台地に至る地域(桶川 1 測線)で, 深度数 10 m から 500 m までを主な対象として反射法地震探査を実施し, それぞれ長さ 6.3 km, 5.3 km の高分解能の反射断面を作成した。深度数 10 m から 1 km の範囲において, それぞれの断面全体に渡って連続する反射面が捉えられ, 1 km 以深にも断続的な反射面が検出された。これら断面を既存の川越 1 測線, 菖蒲 1 測線の断面と接続し, 加須低地から入間台地に至る長さ約 30 km の浅部断面とした。それによれば, 綾瀬川断層は東側低下の断層として解釈出来るが, その東方の元荒川構造帯の久喜断層や線状地形に対応する地下には, 綾瀬川断層のような顕著な地層の変形は見当たらない。荒川低地では, 従来荒川断層が存在するとされてきた場所には向斜構造が伏在することが判明した。その深部には向斜を形成する断層が存在する可能性がある。

今後, 測線接続部分の CMP ソートを見直してデータ再解析を行いより高精度な反射断面を作成し, 反射断面と周辺の坑井資料に基づいて, 関東平野中部の地下水分布や流動について考察を進める予定である。

謝辞 本調査の実施にあたり, 加須市役所, 久喜市役所, 菖蒲町役場, 桶川市役所, 上尾市役所, 川島町役場, 川越市役所, 地元自治会の皆様にご協力いただきました。査読者である活断層研究センター岡村行信氏のコメントにより本稿は改善されました。ここに記して感謝致します。

文 献

- 遠藤秀典・杉山雄一・渡辺史郎・牧野雅彦・長谷川功 (1997) 浅層反射法弾性波探査による関東平野中央部の地下地質構造. 地球科学, 51, 15-28.
- 廣内大助 (1999) 武蔵野台地・大宮台地における第四紀後期段丘面の高度分布から見た荒川断層の活動性についての再検討. 地理学評論, 72A, 335-344.
- 堀口萬吉 (1974) 関東平野西部の地形区分と段丘面の変動. 関東地方の地震と地殻変動, ラティス, 119-127.
- 堀口萬吉 (1980) 埼玉県の地形と地質. 埼玉縣市町村誌総説編, 274-325.
- 地震調査研究推進本部 (2000) 元荒川断層帯の評価. <http://www.jisin.go.jp/main/index.html>.
- 地震調査研究推進本部 (2004) 荒川断層の評価. <http://www.jisin.go.jp/main/index.html>.
- 貝塚爽平 (1957) 武蔵野台地の地形変位とその関東造盆地運動における意義. 第四紀研究, 1, 22-30.
- 貝塚爽平 (1975) 台地面の変形から知られる活構造. 東京都直下地震に関する調査 (その2), 東京都防災会議, 43-54.
- 貝塚爽平・松田時彦・町田 洋・松田磐余・菊地隆男・丸田英明・山崎晴雄・村田明美 (1977) 首都圏の活構造. 東京都直下地震に関する調査研究 (その4), 東京都防災会議, 165-220.
- 笠原敬司 (1995) バイプロサイス反射法調査. 首都圏直下の地震の予知手法の高度化に関する総合研究 (第I期:平成3~5年度) 成果報告書. 科学技術庁研究開発局, 60-71.
- 水越郁郎・田村八洲夫 (1998) 反射法地震探査. 物理探査ハンドブック, 物理探査学会, 49-76.
- 水野清秀・杉山雄一・石山達也・須貝俊彦・松島紘子・八戸昭一・中里裕臣・細矢卓志 (2006) 深谷-綾瀬川断層帯周辺の地下地質. 月刊地球, 28, 1, 31-37.
- 水野清秀・山口正秋・八戸昭一・川島 眞 (2008) 関東平野のボーリングコア中に見出された上越テフラ (SK030) の深度分布と, それから推定される堆積盆地の地質構造. 日本地質学会第115年学術大会, P-49.
- 埼玉県 (1996) 埼玉県活断層調査報告書. 埼玉県環境部地震対策課, 200p.
- 埼玉県 (1998) 平成9年度地震関係基礎調査交付金荒川断層に関する調査成果報告書. 埼玉県, 71p.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2007) 20万分の1日本シームレス地質図データベース 2007年5月12日版. 産業技術総合研究所研究情報公開データベース DB084, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 佐藤比呂志・平田 直・岩崎貴哉・瀧澤一起・伊藤 潔・伊藤谷生・笠原敬司・加藤直子 (2006) 北関東地殻構造探査 (北関東測線 2006, 大宮-野田測線 2006) 大都市大震災軽減化特別プロジェクト I 地震動 (強い揺れ) の予測「大都市圏地殻構造調査研究」(平成17年度) 成果報告書. 文部科学省研究開発局, 東京大学地震研究所, 京都大学防災研研究所, 防災科学技術研究所, 18-97.
- 清水康守・堀口萬吉 (1981) 大宮台地北東部における元荒川構造帯 (新称) について. 地質学論集, 20, 95-102.
- 杉山雄一・佐竹健治・駒澤正夫・須貝俊之・井村隆介・水野清秀・遠藤秀典・下川浩一・山崎晴雄・石田瑞穂・広島俊男・長谷川功・村田泰章 (1997) 50万分の1活構造図「東京」(第2版). 3図葉+説明書 34p, 地質調査所.
- 多田 堯 (1983) 関東平野の基盤構造と重力異常 (2) -活断層の地球物理学的研究-. 地震, 第2輯, 36, 359-372.
- 山口和雄・加野直巳・横倉隆伸・大滝壽樹・伊藤忍 (2006) 荒川低地北部の浅部地下構造. 活断層・古地震研究報告, No. 6, 11-20.
- 山口和雄・加野直巳・住田達也・大滝壽樹・牧野雅彦・横倉隆伸 (2007) 綾瀬川断層から加須低地に至る浅部地下構造. 活断層・古地震研究報告, No. 7, 81-90.
- Yasuhara, M., Inamura, A., Takahashi, M., Hayashi, T., Takahashi, H., Makino, M., Handa, H., and Nakamura, T. (2007) Groundwater system compartmentalized by a tectonic zone in the Kanto plain central Japan, IAH Selected Papers, vol.10, 281-288.

(受付:2008年9月17日, 受理:2008年10月12日)

第1表. 反射法地震探査の調査諸元.

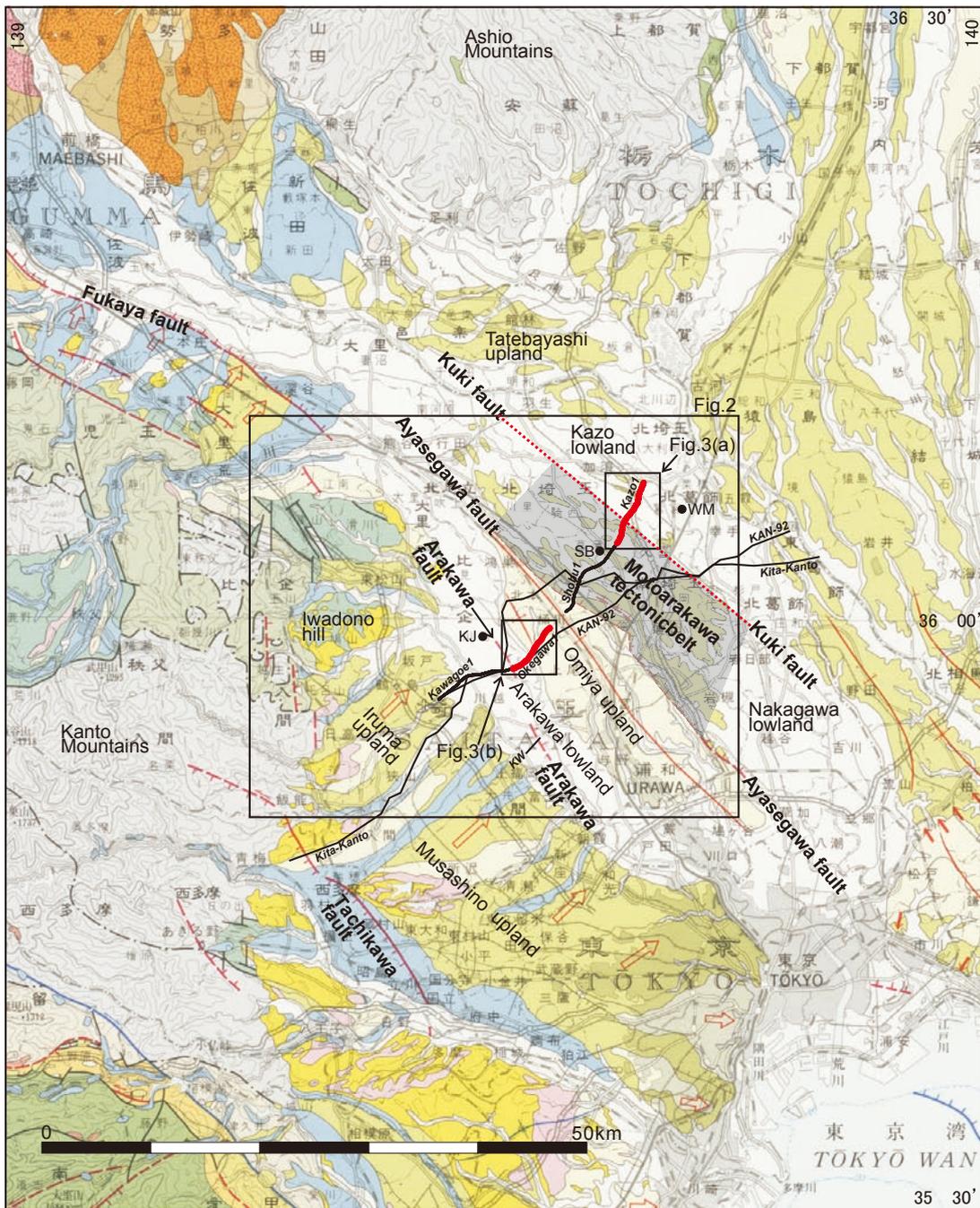
Table 1. Field parameters of seismic reflection survey.

測線名	加須 1	桶川 1
震源	EnviroVib (IVI 社) Mini Impactor (JGI 社)	EnviroVib (IVI 社)
発震点間隔	2.5 m	←
総ショット数 (垂直重合後)	2797 ショット	2116 ショット
スイープ周波数	15~120 Hz	←
発震パターン	1 箇所固定	←
スイープ回数 / 発震点	標準 2 回	←
スイープ長	13 s	←
受振器	UM2 (MarkProducts 社)	←
受振点間隔	10 m	←
総受振点数	720 点	624 点
固有周波数	10 Hz	←
受振器个数 / 受振点	6 個をバンチング	←
展開	144 受振点を固定し北端から 48 点目まで発震, 受振点 1-144 に対しては 185~264 でも発震	144 受振点を固定し南端から 48 点目まで発震, 受振点 240-384 以降は 97 点目から北端まで発震
発震受振最大オフセット	1440 m (北端), 960 m (48 点目), オフセット発震は約 2 km, Mini Impactor は 960m	1440 m (南端), 960 m (48 点目)
探鉱機	DAS1 (OyoGeospace 社)	←
チャンネル数	144 ch	←
記録長	3.384 s (コリレーション後)	←
サンプリング間隔	2 ms	←
CMP 重合数	平均 288	←
CMP 番号	18~1275 1258CMP s	3~1060 1058CMP s
CMP 間隔	5 m	←
CMP 測線長	6285 m	5285 m

第2表. データ処理メニュー.

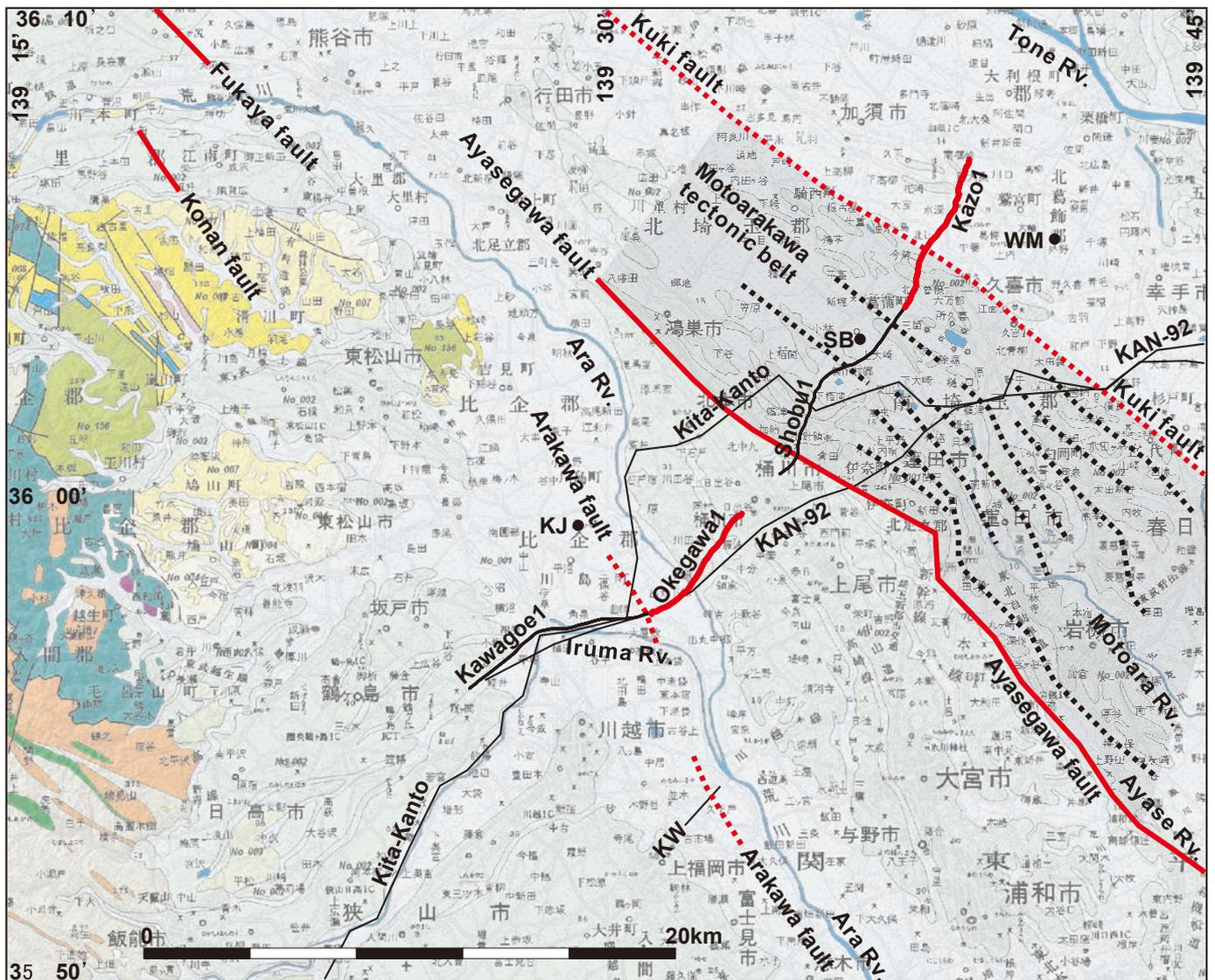
Table 2. Sequence of seismic data processing.

Data edit (Cross correlation) Vertical stack Refraction statics Gain control Deconvolution Bandpass filter CMP sort Velocity analysis Residual statics NMO correction CMP stack Migration Depth conversion



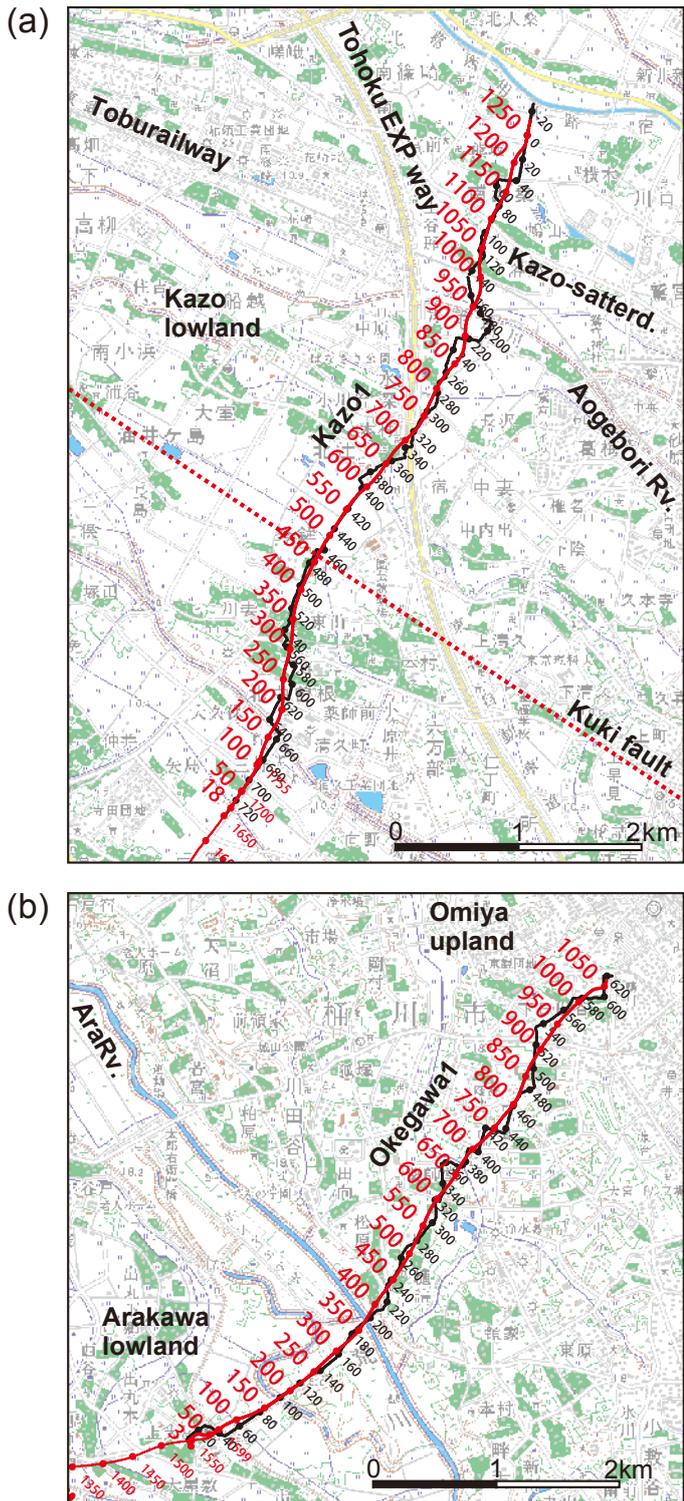
第1図. 関東地方の活断層と反射法地震探査測線. 基図として杉山ほか(1997)の1:500,000活構造図「東京」を使用し, 大宮台地と周辺の地形名, 断層名, 元荒川構造帯, 久喜断層, 坑井位置, 反射法地震探査測線を加筆した. 元荒川構造帯(灰色のハッチ部)と久喜断層は清水・堀口(1981)による. 坑井位置(KJ:川島, SB:菖蒲, WM:鷺宮)は水野ほか(2008)による. 赤実線が今回新たに調査を実施した加須1測線と桶川1測線(Kaz01, Okegawa1), 黒実線は既存調査測線で, 川越1(Kawagoel)は山口ほか(2006), 菖蒲1(Shobu1)は山口ほか(2007), KAN-92は笠原(1995), KWは遠藤ほか(1997), 北関東(Kita-Kanto)は佐藤ほか(2006)による.

Fig. 1. Active faults and seismic survey lines in the central Kanto District. The base map is 1:500,000 Neotectonic Map "Tokyo" (Sugiyama *et al.*, 1997). The Motoarakawa tectonic belt (hatched part with gray color) and the Kuki fault are from Shimizu and Horiguchi (1981). Boring sites (KJ:Kawajima, SB:Shobu, WM:Washimiya) are from Mizuno *et al.* (2008). Red bold lines are the present seismic survey lines (Kaz01 and Okegawa1) and black lines are existing survey lines. They are Kawagoel (Yamaguchi *et al.*, 2006), Shobu1 (Yamaguchi *et al.*, 2007), KAN-92 (Kasahara, 1995), KW (Endo *et al.*, 1997) and Kita-Kanto (Sato *et al.*, 2006).



第2図. 元荒川構造帯と反射法測線. 基図として20万分の1日本シームレス地質図データベース2007年5月12日版(産業技術総合研究所地質調査総合センター(編),2007)を使用し,反射法測線,断層,元荒川構造帯の線状構造などを加筆した.綾瀬川断層,荒川断層,深谷断層,江南断層は杉山ほか(1997),元荒川構造帯(灰色のハッチ部と黒破線の線状構造)と久喜断層は清水・堀口(1981)による.坑井位置(KJ:川島,SB:菖蒲,WM:鷲宮)は水野ほか(2008)による.赤実線が今回新たに調査を実施した加須1測線と桶川1測線(Kazo1,Okegawa1),黒実線は既存調査測線で,川越1(Kawagoe1)は山口ほか(2006),菖蒲1(Shobu1)は山口ほか(2007),KAN-92は笠原(1995),KWは遠藤ほか(1997),北関東(Kita-Kanto)は佐藤ほか(2006)による.

Fig. 2. The Motoarakawa tectonic belt and seismic survey lines. The base map is seamless digital geological map of Japan 1:200,000. May 12, 2007 version (Geological Survey of Japan, AIST (ed.), 2007). The Ayasegawa fault, Arakawa fault, Fukaya fault and Konan fault are from Sugiyama *et al.* (1997), the Motoarakawa tectonic belt (hatched part with gray color and broken black lines) and the Kuki fault are from Shimizu and Horiguchi (1981). Boring sites (KJ:Kawajima, SB:Shobu, WM:Washimiya) are from Mizuno *et al.* (2008). Red bold lines are the present seismic survey lines (Kazo1 and Okegawa1) and black lines are existing survey lines. They are Kawagoe1 (Yamaguchi *et al.*, 2006), Shobu1 (Yamaguchi *et al.*, 2007), KAN-92 (Kasahara, 1995), KW (Endo *et al.*, 1997) and Kita-Kanto (Sato *et al.*, 2006).



第3図. 加須1測線 (Kazo1) と桶川1測線 (Okegawa1) の詳細位置. 基図として国土地理院発行の数値地図 50000「鴻巣」, 「大宮」を使用し, 反射法測線, 断層などを加筆した. (a) 加須1測線, (b) 桶川1測線. 黒線と黒数字は受振点・発震点, 赤線と赤数字はCMP番号を示す. 久喜断層は清水・堀口 (1981) による.

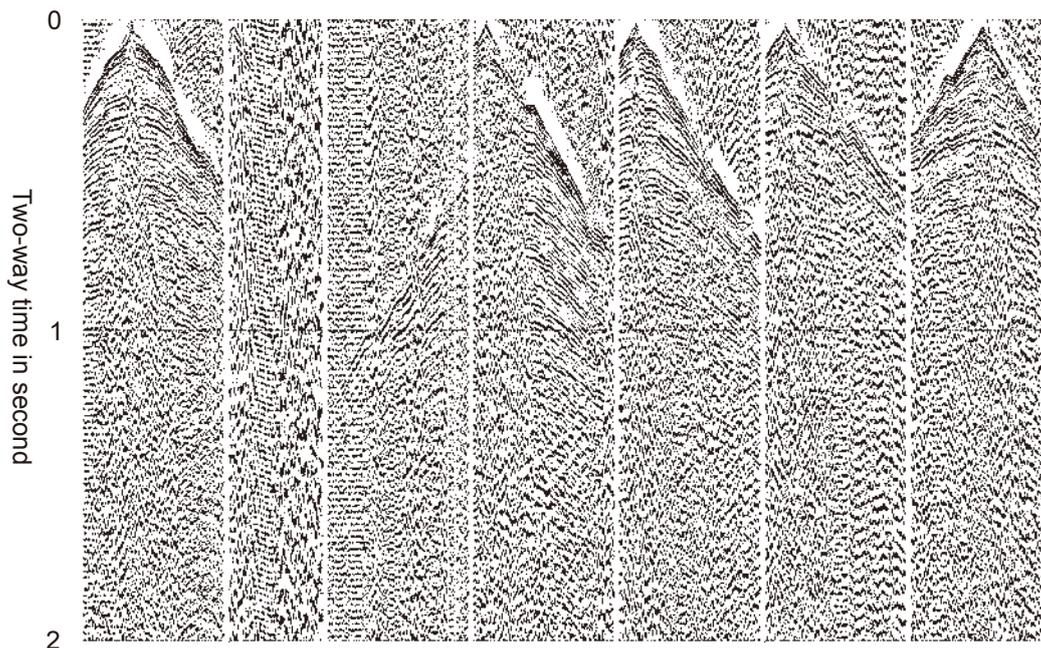
Fig. 3. Detailed location of Kazo1 and Okegawa1 survey lines. The basemaps are digital map 50000 Konosu and Omiya of the Geographical Survey Institute. The black lines and black numbers are receiver and source points, red lines and red numbers are CMP points, respectively. The Kuki fault is from Shimizu and Horiguchi (1981).



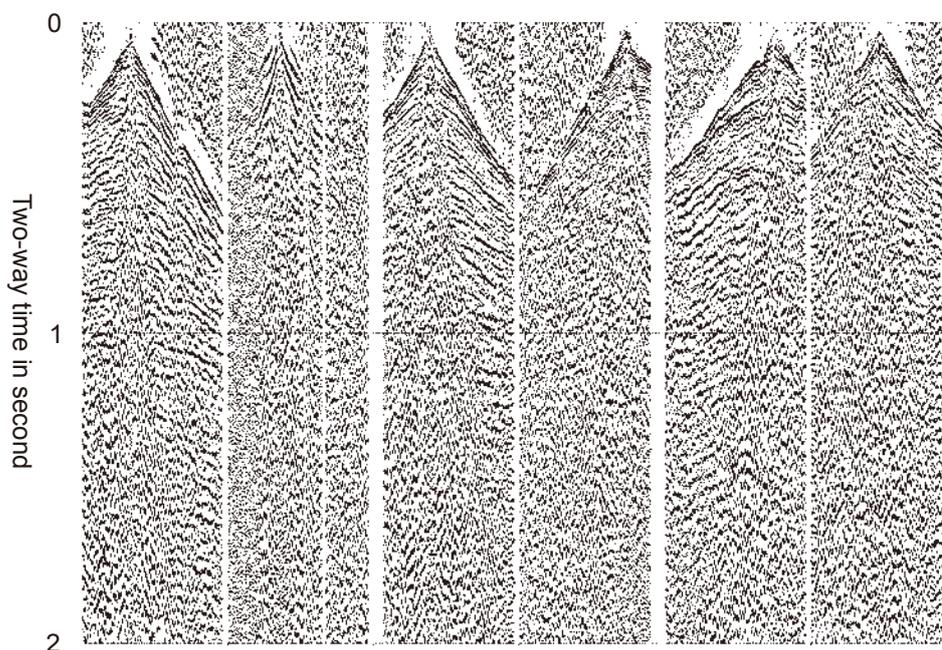
第4図. 調査機器. (a) 震源装置 (EnviroVib), (b) 震源装置 (Mini Impactor), (c) 受振器の設置状況.

Fig. 4. Survey equipments. (a) Seismic source (EnviroVib), (b) Seismic source (Mini Impactor), (c) Receiver array.

(a) Kazo1

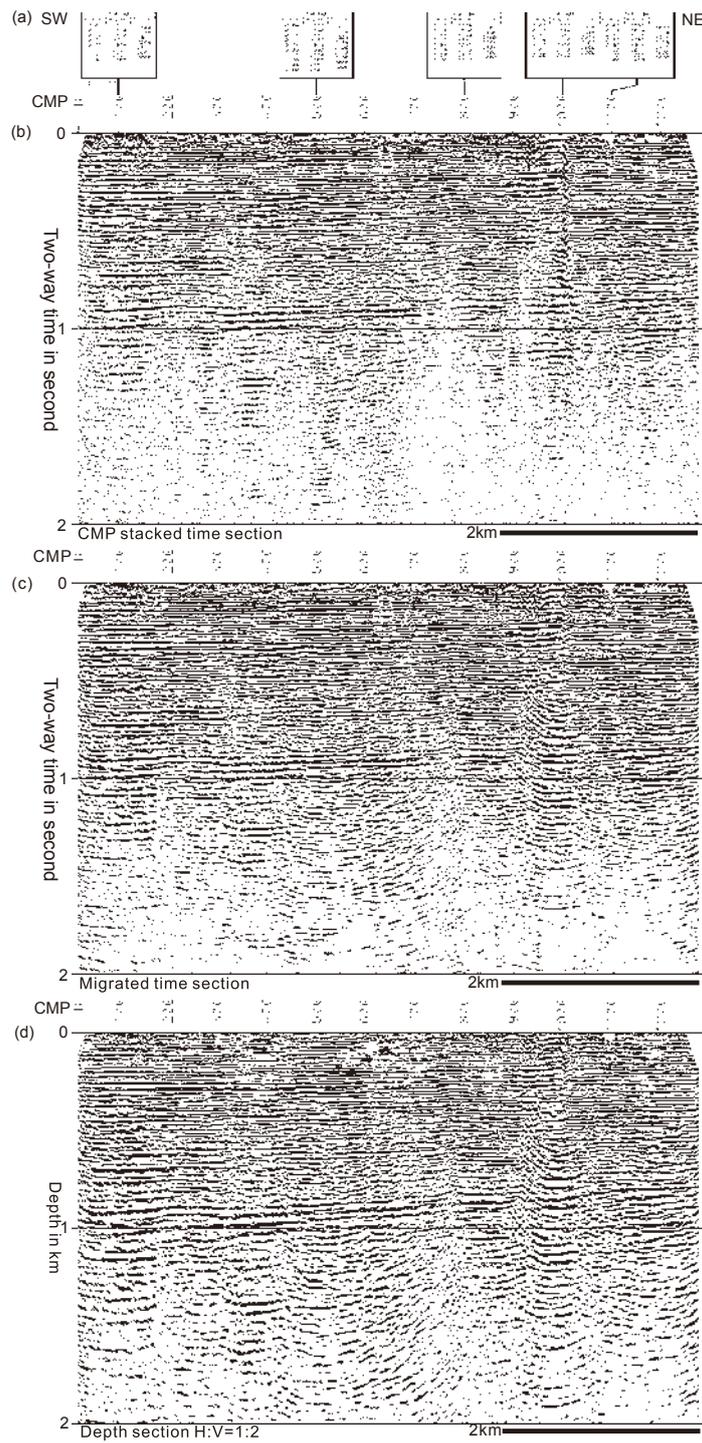


(b) Okegawa1

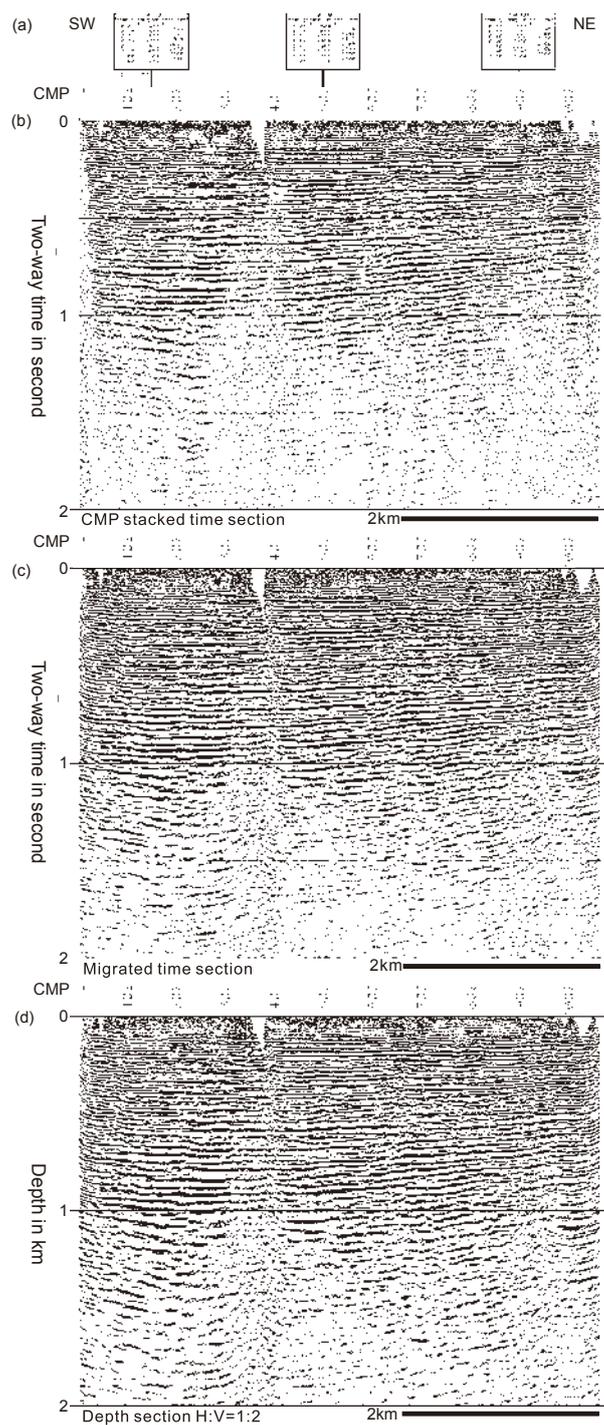


第5図. 加須1測線と桶川1測線のショット記録例. 1 km 毎の発震点でのショット記録を示す. (a) 加須1測線, (b) 桶川1測線. 受振点間隔は10 m. 標準で2スイープを垂直重合し, 表示の際に AGC とトレースバランスによりゲイン調整を行った. SOURCE は発震点番号, RECEIVER は受振点番号を示す.

Fig. 5. Examples of shot records at every 1km source station of Kazo1 and Okegawal lines. (a) Kazo1 line, (b) Okegawal line. The interval of receivers is 10m. Two sweeps are vertically stacked and AGC and trace balance are applied to them. SOURCE is a source station point, RECEIVER is a detector station point.

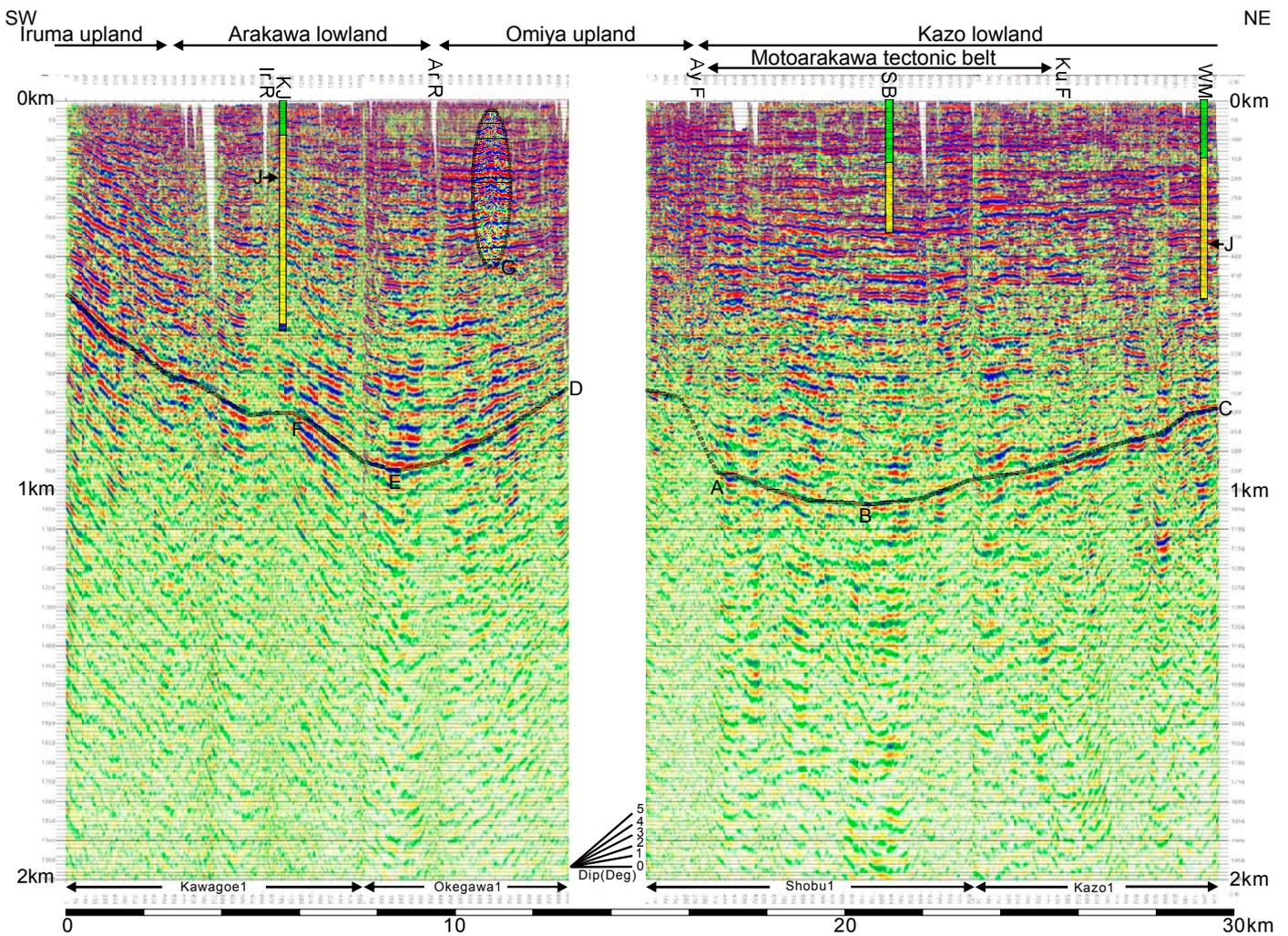


第 6 図. 加須 1 測線のデータ処理結果. (a) 速度解析で得られた重合速度 (RMS VEL) と区間速度 (DIX INT), (b) CMP 重合時間断面, (c) マイグレーション時間断面, (d) 縦横比 2:1 (鉛直誇張 2 倍) の深度断面.
 Fig. 6. Results of data processing of Kazol line. (a) stacking velocities (RMS VEL) and interval velocities (DIX INT) from velocity analysis, (b) CMP stacked time section, (c) migrated time section and (d) depth section with twofold vertical exaggeration.



第7図. 桶川1測線のデータ処理結果. (a) 速度解析で得られた重合速度 (RMS VEL) と区間速度 (DIX INT), (b) CMP 重合時間断面, (c) マイグレーション時間断面, (d) 縦横比 2:1 (鉛直誇張 2 倍) の深度断面.

Fig. 7. Results of data processing of Okegawa1 line. (a) stacking velocities (RMS VEL) and interval velocities (DIX INT) from velocity analysis, (b) CMP stacked time section, (c) migrated time section and (d) depth section with twofold vertical exaggeration.



第 8 図. 4 測線を合わせた深度断面. 加須 1 (Kazo1), 菖蒲 1 (Shobu1), 桶川 1 (Okegawa1), 川越 1 (Kawagoe1) の 4 測線をそれぞれカラー表示し切り貼りして接続した. 菖蒲 1 と桶川 1 の間は約 2 km の間隙がある. 深度断面の縦横比は 10:1 (鉛直誇張 10 倍). 断面の上部に, 入間川 (Ir R), 荒川 (Ar R), 綾瀬川断層 (Ay F), 久喜断層 (Ku F), 元荒川構造帯の位置, 坑井 (川島:KJ, 菖蒲:SB, 鷺宮:WM) の投影位置, 地形名を示し, 断面下部に測線名を示す. 坑井の緑色は下総層群, 黄色は上総層群, 矢印と J は上越火山灰層を示す. 坑井データは水野ほか (2008) による. グレー線 ABC は B で最深となる反射面, DEF は E で最深となる反射面, G は背斜状の構造を示す.

Fig. 8. Composite of four seismic sections. Colored depth sections of Kazo1, Shobu1, Okegawa1 and Kawagoe1 are cut, pasted and aligned. There is a 2 km gap between Shobu1 and Okegawa1. The vertical exaggeration is 10. Ir R, Ar R, Ay F and Ku F are the Iruma river, Ara river, Ayasegawa fault and Kuki fault, respectively. Boring sites (KJ:Kawajima, SB;Shobu, WM:Washimiya) are projected to the seismic sections. Green part, yellow part and arrows with J are the Shimosa group, Kazusa group and Joetsu tephra, respectively. The boring data are from Mizuno *et al.* (2008). Topography and line names are also shown on the top and bottom, respectively. Gray line ABC is a reflector which is deepest at B, and DEF at E. Circle G shows an anticlinal structure.