

地震探査から見た関東平野の基盤構造

長谷川 功*

Structure of the pre-Tertiary basement beneath the
Kanto Plain revealed by geophysical data

Isao HASEGAWA*

Abstract Structure of the upper crust, especially the pre-Tertiary basement beneath the Kanto Plain is discussed mainly based on the geophysical data—seismic, gravity and airborne magnetic data and the following conclusions are obtained (1) Five velocity layers are identified by seismic survey. (2) The fourth and fifth layers correspond to the pre-Tertiary basement Belt: geologically, the former to the Shimoto Belt, the latter to the Chichibu, Sanbagawa Belt or the Inner Zone (3) The boundaries of the Sanbagawa belt is determined by the range of the high and low anomalies found commonly in the gravity and magnetic map. (4) Gap of the succession of the high and low anomalies is found in the central part of the Kanto Plain and suggests that the tectonic line named the Kashiwazaki-Tokyo Bay Tectonic Line runs through the central part of the plain and Tokyo Bay from the north to the south. (5) It is inferred that the southern extension of the Tanakura Tectonic Line runs to the sea off Kashima. (6) The Kashiwazaki-Tokyo Bay tectonic line, the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line and the Tanakura Tectonic Line are parallel each other and this is thought to relate to collision of the Izu-Ogasawara Arc (7) The Kashiwazaki-Tokyo Bay Tectonic Line may be related to large earthquakes which have occurred near Tokyo Bay and caused major damage in Tokyo.

1. はじめに

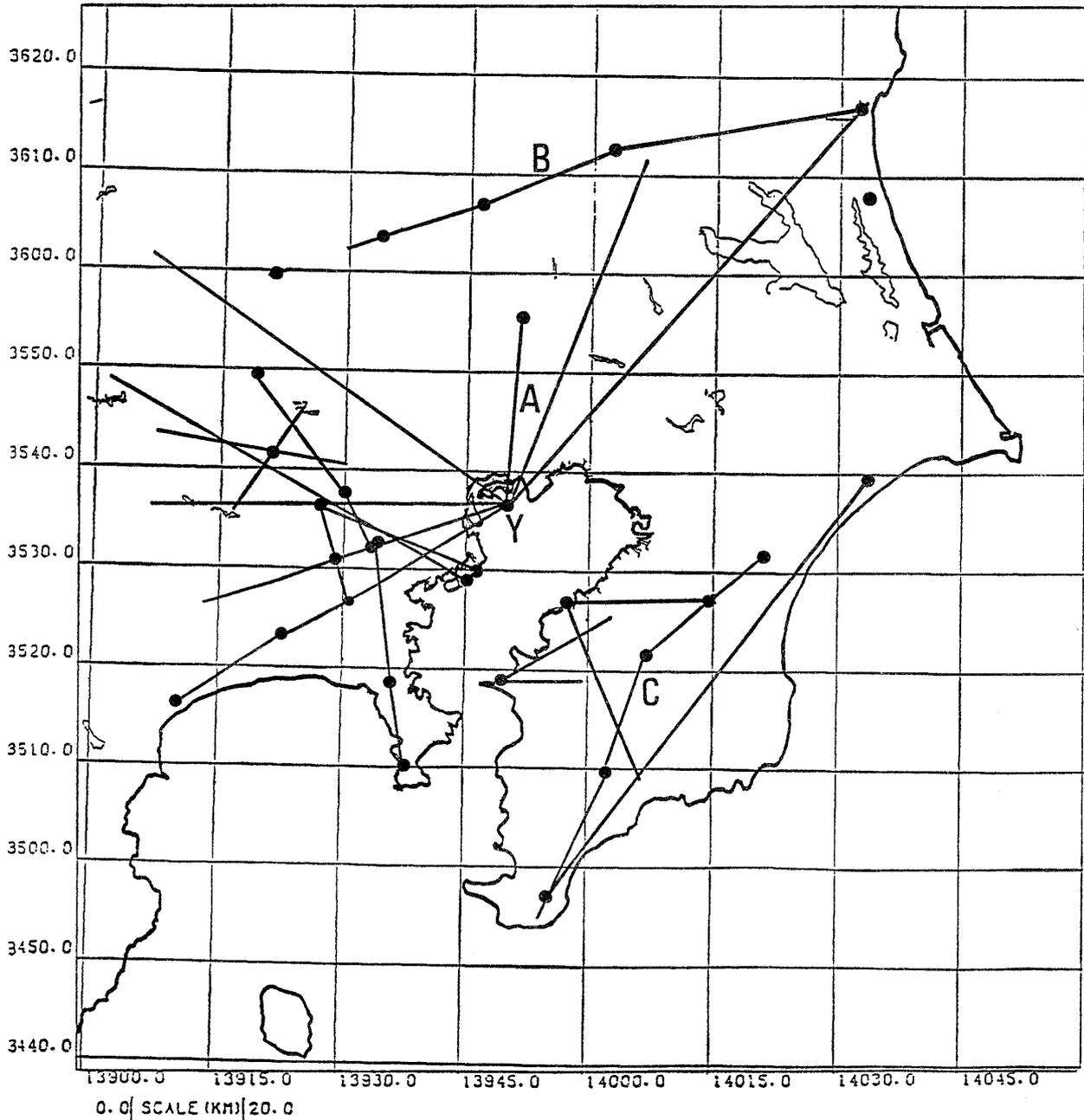
関東平野の基盤地質構造を解明することは、日本列島の地体構造や関東造盆地運動を論ずる上で重要であるばかりではなく、地震予知及び地震防災にとっても重要である。そして首都圏における直下型地震予知および防災の研究が急務になっている今日、この解明は特に重要となっている。

関東平野の地下構造の本格的な調査研究は、1950年～60年頃石油・天然ガス開発を目的に行われ、深層ボーリングなどの地質調査や地震探査・重力探査・磁気探査などの物理探査が精力的に実施され、総合的なまとめも報告された(石井, 1962; 畠山, 1964)。またこの時期には関東地方北部においては、爆破地震動研究グループによるいわゆる“大爆破”も実施されモホ面までの大略の構造が明らかにされた(爆破地震動研究グループ, 1958)。

最近では、地震予知やその防災研究のために、爆破地震動の観測研究が関東平野で行われている(嶋ほか, 1976a, b, 1978a, b, 1981; 樋口ほか, 1977; 笠原ほか, 1976a, b, c; 伊藤ほか, 1976, 1987; 瀬尾・小林, 1978; 山中ほか, 1986; 長谷川ほか, 1987)。また微小地震観測用の深層ボーリングも掘削され各種の検層調査も実施された(高橋, 1982)。さらに詳しい重力調査やその編集整理も行われ(建設省 国土地理院・科学技術庁 国立防災科学技術センター, 1978; 駒沢, 1985)、空中磁気測定も海域および陸域で実施された(堀川ほか, 1979; 新エネルギー総合開発機構)。そしてこれらのデータや地質学的知見も加えて、関東平野の三次元基盤構造を表現し論ずる試みもなされており(垣見ほか, 1973; 衣笠, 1980; 嶋ほか, 1981; 矢島, 1981; 多田, 1982; 駒沢, 1986)、基盤地質については主として山地地質及び坑井地質から論じられ(福田ほか, 1974; 矢島, 1981; 牧本・酒井, 1986; 福田・鈴木, 1987)、小川ほか(1979)は空中磁気データから基盤構造を論じた。しかし、関東平野の基盤構造を総合的に把握することは、いまだに不十分で

* 地質調査所環境地質部, 〒305 つくば市東 1-1-3

* Geological Survey of Japan 1-1-3, Higashi, Tsukuba, 305 Japan



第1図 関東平野で行なわれた屈折法地震探査の測線(実線)および爆破点(●印)。

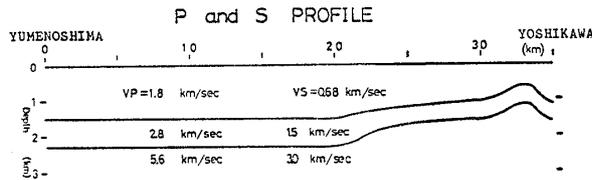
薬量は 100 kg 程度以上ですべての爆破および測線が完全に網羅されている訳ではない。A, B, C 測線下の構造は第2, 3, 5図に示されている。

あると思われる。この小論ではそれらをレビューしながら、主として物理探査—地震・重力・磁気探査データに基づき、関東平野の基盤地質構造についての一試論を行なう。さらに、その構造に基づいたテクトニクスについても触れる。

2. 関東平野における地震探査

関東平野の先第三系基盤まで明らかにし得る屈折法地

震探査は最近では地震予知や防災の研究として数多く実施されている、薬量が 100 kg 程度以上でこれまでに実施された屈折法地震探査の測線および爆発点の配置を、すべてを網羅している訳ではないが第1図に示す。爆発点は黒丸で測線は実線で示されている。そのうちのいくつかの構造断面を第2図～第5図に示す。第2図は関東平野中央部での夢の島～吉川測線の結果(嶋ほか, 1976b; 第1図のA測線)で基盤の速度として 5.6 km/s



第2図 関東平野中央部における構造断面(島ほか, 1976).

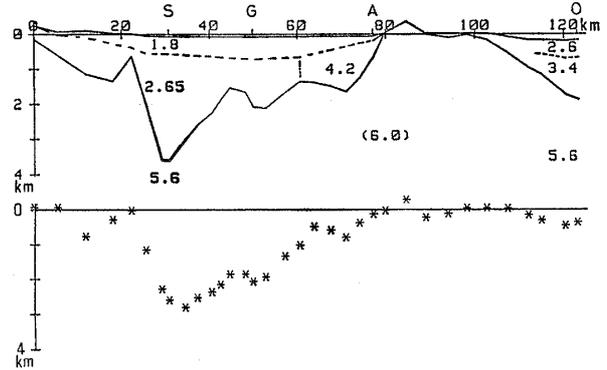
第1図のA測線. 爆破点は夢の島と吉川. 基盤の速度として 5.6 km/s が確認された.

が確認され, 現在も夢の島爆破として継続して実施され地震波速度変化の検出と同時に, 放射状に測線を設けタイムターム構造が求められている(嶋ほか, 1981). 第3図(上)は関東平野北部で実施された結果(長谷川ほか, 1987; 第1図のB測線)で先新第三系の基盤の起伏が良く表われており重力より解析された基盤構造(第3図, 下)との対応が良い. また基盤の速度には速度勾配が存在しているのも特徴である. 第4図には関東平野西南部での結果(東工大発破グループ, 1984)がまとめて表現されており基盤の速度が地域的に 5.5 km/s(黒三角印)と 4.8 km/s(黒丸印)とに分離されているのが分かる. 第5図は房総半島の構造断面(伊藤ほか, 1987; 第1図のC測線)で, 5.7 km/s 層は南に向かって深くなり 3.4 km/s 層は測線の南側にのみ存在し峰岡帯付近で盛りあがっている.

これらの屈折法地震探査から得られる関東平野下の上部地殻の大局的な速度構造は第1層 1.8~2.2 km/s, 第2層 2.6~3.0 km/s, 第3層 3.4~4.2 km/s, 第4層 4.8~5.0 km/s, 第5層 5.5~6.1 km/s となる(長谷川, 1986a). この下に下部地殻 (6.8 km/s), 上部マントル(7.8~8.1 km/s)が存在している.

第1層は更に細分されるが, ここではひとつの層として扱う. この層は関東平野全域を覆っており, その厚さは中央部で厚く周辺部で薄い. 第2層は北東部を除いてほぼ全域に存在し北部で厚く南部で薄い. 第3層は北東部および房総半島南部に偏している. 第4層は関東平野南西部および房総半島に存在している. 第5層は全域に存在し, 速度構造としては関東平野全域における共通の基盤となっている.

速度値と堆積岩の時代との関係(服部・杉本, 1975a, b)や抗井地質と速度の対比(高橋, 1982)から, これらの速度層と地質との関係は次のように考えられる. 第1層は第四紀および新第三紀上部層に, 第2層は新第三紀中・下部層に相当すると思われる. 第3層は地域によって異なり, 房総半島においては保田, 嶺岡層に, 第4層

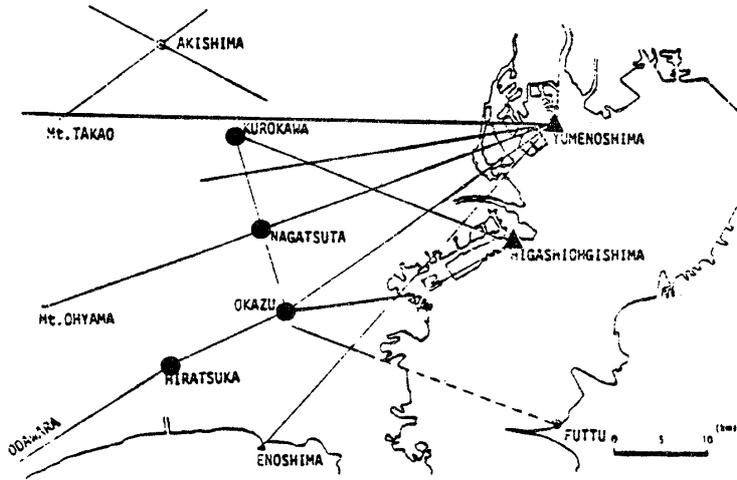


第3図 関東平野北部の構造断面(上)の重力から求められた基盤深度(下)(長谷川ほか, 1987). 第1図のB測線. 基盤の凹凸が明瞭で, 重力基盤深度(第8図からプロットした)とよく一致することが分かる. 数字はP波速度(km/s).

は四万十帯北帯に, 第5層はそれより内側の地質帯(秩父帯・三波川帯および内帯)に対応する. 以上のような対比から関東平野下の四万十帯の分布域とそれより内側の地質帯の境界が推定出来ることになる. ただし, 速度層と地質帯が必ずしも1対1に対応するとは限らず速度値のみからの速断は危険である. 例えば, 第3層については関東平野北東部と房総半島地域とは同一の速度を持つが, 地質的な対比は異なると思われる.

ここで簡単に関東平野での反射法地震探査に結果について触れる. 1950年代にかなり大掛かりな調査が実施された(石井, 1962; 島山, 1964)が, この方法の利点が完全に生かされた結果とは言えない. 最近, 東京湾においてマルチチャンネル反射法地震探査が実施され, 詳細な構造が明らかになり基盤に達する断層も発見されている(加藤, 1984). また陸上でも反射法地震探査が実施され詳細な反射構造が得られている. その例を第6図(横倉ほか, 1985)に示す. 基盤と上位層の不整合や基盤内の堆積状況がよく分かる. この方法は活断層の調査やテクトニクスの解明に重要な手法となっており, 現在は限られた地域で行なわれているにすぎないが, 将来多くの地域で実施されれば地質構造やテクトニクスの解明に大きく貢献するだろう.

さてここで第5図に示した房総半島の構造(伊藤ほか, 1987)の特徴について述べる. この構造は四国沖の構造(第7図; YOSHIH *et al.*, 1973)と非常に良く似た構造を持っているのが分かる. このことから房総半島は現在の四国沖の状態から隆起して陸化したこと, すなわち関東構造盆地は陸化した西南日本外帯沖に存在する深海平坦面が陸化したものである(藤田, 1978; 菊池, 1982)こと

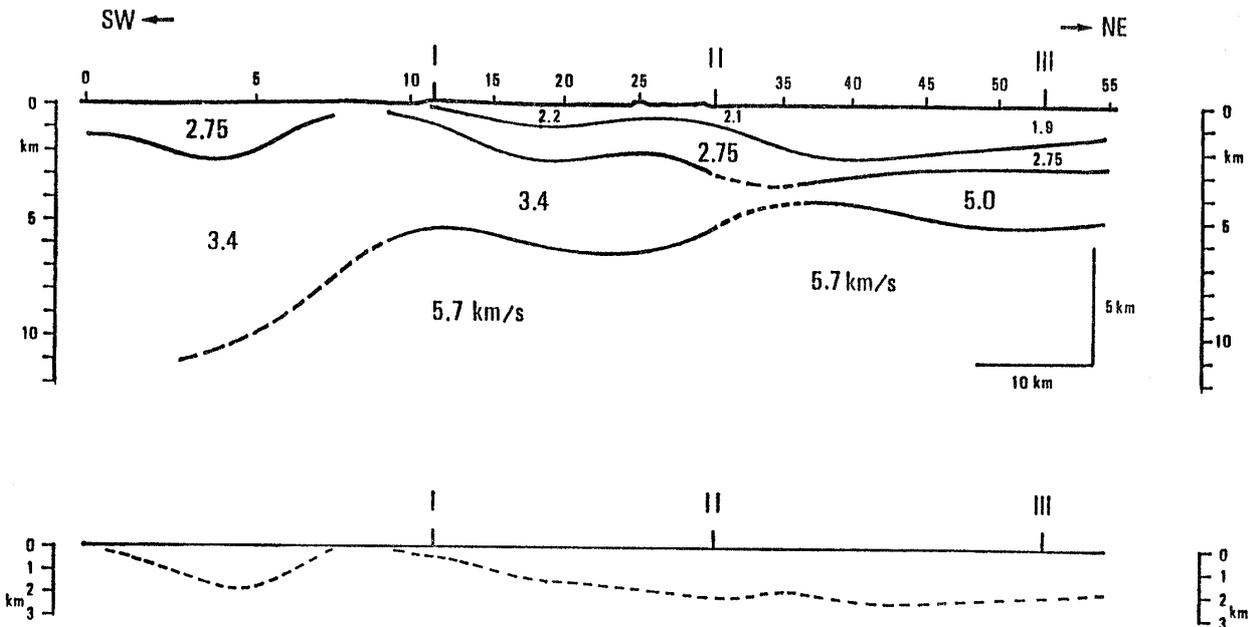


DEPTH (km)	HIGASHI-		OKAZU	NAGATSUTA	KUROKAWA	HIRATSUKA	ODAWARA
	YUMENOSHIMA	OHGIISHIMA					
0	1.8	1.8	2.0	1.8	2.0	1.9	2.2
2	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	2.7	2.7
4	5.5	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
6		5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
8	Unk km/sec.						

P-PROFILES

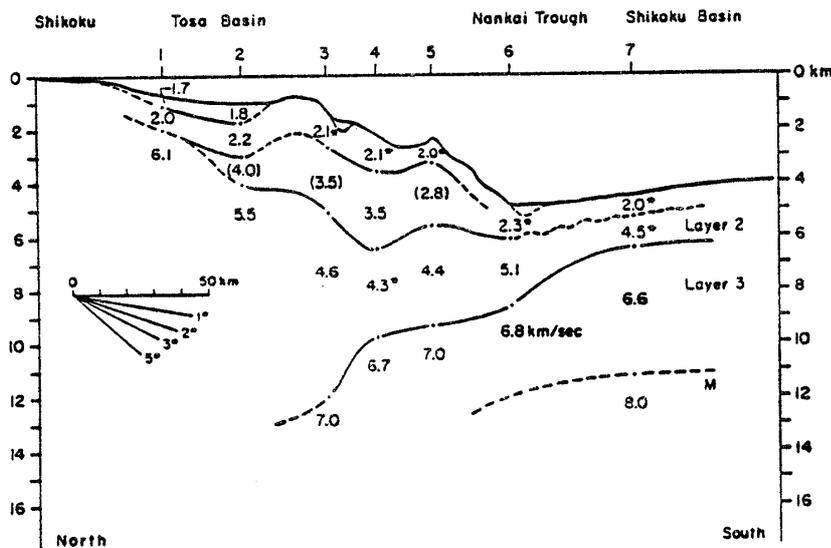
第4図 関東平野西部における測線と爆破点下の構造(東工大発破グループ, 1984).

4.8 km/s 層の存在する範囲(黒丸)と存在しない範囲(黒三角)が分離する. この間に四万十帯北帯と南帯の境界が存在する.



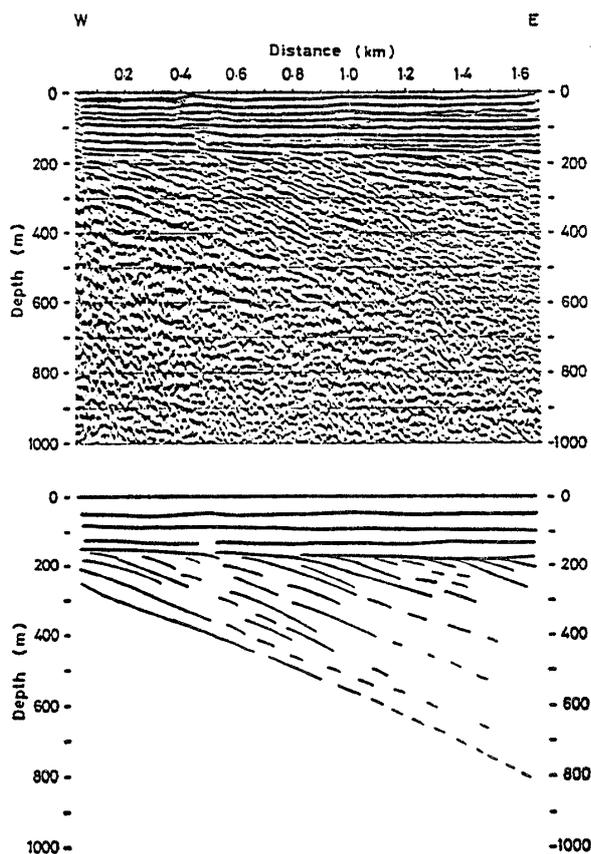
第5図 房総半島における構造断面(伊藤ほか, 1987).

第1図のC測線. 5.7 km/s 層が南に向かって深くなり 3.4 km/s 層は嶺岡帯付近で盛り上がり、北部では存在しない. 下図には重力基盤深度(第8図からプロットした)が示されており速度構造の第3層の凹凸と良く対応する. 四万十帯南帯と北帯の境界は爆発点II付近である.



第7図 四国沖の構造断面 (Yoshii, et al 1973).

速度値および速度構造の形が第5図に似ている。



第6図 筑波山東麓における反射構造断面(構倉ほか, 1985).

不整合など詳細な構造が分かる。

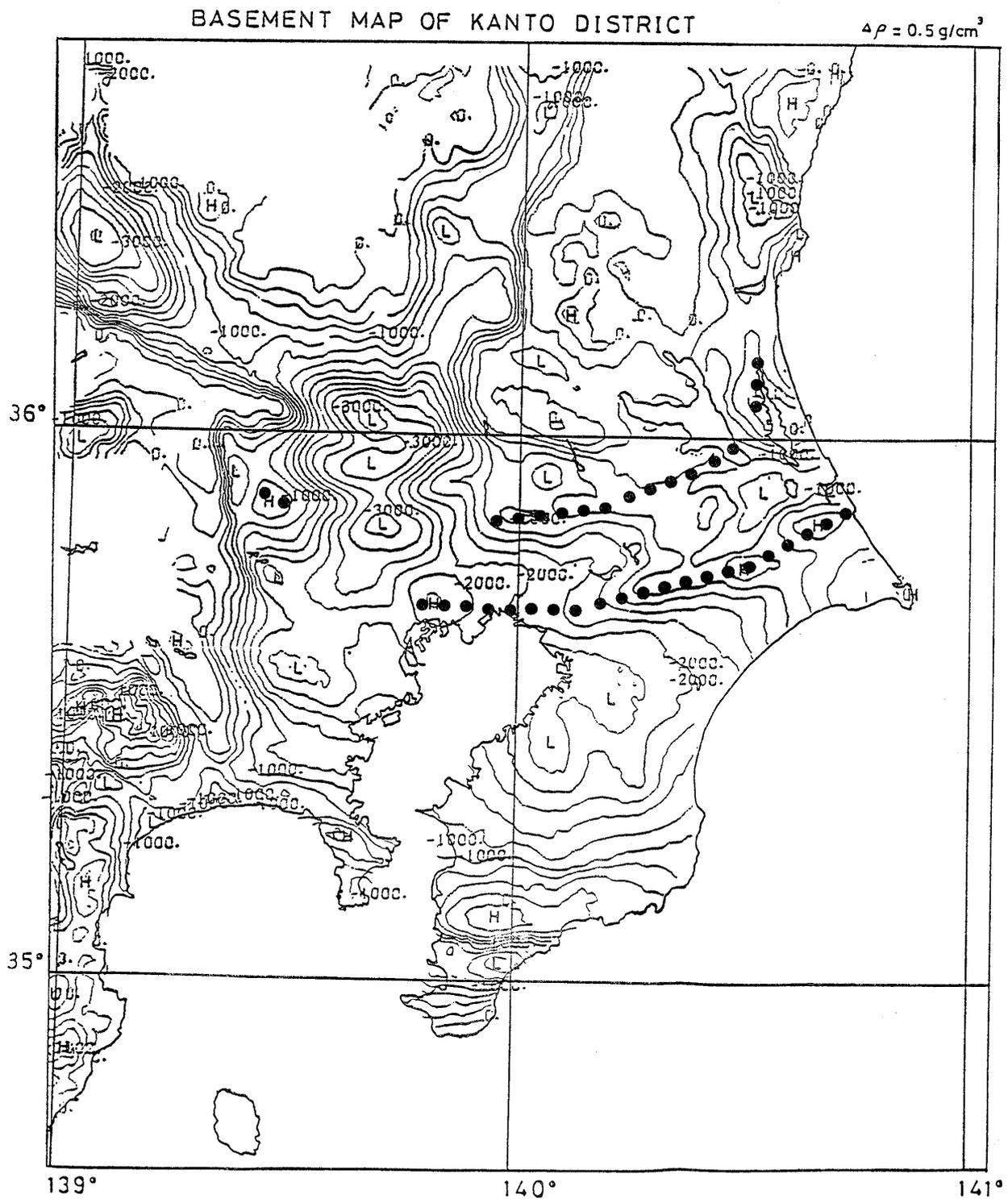
を示唆している。四国沖の付加帯の構造は海上の反射法地震探査によって明らかにされており屈折法による速度構造と対比した解釈も行なわれており(加賀美, 1984), 房総半島における屈折法による構造との対比など興味深

いが別稿に譲りたい。

3. 関東平野の重力・磁気異常から見た基盤構造

最近、関東平野における重力図および磁気図が発行され(駒沢, 1985; 新エネルギー総合開発機構)それに基づく関東平野の構造が論じられている(堀川ほか, 1984; 駒沢, 1987; 中井ほか, 1987)が、ここでは大局的な視点から2, 3の特徴について触れて見たい。なおここでは重力図の代わりに、関東平野の基盤の3次元深度分布としては現在もっとも詳しく精度あるものと考えられる重力基盤深度図(駒沢, 1986)を使う。

関東平野の重力基盤深度図(第8図)および空中磁気図(第9図; 新エネルギー総合開発機構)に見られる第一の特徴は、特異な異常の連なりがほぼ同一場所に共通して認められることである。重力基盤図には基盤の盛り上がり(黒丸)の連なりが、空中磁気図には高異常と低異常(大, 小黒丸)のペアの連なりがほぼ同一場所に見られ、これらは同一の岩体(高密度, 高磁性岩体)によるものと考えられる。この磁気異常について小川ほか(1979)は関東平野の深層ボーリングの地質、志摩半島や知多半島の地表地質の分布との対比からこの磁気異常を三波川帯の超塩基性岩に対応させている。第9図を見ると、関東山地の北東部に見られる磁気異常は三波川帯の塩基性~超塩基性岩体の分布(斜線部)に対応しているのが明瞭にわかる。従って関東平野中央部から東部にかけて見られる2列の重力基盤の盛り上がりおよび磁気異常はいずれも三波川帯中の塩基性~超塩基性岩の分布を示していると考えられる。日立一竜ヶ崎磁気区(小川ほか, 1979)は後述するように一連のものではなく2つに分離出来、南西側

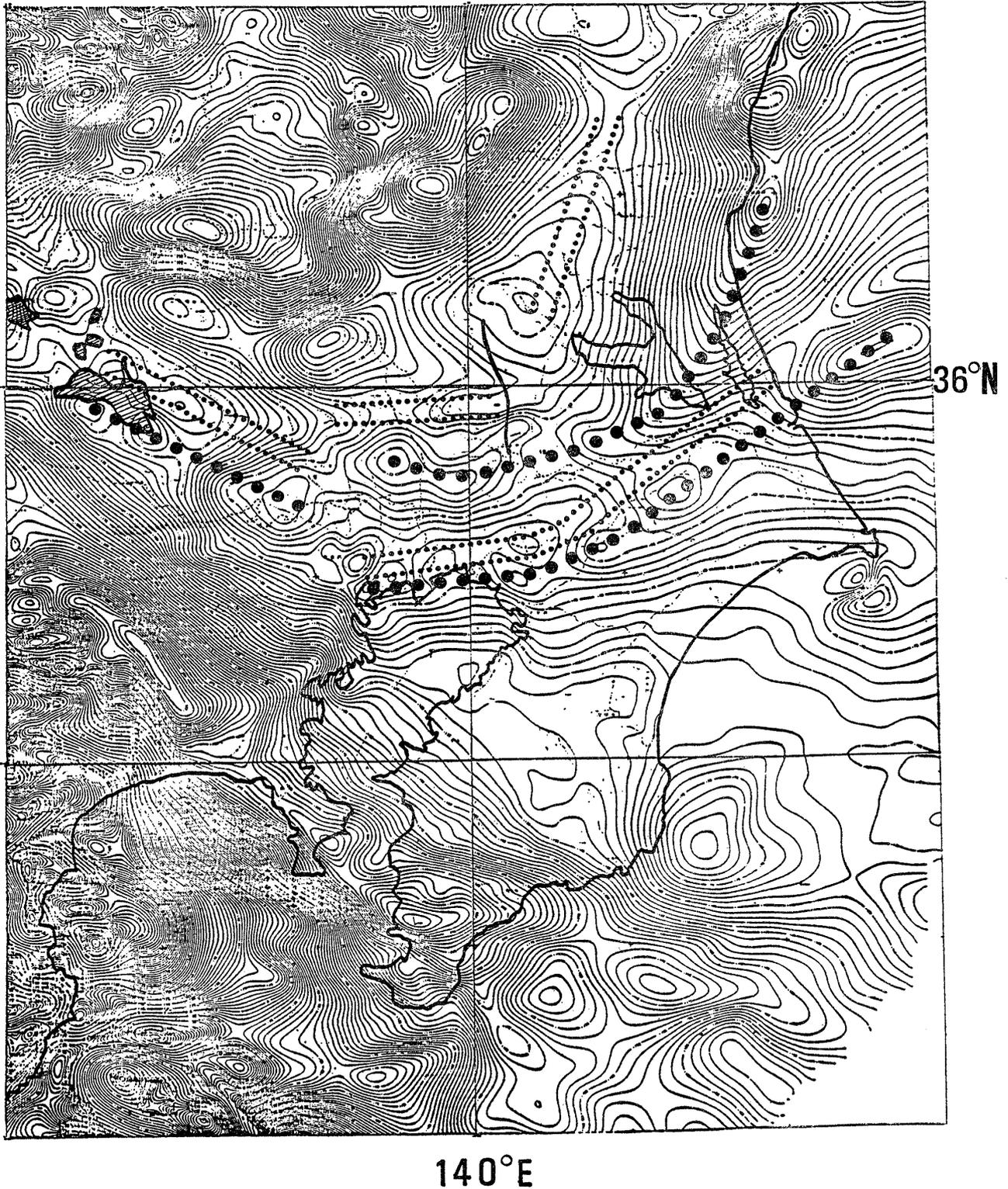


第8図 重力図より計算された重力基盤深度図(駒沢, 1985)に特徴的にみられる基盤の盛り上がりの連なり。黒丸の連なりで示されている。

の竜ヶ崎から那珂湊にかけての磁気異常は三波川帯に対応することになる。このように重力基盤深度図と磁気図から三波川帯の分布域とその北限を画する中央構造線の位置が推定出来る。

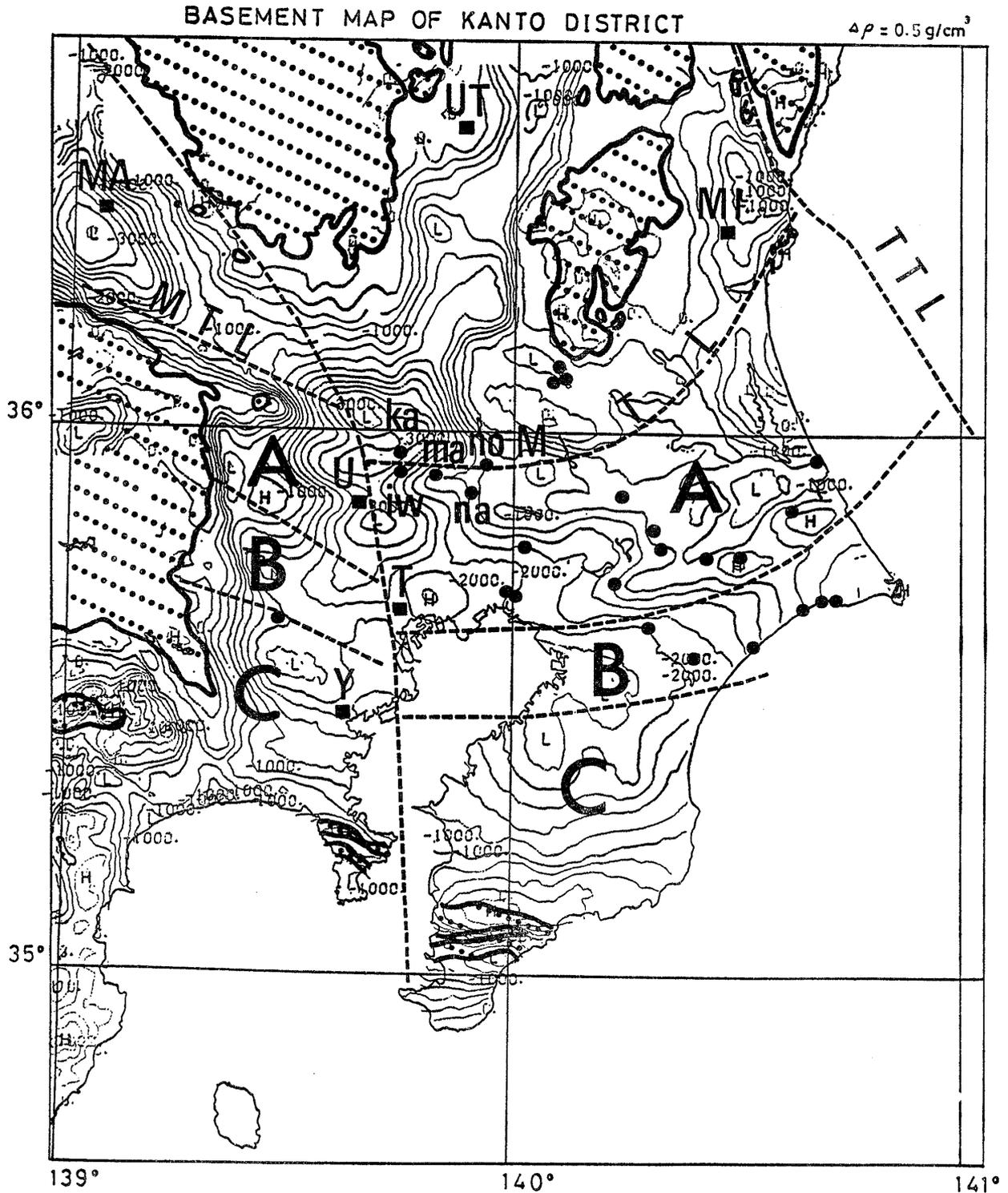
重力基盤図および磁気図に見られる第二の特徴は、そ

の異常な連なりが関東平野中央部で屈曲し、東京湾から浦和へ抜ける線を境にしてギャップが見られ、右ずれ構造線が存在していることである(長谷川, 1986b)。平野部においては、矢島(1981)はこの構造線より若干東に右ずれの構造線(古河—亀戸構造線)の存在を指摘しており、



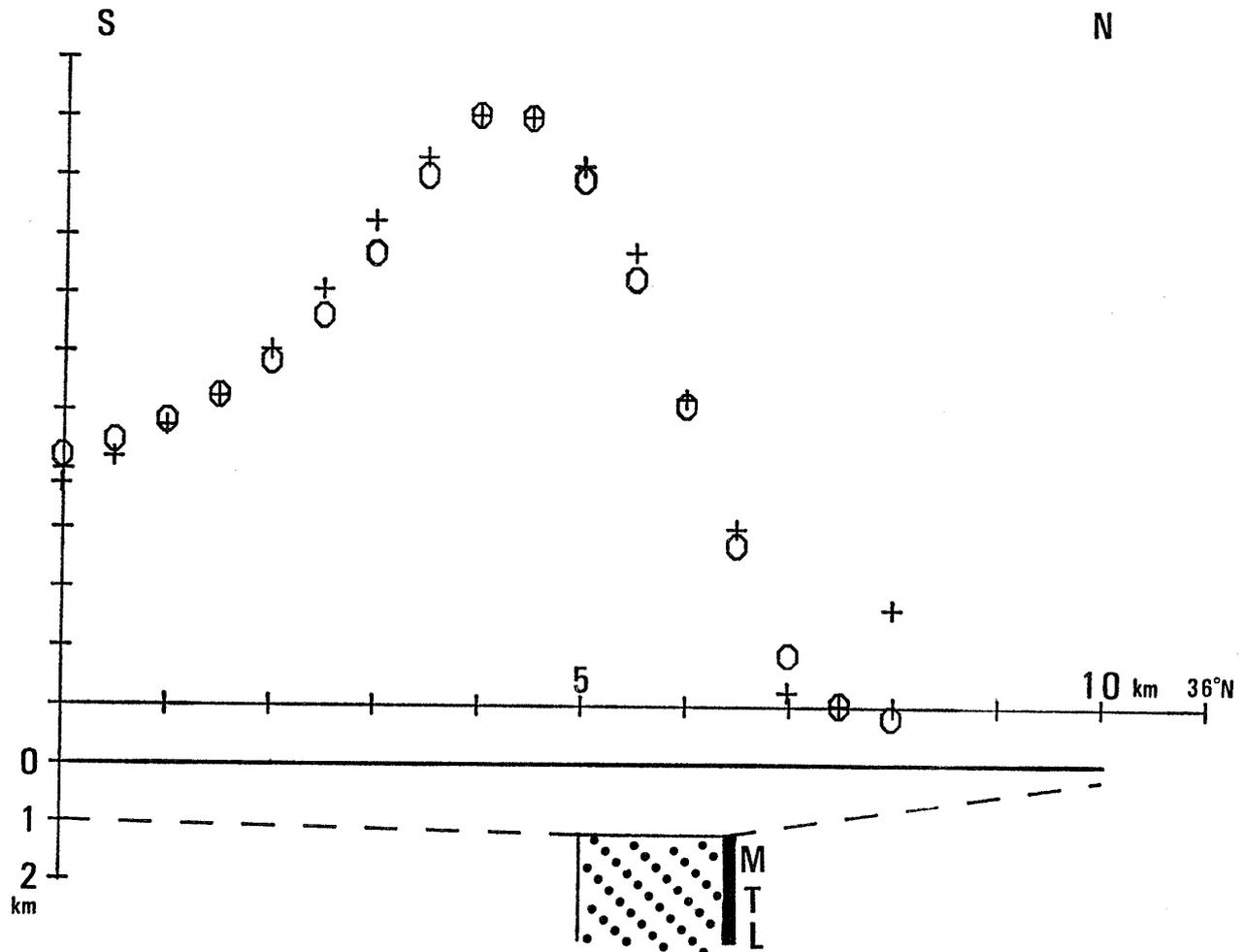
第9図 空中磁気図(新エネルギー総合開発機構)に特徴的にみられる異常の連なり。

大黒丸は高異常，小黒丸は低異常の連なりを示す。中央部付近にギャップがみられる。関東山地における三波川帯の塩基性～超塩基性岩の分布は斜線(36°N 付近)で示されており磁気異常によく対応する。地上での磁気測定の位置も示されている(140°E 付近の実線)。



第 10 図 重力基盤図上に描いた推定地質構造。

関東平野をほぼ縦断する構造線の存在が特徴的で、中央構造線や外帯の帯状構造にズレが見られる。先第三系基盤に達した深層ボーリングの位置は黒丸で示されている。MTL；中央構造線，A；三波川帯，B；秩父帯，C；四万十川帯，MA；前橋，UT；宇都宮，MI；水戸，U；浦和，T；東京，Y；横浜。網目は山田ほか編(1982)による先新第三系基盤と新第三紀貫入岩の露出地域を示す。



第 11 図 第 9 図に示された位置での地上磁気測定データの解析結果。

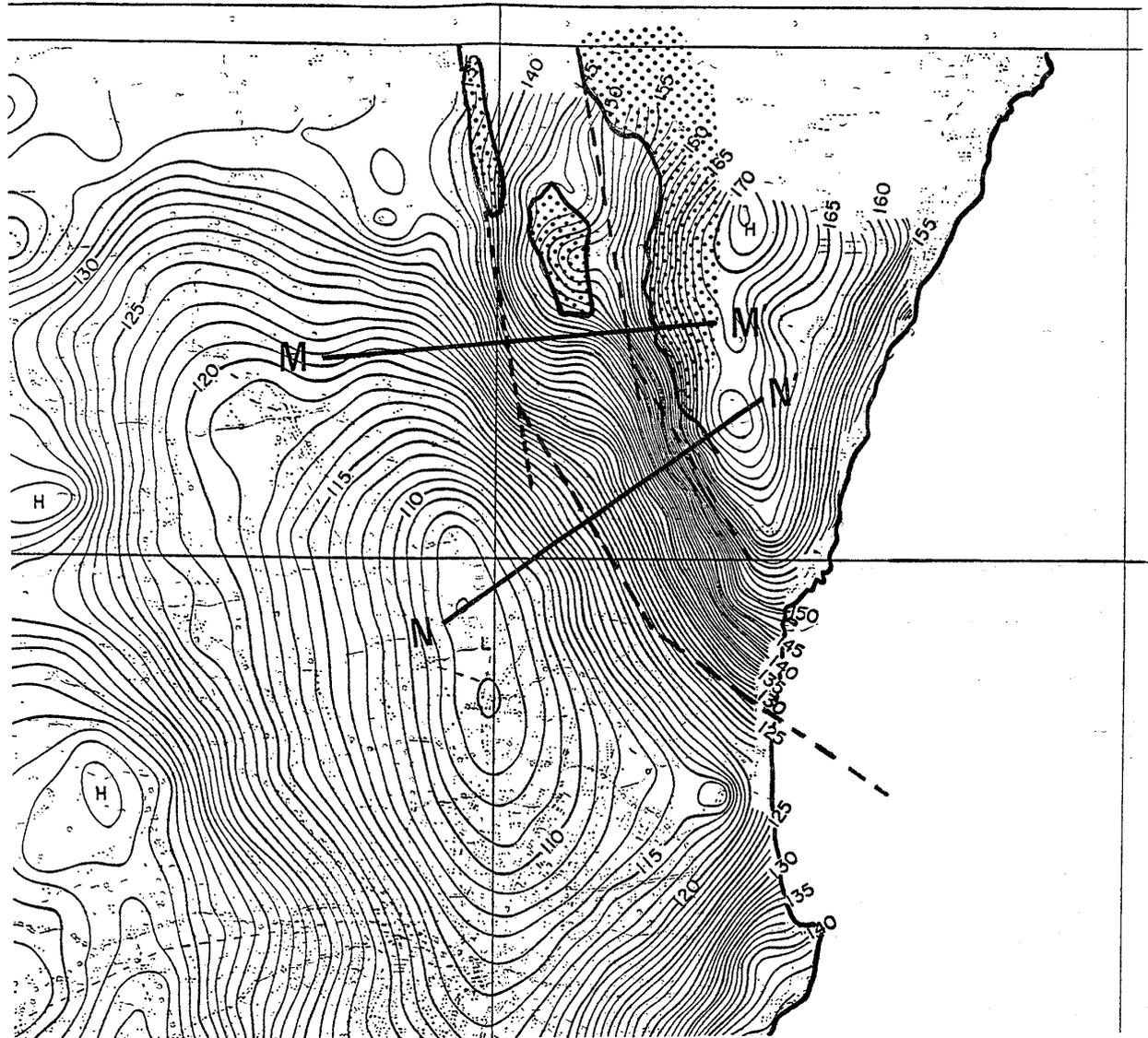
測定値；プラス印，計算値；丸印．高磁性岩体（網目）は 36°N より南方 5 km 付近に存在し，その岩体の深度は重力基盤深度（波線）と同程度である．中央構造線の位置はそれより北方で， 36°N より南方に推定され，図では岩体の北縁に描いてある（MTL）．

牧本・酒井(1986)も南北方向の構造線の存在を否定していない．一方，東京湾口には東京海底谷が存在しその成因のひとつとして，海底地質から奈須ほか(1962)は断層の存在を考え，山下(1970)は東京湾に構造線が存在することを指摘した．房総半島と三浦半島の間には三梨(1974)が「うねり構造」と説明している地質構造の不連続が存在している．さらに東京湾の重力(植田ほか，1987)によると東京海底谷に沿って顕著な負の異常が存在し基盤の落ち込みが推定されていることから基盤に達する構造線の存在が予想される．また川崎付近のガスや地温には関東平野としては異常を示すデータがあり(福田・永田，1983；福田・鈴木，1988)，基盤に達する構造線の存在が示唆されている．これらのことから東京湾を縦断しほぼ南北に延び浦和に達する右横ずれの性格を持つ構造線が推定出来る．

4. 関東平野の基盤地質構造

屈折法地震探査から，四万十帯とこれより内側の構造帯の境界が，また重力基盤図と磁気図からは三波川帯の分布域および中央構造線が推定出来，関東平野中央部での带状構造のギャップの存在が明らかになった．以上の考察に若干の深層ボーリング地質データも加えて，関東平野の基盤地質の概要を重力基盤図に重ねて示したのが第 10 図である．この図に示した带状構造には，従来主として山地および坑井地質より推定された関東平野下の带状構造(石井，1962；磯見・河田，1968；垣見ほか，1973；鈴木，1980；矢島，1981)や磁気図の解釈を取り入れた構造(小川・石和田，1976)と比較して，大きな相違が見られる．それは東京湾を縦断しほぼ南北に延び浦和に達する構造線の存在である．

仮定密度 $\rho=2.0\text{g/cm}^3$
Assumed density



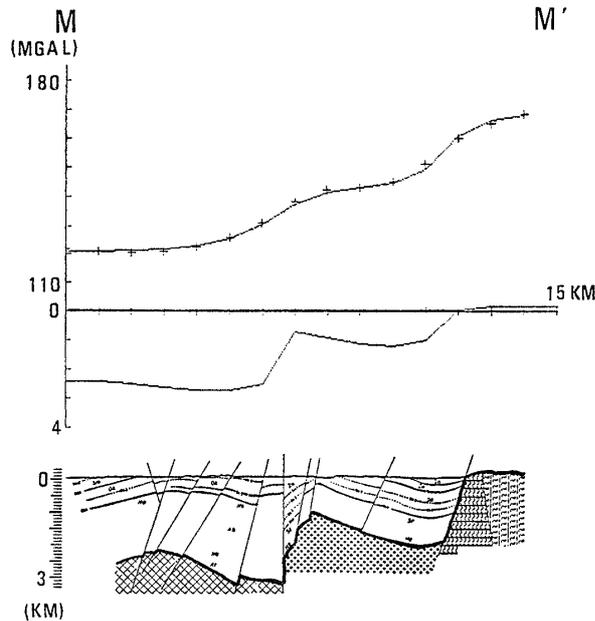
第 12 図 茨城県常陸太田付近の重力図(駒沢, 1985)と重力断面位置(M—M', N—N')と棚倉構造線の延長方向(破線)を示す図。

網目は先第三系基盤が露出している地域(大槻, 1975)を示す。重力コンターは 1 mgal である。数 km の幅をもつ棚倉構造線は破線で示されているように重力の急傾斜帯に沿って常陸太田付近で南南東に方向を変え、海域へと抜けると思われる。縮尺は 30 万分の 1 である。

中央構造線の位置についての特徴は、関東平野東部において霞ヶ浦から北へ方向を変え那珂湊付近を通過し、従来の見解より北側に位置していることである。日立一竜ヶ崎磁気区の南の部分を一三波川帯と解釈する以上中央構造線はこれより南へ引くことが出来ない。

ここで地上で測定された磁気データ(長谷川ほか, 1984)からこの付近における中央構造線の位置について考察して見よう。測定位置は第 9 図(140°E 付近の実線)

に示されているように空中磁気図に見られる高・低異常や推定された中央構造線をほぼ南北に横断する。約 2 km 離れた 2 つの測線で測定され、ほぼ同様な磁気異常値が得られ地上付近のノイズによる影響は少なかったと思われる。ダイクモデルで解析可能な範囲について、第 11 図に示した測定値(プラス印)に適合する計算結果(丸印)から、磁気異常は、36°N の南方 5 km 付近の地下 1.2 km に幅 1.4 km のダイク状の高磁性岩体が存在する



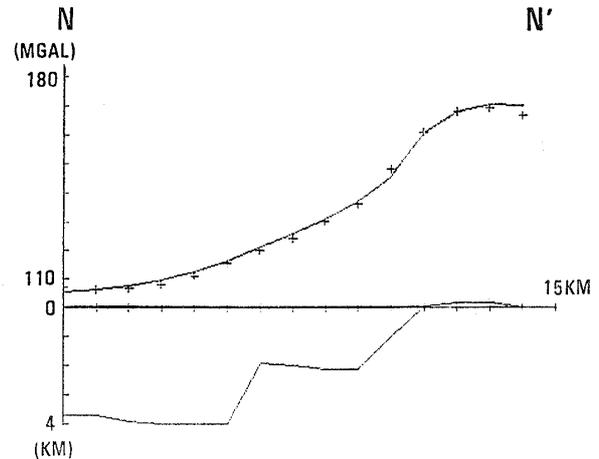
第 13 図 重力断面とそれに適合する二層構造断面 (第 12 図の M—M')。

+印は観測値、実線は計算値。同一場所の推定地質構造断面 (大槻, 1975) も示されており解析断面との一致は良い。密度差は 0.5 として計算されている。

ことによって説明され、この高磁性岩体の深度は重力基盤深度 (第 11 図に点線で示されている) とほぼ同程度である。これは三波川帯の塩基性～超塩基性岩体と考えられ、中央構造線はこの位置より北に存在することになる。他方重力基盤図ではこの北方に急激な基盤の盛り上がりがありこれには磁気異常は伴わない。これらのことから中央構造線は高磁性岩体の北側、重力基盤の盛り上がり部分の南側を通過すると考えられる。以上のような考えに立てば、この地域では中央構造線の位置はかなり限定され、第 11 図では高磁性岩体の北縁に描いてあるがその位置を大幅に変更することは困難である。

関東平野の西側では、中央構造線が関東山地の北側を通過するならばその東への延長は重力基盤図を見る限り吉見丘陵付近での基盤の盛り上がり部分の北縁を通過させるのがもっとも自然に見える。

この第 10 図は主として物理探査データから推定されたもので抗井地質データにはそれほどこだわっていない。野田 (no), 松伏 (ma), 岩槻 (iw) 付近では抗井地質データとの食い違いがあるかもしれない。これは岩槻、松伏の基盤は重力基盤図および磁気図上では三波川帯の同一の岩体に属するよう見え異なる構造帯の岩体ではないと考えているためである。なお、平野東部における中央構造線の位置については駒沢・長谷川 (1988) は磁気異常の解釈の違いから異なる見解を表明している。



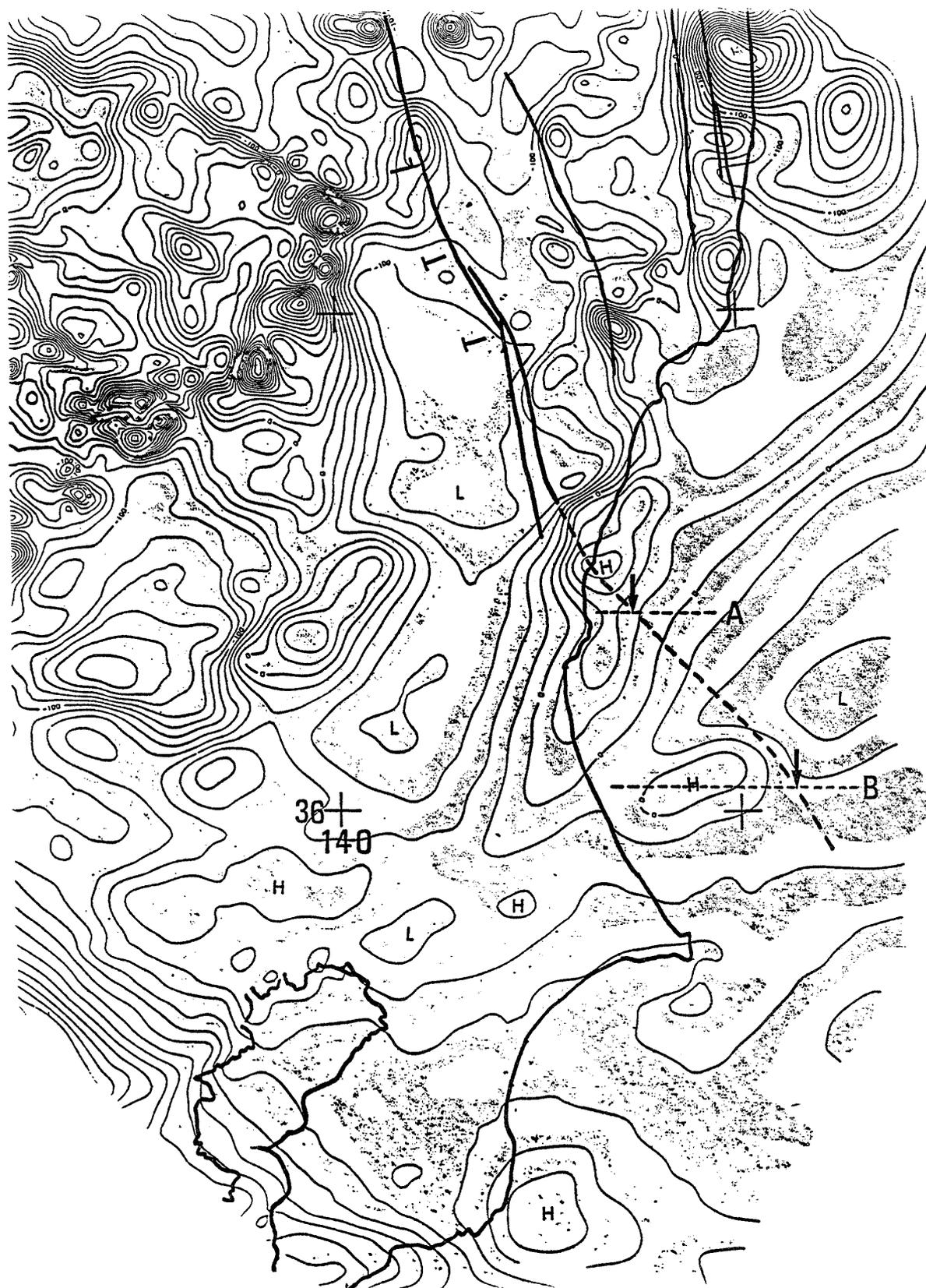
第 14 図 重力断面と適合する二層構造断面 (第 12 図の N—N')。

+印は観測値、実線は計算値。階段状の構造の特徴が見られ、棚倉構造線の存在を示唆している。

5. 棚倉構造線の南方延長

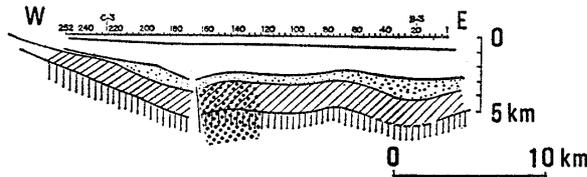
関東地方の先新第三紀の日本列島地体構造を明らかにする上で、棚倉構造線と関東平野下の西南日本の帯状構造の関係がひとつの大きな未解決の課題である (吉田, 1982)。棚倉構造線が新第三紀以前、主に中生代の東北日本と西南日本の地質構造を画する構造線であることが強調され (例えば 巖見・河田, 1968)、棚倉構造線の南方延長についてはそのまま鹿島海域に延びるとされている図が多い (例えば 山田ほか編, 1982)。しかし、その南方延長については実証的なデータは少ない。ところで小川ほか (1979) はそれまでに実施された空中磁気図の解析から棚倉構造線の南方延長について言及し日立一竜ヶ崎磁気区存在から棚倉構造線は鹿島海域には延びないとした。その後、棚倉構造線の南方延長についてはデータに基づく議論はなされておらず、棚倉構造線の南方延長について確定されていない。

棚倉構造線の南方延長については常陸太田付近からは平野または海域に阻まれ、地表地質調査からは推定が困難になっている。棚倉構造線は幅数 km の帯状の破砕帯で大槻 (1975) によればその基盤の構造は棚倉付近では地塁状構造を呈し南方においては階段状構造を呈している。このような構造の特徴を踏まえ、まず重力データから推定を試みよう。関東地域重力図 (駒沢, 1985) より抜粋した常陸太田付近の重力図 (第 12 図) によると日立変成岩の南西の縁に沿って北北西—南南東の方向に重力の急傾斜帯が存在する。棚倉構造線の構造の特徴からこの急傾斜帯が棚倉構造線の南方延長のひとつの候補と考え



第 15 図 空中磁気図(新エネルギー総合開発機構)と棚倉構造線 (TTL) の推定延長方向.

破線は第 16, 17 図のエアガンによる反射法地震探査の測線位置を示し, 矢印はその反射断面より棚倉構造線が存在すると考えられた位置を示す.



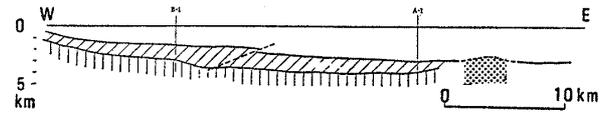
第 16 図 第 15 図に示されている A 測線のエアガンによる反射断面(阿竹, 1973).

棚倉構造線の存在が推定された位置(網目)に断層および基盤の盛り上がりが見られる。

られるのでこの重力の急傾斜帯下の基盤構造を見よう。第 12 図においてこの急傾斜帯の 2 測線 M—M', N—N' の重力断面(第 13 図上, 第 14 図上)について 2 次元構造解析を行う。階段状構造を持つとした場合, その場合, その重力値に適合する構造断面はそれぞれ第 13 図(中)および第 14 図(下)に示されている。M—M' の位置は大槻(1975)が示した推定地質断面位置と同じであり第 13 図(下)にはその断面も同時に示す。M—M' 測線の重力解析断面の一致は良く, 階段状の基盤構造が示されている。この構造の特徴は N—N' の断面にも現われており, 棚倉構造線の延長を強く示唆しているといえる。これを基に推定された棚倉構造線の位置は第 12 図に示されている。

棚倉構造線は図のように延長させると常陸太田付近でその方向を南南東に変えて海域に抜け, 小川ほか(1979)の言う日立一竜ヶ崎磁気区にぶつかることになる。日立一竜ヶ崎磁気区を詳しく見ると, この延長方向で磁気異常のくびれまたはギャップが存在し, 日立一竜ヶ崎磁気区はこのくびれまたはギャップで分離させることが可能である。するとその磁気区は一連のものではなく異なる構造帯によると考えられ, その北東側は阿武隈帯, 南西側は三波川帯に対応すると解釈することも十分可能である。さらに棚倉構造線の海域への延長も辿ってみると, 磁気区において鹿島沖の高異常と低異常の境界を通過する様に引くことが出来そうであり(第 15 図), 小川ほか(1979)もここに構造線を推定している。

さらにこの海域においては音波探査が行なわれており(阿竹, 1971), 二つの測線(第 15 図の A, B 測線)についての断面図を第 16 図(A 測線)と第 17 図(B 測線)に示す。網目で示した位置に基盤を切る断層や数 km の幅を持った基盤の盛り上がりが見られ, 棚倉構造線の構造の特徴を備えていると考えられる。その位置を第 15 図の測線上に矢印でプロットしてみると磁気図から推定された棚倉構造線の位置に一致する。以上のことから第 16 図のように棚倉構造線の海域延長を考えるのがもっ



第 17 図 第 15 図に示されている B 測線のエアガンによる反射断面(阿竹, 1973).

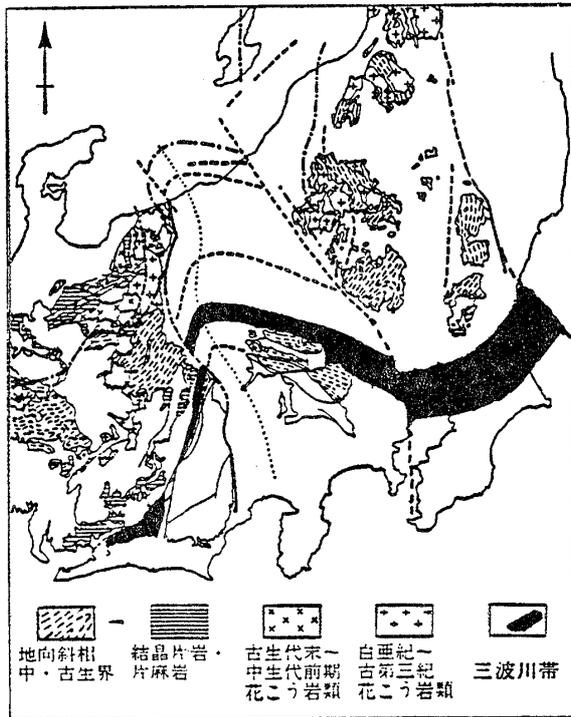
網目で示した位置に基盤の盛り上がりが見られる。

とも妥当である。このように棚倉構造線の南方は鹿島海域に延長し, 西南日本の帯状構造は棚倉構造線で切られると考えるのが自然であろう。これよりさらに南方延長については今後の課題としたい。

6. 柏崎—東京湾構造線と関東・中部日本の地体構造

以上のように関東平野下の帯状構造の分布や中央構造線の位置が明らかにされ, 帯状構造のギャップなどから東京湾を縦断し浦和に抜ける構造線が推定され, 棚倉構造線の南方延長も明らかになった。さてここでこの東京湾を縦断し浦和に抜ける構造線の北方延長について推定し, そのテクトニックな意味を考える。この構造線の北方延長は, 柏崎—銚子線の存在(山下, 1970), 北部フォッサ・マグマの帯状基盤構造(茅原・小松, 1982)を考慮すると, これまで明らかになった関東平野の基盤帯状構造や地質構造線は第 18 図のように位置付けるのがもっとも自然である。ここでは柏崎—銚子線の南側の部分を東京湾を縦断する構造線に一致させその南への延長と考えた。この構造線を柏崎—東京湾構造線と呼ぶ。なお銚子へ抜ける関東平野下の柏崎—銚子構造線の存在についてはここで取り上げたデータからその実体が見出せない。

第 18 図をみると糸魚川—静岡構造線とこの構造線が並行して存在し, その間に挟まれた地帯がもっとも激しく屈曲していることが分かる。これは伊豆—小笠原弧がほぼ南から北へ衝突し屈曲が生ずるとともにこれらの構造線が活動したことを想像させる。柏崎—東京湾構造線は関東平野下の帯状構造の食い違いのセンスから右横ずれの性格を持ち, 三浦半島と房総半島の地質(三梨ほか, 1979)および東京湾の海底地質(奈須ほか, 1962)のギャップのセンスからも裏付けられる。また上述の地質構造のギャップは中新世の地層のみならず上総層群にも見られること, 東京湾の東京海底谷の存在と関連すると思われる基盤の落ち込み(植田ほか, 1987)が見られることからこの構造線は中新世から第四紀にかけて活動し現在まで活動を継続していると思われる。この構造線と地震活動の関係を見ると, 首都圏における過去の歴史地震は高橋・鈴木(本論集, 86 頁第 1 図)によるとこの構造線に



第 18 図 中部日本の地体構造。

北部フォッサマグナの先第三系帯状構造は茅原・小松(1982)による。関東平野は第 10 図による。東京湾を縦断する構造線は柏崎—銚子線の南半分に一致し柏崎—東京湾構造線となる。

沿って大地震が発生している様に見える。すなわち東京直下型地震のうちいくつかはこの構造線の活動による可能性があると思われる。また上越地方においては大森(1913)は信濃川地震帯として地震活動が信濃川沿いに線上に並ぶことを指摘しており、この構造線と関連している可能性もあり興味深い。

この構造線と帯状構造の屈曲がフィリピン海プレートの北進(貝塚, 1984)によってもたらされたとすると、伊豆—小笠原弧の衝突によって、糸魚川—静岡構造線は左横ずれ、柏崎—東京湾構造線は右横ずれの性格を持って運動し、棚倉構造線はその衝突の影響の北方限界で、若干の右横ずれの活動を行った可能性があると考えられる。これは糸魚川—静岡構造線は新生代後期の断層系で第四紀には左横ずれ成分を持つ西側隆起の逆断層であり(松田, 1980)、棚倉構造線は新第三紀以降にも活動し右ずれ変位を伴う(大槻, 1975)とされていることに対応する。また、柏崎—東京湾構造線の活動時期から、帯状構造の屈曲は中新世以前(松田, 1984)、または 15Ma 頃の日本海拡大期(石橋, 1986)に形成されたのではなく、中新世から第四紀にかけて形成されたことになり、新妻(1985)の主張を支持しているように見える。

この構造線は基盤の谷部や鞍部を通過しており横ずれとともに沈降・隆起運動を伴っていることを思わせ、第四紀における関東平野の地殻変動はこの構造線の活動による部分も含まれていると考えられ、この構造線の活動と関東造盆地運動との関連を示唆している。

7. む す び

関東平野下の基盤構造が主として物理探査のデータから明らかにされた。また柏崎—東京湾構造線の存在も明らかになり、糸魚川—静岡構造線や棚倉構造線とともに新第三紀以降のテクトニックな意味も考察された。それによると、糸魚川—静岡構造線と柏崎—東京湾構造線はフィリピン海プレートの N~NNW 方向への衝突によって活動を引き起こされた内陸の主要な構造線とみることができる。ところで、極く最近(0.5 Ma~1 Ma)にはフィリピン海プレートの運動方向が N~NNW から NW 方向へ転換したこと(貝塚, 1984)、東北日本が北米プレートに転換した(中村, 1983; 小林, 1983)ことからこれらの構造線の性格は変化したかもしれない。また、東京湾付近の地震は関東平野下のフィリピン海プレートの上面または下面の地震であり(大竹, 1980)、さらに東京湾に沿ってフィリピン海プレートの不連続が存在し(石田, 1986)、それに伴う地震であるとの指摘もあり(多田, 1987)、この構造線の極く最近の活動については不明の点も多く今後の検討課題としたい。

謝辞; 原稿を読んでいただき有益なコメントをいただいた地質調査所山田直利博士および発表の機会を与えてくださった日本地質学会関東支部の方々には謝意を表します。

参 考 文 献

- 阿竹宗彦, 1973: 物理探査の成果. 日本の石油鉱業と技術, 石油技術協会, 90-103.
- 爆破地震研究グループ, 1958: 大爆破による関東地方北部の地下構造. 地震 2, 11, 102-113.
- 茅原一也・小松正幸, 1982: 飛騨外縁帯(特に青海—蓮華帯)及び上越帯に関する諸問題. 地質学論集, no. 21, 101-116.
- 長谷川功, 1986a: 関東平野下の地震速度構造(演旨). 地質調査所月報, 37, 95-96.
- 1986b: 物理探査データに基づく関東平野の基盤地質についての一試論(演旨). 地質調査所月報, 37, 98-99.
- ・伊藤公介・佐藤隆司・小野晃司・相原輝雄・楠瀬勤一郎・曾屋龍典・衣笠善博・下川浩一・粟田泰夫・渡辺史郎・鈴木尉元・小玉喜三郎・牧本博・酒井彰 ほか, 1987: 屈折法による地下構造探査—関東平野北部地域。「首都圏における直下型地震の予知及び総合防災システムに関する研究」研究成果報告書,

- 科学技術庁研究開発局, 160-172.
- ・駒沢正夫・渡辺史郎・横倉隆伸・中塚 正, 1984: 物理探査データから見た関東平野の基盤地質. 地震学会講演予稿集, no. 2, 235.
- 島山 勉, 1964: 関東平野における物理探査の総合研究. 物理探査, **17**, 2-23.
- 服部保正・杉本卓司, 1975a: 岩石のP波伝播速度に関する統計的研究(I), 物理探査, **28**, 3-12.
- 服部保正・杉本卓司, 1975b: 岩石のP波伝播速度に関する統計的研究(II), 物理探査, **28**, 43-56.
- 樋口茂生・笠原敬司・伊藤公介・矢田恒晴・赤桐毅一・原 雄・古野邦雄・鈴木宏芳・塚原弘昭・松村正三・山本英二・楡井 久, 1977: 千葉県葛南地域における人工地震波観測の記録. 千葉県公害研究所研究報告, **7**, 59-64.
- 堀川義夫・津 宏治・小川克郎, 1979: 日立一鴨川地域の空中磁気異常と地質構造 第I報. 地質調査所月報, **30**, 487-511.
- 藤田和夫, 1978: 西南日本における中新世以降の地殻変動と海水準変動. 「日本の新生代地質」(池辺展生教授記念論文集), 169-185.
- 福田 理・永田松三, 1983: ヘリウム資源問題(その2). 地質ニュース, no. 350, 32-45.
- ・高橋博・大八木規夫・鈴木宏芳, 1974: 坑井地質に見る関東平野の基盤. 地質ニュース, no. 234, 8-17.
- ・鈴木宏芳, 1987: 関東平野の基盤構造. 地学雑誌, **96**, 173-184.
- ・永田松三・鈴木宏芳, 1988: 関東平野の地下地質と地層流体. 地質学論集, no. 31, 5-40.
- 石橋克彦, 1986: 南部フォッサ・マグナのプレート運動史(試論). 月刊地球, **8**, 591-597.
- 石田瑞穂, 1986: 関東・東海地域の震源分布から推定したフィリピン海プレートの等深線. 国立防災科学技術センター研究報告, no. 36, 1-19.
- 石井基裕, 1962: 関東平野の基盤. 石油技術協会誌, **27**, 615-640.
- 磯見 博・河田清雄, 1968: フォッサ・マグナ両側の基盤岩類の対比. 日本地質学会第75年大会総合討論会資料「フォッサ・マグナ」, 4-12.
- 伊藤公介・市川金徳・長谷川 功・垣見俊弘・笠原敬司・飯塚 進・多田 堯, 1976: 川崎地区における地震波速度変化の観測. 地震学会講演予稿集, no. 1, 52.
- ・長谷川 功・佐藤隆司・相原輝雄・楠瀬勤一郎・高橋 学・渡辺史郎・横倉隆伸・小玉喜三郎ほか, 1986: 屈折法による地下構造調査—房総半島地域. 「首都圏における直下型地震の予知及び総合防災システムに関する研究」研究成果報告書, 科学技術庁研究開発局, 173-183.
- 加賀美英雄, 1984: 反射地震記録より見た海溝付加帯の動態. 地学雑誌, **93**, 455-463.
- 貝塚爽平, 1974: 関東地方の島弧における位置と第四紀地殻変動. 垣見・鈴木編「関東地方の地震と地殻変動」, ラティス, 99-119.
- , 1984: 南部フォッサマグナに関する地形とその成立過程. 第四紀研究, **23**, 55-70.
- 垣見俊弘・衣笠善博・木村政昭, 1973: 後期新生代地質構造図「東京」(50万分の1), 地質調査所.
- 笠原敬司・鈴木宏芳・熊谷貞治・長谷川功・多田 堯, 1976a: 狭山丘陵付近の走時異常について. 地震学会講演予稿集, no. 1, 53.
- ・———・高橋 博, 1976b: 東京西部地区基盤調査について(1). 地震学会講演予稿集, no. 1, 54.
- ・———・———, 1976c: 東京都西部地区基盤調査について(2). 地震学会講演予稿集, No. 2, 139.
- 加藤 茂, 1984: 東京湾の海底地質構造. 地学雑誌, **93**, 119-132.
- 建設省国土地理院・科学技術庁国立防災科学技術センター, 1978: 首都圏ブーゲー重力異常図.
- 菊池隆男, 1982: 上総層群の堆積構造と関東構造盆地の島弧における位置. 地団研専報, **24**, 67-79.
- 衣笠善博, 1980: 関東地方の平野部における先新第三系基盤の深度分布. 地震予知連絡会地域部会報告, no. 2, 68.
- 小林洋二, 1983: プレートの“沈み込み”の始まり. 月刊地球, **5**, 510-514.
- 駒沢正夫, 1985: 関東地域重力図ブーゲー異常図. 特殊地質図(20万分の1), 地質調査所.
- , 1986: 重力から見た関東平野の地下構造(演旨). 地質調査所月報, **37**, 96-97.
- , 1987: 関東丹沢地域の重力構造. 構造地質研究会誌, no. 32, 59-68.
- ・長谷川功, 1988: 関東地方の重力基盤に見える断裂構造. 地質学論集, no. 31, 57-74.
- 牧本 博・酒井 彰, 1986: 周辺山地地質及び深層ボーリング試料による関東平野の基盤地質(演旨). 地質調査所月報, **37**, 97-98.
- 松田時彦, 1980: 島弧の接合部の構造. 岩波講座「地球科学」, **15**, 362-366.
- , 1984: 南部フォッサ・マグナの湾曲構造と伊豆の衝突. 第四紀研究, **23**, 151-154.
- 三梨 昂・菊池隆男・鈴木尉元・平山次郎・中嶋輝允・岡 重文・小玉喜三郎・堀口万吉・桂島 茂・宮下美智夫・矢崎清貫・影山国夫・奈須紀幸・加賀美英雄・本座栄一・木村政昭・楡井 久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄・遠野 毅・川島真一・青木 滋, 1979: 東京湾とその周辺地域の地質. 特殊地質図(20), 10万分の1, 地質調査所.
- , 1974: 南関東地区の構造発達史. 垣見俊弘・鈴木尉元編「関東地方の地震と地殻変動」, 31-50, ラティス.
- 中井順二・駒沢正夫・大久保泰邦, 1987: 関東地方の重力・磁気異常の分布と特徴. 地学雑誌, **96**, 185-200.
- 中村一明, 1983: 日本海東縁新生海溝の可能性. 地震研究所彙報, **58**, 711-722.
- ・島崎邦彦, 1981: 相模・駿河トラフの沈み込み, 科学, **51**, 490-498.
- 奈須紀幸・加賀美英雄・中条純輔, 1962: 東京湾口の海

- 底地質. 日本海洋学会 20 周年記念論文集, 98-120.
- 新妻信明, 1985: 変動している日本列島—新第三紀テクトニクスとプレートの沈み込み. 科学, **55**, 53-61.
- 小川克郎・堀川義夫・津 宏治, 1979: 茨城県日立—千葉県鴨川地域の空中磁気異常と地質構造 第II報. 地質調査所月報, **30**, 549-569.
- ・石和田靖章, 1976: 大陸だなににおけるフォッサ・マグナの延長. 海洋科学, **9**, 47-54.
- 大森房吉, 1913: 本邦大地震概説, 震災予防調査会報告, no.68(乙), 1-180.
- 大竹政和, 1980: 関東・東海地域のテクトニクスの統一モデルと南関東直下の地震の発生のメカニズム, 防災科学技術, no.41, 1-7.
- 大槻憲四郎, 1975: 棚倉破砕帯の地質構造. 東北大学理学部地質学古生物学教室邦文報告, 75, 1-75.
- 瀬尾和夫・小林敬美, 1980: 人工地震による首都圏南西部の地下深部探査—夢の島—江の島測線の地下構造—. 地震2, **33**, 23-36.
- 嶋 悦三・柳沢馬住・工藤一嘉・吉井敏克・一ノ瀬洋一郎・瀬尾和夫・山崎謙介・大保直人・山本喜俊・小口雄康・長能正武, 1976a: 東京の基盤構造 第1回, 第2回夢の島爆破実験による地下深部探査. 地震研究所彙報, **51**, 1-11.
- ・———・———・瀬尾和夫・山崎謙介, 1976b: 東京の基盤構造 その2 第3回夢の島, 吉川爆破実験による地下深部探査. 地震研究所彙報, **51**, 45-61.
- ・———・———・吉井敏克・瀬尾和夫・黒羽公明, 1978a: 東京の基盤構造 その3 第4回, 第5回夢の島爆破実験による地下深部探査. 地震研究所彙報, **53**, 305-318.
- ・———・———・吉井敏克・瀬尾和夫・大保直人・星野 務・長能正武, 1978b: 東京の基盤構造 その4 第6回, 第7回夢の島爆破実験による地下深部探査. 地震研究所彙報, **53**, 1245-1255.
- ・———・———・瀬尾和夫, 1981: 東京の基盤構造 その5 第7回, 第8回, 第9回夢の島爆破実験による地下深部探査. 地震研究所彙報, **56**, 265-276.
- 新トネルギー総合開発機構: IGRF 残差磁気図(20 万分の1および100 万分の1)
- 多田 堯, 1982: 関東平野の基盤構造と重力異常(1)—基盤深度図—. 地震2, **35**, 607-617.
- , 1987: 関東平野の地殻構造とテクトニクス. 地学雑, **96**, 201-208.
- 鈴木尉元, 1980: 関東堆積盆地の土台. アーバンクボタ, no. 20, 2-5, 久保田鉄工.
- 高橋 博, 1982: 深層観測によって明らかにされた関東地方の微小地震活動の特性について. 国立防災科学技術センター研究報告, **28**, 1-104.
- ・鈴木宏芳, 1988: 首都圏地域における地殻活動観測体制. 地質学論集, no. 31, 85-109.
- 東工大発破実験グループ, 1984: 人工地震による首都圏南西部の地下深部探査(2). 地震学会講演予稿集, no.2, 146.
- 植田義雄・中川久穂・平岩恒広・朝尾紀幸・久保田隆二, 1987: 東京湾・南関東周辺の重力異常と深部構造. 水路部研究報告, **22**, 179-206.
- 矢島敏彦, 1981: 関東平野基盤岩類の岩石学的特徴と地質構造. 地質学論集, **20**, 187-204.
- ・吉田 尚・鈴木尉元・楡井 久, 1986: 関東平野の先新第三系基盤. 日本の地質「関東地方」, 共立出版, 76-78.
- 山田直利・寺岡易司・秦 光男ほか編, 1982: 100 万分の1地質図. 日本地質アトラス, 地質調査所.
- 山中浩明・瀬尾和夫・佐間野隆憲・翠川三郎, 1986: 人工地震による首都圏南西部の地下深部探査(2). 地震2, **39**, 607-620.
- 山下 昇, 1970: 柏崎—銚子線の提唱. 「島弧と海洋」, 東海大学出版会, 179-191.
- 横倉降伸・渡辺史郎・加野直巳・山口和雄・田中信一, 1985: 筑波山塊 東麓の浅部地質構造—反射法探査結果—. 地震2, **38**, 497-511.
- 吉田 尚, 1982: 地体構造論からみた棚倉構造線. 月刊地球, **37**, 133-141.
- YOSHII, T., LUDEIG, W. J., DEN, N., MURAUCHI, S., EWING, M., HOTA, H., BUHL, P., ASANUMA, T. and SAKAJIRI, N., 1973: Structure of southern Japan margin off Shikoku. *Jour. Geophys. Res.*, **78**, 2517-2536.