

2000年岩手山人工地震探査の概要

田中 聡・岩手山構造探査グループ

東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター

要旨

2000年10月中旬に岩手山の人工地震探査を実施した。Time-term法による解析結果から、山頂火口より約2km西方の旧岩手山の火口カルデラの直下に基盤の盛り上がりを見いだした。今後、この構造を参考にした初期モデルに基づいて3次元速度トモグラフィーを行う予定である。

1 はじめに

岩手山は1998年2月より地震活動が活発化し(田中・他, 1999)、山体が膨張を示す地殻変動が観測された(植木・他, 1999; 佐藤・浜口, 1999)。この火山活動は1999年から2000年にかけて沈静化しつつあり、今日まで噴火には至っていない。しかしながら、依然として火山性地震の発生頻度は高く、1999年からは噴気活動が活発化している。1998年の活動はマグマの貫入に起因するものと解釈されるが、火山体の3次元内部構造を解明することによって、マグマ活動との関連を明らかにするとともに火山性地震の震源の深さの決定精度を上げ、火山噴火予知や防災対策に必要な活動の推移予測に貢献することが期待される。このような状況の下で、2000年10月15日から21日に、火山噴火予知計画に基づく第7回目の人工地震探査を実施した。この探査には、11の国立大学(東北大学、東京大学、北海道大学、岩手大学、秋田大学、弘前大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、九州大学、鹿児島大学)、国立極地研究所、気象庁から68名が参加した。本稿では岩手山探査の概要と3次元速度構造を求めるための予備的解析の結果を報告する。

2 実験の概要

本探査では、岩手山の3次元地震波速度構造を求めることを目標として、図1に示すように、山頂から半径約15kmの範囲に9カ所の爆破点と330点の観測点を面的に配置した。爆破点は、地表から深さ約3kmまでの領域を狙うために山頂から約15km離れた地点に6カ所、山体表層の構造を明らかにするために山麓に3カ所を配した。ダイナマイトの薬量は、最北端と最南端の爆破点で250kg、それ以外は200kgである。爆破点の位置はDGPSによって測位精度1mで測量した。

観測点は、探査本番に先立つ10月2日と5日に山頂部15点をあらかじめ設置した。設置領域を4つに分け、一人が一観測点分の機材(約3kg)を背負い、1班あたり3~4人の構成で3時間から5時間かけて徒歩に

よる設置を行った。4班ともヘリコプターによって山頂尾根筋の東西の端に運んでもらい、2班は観測点を設置しながら麓まで下山し、2班は尾根筋を横断しながら設置したあと、ヘリコプターによって下山した。電源として、気象条件が厳しい山頂部で長期間待機状態を維持し、さらに機材の軽量化を図るために、低温仕様のリチウム・イオン2次電池を採用した。残る315点は、山頂から約10km以内の領域で500m~1km間隔、それより遠い領域で約2km間隔に設置した。各観測点には、上下動2Hzの地震計とデータロガーLS8000SHを設置し、サンプリング周波数250Hzで波形を収録した。観測点の位置は、山頂部と山麓部を同精度で求めるために、ポケットGPSによって測位精度10m~20mで測量した。

10月19日未明の予定時刻に爆破を行い、同日中に全点回収した。実験は成功裏に終了し、良好な地震記録を収録することができた。ただし、山体の極近傍での爆破の効きはやや悪かった。図2に最北端の爆破点による波形例を示す。一番下のトレースにおける震央距離は39kmにも達するが、明瞭に初動の立ち上がりを確認することができる。

3 予備的解析と結果

トモグラフィーによって正確な3次元速度構造を得るためには、適切な初期構造を用いることが重要である。特に火山地域においては、爆破点や観測点の高度差が大きいため初期構造の設定がさらに重みを増す。例えば、最も単純な水平成層構造を初期モデルとして採用した場合、波線が空中を通らないようにするためには、基準とする高度を麓に置いて山体における地震波速度を不自然に遅くしたり、逆に山頂を基準にして麓での地震波速度を不自然に早く設定せざるを得ないことが生じる。近年の構造探査からは火山体の基盤が盛り上がっていることが報告されており(筒井・他, 1996; 西, 1997)、地形に平行な成層構造を仮定して初期構造とすることは妥当であると考えられる。ここではさらに進んで、Time-term法(Scheidegger and Willmore, 1957)を適用して表層の厚さ変化を考慮に入れた初期構造を構築する。

図3に、探査の際に設置された臨時観測点と周辺の東北大・気象庁・岩手県・防災科技研の定常点の記録から筆者が読みとった走時を示す。最終的な走時は本探査に参加した有志からデータ整理委員を募り、委員の合議を経て本探査の走時データとして公表されるので、ここで示すデータとそれに基づく結果はあくまで予備的なものである。図3に示す走時データから、Kato *et al.*(1991)の方法を適用して、震央距離3.9kmと8kmの2カ所に走時の折れ曲がり点を検出した。折れ曲がり点に挟まれる震央距離の範囲内の走時データに直線を当てはめて図4に示す3層構造を得た。このうち上部2層を表層と見なして、震央距離8km以上の走時データにTime-term法を適用した。このとき、下層の速度を第3層の6.1km/sに固定した。最小自乗法によって推定した各観測点のTime-termを図5に示す。表層の速度を上部2層の加重平均3.6km/sとして、トモグラフィーに用いる格子点毎に周囲1km以内のTime-termの平均、周囲1km以内に観測点が存在しないときは格子点から最も近い観測点3点の平均から求めた表層の厚さを図6に示す。岩手山の山頂付近の表層の厚さが厚く、西側火口カルデラ直下の表層が薄いことがわかる。この結果は清水(1981)が重力異常の解析から推定した基盤の深さ変化と良く似ている。東側の北上山地における表層が薄いことは、岩崎・他(1999)の爆破地震グループ

による東北日本の東西横断断面の結果と調和的である。

4 まとめ

2000年10月中旬に岩手山の人工地震探査を実施した。Time-term法による解析結果から、山頂火口より約2km西方の旧岩手山の火口カルデラの直下に岩手山直下の基盤の盛り上がりを見いだした。今後、この構造を参考にした初期モデルに基づいて3次元速度トモグラフィーを行う予定である。

謝辞

岩手山構造探査には岩手県より3カ所の人工地震の起震ならびに防災ヘリコプターによる山頂での観測機器の設置・撤収の支援を受けた。また、環境庁、盛岡森林管理所、周辺市町村より多大なご協力を受けた。気象庁・岩手県・防災科学技術研究所からは波形データの提供を受けた。記して感謝します。

参考文献

- 岩崎貴哉・他12名, 1997年東北日本横断地殻構造探査, 月刊地球, 号外27, 48-55, 1999.
- Kato, N., Nakao, S., Yamamoto, H., Yamamoto, K., and Hirasawa, T., A statistical method for detecting linear trend changes and its application to deformation rate analysis, *Tohoku Geophys. J.*, **34**, 13-34, 1991.
- 西 潔, 構造探査データを用いた霧島火山体浅部の3D速度構造, 火山, **42**, 165-170, 1997.
- 佐藤峰司・浜口博之, 1998年2~8月の岩手山の火山性地殻変動の解析, 月刊地球, **21**, 312-317, 1999.
- Scheidegger, A. E. and Willmore, P. L., The use of a least squares method for the interpretation of data from seismic survey, *Geophysics*, **22**, 9-22, 1957.
- 清水 洋, 岩手山の地球物理学的研究, 東北大学修士論文, pp.122, 1981.
- 田中 聡・中道治久・浜口博之・植木貞人, 1998年の岩手山における地震活動, 月刊地球, **21**, 273-279, 1999.
- 筒井智樹・他68名, 人工地震探査による霧島火山群の地震波速度構造-はざとり法による解析-, 火山, **41**, 227-241, 1996.
- 植木貞人・三浦 哲・佐藤俊也・立花憲司・浜口博之, 高密度GPS観測により解明された岩手火山の地殻変動, 月刊地球, **21**, 296-301, 1999.

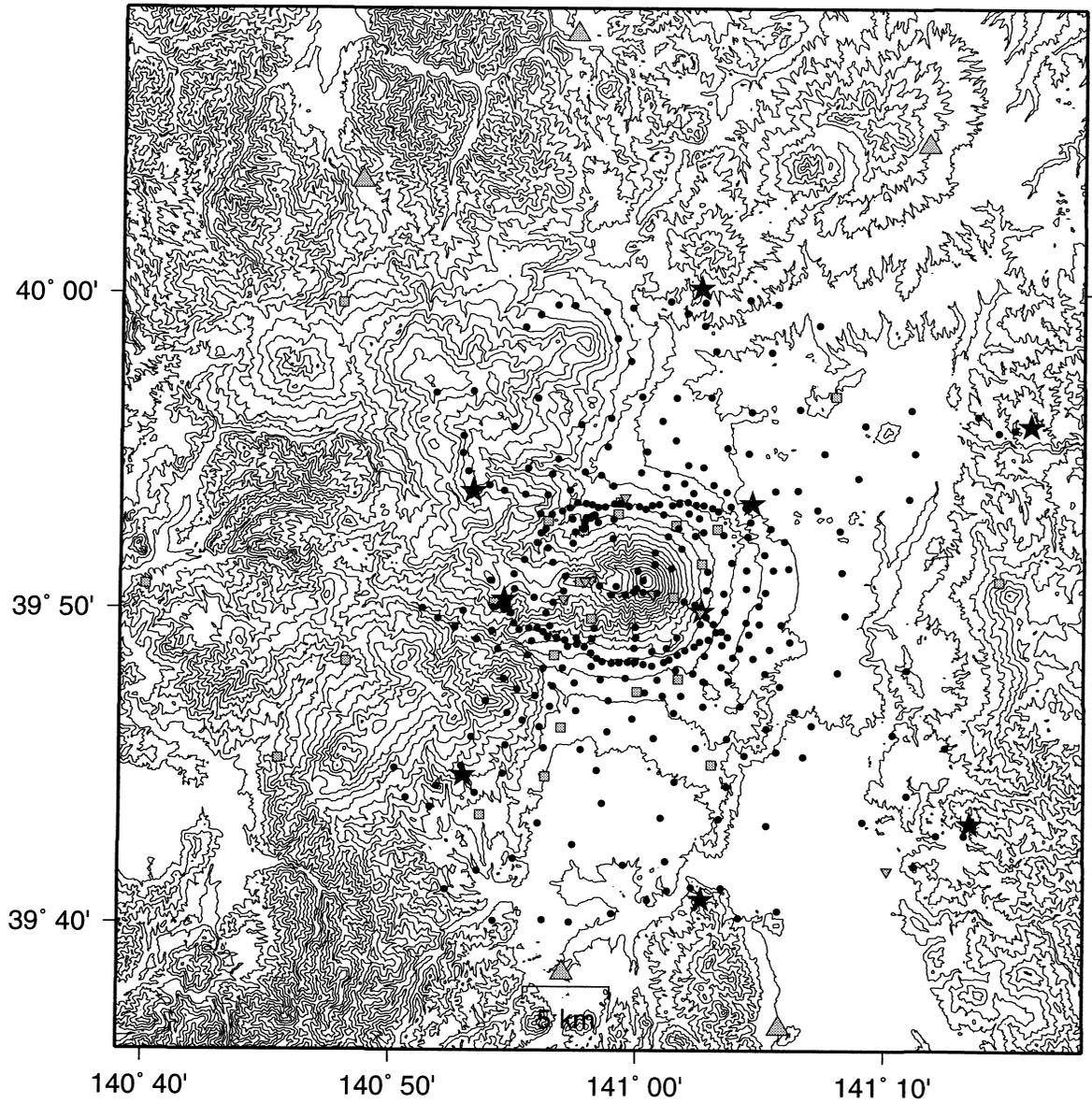


図1: 観測点・爆破点配置。探査期間中に設置した臨時観測点を黒丸、爆破点を星印で示す。四角は東北大、逆三角は気象庁・岩手県、三角は防災科技研の定常点。

00/10/19/ 01h01m59.576s FL= 2.00 FH= 15.00 N= 2

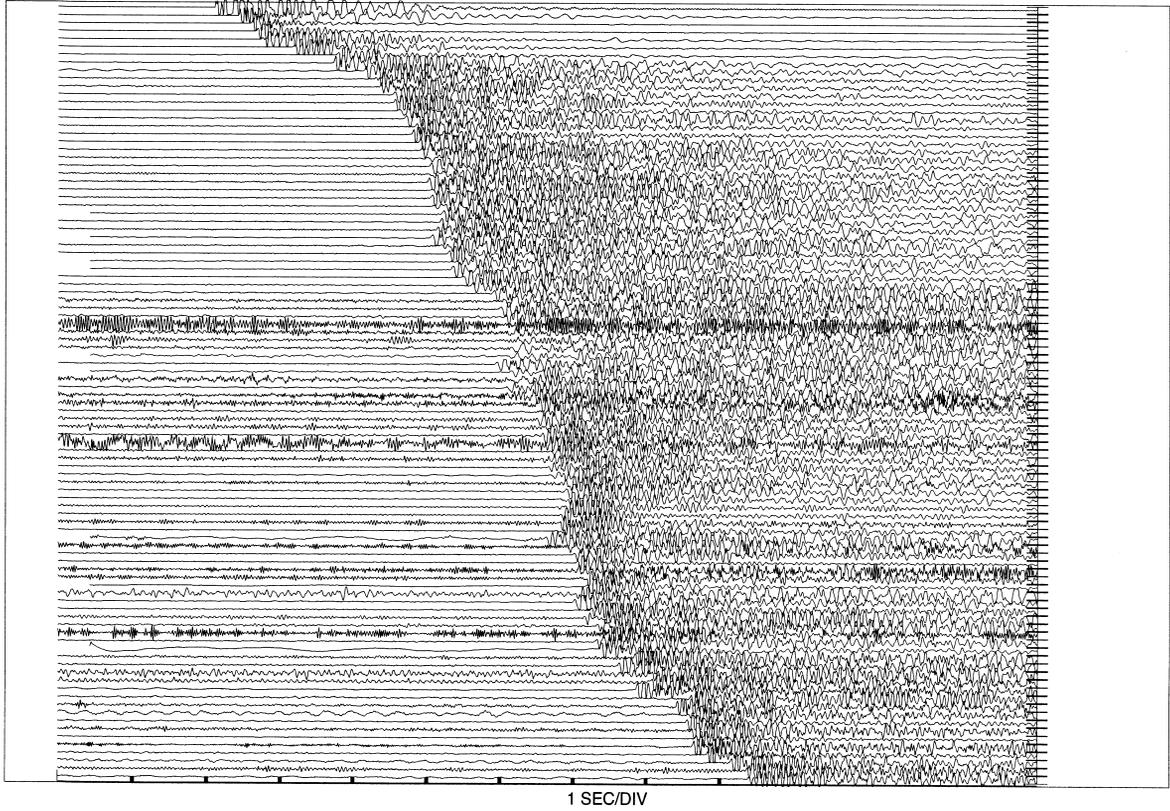
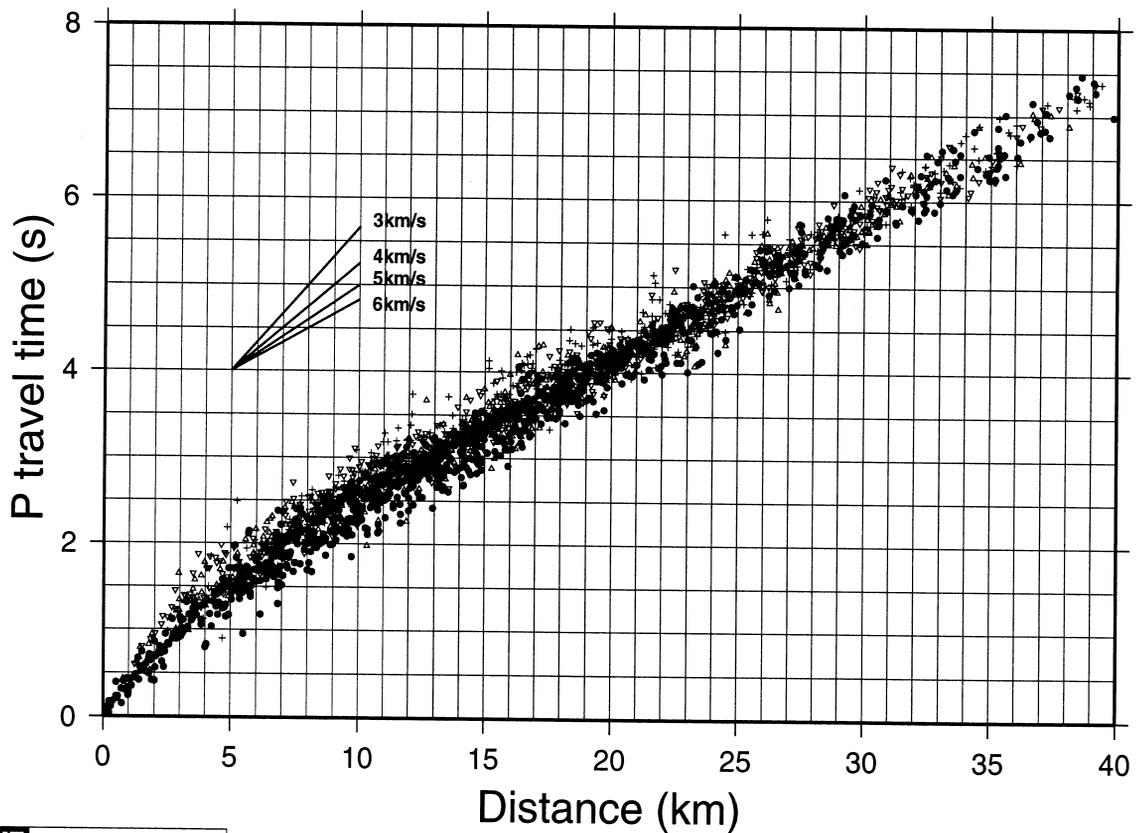


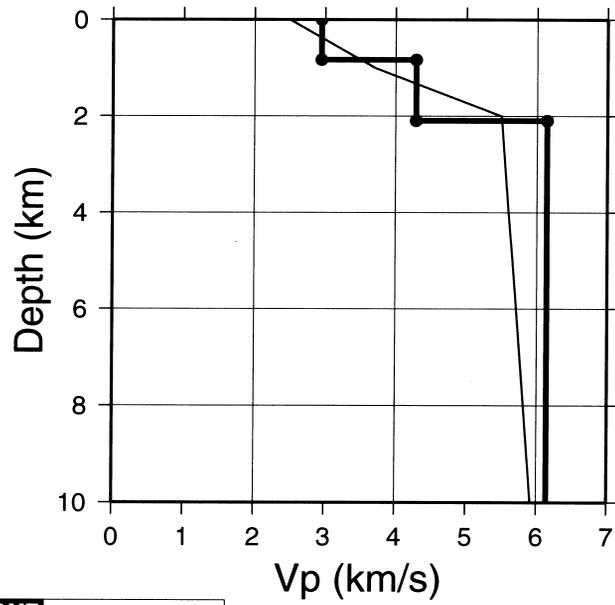
図2: 最北端の爆破点による地震波形例。上から震央距離順に並べ、振幅を各トレースの最大値で正規化。

All Shots



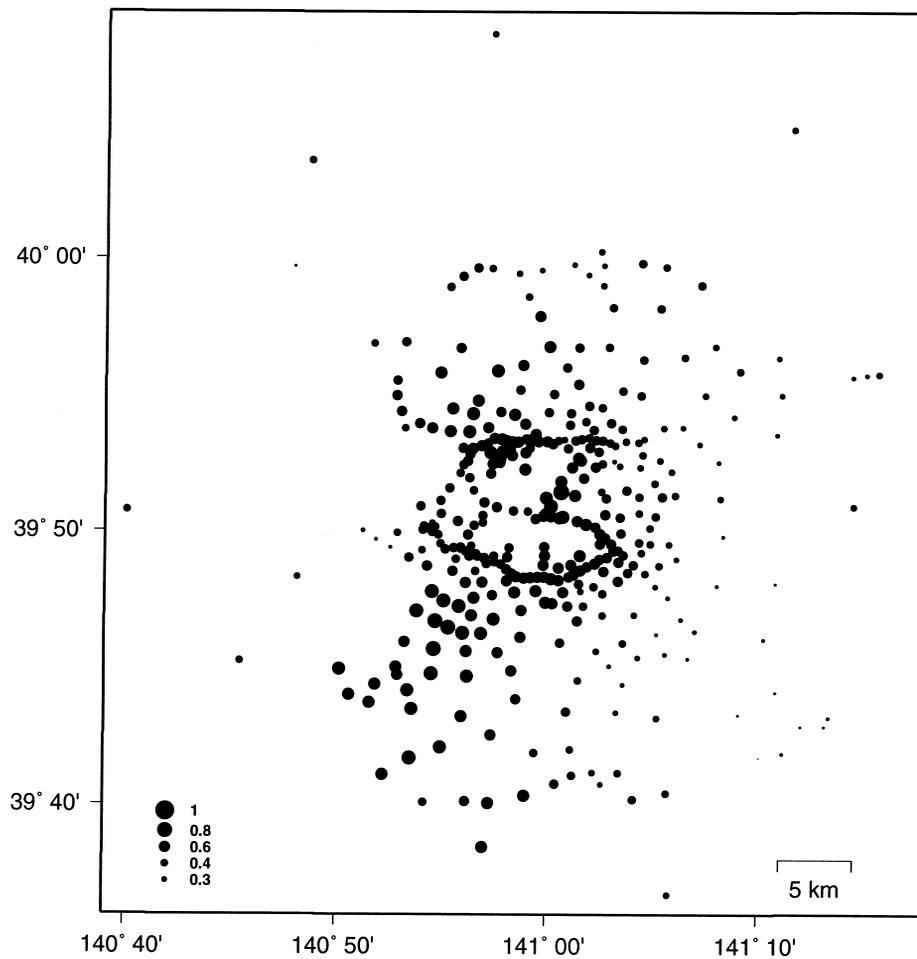
GMT Feb 28 15:31:34 2001

図3: 走時分布。データの質が良い方からA、B、C、Dとランクをつけた。黒丸がA、三角がB、逆三角がC、十字がDランクを示す。



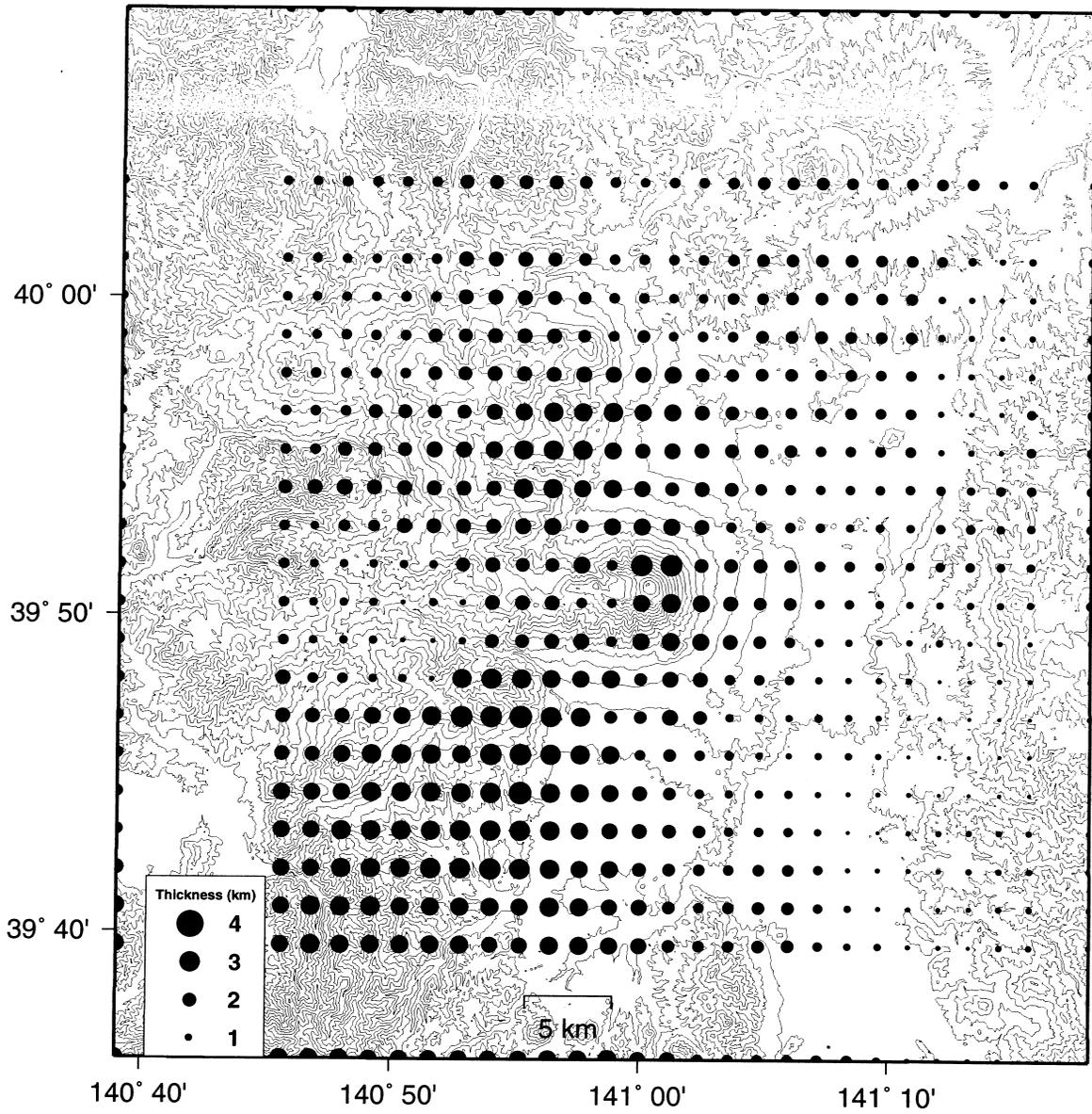
GMT Feb 28 15:11:57 2001

図4: P波速度構造。太線が走時データから推定した構造。細線は東北大学が岩手山周辺の地震の震源決定に使用している構造。
Time-Term



GMT Dec 26 10:18:22 2000

図5: Time-term の分布。



GMT Feb 28 15:17:41 2001

図6: 表層の厚さ分布。