

新潟平野西縁部、角田・弥彦断層群における浅層反射法地震探査

渡部 俊* 卜部 厚志** 高浜 信行** 鈴木 幸治**
村尾 治祐*** 渡辺 史郎**** 稲崎 富士****

1. はじめに

角田・弥彦断層群は、新潟平野西縁部に位置し日本海にまで追跡される延長約 30 km の伏在活断層である(第 1 図)。本断層群は、石油探鉱を目的とした地震探査やボーリング調査などから、前～中期更新世以降活発な活動をしたことが知られている。しかし、現在の地表面である沖積面には、明瞭な変位地形は認められず、断層群の詳細な位置はもとより規模・活動履歴等は明らかにされていない現状にある。

本断層群に関する最近の探査として、加野ほか(1998, 1999)は巻町～西川町において P 波による反射法地震探査を実施したが、対象を地下深部としたため浅層部の詳細な構造を明らかにできなかった。また、稲崎・加野(1999)は、同地域において S 波を用いた高分解能反射法探査を行ない、沖積層における浅層部の撓曲変形を明らかにしている。しかし、沖積層の基底から沖積層内部を変位させる明瞭な断層はみいだされていない。

そこで、本研究では沖積層基底から沖積層内部に変位を及ぼし、かつ地表面直下まで変位を及ぼすような伏在活断層の発見と角田・弥彦断層群の概要を把握するため、新潟市赤塚において P 波による反射法弾性波探査を実施した。なお、本研究は、新潟平野の伏在活断層を含む沖積層の発達過程の解明と沖積平野における浅層反射法地震探査の手法開発を目的とした研究の一環である。



第 1 図 角田・弥彦断層群と調査位置
国土地理院 1/200,000 地形図「長岡」を使用。

* 新潟大学大学院自然科学研究科 (株式会社村尾技建)

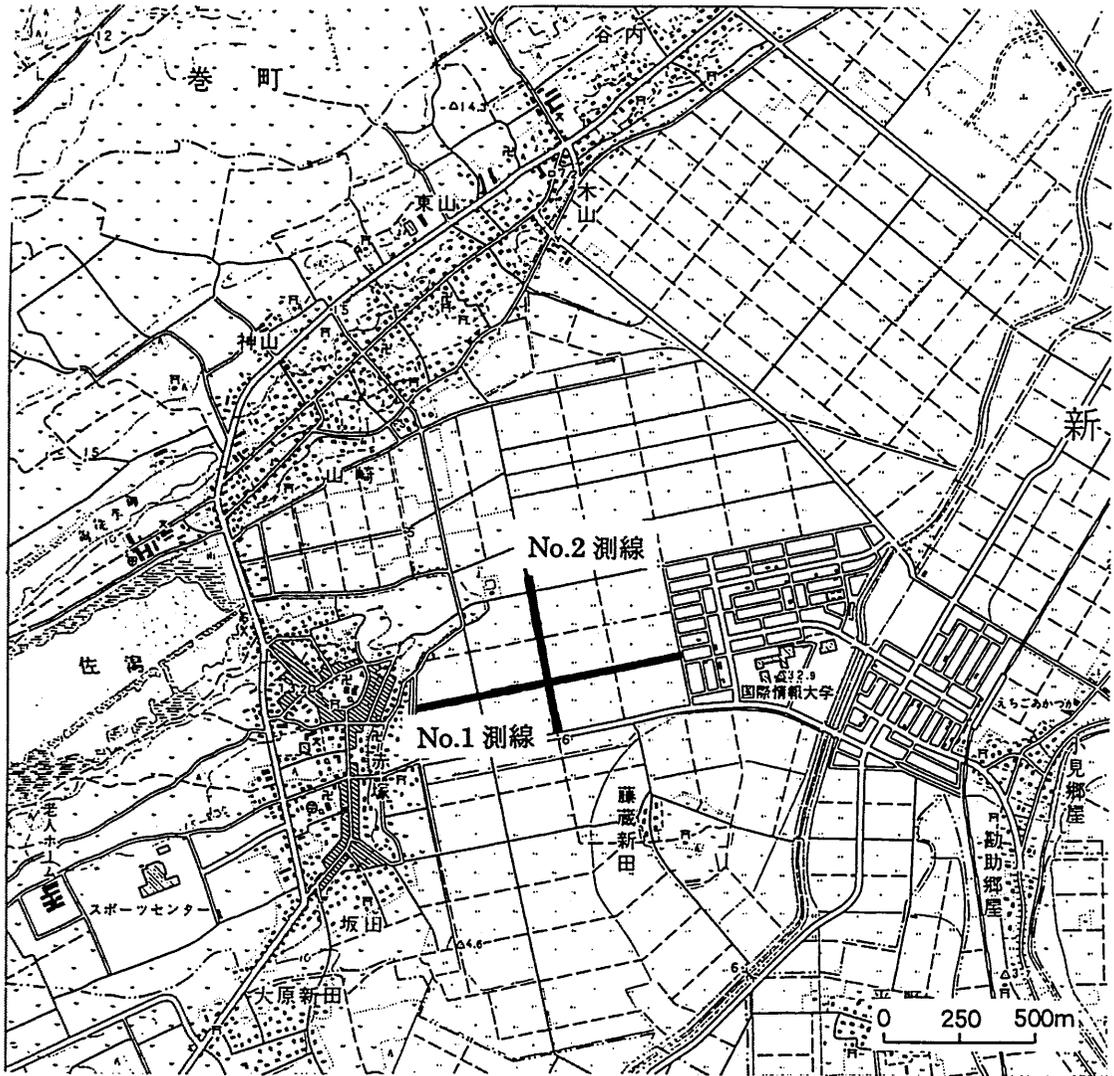
** 新潟大学積雪地域災害研究センター

*** 株式会社村尾技建

**** 工業技術院地質調査所

2. 地形・地質概要

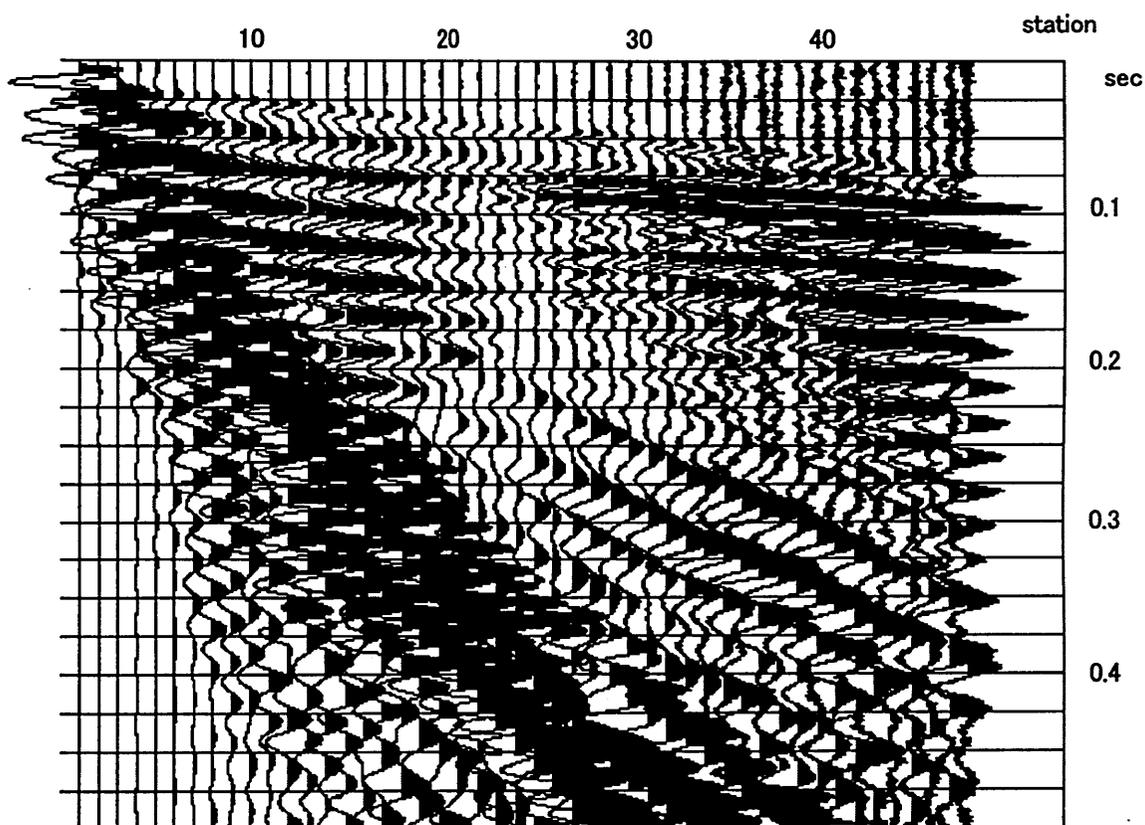
探査測線付近の地形は、南西—北東方向にのびる砂丘列が沖積低地となる部分である(第2図)。測線付近の沖積層は、地表下5 m程度までは非常に軟弱なシルト・粘土層でそれ以深(深度20 m?)は細~中粒砂とされる。地表下20 m以深の岩相と層序は、ボーリング資料が乏しいことから不明である。また、同地域の沖積層基底(G1 礫層)深度は、本探査のNo.1 測線の終点から約1km離れた地点で地表下約130 mである。



第2図 調査測線位置図
国土地理院 1/25,000 地形図「巻」を使用。

3. 探査方法および探査概要

一般に地震探査は、震源から震動を人工的に発生させ震動の伝達具合から地下構造を想定するものである。震動は地下を伝わり、音響インピーダンスの異なる境界面で反射・屈折を起こす。反射法は、この反射波を利用して地下の状態を探査するものである。音響インピーダンスは、媒質の密度や地層の弾性波伝播速度の相違を示すものであり、ボーリング調査などと併用することにより平面的なデータを得ることができる。解析は、データから反射波以外の波（ノイズ）の除去から始める。ショット記録は（第3図）のように数種類の波が記録されている。このうち、地表面を伝わる表面波は、波長が大きく速度が遅い。これに対して反射波は、波長が小さく速度が速い。これらのショット記録をCMP重合法により重合し、反射波を強調する。時間による遅れを地盤弾性波速度の想定とNMO補正により修正する。また、共通反射点のデータ取得のため震源と地震計を移動させ、一般に重複して記録をとる。



第3図 ショット記録 (No.2 測線 50 m地点におけるショット)

今回の探査は、探査対象深度を 50 m 程度に設定し、P 波を用いた反射法地震探査によって行なった。探査の基本仕様を第 1 表に示す。測線は、南北方向 (No.1: 測線長 840 m) と東西方向 (No.2: 測線長 478 m) の 2 測線とし、互いの測線の中心付近で直交するように設定した (第 2 図)。発振は、簡易で比較的高周波を発振する重錐自由落下型震源 (ドロップヒッター) を用いた。受振器は固有周波数 40Hz の地震計を各受振点につき 6 個のグループで使い、それぞれ群設置した。また、現場における周波数のローカットは設定していない。発振・受振間隔は 2 m として探査記録のトレース間隔を短くし、水平方向の分解能も高くなるようにした。

現場記録は基本的にエンドオン法を用い、各発振点に対する受振点数は No.1 測線では 24、No.2 測線ではエンドオン法とインラインオフセット法を併用して受振点数を 48 とした。これによって得られる各共通反射点における重合数 (標準水平重合数) は、No.1 測線で 12、No.2 測線で 24 である。また、各発振点における発振数 (標準垂直重合数) は 4 で、現地において重合し状態を確認した後に探鉱器に収録した。

第 1 表 探査仕様一覧表

No.1 測線長	840 m
No.2 測線長	478 m
探鉱器	Geometrics Staraview RX24
地震計	Mark L-40 (40Hz) 6 群
震源	重錐自由落下型 (重量 50kg : ドロップヒッター)
受振点間隔	2 m
発振点間隔	2 m
オフセット	0 m
記録長	500msec
サンプルレート	0.25 μ sec

4. 探査結果

探査記録は、No.1 測線では約 800 ショット分 (1 ショット 24 トレース)、No.2 測線では約 400 ショット分 (1 ショット 48 トレース) の記録である。記録はデジタル記録として探鉱器から PC に読み込み、PC 上で起動する反射データ処理ソフト「VISTA」によって処理を行なった。

野外の無処理記録では風のノイズを受けた記録もあるが、解析には大きな影響はない。処理は、共通反射点重合法による反射法探査の標準的な方法で行ない深度変換まで処理した。具体的な手順は、①ショット記録の合成、②フィルター処理 (周波数フィルター、F-K フィルター等)、③速度解析 (速度設定は、地下の構造を 3~4 層に分け反射波の走時から求め、それぞれの層に弾性波速度を仮定して解析)、④重畳処理 (静補正等を含む)、⑤深度変換である。

処理の結果得られた断面は、全体に良好であり両測線において深度 50 m 程度に強い反射面が見られる。反射面は密度や固結度、伝播速度の相違を示すものであるため、この強い反射面は大きな特性の違いが想定される。この強い反射面を境界として上部では反射面が弱く下部では反射面が強くなることから、上部層が沖積層と考えられこの強い反射面は沖積層基底の礫層 (G1 礫層) と考えられる。

また、反射面の変位から、No.1 測線では 120, 250, 400 m 付近で、No.2 測線では 170, 200, 270 m 付近で沖積層を変位させる断層群が認められる。なお、往復走時断面と深度変換断面は現在補正等に関してより最適なものを検討中であるため、本稿では省略する。

5. まとめ

解析の結果から、沖積層を変位させる断層が確認された。これらは、新潟平野西縁に存在が考えられてきた角田・弥彦断層群の一部であると推定される。また、今回の測線での沖積層の基底は概ね深度約 50 m 程度で水平であることから、沖積層のより大規模な変位の位置は、空中写真より判読したリニアメントやボーリング資料から判断して、今回の測線よりさらに東側に存在すると推定される。よって、今回の探査によって確認された断層は、断層群の一部で小規模なものであると考えられる。今後、測線を再設定し主要な断層の位置と変位量を確認していくことが必要である。なお、深度 50 m 付近に見られる強い反射面についてもボーリングによる地層の確認と探査結果との整合性を検討することが必要である。

探査中、表層地盤の相違により震源の波が伝わり難い地点が存在した。測定した記録を増幅する事により解析時の問題はなかったが、使用するトレース数により解析結果に違いが現れた。地表近くが軟弱な場合、深部への波が大きく減衰し、波を記録する事が困難となる。解析に 24 トレースを用いた場合は、深部の反射波が弱く不明瞭である。48 トレースを用いた場合は、深部の反射面も確認できる。このことから、特に表層に軟弱層が分布している場合は、トレース数が解析結果に大きく影響してくる。探査を行う場合は、重畳数が多くなるような測線設定と展開が重要となる。

6. 文献

稲崎富士・加野直巳 (1999) 高分解能 S 波反射法及びサイスマックコーン貫入試験による角田・弥彦断層群の浅部構造調査。地質調査所速報。No.EQ/99/3, 59-68。

加野直巳・山口和雄・栗田泰夫 (1998) 角田・弥彦断層系の反射法調査。物理探査学会第 99 回 学術講演会講演論文集, 29-32。

加野直巳・山口和雄・栗田泰夫 (1999) 角田・弥彦断層群の P 波反射法地震探査。地質調査所速報。No.EQ/99/3, 47-58。