

現地計測による積雪層内の音波の伝播形態の一例

Estimation of Sonic Waves Velocity in the Snow Layer

土井一生・大澤光（京大防災研）・平島寛行・阿部修（防災科研）・柴崎達也・松浦純生（京大防災研）

Issei Doi, Hikaru Osawa, Hiroyuki Hirashima, Osamu Abe, Tatsuya Shibasaki, and Sumio Matsuura

1. はじめに

積雪層内を伝わる音波の伝播速度や減衰率は、氷・水・空気の三相混合媒質の弾性的な性質を反映し、積雪層の密度、間隙比や含水率などの情報を持つと考えられるため、積雪層の状態を推定するうえで重要なパラメータとなり得る。これまで、多くの研究（例えば、石田、1964; Yamada et al., 1974; 大垣・竹村, 1990）などによって積雪層内を伝わる音波の伝播速度が実験的に測定されてきた。その結果、積雪層の密度などによって伝播速度は大きく異なり、200-1500 m/s の範囲で大きくばらつくことが示唆された。また、Kinar and Pomeroy (2015) は音波の反射強度を利用して積雪深や積雪層内の状態をモニタリングする方法を提案したが、積雪層中の音波の伝播速度の性質を把握しておくことが基礎となる。本研究では、音波の波形を多点で高サンプリング集録することによって初動だけではなく後続波も含めて音波波形を直接計測し、その伝播の様子から積雪層内における伝播速度を見積もった。

2. 測定方法

新潟県上越市伏野地すべりの緩斜面をフィールドとして、2016年3月7日に測定をおこなった。測定時の積雪深は170 cmであった。約20 cm×約10 cmの木板をハンマーで叩くことにより音波を発生させ、PCB Piezotronics社製一成分高感度加速度計393B04でその振動を観測した。雪面上に長さ6.6 mの測線を設定し、測線の片方の端Oに木板を、点Oから3 mの位置に加速度計Iを置いた。この状況で、O点から20-40 cmごとに別の加速度計IIを設置するたびに木板を叩いて音波を発生させ、両加速度計I, IIにおける音波の同時測定を繰り返した。なお、音波はサンプリング周波数25.6 kHz (3.90625×10^5 秒間隔) で集録をおこなった。

3. 結果

加速度計Iの音波の立ち上がり時刻を読み取り、この時刻を0として基準とすることで加速度計IIにおいて計測された音波波形を距離順に並べた(図1)。各地点における音波の立ち上がりはほぼ一つの直線上に並び、その伝播速度は1100 m/sであった。また、この波の到達から少し遅れて別の波が到達している様子が見られた。この到達についてフィルター処理などをしながらトレースし、伝播速度を推定すると320 m/sであった。

4. 議論、まとめ

観測された音波がどのようなものかを確認するため、2つのピットを掘削し、片側の深さ80 cmの位置で音波を発生させ、もう片側の同じ深度で受振する実験をおこなった。その結果、伝播速度が1200 m/sである音波を観測できた。雪面上での測定で得られた伝播速度1100 m/sの音波と同じものを測定したものと考えられる。積雪層内の音波の伝播速度を、雪面上における観測によって推定することが可能であることが分かった。

検出した2つの波の伝播のうち遅いほうの伝播速度は空気中の音速と近く、積雪層のすぐ上の空气中を伝播した音波を検出した可能性が考えられる。一方で、積雪層内の音波の伝播速度が遅い領域を伝わった音波である可能性も否定できない。収録された音波波形を精査することで、複雑な積雪層内の音波の伝播過程を明らかにすることが期待される。

なお、積雪層において地面までピットを掘削し、深さごとの雪の密度、温度、含水比、雪質を計測、観察した。今年は気温が高く融雪が進んでおり、全深さにわたり密度は0.4-0.5 g/cm³と高い値を示し、温度は0度、体積含水比も10%程度であった。また、雪面付近は氷の組織が発達した「ざらめ」状の雪質であり、このような性質が弾性波を比較的効率よく伝播させ大きな伝播速度が得られた理由として考えられる。

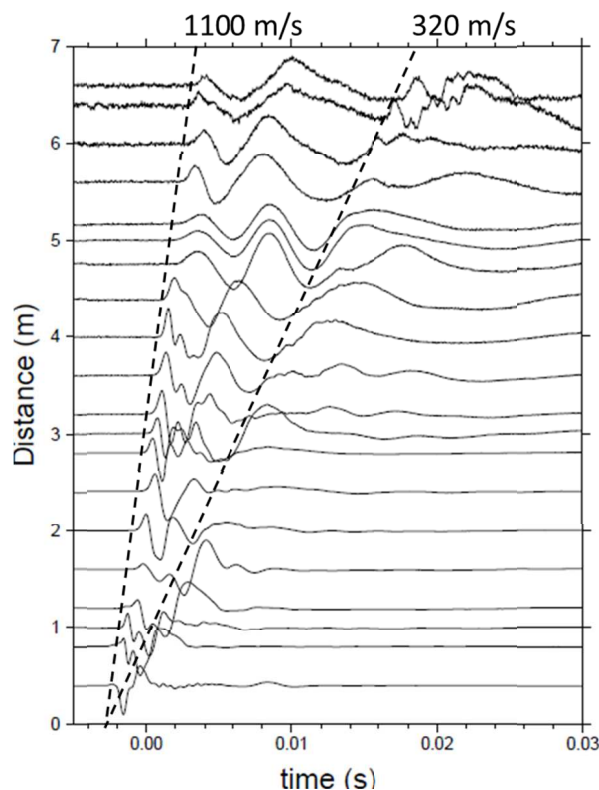


図1：測定された音波波形記録。