

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 17 日現在

機関番号：30110

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23651182

研究課題名（和文） 雪中における音場計測と音声明瞭度評価

研究課題名（英文） Measurement of sound field and intelligibility of speech in snow

研究代表者

榊原 健一（SAKAKIBARA KEN-ICHI）

北海道医療大学・心理科学部・准教授

研究者番号：80396168

研究成果の概要（和文）：

本研究では、(1) 自然積雪；および(2) 踏み固めることによって人工的に得られた圧雪；の二つの異なる積雪に関して、音響的特徴を計測した。圧雪に関しては、積雪表面で足踏みをする、スキーのストックで突き刺した場合についても音響的特徴を計測した。自然積雪では、高い周波数帯域の方が、低い周波数帯域に比べて、減衰が大きく、圧雪では、広い帯域において一様に 40 dB 減衰した。一方、スキーのストックで雪面を叩いたり、雪面の上で足踏みをしたりする直接的に雪面に振動を加える方法では、30 cm の深さにおいても広い帯域において MAF よりも 20 dB 強かった。さらに、振動する位置をマイクの垂直上の地点から 1 m 遠くの地点としても、60 cm の深さにおいて、1000 Hz においては MAF よりも 10 dB 強かった。この結果から、雪崩の埋没者に音で捜索者の存在を示すには、声で呼びかけるよりもスキーのストックで雪面を叩くなど直接雪面を振動させる方が有効であることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

In this research project, acoustic characteristic of sound insulation of two different snow packs: (1) a natural snow pack; and (2) a compressed snow pack by stomping, were measured. Acoustic characteristics of a compressed snow pack directly vibrated by stomping on surface and sticking with ski poles were also measured. In the case of a natural snow pack, the relative power of a high-frequency range was attenuated more than that of a lower-frequency range, and in the case of a compressed snow pack, the relative power was uniformly attenuated across a wide frequency range. In a compressed snow, attenuation reached to more than 40 dB uniformly in all frequency domains. On the other hands, in a method directly vibrating a snow pack, such as ski-pole sticking and stomping, sound pressure level measured at 30 cm depth was about 20 dB greater than the MAF (minimum audible field) across a wide frequency domain. Furthermore, even if a vibrating point was 1 m far from the position of a microphone in a horizontal direction, sound pressure level at 60 cm was 10 dB greater than the MAF at 1000Hz. The results suggest that sticking with ski poles is effective to send sounds to a burial, and much better than voice call.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 ・ 自然災害科学

キーワード：雪氷災害、音声、明瞭度、音場

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、山岳地帯スキーなどのスノースポーツを楽しむ一般人も増加し、雪崩事故の防止、救助対策が重要となっている。

我が国では、平成 17 年に警察庁が、「冬山における山岳遭難防止対策の推進」を通達し、冬山における山岳遭難対策が急務となっている。また、米国でも 1990 年以降、雪崩事故死亡者数は増加の傾向にあり、国際的にも雪崩事故防止の対策が検討され、教育も実践されている。

雪山での雪崩遭難では、遭難者の救命のためには埋没から 15 分以内に救助することが必要であり (Falk et al., Nature, 368, 1994), 事故に遭遇したパーティー自身による迅速なコンパニオンレスキューが必要不可欠である。通常、冬山での山岳活動では、ビーコン、ゾンデ、シヨベルを携行し、15 分という時間制約の中で、埋没者の埋没位置を同定し、埋没者の呼吸の確保をしつつ、迅速に掘り出し救助する。近年、ビーコン性能の向上によりおおよその埋没位置の同定は迅速に行うことが可能となったが、同定後の、迅速かつ有効な掘り出し、呼吸のための堅穴の作成に依然として改善の余地が残されている。掘り出し時には、埋没者に声をかけ、埋没者の声を聞くことが埋没者の正確な埋没位置、特に頭部の場所を同定する上で重要である。しかし、この呼びかけ・聴取にとって重要な要因となる雪上、雪中の音響特性は不明であり、また、音声コミュニケーションの明瞭度についても不明で、これらに関する先行研究は皆無である。このような背景から、雪中、雪上の音声の明瞭度を計測、聴取実験により明らかにすることは重要な課題である。

(2) これまでに、積雪面、積雪中での音の伝搬特性の研究 (岩瀬他, 日本雪工学会, 1999), および降雪時の視程に関する研究は存在するが (竹内他, 雪氷, 38(4), 1976), 降雪時の音場の研究は国内外に皆無であり、また、降雪時の音声の明瞭度の試験の研究も国内外に皆無である。したがって、降雪時の音場についても明らかにされることが望まれる。

2. 研究の目的

本研究は、積雪時、降雪時、および雪崩埋没時を想定した雪中環境での音場測定を行い、その環境下での音声での呼びかけ、会話をした場合にどの程度の音声の明瞭度が確保されるかを分析し、雪中での安全確保および雪崩埋没した遭難者救助に有効な音声コミュニケーションの方法について検討を行い、雪冬山における山岳遭難の予防、救助へ

の実践的貢献を行うことを目的とする。近年増加する、一般人の雪山での遭難防止、雪崩災害時のセルフレスキューに有効な、音声コミュニケーションの方法について、本研究の成果が具体的な指針を与えると期待される。

3. 研究の方法

本研究では、降雪時、積雪時の野外において、音場を計測した。また、雪面を直接振動させた場合の音の伝搬について、計測をおこなった。

音声の明瞭度試験のために、伝達関数を決定し防音室内で収録された音声と重畳して積雪内で聴衆される音声を模擬し、実験室内で音声の明瞭度評価をおこない、類義語の中でもっとも雪中での明瞭度が高い単語を特定し、雪中での注意喚起等の掛け声、埋没者救出時の呼びかけに用いる単語、声質を特定することを計画した。

4. 研究成果

積雪環境および降雪時における雪崩埋没者と救助者との音声コミュニケーションを想定し、雪中での音場測定を実施した。新雪を含む自然積雪では、低周波領域で強い遮音特性を示し、また、圧雪では低周波から高周波まで広い周波数領域において強い遮音特性を持つことが明らかになった。測定した圧雪の条件は平均的な密度が $350\text{--}400\text{ kg/m}^3$ 、雪崩のデブリとしてはやや低めの密度に相当し、この場合、雪面から 30 cm の深さで、50 dB 程度雪面から音響的な減衰が認められた (図 1)。

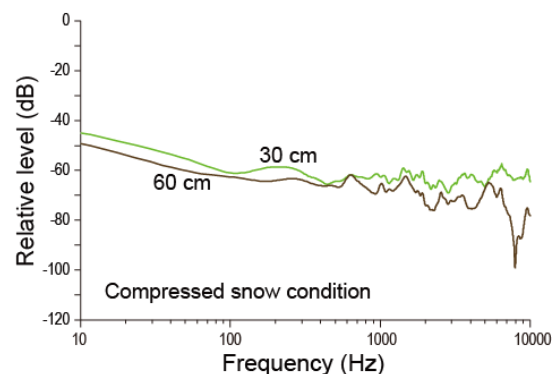


図 1 : 圧雪の伝達関数

この結果は、雪面より上における会話音声雪中の埋没者へ伝わるということがほぼ不可能であることを示した。

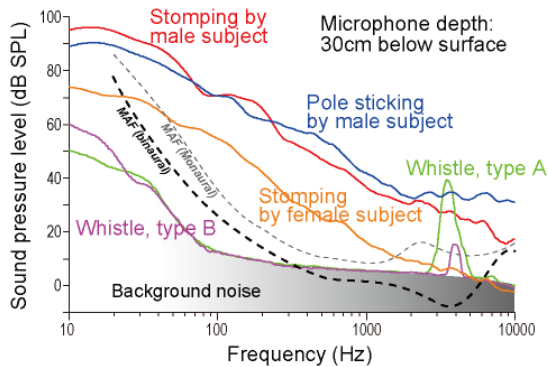


図 2: 異なる音源の雪中の伝播特性

一方、ストックを雪面に突き刺す音、雪面上の足音などは、最小可聴閾値を、広い周波数領域で、30 dB 以上、上回っており、埋没者が聴くことが十分に可能であることが分かった。また、救助用のホイッスル (F0=4000 Hz) も、最小可聴閾値を 30 dB 程度越えることが分かった。以上の結果より、雪崩埋没者の捜索には、救助者の音声による呼びかけは有効性に欠け、埋没者へ救助者から音を伝達する場合は、雪面を振動させる方法が有効であることが示された。また、音声よりはホイッスルが有効であることが示された (図 2)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- [1] Ken-Ichi Sakakibara, Katuhiro Maki, Kimiko Yamakawa, and Shigeaki Amano, What can avalanche burials hear? – acoustic characteristics of snow packs and their relation to input sounds, Proceedings of International Snow Science Workshop, 2012. pp. 1011—1016. 査読有

[学会発表] (計 2 件)

- [1] 牧 勝弘, 山川 仁子, 天野 成昭, 榊原 健二, 雪中への音の伝搬特性, 日本音響学会 2012 年度秋季研究発表会, 2012 年 9 月 20 日、長野.
- [2] Ken-Ichi Sakakibara, Katuhiro Maki, Kimiko Yamakawa, and Shigeaki Amano, What can avalanche burials hear? – acoustic characteristics of snow packs and their relation to input sounds, Proceedings of International Snow Science Workshop, 2012. 年 9 月 16—18 日, Anchorage, USA.

[その他]

ホームページ

<http://www.hoku-iryo-u.ac.jp/~kis/kis.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榊原 健一 (SAKAKIBARA KEN-ICHI)
北海道医療大学・心理科学部・准教授
研究者番号：80396168

(2) 研究分担者

天野 成昭 (AMANO SHIGEAKI)
愛知淑徳大学・人間情報学部・教授
研究者番号：90396119

山川 仁子 (YAMAKAWA KIMIKO)
愛知淑徳大学・人間情報学部・助教
研究者番号：90396119

牧 勝弘 (MAKI KATUHIRO)
愛知淑徳大学・人間情報学部・准教授
研究者番号：50447033

(3) 連携研究者

なし