

観測と気象衛星データから雲海の発生条件と発生域の特定に成功

雲海とは眼下に海のように広がる雲（下層雲）の景観で、その場の天気ではありません。雲海が発生する仕組みとして、下層雲の形成過程を当てはめた解説はありますが、雲海そのものを観測して気象条件や発生域を分析した研究は、これまでほとんど行われていませんでした。本研究では、長野県のスキー場において3年間にわたり暖候期の気象観測を実施し、八ヶ岳連峰の西側山麓で早朝に出現する雲海の気象条件を明らかにしました。さらに、気象衛星データを用い、中部山岳域において雲海が出現しやすい地域を特定することに成功しました。

インターバルカメラと自動気象観測装置のデータを分析したところ、現地で発生する雲海には、大規模なものと同側または西側に偏る小規模なものが存在すること、大規模雲海は早朝5～6時に発生頻度が極大となることが分かりました。一方、東側に偏る小規模雲海は、八ヶ岳連峰に対する地形性滑昇雲であることが示唆されました。

また、気象衛星ひまわり8号の画像を利用して、中部山岳域における夜間下層雲の空間分布を経験的に検出するアルゴリズムを構築し、暖候期に下層雲が頻発しやすい12領域を特定しました。そのうちの6領域で同時に下層雲が発生した日（広域発生日）の67%で、沈降性逆転の存在が確認されました。また、上層雲が少ない広域発生日には、大規模雲海が観測されました。以上から、中部山岳域の山間部で早朝に出現する大規模な雲海には、夜間の放射冷却とともに、総観規模の高気圧に伴う沈降性逆転の存在が重要であることを指摘しました。

研究代表者

筑波大学生命環境系

上野 健一 准教授

研究の背景

山岳域の天候の特徴の一つに雲海の出現があります。雲海は早朝に出現しやすく、眼下に広がる海のような様相から、近年は観光資源として注目されています。しかしながら、その発生条件や発生域について分析した研究例は、これまでほとんどありませんでした。そこで本研究では、長野県諏訪郡富士見町の富士見パノラマスキー場において、2017～2019年の3年間にわたり、暖候期の現地観測を実施しました。同スキー場は標高差700mにおよび、斜面に沿った気象を樹木に邪魔されずに観測することが可能です。さらに、気象衛星「ひまわり8号」のデータも活用し、中部山岳域において、どのような日にどのような地域で雲海が発生しやすいかを明らかにしました。

研究内容と成果

本研究では、2017～2019年の3年間の暖候期（5～11月）について、標高1780mから1050mにおける現地観測と、気象衛星データの解析を組み合わせ研究を進めました。山頂地点にインターバルカメラを設置し、夜半から早朝にかけての雲海の出現を撮影するとともに、斜面に沿って自動気象観測装置を設置し、雲海の有無により標高に応じた気象条件にどのような違いが見られるかを分析しました。

山頂で撮影された雲海には、主に3つのパターン（大規模なもの、東側に偏ったもの、西側に偏ったもの）があることが分かりました（図1）。また、谷全体を覆う大規模な雲海には、出現頻度が最も高く、特に早朝に多く出現する傾向が、一方、小規模な雲海には、谷の東側もしくは西側に偏って出現する傾向が見られました。これらが出現した日の気象の違いを分析したところ、西側に偏る雲海の気象条件は大規模な雲海と似ており、西側に谷が偏っていることから、大規模な雲海の未発達な状態と判断しました。東側に偏る雲海は多湿で南東風が多い日に見られることから、八ヶ岳山麓に対する地形性滑昇雲^{注1)}であると判断しました。

次に、雲海は一般に下層雲で構成されることから、気象衛星データの夜間雲形解析^{注2)}による下層雲の検出を試みました。この解析では、異なる3つの波長（バンド）帯のデータを組み合わせ、RGB合成画像を作成します。現地観測において大規模雲海が観測された日を含む暖候期の複数のRGB合成画像を用いて、夜間の下層雲に相当するピクセルを判別するための経験式を構築しました。その結果、上層雲に覆われる天候を除いて、現地で観測された大規模雲海は、衛星データでも7割が夜間の下層雲と認識されることが明らかとなりました。衛星で下層雲が識別されても現地で雲海が観測されない理由の一つとして、下層雲頂の標高が観測地点より高い事が考えられました。

衛星データによる夜間の下層雲出現頻度を作成し、雲海が発生しやすい12領域を特定しました（図2）。雲海が任意の谷間で独自に発生する日と、同時に広域で発生する日がありました。12領域のうち半数以上で同時に雲海が発生する日の気象場を、高層気象データなどを用いて分析したところ、高気圧圏内で沈降性逆転^{注3)}が生じている事が明らかとなりました。下層雲は安定な夜間境界層とともに発生しやすい事が指摘されていますが、沈降性逆転はこの安定層を強化し雲頂を平坦化することで雲海を生じさせやすくする働きがあることが示唆されます。

今後の展開

本研究の成果は、山岳気象と観光資源を結びつける新たな研究テーマの創造につながると期待されます。発案したアルゴリズムが他の山岳域でも適用できるかを検証したり、推定された地域で実際に雲海の現地観測を試み今回の結果と比較するなど、研究を進展させていく予定です。

参考図

(a) 雲海(大規模)



(b) 雲海(東側)



(c) 雲海(西側)



(d) 雲・雲海なし



図1 早朝に観測された八ヶ岳山麓の雲海パターン

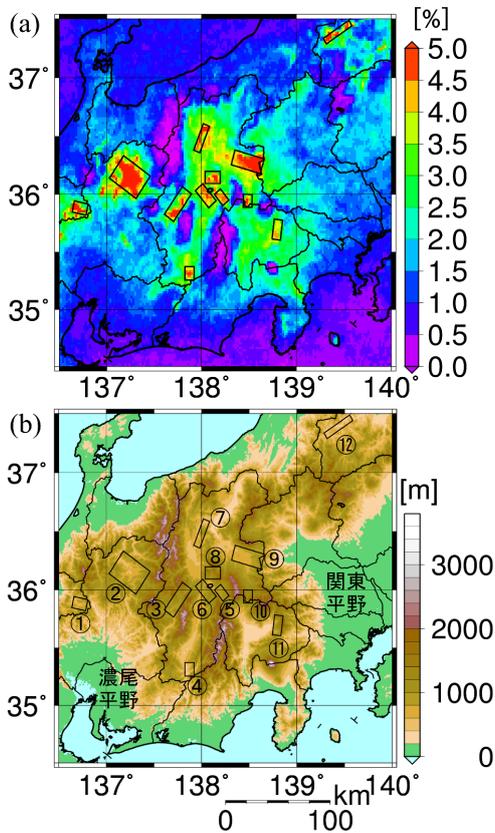


図2 中部山岳域にて暖候期に夜間下層雲が出現しやすい12地域(上図、色分けは出現頻度を示す)と、対応する地形(下図)

用語解説

注1) 地形性滑昇雲

山岳上に湿潤な気層が乗り上げる過程で雲が生じること。

注2) 夜間雲形解析

気象衛星ひまわり8号のバンド7, 13, 15のデータを利用し、夜間の雲形を解析する手法。

注3) 沈降性逆転

高気圧圏内で上層の空気層が全体に沈降し、乾燥断熱的に昇温し、その下の気層と気温の逆転（下層ほど低温となること）を生じること。

利益相反の開示

本研究は、富士見パノラマリゾートより、スキー場ゲレンデの使用許可および機材設置協力を得て実施しました。

掲載論文

【題名】 地上観測および衛星データに基づく、中部山岳域における夜間の雲海発生傾向

【著者名】 小林勇輝（研究当時：筑波大学大学院生命環境科学研究科、現：朝日航洋株式会社）、上野健一（筑波大学生命環境系）

【掲載誌】 天気 68 巻（日本気象学会機関誌）

【掲載日】 2021年8月31日

問い合わせ先

【研究に関すること】

上野 健一（うえの けんいち）

筑波大学生命環境系 准教授

URL: <https://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~water/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp