

九州北部地方における人工降雨に適した気象条件

九州大学工学部 学生会員 岩井 真央

九州大学大学院工学研究院 正会員 西山 浩司

九州大学大学院工学研究院 正会員 神野 健二

1. はじめに

気候変動や人口増加により、水資源の確保はますます重要な問題となってきた。21 世紀中にはさらに深刻な水不足問題が顕在化し、影響をうける人は世界中で数億人に達するともいわれる。水不足解消の 1 つの手法として、将来的には人工降雨技術の利用が考えられる。人工降雨の実用化を目指した研究は世界各地で行われており、九州大学では、防衛大学校やユタ大学などと共に液体炭酸を用いた人工降雨技術の研究を行っている。この技術は、過冷却状態の雲中水滴に、航空機で液体炭酸を直接撒布することで雲の発達・降水量の増加を促すものである。これまで、冬型気圧配置における層積雲系、雲の厚さが 1000m~3000m のものを対象にして人工降雨を試みてきた。しかしながら九州北部地方では、冬型気圧配置でも風向風速や寒気強さの違いなどにより発生する雲の特徴は異なる。過去の人工降雨実験でも、液体炭酸の撒布に際し適当な雲が見当たらず、実験が失敗するケースがあった。円滑に人工降雨実験を進めるためには、気象条件が人工降雨実験に適したものか否かを示す指標が必要である。そこで本研究では、福岡の高層気象データと、冬型気圧配置で降雪域がかりやすい米子の高層気象データを使って冬季気象場を分類し、過去北部九州で行われた人工降雨実験に基づいて、適当な気象条件について考察する。なお分類には、多様な気象状態という多次元データを 2 次元マップ上に射影し、その特徴を視覚的に捉えることのできる、自己組織化マップ (SOM) を用いた。

2. 内容

(1) 自己組織化マップ

自己組織化マップ (SOM ; Self-Organizing MAP) とは入力層と競合層の二層からなる教師データを持たないニューラルネットワークである。入力層は入力ベクトルが格納される。競合層にはニューロンが格子状に二次元配列されている。各ニューロンには入力ベクトルと同次元の参照ベクトルが割り当てられる。この参照ベクトルは入力ベクトルに近づくように修正されていく。修正後、入力ベクトルはそれぞれ、最も性質 (参照ベクトル) の似たニューロンに配置される。最終的に、近いニューロンには性質の似た入力ベクトルが、遠いニューロンには性質の異なる入力ベクトルが配置され、多次元情報を二次元マップに分類することができる。

(2) 使用データ

入力ベクトル作成のためのデータとして、University of Wyoming, Collage of Engineering, Department of Atmospheric Science より公開されている高層気象データを用いた。本研究では、福岡と米子のデータを使用し、解析期間は 1998 年から 2008 年まで、各年冬季 (12 月・1 月・2 月・3 月) とした。データは午前 9 時と午後 9 時の 1 日 2 回で、期間中は欠測を含み、データ数は 4717 個となった。入力ベクトルは、850hPa 面の気温 (T850)・湿数・風向風速、700hPa 面湿数、および 500hPa 面気温 (T500) の 5 次元であり、これを SOM で分類した。

(3) 分類結果・考察

SOM で分類されたマップ上における、各指標の値の分布を見たものを図 1~図 5 に示す。図 3・4 では、湿数が 3℃以下の湿域となるエリアを着色して示す。九州北部地方が冬型気圧配置となり、下層に強い寒気が侵入してきた際の気象場の考察を行う。図 1 の 850hPa 面において -6℃以下の領域を 5 つにわけ (図 6)、それぞれの領域における各指標の特徴を示すと、以下ようになった。

- ・ A 域 : T500 が約 -30℃以下で、700hPa 面および 850hPa 面が湿域。
- ・ B 域 : T500 が約 -28~-30℃, T850 が約 -8~-11℃。850hPa 面が湿域、700hPa 面が非湿域、850hPa 面で北西風。

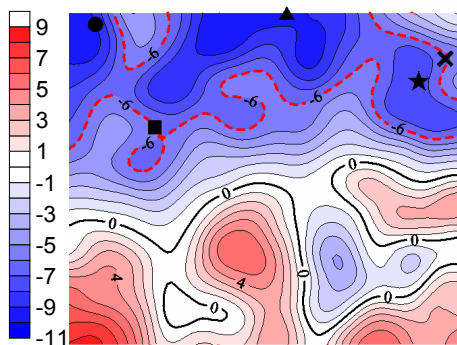


図1 850hPa 気温分布

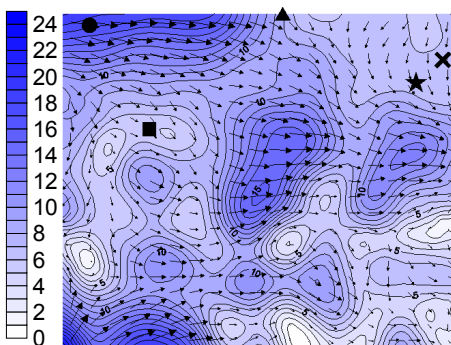


図2 850hPa 風向風速分布

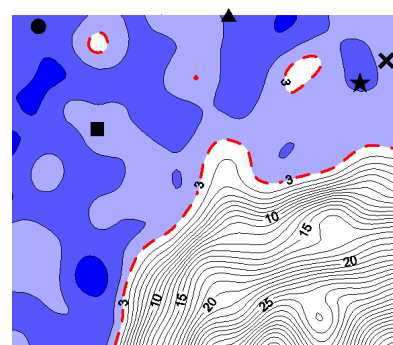


図3 850hPa 湿域分布 (°C)

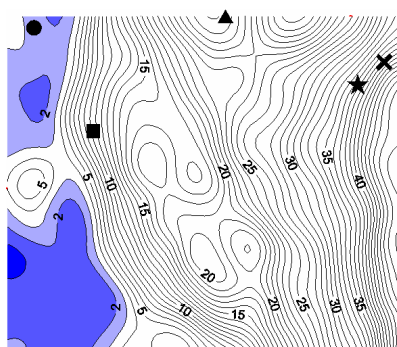


図4 700hPa 湿域分布 (°C)

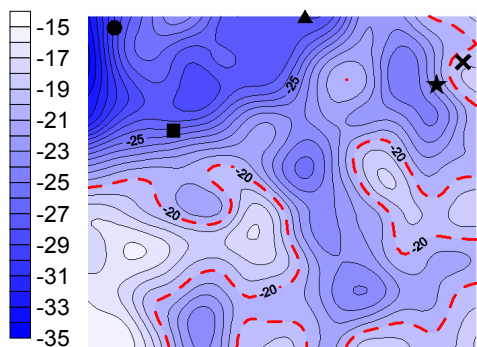


図5 500hPa 気温分布

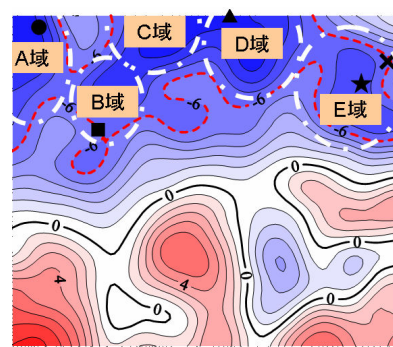


図6 領域の設定

●: 1999年2月2日21時 ▲: 2001年1月29日9時 ■: 2002年1月28日9時
 ×: 2008年1月17日9時 ★: 2008年2月13日9時

- ・ C 域 : T500 が約 $-25 \sim -30^{\circ}\text{C}$, T850 が約 $-8 \sim -13^{\circ}\text{C}$. 850hPa 面が湿域, 700hPa 面が非湿域. 850hPa 面で西北西・西風.
- ・ D 域 : T500 が約 $-20 \sim -27^{\circ}\text{C}$, T850 が約 $-8 \sim -12^{\circ}\text{C}$. 850hPa 面が湿域, 700hPa 面が非湿域, 850hPa 面で北西風.
- ・ E 域 : T500 が約 $-20 \sim -25^{\circ}\text{C}$, T850 が約 $-6 \sim -9^{\circ}\text{C}$. 850hPa 面が湿域, 700hPa 面が非湿域, 850hPa 面で北西風から北風.

過去実施した人工降雨実験日の気象状況が分類されたノードを図1～6にプロットした. 1999年2月2日21時(記号●)の気象条件はA域に属し, 雲の厚さは約3000mに達し, 実験に適した状況だった. また2008年1月17日9時(記号×)および2008年2月13日9時(記号★)の気象条件はE域に属し, 前者については実験に適した厚さに達した雲があり, 後者については実験実施の数時間前までは適した雲が存在していた. 一方, 2001年1月29日9時(記号▲)の気象条件はD域に, 2002年1月28日9時(記号■)の気象条件はB域に属した. これらの実験については, 人工降雨実験に十分な厚さの雲が見られず, 実験に適さない状況であった. B域及びD域が, T850 が -6°C 以下(地上で雪の目安)であるにもかかわらず雲が厚くない理由は, 北西風で朝鮮半島の影響で吹走距離が短く, 風も弱いことから海洋からの大気への水蒸気補給が弱いと推測される. 以上より, A域およびE域にあたる気象条件については人工降雨実験に適した厚さの雲が存在しやすい可能性があり, B域およびD域にあたる気象条件では人工降雨実験に適した厚さの雲が存在しにくい可能性があることが推察される.

3. 結論

本研究では, SOM を用いて冬季の大気気象場を分類し, 九州北部地方における人工降雨に適切な気象条件の考察を行った. 結果, 「T500 が約 -30°C 以下で, 700hPa 面および 850hPa 面が湿域」であるか, もしくは「T500 が約 $-20 \sim -25^{\circ}\text{C}$, T850 が約 $-6 \sim -9^{\circ}\text{C}$, 850hPa 面が湿域, 700hPa 面が非湿域, 850hPa 面で北西風から北風」の気象条件では人工降雨に適した雲が存在する可能性があることが推察された. しかしながら, 過去の人工降雨実験時の情報からではC域における気象状況の議論はできなかった. また各領域1～2個の事例より領域全体の気象状況を推察したため, 精度よい気象条件の選定だったとは言えない. 今後は, SOM マップ上の各気象場に対応した降水状況や雲量も調査し, 人工降雨実験に適した気象条件を, より精密に検討していくことが課題となる.