

## フェーン現象は通説と異なるメカニズムで生じていることを解明

フェーン現象は、風が山を越える際に、暖かくて乾燥した下降気流となり、ふもとの気温が上昇する気象現象で、中学や高校でも学ぶものです。フェーン現象の発生メカニズムは、気象条件などに応じて「熱力学メカニズム」と「力学メカニズム」の2つに大別され、一般によく知られているのは熱力学メカニズムです。

本研究では、フェーン現象発生地域として世界的にも有名な北陸地方において、過去15年間に発生したフェーン現象198事例を対象に、気象モデルとスーパーコンピュータを用いて、そのメカニズムを解析しました。その結果、日本のフェーン現象は、熱力学メカニズムではなく、主に力学メカニズムで生じていることを明らかにしました。また、純粋な熱力学メカニズムによる現象は、実はほとんど発生していないことが示唆されました。

今回の解析によると、対象としたフェーン現象の80%以上は力学メカニズムで発生しており、これまでの通説であった熱力学メカニズムは20%以下しかありませんでした。しかも、それらのほとんども純粋な熱力学メカニズムではなく、力学メカニズムと熱力学メカニズムの両方の性格を含んだマルチメカニズムであることが示されました。さらに、フェーン現象は低気圧や台風接近時に発生するものと考えられていましたが、解析対象のうち約20%は高気圧下で発生しており、また、日中よりも夜間に発生しやすいことも分かりました。

### 研究代表者

筑波大学計算科学研究センター

日下 博幸 教授

## 研究の背景

フェーン現象は、中学・高校でも学習する重要な気象現象です。その発生メカニズムは、風が山を乗り越える際に、山岳風上斜面に降水をもたらし、その後、乾いた風が風下斜面～平野に吹き降りることで高温をもたらすという「熱力学メカニズム」(図1中央)で広く理解されており、教科書などでもこのように説明されることが一般的です。もう一つのメカニズムとして、風上斜面で降水をもたらさずに、山岳上空の風が平野に吹き降りてくることで高温をもたらすという「力学メカニズム」(図1左)も知られており、とりわけ、ヨーロッパアルプスのフェーン現象に関しては、どちらのメカニズムが主要であるか、議論が分かれています。

日本は複雑な地形を有しており、低気圧や台風もよく通過するため、世界的にもフェーン現象の多発地域となっています。また近年、気象学のシミュレーションモデルやスーパーコンピュータの発達に伴い、フェーン現象のシミュレーションをより詳細に、かつ多数行うことができるようになりました。そこで、日本のフェーン現象を長期間にわたって調査し、フェーン現象の主要メカニズムを同定することを試みました。

## 研究内容と成果

本研究では、まず、フェーン現象の多発地域である北陸地方の富山平野を対象に、過去15年間に生じたフェーン現象198事例の発生日を同定しました。次に、これらの発生日について、気象モデルの一つであるWRF(Weather Research and Forecasting)と筑波大学のスーパーコンピュータCOMA等を用いて、フェーン現象の数値シミュレーションと、フェーン現象を引き起こす風がどこから来たのか(空気塊の移動経路)についての解析(後方流跡線解析)を行いました。この移動経路上の降水の有無、および風上側の空気塊の移動高度を調査し、一つひとつのフェーン現象の発生メカニズムを丁寧に明らかにしました。

その結果、これらのフェーン現象のうち約80%は力学メカニズムによって引き起こされていること、また、一見、熱力学メカニズムに見えるものも、実際には、力学メカニズムと熱力学メカニズムの両方の性格を持つメカニズムとして新たに提唱されている「マルチメカニズム」であることが分かりました。このことは、フェーン現象が生じるメカニズムとして広く信じられている「純粋熱力学メカニズム」によるフェーン現象は、日本(少なくとも北陸地域)においてはほとんど起こっていないことを意味します。

さらに、フェーン現象は、これまで発生しやすいとされてきた日本海低気圧型や台風型の日だけでなく、高気圧型の日でも発生することが明らかになり、その割合は全体の約20%を占めていました。

## 今後の展開

フェーン現象については、夜間に多発する原因など、未解明なことが残されており、さらに研究を進めます。また、気候変動などに伴って、将来、フェーン現象の発生頻度や強度がどのように変化するか予測にも取り組む予定です。

参考図

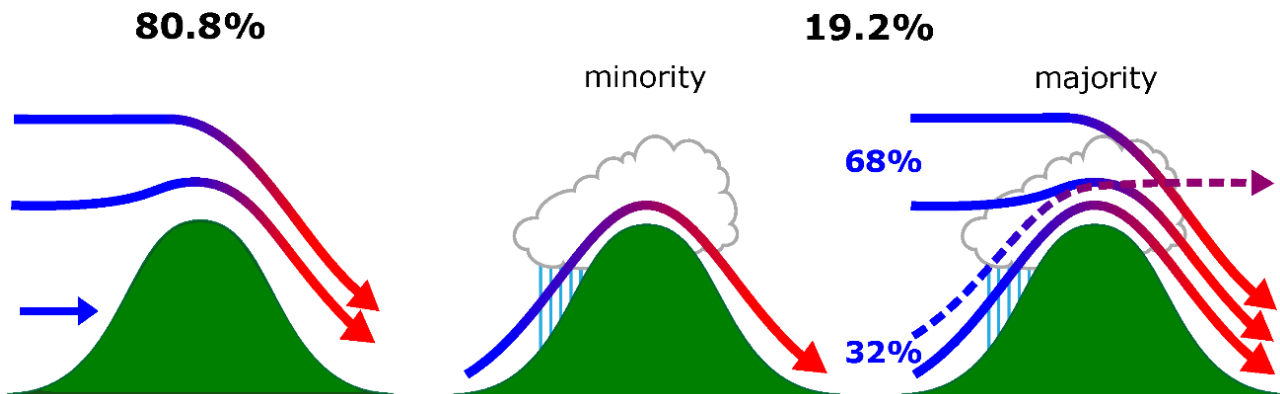


図1 フェーン現象のメカニズムと発生割合。

左が力学メカニズム、中央が純粋な熱力学メカニズム、右がマルチメカニズム。太字の数値は、それぞれのメカニズムで説明できるフェーンの割合。矢印は、フェーン現象発生時の主な大気の流れ。

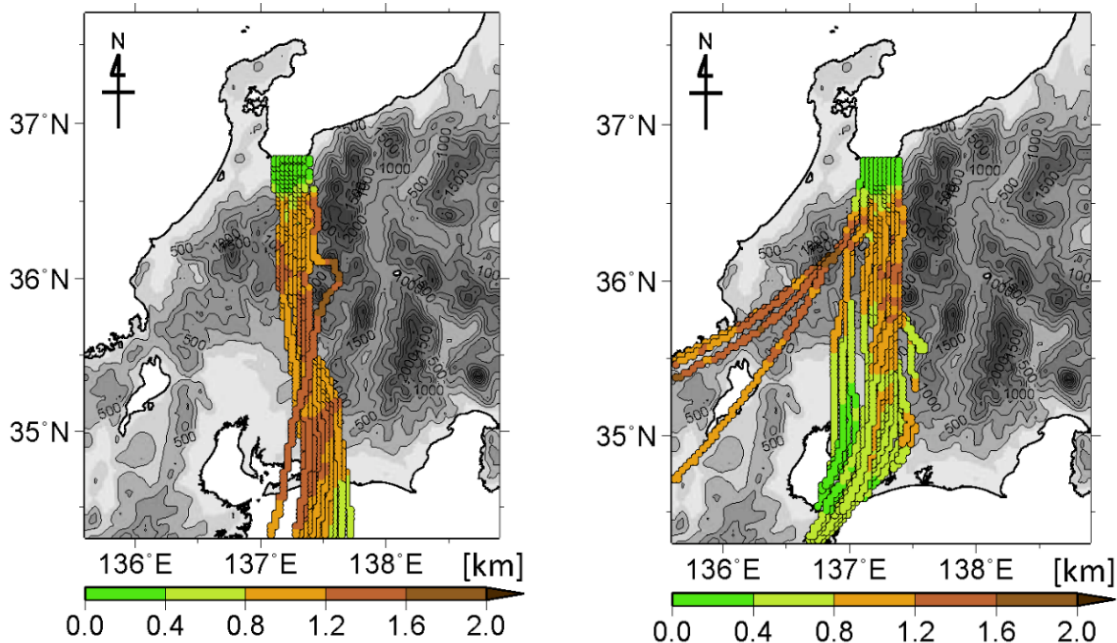


図2 数値シミュレーションと後方流跡線解析の結果。富山平野に到達した空気塊の移動経路を可視化している。左は力学メカニズムの例、右は熱力学メカニズムの例。白黒は標高。カラーは空気の移動高度。力学メカニズムの場合、濃尾平野と飛騨高地の上空を移動し山を越えて降りてきていることが分かる。一方、熱力学メカニズムの場合、濃尾平野上の低い高度から飛騨高地を乗り越えて降りてきていることが分かる。

研究資金

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人：農研機構生物系特定産業技術研究支援センター)、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、独立行政法人環境再生保全機構「環境研究総合推進費」の支援を受けて行われました。

## 掲載論文

- 【題名】 Japan's south foehn on the Toyama Plain: Dynamical or thermodynamical mechanisms?  
(富山平野で吹く南風のフェーン：力学メカニズムか熱力学メカニズムか?)
- 【著者名】 Hiroyuki Kusaka (筑波大学計算科学研究センター), Akifumi Nishi (筑波大学計算科学研究センター、現 防衛大学校), Ai Kakinuma (筑波大学生命環境科学研究科、現 一般財団法人日本気象協会), Quang-Van Doan (筑波大学計算科学研究センター), Taira Onodera (筑波大学生命環境科学研究科), and Shuhei Endo (筑波大学生命環境科学研究科、現 一般財団法人日本気象協会)
- 【掲載誌】 International Journal of Climatology
- 【掲載日】 2021年5月6日
- 【DOI】 10.1002/joc.7133

## 問合わせ先

### 【研究に関すること】

日下 博幸 (くさか ひろゆき)

筑波大学計算科学研究センター (CCS) 教授

URL: <http://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~kusakaken/>

### 【取材・報道に関すること】

筑波大学 計算科学研究センター広報・戦略室

TEL: 029-853-6260

E-mail: [pr@ccs.tsukuba.ac.jp](mailto:pr@ccs.tsukuba.ac.jp)