

〈第41回山崎賞 児童・生徒の部優良賞〉

遠州の空っ風はなぜ強い？

浜松学芸中学校・高等学校

高1 是賀柳之介・寺本龍翔・水谷架士羽・山本菜帆・宮野智矢・古橋瑞稀

1 動機

気象庁によると、空っ風は関東地方や東海地方の太平洋側で冬に吹く冷たい乾いた風のことであり、冬には北西の季節風が日本海側の地方に雪を降らせた後、山脈を越えて太平洋側の地方に吹き下りる（気象庁 https://www.jima.go.jp/jima/kids/kids/fag/a3_35.html, 2024年4月23日確認）。しかし静岡県内では事情が異なり、浜松を含む静岡県内の各地で平均風速約5メートルを超える西風が卓越する（浜松市立中央図書館／浜松市文化遺産デジタルアーカイブ, <https://adeac.jp/hamamatsu-city/text-list/dl00010/ht000700>, 2024年4月23日確認）。静岡県は地域によって冬季の風の強さや風向きには大きな違いがみられ、さらに遠州地方では西風が卓越しているという大きな特徴がある。本研究では、身近な気象現象である遠州の空っ風に着目し、空風の成因を気象データの解析と風洞実験と2つの視点から明らかにすることを目的とする。はじめに、気象庁から公開されているデータをもとに、中部地方における典型的な冬季の風の強さと風向きを明らかにする。次に、空っ風の強さや風向きには、地形要因が関係している可能性がある。そのため、模型を用いた風速と風向の風洞実験を行い、妥当性を検証した。

2 研究の方法

(1) 気象庁のデータ解析

気象庁のホームページでは、各観測地点での気象データが公開されている（気象庁過去の気象データ詳細（風）. https://www.data.jma.go.jp/stats/etin/view/monthly_sl.php?prec_no=50&block_no=47654&year=2023&month=2&day=&view=a3, 最終確認）。このデータをもとに、1月～3月までの3か月間に、滋賀県から静岡県にかけての5県22地点に関して、月ごとの風速と最多風向の平年値をもとに国土地理院地図（赤色立体地図）上に描画して解析した。

(2) 風洞実験

ベニヤ(240mm×700mm×厚さ13mm：2枚、292mm×720mm×厚さ13mm：2枚)を組み合わせて、木ネジで固定し、空冷ファンがぴったりはまる大きさの風路を作製した。そこに工作用紙幅40mm×長さ120mmを組み合わせて作った整流格子を固定し、風洞装置を作製した。

粘土を用いて作製した単純な形の山地や地形の模型を、風洞装置から送り込んだ風による風速を計測し、30度刻みで風向を記録した。風洞実験での風速の計測には、ハンドヘルドポータブル風速計(Estink社製:GM8903)を使用した。この風速計を測定地点で水平方向を維持しながら回転させ、最も風速の大きな値とその位置での風向を記録した。高さは、床から0cm、2.5cm、5.0cm、7.5cmの4段階で行った。

3 実験の結果

(1) 気象庁のデータ解析

地域ごとに着目すると、濃尾平野から伊勢湾周辺におよぶ地域では、日本海側から太平洋に向かう北西の季節風が常に卓越していた。濃尾平野から伊勢湾にかけて広がる盆地状の地形が、冬の季節風が吹き抜ける通り道となっていることが明らかになった(図1)。それに対して、伊勢湾の東側に位置する浜松では西北西の風が吹き、御前崎では西風が吹いていた。山地や山間部では風速が弱く、風向に規則性はみられ

なかった。さらに、風上に山地がある地点では、平均風速が小さくなる傾向があった。

(2) 風洞実験

完成した風洞装置と粘土を用いて作製した単純な形の山地や地形の模型を組み合わせて、風洞実験を行った(図2)。得られた結果より風速と風向を矢印によって図示化すると、図3～図5のようになった。

はじめに、三角柱、半円柱の2種類の柱体を風に対して横たえた場合では、風速と風向に対して障害物の形状が大きく影響していることが明らかになった。三角柱では、高さが0 cm、2.5 cm、5.0 cm では障害物の風上側よりも風速が著しく弱くなっており、風向も一定ではなかった。半円柱を横たえた場合では、測定地点の高さが0 cm、2.5 cm で風速が弱くなっていたが、風向の変化はみられなかった。測定高が5.0 cm になると障害物の風上側と比較して、風速低下はみられない一方で、大きく風向が乱れていた。

さらに、伊勢湾や濃尾平野を模した窪地がある地形のU字型の2種類で、粘土模型がある部分では風速と風向に対する障害物の影響はどの測定高においてもみられず、風洞装置からそのまま風が吹き抜けていた(図4、5)。窪地内においては、どの高度でも内部に吹き込む風や外部へと吹き出す風は確認できず、粘土上と同様に風洞装置からの風がそのまま吹き抜けているようであった。2種類の粘土模型の風下側に着目すると、窪地の風下側部分では風速が周辺よりも大きくなって風洞装置の反対側に吹き抜けていた。U字型模型において、窪地の左右側では窪地部分よりも弱い風が風洞装置から反対側に向かって吹いていた。それに対して、U字型(改造型)模型では窪地の左側では、改造による風速や風向の変化は確認できないものの、窪地右側で反時計回りに巻き込むような風向の変化が確認できた。この風向変化の傾向は、特に測定高が0 cm で反時計回りの風が顕著であり、測定高が0 cm から5.0 cm まで上昇するにつれて弱くなっていた。

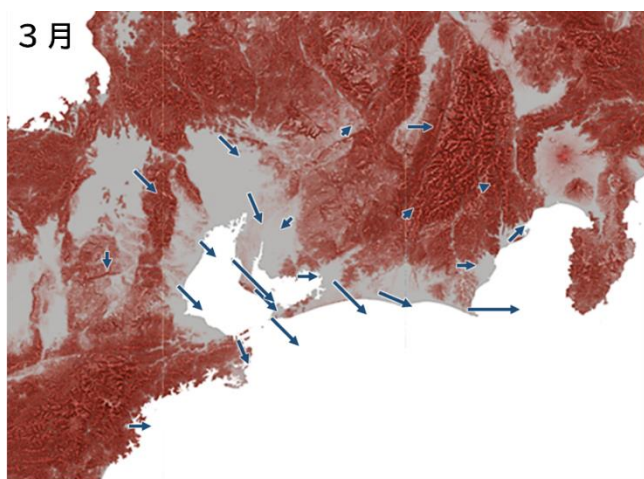


図1. 中部地方における3月の風速と最多風向の平年値

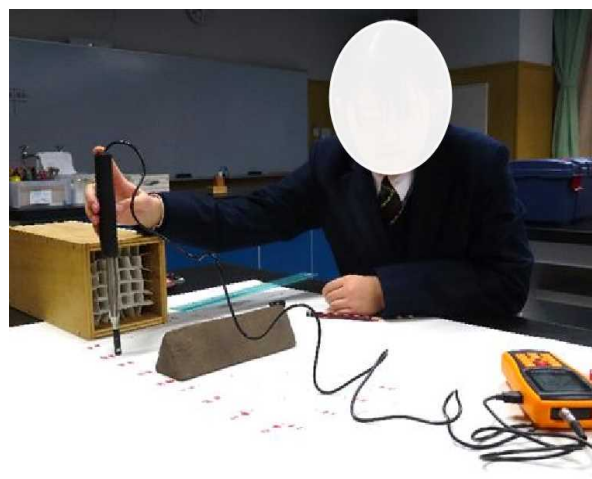


図2. 風洞装置で実験をするようす

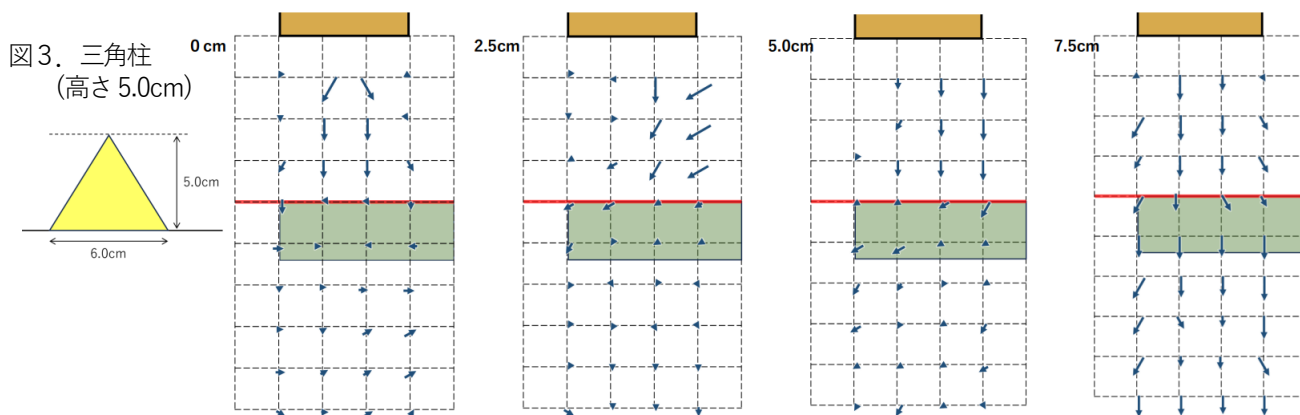


図3. 三角柱 (高さ5.0cm)

図4. U字型

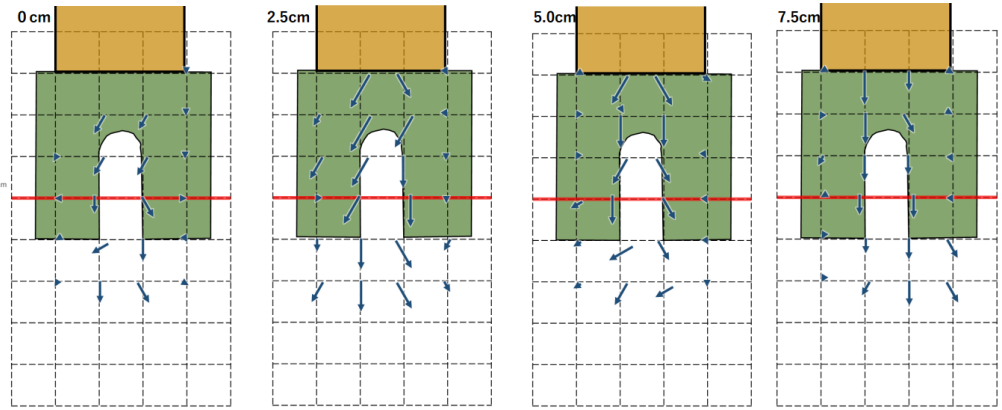
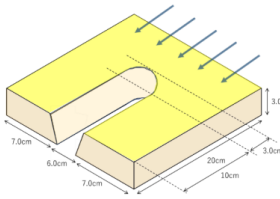
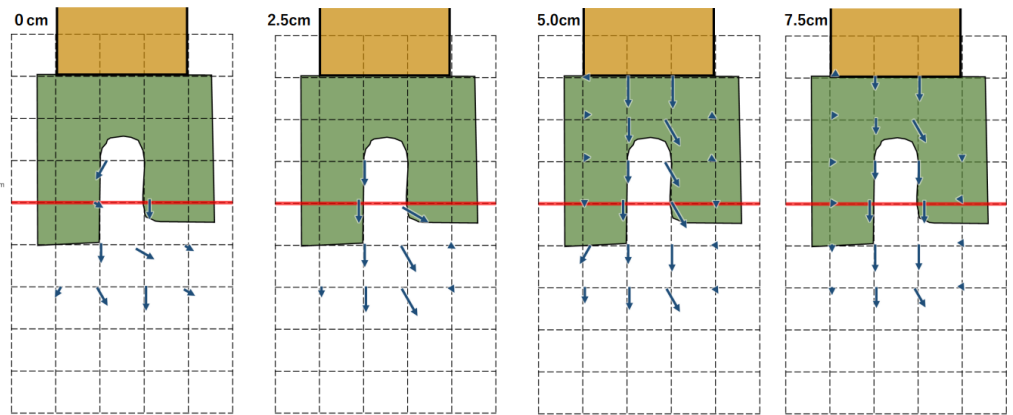
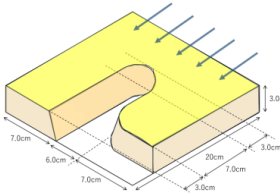


図5. U字型
(改良型)



4 研究の考察

(1) 気象庁のデータ解析

気象庁の各観測地点での気象データを解析すると、22 地点それぞれで冬季の風速と風向がみられた。濃尾平野から伊勢湾周辺におよぶ地域では、日本海側から太平洋に向かう北西の強い季節風が常に卓越していた。これは、谷若狭湾から伊勢湾に抜ける地域を気流の通り道ともいえるジェット効果流が吹きぬけていくためであろう。このことから、冬の季節風が吹き抜ける風下側に位置する濃尾平野や伊勢湾岸においても、強風域が広く分布していたのではないかと推定される。これは、赤石山脈などの高い山地に沿って回り込むように季節風が吹いた結果、豊橋より東側の地域で、卓越した西風が吹いているのではないだろうか。三重県尾鷲では、冬季に弱い西風が吹いている。伊勢から志摩にかけて伊勢湾口に山地がせり出している。このせり出した半島が風をブロックしていると推定される。

(2) 風洞実験

風洞装置の正面付近では、本研究で作製した風洞装置内の整流格子の効果的にはたらく、風洞実験装置は問題なく作動していた。4種類の柱体を風に対して横たえた場合では、風速と風向に対して障害物の形状が大きく影響した。2種類の横たえた三角柱の場合、それぞれの三角柱の高さまでは風速が小さくなっており、その影響は測定高が低くなるほど大きかった。これは、風に対する粘土や床との摩擦によると推定される(図6)。また、実際の地形などでは障害物の傾斜角による影響が大きいと推定される。一般的にフェーン現象や空っ風の説明で用いられる障害物後方での風の吹き下ろし現象が、本研究では確認できなかった。傾斜角の影響は傾斜角が 90° である横たえた四角柱で顕著で最もあった。前面の壁に衝突した風が円直上方へと完全に吹き抜けたために後方では著しく風速が低下し、四角柱の上面よりも上方の測定高 7.5cm では風速が若干大きくなっていった。また、垂直な壁に衝突した風が上方だけでなく水平方向にも風向が変化したためか、障害物後方で風向が大きく変化していた。一方で、半円柱では滑らかな斜面に沿って風が吹き抜けたため、風速の低下は四角柱と比較して小さく、風向の変化もなかった。次に、円柱と四角柱の2種類の柱体を風に

対して立てた場合では、風速と風向に対して障害物の形状は全く影響しなかった(図7)。障害物に当たった風は側面に沿って流れ、障害物の後方へと巻き込むようなカルマン渦が発生していたと推定される。形状がより滑らかな円柱のほうが後方へ巻き込む風の流れが大きくなると予想していたが、本研究では差がなかった。

伊勢湾や濃尾平野を模した窪地がある地形のU字型の2種類の模型を用いた風洞実験では、気象庁のデータをもとに作成した1月から3月にかけての風の流れを再現できていた。測定高が2.5cm~7.5cmでは風洞装置から出た風はそのまま向きを変えずに吹きぬけていく傾向が高かった。測定高0cmでは、U字型では粘土上面では風速が小さかったのに対して、窪地では風速が著しく大きくなった。これは、伊吹山付近から濃尾平野伊勢湾へと吹き抜ける季節風を再現したものである。U字型(改良型)では、改良前にそのまま風下へと吹き抜けていた風が図の右方向へと曲がっていた。測定高が高くなるほどこの影響が小さくなっており、床との摩擦による効果が影響していると推定される。改良部の曲線状斜面に沿って曲げられた風が地表との摩擦により大きく曲げられたのではないか。U字型(改良型)の模型は、窪地部分が濃尾平野の低地と伊勢湾の海面を模したものであり、その周辺の粘土は、濃尾平野を取り囲む山地を表現している。本研究より、遠州地方において冬季に西寄りの強い空っ風が吹く原因は、濃尾平野や伊勢湾を吹き抜けてきた北西の季節風が、奥三河地方の山地に沿って曲げられ、強い西風になって卓越していたと考えられる。

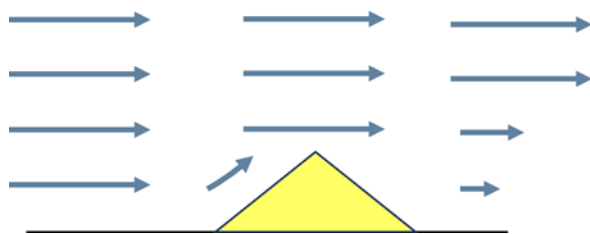


図6. 横たえた三角柱(高さ2.5cm)の風の流れ

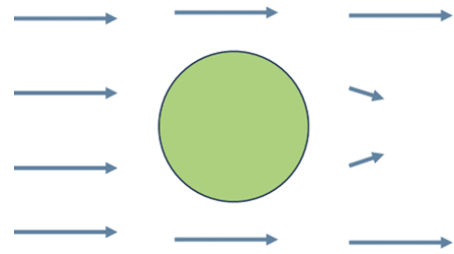


図7. 立てた円柱における風の流れ

5 まとめ

本研究より、伊勢湾や濃尾平野を模した窪地がある地形のU字型の2種類の模型を用いた風洞実験では、気象庁のデータをもとに作成した1月から3月にかけての風の流れを示す図を再現することができた。今後の計画として、3Dプリンターを用いて詳細な中部地方の立体模型を作製し、風洞実験により風向を検証する。そのとき仮想的に、伊勢湾から若狭湾に至る地帯に粘土で作製した山を設置したり、中部地方の山を低くしたり内陸に押しやったりすることで風向や風速の変化を検証したい。また、本研究において風洞装置から吹き出る風の風向を2次で計測したが、実際の風は3次示的な動きを示す。鉛直方向での風の動きも計測することで、より詳細な空っ風の成因を明らかにすることができるはずである。

6 謝辞

本研究は、山崎自然科学教育振興会研究助成金で行われました。また研究の遂行にあたっては、浜松学芸高等学校の伊藤信一教諭、村上拓教諭、火物瑠偉教諭のご助言と、同サイエンス部の皆さんの多大なるご助力がありました。ここに記して、感謝の意を表明いたします。

7 引用文献

浜松市立中央図書館／浜松市文化遺産デジタルアーカイブ：<https://adeac.jp/hamamatsu-city/text-list/d100010/ht000700>. 2024年4月23日最終確認

JAXA YAC 手作りの風洞でつばさの実験を使用！ーミニ風洞ー. <https://www.yac-j.com/wp-content/themes/yac/pdf/lab0/list/5.Experiment/5-8.pdf>. 2024年4月23日最終確認

気象庁：https://www.jma.go.jp/jma/kids/kids/faq/a3_35.html. 2024年4月23日最終確認