

2021 年度 若手・女性研究者奨励金 レポート

研究課題	静岡空港の低層ウインドシアの発生メカニズムとその予報について
キーワード	①静岡空港、②低層ウインドシア、③ドップラーライダー

研究者の所属・氏名等

フリガナ 氏名	フジタ ユカ 藤田 友香
配付時の所属先・職位等 (令和3年4月1日現在)	桜美林大学 航空・マネジメント学群 助教
現在の所属先・職位等 (令和4年7月1日現在)	同上
プロフィール	立正大学大学院地球環境科学研究科環境システム学専攻博士前期課程（理学）を修了後、気象予報士の資格を活かして、民間気象会社に就職し予報業務に従事。2011年からの4年間、NHK鳥取放送局の気象キャスターとして夕方のニュースに出演。2016年にエアラインに転職し、運航管理業務に携わり、運航管理者の資格を取得。2020年4月から現職。専門は航空気象で、気象業務・運航管理業務に携わった経験を活かし、航空機に影響を及ぼす気象現象について研究中。現場に近い研究者になることが目標。

1. 研究の概要

航空機は、局地的に風向・風速が急激に変化する「ウインドシア（Wind shear）」に遭遇すると、揚力が大きく変化する。このため、離着陸時の低層でのウインドシアは危険な現象として知られている。このウインドシアの発生メカニズムの解明は、事前に対策が可能になることから安全で効率的な運航に繋がる。

そこで本研究では、静岡空港において「気象データと航空機の飛行記録データの解析」と「ドップラーライダーを用いた空港周辺の風の観測」を行った。その結果、低層ウインドシアが発生しやすい日の気象状態の傾向が明らかになり、空港周辺の地形だけでなく風上の離れた地形の影響も受ける可能性が示唆された。

2. 研究の動機、目的

航空機は、空気との相対速度で揚力を得ていることから、ウインドシアによって急激に姿勢や高度などが変化する。特に、滑走路へ接地する直前の低層でのウインドシアは、過去にも多くの事故を招いてきた。このため航空機には、風を観測してウインドシアを警告する装置の装備が義務化されておりエアラインでは着陸直前に警告が出た場合には着陸をやり直すよう規程で定めている（図1）。

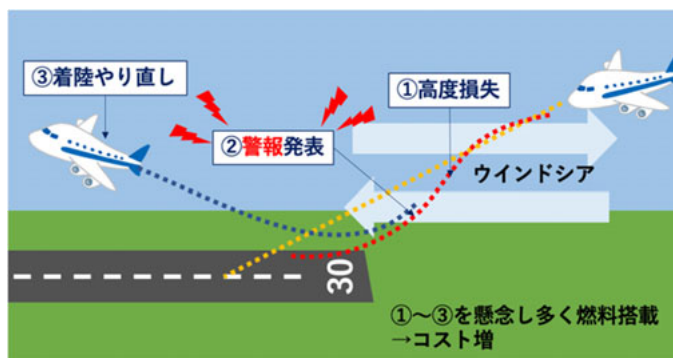


図1 ウインドシア遭遇時の影響

低層ウインドシアは、積乱雲の周辺や地形による風の変化で引き起こされることが多い。静岡空港では、以前から滑走路 30 への着陸の際、特定の風向・風速の場合に警告が発せられるほどの強い低層ウインドシアに遭遇しやすいことがパイロットの経験上わかっていた。静岡空港は牧之原台地の東側に位置し、周辺が複雑な地形であることが影響していると考えられるが、未調査で発生メカニズムが明らかになっておらず、事前に予想することが難しい。このため、低層ウインドシア発生のある際には対策として、パイロットや運航管理者は着陸便に対して燃料を通常の使用予定量よりも多く搭載して対応している。ただ、コロナ禍の影響を受けているエアラインでは、余分な燃料搭載によるコストの増加が負担となることから、適切なタイミングで対策を講じる必要がある。

安全運航を確保しつつコストを削減するには、低層ウインドシア発生の予想が不可欠であるため、本研究では発生メカニズムを解明し、実用的な予報を作成することを目的とした。

3. 研究の結果

3-1. ウインドシア発生時の特徴

航空機が着陸時にウインドシア警報が発せられた日の気象状況を気圧配置や空港での観測データなどから調査した。その結果、多くの事例が冬型の気圧配置や低気圧・寒冷前線通過後などの寒気が流れ込みやすい場であった。空港の風は、風向が南西～北西で、風速は 15kt (約 8m/s) 以上がほとんどで、平均すると 20kt (約 10m/s) 前後の強い風が吹いていた (図 2)。

航空機が飛行中に観測している気温や風などの気象データからは、ウインドシアに遭遇した高度は、空港から上空約 120m の高さまでの間が多かった (空港の標高は約 130m)。また、上空 1km 前後で安定層 (鉛直方向の空気の入れ替えが起こりにくくなる層) が存在することが多く、その付近で風が強まっていた。

安定層は蓋のような役割をすることから、山脈や山地などの頂上付近に存在すると、風下で強風が起こりやすくなる。しかし、今回は牧之原台地の標高 (200m 前後) に比べて安定層は高く、空港の強風は牧之原台地だけではなく、風上にあたる地形と安定層が影響して、上空の強い風を空港周辺に引きずり下ろすような効果があると推察される。

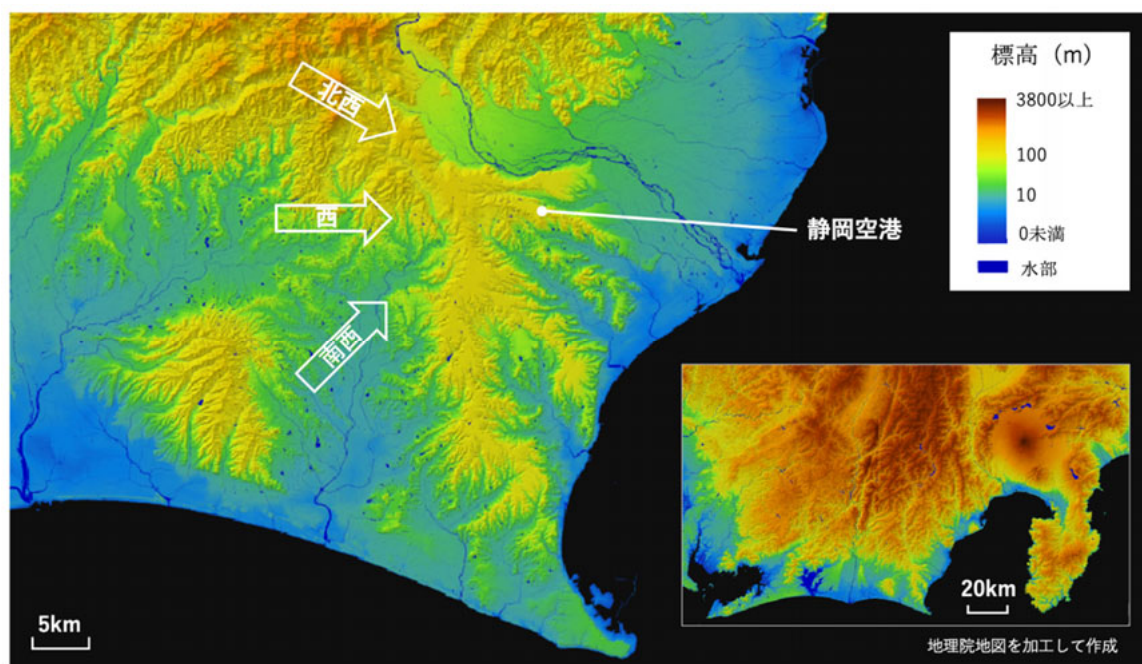


図 2 静岡空港で強風になる風向

3-2. 空港周辺の風観測

3-1 の気圧配置や風向・風速の特徴を満たす日に空港周辺の風を観測した。観測には、大気中の塵などの微粒子の動きから風を測定するドップラーライダーを用いた。観測場所

は、着陸直前に航空機が通過する場所の直下にあたる空港東側展望広場「だいだらぼっち公園」(図3(a))で行った。

水平方向の観測では、風の乱れがなく一様に風が吹いている場合は色がグラデーションのように変わる(図3(b))。一方、風が乱れている場合は色が斑模様となり、観測地点から西～北西側で風の乱れが度々見られた(図3(c))。これは、滑走路付近で周囲に比べ風速の増減が大きいことを示していて、向かい風成分の急激な変化に繋がる可能性がある。

また、鉛直方向の観測では、上空約1km以下で上昇流と下降流が数分おきに入れ替わるような鉛直流が見られた。着陸経路にあたるこれらの場所で風速の減少や下降流が見られることは、航空機が発するウインドシア警報の条件と一致する。

なお、空港の南東端に小さい丘のようなものがあり、ヒヤリング時にパイロットたちはこれが原因ではないかと証言していた。しかし、今回はこの丘による風の乱れは顕著には現れず、ウインドシアの原因となっている可能性は低い。

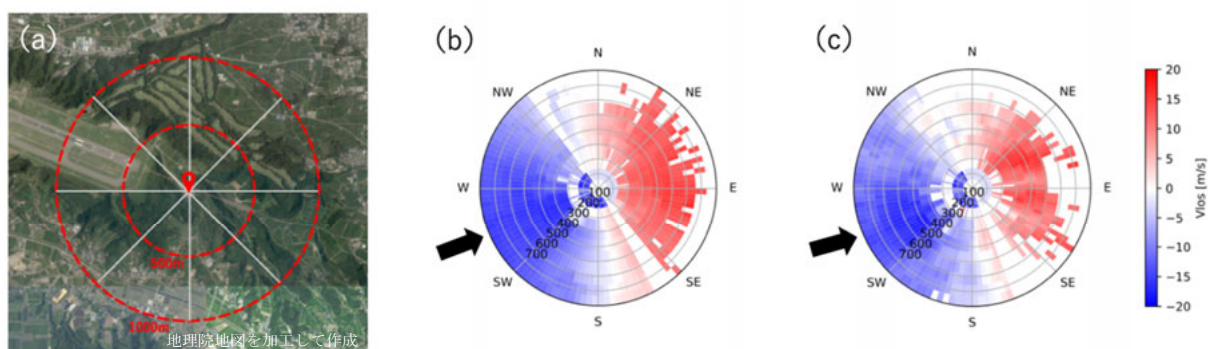


図3 観測エリアと観測結果

(a) 観測場所の地形と位置関係 (b) 観測データ(風の乱れなし) (c) 観測データ(風の乱れあり)
(b)と(c)の黒矢印は空港で観測された風向、青色は観測地点(中心)に向かう風、赤色は離れる風で、色が濃いほど風速が大きいことを示す

3-4. まとめ

静岡空港の低層ウインドシアは、単なる周辺の地形による風の乱れだけでなく、風上側の地形の影響も受けていることが示唆され、複合的な条件が重なることで発生していると考えられる。現在、地形の影響を評価するシミュレーションを行っており、今後はその結果を含めて論文を作成し、報告する予定である。

4. 研究者としてのこれからの展望

研究をしたいと考えはじめたのは、エアライン勤務時に気象によって運航に影響が出た時の原因を突き止めることで、同様の現象が発生した際に対策できるようにしたいという気持ちがきっかけだった。航空機を安全に運航するには、航空法や社内規程、それに航空機のシステム・性能など多くの内容を理解することが必要で、単なる気象現象の研究だけでは実際の運航に活用するのは難しい。このため「運航管理」と「気象予報」の両方の実務経験がある研究者としての強みを活かし、成果を実用的な形に作り上げていきたい。

また、エアラインでの仕事は未経験で飛び込み、所属していた運航管理の同僚だけでなく、パイロットや整備など多くの方からたくさんのお話を教わった。そのおかげで研究に欠かせない航空の知識と経験を身につけることができたため、研究という形で少しでも恩返しをしたい。

5. 支援者(寄付企業等や社会一般)等へのメッセージ

この度は多大なご支援を頂き、改めて心より御礼申し上げます。研究者になって初めて取り組んだ研究に対し、このような貴重な機会を頂きましたことは非常に心強く感じました。ご支援頂いたことで、研究設備を整えることや観測に複数回行くことが可能になり、積極的に研究に取り組みました。1年間で解明できた結果はまだ一部ではありますが、明

らかになったことや新たな課題を見つけることができたため、継続してこのテーマを掘り下げ、最終的には実用的な予報を作成したいと考えています。

今後も航空気象の研究に取り組むことや、航空業界に進む学生たちに研究を通して得た知識などを伝えることで、航空業界に少しでも貢献できるよう尽力致します。