

交通運輸技術開発推進制度
令和6年度業務実績説明書

風力発電設備の風速低減効果を活用した
空港微気象制御システムの実現性に関する
調査とシミュレーション評価

令和7年3月

北海道エアポート株式会社（HAP）
国立大学法人九州大学（九大）
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

I. 研究開発成果の要約

作成年月	令和 7 年 8 月
研究課題名	風力発電設備の風速低減効果を活用した空港微気象制御システムの実現性に関する調査とシミュレーション評価
研究代表者名	北海道エアポート株式会社 中澤 正博
研究期間	令和 6 年 10 月 25 日～令和 7 年 3 月 31 日
研究の目的	本研究は、航空機が離着陸時に受ける強風を制御・低減することを目的に、空港周辺の制約や規制を整理した上で、効果的な風車の設置位置や基数、また防風林も含めた総合的なモデルについての数値流体シミュレーションや旅客機モデルを用いた着陸時の横風変化に対する脆弱性調査等を実施・分析し、最終的には風車等を設置することで風車ウェイク現象により空港周辺の局地強風が低減され、航空機の離着陸時の安全性・快適性の向上と、欠航が回避されることによる地方空港・地方経済の活性化につなげ、また風車により発電された電力は空港の脱炭素化に寄与することを目指している。
研究成果の要旨	1. 空港特有の制限事項の整理と事例調査 空港周辺の制限として、航空法で定められている「制限表面」の規制内容及び風車による空港に設置されている航空保安無線施設等への「電波干渉」について整理を行った。また稚内空港に環境が類似している国内外の空港の事例調査を行った。 2. 既存風車ウェイクモデルの改良及び数値流体シミュレーションの予備計算の実施 風車ウェイクモデルを用いて、実現可能性を考慮した予備計算としての位置付けで、スーパーコンピュータにて大規模シミュレーションを実施した。風車と防風林による減速効果が明確に再現されていること等を確認した。 3. 着陸飛行特性への影響解析 非定常 LES 計算の結果から、乱れの中を飛行する際の機体挙動を実用時間で計算する仕組みを新たに作成した。
知的財産権 取得状況	特許出願 0 件 著作権登録 0 件
研究成果発表実績	論文発表：国内 1 件、海外 1 件 口頭発表：国内 1 件、海外 0 件 その他 : なし

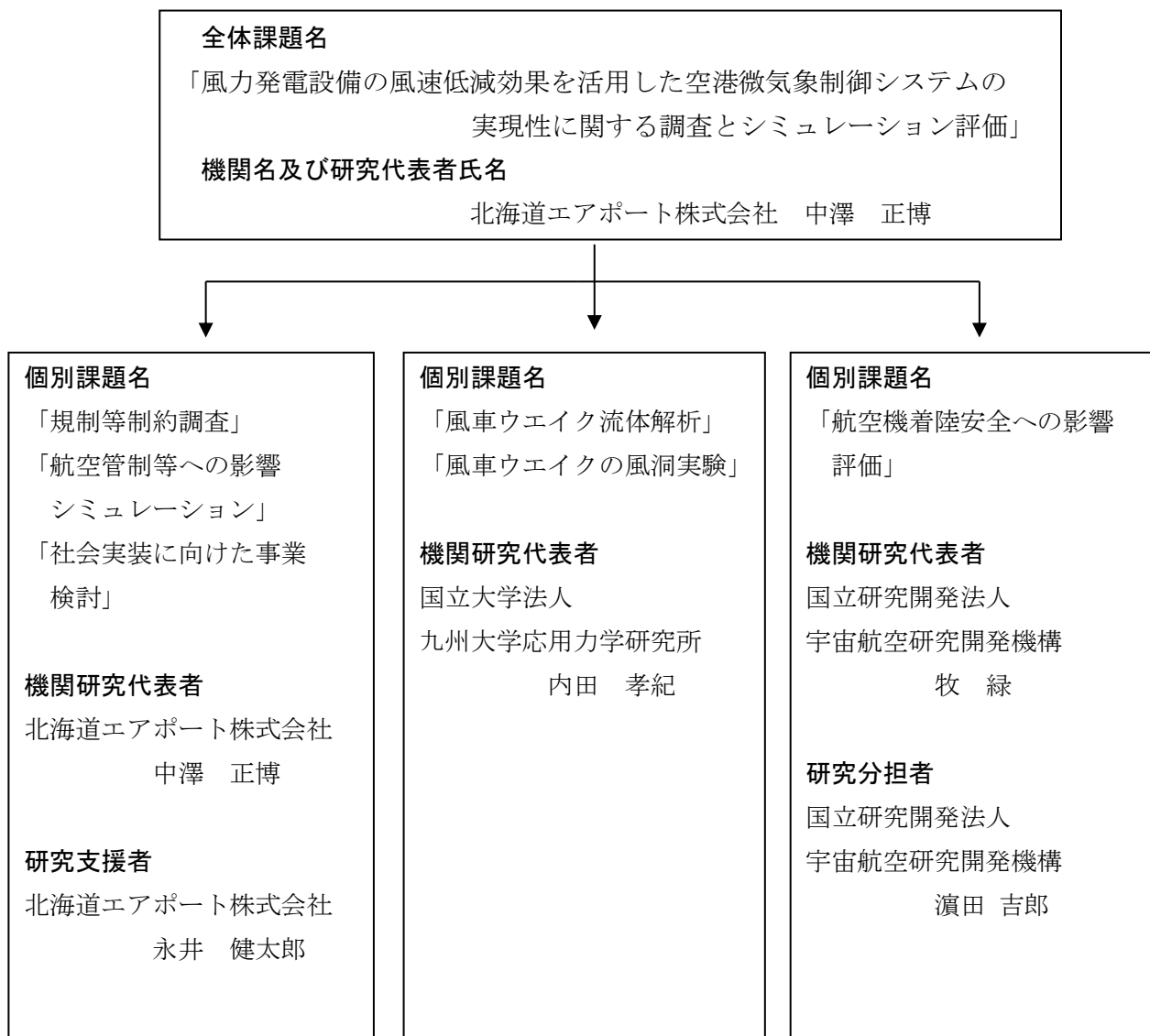
II. 研究開発の目的及び実施体制

(1) 研究開発の目的

本研究は、航空機が離着陸時に受ける強風を制御・低減することを目的に、空港周辺の制約や規制を整理した上で効果的な風車の設置位置や基数、また防風林も含めた総合的なモデルについての数値流体シミュレーションや旅客機モデルを用いた着陸時の横風変化に対する脆弱性調査等を実施・分析し、最終的には風車等を設置することで風車ウェイク現象により空港周辺の局地強風が低減され、航空機の離着陸時の安全性・快適性の向上と、欠航が回避されることによる地方空港・地方経済の活性化につなげ、また風車により発電された電力は空港の脱炭素化に寄与することを目指している。

(2) 研究実施体制

本研究は、北海道エアポート株式会社を研究代表とし、国立大学法人九州大学応用力学研究所、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構と共同して実施した。担当機関の研究実施の流れを示すチャートは以下の通りである。



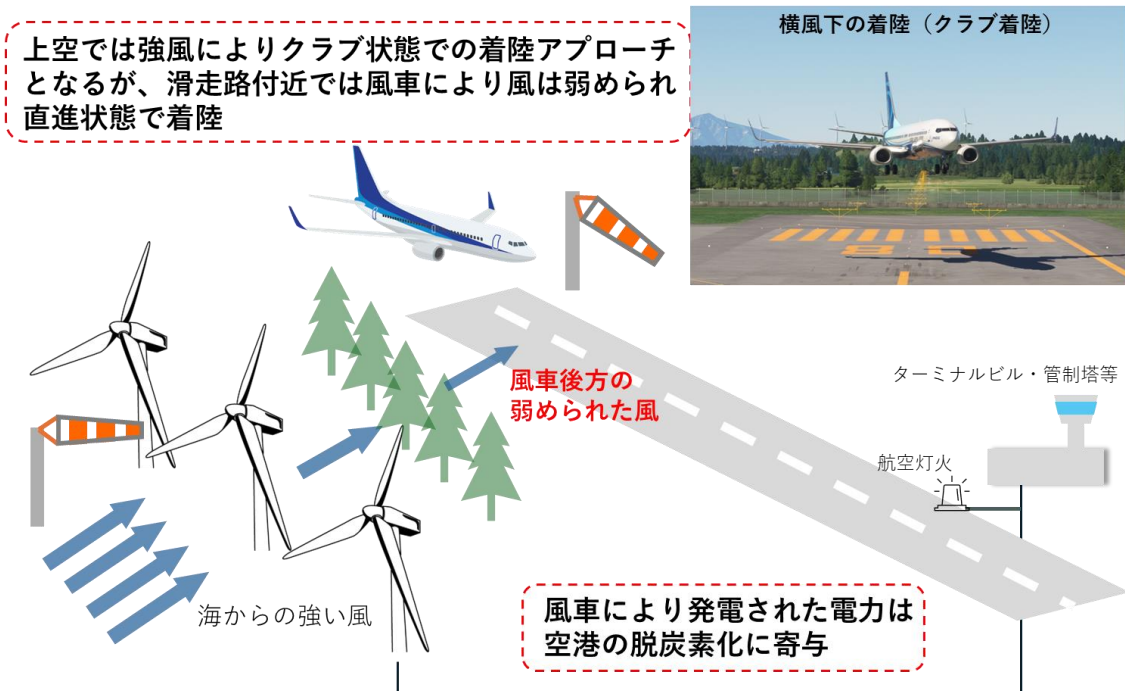
III. 研究開発の成果

1. 序論

強風は航空機の離着陸を困難にし、特に滑走路方向に対し垂直に吹く風（＝横風）が強い場合には離着陸を断念する場合もある。稚内空港は海に隣接した場所にあり、滑走路と海岸が平行に配置され宗谷湾から吹き付ける横風の影響で、特に風が強い冬期の就航率の低下が問題になっている。そのため防雪柵を設置したり、気象レーダーを設置し航空会社等に空港周辺の気象情報を提供する等の取り組みを継続的に行っている。昨年からは新たな取り組みとして風の強い当該地で導入の進む風力発電装置に着目し、滑走路近傍に複数設置した風車後方で横風が大幅に弱められる風車ウェイク現象をシミュレーション上で確認した。

空港運営者（HAP）は、これらの取り組みを整理・深化し航空機の離着陸時の安全性向上並びに就航率の向上を目指したいと考えている。また風力発電装置により得られる電力は空港の脱炭素化にも寄与することも期待出来ると考えている。しかし空港近隣は構造物の設置に制約（制限表面）があることや回転する風車ブレードによる気象レーダーや航空管制レーダー等への影響（電波干渉）等懸念される。またウェイク現象による急激な風向や風速の変化は航空機の手勢や姿勢を乱し離着陸を困難にする可能性もあり検証が必要である。また効果が認められ実装段階に至る前には規制を有する関係省庁や実際に運航する航空事業者等との調整も必要となる。

そこで本研究において、空港周辺の制約や規制を整理した上で効果的な風車の接地位置・設置基数、また防風林も含めた総合的なモデルについての数値流体シミュレーションや旅客機モデル着陸形態フレアフェーズでの横風外乱に対する脆弱性調査等を実施・分析し、本研究内容が対象空港周辺の局地強風の低減と制御に資する技術であるか評価を行う。



2. 空港微気象制御システムの実現性に関する調査とシミュレーション評価

2-1. 取り組み内容とフロー

空港周辺の制限や規定等を整理し、シミュレーション評価モデルを設定。そのモデルを用いて風車後方の風の流れの数値流体シミュレーションと、旅客機モデルを用いた着陸時の横風変化に対する脆弱性調査を行った。

またこれと並行して本研究成果の実用化に向けた取り組みとして、空港の脱炭素化の具体的な検討、また風車を建設するとなると地元の意識合わせや協力が必要となるので風車を含んだ景観パースの作成や本取り組みを説明する講演会などを実施した。

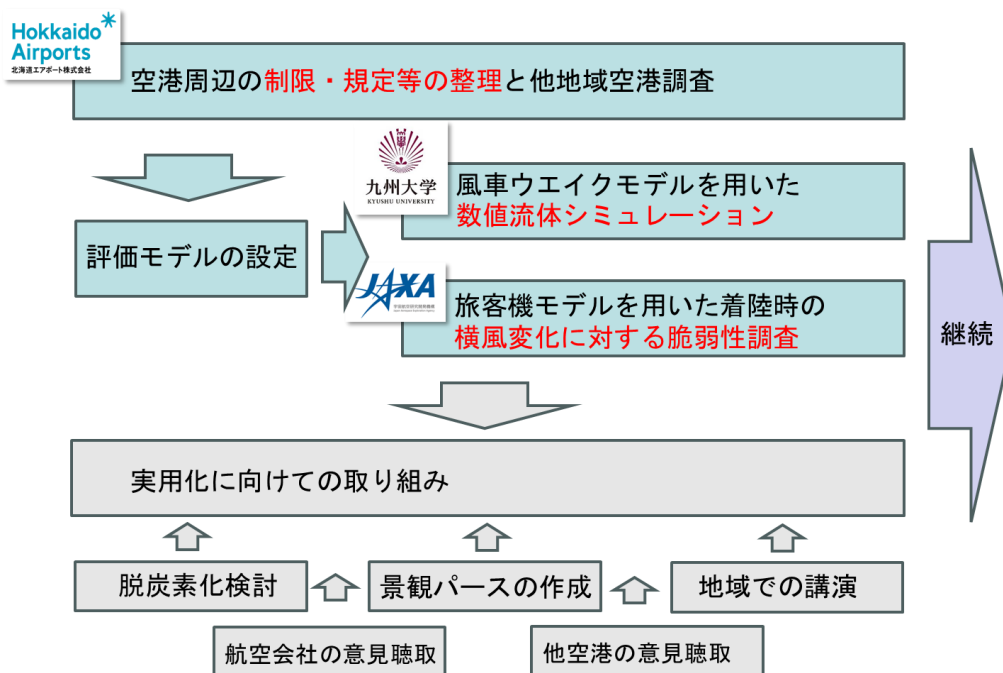


図 2-1-1 取り組み内容フロー

2-2. 稚内空港概況

稚内空港は北海道稚内市にあり航空定期便が就航する日本最北端の空港である。滑走路は 08/26 方向に 2200m×45m、08 には ILS 装置（ILS I）が装備されている。定期便としては羽田と千歳に ANA が就航し、またチャーター便としては 6～9 月の季節限定ではあるが静岡や松本など全国の空港に FDA が就航している。旅客数は 2018 年度約 20 万人であったが、コロナ禍に落ち込んだものの、2024 年度は約 19 万人まで回復した。海に隣接した場所にあり標高は 8m、滑走路と海岸が平行に配置され宗谷湾から吹き付ける横風の影響で、特に風が強い冬期の就航率の低下が問題になっており、2022 年度は年間 2434 便の計画便数のうち 108 便が欠航し、そのうちの 27%が横風理由で欠航している。

所在地：北海道稚内市	標高 8m	開港：1960 年	旅客数：17 万人（2023 年度）
所有者：国土交通大臣	運営者（コンセッション 2020）：北海道エアポート株式会社（HKK, MEC, DBJ, TKK 等）		
滑走路：2200m×45m	方向：08/26	ILS：I（08）	

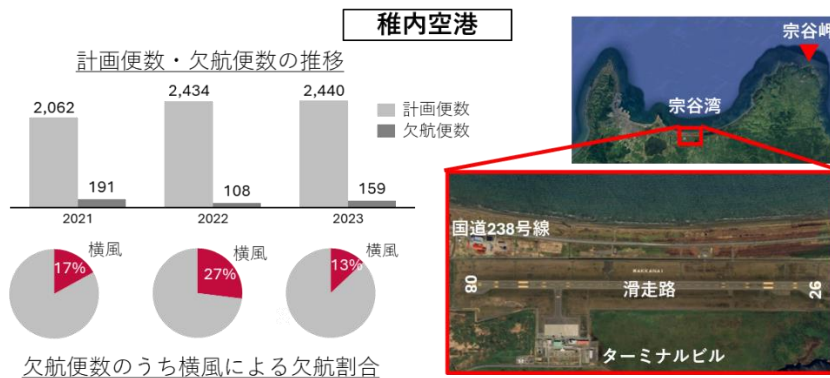


図 2-2-1 稚内空港の欠航便数の推移と配置図

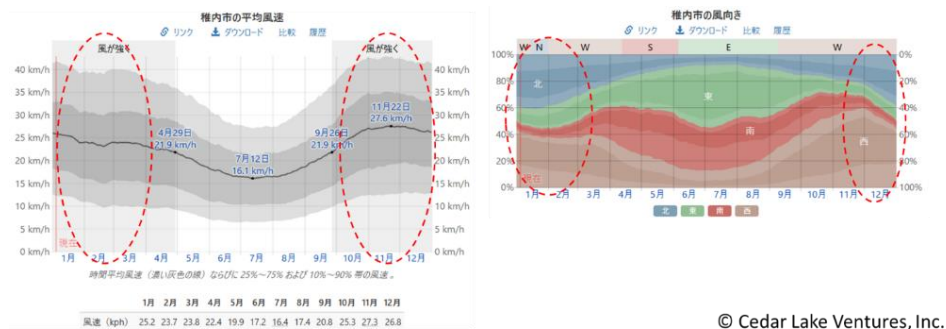


図 2-2-2 稚内空港周辺の平均風速と風向き

1 年で最も風が強い期間は、9 月 26 日から 4 月 29 日の 7.1 か月で、平均風速は 時速 21.9 キロメートルを超える。稚内市 における最も風が強い月は 11 月であり、時間当たりの平均風速は 時速 27.3 キロメートルである。

稚内空港の制限表面は運営者である北海道エアポートより公表されており、水平表面の半径は 3500m で設定されている。



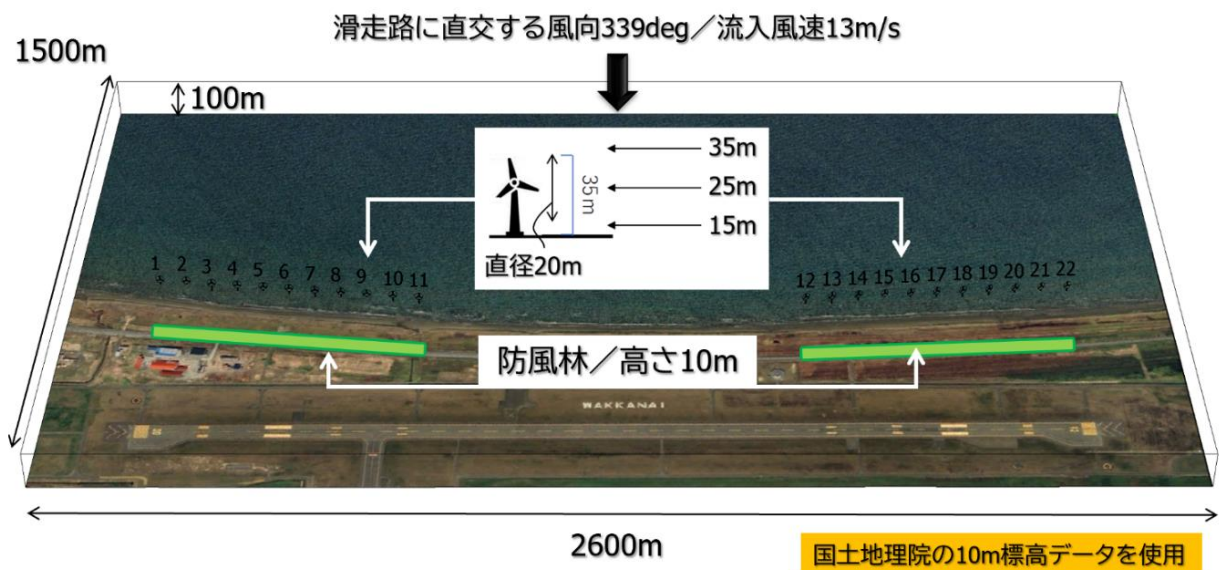
図 2-2-3 稚内空港の制限表面

出典：北海道エアポート HP

2-3. 既存風車ウエイクモデルの改良及び数値流体シミュレーションの予備計算の実施

ここでは、内田教授が開発中の風車ウエイクモデルを用いたスーパーコンピュータによる大規模シミュレーションの結果について説明する。本計算で用いた風車ウエイクモデルは、2023 年度に日本流体力学会より技術賞を受賞した最新のシミュレーション技術である(第 7390616 号「風車後流演算装置、及び風車後流演算方法」登録日：2023 年 11 月 24 日)。

図 2-3-1 には、本計算における計算領域や計算パラメータを示す。今回対象とした風向は、滑走路に直交する風向とし、流入風速は 13m/s に設定した。図に示すように、本計算では 22 基の風車群と防風林を仮想的に配置し、滑走路上空の風況を減速させることが可能かの予備検討を実施した。



- ✓ $N_x=751, N_y=1301, N_z=101$ (約1億点の格子点)
- ✓ $\Delta x=\Delta y=2m$
- ✓ $\Delta z=1m$
- ✓ $\Delta t=0.04$ 秒 (※約3分の時間積分／例:20秒ならば500stepの計算)

図 2-3-1 本計算における計算領域と計算パラメータなど

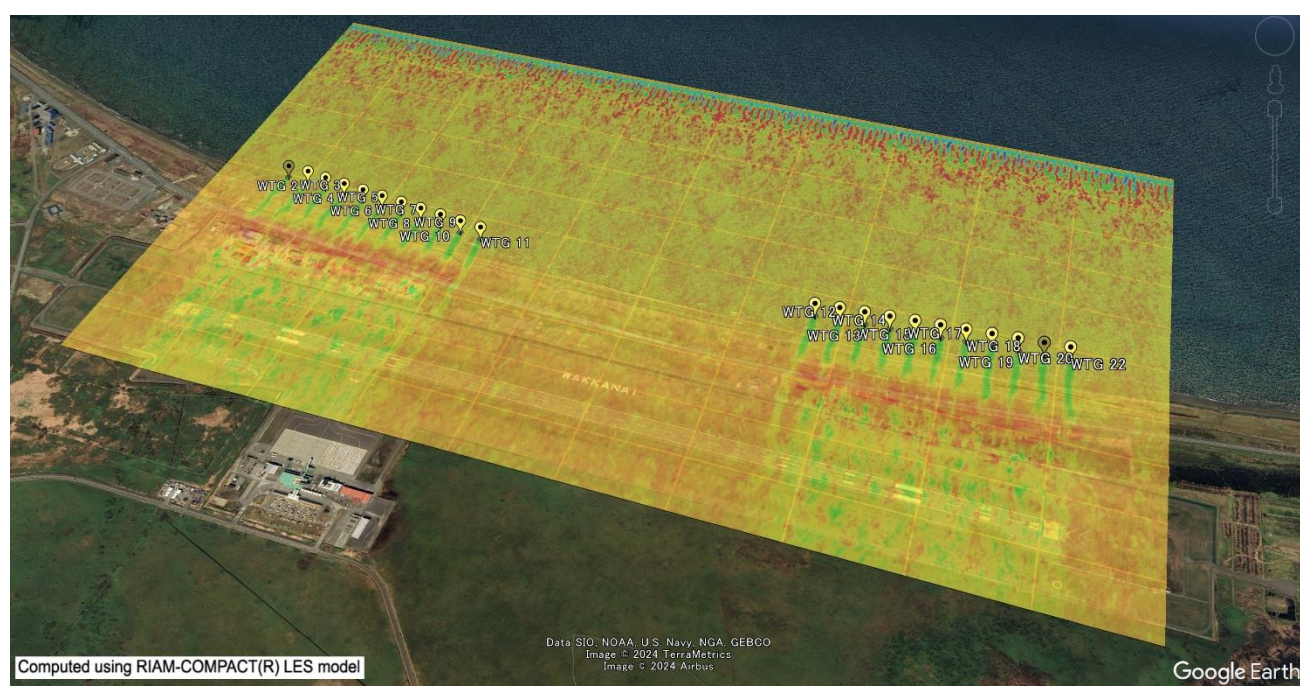
図 2-3-2 には、風車ウエイクシミュレーションにより得られた結果を示す。上段で表示している高度は、今回設定した風車の回転中心である地上高 25m である。また、下段は滑走路上の風速の鉛直分布である。本計算では、より現実的な状況を模擬するため、滑走路に流入する風が有する変動成分 (Inflow turbulence) を考慮した。この結果を観察すると、各風車の背後にそれぞれウエイク領域が形成されていること、さらに風車ウエイクは相互に干渉し、流下していること、滑走路上空では、風車ウエイクおよび防風林による減速効果が明確に再現されていること、などが明確に確認できる。

その後、上記の計算結果と比較するため、風車および防風林がともに無い場合の計算、風車のみを設定した計算を追加で実施した。得られた結果を図 2-3-3 に示す。これらの結果はアニメーションを作成し、流れ場の観察を詳細に行った。風車および防風林を設置しない場合には、空間的に一様な分布を有する変動気流が海上から空港上空に流下しているのが分かる。これに複数の風車を設置することで、各風車からウエイク領域が形成され、滑走路上空では明確な減速領域が形成される。さらに、これに防風林が

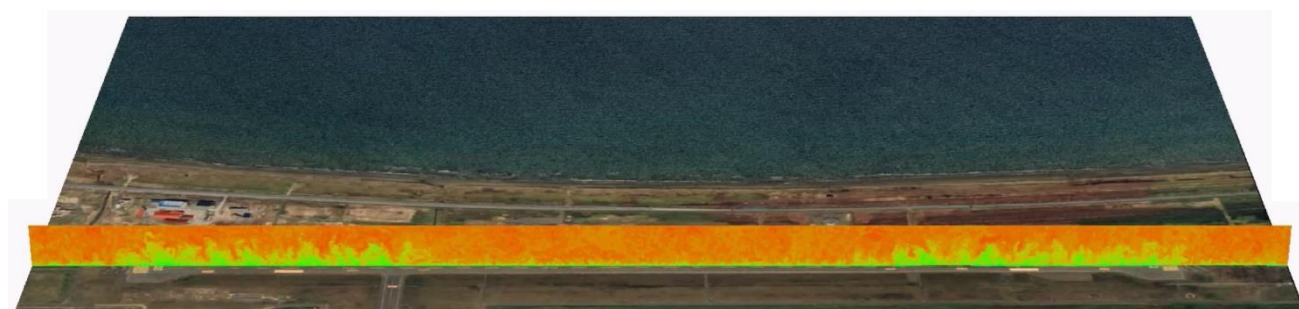
加わることで、より顕著な減速領域を生成することが示された。ここで得られた 3 次元の非定常な計算結果は、JAXA チームに引き渡され、詳細な風況特性解析が実施された。さらに、景観パースにも提供された。

本研究では、最新の風車ウエイクモデルや防風林モデルを活用し、対象とした稚内空港を含む狭域空間の大規模風況解析が実施可能であることを明確に示すことに成功した。さらに、ここで得られた膨大な数値データは、旅客機モデルを用いた着陸時の横風変化に対する脆弱性調査のための与条件や、景観パース用のデータ等に供給され、総合的な解析が可能であることも示された。

今後、これらの結果を踏まえ、本格フェーズに進み、本提案技術の実行可能性の定量的な評価を進めていく予定である。具体的には、風車ウエイクモデルの高度化と風洞実験等による精度検証、さらには風車ウエイク制御の有効性検討などを実施する。

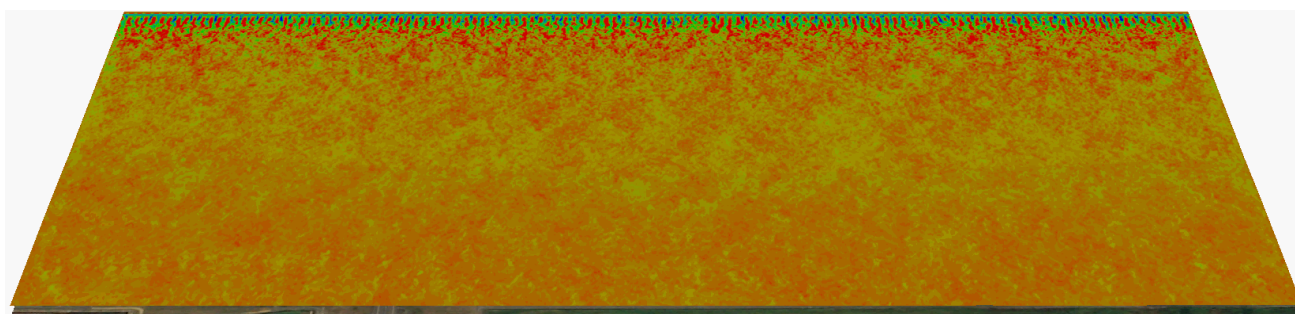


(a) 地上高 25m の風速の水平分布／防風林あり

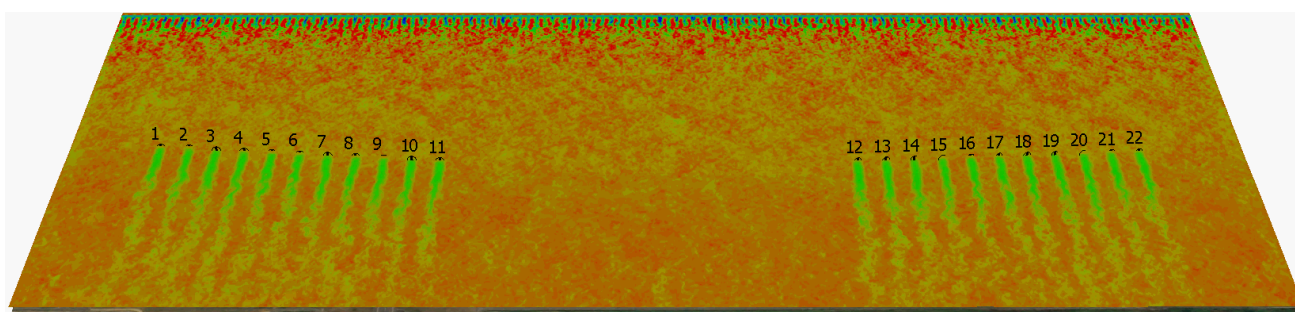


(b) 滑走路上の風速の鉛直分布／防風林あり

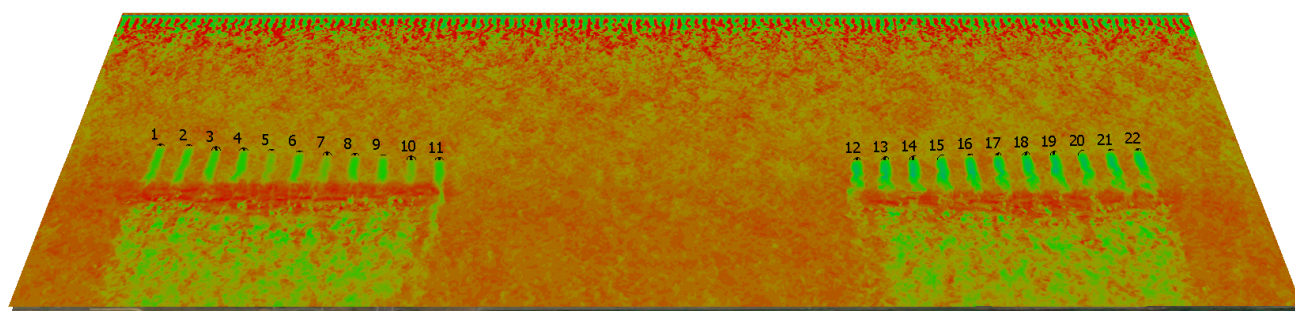
図 2-3-2 本計算で得られた風車ウエイクシミュレーションの結果



(a) 風車なし／防風林なし



(b) 風車あり／防風林なし



(c) 風車あり／防風林あり（図 2-3-2 の再掲）

図 2-3-3 本計算で得られた風車ウエイクシミュレーションの結果／
地上高 25m の風速の水平分布

2-4. 着陸飛行特性への影響解析

2-4-1. はじめに

本章では、稚内空港をモデルとして、空港滑走路上の風環境を局所的に弱風化した場合の、着陸時飛行特性への影響について、飛行運動シミュレーション前の予備解析を行い、潜在リスクを整理した。風車と防風林で制御された風況は、制御前とは異なる特有の乱れを新たに発生しているが、これを上空自由空間における汎用大気擾乱モデルで表現することはできない。無制御空間と微気象制御空間の境界や、微気象制御空間内部の非定常流れ場において、飛行機がどのような挙動を示すのか、乱れの影響を丁寧に評価する必要がある。安全性を最終評価するためには、パイロット・イン・ザ・ループでのシミュレータによる解析や実機飛行試験が必要である。本研究では、本格飛行シミュレーション前の下準備として、前章での風況シミュレーションの結果から、飛行機が遭遇する可能性のある風サンプルを抽出し、飛行特性への影響概要を把握することにした。

2-4-2. 乱れの飛行への影響と潜在リスク

滑走路進入手前から接地までの着陸フレアフェーズにおいては、地面付近で高度余裕がないので、風の乱れによる機体姿勢のふらつきは、さまざまなインシデントや事故に直結する。微気象制御がもたらす可能性のある飛行への影響と主な潜在リスク候補を、横風、追い風、上下風別に、表2-4-1に整理した。いずれのリスクも、顕在化すれば、滑走路封鎖、機体点検・整備、欠航と連鎖し、運航への影響は大きいので、丁寧な評価が必要である。

表2-4-1でのコメントの根拠となる滑走路上風速場の様子を、図2-4-2から図2-4-4に示す。さらにこの風速場を通過する際に、航空機が遭遇する乱れと、その乱れにより誘起される機体角速度外乱について、その一例を、図2-4-5から図2-4-6に示す。ここで示した風の時系列は、航空機が姿勢を変えることなく、一定高度・一定速度（50m/s）で滑走路上を通過した場合に、機体の代表4点が遭遇する風の変化であり、機体の加速度・角速度と連動させた運動解析ではない。機体6自由度運動を含めたより詳細な飛行運動解析には本格研究フェーズが必要である。

微気象制御空間での風の特徴 (50m/sで飛行する機体の左右翼端・重心・尾翼が遭遇する風の時間変動)		飛行への影響	潜在リスク	リスク	分類
横風	風車と防風林により平均風速は25%～30%低減されるが、新たに最大±3m/s、標準偏差1.5m/s、1Hz程度のガスト（乱れ）が発生している。	横風の変動により機首方位が不安定になりやすい。横位置補正が難しくなるが、接地直前なので、元々無理な制御はしないはず。	滑走路逸脱 ロール角の振動と連成するとエンジンナセルの滑走路接触につながる	高	RUNWAY EXCURSION ABNORMAL RUNWAY CONTACT
追い風	新たに最大4m/s、標準偏差1.6m/s、0.6Hz程度のガスト（乱れ）が発生している。	突発的な追い風による対気速度急減と鉛直乱れの相乗効果で、ピッチ角制御の信頼性が低下する可能性あり。	前脚荷重の超過 テールストライク（後部下面地面接触）	高	ABNORMAL RUNWAY CONTACT
上下風	最大±3m/s、標準偏差1m/s、1.5Hz程度の乱れが発生している。自己相関関数より判断すると、ランダム変動に近い。		シートベルト着用済なので乗員への危険は小さい	低	

表 2-4-1 微気象制御の飛行への影響と潜在リスク

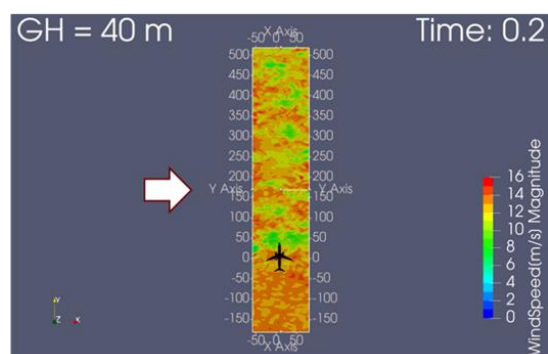
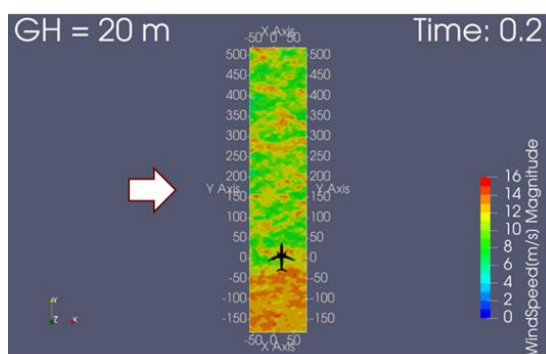
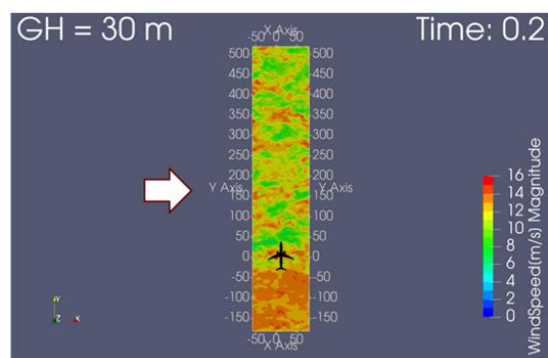
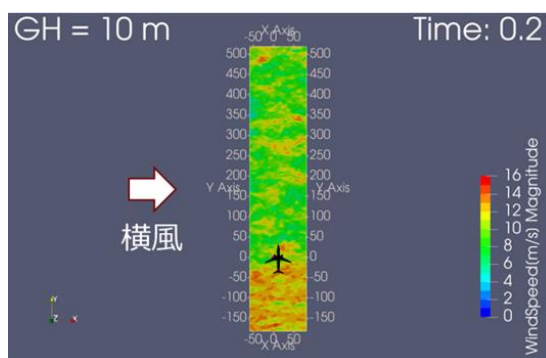


図 2-4-2 地上高 (GH=Ground Height) 別、滑走路平行面での横風 (アニメーションのスナップショット). 航空機が位置する $Y = 0$ m 付近が滑走路端であり、航空機は下から進入する. 高度が低いほど横風風速が減少している (緑が減風域). どの高度でも乱れは発生しており、機首方位制御の外乱となる可能性がある.

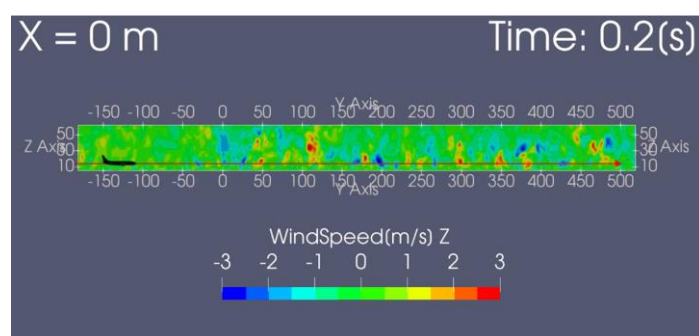


図 2-4-3 滑走路ローパス時に遭遇する上下風 (アニメーションのスナップショット. 滑走路方向センターライン上に立てた鉛直面上の上下風.) 滑走路入口 ($X = 0$ m) より上下の乱れが発生している.

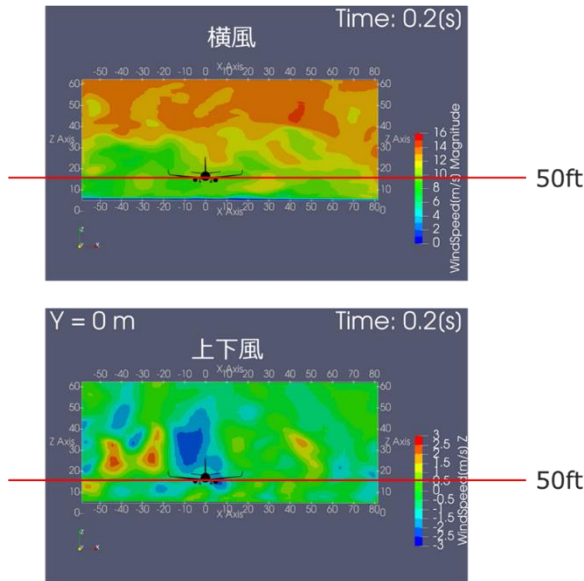


図 2-4-4 滑走路端 (THR) で滑走路に直交するようカットした鉛直面での風況 (アニメーションからのスナップショット、上段：横風、下段：上下風)．微気象制御の効果により、高度 50ft (16m) 以下では横風が顕著に減少している様子が見える．一方、代償として、上下風の乱れが発生している．この乱れの空間スケールは小さく、大きいものでも機体サイズと同等で、横風により移流し、ただちに消滅する．概して、機体サイズの乱れは揺れにつながりやすいが、シートベルト着用状態であることを考慮すると、乗客への影響は小さい可能性がある．

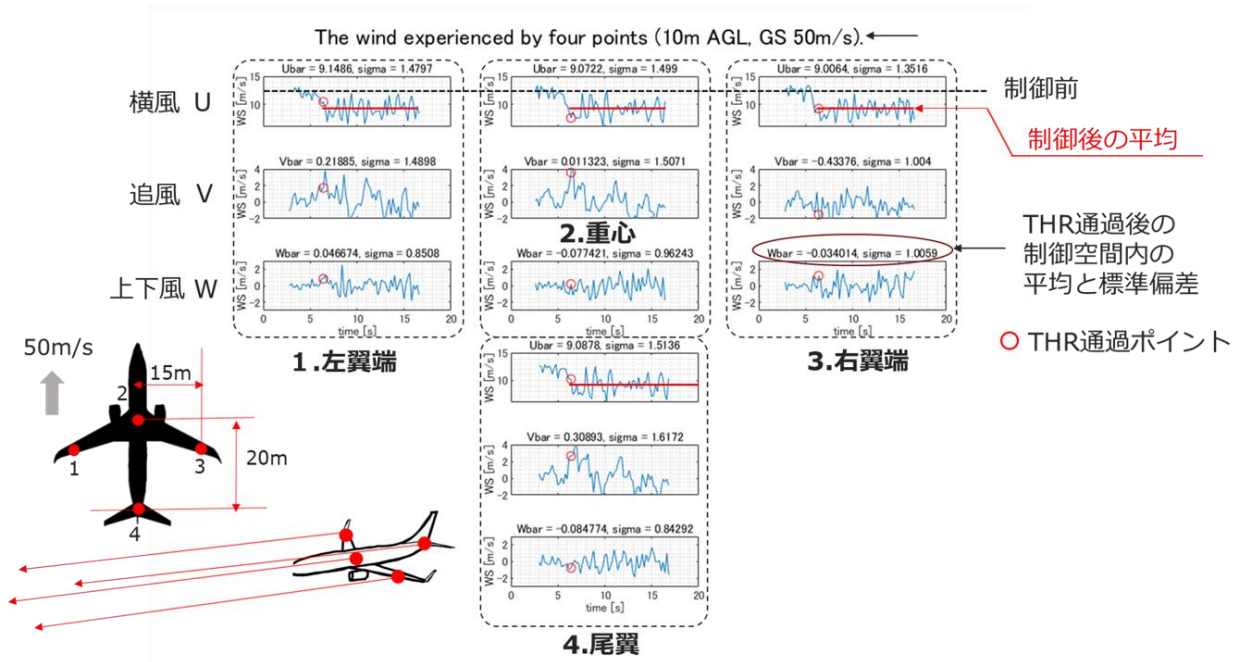


図 2-4-5 地上高 10m でローパスした場合の代表 4 点 (左翼端・重心付近・右翼端・尾翼付近) が遭遇する風変動

Induced Angular Velocities Before Considering Damping Effect (10m AGL, GS 50m/s).

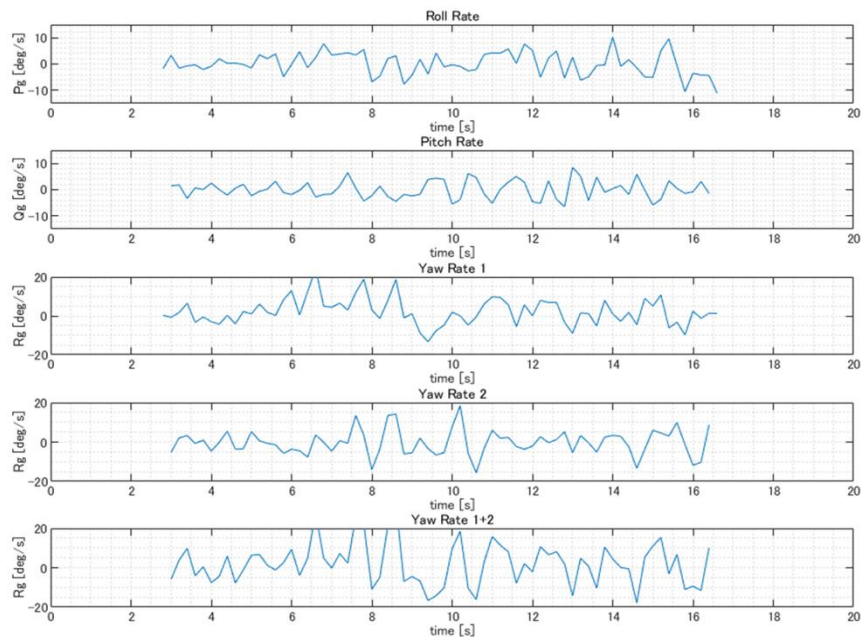


図 2-4-6 予想される角速度外乱（上からロール角速度、ピッチ角速度、ヨー角速度 1、ヨー角速度 2、ヨー角速度 1+2、単位は[deg/s]）。それぞれ、図 2-4-5 の代表点 1 と 3 の上下風、代表点 2 と 4 の上下風、代表点 2 と 4 の横風、代表点 1 と 3 の追い風より算出。ロール角速度外乱、ピッチ角速度外乱、ヨー角速度外乱の自己相関関数より（ダイジェスト版では省略）、時間ステップのラグ 2 以上で相関が±0.2 程度の小幅に収まっているので、ランダム変動の特性に近いと判断できる。ここで示した角速度外乱は、飛行運動への影響を示しているに過ぎない。機体角速度の評価には 6 自由度飛行運動シミュレーションが必要である。

2-4-3. 飛行への影響解析のまとめ

微気象制御（風車防風林設置検討第 1 案）の着陸飛行への影響を以下に列挙する。

- 滑走路上の横風が顕著に減少し、従来着陸許可が出なかったケースについても、滑走路風速計指示（地上高 10m）が横風制限値を下回ることにより、着陸可能便数を増やす効果が見込める。
- ただし、横風低減の代償として、風速 3 成分のそれぞれに乱れが発生している。乱れは微気象制御空間入口だけに偏在するわけではなく、微気象制御空間全体に拡がっている。
- 横風の乱れは機首方位の不安定を誘発し、滑走路逸脱につながるリスクがある。
- 機首方位の修正操縦がロール角不安定と連成すると、エンジンセルの地面接触のリスクがある。
- 追い風の乱れは動圧を不安定にし、ハードランディングにつながるリスクがある。

本格研究に向けて、今後の課題を以下に列挙する。

- 微気象制御空間での着陸安全性についての評価は、多数ケースについて 6 自由度運動解析を通じて実施されるべきである。さらにパイロットコメントを多数収集し、潜在リスクと課題の抽

出を図るべきである。

- 風車の配置と風車ウエイクの制御により、滑走路上の乱れを半減（←暫定目標であり、詳細仕様は運動シミュレーション評価よりフィードバックされる）することができれば、着陸安全性が実用レベルまで向上することが期待できる。
- 風況 LES 計算の結果得られた非定常風速場を通過する航空機の機体挙動計算の方法. すでにくつかの方法を考案しているが、本ダイジェストでは省略し、別の機会に報告する。
- パイロット模擬制御則の設計と計算機内シミュレーション評価
- シミュレータ用風モデルの設計および実装と、パイロット・イン・ザ・ループ・シミュレータによる飛行性評価

2-5. 実用化に向けての取り組み

実用化に向けての取り組みだが、最近の風潮として風車は地元から環境や景観を懸念され計画を断念することが見受けられる。稚内空港周辺は宗谷シーニックバイウェイに指定され、景観や自然環境を配慮した地域となっており、なおさら慎重に進める必要がある。そこでこの研究のモデルで風車を設置した場合に景観がどのように変わるかわかるパースを制作した。また上空のパイロットからどのように見え、離着陸時の視点の邪魔にならないかなど検討するためのパースも制作した。

なおこれらのパースは、風車の有無以外にも、制限表面等の情報を重ねあわせ、また様々な角度から見たことが出来るシステムを整備し1カットとして見たことが出来る。また本取り組みを地域の方々に理解して頂く講演会を開催した。講演会は稚内空港の運営に関する協議会の開催後行うもので構成員は市や道、また商工会や観光協会等、地元の主要組織で構成されるものである。



図 2-5-1 実用化に向けての取り組みイメージ

2-6. 今後の進め方

稚内空港において、2030 年度に向け実際の風車の設置を考えている。まずは滑走路の片側・ILS の設置されている側をイメージしているが、その後は 2050 年度に向けもう片側に設置し、更なる就航率の向上とカーボンニュートラルを図っていききたい。

この稚内空港の取り組みをもって、行政・航空会社・また他空港に働きかけ、航空機の安全また副次的に得られる脱炭素化を図っていききたいと考えている。

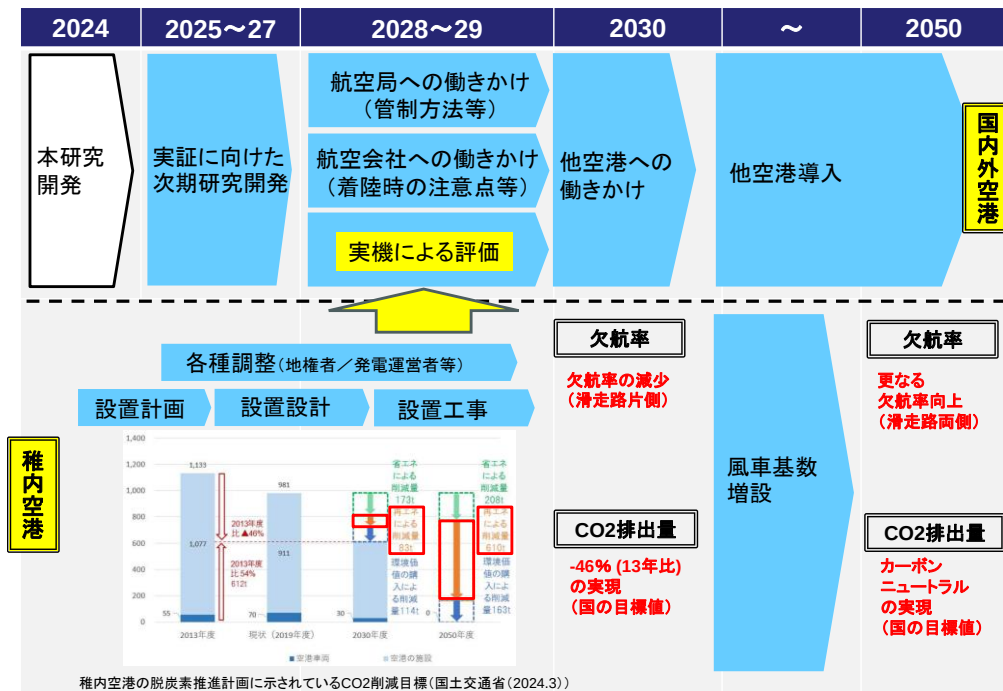


図 2-6-1 ロードマップ

2-7. 横風対策以外の用途について

本研究結果により、風車後方の滑走路を超え、相当遠方まで風車ウェイクの影響が及んでいることが確認できた。また後方で横風は弱められるものの弱い上下の風が発生していることも確認できた。このことはデンマーク工科大学により可視化された風車ウェイクの写真によく現されており、この渦状の空気の流れによるものではないかと考えられる。



図 2-7-1 可視化された風車ウェイク

出典：Wind Farm Wake: The Horns Rev Photo Case(Technical University of Denmark(2013))

本研究では風車により横風を弱めることを主眼に研究を進めてきたが、この渦の流れを活用して滑走路付近に発生する局所乱流を破壊出来ないか。羽田空港の A 滑走路付近にある格納庫や庄内空港の空港付近の丘が滑走路上に乱流を発生させ航空機の離着陸を難しくしていると本研究を進めている中、複数の関係者から聞くことが出来た。この局所的な乱流を破壊することで滑走路上の気流の安定化が図れないか。本テーマ（＝風車ウェイクを用いた滑走路上の気流の安定化）についても検討・研究する意義は高いと考えている。



図 2-7-2 滑走路上の局所乱流発生想定原因(左:HND34L 付近の格納庫, 右:SY027 付近の丘) (出典 : Google)

また昨年末の韓国の務安空港で発生した航空機事故の原因となったバードストライクについても空港において大きな問題となっている。その主な対策として、航空機の離着陸前に空砲を撃つバードスweep（鳥の追い払い）を主に、煙火をたく、車載クラクションを鳴らす、狼を模したぬいぐるみを置く等様々実施しているが効果をあげていない。この風車により生み出される渦は遠方まで影響するものでありこの渦に鳥の嫌がる周波数の音を乗せ、滑走路から鳥を追い出すことは出来ないか。本テーマ（＝風車ウェイクを用いたバードストライクの抑制）についても検討・研究する意義は高いと考えている。



図 2-7-3 バードストライクによる航空機事故 (出典 : 日テレ NEWS NNN)

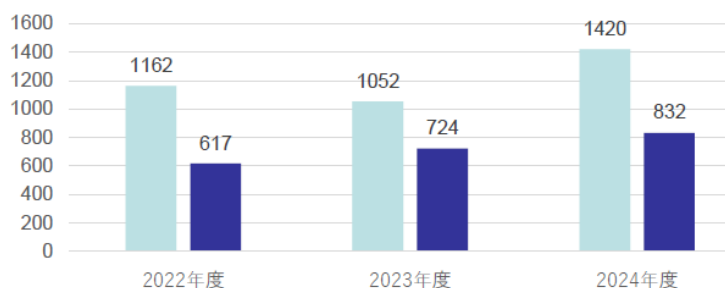


図 2-7-4 稚内空港における離発着時のバードスweep回数 (5～9 月)

これまでにない「風」のコントロールは他分野での活用も考えられ、引き続き多面的な検討を進めていきたい。

3. 結論

- ・ 空港周辺に風車及び防風林を配置すると想定した場合の、制限表面や電波干渉の空港周辺の制限について整理を行った。
- ・ 稚内空港は横風を受けやすい向きに滑走路がある空港であり、風の強い時期に離着陸制限値以上に強風が吹くことで欠航になるが、降雪地域であることからその制限値がさらに小さくなる非常に厳しい環境にある空港であることを改めて確認した。
- ・ 主要航空会社へ本研究の有効性についてヒアリングを実施し、今後のシミュレーションを行う上での課題や目標が明確になった。
- ・ 本研究で行う計算は、風車と防風林による風の減衰効果を確認する FS 的な位置付けのため、風車の配置は、現実的なサイズや配置を想定し実施した。シミュレーション結果からは、各風車の背後にそれぞれウエイク領域が形成されていること、さらに風車ウエイクは相互に干渉し、流下していること、滑走路上空では、風車ウエイクおよび防風林による減速効果が明確に再現されていることなどが明確に確認できた。
- ・ 風車や防風林による滑走路上風環境の局所的弱風化が、着陸時飛行特性に与える影響について、飛行シミュレーションにより評価するための仕組みを構築した。
- ・ 横風低減の代償として、風速 3 成分のそれぞれに乱れが発生していることを確認した。乱れは微気象制御空間入口だけに偏在するわけではなく、微気象制御空間全体に広がっている。
- ・ 以上のことから、本研究では、空港周辺の風車設置に伴う課題等を整理し、風車ウエイク及び防風林による風の減速効果が確認できたと共に、今後のシミュレーションの環境を整えた。また、航空機により安全な着陸を行うための課題も整理した。次年度以降は、検討ケースを追加し、本提案技術の実行可能性の定量的な評価を進めていく必要がある。

4. 知的財産権取得状況

特許出願 0 件

5. 研究成果発表実績

1) 論文発表

国内 1 件、海外 1 件

[1] 風力発電設備を活用した滑走路横風低減・制御に関する調査・研究 (安全工学シンポジウム 2025)

[2] Preliminary Analysis of the Impact of Airport Runway Microclimate Control on the Landing Phase of Flight (SICE 2025)

2) 口頭発表

国内 1 件、海外 0 件

[1] 制御マルチシンポジウムでの発表

3) その他 (研究内容報告書、機関誌発表、プレス発表等)

＜リリース＞

[1] 令和 6 年度交通運輸技術開発推進制度の新規研究課題に採択されました (2024/8/30 北海道エアポート(株))

＜新聞記事＞

[1] 風力発電を安定着陸に／北海道新聞／2024/8/20

[2] 風車もたらす、空港の未来／強風で欠航防ぐ＋施設の脱炭素にも／電気新聞／2024/8/26

[3] 稚内空港で風車実装実現可能性を検討 風力発電設備の風速低減効果を活用した空港微気象制御システムのシミュ評価など／日刊航空／2024/9/4

[4] 稚内空港 滑走路沿いの風車で横風弱められるか検証へ／北海道 NEWS WEB／2024/9/22

[5] 北海道・稚内空港の強風、風力発電で抑制 欠航減に期待／日経 地域経済／2024/10/1

6. 参考文献

＜2－2 の参考文献＞

[1] 空港周辺における建物等設置の制限 (制限表面) ／国土交通省東京航空局 HP／

<https://cab.mlit.go.jp/tcab/restriction/02.html>

[2] 北海道エアポート(株)からのお知らせ (制限表面) ／北海道エアポート

[3] 風力発電建造物による航空保安無線施設の影響に関するガイドライン R6.3 改正 (国交省航空局)

[4] 風力発電導入ガイドブック 2008 年 2 月改定第 9 版 (NEDO)

[5] 空港脱炭素化事業推進のためのマニュアル (初版) (国交省航空局)

＜2－4 の参考文献＞

[1] 加藤・大屋・柄沢：航空機力学入門、東京大学出版会 1982

[2] 嶋田・佐々：飛行力学、森北出版 2017

[3] Willem Hendrik Jan Joseph van Staveren: Analysis of Aircraft Responses to Atmospheric Turbulence, Delft University Press, 2003

[4] 重見仁、牧緑：外部渦が飛行運動に及ぼす影響を推算するための拡張パネル法の開発、日本航空宇宙学会論文誌 72(1) 11-20 2024 年 2 月

[5] 牧緑、濱田吉郎、中澤正博、内田孝紀：空港滑走路に微気象制御が着陸フェーズ飛行特性へ与える影響の解析 (初期検討)、制御マルチシンポジウム、発表予定 2025 年 3 月