



## 種子島宇宙センター・ロケット発射台周辺における地上風の数値風況予測に成功

### 概要

九州大学応用力学研究所 内田 孝紀 准教授は、(独)宇宙航空研究開発機構 (JAXA) および (株)環境GIS研究所と共同で、種子島宇宙センター内のロケット発射台周辺に発生する地上風を対象に、数値風況診断を実施しました。

特に、ロケット打上げ時に監視すべき局所的な地上風の空間構造として、風速の鉛直プロファイルおよび乱流強度 (気流変動の大きさ) を解析しました。取得された解析結果は、ドップラーライダー (レーザ光を発射し、大気中のエアロゾル (塵、微粒子) からの反射光を受信し、その移動速度を風速として計測するシステム) による風速の鉛直プロファイルおよび風車型の風向風速計による定点観測での乱流強度と比較しました。その結果、解析結果と観測結果は良好な対応を示し、複雑な地形や大型ロケット組立棟等の建物に対する風の局所的な増速及び流れの変化や、乱流諸量を詳細に再現することに成功しました。

### ■背景と内容

現在、国内の人工衛星等の打上げには、「H-IIAロケット」および「H-IIBロケット」が主に用いられています(図1を参照)。これらは高さ50m、直径が4~5m程度の推進薬タンクで構成され、アルミニウム合金製の薄肉の円筒構造となっています。発射前の地上起立時においては、地上風による風荷重に耐荷する必要があります。また、発射時においては横風による横滑り量と発射台設備との衝突を考慮しなければいけません。このように、ロケット打上げにおいては機体設計や打上げ時の意思決定に係る風速制約条件の設定において、局所的な地上風の数値風況予測が必要になります。そこで本研究では、図2に示す種子島宇宙センターを対象に数値流体シミュレーション技術(CFD)と地理情報システム(GIS)を用いて、ロケット打上げに伴う局地的な地上風の数値風況予測を試行しました。

最初に、過去30年の気象データを整理し、種子島宇宙センター内の気流特性を調査しました。その結果、冬季において風速10m/s以上の比較的強い風は主に北西から吹いてくることが明らかに

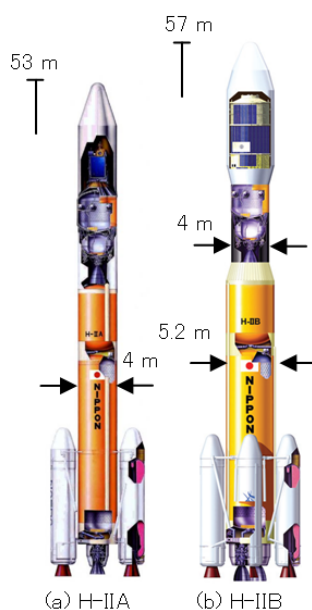


図1 国内の人工衛星等の打上げに利用されているロケット



図2 種子島宇宙センターの位置

なりました。この風向ではロケット発射台 (LP: Launch Pad) が高さ80mの大型ロケット組立棟 (VAB: Vehicle Assembly Building) の後流に位置することになり、その影響が懸念されました(図3参照)。

次に、ロケット発射台周辺の設備、建物、地形をコンピュータ上に再現しました(図3を参照)。種子島宇宙センター内の地形に関しては、航空機デジタルセンサにより計測した0.5m空間解像度の地形標高データを使用しました。また、種子島宇宙センター外の地形については、地球観測衛星により計測された10m空間解像度の地形標高データを使用し、上記の0.5m標高データと接続しました。一方、種子島宇宙センター内に位置するロケット発射設備、建物等については、製造図面に基づいて3次元の立体形状として忠実に再現しました。

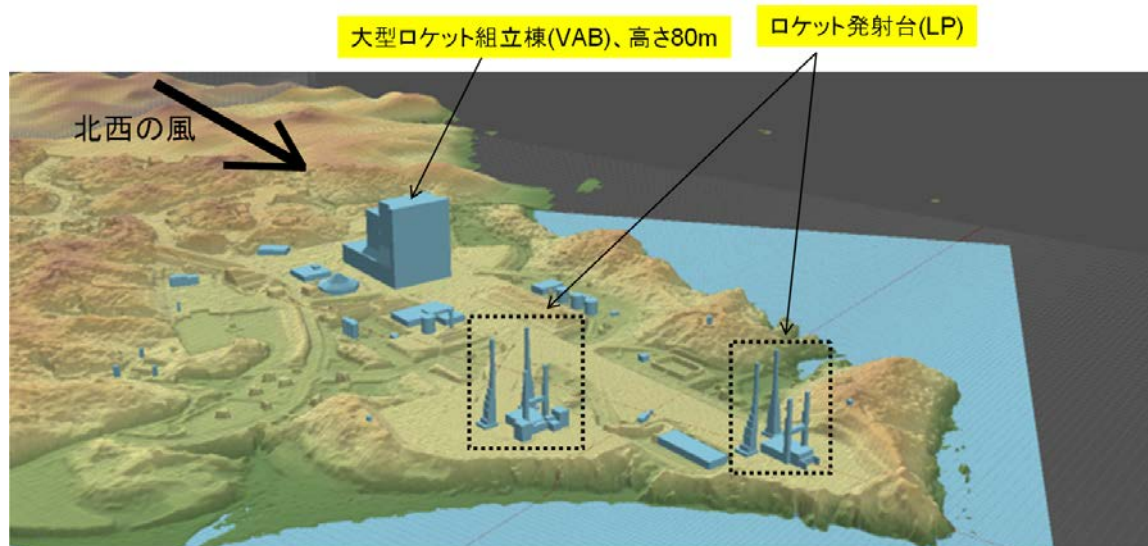
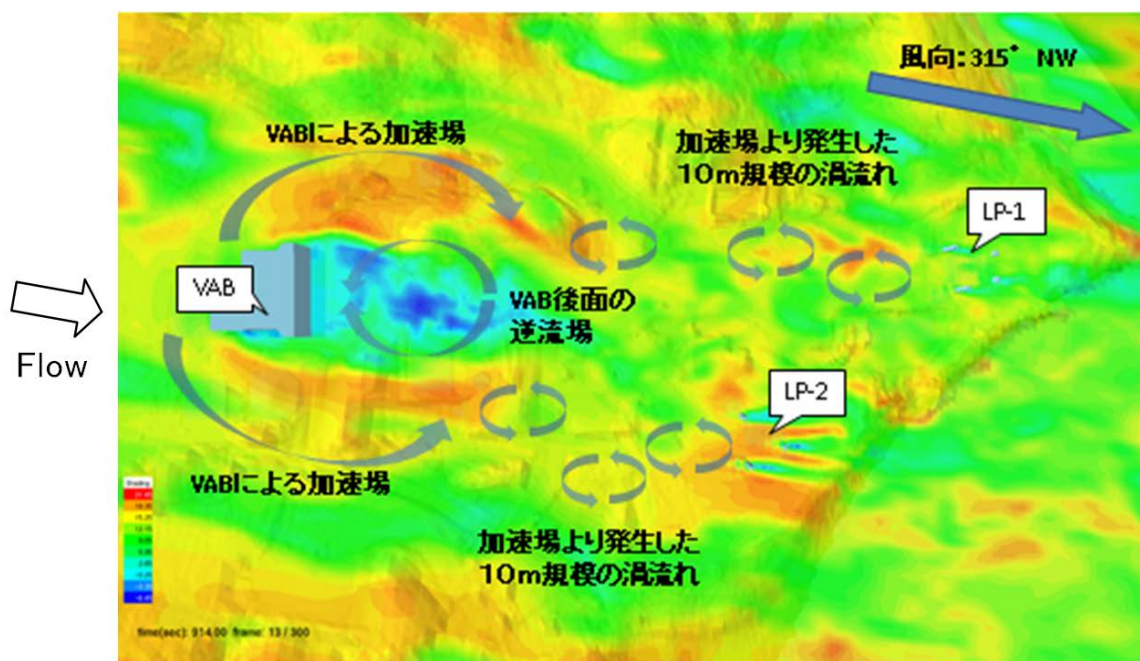


図3 ロケット発射台周辺の設備、建物、地形をコンピュータ上に再現した様子



計算条件

- 風向: 北西315°
- 代表長さスケール: 80m (VAB高さ)
- 領域サイズ: 約1,500m(x方向) × 約1,500m(y方向) × 約500m(z方向)
- 計算格子数: 200(x方向) × 200(y方向) × 80(z方向)点, 約300万点

図4 北西を対象にした解析事例(瞬間場)、地上高40m付近の風速分布図

さらに、図3の条件を基として、冬季の種子島宇宙センターにおいて卓越する北西の風を対象として数値風況予測を実施し、その結果を得ました（図4）。これは、地上高約40mの風速分布図（瞬間場）を示しています。大型ロケット組立棟（VAB）による加速場と、その背後における減速場において複雑な乱流場が形成されていることが確認されました。詳細に流れ場を吟味すると、大型ロケット組立棟（VAB）背後では局所的な風の循環場が形成され、構造物周辺で加速された風が渦流となり、下流のロケット発射台（LP-1、LP-2）に到達していることも確認されました。これらの複雑な流動現象は、現状の風車型の風向風速計を代表とする観測手法では捉えることは非常に困難であり、コンピュータシミュレーションによって初めて3次元の空間構造として大規模に捉えることに成功しました。解析結果の定量的な検証も同時に実施し、解析結果は地上風の空間構造としての平均風速の鉛直プロファイル及び動的な特性としての乱流強度の双方とも、観測結果と良好な対応を示しました。

## ■まとめと今後の展開

本研究で示した数値流体力学的アプローチは、ロケット打上げ時を対象とした局所的な地上風解析ツールとして極めて有望であることが示されました。今後、詳細な比較・検証作業をさらに進め、ロケット打上げに向けた具体的な適用方法および定量的効果について明らかにするべく、共同研究をさらに継続する予定です。

## ■参考文献

齊藤 俊哉、内田 孝紀、荒屋 亮、「ロケット発射時における地上風の数値風況予測の試行」、九州大学応用力学研究所所報、第145号、pp.121-126、2013

## ■謝 辞

本報は、九州大学応用力学研究所、(独)宇宙航空研究開発機構（JAXA）、(株)環境GIS研究所との共同研究「ロケット打上げにおける地上風の空間構造の研究：研究代表者 内田孝紀」の研究成果を報告するものです。ここに記して、関係者に感謝の意を表します。

### 【研究全体のお問い合わせ】

応用力学研究所 准教授 内田 孝紀（うちだ たかのり）

電話：092-583-7776

FAX：092-583-7779

Mail：takanori@riam.kyushu-u.ac.jp

### 【独立行政法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA)のお問い合わせ】

宇宙輸送ミッション本部

宇宙輸送系要素技術研究開発センター

開発員 長福 紳太郎（ちょうふく しんたろう）

電話：050-3362-6616

FAX：029-868-5977

Mail：chofuku.shintaro@jaxa.jp

### 【株式会社環境GIS研究所のお問い合わせ】

代表取締役 荒屋 亮（あらや りょう）

電話：092-847-0105

FAX：092-631-6407

Mail：araya@engisinc.com