

ハイブリッド風洞における風試セッティングシミュレーション

荻野 純 (株式会社 菱友システムズ), 渡辺重哉, 口石 茂, 加藤裕之 (JAXA)
山本 寛, 大海謙一 (株式会社 菱友システムズ)

EFD Setting Simulation on Hybrid Wind Tunnel

Jun Ogino(Ryoyu Systems Co.,Ltd.), Shigeya Watanabe, Shigeru Kuchi-Ishi, and Hiroyuki Kato(JAXA)
Hiroshi Yamamoto, and Kenichi Ohgai(Ryoyu Systems Co.,Ltd.)

ABSTRACT

In a functional part of the Digital/Analog Hybrid Wind Tunnel, planning the wind tunnel test efficiently in advance and reducing troubles about experimental apparatus placement are required. EFD Setting Simulation (ESS) system actualizes such requirements by providing a virtual environment of the transonic wind tunnel facilities and airplane scale models with three-dimensional CAD application (CATIA V5) and enables to plan several kinds of wind tunnel tests including PSP/PIV measurements instantly. The ESS system is aiming at higher usability by means of convenient user-interface with EXCEL-VBA and automated manipulation of CAD data. In the PSP simulation function of the system, for example, user can easily check their plan for PSP instrumentation setting through the virtual PSP camera views only by inputting specifications and positions about camera and lighting. The target of the present ESS system is JAXA's 2m x 2m transonic wind tunnel and will be extended to other wind tunnels. It is also planned additional functions such as CFD grid generation from the verified EFD setting information. Further system automation, enhancement of the implemented functions, additional new functions, and improvement of operability are needed in order to make the ESS system indispensable to plan the wind tunnel test.

1. はじめに

現在、JAXA で開発中の「デジタル／アナログ・ハイブリッド風洞」(以下、「ハイブリッド風洞」)の機能の1つである風試セッティングシミュレーションは、風洞試験における事前検討の効率化、計測装置設置作業時間の短縮を主目的とし、3次元 CAD を使用して風洞試験時の風洞模型状態、計測機器の位置状況を仮想的に再現するだけでなく、PSP/PIV 試験を考慮した計測装置の選定、設置検討が可能となっている。また、ユーザフレンドリーなシステムを目的に開発した事によりユーザの作業負担を軽減し、EXCEL からの操作入力を基本とし操作性の向上を図ると共に自動化による作業性の良いシステム開発を目指した。

2. 風試セッティングシミュレーションシステム

風試セッティングシミュレーションは、JAXA 2m×2m 遷音速風洞を対象に CATIA V5 をベースに開発した。CATIA V5 とは、航空宇宙分野等で幅広く利用されているダッソー・システムズ社のハイエンド3次元 CAD ソフトで、形状定義、干渉チェック機能、ライティング機能といった CAD 機能だけでなく、カスタマイズ機能も優れており、本システムで採用した EXCEL で作成された操作画面から VBA によるプログラムで CATIA 操作の自動化を実現している。ユーザが準備した風洞模型モデルに対し、カート・支持装置を選択後、PSP シミュレーション機能、PIV シミュレーション機能等をシミュレーションするシステムである。風試セッティングシミュレーションシステムの流れを図1に示す。

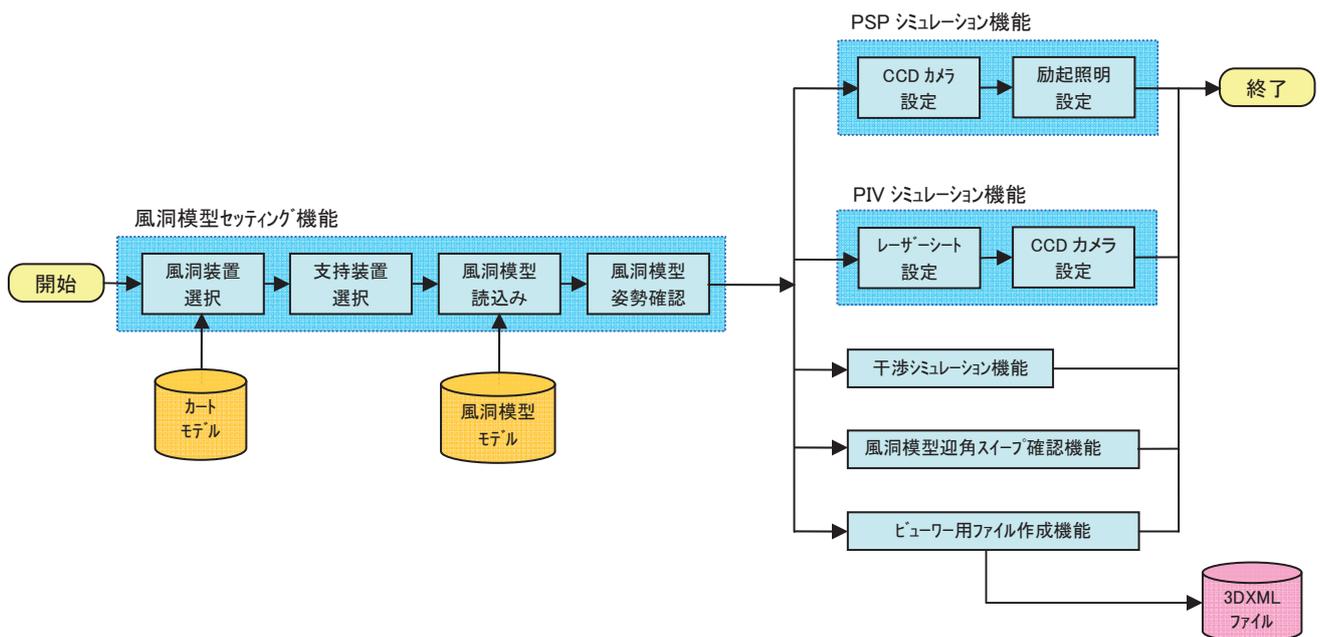


図1 風試セッティングシミュレーションシステムの流れ

3. 風試セッティングシミュレーション機能

(1) 風洞模型セッティング機能

風洞選択、支持装置選択、風洞模型読み込み、模型姿勢確認を行う。特長として、風洞が無くても風洞設置状態が確認可能である。風洞模型セッティング機能の処理手順を図2に示す。

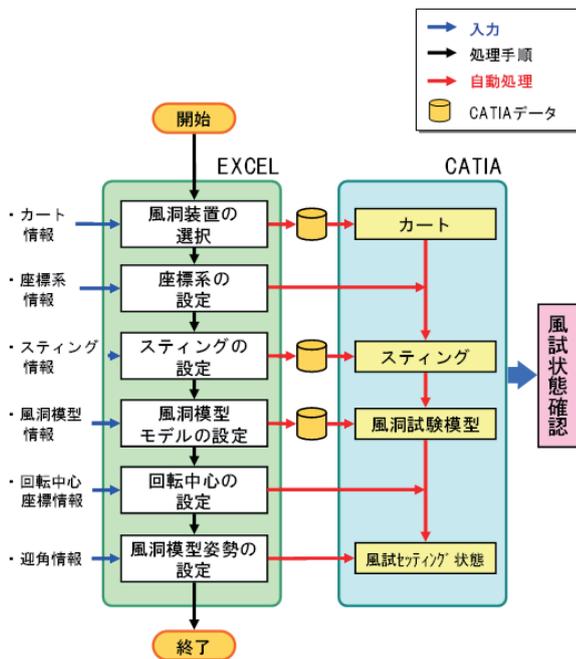


図2 風洞模型セッティング機能の処理手順

① 風洞装置選択

風洞試験を行うカートの種類を選択する。また、風試セッティングシミュレーションを行う絶対座標系の設定を行う。確認画面（風洞カート部）を図3に示す。

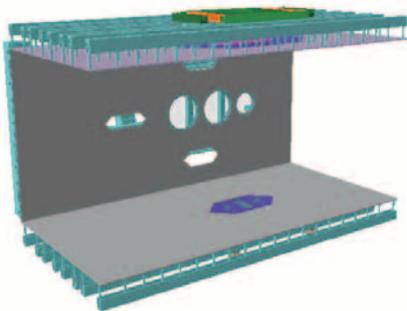


図3 確認画面（風洞カート部）

② 支持装置選択

登録されているスティング形状の一覧から使用するスティングを選択する。また、新たなスティング形状を使用する場合は、全長等のパラメータ入力変更によりモデル作成が可能である。確認画面（支持装置追加）を図4に示す。

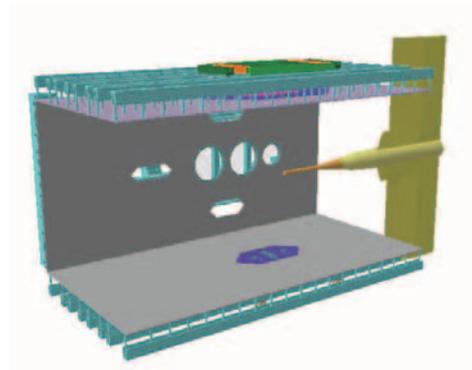


図4 確認画面（支持装置追加）

③ 風洞模型読み込み

ユーザが準備した風洞模型モデルを読み込む。確認画面（模型追加）を図5に示す。

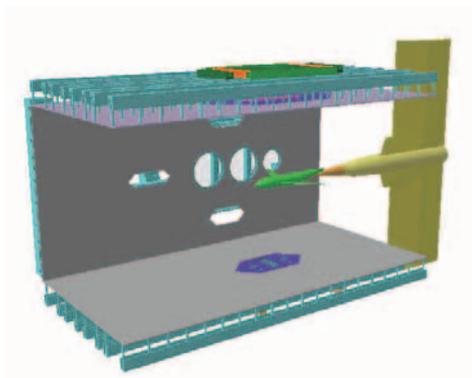


図5 確認画面（模型追加）

④ 風洞模型姿勢確認

迎角・横滑り角、または、ピッチ角・ロール角の2通りの入力方法でパラメータ値を設定後、風洞模型セッティングの確認をする。風洞模型姿勢設定操作画面を図6、最終確認画面を図7に示す。

(2) 風洞模型姿勢設定

【機能説明】 風洞模型モデル姿勢を設定します。
 【操作説明】 入力方法で [1:迎角, 横滑り角, 2:ピッチ角, ロール角] の選択をします。
 次に、選択した入力方法のパラメータ入力欄に値を入力し、「設定」ボタンをクリックします。

・θ (ピッチ角)

・φ (ロール角)

入力方法: 2 1: α (迎角), β (横滑り角), 2: θ (ピッチ角), φ (ロール角)

■入力方法1						
No	パラメータ名	パラメータ値	単位	最大値	最小値	備考
①	α (迎角)	0.0	deg	20	-20	
②	β (横滑り角)	0.0	deg	20	-20	

■入力方法2						
No	パラメータ名	パラメータ値	単位	最大値	最小値	備考
①	θ (ピッチ角)	0.0	deg	20	-20	
②	φ (ロール角)	0.0	deg	180	-180	

設定

図6 風洞模型姿勢設定操作画面

- ・JAXA 2m×2m 遷音速風洞(第4カート)
- ・風洞模型: DLR-F6
- ・模型姿勢: $\alpha=10\text{deg}$, $\beta=0\text{deg}$

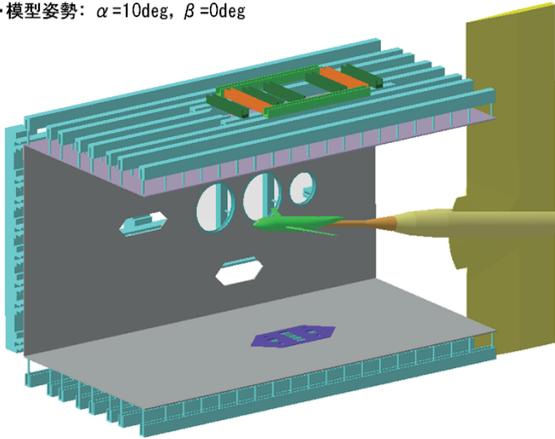


図 7 最終確認画面 (風洞模型姿勢設定)

①～④までの入力等は EXCEL 操作画面で行い、セッティング状態は CATIA 画面で確認する。

(2) PSP シミュレーション機能

PSP とは、風洞模型を感圧塗料で塗装し、LED の励起照明を照射し、発光の強弱から模型の表面圧力情報を算出する計測手法である。この試験検討・準備に最適な CCD カメラと励起照明の設置位置決定に時間が掛かる事も多い。それは、設置場所がカートの上下左右にある観測用窓に限定される事と計測精度を高める為、照明が模型にムラ無く当たり、影が極力発生しないように照射する必要があるからである。現状は、従来の位置を参考に現場作業で試行錯誤を繰り返しながら決定する事も多い。

これに対し、PSP シミュレーション機能では、CCD カメラの素子サイズ、レンズ焦点距離、励起照明の輝度、光源タイプ (スポット光源、点光源、指向性光源) を設定し、カメラ、照明を観測用窓に設置する。画像からカメラ撮影領域、風洞模型の照射分布を確認しながら、最適な位置を決定する。PSP シミュレーション機能の処理手順を図 8 に示す。

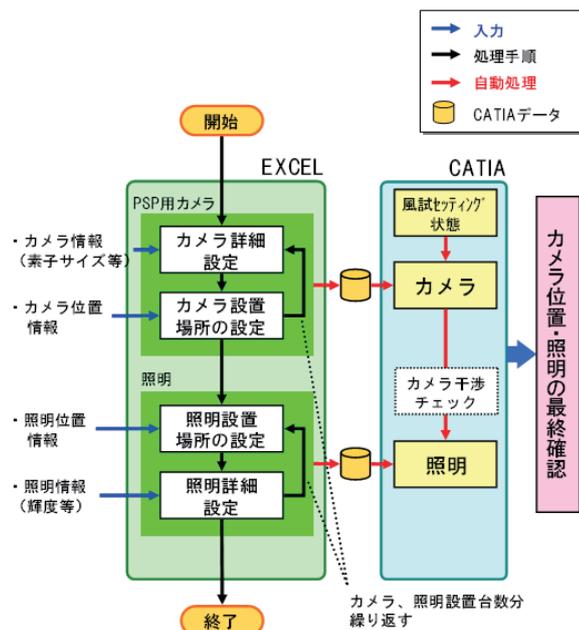


図 8 PSP シミュレーション機能の処理手順

また、この際 CCD カメラと支柱等の干渉について、干渉シミュレーション機能で確認する。カメラ撮影領域画面を図 9 に、照明 1 台設置時の照射分布画面を図 10 に、照明 2 台設置時の照射分布画面を図 11 に示す。

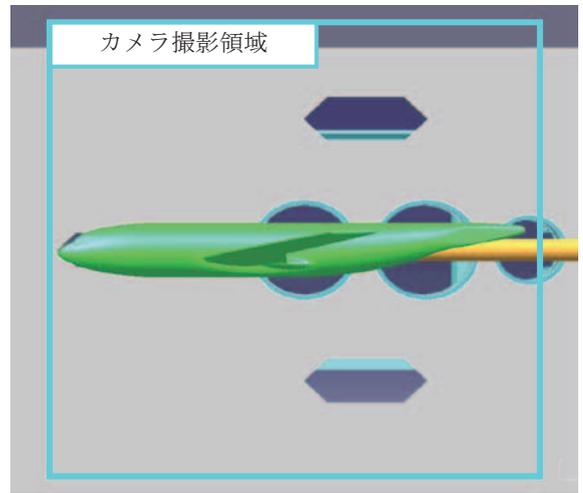


図 9 カメラ撮影領域画面

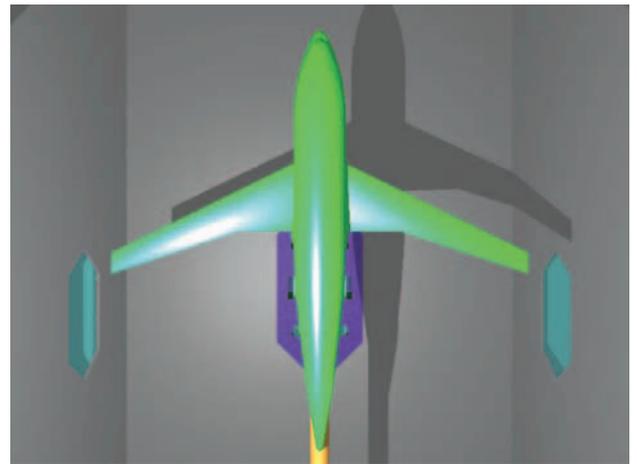


図 10 照明 1 台設置時の照射分布画面

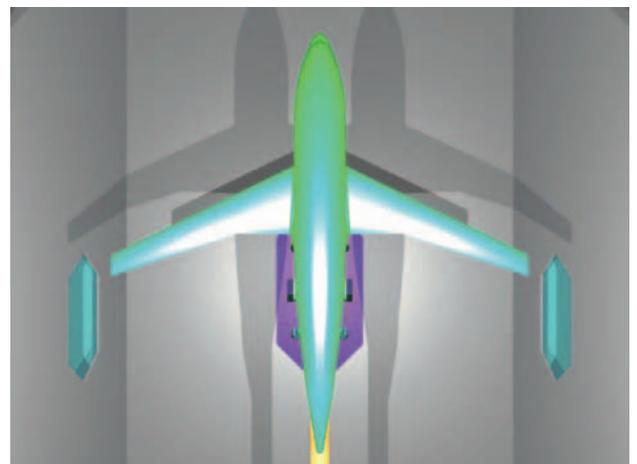


図 11 照明 2 台設置時の照射分布画面

(3) PIVシミュレーション機能

PIVとは、流れ場に投入した微小トレーサ粒子の動きを薄いシート光内で解析し、その移動量から速度分布を測定する計測手法である。特にステレオPIVと呼ばれる手法ではカメラを2台設置し測定を行う。設置方法は数通りあるが、その中でもScheimpflugによる方法はシート光全域でピントが合う為、広範囲の撮影が要求される大型風洞で採用されている。

Scheimpflugとは、一般のカメラフィルム面とレンズ主面は交わることなく平行に位置し、ピントを結ぶ物面も平行の位置関係であるが、フィルム面とレンズ主面が平行でない場合、フィルム面、レンズ主面、物面は同一直線上で交わる原理のことである。この配置の利点は、近距離と遠距離同時に焦点を合わせることが可能である。Scheimpflugのイメージ図を図12に示す。

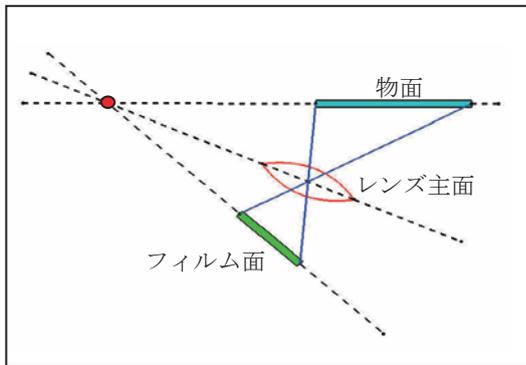


図12 Scheimpflugのイメージ図

PIVシミュレーション機能では、PSPシミュレーション機能と同様にカメラを設定し、レーザー光によるシート面をサーフェスで定義し、主翼、胴体等との交線を自動作成することで測定位置を明確に出来る様になっている。PIVシミュレーション機能の処理手順を図13に、測定位置画面を図14に示す。

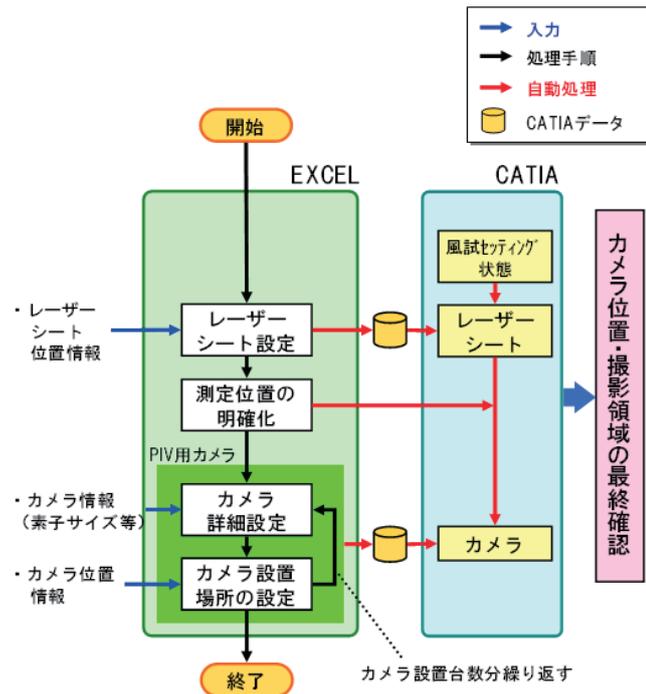


図13 PIVシミュレーション機能の処理手順

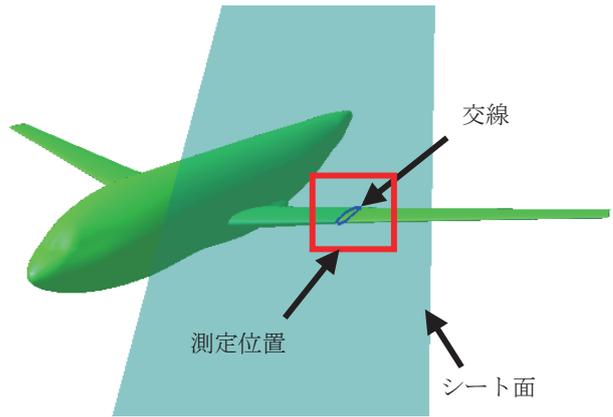


図14 測定位置画面

Scheimpflugによる撮影面の作成は、1台目と2台目のカメラ撮影領域の積を自動で求めている。この領域を視覚化することにより、撮影回数を最小限で行う検討が可能となる。Scheimpflug撮影領域画面を図15に、最終確認画面を図16に示す。

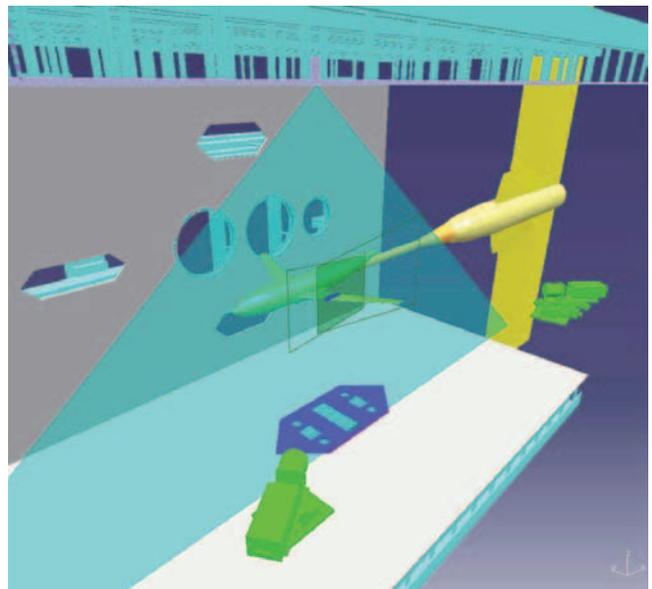


図15 Scheimpflug撮影領域画面

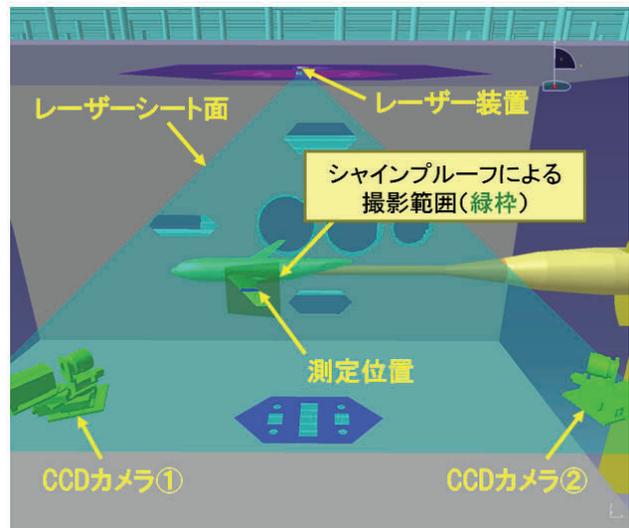


図16 最終確認画面

(4) 干渉シミュレーション機能

風洞壁、支持装置、風洞模型、CCD カメラといった複数のモデルを同時に干渉チェックする機能で、干渉結果はリストと画像によって確認する事が出来る。干渉箇所が複数存在した場合は、リストから干渉確認したい箇所を選択すれば、干渉の原因となっているモデルのみ表示されるので確認が容易となっている。干渉結果リストを図 17 に、干渉チェック結果画面を図 18 に示す。

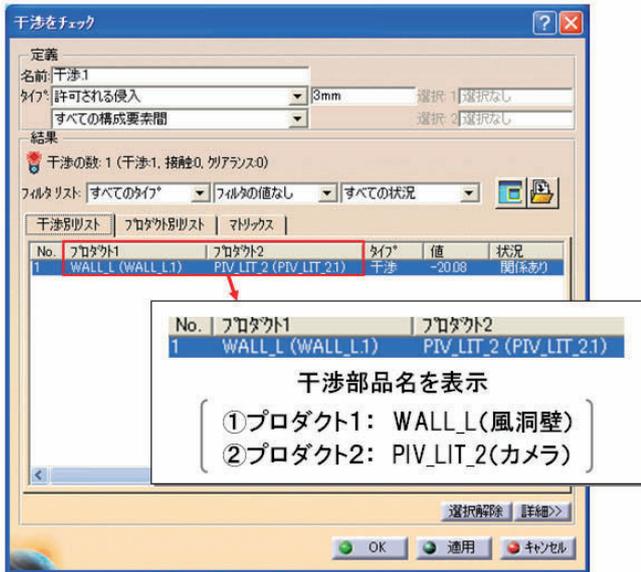


図 17 干渉結果リスト

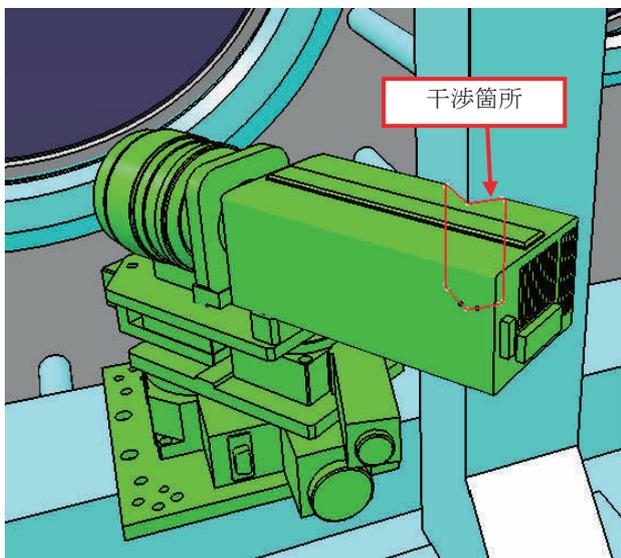


図 18 干渉チェック結果画面

(5) 風洞模型迎角スイープ確認機能

この機能は迎角を変化させた場合、風洞模型がカメラ撮影領域内でどの様に撮影されるかをシミュレーションし、確認する機能である。風洞開始迎角と終了迎角を EXCEL 入力するだけで、アニメーション表示が可能となっている。風洞模型迎角スイープ確認機能の処理手順を図 19 に、迎角スイープ確認画面を図 20 に示す。

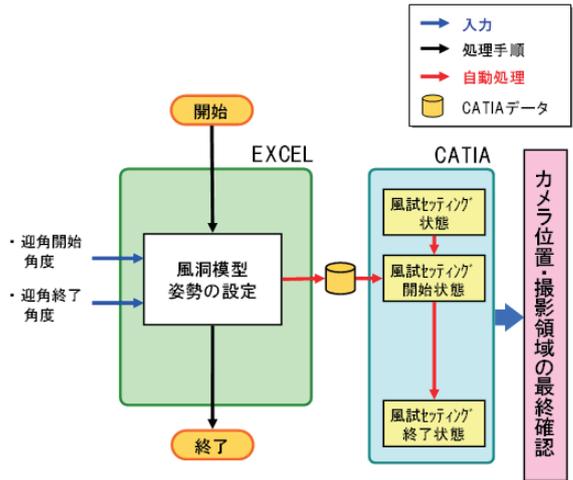


図 19 風洞模型迎角スイープ確認機能の処理手順

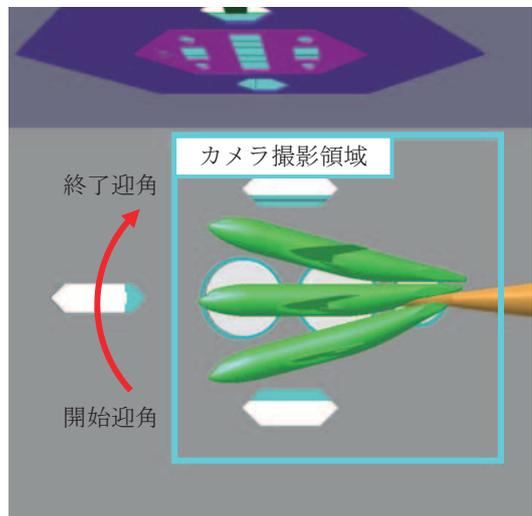


図 20 迎角移動確認画面

(6) ビューワー用ファイル作成機能

風試セッティングシミュレーションは CATIA で稼働している為、CATIA が無いとセッティング状況を確認することが出来ない。そこで、3DXML 形式でファイルを作成し、ビューワーソフトで検討結果が確認可能とした。ビューワー用ファイル作成機能の処理手順を図 21 に示す。

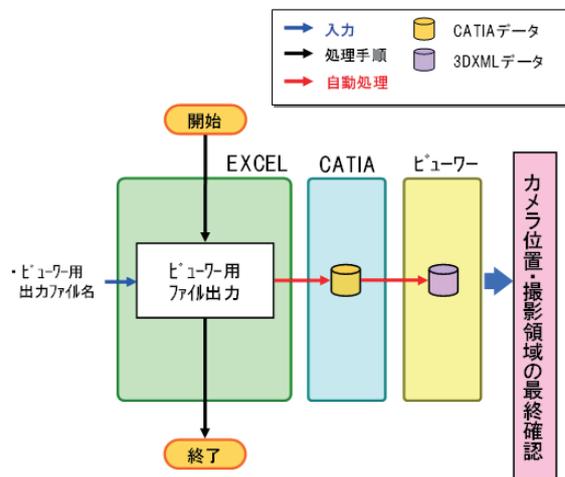


図 21 ビューワー用ファイル作成機能の処理手順

4. まとめ

模型セッティング作業において、セッティング時に検討を行っていたが、本システムでは風試模型形状が決まれば風洞試験計画と共に最適なセッティング状態が検討可能となる。

今回紹介したバージョンは基本機能を中心にユーザフレンドリーなシステムとして開発したが、今後、風洞試験検討に必要な不可欠なツールとして認知されていくには、風洞試験ユーザに使用して頂くと共に更なる自動化を行い、既存機能の強化、新機能の追加、操作性の改善を行っていかねばならない。また、風洞試験技術向上にも対応可能なシステムにしていきたい。

参考文献

- 1) 渡辺他, "JAXA における EFD/CFD 融合に向けた試みーデジタル/アナログ・ハイブリッド風洞構想ー", 第 40 回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2008 講演集, 1C12, 2008-06
- 2) 口石他, "JAXA における EFD/CFD 融合に向けた試みーデジタル/アナログ・ハイブリッド風洞構想 (第 2 報)ー", 第 41 回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2009 講演集, JSASS-2009-0137, 2009-06
- 3) 口石他, "JAXA における EFD/CFD 融合に向けた試みーデジタル/アナログ・ハイブリッド風洞構想 (第 3 報)ー", 第 42 回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2010 講演集, 2A4, 2010-06
- 4) 満尾他, "大型風洞における実用 PSP 計測システムの研究開発", 第 4 回学際領域における分子イメージングフォーラム, JAXA-SP-08-012, 2009-01
- 5) 加藤他, "航技研における可搬型 PIV システムの開発・整備状況について", 第 69 回風洞研究会議論文集, JAXA-SP-04-008, 2005-2
- 6) 加藤他, "可搬型 PIV システムの遷音速風洞への適用", 第 74 回風洞研究会議論文集, JAXA-SP-05-016, 2006-2
- 7) 加藤他, "JAXA2m×2m 遷音速風洞における DLR F6 模型のステレオ PIV 計測", 第 80 回風洞研究会議論文集, JAXA-SP-09-004, 2009-12