

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870595

研究課題名(和文) 航空宇宙機設計の革新に向けた大規模時系列データを含むデジタルフライトの数理的研究

研究課題名(英文) Numerical Study on Digital Flight Simulation using Large-size Time-series Aerodynamic Data for Innovative Aerospace Vehicle Design

研究代表者

金崎 雅博 (Kanazaki, Masahiro)

首都大学東京・システムデザイン研究科・准教授

研究者番号：10392838

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本申請研究では「時系列的なデジタルフライト技術と航空宇宙機最適設計への適用」を最終目的として、時々刻々変化する飛行条件に呼応して、変化する空気力に対応した最適設計を行うための基盤技術を検討・構築した。まず、数値流体力学とKrigingモデル構築手法により空力データベースを作成し、データベースを逐次参照することで実用的なデジタルフライト技術を開発した。初年度は「空力係数予測のためのモデルの効率的構築法」を行い、最終年度は「空気力モデルと運動解析の連成」を行い、フゴイドモードなどの運動の再現を行うとともに、固有値直行分解法による「時系列的分析」を通して、空力データベース構築の効率化を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, "efficient digital flight simulation based on aerodynamic database" has been carried out in view of the time variation of aerodynamic forces. Firstly, the Kriging model aerodynamic database construction was considered. Here, aerodynamics were acquired by the computational fluid dynamics. Looking up this database to solve equations of motion, the efficient flight simulation could be achieved. In 2013, usage of Kriging model was investigated for the prediction of aerodynamics around aircraft. In 2014, Kriging based aerodynamic database was coupled with equations of motion. As this result, the flight mode such as Phugoid could mode be simulated. In addition, for higher efficient aerodynamic database, Proper Orthogonal Decomposition(POD) is used to analyse unsteady aerodynamics and compression of aerodynamic data to construct aerodynamic database efficiently.

研究分野：Design Optimization, Aeronautical Engineering

キーワード：Flight Simulation Fluid Dynamics Surrogate model Time Series Analysis Numerical Approach

1. 研究開始当初の背景

航空宇宙機は時々刻々変化する主流条件化を飛行するが、設計は定常(条件が変化しない)中での検討がこれまで主流であった。今後は、設計プロセスの上流において、より実用的な設計解を求めるために、空気力が変化に対応した最適設計法を検討することが必要である。こうした動的に変化する空気力を設計において斟酌することで、多点に渡っての空力成立性を十分に議論できる。

2. 研究の目的

本申請研究は航空宇宙機最適設計への適用を念頭に置いて「時系列的なデジタルフライト技術」が大きな目的である。そこで本申請研究では、数値流体力学・近似モデル構築手法・時系列データ分析手法の洗練化を通して、時系列的数理モデルに基づくデジタルフライトの実用的利用を目指す。

3. 研究の方法

本申請研究で構築を目指すデジタルフライトの流れを図1に示す。研究は大きく、

- 空気力モデルと運動解析の連成
- 時系列的分析

に基づく。空力データベースの構築にはKriging法を援用し、6自由度の運動方程式を解く。運動方程式の求解には、微小擾乱運動方程式を用い、図2に示す航空機形状の振動運動が適切に再現されているかなどに寄り検証を行った。時系列データ分析においては、複雑な流れの様相を見せる再突入カプセル(図3)の運動把握を念頭に、大規模動的流れ場の分析を通じ、データの縮退を検討した。

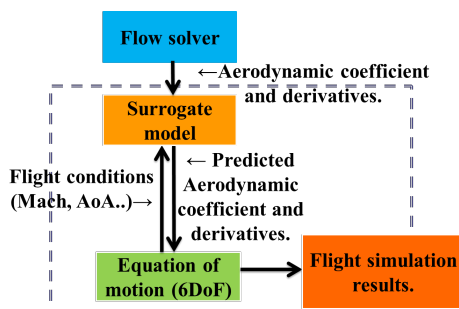


図1 デジタルフライトの流れ。

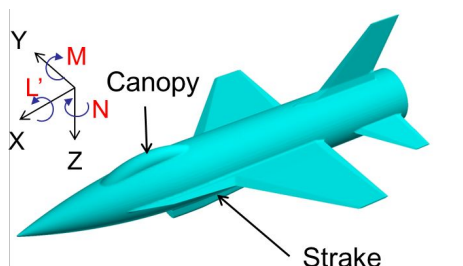


図2 航空機模型

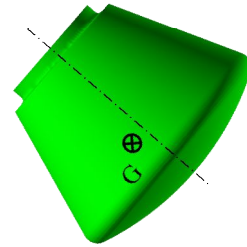


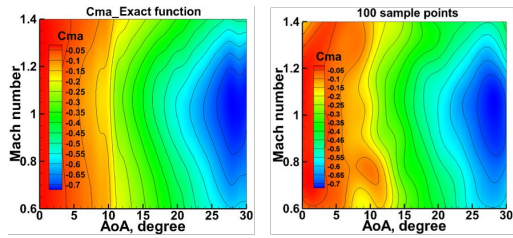
図3 再突入カプセルモデル。

4. 研究成果

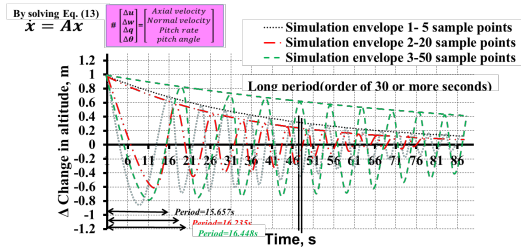
本申請研究では「時系列的なデジタルフライト技術と航空宇宙機最適設計への適用」を最終目的として、時々刻々変化する飛行条件に呼応して、変化する空気力に対応した最適設計を行うための基盤技術を検討・構築した。まず、数値流体力学とKrigingモデル構築手法により空力データベースを作成し、データベースを逐次参照することで実用的なデジタルフライト技術を開発した。初年度に行った「空力係数予測のためのモデルの効率的構築法」では、Kriging法をもとに、精度を確保するために入力として必要な条件数の検討などを行った。その結果、図4に示す通り、速度と主流迎角の2変数に対して、100の数値計算を行う事で精度の良い空力モデルを得ることが出来、フゴイドモードなどの運動の再現を適切に行う事が出来ることが分かった。

最終年度においては、再突入カプセル周りにおける複雑な動的流れを分析・圧縮するために、固有値直行分解法による「時系列的分析」を通して、空力データベース構築の効率化を図った。結果として、図5(a)に示すような空力場の情報×時間だけある大規模な情報を、その行列が示す固有値固有ベクトルの情報(図5(b))をデータベース化することで、元の大規模空力場を図5(c)に示す通り再現できることを示した。

これらの研究成果は、国内外の学会誌や論文誌で発表しており、国内会議論文は3編、国際会議論文が3編、国内発表が1件ある。また、申請研究を発展させ、旅客機の離着陸時におけるダウンバーストのシミュレーションと、最適操舵に関する研究に繋げている。

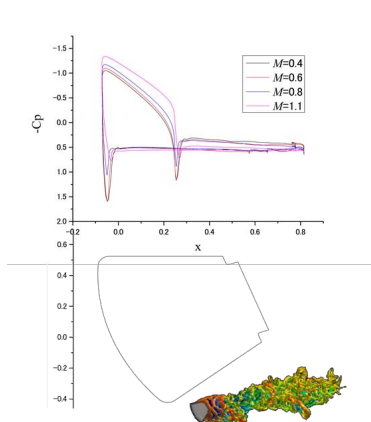


(a)

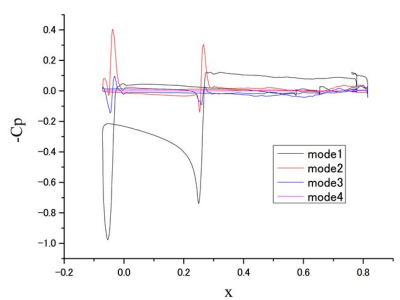


(b)

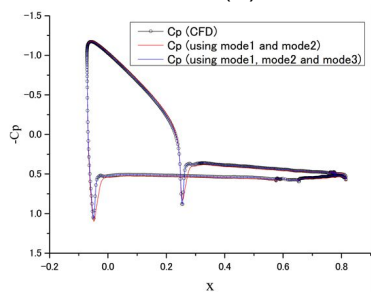
図4 空力データベースとデータベースによる機体振動の再現例 .



(a)



(b)



(c)

図5 動的流れ場の圧縮と再現 .

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

1. Othama, N., and Kanazaki, M., "Development of Digital Flight Motion Methodology based on Aerodynamic Derivatives Approximation," Journal of Robotics and Mechatronics, (accepted). **(査読付き論文)**
2. Othama, N., and Kanazaki, M., "Surrogate Model of Aerodynamic Model toward Efficient Digital Flight," Procedia Engineering, Elsevier, Procedia Engineering, pp. 703-712, 2015. **(査読付き論文)**
3. Othama, N., and Kanazaki, M., "Prediction of Aircraft ' s Longitudinal Motion Based Aerodynamic Coefficients and Derivatives by Surrogate Model Approach," Journal of Mechanics Engineering and Automation, David Publishing, Vol. 4 Number 7, p. p. 584-594, 2014. **(査読付き論文)**

[学会発表] (計 4 件)

1. Othman, N, Kanazaki, M., "Efficient Flight Simulation Using Kriging Surrogate Model Based Aerodynamic Database ," AIAA SciTech2015, AIAA Paper2015-0543, FL, USA, 2015.
2. Othama, N., and Kanazaki, M., " Surrogate Model of Aerodynamic Model toward Efficient Digital Flight," 2014 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology 24th-26th Sept., Shanghai China, 2014.
3. Othama, N., and Kanazaki, M., "Development of Digital Flight Methodology based on Aerodynamic Approximation," Mechanics, Tokyo Japan, October 2014.
4. 金崎 雅博, 「High-fidelity ソルバを用いたフライトシミュレーション」, 2014 年 航空宇宙流体科学サマースクール, 福岡市, 2014 年 8 月 .

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

名称 :
 発明者 :
 権利者 :
 種類 :
 番号 :
 出願年月日 :

国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

金崎 雅博 (Masahiro Kanazaki)

首都大学東京大学院

システムデザイン研究科 准教授

研究者番号：10392838

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：