

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 12 日現在

機関番号：30108
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22700155
 研究課題名（和文） 設計情報学の創出 - 次代を担う航空宇宙機の実現を目指して
 研究課題名（英文） Creation of Design-Informatics for Materialization of next-generation innovative aerospace Vehicle
 研究代表者
 千葉 一永 (CHIBA KAZUHISA)
 北海道工業大学・創生工学部・准教授
 研究者番号：50450705

研究成果の概要（和文）: 新たな設計方法論である設計情報学を創出した。設計情報学は多分野融合最適化手法の高度化、情報マイニングによる設計空間の構造化と可視化、及びそれらの実問題への応用、という三本柱で構成される。最適化の高度化では進化計算法を基とした differential evolution/遺伝的アルゴリズムハイブリッド手法の優位性を示した。情報マイニングでは、自己組織化マップ、分散解析、ラフ集合理論、及び決定木の特徴と使用方法論を明らかにした。設計情報学を用いて静粛超音速研究機の設計が行われ、引き続きハイブリッドロケット、環境適合性革新航空機の設計が進められている。

研究成果の概要（英文）: Design-Informatics which is an innovative design methodology has been proposed. Design-Informatics has three points as (1) the advancement of the manners for multidisciplinary design optimization, (2) the structuring and visualizing of design space using information mining, and (3) the application to large-scale and real-world aeronautical design problems. In (1) field, differential evolution/genetic algorithm evolutionary-based hybrid method has been advantageous for the standard test problems with noise. In (2) field, the specifications of a self-organizing map, analysis of variance, rough set theory, and decision tree has been shown. In (3) field, the silent supersonic technology demonstrator has been designed by using design-informatics, and then a hybrid rocket problem and a biomimetics-based configuration for environmental-friendly innovative airplane are also considered by using design-informatics.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：知識発見とデータマイニング・多分野融合最適設計

- | | |
|---|---|
| <p>1. 研究開始当初の背景
航空宇宙機設計には、計算機の発達により</p> | <p>情報学分野に於ける最適化技術と航空宇宙工学分野の数値流体力学や数値構造力学の</p> |
|---|---|

各技術を組み合わせた多分野融合最適設計(MDO)が用いられつつある。MDOを初めとした多目的最適化の結果は、設計目的間の相関(例えばトレードオフ)により一般に唯一解とならず、最適解集合(非劣解集合)となる。これを逆手に取り、データベースと見なしてマイニングを適用することで、設計空間の構造化と可視化、延いては革新設計のための閃きをもたらす可能性があると考えられる。即ち、問題定義、効率的データベース構築のための最適化、及び設計空間の構造化と可視化のための情報マイニング、を組み合わせた新たな枠組み、設計情報学、の創出を考える。

2. 研究の目的

10年単位の期間を要する航空宇宙機設計のため、1年単位で行える効率性と環境への適合という今後求められる革新性を追求した新たな設計方法論“設計情報学”の創出を目的とする。

3. 研究の方法

設計情報学を担う三本柱、多分野融合最適化手法の高度化、情報マイニングによる設計空間の構造化と可視化、及びそれらを用いた実最適設計問題への応用、を行う。

4. 研究成果

(1) 多分野融合最適化手法の高度化として、differential evolution(DE)と遺伝的アルゴリズム(GA)とのハイブリッド手法の有効性を示した。

設計空間を網羅的に探査するためには、応答局面に代表される近似手法やAdjoint法を初めとする勾配法では役不足であり、進化計算法をベースとした方法論を詰めてきた。これまでの研究で大域探査と局所探査の組み合わせが有利であることを示したが、今回の研究により、評価に数日単位の大幅な時間を要する大規模問題では大域探査同士の組み合わせが、特に誤差を孕む問題では圧倒的に有利である事が示された(図1)。

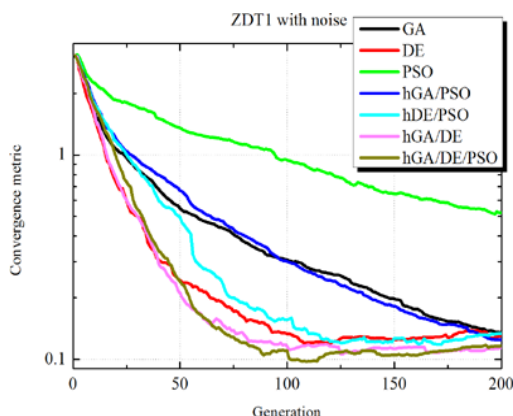


図1 各最適化手法の収束性能比較

(2) 情報マイニングによる設計空間の構造化と可視化として、自己組織化マップ、分散

解析、ラフ集合理論、及び決定木による単純問題への適用を行った。その結果、獲得される設計情報には大域情報と局所情報の2種類が存在し、前者2手法は大域情報を、後者2手法は局所情報を、それぞれ抽出することが明らかとなった。大域情報は直截的に設計にフィードバック可能なのに対し、局所情報はそれ単体では如何なる物理故にその結果が得られたのかを説明出来ないため、もうステップ物理解釈を要し、直感的な使用には耐えないが、対ロバスト性寄与変数の発見に使用できることを明らかにした。

(3) 実問題として、宇宙航空研究開発機構航空プログラムグループで検討が行われている静粛超音速研究機、現在検討が進められているハイブリッドロケットの成立性検討、及び環境適合性を追究した新たな形態研究を進めている。

静粛超音速研究機は設計情報学を駆使し2度の最適化を実行するという世界でも類を見ない大規模設計が行われた。1度目から獲得した設計情報をフィードバックし、問題定義が洗練化され2度目では基本設計に供する具体的形状が設計空間の構造化と共に提示されるに至った。

ハイブリッドロケット問題は、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所及び首都大学東京との連携の基、最適化問題を定義している。最も初めに定義した最適化問題に対して、設計情報学のアプローチを繰り返し、問題定義を洗練化しつつある。

一方で、環境適応型航空機新形態は、バイオメティクスを基に検討を進めている。これは、米国航空宇宙局が本年1月に提示した2025年までの具体的研究方針を実現するためには、現航空機形態での実現は極めて困難であるため、生物形態に回帰すべきであるという方針で進めている。現在評価計算を進めており、この結果に対して情報設計学アプローチにより設計空間の構造化を図り、次の方針、即ち問題定義の洗練化が行われる。

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2件)

[1] Chiba, K., Makino, Y., and Takatoya, T. "Design-Informatics Approach for Intimate Configuration of Silent Supersonic Technology Demonstrator" *Journal of Aircraft*, in printing.

[2] Obayashi, S., Jeong, S., Shimoyama, K., Chiba, K., and Morino, H. "Multi-Objective Design Exploration and Its Applications" *International Journal*

of Aeronautical and Space Science, Vol.11, No.4, 2010, pp.247-265.
DOI: 10.5139/IJASS.2010.11.4.247.

〔学会発表〕(計 13 件)

[1] Chiba, K. “Aerodynamic Performance of Remex-Inspired Plural Airplane Flaps” 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting, Grapevine, Texas, USA, January 2013.

[2] Chiba, K. “Aeronautical Optimization by Using Hybrid Evolutionary Algorithm” The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, The 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Kobe, Japan, November 2012.

[3] Chiba, K. “Hybrid Evolutionary Optimizer Applicable to Large-Scale and Practical Design Problem” International Computational Mechanics Symposium 2012 Computational Mechanics Division Japan Society of Mechanical Engineers, Kobe, Japan, October 2012.

[4] Chiba, K. “Pure and Hybrid Optimizers Applicable to Aeronautical Design Problem” European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, Vienna, Austria, September 2012.

[5] 千葉一永, “設計情報学の創出と展望” 日本機械学会年次大会計算力学部門特別企画フォーラム, 金沢大, 金沢, 2012年9月.

[6] Chiba, K. “Pure and Hybrid Optimizers Applicable to Large-Scale Design Problem” The 6th International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, ICGEC 2012, Kitakyushu, Japan, August 2012.

[7] 千葉一永, “風切羽を模倣した航空機主翼フラップの空力特性” 東北大学GlobalCOE航空宇宙流体科学サマースクール, 浜名湖弁天リゾートジオーション, 静岡, 2012年8月.

[8] Chiba, K. “Design-Informatics beyond Multidisciplinary Design Optimization” International Workshop on Future of CFD and Aerospace Sciences, Kobe, Japan, April 2012.

[9] 千葉一永, “設計情報学の創出と展望” 日本機械学会計算力学部門設計情報学研究會LectureSeries1, 北見工大, 北見, 2012年3月.

[10] Chiba, K. “Efficacy of Rough Set Theory as Decision Making - Investigation into Formulated Optimization Problem” International Conference on Evolutionary and Deterministic Methods for Design,

Optimization and Control with Applications to Industrial and Societal Problems EUROGEN2011, Capua, Italy, September 2011.

[11] Obayashi, S. and Chiba, K. “Multidisciplinary Design Exploration Applied to Supersonic Aircraft” International Conference on Evolutionary and Deterministic Methods for Design, Optimization and Control with Applications to Industrial and Societal Problems EUROGEN2011, Capua, Italy, September 2011.

[12] 千葉一永, “設計情報学の概観と航空宇宙機設計への応用” 東北大学GlobalCOE航空宇宙流体科学サマースクール, 鳥取大, 鳥取, 2011年8月.

[13] Chiba, K., Makino, Y., and Takatoya, T. “Design-Informatics Approach Applicable to Real-World Problem” IEEE Symposium on Computational Intelligence 2011 in Multicriteria Decision-Making, Paris, France, April 2011, pp.167-174.

〔その他〕

ホームページ等

http://www.geocities.jp/thousandleaf_k/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

千葉一永 (CHIBA KAZUHISA)

北海道工業大学・創生工学部・准教授

研究者番号: 50450705