

令和元年5月30日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00295

研究課題名(和文)大域/局所設計情報間の潜在構造の可視化と数理モデル化—現象理解と仮説導出に向けて

研究課題名(英文)Visualization and mathematical modeling of latent structure between global/local design information

研究代表者

千葉 一永 (CHIBA, Kazuhisa)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：50450705

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：工学製品の設計に有益な情報は、大域設計情報と局所設計情報に分類される。大域設計情報は経験知を明文化するため、物理的解釈が容易だが革新はない。革新設計に至る仮説は局所設計情報に含まれる可能性があるが、機械学習的に得られた局所設計情報の物理的解釈は困難である。本研究では、大域設計情報と局所設計情報の間の潜在構造を構造可視化する方法を構築した。これまで各情報を独立に抽出していたが、網羅的に抽出した各情報を有機的に体系化できた。これにより、局所設計情報への物理的解釈が容易になり、数理モデル化につなげられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理的解釈の困難だった局所設計情報に物理的解釈を加える一手法を創出したことにより、経験知として蓄積できなかった、設計要求を改善するための全く新しい設計情報を獲得でき、革新設計に至る仮説を導くことができるようになった。また、これらの情報を実問題設計にフィードバックすることで、より利便性の高い新たな製品の創出につながり、社会貢献につながるものと期待される。少なくとも本研究内で適用した次期宇宙輸送機の設計では、50年以上停滞しているコンセプトの刷新につながるとともに、今後航空産業への発展にも影響を与えることに鑑みれば、波及性の強い研究成果である。

研究成果の概要(英文)：Beneficial information for designing engineering products is classified into global and local design information. Because global design information states the knowledge from past experiences clearly, physical interpretation is easy but there is not any innovations. Local design information can include hypotheses to innovative design, but its physical interpretation is difficult since machine learning algorithms indicate it. In this research, I have proposed a system to structurally visualize a latent structure between global and local design information. Previously, each information was dominantly extracted, but the approach has made it be available to exhaustively systematize. The results make physical interpretation of local design information easy and lead mathematical modelings.

研究分野：設計情報学

キーワード：データ解析 進化計算 航空宇宙工学 数値流体解析

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

様々な工学問題を効率的に設計する新たな方法として、申請者は設計情報学を提案した(科研費若手研究(B)22700155)。これは、問題定義・最適化・データマイニングの3本柱で構成され、大規模実問題の設計に効果を発揮してきた。設計情報学の適用により最終的に得られる設計情報に物理的解釈を加えることで、設計に還元できると同時に、設計知をデータベース化できるようになった。また、研究成果の一つとして、最終的に得られる設計情報は、設計空間全体に当てはまる大域的な設計情報と設計空間の局所領域でのみ当てはまる局所的な設計情報とに大別できることを明らかにした。

物理的な背景に基づき、得られた設計情報を解釈することができなければ、せっかく得られた局所設計情報を実設計に生かせず無駄になる。革新設計に至る仮説が隠れているであろう局所設計情報を活用する術が求められる。そこで、大域設計情報と極端に解釈しづらい局所設計情報を独立にかつ同時に生成する現状を見直し、中間をつなぐ階層表現という着想に至った。

2. 研究の目的

工学製品の設計に有益な設計情報は、大域設計情報と局所設計情報に分類される。大域設計情報は経験知を明文化するため、物理的解釈が容易であるが革新はない。革新設計に至る仮説は局所設計情報に含まれる可能性があるが、機械学習的に得られた局所設計情報の物理的解釈は困難である。

本研究では、大域設計情報と局所設計情報の間の潜在構造を階層表現の概念に基づき可視化し、局所設計情報への物理的解釈を援助する方法を研究する。特に、設計者に必要不可欠な、設計要求を最適にする情報を網羅的に構造可視化し、数理モデルの構築につなげる。これにより、革新設計に至る仮説を系統的に導く方法論になることが期待される。

3. 研究の方法

本研究計画の最終目標は、局所設計情報に物理的解釈を与え、革新設計に至る仮説を系統的に導く方法論を構築することにある。

具体的に、以下のように段階的に研究を進める。

1. 階層表現の概念に基づき、大域設計情報と局所設計情報の間の潜在構造を可視化する。
2. 可視化された潜在構造を基に、局所設計情報に物理的解釈を与える。
3. 大域設計情報と局所設計情報の間の数理モデリングを行い、仮説を導く。
4. 方法論の汎用性を検討する。

4. 研究成果

工学製品の設計に有益な情報は、大域設計情報と局所設計情報に分類される。大域設計情報は経験知を明文化するため、物理的解釈が容易だが革新はない。革新設計に至る仮説は局所設計情報に含まれる可能性があるが、機械学習的に得られた局所設計情報の物理的解釈は困難である。

本研究では、大域設計情報と局所設計情報の間の潜在構造を構造可視化する方法を構築した。これまで各情報を独立に抽出していたが、網羅的に抽出した各情報を有機的に体系化できた。これにより、局所設計情報への物理的解釈が容易になり、数理モデル化につながられた。

5. 主な発表論文等 (以下に掲載する代表的な論文は全て査読有りです)

[雑誌論文] (計 8 件)

- [1] Chiba, K. and Nakata, M. From extraction to generation of design information - Paradigm shift in data mining via evolutionary learning classifier system. *Procedia Computer Science*, vol.108, 2017, pp.1662-1671.
- [2] Chiba, K., Kanazaki, M., Watanabe, S., Kitagawa, K., and Shimada, T. Structurisation and visualisation of design space for launch vehicle with hybrid rocket engine. *International Journal of Automation and Logistics*, vol.2, no.1, 2016, pp.26-44.

[学会発表] (計 40 件)

- [1] Chiba, K., Umeda, Y., Hamada, N., Watanabe, S., Nakata, M., Yasue, K., Suzuki, K., Atobe, T., Kuchi-Ishi, S., Nakakita, K., and Ito, T. Determination of temporal and spatial origination of transonic buffet via unsteady data mining. AIAA Paper-2018-0036, 56th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 8--12 January 2018, Gaylord Palms, Kissimmee, Florida, USA, 8-12, January, 2018.
- [2] Chiba, K., Watanabe, S., Nakata, M., Umeda, Y., Hamada, N., Yasue, K., Suzuki, K., Kuchi-Ishi, S., Nakakita, K., and Ito, T. An attempt for detecting transonic buffet signature via unsteady data mining. The 2017 World Congress in Computer Science, Computer Engineering, and Applied

Computing, The 13th International Conference on Data Mining, Las Vegas, Nevada, USA, 17-20, July, 2017.

- [3] Chiba, K., Watanabe, S., and Kanazaki, M. Physical construction of local design information for sounding hybrid rocket design via correlation-based information hierarchical structure. Proceedings on IEEE World Congress on Computational Intelligence, Vancouver, Canada, 24-29 July 2016, pp.2588-2595.
- [4] Chiba, K., Yoda, H., Ito, S., and Kanazaki, M. Visualization of design-space constitution for single-stage hybrid rocket with rigid body in view of extinction-reignition. 2015 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, Cape Town, South Africa, 7-10 December, 2015, pp.933-940.

〔図書〕（計 2 件）

- [1] Chiba, K., Watanabe, S., Kanazaki, M., Kitagawa, K., and Shimada, T. Elucidation of influence of fuels on hybrid rocket using visualization of design-space structure. Advances in Evolutionary and Deterministic Methods for Design, Optimization and Control in Engineering and Sciences, Edited by Greiner, D., Galvan, B., Periaux, J., Gauger, N., Giannakoglou, K., and Winter, G., Computational Methods in Applied Sciences 48, Springer International Publishing AG, 2018, pp.473-488.
ISBN: 978-3-319-89986-2 (ISBN for eBook: 978-3-319-89988-6), ISSN: 1871-3033

〔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：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.di.mi.uec.ac.jp/chiba/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。