



データ駆動型デジタルものづくり研究センター

〔プロジェクト研究センター設置期間：令和3年10月～令和8年3月(予定)〕

センター長	桑野 亮一 (くわの りょういち) / 工学部 機械システム工学科・准教授			
共同研究者 (学内)	福島 千晴 (ふくしま ちはる) / 工学部 機械システム工学科・教授	吉田 憲司 (よしだ けんじ) / 工学部 機械システム工学科・教授	王 栄光 (おう えいこう) / 工学部 機械システム工学科・教授	池田 雅弘 (いけだ まさひろ) / 工学部 機械システム工学科・准教授
	宗澤 良臣 (むねさわ よしおみ) / 工学部 機械システム工学科・教授	大島 健太 (おおしま けんた) / 工学部 機械システム工学科・講師		

センターの概要

(1) 主たる研究分野

【分野】

総合理工(ナノ・マイクロ科学) 工学(機械工学、総合工学)

【キーワード】

ナノ材料工学、機械材料、生産工学、加工学、流体工学、熱工学、制御、機械システム、航空宇宙工学

(2) 研究概要

世界規模での社会的な課題として、環境への配慮やSDGsなどの取り組みと同時に、ものづくりの分野では、IoT、Industry4.0、Society5.0、デジタルツインなどに見られるような次世代に向けたものづくりの構造変革が必要とされている。これらの近未来に想定される喫緊の課題に対して、機械工学の果たす役割は極めて大きい。本研究センターでは、新領域も包含する新たな機械工学への挑戦も含め『デジタルデータの駆使によってものづくりプロセスを変革し、データ駆動型の新たな7M(Man, Material, Machine, Method, Measurement, Management, Multiphysics)モデルの提案とその応用実現』を目的に研究を進めている。次世代の製造基盤では、人や場所などをはじめとする境界のないデータ駆動型の無人化されたものづくりシステムの構築が期待されている。その実現には、現象のモデル化や定量化、予測技術、ハードとソフトを連携するデジタル技術等が不可欠となる。さらに従来の機械工学にはなかった新機能の発現が見出されており、それらの設計手法やメカニズムの理解が求められている。よって、機械工学における新領域も対象に取り上げ、マルチフィジックスの視点から新たな機械工学分野の工学的な新展開を模索する。

各分野の成果を有機的に統合し高付加価値、高機能、高効率、高強度などの実現を目指している。得られた成果を地域社会へ還元すると同時に、本学におけるものづくり教育にも積極的に活かしていく。

主な研究内容を次のように計画している。

- (1) **Man**:人の作業 (IE手法による作業分析)
- (2) **Material**:材料の創製 (ナノ構造材料の創製)
- (3) **Machine**:工作機械および設備 (ナノマイクロアプリケーション)
- (4) **Method**:プロセス手法 (超臨界流体技術を用いた微粒子プロセッシング)
- (5) **Measurement**:評価・計測 (複雑流れの計測と制御)
- (6) **Management**:管理・統合 (データ駆動型IE手法の構築)
- (7) **Multiphysics**:複数の物理現象が同時に作用する連成解析 (マルチフィジックスシミュレーション)

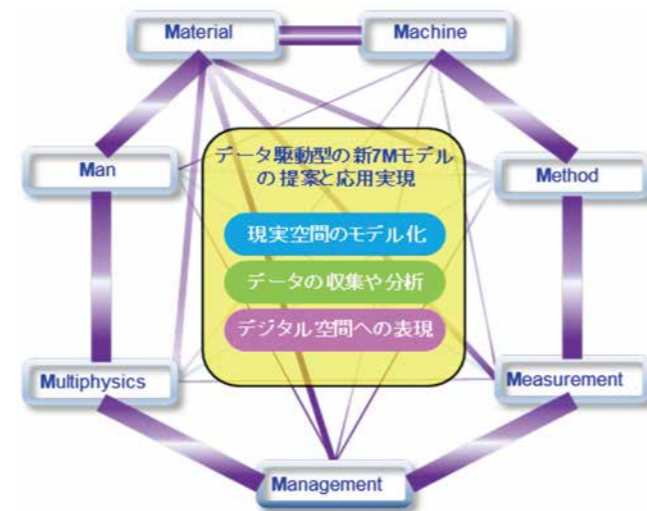


図1. 研究の目的と要素

7Mの各要素の統合と結合をデジタル技術によって進め、次世代の製造システムへの応用をはかる。

研究成果等

(1) 研究成果

令和5年度の研究成果について、以下に挙げる。

【Material 領域】

有機溶媒DMSO中で電析法によって作成された皮膜にCr、Mn、Mo、Fe、Co、Niなどの金属以外、酸素と炭素が多く含有され、混合エントロピーの大きなアモルファス構造を有することが確認された。この皮膜を水電解の陽電極に適用して測った触媒活性は、現行のRuO₂よりはるかに高い。

【Machine 領域】

A5052アルミニウム合金に波長355nmのパルスUVレーザーを用いて微細凹凸を形成すると、その表面特性の改質が500から4000mm/sの高いビーム走査速度で可能であった。A5052アルミニウム合金表面の接合能力が向上した要因は、レーザー照射の重畳で得られる不規則断面形状の創生とその領域拡大、表面の清浄と酸化促進に加えて、超親水性に改質されたことによる表面の活性などが相互に関連したためと考えられる。

【Multiphysics 領域】

本手法で用いる最適化アルゴリズムである内点法にお

いて、変数を更新するために必要なヘッシアンを状態遷移行列および状態遷移テンソルに基づき解析的に表現することで、最適化計算の高速化およびロバスト化を実現した。また、イオンエンジンを想定した低推力推進系の軌道最適化問題においては、低推力での連続加速を多数の微小なインパルス入力で近似し、最大推力に関する不等式制約を追加することで本手法を適用した。特に、本手法の特徴である正則化により、複雑な重力多体系においても燃料の節約に有効なバンバン制御をロバストに求めることが可能となった。

(2) 今後の展開・応用分野等

次世代ものづくりシステムに求められている技術革新や構造変革を進めるには、7Mの研究領域にわたって、現実空間で起こっている現象を的確に捉え、分析し、モデル化していく基礎的な取組みが重要となる。さらにそれらをデジタル空間で活用するための取組みも、高い予測精度とリアルタイム性の実現において不可欠である。

得られた研究成果およびそれらを有機的に統合し、例えばナノ材料、精密加工、輸送機器、航空宇宙などの各分野における高付加価値、高効率、高強度などを実現させる応用展開を目指す。

(3) 実績 (論文・特許・共同研究・産学連携・補助金) 等

○受託研究

(1)～(4) 作業改善に関する研究:宗澤 良臣。

○科研費

(1)マルチパルス電析法を用いたハイエントロピー合金薄膜の創製と耐食性耐摩耗性評価、基礎研究(C)一般、課題番号21K04724。(2021～2023);研究代表者:王 栄光。

○学術誌(査読付論文)

- (1)Tian Xiao, Chenghua Sun, Rongguang Wang, Electrodeposited CrMnFeCoNi Oxy-carbide film and effect of selective dissolution of Cr on oxygen evolution reaction, Journal of Materials Science & Technology, Accepted.
- (2)桑野 亮一、日野 実、徳永 剛、永田 教人、古賀 俊彦、Nathan Hagen、大谷 幸利:UVパルスレーザーテクスチャリングによるA5052アルミニウム合金の接着性向上に関する表面改質、軽金属、74.1(2024)、18-21、2024年1月。
- (3)K. Oshima, The impact of second-order analytical derivatives on regularized direct multiple shooting method for impulsive spacecraft trajectory optimization, Guidance, Navigation and Control, 2024年3月。
- (4)K. Oshima, Regularizing fuel optimal multi impulse trajectories, Astrodynamics, vol. 8, pp.97-119, 2024年3月。
- (5)K. Oshima, Regularized direct method for low-thrust trajectory optimization: Minimum-fuel transfer between cislunar periodic orbits, Advances in Space Research, vol. 72, pp.2051-2063, 2023年9月。

○学会発表

- (1)肖 天、王 栄光、表面技術協会第148回講演大会、04D-24、2023。
- (2)大川 歩夢、王 栄光、2024年腐食防食協会中国・四国支部「材料と環境研究発表会」講演集、広島工業大学、講演番号3、2023年3月5日、pp.5-8。
- (3)K. Oshima, AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conference, Big Sky (USA), 2023年8月。