

Title	DXにおける機械学習応用システムの深化プロセスと人間・機械協働型マネジメント
Author(s)	奥田, 聡
Citation	
Issue Date	2024-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/19380">http://hdl.handle.net/10119/19380</a>
Rights	
Description	Supervisor: 内平 直志, 先端科学技術研究科, 博士

氏名	奥田 聡		
学位の種類	博士 (知識科学)		
学位記番号	博知第 362 号		
学位授与年月日	令和 6 年 9 月 24 日		
論文題目	DX における機械学習応用システムの深化プロセスと人間・機械協働型 マネジメント		
論文審査委員	内平直志	北陸先端科学技術大学院大学	教授
	敷田麻実	同	教授
	DAM, Hieu Chi	同	教授
	白肌邦生	同	教授
	吉岡信和	QAML 株式会社	代表取締役

### 論文の内容の要旨

This doctoral dissertation focuses on machine learning systems and human-machine collaborative management, elucidating digital transformation's (DX) classification and evolutionary processes and methods for enhancing DX implementation intention. Promoting DX within enterprises is essential for improving operational efficiency and creating new value, with machine learning systems playing an increasingly crucial role. However, significant challenges exist in how users can effectively utilize machine-generated outputs and exploit the system. This research aims to classify DX in enterprises, clarify its evolutionary processes, and investigate how machine learning systems, including human factors, interact, exploit, and collaborate.

This study proposes a new theoretical framework based on systematic analysis of qualitative data to address the challenges enterprises face with DX and machine learning application systems. The factors that enhance DX intention and the human-machine collaboration factors were validated through quantitative analysis.

The research results, which unveil three classifications of DX in enterprises (internal chain optimization DX, value chain optimization DX, and new business value creation DX) and their evolutionary patterns (operational excellence, self-sufficiency, and co-creation), are of significant importance. The findings shed light on the factors that influence DX intention, such as attitudes, interests, and confidence in skills and abilities related to DX. Moreover, the systematic enhancement of these factors can improve the intention.

The exploitation process of machine learning systems is a continuous sequence evolving from data visualization to system autonomy, with each stage characterized by specific features and challenges. These challenges include technical issues and human factors, where users must accept, adapt, and effectively utilize the system. The construction of trust in human-machine collaboration is crucial, with the dissertation analyzing the elements required for trust and the processes leading to it. Translators, who interpret and convey machine-generated predictions and analyses, are critical in optimizing system performance and fostering user trust by presenting the system's output efficiently.

The dissertation identifies characteristic user profiles (general users, AI users, AI translators) at each stage of the machine learning system's exploitation process. It highlights the factors influencing

user trust in machines and aims to provide guidelines for incrementally deepening machine learning systems in alignment with the evolution of DX. The study emphasizes the importance of human trust in machines within the knowledge-creation process, where machines function as active agents. This balanced relationship is crucial for the successful integration of humans and machines in promoting DX in enterprises.

By complementing and adapting to each other, humans and machines can offer significant insights into promoting DX in enterprises. Companies can overcome the complexities of technology and innovation management through this integrated approach, ensuring continuous improvement and competitive advantage in the digital era.

Keywords: Human-machine collaboration, Software Engineering for Machine Learning Applications, Digital Transformation, Business Model Innovation, Project Management, Technology and Innovation Management.

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、企業のデジタルトランスフォーメーション（DX）の一環で、機械学習応用システムを開発する際のプロジェクトマネジメントに関する研究である。近年、人工知能、特に機械学習技術が革新的に進化するとともに産業界での普及が進んでいる。一方、実際に機械学習応用システムを開発する際には多くの困難が存在し、それを解決するための新しい分野である「機械学習工学」の研究開発が活発に行われている。従来の「機械学習工学」の研究は、機械学習応用システムの開発プロセスが対象であったが、本研究では機械学習応用システムが複数の開発プロセスを経て、段階的に深化するプロセス（深化プロセス）に焦点をあてた点がユニークである。その深化プロセスでは、人間と機械（システム）の協働関係が変化する。本論文では、機械学習応用システム開発を担当した経験を持つ異なる企業の15人へのインタビューを通して、深化プロセスの各段階での特徴と困難を解明するとともに、人間・機械の協働においては信頼の構築が重要であり、信頼に必要な要素と信頼に至るプロセスを分析し、機械による予測や分析結果を解釈し伝達する翻訳者の役割が重要であることを示した。

また、本論文では、機械学習応用システムを活用する企業のDXの分類（内部チェーン最適化型、バリューチェーン最適化型、新事業価値創造型）と、そのDXを推進するためのDX推進者の「DX実行意思」の分析を8人のDX推進者のインタビューおよび質問紙調査（有効回答171件）を通じて明らかにした。

本研究は、機械学習応用システムの「深化プロセス」という新しい視点を提示し、そのプロセスを人間・機械の協働の段階的変化視点で明らかにした点で、学術的な新規性および機械学習工学への貢献が大きいと思われる。また、機械学習応用システムを活用する企業のDXの分類およびDX推進者の「DX実行意思」の分析内容も含めて、機械学習応用システムに関わる多くの実務家のインタビューに基づいた重層的な研究になっているために、実務家にも示唆の多い有益な内容になっている。

以上、本論文は、知識科学において近年特に重要な研究対象である人工知能（機械学習応用システム）と人間（DX推進者、開発者、ユーザ）の関係をプロジェクトマネジメントの視点から明ら

かにしたものであり、理論的および実務的な貢献がある。よって、博士（知識科学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。