

受入大学名	京都大学		
Host University	Kyoto University		
外国人研究者	イフティカー アーマド		
Foreign Researcher	IFTIKHAR AHMAD		
受入研究者	加納学	職名	教授
Research Advisor	Manabu Kano	Position	Professor
受入学部/研究科	情報学研究科		
Faculty/Department	Graduate School of Informatics		

<外国人研究者プロフィール/Profile>

国籍	パキスタン
Nationality	Pakistani
所属機関	国立科学技術大学
Affiliation	National University of Sciences and Technology
現在の職名	准教授
Position	Associate Professor
研究期間	2022年7月1日 ~ 2022年9月19日 (81日間)
Period of Stay	81 days (7/1, 2022 - 9/19, 2022) □
専攻分野	プロセスシステム工学
Major Field	Process Systems Engineering



明治大学でのセミナー/Seminar at Meiji University

<外国人研究者からの報告/Foreign Researcher Report>

①研究課題 / Theme of Research
Realizing energy-efficiency and high quality of products in petroleum refinery has been the subject of interest worldwide. The invited researcher has been working as a Principal Investigator in collaboration with the proposed host, Prof. Kano, on a plant-wide AI-assisted energy and quality monitoring system for a local (Pakistani) leading petroleum refinery under a project from the Higher Education Commission (HEC) of Pakistan. The projects particularity focused on quantifying the effect of uncertainties on energy efficiency and products' quality of the plant. The current work on "Artificial Intelligence Application for Improving Energy Efficiency and Product Quality in Petroleum Refinery under Uncertain Process Conditions" is part of the ongoing joint project.
②研究概要 / Outline of Research
In one of the previously studies conducted in collaboration between the invited researcher and the host researcher, a novel framework was developed by incorporating uncertainty quantification in the conventional soft-sensor design for prediction of research octane number (RON) of gasoline of naphtha reforming process of the refinery. The current work aimed on developing a data-based self-optimizing control (SOC) strategy for the naphtha reforming process. A data-based model of the process was adopted as a surrogate in the SOC framework. The SOC is one of the core dimensions of the Petroleum Refinery 4.0, where the artificial intelligence (AI) assists the plant operators in realizing highly efficient monitoring and control of the process.
③研究成果 / Results of Research
An Artificial Neural Networks (ANN) model was developed for predicting Research Octane Number (RON) of integrated naphtha reforming and isomerization processes of a petroleum refinery. The ANN model, having a correlation coefficient of 0.99, was used as a surrogate in a self-optimizing control (SOC) framework under uncertainty in feed composition and process conditions. Genetic algorithm and particle swarm method were applied to find the best approach for optimization of the process. The GA based optimization was found the best in the current study resulting in an increase of 4% in RON value. The performance of the proposed SOC framework is suitable for real-time plant application and will provide a base for Petroleum Refinery 4.0.
④今後の計画 / Further Research Plan
On return to Pakistan, I will apply an integrated framework of soft-sensors, reliability analysis, and SOC to other reactive sections, i.e., hydrotreater, hydrocracker, and alkylation unit, of the refinery as a part of my ongoing project with the HEC. Another dimension for future research decided during the current visit is development of a plant-wide advanced exergy analysis of Heat Exchangers Network (HEN) under uncertainty. The SOC will also be developed for the HEN. Besides, joint supervision of MS and PhD student, seminars and conferences with host researcher and other peers from various Japanese universities are also planned for future.

<受入研究者からの報告/Research Advisor Report>

①研究課題 / Theme of Research

環境問題が深刻化する現在、国内外を問わず、エネルギー多消費型産業において、高い製品品質を実現しつつ、エネルギー効率を一層高めていくことは喫緊の課題である。これまでに実施してきた共同研究成果を踏まえて、本研究では、不確かなプロセス運転条件下で石油精製プロセスのエネルギー効率と製品品質を改善するための人工知能技術の開発を課題に設定した。そのために、運転データに基づく統計的プロセスモデルを構築し、そのモデルを用いる自己最適化制御 (self-optimizing control) のフレームワークを開発する。

②研究指導概要 / Outline of Research

本研究課題「不確かなプロセス運転条件下で石油精製プロセスのエネルギー効率と製品品質を改善するための人工知能技術の開発」を実現するために、まず、不確かなプロセス運転条件を考慮したプロセスモデルを構築する必要がある。これまでの共同研究で開発した不確実性の定量化方法を用いて、どのようなプロセスモデルをどのように構築するかについて議論するとともに助言を与えた。さらに、不確実性を伴う非線形プロセスの最適化を実現するための方法についても議論し助言を与えた。

③研究指導成果 / Results of Research

石油精製で重要なナフサ改質反応および異性化反応プロセスのリサーチオクタン価 (Research Octane Number: RON) を予測するニューラルネットワーク (Artificial Neural Networks: ANN) モデルを構築した。このANNモデルは、RONの実測値と予測値の相関係数が0.99という高い予測精度を達成した。このANNモデルを用いて、自己最適化制御 (self-optimizing control: SOC) のフレームワークを開発した。この際、不確実性を伴う非線形プロセスの最適化を行うために、遺伝アルゴリズムと粒子群最適化の適用について検討し、今回のケースでは、遺伝アルゴリズムが有効であり、RONを4%向上させることができた。

④留学生交流事業の活動状況 / Activities of International Student Exchange Program

明治大学工学部応用化学科の金子弘昌准教授の研究室を訪問し、工業プロセスのモニタリングに関する講演を行うとともに、金子研究室での最新の研究について説明を受け、議論を行った。同様に、東京農工大学工学研究院応用化学部門の山下善之教授と金尚弘准教授の研究室を訪問し、グレイボックスモデリングに関する講演を行うとともに、最新の研究成果について説明を受け、議論を行った。また、京都大学大学院工学研究科化学工学専攻の外輪健一郎教授とAlcantara准教授の研究室を訪問し議論を行った。さらに、石油産業の研究者と交流し、Ahmad博士の技術成果の実装についても相談した。

⑤今後の計画 / Further Research Plan

外国人研究者がパキスタンに戻った後、これまでの共同研究の成果および今回の研究成果を発展させて、水添分解装置やアルキル化装置などの反応工程を対象に、ソフトセンサー、信頼性解析、そして自己最適化制御を統合したフレームワークの適用を進める。また、今回の滞在期間中の議論において、熱交換器ネットワークを対象に不確実性下での高度エクセルギー解析手法を開発することを決めた。上述の統合フレームワークを熱交換器ネットワークにも適用していく予定である。これらの研究と並行して、研究成果を論文としてまとめてジャーナルに投稿していく。さらに、外国人研究者と受入研究者が共同で学生の研究指導を行う予定である。



東京農工大学でのセミナー/Seminar at Tokyo University of Agriculture and Technology



東京農工大学での集合写真/Group photo at Tokyo University of Agriculture and Technology