

「複雑なエネルギーシステムの先進的な故障 診断・信頼性評価手法の実験研究」 全体概要紹介

吉川 榮和 (京大名誉教授)



I. Ze拠点提案型共同研究の趣旨と令和4年度の実施概要

II. ヘリオトロンJ実験施設を対象とした令和5年度の実施計画の設定

III. 3つのテーマの共同研究結果の報告

I. Ze拠点提案型共同研究の 趣旨と令和4年度の概要

I-1. Ze拠点提案型共同研究の趣旨

- 京大宇治キャンパスにはエネルギー理工学研究所を始めゼロエミッションエネルギーインフラの構成要素である各種の計測器、電動機、変圧器、弁、配管、電線ケーブル等の実物装置が多数の実験施設で使用されている。
- そこで、高度なICT保全技術基盤創成を志向し、エネ理工研の実験施設の場を利用して個々の機器診断とリスク予測解析手法の開発とその実験的検証について、専門を異とする研究者で共同研究を行う。
- 令和4年度のZe拠点への提案型共同研究の表題：ゼロエミッションエネルギーインフラ構築のための高度ICT保全技術基盤の研究

I-2. 令和4年度共同研究のメンバーと役割

氏名	所属	役割	備考
吉川 榮和	京都大学名誉教授（元エネルギー科学研究科）	研究代表者	
森下 和功	京都大学エネルギー理工学研究所	世話人	
辻倉 米蔵	（元）関西電力・日本原子力研究開発機構	原子力発電での高度ICT適用状況の調査	
新田 純也	アルカディア・システムズ(株)	電気機器の高調波診断システムの適用	
藪内 聖皓	京都大学エネルギー理工学研究所	DuEt施設での現場実験	非会員
安部 正高	京都大学エネルギー科学研究科	電磁場解析および超音波法の適用	
五福 明夫	岡山大学ヘルスシステム統合科学研究科	マルチレベルフローモデル（MFM）の適用	
松岡 猛	宇都宮大学地域創成推進機構	動的信頼性解析法GO FLOWの適用	非会員

I-3. 令和4年度共同研究の実施経過

番号	項目	趣旨	主な結果	備考
1	異常・劣化診断手法 検討・DuET施設見 学	令和4年度は機器構成が比較的単純な DuET施設を選び、異常・劣化の検知 診断法として高調波診断システムと電 磁的方法・超音波法の適用性を現場見 学して検討	高調波診断システムをDuET 施設で適用することにした	2022年9月6日京大エネ 理工Ze国際シンポでポ スター発表
2	DuET施設での高調 波診断システム適用 実験	DuET施設が実運用される時期に高調 波診断システムを設置。その後収録し たデータを分析した	真空ポンプおよび電磁コイル へ適用した結果が得られた	
3	原子力発電における 高度ICT応用に関す る研究談話会の開催	原子力へのリスク情報活用とAI応用の 実際について外部専門家2名を招聘し て研究談話会を開催した	原子力発電用PRAの高度化へ の取り組み状況と原子力施設 のセキュリティ対策にモニタ カメラの画像分析へのAI活用 の状況が発表された	シンビオN&Rに研究談 話会報告を掲載した
4	次年度計画検討とヘ リオトロン実験施設 見学	令和5年度は機器構成が複雑なヘリオ トロン実験施設を対象とし、信頼性評 価等も含めることとしてヘリオトロン 施設の見学、資料調査等を行った	令和4年度の異常・劣化診断 に加えるにMFM,GO FLOW, AI応用等も含めた 令和5年度Ze提案型共同研究 の申請をおこなった	

DuET: Dual-beam irradiation for Energy Science and Technology 高高度エネルギー機能変換実験装置／材料実験装置

Ⅱ. ヘリオトロンJ実験施設を 対象とした令和5年度計画案の 提起

II-1. ヘリオトロンJ実験施設を対象とした令和5年度計画の概要

- 現場実験の対象をDuET施設より構成が複雑なヘリオトロンJ装置にする
- 令和4年度DuETで実施の劣化診断法以外に、ICT応用の手法としてMFM, GO-FLOW, AI応用, データ同化の適用を検討する
- Ze拠点への申請案の表題：複雑なエネルギーシステムの先進的な故障診断・信頼性評価手法の実験研究

令和5年度共同研究のメンバーと役割

氏名	所属	役割	備考
吉川 榮和	京都大学名誉教授(元エネ科)	研究代表者 ①ヘリオトロ ンシステムモデル化	
森下 和功	京都大学エネルギー理工学研究所	世話人 計画調整	
五福 明夫	岡山大学ヘルスシステム統合科学研究科	④MFMモデル	
松岡 猛	宇都宮大学地域創成推進機構	④GO-FLOW解析	非会員
安部 正高	京都大学エネルギー科学研究科	②電磁的及び超音波による 検知	
新田 純也	アルカディアシステムズ株式会社技 術管理部	③高調波診断	
辻倉 米蔵	元日本原子力研究開発機構	総合評価	
小林 進二	京都大学エネルギー理工学研究所	ヘリオトロン関係調整	非会員
黒江 康明	京都工芸繊維大学	⑤データ同化	
李 徳衡	Redasen Co.	⑤AI応用	海外連絡員
出町 和之	東京大学大学院工学系研究科	⑤AI応用	非会員

II-2. 本日までの実施経過

- ヘリオトロンJ装置での共同研究実施のための事前調査—令和4年度研究調査のまとめ➡II-2-1
- キックオフ会議の実施による具体的テーマの選定とヘリオトロンJ設備見学（2023年6月29日）➡II-2-2
 - Ze拠点国際ワークショップでのポスターセッションで具体的な3つの研究テーマと実施計画を発表（2023年9月1日）
- 3つのテーマグループに分かれ共同研究の実施➡III
 - 本日の研究談話会でその結果を発表(2023年12月13日)

II-2-1 ヘリオトロンJ装置での共同研究 実施のための事前調査

- 日本の核融合研究におけるヘリオトロン施設の歴史的経緯の文献調査
- ヘリオトロンJ施設の設備見学とその設計と装置の構成の理解
- 施設の実験実施方法とメンテナンス上の課題の聞き取り調査
- プラズマの計測の仕方と解析計算との関わりの聞き取り調査

II-2-2 令和5年度の本グループメンバーからの接近の仕方の検討

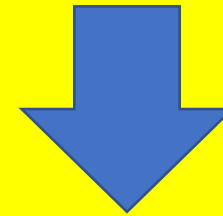
①既設の電気機器に高調波診断システムを適用してそれぞれの劣化度を推定して設備の修理や更新の参考にする



- 新田グループによる 電気機器の高調波診断システムによる劣化度診断 を後半の実験実施前のメンテナンス時に行う。

②試験計画は誰が提案してショットごとの出来を評価しているのか？

(観察結果のデータを分析してねらったとおりの結果が得られているのかどうか？)



- プラズマ実験に直接立ち会わずとも協力できるのではないか？
- 実験実施のデータベース、またこのショット毎の実験実施で若干の試験提供されれば実施可能

②での問題設定とアプローチ その1

○ショット毎の実験の失敗と成功とは？

A. ショットが想定どおりのプラズマ条件を達成していなかった

B. ショットそのものは想定通りのプラズマ条件を達成できていたが計測が失敗していた

C. 計測もうまく働き、試験そのものはうまくいった
(観察できた)

○失敗の原因の在り処は？

Aは電源系の動作、プラズマ生成、加熱、閉じ込めの失敗

Bはプラズマ状態の擾乱と観察のための計測系の失敗

○そこでこれまでのショットごとのデータからA,B,Cの比率を推定し、A,B,Cに分岐する状態分岐の因果モデルを作り、Cを向上させるためのヒントを得る

→ **MFM** による マルチレベルの機能-構造面の理解からどういう要因を改善できるか考察

→ **GO-FLOW** による動的信頼性評価モデルの作成と定量評価から効果的な改善策を提起

○そこでこれまでのショットごとのデータからA,B,Cの比率を推定し、A,B,Cに分岐する状態分岐の因果モデルを作り、Cを向上させるためのヒントを得る

→ **MFM** による マルチレベルの機能-構造面の理解からどういう要因を改善できるか考察

→ **GO-FLOW** による動的信頼性評価モデルの作成と定量評価から効果的な改善策を提起

②での問題設定とアプローチ その2

○コイル破損の可能性や真空容器内壁へのプラズマアタック等による剥離などの材料の劣化検出診断への電磁学的方法や超音波による方法の適用性の考察

○プラズマシミュレーションによるプラズマ容器内の生起プラズマの3次元動的变化像の把握
(データ同化)

○プラズマ容器内の生起プラズマの観察のAI化

○高速度ビデオカメラによるプラズマ画像のAIによるパターン認識 (AI化画像認識)

➡生起したプラズマ分布の3次元形状の推定

➡生起した揺動の種類の種類認識

Ⅲ. 3つのテーマの共同研究結果の報告

- Ze国際ワークショップ（9月1日）で先ず「複雑なエネルギーシステム」の進的故障診断の年次報告を、信頼性評価手法の紹介。検知診断と信頼度評価の3つの研究を
- ①新田純也理事を中心に「電気機器高調波診断システムのヘリオトロン」への適用」研究
- ②松岡先生（宇都宮大学）を中心に「信頼性解析法GO 0 FLOWのヘリオトロン」水冷却系への適応」
- ③黒江理事を中心に「システム思考が加速するデータ駆動科学ー核融合プラズマ研究への応用」

- 本日の第1回研究談話会では、新田理事、松岡先生、黒江理事より、これらの3つの研究の成果を報告する。
- その後は辻倉理事の司会で今年度の成果について報告および意見交換する。

以上で
概要紹介を終わります

ご清聴ありがとうございました。