愛知工業大学　エコ電力研究センター　年次報告書

vol.12

令和 4 年度

ANNUAL REPORT OF THE ECO-ELECTRIC POWER RESEARCH CENTER
vol.12

2022

愛知工業大学　エコ電力研究センター

Aichi Institute of Technology
Eco-electric Power Research Center

はじめに

現在の国内におけるエネルギー状況について注目すると、2021 年 10 月に発表された「第 6 次エネルギー基本計画」ではエネルギー政策の基本的視点（S+3E）の確認、2050 年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応、2030 年に向けた政策対応に関しての今後の方針が報告されています。また 2022 年 4 月には、地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律（温対法）が拡充され、地域脱炭素化促事業の促進に関する制度が導入されています。さらに、大規模な自然災害などが発生した場合にも、災害時にも自立して地域に電力を供給できる「地域マイクログリッド」が注目され、設計開発やシステムの構築が実施されています。

このような社会環境の中、再生可能エネルギーによる発電技術、蓄電技術、省エネ技術を用いたマイクログリッドやスマートグリッド関しては、直流技術の導入、バーチャルパワープラント（VPP）による地域電力供給、電気自動車（EV）の蓄電池としての利活用などが、社会実装されていくものと予想されます。

エコ電力研究センターは、平成 19 年 4 月文部科学省私立大学高度化推進事業社会連携事業「マイクログリッド導入による次世代型電力供給システムの開発」を研究課題として設立されました。本研究センターの特徴は、国内において最初にキャンパス内にマイクログリッドを構築、これまで 16 年間にわたり多面的な研究や実証試験を実施していることです。本センターのように長期にわたり制御・運用・拡張しているマイクログリッドシステムは、国内外においても例がありません。したがって我々は、再エネが中心となったマイクログリッドシステムに関して、他にはない様々な技術や運用および経験において、高度な技術力と経験を得ていると確信しております。

そこで、昨年度の活動から研究成果の一例を本報告書にて紹介したいと思います。本報告書を一読された後のご感想やコメントなどを頂けましたら幸いです。

最後になりますが、上述した社会的問題を解決するための手法を提案し、社会問題に応えるよう努力していきますので、今後ともご支援・ご鞭撻をいただきますようお願い申し上げます。

愛知工業大学エコ電力研究センター

研究代表者　雪　田　和　人

目　次

第1章　エコ電力研究センターの組織・活動・設備

1-1　エコ電力研究センターの組織と活動 …… 4

1-2　エコ電力研究センターの設備 …… 8

第2章　研究内容報告

1. 八草キャンパス消費電力量の年度変化と建物種別毎の特徴分析及び新 2 号館の BEMS 改善……18

2. インバータ電源大量導入時における電力系統の電圧制御 ……22

3. 系統周波数低下時における風力発電の慣性応答の可能性評価 ……25

4. Grid-Forming インバータの一種である Virtual Oscillator Control インバータの動作解析 ……28

5. 電力系統の経済負荷配分制御の特性改善……31

6. LLC コンバータの活用に関する研究……35

7. 分散施設近傍への落雷発生時の雷サージ侵入状況に関する研究 ……38

8. 北陸地域の U 風力発電所における長期落雷観測結果にもとづく冬季の落雷予測に向けての気象要因と落雷の関係性についての研究 ……41

9. エネルギーマネジメントのための電力需要に関する一検討 ……44

10. 回帰分析を用いた空調機器に関する消費電力量の考察 ……47

11. 行動経済学を考慮した電力需要に関する研究……50

12. 小形風力発電機における共振現象の解析に関する研究……53

13. 特殊巻線構造 12 相変圧器を用いたコンバータに関する研究 ……56

14. 都市緑地における温熱環境と利用者の季節的行動特性に関する研究 ……59

15. 誘電体を用いた高指向性面電流磁気センサの検討……61

第3章　社会的貢献

3-1　研究成果の校外活動状況と報告 …… 65

3-2　スタッフの社会貢献 ……66

研究業績一覧 …… 68

エコ電力研究センター　スタッフ・執筆者　一覧

後藤　泰之	愛知工業大学　工学部電気学科教授
雪田　和人	愛知工業大学　工学部電気学科教授
村瀬　洋	愛知工業大学　工学部電気学科教授
鳥井　昭宏	愛知工業大学　工学部電気学科教授
箕輪　昌幸	愛知工業大学　工学部電気学科教授
七原　俊也	愛知工業大学　工学部電気学科教授
河路　友也	愛知工業大学　工学部建築学科教授
武田　美恵	愛知工業大学　工学部建築学科教授
水野　勝教	愛知工業大学　情報科学部情報学科教授
後藤　時政	愛知工業大学　経営部経営学科教授
合田　忠弘	愛知工業大学　エコ電力研究センター客員教授
徳田　憲昭	愛知工業大学　エコ電力研究センター客員教授
平松　大典	愛知工業大学　エコ電力研究センター客員教授

共同研究機関

太田　拓弥	山洋電気株式会社　パワーシステム事業部設計部
三好　宏明	山洋電気株式会社　パワーシステム事業部設計部
谷口　謙吾	日本高圧電気株式会社　電力開発部

第1章 エコ電力研究センターの組織・活動・設備

1-1 エコ電力研究センターの組織と活動

1-1-1 本学における位置づけ（構成組織）

法人名：名古屋電気学園(法人番号 231012)
大学名：愛知工業大学
社会連携研究プロジェクトの主体となる組織名：次世代型電力供給システムコンソシアム
当該研究組織の代表者：（氏名）雪田　和人　（職）教授　（所属）工学部電気学科
当該研究組織で連携して実施するプロジェクト名：

・愛知工業大学教育・研究特別助成 分野横断型研究
「2050 年ゼロカーボン社会を目指した都市計画の基礎検討」
「エネルギー需要科学を考慮した電力需要に関する基礎研究」
・愛知工業大学総合技術研究所プロジェクト共同研究 A
「電流スイッチの開発」

1-1-2 スタッフ構成およびスタッフの研究分野

当センターにおける研究員の構成は、次世代電力供給システムを開発するため、電気工学、電力工学、電力系統工学、高電圧工学を専門にする研究者から IT、ICT などの情報工学、経営学を専門とする研究者で構成している

後藤　泰之：電力システムへの再生可能エネルギーによる発電システムの導入方法に関する研究
雪田　和人：直流／交流マイクロ・スマートグリッドに関する研究
村瀬　洋　：ガス遮断器における部分放電に関する研究
鳥井　昭宏：電力機器の運用管理、故障検出を目指したマイクロマシンの応用に関する研究
箕輪　昌幸：電力機器に関する耐雷対策に関する研究
七原　俊也：再生可能エネルギーの大量導入における電力系統の運用・制御手法に関する研究
河路　友也：エネルギーマネジメントの開発とデータ活用に関する研究
武田　美恵：再生可能エネルギーの環境アセスメントに関する研究
水野　勝教：再生可能エネルギーの発電量予測手法に関する研究
後藤　時政：行動経済学を考慮したエネルギー消費に関する研究

合田　忠弘：同期発電機の安定性に関する研究
徳田　憲昭：都市部におけるエネルギーマネジメントに関する研究
平松　大典：大容量発電機のシミュレーション手法および実験手法に関する研究

1-1-3　令和 4 年度活動目標

エコ電力研究センターは再生可能エネルギーによる発電システムと蓄電システムの高効率利活用および省エネルギーシステムの構築を目指し研究活動を実施する。

本年度においては、昨年度まで実施していた愛知県 知の拠点あいち重点研究プロジェクト「直流スマートファクトリー構築のための変換器の開発」の研究成果を発展させる予定である。さらに、学内での分野横断型研究「エネルギー需要科学を考慮した電力需要に関する基礎研究」と「2050 年ゼロカーボン社会を目指した都市計画の基礎検討」や国内外の大学、企業との連携も視野に入れて活動を実施する。

1-1-4　主な研究活動

＜国内会議＞

○ 電子情報通信学会 電子通信エネルギー技術研究会 ..... 2022 年 5 月
○ 電子情報通信学会 半導体電力変換研究会 ..... 2022 年 7 月
○ 2022 年電気学会 電子・情報・システム部門大会 ..... 2022 年 8 月
○ 2022 年電気学会産業応用部門大会 ..... 2022 年 8 月
○ 令和四年度 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 ..... 2022 年 8 月
○ 電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会 ..... 2022 年 8 月
○ 2022 年（第 40 回）電気設備学会全国大会 ..... 2022 年 9 月
○ 2022 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 ..... 2022 年 9 月
○ 令和 4 年電気学会 電力・エネルギー部門大会 ..... 2022 年 9 月
○ 新エネルギー・環境技術研究会 ..... 2022 年 9 月
○ 2022 年度（令和 4 年度）日本太陽エネルギー学会研究発表会 ..... 2022 年 11 月
○ 第 44 回風力エネルギー利用シンポジウム ..... 2022 年 12 月
○ 2022 年（第 4 回）電気設備学会学生研究発表会 ..... 2022 年 12 月
○ 電気学会 電力系統技術研究会 ..... 2023 年 1 月
○ 電子情報通信学会 電子通信エネルギー技術研究会 ..... 2023 年 1 月
○ 空気調和・衛生工学会中部支部 第 24 回学術研究発表会 ..... 2023 年 3 月
○ 令和 5 年 電気学会全国大会 ..... 2023 年 3 月

＜国際会議＞

○ ICSMARTGRID 2022（10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMARTGRID）
..... 2022 年 6 月
○ ICEE2022 (the International Council on Electrical Engineering Conference 2022) .....
..... 2022 年 7 月
○ ICRERA2022 (International Conference On Renewable Energy Research And Applications) ..... 2022 年 9 月

○ PVSEC-33（33rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference）..... 2022 年 11 月
○ GRE2022（GRAND RENEWABLE ENERGY 2022 ） ..... 2022 年 12 月
○ IEEJ P＆ES-IEEE PES Thailand Joint Symposium 2023 -Advanced Technology in Power Systems-..... 2023 年 3 月

1-1-5　令和 4 年度事業成果

エコ電力研究センターでは、2030 年の日本政府が提案しているカーボンフリーのエネルギー供給社会を目指し、再生可能エネルギーによる発電システムや蓄電システムの利活用および省エネルギーシステムの構築を目指し研究活動を実施した。今年度はまず、昨年度終了した愛知県知の拠点あいち重点プロジェクト「直流スマートファクトリー実現に向けた変換器の開発」の研究成果を基盤とし、この研究内容をさらに進めるために研究活動を実施した。具体的には、このプロジェクトにて開発して交流／直流変換装置の社会実装、シリコンカーバイド(SiC)を用いた DC/DC 変換器の拡張、直流 PLC の実システムへの導入に関して多面的に研究を実施した。

また、今年度新たに豊田市役所との共同研究により、モビリティの電化に伴う温暖化ガスの削減について検討した。この研究はガソリン車を電気自動車に変更した際における二酸化炭素削減量について基礎的な検討を学内の巡回に使用している軽トラを電気自動車に移行することにより実施した。

つぎに、愛知工業大学総合技術研究所プロジェクト共同研究「電流スイッチの開発」との連携により、直流高電圧における遮断技術に関して、半導体を用いた開閉器や直流スイッチ技術の開発について基礎的な実験を実施した。この研究に関しては、開発する直流スイッチの社会実装や遮断する電圧を高圧化する予定である。

さらに直流技術の社会実装を目指して、総合技術研究所分野横断型研究「2050 年ゼロカーボン社会を目指した都市計画の基礎検討」とも連携し、都市部における省エネ化および再生可能エネルギーの活用についても研究を実施した。特に省エネ化と再エネの有効利用については、基礎的な内容について検討した。

再生可能エネルギーの主力電源である風力発電については、永久磁石を用いた発電機が発生するノイズに関して、音と電気信号の関係性について新たしい法則性を示すことができた。

国際規格への貢献は、国際電気標準化会議（IEC）電力システムのアセスメント（TC8 JWG11）、低圧直流委員会（SyC LVDC）のワーキンググループミーティングにおいて、

直流技術における電力品質や電圧の規格値を議論するために、本センターにおける実証結果の一部を提供している。

加えて、総合技術研究所分野横断型研究「エネルギー需要科学を考慮した電力需要に関する基礎研究と連携し、学内に二酸化炭素メータを設置し、講義室、実験室、研究室における使用人数と空調機器の消費エネルギー（電気、ガス）の関係性について重点的に検討した。この研究は、行動経済学に基づいた動機付け行動制御に応用することを目的として実施した。特に今年度は、ナッジ理論の一つである“デフォルト効果”について研究した。

広報活動では、「第 17 回再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム（RE2023）」に出展し、研究成果を広く公表した。

最後に、エコ電力研究センター建屋を新築移転し、実験設備への電力容量、負荷容量を増強させ、電力系統の実験・配電実験に関しての高度化と拡張を図った。

1-1-6　令和 5 年度計画

令和 5 年度は令和 4 年度に引き続き、キャンパス内を実証試験とした再生可能エネルギーの利活用、省エネ推進方法などについて推進し、「2050 年ゼロカーボン社会を目指した都市計画の基礎検討」や国内外の産官学との連携を視野に入れた活動を実施する。

また、2050 年に向けたゼロカーボン社会を目指し、再生可能エネルギーによる発電システム、蓄電システムの利活用および省エネの新しいシステムの開発および構築を目指した多面的な研究活動も実施する予定である。

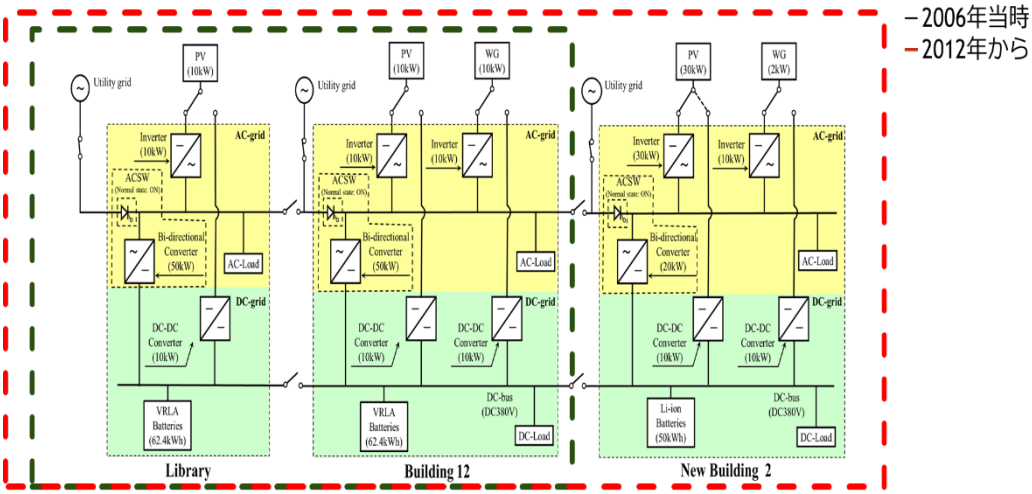
1-2　エコ電力研究センターの設備

研究施設の名称：エコ電力研究センター

（愛知県豊田市八草町八千草 1247　愛知工業大学内）

エコ電力研究センターは、キャンパス内に講義・実験棟、図書館の３棟からなるマイクロ・スマートグリッドシステム、新２号館１階にモニター室などを保有している。図に示すように、本システムは交流系統と直流系統を有している。

キャンパス内に構築したマイクロ・スマートグリッド



構成線図

1-2-1 学内設備詳細

〇新 2 号館の設備

・太陽光発電装置

屋上の太陽光パネル

新 2 号館屋上に 40kW DC の太陽光発電装置を導入している。この装置の系統連系装置（PCS）は、山洋電気製を導入し、10kW ごとにシステムを組んでいる。このため PCS は 4 種類の異なる機種を導入し特徴比較が可能である。さらに、20kW を直流連系とし 20kW を交流連系など系統構成の変更が可能となっている。

太陽光パネルは京セラ製、傾斜角度は約 10 度である。

・風力発電装置

垂直軸型風力発電装置

新 2 号館屋上に導入した垂直軸型風力発電装置である。垂直軸であるため羽と支柱の金切り音がなく、静音であるという特徴がある。さらに起動特性を向上するために 5 枚ばねとした。この風力発電システムは屋上に設置したため、防振対策として 3 次元対応のダンパーを導入している。これにより風力発電の回転時の振動を抑制している。

この風力発電の定格は 2kW であり、系統連系装置は山洋電気製を使用しており、このシステムも交流連系と直流連系を可能とした装置である。

小形風力発電装置はエネルギープロダクト製である。

・蓄電装置

リチウムイオン電池装置

新 2 号館 1 階のモニター室にリチウムイオン電池を導入している。容量は 50 k VA であり太陽光発電装置、風力発電装置の出力変動対策、電力需要のピークカット、ピークシフト、事業継続計画(BCP)対応としても対応できる。

電池本体は新神戸電機製、蓄電池マネジメントシステムは日立化成製である。

・グリッド管理装置

グリッド管理装置(20kVA)

新 2 号館を用いたマイクログリッドの実験を実施するため、グリッド管理装置を導入している。容量としては 20kVA であるため供給範囲が限定されるが、新 2 号館のマイクログリッドを実現できている。

この装置は、系統連系運転―自立運転を無瞬断にて実施することが可能であるため、新 2 号館 1 階、一部フロアーの事業継続(BCP)対策にも活用している。参考までに全国の避難所や電気自動車給電システムの一部にも使用され、現在 100 台程度販売されている。

この装置は山洋電気製であり、愛知工業大学、NTT ファシリティーズ、山洋電気の 3 社にて開発した。

・照明制御

研究室内の例

新 2 号館の各研究室、講義室には、LED 照明制御のために、照明センサーが導入されている。このセンサーにより昼間と夜間で明るさを制御できる。

LED 照明と照明センサーはパナソニック製である。

(a)昼間　　(b)夜間

LED 照明の例

左が昼間、右が夜間の照明の状態である。昼間は夜間に比べると照度が低いことがわかる。

この制御を利活用することにより、省エネ効果に貢献できる可能性がある。

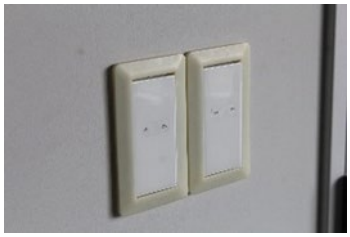
・直流給配電システム

新 2 号館1階に導入した直流 LED 照明

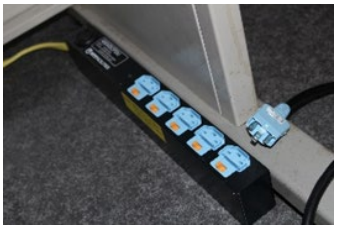
新 2 号館には直流給電システムを導入している。特に直流負荷として LED 照明設備を導入した。

さらに、直流給電対応の液晶テレビや冷蔵庫、空調設備をモニター室に導入し実用化に向けた研究に取り組んでいる。

LED 照明は、東芝ライテック製であり、施工は NTT ファシリティーズである。



(a)直流スイッチ



(b)直流コンセント

直流スイッチとコンセント

直流給電用として直流スイッチ、直流用コンセントも試験運用している。

スイッチは河村電器産業製、コンセントは NTT ファシリティーズ製である。

・電気自動車の給電装置

新 2 号館前での EV 給電の実験風景

新 2 号館入口に、電気自動車の給電装置の端子を導入している。この端子は直流給電用と交流給電用の二種類を導入している。

また、EV と新 2 号館での電力需給ができるよう設備導入している。

給電装置は、椿本チェイン製である。

○12 号館の設備

・太陽光システム

単結晶型太陽光パネル

12 号館屋上には 2 種類の太陽光発電装置を導入している。一つは単結晶型であり、もうひとつは多結晶型である。

単結晶は傾斜角度を 30 度としている。発電容量は各々10kWDC である。

系統連系装置は山洋電気製である。ここで発電した電力は、図書館に給電している。太陽光パネルはシャープ製である。

多結晶型太陽光発電パネル

多結晶型太陽光発電装置の発電容量は 10ｋW である。電力は主に 12 号館に供給している。

系統連系装置は山洋電気製、太陽光パネルは京セラ製である。

・気象観測装置

日射量と分光計測器

12 号館屋上には太陽光発電装置の性能評価を実施するために気象観測装置を導入している。具体的には、日射量計、傾斜日射量計、直達日射量計、高速日射量計分光計を設置している。

気象観測装置は栄弘精機製である。

3 次元風速計

気圧計

雨量計

雲量計

.気象観測装置

・12 号館電気室

分電盤

12 号館電気室には、直流系統と交流系統を切替えるために分電盤を導入している。この分電盤は中立電機製で本プロジェクトのために特別に設計製作されている。

また、本学の自家用発電所の連系制御も可能なように 12 号館の電力需要量を学内の自家用発電所に送信し、負荷追従が可能であり、分電盤は各配線を計測できるよう考慮している。

・図書館の設備

マイクロ水力発電装置

水力発電の研究をするために、クロスフロー型のマイクロ水力発電装置を旧ボイラー室の屋根を水槽としてシステムを構築した。水の落差から最大発電量が 500W 程度となっている。

マイクロ水車はシンフォニアテクノロジー製である。

・蓄電装置

.設置している鉛蓄電池

図書館の旧ボイラー室に、鉛蓄電池 120kWh を導入している。電池は 12V50Ah を 24 直列 4 並列のユニット 2 セットで構成している。

鉛蓄電池は、エナジーウィズ製である。

〇総合技術研究所前の設備

・直流スマートファクトリ実験装置

直流スマートファクトリ実験装置

総合研究所前に設置した直流スマートファクトリ実験装置は垂直軸型風力発電 10kW、EV 給電装置、次世代半導体を用いた DC/DC 変換装置、特殊多相化変圧器、直流負荷機器などから構成している。これらは 12 号館とも専用配電線で連系している。

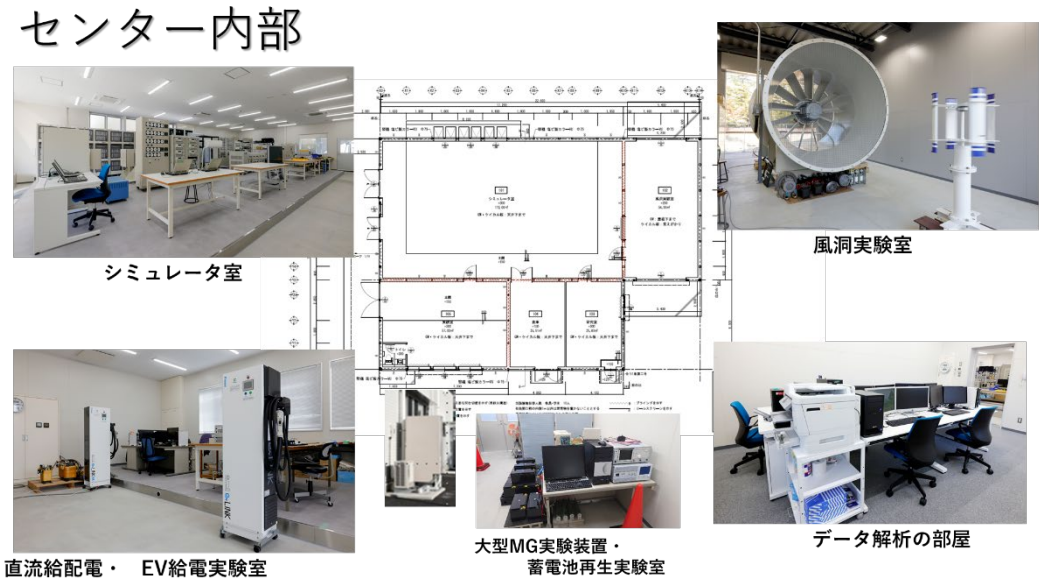
デザインは建築学科の武田美恵先生で、4 台の構成は春夏秋冬のサインとなっており、本学の特徴を示している。

直流負荷機器の例

また、実験装置に導入した直流負荷機器は、LED 照明、冷蔵庫、空調機器、液晶テレビ、ブロアなどである。保護装置として、DC 分電盤なども導入している

○エコ電力研究センターの設備

外観

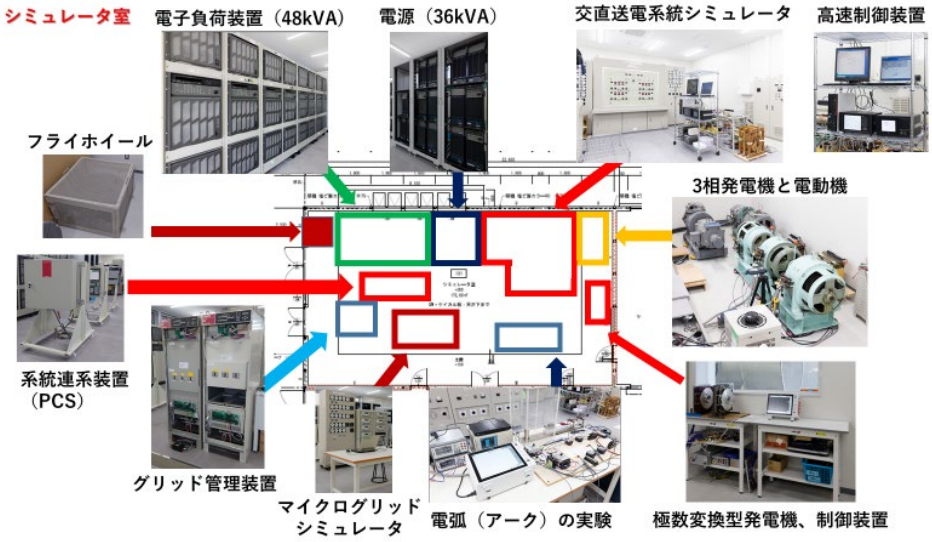


内部

新エコ電力研究センター

・送電系統シミュレータ室

交直送電系統シミュレータ、発電機の自動電圧調整器、調速機を制御する DSP を用いた高速制御装置、3 相の電動機と発電機、30kVA－90 秒のフライホイール、系統連系装置、電子負荷、安定化電源、グリッド管理装置、マイクログリッドシミュレータ、電弧の実験装置などから構成している。これらの装置の組み合わせにより、電力系統および配電系統の実験が可能となっている。

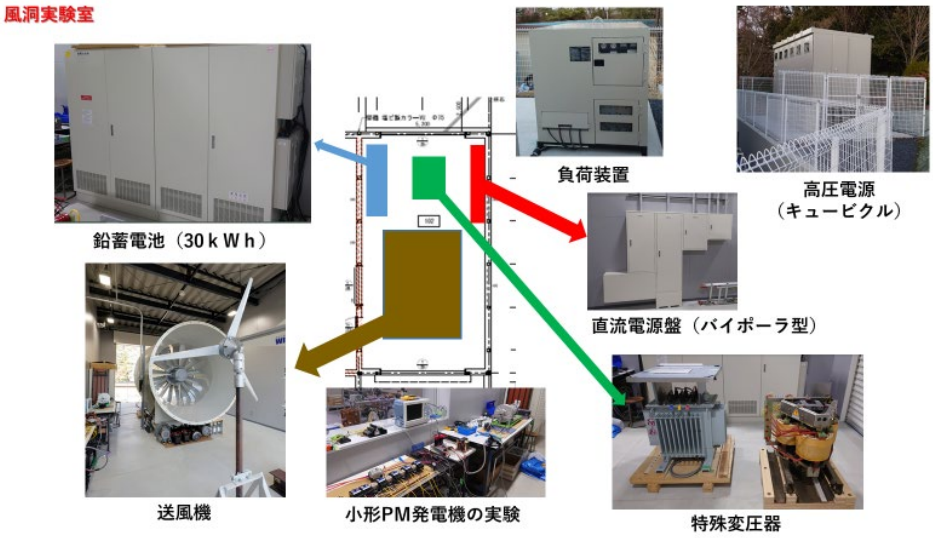


送電系統シミュレータ室

・風洞実験室

300kW の交流負荷装置、鉛蓄電池 30kWh、特殊変圧器、小型 PM 発電機、大型送風機から構成している。大型送風機は時速 90km の風速を出力することができる。

また、屋外に設置した高圧電源装置から直流分電盤に直流電力として 1500VDC、100A を給電できるものとしている。

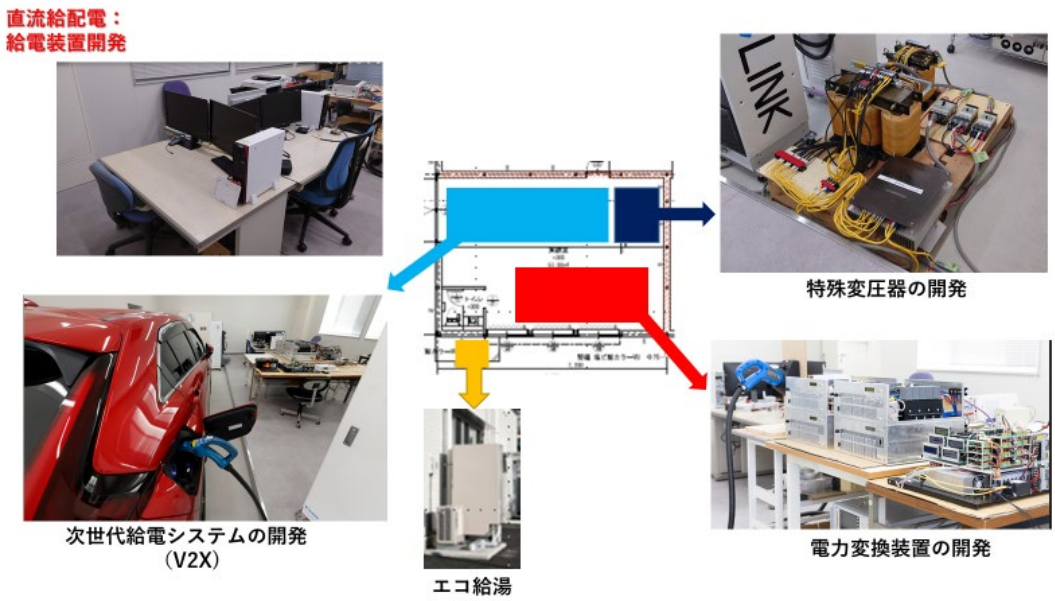


風洞実験室の設備

・直流給配電-給電装置開発室

ここでは EV 用給電装置の開発、次世代半導体を用いた電力変換装置、特殊巻線型変圧器の開発を実施している。

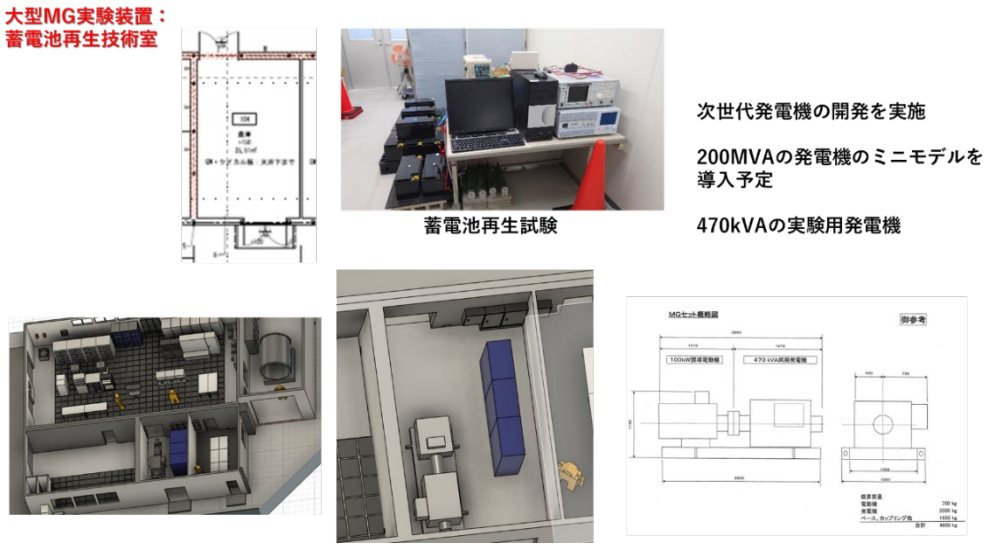
屋外にはエコ給湯器も導入し、電気エネルギーを電力として蓄えるだけでなく熱エネルギーとしても蓄える実験が可能である。



直流給配電･EV 給電装置の開発室

・大型 MG 実験装置-蓄電池再生技術室

ここでは鉛蓄電池の再生と、同期発電機のミニモデルを用いた実験が可能となっている。特に、ミニモデルに関しては回転子巻線を２つに分類したスプリットワイヤー方式を活用する予定である。



大型 MG 実験装置-鉛蓄電池再生技術室

第２章　研究内容報告

1. 八草キャンパス消費電力量の年度変化と建物種別毎の特徴分析及び新 2 号館の BEMS 改善

(1) 研究概要

本研究では、八草キャンパスの新型コロナウイルス感染症と完全週休二日制による消費電力量の増減状況を明らかにすることを目的として各種分析を実施した。また、新 2 号館の BEMS 改善と従来から指摘されていた朝 6 時頃に発生する消費電力量上昇の原因を調査した。

八草キャンパス全体の消費電力量の経年変化としては、2016 年度に最大値を記録した以降は、徐々に減少し、コロナの影響が大きかった 2020 年度が最小値となり、2021 年度は若干増加した。

コロナによる影響を分析したところ、建物毎で傾向が異なり、①クラブハウスのように年間を通して減少、②10 号館のような講義中心の建物では前半は減少し後半は例年並み、③新 2 号館のように研究室が中心の建物では前半減少し後半は増加、④総合技術研究所のように年間を通してほぼ例年通り、の 4 パターンに分類できることが分かった。

2021 年 4 月から始まった完全週休二日制の影響については、年間消費電力量では約 30MWh ほど 2021 年度のほうが少なく、月別で比較すると前期においては大きな差はないものの 2019 年度よりも 2021 年度のほうが全体的に低い数値となっている。最も影響を受けると考えられる土曜日について建物別に 2019 年度データと比較したところ、事務室系などの職員が主に使用する施設では、数値の低下を確認できた。また、講義室系などでも土曜日の消費電力量が減少しており、使用頻度が減ったと考えられる。しかし、全体でみると消費電力量の大幅な削減効果は確認できず、研究室系、実験室系、寮系の建物において消費電力量が上昇しており、そのことが原因だと考えられる。

新 2 号館で表示されている BEMS ソフトについては、昨年度改良された時点で年度切り替え時に不具合が発生していた。年度切り替えは日々蓄積されるデータが何年間と蓄積されると膨大な容量になってしまうため、必要なデータに限定・整理して保存する作業であり、新年度の最初にソフトが起動したとき自動的に実行されるものである。この原因を明らかにし、修正作業を実施した。

また、新 2 号館のコンセント系では、平日の朝 6 時頃に消費電力が上昇することが確認されていたが、原因は不明であった。そこで、分電盤の回路ごとにセンサーを取り付けて原因を確認したところ、電気式湯沸給湯機の昇温運転によるものと判明した。

(2) 研究内容報告

八草キャンパス消費電力量の年度変化と建物種別毎の特徴分析及び新 2 号館のBEMS改善

目次

1. 研究の目的
2. 対象建物概要
3. 八草キャンパス消費電力量
4. 新2号館の BEMS 改善
5. まとめ

1. 研究の目的

八草キャンパス全体の省エネルギーを目指す
新2号館のBEMS改善

- 2012年から現在までの消費電力量の経年変化を調査
- コロナ禍がエネルギー消費量に与えた影響分析
- 完全週休二日制導入によるエネルギー消費量の影響分析
- 新2号館のBEMSの改善

2. 対象建物概要

八草キャンパスの概要

施設名				
1号館	5号館講義実験棟	計算センタ	愛和会館	八千草寮
1号館別館	6号館	情報教育センタ	AITプラザ	寮食堂
旧1号館	7号館	総合技術研究所	セントラル食堂	警備室
2号館	8号館	応用化学科実験棟	食堂棟	南ポンプ室
2号館実験棟	9号館	耐震実験センタ	鈴徳館	北ポンプ
新2号館	10号館	振動実験棟	総合グランド	排水処理場
3号館	10号館大講義室棟	地域防災研究センタ	小体育館	総合排水処理施設
3号館別館	11号館	エコ電力研究センタ	クラブハウス	電気室所内
4号館	12号館	本部棟	学生寮1号棟	
4号館別館	13号館	第1本部棟	合宿寮2号棟	
5号館	付属図書館	第2本部棟	合宿寮3号棟	

愛知工業大学の八草にあるキャンパスで、総面積は66万3935m²、約50の施設が存在する。

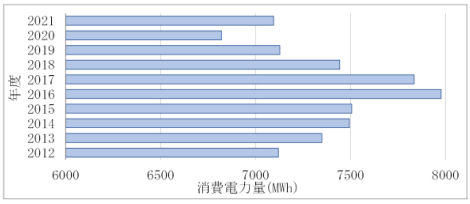
2. 対象建物概要

2012年以降の建物の建替・新設状況

建物名	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2号館	2015年解体										
2号館実験棟					建物は健在だがデータなし						
新2号館				セントラル食堂の位置に新設							
5号館	2号館とともに解体										
応用化学科実験棟						2017年9月に新設					
セントラル食堂		⇦新2号館建設のため2012年度解体、移転のため8号館横に仮設									
食堂棟		8号館横に仮設			5号館のあった位置に新設						

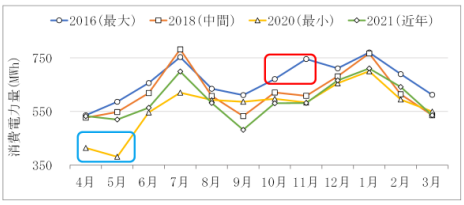
3. 八草キャンパス消費電力量

八草キャンパスの消費電力量の経年変化



3. 八草キャンパス消費電力量

八草キャンパスの消費電力量の経年変化



3. 八草キャンパス消費電力量

カテゴリー	内容
講義室系	新1号館、1号館別館、旧1号館、2号館、5号館、9号館、10号館、10号館大講義室棟、計算センタ、情報教育センタ
研究室系	新2号館、3号館、4号館、4号館別館、6号館、地域防災研究センタ、エコ電力研究センタ
講義室+研究室系	7号館、8号館、11号館、12号館、13号館
実験室系	2号館実験棟、3号館別館、5号館講義実験棟、総合技術研究所、応用化学科実験棟、耐震実験センタ、振動実験棟
事務室系	本部棟、第1本部棟、第2本部棟、付属図書館
寮系	学生寮1号棟、合宿寮2号館、合宿寮3号棟、八千草寮、寮食堂
食堂系	愛和会館、AITプラザ、セントラル食堂、食堂棟
その他	鈴徳館、総合グランド、小体育館、クラブハウス、警備室、南ポンプ室、北ポンプ室、排水処理場、電気室所内

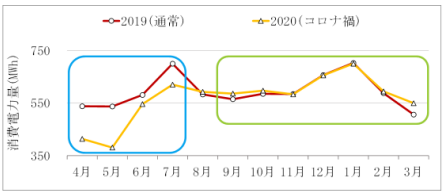
3. 八草キャンパス消費電力量

コロナの影響により行われた大学での処置　　2020年度

日付	内容
5月4日	遠隔授業開始、学生の入構を禁止とし自宅等で講義を受講
5月14日	緊急事態宣言の解除
5月18日	一部施設の開放、各研究長許可のもと研究室等の活動が再開
5月25日	学内施設の開放、一部実験・実習科目等の再開
6月1日	面接授業を開始、マスクや消毒等の感染対策を実施
7月28日	入校禁止(学内感染者増加)、面接授業、定期試験を禁止
12月3日	入校禁止(学内感染者増加)、面接授業の禁止

3. 八草キャンパス消費電力量

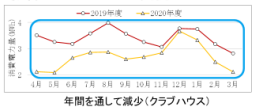
コロナの影響



八草キャンパス全体の月別消費電力量比較

3. 八草キャンパス消費電力量

影響4パターンの代表例



年間を通して減少(クラブハウス)

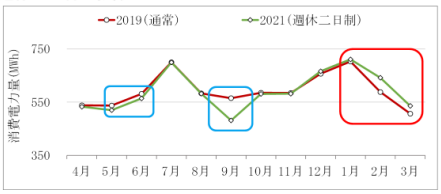
前半減少、後半通常(10号館)

前半減少、後半増加(新2号館)

影響なし、年間を通してエロ(総合技術研究所)

3. 八草キャンパス消費電力量

完全週休二日制の影響

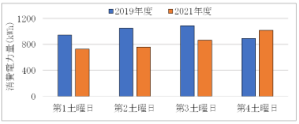


八草キャンパス全体の月別消費電力量比較

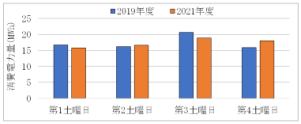
3. 八草キャンパス消費電力量

土曜日の比較

週休二日制は土日を休日とするものだが日曜日はもとから休日のため土曜日の比較を行った。



事務室系消費電力土曜日の比較



八草キャンパス全体消費電力土曜日の比較

4. 新2号館の BEMS 改善

年度切替処理

日々の積算値

↓ 不具合発生

年度別積算値にコピー

↓

最大年度、最小年度の場合は指定の位置に上書き

4. 新2号館の BEMS 改善

修正内容

DH	DI	DJ	DK
			全体積算値
年	月	日	
2022	7	21	132195.2
2022	7	22	133988.9
2022	7	23	135026.2
2022	7	24	136094.6
2022	7	25	138147.8

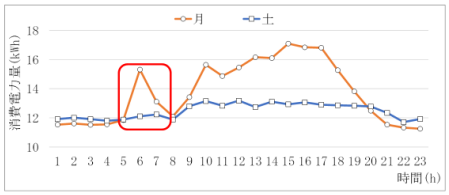
改善前の電気元データ

DJ	DK	DL	DM
EHP	コンセント系	電灯系	研究室
8298.05	25467.68	15096.24	12630.06
8498.79	25927.73	15335.2	12822.67
8614.87	26315.7	15487.98	13002.79
8881.12	26809.15	15807.94	13243.99
9040.14	27271.8	16094.06	13485.36

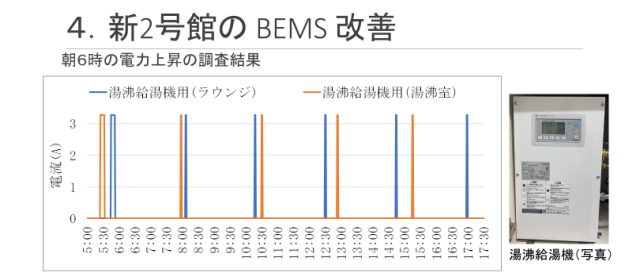
改善後の電気元データ

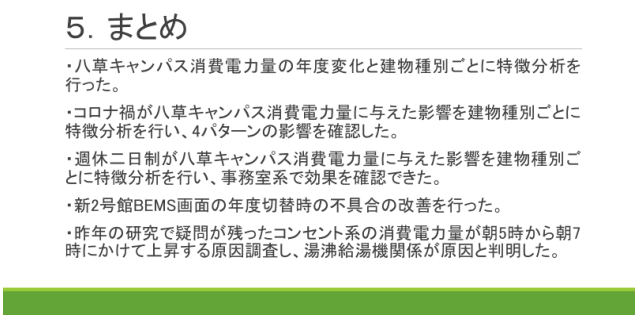
4. 新2号館の BEMS 改善

朝6時の電力上昇



新2号館コンセント系の消費電力





(3) 主な使用機器

・備品登録名：パーソナルコンピュータ（本体），資産番号：42100282

・備品登録名：WEB サーバ搭載広域分散型・遠隔計測システム，資産番号：41500444

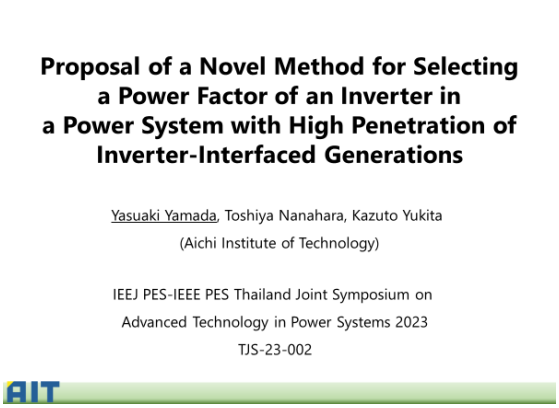
2. インバータ電源大量導入時における電力系統の電圧制御

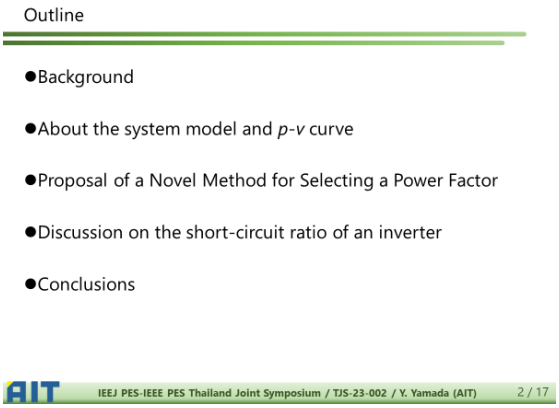
(1) 研究概要

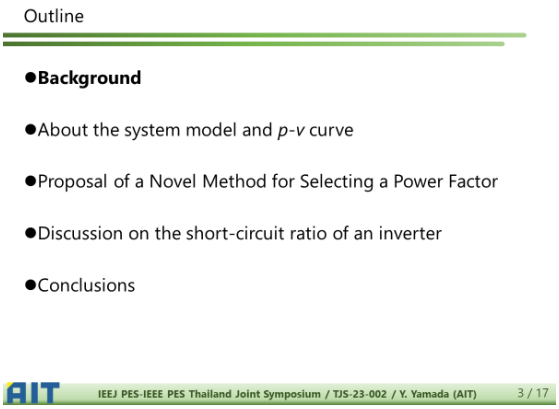
近年，導入が進む太陽光発電や風力発電では一般に電流制御形インバータが使用されるため，電圧維持能力の観点では同期発電機を用いた火力発電などの在来型電源より劣る。また，これらの電源は電力システム末端部に接続されることが多いため，これらが大量に連系された電力系統では電圧変動や電圧安定性など電圧に係わる技術課題の生じることが懸念される。

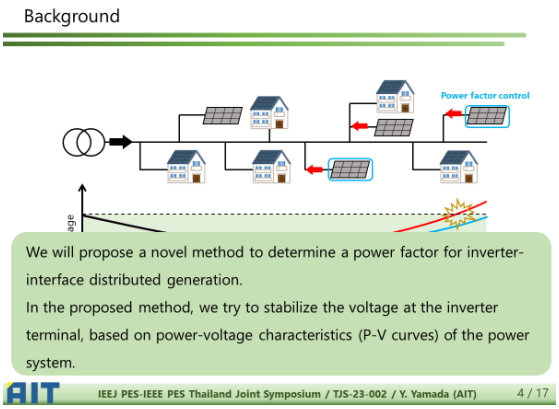
本研究では，インバータ電源の定力率運転を行う場合について，力率を背後インピーダンスの R/X 比と電力系統の有効電力・電圧特性（P-V カーブ）の最大電圧から定める新しい方法を提案した。この力率による場合，系統の皮相電力・電圧特性が，背後インピーダンスの大きさやその R/X 比に関わらず，同一となることを明らかとした。すなわちこの力率でインバータを運転した場合，背後インピーダンスの抵抗分とインバータ力率が電圧に与える影響が相殺される。またインバータ電源が線路上に均一に分布している場合を対象に電圧分布の分析を行い，この場合でも提案力率が電圧変動の抑制面から有効であることを示した。

(2) 研究内容報告





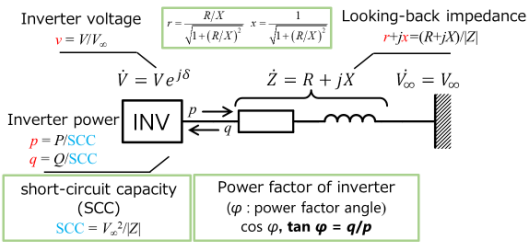




Outline

- Background
- **About the system model and *p-v* curve**
- Proposal of a Novel Method for Selecting a Power Factor
- Discussion on the short-circuit ratio of an inverter
- Conclusions

System model including an inverter



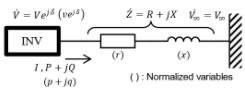
Create a *p-v* cureve from the normalized* inverter active power and voltage

*R. Kanda, T. Nanahara et al. : "A Study on the Impacts of High Penetration of Inverter Interfaced Power Sources on the Voltage Fluctuations of a Single-Machine Infinite-Bus System", IEEJ Trans. PE, Vol.142, No.9, pp.425–432 (2022) (in Japanese).

Derivation of *p-v* curve

The complex power relationship equation and Ohm's law

$$P + jQ = Ve^{j\delta}\bar{\dot{I}} \quad , \quad \dot{I} = \frac{Ve^{j\delta} - V_\infty}{R + jX}$$



From these two equations

$$(RP + XQ - V^2)^2 + (RQ - XP)^2 = (VV_\infty)^2$$

In constant power factor control, $Q = P \tan\varphi$

$$(R'P - V^2)^2 + (X'P)^2 = (VV_\infty)^2$$

$R' = R + X\tan\varphi$
$X' = X - R\tan\varphi$

Normalization will result in

$$v = \sqrt{\frac{2pr' + 1 \pm \sqrt{(2pr'+1)^2 - 4p^2(r'^2 + x'^2)}}{2}}$$

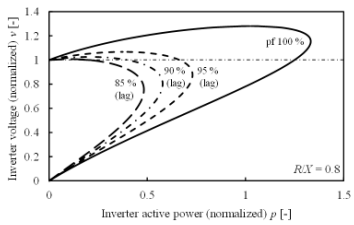
$r' = r + x\tan\varphi$
$x' = x - r\tan\varphi$

p-v curves with power factor control

$$v = \sqrt{\frac{2pr' + 1 \pm \sqrt{(2pr'+1)^2 - 4p^2(r'^2 + x'^2)}}{2}}$$

$r' = r + x\tan\varphi$
$x' = x - r\tan\varphi$

$$r = \frac{R/X}{\sqrt{1+(R/X)^2}} \qquad x = \frac{1}{\sqrt{1+(R/X)^2}}$$



Outline

- Background
- About the system model and *p-v* curve
- **Proposal of a Novel Method for Selecting a Power Factor**
- Discussion on the short-circuit ratio of an inverter
- Conclusions

Proposal of method for selecting a power factor of an inverter

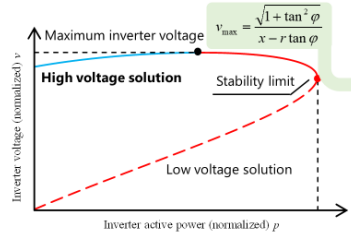
$$v = \sqrt{\frac{2pr' + 1 \pm \sqrt{(2pr'+1)^2 - 4p^2(r'^2 + x'^2)}}{2}}$$

$r' = r + x\tan\varphi$
$x' = x - r\tan\varphi$

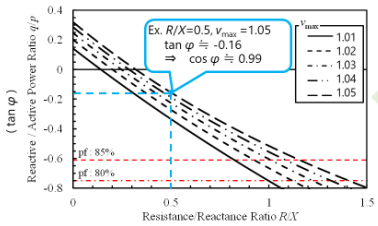
$$r = \frac{R/X}{\sqrt{1+(R/X)^2}} \qquad x = \frac{1}{\sqrt{1+(R/X)^2}}$$

$$v_{max} = \frac{\sqrt{1+\tan^2\varphi}}{x - r\tan\varphi}$$

$$\tan\varphi = \frac{\sqrt{v_{max}^2 - 1} - R/X}{R/X\sqrt{v_{max}^2 - 1} + 1}$$



Relationship between *q/p* and *R/X* for various v_{max}

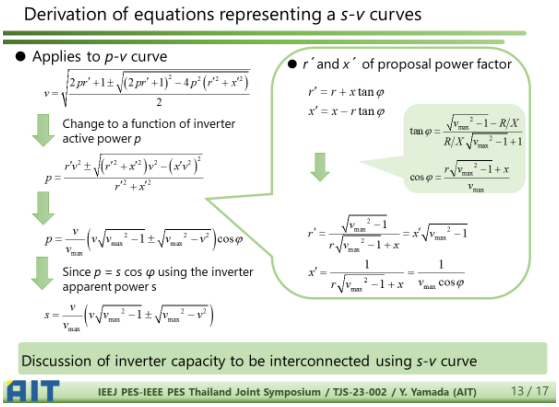


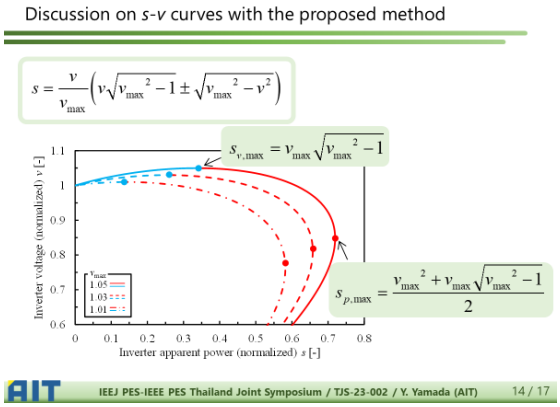
$$\tan\varphi = \frac{\sqrt{v_{max}^2 - 1} - R/X}{R/X\sqrt{v_{max}^2 - 1} + 1}$$

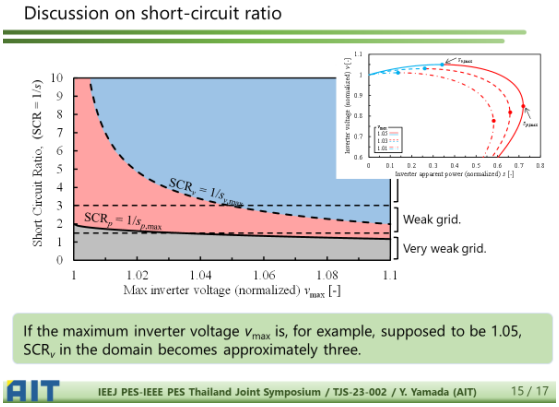
Once the higher limit for inverter voltage is specified, the power factor of an inverter can be determined according to the *R/X* ratio as shown in figure.

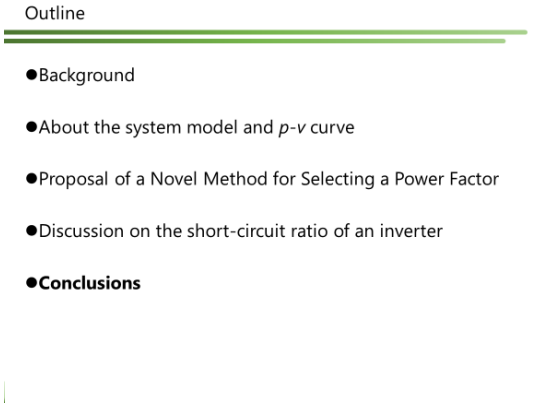
Outline

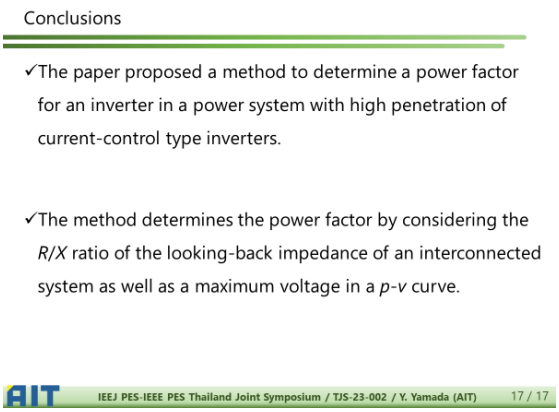
- Background
- About the system model and *p-v* curve
- Proposal of a Novel Method for Selecting a Power Factor
- **Discussion on the short-circuit ratio of an inverter**
- Conclusions











(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：ノートパソコン，資産番号：42000705

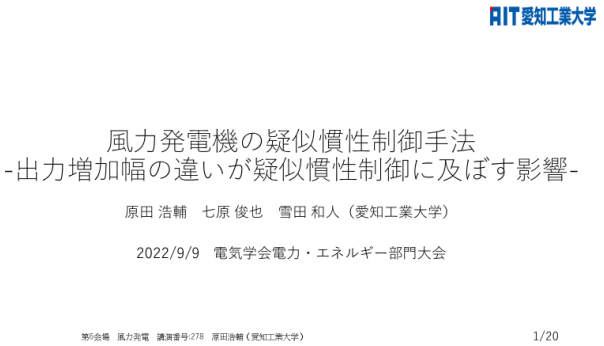
3. 系統周波数低下時における風力発電の慣性応答の可能性評価

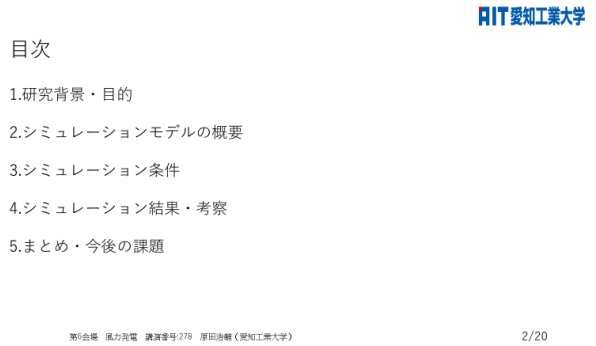
(1) 研究概要

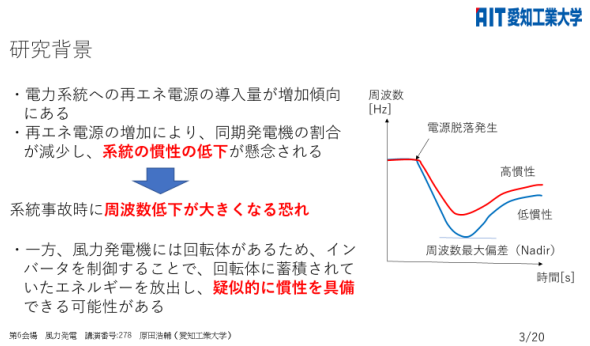
近年，資源の枯渇や地球温暖化への懸念から，電力系統へ太陽光や風力といった，再生可能エネルギー電源の導入量が増加している。再エネ電源はインバータを介して電力系統へ接続され，これらの電源が増加すると相対的に同期発電機の割合が減少し，系統の慣性が低下する。その結果，系統事故が生じた際には，周波数を一定に保つ力が弱くなるため，周波数変動が増大する恐れがある。一方，近年の風力発電機では高速な出力制御が可能であり，系統事故時には風車出力を制御することで同期発電機のような慣性を疑似することが可能である。

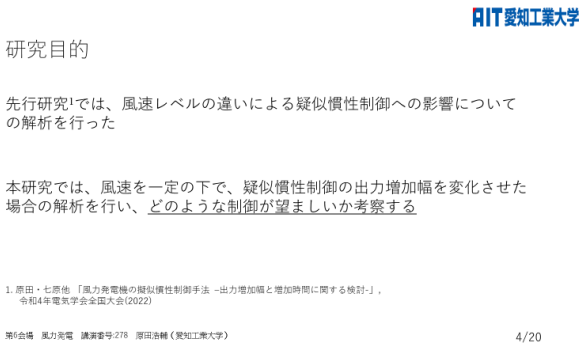
そこで本研究では，風力発電の慣性応答の可能性についてシミュレーションにより評価した。一定の風速のもとで風力発電の出力増加幅を変化させた場合の影響を解析し，疑似慣性制御終了後の周波数や出力係数の低下を抑えられるという面から，継続時間を 5s 程度とすることが望ましいことが分かった。また様々な風速レベルで風速が変動する場合の解析を行い，基準風速が大きい場合は，風速変動も大きいため疑似慣性制御後に風力発電出力を大きく低下させる必要があること，基準風速が低い場合は風力発電の出力増加幅が大きくなるにつれて出力係数の低下も大きくなることに注意を要することを明らかとした。

(2) 研究内容報告



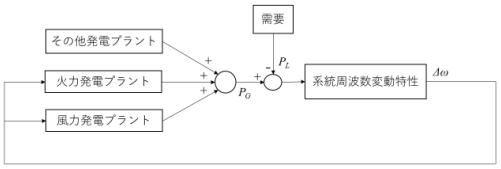






シミュレーションモデルの概要

系統周波数変動特性モデルおよび、火力、風力、その他プラントモデルからなる以下モデルにより周波数変動を算出する



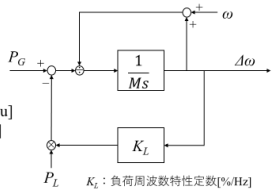
系統周波数変動特性モデル

以下に示す同期発電機の運動方程式により、系統周波数の変動を算出する

$$\Delta\omega = \frac{1}{Ms}\frac{1}{\omega}(P_G - P_L)$$

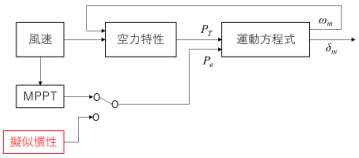
$\Delta\omega$：系統周波数偏差[pu]　ω：系統周波数[pu]
M：系統の単位慣性定数[s]　P_G：総発電[pu]
P_L：総需要[pu]　s：ラプラス演算子

※本モデルにおいて系統の慣性定数Mは10s,基準周波数は60Hz,負荷周波数特性定数は3.3%/Hzとした



風力発電モデル

空力モデルと運動方程式モデルから構成される以下のモデルを使用する



諸元	値
発電機定格出力P	900kW
ロータ半径R	28.5m
回転数範囲	15～28rpm
単位慣性定数M	10s

風力発電モデル：空力モデル

風車から取り出せるパワーをP_Tとして、以下に表す式により算出する

$$P_T = \frac{1}{2}C_p\rho\pi R^2 u^3$$

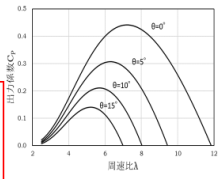
ρ：空気密度　R：風車半径
u：風速　C_p：出力係数

出力係数C_pは次式に示すピッチ角θと周速比λ（風車翼の先端速度と流入風速の比）の関数で近似する

$$C_p(\lambda,\theta) = c_1\left(\frac{c_2}{\lambda i} - c_3\theta - c_4\theta^{c_5} - c_6\right)\exp\left(-\frac{c_7}{\lambda i}\right)$$

ここで、$\frac{1}{\lambda i} = \frac{1}{\lambda + c_8\theta} - \frac{c_9}{\theta^3+1}$　c_1~c_9:定数

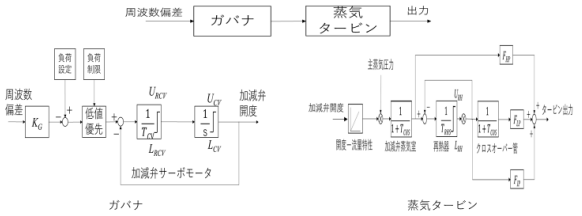
$\lambda = \frac{\omega_r R}{u}$　ω_r:風車角速度



※λ=$\frac{周速}{風速}$

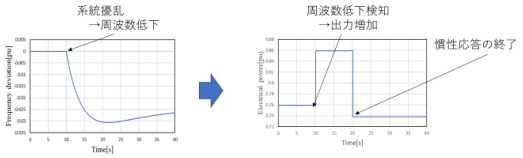
火力モデル

以下に示すモデルにより、出力を制御する



Hydro-Quebecにおける風力発電機の疑似慣性制御手法

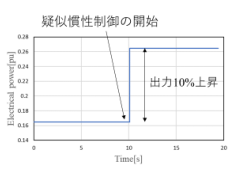
大幅な周波数低下を検知した際に、風力発電出力を一定時間増加させる制御手法が提案されている



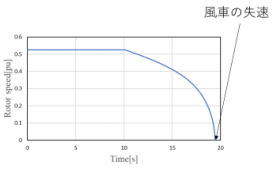
出典：Mohamed Asmine,Charles-Eric Langlos,Noel Aubut"Inertial response from wind power plants during a frequency disturbance on the Hydro-Quebec system – event analysis andvalidation",IET Renew.Power Gender,2018,Vol.12 Iss. 5,pp. 512-522

疑似慣性制御における風車の失速

疑似慣性制御を行う際には風車の失速に注意を要する



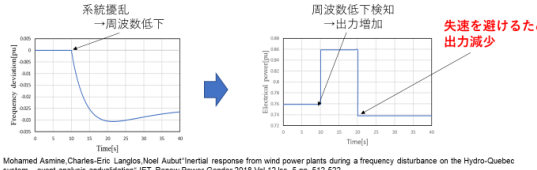
風力発電出力（風速6m/s時）



風車回転数

Hydro-Quebecにおける風力発電機の疑似慣性制御手法

大幅な周波数低下を検知した際に、風力発電出力を一定時間増加させる制御手法が提案されている



出典：Mohamed Asmine,Charles-Eric Langlos,Noel Aubut"Inertial response from wind power plants during a frequency disturbance on the Hydro-Quebec system – event analysis andvalidation",IET Renew.Power Gender,2018,Vol.12 Iss. 5,pp. 512-522

AIT愛知工業大学

シミュレーションの目的

電源脱落時にHydro Quebecにおいて要求されている制御手法に準じて
風力発電出力を制御

↓

周波数の最低値や風車の出力係数および回転数の変化を比較する

↓

風力発電の出力増加幅や継続時間の違いによる影響について分析する

AIT愛知工業大学

シミュレーション条件

右図のシミュレーションモデルにおいて時刻
10sにおいて10%の電源が脱落したとする

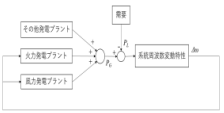
↓

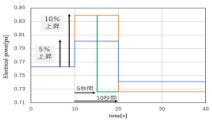
Hydro Quebecの制御手法に準じて、風力発電
の出力増加幅および継続時間をそれぞれ5～
10%,5～10sと変化させる

火力機はガバナフリー運転により出力を制御、
その他の発電機の出力は一定とする

※各発電の割合は火力8割、風力1割、その他の
　発電1割とした

風力発電機での周波数の検出には0.1秒要するも
のとする　　風速は8m/sで一定とする

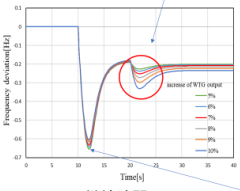




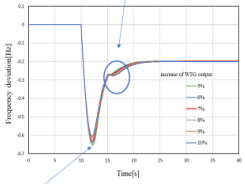
AIT愛知工業大学

シミュレーション結果：周波数

疑似慣性制御後の周波数低下大　　疑似慣性制御後の周波数低下小



継続時間10s



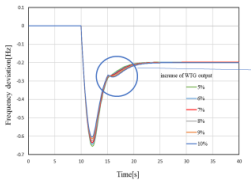
継続時間5s

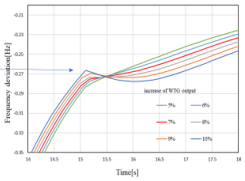
継続時間の違いによる**周波数最低値の変化なし**

AIT愛知工業大学

周波数波形拡大（継続時間5s時）

出力増加幅が8%以下では、疑似慣性制御後の周波数低下が見られない

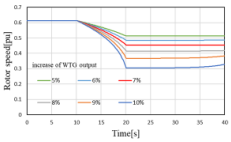




AIT愛知工業大学

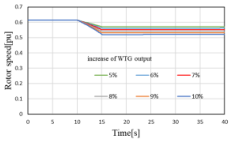
シミュレーション結果：風車回転数

出力増加幅を大きくすると、
回転数が大きく低下



継続時間10s

出力増加幅が大きい場合でも、
回転数低下を抑えられる

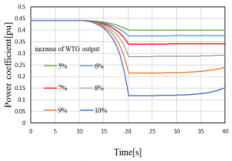


継続時間5s

AIT愛知工業大学

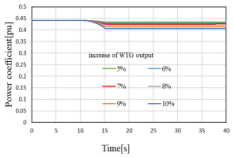
シミュレーション結果：出力係数

出力増加幅を大きくすると、
出力係数が著しく低下
　→風力発電出力を大きく低下
　　させる必要が生じる



継続時間10s

出力増加幅を大きくした場合
においても**出力係数の低下を
抑えられる**

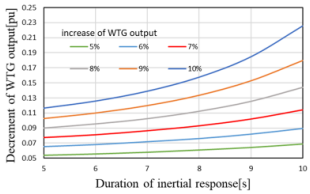


継続時間5s

AIT愛知工業大学

疑似慣性制御後の風力発電出力の減少幅

継続時間を長くすると、疑似慣性制御後に風力発電出力を大きく低下
させる必要が生じる



AIT愛知工業大学

まとめ

・疑似慣性制御の継続時間を長くすると、疑似慣性制御終了後の周波数
　低下、風車出力係数の著しい低下などを招く
・継続時間の違いにより、周波数最低値が変化しないことに着目すれば、
　出力増加幅を大きくした場合でも疑似慣性制御後の**周波数や出力係数
　の低下を抑えられる継続時間5sの方が望ましい**と考えられる

今後の課題

・風速変動時における解析
・ピッチ制御を組み込んだ場合における解析

(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：ノートパソコン, 資産番号：42000480

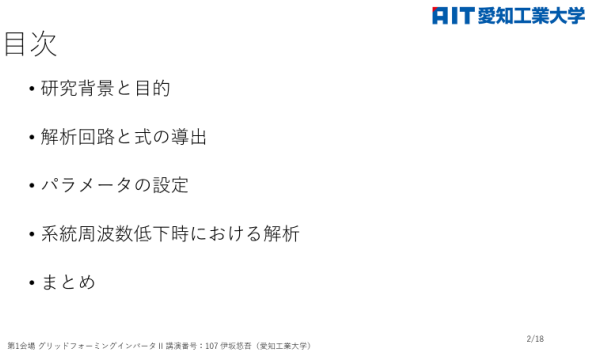
4. Grid-Forming インバータの一種である Virtual Oscillator Control インバータの動作解析

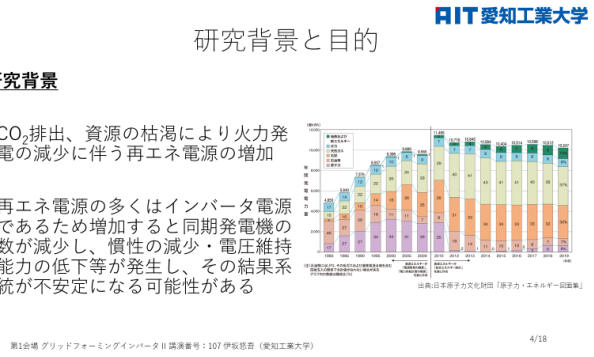
(1) 研究概要

風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーによる発電が急増しているが，これらの多くはインバータを介して電力系統に接続されている。従来のインバータ電源は電流制御型であるため，系統に連系されるインバータ電源が増加し，同期発電機が減少すると，電圧維持能力の低下，慣性の減少などにより系統が不安定になる恐れがある。このため，同期発電機と同様の電圧維持能力等を有する Grid Forming Inverter（以下 GFM インバータ）が注目されている。Virtual Oscillator Control インバータ（以下，VOC インバータ）は米国再生可能エネルギー研究所が提案した GFM インバータの一種であるが，その電圧発生のメカニズムが他のインバータと根本的に異なることもあり，その特性は十分には解明されていない。

本研究では，まず VOC インバータをリアクタンスを介して電力系統に連系した場合，その各種パラメータが VOC インバータの安定性や電圧特性にどのような影響を及ぼすかを解析し，そのパラメータ選定の基本的な考え方を明らかとした。また電力系統の周波数低下時に VOC インバータがどのように動作するかについてシミュレーション解析を行い， VOC インバータが慣性応答 に加え周波数ドループ特性を有していることを明らかとした。

(2) 研究内容報告





AIT愛知工業大学

研究背景と目的

従来　【Grid Following インバータ】	Grid Forming インバータ
電力系統に安定電圧があることを前提とする電流制御型のインバータ	それ自身が電圧源となる電圧制御型のインバータ 慣性減少の改善、電圧維持能力の向上が見込める

研究対象　Grid forming inverter内のVirtual Oscillator Control(VOC)インバータ

研究内容
電力系統周波数低下時における単相のVOCの動作解析

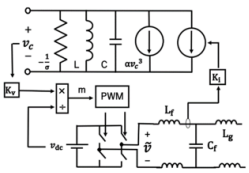
AIT愛知工業大学

目次

- 研究背景と目的
- **解析回路と式の導出**
- パラメータの設定
- 系統周波数低下時における解析
- まとめ

AIT愛知工業大学

VOCインバータの構成

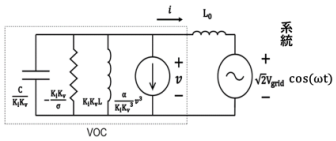


出典: Sairaj V. Dhople, Brian B. Johnson), and Abdullah O. Hamadeh : "Virtual Oscillator Control for Voltage Source Inverters" Fifty-first Annual Allerton Conference Allerton House, UIUC, Illinois, USA, October 2 - 3, 2013.

上側　制御信号生成部
下側　インバータ

AIT愛知工業大学

解析回路と式の導出



パラメータ	式
τ	$\sqrt{\frac{1}{CL}+\frac{K_iK_v}{CL_0}}\,t$
x	$\frac{1}{K_v}\sqrt{\frac{3\alpha}{\sigma}}v$
B	$\frac{K_iL}{L_0+K_iK_vL}\sqrt{\frac{6\alpha}{\sigma}}V_{grid}$
υ	$\frac{\omega}{\sqrt{\frac{1}{CL}+\frac{K_iK_v}{CL_0}}}$
ε	$\alpha\sqrt{\frac{L}{C}}\sqrt{\frac{L_0}{L_0+K_iK_vL}}$

$$i=\frac{\sigma}{K_iK_v}v-\frac{\alpha}{K_iK_v^3}v^3-\frac{C}{K_iK_v}\frac{dv}{dt}-\int\frac{1}{K_iK_vL}v\,dt \quad \cdots ①$$

$$v-\sqrt{2}V_{grid}\cos(\omega t)=L_0\frac{di}{dt} \quad \cdots\cdots ②$$

$$\frac{d^2x}{d\tau^2}-\varepsilon(1-x^2)\frac{dx}{d\tau}+x=B\cos(\upsilon\tau)$$

AIT愛知工業大学

目次

- 研究背景と目的
- 解析回路と式の導出
- **パラメータの設定**
- 系統周波数低下時における解析
- まとめ

AIT愛知工業大学

基本パラメータ設定

パラメータ	値	単位
定格電圧	115.5	V
定格容量	10	kVA
周波数 f	60	Hz
キャパシタンス　C	4.23×10^{-2}	F
インダクタンス　L	1.66×10^{-4}	H
コンダクタンス　σ	1.53	S
電流源の三乗根の係数　α	1.02	A/V^3
スケーリングファクタ　K_v	115.5	V/V
スケーリングファクタ　K_i	1/28.9	A/A
インダクタンス　L_0	0.0051	F

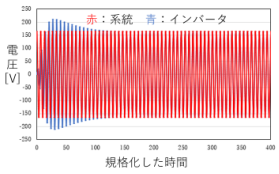
VOC電圧が系統電圧と同程度になるパラメータの選定

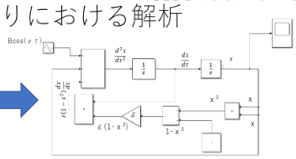
AIT愛知工業大学

VOCの立ち上がりにおける解析

シミュレーションの式

$$\frac{d^2x}{d\tau^2}-\varepsilon(1-x^2)\frac{dx}{d\tau}+x=B\cos(\upsilon\tau)$$





シミュレーション結果
VOCは安定した電圧と周波数を発生

AIT愛知工業大学

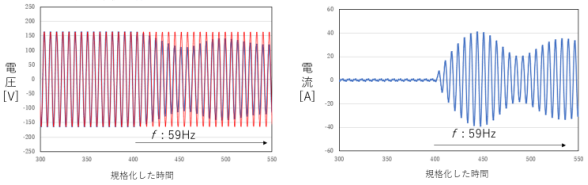
目次

- 研究背景と目的
- 解析回路と式の導出
- パラメータの設定
- **系統周波数低下時における解析**
- まとめ

周波数低下時の電圧と電流波形

規格化した時間 τ =300~550までの電圧と電流波形（ τ ＝400から周波数は59Hz）

赤：系統　青：インバータ

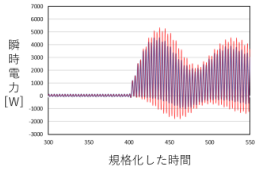


VOC電圧波形：周波数変動後が変動

瞬時電力の波形

VOCは単相インバータ→リップルを含む(ノッチフィルタ利用)

赤：系統　青：インバータ



瞬時電力p(t)

$$P(t) = V(t)\,i(t) = VI\cos\varphi - VI\cos(2\omega t - \varphi) \quad (1)$$

瞬時電力P(t)とP(t)を$\pi/2\omega$だけ時刻をずらしたものの加算

$$P(t) + P\left(t - \frac{\pi}{2\omega}\right) = 2VI\cos\varphi \quad (2)$$

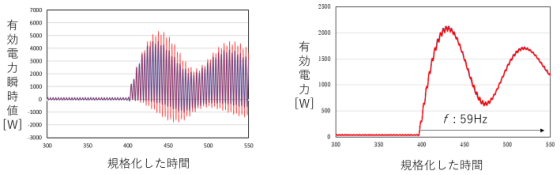
よって、有効電力Pは以下の式で表される。

$$P = \frac{1}{2}\left[P(t) + P\left(t - \frac{\pi}{2\omega}\right)\right] \quad (3)$$

ノッチフィルタを用いてリップルを取り除く

周波数変動時の有効電力

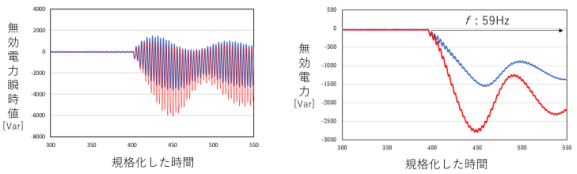
赤：系統　青：インバータ



有効電力：同期発電機と同様の慣性応答を確認

周波数変動時の無効電力

赤：系統　青：インバータ



目次

- 研究背景と目的
- 解析回路と式の導出
- パラメータの設定
- 系統周波数低下時における解析
- **まとめ**

まとめ

●発生電圧が系統電圧と同程度となり， VOCを安定に運転できるVOCパラメータを選定した。

●単相インバータでのリップル（有効電力・無効電力）を取り除くためにノッチフィルタを利用し，リップルをほぼ完全に除去できることを示した。

●VOCの系統周波数変動時の有効電力波形より，同期発電機と同様の慣性応答が確認できた。ただし、同期発電機と違い，その時に電圧が変動することも分かった。

［今後の課題］

パラメータの違いが系統擾乱時の変動に及ぼす影響の分析。

(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：ノートパソコン，資産番号：42000477

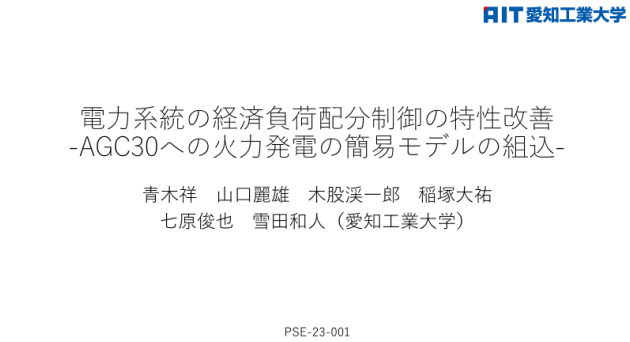
5. 電力系統の経済負荷配分制御の特性改善

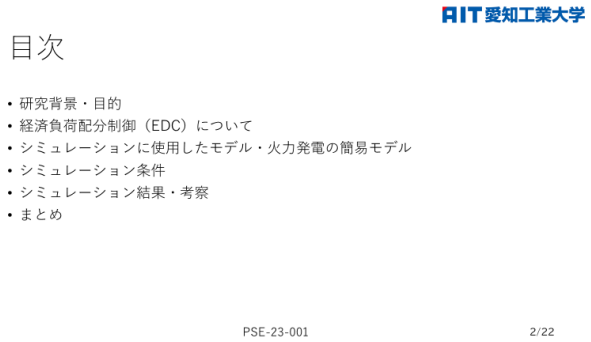
(1) 研究概要

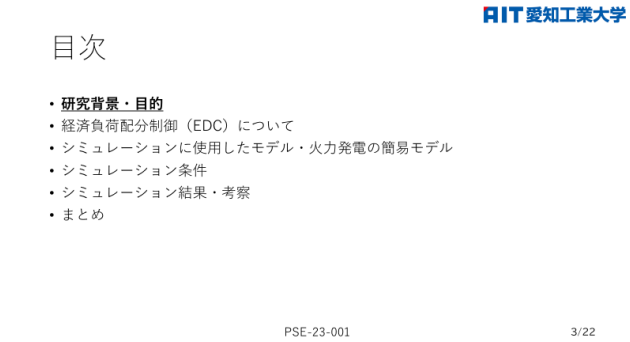
地球温暖化問題の対策として，太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギー（再エネ）が増加している。再エネ電源の出力は変動が著しく正確な予測が困難なため， 電力システムの需給バランス維持が難しくなる恐れがある。このため，電力システムの需給制御システムのうち，変動周期十数分以上の変動を対象とする経済負荷配分制御（EDC : Economic load Dispatching Control）の重要性が増している。

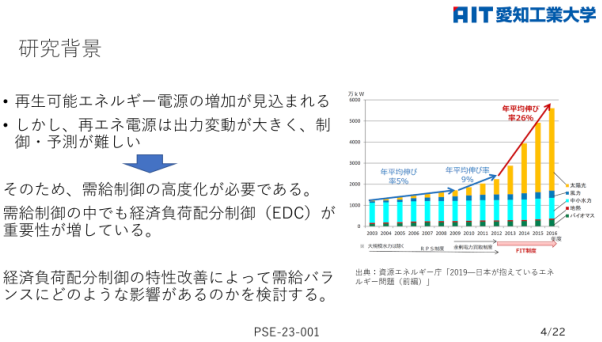
本研究では， EDC 内の時定数や EDC 制御周期が EDC の制御性能，特に需給バランスに与える影響について検討した。その結果，制御周期を短くすれば性能向上が図れること，制御周期と EDC 時定数の協調が重要であることを明らかにした。またこの際には EDC と負荷周波数制御の制御分担の状況に違いが見られることも示した。さらに AGC30 の汽力発電プラントモデルを，簡略化した汽力発電プラントモデルで置き換えた簡易な AGC30 モデルを作成し，両モデルで周期数十分程度の需給変動がほぼ同様となることを明らかとした。

(2) 研究内容報告









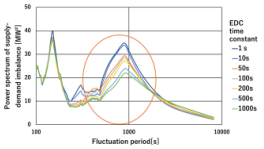
AIT 愛知工業大学

研究目的

先行研究[1]では、AGC30を用いて負荷配分制御の制御周期と時定数を変化させることによる影響の分析を行った。

EDCの性能改善には変動周期600秒～3000秒付近でのパワースペクトルを抑制することが重要だと考えられる。

本研究では、使用しているモデルに火力発電の簡易モデルを組み込み、原因の分析に用いることができるか検討する。



Sampling time 150s

1. 青木・七原他 「電力系統の経済負荷配分制御の特性改善 –制御周期が制御性能に及ぼす影響の分析-」, 令和4年電気学会B部門大会(2022)

AIT 愛知工業大学

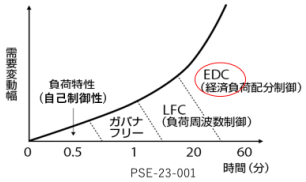
目次

- 研究背景・目的
- **経済負荷配分制御（EDC）について**
- シミュレーションに使用したモデル・火力発電の簡易モデル
- シミュレーション条件
- シミュレーション結果・考察
- まとめ

AIT 愛知工業大学

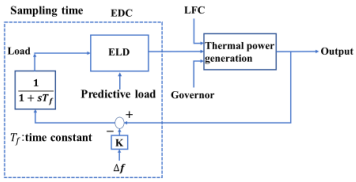
経済負荷配分制御（EDC：Economic load Dispatching Control）

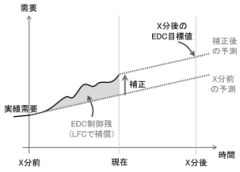
長い時間（20分程度以上）の周期をもった周波数変動に対応するための制御法。
電力需要の変化に応じて、各発電所の出力配分を決定する。



AIT 愛知工業大学

EDCモデル・予測補正





制御周期と変動周期を変更することで制御性能を変化させる。

AIT 愛知工業大学

目次

- 研究背景・目的
- 経済負荷配分制御（EDC）について
- **シミュレーションに使用したモデル・火力発電の簡易モデル**
- シミュレーション条件
- シミュレーション結果・考察
- まとめ

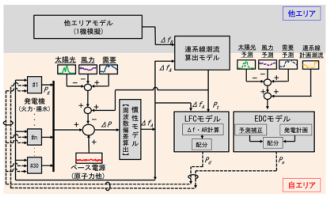
AIT 愛知工業大学

シミュレーションに使用したモデル

電気学会が開発した、需給制御解析に適したモデル

各発電機やEDC等の制御手法を模擬している

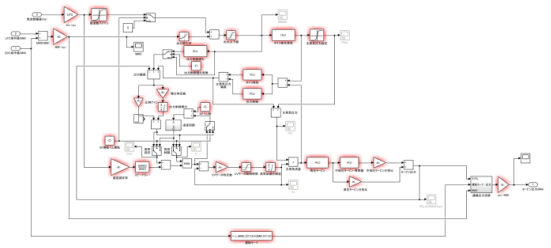
AGC30は多数の要素を詳細に模擬しているため，モデルが複雑である



出典：電力需給解析モデル標準化調査委員会「電気学会技術報告書第1386号」，一般財団法人電気学会（2016）

AIT 愛知工業大学

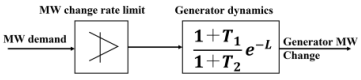
AGC30　天然ガス汽力発電モデル



AIT 愛知工業大学

火力発電の簡易モデル

MW指令信号に対するレートリミッタ
ボイラ応答を模擬するためのむだ時間要素(むだ時間L)
一次進み要素（時定数T_1）
一次遅れ要素（時定数T_2）
から構成されている。



Generator	MW change rate limit (Generator MVA base)※	Time delay L (sec)	Lag time constant T_2 (sec)	Lead time constant T_1 (sec)
Slow	Default value of AGC30	60	25	0
Fast	Ditto	10	Ditto	Ditto

※The data on the rate limiter are the default values in AGC30

T. Inoue, H. Amano: "Load Frequency Control Logic to Utilize Generators with Long Time Delay in MW Response" ,2008 Proceedings of the Eighth IASTED International Conference, Power and Energy Systems(EuroPES 2008).

AIT 愛知工業大学

目次

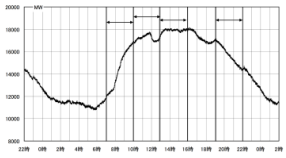
- 研究背景・目的
- 経済負荷配分制御（EDC）について
- シミュレーションに使用したモデル・火力発電の簡易モデル
- **シミュレーション条件**
- シミュレーション結果・考察
- まとめ

AIT 愛知工業大学

シミュレーション条件

- 対象時間：夏季の7時～10時、10時～13時、13時～16時、19時～22時（ベースケース（重負荷期））
- EDC内のローパスフィルタの時定数：50秒，200秒
- EDCの制御周期：60秒，300秒

AGC30のEDC内の時定数と制御周期の既定値はそれぞれ200秒と300秒



Load date during heavy load periods.

AIT 愛知工業大学

目次

- 研究背景・目的
- 経済負荷配分制御（EDC）について
- シミュレーションに使用したモデル・火力発電の簡易モデル
- シミュレーション条件
- **シミュレーション結果・考察**
- まとめ

AIT 愛知工業大学

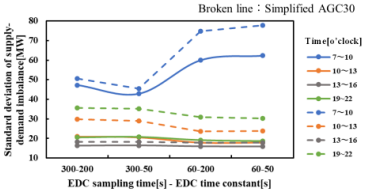
需給インバランスの標準偏差

EDCのパラメータが需給インバランスに及ぼす影響は複雑である。

時間帯によってパラメータを変化させたときの標準偏差の増減の仕方が違う

簡単に制御周期と時定数を決めることは出来ない。

Solid line：AGC30
Broken line：Simplified AGC30

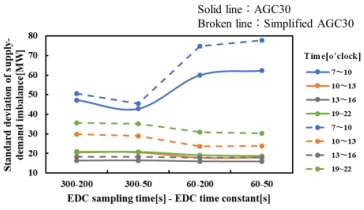


AIT 愛知工業大学

需給インバランスの標準偏差

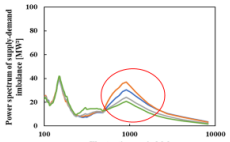
各時間帯のAGC30と簡易AGC30を比較すると、パラメータを変化させた場合の挙動については、簡易AGC30でもAGC30の挙動をある程度再現できている。

Solid line：AGC30
Broken line：Simplified AGC30

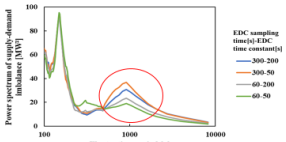


AIT 愛知工業大学

需給インバランスのパワースペクトル①13時～16時



AGC30　13～16 o'clock

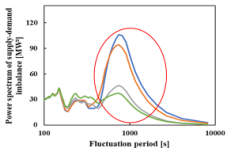


Simplified AGC30　13～16 o'clock

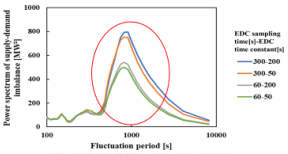
- 変動周期600秒～3000秒付近においてパワースペクトルの山が見られる
- AGC30と簡易AGC30の波形は概ね類似している

AIT 愛知工業大学

需給インバランスのパワースペクトル②19時～22時



AGC30　19～22 o'clock



Simplified AGC30　19～22 o'clock

○ 変動周期600秒～3000秒付近においてパワースペクトルの山が見られる
△ AGC30と簡易AGC30の波形の形状は概ね類似している
× AGC30よりも簡易AGC30のパワースペクトルが大きくなっている
× 制御周期が短いとき形状が多少異なる

負荷変動が大きいことに起因しているのではないか

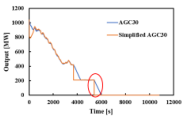
AIT 愛知工業大学

石油汽力出力波形

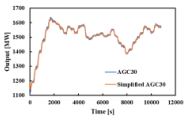
出力の急増・急減が見られる。

発電機の始動・停止に伴うもの

パワースペクトルが増加した原因は発電機の始動・停止に伴う出力変化の模擬に課題があるからである。



19～22 o'clock



13～16 o'clock

Sampling time 300s – Time constant 200s

AIT 愛知工業大学

目次

- 研究背景・目的
- 経済負荷配分制御（EDC）について
- シミュレーションに使用したモデル・火力発電の簡易モデル
- シミュレーション条件
- シミュレーション結果・考察
- **まとめ**

PSE-23-001 21/22

AIT 愛知工業大学

まとめと今後の課題

まとめ

- AGC30に簡易モデルを組み込んだ簡易AGC30は発電機の始動・停止がない時間帯では、AGC30の振る舞いをある程度再現できている
- 需給インバランスの抑制に向けた検討に用いることができる。

今後の課題

- 簡易モデルにおける発電機の急な始動・停止の改善
- 制御周期が短い場合におけるAGC30と簡易AGC30のパワースペクトルの差異の原因の解明
- EDC制御における変動周期600秒～3000秒付近における変動増加の原因の究明
- EDCとLFCの制御協調のあり方の分析

PSE-23-001 22/22

(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：パソコン，資産番号 42000841

6. LLC コンバータの活用に関する研究

(1) 研究概要

LLC 共振コンバータ（以下 LLC と記す）は，電流共振とソフトスイッチングを両立して高効率と低ノイズを両立させている。現在 LLC は電圧を変えることによって調光できる LED や照明など，小容量の 100W～500W の負荷に広く使われている。また，大容量の数 kW 程度を想定した討も広く行われている。一般的に LLC において高周波変圧器の結合係数 k は 0.8~0.9 程度設計される。結合係数 k はコアのギャップで調節することが多いが，巻き方でも調節することができる。また，駆動周波数が変化すると高周波変圧器のインダクタンス値が変化し，それに伴って共振点も変化し LLC の出力電圧も変化することが報告されている。

そこで，駆動周波数が変化しても漏れインダクタンス Lr，励磁インダクタンス Lm の変化が小さい高周波変圧器の方が LLC に適することから，高周波変圧器の巻線の巻数を一定とし，コアのギャップ長と巻き方を変え，Lr と Lm を実測し，Lr, Lm の変化を考慮してシミュレーションした LLC の出力電圧特性を明らかにした。

(2) 研究内容報告

LLCコンバータに用いる
高周波変圧器の検討

静岡理工科大学　◎長田慎一朗　中田篤史

愛知工業大学　　鳥井昭宏　元谷　卓

研究背景と目的

LCRメータで高周波変圧器の漏れ・励磁インダクタンスを測定

↓

周波数によって漏れインダクタンス値と励磁インダクタンス値が変化することを確認

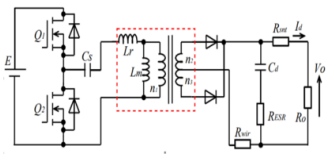
↓

インダクタンス値が変化することによって出力電圧値が設計値と異なる値

↓

LLCコンバータに使用する高周波変圧器の結合係数が0.8～0.9程度，
駆動周波数によって漏れ・励磁インダクタンスの変化が少ないような設計

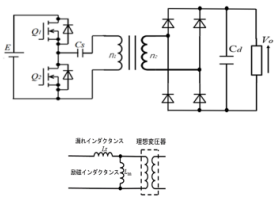
旧の主回路の構成



二つのリアクトルL_rとL_mおよびコンデンサC_sで共振回路を構成

入力電圧E	390V
共振用コンデンサC_s	0.027μF
漏れインダクタンスL_r @100kHz	80.5μH
励磁インダクタンスL_m @100kHz	306.6μH
巻数比n 1:n 2	30:5
平滑コンデンサC_d	990μF
等価直流抵抗R_{ESR}	12mΩ
シャント抵抗R_{SNT}	12mΩ
配線抵抗R_{wir}	12mΩ
ギャップ長L_g	6mm

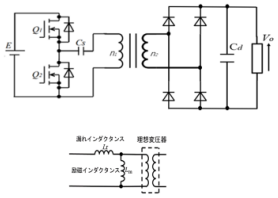
今回の主回路の構成



二つのリアクトルL_rとL_mおよびコンデンサC_sで共振回路を構成

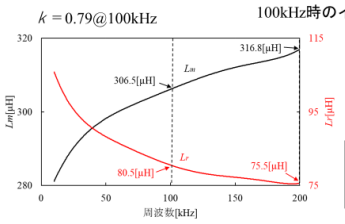
入力電圧E	80V
共振用コンデンサC_s	0.147μF
漏れインダクタンスL_r @100kHz	9.05μH
励磁インダクタンスL_m @100kHz	81.42μH
巻数比n 1:n 2	11:11
平滑コンデンサC_d	100μF
ギャップ長L_g	0.1mm

測定装置



愛知工業大学エコ電力研究センターでの購入装置を使用して測定

旧変圧器の周波数特性



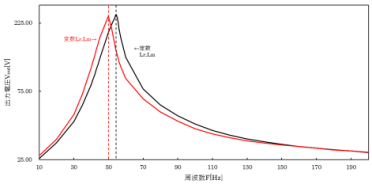
100kHz時のインダクタンス値を基準にした時
L_r, L_m（100kHz～200kHz）
の変動率

$$\frac{200[\mathrm{kHz}]時 - 100[\mathrm{kHz}]時}{100[\mathrm{kHz}]時} \times 100$$

	分割巻き	
ギャップ長[mm]	L_r[%]	L_m[%]
6	-6.21	3.36

ギャップ長6mmで分割巻きL_r, L_m の周波数特性

旧回路L_r,L_m出力電圧・周波数特性

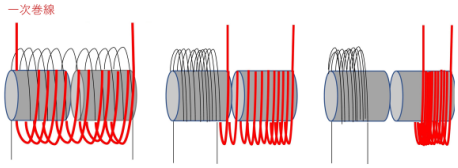


入力電圧E	390V
共振用コンデンサC_s	0.027μF
漏れインダクタンスL_r @100kHz	80.5μH
励磁インダクタンスL_m @100kHz	306.6μH
巻数比n_1:n_2	30;5
平滑コンデンサC_d	990μF
等価直流抵抗R_{ESR}	12mΩ
シャント抵抗R_{SNT}	12mΩ
配線抵抗R_{wir}	12mΩ
ギャップ長L_g	6mm

負荷30[Ω]時のL_r, L_m固定と変動時の出力電圧−周波数特性

L_rとL_mの変動により，共振点がずれ，出力電圧も変化した

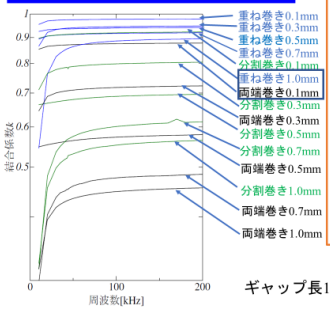
コイルの巻き方



重ね巻き　分割巻き　両端巻き

11回巻き固定で重ね巻き，分割巻き（1次巻線にかぶる），両端巻きの3種類

結合係数の周波数特性



・ギャップ長を大きくすることで結合係数kは低下する

・重ね巻きはギャップ長による結合係数の変化が小さい

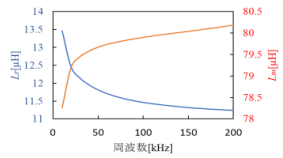
・重ね巻き→分割巻き→両端巻きの順番にギャップ長による結合係数の変化が小さい

・kが0.8～0.9に入る巻き方は重ね巻き1mmと両端巻き0.1mmが候補

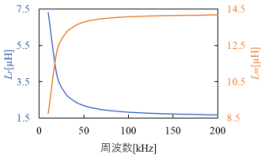
ギャップ長1mm時の周波数による結合係数の変化

変圧器の周波数特性比較

コイル1次2次の巻き数11回固定



ギャップ長0.1mm時の両端巻き
L_r, L_m の周波数特性(k=0.875@100kHz)



ギャップ長1.0mm時の重ね巻き
L_r, L_m の周波数特性(k=0.89@100kHz)

結合係数kが0.8～0.9の範囲に入るものは2つ

L_r,L_mの変動率

コイル1次2次の巻き数11回固定
結合係数が0.8～0.9

100kHz時のインダクタンス値を基準にした時

	両端巻き			分割巻き			重ね巻き		
ギャップ長[mm]	L_r[%]	L_m[%]	k	L_r[%]	L_m[%]	k	L_r[%]	L_m[%]	k
0.1	-1.938	0.26	0.875	-3.284	0.362	0.916	-5.732	0.123	0.977
0.3	-2.025	0.528	0.718	-3.234	0.410	0.799	-5.258	0.147	0.945
0.5	-1.936	0.706	0.573	-2.466	0.538	0.689	-3.361	0.054	0.939
0.7	2.054	1.022	0.477	-4.002	1.290	0.601	-6.897	0.361	0.919
1	-1.954	1.132	0.448	-3.175	1.615	0.553	-8.283	0.731	0.885

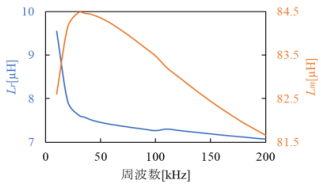
L_r, L_m（100kHz～200kHz）
の変動率

$$\frac{200[\mathrm{kHz}]時 - 100[\mathrm{kHz}]時}{100[\mathrm{kHz}]時} \times 100$$

総合的に判断してギャップ長0.1mm時の両端巻きが良い

周波数特性

ギャップ長1mm時にインダクタンス値が
設計値である90.47μHになるような重ね巻き

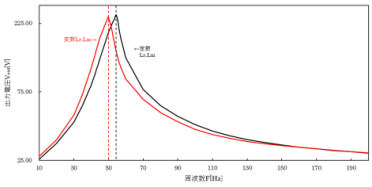


漏れインダクタンスL_r @100kHz	9.05μH
励磁インダクタンスL_m @100kHz	81.42μH

	重ね巻き	
ギャップ長[mm]	L_r[%]	L_m[%]
1	-2.684	2.187

27回巻きギャップ長1mmで重ね巻きL_r, L_m の周波数特性
(k=0.92@100kHz)

旧回路Lr,Lm出力電圧・周波数特性

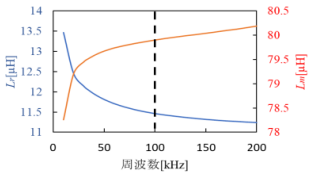


入力電圧E	390V
共振用コンデンサC_s	0.027μF
漏れインダクタンスL_r @100kHz	80.5μH
励磁インダクタンスL_m @100kHz	306.6μH
巻数比n_1:n_2	30;5
平滑コンデンサC_d	990μF
等価直流抵抗R_{ESR}	12mΩ
シャント抵抗R_{SNT}	12mΩ
配線抵抗R_{WIR}	12mΩ
ギャップ長L_g	6mm

負荷30[Ω]時のLr，Lm固定と変動時の出力電圧−周波数特性

LrとLmの変動により，共振点がずれ，出力電圧も変化した

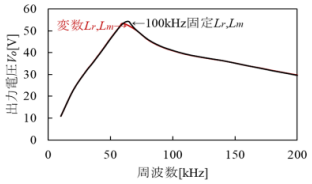
今回決定した変圧器の周波数



100kHz時
結合係数　0.875
L値　91.359μH
L_r　11.458μH
L_m　79.901μH
変動率L_r　-1.938%
変動率L_m　0.26%

ギャップ長0.1mm時の両端巻きLr，Lmの周波数特性

今回決定したLr,Lm出力電圧・周波数特性



出力電圧40V，出力電流2Aの
出力電力80Wで設計

負荷20[Ω]時のL_r，L_m固定と変動時の出力電圧−周波数特性

まとめ

- ギャップ長と巻き方を変えて，駆動周波数を変化させても漏れ・励磁インダクタンスの変動が少なく，結合係数が0.8～0.9に収まるようなLLCに適切な高周波変圧器について検討を行った
- 11回巻きの場合，ギャップ長0.1mm，両端巻きがLLC用の高周波変圧器に適する
- 高周波変圧器のインダクタンス特性とLLCの出力電圧の周波数特性を明らかにした
- 今後LLCのミニモデルに今回設計した高周波変圧器を組み込んで測定する予定

(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：高速 100MS/s 12 ビット絶縁モジュール，資産番号 42000841

7　分散施設近傍への落雷発生時の雷サージ侵入状況に関する研究

(1) 研究概要

近年、電化製品では小型化、高密度低電圧駆動化により耐電圧性能が相対的に脆弱している。また、ICT の発達により多くの機器がネットワークで繋がっているため、雷サージの影響を受けやすくなっている。適切な対策を行うには、落雷発生時の設備機器への雷サージ侵入状況やその影響を把握する必要がある。そこで、本研究では、愛知工業大学を対象に分散施設近傍への落雷発生時の雷サージ侵入状況について観測を実施し、落雷発生時における雷サージ侵入状況について調査検討を行った。

雷サージの観測は、具体的には、クランプオンプローブとメモリハイコーダ(トリガレベル 1A)を用いた雷サージの電流波形の観測記録と雷サージカウンタ(トリガレベル 10A)を用いた雷サージの回数記録を行った。設置箇所は警備室の火災警報盤、鉀徳館の電力計測リモート盤・火災受信盤、8 号館の接地端子盤、電気室の外灯盤・警報盤である。

侵入雷サージの観測は、2022 年度は、6 月から 10 月までの 5 ヶ月間観測を実施した。メモリハイコーダを用いた観測では合計 6 日間において電流波形を記録した。記録された電流波形は気象庁の天候記録で照合した結果、落雷によって記録された可能性が高いと考えたのは 4 日間あった。そのため、気象情報会社から本学付近の詳細な落雷データを入手し、学内の記録波形と合わせて調査検討を行った。気象情報データを入手し確認した確認したところ観測期間中の計 4 日間で 402 件の雷撃が確認されており、観測対象とした本学の時計台から 3km 以内での落雷は全体の 49%を占めていた。しかし、2022 年度は学内設備の被害は確認されなかった。観測結果から雷サージ侵入時の雷撃電流の大きさと落雷地点間までの距離の関係について調査検討したところ、雷サージに侵入のあった雷撃は近似値から少し離れているが、多くは 3km 以内であった。また、今回、今回検討対象とした雷撃は多くが 40kA 以下であった。

今回の観測によって、学内設備に雷被害がなくても雷サージは侵入していることが判明し、また、本学から 3km 離れた落雷は学内設備に影響を及ぼす可能性が少ないとわかった。

今後は適切な電気設備、機器の雷策を行えるように、今回の結果を踏まえ、適切なリスク評価を今後検討する予定である。

(2) 研究内容報告

分散施設近傍への落雷発生時の雷サージ侵入状況に関する研究

1.1　研究背景

落雷による被害件数及び損害保険の支払額は年々増加している。

被害増加要因

・電化製品の小型化により耐電圧性能が相対的に低くなる。

・ICTの発達により雷サージ侵入経路の増加。

落雷発生時の設備機器への雷サージ侵入状況を把握する必要がある

1.2　研究概要

・分散施設として愛知工業大学を利用し、2022年度、学内への雷サージ電流の侵入状況を観測

・気象データ（落雷データ）と侵入雷観測データとを照合、検討し、侵入雷サージの様相について検討

2.1　観測装置の設置場所

観測装置の設置場所

2.2　雷サージ記録計と雷サージカウンタの設置状況

場所	雷サージ電流記録計	雷サージカウンタ
警備室	警報盤の信号線	警報盤の接地線
鉀徳館	火災警報盤の信号線	電力計測リモート盤の接地線
8号館	接地端子盤の接地線	
電気室	警報盤の信号線	電力計測マスタ盤の電力線
	警報盤分配器収容盤の通信線	街灯盤の電力線

3.1　2022年の雷サージ電流観測結果

観測期間(2022年6月～10月)
・記録計に波形観測（計６日間）
・こん年度は学内設備に被害なし

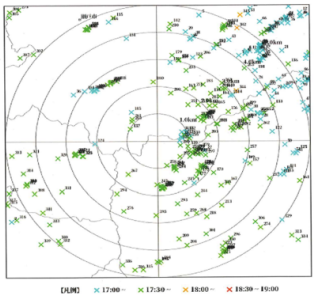
2022年度の侵入雷サージ電流の観測記録状況

7 月 6日	26個の波形を記録
7月27日	3個の波形を記録
8月10日	1個の波形を記録
8月18日	1個の波形を記録
8月25日	30個の波形を記録
8月28日	1個の波形を記録

3.2　気象観測に基づく落雷状況

2022年
7月6日17時～19時

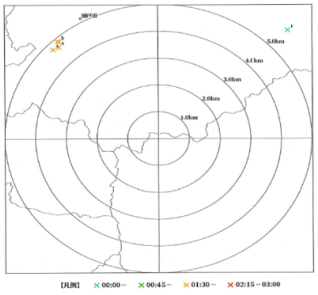
愛知工業大学近傍では、
281件の落雷が気象観測
で確認されていた。



愛知工業大学の時計台を中心に半径5kmの領域における
落雷状況（2022年7月6日17時～19時）

2022年
7月27日0時～3時

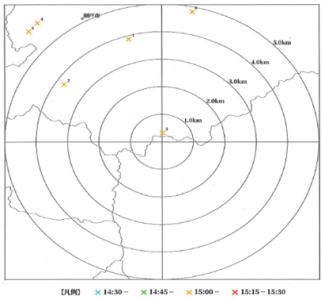
愛知工業大学近傍では、
4件の落雷が気象観測で
確認されていた。



愛知工業大学の時計台を中心に半径5kmの領域における
落雷状況（7月27日0時～3時）

2022年
8月10日14時30分
～15時30分

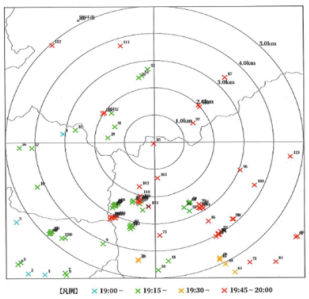
愛知工業大学近傍では、
4件の落雷が気象観測で
確認されていた。



愛知工業大学の時計台を中心に半径5kmの領域における
落雷状況（8月10日14時30分～15時30分）

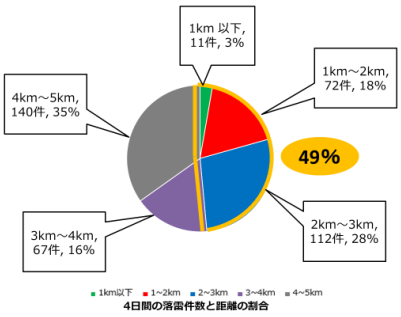
2022年
8月25日19時～20時

愛知工業大学近傍では、
113件の落雷が気象観測
で確認されていた。



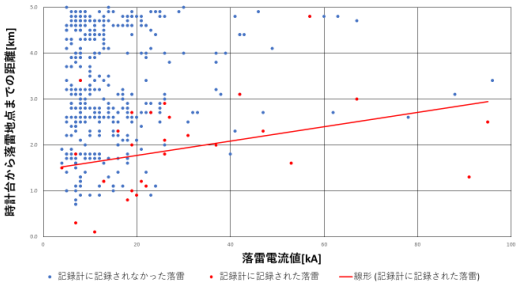
愛知工業大学の時計台を中心に半径5kmの領域における
落雷（8月25日19時～20時）

・4日間の落雷件数と距離の割合



4日間の落雷件数と距離の割合

3.3 落雷電流および落雷距離と侵入雷サージの関係



落雷電流および落雷距離と侵入雷サージの関係（2022年度　愛知工業大学）

3.4 観測結果の検討とまとめ

・今回雷サージの侵入があった雷撃の多くは3km以内の落雷であった。

・今回検討対象とした雷撃は多くが40kA以下であった。

・適切な電気設備、機器の雷策を行えるように、今回の結果を踏まえ、適切なリスク評価を今後検討する予定である。

(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：パーソナルコンピュータ（本体），資産番号：41500441

8　北陸地域の U 風力発電所における長期落雷観測結果にもとづく冬季の落雷予測に向けての気象要因と落雷の関係性についての研究

(1) 研究概要

近年再生可能エネルギーの需要が高まり風力発電が注目されている。日本海沿岸部は冬季に良好な季節風が吹くため風力発電設備の設置が多い。一方この地域は冬季雷が多く、それによる風車への被害が多発している。そこで、本研究では風力発電設備の落雷による被害を予防するために落雷予測に着目し、北陸地域の U 風力発電所における 2007 年度から 2021 年度までの 15 年間の落雷観測結果を基に気象要因と落雷の関係性に調査研究を行った。

北陸地域の U 風力発電所は日本海沿岸に位置し、1 基の風車と避雷塔で構成されている。風車の最高地上高さは 100.25 m、避雷塔の地上高さは 104.99 m であり、避雷塔は風車から見て北西 45.5 m の地点にある。そして風車と避雷塔で落雷電流を観測記録している。

雷雲内の電荷分布においては、今までの研究より-30℃温度層付近の高層に主に氷晶ににになわれた正電荷が存在し、-20℃温度付近から下層には-10℃温度層付近を中心に霰ににになわれた負電荷層が存在することが報告されている。そこで本研究では、-10℃温度層の高度(ジオポテンシャル高度)に着目し、この高度と北陸地域にある U 風力発電所への落雷との関係について検討した。

U 風力発電所での落雷観測が開始されてからの過去 15 年間の雨天時の-10℃温度層のジオポテンシャル高度の頻度は 2000m から 2500m が多く分布するが最低 1230m から最大 5694m までまばらにあることが判明した。そして、雷を伴う雨天時の-10℃温度層のジオポテンシャル高度は 1500m から 2500m までに多く見られるが 2500m を超えると大きく減少していることが判明した。

直近 5 年間の降雪時の場合においても調べた結果降雪のみの場合-10℃温度層のジオポテンシャル高度は 1000m から 1500m に多いが、落雷を伴う降雪時のそれは 2000m から 2500m に多くあることが判明した。

15 年間の北陸地域の U 風力発電所での落雷観測データを使用し、15 年間の雨天時と直近 5 年間の降雪時の-10℃温度層のジオポテンシャル高度に着目し、気象要因と落雷の関係性について調査検討を行った結果、雨天時と雷を伴う雨天、降雪時と落雷を伴う降雪とによって-10℃温度層ジオポテンシャル高度に差があることが確認できた。このことから、-10℃温度層の高度（ジオポテンシャル高度）に関するパラメータが落雷予測技術、落雷リスク評価の要素として機能する可能性を明らかにできた。また、落雷予測技術の確立、落雷リスク評価にはほかの要素も関係しており、どのような要素がそれらに大きく影響を及ぼしているかを把握することが今後の課題と考える。

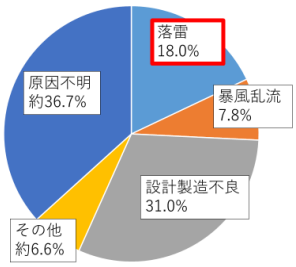
(2) 研究内容報告

北陸地域のU風力発電所における長期落雷観測結果にもとづく冬季の落雷予測に向けての気象要因と落雷の関係性についての研究

1-1. 研究背景

- 落雷により建造物に被害が増えている。中でも冬季雷によって日本海側の風車には様々な事故が発生している。
- 一般に、日本海沿岸の冬季雷は大陸からの冷たい季節風によって海上に雲が発生する、発生した雲が気流に乗って日本海を横断する際に、冷たい季節風と本州沿岸を流れる暖流との温度差によって発生した水蒸気を含むことで、低空に雷雲が形成される、とされている。
- 冬季雷の特徴は、①放電時間が長く、エネルギーが非常に大きい、②雷雲の雲底が非常に低く、高い構造物から上向き放電がよく起こり、高構造物へ落雷が集中しやすいことである。
- 冬季雷による風力発電施設の雷被害が多くあり、適切な対策が求められている。

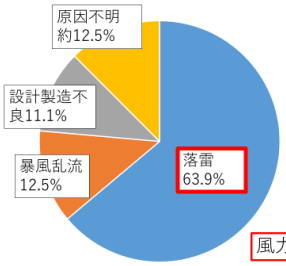
1-2. 風車の故障被害状況



.風車故障被害割合

故障要因の中でも落雷による被害が全体の1/5を占めている

レベル1事故件数の割合



.レベル1事故件数割合

レベル1事故とは構成部品の落下・飛散により人身事故を引き起こす可能性があるもの

↓

落雷による事故が過半数を超える

↓

風力発電所において落雷対策は大きな課題

1-3. 本研究の目的

風車に冬季雷による被害が多数発生している

↓

落雷の発生を予測し被害を減少する必要がある

↓

落雷の発生原因を北陸地域のU風力発電所の過去15年間のデータと気象データとをリンクさせての調査検討より雷被害減少を目指しての落雷予測技術の可能性を調査検討する。

2-1. 落雷発生予測に関するの調査検討方法

冬季雷が発生する原因は何か

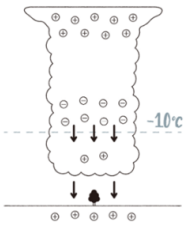
↓

雷放電が発生する-10°C層のジオポテンシャル高度に着目

↓

悪天候時と落雷を伴う悪天候時のジオポテンシャル高度の比較検討

2-2. -10°C層と落雷発生の関係について



雷雲の構造と-10°C層

今までの研究より、一般に、雷放電が起こる前の雲はプラスに帯電した上層、マイナスに帯電した中層（－10°C層）、プラスに帯電した下層の三極構造になっていることが多いとされている。

↓

この－10°C層（空気塊）の高度が落雷発生に大きく影響すると考えられる。

気象学の分野では空気塊の高度をジオポテンシャル高度でよく表す。

3-1. 各気象状況でのジオポテンシャル高度について

（1）15年間の雨天時ジオポテンシャル高度の比率

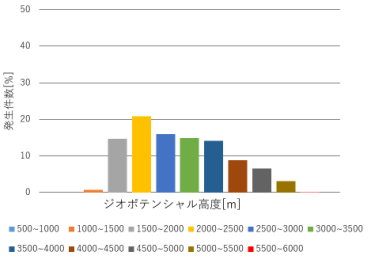
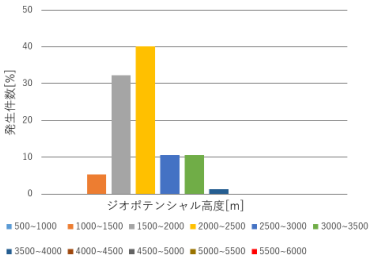


図12. 15年間の雨天時ジオポテンシャル高度の比率

2000m~2500mの範囲が最も多いがまばらに存在する
最低1230m
最大5694m

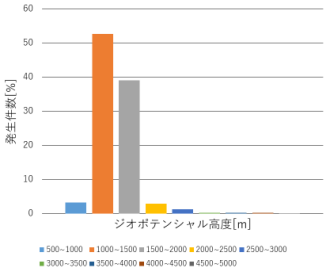
（2）15年間の雷を伴う雨天時ジオポテンシャル高度の比率



15年間の雷を伴う雨天時ジオポテンシャル高度の比率

2000m~2500mに集中している。
最低1173m
最高3605m

（3）15年間降雪時のジオポテンシャル高度

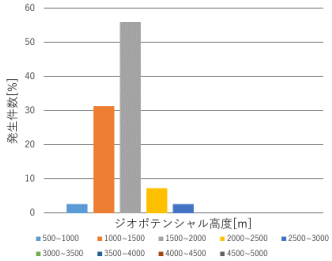


15年間降雪時のジオポテンシャル高度

1000m~1500mの範囲が最も多い
最低676m
最高4342m

降雪時はジオポテンシャル高度が低い

（4）15年間の雷を伴う降雪時のジオポテンシャル高度



15年間の雷を伴う降雪時のジオポテンシャル高度

1500mから2000mに集中している。
最低887m
最大m2684m

3-2. ジオポテンシャル高度に着目しての調査結果

落雷の発生とジオポテンシャル高度には関係性がある程度ある

・雨天時は2500m以上のジオポテンシャル高度もまばらに存在している

・雷を伴う雨天時は2500m以上のジオポテンシャル高度が極端に低下している

ジオポテンシャル高度が低い際に落雷は発生しやすようである。

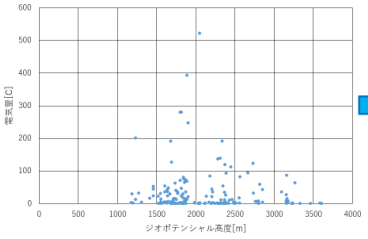
3-3.ジオポテンシャル高度と落雷規模の関係は？

ジオポテンシャル高度と落雷発生には関係性がある

ジオポテンシャル高度と落雷の電気量に関係性があるのか

落雷の電気量とジオポテンシャル高度の関係性検討する

3-4. 落雷を伴う雨天時ジオポテンシャル高度と
落雷の電気量の関係



落雷を伴う雨天時ジオポテンシャル高度と落雷の電気量の関係

ジオポテンシャル高度の大きさと落雷の電気量の大きさには関係性は見られない

ジオポテンシャル高度と落雷の電気量と落雷発生件数の関係性

ジオポテンシャル高度と落雷の電気量には関係性がないようにみられた

雷を伴う雨天のデータの15年間を5年間に分けた時に直近5年の雷を伴う雨天のデータが極端に少なかったため、件数に着目した

落雷発生件数とジオポテンシャル高度の関係性を検討する

4. まとめと今後の課題

・落雷の発生原因を北陸地域のU風力発電所の過去15年間のデータと気象データとをリンクさせて冬季雷とジオポテンシャル高度の関係性の検討を行った。その結果、落雷の発生とジオポテンシャル高度には関係性がある程度あることが判明した。

・一方、ジオポテンシャル高度の大きさと落雷の電気量の大きさには関係性は見られなかった。

・ジオポテンシャル高度のパラメータは落雷予測技術の一要素として機能する可能性があると考えられるが、さらなる予測に関係する要素の調査検討が必要である

(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：パーソナルコンピュータ（本体），資産番号 41500441

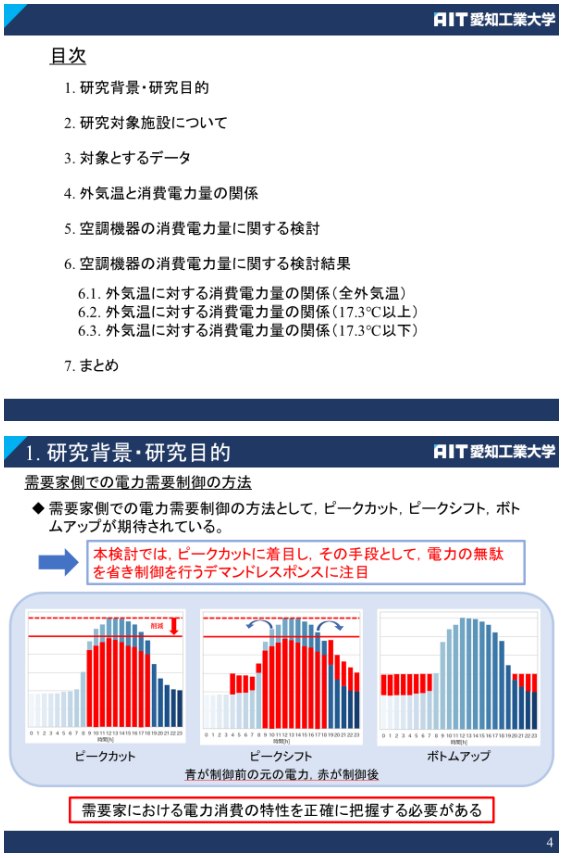
9.　エネルギーマネジメントのための電力需要に関する一検討

(1) 研究概要

近年，エネルギー事情は日々変化している。特に，脱炭素社会の実現に向けて再生可能エネルギーが国内外で注目され，日々研究開発が進められている。しかし，再生可能エネルギーを用いた分散型電源の発電量は極めて不安定であり，集中型電源による需給調整や火力発電所の調整に加えて，需要家における電力需要の調整が必要とされている。需要家の電力に関してはエネルギーマネジメントシステム（EMS）を用いたシステム開発も重要視されている。そこで電力需要の制御のために，ピークカットやピークシフト，ボトムアップなどの取り組みが期待されている。

本研究では，この中でもピークカットを取り上げ，その手段として，電力の無駄を省き制御を行うデマンドレスポンス（DR）に着眼点をおいた。DR の実施には，需要家における電力消費の特性を正確に把握する必要がある。家庭や事務所などにおいてエネルギー消費が大きいと思われる空調機器に注目し，空調機器の消費電力量と外気温の関係性についての検討結果としは，外気温 17℃付近において消費電力量の特性に変化が見られることが確認できた。また，空調機器の消費電力量と外気温には強い相関性があることも確認できた。

(2) 研究内容報告

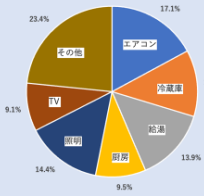


1. 研究背景・研究目的

AIT 愛知工業大学

ゼロカーボン社会の実現のために，家庭や企業での消費電力を抑える省エネルギー化が求められている。

■ 一般家庭での家電機器の消費電力の割合



一般家庭での家電機器の消費電力は，空調機器が最も高い

空調機器で消費される電力を正確に把握することで家庭等の省エネルギー化につながると考えられる。

出典：川村博史；300V以上の電圧を用いた宅内直流給電の技術の現状と課題；EMC2013.2.5<No.298>

そこで，本研究では空調機器に着目して検討を行っている。

1. 研究背景・研究目的

AIT 愛知工業大学

これまでの検討事項

- ✓ 空調機器の消費電力に影響を与える要素（設定温度,吸込温度,稼働時間）についての検討
- ✓ COVID-19前とCOVID-19禍での換気の違いによる空調機器の消費電力の変化に関する検討

設定温度と平均気温の関係　吸込温度と平均気温の関係　稼働時間と平均気温の関係

● 3月～5月，● 6月～8月，● 9月～11月，● 12月～2月

上図に示すような関係性が見られた

2. 研究対象について

AIT 愛知工業大学

研究対象施設概要

- ◆ 研究対象施設は8階建て（地下2階，地上6階）の構成
- ◆ 地上階は電動式ヒートポンプエアコン（EHP），地階はガスヒートポンプエアコン（GHP）を使用
- ◆ 延床面積：8699[m²]
- ◆ 受電変圧容量：1000[kVA]

➡ コンセント系統，照明系統，空調機器系統 それぞれの電力データの計測・収集が実施されている

講義研究棟外観

データ収集管理用PC

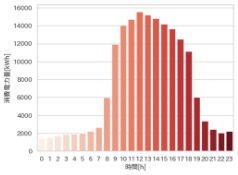
計測・収集データの見える化

2. 研究対象について

AIT 愛知工業大学

講義研究棟における電力消費

- ◆ 講義研究棟全体における1年間の時間別消費電力量のグラフ化
  縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：時間[h]



空調機器の年間時間別累計消費電力量

消費電力量は8時から増加傾向を示す
↓
12時には最大の消費電力量を示す
↓
13時から減少傾向を示し，20時には7時の消費電力量に近い値

講義研究棟における電力消費の内訳

建物内において空調機器の消費電力量が最も大きい

種類別消費電力量

3. 対象とするデータ

AIT 愛知工業大学

検討対象とするデータ概要

- ◆ 講義研究棟の4階から6階の1日ごとの消費電力データを使用
- ◆ 外気温データは気象庁公開の「過去の気象データ検索」より講義研究棟がある地点の1日ごとの平均気温を抽出し使用
- ◆ 検討期間：2019年の1月から12月の1年間，土曜日と日曜日の除外

講義研究棟外観

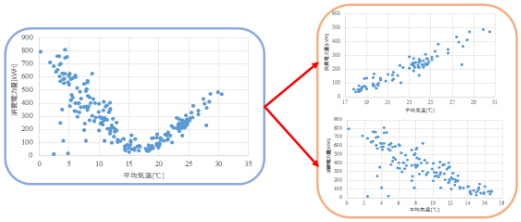
検討対象地点

4. 外気温と消費電力量の関係

AIT 愛知工業大学

外気温に対する消費電力量の関係

- ◆ 外気温に対する消費電力量の関係性をグラフ化
  縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：外気温[℃]
- ◆ 外気温に対して，空調機器の消費電力量は二次曲線状の変化



17.3℃以上・以下に分け，外気温と消費電力量の関係を検討

4. 外気温と消費電力量の関係

AIT 愛知工業大学

外気温に対する消費電力量の関係（17.3℃以上・以下）

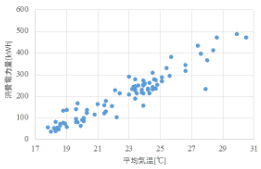
- ◆ 相関係数は下記の（1）式より求めた。

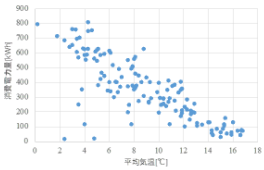
$$r = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \quad (1)$$

n：2変数のデータ(x, y)総数，x_i, y_i：x, yそれぞれの個々の数値，$\bar{x}$：xの平均値，$\bar{y}$：yの平均値

外気温と消費電力量の相関係数

17.3℃以上：0.9470（正の相関）
17.3℃以下：-0.7996（負の相関）


外気温に対する消費電力量の関係（17.3℃以上）


外気温に対する消費電力量の関係（17.3℃以下）

5. 空調機器の消費電力量に関する検討

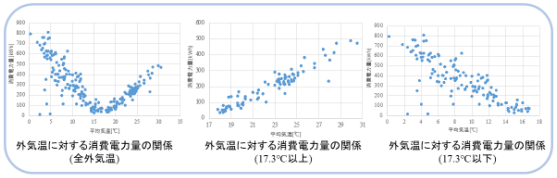
AIT 愛知工業大学

検討概要

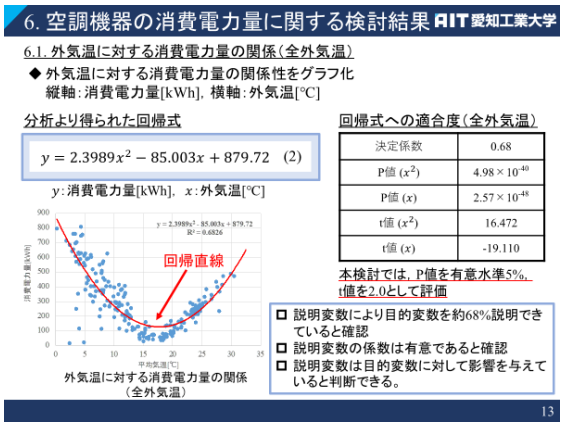
- ◆ 外気温と消費電力量間に一定の相関関係を確認

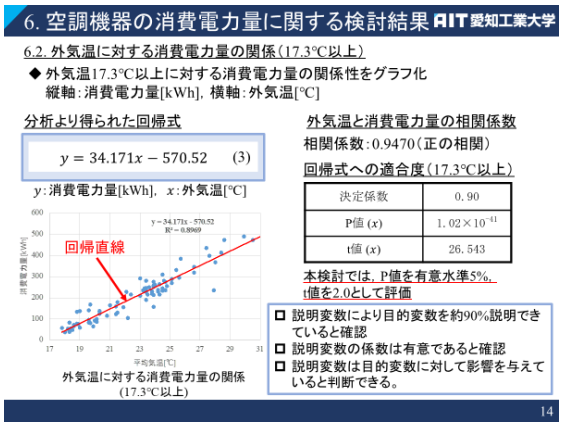
➡ 外気温が消費電力量に対してどの程度影響を与えているのかについて回帰分析により検討

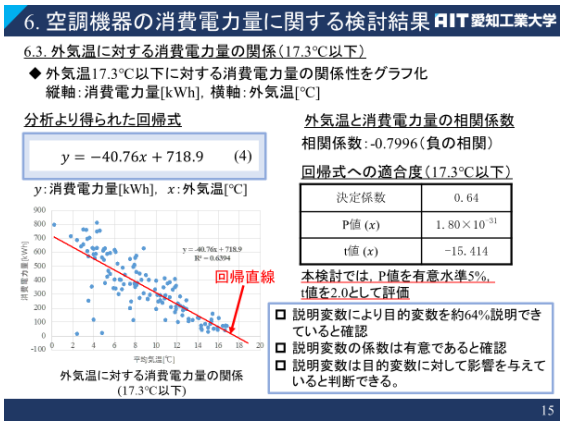
- ◆ 目的変数を消費電力量，説明変数を外気温
- ◆ 全外気温に関する検討では，説明変数に外気温の2乗値を追加

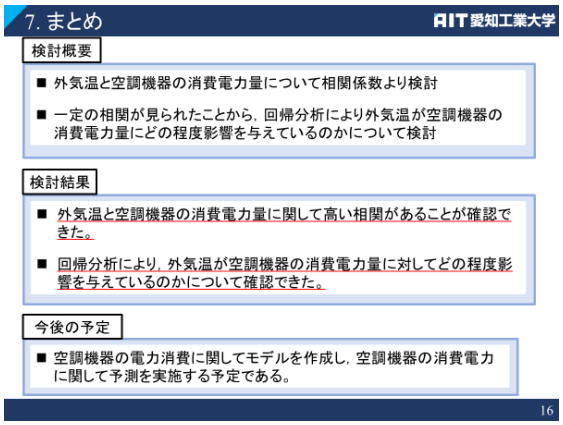

外気温に対する消費電力量の関係（全外気温）　外気温に対する消費電力量の関係（17.3℃以上）　外気温に対する消費電力量の関係（17.3℃以下）

上図のそれぞれの場合について検討を実施









(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：クランプオンプローブ，資産番号：42001090

・固定資産登録品名：電源品質アナライザセット PQ3198-92，資産番号：42001092

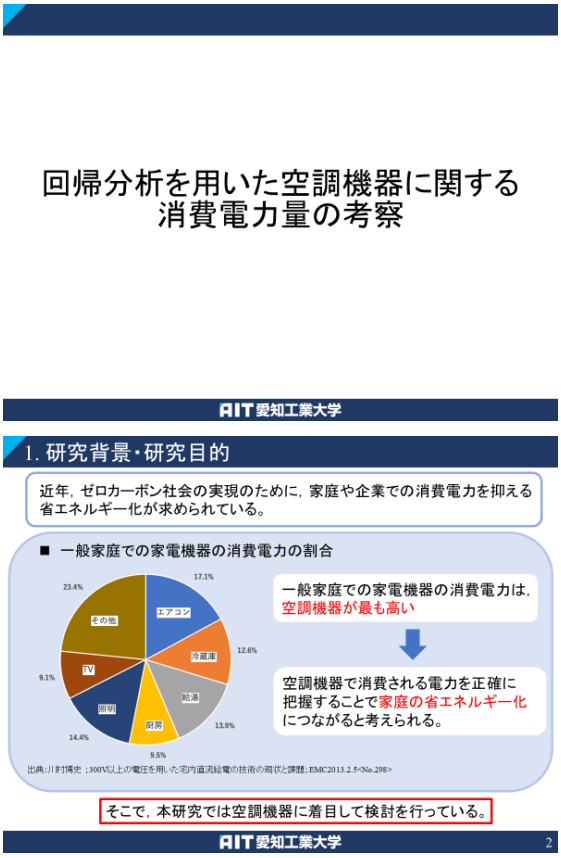
10. 回帰分析を用いた空調機器に関する消費電力量の考察

(1) 研究概要

近年，エネルギーの安定供給，ゼロカーボン社会の実現のために，電気エネルギー分野では省エネルギー化が求められている。省エネルギー化のためには電気エネルギーを有効に利用する必要があり，そのための技術の一つとしてエネルギーマネジメントシステム（EMS）が注目されている。本研究では，家庭やオフィスなどにおいてエネルギー消費が大きいと予想される空調機器に注目し，空調機器の消費電力量に関して分析を行った。具体的には，空調機器の消費電力量を季節（12 月～2 月，3 月～5 月，6 月～7 月，9 月～11 月）ごとに分類し，外気温に対する消費電力量の変化について回帰分析を用いて回帰方程式を導出。導出した方程式に外気温を与えることにより予測値を求め，実測値との比較を行った。

検討の結果として，12 月～2 月，3 月～5 月，6 月～7 月では消費電力量は外気温に対して直線上に分布，9 月～11 月では二次曲線状に分布していることが確認でき，季節ごとの外気温に対する消費電力量の変化を確認できた。また，実測値と予測値の比較では実測値と予測値の重なりが見られ，外気温の変化に対して概ね同様の変化，特徴を捉えていることが確認できた。

(2) 研究内容報告



2. 研究対象について

研究対象施設概要

- ◆ 研究対象施設は8階建て（地下2階，地上6階）の構成
- ◆ 地上階は電動式ヒートポンプエアコン（EHP），地階はガスヒートポンプエアコン（GHP）を使用
- ◆ 延床面積：8699[m²]
- ◆ 受電変圧容量：1000[kVA]

➡ コンセント系統，照明系統，空調機器系統 それぞれの電力データの計測・収集が実施されている

講義研究棟外観

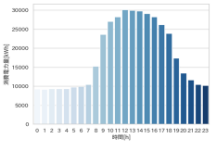
データ収集管理用PC

計測・収集データの見える化

2. 研究対象について

講義研究棟における電力消費

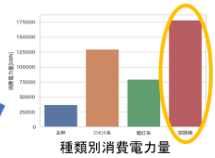
◆ 講義研究棟全体における1年間の時間別消費電力量のグラフ化
縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：時間[h]


年間時間別累計消費電力量（建物全体）

消費電力量は8時から増加傾向を示す
↓
12時には最大の消費電力量を示す
↓
13時から減少傾向を示し，20時には7時の消費電力量に近い値

講義研究棟における電力消費の内訳

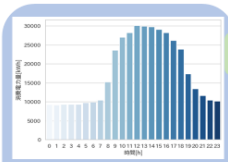
建物内において空調機器の消費電力量が最も大きい


種類別消費電力量

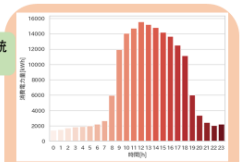
2. 研究対象について

講義研究棟における電力消費

◆ 建物全体の年間別累計消費電力量から空調機器系統のみを抽出しグラフ化
縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：時間[h]


年間時間別累計消費電力量（建物全体）

空調機器系統のみ抽出


年間時間別累計消費電力量（空調機器系統のみ）

消費電力量の変化は同様の傾向を示している。

講義研究棟の空調機器のみを対象として検討を行った。

3. 検討方法

検討方法概要

外気温と空調機器の消費電力量の関係について回帰分析により検討を行った。

- ◆ 講義研究棟の4階から6階の1日ごとの消費電力データを使用
- ◆ 外気温データは気象庁の「過去の気象データ検索」より1日ごとの平均気温を抽出し使用
- ◆ 検討期間：2019年の1月から12月の1年間，土曜日と日曜日の除外
- ◆ 外気温は季節ごとに異なることを考慮し，季節ごとで分析

➡ 季節の割り当て：12月～2月，3月～5月，6月～7月，9月～11月
8月はデータ欠如

回帰分析による季節ごとの外気温と空調機器の消費電力量の関係について検討を行った。

4. 検討結果

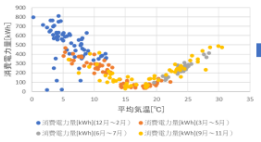
4.1. 外気温と消費電力量の関係検討結果

◆ 各季節ごとの外気温に対する消費電力量の関係性を同一グラフ化
縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：外気温[℃]

● 消費電力量[kWh](12月～2月)，● 消費電力量[kWh](3月～5月)，
● 消費電力量[kWh](6月～7月)，● 消費電力量[kWh](9月～11月)

季節別データ数

	December-February	March-May	June-July	September-November
Data	65	61	33	60


外気温と消費電力量の関係（季節別）

外気温に対する消費電力量の関係は二次曲線状の変化を示している。

季節ごとの特徴を見るために，以降，季節ごとに回帰分析により検討

4. 検討結果

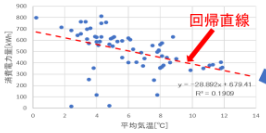
4.2. 12月から2月の検討結果

◆ 12月から2月の外気温に対する消費電力量の関係性をグラフ化
縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：外気温[℃]

分析より得られた回帰式

$$y = 28.892x + 679.41 \quad (1)$$

y：消費電力量[kWh]，x：外気温[℃]



外気温に対する消費電力量の関係（12月から2月）

外気温と消費電力量の相関係数

相関係数：-0.436（負の相関）

回帰式への適合度

決定係数	0.191
P値	2.74×10^{-4}
t値	-3.855

- □ 右肩下がりの直線的変化を示している。
- □ 外気温0[℃]付近~12[℃]付近（消費電力量：400[kWh]~800[kWh]）に分布が見られる。

4. 検討結果

4.2. 12月から2月の検討結果

◆ 分析により得られた回帰式に外気温データを与えることにより予測値を算出し，実測値と比較
縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：外気温[℃]

分析より得られた回帰式

$$y = 28.892x + 679.41 \quad (1)$$

y：消費電力量[kWh]，x：外気温[℃]

回帰式への適合度

決定係数	0.191
P値	2.74×10^{-4}
t値	-3.855

実測値と予測値(12月から2月)

- □ 実測値の変化に対して予測値の変化は類似している。
- □ 実測値と予測値の残差が大きい箇所も確認できた。
- □ 残差は数十[kWh]～数百[kWh]程度

4. 検討結果

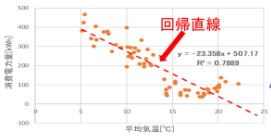
4.3. 3月から5月の検討結果

◆ 3月から5月の外気温に対する消費電力量の関係性をグラフ化
縦軸：消費電力量[kWh]，横軸：外気温[℃]

分析より得られた回帰式

$$y = -23.358x + 507.17 \quad (2)$$

y：消費電力量[kWh]，x：外気温[℃]



外気温に対する消費電力量の関係（3月から5月）

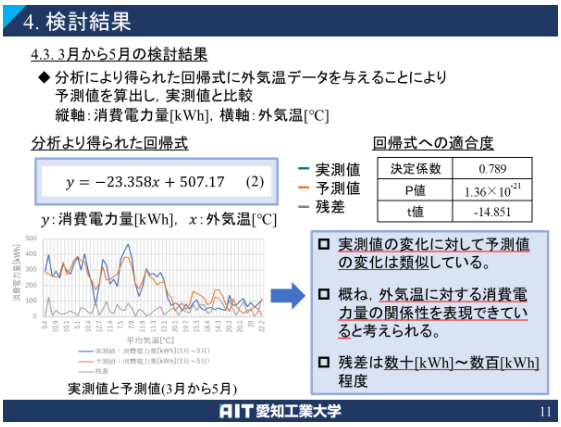
外気温と消費電力量の相関係数

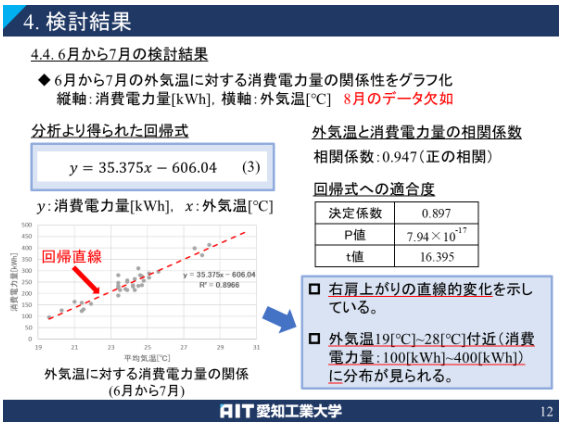
相関係数：-0.888（負の相関）

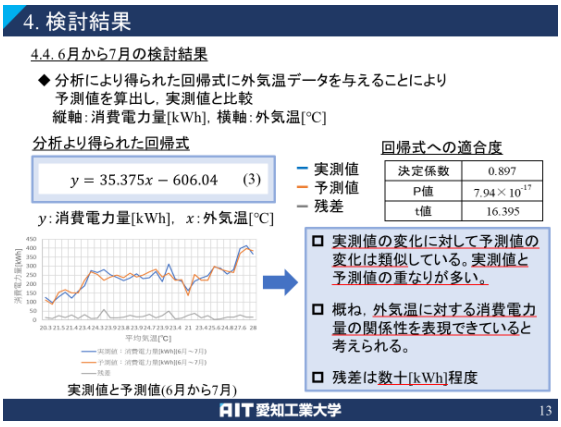
回帰式への適合度

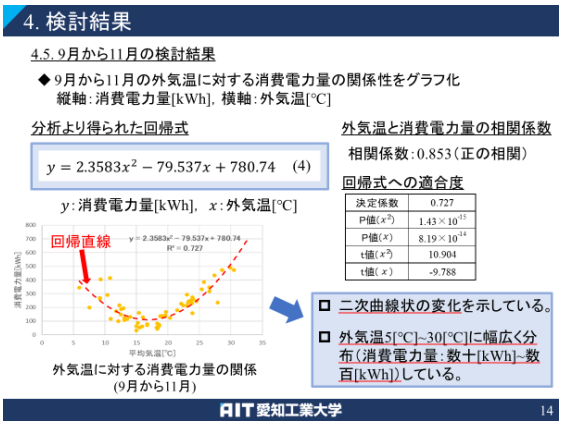
決定係数	0.789
P値	1.36×10^{-21}
t値	-14.851

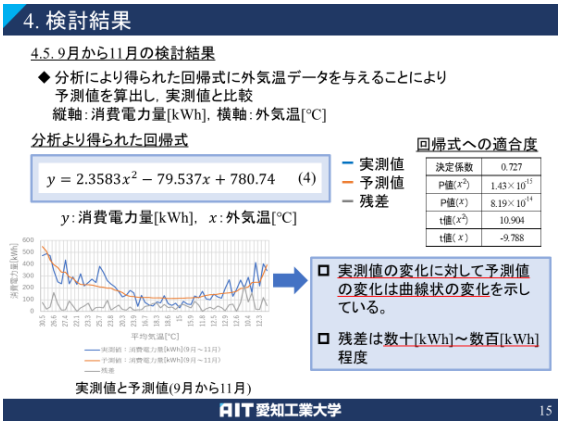
- □ 右肩下がりの直線的変化を示している。
- □ 外気温5[℃]~22[℃]付近（消費電力量：数十[kWh]~400数十[kWh]）分布が見られる。

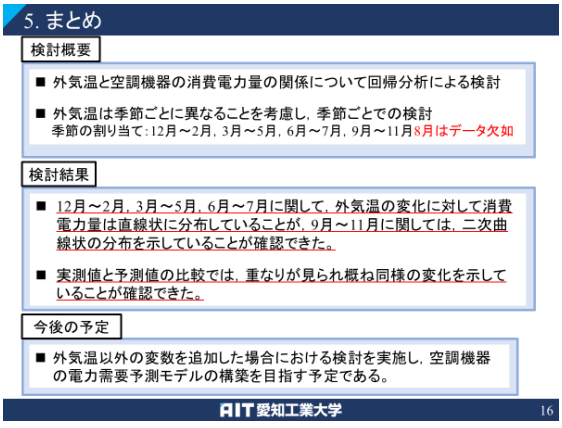












(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：クランプオンプローブ，資産番号：42001089

・固定資産登録品名：電源品質アナライザセット PQ3198-92，資産番号：42001092

11. 行動経済学を考慮した電力需要に関する研究

(1) 研究概要

近年，カーボンニュートラルの実現に向けて，電気エネルギー分野では省エネルギー化が求められており，さらなる機器の高効率化や消費電力の削減が要求されている。そのなかで機器自体に対するアプローチだけではなく，種々の電力消費機器を扱う人に対して情報やアドバイスを与えることにより，使用者の省エネ行動の誘発，節電促進行動の誘発を行う手法として行動経済学におけるナッジ（Nudge）が注目されている。

そこで，本研究では行動経済学におけるナッジに注目し，行動経済学に基づいた消費エネルギー削減のための有用なナッジを見つけ，省エネルギー行動の誘発・促進を行うことを目標に検討を行っている。本報告では，ナッジによる省エネルギー行動誘発効果に関する基礎的検討を行ったため報告する。具体的には，デフォルト効果を利用したナッジを空調機器の設定温度に適用し，行動誘発効果に関して検討を行ったものである。ここで，デフォルト効果とは選択してほしい選択肢を予め提示しておくことにより，人はその初期設定に影響され，その初期設定を受け入れるという心理傾向である。

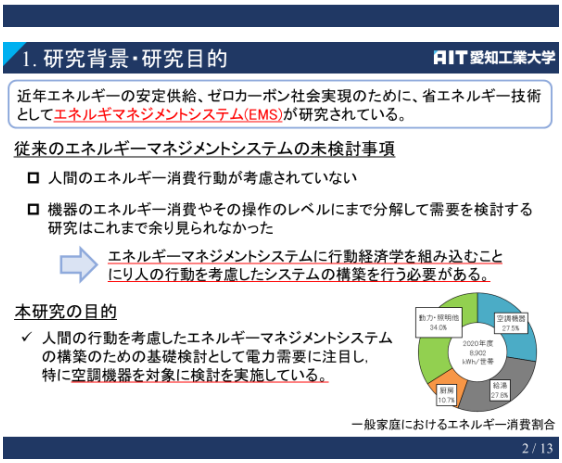
検討の結果として，デフォルト効果を利用したナッジの適用時に設定温度が維持される傾向にあることが確認でき，ナッジにより設定温度維持ができる可能性を見出すことができた。

(2) 研究内容報告

行動経済学を考慮した
電力需要に関する研究

目次

1. 研究背景・研究目的
2.行動変容方策としてのナッジの活用
3. デフォルトナッジの効果に関する検討
4. 検討結果・考察
5. まとめ



1. 研究背景・研究目的

AIT 愛知工業大学

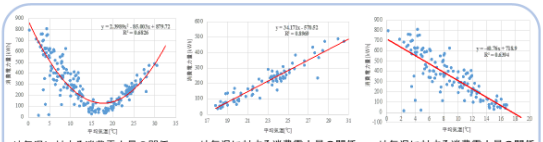
これまでの検討内容

✓ 空調機器の電力消費に関して回帰手法などを用いて，空調機器の電力消費モデルを仮定し検討を行ってきた。

✓ 行動経済学的手法を用いた行動誘発に関する検討を行ってきた。

空調機器を利用するのは人であるため，機器のエネルギー消費について人の行動などを考慮する必要がある。

空調機器の電力消費モデルに関して，行動経済学を考慮することにより，人の意思などを考慮したモデルの構築を目指している。



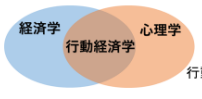
外気温に対する消費電力量の関係（全外気温）　外気温に対する消費電力量の関係（17.3℃以上）　外気温に対する消費電力量の関係（17.3℃以下）

2. 行動変容方策としてのナッジの活用

AIT 愛知工業大学

行動経済学とは

◆ 人の"心の働き"に注目して、金融や経済などの動きを理解しようとする経済学の一分野である。



行動経済学のイメージ

ナッジ(Nudge)とは

◆ ひじ等でそっと押して注意を引いたり前に進めたりすること

行動経済学者のリチャード・セイラー，キャス・サンスティーン提唱の定義

◆ 選択を禁じることも，経済的インセンティブを大きく変えることもなく，人々の行動を予測可能な形で変える選択的アーキテクチャのあらゆる要素

選択的アーキテクチャ

◆ 人の選択を促すための制度や仕掛けといった環境を自発的な意思決定のために，行動原理の理解に基づくデザインによって予測可能な変化を創り出そうとすること

2. 行動変容方策としてのナッジの活用

AIT 愛知工業大学

ナッジによる省エネルギー方策の事例

◆ Opower社が省エネルギー行動を促す，Home Energy Report(HER)の送付による省エネルギー・節電促進の実証実験を実施

省エネルギー行動の誘発に成功

出所：住環境計画研究所，2016，エネルギー使用状況等の情報提供による家庭の省エネルギー行動変容促進効果に関する調査

3. デフォルトナッジの効果に関する検討

AIT 愛知工業大学

検討方法概要

空調機器の設定温度に対するデフォルトナッジの効果に関する検討を行った

デフォルト効果を利用したナッジにより講義室の利用者が予め設定された温度に誘導され，デフォルト設定が維持されるのではないかと想定した。

ナッジの概要

□ 行動経済学におけるナッジの一つであるデフォルト効果を利用

デフォルト（初期設定）効果とは

□ 選択してほしい選択肢を予め提示することによって，人はその選択肢に影響され，その選択肢を受け入れるという心理傾向

空調機器の設定温度に対してデフォルト効果を当てはめ，デフォルト効果を利用したナッジによる行動誘発効果に関して検討

3. デフォルトナッジの効果に関する検討

AIT 愛知工業大学

検討方法概要

空調機器の設定温度に対するデフォルトナッジの効果に関する検討を行った。

講義開始前に空調機器の設定温度を予め設定し，講義終了後ごとに設定温度の変更状況，室内温度などを確認した。

予め設定する設定温度がデフォルト効果を利用したナッジとなっている。

◆ 期間：2022年12月5日～2022年12月9日の間（平均気温：7.3℃）

◆ 実験対象：本学の講義棟 講義室
学内でも利用頻度が比較的高い建物

◆ 講義室の面積：150.7[m²]

◆ 空調機器の種類：ガスヒートポンプ式エアコン（GHP）

◆ 空調機器の設定温度を，暖房24℃に設定
講義終了後ごとに空調の設定温度，室温等を確認した。

◆ デフォルト設定温度への変更タイミングは講義開始前のみ
それ以降の変更ならびに設定温度以外の変更・操作は行っていない。

本学 講義棟

3. デフォルトナッジの効果に関する検討

AIT 愛知工業大学

検討方法概要

◆ デフォルトナッジによる空調機器の設定温度がデフォルト設定であるか，ないかと，外気温・室内温度などとの関係を調べることにより，デフォルトナッジの効果・確率などを分析ができないかと考えた。

ロジスティック回帰分析を用いて，デフォルト設定であるか，ないかを予測するモデルについて検討を行うことにした。

ロジスティック回帰分析とは

◆ 複数の変数データをもとに統計的分析を行う多変量解析の一種であり，いくつかの要因からある事柄が起こる確率の導出や予測を行うことができる統計的手法。

3. デフォルトナッジの効果に関する検討

AIT 愛知工業大学

ロジスティック回帰分析による予測モデルの検討

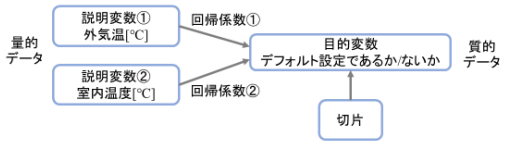
◆ 記録した設定温度や室内温度などのデータを用いて，ロジスティック回帰分析によりデフォルト設定となる確率を予測するモデルに関して検討を行った。

ロジスティック回帰分析に扱う目的変数・説明変数の構成

◆ 目的変数：デフォルト設定であるか，ないか（1，0）

◆ 説明変数：外気温[℃]，室内温度[℃]

外気温については，気象庁公開の「過去の気象データ検索」より愛知県豊田市の気温データを用いた。



ロジスティック回帰分析による各変数間の関係図

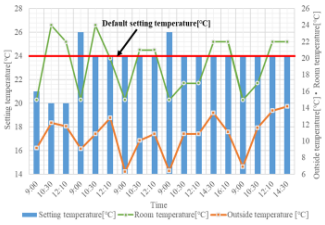
4. 検討結果・考察

AIT 愛知工業大学

設定温度・外気温・室内温度の変化

◆ 検討期間中の設定温度・外気温・室内温度の変化をグラフ化
第一縦軸：設定温度[℃]，第二縦軸：外気温[℃]，室内温度[℃]，横軸：時間

◆ デフォルト設定温度（初期設定温度）：24[℃]



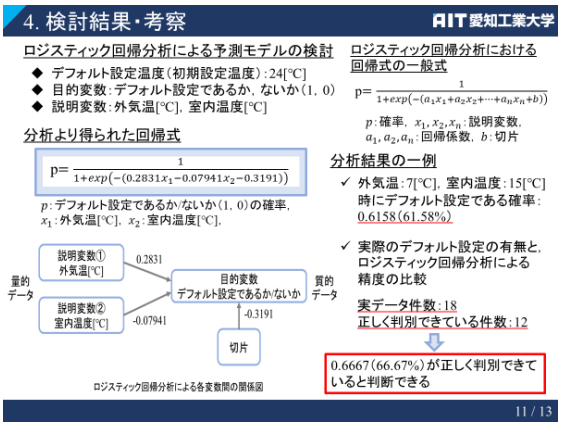
設定温度・外気温・室内温度の変化

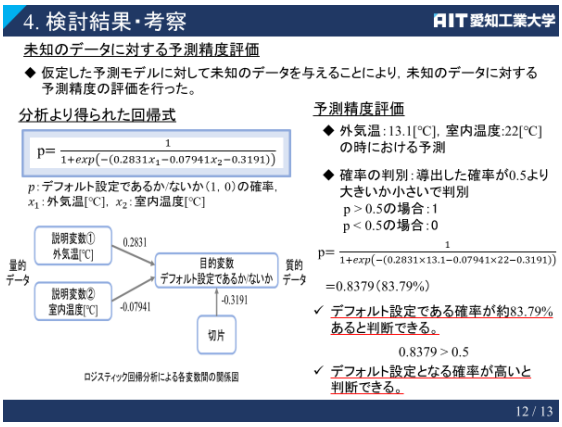
✓ デフォルト設定温度時の室内平均温度：20[℃]

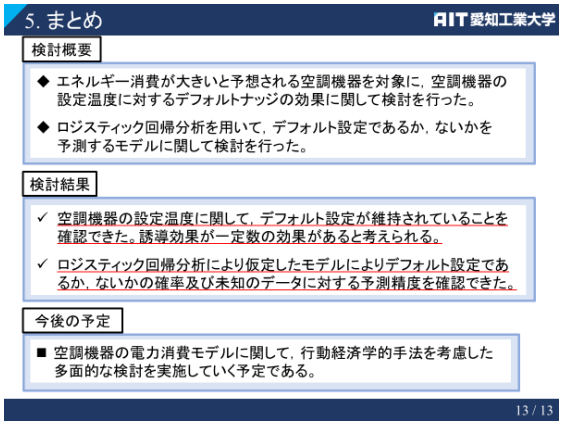
✓ 外気温と設定温度の差：平均13[℃]

✓ 設定温度の変化に関して，概ね初期設定温度が維持されていることを確認

デフォルトナッジにより空調の設定温度を維持することができる可能性がある







(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：クランプオンプローブ，資産番号：42001089

・固定資産登録品名：クランプオンプローブ，資産番号：42001090

・固定資産登録品名：電源品質アナライザセット PQ3198-92，資産番号：42001092

12. 小形風力発電機における共振現象の解析に関する研究

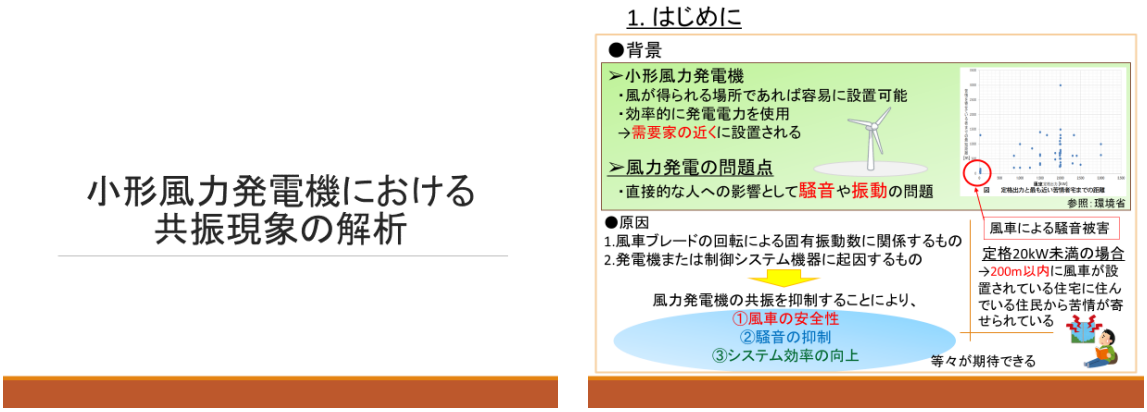
(1) 研究概要

小形風力発電機は，効率のよい運用のために需要家の近くに設置することが適当であるが，システム導入に際して様々な問題点が挙げられる。特に直接的な人への影響として騒音や振動の問題がある。環境省が全国 29 ヶ所で行った風車騒音の実測調査によると，40Hz 以上の周波数域において騒音として議論すべきであるとしている。騒音の原因として考えられる共振現象は，風車ブレードの回転による固有振動数に関係するものと発電機または制御システム機器に起因するものがある。風力発電機の共振を抑制できれば，風車の安全性，騒音の抑制，システム効率の向上が期待できる。

本研究では，小形風力発電機を用いた共振現象についての特性を解析している。フィールドに設置してある小形風力発電機の出力波形を高速フーリエ変換 (FFT：Fast Fourier Transform) し周波数特性を算出している。その結果を参考に試験回路モデルを構築し，共振現象を発生させた小形風力発電機の出力波形とマイクロホンによる集音データの FFT 解析を実施した。その結果，小形風力発電機の共振現象発生に関する周波数特性を試験により確認している。

本研究で得られた周波数特性は，小形風力発電機の出力がひずむことで特徴的な波形が発生し，音の発生につながるものと考えられ，小形風力発電機の共振現象についての特性を解析できている。これは風力発電機の騒音対策として小形風力発電機の共振抑制手法を確立する基礎的な研究データとして活用をしていく。

(2) 研究内容報告



1. はじめに

●風力発電における騒音問題について

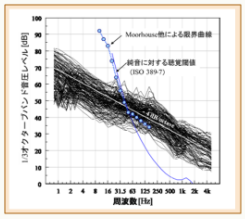


図 全国29の風力発電施設周辺164地点における風車騒音の周波数特性の分析結果

環境省による実測データと報告内容

164地点の実測データより、
「-4dB/octave」の傾きが得られた

騒音の閾値(曲線)による確認
・Moorhouse他による限界曲線
・純音に対する聴覚閾値

40Hz以上の周波数において、
騒音として議論すべきであると考えられる

本報告では、小形風力発電機を用いた、共振現象についての特性を解析した
・検証回路の作成
・実機による電気波形と音の測定

2. 小形風力発電機の共振現象

2-1. 試験方法

試験回路について

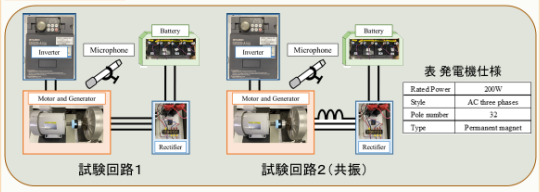
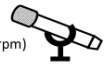


表 発電機仕様

Rated Power	200W
Style	AC three phases
Pole number	32
Type	Permanent magnet

～試験について～
・U相にリアクトル(6.0mH)を入れることにより、
電気波形のバランスを崩し、共振状態を作り出す
・インバータおよび電動機にて回転数の制御を行っている(120rpm)
・マイクロホンを発電機の回転軸付近に設置して集音を行った



2. 小形風力発電機の共振現象

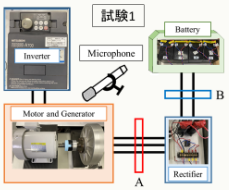
2-1. 試験概要/試験結果

・測定ポイント

A 発電機出力を計測 ・電圧/電流

B 直流出力を計測 ・電圧/電流

音 マイクロホンにより発電機から発生する音を計測 ⟶ 解析を掲載



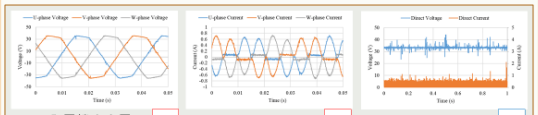


図 発電機出力電圧 A　図 発電機出力電流 A　図 整流後直流出力 B

2. 小形風力発電機の共振現象

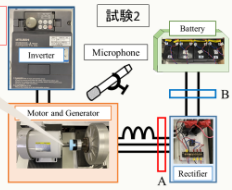
2-2. 試験結果

◉リアクタンス導入(=試験2)
出力波形バランスの崩れ

試験1:共振なし
試験2:共振あり

異なる音の発生を確認

Aポイントでの出力電圧・出力電流
➢発電機出力電流にて顕著にみられる
Bポイントでの整流後直流出力
➢電圧・電流共に波形の乱れ



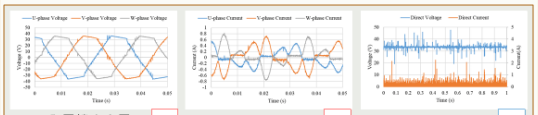


図 発電機出力電圧 A　図 発電機出力電流 A　図 整流後直流出力 B

3. 高速フーリエ変換を用いた解析

3-1. 解析方法

周波数分析への変換

図 整流後直流出力　図 整流後直流出力:FFT解析結果

・音響や振動の信号には複数の周波数成分が混在
→それらを決められた帯域ごとに分析(周波数分析)することで、
計測データの特性の確認ができると考えられる

☞高速フーリエ変換(FFT解析)について

3. 高速フーリエ変換を用いた解析

3-1. 解析方法

➢高速フーリエ変換 (FFT : Fast Fourier Transform)
…時間波形から離散フーリエ変換を計算する方法

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)\exp(-j\frac{2\pi kn}{N})$$

標本化信号:$x(n)$
標本化信号の離散的周波数スペクトル:$X(k)$
標本化信号数:N

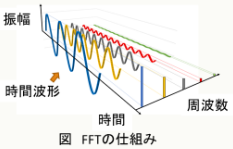


図 FFTの仕組み

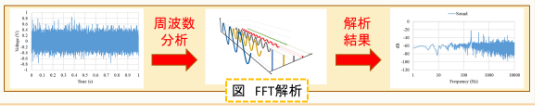


図 FFT解析

3. 高速フーリエ変換を用いた解析

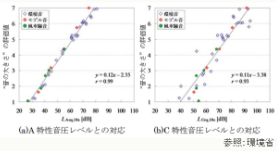
3-1. 解析方法

音測定に関する音圧レベルについて

◉音測定について

音圧レベル・・・音の強さ・大きさを表す「音圧」に対し、
測定した音が基準音圧に対してどれだけ
大きいか・小さいかを示した対数
A特性:人間の聴覚可能な範囲の周波数に重みづけ
C特性:ほぼ平坦な重みづけを行ったもの

使用したマイクロホン



(a)A 特性音圧レベルとの対応　(b)C 特性音圧レベルとの対応
参照:環境省

環境省の行った
ラウドネス実験の結果より...
C特性音圧レベルよりもA特性音圧レベルの方がラウドネス評価に適していることが分かった

ラウドネス:音の大きさに関する感覚量

風車騒音の評価には
A特性音圧レベルを用いる

3. 高速フーリエ変換を用いた解析

3-2. 解析結果

試験回路1

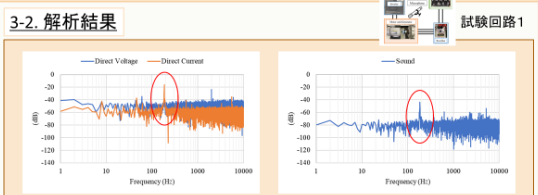
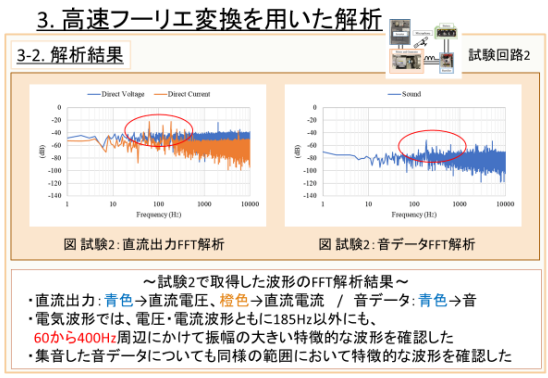
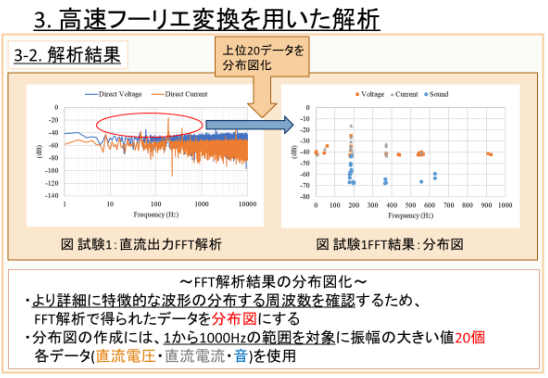
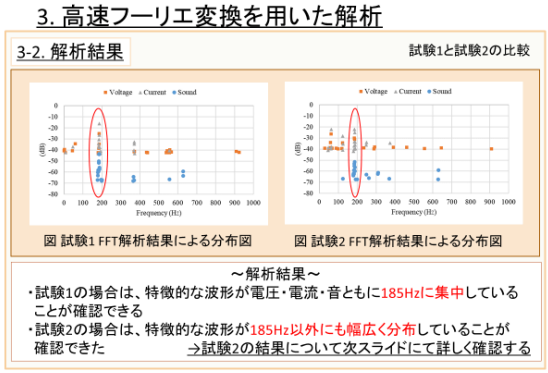


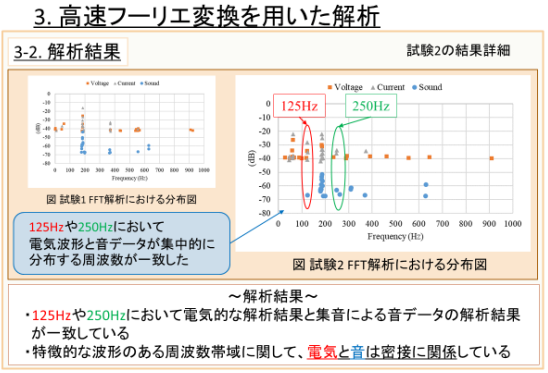
図 試験1:直流出力FFT解析　図 試験1:音データFFT解析

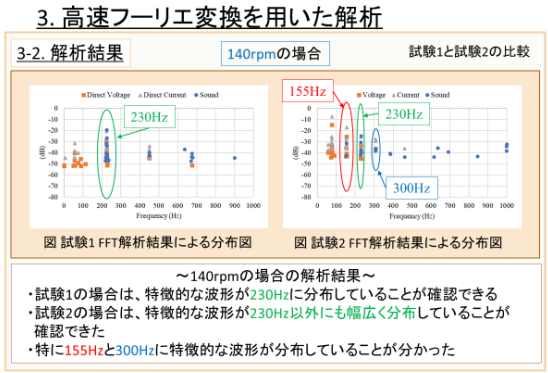
～試験1で取得した波形のFFT解析結果～
・直流出力:青色→直流電圧、橙色→直流電流　/　音データ:青色→音
・電気波形では、電圧・電流波形ともに185Hzにて、特徴的な波形を確認した
・集音した音データについても185Hzにおいて特徴的な波形を確認した

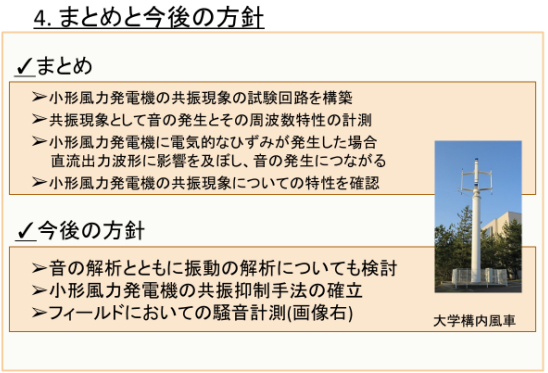












(3) 主な使用機器

・固定資産登録名：計測用マイクロホン，資産番号：42200242

・固定資産登録名：センサアンプ(中古品)，資産番号：42200287

・固定資産登録名：メモリハイコーダ，資産番号：41800355

・固定資産登録名：クランプオンプローブ　3276，資産番号：42001090

13.　特殊巻線構造 12 相変圧器を用いたコンバータに関する研究

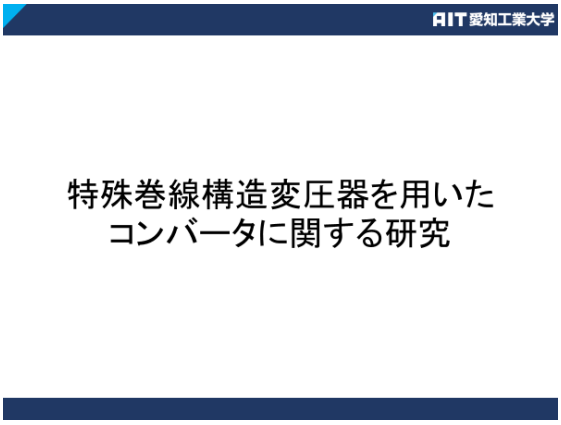
(1) 研究概要

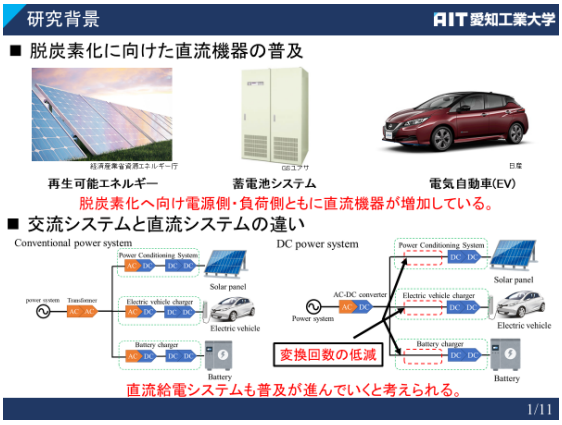
近年，脱炭素社会の実現に向け，電力部門においては再生可能エネルギーを用いた発電装置の主力電源化が目指されている。再生可能エネルギー発電として，太陽光発電装置や風力発電装置が導入されている。そして，これらの発電方式では直流電力を発生させるため，既存の利用方法では，発電した直流電力をパワーコンディショナにより交流電力へと変換する必要があり，変換ロスが発生してしまう。そこで近年では，再生可能エネルギーによる発電装置と親和性の高い直流給電配電が注目されている。

直流給電配電では，系統の交流電力を AC/DC コンバータにより一括で直流電力へと変換し，直流バスを作ることで各機器へ直流給電を行う。そのため，直流バスに太陽光発電装置を接続することにより，発電した電力を交流に変換せずに有効に利用することができる。しかし，現在一般的に普及している機器は交流入力のものが多いことから，将来的には交流機器と直流機器を併用して使うことが想定される。そこで，本研究では交流給電と直流給電を一つの変換器で行うことが可能な特殊巻線構造変圧器を用いたコンバータ回路を提案している。

電圧リプルを低減した脈流の少ない直流電力を出力するために，変圧器の二次側を多相化した際の二次側結線の増加を抑え，低コストで多相化することが可能な特殊巻線構造変圧器を提案し，特殊巻線構造変圧器を用いたトランス方式の AC/DC コンバータにより，交流負荷と直流負荷にハイブリッド給電を行った際の効率，出力電圧リプル，入力電流高調波に関して検討を行った。本研究により，提案するコンバータを用いることで交流給配電と直流給配電を同時に行うことが可能であることが分かった。また，コンバータの効率は直流負荷単体の場合に比べて，交流負荷を両用することで直流負荷が軽負荷時の際に効率が向上し，入力電流総合高調波は交流負荷を接続することで軽負荷時において特に低減効果が見られることが分かった。これは，特殊巻線構造 12 相変圧器を用いて直流出力だけでなく交流出力を同時に行う際の基礎特性として幅広く活用していく。

(2) 研究内容報告





交流-直流変換方式とは

AIT 愛知工業大学

本研究では直流給電システムの中でも、商用系統と接続される交流-直流変換器に着目した。

■ 交流-直流変換器の各種方式

◆ トランス方式

- 比較的回路が簡単
- ノイズ少ない
- 安価
- 体積、重量がかさむ
- 発熱が大きい
- 効率が劣る

◆ スイッチング方式

- 小型軽量化が可能
- 発熱が少ない
- 効率が高い
- 回路が複雑

本研究では交流-直流変換の中でもノイズが少ないという観点からトランス方式に着目している。

◆ 従来のトランス方式の課題

変圧器を多相化することにより入力電流高調波や出力電圧リプルを低減することが可能となるが、巻き線の増加に伴うコストや損失の増加が新たな問題となる。

低コストで変圧器を多相化する方法が求められている。

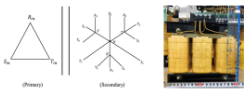
特殊巻線構造変圧器

AIT 愛知工業大学

■ 特殊巻線構造12相変圧器

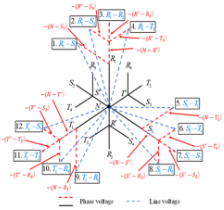
筆者らは、低コストで多相化する方法として特殊巻線構造を提案し、特殊巻線構造変圧器を試作した。

◆ 特殊巻線構造12相変圧器



結線図　試作機

◆ 特殊巻線構造12相変圧器の電圧取得方法



◆ 特殊巻線構造変圧器のメリット

- R_1, S_1, T_1結線を基準として線間電圧を取得することにより二次側巻線を低減することが可能
- 二次側巻線を低減することにより低コスト化が可能

本研究では、特殊巻線構造変圧器を用いたコンバータの特性解析を目的としている。

検討項目

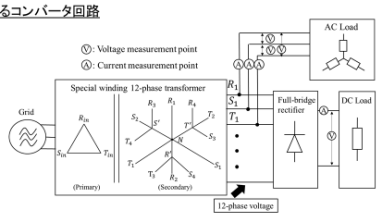
AIT 愛知工業大学

■ 本論文の目的

◆ 検討項目

提案するコンバータの交流/直流ハイブリッド給電時の基礎特性の検討

◆ 提案するコンバータ回路



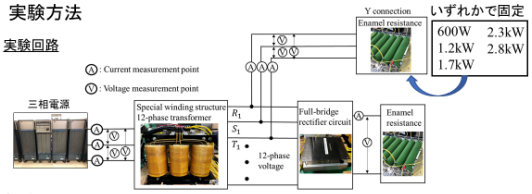
特殊巻線構造12相変圧器の二次側12相交流電圧の内，120°毎に位相のずれた3つの結線に交流負荷を接続することによりハイブリッド給電を行う。

実験方法及び使用機器

AIT 愛知工業大学

■ 実験方法

◆ 実験回路



◆ 使用機器

Special winding transformer specification	
Rated power	10kVA
Rated primary voltage	200 V
Rated secondary voltage	240 V
Primary winding	Δconnection
Secondary winding	Special winding connection

Enamel resistance specification	
Rated power	1000 W
Resistance	100 Ω

◆ 計測項目

✓ 交流負荷と直流負荷を同時に動作させた場合のコンバータの入力電圧・電流，交流負荷電圧・電流，直流負荷電圧・電流を計測した。

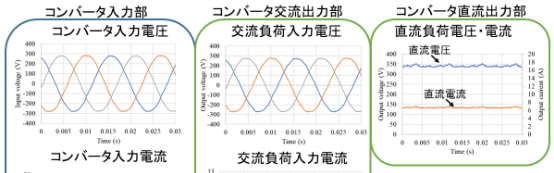
✓ また、交流負荷を600W，1.2kW，1.7kW，2.3kW，2.8kWのいずれかの条件で固定とし直流負荷を変化させた際の効率，入力電流高調波，出力電圧リプルに関して検討を行った。

実験結果及び考察

AIT 愛知工業大学

■ 実験結果

◆ 巻線抵抗負荷時 (交流電力 2.2kW, 直流負荷 2.3kW)



THD : I_r 3.39%
I_S 3.55%
I_T 3.36%

直流電圧リプル　2.36%

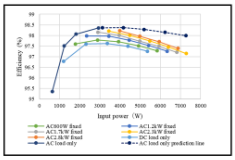
提案するコンバータを用いて交流負荷と直流負荷を同時に動作させることが可能

実験結果及び考察

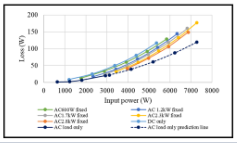
AIT 愛知工業大学

■ 実験結果

◆ 効率計算結果



◆ 損失計算結果



◆ 効率計算式

$$\eta = \frac{P_{out(AC)} + P_{out(DC)}}{P_{in}} \times 100\ (\%)$$

P_{in}:入力電力 (W)　$P_{out(AC)}$:交流負荷電力 (W)　$P_{out(DC)}$:直流負荷電力 (W)

◆ 損失計算式

$$P_c = P_{in} - P_{out(AC)} - P_{out(DC)} - P_i\ (W)$$

P_{in}:入力電力 (W)　P_i:鉄損 (W)

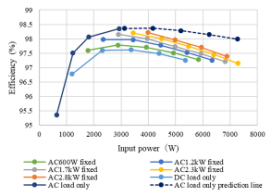
$P_{out(AC)}$:交流負荷電力 (W)　$P_{out(DC)}$:直流負荷電力 (W)

◆ 測定の結果

✓ 交流負荷のみの場合が最も最大効率が高く，直流負荷のみの場合の最大効率が最も低い結果となった。

✓ 直流負荷のみではなく、適切な大きさの交流負荷を併用することにより軽負荷時において効率が向上することが分かった。

AIT 愛知工業大学



直流負荷2.3kW時

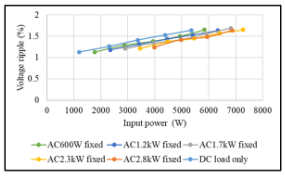
直流負荷のみ:97.60%

実験結果及び考察

AIT 愛知工業大学

■ 実験結果

◆ 出力電圧リプル測定結果

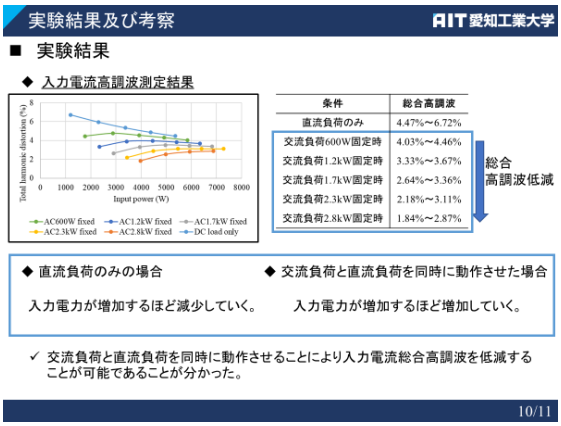


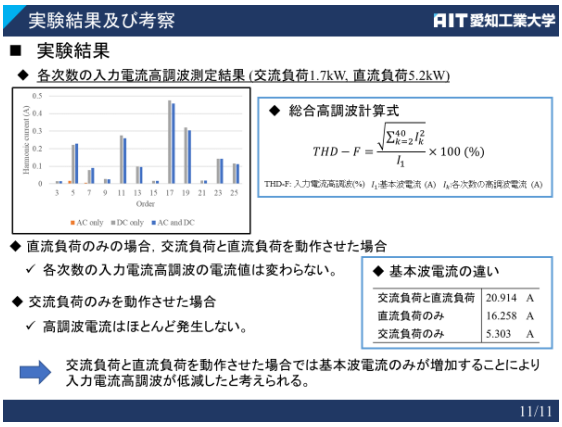
✓ 整流後出力電圧リプルは負荷の増加により上昇していく。

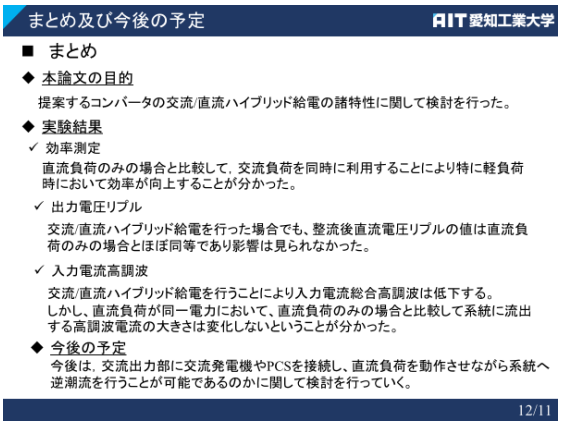
✓ 整流後出力電圧リプルは1.13%～1.69%の間となった。

✓ 直流負荷が一定の場合、交流負荷が変化した場合でも整流後出力電圧リプルは変化しないことが分かる。

交流負荷を両用した場合でも，整流後直流電圧リプルには影響を与えないことが分かった。







(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名： 電源環境シミュレータ 6kVA　三相システム，資産番号：41800678

・固定資産登録品名： メモリハイコーダ，資産番号：41800355

・固定資産登録品名： アナログユニット(MR6000 用)，資産番号：41800356

・固定資産登録品名： 電源品質アナライザセット　PQ3198-92，資産番号：42001092

・固定資産登録品名： クランプオンプローブ　3274，資産番号：42000608

14. 都市緑地における温熱環境と利用者の季節的行動特性に関する研究

(1) 研究概要

近年、都市緑地公園は多様な機能が期待されている。例えば、災害時の避難場所として都市の安全性を向上させる防災性向上機能、子育て世帯から高齢者にわたる健康増進・レクリエーション機能、環境教育機能、コミュニティ形成機能、生物多様性の回復機能などがある。この機能を十分発揮させるためには、都市を生活空間とする利用者の要望を捉え、管理者による適切な維持管理、運営が必要である。

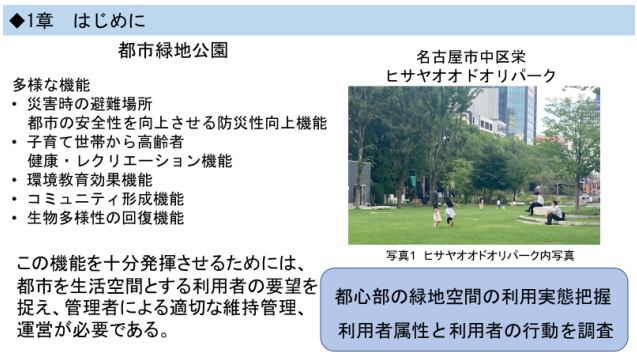
今年度の研究では名古屋市都心部である中区栄のヒサヤオオドオリパークを対象とし、6 月、7 月、10 月に利用者の利用行動及び利用に影響を及ぼす気温を調査し、都心部の緑地空間の温熱環境と季節的利用実態を明らかにする。

利用者の利用行動はヒサヤオオドオリパークにおいて、特徴の異なる ZONE 1 、ZONE3 に自動記録式カメラを設置して定点で撮影・記録し、記録データから行動分類し、時刻ごとにまとめた。目視観察も実施している。気温は、自動記録式気温計を樹木の木陰に設置し、10 分間隔で測定・記録した。

実験結果より、夏季 2022 年 7 月 31 日、気温が 12 時以降に 36℃を超えると利用者は減るが、16 時以降になると利用者が増える。猛暑日である 7 月 31 日最高気温が 14 時に 37℃に達したにも関わらず、計 42 人が利用している。一方、利用者が最も多かった日は初夏 5 月末の土曜日である。ZONE1 は、すべての調査期間の利用者属性を合計すると、家族(親子)が最も多く、ZONE3 は友人同士が最も多いことが分かった。このように、今年度は、利用者数が ZONE 1 、ZONE3 を使い分け、幅広い世代層が多様な利用目的で使用していることを明らかにすることができた。

次年度は、地下街利用者数と地下街の消費電力量との関係性から利用者の季節的行動特性について考察を行う予定である。

(2) 研究内容報告



◆２章　研究方法　ー調査地概要ー

ヒサヤオオドオリパーク

ZONE1
- パーク内最大の芝生面積を持つ
- くつろぎや憩いの空間となる学びの森ゾーン

ZONE3
- テレビ塔北側
- 駅直通の地下街からの出入り口がある
- 日常的に利用可能な芝生のコミュニケーションゾーン

愛知県名古屋市中区・東区

図1　ヒサヤオオドオリパークの位置図
（国土地理院地図に筆者加筆）

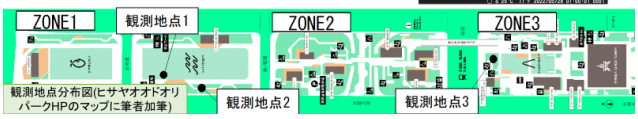
◆２章　研究方法　ー利用実態調査ー

表1　定点カメラ調査概要

調査期間	2022年5月27日～6月8日、7月16日～7月31日、10月5日～10月9日　計34日
調査地	愛知県名古屋市東区　ヒサヤオオドオリパーク　ZONE1、ZONE3
観測地点	地点1、地点3　計2地点
使用機器	COOCCAM社製　トレイルカメラ4K　電池式　MicroSDカード記録
形態	7時～20時の間５分間隔で静止画を撮影し（2022年5月27日～6月2日のみ7時～19時）、撮影画像を基に10分以上滞在していた利用者の滞在時間と利用方法を記録。

表2　目視観察調査概要

調査期間	2022年6月1日～6月8日、7月20日～7月27日、8月12日　計17日
調査地	愛知県名古屋市東区　ヒサヤオオドオリパーク ZONE1、 ZONE3
使用機器	A&D社製　AD-5688　みはりん坊（気温測定）
形態	調査員の目視で静止画ではわからない連続行動、行動特徴、時間をメモし、定点カメラには写らない行動や属性が分かるよう遠景・近景での写真撮影。



観測地点分布図(ヒサヤオオドオリパークHPのマップに筆者加筆)

◆２章　研究方法　ー温湿度・日射量調査ー

表3　温湿度調査概要

調査期間	2022年5月27日～6月8日、7月16日～7月31日、10月5日～10月9日　計34日
調査地	愛知県名古屋市東区　ヒサヤオオドオリパーク　ZONE1、ZONE3
観測地点	地点1、地点2、地点3　計3地点
使用機器	T&D社製　おんどとり　TR-72wf
形態	温湿度計を地面から1.5mの高さに設置し、10分間隔で観測・記録を行った。

表4　日射量調査概要

調査期間	2022年5月27日～6月8日、7月16日～7月31日、10月5日～10月9日　計34日
調査地	愛知県名古屋市東区　ヒサヤオオドオリパーク　ZONE3
観測地点	地点3
使用機器	ブリッド社製　センサーPCM-01 自動記録式データロガー　HIOKIUZ3635
形態	日射計を地点3に設置し、10分間隔で観測・記録を行なった。

写真6　温湿度センサー設置状況

写真7　カメラ・日射計設置状況

◆3章　利用者行動観察調査の結果と考察
ーZONEごとの利用者属性割合の違いー

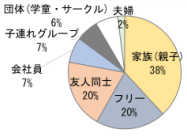


図2　ZONE1すべての調査期間における利用属性割合

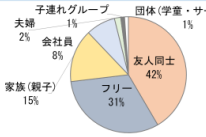
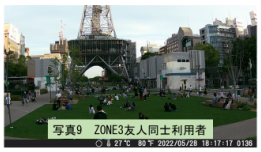


図3　ZONE3すべての調査期間における利用者属性割合



◆4章　気候と利用行動の関係

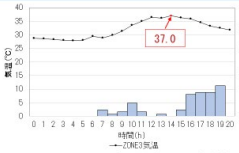


図4　ZONE3　7月31日（日曜日）の利用者と気温変化

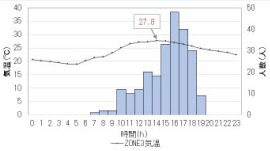


図5　ZONE3　5月28日（土曜日）の利用者と気温変化

写真10　ZONE3　7月31日14時台

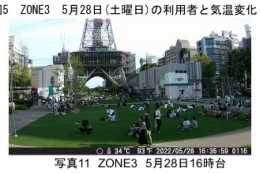


写真11　ZONE3　5月28日16時台

◆5章　結論

- ZONE1は全ての調査期間において、家族の利用が最も多い。
  一方、ZONE3は友人同士での利用が最も多い。
- 会社員のランチ利用が見られた。
- 日中30℃を超える真夏日でも利用者がいる。また、猛暑日でも休日は利用があった。

写真12　会社員のランチ利用

写真13　テント利用者

写真14　チェアを持参する利用者

(3) 主な使用機器

・固定資産登録品名：COCOCAM 防犯カメラ, 資産番号：42200065

15. 誘電体を用いた高指向性面電流磁気センサの検討

(1) 研究概要

現在、国内においてのエネルギー政策により社会全体の電気への依存度が高くなっている。そのため、ガス絶縁開閉装置（GIS）などの電力機器に対し高い信頼性が求められ、これを維持するために事故や故障を未然に防止する絶縁診断技術が重要であるとされている。また、近年の絶縁診断技術の傾向として、機器のコンパクト化やメンテナンス作業の簡便化が重要視されている。

本研究は絶縁診断技術の一つである、電力機器の部分放電（PD）電磁波を検出する外部センサの開発・実用化に取り組んできた。外部センサの開発・実用化に向けての課題として外部ノイズが挙げられる。そこで、PD 電磁波をベクトル的に検出する面電流センサに注目した。この面電流センサは電界と磁界両方をバランスよく検出することで PD 電磁波をベクトル的に検出し PD 電磁波と外部ノイズの判別が期待できる。しかし、実際は電界と磁界のバランス調整が難しく、理想的な特性を得るのが困難であった。そこで、磁界のみを検出する面電流磁気センサを開発した。これにより、面電流センサよりも鋭い指向性が期待できる。開発した面電流磁気センサは、２つの１ターンループを直角に配置した構造とし、平面波の伝搬方向に対して０度端子の方の出力を A、90 度端子の方の出力を B として理想曲線を算出し、この曲線を用いて指向性を求めるものである。しかし、算出実施時には、信号とノイズを同時に計測できないことや高指向性を得るのに時間がかかるという欠点があった。

本報告では、演算手法を使用せずに求める手法について検討した。具体的には、センサとアクリルスペーサの設置効果について検討をしたので報告する。

(2) 研究内容報告

研究背景

外部センサの課題：外部ノイズ → PD電磁波をベクトル的に検出する面電流センサに注目

面電流センサ

電界と磁界両方を検出することで
PD電磁波をベクトル的に検出し
PD電磁波と外部ノイズの判別が期待できる

図2　面電流センサ

電界と磁界のバランス調整が難しく、
理想的な特性を得るのが困難

電界と磁界のバランス調整が難しい

→ 磁界のみを検出する面電流磁気センサを開発

面電流センサよりも鋭い指向性が期待できる

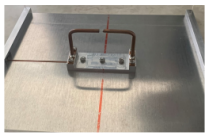
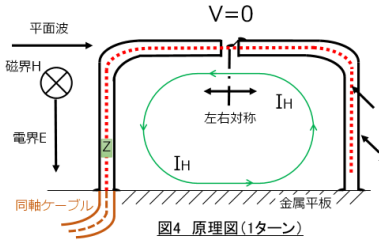


図3　面電流磁気センサ

研究目的

面電流磁気センサの演算を使わない高指向性実現の検討

面電流磁気センサの原理

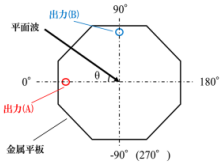


I_H :磁界による誘導電流
V :スリット間の電圧
Z :同軸ケーブルの特性インピーダンス

図4　原理図（1ターン）

面電流磁気センサの出力は磁界による誘導電流I_Hのみで決定される

面電流磁気センサの原理



出力A ：C(IH)cos θ
出力B ：C(IH)sin θ
C(IH) :任意定数

図5　出力の定義

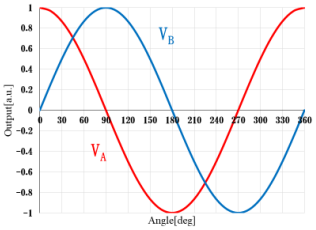


図6　平面波入射角と出力の関係（理想曲線）

過去の研究
演算を用いることで高指向性を得ている

演算を行う欠点
・信号とノイズを同時に計測できない
・高指向性を得るのに時間がかかる

本研究では
・信号とノイズを同時に計測
・時間の短縮

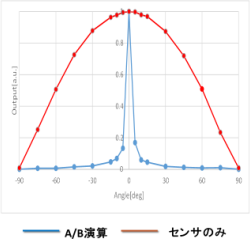


図7　面電流磁気センサの平面波入射角と出力の理想曲線

研究目的

磁界のみを取り入れ面電流を測定する

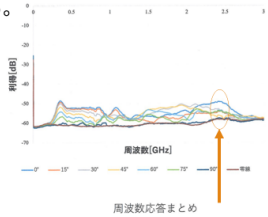
↓

演算を用いた手法を使わず演算の指向性に近づける

指向性向上の原理

誘電体内の共振を利用して特定の周波数帯域のみを狙えば、指向性は高くなる可能性がある。

図8のように、矢印の周波数帯域を狙えば、0度の部分だけを強調する事ができる。



周波数応答まとめ
図8　過去のデータ

実験方法

0°から90°まで15°Cの間隔で
回転し出力を測定

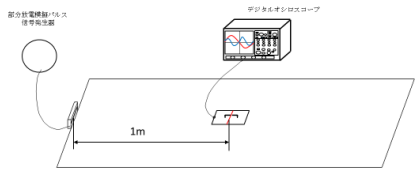


図9　実験の概略構成

実験1

アクリル板を使用した実験

図10 アクリル板を使用したセンサ

使用するアクリル板

図11 センサのない部分

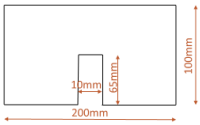


図12 縦穴式 空間小

アクリル板の有無

青線：板有の値
赤線：理論値
黒線：板無の値

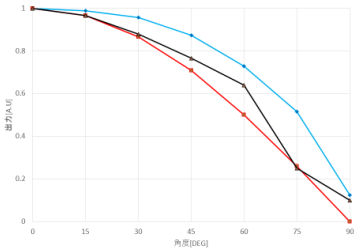


図13 角度と利得の関係

周波数特性

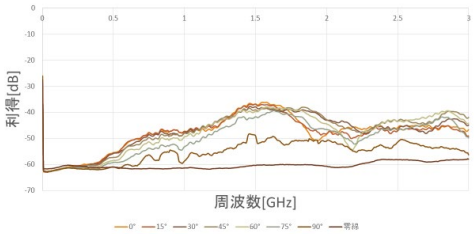


図14 周波数特性

実験2

水を使用した実験（センサ2）

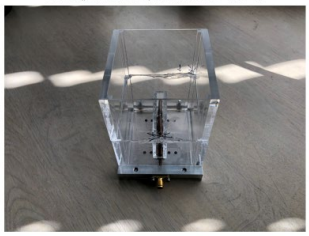


図15 センサ2

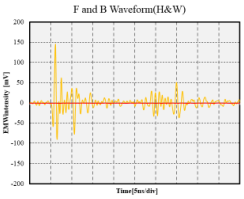


図16 水なし時

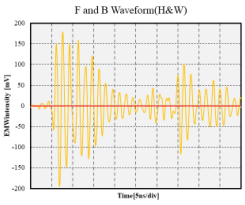


図17 センサの上部まで水投入時

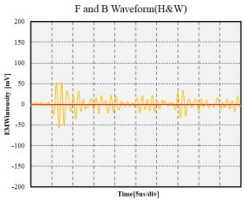
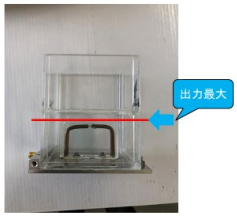


図18 満水時



水の有無【センサ2】

青線：水有の値
赤線：理論値
緑線：水無の値

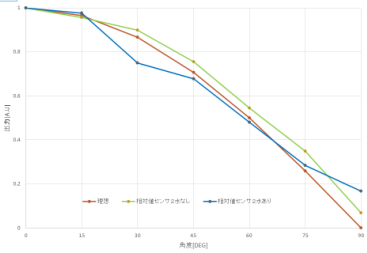


図19 角度と利得の関係

周波数特性【センサ3】

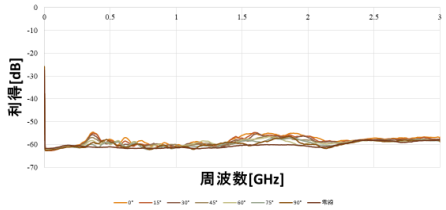


図25　周波数特性

まとめ

アクリル板を使用した実験

- 角度と利得の関係より、相対値は理論値を上回っていた。
- アクリル板を使用した過去の研究データより、こちらも相対値は理論値を上回っていた。
- アクリル板を設置した場合の周波数特性からも、目立った指向性帯域なし。

→ 高指向性の実現難しい

水を使用した実験

- 誘電体を水に変えたことで、水がセンサの出力に影響を及ぼすことが分かった。
- しかし、構造によって影響が伴わないことがある。

今後の展望

水がセンサの出力に対して影響を及ぼすことが分かったので、形を変える事で高指向性の実現を可能にしたい。

第3章 社会的貢献

3-1 研究成果の校外活動状況と報告

○第 17 回 再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム（RE2023）

会　期　2022 年 2 月 1 日～2022 年 2 月 3 日

会　場　東京ビッグサイト

主　催　再生可能エネルギー協議会

出展の様子

エコ電力研究センターは、2 月 1 日～3 日に東京ビッグサイトで開催されました「第 17 回再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム」（同時開催「ENEX 地球環境とエネルギーの調和展」、「DER・Microgrid Japan」、Offshore Tech Japan」）においてブース出展をいたしました。同展示会は、2050 年の達成を目標とするカーボンニュートラルの取り組みを、省エネルギーと再生可能エネルギーの両面から発信する、新しい技術革新を含む脱炭素・エネルギーイノベーション総合展です。開催期間中には約 3 万 1 千人の方が会場を訪れました。

出展ブースでは、エコ電力研究センターが管理する AC/DC ハイブリッド型マイクログリッドに関連する各設備の紹介や、直流スマートファクトリの開発に関する研究を紹介し、センター設立からの業績とともに、最新の情報まで発信することができました。

3-2 スタッフの社会貢献

エコ電力研究センターにおける教員の社会貢献として，学会等の活動を以下に示す。

○ 雪田　和人

・国際電気標準会議

TC8：電力アセスメント

JWG9 低圧直流委員会委員

SB5 直流給配電ガイドライン作成委員

SyCLVDC：低圧直流員会委員

TC64：電力機器委員

・CIGRE 国際大電力会議

C6.37：中圧直流委員会

・電気学会

新エネルギー・環境技術委員会

島嶼／スマートコミュニティ等における再生可能エネルギーが大量導入された系統の電力供給・需要の特徴調査協同研究委員会

太陽光発電システムの持続的利用技術調査専門委員会

エネルギーデータを対象とした AI，IoT 活用技術協同研究委員会

・環境共生イニシアチブ　地域マイクログリッド外部員

・愛知県あいちカーボンニュートラル戦略会議委員

○ 七原　俊也

・電気学会標準電圧標準化委員会 兼 IEC TC8, SC8A, SC8B, SC8C 国内委員会 副委員長

・国際電気標準会議

IEC TC8　SC8A/WG2　エキスパート

・電力広域的運営推進機関　グリッドコード検討会　委員

・電気学会

洋上風力発電の現状とその普及の鍵となる電力技術調査専門委員会 委員

電力安定供給を支える電力流通設備計画・運用技術調査専門委員会 委員

○ 箕輪　昌幸

・電気学会

洋上風車の雷害対策課題調査専門委員会

・電気設備学会

重要文化財等の雷保護調査委員会

IEC/TC81 雷保護国内委員会

○ 鳥井　昭宏

・愛知県立美和高等学校　高校生向け模擬講義

○ 河路　友也

・空気調和・衛生工学会

非住宅の設計・運用に関する省エネルギー研究小委員会　主査

省エネルギー委員会　委員

空気調和・衛生工学会中部支部副支部長

○ 武田　美恵

・日本建築学会

東海支部都市計画委員会幹事

東海支部男女共同参画推進委員会委員長

・生態工学会理事

・日本インテリア学会支部役員

・愛知県国土利用計画審議会委員

・愛知県環境審議会専門委員

・あいち森と緑づくり委員会委員

・東海農政局技術検討委員会委員

・長久手市立地適正化計画策定委員会委員

・長久手市都市計画審議会委員

・日進市空家対策協議会委員

・瀬戸市太陽光発電設備設置審議会委員

・岡崎市水循環推進協議会委員

○ 後藤　時政

・一般社団法人日本設備管理学会

編集委員

東海支部 副支部長

東海支部 企画委員長

● 研究業績一覧

2022 年 4 月 ～ 2023 年 3 月 (84 編)

〔学会誌〕

1. 神田涼真，七原俊也，雪田和人，松村年郎「インバータ電源の大量導入が一機無限大母線系統の電圧変動に与える影響の分析」 電気学会論文誌 B 電気学会 Vol.142, No.9, pp.425-432, September, 2022

〔国際会議〕

1. Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Yasuyuki Goto, Akinori Kato, ” Instantaneous Voltage Drop of Converter using a Special Winding Structure Transformer ” , 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMARTGRID (ICSMARTGRID 2022), June 28-Jly 2,2022
2. Yuto Iwasaki, Tadashi Hosoe, Kazuki Ikeda, Tsuyoshi Nishitani, Aoi Tanaka, Akihiro Tsusaka, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Yasuyuki Goto, ” Dynamic Switching Method with Energy Storage Devices in Wind Power Generation” , 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMARTGRID (ICSMARTGRID 2022), June 28-Jly 2,2022
3. Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Toshiya Nanahara, Takuya Goto, ” Study of introduce power storage device in PV system” , 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMARTGRID (ICSMARTGRID 2022), June 28-Jly 2,2022
4. Tsuyoshi Nishitani, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Yasuyuki Goto, Tokimasa Goto, Katsunori Mizuno, ” The influence on the power consumption for air-conditioning equipment by the ventilation” , 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMARTGRID (ICSMARTGRID 2022), June 28-Jly 2,2022
5. Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Yasuyuki Goto, Akinori Kato, ” Study of AC-DC Converter with Special Winding Structure Transformer under Open-phase” , The International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE 2022), June 28-Jly 2,2022
6. Yuto Iwasaki, Tadashi Hosoe, Kazuki Ikeda, Tsuyoshi Nishitani, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, ” Basic Study on Wind Power Generation System for Microgrid Construction” , The International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE 2022), June 28-Jly 2,2022
7. Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Yasuyuki Goto, ” A Study of Inrush Current Countermeasures in DC Equipment” , The International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE 2022), June 28-Jly 2,2022
8. Tsuyoshi Nishitani, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Yasuyuki Goto, Tokimasa Goto, Katsunori Mizuno, Beibei Wang, ” Analysis of Power Consumption of Air Conditioning for Energy Management” , The International Council on Electrical Engineering Conference (ICEE 2022), June 28-Jly 2,2022
9. Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Aoi Tanaka, Tsuyoshi Nishitani, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Yasuyuki Goto, Akinori Kato, ” Basic Characteristics of Converters with Special Winding Structure

Transformers”, 11th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2022), September 18-21,2022

10. Yuto Iwasaki, Tadashi Hosoe, Kazuki Ikeda, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Yasuyuki Goto, ” Resonance Phenomenon during Rectification in a System with a Permanent Magnet Generator”, 11th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2022), September 18-21,2022
11. Aoi Tanaka, Kazuki Ikeda, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Takuya Goto, ” Power control methods at the power receiving points of the microgrids”, 11th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2022), September 18-21,2022
12. Tsuyoshi Nishitani, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Tokimasa Goto, Katsunori Mizuno, Yasyuyuki Goto, ” Basic study on power consumption of air conditioning equipment”, 11th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2022), September 18-21,2022
13. Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Toshiya Nanahara, Takuya Goto, ” A study on introducing power storage device in PV system”, 33rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), September 13-17,2022
14. Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Yasuyuki Goto, Akinori Kato, ” Basic Study of Bipolar AC/DC Converter with Special Winding Structure Transformer”, GRAND RENEWABLE ENERGY 2022 (GRE2022), December 13-20,2022
15. Yuto Iwasaki, Tadashi Hosoe, Kazuki Ikeda, Tsuyoshi Nishitani, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Toshiya Nanahara, Yasuyuki Goto, ” A Study on Frequency Analysis of Rectified Output for Small Wind Power Generator”, GRAND RENEWABLE ENERGY 2022 (GRE2022), December 13-20,2022
16. Aoi Tanaka, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Tsuyoshi Nishitani, Kazuto Yukita, Naoya Kubo, KazuhikoTaniguchi, Yuji Morita, GRAND RENEWABLE ENERGY 2022 (GRE2022), December 13-20,2022
17. Tsuyoshi Nishitani, Kazuki Ikeda, Yuto Iwasaki, Aoi Tanaka, Kazuto Yukita, Tokimasa Goto, Katsunori Mizuno, Yasuyuki Goto, ” Basic research on air conditioning power demand for energy management”, GRAND RENEWABLE ENERGY 2022 (GRE2022), December 13-20,2022
18. Yasuaki Yamada, Toshiya Nanahara, Kazuto Yukita, “Proposal of a novel method for selecting a power factor of an inverter in a power system with high penetration of inverter-interfaced generations,” IEEJ PES - IEEE PES Thailand Joint Symposium 2023 (March 24, 2023).

〔国内発表〕

1. 池田和樹，岩﨑祐翔，雪田和人，松村年郎，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「直流給電用 AC/DC コンバータに特殊巻線構造変圧器を用いることによる損失低減効果の検討」電子情報通信学会電子通信エネルギー技術研究会 2022 年 5 月 27 日
2. 岩﨑祐翔，細江忠司，田中蒼，池田和樹，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「風力発電における蓄電装置のダイナミック切替方式に関する一検討」 電子情報通信学会電子通信エネルギー技術研究会 2022 年 5

月 27 日

3. 田中蒼，雪田和人，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強 「直流家電機器の応答特性の解析と検討」 電子情報通信学会電子通信エネルギー技術研究会 2022 年 5 月 27 日
4. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教，松村年郎，七原俊也，後藤泰之 「回帰分析を用いた空調機器に関する消費電力の考察」 電子情報通信学会電子通信エネルギー技術研究会 2022 年 5 月 27 日
5. 田中蒼，雪田和人，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強 「直流/交流給電方式の違いよる デジタル家電機器が電力品質に与える影響」 電子情報通信学会電子通信エネルギー技術研究会（EE） 半導体電力変換研究会(IEE-SPC) 2022 年 7 月 14-15 日
6. 山田康暉，七原俊也，雪田和人 「インバータ電源大量導入時における電力系統の電圧制御―PV 曲線に基づくインバータ力率の選定法の提案―」 電気学会 電力技術・電力系統技術合同研究会 PE-22-126 PSE-22-134 2022 年 8 月 24-25 日
7. 池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造変圧器を用いたコンバータの瞬時電圧低下」 令和 4 年度電力技術・電力系統技術合同研究会 2022 年 8 月 24-25 日
8. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，西谷強，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「PM 発電機における共振現象の一検討」 令和 4 年度電力技術・電力系統技術合同研究会 2022 年 8 月 24-25 日
9. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人 「直流給配電による消費効率の一検討」 令和 4 年度電力技術・電力系統技術合同研究会 2022 年 8 月 24-25 日
10. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教，後藤泰之 「エネルギーマネジメントのための電力需要に関する一検討」 令和 4 年度電力技術・電力系統技術合同研究会 2022 年 8 月 24-25 日
11. 山田康暉，七原俊也，雪田和人 「一機無限大母線系統モデルにおける電力―電圧特性 ― 高電力解と低電力解の境界値を用いた分析 ―」 令和四年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 A4-4 2022 年 8 月 29-30 日
12. 馬場隆彰，箕輪昌幸，渡辺崇，窪内祥之「内灘風力発電所における雷観測数の検討」 令和四年度 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 No.B3-3 2022 年 8 月 29 日-30 日
13. 池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造変圧器を用いたコンバータに関する一検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
14. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「高速フーリエ変換を用いた小形風力発電機の出力特性に関する一検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
15. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「直流家電機器の導入による省エネ効果の一検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
16. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教，後藤泰之 「重回帰分析を用いた空調機器の消費電力に関する基礎的検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
17. 田中蒼，細江忠司，雪田和人，池田和樹，岩﨑祐翔，七原俊也，後藤泰之 「直流給電における家電機器

のノイズ特性解析」 2022 年電気学会産業応用部門大会 2022 年 8 月 30 日-9 月 1 日

18. 池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「交流給電と直流給電における PLC に関する検討」 2022 年電気学会電子・情報・システム部門大会 2022 年 8 月 31 日-9 月 3 日
19. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，西谷強，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「風力発電における蓄電ダイナミック切替装置の開発」 2022 年電気学会電子・情報・システム部門大会 2022 年 8 月 31 日-9 月 3 日
20. 田中蒼，雪田和人，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，後藤泰之，七原俊也 「電力品質が直流家電機器に与える影響」 2022 年電気学会電子・情報・システム部門大会 2022 年 8 月 31 日-9 月 3 日
21. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤時政，水野勝教，後藤泰之 「エネルギーマネジメントのための空調機器の電力消費モデルに関する一検討」 2022 年電気学会電子・情報・システム部門大会 2022 年 8 月 31 日-9 月 3 日
22. 池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造変圧器を用いたコンバータに関する一検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
23. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「高速フーリエ変換を用いた小形風力発電機の出力特性に関する一検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
24. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「直流家電機器の導入による省エネ効果の一検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
25. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教，後藤泰之 「重回帰分析を用いた空調機器の消費電力に関する基礎的検討」 令和四年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 2022 年 8 月 29-30 日
26. 馬場隆彰，箕輪昌幸，渡辺崇，窪内祥之 「内灘風力発電所における 2021 年度の雷電流観測結果」 2022 年電気設備学会全国大会 No.C-7 2022 年 9 月 1 日-2 日
27. 山田康暉，七原俊也，雪田和人 「インバータ電源大量導入時における力率制御が電力系統の送電損失に与える影響の分析」 2022 年電気設備学会全国大会 E-16 2022 年 9 月 1-2 日 (優秀発表賞受賞)
28. 池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「直流給電用 AC/DC コンバータの入力電流高調波に関する検討」 2022 年(第 40 回)電気設備学会全国大会 2022 年 9 月 1-2 日
29. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，西谷強，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「小形風力発電機における共振現象の一解析」 2022 年(第 40 回)電気設備学会全国大会 2022 年 9 月 1-2 日
30. 田中蒼，雪田和人，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，七原俊也，後藤泰之 「直流給電を用いた空調機器の瞬停発生時における応答特性」 2022 年(第 40 回)電気設備学会全国大会 2022 年 9 月 1-2 日
31. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教 「家庭用空調機器内部における直流電圧と消費電力の検討」 2022 年(第 40 回)電気設備学会全国大会 2022 年 9 月 1-2 日
32. 池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造変圧器を用いたコンバータの基礎特性の検討」 令和 4 年度新エネルギー・環境技術研究会 2022 年 9 月 5-6 日

33. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「PM 発電機における振動解析の一検討」 令和 4 年度新エネルギー・環境技術研究会 2022 年 9 月 5-6 日
34. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤卓弥，太田拓弥，三好宏明 「小規模マイクログリッドにおける電力変換効率の基礎検討」 令和 4 年度新エネルギー・環境技術研究会 2022 年 9 月 5-6 日
35. 武田美恵「外国人集住団地における交流関係及び教育支援に関する研究―愛知県瀬戸市菱野団地を事例に―」2022 年度日本建築学会大会 499-500 2022 年 9 月 5-8 日
36. 池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「給電方式の違いによる PLC 通信への影響に関する基礎検討」2022 年電子情報通信学会ソサエティ大会 2022 年 9 月 6-9 日
37. 岩崎祐翔，細江忠司，池田和樹，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「小形風力発電システムにおける出力特性の解析」 2022 年電子情報通信学会ソサエティ大会 2022 年 9 月 6-9 日
38. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造トランスを用いた直流給電方式の検討」 2022 年電子情報通信学会ソサエティ大会 2022 年 9 月 6-9 日
39. 山田康暉，七原俊也，雪田和人 「インバータ電源大量導入時における電力損失―一機無限大母線系統に対する分析―」 令和 4 年電気学会電力・エネルギー部門大会 168 2022 年 9 月 7-9 日 (YOC 優秀発表賞受賞)
40. 青木祥，七原俊也， 雪田和人 「電力系統の経済負荷配分制御の特性改善－制御周期が制御性能に及ぼす影響の分析」 令和 4 年電気学会電力･エネルギー部門大会 135 2022 年 9 月 7-9 日 (YOC 奨励賞受賞)
41. 伊坂悠吾，七原俊也， 雪田和人，「系統周波数低下時における Virtual Oscillator Control インバータの動作解析」，令和 4 年電気学会電力・エネルギー部門大会 107 2022 年 9 月 7-9 日 (YOC 奨励賞受賞)
42. 原田浩輔，七原俊也， 雪田和人，「風力発電機の疑似慣性制御手法－出力増加幅の違いが疑似慣性制御に及ぼす影響」，令和 4 年電気学会電力・エネルギー部門大会 278 2022 年 9 月 7-9 日
43. 池田和樹，岩﨑祐翔，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓，吉田信二 「特殊巻線構造変圧器を用いた AC-DC コンバータにおける一次側交流電圧瞬低時の直流側への影響に関する検討」 令和 4 年電気学会電力・エネルギー部門大会 2022 年 9 月 7-9 日
44. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「風力発電におけるダイナミック切替方式制御フローの一検討」 令和 4 年電気学会電力・エネルギー部門大会 2022 年 9 月 7-9 日
45. 田中蒼，雪田和人，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，七原俊也，後藤泰之，谷口謙悟 「直流給電時における突入電流抑制方法の一検討」 令和 4 年電気学会電力・エネルギー部門大会 2022 年 9 月 7-9 日
46. 西谷強、池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，後藤時政，水野勝教 「空調機器の電力消費における換気の影響検討」 令和 4 年電気学会電力・エネルギー部門大会 2022 年 9 月 7-9 日
47. 池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造変圧器を用いた直流給電システムの一検討」 2022 年度日本太陽エネルギー学会研究発表会 2022 年 11 月 10-11 日
48. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，雪田和人 「小形風力発電機の整流時における共振現象の解析」 2022 年度日本太陽エネルギー学会研究発表会 2022 年 11 月 10-11 日
49. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人，久保直也，谷口和彦，森田祐志 「太陽光発電を用いたマイクログリッドにおける蓄電デバイス導入の検討」 2022 年度日本太陽エネルギー学会研究発表会

2022 年 11 月 10-11 日

50. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教，後藤泰之 「行動経済学的手法を用いた省エネルギー方策に関する一検討」 2022 年度日本太陽エネルギー学会研究発表会 2022 年 11 月 10-11 日
51. 細江忠司，岩崎祐翔，雪田和人，後藤泰之 「小形風力発電機のための蓄電ダイナミック切替方式の提案」 第 44 回風力エネルギー利用シンポジウム 2022 年 12 月 1-2 日
52. 山田康暉，七原俊也，雪田和人 「インバータ電源大量導入時における電力系統の電圧制御― PV 曲線に基づくインバータ力率の選定法」 2022 年度 電気学会電力系統技術研究会 2022 年 12 月 6 日
53. 長谷川壮良，中山朝陽，津坂亮博，雪田和人，後藤泰之 「直留アーク発生時の電流特性の一考察」 2022 年（第 4 回）電気設備学会学生研究発表会 2022 年 12 月 26 日
54. 青木祥，山口麗雄，木股渓一郎，稲塚大祐，七原俊也，雪田和人 「電力系統の経済負荷配分制御の特性改善－AGC30 への火力発電の簡易モデルの組込」 電気学会 電力系統技術研究会 PSE-23-001 2023 年 1 月 17 日
55. 山田康暉，遠藤拓海，小野新太，七原俊也，雪田和人，「配電線に一様に分布するインバータ電源の電圧解析－線路のインピーダンスに応じた力率設定の有効性」 電気学会電力系統技術研究会 PSE-23-005 2023 年 1 月 17 日
56. 池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造変圧器を用いたバイポーラ形 AC/DC コンバータの動作特性」 2022 年度電子通信エネルギー技術研究会（EE） 2023 年 1 月 19-20 日
57. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，西谷強，田中蒼，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「小形風力発電機の共振現象による周波数特性解析」 2022 年度電子通信エネルギー技術研究会（EE） 2023 年 1 月 19-20 日
58. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「特殊巻線構造 12 相変圧器を用いた直流電力品質に関する検討」 2022 年度電子通信エネルギー技術研究会（EE） 2023 年 1 月 19-20 日
59. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教，後藤泰之 「回帰手法による空調電力消費モデルに関する考察」 2022 年度電子通信エネルギー技術研究会（EE） 2023 年 1 月 19-20 日
60. 長田慎一朗，中田篤史，鳥井昭宏，元谷卓 「LLC コンバータに用いる高周波変圧器の検討」 令和 5 年電気学会全国大会 4-040 2023 年 3 月 15 日-17 日 名古屋大学
61. 原田浩輔，伊藤晟雅，秋田俊祐，石井隆暉，七原俊也，雪田和人 「風力発電機の疑似慣性制御手法 －風速変動時における解析」 令和 5 年電気学会全国大会 6-222 2023 年 3 月 15-17 日
62. 山口麗雄，木股渓一郎，稲塚大祐，青木祥，七原俊也，雪田和人 「経済負荷配分制御の性能向上 －EDC の制御周期が需給制御の制御分担に与える影響」 令和 5 年電気学会全国大会 6-083 2023 年 3 月 15-17 日
63. 池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，西谷強，雪田和人，七原俊也，後藤泰之，加藤彰訓 「特殊巻線構造変圧器を用いたバイポーラ形 AC/DC コンバータの実験的検討」 令和 5 年電気学会全国大会 2023 年 3 月 15-17 日
64. 岩﨑祐翔，細江忠司，池田和樹，雪田和人，七原俊也，後藤泰之 「小形風力発電機の共振現象における高速フーリエ変換解析結果」 令和 5 年電気学会全国大会 2023 年 3 月 15-17 日
65. 田中蒼，池田和樹，岩﨑祐翔，西谷強，雪田和人 「直流給配電における電力品質に関する一検討－特殊

巻線構造 12 相変圧器を用いた場合－」 令和 5 年電気学会全国大会 2023 年 3 月 15-17 日

66. 西谷強，池田和樹，岩﨑祐翔，田中蒼，雪田和人，後藤時政，水野勝教，後藤泰之 「省エネルギー行動誘発のためのナッジによる空調設定温度変化傾向に関する一考察」 令和 5 年電気学会全国大会 2023 年 3 月 15-17 日
67. 長谷川壮良，中山朝陽，津坂亮博，雪田和人，後藤泰之 「直列アーク故障時に発生する電流信号による故障箇所の推定に関する一検討」 令和 5 年電気学会全国大会 2023 年 3 月 15-17 日
68. 熊田光里，河路友也「水蓄熱式空調システムを利用した上げ DR 実施時の熱源運転時間決定手法検討」空気調和・衛生工学会 中部支部学術研究発表会論文集 2023 年 3 月 第 24 号 p.51-54
69. 水野翔太，森岡愛，河路友也「ZEH 認定住宅におけるエネルギー消費量の設計値と実測値の関係分析」空気調和・衛生工学会 中部支部学術研究発表会論文集 2023 年 3 月 第 24 号 p.67-70
70. 武田美恵「秋山郷の民家の外観変容と相互扶助の関係性に関する研究―新潟県・長野県の秋山郷 8 集落を事例として―」 日本インテリア学会論文報告(33) 95-102 2023 年 3 月

〔著書〕

雪田和人:電気学会ローカル VPP を目指す分散エネルギー技術調査専門委員会編　次世代送配電への潮流を乗り切るローカル VPP ビジネス 電気書院 2023 年 2 月