

調査研究委員会レポート

超電導関連技術の医療応用調査専門委員会

委員長 横山 彰一

幹事 小川 純, 幹事補佐 野村 航大

1. はじめに

超電導技術の応用分野は多岐に渡り発展してきており、電力・エネルギー、社会インフラ、産業機器などの応用がある。中でも超電導技術がすでに有効に活用されている分野としては Magnetic Resonance Imaging (MRI) を代表とする医療分野がある。この分野では、超電導特有の高磁場・高安定磁場発生、高分解能センシングによる画像診断や創薬などの医療応用が進んでいる。また、近年では高温超電導を用いた装置開発により液体ヘリウムフリーマグネットや 20 T を越える高磁場マグネットなどの研究開発が盛んに行われており、これらの技術も医療分野への応用が期待されている。

超電導関連技術の医療応用としては、前述の超電導マグネットによる磁場を用いる MRI 画像診断システムのほか Nuclear Magnetic Resonance (NMR) 高性能分析システム、Magnetic Particle Imaging (MPI) システム、また、Superconducting Quantum Interference Device (SQUID) を用いる脳磁計、などがあり、高齢化社会の健康維持や治療に貢献している。以上の背景の中で、本調査専門委員会は、医療分野で貢献する超電導技術の国内外の技術動向を調査し、次世代の医療応用機器としての超電導に対する技術課題や市場動向などを明らかにすることを目的としている。

2. 調査活動の内容

医療用画像診断装置の市場規模は 3~4 兆円と言われており、その中で超電導技術を用いた MRI システムは 5,000 億円以上の市場規模であり、年率 5% 近い伸びがあり医療診断の分野で超電導技術は重要な貢献をしている。そのほか直接的ではないものの創薬に関わるタンパク質構造分析や創薬シーズとの相互作用解析などに NMR システムが利用されており、その感度向上のために超電導マグネットの高磁場化が進んでいる。

これまで磁気応用による医療・医用へのシーズ技術調査専門委員会（基礎・材料・共通部門）が磁気応用としてシーズ調査を実施し、「磁気の医療応用研究の動向」（2012 年 9 月発行）と題し技術報告にまとめているが、本調査専門委員会においては超電導関連技術にフォーカスした視点から、より深く医療応用の動向を調査するとともに、医療応用の立場から超電導関連技術に対する要求内容についても調査を実施していく。

調査検討の項目は、

- (1) MRI システムと超電導関連技術の動向
- (2) NMR システムと超電導関連技術の動向
- (3) 磁気センシングシステムと超電導関連技術の動向
- (4) 今後の超電導関連技術の医療応用

であり、主に (1) ~ (3) の超電導応用システムについてシステム技術、超電導マグネット技術、研究開発のそれぞれの立場から技術動向を調査するとともに (4) 今後の医療応用について情報交換し、また委員外から最新研究を紹介していただく予定である。

超電導関連技術を用いた医療の現状を把握し、今後の医療用超電導技術の方向性と技術課題を明らかにする。また医療分野における今後の超電導技術の適用領域の拡大についても言及する。得られた成果については技術報告書としてまとめ、超電導機器技術委員会が主催する電力・エネルギーフォーラムにて成果を報告する予定である。

3. 活動の状況

本調査専門委員会の調査期間は、令和元年（2019 年）10 月から 2 年間で予定していたが、新型コロナウイルスの影響のため令和 2 年 4 月~9 月は活動を休止し、令和 4 年（2022 年）3 月まで期間を延期した。

これまで 2 回の委員会を開催し、各委員が担当する調査項目を確認し、スケジュールや調査の進め方について共有化した。この 2 回で 3 名の委員から調査内容について報告講演があり、NMR, MRI, MPI の概要や超電導マグネットの技術内容、課題について議論がなされた。今後も各委員からの報告を行い、議論を深めて参りたい。また、実際にシステムが稼働している状況の視察や最新の話題について講師を招くなど、委員間のコミュニケーションを活性化しながら活動を進めてゆくつもりである。

委員会構成メンバー

委員長	横山彰一 (JASTEC)
委員	石原康利 (明治大), 緒方邦臣 (日立) 小木曾直人 (JEOL), 奥井良夫 (JASTEC) 河本宏美 (キャンメディカルシステムズ), 紀和利彦 (岡山大) 仲村高志 (理研), 拝師智之 (国際医療福祉大学) 前田秀明 (JST), 宮城大輔 (千葉大) 柳澤吉紀 (理研)
幹事	小川 純 (新潟大)
幹事補佐	野村航大 (三菱電機)
途中交代幹事補佐	殿岡 俊 (三菱電機)

中島 達人（東京都市大学）

1. はじめに

再生可能エネルギーの導入が進んでいけば、電力系統の需給バランスを保つため、火力発電などに用いられる同期発電機を停止することが考えられる。再生可能エネルギーの多くは、パワーエレクトロニクス機器であるインバータを介して系統連系されており、回転機である同期発電機が持っている慣性や同期化力といった特性は備えていない。このため、再生可能エネルギーが増加すると、送電線への落雷などの系統事故時に、系統が不安定になるのではないかという課題が提起されている。この再生可能エネルギー大量導入に伴う系統安定度低下という課題への解決策の一つとして、仮想同期発電機（VSG; virtual synchronous generator）制御インバータが提案されている。

2. 仮想同期発電機制御インバータのしくみ

仮想同期発電機制御インバータの構成例を図 1 に示す。また、同期発電機の動特性を示す動揺方程式を(1)式に示す（ M ：慣性定数、 D ：制動定数、 ω_n ：定格角周波数、 δ ：発電機内部相差角、 P_m ：機械入力、 P_{out} ：電気出力）。

$$\frac{M}{\omega_n} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} + \frac{D}{\omega_n} \cdot \frac{d\delta}{dt} = P_m - P_{out} \dots\dots\dots (1)$$

この動揺方程式を伝達関数を用いて表せば(2)式となる。

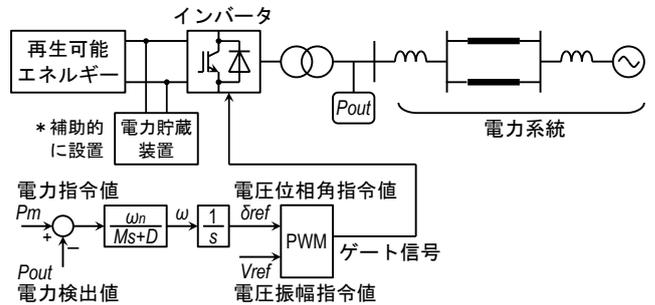


図 1 仮想同期発電機制御インバータの構成例

$$\delta = \frac{\omega_n}{s(Ms + D)} (P_m - P_{out}) \dots\dots\dots (2)$$

仮想同期発電機制御インバータでは、この伝達関数を制御系に組み込み、インバータの出力電力の指令値 P_m と検出値 P_{out} の偏差から、出力電圧位相角の指令値 δ_{ref} を求める。系統事故時の仮想同期発電機制御インバータは、出力電力を自動的に変動させて、系統周波数の動揺や、連系されている系統の電力動揺を抑制する応答を示すので、同期発電機と同様の系統安定化効果をもつものと期待されている。

(2020 年 8 月 20 日受付)

目次

電力・エネルギー部門誌 2020 年 11 月号

(論文誌電子ジャーナル版 <https://www.iee.jp/pub/journal/>)

〔解説〕

水力発電所における保守・保全業務の効率化に関する現状と技術動向 …… 太田俊彦, 今井秀昭, 境 秀樹

〔論文〕

離散変数を有する Multi-Area Optimal Power Flow に対する 2 レベル最適化に基づく分散型計算法 …… 鈴木亮平, 安田恵一郎, 相吉英太郎
 洋上風力発電向け多回線直流送電の基本構成と直流線路事故時の保護方式 …… 中山比呂, 佐野憲一郎

IED におけるダイナミックレーティング機能と送電線保護機能の実装 …… 伊藤航平, 青木 睦, 天雨 徹, 大谷哲夫, 小澤辰哉, 小島一浩
 単相回路による常時・事故時の零相循環電流の一推定法 …… 田中和幸, 福村和男, 会田峻介
 蓄電池を用いた負荷周波数制御方式の検討—比例配分方式と周期別変動分担方式の比較— …… 山本将士, 河辺賢一, 七原俊也

学会カレンダー

国際会議名	開催場所	開催期間	URL, 連絡先, 開催・延期・中止の情報	アブストラクト	フルペーパー
PVSEC-30 & GPVC2020 (The 30th International Photovoltaic Science and Engineering Conference & Global Photovoltaic Conference 2020)	Jeju (韓国)	20.11.8~13	http://www.pvsec-30.com/index.php オンラインとオフラインのハイブリッド	済	済
Grid Integration Week 2020 (19th Wind, 10th Solar Integration Workshop, 4th E-Mobility Integration Symposium)	Ljubljana (スロベニア)	20.11.9~13	https://windintegrationworkshop.org https://solarintegrationworkshop.org https://mobilityintegrationsymposium.org Remote からの発表も可	済	済
SEGS (International Conference on Smart Grids and Energy Systems)	Perth (オーストラリア)	20.11.23~26	https://www.sges2020.org/ ISGT Asia 2020 は中止 Virtual event として開催	済	済
IEEE CIS SSCI 2020 (2020 IEEE CIS Series Symposium on Computational Intelligence)	Canberra (オーストラリア)	20.12.1~4	http://ieeessci2020.org 森啓之 明治大学 hmori@meiji.ac.jp Virtual event として開催	済	済
IEEE PES ISGT 2021 (Twelfth Conference on Innovative Smart Grid Technologies)	Washington D.C. (米国)	21.2.15~18	https://iee-isgt.org (Virtual event として開催)	済	済
RPG 2020 (The 9th International Conference on Renewable Power Generation)	Dublin (アイルランド)	21.3.1~2 に延期	https://events2.theiet.org/rpg/about.cfm	済	済
CIRE SHANGHAI WORKSHOP 2021	Shanghai (中国)	21.3.4~5 に延期	http://www.cired2020shanghai.org	済	済
iEECON2021 (International Electrical Engineering Congress)	Pattaya (タイ)	21.3.10~12	https://www.ieecon.org/ieecon2021/home.html	20.11.13	21.1.15
WREC 2020 (World Renewable Energy Congress)	Lisbon (ポルトガル)	21.3.15~19	https://wrec2020.tecnico.ulisboa.pt/	済	20.11.25
PVSC 48 (48th IEEE Photovoltaic Specialists Conference)	Florida (米国)	21.6.20~25	https://www.ieee-pvsc.org/PVSC48/	21.1.25	21.5.23
PowerTech 2021 (2021 IEEE PES PowerTech Madrid)	Madrid (スペイン)	21.6.27~7.2	https://www.powertech2021.com/	済	21.3.31
GM 2021 (2021 IEEE PES General Meeting)	Washington DC (米国)	21.7.25~29	未定	未定	未定
CIGRE Centennial Session	Paris (フランス)	21.8.20~25	https://cigre-usnc.org/2020-e-session-and-2021-paris-centennial-session-announcement/	未定	未定
SEST2021 (4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies)	Vaasa (フィンランド)	21.9.6~8	https://sites.univaasa.fi/sest2021/	20.12.15	21.3.15
EUCAS 2021 (15th European Conference on Applied Superconductivity)	Moscow (ロシア)	21.9.12~17	https://ieeesc.org/event/15th-european-conference-applied-superconductivity	未定	未定
IEEE PES GT&D (Generation, Transmission & Distribution International Conference and Exposition)	Istanbul (トルコ)	21.9.14~17	https://iee-gtd.org/	21.3.5	21.6.18
ISES Solar World Congress 2021	New Delhi (インド)	21.10.24~28	https://www.ises.org/webinars/689	未定	未定
ICLP/SPIDA 2021 (35th International Conference on Lightning Protection/ XVI International Symposium on Lightning Protection)	Colombo (スリランカ)	2021 Fall	https://iclp2020.org 道下幸志 静岡大学 michishita.koji@shizuoka.ac.jp 2020.8.31~9.4 から延期	21.3.30	21.7.1
ISGT Asia 2021 (11th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference – Asia)	Brisbane (オーストラリア)	21.12.5~8	https://www.ieee-pes.org/meetings-and-conferences/conference-calendar/monthly-view/165-sponsored-by-pes/892-isgt-asia-2021	未定	未定
T&D 2022 (2020 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition) T&D 2020 は中止	New Orleans (米国)	22.4.25~28	https://www.ieeet-d.org	未定	未定

*連絡先: 伊藤雅一 (福井大学, itomasa@u-fukui.ac.jp) 2021年1月以降に開催予定の国際会議の情報がありましたらお寄せください。



電力・エネルギー／産業応用合同フォーラム 「電動車両を活用した最新 VPP 実証実験結果とその動向」



概要：低炭素社会の構築に向けて次世代電力プラットフォームの在り方が議論され、方向性が示されている。一方、電動車両の普及に従いその充電方法および車両駆動用電池の調整能力に着目した VPP が注目を浴び、各種の実証実験が行われている。今後のスマートなエネルギー社会の構築には、この次世代電力プラットフォームの社会実装が VPP を含んだ多数のステークホルダーとの整合が取れていることが必要である。

本フォーラムでは電動車両を活用した最新 VPP 実証実験の結果を電力側とクルマ側から発表し、双方の観点での具体的な成果、課題を共有し、今後の社会実装に向けたソリューションの方向付けの場としたい。皆様のご参加を心よりお待ちしております。

日 時 2021年1月21日(木) 13:00～17:00

会 場 東京大学本郷キャンパス 工学部 213号講義室 〒113-0033 東京都文京区本郷7丁目3-1
東大前駅(地下鉄南北線)より徒歩5分、根津駅(地下鉄千代田線)より徒歩5分
https://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01_04_03_j.html

なお、本フォーラムは会場とオンラインとのハイブリッド開催といたします。

プログラム： 司会進行 八太 啓行(電力中央研究所)、立花 武(トヨタ自動車)

開会挨拶 13:00～13:05 B部門 新エネルギー・環境技術委員会委員長

加藤 丈佳(名古屋大学)

1 13:05～13:30 九州 V2G 実証事業への取組みについて

見山 雅英(九州電力)

2 13:30～13:55 Vehicle Grid Integration の社会実装に向けた取組み

鈴木健太 or 村井健介(日産自動車)

3 13:55～14:20 EV を含む需要家側蓄電池を活用した周波数制御技術に関する取組みについて

芦谷 武彦(関西電力送配電)

4 14:20～14:45 Honda eMaaS とレジリエンス～ホンダモバイルパワーパックの取組み～

岩田 和之(本田技術研究所)

休憩 14:45～14:55 休憩

5 14:55～15:20 東京電力グループによる V2G 実証事業の取組み

小林 直樹(東京電力パワーグリッド)

6 15:20～15:45 PHV 参加の P2P 電力取引実証実験について(仮)

木村 和峰(仮)(トヨタ自動車)

7 15:45～16:10 eモビリティを核としたスマートシティ・プラットフォーム構築に向けて

太田 豊(大阪大学)

16:10～16:15 パネルセッション設営 モデレータ紹介

堀 洋一(東京大学)、横山 明彦(東京大学)

16:15～16:55 パネルセッション

閉会挨拶 16:55～17:00 D部門 自動車技術委員会委員長 貝塚 正明(本田技術研究所)

テキスト 今回のフォーラムテキストは発表者が許容したスライドを集めたスライド集として事前にアップロードしますので参加者はダウンロードしていただきますようお願いいたします。

参加費 現地参加者もオンライン参加者も同額とします。

電気学会会員(正員)、自技会会員 ¥5,000-(税込)

電気学会非会員(一般)、自技会非会員 ¥10,000-(税込)

電気学会会員(准・学生員) ¥2,000-(税込)

電気学会非会員(学生) ¥4,000-(税込)

申込方法 ホームページからのお申込み：<https://www.iee.jp/blog/forum/> 締切1月14日(木)

(会場参加者は定員300名に達し次第、締め切らせていただきます)。

参加費支払い方法 現地参加者は、当日に現金でお支払い願います。領収書は、原則としてフォーラム当日の日付で会場渡しとなりますが、その他のご指示がある場合は申込時にご連絡ください。オンライン参加者は事務局から請求書を郵送しますのでそれでお支払いをお願いいたします。

主催 電気学会 電力・エネルギー部門 新エネルギー・環境技術委員会

電気学会 産業応用部門 自動車技術委員会

協賛 自動車技術会 電気学会 次世代自動車用車載・インフラ電源システム調査専門委員会

電気学会研究会資料電子化のご案内

2021年1月より電気学会研究会資料の電子化がスタートします。かねてより研究会資料電子化へのご要望が多く寄せられていたことを受け、2019年3月に研究調査会議の下部組織として「研究会資料電子化検討WG」が発足し、速やかな電子化実施に向けて検討を重ねて参りました。このたび、研究会開催当日に会場にて販売する「当日販売」や、研究会開催後にお求めいただく「後日販売」、1年単位で購読いただく「年間購読」というすべての研究会資料販売形態で電子化を実施することが答申され、研究調査会議にて決定しました。

研究会資料電子化の概要は以下のとおりとなりますので、皆様のご理解とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

1. 開始時期

2021年1月以降に実施の研究会にて発行する研究会資料より電子化します。

2. 電子化による変更点

研究会資料のご購入は以下のとおり変わります。

- ・研究会資料は電気学会電子図書館（Book Park）にて購入いただけます。
- ・研究会開催初日の3日前から購入可能です。これにより発行日も開催初日3日前となります。
- ・電子版（PDF、カラー）が基本となりますが、紙冊子のご希望に応えるため、オンデマンド印刷版（モノクロ）の販売を開始します。電子版、オンデマンド印刷版いずれも論文単位/冊子単位での購入を選択可能です。
- ・紙冊子はオンデマンド販売となりますので、研究会当日は会場で紙冊子を購入できなくなります。
- ・現在、電子版を販売している Digital Library（NII）は2021年3月末で閉鎖の予定です。
- ・資料販売価格が変わります。価格は決定し次第、電気学会 HP でご案内します。

3. 年間購読について

1年間（1月～12月）を単位とする研究会資料の年間予約購読制は、今後も継続いたしますが、サービス名称を「年間予約」から「年間購読」に改めます。現在、年間予約契約をされている予約者は手続き不要で年間購読に自動的に移行させていただきます。

- ・年間購読者は研究会開催初日の3日前から専用ページにて電子版資料のダウンロードが可能です。
- ・価格はこれまでと変更なく、150円/編（税別）です。
- ・さらに、電子化開始後3年間はこれまでどおり紙冊子資料もお送りします。

大変お得な年間購読をぜひこの機会にお申し込みください！

より詳細な内容は電気学会 HP の研究会資料電子化特設ページ（URL：https://www.iee.jp/tech_mtg/denshika/）にてご確認ください。

下記のQRコードをスマートフォンなどで読み取ってアクセス可能です。



本件問合せ先

電気学会 事業サービス課 E-mail：event@iee.or.jp

※事務局では時差勤務と在宅勤務を一部導入しておりますので、お問合せは電子メールでお願いします。