

# 電気学会 IEEJ プロフェッショナル アクションレポート

2022年4月・第53号

## IEEJ プロフェッショナルニュース

### ニュース1. IEEJ プロフェッショナル会 第121回議事メモ

1. 日時：2021年12月23日（木）14時～16時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：伊藤二郎、佐藤信利、大島正明、長瀬 博、木村軍司、谷口 元、萩原勝夫、深尾正、深川裕正、松岡孝一、山内経則、天雨 徹、伊瀬敏史、上田茂太、臼井正司、片貝昭史、桂誠一郎、河合三千夫、木下繁則、古関庄一郎、児玉孝亮、近藤良太郎、堺井稲生、佐々木三郎、佐藤勝雄、柴崎一郎、白川晋吾、津久井勤、中道好信、中村知治、野口 剛、野田紘憲、服部正志、松田昭信、松村基史、室 英夫、八坂保弘、山極時生、渡辺稔（39名）
4. 定例会予定ほか
  - ・電気理科クラブの体制と事業内容が変更となった。  
代表：山内経則氏、副代表：大島正明氏、幹事：谷口 元氏  
事業内容変更：無線従事者関連を別組織に移管。
5. 講演：桂誠一郎氏（IEEJ プロフェッショナル、慶応大学）  
『技能の保存と継承 ～人から人へ～』

#### 5.1 講演要旨

##### (1) 人間の運動の科学と工学

人間動作を抽出・再現する（人間の動作情報(力・速度)を抽出し、ロボットによりいつでも・どこでも再現することを可能にする）

人間の運動の科学（動作中の位置・速度と力がどれだけ含まれるかを解析、位置・速度制御器と力制御器からのデータを加速度に変換し統合）

再現が難しい書道、絵画についての学習と再現過程の映像（熟練者が描いた過程を学習したデータベースを元にロボットがそっくり再現）

熟練者の動作をデータベース化し、スキル博物館を実現する。

##### (2) バイラテラル AI（対話的に設計可能な AI）

知識の獲得と技能の抽出の統合（環境条件・感覚条件などの外乱を反映するため、要素関数をフィッティングさせながら（会話しながら）モデル化していき、最終的には熟練者の外乱への判断を模擬する。外乱の例として、工具の摩耗程度により交換時期を判断するなど。

バイラテラル AI は、モデルの精度と複雑さを随時評価しながら対話的な設計を進めるため、AI の中身が明確である。

##### (3) 「スマートファクトリー」の実現

中身が暗黙知の一般の AI ではロボット制御は安全面から難しいが、バイラテラル AI は知識が明示的であるので、単なる代替だけでなくその後の成長が期待でき、ものづくりの持続可

能性を期待できる。

- (4) インツールセンシング (非接触・非拘束での動作計測)  
バイオリンの演奏を、モーションキャプチャ(弓とバイオリンの相対位置)とひずみゲージ(バイオリン座標系における X 軸、Z 軸の力)で計測する。  
初級者と上級者とは採取したデータに異なった特徴がある。データとして可視化することにより、初心者の上級者との違いを音だけでなく視覚的にも確認でき、学習期間の短縮が期待できる。
- (5) 身体駆動インタフェース (機能的電気刺激(FES : Functional Electrical Stimulation))  
(注)FES とは、筋もしくは末梢神経を刺激して麻痺筋を収縮させることで、その筋の随意性及び消失した機能を代償させることを目的とした治療法。  
電気刺激でモータを使用していないので違和感が少なく、高周波のため痛みも少ない。  
刺激する電流の幅の 100ns 単位の違いで、刺激を受ける手首の角度変位が大きく変動するので、時間分解能の高精度化が必要。そのため、専用的高機能運動制御ボードを FPGA(Field-Programmable Gate Array)を使用して実現。  
将来は、個人に合った支援をバイラテラル AI により[脳-身体表現モデル+運動学習モデル]を生成し、リハビリトレーニングシステムを遠隔&セルフで行う『スマート医療』実現する。
- (6) まとめ：人の動きを忠実に再現できるロボットを実現して、超成熟社会での少子高齢化・生産分野の持続可能性などの課題解決に繋げていく。
- (7) 約 150 年前の 1866 年福沢諭吉は「西洋事情」を書いている。その中に (電信、電気、齋人、蒸気) とあり、通信、電気が予測されており、ネットワーク、5G、電気等が実現している。150 年後はどのようになっているか。
- (8) アウトリーチ活動「ひらめき☆ときめきサイエンス」  
平成 24 年～令和 3 年の 10 年間連続で実施。対象は、小学 5・6 年生、中学生、高校生。中学生までは、理系・文系にまだ別れていないので効果がある。

## 5.2 質疑応答

- (1) バイラテラル AI と一般に言われる AI との違いについて  
⇒一般に言われるディープラーニングの AI は過程がブラックボックスであるが、バイラテラル AI は過程が明らかであるので、安全に使える。ディープニューラルネットワークをバイラテラル AI で翻訳して使うことは可能である。
- (2) 意見として、本人の作品とロボットが作成したものを分ける認証が必要と思う。
- (3) ひらめき☆ときめきサイエンスで学生を集める方法は。学生は自主的に応募してくるのか。  
⇒神奈川サイエンスサマーなどに広告を掲載している。夏休みの自由研究に絡めての募集として夏休みはじめの頃の募集は効果ある。応募は親が大半である。
- (4) ロボットはモータの応用で、回転とネジでコンセプトは変わっていない。人間は回転しない。将来のロボットとして回転を必要としない動力の研究は  
⇒非回転のものとしてリニアモータがある。リニアモータはローレンツ力の発生、磁石・コ

イルの設計、超磁歪についての知識が必要。

(5) 卵を掴む方法が課題となったが、現状は

⇒対象物を画像で判断する事が必要。卵を掴むまでのアプローチが難しい。卵に触った後は比較的容易と考える。

(6) 作品の本物と偽物の区別の方法は

⇒落款で区別する事が一番容易。

(7) この分野の中国、米国の研究動向は

⇒米国は Google などが強い。中国も人も多く費用も多くを掛けている。しかし、ロボットはまだスタンダードが出来ていない状況。モーションコントロールの分野は日本がトップであり、ロボットと組み合わせて行けばリードしていける。

以上

## ニュース2. IEEJ プロフェッショナル会 第122回 定例会 議事メモ

1. 日時：2022年1月25日（木）14時～16時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、長瀬 博、木村軍司、谷口 元、深尾 正、深川裕正、松岡孝一、天雨 徹、臼井正司、江藤計介、桂誠一郎、河合三千夫、木下繁則、古関庄一郎、近藤良太郎、斎藤誠一、佐藤勝雄、島田健夫三、杉本敏文、鈴木 浩、津久井勤、中瀬真、中道好信、野田紘憲、松村基史、右高正俊、室 英夫、八坂保弘、山極時生、山田忠利、渡邊和夫  
(日本技術士会) 薄井和久 (講演者) 水野弘之 (35名)

### 4. 定例会次第

- ・今後のスケジュール説明

### 5. 講演：水野弘之氏（日立製作所）

『量子コンピューティング技術』

#### 5.1 講演要旨

##### (1) 量子コンピュータ開発の意義

- ・ソリューションのために必要なコンピュータパワーの増大への対応が必要。
- ・データセンタ用の電力パワーも増大している。例えば、AI 処理用の電力が通常 CPU の電力を上回ることが予想されている。
- ・タンパク質の解析、社会問題の解決などの大規模な問題の解決に対応するは、大きな計算機パワーが必要でイノベーションが期待されている。
- ・問題の規模・複雑度に対応してアニーリングマシン、シリコン量子コンピュータなどが開発されつつある。

##### (2) 量子コンピュータとは

- ・量子コンピュータとは、量子力学の理論に基づき、量子効果を利用したコンピュータである。
- ・この分野には民間開発投資が継続して行われていて、18年以降投資が加速している。
- ・量子ビット“Qubit (Quantum bit)”の概念では、計算は時間軸・量軸・取り出し方（観測）軸の3次元となり、結果の取り出し方が難しいとのこと。
- ・量子コンピュータにはアニーリング型とゲート型がある。アニーリング型は最適化問題が、ゲート型は固有値問題・因数分解問題に適している。
- ・アニーリング型はカナダで D-Wave が実用化し、日本企業も参加しつつあるが、ゲート型はまだ研究開発の段階で企業の参加も少ない。
- ・アニーリング型には量子インスパイア型と量子アニーリング型があり、前者は日立と富士通、後者は D-Wave と NEC が開発中。量子インスパイア型は大規模問題が扱えて早期実用化が可能。日立では、2020年1月から実問題（保険会社の再保険）への適用検証を実施。また、コールセンターのコロナ禍での人員配置問題にもビジネスとして対応。
- ・ゲート型には NISQ※と汎用量子コンピュータがあり、代表例として超伝導量子コンピュ

ータ (IBM、Google 等) とシリコン量子コンピュータ (Intel、日立) がある。※NISQ : Noisy Intermediate-Scale Quantum Computer

ゲート型は開発に時間が掛かり、日本では国のプロジェクト (MOONSHOT) で推進している。

### (3) コンピューティング技術開発

- 量子ビットのマイルストーンとして、49 個のものが 2017 年～18 年に開発された。原理検証に使用できるレベル。
- 2020 年代の量子有用性の壁といわれ、事業化レベルには 5,000 量子ビットが必要である。それまでの繋ぎとして NISQ がある。NISQ は誤り訂正の壁があり性能的には限界があるが、それなりの性能はあり、分子量の小さなものとか酵素の働きなどの解析が期待されている。
- 量子コンピュータは、超伝導状態で使用するものもあるが、日立は常温で使用できる CMOS アニーリングマシン開発を先行させ、それに続きシリコン量子コンピュータ開発を進めている。
- アニーリング量子コンピュータでの新ソリューション開発は、ハードとソフトの連携での開発となる。アルゴリズムの開発競争が激しい。ソリューションの一つとして、再保険市場の損害保険ポートフォリオへの最適化開発とか、コロナ禍での日立中央研究所での出動者の最適化計画にも実証試験から勤務シフト最適化ソリューションパッケージ化を発表。
- ゲート型のシリコン量子コンピュータ開発は、国の MOONSHOT 計画に参加して推進している。ゲート型量子コンピュータには、量子有用性の壁、誤り訂正の壁があるが、量子化学・量子 AI・量子金融などの新分野への応用に期待。
- 量子コンピュータは従来型コンピュータよりも早いのかは証明されていない。小規模ではその差は小さく、多変量領域でも工夫で同程度の成果は出るが、大規模で指数的に拡大する規模では量子コンピュータに期待がかかる。
- 量子ビットを「超伝導材料を用いた回路」で実現するという半導体技術のパラダイムシフトを NEC の技術者が発明した。これにより、高性能化には従来は極限までの微細化で対応してきたが、多くの量子ビット回路をまとめて動作させることで極限までの微細化を必要としないで実現することが可能になった。
- 半導体の高集積度を図ると発熱も避けられないが、この方式では発熱が抑えられる。シリコン量子ビットアレイ形成技術として確立。
- 今後の課題は、高い忠実度を持ったより大きな量子ビットアレイを実現すること。
- 日立は、OSS (Open Source Software) に学んで、オープン開発体制を構築して進めていく。
- 量子コンピュータ開発の意義は、我々の周りには解くべき社会課題が多く存在する。その中で厳密解だけでは解けない問題、近似度が低くて解けない問題などに取り組むことにある。
- 「問題を作る」ことが得意な人、「問題を解く」ことが得意な人がいる。実問題のオープンプロブレム化とオープン解決が今後のやり方の一つとなる。一例として北海道の環境問題についてのコンテストを実施した。

(4) まとめ

- ・ 古典コンピュータと比較して、大規模な問題を扱えるのが量子コンピュータの特徴である。
- ・ 社会問題解決には、ソフトとハードの両輪の開発体制が必要であり、オープンな形で進める必要がある。

5.2 質疑

(1) 中国の状況は

⇒中国は大変に力を入れていて、桁違いの体制で取り組んでいる。

(2) 東芝の量子暗号化では通信量は増加するのでは

⇒量子効果を使った暗号化で、途中で覗かれるとそれが分かるようになっている。通信量の増加はない。

(3) ノイズについて

⇒NISQではECC (Error Correcting Code) のようにノイズを訂正する仕組みがあり、訂正するためのビットが大量に必要なので、ある程度誤りを許容して使う。IBMはノイズがあるのに使えるようにしたことが凄い。Googleはノイズを訂正することを狙っているが、100量子ビットの誤り訂正には100万量子ビットが必要で大変なこと。

(4) 意思決定には使えるのでは。量子コンピュータが実用化すれば、現在のデータセンタの使用電力量の爆発には対応できるのでは。

⇒意思決定というよりも自然界の理解に活用できる。電力量の抑制にはつながる可能性はある。

(5) アルゴリズムの開発が大事では

⇒量子情報処理という分野があり、世界的にエンジニアが大変不足している状況。まだ数千人程度であり、欧米・中国に多い。日本では阪大が中心となっている。

以上



### ニュース3. IEEJ プロフェッショナル会 第123回 定例会 議事メモ

1. 日時：2022年2月24日（木）14時～16時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、大島正明、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、天雨徹、伊瀬敏史、岩本伸一、上田茂太、臼井正司、桂誠一郎、河合三千夫、木下繁則、古関庄一郎、小西博雄、斎藤涼夫、佐々木三郎、篠原勝次、白川晋吾、杉本敏文、津久井勤、寺島正之、徳田憲昭、中村知治、奈良宏一、西方正司、服部正志、松田昭信、松村基史、山極時生（32名）
4. 定例会次第
  - ・今後のスケジュール説明 6月の定例会の講演者とテーマが新たに決定した。
5. 講演：伊瀬敏史氏（IEEJ プロフェッショナル、阪大）

『系統連系インバータの仮想同期発電機制御について』

#### 5.1 講演要旨

##### (1) 分散型電源導入率向上に伴う課題

- ・ 系統の周波数変動は、系統内の慣性(力)の大きさによってその変化量が決定される。
- ・ インバータ系の分散電源の大量導入により回転慣性が減少するため、系統周波数が変動しやすくなるという課題がある。

##### (2) 仮想同期発電機制御を提案

- ・ 上記課題に対応するため、仮想同期発電機（VSG : Virtual Synchronous Generator）制御を提案する。この制御により、同期発電機の特性を模擬して仮想の回転慣性を持たせることができる。
- ・ 分散電源の系統連系インバータでも、自立運転時は定周波数運転、系統連系時は系統周波数追従運転という同期発電機と同じ制御機能が要求される。
- ・ 複数の分散型電源が接続される場合、従来は容量の大きな電源を制御マスターとし他の分散電源をスレーブとした制御を行うが、分散型電源に慣性・同期化力を持たせる VSG 制御ではマスター・スレーブの関係を必要としない。

##### (3) 各種制御方式

- ・ ガバナおよび AVR を適用した VSG 方式制御、VISMA（Virtual Synchronous Machine）制御方式、代数型仮想発電機モデル、代数型仮想発電機モデルから PLL（Phase Locked Loop）を排除した方式、VCO（Voltage Controlled Oscillator）方式などがある。

##### (4) VSG 制御とドループ制御との特性比較

- ・ 小信号での伝達関数比較では VSG 制御の方が周波数の変動が抑制される。
- ・ VSG 制御により慣性応答を得ることが出来、大きな慣性力により周波数変化が緩やかになることを確認した。
- ・ ガバナの遅れはドループ制御に慣性応答を与えることが出来、ガバナの遅れは VSG 制御の周波数変化を大きくすることが確認できた。

- ・ 適切な一次遅れ・進み制御を加えたドループ制御は VSG 制御と同様の応答を得ることが出来ることが分かった。

(5) 応答特性の改善

- ・ 擾乱時の振動により電力変換器が過電流となり、電力変換器を破壊する可能性があるため、系統に慣性を提供しながら振動的でない応答を示す制御方式が必要とされる。
- ・ そのため、慣性特性とダンピング特性が一定値であることを前提にした状態変数フィードバックを用いてダンピング力を得る方法を提案。
- ・ 状態変数フィードバック法 (SF (State Feedback) 法) は動揺方程式の導入による固有の低周波振動を抑制でき、早く定常状態に至らすことが出来る。
- ・ 単相負荷などによる三相不平衡に起因する電力の振動が存在する場合には、ローパスフィルタを付加した SFLPF (State Feedback with Low Pass Filter) 法が効果的である。

(6) 可変パラメータ制御の導入による効果

- ・ 可変慣性制御は加速時の大きな慣性により加速を抑制し、減速時の小さな慣性により減速を早める。
- ・ 可変慣性制御によりダンピング効果も得ることが出来る。
- ・ 可変慣性制御により VSG 自身の安定性を高めるだけでなく、系統全体の安定化効果も得られる。

(7) 負荷慣性の利用

- ・ VSG 制御を行うには各分散型電源に電力貯蔵装置が必要となる。これはコスト増につながるため、既存の回転負荷のエネルギーを一時的に利用して、系統周波数変動を抑制することを提案。
- ・ 実験結果として、通常のコモータードライブ機能⇒モーター速度を指令値追従、系統周波数変動時⇒系統周波数変動を抑制、モーター q 軸電流飽和に応じて周波数変動補償効果を調整、系統周波数変動抑制時のモーター速度の変動範囲を制限できることが確認できた。

5.2 質疑

- (1) たくさんの分散電源の並列運転時には各装置に最適なパラメータの制定が大変では⇒IoT を活用して、自立分散的に決める方法がある。
- (2) インバータは過電流に弱い。事故発生時の FRT (Fault Ride Through : 系統事故時の運転継続性能) 時が問題  
⇒VSG 制御の電圧指令において、電圧フィードバックをかけて電流を抑制する、仮想インピーダンスを大きくして電流を抑えるなどの方法がある。
- (3) 負荷慣性は面白いアイデアであるが、各分散電源装置の VSG 制御の変更はソフトのみで可能か  
⇒基本はソフトのみの対応と考えているが、実際には機器の一部変更はありうるかもしれない。
- (4) VSG 制御はドループ制御に比べて、柔軟性があることが分かった。

以上