

SICORP EIG CONCERT-Japan

「効果的なエネルギー貯蔵と配分」領域 事後評価報告書

1 共同研究課題名

「交流・多端子直流電力システムの性能に関するモジュールアウェア・モデリングと評価」

2 日本一相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：

日本側研究代表者

薄 良彦(大阪府立大学・准教授)

ノルウェー側研究代表者

ダルコ・サルバトーレ(シンテフエネルギー研究所・研究員)

ドイツ側研究代表者

ストック・セバスチャン(フラウンホーファー研究機構・研究員)

3 研究概要及び達成目標

本研究では、交流送電(Alternating Current: AC)と多端子直流送電(Multi-Terminal Direct Current: MTDC)が混在した電力システムである、交流・多端子直流電力システム(AC-MTDC システム)の性能評価のためのモデリング・解析技術の開発に取り組んだ。具体的には、モジュールと称したシステム構成の基本単位の集約により、AC-MTDC システムに生起するダイナミクスをボトムアップに表現するモデリング技術を「モジュールアウェア・モデリング」と呼び、MTDC および AC-MTDC システムに対して開発した。次に、モジュールアウェア・モデリングに基づいて、AC-MTDC システムの性能(定常特性、動的特性(安定性))を評価する技術を整備した。さらに、以上の技術を検証することを目的とした、AC-MTDC システムのベンチマークの構築ならびにベンチマークに基づく AC-MTDC システムの制御の性能検証を実施した。以上の項目いずれにおいても、3 カ国の研究資源の共有と協働を通して研究を推進した。また、若手を含む研究者の相互派遣の実施や対面型・オンライン型ミーティングの定期的開催などを通して、電力システム工学に関わる国際共同研究を実施するためのモデルを検討した。

4 事後評価結果

4.1 研究成果の評価について

4.1.1 研究成果と達成状況

本課題では、主に欧州側主導で、MTDC システムのモジュールアウェア・モデリングと小信号安定性解析(定常運転状態の近傍で故障などの後に、システムのダイナミクスが定常運転状態に戻っていくか否かを判断)の技術や、MTDC システム及び AC-MTDC システムの最適化と定常特性評価(4つのソフトウェアを組み合わせた環境とその最適潮流計算)の技術を開発した。そしてこれらを統合し、AC-MTDC システムのモジュールアウェア・モデリングと小信号安定性

解析の開発（AC-MTDC の定常特性と動的特性の両方を設計するための基盤技術）に成功した。

また、日本側主導で、AC-MTDC システムの大信号（定常運転状態より大きく逸脱したシステムのダイナミクス）のためのモジュールウェア・モデリングを構築、小信号と同様の大信号安定性解析技術を開発し、当初計画されていなかった AC-MTDC システムでの力学系のクープマン作用素理論を発展させることで、大信号安定性に関わる評価指標を数理的に厳密に定式化した。さらに、AC-MTDC システムの制御方策の大信号安定性への影響評価を行った。その結果、AC-MTDC システムを構成する VSC（電圧型変換器）の制御方策が AC-MTDC システム全体の大信号安定性に大きく影響を与えていることが明らかとなった。このように、モジュールからのボトムアップのアプローチにより、制御方策や個別の負荷のパラメータ変更が容易となり、システム全体のダイナミクスや安定性との因果関係を定量化できるようになった。

上記の結果から、交流送電と多端子直流送電が混在した電力システム (AC-MTDC) のモデリング技術、解析技術の確立という成果の科学技術レベルは、十分に高いと判断できる。モデリング、性能評価、検証（解析検証）のいずれの実施内容についても、年度ごとに達成度合いを確認するためのマイルストーンが的確に設定され、また、そのマイルストーン通りの進捗が得られており、当初の目的は完全に達せられたと考えられる。さらに、延長期間中に当初計画になかった研究も進展している。

4.1.2 国際共同研究による相乗効果

モデリングへの取り組み、性能評価、解析検証が 3 つの WP に明確に分担され、また、各 WP における各国パートナーの役割や授受すべきデータも明確に定義されていた。共同研究の具体的実施、若手研究者育成、公開共同ワークショップ開催という 3 点に、相乗効果が特に顕著である。学術誌等への掲載 4 件、博士学位論文 1 件、学会発表 12 件を達成しており、成果の公表は十分に行われている。学術誌等への掲載のうち 2 件は共著、学会発表のうち 3 件は共著であり、相手国との共同成果が公表されている。

4.1.3 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

モデリング、小信号・大信号解析、潮流計算等の各国保有技術が結集された共同研究により、普及が見込まれる AC-MTDC を実現するための基盤技術の高度化が図られた。洋上風力発電と本土系統を結ぶ多端子直流送電の導入動向が高まっている。この適用用途への研究成果の適用性を検証すべく、研究を一層継続すれば発展が期待される。

4.2 相手国研究機関との協力状況について

共同研究の具体的実施、若手研究者育成、公開共同ワークショップ開催という 3

点に、相乗効果が特に顕著である。公開行事は 2 回行われた。公開ワークショップはコロナ禍でオンラインながら制約下で約 50 名が参加し盛況であった。公開行事の他、国内外研究者による対面ミーティングおよびオンラインの月例ミーティングが活発に行われた。

4.3 その他

洋上風力発電からの多端子直流送電に関する検証へと展開されることに期待したい。