

中央大学特定課題研究費 ー研究報告書ー

所属	理工学部	身分	教授
氏名	高松 瑞代		
NAME	Mizuyo Takamatsu		

中央大学特定課題研究費による研究期間終了に伴い、中央大学学内研究費助成規程第15条に基づき、下記の通りご報告致します。

1. 研究課題

(和文) マトロイド理論を用いた微分代数方程式の最適モデリング

(英文) A Matroid-Theoretic Approach to Optimal Modeling for Differential-Algebraic Equations

2. 研究期間

2022年度～2023年度

3. 研究の概要 (背景・目的・研究計画・内容および成果 和文 600字程度、英文 50word程度)

(和文) 電気回路, 機械力学系, 化学プラントなどの多くの動的システムは, 微分代数方程式(DAE; Differential-Algebraic Equations)を用いて記述される. DAEの解析的・数値的難しさの指標として指数が定義されており, 指数が大きくなるほど数値計算は困難になる. 動的システムを記述する DAEは変数の取り方によって複数存在し, それらの DAEの指数は同じとは限らない. そのため, 与えられた動的システムを記述する指数が最小の DAEを求めるアルゴリズムの設計が必要とされている.

回路シミュレーションにおける DAEの最適モデリングに関する既存研究[岩田・高松・Tischendorf (2012)]では, 独立電源, キャパシタ, インダクタ, 抵抗, 従属電源を含む回路を対象として, 混合解析から導出される DAEの指数に対する構造的特徴づけが与えられている. また, RLC回路では指数が常に1以下になることを証明し, 指数の観点からみた混合解析の修正節点解析に対する優位性が示されている. 本研究では, ジャイレータを含むより一般的な回路を対象として, 混合解析や修正節点解析といった回路解析法により導出される DAEを解析し, 指数に対する構造的特徴づけを与えた. さらに, DAEの指数を判定する問題がマトロイド理論の線形マトロイド・パリティ問題に帰着することを証明した. これにより, ジャイレータを含む回路を記述する DAEの指数を効率的に判定することができる. また, 本研究で提案する構造的特徴づけを利用することで, 指数最小の DAEを高速に求めることが可能になる.

(英文)

We analyze the index of differential-algebraic equations (DAEs) arising from the hybrid analysis and the modified nodal analysis (MNA) by using matroid-theoretic approach for linear time-invariant circuits with gyrators. For the hybrid analysis, we show that the problem of determining whether the index is more than one or not reduces to a matroid parity problem for a graphic matroid. We apply a similar approach to DAEs arising from MNA.