

【学位論文審査の要旨】

本学位申請論文に関して、3回の審査会および公聴会を開催し、内容について慎重に審査を行なった。審査結果は以下の通りである。

電カネットワークや、センサネットワークなどの IoT 基盤技術、ロボットの協調制御など、ネットワークシステムが広く用いられてきている。そのようなネットワーク化されたシステムの観測出力からネットワーク構造を推定することは、そのシステム自体の理解だけでなく、ネットワークの構築や改善、故障検知等の観点から重要である。本論文は、同一なダイナミクスを持つ多数のシステムを結合して構成される複雑ネットワークシステムにおいて、観測出力に基づくネットワーク構造の同定に関する研究である。特に、より広範なシステムに適用するため、非線形ダイナミクスを持つ複数のノードシステムの結合システムを対象とし、ノード間の結合項を非線形結合関数として捉え、Koopman 作用素を用いた新たな同定手法を提案している。主な研究成果は次の3点にまとめられる。

(1) ネットワーク内の全てのノードの全状態と、孤立した単体ノードの全状態が観測できる場合を仮定し、これらの全状態観測データを用いて、非線形結合関数を同定することで、ネットワーク構造を求めることを検討した。そこで、Koopman 作用素を導入し、結合関数を非線形関数からなる観測関数空間上の線形作用素として捉え、さらに圧縮センシングを組み合わせることでネットワーク構造を同定する手法を提案した。

(2) ネットワークの構造及び結合が一定の制約を満たす場合、孤立ノードの観測データを用いることなく非線形結合関数が同定できることを示し、さらにストリーミングデータ処理によりネットワークの構造変化を実時間ではないものの一定時間内に捉えることができるように (1) の手法の改良を行なった。

(3) 各ノードの出力が一部の状態に限られる場合に対し、(1)、(2) の手法を拡張し、各ノードの出力のみを用いてネットワーク構造の変化を検出できる手法を提案した。このことにより、(1) での実装上の障害となる仮定の多くが不要となり、より現実的な手法となっている。

以上のように、本論文を通じて非線形ネットワークシステムのネットワーク構造を同定するための新規性ある手法を提案している。観測外乱やシステムの不確かさに対するロバスト性評価やロバスト化が今後の検討課題ではあるが、ネットワーク構造の同定において新規性ある結果であり、学術的に評価できる。よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があるものと認められる。

(最終試験または試験の結果)

本学の学位規則に従い、最終試験を行なった。公開の席上（対面およびオンラインのハイブリッド）で論文発表を行い、審査委員を含む多数の国内外 出席者による質疑応答を行

なった。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行なった。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。