

令和元年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

番原 研究室	氏 名	山 田 健 太 郎
卒業研究題目	解集合プログラミングを用いた配電網問題の解法に関する考察	
<p>電力網の構成制御は、エネルギーの節約や安定した電力供給を支える重要な研究課題である。電力網は、高電圧で発電所と変電所を結ぶ送電網と、低電圧で変電所と家庭や工場といった需要家を結ぶ配電網に分類される。配電網は変電所と需要家との間で構成される電力供給ネットワークであり、その構成技術はスマートグリッドや、災害時の障害箇所の迂回構成などを支える重要な基盤技術である。</p> <p>配電網問題は、供給経路に関するトポロジ制約と、電流・電圧に関する電気制約を満たしつつ、電力の損失を最小にするスイッチの開閉状態を求めることが目的である。トポロジ制約は、短絡(供給経路上のループ、複数の変電所と結ばれる需要家)と停電(変電所と結ばれない需要家)が発生しないことを保証する。電力制約は、供給経路の各区間で許容電流を超えないこと、電気抵抗による電圧降下が許容範囲を超えないことを保証する。</p> <p>配電網問題は求解困難な組合せ最適化問題の一種であり、これまでフロンティア法を用いた解法等が提案されている。本研究ではトポロジ制約のみの配電網問題を対象とする。トポロジ制約のみの配電網問題は、与えられた連結グラフと根と呼ばれる特殊なノードから、根付き全域森を求める部分グラフ探索問題に帰着できることが知られている。以降、この問題を根付き全域森探索問題 (Spanning Rooted Forest Problem; SRFP) と呼ぶ。</p> <p>解集合プログラミング (Answer Set Programing; ASP) は、論理プログラムから派生したプログラミングパラダイムである。ASP 言語は、一階論理に基づく知識表現言語の一種であり、論理プログラムは ASP のルールの有限集合である。ASP システムは論理プログラムから安定モデル意味論に基づく解集合を計算するシステムである。近年、SAT ソルバーの技術を応用した高速な ASP システムが確立され、制約充足問題、プランニング、システム生物学、時間割問題、システム検証など様々な分野への実用的応用が急速に拡大している。</p> <p>本論文では、解集合プログラミング (ASP) を用いた根付き全域森探索問題 (SRFP) の解法について述べる。まず、根付き全域森探索問題を解く 2 種類の ASP 符号化 <code>srf1</code> と <code>srf2</code> を考案した。これらの符号化は、SRFP の制約を 7 つまたは 6 つの ASP のルールで簡潔に表現している。<code>srf1</code> 符号化は、SRFP の根付き連結制約を <code>at-least-one</code> 制約と <code>at-most-one</code> 制約で表現した基本的な符号化に対し、<code>srf2</code> 符号化は、根付き連結制約を ASP の個数制約を用いて表現している点が特長である。<code>srf2</code> 符号化は、<code>srf1</code> 符号化と比較すると基礎化後の制約数を少なく抑えることができるため、大規模な問題に対する有効性が期待できる。</p> <p>また、障害時の復旧予測への応用を狙いとした、ある初期配電網の構成からスタートして、トポロジ制約を満たした上で、一度に切り替えるスイッチの数を k 個以下に制限し、最終的に目的とする配電網の構成を得るためのスイッチの切り替え手順を求める遷移問題への拡張も行った。</p> <p>考案した符号化の有効性を評価するために、DNET (Power Distribution Network Evaluation Tool) に公開されている問題 (3 問) と、Graph Coloring and its Generalizations に公開されているグラフ問題を元に生成した問題 (82 問) を用いて、実行実験を行なった。その結果、<code>srf2</code> 符号化は、<code>srf1</code> 符号化より多くの問題を解くことに成功した。また、<code>srf2</code> 符号化はスイッチ数が 40,000 個を超えるような大規模な問題も解いており、配電網問題に対する ASP の有効性が確認できた。</p>		