平成20年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

坂部 研究室	氏　　名	野 村　太 志
卒業研究題目	制約付き木オートマトンにおける状態の階層化	

木オートマトンは積集合，和集合，補集合に閉じる性質と空問題が決定可能である性質から様々な分野で利用されている．木オートマトンでは非線形な項のインスタンスの集合などは扱うことができないが，そのような集合を扱えるように拡張した等号不等号制約付き木オートマトンがある．完全かつ決定的な等号不等号制約付き木オートマトンは積集合，和集合，補集合に閉じる．空問題については決定不能であるが，等号不等号制約付き木オートマトンの部分クラスである簡約オートマトンなどでは空問題が決定可能である．

近年，制約付き項書換え系の研究が盛んに行われている．制約付き項書換え系では意味が与えられている関数記号と与えられていない関数記号，述語記号，意味を定めるモデルが与えられる．そして，意味が与えられている関数記号と述語記号の上で制約が与えられる．等号不等号制約付き木オートマトンの制約を制約付き項書換え系で扱われているような制約に拡張した制約付き木オートマトンを構築し，積集合，和集合，補集合に閉じることや空問題が決定できれば制約の下での項の集合の包含関係の判定などに応用の幅が広がることが期待される．

そこで本論文では，制約付き木オートマトンで扱える制約を一階述語論理式に拡張し，さらに状態を2種類の関数記号に基づいて階層化することによって包含関係などを示す手法について議論する．

まず，等号不等号制約を一階述語論理式に一般化した制約付き木オートマトンの基本性質として，積集合と和集合に閉じることを示す．また完全かつ決定的ならば積集合，和集合，補集合すべてに閉じることを示す．さらに制約付き項書換え系におけるリデックスを含む集合を受理するような制約付き木オートマトンを機械的に構成する方法を示す．

次に，制約付き木オートマトンの状態を意味が与えられている関数記号，与えられていない関数記号に基づいて階層化する．そして完全かつ決定的な階層性を持つ制約付き木オートマトンが積集合，補集合に閉じることを示す．ただし，積集合に関しては状態の種類が切り替わる遷移規則にのみ制約が与えられていなければならない．積集合に閉じることを示すために，2つの階層性を持つ制約付き木オートマトンの受理集合の積集合を受理するような積オートマトンを生成する方法を示す．この方法では2つのオートマトンの状態の組み合わせを積オートマトンの状態とする．その際に状態を階層化したことによる性質から意味が与えられている関数記号のみからなる状態と意味が与えられていない関数記号が含まれている状態の組み合わせは不要である．このような不要な状態の組み合わせは除去し，状態集合と遷移規則集合が小さくなるように工夫する．和集合に関しては閉じないが，包含関係問題は，積集合と補集合に閉じていれば空問題に帰着できる．

最後に空問題の自明な十分条件として受理状態の集合が空ならばその制約付き木オートマトンの受理集合は空であるという条件の有効性を議論する．包含関係問題を帰着させた空問題では，積集合を構成する際に不要な状態の組み合わせを取り除いていくことによって，受理集合が空集合である場合が生じやすい．その例として，制約付き項書換え系の R 完全性の判定がある．R 完全性の判定は2つの集合の包含関係問題に帰着できる．しかし，この問題の決定可能性は明らかにされていない．しかし，本手法を用いることで，実用的な例で R 完全性を持つことを証明できる場合がある．その例として，0から与えられた整数までの総和を求める手続き型プログラムを定理自動証明によって検証する手法において，必要な R 完全のチェックがすべて成功する例を紹介する．