

平成29年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

関 研究室	氏 名	仙 田 涼 摩
卒業研究題目	レジスタ付き文脈自由文法に対する所属問題と空問題の計算複雑さ	
<p>有限オートマトンにデータ値を扱う機能を追加する試みが数多くなされているが、データ値間の演算を許すと非常に強い制約を課してもチューリング機械と能力が等価になってしまう。そこでデータ値間の演算を許さないことで計算能力を抑え、所属問題などの判定問題や受理言語クラスの閉包性に関して良い性質をもつようなクラスへの拡張が試みられている。その一つとして、レジスタオートマトン (register automaton, RA と略) が知られている。RA は有限オートマトンにデータ値を扱う能力を加えた、有限オートマトンの拡張モデルである。このモデルではデータ値間の演算を等号判定 (等しいか、等しくないか) のみに限定することで計算能力を抑制している。RA は所属問題および空問題が判定可能であり、その計算量も解析されている。RA はデータ値の無限集合を扱えることから、近年の大規模構造化データ (XML やグラフデータなど) に対する問合せ言語のモデルとして注目されており、木構造データに対する経路の問合せなどに適したクラスとなっているが、一方で部分木を検索するような問合せを行う能力を有していない。</p> <p>そこでRAと同様のデータ値を扱う能力に対する拡張が文脈自由文法になされ、レジスタ付き文脈自由文法 (RCFG) と呼ばれている。RCFG は文脈自由文法の非終端記号にレジスタを加えることでデータ値を扱えるよう拡張されたクラスであり、これはRAの拡張にもなっている。このような中、RCFGについても所属問題、空問題が判定可能であることが報告されているが、その計算量については知られていなかった。</p> <p>本研究では、LibkinらのRAの定義にならってRCFGの再定義を行い、RCFGおよびその部分クラスに対する所属問題、空問題の計算量の解析を行う。本論文で再定義するRCFGは、文脈自由文法の非終端記号にレジスタを付随させ、導出の際に入力データ値と非終端記号に付随したレジスタの値間の等号判定を生成規則の適用条件 (ガード) として記述できるように定義したモデルである。このように生成規則の適用条件においてデータ値の等号判定を行えるようにすることで、データ値を扱う能力を文脈自由文法に与えている。そして、以上のように定義したRCFGに対する所属問題と空問題はいずれもEXPTIME完全であること、ϵ-規則を含まないRCFGに対する所属問題はPSPACE完全であるが空問題はEXPTIME完全にとどまること、ϵ-規則を含まず非終端記号に対して生成規則の条件部が一意に定まるようなRCFGに対する所属問題はNP完全であり、空問題はPSPACE完全であること、およびレジスタ数がある定数以下のRCFGのクラスに対しては所属問題、空問題はいずれも決定性多項式時間可解であることを示す。</p> <p>一般のRCFGに対する所属問題、空問題のEXPTIME可解性については、まずデータ値集合を有限に限定した場合にRCFGと等価な言語を生成するCFGを構成できることを示し、それを利用して証明を行う。EXPTIME困難性は、多項式領域限定交代チューリング機械の所属問題 (EXPTIME完全) からの多項式時間帰着により証明する。ϵ-規則を含まないRCFGに対する所属問題のPSPACE完全の証明では、ϵ-規則を含まない場合の導出木の幅に関する性質から可解性を導き、多項式領域限定非決定性チューリング機械の所属問題 (PSPACE完全) からの多項式時間帰着により困難性を示す。ϵ-規則を含まず非終端記号に対して生成規則の条件部が一意に定まるようなRCFGに対する所属問題のNP完全の証明では、この条件下での導出中の単記号規則の数の上界が多項式になることから可解性を示し、3SAT (NP完全) からの多項式時間帰着を与えることにより困難性を証明する。</p>		