

平成30年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

関 研究室	氏 名	清水桃子
卒業研究題目	データ語書換え系のレジスタ正則保存性について	
<p>言語クラス \mathcal{L} の変換 T が正則保存性をもつとは、任意の正則言語 $L \in \mathcal{L}$ に対して、$T(L)$ も正則となることをいう。例えば、文字列言語の場合、一般化順序機械 (GSM) 逆写像やプッシュダウンシステムは正則保存性をもつこと、木言語の場合、有限状態木変換器の逆写像は正則保存性をもつことなどがよく知られている。正則保存性はモデル検査問題等、多くの問題に応用可能な重要な性質である。しかし、文字列や木はデータ値を直接表現できないので、文字列や木の正則保存性は、データ値を扱う実世界の多くのプログラムやプロトコルの検証に直接応用できない。</p> <p>有限オートマトンにデータ値を扱う能力を限定的に加えたレジスタオートマトン (register automaton, RA と略記) が知られている。有限アルファベット Σ とデータ値の無限集合 D 上のデータ語とは、Σ の記号と D のデータ値の対の有限系列 $(a_1, d_1) \cdots (a_n, d_n)$ をいう。RA はデータ値を記憶するいくつかのレジスタをもち、入力されたデータ語内の対 (a, d) を順次読んで、入力データ値 d とレジスタに記憶されたデータ値の間の比較 (ガード条件の判定) を行い、d を指定されたレジスタにロードした後、状態を遷移させる。データ言語 L を認識する RA が存在するとき、L はレジスタ正則、もしくは単に正則であるという。RA は近年、XML やグラフ等の構造化データベースに対する問合せ言語のモデルとして注目されているが、データ言語に関する正則保存性については議論されていなかった。</p> <p>本研究では、データ言語の変換モデルとしてデータ語書換え系 (Data word rewrite system, DWRS と略記) を定義し、ある仮定のもとで DWRS が正則保存性をもつことを証明した。</p> <p>本研究で導入したデータ語書換え系とは、$l = (a_1, z_1) \cdots (a_n, z_n) \rightarrow_{\psi} (b, z_1)$ の形式の書換え規則の有限集合である。ここで、$a_1, \dots, a_n, b \in \Sigma, z_1, \dots, z_n$ は変数であり、ψ は変数間の等価関係 ($z_i = z_j$) を原子命題とするブール式 (ガード式) である。データ言語 L に DWRS R の書換え規則を有限回 (0 回を含む) 適用して得られるデータ語全部の集合を $post_R^*(L)$ で表す。DWRS R が正則保存性をもつとは、「任意の正則なデータ言語 L に対して、$post_R^*(L)$ も正則となる」ことである。</p> <p>次に、RA A と DWRS R が与えられたとき、後述する仮定のもとで $post_R^*(L(A))$ を認識する RA A_R を構成する手続き $Trans^*(A, R)$ を与えた。$Trans^*(A, R)$ は、RA A における遷移列がある書換え規則 $l \rightarrow_{\psi} r \in R$ の左辺 l とマッチするとき、その右辺 r に対応する遷移を追加するという操作を、遷移が追加できなくなるまで繰り返す。そして、「上記 A_R の構成法で適用した状態遷移列において 2 番目以降でロードするデータ値は以後の動作に影響しない」という仮定のもとで、$L(A_R) = post_R^*(L(A))$ が成り立つことを証明した。</p> <p>残された課題として、上記仮定は意味論的条件であるのでそれに対する判定可能な十分条件を求めること、および、本研究で示した正則保存性を利用したセキュリティプロトコルの安全性自動検証法の考察が挙げられる。</p>		