

## 平成29年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

酒井 研究室	氏 名	岩 金 カ ナ ン
卒業研究題目	C言語サブセットから Malbolge へのコンパイラにおける配列処理の実現	
<p>難解プログラミング言語とは、プログラムの改ざん防止などのソフトウェアの保護を目的として意図的に読解が困難になるように設計されている言語である。Malbolgeはこの中でも特に難解な言語であるが、命令が非常に限定的であることや、プログラムの強制的な書き換えが行われることから読解だけでなくプログラム作成も困難である言語である。</p> <p>これまで飯澤らによって Malbolge プログラムを生成する低級アセンブラ、および低級アセンブリ言語を生成する高級アセンブラと高級アセンブリ言語が開発された。しかし、高級アセンブリ言語によって記述されたプログラムから生成された Malbolge は実行中にメモリに現れる数値列から元の高級アセンブリプログラムが復元可能であり、難読性を損なってしまうという問題があった。この問題を解決するため、河邊らによって低級アセンブリ言語に変換される制御付き疑似命令列が設計され、さらにメモリの任意の番地に格納された値に対して演算を行うことができる配列操作命令が導入された。さらに、坂梨らによってC言語に制限を設けた高級言語(C言語サブセット)から制御付き疑似命令列へ変換する手法が開発された。この手法で生成された制御付き疑似命令列では配列操作命令を用いてメモリの空き領域をスタックとして扱えるようにし、関数を再帰的に呼び出す際にローカル変数や関数の戻り先アドレスの値のPUSH/POPを実現している。しかし、この高級言語は算術演算が加算のみしか扱えないことや配列を扱えないことから複雑なアルゴリズムを扱うことは依然として困難な状態であった。</p> <p>本研究では、高級言語で配列も扱えるようにするため坂梨らによって開発されたコンパイラの改良を行うことを目的とする。また、メモリ上の配列の領域確保および解放を一括で行う必要があるため減算を行う制御付き疑似命令列を新しく考案し、それに伴い高級言語で減算を扱えるようにする。</p> <p>配列を含む高級言語から生成される制御付き疑似命令列は、主に(1)配列宣言時、(2)配列参照時、(3)関数終了時の3項目について考える必要がある。(1)は配列の大きさだけスタック領域を確保し、その後のスタックトップのアドレスを保持することで実現する。(2)はその配列のトップアドレスとインデックスから目的の要素が格納されている絶対アドレスを特定し、配列操作命令と併せて用いることでその番地に対する値の参照や代入を可能にする。(3)はその関数内で用いられていた配列に対して領域の解放(スタックトップを下げる)を行うことで実現する。以上のことはローカル配列の場合であるが、グローバル配列の場合は制御付き疑似命令列を生成する段階で領域確保やトップアドレスの保持を予め行うことで(1)の領域確保を実現する。</p> <p>また減算の実装については、現在のコンピュータで扱われている2の補数表現を用いたアルゴリズムを3進数に拡張する。これは、Malbolgeで使用可能な演算が全て3進数表記に基づくものであるためである。負の数を扱うにあたっては、各桁の反転(3進数なのでこれを trit 反転と呼ぶ)とインクリメントを行う必要がある。trit 反転においては、安藤らが開発したSAT ソルバを用いてその動作を行う制御付き疑似命令列を得る。</p>		