

コンビネータマシンの開発

5L-2

山口 学, 岡本 芳久, 森 正己, 元田 敏浩¹, 飯田 三郎
 (豊橋技術科学大学 情報工学系) (¹ 現在 NTT)

1. はじめに

D. A. Turner⁽¹⁾は, 関数型言語のオブジェクト・プログラムとしてコンビネータ式の有用性を示した. コンビネータにより表現されたプログラムは, 変数の束縛がない, 遅延評価の実現が容易である, 並列処理に向いている, などの特徴を持つ. しかし従来の計算機によるエミュレーションではデータ転送能力が不十分で, 実用化に十分な速度を得ることは難しい. 本稿ではコンビネータ式を直接評価するコンビネータマシンの開発について述べる.

2. コンビネータ

コンビネータは次のような簡約規則を持つ組み合わせ演算子である.

- S f g x \Rightarrow f x (g x)
- K x y \Rightarrow x
- I x \Rightarrow x
- B f g x \Rightarrow f (g x)
- C f x y \Rightarrow f y x

コンビネータ式は入式から簡単なアルゴリズムを用いて得られ, 入式と同等の計算能力を持つ. そして, もしコンビネータ式が正規形を持つなら正規順序簡約を行う事によって正規形に到達する. また変数がないため入計算における代入操作を必要としない.

3. Turner方式による簡約

コンビネータ式の評価は, 引数のそろったコンビネータ(リデックス)を簡約規則に従って簡約(リダクション)する事によって行われる.

Turnerの処理系は, スタックトップのリデックスに従って次のように評価を行う.

- リデックスがデータの場合, 実行を終了する.
- リデックスがポインタの場合, ポインタが指すデータをスタック上に積む.
- リデックスがコンビネータの場合, 簡約規則に従って簡約を行う. これはスタック上の引数の順序の交換で実現できる.
- リデックスがストリクト関数の場合, 引数を評価した後, 関数の値を計算する.

Turenrの処理系では, 引数の値が必要となるまで評価せず, かつ一度評価した引数は二度と評価しない.

4. ハードウェア構成

本コンビネータマシンの構成を図1に示す. 本マシンはマイクロプログラム制御方式を用い次のモジュールからなる.

- 汎用レジスタ (REG)
- ワードスクランブラ (WS)
- マイクロシーケンサ (SEQ)
- 制御記憶メモリ (WCS)
- メインメモリ (MEM)
- 4並列スタック (STK)
- 演算要求キュー (QUE)
- フリーセルプール (FCP)
- FEPインターフェース (I/F)

これらのモジュールは4つのデータを並列に転送できる4チャンネルバスA, B, Yの3本で結合されている.

Development of the Combinator-Machine

Manabu YAMAGUCHI, Yoshihisa OKAMOTO, Masaki MORI, Toshihiro MOTODA¹, Saburo IIDA
 Toyohashi University of Technology ¹ NTT

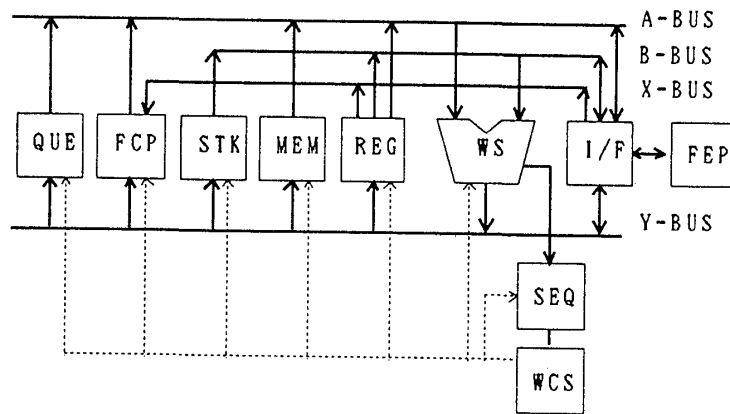


図1. 本コンビネータマシンの構成図

本マシンのメインメモリは3進セルからなり、コンビネータプログラムを2進木3進木混合方式で格納する。2進木3進木混合方式で表現したプログラムの例を図2に示す。本方式を用いた事により2進セルだけを用いたTurner方式よりポインタのアクセス回数が減少する。

本マシンの特徴であるワードスクランブラは4つの出力チャンネルがそれぞれ独立に、A、Bバスの各チャンネル、ALUの演算結果、マイクロプログラムのリテラル・フィールドの中から任意のデータを選択できる。K、Cコンビネータを簡約する場合のワードスクランブラの動作を図3に示す。

本マシンではコンビネータを簡約する場合、4並列スタックがリデックスを一度に4チャンネルバスへ出力し、ワードスクランブラが引数の順序の交換を行う事により、高速にコンビネータの簡約を実行できる。

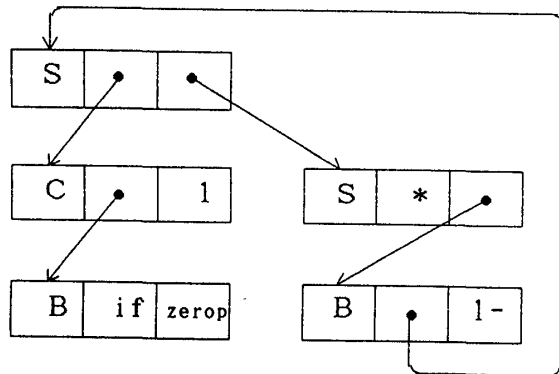


図2. 階乗の2進木3進木混合方式による表現

5. 評価とまとめ

ソフトウェア・シミュレータを作成し、いくつかのベンチマーク・プログラムの実行速度を、EWS上のC言語で直接記述した場合の実行時間と比較した。その結果、表1に示すよう実用化に十分な速度を得る事ができた。

現在、ハードウェアの設計が終了し、製作を行っている。クロックは2相5MHz、主記憶容量は32Kワード、制御記憶は96ビット長で4Kワード、使用ICは約1000個(内PLD約100個)で動作予定である。

表1. 本マシンの実行速度 (mS)

	本マシン	EWS
Fac3	0.12	0.3
Tarai4	3.16	101.6
Srev5	23.6	13.0

参考文献

(1) D.A.Turner:A New Implementation Technique for Applicative Languages. Software-Practice and Experience, Vol.9, pp.31-49(1979)

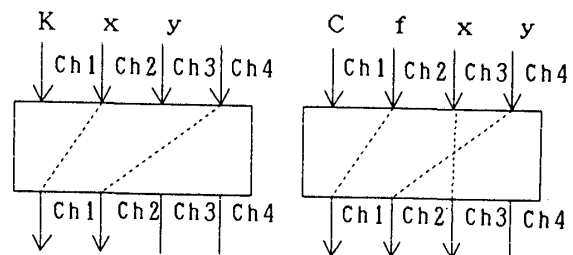


図3. ワードスクランブラの動作例