

mruby/c におけるマークスイープ GC の実装と参照カウント GC との比較

1200372 森 翔太郎 【プログラミング言語研究室】

1 はじめに

mruby/c は、組込みシステム向けに開発された、50KB 程度のメモリで実行できる Ruby 処理系である¹。組込みシステムは一般にメモリが少なく CPU も非力である。そのため、時間的オーバーヘッドや空間的オーバーヘッドが小さい方法でプログラムを処理する必要がある。また、リアルタイムアプリケーションではなるべく短い停止時間が求められる。例えば、湿温度センサ DHT11 のシリアル通信では、26 マイクロ秒の長さで送られる情報を読み取る必要がある²。mruby/c には参照カウント方式によるガベージコレクション (GC) が実装されている。参照カウント GC は被参照数を記録し、被参照数がゼロになった時にオブジェクトを解放する GC アルゴリズムである。参照カウント GC は、マークスイープ GC と比較すると、オブジェクトのサイズが大きく、プログラムの実行速度は低速であるが、最大停止時間は短い [1]。しかし、オブジェクトを解放する時に子オブジェクトの被参照数が連鎖的にゼロになることがある。このような連鎖的な解放が発生した場合には停止時間が長くなる。そこで、mruby/c における参照カウント GC の妥当性を調査した。加えてその比較対象として mruby/c にマークスイープ GC を実装した。

2 評価

参照カウント GC、マークスイープ GC をそれぞれ実装した mruby/c を 64bit と 32bit 環境の両方でプログラムの実行に必要なヒープサイズや実行時間、最大停止時間の観点から比較した。計測のためのベンチマークプログラムには、Ruby-benchmark-suite のサブセットを mruby/c 用に改変したプログラムと、二分木を生成するプログラムを用意した。二分木を生成するプログラムは、Ruby-benchmark-suite のサブセットでは評価しきれない、連鎖的な解放の際の性能を調査するために用意した。実験は以下の環境で行った。

CPU: Intel(R) Core(TM) i7-7820X CPU

OS: Ubuntu 16.04.6 LTS

コンパイラ: gcc 5.4.0

最適化オプション: -O2

必要ヒープサイズは 32bit 環境ではマークスイープ GC の方が小さいプログラムが多かった。これは、32bit 環境ではマークスイープ GC にすることでサイズが削減できたオブジェクトが多かったためである。しかしフ

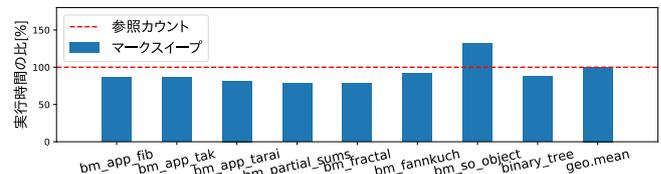


図 1 32bit 環境での実行時間

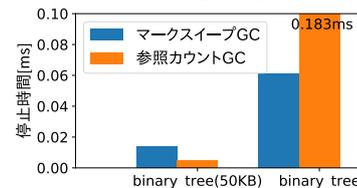


図 2 二分木ベンチマークでの停止時間の比較

ラグメンテーションの影響はマークスイープ GC の方が大きかった。32bit 環境でのプログラムの実行時間を図 1 に示す。実行時間はマークスイープ GC の方が概ね短かったが、一部のプログラムではマークスイープ GC の方が実行に時間がかかることがあった。これは GC が頻繁に実行されることが原因で、ヒープサイズを大きくすることで軽減された。図 2 は、mruby/c が想定している 50KB 程度のメモリで実行できる 82 個のノードの二分木を繰り返し作るプログラムと、3000 個のノードの二分木を繰り返し作るプログラムの最大停止時間を示している。50KB を想定した二分木の解放では、参照カウント GC の最大停止時間はマークスイープ GC より短く 26 マイクロ秒を下回っていた。3000 個のノードの二分木を解放したときの最大停止時間は参照カウント GC の方が長くなり、どちらの GC も最大停止時間が長くなることを確認した。

3 まとめ

本研究では、mruby/c における参照カウント GC とマークスイープ GC を比較した。必要ヒープサイズは 32bit 環境ではマークスイープ GC の方が小さかった。実行時間は概ねマークスイープ GC の方が短かった。最大停止時間は、多くのメモリを使うプログラムでは問題になることがあることが分かったが、mruby/c が想定するメモリ量では問題とならなかった。これらの結果から、フラグメンテーションや実行時間はプログラムによって異なったため、プログラムと実行環境に合わせて GC を使い分けるべきだと考えた。

参考文献

- [1] Stephen M. Blackburn, Perry Cheng and Kathryn S. McKinley, Myths and Realities: The Performance Impact of Garbage Collection, In Proc.ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 2004, pp.25–36

¹https://www.s-itoc.jp/activity/research/mruby/c/mruby_about/

²http://akizukidensi.com/download/ds/aosong/DHT11_20180119.pdf