

スマートフォンのプログラム実行時 の消費電力削減技術

高知工科大学 情報学群

准教授 鵜川 始陽

本技術が解決しようとする問題

計算機システムの消費電力削減

⇒ スマートフォンのバッテリー駆動時間の延長

削減の対象

- CPUで使用される消費電力を削減
- ディスプレイやWiFiの消費電力削減は対象外
 - これらの技術とは併用可能

従来技術とその問題点

- 計算をしていない時にCPUをスリープさせる
- 負荷が小さいときにCPUの動作周波数を下げる
 - ⇒ 常に計算する必要がある場合は効果なし
- バッテリーが少なくなるとCPUの動作周波数を下げる
 - ⇒ 計算が遅くなり使用感が低下

本技術の効果

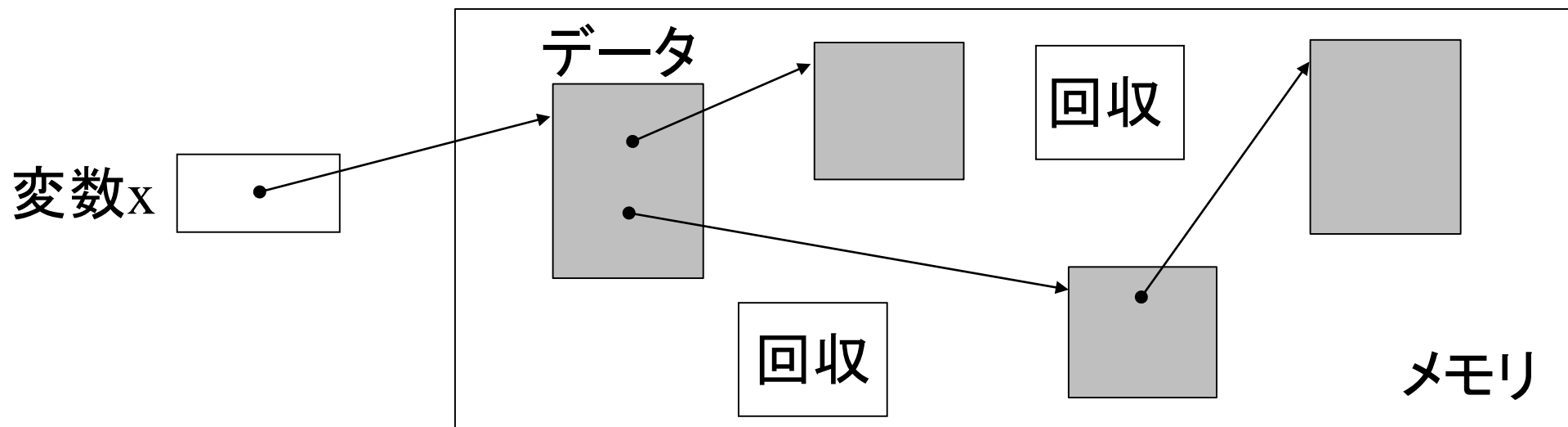
- 計算中の消費電力を削減
- 実行が遅くなりにくい
- 実装が容易
 - 実行基盤である仮想機械(AndroidではDalvik VMやART)のみの変更
 - OSと個別のアプリケーションは変更なし

本技術の特徴

- ガベージコレクション実行時だけCPUの動作周波数を下げる
 - ガベージコレクションはCPUの動作周波数を変化させても実行速度が変化しにくい
⇒ 実行が遅くなりにくい
 - ガベージコレクションは仮想機械の機能
⇒ 原理的には仮想機械だけの変更

ガベージコレクション

- 使わなくなったデータが占めるメモリを自動的に回収して再利用する機能
- プログラム中の変数から参照をたどって到達できるデータだけを残し，それ以外を回収



ガベージコレクションの特徴

- メモリアクセスの局所性が悪い
 - ⇒ キャッシュミスの頻度が高い
 - 実際に参照をたどって到達可能データを探す
- 一定量のメモリを割当てると発生
 - ⇒ 定常状態では定期的に発生
- まとまった量の処理
 - ⇒ 効果が期待できる

キャッシュミス

- キャッシュミスするとメインメモリのアクセスが発生する
- メモリアクセスの完了まで CPU は先の(依存する)命令を実行できない
 - 待ち時間も電力を消費
- キャッシュミスが多いとCPUの動作周波数を上げても速くなりにくい

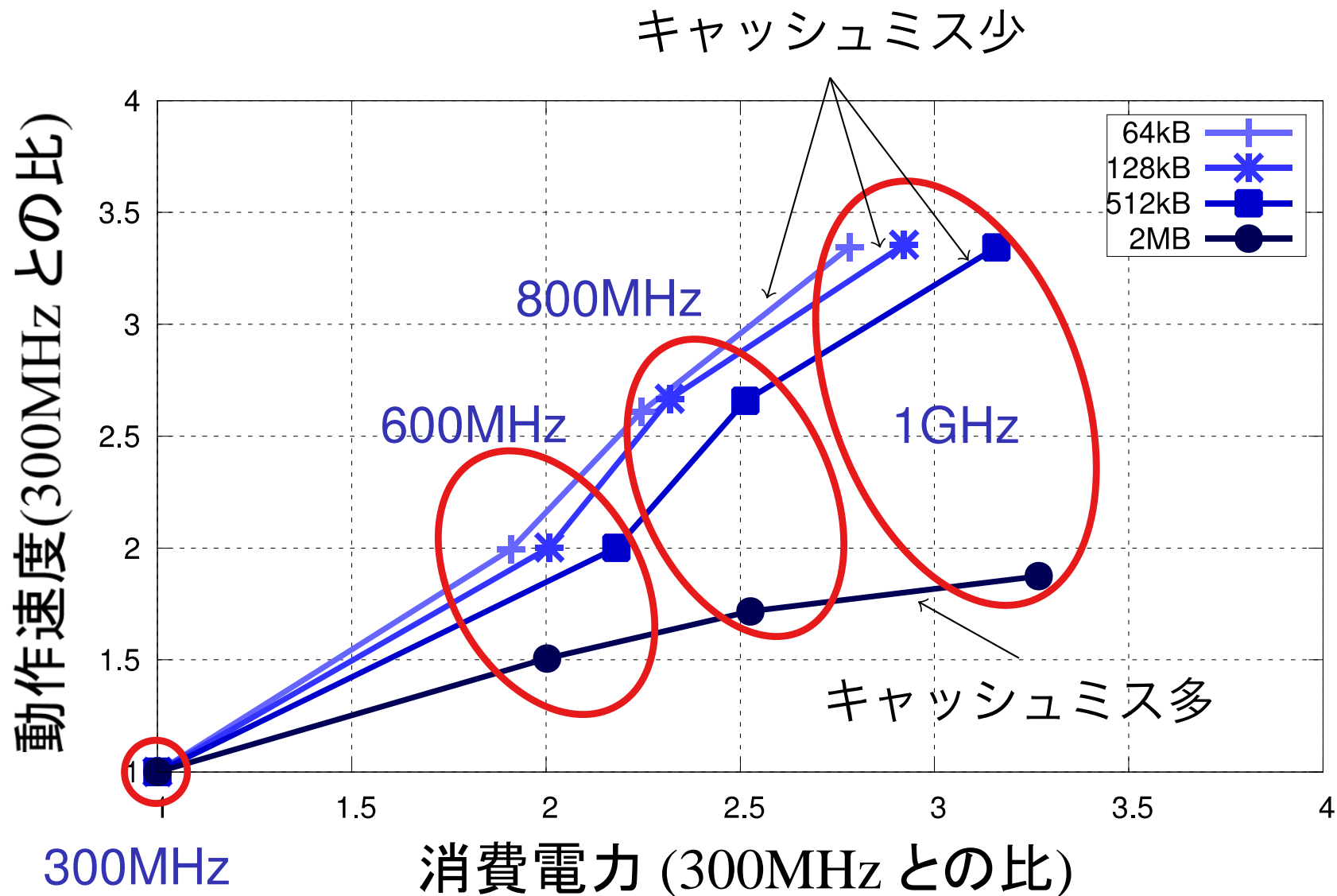
予備実験

キャッシュミスが頻繁に起こるとき、高い動作周波数で実行しても速くならないことを確認

- 一定の範囲にランダムアクセス
 - アクセス範囲: 64kB, 128kB, 512kB 2MB
- 動作周波数: 300MHz~1GHz
- 実験装置:
Pandaboard (キャッシュ L1 32Kb/L2 1MB)

橘田頼之, 鵜川始陽, 岩崎英哉:「携帯端末における仮想機械でのCPU周波数抑制による消費電力の削減」, プログラミングシンポジウム発表資料より

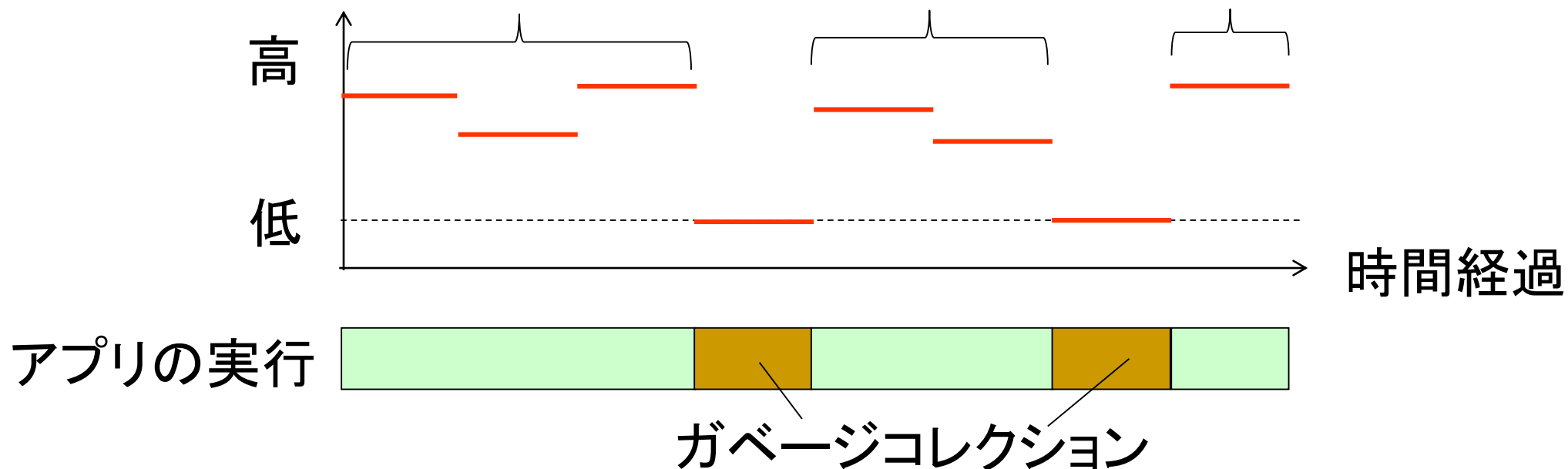
予備実験 (結果)



本技術の仕組み

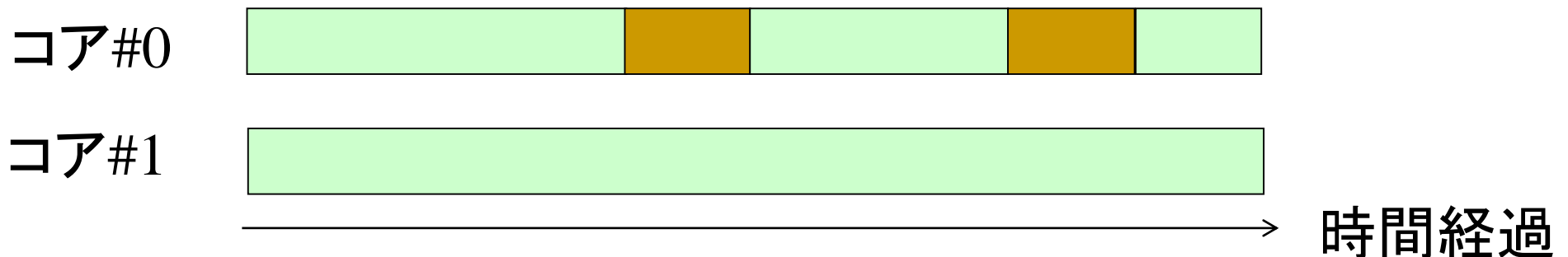
- ガベージコレクション実行中だけ動作周波数を抑制
 - OS のインタフェースを介して DVFS を利用

動作周波数 ガベージコレクション中以外は既存手法で周波数管理



マルチコアへの応用例

- ガベージコレクションをスレッドとして動作
 - 現在の一般的な構成 (concurrent GC)
- ガベージコレクションを特定のCPUコアで動作させる
- ガベージコレクションをするCPUコアだけ動作周波数を下げる



実験

- 実験環境
 - Pandaboard
 - CPU OMAP4430 1GHz (1コアのみ使用)
 - キャッシュ: L1 = 32kB, L2 = 1MB
 - Android バージョン4(Dalvik VM)
- ベンチマークプログラム
 - DaCapo ベンチマーク集を移植



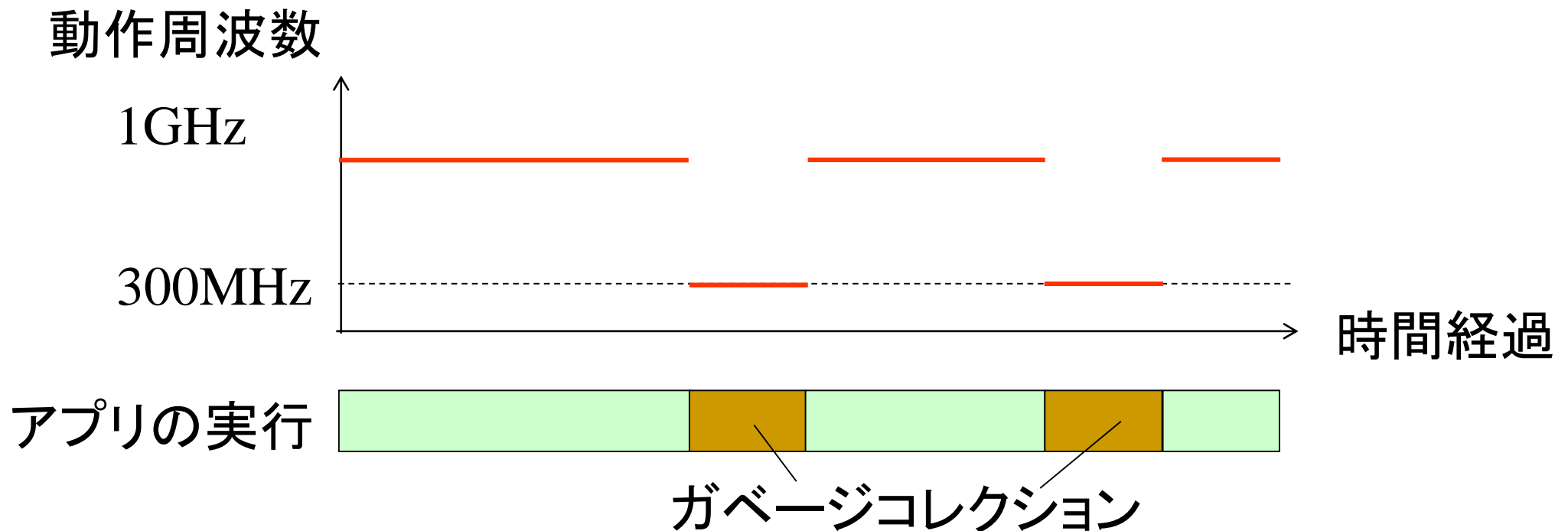
橘田頼之, 鵜川始陽, 岩崎英哉:「携帯端末における仮想機械でのCPU周波数抑制による消費電力の削減」, プログラミングシンポジウム発表資料より

評価方法

- 2つの実行で消費電力を比較
 - 実行A:
 - GC中の動作周波数300MHz
 - それ以外の動作周波数1GHz
 - 実行B (仮想的な実行の期待値):
 - 実行Aと丁度同じ時間で同じ量の計算が終わるように動作周波数を300MHzと1GHzとをランダムに切り替えたときの期待値

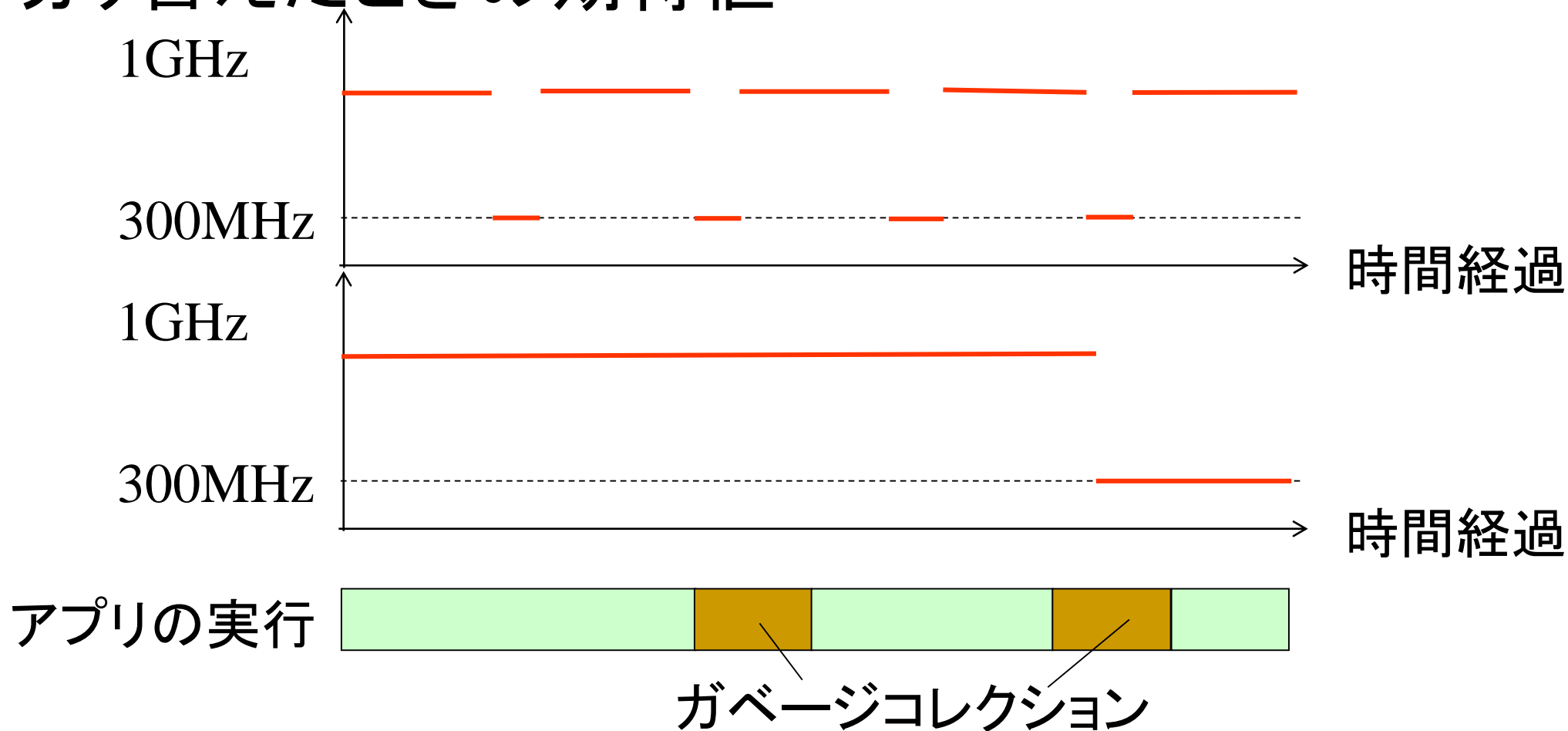
実行A

- GC中の動作周波数300MHz
- それ以外の動作周波数1GHz



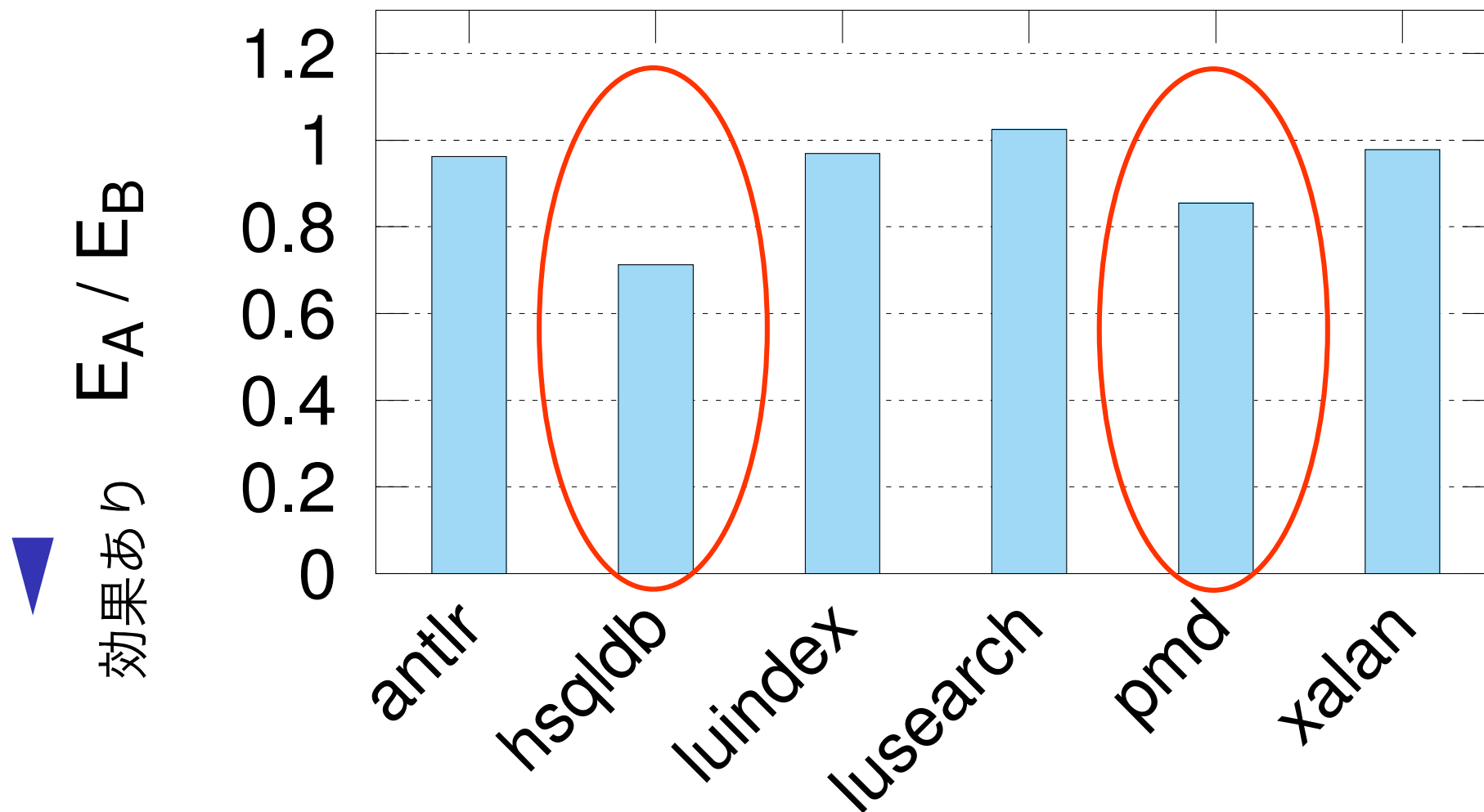
実行B

- 実行Aと丁度同じ時間で同じ量の計算が終わるように動作周波数を300MHzと1GHzとをランダムに切り替えたときの期待値



実験結果

L2キャッシュ(2MB)より大きなメモリを使うプログラムで効果有り



現状の課題

- ユーザーインターフェースや割込みへの反応時間
- 他の動作周波数を変更する仕組みとの共存
- 現実的な環境での実証実験
 - 特に現実のアプリケーション

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 電子機器、制御方法、及び、プログラム
- 出願番号 : 特願2013-272936
- 出願人 : 電気通信大学
- 発明者 : 鵜川始陽、橘田頼之、岩崎英哉

お問い合わせ先

高知工科大学

研究連携部 社会連携課

TEL 0887-57-2025

FAX 0887-57-2026

e-mail org@ml.kochi-tech.ac.jp