

富士通のPCクラスタに対する 取り組み

2015.12.17

(株)富士通研究所

中島 耕太

nakashima.kouta@jp.fujitsu.com

■ HPCシステムの電力消費

- 現在の京コンピュータの消費電力: 12.7MW (Linpack走行時)
- エクサ級システムでは電力消費が大きな課題に

■ Green 500 (2015.11現在)

- 2015.11現在、最高の電力効率: 7.031GFlops/W
- 最高の電力効率でも1EFlops実現のためには142MW必要

Rank	MFLOPS/W	Site	Computer
1	7,031.58	Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)	Shoubu
2	5,331.79	GSIC Center, Tokyo Institute of Technology	TSUBAME-KFC
3	5,271.81	GSI Helmholtz Center	ASUS ESC4000 FDR/ AMD FirePro S9150

電力あたり性能を高めることが重要な課題

■ 主流の手法

- 周波数の低いコアをたくさん並べる (GPU/メニーコア)

NVIDIA K80



562MHz/4992Cudaコア

Xeon Phi 5110P



1.053GHz/60コア

■ 効率を高める

- 水冷
- 液浸 (油浸・フロリナート)
- 水没コンピュータ (NII)

他の手法は考えられないか？

■ これまでの主流の考え方

効率よく動かす

効率よく冷やす

「装置全体」を単位とした効率化

■ もう少し細かい粒度での効率化を考えられないか？

- ジョブ単位
- プロセス単位
- 関数単位



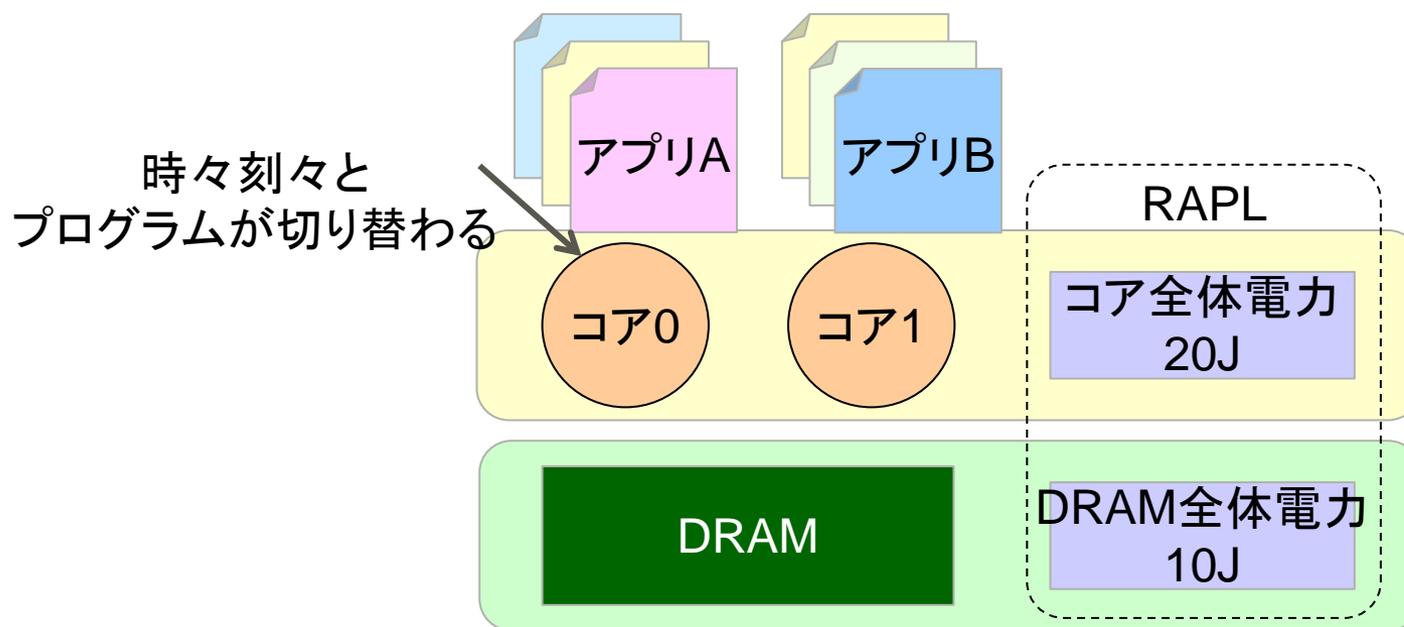
電力平準化ジョブ配置
電力課金
電力チューニング

プログラムと電力の関係を把握できれば
細かい粒度での効率化が実現可能に

プログラムの電力を把握するために

■ 電力の計測: Intel RAPLを利用

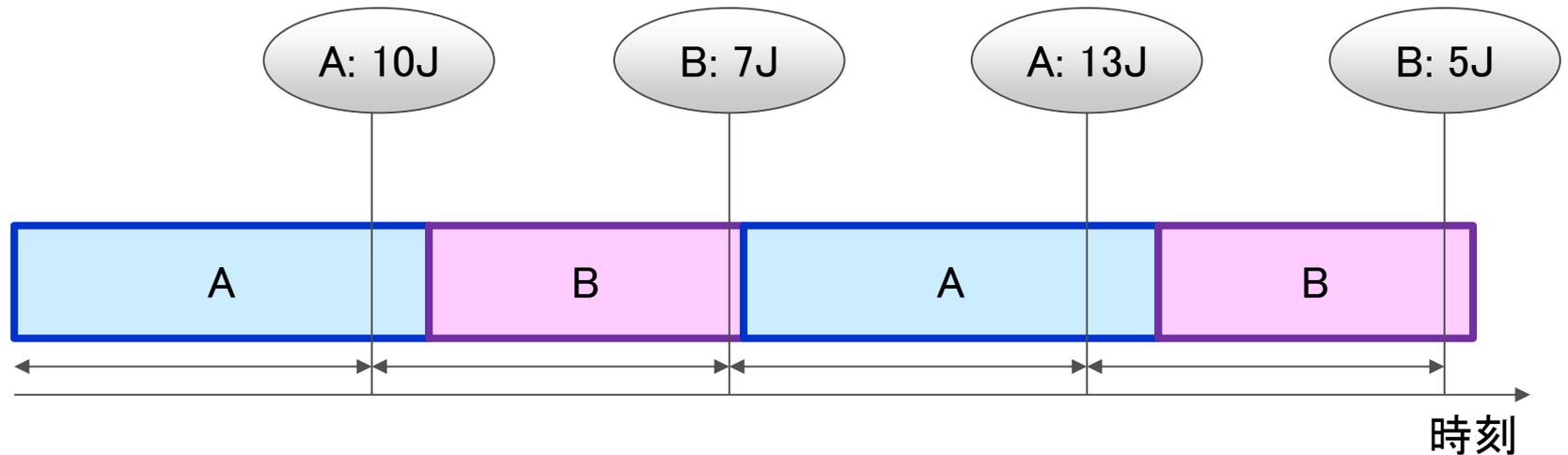
- CPUやメモリが消費した積算電力を取得可能
- 全部のコアの合計電力と全メモリの合計電力が取得可能



■ プログラムの電力との関連付け

- 時々刻々と変化するプログラムとの関連付け
- それぞれのコアの上で動作するプログラムとの関連付け

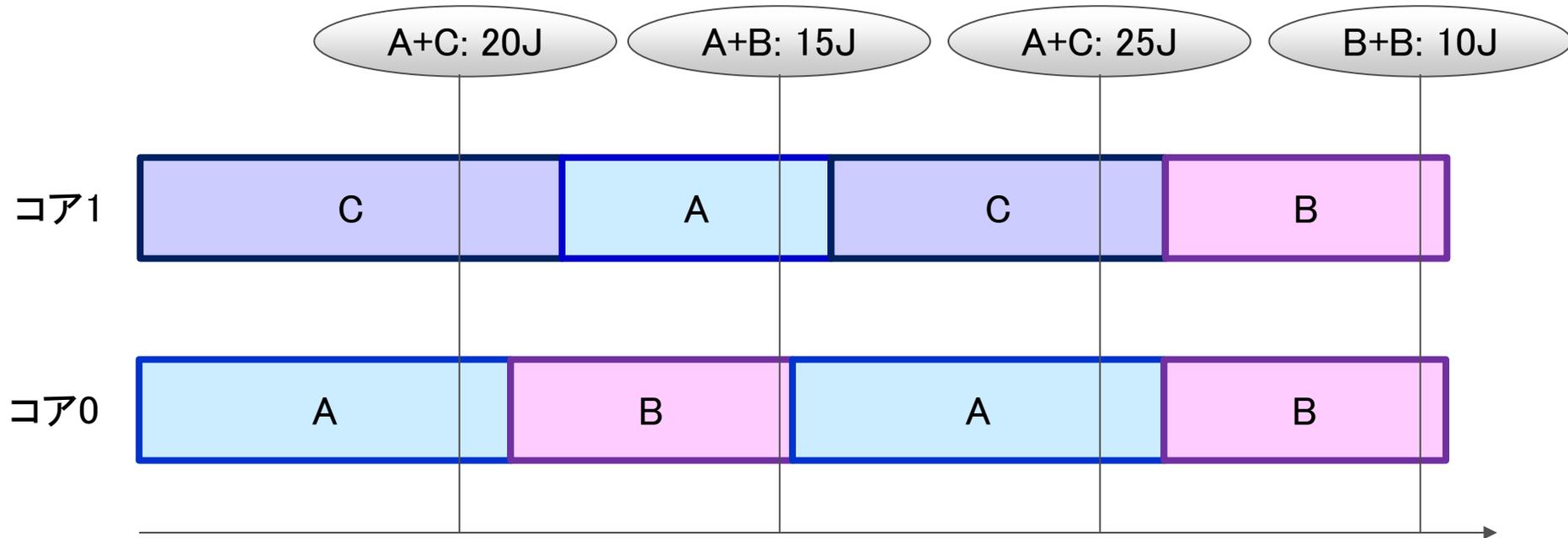
- 一定時間ごとに割り込みを発生
- 割り込み時に走行していたプログラムに当該区間の電力を割り当て



プログラム	消費電力
A	23
B	12

複数のコアでプログラムが走行する場合

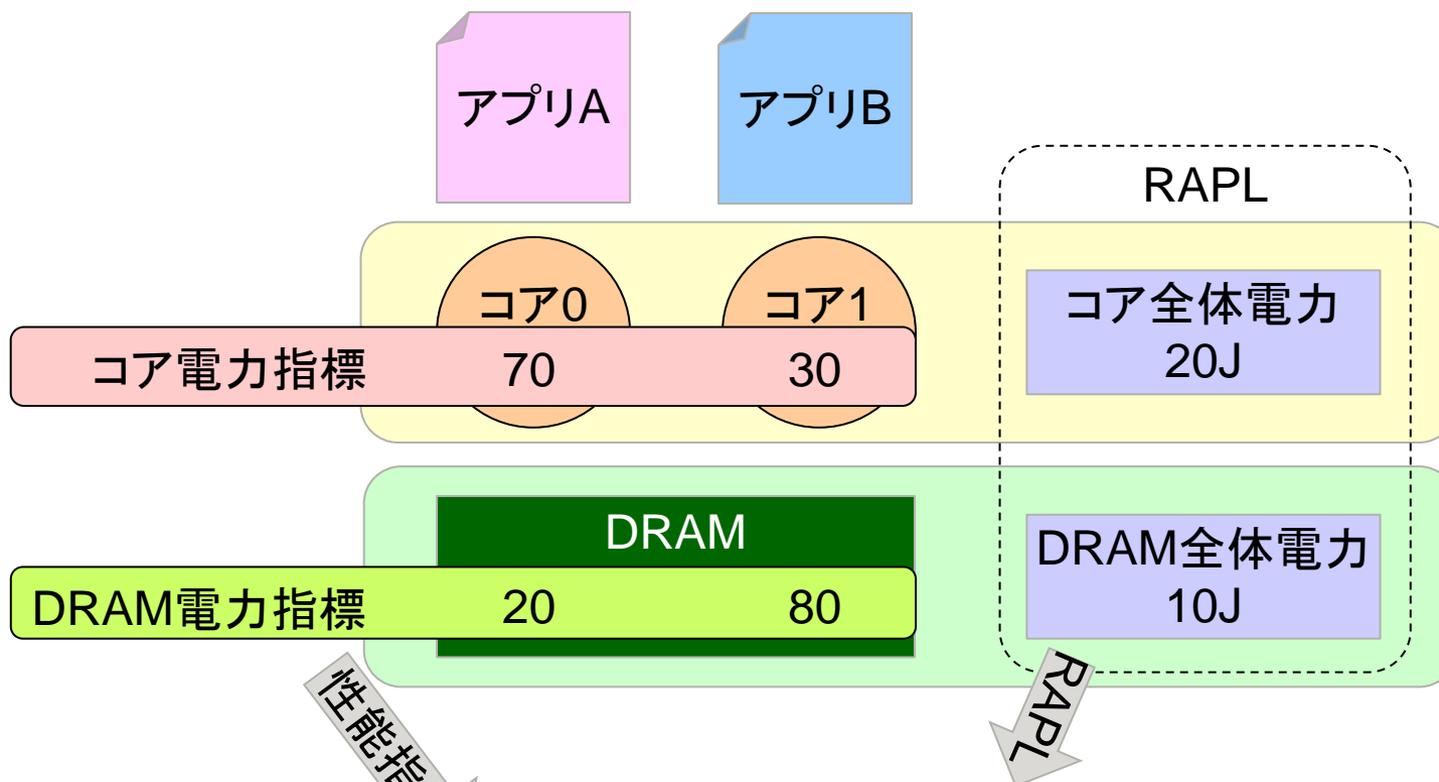
- コア0/1で消費した合計電力は計測できる
- 個別の電力は直接計測できない



プログラム	消費電力
A	??
B	??
C	??

電力のコア毎の分配

- 電力と相関の高い「指標」を使ってコア毎に配分



	アプリA	アプリB
コア	14J	6J
DRAM	2J	8J

具体的な分配例

- CPU電力に相関の高い性能指標
 - C0: C0 stateで動作したclock数
 - LLC_MISS: L3ミス数
 - L2_TRANS: L2へのデータ転送数

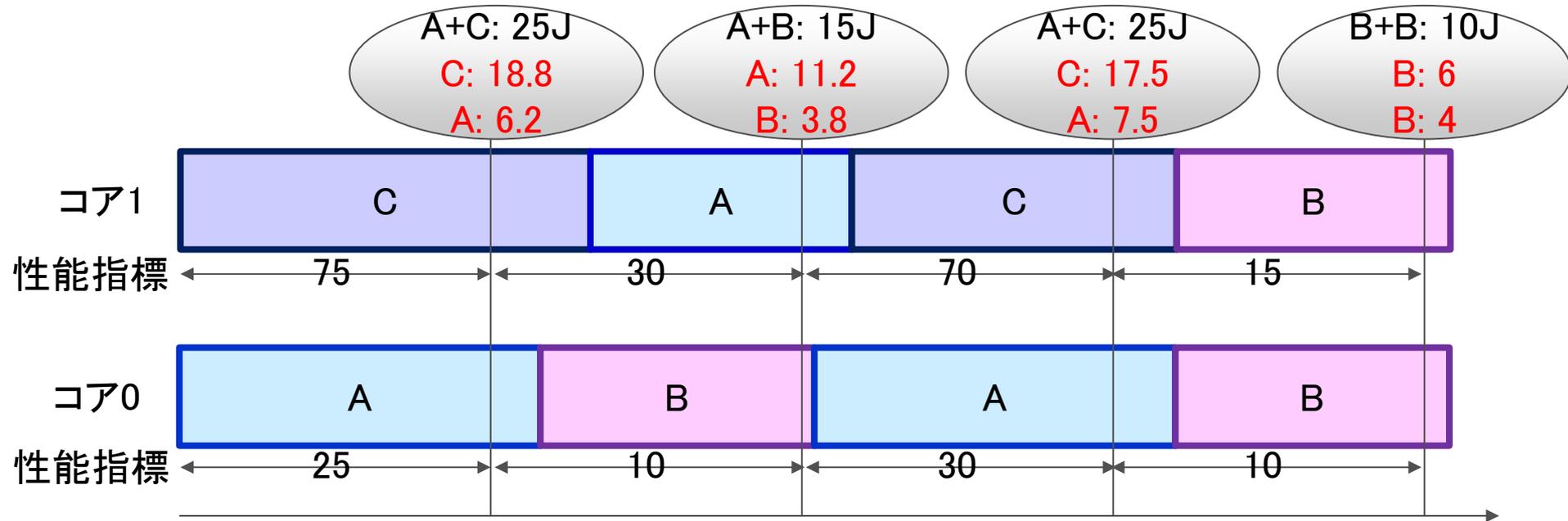
指標の一例

$$(\text{性能指標}) = C0 * 24.6 + LLC_MISS * 116 + L2_TRANS * 384$$

- アーキテクチャ毎にプログラムセットを走行させ「指標」を算出
 - 精度向上のためにプログラムセットを拡充中
 - 各種アーキテクチャ対応も進める

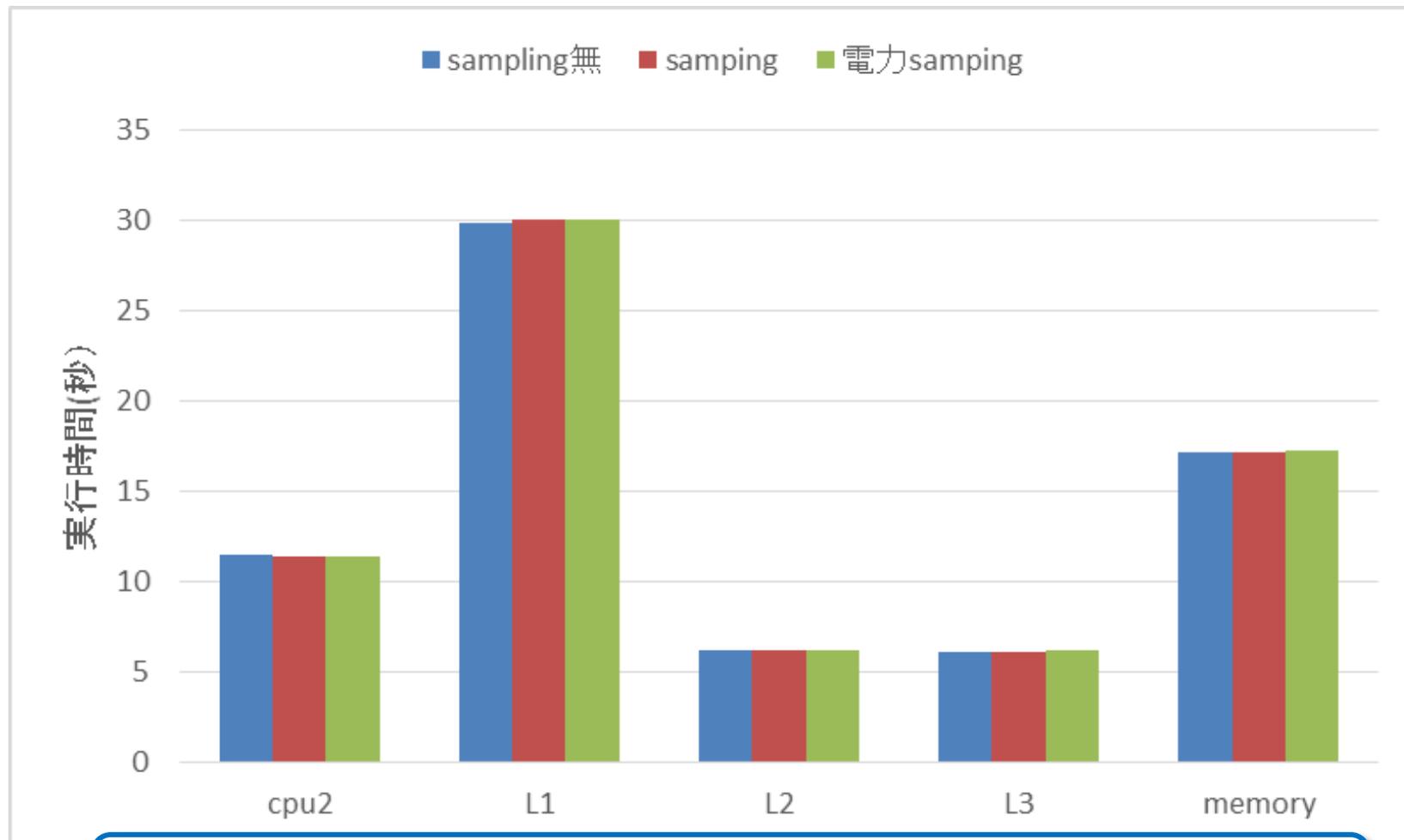
電力と相関の高い性能指標で分配

- 電力と相関の高い性能指標を測定
- 精度を高めるために複数の指標を組み合わせて利用



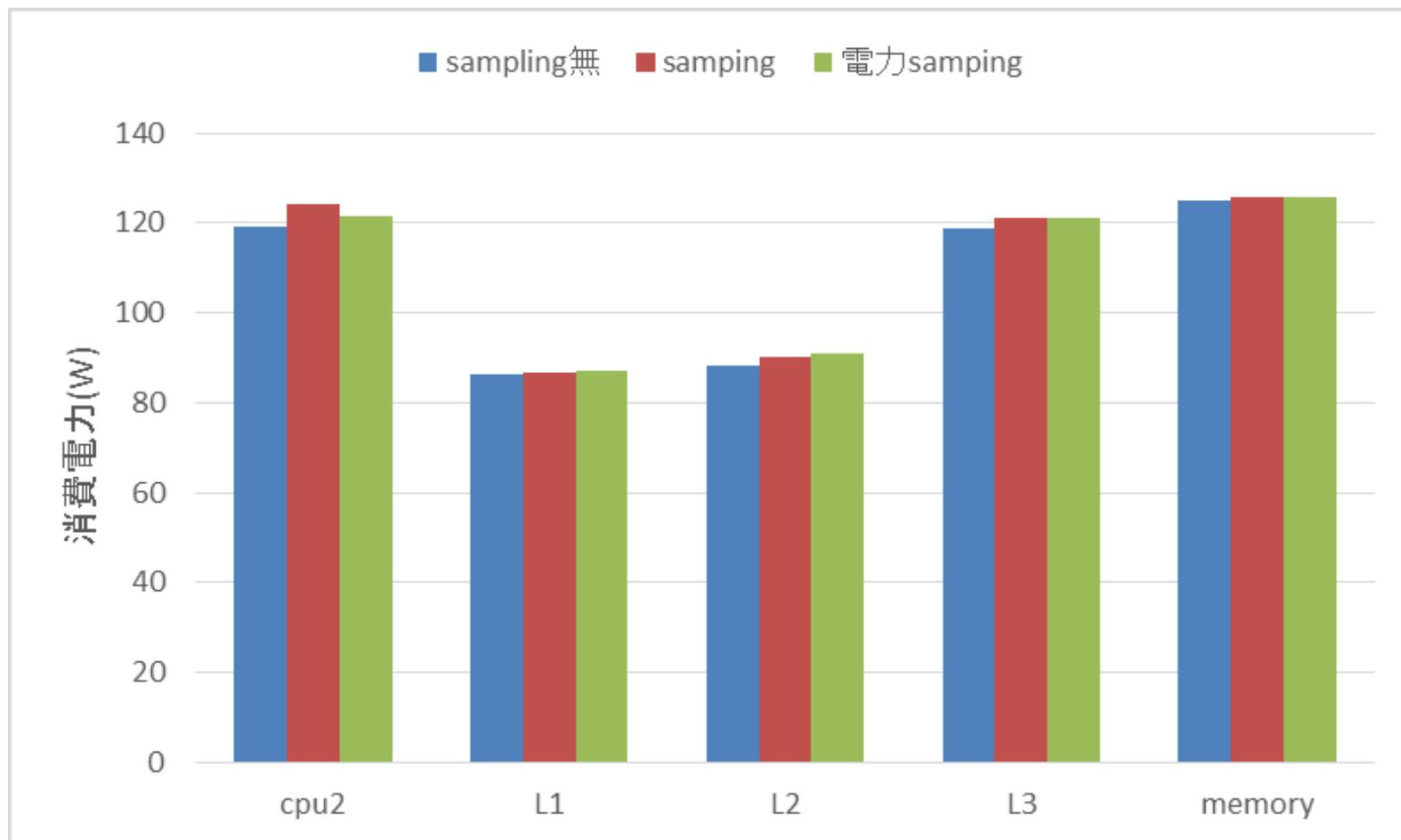
プログラム	消費電力
A	24.9
B	13.8
C	36.3

■ 電力サンプリングの実行時間のオーバーヘッドは1%程度



ほとんど性能を落とすことなく電力情報を取得可能

■ 電力サンプリングの消費電力オーバーヘッドは0～3%程度



ほとんど電力を増やすことなく電力情報を取得可能

- プログラムの消費電力を把握する技術を開発
 - 時系列のプログラム変化と消費電力の関連付け
 - 走行するコアとプログラムの消費電力の関連付け
- 低オーバーヘッドでの電力情報採取に成功

- 今後の展望
 - 精度を高めるための電力採取方法の改良
 - 各種アーキテクチャへの対応

プログラムの電力を正確かつ簡単に把握することで
プログラム観点からの電力最適化実現を目指す



FUJITSU

shaping tomorrow with you