

3.2 第13回情報シナジー研究会

平成27年3月2日に開催された「第13回情報シナジー研究会」における講演の内容を掲載する。

第13回 情報シナジー研究会

東北大学サイバーサイエンスセンターでは、先端的情報技術の研究発表と情報交換を目的として情報シナジー研究会を企画・開催しております。今般、第13回研究会を下記の要領で開催致しますので、奮ってご参加下さい（参加申し込み・予約等は必要ありません）。

日時：平成27年3月2日（月） 10:00-12:30

会場：サイバーサイエンスセンター・本館5階・講義室

プログラム：

- 開会
- 発表

10:00-10:30

スーパーコンピュータシステムSX-ACEと活用事例の紹介

山下 毅⁽¹⁾, 大泉 健治⁽¹⁾, 齋藤 敦子⁽¹⁾, 小野 敏⁽¹⁾, 撫佐 昭裕⁽²⁾⁽³⁾, 江川 隆輔⁽²⁾, 小林 広明⁽²⁾

⁽¹⁾ 東北大学情報部情報基盤課, ⁽²⁾ 東北大学サイバーサイエンスセンター, ⁽³⁾ NEC

10:30-11:00

Card-Based Cryptographic Protocols for Two-Bit Output Functions

シャリファ アルジュニド⁽¹⁾, 西田 拓也⁽²⁾, 林 優一⁽²⁾, 水木 敬明⁽³⁾, 曾根 秀昭⁽³⁾

⁽¹⁾ 東北大学工学部, ⁽²⁾ 東北大学大学院情報科学研究科, ⁽³⁾ 東北大学サイバーサイエンスセンター

11:00-11:30

時系列の画像・深度情報を用いた複数の物体の領域抽出

菅原 勝也⁽¹⁾, 阿部 亨⁽²⁾, 菅沼 拓夫⁽²⁾

⁽¹⁾ 東北大学大学院情報科学研究科, ⁽²⁾ 東北大学サイバーサイエンスセンター

11:30-12:00

心電図計測不要の補助人工心臓の心拍同期制御

廣橋 義寛⁽¹⁾, 田中 明⁽²⁾, 吉澤 誠⁽³⁾, 杉田 典大⁽¹⁾, 阿部 誠⁽¹⁾, 白石 泰之⁽⁴⁾, 三浦 英和⁽⁴⁾, 山家 智之⁽⁴⁾

⁽¹⁾ 東北大学大学院工学研究科, ⁽²⁾ 福島大学共生システム理工学類, ⁽³⁾ 東北大学サイバーサイエンスセンター, ⁽⁴⁾ 東北大学加齢医学研究所

12:00-12:30

Refactoring of HPC Applications with User Knowledge

Chunyan Wang⁽¹⁾⁽²⁾, Shoichi Hirasawa⁽¹⁾⁽²⁾, Hiroyuki Takizawa⁽¹⁾⁽²⁾, Hiroaki Kobayashi⁽³⁾

⁽¹⁾ 東北大学情報科学研究科, ⁽²⁾ JST CREST, ⁽³⁾ 東北大学サイバーサイエンスセンター

- 閉会

問合せ・連絡先： 東北大学情報部情報基盤課

Tel. 022-795-3407

スーパーコンピュータシステムSX-ACEと 活用事例の紹介

山下 毅⁽¹⁾, 大泉 健治⁽¹⁾, 齋藤 敦子⁽¹⁾, 小野 敏⁽¹⁾,
撫佐 昭裕⁽²⁾⁽³⁾, 江川 隆輔⁽²⁾, 小林 広明⁽²⁾

⁽¹⁾ 東北大学情報部情報基盤課, ⁽²⁾ 東北大学サイバーサイエンスセンター, ⁽³⁾ 日本電気株式会社

概要：東北大学サイバーサイエンスセンターは、全国共同利用設備として大規模科学計算システムの整備と、HPCIの資源提供機関としての役割を担っている。本発表では、2015年2月に運用を開始した本センターの主力計算機である、新ベクトル型スーパーコンピュータ SX-ACE と、その運用方針および活用事例について紹介する。

スーパーコンピュータシステムSX-ACEと 活用事例の紹介



東北大学 情報部 情報基盤課

○山下 駿 大泉健治 齋藤敦子 小野敏
東北大学 サイバーサイエンスセンター, NEC
撫佐昭裕

東北大学 サイバーサイエンスセンター スーパーコンピューティング研究部
江川隆輔 小林広明

© Tohoku University Cyberscience Center 1 第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

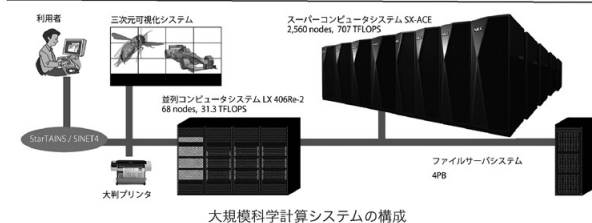
発表内容

1. 大規模科学計算システムの概要
2. 新スーパーコンピュータ SX-ACE の紹介
3. 新システムの運用方針
4. 活用事例
5. まとめ



© Tohoku University Cyberscience Center 2 第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

1. 大規模科学計算システムの概要



- スーパーコンピュータ SX-ACE 並列コンピュータ LX 406Re-2
2種類の計算機（ベクトル型、スカラ型）を提供
- ファイルサーバシステム
大規模データの高速ファイル/O環境を提供
- 三次元可視化システム
シミュレーション結果の三次元立体的視環境を提供

© Tohoku University Cyberscience Center 3 第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

2.1 スーパーコンピュータシステムの性能比較

2. SX-ACEシステムの紹介

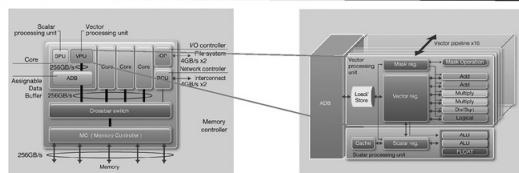
SX-9とSX-ACEの性能比較

	性能	SX-9	SX-ACE	性能向上比
CPUあたり	コア数	1個	4個	4倍
	理論最大演算性能	118.4GFLOPS	276GFLOPS	2.3倍
	最大ベクトル演算性能	102.4GFLOPS	256GFLOPS	2.5倍
	メモリバンド幅	256GB/sec	256GB/sec	1倍
システムあたり	ADB	256KB	1.024KB/コア × 4	1.6倍
	CPU数	288個	2,560個	8.9倍
	理論最大演算性能	34.1TFLOPS	706.6TFLOPS	20.7倍
	最大ベクトル演算性能	29.5TFLOPS	655.4TFLOPS	22.8倍
サービス環境 (2015年夏以降)	メモリ容量	18TB	160TB	8.9倍
	ノード数	64	1,024	1.6倍
	並列数	64	4,096	64倍
	理論最大演算性能	7.6TFLOPS	282.6TFLOPS	37倍
	最大ベクトル演算性能	6.6TFLOPS	262.1TFLOPS	40倍
	メモリ容量	4TB	64TB	1.6倍

© Tohoku University Cyberscience Center 4 第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

2.2 SX-ACE ベクトルプロセッサの概要

2. SX-ACEシステムの紹介



SX-ACEマルチコアプロセッサ

ベクトルプロセッシングユニット

- 高いメモリ転送速度
1CPUあたり256GFLOPSの演算性能に対して、256GB/secのメモリ転送速度 → 1B/F
・1コアのみ利用時でも256GB/secのメモリ転送速度が利用可能 → 4B/F
- ADB (Assignable Data Buffer) の容量拡大
1コアあたり1MBのADBを搭載 (SX-9では256KB)
- メモリレイテンシの短縮、冗長なメモリアクセスの削減
- 短ベクトル長ループ、間接参照の高実行効率化

© Tohoku University Cyberscience Center 5 第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

2.3 言語・ライブラリ・高速化支援ツール

2. SX-ACEシステムの紹介

SX-ACEで利用可能なプログラミング言語と数値演算ライブラリ

言語・ライブラリ	コンパイラ名 ライブラリ名	対応規格・環境
Fortran 90/95	FORTRAN/SX	ISO/IEC 1539-1:1997 準拠 自動ベクトル化、自動並列化、OpenMP対応
Fortran 2003	NEC Fortran 2003 コンパイラ	ISO/IEC 1539-1:2004 準拠 自動ベクトル化、自動並列化対応、OpenMP対応予定
C/C++	C++/SX	ISO/IEC 9899:1999 C 準拠 ISO/IEC 14882:2003 C++ 準拠 自動ベクトル化、自動並列化、OpenMP対応
MPIライブラリ	MPI/SX	MPI 3.0 準拠
科学技術計算ライブラリ	ASL ASLSTAT MathKern	数値計算ライブラリ 統計計算ライブラリ 数学ライブラリ集 (BLAS, LAPACK, SciLAPACKを含む)

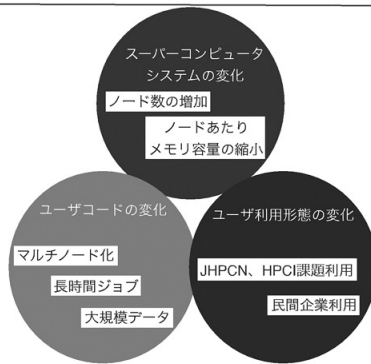
SX-ACEで利用可能な性能解析ツール

性能解析ツール	機能
PROGNF	プログラム実行解析情報 プログラム全体の平均ベクトル長、ベクトル演算率、 バンクコンフリクト発現などを表示
FTACE	関数性能解析情報 プログラム単位（サブルーチン・関数・ユーザ指定範囲）毎の 性能情報を表示
Trace Viewer	GUIインターフェース FTACE結果に基づき、性能情報をGUI表示 スレッド・MPIプロセス並列時のボトルネックを表示

© Tohoku University Cyberscience Center 6 第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

3.1 システムと利用形態の変化

3.新システムの運用方針



システムの効率的な運用を目指す



© Tohoku University Cyberscience Center

7

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

3.2 従来システムの課題と解決策

3.新システムの運用方針

課題1 課金先 (JHPCN課題、HPCI課題、校費等) を分ける場合
利用者番号の使い分けが必要

解決策 「プロジェクトコード」の導入、バッチジョブ投入方法の変更
→ 同一利用者番号から、複数の請求先の使い分けが可能に

課題2 利用負担金制度が複数ノードの利用に対応しない

解決策 利用ノード数に応じた負担金制度への改定
→ PC環境からの移行、コードのMPI化の促進、大規模並列化の促進

課題3 ジョブ実行・利用負担金の計画が立てられない

解決策 「占有利用」制度の導入
→ ジョブの実行待ち時間の短縮、請求金額の明確化、民間企業利用の促進



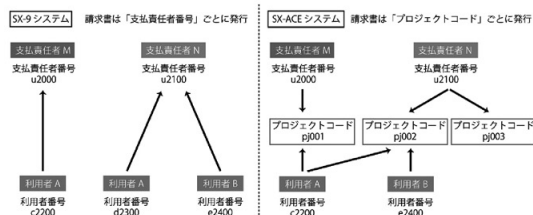
© Tohoku University Cyberscience Center

8

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

3.3 プロジェクトコードの導入

3.新システムの運用方針



プロジェクトコードの導入による利用者と請求先の関係

- 1つの利用者番号から、複数のプロジェクトコードに対してジョブの投入が可能
利用者環境を切り替える必要が無い
課金先 (請求先) の使い分けが可能
- プロジェクトコードによる予算管理
投入可能リソース、課題利用期間の管理が容易



© Tohoku University Cyberscience Center

9

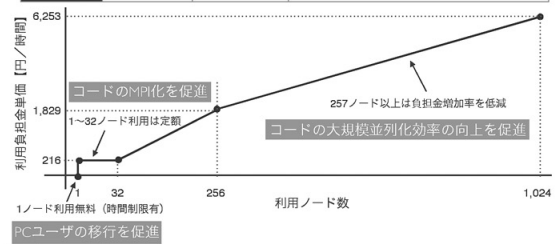
第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

3.4 SX-ACEシステムの利用負担金 (1)

3.新システムの運用方針

SX-ACEシステムの利用ノード数と利用負担金 (大学・学術利用) 【共有利用】

利用ノード数	経過時間制限※	最大メモリサイズ	利用負担金単価【円/秒】
1	あり	60GB	無料
1~32	なし	1,920GB	0.06
33~256	なし	15TB	(利用ノード数 - 32) × 0.002 + 0.06
257~1,024	なし	60TB	(利用ノード数 - 256) × 0.0016 + 0.508



© Tohoku University Cyberscience Center

10

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

3.5 SX-ACEシステムの利用負担金 (2)

3.新システムの運用方針

SX-ACEシステムの利用ノード数と利用負担金 (大学・学術利用) 【占有利用】

利用ノード数	最大メモリサイズ	利用期間	利用負担金単価【円】
32	1,920GB	3ヶ月	400,000
		6ヶ月	720,000
64	3,840GB	3ヶ月	720,000
		6ヶ月	1,300,000
128	7.5TB	3ヶ月	1,300,000
		6ヶ月	2,340,000

- 占有利用方式の利点
利用者 : 契約ノード数までジョブが優先的に実行・負担金額が固定
センター : 研究を推進するための計算機リソース提供・民間企業利用の促進



© Tohoku University Cyberscience Center

11

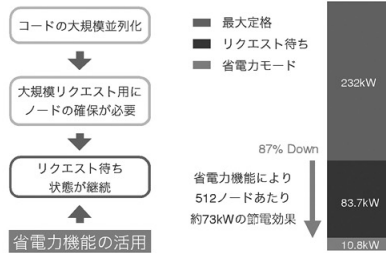
第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

3.6 効率的な運用と省電力

3.新システムの運用方針

・新システムの運用開始から2ヶ月間

- 1月 8日～ HPCI課題先行利用 (最大512ノード)
- 2月20日～ 一般利用 (最大64ノード)



クラスタ #3 (512ノード) での電気使用量

省電力機能:
ノードに対するリクエストが無い状態が一定時間続くノードが停止・省電力モードに移行する。
4時間のアイドル後、スタンバイ状態になり、リクエストがあるとノードが再起動、約5分後にリクエストが実行される。



© Tohoku University Cyberscience Center

12

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

4.1 リアルタイム津波浸水・被害予測シミュレーションシステムの概要

4. 活用事例

- 目的**
- 東日本大震災における教訓を踏まえ、世界最先端のシミュレーション・センシング・ICTを融合し、迅速かつきめ細やかな被害情報の推計・把握と配信によるG空間防災モデルを構築
 - モデルの一つが、リアルタイム津波浸水・被害予測・災害情報配信による自治体の減災力強化の実証事業
- 目標**
- 沿岸部10mメッシュ分解能での「世界初」のリアルタイム津波浸水予測とG空間情報の活用による建物被害予測を、地震発生から20分以内を目安に完了させ、実証自治体での災害対応の基盤情報に組み込み、準天頂衛星からのメッセージ送信や災害に強いワイヤレスネットワークを活用し、ユーザに対して確実に情報を配信

センターの役割

東北大学災害科学国際研究所、理学研究科、サイバーサイエンスセンター
日本電気株式会社、国際航業株式会社、が参画

その1：津波浸水予測

地震の発生後20分以内を目安に浸水予測が可能であることを実証。そのために、シミュレーションプログラムの最適化と、有事におけるスーパーコンピュータの優先利用が確実に入ることを実証

その2：被害予測

リアルタイム浸水予測結果から、浸水域内人口、建物棟数、建物被害数棟の量的推計を行えることを実証



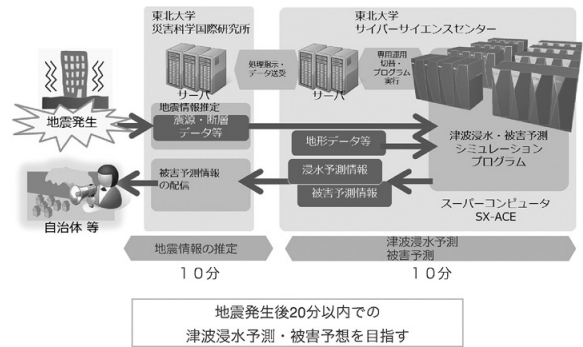
© Tohoku University Cyberscience Center

13

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

4.2 リアルタイム津波浸水・被害予測シミュレーションシステムのシステム構成

4. 活用事例



© Tohoku University Cyberscience Center

14

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

4.3 シミュレーション対象地域と領域分割

4. 活用事例

- 6時間分の津波浸水現象を10m格子サイズで再現
- 解析対象は3地域
- SX-9、SX-ACEおよびLX 406Re-2(Ivy Bridge)で評価
- ループ内の条件式や入出力文削除、インライン展開等によるベクトル化促進
 - ベクトル化率 99.6%、平均ベクトル長 235
- 領域分割法によるMPI並列化、演算ロードバランスの均等化

領域	格子サイズ	経メッシュ数 (Kメッシュ)	緯度	経度	石巻・東松島
領域1	810m	1,810	1,566	1,017	
領域2	270m	747	1,663	180	
領域3	90m	2,630	2,887	793	
領域4	30m	3,488	2,117	3,251	
領域5	10m	8,713	7,304	7,876	



© Tohoku University Cyberscience Center

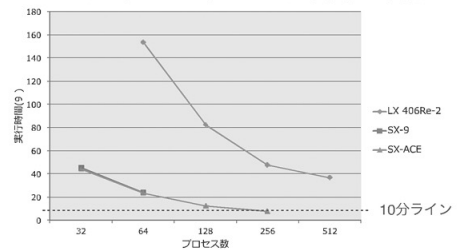
15

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

4.4 シミュレーション性能評価 (静岡市)

4. 活用事例

SX-ACE 256並列 (64ノード) で「10分以内」の目標を達成



- ～3月 対象自治体を交えての実証実験の実施
- 3月16日～18日 国連防災世界会議で成果発表
- 3月末 運用システムとして整備
- 4月以降 サービス開始、対象エリア・対象自治体の拡大



© Tohoku University Cyberscience Center

16

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

4.5 三次元可視化システムの概要

4. 活用事例

大画面ディスプレイ	3D対応50インチLEDモニタ 12面配置 最大7,680×3,240画素の高精細表示が可能
可視化サーバ	Linuxマシン4ノード構成 (マスター×1、スレーブ×3)
可視化ソフト	A/V5/Express MPE
テレビ会議システム	Polycom HDX8000-1080 フルハイビジョン、自局含め最大4拠点から接続可能



全画面立体的

可視化計算機 (Slave1)	可視化計算機 (Slave2)
可視化計算機 (Slave3)	

A/V5/Express MPEを用いることで、3つの画面領域を1つとして立体的利用可能にしたプリセット

TV会議

ポリコムカメラ	ポリコムカメラ
相手先映像	

TV会議利用を想定したプリセット

プレゼンテーション1

持ち込みPC (アナログ)	
---------------	--

持ち込みPC映像のみで発表を行う時などご利用可能なプリセット

プレゼンテーション2

可視化計算機 (Slave1)	持ち込みPC (アナログ)
-----------------	---------------

ダイナミックなデータ可視化処理とプレゼン資料などの持ち込みPC映像を同時に表示利用可能なプリセット



© Tohoku University Cyberscience Center

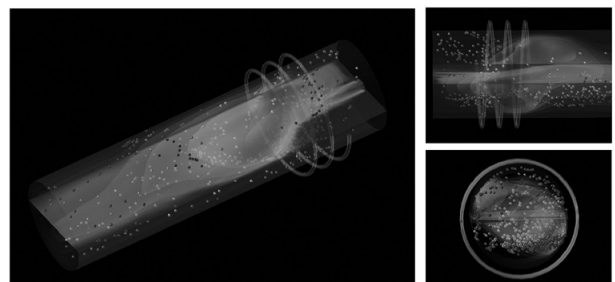
17

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

4.6 三次元可視化例 (I) 熱プラズマ流の非定常3次元数値シミュレーション

4. 活用事例

- 直流電流と高周波放電により生成された、高エネルギーのプラズマ熱流動場の3次元シミュレーション
- SX-9で計算された結果を三次元可視化



© Tohoku University Cyberscience Center

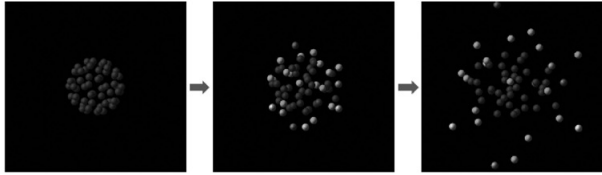
18

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

4.6 三次元可視化例 (2) フラレン爆発シミュレーション

4. 活用事例

- ・ X線照射によりフラレンが爆発する様子のシミュレーション
- ・ LX 406Re-2で計算された結果を三次元可視化



- ・ 奥行き情報と時間経過による構造変化の視覚的認知により、二次元画像よりも詳細な観測が可能
- ・ 直感的に構造の正当性を検証することが可能



© Tohoku University Cyberscience Center

19

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

5. まとめ

- 新スーパーコンピュータSX-ACEシステムの紹介
- プロジェクトコードの導入で、複数の課金先の使い分けが可能に
- 利用者コードの大規模並列化効率の向上を目的とした、利用負担金制度の改定
- 省電力機能を利用した運用の効率化
- 大規模科学計算システムの活用事例の紹介



© Tohoku University Cyberscience Center

20

第13回情報シナジー研究会 2015.3.2

Card-Based Cryptographic Protocols for Two-Bit Output Functions

シャリファ アルジュニド^{†1} 西田 拓也^{†2} 林 優一^{†2} 水木 敬明^{†3} 曾根 秀昭^{†3}

^{†1} 東北大学工学部

^{†2} 東北大学大学院情報科学研究科

^{†3} 東北大学サイバーサイエンスセンター

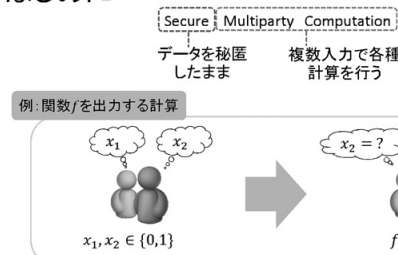
物理的なカード組を用いて暗号プロトコルを構成できることが知られており、これまで数多くのカードベースプロトコルが考案されている。本発表では、2ビット入力2ビット出力の関数に注目し、そのような関数に対して安全な計算を実現するために十分なカード枚数やその手順を考察する。

Card-Based Cryptographic Protocols for Two-Bit Output Functions

2ビット出力関数に対するカードベース暗号プロトコル

シャリファ アルジュニド, 西田 拓也, 林 優一, 水木 敬明, 曾根 秀昭
東北大学 工学部 4年生 情報知能総合学科

はじめに



はじめに

- 安全な計算を実現するために、様々な「もの」が使える

- ダイヤル鍵

- 15パズル

- カード

情報理論的安全性

研究背景

- カードを用いて安全な計算を実現する既存プロトコル

➢ 1ビット出力関数を対象としているものが多い
 $f: \{0,1\}^2 \rightarrow \{0,1\}$

➢ 必要なカードの枚数を減らそうとしている
→ 枚数が少ない方が効率よい

背景と本研究の目的

- 最近2ビット出力関数を計算するプロトコルがいくつか考案されている
 $f: \{0,1\}^2 \rightarrow \{0,1\}^2$
- それらのプロトコルは高々6枚カードで動作する

他の2ビット出力関数も
同じ枚数で計算できるか?

本研究の目的

全ての2ビット出力関数の計算方法をカード6枚以内で
求める

既存プロトコル

プロトコル	表現
AND Protocol [1]	$A(a, 0, b) \rightarrow (ab, \bar{a}b)$
COPY Protocol [1]	$C(a, 0, 0) \rightarrow (a, a)$ $C(a, b, 0) \rightarrow (a \oplus b, a)$
Improved AND Protocol [2]	$iA(a, 0, b) \rightarrow (ab, b)$
Improved Half-Adder Protocol [2]	$iH(a, b, 0) \rightarrow (ab, a \oplus b)$

[1] Mizuki, T., Sone, H.: Six-card secure AND and four-card secure XOR. In: Deng, X., Hopcroft, J.E., Xue, J. (eds.) Frontiers in Algorithms, Lecture Notes in Computer Science, vol. 5598, pp. 358-369. Springer Berlin Heidelberg (2009)

[2] Nishida, T., Hayashi, Y., Mizuki, T., Sone, H.: Card-Based Protocols for Any Boolean Function. To appear in: Theory and Applications of Models of Computation, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg (2015)

2ビット出力関数の数

• 1ビット出力関数

表1: 1ビット出力関数の16通り

0	ab	$a\bar{b}$	$\bar{a}b$	$\bar{a}\bar{b}$	a	b	$a \oplus b$
1	$\bar{a} \vee \bar{b}$	$\bar{a} \vee b$	$a \vee \bar{b}$	$a \vee b$	$\bar{a}$	$\bar{b}$	$\bar{a} \oplus b$

• 2ビット出力関数の総数は

$$16 \times 16 = 256$$

• 考える必要のある場合の数を減らす

2/3/2015

7

2ビット出力関数の数

• 表1を次のようにグループ化することができる

表2: 2ビット出力関数用グループ

Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
ab	$a\bar{b}$	$\bar{a}b$	$\bar{a}\bar{b}$	a	$a \oplus b$

• 従って、表2から二つ選ぶ場合の数は

$${}_6C_2 = 15$$

2/3/2015

8

出力2 出力1	GROUP 2 $a\bar{b}$	GROUP 3 $\bar{a}b$	GROUP 4 $\bar{a}\bar{b}$	GROUP 5 a	GROUP 6 $a \oplus b$
GROUP 1 ab	$A(b, 0, a) \rightarrow (ab, a\bar{b})$	$A(a, 0, b) \rightarrow (ab, \bar{a}b)$	$C(a, b, 0) \rightarrow (a \oplus b, a)$ $A(a, 0, \bar{a} \oplus b) \rightarrow (ab, \bar{a}\bar{b})$	$iA(b, 0, a) \rightarrow (ab, a)$	$iH(a, b, 0) \rightarrow (ab, a \oplus b)$
GROUP 2 $a\bar{b}$		$C(a, \bar{b}, 0) \rightarrow (a \oplus \bar{b}, a)$ $A(a, 0, a \oplus \bar{b}) \rightarrow (a\bar{b}, \bar{a}b)$	$A(\bar{a}, 0, \bar{b}) \rightarrow (a\bar{b}, \bar{a}\bar{b})$	$iA(\bar{b}, 0, a) \rightarrow (a\bar{b}, a)$	$iH(a, \bar{b}, 0) \rightarrow (a\bar{b}, a \oplus \bar{b})$
GROUP 3 $\bar{a}b$			$A(\bar{b}, 0, \bar{a}) \rightarrow (\bar{a}\bar{b}, \bar{a}b)$	$iA(b, 0, \bar{a}) \rightarrow (\bar{a}\bar{b}, a)$	$iH(\bar{a}, b, 0) \rightarrow (\bar{a}b, \bar{a} \oplus b)$
GROUP 4 $\bar{a}\bar{b}$				$iA(\bar{b}, 0, \bar{a}) \rightarrow (\bar{a}\bar{b}, \bar{a})$	$iH(\bar{a}, \bar{b}, 0) \rightarrow (\bar{a}\bar{b}, \bar{a} \oplus \bar{b})$
GROUP 5 a					$C(a, 0, b) \rightarrow (a, a \oplus b)$

2/3/2015

8

時系列の画像・深度情報を用いた複数の物体の領域抽出

菅原 勝也^{†1}

阿部 亨^{†1,†2}

菅沼 拓夫^{†1,†2}

^{†1} 東北大学 大学院情報科学研究科

^{†2} 東北大学 サイバーサイエンスセンター

人物行動の詳細な分析のためには、人物の姿勢や動作だけでなく周囲（人物が接触した物体等）の状況の認識も必要となり、そのためには、人物の領域と人物が接触した物体の領域を映像等の時系列データから事前に抽出する処理が必要となる場合が多い。本稿では、時系列の画像情報と深度情報を用いて、移動する複数の対象（例えば人物と物体）の各領域を正確に抽出する手法を提案する。提案手法は、各フレームでの領域分割（部分領域の抽出）、フレーム間での部分領域の対応付け（領域系列の決定）、領域系列の統合の3つの処理で構成される。本手法では、これらの各処理で複数の特徴量（画像、深度、運動情報）を効果的に利用することで、領域抽出の精度向上を図っている。

Extraction of Multiple Object Regions Using Image and Depth Sequences

Katsuya Sugawara^{†1}

Toru Abe^{†1,†2}

Takuo Suganuma^{†1,†2}

^{†1} Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†2} Cyberscience Center, Tohoku University

Precise discrimination among person's activities in a video requires the recognition of not only the person's posture and action but also the person's surroundings (e.g. objects contacted by the person), and this recognition process usually assumes that the multiple moving regions of persons and objects are extracted in advance from the video. This thesis proposes a novel method for extracting the regions of multiple moving targets (e.g. a person and objects) in the video. The proposed method, which uses an image sequence and a depth sequence, consists of three steps: segmentation of each frame (extraction of subregions), matching subregions between frames (determination of region sequences), and merging region sequences. Using several features (e.g. image, depth and motion features) effectively, the proposed method can improve accuracy in the region extraction of multiple moving targets.

時系列の画像・深度情報を用いた 複数の物体の領域抽出

菅原 勝也[†] 阿部 亨^{†,††} 菅沼 拓夫^{†,††}
[†]東北大学 大学院情報科学研究科
^{††}東北大学 サイバーサイエンスセンター

目次

- はじめに
 - 本研究の背景
 - 本研究の概要
- 関連研究
 - 部分領域の抽出に関する研究
 - 領域系列の決定に関する研究
 - 領域系列の統合に関する研究
- 提案手法
 - 提案手法の概要
 - 部分領域の抽出
 - 領域系列の決定
 - 領域系列の統合
- 実験
 - 実験概要
 - 実験1: 領域系列の決定に関する実験
 - 実験2: 領域系列の統合に関する実験
 - 領域抽出精度の定量的評価
- おわりに
 - まとめ
 - 今後の課題

2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

2

1. はじめに

1.1 本研究の背景

- 映像を利用した人物行動認識 → 様々なアプリケーションで利用
例) 監視・防犯, 作業モニタリング, 見守り支援, ...
- ↓
- 行動の詳細な区別のため, 人物の姿勢・動作だけでなく周囲の状況(人物が接触した物体など)の認識も必要
- ↓
- 例1: 人物がドアを開閉 例2: 人物がカップを移動
- ↓
- 多くの場合, 移動する複数の対象(人物, 物体)の各領域が抽出されていることが前提



2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

3

1. はじめに

1.1 本研究の背景

- 距離画像センサ(Kinect[1]など)の普及
 - 時系列の画像情報
(および, 画像情報に基づく二次元運動情報 → オプティカルフロー)
 - 時系列の深度(対象までの距離)情報
(および, 深度情報に基づく三次元運動情報 → シーンフロー)
- ↓
- 画像・深度情報を利用した高精度な領域抽出が期待できるが深度情報を効果的に利用できない状況が存在



2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

4

1. はじめに

1.2 本研究の概要

- 目的
 - 移動する複数の対象の領域を時系列の画像・深度情報から抽出
- 課題
 - 対象の状態により, 深度情報を効果的に利用できない状況が存在
- 本研究のアプローチ
 - 各フレームでの領域分割(部分領域の抽出)
 - フレーム間での部分領域の対応付け(領域系列の決定)
 - 領域系列の統合
- ↓
- 領域抽出の精度向上のため, 画像・深度情報を効果的に利用する手法を提案

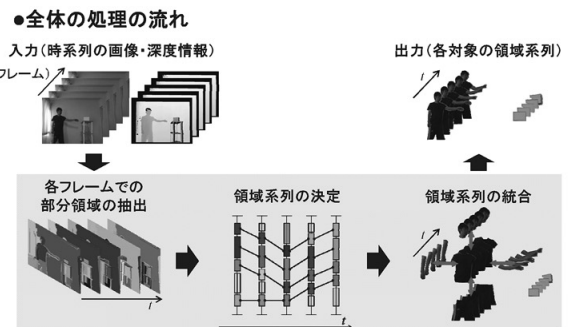
2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

5

1. はじめに

1.2 本研究の概要



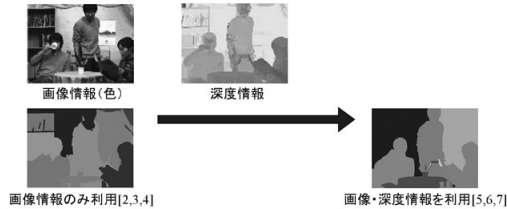
2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

6

2.1 部分領域の抽出に関する研究

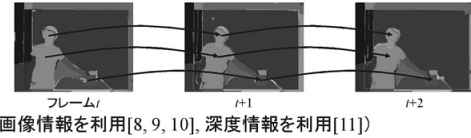
●各フレーム中で特徴量が類似した(部分)領域を抽出



- 画像・深度情報の利用により領域抽出の精度向上が可能

2.2 領域系列の決定に関する研究

●全フレーム中で特徴量が類似した領域系列を決定



- 画像・深度情報の利用により領域系列の決定の精度向上が可能
- 対象が移動する場合、同一対象の深度がフレーム間で変化するため、深度の類似性を領域系列の決定に単純に利用できない

2.3 領域系列の統合に関する研究

●同一対象に属する領域系列を一つに統合

- 各フレームでの部分領域の動きが類似した領域系列を統合 [12,13]
- 部分により動きが異なる対象(多関節物体など)の場合、部分領域の動きの類似性を領域系列の統合に単純に利用できない



3.1 提案手法の概要

●課題

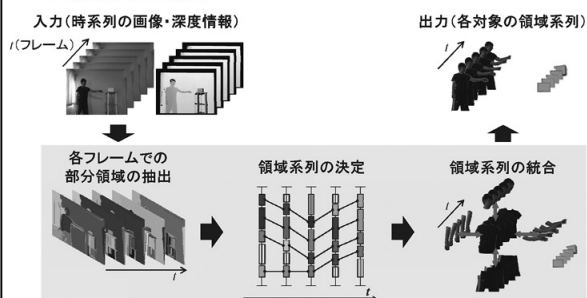
- 移動する複数の対象の領域を時系列の画像・深度情報から抽出
- 対象の状態により情報を効果的に利用できない状況が存在
 - 移動する対象の場合
 - 深度の類似性を領域系列の決定に単純に利用できない
 - 部分で動きの異なる対象の場合
 - 動きの類似性を領域系列の統合に単純に利用できない

●提案

- 画像・深度情報を効果的に利用する手法
 - 対象の動きにより補正した深度の類似性を利用し、領域系列を決定
 - 部分領域が近接する箇所の動きの類似性を利用し、領域系列を統合

3.1 提案手法の概要

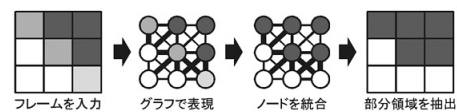
●全体の処理の流れ



3.2 部分領域の抽出

●部分領域の抽出(Felzenszwalbらの手法[2]を応用)

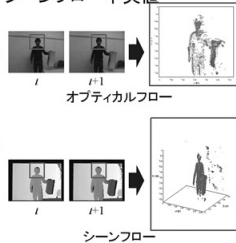
- 各フレームの部分領域(画素)の関係をグラフ $G(V, E)$ で表現
 - ノード $v_i \in V \rightarrow$ 部分領域
 - エッジ $e_{ij} \in E \rightarrow v_i, v_j$ の隣接関係
 - e_{ij} の重み $w_{ij} \rightarrow v_i, v_j$ の特徴量(色平均 I , 深度平均 D) の相違度
- w_{ij} が閾値 T_c 以下のノードを統合
- ノードの統合が収束するまで処理を反復
 - $G(V, E)$ の出力結果 $\rightarrow$ 部分領域の抽出結果



3.2 部分領域の抽出

●抽出された各部分領域での特徴量の計算

- 部分領域の特徴量
 - 画素数, 重心, 色平均, 深度平均, シーンフロー中央値
- シーンフローの推定
 - 連続するフレーム $t, t+1$ の画像情報
で対応画素を決定[14]
→ 画像中での二次元の動き
(オプティカルフロー)
 - 対応画素対に $t, t+1$ の深度情報から
得られた三次元位置を反映
→ 空間中での三次元の動き
(シーンフロー)



3.3 領域系列の決定

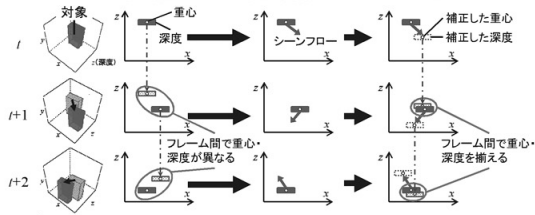
●領域系列の決定 (Couprieらの手法[8]を拡張)

- 隣接フレーム $t, t+1$ 間の部分領域の関係をグラフ $G(V, E)$ で表現
 - ノード $v_i^{(t)}, v_j^{(t+1)} \in V \rightarrow$ 部分領域
 - エッジ $e_{ij}^{(t,t+1)} \in E \rightarrow v_i^{(t)}, v_j^{(t+1)}$ の隣接関係
 - $e_{ij}^{(t,t+1)}$ の重み $w_{ij}^{(t,t+1)} \rightarrow$ 特徴量 (画素数, 重心, 色, 深度) の相違度
 - 移動する対象として, シーンフローが閾値 T_s 以上の $v_i^{(t)}$ を選択
 - $v_i^{(t)}$ に対し, $w_{ij}^{(t,t+1)}, w_{ki}^{(t-1,t)}$ が閾値 T_m 以下のノードを対応付け
→ 対応付けられたノードに対しても, 隣接フレームで対応付け
 - ノードの対応付けが収束するまで処理を反復
 - $G(V, E)$ の出力結果 $\rightarrow$ 領域系列の集合
- ↓
- 対象が移動する場合, 部分領域の重心, 深度の違いを $w_{ij}^{(t,t+1)}$ として利用できない

3.3 領域系列の決定

●特徴量の補正

- フレーム t での部分領域の重心, 深度をシーンフローで補正

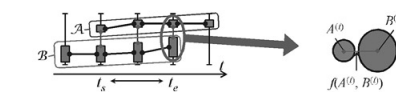


- 連続するフレーム $t, t+1$ 間で移動する対象の部分領域の対応付けが可能

3.4 領域系列の統合

●領域系列の統合

- 領域系列 $\mathcal{A}, \mathcal{B}$ 間の相違度 $f(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ が閾値 T_o 以下なら, 同一の対象に属すると判断し, $\mathcal{A}, \mathcal{B}$ を統合
 - $\mathcal{A}, \mathcal{B}$ は, フレーム $t_s \leq t \leq t_e$ で重なる
 - $\mathcal{A}, \mathcal{B}$ 中の t における部分領域 $A^{(t)}, B^{(t)}$ 間の相違度を $f(A^{(t)}, B^{(t)})$ で表す

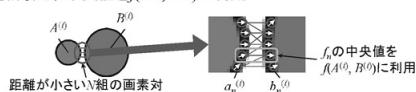


- 部分により動きが異なる対象の場合, 部分領域の動きの違いを $f(A^{(t)}, B^{(t)})$ として利用できない

3.4 領域系列の統合

●部分領域 $A^{(t)}, B^{(t)}$ 間の相違度 $f(A^{(t)}, B^{(t)})$

- 部分により動きが異なる対象でも近接した箇所では動きが類似
 - $A^{(t)}, B^{(t)}$ が近接する箇所の動きの相違度を $f(A^{(t)}, B^{(t)})$ として利用
 - 画素 $a_n^{(t)} \in A^{(t)}, b_n^{(t)} \in B^{(t)}$ 間の三次元距離が小さい順に N 組の画素対を選択 ($a_n^{(t)}, b_n^{(t)}$ ($n=1, 2, \dots, N$) で表現)
 - 各画素の特徴量 (三次元位置, シーンフロー) を基に画素対ごとの相違度 f_n を計算し, 中央値を $f(A^{(t)}, B^{(t)})$ に利用



- 部分により動きが異なる対象の領域系列の統合が可能

4.1 実験概要

●実験内容

- 実験1: 補正した深度により領域系列を決定する効果を検証
- 実験2: 近接箇所の動きにより領域系列を統合する効果を検証

●実験データ

- 人物が物体を手で移動するシーンをKinectで撮影
- 画像・深度情報: 640 × 480画素, 30fps
- Kinect for Windows SDK[15]の機能により, 深度情報を画像情報に重ね合わせ

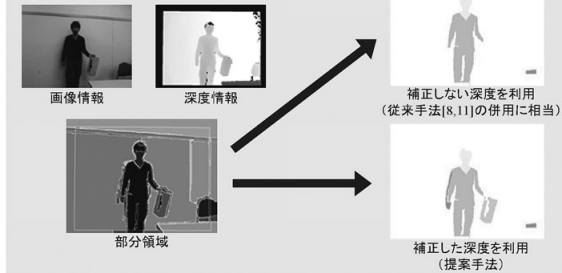
●各種パラメータ (予備実験で決定)

- 係数: $\sigma_I = 1.0, \sigma_D = 3.0, \sigma_g = 0.1, \sigma_h = 1.0, \sigma_p = 0.8, \sigma_S = 3.0$
- 閾値: $T_r = 350, T_s = 20, T_m = 70, T_o = 25, T_f = 25$
- 画素対: $N = 20$

4. 実験

4.2 実験1：領域系列の決定に関する実験

●実験結果(500フレーム)



2015/3/2

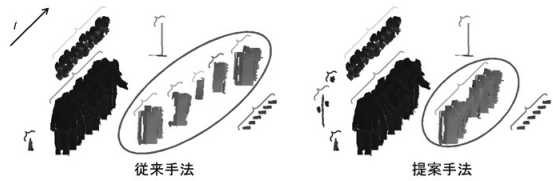
第13回 情報シナジー研究会

19

4. 実験

4.2 実験1：領域系列の決定に関する実験

●実験結果(50フレーム間隔で出力)



●考察

- ・従来手法 → 物体において、部分領域の対応付けに一部失敗
- ・提案手法 → 物体においても、部分領域の対応付けに成功
- ↓
- ・補正した深度の相違度を利用する提案手法は有効

2015/3/2

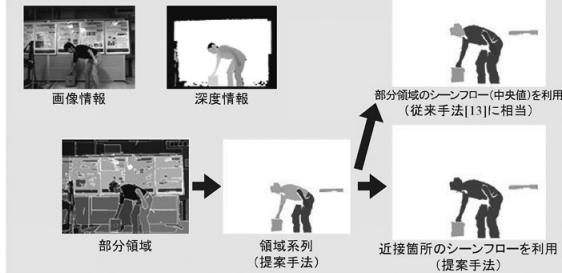
第13回 情報シナジー研究会

20

4. 実験

4.3 実験2：領域系列の統合に関する実験

●実験結果(400フレーム)



2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

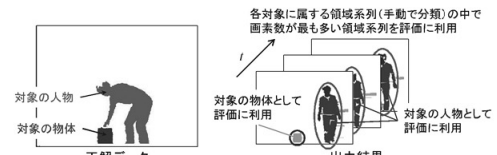
21

4. 実験

4.4 領域抽出精度の定量的評価

●評価方法

- ・時系列中で移動する人物と物体を領域抽出の対象として手動で正解データを作成(深度が欠損している画素は対象から除く)
- ・評価指標として、適合率・再現率・F値を利用
 - 人物・物体それぞれを対象として領域抽出精度を評価
 - 人物・物体をまとめて一つの対象として領域抽出精度を評価



2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

22

4. 実験

4.4 領域抽出精度の定量的評価

●実験結果(40フレーム間隔で出力)

	対象	適合率	再現率	F値
従来手法	物体	0.897	0.966	0.926
	人物	0.926	0.751	0.911
提案手法	物体	0.897	0.955	0.926
	人物	0.926	0.877	0.911
全体	物体	0.948	0.883	0.914
	人物	0.948	0.883	0.914

- ・近接箇所のシーンフローの相違度を利用する提案手法は有効

2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

23

5. おわりに

5.1 まとめ

●目的

- ・移動する複数の対象の領域を時系列の画像・深度情報から抽出
 - 移動する対象の場合
 - 深度の類似性は領域系列の決定に単純には利用できない
 - 部分により動きが異なる対象の場合
 - 動きの類似性は領域系列の統合に単純には利用できない

●成果

- ・画像・深度情報を効果的に利用する領域抽出手法を提案し、複数の対象(人物・物体)の領域抽出を実現
 - シーンフローにより補正した深度の相違度を利用
 - 移動する対象でも安定した領域系列の決定を実現
 - 部分領域間の近接画素対のシーンフローの相違度を利用
 - 部分により動きが異なる対象でも領域系列の統合を実現

2015/3/2

第13回 情報シナジー研究会

24

5.2 今後の課題

●今後の課題

- ・領域抽出の精度向上
 - 複数の対象に属する部分領域の分割
 - 遮蔽などで分離した領域系列の時間方向での対応付け
 - より高精度なシーンフロー推定
- ・リアルタイムでの処理
 - 一定のフレーム間隔で領域抽出
 - 各処理の高速化・並列化
- ・様々な映像での実験
 - 対象が三つ以上のシーンでの抽出精度の評価
 - 人物と物体以外のパターン(物体と物体など)での抽出精度の評価

参考文献

- [1] Kinect for Windows, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>, Online; accessed 2-December-2014.
- [2] P. Felzenszwalb and D. Huttenlocher, "Efficient Graph-Based Image Segmentation," International Journal of Computer Vision, Vol.59, No.2, pp.167-181 (2004).
- [3] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean Shift Analysis and Applications," IEEE International Conference on Computer Vision, pp.1197-1203 (1999).
- [4] R. Achanta et al., "SLIC Superpixels Compared to State-of-the-Art Superpixel Methods," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.34, No.11, pp.2274-2282 (2012).
- [5] J. Fernandez and J. Aranda, "Image Segmentation Combining Region Depth and Object Features," Proceedings International Conference on Pattern Recognition, Vol.1, pp.618-621 (2000).
- [6] F. Bergamasco et al., "Pairwise Similarities for Scene Segmentation combining Color and Depth data," International Conference on Pattern Recognition, pp.3565-3568 (2012).
- [7] C. Cigla and A.A. Alatan, "Object Segmentation in Multi-view Video via Color, Depth and Motion Cues," IEEE International Conference on Image Processing, pp.2724-2727 (2008).

参考文献

- [8] C. Couprie et al., "Causal Graph-based Video Segmentation," IEEE International Conference on Image Processing, pp.4249-4253 (2013).
- [9] D. Dementhon, "Spatio-temporal Segmentation of Video by Hierarchical Mean Shift Analysis," In Statistical Methods in Video Processing Workshop, (2002).
- [10] M. Grundmann et al., "Efficient Hierarchical Graph-Based Video Segmentation," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.2141-2148 (2010).
- [11] A. Abramov et al., "Depth-supported real-time video segmentation with the Kinect," IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.457-464 (2012).
- [12] J. Lezama et al., "Track to the Future: Spatio-temporal Video Segmentation with Long-range Motion Cues," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.3369-3376 (2011).
- [13] R. Trichet and R. Nevaia, "Video Segmentation with Spatio-Temporal Tubes," IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, pp.330-335 (2013).
- [14] G. Farneback, "Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion," Image Analysis Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2749, pp.363-370 (2003).
- [15] Kinect for Windows SDK, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855347.aspx>, Online; accessed 2-January-2015.

心電図計測不要の補助人工心臓の心拍同期制御

廣橋義寛¹⁾, 田中 明²⁾, 吉澤 誠³⁾, 杉田典大¹⁾, 阿部 誠¹⁾,
白石泰之⁴⁾, 三浦英和⁴⁾, 山家智之⁴⁾

- 1) 東北大学 大学院工学研究科
- 2) 福島大学 共生システム理工学類
- 3) 東北大学 サイバーサイエンスセンター
- 4) 東北大学 加齢医学研究所

近年, 定常流補助人工心臓の回転数を自己心の拍動に同期して制御する方法が注目されている. しかし, この方法は患者の心電図をモニタするための電極やセンサを装着する必要があり, 臨床応用上, これらはできる限り避けることが望ましい. そこで本研究では, 補助人工心臓から容易に得られる信号のみから心拍動成分を抽出する方法を提案し, この方法の有効性を模擬循環系による実験とヤギを用いた動物実験によって検討した. その結果, 模擬循環系においては実際に心拍同期が可能であることが確かめられた. また, 動物実験においては部分的同期が可能であったが, この方法で用いた閾値の調整をリアルタイムに行うべきことが明らかになった.

Sensor-Less Control of Ventricular Assist Devices Synchronized with Heartbeat

Yoshihiro Hirohashi¹⁾, Akira Tanaka²⁾, Makoto Yoshizawa³⁾, Norihiro Sugita¹⁾, Makoto Abe¹⁾, Yasuyuki Shiraishi⁴⁾, Hidekazu Miura⁴⁾, Tomoyuki Yambe⁴⁾

- 1) Graduate School of Engineering, Tohoku University
- 2) Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University
- 3) Cyberscience Center, Tohoku University
- 4) Institute of Development, Ageing and Cancer, Tohoku University

Recently, heartbeat synchronization methods of ventricular assist devices (VADs) have been getting attention. However, those methods require to indwell a sensor to synchronize with the patient's heartbeat, which is undesirable in clinical situation. In this study, a heartbeat component extraction method using only signals easily obtained from a VAD was proposed and verified by experiments using a mock circulatory system and animal experiments. As a result, the heartbeat component was extracted by the proposed method and synchronization was realized in the mock circulatory system and partly in the animal experiments.

第13回 情報シナジー研究会 発表資料

TOHOKU UNIVERSITY

心電図計測不要の 補助人工心臓の心拍同期制御

廣橋 義寛¹, 田中 明², 吉澤 誠³, 杉田 典大¹,
阿部 誠¹, 白石 泰之⁴, 三浦 英和⁴, 山家 智之⁴

- 1) 東北大学大学院工学研究科
- 2) 福島大学共生システム理工学類
- 3) 東北大学サイバーサイエンスセンター
- 4) 東北大学加齢医学研究所

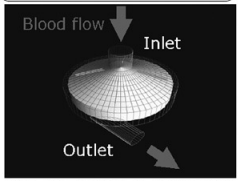
第13回 情報シナジー研究会 発表資料

TOHOKU UNIVERSITY

背景

- 日本における死因の第2位は心疾患
- 重症心不全患者に対する一般的な治療法
→ 補助人工心臓の利用

原理
インペラ(羽根車)を回転させ、
遠心力により血液を吐出



大動脈送血
左心室
心尖部脱血
血液ポンプ
コントローラ

本研究で対象とする補助人工心臓
Evaheart (サンメディカル技術研究所)

遠心ポンプ型補助人工心臓の構造

2

第13回 情報シナジー研究会 発表資料

TOHOKU UNIVERSITY

心拍同期制御

- 現在の臨床では、多くが回転数一定制御を導入
- 近年、補助人工心臓の心拍同期制御が注目
 - 補助人工心臓の回転数を心拍に同期
 - 導入によって生活の質(QOL)向上が期待できる

心電図
収縮 拡張 収縮 ...

回転数
時間

カウンターパルス制御の例

カウンターパルス制御
心機能指標である
冠動脈流量改善

遅れコパルス制御
大動脈弁閉鎖不全症
を改善

3

第13回 情報シナジー研究会 発表資料

TOHOKU UNIVERSITY

現状の心拍同期制御の課題

- 同期のために心電計電極の留置が必要
問題点: 手術負担の増加, 長期安定性, 生体親和性
- 心室拡張期の取得が原理的に困難
先行研究では収縮期を心電図R波直後の33%と仮定

心電図
収縮 33% 拡張 67% ...

回転数
時間

※ Masahiko Ando, et al. A novel counterpulse drive mode of continuous-flow left ventricular assist devices can minimize intracircuit backward flow during pump weaning. J Artificial Organs, 14:74-79, 2011

4

第13回 情報シナジー研究会 発表資料

TOHOKU UNIVERSITY

補助人工心臓の信号

- 補助人工心臓から回転数・消費電流信号が計測可能
- 回転数・消費電流に拍動成分が含まれる(回転数一定制御)
 - センサの留置なく心拍情報を取得できる可能性
 - 問題点: 目標回転数変化に伴い瞬時回転数・消費電流が大きく変化

目標回転数: N_r
瞬時回転数: N
消費電流: I

左心室圧: $LV P$
大動脈圧: $Ao P$

心臓の拍動が、
インペラの回転運動に
影響を与える

目標回転数変動下で拍動成分を抽出できるか?

5

第13回 情報シナジー研究会 発表資料

TOHOKU UNIVERSITY

本研究の目的

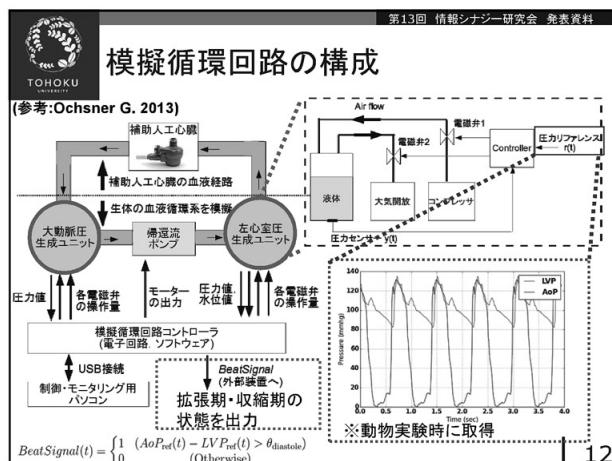
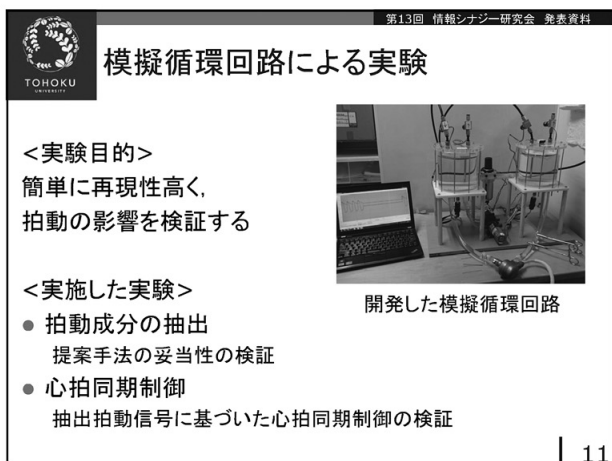
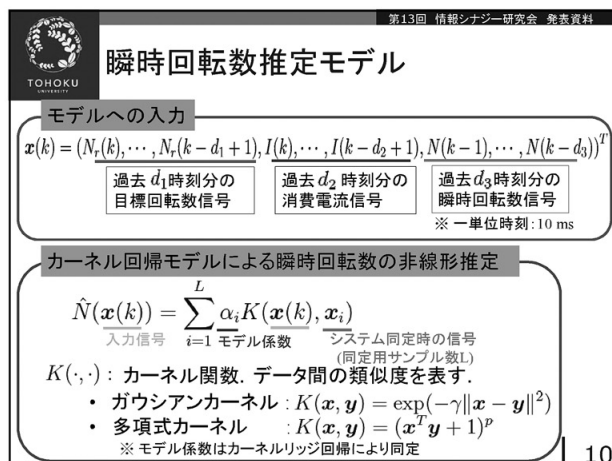
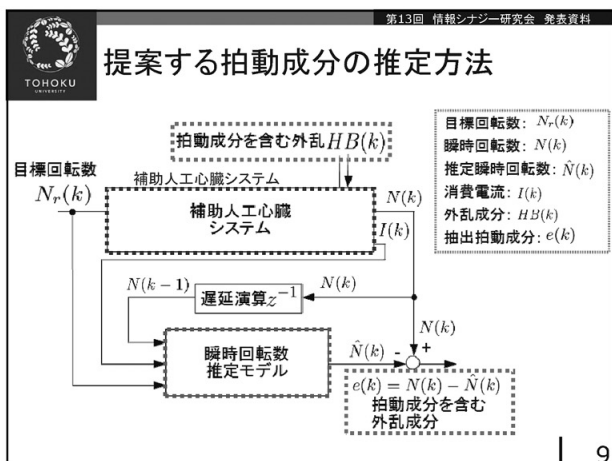
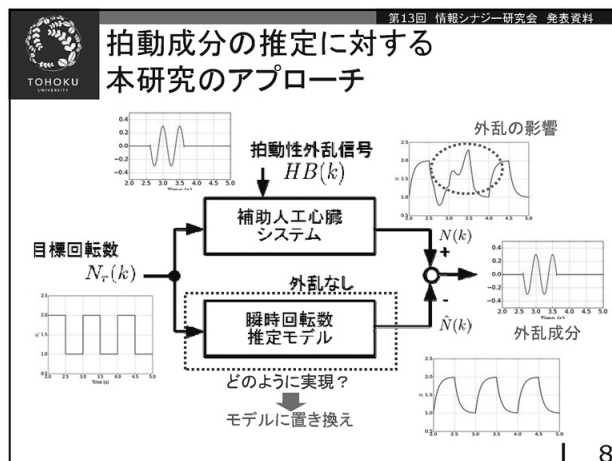
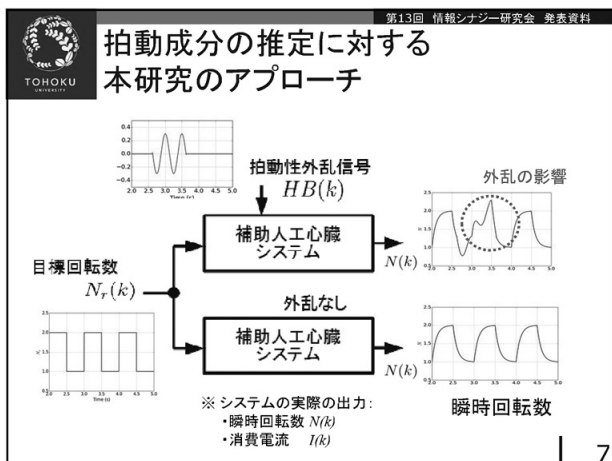
<研究目的>

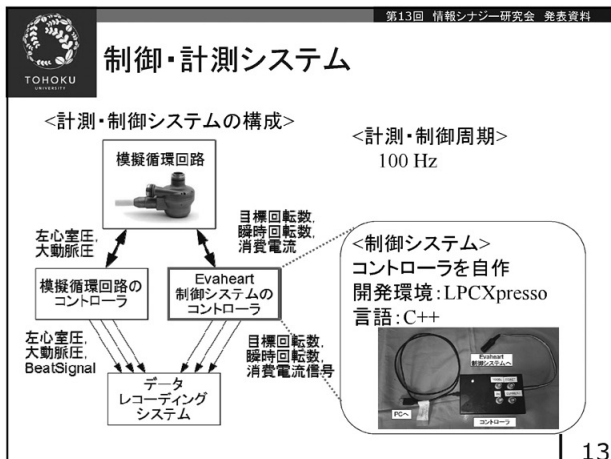
- 補助人工心臓における
心拍動成分の推定と心拍同期方法の開発

<検証手法>

- 模擬循環回路による実験
- 動物実験

6





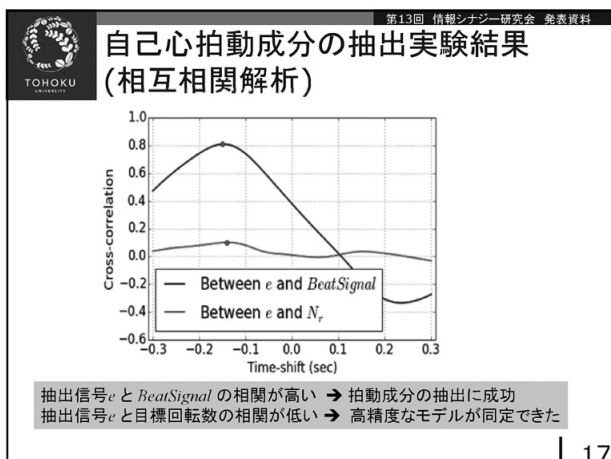
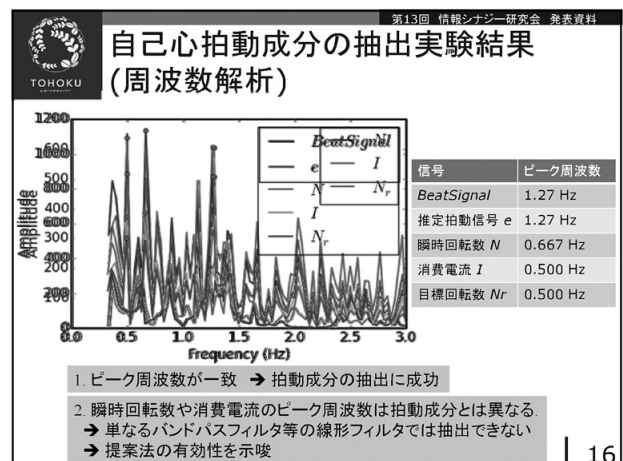
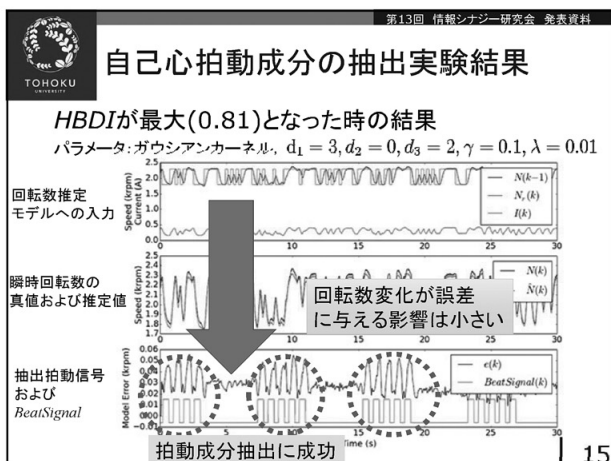
第13回 情報シナジー研究会 発表資料

自己心拍動成分の抽出実験方法

- 回転数推定モデル同定用の信号計測
模擬循環回路: 無拍動
- 拍動成分抽出用信号計測
模擬循環回路: 「拍動5回+無拍動4秒間」の繰り返し
※ 目標回転数: 1800-2300 rpm (M系列)
サンプリング周波数: 100 Hz
- データ解析
回転数推定モデルのパラメータを変化させ、
抽出性能を評価指標 $HBDI$ を用いて評価。
$$HBDI = \max \{ |\rho(e(k), y(k-n))|, n = -50, \dots, 50 \}$$

相関計算 抽出 BeatSignal
拍動信号

14



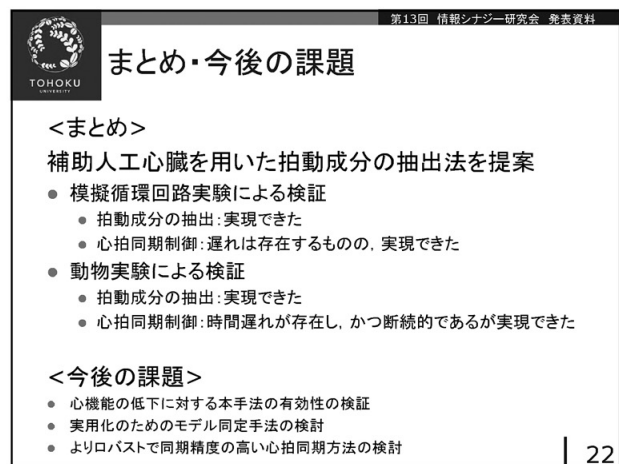
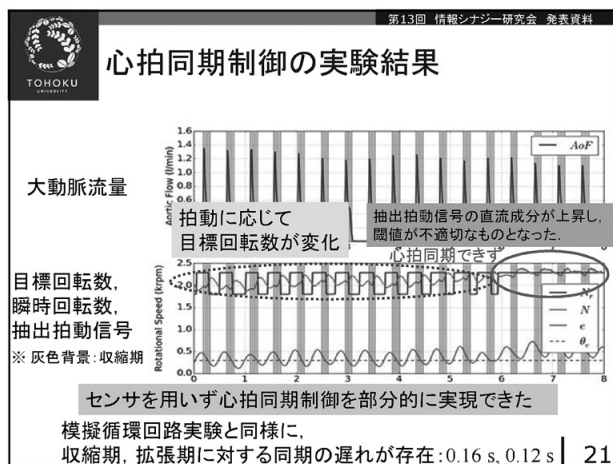
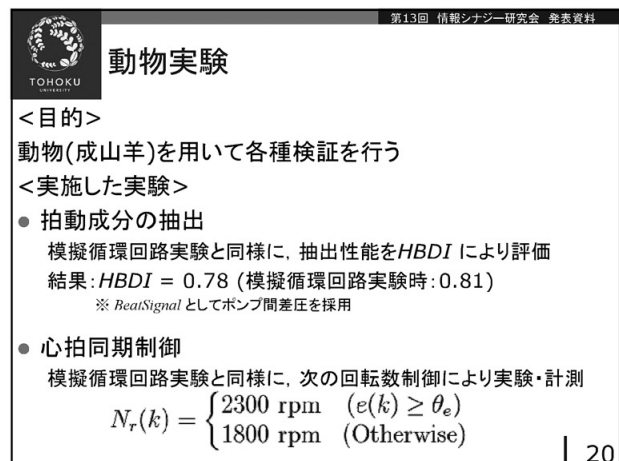
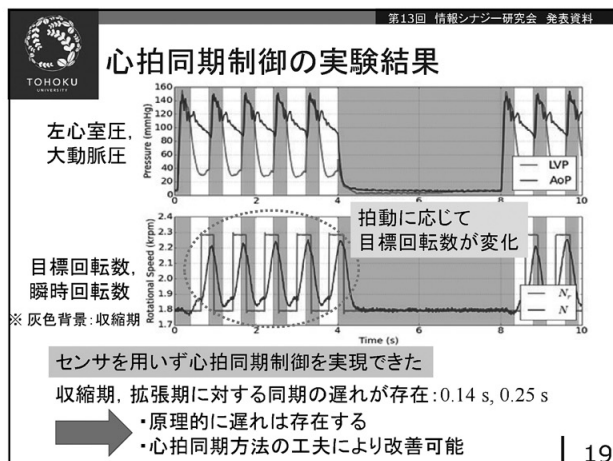
第13回 情報シナジー研究会 発表資料

心拍同期制御実験の方法

- 次式の心拍同期制御法をコントローラに実装
$$N_r(k) = \begin{cases} 2300 \text{ rpm} & (e(k) \geq \theta_e) \quad \dots \text{拡張期} \\ 1800 \text{ rpm} & (\text{Otherwise}) \quad \dots \text{収縮期} \end{cases}$$

※ 実際はリアルタイム処理の実現のため、
同定用データに対してクラスタリング(k-means)を適用
 θ_e : 閾値
- 模擬循環回路上で制御
模擬循環回路: 「拍動5回+無拍動4秒間」の繰り返し
心拍同期が行えるよう閾値 θ_e を調節
- データ計測・解析

18



Refactoring of HPC Applications with User Knowledge

Chunyan Wang^{†1,†2}, Shoichi Hirasawa^{†1,†2}, Hiroyuki Takizawa^{†1,†2}, and Hiroaki Kobayashi^{†3}

†1 Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

†2 CREST, Japan Science and Technology Agency

†3 Cyberscience Center, Tohoku University

An existing High-Performance Computing (HPC) application is usually optimized for a particular platform to achieve high performance. Hence, the performance of such an application is not portable. The purpose of this work is to establish a systematic way to improve performance portability of HPC applications. To this end, we combine code refactoring and auto-tuning technologies, and develop a programming tool for HPC refactoring. In this work, a code refactoring tool that asks a user for necessary information to undo some platform-specific optimizations in an existing application is developed. Auto-tuning techniques can be applied to the application, and thereby to improve the performance portability.

Refactoring of HPC Applications with User Knowledge

Chunyan Wang^{1,2}, Shoichi Hirasawa^{1,2}, Hiroyuki Takizawa^{1,2}, and Hiroaki Kobayashi³

¹Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

²JST CREST

³Cyberscience Center, Tohoku University

2015/03/02

Outline

- Background
- Objective
- Refactoring with User Knowledge
- Evaluation
- Conclusion

Background

- High performance computing (HPC) system architectures are getting more diversified
 - x86 server, SX series, K computer, GPU, MIC...
 - HPC applications are often optimized for particular platforms for high performance
 - Platform-specific optimizations = Platform-specific code smells (PSCSs)
 - Performance portability is low
 - Ability of achieving high performance on various platforms
 - Need to optimize an application code for each target platform
 - Time-consuming and error-prone
- Performance portability of HPC applications should be improved!

Auto-Tuning

- Automatic performance tuning (auto-tuning)
 - Can automate the generation of code variants and selection of the best one for each platform
 - Help improve performance portability
 - Usually designed for programs not optimized for a specific platform
 - Cannot directly applied to applications that have already been optimized for their target platforms

PSCSs should be removed for high performance portability.

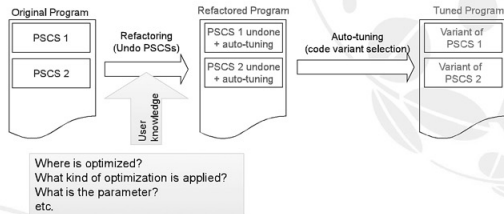
Code Refactoring

- Code Refactoring
 - Alter code internal structure while preserving external behavior
 - Help improve maintainability
- Some refactoring cannot be fully automated
 - Missing information
 - Some information was lost when those PSCSs were applied to the application code
 - Users have to specify where and how the codes were optimized
 - Substantial time and effort are required to refactor HPC application codes so as to remove PSCSs, called HPC code refactoring

Objective & Approach

- Objective
 - Establish a systematic way to improve performance portability of HPC applications
- Approach
 - Refactoring with user knowledge to undo PSCSs
 - Users provide necessary information for refactoring
 - Refactor HPC applications to be able to use auto-tuning
 - Auto-tuning make refactored applications adaptive to other platforms
 - Improve performance portability

Refactoring with User Knowledge



Where is optimized?
What kind of optimization is applied?
What is the parameter?
etc.

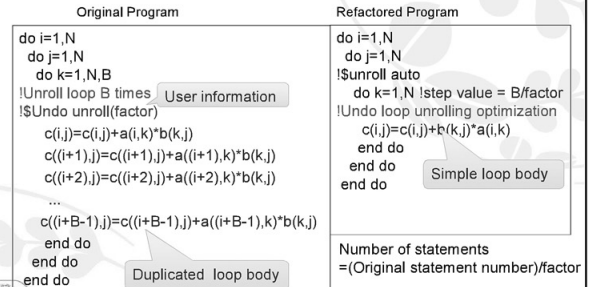
- User determines where to refactor and which refactoring to use
- User-defined compiler directives provides necessary information for refactoring
 - !\$Undo unroll(factor)
- The information enables users to undo PSCSs
- Auto-tuning available



7

Refactoring Example

Code example: Fortran matrix multiplication program contains loop unrolling



8

Experimental Setup

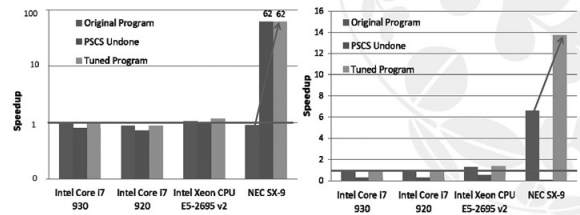
- Application
 - Fortran matrix multiplication programs whose kernel loop is
 - Unrolled with a specific unrolling factor
 - Tiled with a specific tile size
- User information
 - !\$undo unroll(factor)
 - !\$undo tile(LoopName1,start1,end1,LoopName2,start2,end2)
- Experimental environment

CPU	Last Level Cache	Peak Computational Performance (Gflops)	Compiler
CPU Intel Core i7 930	8MB	51.20	GNU gfortran -O0
CPU Intel Core i7 920	8MB	42.56	GNU gfortran -O0
Intel Xeon CPU E5-2695 v2	30MB	230.4	GNU gfortran -O0
NEC SX-9	256KB	102.4	sxft90 -O nounroll



9

Evaluation Results



- Refactoring tools can undo loop unrolling and loop tiling if necessary parameters are provided by users
- Auto-tuning selects an appropriate code variant for a given platform
- Tuned program achieves high performance on each target platform
- Performance becomes portable



10

Conclusion

- Objective
 - Establish a systematic way to improve performance portability of HPC applications
- Approach
 - Refactoring with user knowledge to undo PSCSs
 - User specifies the missing information required for refactoring
 - Auto-tuning makes refactored applications adaptive to other platforms
- Evaluation
 - Refactoring process can be automated with user knowledge
 - Refactoring enables the use of auto-tuning
 - Performance becomes portable



11

Thank You Very Much For Your Attention!



12