

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21240005

研究課題名（和文）

大規模ユビキタス情報応用を支える高適応・高信頼ストリームデータ基盤

研究課題名（英文）

A Highly Adaptable and Reliable Stream Data Management Framework to Support Large-scale Ubiquitous Information Applications

研究代表者：北川 博之（KITAGAWA HIROYUKI）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00204876

研究成果の概要（和文）：

大規模ユビキタス情報応用を支える高適応・高信頼ストリーム処理基盤の構築をめざした研究を行った。複合型ストリーム処理，効率的なストリーム処理，応用適応性，データの品質，耐故障性，セキュアストリーム処理に力点を置いた研究を推進し，映像ストリーム処理とタプルストリーム処理の統合，効率的なストリーム永続化，ストリーム応用，曖昧性を含むストリーム処理，高信頼な分散ストリーム処理，暗号化ストリーム処理等に関して研究成果を得た。

研究成果の概要（英文）：

The goal is to develop a highly adaptable and reliable stream processing framework to support large-scale ubiquitous information applications. The main topics include composite stream processing, efficient stream processing, adaptability to applications, consideration of data quality, high availability, and secure stream processing. Research results address issues related with integration of media and tuple streams, stream storage, data uncertainty, reliable distributed stream processing, and stream processing with encryption.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	10,500,000	3,150,000	13,650,000
2010 年度	10,700,000	3,210,000	13,910,000
2011 年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
総計	28,800,000	8,640,000	37,440,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学

キーワード：ストリーム，ユビキタス，データ基盤，高適応性，高信頼性，セキュアストリーム処理，耐故障性

## 1. 研究開始当初の背景

無線通信機能付き小型センサー，RFID タグ，移動体通信，小型情報家電等の発展や普及に伴い，実世界と一体化したユビキタス情報環境が急激に進展しつつある。センサー，移動端末，ライブカメラ等からリアルタイムに実世界データをネットワークを介して時々刻々と取得し，最新の情報を即時活用することが可能である。今日，このようなユビキタス情報利用のための様々な応用システムが構築されつつあるが，大規模データ利用

のための基盤がないままに，アドホックにシステムが構築されているのが現状である。ユビキタス環境において実世界から取得される情報は時系列的なストリームとして統一的に扱うことが可能である。本研究は，大規模ストリームデータの獲得，配信，蓄積，検索，統合利用のためのストリーム処理基盤技術を研究開発し，それに基づく大規模ユビキタス情報活用のためのデータ基盤システムを実現するという研究構想の中に位置付けられる。これは，従来のデータベース技術が

ディスク等に蓄積された静的な大規模データ群の応用構築に活用されているように、動的な大規模ユビキタスデータに対するデータ基盤システム技術の構築を目指すものである。

## 2. 研究の目的

ユビキタス環境におけるデータの種類や情報活用のニーズは極めて多種多様である。同じストリームでもセンサー、移動端末、ライブカメラ等のデータ利用では、データの種類や応用目的に適応した柔軟な処理が必要とされる。また、センサー等の生データには多くのノイズが含まれ、生データから信頼できる情報を獲得するための技術が必要とされている。さらに、ノードダウンやネットワーク切断等の障害への対応も重要である。このように、高適応性と高信頼性は、今後の大規模ユビキタスデータ基盤に求められる必須の項目である。データ基盤システムにおいて処理効率は第一義的な要求要件であるが、処理効率に加えて、高適応性と高信頼性を実現することが今日最重要な研究課題となっている。本研究では、研究代表者らのこれまでの研究開発成果を発展させ、高適応性と高信頼性を備えたストリーム処理に基づく次世代ユビキタスデータ基盤システムの構築をめざした。

## 3. 研究の方法

以下の項目に力点を置いて研究を推進した。

### A. 高適応性

#### 【研究項目 A-1：複合型ストリーム処理】

従来のストリーム処理技術では、タプル（行）を基本処理単位とするアプローチが主流であったが、複合イベント検出等時系列処理指向の処理要求も高まっている。また、ストリームの中には、数値や文字のみでなく、映像や音声等の連続メディアストリームも存在する。さらに、個別応用ごとに異なるパターン検出やマイニング等のより高次の処理要求もある。これらの多様な処理要求に適応するための複合型処理機構を構築する。

#### 【研究項目 A-2：効率的なストリーム処理】

処理に真に必要なセンサーやノードの自動発見による稼働ノードの絞込みや、各ノードで行うべき処理を状況に応じて適切に配置して処理コストを減らす等の技術により、動作状況に適応した省エネルギー型処理を実現する。

#### 【研究項目 A-3：応用適応性】

多様な応用要求に適応したストリーム処理と、ストリーム処理に関連する幅広い応用処理に関する研究を行う。

### B. 高信頼性

#### 【研究項目 B-1：データの品質】

センサーデータのノイズや誤差等、データが内包する曖昧性や信頼性等をデータ品質として明示的に記述可能なモデルを構築し、当該モデルに基づくデータの信頼性を考慮したデータ統合処理技術を構築する。

#### 【研究項目 B-2：耐故障性】

分散ストリーム処理環境において、あるノードがダウンした際のリカバリー処理について、応用要求に応じて、ハンドオーバー時間最小、データロス最小等の種々の基準を有機的に組合せ可能な処理方式を考案し、障害に対する信頼性を向上する技術を開発する。

#### 【研究項目 B-3：セキュアストリーム処理】

センシングデータの品質、個々の利用者やノードの権限、プライバシー等を考慮したセキュアで信頼性の高いデータ統合・配信処理方式を考案する。

## 4. 研究成果

主な研究成果について述べる。

#### 【研究項目 A-1：複合型ストリーム処理】

近年、ネットワーク環境の発達やカメラの低価格化などにより、映像ストリームの配信、取得、蓄積が容易となってきた。一方、一般的なストリームデータ処理のための、ストリーム処理システムが開発されているが、多くのシステムは、関係演算体系を処理のベースとしており、ストリームデータはタプル形式で表現される。このため、ストリーム処理システムにおいては、MPEG形式の様なフレーム間予測を用いた映像ストリームを扱う際に問題が生じる。そこで、本研究では映像ストリームとタプルストリームのそれぞれの特性にあった処理を行いつつ、相互に連携した利用を可能とする映像データ管理機構を提案した。提案機構を利用することにより、RTSP通信を使った柔軟な映像データ取得を可能とし、映像データの特徴量のみをタプルに格納することにより、関係演算処理を実現した。具体的には、タプルストリームとして配信される数値センサや位置情報等と、映像ストリームを融合した応用システムの構築等を支援することができる。

#### 【研究項目 A-2：効率的なストリーム処理】

ストリームデータを永続化する際の効率的な手法を検討した。永続化とは、停止故障が生じてデータを失わないデバイスである永続的デバイスへデータを書き込むことにより、ストリームデータを永続的に保存する技術である。高頻度で配信されるストリームデータを永続化するには、ディスクへの書き込み処理がボトルネックになる。この問題を解決するための永続化手法を検討してきた。解決手法の概要は、全ストリームからのデータを一時保存領域に格納し、後にそれを読みだして最終保存領域へと移動する。また、最終保存領域をリレーショナルデータベ

ースシステムとし、ストリームデータの保存結果を容易に検索可能とするシステムを実現した。

【研究項目 A-3：応用適応性】

A-3-1. マイクロログストリームの分析

Twitter 等のマイクロログストリーム情報の有効利用が重要な課題となっている。Twitter 等では、ツイートに外部の Web ページの URL を含め、他のユーザと共有することが多く行われる。予備調査によると、ポストされたツイートのうち約 14 %は URL を含んでいることが明らかになった。これらの URL を参照することで、鮮度の高い Web ページを得ることができる。そこで本研究では、膨大な Web ページの中から重要なものをユーザの興味に合わせて推薦する手法を提案した。具体的には、ある Web ページがどのような専門性を持つユーザに共有されたかによって、その Web ページの重要度を推定する。ユーザの専門性とは、ユーザが主にどのようなトピックに関しての情報を発信するかという属性である。次に、ユーザの興味を推定し、その興味に見合った Web ページを推薦する。ユーザの興味は、そのユーザがフォローするユーザ群の専門性によって推定する。実験により提案手法の有用性を確認した。

A-3-2. 効率的な XML ストリーム処理

XML は多様なデータを柔軟に表現できるため、多くの分野でデータの記述、交換のために利用され、XML ストリームに対する問合せやフィルタリング処理に関する研究が数多く行われてきた。しかし、多くの XML ストリーム処理系は、本来削減可能な処理が含まれる。本研究の着眼点は、1) XML ストリームにおいて、問合せ結果として必要な部分は多くの場合ごく一部であること、2) XML ストリーム処理では、文字列の字句解析、構文解析に多くの計算量が割かれていることである。このため、実際の実験結果として必要でない部分については、構文解析等の処理を省くことで、無駄な処理の削減を達成した。具体的には、XML のパーサと問合せ処理部を拡張し、相互に連携をする機構を開発することによって、問合せ結果になりえない XML データについては、構文解析の処理を省くことを可能にした。

【研究項目 B-1：データの品質】

B-1-1. ストリームに対する来歴処理

来歴とは SPE の出力データの元となった入力データである。SPE の出力にユーザが疑問を呈したとき、その出力データの生成元である入力データを要求することが考えられる。SPE には入力データを保存しない為、そのような要求は満足されない。そこで、まず来歴を保存する手法および機構を提案した。来歴保存処理の導入により、問合せ処理時間

が劣化するという弊害が生じる。この弊害を無くす為に、来歴保存処理の効率化技法を提案した。提案手法は、まず、来歴保存処理と問合せ処理を並列化する。次に来歴保存量を削減するためにオペレータグラフ中のカットセットをヒューリスティクスおよびコスト推定により決定する技法を提案した。シミュレーション実験の結果、提案手法の有効性が示された。

B-1-2. 不確実性を有するストリーム処理

センサデータは本質的にノイズを含む。例えば RFID の場合、電波の強弱のために位置検出に関して false positive, false negative が発生する。このようなデータストリームを適切に処理するため、ストリームデータに confidence を付与し、それに基づき複合イベント検出を行う方式を提案した。同方式は到着イベント数  $n$  に対して  $2n$  だけのメモリ空間を使用する。そこで、枝刈りによりメモリ空間使用量を削減する技法を提案し、その有効性を実験的に示した。

【研究項目 B-2：耐故障性】

地理的に離れた情報源の統合や負荷分散を実現するために、ストリーム処理システムを分散配置した上で協調動作させる分散ストリーム処理環境が注目されている。分散環境では、中継ノードが停止することでシステム全体が停止してしまうという問題がある。この問題に対して、分散環境において高信頼化を実現する Semi-Active Standby 方式を提案した。これは、各分散ノード間の通信にバッチ処理を導入することで、既存手法である Active Standby 方式、Upstream Backup 方式を一般化し、リカバリ時間とバンド幅オーバーヘッドを適用環境に合わせて調節することを可能とする。さらに、Semi-Active Standby 方式におけるパラメタ調整を自動化する方式についても検討を行った。提案手法の評価実験を行い、本方式の動作特性を検証すると共に、次に SAS をストリーム処理エンジン上へ実装するためのアーキテクチャを検討し、本研究室で開発中であるストリーム処理エンジン「SS\*」での実装を行った。

【研究項目 B-3：セキュアストリーム処理】

数千～数万のストリーム情報源に対して処理を行うためには、SPE には非常に高い演算処理能力が要求される。このような処理の実行にはパブリッククラウドなどの分散並列処理基盤を用いることが有効であると考えられる。しかし、パブリッククラウドは一般に組織のファイヤウォールの外側で第三者により管理されるため、パブリッククラウド上の情報に対して機密性を保持することができない。これに対し我々は、安全性を考慮したストリームデータ処理の実現を目的とし、暗号化ストリーム処理方式の実現、及び通信帯域やメモリ使用量の効率化を実現

する手法の提案を行った。提案方式では、暗号化した状態でストリーム処理を実現する。さらに帯域幅とメモリサイズを削減する技法を提案し、有効性を実験により示した。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件)

1. 山口祐人, 天笠俊之, 高橋翼, 北川博之, “情報伝搬を考慮したグラフ分析による Twitter ユーザランキング手法”, 情報処理学会論文誌データベース, 査読有, Vol. 4, No. 2 (TOD50), pp. 142-157, 2011. <http://www.bookpark.ne.jp/cm/ipsj/search.asp?flag=6&keyword=IPSJ-TOD0402013&mode=PDF>
2. Cui Zhu, Hiroyuki Kitagawa, Spiros Papadimitriou, and Christos Faloutsos, “Outlier Detection by Example”, Journal of Intelligent Information Systems, 査読有, Vol. 36, No. 2, pp. 217-247, 2011. DOI: 10.1007/s10844-010-0128-1
3. Yousuke Watanabe, Hiroyuki Kitagawa, “Query Result Caching for Multiple Event-driven Continuous Queries”, Information Systems, 査読有, Vol. 35, No. 1, pp. 94-110, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.is.2009.04.003>
4. 塩川 浩昭, 北川 博之, 川島 英之, “分散ストリーム処理システムにおける高信頼化方式の提案” 電子情報通信学会論文誌, 査読有, Vol. J93-D, No. 6, pp. 767 - 780, 2010. [http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j93-d\\_6\\_767&category=D&year=2010&lang=J&abst=](http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j93-d_6_767&category=D&year=2010&lang=J&abst=)
5. Zhitao Shen, Hideyuki Kawashima and Hiroyuki Kitagawa, “Efficient Probabilistic Event Stream Processing with Lineage and Kleene-plus”, International Journal of Communication Networks and Distributed Systems, 査読有, Vol. 2, No. 4, pp. 355 - 374, 2009. DOI:10.1504/IJCNS.2009.026554
6. 川島英之, 北川博之, 寺島裕貴, “ストリーム処理エンジンにおける効率的な来歴管理”, 日本データベース学会論文誌, 査読有, Vol. 8, No. 1, pp. 101-106, 2009. <http://www.dbsj.org/journal/vol8/no1/>
7. 佐藤亮, 川島英之, 北川博之, “データストリーム処理へのペイジアンネットワークの導入”, 日本データベース学会論文誌, 査読有, Vol. 8, No. 1, pp. 137

-142, 2009.

<http://www.dbsj.org/journal/vol8/no1/>

8. 大喜恒甫, 渡辺陽介, 北川博之, 川島英之, “対象情報源を動的に選択可能なストリーム処理機能の実装と評価”, 情報処理学会論文誌: データベース, 査読有, Vol. 2, No. 3, pp. 1-17, 2009. <http://www.bookpark.ne.jp/cm/ipsj/search.asp?flag=6&keyword=IPSJ-TOD0203002&mode=PDF>
9. MoonBae Song and Hiroyuki Kitagawa, “Managing Frequent Updates in R-trees for Update-intensive Applications”, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 査読有, Vol. 21, No. 11, pp. 1573-1589, 2009. <http://www.computer.org/csdl/trans/tk/2009/11/ttk2009111573.html>

[学会発表] (計 52 件)

1. Mariko Kamie, Takako Hashimoto and Hiroyuki Kitagawa, “Effective Web Video Clustering using Playlist Information”, Proc. of 27th ACM Symposium on Applied Computing (SAC 2012), 2012. 3. 28, The Riva del Garda Congress Center (Italy) .
2. Taiga Abe, Hideyuki Kawashima and Hiroyuki Kitagawa, “An Efficient Stream Archiving Method by Operator Merge and Write Control”, Proc. of 5th. International Workshop on Data Management for Wireless and Pervasive Communications (DMWPC), 2012. 3. 6, 福岡工業大学(福岡県).
3. 西村和也, 川島英之, 北川博之, “メディアストリームとタブルストリームの統合的管理に関する研究”, 情報処理学会第 74 回全国大会, 2012. 3. 6, 名古屋工業大学(愛知県).
4. 栗原耕平, 川島英之, 北川博之, “分散ストリーム処理環境における高信頼化手法の適用とその評価”, 情報処理学会 第 74 回全国大会, 2012. 3. 6, 名古屋工業大学(愛知県).
5. 清野真奈, 天笠俊之, 北川博之, “XML ストリームに対する省電力を考慮した問合せ処理”, 第 4 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2012), 2012. 3. 3, シーサイドホテル舞子(兵庫県).
6. 山口祐人, 天笠俊之, 北川博之, “マイクロブログにおけるユーザ専門性を考慮した Web ページ推薦”, 第 4 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2012), 2012. 3. 3, シーサイドホテル舞子(兵庫県).

7. 小山田昌史, 川島英之, 北川博之, "ストリームデータ処理における状態一貫性の保証", 第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2012), 2012.3.3, シーサイドホテル舞子(兵庫県).
8. 富山克裕, 川島英之, 北川博之, "安全性を考慮したストリームデータ処理", 第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2012), 2012.3.3, シーサイドホテル舞子(兵庫県).
9. Jianquan Liu, Hanxiong Chen, Kazutaka Furuse, Hiroyuki Kitagawa and Jeffrey Xu Yu, "On Efficient Distance-based Similarity Search", Proc. 11th IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW), PhD Forum, pp.1199-1202, 2011.12.11, Marriott Pinnacle Downtown Hotel (Canada).
10. Takahiro Komamizu, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "A Framework of Faceted Navigation for XML Data", Proc. 13th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2011), pp.28-35, 2011.12.5, International University-Vietnam National University HCMC (Vietnam).
11. Masafumi Oyamada, Hideyuki Kawashima, and Hiroyuki Kitagawa, "Efficient Invocation of Transaction Sequences Triggered by Data Streams", The 2nd International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2011), Proc. of 3PGCIC, pp.332-337, 2011.10.26, Technical University of Catalonia (Spain).
12. Tsubasa Takahashi, Hideyuki Kawashima and Hiroyuki Kitagawa, "A Video Manager for Relational Stream Processing Systems", The 2nd International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2011), Proc. of 3PGCIC, pp.338-343, 2011.10.26, Technical University of Catalonia (Spain).
13. Takahiro Komamizu, Yuto Yamaguchi, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "FACTUS: Faceted Twitter User Search using Twitter Lists," Proc. of 12th International Conference on Web Information System Engineering (WISE 2011), pp.343-344, 2011.10.13, Sydney Convention & Exhibition Centre (AUS).
14. Kazutaka Furuse, Hiroaki Ohmura, Hanxiong Chen and Hiroyuki Kitagawa, "An Extended Method for Finding Related Web Pages with Focused Crawling Techniques", Proc. of 15th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES 2011), pp.21-30, 2011.9.12, The University of Kaiserslautern (Germany).
15. Yusuke Kozawa, Toshiyuki Amagasa and Hiroyuki Kitagawa, "Fast Frequent Itemset Mining from Uncertain Database Using GPGPU", Proc. of Fifth International VLDB Workshop on Management of Uncertain Data (MUD 2011), pp.17-24, 2011.8.29, The Westin Seattle (USA).
16. Yuto Yamaguchi, Toshiyuki Amagasa and Hiroyuki Kitagawa, "Tag-based User Topic Discovery using Twitter Lists" Proc. of International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining (ASONAM 2011), pp.13-20, 2011.7.25, National University of Kaohsiung (Taiwan).
17. Masafumi Oyamada, Hideyuki Kawashima and Hiroyuki Kitagawa, "Integration of Data Streams and Relations with Main Memory Database", Proc. of International Workshop on Networked Sensing Systems (INSS 2011), 2011.6.13, National Penghu Univ. of Science and Technology (Taiwan).
18. 小山田昌史, 川島英之, 北川博之, "ストリームに起因する連続的トランザクション呼び出しの効率化", 信学技報, vol.111, No.76, pp.7-12, 2011.6.6.
19. 富山克裕, 川島英之, 北川博之, "移動軌跡ストリームに対する連続的k-匿名化技法", 情報処理学会第73回全国大会, 2011.3.2, 東京工業大学(東京都).
20. 阿部泰芽, 川島英之, 北川博之, "書込み処理の遅延化と動的制御によるストリームデータの永続化", 第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2011), 2011.2.27, ラフォーレ修善寺(静岡県).
21. 塩川浩昭, 北川博之, 川島英之, "高信頼性を考慮した分散ストリーム処理の問合せ最適化方式", 第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2011), 2011.2.27, ラフォーレ修善寺(静岡県).
22. 高橋翼, 川島英之, 北川博之, "ストリーム処理システムにおける映像データ管理機構", 第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM

- 2011), 2011.2.27, ラフォーレ修善寺 (静岡県).
23. 川島英之, 北川博之, 佐藤 亮, “確率推論を有する関係データストリーム処理エンジンの設計”, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI), 2010.7.15, 筑波大学(茨城県).
  24. 阿部泰芽, 川島英之, 北川博之, “データストリーム永続化処理の適応的最適化”, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI), 2010.7.15, 筑波大学(茨城県).
  25. 北川博之, “ユビキタス・センサネットワークを支えるデータストリーム処理”, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会 (UBI) (招待講演), 2010.7.15, 筑波大学(茨城県).
  26. Hiroaki Shiokawa, Hiroyuki Kitagawa, and Hideyuki Kawashima, “A-SAS: An Adaptive High-Availability Scheme for Distributed Stream Processing Systems”, Proc. of 3rd. International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE 2010), 2010.5.23, Holiday Inn-at the PLAZA, Kansas City(USA).
  27. Nguyen Thien Truc, 川島英之, 北川博之, “データストリーム処理におけるコスト推定に基づく動的な来歴保存方式”, 情報処理学会第 72 回全国大会, 2010.3.9, 東京大学(東京都).
  28. 佐藤亮, 川島英之, 北川博之, “ベイジアンネットワークのストリーム演算化ならびに関係データ処理との統合”, 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2010), 2010.2.28, 淡路夢舞台国際会議場(兵庫県).
  29. 塩川浩昭, 北川博之, 川島英之, “分散ストリーム処理環境における適応的高信頼化手法”, 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2010), 2010.2.28, 淡路夢舞台国際会議場(兵庫県).
  30. Yuki Terajima, Hideyuki Kawashima and Hiroyuki Kitagawa, “Providing Persistence to Provenances on Stream Processing Environment”, Proc. 3rd International Workshop on SensorWebs, Databases and Mining in Networked Sensing Systems (SWDMNSS 2009), 2009.6.17, Carnegie Mellon University (USA).
  31. Ryo Sato, Hideyuki Kawashima and Hiroyuki Kitagawa, “Associating Bayesian Networks with Stream Data Processing”, Proc. 3rd International Workshop on SensorWebs, Databases and Mining in Networked Sensing Systems (SWDMNSS 2009), 2009.6.17, Carnegie Mellon University (USA).
  32. Xin Li, Zhitao Shen, Hideyuki Kawashima and Hiroyuki Kitagawa, “Pattern-based Window: A Novel Window Operator to Support Event Detection for Data Stream Processing”, Proc. International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE2009), 2009.5.18, Taipei (Taiwan).
  33. 川島英之, 北川博之, 天笠俊之, “ストリーム処理における来歴データ永続化の投機的実行方式”, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会 2009.5.15, 奈良県新公会堂(奈良県). [図書] (計 1 件)
    1. Hiroyuki Kitagawa, Yousuke Watanabe, Hideyuki Kawashima, and Toshiyuki Amagasa, “Stream-based Real World Information Integration Framework”, Wireless Sensor Network Technologies for the Information Explosion Era, Studies in Computational Intelligence Series, Vol. 278, pp. 173-204, 2010. 編者: Takahiro Hara, Springer.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
北川 博之 (KITAGAWA HIROYUKI)  
筑波大学・システム情報系・教授  
研究者番号: 00204876
  - (2) 研究分担者  
天笠 俊之 (AMAGASA TOSHIYUKI)  
筑波大学・システム情報系・准教授  
研究者番号: 70314531  
川島 英之 (KAWASHIMA HIDEYUKI)  
筑波大学・システム情報系・講師  
研究者番号: 90407148  
森嶋 厚行 (MORISHIMA ATSUYUKI)  
筑波大学・図書館情報メディア系・准教授  
研究者番号: 70338309
  - (3) 連携研究者  
福井 和広 (FUKUI KAZUHIRO)  
筑波大学・システム情報系・准教授  
研究者番号: 40375423  
渡邊 陽介 (WATANABE YOUSUKE)  
東京工業大学・学術国際情報センター・助教  
研究者番号: 80532944  
石川 佳治 (ISHIKAWA YOSHIHARU)  
名古屋大学・情報連携基盤センター・教授  
研究者番号: 80263440