

## VII. 計算情報学研究部門

### VII-1. データ基盤分野

#### 1. メンバ

教授 北川 博之

准教授 天笠 俊之

講師 川島 英之

#### 2. 概要

計算科学において、大規模データの管理や活用は極めて重要な課題となっている。計算情報学研究部門データ基盤分野は、データ工学関連分野の研究開発を担当している。具体的には、異種データベースや多様な情報源を統合的に扱うための情報統合基盤技術、データ中に埋もれた知識や規則を発見するためのデータマイニング・知識発見技術、インターネット環境において様々なデータを統一的に扱うための XML 関連技術、プライバシー技術等の基盤技術の研究を継続して行った。また、センター内の地球環境研究部門や素粒子物理研究部門や産業技術総合研究所と連携して、計算科学の各分野における応用的な研究を推進した。

また、本分野のメンバが中心となって、データベース分野の主要な国際会議の一つである、The 15th International Conference on Database Systems for Advanced Applications (DASFAA 2010)を本学において開催し、国際的なデータ工学研究の振興に貢献した。[C1, C2]

#### 3. 研究成果

2010年度の主要な研究成果について説明する。

##### 【1】情報統合基盤技術

(主な研究費：科研費基盤研究 (A) , 科研費特定領域研究, 科研費若手研究 (B) )

分散した異種情報源を統合的に扱うための基盤技術・システム・応用の研究開発を行った。特に、従来型のデータベースや Web 等のみではなく、センサ、位置情報源等の連続的に情報を提供するストリーム情報源をも対象とすることができるストリーム処理基盤システムや P2P におけるデータ処理技術を中心に研究開発を行った。[I1, E1]

##### (1) 高信頼化ストリーム処理 (北川, 川島) [J1, C4, P11, A4]

近年、センサデータなどのストリームデータに対する問合せ要求が増大し、それらを実現するストリーム処理システムが研究開発されている。また、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。そのような分散環境では、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

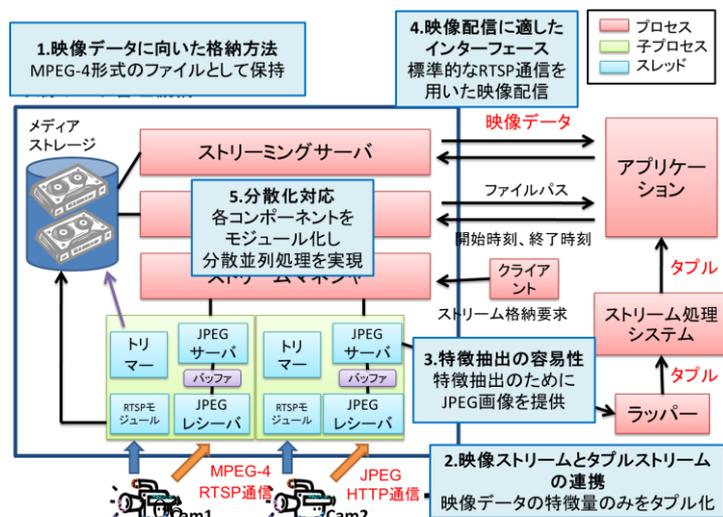
る Semi-Active Standby 方式を提案した。これは、各分散ノード間の通信にバッチ処理を導入することで、既存手法である Active Standby 方式、Upstream Backup 方式を一般化し、リカバリ時間とバンド幅オーバーヘッドを適用環境に合わせて調節することを可能とする。さらに、Semi-Active Standby 方式におけるパラメタ調整を自動化する方式についても検討を行った。本研究では、提案手法の評価実験を行い、本方式の動作特性を検証した。

### (2) ストリームデータの永続化手法 (川島, 北川) [P2, P7]

本研究では各種デバイスから自律的、かつ継続的に発信されるストリームデータを永続化する手法を検討した。永続化とは、停止故障が生じてデータも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って、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た。第一の提案は、問合せ処理中に出現する複数の選択演算子を併合することである。これにより永続化の対象となるデータ量を削減することが可能になる。第二の提案は、問合せ処理木の途中で、ストリームデータを中間領域と呼ばれるファイルへ一時的にシーケンシャルに書き込む事である。処理木とは、問合せの代数的表現であり、ストリーム処理システム内部でデータ処理を記述するために使用される構造である。この提案によりランダムアクセスを無くし、書き込み性能を向上させる。ただし中間領域のデータはユーザからアクセス不能である為、中間領域のデータをユーザからアクセス可能にするため、それらを遅延して読み出し、データ領域へ書き込むことが必要になる。第三の提案は、中間領域からの読み出しが書き込みに干渉しないように、データ領域への書き込み処理を制御することである。提案手法によりストリームデータの永続化が効率化されることを実験的に示した。さらに、本研究では複数台のマシンを用いて中間領域を分散させることで性能を改善することについても検討を行った。

### (3) 映像ストリームとタプルストリーム処理の統合 (川島, 北川) [P12]

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。そのため、小規模なものではペットの留守番監視システムや家の防犯システム、大規模なものでは、ロンドンの監視カメラネットワークである Ring



of Steel などが実際に利用されている。

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。なぜならタプルの生成間隔が I フレームの生成間隔と合わない場合、展開不可能な P フレーム、B フレームが別のタプルに含まれる可能性があるからである。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。

#### (4) P2P ネットワーク基盤技術 (北川, 天笠) [P4]

P2P システムにおける多次元データ管理を目的としたフレームワークである Multi-Ring Content Addressable Network (RCAN)の研究を引き続き行うと共に、P2P 環境における効率的集約処理を目的とした Application Level Aggregation and Multicast (ALAM)の提案を行った。

RCAN では、多次元データ空間を空間分割し、各ピアがそれぞれの領域に対応するデータを管理する方式をとる。RCAN の特徴は、データ自身のもつ特徴空間で領域分割を行うことと、 $O(\log N)$ 本 (ただし、 $N$  はピア数) の遠方のピアに対する Long Link を有する点にある。データ自身のもつ特徴空間で領域分割を行うことによりデータの局所性が維持されることと、問合せ処理に Long Link を利用することにより、多次元データに対する範囲検索や近傍検索等の空間問合せを効率的に実行することができる。また、新たなノードの追加の際に Long Link を利用して過負荷となっているピアを探索することで、ピア間での負荷分散を行うことが可能となっている。ピア数  $N$  に応じてピアの持つ Long Link の本数が動的に調整されるため、高いスケーラビリティをもってこれらの特徴が維持される。シミュレーション実験により、ルーティング処理コスト、メンテナンスオーバーヘッド、各ピアの処理負荷、問合せ処理効率等を評価することで、本提案の有効性が示した。

ALAM は、全ピアからデータを受け取るような集約問合せを対象とするもので、集約問合せ元となるピアを根とし全ピアから構成される A 木と V 木という 2 つの全域木を組み合わせることが基本アイデアである。A 木を用いて全ピアに集約問合せを伝播し、V 木を用いてデータ収集を行うことで、単一の全域木のみを用いて集約問合せ処理を行う従来方式に比べて、問合せ処理時間の短縮と各ピアの処理負荷の均衡化を図ることが可能となる。シミュレーション実験や処理効率の分析を通じて、本提案の有効性が示した。

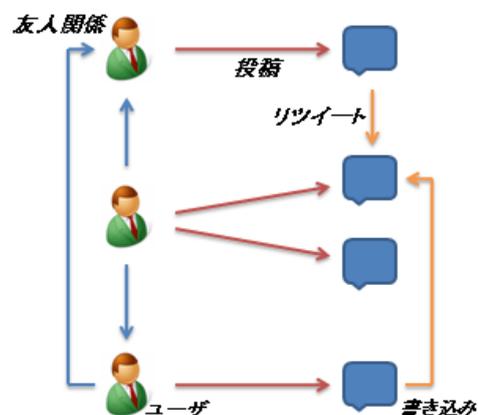
## 【2】データマイニング・知識発見技術

(主な研究費：科研費特定領域研究，科研費基盤研究 (A)，科研費若手研究 (B))

多様な情報源に対する外れ値検出，ソーシャルネットワーク分析，種々のデータマイニング・知識発見技術の研究開発を進めた。以下では，主なものについて述べる。

### (1) ソーシャルメディアの分析 (北川，天笠) [J2, J5, C10, C13, P14, P15]

近年，Twitter と呼ばれるマイクロブログサービスが爆発的に普及している。多様な情報が時々刻々と発信される Twitter は，新しい情報源として注目を集めている。Twitter 上には様々なユーザが存在し，それぞれが自らの興味や嗜好に基づいた情報発信を行っている。なかには有用な情報を多く発信し，他のユーザへ大きな影響を与えるようなユーザも存在する。そのようなユーザの発見は，有用な情報の発見やマーケティングなどの様々な

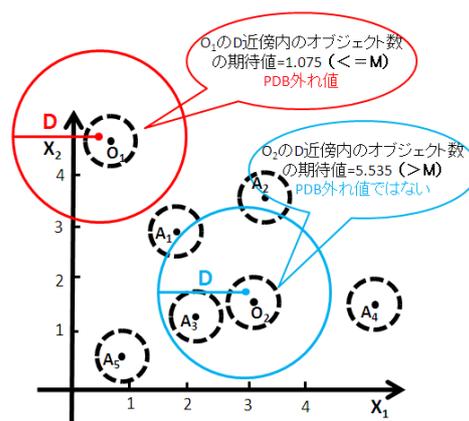


目的に必要とされ，さかんに研究されている。Twitter では，有用な情報はリツイートと呼ばれる他の情報を引用する機能によってユーザ間を広く伝搬していく。よって，より広く伝搬する情報を発信するユーザは有用である可能性が高い。しかし，従来のユーザランキング手法は，ユーザ間の関係を表すソーシャルグラフのみを解析しており，リツイートを考慮していない。本研究では，ソーシャルグラフにリツイートによる情報伝搬を取り入れたグラフを提案し，また，そのグラフに対して PageRank に代表されるリンク構造解析を適用することで，ユーザの評価を行う手法 TURank を提案した。この他，ソーシャルブックマークや Web 動画コンテンツ等に関する研究も推進した。

### (2) 外れ値検出 (北川，天笠) [P8]

外れ値とは通常のデータから大きく例外的なデータのことであり，異常検出や興味あるデータの発見等に有用である。一方，現実のデータでは様々な不確実性が存在するため，それを考慮に入れた処理手法の開発が重要である。

本研究は不確実性を有するデータ集合に対して外れ値検出を行う手法を提案した。具体的には既存の基本的な外れ値検出手法である，距離に基づく外れ値検出 (Distance-based outlier, DB 外れ値) をデータの不確実性がある場合に拡張し，



PDB 外れ値 (Probabilistic distance-based outlier) の概念を定式化すると共に，セル構造を用いた効率的な PDB 外れ値の検出手法を提案した。

### (3) 距離索引を用いた逆最遠傍問合せに関する効率的な検索手法 (北川) [C5, P6]

近年、利用者の多様な情報要求に対応するため、多次元データに対するさまざまな問合せ処理が提案されている。k 近傍問合せ(k-Nearest Neighbor Query)、範囲問合せ(Range Query)、逆最近傍問合せ(Reverse Nearest Neighbor Query)などはその例である。しかし、問合せ点から遠傍に存在するデータの検索、特に、逆最遠傍(Reverse Furthest Neighbors; RFN)の問合せ処理あまり注目されていなかった。

データセット  $O$  及びクエリ  $q$  を与えた際に、逆最遠傍検索は、 $O$  の中から  $q$  を最遠傍とする全てのオブジェクトを求める問題である。本研究では、逆最遠傍の検索手法に関する研究を行った。従来手法としては、RFN 問題の凸包特性を利用して、R-tree 索引を利用するアルゴリズムが提案されていたが、計算量が膨大な点が問題であった。本研究では、ピボットを利用する距離索引をあらかじめ作成しておく。そして、ピボットに関わる三角不等式を利用して効率的に逆最遠傍となる点を探索することが可能となる。人工データと実データを用いて実験により、従来手法と比べ、処理速度は約 10 倍、IO コストは約 1/5 になることを示した。

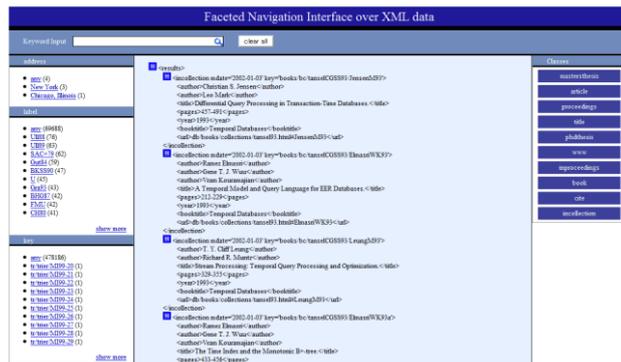
### 【3】XML・Web プログラミング・データプライバシー

(主な研究費：科研費特定領域研究，科研費若手研究 (B))

Web 上の標準データフォーマットとして利用されている XML (Extensible Markup Language)、メタデータ記述の枠組みである RDF (Resource Description Framework)に関する研究を行うとともに、オープンな環境でのデータ利用に書かせないデータプライバシーの研究を行った。

### (1) XML データに対するファセット検索 (天竺, 北川) [P10, P20, A1, A5]

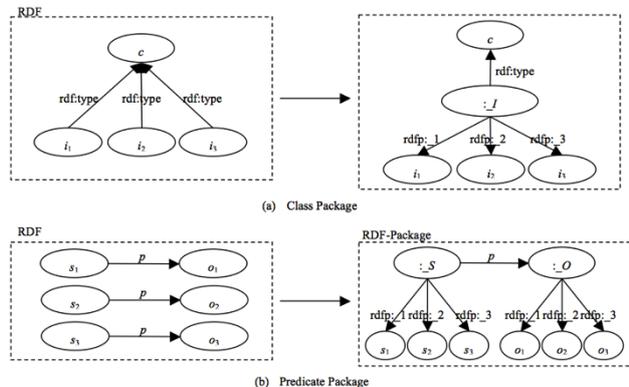
XML が普及するにつれ、多様な XML データに対する検索手段を提供することが重要になっている。本研究では属性をもつオブジェクトの探索的検索手法であるファセット検索を XML データに適用した。XML データは半構造化を持つため、検索対象となる XML データを XML データの構造に基づいて、クラス、プロパティ、オブジェクト、ファセットとして特徴づけ、これらの定義の下でファセット検索の対話走査を演算 (選択演算, クラス選択演算, キーワード選択演算) として定式化した。また、提案手法を一般の XML データに適用するためのフレームワークについて議論した。評価実験では、タスクの遂行時間、タスク遂行に対する確信度および容易さに関する比較を行い、本フレームワークを用いて構築したファセット探索の方が XQuery に比べて効率的に検索を行えることを確認し



た。この内容が高く評価され、情報処理学会平成 22 年度山下記念研究賞を受賞した。

## (2) 効率的な推論を可能にする RDF フォーマットに関する研究 (天笠, 北川) [C12, A3]

RDF の処理は、事前に RDF スキーマによる推論処理 (RDFS エンティールメント) を行う必要があるが、これにより多数のトリプルが導出されることが処理効率上の問題となることが知られている。この問題に対し、我々は同じ RDF データを表現しながら、効率的な RDFS エンティールメントを可能にする RDF Packages を提案した。基本的なアイデア



は、同じ述語を共有するトリプルをパッケージとしてまとめて表現するものである。RDF の仕様に注意深く従っているため、既存の推論ルールを一切変更することなく効率的な推論が可能になるだけでなく、既存の推論エンジンをそのまま利用することが可能である。RDF に対する問合せは、元となる問合せを RDF Packages 向けに書き換えることで、元データに復元することなく処理が可能である。この成果が高く評価され、iiWAS2010 において Best Paper Award を受賞した。

## (3) プライバシー保護検索技術 (天笠, 北川) [J3, C7, P3, P5, A2]

クラウド環境の一般化に伴い、クラウド上にデータベースをサービスとして委託する DAS (Database as a Service) が一般的になりつつある。この環境では、データベースの内容をクラウドに外部委託するため、機密情報などは暗号化する必要がある。しかしながら、データベースを暗号化してしまうと、クラウド上の計算資源を利用した検索を行うことができないため、そのメリットを享受することができない。このため、データの機密を保持したままデータベースを検索する、プライバシー保護検索に関する技術が注目されている。本研究では、プライバシー保護検索技術の一種である、OPES (順序保存暗号化法, Order-Preserving Encryption Scheme) を拡張し、ある平文に対し、複数の暗号文を割り当てる、MV-OPES (Multi-valued OPES) を提案した。これにより、オリジナルの OPES よりも安全性が増すとともに、結合演算を含む多くの関係演算をクラウド上のサーバで実行することが可能となった。さらに、平文の定義域をいくつかの部分区間に分割し、それらをシャッフルすることでさらに安全性を向上した手法を提案した。この内容が高く評価され、KIMS2010 において Best Student Paper Award を受賞した。

## 【4】科学分野におけるデータベース応用

(主な研究費：科研費特定領域研究, 科研費挑戦的萌芽研究, 科研費若手研究 (B))

### (1) GPV/JMA アーカイブ (天笠, 北川) [P18]

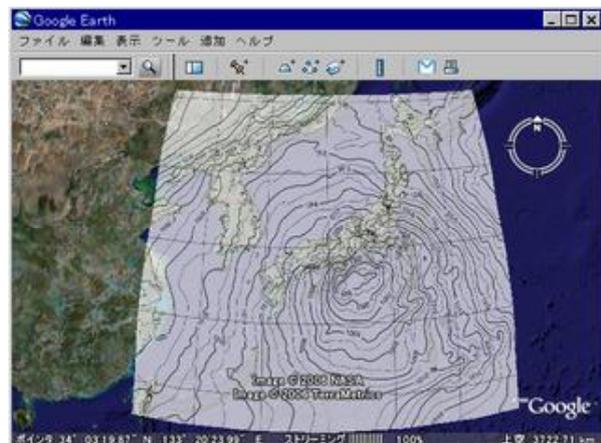
地球環境研究部門と共同で、気象庁気象予報データベース「GPV/JMA アーカイブ」(<http://gpvjma.ccs.hpcc.jp>)の開発、および管理、運用を行っている。GPV/JMA アーカイブは、気象庁が公開している気象予報グリッドデータ（GPV データ）を蓄積するとともに、外部登録ユーザーへのデータを提供することを目的としている。GPV/JMA アーカイブで提供しているデータは、全球モデル、メソスケールモデル、リージョナルスケールモデル、週間アンサンブル、月間アンサンブル、季間アンサンブルの6種類である。さらに、これらのグリッドデータに加えて、数値データを元に作図した天気図を公開するとともに、天気図の閲覧性の向上するため、GoogleEarth 上に天気図をマップするための KML ファイルの公開サービスも行っている。

## (2) 大規模衛星センサデータからのイベント検出 (川島, 北川, 天笠) [C3, P21]

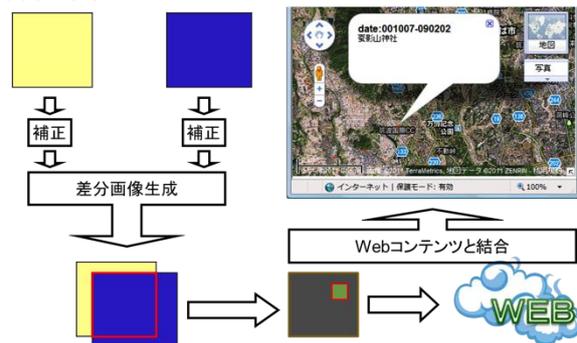
産業技術総合研究所の GEO Grid プロジェクトでは、グリッド技術を用いた地球観測データの大规模アーカイブシステムの開発を行っている。同プロジェクトが扱うデータには DEM (Digital Elevation Model) と呼ばれる地表面高度に関する画像データがある。このデータの主たる使用目的は、崖崩れ、地震などの自然災害が発生した地域の観測である。一方、DEM 画像は豊富な情報を有するコンテンツである点に着目すると、DEM 画像は他目的に活用できる可能性があると考えられる。この観点に基づき、我々はこれまで、一定期間内における都市における建造物の建築を検出するシステムの開発に取り組んできた。

2010 年度は、これまでの我々の取り組みをさらに発展させ、垂直オフセット補正を改善することにより、建造物検出精度を高めた。提案する垂直オフセット手法では、2 枚の DEM 画像について、局所的な平均標高差を垂直補正值とする。この詳細を下記に述べる。提案する垂直オフセット補正局所的に平均標高差を垂直補正值として算出する。局所化の単位は、行、列、とした。行単位補正の場合、重複領域内の各行の平均標高差を、該当行に含まれるピクセルの垂直補正值とする。列単位補正の場合、重複領域内の各列の平均標高差を、該当列に含まれるピクセルの垂直補正值とする。

経済産業省が所有する ASTER データより、産総研 GEO Grid で処理された ASTER データ  $\beta$  を用いて提案手法を実験的に評価した。その結果、提案手法は従来手法より 1.5~2 倍程度の適合



2000.10.07 ~ 2009.02.02

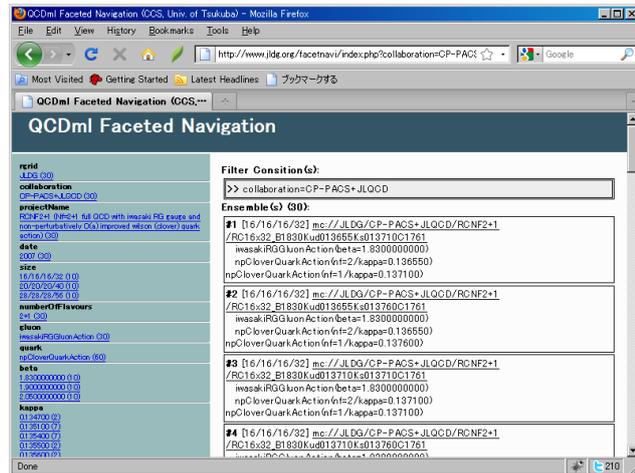


率向上を示した。

### (3) 格子 QCD アンサンブル XML のファセット検索 (天笠, 北川) [C8]

ILDG (International Lattice Data Grid)では, 格子 QCD 配意データのメタデータとして XML が用いられている. 世界中の地域グリッドで公開されている配意データを検索するため, 利用性の高いインタフェースの開発が望まれていた.

このため我々は, QCDml のためのファセット検索インタフェースを設計, 実装を行った. ファセット検索とは, 検索対象オブジェクトの集合を効率よく探索するための手法である. オブジェクトは, あらかじめファセットと呼ばれるいくつかの独立したカテゴリ毎に分類されている. 各カテゴリ (ファセット) において, オブジェクトは着目する属性の値毎にグルーピングされて



おり, その値がリスト表示されている. 利用者はファセットに含まれる具体的な値を選択することで, オブジェクトの絞り込みを行い, 探索を行う. XML データに対してファセット検索を適用するため, XML は半構造化性を考慮したファセットの抽出および QCDml におけるファセットの検討を行い, 実際にシステムを構築した.

## 4. 研究業績

### (1) 学術雑誌論文

- J1. 塩川 浩昭, 北川 博之, 川島 英之, 渡辺 陽介, "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, Vol.J93-D, No.6, Jun. 2010.
- J2. Tsubasa Takahashi, Hiroyuki Kitagawa, and Keita Watanabe, "Social Bookmarking Induced Active Page Ranking", IEICE Transactions Vol.E93-D, No.6, pp.1403-1413, Jun. 2010.
- J3. Hasan Kadhemi, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "MV-OPES: Multivalued-Order Preserving Encryption Scheme: A Novel Scheme for Encrypting Integer Value to Many Different Values," IEICE Trans. Info. & Syst., Vol. E93-D, No. 9, pp.2520-2533, Sept. 2010.
- J4. Imam Machdi, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "Parallel Holistic Twig Joins on a Multi-core System," International Journal of Web Information Systems (IJWIS), Vol. 6, No. 2, pp. 149-177, 2010.
- J5. 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, Vol. 4, No. 2 (TOD50), pp. 142-157, 2011.

### (2) 国際会議論文

- C1. Hiroyuki Kitagawa, Yoshiharu Ishikawa, Qing Li, and Chiemi Watanabe (eds.), Database Systems for

- Advanced Applications (Proc. 15th International Conference on Database Systems for Advanced Applications (DASFAA 2010)), Part I, April 2010.
- C2. Hiroyuki Kitagawa, Yoshiharu Ishikawa, Qing Li, and Chiemi Watanabe (eds.), Database Systems for Advanced Applications (Proc. 15th International Conference on Database Systems for Advanced Applications (DASFAA 2010)), Part II, April 2010.
- C3. Takashi Takagi, Hideyuki Kawashima, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "Providing Constructed Buildings Information by ASTER Satellite DEM Images and Web Contents", Proc. Data Intensive eScience Workshop (DIEW 2010) (DASFAA2010 Workshop), LNCS 6193, pp. 81-92, April 2010.
- C4. Hiroaki Shiokawa, Hiroyuki Kitagawa, and Hideyuki Kawashima, "A-SAS: An Adaptive High-Availability Scheme for Distributed Stream Processing Systems", Proc. 3rd. International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE 2010), Kansas City, Missouri, USA, pp. 413-418, May 23-26, 2010.
- C5. Jianquan Liu, Hanxiong Chen, Kazutaka Furuse, and Hiroyuki Kitagawa, "An Efficient Algorithm for Reverse Furthest Neighbors Query with Metric Index", Proc. 21st International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2010), Bilbao, Spain, August 30-September 3 2010.
- C6. Hang Shi, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "Fast Detection of Functional Dependencies in XML Data", Proc. 7th International XML Database Symposium (XSym2010), Singapore, pp. 113-127, September 13-17, 2010.
- C7. Hasan Kadhem, Toshiyuki Amagasa, Hiroyuki Kitagawa "A Secure and Efficient Order Preserving Encryption Scheme for Relational Databases," Proc. International Conference on Knowledge Management and Information Sharing (KMIS 2010), Valencia, Spain, October 25-28, 2010.
- C8. Toshiyuki Amagasa, Noriyoshi Ishii, Tomoteru Yoshie, Osamu Tatebe, Mitsuhsa Sato, and Hiroyuki Kitagawa, "A Faceted-Navigation System for QCDml Ensemble XML Data", Proc. International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC), Nov. 2010, pp.132-139.
- C9. Hideyuki Kawashima, Hiroyuki Kitagawa, and Xin Li, "Complex Event Processing over Uncertain Data Streams", Proc. International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC), Nov. 2010, pp.521-526.
- C10. Mariko Kamie, Takako Hashimoto, Hiroyuki Kitagawa, "Topic-Based Awareness Computing Model for Video-Sharing Service", ISAC 2010-2nd International Symposium on Aware Computing, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, November 1-4, 2010.
- C11. Ngo Sy Viet Phu, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "Extracting XML Data from the Web", Proc. 12th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2010), Paris - France November 8-10, 2010.
- C12. Shohei Ohsawa, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "RDF Packages: A Scheme for Efficient

Reasoning and Querying over Large-Scale RDF Data", Proc. 12th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2010), Paris - France November 8-10, 2010.

- C13. Yuto Yamaguchi, Tsubasa Takahashi, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "TURank: Twitter User Ranking based on User-Tweet Graph Analysis", Proc. 11th International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE 2010), pp.240-253, Hong Kong, December 12-14, 2010.

### (3) 学会発表

#### (A) 招待講演

- I1. 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)第 27 回研究発表会, 筑波大学 計算科学研究センター, 2010 年 7 月 15 日~7 月 16 日

#### (B) その他学会発表

- P1. 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)第 27 回研究発表会, 筑波大学 計算科学研究センター, 2010 年 7 月 15 日~7 月 16 日
- P2. 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)第 27 回研究発表会, 筑波大学 計算科学研究センター, 2010 年 7 月 15 日~7 月 16 日.
- P3. Hasan Kadhém, Toshiyuki Amagasa, Hiroyuki Kitagawa "A Secure and Efficient Order Preserving Encryption Scheme for Relational Databases," The 2nd International Workshop with Mentors on Databases, Web and Information Management (iDB Workshop 2010), pp.90-99, Tokyo, Japan, August 2-4, 2010.
- P4. Djelloul BOUKHELEF and Hiroyuki KITAGAWA, "Application Level Aggregation and Multicast in Peer-to-Peer Systems" 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 年 2 月 27 日~3 月 1 日
- P5. Hasan KADHEM, Toshiyuki AMAGASA, Hiroyuki KITAGAWA, "Optimization Techniques for Range Queries in the Multivalued-Partial Order Preserving Encryption Scheme" 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 年 2 月 27 日~3 月 1 日.
- P6. 劉健全, 陳漢雄, 古瀬一隆, 北川博之, "任意位置クエリに適用可能な効率的逆最遠傍検索" 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 年 2 月 27 日~3 月 1 日.
- P7. 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年2月27日～3月1日.
- P8. 郭楽, 北川博之, 天笠俊之, "不確実データ集合に対する距離に基づく外れ値検出" 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年2月27日～3月1日.
- P9. KOUASSI Koffi Eli, Toshiyuki AMAGASA, Hiroyuki KITAGAWA, "An Efficient Probabilistic Latent Semantic Indexing using GPGPU" 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年2月27日～3月1日.
- P10. 駒水孝裕, 天笠俊之, 北川博之, "キーワード検索が可能なXMLデータに対するファセット探索" 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年2月27日～3月1日.
- P11. 塩川浩昭, 北川博之, 川島英之, "高信頼化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年2月27日～3月1日.
- P12. 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年2月27日～3月1日.
- P13. 寺島慎太郎, 天笠俊之, 北川博之, "XMLデータにおける類似極大部分木の効率的な探索" 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年2月27日～3月1日.
- P14. 渡邊桂太, 天笠俊之, 北川博之, "ソーシャルブックマークにおける時系列分析とグラフ構造解析を用いたスパマー検出" 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年2月27日～3月1日.
- P15. 山口祐人, 天笠俊之, 北川博之, "リストを用いたTwitterユーザのタグ付け手法" 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年2月27日～3月1日.
- P16. 金子静花(お茶大), 渡辺知恵美(お茶大), 天笠俊之, "Semi-ShuffledBF:ブルームフィルタを用いた安全かつより高速なプライバシー保護検索手法の提案" 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年2月27日～3月1日.
- P17. 太田壮祐, 森嶋厚行, 天笠俊之, "関数従属性と包含従属性を用いたXML-RDBマッピング" 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年2月27日～3月1日.
- P18. 宇井敬一郎, 天笠俊之, 北川博之, "単語の専門性に着目した気象学論文データベースからの専門語抽出" 情報処理学会 第73回全国大会, 2011年3月2日～3月4日.
- P19. 于美麗, 天笠俊之, 北川博之, "レコード間の相関を用いたWeb情報統合方式の評価" 情報処理学会 第73回全国大会, 2011年3月2日～3月4日.
- P20. 駒水孝裕, 天笠俊之, 北川博之, "XMLデータに対するファセット検索のユーザビリティ評価

- " 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P21. 王春永, 川島英之, 北川博之, "地球観測衛星データと Web コンテンツの統合による新築建造物および地形変化の検出" 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P22. 張帆, 天笠俊之, 北川博之, "プライバシーを保護したオントロジーマッピング手法" 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日
- P23. 小山田昌史, 川島英之, 北川博之, "ストリーム処理エンジンと主記憶 DBMS の統合利用方式" 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P24. 小澤佑介, 天笠俊之, 北川博之, "GPGPU を用いた不確定データベースからの高速な頻出アイテムセット抽出" 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P25. 添野隆之, 天笠俊之, 北川博之, "確率的スキーママッチングによる複数 XML データに対する問合せ" 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P26. 高橋毅, 天笠俊之, 北川博之, "相関ルールに基づく外れ値検出手法を用いたユーザレビュー情報の分析".情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P27. 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 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P28. Qiu Qianru, Hideyuki Kawashima, Hiroyuki Kitagawa, "Parallel Distance Based Outlier Detection in Very Large Datasets" 情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- P29. 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, DE2011-2, pp. 7-12, 2011 年 6 月.
- P30. 小澤佑介, 天笠俊之, 北川博之, "GPGPU を用いた不確定データベースからの高速な頻出アイテム集合マイニング", 信学技報, vol. 111, no. 76, DE2011-9, pp. 49-54, 2011 年 6 月.

#### (4) 受賞

- A1. 平成 22 年度山下記念研究賞受賞：駒水孝裕, 「異種 X データに対するファセット検索手法の提案」 情報処理学会デジタルドキュメント研究会.
- A2. Best Student Paper Award : Hasan Kadhem, Toshiyuki Amagasa, Hiroyuki Kitagawa, "A Secure and Efficient Order Preserving Encryption Scheme for Relational Databases," Proc. International Conference on Knowledge Management and Information Sharing (KMIS 2010), Valencia, Spain, October 25-28, 2010.
- A3. Best Paper Award : Shohei Ohsawa, Toshiyuki Amagasa, and Hiroyuki Kitagawa, "RDF Packages: A Scheme for Efficient Reasoning and Querying over Large-Scale RDF Data", Proc. 12th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2010), Paris - France November 8-10, 2010.
- A4. 最優秀インタラクティブ賞：塩川浩昭, 北川博之, 川島英之, "高信頼化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 年 2 月 27 日～3 月 1 日..

- A5. 学生奨励賞：駒水 孝裕, 天笠 俊之, 北川 博之, "XML データに対するファセット検索のユーザビリティ評価"情報処理学会 第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日～3 月 4 日.
- A6. 学生奨励賞：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 年 3 月 2 日～3 月 4 日.

#### (5) その他成果デモ展示

- E1. イノベーションジャパン 2010 (主催：JST, NEDO)：「ストリームクラウド基盤のための大規模センサデータ処理

## VII-2. 計算メディア分野

### 1. メンバ

教授 大田 友一

准教授 亀田 能成、北原 格

### 2. 概要

当グループが属する計算情報学研究部門は、「中長期的観点から計算科学の研究を抜本的に発展させる斬新な方法の開拓研究を行う部門」として、2004 年度から新しく発足した部門であり、人間社会とその環境を主な対象とする新しい計算科学の枠組みを創成し、その基盤を確立することを目標として研究活動を推進している。

人間社会を対象とする計算科学では、人間を系に含むために、計算処理の都合で時間軸を自由に変更することが出来ない。グローバルに広がる人間社会とそれを取り巻く環境（生活空間や都市環境など）を対象として、人間の時間軸（すなわち、リアルタイム）に沿って膨大な情報を処理し、実観測データとシミュレーション結果の融合情報を、人間に分かり易い形で提示し人間社会へフィードバックするためには、実世界計算情報学と呼ぶべき新しい枠組みが必要となる。

具体的には、“実世界の情報をセンシングする機能”、“膨大な情報を処理する潤沢な計算機能”、“情報を選択・蓄積する大規模データベース機能”を、コンピュータネットワーク上で融合することにより大規模知能情報メディアを構築し、そのバックボーン上で、先端的要素技術の研究開発と、ニーズに密着した応用システムの研究開発を並行して進めている。

研究成果は、研究論文や学会発表だけでなく、イノベーション・ジャパン-大学見本市において、2005 年から 2010 年まで連続で出展や技術説明会を開催するなど、広報活動にも努めてきた。

**【1】** 自由視点映像の生成と提示：複数の視聴者が、それぞれ自由に視点を選びながら、スタジアムや体育館で行われるスポーツイベントのライブ中継を、ネットワーク経由で観ることができる技術を開発。（主な研究費：総務省 SCOPE（大田）2006～2008 年度、共同研究経費（大田）2007～2009 年度、科研費若手研究 A（北原） 2009～2011 年度）

**【2】** 監視カメラ映像を活用した歩行者のための視覚支援：監視カメラ設置数の増大は避けられないであろうことを前提に、一般市民が監視カメラから得るメリットとして、眼に見えて便利さを実感できる新しい付加価値の在り方を提案し、それを実現する基盤技術を創成。（主な研究費：科研費基盤研究 A(大田)2005～2009 年度）

**【3】** 複合現実感を用いたコミュニケーション支援メディア技術：複合現実提示技術を用いて、空間・視覚情報を共有することにより、円滑なコミュニケーションを実現する技術を開発。（主な研究費：科研費萌芽研究（北原）2006～2008 年度、科研費挑戦的萌芽研究（北原）2010～2012 年度）

【4】環境カメラ映像からの複数動作分類：日常空間内に配置した環境カメラを用いて、対象空間内の物体行動を自動認識させる研究を進めている。その一環として、環境カメラ映像に適した画像特徴量である CHLAC 特徴量を用いることで、様々な物体の複数動作を一括して認識する方法の実現を目標としている。（主な研究費：科研費若手研究A（亀田）2004～2006年度）

【5】モバイルカメラと環境カメラを補間的に利用する映像監視技術：環境カメラ映像とモバイルカメラ映像の特長を統合した次世代の監視映像技術に関する研究開発。（主な研究費：科研費若手研究A（北原）2006～2008年度）

【6】インタビュー対象者の心理的変動を計測するための顔画像解析：質問者が被験者に対して直接問いかけを行っている状況において、そのインタビュー中に示される被験者の僅かな動きからその心理的変動を計測するのが本研究の大きな目標である。このための、顔表情動作の観測によって、対象人物の意図を認識する研究を現在進めている。

【7】歩行者ナビゲーションのための屋内外映像からの定位法：歩行者に装着したカメラのみを用いて、屋内外を問わない可用性の高い歩行位置定位技術の開発を目標とする。本技術は、例えばGPS等が利用できない環境でも利用可能である。（主な研究費：厚生労働省 障害者保健福祉推進事業（障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト）「画像・GPS等のセンサ統合による日常利用可能な屋内外視覚障害者歩行支援システムの開発」（研究代表者 静岡県立大学 石川准、研究分担者 亀田）2009年度）

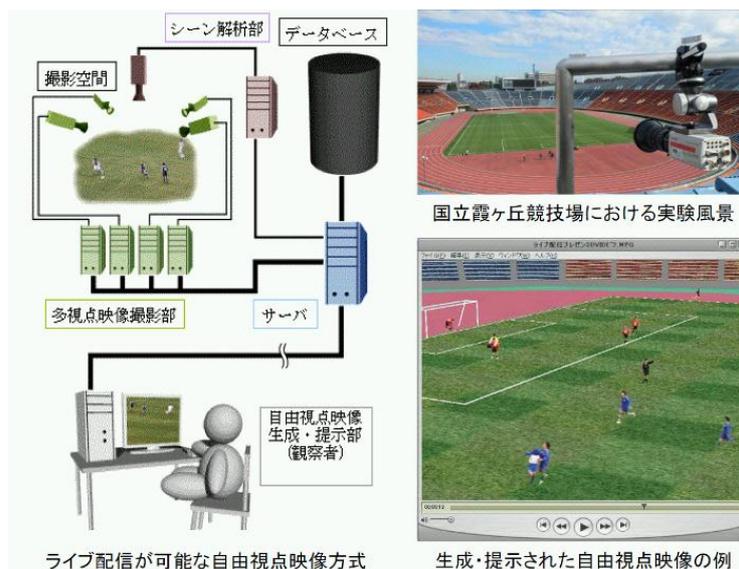
【8】自動車運転支援のための運転者前面への道路鏡像投影：自動車運転者に対して、走行している先の道路形状を安全かつ認識しやすい形で提供する手段として、フロントガラス上に、道路形状を鏡像として見せる提示手法を提案する。運転風景中の道路の上に直接道路形状の輪郭線を重畳するのではなく、視界上部の領域に重畳することで、道路上の物体と重複しない提示を実現する。

### 3. 研究成果

#### 【1】自由視点映像の生成と提示（大田，亀田，北原）

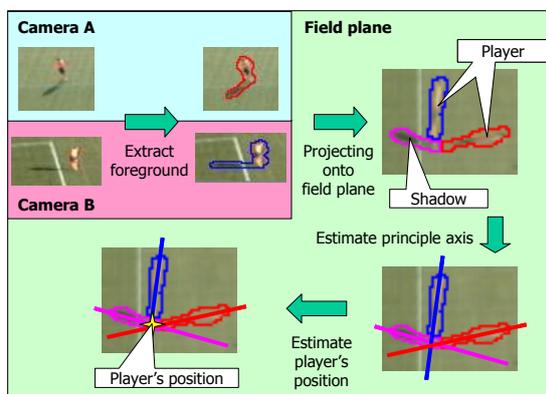
国立スポーツ科学センターとの共同研究として、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)による特定領域重点型研究開発「ネットワークによる自由視点映像のライブ配信とインタラクティブ提示」(研究代表者 大田友一)を2004年度から2006年度の3年間に渡り実施した。以降も、日本電気株式会社との共同研究や、2009年度からは科研費若手研究A「閲覧者中心型自由視点映像コンテンツ生成技術」として、研究開発を継続している。

この研究は、複数の視聴者が自由に視点を選びながらスタジアムや体育館で行われるスポーツイベントのライブ中継をネットワーク経由で観ることができる技術や、直感的な自由視点映像の撮影・提示手法の開発、及び、提示映像の高品質化により、次世代コンテンツ技術を創出することを目的としている。

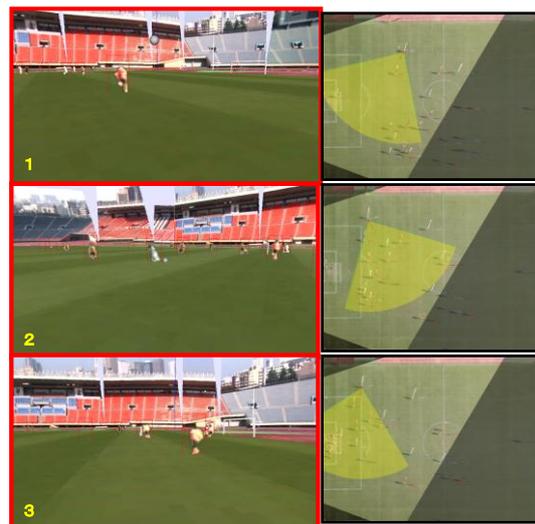


撮影物体を1枚の板(ポリゴン)とその表面に貼り付けるテクスチャ情報で表現する“人物ビルボード”という手法を開発することにより、多視点映像の撮影・加工・伝送から自由視点映像の生成・提示までの全ての処理をビデオレートで処理する世界初の自由視点映像のライブ配信を実現した。さらに、自由視点映像技術を実験室やスタジオから開放することを目指し、国立競技場や代々木体育館における実証実験において、システム全体の有用性・汎用性・ロバスト性の向上を目的とした技術開発を推進することにより、世界でも他に例を見ない、大規模空間で実施されるイベントを対象とした自由視点映像ライブ配信の実現に成功した。

2010年度に顕著な進歩があったと認められる研究課題としては、直感的な自由視点映像の撮影・提示方式が挙げられる。サッカー映像から自動的に推定した選手の3次元位置を用いて、選手の視点から見た一人称視点映像を生成・提示する手法を提案した。フィールド上に降り立った視点からの映像は、フィールドを斜め上から俯瞰したテレビ放送映像と比べ臨場感が高く、トッププレイヤーが見ていた情景を追体験することにより競技技術の向上に役立つことも期待される。視点を移動させながら撮影した映像のため、映像酔いが引き起こされることが懸念されるが、一人称視点映像の特徴であるエゴモーションを損なわず、かつ快適に視聴可能な仮想カメラ操作法について、主観評価実験を交えた検討を進めている。撮影映像機器の高性能化と、それに伴う生成映像の高画質化については、今後、研究を推進する必要があるが、並列計算処理を活用した映像の実時間生成・提示など、基礎的な開発はほぼ完了している。



2 視点映像を用いた選手位置推定手法



選手視点映像の生成・提示

## 【2】監視カメラ映像を活用する視覚支援方式（大田、亀田、北原）

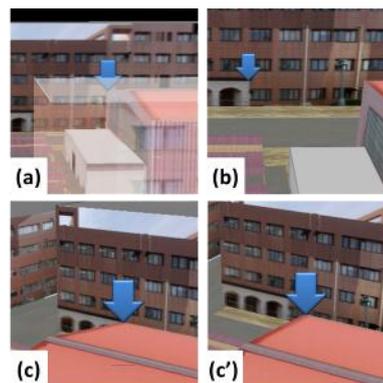
2006年度から2009年度の4年間の計画で、科学研究費補助金・基盤研究(A)「シースルービジョン：監視カメラ映像を活用する歩行者のための視覚支援方式の開発」(研究代表者 大田友一)を実施した。

本研究は、公共空間における監視カメラ設置数の増大は避けられないであろうことを前提に、一般市民が、自らのプライバシーと引き替えに監視カメラから得られるメリットとして、「安全」という重要だが眼に見えにくい価値の他に、眼に見えて便利さを実感できる新しい付加価値の在り方を提案し、それを実現する基盤技術を創成することを目的としている。新しい付加価値の在り方として、具体的には、従来、カメラの設置者のみが利用していた監視カメラ映像を、被写体である一般市民も利用可能とすることを前提に、歩行者が手にする携帯型情報端末に監視カメラ映像を適切に加工して提示し、自分の眼では直接見ることができない視覚情報を提供する「シースルービジョン」を提案した。

2010年度は、屋外環境における共同作業を想定し、他者と注目位置を共有する作業の視覚的支援に取り組んだ。複合現実感技術を用いて観察シーンのジオラマ模型を携帯端末上で再現することにより、直感的な指示共有が可能なバーチャルジオラマインタフェースを提案した。ユーザは、携帯端末の画面を介して、屋外環境のジオラマ模型が目前に存在しているような状態で観察が可能である。このジオラマモデル上に矢印などのアイコンを用いて注目位置を指し示すことにより、屋外環境中のユーザ同士で指示共有を実現する。



バーチャルジオラマインタフェース



バーチャルジオラマモデル上での注目位置の共有例

これらの基盤技術の上で、屋外作業における効果的な指示共有の検討を進めている。屋外環境では、情報端末の画面サイズ、ネットワーク速度などの制約により操作が制限されてしまうため、ユーザインタフェースは注意深く設計される必要があり、2011 年度以降継続的に研究を進める予定である。

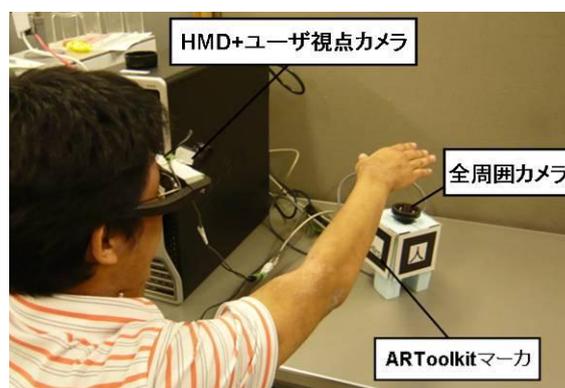
### 【3】複合現実感を用いたコミュニケーション支援メディア技術 (大田、北原)

複合現実感 (Mixed Reality) とは、コンピュータグラフィックスによって描かれた仮想世界を、現実世界にシームレスに融合した映像を提示する技術である。本研究では、複合現実感技術によって生成される空間を、遠隔地に居るユーザによって共有可能な遠隔コミュニケーションシステムの開発を進めている。

2010 年度は、ユーザが手を用いて仮想物体と円滑にインタラクション可能なMR方式の実現を目的に、手と仮想物体の違和感の少ない隠蔽関係の表現手法に関する研究に取り組んだ。人が物を操作する際に最も良く使う“道具”は、直感的で操作性が高い“手”であるため、近年、手をインタフェースとしてインタラクティブなMR空間を実現する方法に注目が集まりつつあるが、手の形状は時間と共に変形するため隠蔽関係の表現や接触判定の問題を解決する必要があるがあった。手と仮想物体の隠蔽関係を違和感なく表現するためには、従来、高精度な奥行き情報を推定する必要があると考えられていたが、推定精度と処理時間との間にはトレードオフが存在することが知られている。そこで、ユーザに違和感を与える要因が“隠れ境界における画質差”であるという考え方に注目し、マッティング処理やブレンディング処理といった画像処理技術を適用することにより、それを軽減させ、隠蔽表現の高品質化を実現する手法を提案した。



手と仮想物体の違和感の少ない隠蔽表現



隠蔽表現の高品質化を目的とした MR 方式

今後は、肌色抽出と前後判定の安定化・高速化や、魚眼カメラによって撮影される光源などの環境情報を反映させ、実物体と仮想物体各々の影の描画などを行うことでより違和感なくユーザが仮想物体とインタラクションが行えるシステムの構築することを考えている。

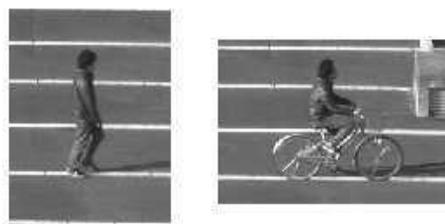
#### 【4】環境カメラ映像からの複数動作分類（亀田、大田）

本研究グループでは、日常空間内に配置した環境カメラを用いて、対象空間内の物体行動を自動認識させる研究を進めている。本年度は、環境カメラに映る様々な物体の動作を、映像に対するコンパクトな特徴量表現として現在注目されている CHLAC 特徴量をもとに分類する方法を提案した。本手法は、入力として、複数の物体がそれぞれ別の動作をしているような状況でも対応可能である。位置不変で加算可能な CHLAC は、映像解析における有力な画像特徴量の一つと考えられ、複数の対象の異なる動作をまとめて表現することができる。本取り組みでは CHLAC 特徴量と相性の良い錐制約部分空間により動作を表現し、それにより単独で発生する動作と複数で発生する動作の分類を効率的に行えることを示した。実際に、人間の歩行、自転車による移動、歩行中の拾得動作を含む 6 種類の動作を組み合わせた動作に対する実験を通して、提案した単独の動作が発生している場合と複数種類の動作が発生している場合の分類器の性能評価を行い、提案手法の有効性を確認することができた。

CHLAC 特徴量は日本発の映像特徴量であり、その表現力と簡潔さから注目を集めているが、これまでは異常検知や単純動作の認識等に用いられるだけであり、多クラスの行動認識に応用する方法は示されていなかった。本取り組みは、複数動作を CHLAC 特徴量の加算で表現し、かつそれが部分空間に基づく認識器で識別できることを示した世界初の研究である。



環境カメラからの入力映像例



認識動作の例(拡大)

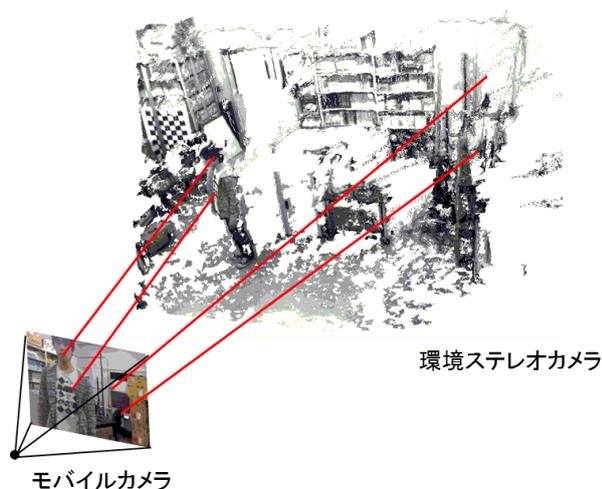
#### 【5】モバイルカメラと環境カメラを補間的に利用する映像監視技術(北原、大田)

2006 年度から 2008 年度の 3 年間の計画で、科学研究費補助金・若手研究 A「被写体のプライバシーを考慮したモバイルカメラによる高自由度映像監視技術に関する研究」(研究代表者 北原格)を実施した。以降も、科研費若手研究 A「閲覧者中心型自由視点映像コンテンツ生成技術」の基盤技術の一部として、研究開発を継続している。

この研究では、環境に設置された多視点カメラとモバイルカメラを連動させることにより、互いの長所を融合した撮影システムを構築し、モバイルカメラのキャリブレーション技術や、モバイルカメラによって収集

された映像情報を用いて環境設置型カメラの監視エリアを拡大する技術の研究開発を行っている。

2010 年度は、人物等の移動物体が存在する動的なシーンにおいて、環境中に設置したステレオカメラで獲得した視覚と奥行きの情報を用いて、モバイルカメラの位置・姿勢を推定する研究に取り組んだ。撮影シーンを前景と背景に分割して対応点探索を行うことにより、従来利用が困難とされていた前景領域上の画像特徴点を推定処理に活用し、位置・姿勢の推定精度向上が実現されている。3次元センサやビジュアルマーカを用いることなく、モバイルカメラの位置・姿勢推定を行うことが可能となるため、複合現実感への応用などが期待される。



環境ステレオカメラを用いた  
モバイルカメラの位置・姿勢推定



対応点探索結果(従来手法:SIFT)



対応点探索結果(提案手法)  
前景領域上の点で対応関係が求まっている

今後は、実環境に設置した複数の環境カメラを用いた実証実験により、提案手法の有効性の評価を行うことと、複合現実感(MR)を用いたMR記念撮影システムの開発を行う予定である。大学キャンパスへの環境カメラや映像を伝送するネットワークの設置は概ね完了し、直ちに実験に取り掛かれる状況である。

#### 【6】インタビュー対象者の心理的変動を計測するための顔画像解析（亀田、大田）

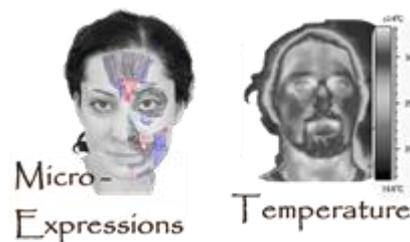
本研究でいうインタビューとは、質問者が被験者に対して直接問いかけを行っている状況を指し、そのインタビュー中に示される被験者の僅かな動きからその心理的変動を計測するのが本研究の大きな目標である。このための、顔表情動作の観測によって、対象人物の意図を認識する研究を2009年度から本格的に開始した。研究上の最終目標は、対象人物が悪意(害意)を潜在的に有しているかどうかを判定することであり、世界的にも成功例が未だに報告されていない野心的な挑戦である。本研究で成果を挙げることができれば、テロ犯罪防止・抑制が容易になり、安心安全な社会の構築に貢献できる。

2010年度は、2009年度に引き続き、Micro Expression という非常に短時間かつ僅かな顔の動きを、高速度撮影カメラを用いた観測により顔の筋肉モデルの運動拘束を元に数値化することで検出できる手法の検証を行った。また、高速度撮影カメラだけでは被験者の僅かな変化を全て捉えることが難しいと予想されているので、サーマルカメラやステレオカメラを精密に同期させ、センサヒュージョンによる解析を可能とする新しいシステム構築をおこなってきた。

なお、本研究に関しては、2010年度は本学と米国 University of Arizona と Rutgers University とで共同研究を実施している。このための予算を、共同で米国政府外郭団体から獲得した。また、本研究に付随して2011/2月～3月に渡って長期のセミナーをアリゾナで共同開催し、さらなる研究の進展を図った。



想定するインタビュー状況



画像解析の概念

(左:Micro Expression, 右:サーマル画像)

#### 【7】歩行者ナビゲーションのための屋内外映像からの定位法（亀田、大田）

精度のよい歩行者ナビゲーションは、街を往く通常の歩行者のみならず、視覚障害者にとって、介助者や介助犬による補助なしで自由に外出したいという希望を叶えるために必要な技術である。現在広く用いられているGPSベースの定位だけでは、その精度からも可用性からも不十分である。

これは、歩行者としては1m程度の精度が必要であり、かつ屋内等 GPS のための電波が得られない状況でも稼働できることが求められるからである。

本取り組みでは、2009 年度に行われた厚生労働省の障害者保健福祉推進事業(障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト)「画像・GPS 等のセンサ統合による日常利用可能な屋内外視覚障害者歩行支援システムの開発」(研究代表者:静岡県立大学 石川准)で我々が提案した画像による屋内外空間での定位法について、実地実証実験と公開ヒアリングによる評価の確認を行った。実験から、下図左に示すような、カメラの揺動が大きく、かつ他の歩行者が撮影中にカメラの前にいるような歩行状況であっても、視覚障害者の歩行支援を実現できるだけの性能が得られることが示された。



実証実験の様子(東京駅近郊)



映像入力の場合(ロバスト性が強く求められる)

#### 【8】自動車運転支援のための運転者前面への道路鏡像投影 (大田、亀田、北原)

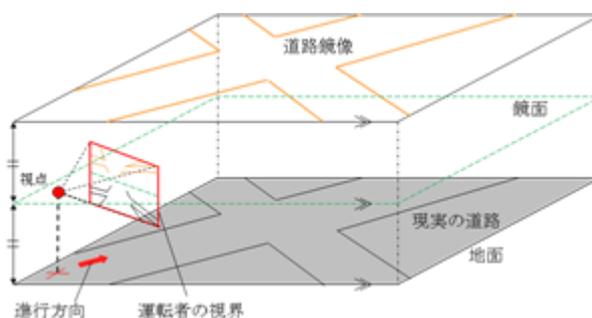
高度交通システムの研究において、我々の研究グループは運転者への視覚支援を実現するべく研究を進めている。運転中に重要な情報の一つが、走行している先の道路形状の把握である。その情報を安全かつ認識しやすい形で提供する手段として、本研究では、自動車を運転中そのフロントガラス上に、道路形状を鏡像として見せる提示手法を提案する。運転風景中の道路の上に直接道路形状の輪郭線を重畳するのではなく、視界上部の領域に重畳することで、道路上の物体と重複しない提示を実現する。本手法のよい点は、鏡像の性質から運転者は道路形状の輪郭線と現実の道路の対応関係を容易に理解することができることである。この、道路形状を表す輪郭線を鏡像にして空中に提示したものを道路鏡像と呼ぶ。

鏡像として容易に理解できるという性質は、現実の道路とその上方に仮想的に描かれる道路鏡像との間の幾何整合性が厳密には確保されない環境でもある程度の効果を期待できるが、運転支援応用という観点から、その効果の度合いを厳密に定量化することが求められる。そこで本研究では、鏡像としての理解しやすさを損ねないように道路鏡像の表示位置を調整できる範囲を調査し、工学的に道路形状の情報がわかりやすく提示することが可能であることを示した。このために、本取り組みでは幾種類かの幾何パラメータを定義し、それを変更した複数種類の提示をシミュレーション映像で比較する主観評価実験を行った。また、検討した提示の変更が実際に有効であることを

確認するため実車上のシステムを構築し、そこでも主観評価実験を行った。



道路鏡像提示の様子(本学路上の左カーブ)



道路鏡像の概念

#### 4. 研究業績

##### (1) 研究論文

1. Real-Time Soccer Player Tracking Method by Utilizing Shadow Regions ; Nozomu Kasuya, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, Proceedings of ACM Multimedia 2010, pp.1319-1322 (2010.10)
2. Image Retrieval of First-Person Vision for Pedestrian Navigation in Urban Area; Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, Proceedings of IAPR 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR2010), pp.364-367 (2010.8)
3. See-Through Vision: A Visual Augmentation Method for Sensing-Web; Yuichi Ohta, Yoshinari Kameda, Itaru Kitahara, Masayuki Hayashi, Shinya Yamazaki, International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU2010), 10 pages, (2010. 6)
4. 3D Free-Viewpoint Video Capturing Interface By Using Bimanual Operation; Tetsuya Watanabe, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, Proceedings of 3DTV Conference 2010, 4 pages (2010.6)
5. A Comparison Between Two 3D Free-Viewpoint Generation Methods - Player-Billboard AND 3D Reconstruction -; Tetsuya Shin, Nozomu Kasuya, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, Proceedings of 3DTV Conference 2010, 4 pages (2010.6)
6. An Installation of Privacy-Safe See-Through Vision; Masayuki Hayashi, Ryo Yoshida, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, ELSEVIER, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2, 1, pp.125-128 (2010.4)

##### (2) 学会発表

##### (A) 招待講演

1. Perceptually Correct と Physically Correct -自由視点映像・複合現実感におけるモデル表現-;大田

友一, 第 13 回 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2010)プログラム, 釧路, (2010.7)

2. 「新たな飛躍に向けて、いま何をすべきか? ~SIG-MR, ISMAR の 10 余年を振り返って」; 竹村治雄, 大田友一, 田村秀行, 横矢直和, 日本バーチャルリアリティ学会誌, 15, 2, pp.8-15 (2010.6)

(B)その他の学会発表

1. 影を用いた選手位置推定法の高さ情報を用いた改善; 糟谷望, 北原格, 亀田能成, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.105 (2011.3)
2. MR-Mirror における両眼視差による立体映像提示の検討; 佐藤秀昭, 北原格, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.120 (2011.3)
3. 屋外における複合現実型ジオラマモデルの位置操作・表示方式; 林将之, 北原格, 亀田能成, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.117 (2011.3)
4. Infrared and Visible Spectrum Camera Calibration; Senya Polikovsky, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.104 (2011.3)
5. 複合現実感技術を用いた3次元描画方式の検討; 佐々川雄貴, 北原格, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.128 (2011.3)
6. 環境ステレオカメラ画像とモバイルカメラ画像の対応点探索手法; 水流 弘達, 北原格, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.116 (2011.3)
7. 複合現実感型試着システムのための色合わせ法; 出嶋 康之, 大田友一, 北原格, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.118 (2011.3)
8. 仮想環境を用いた照明計画支援システム; 徳本晋之介, 北原格, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.121 (2011.3)
9. 記録された歩行者の様子の複合現実型圧縮提示; 長島 正典, 北原格, 亀田能成, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.108 (2011.3)
10. カメラと人物との間の距離に依存しないグラフ構造特徴量の一検討; 並木重哲, 亀田能成, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.184 (2011.3)
11. 遠隔協調型複合現実感における距離画像を用いた物体の立体提示; 王ジン, 北原格, 大田友一, 電子情報通信学会 2011 年総合大会講演論文集, 2, p.119 (2011.3)
12. 動的シーンにおける環境ステレオカメラ画像を用いたモバイルカメラの位置・姿勢推定; 水流弘達, 北原格, 大田友一, 動的画像処理実利用化ワークショップ DIA2011, 4 pages (2011.3)
13. MR-Mirror : 鏡像を用いた仮想世界と現実世界の融合提示; 佐藤秀昭, 北原格, 大田友一, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, 110, 381, pp.341-346 (2011.1)
14. 直感的で正確な自由視点映像撮影インタフェースの開発; 渡邊哲哉, 北原格, 亀田能成, 大田友一, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェア利用に関するワークショップ(WISS2010), 2 pages (2010.12)

15. 運動視差を再現した鏡の中の仮想世界と現実世界の融合提示; 佐藤秀昭, 北原格, 大田友一, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェア利用に関するワークショップ(WISS2010), 3 pages (2010.12)
16. 街中での歩行者カメラによるオンライン位置推定のための検討; 亀田能成, 大田友一, 画像の認識・理解シンポジウム 2010 論文集(MIRU2010), 6 pages (2010.7)
17. 見え方の時間的な変化を考慮した環境カメラ画像群の色合わせ手法; 宇津野雄亮, 北原格, 大田友一, 画像の認識・理解シンポジウム 2010 論文集(MIRU2010), pp.1815-1820 (2010.7)
18. Detection and Measurement of Facial Micro-Expression Characteristics for Psychological Analysis; Senya Semion Polikovskiy, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, 信学技報 IEICE Technical Report PRMU, 110, 97, pp.57-64 (2010.6)
19. 歩行者視点カメラによる歩行者位置オンライン推定の取り組み; 亀田能成, 大田友一, 信学技報 IEICE Technical Report PRMU, 110, 27, pp.67-72 (2010.5)
20. Maneuvering of Virtual Diorama for Finding Attention in Wide Area Outdoor Workspace ; Masayuki Hayashi, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, Proceedings of the 3rd Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2010), pp.71-80 (2010.4)
21. MR-Mirror:A Method to Merge Real and Virtual World by Using Mirror Metaphor; Hideaki Satoh, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta, Proceedings of the 3rd Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2010), pp.81-93 (2010.4)

## 5. 連携・国際活動・社会貢献、その他

2009 年度は下記のイベント・展示会に参加し、広く社会に研究成果を広報した。  
また、2010 年度も引き続き(株)日本電気と共同研究を実施した。

### 大学院専攻研究公開(展示)

日時:2010.5.8, 2010.6.5 (いずれも 10:00-16:00)

会場:筑波大学第三エリア

展示内容:自由視点映像や複合現実感技術に関連したデモシステムの展示、技術紹介ビデオの紹介

### イノベーション・ジャパン 2010(新技術説明会)

開催日:2010.9.29

会場:東京国際フォーラム

・説明会番号 PI-05

・テーマ名: 直感的閲覧が可能な 3 次元自由視点映像ブラウザ