

VIII. 計算情報学研究部門

VIII-1. データ基盤分野

1. メンバー

教授	北川 博之、天笠 俊之
准教授	塩川 浩昭
助教	堀江 和正
研究員	太田 玲央、宮本 隆典
学生	大学院生 23名、学類生 6名、研究生 1名

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合的に扱うための RDF・知識ベース・LOD 関連技術等の研究を継続して行っている。また、国際睡眠医学統合機構 (IIS) 等との連携を通じて、計算科学の各分野における応用的な研究を推進している。

今年度は、科学技術振興機構・未来社会創造事業 (令和元年 11 月～令和 2 年度) に加えて、JST 戦略的創造研究推進事業「さきがけ」 (令和 2 年 12 月～令和 7 年度)、NEDO (令和 2 年度～令和 3 年度) 等の新たな外部研究資金をもとに研究を進展させている。特に、ヒトを対象とした実用的な研究成果を目指してステップを着実に進めている。

3. 研究成果

[1] 情報統合基盤技術

(1) ストリーム処理と OLAP の統合 : StreamingCube

リアルタイムでのデータ取得の一般化に伴い、それらのデータを連続的に配信するストリーム形態のデータが急増している。ストリームを効率的に処理するため、これまで様々なストリーム処理エンジン (SPE) が開発されてきた。一方、ストリームとして配信されるデータが複数の属性から構成される多次元データである場合も多く、利用者が様々な次元の組合せに基づいてそのデータを分析したいというニーズがある。データベース分野においては、多次元データに対する複数次元に基づくデータ分析の代表的手法として、Online Analytical Processing (OLAP) がある。OLAP 分析をデータストリームに対しても同様に適用するための研究が、これまでいくつか行われているが、SPE と既存の OLAP ツールを組み合わせるア

アプローチが一般的である。しかし、組合せによるアプローチでは、システム構成の複雑化、処理のオーバヘッド等の問題が生じる。

本研究では、SPE 内において従来のストリーム処理に加えて OLAP 処理も実行可能とすることを目的に、SPE 内部に組み込むための OLAP 処理用基本演算子として新たに **cubify** を考案した。また、**cubify** をストリーム処理に導入することで、従来のストリーム処理とストリームに対する OLAP をシームレスに統合可能な OLAP 対応ストリーム処理エンジン **StreamingCube** を開発した。ストリーム処理では、処理効率化のため、既に計算済の分析結果を新たに到着したデータに基づき更新することで最新の分析結果を得る差分計算が広く用いられている。一方、ストリーム OLAP においても、様々な次元の組合せに対して計算された分析結果を新たな到着データに基づき差分更新することで、OLAP 処理の効率化が実現できる。**StreamingCube** では、従来のストリーム処理用演算子と **cubify** に差分処理計算を統一的に適用することで、処理の効率化を実現している。

図 1 に **StreamingCube** における処理ワークフローの例を示す。従来のストリーム処理演算子である **window**, **select**, **join** 等と、ストリーム OLAP 用の **cubify** を、この例のように自由に組み合わせることが可能である。

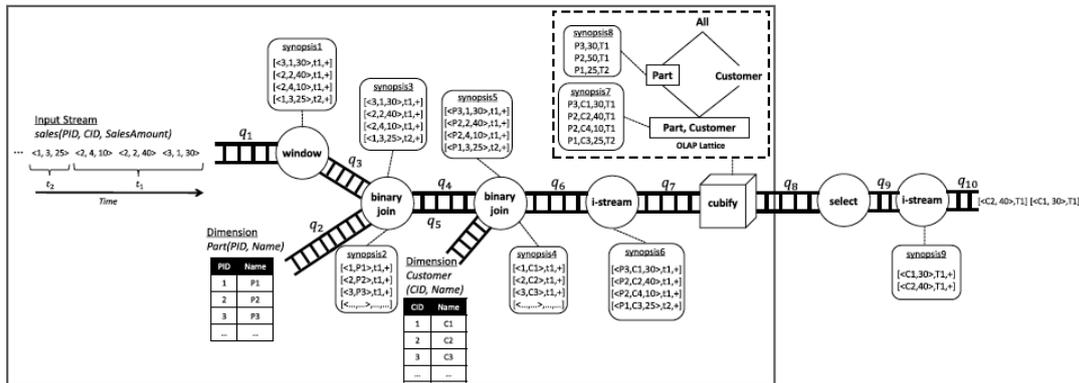


図 1 StreamingCube における処理ワークフローの例

本研究では、StreamingCube のプロトタイプを実装し、SPE と OLAP 分析ツールを組み合わせた従来システムと処理性能の比較実験を行った。図 2 は処理スループットの測定結果である。横軸は OLAP 処理の負荷を表す。具体的には、**cubify** 演算子内部において最新の計算結果を絶えず保持し続ける OLAP の分析結果ノード数であり、ノード数が増加する程 OLAP 処理の負荷が重くなる。縦軸は入力ストリームの処理スループットを示す。いずれの場合においても、従来システムに対する StreamingCube の優位性が示されている。

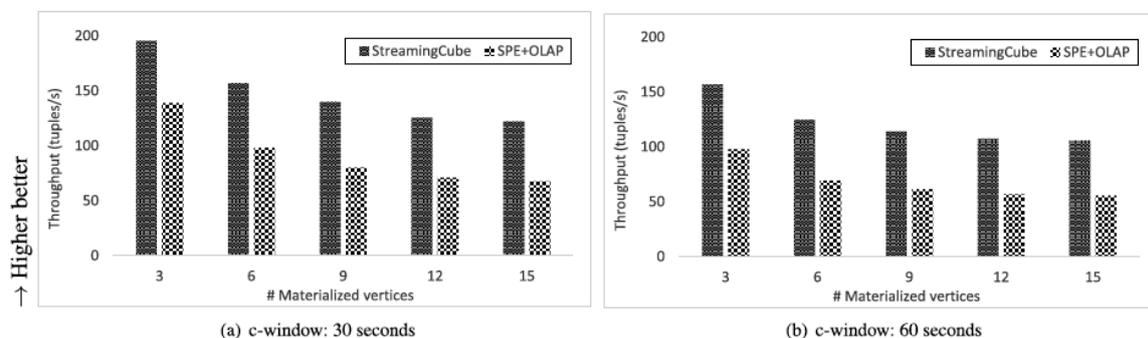


図2 StreamingCube と従来手法の処理スループット比較

(2) 移動オブジェクトに対する空間キーワード検索

GPS 搭載モバイルデバイスや SNS の普及に伴い、人々の移動に対応した様々なロケーションベースのサービスが出現している。移動オブジェクトの重要な性質として、その位置や興味は時々刻々と変化することがある。例えば、人々がその時々興味や関心に関わる情報を SNS 等で発信しながら位置を移動することは、今日日常茶飯事である。本研究では、このような位置と興味は動的に変化する移動オブジェクトに対する空間キーワード検索の手法を新たに開発した。具体的には、位置とキーワード群を併せもつ移動オブジェクト群、同じく位置とキーワード群を併せもつクエリ群を考える。ここで、移動オブジェクト群の位置とキーワード群は時間的に変化するが、クエリの位置とキーワード群は変化しないものとする。また、ある移動オブジェクトとあるクエリの適合度は、その位置間の空間的距離とキーワード群間の類似度の重み付き和で計算されるものとする。このような前提のもと、各クエリに対して適合度が高いトップ k 件の移動オブジェクトを継続的に求める問題に対する効率的方法を考案した。様々な人々を移動オブジェクト（キーワードはその利用者の興味に対応した直近の Tweet 等に含まれる語）、店舗をクエリ（キーワードは店舗のサービスに関連した語）に対応させると、この問題は各店舗が提供するサービスに興味がある近隣の潜在的顧客をリアルタイムで継続的に探索する問題に相当する（図3）。位置やキーワードに関わる検索手法

はこれまで数多く研究されてきたが、本研究が対象とするこのような問題を直接対象とする手法はこれまで提案されていない。

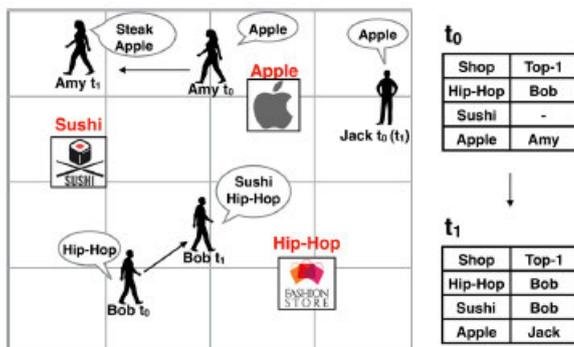


図 3 本研究における空間キーワード検索

図 4 は本研究の提案手法の枠組みを示す。Receiver は移動オブジェクトの状態変化（位置やキーワードの変化）を受信する。Affected Query Finder は、その状態変化によりトップ k 件中の検索結果が変化し得るクエリを識別する。Top-k Refiller は、それらのクエリに対して状態変化後の正しい検索結果を求めるための処理を行う。このような枠組みで効率的に検索結果を得るため、新たな索引構造やデータ構造を導入し、それをを用いたアルゴリズムを開発した。図 4 は Affected Query Finder のための索引構造であり、これにより状態変化が影響し得るクエリを高速に絞り込むことが可能である。

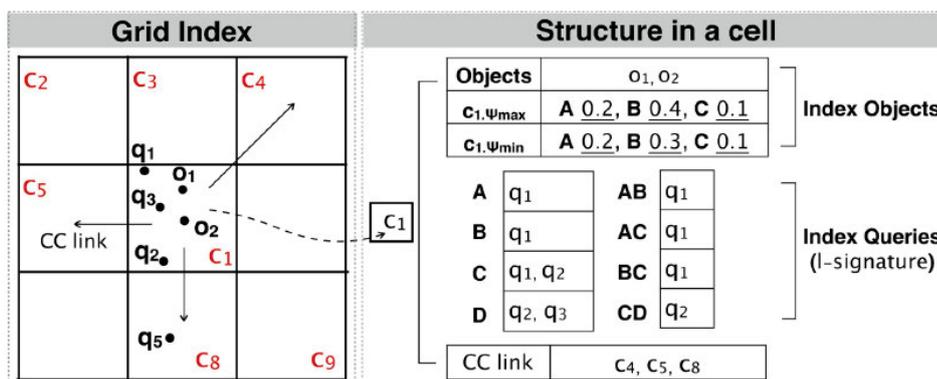
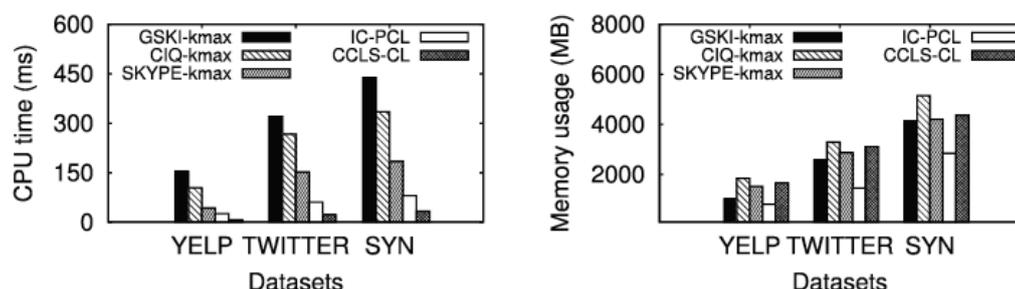


図 4 Affected Query Finder のための索引構造

提案手法の有効性を評価するため、実データを用いて考え得る既存手法の組合せとの実験評価を行った。図 5 は、平均検索処理時間とメモリ使用量を比べた結果であり、提案手法 (CCLS-CL) の有効性が示されている。



(a) Average processing time. (b) Memory consumption.

図5 提案手法と既存手法の実験評価

(3) 空間ストリーム処理基盤：GeoFlink

位置情報や地理情報等の空間データは、実社会におけるデータ活用において極めて重要な役割を占めている。モバイルコンピューティングや空間センシング技術等の進展に伴い、実時間で取得される空間データストリーム処理の重要性が増加している。スケーラブルなストリーム処理のための基盤システムがこれまで複数実用化されているが、空間データストリームに特化した機能を有するものはこれまでにない。Apache Flink は、ストリームとバッチ処理の両者に対応可能な代表的なビッグデータ処理のためのオープンソースシステムであるが、空間データを直接サポートする機能は有しない。空間データをサポートするスケーラブルなビッグデータ処理基盤としては、GeoSpark, Spatial Hadoop 等があるが、静的なバッチワークロードのみを対象としており、空間データストリームをサポートしていない。

このような課題に対応するため、本研究では、Apache Flink を拡張して空間データストリームを処理可能な GeoFlink を開発した。GeoFlink は、空間データ型のオブジェクトをサポートし、クラスターノードによる並列処理によりスケーラブルな空間ストリーム処理を実現する。また、グリッド構造を用いた空間索引をシステム内部で用いることで、不要な距離計算等を大幅に削減し、効率的な処理を可能としている。GeoFlink のアーキテクチャを図6に示す。Spatial Stream Layer では入力ストリームを空間データ型に変換すると共に、空間索引との対応付けを行う。Spatial Query Processing Layer は、それらの情報を活用しながら、範囲検索 (Range), k 近傍検索 (KNN), 空間結合 (Join) 等の処理を実行する。

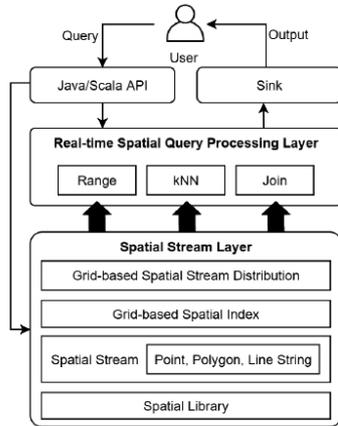


図 6 GeoFlink のアーキテクチャ

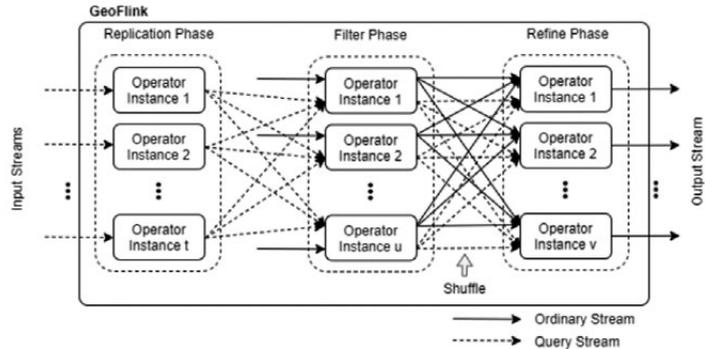


図 7 結合処理のフロー

図 7 は複数クラスターノードを用いた 2 つの空間ストリームに対する空間結合処理の流れを示す。空間結合とは、2 つのストリーム中の点のうち一定距離内のペアを連続的に検出する処理であり、2 つのオブジェクトが接近している状況をリアルタイムで検出する。空間索引を用いたフィルタリングにより結合条件を満たす可能性がある空間データペアの絞りこみを行い、さらに真に距離計算が必要な場合だけ距離を計算することで、効率的な結合処理を実現している。図 8 は空間索引を用いた場合と用いない場合の処理性能の実験比較であり、空間索引によるフィルタリングの有効性が実験的にも確認できる。

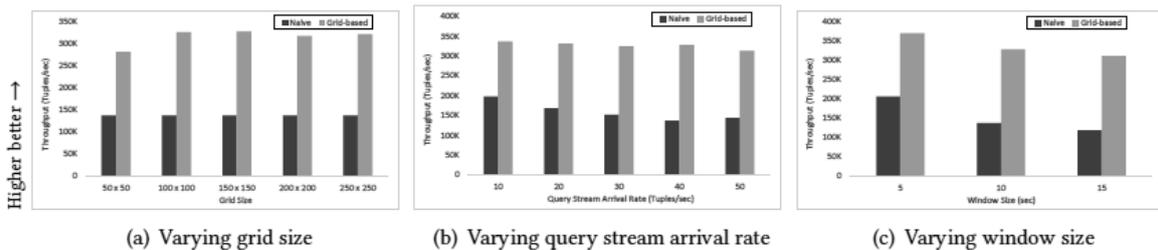


図 8 空間索引の有効性検証

[2] データマイニング・知識発見技術

(関連研究費：科研費 若手研究, JST ACT-I 加速フェーズ, JST さきがけ)

(1) 大規模データ処理の高速化

- Affinity Propagation の高速化

Affinity Propagation は多次元データを含む多様なデータオブジェクトを対象としたクラスタリングアルゴリズムである。最適解に対して非常に性能の良い近似解を求めることがで

きる性質が知られており、幅広い領域で利用されている手法である。しかしながら、クラスタの検出には全点对計算を必要とするため膨大な計算時間を必要とする。本研究では Data Skewness とその決定性を利用することで、必要最低限のデータのみ計算するようにアルゴリズムを設計した。本研究の提案手法 ScaleAP は数百万件程度のデータセットに対して、ジュライ技術よりも精度を劣化させず 100 倍以上高速な処理を可能とした。

図 9 は提案手法と代表的な最先端手法との実行時間ならびに精度の比較結果を示したものである。精度の比較では、それぞれのアルゴリズムが出力した結果が Affinity Propagation とどれだけ一致しているかについて F 値を用いて比較している。この結果からもわかるように提案手法 ScaleAP は既存手法よりも 100 倍程度高速であるが、Affinity Propagation と同じクラスタリング結果を出力可能である。これに対して既存手法は提案手法よりも低速であり、多くの場合、近似解のみを出力する。これらの結果からも本研究が主眼をおいている Data Skewness を捉えた高速化アプローチは全点对計算を必要とするデータ処理にも応用できる可能性が示唆されたと考える。

本研究の成果は 2021 年 2 月に開催された人工知能分野のトップ会議である AAAI 2021 で発表を行った。

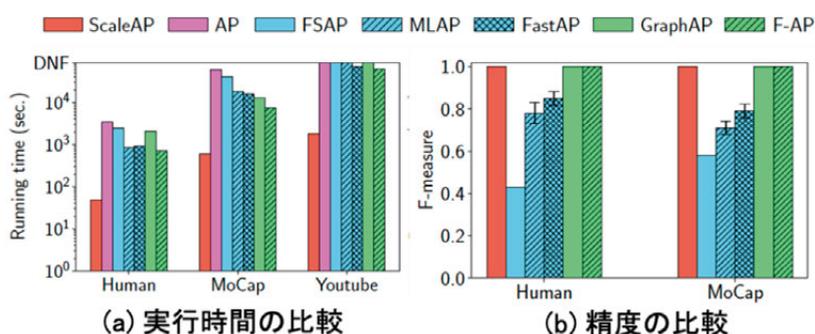


図 9 ScaleAP の性能比較

- 分散グラフクラスタリングのスケラビリティ向上

本研究では次数比の偏りを用いた効率的な分散グラフクラスタリング DSCAN を開発した。一般的に分散グラフ処理では計算機間で同期処理を必要とする。この同期処理は一般的に大きな処理時間を要することから、同期処理を可能な限り削減することが重要な課題となる。

本研究では実世界のグラフデータが持つエッジには、エッジの両端のノードが持つ次数に大きな偏りが存在することに着眼した。エッジの次数の偏りが極端に大きい場合、本研究で対象とするクラスタリング手法はクラスタを形成することはできないため、同期が不要なエッジであると考えられることができる。提案手法 DSCAN では次数比の偏りを捉えることで同期不要なエッジを特定することで不要な同期処理を削減し、効率的な分散グラフクラスタリングを実現する。

図 10 に DSCAN の実行時間の比較を示す．図 10 の DSCAN-16 ならびに CASS-16 は 16 台の計算機を用いて分散並列処理した際の実行時間，DSCAN-1 ならびに CASS-1 は 1 台の計算機を用いて処理した際の実行時間を表している．この結果からも，代表的な既存手法よりも数十倍から数百倍程度高速な処理を実現している．また，既存の分散処理手法（CASS-1，CASS-16）で処理できなかった clueweb データセットも数十秒程度で処理可能となっている．また図 11 にスケーラビリティを比較した結果を示す．図 11 では 1 台の計算機で実行した際の計算速度に対する性能向上率を示している．DSCAN (w/o pruning) は通信コスト削減を行わない場合の DSCAN である．この結果からも，提案法は既存法よりも良いスケーラビリティを示していることが確認できる．

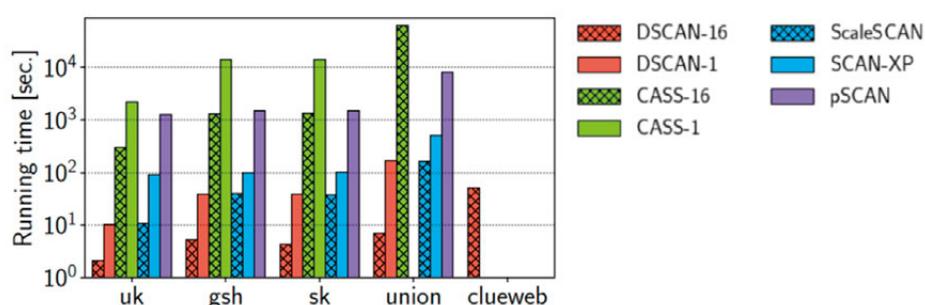


図 10 実行時間の比較

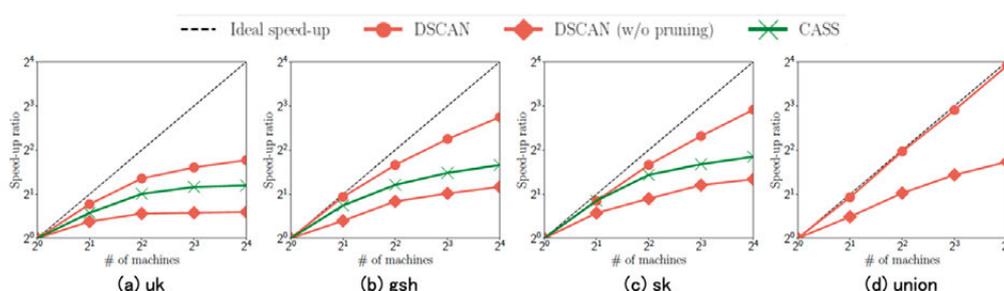


図 11 スケーラビリティの比較

(2) GPU による 5 ノードサブグラフ数え上げの高速化

サブグラフ数え上げは，対象となるグラフに対して，特定の（数ノードからなる）グラフ（パターンと呼ばれる）がサブグラフとして出現する回数を求める問題である．本研究では，パターンのサイズに上限を設定し，サイズが上限となるあらゆるパターンに対して数え上げを行なう問題に取り組んだ．このサブグラフ数え上げは，グラフ分析の基本的な手法の一つであり，グラフの特徴を計算する手法の一つとして，バイオ情報学等の分野で利用されている．これまで厳密解を求める実用的なアルゴリズムは 4 ノードまでが上限であったが，Pinar らによる ESCAPE が，5 ノードサブグラフ数え上げに対してはじめて実用的なアルゴリズムを提案した．しかしながら GPU による処理の並列化は考慮されていなかった．

そこで本研究では、この問題に対して ESCAPE をベースとして、GPU による並列化を適用し高速化を行なった。具体的には、ESCAPE が提案しているグラフの有向グラフへの変換およびパターン分割による数え上げのアプローチを踏襲しつつ、並列化が容易な分割パターンの数え上げの部分を GPU 上で並列に実行する手法を開発した。特に、GPU 上でのメモリ効率の良いデータ構造を利用したグラフの表現 (図 12 (a) および (b)) を適用するとともに、必要に応じてエッジを逆に辿るためのデータを保持したり (図 12 (c))、分割パターンのためのデータ構造を導入 (図 12 (d)) することで効率の良い処理を実現した。その結果、ESCAPE に対して 5 ノードサブグラフ数え上げにおいて 4 倍から 10 倍の高速化を実現した。

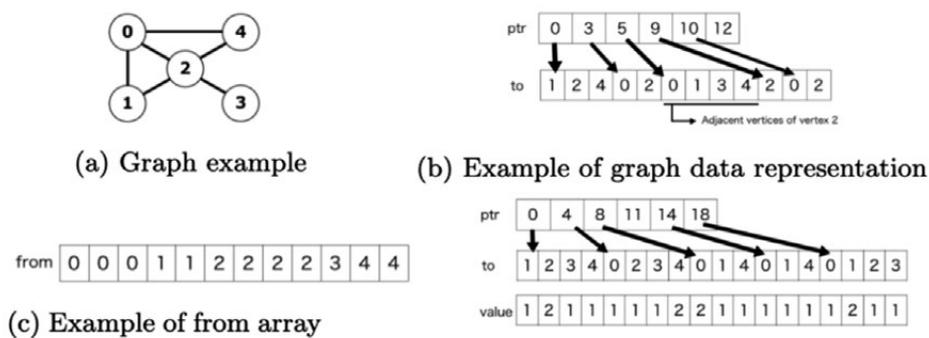


図 12 GPU 上のグラフ表現

(3) グラフにおける距離問合せのためのハイブリッド索引

本研究は中期招聘による国際共同研究の成果である。

グラフにおける 2 頂点を問合せとして与えたとき、その超転換の最短距離を答える問題を距離問合せといい、地理情報システムやソーシャルメディア分析など数多くの応用において広く用いられている基本的な処理である。本研究ではそのための索引として新たな手法を提案した。具体的には、既存手法である PLL (pruned landmark labeling) に対して、最小頂点被覆によってランドマーク数を削減可能であることを示した。さらに、実世界のグラフの特徴に注目、辺の密度が高いコア部分には PLL を適用し、辺の密度が低いそれ以外の木構造部分にはより単純な距離索引を適用するハイブリッド索引を提案した (図 13)。実データを用いた実験により、提案手法は既存手法に比べて、索引のサイズを大幅に削減することに成功しつつ、距離問合せを高速に実行できることを示した。

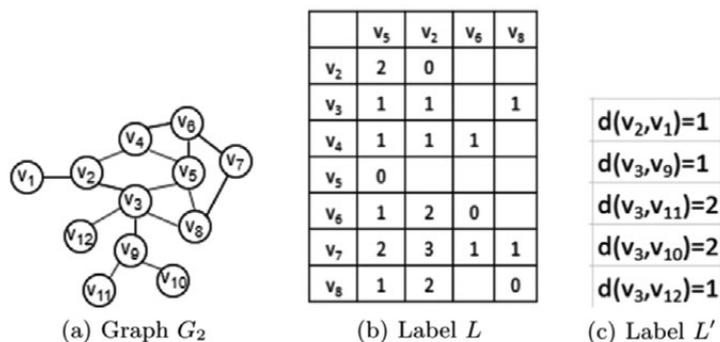


図 13 距離問合せのためのハイブリッド索引

[3] RDF・知識ベース・LOD

(1) 知識ベースに対する Q&A

近年、DBpedia に代表される知識ベースが注目され、一般の知識が機械処理可能なフォーマットで蓄積、各種応用に利用されている。このような知識ベースに対する質問応答 (QA) タスクに対して、近年では深層学習モデルを利用したエンド・ツー・エンドの手法が数多く提案されている。ところが、これらの手法はモデル学習に多くの時間が必要なうえ、パフォーマンスに問題がある場合、処理のどの部分に問題があるかどうかを分析するのが困難である。

このため本研究では、処理を以下の部分処理：1) エンティティ検出、2) エンティティリンキング、3) 関係予測、に分割するとともに、各ステップについては単純なニューラルネットワーク、あるいは、ニューラルネットワーク以外のシンプルなモデルを適用する修法を提案した。これにより学習時間の短縮が可能となるだけでなく、パフォーマンスに問題がある場合の問題点の発見が容易になることが期待される。提案手法の評価を実験的に行なった結果、比較的単純な手法を組み合わせることで最新の手法と遜色ない精度を達成できることを示した (表 1)。

表 1 質問応答における問合せ精度の比較.

Entity detection	Relation prediction	Accuracy (%)	R@2	R@3
BiLSTM	BiGRU	74.64 [[79.9]]	80.93	82.75
BiLSTM	CNN's	74.63	80.85	82.75
CRF	CNN	73.42	79.45	81.3
CRF's	BiGRU	73.39	79.46	81.28
CRF's	BiLSTM	73.34	79.36	81.16
CRF's	LR(W2Vec+1-Hot)	70.1	77.07	79.08
CRF's	LR(TF-IDF)	68.4
Previous work				
Model	Description	Accuracy		
Yin et al. 2016	Max-pooling	76.4		
Dai et al. 2016	Probabilistic	75.7		
Xiao et al. 2019	Embedding based	75.4		
Lukovnikov 2017	Neural embedding	71.2		
Golub and He 2016	Character-based	70.9		
Bodes et al. 2015	Memory network	62.7		

(2) 知識ベースに対するエンティティ感の関係に着目したファセット検索

知識ベースが普及するとともに、多様な情報が知識ベース上にグラフ形式で蓄積されることが予想される。一般に知識ベースは RDF (resource description framework) フォーマットで記述されるが、基本的には機械処理することが前提であり、人間が利用する場合の可読性は必ずしも高くない。とはいえ、データのメンテナンスや必要なデータの抽出など、RDF を人間が直接利用する場面は少なくなく、必要な情報を RDF から取得するためのインタフェースは重要である。

これまで RDF を対象とした検索インタフェースは数多く研究されてきたが、それらは主に、データ中の対象物 (エンティティ) に関するものがほとんどであった。その一方で、RDF を扱う差異には、エンティティ間の関係 (例えば、宇宙関連のプロジェクトにおいて「宇宙飛行士」と「プロジェクト」間の関係など) は重要であるにも関わらず、これまでエンティティ間の関係を検索できるようなシステムはほとんど見られない。

そこで本研究では、知識ベース中のエンティティ間の関係に着目した検索インタフェースを開発した。提案手法 (RelFacet) はファセット検索をベースにしており、従来のファセットに加えて「関係ファセット」を提案しているところに特徴がある。関係ファセットは、エンティティ間の関係を、それがどのようなエンティティと共起するかによってクラスタリングされる。各クラスタが関係ファセットにおける各値となり、利用者は興味のあるエンティティおよびそれと関連の強い関係を対話的にブラウズすることで、所望のデータを検索することができる (図 14)。評価実験により、提案手法は関係に関連した情報の探索により適していることを被験者実験を含む実験で示した。

RelFacet

Keyword: Tsukuba on Subject Object **A) Keyword query**

Subject Type: [-] Predicate Type: [-] Object Type: [-] **B) Transition Markers**

Search

****Search Condition**** **C) Intension**

Keyword: "Tsukuba" on "Object"

Subject Type: [-] Predicate Type: [-] Object Type: [-]

Matching Triples: 14 (Showing Top 14 records)

No.	Subject	Predicate	Object
0	University of Tsukuba	city	Tsukuba
1	National Institute for Materials Science	city	Tsukuba
2	National Institute for Environmental Studies	city	Tsukuba
3	Institute for Comparative Research in Human and Social	city	Tsukuba
4	Tsukuba Gakuin University	city	Tsukuba, Ibaraki
5	National Agriculture and Food Research Organization	campus	Tsukuba, Ibaraki
6	Kochi University	type	List of national universities in Japan
7	Daihachiro Sato	almaMater	University of Tsukuba
8	Institute for Comparative Research in Human and Social	affiliation	University of Tsukuba
9	University of Tsukuba	homepage	http://www.tsukuba.ac.jp/english/
10	Tokyo Kasei-Gakuin Junior College	#differentFrom	Tokyo Kasei-Gakuin University
11	National University Corporation Tsukuba University of Tech	homepage	http://www.tsukuba-tech.ac.jp/en/index.php
12	Institute for Comparative Research in Human and Social	homepage	http://icrhs.tsukuba.ac.jp/en/
13	Masatoshi Shima	almaMater	Tsukuba University

D) Extension

図 14 RelFacet のインターフェース

[4] データベース応用・データサイエンス

(1) 睡眠臨床向け睡眠ステージ自動判定手法の開発

一般に、ヒトの睡眠はノンレム睡眠やレム睡眠といった 5 つのステージ（状態）から構成される。脳波や眼電位といった生体信号から、被験者・患者のステージを判定する「睡眠ステージ判定」は、睡眠臨床における必須検査の一つとなっている。本検査には多くの時間と専門知識を必要とすることから、これまでも多くの自動判定システムが開発されているものの、病院等における利用には至っていない。

その理由としては、判定精度と手法の信頼性・実用性の両立が達成できていない点が挙げられる。近年の研究では、深層学習技術を用いることで高精度のステージ判定が達成できることが示されているが、ブラックボックスであり判定理由を提示できないことから、医師・技師からの信頼を獲得することができなかった。

本研究では、筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構（WPI-IIIS）と連携、新しい自動判定手法を Sleep-CAM を開発した。本手法は、判定精度を高めるために深層ニューラルネットを採用しているものの、その構造決定には既存の手动判定の知見が多く利用されており、手动判定の手順をモデルで再現することを重視している。また、Class Activation Mapping を基に開発した判定理由の提示機構を有しており、提案手法が判定時にどの部分を重視したのかが簡単に確認できる。これにより手法が手动判定に近い基準で判定を行っていることが明らかになった。また、医師・技師によるダブルチェックの労力削減につながった。これらの機構・機能は彼らの信用獲得において非常に有効であると思われる。

精度評価においては、技師との判定一致率 87.8%を達成（技師間一致率は 82.0%）、技師とほぼ同レベルの自動ステージ判定を実現した。判定の詳細（図 15）を見ると、細かいステージの変化に対応できていない部分もあるが、全体の傾向は一致しており臨床においても利用できると思われる。

判定理由提示では、各ステージに固有の脳波形（特徴波形）に着目して判定を行っていることが分かった。図 16 は、ステージ N2（ノンレム睡眠の 1 つ）時の脳波と判定時の注目点を示している。ステージ N2 に固有の K 複合波（矢印部分）に注目しており、医師・技師と同じ基準を用いた判定を行っていることが明らかになった。

本研究の成果は国際ジャーナルに投稿中である。また、より簡易な家庭用脳波計向けの睡眠ステージ判定手法を開発中、21 年度中に論文を投稿・公表する予定である。

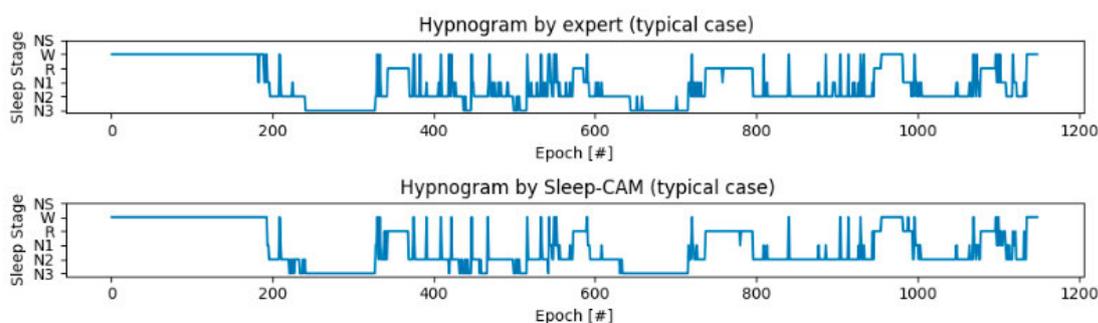


図 15 医師・技師と提案手法によるステージ判定結果の比較

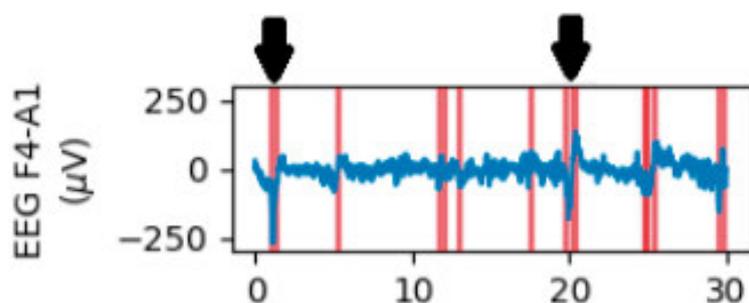


図 16 判定理由提示の例（ステージ N2）。青い線が脳波、赤い背景が判定時の着目区間を示している。黒い矢印で示された鋭波は K 複合と呼ばれ、ステージ N2 を判定する際の有力な証拠の一つである。

(2) 宇宙機開発における文書からの知識抽出

- 異種テキストの相関を利用した潜在的な知識の抽出

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) において開発される宇宙機では、開発の間の期間が長く（十年以上）技術者の技術の伝承が重要な課題となっている。また、宇宙機はいったん発射されると直接的なメンテナンスができないため、クリティカルな障害を避けるため事前の設計レビューを見落としなく行なうことが求められる。

本研究では、宇宙機的设计レビューにおいてレビューを実施する際レビューの支援を目的として、JAXA 内で蓄積された宇宙機に関連する異なる文書群（仕様書および不具合記録）の関連付けを行なう手法を開発した。両者は共通する語彙が極めて少なく、また、対象となる宇宙機が適切にカテゴリ訳されていないなど、単純な手法で関連付けを行なうことは極めて困難である。そこで本研究では、図 17 に示すようなニューラルネットワークによって、文書間の関連を学習し、学習したモデルによる推論を行なう。実データを使った実験により、提案手法はベースライン手法に比べて高い精度で関連付けを行なうことができることを確認した。

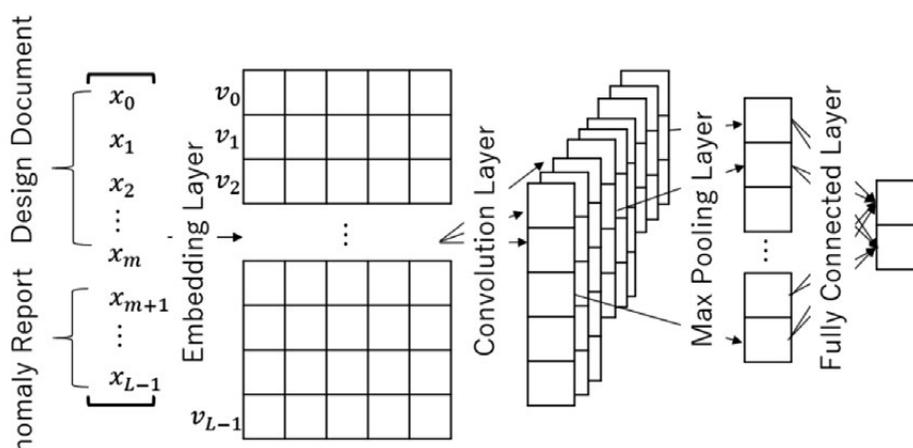


図 17 提案モデル

- レビューにおいて仕様の「抜け」の発見支援

宇宙機開発においては、仕様上の抜けなどのミスを事前のレビューにおいて極力排除することが極めて重要であるものの、レビューにおいてはレビューの経験や知識が極めて重要な役割を果たす。そこで本研究では、非エキスパートを対象に、レビューにおける「抜け」の発見の支援を目的とした情報提供のための手法を提案した。具体的には、仕様書の項目に関連した過去の不具合情報を「観点」として提示することで、仕様書の抜けの発見を支援する。実験による評価によって、提案手法の有効性を評価した。

4.教育

学生の指導状況（学生氏名、学位の種類、論文名）

< 修士（工学） >

1. 阿曾 太郎
知識ベースを活用した探索的な情報検索に関する研究
2. 江畑 拓哉
AutoEncoder に基づく半教師あり和文スタイル変換
3. 真次 彰平
Efficient Attributed Community Search for Large-scale Graph(大規模グラフに対する効率的な属性付きコミュニティ検索)
4. 三浦 賢人
FPGA を用いたラベル付きグラフに対する正規パス問合せアクセラレータ
5. Evaldo Borba
3D Model Generation from Single-Image View using Adversarial Training and Latent Space Representation(敵対的学習と潜在空間表現を用いた単一画像ビューからの三次元モデル生成)

< 学士 (情報科学, 情報工学) >

1. 大森 雄基
バンディットアルゴリズムを利用した特定地域ユーザからの特定トピックに関するツイートの収集
2. 小久保 柚真
複数の類似度を考慮した木構造データに対する類似部分木検索
3. 萬場 大登
プログラム要素の関係グラフと識別子名との深層学習に基づくクラス名推薦
4. 対比地 恭平
GPU を用いた直積量子化による近似 k 最近傍検索の高速化
5. 高島 聡
Random Forest による眼球指標からの覚醒度合いの推定
6. 小林 瑞季
グラフ k 最近傍検索のための高速な索引構築に関する研究

集中講義など

情報理工学位プログラム「フロンティアインフォマティクス特論 A/B」世話人 (天笠)

5.受賞、外部資金、知的財産権等

受賞

2. 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2020), 優秀論文賞: 塩川浩昭, "基調構造を利用したグラフクラスタリングの高速化", 2020 年 6 月 1 日.
3. 日本データベース学会, 上林奨励賞: 塩川浩昭, 2020 年 6 月 26 日.
4. ソフトウェア品質シンポジウム 2020 (SQiP2020), SQiP Best Paper Effective Award: 天笠俊之, "自然言語処理による情報検索を用いた故障発想支援の提案", 2020 年 9 月 10 ~11 日.
5. 筑波大学 2020 BEST FACULTY MEMBER: 天笠俊之, 2021 年 2 月 15 日.
6. 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021), 学生プレゼンテーション賞: 柳澤隼也, 塩川浩昭, "グラフ構造に基づく信頼性クエリの高速推定", 2021 年 3 月 1 日~3 月 3 日.
7. 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021), 学生プレゼンテーション賞: 真次彰平, 塩川浩昭, "高速な最大 k-Plex 探索アルゴリズムの提案", 2021 年 3 月 1 日~3 月 3 日.
8. 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021), 学生プレゼンテーション賞: 山田真也, 北川博之, 天笠俊之, "複合的データ解析を伴う分析処理に対するトレーサビリティの研究", 2021 年 3 月 1 日~3 月 3 日.
9. 第 207 回ソフトウェア工学研究発表会(SIGSE2021), 学生研究賞: 山中仁斗, 天笠俊之, "メソッド抽出リファクタリング推薦手法に対するメソッド名予測を用いた精度改善の試み", 2021 年 3 月 1 日~3 月 2 日.
10. 情報処理学会第 83 回全国大会, 学生奨励賞: 大森雄基, 北川博之, 天笠俊之, "バンドウィットアルゴリズムとメンション関係を利用した特定トピックに関する特定の地域のツイートの収集", 2021 年 3 月 18 日~3 月 20 日.
11. 情報処理学会第 83 回全国大会, 学生奨励賞: 小林瑞季, 真次彰平, 塩川浩昭, "グラフ k 近傍検索のための高速な索引構築手法の提案", 2021 年 3 月 18 日~3 月 20 日.
12. 情報処理学会第 83 回全国大会, 学生奨励賞: 小久保柚真, 天笠俊之, 北川博之, "複数の類似度を考慮した木構造データに対する類似部分木検索", 2021 年 3 月 18 日~3 月 20 日.
13. 情報処理学会第 83 回全国大会, 学生奨励賞: 高島聡, 堀江和正, "ランダムフォレストによる眼球指標からの覚醒度合いの推定", 2021 年 3 月 18 日~3 月 20 日.

外部資金

7. 受託研究: 民間企業共同研究 (令和元年 10 月 1 日~令和 3 年度)

研究課題：睡眠障害の自動診断システム及び睡眠障害の予防・改善・治療システムの
研究開発

研究代表者：北川 博之

全年度直接経費：19,083,333 円 (R2 年度直接経費：12,000 千円)

8. 受託研究：科学技術振興機構・未来社会創造事業（令和元年 11 月 1 日～令和 3 年度）
研究課題：睡眠脳波を指標とする睡眠と運動の自己管理による健康寿命延伸
研究分担者：北川 博之（研究代表者：柳沢 正史）
全年度直接経費：5,000 千円 (R2 年度直接経費：2,500 千円)
9. 共同研究：民間企業共同研究（令和 2 年 4 月 1 日～令和 3 年 3 月 31 日）
研究課題：データエンジニアリングの知見の応用による SKYSEA Client View のログ
及び資産情報の処理の高速化・軽量化・高度化
研究代表者：北川 博之
直接経費：3,000 千円
10. 科研費：基盤研究 B（令和元年度～令和 4 年度）
研究課題：高水準仮想化機能を持つ Augmented リアルビッグデータ利活用基盤の構
築
研究代表者：北川 博之
全年度直接経費：13,200 千円 (R2 年度直接経費：3,300 千円)
11. 科研費：挑戦的研究（萌芽）（令和元年 6 月 28 日～令和 2 年度）
研究課題：深層学習による個人特性を反映した生体データの自動生成
研究代表者：北川 博之
全年度直接経費：4,900 千円 (R2 年度直接経費：1,400 千円)
12. 受託研究：新エネルギー・産業技術総合開発機構（令和 2 年 7 月 16 日～令和 4 年 1
月 31 日）
研究課題：多粒度ストリームにおける StreamOps 技術の開発
研究代表者：天笠 俊之
全年度契約金額：21,953 千円（R2 年度直接経費：9,910 千円）
13. 受託研究：科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 ACT-I 「情報と未来」（令和
元年度～令和 2 年度）
研究課題：Data Skewness を捉えた超高速・省メモリな大規模データ処理
研究代表者：塩川 浩昭
全年度直接経費：20,000 千円 (R2 年度直接経費：10,000 千円)
14. 受託研究：科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）「IoT が拓く未
来」（令和 2 年 11 月 1 日～令和 4 年度）

研究課題：超高速な多モーダル IoT データ統合処理基盤

研究代表者：塩川 浩昭

全年度直接経費：40,000 千円 (R2 年度直接経費：5,000 千円)

15. 科研費：若手研究 (平成 30 年度～令和 2 年度)

研究課題：超並列計算環境における大規模グラフの実時間問合せ処理

研究代表者：塩川 浩昭

全年度直接経費：3,200 千円 (R2 年度直接経費：1,000 千円)

16. 科研費：若手研究 (令和元年度～令和 3 年度)

研究課題：敵対的生成ネットワークを用いたノイズ除去手法の開発と生体信号への応用

研究代表者：堀江 和正

全年度直接経費：3,300 千円 (R2 年度直接経費：700 千円)

知的財産権

8. 種別、氏名、課題名、年月日

該当なし

6. 研究業績

(1) 研究論文

A) 査読付き論文

< 学術雑誌論文 >

1. Salman Ahmed Shaikh and Hiroyuki Kitagawa, "StreamingCube: Seamless Integration of Stream Processing and OLAP Analysis", IEEE Access, Vol. 8, pp. 104632-104649, June 2020.
2. Kotaro Yamazaki, Shohei Matsugu, Hiroaki Shiokawa, Hiroyuki Kitagawa, "Fast and Parallel RankClus Algorithm based on Dynamic Rank Score Tracking", Journal of Information Processing (Transaction of Databases), Vol. 28, pp. 453-461, July 2020.
3. Yuyang Dong, Chuan Xiao, Hanxiong Chen, Jefferey Xu Yu, Kunihiro Takeoka, Masafumi Oyamada, and Hiroyuki Kitagawa, "Continuous Top-k Spatial-Keyword Search on Dynamic Objects", The VLDB Journal, Springer, Vol. 30, pp. 141-161, September 2020.
4. Shohei Matsugu, Hiroaki Shiokawa, Hiroyuki Kitagawa, "Fast Algorithm for Attributed Community Search", Journal of Information Processing, Vol. 29, pp. 188-196, January 2021.

5. Happy Buzaaba, Toshiyuki Amagasa, "Question Answering Over Knowledge Base: A Scheme for Integrating Subject and the Identified Relation to Answer Simple Questions", SN Computer Science, Vol. 2, Article 25, 13 pages, January 2021.
6. 中挾晃介, 北川博之, "シーケンスデータに対する行パターンマッチングの効率化", 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 1, pp. 302-320, 2021 年 1 月.
7. Savon Bou, Hiroyuki Kitagawa, and Toshiyuki Amagasa, "CPiX: Real-Time Analytics over Out-of-Order Data Streams by Incremental Sliding-Window Aggregation", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 12 pages, Online, January 2021.

B) 査読無し論文

該当なし

(2) 国際会議発表

A) 招待講演

1. 北川博之, "Computing as a Science を担うデータベース研究", 情報処理学会コンピュータサイエンス領域功績賞受賞記念講演, 情報処理学会第 171 回データベースシステム研究会・情報処理学会第 140 回情報基礎とアクセス技術研究会・電子情報通信学会データ工学会合同研究会（オンライン開催）, 2020 年 9 月 5 日.

B) 一般講演

< 査読付き国際会議論文 >

1. Kenji Mori, Naoko Okubo, Yasushi Ueda, Masafumi Katahira, Toshiyuki Amagasa, Supporting viewpoints to review the lack of requirements in space systems with machine learning, Proc. IEEE/ACM 15th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS 2020), pp. 38-44, June 29-July 3, 2020.
2. Hiroaki Shiokawa, Tomokatsu Takahashi, "DSCAN: Distributed Structural Graph Clustering for Billion-edge Graphs", Proc. 31st International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2020), pp. 38-54, September 14-17, 2020.
3. Shohei Matsugu, Hiroaki Shiokawa, Hiroyuki Kitagawa, "Fast and Accurate Community Search Algorithm for Attributed Graphs", Proc. 31st International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2020), pp. 233-249, September 14-17, 2020.
4. Junya Yanagisawa, Hiroaki Shiokawa, "Fast One-to-Many Reliability Estimation for Uncertain Graphs", Proc. 31st International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2020), pp. 106-121, September 14-17, 2020.

5. Shuya Suganami, Toshiyuki Amagasa, Hiroyuki Kitagawa, "Accelerating all 5-vertex subgraphs counting using GPUs", Proc. 31st International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA2020), pp. 55-70, September 14-17, 2020.
6. Salman Ahmed Shaikh, Komal Mariam, Hiroyuki Kitagawa, and Kyoung-Sook Kim, "GeoFlink: A Distributed and Scalable Framework for the Real-time Processing of Spatial Streams", Proc. 29th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM2020), pp. 3149-3156, October 19-23, 2020.
7. Junhu Wang, Shikha Anirban, Toshiyuki Amagasa, Hiroaki Shiokawa, Zhiguo Gong, Md. Saiful Islam, "A Hybrid Index for Distance Queries", Proc. International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE 2020), pp. 227-241, October 20-23, 2020.
8. Taro Aso, Toshiyuki Amagasa, Hiroyuki Kitagawa, "Relation-oriented faceted search method for knowledge bases", Proc. 22nd International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2020), pp. 192-199, November 30-December 2, 2020.
9. Hiroaki Shiokawa, "Scalable Affinity Propagation for Massive Datasets", Proc. 35th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI2021), Virtual Conference, February 2021.

(3) 国内学会・研究会発表

A) 招待講演

1. 北川博之, "Computing as a Science を担うデータベース研究", 情報処理学会コンピュータサイエンス領域功績賞受賞記念講演, 情報処理学会第 171 回データベースシステム研究会・情報処理学会第 140 回情報基礎とアクセス技術研究会・電子情報通信学会データ工学研究会合同研究会 (オンライン開催), 2020 年 9 月 5 日.

B) その他の発表

<学会発表>

1. 小林瑞季, 真次彰平, 塩川浩昭, "グラフに対する効率的な k 最近傍検索のための索引構築手法", 第13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 2021), A11-1, 2021 年 3 月 1 日~3 月 3 日.
2. 平方俊行, 天笠俊之, "分散 RDF ストリーム処理システムにおける複数フィルタリング最適化", 第13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 2021), A11-2, 2021 年 3 月 1 日~3 月 3 日.

3. 柳澤隼也, 塩川浩昭, "グラフ構造に基づく信頼性クエリ的高速推定", 第 13 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 2021), A13-1, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
4. 中野茉里香, 天笠俊之, "複数の知識ベースおよびテキストを横断した問合せ", 第 13 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 2021), A13-5, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
5. 真次彰平, 塩川浩昭, "高速な最大 k-Plex 探索アルゴリズムの提案", 第 13 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 2021), A24-1, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
6. 湯川皓太, 天笠俊之, "Product Quantization を用いた近似 k 最近傍探索の高速化", 第 13 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 2021), A25-4, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
7. 三浦賢人, 天笠俊之, 北川博之, "FPGA を用いたラベル付きグラフに対する正規パス問合せアクセラレータの改良", 第 13 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 2021), B13-3, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
8. 菅波柊也, 天笠俊之, 塩川浩昭, 北川博之, "GPU 並列 5 ノードサブグラフカウンティング手法の改良", 第 13 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 2021), B13-4, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
9. 山田真也, 北川博之, 天笠俊之, "複合的データ解析を伴う分析処理に対するトレーサビリティの研究", 第 13 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 2021), B21-1, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
10. Evaldo Borba, 天笠俊之, "3D Model Generation from Single-Image View using Adversarial Training and Latent Space Representation", 第 13 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 2021), E24-4, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
11. 阿曾太郎, 天笠俊之, 北川博之, "知識ベースを活用した探索的な文書検索", 第 13 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 2021), F31-3, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
12. 石原詢大, 渡辺知恵美, 天笠俊之, "Volume-Hiding 暗号マルチマップにおけるデータ量秘匿を可能にする挿入の実現", 第 13 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 2021), G33-1, 2021 年 3 月 1 日～3 月 3 日.
13. 山中仁斗, 早瀬康裕, 天笠俊之, "メソッド抽出リファクタリング推薦手法に対するメソッド名予測を用いた精度改善の試み", 第 207 回ソフトウェア工学研究発表会 (SIGSE 2021), 2021 年 3 月 1 日～3 月 2 日.

14. 萬場大登, 早瀬康裕, 天笠俊之, 北川博之, "オブジェクト指向プログラムの要素関係グラフを用いたクラス名の end-to-end 学習", 情報処理学会第83回全国大会 (IPSJ 全国大会 2021), 4K-01, 2021年3月18日~3月20日.
15. 大森雄基, 北川博之, 天笠俊之, "バンディットアルゴリズムとメンション関係を利用した特定トピックに関する特定の地域のツイートの収集", 情報処理学会第83回全国大会 (IPSJ 全国大会 2021), 6L-03, 2021年3月18日~3月20日.
16. 小林瑞季, 真次彰平, 塩川浩昭, "グラフ k 近傍検索のための高速な索引構築手法の提案", 情報処理学会第83回全国大会 (IPSJ 全国大会 2021), 5L-05, 2021年3月18日~3月20日.
17. 対比地恭平, 天笠俊之, "GPU による直積量子化を用いた近似 k 近傍探索の高速化", 情報処理学会第83回全国大会 (IPSJ 全国大会 2021), 4L-05, 2021年3月18日~3月20日.
18. 小久保柚真, 天笠俊之, 北川博之, "複数の類似度を考慮した木構造データに対する類似部分木検索", 情報処理学会第83回全国大会 (IPSJ 全国大会 2021), 4L-02, 2021年3月18日~3月20日.
19. 高島聡, 阿部高志, 堀江和正, "ランダムフォレストによる眼球指標からの覚醒度合いの推定", 情報処理学会第83回全国大会 (IPSJ 全国大会 2021), 4Q-02, 2021年3月18日~3月20日.

(4) 著書、解説記事等

該当なし

7.異分野間連携・産学官連携・国際連携・国際活動等

- 地球環境研究部門との連携：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, 管理, 運用.
- 素粒子物理研究部門との連携：Japan Lattice Data Grid (JLDG), International Lattice Data Grid (ILDG) の運営.
- 国際統合睡眠医科学研究機構 (IIIS) との連携：マウスとヒトの脳波/筋電図データを利用した睡眠ステージの自動判定アルゴリズム・ソフトウェアの研究開発.

8.シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

北川博之教授

- 学外

- KJDB Working Group Chair: The 15th Korea-Japan (Japan-Korea) Database Workshop (KJDB2020), Yeosu, Korea, November 20-22, 2020, Online.

天笠俊之教授

● 学外

- 波平晃佑, 梅田浩貴, 大久保梨思子, 植田泰士, 片平真史, 森崎修司, 天笠俊之, "自然言語処理による情報検索を用いた故障発想支援の提案", ソフトウェア品質シンポジウム 2020 (SQiP2020), B2-1, オンライン, 2020年9月10-11日.

9.管理・運営

北川博之教授

● 学外

- 日本データベース学会監事

● 学内

- 計算科学研究センター: 計算情報学研究部門主任
- 人工知能科学センター: 人工知能基盤研究部門長
- コンピュータサイエンス専攻: 国際交流委員会委員
- ヒューマニクス学位プログラム: 運営委員会オブザーバ

天笠俊之教授

● 学外

- 日本データベース学会理事

● 学内

- 筑波大学情報ガバナンス基盤室長
- 計算科学研究センター: ビッグデータ・AI連携推進室長
- 情報科学類・情報理工学位プログラム: 国際交流委員会委員長
- 情報理工学位プログラム: デュアルディグリー推進室室長
-

塩川浩昭准教授

● 学外

- 国立情報学研究所 グローバルサイエンスキャンプ 2020年度「情報科学の達人」メンター

● 学内

- 計算科学研究センター: セキュリティ委員会委員, 共同研究委員会委員
- 情報科学類: カリキュラム委員会委員, クラス担任, 心青会担当委員

- 情報理工学位プログラム：ダブルディグリープログラム推進室室員，入試オンライン化 WG 委員
- ヒューマニクス学位プログラム：学生支援委員会委員

堀江和正助教

- 学外
 - 該当なし.
- 学内
 - 情報科学類：広報委員会委員
 - 情報理工学位プログラム：インターンシップ委員会委員
 - ヒューマニクス学位プログラム：広報委員会副委員長，運営委員会委員

10.社会貢献・国際貢献

北川博之教授

- 国際委員等
 - 国際ジャーナル編集委員：IEEE Transactions on Big Data, World Wide Web Journal
 - 国際会議運営委員：VLDB2020 組織委員長，KJDB Working Group Chair, DASFAA Steering Committee Member Emeritus
- 国内委員等
 - 日本学術会議連携会員

天笠俊之教授

- 国際委員等
 - プログラム委員：DaWaK2020, iiWAS2020, IDEAS2020, 他
- 国内委員等
 - 情報処理学会データベースシステム研究会（SIG-DBS）主査

塩川浩昭助教

- 国際委員等
 - 国際ジャーナル編集委員：IEICE Transactions on Information and Systems
 - 国際会議運営委員：VLDB2020 Proceedings Co-chair
 - 国際会議プログラム委員：IJCAI2020, AAI2021, PAKDD2021, DASFAA2021
- 国内委員等
 - 電子情報通信学会 データ工学研究会 (DE) 専門委員
 - 日本データベース学会 電子広報委員会編集委員

堀江和正助教

- 国際委員等
 - 該当なし.
- 国内委員等
 - 該当なし.

11.その他

該当なし

VIII-2. 計算メディア分野

1.メンバー

教授	亀田 能成
教授	北原 格
助教	宋戸 英彦
学生	大学院生 26名, 学類生 5名, 研究生 0名

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、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。

純粋なデータ処理の効率や速度が求められる通常のスーパーコンピュータ分野とは違い、人間に纏わる情報を処理対象とする計算科学では、情報処理の時間軸を人間に合わせることに必須である。そのために、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）を対象とした研究を進めている。それによって得られる実観測データとシミュレーション結果とを融合させた情報を、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、計算メディアを仲立ちとするコンピューテーションの新しい枠組みを提案している。また、これまでの計算メディアの取り組みを発展させる形で、北原格教授は本センターの計算メディカルサイエンス事業における3DCGバーチャル手術の研究を率いている。

科研費（基盤研究B・代表・亀田）では、視覚障がい者をはじめとするヒトのモビリティを知的に支援する研究の集大成を目指して本年度研究を進めた。科研費（基盤研究B・代表：北原）では、自由視点画像をテキスト情報が連動する電子メディアの実現に関する研究を推進した。JST CREST Cyborg Crowd（代表：図書館情報メディア系 森嶋厚行）では、衛星画像と地上撮影画像の高精度重畳法に関する研究に取り組んだ。科研費（基盤研究B・代表：東京医大 大城幸雄（分担：北原））では、腹腔鏡映像から内蔵の3次元形状を復元する手法を考案した。

- 科研費基盤(B)「不特定人称視点映像を用いたコミュニケーション型教示映像メディア」
代表者：北原格（研究分担者：亀田）
 - 詳細は後の【1】参照。

- JST CREST 研究領域「人間と調和した創造的協働を実現する知的情報処理システムの構築」研究総括：ATR 萩田紀博，「Cyborg Crowd：柔軟でスケーラブルな人と機械の知力集約」代表：森嶋厚行（研究分担者：北原）
 - 詳細は後の【2】参照。
- 科研費・基盤研究(B)「柔軟臓器の形状推定と術前モデルへの実時間位置合わせを行う肝手術ナビゲーション開発」(2018-2021 年度)代表者：大城幸雄（研究分担者：北原）
 - 詳細は後の【3】参照。
- 科研費・基盤研究(A)「人と移動体が混在する空間における外向け HMI 開発・評価基盤技術」(2019-2022 年度)代表者：矢野博明（研究分担者：北原）
 - 歩車混在空間において歩行者や移動体が自身の情報を発信する外向きヒューマンマシンインタフェースを VR/AR 技術を用いて構築する研究に取り組んだ。
- 共同研究・日本電気株式会社「多視点カメラ映像による 3D 姿勢・行動データの構築技術の検証」代表者：北原格
 - 人物の姿勢・行動認識用データセットを構築の課題検証と，姿勢推定精度の向上を目的とした研究に取り組んだ。
- 共同研究・株式会社日立製作所「固定カメラと移動カメラによる三次元計測結果統合の高精度化」代表者：北原格（研究分担者：宍戸）
 - 非整地屋外環境において，移動ステレオカメラの位置姿勢推定および撮影環境の 3 次元形状復元を行った結果を複数の単眼固定カメラと統合する研究を実施した。
- 科研費・若手研究「文化遺産建造物の 3 次元復元における時系列変化の可視化」（宍戸）
 - 画像間の対応点情報と 3 次元形状情報を組み合わせることで，撮影位置・タイミングの異なる複数画像の映像品質を保持しつつ正確に重畳する手法を提案する。本研究では，背景，日照条件，撮影カメラの位置姿勢の変動といった，画像重畳処理を妨げる問題の解決に取り組む。応用事例としてアンコールトム・バイヨン寺院の柱の上で繁殖する地衣類の観察を支援する重畳映像を生成した。
- 科研費・基盤研究(B)「経路撮影に基づく歩行者・パーソナルモビリティナビゲーション基盤の構築」代表：亀田能成（研究分担者：北原）
 - 歩行位置推定について，ターンバイターンという視覚障がい者の歩き方特性に合わせた指示 H I をデザインし，実証実験まで行った結果を学会発表の形で纏めた（詳細は後の【5】参照）。また，高精細な位置誘導手法についても研究成果を得ている。
- 科研費・挑戦的研究(萌芽)「プレッシャーコントロール下でのスポーツスキル獲得の効果解明」代表：亀田能成

- 視覚的探索活動に研究の焦点を当て、サッカーでプレッシャーがかかる状況で視覚的探索活動を、バイオメディカル情報に基づいて解析する方法について研究を着手した（詳細は後の【6】参照）。
- 科研費・基盤研究(B)「日本版シェアードスペースのためのデザインシステム構築」代表：山本早里（研究分担者：亀田）
 - シェアードスペースにおける歩行者などのリスク計量化が、VR空間技術を用いて実現する方法を研究発表した。
- 科研費・基盤研究(B)「歩行中の視覚障害者の外界知覚と地理知識」代表：喜多伸一（研究分担者：亀田）
 - 視覚障がい者の誘導のためのヒューマンインタフェースについて、システム特性とユーザ特性の両方を考慮して指示を出す方法について、研究を進めることができた。成果の一部はプロトタイプシステムに還元できた。
- 科研費・基盤研究(B)「解説型ウェブページの分かり易さ・見易さの自動評定とそれを用いたページ推薦システム」代表：宇津呂武仁（研究分担者：亀田）
 - コンピュータビジョン的な側面から、見易さの自動評定方法について検討を進めた。

3.研究成果

[1] 自由視点画像をテキスト情報が連動する電子メディア

多視点映像と文章が連動するインタラクティブな電子書籍を考案し、立体芸術を対象とした閲覧方式を提案した。ハイライトやポインティングなど説明文への操作によって多視点画像の視点を切替えたり、多視点画像の観察視点切替え操作によって説明文を強調表示したりというように、多視点映像と説明文が相互に作用する閲覧機能を有するインタラクティブ電子書籍を実現した。提案手法の実証実験として、立体芸術を対象としたバレットタイム映像の撮影実験を実施し、撮影した多視点映像を提案手法へ適用した結果、実用可能な多視点映像と文章が連動する電子書籍を生成できることを確認した。

研究をまとめた論文「Interactive e-Book Linking Text and Multi-View Video」が2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020) に採択されるとともに、提案手法を応用した Remote Museum Explorer が筑波大学「大学『知』活用プログラム」に採択され、実際の展示物を対象とした社会実装へと展開が進んでいる。

https://www.osi.tsukuba.ac.jp/fight_covid19_interview/kitahara/

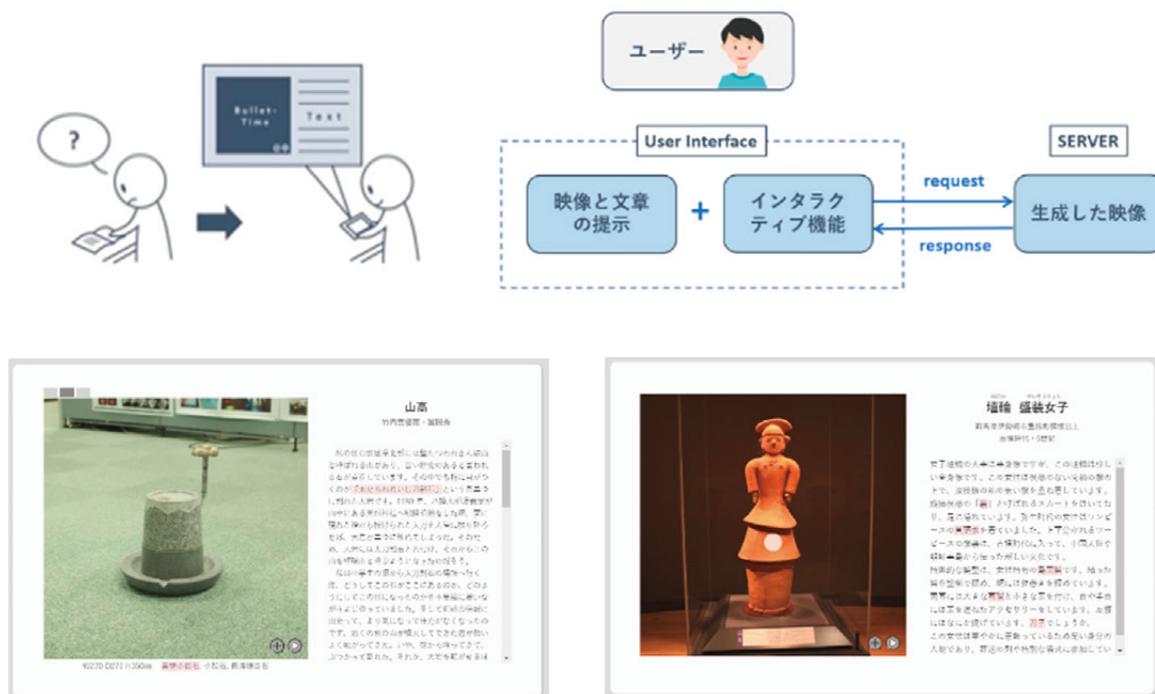


図 1. 自由視点画像をテキスト情報が連動する電子メディア

[2] 衛星画像と地上撮影画像の高精度重畳法

ドローン画像と衛星画像など、撮影高度の違いによって空間解像度が大きく異なる画像間での対応点探索を高精度に実現する手法を考案した。画像間の空間分解能の差への対策として、低解像度の画像に対してはアーティファクトの影響を受けない程度に超解像処理を施し、高解像度の画像に対しては撮影画像の情報を損なわない程度にダウンサンプリング処理を施すことにより、2枚の画像の空間解像度の差を軽減した上で、スケール変化に不変な画像特徴量を用いた対応点探索を実行する。定量評価実験を通じて、2枚の画像の空間解像度に12倍の差がある場合、超解像処理によって差を4~6倍程度に軽減することで高精度な対応点探索処理が実現可能であることを確認した。

研究を取りまとめた論文「Adaptive Image Scaling for Corresponding Points Matching between Images with Differing Spatial Resolutions」はIEEE Workshop on Human-in-the-Loop Methods and Future of Work in BigData (IEEE HMDData)に採択され高い評価を得ている。

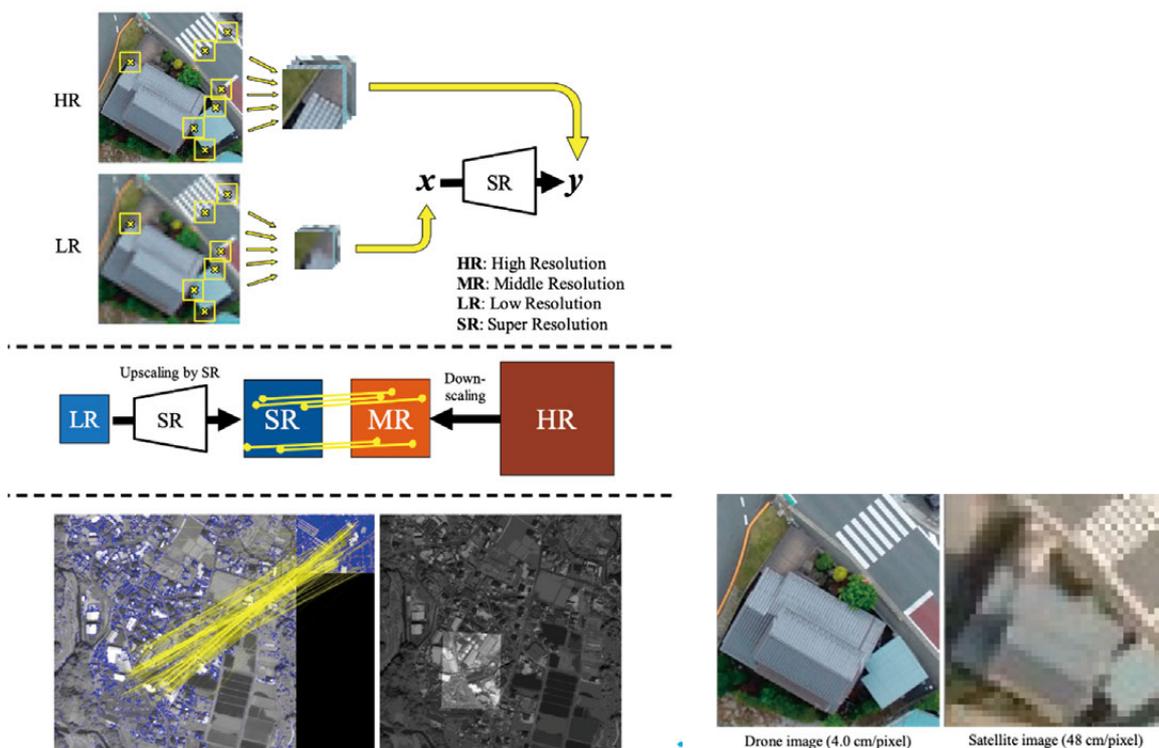


図 2. 局所領域パッチを用いた超解像 DNN の訓練（左上段），超解像・対応点探索の処理プロセスの概要（左中段），対応点探索と画像レジストレーションの例（左下段），空間解像度の差による見え方の違い（右）

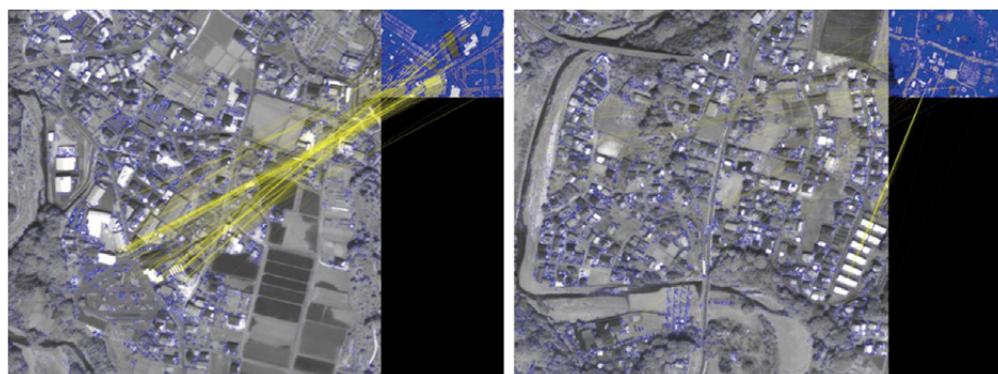


図 3. 超解像倍率 6 倍データセットの中で対応点の正対応割合が高かったデータセット（左）と低かったデータセット（右）

[3] 腹腔鏡映像から内臓の 3 次元形状復元法

単眼腹腔鏡映像から，AR 手術ナビゲーションシステムなどでの使用に資する，密な 3 次元点群によって構成される 3 次元臓器モデルを生成する手法を考案した．深層学習（GAN）を用いて腹腔鏡画像から生成したデプス情報と，3 次元復元手法（SfM: Shape from Motion）によって推定した疎な 3 次元点群を統合し，臓器全体の形状が高密度で復元された 3 次元モデ

ルを獲得する。従来の3次元点群高密度化手法と比較実験の結果から、高密度かつ分布が均一な3次元点群の生成が可能であることを示した。腹腔鏡とデータ収集用撮影装置のドメイン適合処理、および、学習データの増強によって、より高い精度の3次元臓器モデル生成が可能であることがわかった。

研究を取りまとめた論文は、動的画像処理実利用化ワークショップ(DIA2020)、および、International Forums on Medical Imaging in Asia (IFMIA2021)において Best Paper Award を受賞するなど高い評価を得ている。

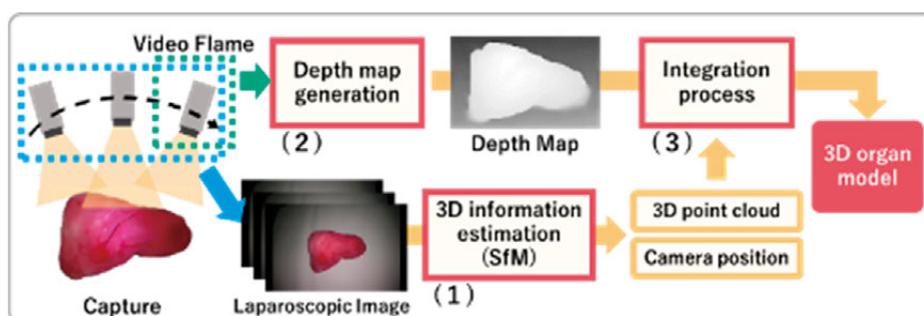


図 4. 腹腔鏡映像から内臓の3次元形状復元法

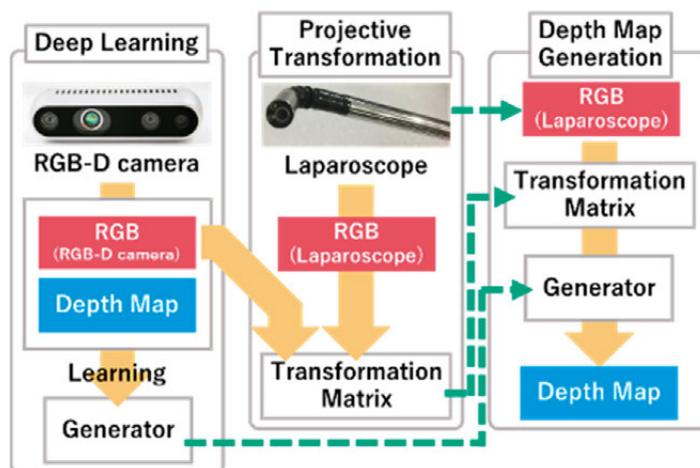


図 5. 深層学習 (GAN) を用いた腹腔鏡画像からのデプス情報推定法

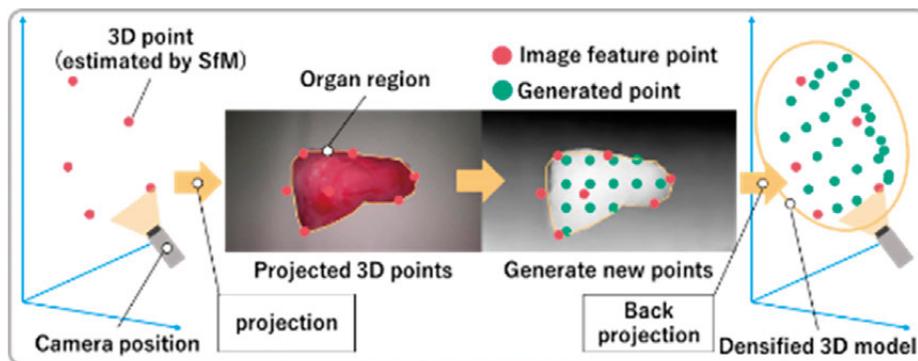


図 6. 深層学習（GAN）を用いて腹腔鏡画像から生成したデプス情報と 3 次元復元手法（SfM: Shape from Motion）によって推定した疎な 3 次元点群の統合

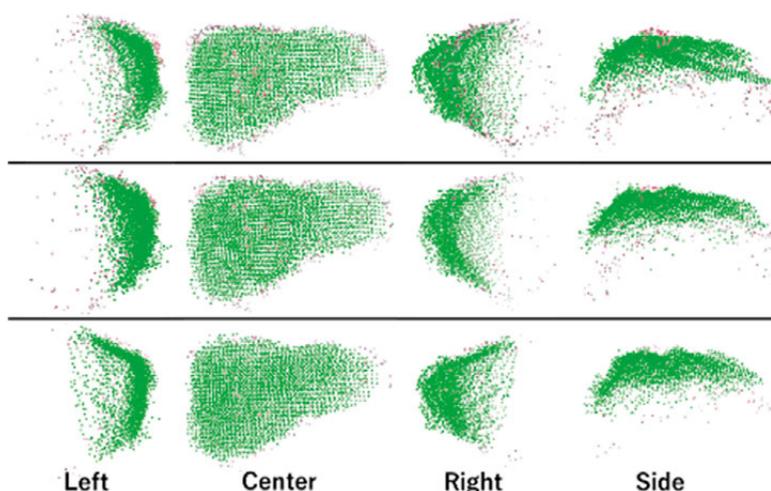


図 7. 提案手法を用いた 3 次元点群の高密度化処理の結果（赤点：SfM によって復元された点群，緑点：提案手法によって追加された点群）

[4] マーカレス 3 次元骨格位置推定のためのカメラキャリブレーション手法とバドミントン競技映像処理への実践

スポーツ科学の研究では、モーションキャプチャシステムによって抽出された選手動作の研究が盛んに行われており、マーカレスな選手位置情報の計測が期待されている。本研究では、2 視点のカメラから撮影された画像情報を利用したマーカレス 3 次元骨格位置を推定する手法を提案した。従来の 3 次元位置を推定するためのカメラ校正手法では、多くの労力を必要とする強校正や推定精度が画像間の対応精度に依存する弱校正手法がある。本研究では、強校正の問題と疎に配置されたカメラの校正が困難である弱校正の問題を疎に配置されたカメラ間を補完する画像を用いた校正によって解決した。提案手法を応用することでバドミントン選手の 3 次元骨格位置推定を実現した。バドミントン競技への実践として、複数の体育

館での検証を実施し、バドミントン競技特性の活用法や、カメラ配置の検討、体育館の揺れの問題提起、競技指導者などの現場の声、マーカレス骨格推定手法を用いたパフォーマンス分析における懸念を考察した。2台のカメラを用いた場合、首の位置や骨格の重心を安定して推定できることから選手位置 1 か所の移動速度やフットワークの軌跡を用いた分析に活用できる。一方で、3台のカメラを用いた場合、全身の骨格位置を安定して推定できることから、選手の全身の骨格位置におけるバイオメカニクスと動作分析に活用できる。このように、カメラ配置が可能な台数に応じて推定されたデータを分析の種類毎に使い分けることが可能である。

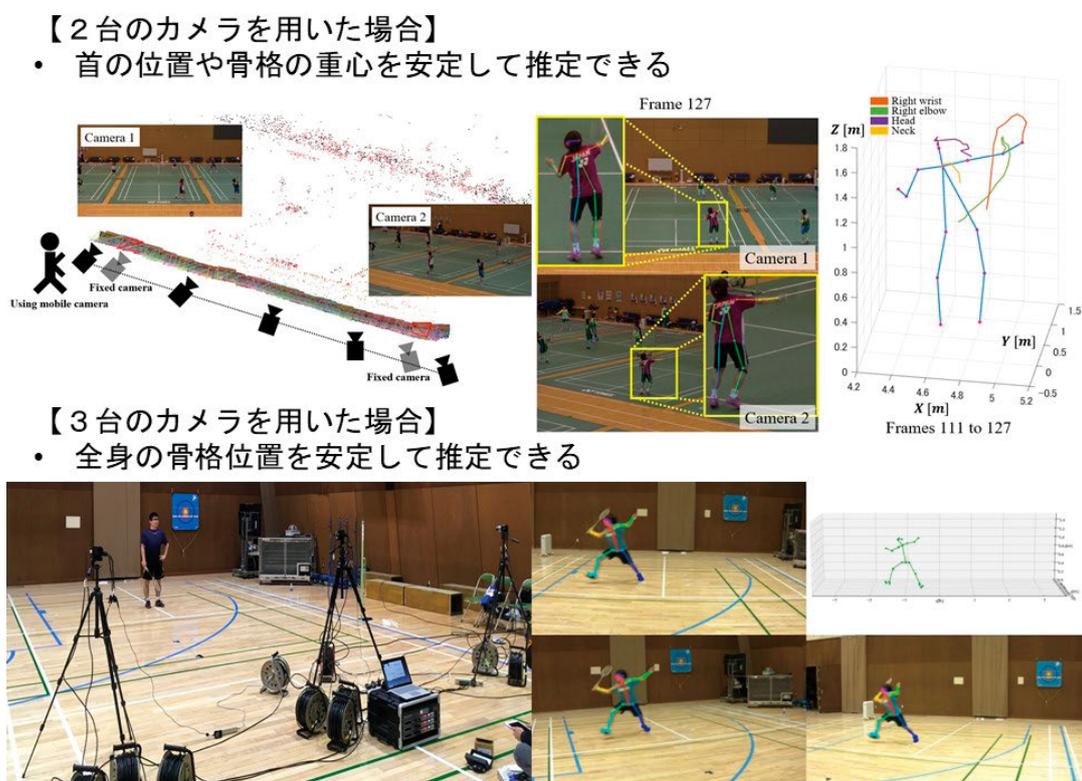


図 8.

[5] 視覚障がい者のための Turn-By-Turn ナビゲーションの情報表示デザイン

我々は、視覚障がい者のためのナビゲーションを研究している。視覚障がい者のターンバイターンナビゲーションを支援するために、音と振動を利用した新しいインタフェースを提案している。提案するインタフェースでは、目標とする経路を直線部分と方向転換のポイントに分ける。音と振動によるナビゲーションの指示は、視覚障がい者の歩行に対して最小限かつ十分な手がかりを与えるように注意深く設計されている。下図に示すように、位置推定はコンピュータビジョンに基づいて行い、道なり歩行では計画経路から逸れないように指示が行われる。方向転換は音と振動の組み合わせで正しい方向への誘導が実現されている。本

提案に基づいて予備的なシステムを構築し、視覚障がい者を対象とした被験者実験を行った。その結果、我々の提案した手法は視覚障がい者にとって有用であることがわかった。

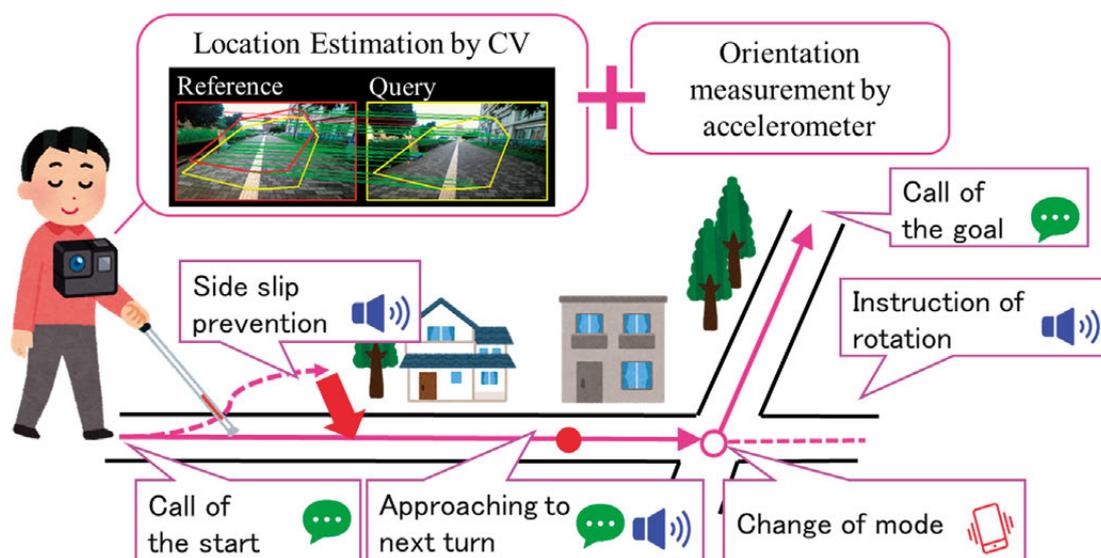


図 9. Turn-By-Turn ナビゲーションの情報

[6] 脳波を用いた HMD-VR におけるアクションの主観的評価のための新しい検証手法

バーチャルリアリティにおける行動や反応を主観的に評価するための新しい検証手法について研究を新たに開始した。研究ドメインとしては VR における被験者の行動分析を取り上げている。ヘッドトラッキング機能付き HMD では、ユーザは部屋の大きさ程度の範囲で移動して行動することができ、その際の頭の位置や動きの推定、視線の追跡などによって、ユーザの体験を測定することができる。一方で、多くの場合、VR 体験の総合的な主観評価は、体験が終わった後に行われる。我々は、脳波やそこから得られる指標をリアルタイムに測定できる新しいバイオメディカル情報解析法に取り組んでいる。視線追跡型および頭部追跡型の HMD をプロトタイプシステムに組み込んで試験をすることに成功した。VR で状況が提示されたときの視線追跡結果と脳波解析をすることで、被験者が状況に応じた注意を払って対象物を見ているか、さらには、その人の心の中の注意度を指標化することができる。これにより主観評価のスコアの信頼性を検証することができるようになると考えている。提案する方法を、スポーツ行動分析と交通安全評価の 2 つのアプリケーションで展開し、主観的評価の検証のための有望なアプローチとなりうることを確認した。



図 10.交通安全評価における HMD での VR 体験のバイオメディカル情報

4.教育

学生の指導状況

鳥屋 剛毅	博士(工学)	地理情報システムの時空間分解能向上のための異高度撮影画像間の対応点探索法
中野 学	博士(工学)	Perspective-n-Point 問題とその派生問題に対する安定かつ高速な解法に関する研究
Rojas Ferrer César Daniel	博士(工学)	READ-THE-GAME skill assessment with a full body immersive VR soccer simulation
石川 晋也	修士(工学)	VR シミュレーションを用いたバスケットボール時の視覚探索運動の定量化
石川 茉由子	修士(工学)	競泳画像のカテゴリ分類を用いた泳者位置推定とストローク分析
武田 隆雅	修士(工学)	深層学習を用いた多視点画像から復元した三次元点群の形状誤差軽減法
田村 優	修士(工学)	アクティブパターンを用いた歩行者向け方向提示
中村 将太郎	修士(工学)	モバイルデバイスによる点字ブロックの認識とその最短距離推定
蛭田 雄也	修士(工学)	複数の球面鏡像からの任意視点映像生成法
松原 尚利	修士(工学)	大規模空間における多視点カメラ配置計画のための VR インタフェース
山崎 陸	修士(工学)	協調 SLAM におけるフレーム単位での統合環境地図の構築手法
梁 梓龍	修士(工学)	AR を用いた手のひらサイズの目標物体への段階的誘導方法

Zhang Haihan	修士(工学)	Dynamic Dense Mapping in Large Scale Spaces by Integrating RGB-D and Aerial Multi-View Images
飯田 雄介	学士(工学)	HMD を用いたサッカーのフリースペース認知における視覚探索行動の解析
大木 郁登	学士(工学)	歩行の安全確保に向けたバー型障害物の検出
木村 文哉	学士(工学)	ビデオテクスチャと投影マッピングによる生命感のある自由視点映像の生成手法
吉川 優依	学士(工学)	バドミントン映像における骨格位置を用いたショット検出
Shrestha Pragyan	学士(工学)	Tomographic Reconstruction of Bone from Multi-View X-Ray Images Using Planar Markers

5.受賞、外部資金、知的財産権等

受賞

1. 2020 Student Award at School of Integrative and Global Majors (SIGMA), Rojas Ferrer César Daniel, 2021.2.
2. 優秀修士論文賞(知能機能システム専攻), 松原 尚利, 2021.2.
3. A Best Oral Paper of International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2021, Ryosuke Maekawa, Hidehiko Shishido, and Yoshinari Kameda, A Dense 3D Organ Modeling from a Laparoscopic Video, 2021.1.

外部資金

1. 科研費・基盤(B)「経路撮影に基づく歩行者・パーソナルモビリティナビゲーション基盤の構築」(2017-2020年度) 代表者：亀田能成 全年度直接経費：1250万円 (2020年度直接経費：250万円)
2. 科研費・挑戦的研究(萌芽)「プレッシャーコントロール下でのスポーツスキル獲得の効果解明」(2019-2021年度) 代表者：亀田能成 全年度直接経費：470万円 (2020年度直接経費：150万円)
3. 科研費・基盤(B)「不特定人称視点映像を用いたコミュニケーション型教示映像メディア」(2017-2020年度) 代表者：北原格 全年度直接経費：1350万円 (2020年度直接経費：280万円)

4. 科研費・若手研究「文化遺産建造物の3次元復元における時系列変化の可視化」(2019-2020年度) 代表者：宍戸英彦 全年度直接経費：330万円 (2020年度直接経費：180万円)
5. 科研費・基盤(B)「日本版シェアードスペースのためのデザインシステム構築」(2018-2020年度) 代表者：山本早里(研究分担者：亀田) 全年度直接経費：1320万円 (2020年度直接経費：370万円, 分担40万円)
6. 科研費・基盤(B)「歩行中の視覚障害者の外界知覚と地理知識」(2018-2020年度) 代表者：喜多伸一(研究分担者：亀田) 全年度直接経費：1330万円 (2020年度直接経費：420万円, 分担60万円)
7. 科研費・基盤(B)「解説型ウェブページの分かり易さ・見易さの自動評定とそれを用いたページ推薦システム」(2019-2021年度) 代表者：宇津呂武仁(研究分担者：亀田) 全年度直接経費：1330万円 (2020年度直接経費：450万円, 分担10万円)
8. 科研費・基盤(B)「柔軟臓器の形状推定と術前モデルへの実時間位置合わせを行う肝手術ナビゲーション開発」(2018-2021年度)代表者：大城幸雄(研究分担者：北原) 全年度直接経費：1310万円 (2020年度直接経費：250万円, 分担30万円)
9. 科研費・基盤(A)「人と移動体が混在する空間における外向けHMI開発・評価基盤技術」(2019-2021年度)代表者：矢野博明(研究分担者：北原) 全年度直接経費：3360万円 (2020年度直接経費：1030万円, 分担100万円)
10. JST CREST 研究領域「人間と調和した創造的協働を実現する知的情報処理システムの構築」研究総括：ATR 萩田紀博, 「Cyborg Crowd：柔軟でスケーラブルな人と機械の知力集約」代表：森嶋厚行 (研究分担者：北原) 全年度直接経費：6200万円 (2020年度直接経費：1200万円)
11. 共同研究・日本電気株式会社「多視点カメラ映像による3D姿勢・行動データ構築技術の検証」代表者：北原格 2020年度直接経費：916,667円
12. 共同研究・株式会社日立製作所「固定カメラと移動カメラによる三次元計測結果統合」代表者：北原格 2020年度183.3万円

知的財産権

該当なし

6.研究業績

(1) 研究論文

A) 査読付き論文

1. 宍戸 英彦, 北原 格, “マーカレス 3 次元骨格位置推定のためのカメラキャリブレーション手法とバドミントン競技映像処理への実践”, 情報処理学会トランザクション デジタルプラクティス, vol.1, no.1, pp.8-19, 2020/10/15.
2. Chun Xie, Hidehiko Shishido, Yoshinari Kameda, and Itaru Kitahara, “Geometric Calibration of Projector Using a Mobile Camera for Spatial Augmented Reality”, Transactions of the Virtual Reality Society of Japan, vol.25, no.2, pp.138-147, 2020/6/30.
(DOI: 10.18974/tvrsj.25.2_138)
3. Hidehiko Shishido, Emi Kawasaki, Youhei Kawamura, Toshiya Matsui, and Itaru Kitahara, “Accurate Overlapping Method of Ultra-Long Interval Time-Lapse Images for World Heritage Site Investigation”, ACM Journal on Computing and Cultural Heritage, vol.13, no.2, 18 pages, 2020/5.
(DOI: 10.1145/3373357)
4. Hidehiko Shishido, Yosuke Okada, Yoshinari Kameda, Masaaki Koido, and Itaru Kitahara, “Method of Multiview Video Switching for Soccer Game Analysis in Large Scale Space”, ITE Transactions on Media Technology and Applications, vol.8, no.2, pp.70-80, 2020/4/1.
(DOI: 10.3169/mta.8.70)

A) 査読無し論文

(2) 国際会議発表

A) 招待講演

B) 一般講演

1. Ryosuke Maekawa, Hidehiko Shishido, Yoshinari Kameda, and Itaru Kitahara, “A Dense 3D Organ Modeling from a Laparoscopic Video”, International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA) 2021, 6 pages, 2021/1, Taipei, Taiwan (online).
2. Yui Yoshikawa, Hidehiko Shishido, Masashi Suita, Yoshinari Kameda, and Itaru Kitahara, “Shot Detection Using Skeleton Position in Badminton Videos”, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)2021, 6 pages, 2021/1, online meeting.
(DOI: 10.1117/12.2590407)
3. Yoshinari Kameda, Cesar Daniel Rojas Ferrer, Sho Ohnishi, and Hidehiko Shishido, “A New Verification Approach for Subjective Evaluation of Actions in HMD-VR with EEG”, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)2021, 4 pages, 2021/1, online meeting.

(DOI: 10.1117/12.2590801)

4. Yasutaka Nakaizumi, Hidehiko Shishido, and Yoshinari Kameda, “Video Dividing Method for High-Resolution Video Regardless of People”, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)2021, 6 pages, 2021/1, online meeting.

(DOI: [10.1117/12.2590798](https://doi.org/10.1117/12.2590798))

5. Koki Ogahara, Hidehiko Shishido, Itaru Kitahara, and Yoshinari Kameda, “Information Display Design on Turn-By-Turn Navigation for Visually Impaired People”, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)2021, 6 pages, 2021/1, online meeting.

(DOI: [10.1117/12.2590797](https://doi.org/10.1117/12.2590797))

6. Hisatoshi Toriya, Ashraf Dewan, and Itaru Kitahara, “Adaptive Image Scaling for Corresponding Points Matching Between Images with Differing Spatial Resolutions”, IEEE Workshop on Human-in-the-Loop Methods and Future of Work in BigData (IEEE HMDData), 8 pages, 2020/12, Atlanta, USA (online).

(DOI: [10.1109/BigData50022.2020.9377754](https://doi.org/10.1109/BigData50022.2020.9377754))

7. Xinyi Qiu, Hidehiko Shishido, Ryuuki Sakamoto, and Itaru Kitahara, “Interactive E-Book Linking Text and Multi-View Video”, 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2020), pp.526-530, 2020/10, Kobe, Japan.

(DOI: [10.1109/GCCE50665.2020.9291752](https://doi.org/10.1109/GCCE50665.2020.9291752))

8. Naoto Matsubara, Hidehiko Shishido, and Itaru Kitahara, “VR Interface for Designing Multi-View-Camera Layout in a Large-Scale Space”, Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, pp.130-140, 2020/9, Otranto, Italy (online).

(DOI: [10.1007/978-3-030-58465-8_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58465-8_9))

(2) 国内学会・研究会発表

A) 招待講演

B) その他の発表

1. 夏 雪, 北原 格, 宍戸 英彦, 松井 敏也, “三次元形状復元とプロジェクションマッピングを組み合わせた多視点画像撮影支援方式”, 情報処理学会第 83 回全国大会, vol.4, pp.99-100, 2021 年 3 月.
2. 木村 文哉, 宍戸 英彦, 北原 格, “ビデオテクスチャと投影マッピングによる自由視点映像生成”, 情報処理学会第 83 回全国大会, vol.2, pp.171-172, 2021 年 3 月.
3. 王 英豪, 宍戸 英彦, 橋本 真治, 小田 竜也, 北原 格, “外科手術支援を目的とした多視点映像撮影システム”, 情報処理学会第 83 回全国大会, vol.2, pp.175-176, 2021 年 3 月.

4. 吉川 優依, 宍戸 英彦, 吹田 真士, 亀田 能成, 北原 格, “バドミントン競技映像における骨格位置情報を用いたショット検出”, 日本バドミントン学会 第 4 回学会大会, 1 page, 2021 年 3 月.
5. Zhang Haihan, 宍戸 英彦, 北原 格, “3D Dynamic Scene Generation for Advanced Driver Assistance System by Integrating RGB-D and Aerial Multi-View Images”, 動的画像処理実用化ワークショップ講演論文集(DIA2021), pp.165-172, 2021 年 3 月.
6. 田村 優, 宍戸 英彦, 亀田 能成, “アクティブパターンにおける視線追跡機能を用いた検証手法”, HCG シンポジウム 2020, 4 pages, 2020 年 12 月.
7. 岡本 香, 宍戸 英彦, 亀田 能成, “VR 体育館内の照明器具からのグレア構成法”, HCG シンポジウム 2020, 5 pages, 2020 年 12 月.
8. 中村 将太郎, 宍戸 英彦, 亀田 能成, 自走式ロボット組み込みのための点字ブロック認識手法”, HCG シンポジウム 2020, 5 pages, 2020 年 12 月.
9. 梁 梓龍, 宍戸 英彦, 亀田 能成, “室内誘導における拡張現実を用いた手の誘導方法”, HCG シンポジウム 2020, 4 pages, 2020 年 12 月.
10. 大西 衝, 宍戸 英彦, 亀田 能成, “VR 交通環境体験時の前頭葉脳波を用いた安心感評価”, 第 18 回 ITS シンポジウム 2020, 6 pages, 2020 年 12 月.
11. 松原 尚利, 宍戸 英彦, 北原 格, “大規模空間における多視点カメラ配置計画のための VR インタフェースの検討”, 日本バーチャルリアリティ学会 第 61 回複合現実感研究会, 6 pages, 2020 年 10 月.
12. 鳥屋 剛毅, Dewan Ashraf, 北原 格, “空間解像度が異なる画像間の対応点探索を目的とした局所領域の超解像処理”, 日本バーチャルリアリティ学会 第 61 回複合現実感研究会, 6 pages, 2020 年 10 月.
13. 蛭田 雄也, 宍戸 英彦, 北原 格, “複数の曲面鏡像からの自由視点映像生成法”, 日本バーチャルリアリティ学会 第 61 回複合現実感研究会, 6 pages, 2020 年 10 月.
14. 亀田 能成, Zhang Weiyi, 大西 衝, “パーソナルトランスポーターに対する安心感醸成とその評価への試み”, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.120, no.190, pp. 13-16, 2020 年 10 月.
15. 吉川 優依, 宍戸 英彦, 吹田 真士, 亀田 能成, 北原 格, “バドミントン競技映像における骨格位置を用いたショット検出”, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.120, no.190, pp. 1-6, 2020 年 10 月.
16. 上田 樹, 宍戸 英彦, 北原 格, “深層学習による 3 次元運動予測を用いた遠隔操作映像の時間補償”, 情報処理学会研究報告 CVIM, vol.2020-CVIM-222, no.39, pp.1-8, 2020 年 5 月.

17. 吉野 航平, 宍戸 英彦, 北原 格, 3次元点群を用いた深層学習による発破ずりの粒度分布推定法, 情報処理学会研究報告 CVIM, vol.2020-CVIM-222, no.31, pp.1-8, 2020年5月.

(4) 著書、解説記事等

A) 解説記事

1. 宍戸 英彦, Hansung Kim, 北原 格, “文化遺産建造物を対象とした撮影時期の異なる画像マッチング手法”, 日本工業出版 画像ラボ, vol.31, no.7, pp.50-56, 2020/7/1.

7.異分野間連携・産学官連携・国際連携・国際活動等

異分野間連携（センター内外）

産学官連携

国際連携・国際活動

亀田能成教授が中心となって、計算科学研究センター、イスラエルの Holon Institute of Technology, およびアゼルバイジャンの Azerbaijan Medical University, およびイスラエルの Innovative Technologies Group 社との4者間で MoU を締結した。これにより VR 応用におけるバイオメディカル情報解析の研究進捗を目指す。

北原格教授がオーストラリアの Curtin University と締結した MoU により共同研究を継続実施し、国際会議論文1件・その他の発表1件を発表した。

8.シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

該当なし

9.管理・運営

亀田 能成

エンパワーメント情報学プログラム 運営委員会 委員

エンパワーメント情報学プログラム 学務カリキュラム委員会 委員長

知能機能システム学位プログラム 学務カリキュラム委員会 副委員長

全学教育戦略会議オブザーバ

北原 格

ヒューマニクス学位プログラム 運営委員会 委員
ヒューマニクス学位プログラム 入試委員会 副委員長
知能機能システム学位プログラム・エンパワーメント情報学 入試委員会 委員
知能機能システム専攻 学務・カリキュラム委員会 委員

宍戸 英彦

システム情報工学研究科知能機能システム専攻 広報委員会 委員

10.社会貢献・国際貢献

亀田 能成

電子情報通信学会 メディアエクスペリエンス・仮想環境基礎研究会(MVE) 顧問
電子情報通信学会 サイバーワールド 時限研究専門委員会(CW) 委員

北原 格

日本バーチャルリアリティ学会 SIG-MR 研究会 副委員長
情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会(CVIM) 委員
映像情報メディア学会 スポーツ情報処理時限研究会(SIP) 幹事

宍戸 英彦

情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会(CVIM) 委員
電子情報通信学会 メディアエクスペリエンス・仮想環境基礎 研究会(MVE) 委員

11.その他

亀田 能成

人工知能科学センターでも研究に従事（プロジェクト研究部門モビリティ分野）。

北原 格

筑波大学サイバニクス研究センターでも研究に従事。