



定年退職してから博士号を取得した話

静岡大学 曽根卓朗



BIKEINFORMATICS | KITANI LAB



自己紹介

氏名:曾根 卓朗(そね たくろう)

- 1958/10/15 浜松市中沢町生まれ
- 1977/04 北海道大学入学

1年目、天文同好会で流星観測してたら留年する

その他バイク、HP電卓プログラミング、マイコンにハマる

- 1982/03 北海道大学工学部応用光学科卒業
- 1982/04 日本楽器株式会社(現ヤマハ)就職
組み込みソフトウェア開発とR&D部門を数年毎に行き来。
 - 80年代：YIS,MSX,IBM-PCソフト開発, TRON project
 - 90年代：通信カラオケ(DAM)開発
 - 00年代：携帯アプリ(SMAF)、会議システム
 - 10年代： WIDE pj SDM-WG, (ETロボコン)



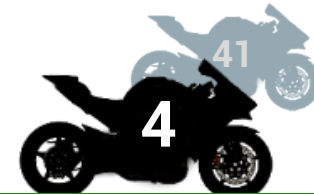


学位取得までの経緯

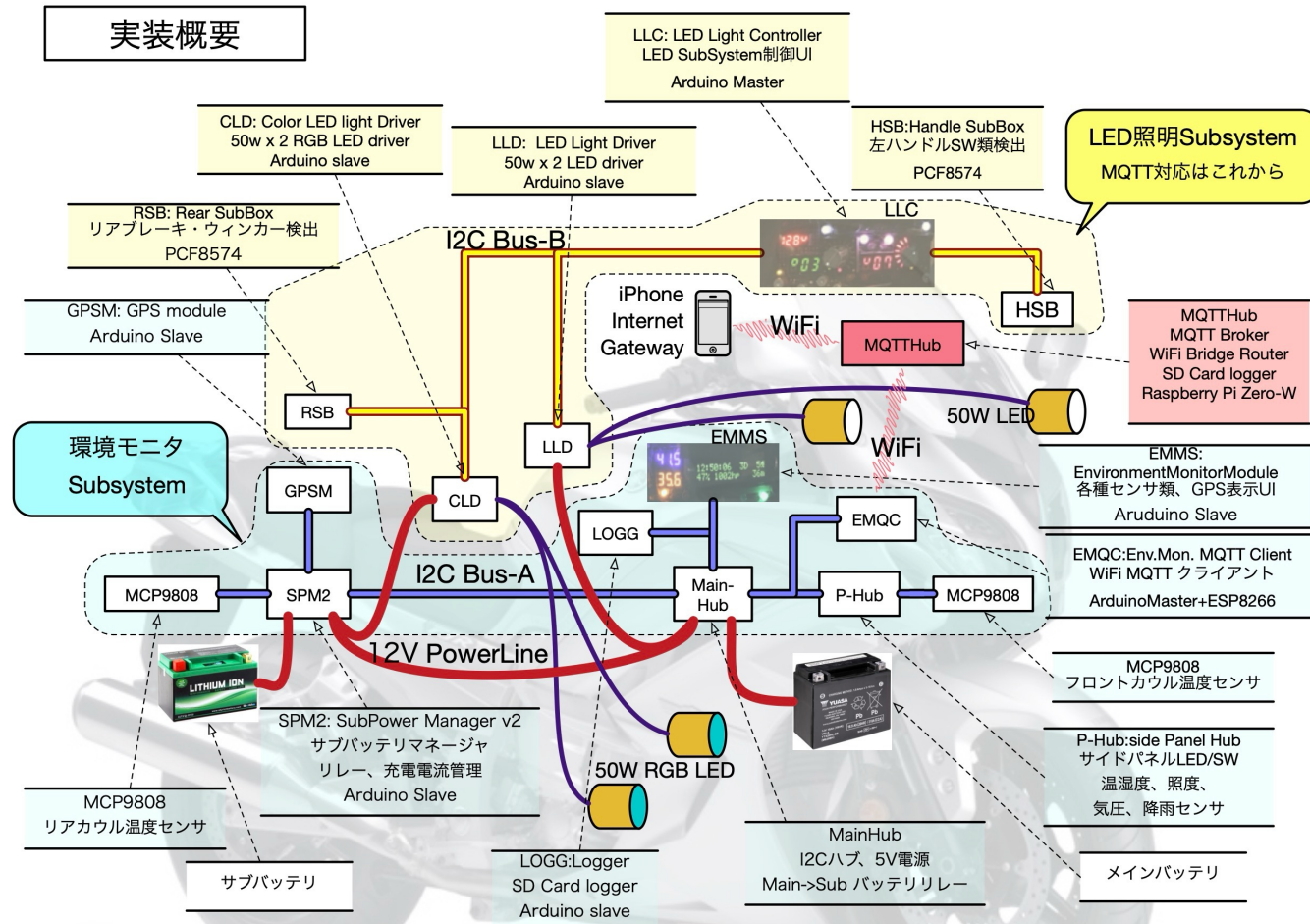
- 2013年頃～ Arduinoで電子工作開始
- 2015年 役職定年。バイク用ガジェット作りに励む
- 2018年8月のSWEST20で学位取得を考え出す
- 2018年10月 定年退職
- 2019年4月 静岡大学修士後期課程に進学(長期履修)
- 2019～2021年頃 実験機材やガジェット開発に没頭
- 2023～2024年 論文執筆に注力
- 2025年3月 博士号 (情報学)取得

SWEST20(2018/8/30),自由工作部門展示 「Motorcycle IoT Prototype」

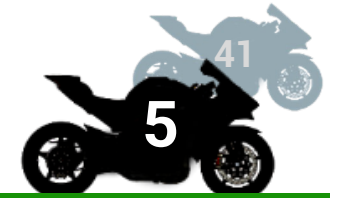
2025/08/29



実装概要



静岡大学木谷研究室



二輪車情報学研究室 / Bikeinformatics Laboratory

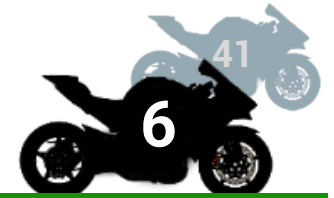
静岡大学 大学院総合科学技術研究科 情報学専攻 木谷研究室 / Dr. Kitani's Laboratory of Informatics for Motorcycles, at Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Japan



Lightning talk at IPSJ-ONE (2015.03.17)

第77回情報処理学会全国大会の目玉企画 IPSJ-ONE にて、新進気鋭の若手研究者15人に選出していただき Bikeinformatics 研究について紹介してきました。

SWEST20(18/08/30)の徹夜部屋で木谷先生から誘いを受ける。
数日考えて進学を決める。



決断の背景

- 自分のやりたいこと
 - バイク+IoTシステム作りたい
 - 研究と称してバイクであちこち行けそう
- 研究テーマのイメージ
 - 遠隔リアルタイム通信システムに絡めた研究できるかも
 - 現役時代のやり残しテーマ
 - 時空間メディア表現はほぼライフワーク
 - 2014年からSDM-WGでの研究をもう少しやりたい
- 木谷研究室なら馴染めそう



37年ぶりの学生生活

- 企業の研究開発と大学との違い
 - テーマ選択の自由度
 - 論理の厳密性・完全性の追求
 - 言葉を操る、ということの再認識
- 新たな人間関係
 - 木谷先生始め大学教員との交流
 - 新たな知見、気づき、応答の速さ、スマートさ、、
 - 現役学生との交流
 - 意外と話ができるわ
 - 若者の成長が非常に面白い



時空間メディアのデータ表現と 高精度時刻同期手法及び リッチメディアライフログへの応用 に関する研究

曾根卓朗

静岡大学創造科学技術大学院
自然科学系教育部 情報学専攻

BIKEINFORMATICS | KITANI LAB



研究背景



いつの頃からか個人の体験を多面的に記録し，再利用，再体験することを目的としたライフログを作りたい，という想いを持つようになった．

2000 年頃からデジタルメディア記録が爆発的に増加し，近年は高精細な映像・音声メディアが非常に手軽に残せるようになってきている．



体験のデジタル記憶



- 技術と社会の進化と共に情報の品位や密度が向上していき、いずれは個人の生活の大部分をカバーした体験記録と言えるレベルに到達するだろう。
- 多様なメディアを元に高精細で高い臨場感の記憶の再現手段が出現し、生活の中に溶け込んでいく未来が見えてくる



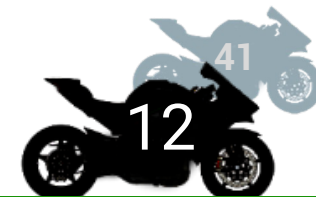
RML : リッチメディアライフログ



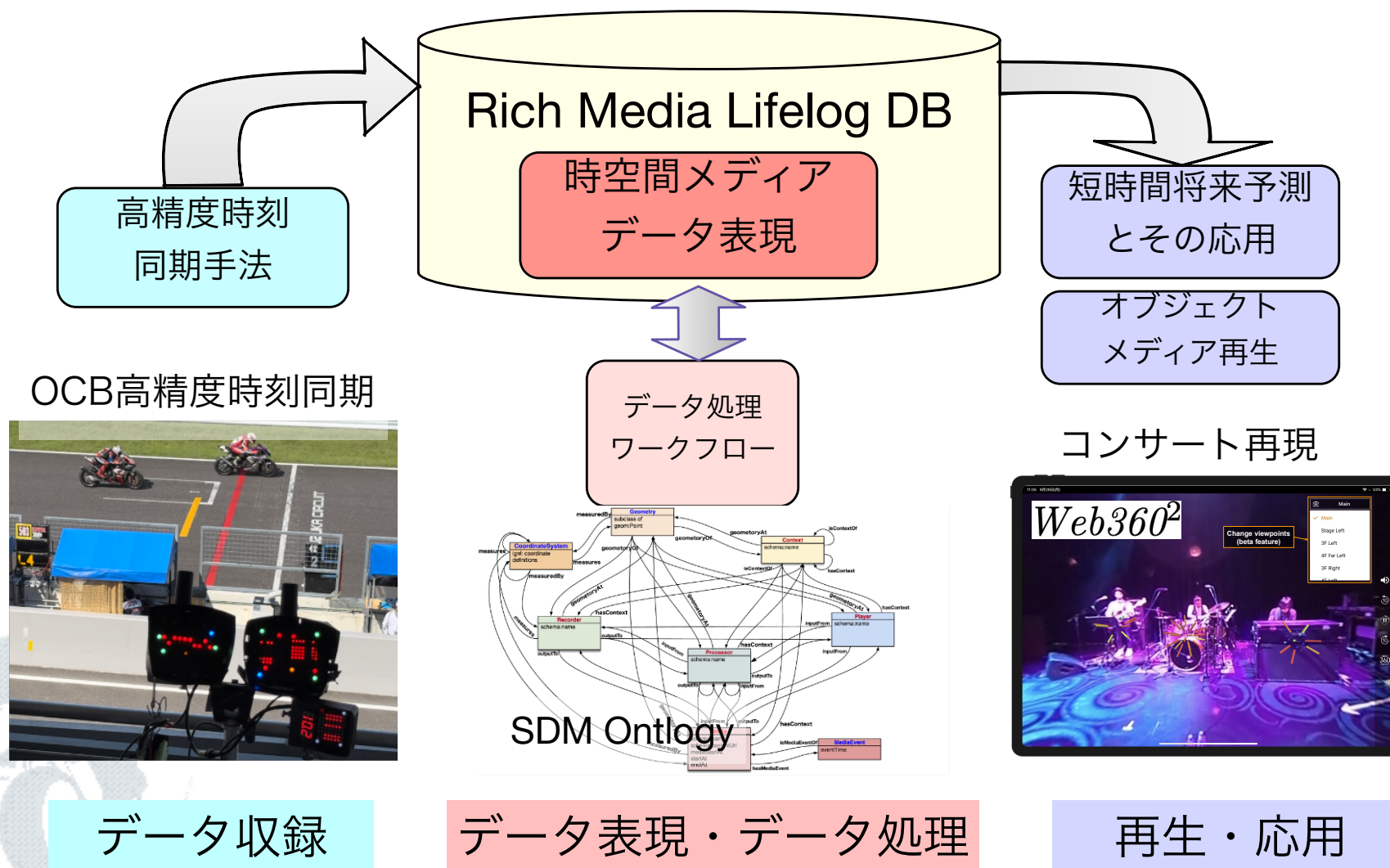
- 本研究ではメディアリッチで高精細な体験を記録し、自在に取り扱うことを特徴とするライフログをリッチメディアライフログ (RML) と呼称することにする.
- RML は観測者視点での観測データとその意味情報を時系列に集約した時空間メディアのデータベース

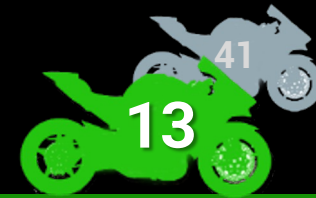


<https://www.youtube.com/watch?v=hDZ40FKYJdQ>



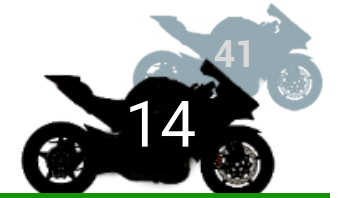
博論研究の全体構成





時空間メディア データ表現

BIKEINFORMATICS | KITANI LAB

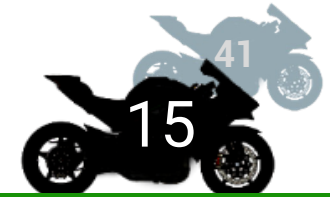


RML に求められる2つの側面

1. 多様な時空間メディアデータと意味情報を統合的に管理するデータベース
2. データや意味情報の追加・生成、編集・加工を継続的に行うデータ処理基盤

これはデータに意味情報を持たせて、機械が理解・推論可能にする仕組みであり、**セマンティック・ウェブ***として知られる概念とほぼ一致

*Tim Berners-Lee ,et al. "The Semantic Web,"Scientific American 2001



- インターネットを前提とし、オブジェクト指向のデジタルメディアをソフトウェア制御する仕組みを研究する WIDE プロジェクトの研究グループ
<https://sdm.wide.ad.jp/ja/>
- 筆者は2014年の活動当初からヤマハ(株)の研究部門として参画。SDM Ontologyの設計の中心となるとともに、各種実験・研究活動を行ってきた。
- SDM Ontology は2018年に Ver1 を発表*1。本研究は改良を進めた Ver2 の内容*2 *3に依拠。

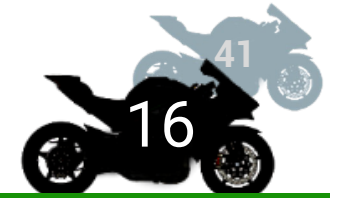
*1, R. Atarashi, T. Sone, Y. Komohara, M. Tsukada, T. Kasuya, H. Okumura, M. Ikeda, and H. Esaki, "The software defined media ontology for music events," Proceedings of the 1st International Workshop on Semantic Applications for Audio and Music, ACM, 2018.

*2, 加藤慎, 曾根卓朗, 塚田学, and 江崎浩, "再帰的記述を可能とする映像音声メディア・オントロジー," IPSJ DICOMO 2020

*3, T. Sone, S. Kato, R. Atarashi, J. Nakazato, M. Tsukada, and H. Esaki, "An ontology for spatio-temporal media management and an interactive application," Future Internet 2023.

<https://www.mdpi.com/1999-5903/15/7/225>

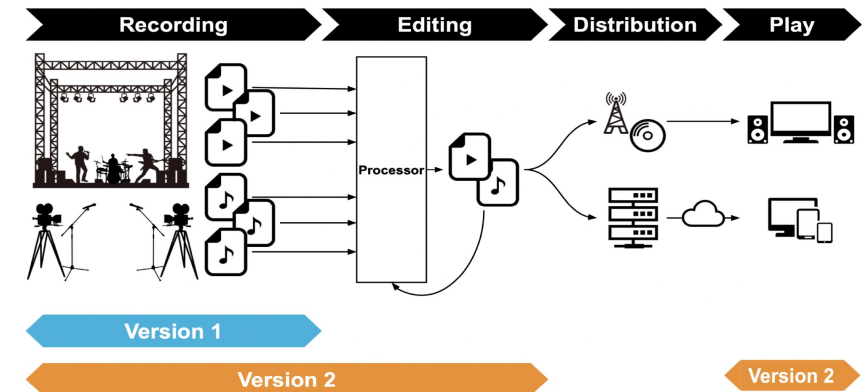
SDM Ontology 概要



- 時空間メディアとそのワークフローを意味情報と共に記述することを目的として設計したオントロジー

- 特徴

- 階層化されたオブジェクト表現
- 時空間座標表現
- 拡張性のある意味記述



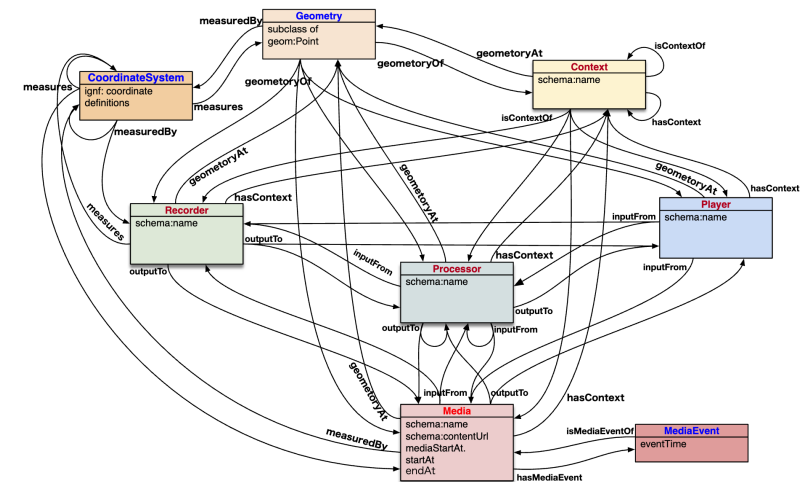
- RDF 形式の Linked Open Data として運用することで、柔軟で高い拡張性を持つ時空間メディアデータ表現フレームワークとしての活用を見込む。



SDM Ontology の構成要素

■ 主要なクラス

- **Media**::メディア定義とメディアファイルへのリンク
- **Recorder, Processor, Player**::機能定義
- **Context**::意味情報定義と外部意味定義へのリンク
- **CoordinateSystem**::座標系定義
- **Geometrory**::座標データ



■ 階層化したクラス構造

Compositeサブクラスによりオブジェクトをグループ化、階層化して記述可能

オブジェクトメディア再生 + VRアプリケーションの例

2025/01/22

SDM-WGでの活動

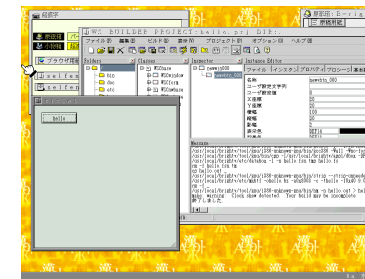


■ LiVRation™ ((株)アルファコード+SDM WG, 2018)



<https://www.youtube.com/watch?v=othOlc1wCd8>

ルーツはBTRON

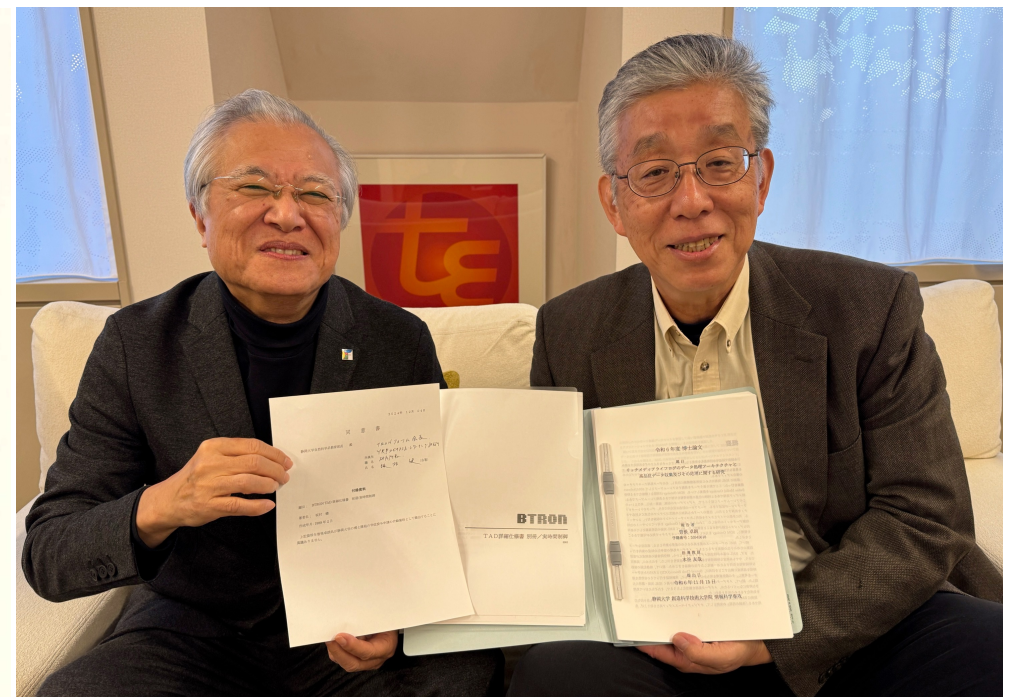


1. BTRON 実時間TAD*1設計実装('87-'90)

*1) TAD=TRON Application Databus
TRON仕様でのデータ交換フォーマットの名称

- 時系列事象を記述する実時間データを設計実装
- BTRON試作機上でMIDI演奏機能を実装
 - 文部省教育用コンピュータ開発プロジェクトの松下電器開発機

第2章 実時間データ		BTRON	
		TAD詳細仕様書 別冊／実時間制御	
		8902	
2.1	概要	.....	4
2.2	グループセグメント	.....	4
2.2.1	並列グループ開始／終了付箋	.....	6
2.2.2	直列グループ開始／終了付箋	.....	7
2.3	時間設定セグメント	.....	7
2.3.1	時間送り付箋	.....	7
2.3.2	時間経過付箋	.....	7
2.4	分岐／繰り返しセグメント	.....	8
2.4.1	式	.....	8
2.4.2	ラベル付箋	.....	9
2.4.3	ジャンプ付箋	.....	9
2.4.4	分岐付箋	.....	10
2.4.5	繰り返し付箋	.....	10
2.4.6	変数代入付箋	.....	10
2.5	補間セグメント	.....	11
2.5.1	補間付箋	.....	12





通信カラオケ/SMAF に コンセプトを継承

1. 通信カラオケ端末のシステム、データ・フォーマットの設計実装('92-98)

- 歌詞表示/色変え、演奏、背景映像等を同期制御
- カラオケ端末上の高信頼DBMSをスクラッチから設計実装

音源カラオケデータフォーマット (案)

作成

1992年 9月 22日

MM開発グループ

目次

1	はじめに	1
2	要求項目	1
3	データ構造	1
3.1	ヘッダ情報	1
3.2	トラック情報	2
3.2.1	演奏トラック	2
3.2.2	歌詞トラック	3
3.2.3	その他制御トラック	3
3.3	VISCA トラック	3
3.4	予備トラック	3

第1版 1992年9月22日 作成:曾根



2. 携帯端末向け着メロデータフォーマット(SMAF)設計実装('99-03)

通信カラオケデータフォーマットの縮小版派生形

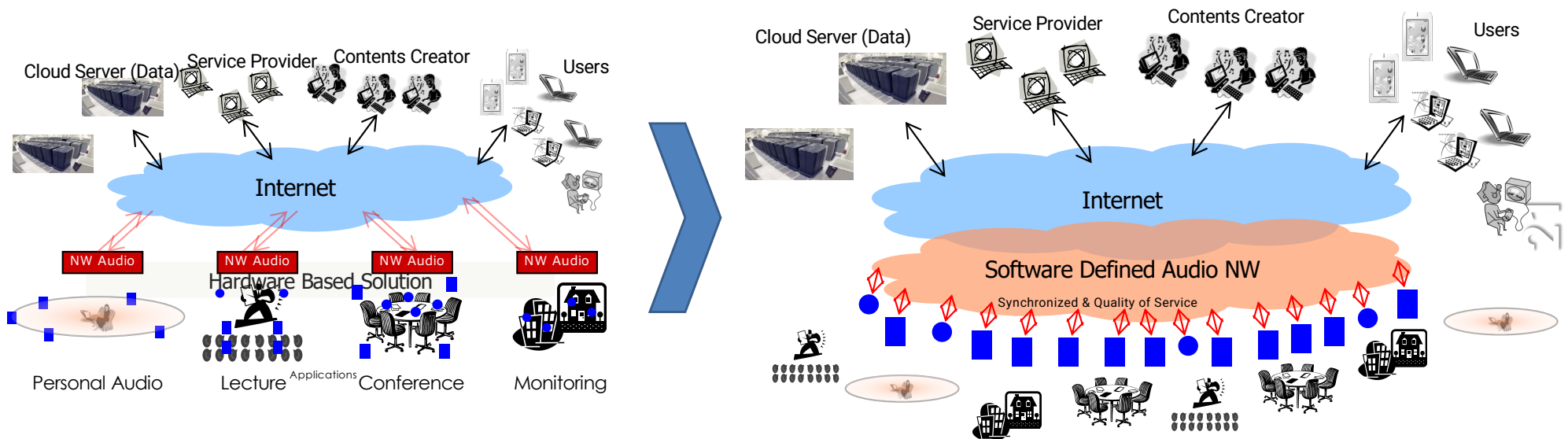
- 着メロ演奏機能+歌詞/アニメーションシーケンス表示機能を実装
- ゲーム、カラオケ機能などで利用された



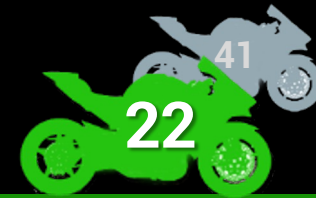
SDM-WGでSDM-Ontologyを設計



- SDM(Software Defined Media)-WG (2013～) <http://sdm.wide.ad.jp/>
 - 音声、映像等のメディアデータの収録、加工、再生環境のソフトウェア化の進展を前提に、最適システムアーキテクチャ、データ表現形式の設計・試作・提案とユースケース探索を目的としたWIDEプロジェクトのワーキンググループ。



オーディオシステムのソフトウェア化



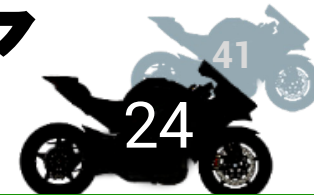
高精度な時刻情報を持つ データ収集手法

BIKEINFORMATICS | KITANI LAB

OCB: Optical Clock Beacon

GNSSの同期信号を利用し画像の撮影時刻を非常に高精度に求めることができる、デジタルクロックを開発。設計原理を明らかにするとともに実証実験を行いました。

OCB のプロトタイプハードウェア

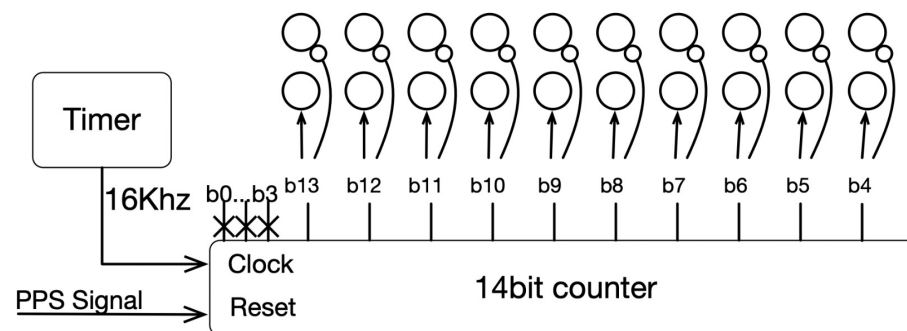


■ CL-Beacon (Complemental-Linear)

- OCB-B1000 を 1-PPS 信号で駆動. 現在時刻をミリ秒単位で 2進数表現.
LED 数 21個
- $dT_{exp} \geq 0.5ms$ で時刻精度は dT_{exp} とほぼ同じとなる.



Green, BlueLEDは画像検出用マーカーLED

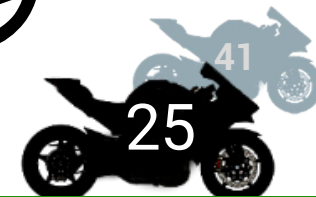


CL-Beacon概観、回路構成

トラ技 2024年2月号p126, 「GPS時刻」をカメラ撮影画像に写し込む装置の制作 で解説しています。

OCB-B1000:: 2進数デジタルクロック(1/2)

2025/08/28

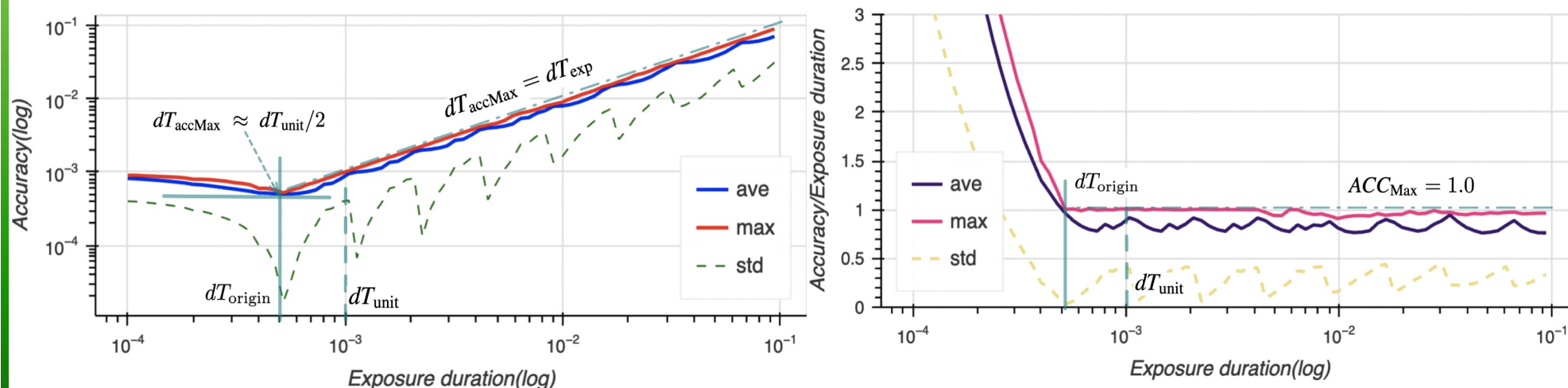


■ $dT_{\text{domain}}=1.0$ 秒 $N=1000$ 限定の2進数表現のOCB

ミリ秒精度の2進数時間表現であることがメリット。

時刻精度はOCB-Gとほぼ同じだが、周期1秒の光源が1個追加で必要。

光源数は21個。 Grayコード変換が不要のため回路構成は最小。

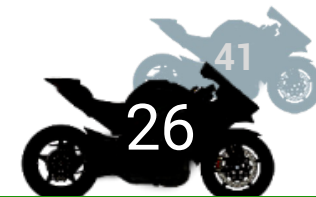


Binary
 $N=1000$



+ PPS-LED

T=0



OCB-V , N=1024, bit4の冗長度4としたサンプル

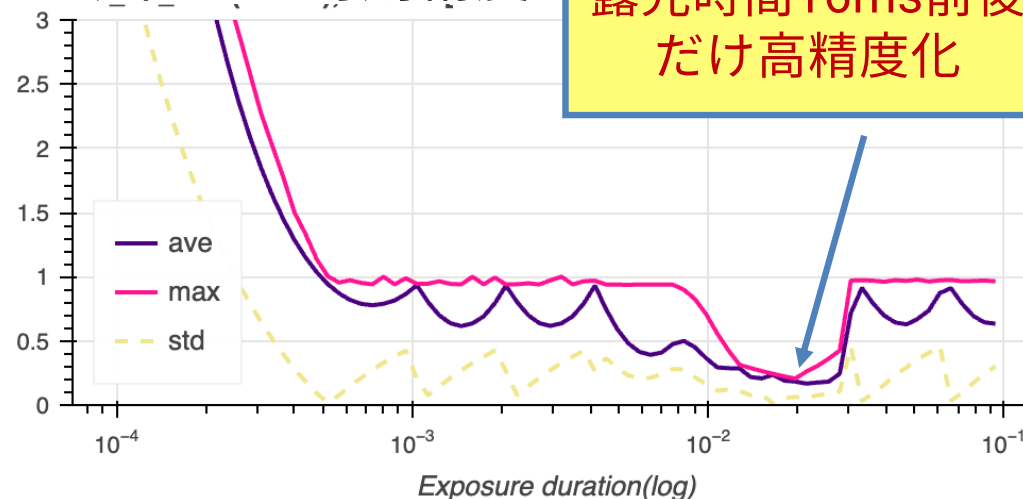
OCB-V, $R(4)=4$



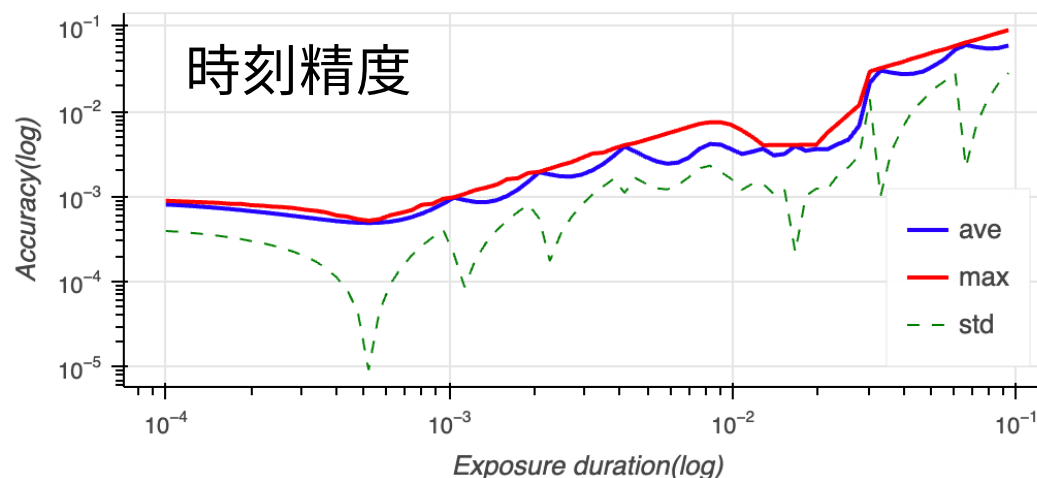
パルス幅約16msの桁を
4倍に冗長化

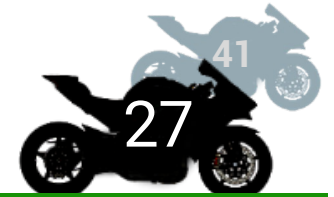
注)アニメーションの点灯
パターンはイメージ

正規化した時刻精度



60fpsのビデオ撮影で約4msの
時刻精度が得られる





OCB の設計原理解明

- 設計パラメータを網羅的に変化させた探索を行った結果、OCBの構成と撮影画像から読み取れる時刻精度の関係を決定する**設計原理**を明らかにできた。
- 時刻精度は光源の数を増やすことで向上させることができ、**理論上の精度上限は存在しない**。（実装制約のみ）
- これにより利用目的により最適なOCBを設計できるようになった。
- 以下では
 1. 2進数デジタルクロックである **OCB-B1000**
 2. OCBの基本構成の **OCB-G** (GrayCode)
 3. 高精度化が可能となる構成の **OCB-R** (Redundant) , **OCB-V** (Versatile)について解説する。

[* T. Sone, M. Mita, and T. Kitani, "A method for designing an optical clock beacon to detect highly accurate image capture time," IEEE Access, 2024.](#)

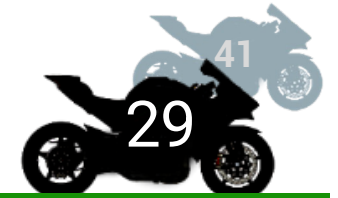


データ処理・応用における 高精度時間情報の有効性

BIKEINFORMATICS | KITANI LAB

OCB による高精度時間計測のメリット

2025/01/22



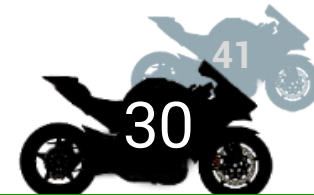
時刻精度が広範な環境でほぼ一定でグローバルクロック同期した絶対時刻が得られる。

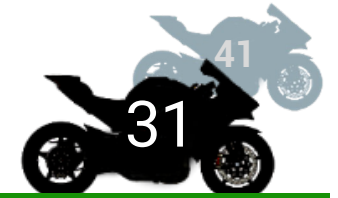
1. 計測期間が長時間でも精度が変化しない。
2. 多種、多数の映像記録装置間での時刻同期が容易。
3. GNSS 信号が受信できれば計測場所を選ばない。



クラウドレコーディングによる RML データ収集の将来像

2025/01/22





データが高精度な時空間情報を持つことのさらなるメリット

■ 物理シミュレーションの精度向上

- 高精度な時空間情報は物理シミュレーションの必須要素

■ 履歴に基づく行動予測の精度向上

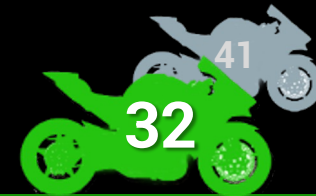
1. コンテキスト認識

潤沢な履歴データがあれば、直近の観測データから認識対象(コンテキスト)を高い信頼度で認識できるようになる。

音楽演奏や繰り返し動作などで特に有効。

2. コンテキスト認識ができれば履歴データに基づき近未来の

状態を想定するアプリケーションは
高精度で予測できる可能性が高まる。
**想定するアプリケーションは
高品位なテレプレゼンス**

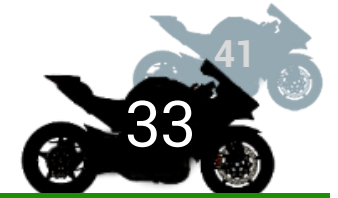


新たな視点でのRML 応用提案

～ テレプレゼンスにおける
遅延課題の解決 ～

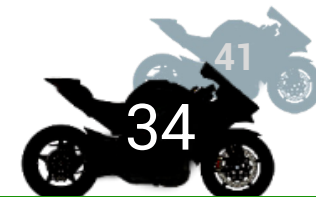
遠隔演奏、遠隔コラボレーション、遠隔機器制御等

BIKEINFORMATICS | KITANI LAB



新たな視点での RML 応用提案

- 高品位なテレプレゼンス実現許容可能な遅延時間の保証が難しい.
- RML に基づく物理シミュレーションや履歴に基づく信頼性の高い将来予測の可能性.
- 通信品質補償手段としての活用への期待
リアルタイム短時間将来予測機能は実質的に遅延 0 でデータ欠落のない理想的な品質の通信サービスの提供手段となる可能性がある.



リアルタイム双方向通信

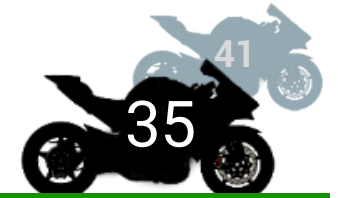
■ 体験の実況中継と共有に関する過去事例



遠隔演奏(ヤマハ+DoCoMo,2017)

遠隔操作(コマツ,2018)





メディア欠落の認知的許容時間

■ 音声の認知特性

- 音楽演奏の許容遅延は 30～50 ms^{*1}
- 会話音声欠落は 約 50 ms^{*2}

^{*1},西堀,多田,曾根."遅延のある演奏系での遅延の認知に関する実験とその考察", IPSJ 2003.

^{*2}, Warren. "Perceptual restoration of missing speech sounds", Science 1970.

■ 映像の認知特性

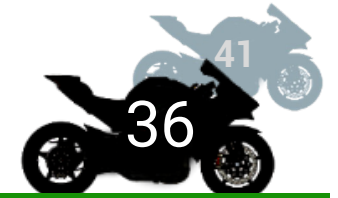
- 音声と映像のズレは100ms以下^{*3}
- 遠隔機器操作での映像遅延目標200ms以下^{*4}

^{*3}, Eg, Ragnhild et al. "Audiovisual Robustness: Exploring Perceptual Tolerance to Asynchrony", Multimedia Tools and Applications 2015.

^{*4}, KDDI, 大林組, NEC. 「5G 高速通信システムによる建設機械遠隔操作技術」, 建設機械 2020.

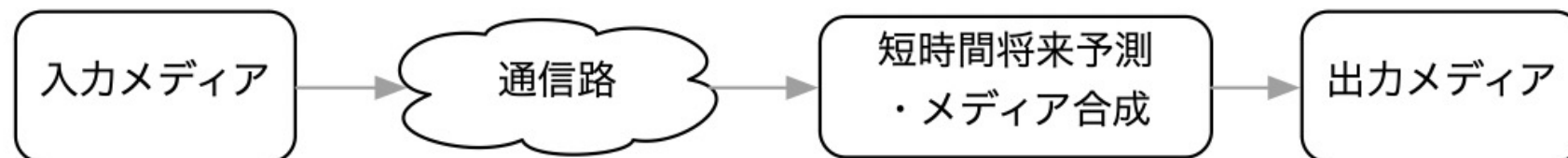
■ 触覚・力覚の認知特性

- 明確な数値を示した文献は見つからなかったが、音楽演奏と同程度と仮定すれば 30 ms 程度か？

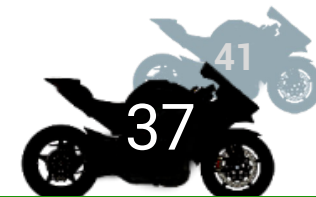


リアルタイム短時間将来予測

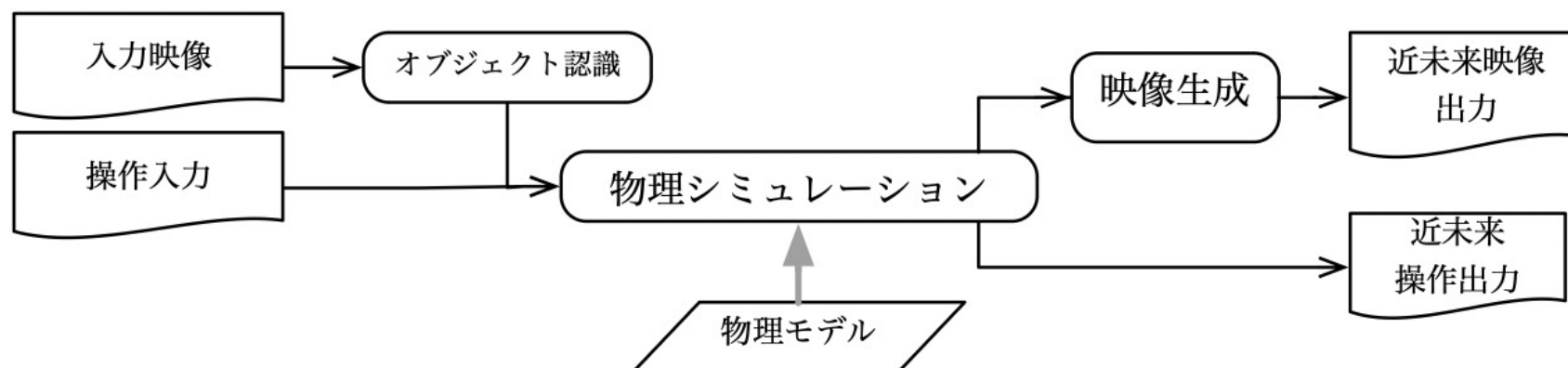
- 物理シミュレーション及び履歴に基づく高精度な将来予測は短時間であれば、十分な実現可能性がある。
- この機能が実現できれば処理遅延、通信遅延・欠落の品質補償で有効であると見込める。
- コンセプト
近未来のメディア合成を行って遅延を打ち消す。



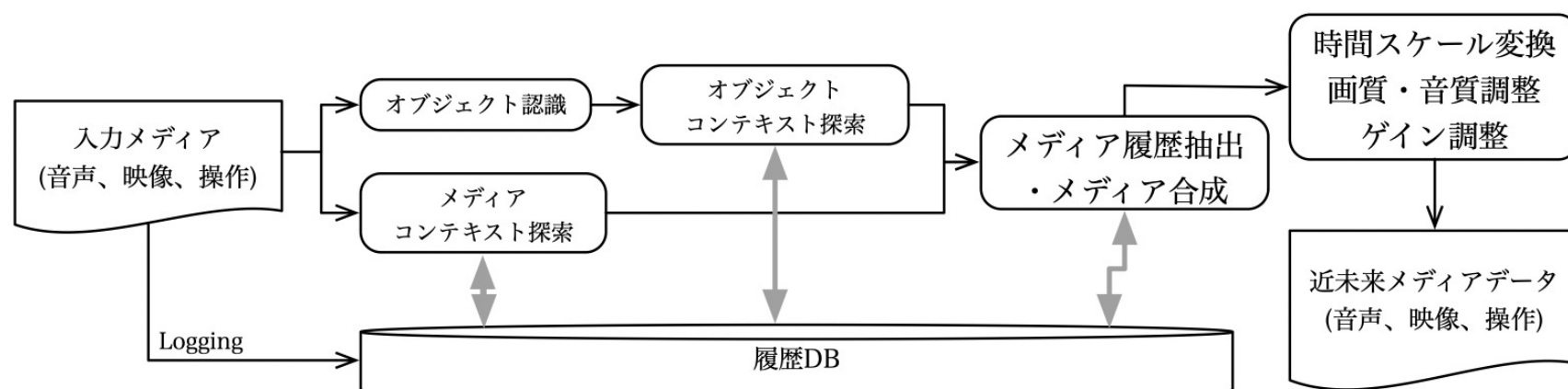
実現メカニズム

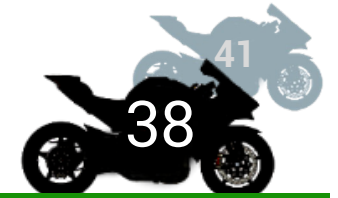


■ 物理シミュレーションによるメディア合成



■ 履歴に基づくメディア合成





リアルタイム短時間予測の応用

■ 通信遅延・欠落補償

実質的に遅延0でデータ欠落のない理想的な通信品質の遠隔コミュニケーションを既存インフラで提供.

1. 遠隔演奏

2. 遠隔機器操作

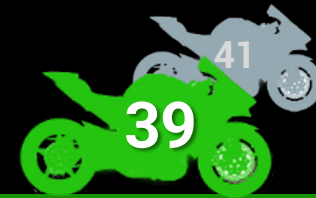
将来的には、パーソナリティ代替、リモートエージェントへの発展に期待

■ 運転操作や身体運動でのパーソナルアシスタント

1. 判断のアシスト

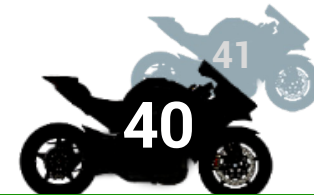
2. 身体動作のアシスト

3. 機器操作アシスト



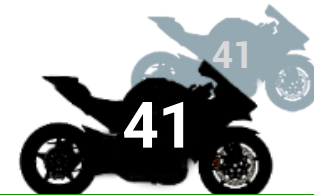
博士号を取ることは

BIKEINFORMATICS | KITANI LAB



学位取得までの関門

- 新たな学術的価値を生み出せることの証明
 - 最後は自分で見つけ出せるかどうかの勝負
 - 論文化は高い集中力を継続的に維持することを試される作業
 - モチベーション維持ができるかが生命線
- その専門分野に対するフィロソフィーを語れるか？
 - 広範な知見を持つだけでなく、どのような未来を作り出すのかの意思表示ができること
 - その分野に対する愛情があることは必要だと思う



博士号を取ることの意義

- 大学の研究室の環境に浸れる幸せ
 - 興味の赴くまま研究を進められる
 - 新しいテーマには事欠かない
 - 新しい研究テーマが舞い込む
 - 自分のやれることが徐々に増えていく
 - 研究成果の社会還元
- 共に研究を進めることで学生の変化を楽しむ
 - 自分の知見の有用性をわかってもらえた瞬間
 - 時間とともに頼もしくなっていく実感
- 学位取得は人生を楽しむための有望な選択肢



ありがとうございました

<https://shizuoka.repo.nii.ac.jp/records/2001635>



BIKEINFORMATICS | KITANI LAB