情報処理学会 第34回CDS研究発表会

博士論文執筆体験談

2022年6月10日

(株)日立製作所 研究開発グループ
DXエンジニアリング研究部
関口隆昭

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

Contents

1. 自己紹介

2. 博士論文の紹介

3. 学位取得までの経過

4. 学位を取得して良かったこと

5. まとめ

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

Contents

1. 自己紹介
2. 博士論文の紹介
3. 学位取得までの経過
4. 学位を取得して良かったこと
5. まとめ

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

1. 自己紹介

HITACHI
Inspire the Next

年度	所属	取組内容
2001	京都大学大学院情報学研究科修士	ルーティングプロトコル、インターネットQoS
2001	日立製作所入社 システム開発研究所 配属	情報制御システム、ユビキタス情報システム、 カーナビゲーションシステム
2007	(株)ザナヴィ・インフォマティクス　出向	カーナビの地図データ、地図更新システム
2009	クラリオン(株)　出向	同上
2012	日立製作所 横浜研究所	テレマティクスサービスプラットフォーム
2016	日立製作所 テクノロジーイノベーション統括本部	同上
2018	日立(中国)研究開発有限公司 出向	中国モビリティソリューション
2022	日立製作所 デジタルサービス研究統括本部	コネクテッドモビリティシステム

- 学位論文題目：カーナビゲーションのための地理空間情報の伝達に関する研究
- 取得年月：2022年3月
- 学位種別：博士（情報学）（課程博士：京都大学大学院情報学研究科 知能情報学専攻）

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

Contents

1. 自己紹介

2. 博士論文の紹介

3. 学位取得までの経過

4. 学位を取得して良かったこと

5. まとめ

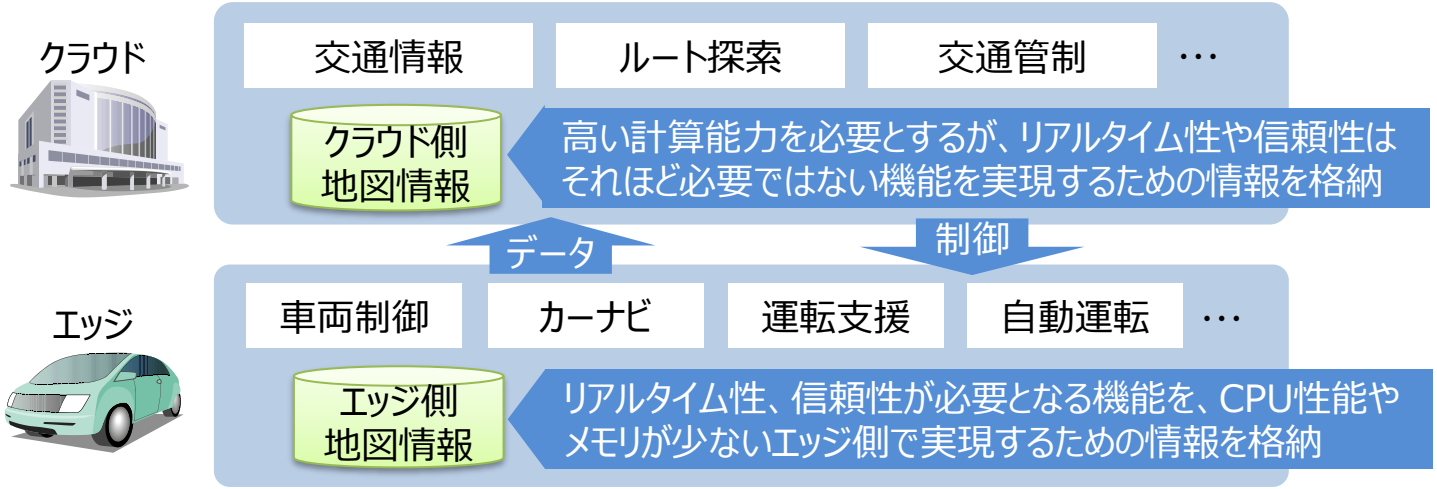
© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

2-1. 背景・目的

HITACHI
Inspire the Next

- 実世界のデータを収集し、サイバー空間で解析して実世界にフィードバックするCPSの普及
- 自動車システムの場合、実世界の制御にはリアルタイム性や信頼性が強く求められる
  ⇒ 地図などの制御に必要な最低限の情報はエッジで持ち、自律動作可能とする必要がある

自動車システムの一般的な構成



本研究の目的：カーナビゲーションのための地理空間情報の伝達

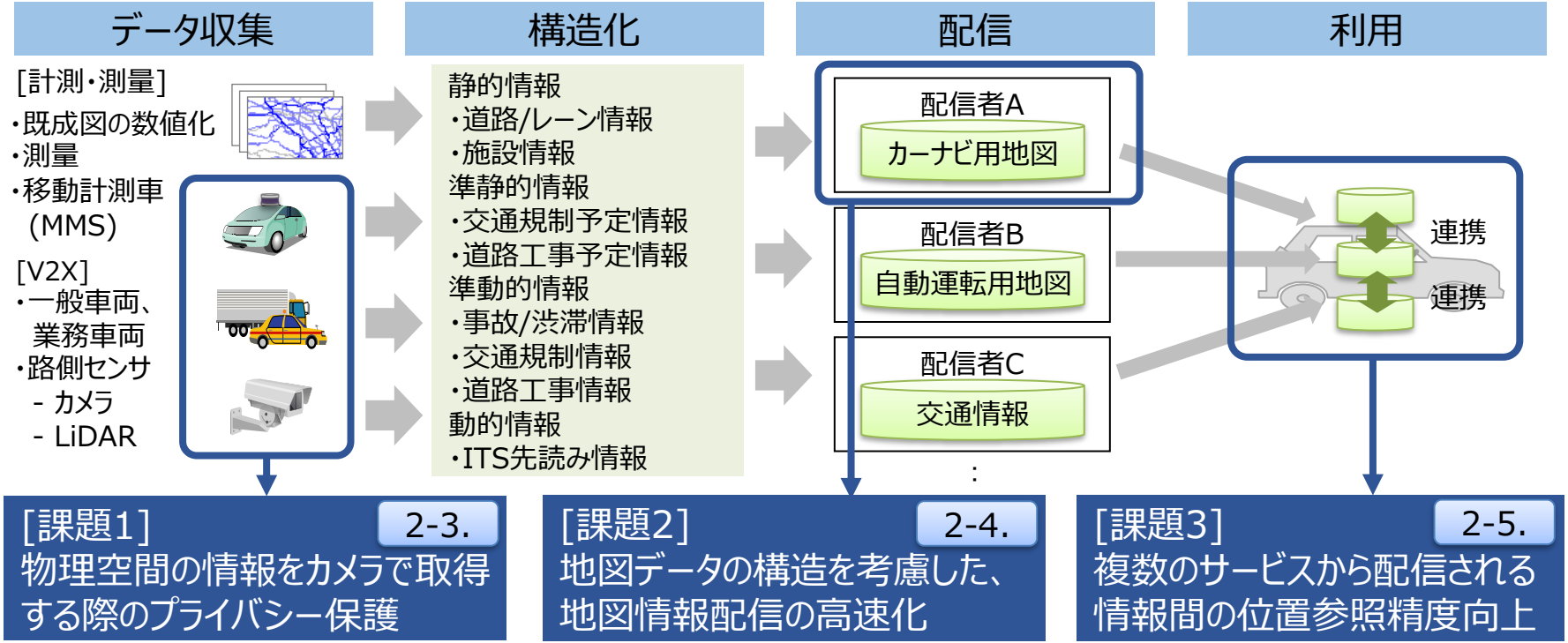
CPS: Cyber Physical System
地理空間情報: 空間上の特定の地点又は区域の位置を示す情報(当該情報に係る時点に関する情報を含む)、およびそれに関連付けられた情報

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

2-2. カーナビへの地理空間情報の伝達の流れと課題

HITACHI
Inspire the Next

- 主にデータ収集、構造化、配信、利用の4つのフェーズに分かれる
- 本研究が解決する課題：①プライバシー ②配信の高速化 ③位置参照精度向上



MMS: Mobile Mapping System V2X: Vehicle to X (Vehicle, Infrastructure, ...)

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

2-3. 課題1: 物理空間の情報をカメラで取得する際のプライバシー保護

HITACHI
Inspire the Next

- 路上に設置する監視カメラの増加によりプライバシーの問題が発生
- 様々なプライバシー保護の取組みがある一方、カメラの設置目的への配慮が不十分

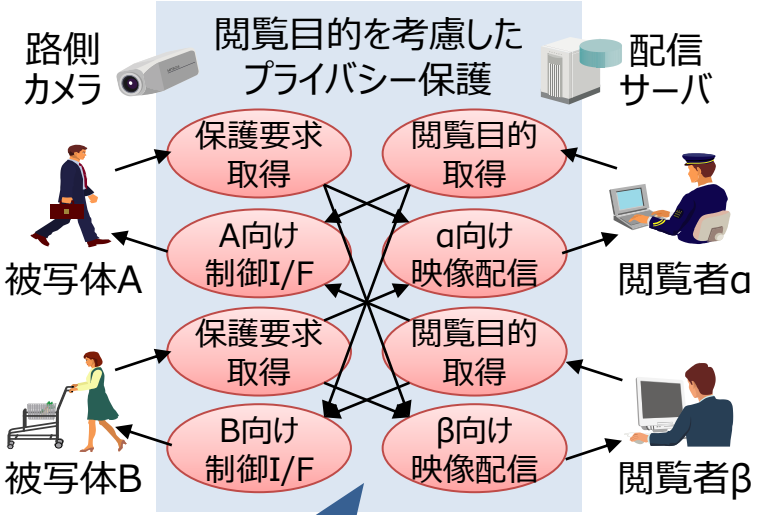
■ 課題・提案方式

安全な運行のための
監視が難しい

プライバシー保護

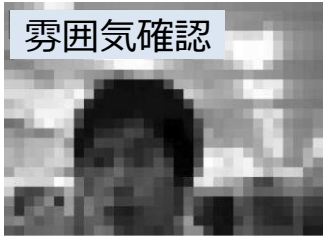
路側カメラ

[提案方式]



被写体と閲覧者の関係に応じて
情報をエッジ側で処理することでプライバシーを保護

■ 結果



プロトタイプを構築して通信遅延を
評価することで実現性を確認

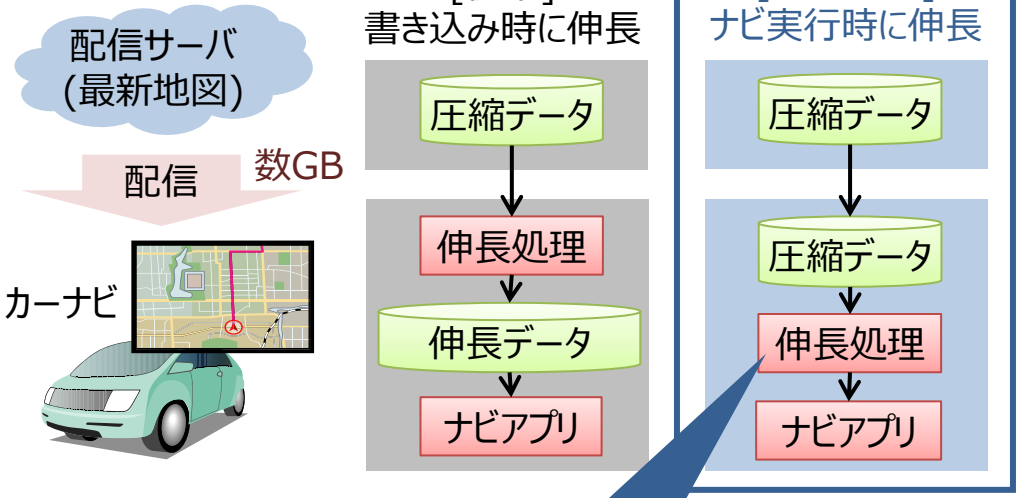
© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

2-4. 課題2: モビリティへの地理空間情報配信の高速化

HITACHI
Inspire the Next

- カーナビ用の地図データの鮮度、精度への要求（スマートフォンと同等の性能を期待）
- 地図データはサイズが大きいため更新が難しい

■ 課題・提案方式

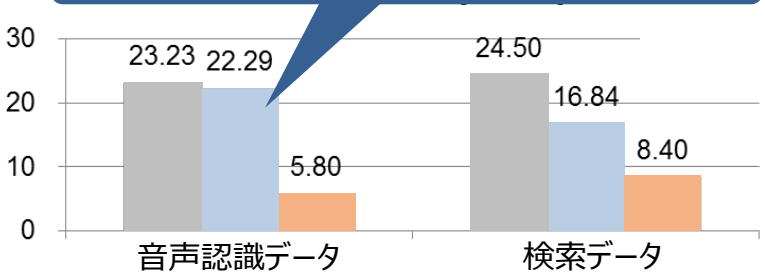


圧縮率と伸長性能を両立するデータ圧縮により
通信サイズを削減することで配信を高速化

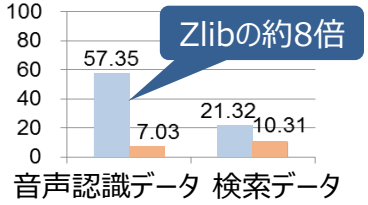
■ 結果

:従来(非圧縮)　:提案　:Zlib

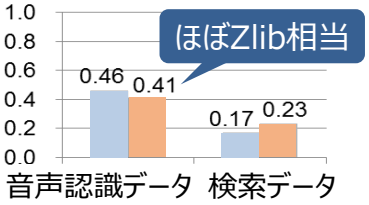
特定のデータに関して非圧縮時と同等



圧縮データリード性能 [MB/sec]



伸張性能 [MB/sec]



圧縮率

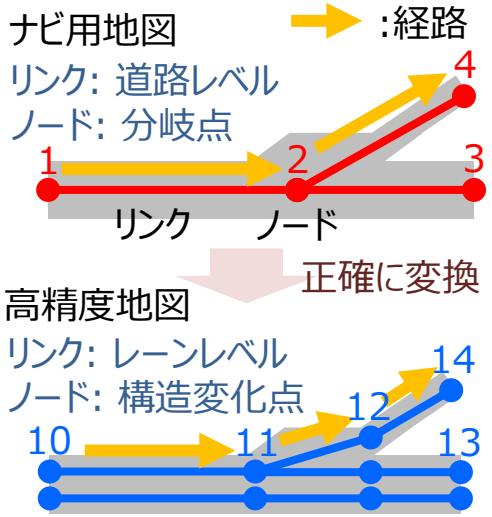
© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

2-5. 課題3: 複数の地理空間情報間の位置参照精度向上

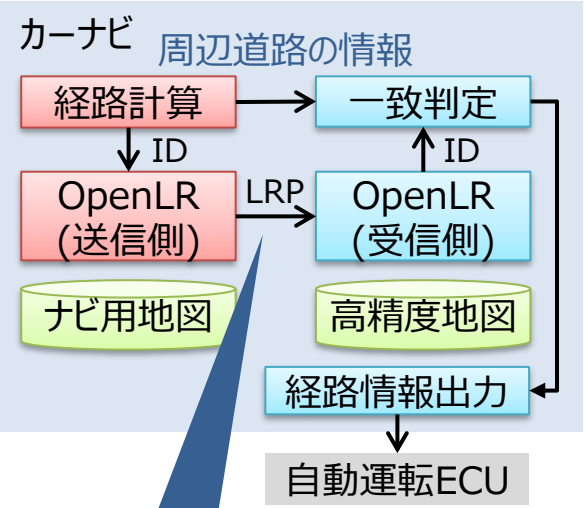
HITACHI
Inspire the Next

- カーナビで設定した経路に沿って自動で目的地まで案内する機能への期待
- カーナビ用の地図と自動運転用の高精度地図が異なるため、経路の伝達が難しい

■ 課題・提案方式



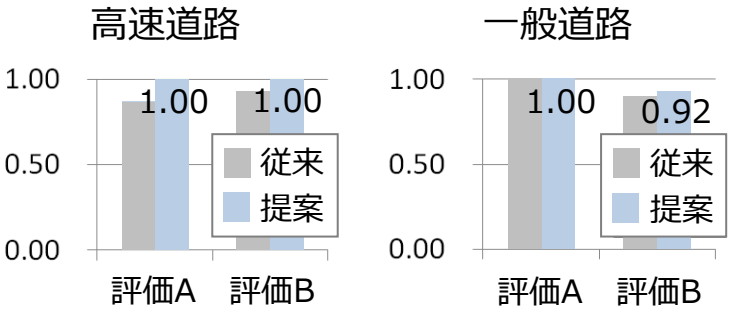
[提案方式]



動的位置参照方式の一致率向上と正誤判定の自動化を行うことで位置参照精度を向上

■ 結果

評価A: 双方の地図の整備時期が同一の場合
評価B: 双方の地図の整備時期が異なる場合



ナビ経路・自動運転経路の一致率

高速道路ではほぼ一致したが一般道路では不一致が残った

LRP: Location Referencing Point　ECU: Electronic Control Unit
位置参照方式: あるデジタル地図を用いて作成された地理空間情報を別のデジタル地図上にマッピングする方式　OpenLR™はTomTom社の商標

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

2-6. 結論・今後の展望

HITACHI
Inspire the Next

- カーナビゲーションへ地理空間情報を伝達する際の個別課題に取り組み、
  それぞれ提案方式を実装することにより実現性を確認
  - 課題1: 被写体と閲覧者の関係に応じて情報をエッジ側で処理することでプライバシーを保護
  - 課題2: 圧縮率と伸長性能を両立するデータ圧縮により通信サイズを削減することで配信を高速化
  - 課題3: 動的位置参照技術の一致率向上と正誤判定の自動化を行うことで位置参照精度を向上

- 今後の展望
  - 高度なセンシングや機械学習、クラウドサービスを活用して、より多くの情報を伝達
  - CPSとして、地理空間情報の収集、構造化、配信、利用のサイクルを自動化することで
    高度に自動化されたモビリティ社会を実現
  - 人的エラーや誤りが入り込む余地のある地理空間情報を利用する際の安全性

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

Contents

1. 自己紹介

2. 博士論文の紹介

3. 学位取得までの経過

4. 学位を取得して良かったこと

5. まとめ

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

3-1. 学位取得までの経過

HITACHI
Inspire the Next

- 以前より会社から後押し、2015年に指導教官に相談、2016年に博士課程入学
- 途中まで順調に進むも2018年に中国へ転勤、低迷した後、2022年3月に学位取得

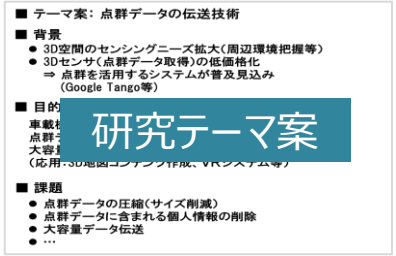
FY	～2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
生活	日本				中国				日本
					▲米中摩擦悪化	▲COVID-19発生			
	会社から後押し		博士課程					▲予備審査	
		▲相談	▲入学	▲中間審査		▲認定退学		▲公聴会	
研究活動									3-5.
		全体構造の検討						3-2.	
			3-3.					3-4.	
			個別論文の投稿			諦めかける		論文執筆	
			▲CDS16	▲CDS20					
成果	★論文①			★論文②	★論文③				★学位論文

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

3-2. 全体構造の作成

- 個別の小さな研究を包含する1つの大きな研究テーマが必要
- それまでのバラバラの研究内容を俯瞰して、自分の研究テーマを検討

■ 2015年時点



指導教官へ相談
学位認定の基準の目安や
進め方などを教えて頂く

検討

■ 最終構成(2021年)

1章. 背景・目的

- CPSが普及。実世界のセンサデータをクラウド上のデジタル技術で解析し、実世界を制御することで、高度な社会を実現
- モビリティ分野を中心にデジタル地図市場が拡大。実世界の制御はリアルタイム性や信頼性が必要なため、エッジ側にも地図情報を配信して各種機能を実現する
- 目的：カーナビゲーションのための地理空間情報の伝達。伝達のための各過程(データ収集、配信、利用)の課題を解決する

2章. 先行研究

- 関連研究・技術：データ収集、構造化、配信、利用
- 上記の各フェーズにおいて、自律動作可能なモビリティの適用範囲を一般道や細街路へ拡大する際の課題(下記)を解決する。
①情報をカメラで取得する際のプライバシー、②地理空間情報配信時の高速化、③地理空間情報の位置参照精度向上

3章. 論文①

- 課題：物理空間上の情報をカメラで取得する際のプライバシー保護
- 研究方法：被写体と閲覧者の関係に基づきエッジ側で画像処理
- 結論：プロトタイプシステムを構築して実現性を確認。被写体からの要求の遅延を考慮すると、提案システムは実現可能

4章. 論文②

- 課題：地図データの構造を考慮した、モビリティへの地図情報配信の高速化
- 研究方法：列志向圧縮をベースにCPUキャッシュを考慮して圧縮率と性能を両立
- 結論：カーナビに実装して実現性を確認。Zlib同等の圧縮率を維持しつつ、伸長性能を大幅に向上

5章. 論文③

- 課題：複数のサービスから配信される地理空間情報の位置参照精度向上
- 研究方法：OpenLRの正解率向上、および難しい地点の正誤判定を自動化
- 結論：整備仕様/時期が同じなら高速道路ではほぼ一致。誤りがあってもルールベースで正誤を判定可能

6章. 結論

- 結論：上記方式を提案し、実現性を確認した。自律動作可能なモビリティの適用範囲拡大に貢献。
- 今後の展望：CPSとして、データ収集～利用までの一連の動作の自動化の進展、GNNの適用、地理空間情報の安全性

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

3-3. 個別論文の投稿

HITACHI
Inspire the Next

- オフライン/オンラインで指導を受けつつ、全体構造を意識しながら個別の論文を投稿
- 内容に不満足な部分もあったがスケジュールを考慮

■論文② (2016年10月採録)

コンシューマ・システム論文

車載地図更新向け列指向データ圧縮の高速化

Fast Columnar Data Compression for In-Vehicle Map Update

『6. まとめ
… ネットワークに常時接続する動きが進むと考えられる。データ更新に必要なストレージ容量や通信サイズを削減しつつ、地図自動更新等、常時接続環境を活かしたデータ更新作業の容易化に取り組んでいく予定である。』

■論文③ (2018年2月採録)

コンシューマ・システム論文

カーナビ連携車両制御のための経路情報変換の高信頼化

Reliable Route Conversion for Car-navigation Cooperative Control

『6. まとめ
… システム間で高精度な自車位置やレーンレベルの情報交換が進むと考えられる。高精度地図の整備状況をふまえ、提案方式の改善や地図データ更新による双方のデータの同期等の技術開発に取り組んでいく予定である。』

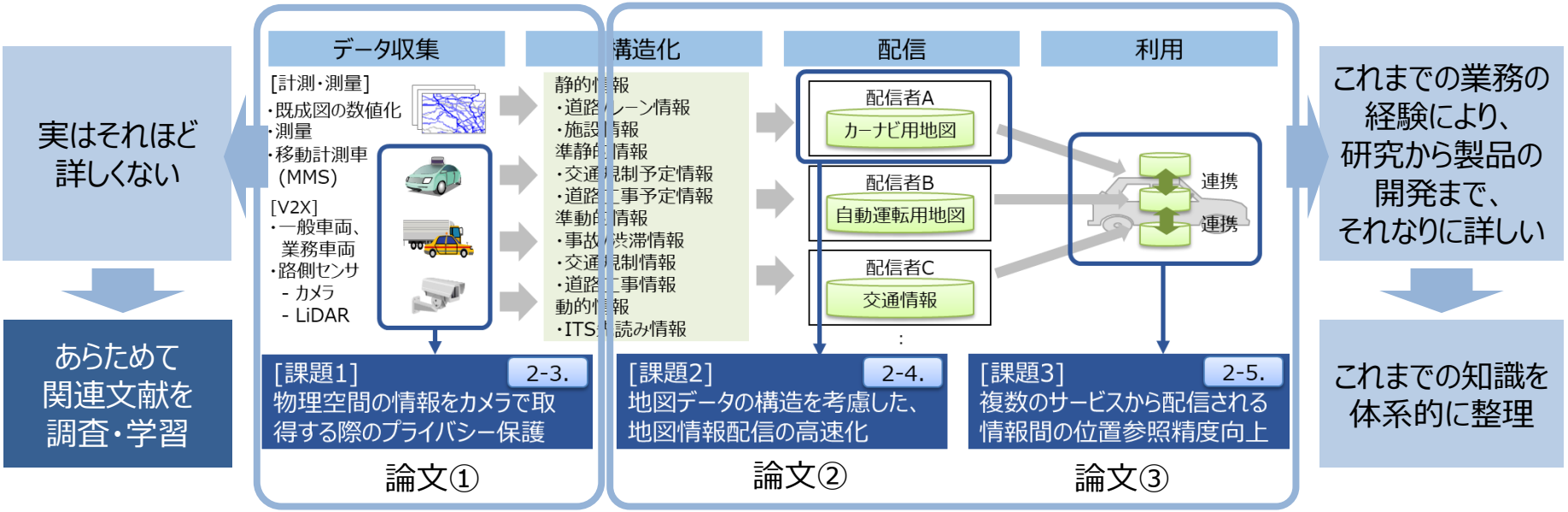
予定は未定 ⇒ この後に中国転勤の辞令があり、長い低迷期に入る

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

3-4. 学位論文執筆

- 先生より声をかけて頂き論文執筆を再開、全体を包含する2章(先行研究)の執筆に苦心
- データ収集・プライバシーについて、改めて関連研究・最新の動向を調査

(図再掲)



© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

3-5. 予備審査・公聴会

HITACHI
Inspire the Next

- 予備審査、公聴会での指摘事項をふまえて論文を修正、今後の展望等(6章)を拡充
- 2022年3月に学位取得

■予備審査
2021年12月@中国(オンライン)

指摘事項

- プライバシーのところで、閲覧者の要求を優先すると書いてあるが、丁寧に説明する。
- この方式では、画像は保護されるが、逆に位置情報を上げることになる。映像の閲覧者だけでなく、システム管理者に対する保護も必要。
- 圧縮の結果は、データの性質に依存する。音声認識用データと施設検索用データがどのようなデータであるのかを説明する。
- Zlibなどと違って、このように入力データの形式がわかっているのであれば、事前にモデルを用意することを当然考えるはず。それを行っていない理由を説明する。
- 5章では一律に不一致を問題としているが、分岐を間違えてもそのうち再合流するのであればほとんど問題ないなど、影響が大きい場合とそうでない場合がある。実際の影響度をふまえた評価を行ったほうが良い。 …

修正

■公聴会
2022年1月@中国(オンライン)

指摘事項

- プライバシーのテーマは、実際どのようなシーンを想定していたのか？撮影範囲に多数の人が密集している場合に人物の同定はできるか？
- データ圧縮について、評価対象としたZlibとはどのような方式か？提案方式のうち符号化方式に関する内容は、Zlibなどの既存方式と異なるか？
- 5章で方位のサイズを8bitに拡大したという話があるが、元のサイズはどのくらいだったのか？もともとそのサイズにしていた理由や制約等はなくなったということか？
- GDFについて、Line、Area等のFeatureと座標はどのような関係になっているか？
- ハードウェアが古い。この研究を実施した当時、将来どうなると考えていたか？その想定は結果として正しかったか？将来はどうなっていくと考えているか？きちんと言ったほうが良い。…

修正

■学位授与(2022年3月)

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

Contents

1. 自己紹介

2. 博士論文の紹介

3. 学位取得までの経過

4. 学位を取得して良かったこと

5. まとめ

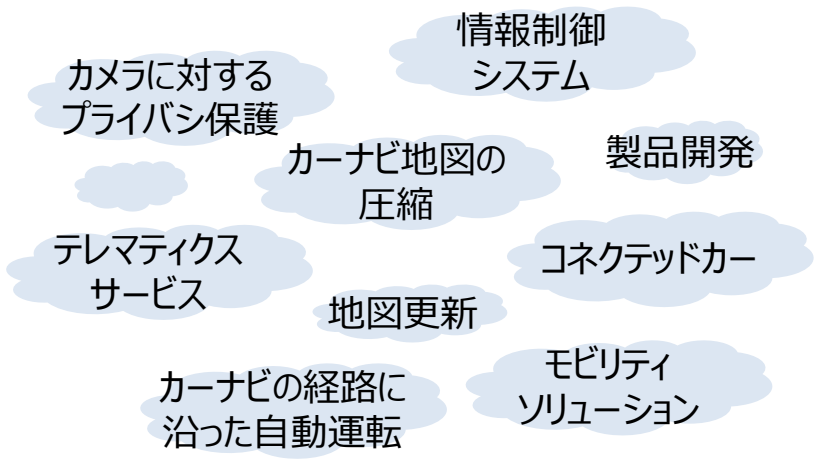
© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

4-1. 主観的メリット

HITACHI
Inspire the Next

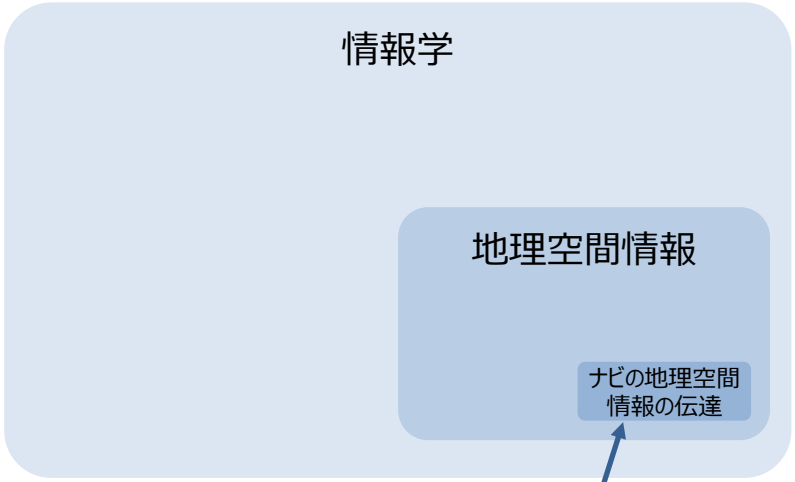
- 論文を執筆する過程で対象とする研究分野全体を俯瞰して考えることができ、自分が専門とする分野を再認識できる（ように思う）

■ 学位取得前



このあたりの経験はあるが
専門と言うには…

■ 学位取得後



専門はここ、と言っても
恥ずかしくない気がする

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

4-2. 客観的メリット

- 名刺に書ける

- (特に国外で)尊重される
  - 中国での例：楊さん(仮名) ⇒「楊san」 博士の楊さん ⇒「楊博」

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

Contents

1. 自己紹介

2. 博士論文の紹介

3. 学位取得までの経過

4. 学位を取得して良かったこと

5. まとめ

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

5. まとめ

HITACHI
Inspire the Next

《博士論文》

- カーナビゲーションへ地理空間情報を伝達する際の個別課題に取り組み、
  それぞれ提案方式を実装することにより実現性を確認

《学位を取得して良かったこと》

- 論文を執筆する過程で対象とする研究分野全体を俯瞰して考えることができ、
  自分が専門とする分野を再認識できる

© Hitachi, Ltd. 2022. All rights reserved.

Hitachi Social Innovation is

POWERING GOOD