

クラウド-エッジ間連携による 条件付き確率場を用いた 実世界のリアルタイム推定手法

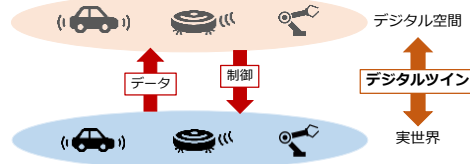
大阪大学 基礎工学部 情報科学科 4年
木村 一貴

2021 / 2 / 16

大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会

研究背景

- ・実世界の状況を仮想世界上に再現するデジタルツインが注目
 - ・デジタルツイン：センシング情報を基に実世界をデジタル空間に複製し、実世界の状況の把握や予測、制御を行う技術



- ・自動運転やAGVへの応用を考えると実世界の状況推定にはリアルタイム性が重要

2021 / 2 / 16

大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会

2

研究目標とアプローチ

- ・研究目標
 - ・ロボット等の制御に必要な実世界の状況の推定をリアルタイムで行うことができる方式の検討
- ・アプローチ
 - ・実世界の状況を条件付き確率場で表現
 - ・クラウド-エッジの連携により必要となる実世界の状況をリアルタイムに推定
 - ・クラウド
 - ・広い範囲からのセンシング情報の収集が可能
 - ・多量のデータを分析可能な計算資源を保有
 - ・エッジ
 - ・狭い範囲・短い周期でのセンシング情報の収集が可能
 - ・計算資源が乏しいため、多量のデータを分析することは困難

クラウドにおける情報処理の結果を用いつつ、
制御に必要な限定的な範囲の状況推定をエッジで行うことを検討

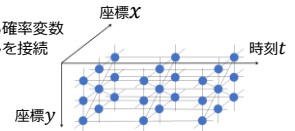
2021 / 2 / 16

大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会

3

条件付確率場による時空間の状態をモデル化

- ・実世界の時空間上の各点に対応する確率変数とその確率変数の間の関係を条件付確率場で表現
 - ・頂点：時空間上の各点に対応する確率変数
 - ・辺：時空間上の隣接する点どうしを接続



- ・周辺確率 $P(S|D)$ は、以下の式で定義

$$P(S|D) = \frac{1}{Z(D)} \exp(-E(S; D))$$

$$E(S; D) = \sum_{(t,x,y) \in N} f(S_{t,x,y}; d_{t,x,y}) + \sum_{((t_1,x_1,y_1),(t_2,x_2,y_2)) \in E} f_{P((t_1,x_1,y_1),(t_2,x_2,y_2))}(S_{t_1,x_1,y_1}, S_{t_2,x_2,y_2}; d_{t_1,x_1,y_1}, d_{t_2,x_2,y_2})$$

S	確率変数の状態
D	観測値
N	頂点の集合
E	辺の集合

2021 / 2 / 16

大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会

4

時空間モデルを用いた実世界の推定

1. 観測データに合わせて時空間モデルを構築

$$P(S|D) = \frac{1}{Z(D)} \exp(-E(S; D))$$

$$E(S; D) = \sum_{(t,x,y) \in N} f(S_{t,x,y}; d_{t,x,y}) + \sum_{((t_1,x_1,y_1),(t_2,x_2,y_2)) \in E} f_{P((t_1,x_1,y_1),(t_2,x_2,y_2))}(S_{t_1,x_1,y_1}, S_{t_2,x_2,y_2}; d_{t_1,x_1,y_1}, d_{t_2,x_2,y_2})$$
2. 確率伝播法により周辺確率を計算
 - ・確率伝播法：メッセージと呼ばれる関数 $m_{i \rightarrow j}$ をすべての辺に対して繰り返し伝播させることで、周辺確率を導出する手法
 - ・条件付き確率場において確率変数の周辺確率を計算することにより、確率変数が対応する状態について把握・推定することが可能

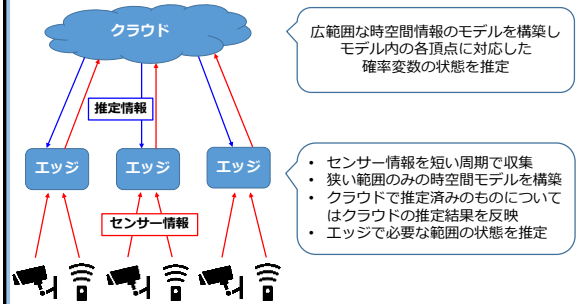
2021 / 2 / 16

大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会

5

エッジ・クラウドの連携

- ・クラウド側における広範囲の推定を反映しつつ、エッジ側で制御などに必要とされる狭い範囲の状況を推定



2021 / 2 / 16

大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会

6

実験

・実験目的

- ・ エッジ側でのリアルタイム推定が実現可能な時空間上の範囲の明確化

・実験内容

- ・ カメラ映像から特定の時空間エリアに存在する物体の識別を行う処理を実行
- ・ 推定に必要な各処理にかかる時間を計測

・データセット : VIRAT Video dataset [1]

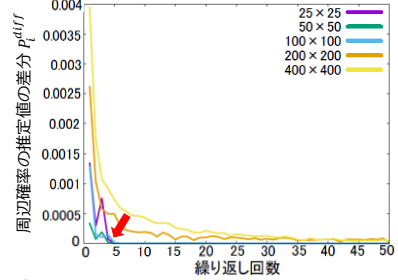
実験環境

CPU	Intel Core i7-8550U 1.80 GHz
OS	Windows 10 Pro Version 1909
RAM	16.0 GB

[1] S. Oh et al., "A large-scale benchmark dataset for event recognition in surveillance video," in Proceedings of IEEE CVPR 2011, pp.3153-3160, June 2011.
2021 / 2 / 16 大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会 7

収束までにかかる繰り返し回数

- ・ 推定する範囲が小さくなるほど、収束までにかかる回数が減少

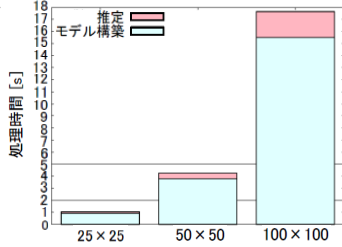


縦軸 P_i^{diff} : 確率伝播法による周辺確率の i 回目の更新時と $i+1$ 回目の更新時の推定値の差分の平均値

2021 / 2 / 16 大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会 8

実験結果 (処理時間)

- ・ 10 タイムスロットでは 50×50 の範囲であれば5秒以下、 25×25 の範囲であれば2秒以下の周期で推定可能
- ・ 処理にかかる時間のうち、モデルの構築にかかる時間が支配的
→ さらなる処理時間の短縮のためには、モデル構築にかかる時間の削減が重要



2021 / 2 / 16 大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会 9

まとめと今後の方針

・まとめ

- ・ リアルタイムな実世界を推定するためのクラウド-エッジの連携について検討
- ・ 条件付き確率場を用いて時空間にわたる実世界の状況を確率的に表現
- ・ エッジで推定する範囲を限定することにより収束時間の削減が可能

・今後の方針

- ・ クラウドとの連携による精度向上の検証
- ・ さらなるエッジ側での処理の高速化

2021 / 2 / 16 大阪大学基礎工学部情報科学科 令和2年度 特別研究報告発表会 10