

確率モデルに基づく 時系列データ解析

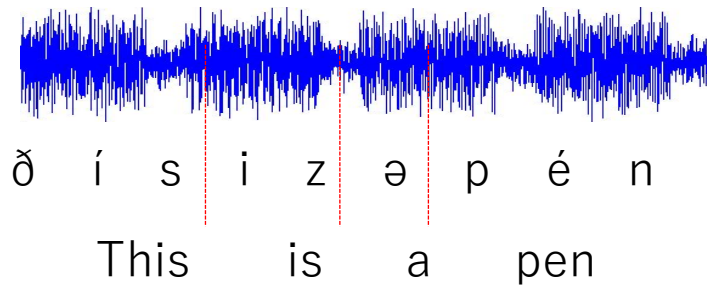
電気通信大学 情報理工学研究科 機械知能システム学専攻
准教授 中村 友昭

教師なし分節化とは？

- 教師なし：人が正解を教える必要がない
 - ラベルなしデータを扱える
- 分節化



- 時系列データから意味を持つパターンを抽出，意味ごとに分類する技術
- 例：音声波形



音声波形（時系列データ）



音素列



単語

ラベルのない時系列データの解析が可能な技術

新技術の特徴

- 解釈可能性が高い
 - 深層学習ではなく，確率モデルに基づいた手法
 - 人が解釈可能なパラメータで構成
 - ➡「なぜそのような結果となったのか」が分かりやすい
- ラベル付きデータが必要ない
 - 深層学習等はラベル付きデータが必要な教師あり学習
 - 人手によるラベル付けは必要ない ➡ ラベル付けのコストがかからない
- 複雑・高次元の時系列データの解析が可能
 - 複数の確率モデルを組み合わせ，それらが相互に影響し合いながら学習する技術を利用

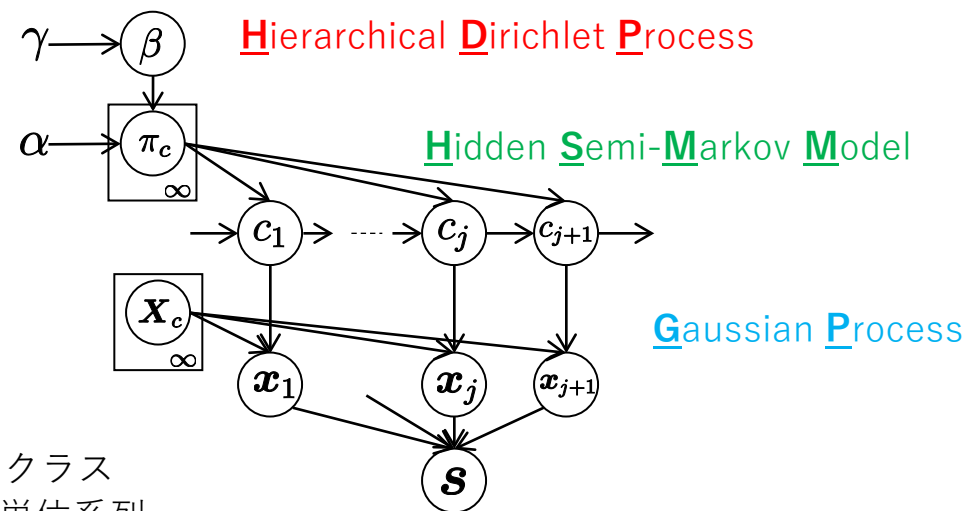
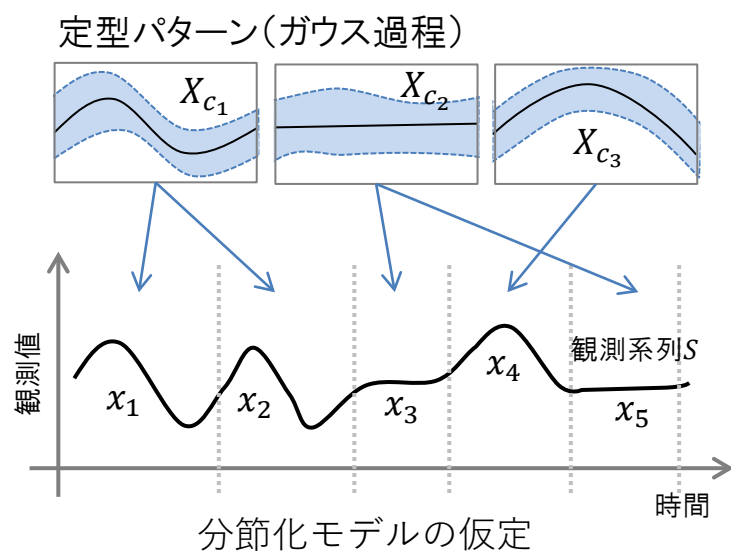
紹介するモデル

- HDP-GP-HSMM
 - 分節化の基本的なモデル
 - 解析事例：人・動物の動作解析
- HVGH
 - 分節化モデルに非線形次元圧縮手法（VAE）を組み合わせ、高次元時系列データの分節化
 - 解析事例：動画像の解析
- 二重分節解析
 - 分節化モデルを階層的に組み合わせたモデル
 - 解析事例：音声の解析
- 複数時系列集合の解析
 - 複数の時系列データの集団的な振る舞いの解析
 - 解析事例：学校での集団行動の解析

HDP-GP-HSMM

- 分節化の基本的なアイデア

- 複数クラスの定形パターンから部分時系列（分節）が作られ、それらが接続されることで時系列データが生成されると仮定（生成モデル）
- データが生成される過程を確率的に記述することで、**データのみから**確率的なパラメータを推論可能（教師なし学習）



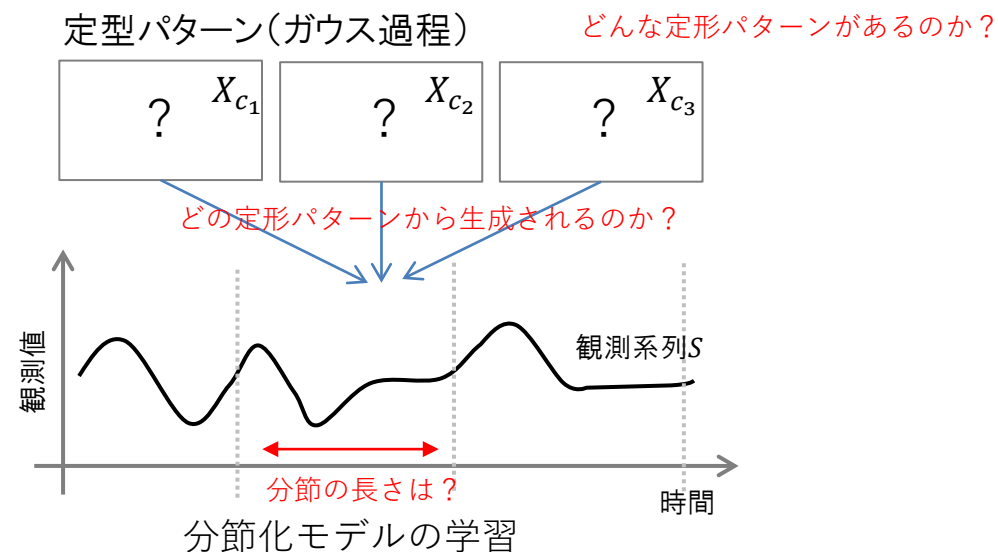
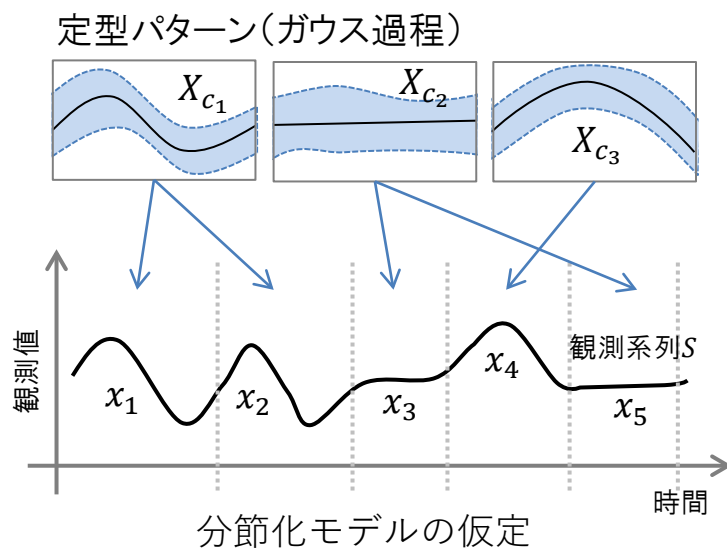
c_j : クラス
 x_j : 単位系列
 X_c : クラス c のガウス過程のパラメータ
 S : 観測系列

HDP-GP-HSMMの学習

- 教師なし分節化は $p(\mathbf{x}|S)$ を最大化する以下の3つを推定

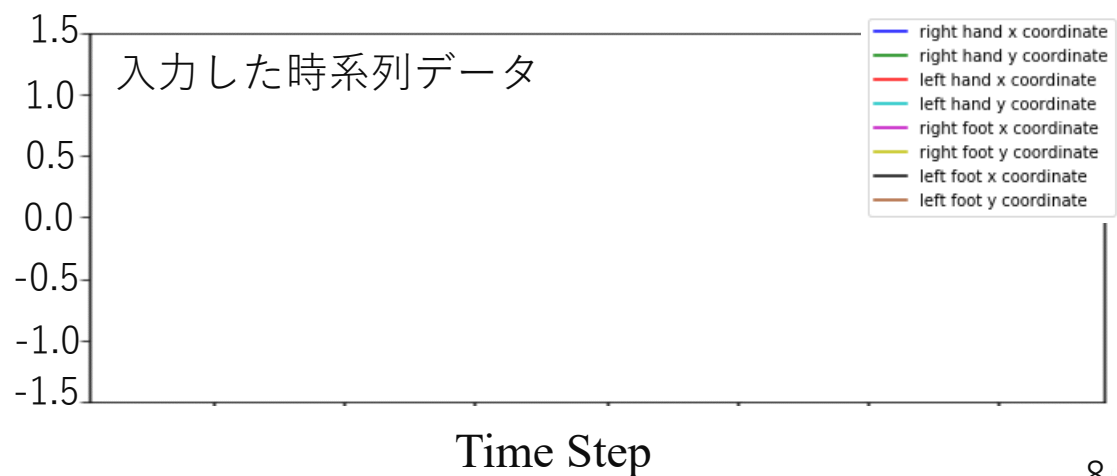
- 分節長（切れ目の位置）
- 分類される定形パターンクラス
- 定形パターンのパラメータ

これらを効率的に推論できる技術を開発



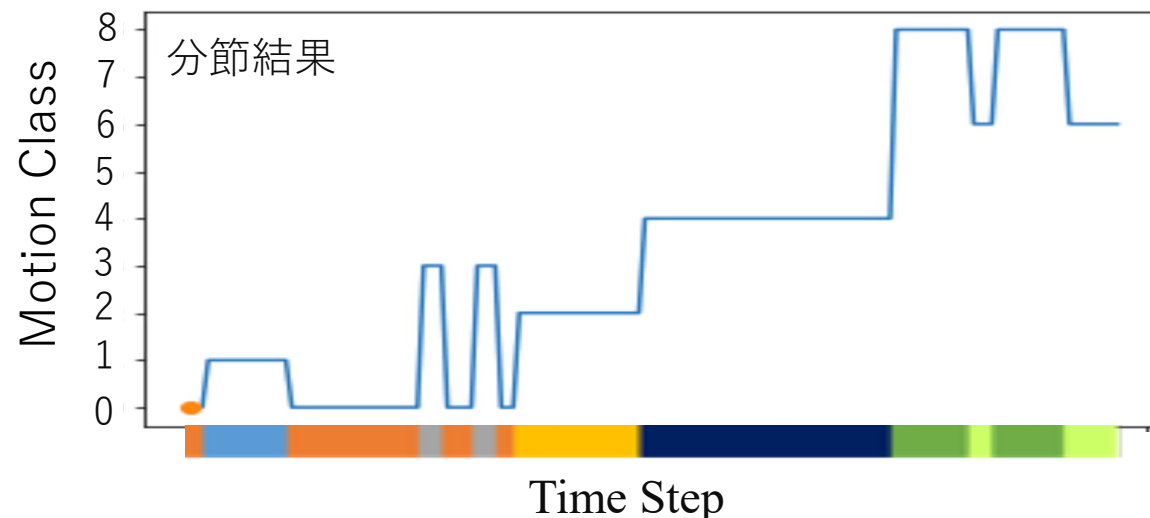
解析事例：人の動作解析

- 人の運動の時系列データのみから，運動に含まれる基本動作を自動的に（教師なしで）抽出



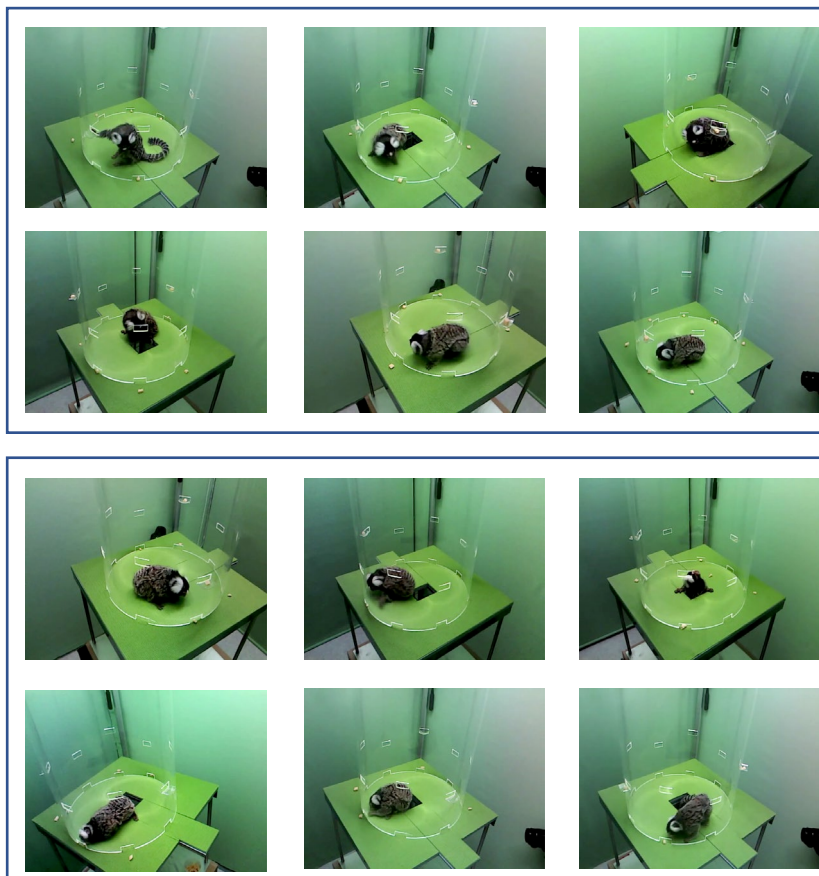
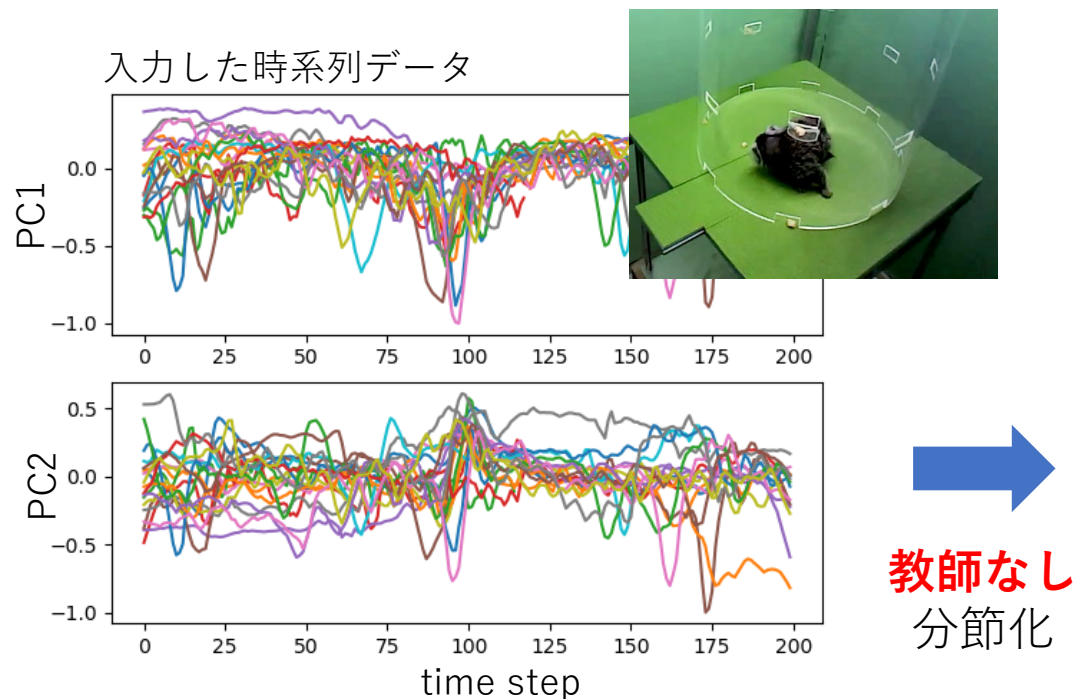
自動的に意味をもつ7つの
まとまり（基本動作）に分類

教師なし分節化



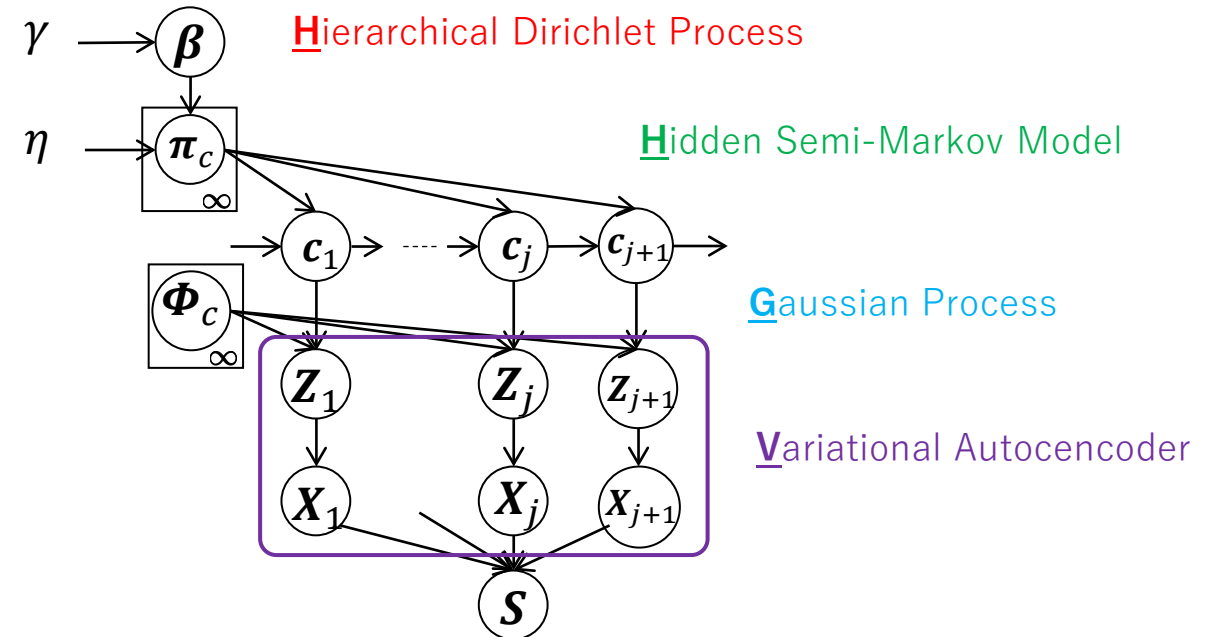
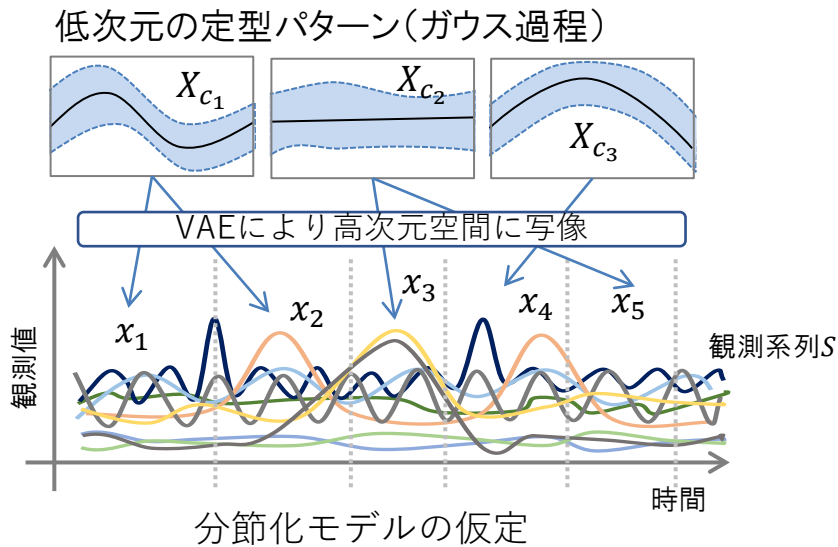
解析事例：動物の動作解析

- マーモセットの運動の時系列データのみから，運動に含まれる基本動作を自動的に（教師なしで）抽出



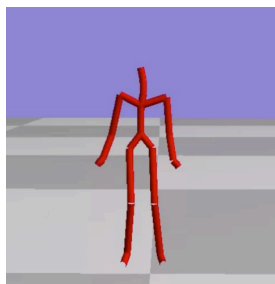
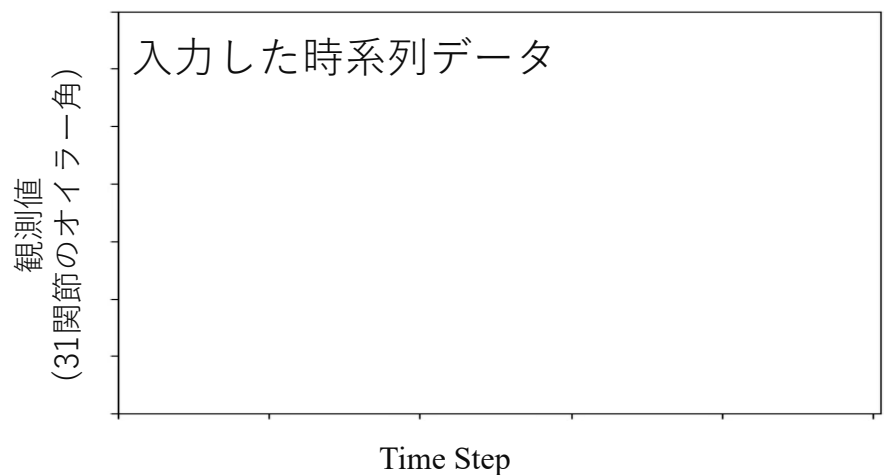
HVGH: VAEの統合

- HDP-GP-HSMMの問題
 - 高次元の時系列データを扱うことが困難
- 次元圧縮が可能なVAEを導入することで、高次元データの分節化が可能な手法HVGHを提案
 - **HDP-VAE-GP-HSMM**



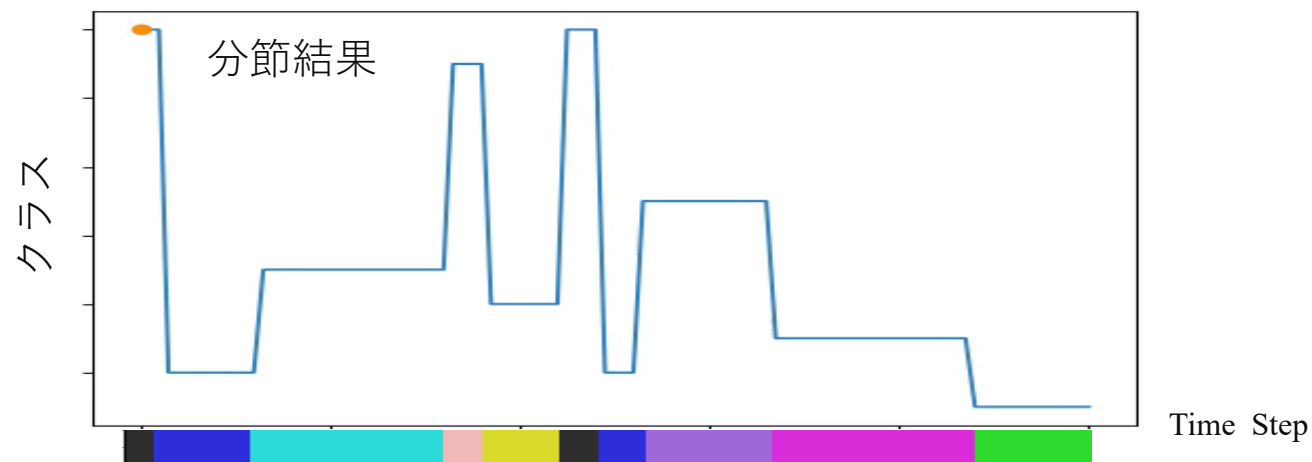
解析事例：人の動作解析

- 人の運動の時系列データ(96次元)のみから，運動に含まれる基本動作を自動的に（教師なしで）抽出



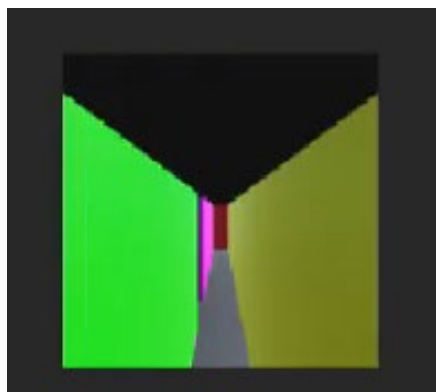
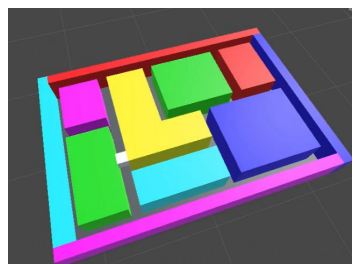
自動的に意味をもつ6つの
まとまり（基本動作）に分類

教師なし分節化



解析事例：動画像の分節化

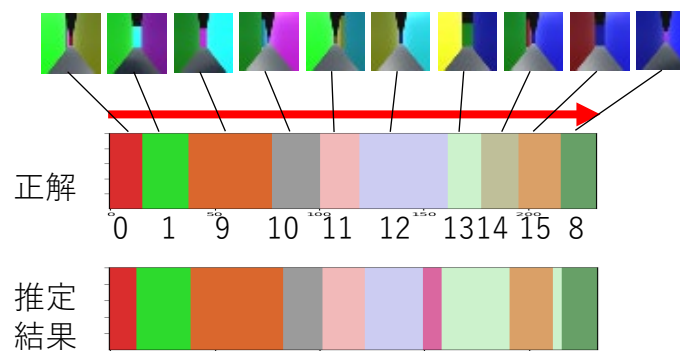
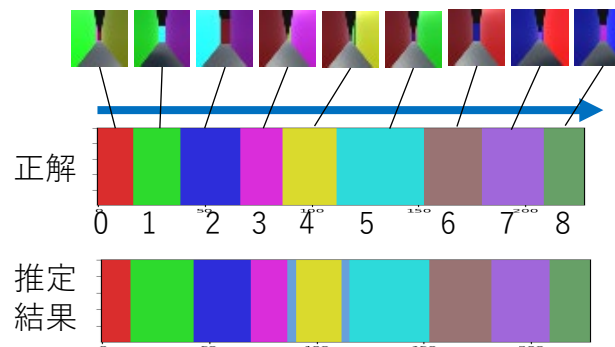
- 迷路シミュレーション内のエージェントの一人称視点の動画像 (32*32*3=3072次元) を分節化



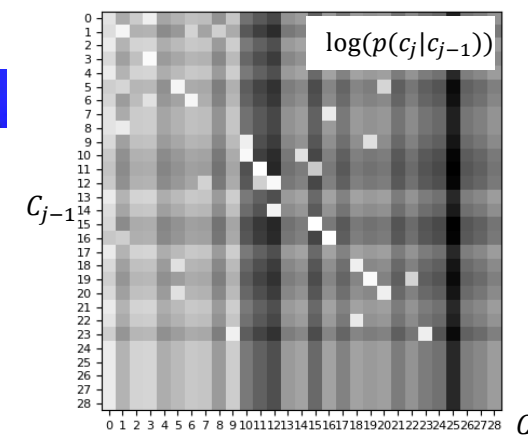
入力した時系列データ
一人称視点動画像



教師なし
分節化



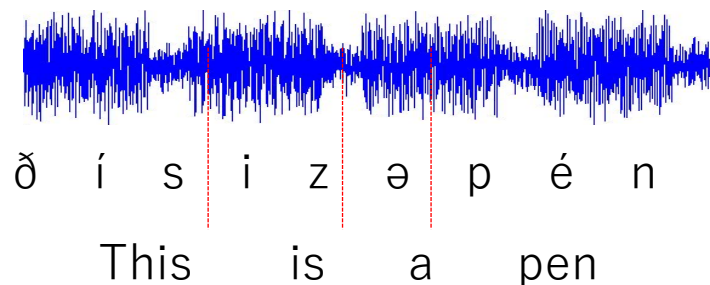
- 自動的に意味をもつ
まとめり（経路）に分類
- 迷路の構造を表現する
パラメータを自動学習



二重分節解析

- 時系列データには多重の分節構造を持つデータが存在

- 例：音声



音声波形（時系列データ）

↓ 分節化

音素列

↓ 分節化

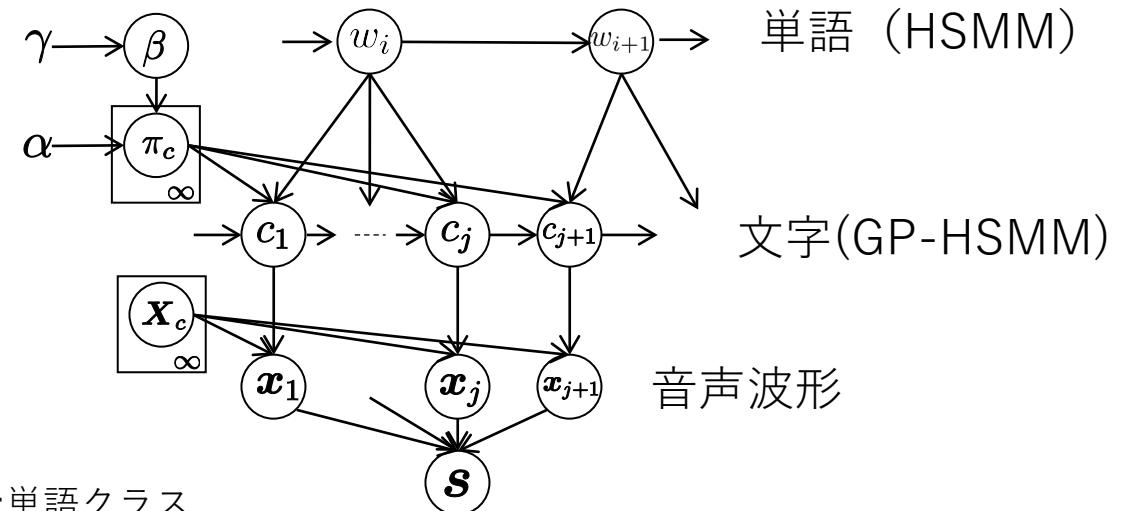
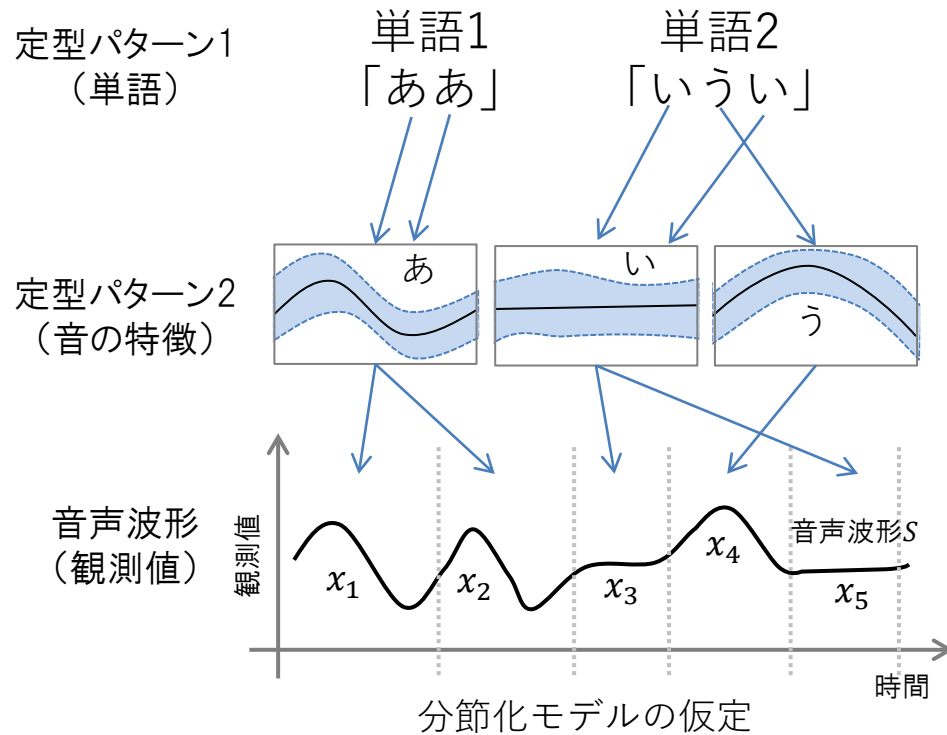
単語

音声波形から単語を抽出するには
二段階の分節化が必要

- これまで分節化モデルを階層的に結合することで、
二重分節構造をもったデータの解析に適用

二重分節解析モデル

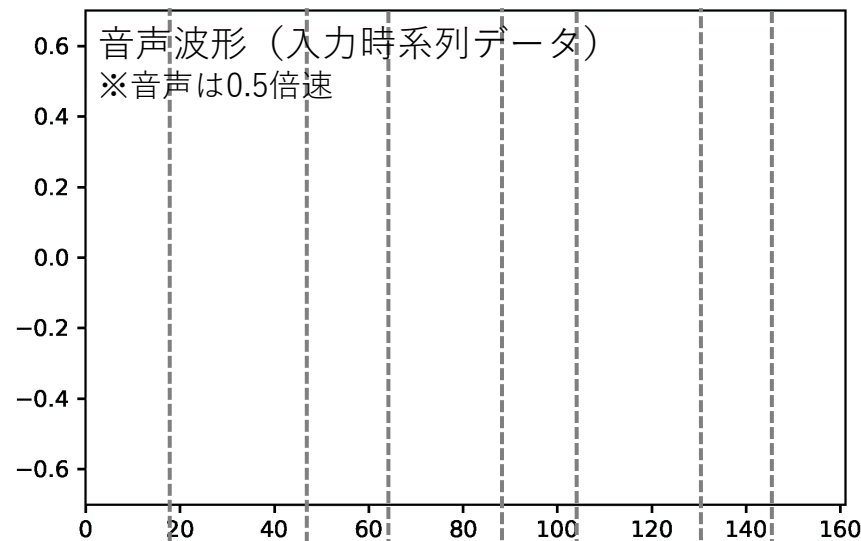
- GP-HSMMの上部にHSMMを配置したモデル
- 音声波形のみから文字・音の特徴・単語すべてを教師なし学習



w_i : 単語クラス
 c_j : 文字クラス
 x_j : 単位系列
 X_c : クラス c のガウス過程のパラメータ
 S : 観測系列

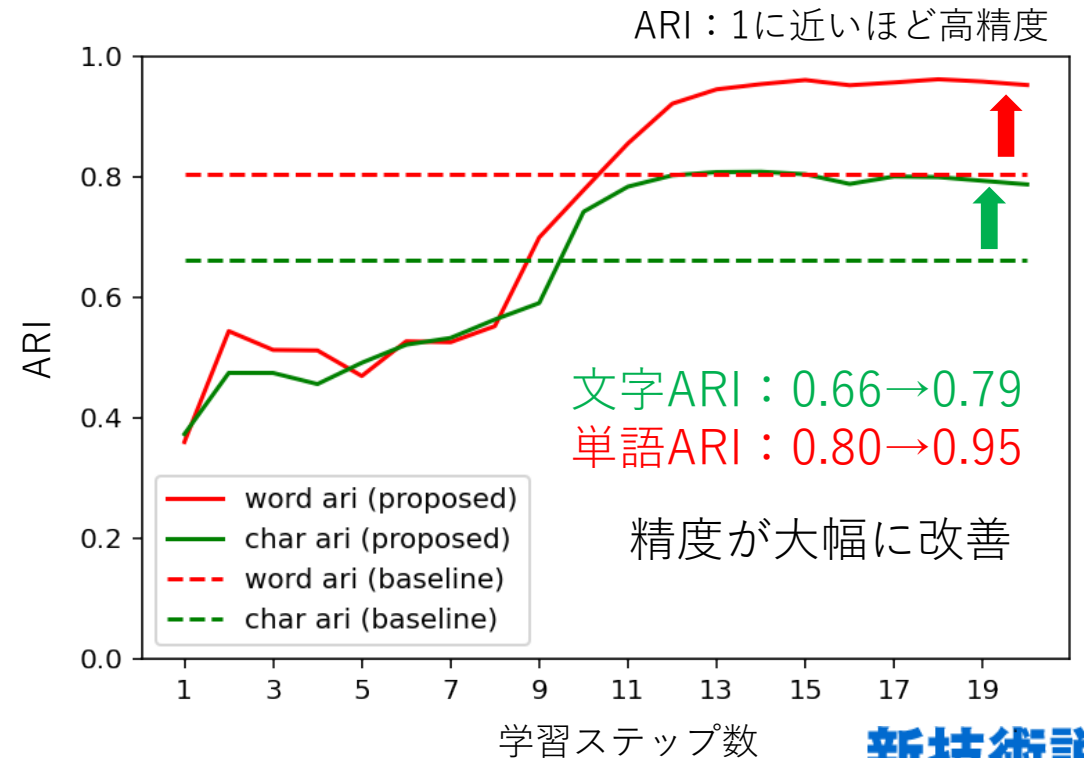
解析事例：音声の解析

- データセット (aioi dataset)
 - 「あいうえお」の音から構成された人工単語の音声データ
 - 単語：あいおい, あお, あうえ, いえ, うお
- 音声波形のみから文字と語へ教師なし分節化



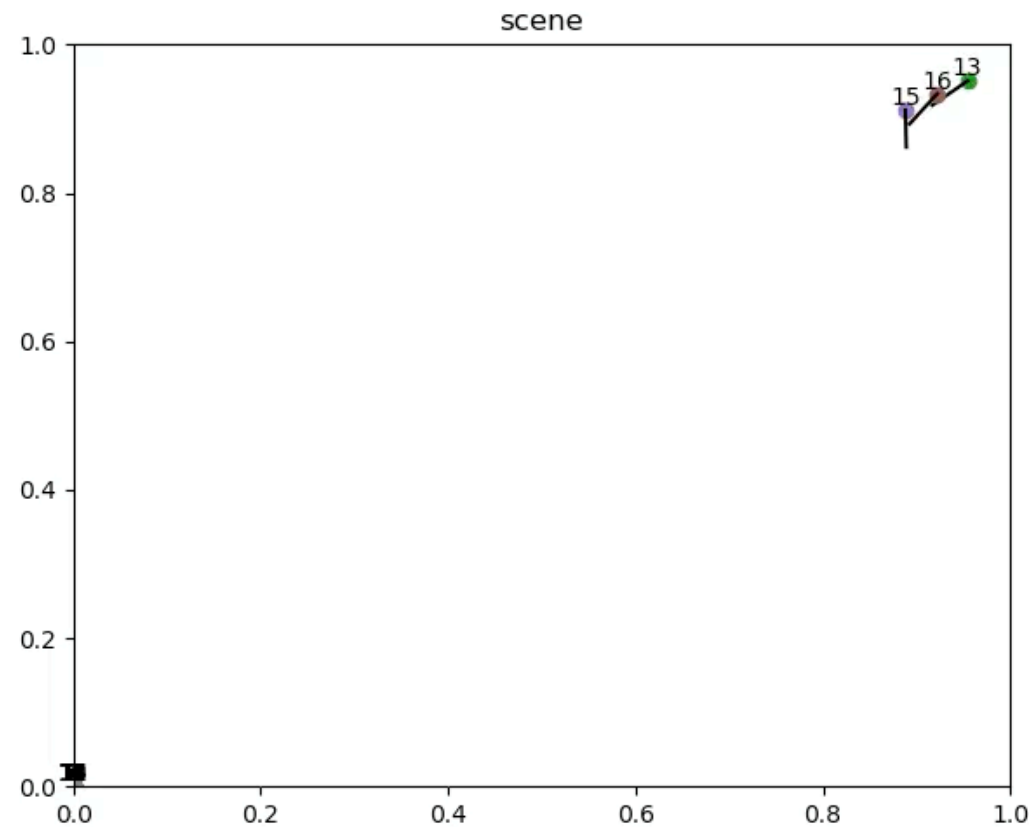
文字の推定結果
あ い お い う お い え

単語の推定結果
あいおい おい え



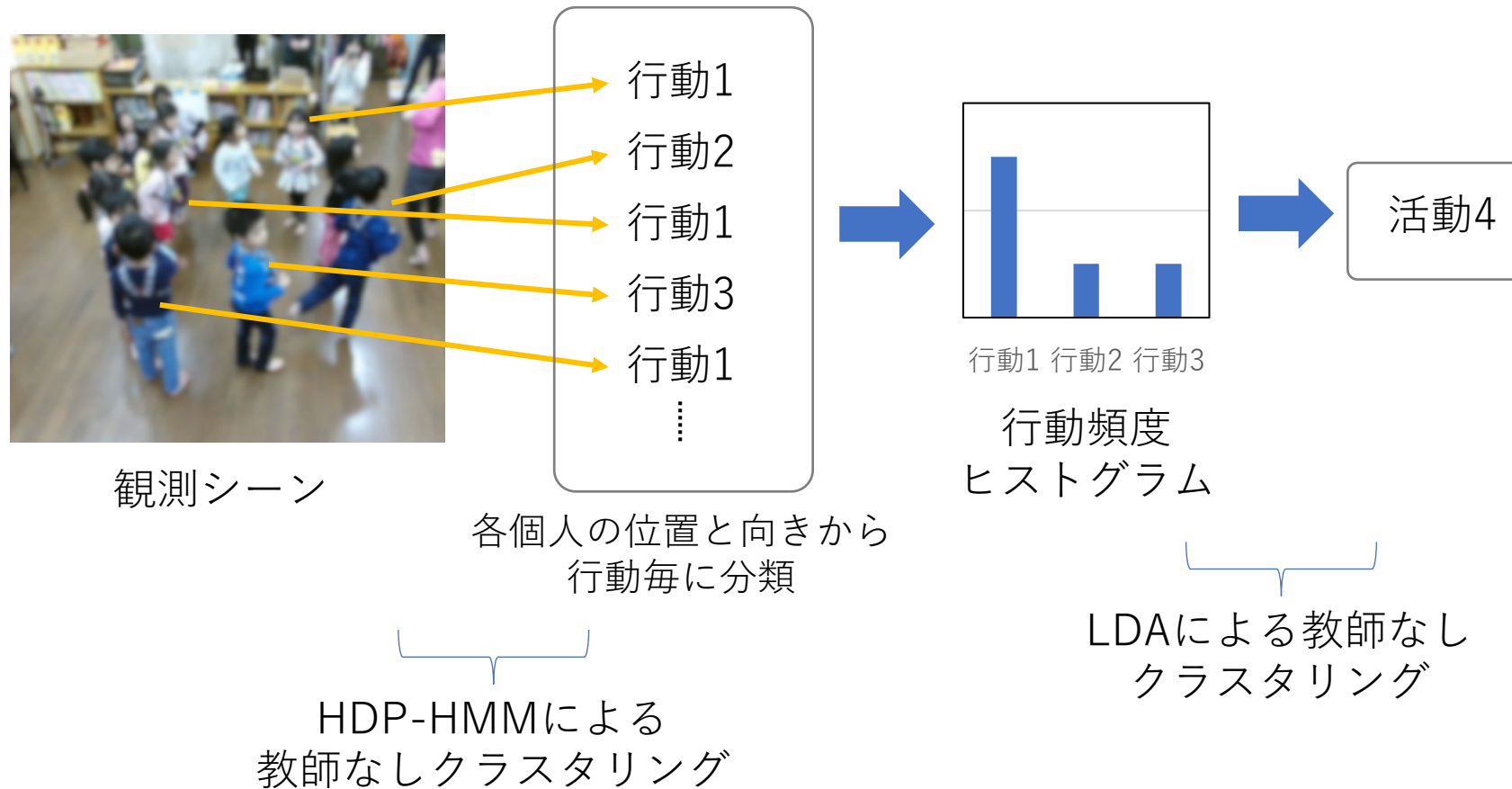
複数時系列集合の解析

- 幼稚園の子どもたちの活動（時系列データの集合）を解析
 - データは18人の子どもたちの位置と顔向き



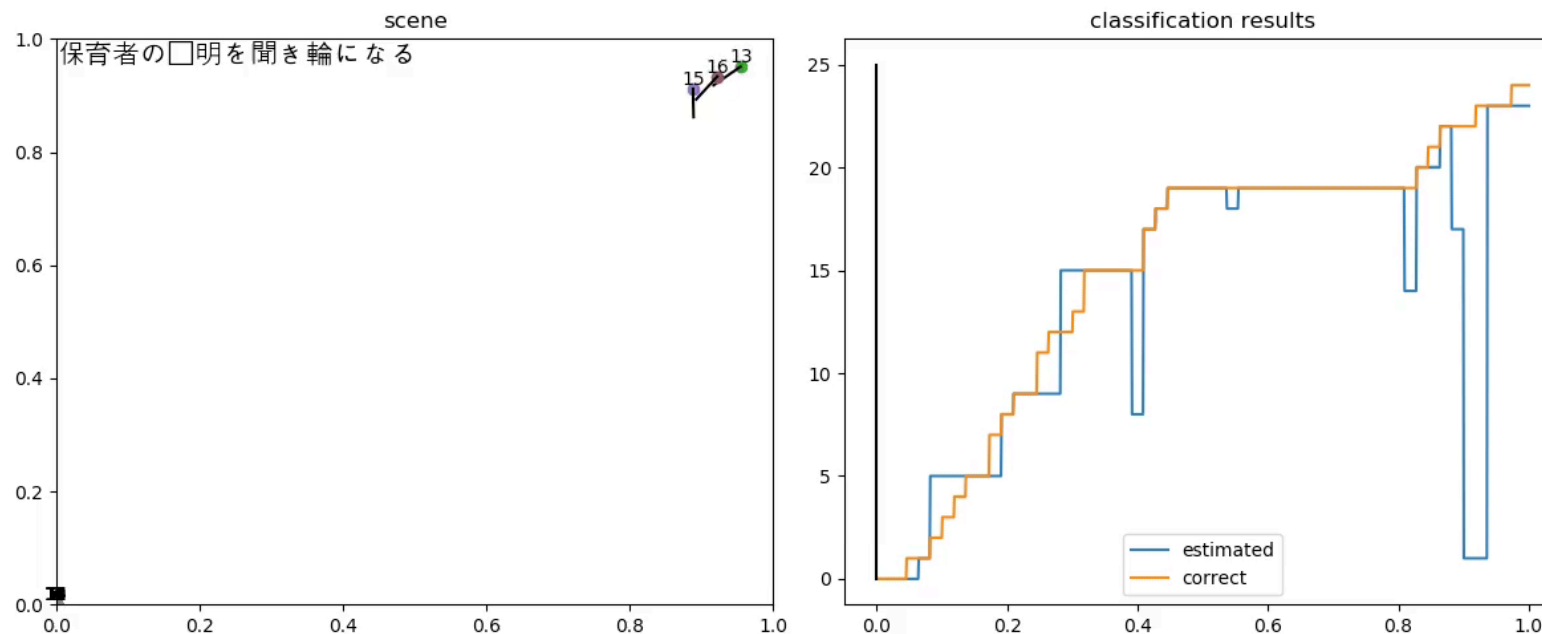
解析手法

- 二段階の教師なしクラスタリングで活動に分類



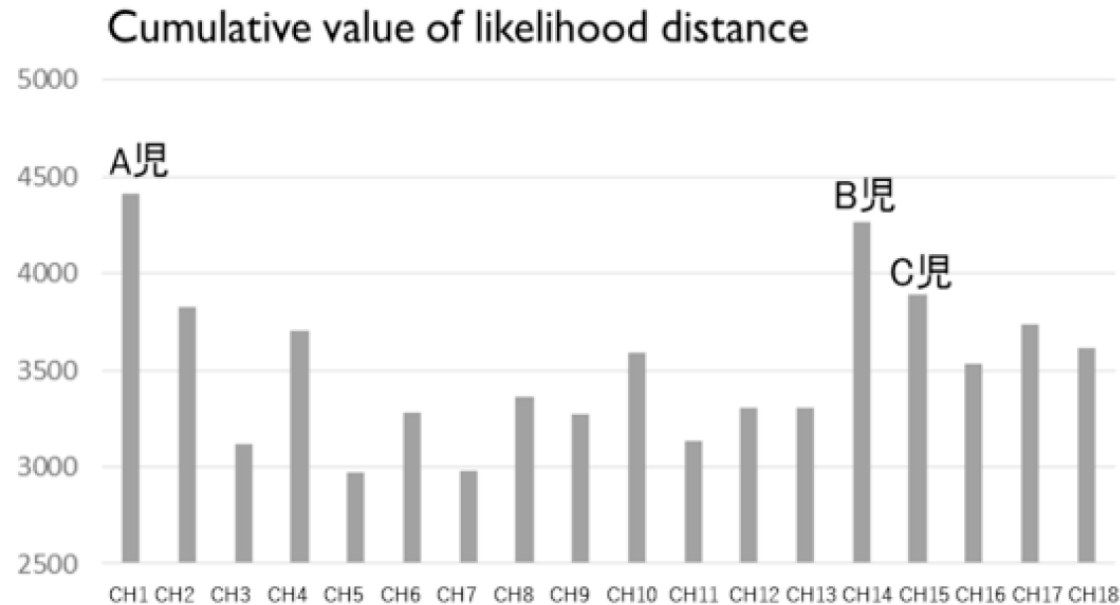
解析結果

- 人手で付けたアノテーションとの一致度：0.68
(1-正規化ハミング距離)
- 位置と顔向きだけで行われている活動が予測可能



集団から個人の行動解析

- 活動の平均と各子供の行動のズレを確率的に計算
 - 活動への不参加度，行動の特異度を定量的に評価可能
- 不参加度が高い子供が存在
 - ➡ 実際にA～C児は発達の特徴を有している子供
- 教師なし学習モデルにより，位置と向きだけである程度検出が可能



さいごに

- 本発表では教師なし時系列解析に関する技術を紹介
- 想定される用途
 - 正解ラベルのない時系列データから定形パターンの抽出
- 実用化に向けた課題
 - 現状, データセットを用いた実験のみで, 実データに対する有効性の検証にまでは至っていない
 - 大規模な実データを用いた有効性の検証が必要
- 企業への期待
 - 本手法が適用可能な実データをお持ちの企業との共同研究ができれば嬉しい

- 本技術に関する知的財産権
 - 発明の名称：情報処理装置、情報処理方法、およびプログラム
 - 発明者：中村 友昭，長井 隆行，池田 佳那
 - 出願人：国立大学法人電気通信大学
 - 出願番号：2016-235922
 - 公開番号：特開2018-92421

- お問い合わせ先
 - 国立大学法人電気通信大学 産学官連携センター
産学官連携ワンストップサービス
 - TEL：042-443-5871
 - FAX：042-443-5725
 - E-mail：onestop@sangaku.uec.ac.jp