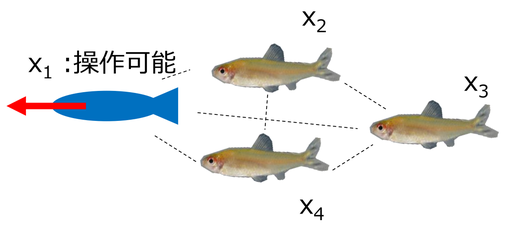
映像疑似個体を通じた魚群のインタラクション解析のためのカメラ・ディスプレイシステム

兼近悠，川嶋宏彰，松山隆司
（京都大学）

1 魚群のインタラクション解析

魚群の振る舞いを生み出す個体間の相互作用を理解したい．そこで，魚群に疑似個体（＝人為的に操作可能な個体）を導入する．



$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = f(x_1) \\ \frac{dx_2}{dt} = f(x_1, x_2, x_4) \\ \frac{dx_3}{dt} = f(x_1, x_2, x_3, x_4) \\ \frac{dx_4}{dt} = f(x_1, x_2, x_4) \end{cases}$$

操作可能な疑似個体を動かすことでインタラクション解析を行う（システム同定アプローチ）．

入力（魚群に対する刺激） → 対象: 魚群 → 出力（魚群の反応）

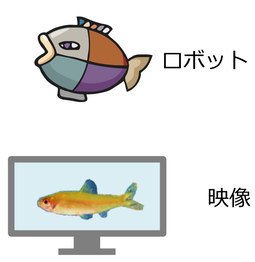
↓

魚群のモデル

疑似個体として何を用いるべきか?

2 映像による擬似個体の実現

	ロボット	映像
動き	3次元	2次元
魚が知覚	側線感覚・視覚	視覚
その他特徴	個体数固定	故障しにくい 動きの柔軟性 個体数可変
先行研究	ロボットと魚群 [Swain+, 2012]	矩形波グレーティング [Ishikane+, 2013]



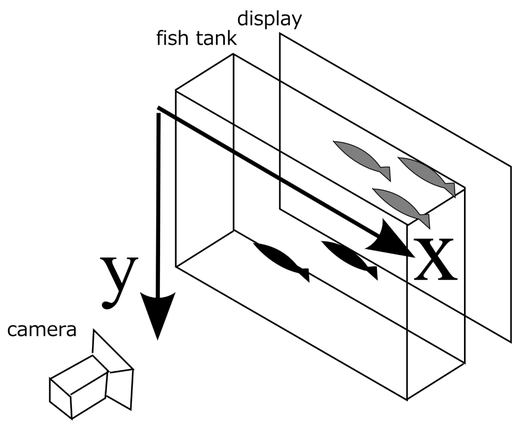
魚は視覚優位である

- 群れ構成にとって視覚は主たる感覚（他には側線感覚）
- 水流がなくても視覚により動く(OMR; Optomotor Response) 視覚＞側線感覚
- OMRにより群れ行動が誘発される [Imada, 2010]

疑似個体として「映像」を利用することは可能だろうか?

3 カメラ・ディスプレイシステム

魚群に映像刺激を提示し，各個体の位置計測を行うためのカメラ・ディスプレイシステムを構築した．



- 水槽に接するようディスプレイを配置
- 水槽を２次元に制限
  - 透明なセパレータを挿入し，魚群をできるだけディスプレイに近づける
- 単視点カメラにより位置計測
  - ディスプレイ・カメラの画素の対応付けをあらかじめキャリブレーション

コントロールされた撮影状況

- オーバーラップ時以外は領域検出が容易
- 水槽内全体を撮影するため個体数が既知
- 側面からの撮影では魚形状を楕円に近似可能

時系列解析が目的

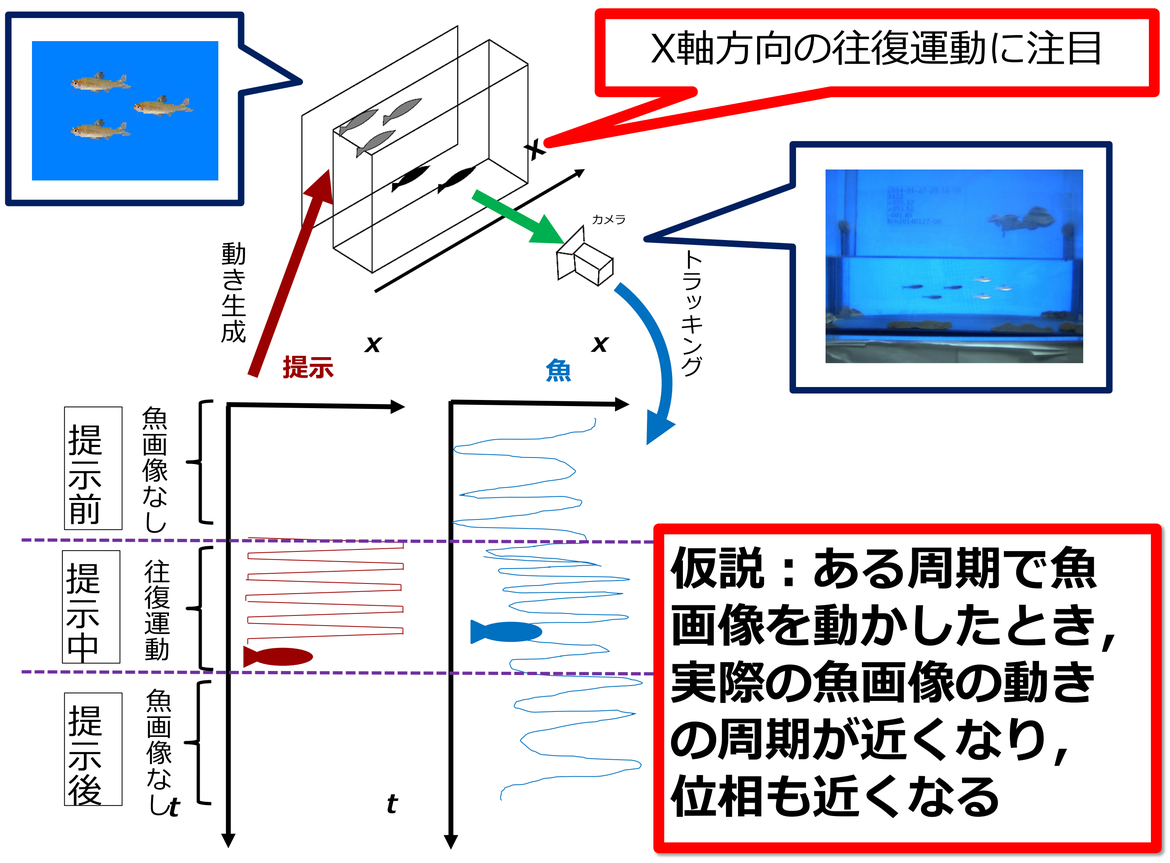
- 予測モデル（ダイナミクスの事前知識）は極力用いない
- 解析に先立ち目視での確認・修正が可能

トラッキング手法：混合ガウス分布 + EMアルゴリズム

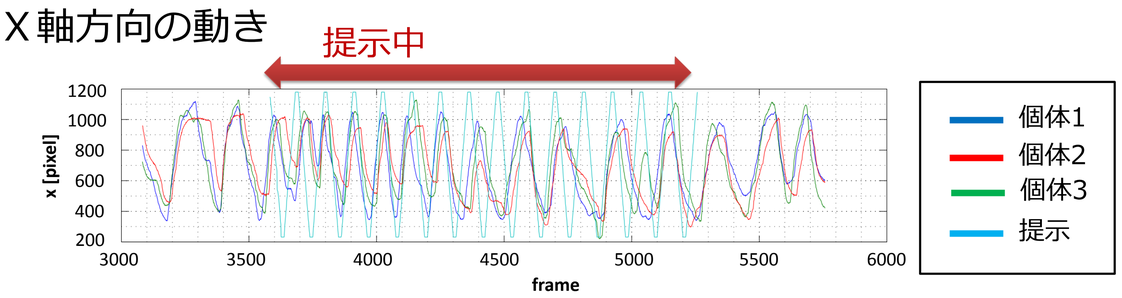
- EMアルゴリズムによりひとつ前のフレームを初期値として，魚領域と共分散楕円の対応付けを行う
- 魚形状の制約はガウス分布の共分散の制約として実現

4 映像疑似個体の有効性検証

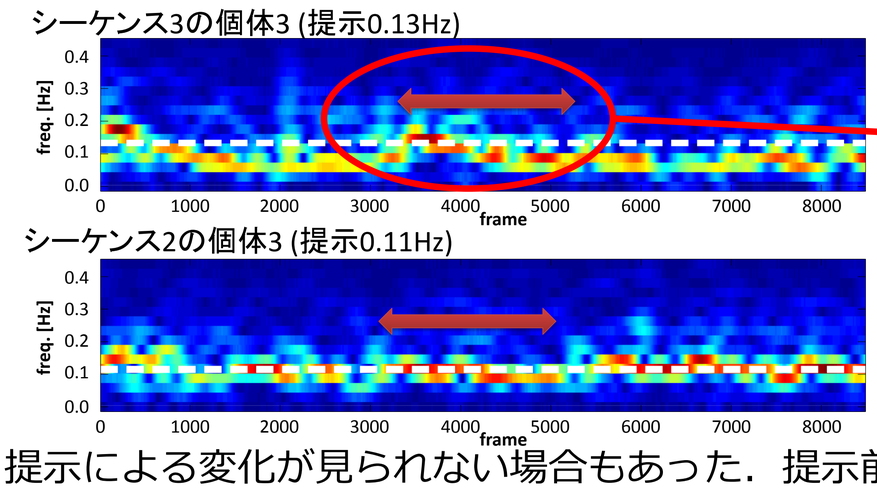
対象は小型熱帯魚３個体からなる魚群とし，ディスプレイから同種個体の画像３つを組として往復運動させた．
この設定において，提示側と実際の魚群の動きの同期を示す．



X軸方向の動き



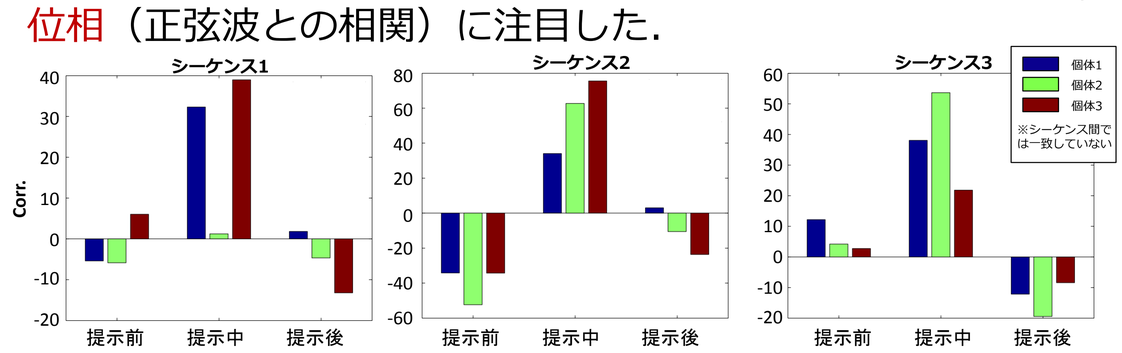
X軸方向速度スペクトログラム



提示中
周波数が
提示に近づく

提示による
変化が見ら
れない

提示による変化が見られない場合もあった．提示前後に，提示刺激と同程度の周期で往復運動を行っていることもあるため，位相（正弦波との相関）に注目した．

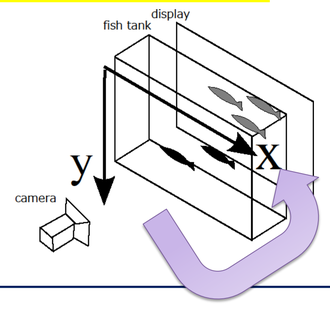


→３シーケンスによる９データ中8データで有意差あり

実際の魚は映像中の疑似個体の動きに対して同期するように反応する傾向が確認された．

5 結論

- 2次元に限定した状況でのインタラクション解析に着目
- 映像擬似個体が群れへの有効な入力になることを確認

<今後の予定>

魚の反応に応じてリアルタイムに魚群への働きかけを行うことのできる長時間撮影システムへと発展