

# タコの這行運動における推進力生成メカニズム

江頭 諒典\*, 西井 淳\*\*

\*山口大学理学部, \*\*山口大学大学院創成科学研究科

## はじめに

タコは身体自由度の高い柔軟な腕を8本使ってリーチング運動やフェッチ動作など様々な運動を実現

- 定型的な腕の動きでリーチング運動を実現 [1]
- 腕の末梢神経が定型的な腕の運動を生成 [2]

8本の腕を協調させる必要のある這行運動においても, 各腕の動作には定型的な腕の運動パターンが利用されている可能性

### 目的

- タコの這行運動で見られる動きにはどのような定型的な運動パターンがあるのかを解明
- 定型的な運動パターンがいかに推進力に関わるか解明

## 手法

### 実験

マダコ(*Octopus sinensis*) が水深2 cmの実験水槽 (1200×450×450 mm) 内を, 自由に這行運動している様子を, 高速度カメラ (Imaging Source, DMK33UX273) 3台により30 fpsで撮影

### データ解析

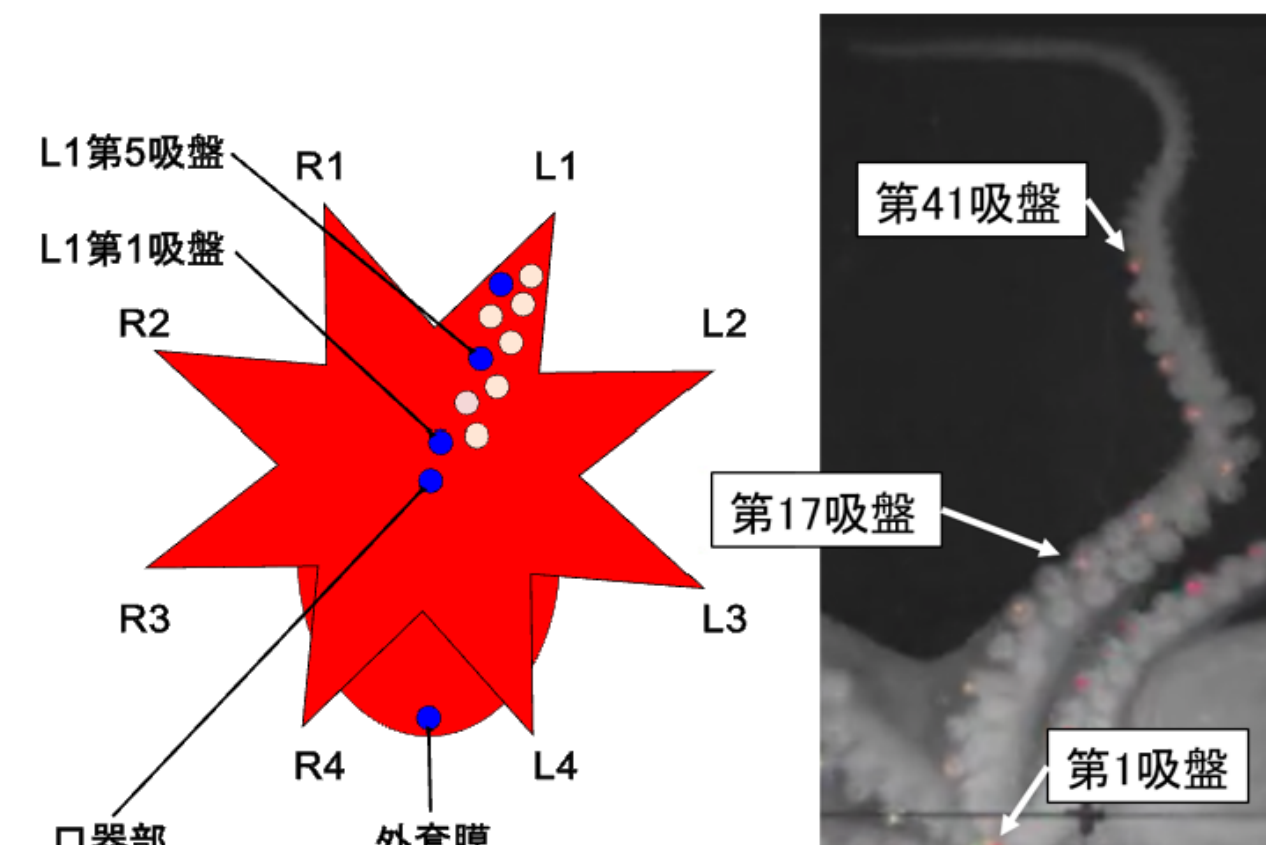
DeepLabCutにより以下の位置を推定

- 口器部
- 外套膜の先端
- 各腕の吸盤11カ所 (第1, 5, 9,..., 41吸盤)

各軌道データに対する前処理

- 3次スプライン補完
- カットオフ周波数3Hzの5次バターワースフィルタでローパス処理

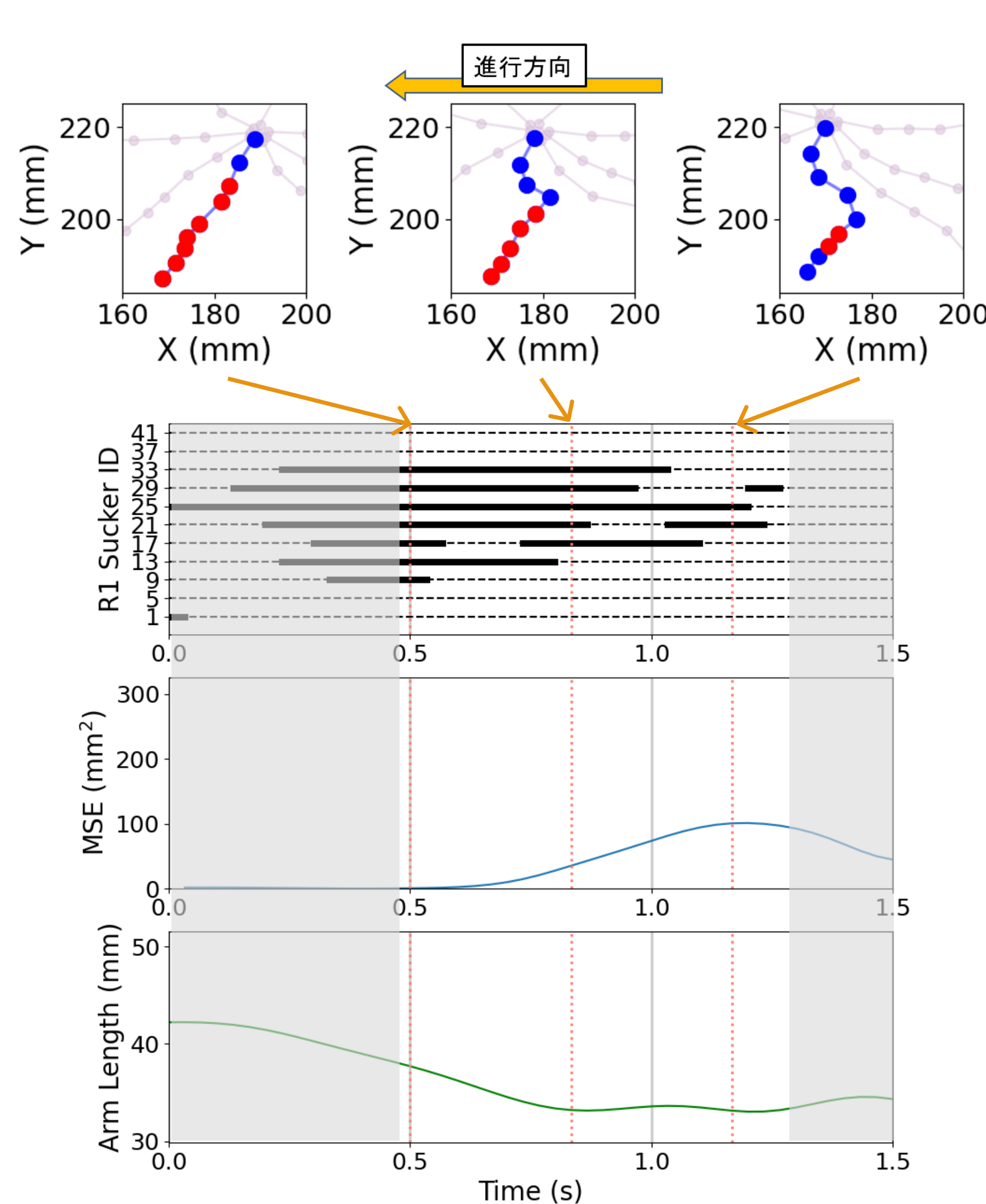
速さが10 mm/s以下と判定された吸盤は接地していると判断



## 結果

這行運動においては, 3種類の定型的な腕の運動パターンが存在

### 腕の曲げ動作

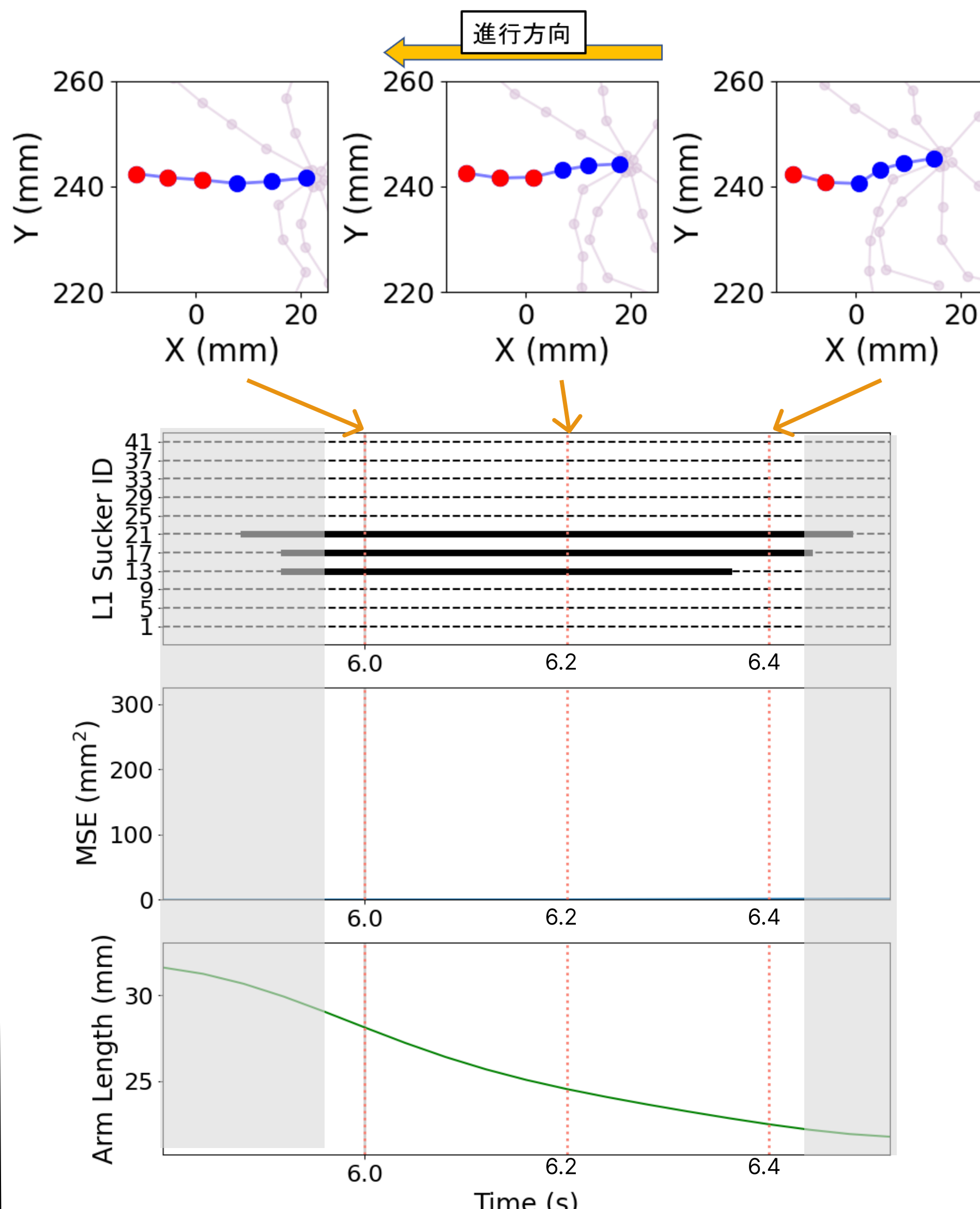


進行方向の左右に張り出した腕を, 進行方向の反対側に反らして曲げる動き

- 根本側の吸盤から順に地面から離れる
- 腕は徐々に湾曲
- 腕の長さ (口器部と第33吸盤までの距離) の変化小

→接地吸盤で回転モーメントを生み推進力に寄与?

### 腕の収縮動作

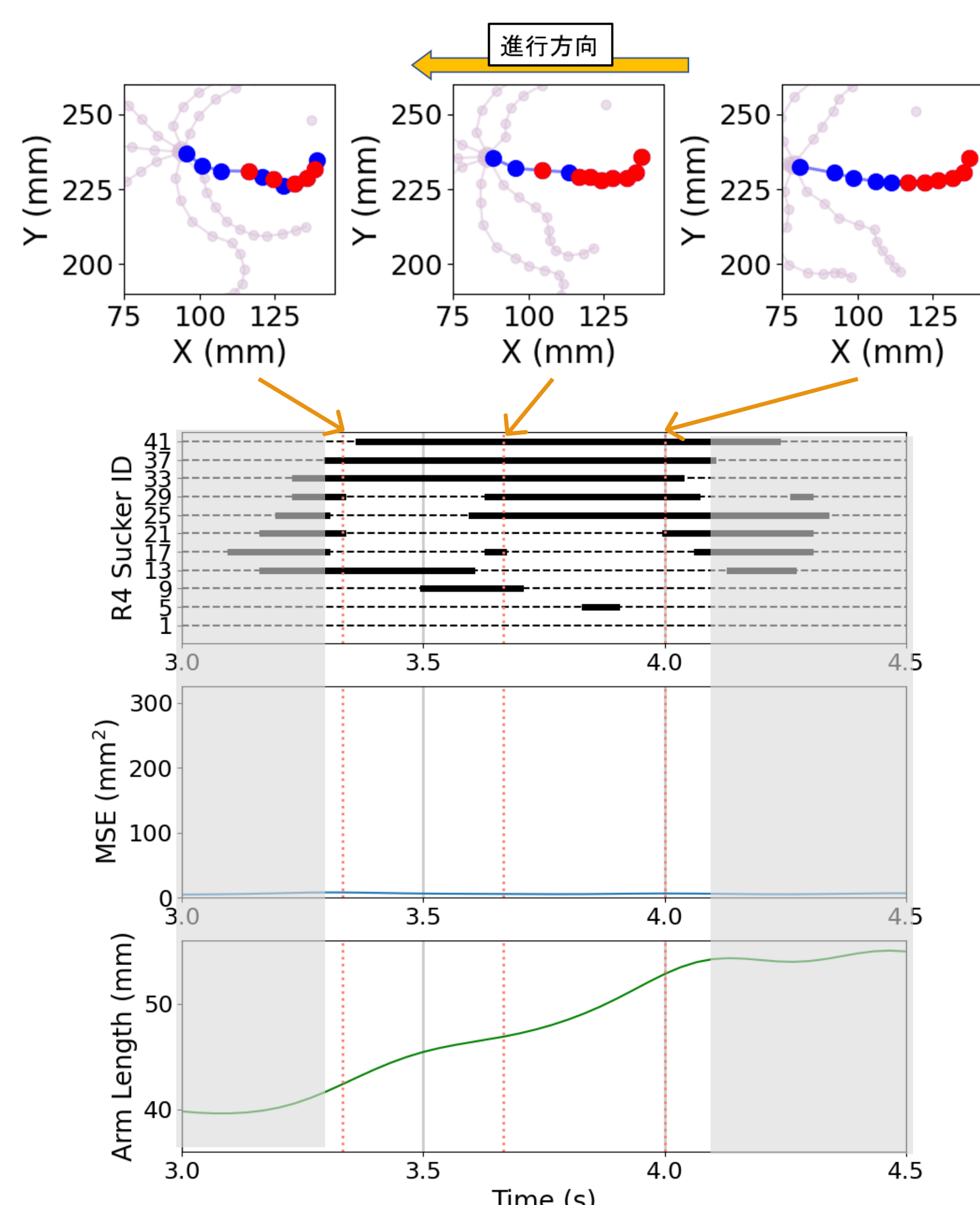


進行方向に直線状に伸びる腕が収縮する動き

- 基部以外の吸盤をつけて接地
- 腕は直線状
- 腕は徐々に収縮

→身体を引っ張って推進力に寄与?

### 腕の伸長動作



進行方向の反対側に直線状に伸びる腕が伸長する動き

- 基部以外の吸盤をつけて接地
- 腕は直線状
- 腕は徐々に伸長

→身体を押して推進力に寄与?

## 腕の推進力への寄与

### 寄与率の推定

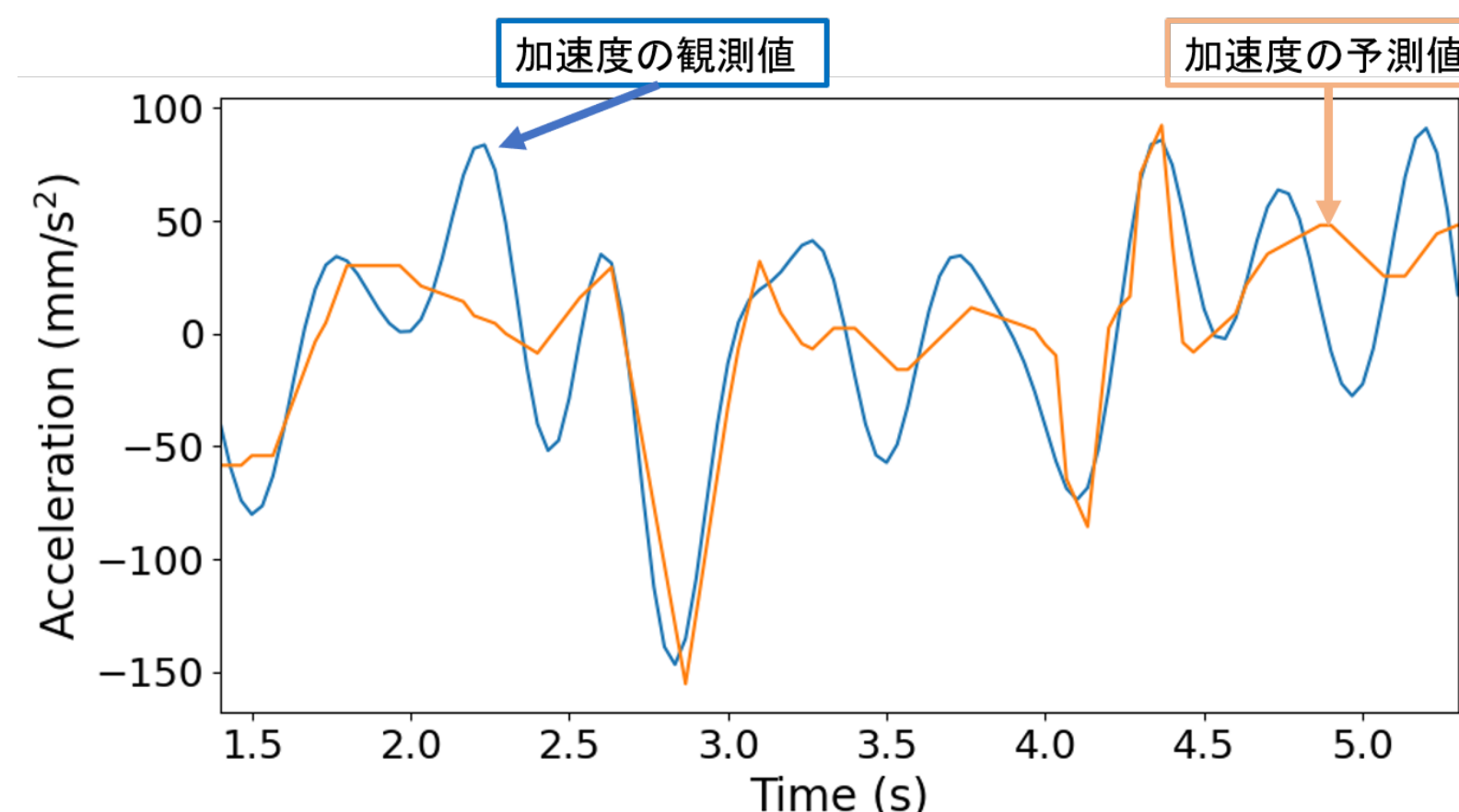
各腕の基部側と先端側の接地情報から口器部の加速度を重回帰分析により推定

$$a_p(t) = \sum_{i=1}^8 \sum_{j \in \{pr, dt\}} k_{ij} \bar{F}_{ij}(t)$$

加速度の予測値  $a_p(t)$ , 偏回帰係数  $k_{ij}$ , 各腕の部位の接地の有無  $\bar{F}_{ij}(t)$ , 基部側, 先端側

赤池情報量基準 (AIC) によりモデル選択

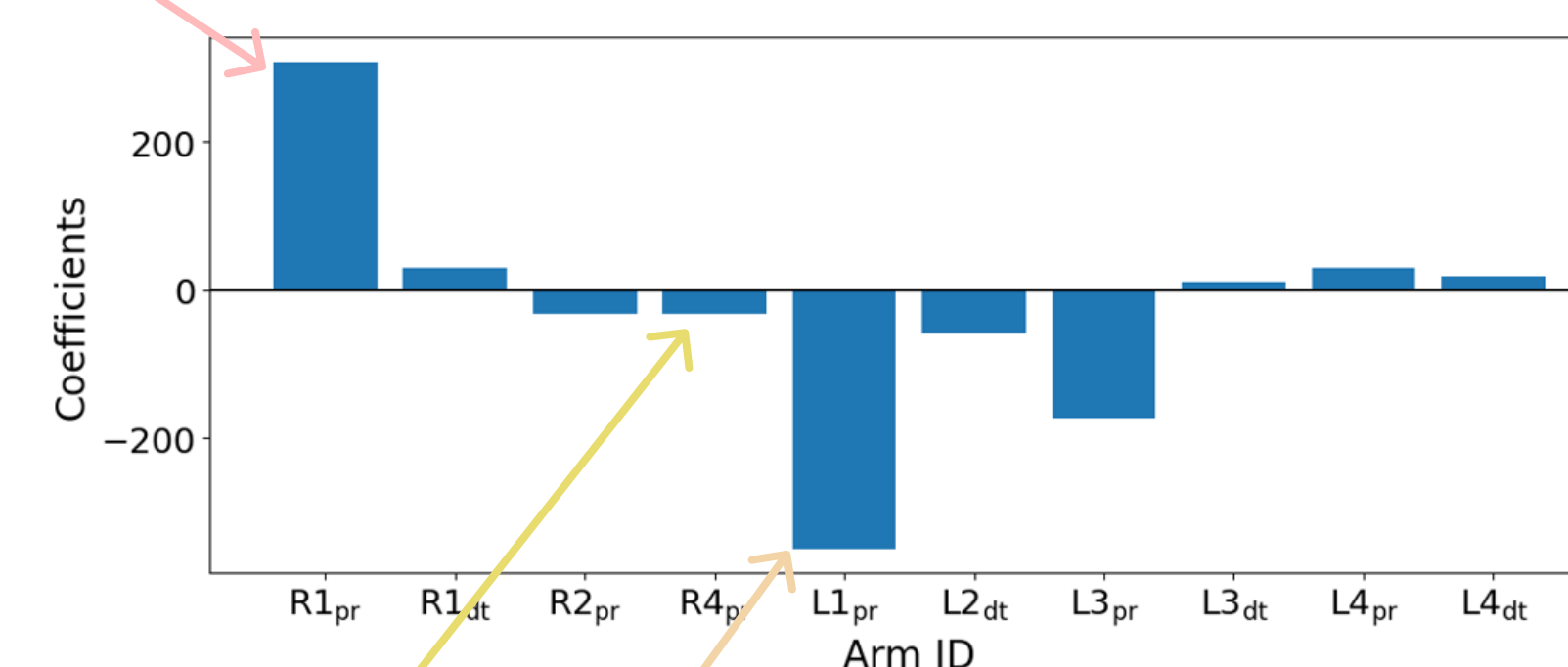
### 予測結果



口器部の加速度の時間推移をおおよそ予測(R²=0.65).

### 偏回帰係数

曲げ動作を行った腕は大きく推進力の生成に寄与



収縮動作を行った腕は減速に関与

伸展動作を行った腕は推進力への寄与が少ない

## まとめ

腕の曲げ動作, 伸長動作, 収縮動作の3種類の定型的な腕の運動のパターン

- 腕の曲げ動作: 推進力の生成に大きく寄与
  - リーチング運動における定型的な腕の運動パターンに類似.
  - 這行運動とリーチング運動は同じ定型的な腕の運動パターンで行われていることを示唆.
- 腕の収縮動作: 減速に関与
- 腕の伸長動作: 推進力への寄与が少ない

## 参考文献

- [1] Y.Gutfreund, T.Flash, Y.Yarom, G.Fiorito, I.Segev, and B.Hochner. "Organization of octopus arm movements: a model system for studying the control of flexible arms. ", J of Neurosci, Vol. 16, No. 22, pp. 7297-7307, 1996.
- [2] G.Sumbre, Y.Gutfreund, G.Fiorito, T.Flash, and B.Hochner, "Control of octopus arm extension by a peripheral motor program.", Science, Vol. 293, No. 5536, pp. 1845-1848, 2001.