

新生児期のバイオリジカルモーション知覚モデル:

胎児期での運動による生体運動不変性の獲得

河合祐司・浅田稔・長井志江
(大阪大学大学院工学研究科)

【背景・目的】新生児は視覚経験がほとんどないにもかかわらず、バイオリジカルモーション（ポイント・ライト・ディスプレイ）へ選好性を示し (Bardi et al., 2011)、単一光点の生物らしい運動パターンを弁別できる (Meary et al., 2007) ことが報告されている。新生児には視覚的な学習の機会がほとんどないが、では、胎児期でも経験しうるものとして、運動経験がバイオリジカルモーション知覚能力を発達させている可能性はないだろうか。胎児の運動を超音波エコーにより観察した研究から、胎児は滑らかな到達運動を随意的に計画、制御している可能性が示されている (Zoia et al., 2007)。

そこで、本研究では胎児が自身の四肢運動の滑らかな軌道・速度パターンの不変性（曲率の大きなところでの減速）を獲得し、生後、視覚的に観察した運動をその不変性を用いて生体運動かどうか識別するモデルを提案する。今回、計算機シミュレーションを用いて、提案モデルによりバイオリジカルモーションを生体運動と評価できることを示し、そのために必要な神経構造を探る。

【方法】提案モデルは、滑らかな手先運動を計画し、その不変性を抽出する背側運動前野と、上丘を含む皮質下の視覚経路で構成される（図 1）。まず、胎児期の滑らかな運動を模すために躍度最小規範に基づく手先軌道を生成し、その速度系列を予測器へ入力する。予測器は一時刻後の入力と同じ値を出力するように学習し、その結果、経路に依らない運動の不変性を内部に表現することが期待される。次に、バイオリジカルモーションの各関節点の速度系列を皮質下のルートを通して運動前野の予測器に入力する。その予測誤差が小さいと、自身の運動特性と類似したものとして生体運動とみなす。

運動前野の持つ予測器は人工ニューラルネットワークでモデル化される。そのネットワークに予測学習を課す場合と、恒等写像学習を課す場合、また再帰的結合の有無で比較し、生体運動の不変性抽出のためのネットワーク条件を調査する。その際、ヒトの歩行バイオリジカルモーションの各関節点の速度パターンを学習済みのネットワークに入力し、そのときの出力誤差を用いてネットワーク内部に生体運動の滑らかさが表現されたかを評価する。

【結果・考察】シミュレーションの結果、再帰的結合を持つネットワークが予測学習をするときに、バイオリジカルモーション観察時の出力誤差が小さくなり、生体運動と見なせることがわかった。

この結果は、新生児期のバイオリジカルモーション知覚能力は生得的なものではなく、胎児期の運動により獲得される能力である可能性を示唆し、運動予測が生体運動の不変性獲得に重要であることを示している。これは、生体運動の観察時に活動するとされる背側運動前野 (Casile et al., 2010) が、観察対象の運動予測時にも賦活する (Wolfensteller et al., 2007) という神経科学的知見と矛盾しない。しかし、新生児は通常のバイオリジカルモーションと、空間的にスクランブルされたものや倒立したものを識別可能であることが報告されている (Bardi et al., 2011)。今後は、自己の四肢のリンク構造や重力知覚を考慮することによって、それらの問題を解決していきたい。

謝辞: 本研究は特別研究員奨励費および科学研究費補助金 特別推進研究(24000012)の補助を受けた。

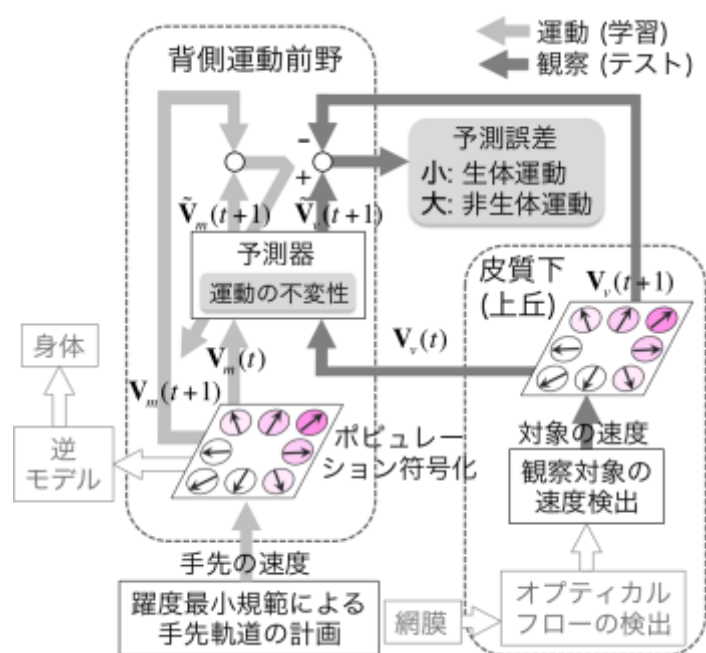


図 1. 生体運動検出モデル