

# **Proportional Myoelectric Control of High-DOF Finger Kinematics Using Synergistic Models\***

Jimson Gelbolingo Ngeo

## **Abstract**

Proportional myoelectric control of multiple degrees-of-freedom (DOF) in active finger joints is important in replicating dexterous hand motion in robotic prostheses and orthoses. However, this is still difficult to achieve as current myoelectric control strategies often require the separate control of each joint and do not consider the strong correlations that exist between these joints. To address this problem, we propose using a shared low-dimensional encoding based on synergistic models to represent both the high-DOF finger joint kinematics and the coordination of muscle activities taken from electromyographic (EMG) signals in the forearm. A Bayesian Gaussian Process Latent Variable Model (GPLVM) is used to learn a shared latent structure model that not only allows the automatic selection of the dimensionality but also captures the information variance, both shared and specific to the observed EMG and hand kinematic data.

In the first part of this study, we show how using features obtained from an EMG-to-Muscle Activation is not only suitable for continuous and simultaneous estimation of finger kinematics, but is also shown to perform better than time-domain based features. In the next part, we demonstrate that the proposed shared model is able to reconstruct the full-joint continuous finger kinematics from muscle activation inputs, whose results are inferred from a shared latent manifold. We show that the proposed method outperforms commonly used simultaneous regression and linear dimensionality reduction methods. The proposed approach not only presents a viable solution for a myoelectric strategy for handling high-DOF finger control, but also aims to open new avenues in developing novel myoelectric interfaces for synergy development and long-term control and adaptation.

---

\*Doctoral Dissertation, Department of Information Science, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DD1361020, February 04, 2016.

(論文審査結果の要旨)

筋電位 (EMG) を用いて人工義手などを操作する手法はいくつか提案されているが、指の制御においては、多数の関節に由来する自由度の高さゆえに実用的なシステムは提案されていなかった。本研究は関節の動きが独立ではなく強い相関を持っている点に着目し、シナジーモデルに基づいて低次元符号化を行うことにより、この問題を解決したものである。具体的には、ベイズガウス過程隠れ変数モデル (Bayesian GPLVM) を用いて、最適な低次元空間を自動的に選択するだけでなく、共有されている情報を抽出することに成功した。

一つめの研究では、EMG から筋活性化で用いられる特徴量が、従来の時間領域の特徴量に比べ、指の運動学の連続的な同時推定に適していることを示した。

二つめの研究では、ベイズ GPLVM によって隠れ変数の多様体を用いた推論を行うことにより、筋電信号から指のすべての関節角を同時に再構成できることを示した。これにより、EMG により制御される多自由度の人工義手の開発に道が開けたといえる。

以上をまとめると、本論文はシナジーモデルや隠れ変数モデルを用いることにより、EMG 信号から多自由度の指の運動学を推定する手法を開発した研究であり、EMG で制御される人工義手の今後の開発に大いに資すると考えられる。よって、博士 (工学) の学位に値するものと認められる。