

機関番号：82609

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700229

研究課題名 (和文) 筋骨格系の運動プリミティブに基づいた運動生成モデルとロボット制御への応用

研究課題名 (英文) Motion generation model based on motor primitive of the muscular-skeletal system and application to robot control

研究代表者

李 鍾昊 (LEE JONGHO)

財団法人東京都医学研究機構・東京都神経科学総合研究所・研究員

研究者番号：40425682

研究成果の概要 (和文)：手首運動に関係する筋活動から手首の動きを生成(再構成)できる手首モデルを構築し、様々な手首運動から抽出した運動プリミティブの機能的な意味を付与した。つまり単純な運動指令 (一つの運動プリミティブ) で行われる Step-tracking 運動では、主に静止ターゲットに対する位置制御が行われることに対し、複数の運動プリミティブの滑らかな組み合わせをもつ追跡運動では滑らかに動くターゲットの動きを再構成するために位置と速度制御を同時に行っていることが分かった。さらに追跡運動の運動プリミティブにおいて、低周波数領域では速度制御優位の運動指令が、高周波数領域では位置制御優位の運動指令が主に含まれていることを確認でき、これらの異なる運動指令をもつ2つの制御器が並列に動作して追跡運動を行っていることが明らかになった。

研究成果の概要 (英文)：We developed a wrist model to reconstruct a time series of movement kinematics of wrist joint from the time series of activity of the four wrist prime mover. By using the model, we elucidated the functional meaning of the motor primitive extracted from various wrist movements. In other words, we found that, for the step-tracking movement having simple motor commands (having one motor primitive), the CNS considered primarily the fixed target position for generation of the motor commands. On the other hand, for the smooth pursuit wrist movement having smooth combination of multiple motor primitives, the CNS must consider both the velocity as well as the position of the target to reconstruct the motion of the target. In addition, we also found that the motor primitive of the pursuit movement were a mixture of two different motor commands. One component with lower frequency range demonstrated position/velocity control, while the other component with higher frequency range demonstrated position-dominated control. The result means that a motor control model of the pursuit movement has two control modes working in parallel for voluntary movement.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：モーションプランニング、運動プリミティブ

1. 研究開始当初の背景

人間の運動制御メカニズムに対して「人間の中枢神経系は、複雑な運動を単純で要素的な運動(運動プリミティブ)の組み合わせで計画して生成する」という有力な仮説が存在する。

2. 研究の目的

中枢神経系からの最終運動指令である筋電信号から抽出した「筋骨格系の運動指令プリミティブ」に基づいて新しい運動の計画や生成が可能なモデルを作ることにより、運動指令レベルでの仮説の検証を目的とする。

3. 研究の方法

様々な手首運動において4個の主動筋から運動中の筋電信号を同時記録し、Hidden Markov Model(HMM)を用いて「筋骨格系の運動プリミティブ」を抽出する。次に、実際の筋活動時系列と抽出された運動プリミティブ間の筋活動パターンを比較することにより、「運動プリミティブの滑らかな接続を実現する脳内メカニズム」を運動指令レベルから明らかにし、「単純な運動指令の滑らかな組み合わせ」で様々な新しい運動が生成できる脳の手首運動制御モデルを作る。

4. 研究成果

(1) 各運動プリミティブ間の筋活動パターンから「運動プリミティブの滑らかな組み合

わせ」に対する脳内のメカニズムを運動指令レベルから明らかにし、「単純な運動指令の滑らかな組み合わせ」で様々な新しい運動が生成できる手首運動制御モデルを作ることを目指した。特に様々な運動プリミティブをもつ手首運動において、筋活動とキネマティクスの因果関係を関節トルクレベルから同定を行い、運動中の筋活動から運動制御における機能的な意味を抽出した。その結果、単純な運動指令（一つの運動プリミティブ）で行われる Step-tracking 運動では主に静止ターゲットに対する位置制御が行われることに対し、複数の運動プリミティブの滑らかな組み合わせをもつ追跡運動では滑らかに動くターゲットの動きを再構成するために位置と速度制御を同時に行っていることが明らかになった (Lee et al. Mobiligence 2009)。

(2) 様々な指標追跡手首運動において各運動プリミティブ間の筋活動パターンから「運動プリミティブの滑らかな組み合わせに対する脳内のメカニズム」を分析した。その結果、指標追跡運動には、指標との誤差を修正するフィードバック制御器と、指標の動きを予測するフィードフォワード制御器という2つの並列制御系が機能し、2つの制御器からの制御信号が混ぜ合わせられた運動指令（筋活動）によって追跡運動が行われている

ことを明らかにし、その研究成果を国際学会 (Society of Neuroscienece 2010, Neuro2010 など) に発表し、現在論文も投稿準備中である。さらにこの並列制御器に基づいた各運動プリミティブの特徴抽出方法が神経疾患による病態の解明や評価に役に立つことが認められ、国内および国際特許(国内特許：特願 2010-042301、国際特許：12/807.861)を出願した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. 筧 慎治, 李 鍾昊, 鏡原 康裕. 「ニューロリハビリテーションのための新しい定量的運動指令評価システム」, Brain and Nerve, Vol. 62(2), pp.151-163 (2010-2)
2. Jongho Lee, Yasuhiro Kagamihara and Shinji Kakei. “Quantitative evaluation of motor commands for wrist movement in human”, The 3rd International Symposium on Mobiligence, vol.1, pp.215-219 (2009-11)

[学会発表] (計 10 件)

1. S. KAKEI, J. LEE and Y. KAGAMIHARA. “Identification of two parallel controllers for tracking movement of the wrist.”, Neuroscience 2010(the Society’s 40th annual meeting), San Diego, California, in America, (2010-11-16)
2. Jongho Lee, Yasuhiro Kagamihara and Shinji Kakei. “Quantitative evaluation of two parallel controllers for tracking movement of the wrist and clinical application”, Neuro2010(the 33st Annual

Meeting of the Japan Neuroscience Society), 神戸コンベンションセンター, (2010-09-02)

3. Jongho Lee, Yasuhiro Kagamihara and Shinji Kakei. “ Identification of feedforward-like and feedback-like controllers for wrist movements in human”, The 4th International Symposium on Measurement, Analysis and Modeling of Human Functions, Prague, Czech Republic, (2010-06-14)

4. Jongho Lee, Yasuhiro Kagamihara and Shinji Kakei. “Two modes of motor commands for tracking movement of the wrist”, Neuro2009(the 32st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society), 名古屋国際会議場, (2009-09-18)

5. 李 鍾昊, 鏡原康裕, 戸松彩花, 筧 慎治. 「手首運動における予測制御運動指令とフィードバック制御運動指令の分離同定」, 随意運動の調節機構とその病態生理研究会 2010, 順天堂大学医学部 9 号館 (東京都), (2010-11-6)

6. Jongho Lee. “筋肉を知ると未来の脳科学が見える”, The 33rd Global EDISON Academy (GEA) Colloquium (招待講演), Handong University, Republic of Korea, (2010-9-28)

7. 李 鍾昊, 戸松彩化, 筧 慎治. 「指標追跡運動における 2 つの並列制御器の分離とその機能の検証」, 第 4 回 Motor Control 研究会, 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター (愛知県) (2010-5-28)

8. 李 鍾昊, 筧 慎治. 「運動制御器に基づく運動機能評価と臨床応用」, 第 5 回移動知シンポジウム, ホテル松島大観荘 (宮城県) (2010-3-2)

9. 李 鍾昊, 鏡原康裕, 筧 慎治. 「手首による視覚誘導性追跡運動における 2 つの並

列制御器の同定と小脳の役割」, 随意運動の調節機構とその病態生理研究会 2009, 東海大学伊勢原校舎 (東京都), (2009-10-10)

10. 李 鍾昊, 筧 慎治. 「手首運動における2つの制御系の同定」, 第3回 Motor Control 研究会, 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター (2009-5-30)

[図書] (計1件)

1. Jongho Lee, Yasuhiro Kagamihara and Shinji Kakei. “ A New Method for Quantitative Evaluation of Neurological Disorders based on EMG signals (Chapter 3) ”, Recent Advances in Biomedical Engineering, Published by In-Tech, edited by Ganesh R Naik, Vienna, Austria, pp. 39-52 (2009-10)

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

名称: 筋電図信号に基づいた脳内の並列運動制御機能の同定および評価法

発明者: 筧 慎治, 李 鍾昊, 鏡原 康裕

権利者: 財団法人東京都医学研究機構及び東京都

種類: 特許

番号: 特許第 2010-042301 号

出願年月日: 22年2月26日

国内外の別: 国内

名称: 筋電図信号に基づいた脳内の並列運動制御機能の同定および評価法

発明者: 筧 慎治, 李 鍾昊, 鏡原 康裕

権利者: 財団法人東京都医学研究機構及び東京都

種類: 特許

番号: 12/807.861

出願年月日: 22年9月10日

国内外の別: 外国出願(米国)

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等: なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

李 鍾昊 (LEE JONGHO)

財団法人東京都医学研究機構・東京都神経科学総合研究所 研究員

研究者番号: 40425682

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者: なし