

論文内容の要旨

博士論文題目

※ 論文題目が外国語の場合はワープロ等を用いること。また、その邦文を論文題目の下に（ ）で記入すること。

Brain Robot Interfaces for a Lower Limb Exoskeleton

(下肢外骨格ロボットのためのブレインロボットインタフェース)

氏 名 Giuseppe Lisi

(論文内容の要旨)

This study explores brain-robot interfaces towards the control of a lower limb exoskeleton and applications in gait rehabilitation. The first part of the dissertation investigates the feasibility of decoding highly discriminable brain states, necessary for a reliable device control, in the condition where subjects wear a moving lower limb assistive robot. In previous studies, a wheelchair was steered, using a decoder based on event-related desynchronisation and synchronisation (ERD/ERS). Contrary to a wheelchair, a lower limb exoskeleton perturbs the legs of the subjects. According to previous evidence, this passive movement might induce sensorimotor rhythms, interfering with the ERD/ERS decoder. Results indicate that the decoding accuracies, in the conditions where the leg is perturbed or not perturbed, do not display a significant difference. This establishes a solid ground for future studies aimed at using motor imagery to control a moving lower limb exoskeleton. In the second part of the dissertation, we investigate the possibility of decoding the brain activity functionally associated with gait, for applications in robotic gait rehabilitation. We designed a brain-machine interface that could discriminate the activity associated with constant speed gait as opposed to gait speed changes (i.e. acceleration or deceleration). Feature visualisation indicates that the information used by the decoder is associated with increased activity in parietal areas during gait speed changes. This, not only, may find direct application in gait rehabilitation after stroke, but represents an encouraging evidence towards the development of a more natural approach to control a lower limb exoskeleton.

(論文審査結果の要旨)

近年、ロボットを歩行支援やリハビリテーションに応用する試みが盛んに行われている。多くの外骨格ロボットでは筋電信号などを用いているが、脊髄損傷患者などではそのような信号が得られないため、頭皮脳波 (EEG) などの脳活動を利用してロボットを制御する必要がある。これはブレインロボットインタフェース (BRI) と呼ばれる。

これまで上肢を対象として BRI 研究が進んでいるが、転倒の恐れなどがある下肢の研究はほとんど進んでいなかった。そのため、下肢外骨格ロボットの制御や歩行リハビリテーション応用のための BRI を開発する必要がある。

本研究ではまず、下肢支援ロボットにより誘発された求心性入力、EEG のデコード性能に与える影響を調べている。その結果、脚が受動的に動かされていてもデコード性能は劣化しないことを明らかにした。

次に、ロボットを歩行リハビリテーションに応用するため、歩行に関連する脳活動がデコードできるかを調査している。具体的には、EEG から歩行速度の変化を判別できるかを調べている。その結果、提案システムにより判別できることを明らかにした。

以上をまとめると、本論文は、EEG を用いた BRI の下肢応用の先駆的な研究であり、下肢リハビリテーションにおけるロボット応用の基礎となる研究であり、博士 (工学) の学位に値するものと認められる。