

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |  |
|-------------------|--|
| 題目(和文)            |  |
| Title(English)    | The development of content consistent motor imagery brain computer interface for controlling the artificial intelligence robot   |
| 著者(和文)            | 張忠傑  |
| Author(English)   | Zhongjie Zhang   |
| 出典(和文)            | 学位:博士(学術),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第12259号,<br>授与年月日:2022年9月22日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:小池 康晴,中本 高道,金子 寛彦,吉村 奈津江,葭田 貴子   |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Academic),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第12259号,<br>Conferred date:2022/9/22,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文   |
| Category(English) | Doctoral Thesis  |
| 種別(和文)            | 審査の要旨  |
| Type(English)     | Exam Summary   |

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  | 号      | 学位申請者氏名 |     | 張 忠傑  |     |
|-------------|-----|--------|---------|-----|-------|-----|
|             |     | 氏 名    | 職 名     |     | 氏 名   | 職 名 |
| 論文審査<br>審査員 | 主査  | 小池 康晴  | 教授      | 審査員 | 葎田 貴子 | 准教授 |
|             | 審査員 | 中本 高道  | 教授      |     |       |     |
|             |     | 金子 寛彦  | 教授      |     |       |     |
|             |     | 吉村 奈津江 | 准教授     |     |       |     |

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「The development of content consistent motor imagery brain computer interface for controlling the artificial intelligence robot(人工知能ロボット制御のためのコンテンツ整合型運動イメージ・ブレインコンピュータインターフェースの開発)」と題し、英文6章から構成されている。

第1章「Introduction (序論)」では、人とコンピュータのインタフェースを考える上で、ユーザーの入力とコンピュータの出力だけでなく、ロボットのようなハードウェアの開発が重要であると述べている。また、インタフェースの入力として、キーボードやマウスのような物だけでなく、意図を含んだ脳活動も重要な役割を果たしており、その活動を利用したヒューマンインタフェースの研究の重要性を述べている。さらに、これまでのブレインマシンインタフェースやロボットシステムについて概観している。

第2章「Backgrounds and Aims (背景と目的)」では、脳波を用いたブレインコンピュータインタフェースについて、運動想起を利用した過去の研究について、利用されている脳波の特徴量や、さまざまな機械学習アルゴリズムについて述べている。また、これらの手法の多くは、実際の運動とは異なる運動想起を利用していることを指摘している。また、コンピュータビジョンを利用したロボットシステムについて述べた後、ブレインコンピュータインタフェースで利用するオブジェクト認識と把持手法について過去の研究を紹介している。そして、本研究の目的が、非侵襲ブレインコンピュータインタフェースの利便性を向上させるために、脳波による自然な動作識別と知的ロボットの組み合わせにより頑健なシステムを構築することが本論文の目的であると述べている。

第3章「Content consistent motor imagery (コンテンツ整合型運動イメージ)」では、自然な運動想起の対象として、手首の回内・回外と握る動作としたブレインコンピュータインタフェースの構築について述べている。右手の手指の運動は、左半球の運動野からの信号により制御されていることから、空間分解能の低い脳波による運動識別が難しい問題であると述べている。64チャンネルの脳波から事象関連の時間周波数スペクトルの変化(Event Related Spectral Perturbation)を特徴量として抽出し、その値を直接識別に利用する場合と、クラスター解析によりその平均を特徴量として識別に利用する場合を比較し、クラスター解析を利用した場合に識別率の向上が見られたと述べている。また、識別方法もサポートベクターマシン(Support Vector Machine:SVM)と線形判別分析(Linear Discriminant Analysis:LDA)を比較した結果、どちらの手法を用いて、クラスター解析を利用した識別手法が有効であったと述べている。

第4章「Artificial intelligence robotic system (知的ロボットシステム)」では、6自由度のアームロボットと1自由度のグripperを持つロボットで、カメラ画像をもとに物体の位置と形状を認識し、正確に物体を把持するシステムを開発した結果について述べている。人に似た形状のロボットの目の位置に取り付けられた二つのカメラ画像を用いて、手先の位置を事前知識を利用して自動的に推定するアルゴリズムを提案している。さらに、物体の形状と距離を深層学習を利用して推定し、ロボットの把持動作のための軌道を推定している。このとき、写真に写った物体とリアルな物体を距離情報を利用して識別するアルゴリズムも実装して、その効果を実験的に確認している。

第5章「Integration and development of motor imagery and AI robot (運動イメージとAIロボットの融合と開発)」では、脳波による腕の姿勢推定と知的ロボットを利用したシステムの有効性について述べている。侵襲的なブレインマシンインタフェースは、精度の高い運動の推定が行えるが、実際に利用するためには電極を埋め込む必要があり危険度が高い。一方非侵襲ブレインマシンインタフェースは、簡易的に脳活動を計測できる反面、実用的なシステムを構築するためには、更なる識別

率の向上が必要である。このような状況において、人工知能を搭載したロボットにより、人の意図を汲んで動作を補完することにより、より頑健なシステムが構築できると述べている。

第6章「Conclusion（結論）」では、本論文をまとめるとともに今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、非侵襲脳計測により、自然な運動想起により手指の動作を識別し、二つのカメラ画像から物体の形状と距離を自動的に抽出する新しいアルゴリズムを実装したロボット制御を組み合わせる新しいブレインコンピュータインタフェースを提案したものであり、学術上貢献するところが大きい。よって博士（学術）の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。