

氏名	麦麦提敏 麦尔旦
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5549号
学位授与の日付	平成29年 3月24日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Development and Applications of Deep Learning Structures for Point Cloud Data (点群データのための深層学習構造の開発と応用)
論文審査委員	教授 渡邊 桂吾 教授 見浪 護 教授 五福 明夫

### 学位論文内容の要旨

As a machine learning technique, Deep Learning (DL) is able to model advanced abstractions of complex data. Generally, it is a machine learning technique based on a set of algorithms, i.e., convolution, dropout, pooling and recurrence. On the other hand, the point cloud data (PCD) is one of the most advantaged data structure, which includes full geometrical information of objects, and also it is invariant to lighting or color variations. But it is not able to use the PCD effectively in object recognition or other applications where those tasks are based on the machine learning algorithm.

To understand the PCD, a Hidden Markov Model (HMM) based object recognition system is proposed as first research. This part deals with the concept of how PCD behaves in human-like vision system. By applying 3D projection and edge detection methods, this CAD model-based HMM achieves the average accuracy of 77 percent. However, this method still considers the features of objects in 2D concept, which loses most of the information that a 3D object could have.

To fully apply the advantages of PCD in object recognition and facial recognition task, a well-designed DL structure is proposed in this thesis. The concept of this DL is built upon the human touch sensing theory. It includes two front-end convert networks and a back-end prediction network. The front end convert networks are able to simulate the vibrations and skin indentations from PCD into a neurons firing map. As the first step result, it is able to achieve 75 percent accuracy. Later, an improved method on the skin indentation is applied to perform the curvature of the surface instead of the previous skin indentation method, and a fully unsupervised learning is used instead of semi-supervised learning to increase more DOFs on the filters. At the next stage, this DL model is applied in an object recognition task, which includes 9 objects, i.e., tea cups, tennis balls, bottles. And as a result, we combined our model to image-based methods, and it achieves 90 percent of accuracy even when the image-based model does not fully function. The second task is the recognition of emotional facial expressions, in which this model achieves 95 percent of accuracy to classify the six different emotions.

## 論文審査結果の要旨

物体認識は、ロボットやその他の知能デバイスによる物体や環境を認識する能力に関わる人工知能領域である。その中でも、3次元物体認識は不可欠な分野になっている。しかしながら、3次元物体認識研究の大部分は、ビジョン理論に基づいており、その結果、データ源の不必要な損失が生じる。本論文では、3次元物体認識タスクの高度化を実現するために、点群データを用いた人間の触覚の概念に基づくニューラルネットワーク構造を提案するものである。

この目的を達成するために、まず「表面状態」として、基本的な幾何学的特徴を提案し、特殊な隠れマルコフモデルを使用することによってその特徴の物体認識における有効性を実証した。次に、「表面状態」という特徴を適切に使用するために、人間の触覚を一般化された線形モデルで表し、このモデルによって表面の特徴、すなわち曲率、粗さおよびエッジを分析するためのフロントエンドネットワークとする深層学習構造を設計した。バックエンドとした畳み込みニューラルネットワークは、その分析した特徴を組み合わせる最終的な予測を生成するために使用した。このニューラルネットワーク構造は、実際の幾つかの異なる3次元物体認識で有用であることが実験により検証された。さらに、この手法を人の顔形状認識に基づく表情判定に適用することで、感情識別への応用が可能であることも実証した。

このように本研究は、点群データを用いた3次元物体認識において、人間の触覚の概念を利用した深層学習構造を提案し、幾つかの3次元物体認識ならびに人の顔表情認識での有用性を実証したものである。これらの成果はロボット工学、特に点群データによる物体認識の技術の発展に寄与するものである。

本学位審査委員会は、学位論文の内容ならびに参考論文等を総合的に判断し、博士(工学)の学位に値するものと判断する。