



| | |
|--------------|---|
| Title | Gait Analysis for Healthcare using Small Datasets |
| Author(s) | 廖, 若辰 |
| Citation | 大阪大学, 2022, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.18910/88142 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (廖 若辰)

論文題名

Gait Analysis for Healthcare using Small Datasets
(小規模データセットを用いたヘルスケアのための歩容解析技術)

論文内容の要旨

Medical and health management has been highly demanded in this ageing society. To respond to this demand, the medical/healthcare domain makes extensive use of AI technologies to mitigate the shortage on medical/healthcare human resources. Currently, most of the medical/healthcare AI technologies use deep learning approaches and one of such typical technologies is medical image analysis, which is used for the diagnosis of various diseases.

Besides, image-based gait analysis is an important application direction of medical and healthcare AI technologies. Since there are diseases that cause gait symptoms, medical doctors often capture videos of patients' gait for analysis and diagnosis, indicating that these gait videos contain useful information to analyze the patient's condition. Furthermore, as one of the most common motions, many physical conditions are reflected on gait. The information of medical or health can be obtained by analyzing gait; however, it is difficult to achieve such analysis with manual visual observation, and therefore requires the use of AI technology.

Since deep learning is a data-driven approach, its application requires a large amount of training data. Most of the recent studies on gait analysis using deep learning methods rely on existing large-scale gait databases, but these databases lack annotations relevant to the medical/healthcare domain. On the other hand, the datasets in medical/healthcare domain studies are hardly large enough to perform deep learning methods due to various limitations. This makes studies in the medical/healthcare domain must endure small datasets, and therefore it is critical that how to obtain results by analyzing small datasets.

In this paper, the author proposed methods of gait analysis for medical/healthcare applications under small-scale gait databases which make the most of domain-specific knowledge related to target tasks. More specifically, the author proposed the following two strategies for gait analysis through small-scale datasets for different cases of dataset scale and relevance of domain-specific knowledge to the task. In cases where the dataset scale is too small to support any machine learning methods, it is necessary to find direct and exhaustive domain-specific knowledge and manually design analyzable features according to that knowledge. On the other hand, for cases where the dataset scale is small yet still sufficient for fine-tuning the deep learning network, the authors select primitive information that is relevant to the task and that can be extracted from existing large-scale databases as domain-specific knowledge and utilized it for pre-training primitive networks. The author conducted the following two studies to demonstrate the effectiveness of these strategies.

First, the author proposed a method to support diagnosing idiopathic normal pressure hydrocephalus (iNPH) by video-based gait analysis. Gait is an important factor in the diagnosis of idiopathic normal pressure hydrocephalus. However, except for walking speed tests, existing diagnosis methods only assess gait qualitatively (i.e., manual observation by medical doctors). This study proposed a quantitative and multi-faceted method to assess gait disturbance via video-based analysis. In this study, the dataset containing only 18 patients, whereas the gait symptoms of iNPH have been described exhaustively in the medical domain. The author therefore adopted the first strategy, i.e., manually designed gait features that could be extracted from images according to the description of the symptoms of the disease in medical domain works and developed a method to judge the cerebrospinal fluid (CSF) tap test results of iNPH patients using these features.

Second, the author proposed a method of health indicator estimation using video-based gait analysis. Knowing the health indicators can help with personal health management, and gait analysis is a more convenient and efficient way to estimate health indicators than existing methods. Since this task is targeting the general public, the author conducted experiments for data collection, and obtained gait videos and health indicators from 332 subjects. This dataset is larger than the dataset of iNPH patients, but still not large enough to train a deep learning network from scratch. Therefore, the author extracted gait primitives related to health indicators from an existing large-scale gait database for pre-training, and then fine-tuned the primitive network into a health indicator estimator using the health indicator dataset.

Moreover, the author tried to exchange the methods used in the two aforementioned studies to confirm the suitability of the proposed strategies. As a result, the second strategy yielded worse performance for the iNPH diagnosis support task than the original first strategy, while the first strategy yielded worse performance for the health indicator estimation task than the original second strategy. This indicates the necessity of appropriately switching the strategies depending on the training dataset size as well as the domain-specific knowledge as the author proposed.

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 (廖 若辰) | | | |
|--------------|-----|-----|-------|
| | (職) | 氏 名 | |
| 論文審査担当者 | 主 査 | 教授 | 八木 康史 |
| | 副 査 | 教授 | 伊野 文彦 |
| | 副 査 | 教授 | 長原 一 |
| | 副 査 | 教授 | 槇原 靖 |

論文審査の結果の要旨

本論文は、医療やヘルスケア分野を対象として、利用できる学習データセットが限定的な状況下における、歩容解析手法を提案したものである。

第一章では、歩容解析技術を医療・健康分野の問題に導入することの重要性を述べ、当該分野において利用できるデータセットが限定的であるために生じる課題を取り上げている。その上で、小規模データセットを用いた機械学習手法を、利用できる学習データセットの大きさと必要となるドメイン知識の深さとの関連において整理した上で、本研究で提案する二つの方策について述べた。具体的には、方策Iは、極めて少数のデータセットしか利用できない場合に、直接的なドメイン知識を活用して設計する歩容解析技術であり、方策IIは、少数の学習データと間接的なドメイン知識を活用した事前学習した深層学習モデルを活用する歩容解析技術である。

第二章では、方策Iの実践として、特発性正常圧水頭症 (idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus, iNPH) の診断支援のための歩容解析技術について述べている。本章の冒頭で、iNPHが歩行障害を呈する疾病であることに言及し、手術による治癒効果の予測手法における問題点として、歩行障害の判断が医師の主観に依存することを挙げている。そこで、申請者は、iNPHのガイドラインで規定されている歩行障害の尺度 (Gait Status Scale-Revised, GSSR) を、ドメイン知識であるガイドラインの内容に基づいて、歩行映像から客観的尺度として抽出し、統計的な検定手法に基づいて手術効果を予測する手法を設計している。実験では、18名という極めて少数の被験者データセットに対して手術効果の予測精度評価を行い、その有効性を示している。

第三章では、方策IIの実践として、筋肉量や体脂肪量といった体組成を推定するための歩行映像解析技術について述べている。本章の冒頭で、歩行映像解析により非接触・短時間で体組成を推定することの意義に触れた上で、限られた学習データに対して、間接的なドメイン知識を活用して訓練した深層ニューラルネットワークの事前学習モデルを用いた歩行映像解析技術を提案している。具体的には、体組成と間接的な関連性のある歩行動作や体型要素に関するパラメータを歩行のプリミティブとして定義し、それらを大規模歩行映像データベースから自動抽出し、そのプリミティブを学習対象として深層ニューラルネットワークを事前学習し、その事前学習モデルを本タスクである体組成推定の教示データを伴う小規模学習データセットによって追加学習する手法を提案している。実験では、数百名規模の被験者データに対して体組成推定の精度評価を行い、その有効性を示している。

第四章では、データセットの大きさに応じた上記の二方策の適用範囲やその妥当性を検証するための検証実験や考察が行われている。具体的には、iNPHの診断支援に対して方策Iの代わりに方策IIを用いた場合、また、体組成推定に対して方策IIに対して方策Iを用いた場合に精度が低下することを示しており、データセットの大きさに応じて適切な方策が異なることを実証している。また、当該検証結果も含めて、方策Iと方策IIの適用範囲に関する考察を行っている。

第五章では、本研究を総括し、今後の展望について述べている。

以上により、本論文は博士 (情報科学) の学位論文として価値あるものと認める。