

## 論文内容の要旨

### 博士論文題目

Advancing Primate Behavior Analysis: Developing a Unified Dataset and Multi-Instance Object Tracking System for Japanese Macaques and Broader Primate Species

氏名 Riza Rae Pineda

### (論文内容の要旨)

Understanding primate behavior is essential for insights into human evolution, social dynamics, and conservation. Despite their importance, primate behavior studies lack a unified, comprehensive dataset for computer vision analysis, impeding automated tracking and analysis in natural habitats. Our research addresses this by developing a multi-instance object tracking system, initially for Japanese macaques, with plans to expand to other primates, and constructing a new unified dataset for primate research.

We developed a monkey detection model using the You Only Look Once (YOLOv4) framework. This involved improving accuracy through techniques like transfer learning, curriculum learning, and leveraging dataset heterogeneity. Our model integrates YOLOv4 with a spatial attention module and Mish activation function, achieving a mean AP50 of 96.59%, precision of 93%, recall of 96%, and mean IOU(AP50) of 77.2%. This system proved effective in animal behavior studies, reaching a 91.35% MOTA even with a heterogeneous dataset.

Building on this, we are expanding our scope to the broader category of primates, not limited to Japanese macaques. This includes collecting, distilling, and unifying diverse datasets, along with developing tailored preprocessing tools. Consequently, we've assembled a comprehensive dataset for up to 60 monkey species, featuring 234,294 images with 307,554 annotations, marking a significant advancement in primate monitoring and behavioral analysis through computer vision.

|    |                 |
|----|-----------------|
| 氏名 | Riza Rae Pineda |
|----|-----------------|

(論文審査結果の要旨)

霊長類の行動を理解することは、人類の進化、社会動態、保全に関する洞察に不可欠である。行動研究は主としてコンピュータビジョン技術が利用されるが、データセットの不足により自然な生息地での自動追跡や解析は不十分であり、新たな技術革新が望まれている。本研究はそのための技術を開発するものであり、まずはニホンザルを対象とし、他の霊長類にも拡大可能なマルチインスタンスオブジェクトトラッキングシステムを開発したものである。

本研究は You Only Look Once (YOLOv4) フレームワークによるサル検出モデルをベースとし、空間的注意モジュールと Mish 活性化関数と統合することで、平均 AP50 96.59%、精度 93%、想起 96%、平均 IOU(AP50) 77.2% を達成した。さらに、異種を含むデータセットにおいても 91.35% の MOTA を達成した。さらに多様なデータセットの収集、抽出、統一化、および独自の前処理ツールの開発により、最大 60 種のサルについて、234,294 の画像と 307,554 のアノテーションを含む包括的なデータセットを構築し、コンピュータ・ビジョンによる霊長類のモニタリングと行動解析に大きな進歩をもたらした。

以上をまとめると、本論文はさまざまな霊長類の行動解析を可能とするコンピュータビジョン技術を開発したものであり、今後の霊長類研究に大きく寄与することが期待される。よって、博士(工学)の学位に値するものと認められる。