HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	YOLO 姿勢推定モデルによるドローンの人間追跡の試み
著者	佐々木, 亮太; 菊地, 慶仁; Sasaki, Ryouta; Kikuchi, Yoshihito
引用	工学研究：北海学園大学大学院工学研究科紀要(25): 27-32
発行日	2025-09-30

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

研究論文

YOLO 姿勢推定モデルによるドローンの人間追跡の試み

佐々木　亮　太* ・ 菊　地　慶　仁**

Attempts to track humans with drones using the YOLO attitude estimation model

Ryouta Sasaki* and Yoshihito Kikuchi**

要　旨

本報ではトイドローンを対象としたアクティブトラック技術の開発を目的とし，被写体である対象人物の身体部位の推定に YOLO 姿勢推定モデルを用いた試みについて報告する．YOLO は，Python 向けに開発された物体検出モデルであり，物体検出以外にも姿勢推定や画像分類などに用いられている．本報告では Open-CV を用いたアクティブトラックについて検討を行い，顔の正面画像がカメラの視界に入っていないと推定が難しい問題を踏まえて YOLO でのシステムを構築した内容について報告する．

1．序論

1.1　アクティブトラック機能

ドローンのアクティブトラック機能[1] とは，人間や自動車などの指定した動体をドローンが自動で追尾する技術である．この技術は，主にカメラからの画像を入力とする画像認識技術に基づいて実現されている．

図 1 はドローンによるアクティブトラック機能の実例を示している．この例では，自転車に乗る人物をドローンがカメラで認識し，その動きを自律的に追尾している．

この機能により以下のようなメリットが得られる．

・一度目標を設定してアクティブトラックが発動すればドローンが自動で追尾撮影を行うため，利用者は撮影に手間を取られることがない．
・自転車走行中など，撮影者及び撮影対象者が両手を使えない状況でも安定した動的な映像を撮影できる．
・モータースポーツやスノーボードなど，人力での追跡に危険性が伴い撮影が困難な場合でも撮

図 1　ドローンによるアクティブトラックの様子

* 本人希望により非公開（北海学園大学工学部電子情報工学科卒）
Presently, the individual's affiliation remains undisclosed, by request. (Graduated from Hokkai-Gakuen University)
** 北海学園大学工学部電子情報工学科
Hokkai-Gakuen University Faculty of Engineering Department of Electronics and Information Engineering

影できる．
・対象が高速に移動する場合での撮影が容易になるため，撮影の効率が上がり撮影できる映像の種類も増える．

1.2 アクティブトラックにおける課題

ドローンを用いたアクティブトラック機能の理想的な実現には複数の課題が存在する．その中でも特に顕著な問題は，画像認識技術における被写体認識精度の不十分さである．現状の画像認識モデルでは，追尾対象の検出漏れが発生する可能性があり，これによりドローンが飛行中に追尾対象を見失う事態が起こり得る．

具体的な例として，OpenCV[2] を用いた人間の顔を対象としたアクティブトラック機能が挙げられる．このシステムでは，顔全体の検出が必要であり，被写体が横を向くなどして顔の一部が隠れた場合に対象を認識できなくなる問題がある．

1.3 研究目標と報告の構成

本報告の最終的な目標は，人間を対象としたドローンのアクティブトラック機能の頑強性向上である．具体的には，被写体である人間の向きやカメラへの移り方によらず，安定した追尾を継続するシステムの実現を目指す．

本報告は以下の構成を取る．２章では関連する技術について述べ本報告での課題についてまとめる．３章では本研究で開発した実験システムについて述べる．４章では実験システムでの結果と考察について述べ，５章で結論とする．

2．既存の研究と本報告の課題

第 2 章では OpenCV による顔検出に元づくアクティブトラックの問題点と YOLO アルゴリズムについて述べ，本報告での課題をまとめる．

2.1 OpenCV による顔検出型アクティブトラック

本節では，OpenCV による顔検出を用いたドローンのアクティブトラックプログラムについて述べる．このプログラムは，ドローンのカメラ映像を顔検出器に入力し，検出された顔の外形を包絡する包絡長方形の情報を出力する．出力された包絡長方形に基づいてドローンを制御することでアクティブトラックを実現している．

ドローンの制御は，検出された包絡長方形に基づき以下の二つの手順で構成される．

1）包絡長方形の中心を画像中心に近づける方向にドローンを上下・左右に移動させる．
2）包絡長方形から顔の面積を計算し，あらかじめ定めた基準値に近づく方向にドローンを前後に移動させる．

OpenCV の顔検出を用いたアクティブトラックは，実装が容易でありながら安定した動作を発揮するため多くの類似プログラムが実現例として紹介されている．

しかしながら顔検出手法を用いる特性上，正面を向いている対象は検出できるものの顔の一部が隠れている対象については検出ができず，ドローンが追跡を見失ってしまう問題が残る（図 2a 及び図 2b）．この点は，既に第 1 章でも述べた通りである．

図 2a　正面を向いた対象の顔認識

図 2b　横を向いた対象の顔認識

2.2　YOLO アルゴリズムによる全身検出

本研究は，OpenCV の顔検出における課題を克服するため，新たな画像認識手法として全身検出を提案する．本手法は，顔に加えて胴体や四肢も追跡対象とすることで，後ろ向きの対象や一部のみが映っている対象といった，従来の顔検出では困難であった対象の検出を可能にする．

全身検出の実現には Ultralytics 社がオープンソースとして提供している YOLO アルゴリズム[3]を用いる．YOLO は画像認識において広く用いられている代表的なアルゴリズムであり，「You Only Look Once」の略称である．他の画像認識アルゴリズムと比較して多数の利点を有する．本研究では，以下の利点に着目し利用を試みる．

・全身検出が可能な学習済みモデルが多数公開されている．
・単一のニューラルネットワーク構造によりリアルタイムでの高速検出が可能である．
・一度の推論で複数の対象を同時に検出できる．
・必要な機能が Python ライブラリとしてまとめられており，実装が容易である．

2.3　YOLO アルゴリズムを用いた全身検出に基づくアクティブトラック

本報告では顔認識型アクティブトラックにおける問題点の解消について，YOLO アルゴリズムの全身検出機能の利用を検討している．しかし全身検出を用いてアクティブトラックを実現するには，解決すべき以下の課題が存在している．

従来のアクティブトラック構成手法では，検出出力として包絡長方形が用いられ，その位置と面積に基づいてドローンが制御されていた．一方で，全身検出において検出出力を受け取り包絡長方形として扱ってしまうと，ドローン制御において次の 2 点が課題となる．

・高度制御の不安定性：YOLO では頭部から足部までの高さが異なる部位が検出可能となる．従って体の一部しか見えていない場合に，どの部位が検出されたかを判断できないと高度制御において問題が発生する．特に頻繁に検出部位が変わってしまうと高度制御が困難となると考えられる．
・相対距離制御の困難性：頭部や四肢など，形状や大きさが異なる部位が全て検出対象となる．前出の課題と同様に体の一部しか検出されていない場合，従来手法のように包絡長方形の面積を基準値とするドローン制御では，検出対象との相対距離を正確に制御することが難しいと考えられる．

YOLO による検出結果をドローン制御に利用するためには，これらの課題の解決が必要となる．

3．本研究での提案

3.1　YOLO 姿勢推定タスクによる全身検出アクティブトラックの実現

前章で述べた全身検出における問題点は，いずれも様々な身体部位が検出対象となることで生じるものだった．そこで本研究では，姿勢推定タスクを利用すること提案する．

姿勢推定タスクは，画像から人物や動物の骨格および関節の位置を推定し，姿勢を解析する技術である．このタスクの最大の利点は，複数の対象においてもそれぞれの関節位置を同時かつ個別に検出できる点にある．

本研究では姿勢推定タスクを実現するために，画像認識モデルとして yolo11n-pose モデルを使用する．yolo11n-pose モデルの利点は以下の通りである．

・検出対象を人間のみに限定している．
・YOLO アルゴリズムにおける最新世代のモデルであり，高い検出精度と処理速度を両立している．
・人間の関節や部位を計 17 個の特徴点（**表 1**）として同時に検出・出力することができる．

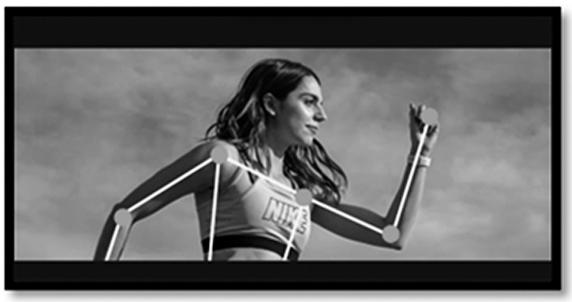

図 3　姿勢推定タスク実行の結果出力

表 1　yolo11n-pose モデルの検出番号と対応する検出部位

検出番号	検出部位	検出番号	検出部位
1.	鼻	10.	左手首
2.	左目	11.	右手首
3.	右目	12.	左腰
4.	左耳	13.	右腰
5.	右耳	14.	左膝
6.	左肩	15.	右膝
7.	右肩	16.	左足首
8.	左肘	17.	右足首
9.	右肘		

3.2　開発に用いたツール

以下を使用した.

・DJI Tello ドローン
・YOLO ライブラリ
・yolo11n-pose モデル
・Python

DJI Tello ドローンは DJI 社によって販売されているドローンである．重さ 100 g 未満であるが，バッテリー残量を警告する機能や接続が切れると自動で着陸する機能といった安全対策機能を搭載している．また PC 上のプログラムによるドローン制御をサポートする Tello SDK[4] が公開されているため，容易に制御プログラムを開発できる利点がある.

図 4　DJI Tello ドローン

3.3　姿勢推定による期待制御

本報告で実装したアクティブトラックについて述べる．画像認識手法として YOLO 姿勢推定を用い，ドローン制御を yolo11n-pose モデルの出力である特徴点に基づいて行っている.

実装中は基本制御として体の部位を順に認識してドローンの機体制御を行っている．基本制御の条件を満たさない例外的な状況では，追加の制御も加えて動作の安定を図っている.

基本制御

1．「肩」の特徴点を画像中心に近づける方向にドローンを左右に移動させる.
2．「肩」と「ヒップ」の高さから「胴体長」を計算し，あらかじめ定めた基準値に一致する方向へドローンを上下に移動させる.

例外制御

1．「肩」が検出できていないとき，下半身にあたる特徴点である「左腰」「右腰」「左膝」「右膝」「左足首」「右足首」のいずれかが検出できているならドローンが低い位置を飛んでいるものとみなして上昇させる.
2．「肩」と「ヒップ」のいずれかが検出できていないとき，対象の検出自体はできているならドローンが対象に近い位置を飛んでいるものとみなして後退させる.

4．実験と考察

4.1　実験結果

実装したプログラムを用いて，人間を対象としたアクティブトラッキングの実験を行い対象の様々な向きや姿勢に対して追尾を継続できるかを検証した．その様子を以下の図に示す.

図 5 から**図 11** に示すように，対象の向きに依存せずドローンによる継続的な追跡が達成された.

さらに，制御条件に例外処理を導入したことにより，**図 9** および**図 10** に示すような身体の一部のみが視認される状態，ならびに**図 11** に示すような着座姿勢の対象においても途切れることなく追跡が成功した.

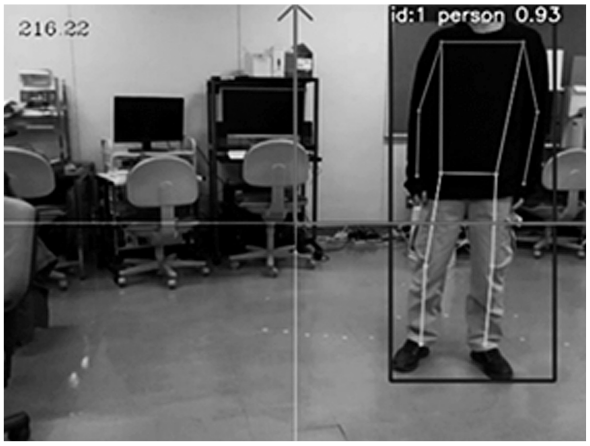

図 5　被験者がドローンを向いている場合の追跡

図 6　横向きの対象の追跡

図 7　後ろ向きの対象の追跡

図 8　脚部のみが映っている対象の追跡

図 9　右半身のみが映っている対象の追跡

図 10　座っている対象の追跡

4.2 考察

今回は，YOLO 姿勢推定モデルを利用することによって，人間の向きや映り方に制約を受けずに追跡するという目標をおおむね達成することができた．

しかしながら，今回の実験結果からすべての可能性への対応はできていないことが判明している．例えば，人間が物を拾う姿勢のように「肩」と「ヒップ」が近づき，今回計算した胴体長が小さくなる場面では，ドローンが対象に衝突するまで前進し続けるといった危険性が予想されるが，今回は基本的な動作の確認にとどまった．また今回構築したアクティブトラックは，閾値を超えているかどうかの二値的なドローン制御に留まっているため，対象の移動に対して一度で適切なドローン制御を完了できず，対象の移動速度によってはドローンが置いていかれるという問題があった．

今後は，より検証回数を増やすことであらゆる可能性を考慮し，動作の安定性を保証すること，および yolov11n-pose モデルから得られた特徴点の座標位置に応じてドローンの制御距離を変化させるようにすることが課題として挙げられる．

5．結論

本研究は，人間を対象としてその向きや映り方に依存しない安定したアクティブトラックを実現することを目標として以下の項目について報告を行った．

1）本研究では，対象の向きや映り方に関わらず検出が可能な全身検出を活用したアクティブトラックの実現を提案した．
2）全身検出を用いたドローン制御の不安定性という課題を解消するため，YOLO 姿勢推定タスクを用いてアクティブトラックを構築した．
3）構築したアクティブトラックの動作検証の結果，対象がどの向きでカメラに映っていても常に追跡対象となっていることを確認した．
4）また，いくつかの例外的な条件下においてもドローン制御を定義することにより追尾を継続できることを確認した．

一方で，ドローンの制御ができない事態が依然として存在すること，およびドローン制御が行えない場合の対応が不足していることによる追跡失敗が起こった．これらは今後のの課題として解決が必要となる．

参考文献

1）獅堂孫六：ドローンのアクティブトラックとは？やり方や注意点を徹底解説，https://school-drone.com/column/equipment/activetrack/, 2023
2）林知己夫：詳解 OpenCV 3 ―コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識，オライリージャパン，2018.
3）Joseph Redmon, et., You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, arXiv: 1506.02640, [cs.CV]
4）Ryze Robotics, Tello SDK 2.0 User Guide, V1.0, 2018