

1. AI 技術と魚眼カメラを用いた屋外照明の 対話制御システムの試作

ものづくり支援グループ ○松本陽斗
(同)ヒルズ社 水野 温

1. はじめに

敷地面積の広い商業施設等において集客誘引効果の向上を図る上では、屋外広告やモニュメントの照明の点灯色や明滅等の光の演出が重要である。令和2年に、道の駅「なないろ・ななえ」の集客誘引を目的として、既設のモニュメント(図1)の照明にAI技術を取り入れ、来場者の距離と人数に応じて点灯パターンが変化する動的制御システムを開発した。実装後のヒアリング調査等から、来場者の操作に応じて照明が受動的に変化する対話制御により、集客誘引効果をより向上できる可能性を見出した。対話制御にはレバーやボタン等を用いる方法があるが、コロナ禍の影響を考慮し、不特定多数が直接触れずに娛樂性を備えた制御方法として、水晶占いの動作のような非接触の制御方式が適していると考えた。

そこで、本件では画像から操作者の手掌部を検出して制御するAI技術と1台で全周撮影可能な魚眼カメラを組み合わせた高精度な対話制御技術の開発を目的とし、画像の歪みや未知の色情報の検出性能(汎化性能)について実験・検証を行った。

2. 画像の歪みに関する実験

2.1 実験方法

手掌部検出の学習データには、収集性等の点から一般的に標準レンズで撮影された通常画像が利用されている。一方、本件で利用する魚眼カメラで撮影された魚眼画像では、図2に示すように画像端に近づくほど大きな歪みが生じ、通常画像を学習データとした場合、被写体形状に大きな差異を生じる。そのため、検出精度は低下すると考えられる。

魚眼画像から手掌部を検出するには、画像を未処理のまま利用する方法とキャリブレーションを行い魚眼画像の歪みを補正して利用する方法がある。そこで、本実験では手掌部検出用の学習済みモデルの作成方法として、(1)学習データに通常画像を用い魚眼画像から検出を行う方法、(2)学習データに魚眼画像を用い魚眼画像から検出を行う方法、(3)学習データに通常画像を用い歪みの補正を行った魚眼画像から検出を行う方法の3通りの組み合わせを定めた。

手掌部が映る魚眼画像は、図3に示す魚眼カメラを用いて撮影した魚眼画像60枚(学習用50枚、検証用10枚)、一般的なカメラを用いて撮影した通常画像50枚(学習用)を使用し、3種類の学習済みモデルを作成した。物体検出手法には、高品質かつ高速な検出が期待できるYOLO(You Look Only Once)v5を選定し、精度検証の指標には、モデルの予測結果と実際の値の一致度を示す平均適合率(Average Precision)に着目し、1.0に近いほど検出精度が高いことを示すmAP50-95(mean Average Precision)を用いた。

2.2 実験結果及び考察

モデル(1)～(3)のmAP50-95を算出した結果を図4に示す。モデルの複雑さ等によりmAP50-95は変動するが、一般的に0.5以上であれば高



図1 モニュメント外観

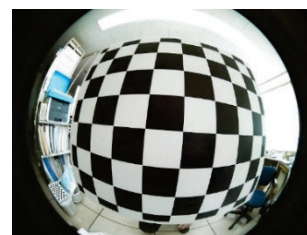


図2 魚眼画像の歪み



モデル	ELP-USB16MP01-BL180
画角	180度
センサー	CMOS IMX298
画素数	1600万画素

図3 魚眼カメラ仕様

精度であるとされている。本実験では全結果が 0.7 以上を示したが、特に学習データに魚眼画像を用いたモデル(2)において約 0.9 と最も高くなった。検出結果を検証したところ、モデル(1)では歪みが大きい画像端付近で検出不可や誤検出が確認され、モデル(3)では補正により画像端の一部が切り取られ検出に利用できなくなった。これらのことから、本件においてはモデル(2)が最適であると考えられた。

3. 汎化性能に関する実験

3.1 実験方法

手掌部の検出では、季節や嗜好により多様な色の手袋の装着等も予想される。汎化性能向上を図る上で、色に依存しない特徴を学習させ検出を行うことが有効であると考えられることから、暗所で照明が明滅する環境で、前述の魚眼カメラを用いて手掌部が映る魚眼画像を撮影し、検出精度に関する実験を行った。本実験では、撮影した魚眼画像計 988 枚(学習用 889 枚、検証用 99 枚)に対し図 5 に示した色情報の変更を行い、(A)未処理画像、(B)グレースケール化画像、(C)未処理画像および同数の色相を変更した画像を用いて 3 種類の学習済みモデルをそれぞれ作成し、歪みに関する実験と同様に mAP50-95 による検証を行った。

3.2 実験結果及び考察

モデル(A)～(C)の mAP50-95 を算出した結果を図 6 に示す。モデル(A)と(B)の mAP50-95 は約 0.8 と高い値を示したが、モデル(C)では 0.5 未満の結果となった。これは色相のみ変更した画像を追加したことによって、検出対象外の背景等の外乱にモデル(C)が過剰に適合し、過学習が発生したためと考えられる。モデル(B)はグレースケール化による色情報の減少等により、モデル(A)に比べると手掌部付近が暗い場合に時折検出不能となることを確認した。本条件のように手掌部自体の色情報に比べて照明の点灯色の影響が支配的な場合では、未処理画像を用いた検出方法が最も高精度であることがわかった。

これらの成果を、道の駅「なないろ・ななえ」のモニュメント照明に実装し動作試験を行った。実験風景と検出結果の例を図 7 に示す。目視確認の結果、魚眼画像から手掌部を高精度に検出でき、検出結果に応じた対話制御が正常に動作することを確認した。

4. おわりに

暗所で照明が明滅する環境において、魚眼カメラに映る手掌部を高精度に検出し、検出結果に応じて非接触で対話的に照明を制御するシステムを実現することができた。今後は、追加学習により指の状態等を検出可能とし制御に活用することで、より多様な照明演出が可能な制御システムの実現を図る。

謝辞

機器設置に伴うネットワーク環境設定では、エフエスシー(株) 若山みつる様、動作試験等では、(一社)七飯町振興公社の職員の皆様にご協力いただいた。各位に深く感謝する。

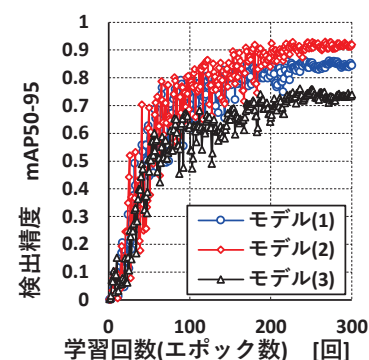


図 4 歪み補正による精度比較

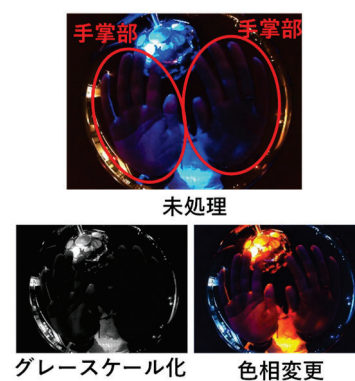


図 5 画像の色情報変更例

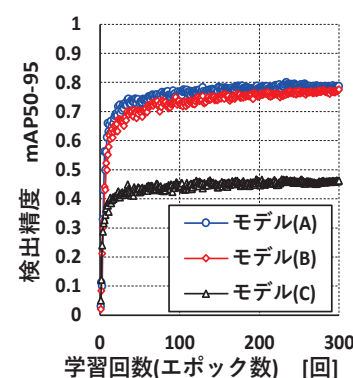


図 6 色変更による精度比較



図 7 実験風景と検出例