

2. 深度計測カメラを用いた 照明制御技術の高度化に関する研究開発

ものづくり技術支援グループ ○松本陽斗、村田政隆
(同)ヒルズ社 水野温

1. はじめに

視覚は人間の五感の中で得られる情報量が最も多い感覚であることから、照明光が人の印象に与える影響は極めて大きい。そのため、屋外広告等の照明演出を高度化することで宣伝・集客効果の向上が期待できる。高度化の方法の一つとして周囲の状況に応じた照明の動的制御があり、特に付近の通行人の情報を因子として制御に利用することが集客効果等の向上に有効だと考えられた。そこで、本研究開発では代表的な AI 技術である深層学習による人物検出手法を活用した屋外照明の動的制御システムを開発した。

表 1 LED 調光方式

| 方式 | 位相制御 | PWM | DALI | DMX |
|----------|--------|-----------|----------|----------|
| 制御方法 | 電力量の調整 | パルス幅の変調 | デジタル信号 | デジタル信号 |
| アドレス指定制御 | × | × | ○ | ○ |
| 国内普及度 | ○ | ○ | × | ○ |
| 特徴 | 調光が滑らか | シェア率が高く安価 | 耐ノイズ性が高い | 複雑な制御が可能 |
| 主な用途 | 電球 | 施設用器具 | 施設用器具 | 舞台照明 |

2. システム要件

目標とする照明システムの開発要件を以下に示す。

- (1) 高い印象性を実現するため、複数の光源を個別に制御できること。
- (2) 屋外照明は夕方から夜間にかけて点灯すること。
- (3) 人物の有無に応じた明確な変化と検出結果による連続的な変化が重要であるため、人物の数と距離に応じて照明を制御できること。
- (4) 制御ボックスは照明対象と比較し目立たない大きさであること。
- (5) 屋外に設置するため、制御ボックスは防雨性を有すること。



図 1 深度計測カメラ外観

3. ハードウェアの選定・試作

現在の照明器具における主力光源は LED であり、主な調光方式として位相制御や PWM、DMX、DALI 等が挙げられ、表 1 に特徴を示す。照明が照らす看板等に対する通行人の関心度の向上を図るため、各光源を個別に制御することで、高い演出性を実現できる DMX を選択した。調光機器には制御ボックスへの搭載性や設置性を勘案し、USB 接続タイプの DMX コントローラと小型 PC を選定した。次に人物の数と距離を検出するため、RGB 画像と深度(距離)画像の撮影機能を具備した深度計測カメラについて着目した。複数機種と比較検討を行い、RGB カメラと 2 台の赤外線カメラを備え、0.1~10m の広い範囲の深度を計測できる機種を選定した(図 1)。人物検出に用いる深層学習モデルによる手法は計算量が大きいため、安価で画像処理能力に優れる GPU を搭載したシングルボードコンピュータ(以下、SBC)上で人物検出機能を動作させることとした。以上のことから、本システムでは図 2 に示す構成とした。制御ボックスは防雨性を確保するため密閉構造であり、高負荷な処理を行う SBC を常時稼働させた場合、十分な排熱が行えない可能性が考えられた。そこで、リレースイッチ基板で SBC を照明の点灯時間帯のみ稼働させることとした。選定した各機器を制御ボックスに実装した状態を図 3 に示す。

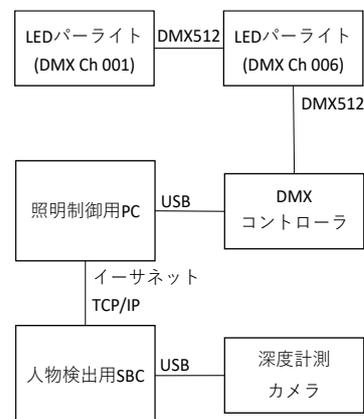


図 2 システム構成図



図 3 制御ボックス内部

4. ソフトウェアの開発と予備評価

主要な深層学習による物体検出手法について検討を行い、その中で処理速度に優れる YOLOv3 を用い¹⁾、人物検出機能の実装と動作確認を行った。その結果、通常の学習済みモデルを用いた場合、処理負荷に起因すると考えられる異常終了が発生した。そこで検出手法を低負荷で高速動作可能な YOLOv3-tiny に変更した結果、異常終了は解消し、図 4 に示す通り処理速度も YOLOv3 の 3 倍以上に向上した。

人物の距離情報は深度画像から取得するが、図 5 に示す通り RGB カメラと赤外線カメラの画角が異なるため、それぞれの位置座標にはずれが生じる。そのため、図 6 のような結果を得られるように、深度画像の位置合わせを行い、検出領域の重心座標を用いて距離情報を取得するプログラムを構築した。

照明制御は人物の有無に応じた変化を明確にするため、未検出時では点灯色が階段的に変化し、検出時では人目を引くように様々に点滅するパターンとした。また、距離に応じて点滅間隔を連続的に変化させ、照明に対し自身の行動が影響を与えていることを認識できるように配慮した。

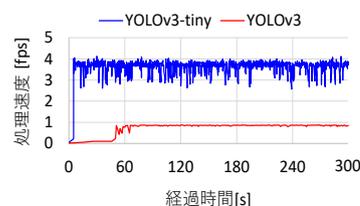


図 4 処理速度の比較

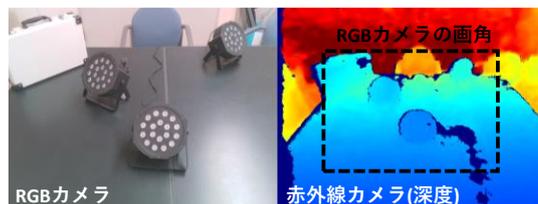


図 5 各カメラの画角の違い

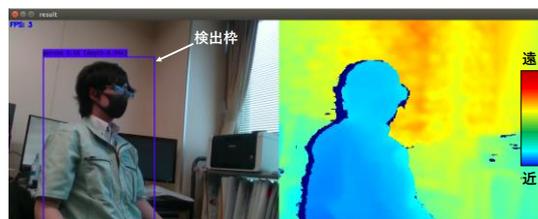


図 6 人物と距離の検出結果

5. 動作実験・評価

開発したシステムの屋外動作実験を、道の駅なないろ・ななえの既設モニュメントを利用して実施した(図 7)。実験は検出結果の正確さを示す度合いである信頼度と、人物検出時の距離とを計測することで行った。その結果、図 8 に示す通り、信頼度の最大値は、検出距離 7m 付近から低下する傾向にあるものの、約 10m まで歩行者を検出でき、検出情報に応じた照明制御が可能であることを確認した。

あわせて、動作状況の目視確認を実施したところ、人が通過したにも関わらず検出できない場合が度々発生したことから、検出精度の改善のため、カメラ設定の輪郭強調等の調整を行った。この評価確認として、改善前と後の 1 週間分の動作記録から、人の検出数に対応する日毎の平均検出フレーム数と時間帯毎の平均信頼度を算出して比較した。その結果、図 9 に示す通り、日没後の経過時間に関わらず平均信頼度が向上した。更に日毎の平均検出フレーム数は約 2.8 倍増加したことから、大幅な改善が図れた。



図 7 試験風景

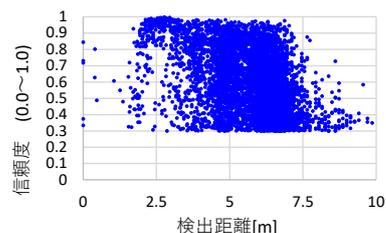


図 8 検出距離-信頼度

6. まとめ

動作実験等の結果から、低負荷な人物検出手法や画像処理技術等を用いることで要件を満たすシステムが開発できた。本システムにより歩行人の注目度が向上することで、集客・宣伝効果の高い屋外広告等の実現への寄与が期待できる。今後は、更に歩行人の動作等に応じて対話的に照明を制御する手法等について検討を行う。

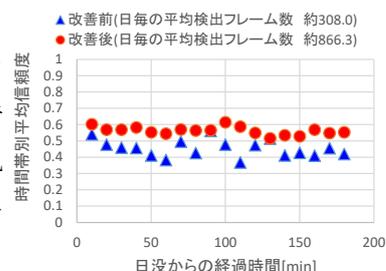


図 9 調整前後の検出結果

<参考文献>

- 1) Joseph Redmon, Ali Farhadi : YOLOv3: An Incremental Improvement, arXiv:1804.02767v1 [cs.CV] 8 Apr 2018