

マルチカメラによるオクルージョンに頑健な物流倉庫向け占有エリア検出手法 具志 祐希*, 加納 一馬, 片山 晋, 浦野 健太, 米澤 拓郎, 河口 信夫 (名古屋大学)

Occlusion-Robust Occupied Area Detection Method for Logistics Warehouse Using Multi-camera
Yuki Gushi, Kazuma Kano, Shin Katayama, Kenta Urano, Takuro Yonezawa, Nobuo Kawaguchi (Nagoya University)

1. 背景

物流倉庫では、グローバル化やネット通販の普及による業務の増加と労働力不足を解消するために IT 活用による省人化・業務効率化が進められている。荷物の倉庫内移動の効率化には、各庫内作業場の空き状況を含めた業務状況把握が必要である。真上から撮影した映像を用いることでシングルカメラで業務状況を把握できるが、天井の高さや設備によっては真上から撮影した映像を用意できず、斜めからの俯瞰映像を使う必要があるためオクルージョンの発生により奥の空間の状況把握が困難になる場合がある。

そこで本研究では、角度のある俯瞰映像でオクルージョンに頑健な処理を行うために、複数視点の固定カメラを用いた映像情報を統合し、空き状態を判断できる情報を正しく評価することで荷物置き場の占有状況の認識を目指す。

2. 関連研究

空間の占有率を映像から調べる研究として、主に駐車場の占有状況検出が行われている [1], [2]. Giuseppe ら [3]は、木や街灯、隣のスペースの駐車車両による部分的なオクルージョンを克服する方法を CNN などによって示しているが、倉庫の荷物置き場の空き状況を推定する場合にはオクルージョンによって認識対象のスペースが完全に見えなくなる可能性を考慮する必要がある。

マルチカメラから多角度の対象の映像を得ることで、シングルカメラで発生していたオクルージョンを回避した物体認識が可能になる。Kesidis ら [4] は、マルチカメラを用いて統合情報からオクルージョン処理を行い、混雑状況における人の認識を行った。本研究ではマルチカメラから得た複数視点の情報を統合し、複雑なオクルージョンにも頑健な空間状況の判断及び予測を行う手法を提案する。

3. 提案手法

本研究では、3 台のカメラによる倉庫の荷物置き場の複数視点映像を用いる。画像処理には Python, OpenCV を用いた。図 1 に荷物置き場の周りに設置したカメラの位置関係を示す。今回撮影対象である荷物置き場は白線テープにより縦 3 マス×横 8 マスの方眼状に分けられており、この区切りに従ってスペース毎に空き、または占有されている状態を判断する。撮影対象を囲うように camera1~3 を配置することで、カメラの情報を統合しオクルージョンを考慮した占有状況の判断が可能になる。

各カメラで得た映像は、まずキャリブレーションを行った

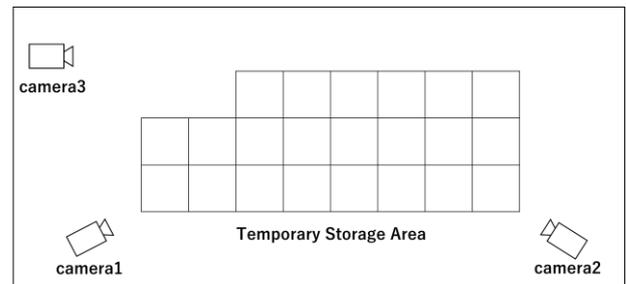


Fig.1. The Spatial Relationship Between Cameras



Fig.2. Captured Images from Three Cameras (Top) and Their Projective Transformed Images (Bottom) (Sample 1)



Fig.3. Binarized Image of Fig.2.

後、解像度 400 x 150 の荷物置き場の鳥瞰映像になるようトリミング・射影変換する。詳しい内容としては、まず荷物置き場の頂点の中から 4 点以上の対応点を取り、変換前と変換後の座標を取得する。次に 4 点以上の対応点からホモグラフィ行列を取得し、この行列をもとに射影変換を行う。射影変換前後の画像を図 2 に示す。

次に、得られた変換後画像に背景差分法および段ボールの色認識を行い、空き状況を二値化した画像を取得する。背景差分法では OpenCV の BackgroundSubtractorMOG メソッドを用いて背景との差分を検出し、段ボールの色検出では HSV 色空間において色範囲を指定して二値化処理を行う。2 つの処理結果のバイナリ画像を合成し、空き状況を二値化した結果となるバイナリ画像を得る。図 2 から得られた二値化画像を図 3 に示す。

最後に、二値化した鳥瞰画像から荷物置き場の 3 マス×8 マスのスペース毎に空き部分の面積によって正または負の評価をつけ、3 台のカメラの二値化画像から得た評価値の重み付

Table 1 Evaluation Values

Proportion of Empty Area [%]	Evaluation Values
0 - 4	-2
4 - 40	-1
40 - 80	1
80 - 100	3

Table 2 Weight Matrix

camera1								camera2									
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8		
1		0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	1		0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0		
2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	3	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

camera3								
1	2	3	4	5	6	7	8	
1		0.8	0.7	0.6	0.2	0.3	0.2	
2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.4	0.2	0.3	0.2
3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.4	0.2	0.3	0.2



Fig.4. Sample Image Data from Different Situation (Sample 2)

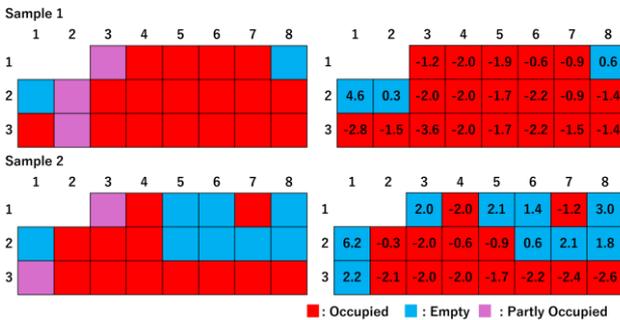


Fig.5. Ground Truth Data(Left) and Detection Results(Right)

きの和の正負によって各スペースの空き状況を判断する。

空き部分の面積評価の評価値の段階を表 1 に示す。オクルージョンの影響で占有状態だとみなしている方に誤判断が多いため、負の評価値をつける基準を厳しくしている。

さらに、面積評価の精度に影響する要因を考慮し各評価値に重みを付けることで、最終的な占有状況評価の精度を向上させる。使用した各カメラに対する重み行列を表 2 に示す。今回重み付けにあたり考慮した点は以下の 2 点である。

- ・ カメラ視点奥のスペースはオクルージョンが発生しやすいため、奥のスペースの評価値の重みを下げた
- ・ camera3 では天井設備により一部オクルージョンが発生しているため、該当スペースの評価値の重みを下げた

4. 評価

図 2 と図 4 の 2 つの状況が異なる画像サンプル (Sample 1-2) を用意して占有状況検出を行い、それぞれの場合に対して評価値の重み付き和行列と正解データを比較し考察を行う。なお、正解データにはスペースに部分的に荷物が置かれている状態も存在する。各サンプルの正解データと最終的な重み

付き和による判断結果を図 5 に示す。Sample1 では、占有率が高いがその中でも空きスペースを検出できていることが分かる。特に[8, 1]のスペースに注目すると、camera1,3 ではオクルージョンで完全に見えなくなっている空きスペースを camera2 で検出し、最終的には空き状態として判別できている。Sample2 では、2 列目中央付近のスペースの評価値が 0 に近いことからはっきりした判断が難しく、[5, 2]のスペースでは誤検出が起きていることが分かる。これは camera1,3 で右側に、camera2 で上側にオクルージョンが発生しているためである。また、部分的に荷物が置かれている場所は判断結果が分かれており、画像で比較すると占有状態だと判断されたスペースには近く荷物によって影が発生していた。つまり、部分的に荷物が置かれているスペースの評価は近くにある荷物による影の影響を受けやすいことが分かった。これは空き状況の判断に背景差分法を使っているためだと考えられる。

5. まとめ

本研究では、撮影角度の異なる 3 台のカメラを用いて荷物置き場の複数視点映像を用意し、カメラ毎で行った評価に評価精度に影響する要因を考え重みを付けて統合することで、複雑なオクルージョンが発生する場面に対して空間の占有状況を検出する手法を提案した。シングルカメラでは完全なオクルージョンが発生し判断が困難となる場合でも、マルチカメラを用いてオクルージョンが発生していない別視点の映像情報を評価することで占有状況を判断できた。しかし、全てのカメラの視点からオクルージョンが発生している場合、誤検出が起こる可能性があることが分かった。

今後の課題として、評価精度を上げるために面積評価の精度に影響する要因により対応できるような重み付けを行うことが挙げられる。特に全ての視点でオクルージョンが発生しているスペースでは、部分的なオクルージョンが含まれる場合は残っている少ない情報量を捉えて判断し、荷物に囲まれ全ての視点から完全に見えなくなっている場合はその混雑具合から占有された状態であると予測するなど、より複雑な判断を行えるようにすることで占有状況の評価精度を上げられると考えられる。

謝辞

本研究の一部は NICT 委託研究 (22609), NEDO 委託研究 (JPNP23003, JPNP23025), JSPS 科研費 (JP22K18422) のご支援を受けています。また実験環境提供にご協力いただきましたトラスコ中山株式会社に感謝いたします。

文献

- (1) Acharya Debaditya, Yan Weilin, Khoshelham, Kourosh: Proceedings of the 5th Annual Conference of Research@Locate, pp33-40, 2018
- (2) Bura Harshitha et al: 2018 IEEE International Conference on Cognitive Computing (ICCC), pp. 17-24, 2018
- (3) Amato Giuseppe et al: Expert Systems with Applications, Vol. 72, pp.327-334, 2016
- (4) Anastasios Kesidis, Dimitrios Kosmopoulos: International conference on Computer Vision theory and Applications, pp. 560-565, 2009