

氏名（本籍）	李 鵬（中華人民共和国）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第106号
学位授与日付	令和3年3月25日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	俯瞰視カラー画像による個人再識別に関する研究
学位論文審査委員	(主査) 教授 呉 海元 (副査) 教授 吉野 孝 教授 塚田 晃司

論文内容の要旨

個人再識別 (Person Re-Identification) はコンピュータビジョンの中でも重要な研究分野である。人物全身の正面画像或いは側面画像は個人差を反映できる特徴量が一番多く含み、頑健な人物の特徴量を得るために、ほとんどの研究に利用されている。しかし、現代社会では、個人のプライバシーの漏洩事件の発生で、人々のプライバシー保護に対する意識が高まり、個人情報の利用は本人の許可を得なければいけなくなった。本論文では、プライバシーを考慮した個人再識別手法について議論する。

人物全身の正面画像或いは側面画像の利用を避けるために、人物の顔を映らない俯瞰視カメラシステムを構築し、人物の頭の上から俯瞰画像を撮影する。人物の頭頂部と肩部の領域しか映らない俯瞰画像を用いた個人再識別を実現するために、本研究では、1) 短時間内に人物の服と髪の毛の色は変わらない、また、2) 俯瞰視カメラから地面までの距離はほぼ一定であると仮定する。その上で、個人再識別できる特徴記述法を提案し、有効性と安定性について研究している。

まず、俯瞰画像上の人物の頭頂部と肩部の領域の RGB 色情報を利用する「色弁別特徴 Color Distinctiveness Feature (CDF)」を提案した。色弁別特徴 (CDF) では、人物の俯瞰カラー画像から人物の肩部をメイン領域、頭頂部をサポート領域として手動で選択し、二つの領域の各画素の RGB 色情報を使用して、3次元 RGB 色空間内で色弁別性を計算する。この色弁別性を持つ3次元色空間を該当人物の4次元色弁別特徴量 (CDF) として個人再識別を行う。再識別の際に、未知人物の俯瞰画像から計算した CDF とデータベースに登録したすべての既知人物の CDF との類似度評価を二つの分布間の類似度評価に対応できるバタチャリア距離によって行う。バタチャリア距離による類似度の正確性を確認するために、ハミング距離も類似度の評価に利用する。個人再識別実験と物体再識別実験により、色弁別特徴 (CDF) は俯瞰画像を利用する個人再識別と物体再識別のそれぞれに利用できることを確認した。

色弁別特徴 (CDF) では色の種類数によって特徴量を記述しているため、同じ色の種類数の場合での識別が不可能という課題が残っている。この課題を解決するために、水滴が紙を濡らす現象を模倣している特徴量記述法「水滴レンダリングボックス (WDRB)」を提案した。WDRB 法の特徴量の記述は3つの段階に分けられる。(1) 3次元の色登録マップを生成し、人物領域の画素色を登録する。(2) 色登録マップから登録したすべての色の間の相対的な距離関係を記述する距離マップに変換する。(3) 色のヒストグラムにより登録した色を強調する。最後に得られた強調マップは WDRB の特徴量として利用する。CDF 法との比較実験より、WDRB 法はより有効性を持つことを確認した。物体の再識別実験より、WDRB 法は物体再識別にも利用できることを確認した。異なる光源下で撮影した人物の俯瞰画像セットを用いた他人の手法との比較実験より、WDRB 法が従来手法よりの有効性と明暗変化に対する頑健性を確認した。

最後に、個人再識別精度を一層上昇させるために、新たな SHAL (Shoulder and HeAd Learning) 法を提案した。SHAL 法では、輝度の変化が色に影響しないように、WDRB 法で使われた RGB 色空間の代わりに、輝度情報と色情報が単独に表示する YUV 色空間を利用する。また、画像上の人物の領域の画素数は人物の体格情報であり、WDRB 法では手動で人物領域を選択するが人物の体格情報の反映が不十分となる問題点もある。これを解決するために、SHAL 法では、RGB-D カメラを利用し、俯瞰画像から人物の頭頂部領域と肩部領域を検出する。SHAL 特徴量を記述する時に、UV 色平面内に、頭頂部と肩部のそれぞれの画素について、1) 色のヒストグラムと、同じ色の輝度 y の合計値の分布をそれぞれ求め

る. 2) 色の種類数と色空間内の各色の相対的な距離関係を反映するため, 色空間におけるユークリッド距離変換を行う. 3) 無彩色画素の割合を求める. 無彩色画素の割合を重みとして, SHAL 特徴量間の類似度の評価に利用する重み付きバタチャリア距離を提案した. 私服を着る個人再識別実験, 同色の服を着る個人再識別実験および Weka を利用する比較実験より, 個人再識別における SHAL 法の有効性を確認した. さらに, 人物の頭頂部と肩部を一つの領域とした特徴量を記述する方法を用いて, 個人や商品などの再識別の実験を行い, システムメモリの使用量・特徴量の生成時間・マッチング時間がそれぞれ半分に短縮できた上, 商品の再識別にも利用可能であることを示した.

論文審査の結果の要旨

本論文は、プライバシーを考慮した個人再識別法として、俯瞰視カメラの下を通った人物のカラー画像を対象として、3つの再識別用特徴記述法について述べられている。第一の手法は、色弁別マップに基づいた方法である。頭頂部と肩部における二つの領域の色情報に基づいて記述された色弁別特徴により、俯瞰視人物画像を再識別する手法である。第二の手法は、水滴レンダリングボックスを模倣し、RGB色空間内の頭頂部と肩部を同時に含む領域内の色情報を拡張記述する方法である。第三の手法は、YUV色空間内の頭頂部と肩部の色・明るさ情報を別々に拡張記述する方法であり、同時に色と明るさの重要度を考慮した重み付きバタチャリア距離評価法も提案している。

研究業績としては、本博士論文に関する学会論文誌が1本、国際会議が3本、特許が1件、解説が1件あり、業績としては十分である。予備審査で指摘された、業績リストの体裁の不備、論文の記述に関する不備に関しては適切に修正されており、最終的に校閲をすれば博士論文として評価できる内容になっている。

最終試験の結果の要旨

令和3年2月3日に北1号館A204講義室とTeams同時にて公聴会を実施した。参加者は審査委員会委員全員とほか5名であった。公聴会は午前10時より開始し、1時間の発表の後に、30分の質疑応答を行った。発表に対する質問に対しては、ほぼ正確な回答が得られ、的確さと明確さの両面で良好な結果であった。

上記の結果を総合的に判断し、最終試験は合格と判定する。