

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	辻 広生 (つじ ひろお)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1268 号
○授与年月日	2018 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	機械学習を用いたナンバープレート複合劣化画像の画質改善と 文字認識に関する研究
○審査委員	(主査) 道関 隆国 (立命館大学工学部教授) 小倉 武 (立命館大学工学部教授) 泉 知論 (立命館大学工学部教授) 福水 洋平 (立命館大学工学部准教授)

### <論文の内容の要旨>

本論文は、防犯・監視カメラにより撮影されたナンバープレート複合劣化画像を対象として、機械学習手法に基づいて、ナンバープレート文字読み取りシステムのロバスト性と効率性を高める画質改善法および適応性を高める文字認識法について提案したものである。

まず、読み取りシステムのロバスト性を高めるために、ナンバー灯による環境光の外乱がある複合劣化画像を対象とした輝度補正処理として、安定性が高い機械学習法であるサポートベクター回帰を環境光成分の推定に用いた Retinex 処理を提案し、外乱成分の推定精度を高めることに成功した。これによって Retinex 処理の副作用である Halo が低減され、文字認識の正答率が 25% 向上した。

次に、システムの効率性を高めるために、文字情報が少ない複合劣化画像を対象とした解像度の改善処理として、信頼性が高い機械学習法であるサポートベクターマシンを適切な画素値の選択に用いたマルチフレーム超解像処理を提案し、文字画像のエッジ復元性能を高めることに成功した。これによって、文字認識の正答率が 32% 向上した。

最後に、システムの適応性を高めるために、形状が複雑で種類が多い文字を対象とした複合劣化画像に対する文字認識処理として、柔軟性が高い機械学習モデルである畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を多重構造として入力画像の解像度調整機能と候補数の適応制御機能を付与した文字認識処理を提案し、文字の認識性能を高めることに成功した。これによって、ナンバープレートの平仮名部分の認識が可能であることを示すとともに、

その正答率が 17%向上した。さらに、候補数の適応制御によって認識結果の第二候補までによる正答率 90%を達成し、実用十分な認識性能を実証した。

#### <論文審査の結果の要旨>

本論文は、複合劣化を受けたナンバープレート画像の画質改善処理と文字認識処理について機械学習手法を応用したことによって正答率の高い文字認識を実現できたことに特徴がある。街頭や店頭に設置された防犯カメラや監視カメラが偶然とらえたナンバープレート画像は、犯行車輛の特定という観点から、犯罪捜査に非常に重要な位置を占めるにもかかわらず、長時間で広角の記録を行う必要から、解像度の低下やボケによる画質低下のみならず、環境光やガウスノイズ、圧縮ノイズなどのさまざまな外乱の影響を受け大きく劣化しているが、本論文は、機械学習法を機軸として広範囲の劣化に対応した画質改善法および文字認識法を提案しており、いずれの手法も独創性および実用性が高いと判断する。

本論文は、以下の点で評価できる。

(1) Retinex モデルにおける環境光成分の推定問題をサポートベクター回帰による回帰問題として一般化したことにより、物体の局所的な反射率の違いが推定精度に及ぼす影響を低減するとともに、Halo を低減することが可能であることを明らかにし、これによって文字認識の正答率が 1.25 倍に向上することを実証した。

(2) マルチフレーム超解像において存在する開口問題に対してサブピクセルのレジストレーションをテンプレート画像によって行う画素値選択型超解像処理を提案した。この処理では、テンプレート画像に対して劣化要因や劣化強度を計算機上で与えるため、複合劣化に対して柔軟に対応できることが示された。これによって文字認識の正答率が 1.32 倍に向上することを実証した。

(3) CNN に多重構造を適用することで、認識モデルに階層構造を与えて、広範囲の解像度に対して最善の認識性能が得られる文字認識モデルを導出した。これによって文字認識の正答率が 1.17 倍に向上することを実証した。

(4) CNN の入力画像を多重解像度画像とし、認識モデルの階層構造を利用して候補数を適応的に制御する手法を提案した。これによって第二候補までの正答率を保証する文字認識手法を確立した。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科電子システム専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じて日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文の公聴会は、2018年7月27日（金）15時00分～15時55分、立命館大学びわこ・くさつキャンパス ローム記念館第一会議室において行われた。公聴会では、学位申請者辻広生氏による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、超解像の開口問題解決のポイント、処理量とリアルタイム性、多重CNNによる解像度適応性などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。審査委員会は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、審査委員会は、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。