

学位被授与者氏名	辻野 和広 (Kazuhiro Tsujino)
学位の名称	博士 (工学)
学位番号	博 (一) 第 3 5 号
学位授与年月日	平成 2 6 年 3 月 2 0 日
論文題目	画像計測技術を用いた中古自動車車体部品の自動検査に関する研究
論文題目 (英訳または和訳)	A study about the automatic detection of used car body panels based on image measurement technique
論文審査委員	論文審査委員会 委員主査 : 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 盧 存偉 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 赤木 文男 同審査委員: 福岡工業大学大学院知能情報システム工学専攻教授 横田 将生 同審査委員: 福岡工業大学大学院物質生産システム工学専攻教授 片山 龍一
論文審査機関	福岡工業大学大学院工学研究科
論文内容の要旨 (和文)	<p>近年では自動車車体部品のリユースが、生産コストや CO₂ 削減が可能のため注目されている。リユース部品を市場に流通するためには、キズや凹み等の有無を検査する品質確保が必要である。画像技術を用いた自動検査が考えられるが、多くの自動車車体部品は鏡面反射が強いため、画像計測が非常に困難である。そのため、品質検査は現在、技術者の目視により行われ、人的要因により生じた検査結果のばらつきが大きい。</p> <p>品質検査のばらつきをなくし、業界統一な検査基準を作るために、本研究は画像技術に基づく自動検査システムを提案する。まず、自動車車体部品の鏡面反射の影響を軽減するために、本研究では間接パターン光投影計測手法を提案する。凹みの検出に関しては、凹みは形状変化に伴うため、本研究では凹みの検出には三次元画像計測技術を使用する。また、凹み検出の精度を向上するために、本研究では多重位相差画像解析による凹み検出手法を提案する。キズ検出に関しては、微小キズの検出精度を向上し、ノイズの影響を軽減するために、本研究では周波数解析におけるフィルタ処理を用い、改良バンドパスフィルタを提案する。</p> <p>本論文は 6 章より構成され、第 1 章では自動車車体部品リユースの背景と、その品質保証の方法について述べる。その後凹みの検出に有効と考えられる三次元画像計測技術と、キズの検出に有効と考えられる欠陥検査手法について述べ、最後に本研究の目的と論文の構成を述べる。</p> <p>第 2 章ではリユース部品の鏡面反射を軽減するための間接パターン光投影計測手法と画像撮影方法について述べ、提案手法の撮影実験結果を提示し、その結果について考察する。</p> <p>第 3 章ではリユース部品の凹み検出のための多重位相差画像解析について述べ、提案手法の凹み検出実験及び実験結果を提示し、その結果について考察する。</p> <p>第 4 章ではリユース部品の微小キズ検出のための改良バンドパスフィルタに基づくフーリエ解析手法について述べ、提案手法のキズ検出実験及び実験結果を提示し、その結果について考察する。</p> <p>第 5 章では提案手法を実装した実用化計測システムの構成とそれを用いた実用化実験の結果について述べ、計測システムの評価を行う。</p> <p>第 6 章では本論文の主要な結果を要約し、提案手法の実用化や、全国規模の中古自動車部品のリユース品質管理システムを構築するために、更なる研究課題を挙げる。</p>
論文内容の要旨 (英文)	<p>Since the reuse of used car body panels can reduce the production cost and CO₂ emissions, it is being watched in recent years. Before circulating reused used car body panels into the market, the quality, such as a crack and a dent, needs to be inspected. The automatic check using imaging technology can be considered. However, since many of car body panels have strong specular reflection,</p>

application of image measurement technology is difficult for them. Therefore, the inspection is conducted by an engineer's viewing now; the variation in the inspection result is large by the human factor.

In order to decrease the variation of inspection, we propose the non-contact automatic inspection system based on imaging measurement technology. First, in order to solve the specular reflection problem of car body panels, we propose an indirect pattern projection measurement technique. About detection of the dent, since the dent is accompanied with a shape change, we detect it by using the 3-D image measurement technique. To detect the minimal dents, we propose a dent detection technique based on a combination of the phase-shifting analysis technique and the multiplex phase-shifting image to improve the dent analysis accuracy. About detection of the minute crack, we propose an improvement bandpass filter to use the Fourier analysis technique.

This paper consists of six chapters. In the Chapter 1, first we describe a research background of the needs of recycling used car body panels. Then we describe the 3-D image measurement technique for dent detection, and some image processing techniques for crack detection. Finally, we describe the purpose of this study and composition of this paper.

In the Chapter 2, we describe the principle of the indirect pattern projection measurement technique and the method of the image capture to solve the specular reflection problem of car body panels.

In the Chapter 3, first we describe the principle of the multiplex phase-shifting image analysis technique for dent detection, and then we demonstrate the result of dent detection, and consider the results.

In the Chapter 4, we describe the principle of the Fourier analysis using the improvement bandpass filter we proposed for minute crack detection, and then we demonstrate the result of crack detection, and consider the results.

In the Chapter 5, we describe the composition of the detection experiment system which uses the proposed techniques. And then we evaluate the system performance.

In the Chapter 6, we summarize the result of research and mention the future research task for practical use of proposed techniques.

論文審査結果	<p>審査の結果</p> <p>この論文では、中古自動車車体部品の凹みやキズ等の品質検査の自動化について研究を行っている。近年再生可能な社会構築のため、自動車車体部品のリユースが注目されている。リユース部品を市場に流通させるためには、凹みやキズ等の有無を検査する品質確保が必要である。画像技術を用いた自動検査が考えられるが、多くの車体部品は鏡面反射が強く、ハイライトや環境光の映り込みの影響で、画像計測が非常に困難である。品質検査は現在技術者の目視により行われ、人的要因により生じた検査結果のばらつきが大きく、業界統一な検査基準の策定が困難である。</p> <p>品質検査のばらつきをなくし、業界統一な検査基準を作るために、この研究は画像技術に基づく自動検査システムの構築を目的としている。研究目的を実現するために、この論文では、車体部品の鏡面反射の影響を軽減するために間接パターン光投影計測手法と間接照明計測手法を提案し、微小凹みを検出するために位相シフト技術に基づく多重位相差画像解析手法を提案し、キズを検出するためにフーリエ解析技術に基づく改良バンドパスフィルタを提案している。また、提案手法の実用性を検証するために、この論文は実用システムの開発について述べている。</p> <p>この論文は6章より構成され、第1章ではまず自動車車体部品リユースの背景と、その品質保証の方法について述べている。その後凹みの検出に有効と考えられる三次元画像計測技術と、キズの検出に有効と考えられる欠陥検査手法について述べ、最後に本研究</p>
--------	---

	<p>の目的と論文の構成を述べている。第 2 章ではリユース車体部品の鏡面反射を軽減するための間接パターン光投影計測手法と間接照明による画像撮影方法について述べ、提案手法の撮影実験結果を提示し、その結果について考察している。第 3 章ではリユース車体部品の凹み検出のための多重位相差画像解析について述べ、提案手法の凹み検出実験及び実験結果を提示し、その結果について考察している。第 4 章ではリユース車体部品の微小キズ検出のための改良バンドパスフィルタに基づくフーリエ解析手法について述べ、提案手法のキズ検出実験及び実験結果を提示し、その結果について考察している。第 5 章では提案手法を実装した実用化計測システムの構成とそれをを用いた実用化実験の結果について述べ、計測システムの評価を行っている。第 6 章では本論文の主要な結果を要約し、提案手法の実用化や、全国規模の中古自動車車体部品のリユース品質管理システムを構築するために、更なる研究課題を挙げている。</p> <p>本研究の成果として、学術論文が 3 編（内第一著者 1 編）、国際会議 5 編（内第一著者 2 編）となっている。これらの結果には、本研究の新規性と有用性が認められる。以上の理由により、審査委員会は提出論文が学位論文の内容として適合すると判定した。</p> <p>学位論文公聴会においては、論文内容に関連する種々の工学的及び技術的な質問があったが、いずれも適切な回答を行うことができた。また公聴会後の最終試験においては、学位論文に関連する分野の学識を有し、今後研究を進めていくための能力を備えていることが判明した。</p> <p>以上の結果から、学位審査委員会はこの論文が博士（工学）の学位に適格であると判定した。</p>
<p>主な研究業績</p>	<p>参考論文 8 編 1 冊</p> <p>査読付き論文</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. リユース自動車車体部品の微小凹み自動検出のための画像計測システム, 電気学会論文誌D, Vol.133, No.12, pp.1112-1119, 2013, 辻野和広、盧存偉 2. A high-sensitivity 3D shape measurement method using a microscope, Artificial Life and Robotics, Vol.17, Issue.3-4, pp.336-341, 2012, Xueli Zhang, Kazuhiro Tsujino, Cunwei Lu 3. 立体カメラ：全自動三次元画像計測システムの開発と応用, 電気学会論文誌C, Vol.131, No.2, pp.320-328, 2011, 盧存偉、上塘広也、孫可、辻野和広、長元 気 <p>国際会議</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A 3-D measurement method of facial direction, ICEAST 2013, pp.190-194, Bangkok, Thailand, 2013, Kazuhiro Tsujino, Xu Chen, Cunwei Lu 2. A head posture estimation method based on 3-D images measurement for intuitive human-system interaction, iCAST 2013 & UMEDIA 2013, Aizu, Japan, 2013, Chen Xu, Ying Kang, Kazuhiro Tsujino, Cunwei Lu 3. A Facial Recognition Method Based on 3-D Images Analysis for Intuitive Human-System Interaction, iCAST 2013 & UMEDIA 2013, Aizu, Japan, 2013, Lu Xu, Weiwei Liu, Kazuhiro Tsujino, Cunwei Lu 4. A high-sensitivity 3-D shape measurement method with microscope, AR OB'2012, OS21-4, Oita, Japan, 2012, Xueli Zhang, Kazuhiro Tsujino, Cunwei Lu 5. Surface form analysis of the parts of the car with specular reflection, Proc. of International Workshop on Image Analysis (IWIA' 2010), S3, pp. 1-5, Nimes, France, 2010, Kazuhiro Tsujino, Cunwei Lu <p>その他の論文</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 顔向きの三次元画像計測, 福岡工業大学エレクトロニクス研究所所報, Vol.30, 2013 (印刷中), 盧存偉、辻野和広、許陳 2. Construction of the wig production system for the elderly person and th

	<p>e cancer patient, IEICE Technical Report, PRMU2012-83, pp.75-78, 2012, Yonghu Zhu, Yoshiaki Adaniya, Tsujino Kazuhiro, Cunwei Lu 学会発表</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 三次元画像計測技術を用いたカツラ生産体制の構築, 電子情報通信学科2013年総合大会、D-11-85、岐阜大学、2013, 朱永虎、アダニヤ ヨシアキ、辻野和広、盧存偉 2. 自動車車体部品のキズの高精度画像計測, 第65回 電気関係学会九州支部連合大会、10-1A-9、長崎大学、2012, 馮澤、辻野和広、盧存偉 3. 自動車ドライバー頭部姿勢の検出, 第65回 電気関係学会九州支部連合大会、10-1A-10、長崎大学、2012, 巖雅露、張雪黎、辻野和広、盧存偉 4. 3次元ヒストグラムによる顔認識, 第65回 電気関係学会九州支部連合大会、10-1A-11、長崎大学、2012, 劉薇薇、辻野和広、アダニヤヨシアキ、盧存偉 5. 間接照明と周波数解析による自動車車体部品のキズ検出, 電子情報通信学会総合大会、D-11-73、2012.03, 馮澤、辻野和広、盧存偉 6. パーティクルシステムを用いた頭髪の三次元モデリング, 第64回電気関係学会九州支部連合大会、03-1P-10、長崎大学、2011, 江川史洋、ヨシアキ アダニヤ、辻野和広、盧存偉 7. 3次元画像計測のための精度向上手法, 平成22年度電気関係学会九州支部連合大会、04-1P-14、九州産業大学、2010, 張雪黎、辻野和広、盧存偉 8. Accuracy Improvement for Projection Patterns in 3-D Measurement, 電子情報通信学会総合大会, D-11-31、東北大学2010, Xueli Zhang, Kazuhiro Tsujino, Cunwei Lu 9. 3次元計測結果と仮想頭髪を用いた頭部全周囲モデルの作成, 電子情報通信学会総合大会、D-11-32、東北大学2010, 江川史洋、アダニヤヨシアキ、辻野和広、盧存偉 10. 「画像処理学習支援システムの開発」, 電気関係学会九州支部連合大会、02-2P-09、大分大学、2008, 辻野和広、長元気、盧存偉 11. ステレオ視のためのエッジ領域の輝度分布を用いた対応付け, 電気学会全国大会、B38、C4号、pp.3-057、2008, 辻野和広、上塘広也、長元気、盧存偉
--	---