



Title	実環境システムノイズにロバストな三次元計測および認識に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	住吉, 信一
Citation	北海道大学. 博士(情報科学) 甲第14727号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/83275">http://hdl.handle.net/2115/83275</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Sumiyoshi_Shinichi_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 住吉 信一

審査担当者 主 査 教 授 坂本 雄児  
副 査 教 授 荒木 健治  
副 査 教 授 長谷山 美紀  
副 査 教 授 土橋 宜典

### 学位論文題名

実環境システムノイズにロバストな三次元計測および認識に関する研究  
(Study on 3D Measurement and Recognition Robust to Real Environmental System Noise)

近年、工業分野においてファクトリーオートメーションが進みつつある。例えば、ロボットアームとコンベアを用いたシステムにおいて、コンベア上に載せたワークをロボットアームでピックアップし、組み立てる自動生産システムがある。このようなシステムには、さまざまなロボティクス、情報処理等の技術が必要となるが、中でも、三次元計測、および、三次元認識技術は欠かせない要素技術である。三次元計測技術は、工業的にはプロジェクタカメラシステムが用いられることが多い。しかし、投影光が相互反射したり、透過したりするなどの多様な光学現象に対して高いロバスト性を持つ安価な計測器や技術は未だ登場していない。また、三次元認識技術においては、優れた技術が考案されているが、工業的な応用にそのまま活用できるわけではなく、精度、速度面で実用に耐えるように改良が必要である。このように、それぞれの技術分野において、実環境に導入して活用できる技術にはまだ成熟していない。このため、本論文では各技術分野において特に課題となる、A. 対象の物性によって三次元計測が困難となる課題、および、B. 対象の認識が困難となる環境での三次元認識課題、について取り組んでいる。

提案手法1では、プロジェクタとカメラを用いた三次元計測技術で、金属物のように表面で相互反射が起こる物体を計測する技術を示す。このような場合、物体表面で2回以上反射した間接反射光と、物体表面で一度だけ反射した直接反射光とを分離する必要があるが、既存法では分離できない点が発生する課題がある。そこで、時空間的な符号を与え、形状を復元する奥行きを限定する幾何拘束を既存法に加えることで、直接反射成分と間接反射成分の二つを分離可能な手法を提案している。さらに、この幾何拘束でパターン枚数を低減させるアルゴリズムを提案し、これに高速にパターンを投影可能なDLPプロジェクタを用いたシステムを試作し、122fpsで計測可能であることを確認している。

提案手法2では、プロジェクタとカメラを用いたより光学的なアーティファクトに対して頑健な計測手法について示す。金属物体の3次元計測の精度を向上させるには、既存手法では投影枚数が非常に多く、計測に長時間を要するという課題があった。そこで、ランダムパターンの相関演算に基づく対応付けに幾何学的な制約を導入することで、高速化と高精度化を両立させた3次元計測法を提案している。また実運用における対象シーンと投影数による計測精度見積もりのために、投影パターンの観測モデルを作成し数値解析により対応付けの精度を見積もる実験を行い、投影枚数が30枚と少ない場合でも相互反射光の影響を抑制し、良好に形状を復元可能であることを確認して

いる。

提案手法3では、生産現場などで金属部品のような鏡面反射を持つ物体が、スライディングコンベアによって運ばれるファクトリーオートメーションシナリオにおける3次元形状再構成の問題に取り組んでいる。この問題を解決するために、カメラとプロジェクタ間の密なステレオ対応関係を得るための光学現象にロバストな手法を提案している。提案法によって (a) 固定2次元ランダムパターンを用いて直接反射と間接反射に分離できること、(b) カメラとプロジェクタ間のエピソード制約と物体の動きの事前知識の両方を用いて不正確なステレオ対応を除去できることを明らかにしている。カメラの frame rate と物体の速度とが 6mm/frame の関係のときの実験において、同程度の精度要求時にスリット光投影法に比べ提案法は 54% の計測速度向上ができることを確認している。

提案手法4では、大きく遮蔽された物体の3次元認識技術について示す。3D点群情報から特徴量をスパースに得ることで、セミリアルタイムな3D物体検出が可能な手法が提案されているが、強遮蔽された物体は検出が難しい。本論文では、検出対象物の周辺に、仮想的な補助点群を与えることで、強遮蔽された物体の検出が可能となる手法を提案している。特に、手前側の検出物をオクルードとした時に推定される遮蔽空間の内部に限定して生成することで、処理効率と精度を向上させている。実環境において様々な強遮蔽シーンに対する実験を行い、提案法は平均約 0.5 sec で、強遮蔽された物体の検出が可能であることを確認している。

提案手法5では、金属物の3次元的存在領域の推定技術について示す。本論文ではプロジェクタカメラを用いて、金属物で発生する相互反射光と直接反射光とを分離取得し、対象シーンから金属物がある領域を推定する手法を提案している。ランバート反射物と金属物のあるシーンで実験を行い、金属物を検出可能であることを確認している。

これを要するに、著者は産業分野において肝要と考えられるファクトリーオートメーションに関する課題で、対象物性によって起こる光学現象の影響を抑制した計測が可能な三次元計測技術、および、対象物の周辺物から受ける影響を抑制した三次元認識技術に関して優れた手法を提案したものであり、三次元計測技術、三次元認識技術および情報メディア学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。