



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	http://hdl.handle.net/2115/83275
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
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_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 住吉 信一

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を用い、コンベア上に載せたワークをロボットアームで自動でピックアップし、組み立てることで、目的の製品を作り上げるための自動生産システムがある。このようなシステムを作り上げるためには、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、様々に存在し、用途に応じ選択し利用されるのが一般的であり、工業的にはプロジェクトカメラシステムが用いられることが多い。ただし、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安価に実現できる研究・開発技術は未だ登場していない。三次元認識技術についても実用性が高い技術がいくつか発表されており、計測データにノイズがあっても頑健にマッチングする手法や、多少のデータ欠損があってもロバストにマッチングして対象の位置姿勢を推定できる技術が登場している。ただし、これらも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さらなる工夫をしなければならない。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、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、について取り組んだ。

提案手法1では、プロジェクトとカメラを用いた三次元計測技術で、金属物のような表面にて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。投影光にこれらの二つの光を分離できるようにするために、時空間的な符号を与え、プロジェクトとカメラの配置関係で決定されるエピポーラ拘束を用いることで、間接反射成分の多くを分離取得できる手法がある。しかし金属物で起こる鏡面相互反射現象で観測される成分は、既存法では分離できない点が発生する課題がある。そこで我々は、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する。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と一般のプロジェクトより200倍程度、高速にパターンを投影可能なDLPプロジェクトを取り入れることで、鏡面相互反射が起きる物体を既存法よりも高速に計測可能な手法を提案する。提案法は、鏡面相互反射が起きるシーンにおいて、122 fpsで計測可能であることを確認した。提案手法2では、プロジェクト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。プロジェクト投影光の変調方式に工夫を施すことで相互反射の影響を抑制し、金属物体の3次元計測の精度を向上させる手法が提案されているが、単純なグレイコード法に比べると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。そこで本研究では、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次元計測法を提案する。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。実験では投影枚数が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た。提案手法3では、生産現場などでコントロールされた動きをする対象物が、移動中でも三次元計測できる手法について示す。本研究では、(a)再構成対象が金属部品のような非拡散物体であり、(b)物体は既知の剛体運動の結果としてスライディングコンベアによって運ばれるという、特定の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む。この問題を解決するために、上記のシナリオを考慮した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する。我々はこの条件下では自然に既知とできる対象物の動きが強い幾何拘束条件として働くことに注目した。我々の貢献は2つある。(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すること、である。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%程度の計測密度向上ができることを確認した。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。本研究では、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する。この補助点群を、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る。実環境データを用いた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た。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。廃棄物の自動分別処理のため、低コストセンサで高速に金属物を判別する必要がある。本研究ではプロジェクタカメラを用いて、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する。提案法は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できる手法を用い、相互反射が起きる領域を金属物の存在領域として検出する。ランバート反射物と金属物のあるシンプルな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た。

最後に前述した提案法に関するまとめを述べる。これらの結果から、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、A. 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、B. 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、に貢献する技術を示した。