

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 陳 相羽

本論文は、「Research and Development of a Tiny TOF Laser Line Sensor System for Task-Oriented Robotic Applications Based on Active Local Sensing (能動局所センシングに基づくタスク指向ロボット応用のための小型TOFレーザラインセンサシステムの研究開発)」と題し、ロボットがタスクを実現する際に能動的に局所センシングを行い各種応用タスクを遂行するために、光の飛行時間に基づいて距離を測るTOF(Time Of Flight)型ライン距離センサシステムの開発法と、ロボットが行うタスク状況に対してその距離センサの特性に応じて能動的に局所センシングを行うことでロボットの行動タスクを誘導する方法とその応用評価実験を示した研究をまとめたもので、7章からなる。

第1章「Introduction」では、本研究の背景となる、ロボットの知覚処理、ロボットにおける能動的距離センシング、応用タスクに向けた三次元視覚推論と局所センシングについて論じ、本研究の目的と位置づけ、本論文の章構成を述べている。

第2章「Motivation and Related Work」では、本研究への動機として、知覚の不完全性という一般的な問題を取り上げ、その問題への直観的な論理モデルを構成し、そのモデルに基づいてこれまでの能動距離センサの計測原理とそれらの優劣を説明し、視覚の認知推論処理と局所センシングに関する関連研究について述べている。

第3章「Development of Lightweight Tiny TOF Laser Line Sensor System」では、TOF(Time of Flight)原理に基づくライン距離センサシステムの設計仕様を論じ、ハードウェアとソフトウェアの実装、TOF原理の特徴を踏まえて精度を高めるためのハードウェア設計法を提案している。この形式のセンサシステムの従来の定数の反射光に対応する線形校正モデルを論じ、現実の反射光の非線形性を考慮し、その要因を分析することで得られる校正モデルについて述べている。ロボットのタスク応用に対して本センサを適用する手法を示し、受光センサ画素の飽和現象を解決する手法について述べている。最後に、開発した小型TOFレーザラインセンサシステムの精度、外部環境の影響、対象物表面の影響等を評価する実験を示している。

第4章「Active Local Verification with Reasoning-Based Vision Recognition in Robot Tomato Harvesting」では、ロボットによるトマト収穫タスクを題材に視覚推論認識と局所センシングを組み合わせたシステムについて述べている。視覚推論としては、重力等の物理知識に基づき、複数のトマトの配置から欠を入れる果柄の存在領域を推定する処理について述べている。次に、その果柄の推定領域に対して小型TOFライン距離センサを誘導し、ライン距離画像から果柄の位置を正確に検出し収穫を行う能動局所センシングの有効性を示している。

第5章「Development of Metallic Tools Grasping Robot System Based on Reflectance Feedback Using Tiny Laser Sensor」では、距離だけでなく反射強度を計測している本研究のラインセンサの特徴を利用して、屋外作業での金属工具の発見と把持を行う応用タスクについて述べている。屋外実験用ロボットとして移動台車型ヒューマノイドシステムを実現し、その手先に本研究の小型TOFレーザラインセンサを搭載し、ラインセンサの反射強度を得る機能から金属工具の位置と向きを得る方法を示している。工具の場所

を検出した後、反射強度の変化を計測しつつラインセンサの向きを変化させ、反射強度が大きく変化したセンサの向きから工具の向きを検出してゆく方法を示している。

第 6 章「Vision Recognition and Local Sensing Based Object Manipulation for Aerial Robot Systems」では、本ラインセンサが小型軽量であることを活かして小型飛行ロボットを例とした応用タスクを取り上げている。広い空間を移動する飛行ロボットが対象を発見し近づいてからロボットの詳細な位置決めを行う場合に、遠距離と近距離の両方を一つのセンサで対象検出することの難しさを説明し、遠距離では高解像度のカメラ視覚認識を用い、近距離では複数の小型TOFレーザラインセンサを相互に干渉させずに利用する方法を示している。実際にロボット本体が蛇のように変形可能な4節飛行ロボットを例として、複数のラインセンサの同期をとることでセンサ間の干渉を起こさず物体を囲む把持運搬が可能な操作実験を行っている。

第 7 章「Conclusion and Perspectives」では、各章で述べた内容をまとめることで本研究を総括し、今後の課題と解決の方向性について述べている。

以上、これを要するに本論文は、TOF(Time of Flight)原理に基づく小型レーザラインセンサシステムのハードウェアとソフトウェアを実装し、現実のロボットタスクに応用する上でそのセンサの特性を能動的に利用する局所センシングを大域的視覚認識と連携させて構成する方法を示し、ラインセンサの特性を活かして各種応用タスク実験による評価を示したものである。本論文の研究は、情報理工学に関する研究的意義と共に、情報理工学における創造的実践に関し価値が認められる。

よって、本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。