Osaka University Knowledge Archive

Title	視覚を用いたロボット経路教示システムに関する研究
Author(s)	姉﨑, 隆
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58473
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【5】

氏　　名	姉（あね）　崎（さき）　隆（たかし）
博士の専攻分野の名称	博　士（情報科学）
学　位　記　番　号	第　２４６４８　号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻
学　位　論　文　名	**視覚を用いたロボット経路教示システムに関する研究**
論文審査委員	(主査) 教　授　八木　康史 (副査) 教　授　井上　克郎　　教　授　竹村　治雄 奈良先端科学技術大学院大学教授　横矢　直和

論　文　内　容　の　要　旨

本研究は産業用ロボットの視覚を用いた経路教示および経路補正方法に関して纏めたものである。ベースとなる水平多関節ロボットや垂直多関節ロボット等に，マシンビジョンシステムを付加し，種々の製造ラインに適用を図るのが産業用ロボットシステムの応用展開である。適用に際し，ベースとなるロボットに手を加えることは少ない。対象とする製造ラインに適したロボットの動かし方，すなわち最適な経路を教示することが，上記応用展開における主要な役割となる。

１９９０年代，この産業用ロボットの応用展開のさなか，バブル経済が崩壊し，大量生産から多品種少量生産へ，という製品市場の変化が起こった。この時期の，現場での業務の大部分が，設備’チョコ停’と，機種切替えロス対策に費やされた，といっても過言ではない。設備’チョコ停’対策としての，代表的な取組みが，マシンビジョンシステムを用いた経路補正であった。この多品種少量生産移行のための取り組みにおいて現場にて，マシンビジョンシステムに要求されたのが，現場での素早い対応，である。

第３章に，現場での素早い対応のための解決策として提案する，プログラムレス視覚認識技術(主論文①)を記した。ROIマクロコマンドと呼ぶ特徴部分形状を見つけ出すコマンドを，組み合わせ用いることで様々な対象物の位置検出・検査を可能にした。さらにグラフィカル・ユーザーインターフェイスを用い，現場で即座にパラメータ変更可とした。８種のROIマクロコマンドを用いて，製造現場の依頼件数の約８０％について実利用できた。また，４８８箇所での実利用を実現できた。これにより，現場の作業者あるいは技術者が手早く現場の工夫を反映できるマシンビジョンシステムを提示することができた，と考える。人の工夫や経験を手早く教示できることが，今後の産業用ロボットシステムの応用展開でも必要と考える。

第２章で示したように今後の産業用ロボット応用展開において，移動ロボットはセルとロボットの仲立ちを行う重要な役割を担うと考える。このため，セル生産支援ロボット技術(主論文②)を提案する。これを第４章に記した。セル生産支援ロボット技術においても，人の工夫や経験を手早く教示できることが重要と考える。これを第４章に記した。マニピュレータ型ロボットの経路教示にて得た知見を，セル生産支援ロボット技術における，移動ロボット経路教示にも適用した。人追随経路教示およびプレイバック型自律移動よりなる自律移動方式(プレイバック型ナビゲーション)を案出し，結果として，セル生産に適した手法と確認できた。プレイバック型ナビゲーションを，工場から適用範囲を拡げ，業務用途に実利用展開を図った。具体的には，工場フロアの経路教示に加え，廊下やロビーでの移動ロボット経路教示にもプレイバック型ナビゲーションを適用した。特に，プレイバック型自律移動については，会議室案内ロボットとして実利用している。

セル生産支援ロボットの人追随基本経路教示では，人追随時に距離画像を用い，最近距離の

人に追随した。従って，廊下等で異なる人が近距離ですれ違うと間違って追随する場合がある。これに対応し改良提案するのが，5.2に記した，QRコードを用いた人追随基本経路教示(主論文③)である。QRコードを用いると，人を間違えて追随することはなくなった。さらに，一旦人を見失った場合でも，見つけ直し，続けて人追随可能であることを確認した。

セル生産支援ロボットのプレイバック型自律移動では，位置ズレ検出用のマークとして天井全景を用いた。工場フロアの場合，広範囲の天井全景画像内には何等かの特徴となる形状を含むことが多い。このため，汎用性は確保できたと考える。しかし，廊下やロビー等では，天井自体が狭く，単調な天井画像が続く場合が多い。このため，天井がマークとしての役割を果たし得ない。これに対応し改良提案するのが，QRコードを用いたプレイバック型自律移動である。一定間隔で，天井に位置ズレ検出用のQRコードを貼り，事前に記憶したQRコード情報およびQRコード位置と比較することにより，プレイバック型自律移動を実現した。現在，会議室案内ロボットとして実利用している。

ただ，セル生産支援ロボットのマークレス経路補正処理と異なり，QRコードの貼り付け時間が追加で必要となる。汎用性を確保しつつ，取り扱いが容易で即応性が確保できる手法の案出が課題である。

論文審査の結果の要旨

本研究は，電機分野における，産業用ロボットの視覚を用いた経路教示および経路補正方法に関してまとめたものである。ここでの経路教示・経路補正とは，マニピュレータ型ロボットの場合，マニピュレータ先端軌跡の経路教示・経路補正であり，移動(車輪型)ロボットの場合，並進する移動ロボット本体の経路教示・経路補正である。

成果としては，

第一に，現場での素早い対応を実現する，プログラムレス視覚認識技術を提案している。本技術は、対象物の位置検出・検査において， 特徴部分形状を見つけ出すコマンド（ROI マクロコマンドと呼ぶ）の組み合わせと、そのパラメータ調整という構成により、これらをグラフィカル・ユーザーインターフェイス上で実現することで，現場対応を容易にする技術である。特に、ROI マクロコマンド間をつなぐ共通データとして，相対位置情報を採用している点が，特長の一つでする。また，同手法は，実際の製造現場からの依頼に対して，８種のROI マクロコマンドを用い，約８０％の現場で実利用が可能であったとのことで，その有効性が示されている。

第二に，本論文では，天井全景を経路教示の基準位置とし，人の歩行経路をその相対位置情報として用いる，移動ロボットの経路教示手法を提案している。具体的には，ロボットに人追随歩行させ，走行データを記憶する。同時に，天井全景画像を離散的に撮像し記憶する。この走行データと天井全景画像列を製品基準同様に経路基準として保存し，実際の走行時は，経路基準とした天井全景画像列と走行時の天井全景画像を比較し，位置ズレを算出して経路補正する手法である。このような提案手法では，マニピュレータ型ロボットの経路教示におけるティーチングペンダントの代わりに，人追随歩行により基本経路教示を容易に行うことができる利点を持っている。天井全景画像は，セル生産に変更があっても，変化しにくく，セル生産の柔軟性の観点からも適していることが言えるなど，提案するプレイバック型ナビゲーションの有用性が示されている。

人追随，天井画像認識の精度は，プレイバック型ナビゲーションの性能と密接に関係する。第三に，より実践的なアプローチへの発展として，QRコードを利用した手法を提案している。人追随では，対象形状をQRコードとすることで，一意にパターンを特定することができ，人が混在し，他の人による遮蔽がおきるシーンにおいても，追随者の再検出により経路教示を行うことができることが示されている。また，QR コードを用いたプレイバック型自律移動では，一定間隔で，天井に位置ズレ検出用のQR コードを貼ることで，事前に記憶したQR コード情報およびQR コード位置と比較することにより，頑健なプレイバック型自律移動を実現できることが示されている。以上のように，本論文はロボットビジョンによる経路教示／経路補正技術について，重要な成果を挙げた実践的研究として，情報科学に寄与するところが大きい．よって，本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める．