

平成22年5月9日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19500194

研究課題名（和文）

ファジィコーチ・プレイヤーシステムによる音声指示ロボット鉗子システムの開発

研究課題名（英文）

Development of a Voice-Controlled Robotic Forceps System by a Fuzzy Coach-Player System

研究代表者

渡邊 桂吾（WATANABE KEIGO）

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：00136540

研究成果の概要（和文）：ファジィコーチ・プレイヤーシステムの枠組みで、人によるロボットへの知識の付与とそのロボットの行動獲得を目指して、人とロボットの知的協調制御の仕方について論じる基礎的研究を行った。具体的タスク環境としては、ロボットマニピュレータによるロボット鉗子の音声指示による位置・姿勢制御を想定し、その有用性を実験を通して検証した。さらに、マニピュレータそのものの音声制御に関して、幾つかの知的な音声指示法、音声言語理解法についても付加的研究を行った。

研究成果の概要（英文）：In the framework of a fuzzy coach-player system, several fundamental studies on the intelligent cooperative control between a human and a robot have been performed to give the robot the knowledge provided by the human and to acquire the robot behaviors. An actual task environment has been treated assuming that the position and orientation control of a robotic forceps is achieved by a voice controlled robot manipulator, and its effectiveness has been proved by experiments. Furthermore, for only a problem of controlling the manipulator by voice, some additional studies have been performed to obtain intelligent voice instruction methods and voice-linguistic interpretation methods.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：ソフトコンピューティング，ユーザインターフェース，知能機械，ファジィ理論，音声指示ロボット，ロボット鉗子

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 国内外での研究動向と位置づけ

国内での最近の「音声と画像の統合」による研究は、主に人の音声のより正確な解釈を目的として、①唇動画像と音声のバイモーダル情報を用いた個人識別に関する研究、②音声と画像の統合による対話の研究、③音声と画像の統合による「言葉」の学習、④音声と画像の統合による遠方のユーザの発見、等の研究が行われている。しかし、本研究ではロボット自身が作業環境（または対象）に関して事前に持たない詳細な情報を、画像を観測した後の（または直接観測による）人（コーチ）の知識で補間することで、「人のファジィ音声指示」に基づく高度なロボット（プレイヤー）運動制御が可能となるような、人とロボットの知的協調制御系の開発を目指すものであり、このような試みは、この研究計画が初めてである。

### (2) 着想に至った経緯とこれまでの研究成果の発展

コーチと選手が、特にお互いが近距離において、コーチが直接選手の運動状況を目で観測し、その後コーチの評価基準からして不満足ならばコーチの自然音声により選手への運動の改善命令を出すことにより、コーチがイメージしている「理想的な」演技を運動選手が実現するような関係を、例えば「音声・直接観測方式によるコーチ・プレイヤーシステム」と定義し、この概念にほぼ沿って人（ユーザ）とロボット間を自然音声でコミュニケーションでき、かつロボットへの手先2次元あるいは3次元運動指示ならびに任意の複雑な姿勢運動指示可能な協調制御システム（またはエージェントあるいはサブコーチ）について研究してきた。また、この概念をより一

般化し、さらにユーザのモニターを通した画像理解と自然音声との統合等により、遠隔環境下を想定したより効率のよい人とロボットとの協調制御系が作れることを2次元あるいは3次元色物体の認識や把持実験を通して一般的に研究してきた。

このように、人（ユーザ）を直接コーチと見なし、マニピュレータや移動ロボットをプレイヤーと見なした、「人の自然言語からなるあいまいな音声を媒体とする「ファジィコーチ・プレイヤーシステム」の考え方は、渡邊らが数年前から行ってきた「ファジィ音声指示コントローラ」をベースにした方法であり、ほぼ枠組み的には出来上がりつつある。従って、本研究期間では具体的実現応用として鉗子を用いた簡易手術ロボットを想定したときの「医者（ユーザ）とロボット鉗子の協調運動制御システム」に適用可能であろうとの見通しを得た。

## 2. 研究の目的

運動コーチングにおけるコーチと選手（プレイヤー）の関係を、「あいまいな自然音声を発する人とロボットの関係」と見なし、その関係を「ファジィコーチ・プレイヤーシステム」として定式化し、ロボットへの知識の付与とそのロボットの行動獲得を目指した人とロボット間のより知的な協調制御の仕方について論じる新しい枠組みに関する基礎研究をこれまで行ってきた。本研究では、それらの基礎成果に鑑み、具体的タスクとしてロボット手術の一環としてのロボットマニピュレータによるロボット鉗子の開閉操作、位置・姿勢制御ならびに物体認識動作を想定した実験環境を扱い、本アプローチの有用性を自然言語を用いた「音声指示ロボット

鉗子システム」で実証しようとするものである。

### 3. 研究の方法

(1) 19年度の研究計画：19年度は主に、ユーザとロボットが同時環境下にいる「音声・直接観測方式によるファジィコーチ・プレイヤーシステム」での鉗子運動制御，特に，従来の2指ハンド機構を介した回転プーリーによる鉗子の開閉機構の試作ならびに位置・姿勢制御システムを開発する。同時に時間が許せば，同時環境下あるいは遠隔環境下でのモニター画像を利用する「音声・間接観測方式によるファジィコーチ・プレイヤーシステム」での問題を扱う。

具体的実験については，前者の実験では複数の予備鉗子を購入する。後者の同時環境下でのモニター画像を利用する場合について，既存の7自由度ロボットマニピュレータ自身により複数の色の異なる物体（ターゲット）の認識と鉗子手先追尾運動制御について研究する。渡邊が基本的問題設定と統括を行い，泉と大学院生が実験的考察を行う。

(2) 20年度は主に，ユーザとロボットが同時環境下あるいは遠隔環境下でのモニター画像を利用する「音声・間接観測方式によるファジィコーチ・プレイヤーシステム」での問題を扱い，特にロボット鉗子の3次元姿勢制御と深度制御を検討する。具体的実験については，同時環境下での2次元モニター画像を利用する場合について，既存の7自由度ロボットマニピュレータ自身により複数の色の異なる物体（ターゲット）の認識と鉗子手先追尾運動制御について研究する。ただし，その際にロボット鉗子の3次元姿勢と深さ方向の制御を音声で指示できるシステムを開発する。渡邊が基本的問題設定と統括を行い，泉と大学院生が姿勢関係の回転制御と照明により鉗子の影を発生させ深度方向の制御を行わせる制御系を開発する作業等を通し

て，実験的考察を行う。

(3) 3次元位置姿勢の動作のための教示についての検討，特に，照明により鉗子の影を発生させる方法は前年度で終了し，また鉗子先端位置の直接の画像情報の他に，補助情報を付加し鉗子先端の位置をユーザに知らせることにより3次元方向の鉗子の操作を容易にする方法も20年度で終えた。21年度はこれまでのまとめと，マニピュレータそのものの音声制御に関して，あいまいな音声言語を理解するための内部リハーサル法や視覚注視に基づくあいまい言語情報評価を行うユーザ指令値の解釈法等について，付加的研究を行う予定である。

### 4. 研究成果

(1) 1年目の成果：本年度の前半では，ユーザとロボットが同時環境下にいる「音声・直接観測方式によるファジィコーチ・プレイヤーシステム」での鉗子運動制御，特に，従来の2指ハンド機構を介した回転プーリーによる鉗子の開閉機構の試作ならびに位置・姿勢制御システムを開発した。後半では，同時環境下あるいは遠隔環境下でのモニター画像を利用する「音声・間接観測方式によるファジィコーチ・プレイヤーシステム」での問題を扱った。

ロボットに音声で「右に動け」などの直接的な動作の教示を行うだけでは，ロボットは「赤い物体の目的地へ移動する」などの具体的なタスクを効率よく，あるいは一気に実行できない。そこで研究では，タスクを表す大域的教示と直接的な動作を表す局所的教示の2つに音声教示を分けたファジィコーチ・プレイヤーシステムについて検討した。このようなシステムをロボット鉗子システムに適用し，その有効性を実験を通して検証した。ただし，局所的教示の自然言語に含まれる「ちょっと」などのあいまいな表現は，状況

や主観的尺度に依存するものであり、一般的な解釈は困難である。そこで、ここでは程度を表す副詞をファジィ推論によって定量化しマニピュレータ動作に反映させる方法を採用した。

(2)2年目の成果：2008年度は、前半では、2次元画像では奥行きが判断しにくいので3次元位置姿勢の動作のための教示について検討し、特に、照明により鉗子の影を発生させる方法を検討し、実験による有効性を示した。後半は、鉗子先端位置の直接の画像情報の他に、補助情報を付加し鉗子先端の位置をユーザに知らせることにより3次元方向の鉗子の操作がやりやすくなった。ただし、ユーザに提示する補助情報としては、鉗子先端の3次元位置情報と音声指示による移動量を画面に表示させた。また、鉗子先端位置と音声指示情報、あるいは前回の移動量と音声指示情報を用いたファジィルール後件部の更新法を提案し、より各ユーザとの親和性を向上させることができた。その他、マニピュレータそのものの音声制御に関して、視覚運動統合学習 (Visual Motor Coordination Learning) を用いた音声教示法の提案、視覚注視 (Visual Attention) に基づくあいまい言語情報評価を行うユーザ指令値の解釈法等についても研究した。

(3)3年目の成果：平成21年度はこれまでのまとめとして、マニピュレータそのものの音声制御に関して、あいまいな音声言語を理解するための「内部リハーサル法」と「音声キューによるロボット知覚の適応化」について、付加的研究を行った。

①「少し」のようなあいまい言語の用語に関する定量的評価は、周辺環境の空間配置に依存する。過去の運動に関するロボットの経験は、ある状況依存な手法でそのような情報を解釈するのに非常に有用である。したがっ

て、内部リハーサル法の研究では、過去の運動に関するロボットの経験を獲得するために「内部リハーサルシステム」を導入した。あるロボットマニピュレータのエンドエフェクター動作や単一関節運動を原始運動として考えるとき、提案システムをその原始運動に関係するあいまい音声指令値を評価するために使った。ただし、原始運動は内部リハーサルシステムのガイドを用いて「行動評価ネットワーク」により実現した。提案法の概念は、ユーザの作業空間内でPA-10ロボットマニピュレータをナビゲートさせることで説明し、対応環境のロボット経験を獲得することで、あいまい言語情報をよりよく評価できることを実証した。

②一方、音声キューによるロボット知覚の適応化では、音声キューを評価することであいまい言語情報についてのロボット知覚を適応化する一手法を提案した。前の研究と同じように「ほんの少し」のようなあいまい言語情報についてのロボット知覚は、環境配置やユーザの期待値に依存する。したがって、対応する環境についてロボット知覚は、音声キューを通してのユーザの知覚を獲得することで修正できる。また、原始運動に関係するあいまい言語情報は、行動評価ネットワークで評価した。さらに、音声キュー評価システムは、行動評価ネットワークを修正するための音声キューを評価するのに利用した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計17件)

- ① A. G. Buddhika P. Jayasekara, Keigo Watanabe, Kiyotaka Izumi, and Maki K. Habib, Visual evaluation and fuzzy voice commands for controlling a robot manipulator, Int. J. Mechatronics and

Manufacturing Systems, 査読有, vol. 3, 2010, 244-260

- ② A.G. Buddhika P. Jayasekara, Keigo Watanabe, Kazuo Kiguchi, and Kiyotaka Izumi, Interpreting Fuzzy Linguistic Information by Acquiring Robot's Experience Based on Internal Rehearsal, JSME, Journal of System Design and Dynamics, 査読有, Vol. 4, 2010, 297-313
- ③ A.G. Buddhika P. Jayasekara, Keigo Watanabe, and Kiyotaka Izumi, Understanding user commands by evaluating fuzzy linguistic information based on visual attention, Artificial Life and Robotics, 査読有, vol. 14, 2009, 48-52
- ④ A.G. Buddhika P. Jayasekara, Keigo Watanabe, Kiyotaka Izumi, and Maki K. Habib, Posture Control of a Robot Manipulator by Evaluating Fuzzy Linguistic Information Based on User Feedback, Proc. of IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2009), 査読有, 2009 1440-1445
- ⑤ 8. A. G. Buddhika P. Jayasekara, Keigo Watanabe, Kazuo Kiguchi, and Kiyotaka Izumi, Adaptation of robot behaviors toward user perception on fuzzy linguistic information by fuzzy voice feedback, Proc. of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (IEEE RO-MAN 2009), 査読有, 2009, 395-400

[学会発表] (計5件)

- ① 徳永拓也, 渡辺桂吾, 泉 清高, 大野貴広, 三次元姿勢と深度を考慮したロボット鉗子の音声指示システム, ロボティクス・メカトロニクス講演会 '08 講演論文集, 2008年6月5-7日, ビッグハット, 長

野市

- ② 徳永 拓也, 渡辺 桂吾, 泉 清高, 3次元  
教示動作における補助情報によるファジ  
ィルールの抽出, SICE システム・情報  
部門シンポジウム 2008 講演論文集,  
2008年11月26--28日, イーグレひめ  
じ・姫路市国際交流センター
- ③ 石井伸一, 渡辺桂吾, 泉 清高, 徳永拓  
也, ファジィコーチ・プレイヤーシステ  
ムによる音声指示を用いたロボット鉗子  
の操作, ロボティクス・メカトロニクス  
講演会 '07 講演論文集, 2007年5月  
10-12日, 秋田拠点センターALVE
- ④ 泉 清高, 石井伸一, 渡辺桂吾, ファジィ  
コーチ・プレイヤーシステムにおける階  
層型教示, SICE システム・情報部門シ  
ンポジウム 2007 講演論文集, 2007年11  
月26-28日, 国立オリンピック記念青少  
年総合センター
- ⑤ 石井伸一, 渡辺桂吾, 泉 清高, 階層的教  
示を用いたファジィコーチ・プレイヤー  
システム, 第25回計測自動制御学会九州  
支部学術講演会予稿集, 2007年12月1,2  
日, 鹿児島大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:

国内外の別：

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 桂吾 (WATANABE KEIGO)  
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授  
研究者番号：00136540

(2) 研究分担者

泉 清高 (IZUMI KIYOTAKA)

佐賀大学・理工学部・准教授  
研究者番号：10284613

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：