

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700176

研究課題名（和文）

人間の「つもり」の抽出と「つもり」を用いたロボットの操縦

研究課題名（英文）

Manipulate robot with detection and transmission of an archetype of behavioral intention

研究代表者

丹羽 真隆 (NIWA MASATAKA)

大阪大学・大学院情報科学研究科・特任研究員

研究者番号：80573245

研究成果の概要（和文）：本研究では、人間の意図には分節性があると考え、ヒトの行動文節をあらかじめ作られたロボットの行動分節に対応づけることによって多自由度なロボットを低自由度な操縦桿で操縦する手法である「つもり」制御を提案し、本手法を確立するために必要なヒトの行動意図の文節性や対応付けに関わる要素などを調べた。

研究成果の概要（英文）：We propose a novel architecture to realize tele-existence with matching temporally discrete segmentation of behavior between a human and a humanoid robot or another human. Our idea is that the robot is not creating a completely same motion as the controller but just try to realize the intention. To realize the “Tsumori” controller, we conducted the experiments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：ロボット操縦，行動分節

## 1. 研究開始当初の背景

現在，多自由度なロボットをレバーやボタンといったコントローラによって随意に操縦するためには，ロボットの自由度と同等以上の数のボタンやレバーを用いるか，それらを組み合わせたコマンドなどを用いる必要がある．その操縦方法を学習する必要がある．

学習を必要としないロボットを操縦する手法として，テレグジスタンスが挙げられる．しかし，ロボットと同自由度な等身大の装置が必要となることや，ロボットの形状も

ヒト型に限定される．また，ヒトの動きに追従できるようにシステムを組む必要があるため，実装が容易ではない．

一方で，SF 作品においてはこのような条件を満たさないにも関わらず随意性をもってロボットを操縦している描写が存在する．例えば横山光輝の「鉄人 28 号」では，操縦桿を握っているだけでヒト型ロボットを随意に操縦している．また，テレビを通して同作のようなロボットアニメの動きを夢中で見ている子供でも，自分のオモチャを操縦桿

に見立てて、その操縦桿を動かすことで自分が操縦している「つもり」になることができる。これらの場合、入力動作とロボットの動きの間に空間的や時間的な完全一致は望みようが無いが、操作者の行動意図と実際のロボットの動きが一致している。

そこで本稿では、この自分が操縦している「つもり」になれるという状況を利用する新たなロボット操縦法として「つもり」制御を提案する。

## 2. 研究の目的

「つもり」による操縦とそれを実現するための手法を、図1に従って説明する。

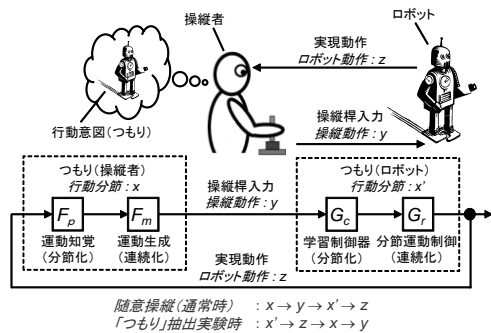


図1 つもり制御

まず、ロボットにこう動いて欲しいという「つもり」である人間の行動分節  $x$  は、運動生成過程  $F_m$  によって連続化された操縦桿への入力動作  $y$  となる。そして、この  $y$  はロボット側の学習制御器  $G_c$  にて行動分節  $x'$  へと変換され、この  $x'$  を基にロボットは運動制御器  $G_r$  にて連続化されたロボットの動作  $z$  を実行する。  $z$  を観測した操縦者は感覚野  $F_p$  にてこれを分節化することで最初の行動意図  $x$  と等価であるかを判断し、次の行動意図にフィードバックしていく。このときロボットを随意に操縦するためには  $x$  と  $x'$  が正しく対応している必要がある。

この対応関係を取得するために、前述のアニメのロボットを操縦しているつもりになっている子供の例の状況を利用する。まず、実験者が用意した一連のロボットの動作列を視覚的に被験者に提示する。それを提示された被験者は、見まね観察によってそのロボットの動作に対応したヒトの行動意図（「つもり」）を再分節化する。そして、獲得したヒトの「つもり」に直観的に対応した挙動を操縦桿に対して入力 ( $y$ ) し、入力  $y$  (ヒトの行動分節) と予め設定されていたロボットの行動分節  $x'$  の対応付けを行うことによって学習制御器  $G_c$  を獲得する。以降では、これを「つもり」の抽出と呼ぶ。

本研究では、本手法の実現性を確認するた

めに、このロボット操縦方法を実装し、入力の履歴の利用の有無で何割程度の一致率で操縦できるかどうかを確認し、その過程で入力の分節性について議論を行う。また、異なる操縦桿での比較を行い、その結果から操縦桿に意図が入力できていることを確認する。さらに、ヒトが身体運動を観察した際の認識・再生のプロセスにおいて、分節及び情報処理のプロセスが観察対象の動作速度の変化によってどのような影響を受けるか検証する。

## 3. 研究の方法

はじめに、「つもり」の抽出を行う。実験装置は、図2左に示すような6自由度の力センサの上に立てられた2本の操縦桿と計17の自由度を持つヒト型ロボット（株式会社タカラトミー、i-sobot）1台、ロボットを制御するPCから構成されている。

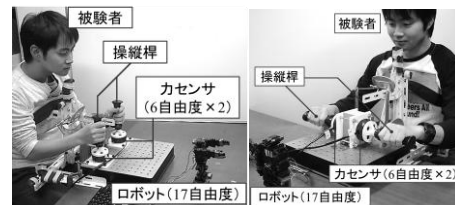


図2 実験装置の概要

まず、ロボットの行動分節となる一定時間長の連続動作を120種類用意した。そして、この120種類の行動分節の中から20個組み合わせ合わせた動作列を9種類用意する。被験者は、各動作列を見ながら、自分が操縦しているつもりになって、操縦桿に対して入力を行う。その際、被験者にロボットの行動分節の区切りを提示するために、ロボットの行動分節と行動分節の間にリズム音を提示しており、被験者はこれにあわせて入力を行う。各動作列はそれぞれ5回連続で提示される。また、これら9種類×5回を1セットとし、9種類の動作列はランダムな順に提示される。また、動作列の素となるロボットの行動分節の長さが1.6秒と0.8秒の条件を用意した。これにより、学習制御器  $G_c$  を構築した。また、図2右のような異なる形状の操縦桿についても同様に抽出を行っている。

次に、前章で述べた方法と同様手順で、新たに20個のロボットの行動分節からなる1種類の動作列を作成した。この動作列に含まれる20個の行動分節は、前述の「つもり」の抽出の1-9の動作列に含まれているものを利用している。そして、前回同様に60試行を行い、最終10試行を被験者の意図で操縦したとみなした。これは、被験者がロボットの動作を十分記憶した後の試行においては、ロボットの動作と同時に操縦桿入力が可能で

あり、リアルタイムに操縦桿に対してロボットが動作しているものと同等であると考えたからである。また、被験者の内観報告により、本章および前章の実験において、十分動作を記憶した後は、自分がロボットを操縦しているような感覚であったことが確認されている。「つもり」の抽出と同様に、1.6秒と0.8秒の条件について試行を行っている。

さらに、連続動作の観察による認識・再生の分節化において動作速度が分節に与える影響を検証するため、同一の動作を異なる速度で提示してそれぞれに対して分節化を行わせ、分節の変化を観察した。被験者にヒトが身体運動をする映像を提示し、第三者に動作内容を伝達するのに必要な姿勢を抜き出させ、この姿勢を分節の区切れと定義することで動作の分節化とした。また、動作に対する認識・再生の意図の変化を抽出するため、被験者に映像内の動作者を自分が操縦しているつもりで操縦桿による入力を行わせた。随意的な操縦桿入力には操縦者の動作意図が反映されているとみなし、操縦桿入力の変化を被験者の認識・再生プロセスにおける意図の変化と定義する。この理論は意図伝達に関する先行研究に基づく。以上の分節化課題と入力課題を1セットとし、映像の再生速度を変えた複数条件（1倍速・8倍速）で同様の試行を行った。

#### 4. 研究成果

「つもり」の抽出によって得られた学習制御器  $G_c$  を用いて、この操縦を模した試行を評価したところ、図3に示すように、6割程度の一致率で操縦を行うことができることが確認できた。また、被験者の入力を確認したところ、観察しているロボットの動作が同一でも、そのロボットの過去の動作によって入力が異なるケースがあったため、これを考慮しマッチングを行ったところ、1分節以上前の入力の履歴を考慮することによって1割程度の一致率の向上が確認できた。また、この傾向が、ロボットの行動分節の時間長が1.6秒、0.8秒の場合の両者において起こっているため、過去の一定時間長のロボットの動

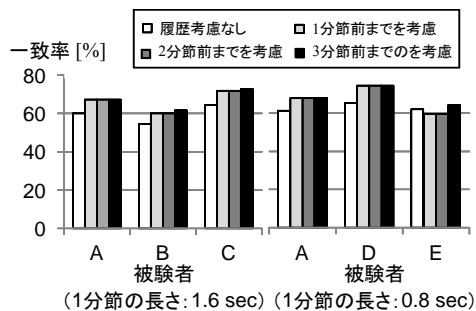


図3 学習制御器  $G_c$  による一致率

作ではなく、分節単位の動作に影響を受けていることが分かる。

また、異なる操縦桿を用いて入力を行っていた場合においても、この過去の履歴の影響を受ける条件が変化しなかった。このことから本手法が入力装置に依存せず、意図が入力装置に反映されていることが確認できた。

また、再生速度を変化させた実験において、いずれの被験者も再生速度条件に依らずほぼ同一の姿勢において分節化を行ったが、速度条件の変化によって分節の区切れの数・姿勢が変化している。これより、速度の変化の影響は認識の段階で既に現れているといえる。さらに、分節が変化した区間において入力も変化している。これは再生における変化があったことを示している。この結果を受けて、再生と観察の入力の速度を異なるものにし、これらの条件を切り分け検証したところ、認識の段階と再生の段階の両方にそれぞれ独立して影響を与えることが確認できた。このことから、ある速度の動作のみで学習制御器  $G_c$  を構築するのではなく、異なる動作だけでなく異なる速度についても抽出をする必要があることが確認できた。

さらに、本手法では被験者の入力を安定させるために、複数回の試行を行っている。これらの実験を通じて、既に記憶している動作、および記憶が容易な意味のあるや時間の短い動作については、入力が安定するまでの時間が大幅に減少した。この結果から、「つもり」の抽出の際には、ひとつの動作を短くしたり意味のある動作を利用するなど覚えやすい工夫をすることによって、抽出の時間が短縮できると考えられる。

これらの結果により、本手法によるロボット操縦が可能であることを示し、また実装するための指針に関する知見を得ることができた。

#### 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1件)

- [1] 丹羽真隆, 飯塚博幸, 安藤英由樹, 前田太郎: つもり制御: 人間の行動意図の検出と伝送によるロボット操縦, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 17, No. 1, pp. 3-10, 2012. (査読有り)

〔学会発表〕(計2件)

- [1] 丹羽真隆, 岡田慎矢, 東健太郎, 飯塚博幸, 安藤英由樹, 前田太郎: つもり制御: 人間の行動意図を用いたロボット操縦, Proceedings of the 2011 JSME Conference on Robotics and Mechatronics (ロボティクス・メカトロニ

クス講演会 2011, ROBOMECH2011),  
1P1-H10, 5/27, 2011, 岡山.

- [2] 丹羽真隆, 岡田慎矢, 東健太郎, 飯塚博幸,  
安藤英由樹, 前田太郎: つもり制御にお  
ける入力装置の違いが人間の行動意図に  
与える影響, Proceedings of the 2011  
JSME Conference on Robotics and  
Mechatronics (ロボティクス・メカトロニ  
クス講演会 2011, ROBOMECH2011),  
1P1-H11, 5/27, 2011, 岡山.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

丹羽 真隆 (NIWA MASATAKA)

大阪大学・大学院情報科学研究科・特任研究  
員

研究者番号 : 80573245