

# トレイグジスタンスの研究 (第 49 報)

## 時間スケール変換による

### オーグメンティドトレイグジスタンスの研究

A study of Augmented Telexistence by transforming of time scale

篠原亮, 梶本裕之, 川上直樹, 舘暲

Ryo SHINOHARA, Hiroyuki KAJIMOTO, Naoki KAWAKAMI and Susumu TACHI

東京大学 大学院情報理工学系研究科

(〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, ryo.shinohara@ipc.i.u-tokyo.ac.jp)

**Abstract :** Telexistence is master-slave technology that enable a person navigate a robot with high realistic sensation. This paper proposes a new telexistence system that support navigator's task by transforming of time scale virtually. Concretely speaking, an intelligence which transform robot space by controlling robot vision and robot arm in sync can make navigator feel that target object move slowly. We make virtual reality simulation of this system, and we test the viability of Augmented Telexistence in virtual reality simulation.

**Key Words:** *Telexistence, virtual reality simulation, time scale*

## 1. はじめに

トレイグジスタンスとは、遠隔に存在するロボットをあたかも自分の分身のように、高度な臨場感を有しつつ自在に制御することができるマスタスレーブ技術である [1]。トレイグジスタンスシステムは人間-機械系のシステムであり、人間とロボットの長所を活かすことのできるシステムの可能性がある。この考えのもと、従来のトレイグジスタンスに時間スケール変換を付加することで操縦者の知覚を拡張させるシステム、オーグメンティドトレイグジスタンスを提案する。

今日、人間-機械系のシステムで様々な作業支援システムが研究されている。例えば、重量物を持ち上げることを可能にするパワードスーツや、心拍動を補償することによって手術を容易にする手術支援システム [2] などがある。前者は、カスケールの変換、後者は空間スケールの変換により操縦者の作業を支援している。その中で我々は、高速な物体を対象とする作業に着目し、擬似的に時間スケールを変換することによる作業支援システムの実現を目指す。

本稿では、トレイグジスタンスシステムに時間スケール変換を付加することで、操縦者の作業を支援するオーグメンティドトレイグジスタンスを提案し、VR シミュレーション上での検証結果を示す。

## 2. システム構成

### 2.1 システム概念図

システムの構成について、図 1 に示す。リンク型計測装置 ADL-1 により操縦者の頭部の位置姿勢計測を行い、マスタアームにより操縦者の腕の位置姿勢計測を行う。計測された位置姿勢情報に時間スケールを変換させるインテリジェンスを加えて、スレーブヘッド、スレーブアームを制御する。スレーブロボットの視覚カメラの映像を HMD に提示し、操縦者はオーグメントされた環境で作業を行う。

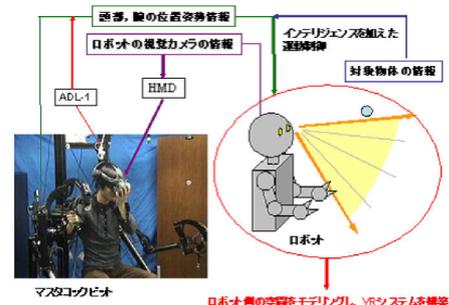


図 1: システム構成

### 2.2 VR シミュレーション

オーグメンティドトレイグジスタンスの検証を行うために、スレーブロボット空間をモデリングした VR シミュレーションを構築した。シミュレーション構築には、ODE(OPEN



図 2: VR シミュレーション

DYNAMICS ENGINE) を用いた。図 2 に、HMD に提示する VR シミュレーション映像を示す。

### 3. オーグメンティドトレイグジスタンスの実現方針

#### 3.1 基本的な考え

高速な球を打つという作業に関して、対象の球の位置、速度はモーションキャプチャなどの計測により既知であるという前提で考える。高速な球を低速な動きに知覚させるには、スレーブロボットの空間を球の動きに合わせて、移動させることで実現できる。すなわち、ロボットビジョンとロボットアームを同期して対象の動きに追従させることで、操縦者に対象の速度を擬似的に低速に知覚させる。また、作業をする直前に時間スケール変換を付加することにより球が低速になったように知覚させる。

#### 3.2 並進による時間スケール変換

##### 3.2.1 条件 1

最も単純な方法として、ロボットアームとロボットビジョンを球の動きと同じ方向に並進させることで球の速度を低速に知覚させる方法を考える。アームと球の距離が  $L$  になった時から速度  $v$  の球を速度  $kv$  に知覚させる場合、球がアームに到達する時間  $T$  は  $1/k$  倍に、並進の時間スケール変換によるロボット空間の移動距離は  $(1-k)L/k$  になる。

##### 3.2.2 条件 2

アームと球の距離が  $L$  になった時に急に速度を低速にするのではなく、加速度運動をしてアームの位置で球の速度を  $kv$  に知覚させる場合、球がアームに到達する時間  $T$  は  $2/(k+1)$  倍に、ロボット空間の移動距離は  $(1-k)L/(1+k)$  になる。

## 4. 実験

### 4.1 実験条件

操縦者から右 5m, 前方 0.4m の位置から、右から左に 2m/s で進んでくる球をつつくという作業を操縦者に課す。HMD の垂直画角は 36 度、水平画角は 48 度であり、眼間距離は 8cm である。第 3.2 節で記した 2 種類の時間スケール変換に関して、 $k = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$ ,  $L = 0.5(m)$  について実験を行った。それぞれ 10 回試行し、成功回数を比較する。

## 4.2 実験結果, 考察

タスクの成功回数とロボット空間の移動距離を表 1 に示す。低速に知覚させるほど成功回数は多いが、ロボット空間の移動距離も大きくなり、現実のロボットの稼働範囲を考慮すると実現性が低くなると考える。また、条件 1 では急に速度が変化するため作業に違和感を感じるが、条件 2 では違和感を感じることなく低速に知覚することができ、作業が向上した。

表 1: 実験結果

k	0	0.25	0.5	0.75	1.0
条件 1	10 ( $\infty$ )	10 (1.5m)	8 (0.5m)	5 (0.17m)	0 (0m)
条件 2	10 (0.5m)	8 (0.3m)	2 (0.17m)	0 (0.07m)	0 (0m)

## 5. まとめ

トレイグジスタンスシステムに、ロボット空間を並進させることで擬似的に時間スケールを変換させる操縦者の作業の向上を図るシステムについて提案し、VR シミュレーション上で検証を行った。時間スケール変換を付加することにより、作業の成功回数は上がったが、現実のシステムでの稼働範囲や機構を考慮した時間スケール変換を考える必要がある。

## 6. 今後の研究方針

本稿のオーグメント方法は、単純に対象の動きに追従することで操縦者に対象の速度を遅く知覚させる手法であった。しかし、このオーグメント方法では、ロボットヘッドとロボットアームの稼働範囲を必要とし、現実のロボットで実装することが構造的に難しいと考えられる。そこで、実機への実装を考慮して、ロボットヘッド、ロボットアームを並進させるのではなく回転させることで、対象の速度を遅く知覚させるオーグメント方法について検証し、実機に実装し有効性を示す予定である。

## 参考文献

- [1] 館, 川上, 梶本: テレイグジスタンスの研究 (第 35 報) 相互トレイグジスタンスロボット TELESARII の構想, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 590-591, 2003.
- [2] 樋原直之, 小林祐樹, 岡田昌史, 中村仁彦: 臓器運動補償機能をもつ双腕マスタスレーブ手術ロボットシステム, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'02(ROBOMECH'02), 2002