

ダイレクトティーチによる空間掃引を利用したロボット教示

A Robot Teaching Method Utilizing Swept Volumes by Direct Teaching

○ 潮田 達也 (横国大)
Tatsuya USHIODA, Yokohama National University

正 前田雄介 (横国大)
Yusuke MAEDA, Yokohama National University

秋葉 大輔 (横国大)
Daisuke AKIBA, Yokohama National University

Abstract

In this poster, we propose a robot teaching environment which enables neat teaching with less burden for human operators at any level of skill. First of all, sweeping a volume by the body of a robot is executed using direct teaching. The swept volume is calculated on a computer from the joint angles of the robot, which have been taken at volume sweeping. We can recognize the swept volume as a movable space of the robot, because it is a volume through which the robot body passed. The obtained movable space is used by a motion planner to generate a path of robot motion automatically. Doing the above-mentioned procedure, operators can get well-optimized paths with less burden compared to conventional teaching playback and offline teaching.

研究背景

産業用ロボットの教示

非熟練者にとっては、少ない手間で適切な教示を行うことは困難

例. ティーチングプレイバック (Fig. 1)

ロボットの採るべき動作経路を逐一教示

ロボットのスペックを良く理解しなければ、動作サイクルタイムを短くできない

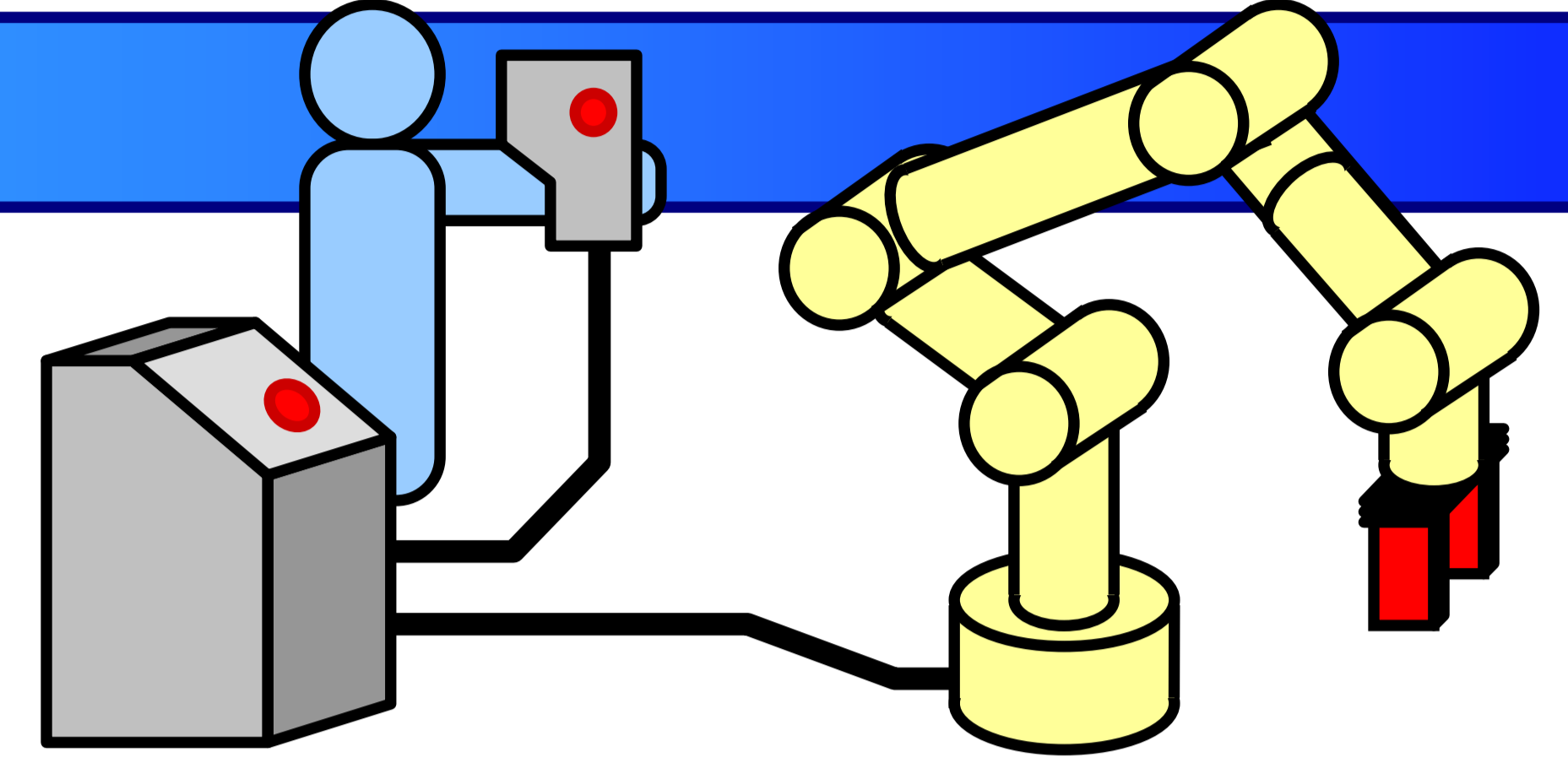


Fig. 1 Teaching Playback

従来研究

教示における、作業者への負担を軽減しようとする研究がなされている。

従来手法 1. ダイレクトティーチによるティーチングプレイバック

力制御を施したロボットの手先を、作業者が直接持って操作し、ティーチングプレイバックによって教示 (Fig. 2)

ロボットを直感的に操作することが可能で、教示にかかる負担を軽減

しかし

ティーチングプレイバックをしなければならず、動作サイクルタイムを短くするような教示を、非熟練者が行うのは難しい

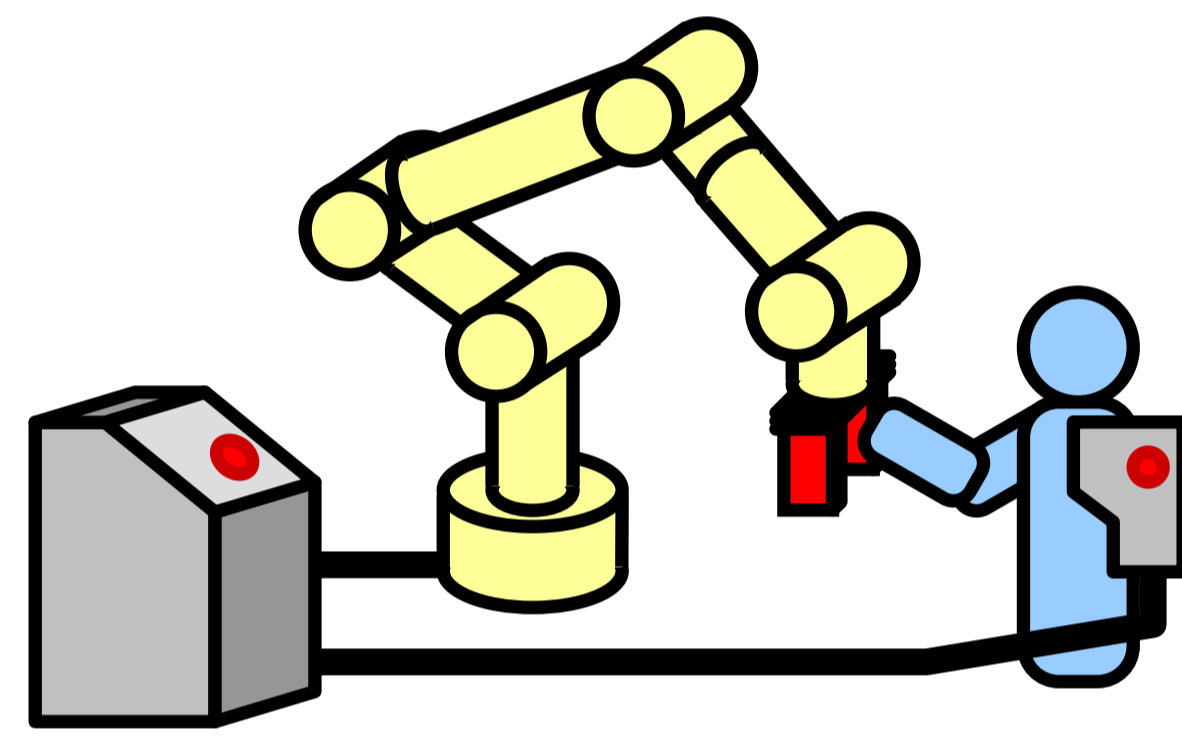


Fig. 2 Teaching Playback by Direct Teaching

従来手法 2. 自動動作計画

ロボットの採るべき動作経路の準最適解を、動作計画アルゴリズムに従ってコンピュータにより自動的に生成 (Fig. 3)

コンピュータに計算させるため、作業者の熟練度に依らず、適切な教示を行える

しかし

ロボットや、その周りの障害物などの情報をコンピュータに入力しなければならないという別の手間がかかる

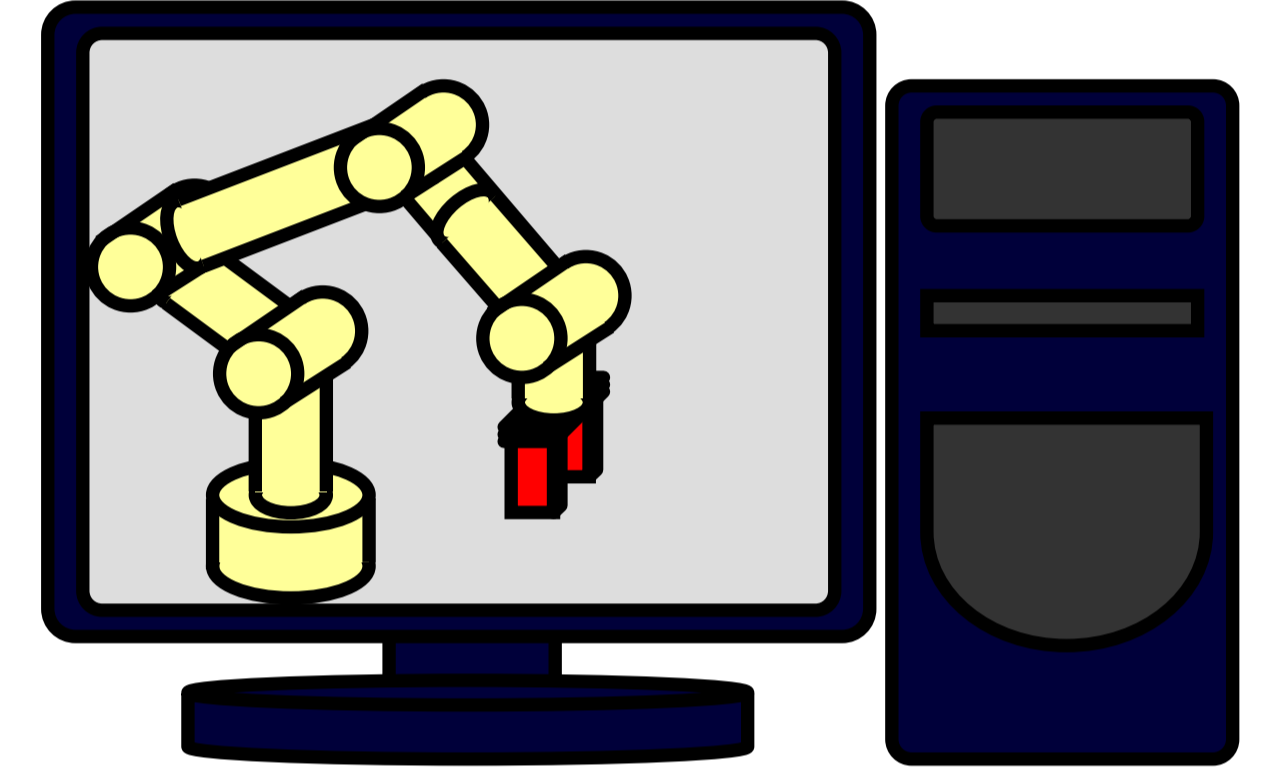


Fig. 3 Motion Planning

研究目的

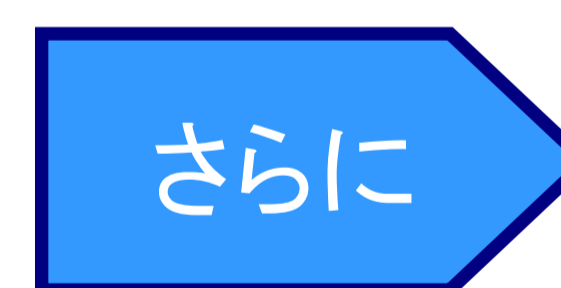
簡単に労力が少なく、品質の高い教示を行える環境の実現

提案する教示手法

[長谷川 2004]
空間掃引を利用した遠隔
マニピュレータの動作計画



一般的なロボットの教示に応用



ダイレクトティーチを導入
ロボットの操作を簡便化

本教示の作業手順

1. ダイレクトティーチによる空間掃引

ダイレクトティーチにより、ロボットを障害物に衝突しないように様々に動かす、そのときの関節角情報を蓄積 (Fig. 4)



Fig. 4 Volume Sweeping by Direct Teaching

2. 掃引空間の計算

1で蓄積した関節角情報をもとに、コンピュータ上にロボットの掃引空間を計算 (Fig. 5)

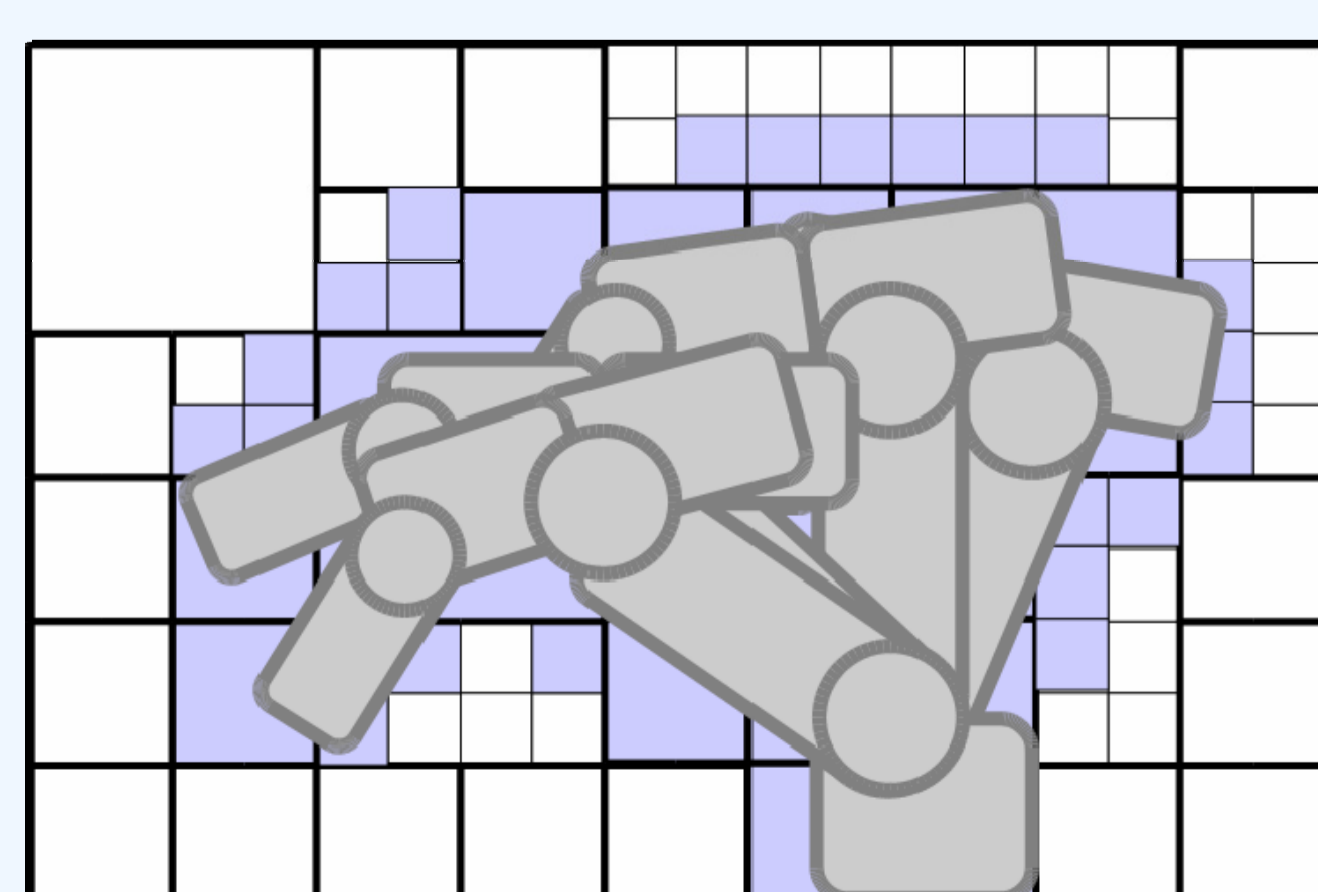


Fig. 5 Generating a Swept Volume

3. 動作計画

2より得られた掃引空間を可動空間とした、初期位置から目標位置までのロボットの動作計画 (Fig. 6)

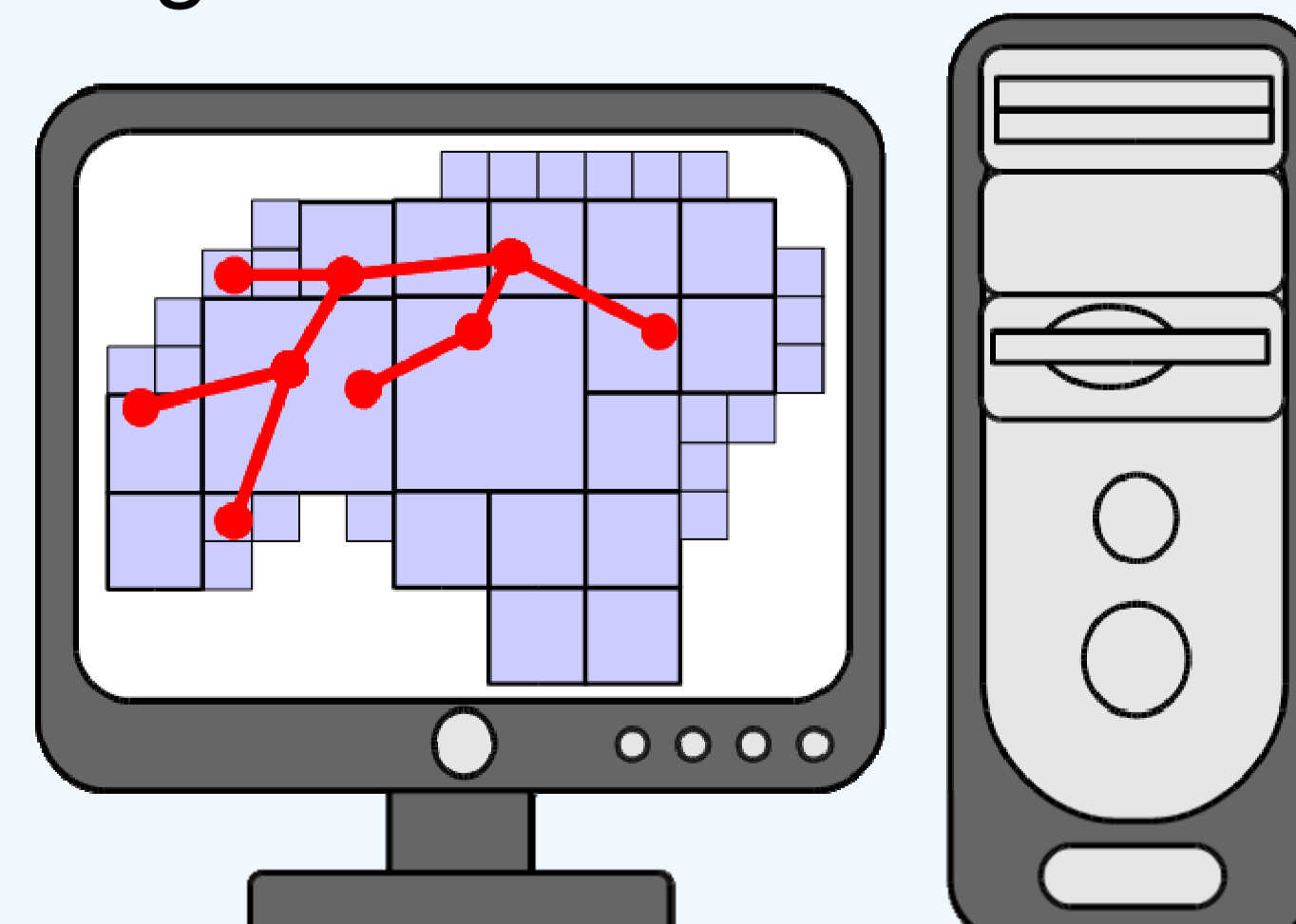


Fig. 6 Motion Planning

4. 実機による動作実行

3の動作計画より得られた軌道データ通りに実機のロボットを動作 (Fig. 7)

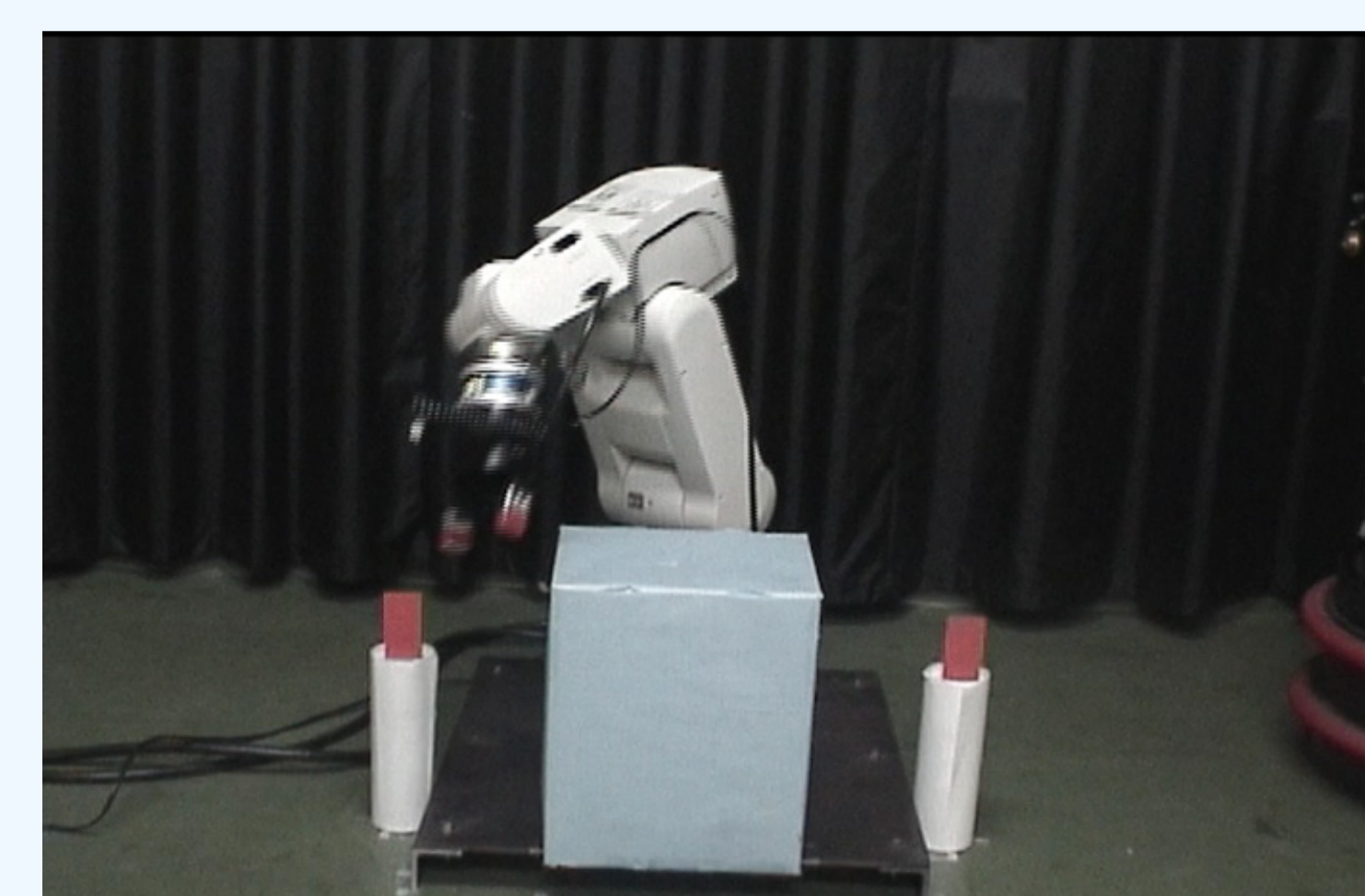


Fig. 7 Execution of Planned Motion

動作計画に必要な環境情報(障害物情報)を、ダイレクトティーチによる空間掃引によって容易に獲得

以上の手順で作業を行うことにより、簡単に労力が少なく、品質の高い教示が実現できる

各工程の説明

ダイレクトティーチによる空間掃引

作業内容

- ・ ロボットに力制御を施す
- ・ 手先を持って様々に動かし、空間を掃引
- ・ コンピュータに各関節角のログを記録
- ・ 動作計画で用いる初期位置、目標位置を獲得

ロボットのボディが通過したあとの空間を掃引空間として扱う。

初期位置、目標位置を、ティーチングプレイバック的に利用することで、十分な精度を確保することが可能。

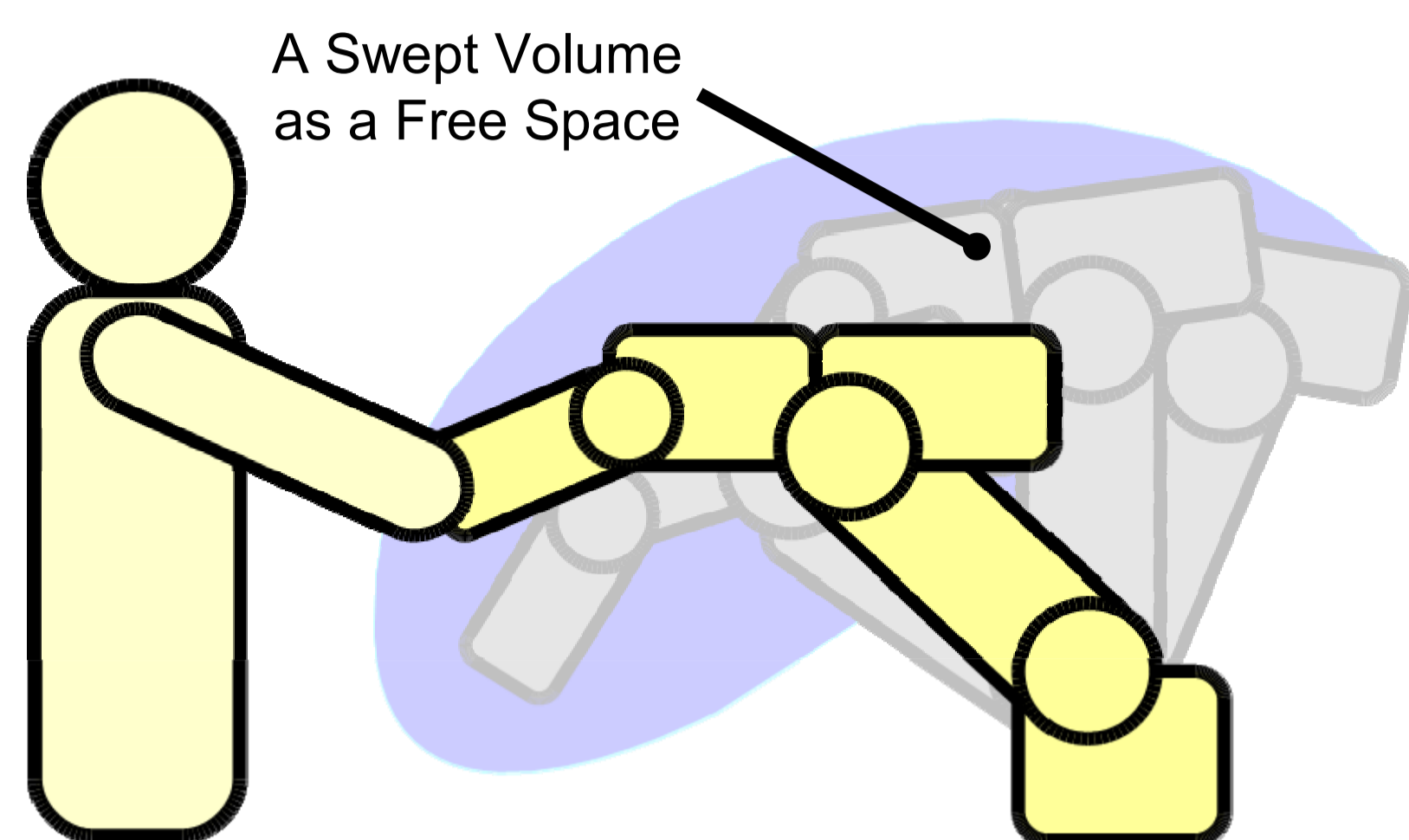


Fig. 8 Volume Sweeping by Direct Teaching

掃引空間の計算

作業内容

- 関節角情報より掃引空間を計算
- ・ ロボットの3Dモデルを作成
- ・ ロボット周りの作業空間を作成
- ・ ロボット周りの空間とロボットとの干渉を判定し、作業空間のラベル付けと分割
 - ・ 干渉判定にはFreeSOLIDを使用
 - ・ 干渉している空間は再分割
 - ・ 干渉していない空間は障害物空間として確定
 - ・ 十分な分割をしたら、ロボットと干渉する空間を掃引空間として確定
- ・ 計算した空間をOctreeで表現し、情報量を低減

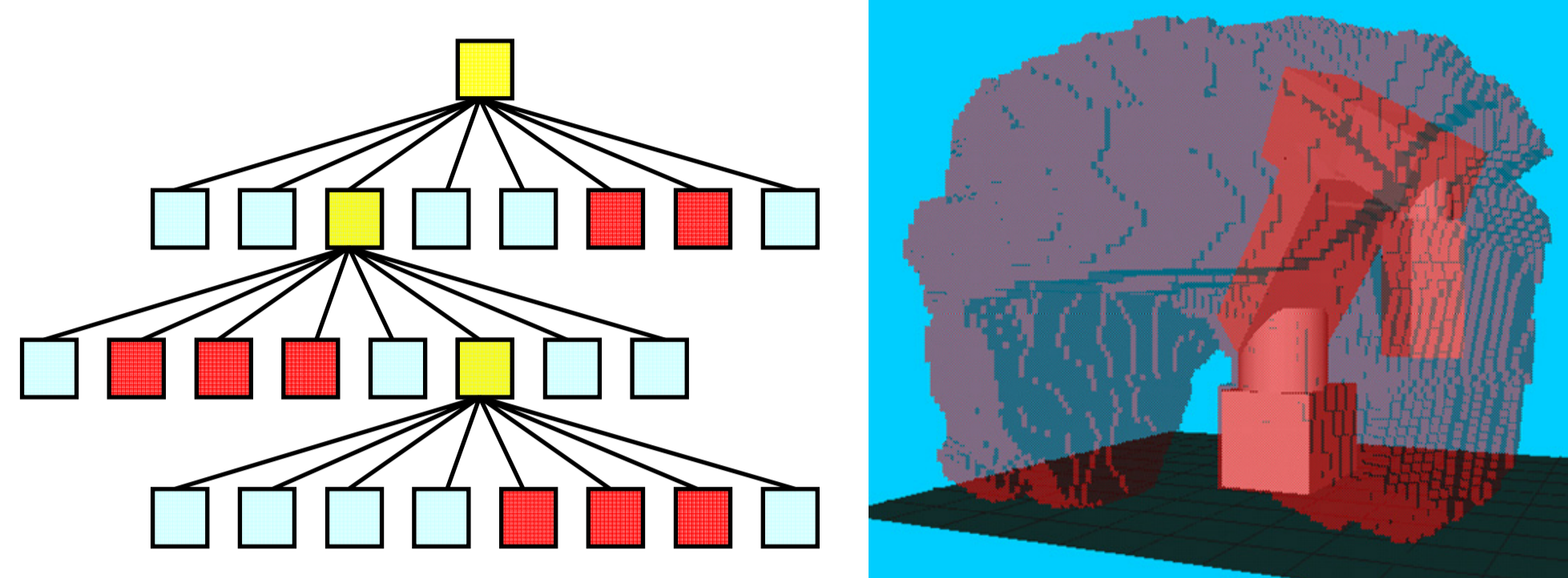


Fig. 9 Generating a Swept Volume

動作計画

作業内容

- ・ 得られた掃引空間を可動空間として扱う
 - ・ 空間掃引時に得た初期位置、目標位置情報を動作計画プログラムに渡す
 - ・ 動作計画の立案
 - ・ MPK (Motion Planning Kit) を使用
 - ・ 確率的ロードマップ法で動作計画の立案
 - ・ 立案された経路をスムーズな軌道に修正
- 初期位置と目標位置はオンラインで獲得されたものであるため、立案された計画を実機で動作させる際に、十分な精度を確保できる。

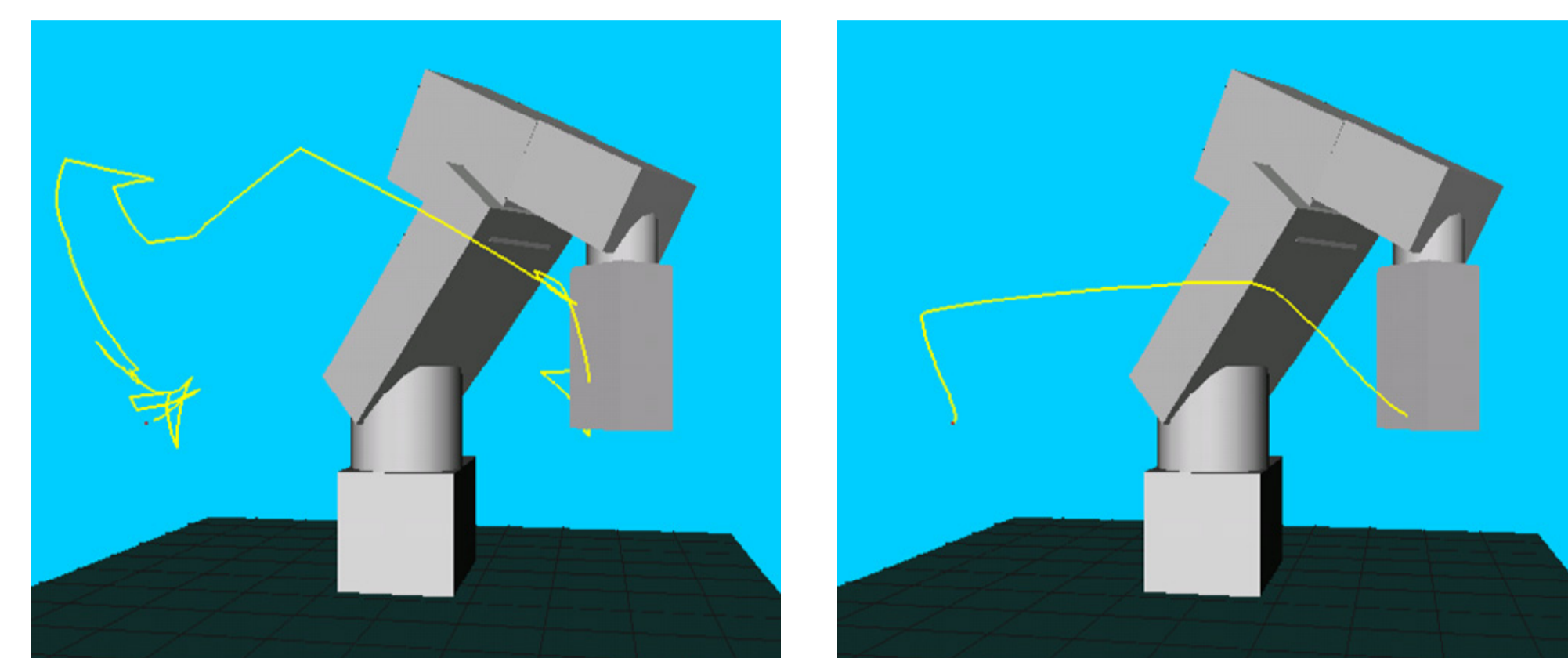


Fig. 12 Planned Path and Smoothed Path

教示実験による評価

本教示手法を実装し、教示実験によってその性能の評価を行った。

想定する教示状況 (Fig. 13)

単純なピックアンドプレイス作業における、動作経路の教示

教示する作業の内容 (Fig. 14)

- ① 初期位置
- ② 初期位置上方の退避点まで移動
- ③ 障害物を避け、動作経路を作成
- ④ 目標位置上方の退避点まで移動
- ⑤ 目標位置に到達

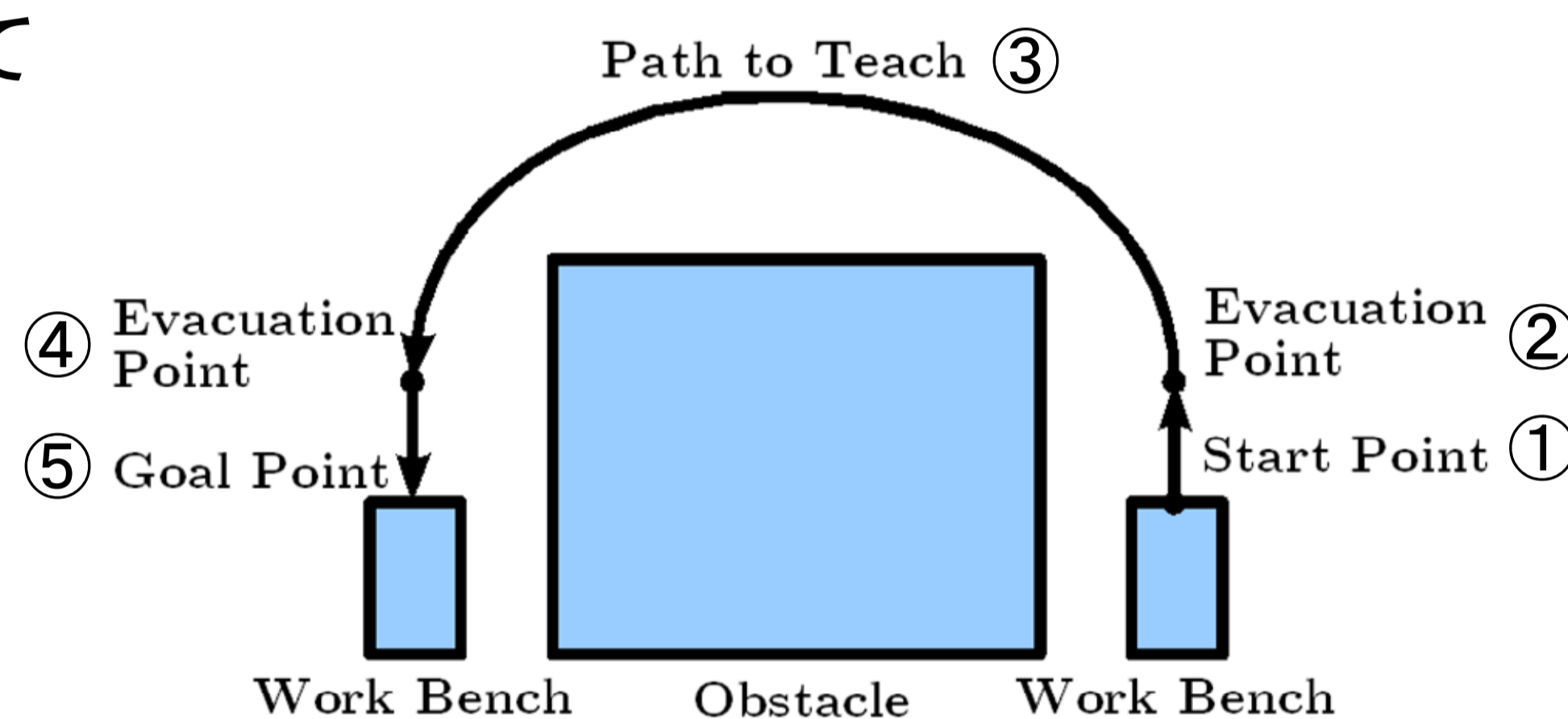


Fig. 13 Target Task

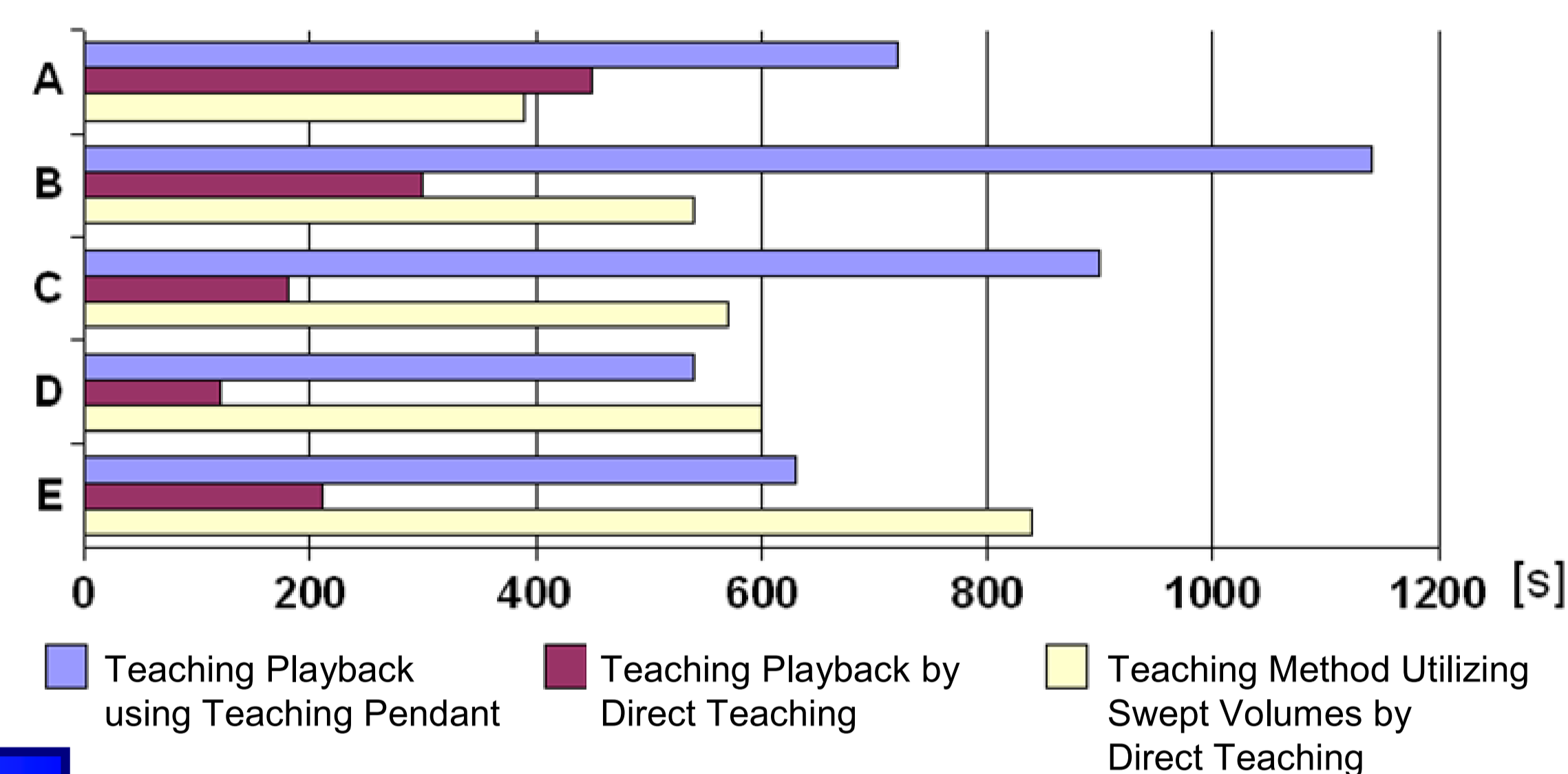


Fig. 15 Time Required for Teaching by Human Operators

実験結果

各工程の所要時間

1. オンラインで作業する時間 (実機を用いて人が作業する時間) (Fig. 15)

本教示手法は

- ・ ティーチングペンダントを用いたティーチングプレイバックより短い
- ・ ダイレクトティーチによるティーチングプレイバックよりは長い

2. オフラインで作業する時間 (実機を用いずに行う作業にかかる時間) (Fig. 16)

本教示手法では、この工程で多くの時間がかかっているが、コンピュータの計算時間であり、人は作業に介在しない
並列計算により、計算時間の短縮化が可能

3. ロボットの動作時間 (Fig. 17)

本教示手法は従来の手法に比べて24~31%短い実行時間を達成
ただし、被験者Eについては、動作計画の立案に失敗した

考察

- ・ 従来の方法に比べ、高速なサイクルタイムを得た
- ・ 今回の作業例は非常に単純なものであったために、より複雑な場合での本教示の有効性については今後検証する必要がある

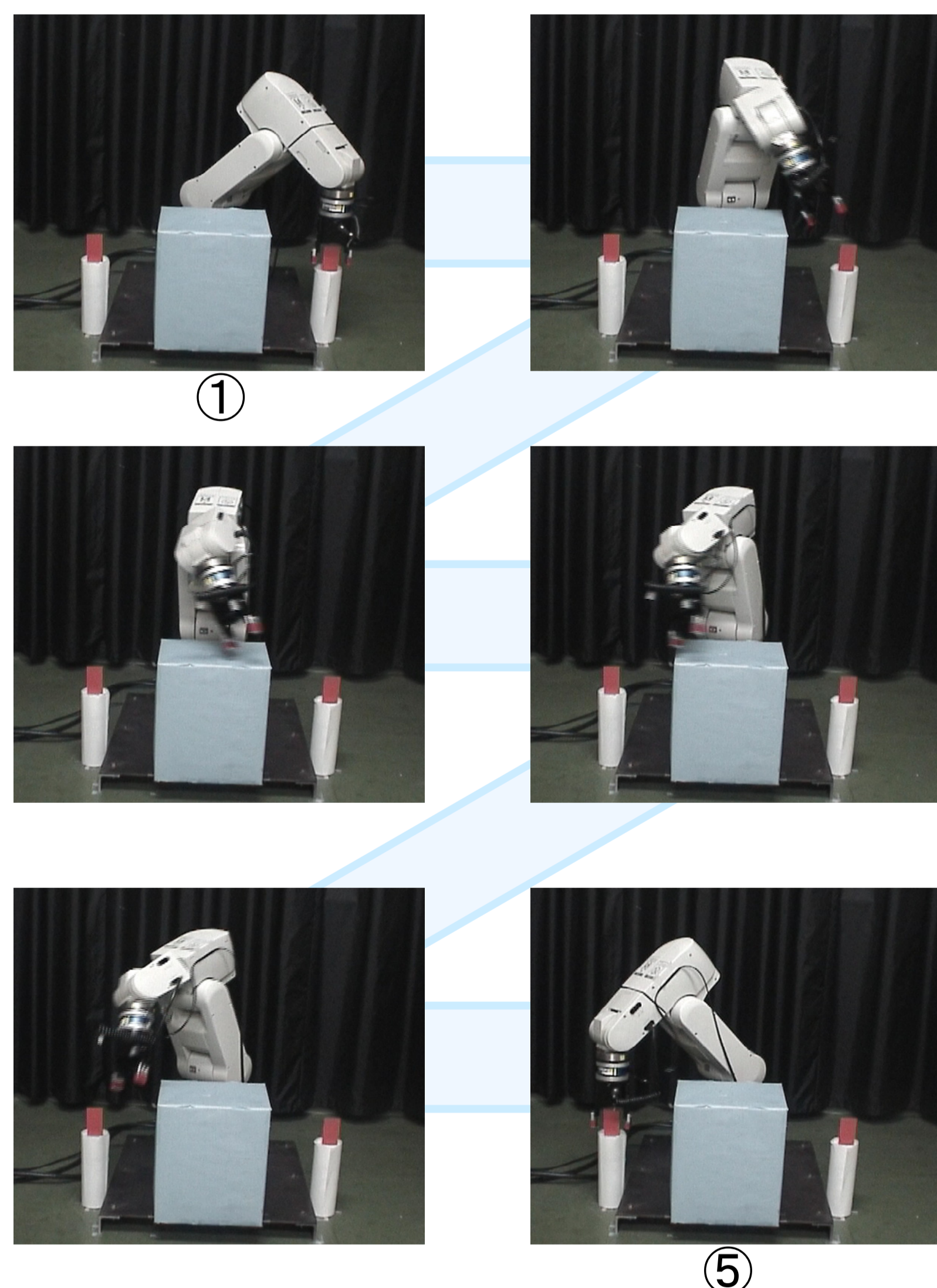


Fig. 14 Execution of Planned Motion

従来の教示手法との比較

従来の方法として、

1. ティーチングペンダントによるティーチングプレイバック
2. ダイレクトティーチによるティーチングプレイバック

教示実験被験者

産業用ロボットの教示経験のない20代男性5名 (A - E)

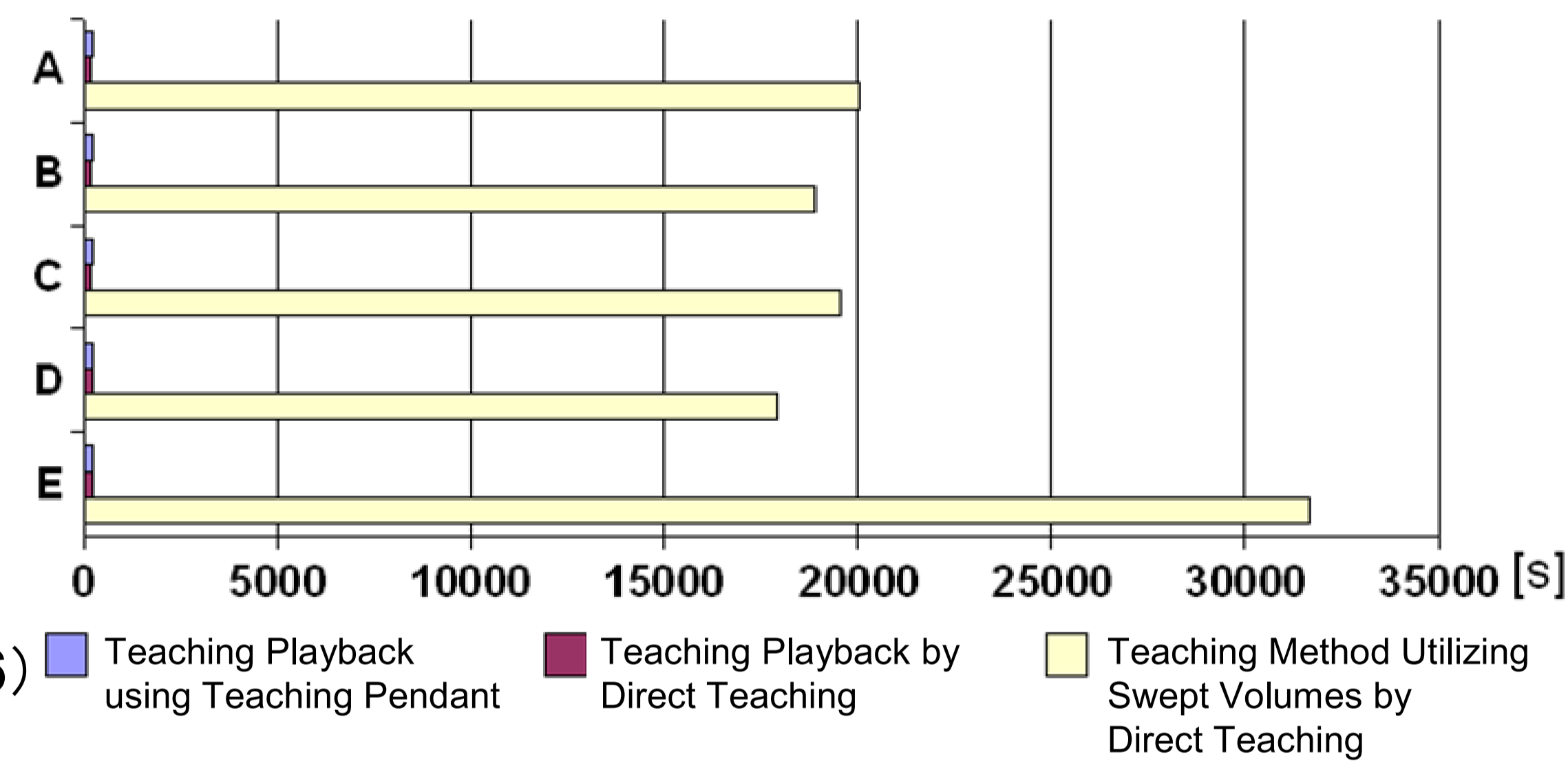


Fig. 16 Time Required for Robot Programming /Motion Planning

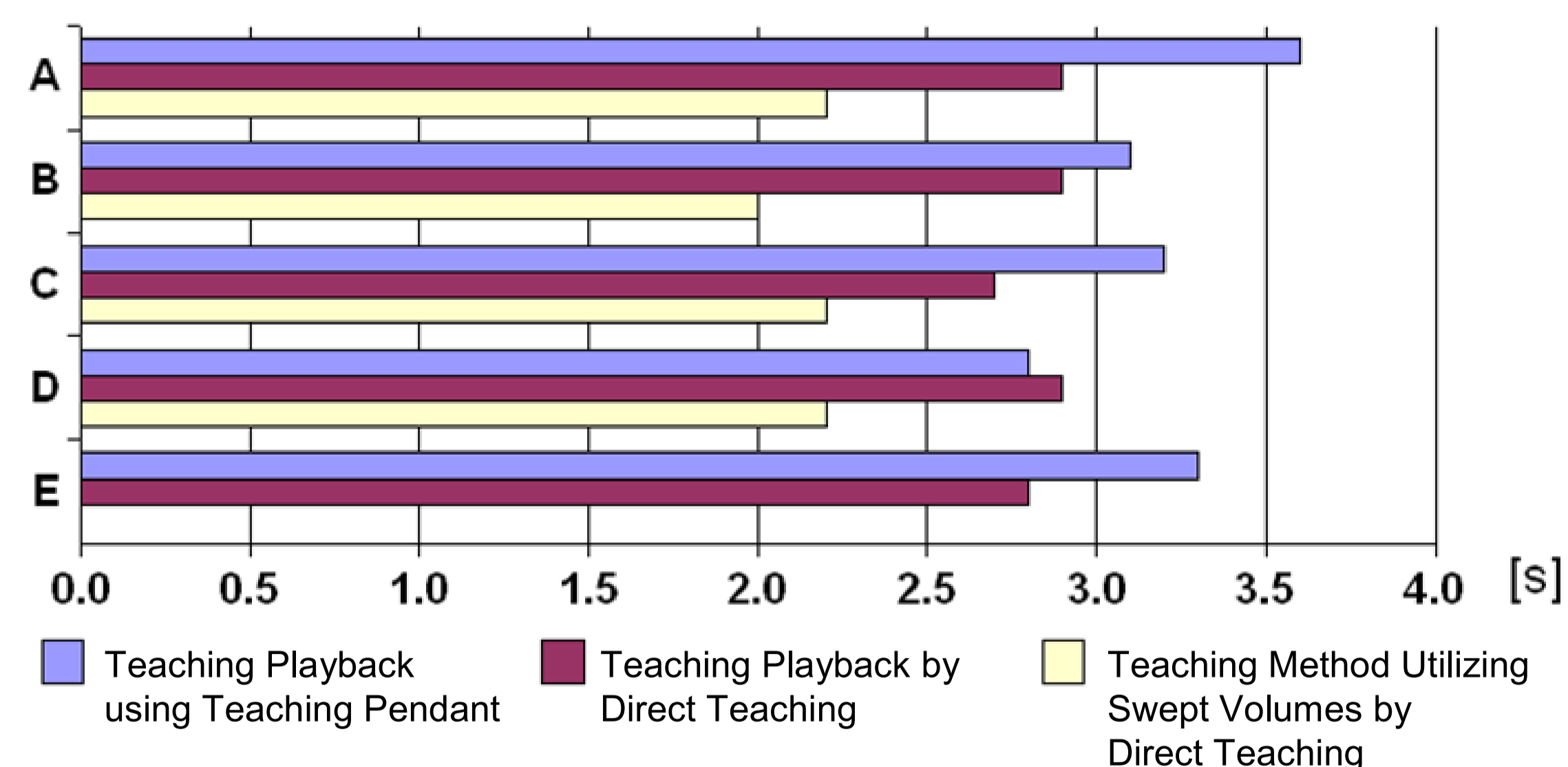


Fig. 17 Time Required for Motion Execution

まとめ

結論

- ・ ダイレクトティーチによる空間掃引を利用したロボット教示を実装した
- ・ 従来手法と比べ、作業時間をあまり増やすことなく動作サイクルタイムの短い良好な結果を得た

今後の展望

- ・ 特異点付近のダイレクトティーチの操作性の改善
- ・ 効率的な空間掃引作業のためのアタッチメントの開発
- ・ 掃引の進捗を提示するための、掃引空間のリアルタイム表示
- ・ 掃引空間計算のさらなる高速化
- ・ 誤差の扱いについての検討