

研究ノート

ロボット教示装置 n-PAWTED の開発

酒井昌夫*1、木村宏樹*1、木村和幸*2

Development of Robot Teaching Device n-PAWTED

Masao SAKAI *1, Hiroki KIMURA*1 and Kazuyuki KIMURA *2

Industrial Research Center*1*2

ロボット教示法の一つであるパラレルワイヤ教示装置(Parallel Wire-type Teaching Device:PAWTED)を利用したロボット設備の製作・維持管理コストの低減のため、ネットワーク技術によるシステムの簡略化(n-PAWTED化)を行った。前報¹⁾のPAWTED本体のネットワーク対応に続き、本年度はこのPAWTED本体と接続して教示作業中のロボット制御を行うシステムを開発・実装させ、教示作業の試行を実施した。

1. はじめに

重点研究プロジェクトⅡ期では、PAWTEDをバリ取りロボットの教示に適用し、従来法であるティーチングペンダントに比べ作業時間の大幅な削減を実現した²⁾。しかし、**図1(1)**に示すように、このシステムでは産業用ロボット1台につき入力装置であるPAWTED本体と制御用パソコン(PC)が1台ずつ必要になり、ロボットを複数使用する製造ラインなどでは設備のコスト増大が課題となる。そこで、本研究では**図1(2)**のように複数のロボットがネットワーク上で教示用PCを共有し、利用するシステム(以後n-PAWTEDと呼ぶ)を開発した。前報では

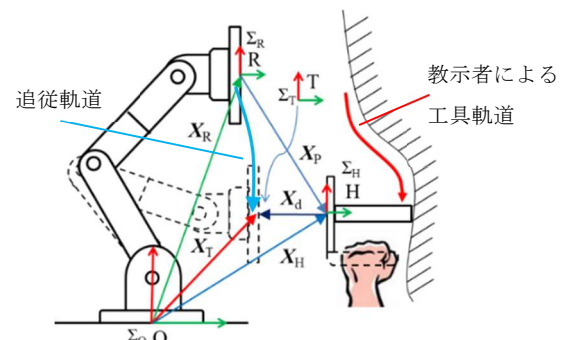
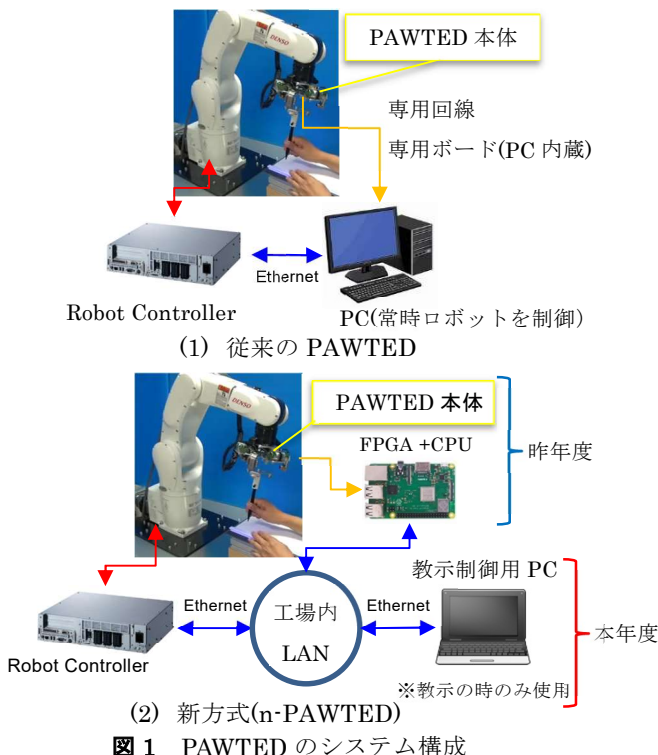
PAWTED本体にFPGAとマイコン(CPU)を接続し、教示者の操作により生じる入力情報の処理とネットワーク経由で出力する機能を開発した。本報ではこのPAWTED本体からの情報をネットワーク経由で受け取り、教示作業時にロボットを制御するPC側システムを開発した。

2. 開発ソフトウェアの概要

2.1 教示用PCの処理内容

PAWTEDは教示者とロボットを伸縮可能なワイヤで接続し、教示者の動作をワイヤ長の変化として計測することで軌道を取得する³⁾。

図2に教示作業時のロボットのベクトル図を示す。図中 X_H は教示者がPAWTED本体を直接操作して指示する教示点で、ロボット本体の位置 X_R とPAWTED本体の測位情報 X_P から求められる(式1)。さらにこの X_H と教示者との位置を一定に保つためのオフセット X_d (一定値)からロボットが人に追従する移動先 X_T を求める(式2)。



$$\text{教示軌道 } X_H = X_R + X_P \quad \text{式1}$$

$$\text{追従軌道 } X_T = X_H + X_d \quad \text{式2}$$

$$\text{再生軌道 } X_{R'} = X_H - X_d \quad \text{式3}$$

*1 産業技術センター 自動車・機械技術室 *2 産業技術センター 自動車・機械技術室(現尾張繊維技術センター 機能加工室)

この X_H と X_T の移動に伴う履歴が教示軌道と追従軌道の情報となる。通常の産業用ロボットは教示点がロボット本体に固定 ($X_H = X_R$) され、 X_R の計算のみで利用できるが、PAWTEd は X_H, X_R, X_P, X_T の計算が必要なため、教示作業時の軌道の計算負荷は一般的な産業用ロボットの 4 倍になる。PC にはこの計算を遅延なく毎秒数十~百回程度処理し、さらにロボットに移動を命令する能力が求められるが、n-PAWTEd では X_P の処理を PAWTEd 本体で行うことで負担が低減されている。一方、軌道再生は教示した X_H と再生時の X_d (一定値) から X_R を再計算する (式 3)。この処理は一般の産業用ロボットと同じである。

2.2 システムの構成

教示用 PC と各機器の接続は図 3 のように、ロボット・PC 間と PAWTEd・PC 間を独立した 2 系統の専用回線にして接続先を固定した。これは、1 系統では毎秒数十回以上の軌道計算を行う度に PC が PAWTEd とロボットの接続先を切替える必要があり、通信遅延や接続先切替え失敗のリスクが生じるためである。ルータは工場内 LAN を模してロボット、PAWTEd 本体、PC の 3 つの機器に IP アドレスを割り振るために使用した。教示終了後にロボットへ教示情報を送信する機能はすでに開発済である PAWTEd のものを利用した。

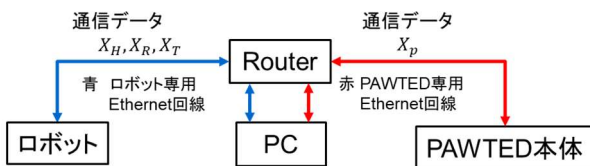


図 3 n-PAWTEd の要素間接続線図

DENSO 製ロボット VS-060 に n-PAWTEd を実装した際の接続状態を図 4 に示す。PC 本体の LAN ポートはロボットへの接続に利用し、PAWTEd 用回線には新たに USB-LAN アダプタ (BUFFARO 製 LUA4-U3) を追加した。

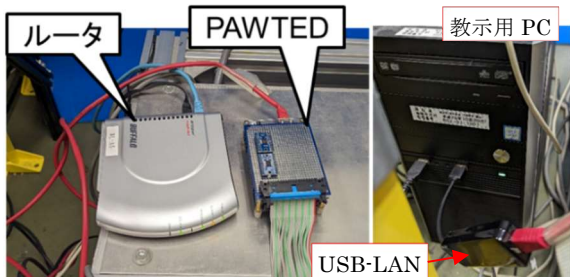


図 4 機器接続の様子

3. 実験結果

構築したシステムの機能を確認するため、教示作業を

行った。n-PAWTEd として開発した部分は、教示者が教示用プローブを動かして、ロボットがこの動作に追従しながら軌道情報を取得する機能であるため、この軌道情報の数値化までを行った。

試行した教示の様子と取得した教示軌道を図 5 に示す。左図中の黄色の矢印の方向 (= ロボットの Y 軸方向) にアルミ材を水平に固定し、教示用プローブの先端をこれに接触しながら移動させて、その軌道を取得した。右のグラフは取得した軌道情報である。取得した軌道は 3 次元空間の位置・姿勢を示す 6 自由度の時系列データであるが、動作を確認しやすい Z 軸上面から見下ろした状態の軌道である XY 平面 (水平面) の成分を抽出して描画した。右図から軌道の取得ができており、PC がネットワーク経由で PAWTEd の情報とロボットの情報を取得し、教示作業中のロボットの制御ができていることを確認した。

本研究ではルータ 1 台で各機器を接続しており、通信遅延が発生しにくい通信環境となっている。しかし、実際の工場など大規模なネットワーク環境のような場合は通信に要する時間が増えることも予想されるため、今後検討が必要である。

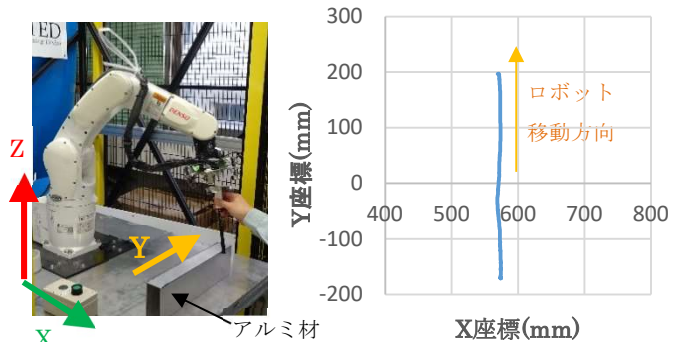


図 5 実機でのテストの様子

4. 結び

PAWTEd のシステムを構成する PC と PAWTEd 本体をそれぞれネットワーク経由で接続して教示を行うシステムを開発し、正常に動作することを確認した。これにより、ネットワークに接続している複数のロボット、PAWTEd 本体を 1 台の PC で教示できるようになり、システムの簡略化と低コスト化を可能にした。

文献

- 1) 酒井昌夫, 竹中清人, 木村宏樹: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **4**, 50(2015)
- 2) 知の拠点あいち: 重点研究プロジェクト(II期)研究開発成果集(次世代ロボット社会形成技術), **35**, (2019)
- 3) 酒井昌夫, 木村宏樹, 木村和幸: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **10**, 46(2021)