

視覚フィードバックを用いた小型作業支援ツールの開発

Development of a Portable Assist Tool with Visual and Force Feedback

○ 並木 明夫 (東大) 石井 抱 (東大) 正 石川 正俊 (東大)

Akio NAMIKI, Idaku ISHII, and Masatoshi ISHIKAWA, University of Tokyo

Abstract: Recently researches for a human-robot cooperation system are studied, in which by replacing some parts of human skillful techniques with robotic motion control a load of an operator is reduced and safety and certainty of his work is improved. As a part of such researches active portable assist tool has been developed by equipping a manipulation tool with actuators. However, in ordinal researches, because only inner sensory feedback such as force sensing is used, it is difficult to apply an assist tool in flexible and changeful environment. To solve such a problem a system is developed which has a small tool with a force-torque sensor and 3-axis joints and a high-speed vision. As a result, an active portable assist system adaptable to dynamic changes of the environment in real-time is realized.

Key Words: : portable assist tool, visual and force feedback, sensor fusion

1. はじめに

近年、医療分野における外科手術等、人間の熟練技術をロボットに置き換えて術者の作業負担を軽減し、作業の安全性・確実性の向上を目指した研究が盛んに行われている。これらの研究の多くでは、人間の操作するマスター系と実際に作業を実行するスレーブ系が分離したマスタースレーブシステムとして実現されているが、システム構成が複雑になることや、スレーブ系における感覚情報を実時間でマスター系に送らねばならないために、通信の遅れが生じる等の問題があった。

一方、提示系と操作系を一体化し、メスやピンセット等の作業ツール自体にアクチュエータを装備することで、能動的に作業支援を実現するためのシステムが開発されている。これらのツールを用いることで、(1) 人間や操作対象の震えや微小振動のようなエラーの補正、(2) 衝突などの不意のアクシデントを防ぐための安全化、(3) ツール先端における接触力の制御などの人間の動作の補助、などの能力が実現されることが期待される。これに関連して、小管らは人間との協調を行うロボットの制御を行っている [1]。一方、佐野らは微細作業を支援することを目的としたマスタスレーブ体型のツールを開発している [2]。しかし、これら従来のシステムでは、作業用アクチュエータは人間の手と独立して動けるだけの自由度を持っておらず、比較的単純な力補正や振動抑制に用いることが主であった。また、ツールの制御は、関節角センサや力センサのような内界センサフィードバックに依存しているために、安全性の面から実際の作業環境において使用するのは困難であった。

この問題に対しては、外界を外部から認識することを可能とする高速センサフィードバックが有効であり [3]、従来までにも、高速視覚情報を用いた感覚提示装置 [4] や、力覚情報を用いた作業支援装置 [5] の開発が行われてきた。このような考えのもとに、本研究では、多自由度を持ち汎用の動作が可能な汎用用途の小型ツールを開発し、高速視覚と力覚のフィードバックを与えることで、実時間での環境の変化に適応した実環境作業支援システムを構築した。

2. 3軸小型ツール

製作した小型ツールアクチュエータの構造図を Fig.1に、また写真を Fig.2に示す。これは、3つのリニアアクチュエータを搭載し、先端の3自由度パラレルリンク機構を駆動するペン型のツールである。先端のパラレルリンクをセンサフィードバックに基づきサーボ制御することで、微小振動補正、障害物回避など、インテリジェントな作業支援を行うことが可能となる。

アクチュエータとしては、リニア型超音波モータ (NU-LPP50-1, NICON 製) 3台を用いた。この超音波モータは、(1) 小型、(2) 高応答特性、(3) 低電圧、(4) クリーン、といった小型化や軽量化に際して望ましい特性を有している。また、リンク機構としては、3軸ボールソケットジョイントと1軸回転ジョイントを用いて構成される3自由度パラレルリンクを採用した。センサとし

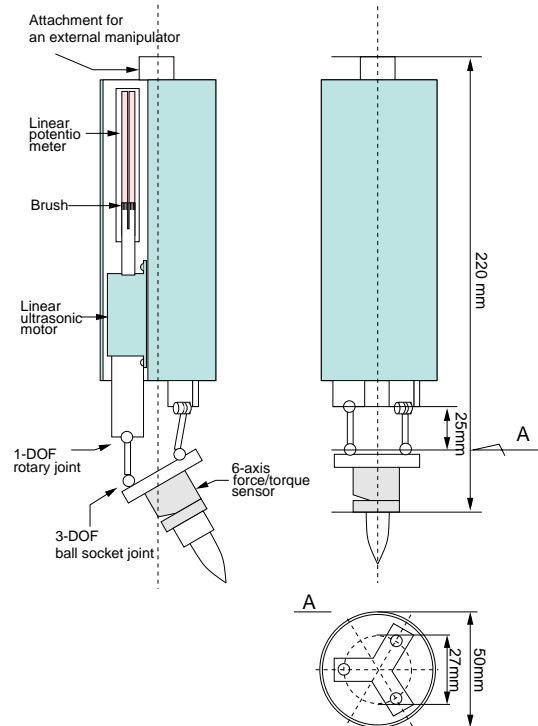


Fig. 1 Mechanism

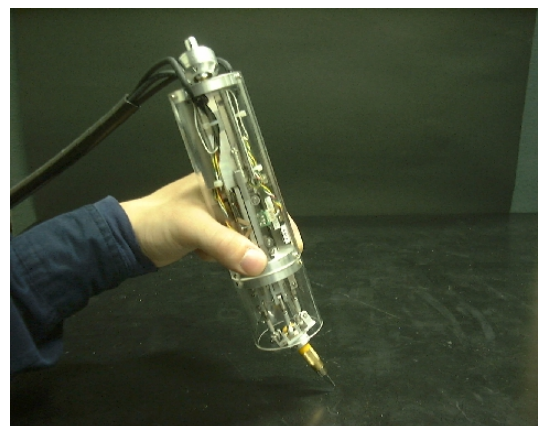


Fig. 2 photograph

ては、各関節におけるリニアポテンショメータの他に、エンドエフェクタ部分に力覚センサを装着してツールの対象に与える力を計測することが可能とした。また、ツール上部には外部の力覚提示用マニピュレータと接続するためのアタッチメントを装備した。

小型ツールの主なスペックを Table.1に示す .

Table 1 Specification

手先速度 (定格)	80 [mm/s]
手先力 (最大)	450 [gf]
可動範囲 (各軸)	±10 [mm]

3. 小型ツールの応答特性

製作した小型ツールの位置制御における制御特性を測定した . 制御系としては , ポテンショメータを用いて計測した位置誤差に対応して制御指令を与える時間幅を変化させる PWM 方式を採用した . 位置制御のサイクルタイムは 1[ms] , パルス幅は 0.01[ms] 単位で変化させることにした .

関節 1 軸のステップ応答を Fig.3に示す . これより , 立ち上がり時間が 10 ~ 20[ms] 程度であることがわかり , 高速な応答が実現されていることがわかる . また , 関節 1 軸の周波数応答を Fig.4に示す . ここで , 実線は計測結果を , 破線は計測値に最小 2 乗法により 3 次関数を当てはめた曲線を表示している . この結果より , カットオフ周波数は約 4[Hz] 程度であることがわかる . これは , 製作したツールが人間の運動 (数 Hz 程度) を補償するのに必要な能力を保有していることを示している .

4. 視覚フィードバックを用いた作業支援システム

製作した小型ツールと視覚センサフィードバックを組み合わせることで , 実環境の動的な変化に対応可能な能動の実環境作業支援システムを構築した . Fig.5にシステムの構成図を示す . これは , 能動的な作業支援を行う小型ツールと , 環境を実時間で監視する高速アクティブビジョンシステム , それらを接続してリアルタイムでの処理を行う DSP 階層並列情報処理システム (TMS320C40 を使用) [3] を統合したものである . 結果として , 視覚のセンサフィードバックを 1[ms] で処理する能力が実現された .

このシステムでは , 高速視覚はツールと対象の位置姿勢の監視を行い , 小型ツールのペン先はその計測値に基づいて制御される . 視覚処理と力覚処理の高速性とアクチュエータの高応答性に基づき , 予測不可能なアクシデントに対しても敏速な応答が実現される .

5. ま と め

本研究では , 実環境における人間の作業を能動的に支援するためのツールとして , 先端に力覚センサを有する 3 軸のペン型の小型アクチュエータを開発した . その応答性能を調べることで , 開発したツールが作業支援に必要な能力を満たしていることを示した . さらに , 高速視覚システムと階層並列情報処理システムと統合することで , 視覚フィードバックに基づく実環境作業支援システムを構築した .

今後 , 構築したシステム上において , 人間や対象物のアクシデントの補償 , 人間や対象物の微小振動の抑制など , 動的に変化する環境のもとでの作業支援の実験を行う予定である .

参 考 文 献

[1] 小管, 風村. 人と協調して作業するロボットの task-oriented 制御. ロボティクス・メカトロニクス講演会'97 講演論文集, pp. 599-600, 1997.
 [2] 佐野, 藤本. 微細作業を支援するためのマスタスレーブ型ツールに関する研究. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 63, No. 610, pp. 1975-1981, 1996.
 [3] 並木, 中坊, 石井, 石川. 1ms 感覚運動統合システムにおける高速並列分散処理. 日本機械学会ロボット・メカトロニクス'99 講演会, 2P2-49-058, 1999.
 [4] 大脇, 中坊, 並木, 石井, 石川. 視覚モダリティ変換を用いたリアルタイム実環境仮想接触システム. 電子情報通信学会論文集, Vol. J81-D-II, No. 5, pp. 918-924, 1998.

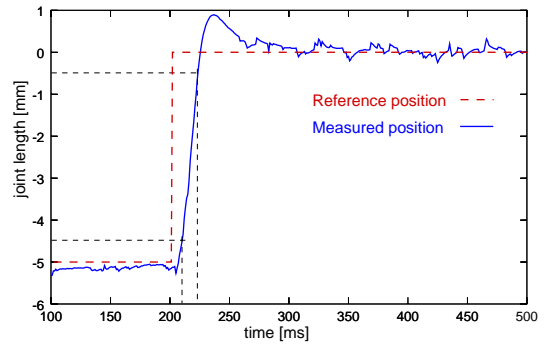


Fig. 3 Step response

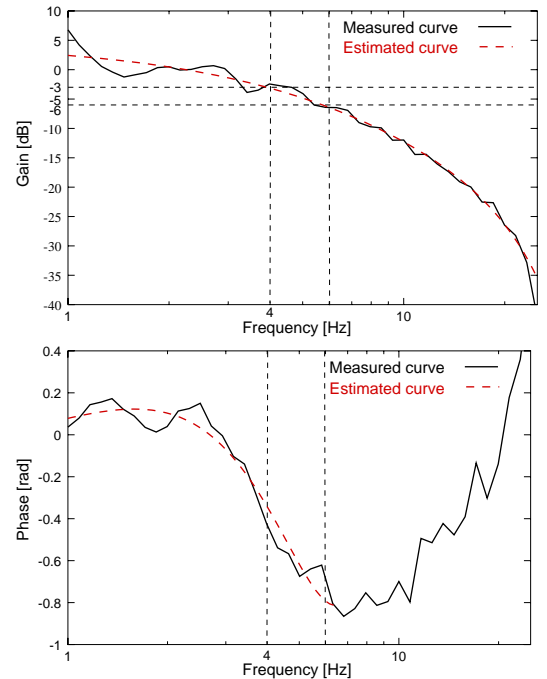


Fig. 4 Frequency response

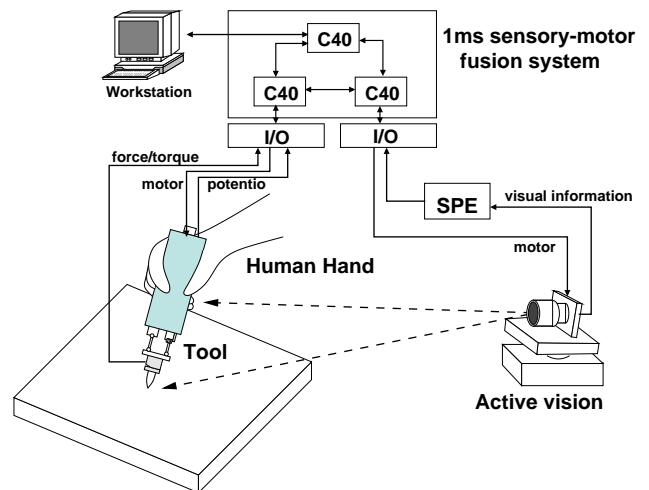


Fig. 5 Portable assist system using sensory feedback

[5] 白須, 並木, 石井, 石川. 描画機能を有する能動の実環境作業支援システム. 第 16 回日本ロボット学会学術講演会, pp. 771-772, 1998.