

変形しやすい管状部品の挿入作業における 人間の運動・状態遷移認識則の移殖

Transfer of Human Motion and State Transition Recognition Laws in Insertion of Deformable Tubes

正 平井 慎一 野口 英昭 正 岩田 一明 (大阪大学)
Shinichi HIRAI, Hideaki NOGUCHI, and Kazuaki IWATA
Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565

Transfer of human motion and recognition laws to a manipulator is experimentally studied in the insertion of a hose into a plug. Human motion and force sensation are analyzed and the extracted human motion and recognition laws of process state transitions are transferred into a manipulator. It is found that the human recognition law can be utilized in the insertion by a manipulator.

Key Words: manipulation, insertion, recognition, process states, deformable parts

1. 緒言

現在の生産現場において、人手に頼るところが多い工程の一つに、柔らかく変形しやすい部品を扱う作業があげられる⁽¹⁾。柔らかい部品は、作業中にその形状が大きく変化する可能性が高い。人間は、作業時の部品の変形や部品間の接触を感知しつつ、作業状態の遷移を認識し、運動を切り換えることにより作業を進めることができる。本報告では、変形しやすい管状部品を蛇口に挿入する作業を対象とし、人間の個々の状態における運動および作業状態の遷移の認識則をマニピュレータに移殖する。

2. 柔らかい部品の挿入過程

人間がホースを蛇口に挿入する作業を行うときには、ホースを蛇口に接触させ、手指で力を感じ、ホースの差し込み具合や曲がり方を推測するとともに、ホースの接触状態に合わせて、ねじる、押す、引くといった動作を行い、作業を進める。ホースの挿入作業を達成させるには、Fig.1に示すような、(a) 接近状態、(b) 接触状態、(c) 挿入状態、の3つの状態を経ることが必要である。

人間が作業を進めるときは、作業状態の遷移を認識しつつ、個々の状態に適した制御則を用いている。接近状態においては、おもに視覚を用いて適切な接触状態においてホースと蛇口とを接触させ、力覚により接触状態に達したことを認識する。接触状態では、ホースが折れたり蛇口から外れたりしないように力覚を用いて運動を制御し、力覚によって挿入状態に達したことを認識する。挿入状態においては、力覚によって運動を制御しつつあらかじめ定められた深さまでホースを差し込む。以上のように、ホースの挿入作業において、人間の作業制御則には、

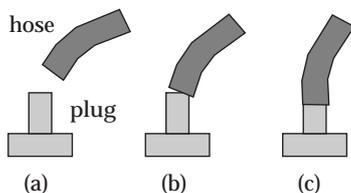


Fig.1 Process of hose insertion into plug

個々の作業状態において運動を制御するループと、状態の遷移を検知し、制御則を切り換えるループとから成ることがわかっている。このような人間の運動制御則・作業状態の遷移の認識則をマニピュレータに移殖することにより、スムーズな動作および確実に素早い作業が可能になると考えられる。

3. 実験装置の構成

人間の作業制御則をマニピュレータに移殖するには、前節で述べたように、個々の状態において運動を制御する機構と、状態の遷移を検知し、制御則を切り換える機構が必要となる。そこで本研究では、Fig.2に示す装置を用いて人間の作業制御則を移殖する。マニピュレータの先端には、6軸力覚センサが取り付けられており、そこにフランジを取り付けてホースを固定する。力覚信号は、リアルタイム OS を通して、サンプリングレート 30[Hz] で取り込むことができる。リアルタイム OS で作成された軌道は、シリアルラインでマニピュレータのコントローラに送信される。また、ホースの変形、動作を確認するために作業状況をビデオに録画する。

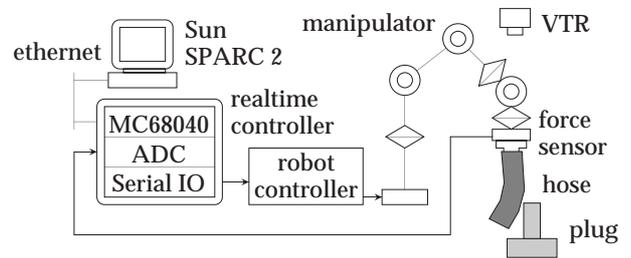


Fig.2 Experimental setup

4. マニピュレータへの移殖

前節で述べた実験装置を用いて、人間の作業制御則をマニピュレータに移殖する。まず、人間の動作軌道を直接マニピュレータに送る実験を行った。人間の動作の計測値を Fig.3に示す。力覚のサンプリングレートは 40[Hz]、位置・姿勢は 22[Hz] である。ホースを挿入する作業に対

して、人間は Fig.3に示すように、Z軸方向の力が大きく変化した時点において、接近状態から接触状態、接触状態から挿入状態への状態の遷移を認識し、動作を切り換えている⁽²⁾。この計測では、ほぼ8[s]で作業を終了している。

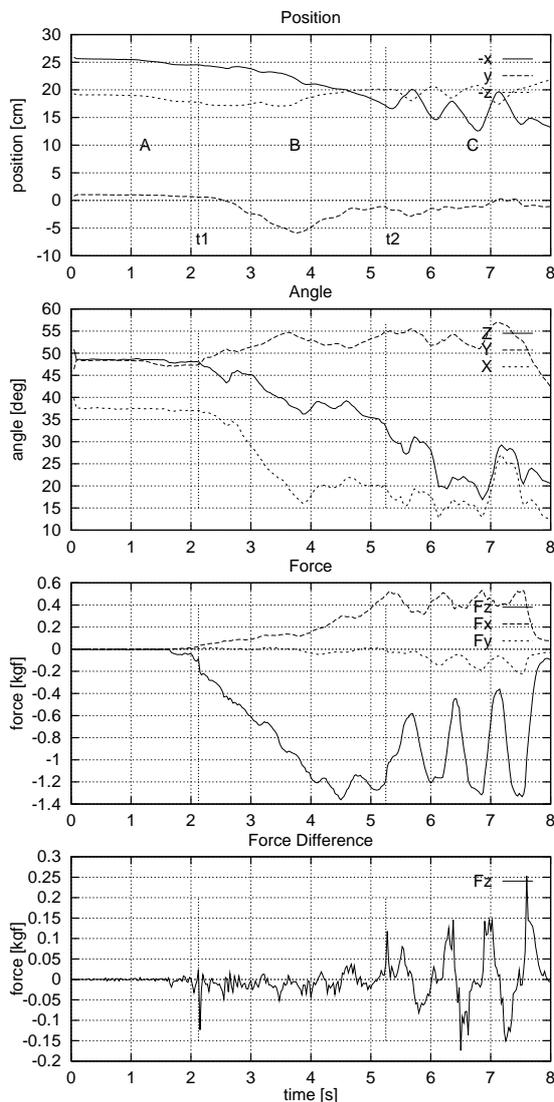


Fig.3 Measurement of human motion

この軌道をマニピュレータに移殖した場合の計測値を Fig.4に示す。ここでは、10 サンプルごとの平均値を計算したグラフを示してある。マニピュレータに移殖した場合には、作業を達成するのに150[s]以上要している。人間が作業を行う場合と比較すると、15倍以上時間がかかっていることがわかる。この原因として、マニピュレータへの軌道の送信およびマニピュレータの動作に時間がかかること、状態の遷移を認識していないため、状態が遷移した後も、直前の状態における動作を行っていることがあげられる。

人間の場合には、力の変化によって状態の遷移を認識していた。そこで、マニピュレータで得られた力覚の計測値を10 サンプルごとに平均化したものについて、差分を計算してみると Fig.5のような結果が得られた。人間の場合に比べると、作業全体において力の変化が検出されていることがわかる。これは、マニピュレータの振動によるものであると考えられる。作業を録画したビデオか

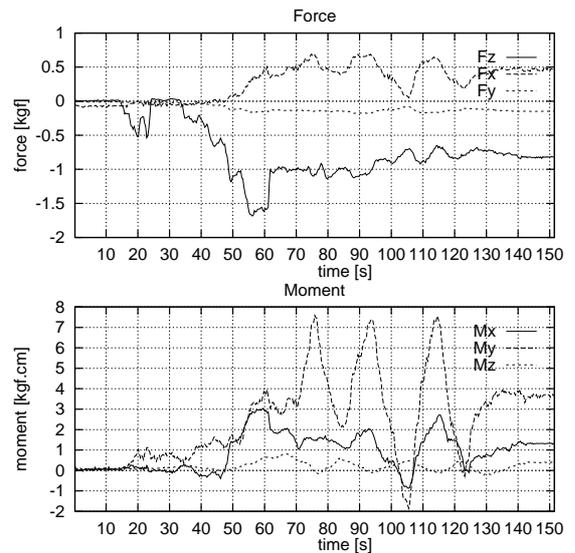


Fig.4 Measurements in manipulator insertion

ら、15[s]付近において接触状態へ遷移し、63[s]付近において挿入状態へ遷移していることが確認された。Fig.5と比較すると、接触状態への遷移の付近には、人間の場合のような力の変化はないが、挿入状態への遷移の付近では、人間の場合と同様な比較的大きな力の変化が生じていることがわかる。

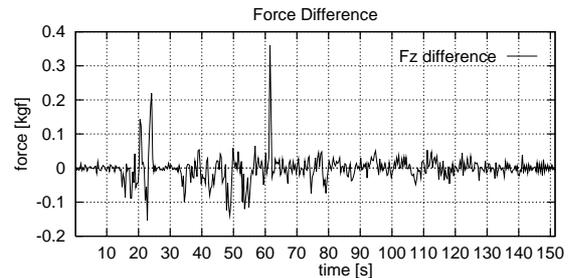


Fig.5 Difference of force

以上のように、接触状態から挿入状態への遷移については、マニピュレータの振動による力覚データのノイズを取り除くことによって、人間の状態遷移の認識則を移殖することが可能であると考えられる。接近状態から接触状態への遷移については、力の変化だけでは困難であるが、力の大きさを利用することにより、状態の遷移を認識することが可能になると考えられる。

5. 結言

本報告では、ホースの挿入作業を対象として、人間の運動・認識則の移殖を試みた。人間の動作軌道をマニピュレータに移殖し、状態遷移の認識則の適用に対する可能性を考察した。

【参考文献】

- (1) Taylor, P.M. et al.: Sensory Robotics for the Handling of Limp Materials, Springer-Verlag (1990).
- (2) 野口, 平井, 岩田: 変形しやすい管状部品の挿入作業における作業状態の認識, 日本ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, (1995).