The Japan Society of Mechanical Engineers



# ロボットの力制御のための能動作業台
## ～小型鋳物部品のバフ仕上げへの応用～

○阿部　和宏（新潟工科大），　中嶋　新一（新潟工科大），　栗田　康弘（新潟工科大），　波形　将（新潟工科大）

# An active worktable for force control of robot manipulators
## -Application to buff finishing of small casting parts-

*Kazuhiro ABE, Shin-ichi NAKAJIMA, Yasuhiro KURITA, Masashi NAMIGATA,
Niigata Institute of Technology, Kashiwazaki Niigata

***KeyWords*** : Active worktable, Force control, Robot manipulator, buff finishing

## 1.はじめに

磨き作業など，接触を前提とした作業をロボット化する場合，これを円滑に行うためには，作業時の力を制御する必要がある．しかし，市販の産業用ロボットは位置制御を基本としており，力制御作業への応用は難しい．このため，作業対象物をロボットに順応して動かす能動作業台を開発し，ロボットによる力制御作業への応用について検討を行っている[1)2)]．

本研究における力制御手法は，作業台を剛性制御により柔軟に動かし，これに対してロボットの軌道を設計することで必要な力を実現する．

剛性制御法で能動作業台を動かす場合，低い剛性時に重力により位置変化が生じる．この結果，作業時の力に変動が生ずる．小型部品では，この重力の影響を考慮したロボット教示が難しくなる．

そこで本研究では，重力補償によってこれらの誤差を低減し，小型の対象物でも高精度な力制御を実現する方法について検討を行った．さらに，実作業として小型鋳物部品のバフ仕上げへの応用を試みた．

## 2.能動作業台

能動作業台はFig.1 に示すように，2台のDDモータと平行リンク機構により直交2自由度の動作を実現している．本装置は剛性制御則を基本とした制御法を用いており，Fig.2 に示すように，手先座標系Xs-Ys2軸方向の見かけ上の剛性を任意に設定できる[1)2)]．

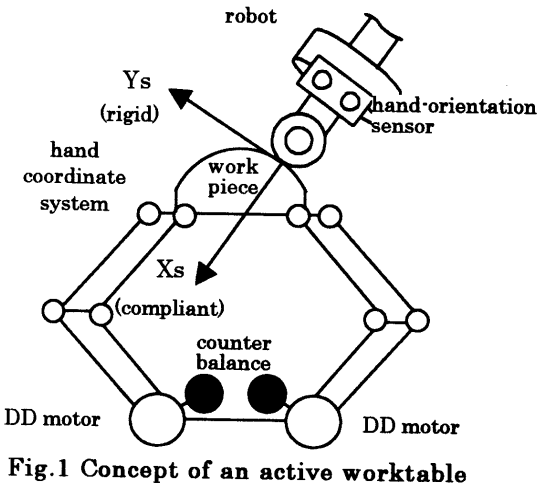



Fig.1 Concept of an active worktable

この機能を用いて，磨きなどの力制御作業へ応用するために，剛性をロボット手先方向には低く，その垂直方向には高くなるように設計する．また，ロボットは対象物表面をトレースするように軌道を教示しておく．こうした上で，能動作業台の目標値に，一定の増分Δxをロボット手先方向に加える．これにより，増分Δxに比例した力が対象物と工具の間に働くことになる．

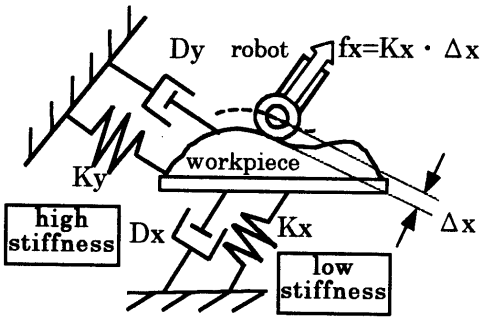



Fig.2 Stiffness control of the active worktable

## 3. 重力補償

本装置ではモータ軸に取り付けたカウンターバランスにより，能動作業台重量の釣り合いをとることができるようにしている．しかし，対象物やジグなどの変化による重力項は避けることができない．

Fig.3 に能動作業台が受ける重力の影響を示す．剛性は工具の送り方向に十分硬く，押込み方向には柔らかくなるように設計する．このため，工具送り方向に対しては殆ど重力の影響を受けない．しかし剛性を小さくしている

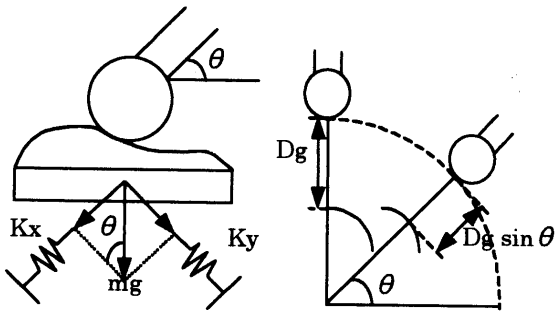



Fig.3 Influence of gravitation

日本機械学会［No.027-1］北陸信越支部 第39期総会・講演会論文集［'02. 3. 8, 石川県野々市町］



NII-Electronic Library Service

手先方向の重力による位置変化は顕著である. この結果, 設計通りの力制御が実現できなくなる.

この位置変化の量は, 手先が真下を向いた状態で最大となり, 手先姿勢に対応して変化する.

この問題を解決するため, 誤差を補正する重力補償を導入した.

まず手先が真下を向いているときの位置変化量 Dg を測り, これから各姿勢に対応した補正量を計算して作業台目標値に加える. これにより, 対象物表面形状に対応して, 同じ押込み量でロボットを動かすことができる. 結果として力制御の精度向上が期待できる.

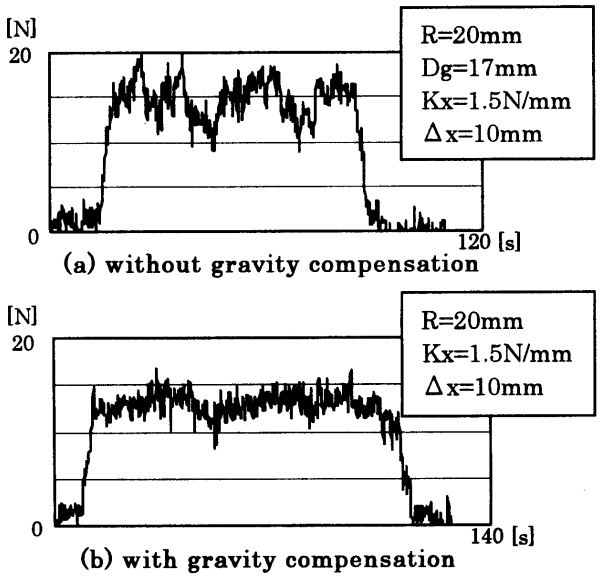



**Fig.4 Tool contact force**

以上の効果を調べるため, 半径 R=20mm の半円形対象物に対して, 工具方向剛性 Kx=1.5N/mm, 押込み量 Δx=10mm としてトレース時の力を測った. ロボットには水平垂直の3点を教示し, 円弧補間により軌道を与えている.

Fig.4(a)は重力補償を行わない場合の力の変動である. このグラフより, 重力補償を行わない場合では, 教示点間において力の変動が大きい. これに対し, Fig.4(b)は重力補償を行った時の押付け力である. 重力補償を行わない場合に比べ, ほぼ一定な力で対象物表面をトレースしていることがわかる.

## 4. 小型鋳物部品へのバフ仕上げ

重力補償を行った上で, 小型鋳物部品のバフ仕上げ作業を行った.

対象物は Fig.5 に示すように, 縦横共に曲面を有している. この曲面に対してバフの接触角度が変化するようにロボット軌道を教示した. また, 1つの対象物に対し, 3往復半ずつバフ接触角度を変化させて磨くように, ロボット軌道を教示している.

Fig.6 には仕上げ面粗さの測定例を示す.

まず, (a)は仕上げ前の対象物表面状態であり, (b)は本装置で磨いた後の表面状態である. また, (c)は熟練者が仕上げた表面状態を示している.

これより, 熟練者による作業とほぼ同等な作業性能を実現できることが確認された.

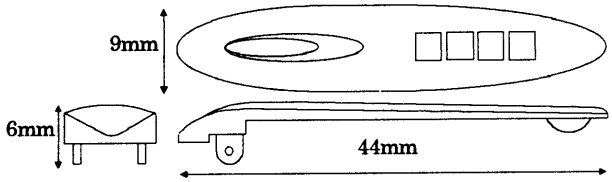



**Fig.5 Small casting parts**

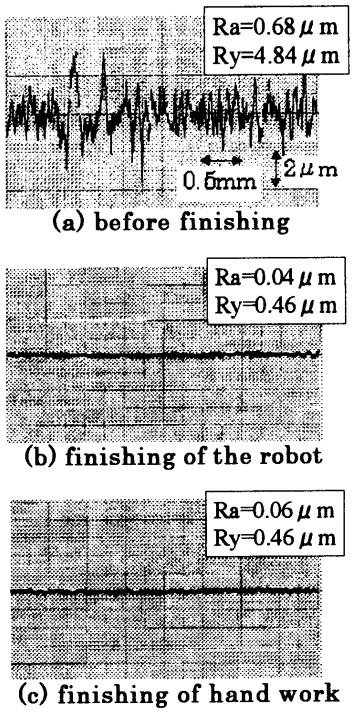



**Fig.6 Roughness of the finished surface**

## 5. まとめ

重力補償により, 剛性制御法の問題点である重力による位置変化を減らし, 力制御の精度を向上することができた. また, 本装置が小型鋳物部品のバフ仕上げ作業に十分適用可能なことを確認した.

## 参考文献

1)中嶋新一, 栗田康弘 : 能動作業台の開発とロボットによるバフ仕上げ作業への応用, 第 18 回日本ロボット学会学術講演会予稿集,1,pp131-132 (2000)

2)S.Nakajima : Development of an Active Worktable and It's Application to Force Control of Robot Manipulators, Journal of Robotics and Mechanics Vol12, No.3 pp249-253, (2000)



NII-Electronic Library Service