

北海道大学工学部 ○佐藤 康生・近藤 司・五十嵐 悟・斎藤 勝政  
 日本大学 白井 健二

要旨

本研究は、機械加工における製造分野に対して、人工現実感の応用を目指したものである。基本的な考え方としてバーチャルマシニングの概念を導入し、手動操作による旋削加工を研究対象としている。今回の報告では、システムの構想を提案し、入出力装置の雛形として、操作者がハンドルを回転させたときの回転量を検出して、それをハンドルの回転抵抗として操作者の手に返す装置を製作した。

1・はじめに

「人工現実感」という言葉が使われはじめてまだ数年しか経っておらず、その意味も研究者の立場によって異なるのが現状である<sup>1)</sup>。そこで本研究では、「人工現実感」を「人間の感覚に疑似的な刺激を与えて実際に目の前には存在しないものをあたかも存在しているかのように感じさせること」と定義しよう。この考えに基づいた研究例はマンマシンインターフェイス研究の分野に多く見られ、ロボットの、臨場感を伴った遠隔操作 (telepresence) や、計算機上での曲面造形への応用、フライトシミュレータなどがある。

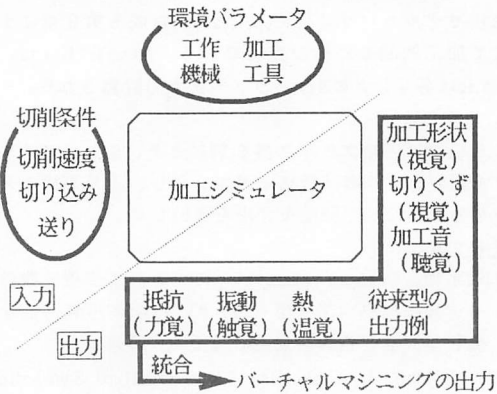


図1：バーチャルマシニングの概念

本研究では、機械加工における製造分野に対して、バーチャルマシニングという概念を導入する。すなわち、図1の様に、従来個々の事象に対して行われてきた加工シミュレーションを統合し、切削加工作業全体を、実際の環境と等価な仮想空間の中で実現することである。これにより、従来の加工シミュレーションに加え、極微小領域・高温・高圧・真空など極限環境における遠隔操作を適用した加工作業、初心技術者への疑似体験を通じたティーチングなどが安全かつ効率的

に行えるようになり、その適用分野は広いといえる。

また本研究では、人工現実感を適用した工作機械として旋盤を採用する。その理由として、①人間が同時に制御できる自由度は2である、②需要が多いにも関わらず作業に熟練度が要求される、が挙げられる。本報告では、仮想旋盤の構想と、旋盤作業における入出力装置を紹介する。

2・仮想旋盤

仮想旋盤を構築するために解決すべき課題が2つある。1つは人工現実感の生成、もう1つは加工状態のシミュレーションである。本仮想旋盤の構想を具体的な項目も含め図2に示す。

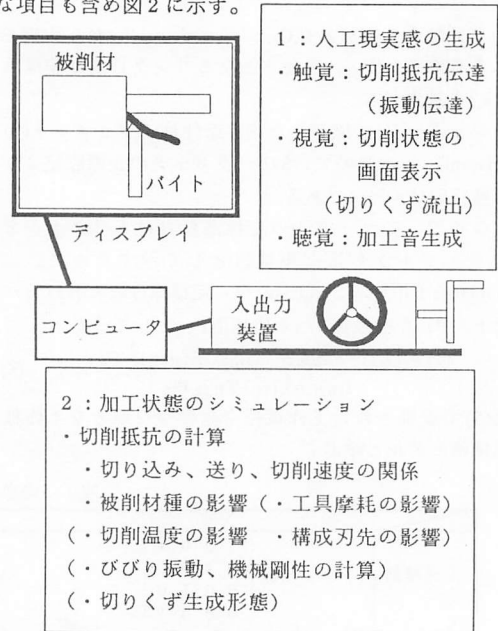


図2：仮想旋盤の構想

ただし、括弧付きの項目は将来的な可能性を示す。

### 3・入出力装置

旋盤における切削抵抗の伝達は、加工点における抵抗の3方向成分のうち、背分力と送り分力の2方向成分が、作業者の手に、送りハンドルの回しづらさとして伝わってくる。すなわち、ハンドルに何らかの抵抗を加え、その力を作業者に伝達できれば、作業者は実際の加工作業と同等の感触を得ることが出来る。本研究では、図3に示す原理により抵抗を生成した。ハンドルの回転による押し棒の送り量と、テーブルの移動量の差が反作用として回転抵抗となる。

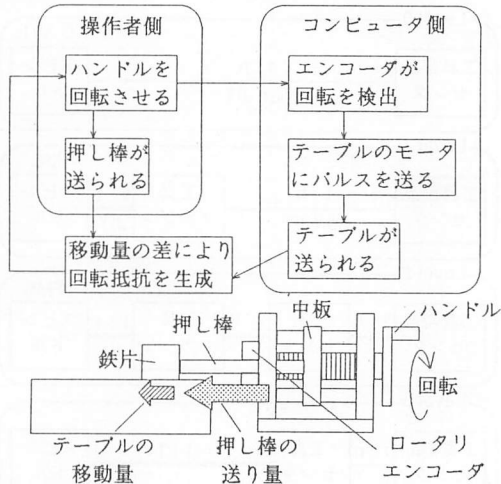


図3：抵抗生成の原理

今回製作した装置の外観を図4に示す。この装置は1軸水平テーブル部とハンドル部から構成され、パソコン1台で制御されている。

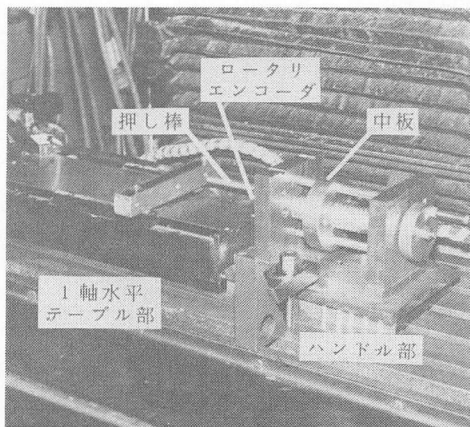


図4：入出力装置の外観

### 4・切削抵抗の計算と切削実験

2章で述べたとおり、本研究には加工状態のシミュレーションという課題がある。その中で根幹をなす切削抵抗は、切り込み、送り、切削速度の3つのパラメータによって決定される。現段階では、人工現実感の導入に主眼をおいているので、切り込み  $a$  が送り  $f$  に比べて十分大きいと仮定し、簡単な2次元切削に近似して、以下の式で計算する<sup>2)</sup>。

$$F_r = \tau_c \cdot a \cdot f (\cot \phi \tan \omega - 1) \cos(\phi + \nu_c)$$

$$F_f = \tau_c \cdot a \cdot f (\cot \phi \tan \omega - 1) \sin(\phi + \nu_c)$$

$\tau_c$  : せん断応力  $\phi$  : せん断角  $\nu_c$  : 切り屑流出角  
 $\omega$  : 合成切削力とせん断面のなす角  $\psi$  : 横切刃角

この近似がどの程度実際の旋盤に対応しているかを調べるために、切削実験を行い、その結果を、切削抵抗の伝達に必要な、背分力  $F_r$ 、送り分力  $F_f$  について図5に示す。図より、切削条件の範囲を限定すれば、実際の値に近い切削抵抗が得られている事がわかる。

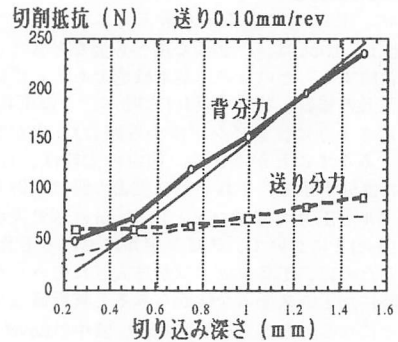


図5：切削抵抗の計算値と実験値

### 5・おわりに

今回、人工現実感の機械加工への応用について、バーチャルマシニングの概念を提案し、入出力装置を製作した。今後、3章で紹介した入出力装置を2軸分用意し、その回転量を切り込み量、送り量の変化として検出し、4章で述べた計算結果を利用して、切削条件の変化に応じた切削抵抗を伝達できる仮想旋盤を開発する。また、人間の感覚という定量化しにくい対象を取り扱っているため、開発後の評価方法について考えなければならない。

### 参考文献

- 1) 原島博・廣瀬通考・下條信輔：「仮想現実学への序曲」(1994)共立出版 bit別冊 (p110-p116 他)
- 2) 杉田忠彰・上田完次・稲村豊四郎：「基礎切削加工学」(1984)共立出版 (p105)