

5 軸加工への応用

北大工
日立製作所近藤司、岡本順、井上真一、三好隆志、斎藤勝政
白井健二

1. 緒論

5 軸工作機械は Z 方向に多価な面の加工が可能であり、3 軸工作機械に比べ高効率な加工が期待できる。しかし、制御軸数が増加する分、工具の位置、姿勢決定が複雑となるほか、工具干渉の検出、工具回避方法もまた問題となっている。5 軸加工における有効な工具干渉問題の解決手段として voxel データによる方法がある。本研究ではオクトリー構造を持つ voxel データを利用して工具干渉を検出、その工具干渉回避姿勢の決定方法に関して報告する。

2. 本研究の基本的な考え方

物理空間に存在する 2 物体が互いに干渉する危険度は両物体の最短距離として示すことができる。すなわち、その距離が 0 の場合は接触、マイナス（一方向からみて）の場合は干渉であり、距離が大きくなると危険度は逆に小さくなると見なすことができる。図 1 に示すように物体（太い実線）から等距離分はなれた領域（細実線、点線）が認識可能であるとするとその危険領域に進入する他の物体との干渉の危険度とその度を推定することができる。一般の計算機モデル（ソリッドモデルなど）は形状を記述するための手法であるため空間における形状近傍の情報を持っておらず、物体間の干渉は膨大な計算処理に頼っている。物体形状を記述する方法の 1 つに 8 分木空間格子法（オクトリーデータ）が知られている。この手法は物体の記憶方式として形状境界部を密に、それから遠ざかる領域は粗い格子状態で記憶する階層型の構造である（図 2）。物理空間の表現方法として 8 分木空間格子法を適用することにより物体とその近傍の危険領域を近似的に認識することができる。すなわち、形状外部では細かな格子ほど危険度が高く、格子が大きくなるにしたがい危険度は低いと考えることができる。形状内部における干渉の割合はその逆の傾向となる。本研究では計算機メモリ内に設定した加工空間に 8 分木空間格子法を適用する。5 軸工作機械により要求形状上の 1 点を加工するための工具姿勢は無数にあるが工具系干渉を考慮すると限定される。本研究では工具姿勢の評価として次式を導入した。

$$E = E1 + E2 \quad (1)$$

$E1$: $k \cdot v$, 加工効率
 $E2$: $(\text{int}) \sum (Ti, j \cdot wj)$,
 工具形状通過格子の重み総和
 k : 工具の加工効率係数 (0.0~1.0)
 v : 重み (通常 1.0)
 Ti, j : 工具形状を通過する格子 (1.0)

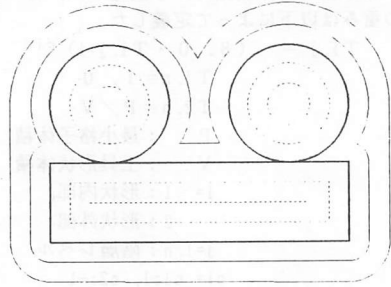


図 1 物体に関する干渉の危険領域

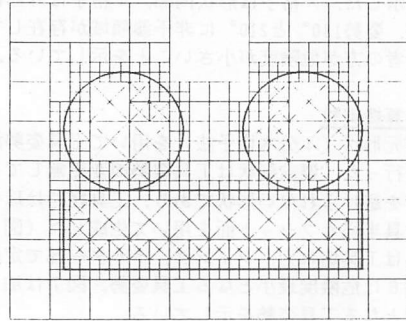


図 2 4 分木法で表現する物体形状

 wj : 階層別重み i : 要求形状内部 (1), 外部 (2) j : 階層レベル

工具は回転中心近傍より側面に近づくほど速度効果が大きくなり加工効率 ($E1$) は良好となる。工具形状通過格子の重みの総和 $E2$ は干渉状態で 1.0 以上、非干渉で 1.0 未満となるように設定し、それを整数化することにより非干渉時には常に 0 となる。すなわち工具姿勢の評価 E は 1.0 以上で干渉、1.0 未満で非干渉をせしめ、0.0~1.0 の間で加工効率の推定が可能である。工具形状、要求形状、加工点、オフセット点を与えられるときの全ての方向に関して E を計算することにより工具干渉、工具姿勢を定量的に評価することができる。

3. 工具形状通過格子に関する重みの設定

8 分木空間格子を用いて空間における物体干渉の危険度を推定するために格子に対して重みを設定する。図 3 にその階層別の重みの設定値を示した。形状境界

部が通過する格子は階層構造において最下位である。同じ階層において形状の内部、外部格子が存在しそれぞれは危険度が最も大きい格子と干渉度の最も小さい格子である。本研究では干渉度の最も小さい格子の重みを1.0, 危険度の最も大きい格子の重みを最小格子体積/工具形状体積と設定した。他の格子の重みはそれぞれの重みの体積比により設定した。したがって、格子の重みは以下によって定義した。

$$T_{i,j} = (8.0 \cdot T_{i,j+1})^{\circ i} \quad (2)$$

$$T_{1,n} = 1.0$$

$$T_{2,n} = P/V$$

P : 最小格子体積

V : 工具形状体積

i = 1 : 形状内部,

2 : 形状外部

j = 1, n : 階層レベル

c1 = 1, c2 = -1

図4に2次元形状で計算した工具姿勢と重みの関係の例を示した。×格子は形状内部、+格子は外部格子である。姿勢180°と210°に非干渉領域が存在しており、後者の方が危険度が小さいことを示している。

4. 計算機実験

2次元形状(4分木格子法)を用いて工具姿勢決定実験を行った。要求形状は工具姿勢の変更無しでは工具干渉を避けられない形状であり、工具経路は球体工具の工具半径オフセット面を用いて生成した(図5)。工具系は工具切れ刃, シャンク, ホルダー部で定義した。図6は危険度最小となる工具姿勢, 図7は加工効率最良となる工具姿勢を示している。

5. 結論

オクトトリーデータを基にした工具干渉検出, 工具姿勢決定方法に関して報告し, 以下の結論を得た。

- 1) 加工空間の表現法にオクトトリーデータを導入することにより工具干渉, 工具姿勢の評価を定量的に取り扱う手法を提案した。
- 2) 工具形状通過格子の重み値の設定方法を提案した。
- 3) 実験により本手法の有効性を確認した。

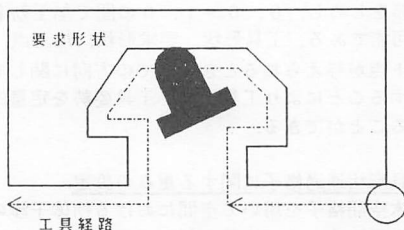


図5 実験に用いた工具経路

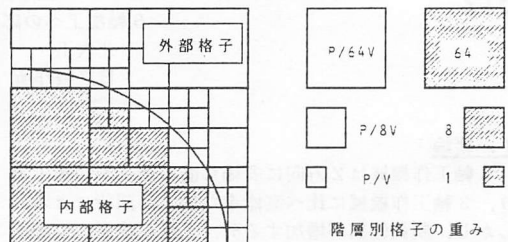


図3 階層レベルと重みの設定

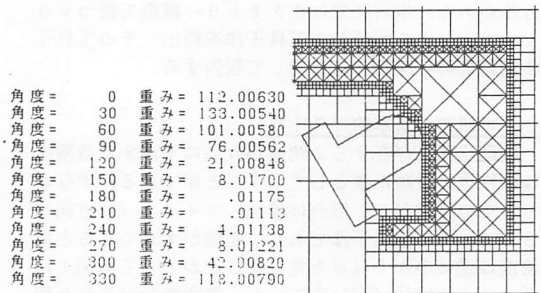


図4 工具姿勢と工具干渉の危険度計算例

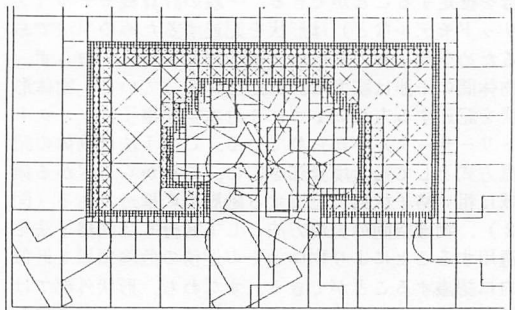


図6 危険度最小となる工具姿勢

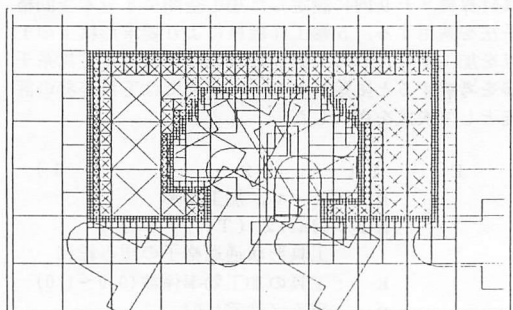


図7 加工効率最良となる工具姿勢