

延性モード研削に要求される砥石トポグラフィ特性のシミュレーションによる検討 (第1報)

研削仕上面粗さに及ぼす切れ刃トランケーションの効果

○深川 高教 (北見工大・学), 田牧 純一 (北見工大)
北川 武揚 (北見工大), 井山 俊郎 (岩手大・工)

要 旨

ダイヤモンド研削砥石を用いて硬脆材料の延性モード加工を達成する場合に要求される砥石作業面トポグラフィ特性をモンテカルロシミュレーションによって検討している。本報では、ダイヤモンド砥粒の先端を平坦に揃える作業すなわちトランケーションが研削仕上面に対して及ぼす効果を検討した。その結果、トランケーションを行った粗粒砥石はトランケーションを行わない微粒砥石と同等の仕上面粗さを達成できることがわかった。

1. はじめに

硬脆材料の延性モード研削加工を行うためには砥粒切込み深さを被削材の物性値によって決定される延性モード変形限界値以下に設定することが要求される。この対策として、1)砥石と工作物との幾何学的干渉条件を適正に設定する、すなわち微小切込み、微小送り速度を与える、2)超微粒砥石を用いることにより有効砥粒切れ刃数を大きくする、3)粗粒ダイヤモンド砥石にトランケーションを行い砥石作業面上に先端の平坦な切れ刃を揃える、の3方法が考えられる。

本研究では、高い砥粒突出し量を有するが故に十分なチップポケットを確保し長い工具寿命を期待できる粗粒ダイヤモンド砥石に注目し、粗粒砥石に対するトランケーションの影響を解明することを目的としている。本報では、研削仕上面粗さに及ぼす影響をモンテカルロシミュレーションにより検討した。

2. 研削モデル

図1(a)に平面研削用平形砥石モデルを示す。この砥石内に一定の球径(dg)を有するダイヤモンド砥粒が一様に分布していると仮定するならば、その切れ刃密度は次式で与えられる。

$$D_0 = \frac{15C}{1000\pi dg^3} \quad (1)$$

式(1)を用い、集中度CをC=50に固定して各種粒度#に対する切れ刃密度を計算した結果を表1に示す。

以上の表を参考にして、切れ刃密度の値として $D_0 = 1 \times 10^{-6}, 1 \times 10^{-5}, 1 \times 10^{-4}, \mu m^{-3}$ の3種を選定した。

表1

粒度 #	砥粒径 dg (μm)	切れ刃密度 D_0 (μm^{-3})
240	60	1.1×10^{-6}
400	30	0.9×10^{-5}
700/800	15	0.7×10^{-4}
2000/2500	6	1.1×10^{-3}
4000	3	0.9×10^{-2}

ダイヤモンド砥粒先端の形状は、図1(a)に示すように、先端半頂角 α が一定の円錐形であると仮定する。この砥石に対して同図破線に示すようにトランケーションを行うと、砥粒先端が切断されその形状は裁頭円錐台に変化する。なお、砥石半径方向の深い位置に存在する切れ刃はトランケーションを免れ円錐形形状を確保する。このトランケーションにより、砥石内に存在するダイヤモンド砥粒の形状および分布、すなわちトポグラフィは、図1(b)に示すように切れ刃先端が砥石作業面状に揃った状態に変化する。切れ刃先端の平坦化および整列化の程度はトランケーション量 Tr によって決定される。シミュレーションに用いた平面プランジ研削条件を表2に示す。

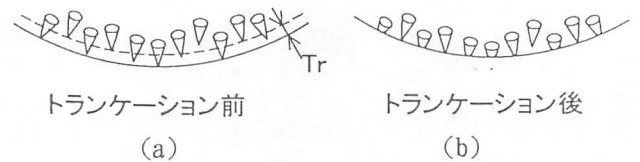


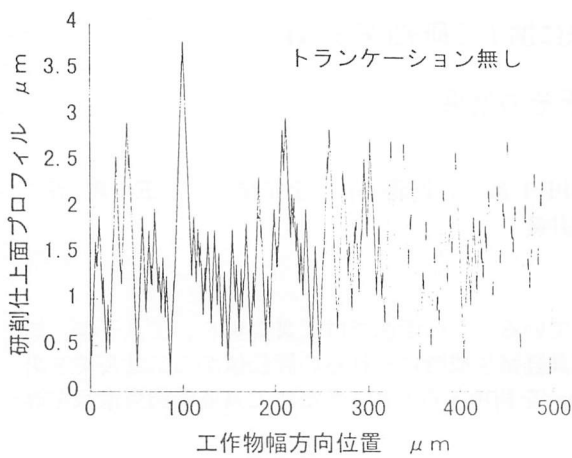
図1
表2

切込量 Δ	10 μm
砥粒径 D	200mm
速度比 V_s/V_w	200
円錐半頂角 α	74°
切れ刃密度 D_0	$1 \times 10^{-6}, 1 \times 10^{-5}, 1 \times 10^{-4} \mu m^{-3}$
トランケーション Tr	0.1, 2, 3, 4, 5 μm

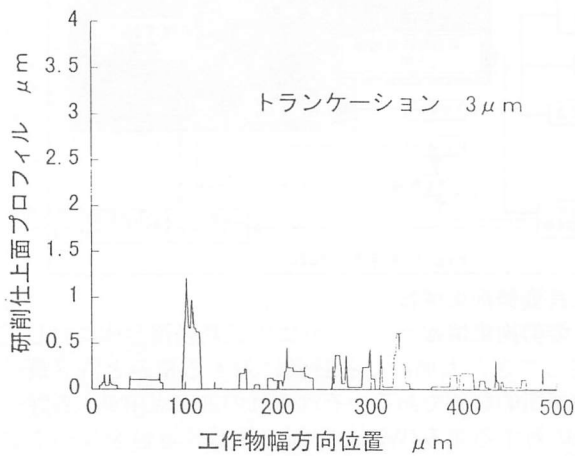
3. シミュレーション結果

3.1 仕上面プロフィール

図2(a)は、トランケーションを行わない砥石(切れ刃密度 $D_0 = 1 \times 10^{-6}$)により得られる仕上面プロフィールの一例である。トランケーションを行っていないため、プロフィールは三角波で構成されている。一方、図2(b)は同一の砥石に対して $Tr = 3 \mu m$ のトランケーションを行った場合に得られる仕上面粗さの一例である。この場合、プロフィールは三角波と水平線分の混在したものとなっており、仕上面粗さがかなり向上していることを確認できる。



(a)



(b)

図2

3. 2 シミュレーション回数の影響

モンテカルロ法においては乱数系列によってシミュレーションプロセスが異なるため、安定した結果を得るためには十分な回数のシミュレーションを行わなければならない。図3は、トランケーションを行わない砥石($D_0=1 \times 10^{-6}$)についてシミュレーション回数に対する算術平均粗さRaの平均値の変化をプロットした結果である。図より、回数が80回を超えた時点で安定した結果の得られることがわかる。したがって、シミュレーション回数80回の平均値を評価値に用いた。

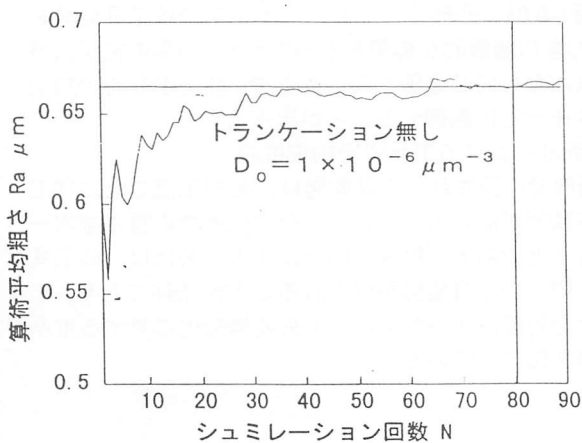


図3

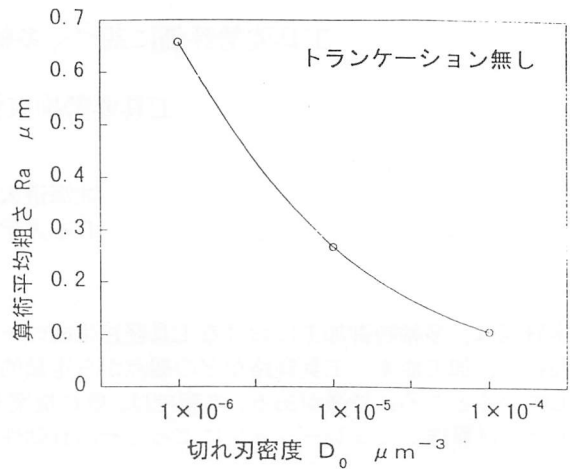


図4

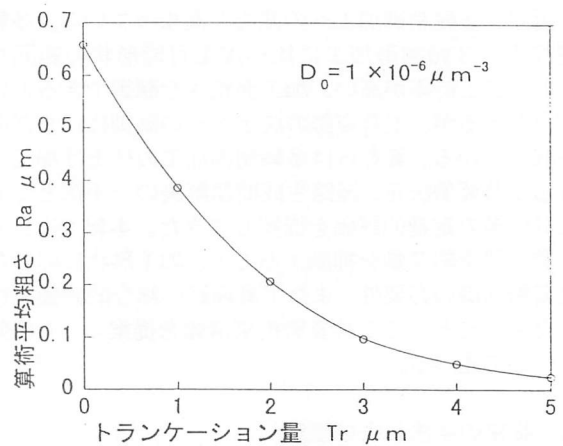


図5

3. 3 切れ刃密度の影響

図4は、算術平均粗さRaに及ぼす切れ刃密度の影響を検討した結果である。この場合トランケーションは行っていない。当然のことながら、切れ刃密度の大きい砥石ほど仕上面粗さの向上することがわかる。表1を参考にして切れ刃密度を粒度番号と対応させると、 $D_0=1 \times 10^{-6}$ が粒度#240砥石に相当し、 $D_0=1 \times 10^{-4}$ が#700/800砥石に相当する。

3. 4 トランケーションの効果

図5は、切れ刃密度 $D_0=1 \times 10^{-6}$ すなわち粒度#240の砥石にトランケーションを行った場合の算術平均粗さの変化を示した結果である。図より、トランケーションを行うことにより仕上面粗さが著しく向上することがわかる。例えばトランケーション量 $Tr=3 \mu m$ の算術平均粗さは図4における切れ刃密度 $D_0=1 \times 10^{-4}$ の砥石(表1によれば粒度#700/800砥石に相当)と同等の値となっている。

4. まとめ

粗粒砥石にトランケーションを行うことにより仕上面粗さが飛躍的に向上することがわかった。例えば切れ刃密度 $D_0=1 \times 10^{-6}$ の砥石に $3 \mu m$ のトランケーションを行うことにより得られる粗さは100倍の切れ刃密度を有する砥石により得られる粗さと同等となることがわかった。今後、砥粒切込み深さに及ぼす影響について検討する予定である。