



流れ形切りくずの流出方向に及ぼすノーズ半径の影響

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2012-11-07 キーワード: 作成者: 奥野, 亮輔 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00001705

流れ形切りくずの流出方向に及ぼすノーズ半径の影響

奥野亮輔

北海道教育大学岩見沢分校職業科工業研究室

Effect of Nose Radius on Chip Flow Direction in Single-Point-Tool Cutting

Ryosuke OKUNO

Department of Mechanical Engineering, Iwamizawa Branch, Hokkaido University of Education

昭和44年10月16日 受領

Summary

Chips are broken by the chip breaker of the single-point-tool cutting of the lathe, and the chip flow direction varies depending upon the setting point of the chip breaker.

In this experiment, theoretical expressions on the chip flow direction were presented and examined according to the observational values obtained from the experiment.

§ 1 緒 言

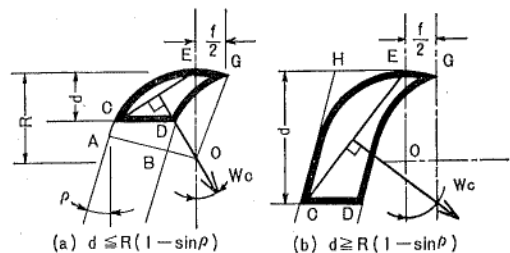
鋼を旋盤で切削する場合、切りくずは長く流出されて、これが刃物台や刃物にからまって作業能率を低下させる。この害を取り除くために切りくずをこまかく分断させることが最も簡単な方法である。この場合、刃物の先に突起物(チップブレーカ)を付けて切りくずを強制的に曲げて分断を行なっている。このチップブレーカの取り付け位置や方向は切りくずの流出方向に基づいて設定するので、この切りくず流出方向を知ることが必要になってくる。

刃物のノーズに半径Rの丸みをつけると、切れ刃にそって切り取り厚さ、直角すくい角が変化して、丸みのないときよりも切削現象は複雑になるし、切削にあずかる切れ刃長さに対する円弧切れ刃長さの割合によって流出方向が変化する。この場合の流出方向については、Colwell¹⁾等の理論式や山本²⁾等の実験式などがあるが、筆者もここで一つの理論式を立てることを試みた。

§ 2 理 論 式

Colwell は、切りくずが近似的に切削面積の主軸(第1図の \overline{CE} で定義する)に直角に流出すると考えた。簡単に微小切れ刃に働く力を一定とすると、ノーズ丸みをもつ切れ刃は、相当直線切れ刃 CH , HG におきかえられ、流出方向は CG に直角になる。Colwell は送り量 f の影響を考えないで、 CG を CE としたのである。

流出角を第1図の Wc と定義しているので、



第1図

幾何学的計算から次の式が得られる。

$d \leq R(1 - \sin \rho)$ の場合 (第1図 a 参照)

$$W_c = \cot^{-1} \sqrt{\frac{2R-d}{d}} \dots\dots\dots (1)$$

$d \geq R(1 - \sin \rho)$ の場合 (第1図 b 参照)

$$W_c = \cot^{-1} \left[\left\{ 1 - \frac{R}{d}(1 - \sin \rho) \right\} \tan \rho + \frac{R}{d} \cos \rho \right] \dots\dots\dots (2)$$

(1) 式は円弧切れ刃だけで切削する場合、(2) 式は横切れ刃も関係する場合である。この式には、縦すくい角 α 、横すくい角 β の影響は入れられていない。Colwell は、この (1)、(2) 式の精度を上げるために、試行的に次の (3)、(4) 式も考えた。

$$W_c' = \cot^{-1} \left[\cot W_c \frac{1 + \sin \alpha}{1 + \sin \beta} \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$W_c'' = \cot^{-1} \left[\cot W_c \frac{1 + \sin \alpha}{1 + \cos \beta} \right] \dots\dots\dots (4)$$

これらの (3)、(4) 式は試行的に作られたので実験式と考えるべきかもしれない。

筆者は、ノーズ丸みの影響による切りくず流出方向を決定する要因を次のように考えた。

- (i) ノーズ丸み切れ刃の接線に垂直方向に切りくずは流出する。(第2図 $\overline{P'P''}$ に垂直ということ)
- (ii) その流出方向の力の勢力は、被削材の微小除去面積 (第2図 dA) の大きさに比例する。

以上、2つの条件を満足するように式を立てた。

第2図を参照にして、 $\triangle OO'P$ において、

$$\cos(\pi - \theta) = \frac{f^2 + y^2 - R^2}{2fy} \dots\dots\dots (5)$$

この(5) 式を y について解き、 $y > 0$ の場合を考えると、

$$y = -f \cos \theta + \sqrt{R^2 - f^2 \sin^2 \theta} \dots\dots\dots (6)$$

$$x = R - y = R + f \cos \theta - \sqrt{R^2 - f^2 \sin^2 \theta} \dots\dots\dots (7)$$

よって、 $dA = R \cdot d\theta \cdot x$

$d = R(1 - \sin \rho)$ の場合は、

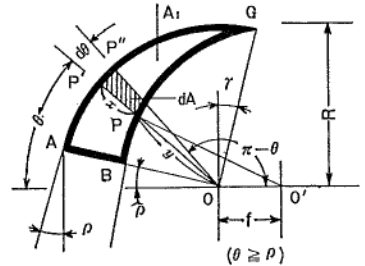
$$A_1 = R \int_{\frac{\pi}{2} + \rho}^{\frac{\pi}{2} + \gamma} x \cdot d\theta = R \int_{\frac{\pi}{2} + \rho}^{\frac{\pi}{2} + \gamma} (R + f \cos \theta - \sqrt{R^2 - f^2 \sin^2 \theta}) d\theta \dots\dots\dots (8)$$

流出角 W_c は、被削材の除去面積 (第2、3図の A_1 、 A_2 にあたる面積) の $\frac{1}{2}$ 倍の面積に等しくなるように、 AB 、または $A'B'$ より G 点に向かって面積をとった場合でできる角 θ_1 を $\pi/2$ より引いた値であり、第1図の W_c と同様なものである。

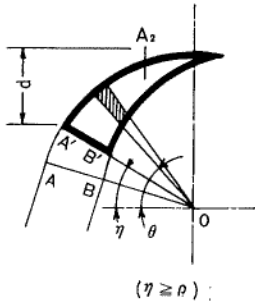
$d \leq R(1 - \sin \rho)$ の場合

$$A_2 = R \int_{\eta}^{\frac{\pi}{2} + \gamma} (R + f \cos \theta - \sqrt{R^2 - f^2 \sin^2 \theta}) d\theta \dots\dots\dots (9)$$

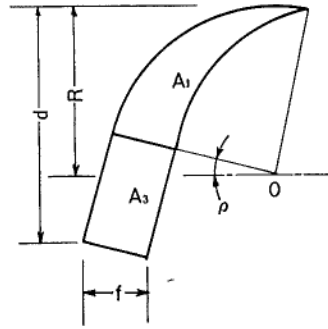
$$\frac{A_2}{2} = R \int_{\eta}^{\frac{\pi}{2} - W_c} (R + f \cos \theta - \sqrt{R^2 - f^2 \sin^2 \theta}) d\theta \dots\dots\dots (10)$$



第2図



第3図



第4図

この式を W_c について解くと流出角が得られる。

$d \geq R(1 - \sin \rho)$ の場合は第4図を参照にして、

$$W_c = \frac{A_1 W_{c0} + (\pi/2 - \rho) \cdot A_3}{A_1 + A_3} \dots\dots\dots (11)$$

となる。但し、 $\eta = \rho$ の場合の流出角を W_{c0} とする。

§ 3 実 験

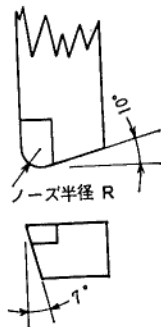
本実験においては、ノーズ半径と切り込み量の関係から、流出角がどのように変化するかを解析するのが主な狙いなので、「切り込み量/ノーズ半径」という比の値を重視しなければならない。さらに、被削材として鋼 (S25C, 64φ) を切削することにしたので、実験に際しては測定しやすいように流れ形切りくずが排出され、しかもカールしないように実験計画を立てた。切削条件は第1表の通りであり、全実験数 256 通りを行なった。

第1表

切 削 速 度 (m/min)	80		200		2通り
ノ ー ズ 半 径 (mm)	0.5	1.0	1.5	2.0	4通り
送 り 量 (mm/rev)	0.057	0.10	0.14	0.20	4通り
切 り 込 み 量 (mm)	0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0				8通り

表中、切り込み量が11通り記してあるが、ノーズ半径1種類に対して切り込み量を8通りに制限して、上記の比の値をそろえている。

旋盤は三菱エリコン社製を使用し、刃物は理論計算を簡単にするため、第5図および第2表のような形状のものを使用した。切りくずの流出角を求めるために、第6図のような装置を用いて写真撮影を行なった。即ち、切削中の刃物の平面に垂直にカメラとライトを縦送り台に固定して、旋盤の送りに従ってライトもカメラも移動するように工夫した。この装置で撮影した写真の一部が第7図である。この写真をもとにして分度器を用いて流出角の測定を行なった。

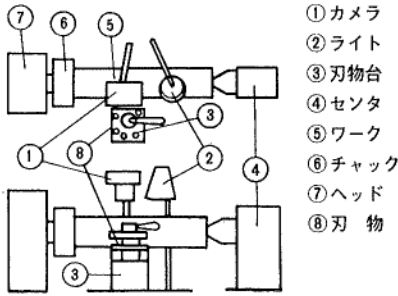


第5図

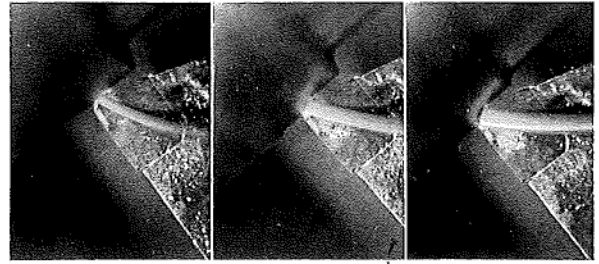
第2表

刃先材質	超硬 TU40
ノーズ半径	0.5, 1.0, 1.5, 2.0
横すくい角	0°
縦すくい角	0°
側面逃げ角	7°
前面逃げ角	7°
横切れ刃角	0°

流れ形切りくずの流出方向に及ぼすノーズ半径の影響



第 6 図



第 7 図

§ 4 理論値と実験値との比較

実験によって得た流出角の値を、切削速度、ノーズ半径 R 、送り量 f 、切り込み量 d の変化と関連させてグラフにしたのが第 8 図である。また、送り量による変化を一定（平均値）とし、横軸に切り込み量とノーズ半径の比をとって表わしたのが第 9 図である。

今回、実験した刃物形状は、第 5 図、第 2 表のように横切れ刃角が零 ($\rho=0$) であるから、理論値を求める式において、(1) 式はそのままであるが、(2) 式は次のように簡単になる。

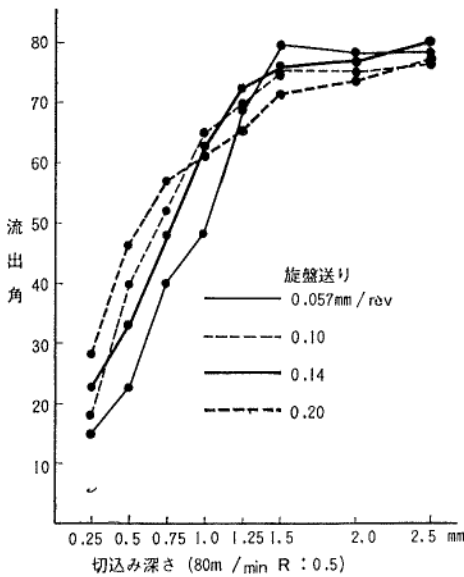
$$Wc = \cot^{-1} \frac{R}{d} \dots\dots\dots (12)$$

同様に(3) 式、(4) 式においても $\alpha=\beta=0$ なので、

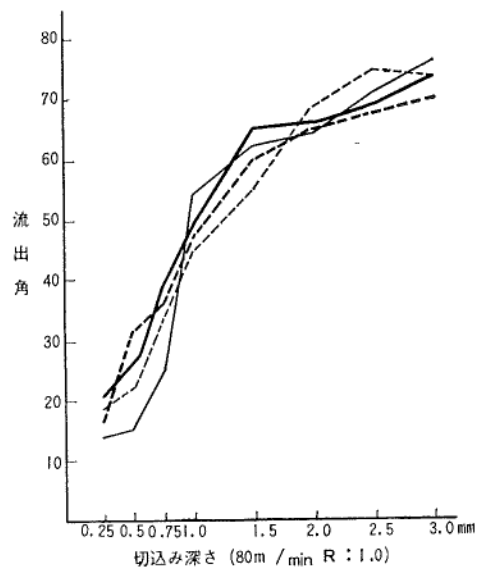
$$Wc' = \cot^{-1}(\cot Wc) = Wc \dots\dots\dots (13)$$

$$Wc'' = \cot^{-1}\left(\frac{1}{2} \cot Wc\right) \dots\dots\dots (14)$$

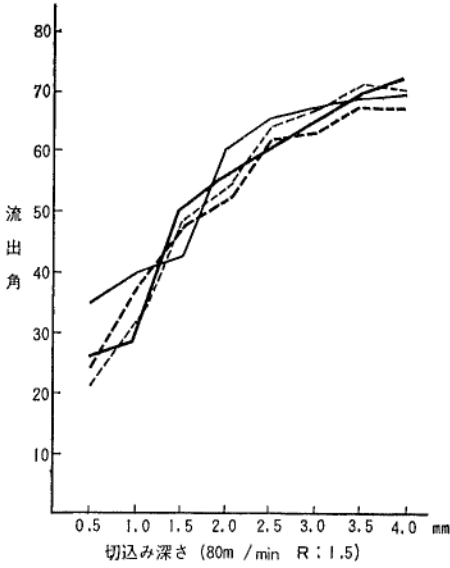
第 8 図



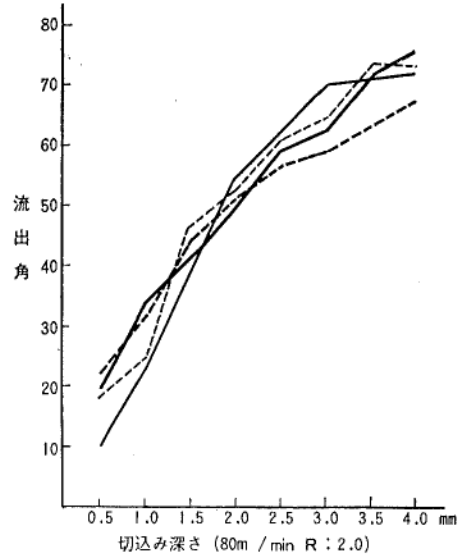
8-1



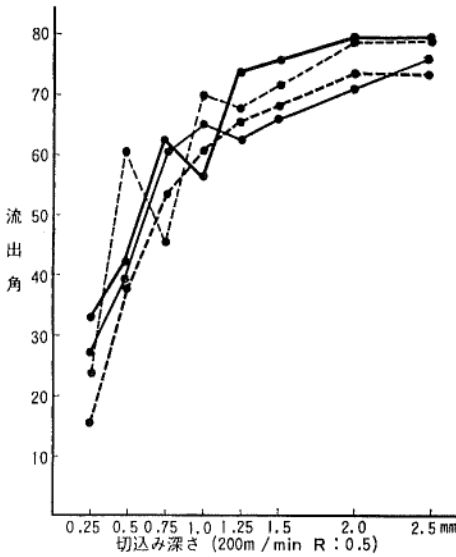
8-2



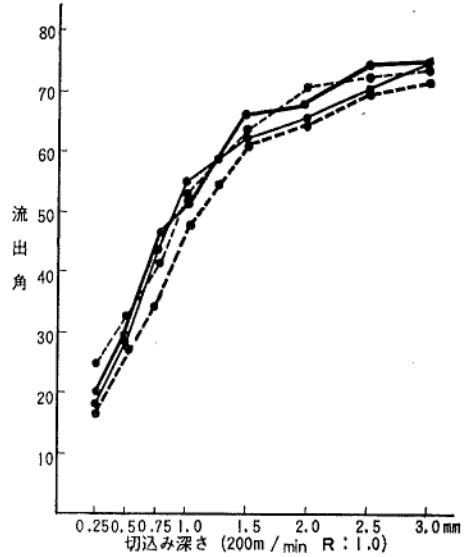
8-3



8-4



8-5



8-6

また、(8) 式は $\rho=0$ とすると、

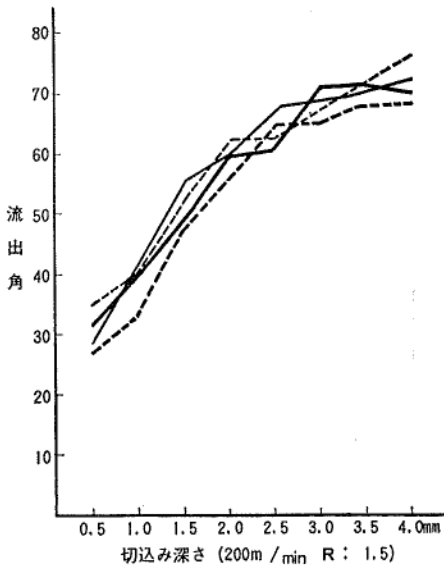
$$A_1 = R \int_0^{\frac{\pi}{2} + \gamma} (R + f \cos \theta - \sqrt{R^2 - f^2 \sin^2 \theta}) d\theta \dots \dots \dots (15)$$

(10) 式は変化なく、(11) 式は次のようになる。

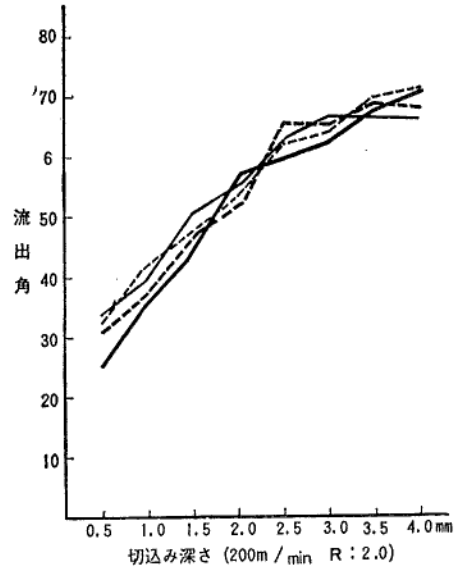
$$W_c = \frac{A_1 W_{c0} + \frac{\pi}{2} \cdot A_3}{A_1 + A_3} \dots \dots \dots (16)$$

Colwell の式は、ノーズ半径 R と切り込み量 d によってきまるので簡単に計算できる。(15) 式の方は積分形になっており、この中にある $\sqrt{R^2 - f^2 \sin^2 \theta}$ の積分は楕円積分の第 2 種にあたるた

流れ形切りくずの流出方向に及ぼすノーズ半径の影響

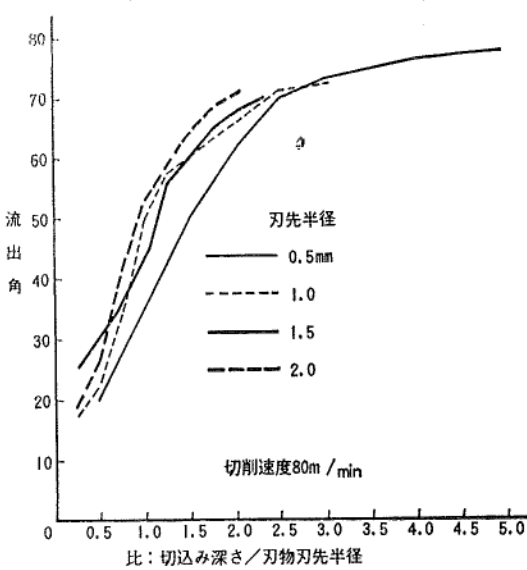


8-7

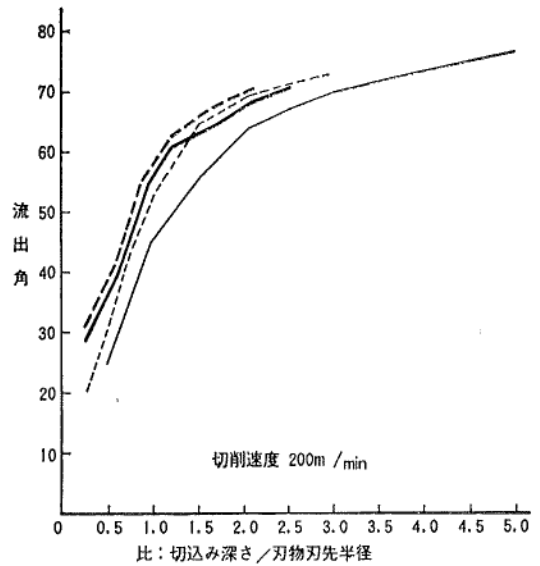


8-8

第 9 図



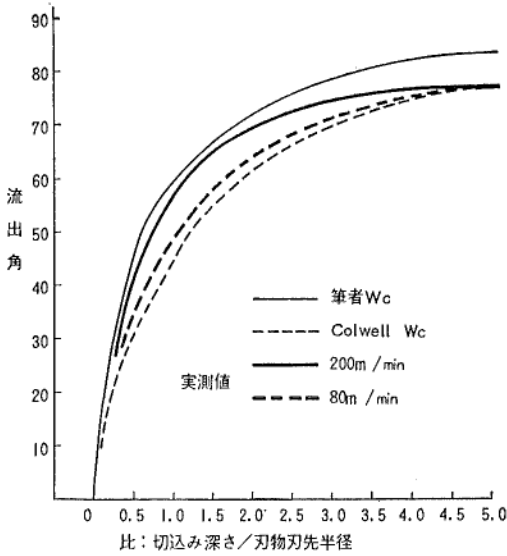
9-1



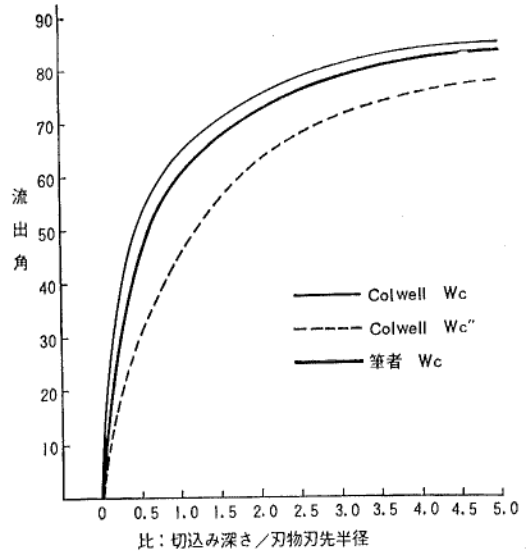
9-2

め簡単には解けないので、 θ を 5° 刻みに分けて近似計算を行なった。

これら (15), (16) 式は、式の中に送り量 f が入っているが、計算してみると f による差異は無視できるので、結局 1 本の曲線で表わされる。これら理論値の曲線 2 本と実験値 (送り量による流出角の変化が他の 3 つの条件による変化よりも微少のため、4 つの送り量による流出角の値の平均値をとってある) を表わしているのが第 10 図である。



第 10 図



第 11 図

§ 5 む す び

この第10図から実験値は (1), (12) 式と (10), (16) 式の 2 本の曲線の間にはほぼ集まっている。切削速度が 80 m/min の方は Colwell の式に合い、200 m/min の方は筆者の式に合っている。また、第11図より(14) 式の Wc'' は筆者の式よりも流出角の値が大きくなり、実験値との差が大きくなるので実用的な式ではない。

一般に 3 次元切削においては、切りくずの断面は除去面積よりもすべての方向に広がっているの
で、この広がりのおかげで流出角は余分になる。したがって、ノーズ半径 $R=0$ であっても $Wc = \frac{\pi}{2}$
とはなりえない。このことを考慮に入れると理論値の Wc は、もう少し小さくなるはずであり、
筆者の式の考え方の方がより実験値と合うように思われる。これらの理論値より、チップブレーカ
の刃先に対する方向を決定することができる。

参 考 文 献

- 1) L.V. Colwell (1954) Predicting the angle of chip flow for single-point cutting tools. Trans. ASME Vol. 76, p. 199.
- 2) 山本 明：向原誠，上田忠男（1968）流れ形切りくずの流出方向に及ぼすノーズ半径，切削比，摩擦係数の影響，精密機械，第34巻，第2号，51～56頁。