

研削砥石の砥粒切れ刃の分布に関する考察

本 多 良 辰* 進 村 武 男** 高 沢 孝 哉***

Distribution of Cutting Edges on Grinding Wheel

by

Ryōsin HONDA, Takeo SINMURA and Kōya TAKAZAWA

A three-dimensional distribution of cutting edges on the grinding wheel is discussed in this paper.

It is confirmed that the two-dimensional distribution of the cutting edges on the wheel is explained from the typical Poisson distribution, as it was predicted by another worker. Also, a distribution of the cutting edges from the wheel surface toward the interior along the radius direction in the surface layer can be expressed by the power function as given by $\bar{n} = k_s \cdot z^c$, where \bar{n} is the accumulated average number of the cutting edges per unit area in the depth of z from the surface, and k_s and c are the constants determined by experiments. Therefore, this distribution may be varied with some grinding factors, which are grinding conditions, dressings and characteristics of the wheel.

Consequently, a equation for the three-dimensional distribution of the cutting edges in the surface layer is consisted of these two types of the distribution as a Poisson distribution. From experimental results, it is, however, evident that the equation is actually applied to it when the average number of the cutting edges included in the solid, which has the depth of z from the surface toward the center of the wheel in the surface layer, is within about 5.5.

1. 緒 言

研削砥石表面の砥粒切れ刃は、平面的にはランダムな散らばりをしており、半径方向にはその先端は不揃いであるとみなされ、この観点から、最近、砥粒切れ刃の三次元的分布を考慮した砥石モデルにより研削機構の解析が行なわれている。砥粒切れ刃の三次元的分布は砥粒切れ刃の平面的な分布と半径方向の分布とによって定まるものであり、これらの分布の問題に関してはこれまでに幾多の実験結果が発表されている。^{1), 2), 3), 4), 5), 6), 7)}

砥粒切れ刃の平面的分布については、織岡の実験結果⁸⁾によって示されるように、砥石表面の砥粒切れ刃はアトランダムに近い分布をしているものと考えられているが、砥粒切れ刃の砥石半径方向の分布については、一様分布^{1), 2), 3), 4)}放物線分布⁵⁾正規分布^{6), 7)}などの分布形が提示されている。このように砥石半径方向の分布について幾つかの分布形が示されるのは、研削の諸条件により分布状態が変化することが主要な原因のように考えられるが、このような種々の分布状態を包含する分布形

*精密工学科 **宇都宮大学工学部 ***東京芝浦電気株式会社, 生産技術研究所

の設定が望まれる。

そこで筆者らは、上述の観点から、砥削砥石表面の砥粒切れ刃の平面的分布および砥石半径方向の分布について実験的観測と検討を行ない、その結果に基づいて、砥石表層の砥粒切れ刃の三次元的分布について考察を行なった。本論文ではそれらの研究結果について述べる。

2. 砥粒切れ刃の平面的分布

砥石表面の砥粒切れ刃の平面的分布については、織岡が行なった実測結果⁹⁾のほかあまり実測例が見られず、一般に、常識的にアトランダムな分布をしているとみなしているようである。そこで、筆者らはこの問題を実験的に確かめてみた。

2.1 実験方法

砥石表面の砥粒切れ刃の平面的分布の観測には、すすを付けたガラス板（以後すす板と呼ぶ）に砥石表面の砥粒切れ刃を転写する方法を用いた。平面研削盤のテーブル上におかれた平行バネで支持される台板上にすす板を置き、砥石円筒面を一定圧力（約1kg）ですす板に押し付けてころがして、すす膜面に切れ刃を転写し、このすす板を原板にして引伸し写真（20倍）を作り、この切れ刃写真より平面的分布を観測した。切れ刃写真の一例を図1に示す。

A60の結合度がG, I, K, Oの砥石およびWA60K, C60M, GC60Kの砥石を用い、表1の実験条件により、ドレッシング後工作物を30回程度研削し、砥石表面の砥粒切れ刃が定常化してから、砥石円周上の3個所について切れ刃を測定した。なお、工作物材料はもっとも一般的被研削材料と考えられる焼入鋼を使用した。

2.2 実験結果

もし、砥石表面の砥粒切れ刃がアトランダムな散らばり方をしておれば、確率論的には、ある深さの表層を含む砥石表面を同一の小面積で区分した場合、小面積中にある切れ刃数 N の度数分布 $\Pr(N)$ はポアソン分布するとみなすことができ、小面積中にある切れ刃数の平均値が \bar{N} であれば、 $\Pr(N)$ は次式で表わされる。

$$\Pr(N) = \frac{\bar{N}^N}{N!} \exp(-\bar{N}) \tag{1}$$



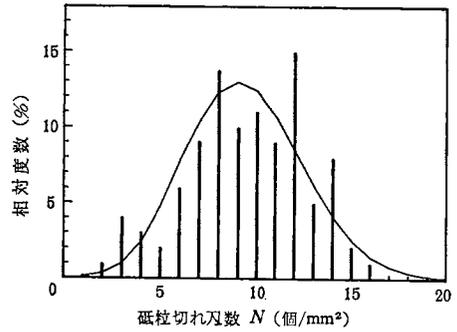
砥石：A60KmV, 研削初期（30回研削）

図1 すす板転写法による砥石面の切れ刃写真

表1 実験条件

研削盤	小形平面研削盤
砥石	A60GmV, A60ImV, A60KmV, A60OmV, WA60KmV, C60MmV, GC60KmV 砥石径 140~150mm
工作物	鋼(焼入れ) 硬度 HRc 53 寸法 75×5.5×15mm
ドレッシング	単石ダイヤモンドドレッサー 切り込み 0.005mm 送り速度 0.08mm/rev
研削	プランジ乾式研削 砥石周速度 約1400m/min 工作物速度 5.7m/min 砥石切り込み 0.005mm

そこで、図1に示されるように切れ刃写真上に砥石表面1mm相当(写真上で20mm)の間隔の格子線を引き、1個の砥石について100個の正方形を作り、それらの正方形の中にある切れ刃数を数えた。計数に際し、分離した点はそれぞれ1個の切れ刃として、またくびれた切れ刃は別々の切れ刃として数えた。このようにして正方形の中にある切れ刃の度数分布を観測し、また、正方形中にある切れ刃数の平均値よりポアソン分布についての切れ刃数の期待度数を求めた。それらの一例を図2に示す。図2では観測度数分布はポアソン分布にかなり似た分布状態を示している。そこで、これらの観測度数分布をポアソン分布によって χ^2 検定を行なった。各砥石の χ^2 の値($\chi^2 = \sum \{(O-E)^2/E\}$, ここでO;観測度数, E;期待度数)を計算し、それらの χ^2 の値が起り得る確率 $P(\chi^2)$ を χ^2 分布表より求めた結果を表2に示す、危険率を5%と定めれば、実験した7例の砥石のうち6例の砥石は $P(\chi^2)$ の値は5%以上であり、これらの結果より、砥石表面の砥粒切れ刃は平面的にはポアソン分布に近い分布をしているとみなしてよいと考えられる。したがって、砥粒切れ刃の平面的分布についてポアソン分布のモデルを仮定しても大きな誤りを冒すことはないと思われる。



砥石：A60KmV, 研削初期(30回研削後)
 棒線：1mm²格子内の切れ刃数の観測度数
 折線： $Pr(N) = e^{-\bar{N}}(\bar{N}^N/N!)$ による期待度数
 平均砥粒切れ刃数 $\bar{N}=9.5$ (個/mm²)

図2 砥石面の砥粒切れ刃の平面的分布

表2 各種砥石の砥粒切れ刃の平面的分布のポアソン分布についての χ^2 検定
 $P(\chi^2)$ は χ^2 の値の起り得る確率

砥石	$P(\chi^2)$
A60GmV	0.01以下
A60ImV	0.1~0.2
A60KmV	0.05
A60OmV	0.3~0.5
WA60KmV	0.5~0.7
C60MmV	0.5~0.7
GC60KmV	0.9~0.95

3. 砥粒切れ刃の砥石半径方向の分布

3.1 実験方法

砥粒切れ刃の砥石半径方向分布(半径方向切れ刃分布と略称する)の観測には、図3に示されるような触針式切れ刃測定器を用いた。触針は

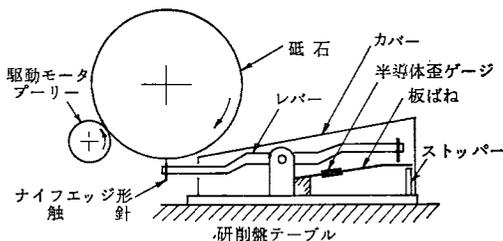
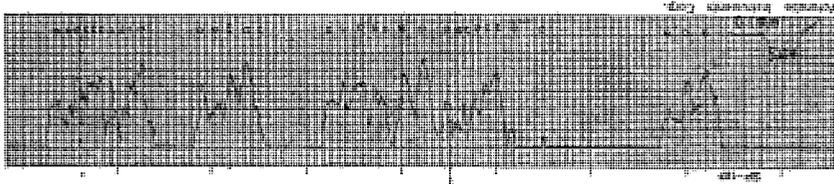


図3 触針式切れ刃測定器の構造

鋼製でエッジ幅が0.3~0.5mmのナイフエッジ形であり、エッジが砥石軸方向に平行に取り付けられている。砥石はシンクロナスモータで低速(0.313mm/sec)で回わされ、切れ刃が触針のエッジに触れれば触針は変位し、その変位は片持ち板ばねにはり付けられた半導体歪ゲージで検出され、ストレインメータを介して熱ペン式レコー

ダーにより記録される。本測定器により測定された砥石表面の切れ刃プロフィール(縦2000倍,横80



砥石：A60OmV, 100回研削後, 触針エッジ幅; 0.4mm
縦2000倍, 横80倍, ○印は切れ刃を示す。

図4 砥石表面の砥粒切れ刃プロフィール

倍) の一例を図4に示す。このようにして, 砥石円周上の3個所について, 軸方向の測定幅 0.3mm ~ 0.5mm (触針のエッジ幅に同じ), 円周方向の全測定距離 50~60mm の砥石表面を測定した。なお, 測定深さは約 15 μ m である。

実験は, A60G, A60K, A60O, WA60K, C60M, GC60K の砥石について, 表1の実験条件で行なった。砥石をドレッシング後工作物を研削し, 所定回数研削ごとに上述の方法で砥石表面の切れ刃を測定した。

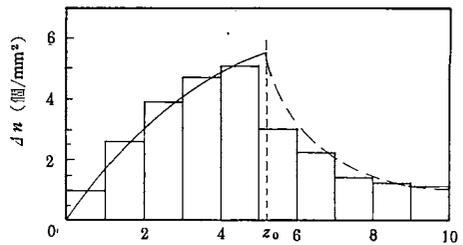
3.2 実験結果

3.2.1 半径方向切れ刃分布

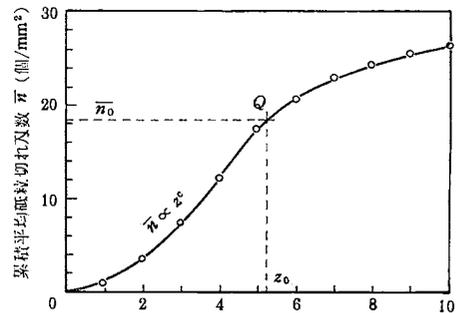
上述の方法で実験を行ない, 測定された砥石表面の砥粒切れ刃のプロフィールより切れ刃数を観測した。切れ刃プロフィールより切れ刃を計数するに際し, 砥石表面の同一個所について, 切れ刃プロフィールおよび切れ刃写真を求め両者を照合するなどの予備実験を行ない, また織岡が行なった測定法¹⁰⁾を参考して, プロフィールの突出した部分はすべて切れ刃とみなしてよいと判断し, この基準によって切れ刃を計数した。

また, 切れ刃プロフィール上での砥石円周面は, そのプロフィール測定区間 (実測長さ約 20mm) において1個だけ並はずれて突出しているような切れ刃は除外して, もっとも高い切れ刃先端付近によって決定した。この外周面を基準にして砥石半径方向 (プロフィール上で縦方向) に 1 μ m 間隔に深さを区分し, それぞれの間隔の中の切れ刃先端を計数して, 砥石円周上3個所の計数値を合計し, その値を全測定面積 (測定幅 \times 全測定距離) で除して, 各深さ間隔内の単位面積当たり平均切れ刃数 $\Delta\bar{n}$ (個/mm²) を求めた。また $\Delta\bar{n}$ を加算して砥石半径方向深さについての単位面積当たり累積平均切れ刃数 \bar{n} (個/mm²) を求めた。

このようにして観測された切れ刃の砥石半径方向の分布の一例を図5に示す。(a)図は砥



(a)



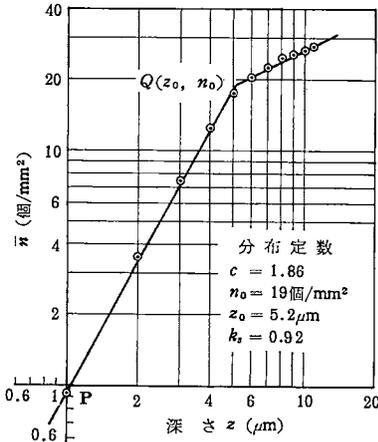
(b)

砥石：A60OmV, 研削回数：100

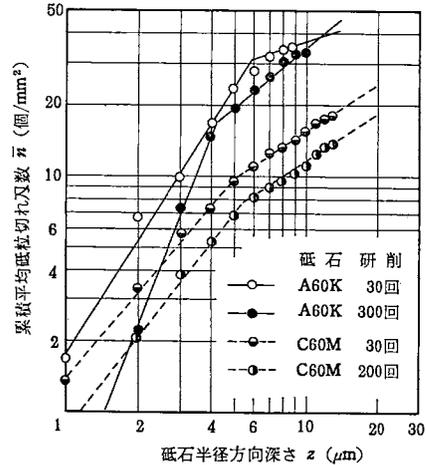
図5 砥石半径方向切れ刃分布

石深さについての $\Delta \bar{n}$ の変化状態を示す。砥石表面から内部へ入るにつれて $\Delta \bar{n}$ の値は増加し、ある深さ z_0 付近で最大値を示し、それより内部へ入れば漸減するような分布を示す。次に、単位面積当たり累積平均切れ刃数 \bar{n} を求め、 \bar{n} と砥石深さ z との関係を求めれば図(b)のように示される。

そこで、 \bar{n} と深さ z の関係を対数グラフに図示すれば、図6に示されるように深さ z_0 の位置を折点としてこう配の異なる二つの直線で近似的に表示される。他の実験結果についてもほぼ同様の結果が得られた。



砥石：A60OmV, 研削回数：100
図6 砥石半径方向切れ刃分布



砥石	研削	c	k_s (個/mm ² μm ^c)
A60KmV,	30回	1.6	1.81
"	300回	2.6	0.41
C60MmV,	30回	1.3	1.3
"	200回	1.3	0.87

図7 砥石半径方向切れ刃分布

上述の結果より、砥石表面からある深さ z_0 (以後限界深さと呼ぶ) の範囲では単位面積当たり累積平均切れ刃数 \bar{n} は近似的に砥石半径方向深さ z のべき乗に比例するとみなしてよいことがわかった。限界深さは後述で触れるように、ドレッシング条件に影響されるもので、5~10μm 程度のようなのである。一般的研削仕上の範囲では研削作用に関与する砥粒切れ刃は砥石表層数 μm の深さ範囲とみなされており^{11), 12)}, z_0 より深部は問題にしないでよいと考えられる。したがって、便宜的に限界深さ z_0 の範囲について取扱い、 \bar{n} (個/mm²) は砥石半径方向深さ z (mm) のべき関数で近似させられるものと仮定して次式で表わす。

$$\bar{n} = k_s z^c \times 10^{3c} \quad (2)$$

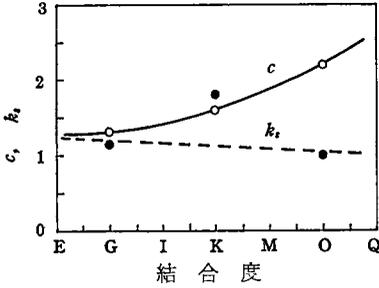
ここで、 k_s (個/mm²・μm^c) は砥石深さ 1 μm における \bar{n} の値を示し、 z_0 (μm) における \bar{n} の値を \bar{n}_0 (個/mm²) とすれば $k_s = \bar{n}_0 / z_0^c$ であり、切れ刃数に関係する定数である。 c の値は図6の累積切れ刃数線図の表面から z_0 の範囲の直線のこう配より求められ、分布形に関係する定数である。

上式で、 $c=1$ の場合は一様分布形、 $c=2$ の場合は直線分布形、 $c=3$ の場合は放物線分布形を表わし、従来それぞれ特定の分布形として取扱われたものを包含している。

3.2.2 研削諸条件の影響

前述したように、砥粒切れ刃の砥石半径方向分布に関しては、幾つかの分布形が提示されている

が、その原因の一つに、切れ刃の分布が研削の諸条件によりかなり広範に変化することが考えられる。そこで、この問題を、上述の(2)式のパラメータすなわち分布形に関する定数 c 、および切れ刃数に関する定数 k_s の実測値によって検討した。



c, k_s : 分布形および切れ刃数に関する定数
A60の砥石, 研削初期の砥石面

図8 砥石の結合度が半径方向切れ刃分布に及ぼす影響

表3 砥粒の種類による半径方向切れ刃数分布の相違
 c : 分布形に関する定数
 k_s : 切れ刃数に関する定数

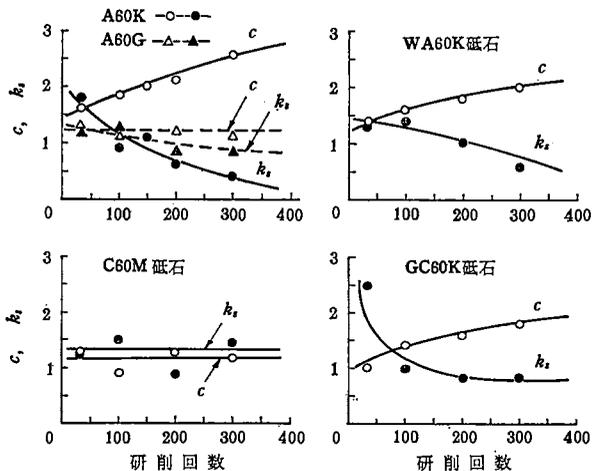
砥石	c	k_s
A60KmV	1.6	1.81
WA60mV	1.4	1.33
GC60KmV	1.0	2.50

砥石の結合度が半径方向切れ刃分布に及ぼす影響を A60 の結合度が G, K, O の砥石の研削初期(30回研削)の砥石表面について見れば、図8のように c の値は結合度が高くなるにつれて大きくなり、結合度 G の砥石は一様分布に結合度 O の砥石は直線分布に近い状態を示している。 k_s については結合度 K の砥石は他の砥石に比べて大きな値を示しているがその原因は明らかでない。

砥粒の種類による半径方向切れ刃分布の相違を A 60K, WA60K, GC60K の砥石について見れば表3のようである。 c の値は A, WA, GC の砥粒の順に小さくなっているがその差はあまり大きくない。GC60K の砥石の k_s の値が他の砥石に比べてかなり大きいのは、これは GC 砥粒の砥石では偏平な砥粒に切れ刃がいくつもできていることが多く、これが原因と考えられる。

次に、研削の進行につれて砥石半径方向の切れ刃分布が変化する状態を調べた結果を図9に示す。全体的に見れば、研削の進行につ

れて c の値は増大傾向を示し、 k_s の値は減少傾向がみられる。本実験に用いた砥石のうちでは、A60K の砥石はその傾向が強く、WA60K, GC60K の砥石は比較的ゆるやかであり、A60G 砥石は c の値にほとんど変化が見られず、 k_s の値はわずかに減少傾向を示している。C60M 砥石は c の値に変化の傾向が見られず、 k_s の値は各研削回によって変動しているが、全体的には変化の傾向が見られない。砥粒の種類が同じ A60K と A60G の砥石とを比べれば前者は大きく変化しており後者はほとんど変化せず、砥石の結合



平面研削盤, 乾式プランジ研削, 工作物: 鋼, 長さ 75mm
砥石周速度: 約1400m/min, 工作物増度: 5.7m/min
砥石切り込み: 0.005mm
 c : 切れ刃分布形に関する定数
 k_s : 切れ刃数に関する定数

図9 各種砥石の研削過程における半径方向切れ刃分布の変化

表4 実験条件

研削盤	平面研削盤
砥石	A60KmV, 200×19.5×50mm
工作物	表1に同じ
ドレッシング	単石ダイヤモンドドレッサー 切込みおよび送り速度を変える
研削	プランジ乾式研削 砥石周速度 1800m/min 工作物速度 9m/min 工作物を10回研削して砥石表面の 切れ刃測定を行なう。

度がかなり大きな影響を与える因子であることがわかる。このように、研削過程において砥石半径方向切れ刃分布は変化し、その変化の状態は砥粒の種類や結合度によってかなり相違があることがわかった。

次に、ドレッシング条件が半径方向切れ刃分布に与える影響について、表4の実験条件により、若干の実験を行なった。ドレッサーの切込みを 0.01mm として、ドレッサー送り速度を変えてドレッシングした場合の結果

を図10(a)に示す、図よりわかるように本実験の範囲ではドレッサー送りが切れ刃分布に与える影響は小さいようである。ドレッサーの送り速度を 0.06mm/rev として、ドレッサー切込みを変えてドレッシングした場合の結果を図10(b)に示す、ドレッサーの切込みが大きくなるにつれて c の値は減少し k_s の値は増大し、また限界深さ z_0 も大きくなり、ドレッサーの切込みが砥石半径方向の切れ刃分布に与える影響が顕著であることがわかる。

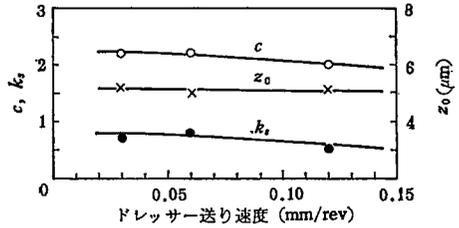
以上の実験的検討から、砥石半径方向切れ刃分布は、砥石の結合度、砥粒の種類、ドレッシング条件などにより影響され、また、研削の進行につれて変化することが認められた。

4. 砥粒切れ刃の三次元的分布についての考察

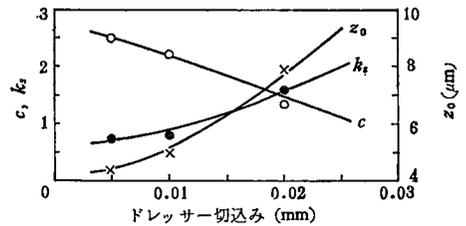
4.1 砥粒切れ刃の三次元的分布

前述において、砥粒切れ刃の平面的分布および半径方向の分布について実験的検討を行なったが、それらの結果に基づき、砥石表面の砥粒切れ刃は平面的にはポアソン分布し、また、半径方向切れ刃分布に関しては、砥石表層のある深さ範囲に限定して、単位面積当り累積平均切れ刃数は砥石深さのべき乗に比例する、と仮定して、砥石表層の砥粒切れ刃の三次元的分布について考察する。

いま、深さ z の砥石表層を考え、その表面に任意の小面積 A を取る。この小面積の中にある切れ刃数の平均値(平均切れ刃数)が \bar{N} 個であれば、ポアソン分布であるとする仮定により、 A の中に切れ刃が N 個ある確率 $\text{Pr}(N)$ は前述の(1)式で表わされる。(1)式中の平均切れ刃数 \bar{N} は A が与えられれば深さ z によってきまる。深さ z についての単位面積当り累積平均切れ刃数 n



(a) ドレッサー送り速度の影響(切込み0.01mm)



(b) ドレッサー切込みの影響(送り速度0.06mm/rev)

砥石：A60KmV, 200×19.5×50mm.
砥石周速度：1800m/min
ドレッサー：単石ダイヤモンドドレッサー
研削初期の砥石面について
 c ：切れ刃分布形に関する定数
 k_s ：切れ刃数に関する定数
 z_0 ：限界深さ

図10 ドレッシング条件が半径方向切れ刃分布に与える影響

が前述の(2)式で与えられるとすれば、 \bar{N} は次式で表わされる。(A, zの単位はmmである。)

$$\bar{N} = \bar{n}A = 10^{3c} k_s A z^c \quad (3)$$

(3)式を(1)式に代入すれば、

$$\Pr(N) = \frac{\bar{N}^N}{N!} \exp(-\bar{N}) = \frac{(10^{3c} k_s A z^c)^N}{N!} \exp(-10^{3c} k_s A z^c) \quad (4)$$

上式は砥石表層に小面積A, 深さzの小体積を考えた場合, その小体積中に切れ刃がN個ある確率を与える。そこで, さらに一般の状態を考え, 砥石半径方向に垂直な断面の面積が深さzに関して $A=f(K, z)$ と表わされ(Kは定数である), その深さが z_1 であるような, ある形状の小立体Uを砥石表層に取れば, 小立体Uの中の平均切れ刃数 \bar{N} は次式より求められる。

$$\bar{N} = \int_0^{z_1} \frac{d\bar{n}}{dz} f(K, z) dz = F(K, k_s, c, z_1) \quad (5)$$

このような小立体Uについても, (4)式の場合と同様に, (6)式が成り立つ。(これは確率分布関数のたたみこみより求められる。)

$$\Pr(N) = \frac{\bar{N}^N}{N!} \exp(-\bar{N}) = \frac{\{F(K, k_s, c, z_1)\}^N}{N!} \exp\{-F(K, k_s, c, z_1)\} \quad (6)$$

したがって, 砥粒切れ刃の平面的分布がポアソン分布であるとする仮定のもとでは, 砥石表層にある形状の小立体Uを考えた場合, Uの中にある切れ刃数Nの度数分布は, U中の平均切れ刃数 \bar{N} をパラメータとするポアソン分布に従う。

4.2 平均砥粒切れ刃数について

砥石表層に取ったある形状の小立体Uの中に切れ刃が1個もない場合の起こる確率は, (6)式中のNを0とおいて得られる。

$$\Pr(N=0) = \exp(-\bar{N}) = \exp\{-F(K, k_s, c, z)\} \quad (7)$$

上式は, 砥粒切れ刃の三次元的分布を考慮して, 研削機構を確率論的方法で解析する場合によく用いられる。たとえば, 研削仕上面あらさの形成についてみれば, 仕上面に高さHのあらさの山ができるのは, その山の部分の研削に参与する砥石表層の小立体の中に砥粒切れ刃が1個もないためであり, この問題は(7)式を用いて解析することが出来る¹³⁾。

そこで, (7)式の内容を実験的に検討してみる。(4)および(6)式に示されるように, 砥石表層にある形状の小立体を取った場合も, また, 深さが一様な小立体を取った場合も, その立体中の平均切れ刃数 \bar{N} が等しければ, 立体の形状に関係なく $\Pr(N=0)$ は等価である。したがって, 切れ刃の平面的分布がポアソン分布に近いものと考えられるので, 一様な深さの砥石表層の砥粒切れ刃が測定されたときみなされるすす板転写法による切れ刃写真によっても, この問題を検討することができると思われる。

そこで, 前述のすす板転写法による切れ刃写真より, 各種大きさの正方形について, 平均切れ刃数

\bar{N} , および, その中に切れ刃が1個もない場合の度数を観測し, \bar{N} についてその度数分布を求めた。

図11はその結果を示す。実験は(7)式による期待度数分布曲線である。実験値のある程度のばらつきを認めるならば, 実験値は(7)式にかなりよく一致するとみてよいと考えられる。

次に, (7)式では平均切れ刃数 \bar{N} が多くなれば, N が0の場合の確率 $\Pr(N=0)$ は0に近づくが, 実際の砥石では, 砥石表面に取られた小立体 U が大きくなれば, U の中に切れ刃が必ず存在するような状態(すなわち $\Pr(N=0)=0$ の状態)が起こると考えられる。図11においても \bar{N} の値が5付近からそのような状態が起り始めている状況がみられる。したがって, 砥石表面の小立体中に切れ刃が必ず存在するような状態が起こり始める限界を示す \bar{N} の値があると考え

てよく, 図12の実験結果から, そのような限界を示す近似的 \bar{N} の値を 5.5 ととることにした。

この値は研削機構について論ずる場合, 求めようとする解析量の限界値を決定するに役立つものである。たとえば, 研削仕上面あらさの解析において, 最大高さあらさ R_{max} はこの値を用いて近似的に決定することができる¹⁴⁾。

5. 結 言

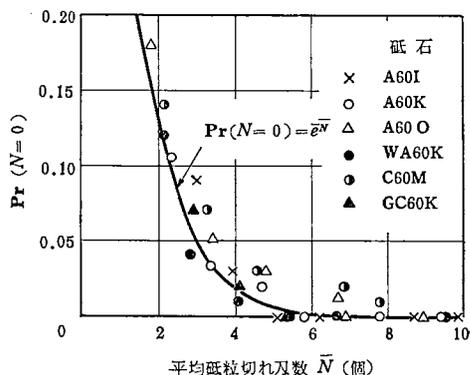
以上の研究の結果をまとめれば次のようである。

- 1) 実験的観測の結果, 砥石表面の砥粒切れ刃は平面的にはポアソン分布に近い分布をしていることを確めた。
- 2) 砥粒切れ刃の砥石半径方向の分布に関しては, 砥石表面のある深さの範囲では単位面積当り累積平均切れ刃数は近似的に深さのべき乗に比例するとみなすことができる。
- 3) 砥粒切れ刃の砥石半径方向分布は, 研削条件, ドレッシング条件などに影響され, また, 研削過程において変化することを実験的に認めた。
- 4) 砥粒切れ刃は平面的にはポアソン分布し, また, 砥石半径方向の分布は砥石深さのべき関数で表わされると仮定して, 砥石表面の砥粒切れ刃の三次的分布の式を得た。また, この式を研削機構の解析に用いる場合, 適用の限界を示す平均切れ刃数のある値があると考えられ, 実験的検討から, 近似的な値として 5.5 の値を得た。

おわりに, 本研究についてご指導を賜った東北大学工学部, 佐藤健児教授, 松井正己教授, また, 研究にご協力をいただいた本学部精密工学科, 西川勝信技官の各位に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) 松井正己, 庄司克雄; 研削仕上面あらさに関する考察, 機械の研究, 19, 10 (1967), 1341
- 2) 佐藤健児, 松井正己, 堀内昭世; 研削砥石の砥粒切れ刃の分布に関する一考察, 日本機械学会講演論文集, 199 (1968-10), 105



実験値はすす板転写法による切れ刃写真より求めたものである。

図11 平均砥粒切れ刃数 \bar{N} と $\Pr(N=0)$ との関係

- 3) 中山一雄; 研削砥石の切れ刃分布, 昭和42年度精機学会秋季大会講演会前刷, 107
- 4) J. Peklenik; Versuchsergebniss zur Ausbildung der Schneidlemente an Schleifwerkzeugen, Industrie-Anzeiger, 83, 97 (1961), 1927
- 5) 織岡貞次郎; 砥粒切れ刃の分布に基く研削の幾何学的考察, 山梨大学工学部研究報告, 10 (1959), 131
- 6) 佐々木外喜雄, 岡村健次郎; 微粒砥石の切削機構について, 日本機械学会論文集, 24, 142 (1958), 377
- 7) 伊藤正治, 太田英一; といし表面における切れ刃の立体的な分布について, 昭和44年度精機学会春季大会講演会前刷, 273
- 8) 5) に同じ
- 9) 5) に同じ
- 10) 5) に同じ
- 11) 5) に同じ
- 12) 松井正己, 庄司克雄; 統計的手法による研削機構の研究 (第1報), 精密機械, 36, 2 (1970), 115
- 13) 本多良辰, 進村武男, 高沢孝哉; 研削仕上面あらさについての考察, 昭和44年精機学会秋季大会講演会前刷, 85
- 14) 本多良辰; 砥粒切れ刃先端部の平坦ん化が研削仕上面あらさに及ぼす影響, 精機学会東海支部名古屋地方講演会前刷 (1971, 12.7) 11

(昭和47年9月20日受理)