

市販カーバイド・バー (FG) の性能に関する研究

第1報 各刃先の回転半径 (偏心) について

塩川 延洋 宮川 修 大野 弘 機

渡辺 孝一 中野 周二

新潟大学歯学部歯科理工学教室 (主任 塩川延洋教授)

(昭和47年11月30日受付)

Studies on the Performance of Friction Grip Carbide Burs

Part 1. Rotational Radius of Each Cutting Edge of the Burs (Eccentricity)

Nobuhiro SIOKAWA, Osamu MIYAKAWA, Hiroki OHNO,
Kouichi WATANABE & Syuji NAKANO

*Department of Dental Materials and Technology, Niigata University School of Dentistry
(Director: Prof. Nobuhiro Siokawa)*

緒 言

エア・タービンの高度な普及により、FG タイプのカーバイド・バーの使用頻度および使用量はきわめて多くなり、現在、わが国では内外10数社からの、フィニシング・バーも含めると30種類にも及ぶ形状の、しかも寸法 (頭部の太さと長さ、全長) の種類までいれると百数十種類を越えるFGバーが市販されている。それにもかかわらず、これらのバーの性能について総合的に試験・研究した結果の報告は皆無に等しく、わずかに高速切削の解説書などに部分的に取り上げられているに過ぎないので¹⁻⁷⁾、本研究を行うことにした。

性能試験を行うに当たって参考となる歯科用バーの規格としては、日本工業規格 (JIS) T 5201⁸⁾ とアメリカ歯科医師会規格 (ADAS) No. 23⁹⁾ とがあり、前者はスチール・バーに関するものであり、後者は歯科用バー全般にわたっている。ADAS No. 23の分類によると、カーバイド・バーはタイプIIの分類に属し、さらにアングル・ハンドピース用のフリクション・グリップ式のバーはクラス

4の細分類に入るが、寸法 (形状も含めての) はこれらの分類に関係なく共通な番号で呼ばれている。なお、この規格に関係ない番号 (形状・寸法) のバーも多数出回っている¹⁰⁾。

性能試験の項目としては、JIS T 5201では、偏心試験、かたさ試験、引かき試験、先端穴あけ試験、側刃切削試験の中からバーの形状、用途、番号により指定された、いくつかの項目について試験を行うことが規定されており、ADAS No. 23では、バーの頭部・首部・柄部の寸法、偏心、切れ味、耐久力、首部の強さ、柄部の表面あらさ (FGバーのみ) について試験することが規定されている。

本研究では、ADAS No. 23の各試験項目については、その試験方法を参考にして一部独自の方法も用いて性能試験を行っているほか、規格にない他の性能、性質、組織、形状などについても検討している。これらの一連の研究のうち、これまでに得られた性能試験の結果の概略はすでに報告したが¹⁰⁾、特に本報では、振動や不快感の原因であるばかりでなく、切削能率や耐久力にも大きな

影響を及ぼすことが考えられる偏心を, バーの各刃先の回転半径であらわすことを考え, その場合の測定方法とこの方法によって測定された各メーカーの, 各種形状のカーバイド・バーの刃先回転半径ならびにその特徴について詳細に報告する。

試料と測定方法

できるだけ多くのメーカーの各形状および各寸法の FG バーについて各刃先の回転半径を測定しメーカー, 形状, 寸法による特徴を調べるとともに, さらにそれがバーの各種性能に及ぼす影響についても検討することが望ましいが, 膨大な数になるので, 形状, 寸法としては最も使用度が高いと考えられるNo. 4 (ラウンド), No. 37 (インバーテッド・コーン), No. 56 (プレーン・フィッシャー), No. 170 (テーパード・フィッシャー・クロスカットなし), No. 558 (ストレート・フィッシャ

ー・クロスカット), No. 701 (テーパード・フィッシャー・クロスカット) の6種類のバーを代表として選び, これらについてはバーの入手が可能であった下に示す13メーカーについて全部揃えるように努力したが, 上記番号のものが得られないので他の寸法のもので代用したものや, 全く入手できなかったものもある。上記以外の形状のバーについては, 形状, 寸法の種類が豊富な2, 3のメーカーについて, 現在市販されている全形状のバーを揃えるようにつとめた。また, 寸法(頭部の太さ)による偏心の差は, メーカーや形状による差ほど大きくないことがバーの製造工程から推察できるので, いずれの形状についてもほぼ中間の太さのものを1種類だけ選ぶことにした。つぎに以後用いるメーカーをあらわす記号とメーカーの名称および刃先の回転半径の測定を行ったそのメーカーのバーの形状・寸法を番号でまとめて示す。

Al : Alston	(英)	.....3, —, —, —, —, —
As : Ash	(英)	.....4, 37, 56, 170, —, 701
Bu : Busch	(独)	.....4, 37, —, —, —, 700
Je : Jet	(カナダ)	.....4, 37, 56, 170, 558, 701
Jo : Jota	(独)	.....3, —, —, —, —, 701
Ko : Komet	(独)	.....4, 37, —, 170, —, 701
Ma : Maillefer	(スイス)	.....4, 37, 56, 171, 558, 701
Me : Meisinger	(独)	.....4, 37, 56, 170, 558, 701
Mi : Mitsubishi	(日)	.....4, 37, 56, 170, 558, 701
Ra : Ransom	(米)	.....4, 37, 56, 170, 558, 700
Tu : Tungaloy	(日)	.....4, 37, 56, 171, 558, 701
Wh : White	(米)	.....4, 37, 56, 171, 558, 701
Zi : Zipperer	(独)	.....4, 37, —, —, 558, 701
As.....4s		
Je.....14, 57L, 82, 170L, 183, 330, 331L, 700L, 901, 1157, 1557, 7006, 7583		
Ko.....1557		
Me.....2l, 14, 36L, 57L, 170L, 330, 332L, 557L, 700L, 1157, 1557, [6], 7003, 7583		
Mi.....1557, 1701		
Tu.....82, 170L, 330, 700L, 1557		

ここにNo. 14はホイール, No. 82はテーパード・フィッシャー・エクストラロング, No. 183はテーパード・フィッシャー・ポイントッド・エクストラロング, No. 330はペアー, No. 901はエンドアンドサイド・カッティング, No. 1157はプレーン・フィッシャー・ラウンドエンド, No. 1557はストレート・フィッシャー・ラウンドエンド,

No. 1701はテーパード・フィッシャー・クロスカット・ラウンドエンド, No. 7006はラウンド・フィニシング, No. 7583はストレート・フィッシャー・フィニシング, [6]はマッシュルームと呼ばれる形状のバーである。なお番号のあとのsはショート・サイズを, lはロング・サイズを, Lはロング・ヘッドをあらわす。また, 測定はNo. 3

(または4) およびNo. 37については各3本, それ以外は各2本のバーについて行った。

JIS T5201では, バーの偏心試験の方法として, 1) 定盤上でバーを回転させてすき間の最大値を測定する, 2) 投影器を用いてバーを回転させたときの画面上での振れの最大値を測定する, 3) バーのシャンクをVブロック上で回転させ首部の振れの最大値をダイヤルゲージで測定する, のう

ちのいずれかによることを規定している。また ADAS No. 23では, 感度 0.005mm のダイヤルゲージをバーの首部の最小径の部分に当て, バーを一回転させたときのダイヤルゲージの読みの最大値と最小値の差を偏心 (total indicated runout) としめ, カーバイド・バーの場合この値が 0.05mm を越えてはならないと規定している。このように規格では偏心としておもに首部の振れを測定して

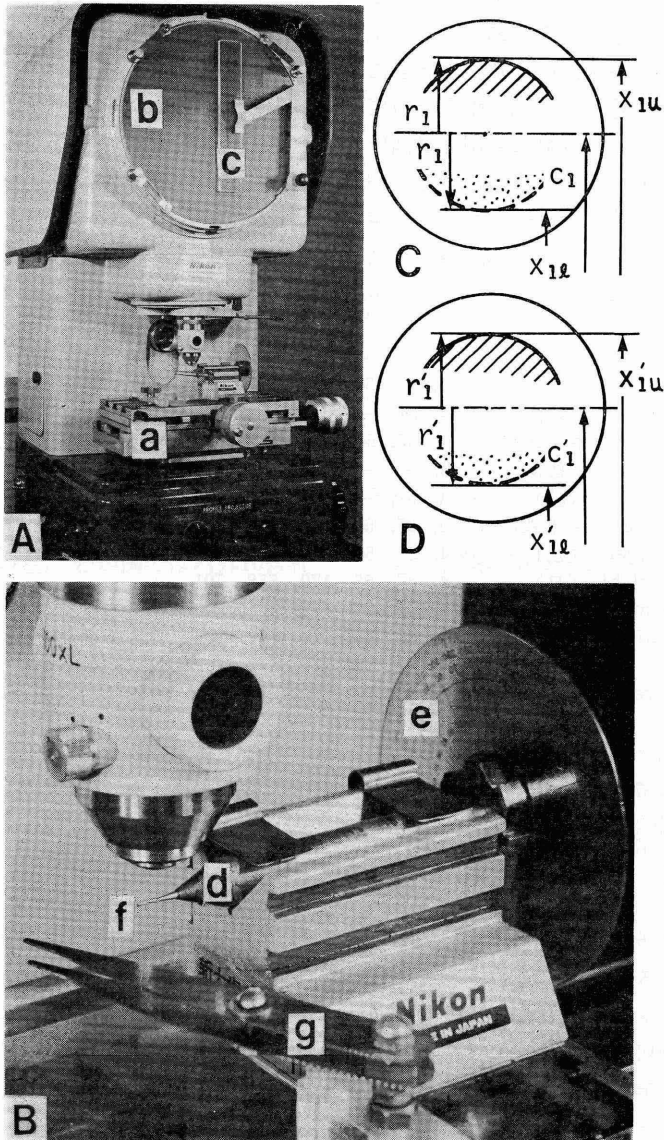


図1 刃先の回転半径の測定に用いた万能投影器

いるが、実際に切削を行うのは刃先であり、何枚かある刃先の中には出っ張っているものも、引っ込んでいるものもあり、一般に同一円周上を回転することはないであろうから、どの刃先も同じように切削に役立っているとは考えられない。したがってバーの性能試験としては、バーの各刃先の回転半径を、チャックなどのバー保持具の偏心と分離して測定することができれば有意義であると考えられる。つぎにその方法について検討しよう。

6枚（または8枚、フィニシング・バーでは12枚または16枚）ある各刃先の回転半径を求めるには、ニコン万能投影器のマイクロメーター・ステージ a 上に、バーの回転角を測定するために円形分度器 e をつけたハンドピース d を固定し、このハンドピースにバー f を取りつけて手で回しながら、100 倍に拡大したスクリーン b 上の像から各刃先の位置を、0.5 mm 目盛のガラス・スケール c を用いてつぎの手順で測定する（図 1 の A, B）。

たとえば、刃先に No. 1 から No. 6 まで番号をつけ、まず No. 1 の刃先がスクリーンの上方でピントが合ったとき刃先の位置 x_{1u} を読みとり、さらにほぼ 180° 回転して下方でピントが合ったときの刃先の位置 x_{1l} を読みとる（図 1 の C）。このようにして全部の刃先の位置 $x_{1u}, x_{2u}, \dots, x_{6u}; x_{1l}, x_{2l}, \dots, x_{6l}$ を読みとる。つぎにマイクロメーター・ステージ上に固定してあるピンセット g でバーをはさんで固定し、チャックをゆるめてからハンドピースだけを 180° 回転させ、再びバーをチャックで締めてからピンセットをはずす。このようにしてバーをハンドピースに対して 180° 回転させた位置に取り付け直して、上と同様にして全部の刃先の位置 $x'_{1u}, x'_{2u}, \dots, x'_{6u}; x'_{1l}, x'_{2l}, \dots, x'_{6l}$ を読みとる（図 1 の D）。ルーペを用いると、このような方法で刃先の位置を 1μ まで正確に測定することができる。以上のようにして測定された刃先の位置 $x_{nu}, x_{nl}; x'_{nu}, x'_{nl}$ を図示すると図 2 の上方の 4 本の折線のようになる。

これらの測定値から、各刃先の回転半径をチャックの偏心と分離して求める方法をつぎに示そう。たとえば、No. 1 の刃先について得られた 4

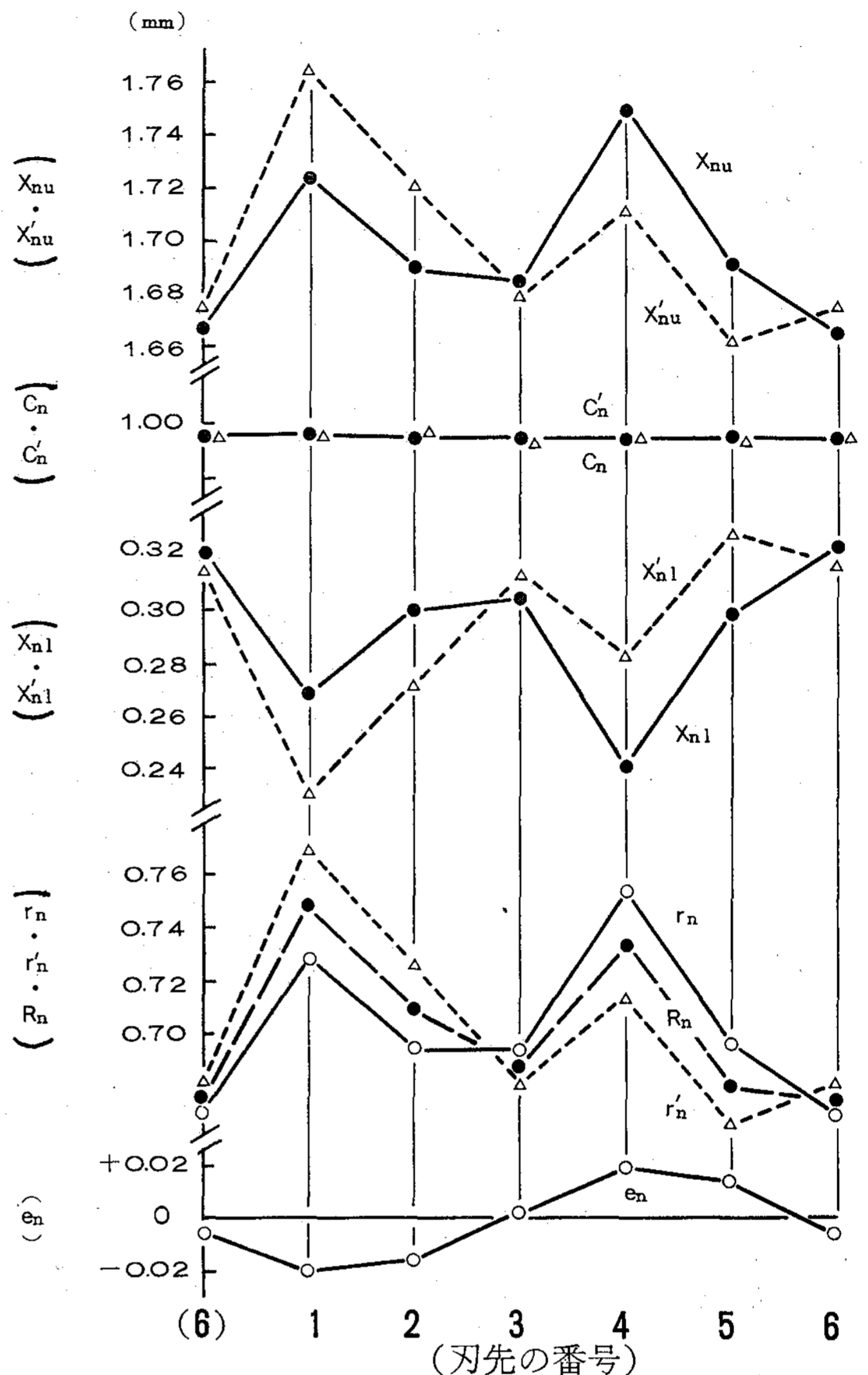


図 2 刃先の位置から刃先回転半径とハンドピースの偏心を求める説明図

つの測定値から回転中心の位置は $c_1 = (x_{1u} + x_{1l}) / 2$ (図 1 の C) または $c'_1 = (x'_{1u} + x'_{1l}) / 2$ (図 1 の D) として求められ、実測例によると測定誤差 ($\pm 1\mu$) の範囲内で $c_1 = c'_1$ となる。他の刃先についても同様にして回転中心の位置 c_n または c'_n が求められるが、すべて測定誤差の範囲内で等しい値になっている（図 2）。また、No. 1 の刃先の見かけ上の回転半径は $r_1 = (x_{1u} - x_{1l}) / 2$ (図 1 の C) および $r'_1 = (x'_{1u} - x'_{1l}) / 2$ (図 1 の D) として求められるが、一般に $r_1 \neq r'_1$ である。その理由は、偏心のないハンドピースにバーを取り付けて回転させた場合を考え、そのときの回転中心から刃先までの距離を各刃先の回転半径ときめ、たとえば No. 1 の刃先の回転半径を R_1 とし、実際に測定に用いたハンドピースの、 x_{1u} を測定した位置における

偏心を e_1 とすれば、 $r_1=R_1+e_1$ および $r'_1=R_1-e_1$ となるからである。ただしこの場合、 r_1 を求めた場合のハンドピースの偏心 e_1 と r'_1 を求めた場合の偏心 e'_1 とは $e'_1=-e_1$ なる関係があることを仮定しているが、このことは上に述べた回転中心の位置がバーの回転角に関係なく $c_1=c_2=\dots=c'_5=c'_6$ になること、および r_1 を求めた場合と r'_1 を求めた場合とはバーとハンドピースの位置関係が 180° ずれていること（換言すれば e_n とバーの回転角の関係は周期 2π のサインカーブになるであろうこと）から、たいていのハンドピースについて成立するものと考えられ、本実験に用いたハンドピースにおいてもこの仮定が成立することがあらかじめ確かめられた。以上のことからバーの No.

n の刃先の回転半径 R_n は $R_n=(r_n+r'_n)/2=(x_{nu}-x_{nl}+x'_{nu}-x'_{nl})/4$ により求めることができ、その位置でのハンドピースの偏心 e_n は $e_n=(r_n-r'_n)/2=(x_{nu}-x_{nl}-x'_{nu}+x'_{nl})/4$ により求められることがわかる。すべてのバーについてこのようにして各刃先の回転半径 R_n を求める際に、チェックの意味で e_n も求めたが、いずれもよく一致するサインカーブを示した。以上のようにして Me 社の No. 4 のバーについて、各刃先の回転半径を求める手順を図示したものが図 2 である。

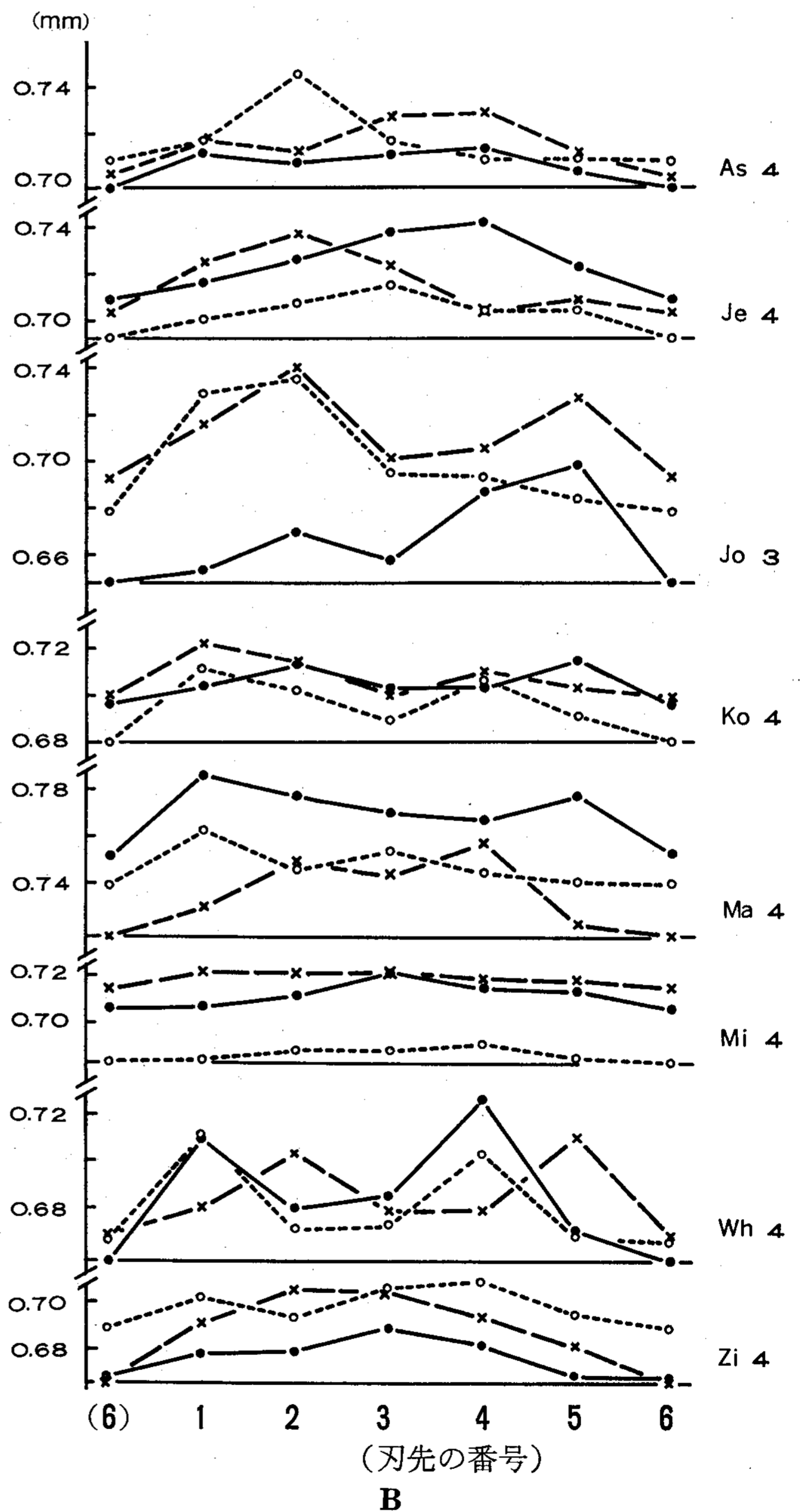
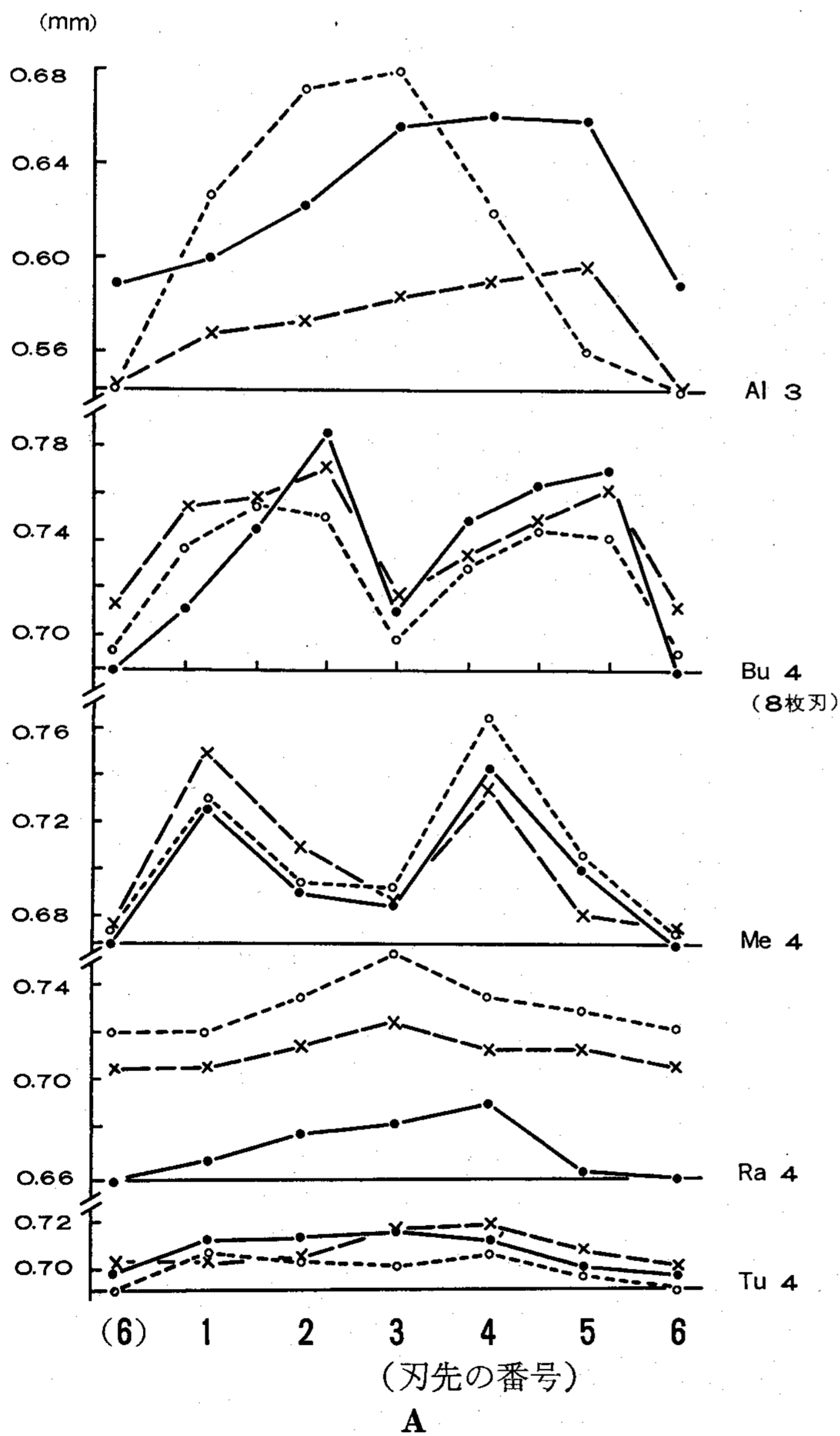


図 3 ラウンド・バーの刃先回転半径

結果と考察

各メーカーのラウンド・バー(No.4,一部No.3)各3本について得られた各刃先の回転半径を縦軸にとり, 刃先の番号(回転半径最小の刃先をNo.1とした)を横軸にとって, メーカー別に図示すると図3のA, Bのようになる。図のAには代表的な形式のものを集めて示した。すなわち, Tu 4は刃先の引っ込み, 出っ張りが少ないので平坦な折

線になっており, 3本とも接近しておるので, 個体差がないことがわかる。これにくらべると Ra 4では3本とも平坦に近いが, 頭部の直径にかなり個体差があるため, 3本の折線ははなればなれになっている。Me 4では2つの山があるが, 3本ともよく接近しており, 個体差が少ない。このような場合には円グラフで示した図4を見れば明らかのように, 対角線をなす1組の刃先が特に出っ張っている。Bu 4も2つの山があるが, これはあ

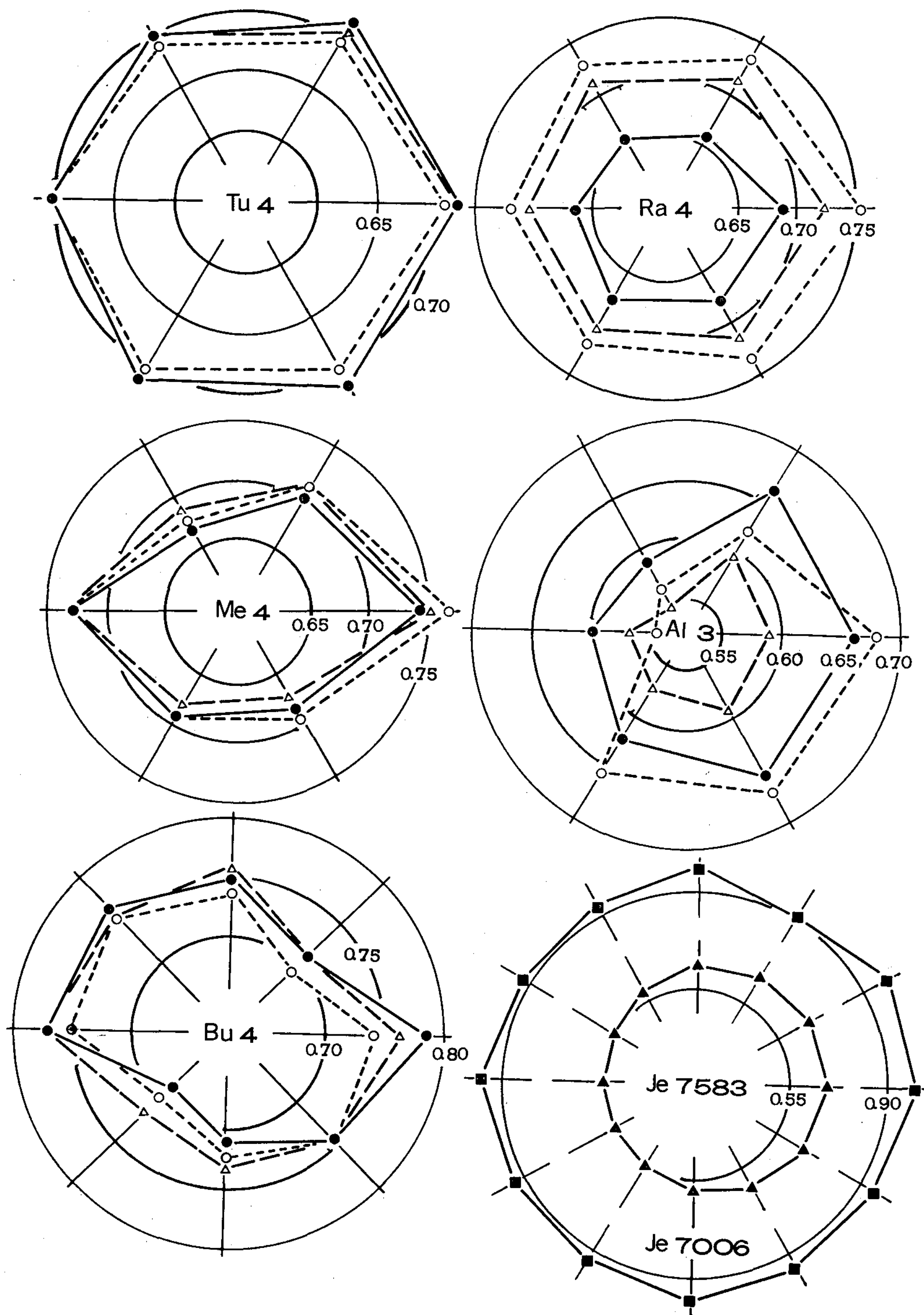


図4 代表例(図3A)の円グラフによる表示

まりとがっておらず、しかも8枚刃であるから、図4の円グラフのように対角線をなす1組の刃先が特に引っ込んでいるようになる。Al 3は3本ともばらばらで、いずれも大きな山をなしており、このような場合には図4の円グラフからわかるように統一のないゆがんだ多角形になり、回転中心はかなり一方に偏っているため、片当り（または振れ回り）することが想像できる。図3のAと図4をくらべると、図3で平坦に近い折線を示すものほど、円グラフにすると正六角形に近くなり、図形の中心と回転中心が接近するので、各刃先が一様な切削作用を営むであろうことが想像できる。また3本の折線が接近しているものほど製品の均一度が高いことをあらわすが、これはサンプリングの仕方によっても異なるので、この結果だけで結論を出すのは早計であろう。

以上の代表的な形式を参考にして、図3のBに示した各メーカーのバーについての結果とあわせて比較すると、刃先の出入りの特に少ないメーカーはMi, Tuで、Ko, Zi, As, Je, Ma, Raとしないで大きくなり、Jo, Whでは規格の限界値である0.05mm前後に達し、Bu, Me, Alでは極端に大きくなっている。2つの山のある折線を示すものとしてはAl, Buのほか、Whで顕著であり、Jo, Ma, Koで若干同様な傾向が見られる。1つの山を示す折線としてはAlほど極端ではないが、Je, Ra, Zi, Asで幾分その傾向が認められる。3本の折線が接近しているものとしてはTu, Ko, AsをはじめMe, Bu, Jeなどがこれにつき、Ma, Jo, Ra, Alとしないで個体差を増している。

つぎに各メーカーのインバーテッド・コーン・バー (No. 37) についての結果を示す図5をみると、全般的にラウンド・バーの場合より刃先の出入りが小さいことが目につく。これはインバーテッド・コーン・バーはラウンド・バーよりも形状が単純なため、刃先を正確に加工しやすいためと考えられる。しかし、個々のメーカーについてみるとWhをはじめZi, Me, Ko, Miなどで刃先の出入りの大きいものがあり、Tu, Ra, Ma, Je, Buなどでは比較的小さい。個体差については、Tu,

Me, Ko, Je, Bu, Asなどではそれほど大きくないが、MaをはじめMi, Ra, Whで若干の個体差が認められる。折線の形については、2つの山をもっていることが明瞭なのはKoとZiであり、WhをはじめMi, Me, Jeなどで1つの山の形

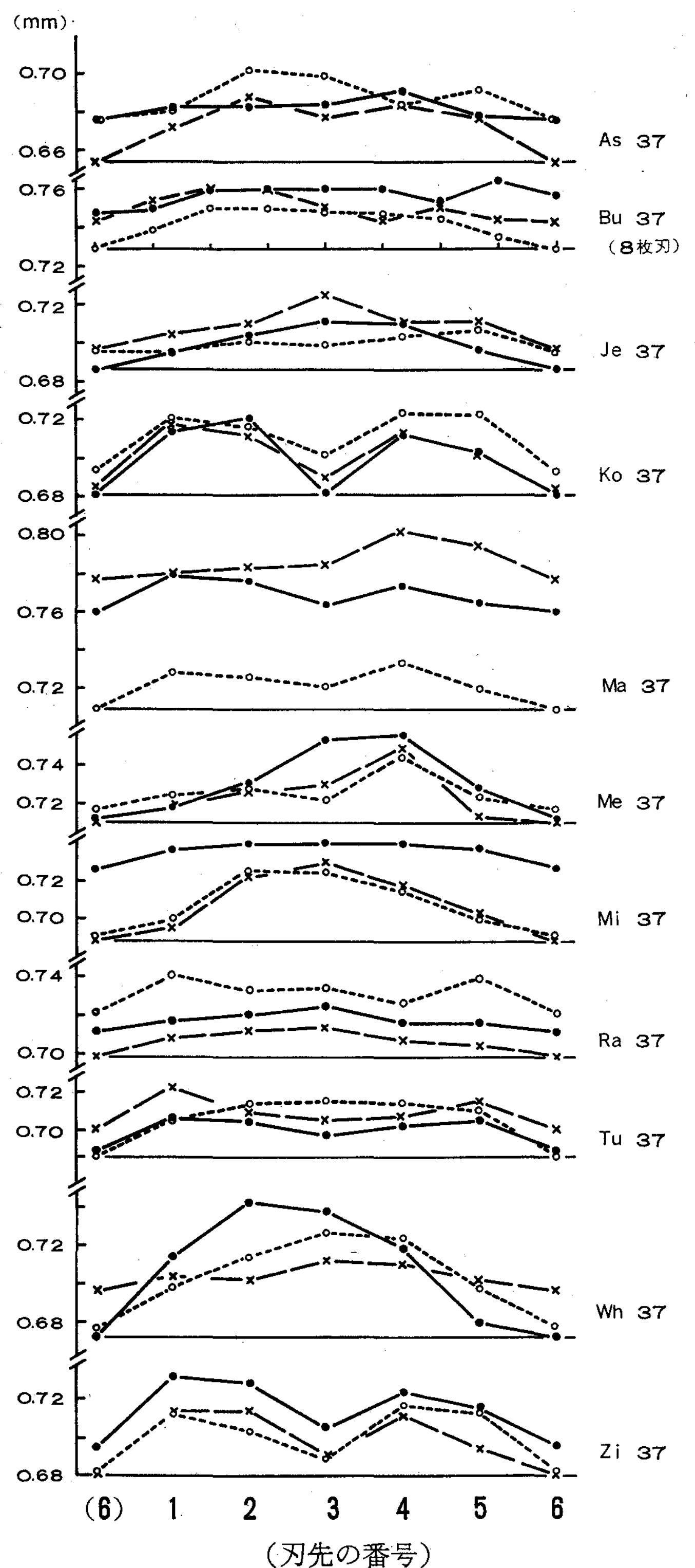


図5 インバーテッド・コーン・バーの刃先回転半径

式が認められる。

図6はプレーン・フィッシャー・バー (No. 56) についての結果であるが、これとストレート・フィッシャー・クロスカット (No. 588) あるいは

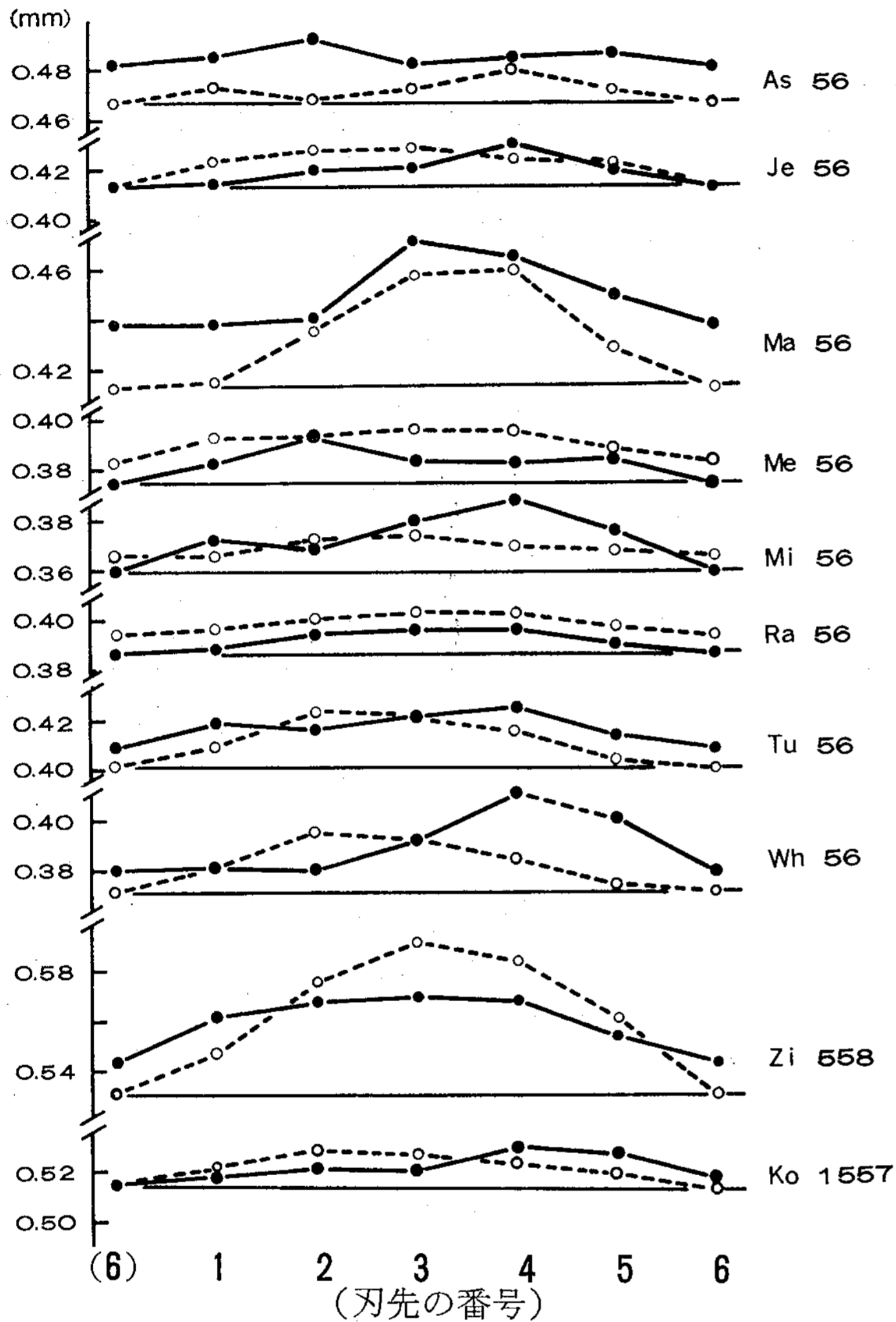


図6 プレーン・フィッシャー・バーの刃先回転半径

ストレート・フィッシャー・クロスカット・ラウンドエンド (No. 1557) とはクロスカットの有無の違いだけで、刃先の回転半径に大きな差があるとは考えられないので、No. 56のバーを入手できなかった Zi と Ko については No. 558 と No. 1557 についての結果を示した。しかし、同一メーカーの同一形状・寸法のクロスカットのあるバーとないバーの各刃先の出入りの程度をくらべると、データは示さないが、つぎに述べるテーパード・フィッシャー・タイプのバーの場合も含めて、クロスカットのあるものの方が刃先の出入りが大きく出てくる場合が多いので注意する必要がある。ともあれこれらストレート・フィッシャー・タイ

プのバーでは、インバーテッド・コーン・タイプよりさらに刃先の出入りが小さいことが図5と図6を比較すると明らかである。この種のバーでは顕著な2つの山を示す折線は認められず、大きな1つの山が Ma と Zi で、また中位の山が Wh で認められるほかはほとんど平坦に近いものが多く、一般に刃先の出入りは少ないようである。また特に個体差が目立つものも見当たらない。

テーパード・フィッシャー・タイプのバーについても、クロスカットのない No. 170 (一部 No. 171) を入手できなかったメーカーについては、クロスカットのある No. 701 または No. 700 につい

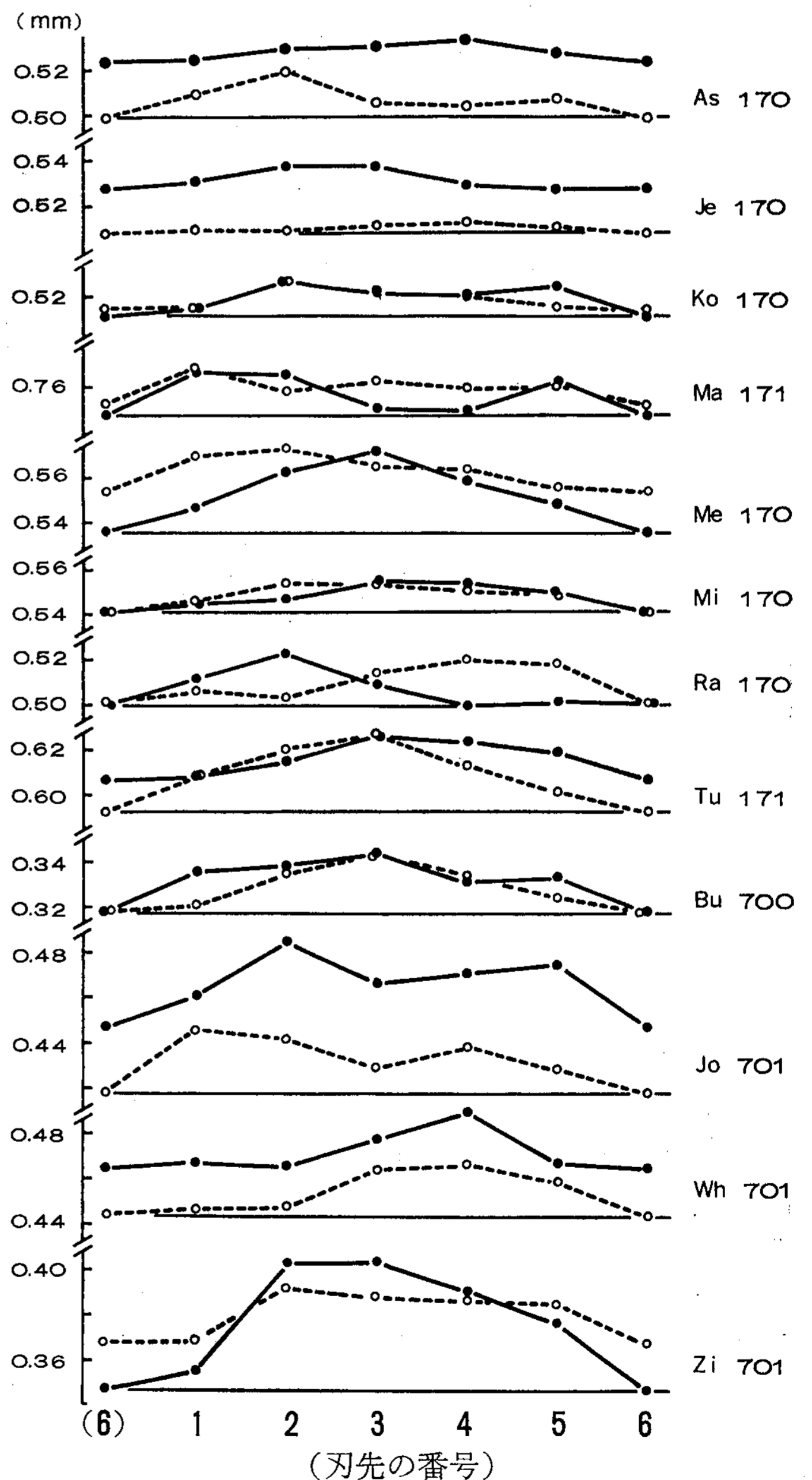


図7 テーパード・フィッシャー・バーの刃先回転半径

ての結果を, No. 170 についての結果と合わせて
 図7に示した。これを図6とくらべると全体的な
 傾向として両者にほとんど差がないことがわか
 る。折線の形の上では, Ma, Jo, Ko にわずかに2
 つの山のある形式が認められないでもないが, 平
 坦に近いものも多く, Zi で中程度の, また Wh,
 Bu, Me では弱い1つの山の形式が認められ, 刃
 先の出入りは Je, Mi, Ko などが比較的小さい。
 個体差は Ko, Mi, Bu で小さく, Jo, As, Je, Wh
 などで目につく。

図8は仕上げ用カーバイド・バーについての結
 果で, 最近ではコンポジット・レジン充填物の仕上

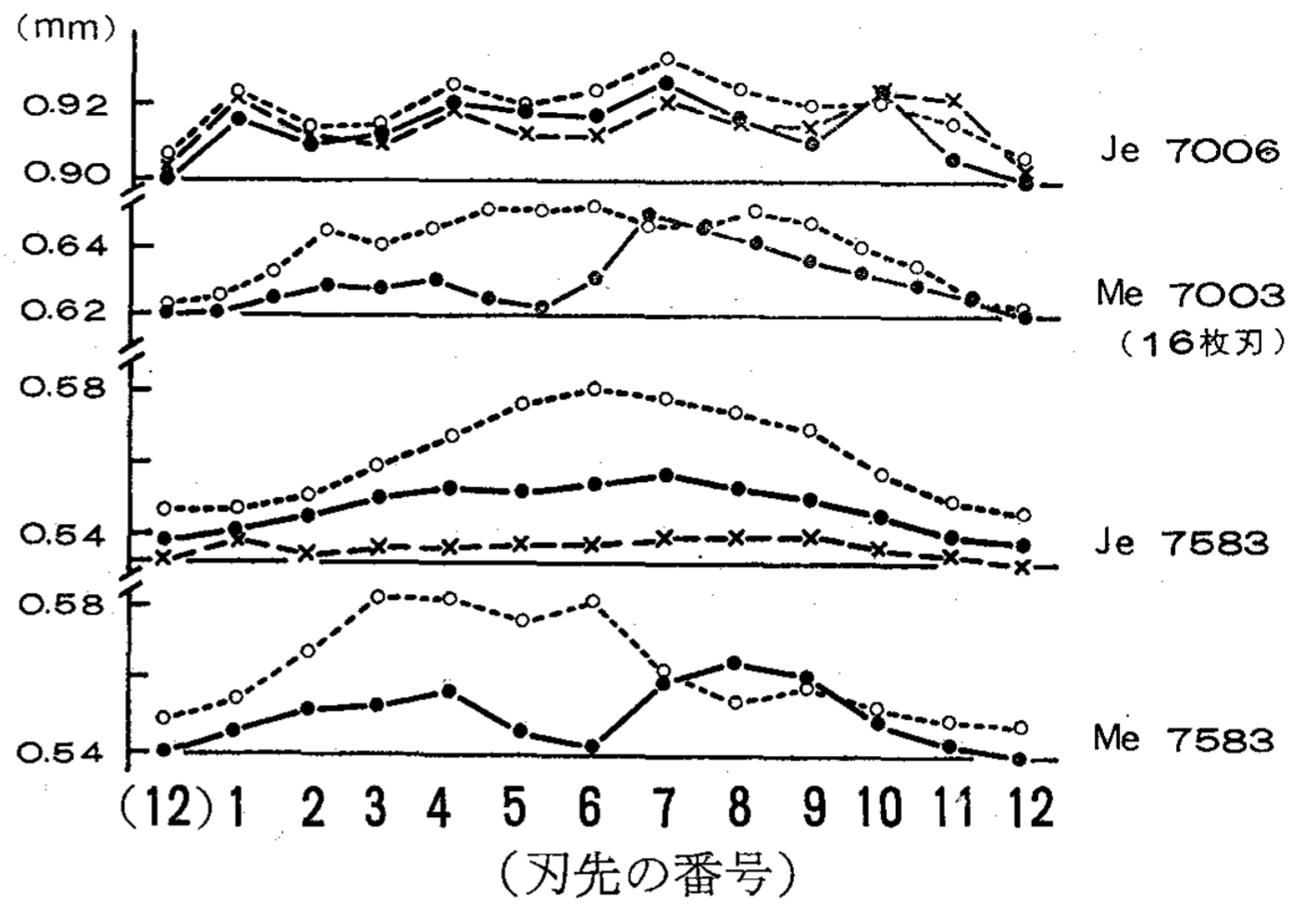


図8 フィニシング・バーの刃先回転半径

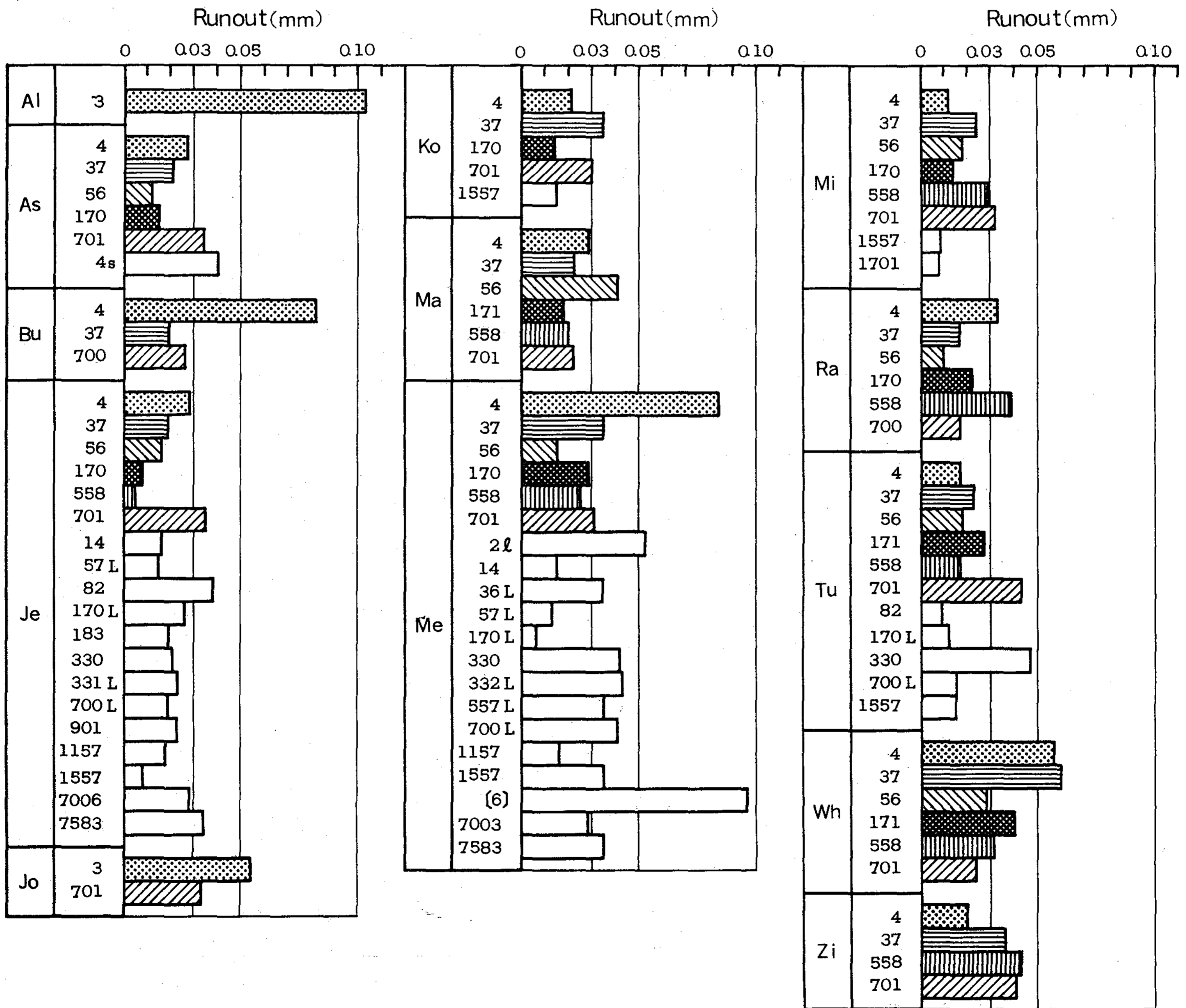


図9 テストした全部のバーについての刃先における Runout

げにこの種のバーがかなり用いられるようになってきているので、参考のために示した。なお、図4にJeのNo. 7006(ラウンド)とNo. 7583(ストレート・フィッシャー)についての結果の1つを円グラフで示してある。刃先の数が多いだけでこれまで述べてきたバーとくらべて特に新しい特徴はないが、刃先の出入りは比較的小さく、折線に小さな出入りはあるが平坦に近いもの(Je No. 7006), ならかな1つの山をなし、刃先多角形の中心と回転中心が幾分ずれているもの(Je No. 7583), およびそれらの中間的なものに分けることができる。

以上詳細に述べたのは代表的形状のバーについてであるが、刃先回転半径を測定した全部のバーについて、最大刃先半径から最小刃先半径を引いたものを刃先におけるrunoutと定義し、図9にメーカー別にまとめて示した。この図において、これまで触れなかった形状のバーのrunoutについてみるに、AsのNo. 4s, JeのNo. 82が幾分大きなrunoutを示していること、MeのNo. [6]が極端に大きなrunoutを示していること、それほどではないが、MeのNo. 2lとTuのNo. 330もかなり大きなrunoutを示していることが目立つ。また、規格の限界値である 0.05mm を越えているものは97種類中8種類に過ぎないが、たとえば 0.03mm の限界線を越えているものの数をメーカー別に数えると、Al:1/1, As:2/6, Bu:1/3, Je:3/19, Jo:2/2, Ko:2/5, Ma:1/6, Me:12/20, Mi:1/8, Ra:2/6, Tu:2/11, Wh:4/6, Zi:3/4となり、Je, Ma, Mi, Tuなどがrunoutの小さいバーを製造しているといえるようである。

総 括

カーバイド・バー(FG)の性能について、総合的

に検討する第1歩として、市販の各種形状のバーについて偏心の測定を行った。

バーの偏心を各刃先の出入りによりあらわしたいと考え、各刃先の回転半径をハンドピースの偏心と分離して求める測定方法を考案し、その方法について説明した。

この方法により各種形状のバーについて各刃先の回転半径を求めて、各刃先の出入りの程度を比較したところ、メーカーによっても、バーの形状によっても、かなりの特徴と差違のあることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 歯界展望(切削特集号), 13: 691-736, 1956.
- 2) 歯界展望(歯科用タービ特集), 16: 1173-1264, 1959.
- 3) Kilpatrick, H. C.: High Speed and Ultra Speed in Dentistry, W. B. Saunders Co., Philadelphia and London, 1959.
- 4) 歯科理工学会: 臨床家のための歯科理工学(講習会テキスト), 120-144, 1962.
- 5) 総山孝雄: 高速切削と高速治療, 永末書店, 京都, 1962.
- 6) 歯科理工学会: 臨床家のための歯科理工学(講習会テキスト), 25-39, 1964.
- 7) Eichner, K.: Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen, Carl Hanser Verlag, München, 1966.
- 8) 村松篤良: 日本工業規格歯科用バーについて 歯材研報, No. 5, 76-86, 1956.
- 9) ADA: Guide to Dental Materials and Devices. 5th ed. 1970-1971, 202-213, 1970.
- 10) 塩川延洋, 他: カーバイド・バーをテストする, DE. No. 22, 14-25, 1972.