切りくず形状の幾何学*

—切りくず形状の研究(第1報)—

中 山 一 雄**

Chip Form Geometry

—Study on the Form of Chip in Metal Cutting (Part 1)—

Kazuo NAKAYAMA

The efficiency of metal cutting operation is very often determined by the control of chip form. So, the relation between the chip form and cutting conditions must be explained not only from the practical experiences but also by theoretical study. In this paper, this relation is studied analytically, and following basic rules are obtained:

- (1) Chip form has a wide adaptability to meet the change of external and internal forces sensitively. This is the reason why chip is very unstable in its form.
- (2) Constant form chip makes a screw surface which has the rake face of tool as a tangential plane and the line of tool-chip separation as a generation line.
- (3) The radius, pitch and the inclination and position of the axis of the screw surface are determined by three independent quantities like, for instance, the chip flow angle and the radii of curvature of up-curl and side-curl at any point in the chip. Then, the shape and position of chip are determined definitely by these three quantities and the width and thickness of chip.
- (4) In practical cutting operation, various kinds of restriction on the chip flow give some of these three quantities.

1. 緒 言

切削加工の目的は、素材の不要部分を切りくずとして除去し、所要の形状寸法の新表面を作ることにある。その意味では切りくずは文字どおりくずであるが、切削作業に要する動力の大部分は切りくずを作るために消費されている事実からしても、切りくずは切削作業に対してきわめて重要な因子である。

切りくずの形に関する問題のなかで、それが流れ型かせん断型かき裂型か、あるいは連続型か不連続型かという“形態”については、1920年代からかなり研究され、分類とそれぞれの型の生成機構、被削材質や切削条件との関連等については、少なくとも定性的にはすでに明らかにされている。

ところが切りくずが真直にでるかカールするか、という“形状”の問題に対してはこれまで体系的な研究はきわめて少なく、未知の点が多数残されている。すなわち、切りくずの流出方向については Stabler の実験則¹⁾がある程度で、それも理論的裏付けができていない。切

りくずの向上きカールに関しては切削理論と関連したいくつかの研究があり²⁾、ある程度解明されているが、横向きカールに関してはほとんど手がつけられていない³⁾。一方、切りくず処理という具体的問題と関連して、多種多様な切りくずをいくつかに整理分類することは多くの人によってこころみられているが⁴⁾、その際理論的裏付けをもった分類を行なわないと、いたずらに種類がふえるおそれがある。

実際の切削作業で切りくずがどのような形状になるかは、ドリル、ブローチ、フライス等の切りくずの収容空間に制約のある工具では、切削抵抗の増大による工具折損につながる重大問題である。また旋削や穴あけのような連続切削では作業能率を支配し、自動化の成否の鍵となる。

本報告では、一見多種多様に見える切りくず形状を、切削機構との関連において統一的に理解するために基本的に検討し、いくつかの普遍的法則を明らかにした。

なお、本論文の執筆中に贈られた C. Spaans 氏 (Delft 工科大学) の学位論文⁵⁾の中で、本論文で扱う問題がベクトル解析を用いたやや迂遠な方法で解かれているが、ここでは簡単な立体幾何学の問題として解き、かつ現実の切削とのつながりを明らかにした。幾何学的問題の解

*原稿受付 昭和47年3月21日。昭和45年度精機学会春季大会学術講演会(昭和45年4月3日)にて発表。

**正 会 員 横浜国立大学工学部(横浜市区南大岡 2-31-1)

としては、当然のことながら両者の結論は一致している。

2. 切りくず形状の変動

本論文では定常切りくず，すなわち形状が一定で時間によって変動しない切りくずのみを扱う．実際の切りくずは一定条件で削っているつもりでも時間とともに形状が変化してゆくの普通であるが，これは現実には下記のような種々の条件が時間とともに変化するためであって，それぞれの瞬間の条件に対応する定常切りくずの組合わせと考えられる．したがって本論文で扱う定常切りくずに対する結論はこのように変動する場合にも応用できるはずである．

切りくず形状を変動させる原因としてつぎの諸項があげられる．

- (a) 削りはじめの過渡現象：工具面の潤滑状態の変化（吸着した気体や油が切りくずによって持ち去られ，被削材物質が凝着する），切削温度の変化，およびこれらにともなう構成刃先ないしデッドメタルの存否や形状寸法の変化．これらは普通1秒程度以内で安定する．
- (b) 工具損耗による刃部形状の変化．切削条件が適当であれば数分程度の切削中には変化しない．
- (c) 被削材内の不均質（素材，熱処理，前加工等による）
- (d) 振動
- (e) 切りくずに加わる外力の変化

これらのうち(e)の制御がもっとも困難で，切りくず形状を複雑に変化させる主原因となっている．

切りくず形状は元来外部条件に対して大きな“適応性”をもっている．すなわち切りくずの流出にともなって重量が増したり障害物から力を受けたりすると，その根本に力とモーメントが加わり，切削点近傍の応力分布を変化させる．ここでは被削材は工具からの力によってすでに塑性状態になっているから，わずかな応力の付加も容易にすべり方向を変化させ，その結果切りくず形状を変化させる．このことは，切削中に切りくずを引張ると，切削抵抗のわずか10%程度の力で引張っても，切削抵抗および切りくずの厚さが半分近くまで減少するという“引張り切削”の実験結果⁶⁾から容易に実証される．

3. 切りくず形状がきまる場所

切りくずの形状は，それが工具すくい面をはなれるときまでにきまり，その後は塑性変形しないのが普通であることは，下記の理由から明らかである．

図1 切りくず形状がきまる場所

切りくずは加工物を支点とする片持はりであるが，たえず流出するから，一度受けた塑性変形はそのまま先方に伝えられる点の特異である．いま図1(a)のようにチップブレーカの肩D点から反力Pを受けながら流出する切りくずを考える．この切りくずがBで工具面をはなれた後，さらに塑性変形を受けて曲率を増すようなことが起こるためには，B点までに受けていたよりも大きな曲げモーメントを受けねばならぬが，実際には図示のようにモーメントはB点通過後漸減するからこのようなことはありえない．竹山らの実験⁷⁾で，図1(b)のような工具面にそった切りくずの変形を期待したチップフォーマ(A型)を試みてよい結果が得られなかったのはこのためと考えられる．

切りくず形状には上記のような適応性があるので，Pが非常に大きくなりそうなチップブレーカをおいても，Pが小さくなるようにはげしくカールした切りくずが領域ABC内で作られる．

なお切りくずがD点をすぎた後に加工物や工具にあたって外力を受けるときは，中間で大きな曲げモーメントを受け，塑性変形ないし破断を起こすが，これは切りくず生成後の問題として別に考えるべきであろう．

4. 定常切りくずがとるせん面の形状と位置

4.1 定常切りくずの一般形状

定常切りくず，すなわち切削時間と無関係に一定の形ででてくる切りくずの表面（工具すくい面で摩擦された側の面）は，必然的に“工具すくい面を接平面とするらせん面”でなければならないことは，下記の論理から明らかである．

(1) 切りくず形状が時間によって変化しないならば，切りくずの任意の横断面が時間とともにえがく軌跡はその切りくず形状と一致するはずである．

(2) 剛体の任意の瞬間における一般的な運動状態は，一

つの軸のまわりの回転運動とその軸に沿う並進運動の合成, すなわち“らせん運動”にほかならない⁸⁾。

(3)したがって定常切りくず内の各点はらせん運動を行ない, その軌跡である切りくず形状はらせん形になるはずである。このらせん形の極限の場合として, 回転運動だけで並進運動がない場合は円弧状となり, 並進運動だけで回転運動がないと直線になる。

(4)切りくずは工具すくい面を離れる点ではすくい面に平行に, すなわちすくい面が接平面になるように流出するはずである。なぜならば, もしもある角度をもって流出するならば切りくず自体もここで不連続的に(すなわち曲率無限大に)曲げられなければならない, 厚さのある固体にそのような曲げをしかも連続的に与えることは不可能である。

4.2 切りくずと工具との相対位置

切りくずが工具すくい面から離れる境界の線をかりに“分離線”とよぶと, 上記らせん面はこの分離線ですくい面に接するから, これが標記の相対位置をきめることになる。この分離線の位置や形は, すくい面が接平面であるということのために, 厳密な測定は困難であり, 理論的予測もできないのが現状である。しかし定性的傾向としてつぎのことがいえる。

(a) 切込みに比べて送りが小さく, 大部分の切削が一つの直線切れ刃(主切れ刃)によって行なわれるときには, 分離線はこの切れ刃に平行な直線である。

(b) 切込みに比べて送りが大きく, 切削幅に比べて切削厚さが 10% 以上になると, 切りくずの流出方向は主切れ刃と直角ではなくなり, 図 3(a) のように分離線は主切れ刃に傾いてくる。その傾角 ϕ を“分離線傾角”と仮称する。

(c) 大部分の切削が一つの直線切れ刃で行なわれるときは分離線も直線であるが, 曲線または折線切れ刃による切削では分離線も曲線になる傾向がある。

分離線が直線であれば, 切りくずはこれを母線とするらせん面になる。このような切りくずは図 2 の写真に例示するように, 焼鈍してたいらにのばせば円板状になる。しかしもしこの分離線が直線でないときは, このらせん面は一般には母線を持たず, 平面にのばすことはできない。

図 2 ドリルによるらせん状切りくず

図 3 符 号

大部分の切削は分離線がほぼ直線であると考えられるので, ここでは分離線が直線である場合のみを扱うこととする。

4.3 切りくずの回転運動

切りくず断面内の各部分が同一速度で流出すればまっすぐな切りくずを生ずるが, 一般には速度の大きさと方向が場所によって変化する分布をもつために, 上記のようならせん形になる。この速度は切削機構と直接のつながりをもつものであるから, 以下でこの速度分布と切りくずの運動, したがって形状との関係を求める。

座標軸は図 3(a) に示すように工具に固定したものをいい, 切りくずの分離線を x 軸, これが前切れ刃と交わる点を原点とし, すくい面上に x 軸と直角に y 軸, x, y 両軸と直角に z 軸をとることとする。

いま図 3(b) に示すように, 切りくず分離線上で切りくずの断面をとり, その三つの隅を O, O' および I と名付け, それらにおける切りくず速度をそれぞれ $V_o, V_{o'}$ および V_I とする。またこれらの速度ベクトルが y 軸となす角を $\eta_o, \eta_{o'} (= \eta_o)$ および η_I とする。これらの角は切りくずの分離線に関する流出角であり, これらに分離線傾角 ϕ を加えたのが一般に使われる流出角である。

ここで重要なことは, すくい面は切りくずの接平面であるから, この断面における切りくずの速度ベクトルはどこでもすくい面に平行であり, z 方向の速度成分はもっていない。したがって当然その速度成分の場所による差も 0 であり, y 軸まわりの回転運動成分は全然ないことである。すなわち座標軸をこのようにとると, 切りくずの回転運動の回転軸は $x-z$ 平面またはこれと平行な平面内にあるはずである。そこで, 切りくずの回転運動を x 方向の軸のまわりの回転と z 方向の軸のまわりの回転の二つに分解して考える。

図 4 切りくずカールの2成分

この切りくずの x 軸に平行な軸のまわりの回転（上向きカール）の角速度を ω_x 、曲率半径を ρ_x とすると、図 4 (a) から

$$\begin{aligned}\omega_x &= \frac{V_o \cos \eta_o}{\rho_{xo}} \\ &= \frac{-\partial(V \cos \eta)}{\partial z} = \frac{(V_o - V_o') \cos \eta_o}{t_o}\end{aligned}\quad (1)$$

ただし t_o は刃先 O における切りくず厚さとする。この曲率半径 ρ_x は、たとえばチップブレーカの有効寸法である切りくず流出円半径⁹⁾に対応するものである。

一方、 z 軸に平行な軸のまわりの回転（横向きカール）の角速度を ω_z 、その曲率半径を ρ_z とすると図 4 (b) から

$$\begin{aligned}\omega_z &= \frac{V_o}{\rho_{zo}} = \frac{V_I}{\rho_{zi}} \\ &= \frac{-\partial V}{\partial(x \cos \eta)} = \frac{1}{b}(V_o \cos \eta_o - V_I \cos \eta_I)\end{aligned}\quad (2)$$

ただし b は x 軸上で測った切削幅。この曲率半径 ρ_z は図 2 に示したように切りくずをたいらにのぼしたときの円弧の曲率半径に等しい。

切りくずは実際にはこの二つの角速度を合成した角速度 ω で回転する。すなわち、図 3 (b) の右上図で

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_z^2} = V \sqrt{\left(\frac{\cos \eta}{\rho_x}\right)^2 + \left(\frac{1}{\rho_z}\right)^2}\quad (3)$$

またその回転軸が x 軸となす角を θ とすると

$$\tan \theta = \frac{\omega_z}{\omega_x} = \frac{\rho_x}{\rho_z \cos \eta}\quad (4)$$

これら(3)、(4)式は切りくず断面内のどの点についても成立するはずであるので、O や I のサフィックスは除いてある。

4.4 らせんのリード角、半径およびピッチ

切りくずは前節に示したような角速度 ω で回転しながら、その回転軸の方向に並進運動も行なって、全体とし

図 5 切りくず速度の分解

てらせん運動を行なう。この回転軸方向の運動を知るために、切りくず速度 V を回転軸方向の成分 V_a とこれと直角な円周方向の成分 V_p とに分解する。

図 5 で、切りくずの速度ベクトル V は $x-y$ 平面（すくい面）内にあるが、これを回転軸方向すなわち $x-z$ 面内において x 軸に θ だけ傾いた方向の速度成分 V_a と、これと直角方向の速度成分 V_p とに分解できたとして、 V_p が V となす角を λ とすると、 λ はらせんのリード角である。この λ はつぎのようにして求められる：速度ベクトル V と V_a の先端をそれぞれ A、B とすると $\angle ABO = 90^\circ$ 。また A から x 軸におろした垂線の足を C とすると AC は $x-z$ 平面に垂直であるから、三垂線の定理によって $\angle CBO = 90^\circ$ 。したがって

$$V \sin \lambda = V_a = V \sin \eta \cos \theta$$

すなわち

$$\sin \lambda = \sin \eta \cos \theta\quad (5)$$

$$= \frac{\sin \eta}{\sqrt{1 + (\rho_x / \rho_z \cos \eta)^2}}\quad (5')$$

したがって

$$V_a = V \sin \lambda = V \sin \eta \cos \theta\quad (6)$$

$$V_p = V \cos \lambda = V \sqrt{1 - \sin^2 \eta \cos^2 \theta}\quad (7)$$

このらせんが巻きつく円柱の半径 ρ とらせんのピッチ p は

$$\rho = \frac{V_p}{\omega} = \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \eta \cos^2 \theta}{(\cos \eta / \rho_x)^2 + (1 / \rho_z)^2}}\quad (8)$$

$$p = 2\pi \rho \tan \lambda = \frac{2\pi \rho \sin \eta \cos \theta}{\sqrt{1 - \sin^2 \eta \cos^2 \theta}}\quad (9)$$

4.5 らせんの中心軸の位置

4.3 に記したように、このらせんの中心軸は $x-z$ 平

図 6 らせんの中心軸の位置

面に平行な平面，すなわち $y = \text{一定} (=e \text{ とする})$ なる平面内にあって， x 軸に対して(4)式で表わされる角 θ だけ傾いているが，この $x-z$ 平面からの距離 e はつぎのようにして求められる。

図 6 で，速度ベクトル OA は O 点でこの切りくず，したがってそれがまきつく円柱に接し， OB は円柱の母線となるから，この円柱は三角形 OAB を含む平面に OB で接する。よってこの円柱の中心軸は B 点でこの平面に立てた垂線上にあって， B から円柱の半径 ρ だけ離れた点 D を通るはずであり， D 点の $x-z$ 平面からの距離が e である。いまこの半径 BD が $x-z$ 平面となす角 $\angle CBD = \nu$ とすると，これは $\angle BAC$ に等しいから

$$\sin \nu = \frac{BC}{AC} = \frac{V \sin \lambda \tan \theta}{V \cos \lambda} = \tan \lambda \tan \theta \quad (10)$$

したがって

$$e = \rho \sin \nu = \rho \tan \lambda \tan \theta \quad (11)$$

(5)式を使って λ のかわりに θ と η で表現すると

$$e = \frac{\rho \sin \eta \sin \theta}{\sqrt{1 - (\sin \eta \cos \theta)^2}} \quad (11)'$$

4.6 まとめ

以上で切りくずがとるらせんの形状と位置に関するすべての情報がただ三つの量によって一義的にきまることが示された。すなわち，たとえば流出角 η ，上向きおよび横向きカールの曲率半径 ρ_x と ρ_z の3者が与えられれば，らせんの半径 ρ とピッチ p ，およびらせんの軸の傾角 θ と $x-z$ 面からの距離 e が上記諸式で与えられる。

ただし以上は切りくず分離線を基準して表示したものであり，実際には切れ刃に対する位置が問題になるので，さらに切りくず-すくい面接触長さと分離線傾角 ϕ

を知る必要がある。前者はあまり問題にならないが， ϕ は高送り切削ではかなり大きくなり，切りくずの折れやすさに影響する。

5. 切りくずの幅方向での拘束条件

4.4 以下では刃先点 O を通る切りくずが描くらせんについて論じたが，同様のことは切りくず内のすべての点について成立するはずである。しかもこれら各点を通るすべての切りくず要素が一体となって，一つの切りくずの形を保ちながら流出するためには，すべての要素が

- (1) 同じ軸のまわりに
- (2) 同じ角速度で回転し，かつ
- (3) 同じ速度でこの軸の方向に並進する

ことが必要である。

板を重ねて削るような場合，たとえ2次元切削を行なっても切りくずはそれぞれ異なった形をとり，決して一体にはならない。ところが一体の加工物を削るときには，切れ刃が直線でもなくとも一体の切りくずを生ずるのが普通である。これは加工物が一体であれば，切りくず生成時に切削幅方向の各要素間で相互に力を及ぼしあって，すべりの方向（したがって切りくず各部の速度の大きさと方向）を変化させ，全体としてつり合いを保ちつつ上記3条件をみたすものと考えられる。この事実は2.に記した切りくず形状の適応性が，外力に対してだけでなく，一つの切りくずの内部の力に対しても存在することを示すものである。

さて，この3条件を切削機構と直結する量で表現するとつぎようになる。幅のある切りくずがこの3条件をみたして一つのらせん面を形成するということは，具体的には図2の写真で示したように，切りくず内の各部がすくい面にそった同心円を形成するように流出し，かつ切りくず分離線が母線となるように上向きにカールすることによって達成される。そこでこのための条件を記述する。

図4(b)で，刃先 O とここから分離線 (x 軸) にそって任意距離 s だけ離れた s 点において，横向きカール半径と流出角をそれぞれ ρ_{zo} ， η_o および ρ_z ， η とすると，两点を通る切りくずが同心円をえがくとの条件から

$$\rho_z \sin \eta = \rho_{zo} \sin \eta_o \quad (12)$$

$$\rho_z \cos \eta = \rho_{zo} \cos \eta_o - s \quad (13)$$

この連立方程式を ρ_z と η に関して解けば

$$\frac{\rho_z}{\rho_{zo}} = \sqrt{1 - \frac{2s}{\rho_{zo}} \cos \eta_o + \left(\frac{s}{\rho_{zo}}\right)^2} \quad (14)$$

$$\tan \eta = \frac{\rho_{zo} \sin \eta_o}{\rho_{zo} \cos \eta_o - s} \quad (15)$$

したがって、任意の点の ρ_x と η がきまれば、その切りくず内のすべての点の ρ_x と η が一義的にきまることになる。なお、O、S 两点における切りくず速度 V_o と V の間には当然つぎの関係がある。

$$V = V_o(\rho_x / \rho_{xo}) \quad (16)$$

このような同心円の円板状切りくずが分離線を母線として上向きにカールすると、どの点がえがくらせんもその中心軸の傾角 θ は等しくなければならないという条件から、O と S における上向きカール半径 ρ_{xo} と ρ_x の間には(4)式によるつぎの関係が存在するはずである。

$$\tan \theta = \frac{\rho_x}{\rho_x \cos \eta} = \frac{\rho_{xo}}{\rho_{xo} \cos \eta_o}$$

すなわち

$$\rho_x = \rho_{xo} \frac{\rho_x \cos \eta}{\rho_{xo} \cos \eta_o} \quad (17)$$

以上をまとめると、もし切りくず内の一点についての流出角 η 、上向きおよび横向きカール半径 ρ_x, ρ_z の三者が与えられれば〔したがって前章の(4)、(8)、(9)および(11)式によってらせんの形と位置がきまると〕、切りくずの幅方向のすべての点がこの点と一体になって一つのらせん面を形成するという条件から、(15)、(17)、(14)の3式によってすべての点についての η 、 ρ_x および ρ_z が一義的にきまり、らせん面の形もきまることになる。さらに、切りくずの幅と厚さも与えられれば、切りくず形状は完全にきまる。

このようならせんを決定するために必要な量は、上記のような一点についての η 、 ρ_x および ρ_z の三者でなくても、適当な三つの独立量でさえあればよく、異なった点についてのものであってもよい。たとえばコイル状切りくずでは外径 ρ_o とピッチ p が測りやすく、展開すれば ρ_{xo} と ρ_{xl} とが測定できるから、これらのうちの三つで表示したほうが便利である。

図 7 上向きおよび横向きカールの組合せ
(流出角 $\eta=0$ の場合)

図 8 上向きおよび横向きカールの組合せ
(流出角 $\eta=15^\circ$ の場合)

図 7 は上向きおよび横向きカールによって切りくず形状がどのように変化するかを示すもので、流出角 $\eta=0$ とし、切りくずの幅の中央におけるらせんの半径 ρ を与え、 θ を変化させて描いたものである。上向きカールだけの場合の円筒形から横向きカール成分が加わって θ が増すと円すい形になり、横向きカールだけになると円板形になるのがわかる。 $\eta=0$ であるから(9)および(11)'で明らかに p も e も 0 である。図 8 は $\eta=15^\circ$ とした場合で、 θ が増すと p が減り e が増すのがわかる。

6. その他の拘束条件

上記のような切りくず形状を決定する3条件すべてを与える3次元切削機構は、まだよくわかっていない。しかし特定の場合には下例のような拘束条件がその一部として与えられる。

(a) 対称性. 多くのブローチ削りのように切削幅の中央に関して対称的な切削では、切りくずも対称になるはずで、流出角 $\eta=0$ 、横向きカールの曲率 $1/\rho_z=0$ 。

(b) 障害物. 切りくずの進路がさまたげられると、前記のような切りくず形状の適応性のために、ある限度までは折れずに、その拘束条件をみたす形の切りくずを生ずる。

(i) 切りくず. 後続切りくずが前部の外側にまきつくと ρ や ρ_x が拘束される図 9 (a)。

(ii) 切削工具. チップブレイカの切りくず流出円半径、ドリルやフライスのみぞの内接円半径などは ρ_x または ρ を拘束する図 9 (b)。

(iii) 加工物. ρ や p を拘束することが多い図 9 (c)。

(c) 切りくずの流出速度比. ドリルによる穴あけのように切りくず速度が内外で著しく異なる場合、(13)、(16)式をみたすために $\eta_o \approx 0$ 、 $\eta_l \approx 90^\circ$ となり、流出角が拘束される(図 2 の写真参照)。

図 9 切りくず形状を拘束する例

7. 結 論

以上から切りくず形状に関して下記の諸項が明らかになった。

1. 切りくず形状はわずかな外力および内力の変化にも適応して変化する。
2. 定常切りくずは工具すくい面を接平面とし、分離線を母線とするらせん面となる。
3. このらせんの径、ピッチおよび中心軸の傾角と位置は三つの独立な量（たとえば流出角と上向きおよび横向きカールの曲率）によって一義的にきまる。こ

れらと切りくずの幅と厚さが与えられれば切りくずの形と位置は幾何学的に完全にきまる。

4. 実際の切削作業では切りくず流出に対する各種の拘束条件がある場合が多く、これらが切りくず形状をきめる三つの量のうちの一部となる。

文 献

- 1) G. V. Stabler: The Fundamental Geometry of Cutting Tool. Proc. IME, **165**, 14 (1951).
- 2) 中山一雄, 上野山勝, 田村 清: 切りくずの弯曲について, 精密機械, **27**, 10 (1961) 681.
- 3) 中山一雄: らせん状切りくずの生成 (第2報), 昭和45年度精機学会秋季大会前刷, (1970) 57.
- 4) たとえば CIRP Group C: Terminology and Procedure for Turning Research. 40.
- 5) C. Spaans: The Fundamentals of Three-Dimensional Chip Curl, Chip Breaking and Chip Control. Delft University of Technology, April 1971.
- 6) 中山一雄: 切削中に切りくずに加える張力の影響—引張り切削法—, 精密機械, **30**, 1 (1964) 46.
- 7) 竹山秀彦, 宮坂金佳: 切りくず処理に関する研究, 精密機械, **35**, 11 (1969) 700.
- 8) たとえば日本機械学会: 機械工学便覧 (1968) 3-24.
- 9) 中山一雄: チップブレーカの研究, 日本機械学会論文集, **27**, 178 (1961) 833.

情 報

(21 頁よりつづき)

〔市場別〕 ▷極東=6,456,968 (163.6%) ▷東南アジア=2,616,862 (129.2%) ▷中近東=235,476 (224.2%) ▷欧州=3,968,844 (106.5%) ▷共産圏=8,913,269 (101.4%) ▷北米=3,522,775 (100.2%) ▷中南米=842,993 (112.0%) ▷アフリカ=546,424 (76.6%) ▷大洋州=1,714,042 (168.8%)

〔機種別〕 ▷旋盤=8,650,713 (113.8%) ▷ボール盤=1,836,884 (106.2%) ▷中ぐり盤=2,776,307 (110.1%) ▷フライス盤=3,923,014 (114.5%) ▷平削盤=1,789,587 (580.4%) ▷研削盤=5,741,433 (101.1%) ▷歯切盤および歯車仕上げ機械=1,195,943 (229.0%) ▷その他工作機械=2,912,772 (103.4%)

工技院クロス・インパクト・マトリックス法による技術分析

テクノロジー・アセスメント (TA=技術再評価) 思

想の普及で、新技術と経済技術と技術の相互関係の見きわめが、こんごの技術開発上の課題とされているが工業技術院は1年の作業期間で「クロス・インパクト・マトリックス法」によって技術の相互関連を定量的に調査することになった。工技院は46年度にわが国で初めて「研究開発の定量的評価手法」を開発、47年度にこの手法をもとにして、技術と技術の相互関係を分析するとともに、関連の度合を数字で割出そうというものである。産業連関表の“技術版”ともいえる技術連関表が完成すれば、たとえば新電池と電気自動車の関連をはじめ電気自動車の開発によるガソリン自動車への影響の度合などを知ることができるようになり、新技術開発の“指標”として役立つものと期待される。

技術予測に対しての関心が高まるにつれ、手法の開発がアメリカを中心に各国で進められている。その手法の

(47 頁へつづく)