

くさび形パワーチャックにおける把握圧力分布について  
 ——チャッキングの基礎研究(第10報)——

門 脇 義 次・斎 藤 輝 雄

(昭和61年10月31日受理)

Chucking Pressure Distribution in Wedge Type Power Drive Chuck  
 ——Basic Study of Chucking (10th Report)——

Yoshitsugu KADOWAKI, Teruo SAITO

In the workpiece chucking devices the chucking pressure plays an important roll. however, it has not been investigated in the earlier works. In the present study, the chucking pressure distribution in wedge type power drive chuck is investigated by means of pressure sensitive paper method, the following observations are obtained. (1) The front part of jaws opens with increasing the chucking force, as observed in three-jaw-scroll chuck and four-jaw-independent chuck. (2) In the case of workpiece made of nylon, a higher pressure at front edge of jaw is observed. (3) The chucking pressure distribution varies with the cutting direction in the self-turning.

1. はじめに

工作物取付具に関する研究はこれまで立遅れが目立つとされてきたが<sup>1)2)</sup>、近年の生産加工技術分野における高速化、高精度化に伴ない取付具の重要性が再認識されて、これに関する研究が幅広く行われるようになった。

代表的な工作物取付具である旋盤用のつめチャックの場合にも、近年さかんになりつつある超高速切削に必要な回転数を得ようとする、遠心力のために把握力が減少して十分な切削抵抗に耐えられなくなる。このため、回転数の増大による把握力低下の定量的な研究<sup>3)</sup>、遠心力を機械的に補償して把握力低下を防ぐための機構の研究<sup>4)</sup>、適応制御によって把握力低下を補償する方法の研究<sup>5)</sup>などが行われている。また、びびりの発生限界に対してチャックの把握条件が関与することを明らかにした研究<sup>6)7)</sup>が高精度化を目的として行われている。

完全自動化を目指し、たとえ無人の状態でも工作物取付具を正しく機能させ、かつ信頼性を向上するには、まず材料を正しくつかむことが必要である。このため工作物の把握状態を監視する研究<sup>8)9)</sup>も行われるようになった。この把握状態を認識するには、把握面にあけた穴からの空気もれによる方法、つめ

ごとの把握力の不ぞろいを検出する方法などが行われている<sup>8)</sup>。著者の場合にはつかみ部分の圧力分布(把握圧力分布と呼ぶ)を検出する方法によってきた<sup>9)</sup>。

著者はこれまで、三つづめスクロールチャック、四つづめ単動チャックにおける把握圧力分布を測定して、把握力を増加してもつめの先端における把握圧力が低くなる結果、把握剛性の向上が期待出来ないというつめの口開き現象を指摘してきたが<sup>10)11)</sup>、つめ開閉機構の異なるくさび形油圧パワーチャックについてもこれが同様かどうかは興味の持たれるところである。

また、工作物の把握部分が薄肉である場合には工作物のゆがみのために、十分な把握力をとることが出来ず、さらに加工後の弾性回復によっても誤差が増大するなど数多くの問題点が知られている<sup>12)</sup>。近年は合成樹脂類を切削する機会も多くなっているが、工作物取付けに際しては、金属と比較した剛性の低さから、たとえ中実の場合でも中空物の金属と同様の問題を生ずると考えられる。しかもこれまでの研究例では金属材料の把握を取扱ったものが主であり、またチャックそれ自体も合成樹脂類などの軟質材料を考慮したものではなかった。そこで、把握圧力分布の観点から工作物材種の影響を調べることも有意

Power chuck	JIS No 8, Outer diameter 200mm
Chuck jaw	S45C E: $2.1 \times 10^3$ MPa
Boring condition	Oil pressure 0.5MPa Diameter 40mm, Rmax:4.6 $\mu$ m
Workpiece	(1) Carbon steel, S45C oil hardened E: $2.1 \times 10^3$ MPa, Hv: 956, Rmax:1.70 (2) Cast iron, FC20 E: $1.0 \times 10^3$ MPa, Hv: 172, Rmax:17.5 (3) Aluminium E: $0.72 \times 10^3$ MPa, Hv: 53, Rmax: 4.25 (4) Nylon E: 23MPa, HRR: 110, Rmax: 18

表1 実験条件

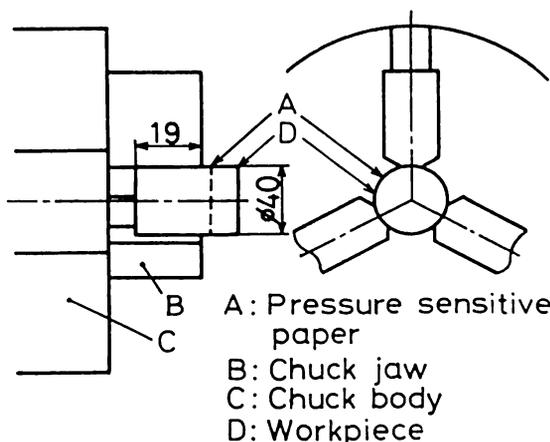


図1 実験装置

議と思われる。

本報ではくさび形油圧パワーチャックの把握圧力分布を求め、合成樹脂を含む各種工作物による影響、つめの中ぐりの影響について述べる。

## 2. 実験方法

表1は実験条件の概要を示している。供試チャックは市販のくさび形油圧パワーチャックであり、つめの中ぐりに際しては中ぐりバイトを用いて内径を40mmに仕上げている。

表1に示すように、被把握物としてはヤング率の異なる四種類を選んでいるが、表面粗さには若干の違いがある。これは主として被削性の違いにより、被把握物の仕上げに際して、一定の仕上面粗さが得られないことによる。

図1は供試チャックが工作物を把握している状態である。工作物のつかみの部分には感圧紙(A)が巻付けてあり、これを把握状態のまま規定時間保持する。その後把握力を開放して工作物を取りだし、感圧紙を巻き戻す。この感圧紙上にはつめからの圧

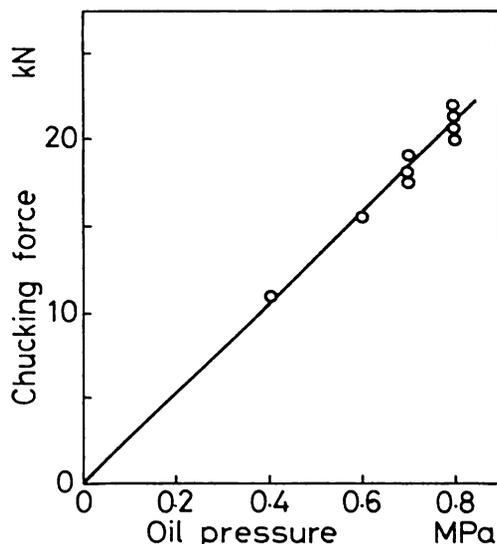


図2 ポンプ吐出圧力と把握力の関係

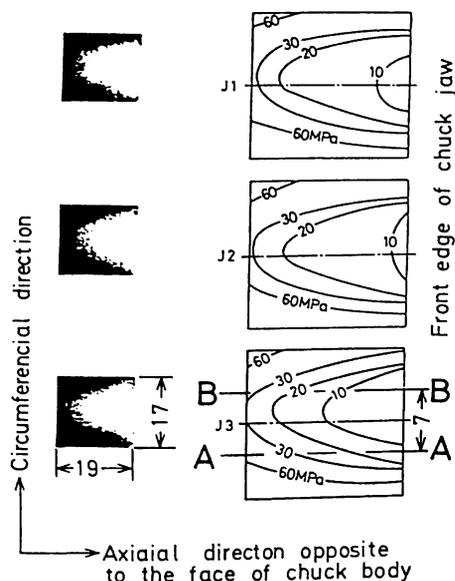


図3 把握力分布の等高線表示とその分布傾向

力によって、発色した部分が得られる。この色の濃淡の読み取りには光電式センサをもった専用の濃度計を用いる。

図2に供試チャックの回転シリンダー内圧力と把握力の関係を示す。図1のように両者は直線関係にある。なお、油圧力はブルドン管圧力ゲージにより、また把握力は、三つづめチャック専用の荷重計を用いている。一般に、チャックの把握力は、荷重計を当てる位置によっても異なるが、ここでは、把握長さ(19mm)の中央ということで、つめの先端より10mmの点を中心として測定している。

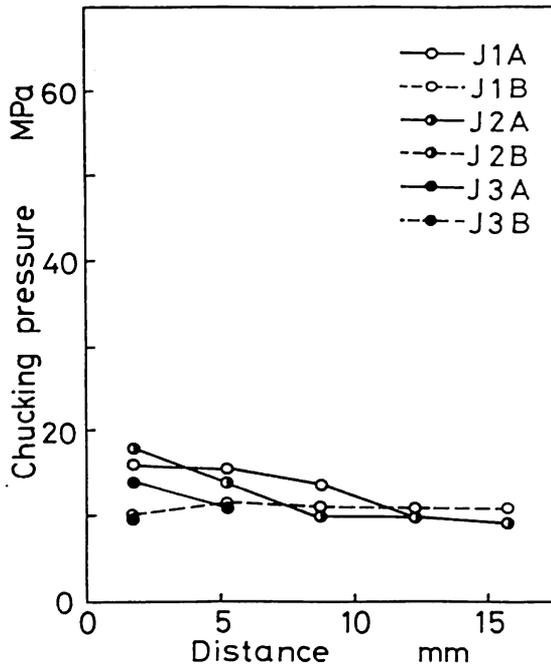


図4 把握圧力分布 (S45C,0.5Mpa)

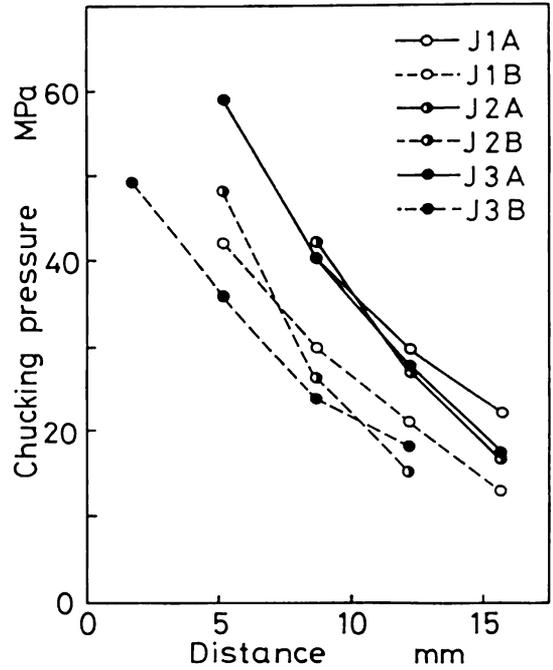


図6 把握圧力分布 (S45C,1.0Mpa)

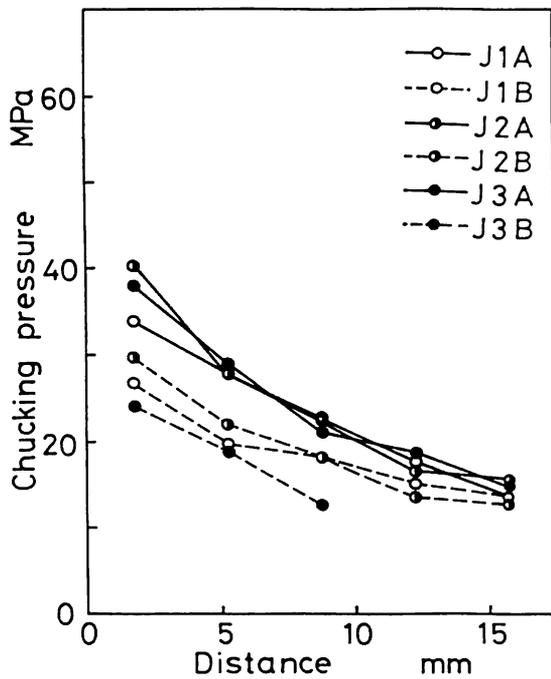


図5 把握圧力分布 (S45C,0.7Mpa)

### 3. 実験結果と考察

#### 3. 1 把握圧力分布の等高線表示

図3左は把握圧力のために発色した感圧紙の例であり、図3右は感圧紙から読み取った結果を等高線

表示したものである。図3では右がつめの先端であって、図示の19mmが把握長さである。また縦方向は、工作物の円周方向であり、つめあたりの円周方向接触長さが17mmであることが分かる。なお、油圧力0.7Mpa(つめあたり把握力6KN)とした例である。

図3において、軸方向の把握圧力分布に注目すると、つめの先端付近で把握圧力が低く、つめの奥ほど高くなっている。いっぽう、円周方向の把握圧力分布はつめの中心付近の把握圧力が低く、つめの両端で高くなっている。しかし、この場合でもつめの中心線に対して対象な把握圧力分布とはなっていないようである。

そこで、以下においては、つめの左右の圧力を区別して示すため、図3右に示す把握圧力分布のうちJ3(添字3はテールストック側より見て時計回りにつけたつめの番号)に示すような、つめの中心線に平行で、上下に3.5mmづつ離れた二直線A-A、B-B上の圧力を用いて、各つめの把握圧力分布を表現している。

#### 3. 2 把握力の影響

図4、図5、図6は焼き入れ研削仕上げした炭素鋼(S45C)をそれぞれ油圧力0.5Mpa、0.7Mpa、1.0Mpaで把握した結果である。これらの図では、横軸がつめの把握面の奥端からの距離、縦軸が把握圧力である。

図4、図5、図6を比較することによって把握圧

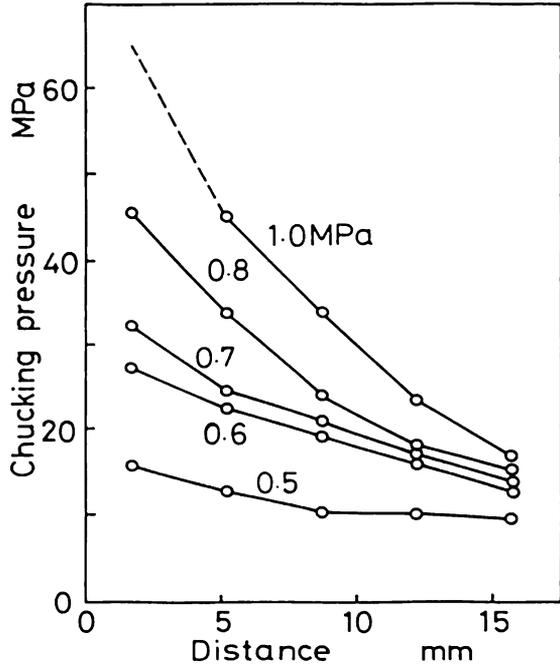


図7 把握圧力分布におよぼす吐出圧力の影響

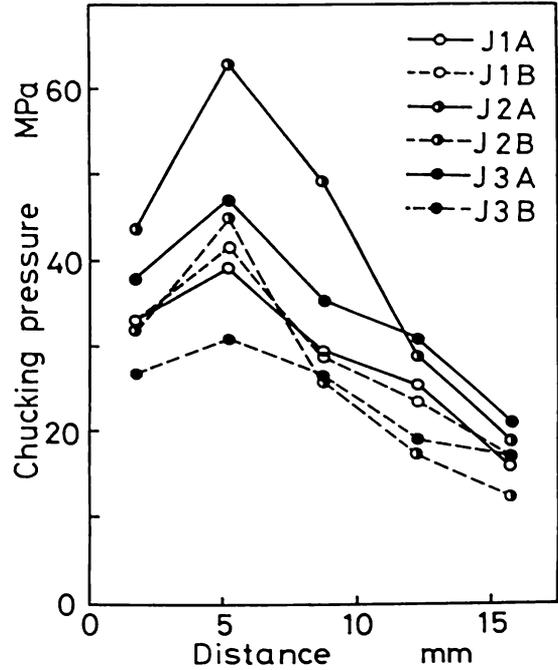


図9 把握圧力分布(A.I., 1.0MPa)

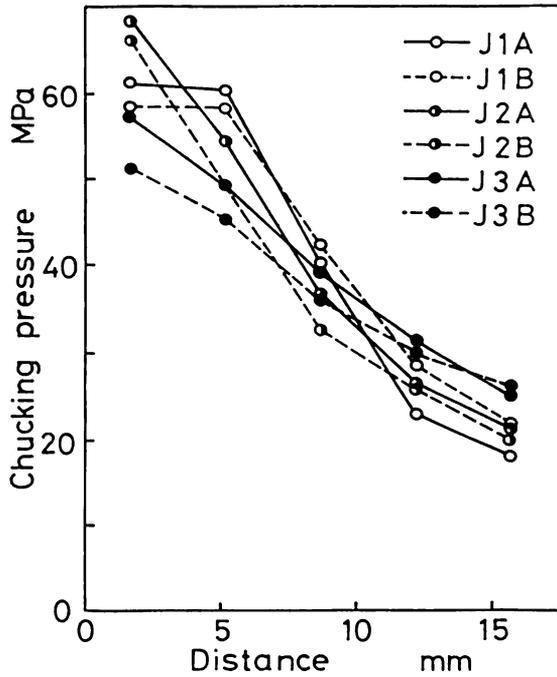


図8 把握圧力分布(C.I., 1.0MPa)

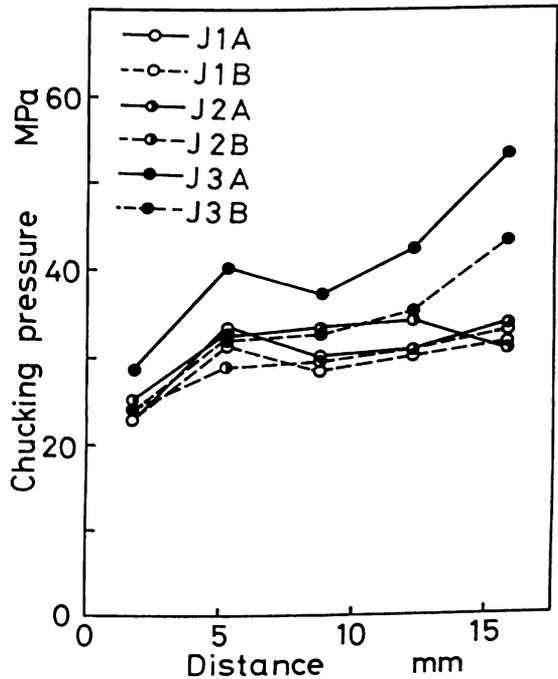


図10 把握圧力分布(Nylon, 1.0MPa)

力分布に対する把握力の影響を調べると、油圧力 0.5 MPa では、把握圧力の右下がり傾向すなわち、つめの口開き現象は顕著に表われないが、0.7 MPa ~ 1.0 MPa と油圧力が高まるにつれて、これが顕著にな

っている。

図7は、把握圧力分布におよぼす把握力の影響を明らかとするため、図4~図6を整理した結果である。なお、ここではA-A、B-B上の各点の平均値で示した。

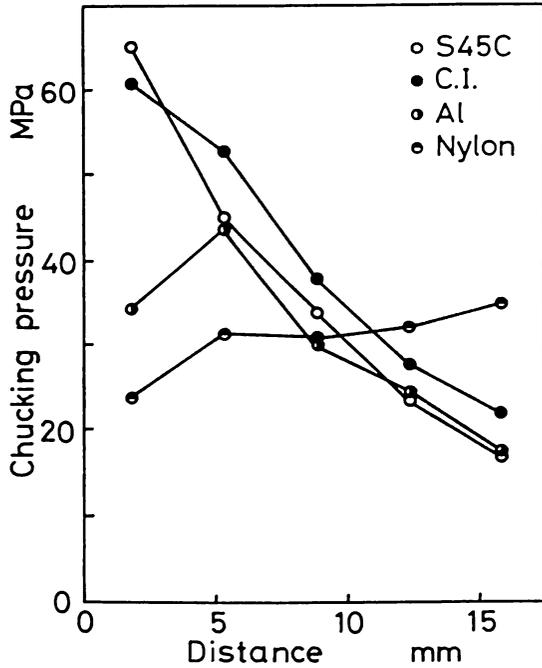


図11 把握圧力分布におよぼす工作物材質の影響

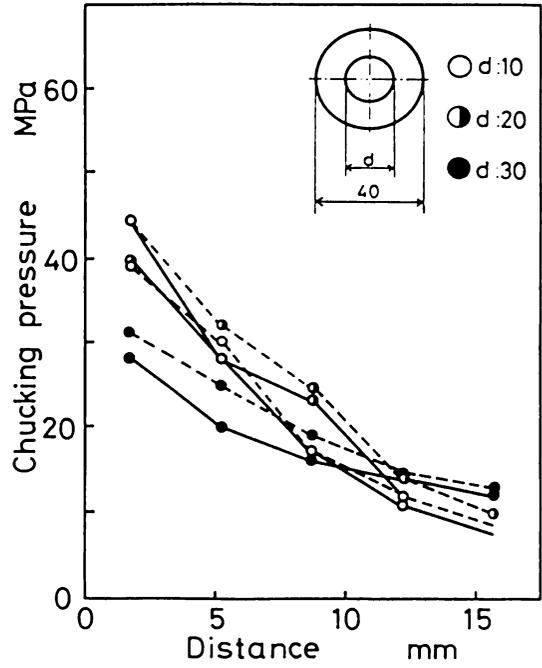


図12 把握圧力分布におよぼす工作物穴の影響

図7によれば、油圧力すなわち把握力が増すにつれて、右下がりの傾向が顕著となって、チャック本体、つめの摺動面およびつめの変形に起因するいわゆる爪の口開きの現象がこの場合にも明らかに認められる。

### 3. 3 把握工作物材質の影響

図8、図9、図10は把握工作物材質をそれぞれ铸铁、アルミニウム、ナイロン樹脂とした場合の把握圧力分布を示している。なお、油圧力は一定(1.7 Mpa)である。

図11では、把握圧力分布に対する把握工作物材質の影響を求めるために図8、図9、図10をA-A、B-B上の把握圧力の平均値によって整理し、材質をパラメータとして表わしている。

図11によれば、炭素鋼(S45C)と铸铁(C.I.)ではともにつめの口開き現象によって、単調な右下がりの傾向であるのに対し、ナイロン樹脂(Nylon)の場合は、上の二種類の金属の場合と異なり、つめの先端での圧力がかえって高くなっている。いっぽう、図9および図11におけるアルミニウム(A1)の例では、工作物接触長さの中間に圧力の最大値がくる分布となっており、つめの奥すなわち把握工作物の終端での圧力が低く、これより5 mmの点まで圧力は上昇し、この点より先端に向けて圧力は再び低くなっている。したがって、把握面の奥端付近では

ナイロン樹脂と同じ傾向であるが、つめの先端側では炭素鋼や铸铁と同じく、つめの口開きの傾向である。このことから本実験の範囲内で、アルミニウムは炭素鋼や铸铁とナイロン樹脂との中間の把握圧力分布にあるといえる。

したがって、工作物把握圧力分布には把握工作物の材質も大きく関与していることになる。

### 3. 4 工作物にあげた穴の影響

図12は穴のある工作物を把握した場合の把握圧力分布を示している。ここで、把握工作物は炭素鋼(S45C)であり、外径のみ円筒研削仕上げし、把握油圧力を一定(1.0 Mpa)にしている。

図12によれば、穴の直径 $d=10$  mmと $d=20$  mmでは、把握圧力分布の違いが顕著でないものの、 $d=30$  mmでは把握圧力分布の右下がりの傾向が緩やかとなっている。前節の、工作物材質からの類推によれば、穴の直径の大きいほど把握工作物が半径方向に変形し易く、したがって軟らかい工作物を把握した場合に近づくことになる。

### 3. 5 つめの中ぐり方向の影響

図4、図5、図6に示す工作物把握一回あたりの三つのつめの把握圧力分布を比較すると、実線で示すA-A同志あるいは破線で示すB-B同志はほぼ同じ把握圧力であるが、A-AとB-Bでは、油圧力の高い0.7 Mpa、1.0 Mpaにおいて、いずれもA-A

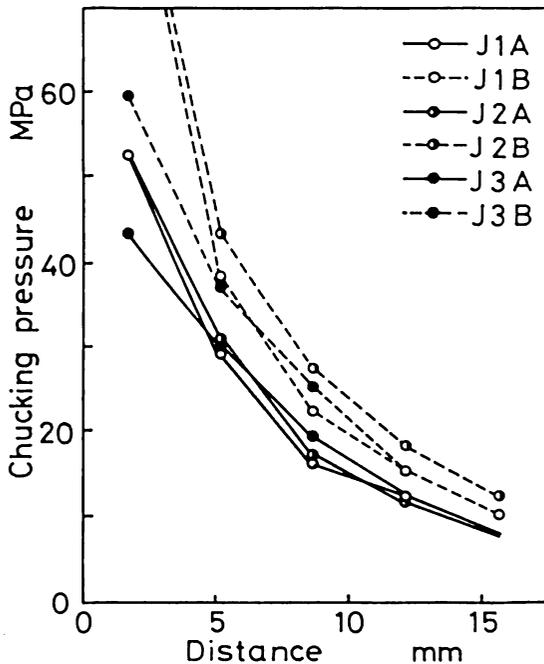


図13 逆向セルフボーリングによる把握圧力分布

の方が明らかに高い把握圧力分布となっている。これは、チャックをテールストック側から見て真上に位置するつめの中心より右半分の把握圧力が左半分のそれより高いことを示している。この原因を明らかにするため、次のような実験を行っている。

図13は逆回転切削でつめの中ぐりを行い、このつめを用いて、把握圧力分布を求めた例である。なおこれは、炭素鋼(S45C)を焼入れし、円筒研削したものを油圧力 1.0 Mpa の一定圧力で把握した例である。図13によれば、図4、図5、図6の場合とは逆に破線で示すB-Bの方が高い把握圧力となっている。したがって、円周方向の把握圧力分布にはつめの中ぐりの際の切削方向が関係することになる。図14は、つめの中ぐりの際の切削方向が円周方向把握圧力分布にどのように影響するかを考察するための概念図であり、チャックをテールストック方向から見て、つめの一つを真上に示している。

図14上にはこれまでの実験結果を示しており、正転切削によるつめの中ぐりの結果はつめの中央より右のAの部分で圧力が高くなり、逆転切削では、Bの部分で圧力が高くなることを示している。なお、図中のA、Bはそれぞれ、図3のA-A、B-Bに一致させてある。

図14下は正転切削による、つめの中ぐりの概念図である。まず切削抵抗が作用してつめが上方への曲げを受ける。つぎに切削が終了して、切削抵抗が消

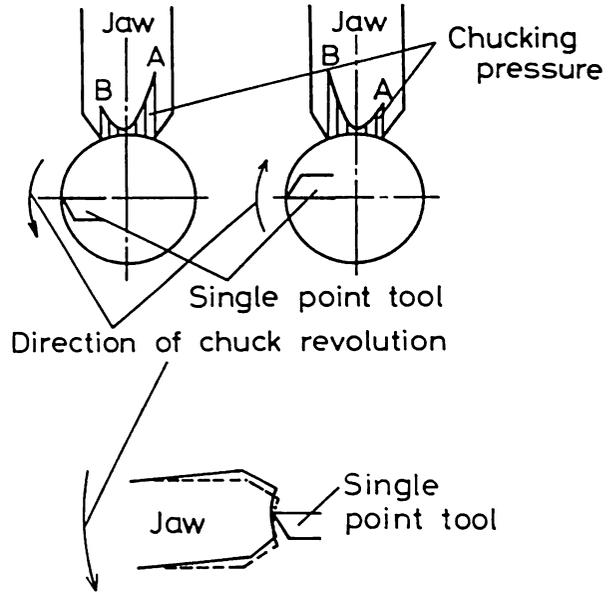


図14 把握圧力の円周方向分布におよぼすセルフボーリングの影響

失すると、つめは弾性回復により破線で示す位置にくる。したがって、つめの上半分では、つめを削る際の円弧よりも幾分内側に出る。このため、開放状態での三個のつめによる把握面は完全な円とならず、円周方向把握圧力分布に上記の偏りを生じたと考えられる。

#### 4. まとめ

本報は、これまで行ってきた把握圧力分布に関する研究の一環として、くさび形三つづめパワーチャックを用いた工作物把握における把握圧力分布を感圧紙法によって測定し、把握圧力分布におよぼす、把握力の影響、工作物材質の影響、生づめをセルフボーリングする際の切削方向の影響等について検討した結果を述べている。ここでは以下の点を明らかにすることが出来た。

(1) つめと同程度の硬さを持つ工作物を把握すると、三つづめスクロールチャックや四つづめ単動チャックの場合と同じように、三つづめパワーチャックの場合にもつめの口開き現象を生じて、つめの先端の把握圧力が低くなる。

(2) 軟質材料を把握するとき、つめの先端ほど把握圧力が高くなる。したがって、つめの口開き現象が見られない。

(3) つめをセルフボーリングする際のチャックの回転方向によっても、把握圧力の円周方向分布が変わる。これは、切削抵抗によるつめの円周方向のたわみによって生じ、つめの横方向の剛性不足が原因

と考えられる。

終りに本研究の全般にわたって熱心な御指導と激励を賜った、東京工業大学工学部伊東誼教授に心から感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 中野嘉邦：工作物・工具のチャッキングと加工精度，精密機械，44，11（1978）1299.
- 2) 吉田嘉太郎：旋盤用チャックの現状と問題点，精密機械，48，11（1982）1425.
- 3) V. Solaja and M. Kaladzic：Some Experiments with Three-and Four-jaw Chucks, Ann. CIRP, 15, (1963) 131.
- 4) 安井，他2名：旋盤チャックの高速化に関する研究，工作機械振興財団研究成果報告書（1982）
- 5) D. Szepesi and A.H.van't ERVE：Adaptive Clamping Control on High Performance CNC Lathes, Proc. of 24th Inter. MTDR Conf. (1984) MacMillan, 177.
- 6) 土井，他2名：びびり振動に及ぼすチャック—工作物系の減衰特性の影響，機論，50—460, C, (1984) 105.
- 7) Rhman, M. and Ito, Y.: Some Necessary Considerations for the Dynamic Performance Test Proposed by the MTIRA, Int. Mach. Tool Des. Res. 21—1 (1981) 1.
- 8) 樫村幸辰，北田明：工作物支持監視システムに関する研究，精密，52，8（1968），1362.
- 9) 門脇：三つづめスクロールチャックの工作物把握状態認識センサの開発，機論，51—466（1985）1372.
- 10) 門脇：三つづめスクロールチャックの把握圧力分布とその評価法，機論，49—441（1983）
- 11) 門脇：四つづめ単動チャックにおける工作物チャッキング状態と把握圧力分布の関連，機論，50—454（1984）
- 12) Kahng, C. H.ほか2：The Effect of Chucking Methods on Roundness Error in the Boring Process, Trans ASME, 98—(1976) 233.