

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 27-112
補助事業名 平成27年度 負荷・温度低減を実現する外科手術用工具の開発 補助事業
補助事業者名 東京大学杉田研究室・杉田直彦

1 研究の概要

近年、高齢化の影響等により人工関節置換術やインプラント治療を受ける患者数が増大している。これらの治療の際に骨に対する穿孔が行われており、その骨の加工には大きく3つの要求が存在する。まずは手術時間を短縮し、患者の身体的リスクを低減するために高能率であること、また、良好な術後経過を得るために高精度な加工であること、さらに細胞の壊死を防ぐために切削温度が抑えられていることである。しかし、現在用いられている工具ではこれら3つの要求を満足していないため、新しい工具の開発が求められている。本研究では、高精度な切削を行うために内側の刃ではき裂型切削による粗加工を、外側の刃では流れ型切削による仕上げ加工を行うという2段階の切れ刃を持つドリルを提案する。また、シミュレーションを利用することで提案ドリルの形状を最適化する。

2 研究の目的と背景

骨切除を伴う外科領域の手術では、加工損傷や切除精度は術後成績に大きな影響を与えると言われる。そのために、切削工具による骨組織の摩滅や切りくず生成に伴う塑性変形で発生する切削熱による骨細胞の壊死のような熱的損傷を避けねばならない。その一方で、骨切除にかけることができる手術時間は限られているため、高能率な骨の機械加工も要求される。現在は骨を切除する工具はボーンソーが主流であるが、加工時の発熱による骨組織の壊死や切除面の形状精度の劣化などが指摘されており、それらの課題を解決した新しい加工法の実現が望まれる。

加工精度の向上のためには、滑らかな加工面が得られるように、塑性変形による連続流れ型切りくずの生成が望ましい。しかしながら、単位除去量当たりの加工エネルギーは大きくなり、加工温度の上昇が避けられないため、加工エネルギーを減少する加工方法を検討しなければならない。

切り取り厚さが $20\mu\text{m}$ 以下の場合、塑性変形によって流れ型の切りくずを生成するのに対し、切り取り厚さが $100\mu\text{m}$ 程度になると、脆性破壊によってき裂型の切りくずを生成する(図1)。き裂型切削の比切削抵抗は、流れ型切削と比較して小さくなる傾向にあり、発生する熱量は少なくなると予想される。送り量を大きくすることで加工効率と発熱量については改善されるが、き裂の伸展により精度が悪化する。そこで、この問題を解決するために、骨の加工特性を利用したドリル工具を提案する。



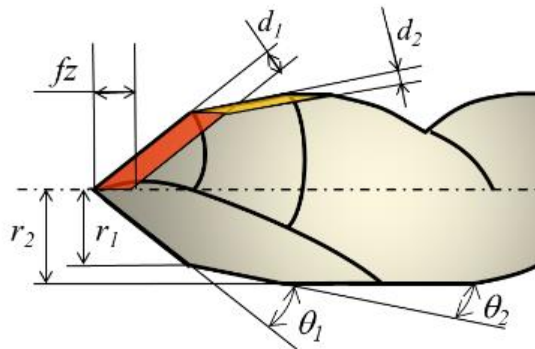
(a) 流れ型切削

(b) せん断型切削

(c) き裂型切削

図1 加工形態に対する切り取り厚さの影響

ドリルに求められる能力として、精度よく円筒形状に仕上げる能力と、効率よく軸方向に掘り進む能力が主なものとして挙げられる。前者の能力に関しては、ドリル外周部付近での切削精度を向上させることで達成でき、後者の能力に関しては、外周部以外の部分において、重切削を行うことができる形状とすることで達成できる。提案するドリルは、中心部と外周部とで切れ刃の角度が異なっており、各部での切り取り厚さを変化させる（図2）。切り取り厚さの大きい中心部では、効率が良く、発熱量の少ないき裂型切削となり、切り取り厚さの小さい外周部では、精度のよい流れ型切削になると考えられる。



内刃半径： r_1 内刃角： θ_1

外刃半径： r_2 外刃角： θ_2

外刃切込み量： d_1

内刃切込み量： d_2

1 刃当たりの送り量： fz

図2 提案ドリル

この提案するドリルを用いて性能評価実験を行い、切削抵抗、切削温度、表面粗さについて有効性を評価した（図3, 4）。

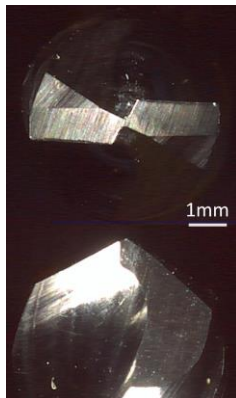


図 3 Drill geometry

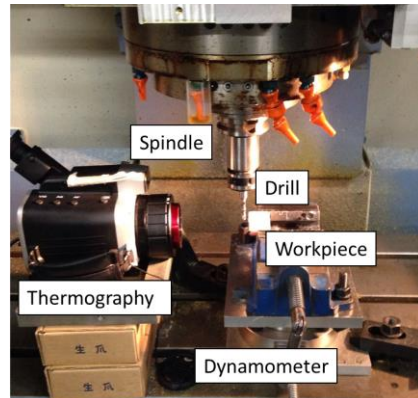


図 4 Experimental device

本事業の目的は、外科手術の課題である硬組織の切除における機械的負荷および温度を低減させることにある。そのために、荒加工用の刃と仕上げ加工用の刃の両方の特徴を有するドリルを開発する。このドリルにより、低負荷ながらも高精度な加工が期待される。

3 研究内容

- (1) き裂を任意に発生させて切削抵抗を減少させ、加工エネルギーを軽減して切削温度と加工負荷による組織の損傷を回避する一方で、微小切り込みによる仕上げ加工を同時に行う加工方法の確立。
- (2) 切り取り厚さの大きい中心部では、効率が良く、発熱量の少ないき裂型切削を行ない、切り取り厚さの小さい外周部では、精度のよい流れ型切削を行うドリル形状の開発。
- (3) ドリル形状を最適化するためのモデル構築および数値解析。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

整形外科手術用工具の実用化

食いつきと切削性を特徴とする整形外科手術用工具として、臨床研究へと展開する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究室は、生産加工・工作機械の技術をバックグラウンドとし、医療分野および自動車分野へと展開している。本事業は、生産加工・工作機械技術を医療分野へ応用する例であり、ドリル形状を最適化することで、手術用工具の性能を向上させる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

Sugita Naohiko, Ishii Keigo, Furusho Tatsuo, Harada Kanako, Mitsuishi Mamoru, Cutting temperature distribution measurement by micro sensor array integrated on rake face of cutting tool, CIRP Annals – Manufacturing Technology, **64**, 1, pp.77-80, 2015.

SHU Liming, SUGITA Naohiko, SHIMADA Takehiro, YAMAMOTO Ko, KIZAKI Toru, MITSUISHI Mamoru, Design and experimental analysis of step drills aiming orthopedic surgery, American Society of Precision Engineering (ASPE), 2016. 投稿中

7 補助事業に係る成果物

- (1) 補助事業により作成したもの

<http://www.mfg.t.u-tokyo.ac.jp/josei/josei25.html> (URL)

(2)(1) 以外で当事業において作成したもの
研究報告書 20部

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東京大学（トウキョウダイガク）

住 所： 〒113-8656

文京区本郷7-3-1

申 請 者： 教授 杉田直彦（スギタナオヒコ）

担 当 部 署： 大学院工学系研究科機械工学専攻

（ダイガクインコウガクケイケンキュウカキカイコウガクセンコウ）

E-mail： sugi@mfg.t.u-tokyo.ac.jp

URL： <http://www.mfg.t.u-tokyo.ac.jp>