

研究の課題名

油空圧機器内曲線管路の創成

大阪大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 准教授

報告者 石 田 徹

報告日 2007年(平成19年)12月30日

1. 本研究の意義・特色

油空圧を用いた装置を設計どおりに作動させるためには、動力源から力や仕事を伝達する作動流体を所望の位置および方向から供給しなければならない。それを担っているのは管路である。このような管路のうち、油空圧機器自体に形成される管路はドリルを用いて加工されるのが一般的である。しかし、ドリル加工では直線状の管路あるいはその組合せによる管路形状しか形成できない。よって、図1(a)に示すように、必然的に直線管路の接合部が生じてしまう。このような接合部は管路としては急激な角度変化部分にあたり、作動流体の圧力損失の原因となる。さらに、接合部を加工する際には、バリが発生・残しやすい。そのうえ、管路を任意形状で任意位置に配置することは不可能である。組合せ方法を工夫したとしても、図1(a)に示すように、本来は unnecessary 管路が残存する。これらの問題は、様々な位置と方向から作動流体を供給しなければならない油空圧機器において、損失の増大と機器自体の大型化や重量増加などを招くこととなる。このような事態を根本的に回避するためには、図1(b)に示すような曲線状の管路が創成できればよい。

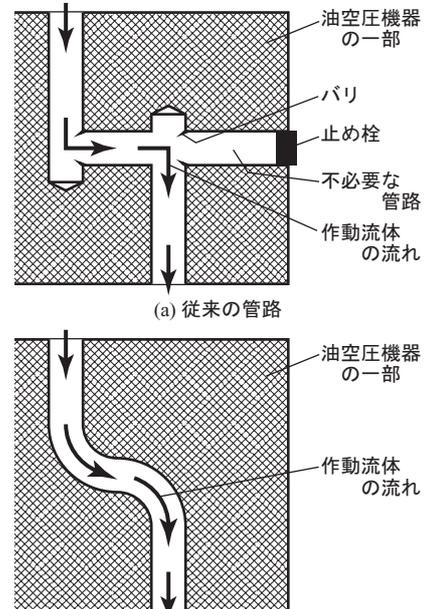


図1. 管路形状の比較

そこで本研究では、長距離かつ高自由度の曲線管路を放電加工により創成できるシステムの構築を目的とし、実際にシステムの開発とその制御方法を確立した。この

ようなシステムの実用化は、前述した油空圧機器が有する構造的な問題の根本的な解決をもたらすと同時に、穴加工とは直線状の穴を形成することという機械加工における常識の打破、すなわち、機械加工によって創成される形状の自由度の向上を意味している。

2. 実施した研究の具体的内容・結果

図2に開発した長距離高自由度曲線管路加工システムの模式図を示す。このシステムは管内走行機構と方向制御機構から構成されている。

管内走行機構は短い節と小型自在継手が直列かつ交互に連結した構造となっている。各節には、両端に2個ずつ計4個の小型軸受が取り付けられた板ばねが3本ずつ3等配に設置されている。また、方向制御機構は電極部と制御部から構成されている。電極部はコイルばねの端部に球形をした電極が固定されている構造をしており、電極には3本のワイヤが取り付けられている。制御部は放電加工機の主軸に取り付けられた台に設置された3組のプーリ、

ボールネジ, サーボモータ, および, リニアスケールとPCから構成されている. 電極部と制御部は管内走行機構を介して接続されている. 3本のワイヤはコイルばね, 管内走行機構, プーリを経由し, ボールネジに接続されている. 図3に製作した方向制御機構の電極部と管内走行機構の写真を示す.

システムの動作を説明する. 放電加工機の主軸が通常の放電加工と同様に下方に移動すると, その移動量をPCがリニアスケールを介して読み取る. PCは主軸の移動量に応じた各ワイヤの送り量を計算し, その値をサーボモータに指令することによって, 各ワイヤの送り量を制御する. 各ワイヤの送り量に差を生じさせることによって, コイルばねの姿勢を屈曲させることができ, かつ, その屈曲姿勢を制御することができる. 同時に, コイルばねは主軸とともに移動するため, 電極はある曲線上を運動することとなり, かつ, 放電加工を行う. したがって, 方向制御機構によって, 電極の運動

する軌跡と同一の曲線状の穴形状が創成されることとなる. このことは, この穴の内部に挿入された機構部分の被加工物内における進行方向を制御することができる, すなわち, 創成される曲線管路形状を制御することができるとも表現できる. また, 管内走行機構はその軸受が車輪の役割を果たすため, 創成された曲線管路内部を沿うように移動する. これによって, 長距離かつ高自由度な曲線管路の創成が可能になる.

このように, 開発したシステムでは, 電極の運動する軌跡がそのまま創成される曲線管路形状となる. よって, このシステムを実用化するためには, 所望の曲線管路形状すなわち所望の電極運動軌跡を実現させなければならないが, 電極運動軌跡からそれを実現させるための主軸移動量とワイヤ送り量の関係を求める方法が確立されていなかった. したがって, 任意の曲線管路形状を創成することができなかった.

そこで 教示再生法を用いた電極運動軌跡の制御方法を考案した. その方法を以下に示す. まず, 目標とする曲線管路形状を有する型を製作し, その型に方向制御機構の電極部と管内走行機構を挿入する. このとき, ある主軸移動量において, 型に接触しない電極の位置と姿勢を実現するワイヤ送り量を取得する. これを主軸移動量を増加させながら繰り返し, 型で製作された曲線管路形状の全域で行う. この作業はまさに教示といえる. 教示の終了後, 取得した主軸移動量とワイヤ送り量の関係を加工時に再生することにより, 目標とする形状をした曲線管路が創成できる.

以下に教示の方法を具体的に説明する. 図4に目標とする曲線管路形状を示す. この管路形状は直線部と曲線部から構成されている. この曲線管路形状を有する型は直線部と曲線部をもつ半円溝を加工した2枚の亚克力板を組み合わせることによって製作される. この型

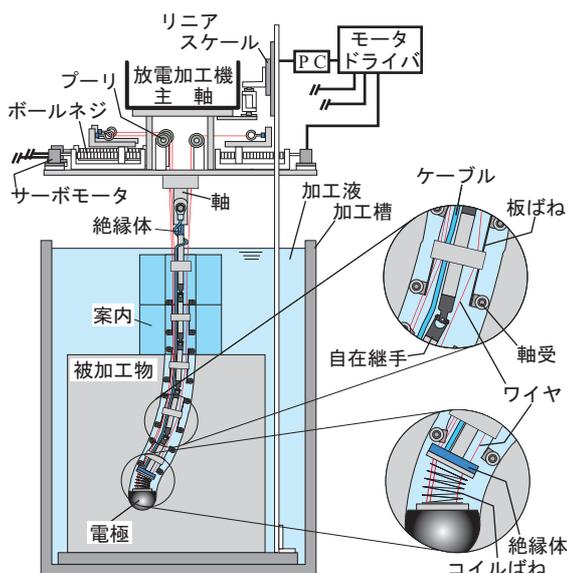


図2. 長距離工自由度曲線管路加工システムの模式図

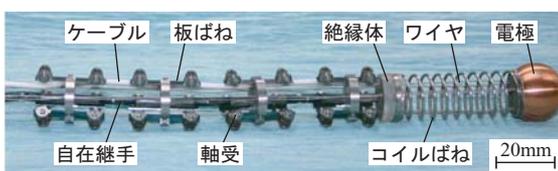


図3. 方向制御機構の電極部と管内走行機構の写真

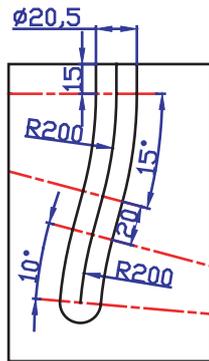


図4. 目標とする曲線管路形状

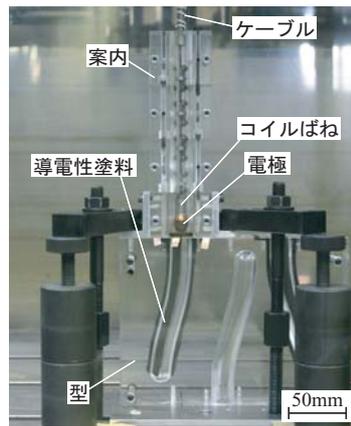


図5. 型を利用した教示時の写真

表1. 加工条件

電極	無酸素銅
被加工物	金型用亜鉛合金
加工液	油
加工電流	8 A
パルス幅	114 μ s
デューティファクタ	79 %
極性	電極 (+) / 被加工物 (-)
ジャンプ	
高さ	0.8 mm
周期	2.2 s
速度	200 mm/min
揺動	使用せず

に、図5に示すように、直穴を有するアクリル製案内を取り付け、電極部と管内走行機構を案内の直穴と型の曲線管路に挿入する。ある主軸移動量において電極が曲線管路の内壁に接さない電極の位置と姿勢を、その主軸移動量における適切な電極の位置と姿勢とみなす。曲線管路の内壁には、導電性塗料が管路の軸方向には複数の筋状に、円周方向にはその筋が等間隔に塗布されているため、電極が曲線管路の内壁に接すると通電し、その接触の有無および接触している電極のだいたいの部位が確認できる。接触している場合は、ワイヤ送り量を調節することによって、電極の位置と姿勢を調整し、通電がない、すなわち、内壁との接触がないようにする。この作業を繰り返しながら曲線管路の全域で行い、電極の接触がないときの主軸移動量とワイヤ送り量を記録する。これによって、目標とする曲線管路形状を創成するための主軸移動量とワイヤ送り量の関係が求められる。ただし、得られた両者の関係は離散的であるため、これを直線補間することにより、連続的な両者の関係が求められる。



図6. 加工した曲線管路の断面写真および目標形状との比較

教示によって得られた主軸移動量とワイヤ送り量の関係を再生しながらシステムを動作させ、表1に示す加工条件のもと、加工実験を行った。その結果を図6に示す。この図は、加工した曲線管路の断面写真と目標とした曲線管路形状を重ねた図である。加工時間は615分であり、除去体積は38cm³であったので、加工速度は約61mm³/minであった。図6より、被加工物の断面形状は滑らかな曲線を描き、目標形状と同様の形状になっていることが確認できる。これによって、開発したシステムとその制御方法の有用性が証明された。

3. 本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

石田 徹 大阪大学 大学院工学研究科 准教授 (機械工学専攻)

西岡卓弥 大阪大学 大学院工学研究科 博士前期課程2年 (機械工学専攻)

竹内芳美 大阪大学 大学院工学研究科 教授 (機械工学専攻)

4. 研究実施時期

2006年(平成18年)4月1日 から 2007年(平成19年)9月30日

5. 本研究に関連して発表した主な論文等

- 1) 西岡卓弥,北 正彦,石田 徹,寺本孝司,竹内芳美:曲がり穴放電加工法の開発
教示再生を利用した形状の制御,日本機械学会 第6回生産加工・工作機械部門
講演会講演論文集, p.213-214 (2006.11.24)
- 2) 西岡卓弥,北 正彦,石田 徹,寺本孝司,竹内芳美:曲がり穴加工法の開発(第1
1報) 教示再生を利用した形状の制御と機構の改良による形状自由度の向上,
2007年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p.787-780 (2007.3.20)
- 3) 石田 徹,西岡卓弥,北 正彦,寺本孝司,竹内芳美:教示再生を利用した高自由
度曲がり穴放電加工法の開発(仮題),精密工学会誌(投稿予定)

6. 内外における関連研究の状況

曲線管路形状に代表される曲線穴形状を除去加工を用いて創成する方法について 現在においても遂行中と考えられる研究開発は,世界的に見てもほぼ日本にしかないと言っても過言ではない.具体的には,日産自動車,三菱電機,トヨタ自動車といった日本の民間企業に所属する研究グループによる研究開発,および,我々も含めた日本の大学に所属するいくつかの研究室による研究開発しかない.これらの研究グループや研究室がそれぞれ独自に開発した方法によって曲線状の穴形状の創成に成功している.これらの団体による研究開発の成果を比較しても,甲乙つけがたい状況である.したがって,どの団体による研究開発も,曲線穴形状創成法に関する最先端の研究開発といってもよいであろう.

7. 今後の発展に対する希望

今後は,曲線穴形状のさらなる複雑化と長距離化および高精度化と小径化や微小化などを目指していく予定である.また同時に,他方式による曲線穴形状創成法や制御方式についての研究開発も計画している.

この報告書を制作する機会を与えていただきましたので,勝手ながら,御礼を申し述べさせていただきます.

このたびは,多くの応募の中から,まだまだ未熟かつ発展途上であります本研究課題を見出していただき,かつ,助成対象として選出していただきましたことに,厚く御礼申し上げます.貴財団の研究助成は,本研究を遂行するにあたり,多大な恩恵を与えてくださいました.深く感謝申し上げます.

貴財団からの助成によって達成された本研究の成果,および,貴財団からの助成を源として,もたらされるであろう本研究の今後の成果が,油空圧機器の発展の一部にでも寄与できれば,また,貴財団の発展にすこしでも貢献できれば幸いです.ありがとうございました.