

### 〔第13回〕 びびり振動の抑制の基礎と最新理論に基づく抑制法④

名古屋大学 早坂 健宏 (Takehiro Hayasaka)\*1、社本 英二 (Eiji Shamoto)\*2

\*1 大学院工学研究科航空宇宙工学専攻 助教 \*2 大学院工学研究科航空宇宙工学専攻 教授  
〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-2705

第10～12回では、びびり振動全般に対する一般的な抑制手法と再生びびり振動に対する新しい抑制手法について解説した。本稿では、再生型以外のびびり振動に対する最新の抑制手法と、実用上問題となりやすい振動問題の各種対策をまとめる。

#### 支持具を用いたモードカップリングびびり振動の抑制<sup>1)</sup>

近年、軽量化とそれによる低燃費化のために、自動車や電気製品などの部品には背が高く薄いリブ形状を持つものが増えている。このような部品を量産するための金型は、その反対形状の深く狭い溝を有している。ところで、この深溝の切削には、長く細いエンドミルを用いる必要があるため、びびり振動が発生しやすくその切削は一般的に難しい。このときのびびり振動は、再生とモードカップリングの2つの効果が混じって発生するという特徴を有する。このため実用的には、非常に小さい軸方向切込みが採用されるか、放電加工が適用されており、時間とコストを要する工程となっているのが現状である。

再生びびり振動に関しては多くの対策が考案されているが、モードカップリングびびり振動に関してはその対策がほとんどないのが現状である。モードカップリングびびり振動は小さな切削角度範囲の条件では発生しないことが知られている<sup>2)</sup>が、金型加工に多用されるボールエンドミル/ラジアスエンドミル加工では一般にその角度範囲が大きくなる。したがって、モードカップリングび

びり振動の抑制は困難である。加えて、深溝加工時（ロングシャンクミリング時）には両方のびびり振動を同時に抑制しない限り、大きな加工能率改善が望めない。そこで著者らは、深溝加工時の再生びびり振動とモードカップリングびびり振動を同時に抑制するために、不等ピッチエンドミルの適用とそのエンドミルを送り方向に支持する機構を併用する新しい加工法を提案している。不等ピッチエンドミルを用いることで再生効果を打ち消し、送り方向にそのエンドミルを支持することで、その方向の剛性を高める。この剛性の向上により、軸対称であるために元来は直交する2つの半径方向に非常に近い共振周波数を持つエンドミル構造の特性を非軸対称とし、支持方向の共振周波数のみを大きく増大することで、モードカップリングびびり振動を抑制することができる。

本連載第5回時に解説したように、モードカップリングびびり振動は $x/y$ 方向の動的材除去力が主に $y/x$ 方向の動的変位を生むことで、低剛性構造（深溝加工の場合はエンドミル）の2つの振動モードがお互いに影響を及ぼしながら（カップリングと呼ぶ）成長する。このため、このびびり振動は、2つの方向の共振周波数が近い時に生じやすい。たとえば、長く突き出したエンドミルの場合は、直交する半径方向の振動モードの共振周波数は非常に近い。したがって、深溝加工時にはエンドミルを送り方向に支持することにより、その方向の振動モードの共振周波数を大幅に増大することができ、モードカップリングびびり振動は非常に生じ難くなる。