

## ミニ円筒研削セルの開発とセレンディピティのかかわり

中村幸正  
Yukimasa NAKAMURA

## 1. はじめに

平成 11 年度から 3 年間にわたり、地域新生コンソーシアム研究開発事業として「小型精密機械部品用高機能ミニ生産システムの開発研究」が実施された。従来の工作機械は、小型部品に対して大きく重く、例えば重さ数グラムの部品が 1 トン近い加工機で加工されていることもしばしば見受けられ、エネルギー効率やスペース効率が悪いという問題が存在していた。この問題を解決するため、小型部品に特化したミニ生産システムの開発が目指された。このシステムは、既存の工作機械に劣らない品質と能率を提供し、国内生産の復活やエネルギー資源の保護に寄与することが期待されている。

本コンソーシアムには千葉県内の大学、試験研究所、企業 8 社が参加し、3 年間で旋削、研削、フライス加工などのミニ加工セルの開発に取り組んだ。弊社(当時セイコーインスツルメンツ株式会社)は、ミニ円筒研削セルの開発を担当した。

本稿では、ミニ円筒研削セルの開発過程において遭遇した大きな挫折と、それを乗り越えるきっかけとなったセレンディピティについて述べる。開発を阻害するさまざまな要因を紐解き、それらを克服することで開発が再加速した経緯を振り返り、セレンディピティを誘引する組織やチームの在り方を考える。

## 2. ミニ円筒研削セルの開発を阻害する 2 つの縛り

ミニ円筒研削セルの開発は当初順調に進んでいたが、開発機の仕様未達という壁に直面した。この問題の背景には、ミニ加工機特有の開発仕様に関わる「制約の縛り」と、開発者自身に関わる「心理的な縛り」という、開発を阻害する 2 つの要因が存在していた。

ミニ円筒研削セルの主な仕様は、セル寸法が一辺 200mm の立方体、重量約 25kg、最大工作物寸法は  $\phi 15 \times 50\text{mm}$  である。初年度の取り組みではブロックビルド型のコンセプトを採用し、目標仕様の寸法を満足する円筒研削セルが完成した。ところが完成した装置の基本性能を評価したところ、静剛性・動剛性が著しく低く、構造の共振周波数が砥石軸の回転数の範囲内であることが判明した。このため、加工時の振動による真円度誤差が大きくなる恐れが生じた。

この問題の原因は、従来の円筒研削盤の構成を模した相似縮小で設計されていたことにあった。この相似縮小発想の背景には、決められた工作物寸法を加工する、いわゆる汎用機を指向していたからである。この条件を満たすために、必要機能を備えた切込みユニット、トラバースユニット、工作物支持ユニットなど各種ユニットを積み重ねた構造となり、ここに開発仕様に関わる「制約の縛り」が存在していた。

活動が 2 年目に入り開発した研削セルの改善策を検討しようとした矢先に、開発方針の大転換が打ち出された。当時の弊社役員であった守友貞夫(元セイコーインスツルメンツ株式会社副社長、当時は砥粒加工学会会長)から、これ以上は本研削セルの評価や改善策を続けることはせず、根本的に設計を見直すよう指示が出たのである。

守友氏は、従来機と同等以上の性能を発揮する装置を 200mm 立方のサイズに収めることは極めて大きなチャレンジであり、とくにこのプロジェクトに際しては「ゼロベースで考えること、原理原則に従うこと」を忘れてはならないと開発当初から強調していた。しかし、開発した円筒研削セルはそのどちらにも反するものであり、コンソーシアムとしての研究開発には値しないと断定された。確かに、従来機を相似縮小したセルは剛性を犠牲にするため、従来機と同等以上の加工品質や能率を得ることは原理原則に反していると言える<sup>2)</sup>。

開発メンバーは守友氏の言葉を理解しつつも、新たな構想をゼロベースで考えようとしたが、アイデアが湧き出てこない。また、せっかく開発したセルの評価を続けたい、残された時間もないという葛藤もあり、気持ちを切り替えることが困難であった。ここに開発者の「心理的な縛り」が存在していた。

## 3. 縛りを解くための環境づくり

開発期間が既に半分を経過し、チームは八方ふさがりの状況に陥っていたが、これを覆すきっかけとなったのが方針の転換であった。対象製品のターゲットを見直して、将来の事業化を目指す専用研削セルの開発に方針を変えた。それが光通信用コネクタのフェルールである。対象部品の寸法は約  $\phi 2.5 \times 11\text{mm}$ 、材料はセラミック材、製品に求められる品質はサブミクロンレベルの形状精度が要求される。当時インターネット普及の波に乗り、高い市場性も期待されていた。

結果として、汎用機的使用からフェルール用の専用機に用途を変更したことで、構想設計の自由度が広がり、ユニットの機構も自在な発想が可能となった。このことが「制約の縛り」を乗り越えるきっかけとなったのである。

## 4. セレンディピティとの出会いの瞬間

ミニ加工セルのように制約が多い開発テーマでは、構造決定の際に何に重点を置くか、その優先順位を決めることが重要である。先の開発機の失敗から最も優先度の高い項目を剛性の向上だとして一切妥協せずゼロベースで検討してみようと、開発関係者 6~7 名でアイデア会議を行った。理想的には切込みユニットの軸受け部と工作物支持ユニットの高さを

同じにできないかと考えた時、筆者の頭にふと浮かんだ言葉が「偏芯カム」だった。実は筆者は、NC制御の工作機械が一般化する以前に、偏芯カムの機構を駆使した加工機の開発を経験していた。また、当時のチームの中ではオブザーバー的な役割であって、開発の当事者達に比べるとこだわりや焦りなど、さほど感じていなかったことも幸いしたかもしれない。いずれにしてもそのアイデアを簡単なポンチ絵に描いたところ、思いがけなく議論が弾み、会議の中で瞬間に偏芯切込機構の基本構想が形になった。

この偏芯切込機構を簡単に説明する。工作物の支持回転機構は偏芯切込ドラムに組み込まれ、このドラムの両側が回転軸受けで両持ち支持される。偏芯したドラムを空圧シリンダーで約30度回転させると、工作物は回転終端位置まで約0.5mm移動する。移動の量は少ないが専用機としたことでテーブル送り機構として十分に機能を果たす。この構造により、可動部の軸受けと加工点の高さの差がほぼゼロにでき、支持剛性はドラムを支持する軸受けでほぼ決まるのである(図1)。

さらに、この偏芯切込機構は別のメンバーの発案で改良が加えられた。この回転機構のストッパーをボールねじで駆動されるスライダに取り付け、サーボモータで微速後退させることで精密切込運動を行うようにした。偏芯カム機構とNC制御技術を用いたストッパー駆動機構を融合させ、新旧の技術を織り交ぜた新しい「偏芯切込駆動系」が完成した。そして、この新発想のミニ円筒研削セルは順調に設計が進み、納期通りに製作が完了した(図2)。

また、基本性能評価においても十分な剛性を得ることができ、実加工試験では従来機と遜色のない加工精度と能率が達成された。さらに、この新機構は特許取得という成果にもつながった<sup>4)</sup>。ふと頭に浮かんだ偏芯カムのアイデアから最終構想案が完成するまで、さまざまなメンバーが知恵を出し合った成果だった。

### 5. セレンディピティを誘引する組織やチーム

ミニ円筒研削セルの開発を通じて、セレンディピティを誘引し、成果に結びつけるまでのポイントを整理する。

開発当初の設備には、制約や心理的な縛りといった阻害要因があった。しかし、汎用機から専用機に対象を変更することで、これらの障壁を取り除き、自由な発想で構想検討できる環境を作り出した。過去の失敗をふまえ、最優先課題を絞り込み、その解決策をゼロベースで考えた。また、突然思いついた「偏芯カム」の閃きを会議の中で上手にすくい上げることができた。この閃きに対して、さまざまな知識や経験をもつ多様なメンバーの議論により、新旧の技術を上手く融合させた新機構を発案することができた。

そして、忘れてはならないのは、守友氏の存在がプロジェクトの成功において重要な役割を果たしたことである。開発が行き詰まり、ゼロからの再スタートを余儀なくされた際、彼はチームに対して「チャレンジを楽しもう」と言葉をかけた。その時の楽しそうな表情は、自ら技術者の立場に戻り、共にこの状況を乗り切ろうと皆を励ましてくれた。これがメンバーの心理的な縛りを解き、安心して前向きな議論ができる環境を作り出

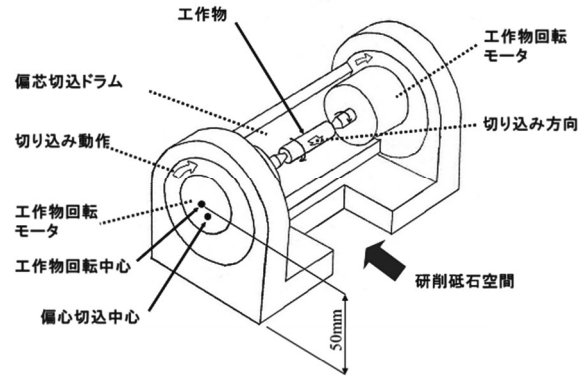


図1 偏芯切込機構模式図

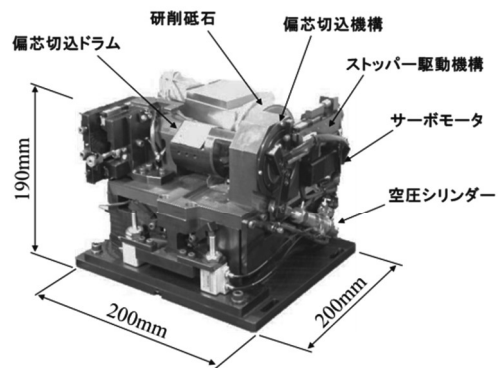


図2 完成したミニ円筒研削セル

した。さらにはメンバーの探求心が刺激され、プロジェクトの進展に大きく貢献したのである。

### 6. まとめ

セレンディピティとは偶然の出会いや閃きという瞬間の出来事である。その瞬間を価値あるものに昇華させた事例をミニ円筒研削セルの開発を通して紹介した。セレンディピティを誘引する組織やチーム作りの一例として、今回ご紹介した話題が、少しでも読者の皆様の参考になれば幸いである。

### 7. 参考文献

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構:平成13年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 地域コンソーシアム研究開発 小型精密機械部品用高機能ミニ生産システムの開発研究.
- 2) 特開2003-251537 ミニチュア工作機械.
- 3) 本田巨範:工作機械特論 大河出版(1997).
- 4) 特開2003-245855 センタ支持研削方法, センタ支持研削盤およびそのセンタの芯出し方法.



【中村 幸正】(なかむら・ゆきまさ)  
 ・元セイコーインスツル株式会社  
 ・e-mail: yukimasa.nakamura@sii.co.jp