

# コンパクトライン実現のための集積型小形工作機械の設計

機械機能設計研究室 柏瀬 功二

立矢 宏 教授 樋口理宏 准教授 小塚裕明 助教 高野昌宏 (石川工試)

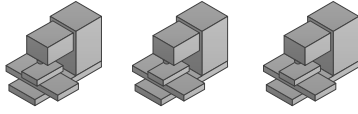
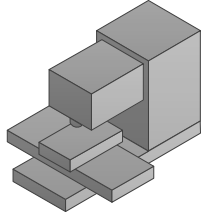
## 1. 研究背景

### 多品種・変量生産の要求

- ・機械部品の小型・多様化
- ・短期間での開発競争

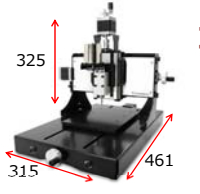
### 生産設備の小規模・柔軟化

- ・生産ラインの短縮
- ・設備配置の自由化



目的に応じた効率的な生産ライン  
“コンパクトライン”

“コンパクトライン”実現により期待される効果  
大規模工場が室内規模にまで縮小



### コンパクトラインに向けた小形工作機械が必要

しかし…

- ・現状の卓上工作機械では精度不足
- ・実用性を満たす寸法・構造が未知

趣向用卓上工作機械  
(オリジナルマインド社)

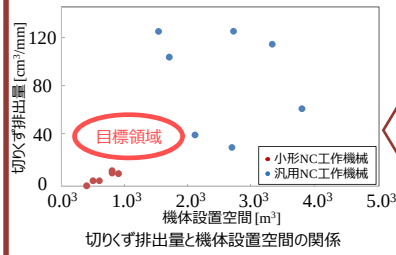
### 実用的な小形工作機械の設計と開発

## 2. 設計仕様決定

### 設計仕様

必要となる機体設置空間を設定し設計に必要な要求性能を決定

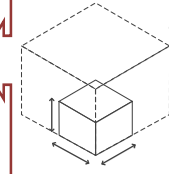
・機体設置空間…既存工作機械の形状寸法と生産性より判断



目標領域の決定

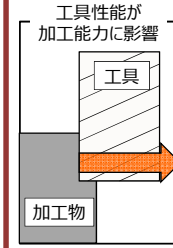
考察

- ・汎用は最小1.5³[m³]
- ・小形はホビーユース

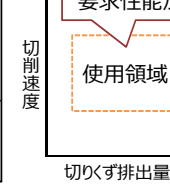


0.7³[m³]

・要求性能…使用工具の切削条件より決定



工具使用条件より  
要求性能が決定



設定した要求性能

|       |                     |
|-------|---------------------|
| 工具把握径 | Φ6.0[mm]            |
| 材質    | 超鋼合金                |
| 切削速度  | 50~100              |
| 必要回転数 | 4000~<br>10000[rpm] |
| 最大抵抗力 | 300[N]              |

## 3. 主要構造部品のモジュール化設計

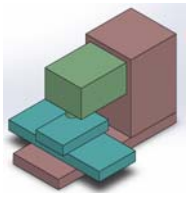
### 工作機械設計の特徴

高負荷の作用する過酷な使用環境下で  
ミクロン単位の高精度な加工精度が必要

- 主軸回転数
- +
- テーブル剛性
- +
- 送り機構
- ...

性能を左右する  
様々な要素が存在  
全体を考慮した  
設計は困難

工作機械構造を要素に  
分けてモジュール化



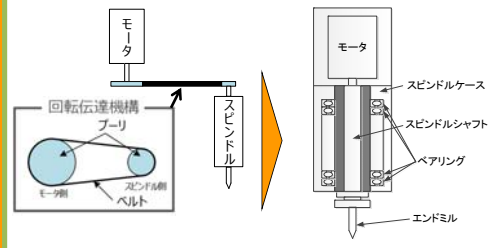
主軸部  
+  
テーブル  
+  
支持構造

小形化特性を調査し  
コンパクトライン設計に反映

小形化設計法

設計例

### 主軸部



モータビルトインスピンドル  
工具を回転させるモータをスピンドル内部に配置。  
伝達機構が必要なくなるため小形化が可能。

### 小形 + 高性能スピンドルの実現

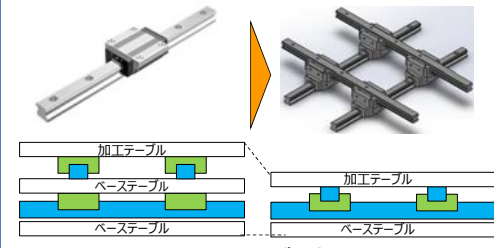


|       |             |
|-------|-------------|
| 全体寸法  | Φ40×252[mm] |
| 定格回転数 | 10000[rpm]  |
| 最大トルク | 1.0[N・m]    |

### 切削性能限界調査

様々な切削試験を通して  
効果的な使用環境を調査

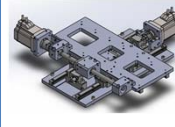
### テーブル



### クロスLMガイド

ブロックを介して2本のスライドシャフトが直行。  
中間層のベーステーブルが不要。

### 小形形状を活かしたXY軸テーブルを製作



|        |             |
|--------|-------------|
| 全体寸法   | 475×475[mm] |
| ストローク量 | 160×160[mm] |
| 最大送り速さ | 0.35[m/s]   |

### クロスLMガイドの剛性懸念

変形による誤差は  
工具位置補正により低減

### 小形化設計法

### 設計構想

これまでの研究結果

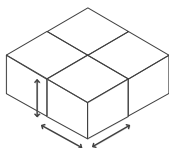
卓上工作機械の性能調査

切削試験やFEM解析を通じて性能評価

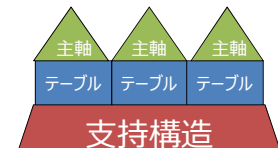
主軸部支持構造のみの高剛性化では  
静的・動的特性が悪化

ベース部分の剛性確保は必須

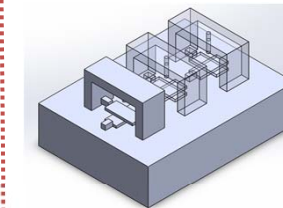
支持構造を共有した構造設計



複数の小形工作機械を集積  
面積当たりで同等の生産性



基盤となる土台を共有化し  
支持剛性確保



支持構造を共有化した設計例

モジュール化構造を集積し生産性を向上

支持構造を共有化し高い剛性を確保

### 期待される効果

- ・目的に応じてモジュール化した構造をカスタマイズ
- ・検査機器等の様々な構造を集積可能
- ・確実なモジュール化性能評価

今後、具体的な構造設計を行い完成を目指す。