

# 変種・変量生産対応フレキシブル生産システム

## Flexible Manufacturing System for Agile Production

小西満幸\*1  
Mitsuyuki Konishi

菅野賜也\*2  
Tamaya Sugano



昨今の顧客ニーズの多様化により、自動車業界は多量生産（Mass Production）から多種・中量生産体制へ、更には変種・変量生産体制へ移行しており、設計変更や設備転用にも容易に対応できるフレキシブル生産ラインのニーズが高まっている。また、生産ラインに配置される加工機械には、高速、高信頼性、低価格のニーズが高まっている。このようなニーズに応えるべく製品化した量産加工用マシニングセンタと、それを活用した最近のフレキシブル生産システムについて紹介する。

### 1. はじめに

従来、自動車部品に代表される量産加工分野は少種・多量生産であったため、多軸専用工作機械を並べたトランスファマシニングによる生産性重視の生産システムが主流であった。昨今の顧客ニーズの多様化により、自動車業界は少種・多量生産から多種・中量生産体制へ、更には変種・変量生産体制へ移行しており、設計変更や設備転用にも容易に対応できる高速でコンパクトなマシニングセンタを配置したフレキシブル生産ラインのニーズが高まっている。

本報告では、まず、フレキシブル生産ラインに配置される加工機械として製品化した量産加工用マシニングセンタ M-CM4A について紹介し、次にそれを活用した最近のフレキシブル生産システムについて紹介する。



図1 量産加工用マシニングセンタ M-CM4A

### 2. 量産加工用マシニングセンタ M-CM4A

量産加工用マシニングセンタ M-CM4A 標準機の外觀を図1に示す。本機は、自動車用エンジン、トランスミッションケース、サスペンション等のアルミニウム製、あるいは、鋳鉄製の部品に加工対象ワークを限定し、特に荒・中仕上げ工程の生産性、フレキシビリティ、保全性を高めた切削加工機である。

2002年の工作機械見本市（JIMTOF2002）発表後、自動車メーカーやその関連メーカーに好評を得ており、わずか2年弱で10以上のプロジェクトで累計250台が採用された（2005年5月31日現在、受注実績による）。M-CM4Aの特徴的な仕様を表1に示す。

表1 M-CM4A 機械本体仕様

機械本体仕様			
項目		M-CA4A	
各軸移動量	X軸 (mm)	700 (標準) / 600 (op.)	
	Y軸 (mm)	610 (標準) / 600 (op.)	
	Z軸 (mm)	650 (標準) / 600 (op.)	
	B軸 (deg)	360	
早送り速度 (加速度)	早送り速度 (X, Y, Z) (m/min)	50 (1.0G) (標準) 60 (1.0G) (op.)	
	早送り速度 (B) (min <sup>-1</sup> )	33.3	
主軸	主軸テーパ	BBT 40 (標準) HSK-A 63/KM 6350 (op.)	
	最高回転数 (min <sup>-1</sup> )	12000	
	モータ定格出力 (kW)	15/11/7.5 (10分/30分/連続)	
自動工具交換装置 (ATC)	工具収納本数 (本)	24 (標準) / 32 (op.)	

\*1 工作機械事業部技術部マシニングセンタ・専用機設計課主席

\*2 工作機械事業部技術部マシニングセンタ・専用機設計課

主な特徴として、

(1) 生産時間短縮を追求した高生産性

X, Y, Z全移動軸ともに早送り速度50 m/min, 早送り加速度1Gとして、非加工時間の短縮を図った。

また、オプションとして早送り速度60 m/min, 早送り加速度1Gも選択できる。

(2) 省スペースで生産システムを構築可能

移動軸ストロークはX軸700 mm, Y軸610 mm, Z軸650 mmを標準仕様としている。これは乗用車用主要部品の加工をほとんどカバーできるストロークである。一方、省スペースを重要視されるユーザーのために全軸ストローク600 mmのコンパクトタイプもオプションで準備することが可能である。

(3) 高い信頼性と保全性で、高生産性を安定持続

① センタトラフ構造

機械ベッドは主軸の真下にあたるベッド中央部に切屑を回収するための開口部を設けたセンタトラフ構造 (Center Trough) (図2)を採用し切屑の排出性を高め、量産加工における切屑堆積に伴うマシントラブルを抑えた。

② 主要装置の信頼性向上

主軸, ターンテーブル (B軸), ATC (自動工具交換装置) 等, 主要装置の信頼性を更に高め、トラブルなしに生産設備が稼動する時間 (MTBF: 平均故障間隔) の向上を図った (目標MTBF = 5000時間)。

③ 保全性の向上 (図3)

以下の項目により保全性を向上させ、保全に要する時間 (MTTR: 平均修復時間) の低減を図った (目標MTTR = 0.5時間)。

(a) カートリッジ・スピンドル

カートリッジ・スピンドル構造を採用し、故障時のスピンドル交換の容易化を図っている。

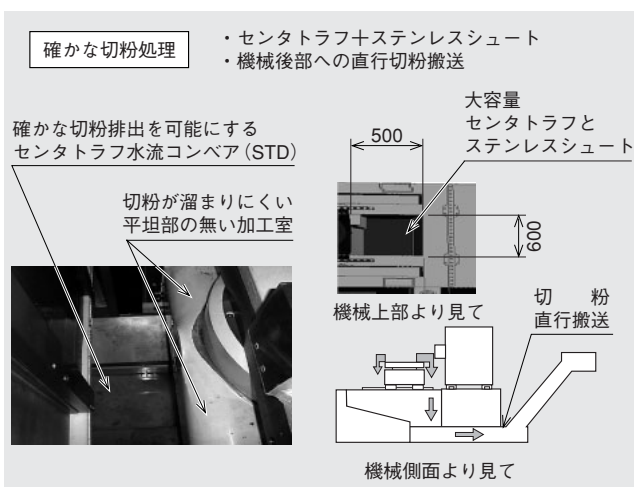


図2 センタトラフ構造のベッド

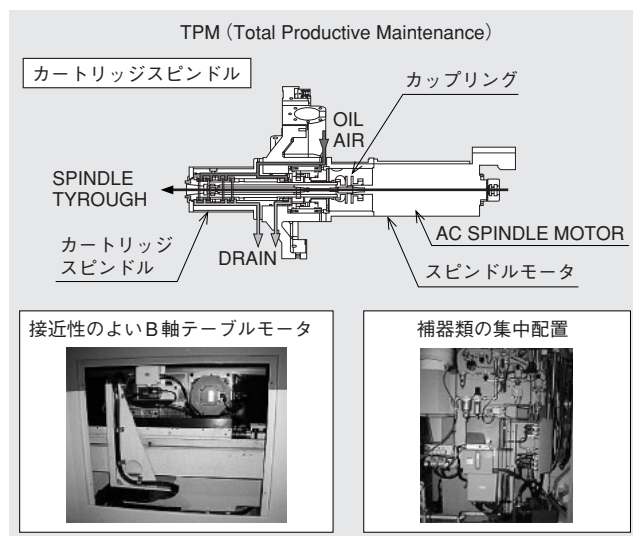


図3 高い保全性 高い信頼性と保全性で、高生産性を安定持続。

(b) 接近性のよいB軸テーブルモータ

B軸駆動モータを機械の外周に配置し、接近性、保全性を向上させた。

X軸モータ, Z軸モータも同様。

(c) 補器類の集中配置

機械後方のメンテナンスゾーンに油圧, 空圧, 潤滑, 切削水関係の機器類を集中配置し、日常点検等の保全性を向上させた。

(d) 予備工具交換装置 (オプション) (図4)

機械加工中に、工具マガジン内の寿命に達した工具を機械外の予備工具 (新工具) と交換することができる予備工具交換装置をオプションで用意した。

(4) 変種・変量生産を実現する転用性と柔軟性

① 多彩なワーク搬送方式に対応

(a) ワーク手付け, (b) ワーク手付け + APC, (c) ガントリーローダ, (d) ガントリーローダ + APCなど、あらゆる仕様、ライン構成に対応したワーク搬送方式を選択できる (図5)。

② 各種ワーク治具パターンに対応するテーブル形式

(a) ターンテーブル (B軸) を標準テーブルとしているが、そのほか、(b) チルトテーブル (A軸), (c) ターンテーブル (B軸) + チルトテーブル (A軸), (d) チルトテーブル (A軸) + ターンテーブル (B軸) 等の各種テーブルにもオプション対応が可能である (図6)。ワークの種類と治具の種類に応じてテーブルを自由に選択できる。

3. フレキシブル生産システムの事例

本節では、前述の量産加工用マシニングセンタM-CM4Aを採用した最近のフレキシブル生産システ

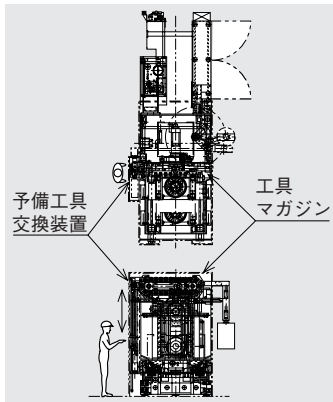


図4 予備工具交換装置

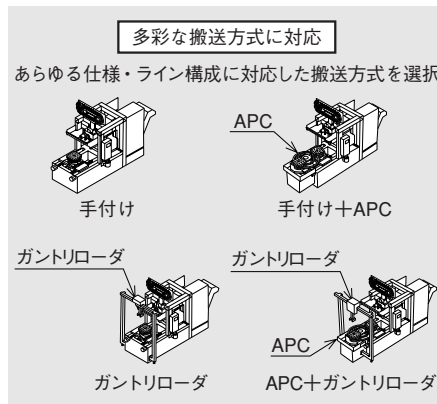


図5 多彩なワーク搬送方式に対応

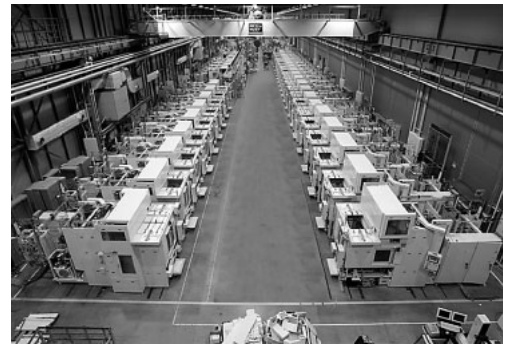


図7 米国大手自動車メーカ向け加工ラインレイアウト（マシニングセンタによる荒加工ライン）

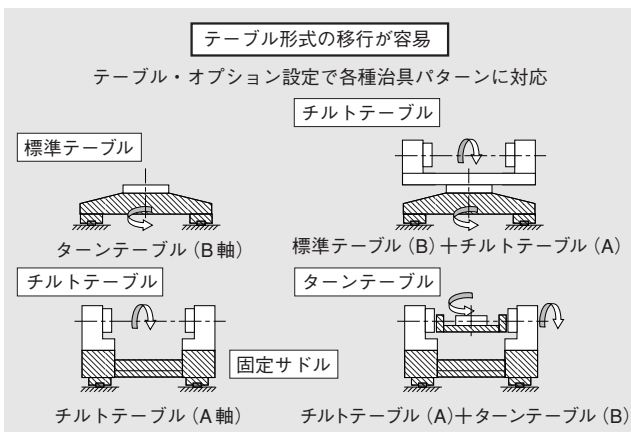


図6 豊富なテーブル形式で各種治具パターンに対応

ムについて紹介する。

#### (1) 工程集約型・直列配置・生産ライン

米国大手自動車メーカへ昨年（2004年8月）に納入した乗用車用エンジン・シリンダブロック加工ラインについて紹介する。

本加工ラインは、前述の量産加工用マシニングセンタを直列に並べた荒加工ライン（図7、建造中の写真）と、専用工作機械（トランスファマシン）を直列に配置した仕上げ加工ラインから成る。荒加工ラインは、加工内容の変更に柔軟に対応できるように、マシニングセンタを主体としたライン構成となっている。また、仕上げ加工ラインは、重要工程（クランク穴仕上げ、筒穴仕上げ、前後面仕上げ、上面仕上げ他）の高精度加工と生産能率を重視し、専用工作機械で構成されている。

荒加工ライン、仕上げ加工ラインともに、同じ能力を有する2列のラインで構成されている。なお、加工対象ワークはアルミ製シリンダブロックで、ライン2列を合計した生産システムのスループット（1個あたりの生産時間）は約35秒となる。

荒加工ラインは約38台のマシニングセンタM-CM4Aで構成されている。

荒加工ラインは、直列に配置された5つのオペレーション（1列あたり5オペレーション×2列）に分かれており、それぞれのオペレーションの中では同じワーク取付治具、同じツーリングを搭載した同じ仕様のマシニングセンタで構成された工程集約型の配置となっている。オペレーション毎に治具（図8）とツーリング、それに機械オプションの一部が変わるために、荒加工ライン全体では5種類のマシンバリエーションが存在することになる。

また、従来の量産ラインで主流であった工程分散型ラインでは、すべての加工機械をワークが通過して全加工が完了することになるが、いずれかの加工機械がダウンすれば、ライン全体の停止に繋がるリスクがあった。

本ラインでは、工程集約型（Parallel Process）の採用により、ある加工機械がダウンしたとき、生産量は減少するものの、同一オペレーションの同型機で生産を継続できるため、ライン全体が停止に至るリスクを回避できる。また、生産量の増減により、加工機械を適宜、追加、あるいは転用できるという利点がある。

ワーク搬送については、各オペレーション毎に1台の高速ガントリーローダ（Gantry Loader）が設置されており、加工機械の上を高速ガントリーローダによって加工ワークが搬送される（図9）。

#### (2) 工程集約型・櫛形配置・生産ライン

図10は、マレーシア大手自動車メーカへ昨年末（2004年）に納入した乗用車用エンジン・シリンダブロック加工ラインである。

本加工ラインは、量産加工用マシニングセンタを21台櫛形に並べた荒加工ラインと、特殊マシニングセンタ2台と専用機を直列に配置した仕上げ加工ラインから成る。なお、加工対象ワークは鋳鉄製シリンダブロックで、スループットは約100秒である。荒加工ラインで櫛形配置を採用したことにより、生

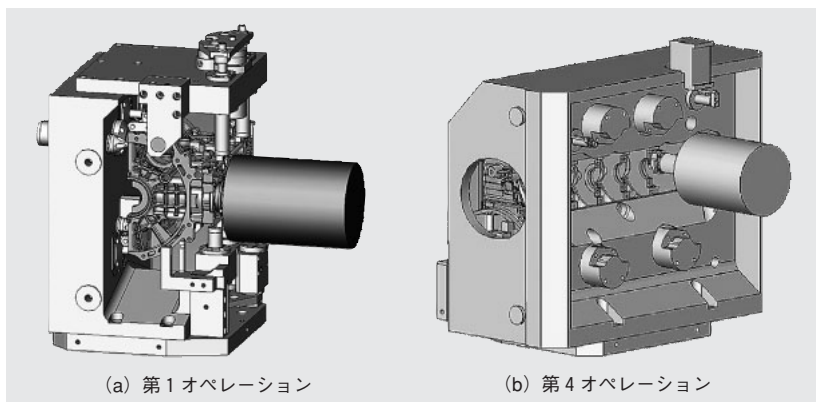


図8 米国大手自動車メーカー向け荒加工ライン用縦置きタイプ（イーケルタイプ）治具

- B軸回転テーブルの上に設置
- 加工ワーク：エンジンシリンダブロック
- 加工内容

(a) 上面・筒穴・荒ボーリング加工，前後面の荒フライス加工他  
(b) 前後面ボーリング，下面荒フライス加工他

櫛形のマシニングセンタ配置による加工ライン（破線部は将来対応）

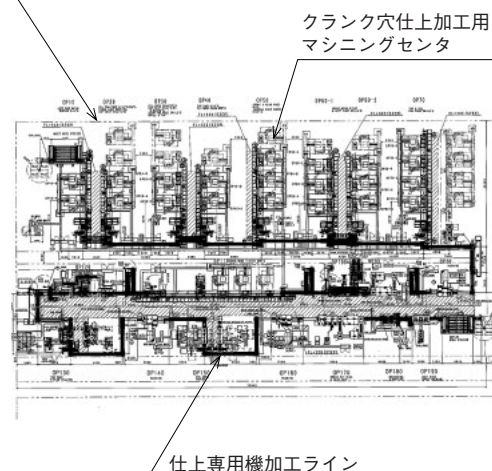


図10 マレーシア大手自動車メーカー向け加工ラインレイアウト

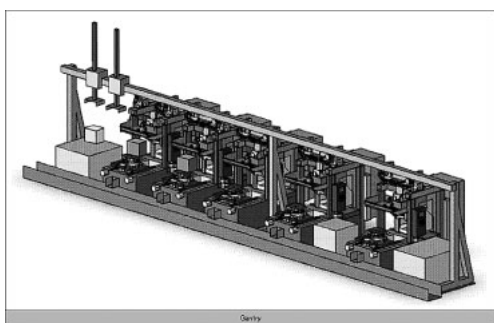


図9 ガントリーローダ

HSK-100A回転工具（ドリル）

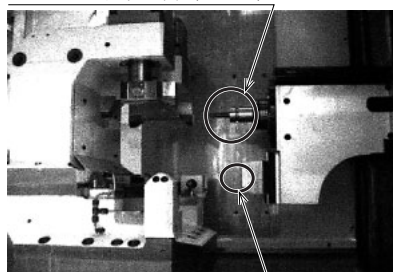


図11 主軸ヘッド（ブローチ工具付）

長尺工具（クランク穴ボーリング工具）

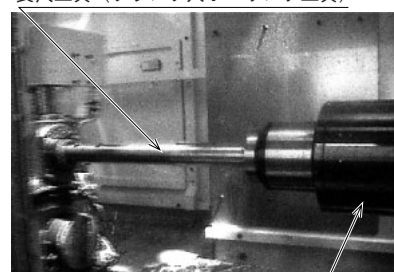


図12 ワークへ挿入中のクランク穴仕上ボーリング加工用ラインバー

産量の変動に対して機械を追加・削除することが容易となっている。

そして、マシニングセンタをベースに部分改造することにより、従来は専用工作機械でしか成し得なかった加工をマシニングセンタで実現している。

例えば、ベアリングキャップシート面の幅仕上げ加工では、マシニングセンタの主軸ヘッド部にブローチ工具ホルダーを付加することにより、従来はブローチ盤でしかできなかったブローチ加工をマシニングセンタで可能としている（図11）。

また、重要工程の一つであるクランク穴仕上げ加工では、ボーリングバー等の長尺工具（約1000mm）（図12）を自動交換できる特殊工具マガジン（通称：刀掛け装置）を従来の工具マガジンとは別にマシニングセンタに付加している。このように、マシニングセンタを部分改造し機能を付加することにより、高精度加工とフレキシビリティを両立させると同時に、保守・メンテナンスの容易化も図ることができた。

#### 4. ま と め

以上、量産加工用マシニングセンタ M-CM4A と、

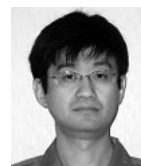
それを採用したフレキシブル生産システムの代表的な例について紹介した。

世界の主要自動車メーカーはグローバル化の中で生産機種を提携メーカー間で統合する動きがあるものの、一方では変種・変量に対応できる生産ラインへの転換を加速する傾向にあり、高生産性とフレキシビリティという相反する条件を両立させる生産設備へのニーズは今後もますます高まっていくと考えられる。

専用工作機械と汎用マシニングセンタの両方に、長年の経験を有する当社・工作機械事業部にとって、一つ一つの顧客に最適な生産システムを積極的に提案し、実現していくことが大きな使命と考えている。



小西満幸



菅野賜也