巻頭論文

三菱FAメカトロニクス技術開発の方向性

真柄卓司*

Trend of Mitsubishi FA Mechatronics System Technology

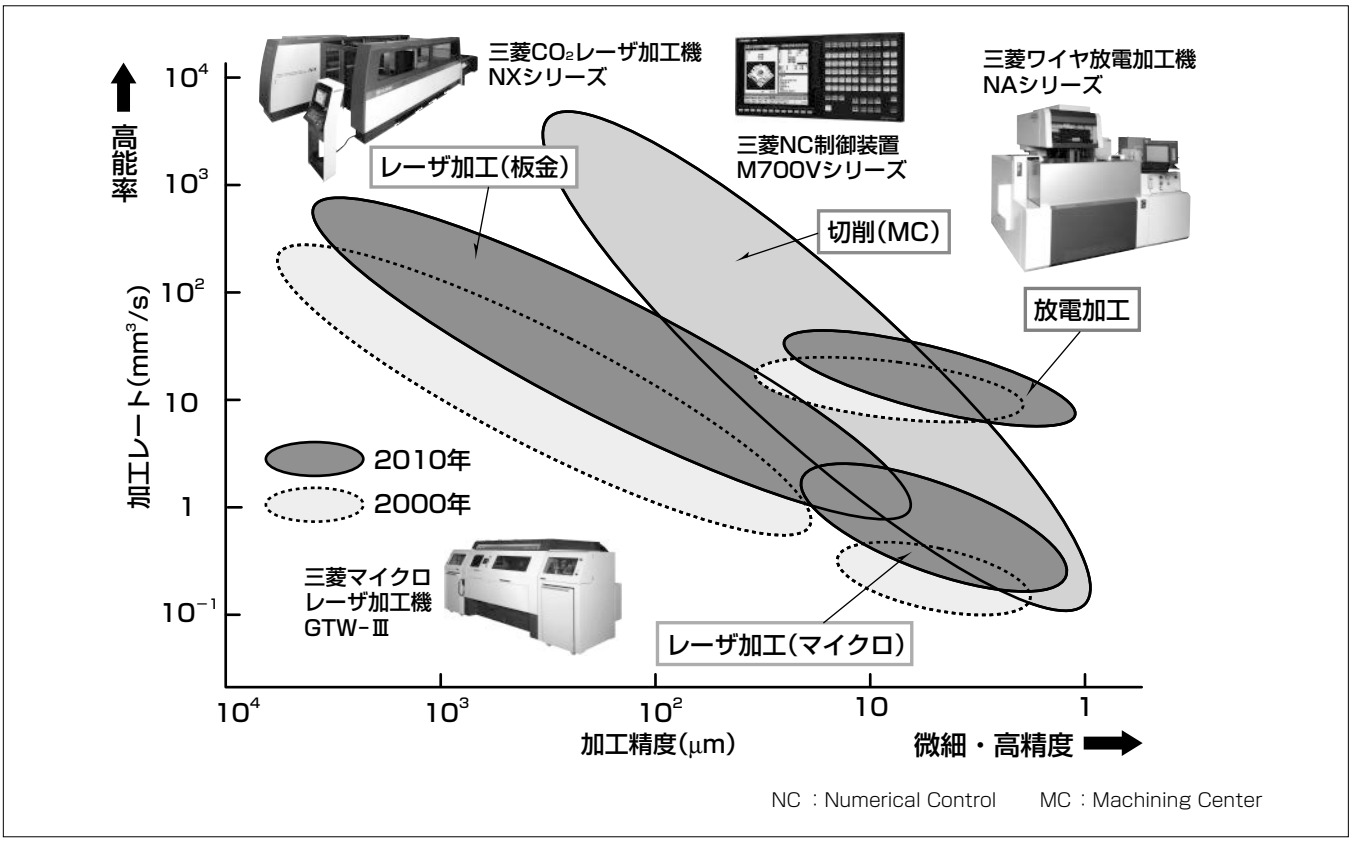
Takuji Magara

要　旨

ものづくりをベースとした先端製造立国を目指す日本として，世界的な技術開発競争の中で勝ち残るために，経済産業省では，ものづくり国家戦略ビジョンに基づき，産学官連携で国内の技術戦略マップ作りを継続的に進めている。また㈶製造科学技術センターでは，㈳機械工業連合会の委託によって，2009年度に“ものづくり技術戦略ロードマップ”が策定された。

経済産業省“技術戦略マップ”に，2008年度から新たに追加された“設計・製造・加工分野”については，2009年度には重点技術としての具体的な課題抽出へと進展している。こうした課題は，事業環境側面の切り口から見ると，①グローバル化対応，②ミニマム化(低炭素化，省エネルギー化，小型化)対応，③高付加価値化対応に大別することができる。

グローバル化に際して今後ますます重要となる視点は，①使いやすさ，②ライフサイクル志向，③価格妥当性，④標準化対応と考えられ，加工システムについては特に，使いやすさ，トータルトレーサビリティ機能を製品にどう具体的に盛り込むかが差別化のポイントとなる。またミニマム化については，低炭素化／省エネルギー化という社会的課題解決に貢献する革新的技術をそれぞれの加工システムで実現することが，顧客に対する大きな訴求ポイントとなる。さらに，高付加価値化については，次代を担う新たな成長エンジン・成長事業を見据え，次世代のアプリケーション要求に合致した高付加価値性能の実現が必要であり，加工生産性・精度と操作性・メンテナンス性を高度に実現する加工システムの開発を行っていく。



各種加工プロセスの基本性能の変遷

三菱電機のFA(Factory Automation)メカトロニクス事業にかかわる各種加工システムの基本性能の変遷を示す。

*先端技術総合研究所 加工制御システム技術部長(工博)

1. まえがき

リーマンショックを発端とする世界的な経済の混乱の中で大きな影響を被った国内経済も，ようやく回復の途につき始めた。こうした中，経済産業省では，ものづくりをベースとした先端製造立国を目指す日本として，世界的な技術開発競争の中で勝ち残るために，産学官連携で国内の技術戦略マップ作りを継続的に進めている。また，㈶製造科学技術センターでは，㈳機械工業連合会の委託によって，2009年度に“ものづくり技術戦略ロードマップ”が策定された。

本稿では，こうした国内におけるものづくりの将来動向を踏まえ，今後求められると予想されるキー技術と，FAメカトロニクス事業（NC，レーザ，放電）における三菱電機の指向する技術の方向性，製品への適用事例について述べる。

2. 国内技術戦略ロードマップの動向

高度成長時代以降，国内産業は自動車・電子産業と，工作機械に代表される生産システム産業の両輪によって牽引（けんいん）されてきた。新たな市場，事業が生産技術イノベーションを生み，そこから得られる製品競争力の向上がまた新たな市場，事業，先進技術を生むという成長のスパイラルが形成され，継続的に大きな発展を遂げた。今，自動車業界は新たな構造変化リスクの中，環境対応へのシフトなど事業モデルの再考を迫られており，次世代の成長エンジンがどこにあるのか，大きな転換期を迎えている。

経済産業省“技術戦略マップ”に，2008年度から新たに追加された“設計・製造・加工分野”については，2008年度における骨格の構築から，2009年度には重点技術としての具体的な課題抽出へと進展している。具体的には，①生産システム，②加工技術，③設計技術の各分野での検討がなされた結果，**図1**に示すような課題が抽出されており，今後のメカトロニクス事業の方向を考える際にも，これらを意識した製品開発，事業モデルの検討が不可欠である。一方こうした課題は，事業環境側面の切り口から見ると，①グローバル化対応，②ミニマム化（低炭素化，省エネルギー化，小型化）対応，③高付加価値化対応に大別することができる。

次に，これらの将来技術動向を当社FAメカトロニクス事業に当てはめ，今後の方向性について述べる。

3. 当社FAメカトロニクス技術開発の方向性

3.1 グローバル化対応

日本の将来のあるべき姿として，“先端製造立国”が叫ばれ，グローバル化が急速に進展する中，海外生産シフトに伴う空洞化，携帯電話に代表される国内独自技術の技術面での国際孤立化など，新たな課題に直面している。

グローバル化に際して今後ますます重要となる視点は，①使いやすさ（Easy-to-Use：ノウハウレス化，自動化），②ライフサイクル志向（トータルトレーサビリティ：リモートサービスによる稼働状況監視システム，予防保全システムなど），③アフォーダブル性（Affordable：ターゲット市場に対する価格妥当性），④標準化対応，と考えられる。

特に，使いやすさに関しては，近年，加工制御の自動化，CAM（Computer Aided Manufacturing）との連携性向上，自動プログラミング機能を始め，ハードウェアに関するメンテナンス性向上などがポイントとなっている。

工作機械の制御装置である数値制御装置（NC）でも，十分な性能を備えながらもコンパクトで使いやすいNCが求められている。**図2**に示す最新の普及タイプ“CNC M70Vシリーズ”では，表示器と制御ユニットを一体型構造としたコンパクト設計ながらも，最小1nmという高精度なCNC内部での位置制御演算と，PLC（Programmable Logic Controller）基本命令処理能力の大幅向上を実現した。また，マルチハイブリッドドライブ“MDS-DMシリーズ”では，主軸1軸，サーボ最大3軸を1台のドライブユニットに集約しコンパクト化を図りながらも，高度なサーボ制御と冷却ファン停止警告など保守性向上を実現した。

またトータルトレーサビリティに関しては，グローバル・サービスを指向したリモートサービスによる稼働状況監視システム，予防保全システムなどの開発に注力してい

1. 生産システム
   ①バーチャルマニュファクチャリング
   ②人・ロボット協調生産
   ③動脈・静脈一体生産
   ④トータルトレーサビリティ
   ⑤ゼロエミッション工場
   ⑥グローバルネットワーク化

2. 加工技術
   ①先進的コア加工技術
   ②資源・エネルギー最小化加工技術
   ③オンデマンド加工技術
   ④ナノ精度・超安定加工技術

3. 設計技術
   ①モデリング
   ②現物融合技術
   ③CAD／CAM／CAE／CATにおけるナレッジ管理
   ④CAE／シミュレーション

図1．技術戦略マップ抽出課題

図2．M70VシリーズCNC

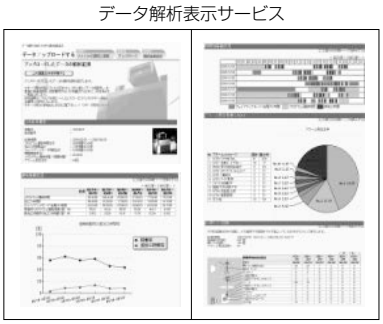


図3．リモートサービス(三菱EDMスマートサービス)

る。**図3**に，当社放電加工機(Electric Discharge Machine：EDM)におけるリモートサービスの一例を示す。この例では，加工機に現在の状況データを収集するとともに，データをネットワーク経由でメーカー・サービス側が入手できる仕組みとし，稼働状況情報をWeb“DIAX-NET”でユーザーに提供することでユーザー保守を支援するとともに，カルテ診断などの予防保全のサービスを提供することで顧客の利便性の向上を図っている。

3.2　ミニマム化対応(低炭素化／省エネルギー化／小型化)

経済産業省の平成22年度産業技術関連概算要求では，“低炭素社会実現などの社会的課題を解決する革新的技術開発の推進”が重点課題の第一に掲げられている。また，㈶レーザー技術総合研究所が取りまとめた“省エネルギー効果が期待されるレーザ加工に関する垂直統合型技術開発テーマ抽出のための調査報告書”では，生産性，省エネルギー，ランニングコストの低減(CO_2レーザ)，高効率化(半導体レーザ)に加えて，事業の出口となる低炭素化に向けた新アプリケーションとして，太陽電池高効率化プロセス，次世代新素材(Carbon Fiber Reinforced Plastics：CFRP)の加工などが提案されている。

CO_2レーザ加工機では，近年，消費電力やランニングコストの低減が進んでおり，また固体レーザについても高効率化に関する取り組みを行っている。**図4**は当社CO_2レーザ加工機の加工性能推移として，発振器消費電力とランニングコストの改善を示したものである。レーザ加工では，今後発振器の更なる高効率化・省電力化を進めるために開発を進めている。

また放電加工機でも，同様に省エネルギー化の要求に対応した新製品を投入している。**図5**に当社放電加工機の省エネルギー性能の向上を示す。最新機“NAシリーズ”では，上下の給電子それぞれに供給する電流を個別に調節することによって，被加工物の板厚方向の形状を制御可能とし，結果として加工時間，消費電力，ワイヤ電極消耗を大幅に低減することに成功し，CO_2排出量換算消費電力で69%の削減を達成した。

省エネルギー関連デバイスや省エネルギー機器部品への電気加工の適用も進んでおり，エネルギー産業における省エネルギー貢献も期待される。最近では太陽電池セル表面

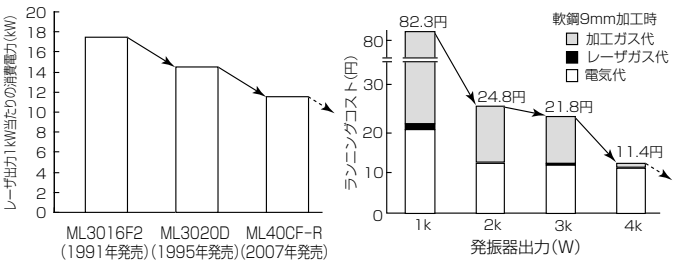


図4．CO_2レーザ加工機発振器消費電力，ランニングコスト

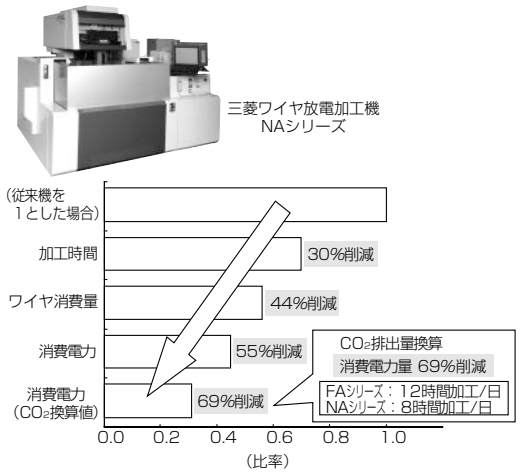


図5．放電加工機の省エネルギー性能向上

へのレーザテキスチャリングによる太陽電池の高効率化技術を開発しており，レーザとエッチング処理の組合せによって，セル表面にハニカム形状を形成することで反射率を低減し，世界最高効率19.1%(注1)を達成している。

(注1)　2009年9月現在，(独)産業技術総合研究所太陽光発電研究センターでの測定値

3.3　高付加価値化対応

世界市場で4割のシェアを占める日本の工作機械の源泉は，高い加工精度と生産性にある。関連の金型製造や金属加工も含めると，国内の工作機械市場は受注額の6割が自動車関連であり，自動車業界全体を巻き込んだ世界規模での業界の再編，ハイブリッド・EV(Electric Vehicle)車へのシフトなどの新たな技術革新が進む中，工作機械や加工システムに求められる要求も今後大きく変わっていくものと推測される。

NCでは，航空機部品や一体化部品などの複雑形状部品の増加や，加工リードタイム短縮要求の高まりを背景として，5軸加工機や複合加工機の需要が拡大している。さらに金型や精密部品といった高い加工品位の必要な加工への5軸加工の適用も広がってきている。当社最新NCの“M700Vシリーズ”では，高速で高品位な同時5軸加工を実現するためのSSS-3G(Super Smooth Surface-3rd Generation)制御を開発した。**図6**に加工結果を示す。SSS-3G制御では，大域的な形状認識と回転軸の移動指令の平滑化によって，加工物に対する工具先端点の送り速度や工具姿勢の角速度を滑らかに制御することで，高品位な加工

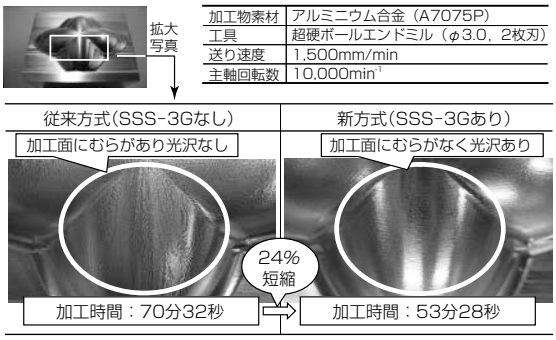


図6．SSS－3G制御による加工結果

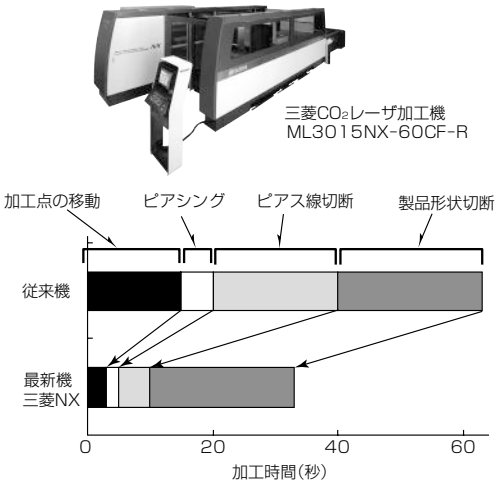


図7．高性能板金レーザ加工機による生産性向上

面を得ることができる。また不要な減速をなくすように制御することで，加工時間が5～50%程度短縮される。

自動車関連の部品加工については，板金レーザ加工の生産性向上に対する要求も高い。**図7**に最新の高性能板金レーザ加工機による生産性向上例を示す。

転換期にある自動車産業に替わって，現在の設備投資を下支えしているのがエネルギー産業であり，火力発電のタービン，風力発電の風車やベアリングなどを加工する高付加価値工作機械の需要が伸びている。最近では，航空機エンジンや発電機タービンブレードに対して放電表面コーティング(Micro Spark Coating)を行う技術が開発されており，タービンブレードの摺動(しゅうどう)部に耐熱耐磨耗皮膜のコーティングを施すことによって，燃費性能，補修を含めたランニングコストの大幅な低減が可能となるものと期待される。

また電子産業に関しても，近年はレーザによるプリント基板や電子デバイスの高速・高品位加工が急速に普及しており，携帯電話やパソコンの高性能化につながるキーパーツの生産性向上に貢献している。**図8**にプリント基板や電子デバイスのパターン用穴あけ加工を高速に行うレーザ加工機“GTWⅢ”を示す。高速ビーム駆動技術と高品位パルス発振器の技術開発によって大幅に高速加工性能が向上してきており，今後様々なプリント基板，デバイスへの展開が期待できる。

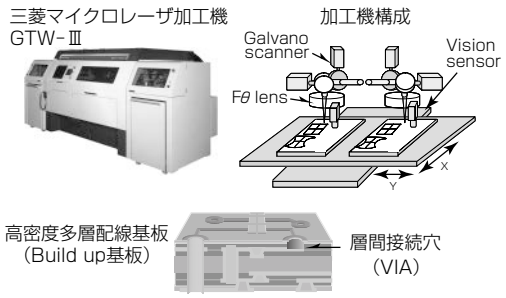


図8．プリント基板穴あけ加工用マイクロレーザ加工機

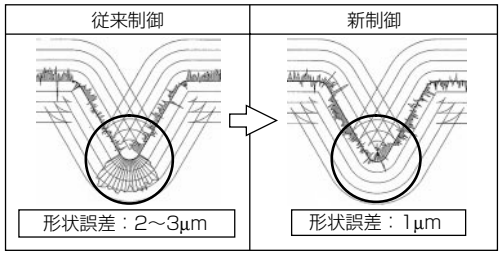


図9．超高精度ワイヤ放電加工

金型については，汎用(はんよう)高精度金型の中国などへの海外流出が進展しているが，BGA(Ball Grid Array)／ファインピッチリードフレーム，ハイブリッド・EV用モータコア，光学部品用などの次世代超精密金型については，今後も国内の競争力の源泉となる。これらの高精度加工を高度に自動化する，インテリジェント高精度・高品位放電加工技術の開発が今後は求められることが予想される。**図9**に，近年の高精度ワイヤ放電加工における高精度コーナー加工制御の例を示す。コーナー部での除去量の変化にリアルタイムで対応する制御技術によって，サブミクロンオーダーの形状精度の加工を高度に自動化する機能開発が今後の高精度加工に求められる。

4. む す び

国内におけるものづくりの将来動向を踏まえ，当社のFAメカトロニクス技術に関して今後指向すべき方向性，製品への適用事例について述べた。加工システムについては，グローバル化，ミニマム化(低炭素化，省エネルギー化，小型化)，高付加価値化に向けて，更に一段踏み込んだ開発が必要となるものと考えられ，生産性・精度と操作性・メンテナンス性を高度に実現する加工システムの開発を目指していく。

参 考 文 献

(1) ㈳日本機械工業連合会，㈶製造科学技術センター：平成20年度ものづくり技術戦略マップ実現のための技術開発項目等調査報告書（2009）
(2) ㈶レーザー技術総合研究所：省エネルギー効果が期待されるレーザ加工に関する垂直統合型技術開発テーマ抽出のための調査報告書（2009）