

# 新型二次元ファイバレーザ加工機 “GX-Fシリーズ”

村澤裕樹\*  
福岡輝章\*  
平野孝幸\*

New Type of 2D Fiber Laser Processing System "GX-F Series"

Hiroki Murasawa, Teruaki Fukuoka, Takayuki Hirano

## 要 旨

二次元レーザ加工機は、任意軌跡の切断が可能な工作機械として、現在では多くの産業分野で単品試作から大量生産まで適用されている。レーザ加工機に使用している発振器は、省エネルギーや生産性向上の観点から、炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)レーザからファイバレーザへ急速に置き換わっており、更なる生産性向上とランニングコスト低減が求められている。

この市場要求に対し、高次元な自動化ソリューションを提供するファイバレーザ加工機として、①高い加工安定性と信頼性、②高速加工・低ランニングコスト、③完全自動化・省人化をコンセプトにした新型二次元ファイバレーザ加工機“GX-Fシリーズ”を開発した。

①の“高い加工安定性と信頼性”を実現するため、加工中の音と光、また加工ノズルをモニタすることで加工不良が発生した場合に加工条件の自動調整や加工ノズルの自動交換を実施する機能を開発した。②の“高速加工・低ランニングコスト”は加工機駆動部の軽量化と高剛性化によってXY軸の送り速度は従来機比1.2倍、加速度を1.3倍に向上させ、高速高精度加工を実現した。さらに独自の加工ガス流制御によって加工ガスの消費量をCO<sub>2</sub>レーザ加工機比で最大90%削減した。③の“完全自動化・省人化”については手間のかかる切断後部品の取り出しや集積、仕分けなどの段取り作業を自動化するシステムを搭載した。



## 新型二次元ファイバレーザ加工機“GX-Fシリーズ”

高次元な自動化ソリューションを提供するファイバレーザ加工機として①高い加工安定性と信頼性、②高速加工・低ランニングコスト、③完全自動化・省人化をコンセプトにした、生産性向上と加工性能の向上を実現する新型二次元ファイバレーザ加工機GX-Fシリーズを開発した。

## 1. ま え が き<sup>(1)(2)</sup>

二次元レーザ加工機は飛躍的な技術進歩と市場の拡大によって、製造現場に不可欠な工作機械としての地位を確立するに至った。近年では、国内や中国、米国、欧州主要国での板金切断用加工機で、レーザ加工機の年間導入台数がタレットパンチプレスの台数を大幅にしのご状況が続いている。一方、労働人口が減少する中、製造業としても加工工程の自動化、ランニングコストの削減、生産性の向上が大きな課題となっており、生産性、ランニングコストに優れたファイバレーザ加工機が注目されている。

これらの市場要求に対して、三菱電機は高次元な自動化ソリューションの提供を実現する新型二次元ファイバレーザ加工機“GX-Fシリーズ”(以下“GX”という。)を開発した。本稿では、GXのコンセプトである①高い加工安定性と信頼性、②高速加工・低ランニングコスト、③完全自動化・省人化について述べる。

## 2. 製品仕様とコンセプト

GXの主な仕様を表1に示す。次にGXのコンセプトについて述べる。

### 2.1 高い加工安定性と信頼性

#### 2.1.1 “Maisart”による加工診断機能

板金レーザ加工では、加工時にアシストガスを吹き付けながら加工を実施する。加工の熟練者になると、切断時に聞こえる加工ガス流れの音を聞き、溶融した金属の流れを見ることによって加工の良し悪しをおおよそ予想できるようになる。これらのことから加工時に発生する音や光をセンシングし、当社独自のAI(Artificial Intelligence)技術Maisartを活用して分析することで加工面を見なくても加工の良否を判定できると考えた。

この機能を実現するために、正常な加工時や様々な加工不良時のデータを大量に取得してAIに学習させた。この学習結果を用いて、加工中の音や光のデータによって、そのときの加工状態を判定する(図1)。

加工不良と判定した場合、その不良が何に起因して発生したかを切り分けるために、後述するノズルモニタ機能を実行する。加工ノズルに問題がある場合は、加工ノズル交換を実施して加工を継続する。ノズルに問題がない場合は、

加工条件を安定方向に自動的に変更することによって、加工不良の改善をさせる。仮に条件を変更しても加工不良が収まらない場合は、自動では復帰できない不良原因があると考えられるためエラー停止する。これらの機能を実行することによって、材料の無駄を抑えることができる。

#### 2.1.2 ノズルモニタ機能

加工不良の原因の一つとして、加工ノズルが加工時の熱や材料との衝突によって変形してしまうことが挙げられる。加工ノズルの穴形状は、アシストガスの流れに大きく影響するため、変形してしまうと加工時に悪影響が出てしまうことがある。特に小径の加工ノズルでは影響が大きく、僅かな変形でも加工に影響が出ることが知られている。実際の使用環境では、加工不良時にはオペレータが加工ノズルを外して穴形状を目視で確認し、その良否を判定しているが、それをカメラに置き換えることを目指した。

こちらにも、加工診断と同様に良ノズルと、不良ノズルの写真を大量に取得し、AIにそれを学習させることによって良否判定を実現している。図2に示すように人の目で見ても差が分かりにくい加工ノズルでも、判定してNGとすることができるため、加工ノズルが原因の加工不良を早期に改善することが可能になる。

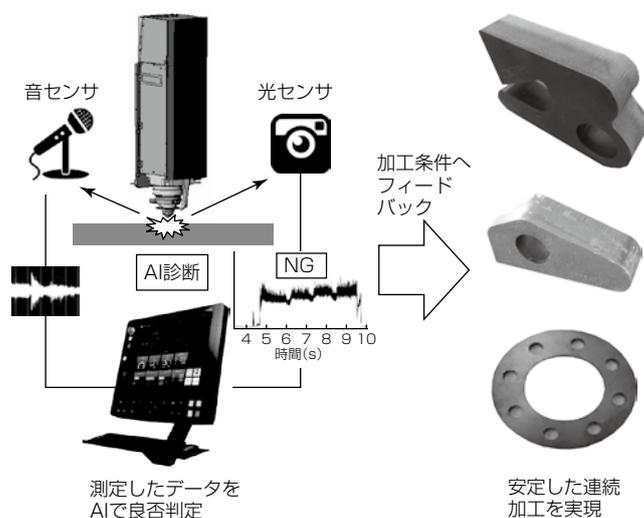


図1. 加工診断機能

表1. ML3015GX-Fの主な仕様

移動方式		光走査方式
ストローク(mm)	X軸	3,100
	Y軸	1,550
	Z軸	120
早送り速度(m/min)	X, Y軸	合成170
位置決め精度(mm)		±0.05/500(X, Y軸)
繰り返し精度(mm)		±0.01(X, Y軸)

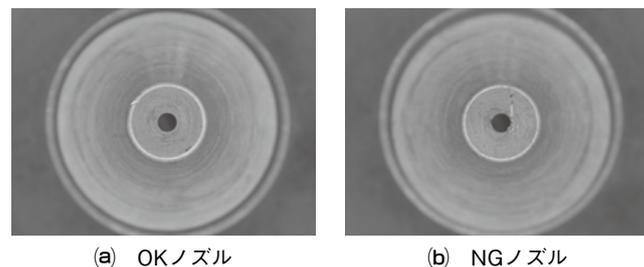


図2. 加工ノズルの良否

2.2 高速加工・低ランニングコスト

2.2.1 高速・高精度加工

ファイバレーザはCO<sub>2</sub>レーザに比べて波長が短いため金属への吸収率が高く、集光性も良いという特長を持っており、薄板の高速切断に適している。その性能を最大限に活用するために駆動部の軽量化と剛性を強化した加工機を開発した。これによってXY軸の早送り速度を1.2倍、さらに加速度を1.3倍で駆動させることを可能にした。従来加工機と比較すると薄板ベンチマーク形状のタクトタイムを10%短縮し(図3)、小穴加工の真円度33%改善を達成し(図4)、高速・高精度の加工を実現した。

2.2.2 低ランニングコスト

ファイバレーザ加工機の高出力化に伴い、加工ガスに窒素が用いられるようになってきた。窒素を用いた場合、酸化燃焼反応など化学反応を利用した加工方法と比べると、加工速度が当該反応に制限されることなく、発振器の出力に応じて生産性の向上が見込まれる。しかしながら、加工中の窒素ガス消費量が増加する傾向にあり、生産性とランニングコストの両立に課題があった。GXでは加工ガス流れの可視化(図5)によって加工現象を解明し、窒素ガス消費量を削減可能な新技術“AGR-eco”を開発した。これによって、軟鋼9mmでの窒素ガス消費量を最大90%削減した(図6)。

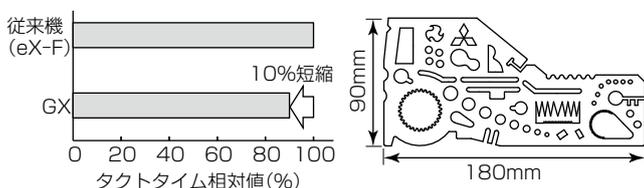


図3. タクトタイムの短縮

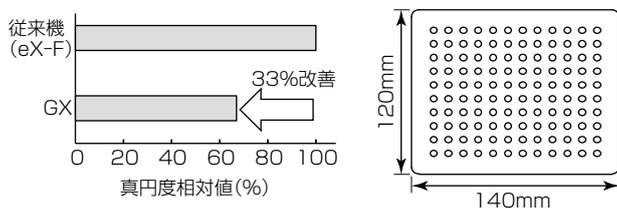


図4. 真円度の改善

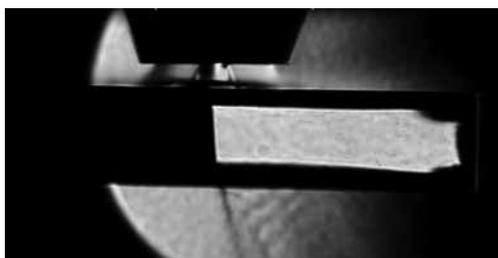


図5. 加工ガス流れの可視化

2.3 完全自動化・省人化

板金レーザ加工は、生産現場での人手不足やファイバレーザ加工機による生産量の増加を背景に、板金レーザ加工の前後工程を含めた自動化による生産性の大幅な向上が求められている。板金レーザ加工の工程は、“素材の供給”“レーザ切断”“切断後の素材の搬出”“搬出された素材から切断後部品の取り出しと仕分け”から構成されるが、今後、レーザ切断後の仕分け作業を省人化するための自動仕分け装置の需要がグローバルで急速に増加する見込みである。この市場要求に応えるために自動仕分け装置をラインアップに追加した(表2)。この装置によって素材の供給から切断後部品の仕分けまで、板金レーザ工程の完全自動化と省人化を実現した。

この装置に搭載される4本のアームは仕分け対象の部品に合わせて自動で最適なツールに持ち替える。それによって様々な形状や材質の部品を仕分けすることが可能である。また、4本アームを独立に制御する技術によってピックアップした部品を任意の姿勢に仕分けすることを可能にした(図7)。

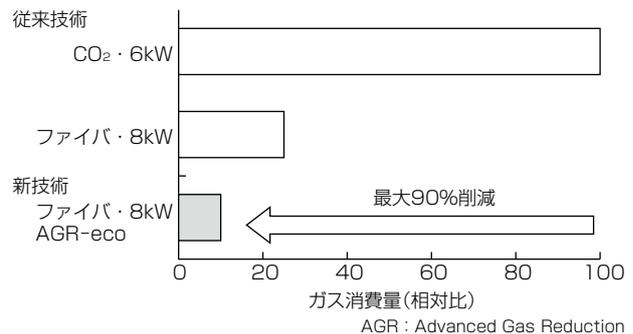


図6. 窒素ガス消費量の削減効果

表2. 自動仕分けシステムの仕様

自動仕分けシステム	Standardタイプ	Lightタイプ
製品ピックアップ方式	独立制御アーム4本	
対象板厚(mm)	~25	~9
搬送重量(kg)	2,000	1,000
回転配置	可	
ロード/アンロード機能	あり	

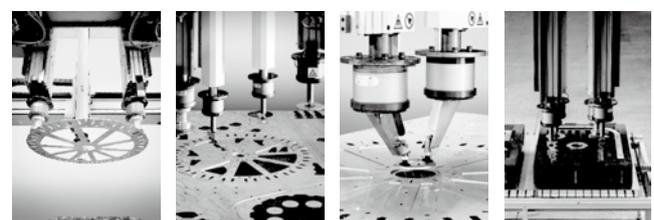


図7. 自動仕分けシステムによる製品のピックアップ

### 3. 最新加工事例

市場導入当初、ファイバレーザはその波長による高収束性を生かした薄板の高速切断や微細加工、高反射材の加工が特長とされてきた(図8)。しかしながら、昨今の発振器の高出力化や加工技術の進歩によって、中厚板~厚板の加工性能が向上し、薄板以外でもファイバレーザが評価されるようになった。ここではそれら最新の加工事例について述べる。

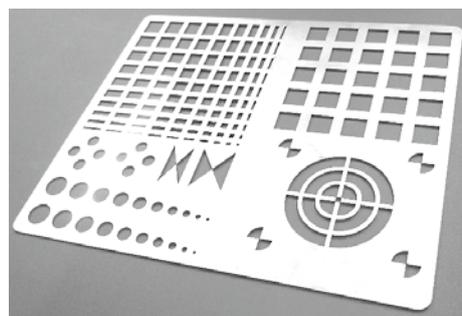


図8. ファイバレーザの加工例

#### 3.1 最大加工板厚の拡大

レーザ加工では、材質・板厚によって最適なビームスポット径及びビームプロファイルが異なる。一般的には加工レンズの交換によってそれらビーム特性の変更を可能にする。しかしながらレンズ交換方式の場合、それらの可変範囲が離散的であるため、全ての材質・板厚に最適なビームを選択するのは不可能である。GXでは可動光学系を組み込んだ当社独自の加工ヘッドを搭載した。ビームスポット径及びビームプロファイルを連続的に変更可能にすることによって、各材質・板厚の最適値を使用可能にした(図9)。

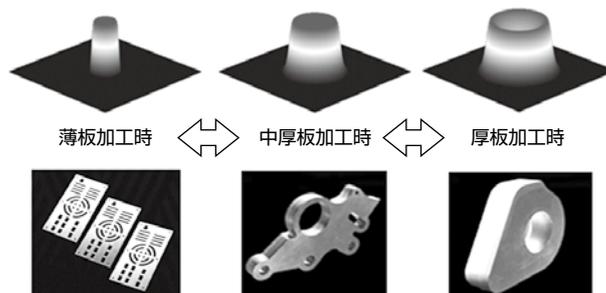


図9. 各材質・板厚でのビームプロファイル例

表3にGXの各種材質での最大切断板厚の加工事例を示す。GXでの最大切断板厚は、軟鋼で板厚32mm、ステンレス鋼で板厚30mm、アルミニウム合金で板厚30mmが良好に切断できるようになった。

表3. 最大切断板厚の加工事例

材質	板厚	加工サンプル	切断面
軟鋼 SS400	32mm		
ステンレス鋼 SUS304	30mm		
アルミニウム合金 A5052	30mm		

#### 3.2 軟鋼厚板加工安定性向上技術

ファイバレーザ加工による切断技術の進歩は急速であり、その加工品質や加工安定性はCO<sub>2</sub>レーザに近づきつつある。しかしながら、板厚16mm以上の軟鋼厚板酸素加工では、材料品質のばらつきによっては異常燃焼が発生し、安定して加工できない場合がある。この課題に対して、GXでは材料品質のばらつきの影響を低減するために新ビーム発振方式と新型ノズルを開発した。これによって材料品質ばらつきの大きい軟鋼材に対して安定加工を実現した。表4に加工事例を示す。

表4. 材料品質ばらつきの大きい軟鋼厚板の加工事例

	従来技術	新技術
切断面		
切断面粗さRz (μm)	240	35

### 4. む す び

新型二次元ファイバレーザ加工機GX-Fシリーズのコンセプトと最新の搭載技術について述べた。ファイバレーザ加工機の加工技術の進歩は著しく、今後も更なる技術革新が進んでいくものと思われる。また、ますます高度化、多様化するユーザーニーズを満たすために、総合レーザ加工機メーカーとして更なる性能向上を目指し、様々な生産現場の各種ニーズに積極的に応えていく。

### 参 考 文 献

- (1) 齊藤善夫：三菱電機における最新レーザ加工技術，第84回レーザ加工学会講演論文集(2016.1)，139~144 (2016)
- (2) 宮本直樹，ほか：ファイバレーザ加工機による最先端加工技術，三菱電機技報，89，No.4，251~254 (2015)