

一年間のレーザー加工機運用報告

堀 義則*, 岡野内 悟**

Report of Utilizing Laser Processing Machine for One Year

Yoshinori HORI, Satoru OKANOUCI

Abstract

Laser processing machine was established at technical support center of Oshima National College of Maritime Technology in January, 2007. We use this machine for education, research and community contribution and are taking operation records of this machine. In this report, it is shown outline of laser processing machine, utilizing cases, worked samples, solutions of some troubles, running cost, and maintenance cost for one year.

Key words: Laser processing machine, Technical support center, Solution of a trouble, Maintenance

1. はじめに

平成 19 年 1 月, 高度で実践的なものづくり教育や研究開発の支援と公開講座による地域協力などに広く利用することを目的に, 平成 18 年度の特別教育研究経費によりレーザー加工機が本校実習工場の仕上げ組み立て室に導入された¹⁾. 現在, 技術支援センターで管理・運用し, 様々な分野に活用されている²⁾. 一方, 現在はなじみの少ないレーザー加工機を安定して扱うためには, 周辺機器の整備, 加工ノウハウの構築, 必要な予算の確保が求められる. そのため, レーザー加工機の活用を本校中期計画目標の達成に通ずるものと考え, 平成 19 年度の校長裁量経費により一年間の運用に必要なデータの収集を行った³⁾. その結果を踏まえ, レーザー加工機を安定して広く利用できるよう情報公開することを目的に, 本校レーザー加工機の概要と使用法, 活用事例, 導入後のトラブルと対策, 運用にかかる費用について報告する.

2. レーザー加工機の概要と使用手順

本校に設置した加工機は, 株式会社アマダの Quattro AF1000E で, 出力 1 kW の 2 次元の炭酸ガス (CO₂) レーザー加工機である. レーザー加工機は, レーザー光を材料に照射してその部分を除去し, 板材から目的の形状を切り抜いたり文字や図形をケガいたりすることができる. レーザーの出力を調整することで, 金属から非金属まで様々な材料を強固に固定することなく, 高速かつ高精度に加工できる⁴⁾.

2.1 レーザー加工の原理と構成

レーザー加工機の構成を図 1, ノズルの断面を図 2 に示す.

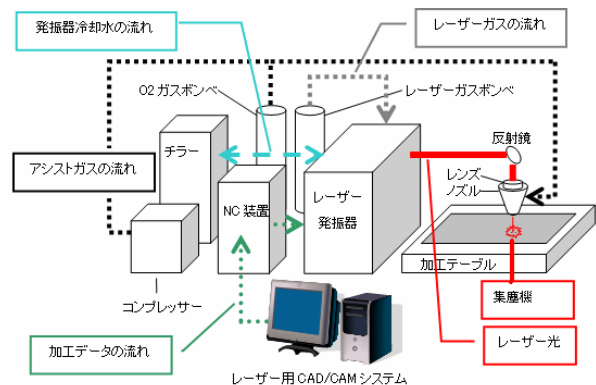


図 1 レーザー加工機の構成

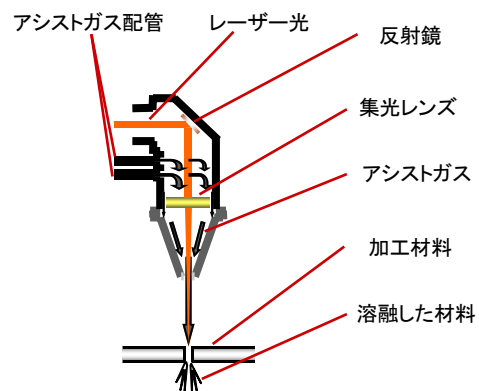


図 2 ノズル断面

レーザー加工ではまず、レーザー発振器でレーザー光を発生させる。レーザーガスと呼ばれるCO₂を含む混合ガス中で放電することでレーザー光が発生し、加工テーブル上部に誘導され、ノズル上部の反射鏡で垂直方向に向きを変えてレンズによって焦点を結び、ノズル先端の穴から加工材料の表面に照射する。レーザー光の照射を受けた材料表面は瞬時に溶融し、ノズル先端から噴出されるアシストガスと呼ばれる高圧のガスで吹き飛ばされる。その結果、材料には小さな穴が開く。さらに、ノズルを水平方向に2次元的に移動することで、材料を切り抜く。アシストガスに飛ばされた溶融材料は、加工テーブル下の集塵機で吸引され、フィルターで固形物を取り除いて、排気を放出する。すなわち、レーザー加工機は、主に次の4つの部分で構成される。

- ①光学部：レーザー発振器，冷却水，チラー，反射鏡，レンズなど
 - ②ガス噴射部：アシストガス，コンプレッサー，圧力調整器，ノズルなど
 - ③NC 機械部：加工テーブル，NC 装置など
 - ④排気処理部：集塵機，フィルターなど
- それぞれに定期点検，消耗品の交換が必要であり，毎年一定額の保守費用が必要である。

2.2 レーザー加工機の能力

レーザー加工機の外観を図3に示す。

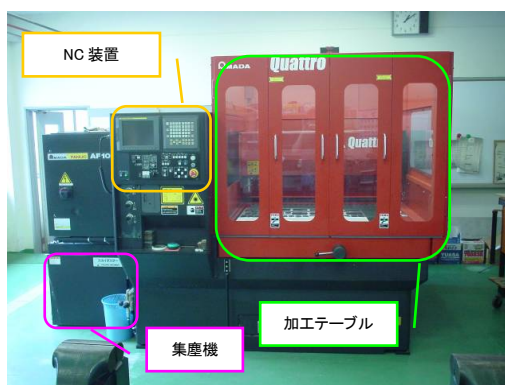


図3 レーザー加工機の外観

使用者や見学者の安全衛生のために、加工テーブル周りには囲いを備え、レーザー用の保護めがねを準備している。レーザー加工機の仕様を表1に示す。また、このレーザー加工機の加工能力は、表2のとおりである。

レーザー加工は切削工具を用いないため、工具折損を気にする必要が無く、エネルギーも狭い範囲に集中させるので、鋼やステンレスなどの硬い金属も高速で加工できる。材料の切断の際の幅は最大で0.3mm程度で、熱影響範囲も狭い。また、

表1 レーザー加工機の仕様

移動方式	光移動
制御方式	X-Y 同時2軸/Z 軸 非接触微い
最大加工寸法	1250×1250mm
早送り速度	30m/min(X・Y軸), 15m/min(Z軸)
加工送り速度	0~10m/min
繰り返し位置決め精度	±0.01mm
最大加工板厚	軟鋼 6mm, ステンレス 4mm(酸素切断のとき)
最大積載質量	80kg
機械質量	本体 3300kg, チラー300kg
機械寸法	幅 2870mm×奥行 2158mm×高さ 1650mm
チラー寸法	幅 1160mm×奥行 580mm×高さ 1755mm
受電容量	35kVA(発振器 18kVA, NC装置 7kVA, チラー10kVA)
発振器定格出力	1000W(パルスピーク出力 1000W)
発振器発振方式	高速軸流方式
発振器パルス条件	周波数 5~2000Hz, デューティ0~100%
レーザーガス消費量	10リットル/時

表2 レーザー加工機の能力

材料	最大板厚	最高切断速度
軟鋼	6mm	3000mm/min(板厚 1mm)
ステンレス	4mm	3000mm/min(板厚 1mm)
アルミ	1mm	2000mm/min(板厚 1mm)
木材※	30mm	3000mm/min(板厚 4mm)
アクリル※	15mm	2000mm/min(板厚 3mm)
皮革※	2mm	2000mm/min(板厚 2mm)

※本校における実績値

木材やアクリル，紙や皮革のような柔らかい非金属の加工も行える。

一方，レーザー加工は純度の高いアルミニウムなど反射率や熱伝導率が高い材料が苦手である。塩化ビニルやアクリルなどのプラスチックの加工も可能であるが，有害なガスや悪臭が発生するので，注意が必要である。本校においては，塩素ガスが発生する塩化ビニルなどの加工は行わないことにしている。

2.3 レーザー加工機の使用手順

本校でレーザー加工機を使用する場合の手順は、次のとおりである。

①CAD データの作成

切り出したい形状を、2次元のCADソフトなどで作成し、DXF形式のファイルとして持参する。本校では、情報教育センターで使用でき、実験実習でも使われるWinstarCADがお勧めである。

CADの使い方が分からない方は、図面を持参するか、センター職員に相談してください。

②材料を準備

材料は各自で購入して持参するか、在庫があればそれを使うことができる。原則、材料費は各自の負担とする。

③技術支援センターに申し込む

加工依頼書を提出してもらう。

レーザー加工機の準備には 30 分程度かかるので、担当者と日時の打ち合わせをする。

④技術職員が NC プログラムに変換

CAM ソフトにより、CAM データをチェックし、レーザー加工機で加工するための NC プログラムを作成する。

⑤技術職員が加工する

技術職員が NC プログラムをレーザー加工機に転送し、加工条件などを確認して加工する。

現在は、機械の状態を熟知したもの以外は、機械を操作させないことにしている。

⑥加工品を受け取り後加工

レーザー加工機では部品の切り抜きとケガキしかできない。その後の加工は、必要により行う。

3. レーザー加工機の活用事例

本校では、教育・研究、学生の課外活動、学外への公開、学内設備の改善などにレーザー加工機を活用している。その中から印象的な事例をいくつか紹介する。

(1)「ホクレア号」寄港記念エンブレムの製作

地域協力の一環として、ホクレア号ウェルカムプロジェクト委員の藤井船長からホクレア号周防大島寄港記念品の作成依頼があった。筆者とロボット研究部で、周防大島出身のハワイ移民を含むハワイと周防大島の「絆」をキーワードにした記念エンブレムを製作し、平成 19 年 5 月にホクレア号のクルーへ贈呈した。図 4 にエンブレムの写真を示す。



図 4 ホクレア号寄港記念品

作成は、まず、ステンレス板から「絆」の文字とホクレア号のシルエットを切り抜き、その周囲に低出力のレーザーで文字や模様をケガキする。

次に、レーザー加工機で切り出した杉板に、先に製作したステンレス版をネジ止めて行う。このエンブレム作成は、筆者のみならず製作を行った学生たちにとっても、技術修得や異文化との交流という点で非常に意義深いものとなったと思われる。

(2) 四足歩行ロボットアルミフレームの製作

電子機械工学科の卒業研究の一つとして、ラジコン用サーボモータを用いた四足歩行ロボットの製作を行っている。そのフレーム製作にレーザー加工機が用いられる。製作は、まず、レーザー加工機によってアルミ板に曲げ加工のための線をケガキ、部品の接合やモーター取り付け箇所の穴をあけ、外形を切り抜く。切り抜いた部品は、展開されているので、曲げ線に従って手曲げ機で曲げる。アルミ板から切り抜かれた部品を図 5 に、曲げて組み上げた四足歩行ロボットを図 6 に示す。レーザー加工機の正確な穴あけ、ケガキ、切断によって、このような立体的な構造物も精度良く作成することが可能である。この技術は実験装置や治具の製作など、他の研究活動にも役立っている。



図 5 アルミ製四足歩行ロボット部品



図 6 完成した四足歩行ロボット

(3) 公開講座の実施

記念エンブレム製作で用いた文字や絵を切り抜いたり、ケガいたりする技術を公開講座でも応用している。

平成 19 年度には、小中学生の参加者にパソコンのペイントソフトで絵を描いてもらい、スタッ

フの技術職員が絵のデータをプログラムに変換し、ステンレス板にレーザーで描き、切り抜いた板を杉板に取り付け、ネームプレートの作成を行った。図7に作品のサンプルを示す。



図7 平成19年度公開講座製品サンプル

平成20年度は、参加者が紙にマジックで絵を描き、その絵をスタッフがイメージスキャナでデータとして取り込み、平成19年度と同じ手法でステンレス板を加工してフォトフレームを製作する講座を実施した。図8に作品のサンプルを示す。



図8 平成20年度公開講座製品サンプル

(4) 見学記念のキーホルダー製作

本校実習工場を見学に来られた方やオープンキャンパス参加者への記念品として、レーザー加工機で切り出したステンレス板をアクリル板にネジ止めして製作したキーホルダーをプレゼントしている。キーホルダーは図9に示すように大島丸



図9 レーザー加工機見学記念キーホルダー

のシルエットの切抜きと、本校校章・校名のマーキングがなされたものが基本となっている。もし、事前に見学者の名前や所属などがわかれば、見学者それぞれにオリジナルキーホルダーを作成することも可能である。例えば、平成20年の青島大学訪問団の来校時には、図10に示すようなオリジナルキーホルダーを、訪問者と共にその場で製作して配布し、大変好評であった。



図10 青島大学訪問団に贈呈したキーホルダー

(5) 学生会目安箱の製作

平成19年度の学生会からの依頼で、鉄製の目安箱を作成した。目安箱の外観を図11に示す。



図11 学生会の目安箱

学生会によって設計が行われ、その図面を基に技術職員がCADで図面を描き、レーザー加工機で鉄板を切り抜き、溶接を行って鉄の箱を作成した。その後、学生によって箱に彩色が施され、堅牢で立派な目安箱が完成した。

(6) ロボット研究部でのロボット製作

ロボット研究部のロボット製作にもレーザー加工機が活躍している。たとえば、レーザー加工機の精密な加工能力を活かし、図12のような木製歯車を作成するなど、従来のマシン作りにはなかった手法をとることが可能になった。また、学生自身がCADで部品を設計し、データを持参することで複雑な形状の部品も容易に製作できるため、時間短縮と、CAD/CAMを生かした技術教育の実践に

大いに貢献している。

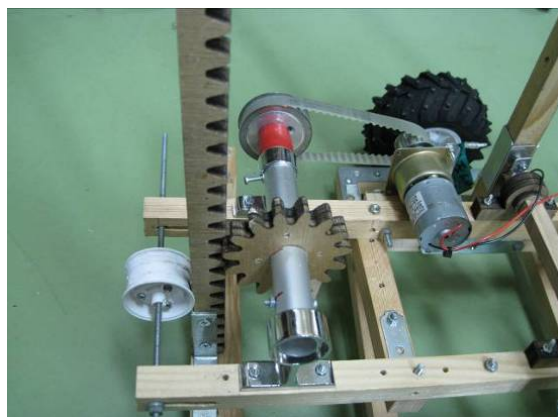


図 12 ロボコン用マシンの木製歯車

レーザー加工機は、教育、研究以外にも、ロッカーの耐震補強金具製作など学内施設の整備にも役立っている。

4. 発生したトラブルとその対策

レーザー加工機は他の工作機械より構成が複雑で、管理者自身もあまりなじみがないため、安定して運用できるまでには様々なノウハウの蓄積が必要である。レーザー加工機導入からこの一年間に発生したトラブルとその対策について紹介する。

(1) 光路を保護する蛇腹の焼損

メンテナンスのためカバーをはずした際、ノズルを移動するときレーザーの光路を保護する布製蛇腹が焦げていることが発見された。焼損の様子を図 13 に示す。業者によれば、反射率の高い材料を加工する際のレーザー反射光が機械内に戻り、蛇腹に照射された可能性が高いとのことであった。そこで、反射率が高いアルミ材料や表面仕上げがヘアライン仕上げ以上の材料の加工には、レーザー加工用の反射防止剤（ファインケミカルジャパン社のブラックガードスプレーなど）を材料表

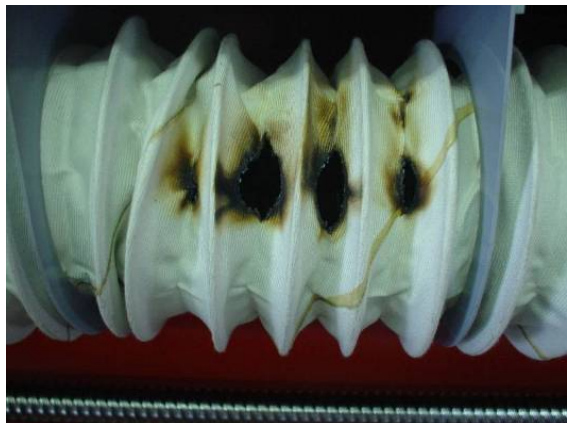


図 13 焼損した蛇腹

面に吹き付けることとした。

(2) チラーのオーバーヒートによる運転中断

屋外のプレハブ小屋の中に設置したチラーは、屋内のレーザー加工機内部のレーザー発振器を冷却して熱を持った冷却水の熱を外気によって冷却し、チラー外に放熱を行う装置である。その装置の性質上、チラーには比較的冷たい外気をファンによって吸入する必要がある。そこで、チラー運転時には外気の吸入を妨げないよう、それなりの対策は取られたが、換気装置の性能が不十分であったため、夏季にはプレハブ小屋の室温が摂氏 50 度にまで達した。その結果、チラーの冷却が十分に行えないためレーザー発振器が過熱し、緊急停止するトラブルが発生した。その対策として、プレハブ小屋上部に大型の排気ファンを新たに増設し、解決した。大型ファン取り付け後のプレハブ小屋を図 14 に示す。



図 14 天井に大型ファンを付けたプレハブ小屋

なお、本校のレーザー加工機入札の際の仕様には、一年間の無料保証をつけることを盛り込んでおいたため、これらのトラブルへの費用が発生しなかったため、多いに助かった。

(3) アクリルを加工する際の悪臭

本校ではしばしばアクリルの加工を行うが、アクリルを加工する際には独特の悪臭が発生し、隣室の職員控室からの苦情が殺到した。また、ベニヤ板など木材の加工の際も、焦げ臭いにおいがする。その対策として、レーザー加工機で切り抜いたベニヤ板に塩ビパイプを接着し、排気用ダクトを取り付け可能にした自作の排気口用フランジを集塵機排気口に取り付け、排気ガスを室外に放出できるように改造を行った。自作の排気口用フランジを取り付けた排気口の様子を図 15 に示す。この結果、悪臭が室外に排出されるようになり、不快感は減少したように思われる。



図 15 自作排気口フランジと排気ダクト

(4) 備品の充実

レーザー加工機で加工後、厚板を曲げたいという要望や、切断面のバリや荒れを取りたいという要望があった。その対応として、油圧式小型曲げ機とマイクログラインダーを購入した(図 16)。

また、頻繁に使用する板材を倒れずに保管する適切な場所がなく、安全面からも保管方法の改善が求められた。その結果、板材用の運搬車を購入し、車輪をロックした状態でレーザー加工機の脇に保管している(図 17)。



図 16 油圧式板曲げ機とマイクログラインダー



図 17 板材を載せた運搬車

5. 加工機の運転管理と運用にかかる費用

本校技術支援センターではレーザー加工機使用簿を製作し、加工機の電源を入れて切るたびに、その間の作業を記録している。記録する内容は、使用時間、レーザーガスとアシストガス使用量、加工材料の材質と板厚、加工条件、保守、トラブルと対策などである。その記録に基づき、レーザー加工機の運用に必要な費用を試算する。

(1) ガスの費用

レーザー加工機に使われるガスは、常に必需品であるレーザーガスと、材料によって使用するアシストガスがある。昨年(平成 19 年)度のレーザー加工機の使用時間は約 500 時間であったが、その間に使用したレーザーガスの使用量は、約 7700 リットルである。ガスボンベ本の容量は約 7000 リットルであるから、一年間に 2 本程度のガスボンベが必要となる。レーザーガスの価格はガスボンベ 1 本で約 3 万円であるから、レーザーガスの年間費用は約 6 万円になる。また、鋼板の切断には酸素ガスをアシストガスとして使用するが、一年間に約 7300 リットルの酸素ガスを使用した。酸素ガスボンベを 1 本約 5 千円として、これまでと同様に使用した場合、年間約 1 万円となる。

なお、本校ではステンレス、アクリル、アルミ、木材の加工が主で、これらの加工はアシストガスとして圧縮空気を使用するため、酸素ガスは不要で、コンプレッサーの電気代ですむ。

(2) 電気代と水道代

レーザー加工機の運転には、電気と水道が必要である。電気代は単価を 20 円/kWh と仮定して消費電力から計算すると、レーザーを出していない状態で 266 円/h、レーザーを最大出力で加工している状態で 426 円/h である。昨年度の運転時間から電気代を試算した結果、年間約 16 万円である。

また、納入業者によると水は循環して使用するため、費用を計算するほどの量ではない。

(3) レーザー加工機の保守費用

レーザー加工機本体のメンテナンス費用は様々なものが考えられるが、定期的なものとして、レーザーガスの吸入・循環に必要なポンプ類のオイル、レーザー発振器冷却水に用いる純水を作るためのイオン交換樹脂、加工機データ保持のためのバッテリーなどである。昨年(平成 19 年)度実施、または直ぐに実施予定の保守費用の目安を表 3 に示す。

年間の保守費用は約 9 万 2 千円であるが、実際には、これらの費用の他に、反射防止剤とそのクリーナー、6 年に一度のターボプロアのオーバーホール、故障修理の予備費も考慮する必要がある。そのため、レーザー加工機の年間予算としてはガ

スの費用も含め、約 20 万円必要と考えられる。

表3 レーザー加工機の保守費用

消耗品品目	年間費用(円)
真空ポンプ用オイル	25,000
ターボブロワオイル	2,000
イオン交換樹脂	21,000
真空ポンプフィルタ	39,000
NC 制御バッテリー	1,000
NC メモリバッテリー	2,000
工作機械用グリス	2,000
合計	92,000

6. おわりに

レーザー加工機は導入して2年目を迎え、平均週3日から4日程度の使用頻度ではあるが、何のトラブルもなく安定して動作している。これは、昨年の運用経験が生かされている成果だと考えている。今年度も引き続き運用データの収集を行い、より効率的な運用方法を構築していきたい。

現在、卒業研究やロボット研究部が頻繁に利用するようになり、まだ一部ではあるが、学内のものづくり教育の高度化の役割を果たしつつある。学内にはまだ、レーザー加工機の存在や利用方法があまり知られていないようである。そのため、学内の教職員、学生へのPRの必要性を感じている。

また、学外への活動として、2年連続で好評な公開講座の規模を拡大することや、商船祭などの学校公開の機会に技術支援センターを公開し、本校のPRに努めたいと考えている。

一方、経費削減に伴い、今の技術支援センター予算の中でレーザー加工機の運用費をまかなうことが難しくなっている。そのため、利用者から加工費を徴収する課金制度など検討されている。レーザー加工機に限らず、大型設備の保守費用をどのように確保するかが、大きな課題となっている。

謝辞

レーザー加工機を用いた公開講座の実施においてご協力いただいた、旧学生課実験実習第二係の塩田技術職員、技術支援センターの宮元技術職員、砂田技術職員、吉村技術職員、岡崎技術専門職員、総務課企画係の山重職員、そして板材保護用カバーを製作していただいた技術支援センターの濱口第一技術室長に、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡野内悟：NC 工作機械と CAD/CAM 一本校にある自動加工機の紹介一，第3回学科を越えた技術の相互理解を深めるための研修資料(2007年9月21日大島商船高専)
- 2) 堀義則ほか：大島商船高専における CO₂ レーザー加工機の導入と活用，平成19年度実験・実習技術研究会報告集 pp381-pp386(2008年3月6～7日徳島大学)
- 3) 岡野内悟，堀義則ほか：レーザー加工機活用プロジェクト～一年間の運用データの収集～，第7回大島商船高等専門学校教員研究講演会論文集 pp11-pp12 (2008年6月3日大島商船高専)
- 4) 金岡優：絵ときレーザー加工基礎の実務 (2007)，日刊工業新聞社

