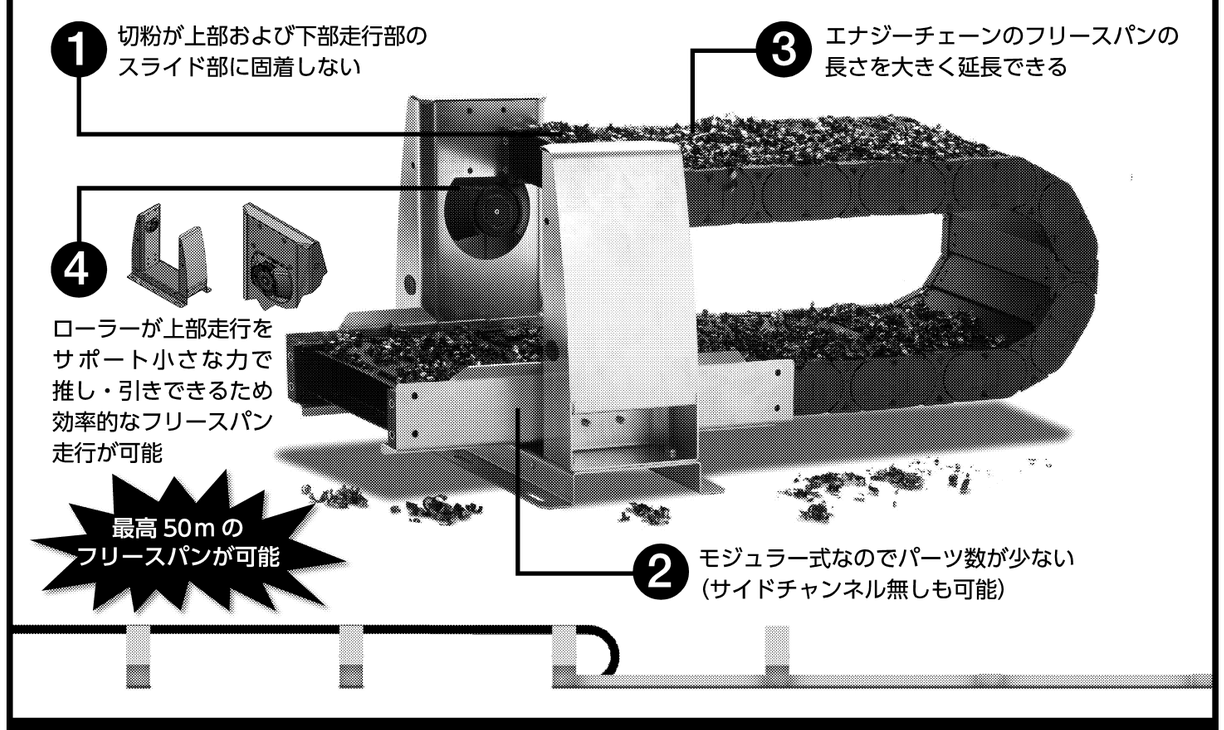
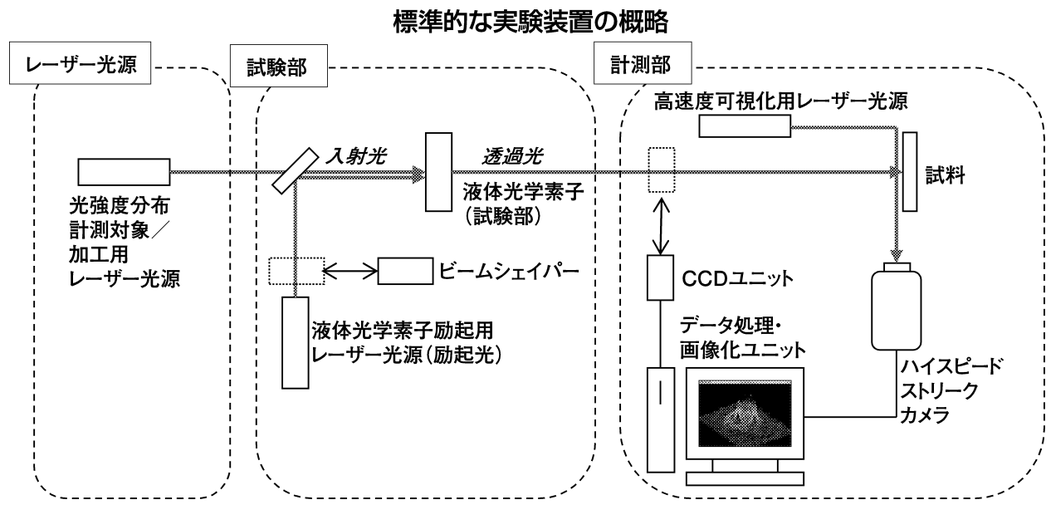
水平ガイドロック

igus® plastics for longer life®

長い距離でエナジーチェーンを設置しなければならない場合、
水平ガイドロックは費用対効果の高いソリューションです。



モーション・プラスチック カンパニー
イグス株式会社　〒130-0013 東京都墨田区錦糸1-2-1 アルカセントラル　ヘルプデスク：03-5819-2500
FAX：03-5819-2055　E-mail：helpdesk@igus.co.jp　ホームページ：www.igus.co.jp
イグス 25 jp TH



レーザー加工の高度化に資する新規液体光学素子の可能性

ビームプロファイル変換技術

東京工業大学 大学院 理工学研究科 機械制御システム専攻 准教授
伏信　一慶

レーザー加工は微細加工の潜在能力（ポテンシャル）や、加工できる材料の幅広さなどのさまざまなメリットにより、他の加工法との相補・相乗的な観点も踏まえ、さらにさまざまな新展開が期待できる。ところでレーザー加工にあたっては用途に応じてレーザー光源の種類（炭酸ガスレーザー、YAGレーザーなど）を選ぶ必要があることはよく知られているが、ワーク（加工対象物）に当たるレーザー光の「形」を選んだことはあるだろうか。以下、この新たな視点が切り開く展開と、その検討を担保した新技術を概説する。

レーザー光の「形」を操作

レーザー光はスーパーのレジでのバーコードリーダー、プレゼンテーション（プレゼン）の場で使うレーザーポインターや一部のパソコン用マウス、あるいはイベント会場での演出など、日常的に目にすることも多い。しかも、太陽光や照明などの一般的な「光」とは異なり、ほぼ単色、すなわち単一波長の光であり、一つの方向へのみ進行するという特異な性質を有する。

このように色（波長）と進行方向をそろえることができると、一般的な光とは異なり、レンズなどを用いることで極めて狭い範囲にその光を集めることが可能となる。こうして得られる強いエネルギーは、さまざまな材料を溶かし、蒸発させ、除去するに十分であることから、これを工業の現場で材料の加工や、高い温度を要する処理に用いようと考えるのは自然な発想であろう。

レーザー光を発する機器（以降、レーザーと記す）には、さまざまな種類がある。前述のレーザーポインターの多くやバーコードリーダーなどは赤い光を発するが、イベントの演出では赤以外のさまざまな色を目にされるケースもあると思われる。これらはレーザーが発する光の色、すなわち波長の違いによるものであり、紫外光や赤外光のように人の目には見えない光を発するレーザーもある。発する光の強さも機器によって異なり、例えば数ワットのレーザー光出力を有するレーザーを仮にプレゼンに使うと、スクリーンに穴を開け、人体にも危険である。工業上はキロワット以上の高い出力のレーザーも広く用いられる。

また、レーザー光は連続して光り続けるだけでなく、パルスとよばれる時間的にブツ切りにされた状態で発することも可能であるが、驚くべきはそのブツ切りされた個々のレーザー光のパルスの長さである。これをパルス幅と呼び、時間の単位で表されるが、短いものではナノ秒やフェムト秒のものある。1秒を10の15乗倍すると約3200万年にもなり、おおよそ想像を絶する時間スケールの小ささであることが分かる。

さらに近年はアト秒パルスとよばれるレーザー光を出すレーザーも存在する。通常、レーザーを利用するに当たっては、これら波長、出力、連続光／パルス幅をもとに選定されることが多い。

ところで、レーザー光を平面上に垂直に照射すると、その面内には光の強さ（光強度）の分布が存在する。あるいは可視光であれば明るさの分布といってもよく、ワット毎平方㎝の単位を持ち、光の「形」とでも言えよう。多くのレーザーの光は進行方向と直角に同心円状の光強度分布を持ち、またその分布がガウシアン分布（確率・統計で用いられる正規分布）に近い分布を持っている。

ダーツの的を想像してほしい。中心では最高得点で、中心から離れるほど得点が下がるが、あの要領で中心が最も明るく、正規分布に従って周辺に行くほど暗くなる。しかし通常、工業の現場で光の「形」を選ぶケースはまれではないか。研究者の間では以前から、実験結果を厳密に議論するために、ここまで踏み込んだ議論が行われるケースもあったが、問題は、このレーザー光の「形」を簡単に、かつ幅広く操作するすべがなかったことである。

例えば、ガウシアン分布をトップハットとかフラットトップとよばれる面内どこでもほぼ同じ光強度の分布に変換するには、現有のレーザーに合わせて設計した一品ものの素子があるが、残念ながらその分布を自在に操るような素子に出会うことがなかった。我々のグループでは、半導体やガラスの基板に細く深い穴を開ける技術のメリットとその検討手段を考える中で、このような素子、すなわちレーザー光の照射面内強度分布（光の「形」）をある程度自在に変えられる素子があれば、と思い至り、それならば自分たちで作ってみようということとなった。

光強度分布の例

強度分布の影響検討

取り組んだ素子の構成は簡単であり、特定の波長のレーザー光を強く吸収する物質を溶かした溶液をガラス容器に封入し、これに光強度分布を操作したいレーザー光（検出光）と、光強度分布を操作するためのレーザー光（励起光）とを入射する。こうすることで、後者の励起光により形成される屈折率分布により、前者の検出光の光路が影響を受け、結果、元のガウシアン分布は、ある距離伝播した面内では別のさまざまな分布に変換される。この液体光学素子を以後、液体ビームシェイパーと呼ぶ。

原理はまさにその通りであり、当初は実験的にこの検証を行ったが、液体ビームシェイパーの適切な動作条件を実験的に探索するのは困難である。ここでコンピュータ利用解析（CAE）が有効となる。すなわち、励起光により形成される液体ビームシェイパー内での屈折率の分布を計算により求め、さらにこの屈折率の分布の中でレーザー光の波動としての伝播を解く。

これも当時、適当なツールが入手できなかったことから、以上のマルチフィジックス計算ツールを我々のグループでモデリング、プログラミングし、これにより以後の検討が飛躍的に加速した。

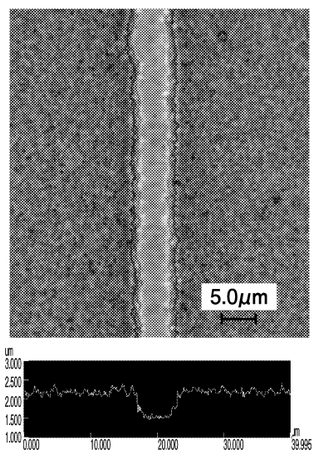
ガウシアン分布をトップハットや環状に変換する条件を見いだし、さらに、励起光にこのトップハット光を用いることでこの素子は凹レンズの役割も果たすことが分かった。さらに探索の過程で、ベッセルビームと呼ばれる焦点深度の深いビームプロファイルへの変換も可能であることを見いだした。

現状は、こうして得られた液体ビームシェイパーを用いて、レーザー光の強度分布の影響についてさまざまな検討を行っている。

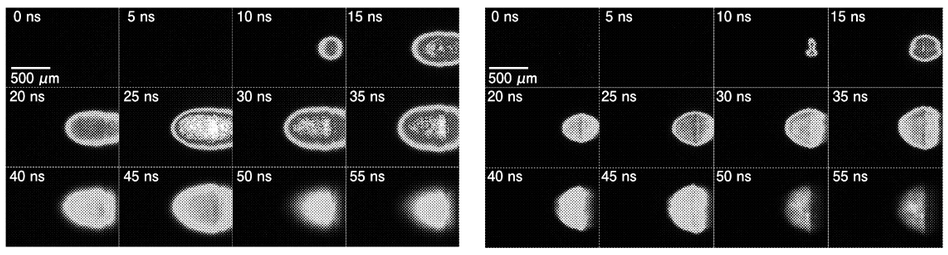
例を挙げると半導体基板への微細な貫通穴の加工や、薄膜太陽電池への溝加工であるレーザースクライビングが挙げられる。光強度分布の影響を検討や、ベッセルビームを用いることでよりスポット径を小さく、しかも焦点深度を深く、あるいは位置決めに自由度を持たせた加工の可能性を見いだすなど、CAEやその場可視化などを組み合わせたパラメトリックな評価を可能としている。

なお、これらの研究の実験・計算の遂行に当たっては、本学博士研究員のドアン・ホン・ドク氏が中心となり、博士課程学生のキム・ビョンギ氏以下の学生諸君が共に取り組んで来ている。

実際の現場でレーザー光の「形」を選択する場合には、その取り扱い易さも考えて、一品ものの固体光学素子を用いると考えられるが、その素子を導入する前に、少し幅広に「形」の選択肢を検討してみてはいかがだろうか。意外な展開を見いだせるかもしれない。



レーザースクライビングの例



ガウシアン　環状

SiC基板のレーザーアブレーション加工のナノ秒高速度可視化

精度と速度を極め、お客様の満足度を高めます！
低コスト・短納期競争に勝ちぬくために作業効率と高精度加工を実現しました。

両頭フライス盤シリーズ

WHSミニシリーズ
加工サイズ：角5～200㎜
（最小加工幅：3㎜）
WHS-200NCR

WH310NCシリーズ
加工サイズ：幅10～370㎜　長さ2200㎜
WH310NC-2200L

WHS530NCRシリーズ
加工サイズ：幅10～530㎜　長さ530㎜
WHS-530NCR

新発売 WH300A シリーズ
加工サイズ：角20～320㎜
WH300A-160

●工作機械のメンテナンス修理請け負います　●あらゆる工作機械を匠の技でレトロフィット

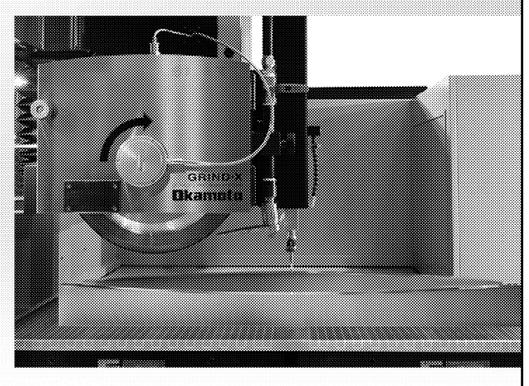
WADA KIKAI 株式会社和田機械
〒780-0001 高知市久礼野249-1　TEL 088(846)4848　FAX 088(846)4849
URL　http://www.wadakikai.com/

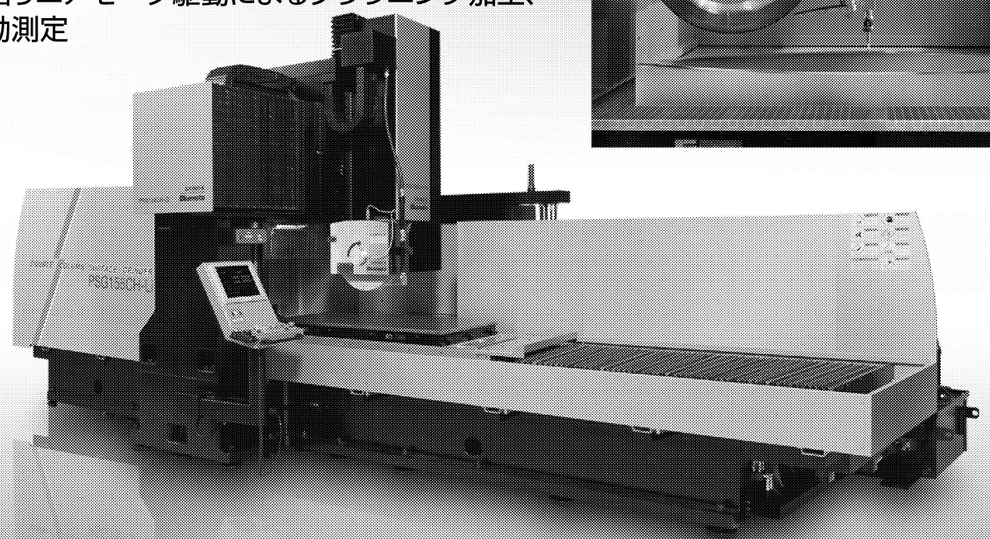
超精密門形平面研削盤
PSG156CH-Li

GRIND-X
OKAMOTO PRECISION SYSTEMS
Okamoto

世界で初めて前後600mmの中型平面研盤に門型構造を採用
独自の静圧スライドシステムにより
超精密平面加工、鏡面研削を実現

■ メカニカル方式のクロスレール調整機構（特許）、前後真直精度1μm以内
■ 左右リニアモータ駆動によるクラウニング加工、自動測定





岡本工作機械
http://www.okamoto.co.jp