

フェムト秒レーザーによる飲食用氷塊内部へのマーキング

レーザー計測制御プロジェクトスタッフ 松田 稔
株式会社大信製作所 近藤信昭

Laser Marking inside a Block of Edible Ice by Use of Femtosecond Laser Processing

Minoru Matsuda and Nobuaki Kondoh

The restaurant and the bar world needs to draw letters and figures inside an ice block. We have been developing the inner marking technique for various transparent materials by use of femtosecond laser processing. In this study, we performed the practical marking inside the edible ice block with the femtosecond laser and the scanning technique of laser beam. The result of this study indicates feasibility of applying the femtosecond pulses to the eating and drinking industries.

1. はじめに

共同研究相手先である(株)大信製作所は、氷塊を溶解して様々な形に成型する機器「アイスモールド」(図1、特許第3588775)を開発・販売している。この機器は金属の熱伝導を利用して氷を溶解し、図2に示すように氷を様々な形に成型することが可能である。近年、「アイスモールド」を導入・利用している飲食業界が、成型した氷にさらなる商品価値を付加するために、氷内部へ任意の文字や像を描画することを要望している。現状では、機器(図1)の型の内面に、あらかじめ文字や模様を作成しておくことにより、氷の表面を凹ませて文字や模様を入れている(図3)。しかし、あらかじめ型に作られた文字だけしか描画できない、氷は表面から溶けるため彫り込んだ文字の持続時間が短い、等の弱点がある。そのため、氷の内部に文字や模様を直接描画する技術の開発が望まれている。



図1 氷溶解型成型器「アイスモールド」

一方、我々はフェムト秒レーザー加工の産業応用を目指して、レーザー光の照射制御基盤技術の開発に取り組んでいる。フェムト秒レーザーは、非常に短い時間幅(≒ 100×10^{-15} 秒)の光パルスを一秒間に数千回程度繰り返して発するレーザーである。フェムト秒レーザー光を用いた材料加工は、加工部周辺への熱的な影響が著しく低い、難加工材料の加工が可能、透明材料内部の局所加工が可能という特徴を持つ¹⁾。

そこで我々は、氷内部へ任意の文字や図形を直接描くことを目的として、フェムト秒レーザー光とビーム走査技術を用いて、氷内部に視認性の高い三次元像を描画することを試みた。



(a)球形に成型



(b)ハート型に成型

図2 アイスモールドによる氷成型例



(a)サッカーボール模様



(b)文字刻印

図3 成型による氷表面への文字・模様入れの例

2. 実験方法・装置

2.1 実験装置

実験装置の基本的な構成を図4に示す。波長805nm、パルス幅約80fs、パルス繰返周波数1kHz、平均出力約300mWのフェムト秒レーザー再生増幅器光を、ND (Neutral density) フィルタで光量を制御後、対物レンズで氷内部に集光する。加工対象の氷は、コンビニエンスストアで市販されている飲食用氷を使用した。氷はグラスに入れた飲料に浮かべられることを前提としているので、約40×50×40mmの大きさに切り出した。レーザーを入射する氷の面は、あらかじめ平面に整えた。氷が透明体であること、できるだけ氷塊の中心部への描画が望まれていることを考慮して、集光用レンズには、開口数0.26、作動距離30.5mmの対物レンズを使用した。

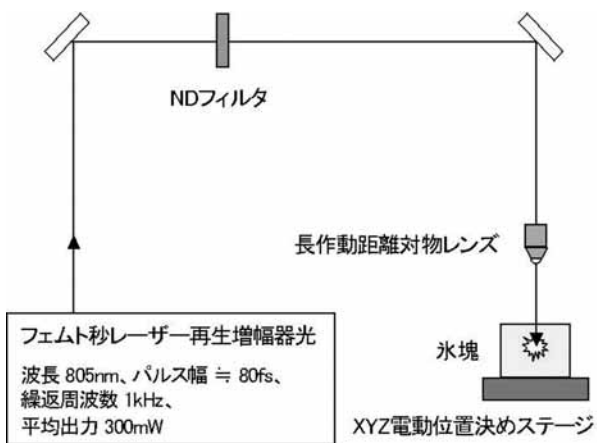


図4 実験装置の概要

2.2 レーザービームの回転走査

一般にフェムト秒レーザー加工では、加工対象試料を移動して加工するので、レーザーの集光点径程度 (数十～数百 μm) の微細な加工が行われる。今回の氷塊内部加工においては極端な微細加工ではなく、視認性の良い数mm程度の幅を持った加工痕が必要とされる。このことを実現するためのアイデアを図5に示す。ウェッジプリズムにレーザービームを通過させるとウェッジ角に依存した偏角でビームを偏向することができる。この時ウェッジプリズムを回転すると、レーザービームは円軌跡を描く。円軌跡を描かせながら加工対象試料を移動すると、加工幅を広げることができる²⁾。

【報告】

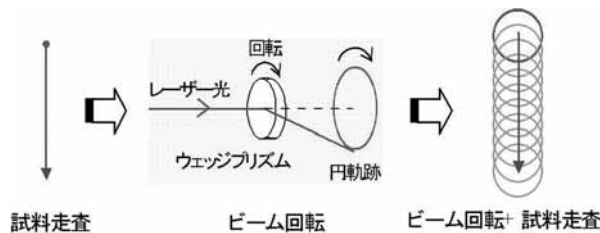


図5 ウェッジプリズムによるビーム回転走査

回転ウェッジプリズムを採用した実験装置の概要を図6に示す。基本的な構成は図5に示したものと変わらないが、集光レンズの前段に回転ウェッジプリズムを挿入し、回転走査しているビームを試料に集光して加工する。描画痕の視認性を高めるために、レーザービームを、高速回転 (5,000rpm) するウェッジプリズムを通過させた後に集光した。集光点はステージによる氷塊の動きとは独立して円を描くため、直線移動中に描画する幅が拡大する²⁾。

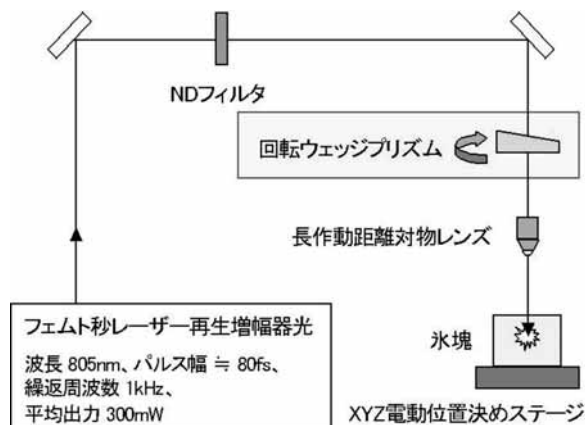


図6 回転プリズムを用いた実験装置概要

3. 実験結果と考察

3.1 氷塊内部への描画結果

図4の実験装置で、大きさ約40×50×40mmの氷塊内部中央に、大きさの異なる正方形6層で構成されたピラミッド状の三次元像 (大きさ約20×20×30mm) を描画した。結果を図7に示す。図7において、(a)は斜め上方から見た図、(b)は真横から見た図、(c)は上方 (レーザー光の入射面) から見た図である。氷は、XYZ電動位置決めステージを用いて速度4mm/秒で移動した。まず、一番下の四角を描き、焦点位置を段階的に上方へずらして三次元的に描画した。氷内部に三次元的に描画を行うことができた。しかし、共同研究相手である大信製作所から、描画痕の

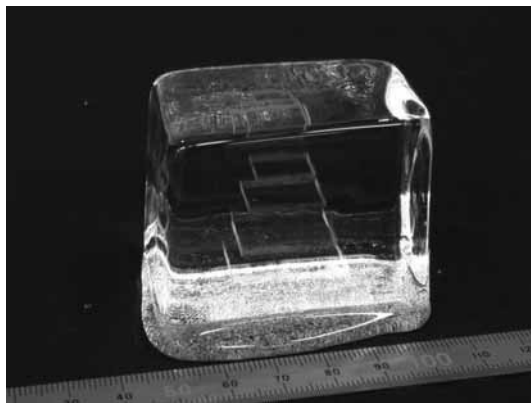
【報告】

視認性の低さを指摘された。

3.2 レーザービームの回転走査を用いた描画結果

加工痕の視認性を高めるために、ビーム回転走査機構を組み込んだ図6の装置を用いた加工結果を図8に示す。図8中(a)斜め上方、(b)横方向、(c)上方向のいずれにおいても、ビーム回転走査を行わなかつ

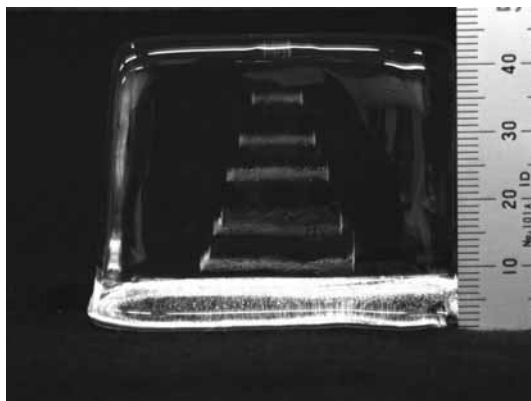
た場合の図7の加工痕に比べ描画像の視認性は著しく改善され、ビーム回転走査機構の有用性が確認できた。共同研究相手である大信製作所は、図8の結果について実用に耐える描画レベルであるとの判断を下した。



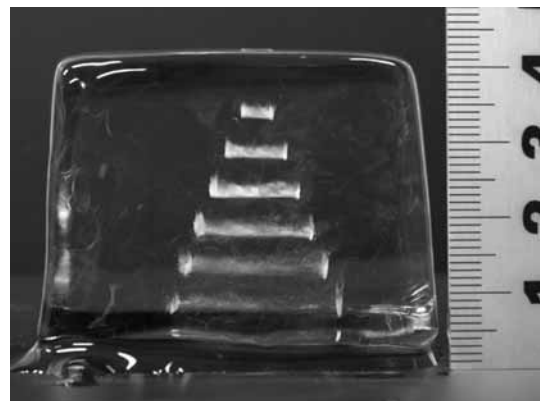
(a) 斜め上方から見た図



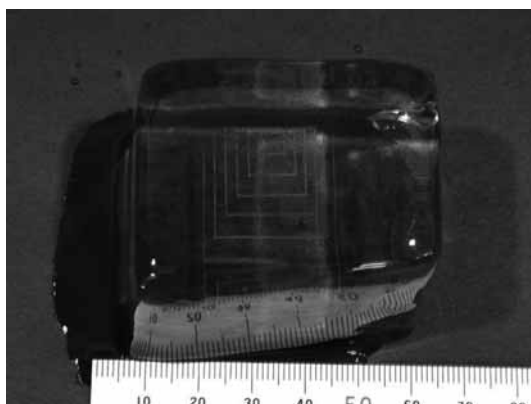
(a) 斜め上方から見た図



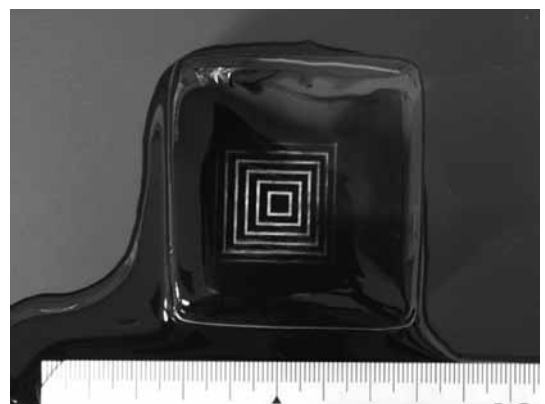
(b) 横方向から見た図



(b) 横方向から見た図



(c) 上方から見た図



(c) 上方から見た図

図7 氷塊内部加工結果

図8 回転プリズムを用いた加工結果

3.3 飲食業界での応用を目指した実証マーキング

フェムト秒レーザーとビーム回転走査技術を用いて実現した氷内部への三次元加工技術を、飲食業界で応用することを実証するための製品例を作成した。文字や図形を描くためには、前出のような直線のみでの加工ではなくステージの動きに高い自由度を持たせる必要がある。工作機械の制御に広く使われているGコードによる制御を可能としたステージを製作した。

結果を製作過程順に図9に示す。まず(a)氷塊内部に共同研究相手の社名「TAISHIN」と「ハート形」を各々異なる深さに描画する。次に(b)アイスモールドで成型すると、(c)のような製品ができる。実際に飲食業界で使われることをイメージして、完成した氷をグラスに浮かせると(d)になる。飲食業界で使用するには必要十分な氷塊内部マーキングであると判断できる。

4. 結論

フェムト秒レーザー加工の飲食業界における応用の一つとして、氷塊内部に三次元像を描画した。ビーム円形走査技術を導入することにより、描画痕の視認性を飛躍的に向上することができ、本方法の実用化への目途をつけた。

飲食業界向けの実証加工品を製作し、本方法が実用レベルに達していることを確認した。

今後は、本成果の実用化に向けて、自由度の高い描画を行うための移動ステージの高機能化、描画像の視認性持続時間の延長方法、装置の製作費用等について検討する。また、飲食店への設置や使用環境を考慮した場合、フェムト秒レーザー以外のレーザーによる実現可能性についても探索する必要がある。

参考文献

- 1) 緑川克美：フェムト秒レーザー加工，O plus E, 21-9, (1999), 1130.
- 2) 松田稔，土屋裕：フェムト秒レーザー加工における加工効率の向上，浜松工業技術センター研究報告，16, (2006), 77.



(a) STEP1 氷塊に描画 (TAISHIN+ハート)



(b) STEP2 アイスモールドで成型



(c) STEP3 球形に成型



(d) 完成 グラスに浮かべた商品例

図9 飲食業界へのビジネス展開を想定した加工サンプル例