

スキル修得とものづくりの楽しさを実感できるQRコード加工

篠田 侑志¹・後藤 伶音¹・佐藤 色波²・山本 通¹

¹機械工学科 ²株式会社椿本チエイン

日本発の技術で、世界中で広く使用されているものの1つとして、QRコードがある。筆者らは、マシニングセンタを使用した金属加工を得意にしており、QRコードを金属に加工し、それをデザインの1つとしながら、PRしたい情報も伝えられるようなものを作る実習を行うことで、学生の興味や関心を惹きながら、ものづくりのスキルアップを図れるのではと考えた。そこで、実際にアルミ材にQRコードを加工したが、当初は、製作したQRコードの情報を、スマートフォンのカメラで容易に読み取ることができなかった。そのため、本年度から試行錯誤をしながらカメラでの読取り率を向上させる取組みを行った。本稿では、それらの一連の取組みについて紹介し、切削加工で加工したQRコードの読取り率がどの程度まで向上させることができるかを明らかにする。

キーワード： QR code, Aspiring engineer, Reading accuracy, Machining, Smartphone

1. 緒言

資源の乏しい我が国は、人財こそが貴重な資源である。戦後、安価で性能のよい自動車や電化製品等を輸出することで目覚ましい復興を果たせたのは、様々な製品を開発、製造してきた優秀なエンジニアの存在があったからである。しかし、それらのエンジニアの多くが既に引退し、新興国の台頭で、製造業は苦戦し続けており、日本の国際的な影響力は年々低下している。さらに筆者らの調査では、我が国でエンジニアを志望する若者の割合が諸外国に比べ極めて低い状況も明らかになった¹⁾。また、国内では今後さらに、少子化が深刻になり、エンジニアを志望する若者の絶対数が減少し続けていくことが予想される。そこで、どのようにすれば、ものづくりの楽しさや、やりがい等を伝え、エンジニアを目指す若者を増やすことができるのか模索しているところである。

ここで、日本発の技術で世界中で広く使用されているものとして、QRコードがある。筆者らは、マシニングセンタを使用した金属加工を得意にしており、QRコードを金属に加工し、それをデザインの1つとしながら、PRしたい情報も伝えられるようなものを作ることを考えた。学生らに実際にQRコードが加工されたサンプルを自由に製作させるような実習を行うことができれば、学生の興味を惹きながら、ものづくりのスキルアップを図れるとの思惑からである。そこで、実際にアルミ材にQRコードを加工したが、当初、スマートフォンのカメラで情報を容易に読み取ることができなかった。そのため、本年度から試行錯誤をしながらカメラでの読取り率を向上させる取組みを行った。本

稿では、それらの一連の取組みについて紹介し、切削加工で加工したQRコードの読取り率がどの程度まで向上させることができるかを明らかにする。

2. QRコードの切削加工

QRコードは、1994年に愛知県の自動車部品メーカー・(株)デンソーで開発されたマトリックス型二次元コードである²⁾。本章では、QRコード付きのキーホルダー製作の経緯と、その取組み内容について紹介する。

(1) QRコード加工に至った経緯

15歳からの5年間一貫教育で技術者を育成する高専では、卒業年度の5年次に卒業研究を行う。本校・機械工学科でも、4年次の3月に、各学生が希望する分野の研究室に学生が配属され、約1年間の研究活動を行っている。筆者らが所属する研究室にも、毎年4名前後の5年生が配属され、5軸マシニングセンタの精度向上に関する研究³⁾、潜像加工に関する研究⁴⁾、振動解析に関する研究⁵⁾、実践的な学習教材開発等の研究⁶⁾等を行っている。

また、前述したように本研究室は、特にマシニングセンタに関しての経験が豊富であり、卒業研究の一貫で、マシニングセンタを通してエンジニアの基礎を学べる実践的な教材作成も行っている。これにより、卒研生自身の実験スキルアップ、プレゼンテーション能力アップや、低学年学生の実験スキルアップを目指している。

昨年度も同様の取組みを行った中で、学生から、実験実習で金属にQRコードを加工すれば、学生の興味を惹くこ

とができ、切削加工機に関する知識や技能等を得ることができるとのではないかと提案があった。また、オープンキャンパス等で、本校ホームページをリンク先とした QR コード付きの加工サンプルを配布することで本校の PR にもつながることから、QR コード加工の取組みを開始した。

(2) QRコード加工

図-1に示すようなQRコード(リンク先は、本校のホームページ)を、web上の無料ページ⁷⁾を利用して作成し、本研究室で開発したCAMにQRコード画像を読み込ませた。なお、開発したCAMは画像の濃淡情報を、以下の式(1)を使って、濃淡情報を高さ情報に変換した。

$$ZT = (ZH - ZL) NC / St + ZL \quad (1)$$

ただし、ZHは画像部加工パスのZ座標最高設定値、ZLはZ座標最低設定値、Stはグレースケールの分解能、NCは各ピクセルから得た色情報である。本実験ではZH=0、ZL=-0.1としてNCデータを作成し、加工シミュレーションを行ったうえで、本校に設置されているマシニングセンタで、加工を行った。加工結果を図-2に、加工条件を表-1に示す。

(3) QRコードの読取り

製作した図-2のQRコードサンプルをスマートフォンのカメラで読取ろうとしたが、通常のカメラ機能では、うまく読み取れなかった。そこで、AIが搭載されているGoogle レンズ⁸⁾を使用して読取りを試みると、確率は非常に低い、読取ることができる場合もあることが分かった。



図-1 大分高専ホームページへの QR コード

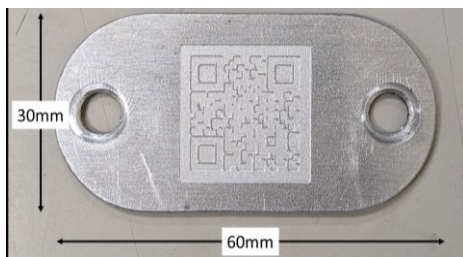


図-2 2022 年度に製作したキーホルダー

表-1 QR コード部の加工条件

Spindle speed	8000min ⁻¹
Feed rate	800mm/min
Depth of cut	0.1mm
Pick feed	0.1mm
Work material	A5052
Tool	R0.5mm ball end mill

3. 条件変更等による試行錯誤

前章で製作したQRコードは、読取り精度に問題があることが分かった。そこで、読取り精度を向上させるために、様々な検討を行った。その結果について本章では紹介する。なお、いずれのQRコードも引き続き、リンク先は本校のホームページとした。

(1) 誤り訂正機能の変更

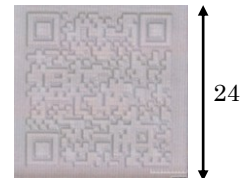
QRコードには、コードの一部が欠損しても、コード自身でデータを復元する「誤り訂正機能」がある。誤り訂正機能には4段階のレベルがあり、一般使用ではレベルLやM、汚れが付きやすい工場などの環境ではレベルQやHの使用が推奨されている⁹⁾。ここで、前章で作成したQRコードを調べてみたところ、最も誤り訂正機能の低いレベルLであったことが分かった。そこで、誤り訂正機能を選択できるwebページ¹⁰⁾から誤り訂正機能の最も高いレベルHのQRコード(図-3(a))を作成し、表-1と同じ条件で加工を行った結果が図-3(b)である。これを、前章と同様に、Google レンズを使ってQRコードの読取りを行おうとしたが、前章のサンプルとは異なり、全く読み取れない状況となった。これは、誤り訂正機能を入れたことで、複雑なQRコードとなったことが原因の可能性が高い。したがって、以降の実験は全てレベルLのQRコードを使用することとする。

(2) 加工シミュレーション結果の分析

図-4(a)は、レベルLのQRコードの加工シミュレーション結果である。この画像を実際のQRコードに近づけるために、一部を黒で塗りつぶした画像が図-4(b)である。この画像に対してGoogle レンズでの読取りを試みたところ、確実に情報が読み取れた。図-4(b)は、目視で確認できるほど、図-1と比べて形状に違いがあるため、切削を使ったQRコードを成功させるには、いかに濃淡差を表現できるかが最も重要であることが明らかとなった。

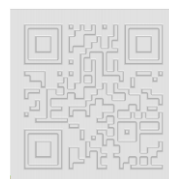


(a) レベル H の QR コード



(b) 加工結果

図-3 誤り訂正機能を最高レベルにした QR コード



(a) シミュレーション結果



(b) 黒で塗りつぶし

図-4 シミュレーション結果の読取り精度比較

(3) 加工面と切り込み量の変更

使用したCAMは、画像の濃淡情報を高さに変換しNCプログラムを出力しており、実際のQRコードの形状まで考慮しているわけではない。そのため、加工深さが深くなると、意図しない側面部分も加工することになるため、前節で示したように加工後のQRコード形状が元画像と比べると少し変化する。そのため、切込みを0.02mmに変更し、その他は表-1と同じ条件で加工することにより、元画像に近い形状に近づける工夫を行うことにした。

一方、前節までの結果により、QRコードの白と黒の部分のコントラストをいかに表現するかが重要であることが分かった。そのため、金属光沢が出しやすいフライス加工面と、周速ゼロ部付近で加工したボールエンドミル加工面の2つの加工面を共存させることでコントラストを表現することを考えた。

具体的には、最初にフライスで基準面加工をした後、最大切込み0.1mmで作成したQRコード用NCデータをNCに読み込ませ、QRコード加工用工具の工具長補正值を0.08mm加算し、実質切込み0.02mmでQRコード加工を行った。その結果が図-5(a)で、図-5(b)に示すようにGoogleレンズでの読み取り精度が格段に上がった。

(4) 工具形状の変更による読み取り精度の比較

工具径を小さくすればするほど、より精密に加工が可能となるのは明らかであるが、前節までは工具形状等に関して調査をするまでには至っていなかった。そこで、工具形状を変更した場合に、読み取り精度の向上が図れるのか確認するために加工を行った。使用する工具は、図-6(a)に示すR0.3mmボールエンドミル、図-6(b)に示す先端角90°のエンドミル、図-6(c)に示す先端角120°のエンドミルである。加工条件は、工具形状の変更、切込みを0.02mmに変更した以外は、表-1の加工条件と同じとし、加工を行った。その時の加工結果を図-7(a)~(c)に示す。読み取り精度としては、工具形状の変更による差異は見られず、今回も加工面にあ

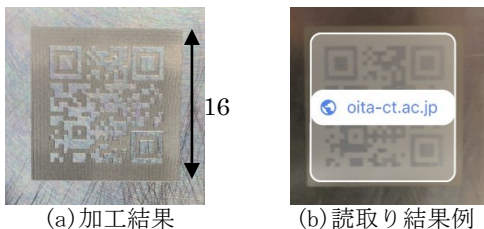


図-5 加工面と切込みを変更したQRコード

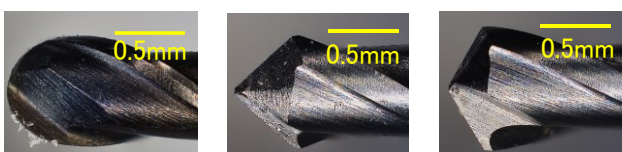


図-6 QRコード加工用工具

たる光の具合でコントラストが変わり、読み取れる瞬間と読み取れない瞬間とが分かれた。

(5) 材質変更による読み取り精度の比較

光の反射や加工部と被削材のコントラストの関係で見え方が異なるため、色の異なる被削材にQRコードを加工し、その読み取り精度を比較する。具体的には、前節でアルミ材に加工した時と同じ条件で、真鍮に加工を行った。図-8(a)~(c)が、加工結果である。加工形状はA5052での加工結果と変わらないが、フライス面がA5052よりも、金属光沢で虹色に光る部分が少なかった。そのためQRコードの読み取り精度が良かったように感じたが、全く同じ環境で読み取れていないため正確に断定はできない。

(6) 考察

図-7と図-8で示したQRコードは、図-9に示すようなマシニングセンタ内部で撮影した。同じサンプルを、マシニングセンタから取り出して撮影した写真が、図-10と図-11である。ここで、図-11(b)の矢印で示す部分に注目すると、QRコード左上の四角形の中は白く見える。一方、図-8(b)の同じ部分は、黒く見える。つまり、周辺の光の位置や量、QRコードに向けるカメラの角度など、撮影環境によって、見え方が異なるわけである。

実際、図-9に示すマシニングセンタ内部の右上蛍光灯を切ると、QRコード加工面に反射する光が少なくなるためか、



図-7 アルミ材・工具変更による比較



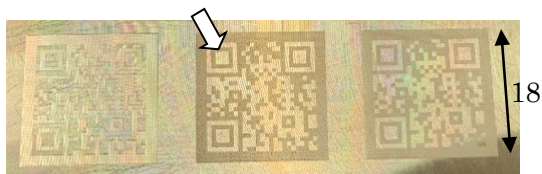
図-8 真鍮材・工具変更による比較



図-9 マシニングセンタの内部



(a)R0.3mm ボール (b)先端角 90° (c)先端角 120°
 図-10 アルミ材・撮影環境による見え方の違い



(a)R0.3mm ボール (b)先端角 90° (c)先端角 120°
 図-11 真鍮材・撮影環境による見え方の違い

QRコードの読取り率が劇的に向上した。明るさが暗ければコントラストが弱まり、読み取りにくくなると思われたが、フライス面にあたる光の向きの変化で読み取りやすくなっていると考えられる。以上のように、現状では、切削によるQRコード加工は、エンドミルで白い部分を切削し、フライス面を黒い部分として表現しコントラストを出すことで、読み取り率を向上させることができた。

4. 結言

本取り組みでは、切削によるQRコード加工に挑戦した。得られた成果や今後の課題を以下に示す。

- 1) AIが搭載されたGoogle レンズ等を使用すれば、通常のスマートフォンに付属のカメラで、切削で加工されたQRコードの読取りができる場合があることを確認した。
- 2) 切削で加工したQRコードを認識させるには、QRコードの黒い部分と白い部分をいかに認識させることが重要であることが分かった。一方、元のQRコードから多少誤差が含まれた形状でも、情報の読み取りは可能であった。

3) 本研究ではQRコードの黒部をフライスで加工し、白部を各種エンドミルで加工することで、QRコードの読取り率を上げることができた。

3) A5052に加工したQRコードより真鍮に加工したもののほうが、読み取り精度が高い傾向にあった。しかし、読み取れるか否かは、現状では光の当たり方等、環境に大きく左右される。

4) QRコード加工は、比較的容易で、加工時間も短い。また、加工後、学生が自らのスマートフォンで、加工したQRコードが読み取れるか否かを、手軽に確認できる。そのため、QRコード加工を学生実験等に取り入れることができないか、今後検討していきたい。

参考文献

- 1) 高橋徹, 松本佳久, 樋口勇夫, 前稔文, 山本通: 高専志願者とエンジニア志望, 工学教育, 70, 6, pp.41-45, (2022)
- 2) (株)アंक: インターネット技術の絵本, 翔泳社, p.102, (2014)
- 3) 山本通, 西川創太: 5軸マシニングセンタの回転軸角度誤差測定に関する研究, 大分工業高等専門学校紀要, pp.14-18, (2019)
- 4) 山本通, 安藤 開: 切削による潜像加工への挑戦, 精密工学会誌, 84, 9, pp.776-780, (2018)
- 5) 山本通, 佐藤寿哉, 桐井彩斗: 振動解析に関する取組みの一例, 大分工業高等専門学校紀要, pp.26-29, (2021)
- 6) 山本通, 佐藤色波, 須藤優樹, 中谷賢希, 平山創大: 5軸マシニングセンタとVBAによる実践的な学習教材, 大分工業高等専門学校紀要, pp.18-23, (2022)
- 7) <https://qr.quel.jp/>
- 8) <https://k-tai.sharp.co.jp/appli/useful/google/09lens.html>
- 9) QRコードのおはなし, 日本規格協会, pp.38-39, (2002)
- 10) <https://www.cman.jp/QRcode/>

(2023.9.28受付)