

# 積層造形技術による金属製カスタム照明の開発と デライト価値の創出

寺西正俊<sup>\*1)</sup> 西田一人<sup>\*2)</sup> 中野貴由<sup>\*\*</sup>  
田中敏宏<sup>\*\*</sup> 掛下知行<sup>\*\*</sup>

## 1. はじめに

工業製品のグローバル競争の激化は、コモディティ化<sup>†</sup>を促し、製品の低価格化への歯止めがかからない状況にある。一方、先進国を中心とした世界の富裕層20億人に対しては、個々人の価値観に合わせた only one としての高付加価値を持つ製品需要の高まりが期待される。高付加価値製品実現のためのキーワードは、デザイン価値、顧客価値、カスタム価値である。製品の基本性能の追求に加えて、ユーザ各人のニーズにフィットさせる(カスタム製品)とともに、人間の内面に踏み込んだ製品価値追求が製品の高付加価値化と強く相関する、例えば感性工学に基づくデライト品質向上は、新たなデライト価値の高い製品を生み出すことを可能とする<sup>(1)(2)</sup>。

金属製品は、さまざまな形状、色、光沢、力学をはじめとする機能などで、私たちの生活を楽しく、豊かにする。例えば、金属チタンは表面に強固な酸化 TiO<sub>2</sub> の不動態被膜を形成することにより耐食性に優れ、非常に薄い薄膜の形成は可視光を透過し自然な金属光沢を失わない。その上、強度は一般的な炭素鋼以上であるが、密度は炭素鋼の半分程度と軽量比強度は極めて高い。さらに、酸化被膜の厚さに応じた光の干渉により発色のバリエーションを得ることができるため、装飾性にも優れた金属材料といえる。このようにチタンは軽い、強い、錆びにくい、美しい(高級感を与える)といった特性を持つと同時に、人に優しい、安心・安全な金属として知

られている。一方でチタンは他の金属素材と比較して、難加工性でありプレス成形、研削、研磨が難しく、高温活性による鑄型との反応により鑄造体の作製が必ずしも容易ではないなど制約があり、これがチタンおよびチタン合金の製品への用途を限定させてきた。

こうした欠点を解消し、利点を活かす方法としては、金属積層造形法が挙げられる。近年急速な普及が進んでいる本手法は、自由形状付加製造法の一つで、電子ビームやレーザービームを熱源に走査により金属粉末を選択的に熔融、凝固させ、それを積層することで、3次元構造体を作製する新技術である。従来の加工法では困難であった複雑形状の3次元構造体や多孔質体あるいは傾斜構造体がニアネットシェープもしくはネットシェープで作製可能となる。加えて、チタン合金のように難加工性・高温活性の材料に対しても成形体を作製可能とすることから、従来の製品製造では利用できなかった金属、合金の製品製造手法として期待される。さらに、金属積層造形法の一つである粉末床熔融(powder bed fusion)法は形状だけでなく、熱エネルギー投入の方向性や熱勾配、熱流束の制御により材質を独立に制御することができることから、ユーザのニーズや使用環境に適合可能な製品の開発が進むことが期待される。そこで、新たな高付加価値製品の創成を目指し、金属粉末を出発材料とした積層造形技術を利用した金属製カスタムデライト照明の製品開発を行うとともに、ユーザのデライトを評価する手法について検討した。

## 2. カスタムデライト照明製品の開発

本開発では粉末床熔融法による積層造形用材料として Ti-6Al-4V 合金粉末(平均粉末粒径 80 μm)を用い、電子ビームによる金属粉末積層造形手法により造形を行った。この合金は整形外科インプラントとして医療承認を受けている材料でもあり、安心・安全な製品を提供できる。そこでまず第一段階として、設計した複雑形状に対し Ti-6Al-4V 合金による粉末床熔融法での造形実現性と、チタン合金製照明セードによって投影される陰影を確認した。カスタム照明は、異なる

\* パナソニック株式会社生産技術本部; 1)部長 2)所長

\*\* 大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻; 教授  
Development of Metal Customized Illumination by Additive Manufacturing Technology Based on the Delight Design; Masatoshi Teranishi\*, Kazuto Nishida\*, Takayoshi Nakano\*\*, Toshihiro Tanaka\*\* and Tomoyuki Kakeshita\*\* (\*Production Engineering Laboratory, Production Engineering Division, Panasonic Co., Ltd. \*\*Division of Materials and Manufacturing Science, Graduate School of Engineering, Osaka University)  
2015年10月23日受理[doi:10.2320/materia.55.18]

† 商品機能、品質面での大差のない製品が流通すること。

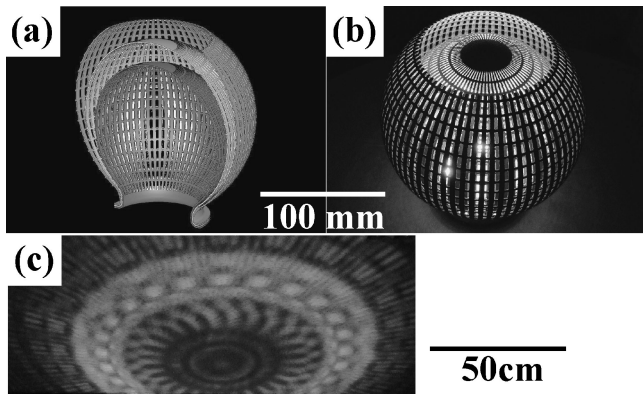


図1 (a)設計したカスタム照明セードの3次元断面像, (b)造形したカスタムセード(上向き指向性ライト照明)の外観と(c)同照明により天井に映し出される陰影。

3つの大きさの球形により構成される3重構造を基本とし, すべての球に対して光透過スリットを配置し, 最表面層の上部に開口部を設けた照明セードとし(図1(a)), 設計・造形を試みた。設計した3次元データに基づく造形精度 $\pm 500 \mu\text{m}$ 以内の照明セードの造形が可能であった(図1(b))。同照明セードを上方向の指向性ライトと組み合わせて照明として使用した際の照明の外観, 天井に映し出される陰影をそれぞれ図1(b), (c)に示す。スリットからの光の透過による直接光, 金属による光の遮蔽・反射による間接光のバランスで生成される独特な模様の陰影が描き出されていることがわかる。

次にこうした金属特有の陰影を利用して, 意図的に陰影を制御することで空間の明るさ感(空間全体から受ける明るさの印象)を変えることの可能性を検証した。光の透過率が一定の条件でスリットサイズ・数の違いによりスリットの照明セードに対する面積割合が異なる3種類の球で構成される3重構造の照明セードにおいて, 外層と内層のスリット的面積割合を変えた2種類の照明セードを設計し, 造形した(図2)。光量が同じにも関わらず天井, 壁に映し出される陰影は大きく異なり, 照明により与えられる明るさ感の違いを生み出すことに成功した。設計とともにこのような実使用と同じような体験をスマートフォンやタブレットなどのモバイル機器を用いてCG(コンピュータグラフィックス)やAR(拡張現実)により確認するシステムも同時に開発しており, 「モバイル・ファースト」(モバイルを中心にデザインしたツール)による次世代イーコマースへの展開も図っている。

加えて, 金属積層造形では, 既存工法では実現不可能なラティス構造のような多孔質構造を形成できることから, 金属積層造形ならではの新たな機能形状を付与することで製品に対し, これまでにない付加価値を創出可能である。本開発では, ラティス構造を利用することで弾性率を向上させ壊れにくいカスタムセード外殻をコンセプトとしたラティスシェルボールを開発した。弾性率を向上させる照明セード外殻構造として図3に示すラティス構造を有する外殻を設計した。設計した3次元データに基づき金属積層造形装置によりTi-6Al-4V合金粉末を用いてラティスシェルボールを造形し

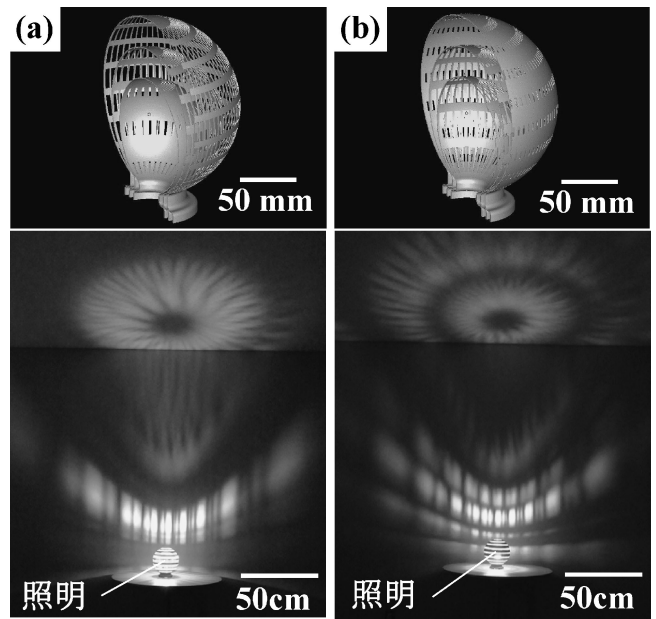


図2 光透過率を一定として設計した2種類のカスタム照明セードの3次元断面像と同照明により天井, 壁に映し出される陰影.  $X_{外(a)} = X_{内(b)}$ ,  $X_{中(a)} = X_{中(b)}$ ,  $X_{内(a)} = X_{外(b)}$  ( $X_i$ :  $i$ 層のスリット的面積率)。

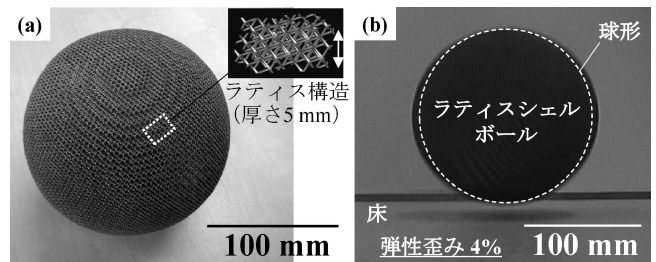


図3 (a)ラティスシェルボールの外観とラティス構造と(b)床との衝突直後のラティスシェルボール(120 fpsで撮影)。

た。ラティスシェルボールを約700 mmの高さから落下させた際, 床との衝突直後ラティスシェルボールは歪み, その後球形に戻るといった弾性変形をしながら弾む挙動を示した。Ti-6Al-4Vのバルク体の弾性歪みは1%程度<sup>(3)</sup>であるが, 弾んだ直後のラティスシェルボールの画像解析から4%の弾性歪みが得られていることが分かった(図3)。従来の工法では困難であったチタン合金へのラティス構造の付与により, 機能を飛躍的に向上させ, 耐衝撃性を発現した新しい価値を持つ製品を実現させることが可能となった。このような構造による機能性向上に加えて, 金属材料そのものの材質(結晶構造, 原子配列の規則性, 結晶粒形状, 結晶集合組織, 結晶粒界の有無(単結晶, 柱状晶, 多結晶)など)を制御することで, よりユーザのニーズ, 使用環境に適合させた材質・形状をもつ製品づくりが可能となる。このように, 照明セードの外観, 空間の明るさ感, 使用感などをユーザのデライト価値に適合させ完成したこだわりの照明は, 従来の製品では味わうことのできなかった愛着のある部屋を演出するものと思われる。

### 3. デライトアセスメント®

これまで大量生産品は、ユーザ適合化を目指して、「平均的なユーザ・ニーズに対し better な製品」を生み出すため、人間工学や感性工学の観点からユーザのニーズや感性を明らかにする手法が使われてきた。一方で、商品のカスタム設計には、従来行われてきた平均的な人間特性の把握よりも個人差に着目した指標開発を行うことで、より個人の特性に合致した商品を創出するための手法を開発する必要がある。つまり、ユーザ要求やユーザが購入した後のユーザ満足度、デライト価値を定量的にアセスメントし(デライトアセスメント®: 満足度や喜び品質の客観的指標評価)、設計仕様に迅速につなげる手法が重要となる<sup>(2)</sup>。人間工学や感性工学に基づくプライオリティマップ(重要な項目の明確化)、行動観察・視線解析、価値観マップ(価値観によるユーザ分類)、S-H変換(ユーザにフィットさせる設計)などは客観的・定量的に評価する手法であり、デライト価値を測る手法(デライトアセスメント)への応用展開やカスタム製品開発への適用が考えられる。例えば、プライオリティマップではユーザがどのような項目を重視し、何に不満を持っているかを明らかにすることで、ユーザの不満や困りごとを解消するデライトな製品提案をすることができ、課題を解決する方法を探ることでユーザのニーズにマッチしたデライトな製品が生み出せる。また、人体計測技術と統計解析技術を用いて、ユーザの感覚(Soft)を設計(Hard)に使える値に変換するS-H変換は、使いやすさだけでなく、上質感のある外観デザインに結び付く重要な要因を明らかにするなど、デライト価値を高めることにも適用が可能である(図4)。このようなユーザの感覚や感性を設計に落としこむ手法は、ひとりひとりにフィットすることを目的とするカスタム製品には欠かせない技術である。このように評価された結果を設計へ反映できるフィードバックシステムの構築を現在進めている。

### 4. まとめ

本稿では新しい価値をもった製品開発の実現を目指し、積層造形技術を利用した金属性カスタムデライト照明の製品開発ステップを紹介した。製品をカスタム化するとともに構造・材質制御による機能性を向上させることに加えて、デライトアセスメントの結果を製品設計にフィードバックすることで、ユーザひとりひとりの満足度を様々なかたちで実現でき、従来は対応できなかった平均値からはずれたユーザに対してもデライトな製品を提供できるなど期待されることは大きい。本開発は国家プロジェクト SIP(戦略的イノベーション)

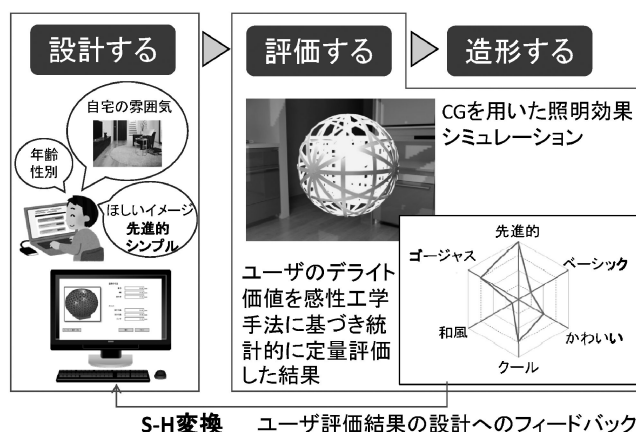


図4 カスタム設計とユーザ評価のフィードバック。

ン創造プログラム)革新的設計生産技術の研究テーマの一つである「三次元異方性カスタマイズ化設計・付加製造拠点の構築と地域実証」<sup>(4)(5)</sup>で取り組んでいる内容であり、本稿で紹介した照明を一例としてカスタムデライト製品群の拡大を進めている。このことは従来製品への展開が限定されてきた難加工性金属の用途拡大への礎になるものとも期待される。

### 5. 特許

本開発に関連して、特開2013-094390: 構造体の製造方法および構造体、特開2011-136083: 衝撃吸収構造体およびその製造方法、商標第5777527号: デライトアセスメント、商願2015-46048: デライトアセスメント(登録査定2015年9月15日)を出願、登録済みである。

本稿の一部は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「革新的設計生産技術」(管理法人: NEDO)によって実施されたものです。

### 文献

- (1) 荒井栄司, 鈴木秀生, 寺西正俊: まてりあ, **54**(2015), 500-501.
- (2) 川口亜紀, 小川哲史, 水谷美香, 寺西正俊: まてりあ, **54**(2015), 513-514.
- (3) O. M. Badr: Ph. D. Diss., Deakin Univ. (2014).
- (4) 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP: エスアイビー), <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>.
- (5) 「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)/革新的設計生産技術」「三次元異方性カスタマイズ化設計・付加製造拠点の構築と地域実証」～異方性カスタム設計・AM 研究開発センター～, <http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/sipk/>.