

平成30年6月21日現在

機関番号：58001

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12815

研究課題名(和文) 衝撃成形による金属製新規レプリカ標本制作の試みと技術応用の検討

研究課題名(英文) Attempts to create new metallic replica specimens by shockwave molding and consideration of technical application

研究代表者

嶽本 あゆみ (TAKEMOTO, Ayumi)

沖縄工業高等専門学校・生物資源工学科・准教授

研究者番号：60505858

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：植物標本に関しては、外形から葉脈、表面組織構造が微細に金属板上に転写された。指先で明瞭に転写の凹凸が確認でき、人間の指の2点識別距離基準を満たした。鳥の羽毛の転写は、視覚では転写された単独の羽毛が確認できるが、触覚ではほとんど変化が確認できなかった。原型の素材に寄らず、葉の重なりや、折り紙のような重なった構造をとる原型の衝撃成型レプリカは、その内部の立体構造を転写する。この場合は視覚によっても構造を把握しづらくなる。不特定多数が触る展示を前提とした博物館標本としては銅、アルミニウムが適する。走査型電子顕微鏡観察によりほぼすべての細胞壁ならびに細胞壁表面構造の68%程度の転写を確認した。

研究成果の概要(英文)：Regarding plant specimens, the outer shape, vein and surface texture structure were finely transferred onto the metal plate. The feathers of birds can be confirmed visually by single fiber on the metal plate, however, little change can be confirmed by touch. Regardless of the material of the original mold, the shockwave molded replica by overlapping leaves or origami structure like origami transcribes its internal three-dimensional structure. In this case, it is difficult to grasp the structure even by visual sense. Copper and aluminum are suitable as museum specimen presuming exhibits that can be touched by unspecified people. By scanning electron microscopy, transcription was confirmed in almost all cell walls and about 68% of the cell wall surface structure.

研究分野：衝撃波利用学

キーワード：ハンズオン展示 バリアフリー レプリカ標本 塑性加工 衝撃波

1. 研究開始当初の背景

衝撃波とは、音速を超える速度で伝播する高圧力の波を指す。音速は常温で大気中なら秒速 350 メートル程度、水中なら秒速 1500 メートル程度である。圧力は通常実験で利用するのは数 10MPa から数 GPa 程度であり、超音速で高圧が伝播するために対象物への負荷時間は数マイクロ秒程度の極端に短いものとなる。そのため、瞬間的高圧と呼ぶこともある。

衝撃波には金属に対する塑性加工の効果がある。衝撃成形は、爆発圧着や爆発硬化などの材料生産・加工技術と共に 1960~1990 年代に衝撃圧力利用研究として産学双方で盛んに研究が行われた¹⁾。その中で板材の型成形技術は多品種・少量生産に適している²⁾即ち製造ラインに組み込むことが困難である。近年では爆発実験設備を有する等の特殊な大学等研究機関で記念品や看板などの美術品の製作³⁾に用いられる程度であり、産業における衝撃成形技術が失われつつある。こうした現状を憂慮し、前述大学機関の一つである崇城大学工学部の藤田昌大教授、森昭寿准教授らにより、2015 年 8 月に崇城大学ギャラリーにて「爆発成形作品展」が開催され、カッティングシートや粘土細工を型とした作品が紹介された。

1) 荒木, "衝撃高圧力技術の 35 年" 高圧力の科学と技術, 4(2), 1995, pp.105-106

2) 外本, "爆薬を利用した衝撃材料プロセッシングの現状と将来展望" 高圧力の科学と技術, 17(4), 2007, pp.341-346

3) 藤田, "爆轟エネルギーによる成形加工" まてりあ 36(5), 1997, pp.464-467

2. 研究の目的

本研究では、衝撃成形による再現性の高さや強度ならびに二次加工性を活かし、新規レプリカ標本作成技術として活用することを目的とする。金属上に細密に写し取られた標本は、走査型電子顕微鏡画像同様に構造観察を行いやすい上、視覚障害者が手に取り構造を知ることができるバリアフリー標本としても活用できる。本研究では衝撃成形技術の細密さと立体再現性とを活かした標本作成し、単なる作品としてではなく学術的、教育的な活用を検討する。

3. 研究の方法

1. 衝撃成型レプリカ標本に適した原型試料の検討。動植物の比較的平面的な部位を原型試料として採取して用いた。植物は葉を中心に用い、動物由来試料である昆虫類の翅、鳥類の羽毛などは生存個体からの採取ではなく落下物や遺骸から採取した。

2. 金属試料として銅ならびにアルミニウムを中心に展性に富む金属板を用い、板厚は 0.1~0.3mm を検討した。

3. 衝撃成型実験は主に導爆線と 6 号電気雷管を発生源とした水中衝撃波を利用した。

4. 衝撃成型レプリカ標本の再現性の解析は、主に走査型電子顕微鏡を用いた表面構造解析を行った。また、紫外線硬化樹脂を用いたレプリカ標本からの型成形による複製も試みた。

4. 研究成果

植物標本に関しては、外形から葉脈、表面組織構造が微細に金属板上に転写された。指先で明瞭に転写の凹凸が確認でき(図 1)、人間の指の 2 点識別距離は 3~5mm 程度の触覚分解能とする基準⁴⁾を満たした。



図 1 衝撃成形によるカンヒザクラ (*Cerasus campanulata* (Maxim.) Masam. & S.Suzuki) 葉のレプリカ (左: アルミニウム板・凸面、右: 銅板・凹面)

一方、キジバトの羽根の転写を試みた際は、視覚では転写された単独の羽毛が確認できるものの、触覚ではほとんど変化が確認できなかった。視覚障がい者に対応する標本としては原型がある程度の厚みをもつ必要が考えられる。

また、原型の素材に寄らず、葉の重なりや、折り紙のような重なった構造をとる原型の衝撃成型レプリカは、その内部の立体構造を転写する(図 2)。この場合は本来複数の層を成している構造が一枚の板上に重ねて転写されるため、視覚によっても構造を把握しづらくなることが判明した。このため、成型を行う前に標本同士の重なりが生じないように配置を整える必要がある。



図 2 原型試料の折り重なり部分。複数の構造が 1 枚の銅板上に転写されている。

衝撃成型において原型試料と金属試料との間に気泡が存在すると、衝撃波により気泡が大きく膨張するため、金属試料上に気泡痕

を残す(図3)。この痕跡は常圧での気泡と比べて非常に大きなものとなるため、衝撃成型の仕上がりは気泡の除去にあり、今後の大きな課題となる。

金属試料は金や銀といった展性が高い金属への転写は良好であったが高価な貴金属であるため、不特定多数が触ることのできる展示を前提とした博物館標本としては適しているとは言えない。比較的安価かつ転写性が良好な金属は銅およびアルミニウムであった。



図3 衝撃成型後のアルミニウム板上の気泡痕

銅板厚 0.2 mm、衝撃波圧力およそ 123 MPa の条件で衝撃成型を行ったイチヨウ (*Ginkgo biloba* L., 1771) ならびにカンヒザクラ葉の、走査型電子顕微鏡による表面構造観察(図3)で細胞壁や、細胞壁表面構造の68%程度の転写(図4)が得られた。また、イチヨウ葉ならびにトンボ翅の衝撃成型レプリカを原型として紫外線硬化樹脂による複製品の作成を試みた。構造が転写されるのは片面のみとなるが安価に精密・微細なレプリカが作成できることから、これらを用いた体験学習教材への展開の可能性が期待される。

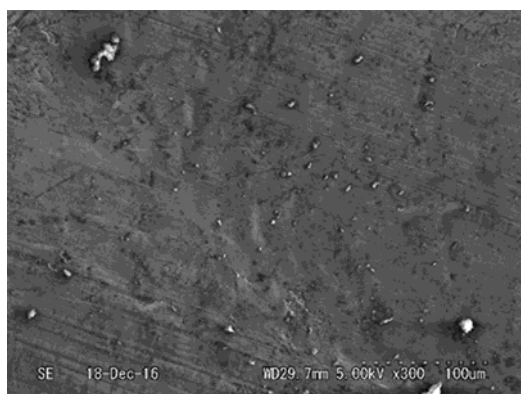


図3 走査型電子顕微鏡(日立ハイテクノロジー社製 S-3600N)によるイチヨウ葉の衝撃成型レプリカの表面構造。細胞壁や細胞表面構造が転写されている。

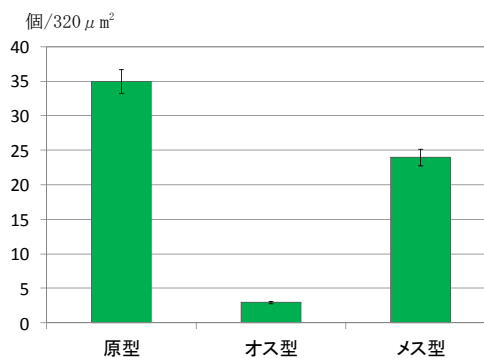


図4 走査型電子顕微鏡によるイチヨウ葉の衝撃成型レプリカの細胞表面構造の数比較

衝撃成型レプリカ標本の利点と課題を以下にまとめる。

利点として、原型試料が軟らかいものや脆いものであっても、金属板に成型できる。そのため安心して触れることができるハンズオン展示が可能となる。また、表面構造が明瞭になり、実物を見るよりも分かりやすい。これは生物学におけるスケッチを立体的に表現したものと表現できる。金属板であるため、手で触れてもほとんど損傷しない。脆く触ることで形を失うような試料であっても、衝撃成型レプリカにより、触覚による観察が可能となる。

課題点として、テクスチャ構造は成型するが手触りは複製できない。これは物体を把握するための要素の一つ欠いていると言える。重なり部分の内部構造が反映されるため、部分的に分かりづらい構造の可能性がある。平面かが容易な原型試料では問題とはならないが、重なりを伴う立体構造をもつ原型試料を用いるためには今後対策手段の構築が必要である。小さな気泡が大きなノイズとして成型されるため、仕上がりが真空密封の完成度に依存する。今後は標本としての活用上、茎や根などの植物の全体像を触覚により確認することができるレプリカ標本を作るために、標本の大型化を検討する必要があるため、いかに真空密封を行い、また真空密封を保った状態での衝撃成型を行うかが最大の課題となる。このためには真空ポンプの性能だけでなく、脱気路の形成法や密封素材の検討も必要である。

4) Nakada, M. : Localization of a constant-touch and moving-touch stimulus in the hand, *Journal of Hand Therapy*, 6, 23-28, 1993.

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 7 件)

1. 嶽本あゆみ “衝撃成形技術により金属板へ転写された植物標本の触れる展示物としての活用可能性” 全日本博物館学会第 44 回研究大会, 2018. 06. 23-24,

- 東京
2. Ayumi Takemoto, Shigeru Tanaka, Ken Shimojima, Osamu Higa and Shigeru Itoh "Applicability of shock wave moldings as the tactile specimen" Yellow Sea Rim Workshop on Explosion, Combustion and other Energetic Phenomena for Various Environmental Issues (YSR2018), 22 February 2018 KAIST, Daejeon, Korea
 3. Ayumi Takemoto, S. Tanaka, A. Mori, K. Hokamoto and S. Itoh "衝撃成形レプリカ標本における金属素材の転写性比較 Comparison of Transferability of Metal Material in Shockwave Molded Replica Specimen" 第27回日本MRS年次大会, 横浜
 4. Ayumi Takemoto, S. Tanaka, A. Mori, K. Hokamoto and S. Itoh "衝撃成形技術を利用した樹脂レプリカ標本製作法 Resin Replica Specimen Fabrication Method using Shock Wave Molding, the Explography" 第27回日本MRS年次大会, 横浜
 5. Ayumi Takemoto, S. Tanaka, O. Higa, A. Mori, K. Hokamoto, S. Itoh "Comparison of Cell Transferability in Shockwave Molded Replica Specimen" MULTYPHISCS 2017, pp. 38, 14-15 Decenver 2017 Beijing, China
 6. Ayumi Takemoto, S. Tanaka, A. Mori, K. Hokamoto and S. Itoh "Dimensional Repeatability of the Replica Specimen using the Shock Wave Metal Molding" The International union of materials research society-International conference of advanced materials (IUMRS-ICAM) 2017, Kyoto University, Kyoto, Japan
 7. 嶽本あゆみ, 伊東繁 "衝撃成形による金属製新規レプリカ標本制作"第26回日本MRS年次大会, E2-020-009 (CD-ROM), 横浜, 2016, 12月

[その他]

ホームページ等

http://tkmt-ayumi.sakura.ne.jp/kaken_16K12815/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

嶽本あゆみ (TAKEMOTO, Ayumi)

沖縄高専・生物資源工学科・准教授

研究者番号：60505858