

# 生体骨模倣による優れた頭部保護性能を有する衝撃吸収材の開発

山田 悟 史 [北海道大学大学院工学研究院 / 助教 (現: 准教授)]

## 背景・目的

高齢化地域が多く有数の豪雪地域である北海道では、高齢者の屋内転倒に加え幅広い年齢層の冬季屋外転倒による頭部外傷や腰部脚部の骨折が多く、幅広い年齢層の日常生活における障害予防が社会的課題である。特に、頭部障害は社会的影響も大きく、予防には優れた衝撃吸収能が要求されるため重要かつ挑戦的課題である。そこで、生体骨模倣による多孔質構造「海綿骨模倣構造」(PCT/JP2023/012987, Yamada et al., 2025)を用いて、高性能で装着感の高い樹脂多孔質製の頭部保護材を開発する。

## 研究の成果

- ・海綿骨模倣構造の円柱状3Dモデル(直径50mm、高さ25mm)を作成(図1)。
- ①均質等方な標準モデルとして、経験的に決定した設計変数の組み合わせにより、体積密度42.1%の3Dモデルを用意、これを基にビーム長を伸長させた体積密度15%~50%の標準モデルを構築。
- ②ストラット直径と分岐数を変化させた均質等方モデルを構築。
- ③ストラット長分布を有する一軸異方性モデル(体積密度43.2%)を構築。
- ・MEX方式の汎用樹脂3Dプリンタ(Raise3D社製E2)に

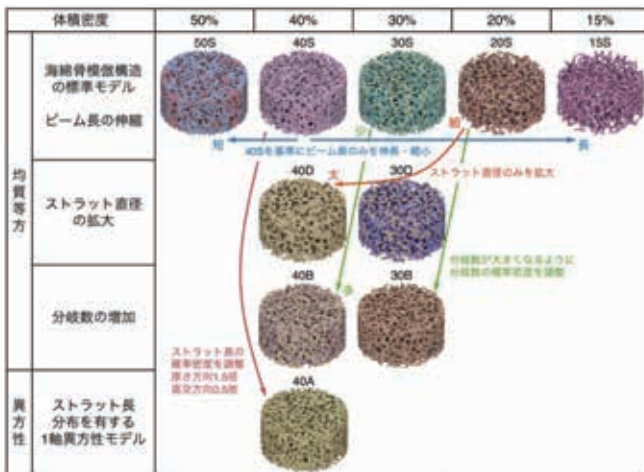


図1: 海綿骨模倣構造の3Dモデル

より、高復元性の樹脂フィラメント(TPU95A、TPU85A、TPE75A)を用いて試験片をAM製造。落錘型衝撃圧縮試験機(IMATEK社製IM10 ITS)を用いて、自由落下高さの調整による3条件の衝撃エネルギー(25J、50J、75J)において、衝撃圧縮試験を実施(最大3回連続)(図2)。同寸法の発泡倍率15倍、20倍、30倍の発泡スチロール試験片(EPS)も計測。

- ・①標準モデルにおいて、最大衝撃荷重と最大変形量は、体積密度に対して放物線状に変化、樹脂の硬度が増加すると減少(ただし、樹脂多孔質材の弾性率が高いとき最大衝撃荷重は増加)(図2)。衝撃エネルギーの増加により、最大変形量と最大衝撃荷重は増加(ただし、発泡スチロールに比べて小さい)。
- ②均質等方モデルでは、同体積密度における最大衝撃荷重と最大変形量に顕著な差なし(衝撃吸収性能以外の特性に合わせて設計可能)。
- ③一軸異方性モデルでは、最大衝撃荷重が顕著に抑制可能。以上により、衝撃吸収材の最適化において鍵となるデータベースと要素技術が確立できた。

## 将来展望

本研究成果に基づき、幼児の頭部保護に最適な樹脂多孔質材を考案し、成長過程の頭部形状に適合し繰り返し衝撃も吸収可能な優れた衝撃吸収・耐久性を持つ3Dプリント可能な新しい頭部保護部材の開発を目指す(JST/A-STEP産学共同ステージI(育成フェーズ)(JPMJTR24R5)にて実施)。他の身体保護具への応用だけでなく、繰り返し衝撃にも耐えることから半導体等の精密機器の輸送用緩衝材にも応用できることから、幅広い分野を想定した社会実装にも取り組む。

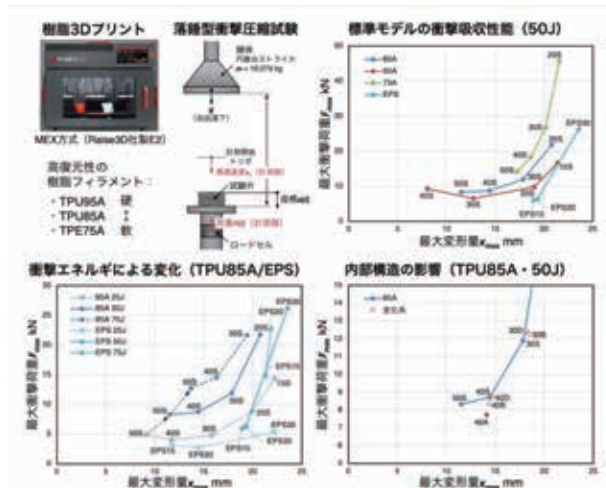


図2: 落錘型衝撃圧縮試験による衝撃吸収性能