

かくして! マキナさん!!

## マキナ型ヒューマノイドロボットにおける脚部修理について

—ハードウェア故障における応急処置と修理—

兵頭 和幸 (福岡工大)

### 1. はじめに

ヒューマノイドロボットにおいて、駆動部分の課題は多く、トルクや自由度など多岐にわたる。

本稿では、マキナ型ヒューマノイドロボットに採用されている関節からアクティブボールジョイントについて検討する。

### 2. 人間の関節との類似性と相違性からの考察

マキナ型ヒューマノイドロボットの関節と人間の関節を比較すると大腿骨に対して、ボールジョイントである類似性がある。しかしながら、人間の関節は周辺の筋肉によって動かされているパッシブジョイントで、マキナ型ヒューマノイドロボットでは、関節自体が駆動可能なアクティブジョイントと考えられる。また、関節のつなぎ合わせには接続時の位置調整が必要となる。

そこで、アクティブボールジョイントとして、球面歯車を検討する。球面歯車は、4方向の回転入力を3方向に変換するギアである[1-2]。マキナ型ヒューマノイドロボットにおいては、ギアの圧着度が緩むことで、脚部の接合が緩くなってしまう(図1)。

### 3. ボールジョイントの応急処置と修理

#### 3.1 3Dプリンタを用いた応急処置

ジョイント部分は、力がかかることが多く、破損の原因になりやすい。またモータに近い位置から阿久津栄太氏の指摘通り熱がこもる可能性が高い。応急処置として、柔軟性のあるABS樹脂を用いた3D



図1 股関節の故障部位(1巻より)

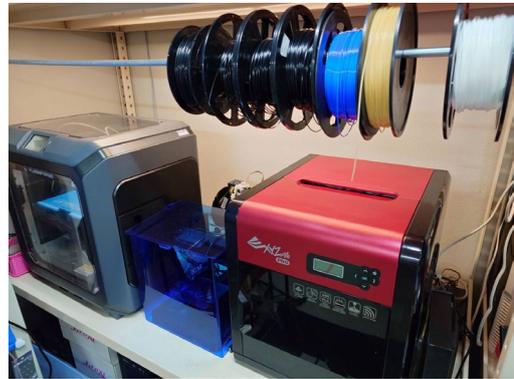


図2 研究室での3Dプリンタスペース

プリントが最適である(図2)。カーボン入りナイロン(2巻参照)では、本文中にあるように積層面から破断しやすい。ABSの場合、造形後にアセトンを蒸着することで積層部分を溶かし固めることができるため、応急処置の材料として最適となる。

#### 3.2 根本的な修理

ジョイントに必要な要素として柔軟性がありながらも、耐摩耗性に強い素材が必要となる。金属ではアルミニウムが最適だと考えられる。また歯車部分には潤滑油で満たすことで外れにくくなる。

### 4. おわりに

本稿では、脚部修理に対して、人間との類似性を考慮に入れて造形を検討した。2025年現在では、アルミニウムの加工については、3Dプリンタでは精度が出ないため、マシニングセンタでの削り出し加工が必要となる。実現に向けた技術として、試作を作れる環境は現在でも整えることは可能であるが、マキナ型ヒューマノイドロボットとして完成させるには、未だ程遠い。

#### 【参考文献】

- [1] ABE, Kazuki; TADAKUMA, Kenjiro; TADAKUMA, Riichiro. ABENICS: Active ball joint mechanism with three-DoF based on spherical gear meshings. *IEEE Transactions on Robotics*, 2021, 37.5: 1806-1825.
- [2] ABENICS: 球状歯車と鞍状歯車の噛み合いに基づく回転3自由度アクティブボールジョイント機構:  
[https://youtu.be/hhDdfiRCQS4?si=jZT3\\_GMJ-5NCapCJ](https://youtu.be/hhDdfiRCQS4?si=jZT3_GMJ-5NCapCJ) (閲覧日: 2025年3月3日)