

プログラム名： タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名： 田所諭

プロジェクト名： ロボットコンポーネント

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 8 年 度

研究開発課題名：

脚ロボット用ハンドの研究開発

研究開発機関名：

並木精密宝石株式会社

研究開発責任者

中村一也

## I 当該年度における計画と成果

### 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

脚ロボットに搭載され、その移動能力（障害物の除去、撤去）と作業遂行能力（汎用器具、工具の操作）を飛躍的に向上させることができ、且つ、高ロバスト性と省電力駆動機能を兼ね備えた、災害現場での実用に耐え得る、真にタフで巧緻な人型多指ロボットハンドを実現することを目的として、次の3課題を目標として設定した。

1. 脚ロボットの移動能力/作業遂行能力の向上
2. 高ロバスト性ロボットハンドの実現
3. 稼働可能時間の拡大（省電力駆動）

### 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

#### 2-1 進捗状況

真にタフで巧緻な人型多指ロボットハンドを実現するため、設定した目標に対して、次のように進捗した。

1. 脚ロボットの移動能力/作業遂行能力の向上  
1号機に比較し小型化・多関節化を目標に3号機（16関節12自由度、小型トルクセンサ内蔵）の詳細設計および製作を実施した。
2. 高ロバスト性ロボットハンドの実現  
高耐候性電磁モータを実現する為、①防塵防水構造の構想設計②保油機構の構想設計③合成グリースの開発を実施し、且つ、脚ロボットへの振動衝撃伝達を軽減する④受動手首関節機構の開発を実施した。
3. 稼働可能時間の拡大（省電力駆動）  
高負荷トルクに対応する、高ロックトルクタイプの無通電ロック機構を新規設計および製作した。

#### 2-2 成果

上記のように設定した目標に対して、次のように成果を得た。

1. 脚ロボットの移動能力/作業遂行能力の向上  
3号機として4指12自由度ロボットハンドを試作した。寸法はW296.0×H307.6×D172.3[mm]、重量は2.447[kg]である。第1関節は内転・外転、第2、3、4関節は屈曲・伸展する。ただし、第4関節は4節リンク機構により第3関節に連動する。指機構は、関節単位でのモジュール化、指単位でのユニット化を実現した。  
また、1号機に比較し全長で約20mmの小型化が実現できながら、総関節数は、12→16へ自由度が向上し、指開閉時間も3sec→2secに短縮した。また、最大指先力も125N→150Nへと1.2倍の向上が実現できた。（図1参照）

	1号機	2号機	3号機
外観			
全長(全開時)	328mm	300mm	308mm
質量	1,992g	2,341g	2,447g
総関節数	12	16	16
指開閉時間	3sec以内	2sec以内	2sec以内
最大指先力	125N/指	150N/指	150N/指
トルクセンサ	なし	なし	あり
開発コンセプト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無通電ロック機構動作&amp;制御性の原理確認</li> <li>・大把持力機構検証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小型/高出力/高速化</li> <li>・可動域拡大</li> <li>・高耐荷重化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・巧緻性UP(小型トルクセンサ搭載)</li> <li>・機構効率UP</li> </ul>
実現タスク	質量50kg土嚢の無通電保持	脚ロボット統合、ハンマードリルの無通電保持	ハンマードリルグリップの2指による無通電保持と1指によるトリガー操作

図1：1～3号機諸元比較

## 2. 高ロバスト性ロボットハンドの実現

高耐候性電磁モータの①防塵防水構造の構想設計について、既存モータの外形サイズ等変更すること無く、出力軸の防塵防水が実現可能な構造の構想設計ができた。(図2参照)

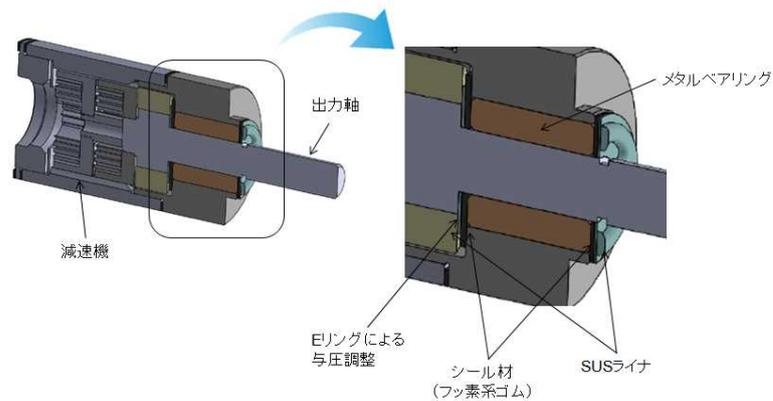


図2：防塵防水構造

②保油機構の構想設計について、常態的に発生する遊星歯車減速機のオイル切れに着目し、外形サイズを変更すること無く、肉厚キャリアにより歯車全周に常にオイル層が形成され、オイル切れを防ぐ構造の構想設計ができた。(図3参照)

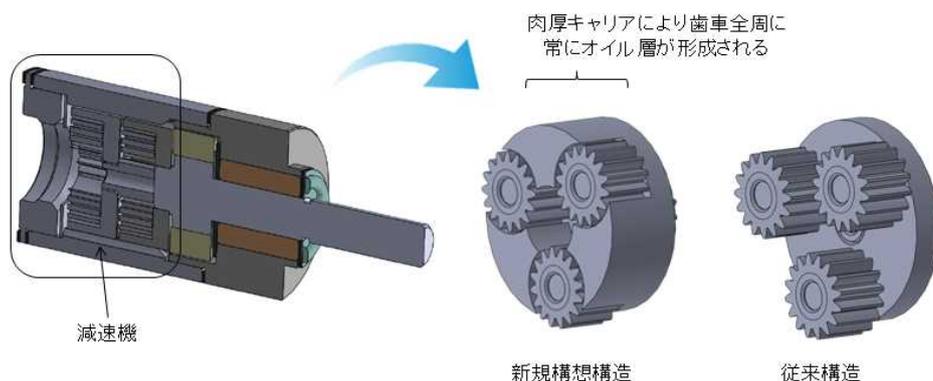


図3：保油機構

③合成グリースの開発について、プラント災害現場での高温環境下を想定し、150℃環境での基油/増ちょう剤の成分および配合比をパラメータに長寿命合成グリースの開発を行い、電磁モータ用ベアリングに適用した結果、B10 ライフ：697 時間、MTTF：979 時間と現行品に比較し B10 ライフ、MTTF 共に 130 時間以上、長寿命な合成グリースを開発することができた。尚、開発したグリースは、本ロボットハンド用モータベアリングに使用している。(図4参照)

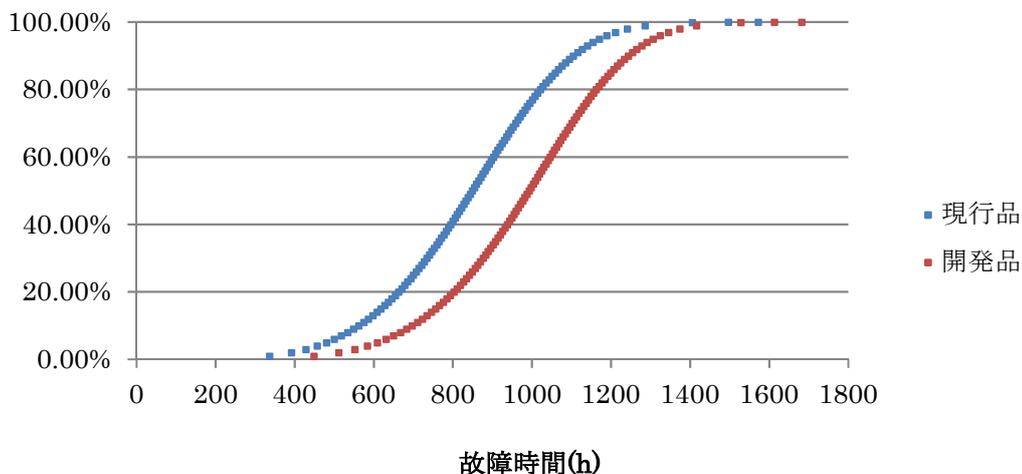


図4：現行/開発グリースの寿命データ  
(電磁モータ用ベアリングへの適用による)

④受動手首関節機構について、振動衝撃を発生する電動工具等の使用を前提に脚ロボットへの振動衝撃伝達を軽減する事を目的に、ロボットハンドと脚ロボットアームのインターフェイスとして、受動手首関節機構の開発を行い、大型ハンマードリルによるコンクリート板穿孔時に発生する振動を約28%低減可能なことを確認した。また、本機構はハンド自重が掛った状態でも姿勢は維持しながら、鉛直方向の振動を吸収する構造であり、アーム統合時の操作性に影響を及ぼさない。(図5、6、7参照)

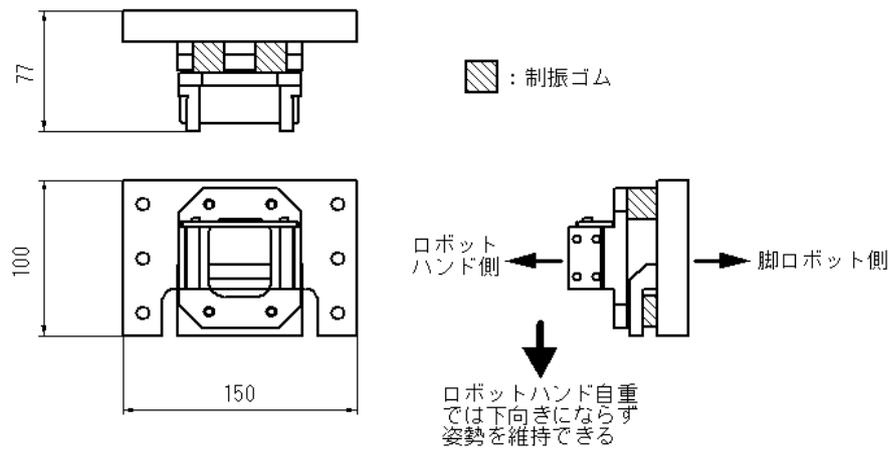


図5：受動手首機構概要

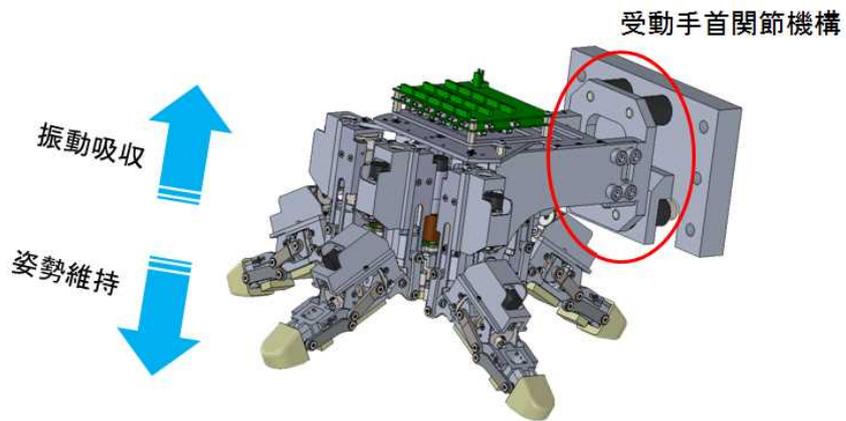


図6：受動手首機構ロボットハンド装着時

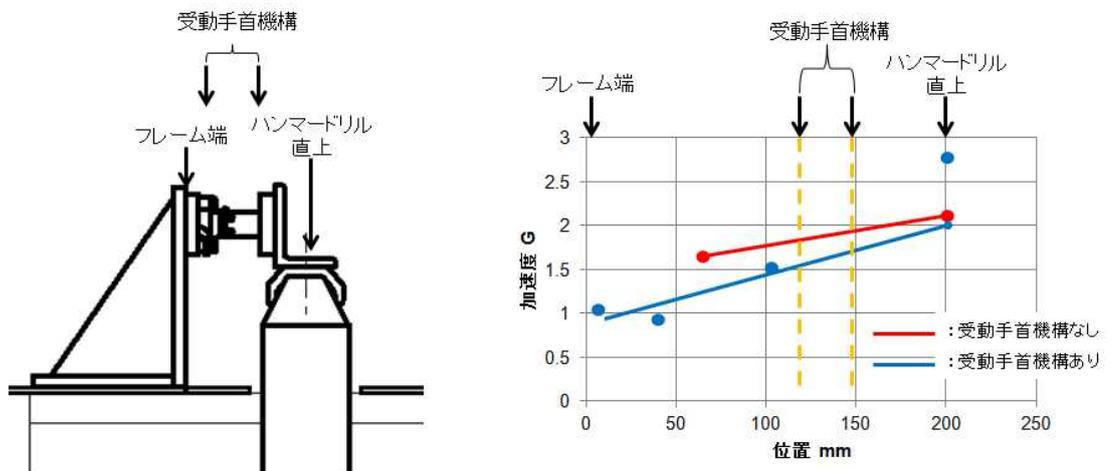


図7：受動手首機構あり/なしの加速度データ

### 3. 稼働可能時間の拡大（省電力駆動）

無通電ロック機構の特徴を考慮したロボットハンドの把持戦略による物体把持を確認した。常時通電する方法と比較して省電力にて物体を把持できることを確認した。（図8参照）

また、電動工具把持などの際に、指内外転方向に大きな荷重が掛ることが予想される為、高ロックトルクタイプの無通電ロック機構を新規設計および製作し、従来品の耐ロックトルク：790mNm に対して、5,588mNm の高耐久性構造が実現できた。尚、本高ロックトルクタイプ無通電ロック機構は、2号機および3号機に搭載されている。

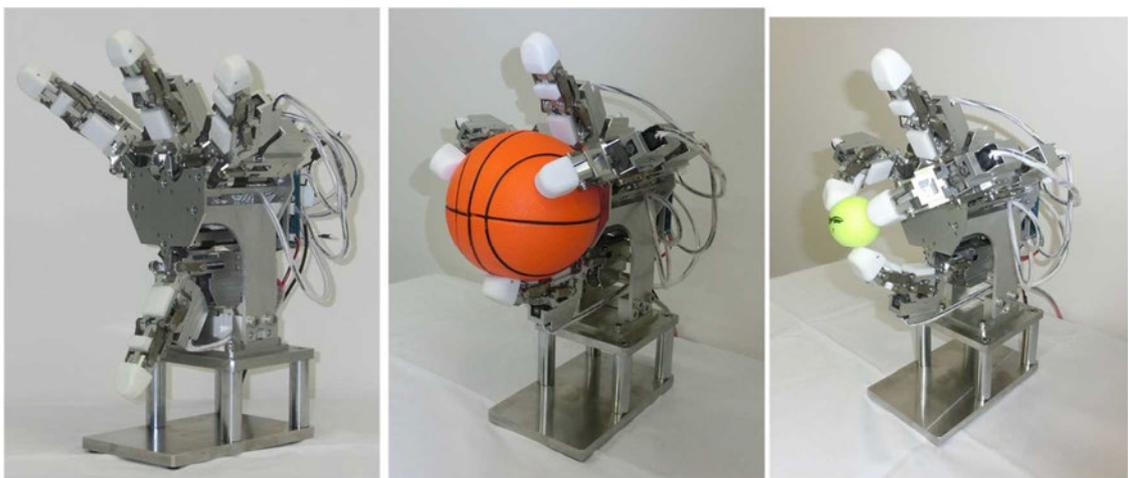


図8：ロボットハンドによる物体把持

#### 2-3 新たな課題など

平成28年度の実施結果より、ハンド機構に関して、小型・軽量化、機構の高効率化、また、脚ロボットアーム側への振動衝撃吸収機構の改良などを新たな課題として得た。

### 3. アウトリーチ活動報告

該当なし。