

平成17年度戦略的基盤技術力強化事業

研究開発成果報告概要

事業管理法人名 (代表者氏名)	財団法人 製造科学技術 センター (庄山 悦彦)	所在地	〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目11-5 SVAX-TTビル (Tel: 03-5472-2561)		
技術分野	ロボット部品分野	技術区分	アクチュエータ関連技術	研究開発課題	ユニット化技術
テーマ名	極限環境適用型アクチュエータユニットの開発			研究開発期間	平成17年4月1日～ 平成18年2月20日

1. 委託業務の概要

本委託事業では、極限的な環境において人間に代わって危険作業を行う極限環境対応ロボットに適用する「極限環境適用型アクチュエータユニット」の実現を目的としている。極限環境での作業としては、災害現場における消防・人命救助作業、地雷探査、宇宙開発作業などや、土木建設現場での建設作業、大規模プラントの維持管理作業などを想定し、高い信頼性を発揮しながら活躍可能なロボットへ搭載するアクチュエータユニットの研究開発を行った。

それを実現する基本技術として、a) 減速機付き AC サーボモータに、角度・トルクセンサを組み込み、極限環境で使用可能な耐水・耐熱・防塵性、そして高負荷高剛性を有するアクチュエータ機構ユニット、b) 最小結線構成される超小型高性能なアクチュエータ制御ユニット、を開発し、高度な実用型の極限環境適用型アクチュエータユニットを実現するものである。

2. 技術目標値

	平成15年度版(実績値) 第1次試作機			平成16年度版(実績値) 第2次試作機				平成17年度版 成果機				
	1. 全体の耐環境性能	0 ~ 60 恒温槽試験で目標値達成確認			恒温槽試験によって達成確認				-10 ~ 60 氷点下での正常動作を寒冷地試験により確認。-10 は設計上達成。			
イ) 耐塵耐水性	IP65 (JIS C 0920) (設計上達成)			(設計上達成)				水没試験によってIP65以上確認				
ロ) 耐振動性	10 - 55Hz/1.5mmx,y,z 方向2h (JISC0040 1995相当) 振動試験によって達成確認			振動試験によって達成確認				第2次試作機と同構造のため、設計上達成確認				
ハ) 耐衝撃性	490m/sec ² , 11msecx,y,z 各3回 (JISC0041 1995相当) 衝撃試験によって達成確認			衝撃試験によって達成確認				第2次試作機と同構造のため、設計上達成確認				
2. 機構ユニット[タイプ]	100W	200W	400W	40W	100W	200W	400W	40W	100W	200W	400W	
イ) 質量 [kg] ()内は最終目標値	2.09	3.35	4.68	0.8	1.7	2.7	3.8	0.9 (1.0)	1.9 (2.4)	2.9 (4.5)	4.3 (6.5)	
ロ) 最大許容トルク[Nm]	450	980	1800	220	450	980	1,800	220	450	980	1800	
ハ) 許容スラスト力[N]	6,200	6500	7100	4700	6,200	6,500	7,100	4700	6200	6500	7100	
ニ) 長さ [mm] ()内は最終目標値	100	110	126	80	108	117	137	79.5 (80)	107.6 (100)	117.5 (120)	140 (140)	
ホ) 径 [mm] ()内は最終目標値	110	130	150	79	108	130	150	79 (80)	108 (110)	130 (130)	150 (150)	
ヘ) 角度・トルクセンサ・温度センサ・放熱機構	内蔵			-	内蔵			-	内蔵			
3. 制御ユニット[タイプ]	100W	200W	400W	40W	100W	200W	400W	40W	100W	200W	400W	
イ) 体積 ()内は最終目標値	100×100×30 H15 技術目標値と一致			92×66×25.5 目標体積の93% 目標体積の52%				86×69×23.5 (85×65×30)		86×69×23.5 (100×100×30) 目標体積の46%		
ロ) 質量	300g			300g				300g				
ハ) 情報処理能力	49.152MIPS 技術目標値50MIPS			100MIPS CPU 50MIPS, FPGA 50MIPS				100 MIPS CPU 50MIPS, FPGA 50MIPS				
ニ) 通信速度	50Mbit / s			50Mbit / s				50Mbit / s				

3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

1) 耐環境試験結果に基づく改良

本年度はまず、第2次試作機に対して大型恒温恒湿室で1000時間の負荷試験を行い、試験の結果に基づき得られた問題点、改善点に対して目標値を達成できる改良設計を実施し、成果機の部品調達、製作、組立を実施した。また、成果機を搭載した実証ロボットを製作し、下記の実証試験を実施した。

(a)北海道大学において1月10日～12日に寒冷地試験を実施して氷点下での正常動作を確認した。

(b)国際レスキューシステム研究機構管理下の川崎ラボラトリー

(<http://www.rescuesystem.org/tmp/NEW/kawasaki.htm>)のテストフィールドで実証ロボットの走行試験を実施し正常動作を確認した。なお、同テストフィールドにおいて1月19日に「極限環境適用型アクチュエータユニットの開発」実証試験を実施して一般公開した。

(c)保護等級IP65の確認のために、ロボットを水没させて水中動作試験を実施した。最初の試みではコネクタ部から水が浸入する問題が発生したが、これはコネクタ部の防水処理が不十分であったことが発覚した。適切な防水処理を施すことによって問題は解決し、再度水没試験を実施した結果、開発したアクチュエータ機構ユニットと制御ユニットが保護等級IP65以上の性能を発揮することを確認した。

(d)2月1日～22日の期間、実用化を目指している地雷探査除去ロボットGRYPHONに200Wアクチュエータ3台を搭載した地雷探査アームによってクロアチアで地雷探査試験を実施した。

(<http://www.jst.go.jp/pr/info/info247/index.html>、<http://www.titech.ac.jp/news/j/news060224-2-j.html>)

この期間中、システム全体は夜間も屋外に保管され、氷点下の温度(午前9時で-7℃)霜、雨などの過酷な環境下にさらされた。開発したアクチュエータは毎朝問題なくスムーズに始動し終日動作することを確認した。なお、地雷探査アームには、軸の捻りを最小限に抑えた「高剛性アクチュエータ機構」を搭載した。これは、地雷アームのストロークが3m程度あり、アクチュエータ機構部の軸の微小な捻りがアーム先端部では大きな変位として現れ、アームの制御性能を低下させるという問題を解決するためである。

他の実証ロボット(a～c)ではアームのストロークが短いため、軸の捻りは問題にならなかった。

2) 実用ロボット実証試験機での冷却機構の能力評価

ヒートパイプ方式による冷却能力は平成16年度に実施した恒温試験で実証済みであるが、平成17年度には実用ロボットシステムでの実証評価試験を実施した。その結果、アクチュエータ機構ユニットをロボット本体に適切に取り付けることによって効率的な熱伝達が実現でき、ヒートパイプを取り付けない状態でもアクチュエータ機構ユニットが正常動作温度範囲を保って運転可能であることが確認できた。ヒートパイプはオプション扱いで使えた方がユーザーから受け入れやすいと考える。

3) アクチュエータ制御ユニットの外形形状

外形寸法は、電子回路の徹底的な小型化と合理的な設計により、最終的には全てのワット数の制御ユニットが1種類の小型タイプに収まり最終目標を達成できた。成果機では主に結露対策として基板レベルでモールド化し、アルミボックス内に納めることで耐環境性を向上させる方法を実施した。同時にフルモールド化も実施した。

4．当該年度における技術目標値の達成状況と意義

1) アクチュエータ機構ユニット

第2次試作機では特に軽量化を念頭において設計した結果、技術目標値よりも大幅に軽く試作した。これは、実際の移動ロボットに導入する際にはやはり質量は大きな問題になるため、小型軽量のアクチュエータがロボット設計者により受け入れやすいからである。平成17年度に実施した諸性能評価試験によって、できるだけ小型・軽量という特徴は保ちながら、十分な強度や剛性を発揮する機構ユニットの設計に努めた。その結果、100Wの長さ寸法以外、すべての技術目標値は達成できた。

100Wの長さ寸法に関しては、技術目標値100[mm]に対して実際には107.6[mm]の寸法になった。これは、上述の強度や剛性を優先したためであるが、実際の使用においてアクチュエータが軸方向に多少長くなっても特に組み込み時に大きな弊害にならないため大きな問題ではないと考えられる。

なお、地雷アームの評価試験により、長いアームを使用する用途ではアクチュエータ機構ユニットの軸の捻りが問題になることが分かった。そのため、軸の捻りを最小化するような構造も新たに導入した。基本的な耐環境性に対する設計概念は標準品と同じであるため、これらの諸技術目標値は達成している。高剛性アクチュエータユニットは実際に地雷探査アームに搭載しクロアチアで実用的に活用された。

2) アクチュエータ制御ユニット

技術目標値を達成した。成果機で特筆すべきことは、ケース内にコネクタを内蔵して配線作業をより簡単化した構造にしたことである。また、電子部品の再選定により制御ユニットの自己消費電力をさらに抑えることが可能になり、大電力用(200W, 400W)でも著しく小さな体積を達成できた。現在でもインテリジェント・ドライバとしては画期的なサイズであり、潜在的なニーズは高いものと考えられる。

5．事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

当初の計画では主に火災時用の消防ロボットでの需要を見込んでいたが、現在は多方面でのロボット開発が検討されており、アクチュエータの需要が拡大してきている。たとえば、40W、100W級のモータは電動車椅子等の福祉機器応用、災害時の人命救助や床下点検用ロボット等に需要が見込まれる。また、200W、400W級のモータは建設機器やAGV(自動搬送システム)、次世代の乗り物ロボット等での需要が見込まれ、さらには農業用ロボットの需要も今後高まる可能性がある。

今後は、環境試験や各種ロボットによる実証実験を数多く行い、製品化(量産化)に近づけるべく、コンソーシアムメンバーでの検討を進める予定である。