

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	アシスト用直動アクチュエータユニットに関する研究 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

社会の高齢化が急速に進む中、加齢に伴う歩行機能の衰えは高齢者の日常生活を疎外する大きな要因となりつつある。歩行機能に関する基本動作としては離床、起立、着座の動作があるが、これらの動作を支援し、自立生活をサポートする機器として実用性に富んだものは未だ少ないと言わざるを得ない状況にある。このため、離床を支援するアシストシステムの実現を目的として、特にアシスト機能の実現に必要な力制御機能を備え、拡張性および低コスト化に配慮した直動アクチュエータユニット、ならびにそれを組み込んだ実証用離床支援プロトタイプシステムの研究開発を行う。

2. 技術目標値

1) アシスト用直動アクチュエータユニットの設計・開発

モータドライバを内蔵したアクチュエータユニットを試作し、性能評価・実験および改良を行う。また、アクチュエータの小型化を図り、力センサ(ライテックス開発)を搭載すると共に、力センサ制御モジュール(ライテックス開発)についてもドライバと同様に内蔵したユニットを開発する。アクチュエータ単体仕様は、推力 1500[N]、直進速度 15 [mm/s] 以上、ストローク 250[mm]とする。

2) アシスト用直動アクチュエータユニットの制御モジュールの設計・開発

検出方向以外の力に対して非干渉化を図った構造の力センサを開発する。また制御モジュールを用いた力制御システムとして直動アクチュエータの軌道と力を制御可能な制御モジュール・ハードウェアを開発するとともに、速度・位置・力情報の計測・制御手法の開発を行い、ソフトウェア化して制御モジュールに搭載し、1 [kHz]程度での制御を実現する。

3) 統合コントローラの開発

統合コントローラ用のボードを開発する。複数アクチュエータを用いたシステム構築を容易とする USB、IEEE1394 等の通信機能付き、ミドルウェアベースのオープンアーキテクチャ構成を採用し、Analog 入力 8ch.、Digital 入出力 32ch.、上位ネットワーク接続用 Ethernet 1ch. を装備する。また、分散オブジェクト技術を利用した統合コントローラ用基本ソフトウェアを開発する。さらに、本統合コントローラにより離床支援システムのアクチュエータユニットの制御を行う。

4) RT ベッド離床支援システムの設計・開発

各社で開発した要素を用いて、ベッドからの起立・着座を支援する機構を有し、室内での使用を想定した仕様を持つ製品コンセプト機を試作開発する。
 ・介助機構部の動作仕様：直進速度 25[mm/s] (推力 1500[N]時)
 ・離床支援システムの仕様：低騒音 45[dBA]以下、高信頼耐環境性 (Ipx6)
 また、製品コンセプト機による実証試験を通じた評価検討を行う。

5) アシスト用直動アクチュエータの評価

アシスト用直動アクチュエータを組み込んだ離床支援システムとベッドを組合せ、統合コントローラによって離床支援動作を実現することによって、直動アクチュエータの統合可能性を評価する。

6) RT 離床支援システムの評価

試作された RT 離床支援システムの評価手法の構築およびその評価を行う。

3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

1) アシスト用直動アクチュエータユニットの設計・開発

- ・離床支援実証機の実証試験の自由度を確保するために、アクチュエータ単体にて H16 年度と同じ目標仕様を達成し、耐環境性、ノイズエミッション、低騒音性、動作特性以外に要求される基本性能を実現する。尚かつモータドライバをアクチュエータへ内蔵可能な構造とする。
- ・H17 年度はアクチュエータ防水ケースにモータドライバを内蔵するため、アクチュエータの大型化を避けるにはモータ及びドライバの小型化を検討する必要がある。
- ・H16 年度に用いた高機能マグネットの採用により磁気回路の見直しを行い、更に小型高出力化を図る。ノイズ、防水構造については、エミッション試験や散水試験などの実験により改良を加える。

2) アシスト用直動アクチュエータユニットの制御モジュールの設計・開発

- ・制御用コントローラおよび力センサモジュールのコンパクト化に関する検討を行い、アクチュエータユニットへ組み込み可能な制御システムを構成することで解決を行う。これを元に、速度、位置、力等の情報に基づいて基礎的な制御実験を行い、データを収集する。基礎実験を繰り返し、データを得ることで、システムの改良を行い、目標仕様を満たす制御システムを構築することで解決していく。
- ・開発した制御アルゴリズムおよび手法を前述の制御システムに実装可能な形式にソフトウェア化していく。さらに、統合コントローラとの通信のためのプロトコル等についても検討を行い、開発制御システム上に実装可能なように仕様設計をし、それに沿ってソフトウェア化することで解決をはかる。

3) 統合コントローラの開発

- ・現在、個々に進められている要素技術を組み合わせることで自立支援ベッドとして最適に動作させるためのシステム構築が必要であり、H16 年度実施した接続試験の結果から問題点を洗い出し、最適なソフトウェア、ハードウェア構成を再検討する。
- ・高齢者にも扱いやすい自立支援システム用インタフェースの構築が必要なため、製作する統合コントローラボードを有効に活用し、安全性を考慮した分かり易い操作手順を設計、製作する。

4) RT ベッド離床支援システムの設計・開発

- ・離床支援システムとしての動作仕様を確保し、耐環境性および低騒音性について目標値を達成するためには、直動アクチュエータユニットならびに力センサユニット単体の小型化、高信頼化に加えて、離床支援システム自体による耐環境化、低騒音化に向けた構造上の配慮が重要である。この観点から、各コンポーネントレベルでの耐環境性、低騒音性等への対応を実施することはもとより、ケーシングを含めた機構構造の工夫等により、システムとしての対応を行うことで解決を図る。
- ・システムが実際の離床支援動作を効果的に行うためには、位置、および力に関する目標動作軌道の決定が大きな検討テーマである。これに関しては、前年度実施した動作解析をベースに、さらに詳細検討を行なうと共に、評価を担当する大学等との連携を通して具体化を図って行く。
- ・製品コンセプト機を用いた実使用環境でのフィールド試験においては、最終年度でもあることから、介護施設、リハビリセンタなど、専門家を擁する複数の組織にて実施することで、広範で客観的な評価を得ることに配慮する。

5) アシスト用直動アクチュエータの評価

開発した力センサモジュール、制御コントローラを搭載したアクチュエータによる力制御システムが実際の起立支援にて有効に機能するかを評価するために、看護の専門家による起立支援手法を解析し、本システムにて実現する起立支援方法を決定する。決定した起立支援アルゴリズムを実装し、実機実験において、開発したシステムおよびアクチュエータが有効であることを確認する。

6) RT 離床支援システムの評価

開発される RT 離床支援システムにより実現される人間支援のための運動およびそのときの生体情報を運動・生体情報計測システムによって計測する。その情報を人間の平面リンクモデルに適用することにより、RT 離床支援システムの評価手法の構築を行う。実際に開発されたシステムを用いた場合の評価実験を行い、開発されたシステムの有効性を確認する。

4. 当該年度における技術目標値の達成状況と意義

1) アシスト用直動アクチュエータユニットの設計・開発

- ・ 離床支援に必要な上下軸用アクチュエータのほかに、離床支援機の前後軸用ギヤードモータとベッド上下用アクチュエータの3種類をそれぞれに試作した。
- ・ 制御モジュール一体型のコンパクトなアクチュエータを製作するために、モータ及び機構部品、制御回路の設計を行い、モータ及びドライバの小型化を実現した。またノイズエミッションの低減と防水仕様を施すため、樹脂ケース内にアクチュエータとドライバ、力センサ制御モジュール(ライテックス担当)を内蔵した一体型のアクチュエータを製作し、要求される基本性能の実現を確認した。
- ・ アクチュエータの特性として、技術目標値：推力 1500[N]、直進速度 15[mm/s]以上、ストローク 250[mm]に対し、同推力に於いて 27[mm/s]を達成した。

2) アシスト用直動アクチュエータユニットの制御モジュールの設計・開発

- ・ アシスト用直動アクチュエータユニットへの組み込みを想定した小型コントローラの開発を行った。
- ・ アクチュエータの動作速度、位置および力の状態を計測し、指定された動作目標軌道に追従しつつ力制御を実現出来る手法を開発し、上記小型コントローラ上に搭載して、1 [KHz]のサンプリング周期でアクチュエータの制御が可能であることを実験により確認した。
- ・ 統合コントローラとの通信のためのプロトコル等について検討を行い、開発制御システム上に実装可能なように仕様設計をし、それに沿ってソフトウェア化を行った。また、その動作の実現を離床支援システムにおいて確認した。

3) 統合コントローラの開発

- ・ H16年度設計したマイコンボード、アクチュエータ用電源、通信用ハブなどを搭載した統合コントローラを設計、製作した。本コントローラは、全てのコネクタを含めて防水仕様で構成した。
- ・ 立上り支援システムの GUI 関係と統合コントローラおよび各機器間の通信ソフトウェアを開発した。GUI 用 PC と統合コントローラ間通信では HORB、統合コントローラとアクチュエータユニットコントローラ間通信は CORBA をベースに作成し、全体が分散オブジェクトアーキテクチャで統一できた。これにより、容易にプログラムの追加、編集が出来るようになった。
- ・ 立上がり支援システムの総合システム試験を実施し、軌道データに従った基本立上がり動作、力信号を利用した立上がり動作、個人差を考慮した立上がり動作などのソフトウェアが簡単に構成できるように、同期型、非同期コマンド、任意の変数データの取得ができるような API を製作した。

4) RT ベッド離床支援システムの設計・開発

- ・ 昨年度試作機等を用いて立上がり動作支援に関する基礎実験を行い、支持点の差異が身体負担に及ぼす影響から離床支援システムとして適切な支持機構、形態等を明らかにした。
- ・ 各社の開発成果である要素部品を統合し、離床支援システムの総合仕様機としての製品コンセプト機の試作を行った。その結果、今年度の目標値である介助機構部の動作仕様である、推力 1500[N]時の直進速度 25[mm/s]の達成を確認した。また騒音、耐環境性に関しても目標値である 45[dBA] (装置昇降機構部から水平前方 1[m]位置にて) Ipx6 の達成をそれぞれ確認した。
- ・ フィールド実証試験として、試作した製品コンセプト機を実際に高齢者や介護専門家等に使用頂き、評価を行った。この結果、有用性に関して高い評価を得ることが出来た。

5) アシスト用直動アクチュエータの評価

開発した力センサモジュール、制御コントローラを搭載したアクチュエータによる力制御システムが実際の起立支援にて有効に機能するかを評価するために、看護の専門家による起立支援手法を解析し、本システムにて実現する起立支援方法を決定した。決定した起立支援アルゴリズムを実装し、実機実験において、開発したシステムおよびアクチュエータが有効であることを確認した。

6) RT 離床支援システムの評価

開発される RT 離床支援システムにより実現される人間支援のための運動およびそのときの生体情報を運動・生体情報計測システムによって計測した。その情報を人間の平面リンクモデルに適用することにより、RT 離床支援システムの評価手法の構築を行った。実際に開発されたシステムを用いた場合の評価実験を行い、開発されたシステムの有効性を確認した。

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

現在（平成17年3月）我が国で日常生活に支障のある高齢者人口は600万人弱に達しており、今後当分の間増加し続けると推定されている。また要支援、要介護の認定を受けた高齢者の人数は400万人を超えている（平成17年8月、厚生労働省統計等による）。

このような状況の中、高齢者の自立を促すことは、高齢者自身の体力、気力の維持、向上にも繋がり、要介護状態に陥ることを予防する効果があると考えられる。このため、自立生活を支援する装置に対するニーズは、今後拡大の一途をたどるものと予測される。現在実施している研究開発の対象である離床支援システムは、その中でも代表的な機器の一つとして位置付けられるものであり、市場規模の拡大が期待されている。今年度実施した実地試験を手掛かりとして、今後に向かってデータの蓄積、信頼性の作り込み等を図り、安全面での充実、操作性の向上をはじめ、個人に適合した支援方法の解明といった課題を一つずつ解決して行くことが重要であり、これを通して速やかな製品化に繋げて行きたいと考えている。

以上では離床支援システムについての事業化について述べたが、自立を物理的に支援する装置においては装置と人体との接触が不可欠であり、今回の開発要素部品のように、人体との接触を主目的とし、容易にシステム構築が可能なアクチュエータユニットが市場に投入されることで、要素部品であるアクチュエータの新市場が形成出来るだけでなく、生活支援分野における新たな製品開発の活性化が期待される。また、ここで開発するアクチュエータ、力センサなどに関する要素技術は、従来型要素部品への新機能付与ないし性能向上にも資することが出来るものであり、これら要素部品の既存市場拡大にも波及効果を持つと考えられる。

特にアクチュエータに関しては、離床支援システムを含む様々な用途や顧客ニーズに対し柔軟に対応できる製品を目標とし、本プロジェクトにより得た技術や成果を基に、汎用型アクチュエータの製品化を目指す。また、特徴である力センサーの利点を生かした用途（例としてアシスト機器など）への付加価値提案を重点的にPR活動することにより販路の拡張に努める予定である。

また、最終年度に生産設備等を含む初期投資についても検討を行ったが、従来製品以上の投資が予想されるため、事業化計画におけるリスク回避策として、安定的なロット販売の可能である大型販売先の確保、汎用性のある基本仕様の選定等が不可欠となり、準備についてはまだ慎重に行う必要がある。今後、現在の評価先ユーザーへの支援協力と、各種媒体や展示会等での広報活動による新規引き合い先の確保、改良再設計等により、製造原価や製造工程の削減に努める予定である。