

身体障がい者のQOLを大幅に向上させる高機能電動車いすの研究開発 ー マニピュレータの改良とリスクアセスメントによるリスク低減 ー

千原 健司 藤井 勝敏

Development of a High-Performance Electric Wheelchair - Improvement of Manipulator and Adequately Reduced Risk -

Kenji CHIHARA Katsutoshi FUJII

あらまし 少子高齢化社会を迎える中で、障がい者に対する人的な支援には限界があるため、自助努力で豊かな生活を送るための補助となる器具や機器の開発は不可欠である。本研究所では平成18年度より、総合的に肢体不自由者を支援することが可能な、比較的狭い日本の住居で使用することを考慮した、コンパクトで安価なマニピュレータ付き高機能電動車いすの開発に着手している。本稿では、昨年度に実施した意見収集結果に基づき、残された課題を解決すべく、機能を拡張する改良設計を実施し、試作機によりその有効性を確認した結果を報告する。また、国際的な安全の考え方として今後必須と考えられる、リスクアセスメントによるリスク低減を行ったので、このプロセスおよび結果について報告する。

キーワード 軽量マニピュレータ、電動車いす、リスクアセスメント

1. はじめに

岐阜県では、福祉の充実を図るために、岐阜県障がい者支援プランを策定し、これに基づいて障がい者の支援を実施している。これによると、少子高齢化社会を迎える中で、障がい者に対する人的な支援には限界があるため、自助努力で豊かな生活を送るための、補助となる器具や機器は不可欠であり、その開発ならびに利用の促進が求められている。

そこで本研究所では、平成18年度より(株)今仙技術研究所および早稲田大学と共同し、身体障がい者のQOL(Quality Of Life:生活の質)を大幅に向上させる高機能電動車いすの研究開発に着手している。この電動車いすは、肢体不自由者の上肢による作業を支援するための軽量で安全なマニピュレータと、電動車いす、マニピュレータおよび家電製品などを統合的に扱う多機能指示端末を具備することを特徴としている。本年度からは、(財)テクノエイド協会から助成を受け、製品化のための改良に取り組んでいる。

本稿では、昨年度に実施した意見収集結果に基づき残された課題を解決すべく、機能を拡張する改良設計を実施し、試作機によりその有効性を確認した結果を報告すると共に、国際的な安全の考え方として今後必須と考えられる、リスクアセスメントによるリスク低減を行ったので、このプロセスおよび結果について報告する。

2. マニピュレータの改良

表1に、昨年度に収集し整理したマニピュレータに関する意見要望結果を示す。意見1～4を受け改良した結果については、昨年度に報告^[1]しているので参照されたい。本稿では意見5～7を受け、主にロボットハンドの改良と、自動収納機能を付加した結果について報告する。なお、意見8に対しては、共同研究機関の早稲田大学が検討を進めている。

2. 1 紙などを容易に拾えるロボットハンドの指構造と把持方法（特許出願中）

意見5～6を受け、大掛かりな装置あるいは複雑な制御を加えることなく、ハンド自身の形状等を工夫することにより、紙等の薄いものやエレベータ等のボタンを取り扱えるように、新たにロボットハンドを設計した。次節以下に基本原理および適用例を示す。

表1 マニピュレータに関する意見・要望

	多く聞かれた意見・要望
1	前輪とマニピュレータが干渉して床までハンドが下りないと困る
2	マニピュレータが近すぎて、挟み込みそうで怖い
3	飲物を飲むなら、もっと上まであがる必要がある
4	エレベータのボタンを押したい
5	床に落ちた紙を拾いたい
6	机上の封筒や紙を動かす作業にも使いたい
7	マニピュレータが車いすへ移乗する際に邪魔にならないか。移乗はスライドボードやリフトで行うが、障がい者の生活様式を考えて検討してほしい
8	手先にピッチ軸関節があったほうが、かこの物を取る時などは便利

2. 1. 1 基本原理

図1に紙を拾う基本原理を示す。図1では、ロボットハンドの指先のみを抽象的に示しており、例えば図2のようにロボットハンドの先端に具備し機能を発揮する。上部が斜視図、下部が側面図で、左から右に時系列に把持する様子を示している。指先Bで紙を上部から押さえつけた後、凹曲面を持つ指先Aの方へ物体を滑らせて、指先Aの腹まですくい上げて把持をする。これを可能とするために、指先Aの先端下部を、床と密着し物体がすくい上がることが可能な凹曲面を持つ形状とし、摩擦係数の小さい材料で形成し、もう一方の指先Bの先端下部を、対となる指の先端の曲率とほぼ同じ凸曲面を有する形状とし、物体を押さえつけて摩擦力により物体を移動させることが可能な摩擦係数の大きい弾性材料で形成している。これにより、紙等の薄いものを傷や折り目を付けることなく把持することが可能であり、またクリップ等の小さなおかつ端面が曲面であるために滑りやすい物でも、接触面積が大きい向きに変えて把持できるため、安定して把持することが可能である。なお、曲率半径を可変パラメータとしたモックアップによる基礎実験で、すくい上がり、なおかつ実装の面で大き過ぎないという観点から、曲面の曲率半径は15mm程度が適当であった。

2. 1. 2 グリッパー式ロボットハンドへの適用1

図2はグリッパー式のロボットハンドの指先に前節の原理を適用したハンドの組立図である。指Aの先端下部に低摩擦で凹曲面を持つ指先Aを、指Bの先端下部に高摩擦で凸曲面を持つ指先Bを配しており、紙や小物を拾う際に使用する。また、ハンド先端の前方を円弧とすることにより、エレベータ等のボタンを押しやすい形状とした。ハンド先端の前方部分は人にも接触しやすい部分であるため、円弧形状にしたことにより安全性も確保できる。両指を樹脂（ポリアセタール）で形成し、指Bにのみアクリル・ウレタン・ゴムの共重合発泡体のシートを貼り付けることにより、低摩擦な指先A、高摩擦な指先Bを実現した。このロボットハンドを試作し、基本性能を確認した結果を図3に示す。意見4～6にある紙やエレベータのボタンを扱えることを確認した。また、本ハンドは1つのモーターで駆動し、簡単な構造であるにもかかわらず、ペットボトルや筆記用具など、生活空間で使用する様々な物を扱うことが可能である。

2. 1. 3 グリッパー式ロボットハンドへの適用2

前節で適用したロボットハンドの指先Aは、通常、変形しないため、床が傾斜していたり凹凸があったりする場合に、床面に密着せず、薄い物がすくえない問題が生じていた。また、先端に鉛直で平らな部分が少なかったため、ハンド先端で細い物を持つ場合もやや困難であった。そこで図4に示すように、指先Aを弾性体（ゴム）に置き換えて新たにロボットハンドに適用した。この指先Aが床面に接すると変形し、おおよそ曲率半径が15mm程度になるように形状を設計した。

一般的に、ゴムは摩擦係数が高いが、指先Aは上述の通り低摩擦である必要がある。そこで今回、材料として

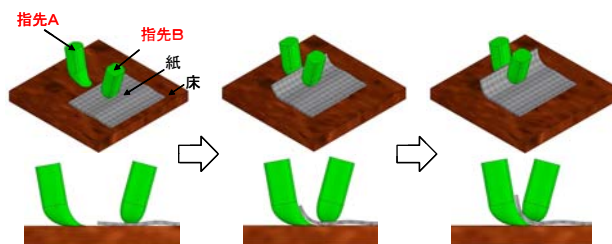


図1 基本原理

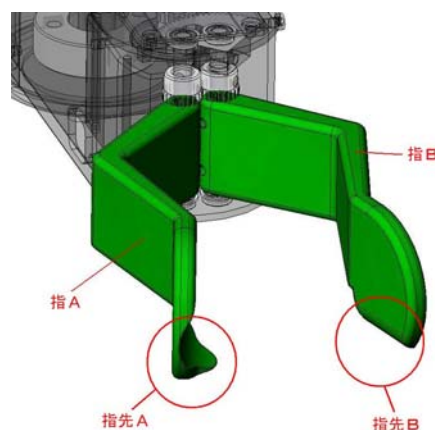


図2 グリッパー式ロボットハンドへの適用1

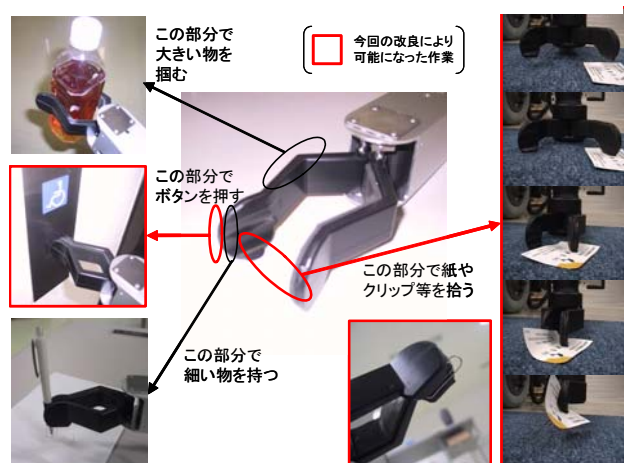


図3 基本性能の検証

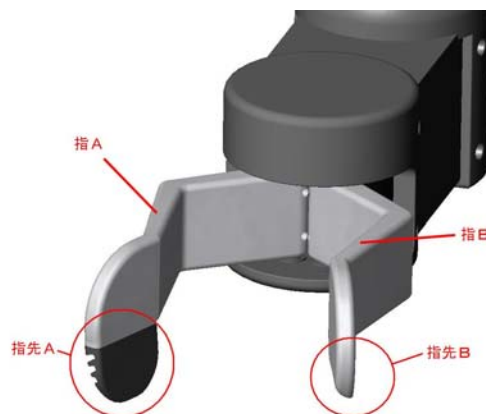


図4 グリッパー式ロボットハンドへの適用2

ウレタンゴムを用いて指先Aを形成（シェア硬度Aは60程度）し、その上から表面処理をし、低摩擦化することを検討した。表面処理は別々に3種類行い、生活空間で代表的な床面と考えられるコーティングされた床と絨毯の上で、床に押し付けた時と同程度の鉛直荷重をかけつつ水平方向にバネ秤により引張り、最大静止摩擦係数を測定した。表面処理の種類ならびに測定結果を表2に示す。表面処理③のフッ素樹脂をベースにした表面処理が、本試験中では最も低摩擦化できることが分かった。

次に床面に接触させて、凹状の曲面を保ったまま滑らせることが可能かどうか試験を行った。図5左に示すように、凹状の曲面を保ったまま滑る場合は成功（○）とし、図5右に示すように、逆側に反り返ってしまった場合は失敗（×）とした。結果を表3に示す。表2の結果と照らし合わせると、最大静止摩擦係数が0.46以下であれば、所望の動作が実現できている。また、コーティングされた床、絨毯ともに成功したのは、表面処理③のみであり、試作機にはこの表面処理を適用することにした。

2. 2 自動収納機能

表1の意見7を受け、利用者がベッド等から移乗する際に、マニピュレータを自動的に邪魔にならない位置に収納する機能を備えることにした。

これを実現するためには各軸の絶対位置を取得する必要があるが、これまで水平軸についてはコントローラ内蔵サーボモータの機能により取得できたが、上下方向についてはセンサを装備していないため、取得できなかった。今回、図6に示すように、水平方向のアームの根元部分にあたるスライドガイド部分に2個のリミットスイッチAとBを設けた。リミットスイッチAについては、収納位置に対して上部にあるか下部にあるか判断するためのドッグAを上部に設け、リミットスイッチBについては、上下の限界位置を判断するドッグB（本来はもっと離れた位置にあるが、説明の便宜上、図中では近距離に表示）を設けた。これにより、収納位置ならびに上下の限界位置を、2個のリミットスイッチのON-OFF信号により取得し、制御することが可能になる。本装置を試作機に実装し、収納機能を確認した。なお、ドッグは簡単に付け替えができるので、ベッド位置などの環境に応じて、収納位置を微調整することが可能である。

表2 表面処理の種類と最大静止摩擦係数

表面処理	①	②	③
メーカー名	(株)ユニックス	(株)ダイゾー	(株)ダイゾー
製品名	UNY1	NTBX-W139	NTBX-140K
塗料の主成分	ウレタン	シリコンオイル	フッ素樹脂
床	1.86	0.86	0.43
絨毯	1.43	0.46	0.43



図5 滑り試験の成功／失敗写真

表3 滑り試験結果

表面処理	①	②	③
床	×	×	○
絨毯	×	○	○

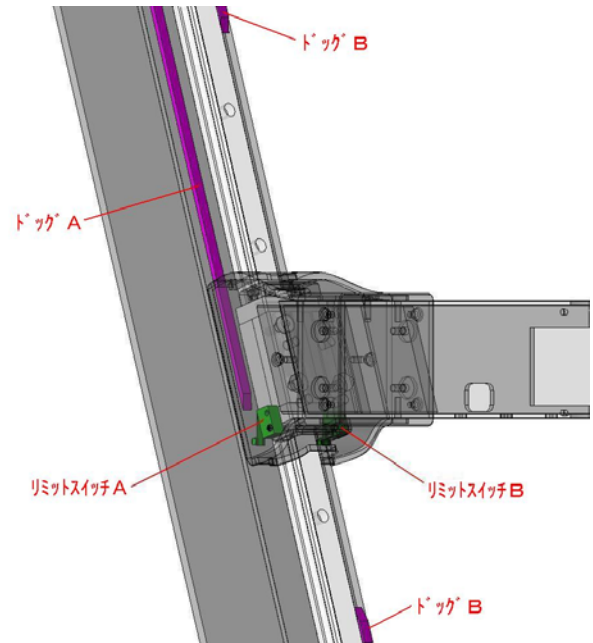


図6 リミットスイッチとドッグ

3. リスクアセスメントによるリスク低減

3. 1 国際安全規格

ISO/IECガイド51により国際的な安全に対する考え方が示されており、WTO/TBT協定により国内規格(JIS等)もこれに準拠して改定が進んでいる。図7に、機械類に関する国際安全規格の体系を示す。全ての機械類で共通に利用できる基本概念、設計原則を扱うA規格を基本に、広範囲の機械類で利用できるような安全、又は安全装置を扱うB規格を組み合わせ、必要に応じて項目を追加・修正し、特定の機械に対して詳細な安全要件を規定するC規格が定められている。我々の開

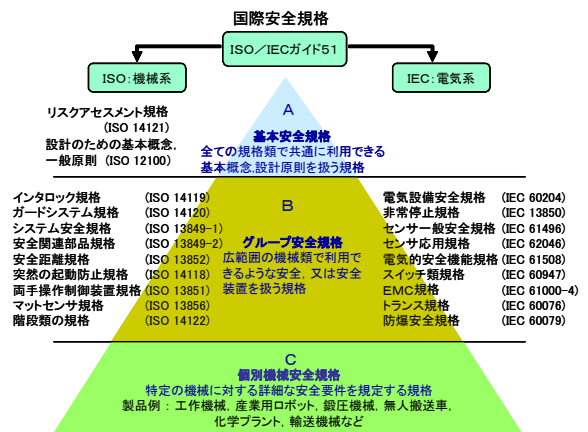


図7 機械類に関する国際安全規格の体系

