

介護者のはさまれ災害に対する入浴用ストレッチャ式電動リフトの保護方策の開発[†]

齋藤剛^{*1}, 岡部康平^{*1}, 池田博康^{*1}, 岩切一幸^{*2}

高齢者介護施設での腰痛予防対策の一つとして、動力を用いる入浴介助機器の積極的な利用が推奨されている。しかし、労働災害事例の調査及び高齢者介護施設を訪問しての実態調査を行った結果、機器を操作・使用する介護者の安全については十分に配慮されておらず、設計段階でのリスク低減が不十分であることが明らかになった。そこで、本研究では、具体的な対象として、市販の入浴用電動ストレッチャを取り上げ、これまで製造ラインや工作機械等の産業機械で培われてきた安全技術を応用するアプローチで、機器を操作する介護者のはさまれ災害に対する保護方策を検討した。考案した方策を試作し、入浴用ストレッチャ式電動リフトに実装して、基礎的な動作試験から所要の特性の実現を確認した。さらに、考案した方策が機器本来の使用性や介護者の作業条件に影響しないことを、業務で同種機器を扱っている介護者らの参加を得た評価試験から検証した。以上の結果から明らかになった各保護方策の課題は、入浴用動力介助機器に関する構造要件及び使用規則を策定する際に、入浴介助作業の実際を踏まえた合理的に実施可能な要求事項を策定する上で重要であり、機器に講ずべき工学的保護方策の構造要件の中に考慮し、反映する予定である。

キーワード: 機械安全, 入浴用ストレッチャ式電動リフト, 保護方策, 使用性評価

1. はじめに

高齢者介護施設での腰痛予防対策の一つとして、動力を用いる入浴介助機器の積極的な利用が推奨されている。しかし、労働災害事例の調査及び高齢者介護施設を訪問しての実態調査を行った結果、機器を操作する介護職員（以下、介護者と記載）の安全については十分に検討されておらず、設計段階でのリスク低減が不十分であることが明らかになった。このような状態のまま、入浴用動力介助機器の普及が加速されれば、介護者のはさまれ・巻き込まれなどの機械災害が多発する可能性がある。

そこで、本研究では、具体的な対象として市販されている入浴用ストレッチャ式電動リフト（以下、電動ストレッチャと記載）を取り上げ、これまで製造ラインや工作機械等の産業機械で培われてきた安全技術を応用するアプローチにて、機器を操作する介護者のはさまれ災害に対する保護方策を検討した。本報では、第2章で、検討対象として取り上げた電動ストレッチャの仕様、ならびに介護者の身体の一部を挟圧するおそれがあるとして同定された部分（以下、挟圧危険部と記載）について述べる。次いで第3章に、本研究で考案した保護方策の構成とこれらの機能を基礎的な動作試験より検証した結果を示す。さらに、考案した保護方策が機器本来の使用性や介護者の作業条件に影響しないか、実機への適用可能性について、業務で同種の機器を扱っている介護者らを対象に、試作した保護方策を実装した電動ストレッチャ

を用いて模擬的に入浴介助作業を行う使用性評価試験により検証した。得られた結果について第4章で考察する。

2. 電動ストレッチャの仕様と挟圧危険部

1) 電動ストレッチャと浴槽の仕様

工学的保護方策を具体的に検討する上で、市販の電動ストレッチャ Arjo Huntleigh 社製 Miranti（以下、本機と記載）を対象とした。本機の外観と使用状況の例を図1に、主な仕様を表1に各々示す。本機は、典型的には、脱衣場で入浴者を寝台に移乗し、浴室で洗身、その後、浴槽へ移動し、所定の高さに寝台を降下させて入浴者を浴すという手順で使用される。



(a) 電動ストレッチャの外観



(b) 使用状況の例¹⁾

図1 電動ストレッチャの外観と使用状況の例

[†] 本報は、労働安全衛生研究 Vol.10, No.2, pp.85-95 の記述の一部に追記を行い、まとめ直したものである。

^{*1} 労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ

^{*2} 労働安全衛生総合研究所 産業疫学研究グループ

連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ 齋藤剛^{*1}

E-mail: saiotot@s.jniosh.johas.go.jp

表1 主な仕様

寸法	全長 1950 mm, 寝台幅 510 mm
重量	103 kg (うち, 寝台 48 kg)
昇降能力	最大160 kg
昇降ストローク	475 mm ~ 1065 mm
電源バッテリー	24 V, 4 Ah

本機には次の四つの動力可動部があり、すべて 24V バッテリーを電源とする減速機構付きモーターで駆動される。ここで検討する保護方策は、これら動力可動部の作動が安全制御の対象となる。

- (a) 寝台の昇降：本体に内蔵されたボールねじ機構により、手持ちコントローラ（以下、コントローラと記載）又は操作パネルの操作ボタンを押している間だけ作動する。
- (b) 寝台頭側の起倒：コントローラのボタンを押している間だけ、寝台の頭側縁部に掛けたフックワイヤが引き出し又は巻取りされ、寝台頭側半面の角度が調整される。
- (c) ストップ：操作パネル又はコントローラのボタンを押すと、キャスター部底面より突出し、別のボタンを押すと引き込まれる。寝台を昇降させる際に転倒防止のために使用する。
- (d) 支援駆動輪：寝台の両端にある圧力スイッチを押すと、本体底面より車輪が出る。押し続けると、押ししていないスイッチのある側を前として前進方向に車輪が回転し、移動を支援する推力が発生する。圧力スイッチを離すと車輪は収納される。

なお本機は、移動・移乗支援用リフト（ストレッチャー式リフト）として、国際安全規格 ISO 10535²⁾への適合が第三者認証機関の認証を受けて宣言されている製品である。

一方、入浴介助の際に本機と組み合される浴槽には複数の種類があるが、ここでは、介護施設などで比較的多く利用されていることから、図2に示す鍵穴形状のバスタブ（Arjo Hunt leigh 社製 Rhapsody）を備えた特殊浴槽（同社製 System 2000）との組み合わせで使用されると設定した。

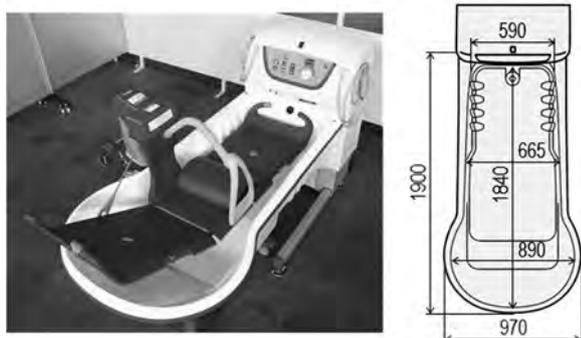


図2 浴槽の外観と主要寸法

2) 挟圧危険部

寝台を浴槽内に降下させていく過程で、寝台と浴槽上面の縁との間の距離を計測し、指が押し潰されるのを回避する最小隙間 25 mm³⁾を基準に、挟圧危険部を同定した。その結果、本機の挟圧危険部として次の2箇所が確認された（図3参照）。

- ① 寝台取付基部カバー下端：寝台底面が浴槽の底まで降下すると、寝台取付基部カバーの下端と浴槽縁上端との間隔が 9 mm になる。
- ② 寝台頭側縁部：寝台頭側半面は、寸法仕様上、一部が浴槽の縁に接するようになっており、寝台の降下に伴って持ち上がる。これは、誤って被介護者の頭部を湯に漬さない意味での有用性はあるが、必ずしも本機の意図された使用方法ではない。



図3 寝台の降下に伴う挟圧危険部

その他の部分については、寝台の足側半面が浴槽半ばまで降下する間、寝台外周と浴槽縁上面との間には最少でも 30 mm の間隔が確保されていた。ただし、寝台を昇降させる操作過程において、以下のことが問題として考えられた。

- ③ 寝台外周と浴槽縁上面との間に適切な間隔が確保されるのは、あくまでも、浴槽に対して意図された正しい位置に本機を配して寝台の昇降を行ったときのみである。この点に関し、現状では、介護者に意図された昇降操作位置を適切に案内する目印となるものが特に設けられていない。
- ④ 寝台の昇降は、コントローラで行われることが多いと想定されるが、例えば、コントローラのスイッチ接点が劣化して戻らない場合や誤って何かに当たった場合に誤作動を防止する方法として、本機の仕様では、本体と接続されているコネクタ部を引き抜くこととなっている。介護者が冷静に対処できない状況が容易に予見される。
- ⑤ ④に関連して、制御回路の不具合により機器が正常に作動しなくなった場合は、バッテリーを外して電源を遮断することになっており、非常停止装置は装備されていない。

3. 保護方策の提案と試作

第2章で掲げた挟圧危険部と問題点に対処するものと

して、以下の五つの方策を考案し、試作した。そして、基礎的な動作検証試験の結果、無線式接近検知センサを除く4方策を本機に実装し、第4章で述べる使用性評価試験を行った。以下に、各方策の詳細について述べる。

1) 位置決めガイド機構

浴槽に対して本機の位置決めを正しく行えるようにする方策として、図4に示すように、キャスター部の前面にガイドとなる突起を、浴槽下にその受けを設けることを検討した。両者がかみ合う位置が、意図された昇降操作位置であるが、さらにローラアーム式リミットスイッチ(EUCHNER社製NM-KB)をガイドに取り付け、ガイドがガイド受けに正しくセットされると、寝台の昇降時に安全のために働かせることになっているストッパが自動的に作動する構成とした(図5参照)。これは、介護者に位置決め完了を伝えるばかりでなく、入浴介助中のストッパ操作の手間を省くことを意図したものである。さらに、このリミットスイッチは、浴槽内での寝台の昇降中に支援駆動輪が誤作動することを防止するように、支援駆動輪の駆動モータへの動力供給を断路するインタロックも構成している。

なお、ガイド受けは、現時点では、2 mm厚のステンレス製パンチングプレート上に固定しているが、実際に施設などに設置する場合には、浴室床面に浴槽と共に敷設するものとしている。



図4 位置決めガイド機構



図5 ガイドに設けたリミットスイッチ

2) 感圧式接触検知センサ

寝台の頭側半面の一部は浴槽の縁に接する。また、前述の25 mm以上の間隔は指が押し潰されるのを回避する最小隙間であり、入浴介助中において浴槽と寝台との間に介護者が腕を入れることも想定される。そこで、感圧式の接触検知センサを寝台の縁などの突出部に設置し、障害物との接触を検知したら寝台の降下操作及び頭側半面の傾け操作を中断することを検討した。

ただし、感圧式の接触検知センサの使用においては、

原理的に接触を検知した段階では既に身体の一部に接触しており、接触を検知してから寝台が停止するまでの遅れ時間により、はさまれた身体部位がさらに圧迫されることを考慮する必要がある。この点に関しては、入浴用動力介助機器の可動部に高い停止性能を求めるのには限界がある。

このことから、本研究では、寝台が停止するまでに身体部位を挟圧しても過大な力が及ばないように、柔らかいクッションを内蔵した接触検知センサを試作した。試作した接触検知センサの構造を図6に示す。接触を検知する感圧部は、市販の感圧スイッチ(アズビルトレーディング社製BS500)の感圧部を利用したもので、2枚の電極フィルムの中に厚さ0.5 mmのポリエステル製スペーサを挟んだ構造であり、力が加わると電極が接して導通状態となる。試作した接触検知センサは、その感圧部の上に厚さ13 mmのポリウレタンフォームを配し、全体を発泡塩化ビニル製のシートで包んだ構成である。



図6 試作した接触検知センサの構造

感圧部の導通は、専用の安全コントローラ(アズビルトレーディング社製SC-U1D1)で判定し、その安全出力で寝台の降下及びフックワイヤの引出しの操作が中断される。また、安全コントローラは、内蔵された規定の抵抗を用いて、感圧部及び配線を含む接触検知回路の断線故障を検知する機能を有しており、このような不具合が生じた場合には、接触検知時と同じく、動力可動部の操作が実行できなくなる。

感圧センサの国際規格ISO 13856-2⁴⁾において頭又は手を想定した試験片形状とされる直径80 mm、厚さ30 mmの金属製プローブを1.0 mm/sで試作した接触検知センサに押し付け、その際の押込み量と反力との関係を測定した。押込み量10 mmまでの結果の例を図7に示す。この例では、押込み量1.85 mm、反力12.6 Nの時に電極が導通したが、その後の反力の増加は緩やかであり、

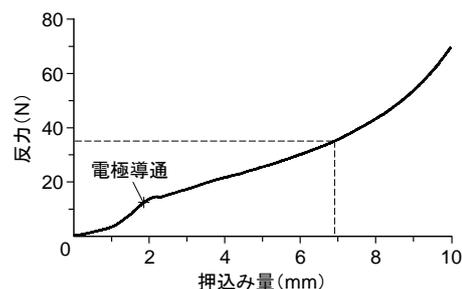


図7 接触検知センサの押込み量と反力の関係

さらに 5 mm 押し込んでも反力は 34.7N であった (図 7 に破線で示す)。測定 5 回の平均では、導通時の押し込み量は 1.87 mm (標準偏差: 0.02 mm)、反力は 12.6 N (標準偏差: 0.17N)、導通後 5 mm の押し込みに対する反力は 35.2N (標準偏差: 0.66N) であった。

一方、入浴用介助機器へ適用する上で、接触検知センサの使用環境条件として、少なくとも a) 本機の仕様より、業者が指定する除菌洗浄液により毎使用後と 1 日の終わりに洗浄されること、b) 浴槽の仕様より、最高 45°C の湯に浸されることの 2 点が考慮されなければならない。そこでまず、条件 a) について、外皮に使用した塩化ビニルシートの耐薬品性を、業者指定のクワット系消毒洗浄液を指定の 4 倍の濃度で希釈した溶液に浸しておくことで調べた (図 8 参照)。塩化ビニル樹脂は、酸/アルカリ/溶剤に対し優れた耐性を有することで知られるが⁵⁾、試験の結果、120 時間経過後も特に変質等は見られなかった。



図 8 接触検知センサ外皮の耐薬品性試験

また、条件 b) について、温湿度環境試験装置 (楠本化成社製 TH403HA) を用いて、仕様よりも 5°C 高い 50°C の湯に浸した状態で接触検知センサを作動させ、5 秒に 1 回の頻度で前述の金属製プローブを空気圧シリンダによって 150N で押し付ける方法で、43,200 回 (60 時間) を打ち切り回数とした高温耐久試験を 3 回行って評価した。150N としたのは、ISO 13856-2 において感圧センサが反応しなければならない押し付け力の下限として規定されている値であったためである。試験の様子を図 9 に、試験終了後の接触検知センサの状態の例を図 10 に各々示す。設定した打ち切り回数は、接触検知センサが 1 日に 20 回加圧されると仮定すると約 6 年間の使用に相



図 9 接触検知センサの高温耐久試験

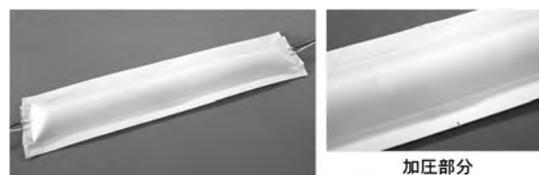


図 10 高温耐久試験終了後の接触検知センサの状態

当するが、図 10 に示すように、加圧部分の一部に金属製プローブの形がついたものの、3 回の試験のいずれも接触検知センサの機能に異常は見られず、湯中での耐久性能が確認できた。

以上の基礎的な検証を受け、接触検知センサを本機に実装した。金型を作成すれば湾曲した形状のセンサを制作することも可能であるが、現時点では直線形状のみの試作に留めたことから、図 11 に示すように、寝台背面の縁周囲に配置する構成とした。図 11 には、寝台頭側半面しか示していないが、寝台足側半面及び被介護者の腰を乗せる寝台中央底面の縁周囲にも、同様に、センサを配値した。

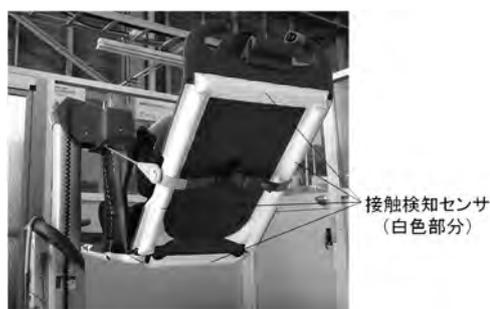


図 11 接触検知センサの実装状態

停止機能の動作を検証するため、寝台に 65~69 歳の男性の体重の 95 パーセント値⁶⁾に相当する 80 kg の錘を乗せ、水平にした状態で、ロードセルを組み込んで固定面上に置いた前記金属製プローブの上に降下させ、プローブとの接触による寝台の停止過程及びプローブにかかる荷重を測定した。結果の一例を図 12 に示す。接触検知センサが荷重 12.5N で接触を検知した後、寝台は約 1.8 mm 降下し、このため荷重は一時約 20N に達した。ただし、その後は寝台の振動に伴って荷重が緩和され、最終的に残留した荷重は 15N 以下となった。同じ試験を 5 回行った結果を表 2 に示す。ISO 10535²⁾ には、移動・移乗支援用リフトが「水平移動中に人体の一部を挟んだ際、かかる力は 100 N を超えてはならない」との規定があるが、測定された荷重はこれより十分小さく、接触検知後の遅れ時間での加圧の緩和を考慮した所要の特性が実現されていることが確認された。

なお、接触検知センサの機能により、センサが浴槽底に接すると、介護者がコントローラの降下ボタンを押し続けても、自動的に寝台の降下が停止することとなった。さらに、接触検知センサ及び取り付け具の高さを含め、停止した時の寝台の高さが未実装時よりも増したことで、

3.2 節の①で指摘した寝台取付基部カバーの下端と浴槽縁上端との間隔は 28 mm に広がることとなった。

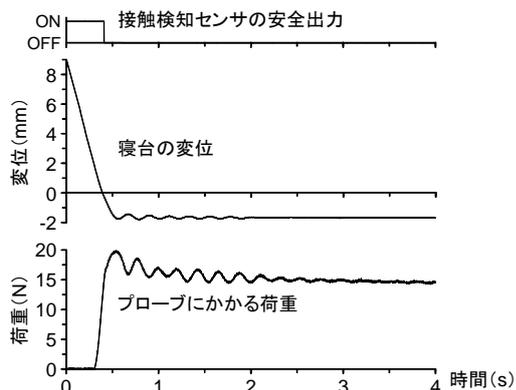


図 12 接触検知センサの動作確認試験結果の一例

表 2 動作確認試験結果 (試験回数: 5 回)

	平均値	標準偏差
接触検知時の荷重	12.7 N	0.3 N
安全出力 OFF 時の荷重	15.0 N	0.3 N
安全出力 OFF 後の寝台降下量	1.78 mm	0.04 mm
最大荷重	19.7 N	0.3 N
残留荷重 (検知から 5 秒後)	14.3 N	0.4 N

3) 無線式接近検知センサ

感圧式接触検知センサと同様の目的により、ストレッチャの縁に電界通信方式の人体通信技術を利用した非接触式のセンサを設置し、人体の接近を検知した場合に、寝台の降下操作および頭側半面の傾け操作を停止させることを検討した⁷⁻⁹⁾。

無線式接近検知センサの開発では、まず、図 13 に示す電界通信方式の人体通信装置を試作し、性能を確認した⁷⁾。人体通信は省電力の人体近傍通信の総称であり、人体を無線装置のアンテナとして通信を行う。試験の結果、基本的な性能を確認できたが、大型で可搬性に乏しいことから、実用性を向上させるよう小型化を検討した。



図 13 試作した人体通信装置

小型化したセンサを図 14 に示す。人体通信を担う送信機と受信機ともに掌大の寸法となった。送信機の消費電力を抑えるために周波数は 125kHz とした。受信機は通信が成立すると LED が点滅する。また、受信機のアンテナに、単なる導線も使用できるようにした。小型化の仕様としては、受信機のアンテナを長さ 5 cm の導



図 14 小型化した無線式接近検知センサ

線とする条件で、受信機と送信機の距離が 5~2 cm の範囲で再現性のある反応が得られることを目標とした。

人体通信の動作検証試験の様子を図 15 に示す。試験は、電波暗室内において、人が片手に送信機を持ち、反対の手を受信機のアンテナに近づける方法で行った。その結果、約 3 cm まで手を近づけると人体通信が可能であり、距離が 1 cm 程度であれば再現性のある反応が得られることを確認した。反応は掌だけでなく、全身でも同様で、足のつま先でも十分動作することが確認できた⁹⁾。

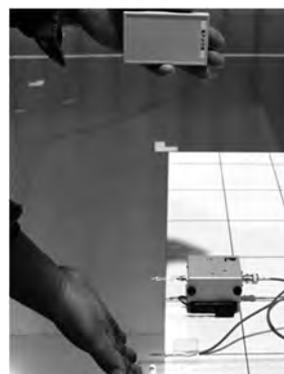


図 15 人体通信の動作検証試験の様子

しかし、本検証試験の内容は実際の使用条件を極めて単純化したものであったが、服の材質や人体との接触面の状態、腕時計などの装飾品も通信に影響することなどが確認され、実用化に向けた性能を判断するためには検討すべき項目がまだ多く残されていることが判明した。このため、より詳細な検証のため検討項目の整理が必要であると考え、本機に実装して次章で述べる使用性評価試験に供することは見送ることとした。

4) イネーブルスイッチ付きコントローラ

コントローラに不具合が生じた場合や何かに当たった場合などに意図せず動力可動部が作動することを防ぐ方策として、コントローラに 3 ポジションイネーブルスイッチ (オムロン社製 A4E) を備え、イネーブルスイッチが中央位置に適切に押下されていなければ、コントローラの操作ボタンが機能しないことを検討した。イネーブルスイッチの具備は、機械を手動で運転する際の安全確保の条件の一つとして、産業用機械の個別安全規格の多くで規定されている方策である。

試作コントローラと記載)を図16に示す。第4章で詳述する使用性評価試験を考慮し、イネーブルスウィッチの配置として、コントローラの側面に横向きにスイッチを取り付けたタイプAとコントローラの背面中央に後向きに取り付けたタイプBの2種類を試作した。なお、タイプAは、イネーブルスウィッチ取付け部を反転することで、イネーブルスウィッチを左右どちらにも向けられる構成とした。

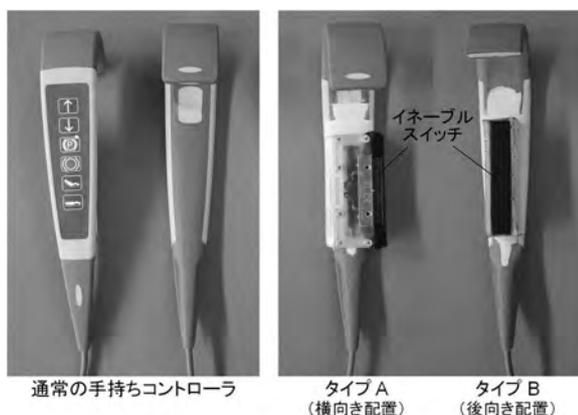


図16 試作したイネーブルスウィッチ付きコントローラ

5) 非常停止装置

コントローラや制御回路の不具合などの状況に対する付加保護方策として、図17に示すように、操作パネルの上方にあたる寝台取付基部に非常停止スイッチを設けることを検討した。寝台取付基部の位置は、入浴助中に介護者が容易に操作できる位置として選定した。また、非常停止スイッチには、IEC 60947-5-1 附属書 K¹⁰⁾に規定された直接開路動作機能の要求に適合するとともに、防水性を考慮し保護構造等級が IP65 の製品 (IDEC 社製 AB6E-3B) を使用した。



図17 非常停止スイッチの取付け位置

4. 保護方策を実装した電動ストレッチャの使用性評価

1) 試験の概要

機械の安全設計の原則を規定した国際規格 ISO 12100¹¹⁾では、リスク低減の適切さを判断する事項の一つとして、保護方策がオペレータの作業条件や機械の使用性に有害な影響を与えないことが要求されている。意図された作業を阻害する方策は、いずれ無効化され、対策のなくなった危険源に使用者が常時暴露される結果を招くためである。この観点より、試作した保護方策が本機の使用性に影響していないか、実機への適用可

能性を検証するため、本機と同種の電動ストレッチャを業務で使用している介護者5名(男性4名、女性1名、平均年齢51.0歳)及び電動ストレッチャを含む福祉機器や介護用具を扱う福祉関連商社の施設営業職5名(男性5名、平均年齢44.6歳)の計10名の参加を得て、試作した保護方策を実装した本機の使用性評価試験を行った。

試験は、図18に示す床面を病院や福祉施設等の浴室で使用されているキャスター走行重視型床材(東リ社製バスナアルティ)とした広さ14.7m²(4.6m×3.2m)の模擬浴室にて実施した。本機に重量60kgの人型ダミーを搭載した状態で、試験参加者に本機の基本運用方法に基づく入浴介助作業の一部として、①脱衣所から浴槽までの移動、②浴槽に対する位置決め、③浴槽での寝台の降下と上昇、までの一連の作業を模擬的に行ってもらい、その印象から各保護方策に対する主観的評価を対話形式で聞き取った。試験を実施しているときの様子を図19に示す。なお、本試験は、労働安全衛生総合研究所の研究倫理審査委員会の承認(通知番号H2735)を得て、2016年7~12月に実施した。



図18 試作した保護方策を実装した電動ストレッチャと使用性評価を実施した模擬浴室



図19 使用性評価試験実施時の様子

2) 位置決めガイド機構に対する評価

浴槽位置で本機を位置決めする際に位置決めガイド機構を利用する方法としたことに関する質問と回答を図20に示す。

質問(1)の位置決め困難さの増加については、作業が実行できなくなるとの回答はなかったが、参加者の半数が「作業には問題ないが、慣れるまでに時間がかかりそうである」と回答した。その理由として、試作した位置決めガイド機構が浴槽下の見え難い位置にあるとの指摘が多かった。試作したガイド機構では、位置決めの際の目安として、浴槽の脚部フレーム先端に本機のキャスター部の側面を押し当てながら移動させるとガイド位置に誘導される設計としていたが、「入浴助中は利用者に注意を払っているため、ガイド位置を確認するために利用者から視線を外し、下を見ながら移動する時間は最

質問(1) 電動ストレッチャの位置決めは難しくなったか？

A 5名	B 4名	C
------	------	---

回答A: 作業には問題ないが、慣れるまでに時間がかかりそう
 B: 特に問題ない
 C: 浴槽の長手方向から接近する場合に対応していない

質問(2) ストップが自動で作動することは作業に影響するか？

A 7名	B 3名
------	------

回答A: むしろ自動で作動したほうが良い
 B: 特に問題ない

質問(3) 業務では電動ストレッチャを浴槽の横から接近させているか？

A 5名(介護職員のみ)

回答A: させている

図 20 位置決めガイド機構に関する質問と回答

小限にしたい」との指摘もあり、実機に適用する上ではさらなる検討が必要であると考えられた。

ただし、質問(2)のガイドがガイド受けにセットされたときにストップが自動的に作動する機能に関しては、すべての参加者から肯定的な回答が得られ、うち7名から実機への適用を望む回答があった。その利用として、作業手順の省略化のみならず、「ストップのかけ忘れがなくなる」ことも挙げられた。本機を使用する入浴介助作業手順全体を見通した上で効果的に保護方策が適用できた例として評価できると考えられる。

なお、質問(3)にあるように、本試験に参加した介護者5名すべてが、通常は電動ストレッチャを本試験と同様に浴槽の横から接近させる方式で使用していた。しかし、浴槽の左右どちらから接近させるかという点に関しては、被介護者の機能障害や傷病によって寝台の左右どちらの向きにも被介護者を乗せる場合があること、さらに、例えば吐瀉物があるなど、一時的に浴槽の長手方向から接近せざるを得ない場合もあることが分かった。質問(1)で1名から回答されたが、実機では実現されているこのような柔軟な接近性を保つことは、試作した位置決めガイド機構の工夫だけで対応するには限界があり、キャスター部の形状や浴室床面の構成なども含めた総合的な検討が必要である。

3) 接触検知センサに対する評価

寝台の縁突出部に接触検知センサを設けたことに関する質問と回答を図21に示す。

参加者9名から肯定的な回答が得られ、うち2名からは「浴槽に接したときに自動的に停止するのが良い」との理由で実機への適用を望む回答があった。問題なく実機へ適用できる方策と言え、位置決めガイド機構と同じく、効果的に保護方策が適用できた例と考えられる。ただし、今回の試作では、センサの作動による停止時にアラームの鳴動やインジケータの点灯による操作者への通知までは配慮できておらず、この点を指摘する回答が介護者1名からあった。比較的容易に実現できる事項であり、反映したい。

質問 接触検知センサは作業に影響するか？

A 7名	B 2名	C
------	------	---

回答A: 特に問題ない
 B: 浴槽に接したときに自動で停止するのが良い
 C: 停止時に合図がないので、停止した理由が分からず迷いそう

図 21 接触検知センサに関する質問と回答

4) イネーブルスイッチ付きコントローラに対する評価

コントローラの背面にイネーブルスイッチを備えたことに関する質問と回答を図22に示す。

質問(1)のコントローラの操作性の悪化については、作業ができなくなるとの回答はなく、「慣れるまでに時間がかかりそう」との回答も半数に留まったことから、実機への適用は不可能ではないと考えられる。

また、質問(2)のイネーブルスイッチの向きに関しては「横向き」の配置を好む回答が多かった。しかし、実際の入浴介助では、「場面場面の状況に応じてコントローラを持ち替え、右手と左手のどちらでも操作する」との意見があった。このことを考慮すれば、左右どちらの手でも操作できるように「背面中央に後向き」で配置するほうが、より合理的であると考えられる。

質問(1) イネーブルスイッチはコントローラの操作性に影響するか？

A 5名	B 5名
------	------

回答A: 作業には問題ないが、慣れるまでに時間がかかりそう
 B: 特に問題ない

質問(2) スイッチの向きは「後」と「横」のどちらが操作し易いか？

A 6名	B 3名	C
------	------	---

回答A: 横向き
 B: 後向き
 C: どちらでも良い

図 22 イネーブルスイッチ付きコントローラに関する質問と回答

5) 非常停止スイッチに対する評価

寝台取付基部に非常停止スイッチを設けたことに関する質問と回答を図23に示す。

質問(1)のスイッチの大きさ・形状については、すべての参加者から肯定的な回答が得られ、問題なく実機へ適用できることが確認された。また、質問(2)の設置位置について、施設営業職1名から「電動ストレッチャ本体から浴槽を挟んで反対側に離れて立つ場合などでは届かない」との指摘があった。ただし、今回参加された

質問(1) 非常停止スイッチの大きさや形状は適切か？

A 10名

回答A: 特に問題ない

質問(2) 非常停止スイッチの設置位置は適切か？

A 9名	B
------	---

回答A: 特に問題ない
 B: 作業によっては立ち位置から届かない可能性がある

図 23 非常停止スイッチに関する質問と回答

介護者 5 名の範囲では「電動ストレッチャ本体から離れた位置で寝台などを作動させる作業はない」と回答されており、設置位置は概ね妥当であると考えられる。

5. まとめ

積極的な利用が推奨されている入浴用動力介助機器において、操作・使用する介護者の安全が十分に配慮されておらず、設計段階でのリスク低減が不十分である。そこで、市販の電動ストレッチャを具体的な対象として取り上げ、これまで製造ラインや工作機械等の産業機械で培われてきた安全技術を応用するアプローチにて、機器を操作する介護者のはさまれ災害を防止するための保護方策を検討した。さらに、これらの実機への適用可能性を評価するために、業務で同種機械を使っている介護者及び福祉関連商社の施設営業職の計 10 名を対象に、試作した方策を実装した電動ストレッチャの使用性評価試験を行った。その結果、電動ストレッチャ本来の使用性に大きな影響は与えないことが確認されたが、いくつかの方策については、構造や方式を見直すべきと考えられる点があった。

今後、本研究の成果は、他の機種を含めた入浴用動力介助機器全体に関する構造要件及び使用規則を策定する際の予備的検討として活用していく。明らかになった保護方策の課題については、入浴介助作業の実際を踏まえた合理的に実施可能な要求事項を策定する上で重要であり、機器に講ずべき工学的保護方策の構造要件の中に考慮・反映する予定である。

参 考 文 献

- 1) アビリティーズ・ケアネット株式会社. 製品カタログ「リハビリ・介護機器」－病院・福祉施設向－. 2014; ①: 123
- 2) ISO 10535 (Hoists for the transfer of disabled persons - Requirements and test methods). 2006.
- 3) ISO 13854 (Safety of machinery - Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body). 1996.
- 4) ISO 13856-2 (Safety of machinery - Pressure sensitive protective devices - Part 2: General principles for design and testing of pressure sensitive edges and pressure sensitive bars). 2013.
- 5) 日本プラスチック工業連盟. 主なプラスチックの特性と用途. <http://www.jpif.gr.jp/2hello/conts/youto.pdf> (2017 年 6 月 20 日確認).
- 6) 厚生労働省. 平成 25 年国民健康・栄養調査報告. <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyuu/h25-houkoku.html> (2017 年 6 月 20 日確認).
- 7) Kohei Okabe (2015), A Study of Safeguarding Based on Human Body Communication Technology, Proc. of 8th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Maritim Hotel Königswinter, Germany, pp.229-231.
- 8) 岡部康平, 齋藤剛, 池田博康 (2016) 人体通信技術を用いた安全防護の検討, 安全工学シンポジウム講演予稿集, pp.292-295.

- 9) 岡部康平 (2016) 無線式人体通信による近接センサシステムの開発. 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会, CD-ROM.
- 10) IEC 60947-5-1 (Low-voltage switchgear and controlgear - Part 5-1: Control circuit devices and switching elements - Electromechanical control circuit devices). 2016.
- 11) ISO 12100 (Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction). 2010.