パワーアシスト介護リフトの開発
―基礎的検討―

金沢大学　○江坂　早恵，関　啓明，神谷　好承，疋津　正利

Development of Power-Assisted Care Lift

Kanazawa University Sae ESAKA, Hiroaki SEKI, Yoshitsugu KAMIYA, Masatoshi HIKIZU

Caregivers use care lifts to lift up and transfer handicapped (or elderly) people. A care lift is usually operated by some switches, however, the caregiver also should support the handicapped person during switch operation. Therefore, some power-assisted care lifts have been already proposed. They have the problem that the power-assisted control becomes unstable at the landing because the operation force and landing force can't be separated. We propose a new concept of power-assisted care lift with two force sensors. Its power-assisted control can work smoothly in various situations of the lift even if the weight information of the handicapped person is not given.

1.　緒論

介護の現場で最も負担となる作業の 1 つは，ベッドから車いすなど被介護者の「移乗」である．介護者が被介護者を抱きかかえ移乗させる手段として介護リフトが用いられている．介護リフトでは，被介護者に吊り具をかけ，吊り具をハンガー部にひっかけ，電動の駆動部で持ち上げたり下ろしたりする．電動の介護リフトは主にスイッチやリモコンで操作する．一方，吊り上げられた被介護者がゆれたり，不安感を持ったりしないよう，介護者は被介護者を支える必要もある．同時にスイッチ操作と被介護者のサポートの両方を行うのは大変であり，さらに，スイッチ操作だけ行うと，被介護者の意思表示が困難な場合，無理な姿勢をとっていたり，体が吊り具にはさまれていたりすることに気づかずに操作してしまう事が原因で事故につながる恐れもある．

これらの問題を解決するために，スイッチやリモコンをなくし，介護者が直接被介護者を抱きかかえて移乗を行うことのできるパワーアシスト介護リフトが提案されている．これは，介護者が被介護者を持ち上げる力を検出して電動モータの力でアシストするものである．しかしながら，従来のパワーアシスト介護リフトのうち，力センサが吊り具の特定の部分についているものでは，その部分をずっと触っていなければならないという問題がある．吊り上げる力を検出するものでは，床に着いたり離れたりするときに制御が不安定になりやすい．そこで本研究では着地時にも不安定にならない，操作性のよいパワーアシスト介護リフトを目的とする．今回はそのための基礎的な検討を行った．

2.　パワーアシストの問題点

介護リフトでの移乗の流れの一例を図 1 に示す．まず，座っている状態や寝ている状態の被介護者に吊り具を装着し，リフトのハンガーに吊り具を引っ掛ける．次に，電動リフトで介護者を持ち上げる．そしてベッドや車いすなどの場所へ移動し，着地し，吊り具などをはずして終了する．従来研究されているパワーアシスト介護リフトでは，空中で介護者が被介護者を持ち上げる状態のみに着目し，アシストを行っている．しかし，床（ベッドや車いす含む）に着地した状態から持ち上げる状態や浮いた状態から着地する状態もある．

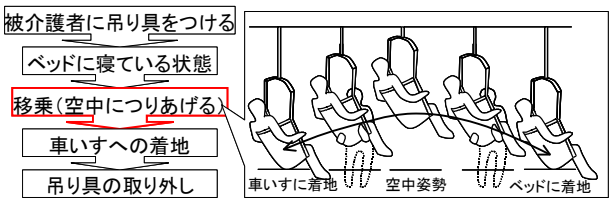


図 1　介護リフトでの移乗の例(ベッドから車いすへ)

ここで，介護リフトに働く力について考える(図 2)．介護リフトには，被介護者の体重 F_W，介護者が被験者を持ち上げる力（操作力）F_H，着地した際の床反力 F_F，吊り具をつりあげる力 F_S が作用している．介護者が持つ所が決まっていない場合，操作力 F_H は直接検出できないため，これらのうち F_S を力センサで検出してアシストすることが多い．介護リフトの各状態における力を表 2 に示す．持ち上げている状態，空中で停止している状態，降ろしている状態では操作力 F_H は被介護者の体重 F_W が既知であれば F_S から求める事ができる．床に着地している状態では，床反力 F_F が F_S に影響を与えるため，操作力 F_H と床反力 F_F を分ける事ができず，アシスト制御が不安定となる．

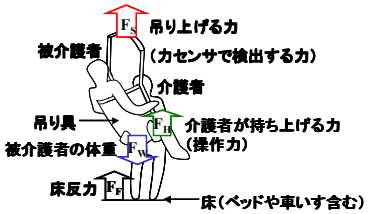


図 2　介護リフトに働く力

表 1 各状態における力

力	床に着いている時	持ち上げている状態	空中で停止している状態	降ろしている状態	床に着いたとき
F_H	0	+	0	-	0
F_F	F_W~0	0	0	0	0~F_W
F_S	F_W-F_H-F_F	F_W -F_H	F_W	F_W-F_H	F_W-F_H-F_F

3.　提案するパワーアシスト介護リフト

本研究では被介護者の体重が未知でも動作可能なパワーアシスト介護リフトを提案する．そこで 2 箇所に分かれた吊り具の張力を 2 つの力センサ（センサ 1, センサ 2）で測定すし，そのセンサ出力の差でアシスト動作させるようにする．この時の力の関係を図 3 と表 2 に示す．各センサで測定した張力をそれぞれ F_{S1},F_{S2} とする．介護者は片方のセンサ側（センサ 1）のみに操作力 F_H を加える．表 2 より，介護リフトがどのような状態にあっても，また，2 つのセンサには体重 F_W と床反力 F_F の 1/2 ずつがほぼ同じく作用し，理想的にはセンサ 1 のみ操作力 F_H がかかるので，操作力 F_H のみを求める事ができる．ベッド・車いすなどに着地している状態でもアシスト制御が不安定にならない．床に着いて吊り具が緩んでいるような状態でも可能である．なお，センサ 1 の側に操作力を加えることにしているが，センサ 2 の側に逆向きに力を加えてもよいし，また，センサ 1 とセンサ 2 に差があるように意図して操作力を加える方法もある．

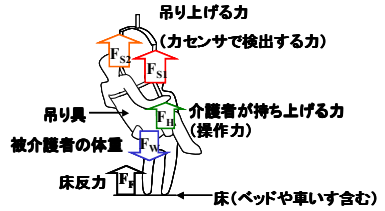


図 3　提案する介護リフトに作用する力

表 2　各状態における力の関係

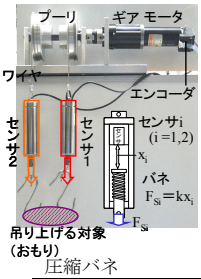
力	床に着いているとき	持ち上げている状態	空中で停止している状態	降ろしている状態	床に着いたとき
F_H	0	+	0	-	0
F_F	F_W~0	0	0	0	0~F_W
F_{S1}	$\frac{F_W-F_F}{2}+F_H$	$\frac{F_W}{2}-F_H$	$\frac{F_W}{2}$	$\frac{F_W}{2}-F_H$	$\frac{F_W-F_F}{2}+F_H$
F_{S2}	$\frac{F_W}{2}+\frac{F_F}{2}$	$\frac{F_W}{2}$	$\frac{F_W}{2}$	$\frac{F_W}{2}$	$\frac{F_W}{2}+\frac{F_F}{2}$
F_{S1}-F_{S2}	F_H	F_H	$F_H=0$	F_H	F_H

4.　開発のための予備実験

4.1　実験装置

提案したパワーアシスト介護リフトの概念を確認するために，予備実験を行った．実験装置と各部仕様を図 4 に示す．介護リフトの吊り具は左右 2 ヶ所で吊り上げることを模擬し，モータで同軸の 2 つのプーリを駆動し，各々力センサのついたワイヤを巻き上げる装置とした．2 つのワイヤの先端は持ち上げる対象特にフックで引っ掛ける．力センサはコストも考慮し，力をバネで変位に変換し，変位を反射型フォトセンサで検出する構造にした．反射型フォトセンサは，発光素子と受光素子が同じ方向を向いており，発光素子からの光をバネの上部に当て，反射してくる光を受光素子で受ける．距離によって反射光量が変位することを利用し，フォトセンサの出力電圧からバネまでの距離 x（バネの変位）を測り，力を求める．図 5 にフォトセンサの特性を，図 6 に製作した力センサの特性を示す．

パワーアシスト制御は図 7 のように行った．2 つのセンサで検出した力の差に係数をかけたものを，プーリを巻き上げる目標速度としてモータの速度制御（PI）を行った．



モータ(マクソン製 DC モータ)

定格出力	20W
定格トルク	25.7mNm
無負荷回転数	9550rpm
トルク定数	23.4mNm/A

エンコーダ	100 カウント 2ch
ギアヘッド	減速比 71：1
フォトセンサ	ローム製　RPR-220

圧縮バネ

バネ定数 k	5.9N/mm
直径	0.75mm
自然長	35mm

プーリ

直径	60mm
慣性モーメント	513.5gcm^2

図 4　実験装置と各部仕様

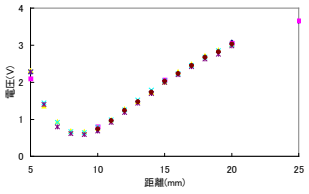


図 5 フォトセンサの特性

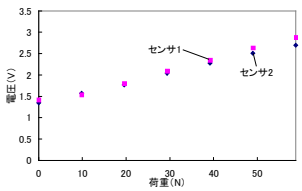


図 6　力センサの特性

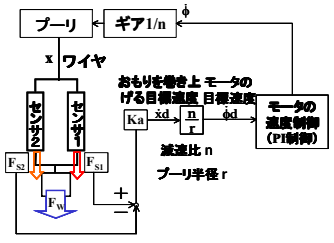


図 7　制御システム

4.2　実験結果

5kg のおもりを吊り下げ，床から持ち上げたり降ろしたりする実験を行った．具体的にはセンサ 1 側に操作力を加え，おもりが接地している状態から約 10 秒で 0.3m 持ち上げ，その後再び約 10 秒で降ろした．その時の操作力と高さ，力センサ 1・センサ 2 の出力結果を図 8 に，操作力とおもりの速度の結果を図 9 に示す．操作力はセンサ 1・2 の差を取ったものである．また図 8 中のそれぞれの状態での実験の様子を図 10 に示す．上向きの操作力を加えると，おもりは持ち上がっていき，上部で力を加えるのをやめると停止した．また，下向きの力を加えるとおもりは下降し，着地すると操作力は 0 となり，停止した．　センサ出力を見ると，センサ 2 は，持ち上げている状態，下ろしている状態ではおよそ同じ値を出力しており，センサ 1 の側を操作することによって，センサ 1 とセンサ 2 の差から操作力が得られている．また，おもりの速度を見ると，空中でも着地時でもスムーズな停止ができることが確認された．これにより，本研究で提案するパワーアシスト介護リフトは実現できる可能性がある事が分かった．

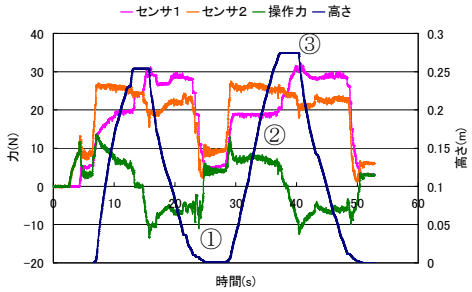


図 8　おもりを操作する実験結果
（各センサ出力とその差，お及びおもりの高さ）

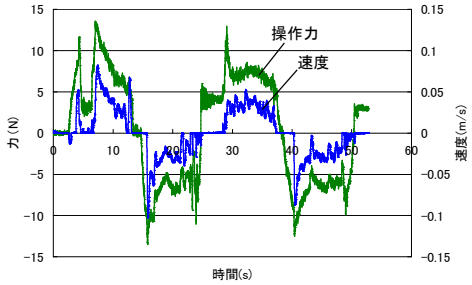


図 9　おもりを操作したときの操作力と巻き上げ速度の変化

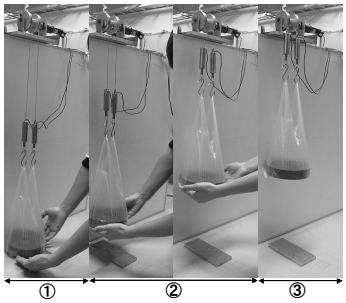


図 10　床からおもりを持ち上げる実験の様子

5.　結論

2 つのセンサで吊り上げる力を測定することにより被介護者の体重に関係なく，また，着地時でも不安定にならないパワーアシスト介護リフトを考案し，予備実験によりその実現可能性を確認した．今後は実際のリフトの改造をして，アシスト制御を行っていきたい．

参考文献

1)　徳田，児玉，“福祉機器と適正環境”中央法規出版(1998)
2)　疋津，他“介護リフトのためのパワーアシスト技術の改善”精密工学会誌論文集，vol.71No.10,pp.1250-1254(2005)