N18

介護リフトのためのパワーアシストの実現

金沢大学工学部　○疋津正利，吉本智，関啓明，神谷好承，野村久直

Realization of Power Assistance for Care Lift

Kanazawa University Masatoshi HIKIZU, Satoshi YOSHIMOTO, Hiroaki SEKI, Yoshitsugu KAMIYA and Hisanao NOMURA

In this paper, The power assistance for a care lift is realized using the compliance model. By the old care lift, the shock received when a care worker-ed is pulled up is not taken into consideration in many cases and it is necessary to ease the shock by adjustment of the speed when pulling up. It is possible to ease the shock when pulling up by using compliance control.

1. はじめに

福祉機器の一つとして介助者が下肢の不自由な人を持ち上げる作業を補助する介護リフトがある．介護リフトにおいてまず最初に求められることは，持ち上げ時において介助者への重量負担を減らすことであり，こうした要求に対してモータの駆動力を用いたクレーンのように持ち上げるパワーアシストの考え方がある．基本的にはクレーンのように持ち上げるパワーアシスト装置で十分なように考えられるが，持ち上げられる人が持ち上げ時に受ける衝撃力が考慮されていないことが多い．クレーンのように持ち上げる場合，Fig.1 に示すように持ち上げる前には吊り上げ用のロープはたるんだ状態であるため，引き上げ時にそのたるみがなくなりロープが引っ張られた瞬間に急激な衝撃力を受けてしまうことになる．速やかに引き上げることが可能な装置であればるほどこの衝撃力は大きくなるため，これまでの装置では引き上げ時のスピード調節によってこの衝撃力を緩和する必要があった．本研究ではこうした問題に対してパワーアシスト装置の中にコンプライアンス制御を構成し，引き上げ時の衝撃を緩和することを試みる．

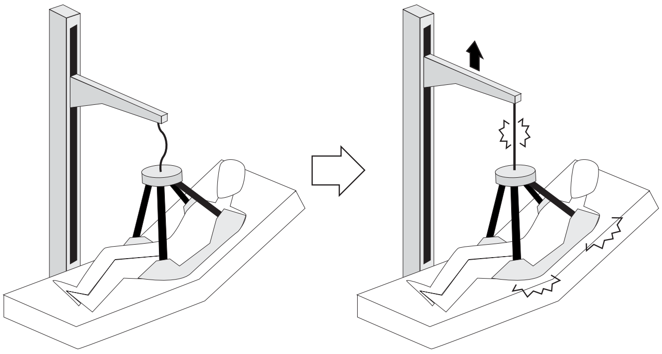

Fig.1 介護リフトによる持ち上げ

2. 制御系の構成方法

本研究で提案するコンプライアンス制御を実装したパワーアシスト装置のブロック線図を Fig.2 に示す．パワーアシスト用の操作レバーに取り付けられた歪みゲージにより操作力を検出し，不感帯を通してこの操作力を積分する．コンプライアンスモデルを計算機中にバネ・質量系で構成し，操作力の積分値をコンプライアンス制御への入力とする．コンプライアンスモデルにおける質量 M_C の運動をモータへの位置制御入力とすることによってモータ軸に取り付けられた負荷を持ち上げることができる．これだけの制御ではモータの駆動力を応用したクレーンにおける持ち上げ作業と大差なく，コンプライアンス制御の効果は無い．コンプライアンス制御の効果をパワーアシストに生かすために本研究では吊り上げロープが受ける張力をモータの電流値等で検出し，この値をコンプライアンスモデル部の質量 M_C に外乱力として作用させることによりコンプライアンス制御の効果を引き出すことにした．負荷荷重によりロープ張力が発生すればコンプライアンスモデル中の質量 M_C は動き，結果としてロープ張力を大きくしない方向にモータが動く．こうした運動を発生させることによって吊り上げロープが引っ張られた瞬間に発生する急激な衝撃力を緩和することができる．そして外乱力がコンプライアンスモデル中のバネ k_C による復元力と釣り合う

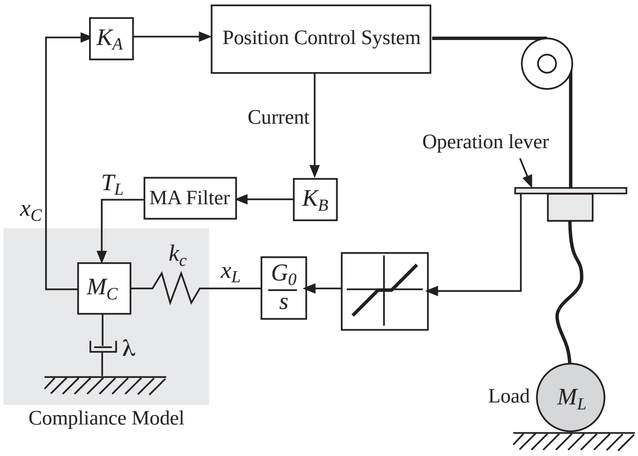

Fig.2 制御系のブロック線図

位置まで質量 M_C が移動した後に負荷が持ち上げられることになる．計算機中に仮想的に設定されたバネ・質量系で構成される小運プラ慰安巣モデルの固有周期を長くすればそれだけコンプライアンスの効果は大きく，衝撃力は緩和されまたソフトにゆらゆら動くことになる．本研究ではコンプライアンスモデルの固有周期を約 1Hz に，そして減衰定数を 1.0 に設定した．この値はほぼ乗用車に設定されている値に近いものと思われる．

本研究のパワーアシストは持ち上げ動作とコンプライアンス制御とは別々に機能する．操作レバーを操作している間だけ持ち上げ動作が機能し，レバーを操作していないときは釣り上がった状態を保つことになる．

3. 持ち上げ動作実験

コンプライアンス制御の有無の違いを検証する為に持ち上げ動作実験を行う．このとき操作レバーに入力された力をの推

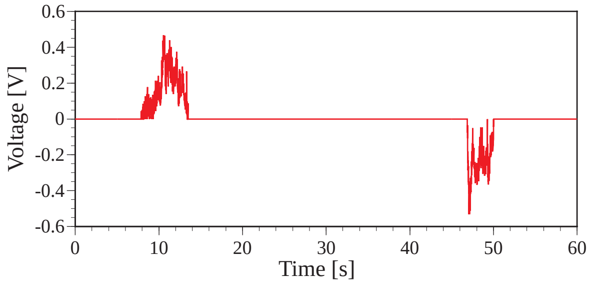

Fig.3 操作レバーへの入力

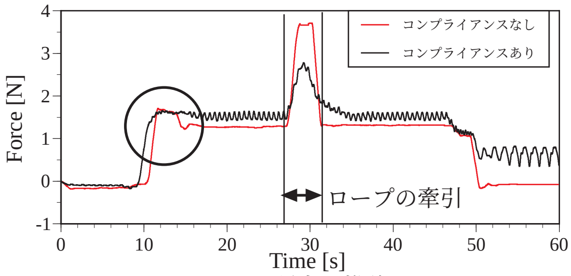

Fig.4 張力の推移

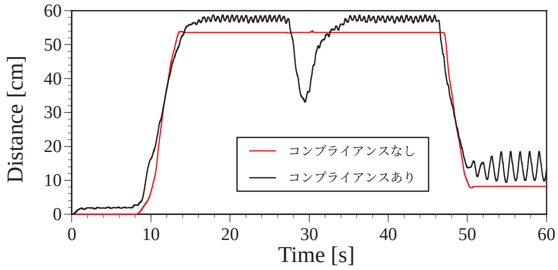

Fig.5 負荷の位置の推移

移を Fig.3 に示す．実験開始約 10 秒後に持ち上げを行い 50cm 上昇させたところで一旦操作を止める．その後操作レバーには触らず吊り上げロープを引っ張りコンプライアンス制御の動作を確認する．最後に元の位置まで降ろすという一連の動作を行った．この時のモータの電流値より推定したロープの張力の推移を Fig.4 に，負荷の移動の推移を Fig.5 に示す．

Fig.4 より持ち上げ動作時において，コンプライアンス制御なし比べてありの方が張力の変動は滑らかであり，持ち上げ動作時における衝撃が緩和されていることがわかる．また，Fig.5 によりコンプライアンス制御を行うことによって，張力の変動に対して負荷がソフトに動いていることがわかる．ただし，Fig.5 に示されているように負荷を床へ降ろす際に振動的になるという問題も生じている．

4. 床面との接触時における振動問題の解決

この問題は制御系から見た場合に床と負荷の接触時に負荷の重力成分が一瞬にしてゼロになることから生じる問題であり，その急激な力の変動により負荷は再び上昇しようとする．しかしながら，操作者は更に床へ降ろそうとするために，負荷が床に着いた途端同じ事を繰り返すことになる．このような現象により，負荷は振動的になり結果，被介護者への負担が大きくなることになる．本研究はこの問題を解決するために，負荷が床に着いたときにコンプライアンスモデル内のバネの力をゼロにし，中立点を床面に合わせるという手法を用いる．この時のコンプライアンスモデル内のバネの力を Fig.6 に，負荷の移動の推移を F.g7 に示す．Fig.6 および Fig.7 より負荷が床に着いた瞬間にコンプライアンス内のバネの力をゼロにすることにより，着地時の安定性を確保できていることがわかる．

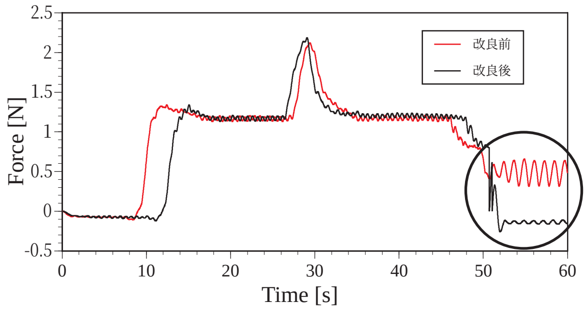

Fig.6 コンプライアンスモデル中のバネの力

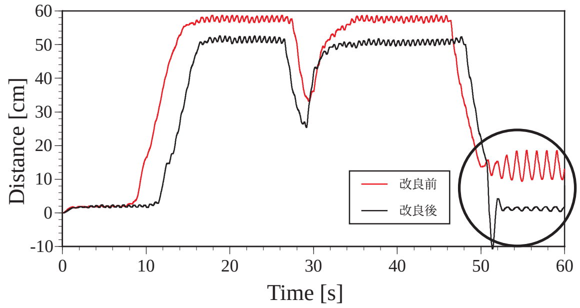

Fig.7 負荷の移動の推移

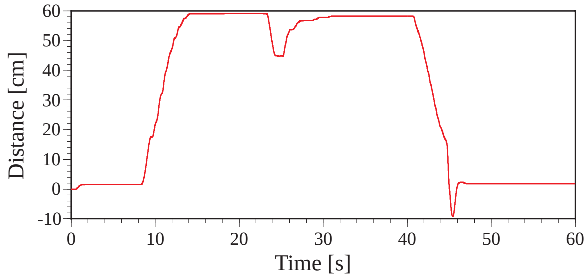

Fig.8 負荷の位置の推移（クーロン摩擦あり）

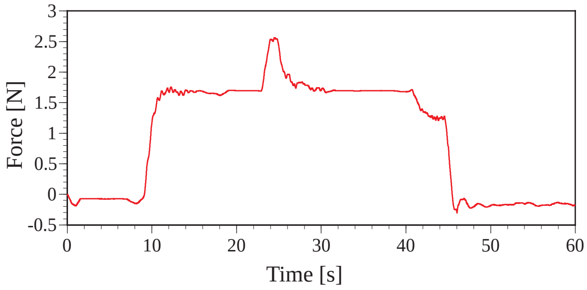

Fig.9 張力の推移（クーロン摩擦あり）

5. 釣り下げ時の微小振動の低減

Fig.5 および Fig.7 を見て分かるように，負荷を持ち上げた後の釣り下げ状態時において負荷が微小振動をしている．この振動は釣り下げられている被介護者にとって不快感の元であり，また不安感をも増長する原因となるのでこの問題も解決する必要がある．そこで本研究ではコンプライアンスモデルに仮想的なクーロン摩擦を導入することにより，この微小振動を低減する．コンプライアンスモデルにクーロン摩擦を導入した結果を Fig.8 および Fi.9 に示す．Fig.7 と Fig.8 を見比べれば分かるように，クーロン摩擦を導入することによって釣り下げ時の微小振動が抑えられている．また，Fig.9 の張力の推移からも負荷（＝被介護者）に振動が伝わっていないことが見て取れる．以上の結果より，クーロン摩擦の導入が微小変動の低減に有効であることが示された．

6. 結言

本研究では介護リフトに代表されるクレーン型のパワーアシスト装置において，特に床からの持ち上げ時および床への持ち降ろし時に生じる種々の問題を解決する手法を提案し，その有効性を示した．以下にそれをまとめる．

・介護リフトのように被介護者を吊り上げロープによって吊り上げるタイプのパワーアシスト装置において，そのパワーアシスト装置に対しコンプライアンス制御を組み込むことによって，床から持ち上げるときに被介護者への衝撃を緩和することができた．
・床への持ち降ろし時において，負荷の重力成分が瞬時に大きく変化することによって生じていた振動現象を，負荷が床面に接触したと同時にコンプライアンスモデル内のバネの中立点を床面に移動させることによって振動を抑えることができた．
・釣り下げ時に生じていた微小振動をコンプライアンスモデル仮想的なにクーロン摩擦を導入することによって振動を抑制することができた．