

B. 研究方法

介護を行うに当たり、最も介護者の肉体的負担が大きい動作が抱上げ動作である。被介護者を抱え上げる動作を行う際、介護者への負担が特に大きいのは肘、肩、腰・膝であり、これを重点的にサポートする事が重要であると考えられる。そこで、図 2.1 の様に平面型の高出力超音波モータを肘・肩・腰・膝、足首に配置し、介護作業をアシストする。

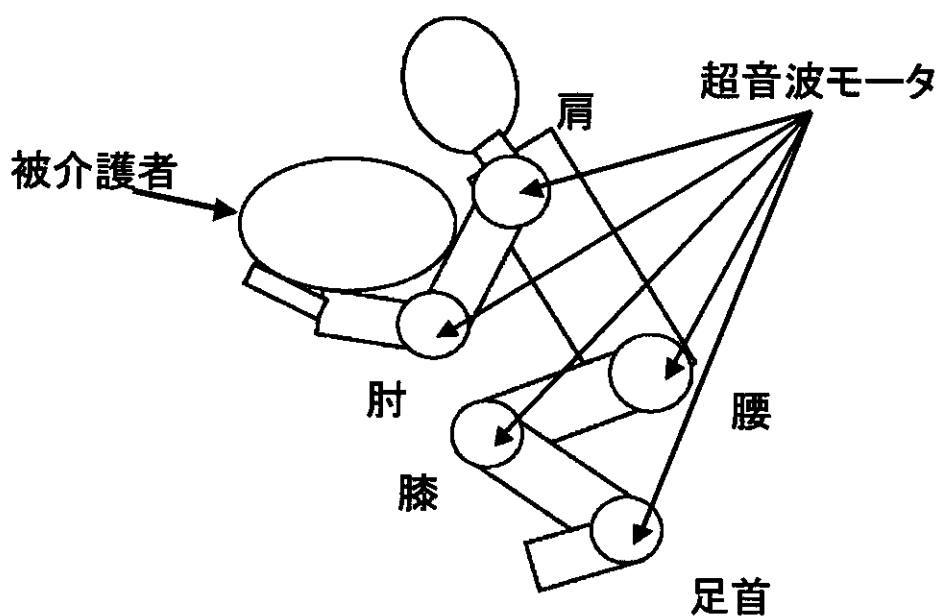


図 2.1 パワーアシストスーツイメージ

本研究室ではこれまで介護・福祉の分野における様々な装置の開発を行ってきておりパワーアシストスーツの開発はこれらの集大成とも呼べる位置づけとなっている。以下に本研究室で行ってきた研究成

果を述べる。

膝補装具

膝補装具には軽量で装着者の負担とならないこと，人間の動作に即した補助を行えること，十分な出力を得られるといった要求がある。超音波モータはこれらの条件を満たしかつ静粛に動作し，保持トルクも有しているため，高出力で軽量な膝補装具を製作することができた。また図 2.2 に示すシステムにより歩行動作を再現した制御を実現することができた。図 2.3，2.4 に製作した膝補装具を示す。

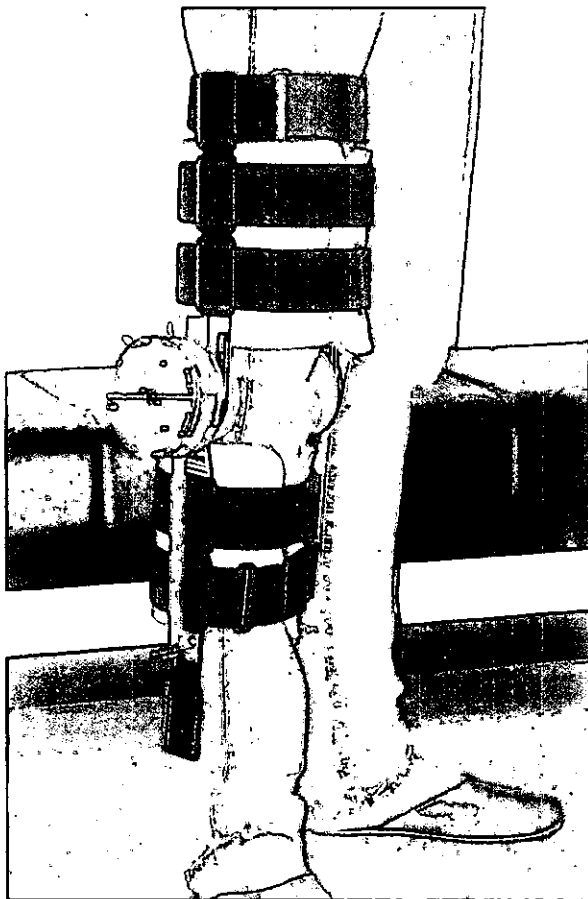


図 2.1 膝補装具

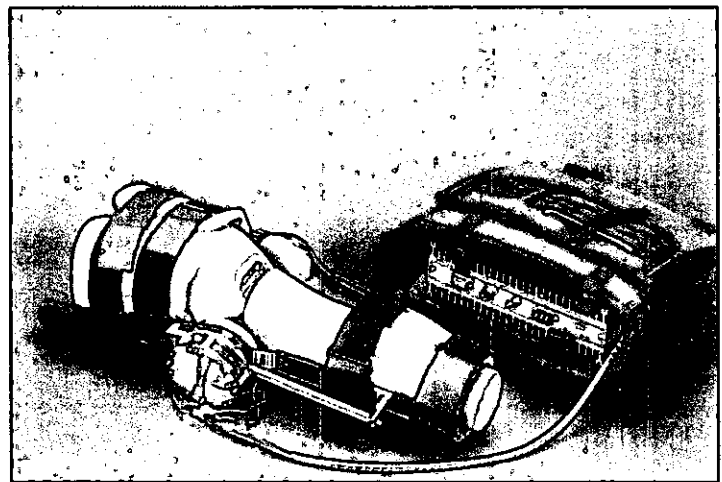


図 2.2 膝補装具とドライバ

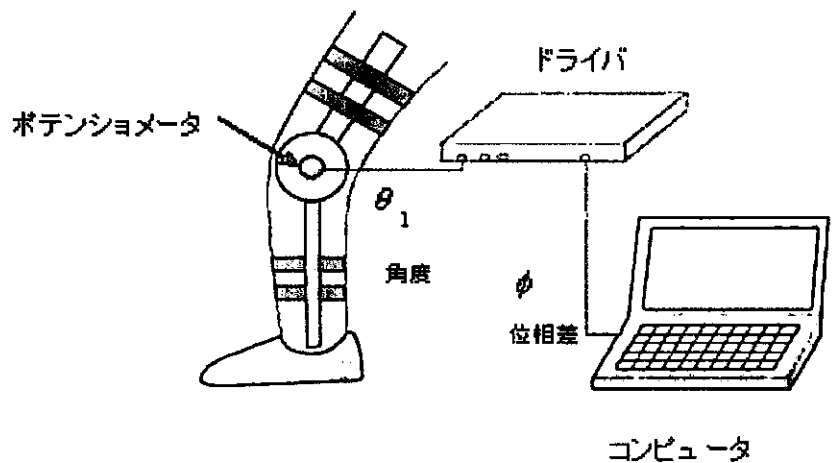


図 2.3 膝補装具制御システム

人工義手

人の腕は図 1 に示すように 7 自由度を有している。従ってこれと同数のアクチュエータを与えて初めて同等の作業能力を有するが、出力を得るために必要な減速機等の補助機構などにより形状や重量面に課題が生じるため、ほとんどの動力義手は把持機構のほかに手首部分の内転・外転で 1 自由度のみなど、十分な作業能力を持たずにいるのが現状である。そこで我々は、肘部，肩部にサンドイッチ型超音波モータ用いた人工義手の製作を行った。

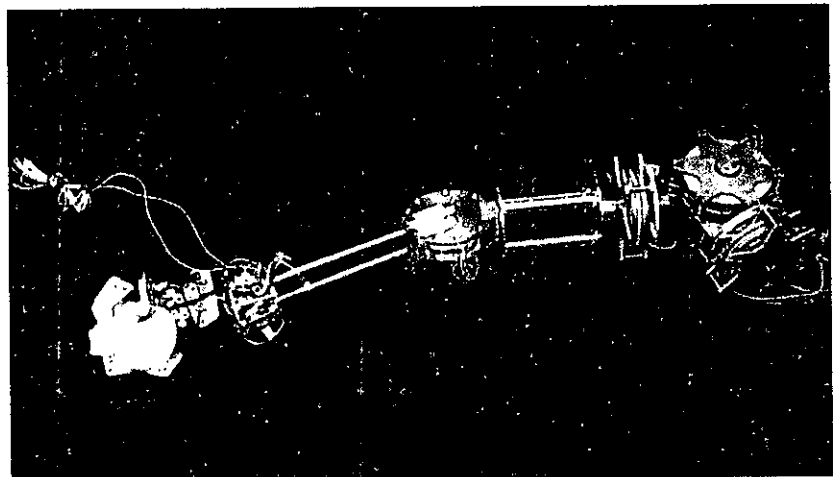
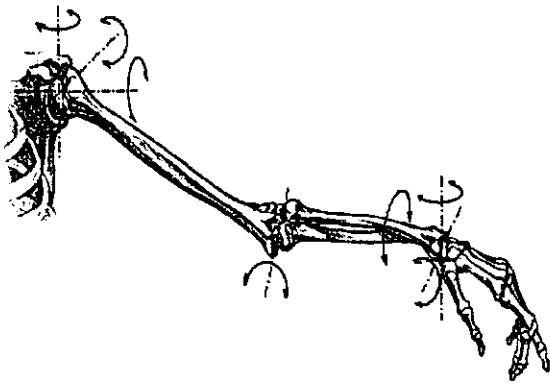


図 2.5 人の腕の自由度

図 2.6 超音波モータを用いた人工義手

歩行訓練機

歩行訓練機は運動機能が低下し、自立歩行が困難な高齢者，あるいは運動麻痺を有する脊髄損傷者を対象として，歩行能力を維持・促進するものである。この訓練機を使用することにより，起立及び歩行能力の維持・促進，転倒防止を図り，QOL，健康状態の維持・向上が目指される。装具の充たすべき基本要素として，直立二足歩行の実現，上肢の開放と前方への推進力，荷重の免荷等による四肢の協調運動が

挙げられる。また、移動性を兼ね備えた装具を目指すとともに、転倒の防止等、安全性に配慮して設計・開発を進める。設計・開発にはシナジー訓練の概念を適用し、体幹、上肢、下肢の多関節運動訓練によって調和の取れた身体運動を学習させるとともに、能動的な動作が困難な対象であっても受動的運動を行うことによって、末梢神経から脊髄への入力を活性化し、運動パターンの学習を狙う。

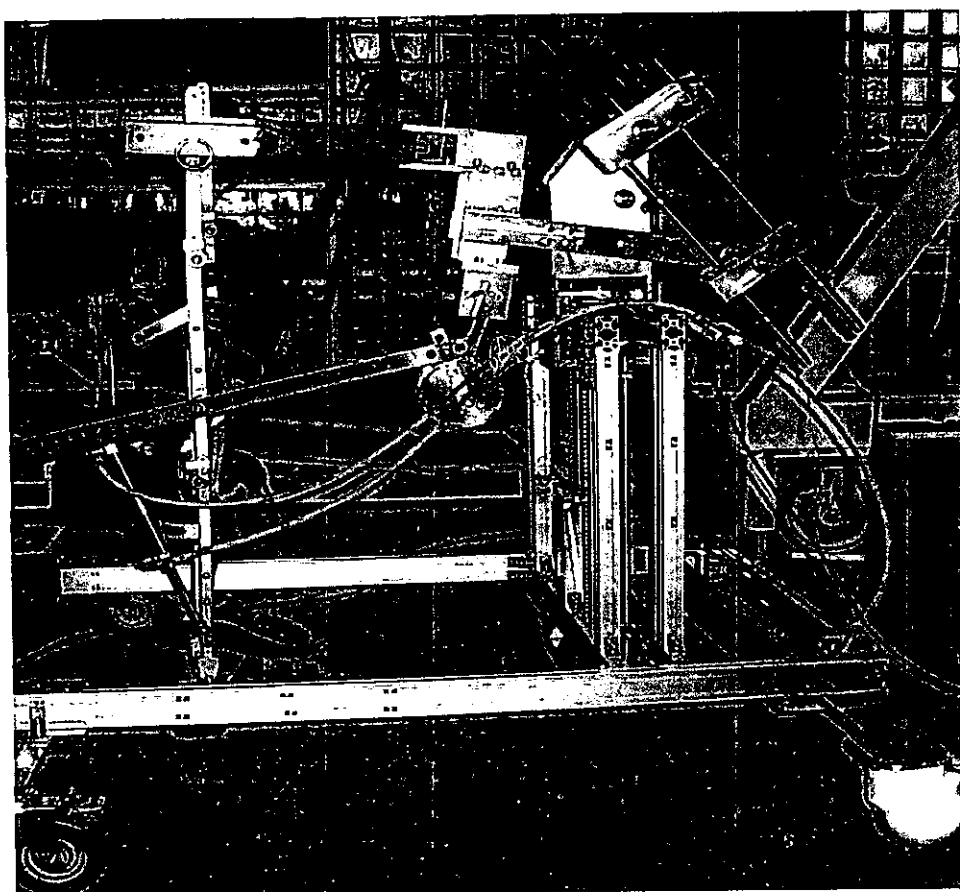


図 2.7 歩行訓練機

C. 研究結果

第 3 章 機構の開発

1 号機の目的

パワーアシストスーツを製作するに当って、必要十分なモータ数・取付位置の検討、装着者に負担をかけないためのスーツ自重を地面に逃す構造、装着者の自由度を確保する機構の検討が必要である。そこで初年度では、1号機としてモータは取り付けずに機構のみを検討するためのモデルを製作し、モータを装着しない状態で装着者が十分な動作が可能か検証を行った。

モータ数・取付位置

モータの個数と取付位置は非常に重要な問題である。モータ数が多ければ多いほど装着者の多様な動作をサポートすることが出来るようになるが、その分スーツ質量の増大，機構の複雑化，装着者の安全性の低下，消費電力の増加などの問題も生じる。

介護を行うに当たり，最も介護者の肉体的負担が大きい動作は抱上げ動作である。被介護者を抱え上げる動作を行う際，介護者への負担が特に大きいのは肘，肩，腰・膝であり，これらを重点的にサポートする事が重要であると考えられる。

そこで，図 3.2 の様に平面型の高出力超音波モータを肘・肩・腰・膝，足首に 1 組ずつ配置することにした。

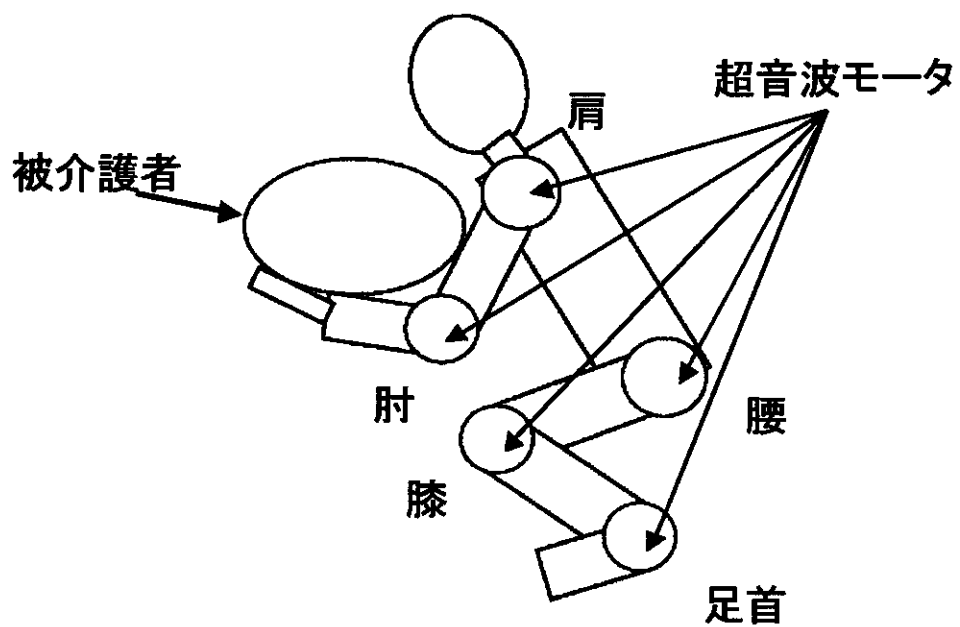


図 3.2 モータの配置

スーツ製作過程

パワーアシストスーツは人間が着用するためのものであり、その機構の評価は実際に人間が着てみないと分からない。

人間の体は非常に複雑な構造をしており、スーツを着用しているのに気付かない程の装着感というのは到底実現し得ないが、少しでも動きやすい機構というのは確かに存在する。

ここでは、スーツ機構の基本的な設計構想の流れと、2度にわたる試着と改良の繰り返しの履歴を見ていく、

(1) パワーアシストスーツ初期イメージ

パワーアシストスーツの研究開始当初のイメージは、図 3.3 の様なものであった。

このモデルは、特に装着性や構造材の強度計算などは行っておらず、スーツのイメージを掴むために作成されたものである。

しかし、今年度完成した 1 号機の構想はここから始まっており、その機構は共通する部分も多い。



図 3.3 初期イメージ

(2) 基本機構の着想

実際にスーツを作成するに当たり、基本的な機構の検討を重ねた。図 3.4 のポンチ絵はその中の 1 枚である。

この図のモデルでは、肩、肘用のモータを全て肩に集中的に配置し、タイミングベルトで肘関節を駆動している。これは、肘を駆動する筋肉と肩を駆動する筋肉との連動に着目し、それと同等の機能をスーツにも持たせようという意図によるものである。

このモデルは、人間の上腕部のねじれ角範囲に対し、タイミングベルトのねじれ角の許容範囲が小さいということで実現はしなかった。

この様に、様々な機構を検討した結果、最終的に最良の機構として選ばれたのが次項の第 1 回目試作モデルである。

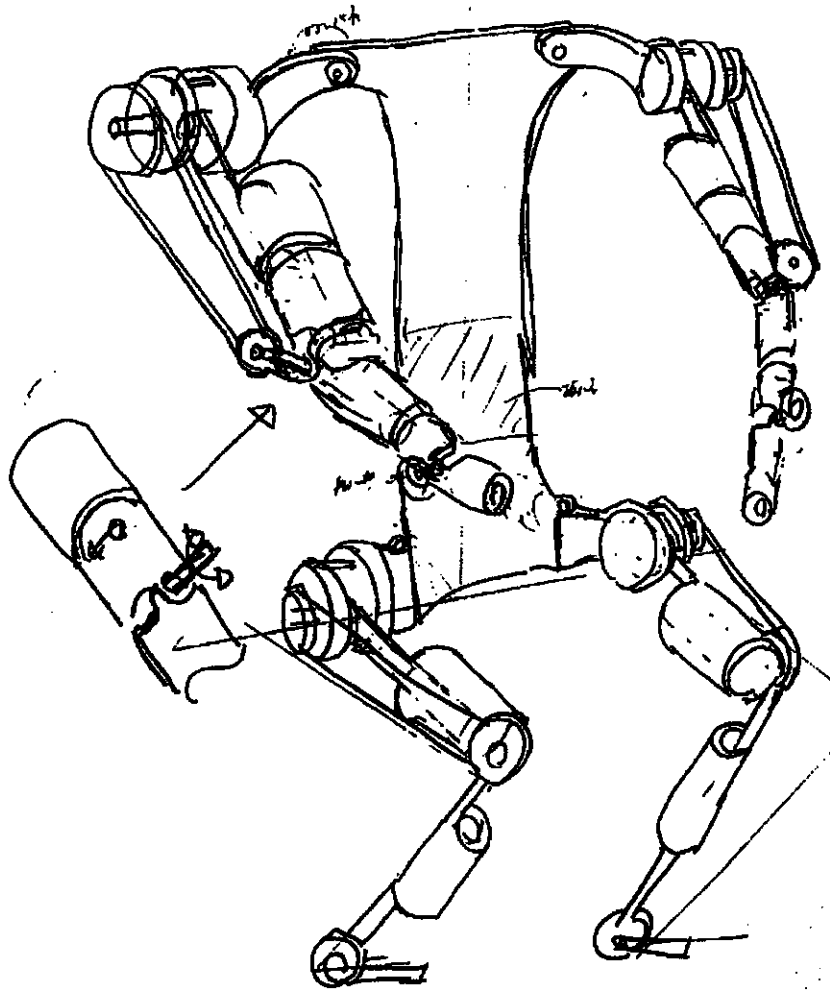


図 3.4 機構検討例

(3) 第1回目試作

図 3.4 に第 1 回目試作器の CAD イメージを，図 3.5 に試着風景を示す．このモデルは，肩，肘，腰，膝，足首に各 1 つずつモータを設置してある．

人間の肩は 3 自由度の回転運動が可能であるが，ここでは 1 自由度分をモータでサポートし，1 自由度は自由に回転出来るようジョイントを配し，バネで釣る形とした．

腰部は左右にスライドするようになっており，歩行時の腰の動きにならう様にしていた．(図 3.6)

装着者の身体はスーツにマジックテープで固定されており，その伸縮により多少のコンプライアンスを与えてある．

この第 1 回試作機は，試着をした結果，まず上半身については自由度が過剰であり，モータのトルクを十分に装着者に伝達できないという欠点があった．逆に下半身は，腰部の自由度が足りずに左右への重心移動が困難であり，満足に歩行も出来なかった．

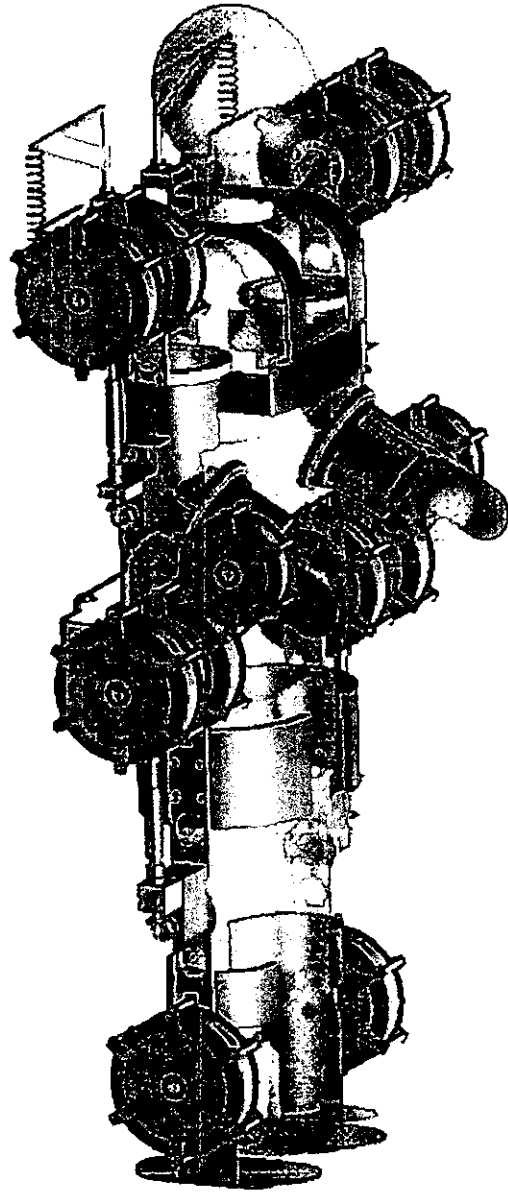


図 3.4 第 1 回目試作機モデル



図 3.5 第 1 回目試作機の試着

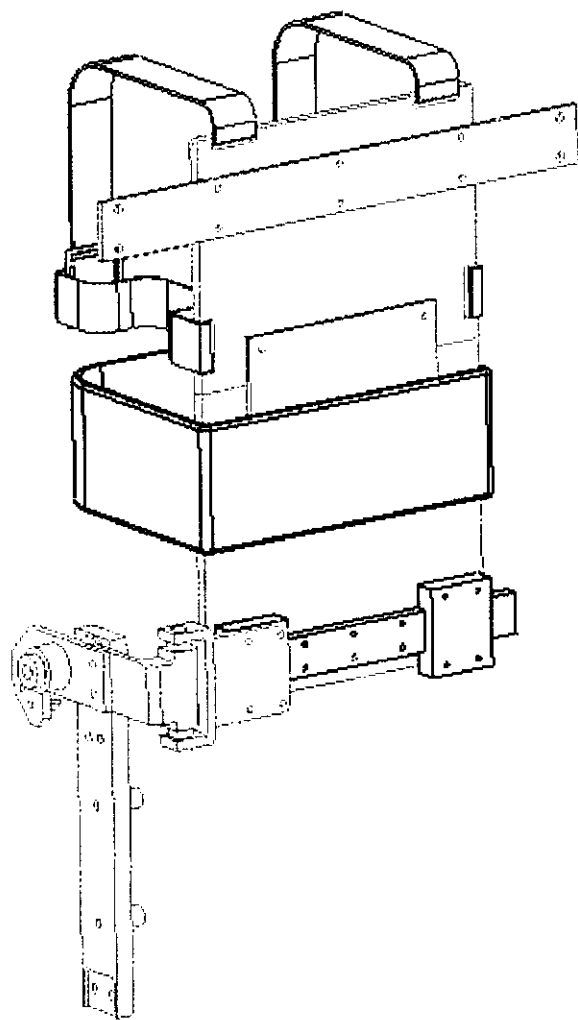


図 3.6 腰部スライド

(4) 第2回目試作

第2回目試作機は、1回目試作機の評価を元に、各部に改良を施したものである。

第1回目試作で問題のあった肩部の自由度過剰を改善した。逆に自由度が不足していた腰部については、大腿部が開けるようにし左右への体重移動を容易にした。

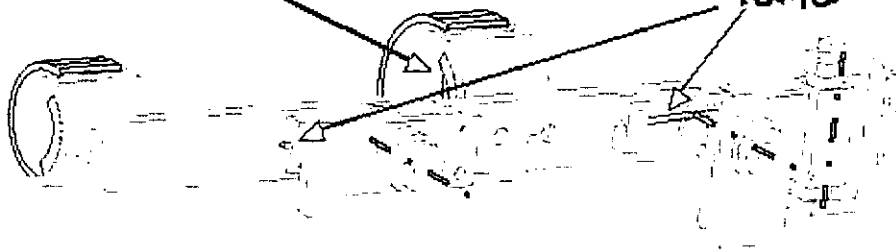
また、抱き上げ動作時の力をサポートするために、肩、肘、腰、膝関節にばねを設置した。ばねの自然長を、腕を水平に上げた状態、直立するよう膝を伸ばした状態にしておくことで、抱き上げ動作時のモータへの負荷を低減する事が出来る。

これらの改良の結果、ぎこちない乍らもある程度の歩行が出来るようになり、抱き上げ動作も問題なくできることが分かった。

第2回目試作の問題点としては、幅広い装着者の体型に調整なく適応するため、肩モータを設置している関節が装着者の肩から大きく離れており、モータのトルク伝達が不十分になる恐れがあること、足首関節の可動範囲が狭いこと、足部が1枚の大きな板に固定されており歩行時に違和感があることが挙げられる。

コンプライアンス

ばね



復元力

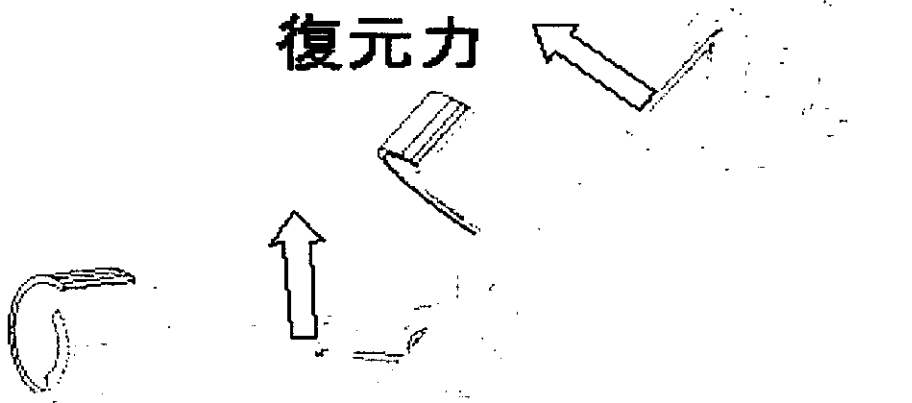


図 3.7 腕部

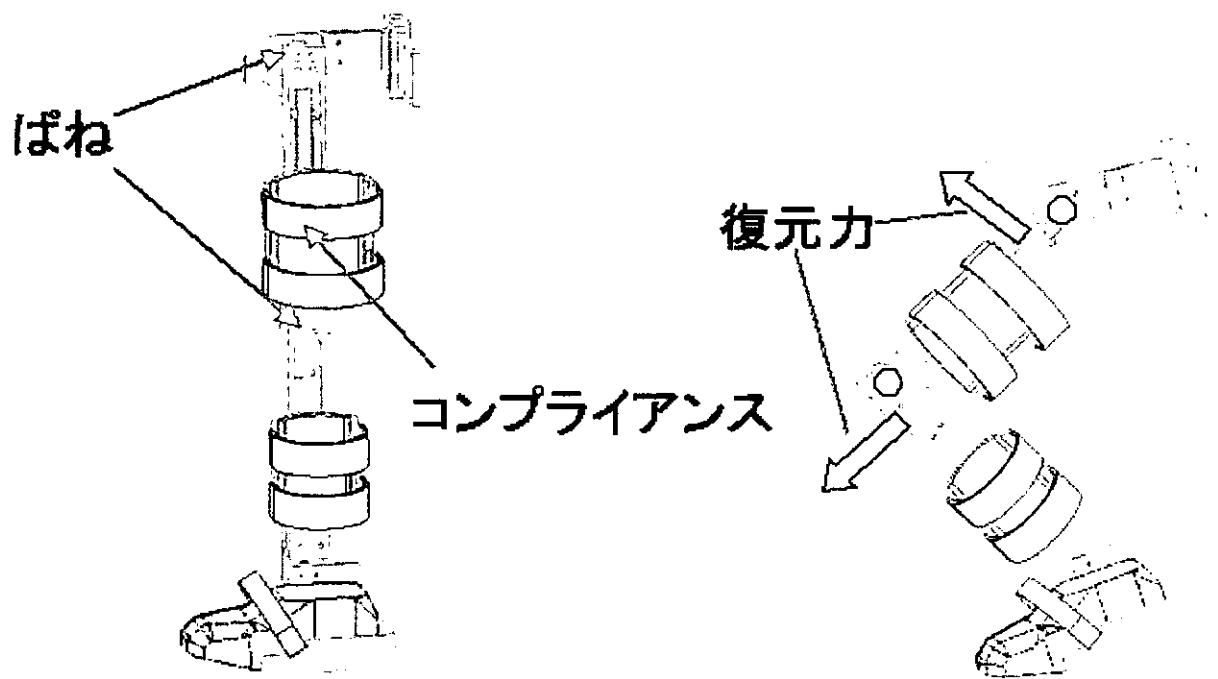


図 3.8 脚部

(5) 第3回目試作

第3回目試作機では、まず第2回目試作で問題のあった肩関節を改修した。関節間距離を装着者の体型に合わせてるとともに、その位置を前方に移動することで、装着者の肩位置とモータ位置をほぼ一致させることが出来た。

また、足首部の可動範囲を広げ、足部の固定法をスーツに固定した安全靴をはく形に変更した。

これらの改善により、無理のない歩行が可能となり、また抱き上げ動作時も踵を浮かせてしゃがむ事ができるようになったなど大幅な改善が得られた。また、実用上はそれほど意味のあることではないが、スーツを着た状態で装着者がスキップまでできるようになった。このことから、スーツ着用時の装着者の快適性は十分保たれているといえる。