

厚生労働科学研究研究費補助金

長寿科学総合研究事業

超強力サンドイッチ型超音波モータを用いた
パワーアシストスーツの実用化

(H14・長寿・026)

平成 14 年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 遠山 茂樹

平成 15 (2003) 年 4 月

目 次

I. 総括研究報告

超強力サンドイッチ型超音波モータを用いた パワーアシストスーツの実用化に関する研究 遠山 茂樹	-----	1
---	-------	---

II. 分担研究報告

1. 超音波モータの開発に関する研究 遠山 茂樹	-----	8
2. パワーアシストスーツの制御 永井 正夫	-----	39
3. 安全センサーの開発 梅田 倫弘	-----	89
4. 機構の設計と強度計算 桑原 利彦	-----	131
5. 小型アンプの開発 エコ プルワント	-----	175

厚生科学研究補助金（長寿科学総合研究所）

総括研究報告書

超強力サンドイッチ型超音波モータを用いた

パワーアシストスーツの実用化

研究者 遠山茂樹 東京農工大学工学部教授

研究要旨

現在、日本は未曾有の高齢社会になり、介護支援、生活支援の技術の向上が望まれている。しかし、介護は心理的な面からも機械によることは難しく人手による場合が多い。特に日本では筋力が十分でない高齢者が介護にあたらざるを得ない場合も多く、介護支援技術は大変重要な問題である。本研究開発では介護者が装着できるパワーアシストスーツを実用化する。

本年度は初年度であり、サンドイッチ型高出力（省エネ型）モータの開発とパワーアシストスーツの機構の検討を中心に研究開発を進めた。今年度の研究の結果、パワーアシストスーツの基本的な技術は、ほぼ完成したといえる。次年度ではモータやスーツの軽量化と小型化、全体の制御を行う。

分担研究者氏名

永井 正夫	東京農工大学工学部教授
梅田 倫弘	東京農工大学工学部教授
桑原 利彦	東京農工大学工学部助教授
エコ プルワント	東京農工大学工学部助手

A. 研究目的

現在、日本は未曾有の高齢社会になり、介護支援、生活支援の技術の向上が望まれている。しかし、介護は心理的な面からも機械によることは難しく人手による場合が多い。特に日本では筋力が十分でない高齢者が介護にあたらざるを得ない場合も多く、介護支援技術は大変重要な問題である。本研究開発では介護者が装着できるパワーアシストスーツを実用化する。最大の特長はその軽さと運動のなめらかさである。全体で 10 個のモータとバッテリーとコントローラからなるが、8kg 程度でしかなく 30 分程度動くことができる。さらに全く減速機がないので重筋作業時以外はモータの摩擦を 0 にすると、何の抵抗もなくひざや腰を動かすことができる。これは超音波駆動を使っているためであり、他のアクチュエータではできない。きわめて優れた特長である。提案者らはすでに成人男子なみの力と運動性能を持つひざサポータとアームの技術を完成させている。(アームは人工義手として開発したが、人腕に添うように改良することは全く問題ない)。パワーアシストスーツの基礎技術はすべて確立している。このような介護支援機器は従来にないものであり、必ず広く普及すると確信している。

B. 研究方法

本年度は初年度であり、サンドイッチ型高出力（省エネ型）モータの開発とパワーアシストスーツの機構の検討を中心に研究開発を進めた。

φ100、φ120、φ145のサンドイッチ型モータを開発した。出力トルクはステータ1枚あたり5Nm～10Nmである。振動モードは円板周辺を振動させるものを採用し、効率をあげることができた。

また、このモータのためのアンプも開発した。弁当箱程度の大きさである。このアンプを用いてモータの追従制御を行った。

モータの応答特性を調べるために、追従制御のプログラムを開発し実験を行った。代表的な関節としてひざ関節をとりあげ、歩行パターンを追従するように制御を行い、きわめてすぐれた追従特性を得ることができた。また、安全センサーとしてひずみゲージによる負荷トルク検出も行い有効であることを確認した。今後は安全のためのセンサー、動きを入力するデバイスを含めた制御システムの確立へ展開する。

パワーアシストスーツの機構は、とても重要なテーマであるので、前倒しで、本年度から検討することにした。2つの試作を経てプロトタイプを試作を作った。まだ全体で50kgほどもあり、次年度以降軽量化が必要だが、操作性や装着性はきわめて優れている。数分で装着でき自重はフレームが支えるため容易に動作することができる。

C. 研究結果

本年度はパワーアシストスーツの開発初年度ということで、高出力で省エネタイプのサンドイッチ型超音波モータを中心に開発した。これは減速記なしのダイレクト駆動ができ、モータを重ね合わせることで大きな出力トルクを得ることができるものである。現在モータ1枚あたり5Nm~10Nmの出力トルクができる。

アンプの小型化と効率化をすすめて小型弁当箱大までにできた。

実際の関節の動きのデータにもとづいてモータを制御した。この結果、従来のモータになく高速で滑らかな追従ができた。あわせて安全のためのひずみゲージによる力センサーも併用し、過負荷時の安全停止も確認した。

さらにパワースーツの機構を検討し、プロトタイプを試作した。試作を繰り返し装着感と動きやすさを満足できるものとした。



図 3.9 第 3 回目試作機 (直立)

D. 考察

今年度の研究の結果、パワーアシストスーツの基本的な技術は、ほぼ完成したといえる。次年度ではモータやスーツの軽量化と小型化、全体の制御を行う。

E. 結論

まだ開発初年度であり、活用や提供できる技術は少ないが、サントイッチ型モータは、ほぼ完成できたので、減速機フリーのダイレクトドライブが必要な機器には活用できる。特にステータを増やしていくとトルクが比例してあげられるので、応用範囲が広い。さらにアンプも小型化できたので実用的でもある。

厚生科学研究補助金（長寿科学総合研究所）

総括研究報告書

超強力サンドイッチ型超音波モータを用いた
パワーアシストスーツの実用化

研究者 遠山茂樹 東京農工大学工学部教授

研究要旨

現在、日本は未曾有の高齢社会になり、介護支援、生活支援の技術の向上が望まれている。しかし、介護は心理的な面からも機械によることは難しく人手による場合が多い。特に日本では筋力が十分でない高齢者が介護にあたらざるを得ない場合も多く、介護支援技術は大変重要な問題である。本研究開発では介護者が装着できるパワーアシストスーツを実用化する。

本年度は初年度であり、サンドイッチ型高出力（省エネ型）モータの開発とパワーアシストスーツの機構の検討を中心に研究開発を進めた。今年度の研究の結果、パワーアシストスーツの基本的な技術は、ほぼ完成したといえる。次年度ではモータやスーツの軽量化と小型化、全体の制御を行う。

分担研究者氏名

永井 正夫	東京農工大学工学部教授
梅田 倫弘	東京農工大学工学部教授
桑原 利彦	東京農工大学工学部助教授
エコ プルワント	東京農工大学工学部助手

A. 研究目的

現在、日本は未曾有の高齢社会になり、介護支援、生活支援の技術の向上が望まれている。しかし、介護は心理的な面からも機械によることは難しく人手による場合が多い。特に日本では筋力が十分でない高齢者が介護にあたらざるを得ない場合も多く、介護支援技術は大変重要な問題である。本研究開発では介護者が装着できるパワーアシストスーツを実用化する。最大の特長はその軽さと運動のなめらかさである。全体で 10 個のモータとバッテリーとコントローラからなるが、8kg 程度でしかなく 30 分程度動くことができる。さらに全く減速機がないので重筋作業時以外はモータの摩擦を 0 にすると、何の抵抗もなくひざや腰を動かすことができる。これは超音波駆動を使っているためであり、他のアクチュエータではできない。きわめて優れた特長である。提案者らはすでに成人男子なみの力と運動性能を持つひざサポータとアームの技術を完成させている。(アームは人工義手として開発したが、人腕に添うように改良することは全く問題ない)。パワーアシストスーツの基礎技術はすべて確立している。このような介護支援機器は従来にないものであり、必ず広く普及すると確信している。

B. 研究方法

本年度は初年度であり、サンドイッチ型高出力（省エネ型）モータの開発とパワーアシストスーツの機構の検討を中心に研究開発を進めた。

φ100、φ120、φ145のサンドイッチ型モータを開発した。出力トルクはステータ1枚あたり5Nm～10Nmである。振動モードは円板周辺を振動させるものを採用し、効率をあげることができた。

また、このモータのためのアンプも開発した。弁当箱程度の大きさである。このアンプを用いてモータの追従制御を行った。

駆動プログラムの開発モータの応答特性を調べるために、追従制御のプログラムを開発し実験を行った。代表的な関節としてひざ関節をとりあげ、歩行パターンを追従するように制御を行い、きわめてすぐれた追従特性を得ることができた。また、安全センサーとしてひずみゲージによる負荷トルク検出も行い有効であることを確認した。今後は安全のためのセンサー、動きを入力するデバイスを含めた制御システムの確立へ展開する。

機構の検討パワーアシストスーツの機構は、とても重要なテーマであるので、前倒しで、本年度から検討することにした。2つの試作を経てプロトタイプを試作を作った。まだ全体で50kgほどもあり、次年度以降軽量化が必要だが、操作性や装着性はきわめて優れている。数分で装着でき自重はフレームが支えるため容易に動作することができる。

C. 研究結果

本年度はパワーアシストスーツの開発初年度ということで、高出力で省エネタイプのサンドイッチ型超音波モータを中心に開発した。これは減速記なしのダイレクト駆動ができ、モータを重ね合わせることで大きな出力トルクを得ることができるものである。現在モータ 1 枚あたり 5Nm~10Nm の出力トルクがでる。

アンプの小型化と効率化をすすめて小型弁当箱大までにできた。

実際の関節の動きのデータにもとづいてモータを制御した。この結果、従来のモータになく高速で滑らかな追従ができた。あわせて安全のためのひずみゲージによる力センサーも併用し、過負荷時の安全停止も確認した。

さらにパワースーツの機構を検討し、プロトタイプを試作した。試作を繰り返し装着感と動きやすさを満足できるものとした。

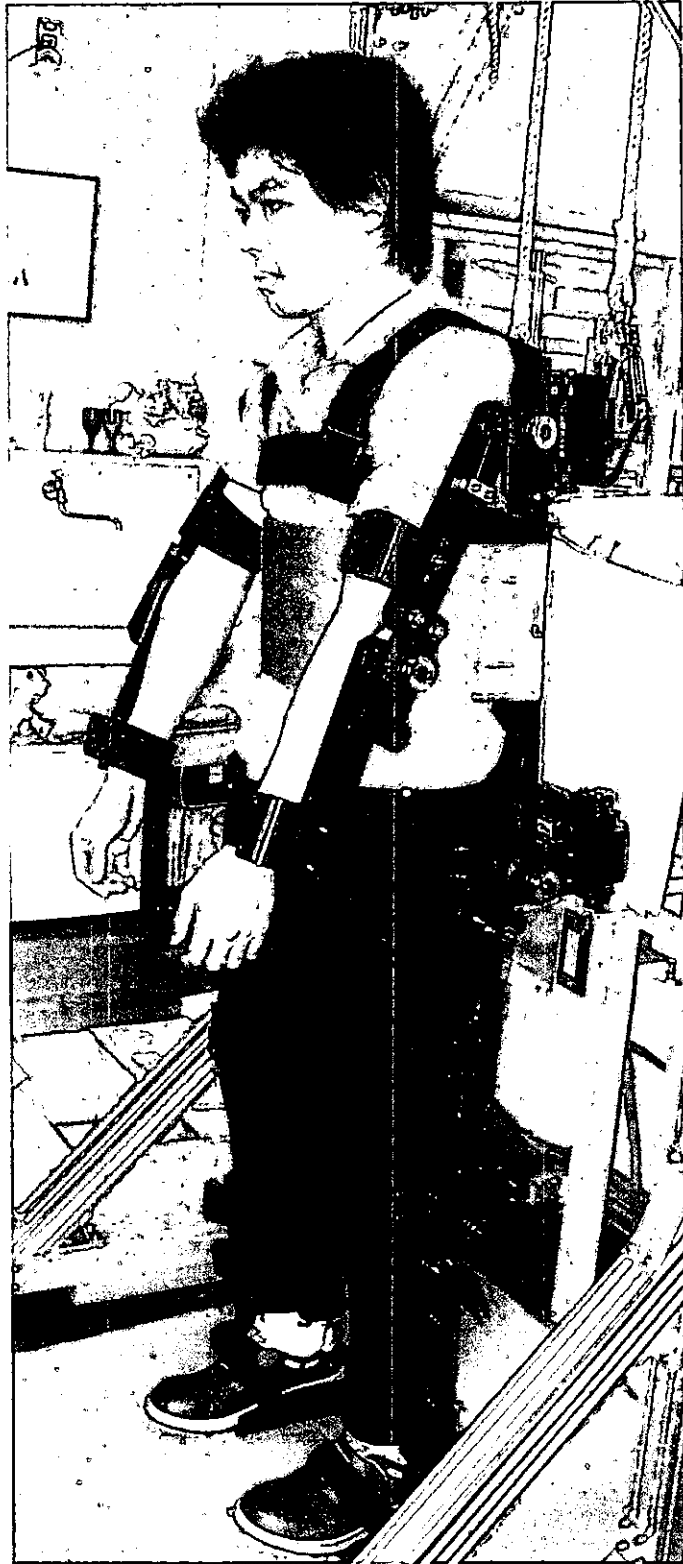


図 3.9 第 3 回目試作機（直立）

D. 考察

今年度の研究の結果、パワーアシストスーツの基本的な技術は、ほぼ完成したといえる。次年度ではモータやスーツの軽量化と小型化、全体の制御を行う。

E. 結論

まだ開発初年度であり、活用や提供できる技術は少ないが、サンドイッチ型モータは、ほぼ完成できたので、減速機フリーのダイレクトドライブが必要な機器には活用できる。特にステータを増やしていくとトルクが比例してあげられるので、応用範囲が広い。さらにアンプも小型化できたので実用的でもある。

F. 研究発表

1. 論文発表（平成 15 年度に予定）

- ・ 遠山茂樹他，サンドイッチ型超音波モータの開発（仮題），精密工学会誌
- ・ 遠山茂樹他，圧電素子両面貼付による超音波モータの高トルク化（仮題），精密工学会誌

2. 学会発表（平成 15 年度に予定）

- ・ 遠山茂樹他，強力サンドイッチ型超音波モータを用いたパワーアシストスーツの開発（仮題），精密工学会誌
- ・ 遠山茂樹他，コンピュータシミュレーションによるパワーアシストスーツの人体への影響（仮題），精密工学会誌

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許出願（平成 15 年度に予定）

- ・ 強力サンドイッチ型超音波モータを用いたパワーアシストスーツ

2. 実用新案登録

特に予定なし

厚生科学研究補助金（長寿科学総合研究所）

分担研究報告書

超音波モータの開発に関する研究

研究者 遠山 茂樹 東京農工大学工学部教授

研究要旨

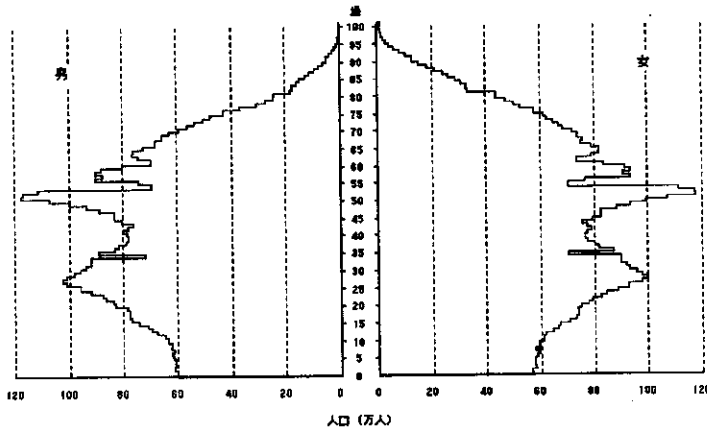
現在、高齢者の介護についての問題は年々深刻化してきている。その中でも少子高齢化に伴い介護を実際に行う人間も高齢であるということが大きな問題になってきている。高齢者介護は移乗作業など体力を要する作業は多いので高齢者が1人で介護作業を行うというのは不可能であり危険なものとなってしまう。そこで上記の問題を解決するために本研究では介護者の身体で最も負担となる部位にアクチュエータを配置し介護者の身体的負担を大幅に減少させることを目的としたパワーアシストスーツの開発を行う。パワーアシストスーツを製作するに当たって、必要十分なモータ数・取付位置の検討、装着者に負担をかけないためのスーツ自重を地面に逃す構造、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号機としてプロトタイプを製作し、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。

A. 研究目的

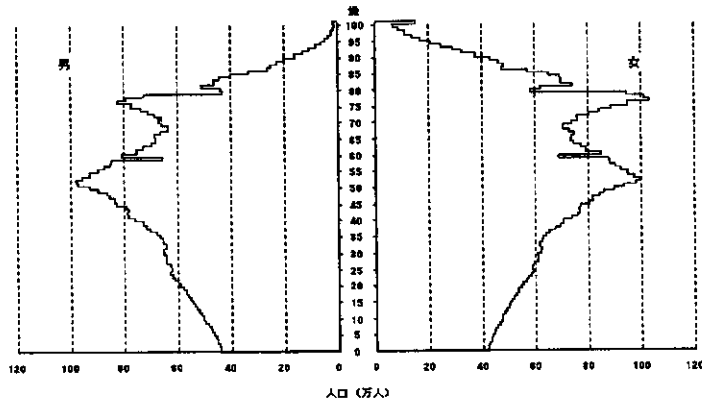
現在，高齢者の介護にについての問題は年々深刻化してきている．その中でも少子高齢化に伴い介護を実際に行う人間も高齢であるということが大きな問題になってきている．図 1.1 に示す人工ピラミッドからも明らかのように，この高齢者の介護を高齢者が行うという傾向は避けることのできない問題になってくる．またこれは図 1.2 の世帯構造別にみた 65 歳以上の者のいる世帯数の構成割合の年次推移に示すように 65 歳以上の高齢者のみの世帯は半数近くであることからこの問題が深刻であることを裏付けることができる．高齢者が介護を行う場合，問題となるのが高齢者の体力は衰えてしまっているということである．高齢者介護は移乗作業など体力を要する作業は多いので高齢者が 1 人で介護作業を行うというのは不可能であり危険なものとなってしまふ．一方体力的に余裕のある介護者の場合でも，介護作業自体は可能だが被介護者を抱え上げる動作を行う際，介護者の腰、膝など肉体への負担が大きくなってしまい，この身体の負担は介護者のストレスあるいは被介護者，介護者両者の怪我の原因となる場合も考えられる．そこで上記の問題を解決するために本研究では介護者の身体で最も負担となる部位にアクチュエータを配置し介護者の身体的負担を大幅に減少させることを目的としたパワーアシストスーツの開発を行う．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号機としてプロトタイプのを製作し、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。

2000年



2025年



2050年

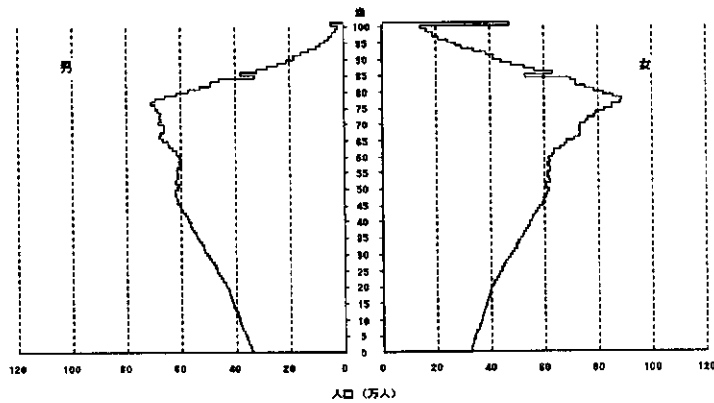


図 1.1 人工ピラミッド

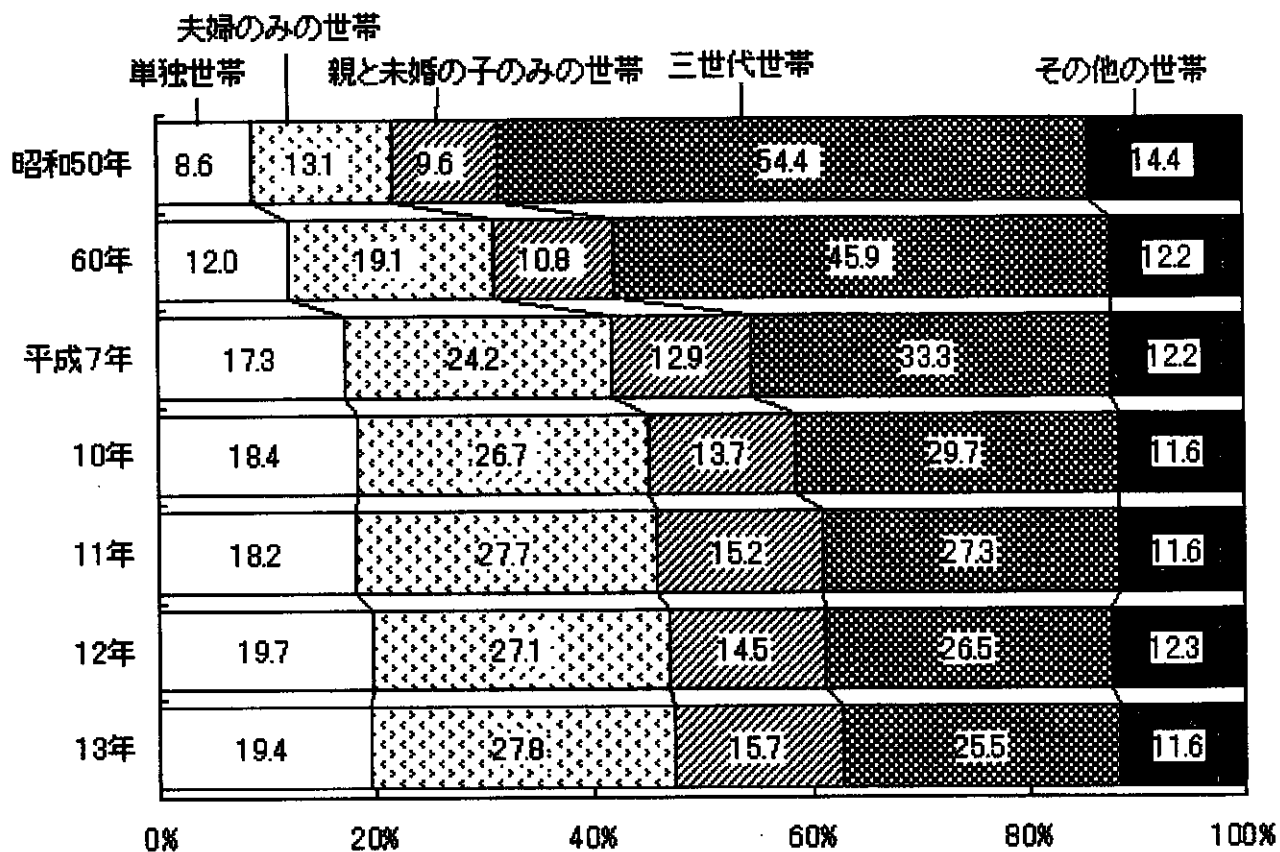


図 1.2 世帯構造別にみた65歳以上の者のいる世帯数の構成割合の年次推移