

建設作業用パワーサポート装置の研究（その1）

後久 卓哉* 柳原 好孝*

要約： 総務省の統計によれば、全国の就業者数約 6,300 万人のうち、建設作業に従事する人口は約 9% の 580 万人である。また、少子高齢化が進むことにより 2015 年には人口の 4 人に 1 人が 65 歳以上となると予測されている。建設作業員においても高齢化が進むことにより、体力の衰えによる作業効率の低下や事故の発生が懸念される。重量物を持ち上げる力の補助（アシスト）や、支える（サポート）技術が、介護などを対象に研究されている。このようなアシスト・サポート技術を調査し、建設作業に応用することで、将来の高齢者作業員の雇用機会創出、安全性や作業能力の向上を図ることができないかと筆者らは考えた。研究を進めるにあたり、国内人口予測の調査と、建築現場での作業員を対象に職種別年齢構成、作業内容と作業姿勢の調査を実施した。また、作業時の疲労部位についてヒアリングを実施した。その結果、重量物を扱い上向き作業が多い内装工で、60 歳以上の高齢作業者を対象として、パワーサポート装置の研究を行うこととした。

キーワード： パワーサポート, 少子高齢化

- 目次：**
- 1. はじめに
 - 2. 社会背景
 - 3. 建築作業員調査
 - 4. パワーサポート装置
 - 5. おわりに

1. はじめに

一般に建設業は、労働集約型の産業であり他の業種に比べ機械化や自動化が遅れているといわれている。また、近年の少子高齢化による将来の熟練作業員の人材不足も懸念されている。

建設作業は、資材の運搬や持ち上げ作業など肉体を酷使することが多く、作業姿勢によっては特定部位の疲労を伴う（写真 1）。これまでに作業員が、肉体疲労に関してどのように感じ、作業姿勢の改善を要望しているかまとめた文献は見あたらない。

そこで、将来の建設業の労働環境を見据え建築現場において作業中の姿勢や、身体中のどの部位に疲労を感じているかヒアリング調査を実施した。

筆者は、高齢作業者の体力減退による作業への力不足感を改善し、国内労働力の空洞化対策として、雇用機会を創出する必要があると考え、その一助としてパワーサポート装置の研究を着手するに至っている。

本報告では、開発に先立ち調査研究した内容について述べる。

2. 社会背景

国内の 65 歳以上人口割合の推移をみると、昭和 25 年（1950 年）以降年を追って上昇し、昭和 60 年（1985 年）には 10.3% と初めて 10% を超えた。その後、毎年 0.5 ポイント程度ずつ上昇し、平成 15 年（2003 年）には 19.0% と、総人口のおよそ 5 人に 1 人の割合となっている（図 1）¹⁾。

将来的には 65 歳以上人口の割合は今後も上昇を続け、平成 27 年（2015 年）には総人口の 26.0%（3277 万人）と、およそ 4 人に 1 人が 65 歳以上になると予想されている。



写真 1 天井ボード貼り作業

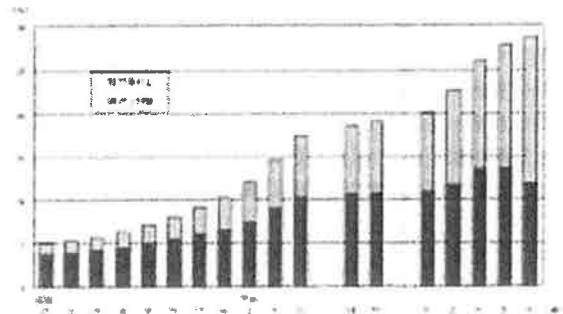


図 1 高齢者の割合

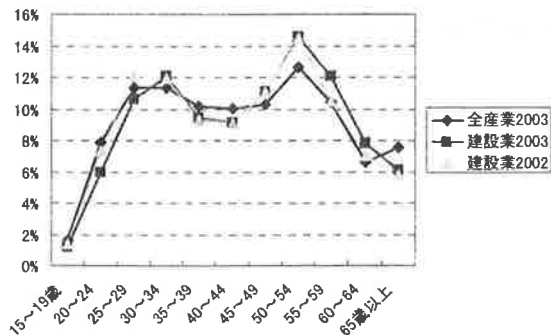


図2 全産業と建設業の年齢構成

また、老年人口指数（15～64歳人口に対する65歳以上の人口比率）をみると、昭和25年（1950年）の8.3から、昭和45年（1970年）は10.2、平成2年（1990年）は17.3、平成12年（2000年）は25.5と上昇し、平成15年（2003年）は前年を0.9ポイント上回って28.4となっている。老年人口指数の予測では、平成37年（2025年）には48.0と、生産年齢人口（15～64歳人口）のほぼ2人で1人の高齢者を支えることになると予測されている。

また、全国労働就業業者数6,260万人のうち、製造業1,145万人（18%）、卸売・小売業1,114万人（18%）、サービス業（他に分類されないもの）887万人（14%）、建設業578万人（9%）、医療・福祉538万人（9%）となっている¹⁾。

図2より高齢化による人材不足は産業全体で言える事がわかる¹⁾。したがって、労働力確保を目的とした高齢者雇用の手助けが必要になると思われる。特に建設作業の場合、全産業に比べ高齢化が進んでおり、肉体作業が多いことから、身体の補助が効果的であると考えた。

3. 建設作業員調査

建築工事として中規模現場で、作業職種数が標準的な工事期間における建設作業員の現状の年齢構成・職種等の分布を調査・集計した。また、実際に現場で作業している作業員に疲労に関するヒアリングを実施した。

3.1 年齢構成

建築工事に携わる29職種、のべ1,570人の年齢を調査し、まとめた結果を図3に示す。図3から作業員の年齢分布には30歳と50～55歳二つの大きな山があることがわかる。力を必要とする内装工、鉄筋工、鷹工は、30歳前後の人数が多く、年齢を重ねるに連れその人数は減少している。また、比較的単純な作業が多い土工では、50歳台の割合が高い。土工は、特に経験年数が20年以上と長い人と5年未満の短い人に二分され、リストラや、定年退職後に働いている人も多い。

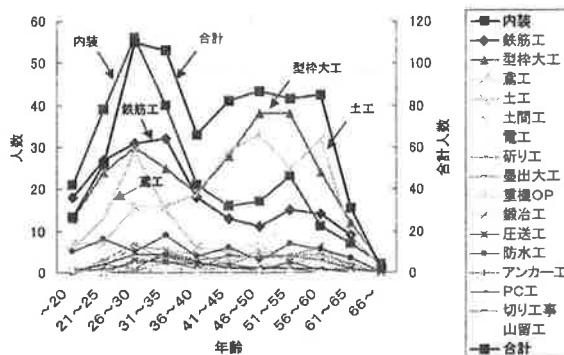


図3 職種別年齢構成

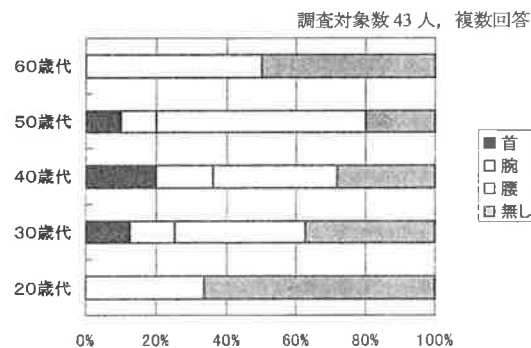


図4 年齢別疲労部位

3.2 疲労部位

現場で作業中の作業員43名に直接ヒアリングを行い、まず作業に伴い一番疲労する体の部位について質問した。調査結果の集計を図4に示す。

図4より20歳代では、腕部以外に疲労を感じると答えた作業員はいなかった。腰に痛みを感じる作業員は、30歳台から徐々に増えていき、60歳台では、疲労を感じるのは腰だけであった。これらから、若い年齢ほど職種によらず、重量物を取り扱うことが多いが、体力的に余裕があり、直接筋力を必要とする腕に疲労を感じている。体力的に衰えを感じてくる50歳から60歳台では、重量物をあまり取り扱わない作業が多くなるが、作業姿勢から腰部に疲労を感じる作業員が多い。ヒアリングの際、60歳台の作業員に、準備に手間がかからず作業が楽に行える装置があれば使用してみたいとの意見もあった。

3.3 作業姿勢

今回ヒアリングを実施した標準的な建築現場では、上向きや腰を曲げた姿勢で行う作業が多く見られた。また、足元が不安定な場所での作業ほど、体を安定させようとする力が働くためか、強い疲労を感じ、脚立や作業台への昇り降りも作

表1 ヒアリングコメント一覧

職種	年齢	疲労箇所	コメント
内装工	20代	腕	足元を締めをする間柄が強い、慣れるにつれそうでもない、高所作業をやる作業はどうしても人力になってしまうのが辛い。
漆工	20代	腕	重たい(鉄骨、柱等)を持ち上げる作業、設置する作業中になりして人力で行わなければならない作業は辛い、腕が痛い。
電気工	30代	腕	高いボードを支えて天井に貼る作業、腕が痛い。
内装工	40代	腕	腕の力が落ちた姿勢での作業は辛い。(腕、腰)
内装工	40代	腕	腕の力が落ちた姿勢での作業は辛い。(腕、腰)
電気工	40代	首	腰立上で上向き作業を行う時、首が痛い。
電気工	40代	首	ムネツツの経験があり、長時間上を向いての作業を行うことができない。(首)腰道も辛い。(腰)
内装工	40代	首	高さが合わない足場(中間の足場)での作業を行うと言、腕が痛い。普段の作業では特に辛くない。
左官工	50代	首	ムネツツの経験があり首が痛い。さらに、半日上向きで作業を行うと、頭が痛くなる。
タイル貼工	40代	腕	上向き作業での作業は、首、上腕、腰に負担がかかる。
電気工	40代	腕	上向きでの作業は首、前腕での作業は腕に負担がかかる。
電気工	40代	腕	かんだ状態での作業は腕が痛くなる。また物を持った状態での作業は腕が痛くなる。
設備工	30代	腕	長時間同じ姿勢での作業が多くなる辛い。(作業効率の問題からどうしてもしょうがない。)しゃがんだ状態での作業だと腰、上向き作業だと首が痛くなる。
電気工	40代	腕	中腰、しゃがんだ状態での作業は腕に負担がかかる。(低い椅子には乗れない)。
内装工	50代	腕	作業の高さが合わない場合に負担がかかる。(照明が暗い場合負担が大きい。)
鉄骨鍛冶工	30代	腕	前腕での作業、腕が痛い。
電気工	30代	腕	腕に負担が強い人が多いが、ある程度は我慢するしかない。
左官工(左官)	50代	腕	左手にセメント等を持たないと仕事にならないので、腕は辛くない。不自然な姿勢での作業は腕に負担がかかる。
型枠大工	50代	腕	腕に負担が強い人が多いが、ある程度は我慢するしかない。
新り工	40代	腕	新り工は40代で腰が、45代で腰キヒツが、50代になると中腰ではいられなくなると言われている。
型枠大工	60代	腕	前腕での作業、重量物(鉄骨、鉄筋等)を持つ作業、腕が痛い。
電気工	50代	腕	中腰での作業が多くなるので、腕が痛くなる。
型枠大工	50代	腕	中腰、前腕での作業が多くなるので腕が痛い。
土工	50代	腕	重量物運搬、腕、腰が痛い。
電気工	20代	腕	これと言って辛い姿勢、痛い部位無し。
電気工	20代	腕	強い姿勢での作業は辛い。体固は良好である。
電気工	20代	腕	特に辛い姿勢、痛い部位無し。
電気工	30代	腕	作業中体で特に痛いところは無い。不自然な姿勢での作業は辛い。不自然な姿勢(狭い場所での作業)が辛い。かんだたりでの作業は辛い。
電気工	30代	腕	特に辛い姿勢、痛い部位無し。
電気工(エプコン取付)	30代	腕	特に辛い姿勢、痛い部位無し。
電気工	40代	腕	強い姿勢での作業は辛い。体の強い部位は特に無し。
内装工(天井ボード貼)	40代	腕	作業効率、スピードが向上するようなのを開発を望む。
左官工(高)	20代	腕	特に無し。
電気工	40代	腕	この現場では特に無し。
型枠大工	40代	腕	作業中は辛い姿勢をとらないようにしているので、特に辛い姿勢、痛い部位無し。
型枠大工	40代	腕	特に無し。
型枠大工	40代	腕	作業中考えたことが無い。
電気工	40代	腕	これと言って辛い姿勢、辛い姿勢はない。
電気工	50代	腕	腕は痛い、作業とは特別関係ない。
電気工	50代	腕	特に無し。
新り工	60代	腕	特に無し。(高所作業が辛い程度である。)

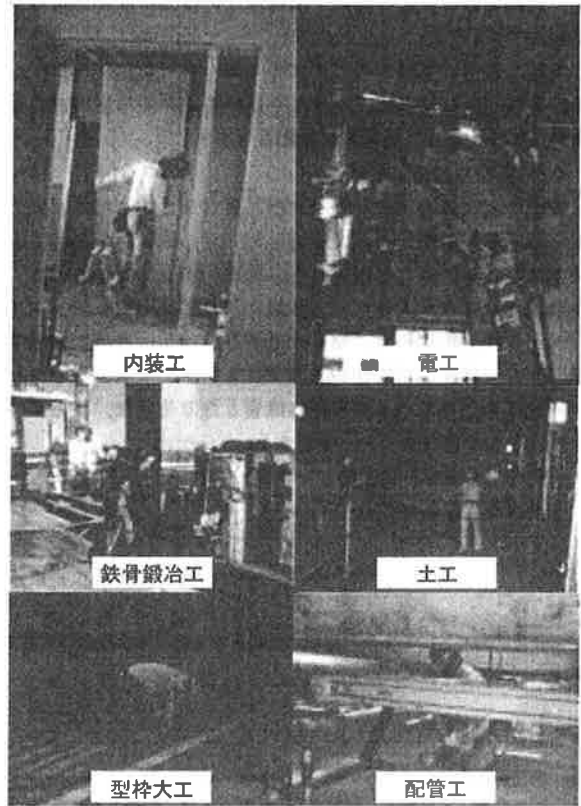


写真2 ヒアリング時作業状況

業時間が長くなると足への疲労が蓄積されるようである。多くの作業員は、疲労や痛みなどを職業上当り前のこととしてとらえており、作業環境の向上より段取りに手間をかけず、作業を早く終わらせる気質が見られた(表1)。

4. パワーサポート装置

前述した社会背景や建築現場作業員調査結果から、60歳以上の高齢作業員で重量物の扱が多く、上向き作業を行う内装工に対し、作業を支援する装置の研究を行うこととした。

研究を実施するに先立ち、まず支援方式と構成要素となるアクチュエータを調査し、建設作業用に適した方式を選定した。

4.1 支援方式と構成要素の調査

作業の支援を行う方式として、マニピュレータのような外部装置を用いる方法と直接人間の力を支援する方式が考えられる。

マニピュレータ方式は、過去に研究開発された事例²⁾もあるが、床に資材など障害物が存在した場合、事前にそれらを移動させる必要がある。また、作業箇所までの搬入出時間がかかることやコストメリットが少ないことから、省力化には寄与したが普及には至っていない。

一方、直接人間の力を支援する方式として、ウェアラブル(人体装着)システムがある。ウェアラブルシステムは、大きくフレーム構造を持つ外骨格型と直接着用するスーツ型に分けることができる。外骨格型は、金属や樹脂を用いたフレームで四肢を支え関節部にアクチュエータを取付ける方式が一般的である。メリットとしてフレームが身体の支えとなり力を発生させやすいことがある。しかし、関節の自由度が制限されることや装置の軽量化の点でデメリットがある。また、塚越らによるとアクチュエータが体の外に張り出し、かならずしも装着感の優れたものではない³⁾とされている。

一方、スーツ方式は、川村や小林によるソフトアクチュエータ(後述)を用い、洋服を着るかのように装着するため、関節の自由度に影響を与えず、軽量であることがメリットである。しかし、固定物がないためズレ、たるみの発生や体全体への締め付けなどが課題として報告されている^{4) 5)}。

人間の力を支援するためには、通常アクチュエータが必要となる。しかし、力を補助するためにモータや、姿勢を保持するためにブレーキを使用すると装置が重くなる。装置重量は装着者への負担となり、支援効果が小さくなりかねない。

一方、ソフトアクチュエータと呼ばれるゴム製のマッキベン型人工筋⁶⁾や粒子や薄い樹脂板を用いた可変受働要素⁷⁾な

どは、重量が軽く人体に装着しても負担にはならない。しかし、変形を伴うことや高速・高精度な位置や速度制御性能面に弱点がある⁴⁾。

また、共通の課題としてアクチュエータへ電源やパワーストを供給するためにケーブルを用いると、使用場所が限定されるだけでなく、作業性に影響を与える。

4.2 支援方式選定結果

支援方式は製造工場や介護施設と異なり、時間の経過とともに作業場所が変わる建設現場において、実現性の高い方式であることを考慮して選定した。前項の調査結果をもとに、支援方式を軽量で人体に対し負担になりにくいウェアラブル（スーツ）方式とし、使用するアクチュエータは、軽量で動力源と一体化の可能性があるソフトアクチュエータとした。

研究にあたっては、実用化に障害となりそうな、次の事項を条件とし今後進めていく事とする。

- ①動作（作業性）に影響を与えないこと
- ②着脱性に優れること

謝 辞

本研究を進めるにあたりご指導いただきました、名古屋大学大日方五郎教授および、現場ヒアリングにご協力いただいた関係各位に心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 総務省統計局ホームページ, <http://www.stat.go.jp>
- 2) 福田澄男・小島茂之・難波健治; 軽量マニピュレータの開発, 東急建設機技術研究所報 No.20, pp225-232, 1994.10
- 3) ウェアラブルロボティクスの現状と将来, ロボット工学セミナーテキスト, 日本ロボット学会, 2002.4
- 4) 小林 宏: ウェアラブルロボットの福祉機器への応用, 日本ロボット学会誌, 20 巻, 8 号, 2002
- 5) 川村貞夫: 人間との機械的親和性を重視した要素開発とシステム化技術, 日本ロボット学会誌, 19 巻, 7 号, 2001
- 6) 長田義仁: ソフトアクチュエータ開発の最前線, pp294-302, (機エヌ・ティー・エス, 2004
- 7) 川村貞夫: ウェアラブル・ロボットのアクチュエータとシステム, 日本ロボット学会誌, 20 巻, 8 号, 2002

- ③パワースト一体とすること
- ④安全であること

5. おわりに

国内の人口は、2004～2010 年をピークに減少をはじめると予測されている。建設業界においても、将来の人員不足は必至であり、高齢者が本研究のような補助装具を使用し作業するか、作業の機械化や自動化を進め作業員の削減を図るか、外国人労働者を確保するなどの対応をせまられる日も遠くはないと考える。パワーサポート（アシスト）装置は、大学等の研究機関でいくつか研究されており、実用化を目指して改良が重ねられている。障害者向けのサポート装置は、市販され始めているものもあるが健康者向けは現在見あたらず、高齢化が加速する今後需要が増し、普及し始めると思われる。今後も将来を見据えたパワーサポート装置の研究を深め、作業員に受け入れられる装置の開発を目指す。

A STUDY ON A POWER SUPPORT DEVICE FOR CONSTRUCTION WORKERS (PART 1)

T.Gokyu and Y.Yanagihara

Japan becomes an aging society and the number of worker will be decrease. Productivity and safeness of construction workers will be decreased because of their aging.

On the other hand, power assist technology and power support technology for welfare are being developed. Authors thought that if they apply those technologies to construction site, not only increasing of productivity and safeness but also employment of elder-worker's opportunity will be enlarged. Based on the results of research and hearing, authors decided that the application of that device to board setting work at construction sites.