

Supported by  日本 THE NIPPON
財団 FOUNDATION

造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性 に関する調査研究 ～成果概要～



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

／日本船舶技術研究協会



調査研究の背景及び概要

【背景】

近年、介護、物流、農業、建設業界等で既にパワーアシストスーツ(ロボットスーツ)の開発・利用が始まっている。少子高齢化が進む我が国にとって、減少する労働力に対するロボットによる補完、肉体的負担の低減とそれに伴う高齢者や女性の職域拡大支援等が期待されている。

そのため、国立大学法人東京大学では、日本財団の助成を受け、パワーアシストスーツの造船現場への適用に向けた課題を産官学連携しながら調査・研究し、高齢者や女性等労働力の一層の活用等、労働力人口減少の時代への対応をいち早く図るとともに、造船現場をより洗練された魅力ある職場にしていく一助とすることを目的として本研究を実施した。なお、本研究の推進にあたり、事務局を(一財)日本船舶技術研究協会に置くとともに、協会内に「造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究委員会」を設置した。委員構成(敬称略)は以下のとおり。

- 委員長 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授 青山和浩
- 委員 (国研)海上技術安全研究所 構造基盤技術系 基盤技術研究グループ 主任研究員 松尾宏平
(国研)海上技術安全研究所 海洋リスク評価系 リスク解析研究グループ 主任研究員 石村恵以子
(公財)労働科学研究所 研究部 主任研究員 鈴木一弥
ジャパンマリユニテッド(株) 技術研究所 生産技術研究グループ 主幹 篠原紀昭
住友重機械マリンエンジニアリング(株) 製造本部 工作部 計画グループ スタッフ 乗富賢蔵
常石造船(株) 常石工場 建造部 部長 磯田裕秀
(株)名村造船所 執行役員 船舶海洋事業本部 製造本部 本部長 牧原一昭
三井造船(株) 船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 管理部 技術開発グループ 桂田真充
- 関係者 (国研)海上技術安全研究所 海洋リスク評価系 リスク解析研究グループ 主任研究員 木村新太
(一社)日本造船工業会 技術部 課長 棟近英功
- 関係官庁 国土交通省 海事局 船舶産業課 専門官 松本友宏
- 事務局 (一財)日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット長 松尾真治
(一財)日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット チームリーダー 井下 聡

【調査研究の概要】

造船所におけるパワーアシストスーツのニーズ調査、現在開発中・商品化されているスーツの実態調査や造船所での試行、さらには建造工程にスーツを適用した場合における作業者の労働負荷低減評価や安全性評価等を通じ、建造工程へのスーツの適用可能性の検討を行い、最終的には、各作業に適するスーツのタイプを整理するとともに、建造工程で試行することを念頭に、スーツに必要な要件、作業者が注意すべき事項等を取り纏めた「建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き」を作成した。

現在開発中・商品化されている主なパワーアシストスーツ(1)

(※造船用に開発・商品化されたものではないことに留意。以下の記述は関連のホームページ等からの引用)

■上向き・立向き作業用(五十音順)

・腕上げ作業補助器具／農研機構、(株)ニツカリ

作業者の腰に装着する作業ベルト、腕を載せるための腕受け部、それらを接続する連結機構から構成され、モーター等の動力やバネ等の弾性部材を用いない簡易な機構。軽量でコンパクト。腕を上げた状態を保持する作業においては、能率を落とさず作業負担を軽減する。

(出典https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/brain/054447.htmlより)



・ラクベスト／(株)クボタ

リュックサック感覚で装着可能。簡単な腕の動きで角度の固定と解除。腕とスーツの重量を胴体で支えるので肩に負担がかからない。

(出典http://www.jnouki.kubota.co.jp/jnouki/Special/assist_suit/より)



■中腰・しゃがみ込み作業用

・スマートスーツ／北海道大学 田中孝之研究室、(株)スマートサポート

機械的な動力を用いず、弾性体(ゴム)の張力だけで軽労化効果を生じさせるため、安価で優れた着心地と高い安全性が特徴。つらい中腰姿勢の維持や重量物の持ち上げ等のかみ込み時に弾性体が作用し、上半身を引き起こす筋力補助と腹部を引き締め体幹を安定化させる2つの補助効果が適切に発揮される(アシスト効果+コルセット効果)。現在、試験販売しているスマートスーツは、背筋(脊柱起立筋)の筋発揮力をスマートスーツを着用することで25%軽減するよう設計している。

(出典http://smartsupport.co.jp/?page_id=424より)



現在開発中・商品化されている主なパワーアシストスーツ(2)

(※造船用に開発・商品化されたものではないことに留意。以下の記述は関連のホームページ等からの引用)

■重量物の保持・運搬作業用(五十音順)

・AWN／アクティブリンク(株)

荷物の持ち上げを補助するモードや、上体を保持して荷物の搬送を補助するモードなど、腰部の位置センサで検出した姿勢や動きから、自動で動作モードを切り替えるアルゴリズムを新規で開発。使用者がスイッチ操作することなく、作業に追従してAWNのアシストモードが切り替わる。重量は7kg台(バッテリーを除く)

(出典http://activelink.co.jp/wp-content/uploads/2014/12/AWN_leaflet.pdfより)



・作業支援用HAL／CYBERDYNE(株)

人が体を動かすときに脳から筋肉へ送られる信号、“生体電位信号”を読みとってその信号の通りに動く。物を持ち上げる、動かすなどの重作業で腰椎、椎間板にかかる負荷の軽減を科学的に実証し、より腰部への負担を軽減できる機能を実現。バッテリー駆動であるため、使用場所の制限を受けずに、様々な場所で使用できる。コンパクトな軽量モデル(約3.0kg)であるため、重作業でない場合でも装着したまま長時間作業を行える。自力で持てないほどの大きな力はないように制御するので安全。

(出典http://www.cyberdyne.jp/products/Lumbar_LaborSupport.html、http://www.cyberdyne.jp/company/download/20140930_PR.pdfより)



・農作業向けアシストスーツ／和歌山大学 八木栄一研究室、(株)ニッカリ

持ち上げ・中腰動作時に腰関節をアシスト。電動モータの力で最大10kg分をアシスト。歩行動作時に股関節をアシスト。電動モータ使用し装着者が出せる範囲に力を制限。フットスイッチと股関節角度信号を用いて歩行動作意図を推定し歩行動作をアシスト。手袋スイッチと股関節角度信号を用いて持ち上げ・中腰の動作意図を推定し持ち上げ・中腰動作をアシスト。(出典<http://www.wakayama-u.ac.jp/~eyagi/roboticslab/asist.html>、<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/dai3/siryou2-3.pdf>より)

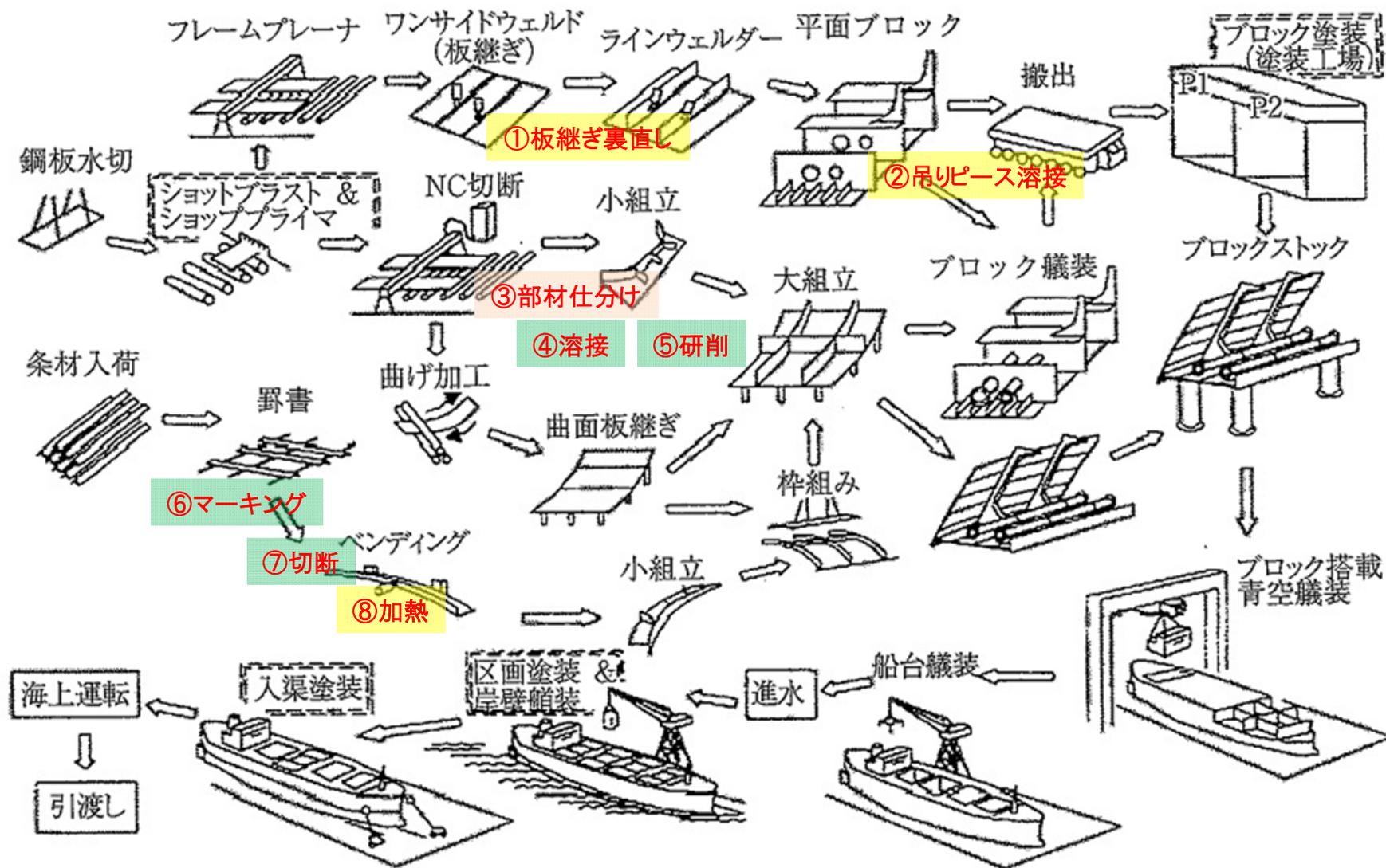


・マッスルスーツ／東京理科大学 小林宏研究室、(株)イノフィス

コンプレッサ、もしくはタンクから圧縮空気を人工筋肉に供給。腰補助では、下半身に対して上半身を起こし、下半身と上半身がまっすぐになるようにする。前傾姿勢からでもしゃがんだ状態からでも、腰を使う作業では大幅に腰への負担が軽減される。(しゃがんだ状態からの場合は、足の筋力補助にもなる)(出典<http://innophys.jp/>より)



鋼船の建造工程(概略)



(出典: 船舶海洋工学シリーズ⑨造船工作法(成山堂書店)より)

各作業・工程に適するパワーアシストスーツのタイプ

作業分類	建造工程	パワーアシストスーツのタイプ
上向き作業	溶接(①板継ぎ裏直し、②吊りピース) ガウジング(①板継ぎ裏直し) 研削(①板継ぎ裏直し) 加熱 塗装 	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ(腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの)
立向き作業	⑧加熱 溶接(吊りピース) 塗装 	
中腰・しゃがみ込み作業	④溶接・仮付け ⑤研削 ⑥マーキング ⑦切断 加熱 	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ(腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの)
重量物の保持・運搬作業	③部材仕分け 卓上型機を用いた研削(面取り) 配材 配管(仕分け、加工、設置) ブラスト 足場材運搬(大組) 	前屈から起き上がる際に力を補助してくれるパワーアシストスーツ(腰にかかる負担を低減する機能をもつもの)

建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き(概要)

■パワーアシストスーツに必要な要件

【素材】

- ・通気性の良い素材を使用していること
- ・燃えない(燃えにくい)素材を使用していること
- ・溶けない(溶けにくい)素材を使用していること

【構造】

- ・可能な限り軽量であること
- ・可能な限り薄型化(コンパクト化)されていること
- ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること
- ・稼働部に異物が入らない(入りにくい)構造であること
- ・工具の重量、振動、反力等に耐えられる強度や安定性をもったもの(不意にアシストが外れないもの)であること

【装着性】

- ・着脱が容易であること
- ・作業者の体型にあったサイズ調整ができるものであること
- ・安全帯その他作業者が身につける安全器具の機能に影響を及ぼさないものであること
- ・身体と隙間なく装着できること(火気使用の場合)
- ・可能な限り装着による身体への強い圧迫や締め付けがないものであること

【操作性】

- ・作業者の操作によりアシスト機能のオン・オフができること(動力型の場合)
- ・作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること(動力型の場合)
- ・アシストできる角度・姿勢(範囲)が作業内容(範囲)に応じて適切であること
- ・アシスト機構の固定が簡単に外せること
- ・作業時以外は自由に動けるものであること

■作業者が注意すべき事項

※現状において、左記要件を全て満足するパワーアシストスーツは存在しない。したがって、左記要件の代替措置の検討・実施等に加え、作業者は、以下に示す注意すべき事項を徹底することが重要。

【装着に関する注意事項】

- ・事前にアシストスーツに慣れておくこと
- ・事故時・緊急時への対処を想定しておくこと
- ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること

【リスク回避のための注意事項】

- ・夏季などの高温多湿時は作業時以外はアシストスーツを装着しないこと
- ・火気を使用する場合など必要な場合にはアシストスーツの上から保護具を着用して作業すること
- ・動力型アシストスーツであってその機能が不要の場合は必要に応じてスイッチを切る又はスーツを脱ぐこと

調査研究のまとめ(今後の対応方針等)

■上向き・立向き作業

腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつスーツの適用が想定される。ただし、造船現場への適用にあたっては、火気対策、安全器具への影響排除、夏場の暑さ対策等が必要。

⇒上向き・立向き作業の負担低減については、造船所のニーズも高く、農業用に既に市販されているスーツもあること等から、造船用スーツ開発に必要な詳細な技術要件を詰めた上で、短期的に造船現場での上向き作業用アシストスーツの開発が可能。

⇒2015年度から(一財)日本船舶技術研究協会にて開発に取り組む予定。

■中腰・しゃがみ込み作業

腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつスーツの適用が想定される。ただし、造船現場への適用にあたっては、火気対策、安全器具への影響排除、夏場の暑さ対策等が必要。

⇒現状において、造船所における中腰・しゃがみ込み作業の抜本的解決策となりうるパワーアシストスーツは存在しない。

⇒他分野における関連の研究開発動向も注視しつつ、造船用の中腰等作業用アシストスーツを開発する場合には中長期的な検討が必要。

■重量物の保持・運搬作業

腰にかかる負担を低減する機能をもつスーツの適用が想定される。ただし、造船現場への適用にあたっては、安全器具への影響排除、夏場の暑さ対策等が必要。

⇒現状において、建設現場など造船用以外で重量物(20~30kg)の保持・運搬用のアシストスーツの開発が多方面で進められており、そのまま利用できる可能性も高いことから、短期的に造船に特化した重量物用アシストスーツ開発の必要性は乏しい。

⇒一方で、超重量物(50kg超)を保持・運搬可能な造船用アシストスーツの開発にあたっては、造船工程の抜本的見直しとセットでの検討が必要。

⇒他分野における関連の商品開発・研究開発の動向も注視しつつ、造船用の重量物用アシストスーツを開発する場合には、中長期的な検討が必要。