

## 造船用パワーアシストスーツの開発及び実証実験

—造船上向き作業用アシストスーツのプロトタイプ製作—

### 報告書

2017年1月

一般財団法人日本船舶技術研究協会



## 目 次

はじめに	1
1. 開発の背景及び目的	3
2. 開発委員会の活動報告	3
3. 開発体制及び開発メーカーの選定	6
4. 造船上向き作業用アシストスーツのプロトタイプ製作	8
4.1 株式会社ニッカリによるタイプ A 開発	8
4.2 アクティブリンク株式会社によるタイプ B 開発	13
5. 労働負荷低減及び作業能率評価	17
6. 造船所でのプレス向けデモンストレーションの実施	27
7. 今後の展開	29
別紙 1 SEA JAPAN にて展示したパネル	31
別紙 2 プレス向けデモンストレーション当日配布資料	33



## はじめに

本プロジェクトでは、造船所での作業を軽労化する二種類のアシストスーツを開発した。それぞれのアシストスーツは、異なるユースケースでの適用を想定したが、上向き姿勢の溶接作業や研削作業などで生じる負荷を軽減する目的で開発された。上向きの作業は上肢にかかる負担が大きいため、重量物である工具を保持した作業姿勢の維持は作業者にとって辛く、良好な作業環境を確保するためには改善すべき作業であると指摘されている。本プロジェクトは、先行プロジェクトである「造船所における作業効率向上化を目的としたパワーアシストサポーターの実証実験及び指針の策定」で得られた調査結果を拠り所に、メーカー2社の協力を得て、実際の作業で使用出来るアシストスーツを仕上げた。

アシストスーツを開発する背景には、日本の社会問題である労働者不足に対する危機感が存在する。労働者不足への対応として、高齢者や女性の労働力を活用できる労働環境の整備が望まれている。造船業では、これまでに設備化、装置化を進め、作業姿勢が楽になるような建造方法を導入してきたが、上向き姿勢など、無理な姿勢での長時間の溶接作業、研削作業、加熱作業など、肉体的負担が大きい仕事を無くすことはできておらず、高齢者や女性の労働は現実的ではない。このような中で、働きやすい環境、作業者に優しい環境を実現し、作業者の負担を低減することが将来の生産性向上をもたらすとの思考にたつて、労働者が中心となる造船を実現することは極めて重要である。本プロジェクトでのハード的な成果物はアシストスーツではあるが、労働者にとって優しい造船を実現するための思考の確立と実践、ソフト的な成果物として重要であるように思われる。

本プロジェクトは、先行プロジェクトと同様に日本財団の助成を受けて進めさせていただいた。肉体的な負担が大きい仕事が多く残る造船現場でのアシストスーツの重要性をご理解いただき、大変に貴重で多大なるご支援を頂戴した。篤く御礼を申し上げたい。この援助の下、(一財)日本船舶技術研究協会がプロジェクトマネジメント役となり、東京大学と(国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所、(公財)大原記念労働科学研究所、主要造船各社であるジャパン マリンユナイテッド(株)、住友重機械マリンエンジニアリング(株)、常石造船(株)、(株)名村造船所、三井造船(株)の協力を受けながら、「造船用パワーアシストスーツの開発及び実証実験」が2015年度(平成27年)に開始され、この度終了した。本報告書はこの活動成果を纏めたものである。

(国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所の松尾氏、石村氏からは様々な視点から開発するアシストスーツに対するご意見を提供していただいた。特に女性である石村氏からの意見は新鮮であり、プロジェクトにおいて大変に貴重であった。また、(公財)大原記念労働科学研究所の鈴木氏からは、作業負荷低減に関する様々な知識をご教示して頂き、アシストスーツの作業負荷低減の効果を議論することができ、開発における試作アシストスーツの評価を効果的に実施できた。心より御礼を申し上げる。

参加して頂いた主要造船各社の方々、保田氏、乗富氏、磯田氏、大迫氏、桂田氏からは、会議の席で多岐にわたる現場の状況、課題を頂戴し、さらに、現場が欲する実際的な要求を紹介して頂いた。これらはアシストスーツの開発の上で貴重な情報源となった。

また、本調査研究を進める中では、(一財)日本船舶技術研究協会には本研究に関する会議、実証実験、メーカーとの調整等すべての研究活動に対して適切にマネジメントして頂いた。先行プロジェクトも含めると、田村氏、河野氏、松尾氏、竹内氏、井下氏の多くの方々のサポートを頂いた。皆

さんのサポートが無ければ何も出来なかった。特に、井下 氏におかれては、取り纏めにおいて、大変にご苦勞をしていただいた。心から御礼を申し上げたい。

本プロジェクトは、先行プロジェクトのような単なる調査、研究ではなく、実際に利用可能なアシストスーツを開発、製作することが目的として設定された。実際に使用出来る良いものを開発するということの難しさ故に、二年にも及ぶ年月を費やしてしまった。委員会では、デザイン・ワークショップを造船所で企画開催し、造船現場において少しでも効果的に利用できるアシストスーツを仕上げる工夫をした。メーカーが製作したプロトタイプのアシストスーツを代わる代わる装着し、自由闊達な意見交換をし、全体的なことから細部に到るまで様々な観点で評価、意見を出し合った。最初の試作アシストスーツ、改良されたアシストスーツと、徐々にアシストスーツが形になっていく様は刺激的であり、製品開発の一部に関わることができたことは大変に良い経験となった。委員のメンバーの皆さんは、ボランティア的に参加していただき、色々と意見を述べていただいた。時間と熱意の継続が開発には必要であることをしみじみと実感した。

良い製品はユーザーが愛し、育てるものである。したがって、アシストスーツの完成はプロジェクトの終了を意味するのではなく、さらなる成長へのスタートとなるべきであると理解できる。今回開発したアシストスーツを使用して、様々に改良し、活用していく成長のスタートである。少子高齢化の問題は造船業界だけでなく、日本の多くの産業において深刻な課題となっている。上向き作業だけを考えても、建設作業、設備メンテナンス作業、農作業などにおける作業者のサポートは重要な課題であり、ニーズも多いことを知ることができた。開発したアシストスーツが、造船以外の産業現場に展開し、多くの作業者に使ってもらい、毎日、改良されていけばと願う。さらには、数年後、動力を利用してアシストを強化して欲しい、もっと軽いアシストスーツが欲しいという要望が多く出され、アシストスーツの適用を希望する作業が次から次へと沸き上り、より素晴らしいアシストスーツを製作できれば大変に喜ばしいことである。その頃には、驚くほどにコンパクトな電池やモーターが開発され、高精度なセンサや人工知能の技術導入も当たり前になり、スマートなアシストスーツが作業者の状態をモニタリングし、より深く、より強力に作業者をアシストしていることであろう。今回のプロジェクトは、3K と呼ばれた造船業が遠い昔の話になるための最初の一步となるであろう。

研究実施代表 青山 和浩  
(2017年1月吉日)

## 1. 開発の背景及び目的

2014～2015年度に日本財団助成事業として実施した「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」では、造船工程の中で上向き・立向き作業、中腰・しゃがみ込み作業、重量物の保持・運搬作業において作業負荷が大きく、パワーアシストスーツのニーズが高いことがわかった。また、我が国では少子高齢化により労働力が減少傾向にあるため、高齢者や女性の職域拡大支援等が期待されている。

そこで、当協会では造船用パワーアシストスーツを開発することがこれら課題の解決策の一つになると考え、上記調査研究により造船用として使用する際に必要な機能等が明確化されたこと、農業用に既に市販されているアシストスーツもあり短期的な開発が可能であると考えられることから、2015年度より日本財団の助成を受け、上記調査研究の成果を踏まえつつ、作業者の労働負荷を低減する目的で造船所における上向き作業（溶接、グラインダー、歪取り、塗装等）に適したパワーアシストスーツの開発を行った。

## 2. 開発委員会の活動報告

開発にあたっては、産官学連携した「造船用パワーアシストスーツ開発委員会（以下、「開発委員会」という）」を当協会内に設置し、以下の委員構成（敬称略）にて開発を実施した。

- 委員長 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・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 松尾宏平  
(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 石村恵以子  
(公財) 大原記念労働科学研究所 鈴木一弥  
ジャパン マリンユナイテッド(株) 保田幸治  
住友重機械マリンエンジニアリング(株) 乗富賢蔵  
常石造船(株) 磯田裕秀  
(株) 名村造船所 大迫貴庸  
三井造船(株) 桂田真充
- 関係者 (一社) 日本造船工業会 五十嵐健司
- 関係官庁 国土交通省 海事局 船舶産業課 高木智加[松本友宏]
- 事務局 (一財) 日本船舶技術研究協会 竹内智仁[松尾真治]、井下 聡  
※[ ]内は前任者

また、開発委員会、Workshop、実証試験及びプレス向けデモンストレーションを以下の通り実施した。

### ・第1回開発委員会

日時：2015年10月21日（水）10:30～17:15

場所：(一財) 日本船舶技術研究協会 大会議室

議題：(1)事業計画説明及び進捗報告、(2)開発候補メーカーによる企画提案書説明、(3)開発メーカーの選定

- ・開発メーカーとの Workshop (要求事項確認)  
 日程：2015年11月5日(木)及び11月20日(金)  
 場所：常石造船(株)常石工場 及び ジャパン マリンユナイテッド(株)技術研究所(津)
- ・第1回実証試験(一次試作機)  
 時期：2016年2月～3月  
 場所：常石造船(株)常石工場 及び 住友重機械マリンエンジニアリング(株)横須賀造船所
- ・第2回開発委員会  
 日時：2016年3月9日(水) 13:00～17:45  
 場所：常石造船(株)常石工場 溶接センター会議室  
 議題：(1)開発メーカーによる進捗報告、(2)現場での試作機装着作業確認、  
 (3)試作機改良方針審議、(4)今後のスケジュール確認
- ・SEA JAPAN 2016 へのパネル展示(別紙1参照)  
 時期：2016年4月13日(水)～15日(金)  
 場所：東京ビッグサイト
- ・第1回実証試験(一次試作機)  
 時期：2016年5月  
 場所：ジャパン マリンユナイテッド(株)技術研究所(津) 及び(株)名村造船所伊万里事業所
- ・第2回実証試験(二次試作機)  
 時期：2016年6月  
 場所：住友重機械マリンエンジニアリング(株)横須賀造船所 及び 常石造船(株)常石工場
- ・第3回開発委員会  
 日時：2016年6月27日(月) 10:30～17:00  
 場所：(一財)日本船舶技術研究協会 大会議室  
 議題：(1)開発メーカーによる進捗報告、(2)試作機試着及び改良方針審議、  
 (3)最終共通評価方針案審議、(4)プレス発表方針案審議、(5)今後のスケジュール確認
- ・第4回開発委員会  
 日時：2016年10月21日(金) 10:30～17:00  
 場所：(一財)日本船舶技術研究協会 大会議室  
 議題：(1)開発メーカーによるプロトタイプ完成報告(試着含む)、  
 (2)最終共通評価の実施内容審議、(3)プレス向けデモンストレーションの実施内容案審議、  
 (4)報告書目次案審議、(5)今後のスケジュール確認

- ・第2回実証試験（二次試作機）

時期：2016年10月

場所：ジャパン マリンユナイテッド（株）津事業所 及び（株）名村造船所 伊万里事業所

- ・最終実証試験（最終共通評価）

時期 2016年11月

場所：三井造船（株）千葉造船工場 及び 常石造船（株）常石工場

- ・第5回開発委員会

日時：2017年1月13日（金）13:30～17:30

場所：（一財）日本船舶技術研究協会 大会議室

議題：(1)最終共通評価結果報告、(2)プレス向けデモンストレーション実施内容及び配布資料案確認、(3)報告書案確認

- ・プレス向けデモンストレーション

日時：2017年1月24日（火）13:00～16:00

場所：三井造船（株）千葉造船工場 共用事務所会議室 及び 上向き溶接現場

### 3. 開発体制及び開発メーカーの選定

開発体制は図 3.1 の通りである。

開発にあたっては、2014～2015 年度に実施した「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」において作成した「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」に記載のパワーアシストスーツに必要な要件を基本とし、上向き作業用アシストスーツに必要な 22 の要件を要求事項として開発メーカーを募ったところ、アクティブリンク株式会社（代表取締役社長 藤本弘道、奈良県奈良市左京 6-5-2）及び株式会社ニッカリ（代表取締役 杉本 宏、岡山県岡山市東区西大寺川口 465-1）より正式な応募があった。

そこで、2015 年 10 月 21 日に開催した第 1 回開発委員会において各開発メーカーが提出した企画提案書を審議したところ、各開発メーカーの企画提案には、それぞれメリット、デメリット、期待できるところがあり、現段階では開発メーカーを一つに絞ることはできないという結論に至ったため、開発委員会としては両社に開発を委託することとした。



図 3.1 開発体制

開発メーカー選定後、各開発メーカーは、造船所委員との Workshop において上向き作業用アシストスーツへの要求事項を確認したのち設計・試作を開始した。

各開発メーカーへの造船所委員の要求事項は表 3.1 の通りである。これらの要求事項は 2014～2015 年度の調査研究で作成した建造工程でのパワーアシストスーツの要件及び試用に関する手引きをベースに更に開発委員会において精査して、開発要求事項として整理した。

表 3.1 造船上向き作業用アシストスーツ開発にあたっての要求事項

1. 燃えない（燃えにくい）素材を使用していること
2. 溶けない（溶けにくい）素材を使用していること
3. 通気性の良い素材を使用していること
4. 可能な限り軽量であること
5. 可能な限り薄型化（コンパクト化）されていること
6. 破損時等に作業者を負傷させない対策がとられていること
7. 稼動部に異物が入らない（入りにくい）ものであること
8. 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であること
9. 着脱が容易（一人で装着しやすいもの）であること
10. 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
11. 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
12. 身体と隙間なく装着できること
13. 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
14. 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
15. アシスト機構の固定が簡単に外せること
16. アシスト時以外は自由に動けるものであること
17. 腕を固定したまま左右にも動かせるようにしてほしい
18. 腕の動きに追従して常に腕を支持できるようにしてほしい
19. 腕のホールド力を高めてほしい
20. 腰のベルトで支えることにより腰などの下半身への負担があるので軽減してほしい
21. 作業者の体型や作業時の服装にあった幅広いサイズ調整が、確実に、簡単に、スーツを脱がずに、工具なしでできるようにしてほしい
22. ヘッドレストを付けてほしい（アクティブリンク）、スイッチ類は電力を使わずボタン化してほしい（ニッカリ）

#### 4. 造船上向き作業用アシストスーツのプロトタイプ製作

プロトタイプ製作については、コンパクトさと低コストで実用性を重視したタイプ（タイプ A）と、多様な腕の動きにも対応できる機能を持つタイプ（タイプ B）の 2 種類の開発に取り組むこととし、コンパクト型のタイプ A「電気を使用せずシンプルな構造で上腕を支えるタイプ」は（株）ニッカリ、機能型のタイプ B「電磁ブレーキにより上腕を支えるタイプ」はアクティブリンク（株）が開発した。いずれも、試作機を製作しては造船所の上向き作業現場において実証試験を繰り返して改良を重ね、転倒時等の安全性の検討を独自に行い、最終評価を経てプロトタイプの完成に至った。

タイプ A の詳細は 4.1、タイプ B の詳細は 4.2 に述べる。

##### 4.1 株式会社ニッカリによるタイプ A 開発

###### 4.1.1 一次試作機による実証試験

2016 年 2 月から 3 月にかけて、常石造船（株）常石工場では、上向き溶接及び研削、吊りピース処理（立向き研削）を対象に試験を実施し、上向き溶接及び研削ではアシストスーツが支える部分を上腕ではなく肘にしたタイプでも試験を実施した。住友重機械マリンエンジニアリング（株）横須賀造船所では、上向き溶接及び歪取りを対象に試験を実施したが、現場の都合のより肘置きタイプの試験はできなかった。実証試験は、試作機を装着した作業者が実際に作業を行い、（株）ニッカリが用意したアンケート用紙に回答する形式で行われた。なお、一次試作機は軽量化を重視し一部にアルミを使用した仕様であった。



図 4.1 常石造船でのタイプ A 一次試作機による実証試験



図 4.2 住友重機械マリンエンジニアリングでのタイプ A 一次試作機による実証試験

試験の結果は、長時間の手直しの場合肩や腕への負担が減り作業時間が短縮できた、腕のだるさを感じることなく作業を終えられた、この器具を使用したい、改良すれば使用したい、などのプラス面の回答があった一方で、腕を横に移動するとロックが外れてしまった、腕の固定部に不快感があった、一部作業中に強度不足によりアシストスーツが変形した、などのマイナス面の回答もあった。なお、肘置きタイプについては、試験中にスパッタが溜まり作業者が火傷する恐れがあったため試験を中止した。

#### 4.1.2 二次試作機による実証試験

一次試作機による実証試験結果を踏まえて改良を施した二次試作機による実証試験を2016年5月から6月にかけて実施した。常石造船（株）常石工場では、上向き溶接及び研削を対象に試験を実施し、住友重機械マリンエンジニアリング（株）横須賀造船所では、上向き溶接、上向き研削及び歪取りを対象に試験を実施した。なお、二次試作機は強度を重視しアルミからスチールへ材質を変更した。



図 4.3 常石造船でのタイプ A 二次試作機による実証試験

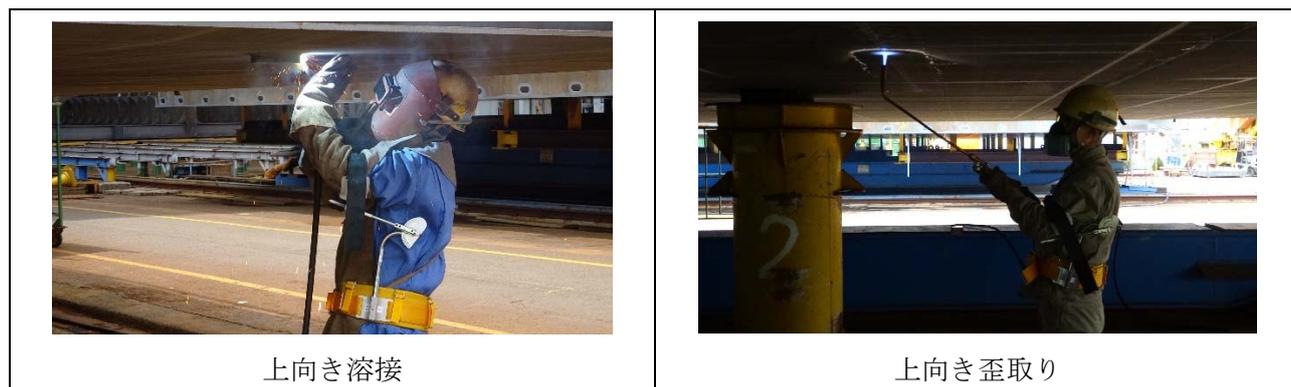


図 4.4 住友重機械マリンエンジニアリングでのタイプ A 二次試作機による実証試験

試験の結果は、経験が少ない頃にこのアシストスーツがあったら飛びついていた、上向き研削作業において5分に1回とっていた休息時間が10分から15分に1回になった、上向きで続けて溶接できる時間が長くなったので作業時間が短縮された、などのプラス面の回答があった一方で、腕を開いたときにロックが外れる、腰ベルトがたわみアシストスーツが前傾し十分に腕が支えられない、などのマイナス面の回答もあった。

#### 4.1.3 転倒時等の安全性に関する検討

表 3.1 に示す要求事項では、アシストスーツを装着した作業者が転倒した場合などの安全性も求められている。これへの対応として、(株) ニッカリは社内でのリスク評価に加えて、アシストスーツ装着時の転倒及び高所からの落下に対する影響確認試験を、独自に独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所へ依頼して行った。

試験には人体ダミーを使用した。転倒試験については、人体ダミーを損傷する恐れがあるためアシストスーツは装着せず、アシストスーツを装着した状態でロックが外れない状況を想定して人体ダミーの両腕を固定し、前方及び後方へ人体ダミーを転倒させて頭部の加速度や床面反力を計測した。

落下試験については人体ダミーにアシストスーツ（一次試作機）を装着し、ランヤードを使用した状態で落下時の状況を確認した。

転倒試験では、ロックが外れない状態を想定した人体ダミーを前方へ転倒させた場合は、その姿勢自体が防御姿勢に類似しており、人体頭部を床面に強打することを避けられる場面がみられた。ロックが外れない状態を想定した人体ダミーを後方へ転倒させた場合は、人体頭部を床面に強打する場面がみられたが、ロックが外れ受け身等の防御姿勢がとれた場合は、人体ダミーが頭部を床面に強打することはなかった。このことから、いざというときに簡単にロックが外れることが重要である。なお、万が一、うまく受け身等の姿勢がとれなかった場合でも、造船所の作業現場では作業者にはヘルメット装着が義務付けられているため、アシストスーツを装着した作業者の転倒時の実際のダメージはヘルメット装着により低減されるはずである。

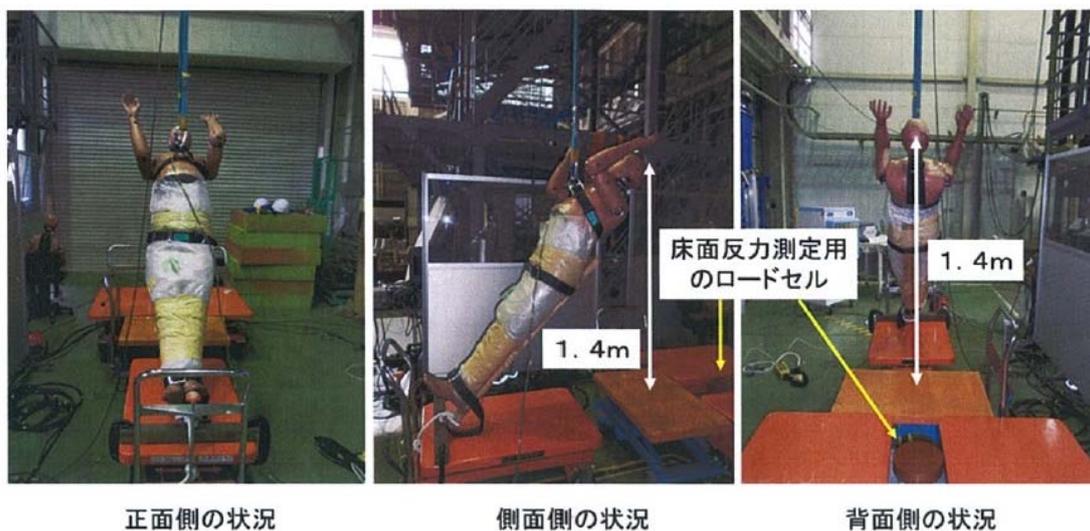


図 4.5 転倒試験装置の概要  
(ロックが外れない状態で後方へ転倒を想定)

落下試験では、落下した人体ダミーはランヤードが接続された左側腰部付近を中心として回転し始め逆さまの状態まで回転を継続し、アシストスーツの一部が破損する結果となった。胴ベルト型安全帯の使用により落下時に腰部への障害が生じる可能性や身体が逆さまになると胴ベルト型安全帯から身体が抜け出し落下する危険性が考えられることが指摘された。アシストスーツの一部破損については軽量化のためにアルミを用いたことも原因の一つであると考えられる。

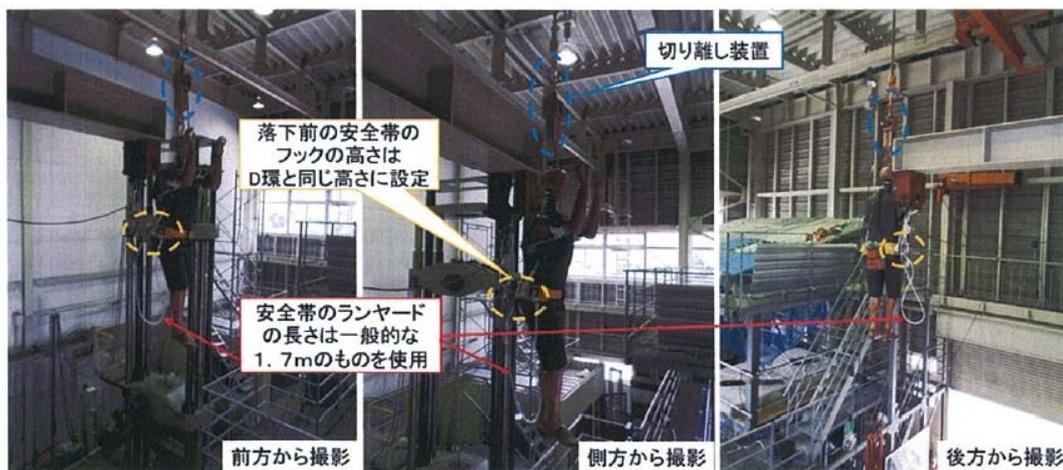


図 4.6 落下試験前の人体ダミーの状況

転倒については、アシストスーツを装着していない場合でも作業者が転倒する可能性は十分に考えられるため、アシストスーツを装着することが危険に結びつくわけではないが、開発メーカーとしては、上記試験結果より、いざというときに簡単にロックが外れるようにするほか、転倒のリスクをできる限り少なくするため、アシストスーツは作業現場で装着するなど取扱い時の注意事項をマニュアル（取扱説明書）に記載するなどの対策を実施する必要がある。また、落下については、開発メーカーとしては、落下の危険がある場所での使用を禁止したり、ハーネス型安全帯との併用を推奨することになる。こういった対策によって、アシストスーツ装着による一定の安全性を確保できると考えられる。

#### 4.1.4 タイプ A の外観と特徴

これらの実証試験等の結果を踏まえて改良を重ね、安全性評価の結果も考慮し、図 4.7 に示すプロトタイプ タイプ A が完成した。



図 4.7 タイプ A の外観と特徴

## 4.2 アクティブリンク株式会社によるタイプ B 開発

### 4.2.1 一次試作機による実証試験

ジャパン マリンユナイテッド（株）技術研究所（津）では、上向き研削を対象に、（株）名村造船所 伊万里事業所では、上向き溶接及び研削、立向き研削を対象に、それぞれ 2016 年 5 月に実証試験を実施した。実証試験は、試作機を装着した作業者が実際の作業を模擬して行い、アクティブリンク（株）が用意した質問票に回答する形式で行われた。



図 4.8 タイプ B 一次試作機による実証試験

試験の結果、狙った位置でスイッチを ON にしてもそこで固定されずロックの位置が下がること、電源やスイッチのケーブルの取り回し、工具へのスイッチの取り付けなどの課題が明らかになった。

### 4.2.2 二次試作機による実証試験

一次試作機による実証試験結果を踏まえて改良を施した二次試作機による実証試験を、2016 年 10 月に、ジャパン マリンユナイテッド（株）津事業所 及び（株）名村造船所 伊万里事業所において、上向き溶接（吊りピース及び板継ぎ裏直し）、ガウジング及び研削（板継ぎ裏直し）を対象に実施した。実証試験は、試作機を装着した作業者が実際に作業を行い、アクティブリンク（株）が用意した質問票に回答する形式で行われた。

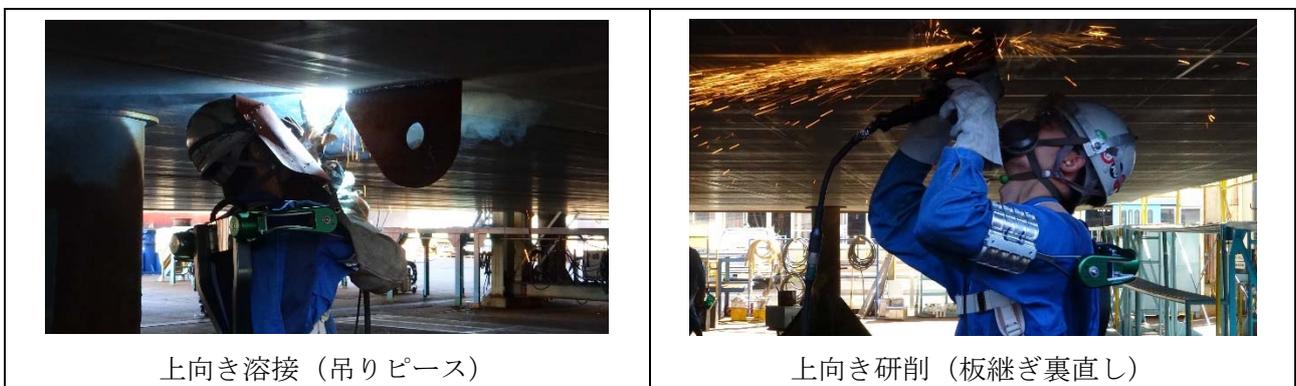


図 4.9 ジャパン マリンユナイテッドでのタイプ B 二次試作機による実証試験



図 4.10 名村造船所でのタイプ B 二次試作機による実証試験

試験の結果は、手先が安定しぶれにくいので溶接作業に向いていると思う、グラインダー作業では肩が楽になった、腕をアシストスーツに預けられて楽、などのプラス面の回答があった一方で、狙った位置でスイッチを ON にしてもそこで固定されずロックの位置が下がる、電源やスイッチのケーブルの取り回しに問題がある、工具へのスイッチの取り付けに問題がある、腕や肩の自由度がない、重さを感じる、などのマイナス面の回答もあった。

#### 4.2.3 転倒時の安全性に関する検討

表 3.1 に示す要求事項では、アシストスーツを装着した作業者が転倒した場合などの安全性も求められている。これへの対応として、アクティブリンク（株）は社内でのリスク評価に加えて、二次試作機の安全性を評価するためのシミュレーションを独自にパナソニック株式会社 AVC ネットワークス社イノベーションセンターへ依頼し行った。内容は、①アシストスーツ装着時における転倒解析、②頭部傷害基準値（HIC: Head Injury Criterion）の解析である。本シミュレーションでは人に動的な動作をさせることができず転倒時の受け身を表現できないため、図 4.11 に示すように地上 30cm において床面と人の背面が衝突した場合について近似的にシミュレーションを行った。

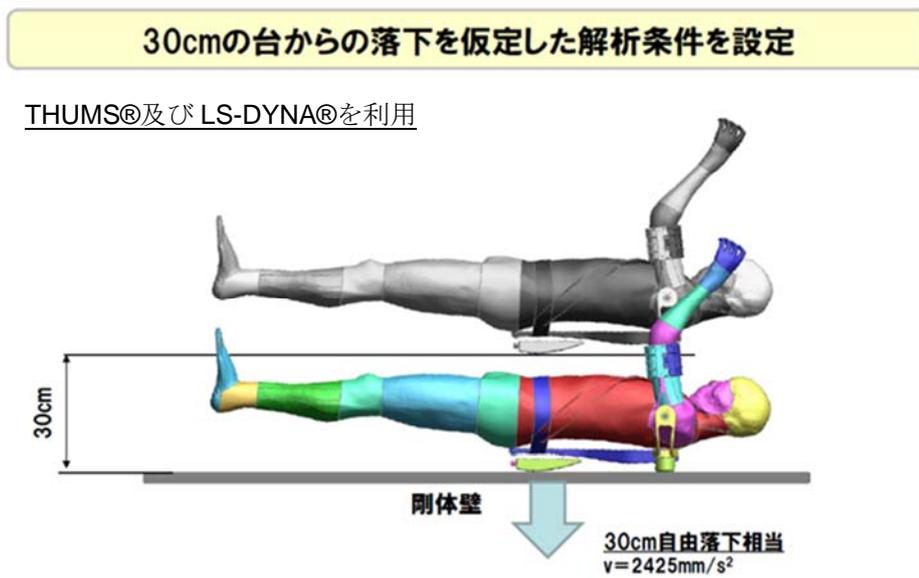


図 4.11 シミュレーション条件

(1) アシストスーツ装着時における転倒解析結果

アシストスーツ装着時では、非装着時と比較して、肩甲骨への応力が小さく、肋骨への応力が大きくなっていった。これは、背中にあるクラッチが肩甲骨を押すことにより、肩甲骨への応力が肋骨へ分散したためと考えられる。従って、アシストスーツ装着時は、非装着時と比較して、転倒した場合の肋骨へのダメージが大きくなるため、転倒時の対策として、背中の中のちょうどクラッチがある場所に、背中を守るためのクッションを設ければよいと考えられる。

また、頸椎においては、アシストスーツ装着時では伸展方向にモーメントがかかり、非装着時では屈曲方向にモーメントがかかっていた。すなわち、アシストスーツ装着時では、非装着時と比較して、クラッチが床面と接触することで床面と頭部の間に隙間ができるため、首が伸展方向に回転する。従って、頸椎にとって危険である伸展方向へのモーメントを防ぐために、頸椎部にクッションを設ける必要があると考えられる。

(2) 頭部傷害基準値 (HIC) の解析結果

HIC は、転倒時における頭部の加速度を計算することで求めることができ、頭部傷害のリスクを見積もるために使用される指標である。

アシストスーツ装着時では、非装着時と比較して、HIC の値が 1/3 程度にまで減少した。これは、頭部が床面に衝突するより先に、アシストスーツ自体が床面と衝突することにより頭部の加速度が低下したためと考えられる。つまり、アシストスーツを装着することにより、転倒時の頭部損傷が低減されることが期待できる。ただし、HIC の値が 1/3 程度にまで減少しても、完全に安全とはいえない。

しかしながら、実際の造船現場を考えてみると、現場では作業者は必ずヘルメットを被って作業しているため、たとえ本シミュレーションのような事象が発生したとしても、頭部損傷のリスクは大幅に軽減できると考えられる。

・HIC値は一般的に以下の式より算出されます。

a(t):頭部重心における3軸合成加速度(G)

t<sub>1</sub>,t<sub>2</sub>:HICが最大値を取る時刻

時間間隔t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub><36ms

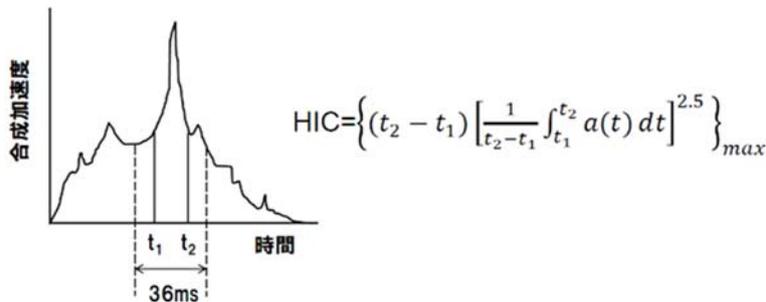
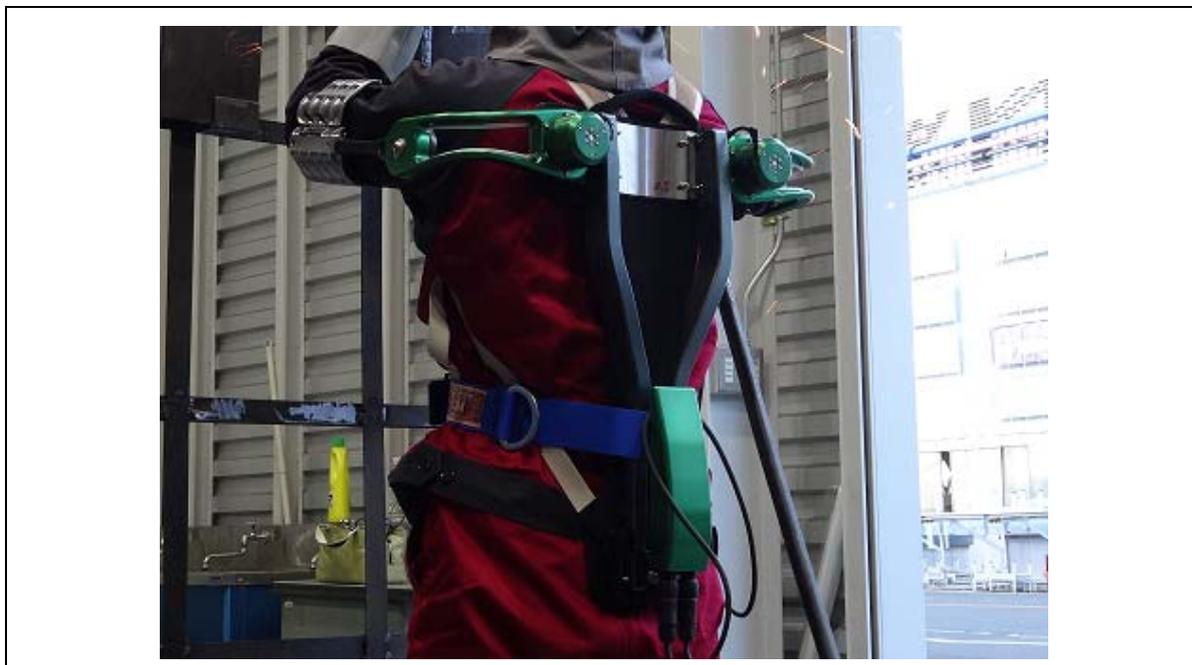


図 4.12 頭部傷害基準値 HIC

#### 4.2.4 タイプ B の外観と特徴

これらの実証試験等の結果を踏まえて改良を重ね、安全性評価の結果も考慮し、図 4.13 に示すプロトタイプ タイプ B が完成した。



##### 【特徴】

- ・電磁ブレーキによりロックし上腕を支える
- ・電気を使用しスイッチ操作によりロックの ON/OFF が可能
- ・スイッチを ON にしている間は確実にロックする
- ・背中に配置した板バネにより、ある程度の腕の動きに追従可能
- ・実用化段階ではケーブルレス化（電源及びスイッチ）を目指す

図 4.13 タイプ B の外観と特徴

## 5. 労働負荷低減及び作業能率評価

開発した造船上向き作業用アシストスーツの各プロトタイプを実際に装着し、造船現場において作業すること、あるいは造船現場を模擬した設備において作業を模擬することにより、労働負荷低減及び作業能率の評価を実施した。なお、評価は公益財団法人大原記念労働科学研究所に依頼した。

### 5.1 評価概要

(1) 実施場所 三井造船 千葉造船工場 及び 常石造船 常石工場の実作業現場及び現場模擬設備

(2) 実施時期

①三井造船 千葉造船工場：2016年11月8日から11日まで

②常石造船 常石工場：2016年11月24日及び25日

(3) 対象作業

①三井造船 千葉造船工場：上向き溶接（隅肉、吊りピース溶接）、板継ぎ裏直し

②常石造船 常石工場：上向き歪取り、立向き研削、板継ぎ裏直し（上向き溶接）

(4) 対象者

①三井造船 千葉造船工場：上向き溶接（隅肉1名、吊りピース1名）、板継ぎ裏直し1名

②常石造船 常石工場：上向き歪取り1名、立向き研削1名、板継ぎ裏直し（上向き溶接）1名

(5) 対象アシストスーツ

① タイプA ニッカリ製 造船上向き作業用アシストスーツのプロトタイプ

② タイプB アクティブリンク製 造船上向き作業用アシストスーツのプロトタイプ

(6) 評価項目

①労働負荷低減評価

a) 主観評定による評価

アシストスーツの装着によりどの程度労働負荷が低減するかを、作業者が専用の評価用紙に回答する主観評定により評価する。

b) 筋電図による評価

労働負荷低減を定量的に評価するため、対象作業現場を模擬した設備において作業者が実際の作業を模擬することにより、アシストスーツ装着の有無による筋肉の活動量の変化を筋電図を用いて定量的に評価する。

②作業能率評価

a) 主観評定による評価

アシストスーツの装着によりどの程度作業能率が向上するかを、作業者が専用の評価用紙に回答する主観評定により評価する。

b) ビデオ記録による評価

ビデオ記録した作業を分析することにより、アシストスーツ装着の有無による作業量の変化（同一作業の所要時間短縮や小休止の回数の減少、同一時間内の作業成果増加など）をできる限り定量的に評価する。

(7) 評価方法

①通常作業時（アシストスーツ非装着時）の作業者のビデオ撮影

作業能率評価に使用するため、対象作業における通常作業時（アシストスーツ非装着時）の作業者をビデオ撮影する。

## ②アシストスーツ装着時の作業者のビデオ撮影

作業能率評価に使用するため、数日間アシストスーツを装着した現場作業を行った後、アシストスーツ装着時の作業者をビデオ撮影する。

## ③主観評定による評価（ヒアリング）

アシストスーツの装着によりどの程度労働負荷が低減するか、作業能率が向上するかを、作業後に作業者が専用の評価用紙に回答する主観評定により評価する。

## ④筋電図による評価

筋肉の活動量を計測するための電極を作業者の皮膚に直接貼り付け、対象作業現場を模擬した設備において作業者が実際の作業を模擬することで筋活動量を計測する。これを、アシストスーツの装着が無い場合とある場合で実施し比較する。

## ⑤分析及び評価結果のとりまとめ

上記①から④で得られた結果を分析し、労働負荷低減及び作業能率の評価結果をできる限り定量的にまとめる。

## 5.2 実施内容

### 5.2.1 労働負荷低減評価

#### 5.2.1.1 主観評定による評価

アシストスーツの装着によりどの程度労働負荷が低減するかを、対象作業後に作業者が専用の評価用紙に回答する主観評定により評価した。

#### (1) 対象作業及び作業者

##### ① 三井造船：上向き溶接（隅肉）、作業者 1 名（男性、23 歳）

上向き溶接（吊りピース溶接）、作業者 1 名（男性、27 歳）

上向き板継ぎ裏直し（溶接・ガウジング・研削）、作業者 1 名（男性、25 歳）

いずれも【実作業現場】

##### ② 常石造船：上向き歪取り、作業者 1 名（男性、20 歳）

立向き研削、作業者 1 名（男性、43 歳）

板継ぎ裏直し（上向き溶接）、作業者 1 名（男性、52 歳）

いずれも【現場模擬設備】

(2) 各対象作業につき 1 名の作業者に対応をお願いした（現場の状況と評価期間の関係により複数の作業者に対応いただくことができなかった）。

(3) まず、アシストスーツを装着しない 30 分程度の対象作業の終了後に、作業者に「疲労部位しらべ（日本産業衛生学会産業疲労研究会の標準様式）」（図 5.1）への記入をお願いした。次に、アシストスーツを装着した作業を数日間行い扱いに慣れた時期に、タイプ A を装着した場合、タイプ B を装着した場合のそれぞれに対して 30 分程度の作業の終了後に、作業者に「疲労部位しらべ」（図 5.1）への記入をお願いした。なお、常石造船では現場模擬設備での評価となるためアシストスーツを装着した対象作業を数日間行い扱いに慣れる期間は設けられなかった。

(4) 比較を適切におこなうため、以下の点をできるだけ均一化した。

- ・完了（特定の工程、特定の部分の完了）までに要する時間
- ・使用する工具と作業内容、難しさ（同じ大きさ、重さの吊りピースで実施）など

- ・姿勢に影響する作業対象の位置（対象の高さ、向きなど）

#### 5.2.1.2 筋電図による評価

筋電図によって筋活動量を測定した。この方法のメリットは筋負担の定量化ができることであるが、筋肉の微弱な電圧を測定するので、溶接やグラインダーなどの工具からのノイズの影響により適切に測定できない可能性があるため、現場ではなく上記対象現場を模擬した環境において作業姿勢を模擬して実施した。

##### (1) 対象作業及び作業者

- ① 三井造船：上向き吊りピース溶接、作業者 1 名（男性、27 歳）  
上向き板継ぎ裏直し（溶接・研削）、作業者 1 名（男性、25 歳）  
いずれも【現場模擬設備】

- ② 常石造船：上向き歪取り、作業者 1 名（男性、20 歳）  
立向き研削、作業者 1 名（男性、43 歳）  
板継ぎ裏直し（上向き溶接）、作業者 1 名（男性、52 歳）  
いずれも【現場模擬設備】

- (2) 各対象作業につき 1 名の作業者に対応をお願いした（現場の状況と評価期間の関係により複数の作業者に対応いただくことができなかった）。なお、対象者は実際の作業者とした。
- (3) 三井造船及び常石造船において、対象作業現場を模擬した設備を製作し、アシストスーツの装着が無い場合、タイプ A を装着した場合、タイプ B を装着した場合のそれぞれに対して、アシストスーツによって上肢が支えられることによる筋負担の変化をそれぞれ計測した。
- (4) 三角筋、上腕二頭筋、僧帽筋、脊柱起立筋の皮膚表面に電極を装着し、まず、高さの異なる 3 条件の基本作業姿勢を 30～60 秒間維持して筋電図を記録した。その後、実際に各作業を模擬し筋電図を記録した。
- (5) 作業は模擬するが工具はできる限り実際に現場で使用しているもの（ケーブルの重量も実際の作業に似せる）を利用した。
- (6) 各工具の重量を測定した。

#### 5.2.2 作業能率評価

##### 5.2.2.1 主観評定による評価

アシストスーツを装着した作業を数日間行い扱いに慣れた時期に、各アシストスーツの装着によりどの程度作業能率が向上するかを、タイプ A を装着した場合、タイプ B を装着した場合のそれぞれに対して、対象作業後に作業者が専用の評価用紙（表 5.1）に回答する主観評定により評価した。

##### 5.2.2.2 ビデオ記録による評価

アシストスーツの装着が無い場合、タイプ A を装着した場合、タイプ B を装着した場合のそれぞれの実作業のビデオ画像を記録し、5.2.1.1「主観評定による評価」と併用して作業能率を評価した。

(1) 対象作業及び作業者

- ① 三井造船：上向き溶接（隅肉）、作業者 1 名（男性、23 歳）  
上向き吊りピース溶接、作業者 1 名（男性、27 歳）  
上向き板継ぎ裏直し（溶接・研削）、作業者 1 名（男性、25 歳）  
いずれも【実作業現場】
- ② 常石造船：上向き歪取り、作業者 1 名（男性、20 歳）  
上向き研削、作業者 1 名（男性、43 歳）  
板継ぎ裏直し（上向き溶接）、作業者 1 名（男性、52 歳）  
いずれも【現場模擬設備】

(2) 各対象作業につき 1 名の作業者に対応をお願いした（現場の状況と評価期間の関係により複数の作業者に対応いただくことができなかった）。

(3) まず、30 分程度の上記対象作業について、アシストスーツの装着が無い場合の作業中の動作をビデオ等で記録（2 方向から撮影）した。次に、アシストスーツを装着した対象作業を数日間行い扱いに慣れた時期に、タイプ A を装着した場合、タイプ B を装着した場合のそれぞれの作業中の動作をビデオ等で記録（2 方向から撮影）した。なお、常石造船では現場模擬設備での評価となるためアシストスーツを装着した対象作業を数日間行い扱いに慣れる期間は設けられなかった。

(4) 比較を適切におこなうため、以下の点を可能な限り均一化した。

- ・完了までに要する時間
- ・使用する工具と作業内容、難しさ（同じ大きさ、重さの吊りピースで実施）など
- ・姿勢に影響する作業対象の位置（対象の高さなど）

表 5.1 作業後の記入用紙（アシストスーツを装着した場合）

2016年	月	日	開始時刻	時	分	終了時刻	時	分
ご所属：			お名前：					
性別：			年齢：					
装着したアシストスーツ： ①アクティブリンク製 ②ニッカリ製								
1. 作業内容 ( )								
2. アシストスーツの装着に要した時間 ( ) 分								
3. アシストスーツが原因の、安全上の問題や不安はありましたか ①なかった ②あった → 内容を教えてください ( )								
4. 工具を構えて狙う動作のしやすさについて、アシストスーツの影響はありましたか ①しやすくなった ②どちらかといえばしやすくなった ③変わらない ④どちらかといえばしにくくなった ⑤しにくくなった								
5. 工具を持つ手・腕の安定性について、アシストスーツの影響はありましたか ①安定する ②やや安定する ③変わらない ④どちらかといえば安定しない ⑤安定しない								
6. 工具の取り回しのしやすさについて、アシストスーツの影響をお答えください ①動かしやすい ②どちらかといえば動かしやすい ③変わらない ④どちらかといえば動かしにくい ⑤動かしにくい								
7. スーツを装着したまま作業場所を移動することに問題はありましたか ①移動しやすい ②どちらかといえば移動しやすい ③変わらない ④どちらかといえば移動しにくい ⑤移動しにくい								
8. スーツを装着したままの工具を持ち替え、作業の切り替えに問題はありましたか。 ①やりやすい ②どちらかといえばやりやすい ③変わらない ④どちらかといえばやりにくい ⑤やりにくい								
9. アシストスーツの耐久性についての印象をお答えください ①まったく問題がない ②すこし問題がある ③問題がある (②、③の場合 問題の内容、理由： ( )								
10. アシストスーツを装着した今回の作業に要した時間をお答えください ( ) 分 通常（アシストスーツなしの場合）は ( ) 分 もう一枚の記入もお願いします								



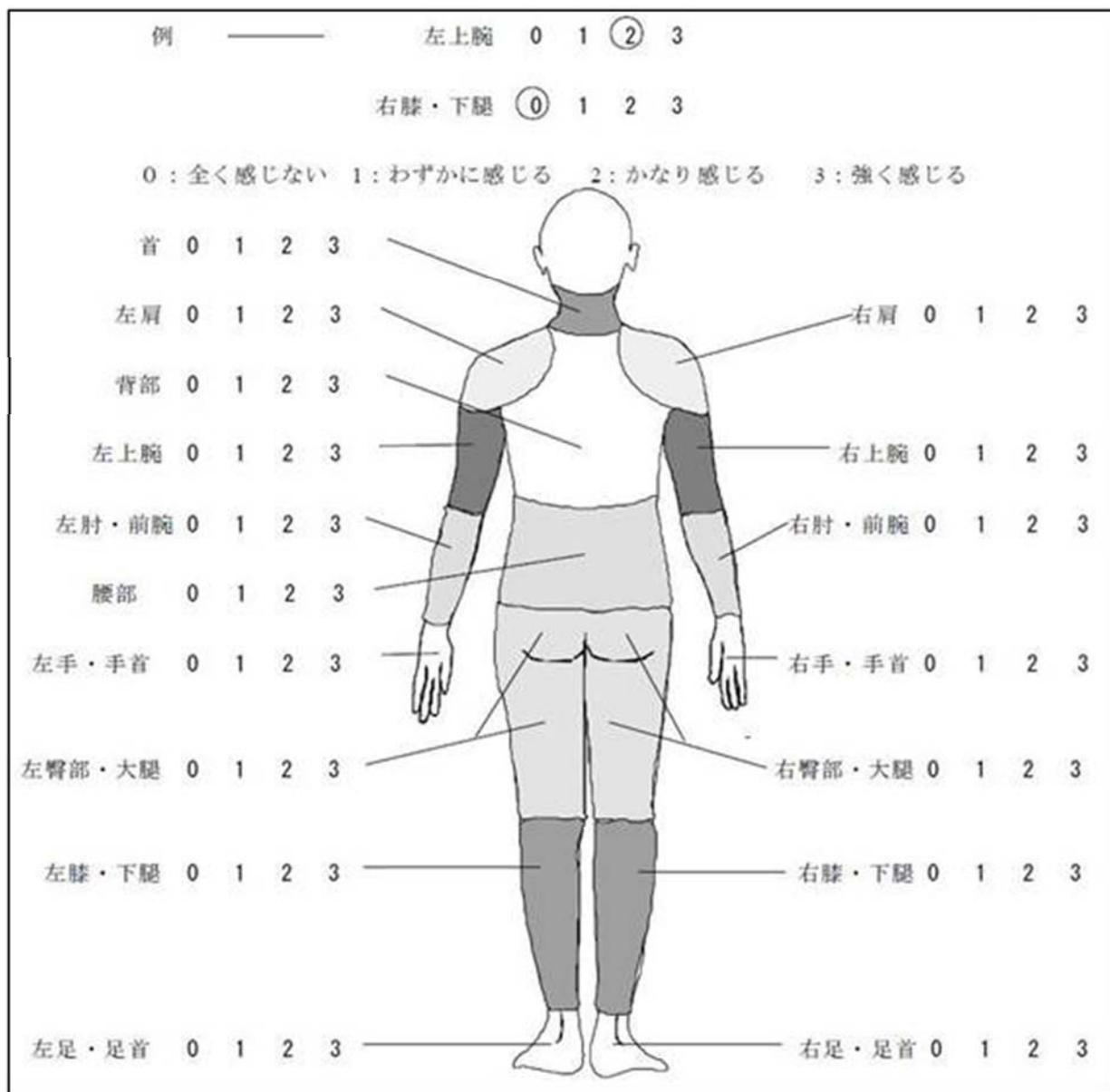


図 5.1 疲労部位しらべ(日本産業衛生学会産業疲労研究会の標準様式)

### 5.3 評価結果

開発した2つのプロトタイプを実際に装着して造船所での上向き・立向き作業を行い、造船上向き作業用アシストスーツの使用による作業者の労働負荷等の主な評価結果を以下に示す。ただし、今回の評価は、実施期間や評価対象作業の種類が多さなどから各対象作業に関し被験者（作業員）が1名であり、定量的な評価としてはデータが不足している。このため、以下に示す各評価結果については参考情報とする。

腕の動きが小さい上向き歪取り作業では、作業の前後に作業員が「疲労部位しらべ」への記入を行った主観評定の結果、左右の肘・前腕において負担の低減がみられた（図5.2参照）。なお、左右の肩及び上腕、腰部においては、アシストスーツ装着による負担の変化はみられなかった。

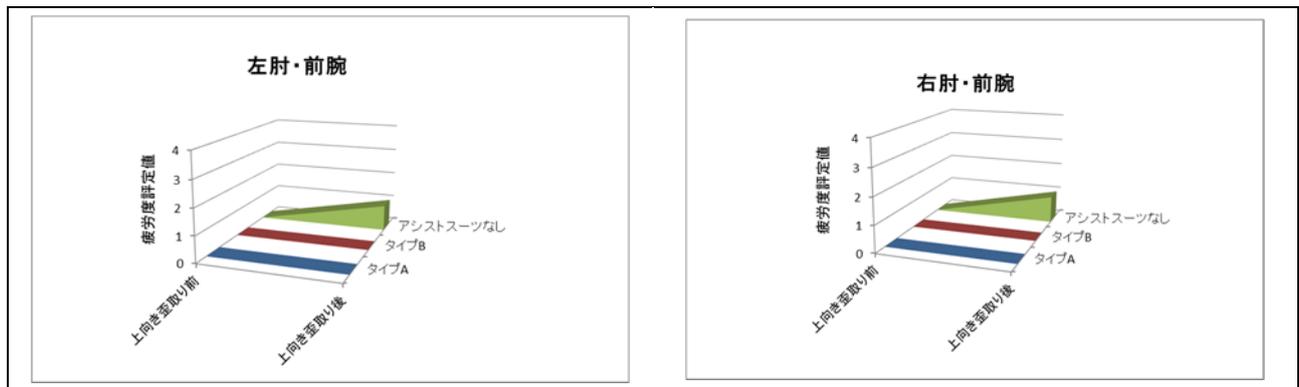


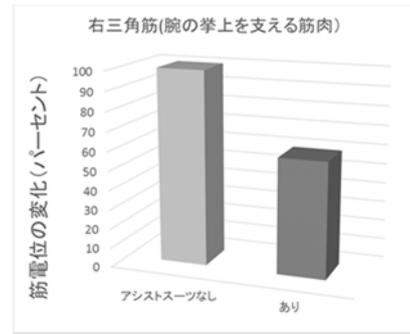
図 5.2 上向き歪取り作業の主観評定結果（作業員 1 名、20 歳、男性）

また、作業員の左右の三角筋、僧帽筋、上腕二頭筋、脊柱起立筋の筋電位を計測した結果、造船上向き作業用アシストスーツを装着していない場合に比べ、造船上向き作業用アシストスーツを装着した場合は、工具を持つ右腕の挙上を支える筋肉である右の三角筋の筋電位の低下（約40%）がみられた（図5.3参照）。なお、上腕二頭筋においては、アシストスーツの装着により左と右で筋電位の上昇と低下という異なる結果がみられたり、脊柱起立筋においては、アシストスーツの装着により筋電位の上昇がみられた。





タイプ B 装着



上向き歪取り作業の筋電位の変化  
作業員 1 名、20 歳、男性)

図 5.3 上向き歪取り作業の労働負荷等評価

腕の動きが比較的大きい立向き研削（グラインダー）作業では、作業の前後に作業員が「疲労部位しらべ」への記入を行った主観評価の結果、左右の上腕及び肘・前腕において負担の低減がみられた（図 5.4 参照）。なお、腰部及び右肩においても、アシストスーツの装着により負担の低減がみられるものがあったが、左肩においては、アシストスーツ装着による負担の変化はみられなかった。

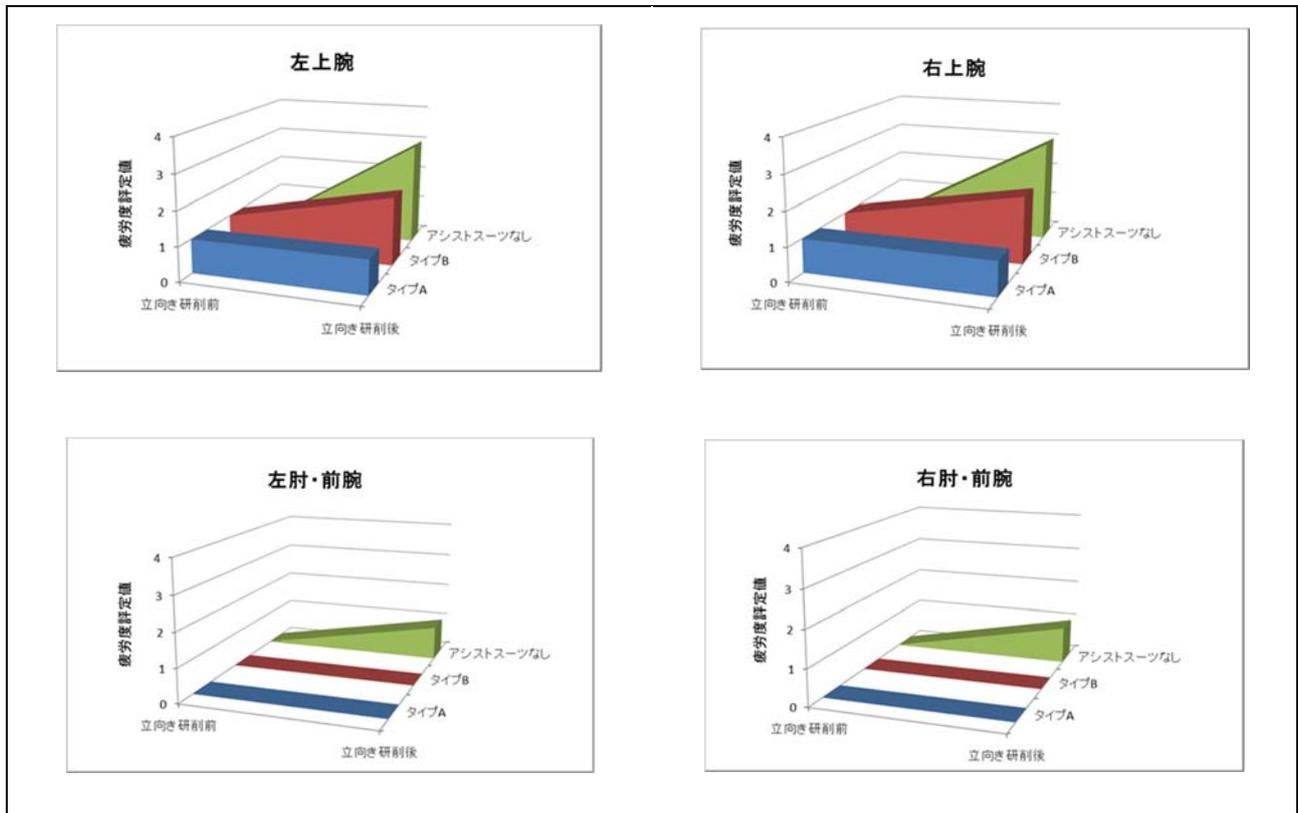


図 5.4 立向き研削（グラインダー）作業の主観評価結果（作業員 1 名、43 歳、男性）

また、作業者の左右の三角筋、僧帽筋、上腕二頭筋、脊柱起立筋の筋電位を計測した結果、造船上向き作業用アシストスーツを装着していない場合に比べ、造船上向き作業用アシストスーツを装着した場合は、工具を持つ右肘を屈曲させる筋肉である右の上腕筋（上腕二頭筋）の筋電位の低下（約 50%）がみられた（図 5.5 参照）。なお、僧帽筋、三角筋及び脊柱起立筋については、右三角筋において、アシストスーツ装着により若干の筋電位の上昇があったものの、それ以外は、アシストスーツ装着による筋電位の大きな変化はみられなかった。

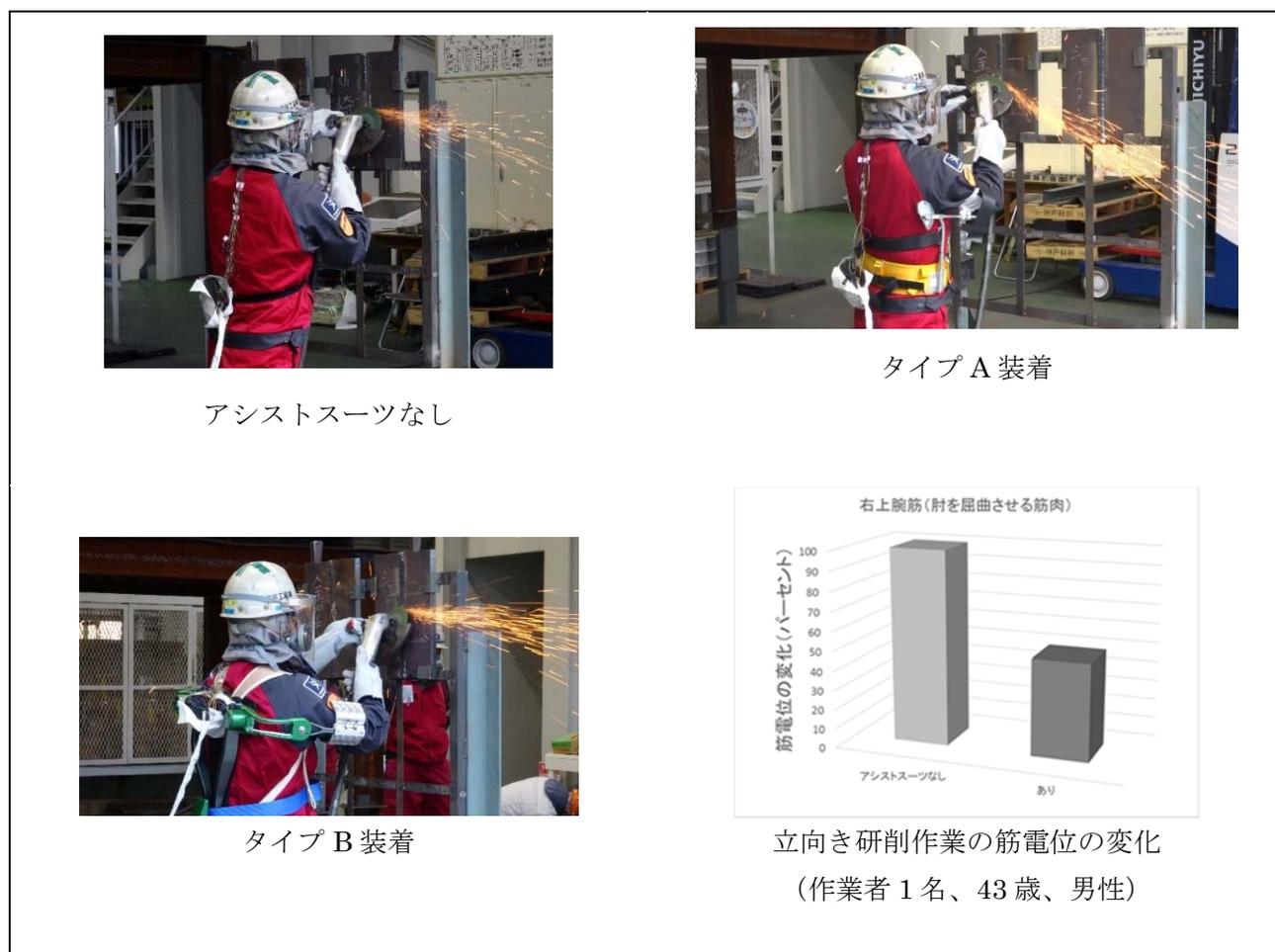


図 5.5 立向き研削作業の労働負荷等評価

なお、作業能率については、各作業における実作業時間・休憩（手休め）時間をビデオ映像から分析した結果、アシストスーツの着用により、休憩（手休め）頻度が減少し、連続して作業可能な時間が延びる傾向が観察された。短時間の作業で直ちに効果を比較することは困難だが、長時間の作業でも疲れにくくなり、全体として作業能率が上がるという効果を示すものと言える。

作業者からのコメントでも、「作業中腕が楽になり工具の重さや反力等による疲れを回復させるための小休止の回数が減少した」、「連続してこのような作業をすることがあるので是非使いたい」といった声が聞かれた。

## 6. 造船所でのプレス向けデモンストレーションの実施

造船上向き作業用アシストスーツ開発成果概要及び開発した2つのプロトタイプ機を広く一般に公表すること、さらには造船所におけるパワーアシストスーツ導入促進に向けた公衆認知の浸透を図り、造船業の魅力向上につなげることを目的として、2017年1月24日（火）に三井造船株式会社千葉造船工場（市原市）においてプレス向けデモンストレーションを実施した。業界紙だけでなく一般紙を含むプレス関係者8社の参加があった。

当日は、開発した造船上向き作業用アシストスーツの導入が期待される上向き溶接作業（隅肉及び吊りピース溶接）の現場において、実際に2つのプロトタイプ機をそれぞれ装着して建造作業を実演した。

開発成果概要発表及びデモンストレーションの様子を図6.1及び6.2にそれぞれ示す。また、当日配布した資料を別紙2として添付する。



図 6.1 開発成果概要発表の様子



タイプ A による上向き吊りピース溶接作業のデモンストレーション



タイプ B による上向き隅肉溶接作業のデモンストレーション

図 6.2 上向き溶接作業現場でのデモンストレーションの様子

## 7. 今後の展開

今後、開発したプロトタイプをベースに、各開発メーカーにおける更なる改良を経て商品化される予定である。

造船上向き作業用アシストスーツが実用化され、造船現場への導入・普及により、作業者の労働負荷が低減され、作業能率や品質の向上も期待される。こうした取組が、日本の造船業の魅力の向上と競争力の強化につながることを期待する。

	2016年度	2017年度	2018年度
<b>(株)ニッカリ</b>			
プレスリリース等	→		
造船業用販売開始		4月	→
<b>アクティブリンク(株)※</b>			
量産設計、試作		→	
評価			→
量産準備、量産			→
プレスリリース等	→		
販売開始			→

※アクティブリンク（株）については今後の広報等により事業性が見込まれた場合の計画



SEA JAPAN 2016にて展示したパネル

# 造船用パワーアシストスーツの開発

## Development of Power Assist Suit for shipbuilding

### 概要 Overview

- ◆ 船技協では、2014～2015年度において、東京大学とともに「造船用パワーアシストスーツ」に関する調査を実施しました。私たちは、労働負荷の低減、高齢者や女性等の労働力の一層の活用など、労働力人口減少の時代への対応をいち早く図っていくためのツールのひとつとしてパワーアシストスーツに着目しました。

JSTRA studied with The University of Tokyo about power assist suits for shipbuilding in FY2014-2015. We focused attention on power assist suit as one of the tools in order to address issues in the age of declining labor force where mitigation of workload and the future use of aged and female workforce personnel are required.

- ◆ 上記調査研究では、上向き作業(溶接、研削、歪取り、塗装等)に適したパワーアシストスーツについては、造船所のニーズが高く、また、農業用等には既にいくつかのパワーアシストスーツが開発されていることがわかりました。また、それら既成のスーツを使用した造船現場での試着や労働負荷・安全性評価等により、造船工程用として使用する際に必要な機能等を明らかにしました。

The study's results are as follows. There are great needs from shipbuilders for a power assist suit suitable for works requiring operators to face upwards (welding, grinding, strain removal, painting, etc.), and there are some power assist suits which were already developed for such as agricultural industry. Through their pilot introduction into shipbuilding processes and labor load/safety evaluations, we identified the features necessary for a suit to be optimally used for some shipbuilding processes.



農業用パワーアシストスーツを用いた造船所でのデモンストレーション  
Demonstration at a shipyard by using power assist suit for agriculture



農業用パワーアシストスーツの一例  
Another example of power assist suit for agriculture

- ◆ 船技協では、上記研究成果を踏まえ、現在、既に市場投入済のパワーアシストスーツ等を参考に、造船工程における上向き作業(溶接、研削、歪取り、塗装等)に適したパワーアシストスーツの開発(プロトタイプ製作)に着手し、2016年度中の完成を目指しています。

Based on the above results, JSTRA is now developing a prototype of power assist suits suitable for shipbuilding works requiring operators to face upwards (welding, grinding, strain removal, painting, etc.) by making reference to power assist suits which were already developed for such as agricultural industry. We will finish the development of the prototype until the end of FY2016.

- ◆ 造船現場にパワーアシストスーツが導入されれば、作業者の労働負荷低減、作業効率改善等に繋がるものと期待しています。

We hope that the introduction of power assist suits into the shipyards will bring mitigation of workload and improvement of work efficiency.



2017年1月24日  
一般財団法人日本船舶技術研究協会

## －造船上向き作業用アシストスーツの開発－

- ・ 当協会では、日本財団の助成を受けて、造船会社等との共同により上向きの溶接や研削作業など腕を上げる作業を楽にする「造船上向き作業用アシストスーツ」の開発に取り組み、このほど、プロトタイプが完成しました。
- ・ 腕を上げた状態を支えることで上向き作業の負担を軽減します。疲れにくくなることから、作業能率や品質の向上の効果も期待されます。
- ・ 造船業の労働環境改善を通じ、造船業の魅力向上と競争力強化につながることを期待しています。

造船工程では、上向き・立向き作業、中腰・しゃがみ込み作業、重量物の保持・運搬作業など、作業者の身体負担が大きい作業が多くあります。我が国の労働事情をめぐり、少子高齢化による労働力の減少や高齢者・女性の職域拡大などに向けた取組が大きな課題となる中、当協会では、日本財団の助成を受けて、造船工程の作業負担を軽減する「造船用アシストスーツ」の開発に向けて、造船会社等と共同で研究を進めてまいりました。

2014年から2015年にかけて行った調査研究において、特に上向き・立向き作業において労働負担が大きく、アシストスーツのニーズが高いことが分かりました。これを受け、2015年10月に「造船用パワーアシストスーツ開発委員会（委員長：青山和浩 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻 教授）」を設置し、他産業向けのアシストスーツ開発で実績を持つ企業の参加を得てプロトタイプの開発に着手し、コンパクトさと低コストで実用性を重視したタイプと、多様な腕の動きにも対応できる機能を持つタイプの2種類の開発に取り組むことといたしました。

以後、コンパクト型のタイプA「電気を使用せずシンプルな構造で上腕を支えるタイプ」と機能型のタイプB「電磁ブレーキにより上腕を支えるタイプ」を開発、いずれも造船所の上向き作業現場において実証実験を繰り返し、改良を重ねて、この度のプロトタイプの完成に至りました。

今後、これらのプロトタイプをベースに、開発メーカーにおける更なる改良を経て商品化される予定となっています。造船上向き作業用アシストスーツの造船現場への導入・普及により、作業者の皆様の労働負担が軽減され、作業の能率や品質の向上も期待されます。こうした取組が、日本の造船業の魅力の向上と競争力の強化につながることを期待しています。

## 1. 造船上向き作業用アシストスーツ・プロトタイプの概要

### 【タイプA：コンパクト型】

開発受託者：(株) ニッカリ

- ・ラチェットによりロックし上腕を支える
- ・電気を使用せずシンプルな構造
- ・軽量でコンパクト
- ・ある程度の角度まではロックしたまま腕（脇）の開きに追従
- ・作業者が使用している安全帯にも取り付け可能
- ・既に開発した農業向けの腕上げ作業補助器具がベースとなるため早期実用化が可能



- 2017年4月商品化・販売開始予定

### 【タイプB：機能型】

開発受託者：アクティブリンク (株)

- ・電磁ブレーキによりロックし上腕を支える
- ・電気を使用しスイッチ操作によりロックのON/OFFが可能
- ・スイッチをONにしている間は確実にロックする
- ・背中に配置した板バネにより、ある程度の腕の動きに追従可能
- ・実用化段階ではケーブルレス化（電源及びスイッチ）を目指す



- 今後量産化に向けた更なる改良を行いつつ、2018年後半の市場投入に向けて事業性の検討等を行っていく。

※ 各開発受託者の概要は別紙参照

## 2. 作業負担軽減効果について

(公財)大原記念労働科学研究所の協力を得て、これら2つのプロトタイプを実際に装着して造船所での上向き・立向き作業を行い、造船上向き作業用アシストスーツの使用による作業者の労働負担軽減効果の評価(主観による「疲労部位しらべ」(日本産業疲労研究会)及び質問票への回答、筋電位測定による筋肉疲労度評価、作業時間測定)を実施したところ、負担軽減効果が計測されました。

なお、実施期間や現場の都合により各対象作業に関し被験者(作業員)が1名であったため、これをもって直ちに定量的効果として結論付けることは困難ですので、参考情報としてご理解頂けますようお願いいたします。

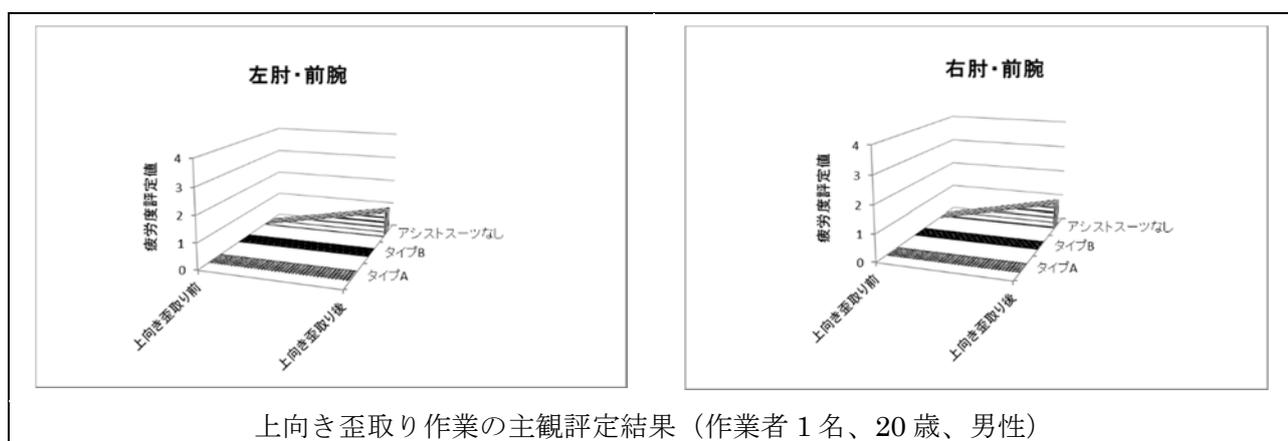
評価試験実施場所：三井造船(株)千葉造船工場、常石造船(株)常石工場

実施作業：歪取り(加熱)、吊りピース溶接、隅肉溶接、研削(上向き、立向き)、板継ぎ裏直し(溶接、ガウジング、研削の複合)

計測・分析：(公財)大原記念労働科学研究所

### (1) 上向き歪取り作業

比較的腕の動きが小さいこの作業では、主観による疲労部位しらべにおいては、左右の肘・前腕において疲労度が軽減したとの回答が得られました。

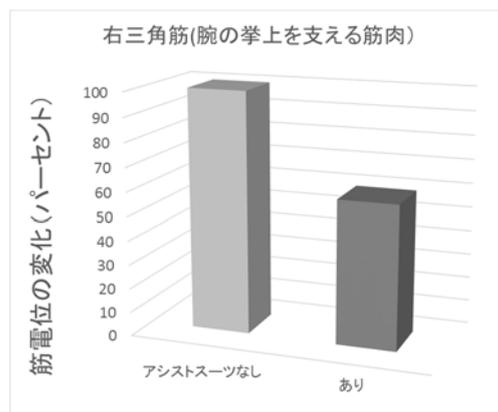


また、作業員の左右の三角筋、僧帽筋、上腕二頭筋、脊柱起立筋の筋電位を計測した結果、アシストスーツを装着した場合は、工具を持つ右腕の挙上を支える筋肉である右の三角筋の筋電位の低下(約40%)がみられました。





タイプB 装着

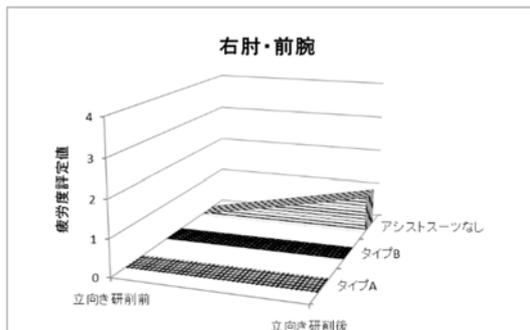
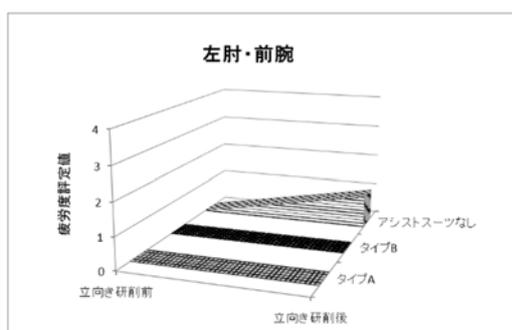
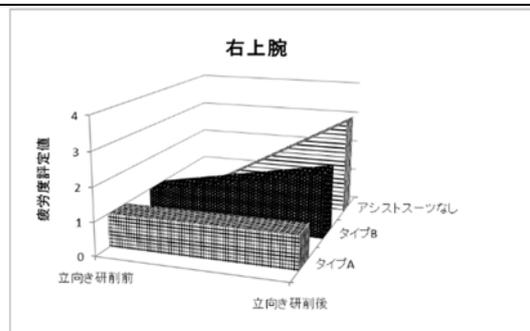
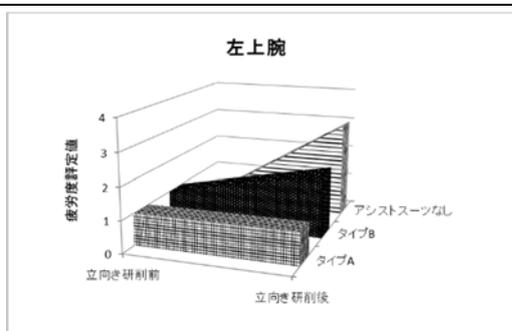


上向き歪取り作業の筋電位の変化  
(作業員 1 名、20 歳、男性)

上向き歪取り作業の筋電位測定による筋肉疲労度評価

(2) 立向き研削 (グラインダー) 作業

腕の動きが比較的大きいこの作業では、主観による疲労部位しらべにおいては、左右の上腕及び肘・前腕において疲労度が軽減したとの回答が得られました。



立向き研削 (グラインダー) 作業の主観評定結果 (作業員 1 名、43 歳、男性)

また、作業者の左右の三角筋、僧帽筋、上腕二頭筋、脊柱起立筋の筋電位を計測した結果、アシストスーツを装着した場合は、工具を持つ右肘を屈曲させる筋肉である右の上腕筋（上腕二頭筋）の筋電位の低下（約 50%）がみられました。



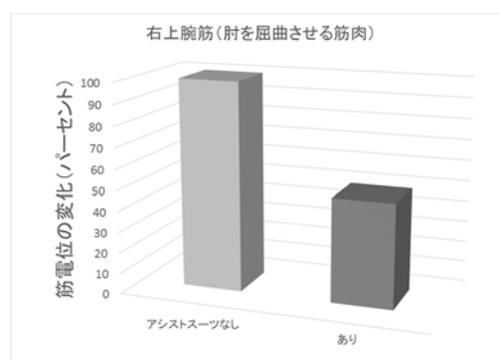
アシストスーツなし



タイプ A 装着



タイプ B 装着



立向き研削作業の筋電位の変化  
(作業者 1 名、43 歳、男性)

#### 立向き研削作業の筋電位測定による筋肉疲労度評価

### (3) 作業時間による作業能率分析

各作業における実作業時間・休憩（手休め）時間をビデオ映像から分析した結果、アシストスーツの着用により、休憩（手休め）頻度が減少し、連続して作業可能な時間が延びる傾向が観察されました。短時間の作業で直ちに効果を比較することは困難ですが、長時間の作業でも疲れにくくなり、全体として作業能率が上がるという効果を示すものと言えます。

作業者からのコメントでも、「作業中腕が楽になり工具の重さや反力等による疲れを回復させるための小休止の回数が減少した」、「連続してこのような作業をすることがあるので是非使いたい」といった声が聞かれました。

## 1. 「造船用パワーアシストスーツ開発委員会」参加企業・機関

委員長	東京大学 大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 青山和浩教授
委員会社・機関等	(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所、 (公財) 大原記念労働科学研究所、ジャパン マリンユナイテッド(株)、 住友重機械マリンエンジニアリング(株)、常石造船(株)、 (株) 名村造船所、三井造船(株)
関係官庁・機関等	国土交通省 海事局 船舶産業課、(一社) 日本造船工業会
事務局	(一財) 日本船舶技術研究協会

## 2. 開発受託企業概要

## (1) タイプA 開発受託

株式会社ニッカリ

代表取締役： 杉本 宏

所在地：岡山県岡山市東区西大寺川口 465-1

主たる事業：刈払機、軌条運搬機を主製品とする農林土木機械の製造・販売。

既に農業向けの腕上げ作業補助器具を農研機構と共同で開発。



## (2) タイプB 開発受託

アクティブリンク株式会社

代表取締役社長： 藤本弘道

所在地：奈良県奈良市左京 6-5-2

主たる事業： パワーアシストスーツの開発。

これまでに腰補助用をはじめ様々なパワーアシストスーツを開発。





①板継ぎ裏直し

主に使用する工具：

- ガウジングトーチ (約 2kg)、
- 溶接トーチ (約 2kg)、
- グラインダー (約 3kg)
- チッパー (約 1.8kg)

作業内容：

板継ぎ自動溶接の際発生する溶接欠陥部を上向きで直す作業

1回あたりの作業時間：

約 30 分～1 時間



⑥ぎょう鉄

主に使用する工具：

- ガスバーナー (約 1.8kg)

作業内容：

鋼板を炙ったり冷やしたりしながら曲げる作業

1回あたりの作業時間：約 15 分

(加工完了まで平均 6～7 時間作業)



②吊りピース溶接



③隅肉溶接

作業内容：

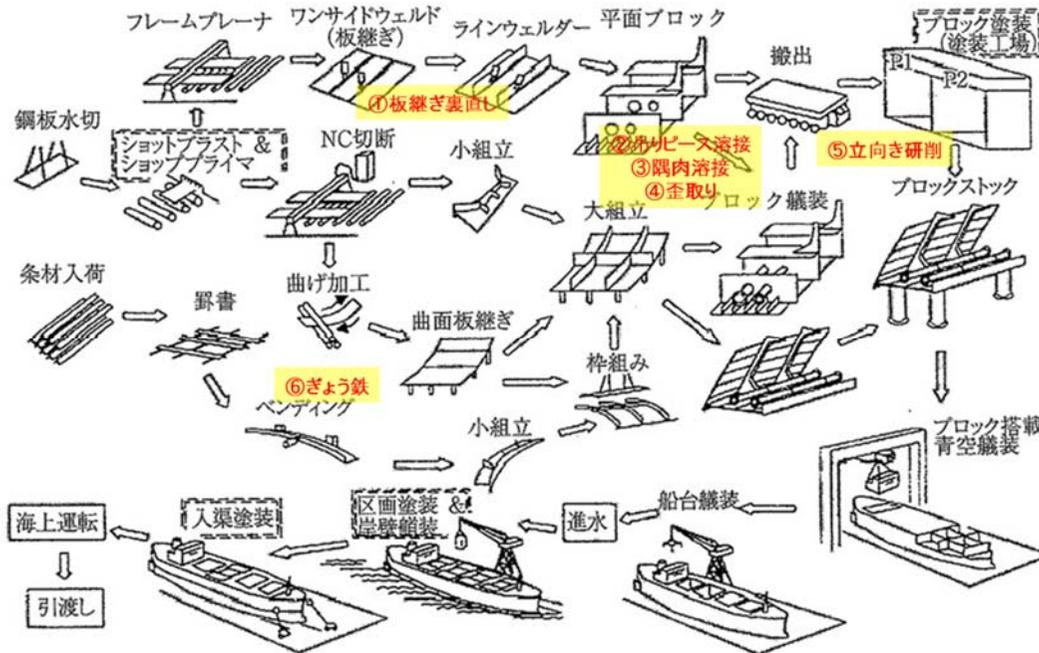
上向きの隅肉溶接作業

1回あたりの作業時間：

約 30 分～1 時間

主に使用する工具：

- 溶接トーチ (約 2kg)、チッパー (約 1.8kg)



造船工程の全体と、作業用アシストスーツの導入が期待される工程  
(イラスト出典：船舶海洋工学シリーズ⑨造船工作法 (成山堂書店) より)



④歪取り

主に使用する工具：

- ガスバーナー (約 1.8kg)

作業内容：

上向きで鋼板を炙り歪みを取る作業

1回あたりの作業時間：

約 30～60 分

(加工完了まで平均 2～3 時間作業)



⑤立向き研削

主に使用する工具：

- グラインダー (約 3kg)

作業内容：

吊りピースをガス切断した跡を研削する作業

1回あたりの作業時間：約 30 分



Supported by  日本 THE NIPPON  
財団 FOUNDATION

この報告書は、日本財団の助成金を受けて作成しました

---

造船用パワーアシストスーツの開発及び実証実験  
ー造船上向き作業用アシストスーツのプロトタイプ製作ー  
報告書

2017年（平成29年）1月発行

発行者：一般財団法人日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 2-10-9 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428 FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp/> E-mail [info@jstra.jp](mailto:info@jstra.jp)

---

※本書の無断転載、複写、複製を禁じます