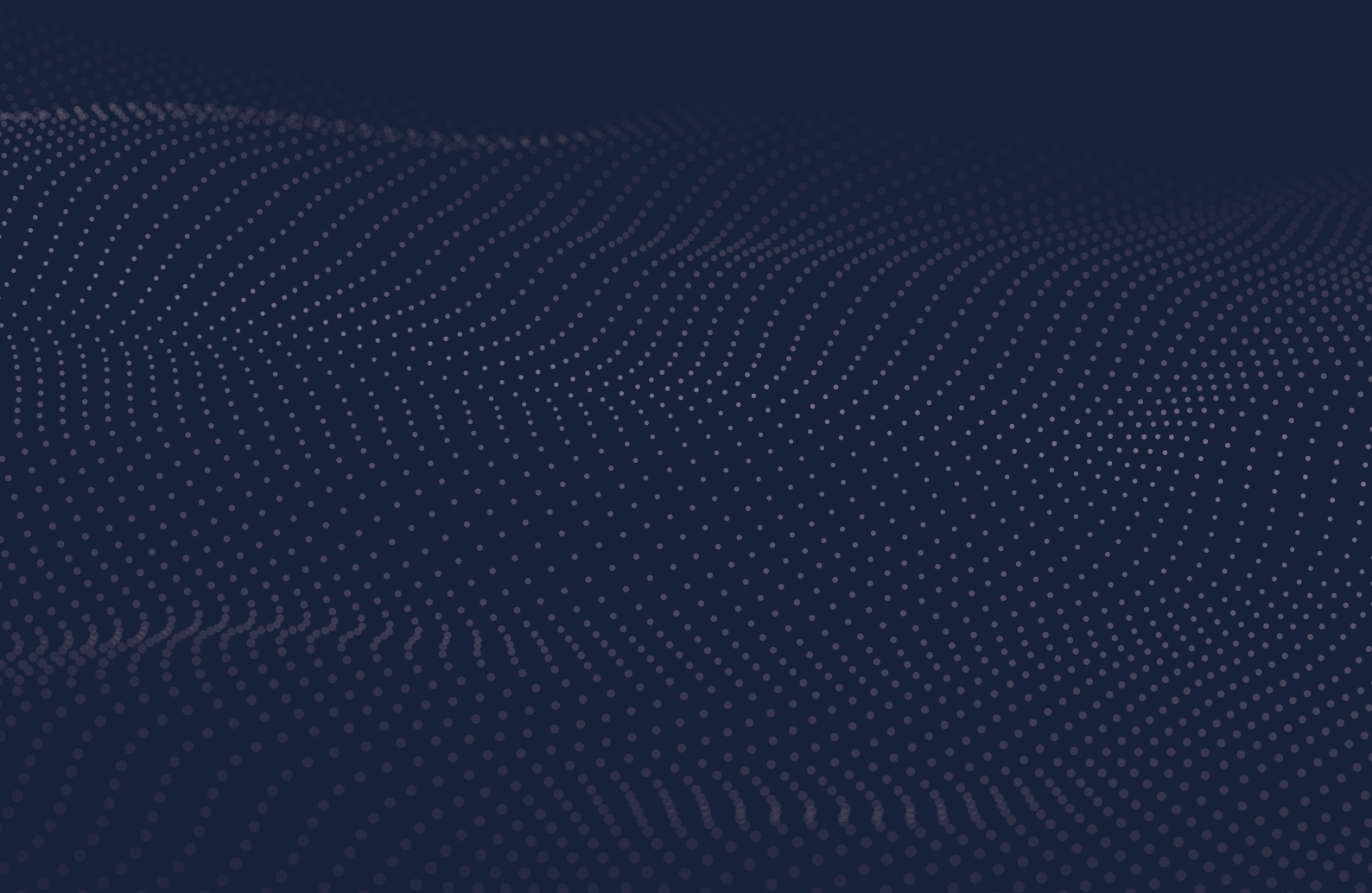


バイオニック・エクソスケルトン

ホワイトペーパー | 2022



目次

バイオニック・エクソスケルトンの勃興	3
バイオニック・エクソスケルトンの類型	4
パッシブ・エクソスケルトン	5
パワード・エクソスケルトン	6
コネクテッド・エクソスケルトン	7
エクソスケルトンの事例	8
リハビリテーション用エクソスケルトン	9
産業用エクソスケルトン	10
産業用エクソスケルトン:	11
腰部サポート	12
産業用エクソスケルトン:	13
物流における腰部サポート	15
産業用エクソスケルトン: その他の用途	16
マーケット概要	17
まとめに	19
出展	20

バイオニック・エクソスケルトンの勃興

人類は、祖先が簡単な道具を使い始めて以来、過酷な環境の下で、自らの福祉を高め、生存の可能性を高めるために、身体的、生物学的能力を拡大してきました。

その結果、科学、テクノロジー、医薬、社会、交通、そしてエンターテインメントに至るまで、数千年にわたる発展を遂げました。しかし、人間は生物として、加齢、病気、認知障害、外傷など、さまざまな制約を受けています。

現代の人間拡張開発は、個人の移動や 高度な人口動態の変化など、これまで直面した最も深刻な課題の解決を目指しています。

高齢化社会



が2030年までに60歳以上の高齢者になると言われています。

60歳以上の人口に占める割合は、2020年の10億人から2030年には14億人へ、2020年には10億人、2030年には14億人になります。2020年には10億人、2030年には14億人に増加します。¹

初期のエクソスケルトン製品は、脳卒中や脊髄・脚の障害から回復した患者の運動機能を回復させるために、医療機関で下肢のリハビリ歩行訓練を支援するために設計されたものです。

バイオニック・エクソスケルトンは、傷害を克服するため、あるいは生体能力を高めて老齢期までアクティブ型生活を延長するために、急速に開発・導入が進みつつあります。

外骨格の数

719,000 ○ 2030

93,000 ● 2022

世界中で利用されるエクソスケルトンの数は、2022年から2030年にかけて7倍に増加すると予想されています。

エクソスケルトンの導入台数は、2022年の93,000台から2030年には719,000台に増加すると予測されています。²

リハビリテーション用エクソスケルトンは、2億歩以上の歩行をアシストしています。³

¹ World Health Organization (WHO)

² ABI Research

³ Ekso Bionics

バイオニック・エクソスケルトンの類型

現在、主に腰や肩などを補助するエクソスケルトンには、さまざまな種類があります。主な違いは、パッシブ型とパワー型のエクソスケルトンの違いです。簡単に言うと、パッシブデバイスは純粋に機械的な構造で、安価で重量も軽くなります。一方、パワード・エクソスケルトンは、ロボティクス機器であり、より高度な補助や強化を提供します。

エクソスケルトンの提供者は、様々なバックグラウンドを持ち、全く異なる問題を解決するために、アシスト機器の製造に携わっています。

これらのメーカーの中には、何十年にもわたって人間の拡張機能を提供してきた老舗企業もあれば、エクソスケルトン技術の研究開発を目的に設立されたメーカーもあります。



図 1 オットーボック社は1919年に義肢の製造を開始しました。

そのため、エクソスケルトンを製造する企業は、それぞれが解決しようとする特定の問題を解決するために、テクノロジーやメカニズムの選択とトレードオフを行ったため、それぞれのタイプで異なる特性を持つことになりました。

実は、同じ問題を解決するように見える機器でも、その性能や機能は大きく異なります。



図 2 強度を高めたSARCOSのGUARDIAN XOエクソスケルトン

パッシブ・エクソスケルトン

パッシブ・エクソスケルトンは、バネやダンパーの復元力を利用して、ユーザーの持ち上げ動作をサポートする純粋な機械的構造物です。

パッシブ・システムは、パワードデバイスに比べて、電子部品やソフトウェア制御、アシスト機能の追加がなく、比較的複雑性が低いとされます。

しかし、その分、バッテリーやモーター、駆動系がないため、軽量で安価な製品を実現できます。

日本では、イノフィスのようなメーカーが産業用機器の提供を中止し、圧縮空気を持ち上げ補正を行う、より安価な空圧部品で設計されたコンシューマー向け機器のリリースに注力しています。⁴

し、単に伸縮性を利用してリフトをサポートする繊維ベースの”softexos”の提供を開始しています。⁵



図 4 - SOFTEXO



図 3 - B2C 空圧／圧縮空気用エクソスケルトン。

複雑さとコストに影響するテクノロジー選択のトレードオフは、提供されるサポートとリフト支援のレベル、ひいては特定のユースケースを規定します。



バネ



ダンパー

パワード・エクソスケルトン

パワード・エクソスケルトン（“アクティブ型”とも呼ばれる）は、機械構造とロボティクス技術を組み合わせたもので、特に大規模な物流やロジスティクスにおいて、腰に大きな負担がかかる高強度・高頻度の持ち上げ作業のために設計されたものである。

パッシブ機器とは異なり、バッテリー、センサーによる制御、アクチュエーターを搭載した複雑で高度な構造で、必要な時に必要なだけ持ち上げ支援を行い、不要な時は自由に移動できる柔軟性を備えています。



図 5 - ヨーロッパ最大級の物流センターで稼働中のCRAY X -
フィーグ・メガ・センター・イッペンビューレン

パワード機器は、繰り返し行われる持ち上げ作業の負担を軽減し、ユーザーが本来の作業にエネルギーを集中できるよう、ポジティブな力を作り出すことで作業を分担しています。

一部のメーカーは、パワード機器をあらゆる体型や取り扱い環境に適応させ、リアルタイム解析用の接続性や時間の経過とともに可変する設定により、ダイナミックな職場で安全を確保し、ユーザーをサポートするという次のレベルへと進化させています。

接続性により、デバイスはユーザーに適応することができ、その逆ではありません。また、ユーザー、所有者、提供者の間のコミュニケーションチャンネルを開くことで、すぐに使えるデータにアクセスし、研究開発をスピードアップさせます。

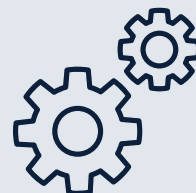


図 6 - 看護師がアクティブ型エクソスケルトンを使って患者を持ち上げている様子 -
ベルリン・シャリテ医科大学

Cray Xはバッテリーとモーターを搭載したエクソスケルトンで、30kgの持ち上げ支援を行い、安全で人間工学に基づいたオペレーションを実現するために、重要なリアルタイム健康状態に関するデータを収集することができます。⁶



バッテリー



モーター

コネクテッド・エクソスケルトン

コネクティビティとデータの取得、送信、分析機能は、エクソスケルトン研究、特に患者が歩行トレーニングにどのように反応するかを理解するためのリハビリテーション環境において、必要不可欠な要素となっています。

最近では、エクソスケルトン・メーカーが産業環境においてコネクティビティを活用し、物流などの人的要素に関する重要な情報を顧客に提供するようになりました。

これまで労働安全衛生担当者が手作業でデータを収集していたところ、コネクテッド・エクソスケルトンによって、企業は組織内のさまざまなレベルの通知や改善に即座にアクセスできるようになります。

得られたセンサーデータは、数千時間に及ぶ動作検出の恩恵を受け、職場の安全性、効率性、生産性の向上に向けた改善策を提案します。

また、コネクティビティによりシステムの健全性を監視し、予知保全を行うことができるため、ダウンタイムの計画や削減が容易になるというメリットもあります。

また、ソフトウェアやファームウェアは、クラウドプラットフォームを経由して遠隔地から“オーバー・ジ・エア (OTA)”でアップデートすることが可能です。

需要が高まり、倉庫のプロセスにおけるミスの許容範囲が小さくなるにつれ、競争力を維持するためにスピード、効率、インテリジェンスに依存する倉庫にとって、AI対応のサプライチェーンソリューションは不可欠になってきています。

安全性、効率性、生産性に関する貴重で実践的な洞察を、様々な統合データソースから生成し、状況に応じた全体的な分析を行うことで、オペレーションを改善し、最終的に高品質の製品フローとプロセスを作り出します。

そのため、物流や業界の専門家の間では、広範なテストの結果、コネクテッド・エクソスケルトン機器が、コネクテッドではないシステムよりも優先されるようになっています。

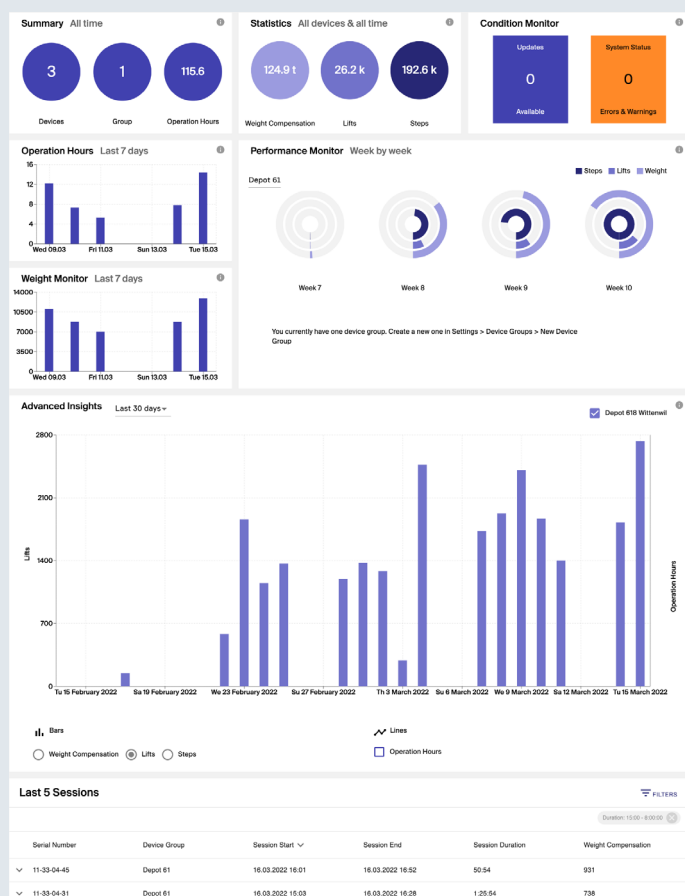


図 7 - ビッグデータ解析のためのGERMAN BIONIC IOプラットフォーム

エクソスケルトンの事例

新しい技術イノベーションと同様に、研究者やメーカーは常にエクソスケルトンの新しい魅力的な利用法を追求しています。

臨床医は、リハビリテーション用エクソスケルトンを理学療法プログラムの中核として使用し、障害を持つ患者が自分の足で再び歩けるように支援してきました。

EKSO BIONICS⁷

Ekso NR

- ✓ 300台のデバイスが使用中
- ✓ 2,000人の患者
- ✓ 30カ国以上
- ✓ FDAの承認済み



現場での使用のみを想定した機器もあれば、臨床現場以外での日常生活におけるパーソナルモビリティを想定した機器もあります。

WANDERCRAFT⁸

Atalante X

- ✓ 自立型
- ✓ ハンズフリー
- ✓ 動的平衡
- ✓ 複数方向移動



⁷ Ekso Bionics

⁸ Wandercraft

⁹ Sarcos Robotics

¹⁰ German Bionic

産業界では、肉体労働者の労働災害の軽減や筋肉痛の予防のためにエクソスケルトンの効果を実感しています。

SARCOS ROBOTICS⁹

Guardian XO

- ✓ 全身
- ✓ 重作業
- ✓ 90kg 持ち上げ対応
- ✓ 20倍の強度を実現



サルコス・ロボティクスは、重作業用の産業用ロボットとして、ユーザーの強度を高め、最大20倍、90kgまで持ち上げることが可能なエクソスケルトンを開発しました。

現在、サルコスの全身型ガーディアンXOエクソスケルトンは、航空、建設、組立・製造の分野で、エンジニアや整備士の日常作業を支援するために使用されています。

GERMAN BIONIC¹⁰

Cray X

- ✓ 腰部
- ✓ 物流作業
- ✓ 30kg 持ち上げ対応
- ✓ コネクティビティ



German Bionicの第5世代Cray Xは、リアルタイム・データ解析とコネクテッド・サービスにより、作業員の保護とプロセスの改善に、ロジスティクス分野で成功裏に使用されています。

リハビリテーション用エクソスケルトン

医療現場において、ロボットアシスタントは何年も前から見慣れた存在でしたが、装着型のリハビリテーション支援用エクソスケルトンは、臨床現場においてはまだ比較的最近のイノベーションと言えます。



図 8 - 患者の足元を支えるリハビリ用エクソスケルトン。

リハビリテーション用エクソスケルトンは、運動機能障害に悩む患者の治療のために医療機関で使用されています。この装置は、身体に直接接続し、脚、脊椎、体幹を支えて運動パターンを矯正し、患者が集中的かつ反復的な歩行訓練を受けられるようにするものです。

治療を通じて、患者は運動機能を再構築し、最終的には身体的自律性を取り戻すことが可能になります。

リハビリテーション用外骨格



リハビリテーション用エクソスケルトンは、**脊髄損傷 (SCI)**、**脳卒中**、**後天性脳損傷 (ABI)**、**多発性硬化症 (MS)** の治療に用いられ、成功を収めている

リハビリテーションは、下半身不随の方がよりアクティブな生活を取り戻し、最終的にはコミュニティに復帰するために有効であることが証明されています。

脊髄損傷

500,000

が世界中で脊髄損傷 (SCI) に苦しんでいます。

世界的な失業率は60%以上であり、経済活動への参加に大きな障壁となっているこれらの状況を管理するためには、リハビリテーション・サービスが不可欠です。¹¹

また、研究者たちは、エクソスケルトンが運動学習や動作連携を伴う脳や神経系の改善に役立つことを理解し始めています。

神経系が運動の特定の側面を適応させ、同時にその側面に沿ったばらつきを減少させることが発見されました。また、このような順応的な変化により、動作全体が改善され、歩行のエネルギーコストが約25%減少することがわかりました。¹²

¹¹ World Health Organization (WHO)

¹² Abram, et al.

産業用エクソスケルトン

産業用エクソスケルトンは、作業者の生体機能を補強するために開発された装着型の安全装置です。

リハビリテーション機器とは異なり、予防医学のために設計されており、力仕事を必要とする手作業での筋力負担やエネルギー消費を軽減することができます。

産業用エクソスケルトンは、一般に、局所的な筋肉群を和らげるという、大きく2つの役割を担っています。

1 頭上で行う場合の肩



図 9 - パッシブ・エクソスケルトン

2 腰に負担のかかる 持ち上げたり運搬したりする作業

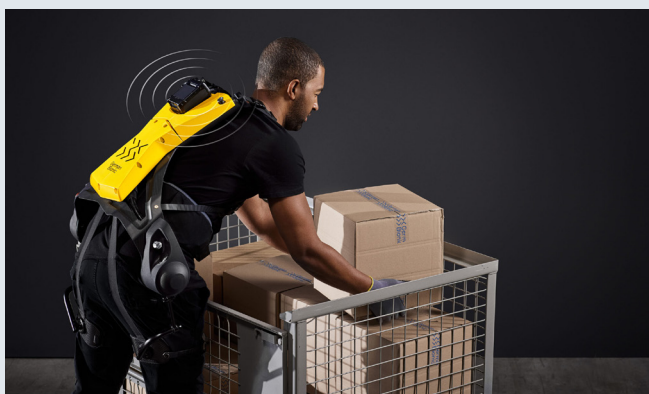


図 10 - パワード・エクソスケルトン

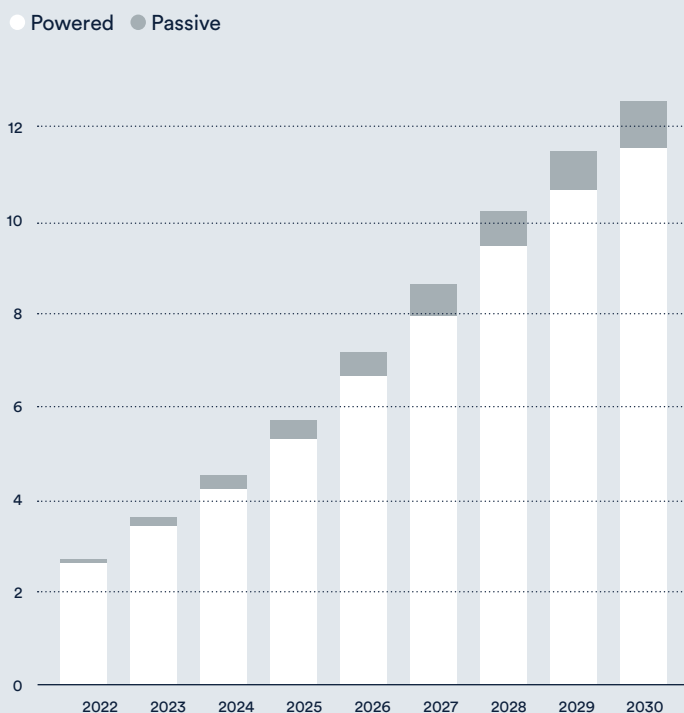
産業用途では、労働者の日常作業をサポートすることで、労働に起因する筋骨格系障害の発症を予防し、労働災害を防止することが重要視されています。

ユーザーの特定の作業をサポートするために設計された技術コンポーネントによって分類されます。

パッシブ・エクソスケルトンは、バネやダンパーなどの復元力を利用して人間の動きをサポートします。これらのデバイスでは、持ち上げ支援はもっぱらユーザー自身のエネルギーによって生成されます。¹³

一方、パワード・エクソスケルトンはロボット型で、電気モーターなどの外部エネルギー源を利用してアクチュエーターを駆動し、ユーザーの持ち上げ動作をサポートします。¹⁴

市場規模 (\$, 億) ¹⁵



□ パワード・エクソスケルトンが最も強い需要を占めると予想される。

¹³ de Looze, et al.

¹⁴ Gopura, et al.

¹⁵ ABI Research

産業用エクソスケルトン:

1 頭上で肩をサポート

産業用エクソスケルトンでは快適性が重要です。つまり、バイオメカニカルユニットには、身長などの要因に加え、背骨や 頭上の肩のエクソスケルトンの場合は前腕の長さといった重要なサイズに基づいて、着用者のニーズに合うように調整する機能が求められます。

頭上での肩部サポート・エクソスケルトンは、自動車製造における車両の足回り作業など、頭上での作業において腕や肩をサポートすることで、背中や首全体への負担を軽減することができます。

現在市販されている肩サポート用エクソスケルトンの多くは、回生力を利用して負荷を再分配し、筋肉の負担を腰などのより丈夫な部位に移すパッシブシステムです。

プーリーや ケーブル、バネなどを利用して持ち上げ、腕を支えるアームレストで長時間の使用を可能にした装置です。

しかし、パワードデ器と比較すると、バネの力で腕を下げる際に脇の下に負担がかかるなど、動きが制限されるというトレードオフがあります。

そのため、操作性については、軽量で自由度の高いデバイスが求められています。

頭上肩部サポート機器は、世界の製造工場で広く受け入れられている最初のエクソスケルトンの一つです。

例えば、2020年には北米トヨタ自動車が個人用保護具(PPE)の義務化としてエクソスケルトン機器を初めて導入しています。¹⁶



図 11 - 北米トヨタ自動車がPPEとして義務化した頭上型エクソスケルトン、エアフレーム

産業用エクソスケルトン:

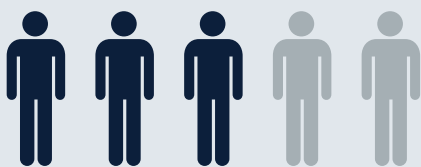
2 腰部サポート

腰部エクソスケルトンは、腰部の局所的な筋群を緩和し、反復して持ち上げたり運んだりする作業を行う肉体労働者を保護するために設計されたものです。腰痛や怪我の予防、また、すでに筋骨格系を損傷している人のリハビリテーションを目的としています。

📌 2021年、イギリスの国民保健サービス(NHS)は、看護師の患者ケアを支援するため、腰部エクソスケルトンを127台購入。¹⁷

主に物流や製造業で使用されていますが、産業用エクソスケルトンと呼ばれながらも、腰部エクソスケルトンの用途は幅広く、看護師が患者を持ち上げたり、寝返りを打つなどの医療行為を支援するための導入成功例も報告されています。

骨格系障害 (MSD) を報告



最も多く報告されたMSDは腰痛で、男性の45%、女性の42%が負傷したと報告しています。¹⁸

腰痛は、高齢になればなるほど避けられないものです。高齢化が進むにつれ、アクティブなライフスタイルを望む高齢者のリハビリのために、コンシューマー向けエクソスケルトンがますます普及することが予想されます。このため、腰部エクソスケルトンは、さまざまなユースケース、複雑さ、および価格帯に対応できるよう、デザインと技術の面でいくつかの異なるカテゴリーに分類されています。

日本の農業従事者の平均年齢

67歳

日本の農業従事者の平均年齢

日本は65歳以上の高齢者が全人口の28%を占め、世界各国の中で老年人口比率が最も高い国です。¹⁹



FIGURE 12 - シュトゥットガルト空港の手荷物取り扱い。

¹⁷ Cyberdyne (2022)

¹⁸ EU OSHA (2019)

¹⁹ Japan Ministry of Agriculture, Forestry & Fisheries

産業用エクソスケルトン:

3 物流における腰部サポート

しかし、オンラインショッピングや短納期への要求の高まりは、そのプレッシャーの多くが肉体労働者の背中にのしかかることを意味します。

反復的で強度の高い持ち上げや移動の動作は、身体的負担を引き起こし、ひいては筋骨格系障害 (MSD) などの消耗性の高い慢性疾患につながる可能性があります。

業務に関連した筋骨格系障害に関連するコストには、直接のおよび間接的なものがあり、その範囲は 広範囲に及んでいます。生産性の損失という点から見た MSD の代償は、欧州連合の国内総生産 (GDP) の約 2% を占めると推定されています。²⁰

労働者の健康への悪影響は多方面に及んでいます。:

物理的要因

- ➡ 不快感や小さな痛みから、深刻な症状や後遺症まで、さまざまなものがあります。
- ➡ 最もよく知られているMSDは、腰痛と作業関連上肢障害です。
- ➡ 後者の主なリスク要因は、作業の繰り返しと不自然な作業姿勢に関連しています。²¹



心理的要因

- ➡ 感情に訴える価値を持ち、身体的・心理的な健康被害をもたらす可能性があるもの ²²
- ➡ デザイン、組織、経営、および仕事の経済的・社会的背景と連動している。
- ➡ ストレスが増大し、心身の健康が著しく損なわれる。²³

そのため、大規模な物流センターでは、物流作業者の保護と疾病予防のためにエクソスケルトンが使用されるようになっていきます。



“ 職場設計のための技術的・組織的対策が現実的でない、あるいは実現不可能な場合があり、そのためエクソスケルトンの使用を検討する必要があります。” ²⁴

²⁰ Bevan (2015)

²¹ EU-OSHA (2019)

²² Devereux, J., et al. (2004)

²³ EU-OSHA (2007)

²⁴ EU OSHA (2020)

産業用エクソスケルトン:

3 物流における腰部サポート

エクソスケルトンの使用により、物流会社は病欠を減らし、コストを削減し、生産性を高めています。

病欠の削減

-25%



物流会社からは、ピッキング率の向上、ミス率の低減、疲労度の低下などの報告を受けています。

国際的な宅配便サービスであるDPDは、現在、作業員の荷降ろし作業を軽減するために、Cray Xパワード・コネクテッド・エクソスケルトンを試用しています。

これまでのところ、結果は非常に良好です。シニア・イノベーション・プロジェクト&サステナビリティ・マネージャーのヴィル・ヘイムガートナーは、次のように説明しています。



図 13 - DPDに導入されたCRAY Xパワード・エクソスケルトン

“エクソスケルトンは肉体労働を軽減し、デポ従業員の日常生活の向上に貢献します。これは効率化のためではありません。まず第一に、腰痛や椎間板ヘルニアを予防し、従業員の健康を守ることが目的です。エクソスケルトンを装着していると体力があまり必要ないので、高齢者や運動不足の従業員もこの作業を行うことができます。これまでのテストでは、1時間あたり平均1トンの重量負担を軽減することができました。これは、1時間あたり、従業員1人あたり、およそ自動車1台分の重さに相当します。”²⁵

労働力を守り、怪我を防ぐことで、物流会社はクレームの減少によるコスト削減という長期的な利益も得ることができます。

雇用主は、労働災害と疾病が収益に与える影響を評価することができます。²⁶

怪我	直接	間接	トータル
過労	\$32k	\$35k	\$67k
捻挫	\$30k	\$34k	\$64k
メンタル	\$59k	\$65k	\$124k

また、身体的な傷害は心理的なダメージに直結することが多いため、労働安全衛生庁(OSHA)が提供する推定コストも合わせて算出することがあります。

エクソスケルトンがあれば、定年まで肉体的にも精神的にも健康でいることができ、荷物の運搬を孫の世話を長く続けられるのです。

²⁵ DPD

²⁶ OSHA.gov

産業用エクソスケルトン:

4 その他の用途

現在、産業用エクソスケルトンの最大のユースケースは物流分野ですが、さまざまな分野で事業を展開する企業もその恩恵を受けています。

自動車メーカーは、自動車の製造や整備、特にタイヤの持ち上げや取り付けなどの作業で、エクソスケルトンを活用しています。

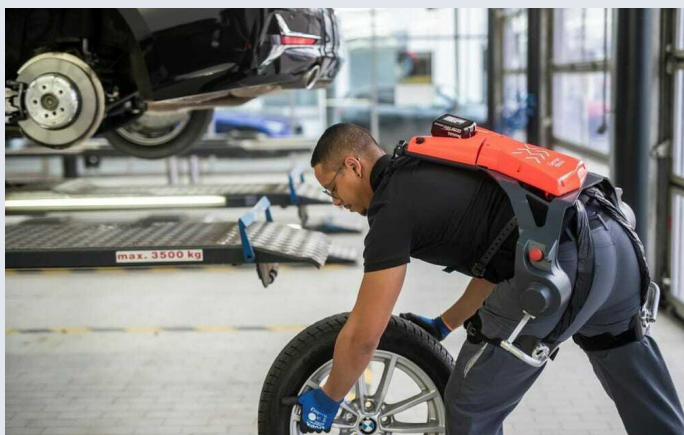


図14 - BMW の現場で使用されている CRAY X パワード・エクソスケルトン

看護師が患者を楽な姿勢にしたり、処置の準備をしたりする際に、医療現場でエクソスケルトンを使用しています。



図15 - 医療現場でのサイバーダインHALランバー。

建設作業員の力仕事をサポートします。



図16 - 建設現場での作業で利用されているオッターボックスPAEXOショルダー

鉄道会社では、線路インフラの屋外保守に防滴・防塵のエクソスケルトンを使用しています。

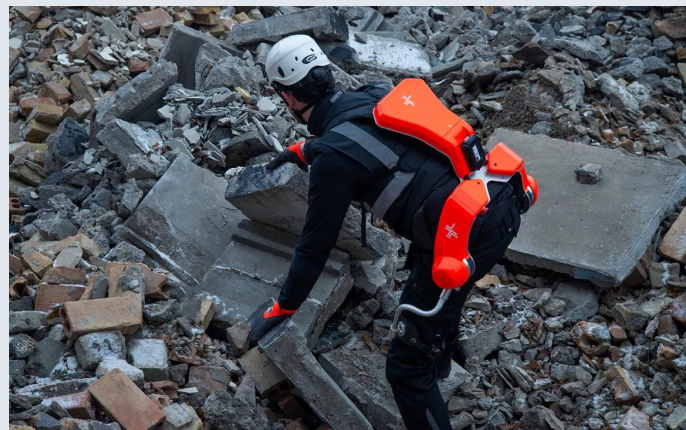


FIGURE 17 - DBサイトにおけるCRAY X パワード・エクソスケルトン

また、エクソスケルトンは、災害救助の場面でも活用できるでしょう。

マーケット概要

(会社本社所在地)

米国

ekso[®]
BIONICS


HEROWEAR

 **LEVITATE**
TECHNOLOGIES, INC.

 **SARCOS[™]**

SUITX

 **VERVE**
MOTION

ヨーロッパ

AGADE

EXOATLET

 German
Bionic

Japet.

laevo

ottobock.

日本

CYBERDYNE

 **INNOPHYS**
人工筋肉

JTEKT

筋骨格系障害(MSD): 拡大中の問題

筋骨格系障害(MSD)とは、筋肉、神経、腱、関節、軟骨および脊椎椎間板に生じる傷害または障害のことです。高齢になるにつれて、より多く見られるようになります。

筋骨格系障害(MSD)とは、筋肉、神経、腱、関節、軟骨および脊椎椎間板に生じる傷害または障害のことです。高齢になるにつれて、より多く見られるようになります。

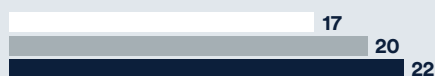
高齢者依存率

労働人口(15-64歳)と65歳以上の人口比率の割合

G7 Average



United States



Canada



United Kingdom



Switzerland



Austria



France



Germany



Italy



Japan



主な人間工学的リスク要因は以下の通りです。

- ➔ 高強度の作業の反復。作業の繰り返しは、しばしば、時間的制約のある日々のノルマによって決定され、労働者は大きなプレッシャーにさらされる。このプレッシャーは、しばしば、労働者が要求に追いつくために悪い姿勢をとることにつながり、適切な持ち上げ技術は、ノルマや疲労を満たすために後回しにされてしまう。
- ➔ 高い力の負荷。必要な力が大きければ大きいほど、筋肉の消耗は大きくなります。これはまた、悪い姿勢、ひいてはMSDの原因となる一般的な疲労の増加につながる可能性があります。
- ➔ 不自然な姿勢。圧縮力と長時間の負荷は、関節周囲の腱に負担をかけます。関節が最適な「中間域」の動きから外れた状態で長時間反復して働かされると、筋骨格系障害のリスクが高まります。²⁸

📖 これらのリスク要因を回避するために、エクソスケルトンはメカニカルに正しい姿勢を確保し、関節周辺の筋肉群や腱を緩和し、全身疲労の割合を減らすことが証明されています。

²⁷ International Labor Organization (ILO) (2020)

²⁸ Ergo Plus



PROF. DR. MED. HERBERT SCHUSTER

個人開業医遺伝学・予防医学、ドイツ・ベルリン
エクソスケルトン産業協会 科学委員会所属

“筋肉・骨格系の障害は、ドイツにおける病欠のほぼ4分の1を占め、付加価値生産総額の損失により、年間300億ユーロ以上の経済的損害を与えています。これは、連邦労働安全衛生研究所が算出したものです”。と、ヘルベルト・シュスター教授・博士は語る。

この著名な予防医学者は、ベルリンに拠点を置くエクソスケルトン産業協会であるVDEIの科学諮問委員会のメンバーでもある。彼はこう言っています：

“このような健康リスクは、全従業員の3分の1が職場で高強度の反復作業で重すぎる材料を持ち上げなければならないために生じます。

Cray Xは手作業に革命を起こし、有害な過負荷や労働災害をアクティブに防止することで救済策を提供します。”



BERTALAN MESKÓ, MD, PHD

医療未来学者研究所所長
(基調講演者、作家、未来学者)

“リハビリテーション”の枠を超えて、作業者にエクソスケルトンを装備する流れが生まれつつあるようです。約40人のエクソスケルトン装着者を対象とした小規模なパイロット実験では、有望な結果が得られています。その結果、エクソスケルトンによって腰の不快感が73%軽減され、作業負荷が30%低減されたと報告されました。さらに、80%の人が、この機械的な補助具によって腰の負傷を防ぐことができると感じています。米国では、労働者の負傷が原因で約1000億円の医療費が発生しています。米国では、労働者の負傷に起因する医療費が約1000億ドルにも上るため、雇用主が労働者を支援し、医療の危険を抑えるための新たな方法を模索することは理にかなっています。

このような背景から、各企業は労働者を支援し、怪我を防ぐためのエクソスケルトン・ソリューションを開発しています。例えば、German Bionicの“Cray X”は、最大30kgまでの重量物を簡単に持ち運ぶことができます。また、内蔵されているスマート・セーフティコンパニオン・システムは、一般的な持ち上げ時の怪我を防ぐのに役立ちます。”

まとめに

エクソスケルトンはまだ非常に新しいイノベーションですが、すでに世界中で多くの人々や企業がその恩恵を享受しています。

医療分野では、運動機能障害を持つ患者の歩行リハビリテーションに画期的な進歩をもたらし、運動機能を取り戻し、充実した生活を送ることができるようになりました。

産業界の労働者は、産業用エクソスケルトンによって提供される機械的サポートと持ち上げ支援によって、衰弱しやすい肩や腰の筋骨格系障害から将来を守っています。

価格面では、より安価なコンポーネントと技術により、中小企業や消費者が軽量作業用のパッシブ機器にアクセスできるようになりました。

一方、パワード・エクソスケルトンは、より高度なバッテリーとモーターを使ったシステムを活用し、大規模な物流やロジスティクスのような高強度・高反復の作業をサポートするものです。

企業自身は、より安全で精力的な労働力の確保に関連するコストという点で恩恵を受けています。

また、イノベーションを起こす企業の中には、産業用IoTネットワークのノードとして手作業で働く人を加えることで、大規模な組織内のコミュニケーションを改善するためのコネクティビティ要素を追加しているところもあります。

コネクテッド機器は、ユーザー自身の特異な動きや体型にデバイスが適応するように、自動設定による高い可変性も備えています。

高い適応性により、エクソスケルトンは快適で機能的で、必要な時にはユーザーをサポートし、そうでない時には意図しない不必要な負担を与えないようにします。

かつてSFの世界にとどまっていたエクソスケルトンは、今や医療や労働者の保護に欠かせない貴重な存在となりつつあります。

エクソスケルトンが一般的になれば、SFが現実になる日も近いだろう。

出展

ABI Research. (2019) Commercial and Industrial Robotics. Table 69 Total Exoskeleton Revenue by Type, World Markets, Forecast: 2018 to 2030.

Abram, Sabrina J.; Poggensee, Katherine L.; Sánchez, Natalia; Finley, James M.; Collins, Steven H.; Donelan, J. Maxwell. (2022). General variability leads to specific adaptation toward optimal movement policies. *Current Biology* 32 (10), pp. 2222-2232.e5, May 23, 2022. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.015>.

Bevan, S. (2015): Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe. In *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2015 Jun;29(3):356-73. DOI: 10.1016/j.berh.2015.08.002.

Cyberdyne. (2022) Consolidated Financial Result Briefing for the Fiscal Year Ended March 31, 2022. Available online at: https://www.cyberdyne.jp/wp/uploads/2022/05/20220513_kessanhosokusetsumei_eng2.pdf

DPD. (2022). Available online at: www.dpd.com/ch/en/2022/03/09/what-are-exoskeletons/

de Looze, Michiel P.; Bosch, Tim; Krause, Frank; Stadler, Konrad S.; O'Sullivan, Leonard W. (2016). Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. In *Ergonomics* 59 (5), pp. 671–681. DOI: 10.1080/00140139.2015.1081988.

Devereux, J., Rydstedt, L., Kelly, V., Weston, P., Buckle, P. The role of work stress and psychological factors in the development of musculoskeletal disorders: The stress and MSD study. HSE Research Report 273, Robens Centre for Health Ergonomics, Surrey, 2004.

Ekso Bionics. (Accessed 2022). Available online at: <https://eksobionics.com/ekshealth/>

Ergo Plus. (Accessed 2022). Available online at: <https://ergo-plus.com/musculoskeletal-disorders-msd/>

EU OSHA. (2007). Expert forecast on emerging psychosocial risks related to occupational safety and health (OSH). European Risk Observatory Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available online at: <https://osha.europa.eu/en/publications/report-expert-forecast-emerging-psychosocial-risks-related-occupational-safety-and-health-osh>

EU OSHA (2019). Work-related Musculoskeletal Disorders: Prevalence, Costs, and Demographics in the EU. European Risk Observatory Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available online at: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Work-related_MSDs_prevalence_costs_and_demographics_in_the_EU_report.pdf

EU OSHA. (2020). Occupational Exoskeletons – Wearable Robotics Devices to Prevent WRMSDs in the Workplace of the Future. Discussion Paper. Available online at: <https://osha.europa.eu/en/publications/occupational-exoskeletons-wearable-robotic-devices-and-preventing-work-related>

German Bionic. (Accessed 2022). Available online at: <https://www.germanbionic.com/en/>

Gopura, R. A. R. C.; Kiguchi, K. (Eds.). (2009): Mechanical designs of active upper-limb exoskeleton robots: State-of-the-art and design difficulties. IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics. Kyoto, 23 -26 June.

HeroWear. (Accessed 2022). Available online at: <https://herowearexo.com/>

Innophys. (Accessed 2022). Available online at: <https://innophys.jp/en/>

International Labor Organization (ILO). (2022). POPULATION AGEING: Alternative measures of dependency and implications for the future of work. Available online at: <https://www.ilo.org/legacy/english/intserv/working-papers/wp005/index.html>

Japan Ministry of Agriculture, Forestry & Fisheries. (2018). Accessed at: nippon.com. Available online at: <https://www.nippon.com/en/features/h00227/>

Levitte Technologies Press Release. (2019). Toyota's Woodstock Plant Makes the Levitate Airframe As Mandatory Personal Protective Equipment. Available online at: <https://www.levitatetech.com/2019/03/29/industrial-exoskeletons-give-workers-lift-2/>

OSHA.gov. (Accessed 2022). Estimated Costs of Occupational Injuries and Illnesses and Estimated Impact on a Company's Profitability Worksheet. Available online at: <https://www.osha.gov/safetypays/estimator>

Sarcos Robotics. (Accessed 2022). Available online at: <https://www.sarcos.com/>

Wandercraft. (Accessed 2022). Available online at: <https://en.wander-craft.eu/>

World Health Organization (WHO). (2021). Ageing and Health Fact Sheet. Available online at: www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health

World Health Organization. (Accessed 2022). Spinal Cord Injuries Fact Sheet. Available online at: www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury

出版元:

German Bionic Systems GmbH 及び
VDEI Association of the Exoskeleton Industry e.V
2022年9月

