



ともに挑む。つぎを創る。

ウェルビーイングに向けた人機械協調技術

人機械協業におけるAI, ロボット技術の活用

谷川 民生

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

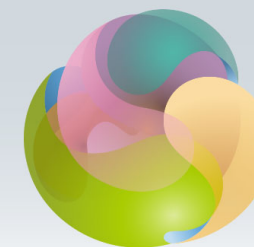
研究戦略本部 ウェルビーイング実装研究センター

NATIONAL INSTITUTE OF
ADVANCED
INDUSTRIAL
SCIENCE &
TECHNOLOGY

社会課題解決に向けた取り組み（第5期：2020FY～2024FY）

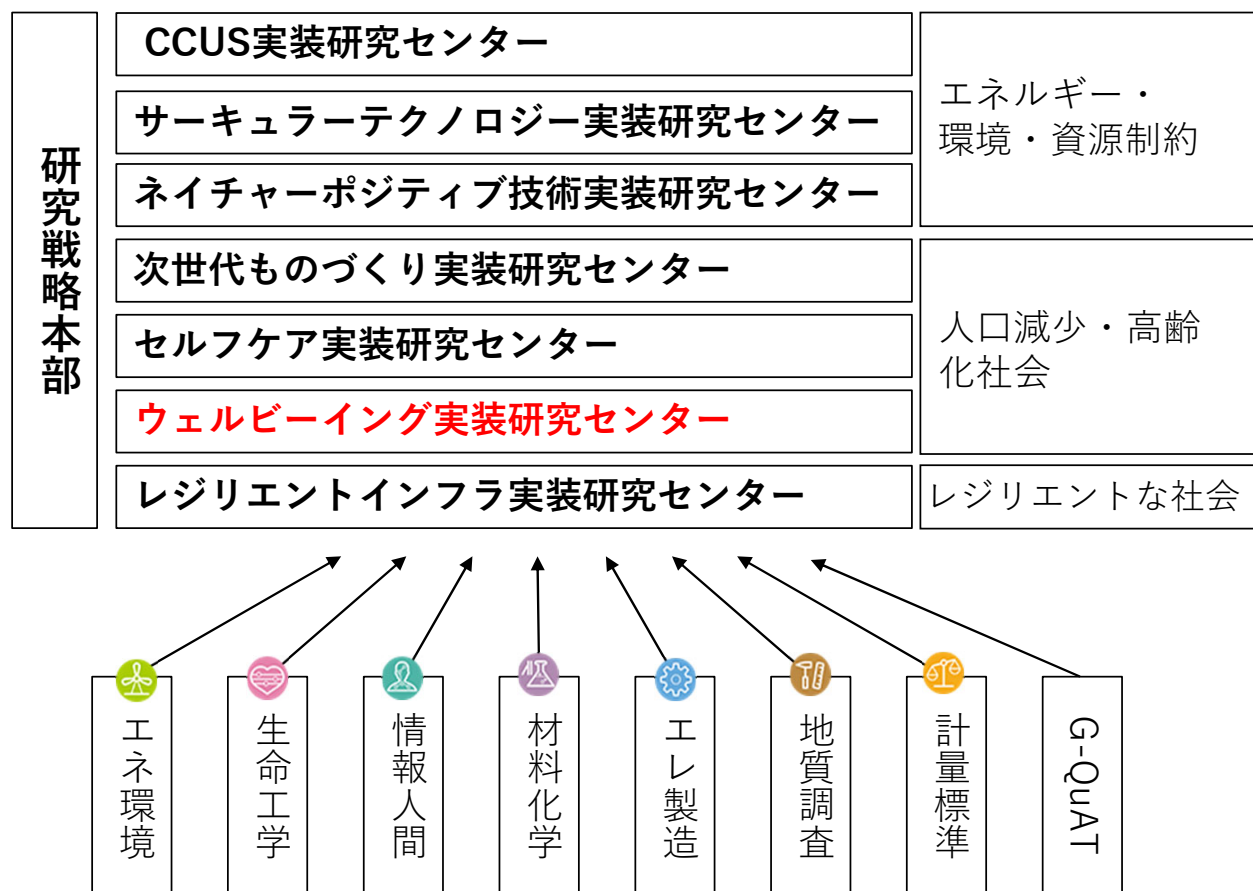


社会課題に対して、7領域の枠を越えた研究開発を実施する**融合研究テーマ**を設定し、全所的なシナジー発揮を促進



社会課題解決に向けた取り組み（第6期：2025FY～2032FY）

実装研究センター（領域融合による総合力プロジェクトの実施）



一人あたりの生産性を向上させる



人の柔軟性と機械の高い生産性を組み合わせた人・機械協調技術

➤ 一人の人間をAI・ロボットに代替する（完全自動化）ではなく、二人のうち一人をAI・ロボットに代替する人・機械協調技術

生産労働者を増加させる

働きやすさの向上



遠隔操作技術の高度化による時空間を超えた労働の実現

高齢化による体力低下、障がいによる就労制限、子供・親の介護による時間的制約といった就労を制限する要因を低減し、潜在的就労者を就労に参加させる

➤ ロボットの遠隔操作技術を高度化した物理作業のテレワーク化

熟練者のノウハウの効率的な技術伝承

人材育成



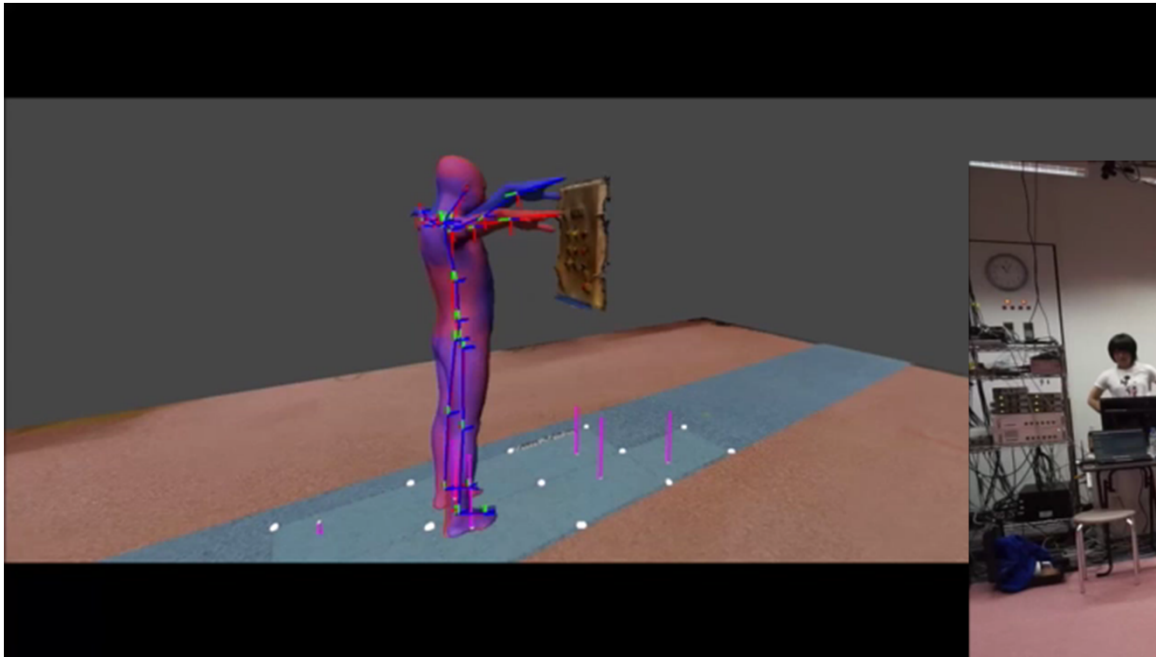
DXによる技能伝承

IoT、AI、ロボティクス等を応用した人作業の見える化や、OJTのしくみなど新たな技能伝承・融合・発展のしくみの構築

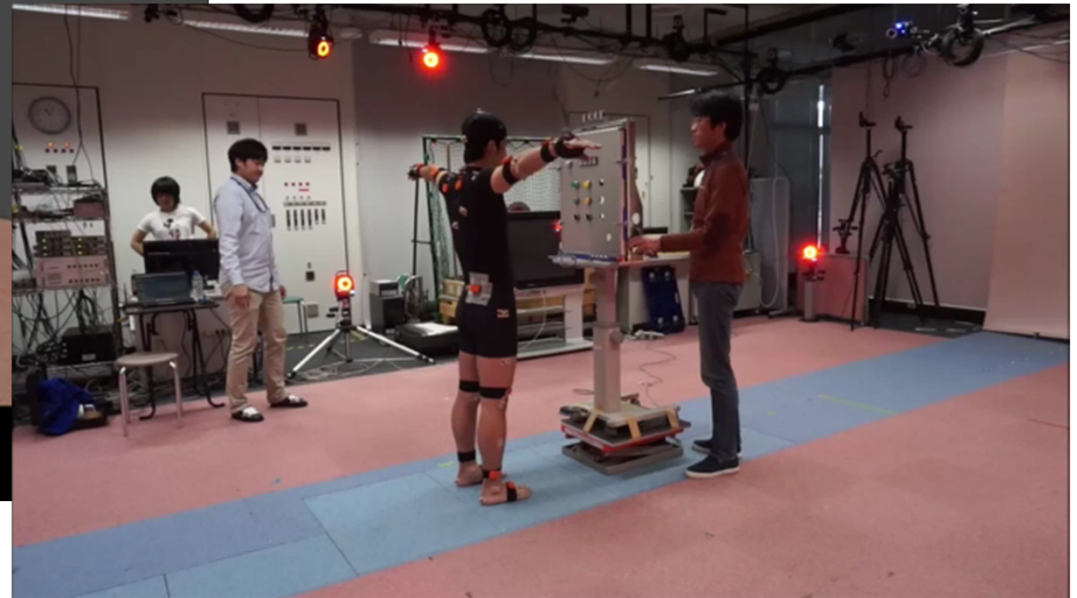
➤ 知識とデータの融合による知識構造化

人とロボットの協調には人を理解することが重要

作業者の3次元リアルタイム動作計測（配電盤組立作業）



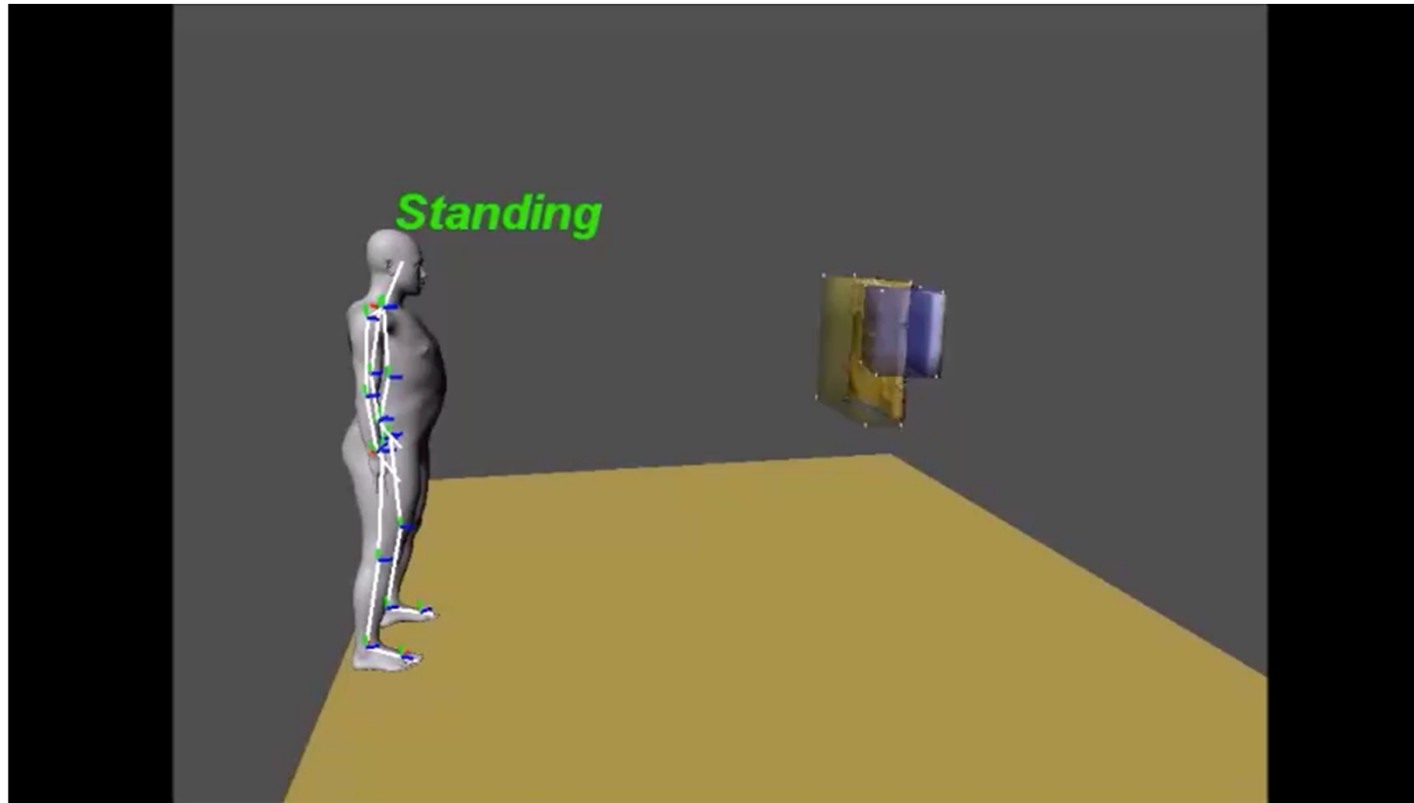
モーションキャプチャー：青
モーションデバイス：赤



移動軌跡、全身姿勢、身体力学的負担推定する手法



- 光学式モーションキャプチャおよび複数の慣性センサを利用した運動データから筋張力・関節間力をリアルタイムで推定
- 筋骨格モデルのリアルタイム描画や筋張力・関節間力のオンライングラフ表示により、筋骨格系の運動情報の見える化が可能

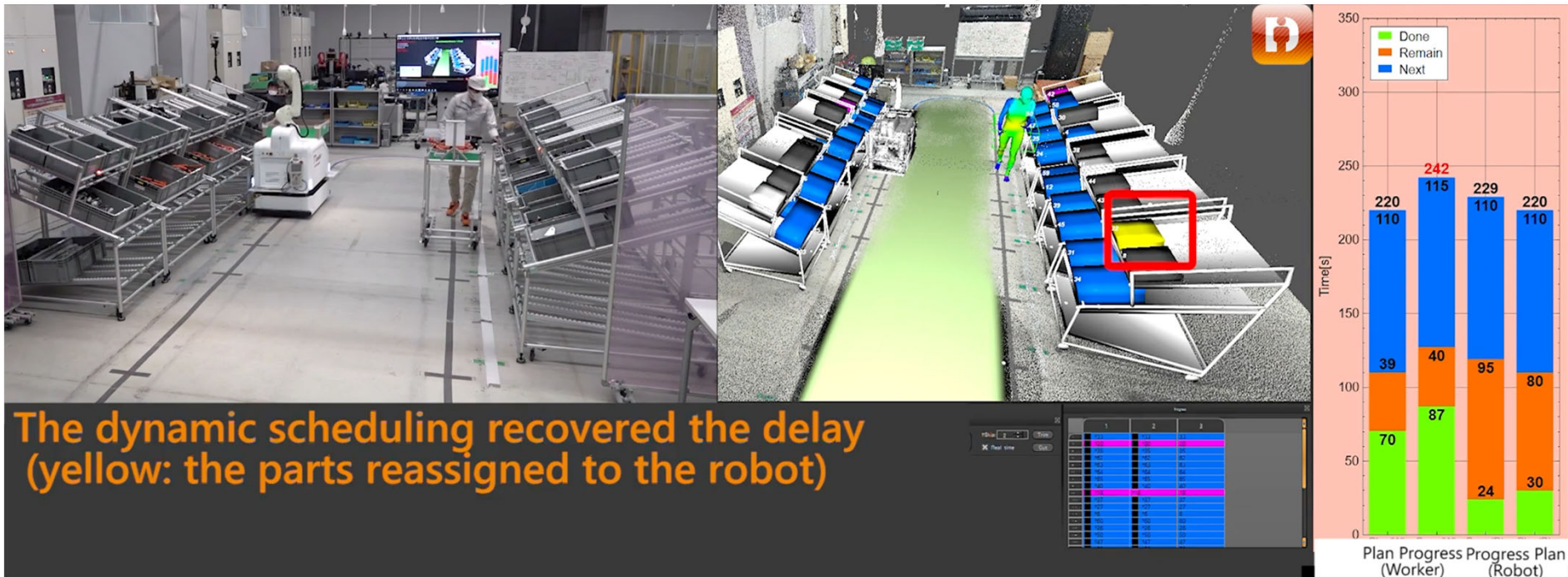
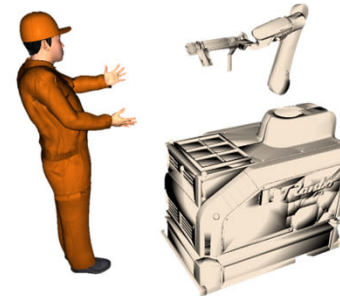


- 作業のデータを蓄積し、学習データとすることで、AIが自動的に、現在の作業を認識
- さらに次の作業タイミングなどの行動予測にも対応

工場の部品供給作業における人機械協調システム検証（トヨタ自動車との共同研究）

■ 空箱の発生に伴う作業計画の変更

- 空箱の検出
 - LEDの点滅で空箱の発生を可視化
- 作業計画の更新
 - 空箱の取り替えを作業者にアサイン
 - 作業負担が高いパーツをロボットにアサイン



トヨタ自動車、デジタルヒューマン研究チームとの共同開発

一人あたりの生産性を向上させる



人の柔軟性と機械の高い生産性を組み合わせた人・機械協調技術

➤ 一人の人間をAI・ロボットに代替する（完全自動化）ではなく、
二人のうち一人をAI・ロボットに代替する人・機械協調技術

生産労働者を増加させる

働きやすさの向上



遠隔操作技術の高度化による時空間を超えた労働の実現

高齢化による体力低下、障がいによる就労制限、子供・親の介護による時間的制約
といった就労を制限する要因を低減し、潜在的就労者を就労に参加させる

➤ ロボットの遠隔操作技術を高度化した物理作業のテレワーク化

熟練者のノウハウの効率的な技術伝承

人材育成



DXによる技能伝承

IoT、AI、ロボティクス等を応用した人作業の見える化や、OJTのしくみなど
新たな技能伝承・融合・発展のしくみの構築

➤ 知識とデータの融合による知識構造化

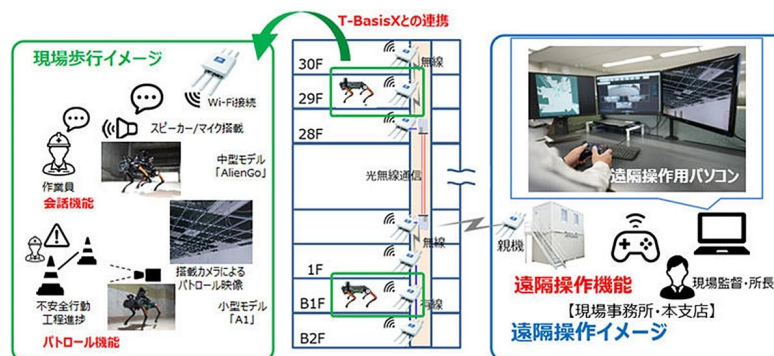
現状の遠隔による物理作業の事例



無人化施工（建設無人化施工協会）



ほ場間移動を含む遠隔監視型
無人自動走行システム（農研機構）



建設現場の遠隔巡視（大成建設）

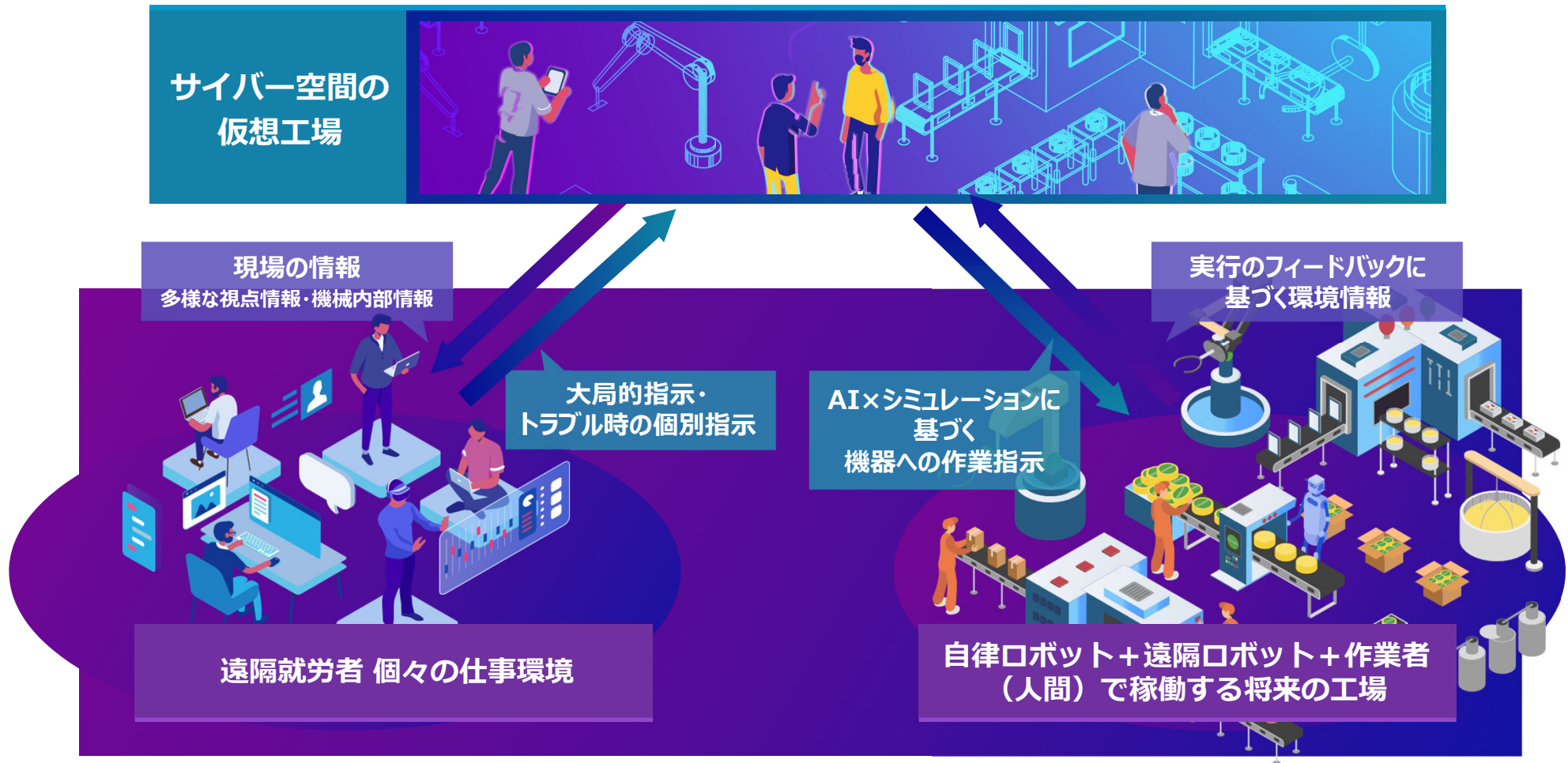


遠隔操作ハイブリッド型
自動配送ロボット（パナソニック、楽天、西友）

課題

- 現場の環境情報の取得および操作者への提示方法
 - ・ 現場に多数のカメラが必要。作業者は多くのモニタで現場環境を認識
- 高速通信の必要性
 - ・ 操作性の向上のためにはリアルタイムな遠隔制御が必要
- 一人あたりの生産性が低い（一人が一台のロボットを操作）
 - ・ 一人の人件費に遠隔システムの設備投資が加算されるだけで生産性が向上されるわけではない。

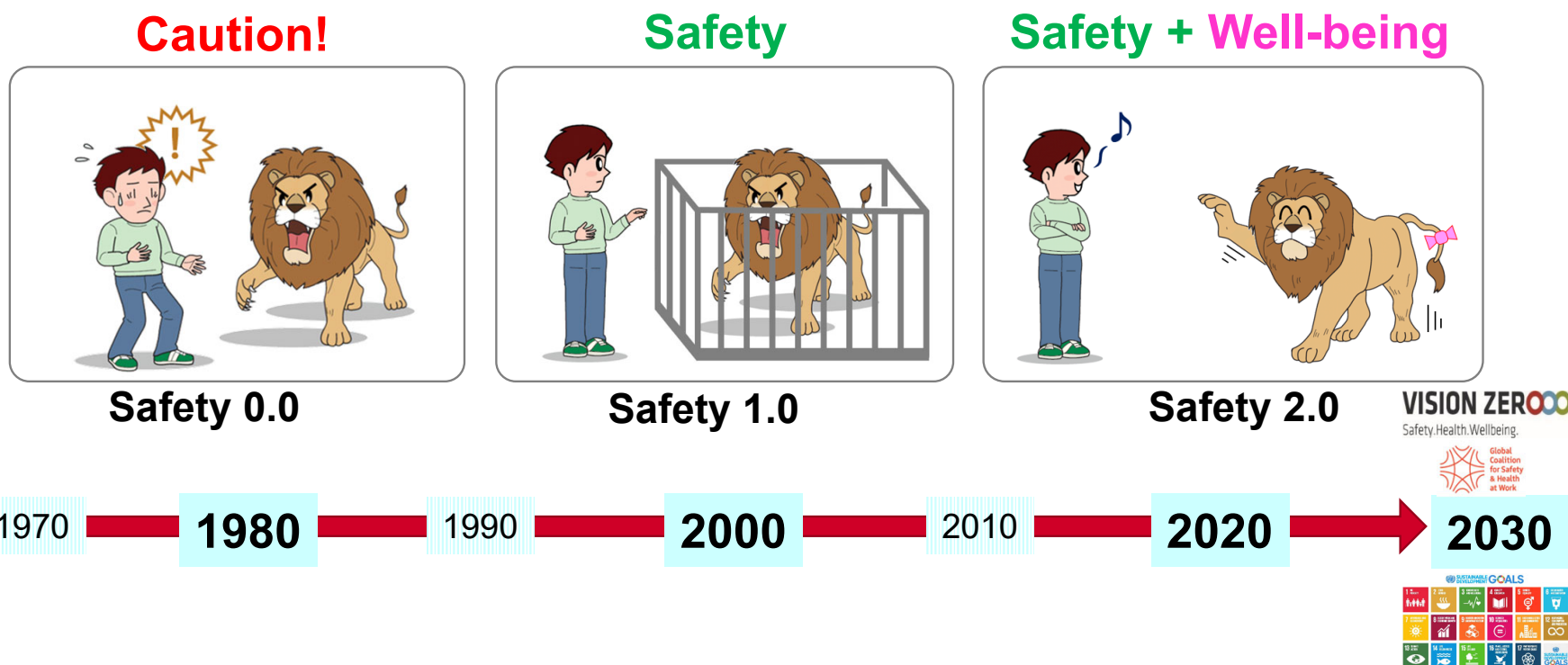
CPSを活用し、サイバー空間を介した物理的な遠隔作業の実現



人と機械との協業を実現するための安全技術

安全から安心、そしてWellbeingへ

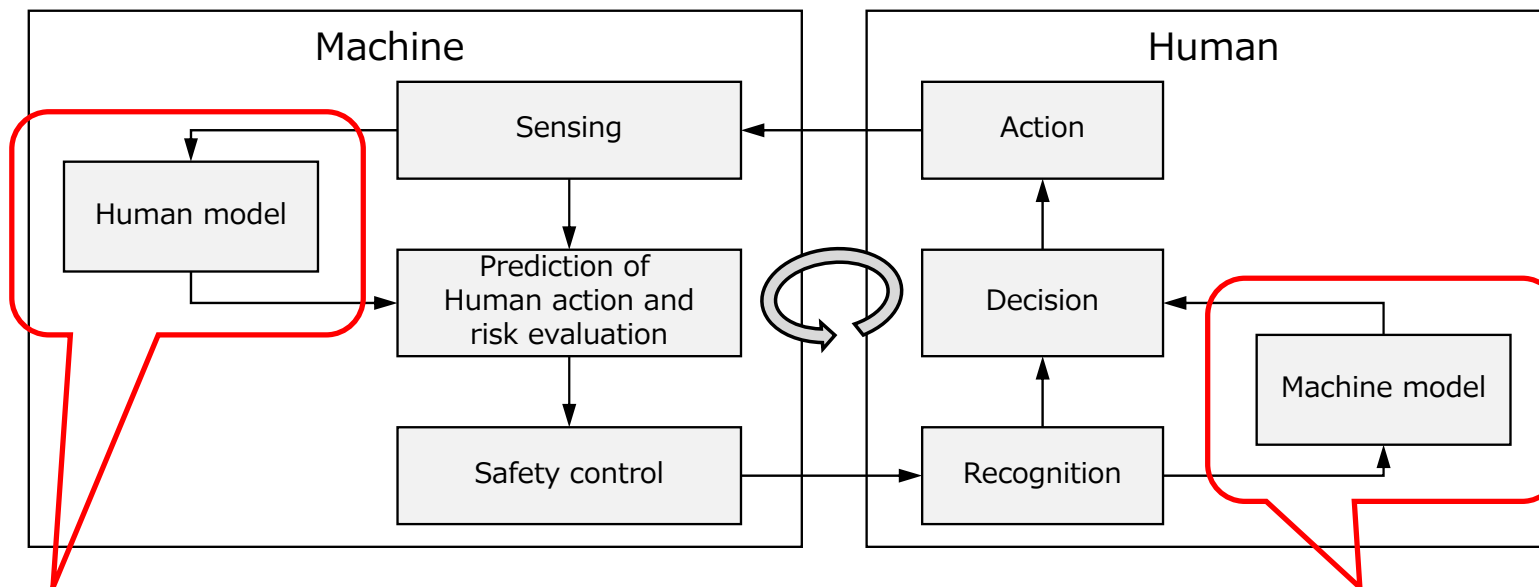
不安全→本質安全→機能安全→協調安全



Original Source (Figures of Safety 0.0 and Safety1.0) : Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan Industrial Safety and Health Association

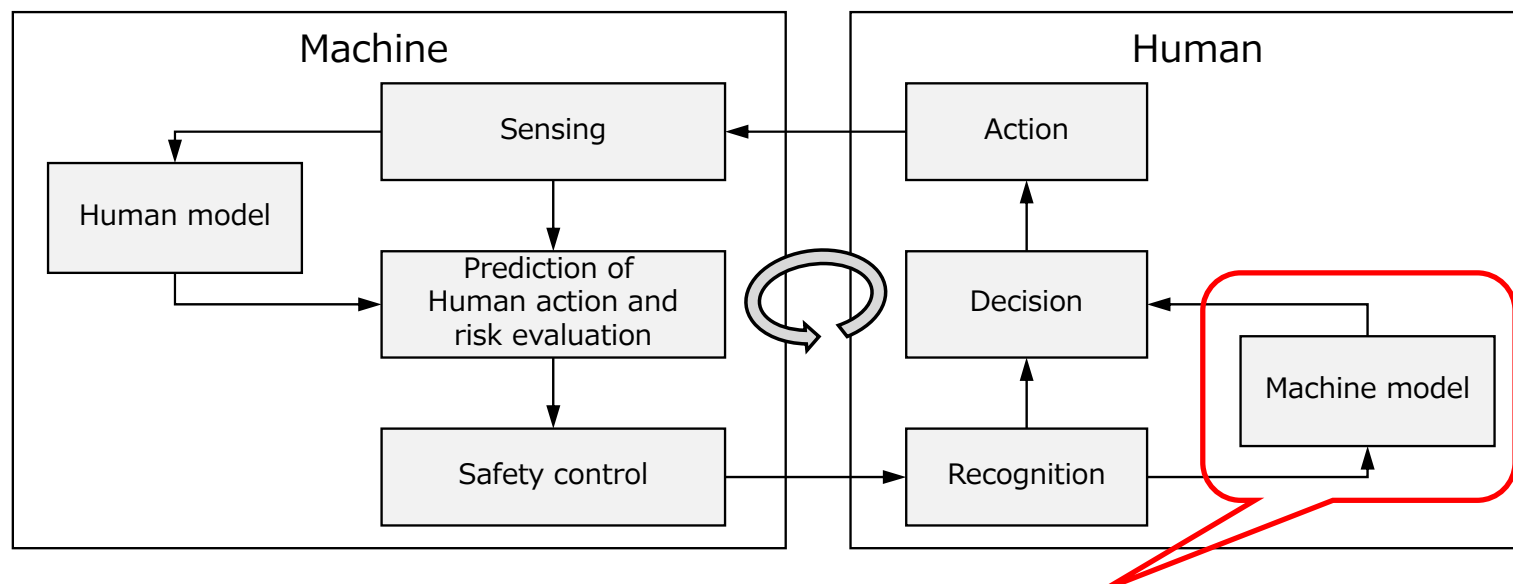
従来の機能安全の考え方

Human-Machine Collaborative Safety Model



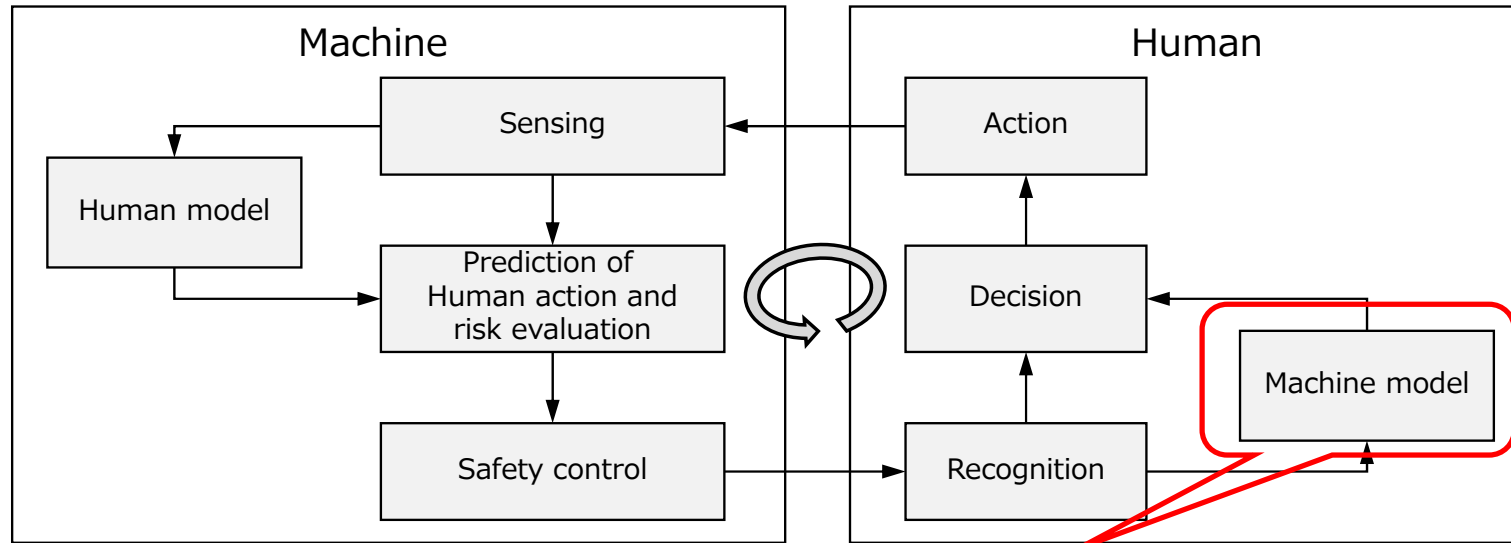
- 従来の機能安全の考えでは、対象者は、想定される固定モデルであり、その対象者に対してのリスクアセスメントに基づいた安全システムを構築している
- 安全システムだけで安全を担保できないリスクについては、対象者に教育という形で、機械のモデルを理解させ、リスク低減を行う。

安全は客観的に評価しやすいが安心は主観的評価



- 安心なシステムの評価は困難、対象者にとって主観的な評価
- 安全なシステムだとしても、対象者にとって安心なシステムとは言えない。
- 対象者が**危険個所も含めてシステムを理解している**ことが安心につながる

安心に対する定量化→生産性での評価



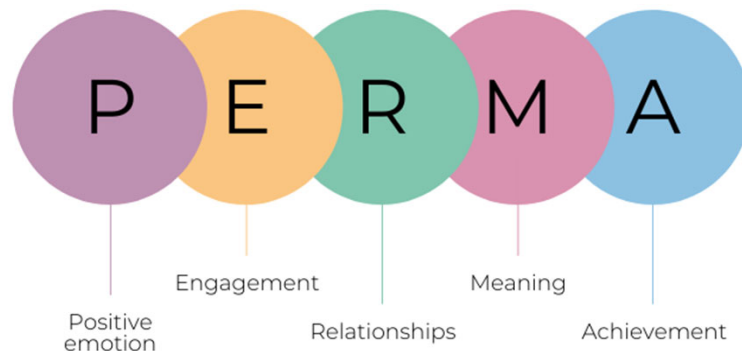
- 熟練者は扱う機械と自身の機械モデルが合致しているため、作業性が高く生産性が高い。
(例えば、熟練者の工具は熟練者自身がメンテナンスする。)
- 作業員に対して、作業員の持つモデルを一致させるシステムが、安心システム
- 操作感の自動チューニング、機械動作の見える化、作業員への提示装置も安心システム

対象を生産活動に固定するのであれば、
安心なシステムとしての定量評価は作業の生産性で評価できるのでは。

しかし、無理して生産性を上げることは持続的な生産性向上につながらない。
作業員が、負担なく持続的な生産性を維持するための内面的評価指標が必要

Wellbeingにおける幸せの5つの要素→PERMA理論

マーティン・セリグマン（Martin Seligman）



これを就労環境での指標とすると

P : Positive環境 : 心理的安全性の確保 → 反対意見も含め自由に意見を言える環境

E : Engagement : 主体性 → やらされている仕事ではなく、やるべき仕事としての認識

R : Relationship : 他者との関係性 → 上司、部下、仲間の信頼関係、孤立感の有無

M : Meaning : 意義 → 目指すべき方向性の獲得、共有

A : Achievements : 達成感 → 成功したことの見える化、スキルの向上

それぞれの指標を、定量的なデータにより評価できる仕組みの構築と、その仕組みの導入が生産性向上に寄与することを証明

労働者不足の中、生産性の維持には高齢者であっても働く必要性がある。

→就労がネガティブなものではなく、ポジティブなものとしての仕組みづくりが必要

WHOの健康の定義：

健康とは、病気でないとか、弱っていないということではなく、肉体的にも、精神的にも、そして社会的にも、すべてが満たされた状態（病気でない&高い運動能力&社会参加の3つがそろって健康）

就労は、社会参加を維持できる仕組み

定年後、社会参加の頻度が落ち、身体機能や精神機能が低下、発病し寝たきりへ。。。

**高齢者であっても持続的に働く環境、仕組みを構築し、就労＝健康を実現する社会を構築
結果、高齢者に対する財政負担が減少し、高齢者が不安なくお金をつかえることで経済も回る**