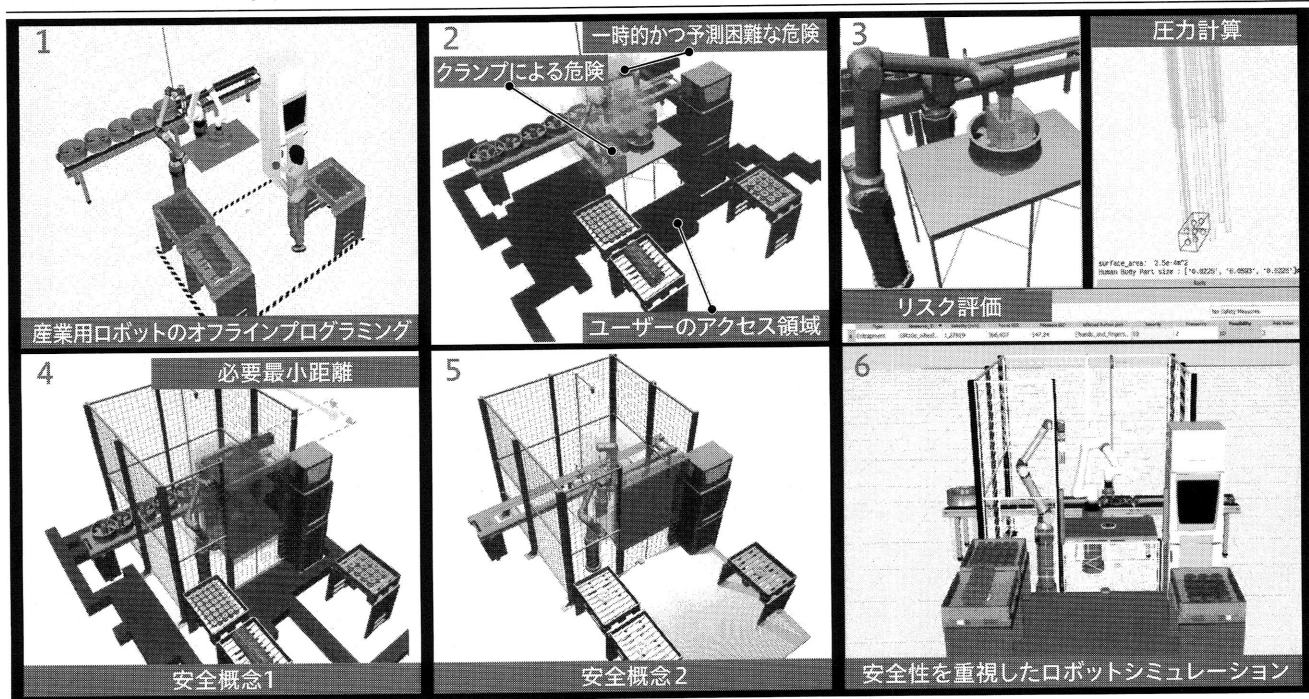


デジタル変革インダストリー4.0

安全設計支援ツール(CARA)のワークフロー(ステップ1-6)



働く人の安全・健康・ウェルビーイングに向けて、人とロボット、そしてインダストリー4.0は作業者にとって安全な環境構築に向けての大きな活動のスタート点となる。ロボットはインダストリー4.0の概念において、柔軟な生産環境の中心的な存在である。しかし、作業者の安全を確保するためには複雑で高コストになる傾向があった。そこでドイツの生産技術・オートメーション研究所であるフラウンホーファーIPAでは、計画段階からリスク評価を半自動的に支援し、実現可能性テストの透明性を高める技術を開発している。

インダストリー4.0は、デジタル変革に基づく「第4次産業革命」の産物

データ起点に生産最適化

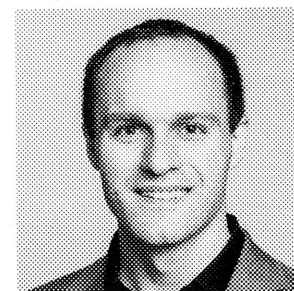
であり、データに基づいたリアルタイムのネットワーク化が生産システムを支えることができる。メカトロニクスシステムはサイバーフィジカルシステムへと変換され、技術の中核を形成することが期待されている。この活動でスマートファクトリーが実現し、人と機械の相互作用が従来とは異なる形が実現できる。

こうした環境では、ロボットの役割がますます重要になる。モノづくりにおいて安全性を損なうことなく柔軟かつ迅速に再構成できる必要がある。また、安全対策は作業者にとって透明性を備えなければならぬ。過度な安全設計は生産性を大幅に低下させ、逆に不十分な安全設計では作業者の負担が増える。



フラウンホーファー IPA
所長
トーマス・パウエルンハン
スル

持続可能・デジタル・個
別最適化・バイオイnteリ
ジェント生産を研究。産業
・研究・政治分野の諮問委
員を多数兼任。



フラウンホーファーIPA
オートメーション&ロボティクス研究部門長
ヴェルナー・クラウス
19年から現職。認知ロボティクスと機械学習の産業・ビジネス応用が専門。国内外のロボット工学コミュニティで活躍。

口求安全設計 簡素・迅速化

支えるツールはC A R A

安全性を確保するには、ロボットプロセスの変更に応じて継続的に改善する必要がある。しかし、リスク評価や認証には時間と経験が必要なのが現状だ。ロボットの再構成と並行して安全設計ができることが望ましい。ここで、新たなツールや手法が重要となり、安全設計の簡素化と迅速化を実現する。さらにAI（人工知能）の統合により、一層柔軟な安全設計が可能になる。

このような安全設計を支援するツールと手法として、フラウンホーファーIPAが開発したCARA（Computer Aided Risk Assessment）を紹介する。この特長として3次元（3D）モデルを基にしたコンピュータ支援のリスク評価が挙げられる。

計画段階で使用するツールでは、人間が全てを決定する一方、運用段階のツールでは、安全限界を超えた際にツールが即座に判断できるよう、専門家が基準（例：ロボット速度とエンドエフェクター形状など）を設定できる。計画段階での安全設計を支援すること

計画段階で潜む危険を察知

- CARAは6ステップによる安全設計で構成されている。
1. 3Dモデルのインポート：正確なリスク評価の基盤を作成
 2. 危険エリアの可視化：危険領域やアクセス経路を明示
 3. 保護装置の配置：フェンスや速度監視システムを適切に配置
 4. 保護装置の自動設定：リスクに応じた安全距離を算出
 5. リスク再評価：残存リスクを検出・評価
 6. 最適化と評価：リスクを許容範囲内に抑え、最終安全コンセプトを決定
- CARAは他のツールと統合可能なプラットフォーム（基盤）として機能する。現在開発中の四つのプラグインには、Contact Models Estimator（衝突モデル予測）、RoboDASHcam（安全監視）、Human Behavior or Modeler（リスク評価）、Safety

な対策を選択する。しかし、これには慎重な対応が必要であり、EUの機械規則（2027年施行予定）やAI法（AI Act）への準拠が必要だ。特に、AIの説明可能性と信頼性を確保し、法的要件を満たすことが重要。また、人間と物体を正確に識別できるAI技術により、ロボットは人間のみを障害物として認識し、不要な停止を減少できる。

今後の展望として、動的な安全性確保が挙げられる。柔軟かつ迅速に適応可能な革新的な手法とツールが必要である。目標は、安全設計と認証をモバイロロボットのセットアップと同等の速さで行うことだ。シミュレーションツールはリスク評価の多くを自動化し、AIも適切な解決策を提示できるようになっている。

安全をAIに完全に委ね、人の介入なしに判断させるには慎重な段階的導入が必要である。人の専門家は今後も計画段階を中心に重要な役割を担う。一方、技術者は新技術を活用し、安全設計をよりデジタルで柔軟かつ動的なものに進化させなければならない。

CARAとプラグインの統合



でCARAは潜在的な危険、安全距離、人間と機械の相互作用を考慮し、自動で衝突・挟み込みリスクを特定し、低減策を提案することができ

る。

一方、運用段階で活用できるRoboDashaは、3Dカメラを用いたロボットアプリケーションの監視ツールで、ロボットへの移動中にデータを収集し、計画段階にフィードバックを提供して、人の動作パターン

PLC Configuration (安全制御設計) がある。これらの活用で、安全設計のさらなる最適化が可能となる。

AIを活用した安全設計の支援では、柔軟性を向上させつつ作業者の安全を確保することが重要な。AIの役割は計画段階と運用段階に分かれる。計画段階では、人間が意思決定を行い、AIは計画ツールの結果を説明し、規格を特定し、対話を支援する。

AIは大量のデータを分析し、最適な安全コンセプトを策定できる。運用段階では、AIがリアルタイムでデータを収集し、計画にフィードバック。人の接近状況に応じた安全設定を切り替え、生産性を最大化する。安全設定は専門家が検証し、AIは最も生産性の高い設定を選択。AIによる決定は作業者に對し透明性を持たせ、理解を促すことが重要である。

将来的に、AIは人間の介入なしに安全対策を提案・実施できる可能性がある。例えば、新たな作業現地でリスクを特定し、適切