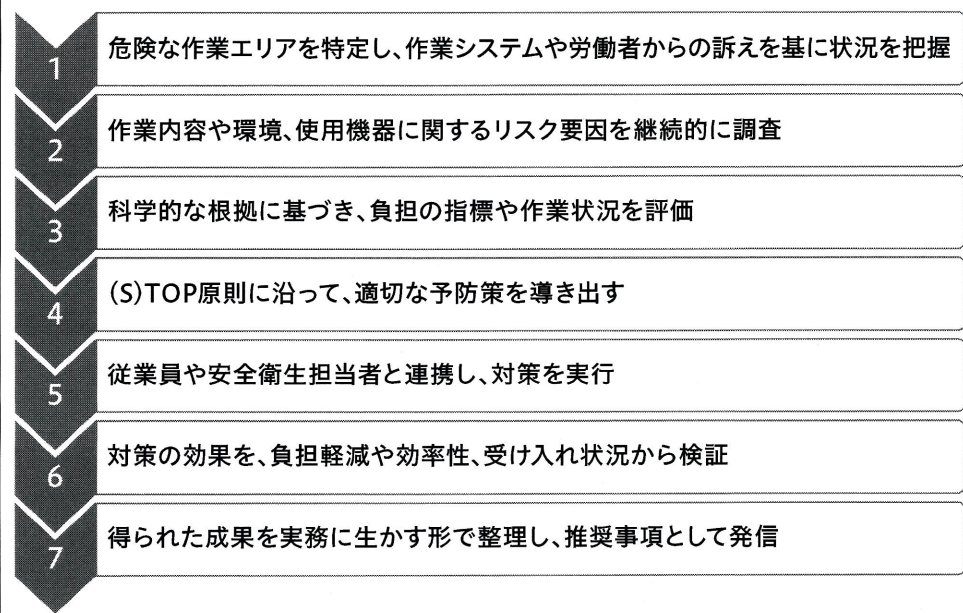




病欠における生産損失

図1 企業における作業システムの人間工学的設計に向けたフローチャート



ドイツにおける病欠の主因である筋骨格系障害（MSDs）は、大きな経済的損失をもたらしている。2023年には、全労働不能日数の19%がMSDsに起因し、生産損失は1280億（約21兆円）、付加価値損失は2210億に上った。このためドイツ法定災害保険研究・試験研究所（IFA）は、図1に示すプロセスに基づき、企業の人間工学的な職場最適化を支援している。

危険作業エリアの兆候（図1の1）は、現場の実務や検査で明らかになることが多い。検査官は、リスクアセスメントの不備、筋骨格系の不調、欠勤の増加などから問題を把握する。IFAは企業と連携し、負担指標を分析する。

身体的負荷の評価（図1の2）には、IFAが開発したセンサー装着型システム「CUELA」を用いる。動作や力、心拍数、筋活動をシフト全体にわたり

筋骨格系障害が主因

記録・評価。モーションキャプチャーや力覚センサー、筋電図（EMG）を用い、7部位からデータを収集・解析し、過剰・過少な負担の判定にも対応する（図2）。

CUELAシステムは利用者の専門性や目的に応じて3段階に分類される。

■簡易型（カテゴリー1）は現場向けで、1、2個の慣性センサー（IMU）により特定部位のリスクを把握。操作が簡単で日常的な業務に導入しやすい。

■中間型（カテゴリー2）は人間工学の専門家向けで、IMUにフォースセンサーや筋電図を加え、肩・肘・手などの広範囲をカバーし、詳細分析が可能。

■高度型（カテゴリー3）は研究者向けで、複数の部位の3次元（3D）動作を解析し、生理・物理データを統合。微細な動作の検出やメカニズムの解明に活用される。



ドイツ法定災害保険研究・試験研究所（IFA）所長

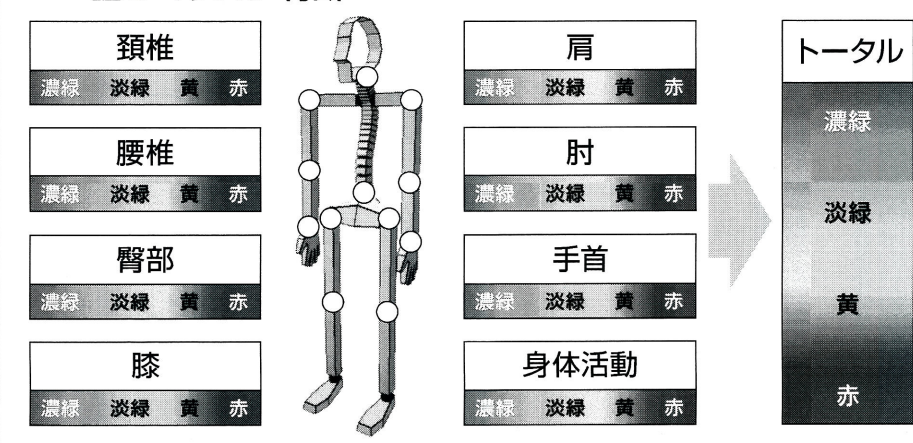
ロルフ・エレガスト

物理学博士。13年から独コブレンツ大学数学・技術学部の名誉教授。労働生理学分野での功績が評価され、ドイツ労働・環境医学会（DGAUM）からヨーゼフ・ルーテンフランツ記念メダルを受章。

職場を人間工学的に最適化

センサー装着、動作・心拍・筋活動を記録

図2 CUELAシステムによる8部位の負担評価と統一基準に基づくリスク判断



センサーの数と種類が増えるほど分析精度は高まるが、システムは複雑化するため、現場ではシンプルかつ実用的な設計が求められる。CUELAでは客観的データの加え、主観的状況の把握のために標準化質問票も併用している。

■負担評価（図1の3）は、労働生理学・バイオメカニクス・疫学の原則に基づいて実施。データは4段階のリスクレベルに分類される。

■レベル1（濃緑）：負荷低、対策不要

■レベル2（淡緑）：一部従業員に過負荷の可能性。予防的対応が望ましい

■レベル3（黄）：多くの従業員に過負荷の可能性。対策を推奨

■レベル4（赤）：過負荷の可能性大。対策が不可欠

リスク評価は、勤務中に筋骨格系・循環器系へ負荷をもたらす作業を特定し、（S）TOP原則（図1の4）に基づく対策立案に活用される。

■代替（Substitution）：工程削減や自動化で高負荷作業を回避

■技術的対策（Technical）：昇降機能付き作業台や搬送補助具の導入

■組織的対策（Organizational）：作業計画見直し、休憩、人

特に目立ったのが、腰を曲げて低い位置での作業時間。勤務時間の16～35%を占めた。3歳未満の保育や不適切な用具使用も負担に影響。10kg超の重量物の取り扱いが最大で勤務時間の4%。膝をつく姿勢や不自然な膝角度の座位も多く、膝立ちも最大16%。静的負荷の蓄積が確認された。身体負荷の分析結果を踏まえ、保育士と協力しながら（S）TOP原則に基づく予防策を検討。対策は、遊び・食事・ケア・睡眠などの場面別に整理され、具体例としては、腰に優しいおむつ替え台、軽量家具、作業の偏りを避ける業務分担の工夫などだ。

これらの分析結果を基に、保育士と協力しながら（S）TOP原則に基づく予防策を検討。遊び・食事・ケア・睡眠の場面別に、腰に優しいおむつ替え台、軽量家具、業務分担の工夫などを導入した。

取り組みの結果、膝をつく姿勢は平均8.4%から3.1%へ、座位姿勢は28.5%から40.7%へ変化した。作業環境改善と負担軽減を両立した好事例である。

縫製作業、宅配サービス、空港の手荷物業務などでも、同様の研究が進められている。各現場では、的を絞った人間工学的調整によって、作業環境の改善と筋骨格系障害のリスク低減が確認されている。

CUELAシステムは、センサーで取得した身体負荷データを基にリスクを総合評価する手法。データは継続的に分析され、実用性を高めながら改良が続けられている。

このシステムに関心のある方は、7月に大阪で開催されるJIOSHOW展示会にお越しいただきたい。CUELAの実機展示に加え、仕組みや活用法をその場で体験できる機会だ。実務に即した活用例の紹介も予定している。

また、IFAは、有害物質対策、産業セキュリティ、AI（人工知能）を活用した機械安全、転倒・滑落事故の予防など、多様なテーマを取り上げる。

身体負荷データ基に作業環境改善



図3 CUELAシステムの実用例。保育士により着用・測定を行う

■個人対策（Personal）：研修、健康促進、産業保健サービス

労働安全衛生規定では、代替を最優先とし、技術的・組織的・個人的対策の順に実施するのが原則である。予防措置の実施には初期段階から従業員と安全担当者との参画が欠かせない（図1の5）。導入後は計測・アンケート・経済評価により、効果・妥当性・満足度を評価する（図1の6）。効果が確認されれば、他社への実践的提案として展開し、人間工学に基づく作業環境の改善を促す（図1の7）。

好例が、ドイツの保育施設を対象とした「Ergo Kita」研究プロジェクトだ。保育士には、不自然な姿勢、低い位置での作業、子どもを抱き上げるといったリスクがある。265施設で作業環境調査を行い、9施設ではCUELAによる負担測定を実施した（図3）。

特に目立ったのが、腰を曲げて低い位置での作業時間。勤務時間の16～35%を占めた。3歳未満の保育や不適切な用具使用も負担に影響。10kg超の重量物の取り扱いが最大で勤務時間の4%。膝をつく姿勢や不自然な膝角度の座位も多く、膝立ちも最大16%。静的負荷の蓄積が確認された。身体負荷の分析結果を踏まえ、保育士と協力しながら（S）TOP原則に基づく予防策を検討。対策は、遊び・食事・ケア・睡眠などの場面別に整理され、具体例としては、腰に優しいおむつ替え台、軽量家具、作業の偏りを避ける業務分担の工夫などだ。

これらの分析結果を基に、保育士と協力しながら（S）TOP原則に基づく予防策を検討。遊び・食事・ケア・睡眠の場面別に、腰に優しいおむつ替え台、軽量家具、業務分担の工夫などを導入した。

取り組みの結果、膝をつく姿勢は平均8.4%から3.1%へ、座位姿勢は28.5%から40.7%へ変化した。作業環境改善と負担軽減を両立した好事例である。