

2023年7月6日  
第19回 東京産業安全衛生大会  
Safe Work TOKYO 2023

# 作業行動に起因する労働災害防止のポイント 転倒や腰痛に対して人間工学の視点から考える



(独) 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所  
リスク管理研究グループ  
菅間 敦

# 話題

1. 人の行動・運動と労働災害の関係
2. 人間工学的な災害防止の考え方
3. バランスの乱れによる転落の防止
4. 移動時の滑りやつまずきによる転倒の防止
5. 腰痛など筋骨格系障害の防止
6. 安全目標の考え方
  - ・ 重篤な労働災害とその防止

# 作業行動に起因する労働災害

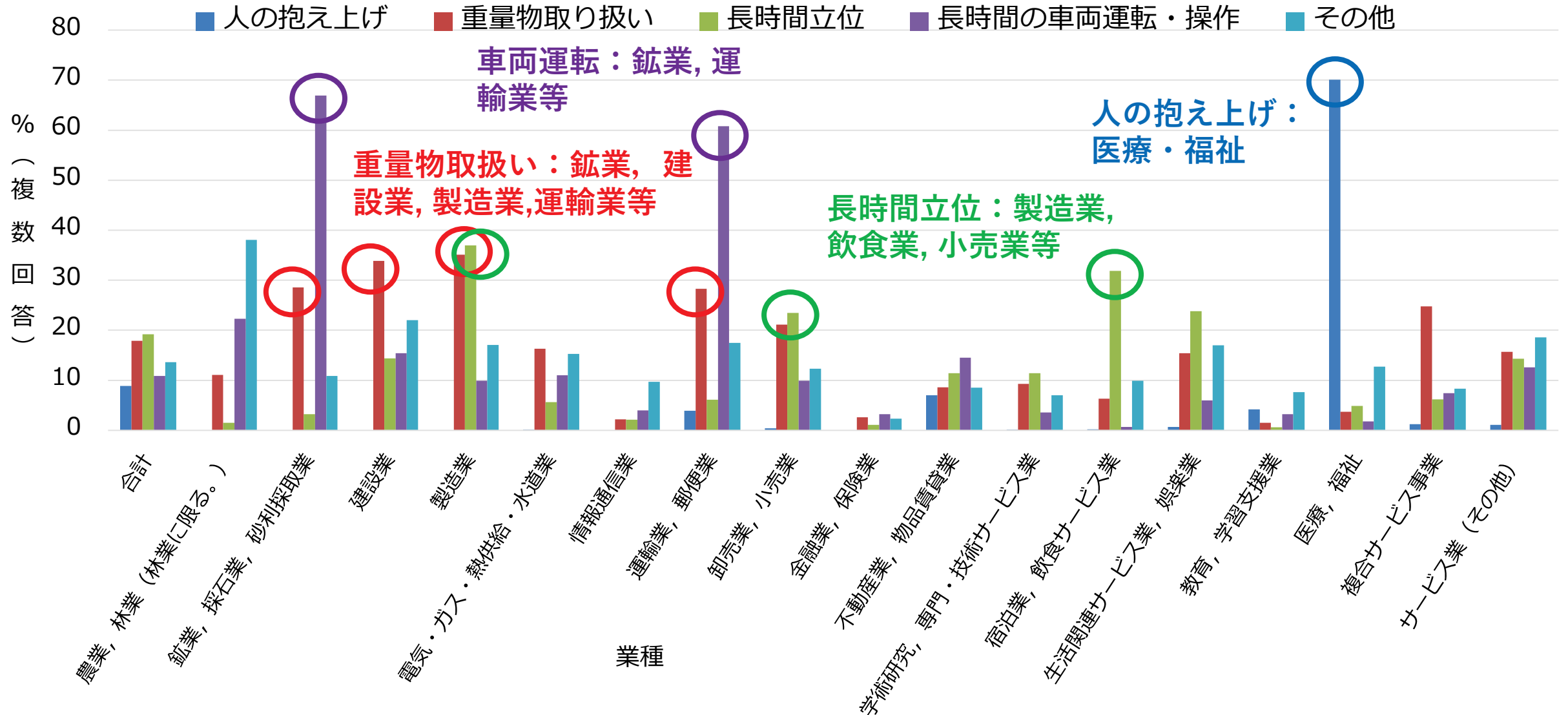
## 行動災害

- 労働災害の事故の型分類において、「転倒」や「動作の反動・無理な動作」（腰痛など）に分類される事象

## 第14次労働災害防止計画

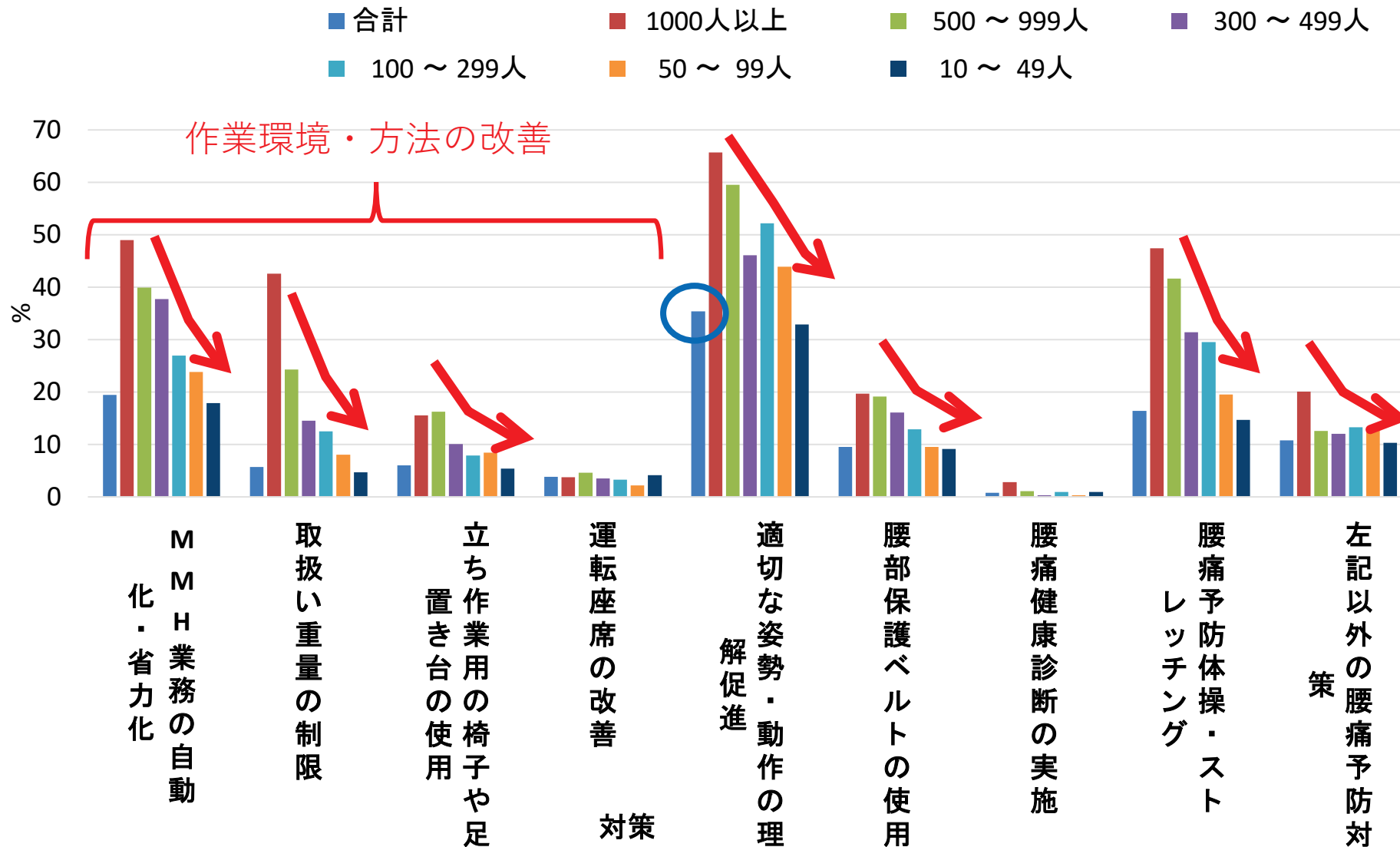
- 転倒災害対策に取り組む事業場の割合を2027年までに50%以上
- 卸売業・小売業及び医療・福祉の事業場における正社員以外の労働者への安全衛生教育の実施率を2027年までに80%以上
- 介護・看護作業において、ノーリフトケアを導入している事業場の割合を2023年と比較して2027年までに増加させる

# 腰部に負担のかかる業務の内訳（複数回答）



腰痛の原因は業種によって異なるが、一つか二つの特定の原因がある

腰部に負担のかかる作業（**介助作業以外**）のある事業所にて取り組んでいる腰痛予防**対策の種類**（事業所規模別）



腰痛予防策は適切な姿勢・動作の理解促進が主体。次いで、業務自動化、腰痛予防体操

事業所規模が小さくなるほど腰痛予防策の実施率低下がみられるが、顕著に向上するのは500人以上の規模から

作業環境・作業方法の改善に関する項目の実施率向上を目指していく必要がある。

# “正しい作業方法の教育”は腰痛予防に効果なし



Cochrane Database of Systematic Reviews

## Manual material handling advice and assistive devices for preventing and treating back pain in workers (Review)

Verbeek JH, Martimo KP, Karppinen J, Kuijer PPFM, Viikari-Juntura E, Takala EP

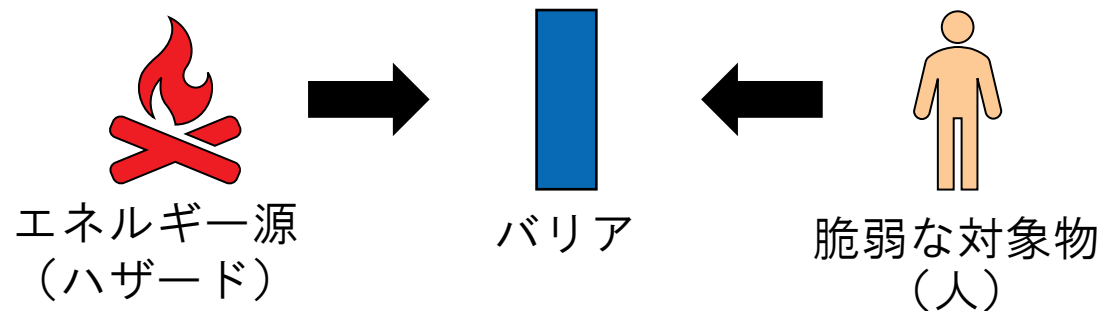
J. H. Verbeek, K.-P. Martimo, J. Karppinen, P. P. F. Kuijer, E. Viikari-Juntura, and E.-P. Takala, “Manual material handling advice and assistive devices for preventing and treating back pain in workers,” *Cochrane Database Syst. Rev.*, vol. 69, no. 1, pp. 79–80, Jun. 2011, doi: 10.1002/14651858.CD005958.pub3.

*“There is moderate quality evidence that MMH advice and training with or without assistive devices does not prevent back pain or back pain-related disability when compared to no intervention or alternative interventions. There is no evidence available from RCTs for the effectiveness of MMH advice and training or MMH assistive devices for treating back pain.”*

補助器具の有無に関わらず、**手作業による取扱いのアドバイスとトレーニングは、介入なしまたは代替介入と比較して、腰痛や腰痛に関連する障害を予防しないという中程度の質のエビデンスがある。**腰痛の治療に対する手作業による取扱いのアドバイスとトレーニング、または**補助器具の有効性**については、RCTから得られた**エビデンスはない。**

**行動災害に対してどのように対策を考えていくべきか？**

# 従来の危険源（ハザード）の考え方



## 災害防止方策

エネルギー源に対して	バリアに対して	脆弱な対象物に対して
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. エネルギーの蓄積を防止する</li> <li>2. エネルギーの質を変更する</li> <li>3. エネルギーの量を制限する</li> <li>4. エネルギーの制御されない解放を防止する</li> <li>5. 解放されたエネルギーの速度と分布を変更する</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. エネルギー源と脆弱な対象物を時間・空間的に隔てる</li> <li>7. エネルギー源と脆弱な対象物を物理的なバリアによって隔てる</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. エネルギーの流れによるダメージに対する脆弱な対象物の耐性を高める</li> <li>9. 被害（怪我やダメージ）の拡大を制限する</li> <li>10. ダメージを負った対象物の、安定化、修理、回復を図る</li> </ol>

Haddon W Jr (1980): The basic strategies for preventing damage from hazards of all kinds. Hazard Prevention 16: 8-12.

# 転倒や転落事故のハザード（エネルギー源）

①落下による運動エネルギー

②物理環境

落下距離によって運動エネルギーの大小が決まる

衝突時の運動エネルギーが人体と物理環境に吸収される

(例) 硬い面は衝撃吸収量が小さく、人体への衝撃負荷が大きい

A) 比較的高い所から柔らかい地面に落下 → 打撲

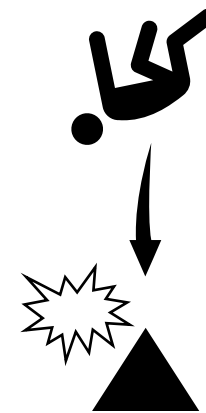
B) 比較的高い所から硬い地面に落下 → 死亡

人体と物理要素の接触状態がダメージに影響

(例) 物理要素の接触面積が大きいと衝撃吸収効果が高く、人体への負荷が軽い

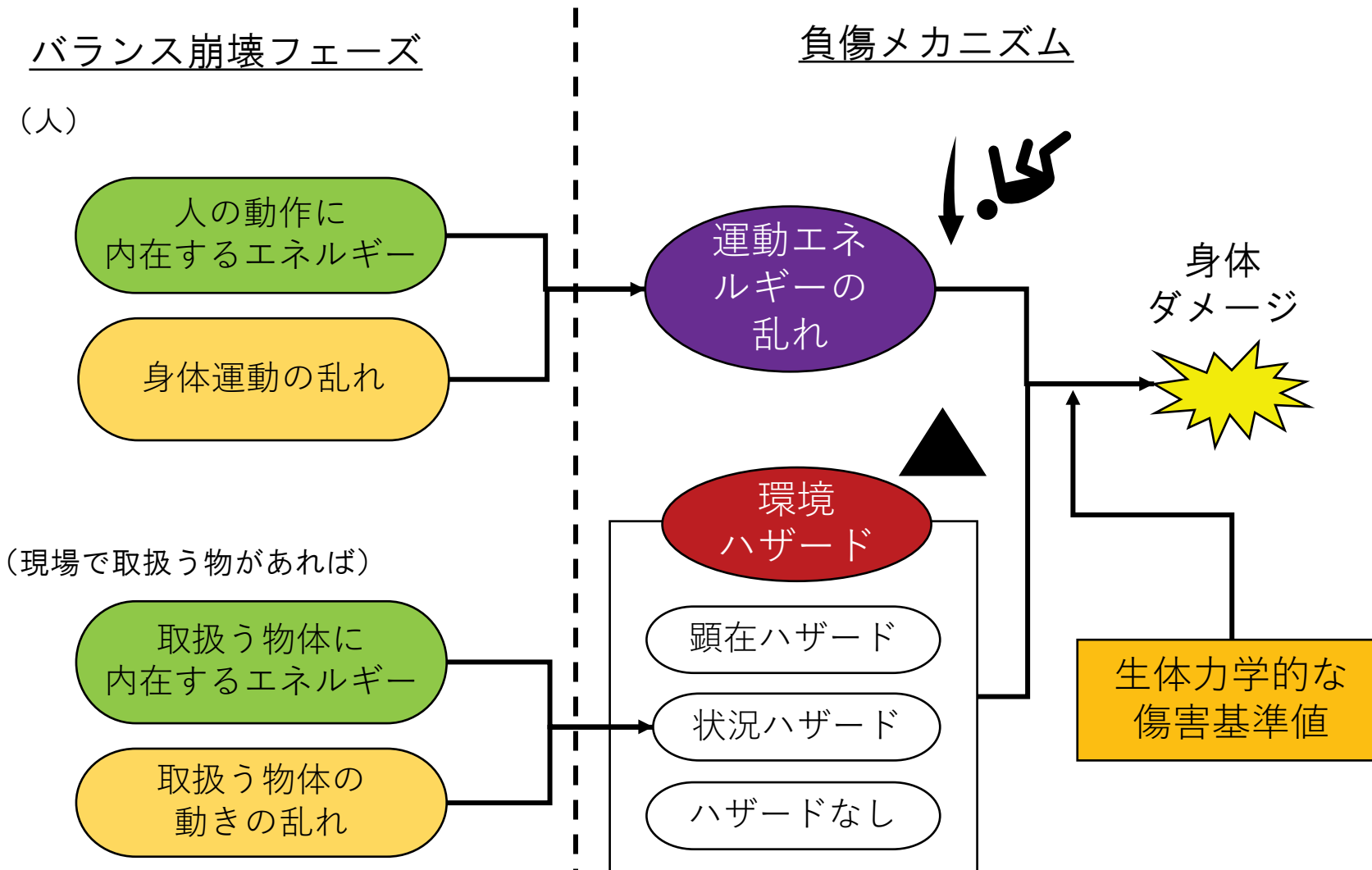
C) 身長ほどの高さから床に落下 → 軽い怪我

D) 身長ほどの高さからテーブルの角に落下 → 重篤な怪我





# バランス崩壊と負傷メカニズム



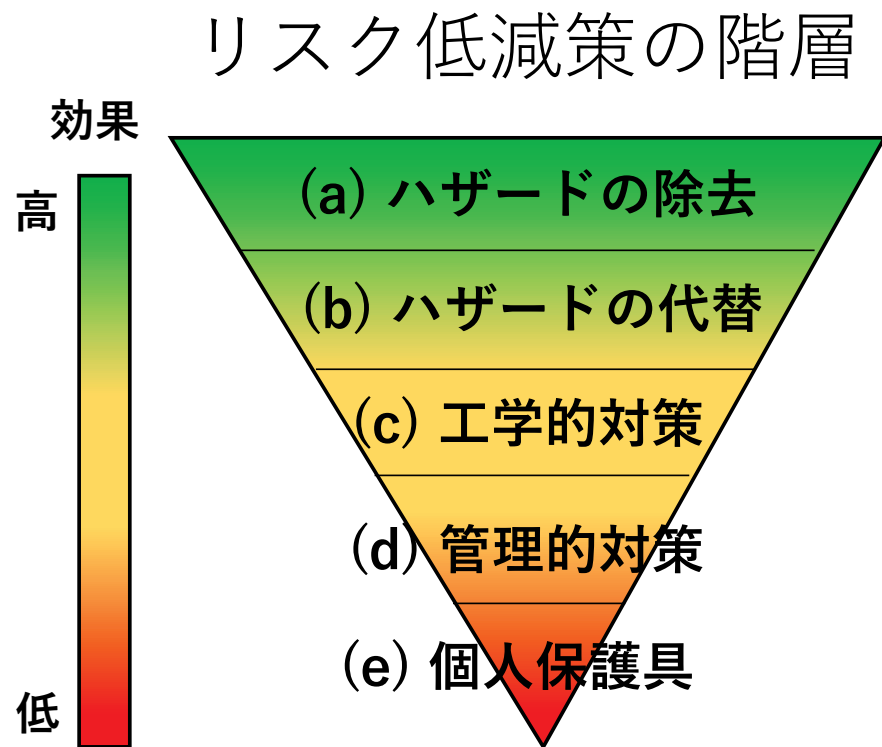
Leclercq S, Monteau M, Cuny X(2009) Occupational accidents with movement disturbance: in support of an operational definition. Proceedings IEA2009 Congress, Beijing, China.を元に改変

# 転落事象から見る行動災害対策の難しさ

- 負傷プロセスにおいて運動エネルギーの乱れと環境ハザードが混在  
⇒事故メカニズムや原因の理解が難しい
- 運動エネルギーが乱れた後の対策は難しいため、より上流のフェーズでの取組みが効果的  
⇒バランス崩壊が発生する可能性を低減する必要がある
- 単一の取組みでは全てのリスクを抑えることはできない  
⇒幅広く様々な観点から災害防止活動を行う必要がある

転落災害の結果は“単純”だが、現象や対策は複雑

# NIOSHのハザードコントロール戦略

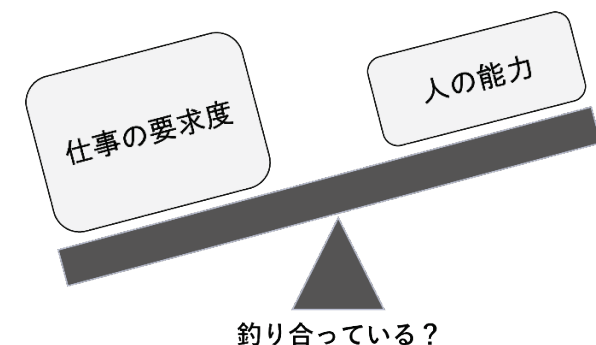


- 改善の**有効性**については次のような報告もある\*
  - (a)(b) **60~100%**
  - (c) **40~60%**
  - (d) **20~40%**
  - (e) **20%以下**
- できるだけ上位の階層の対策をとる**。つまり、自動化する、適切な工具を利用する、重量物を扱わなくする、重量・作業高さ・距離等を適切な範囲に変更するなど。
- 上位の対策が困難な場合に、割り当て人数の変更やジョブローテーションなどの改善を行う。
- ヘルメット、パワーアシスト、腰痛ベルトなどは個人用保護具に該当する対策

Goggins, P. W., Spielholz, P., Nothstein, G. L., Estimating the effectiveness of ergonomics interventions through case studies: Implications for predictive cost-benefit analysis. Journal of Safety Research, Vol.39, p.339-344, 2008.

# 人間工学的な視点での事故防止

- 普段何気なく行っている仕事でも、**人の能力にとって**は**難しい課題**になっていることが多くある
- 人間工学では、この仕事の難しさを「**仕事の要求度**」と呼び、個人の「**能力**」と区別
  - 仕事の要求度が人間の能力の限界に近づいたり、超えたりするとミスや事故が発生しやすくなるため、**仕事の要求度と、個人の持っている能力の釣り合いを**考えることが**重要**
- 「**仕事の要求度**」には、「**身体的要求**」もある
  - 重量物を持ち上げる場合は、必要なだけの力を加えないと仕事を終わられない
  - 力を加えやすいように事前に姿勢を調整する必要や、転倒しないようバランスを保つ必要がある

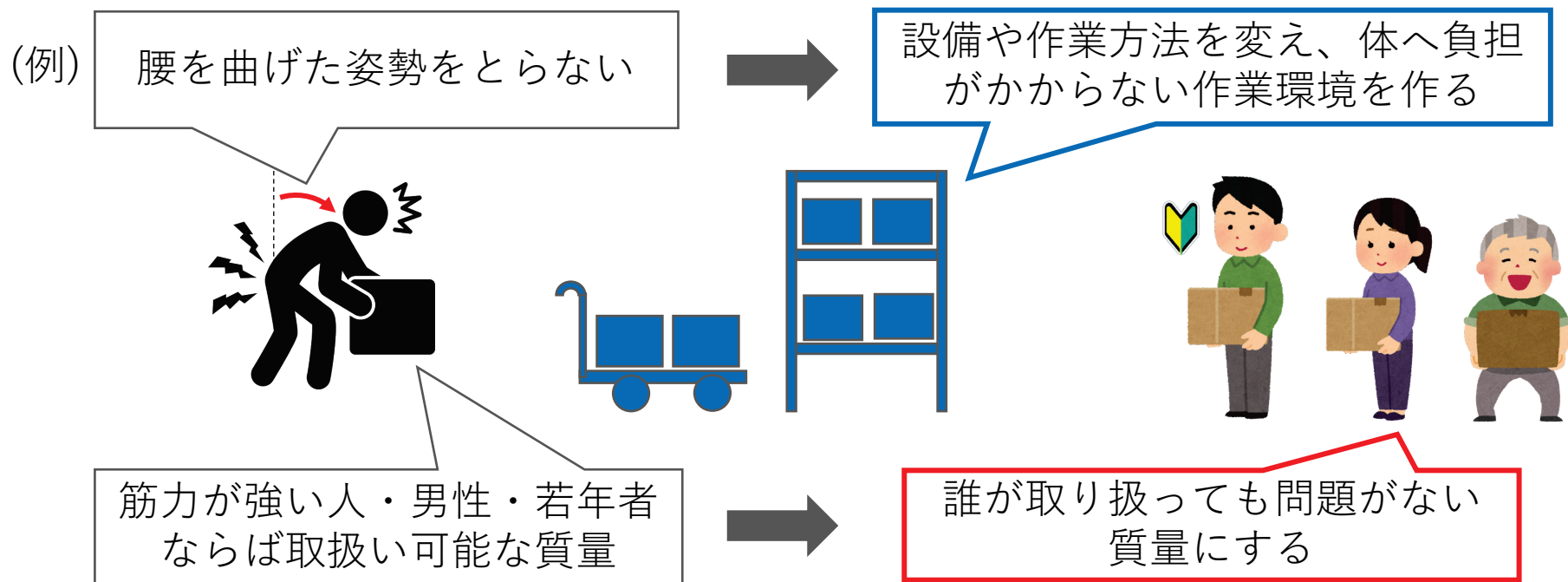


歩行の難易度(バランスの保持)は様々な状況・環境から影響を受ける

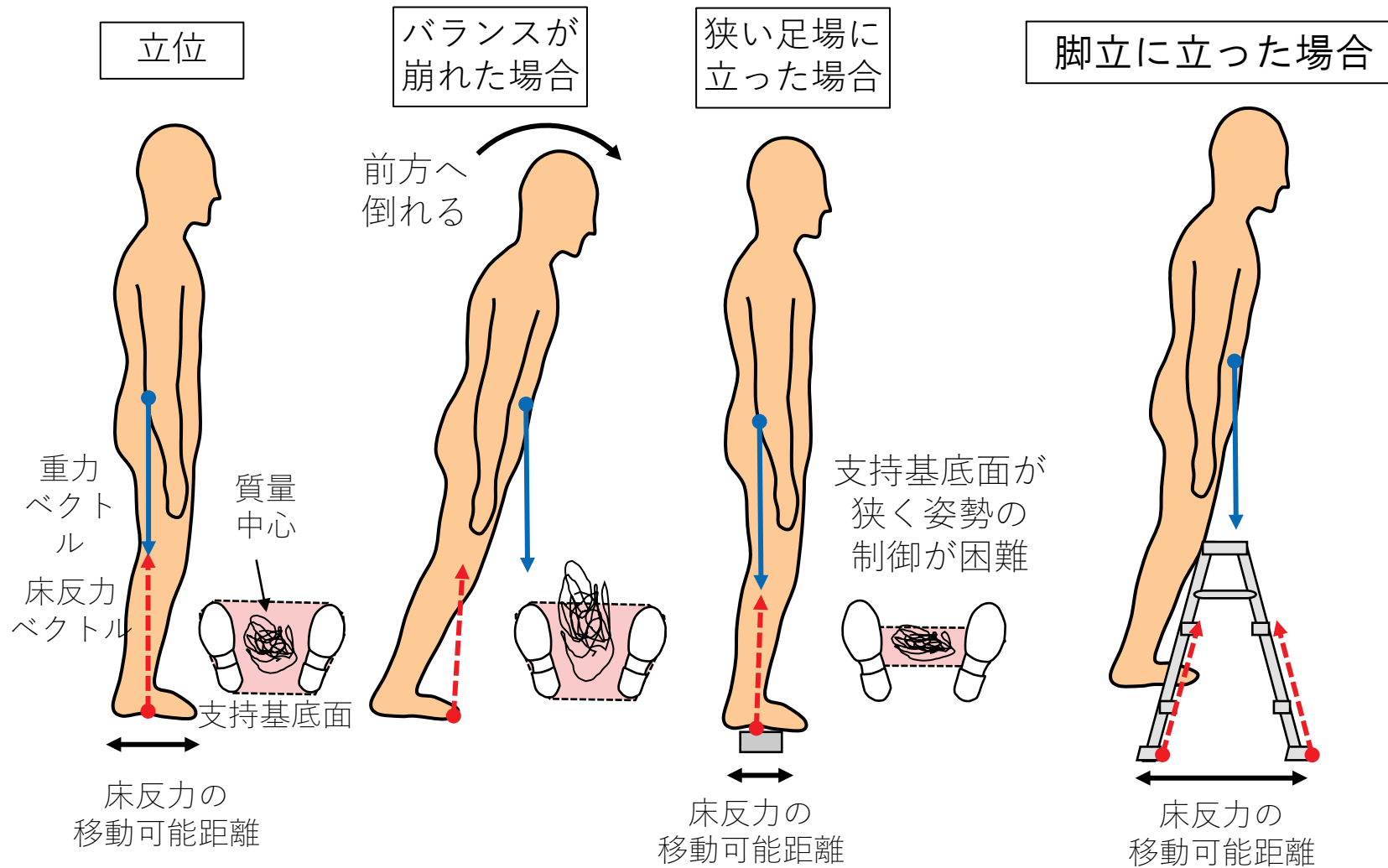


# 人間工学は設計志向のアプローチ

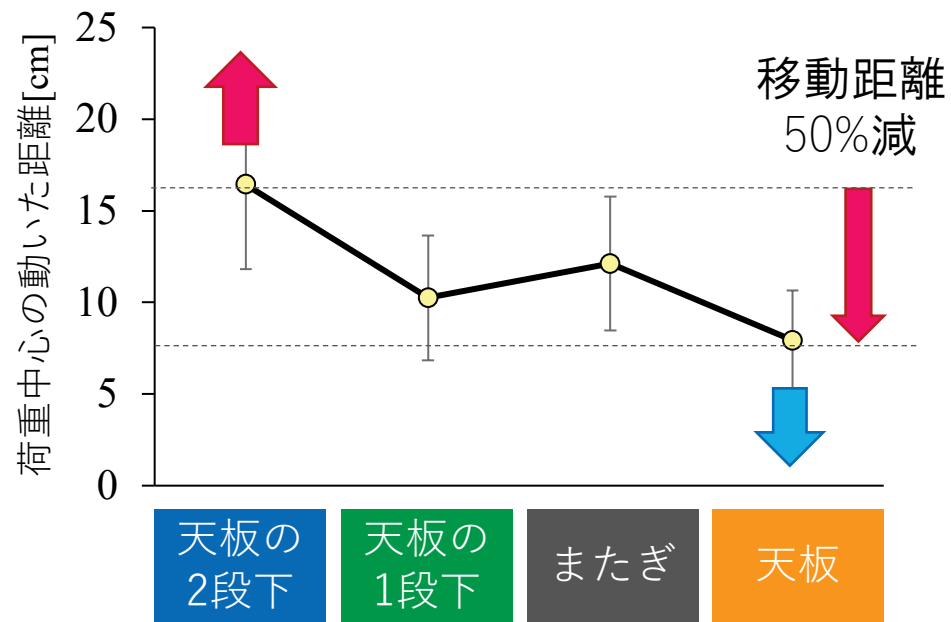
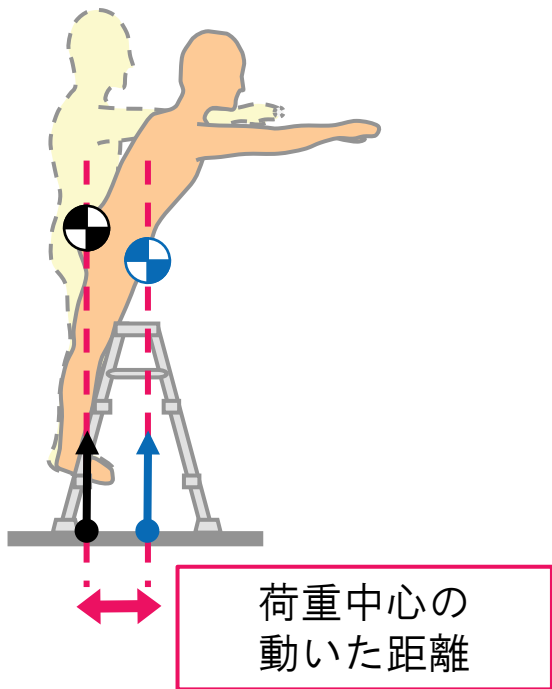
- 人間の能力やニーズに対して、仕事や環境、システムを適合させる  
(環境やシステムの設計・改善に主眼を置く)
- 特別な配慮が必要な人を含め、できる限り多くの人に対応できる、作業システムを設計または変更する  
(筋力が低い人などをあらかじめ想定する)



# 姿勢のバランス保持



# 脚立の使い方による姿勢の安定性の比較

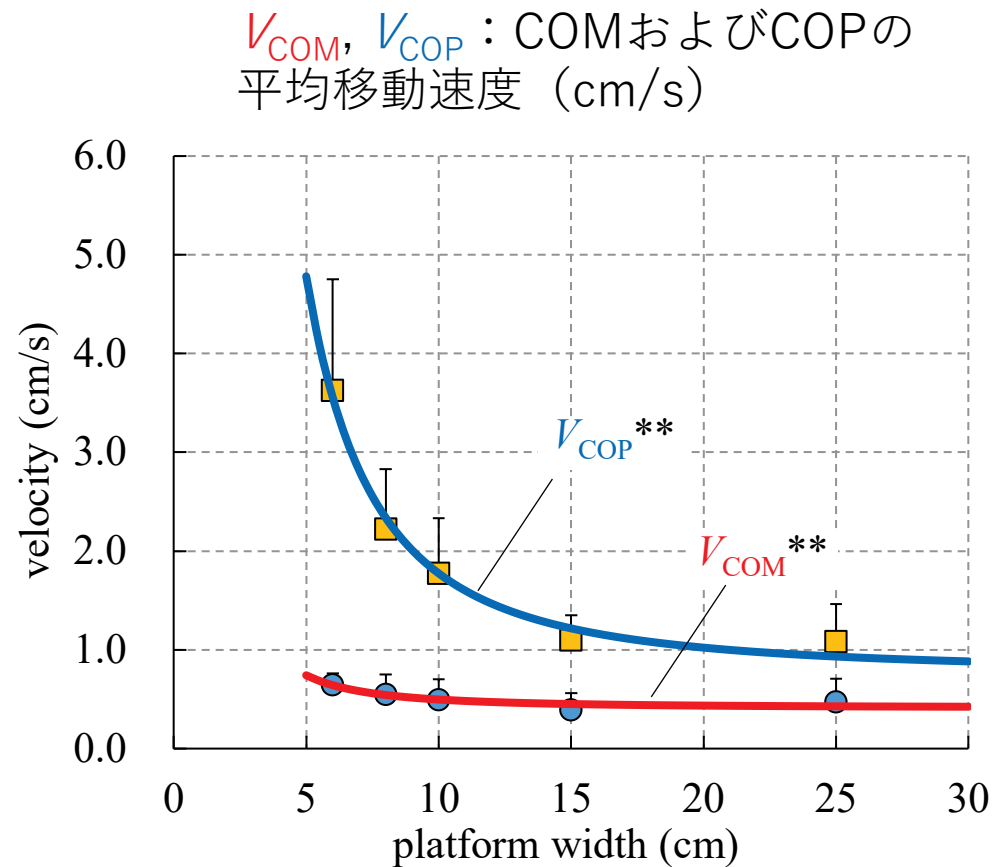
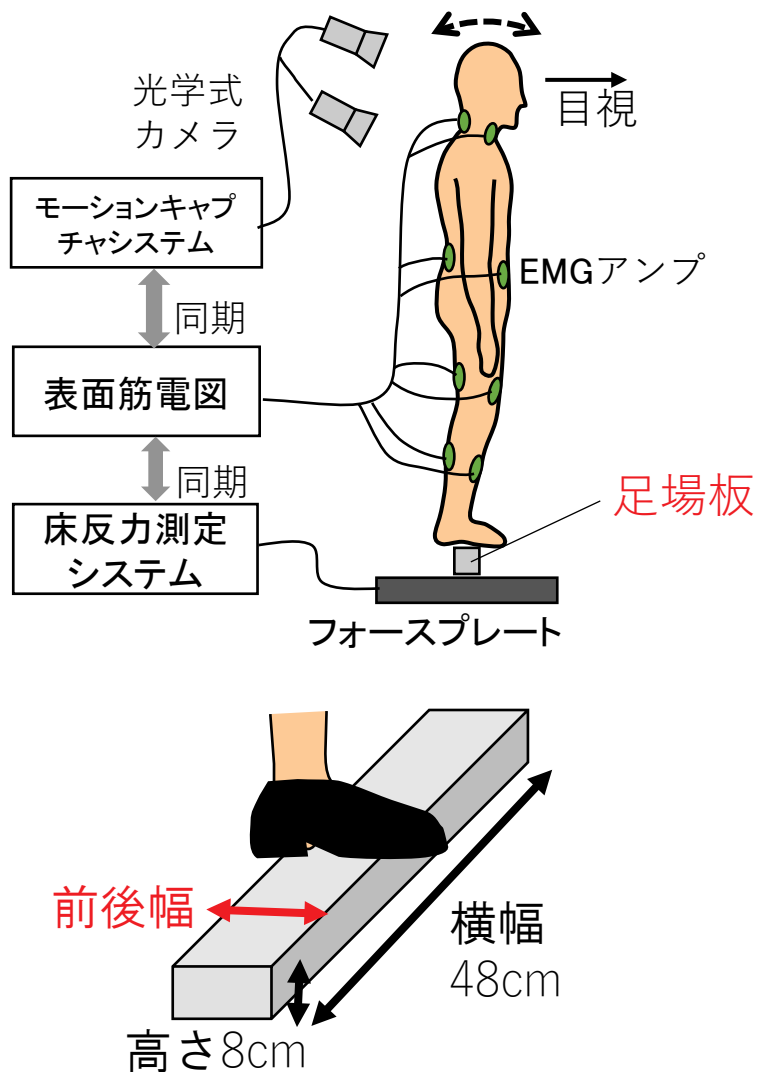


菅間 敦, 大西 明宏, 最大リーチおよび作業姿勢の評価による脚立への安定した立ち方の検討, 人間工学, 2016, 52 巻, 1 号, p. 40-48,

天板の2段下で最も移動距離が大きく,天板では移動距離が約50%減少する. 天板では作業中の姿勢のゆらぎによってバランスを崩しやすい.

# 足場の前後幅と姿勢安定性の関係の評価


- 足場板上で**50秒**間の立位を保つ
- 視線前方の注視点を目視
- 前後幅：5条件 × 2試行**  
6cm, 8cm, 10cm, 15cm, 25cm



菅間 敦, 瀬尾 明彦, 脚立作業を想定した狭い足場上での静的立位姿勢の安定性評価, 人間工学, 2017, 53 巻, 4 号, p. 125-132



## 墜落・転落の防止対策の階層

- 
1. 高所作業の排除
  2. 墜落制止用器具（フォールレストレイント）
    - 端部への接近の制限
  3. 用具の選択
    - はしご・脚立ではなく可搬式作業台
    - 手すり、上枠、アウトリガーなど有るもの
  4. 設置・設備点検
    - 平坦さに応じた高さ調節
  5. 使用方法、作業姿勢
    - 天板や上段の利用禁止
    - 過度なリーチ制限
  6. 個人用保護具
    - ヘルメット
    - 落下挙動の制限（フォールアレスト）

# 移動と転倒



## 歩行

- 足を左右交互にリズムカルに振り出す運動
- **立脚期**：足を床についているフェーズ
  1. 足をついた衝撃力に対して脚を安定させて体を支える
  2. 次の一步を踏み出すために体を前進させる力を生み出す
- **遊脚期**：足を浮かせて振り出しているフェーズ
  1. 前進するために脚を前方へ加速させる
  2. つま先を床に触れずに通過させる
  3. 再び地面に足をつく

## 転倒

- **定義**※「他人による外力、意識消失、脳卒中などにより突然発症した麻痺、てんかん発作によることなく、不注意によって、**人が同一平面あるいはより低い平面へ倒れること**」

※ Gibson, M.J., Andres, R.O., Isaacs, B., Radebaugh, T., Worm-Petersen, J. The prevention of falls in later life. A report of the Kellogg International work group on the prevention of falls by the elderly. Danish Medical Bulletin, Vol. 34, No. Supplement 4, pp. 1-24, 1987.

# 転倒の内的要因と加齢の影響

## 内的要因（個人の要因）

### 身体的疾患

- 循環器系
  - 不整脈
  - 起立性低血圧
  - 心不全、虚血性心疾患
  - 脳循環障害
  - 脳血管障害 など
- 神経系
  - パーキンソン病
  - 認知症
  - 末梢神経障害
  - 失調性疾患
  - めまい など
- 筋骨格系
  - 骨粗鬆症
  - 変形性脊椎症
  - 変形性関節症
  - 骨折
  - ミオパチー など
- 視覚-認知系
  - 白内障
  - 屈折異常
  - 眼鏡不適合
  - 緑内障 など

### 薬物

- 睡眠薬、精神安定剤、抗不安薬
- 抗うつ薬
- その他の抗精神病薬
- 降圧利尿薬
- 降圧薬、血管拡張薬
- 非ステロイド鎮痛消炎剤
- 心疾患治療薬
- 抗痙攣薬
- 抗パーキンソン病薬
- 鉄剤

### 加齢変化

- 最大筋力低下
- 筋の持久力低下
- 運動速度の低下
- 反応時間の延長
- 巧緻性低下
- 姿勢反射の低下
- 深部感覚低下
- 平衡機能低下



## 筋骨格系に起こる変化

- 求心性収縮の能力低下。単純な筋力より筋パワー（筋力×スピード）に影響
- 関節の可動域が減少し、柔軟性が失われる
  - 脊柱の柔軟性低下により前かがみ気味になる。
  - 足首の柔軟性低下により姿勢の調節能力低下。

## 神経系に起こる変化

- 自分で体重移動する能力が低下
- 床面の滑りやつまずきなど、姿勢が乱れた場合への対応力の低下

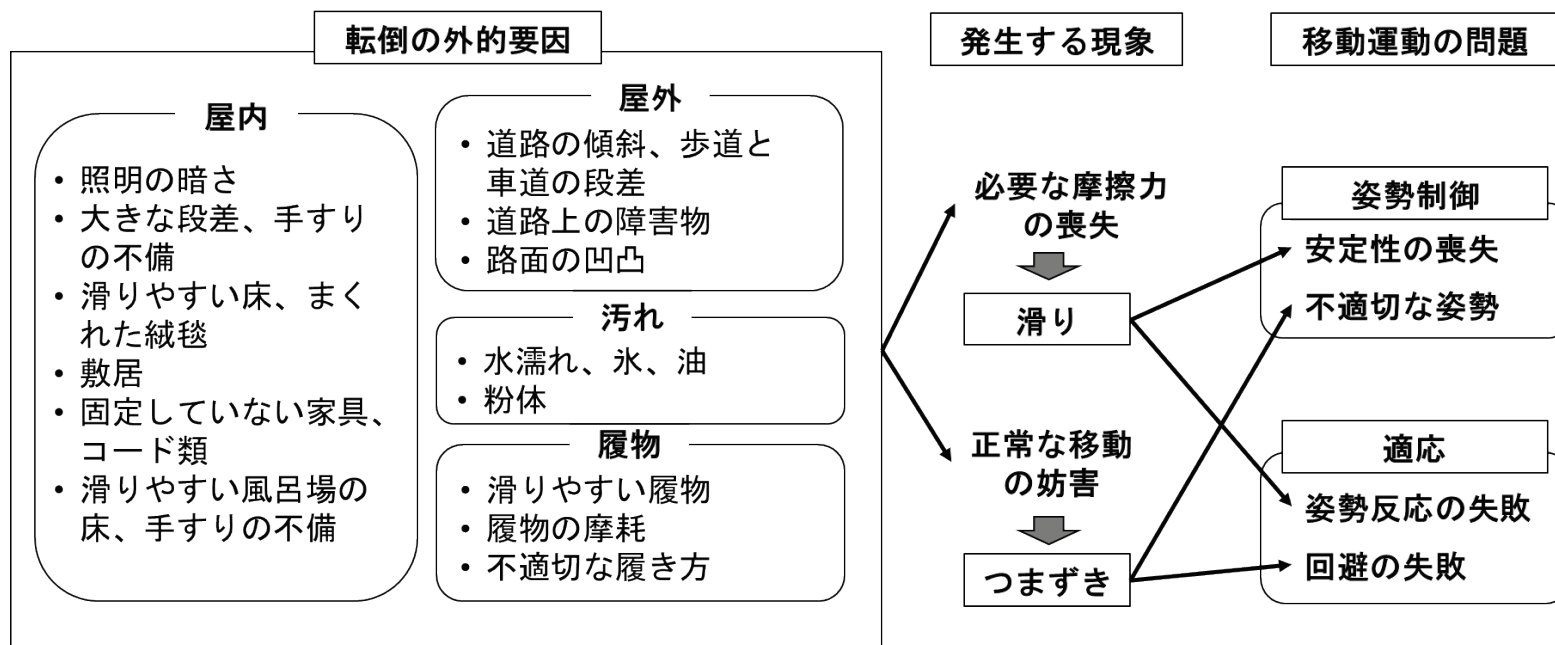
## 感覚系に起こる変化

- 足裏の感覚器が減ったり鈍感になる
- 視力の低下から輪郭や奥行き付近に問題が生じる
- 前庭機能の不全によって出現するめまい

## 予測的姿勢能力の低下

- 動きに先立って姿勢を調節する能力が低下。
  - 物の運搬中にバランスをとることが難しくなる

# 転倒の外的要因とその影響



## 滑りの原因

- 靴 - 床面の摩擦力の減少
  - 物体を静止した状態から動かすときにかかる摩擦：**静摩擦係数**
  - 動いている物体にかかる摩擦：**動摩擦係数**
  - 床材や靴底の材質・形状
  - 靴と床の間に混入する水、油、粉などの汚れ
- 靴底が急激に滑らないよう、**動摩擦係数**で示される性能が重要

## つまづきの原因

- 歩行中に振り出した足（遊脚）の**つま先の高さ**
  - 障害物を乗り越える際、足の高さが障害物より低いと接触
  - 障害物を認識できていない場合はリスクが高まる
- またぐ動作を開始する際の**歩幅調整**
  - 遠くから見た視覚情報と、近づいた際の周辺視野情報、そして乗り越えている最中の身体の動きの情報を統合する必要

# 転倒の対策

## 目的

段階①：労働者が移動時にバランスを失い、  
踏みとどまれない  
(エネルギーの乱れ)

段階②：労働者が転倒した際に床や物と  
接触し、身体に衝撃がかかる  
(エネルギーの増大、集中)

段階③：衝撃が身体の許容値を上回り、  
負傷する  
(エネルギーの伝達)

- 事業場の床面の整理整頓
- 段差の解消、メンテナンス
- 歩行路の規定
- 適切な履物や床材の選択
- 床面の清掃、異物の排除
- 照度を一定以上にする
- 作業中に視界をふさがないようにする
- 重量物運搬方法を変更
- 走らせない・焦らせないようにする
- 柔軟性やバランス能力の保持・強化

- 傾斜路や段差への手すりの設置
- 通路や床面の整理整頓
- 接触する可能性のある鋭利なもの等の排除
- 衣類のポケットへ手を入れたままの歩行等を禁止

- 転倒時の衝撃を吸収する床材の導入
- 受け身の取り方の訓練
- 骨粗しょう症等の身体強度低下の検診

# 滑り・つまずきに関する基準

- **安全靴（JIS T 8101）**

- 耐滑性基準

- 動摩擦係数 0.20以上0.30未満：区分 1

- 動摩擦係数 0.30以上：区分 2

- **床材**

- 滑り抵抗係数CSRによる「防滑性」性能

- **段差**

- バリアフリー新法

- 道路や施設、公共交通機関においてはできる限り段差を設けない

- 高齢者等配慮対策等級として、床の高低差がない構造とは設計で3 mm、施工で5 mm以内の範囲

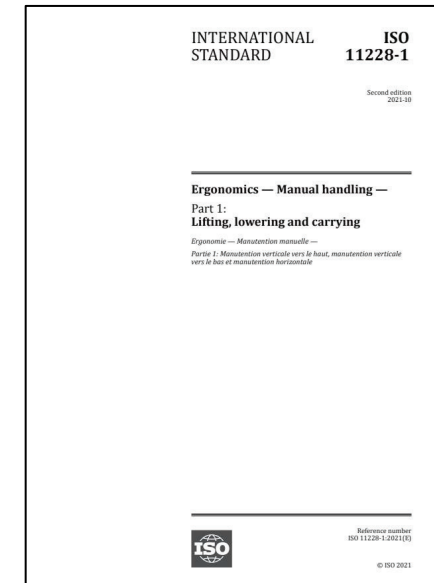
- 米国の安全な路面に関する規格

- 高さ6 mmを超える段差は面取りをし、高さ12 mmを超える段差は傾斜路か階段

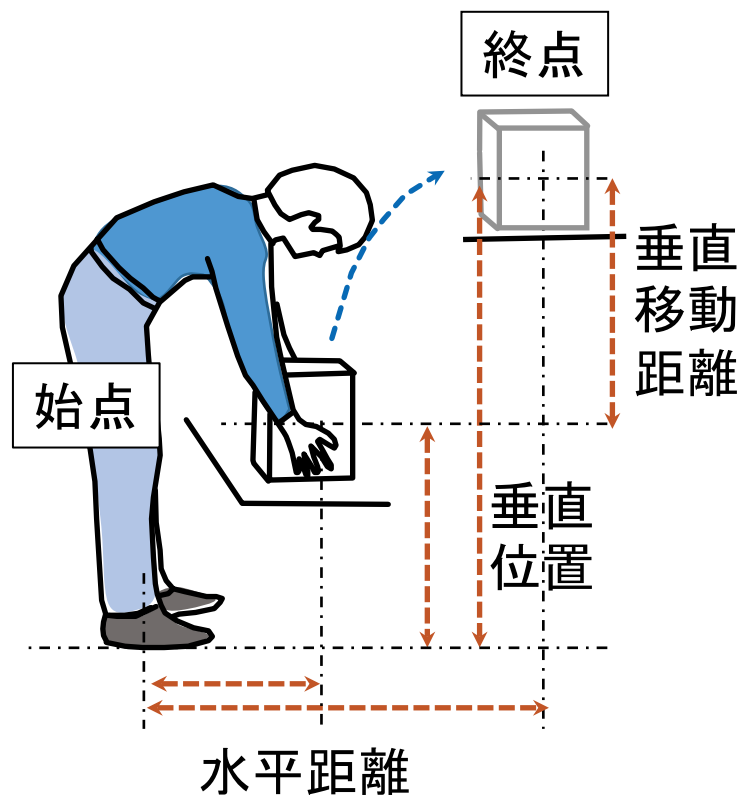
# 手作業における筋骨格系障害リスク評価に関する国際規格

## Ergonomics — Manual handling :

- 手作業（人力作業）に対する人間工学的な推奨事項を定める
- 力を発揮する作業による筋骨格系障害のリスク評価法を提供
- 設計者、雇用者、従業員その他、作業・業務・製品の設計に携わる人々への情報を提供
- ISO 11228-1: 2021 Part 1: Lifting, lowering and carrying  
持ち上げ、持ち下げ、運搬作業が対象
- ISO 11228-2: 2007 Part 2: Pushing and pulling  
台車等の押し・引き作業が対象
- ISO 11228-3: 2007 Part 3: Handling of low loads at high frequency  
低負荷・高反復作業が対象



# ISO 11228-1における高リスク状態の判定基準（持ち上げ作業）



要因	内容
垂直位置	持ち上げの開始/終了位置が <b>175 cm</b> より高い、または足元より低い
垂直移動距離	対象物の始点と終点との間の <b>垂直距離</b> が <b>175cm超</b>
水平距離	体と対象物との距離が <b>腕の最大リーチ</b> より大きい ( <b>63 cm超</b> )
非対称性	<b>足を動かさず</b> に過度に体をひねる (左右のどちらかに <b>45° 超</b> )
持ち上げ頻度	<b>短時間</b> 作業 (シフト内に連続して <b>60分以内</b> の手作業による取扱いがあり、続いて <b>60分以上</b> の回復時間がある) で、 <b>15回/分</b> 以上の持ち上げがある
	<b>中時間</b> 作業 (シフト内に連続して <b>120分以内</b> の手作業による取扱いがあり、続いて <b>30分以上</b> の回復時間がある) で、 <b>12回/分</b> 以上の持ち上げがある
	<b>長時間</b> 作業 (シフト内に連続して <b>120分超</b> の手作業による取扱いがある) で、 <b>10回/分</b> の持ち上げがある



## ISO 11228-1における高リスク状態の判定基準（持ち上げ・運搬）

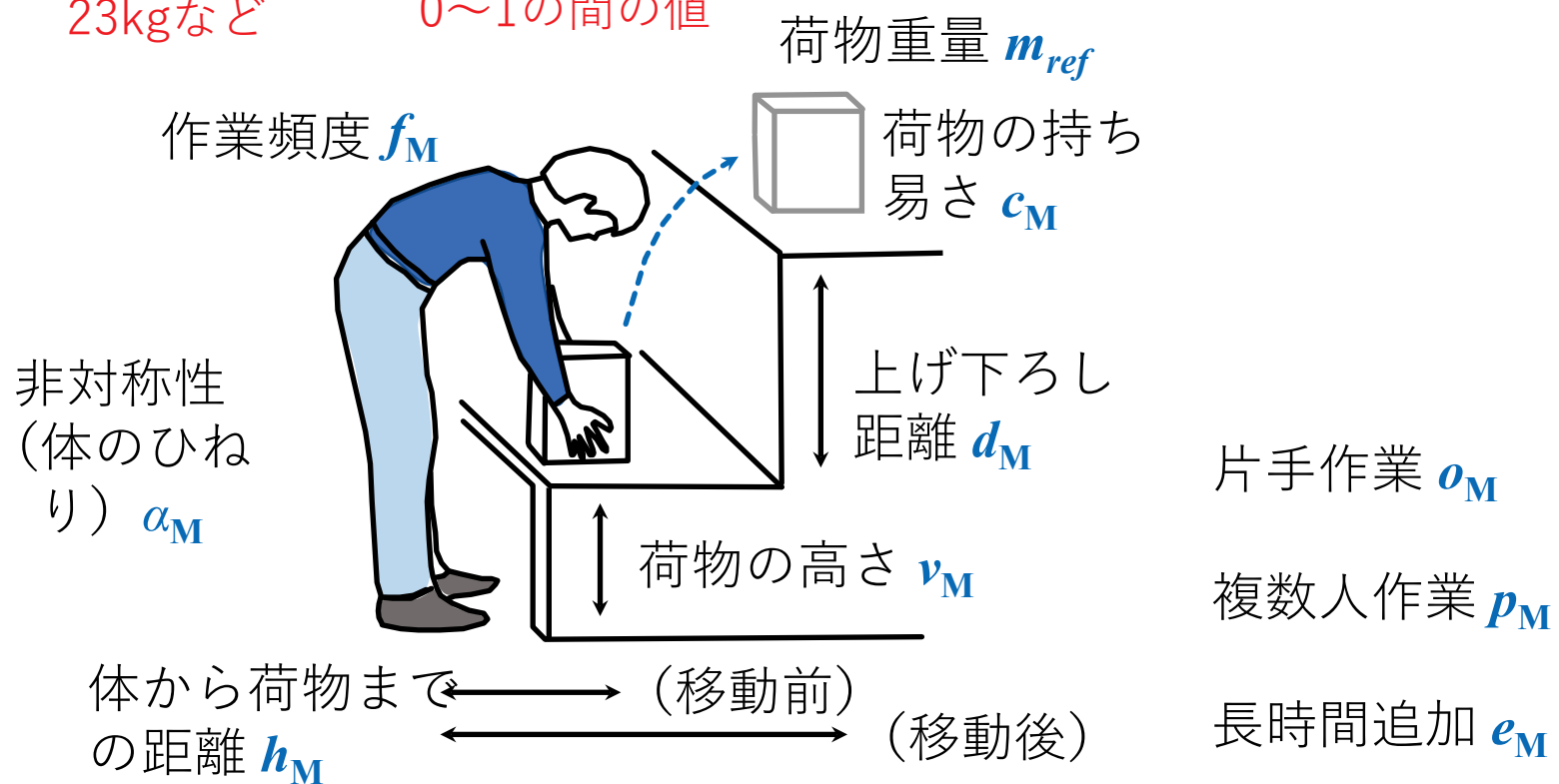
要因	基準
<b>持ち上げ または 運搬作業</b>	
女性（20～45歳）	20kgを超える質量を扱う
女性（20歳未満、45歳以上）	15kgを超える質量を扱う
男性（20～45歳）	25kgを超える質量を扱う
男性（20歳未満、45歳以上）	20kgを超える質量を扱う
<b>運搬作業</b>	
運搬距離が1～5mの作業	6～8時間で累積質量6,000kg超を扱う
運搬距離が5～10mの作業	6～8時間で累積質量3,600kg超を扱う
運搬距離が10～20mの作業	6～8時間で累積質量1,200kg超を扱う
1回の作業あたりの運搬距離	運搬距離が通常20m超

# 作業ごとに詳細なリスク評価も可能

## 推奨質量上限：RML (Recommended Mass Limit)

$$RML = m_{ref} \times h_M \times v_M \times d_M \times \alpha_M \times f_M \times c_M \times o_M \times p_M \times e_M$$

$m_{ref}$  (23kgなど)       $h_M, v_M, d_M, \alpha_M, f_M, c_M, o_M, p_M, e_M$  (0~1の間の値)



## リスク総合評価値 Lifting Index (LI)

$$LI = \frac{m}{RML}$$

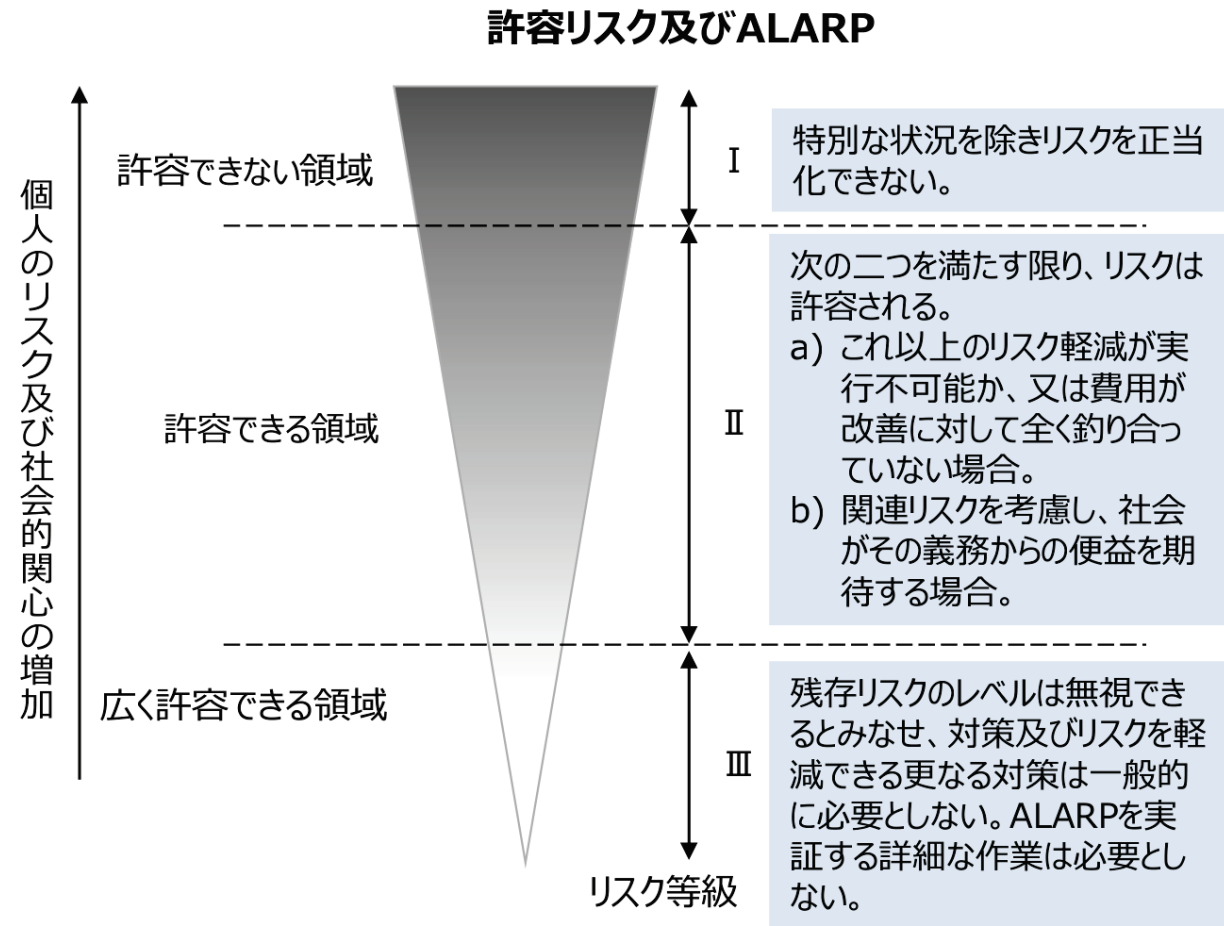
実際の作業で  
取り扱う質量

推奨質量上限

LI値	解釈
1.0以下	非常に低い
1.0超~1.5以下	低い
1.5超~2.0以下	中程度
2.0超~3.0以下	高
3.0超	非常に高い

# ALARPの原則

- As Low as Reasonably Practicable  
= **リスクは合理的に実行可能な限り低くしなければならない**
  - 英国では2001年にALARP法制化後、10年を経て社会に定着してきた（1992年のALARP提唱から20年）\*
- 「**許容可能なリスク**」があることを認める必要性
  - リスクゼロは現実的にはあり得ない。人が歩くだけで転倒リスクはある
- 許容可能な事象すらゼロにしようとして、資源を使ってはいけない
  - 許容不可能な事象に対応する資源がなくなるから
  - 許容可能な事象と、許容不可能な事象では発生原因が違うことが多いから



文章出典：JISC0511-3 機能安全—プロセス産業分野の安全計装システム—第3部：要求安全度水準の決定のための指針  
画像引用：経済産業省産業保安グループ、産業保安における共通的・横断的な視点について、2021年5月

# 行動災害のリスクマネジメントにおいて大切なこと

## 低リスク作業を、厳密かつ正確に評価する必要はない

- 危険事象（ハザード）は、作業者が体を動かすまたは重量物等を扱う際に生じることが明らかであり、**予見できないハザードは生じにくい**
- **問題がありそうだと経験的に知っている作業や、労働者からの訴えがある作業の評価を重視し、高リスク作業の排除、中リスク作業の改善を積極的に行う**

## 手作業を残す必要があるのか確認する

- 重量物取扱い作業では、**機械化・無人化を進めれば、その部分はリスクゼロとなり、当該リスクアセスメントの必要もなくなる**

## リスク低減策は、“合理的に実行可能”かを意識する

- **ALARPの原則により、リスクアセスメントを含めた、リスクマネジメントを継続し、作業のプロセス管理を行うことが重要**