

厚生労働省科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
陸上貨物運送業を対象とした Minds 参照型腰痛予防対策ガイドラインの策定と
予防対策の普及実装の推進
分担研究報告書

骨盤固有角（PI）を活用したテーラーメイド腰痛予防コンテンツの開発と

姿勢協調パターンの予備的分析

研究分担者	菅間 敦（成蹊大学 理工学部 准教授）
研究分担者	谷 直道（産業医科大学 産業生態科学研究所 講師）
研究分担者	榎原 毅（産業医科大学 産業生態科学研究所 教授）
研究協力者	酒井 一輝（産業医科大学大学院医学研究科 医学専攻）
研究協力者	山内 智之（成蹊大学 理工学部 助教）
研究協力者	山田 翔太（名古屋市立大学医学部附属西部医療センター リハビリテーション科）

研究要旨

本報告は、職場における腰痛予防対策を体系的に推進するために実施された一連の改善活動（Action4, 5, 7, 8, 10, 16, 17）の内容を整理し、背景にある考え方・根拠・設計意図を補足するとともに、骨盤固有角（PI）別の姿勢協調パターンに関する予備的分析結果を報告する。

各 Action は「教育・個別化・周知・実践・評価・定着」という PDCA サイクルに基づいて体系的に構成されており、個人の PI 別特性を軸にしたテーラーメイド対策と組織的な改善活動の両立を図った。PI 別揭示資料（Action4）では、DHT 班が開発した PIE アプリによる PI 判定（S/M/L 三段階）を活用し、個人特性に基づくリスク情報を提供した。Action17 では、PI 特性の職員間共有によるコミュニケーション促進と継続的職場改善を意図した。

姿勢協調パターンの予備的分析では、荷物持ち上げ作業における関節運動の協調構造を分析するため、等尺度対数比（ILR）変換を用いた組成データを固有値分解し、関節運動の特異性を算出した。PI 区分と作業高さを固定効果とする変量モデルでは、作業高さのみが有意な主効果を示し、PI 区分の有意な効果は確認されなかった。本結果は、持ち上げ動作の協調パターンが個人の骨盤形態より作業高さに強く規定される傾向を示唆し、作業環境介入の重要性を支持するものである。

1) はじめに

腰痛は陸上貨物運送業において最も頻度の高い業務上疾病の一つであり、作業動作・環境・個人要因および心理・社会的要因が複合的に関与することから、単一の対策のみでは十分な予防効果が得られないとされ¹⁾、体系的かつ個別化された対策が求められている。本研究では、骨盤固有角（pelvic incidence: PI）を個人の脊椎形態を規定する生涯不変の指標として活用し、テーラーメイドな腰痛予防対策の職場実装を目指している。

本分担研究では、デジタルヘルスツール（DHT）を用いた介入設計・実施と生体力学的検証を担当した。今年度は特に、(1) PIの個人特性を活用したコンテンツの開発と解説記事の作成、および(2) 持ち上げ動作における姿勢協調パターンのPI別予備的分析を実施した。本報告では、今年度実施した改善活動のうち、PIに関連する資料を提供したAction4, 5, 7, 8, 10, 16, 17（表1）の解説を行うとともに、PI別姿勢協調パターンの予備的分析結果を示す。

2) テーラーメイド・組織対応型アクションの構築

Action4：骨盤の特徴を見える化しよう！

(1) 背景と根拠

PIは矢状面において骨盤内の仙骨の傾きを表し、各個人の生理的な腰椎前彎を規定する。思春期以降は固定され生涯不変である²⁾。PIが大きい人は腰椎過前彎になりやすく椎間関節ストレスが増大し（椎間関節症リスク）、PIが小さい人は椎間板への圧縮力が強くなる（椎間板ヘルニアリスク）。このPI別リスク特性に注目することでテーラーメイドな腰痛対策の立案が可能となる。また、運動と教育のコラボレーションは腰痛発症の短期・長期的予防に有効であることが知られており³⁾、PIに応じた教育・運動の組み合わせによる効果的予防を意図した。

(2) 資料デザイン

骨盤固有角(PI)を個人の腰痛リスクを規定する生涯不変の骨盤形態指標として紹介し、PI別（大・中・小）に腰痛リスク特性・ストレッチ・業務中の対処法をまとめた掲

表 1. テーラーメイド・組織対応型アクションにおける介入 Action 一覧

介入月	Action No	プランB
1月目	Action1	ニヤリ・ホット活動を職場全体で取り組みましょう！
	Action2	腰痛予防対策の実践を安全衛生委員会の取組みとしてスタートしましょう！
	Action3	アクションチェックリストを使って現状を把握しよう！
2月目	Action4	骨盤の特徴を見える化しよう！
	Action5	労働衛生教育で腰痛対策を周知しよう！
	Action6	安全衛生委員会でチェックリストに基づいた腰痛対策の方向性を決定しましょう。
3月目	Action7	情報提供ツールを作成して、職員に改善活動を周知しよう！
	Action8	持ち上げ方のリスク情報を活用した改善活動を実践しよう！
	Action9	安全衛生委員会で取組んだ腰痛対策を報告して今後の方向性を検討しましょう。
4月目	Action10	これまでの取り組みの効果判定をしよう！
	Action11	腰痛対策成功事例の水平展開をしよう！
	Action12	インセンティブや表彰制度を検討しよう！
5月目	Action13	職場体操を導入して持ち上げ動作の変容を促そう！
	Action14	適切な休憩設計で疲労の軽減を図ろう！
	Action15	安全衛生委員会で継続的に腰痛対策の審議をしましょう！①
6月目	Action16	情報提供ツールを作成して、職員に改善活動を周知しよう！
	Action17	アクションチェックリスト・PIボタンによる改善活動を継続しよう！
	Action18	安全衛生委員会で継続的に腰痛対策の審議をしましょう！②

示資料を作成した（図 1）。なお、別途 DHT 班が作成した PI 判定用 PIE アプリを使用して事業者は労働者の PI 判定を S, M, L の三段階で判定した。

対象者が「自分に当てはまる」という実感を持って理解できるよう、冒頭に姿勢・体型の見かけ上の特徴を記載した。PI 大には腸腰筋・大腿直筋のストレッチと腹筋・大殿筋の強化、PI 小にはハムストリングス・腓腹筋のストレッチと腰伸展の習慣化、PI 中には作業内容に応じた対策を提示した。荷物の持ち上げはバックリフティングよりレッグリフティングを推奨し、PI 別のリスク（PI 小：椎間板ヘルニア、PI 大：椎間関節症）を明示した。

4~8 weeks⁴⁾

Action4: 骨盤の特徴を見る化しよう! 骨盤固有角 (PI) とは⁴⁾



ポイント⁴⁾

- → 対象者の骨盤の姿勢の特徴を知って、個人に合った腰痛対策をお伝え出来ます⁴⁾
- → PI の角度によって腰の形状が違い、かかる負荷の場所が違います⁴⁾
- → 反り腰 (PI が大きい) は腹筋とお尻の筋の強化、猫背 (PI が小さい) は背筋とお尻の筋の強化、太ももの裏やふくらはぎのストレッチを意識します⁴⁾

図 1. Action4 の資料表紙

Action5: 労働衛生教育で腰痛対策を周知しよう!

(1) 背景と根拠

腰痛は作業動作・環境・個人要因が複合的に関与するため、教育による認知・行動の変容が不可欠である。「職場における腰痛予防対策指針」においても配置時および必要時の教育実施が求められている¹⁾。

(2) 資料デザイン

腰痛の発生メカニズムや予防方法に関する労働衛生教育を実施するための資料である。重量物取扱い等に従事する労働者を対象とし、作業姿勢・補助具の使用・体操の導入などの内容を含めた（図 2）。

①危険の理解、②正しい作業方法の実践、③リスク回避・軽減策の導入、④体操の定着、の 4 点の達成を目的として設計した。作業分析（重量・距離・頻度などの定量化）を行うことで教育内容を現場に即した具体的に改善へ接続する構造とした。

■作業姿勢、動作の改善⁴⁾

できるだけ身体を対象物に近づけ、重心を低くする姿勢をとることで、不自然な姿勢を回避しやすくなります。⁴⁾

床面等から荷物を持ち上げる場合は、片足を少し前に出し、膝を曲げてしゃがむように抱え（図 a）、この姿勢から膝を伸ばすようにすることによって、腰ではなく脚・膝の力で持ち上げます。両膝を伸ばしたまま上体を下方に曲げる前屈姿勢（図 b）を取らないようにしましょう。ただし、膝に痛みのある方が軽量の物を取り扱う場合には、この限りではありません。⁴⁾

また、荷物を持ち上げたり、運んだりする場合は、荷物をできるだけ体に近づけるようにして（図 c）、荷物と体が離れた姿勢（図 d）にならないようにしましょう。⁴⁾ 重量物を持ったまま身体を左右にひねる動作（図 e）は、腰部への負担が極めて大きくなるため腰痛が発生しやすくなります。身体をひねりを伴う作業を解消することが理想となりますが、それが困難な場合には作業台の高さ、位置、配列等を工夫し、身体をひねりを少なくしましょう（図 f）（厚生労働省：職場における腰痛予防対策指針及び解説）。⁴⁾

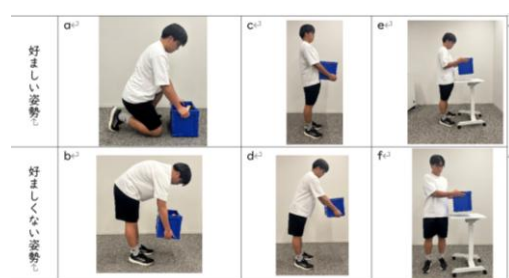


図 2. Action5 における
作業姿勢改善アドバイスの例

Action7: 情報提供ツールを作成して、職員に改善活動を周知しよう!

(1) 背景と根拠

PI 小は猫背傾向で前屈姿勢が多くなりやすく、PI 大は反り腰傾向で脚を曲げずに持ち上げる傾向がある。個人の姿勢特性を無視した一律指導では効果が限定的となるため、PI 別の個別指導が必要となる。

(2) 資料デザイン

作業者の姿勢特性（猫背・反り腰）に応じ

た情報提供ツールを作成し、改善活動を職員に周知するための資料とした。PI 別の特性に対応した具体的な行動指針を提示した。

「自分に当てはまる」という理解を促し、行動変容につながる具体的な姿勢指示を提示することを目的とした。Action5 で得た知識を現場で実践可能な形に翻訳する役割を担い、PDCA サイクルの「Do」を支援するものとした。

Action8: 持ち上げ方のリスク情報を活用した改善活動を実践しよう！

(1) 背景と根拠

腰痛リスクは垂直位置・移動距離・水平距離・体幹のひねり・持ち上げ頻度などの定量的基準で評価可能である。国際規格⁴⁾に基づく評価は客観的かつ再現性が高く、「なんとなく危険」から「基準超過のため改善必要」という明確な意思決定を可能にする資料とした。

(2) 資料デザイン

ISO 11228-1 (JIS Z 8505-1) に基づき、持ち上げ動作におけるリスク要因(高さ・距離・頻度・ひねり等)を明確化し、それに対応した改善行動を提示する資料とした。

「何が危険か」を数値で明確化し、「どう改善するか」を具体的な行動として提示することで現場での実践的改善につなげる。Action5 の知識を実際の作業改善に結びつける橋渡しとして機能するようにした。

Action10: これまでの取り組みの効果判定をしよう！

(1) 背景と根拠

改善活動は実施のみならず「効果検証」と「継続判断」が重要であり、評価の信頼性確

保には同一条件での測定と指標の統一が必要となる。

(2) 資料デザイン

改善前後の比較により対策の有効性を評価し、次の計画へつなげる方法を示した資料である。同一条件下での測定と複数指標の活用を基本方針とした。

PDCA サイクルの「Check」と「Act」を担う重要なフェーズとして、チェックリスト・DHT スコア・実施率・現場の声など多面的指標を活用した。「継続・改良・中止」の判断基準を明文化することで次の改善へ確実に接続する構造とした。

Action16: 情報提供ツールを再活用して、行動の定着を図ろう！

Action7 と同様の情報提供ツールを改善活動の後期段階で再活用し、行動の定着を図る資料とした(図3)。一度の介入では行動変容が定着しないため継続的なフィードバックと再教育が必要である。Action10 の効果判定結果を踏まえた改良版ツールの提供も含み、「理解→実践→継続」の最終段階として位置づけた。

20-24 weeks

Action16: 情報提供ツールを作成して、職員に改善活動を周知しよう！



ポイント(背中が丸い方)

- 背中を丸めて前屈みになりやすい

図3. Action16における表紙

Action17: PI パタンによる改善活動を継続しよう！

(1) 背景と根拠

腰痛の発生要因は複数存在するため、単独・個別的な予防対策では腰痛の発生リスクを効果的に軽減することは難しいことが指針に示されている¹⁾。PI 特性の共有により個人要因・動作要因・環境要因・心理社会的要因への複合的対応が可能となる⁵⁾。

(2) 資料デザイン

PI に基づく姿勢特性を職員間で共有し、相互コミュニケーションを通じた腰痛予防の実践と職場環境改善の継続を促進するための資料とした。PI 大きさ×従事内容（ドライバー・荷役）の 6 種類のチェックリスト付き資料を作成した。

資料構成は、①PIE アプリで PI 判定し職員間で共有、②作業内容を共有し観察・評価、③PI×作業内容別チェックリストで評価、④評価結果をもとに改善活動を実践、という 4 ステップで設計した。PI 別特性の相互理解から「腰をケアする職場意識」の醸成と環境調整（荷台高さ等）を促すことを目指した。本資料は Action4 で導入した PI 知識を職場文化として定着させ、腰痛対策を「個人の努力」から「職場全体の取り組み」へと転換する資料と位置づけた。

3) PI 別姿勢協調パターンの予備的分析

(1) 目的

持ち上げ動作時における胸部・腰部・骨盤・股関節・膝の協調構造が PI 区分によって異なるかを検討し、テラーメイド介入用 Action で示した「PI 別リスク特性」の生体力学的根拠を定量的に検証することを目的とした。

令和 6 年度に実施した持ち上げ動作姿勢計測実験のデータを用いて分析した。持ち上げ姿勢の関節角度を計測し、静止時と持ち上げ姿勢時の角度変化量 $\Delta\theta$ を算出した。次に各部位の絶対変化量を（胸部+腰部）を C1（上体角度）、（股関節+膝）を C2（下肢角度）、骨盤を C3 として分類し、総和 $S (= C1 + C2 + C3)$ で正規化した比率 $x_i = \frac{C_i}{S}$ を算出した。

多関節運動の構成比率を分析するため、組成データ解析（Compositional Data Analysis）で用いられる対数比解析を適用した⁶⁾。組成データ特性に対応するため、ゼロ値への加法的置換（ $x'_i = (x_i + \varepsilon)/(1 + 3\varepsilon)$ ）を経て等長対数比変換（ILR）を適用し、上体の相対的寄与を

$$z_1 = \frac{2}{3} \ln \left(\frac{x'_1}{\sqrt{x'_2 \cdot x'_3}} \right)$$

下肢に対する骨盤の寄与を

$$z_2 = \sqrt{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{x'_2}{x'_3} \right)}$$

として算出した。 $z_1 \cdot z_2$ の共分散行列の固有値 λ_1 、 λ_2 （ $\lambda_1 \geq \lambda_2$ ）から異方性指標（Anisotropy; AI）を $AI = \lambda_2/\lambda_1$ として求め、PI 区分（大・中・小）と作業高さを固定効果として組み込んだ変量モデルにより分析した。

(2) 結果および考察

個別の関節角度については、PI 区分による有意差は認められなかった。AI 値を用いた協調構造の分析では、作業高さのみに有意な主効果が認められ、PI 区分の有意な主効果は認められなかった。

本予備的分析の結果から、持ち上げ動作の協調パターンは個人の骨盤形態（PI）よ

りも作業高さにより強く規定される傾向が示唆された。この知見は、ISO 規格に基づくリスク評価 (Action8) や作業高さの環境改善の重要性を生体力学的に支持するものと解釈できる。一方、本分析はサンプル数・測定条件ともに限定的な予備的検討であり、今後はサンプル拡大・縦断データでの追跡・PI 判別ツール (PIE) を用いた実用測定環境の整備を通じてさらなる検証を行う予定である。

4) 全体考察

本年度の Action4・17 は、研究全体の PDCA サイクルにおいて「個人特性の把握 (Action4)」と「継続的行動変容の促進 (Action17)」を担う位置づけである。Action4 で導入した PI 概念は、労働者が自己の身体特性を「自分ごと」として捉えるきっかけとなり、Action5 (労働衛生教育)・Action8 (リスク情報活用) で得た知識を個別化して実践につなげる橋渡しとして機能する。Action17 はその実践を職場文化として定着させる仕組みとして設計されており、両 Action が連動することで腰痛予防の持続的サイクルが形成される。

PI 別の姿勢協調パターン分析では、当初想定した PI 別の協調構造の差異は統計的に確認されなかったが、作業高さが協調パターンを有意に変化させる知見は、作業環境の整備 (荷台・棚の高さ設計) が腰痛予防に直結することを示すものとして実践上重要である。今後は PIE アプリを活用した大規模・多環境でのデータ収集により PI 別リスクの検証を継続する。

5) 研究発表

1. 発表論文

該当なし

2. 学会発表

1) 石井 賢治, 谷 直道, 菅間 敦, 杜 唐慧子, 平内 和樹, 鳥居塚 崇, 榎原 毅. 「日本人間工学会が挑む腰痛予防の新たなカタチ」—Minds 参照型予防対策ガイドラインの策定と普及実装—, 日本人間工学会第 66 回大会予稿集, 3B03-01, 2025 年 5 月

2) 谷 直道, 石井 賢治, 岩切一幸, 菅間 敦, 瀬尾明彦, 田中孝之, 杜 唐慧子, 平内 和樹, 榎原 毅. 日本人間工学会が主導する新たな腰痛予防対策ガイドラインの開発 — CoMIT (コミット) プロジェクトの紹介—, 令和 7 年度日本人間工学会北海道支部大会講演集, 2025 年 9 月 19 日

6) 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

参考文献

- 1) 厚生労働省：職場における腰痛予防対策指針．基 発 0618 第 1 号，2013．
<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/youtsuu-shishin.html> (参照日：2026 年 4 月 25 日)
- 2) Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. Eur Spine J. 1998;7(2):99-103.
- 3) Steffens D, Maher CG, Pereira LSM, et al.

- Prevention of Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA Intern Med. 2016;176(2):199-208.
- 4) 日本規格協会. JIS Z 8505-1:2025 人間工学—手作業による取扱い—第 1 部：持ち上げ，持ち下げ及び運搬. 東京：日本規格協会；2025.
- 5) 中央労働災害防止協会：安全な職場づくりのためのコミュニケーション事例集. <https://www.jisha.or.jp/info/research/report/04.html>（参照日：2026 年 4 月 25 日）
- 6) 高橋孝明. 集計モデルの実証比較：組成データ解析の観点から. 日交研シリーズ A-920, 公益社団法人日本交通政策研究会; 2025 年 6 月.