

タイピング動作における手首と指の関節運動協調性

～腱鞘炎やばね指のリスク軽減に向けた新たな知見～

1. 発表のポイント

- ▶ 健康な成人を対象に、タイピング動作中の手首（手関節）と指（MP 関節^{※1}）の協調性について、三次元動作解析装置を用いて評価した。
- ▶ 矢状面^{※2}（指の曲げ伸ばし方向）の動きでは、手首よりも MP 関節の動きが優位であり、これは腱や靭帯へのストレスを増加させ、ばね指^{※4}などの障害リスクを高める可能性を示した。一方、前額面^{※3}（指の横方向の動き）では、手首主導で行うか、指主導で行うかに個人差（多様性）が見られた。
- ▶ 手首と指の関節運動を適切に協調させることで、局所的なストレスを軽減し、手指の筋骨格系障害を予防できる可能性を示唆する結果となった。

2. 発表概要

埼玉県立大学大学院 博士研究員 伊藤 貴紀さん（第一著者）、同学理学療法学科の国分貴徳准教授（責任著者）は、タイピング動作における手首と指の関節運動の役割と協調性について、三次元動作解析を用いた研究により明らかにしました。本研究成果は、2026 年 4 月 10 日に American Society of Hand Therapists の公式ジャーナル『Journal of Hand Therapy』誌のオンライン版に掲載されました。

〈研究概要〉

近年のキーボード使用の普及に伴い、タイピングに関連する筋骨格系障害が増加している。これまで、物理的・力学的要因が障害に関与することは知られていたが、運動を制御する方策がどのように関わっているかは不明であった。本研究の目的は、タイピング中の手首（近位関節）と指（遠位関節）の関係性を明らかにし、MP 関節にかかるメカニカルストレス（せん断応力）との関連を解明することである。研究の結果、矢状面では MP 関節の運動が優位であり、これが腱へのストレスを高める可能性があること、前額面では動きの戦略が多様であることが示された。これらの知見は、非効率な手指の動きに伴うストレスを軽減し、障害を予防するための基盤となることを示唆している。

3. 研究内容

〈研究背景〉

手指の反復動作を伴う日常生活動作の影響を評価することは、手指の筋骨格障害の予防や治療において重要です。特に MP 関節（指の付け根の関節）の反復的な屈伸運動は、腱や靭帯にせん断ストレスを生じさせ、ばね指（弾発指）の発症要因となり得ることが報告されており、正確な動作の分析が求められます。タイピングは、矢状面（屈伸）と前額面（左右）で手首と指の関節を高速に動かす動作であり、それぞれの面での運動の協調性を捉えることが、動作の特徴を理解するために必要です。しかし、これまで

のタイピング研究は、主に打鍵速度や正確性といったパフォーマンスに焦点を当てており、関節運動の変動性や協調性といった運動パターンは十分に解明されていませんでした。そこで本研究では、特定の文字列を入力する時の動作解析を行うことで、タイピング実行中の運動学的特徴を定量化し、障害リスクとの関連を調査しました。

〈研究内容〉

整形外科的疾患のない健康な成人 10 名を対象に実験を行いました。被験者は、日本語およびローマ字を含む約 5,000 文字の文章タスクを、自身のペースでタイピングしました。分析対象として、文章タスク内に頻出する「ryouhou (療法)」という文字列の入力動作を抽出しました。実験には、三次元動作解析システムを用いて、右手に貼付したマーカーの位置情報を計測し、手関節と MP 関節の運動量を算出しました。矢状面と前額面における各関節の変化量を比較し、どちらの関節が運動を主導しているか（優位性）を評価しました。

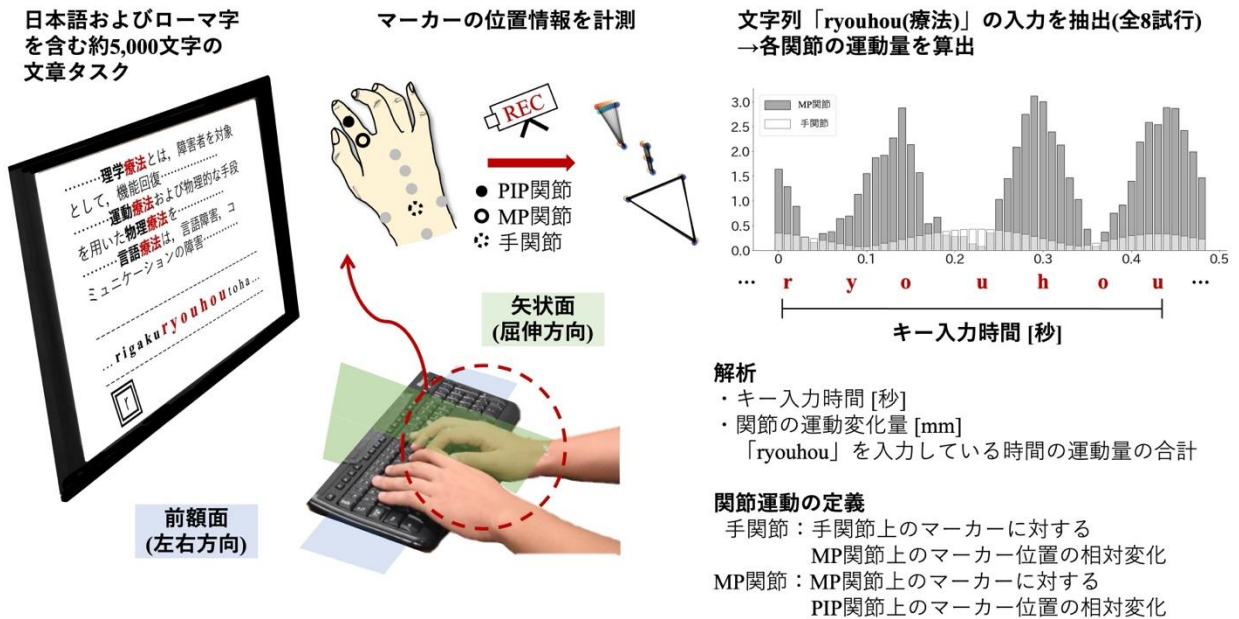


図 1. 実験環境と解析方法

実験環境および解析の定義を示している。課題はモニターに提示され、被験者はそれを見てタイピングを行った。キーボードの垂直方向の面を「矢状面 (Sagittal plane)」、キーボード上のキー配列に沿った面を「前額面 (Frontal/Sideways plane)」と定義した。解析では、特定の文字列を入力している間のマーカー位置を計測し、手首（手関節）および MP 関節の位置変化量を算出した。

実験の結果、以下の点が明らかになりました。

1. 矢状面における MP 関節の優位性

矢状面（屈伸方向）においては、被験者の多く（7名）で手首よりも MP 関節の運動変化量が有意に大

きいことが確認されました。MP 関節を頻繁に屈伸させることは、手首の中を通る筋や腱などの組織を圧迫し、腱の滑りを妨げる要因となります。したがって、矢状面での MP 関節優位の運動パターンは、腱鞘炎やばね指のリスクを高める可能性があります。

2. 前額面における運動パターンの多様性

前額面（左右方向）においては、MP 関節優位が 4 名、手首優位が 2 名と、被験者によって運動パターンが異なりました。これは、キーの位置に応じて指を動かす際、手首を動かして指先の位置合わせをするか、指を開閉して対応するかという戦略が、個人の解剖学的・力学的特性によって異なることを示唆しています。

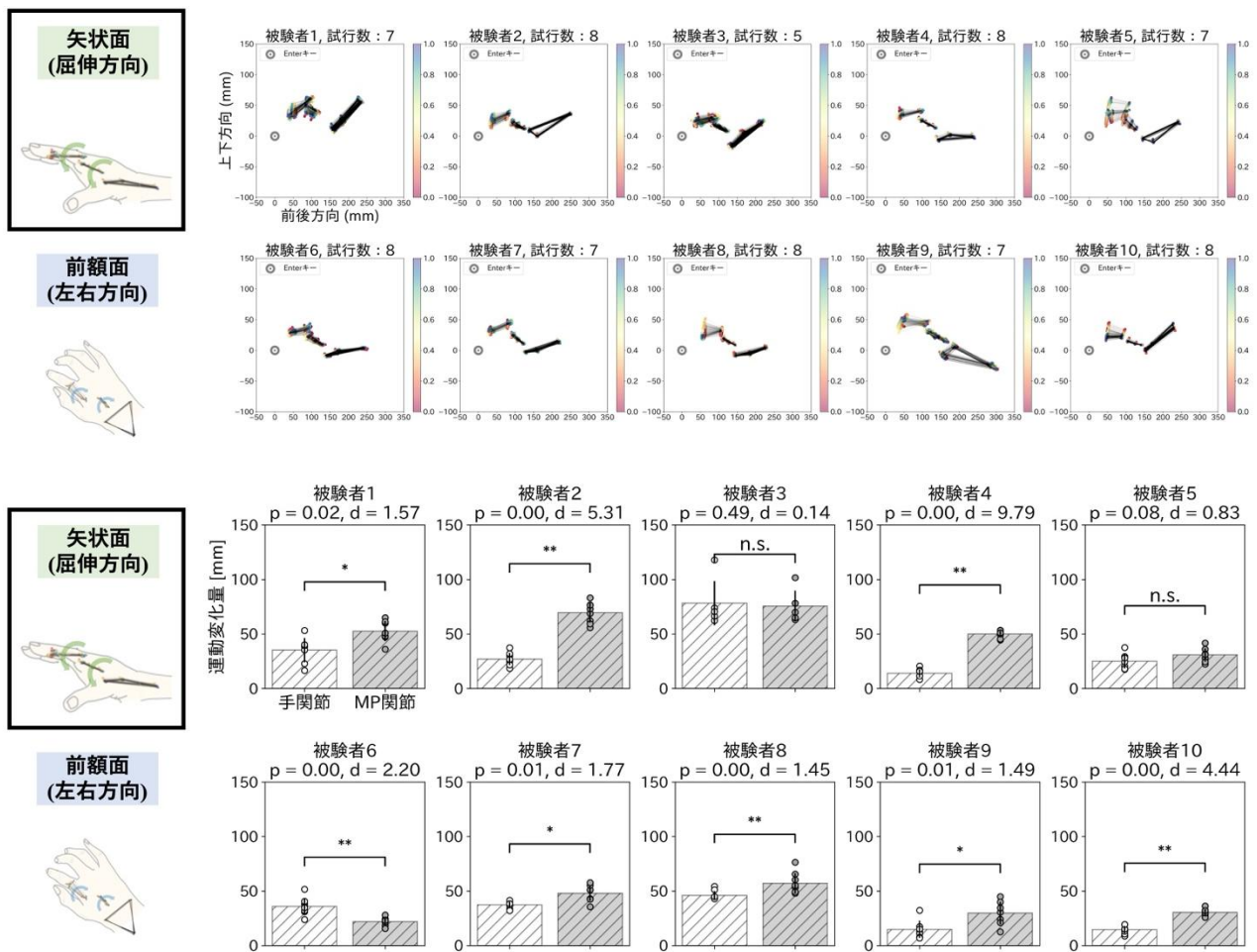


図2. 矢状面における手首と指の運動軌跡および関節運動の変化

上図は、「ryouhou」という文字列を入力した際の矢状面での手首と指の運動軌跡を示している。縦軸は上下方向 (mm)、横軸は前後方向 (mm) を表し、キーボードと身体位置の関係を明確にするため、Enter キーの位置 (二重丸) を原点として描画した。赤色のバーは入力開始時点、青色のバーは入力終了時点を示している。下図は、矢状面における手首 (手関節) と MP 関節の運動変化量を比較したものである。白い棒グラフは手首、灰色の棒グラフは MP 関節を示す。各被験者において手首と MP 関節の変化量を比較した結果、7 名の被験者において MP 関節の変化量が有意に大きく、1 名の被験者において手首の変化量が有意に大きかった。(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, n.s. = 有意差なし)

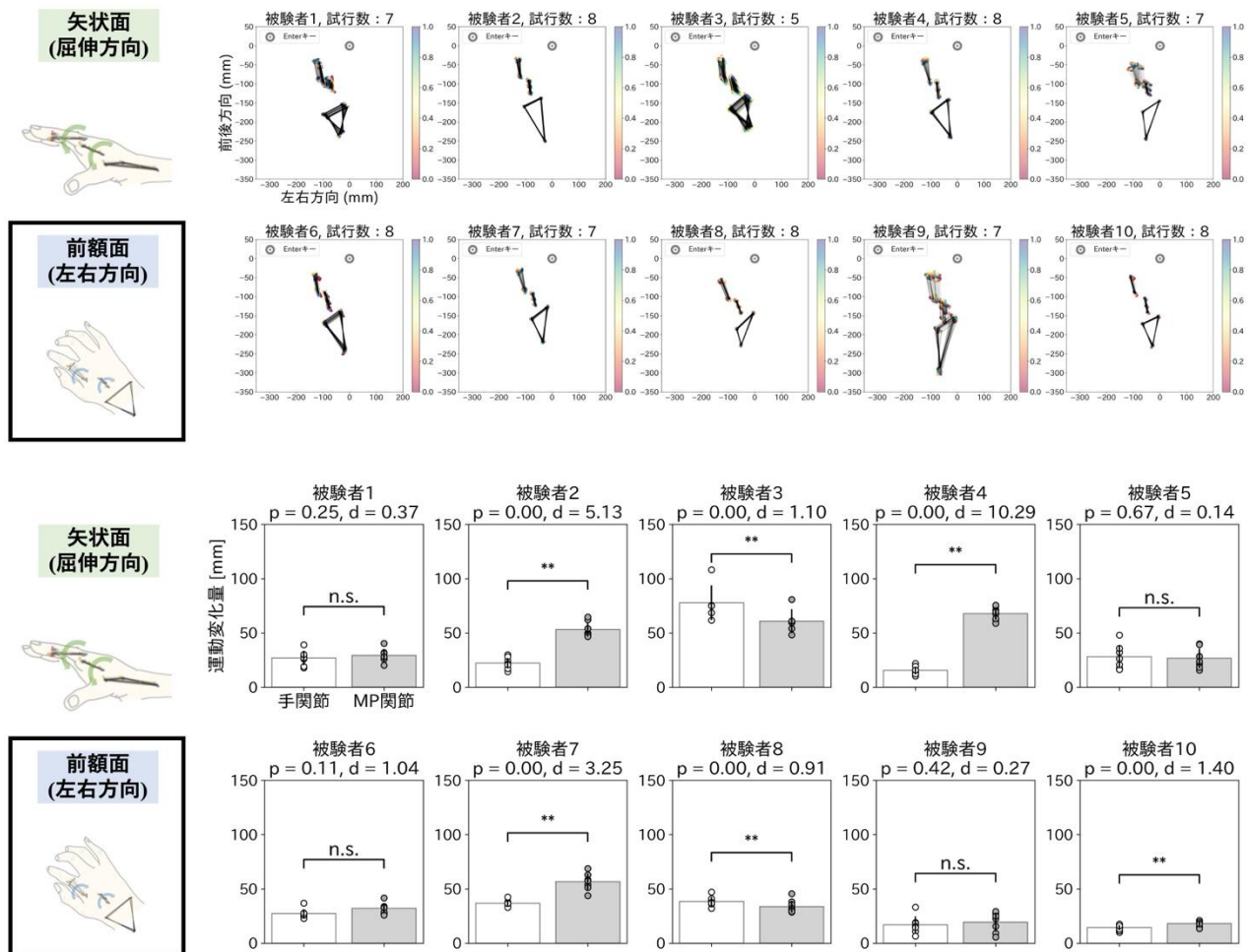


図3. 前額面における手首と指の運動軌跡および関節運動の変化

上図は、「ryouhou」という文字列を入力した際の前額面での手首と指の運動軌跡を示している。縦軸は前後方向 (mm)、横軸は左右方向 (mm) を表し、キーボードと身体位置の関係を明確にするため、Enter キーの位置 (二重丸) を原点として描画した。赤色のバーは入力開始時点、青色のバーは入力終了時点を示している。下図は、前額面における手首 (手関節) と MP 関節の運動変化量を比較したものである。白い棒グラフは手首、灰色の棒グラフは MP 関節を示す。各被験者において手首と MP 関節の変化量を比較した結果、4 名の被験者で MP 関節の変化量が有意に大きく、2 名の被験者で手首の変化量が有意に大きかった。矢状面と比較して、前額面では関節運動の優位性に個人差 (多様性) が認められた。(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, n.s. = 有意差なし)

本研究は、タイピング動作における手首と MP 関節の協調性を明らかにし、過度な MP 関節運動が障害リスクに関連する可能性を提示しました。投球動作などでは、近位関節 (手首など) と遠位関節 (指) の同期した動きが、運動にかかるエネルギーを下げ、制御精度を高めることが知られています。タイピングにおいても、手首と MP 関節を適切に協調させることで、MP 関節周辺への局所的なメカニカルストレスを軽減できる可能性が考えられます。一方、前額面での運動戦略の多様性は、個人に適したタイピング指導や環境設定の必要性を示唆しています。今後は、運動パターンの多様性の背景にある解剖学的特性を含めた検証や、実際に腱鞘炎やばね指を有する患者を対象とした研究が必要です。本研究の知見は、パ

ソコン作業に伴う手指の障害予防や、効果的なリハビリテーション介入、より負担の少ない入力インターフェースの開発の基盤となることが期待されます。

4. 用語解説

※1 MP 関節 (Metacarpophalangeal joint)

中手指節関節。指の付け根にある関節で、一般的に「拳 (こぶし)」の山となる部分。

※2 矢状面 (Sagittal plane)

身体を左右に分ける面。

この面での運動は、主に指や手首の「曲げ・伸ばし」動作 (屈曲・伸展) を指す。

※3 前額面 (Frontal/Sideways plane)

身体を前後に分ける面。

この面での運動は、主に指や手首の「横方向」への動き (外転・内転、橈屈・尺屈) を指す。

※4 ばね指 (Trigger finger)

指の屈筋腱の腱鞘炎の一種。

腱が肥厚し、腱鞘内での滑走が悪くなることで、指の曲げ伸ばしの際に引っかかりが生じる状態。

5. 論文情報

雑誌名：

Journal of Hand Therapy

題名：

The movement patterns of the wrist and metacarpal joints in spatial planes during typing as a foundation of possible kinematic risk factor of hand musculoskeletal disorders

著者：

Takanori Ito, Takanori Kokubun

DOI：

doi.org/10.1016/j.jht.2025.12.011

6. 問い合わせ先

埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科/保健医療福祉学部 理学療法学科

准教授 国分 貴徳

E-mail : kokubun-takanori@spu.ac.jp