

# わが国のエリート野球投手に おける Carrying angle の特徴

Characteristics of carrying angle in Japan's elite baseball pitchers

樋川幸平\*, 高橋佐江子\*, 清水怜有\*, 中嶋耕平\*

キーワード: medical check, carrying angle, baseball  
メディカルチェック, carrying angle, 野球

【要旨】 Carrying angle (以下, CA) は, 肘関節のアライメント指標のひとつであり, 野球投手の投球側で角度が増大することが明らかになっている。また, 投手の CA の増大は野球肘障害のリスク因子でもあることが示唆されているが, わが国における投手の CA の特徴についての調査は限られている。そこで本研究では, わが国のエリート野球選手を対象に CA の調査を行い, 投手の CA の特徴を明らかにすることを目的とした。方法は, 当施設で約 20 年間実施した国際大会への派遣前のメディカルチェックで得られた, 約 471 件の男性野球選手 (26.1±4.1 歳) の CA のデータを分析した。結果として, 投手は投球側が 9.4±5.1°, 非投球側は 8.7±4.6°, 左右差は 2.3±3.0° で非投球側に比べ, 投球側の CA が有意に大きかった ( $p<0.05$ )。しかし, 投手の CA の投球側と非投球側の差と年齢との間に関連性は認められなかった ( $p=0.87$ )。また, 投手と野手で CA の投球側と非投球側の差は認められなかった ( $p=0.80$ )。本研究の結果より, エリート野球選手の投手の CA の参考値が示された。また, 投球側の CA の増大は, 若年成人以前の発育期にみられる変化であった可能性が高い。さらに, 投球側の CA の増大は, 投手のみにみられる特徴ではなく, 野手を含めたエリート野球選手全体にみられる特徴である可能性が示唆された。

## はじめに

アスリートは, 長期間にわたり特定競技の専門的なトレーニングを実施することから, テニス選手では利き手の骨密度が増加し<sup>1)</sup>, サッカー実施者とジョギング実施者では膝のアライメントが異なる<sup>2)</sup> などの特異的な身体特性を有することが報告されている。中でもアスリートの特異的な身体アライメント (以下, アライメント) は, 競技動作への身体の適応<sup>3)</sup> と考えられている一方で, スポーツ障害のリスク因子<sup>4)</sup> としても報告されている。したがって, アスリートのアライメントを評価することは, パフォーマンスの向上や障害予防の観点から重要であると考えられる。

肘関節外反アライメントの評価指標の一つである Carrying angle (以下, CA) は男性に比べ女性の角度が大きいことや, 加齢に伴い角度が減少することから性差や年齢の影響を受けることが明らかになっている<sup>5,6)</sup>。また, 野球の投手の肘関節のアライメントは, 非投球側に比べ投球側で外反しており<sup>7)</sup>, 投手の CA の増大は投球動作への身体の適応と考えられている<sup>3)</sup>。一方で, 運動学的および運動力学的な調査では, 投球動作のレイトコッキングおよびアクセラレーション中に肘関節の内側部に過剰な外反ストレスが加わり, 内側側副靭帯などの組織が伸張され, CA の増大が招かれると考えられている<sup>8)</sup>。そして Sarav ら<sup>4)</sup> は, CA の増大が野球肘障害のリスク因子であると報告した。したがって, 投手の CA の増大の是非に関しては, 統一した見解が得られていない。しかし, 先行研究の報告から, 投手の投球側で CA の増大がみられることが明らかになっているものの, わが国の

\* 国立スポーツ科学センタースポーツ医学・研究部門  
Corresponding author: 中嶋耕平 (kohei.nakajima@jpnpsport.g  
o.jp)



図1 アライメントチェック項目と測定方法

エリート野球選手の投手のCAの参考値は不明である。そのため、測定値の解釈を行う際に、対象者のCAがどの程度増大や減少しているのかといった量的なアセスメントを正確に行うことは難しい。また、骨のアライメントの変化は発育期で主にみられる<sup>9)</sup>と考えられている一方で、発育期を終えた若年成人においてもCAの変化がみられるのかは不明である。さらに、多くの先行研究では、投手のみを対象にして投球側と非投球側のCAの比較を行った報告が多い。そのため、投手の投球側のCAの増大が、投手のみに特異的にみられる特徴なのか、野手を含めた野球選手全体にみられる特徴なのかは不明である。

そこで本研究では、わが国のエリート野球選手のCAを調査し、投手のCAと年齢との関連性、ポジションの影響などを分析し、その特徴を明らかにすることで、野球肘障害の予防を検討する上での一助としたい。

## ■ 方法

### 対象

2002年7月から2022年3月までの約20年間に、国立スポーツ科学センターで実施された国際大会派遣前のメディカルチェックに参加した全日本野球協会に所属する男子野球選手の測定データ471件、年齢 $26.1 \pm 4.1$ 歳(平均 $\pm$ 標準偏差、以下

わが国のエリート野球投手におけるCarrying angleの特徴

同様)を対象とした。なお、複数回にわたり測定を実施している選手の場合は、各時期の測定値すべてを対象とした。除外条件に関しては、欠損のあるもの、疼痛などで肘関節の伸展位保持が困難であったもの、投手と野手の兼任のポジション登録のあるものを除外した。

### 測定方法 (図1)

CAの測定は日本スポーツ協会公認のアスレティックトレーナーや理学療法士、柔道整復師、鍼灸あん摩マッサージ指圧師のいずれかの資格を持つ者が複数名で行った。検者間の信頼性を担保するため、事前に十分な研修や試験を行った上で規定の方法を忠実に再現できる者が測定を実施した。また、一検者が一被検者のすべての項目を測定し、測定者とは別の記録者が測定方法の正確性の確認を行うことで測定の信頼性を高められるように努めた。測定姿勢は解剖学的立位肢位(前腕回外位)とした。東大式角度計で上腕骨と前腕の正中線がなす角度を1°単位で測定した(図1)。そして、投球側を投球側CA、非投球側を非投球側CAとして、一被験者に対して左右のCAを対象に測定を実施した。なお、疼痛などで肘関節の伸展保持が困難なものは、測定を実施しなかった。また、測定後に投球側CAと非投球側CAの絶対値の差を左右差CAとして算出した。

### 統計解析

統計解析ソフトSPSS (Version29.0: IBM Corp)を用いて解析し、有意水準は5%とした。得られたCAのデータの正規性について、Shapiro-Wilk検定を行ったが正規性は認められなかった。年齢とCAの関連性は、Spearmanの相関分析を用いて、投球側CA、非投球側CA、左右差CAの項目について全体、投手、野手の属性に分けてそれぞれ検討を行った。投球側CAと非投球側CAの比較は、Mann-Whitney U検定を用いて、全体、投手、野手の属性に分けてそれぞれ比較を行った。投手と野手のCAの比較は、Mann-Whitney U検定を用いて、投手と野手の左右差CAの比較を行った。

## ■ 結果

除外条件を適応し、最終的には投手183件( $25.3 \pm 4.0$ 歳)、野手255件( $26.2 \pm 4.1$ 歳)の合計438件( $25.8 \pm 4.0$ 歳)が分析対象となった。対象者の年齢や測定結果を表1に示す。全体は、投球側CA

表 1 対象者の年齢と Carrying angle の測定結果

	全体 (438 件)	投手 (183 件)	野手 (255 件)
年齢 (歳)	25.8±4.0	25.3±4.0	26.2±4.1
投球側 CA (°)	9.2±4.2	9.4±5.1	9.1±3.5
非投球側 CA (°)	8.6±4.0	8.7±4.6	8.6±3.5
左右差 CA (°)	2.1±2.5	2.3±3.0	2.0±2.1

値：平均値±標準偏差, CA：Carrying angle

表 2 Carrying angle と年齢の関係

	全体 (438 件)		投手 (183 件)		野手 (255 件)	
	相関係数 (r)	有意確率 (p 値)	相関係数 (r)	有意確率 (p 値)	相関係数 (r)	有意確率 (p 値)
投球側 CA	0.04	0.42	0.002	0.98	0.11	0.07
非投球側 CA	-0.07	0.17	-0.01	0.05	-0.002	0.98
左右差 CA	-0.04	0.35	-0.01	0.87	-0.07	0.26

CA：Carrying angle

表 3 投球側と非投球側の Carrying angle の比較

	全体 (438 件)				投手 (183 件)				野手 (255 件)			
	投球側	非投球側	有意確率 (p 値)	効果量 (r)	投球側	非投球側	有意確率 (p 値)	効果量 (r)	投球側	非投球側	有意確率 (p 値)	効果量 (r)
CA (°)	9.2±4.2	8.6±4.0	<0.05	0.18	9.4±5.1	8.7±4.6	<0.05	0.24	9.1±3.5	8.6±3.5	<0.05	0.14

値：平均値±標準偏差, CA：Carrying angle

が 9.2±4.2°, 非投球側 CA が 8.6±4.0°, 左右差 CA が 2.1±2.5°, 投手は, 投球側 CA が 9.4±5.1°, 非投球側 CA が 8.7±4.6°, 左右差 CA が 2.3±3.0°, 野手は, 投球側 CA が 9.1±3.5°, 非投球側 CA が 8.6±3.5°, 左右差 CA が 2.0±2.1°であった。

1) Carrying angle と年齢の関連性について (表 2)

全体, 投手, 野手の全ての属性で, 全ての項目において有意な関連性は認められなかった (全体; 投球側 CA ; r=0.04, p=0.42, 非投球側 CA ; r=-0.07, p=0.17, 左右差 CA ; r=-0.04, p=0.35, 投手; 投球側 CA ; r=0.002, p=0.98, 非投球側 CA ; r=-0.01, p=0.05, 左右差 CA ; r=-0.01, p=0.87, 野手; 投球側 CA ; r=0.11, p=0.07, 非投球側 CA ; r=-0.002, p=0.98, 左右差 CA ; r=-0.07, p=0.26)。

2) 投球側と非投球側の Carrying angle の比較について (表 3)

全体は, 投球側 CA が 9.2±4.2°, 非投球側 CA が 8.6±4.0°で投球側の CA が大きかった (r=

0.18, p<0.05)。投手も, 投球側 CA が 9.4±5.1°, 非投球側 CA が 8.7±4.6°で投球側の CA が大きかった (r=0.24, p<0.05)。野手も, 投球側 CA が 9.1±3.5°, 非投球側 CA が 8.6±3.5°で投球側の CA が大きかった (r=0.14, p<0.05)。

3) 投手と野手の Carrying angle の左右差の比較について (表 4)

投手は 2.3±3.0°, 野手は 2.0±2.1°で左右差 CA に投手と野手での差は認められなかった (r=0.01, p=0.80)。

■ 考 察

本研究は, わが国におけるエリート野球選手の投手の CA の特徴を明らかにした初めての研究である。

投手における CA は, 投球側 CA が 9.4±5.1°, 非投球側 CA が 8.7±4.6°, 左右差 CA は 2.3±3.0°であった。Nayak ら<sup>10)</sup>は, 18-30 歳の一般健常成人男性 82 名を対象に CA の調査を行い, 利き手 CA が 14.0±2.5°, 非利き手 CA が 13.7±2.7°であるこ

表 4 投手と野手の Carrying angle の左右差の比較

	投手 (183 件)	野手 (255 件)	有意確率 (p 値)	効果量 (r)
左右差 CA (°)	2.3±3.0	2.0±2.1	0.80	0.01

値：平均値±標準偏差, CA: Carrying angle

とを報告した。Nayak らの報告と比較してみると、概ね標準偏差内の差ではあるが、いずれも本研究の投手が示した CA の数値が小さく、左右差が大きい傾向がみられた。また、Nayak らの調査の中では、CA は握力と負の相関があることも報告されていた。Erickson ら<sup>7)</sup>の研究では、手指の屈筋や前腕の回内筋は肘内側にかかる外反ストレスを保護すると述べられている。つまり、健常成人と投手を比較すると、投手で発達していると推察される上肢の筋肉の形態・機能の影響を受け、投手の CA が低くなった可能性が考えられる。また、健常成人に比べ投手で CA の左右差が大きい傾向がみられた要因に関しては、野球の競技特性ともいえる投球動作が影響した可能性がある<sup>8)</sup>。投球動作ではレイトコッキング時に肘関節内側部へ外反ストレスが加わることが報告されている<sup>8)</sup>。そして、肘関節の内側側副靭帯などの内側支持機構に伸張ストレスが継続的に加わることで、支持機能が低下、CA が増大し、結果的に CA の左右差の増大も認められ、健常成人に比べ左右差が大きくなった傾向がみられたと考えられる。また、Erickson ら<sup>7)</sup>は 52 人の投手（メジャーリーグプレーヤー 21 人、マイナーリーグプレーヤー 31 人）を対象にシーズンを前向きに肩・肘の障害調査を行った結果、受傷群は投球側 CA が  $11.9 \pm 4.2^\circ$ 、非投球側 CA が  $9.6 \pm 2.1^\circ$ 、非受傷群は投球側 CA が  $13.0 \pm 4.2^\circ$ 、非投球側 CA が  $10.1 \pm 3.3^\circ$  でどちらの群も CA に左右差があることを明らかにした。Ellenbecker ら<sup>8)</sup>は、40 人のプロ野球選手の投手を対象に、肘外反ストレスを加えた際の肘関節の不安定性を X 線で測定した。結果として外反ストレスにより、投球側は内側部の関節裂隙が  $1.20 \pm 61.0$  mm、非投球側は  $0.88 \pm 60.6$  mm 離開し、投球側と非投球側の不安定性に左右差がみられたことを報告した。したがって、投手において投球側の CA が増大し、CA の左右差がみられた本研究の結果は、先行研究を支持する結果でもあった。

年齢と CA の関係については、全ての項目において関連性は認められなかった。骨のアライメン

トの変化が大きいのは、一般的に発育期であると考えられている<sup>9)</sup>。村田ら<sup>9)</sup>は首都圏の日本人小児男女を対象として身長成長速度曲線の成長区分の分類分けを行ったところ、発育のピークは男児で 12.9 歳であったと報告した。筒井ら<sup>11)</sup>は 12 歳以前においては投球時に上肢を支持する肩甲帯部の筋量が相対的に不足となり、肘内外反負荷が最大となるフェーズ等において肘関節への負荷が高くなる時期であると述べている。本研究で対象となった投手は  $25.3 \pm 4.0$  歳の若年成人である。したがって、既に発育期を終えた者が対象であったため、CA と年齢の関連性が認められなかったものと考ええる。本研究の結果や先行研究の報告から、投手の肘関節のアライメント変化は、若年成人の時期にみられる可能性は低く、若年成人以前の発育期に出現している可能性が示唆された。

ポジション別の検討に関しては、個体要因が影響するため、左右差 CA を用いて検討を行った。結果は、投手と野手での左右差 CA の差はみられなかった。Fleisig ら<sup>12)</sup>は投手のみに比べ、野手も行っている選手の肘関節痛の発症が約 2.7 倍であると報告した。一般的に野球肘の発症は投手に多いものの、野手にも発症することが報告されている<sup>13)</sup>。さらに、Momma ら<sup>14)</sup>は、CT を用いて上腕骨遠位関節面の軟骨に加わる力学的ストレスを検討したところ、投手が最も大きく力学的ストレスを受けているが、野球の非実施者に比べれば野手の力学的ストレスも大きいことを明らかにした。これらの先行研究を踏まえると、投手の投球動作だけでなく、野手の投球動作などに関しても、肘関節への外反ストレスが加わり、CA に変化を及ぼす可能性が考えられる。また、投球側の CA 増大は、投手のみに特異的にみられるものではなく、野手を含めた野球選手全体にみられる特徴である可能性が示唆された。

本研究の限界としては、対象者の過去のポジションを考慮できていない点である。対象となった野手の中で、発育期に投手を行っていた選手がいた場合はその影響を受けた可能性が高いと考え

る。また、CA は上肢の筋肉の形態・機能の影響を受けることが報告されている<sup>7,10)</sup>が、本研究は様々なチームに所属している選手のメディカルチェック時に測定したデータを分析した。そのため、選手の疲労度などの条件が異なっていた可能性があり、その点が結果に影響を及ぼした可能性も考えられる。さらに、疼痛などで肘関節の伸展制限を有するものは分析対象から除外したが、詳細に評価した上でCAの測定を行っていない。そのため、CAの測定値が肘関節の伸展制限の影響を受けた対象が含まれていた可能性がある。

本研究の結果を踏まえ、肘の障害予防の取り組み方法を検討してみると、介入時期としては、発育期を終えた若年成人ではCAの増大が既に認められる可能性が高い。そのため、過度なCAの増大を予防するためには、変化が認められ始めると推察される発育期に焦点をあてて、介入を行うことが効果的であると考えられる。指導内容としては、上肢の筋肉の形態や機能がCAに影響を及ぼす可能性があるため、手関節・肘関節・肩関節を含めた上肢への筋力トレーニングやストレッチの指導は、投球時の肘外反ストレスの軽減に有用である可能性が高い。さらに、投手のみならず捕手を含めた野手においても、投球時に肘関節内側部への外反ストレスが加わり、肘関節のアライメント変化が出現する可能性が高いため、投手だけでなく、必要に応じて野手にも投球動作の指導を行うことが望ましいと考えられる。また、発育期以降の野球選手に関わる際は、発育期のポジションの影響を受けている可能性が高い。そのため、メディカルチェックや野球肘検診などではポジション歴を聴取した上で身体機能の評価を行い、CAの増大が競技動作への身体の適応なのか、野球肘障害のリスク因子となっているかを検討していく必要がある。

今後は限界を踏まえて、より詳細な分析を行うとともに、野球肘障害の有無とCAの関連性も検討していきたい。

## まとめ

エリート野球選手の投手のCAは投球側で $9.40 \pm 5.1^\circ$ 、非投球側で $8.66 \pm 4.6^\circ$ 、CAの左右差は $2.3 \pm 3.0^\circ$ 認められた。しかし、若年成人の時期では年齢との関連性はないため、発育期にアライメントの変化が出現している可能性が高い。また、投手

と野手でCAの差がないことから、投球側のCAの増大は、投手のみに特異的に認められるものでなく、野手を含めたエリート野球選手全体にみられる肘関節のアライメントの特徴である可能性が示唆された。

## 謝 辞

本研究にご協力頂きましたアスリート、関係者の方々に心より感謝致します。

## 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 著者貢献

樋川幸平：Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Methodology, Writingoriginal draft

高橋佐江子：Funding acquisition, Investigation, Supervision, Writingreview & editing

清水怜有：Validation, Visualization, Writingreview & editing

中嶋耕平：rojectadministration, Resources, Supervision

## 文 献

- 1) Krahl H, Michaelis U, Pieper H, et al. Stimulation of bone growth through sports: A radiologic investigation of the upper extremities in professional tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*. 1994; 22: 751-757.
- 2) Hahn T, Foldspang A. The Q angle and sport. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 1997; 7: 43-48.
- 3) Mihata T, Safran MR, McGarry MH, et al. Elbow valgus laxity may result in an overestimation of apparent shoulder external rotation during physical examination. *American Journal of Sports Medicine*. 2008; 36: 978-982.
- 4) Shah SS, Goldstein JA, Stein S, et al. Increased Valgus Carrying Angle at the Elbow correlates with Shoulder and Elbow injuries in Professional Pitchers: A Prospective Study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2017; 7: 5.
- 5) Terra B, Silva B, Carvalho H, et al. Evolution of the carrying angle of the elbow: a clinical and radiographic study. *Acta Ortopedica Brasileira*. 2011; 19: 79-82.
- 6) Balasubramanian P, Madhuri V, Muliylil J. Carrying

- angle in children: a normative study. *Journal of pediatric orthopaedics*. 2006; 15: 37-40.
- 7) Erickson BJ, Chalmers PN, Zajac J, et al. Do Professional Baseball Players With a Higher Valgus Carrying Angle Have an Increased Risk of Shoulder and Elbow Injuries? *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2019; 7: 1-5.
  - 8) Ellenbecker TS, Mattalino AJ, Elam EA, et al. Medial elbow joint laxity in professional baseball pitchers. A bilateral comparison using stress radiography. *The American Journal of Sports Medicine*. 1998; 26: 420-424.
  - 9) 村田光範. 身長の成長速度曲線の意義と問題点. *産婦人科治療*. 1996; 72: 401-406.
  - 10) Nayak S, Kumar P, Oraon A. Relationship of carrying angle with grip strength and anthropometric measurements in young adults. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*. 2023; 28(1): 1-8.
  - 11) 筒井俊春, 前道俊宏, 飯塚哲司, 他. 慣性値を用いた発育期にある野球選手における肘障害リスクの検討—身体発育変化に着目して—. *日本アスレティックトレーニング学会誌*. 2020; 5: 151-157.
  - 12) Fleisig GS, Andrews JR, Cutter GR, et al. Risk of serious injury for young baseball pitchers: a 10-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011; 39: 253-257.
  - 13) Matsuura T, Suzue N, Kashiwaguchi S, et al. Elbow injuries in youth baseball players without prior elbow pain: a 1-year prospective study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2013; 1: 1-4.
  - 14) Momma D, Iwasaki N, Oizumi N, et al. Long-term stress distribution patterns across the elbow joint in baseball players assessed by computed tomography osteoabsorptiometry. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011; 39: 336-341.
- 
- (受付：2024年2月29日, 受理：2024年6月21日)

## Characteristics of carrying angle in Japan's elite baseball pitchers

Hikawa, K. \*, Takahashi, S. \*, Shimizu, R. \*, Nakajima, K. \*

\* Department of Sports Medicine, Japan Institute of Sports Sciences

**Key words:** medical check, carrying angle, baseball

**[Abstract]** Knowingly, the carrying angle (CA) becomes larger on the pitching side of a baseball pitcher. Moreover, increased CA in pitchers is a risk factor for baseball elbow injury. However, studies on the characteristics of CA in pitchers in Japan is limited. This study aimed to investigate CA among elite baseball players in Japan and clarify the characteristics of pitchers' CA. The CA data of approximately 471 male baseball players measured during medical checks before dispatch to international competitions between 2002 and 2022 at the Japan Institute of Sports Sciences were analyzed. Consequently, the pitchers' pitching side was  $9.4 \pm 5.1^\circ$ , non-throwing side was  $8.7 \pm 4.6^\circ$ , and left-right difference was  $2.3 \pm 3.0^\circ$ , and the CA on the pitching side was significantly larger than that on the non-throwing side ( $p < 0.05$ ). However, pitcher's left-right difference in CA and age had no relationship ( $p = 0.87$ ). Furthermore, there was no difference in the left-right difference in CA between pitchers and fielders ( $p = 0.80$ ). The study results provided a reference value for the pitchers' CA of elite baseball players.