

## 中高年者の軸足と運動機能についての一考察

八田 武志 (関西福祉科学大学 健康福祉学部, hatta@tamateyama.ac.jp)

A study for the relations between footedness and motor function in middle and upper middle-aged adults:  
Evidences from the Yakumo Study

Takeshi Hatta (Department of Health Science, Kansai University of Welfare Sciences, Japan)

### Abstract

Based on the Yakumo Study database, relations between left and right footedness were examined for maximum stride (MS), walking speed (WS) and timed go-up-and go (TGUG) performances with 309 (men: 135 and women: 174) middle and upper-middle aged community-dwelling healthy people. As a result of statistical analysis, there was a sex differences however no difference was found in relation to footedness in all three indices. Possible mechanisms from the viewpoint of developmental change were discussed in relation to previous reports that found footedness differences in young adults, and previous studies that reported laterality difference concerning the knees and hips troubles such as knee osteoarthritis among middle-aged and elderly people.

### Key words

footedness, upper-middle aged people, walking stride, walking speed, timed go-up-and go

### 1. はじめに

どの文化圏でも成人では人口の約90%程度が右ききであることが知られている。もっとも、これは大雑把に結論づけるという条件下での説明であり、文化や時代の影響により様々な形できき手矯正が行われ、多少の差異は存在することもよく知られた事実である(八田, 2008)。

きき手に比べてきき足についての研究は圧倒的に少ないが、これは人間の行動での上肢機能の多様さ、影響の大きさに起因すると考えられる。しかし、きき手に比べるときき足は環境要因の影響を受けにくいと考えられるので、脳がコントロールする本来のヒトの身体機能を検討する上で望ましい条件を有することを意味していることになろう(Tran & Voracek, 2016)。

そこで、本研究はヒトの下肢の機能の左右差を検討するのが狙いであり、行動と脳との関係についての知見を増やすことを目的としている。

きき足はきき手と同じように「片足の動作でもっぱら用いられる片方の足」と定義できるわけではない。我々の先行研究は、手での動作の左右偏向性は1因子構造であるのとは異なり、足の場合は2因子構造であり、「きき足」と「軸足」に分かれることを指摘している(Kawakami, Hatta, & Ito, 2004; Hatta, Ito, Matsuyama, & Hasegawa, 2005)。我々が報告した際に用いた「きき足」検査項目は、「体の正面にあるボールを蹴る足、砂場の砂を均す側の足、階段の第一歩目に使う足、つま先で小石を挟む時の足、穴掘りで一休みしている時にショベルに乗せている足」が検査項目であり、「片足で立つ時の足、片足バランスを取る時に使う足、片足でケンケンする時に使う足、休めの姿勢で体を支える側の足」が「軸足」検査項目であった。「きき足」検査項目には他にもいくつかの提案があり、欧

米では Waterloo きき足検査がよく知られている。そこでは検査項目は、きき足に関する項目のみ12項目が使用されており、我々の検査項目でのきき足関連項目に類似した表現が全て含まれる(Elias, Bryden, & Bulman-Fleming, 1998)。

ヒトは二足歩行をする生物であり、片方の足のみ使用する事態は手での使用ほど頻繁ではないが、片足での動作をきき足で行う場合には、他側の足は身体を支える必要があり重心を維持するための軸とならねばならない。そうでないと身体の立位を保つことができないからである。

我々の先行研究(Kawakami, Hatta, & Ito, 2004)では片方の足の使用には2つの要素が含まれ、片足での運動動作には「きき足」と呼ぶ側の足がもっぱら使用されるが、その動作時には反対足の足は立位を維持するために身体を支える重心軸として使用され、それを「軸足」と呼んだ。支える側の軸足の機能について、これまで焦点が当たったことはほとんどなかった。物事への言及の際には大抵の場合に優れる側に関心が寄せられる。下肢機能も例外ではなく、軸足の機能については検討してこなかったということができよう。この指摘は健常者でという意味であり、軸足に関心を示す領域はきき足や軸足の動きや訓練を対象としたスポーツ科学研究では行われてきたことは付記しておく(甲斐・村田・田中, 2007; 松本・林, 1991)。

そのような背景の中、軸足の働きについてはNHKの「チョコちゃんに叱られる」で自転車に乗る行為について左側の優位が取り上げられた(NHK, チョコちゃんに叱られる, 2019.3.15 放映分)。自転車は右側にチェーンなどの構造物が付いていることも影響するのか、自転車乗りの行為では圧倒的に左軸足が多いこと、その解剖学的根拠が報告された(Previc, 1991)。

本研究の目的は軸足の左右機能差有無の検討である。ここでは、歩行に関する動作、敏捷性に着目した運動機能を検討する。歩行やバランス維持を含む運動動作を敏

捷に行うためには軸足が左右どちら側で差異が生じる可能性があるかを、中高年者を対象とした八雲研究資料から検討した。

## 2. 方法

### 2.1 対象者

合計 309 名の中高年者が本研究の分析対象者である。表 1 に示すように、男子は 135 名で女子は 174 名から構成され、40 歳から 87 歳が含まれている。自治体が行う健康診断事業への参加者であり、自立生活が可能で健診会場へも自分で参加でき、自立歩行に問題を持たない対象者から構成されている。年齢構成は 40 歳代 25 名（男子 6 名、女子 19 名）、50 歳代 45 名（男子 18 名、女子 27 名）、60 歳代 139 名（男子 67 名、女子 72 名）、70 歳代 81 名（男子 35 名、女子 46 名）、80 歳代 19 名（男子 9 名、女子 10 名）であった。

表 1：対象の諸特性

Pivot foot	Sex	N	Age range	Mean age years old & SD
Left	Women	143	40-87	64.6 (10.6)
	Men	88	40-85	66.0 (9.4)
Right	Women	31	40-83	64.2 (9.3)
	Men	47	40-86	66.8 (9.6)

### 2.2 軸足測定

Chapman, Chapman and Allen (1987) の Step on stool test 手順に準拠し、40 cm の椅子に登る際に、一歩目を出した側の足をきき足（反対足を軸足）とした。測定は八雲研究整形外科班のスタッフ 2 名が動作確認をおこなった。

### 2.3 歩幅検査 (Maximum Stride: MS)

検査者は床面にマークしたスタートライン対象者を立たせ、出来るだけ大きな歩行幅を左足と右足で作るよう指示し、一歩目の歩幅を測定した。測定はメジャーで検査者が行い、軸足が左の場合は一歩目に踏み出した右足のかかとと軸足の先端、軸足が右の場合は一歩目に踏み出した左足のかかとと軸足の先端との間の距離を cm 単位で記録した。

### 2.4 歩行速度指標 (walking speed: WS)

床面に白色のテープで 10m の直線を描き、その上を自らの通常歩行ペースで歩くことを対象者に求めた。検査者はストップウォッチで所要時間を計測した。歩行は 2 回行い、その平均値を歩行速度とした。この指標を以降「歩行速度：WS」と呼ぶことにする。WS 検査では、スタートラインから合図により歩き出す際に、一歩目は軸足を起点にきき足から一歩目が出されるので、軸足が左か右かで差異が出ることを想定している。左軸足の対象者は、一歩目は右足となる

### 2.5 敏捷性指標 (timed go-up-and go: TGUG)

高齢者の転倒防止に関する研究等で信頼性が高い指標とされている TGUG 検査を敏捷性の指標とした (Padsialdo & Richardson, 1991; Wall, Bell, Campbell, & Davis, 2000)。対象者は直立した背もたれの木製の椅子に座り、検査者の合図で、椅子から立ち上がり、普段通りの自分の歩行ペースで 3 m 先の目印を迂回して戻り、再び椅子に座るまでに所要時間を計測した。対象者はこの動作中には補助器具は用いず、2 度同じ「椅子から立ち上がり、歩行し、迂回して再び椅子に座る」動作の所要時間をストップウォッチで計測した。この検査でも椅子から立ち上がり、一歩目を、軸足を起点にきき足側から一歩目が出されるので、軸足が左か右かで差異が出ることを想定している。

## 3. 結果

表 2 は軸足検査により判定した対象者の年代別、性別の人数を示したものである。MS では左軸足の対象者は右足の歩幅が左足の歩幅より大きいことを作業仮説とした。逆に右軸足の対象者は左足との歩幅が右足との歩幅より大きいことを仮説にした。これは体の重心を軸足に乗せてきき足で一歩目を踏み出す方が安定した歩行が可能となることを想定できるためである。また、身長に性差があり下肢の長さが長いために性差があることを予想した。

表 2：年齢・性別における軸足分布

	Left pivot		Right pivot	
	Women	Men	Women	Men
40's	17	4	2	2
50's	22	14	5	4
60's	55	42	17	25
70's	41	23	5	12
80's	8	5	2	4

表 3 は対象者の軸足別に MS 検査結果を示したものである。結果には性、軸足を被験者間要因、左右歩幅を被験者内要因とする混合型 3 要因分散分析を実施した。その結果、性別の主効果が有意 ( $F_{1,305} = 44.83, p < .001$ ) で女性の方が男性より歩幅が狭いこと、性別と左右歩幅の交互作用が有意 ( $F_{1,305} = 3.98, p < .05$ ) であり、右の歩幅 ( $F_{1,610} = 36.30, p < .001$ ) も左の歩幅 ( $F_{1,610} = 48.69, p < .001$ ) も、ともに男性より女性の方が、歩幅が狭いことが明らかとなった。そのほかの主効果や交互作用には有意差は認められなかった。

表 3：軸足と歩幅検査結果の平均値 (cm)

	Left pivot		Right pivot	
	Women	Men	Women	Men
Right step stride	110.66 (12.49)	121.31 (16.25)	112.74 (10.64)	123.94 (11.54)
Left step stride	109.61 (13.15)	122.24 (15.72)	111.94 (12.27)	124.60 (11.54)

WSの結果は表4に示す通りである。その結果に性、軸足を被験者間要因とする2要因分散分析を実施した。その結果、性の主効果は有意差があったが ( $F_{1,305} = 3.95, p < 0.047$ )、軸足効果は非有意であった ( $F_{1,305} = 0.96, p < 0.32$ )。両主効果間の交互作用も非有意であった ( $F_{1,305} = 0.005, p < 0.94$ )。性差は男子の方が女子よりも所要時間が短いことを意味している。

表4：軸足と歩行速度 (WS) および敏捷性 (TGUG) の平均値 (Sec)

	Left pivot		Right pivot	
	Women	Men	Women	Men
Walking speed (sec)	4.94 (0.65)	4.78 (0.76)	4.90 (0.76)	4.73 (0.52)
Timed up & go (sec)	6.48 (1.02)	6.11 (1.17)	6.48 (0.92)	6.10 (0.82)

TGUGの結果も表4に示した。性、軸足を被験者間要因とする2要因分散分析を実施した。その結果、性の主効果は有意差があったが ( $F_{1,305} = 9.58, p < 0.002$ )、軸足効果は非有意であった ( $F_{1,305} = 0.44, p < 0.52$ )。両主効果間の交互作用も非有意であった ( $F_{1,305} = 0.0003, p < 0.98$ )。性差は歩行速度と同じように、男子の方が女子よりも所要時間が短いことを意味している。

これら一連の結果は、性差はあるものの、軸足が左か右かでの差異は認められないことを示すものである。

#### 4. 考察

まず、本研究の対象となった中高年者の軸足測定についての信頼性を確認しておく。本研究の資料は、自己申告によるきき足の報告に基づいたもので、先行研究でのきき足研究で標準化された Waterloo きき足検査や、我々が先行研究で使用した検査項目に基づくものではない。自己申告によることを limitation として申告する必要がある。しかし、このことについては、2つの理由からこの指標でも可とした。一つ目には、自己申告と標準化検査指標との間の乖離は小さい (Von Merick et al., 2017) とする指摘があること、さらに自己申告できき足を指標とした研究報告が学術雑誌でも受け入れられていることが挙げられる (Tran & Voracek, 2016)。きき手研究でも標準化検査と自己申告には90%以上の一致率が報告されている。ましてきき手よりも分散が大きくないときき足の場合は、一致率はさらに高いと考えられるからである。

二つ目の理由は科学的な視点からは疑問が生じかねないが、大きな母集団での調査には簡略な検査項目が好まれるためである。本研究の対象者での左軸足対右軸足の人数比は231:78で、左軸足の対象者の比率は74.7%であった。軸足の比率については我々の先行研究 (Kawakami, Hatta, & Ito, 2005) では71.2%が左軸足 (右きき足)、カナダ人についての報告 (Coren, 1993) では79%が左軸足 (右きき足) であった。先行研究は質問紙によるきき足検査に基づくものであり、本研究では2者選択による自己

申告によるものであったが、母集団での軸足側の比率とほぼ一致していると考えられ、自己申告での軸足の分類に基づく資料の信頼性を棄却する必要は高くはないと言えよう。

本研究で検討した資料は40歳以上の中高年者であった。この母集団の特性についても言及しておく必要がある。1歳前後から二足歩行を開始するヒトの場合、発達的に検討すれば異なる様相が生じる可能性がある。大雑把に考えて、1日5,000歩歩くとして40年を経過すれば7,300万歩交互に左右足を用いることになり、膨大な運動経験により初期に左右差はあったとしても、筋運動系は自動性を有するために変更される可能性がありうるからである。このような limitation を踏まえても、敢えて分析検討を進めたのは、前述したように軸足を視座においた検討には資料的価値があると判断したためである。

さて、分析結果に基づいて考察すると、左軸足群は運動機能が右軸足群より優れるとした作業仮説は、最大歩幅 MS、歩行速度 WS および敏捷性 TGUG の指標共に支持されない結果であった。ただし性差による違いは確認され、仮説は支持された。①男子の歩幅は女子より大きいこと、②歩行速度は男子が女子よりも早いこと、③TGUG、すなわち起立-歩行一回転-歩行一着席の一連の運動動作敏捷性も男子が女子よりも所要時間が短いという結果であった。作業仮説は軸足に関して全て棄却されたのだが、軸足の違いが歩行や運動機能に影響するのではないかとする疑問は what if タイプの着想から生まれたものではない。

作業仮説は次の理由から生まれた。すなわち、日本人を対象に、19歳から23歳の男子学生を対象にしてきき足と軸足を比較して膝の伸展および屈曲における最大筋力、維持力、筋力調整能力を調べた Demura, Gishi, Yamaji, & Nagasawa (2001) の研究があり、最大筋力、維持力に左右差はないが、筋力調整能力についてはきき足が軸足より優れるという。これは瞬発的な膝の伸展や屈曲にきき足の影響はないが、筋肉群の協応を要する機能では差異があるという報告である。筋力調整能力とは「運動の目的に応じて協同筋、拮抗筋が適当な時系列に調整された張力を現出する働きのこと」である (小野・高橋・坪田・大和, 1966)。現在では筋力発揮調整能、運動 skill のことと理解してよいもので、この研究によれば、歩行や敏捷性は運動 skill であれば、軸足 (きき足の反対足) による差異が生じる可能性を仮定できたのである。

しかしながら、左右軸足間の差異は検出できなかった。その理由には2つのことが考察できよう。その第1は Demura et al. の対象者は大学生19~23歳までの50名であり、本研究では40歳以上で60~70歳代が大多数の中高年者であった、年齢での違いに原因を求めるものである。実際、歩幅についての報告では、初歩軸足を左にして開始した方が有意に歩幅は大きい、歩行速度も有意に早いときき足の左右差を報告する田上・柚木 (2008) では、対象者は平均年齢31歳の健常成人であった。Del Bel et al. (2017) は、12歳未満の運動選手に予期させないで



移動動作をさせ下肢筋肉の活性の模様を検討した。その結果、性差はないが、腓腹筋と腱についてはきき足が大きく、反応の速さでは両者に加えて広筋でもきき足と軸足間では差があるとしている。

Paquet et al. (2017) では足踏み検査 (Fukuda Stepping Test) の日内変動や再検査信頼性を検討する中で、この検査について利き足の影響を健全な若者と老年者で比較している。この国際的にも著名な検査は、遮眼し、両上肢を水平前方に出し、その場で足踏みを行うもので、前庭脊髄反射障害などがある場合には障害側の方向に偏倚するといわれ、正常では 100 歩の足踏みで 45 度程度以内の偏倚におさまるとされる。その結果、足踏み検査のきき足と軸足との差異は、若者群では見出されたが高齢者群では差異はなかったとしている。

もっとも、甲斐・村田・田中 (2007) のように 21 ~ 28 歳の健全成人男性について利き足と軸足とについて足把持力と大腿四頭筋の機能を比較した結果、両者ともに左右差なしとする学会報告レベルの研究では、松本・林 (1991) のように大学生柔道選手の肩、膝間接周囲筋力の測定結果から、肩の筋力に差異は認められたが、足についてはきき足と軸足との間に筋力差はないとしている報告もある。以上のような先行研究を概観すると、一般人の場合、20 ~ 30 歳の若年成人群での検討では、左右差は検出されているとまとめられそうである。

一方で、一般人で整形外科疾患のない 20 歳代の男子を対象とした成田・大山・渡辺・山地 (2016) は、片足着地時の様々な画像に基づく動作解析の結果、膝間接内の角度にはきき足と軸足間で有意な差異があることを報告している。また、八雲研究整形外科班である Komatsu, Ikeuchi, Kojima et al. (2017) が、明白な膝間接に異常がある対象者を除いた、いわば健全中高年者を対象とした膝の解剖学的変形の X 線見を報告している。平均 64.6 歳の 330 名を対象に膝 X 線を撮影し KOACAD と呼ばれる撮影像から、信頼性の確保されたコンピュータ・プログラムに基づいて、関節幅、骨棘領域、大腿骨脛骨角度を計測し、左右膝間の解剖学的構造について比較したものである。これらの対象者は本研究と同じ母集団なので、中高年者に軸足が左右異なることで運動機能動作に有意な差異は検出されなかったが、精細な X 線での解剖学的比較では左右差は認められ、左膝に将来的には機能不全 (痛みや運動障害) を生じる可能性を示唆している。左軸足が右軸足よりも母集団のサイズが大きいので、実際に機能不全レベルに達して ACL (anterior cruciate ligament : 前十字靭帯) 手術を受ける患者の左右差比較からは左側が多くなると考えられる。

実際、膝の機能不全についての、右側よりも左側に多いとする左右差は多くの研究の報告するところである。例えば井原・高山・福本・下沖 (2005) は、ACL 損傷歴を持つ患者の最初に損傷した左右側を比較すると女性の非接触性損傷は有意に左膝が多かったし、Neam et al. (2004) の住民検診で中高年者の膝、股関節について放射線学的左右比較を報告し、変形性関節症につながる

可能性が高い股関節間接空間差は左側が右側より狭いという左右差を確認している。特にサッカー選手のような下肢を駆使するスポーツ選手では、引退して 49 歳時での質問紙調査ではきき足よりも軸足で膝損傷と変形性関節症が多かったとする報告もある (Krajnc et al., 2010)。

まとめると、左右足には軸足、利き足の役割が備わっているが (この laterality の発現メカニズムには、例えば、Previc (1991) の提案するモデルがある)、二足歩行を適切に高い機能で維持していく、生後 30 ~ 50 年間の発達期間において補整メカニズムが働き、そのために、本研究のように 60 ~ 70 歳代の高年齢では差異を示さなくなる (この解釈には年代別の解析が必要となるが、それを行うに十分な対象者数を確保できていないことを指摘しておく)。しかし、それは overt な運動機能レベル測定した場合であり、実は X 線で詳細な比較をすれば軸足の側に選択的な機能不全につながる差異が徐々に育っている、そして一部の機能不全状態が臨界を超えて ACL 術を受ける場合には軸足側が有意に多くなる、という発達の変化が指摘できる。

## 謝辞

本研究は科学研究費補助金 (# 23330219) により実施された。倫理審査は名古屋大学 (2011 #643) および関西福祉科学大学 (2017 #17-13) において承認済みである。八雲研究整形外科班 (代表長谷川幸治教授)、参加者および実施関係者皆さんの協力に感謝する。

## 引用文献

- Chapman, J. P., Chapman, L. J., & Allen, J. J. (1987). The measurement of foot preference. *Neuropsychologia*, 25, 579-584.
- Coren, S. (1993). The lateral preference inventory for measurement of handedness, footedness, and eyedness, and earedness: Norms for young adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 31, 1-3.
- Del Bel, M. J., Fiarfax, A. K., Jones, M. L., Steele, K., & Landry, S. C. (2017). Effects of limb dominance and sex on neuromuscular activation patterns in athletes under 12 performing unanticipated side-cuts. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 36, 65-72.
- Demura, S., Goshi, F., Yamaji, S., & Nagasawa, Y. (2001). Lateral dominance of legs in maximal muscle power, muscular endurance, and grading ability. *Perceptual and Motor Skills*, 93, 11-23.
- Elias, L. J., Bryden, M. P., & Bulman-Fleming, M. B. (1998). Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. *Neuropsychologia*, 36, 37-43.
- 八田武志 (2008). 左対右きき手大研究 化学同人
- Hatta, T., Ito, Y., Matsuyama, Y., & Hasegawa, Y. (2005). Lower-limb asymmetries in early and late middle age. *Laterality*, 10, 267-277.
- 井原秀俊・高山正伸・福本貴彦・下沖典子 (2005). 非接触性 ACL における性差・左右差. 整形外科と災害外科,

- 54, 241-246.
- 甲斐義浩・村田伸・田中真一 (2007). 利き足と非利き足における足把持力および大腿四頭筋の比較. *理学療法科学*, 22, 365-368.
- Kawakami, A., Hatta, T., & Ito, Y. (2004). Handedness and footedness in members of general Japanese population. *Journal of Human Environmental Studies*, 2, 51-55.
- Komatsu, D., Ikeuchi, K., Kojima, T., Takegami, Y., Amano, T., Tsuboi, M., Ishiguro, N., & Hasegawa, Y. (2017). Laterality of radiographic osteoarthritis of the knee. *Laterality*, 22, 340-353.
- Krajnc, Z., Vogrin, M., Recnik, G., Crnjac, A., Drobnic, M., & Antolic, V. (2010). Increased risk of knee injuries and osteoarthritis in the non-dominant leg of former professional football players. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 122, supplement2, 40-43.
- 松本高明・林泰史 (1991). 柔道選手の「効き手」・「効き足」による筋力差. *リハビリテーション医学*, 28, 1050-1051.
- 成田貴紀・大山祐輝・渡辺秀臣・山地雄彦 (2016). ステップ動作における片足着地時の下肢および体幹アライメント—利き足と軸足の比較—. 第51回日本理学療法学会大会.
- Neame, R., Zhang, W., Deighton, C., Droherly, M., Droherly, S., Lanyon, P., & Wright, G. (2004). Distribution of radiographic osteoarthritis between the right and left hand, hips, and knees. *Arthritis and Rheumatism*, 50, 1487-1494.
- 小野三嗣・高橋泰光・坪田修三・大和真 (1966). 筋調整能力に関する研究—その1 握力について. *体力科学*, 15, 113-119.
- Padiadlo, D. & Richardson, S. (1991). The timed “up & go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of American Geriatric Society*, 39, 142-148.
- Paquet, N., Jehu, D. A., & Lajoie, Y. (2017). Age-related difference in Fukuda stepping test and Babinski-Well tests, with-in day variability and test-retest variability. *Aging and Clinical Experimental Research*, 29, 223-230.
- Previc, F. H. (1991). A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychological Review*, 98, 299-334.
- 田上茂雄・柚木直也 (2008). 利き足と軸足が動作に及ぼす影響—健常者での比較—. 第44回日本理学療法学会大会抄録集, P1-088.
- Tran, U. S. & Voracek, M. (2016). Footedness is associated with self-reported sporting performance and motor abilities in the general population. *Frontiers in Psychology*, 7, 1199.
- Von Merick, N., Meddler, B., Hoogeboom, T. J., Nijhuis-van der Sanden, M. W. G., & van Clingel, R. E. H. (2017). How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PLOS One*, 12 (12), e0189876.
- Wall, J. C., Bell, C., Campbell, S., & Davis, J. (2000). The timed Get-up-and-Go test revisited: Measurement of the component tasks. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37, 109-113.

(受稿 : 2019 年 3 月 20 日 受理 : 2019 年 5 月 8 日)