

タッチテクニックを用いた歩行時の白杖の長さや安全性の関係 -歩行路面の確認、及び物体検知の観点から

Relationship between Cane Length and Locomotion Safety while using Two-Point-Touch-Technique

- Perspective from the Surface-Preview and Object-Preview

○ 小林吉之 (産業技術総合研究所) 田中千尋 (国リハ) 小林章 (国リハ)

Yoshiyuki KOBAYASHI, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Chihiro TANAKA, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

Akira KOBAYASHI, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

Key Words: Visually Impaired Person, Cane, Center Grip, Hip Grip

1. はじめに

歩行はヒトにとってもっとも基本的な移動手段である。このことは視覚障害者にとっても同様であり、より高い生活の質 (Quality of Life : QOL) を確保するためには欠かすことのできない能力である。現在、保有視力のみでは移動時に安全性を十分に確保できない視覚障害者が、一般的に用いている歩行手段としては白杖による単独歩行、晴眼者による手引き歩行、盲導犬による歩行、ETA (Electronic Travel Aid ; 電子移動用補助具) を用いた歩行の4種類が挙げられる。これらの中で特に白杖による単独歩行は、視覚障害の歩行リハビリテーションにおいてもっとも基本的な手段として歩行訓練などを通して獲得を目指すものである。

白杖を用いた単独歩行時における白杖の役割としては、大きく分けて下記の3つが挙げられる¹⁾ : 1) 歩行路面に関する情報収集 (Preview), 2) 障害物からの防御 (Defense), 3) 存在の周知 (Identification). この中で1) Preview は、路面の確認 (Surface-Preview), 物体検知 (Object-Preview) 及び、足部接地位置の確認 (Foot-Placement-Preview) といった3つの役割に細別でき、進行方向上の落ち込みや障害物などの発見を適切に行うために、歩行訓練などにより基本的な姿勢や白杖の操作を習得する必要がある能力である^{2), 3)}. また、2) Defense に関しては物体が自分の体にぶつからないように白杖がバンパーの役割を果たす役割であり、3) Identification は自らが視覚障害者であることを周知させ、これによって周囲の人との衝突を回避しやすく、また援助を受けやすくする役割である。

現在我が国において、視覚障害者の歩行訓練ではほとんどで「フーパーケンテクニック³⁾」と呼ばれる白杖の操作手法が指導されている。この手法は、フーパーによって1944年から指導されており、現在世界的に最も普及した手法である。この手法の基本姿勢は、身体正中線上で体から多少前方に離れた位置に構えた手首を中心に白杖を振る姿勢で、左右対称な弧を描き、正面方向への最大限の防御を得る手法である (本稿では以下センターグリップと記す)¹⁾. また体型や年齢などの理由から、手首を正中線上に位置させること事体が困難である場合には身体側面で構えることもある (本稿では以下ヒップグリップと記す). いずれの構えでも片側の足の踵接地に合わせて、逆足が次に接地する付近の路面に白杖で触れ、二歩先の落ち込みや障害物などの有無を確認する。これによって万が一障害物や落ち込みなどが確認された場合にも、回避などの反応時間が概

ね確保でき、Preview の観点からは安全かつ効率のよい白杖歩行が可能と言われている。フーパーケンテクニックでは、歩行時に白杖で歩行路面や障害物の有無を確認しながら歩行する。そのためこのテクニックの機能が果たすことは、用いる白杖の長さによって大きく左右されると考えられる (白杖が短すぎても長すぎても次の足が接地する箇所を適切に探索できない)。しかしながら、本テクニックによる歩行のための妥当な白杖の長さに関しては、経験的に「脇の下までの長さ」⁴⁾、「剣状突起の高さ+5~10cm」⁴⁾、「身長から45cm引いた長さ」⁵⁾と提案されているのみであり、科学的な裏付けはない。

一方、白杖歩行に関する研究は驚くほど少ない。わずかに行われているそれらは、1) 白杖の基本的な機能に関するもの^{2), 6)}と、2) ユーザが白杖を利用する方法に関するもの^{7), 8)}の2つに大別される。これらの研究では、歩行速度や歩幅、身体寸法については言及されているが、白杖の長さについては特に調べられていない。

そこで本研究では、フーパーケンテクニックによる歩行時の白杖の長さや白杖の基本機能である歩行路面に関する情報収集 (Preview) の観点による歩行の安全性の関係を調べることを目的とした。本研究によって白杖の長さに関して科学的な裏付けをとり本研究の結果を臨床にフィードバックすることで、今後より適切な白杖の処方に貢献できると考えている。

2. 方法

2-1 被験者

被験者は、国立障害者リハビリテーションセンター学院視覚障害学科において、半年間の白杖歩行訓練を受けた晴眼者9名であった。本研究でこのような対象を被験者とした理由は彼らが基本的な技術を習得しているため、本研究の目的であるフーパーケンテクニック (タッチテクニック) に適した白杖の長さの検証という観点からは実際のユーザを対象とするよりも個人間のばらつきがないためより妥当であると考えたためである。被験者らが受けた歩行訓練は、米国で用いられている歩行訓練の教科書¹⁾を基に作成された、国立障害者リハビリテーションセンター学院視覚障害学科の指導要領に基づいて実施された。なお本研究のプロトコールはすべて国立障害者リハビリテーションセンター研究倫理委員会により承認され、被験者らは実験前に書面と口頭による説明を受け同意を得た上で参加した。

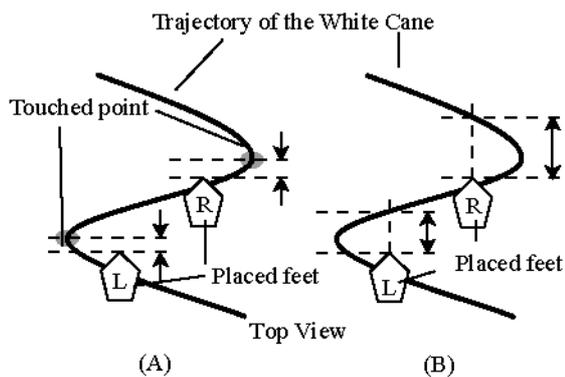


Fig.1 Parameters focused in present study.

(A) Distances between touched points to toe

(B) Distances between the trajectories of tip to toe

2-2 実験機材

本研究では、白杖の長さが Surface-Preview や Object-Preview の観点からの安全な歩行に与える影響を評価するために、様々な長さの白杖を用いた状態での歩容をモーションキャプチャーシステムで計測した。実験は縦 8m、横 4m 程度の歩行路が確保できる実験室内で行われた。

本研究で提示した白杖は、ジオム社のリジットケーン及び Revolution Enterprises 社アドバンテージケーンであった。上述のとおり長さの基準はいくつかあるが、その中で最も一般的に使用されている使用者の脇の下までの長さを基準の長さ ($\pm 0\%$) とし、更に基準から $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ の長さの計 5 段階とした。被験者の歩行動作は、Mac3D システム (Motion Analysis 社) を用いてサンプリング周波数 100Hz で計測され、両足のつま先、白杖先端部 (チップ) 及び白杖グリップ部に貼付した赤外線反射マーカから三次元の空間座標を記録した。

2-3 実験デザイン

本研究の要因は、白杖の長さ ($+20\% \sim -20\%$) と構え (センターグリップ及びヒップグリップ) の 2 要因に、グリップ側と同側及び対側それぞれにおける違いの要因を加えた 3 要因とした。従属変数は、白杖を用いた際に Surface-Preview や Object-Preview の観点からの安全な単独歩行の指標となると考えられる下記の 2 つの変数とした：変数 A) 『チップが接地した位置 (接地点) と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離 (図 1 A)』、及び変数 B) 『チップの軌跡と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離 (図 1 B)』。ここで、変数 A) 『接地点と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離』は、前述の通り Preview に関して細別された 3 つの役割のうち 1) Surface-Preview に関する変数であり、本研究では接地点よりも前方 (奥) に足部が接地した場合は正の値で、接地点よりも後方 (手前) に足部が接地した場合は負の値で距離を示した。ここで、この値が正の方向にも負の方向にも大きければ、せつかく情報収集を行った歩行路面から離れた位置に足が接地しており、そのような歩行は Surface-Preview の観点から安全性に欠ける歩行であると考えられる。一方、変数 B) 『チップの軌跡と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離』は、Preview に関して細別された 3 つの機能のうち 2) Object-Preview に関する変数であり、変数 A) と同様、本研究では白杖の軌跡よりも前方に足部が接地した場合は正の値で、白杖の軌跡よりも後方に足部が接地した場合は負の値で距離を示した。この変数においては、軌跡よりも前方の空間は物体の有無

を確認できていない事から、その空間へ踏込むような歩行は Object-Preview の観点からの安全性に欠ける歩行であると考えられる。

これらの変数は、各試行において被験者らが歩行路中央部に達した際の一步行周期 (あるグリップと対側足部の接地から次の対側足部接地まで) から抽出した。なお、それぞれ被験者内要因とし、各条件を 5 試行ずつランダムに提示した。

2-4 実験手続き

被験者はアイマスクを着用した状態で、ランダムに提示された白杖 ($+20\% \sim -20\%$) 及び構え (センターグリップ及びヒップグリップ) で歩行した。被験者は実験者の音声による合図によってスタートし、停止の合図まで直線歩行を行った。被験者には距離を意識することなく直線歩行すること、また歩行空間は障害物などのない、安全な空間であるのでリラックスして歩行するように指示した。これは室内での実験であったため被験者が狭い空間を意識することによって動作 (歩行速度や歩幅、白杖の振り) が小さくなることを回避するためである。なお歩行中の歩行速度や歩幅に関しては特に規定せず、本人が歩きやすい歩容で歩行するよう指示した。

2-5 統計解析

各条件間の解析には白杖の長さを因子 A、構えを因子 B、左右足を因子 C とした繰り返しのある三要因分散分析を用い統計学的な比較を行った。

3. 結果

はじめに変数 A) 『接地点と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離』の結果を白杖の長さ、左右足、構え別に図 2 に示す (センターグリップ時: 図 2 A, ヒップグリップ時: 図 2 B)。図の横軸は提示した白杖の長さ、縦軸は接地点とつま先との距離を示す。実験の結果、センターグリップにおいてグリップ側及びグリップと対側の両側ともに、 $+10\%$ 及び $+20\%$ 条件の白杖の長さにおいて白杖での接地点よりも前方への足部の踏み越しが見られなかった。一方ヒップグリップにおいては、 $+10\%$ 条件でもグリップとは対側の足に踏み越しが確認され、両側とも踏み越しが見られなかった条件は $+20\%$ 条件のみであった。長さ (5) \times 構え (2) \times 左右足 (2) の三要因分散分析を行った結果、長さ、構え、左右足の主効果が確認された。また、構えと左右足の交互作用が有意であった。そこで Ryan 法による多重比較の結果、長さの各条件間には 5% 水準で有意な差が見られ、白杖が短ければ短いほど接地点とつま先間の値が大きいたことが確認された。また交互作用が有意であったことから、単純主効果の検定を行ったところ、グリップと逆側の足において構え間の有意差が見られ、センターグリップよりヒップグリップ時の方が接地点とつま先間の値が大きかった。一方グリップ側の足では反対の有意傾向が見られた。また、どちらの構えにおいても、同側・対側共に有意差が見られ、グリップと対側の足の方がグリップと同側の足よりも値が大きいたことが確認された。

次に、変数 B) 『チップの軌跡と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離』の結果を白杖の長さ、左右足、構え別に図 3 に示す (センターグリップ時: 図 3 A, ヒップグリップ時: 図 3 B)。図の横軸は図 2 と同様白杖の長さ、縦軸はチップの軌跡とつま先間の距離を表す。この変数に関しては、変数 A) と異なりセンターグリップ、ヒップグリップ共に -10% 条件の白杖でもグリップと同側及び対側ともに踏み越しが認められなかった。長さ (5) \times 構え (2) \times 左右足 (2) の三要因分散分析を行った。その結果、長さの主効

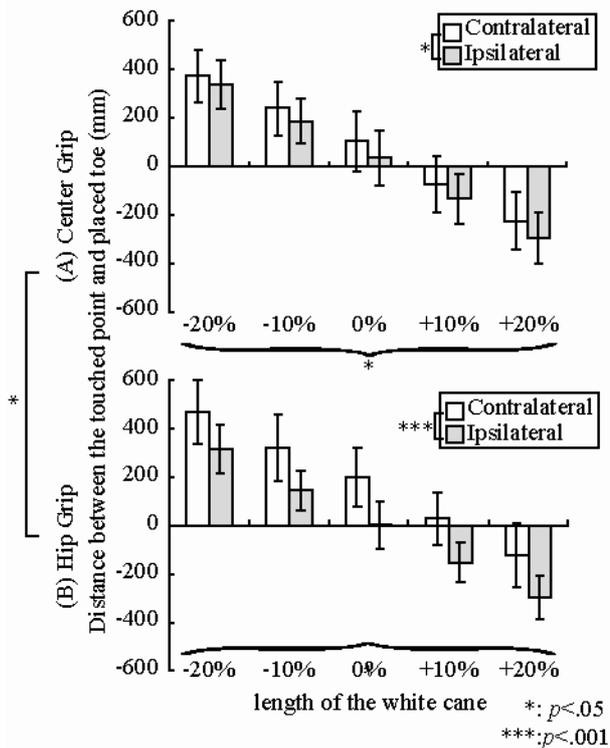


Fig. 2 Distances between touched point and toe

果が認められた。また、長さや構えの要因の交互作用及び同側/対側と長さの要因の交互作用がそれぞれ有意であった。長さの主効果に対して、Ryan 法による多重比較を行ったところ、長さの各条件間には 5%水準で有意な差が見られ、白杖が短ければ短いほど、軌跡とつま先間の距離の値が大きいたことが確認された。また、長さや構えの要因の交互作用により、単純主効果の検定を行ったところ、-20%条件と-10%条件においてのみセンターグリップとヒップグリップ時の踏み越し程度に 5%水準で有意差が見られ、ヒップグリップ時の値のほうが小さかった。同側/対側と長さの交互作用においては、単純主効果の検定を行ったが交互作用となりうる結果は確認されなかった。

4. 考察

4-1 白杖の長さが Preview に与える影響

本研究は、白杖でタッチテクニックを用いた際の歩行において、白杖の長さが主に Surface-Preview や Object-Preview の観点からの安全性に与える影響に着目し、様々な長さの白杖を用いた際の歩容の比較を行った。

本研究の結果、変数 A) 『接地点と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離』、変数 B) 『チップの軌跡と踏み出した足のつま先との進行方向線上の距離』共にセンターグリップ、ヒップグリップそれぞれで白杖の長さによる主効果が認められ、長さによって接地点とつま先間の距離に差が生じる事が確認された。この事は、白杖が長ければ長いほど身体から遠い位置を白杖で確認し、逆に短ければ短いほど身体に近い位置を白杖で確認することを示している。

ここで特に注目すべきは、一般的に妥当とされている脇の下の長さの白杖 (0%条件) でも変数 A) については踏み越しが生じている点である。このことから、現在処方時の基準となっている長さの白杖でも、情報収集が済んでいない路面に足部が踏み出しており、歩行路面に関する情報収集 (Surface-Preview) が確保されないことが確認された。一方、変数 B) については、-10%の長さでも踏み越しが生じ

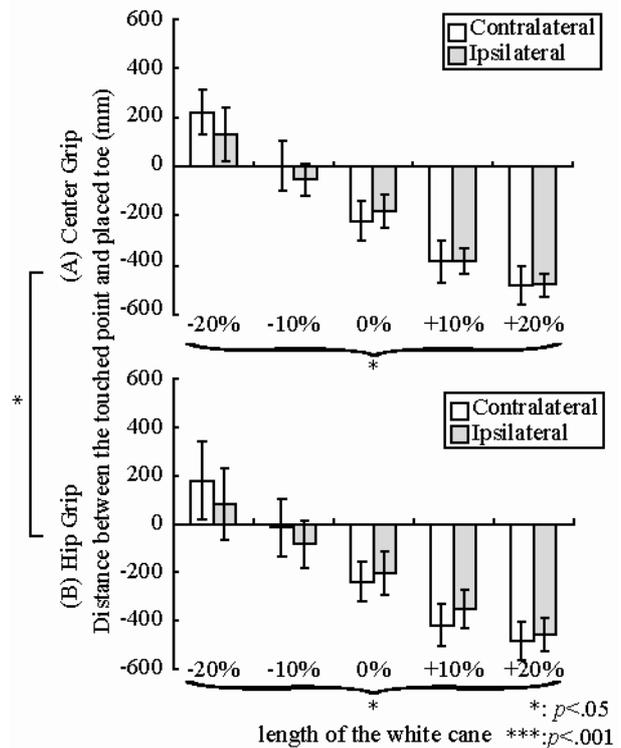


Fig. 3 Distances between the trajectory of tip and toe

なかったことから、現在処方されている白杖の長さは物体検知 (Object-Preview) の観点からは適当であると考えられる。

また適切な白杖の長さは、歩行時の構えに大きく影響を受けることも確認された。本研究では、最も一般的なセンターグリップと、体型や年齢などの理由で用いられることの多いヒップグリップの両者で実験を行ったが、+10%条件の白杖でセンターグリップではグリップと同側・対側ともに踏み越しが生じなかったのに対し、ヒップグリップでは対側の足に踏み越しが確認された。このような傾向は、ヒップグリップの手首の位置によって生じていると考えられる。ヒップグリップには、センターグリップのように身体正中線上ではなく身体側面で白杖を構えるため、対側の振り幅が大きくなり、進行方向に対して左右対称な弧が描かれない。そのため対側の接地点が同側より手前になってしまい、踏み出す可能性が高くなったと考えられる。

白杖を用いた単独歩行時における白杖の役割は、上述の通り 1) 歩行路面に関する情報収集 (Preview)、2) 障害物からの防御 (Defense) 及び 3) 存在の周知 (Identification) の 3 点であり、白杖の処方時にはこれらの項目が十分確保されるように配慮することが重要である。上記項目のうち、Defense に関しては、物体が自身の体にぶつからないように白杖がバンパーの役割を果たすものであり、また Identification については白杖を持つこと自体でその役割は果たせるため、白杖の長さによって影響を受ける項目は Preview のみである。Preview には、路面の有無を確認する Surface-Preview や前方の障害物の有無を確認する Object-Preview の観点があり、チップの接地点と足部の踏み出す位置とは出来る限り近い方がこれらを適切に行えると考えられる。そのため変数 A) に関して最も適した白杖の長さは接地位置とつま先間の距離が 0 となるような長さの白杖であると考えられる。本研究で様々な長さの白杖を用いて実験を行ったところ、接地位置とつま先間の距離が

ちょうど0になるようなものは無かったが、図2よりセンターグリップの場合は0~+10%、ヒップグリップの場合は+10%~+20%の間にそれぞれ適切な長さがあることが示唆された。一方、上述の通り変数B)については通常処方されるものよりも短い-10%条件の白杖でも踏み越しが生じなかったことから、Surface-Preview や Object-Preview の両方の項目を満たす白杖の長さは、センターグリップの場合は現在の基準よりも0~10%程度長いもの、ヒップグリップの場合は10%~20%長いものであると考えられる。

5. 結論

本研究は、フーバーケンテックによる歩行時の適切な白杖の長さとお杖の基本的機能である Preview や Defense の観点における歩行の安全性との関係を調べることを目的とし、モーションキャプチャーシステムを用いた客観的な評価を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

1) 「歩行路面の確認(Surface-Preview)」の観点からは、センターグリップ・ヒップグリップ共に、一般的に妥当とされている長さである「使用者の脇の下までの長さ」では踏み越しが生じ、Surface-Preview が十分確保されない事が確認された。センターグリップなら0~+10%、ヒップグリップなら+10%~+20%の長さでSurface-Preview が確保される事が確認された。

2) 「物体検知(Object-Preview)」の観点からは、センターグリップ・ヒップグリップ共に、一般的に妥当とされている長さである「使用者の脇の下までの長さ」よりも短くてもその-10%までの長さであれば、Object-Preview が確保される事が確認された。

3) これらの結果から、センターグリップでは使用者の脇の下までの長さより0%から+10%の間に、ヒップグリップでは使用者の脇の下までの長さより+10%から+20%の間に適切な長さがあることがそれぞれ示唆された。

以上のことから、これまで視覚障害リハビリテーションの臨床で経験的に使用されてきた「脇の下までの長さ」の白杖はSurface-Preview の観点からは歩行の安全が十分に確保されない可能性があること、そして採用する構えによって適切な長さは異なることが確認された。今後はさらに詳細な検討を進めその結果を臨床現場にフィードバックしていくことで、利用者に適切な長さの白杖が処方され、より安全に歩行の獲得に貢献できるように尽力していきたい。

謝辞

本研究の一部は、交通エコロジー・モビリティ財団より平成20年度「ECOMO 交通バリアフリー研究助成」の支援を受けて行われた。

参考文献

(1) Hill, E. & Ponder, P.: Orientation and Mobility techniques: A guide for the practitioner. New York: American Foundation for the Blind., 1976.

(2) Blasch, B.B., LaGrow, S.J., & De l' Aune, W.R.: Three Aspects of Coverage Provided by the Long Cane: Object, Surface, and Foot-Placement Preview. Journal of Visual Impairment & Blindness, 90, 295-301, 1996.

(3) Blasch, B.B. & Stuckey, K.A.: Accessibility and Mobility of Persons Who Are Visually Impaired: A Historical Analysis. Journal of Visual Impairment & Blindness, 89, 417-422, 1995.

(4) Jacobson, W.: The art and science of teaching

orientation and mobility to persons with visual impairments. New York: American Foundation for the Blind., 1993.

(5) 有限会社ジオム社: 盲人安全杖について. (2008. 12. 9 更新) <<http://www.gandom-aids.co.jp/whitecane.htm>> (2010年7月15日参照)

(6) LaGrow, S.J., Blasch, B.B., & De l' Aune, W.R.: Efficacy of the Touch Technique for Surface and Foot-placement Preview. Journal of Visual Impairment & Blindness, 91, 47-51, 1997.

(7) Bongers, R.M., schellinghouth, R., Grinsven, R.V., & Dmitsman, A.W.: Variables of the Touch Technique That Influence the Safety of Cane Walkers. Journal of Visual Impairment & Blindness, 96, 516-531, 2002.

(8) Uslan, M.M. & Schreiberman, K.: Drop-Off Detection in the Touch Technique. Journal of Visual Impairment & Blindness, 74, 179-182, 1980.