

The page features a decorative design with three overlapping blue circles of varying sizes and shades, arranged in a descending diagonal line from the top right towards the bottom right. Two thin blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the text area.

白杖を科学する

白杖の長さや構えの角度

白杖は路面にどれくらいひっかかるのか？ - 滑り出し角と静止摩擦係数

白杖の長さ、振り幅、歩幅による軌跡の変化

白杖の長さや歩行速度・歩幅

白杖は一本の棒ですが、視覚障害者の歩行のための道具で、自分の体の一部になっています。どのような特徴があるのでしょうか？

日本ライトハウス養成部 田邊正明

2014/08/12

白い杖の由来

「万国共通のあの白い盲人杖は、ライオンズの奉仕の産物である。
1930年、L. ジョージ・A. ボナム(当時イリノイ州ピオリア LC 会長)は、ある日繁華街を歩いているとき、一人の盲人が交通ラッシュの道路を横断しようとして、立ち往生しているのを目撃した。ボナムは「自分は目が不自由なのだと、ドライバーに知らせる方法が何かあるはずだ・・・」と、白い杖を思いついた。クラブはこれを承認、白杖を作り、ピオリア市内の盲人に無料で贈った。市議会では、白杖の持ち主に交差点での優先権を認める条例を可決した。」

ライオンズ国際協会のホームページから抜粋

ライオンズクラブ国際協会について

オークブルックの国際協会事務局は、シカゴのダウンタウンから西へおよそ 30 キロ、空港からは南に 20 数キロの場所に位置している。

事務局は、土曜日、日曜日、祝日を除き、毎日 08:30 から 16:30(時差出勤で一部 08:00 - 16:00)まで開館している。日本の会員が訪問すると、職員が日本語で館内を案内してくれる。



The International Association of Lions Clubs (略称 Lions Clubs International)

300 22nd Street, Oak Brook, Illinois 60523-8842, U.S.A

事務局の電話番号: (630) 571-5466

FAX番号: (630) 571-8890

ホームページ <http://www.lionsclubs.org>

白杖の長さ と 構えの角度

要旨

【目的】日本ライトハウスでは白杖の長さは剣状突起+10cm の長さを基準に作成している。しかし、実際に作成された白杖は基準値を中心にばらつきがあるため、白杖の構えの角度にどのように影響するのかを調査した。

【方法】調査対象者は平成 25 年度および平成 26 年度の日本ライトハウス視覚障害生活訓練等指導者養成課程基礎 I の修了者 25 名。4 月から 9 月までの講習会を通して使用された白杖の石突の摩耗の角度が構えの角度と考えられるので分度器で測定し、白杖の長さの基準値からのずれとの関係を調べる。

【結果】剣状突起+10cm の基準値からのずれの正の最大値は 7.2cm、負の最小値は-7.7cm で、平均は $1.2 \pm 3.48\text{cm}$ であった。石突の摩耗の角度の最大値は 51° 、最小値は 41° 、平均は $44.3 \pm 2.13^\circ$ 、モードは 45° であった。摩耗の角度と杖の長さの基準値からのずれの長さは 5%水準で有意な直線的関係はなかった。

【結論】白杖の長さの基準値からのずれは、白杖の構えの角度に影響しているとは考えられなかった。一方ずれの値に関係なく、石突の摩耗の角度は 45° に近くなる可能性が高かった。白杖の構えの角度を 45° と仮定すると、インステップで障害物を感知するための白杖の長さ(x)は 2 歩幅(a)、肩幅(b)から $x = \sqrt{\frac{(3a)^2 + (2b)^2}{8}}$ で求められた。

【キーワード】白杖の長さ、剣状突起、構えの角度、石突、歩幅

【緒言】白杖の構えかたは腕を前方にのばし、手首を身体を中心になるように構える。腕は腰の高さに位置する。そして手首を中心にして肩幅の範囲で弧を描くように左右に振って歩くのが白杖歩行の基本となるタッチテクニック、スライド法である。地面に接する角度は腕を腰の高さとすると、白杖が長くなればより鋭角になって小さくなり、短くなれば大きくなり、白杖の長さによっては白杖の地面に対する角度が変化すると考えられる。一方白杖を振るという継続的な運動は自然な姿勢をとるために一定の角度に落ち着くとも考えられる。日本ライトハウスでは白杖の長さは剣状突起+10cm の長さを基準に作成しているが、実際に作成された白杖は基準値を中心にはばらつきがあり、白杖の構えの角度にどのように影響するのかを調査した。

【対象と方法】調査対象者は平成 25 年度および平成 26 年度の日本ライトハウス視覚障害生活訓練等指導者養成課程基礎 I の修了者 25 名。使用した白杖は、シャフトがグラスファイバー製、グリップはゴルフグリップ、石突はノーマルチップで構成されている。シャフトの長さは剣状突起+10cm を基準として切断し、グリップ、石突を取り付けた。講習会ではタッチテクニック、スライド法の練習を行った。グリップの握り方は平らな面を上方にして親指を置くことで、左手右手両方で使用しても白杖の接地面が固定されるようにした。白杖の構えの評価は石突の削れ方を参照した。つまり、石突の摩耗の角度が白杖の構えの角度と同値であるとした。4 月から 9 月までの講習会を通して使用された白杖の石突の摩耗の角度を分度器で測定し、白杖の長さの基準値からのずれとの関係を調べた。

【結果】白杖の長さの基準値からのずれと構えの角度の関係は表 1 に示した。剣状突起+10cm の基準値からのずれの正の最大値は 7.2cm、負の最小値は-7.7cm で、平均は $1.2 \pm 3.48\text{cm}$ であり、誤差は $\pm 5.7\%$ 以内であった。石突の摩耗の角度の最大値は 51° 、最小値は 41° 、平均は $44.3 \pm 2.13^\circ$ であった。表 2 の度数分布表から最頻値は 45° であった。図 1 に示した分散図から、摩耗の角度と杖の長さの基準値からのずれの長さは 5%水準で有意な直線的関係はなかった。

表 1. 白杖の長さの基準値からのずれと構えの角度

	角度 (°)	身長 (cm)	剣状突起+ 10cm	白杖の長 さ (cm)	白杖の長さ- (剣状突起 +10cm)	誤差(%)
A	41	171.8	130.0	134.2	4.2	3.2%
B	48	181.6	140.0	141.3	1.3	0.9%
C	45	175.9	136.0	133.7	-2.3	-1.7%
D	45	179.7	136.0	135.8	-0.2	-0.1%
E	42	138.5	106.0	111.7	5.7	5.4%
F	43	170.3	126.0	133.2	7.2	5.7%
G	42	172.0	129.0	132.7	3.7	2.9%
H	44	172.8	135.0	136.2	1.2	0.9%
I	45	156.6	117.0	123.0	6.0	5.1%
J	45	166.5	131.0	127.0	-4.0	-3.1%
K	45	154.0	116.0	116.0	0.0	0.0%
L	44	159.4	125.0	122.0	-3.0	-2.4%
M	45	165.2	129.0	125.0	-4.0	-3.1%
N	43	169.0	130.0	131.0	1.0	0.8%
O	46	170.7	128.0	129.2	1.2	0.9%
P	44	168.8	131.0	125.0	-6.0	-4.6%
Q	45	157.5	125.0	127.0	2.0	1.6%
R	42	160.0	126.0	122.8	-3.2	-2.5%
S	47	151.9	116.0	117.0	1.0	0.9%
T	51	175.5	134.0	133.5	-0.5	-0.4%
U	45	177.8	136.0	130.5	-5.5	-4.0%
H	42	166.0	131.0	128.3	-2.7	-2.1%
I	43	178.6	138.0	134.0	-4.0	-2.9%
J	43	174.0	135.0	127.3	-7.7	-5.7%
K	43	152.6	119.0	123.0	4.0	3.4%
平均	44.3	166.7	128.2	128.0	1.2	-0.04%
標準偏差	2.13	10.32	8.01	6.85	3.48	0.03
不偏標準偏差	2.17	10.53	8.17	6.99	3.61	

表 2. 構えの角度の度数分布

構えの角度	人数
41	1
42	4
43	5
44	3
45	8
46	1
47	1
48	1
49	0
50	0
51	1
合計	25

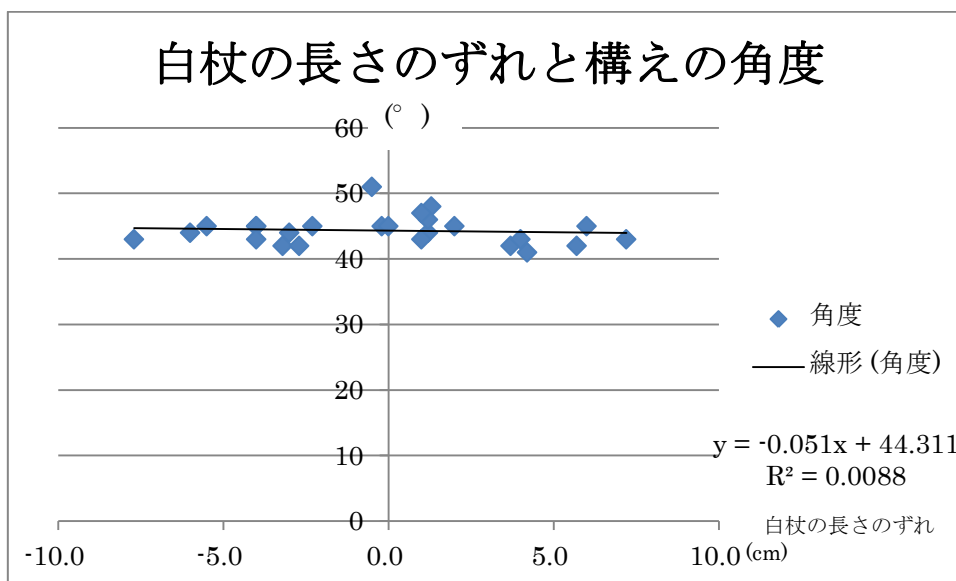


図1. 白杖の長さの基準値からのずれと構えの角度の分散図

【考察】

杖の長さの±5.7%程度の誤差は、白杖の構えの角度に影響しているとは考えられなかった。一方ずれの値に関係なく、タッチテクニックによる石突の摩耗の角度は45°に近くなる可能性が高かった。

白杖の構えの角度を45度と仮定すると、2歩先に白杖がくるようにインステップで歩行するのであれば、白杖の長さは次のようになる。

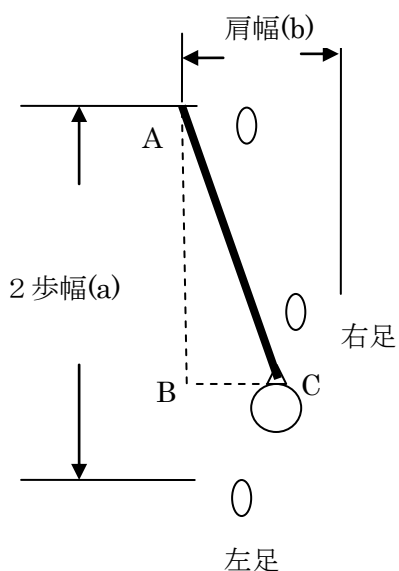


図2. 歩行の様子を上から見たところ

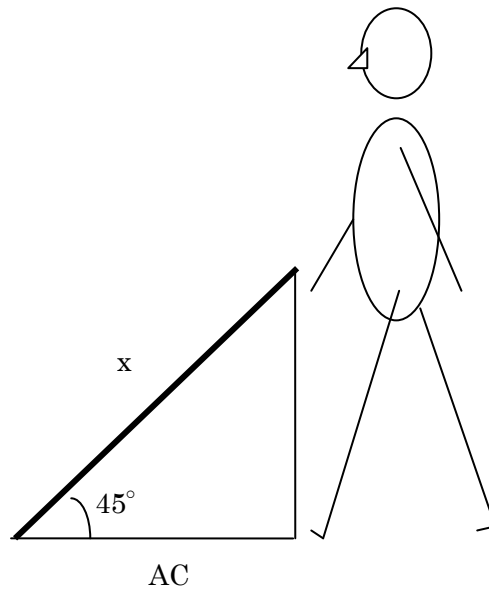


図 3. 歩行の様子を横から見たところ

図 2 より白杖を地面に投影した長さ(AC)を求める。まず、石突(A)、左肩(B)、白杖の回旋中心(C)を頂点とする直角三角形を考える。白杖の回旋中心を一步幅の半分のところと位置すると仮定すると、肩から白杖の石突までの長さ(AB)は $3a/4$ 、肩幅 (b) の半分の長さ(BC)は $b/2$ となる。三平方の定理より、AC は次式で表された。

$$AC = \sqrt{\left(\frac{3a}{4}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} \dots \textcircled{1}$$

図 3 より白杖の長さ(x)は

$$x = \frac{AC}{\cos \theta}$$

$$\theta = 45^\circ, \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{より}$$

$$x = \sqrt{2}AC \dots \textcircled{2}$$

① ②より、

$$x = \sqrt{2} \times \sqrt{\left(\frac{3a}{4}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{(3a)^2 + (2b)^2}{8}}$$

例えば、Jさんを例にとると、2歩幅(a)が110～120cm、肩幅(b)が40cmであった。つまり、白杖の長さは

$$\sqrt{\frac{(3 \times 110)^2 + (2 \times 40)^2}{8}} = 120$$

$$\sqrt{\frac{(3 \times 120)^2 + (2 \times 40)^2}{8}} = 130$$

インステップで120～130cmの白杖を使用することにより、おおよそつま先が位置するところの障害物を石突で感知できることが予想される。

白杖は路面にどれくらい引っかかるのか？

－滑り出し角と静止摩擦係数－

要旨

【目的】白杖は路面を滑らせ障害物に当たったときの振動を知覚する道具であり、石突と路面との間に生じる摩擦に抗する力を加えることにより滑り出す。そこで、数種類の白杖を抽出し、アスファルト及び室内での滑り方を数値化することを検討した。

【対象及び方法】日本ライトハウス製の直杖（石突はスタンダードタイプ）、アドバンテージ（石突はスタンダードタイプ、マシュマロチップ、パームチップ）、マイケーン（石突はティアドロップ）の6種類を比較した。白杖の路面に対する滑り方の比較は壁に白杖を立てかけ、自重によって滑り出すときのシャフトと路面の角度を計測し、静止摩擦係数を求めた。

【結果】アスファルトの滑り出し角はアドバンテージのスタンダードタイプの石突が一番早く45度で、同じスタンダードタイプの石突を装着した日本ライトハウス製白杖も44度とほぼ同値であった。マシュマロチップ42度、パームチップ40度、ローラーチップ38度と続き、マイケーンは35度と滑り出し角は40度に満たなかった。日本ライトハウス屋内廊下における滑り出し角はアドバンテージ、日本ライトハウス共に64度、マシュマロチップ、パームチップは60度と同値で、マイケーンは58度、ローラーチップ57度とアスファルトの路面と同様に低い数値となった。

【考察】マイケーンの滑り出し角が小さい原因は、アスファルトに対する静止摩擦係数は0.68でアドバンテージのマシュマロチップの0.66とほとんど変わらないことから、石突が原因とは考えられなかった。他の白杖がグリップから0.4の位置に重心があるのに対し、マイケーンの白杖の重心の比が0.5であり、重心が中心部に位置することが原因と考えられた。マシュマロチップ、パームチップ、ローラーチップがスタンダードタイプよりも滑り出し角が小さいのは静止摩擦係数がスタンダードタイプよりも高いことが原因と考えられた。

【キーワード】白杖、滑り出し角、静止摩擦係数

【緒言】

高齢者が用いる杖は体重を支えるため、杖は滑らないように静止摩擦係数が高いゴム製のカバーが装着されている。それに対して、視覚障害者用の白杖は路面に一定の角度を保持し滑らせ、前方の障害物に衝突させることにより生じる振動を腕で知覚する、動物の髭のような触角に当たる道具である。路面を滑らせる行為は、路面に対し一定の角度で路面に接する白杖の先端に装着された石突と路面との間に生じる摩擦に抗する力を加えることにより滑り出す。白杖はグリップ、シャフト、石突の 3 つの部品から構成され、それぞれの部品にはさまざまな種類が存在する。グリップはゴムグリップ、カーボングリップかそれ以外の材質、シャフトはグラスファイバー、ブラックカーボン、アルミニウムなどで作られた 1 本の棒であるが、折り畳むために複数部分に分割されたものもある。石突の材質はナイロン、アラミド繊維強化熱可塑性樹脂などで、形状はスタンダード(棒状)タイプ、ティアドロップ(滴)タイプ、マシュマロタイプ、ローラータイプ、クッションが入ったパームチップなどがある。それぞれはさまざまな路面を滑らせることによる触覚の感度を上げるために工夫されており、利用者は感覚的に選択をしている。そこで、数種類の白杖を抽出し、アスファルト及び室内での滑り方を数値化し、どれくらい路面に引っかかるのかを明確にすることを検討した。

【対象及び方法】

比較するために抽出した白杖は、日本ライトハウスで自作している直杖(ゴムグリップ、グラスファイバー製シャフト、石突はナイロン製のスタンダードタイプ)、アドバンテージ(石突はナイロン製のスタンダードタイプ、マシュマロチップ、パームチップ)¹⁾、マイケーン(グリップはカーボン、石突はアラミド繊維強化熱可塑性樹脂製のティアドロップ)²⁾の 6 種類である。白杖の路面に対する滑り方の比較は壁に白杖を立てかけ、自重によって滑り出すときのシャフトと路面の角度(本稿では'滑り出し角'と定義する)を計測した。計測にあたっては壁とグリップの摩擦は考慮せず壁の抗力のみを考えた。滑り落ちる角度は白杖の重心が関与するため、石突の路面に対する滑り方を比較するためには石突と路面の静止摩擦係数を求めた。静止摩擦係数の求め方は次のとおりである。

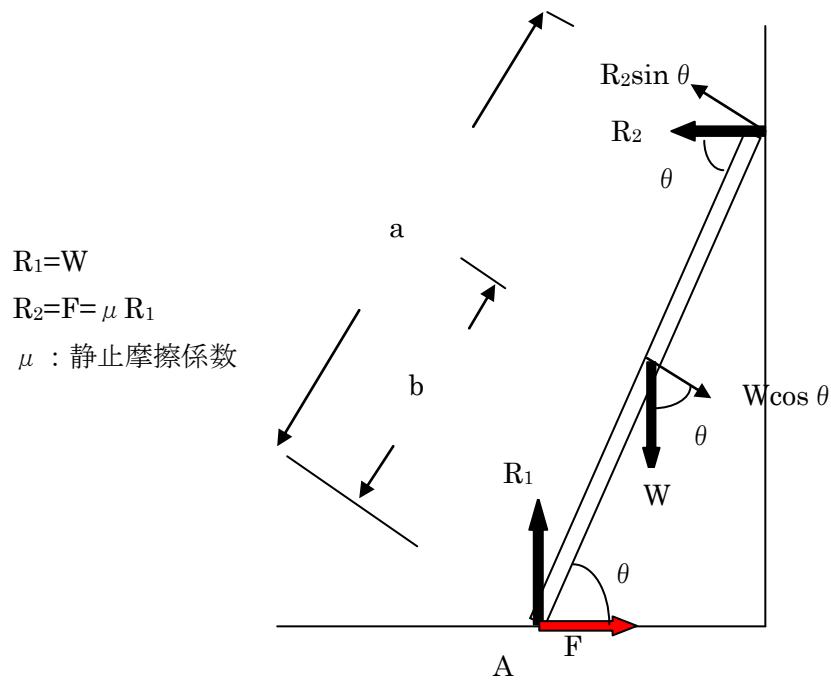


図 1. 白杖をグリップを上にして壁に立てかけた状態

図 1 のように白杖をグリップを上にして壁に立てかけ、滑り始めたときの角度を θ 、壁から受ける抗力を R_2 、白杖の重さを W 、床からの垂直抗力を R_1 、床と石突の間の摩擦力を F 、静止摩擦係数を μ とし、壁は滑らかで白杖と壁の間に摩擦はないと仮定すると、

$$R_1 = W \quad \dots(1)$$

$$R_2 = F = \mu R_1 \quad \dots(2)$$

の関係がある。そして、点 A を回転中心とした力のモーメントのつりあいの式をたてると、

$$R_2 \sin \theta \cdot a = W \cos \theta \cdot b \quad \dots(3)$$

(1)(2)(3)より、

$$\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{Wb}{aR_2}$$

$$\tan \theta = \frac{R_1 b}{a\mu R_1}$$

$$\tan \theta = \frac{b}{a\mu}$$

$$\therefore \mu = \frac{b}{a \tan \theta}$$

【結果】

表 1 に示したように、アスファルトの路面で白杖が自重で滑り始めるときの滑り出し角はアドバンテージのスタンダードタイプの石突が一番早く 45 度で、同じスタンダードタイプの石突を装着した日本ライトハウス製白杖も 44 度とほぼ同値であった。マシュマロチップ 42 度、パームチップ 40 度、ローラーチップ 38 度と続き、マイケーンは 35 度と滑り出し角は 40 度に満たなかった。静止摩擦係数はスタンダードタイプはアドバンテージ 0.63、日本ライトハウス製 0.62 とほぼ同値であった。また、マシュマロチップ 0.66、パームチップ 0.72、ローラーチップ 0.73 であり、これらはスタンダードタイプよりやや滑りにくくなっていた。

日本ライトハウス屋内廊下における滑り出し角はアドバンテージ、日本ライトハウス共に 64 度、マシュマロチップ、パームチップは 60 度と同値で、マイケーンが 58 度、ローラーチップ 57 度とアスファルトの路面と同様に低い数値となった。静止摩擦係数はスタンダードタイプのアドバンテージが 0.31、日本ライトハウス製 0.29。マシュマロチップ 0.34、パームチップ 0.35、ローラーチップ 0.37 であった。マイケーンは 0.30 とスタンダードタイプと変わらなかった。

表 1. 白杖のアスファルト、日本ライトハウス屋内廊下における滑り出し角、静止摩擦係数

アスファルト					
	角度	杖の長さ (a)	グリップから 重心までの長 さ(a-b)	重心の比 (a-b)/a	静止摩擦係数
スタンダード(アドバンテージ)	45	127.0	47.5	0.4	0.63
スタンダード(日本ライトハウス)	44	127.0	51.0	0.4	0.62
マシュマロチップ(アドバンテージ)	42	116.0	47.0	0.4	0.66
パームチップ(アドバンテージ)	40	120.6	47.5	0.4	0.72
ローラーチップ(アドバンテージ)	38	138.0	59.0	0.4	0.73
マイケーン(KOSUGE)	35	140.5	73.5	0.5	0.68
平均					0.67
標準偏差					0.04

日本ライトハウス屋内廊下					
	角度	杖の長さ (a)	グリップから 重心までの長 さ(a-b)	重心の比 (a-b)/a	静止摩擦係数
スタンダード(アドバンテージ)	64	127.0	47.5	0.4	0.31
スタンダード(日本ライトハウス)	64	127.0	51.0	0.4	0.29
マシュマロチップ(アドバンテージ)	60	116.0	47.0	0.4	0.34
パームチップ(アドバンテージ)	60	120.6	47.5	0.4	0.35
ローラーチップ(アドバンテージ)	57	138.0	59.0	0.4	0.37
マイケーン(KOSUGE)	58	140.5	73.5	0.5	0.30
平均					0.33
標準偏差					0.03

【考察】

マイケーンの滑り出し角が小さい原因は、アスファルトに対する静止摩擦係数は 0.68 でアドバンテージのマシュマロチップの 0.66 とほとんど変わらないことから、石突が原因とは考えられなかった。他の白杖がグリップから 0.4 の位置に重心があるのに対し、マイケーンの白杖の重心の比が 0.5 であり、重心が中心部に位置することが原因と考えられた。マシュマロチップ、パームチップ、ローラーチップがスタンダードタイプよりも滑り出し角が小さいのは静止摩擦係数がスタンダードタイプよりも高いことが原因と考えられたが、材質の違いは確認できなかった。

石突のアスファルトに対する静止摩擦係数の平均値は 0.67 ± 0.04 となり、乾いたアスファルトとタイヤの静止摩擦係数の 0.7 にほぼ近いものとなった。つまり、石突による進行方向への路面の滑りには大きな違いはないと考えられた。日本ライトハウス屋内廊下における静止摩擦係数の平均値は 0.33 ± 0.03 で、床材の材質は不明であるがナイロンとナイロンの静止摩擦係数が 0.15~0.25、ゴムとゴムの静止摩擦係数が 0.5 であることからビニール系の資材が使われていると思われた³⁾。

ローラーチップは、横方向の摩擦に関しては左右に振る時には回転するため静止摩擦係数はゼロに近くなると考えられる。しかし、アスファルト面に対する滑り出し角が 38 度、進行方向の静止摩擦係数が 0.73 であることから、白杖に加える進行方向の力はスタンダードタイプよりも大きくなると考えられた。パームチップの滑り出し角は 40 度、静止摩擦係数は 0.72 とスタンダードタイプよりも滑りにくいが、力を受けた方向に石突が可動するため衝撃が弱まり、自動車などに使われているショックアブソーバーのように、引っかかった衝撃を吸収し引っかかりの感覚をなくしていると考えられた。

参考ホームページ

- 1) ジオム社 : <http://www.gandom-aids.co.jp>, 参照日 2013/12/23
- 2) 株式会社 KOSUGE : <http://www.kosuge.co/technical.html>, 参照日 2013/12/23
- 3) Labnotes co.ltd : <http://www.labnotes.jp/pdf2/friction.pdf>, 参照日 2013/12/23

白杖の長さ、振り幅、歩幅による軌跡の変化

要旨

【目的】視覚障害者の白杖は体の正中線上で左右に振って使用するが、白杖の長さ、振り幅、歩幅によってどのように軌跡が変化し、障害物の探知に影響しているかを、シミュレーションを描くことにより調査する。

【方法】視覚障害者の白杖は体の正中線に回旋中心を置いて左右に振子のよう振って歩く。振子の単振動が \cos カーブで表せるのに対し、白杖の石突の軌跡は地面への射影が描く円弧の $\text{sag}(\angle x)$ の長さだけ \cos カーブより進行方向へ移動する。白杖の長さを R 、肩幅/2 を A 、距離を x 、振り幅を y 、2 歩幅を λ 、2 歩幅の周期を T 、時間を t としたとき

$$\Delta x = \sqrt{r^2 - \left(A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)^2} - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}$$
 となり、白杖の軌跡は $y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x - \Delta x}{\lambda}\right)$

で表された。この式を用い、白杖の長さは 127cm と 100cm、2 歩幅は 120cm と 60cm、肩幅/2 は 40cm と 20cm で比較し、8 通りの石突の軌跡と白杖の動きをプロットした。

【結果】肩幅で規定の白杖を振った場合はほぼきれいな \cos カーブを描いた。それ以外の条件では白杖を振り切った部分で前方に石突が移動するような軌跡を描いた。前方へ突き出す程度は同じ長さの白杖であれば、①2 歩幅 120cm、肩幅/2 が 20cm、②2 歩幅 60cm、肩幅/2 が 20cm、③2 歩幅 120cm、肩幅/2 が 40cm、④2 歩幅 60cm、肩幅/2 が 40cm の順に大きくなった。白杖が 127cm から 100cm になると、2 歩幅、肩幅/2 の値が同様の場合で、白杖を振り切ったところでより前方に突き出ている。

【結論】同じ長さの白杖を持っていても、太った人と痩せた利用者では肩幅が違うために、太った人のほうが杖を振りきったところで障害物に当たる場面が多くなることが予測された。また、駅構内などで、歩幅を狭くした場合や、杖を短く持った場合でも同様のことが予測された。

【キーワード】白杖の長さ、振り幅、歩幅、肩幅、軌跡

【緒言】 視覚障害者の白杖は体の正中線上で左右に振って使用するが、白杖の長さ、振り幅、歩幅によってどのように軌跡が変化し、障害物の探知に影響しているかを、シミュレーションを描くことにより調査する。

【方法】

視覚障害者の白杖は体の正中線に回旋中心を置き、障害物の探知を行うために左右に振りのように振って歩き(スライド法 (constant contact cane technique) やタッチテクニック (two-point touch cane technique))、その軌跡は振子の単振動の軌跡と同様であるが、振子の単振動が cos カーブであらわせるのに対し、図 1 のように白杖の石突の軌跡は地面への射影が描く円弧の sag(Δx)の長さだけ cos カーブより進行方向へ移動する。

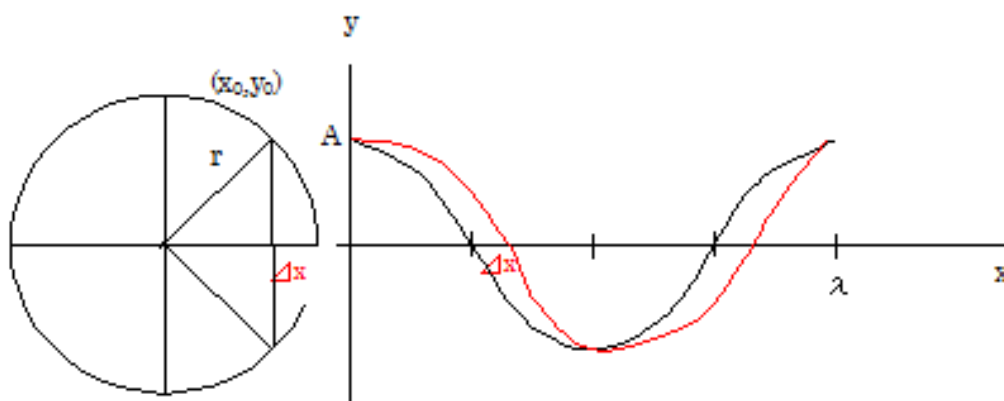


図 1. 静止した状態の白杖の振りと、移動したときの軌跡

白杖の長さを R としたときの地面への射影を r 、肩幅/2 を A 、距離を x 、振り幅を y 、2歩幅を λ 、2歩幅の周期を T 、振り始めの位置を変えるために左端から振ったと仮定したときの経過時間を t とした波動方程式は次の通りである。

静止した状態での白杖の振りを表すと、

$$\begin{aligned} x_0^2 \times y_0^2 &= r^2 \\ x_0^2 &= r^2 - y_0^2 \\ x_0 &= \sqrt{r^2 - y_0^2} \dots (1) \end{aligned}$$

白杖が弧を描かず単振動すると考えたときの振り幅(y_0)は

$$y_0 = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots (2)$$

(1)に(2)を代入すると

$$x_0 = \sqrt{r^2 - \left(A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right)^2} \dots (3)$$

円弧の sag (Δx) は

$$\Delta x = \sqrt{r^2 - \left(A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right)^2} - \sqrt{r^2 - A^2} \dots (4)$$

図 2 のように白杖の長さを R 、地面との角度を 45 度とすると白杖の射影(r)は

$$r = \frac{\sqrt{2}R}{2} \dots (5)$$

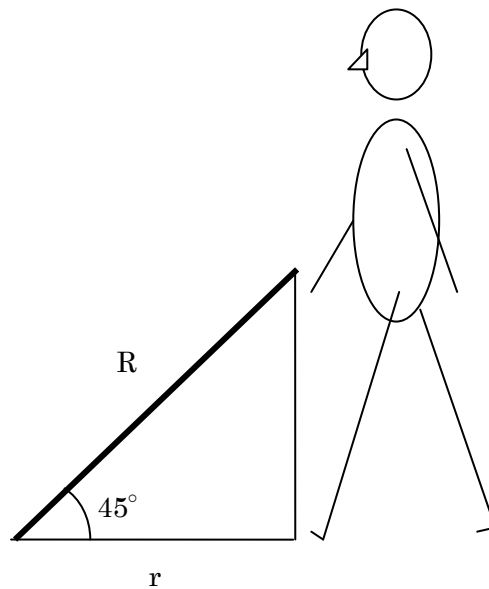


図 2. 白杖の地面への射影

(4)に(5)を代入すると

$$\Delta x = \sqrt{r^2 - \left(A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right)^2} - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2} \right)^2 - A^2} \dots (6)$$

よって、白杖の軌跡(x,y)は(6)を次の式に代入することにより求められる。

$$y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x - \Delta x}{\lambda} \right)$$

ただし、上式を白杖の軌跡に利用するためには

$$0 < x < \frac{\lambda}{2} \text{ の変域において、 } 0 < \Delta x < x$$

となる必要がある。

上式を用い、身長 166.5cm で肩幅/2 が 20cm、127cm の白杖を持っている利用者を想定し、白杖の長さは 127cm と 100cm、2 歩幅は 120cm と 60cm、肩幅/2 は 40cm と 20cm で比較し、8 通りの石突の軌跡と白杖の動きをプロットした。

【結果】

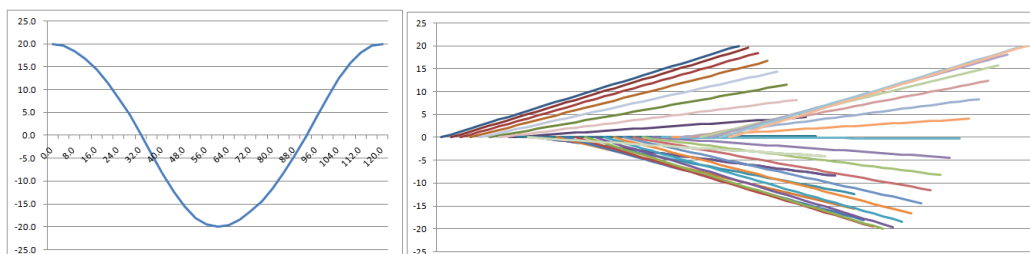
肩幅で規定の白杖を振った場合はほぼきれいな cos カーブを描いた。それ以外の条件では白杖を振り切った部分で前方に石突が移動するような軌跡を描いた。

前方へ突き出す程度は同じ長さの白杖であれば、①2 歩幅 120cm、肩幅/2 が 20cm、②2 歩幅 60cm、肩幅/2 が 20cm、③2 歩幅 120cm、肩幅/2 が 40cm、④2 歩幅 60cm、肩幅/2 が 40cm の順に大きくなった。

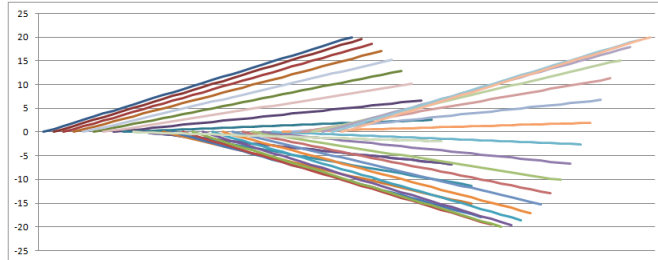
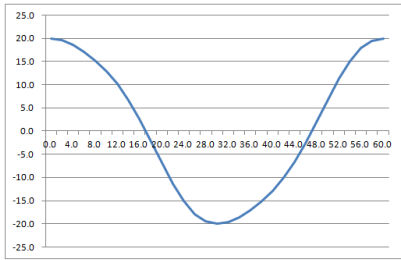
白杖が 127cm から 100cm になると、2 歩幅、肩幅/2 の値が同様の場合で、白杖を振り切ったところでより前方に突き出ている。

1. 127cm の白杖の変化

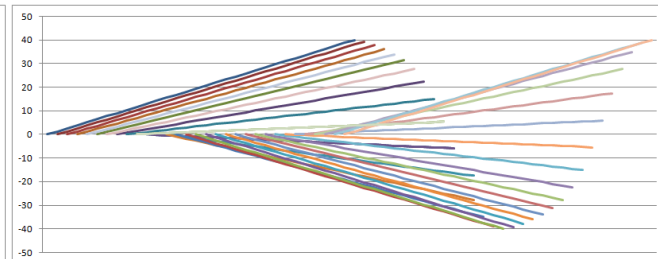
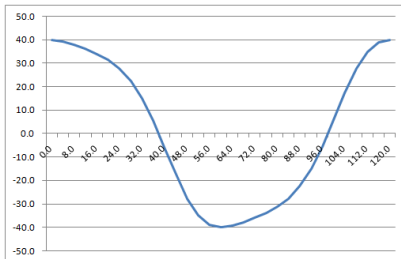
R:杖長	127
t:時間	0
T:2 歩時間	2
λ :2 歩幅	120
A:肩幅/2	20



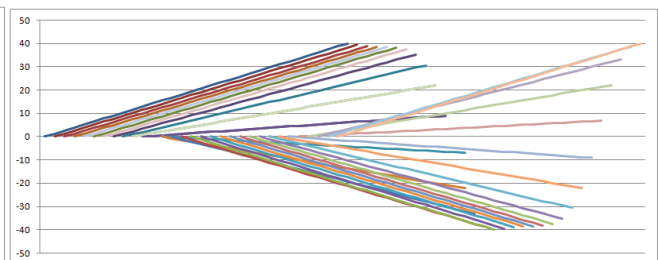
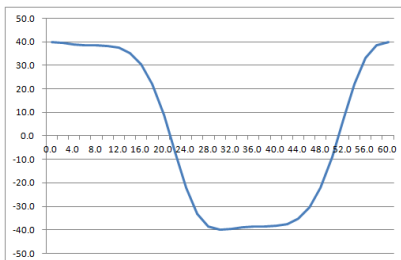
R:杖長	127
t:時間	0
T:2 歩時間	2
λ :2 歩幅	60
A:肩幅/2	20



R:杖長 127
t:時間 0
T:2 歩時間 2
 λ :2 歩幅 120
A:肩幅/2 40



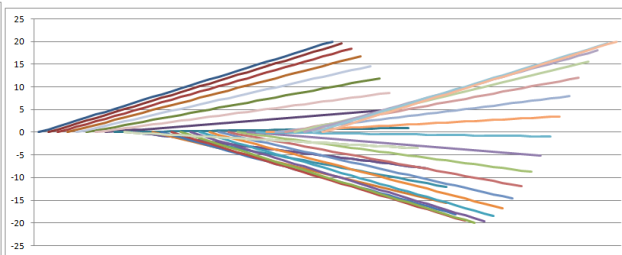
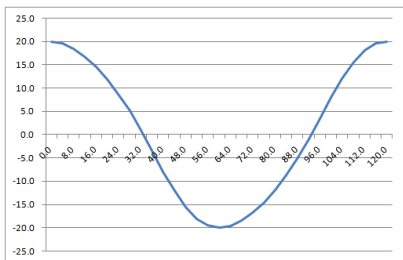
R:杖長 127
t:時間 0
T:2 歩時間 2
 λ :2 歩幅 60
A:肩幅/2 40



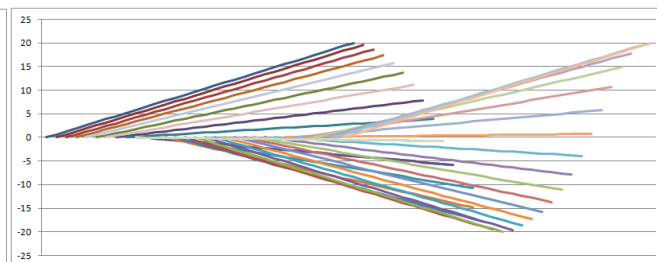
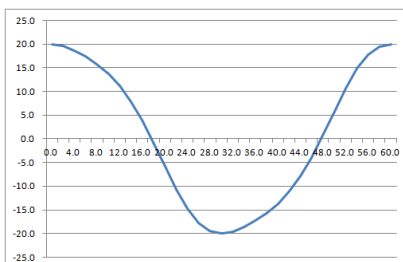
2. 100cm の白杖の変化

R:杖長 100
t:時間 0
T:2 歩時間 2
 λ :2 歩幅 120

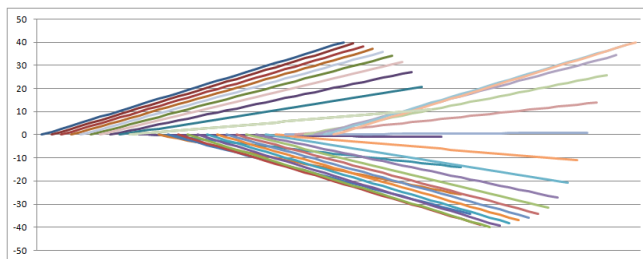
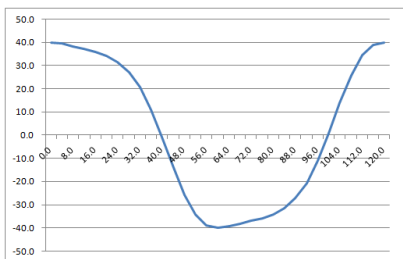
A:肩幅/2 20



R:杖長 100
t:時間 0
T:2 歩時間 2
λ :2 歩幅 60
A:肩幅/2 20

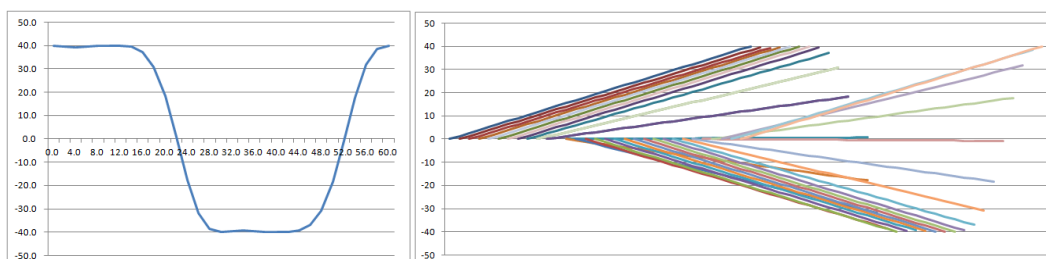


R:杖長 100
t:時間 0
T:2 歩時間 2
λ :2 歩幅 120
A:肩幅/2 40



R:杖長 100
t:時間 0
T:2 歩時間 2

λ : 2 歩幅 60
A: 肩幅/2 40



【考案】

同じ長さの白杖を持っていても、太った人と痩せた利用者では肩幅が違うために、太った人のほうが杖を振りきったところで障害物に当たる場面が多くなることが予測される。また、駅構内などで、歩幅を狭くした場合や、杖を短く持った場合でも同様のことが予測される。

<付記>

「白杖の軌跡」のプログラムのダウンロード URL

<http://lowvision.web.fc2.com/CaneEquation.xlsx>

白杖の長さとは歩行速度・歩幅

日本ライトハウス

田邊正明 森本剛史

要旨

【目的】

白杖は多くの場合利用者の身長に配慮した長さを考慮せずに給付されている。そこで、白杖の長さとは歩行速度・歩幅の関係を調査した。

【対象と方法】

歩行訓練を修了した晴眼者5名にアイマスクをし、110cm と 130cm の2種類の白杖で10mの歩行を行い、歩行速度・歩幅について比較した。

【結果】

110cm と 130cm の白杖で歩行した時の歩行速度の相関係数は $r=0.98$ で有意であったが、平均値は5%水準で有意な差が認められなかった。また歩幅の相関係数は $r=0.88$ で有意であり、平均値は5%水準で有意な差が認められた。つまり長い白杖を使用すると歩幅は広がるが、歩行速度は速くなるとは限らなかった。

【考察】

白杖を短めにすれば歩幅がせまくなり、足底での確認は増加する。歩行速度に関しては、周りの環境を意識して流れに合わせた歩行速度を築く必要がある。

【キーワード】

白杖の長さ、歩行速度、歩幅

【緒言】

通常の杖は足腰が弱くなったために歩行が困難になったときに自分の体を支えるために使用し、利用者の腰の高さで利用するのが一般的である。一方、視覚障害者が使用する白杖は身体の前方に突き出し、左右に振ることによって障害物を感知するものであり、自分の体を支える杖とは使用方法が根本的に異なっている。

視覚障害者が歩行するための補助具としての白杖は1本の円筒状の棒であるが、今や普遍の補助具として認められている。数々の電子機器が開発されても比較的短い期間で消えて行くにも関わらず、白杖の訓練がハインズ軍人病院で始められて以来、その訓練方法などに大きな変化はなく、身体正中線上で体の前方の位置に構えた手首を中心に白杖を左右対称な弧を描いて振る「フーバーケンテック」と呼ばれる操作手法（日本ライトハウスではタッチテックと呼称しており、本稿では以下タッチテックを用いる）が指導されている。杖の持つ位置に関しては手首を正中線上に位置させる場合をセンターグリップ、体型や年齢などの理由から身体側面で構える場合をヒップグリップと呼んでいる（田中・小林・小林、2009）。

しかし、白杖の長さの決め方には、「脇の下までの長さ」、「剣状突起の高さ+5~10cm」「身長から45cm引いた長さ」などの方法が経験的に用いられているにとどまり、現状は製造業者の既製品が福祉の担当者から白い杖であるということだけで長さに関係なく給付されたり、歩行訓練の担当者の経験によって決められている。田中ら（2009）によれば、タッチテックにおける安全性の観点から適当な長さとして、「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」とされている¹⁾。

視覚障害者にとって使いやすく合理的な長さの白杖とはどのようなものかの決定的な定義は未だにないが、速く歩く人は長めの白杖がいいとか、混雑地では通行人に当たらないように短めに持つなどという方法は指導者の経験で言われている。コロンビア大学のSheena Iyengar 教授の白杖などは図1に示したように身長よりも長いものである。晴眼者の歩行に関しては森本ら（1993）により中高年の歩行運動に関して歩行速度やパワーについての研究が開始されているが、視覚障害者の歩行運動に関する研究は見られない。そこで、本稿では白杖の長さの考察を行うために、長さと歩幅・歩行速度にはどのような関係があるのかを、歩行訓練の指導者養成講習を同時期に修了した晴眼者を対象にして実験的に調査したので報告する。



図1 Sheena Iyengar 教授の身長より長い白杖

【対象と方法】

平成 24 年 4 月～平成 24 年 9 月までに日本ライトハウス視覚障害生活訓練等指導者養成課程基礎 I に在籍し、アイマスクを装着して歩行訓練を実施し修了した 5 名を対象に、アイマスクを装着して 110cm と 130cm の白杖を使用して 10m 歩行したときの歩幅、歩行速度を計測し相関関係を調べ、平均値を t 検定した。また被験者の身長と歩行速度、歩幅についても考察した。

実験場所は日本ライトハウスの防水加工シートが敷かれている屋上において 10m の直線コースを設定し、白杖の先端部で接地した場所を出発地点、屋上の壁を到着地点とした。出発前に被験者の歩行の方向を被験者の腕を前方に延ばすことにより定位し、歩行中は前方の壁に晴眼者を配置し肉声の「はい、はい」という声かけを音源として誘導した。歩行速度は出発地点から壁に到着するまでの時間を計測し、歩数は目視で数え、1 歩に満たない場合は小数点以下の数値を繰り上げて 1 歩とした。

被験者が使用する白杖の長さは被験者の身長の最高値が 171.0cm、最小値が 153.0cm であったため、基準の長さをジオム社の基準である「身長から 45cm 引いた長さ」²⁾を採用し、±20%の長さを白杖を処方するときの許容範囲とした。表 1 より被験者の身長の最高値は 171.0cm、最小値は 153.0cm であったため、身長 171cm の被験者の許容範囲は 101cm 以上 151cm 以下、身長 153cm の被験者の許容範囲は 86cm 以上 130cm となった。そこで 101cm 以上 130cm 以下の長さの白杖で該当する 110cm と 130cm のマイケーン 2 種類を比較対象に選んだ (図 2)。

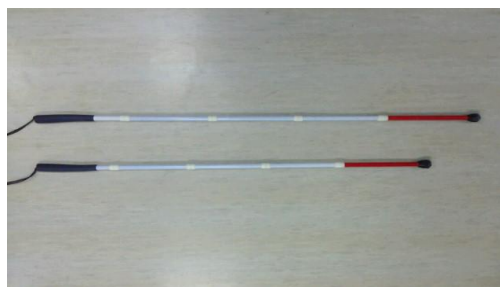


図 2. 110cm と 130cm のマイケーン

【結果】

110cm、130cm の白杖を用いてアイマスクを装着して 10m の歩行を行った 5 名の身長、歩行速度、歩幅の測定結果は表 1、2 の通りである。

表 1. 110cm の白杖を使った時の歩行速度・歩幅

	身長	cm/秒	歩幅(cm)
A	171.0	142.9	58.8
B	158.0	83.3	47.6
C	153.0	71.4	41.7
D	158.0	71.4	45.5
E	166.0	111.1	62.5
平均	161.2	96.0	51.2
標準偏差	6.4	27.5	8.0

表 2. 130cm の白杖を使った時の歩行速度・歩幅

	身長	cm/秒	歩幅(cm)
A	171.0	125.0	66.7
B	158.0	90.9	55.6
C	153.0	76.9	43.5
D	158.0	83.3	55.6
E	166.0	111.1	62.5
平均	161.2	97.5	56.8
標準偏差	6.4	17.9	7.9

身長と歩行速度の散布図は図 3、4 のようになり、相関係数は白杖が 110cm の場合 $r=0.96$ 、130cm の場合は $r=0.99$ と有意であった。

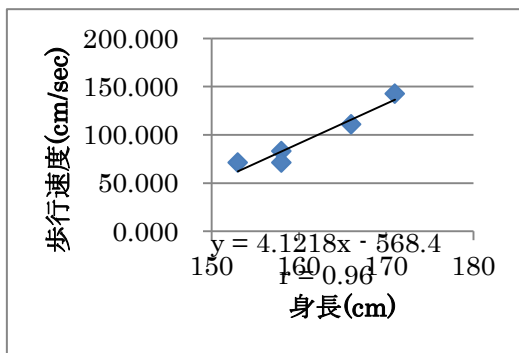


図 3. 110cm の白杖を使ったときの身長と歩行速度

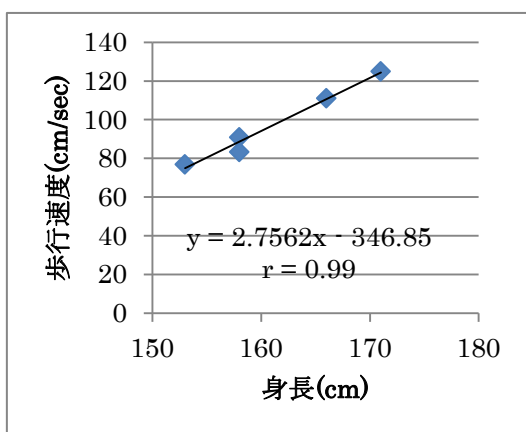


図 4. 130cm の白杖を使ったときの身長と歩行速度

身長と歩幅の散布図は図 5、6 のようになり、相関係数は 110cm の場合 $r=0.92$ 、130cm の場合 $r=0.95$ と有意であった。

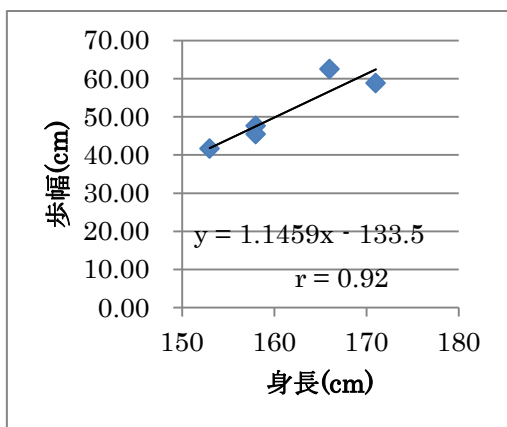


図 5. 110cm の白杖を使ったときの身長と歩幅

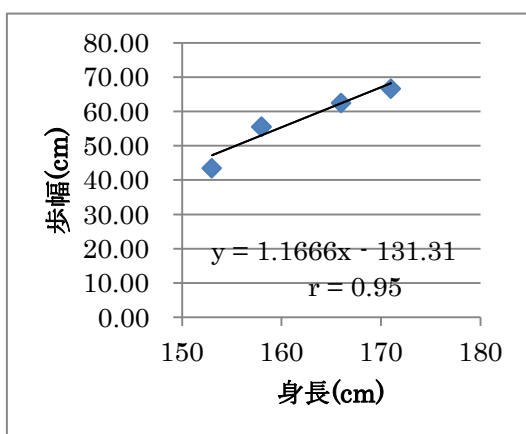


図 6. 130cm の白杖を使ったときの身長と歩幅

110cm の白杖で歩行した時と 130cm の白杖で歩行した時の歩行速度の散布図は図 7 のよ

うになり、相関係数は $r=0.98$ で有意であったが、平均値は 5%水準で有意な差が認められなかった。また歩幅の散布図は図 8 のようになり、相関係数は $r=0.88$ で有意であり、平均値は 5%水準で有意な差が認められた。

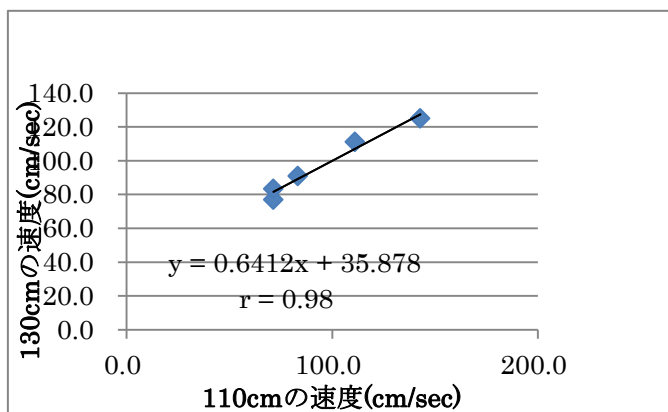


図 7. 110cm と 130cm の白杖を使ったときの歩行速度

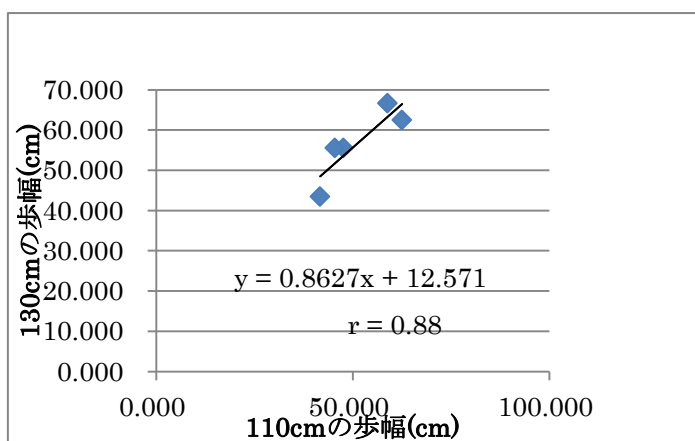


図 8. 110cm と 130cm の白杖を使ったときの歩幅

【考察】

今回の調査では晴眼者で歩行訓練の指導者になるためにアイマスクを装着して 6 カ月の歩行訓練を同じように受講し修了した、健康な男女が対象であった。10m を歩行した結果、110cm 及び 130cm の白杖を使用したときの身長と歩行速度・歩幅の相関係数の値は統計的に有意であり、身長が高くなれば歩行速度、歩幅共に大きくなるといえた。

白杖の長さが 110cm と 130cm におけるそれぞれの歩行速度の相関係数の値が統計的に有意であったということは 110cm で速かった人は 130cm でも速いということである。それぞれの平均値を t 検定した結果は有意な差は認められず、110cm の白杖を使用した時より 130cm の白杖を使用した時の方が必ずしも速くなるとは言えなかった。つまり、歩行速度

は個人的に他の剰余変数が働いていると考えられた。

白杖の長さが110cmと130cmにおける歩幅の相関係数の値が統計的に有意であったということは、110cmで歩幅が広い人は130cmでも広いということである。それぞれの平均値をt検定した結果には有意な差が認められ、110cmを使用した時より130cmの白杖を使用した時の方が歩幅は広くなるといえた。

一方、晴眼者の中高年、高齢者の歩行運動に関する研究では、歩幅と歩調（1分間当たりの歩数）はともに歩行速度の増加とともに増加することが報告されている（森本・淵本・金子、1993；田中・淵本・木村・金子、2003）。正常成人に関しても金子（1982）によれば小祝ら（1961）は図9のように歩行速度が増加すると歩幅が増加すると報告している。しかし、今回の実験では視覚障害者は白杖の長さが長くなると歩幅が増えることが示唆され、晴眼者であれば速度が増加するところが、障害物や路面の探知のために必ずしも増加していないことが分かった。つまり、自由に歩行する場合は歩幅が大きくなれば歩行速度は増加するのが普通の歩行であるにもかかわらず、視覚障害者の場合は白杖を持つことにより晴眼者と同様の自由歩行における歩幅ではなく、白杖の長さによって歩幅が増減し、速度は個人の障害物などへの注意により変化していると考えられた。

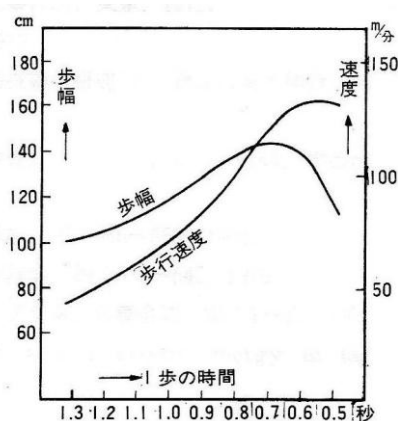


図9. 正常成人の歩幅と歩行速度

では、なぜ白杖の長さにより歩幅が変化するのであろうか。白杖の長さによる振りの周期が歩幅と関係しているとする、歩行せずに自由に振った時の周期に変化があると考えられる。そこで、歩行を行わず静止した状態で3分間自由に白杖を振り振った回数を計測し、1分間に振った回数を求め（表3）、杖の長さによって振る回数に差が出るかを調べた。その結果を5%水準で検定したところ110cmと130cmで振った回数に有意な差は認められなかった。つまり、白杖の長さによる振りの回数は歩幅には無関係と考えられた。白杖の振る回数でないとする、白杖の接地面の位置はどうであろうか。タッチテクニックでは白杖を左に振り先端が接地した位置に左足が接地するように利用者は訓練されることによって、足底の接地位置が前方に移動することが原因と推定してよいのではないかと。

表 3. 静止状態で白杖を 1 分間に振った回数

	110cm	130cm
A	62.3	55.7
B	51.3	50.7
C	51.3	54.3
D	47.0	46.7
E	53.3	57.3
平均	53.1	52.9
標準偏差	5.1	3.8

まとめると、同じ長さの杖を使用しても身長が高い方が歩幅は広く、歩行速度は速くなる。長い白杖を使用すると歩幅は広がるが、歩行速度は個人によって速くなったり、同じであったりとばらつきがある。つまり、路面をしっかりと探りたい場合は短めにすれば歩幅がせまくなり足底での確認も増加することが言えるのではないだろうか。歩行速度に関しては周りの環境を意識して流れに合わせた歩行速度を築く必要があるといえるのではないだろうか。

参考文献

- 1) 田中千尋, 小林吉之, 小林章(2009)タッチテクニックを用いた歩行時の白杖の長さと安全性の関係. 日本生活支援工学会誌, 10, 30-36.
- 2) 有限会社ジオム社: 盲人安全杖について
<<http://www.gandom-aids.co.jp/whitecane.htm>> (参照日 2013 年 5 月 9 日).
- 3) 森本剛史, 淵本隆文, 金子公宥(1993)中高年の自由歩行における「振子効率」とパワー. 日本体育学会誌, 379.
- 4) 田中ひかる, 淵本隆文, 木村みさか, 金子公宥(2003)高齢者の歩行運動における振子モデルのエネルギー変換効率. 体力科学, 621-630.
- 5) 金子公宥(1982)スポーツ・バイオニクス入門. 杏林書院, 34.

White cane

From Wikipedia, the free encyclopedia

"White stick" redirects here. For the community in the United States, see [White Stick, West Virginia](#).



A long cane, the primary mobility tool for the visually impaired

A **white cane** is used by many people who are [blind](#) or [visually impaired](#). Its primary uses are as a mobility tool and as a courtesy to others, but there are at least five varieties, each serving a slightly different need.

Types



An identification cane

- **Long Cane:** This "traditional" white cane, also known as a "Hoover" cane, after Dr. Richard Hoover, is designed primarily as a mobility tool used to detect objects in the path of a user. Cane length depends upon the height of a user, and traditionally extends from the floor to the user's [sternum](#). Some organisations favor the use of much longer canes.^[1]
- **Guide Cane:** This is a shorter cane - generally extending from the floor to the user's waist - with a more limited mobility function. It is used to scan for kerbs and steps. The guide cane can also be used diagonally across the body for protection, warning the user of obstacles immediately ahead.



- **Identification Cane** (or **Symbol Cane** in British English): The ID cane is used primarily to alert others as to the bearer's visual impairment. It is often lighter and shorter than the long cane, and has no use as a mobility tool.
- **Support Cane**: The white support cane is designed primarily to offer physical stability to a visually impaired user. By virtue of its colour, the cane also works as a means of identification. This tool has very limited potential as a mobility device.
- **Kiddie Cane**: This version works the same as an adult's Long Cane but is designed for use by children.

Mobility canes are often made from [aluminium](#), [graphite-reinforced plastic](#) or other [fibre-reinforced plastic](#), and can come with a wide variety of tips depending upon user preference.



Folded long cane

White canes can be either collapsible or straight, with both versions having pros and cons. The [National Federation of the Blind](#) in the United States affirms that the lightness and greater

length of the straight canes allows greater mobility and safety, though collapsible canes can be stored with more ease, giving them advantage in crowded areas such as classrooms and public events. ^{[[citation needed](#)]}

白杖を科学する

Ver.1.4

発行・印刷 日本ライトハウス

大阪市鶴見区今津中2-4-37

