

白杖の長さ、振り幅、歩幅による軌跡の変化

田邊 正明 (日本ライトハウス養成部)

1. 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のかを、波の式を利用してシミュレーションを描くことにより調査する。

2. 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子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))、白杖の石突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 カーブで表せられるのに対し、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 とすると、**図 1** のように白杖の石突の軌跡は地面への射影 (r) が描く円弧と弦の間 (Δx) の長さだけ、肩幅 /2 (A) を振幅の最大値とした cos カーブより進行方向へ移動する。

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 とした波の式は次のようにして導出した。

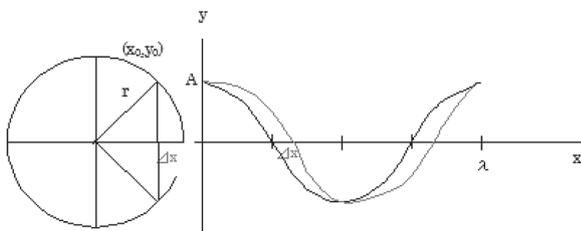


図 1. 静止した状態の白杖の振り (左図) と、移動したときの軌跡 (右図)

r: 白杖の地面への射影、A: 肩幅 /2、x: 距離、y: 振り幅、λ :2 歩幅

静止した状態での白杖の振りを石突の座標 (x₀, y₀) で表すと、

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

白杖が弧を描かず単振動すると考えたときの振り幅 (y₀) は

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

(1) に (2) を代入すると

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

円弧の弦の間 (Δx) は

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

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¹⁾

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

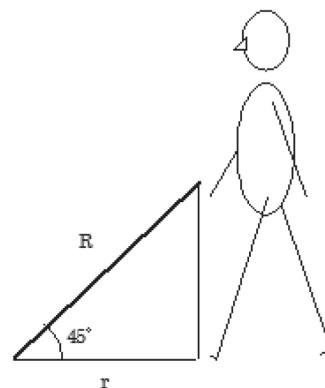


図 2. 白杖の地面への射影

(4) に (5) を代入すると

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

よって、円弧を描きながら移動する白杖の石突の軌跡 (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。

3. 結果

石突の軌跡と、白杖の射影のおおよその動きを 図3 から 図10 に示した。

肩幅が狭い場合はほぼきれいな cos カーブを描いたが、図3と4、図5と6、図7と8、図9と10を比較すると、同じ長さの白杖で歩幅が同じであれば、肩幅が広いほうが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。また、白杖が 127cm から 100cm になると、図3と7、図4と8、図5と9、図6と10を比較すると、歩幅、肩幅の値が同じ場合、白杖を振り切ったところでより前方に石突が移動するような軌跡を描いた。

1. 127cm の白杖の石突と射影の変化

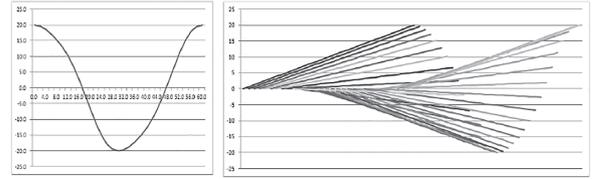


図3. 2 歩幅 : 60cm, 肩幅 /2 : 20cm

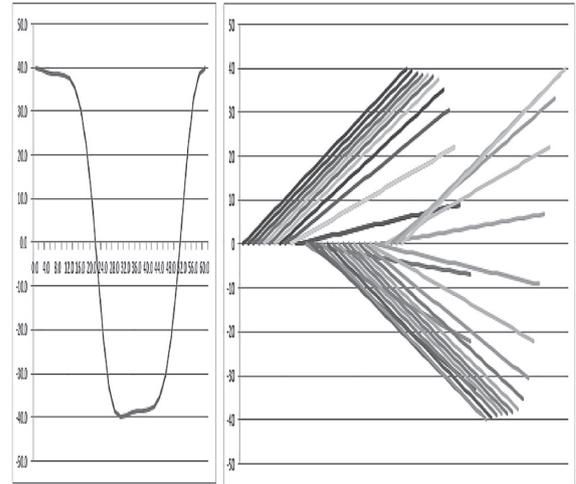


図4. 2 歩幅 : 60cm, 肩幅 /2 : 40cm

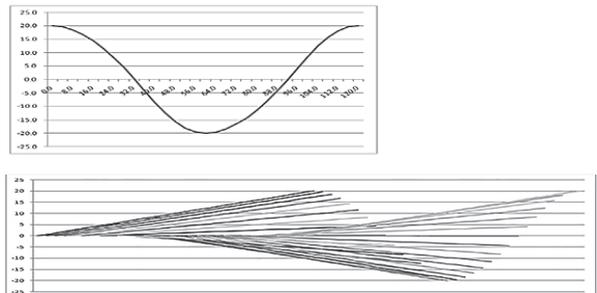


図5. 2 歩幅 : 120cm, 肩幅 /2 : 20cm

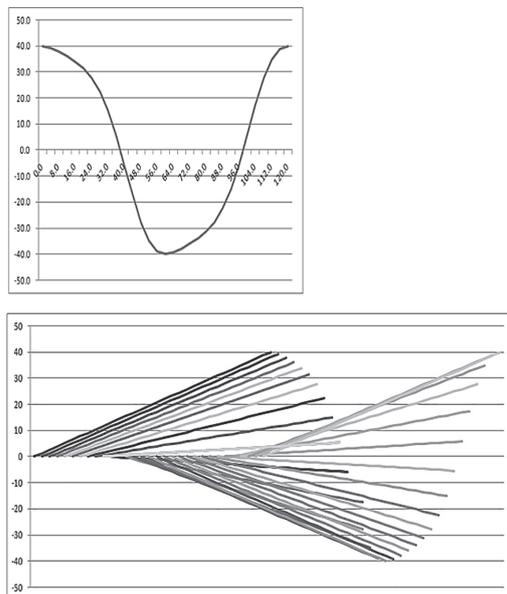


図6. 2 歩幅 : 120cm, 肩幅 /2 : 40cm

2. 100cm の白杖の石突と射影の変化

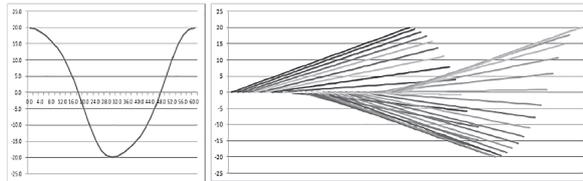


図 7. 2 歩幅 : 60cm、肩幅 /2 : 20cm

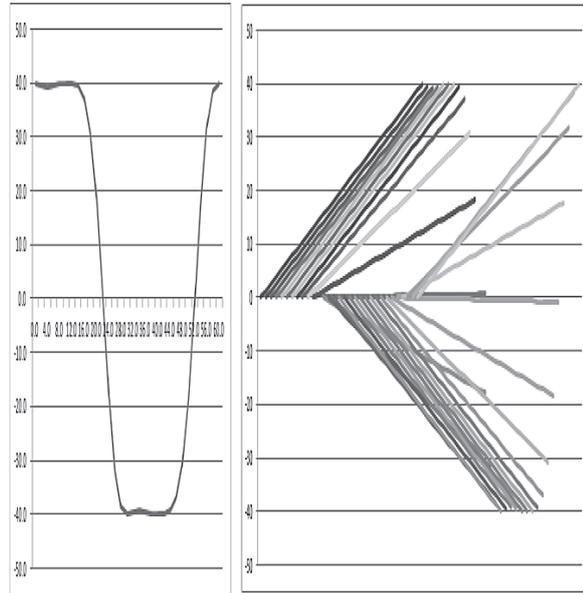


図 8. 2 歩幅 : 60cm、肩幅 /2 : 40cm

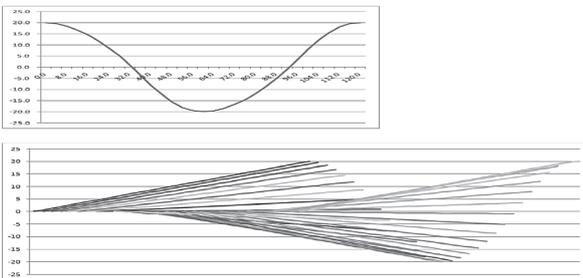


図 9. 2 歩幅 : 120cm、肩幅 /2 : 20cm

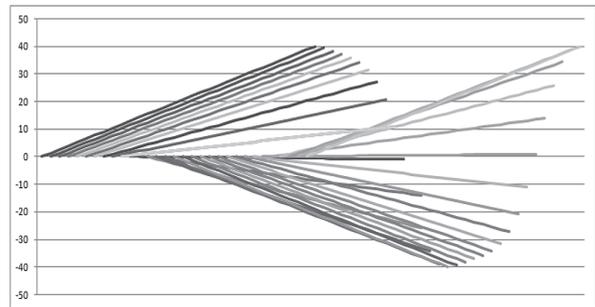
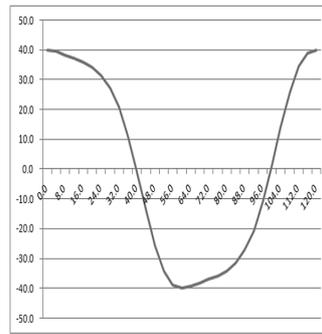


図 10. 2 歩幅 : 120cm、肩幅 /2 : 40cm

4. 考案

同じ長さの白杖を持っていても、肩幅の違いによって白杖の振り幅は異なり、肩幅が広い人の場合は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、杖を短く持った場合でも同様のことが予測される。

歩幅が半分になると壁を伝った場合に壁に当たる回数は2倍になり、伝う部分の確認は増える。また死角になる部分の面積も小さくなると考えられるが、死角部分の面積については次の課題としたい。

文献

- 1) 田邊正明 (2015) 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、長さ構えの角度－. 視覚リハビリテーション研究. 38-43.