白杖の長さ・振り幅・歩幅による死角部分の面積の変化

How does the area white cane cannot touch the object varies in relation to the cane length, swing width and step length?

田邉　正明（日本ライトハウス養成部）

Tadaaki TANABE（The instructor course, Nippon Lighthouse）

要旨：

視覚障害者が使用する白杖は体の前に出し左右に振ることによって障害物を探知するが、前方にある障害物を察知できない死角にあたる部分が生じる。そこで、白杖の長さ・振り幅・歩幅によって死角部分の面積がどのように変化するかを、白杖の石突の軌跡の方程式を利用してシミュレーションしたところ、探知できない面積を少なくするには、歩幅を小さくするか、振り幅を狭くするか、白杖の長さを長くすればよいことが分かった。しかしながら、振り幅を狭くすると左右の大雑把な障害物探知はできなくなってしまうことになる。

キーワード： 白杖の長さ、白杖の振り幅、歩幅、死角部分の面積

1．目的

視覚障害者が使用する白杖は体の前に出し左右に振ることによって障害物を探知するが、前方にある障害物を察知できない死角にあたる部分が生じる。そこで、白杖の長さ・振り幅・歩幅によって死角部分の面積がどのように変化するかを、白杖の石突の軌跡の方程式を利用してシミュレーションすることにより明らかにする。

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く（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 カーブで表せられるのに対し、白杖の石突の軌跡は図１に示したように、A を半径とした単振動の cos カーブより、地面への白杖の射影（r）が描く円弧の sag（⊿ x）の長さだけ進行方向へ移動する。

白杖の長さを R としたときの地面への射影を r、白杖の振り幅の最大値を肩幅として肩幅 /2 を A、進行方向への距離を x、振り幅の変化を 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 とした白杖の石突の軌跡を田邉（2015）による波の基本式で表すと次のようになる。

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

$$\Delta x = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - \left(A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)\right)^2} - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2} \quad \cdots(1)$$

連絡先：tanabe_t@lighthouse.or.jp　受稿：2016/9/29

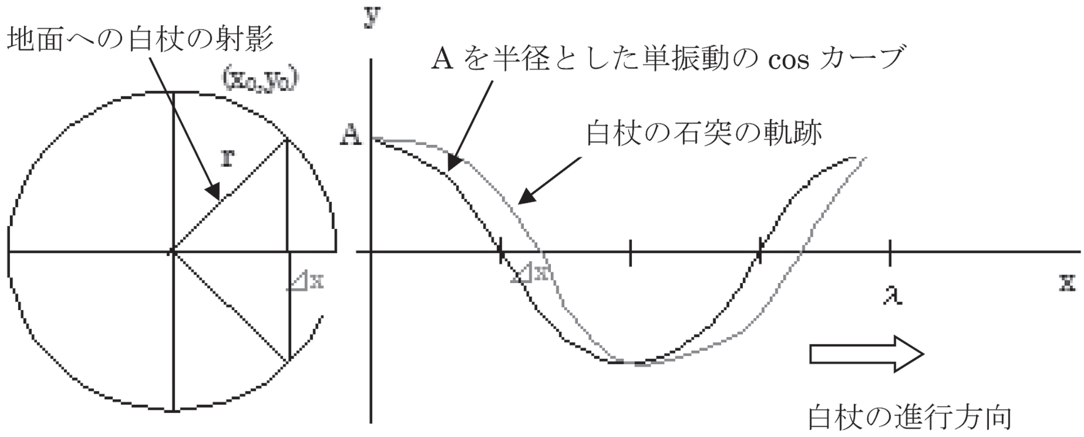

図１　静止した状態の白杖の振りと、移動したときの軌跡
r：白杖の長さをRとしたときの地面への射影、A：肩幅 /2（白杖の振り幅の最大値を肩幅とする）、x：進行方向への距離をx、y：振り幅の変化、λ：２歩幅、T：２歩幅の周期、t：左端から白杖を振ったときの経過時間

ただし、上式を白杖の石突の軌跡に利用するためには、

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

白杖の長さを 130cm、歩幅を 110cm、振り幅を 40cm とした場合の白杖の射影の軌跡は図２のようになり、杖が障害物に当たらない部分があることが分かる（田邉，2014)。

図２をもとに、死角にあたる部分の面積を求めるために石突の軌跡、白杖を振り終ったときの直線をグラフにすると図３のようになった。

白杖を振り終った場所での白杖の射影 DC の直線の方程式 y=ax-b の傾き (a) と切片 (b) は次の通りであり、

切片 b

$$\lambda - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2} : \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2} = b : A$$

$$b = \frac{A\left(\lambda - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}}$$

傾き a

$$a = \frac{A}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}}$$

つまり、直線の方程式は

$$y = \frac{Ax}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}} - \frac{A\left(\lambda - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}}$$

・・・(2)

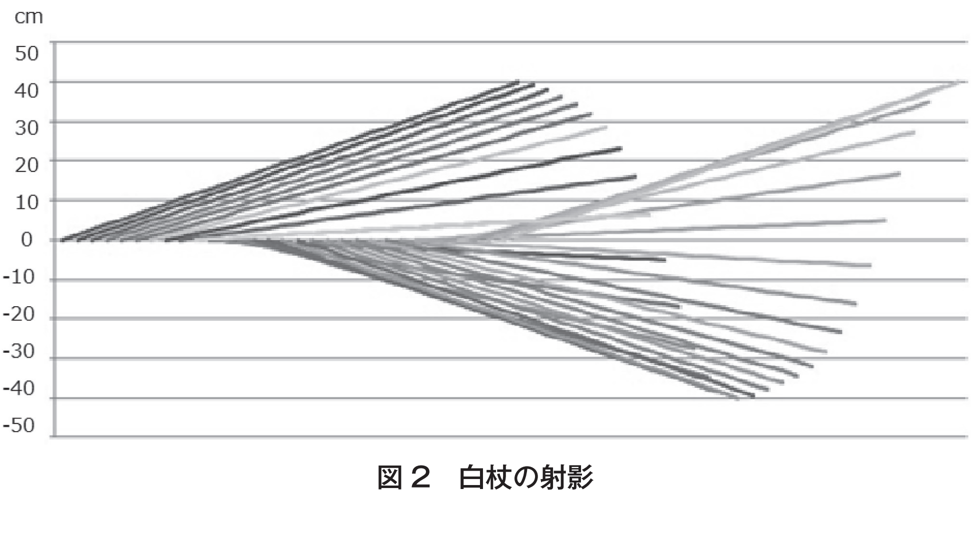

図２　白杖の射影

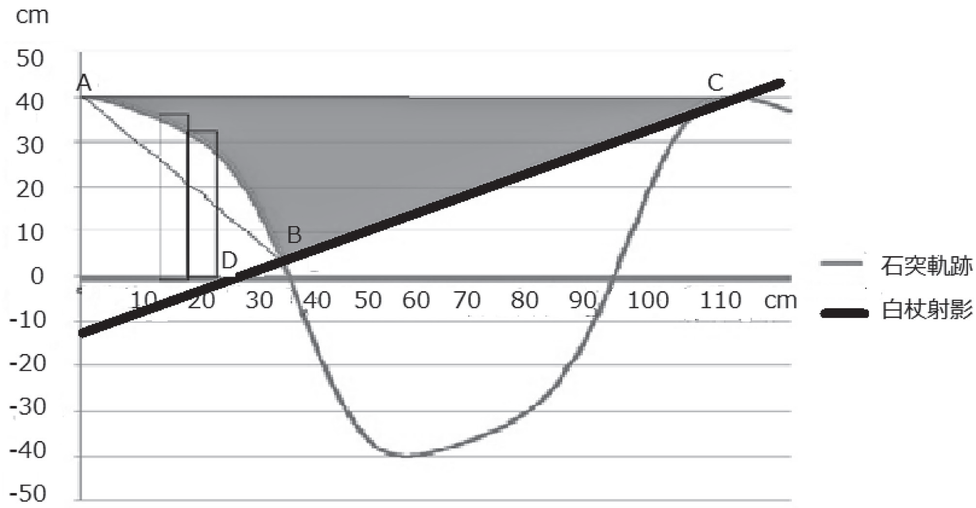

図３　死角に当たる部分の面積

よって、死角に当たる部分の面積は、図３に示したように三角形 ABC から AB を弦とした弓型を引いた面積となり、式（1）、式（2）を利用して面積の計算を行った。弓型の部分の面積は細かい長方形の部分に分割した面積を合計して求めた。

３．結果

白杖の長さ、歩幅、肩幅 /2 の数値のうち２つを定数とし、ひとつを変数としてグラフ化した。定数は白杖の長さを 130cm、歩幅を 110cm、肩幅 /2 を 40cm とした。

杖の長さと肩幅を一定にして歩幅を変化させた場合の死角に当たる部分の面積の変化は図４のようになり、死角部分の面積は歩幅に対して正の相関があった。

肩幅と歩幅を一定にし、杖の長さを変化させた場合の死角部分の面積の変化は図５のようになり、死角部分の面積は杖の長さに対して負の相関があった。

白杖の長さと歩幅を一定にし、肩幅を変化させた場合の死角部分の面積の変化は図６のようになり、死角部分の面積は肩幅に正の相関があった。

４．考案

白杖を振った範囲内で障害物を探知できない場所を比較した場合、探知できない面積を少なくするには、歩幅を小さくするか、振り幅を狭くするか、白杖の長さを長くすればよいことが

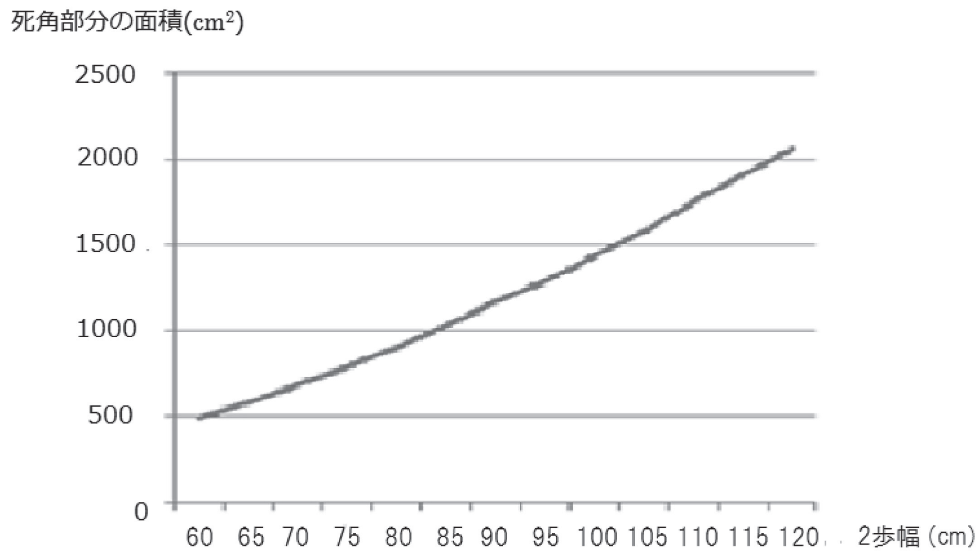

図４　歩幅を変化させた場合の死角の部分の面積の変化
白杖 :130cm，肩幅 /2:40cm

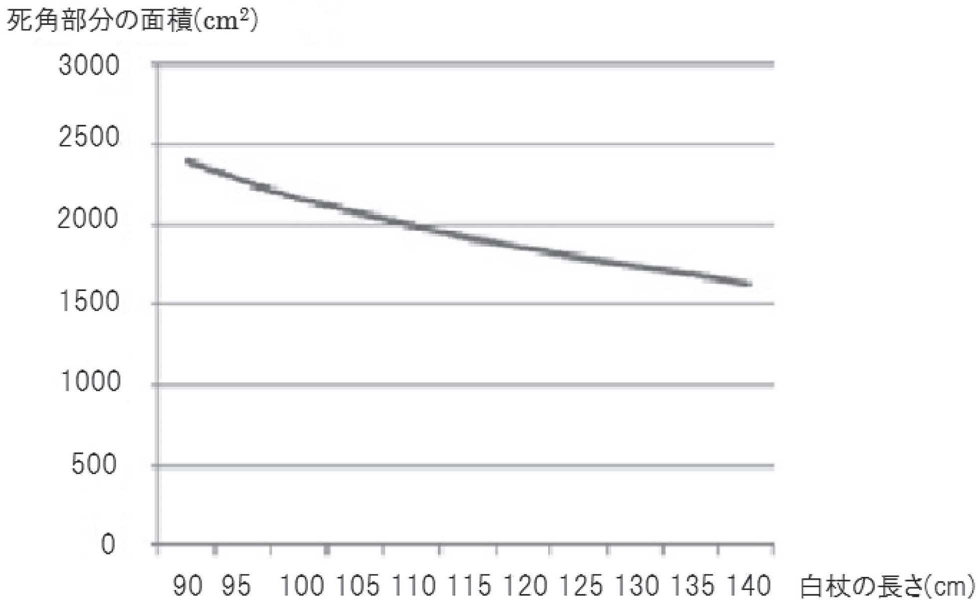

図５　杖の長さを変化させた場合の死角部分の面積の変化
肩幅 /2:40cm、２歩幅 :110cm

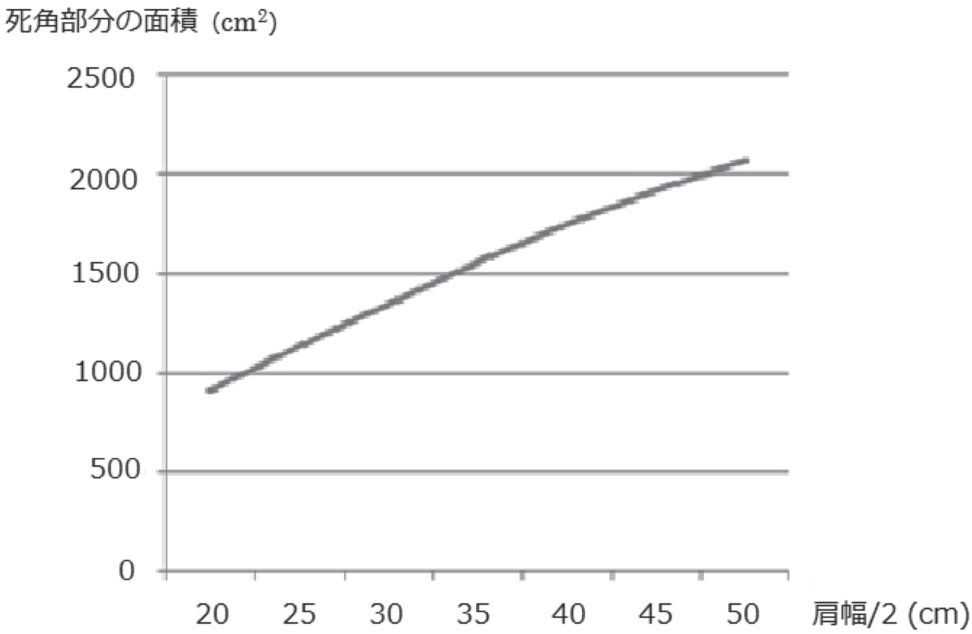

図６　肩幅を変化させた場合の死角部分の面積の変化
白杖の長さ：130cm、２歩幅：110cm

分かった。しかしながら、振り幅を狭くすると左右の大雑把な障害物探知はできなくなってしまうことは否めない。

文献

1）田邉正明（2015）白杖の長さ，振り幅，歩幅による軌跡の変化．視覚リハビリテーション研究，第５巻第１号，19-21.

2）田邉（2014）Cane Equation, http://lowvision.web.fc2.com/CaneEquation.xlsx（2014/2/2）