

白杖の長さ、振り幅、歩幅による死角部分の面積の変化

○ 日本ライトハウス養成部 田邊正明

【目的】

視覚障害者の白杖は左右に振って障害物を探知するために、障害物に白杖が当たらない死角に当たる部分が生じる。白杖の長さ、振り幅、歩幅によって死角に当たる部分の面積がどのように変化するのかを、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調査する。

【対象及び方法】

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肩幅の範囲で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))、そ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、図1のようにそ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。

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、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波の基本式で表すと次のようになった。

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

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

ただし、上式を白杖の軌跡に利用するためには

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

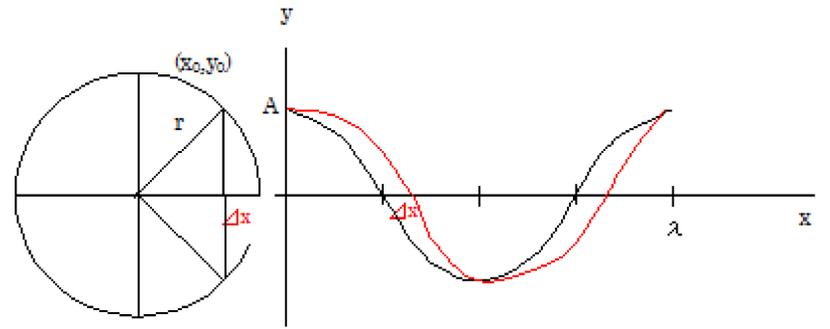


図1. 静止した状態の白杖の振り、移動したときの軌跡

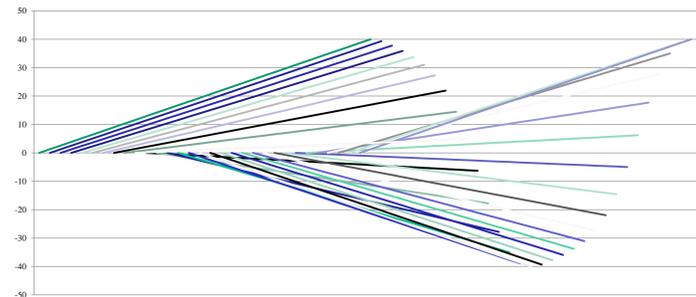


図2. 白杖の地面への射影

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の通りであり、杖が障害物に当たらない部分があることが分かる。

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る。弓型の部分の面積は図に示したように細かい長方形の部分に分割した面積を合計して求めた。

白杖を振り切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)は次のようにして求めた。

$$\begin{aligned} \text{切片 } b &= \lambda - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2} : \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2} = b : A \\ b &= \frac{A \left(\lambda - \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2} \right)}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}} \\ \text{傾き } a &= \frac{A}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}R}{2}\right)^2 - A^2}} \end{aligned}$$

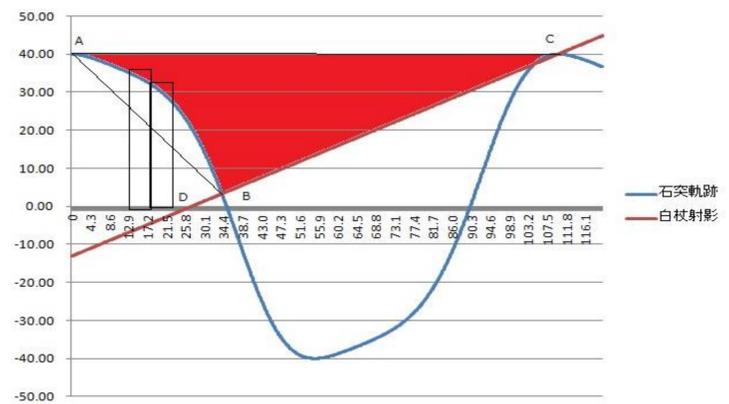


図3. 歩行の様子を上から見たところ

【結果】

図4から杖の長さや肩幅を一定にした場合、死角部分の面積は歩幅に対して正の相関があった。図5から、肩幅と歩幅を一定にした場合、死角部分の面積は杖の長さに対して負の相関があった。図6から、白杖の長さや歩幅を一定にした場合、死角部分の面積は肩幅に正の相関があった。

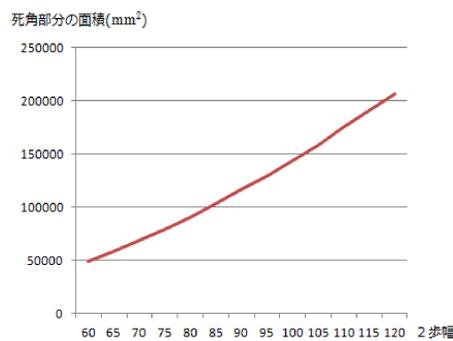


図4 歩幅を変化させた場合の死角の部分の面積の変化
白杖:130cm, 肩幅/2:40cm

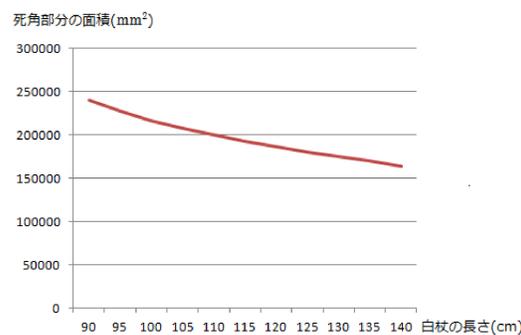


図5 杖の長さを変化させた場合の死角部分の面積の変化
肩幅/2:40cm, 2歩幅:110cm

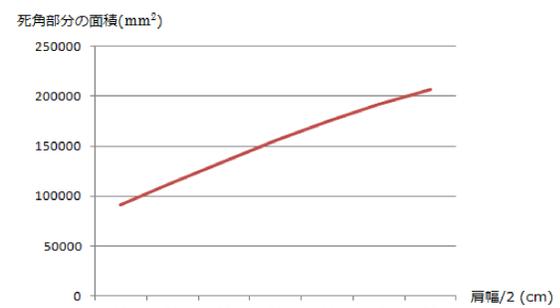


図6 肩幅を変化させた場合の死角部分の面積の変化
白杖の長さ:130cm, 2歩幅:110cm

【考察】

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分かった。ただし、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。