

視覚機能の低下した成人歩行者の抱える問題と支援

川嶋英嗣*

小林 章**

小田浩一***

社会の高齢化に伴い視覚に障害を持ちながら生活をする人口は増加している。まず、視覚の障害が歩行行動にどのようなインパクトがあるのかを先行研究からレビューし、コントラスト感度や視野障害の部位との関係を中心に述べた。次に、白杖や夜間の懐中電灯、歩行訓練、階段の視認性をあげるために段鼻に貼ったテープなどの支援技術についての効果がどのような障害のタイプにどのように出てくるかについて行った実験の結果を述べた。

Problems Experienced by Pedestrians with Visual Impairment and Current Solutions

Hidetsugu KAWASHIMA*

Akira KOBAYASHI**

Koichi ODA***

Along with the aging society, the increasing ratio of population lead a life having visual impairments. Firstly, we reviewed previous research articles concerning the impact of visual impairments on orientation and mobility (O&M) and described the relationship of O&M problems to contrast sensitivity and residual visual field. Secondly we described our original experimental research outcomes on effectiveness of current solutions to O&M problems, including the long canes, flash lights for night walking, O&M training, and colored tapes attached to the edge of stairs to increase visibility of each step.

1. はじめに

人口の高齢化に従って、心身に何らかの障害を持ちながら人生を全うする人の割合は高まってきてい

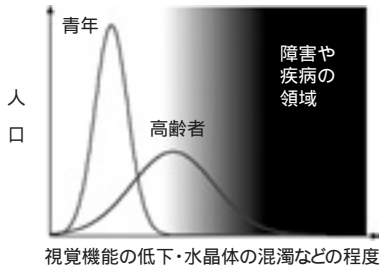
る。

その障害の一つが視覚障害である。障害という概念と健全な状態に対する対立概念として別次元のことと考えるのが大多数の考え方もかもしれない。しかし、Fig.1に示したように、特に高齢者人口を考えた場合、障害のある状態と健全な状態は地続きの連続した状態で、どの人も高齢になるに従い、障害と共に生きる可能性は次第に高まって来る。例えば、白内障は眼の疾病と考えられるかもしれないが、加齢にともなって誰にでも生じてくるレンズの混濁が、日常生活に支障をきたす段階になったものは老人性白内障として診断される。個人差はあっても誰にでもある混濁が、単なる程度問題で、病気や障害と診断されるわけである。程度問題についても、どのような状況で、どのような課題を行うのかによって、そ

* 長寿科学財団 / 東京女子大学コミュニケーション学科
リサーチレジデント
Research Resident, Japan Foundation for Aging and Health, Dept. of Communication, Tokyo Woman's Christian University

** 国立身体障害者リハビリテーションセンター学院主任
教官
Chief Instructor, College Attached to the National Rehabilitation Center for the Disabled

*** 東京女子大学コミュニケーション学科教授
Professor, Dept. of Communication,
Tokyo Woman's Christian University
原稿受理 2002年10月23日



出典) 参考文献1) を引用改変。

Fig.1 視覚機能の低下と高齢者の分布の概念図

れが問題になることもあれば、ならない場合もある。この点も重要である。まだ手術をするほど進行していない段階の白内障は、日中の屋内を移動するときにそれほど支障をきたさないかもしれないが、夜間のドライブなどの別の状況下では、非常に困難を生じるというようなことがありえるわけである。したがって、視覚機能の低下した状態、視覚障害の状態人間がどのように行動に支障をきたすのか、それをどのように支援すればよいかという研究は、自分が障害者ではないと思っている人にとっても重要な研究と考えるべきであろう。

この論文でカバーしようとしているのは、視覚機能が低下した場合に、成人歩行者がどのように移動に困難を生じるのかという研究と、それを支援する方法として伝統的に行われている白杖を活用した移動方法の訓練や、簡単な環境の変更についての実証的研究の成果である。まず視覚機能と歩行者が抱える問題に関する文献レビューを行い、次に支援方法に関する実証研究について述べる。

ここで、少しだけ用語について断り書きをしておきたい。視覚機能の低下した状態を、この論文ではロービジョン(low vision)と呼ぶ。ロービジョンとは、眼鏡による矯正によってもなお日常生活に支障のある視覚の状態を指し、ロービジョンの成人を以下ロービジョン者と呼ぶ。また、視覚に障害があると読み書きと移動が困難になることがよく知られている。歩くことそのものが困難になるというより、Orientation and Mobilityという二つの行動に困難が生じるというのがより適切な理解ということになっている。ただ、伝統的には歩行の困難と言われてきたし、移動の困難を訓練によって解消する方法を歩行訓練、その指導員を歩行訓練士と呼ぶので、本論文でも歩行と書くことにする。

2. 関連文献のレビュー

人間の歩行行動において、例えばさまざまなコントラストの障害物を避ける、階段の段差を発見するなどの歩行の課題で、視覚による情報収集は大きな役割を持っている。眼疾患などのために何らかの形で視覚機能の低下が起こっているロービジョンでは利用できる視覚情報が制限されるため、歩行パフォーマンスは重大な影響を受けている。そこでロービジョンのどのような視機能の低下が歩行パフォーマンスに影響を与えているのか、すなわち人間が視覚による情報収集を行いながら歩行を行うときにどのような視覚情報処理を行っているのかを明らかにすることは、ロービジョン者の歩行を理解するうえで重要である。そしてロービジョン者の歩行訓練をどのように行えばよいのか、さらにはロービジョン者が歩行を行いやすくするためにはどのような工夫を環境に施せばよいのか、ということに直結する課題であるといえる。

ロービジョンの視機能と歩行パフォーマンスの研究はまだ歴史が浅く、蓄積されている知見は僅かである。一連の代表的な研究では、いくつかの視機能の検査を行い、どの視機能検査の結果がロービジョン者の歩行パフォーマンスの成績をよく予測できるのかを調べることで重要な視機能を拾い出す研究手法が用いられている。これらの研究ではロービジョン者の歩行パフォーマンスの測定で、実在の市街地、または人工的に障害物を配置した屋内のコースを歩くのに要した時間、障害物との衝突数などを代表的な測度として用いている。しかしどのようなコースを設定すればよいのか、照度などの環境条件についてスタンダードのルールが存在しているわけではなく、研究の目的に応じて設定されている。さらには研究間で被験者の眼疾患の種類、視機能の状態は必ずしも同一ではないため、先行研究で導き出された結果の解釈には注意が必要となる。

2 - 1 どのような視覚的要因がロービジョン者の歩行に影響を与えているのか？

Marron and Bailey²⁾ はさまざまな眼疾患を有する19名のロービジョン者を対象に、代表的な視機能の測度である視力、視野、コントラスト感度特性(CSF: Contrast Sensitivity Function、以下CSF)と歩行パフォーマンスの関連について調べた。歩行課題は高コントラストの郵便ポストや車道との境界が低コントラストである歩道などから構成されている屋外の歩行トレーニング用のコースと、長さ12m・幅2.4mの廊下に紙で作成した障害物を配置した屋

内のコースが用いられた。歩行パフォーマンスは、被験者がこのコースを歩いたときの障害物との衝突回数、方向を間違えた回数、方向を修正するのに要した時間をもとに評価された。その結果、視野の広さとCSFのピーク感度はそれぞれ歩行パフォーマンスと相関が高く、視力とは相関が低いことがわかった。重回帰分析の結果、Table 1に示すように視野の広さとCSFを組み合わせると最も歩行パフォーマンスとの相関が高く分散の53%を説明することがわかった。この組み合わせに視力を加えても重相関係数はわずかに高くなっただけであった。

この研究では被験者となったロービジョン者の眼疾患の種類は多岐にわたっているが、眼疾患の種類を限定した場合でも同様の結果が得られており、周辺視野欠損のみられる網膜色素変性症の場合^{3,4)}、中心視野欠損のある加齢黄斑変性の場合⁵⁾においても、やはり歩行パフォーマンスと関連する視機能の測度として視野の広さとCSFが重要であることが報告されている。

いくつかの研究では歩行コースを実験室で設定しているが、その利点は照度や障害物の配置などの統制が容易な点にある。しかし、現実の建物の屋内や屋外などの現実空間での歩行では、照度の変化や路面の状態が、歩行環境条件が統制された実験室コースに比べてはるかに複雑であり、コースの長さやランドマークの種類も異なる。このことが歩行パフォーマンスを予測できる視機能について異なる結果をもたらすかを調べるために、統制された実験室で歩行パフォーマンス(所要時間と衝突数)が測定された場合と、屋外の場合とで比較が行われている^{6,7)}。その結果、両コース間の歩行パフォーマンスは相関が高く、どちらの場合でも歩行パフォーマンスをよく予測できる視機能の変数は視野の広さであることが報告されている(この研究では被験者のサンプルの問題か、歩行コースの問題か理由は不明であるがコントラスト感度は歩行パフォーマンスを予測する

変数としては重要ではなかった)。彼らの結果は実験室で得られた結果であっても、現実空間での歩行の場合を反映させることができる可能性を示唆している。

2 - 2 CSFと歩行パフォーマンス

CSF、コントラスト感度特性とは、正弦波を用いたさまざまな振幅の空間周波数(視角1度あたりの明暗の繰り返し数で表され、単位はcycles / degree)について、どれくらい小さい明暗の違いまで検出できるか(最高輝度 - 最低輝度) / (最高輝度 + 最低輝度)で計算される輝度コントラストの検出閾値を測定して、横軸を空間周波数、縦軸をコントラスト感度(コントラスト閾値の逆数)でプロットされる感度曲線である。一般に視覚正常者のCSFでは3 ~ 6 cycles / degreeの中空間周波数帯域の感度を頂点として低空間周波数側と高空間周波数側で感度の低下している山型の形状をしているが、ロービジョン者のCSFプロファイルは同じ視力、眼疾患であっても大きく異なることが報告されている⁸⁾。ロービジョン者のCSFでよく見られるような高空間周波数の感度が低下している場合、その歩行では低空間周波数の刺激、例えば照明のライトが重要な手がかりになることが知られている⁹⁾。視力とは、CSFの中で高コントラストでの高空間周波数の検出限界を表している。ところが歩行場面で検出する障害物などでは低コントラストの低 ~ 中空間周波数成分で構成されている場合が多い。例えば、段差のようなエッジにはディテールの高空間周波数成分だけでなく、大きい低空間周波数成分も含んだ広い帯域にわたる空間周波数成分が含まれている。ロービジョン者の場合は必ずしもピーク感度の空間周波数は視覚正常者と同じにはならないが、エッジ刺激は広い空間周波数帯域の成分で構成されているため、CSFで一番感度のよいピークの感度を使ってエッジの検出を行っているのだと考えられている。

視力ではなく、CSFの低 ~ 中空間周波数帯域のピーク感度が重要であるという知見は、日常生活でよく目にする物体の検出・同定に関するものであり、例えば道路標識、顔、日常用品の検出・同定の成績は視力と相関は高くなく、CSFの低 ~ 中空間周波数の感度が重要であることが報告されている¹⁰⁾。Cornelissen, Bootsma, and Kooijman¹¹⁾は23名のさまざまな眼疾患を持つロービジョン者を対象にどのような視機能の測度が日常用品の検出・同定の成績をよく予測できるか検討を行った結果、CSFのピ

Table 1 歩行パフォーマンスと視覚機能の関連

予測変数	相関係数
ピークコントラスト感度	0.57
視野(%)	0.55
視力(logMAR)	0.07
視野 + ピークコントラスト感度	0.73
ピークコントラスト感度 + 視力	0.57
視野 + 視力	0.55
視野 + ピークコントラスト感度 + 視力	0.74

出典)参考文献1)をもとに改変。

ーク感度が視力よりも成績との相関が高かったことを報告している。また彼らはコントラスト感度曲線の占める面積を表す積分コントラスト感度(integrated contrast sensitivity)がピーク感度よりもさらに相関が高かったことを報告している。これは日常生活で目にする物体はさまざまな大きさやコントラストであるために、特定の空間周波数の感度だけでなく、広い帯域にわたる空間周波数の感度を加味したほうが、最も良く日常用品の検出・同定の成績を予測できるためであると考えられている。

2-3 視野と歩行パフォーマンス

前述したように視野の広さと歩行パフォーマンスとの相関が高さはいくつもの研究が示しているが、視野の部位によってその重要度は異なることが経験的に知られている。歩行においては視力の高い視野中心部で細かい空間情報を得るよりも、視野周辺部で障害物の大まかな形や動きについての情報が重要であり、視野欠損の位置によって歩行への影響は様ではないと考えられている。例えば加齢黄斑変性のように中心視野欠損がある場合よりも、網膜色素変性症のように周辺視野欠損がある場合には、歩行パフォーマンスへの影響は大きいとされている¹²⁾。

Lovie-Kitchen et al.¹³⁾ はさまざまな眼疾患、視野欠損を有するロービジョン者9名を対象として、障害物を配置した実験室コースを用いて、コースを歩く所要時間と障害物との衝突回数と、残存視野の部位との相関を調べている。その結果、中心から37度までの視野と37~58度の左右下方の視野が歩行パフォーマンスと相関が高いという結果が得られた。58度以上の周辺視野よりも37~58度の部位が歩行パフォーマンスと相関が高かったのは、一歩先の路面の情報を得るときに重要であるためだと彼らは解釈している。中心から37度までの視野が歩行において重要な役割を持っている点は、経験的に知られている事実と異なっており、中心視野欠損がある場合でも歩行パフォーマンスが影響を受けることを示唆している。しかし現在のところ中心視野欠損の大きさがどのように歩行パフォーマンスに影響しているか詳細は不明であり、今後の研究を待たねばならない。

一方でこの実験の結果は比較的視野中心部だけでも歩行ができることも示唆している。Pelli¹⁴⁾ は視覚正常者に周辺視野が欠損して中心視野しか使えない求心性視野狭窄のシミュレーションゴーグルを装着させて障害物を配置した屋内の廊下や、ショッピングモールを歩行させ、所要時間と衝突数を測定し

た。その結果、視野の広さが正常に近い範囲では成績にはほとんど影響がなかったが、ある視野サイズを越えて小さくなると急激に低下していく傾向が得られた。その臨界のサイズは、屋内で4度、ショッピングモールで10度であり、非常に狭い視野で歩行が可能であることを示す結果となった。しかし、Lovie-Kitchen et al. の実験に参加したロービジョン者の結果では、視野の広さが大きく異なっても歩行の所要時間が同じくらいであったり、視野の広さは同程度であっても、視野欠損の部位が異なっていると所要時間に大きな差が生じているケースの存在が報告されている¹³⁾。中心視野欠損の問題も含めて視野欠損の部位・広さと歩行パフォーマンスとの関連については、未知の問題が数多く残されている。

3. 最近の実証研究から得られた知見

すべてのロービジョン者が必ずしも歩行に困難を抱えるわけではない。ロービジョン者の歩行における困難の本質は、全盲者と同様、転倒、転落や衝突などの事故に対する恐怖である。また、不案内な場所にある目的地を確実に発見しなければならない場合、発見に時間を要したり、容易に道に迷ったりすることも問題である。

3-1 周辺視野障害を持つロービジョン者の歩行困難と補償手段

転倒、転落を防止するためには下部周辺の情報が必要であり、衝突を防止するためには主に左右方向の情報が必要になる。従って、周辺視野障害を持つことは、歩行に著しい困難を持つことを意味する。脇道のない平坦な直線道を歩くだけなら、特別な問題は生じないが、段差や階段があり、左右の脇道から人や自転車、車などが往来してくるような道を歩かなければならない場合、周辺視野障害を持つロービジョン者の歩行パフォーマンスは著しく低下する。視野が狭いと足下、進行方向、左右を順番に別々に確認しながら歩かなければならないからである。多くの人は転倒に対する恐怖から主に足下を見て歩く傾向がある。その結果、頭を障害物にぶつけることが多い。不慣れな地域では進行方向を見失うことがある。また、道を横切るように歩く人との衝突を招く。ある程度一定の速さで、進行方向を見失わずに歩くためには、視線をやや遠方に向ける必要がある。視線を上げ、遠方を眺めながら歩くことで、周囲の歩行者や障害物との衝突も防ぐことができる。した



Fig.2 実験に使った歩行コース
 郊外の歩道 住宅街の歩車道の区別のない道路 準繁華街 上り階段 下り階段

がって、足下の情報を何らかの補償手段により獲得すれば、周辺視野障害を持つ人の歩行パフォーマンスが上がると考えられる。

路面の情報を収集するためのもっとも安価で入手しやすい補助具は白杖である。白杖を使うことにより、路面の情報を収集し、前方に対する防御を獲得し、周囲の往来者との衝突を防止することができる。しかし、白杖を使用することには二つの問題点がある。一つは、視覚障害者であることを周囲の人に知られてしまうことである。このことは、視覚障害者を受容しきれないロービジョン者にとっては重大な問題である。もう一つは、確実な防御を獲得し、路面の情報を確実に収集できるようになるためには、ある程度の訓練が必要になることである。

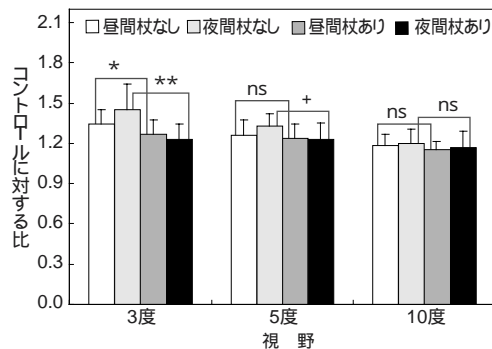
周辺視野障害を生じる代表的な眼疾患として網膜色素変性症がある。この疾患は比較的中心視力が残るため、文字の読み書きはできることも多い。事務仕事をしている限りは晴眼者となんら変わることなく見えることがある。そのような人々は視覚障害者に見られることを嫌い、白杖の使用を躊躇する。また、白杖は使用法を知らなければじゃまな棒に過ぎず、ロービジョン者自らが好んで積極的に持つことは少ない。

1) 白杖歩行訓練の効果

(1)白杖歩行訓練を受けた場合と受けない場合のパフォーマンス差

白杖により歩行者は、周囲に自分が視覚障害者を持っていることを知らせると同時に、腰より下の部位が障害物と衝突することを防ぐ防御の働きと、歩く際に足を踏み出す路面の情報を獲得することができる。白杖歩行訓練とは白杖の三つの機能と、聴覚をはじめとする感覚情報を活用しながら単独歩行を確立するための訓練である。ロービジョン者の場合は残存視覚を活用することで、より安全で効率的な歩行を獲得することが可能になる。

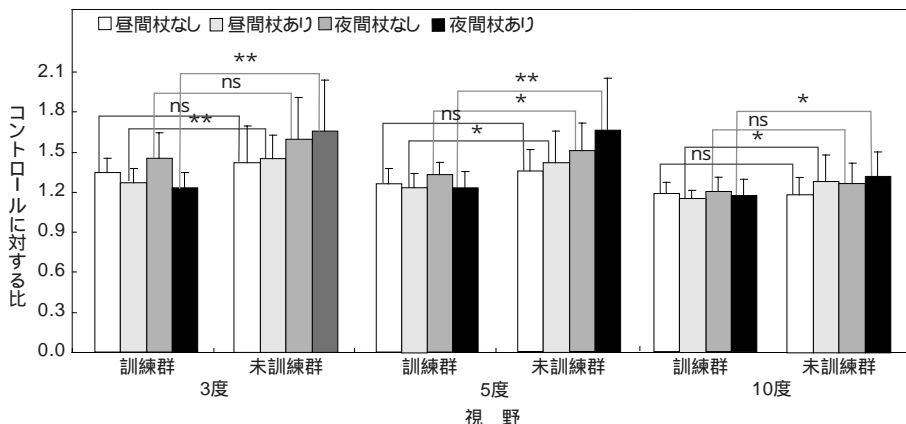
筆者らは、求心性視野狭窄のシミュレーション(視野3度、5度、10度)を着用した晴眼被験者により、白杖歩行訓練の効果を測定した¹³⁻¹⁵⁾。被験



注1) 縦軸はコントロール条件における歩行速度を1とした比率。

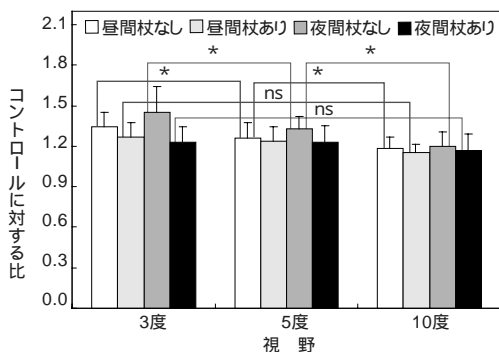
2) **p<.01 *p<.05 +p<.10.

Fig.3 訓練群における視野別の歩行パフォーマンスと視野間のT検定の結果



注1) 縦軸はコントロール条件における歩行速度を1とした比率。
 2) **p< .01 *p< .05.

Fig.4 訓練群と未訓練群の歩行パフォーマンスの差



注1) 縦軸はコントロール条件における歩行速度を1とした比率。
 2) *p< .05.

Fig.5 訓練群における視野別の白杖使用効果

者は白杖歩行訓練を受けたグループ(以下、訓練群)10名(女7名、男3名、平均年齢24.9±2.02歳)と訓練を受けていないグループ(以下、未訓練群)12名(女7名、男5名、平均年齢26.6±3.32歳)に分け、屋外の既知のルート(Fig.2、郊外の歩道、歩車道の区別のない住宅街の道路、準繁華街、上り階段、下り階段を含む約900mのコース)を白杖を使わない条件と使う条件で歩かせた。また、昼間と夜間とでは差があることを仮定し、各被験者に12試行(視野3度5度10度)×(白杖有・無)×(昼間・夜間)歩かせ、それぞれ所要時間を測定した。また、シミュレーションを装着しない状態(健常時の歩行)で2試行させ、シミュレーション装着時の結果を健常時の歩行所要時間に対する比で表した。すなわち、障害を持たない状態での歩行に対して、視野が10度、5度、3度と狭くなったらパフォーマンスはどのように低下す

Table 2 訓練群と未訓練群の歩行パフォーマンスの差の一覧表

	昼間		夜間	
	t値	出現確率	t値	出現確率
白杖なし				
3度	0.801	0.436	1.241	0.231
5度	1.482	0.156	2.744	*0.015
10度	0.019	0.985	1.512	0.145
白杖あり				
3度	2.992	**0.009	3.853	**0.003
5度	2.448	*0.027	3.781	**0.003
10度	2.201	*0.048	2.668	*0.016

注) *p< .05 **p< .01。

るが、障害を持つことで低下したパフォーマンスは白杖を使うことで改善するか、また昼間と夜間とでは歩行速度や白杖の効果に差がみられるかについて検証した。なお、シミュレーション装着時の被験者の視力は0.04~0.05であった。

Fig.3,4,5に歩行所要時間の平均と標準偏差、t検定の結果を合わせて示した。Table 2は訓練群と未訓練群のパフォーマンス(課題コースにおける歩行所要時間、以下同様)の差のt検定結果を一覧にしたものである。検定の結果、白杖を使用した場合の訓練群と未訓練群の歩行所要時間の差はすべての条件(視野3度、5度、10度、昼間、夜間)において有意であった。すなわち、白杖を使わない場合の歩く速度は訓練群も未訓練群も(視野5度の夜を除いて)差がないのに、白杖を使うと訓練群の方が速く歩けると言える。換言すれば、白杖を使って速く歩くためには訓練が必要であると言える。

(2)白杖を使うことの効果

白杖を使うことの目的は、より効率的に安全に歩くことであり、何も道具を使わないより安心して速く歩いて、初めて意味があると言える。ここでは、訓練群のデータについて、三要因分散分析を行った。その結果をTable 3に示した。

a) 時間帯と白杖の関係

時間帯の要因と白杖の要因の間には交互作用が見られ ($F(1,11)=7.95, p<.05$)、白杖を使わない歩行は昼間より夜間の方がパフォーマンスの低下が見られた ($F(1,11)=14.24, p<.01$)。また、白杖を使った場合の歩行と使わない場合の歩行パフォーマンスの差は、昼間より夜間の方が大きかった ($F(1,11)=11.64, p<.01$)。以上のことから、周辺視野障害を持つ人の歩行は昼間より夜間の方が歩行速度が低下するが、白杖を使うことで速度の低下を抑えることができると言える。

b) 視野と白杖の関係

視野の広さと白杖の要因の間には交互作用が見られ ($F(2,22)=11.31, p<.01$)、視野3度の時は1%水準で ($F(1,11)=21.86, p<.01$)、視野5度の時は5%水準で ($F(1,11)=5.13, p<.05$) 白杖を使った方が白杖を使わないよりパフォーマンスが高かった。また、SLD法の多重比較によると白杖を使用しないときの歩行パフォーマンスは、3度、5度、10度の順で高

くなるが ($Mse=4431.59, p<.05$)、白杖を使用するとパフォーマンスの差が見られなかった。以上のことから、視野が10度、5度、3度と狭くなるほど、歩行速度が遅くなるが、白杖を使用することにより視野狭窄による歩行速度低下を補うことができると言える。また、視野狭窄がある場合、視野5度以内の場合は白杖を使った方が速く歩くことができると言える。

2) 周辺視野障害を持つ人への提言

求心性視野狭窄5度以内の人は心理的な負担のみでなく、歩行の効率性自体が低下することになる。白杖歩行訓練を受けることにより、その改善が図れるので、ぜひ受講を勧めたい。また、視野障害だけではなく、網膜色素変性症のように夜盲や、暗順応障害を持つ人の場合はなおさら強く、白杖歩行訓練の受講を勧めたい。

3-2 ロービジョン者に配慮した移動環境

2001年の全国身体障害者実態調査（以下実態調査）によると、日本における視覚障害者の約62%は65歳以上の高齢者である。高齢者が視覚障害になる原因疾患としては糖尿病性網膜症、白内障、緑内障が上位を占める。どの疾患も視力低下を招くとともにコントラスト感度の低下をもたらす、あるいはその可能性をもった疾患であると言える。また、同実態調

Table 3 分散分析ならびに多重比較の結果の一覧表

要因	歩行地域	全行程	郊外の歩道	住宅街	準繁華街	上り階段	下り階段
時間帯*1		p<.01	p<.01	p<.01	p<.05	ns	ns
白杖有無*1		p<.01	p<.05	p<.05	p<.05	p<.05	p<.01
視野*1		p<.01	p<.01	p<.01	p<.01	p<.01	p<.01
時間帯 × 白杖*2		p<.05	p<.01	ns	p<.10	ns	p<.05
白杖使用時の時間帯の影響*3		p<.05	p<.01	ns	ns	ns	p<.10
白杖不使用時の時間帯の影響*3		p<.01	p<.01	ns	p<.05	ns	ns
昼間時における白杖の効果*3		p<.05	ns	ns	ns	ns	ns
夜間時における白杖の効果*3		p<.01	p<.05	ns	p<.05	ns	p<.01
白杖 × 視野*2		p<.01	p<.05	p<.01	p<.05	p<.05	p<.10
3度における白杖効果*3		p<.01	p<.01	p<.01	p<.01	p<.05	p<.05
5度における白杖効果*3		p<.05	p<.10	ns	p<.10	p<.10	p<.05
10度における白杖効果*3		ns	ns	ns	ns	ns	ns
白杖使用時の視野の影響*3		ns	ns	p<.01	p<.01	ns	ns
白杖不使用時の視野の影響*3		p<.01	p<.01	p<.01	p<.01	p<.05	p<.01
白杖使用時の視野間の差*3		ns	ns	10>5>3	5>3>10	ns	ns
白杖不使用時の視野間の差*3		3>5>10	3>5>10	3>5>10	3>5>10	3>5=10	3>5>10
視野 × 時間帯*2		ns	ns	ns	ns	ns	ns
時間帯 × 白杖 × 視野*2		ns	p<.05	ns	ns	ns	ns

注) *1:主効果、*2:交互作用、*3:単純主効果、*4:SLD法による多重比較。

Table 4 被験者の性別・年齢・シミュレーション装着時の視力

No.	性別	年齢	3°	5°	白濁
1	f	25	/	0.27	0.01
2	m	26		0.18	0.01
3	m	22		0.15	0.21
4	f	22		0.06	0.21
5	m	23		0.21	0.18
6	m	27	0.03	/	0.3
7	f	22	0.03		0.21
8	f	22	0.06		0.3
9	m	59	0.006		0.03
平均		27.6	0.124		0.145

注1) 視力は1.5mで測定した。
 2) 被験者1～5は視野5°、6～9は視野3°で測定した。

査によれば身体障害者手帳2級以下の所持者は65.1%であるが、1級に視力0.01が含まれることを考慮すれば、身体障害者手帳を取得した視覚障害者の70%以上はロービジョン者であると推測できる。

ロービジョン者に一番問題になりうる歩行課題は、地表の変化の発見と通過である。コントラスト感が低下したロービジョン者にとって、コントラストのない下り段差や路面の変化を発見することは難しく、転倒、転落の危険を持つ場所であると言える。このようなロービジョン者にとっては、階段の段鼻にコントラストを付けることが有効であると推測される。一段一段の境界線が確実に判別できるからである。筆者らは階段の踏面と段鼻のコントラストを変化させ、ロービジョン者にとっての通過しやすさを比較検討した¹⁸⁾。

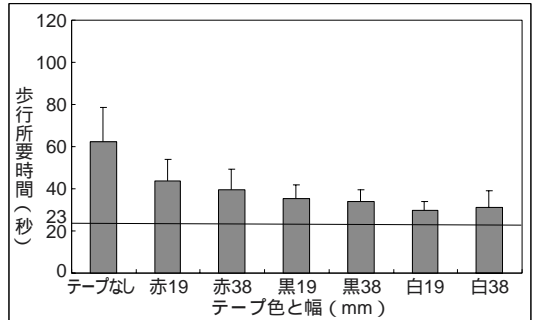
1) 被験者と歩行環境

被験者はシミュレーションを装着した健常者9名とした。シミュレーションの内容は透光体混濁および求心性視野狭窄(5度および3度)プラス視力低下(近視状態にするための凸レンズ+2.5diopterおよび10.0diopter)で、内訳はTable 4のとおりである。実験場所はJR東京駅の自由通路階段を使用した。この階段は真っ直ぐに延びる通路に対して左側に90度の角度で付いており、途中踊り場で180度折り返す形状をした合計28段の階段である。この階段の段鼻に緑から約2cm間隔を空けて、ビニールテープを貼付した。元は踏面が一色の階段であった。使用したビニールテープの色は白黒赤の三種類で、テープの幅は19mm、38mmの二種類とした。各テープのコントラストと視角はTable 5のとおりである。被験者には可能な限りノーマルな速度で、手すりを使わず、視力のみで通過することを求めた。被験者

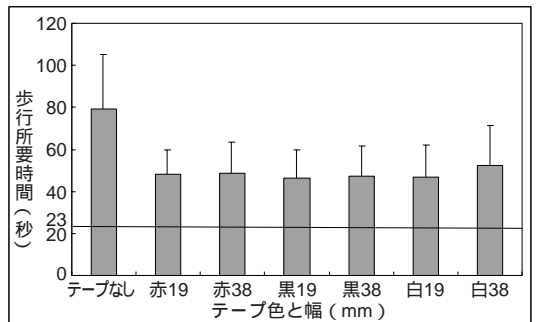
Table 5 段鼻に貼ったテープのコントラスト及びその視角

	白	黒	赤	視角
38mm	64	62.9	21.4	87.1'
19mm	58.8	40.6	29.9	43.5'

注) コントラストの単位は%。



注) 23秒はシミュレーションなしのコントロール条件の平均値。
 Fig.6 透光体混濁シミュレーション時の歩行に対する段鼻に貼ったテープの効果



注) 23秒はシミュレーションなしのコントロール条件の平均値。
 Fig.7 視野狭窄シミュレーション時の歩行に対する段鼻に貼ったテープの効果

には任意の位置からスタートさせ、時間の計測は特定の場所から両足が階段を通過し終わるまでを計測した。

2) 透光体混濁と段鼻のコントラスト効果

Fig.6は、透光体混濁シミュレーション装着時の平均歩行時間と標準偏差を示したものである。テープの幅とコントラストの二要因について分散分析した結果、交互作用が有意傾向であった($F(3, 24) = 2.95, p < .10$)。コントラストに関する単純主効果は、テープ幅が38mm、19mmの両者とも1%水準で有意であった($F(3, 24) = 30.40, p < .01$) ($F(3, 24) = 25.17, p < .01$)。すなわち、踏面が単色の階段の段鼻にコントラストを付けることによって、階段を速く通過できると言える。

またSLD法による多重比較の結果、コントラストの低い赤のテープとコントラストの高い白のテープの間には、歩行速度に差が見られた($p < .05$)。

以上の結果から、透光体混濁をもつロービジョン者の場合、コントラストの高い幅20mm程度のストライプを階段の段鼻に付けることは有効であると推測できる。

3) 求心性視野狭窄と段鼻のコントラスト効果

Fig.7は求心性視野狭窄シミュレーション装着時の平均歩行時間と標準偏差を示したものである。テープの幅とコントラストの二要因について分散分析した結果、交互作用が有意傾向であった($F(3, 24) = 2.79, p < .10$)。コントラストに関する単純主効果は、テープ幅が38mm、19mmの両者とも1%水準で有意であった($F(3, 24) = 23.67, p < .01$) ($F(3, 24) = 26.16, p < .01$)。透光体混濁同様、求心性視野狭窄の場合も踏面が単色の階段の段鼻にコントラストを付けることによって、階段を速く通過できると言える。しかしながら、SLD法による多重比較の結果、コントラストの違いによる歩行速度の差は見られなかった。

以上の結果から、求心性視野狭窄を持つロービジョン者の場合、段鼻にある程度のコントラストを付けることによって歩行パフォーマンスの向上が図れると推測できる。

4) 透光体混濁と求心性視野狭窄のパフォーマンス差

コントラストを歩行環境に貼付する効果は両者に認められたものの、両者には違いが見られる。両者のパフォーマンスを比較すると、段鼻にコントラストがない場合も、ある場合も歩行時間に有意差が見られた。すなわち、歩行という課題においては透光体混濁よりも求心性視野狭窄の方が課題の困難度が高いと言える。もう一つの差は、コントラストの度合いによるパフォーマンスの差である。透光体混濁をもつロービジョン者はコントラスト感度が低下するため、コントラストが高いほど視認性が高くなるといえる。しかし、求心性視野狭窄を持つロービジョン者は比較的中心視力が維持され、コントラスト感度も低下しないため、必ずしもコントラストが高くなくても認知可能である。求心性視野狭窄を持つロービジョン者にとって段鼻のストライプが有用なのは、コントラストの効果よりも、境界を示す情報である。求心性視野狭窄者は探索活動をするための窓が小さいため、変化の少ない単色の階段では境界

が見つけにくい。段鼻に境界線があれば、階段に対して垂直方向に視野の窓を移動していけば、確実に境界線をとらえることができるであろう。

しかしながら、不特定多数の人が利用する公共の場は誰もが利用しやすい必要である。従って、階段の段鼻にはよりコントラストの高いラインを入れるべきである。

5) コントラスト効果によって示唆されるもの

危険性は低かったり、なかったりするものの中に、使い勝手が著しく悪く不便な環境がある。階段に限らず、境界線が分かりにくいもの、コントラストが低いものはコントラスト感度が低いロービジョン者や高齢者にとっては利用しにくい環境であると言える。例えば、建物全体がガラス張りであり入り口が特定できないものがある。案内板や表示がパステル調の色合いで作られているために、ロービジョンの人には読みにくかったり、確認しにくい場合がある。トイレの性別の表示が分からないと訴えるロービジョン者もいる。しかも、パステル調の表示がトイレ内部の壁に提示されていると、一步踏み込んで確認しなければならぬ場合がある。それが異性のトイレであったときのバツの悪さは想像に難くないであろう。見えなくては困るもの、見て欲しいものはコントラストが高いほど良いのである。

3 - 3 透光体混濁を持つロービジョン者の夜間歩行における歩行困難

1) 羞明によるコントラスト感度低下

透光体混濁を持つロービジョン者は、グレア光源が視野範囲内にあると強い羞明(光による不快感)を感じると同時に、コントラスト感度が低下する。羞明によるコントラスト感度低下は昼夜を問わずに生じる。夜間のグレア光源は車のヘッドライトのような移動してくる強い光源ばかりでなく、光を四方に発散するタイプの街灯が逆光方向にあるとグレア光源となる。街灯に接近するにつれて周囲の環境が見えにくくなり、街灯の真下を通過する直前にピークに達する。そのような環境下に駐輪中の自転車や車止め等があると、視覚では発見できずに衝突することがあり、思うように脚が進まなくなる。

2) 白杖および懐中電灯使用による歩行パフォーマンスの改善

このような状況下においては、ほとんど全盲と変わらない状態になるため、白杖の効果は全盲の人が使う場合とほとんど差は見られない。しかし、グレア光源の影響が弱まった瞬間に視覚の活用が可能に

なるため、視線はなるべく前方に向けることが重要である。この場合の路面の情報は自分の足の二歩先を獲得している。逆光条件の見えにくさは、正面から光を当てることで改善する。物体上の照度が街灯よりも強ければ、順光の状態でも物体や路面を確認することが可能になる。つまり、照度が高く、照射範囲が適度に広い懐中電灯(MAGマグライトCシリーズ、Dシリーズなど照射範囲調整可能なものが便利)を使えば、白杖の2歩分よりもはるかに先を探ることが可能になる。懐中電灯の利点がもう一つある。白杖のように使う上で練習を要しないことである。

3) 白杖および懐中電灯の使用効果に関する予備実験

筆者らはシミュレーションによる透光体混濁の状態、羞明を生じるグレア光源のある夜の歩道で白杖と懐中電灯の効果測定のための予備実験を行った。スタート地点から途中3カ所に車止めがあり、コースの中間地点に障害物として不規則に自転車を置いた。このコースを(1)補助具なし、(2)白杖、(3)懐中電灯、(4)白杖+懐中電灯の4条件で3試行ずつ歩き、歩行速度を測定し、シミュレーションを着用しない状態と比較した。パフォーマンスの差を引き出すために、歩行速度は可能な限り早歩きをする条件とした。被験者は白杖歩行訓練経験者である筆者1名とした。

試行結果の平均時速は(1)2.73km/h、(2)4.00km/h、(3)5.21km/h、(4)6.06km/hであった。シミュレーションを着用しない状態は6.79km/hであった。内省として、補助具が無いことの怖さを痛感した。また、懐中電灯の快適性に感嘆したことがあげられる。

4. おわりに

最後の懐中電灯による歩行の支援については、予備実験の段階なので現状では客観性の低い状態のものを紹介した。一部のロービジョン者は白杖を持ちながらないが、懐中電灯には抵抗がない。その有用性、白杖との比較というのは、実に現場的なニーズがあるのである。しかし、このような基本的な支援技術の効果についてもこれまで客観的に検討されたことはなかった。あるいは、あったのかもしれないが訓練士個人の経験にしまいこまれたまま交換されてこなかった。障害者という少数の人のことであれば、それで済まされてきたのかもしれないが、高齢化社会を迎えている現在、誰もが視覚機能に低下を

きたして移動に困難を感じるかもしれない現代では、誰にでも適用可能な客観的な知見の蓄積が急務であるように思われる。本論文では、最近の客観的に実証可能な成果について紹介した。全体としてまとまりのない形になったが、現状をある程度反映した形で示すことができたと思われる。研究が払底している領域でもあり、関係者の関心が高まることを期待している。

参考文献

- 1) 小田浩一「視覚野の可塑性と加齢」『眼科学体系10B加齢と眼』中山書店、pp 205-213、1995年
- 2) Marron, J. A. & Bailey, I. L.: Visual factors and orientation-mobility performance, *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 59(5), pp 413-426, 1982
- 3) Haymes, S., Guest, D., Heyes, A. & Johnston, A.: Mobility of people with retinitis pigmentosa as a function of vision and psychological variables, *Optometry and Vision Science*, 73(10), pp 621-637, 1996
- 4) Geruschat, D. R., Turano, K. A. & Stahl, J. W.: Traditional measures of mobility performance and retinitis pigmentosa, *Optometry and Vision Science*, 75(7), pp 525-537, 1998
- 5) Kuyk, T. & Elliott, J. L.: Visual factors and mobility in persons with age-related macular degeneration, *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 36(4), pp 303-312, 1999
- 6) Kuyk, T., Elliott, J. L. & Fuhr, P. S.: Visual correlates of obstacle avoidance in adults with low vision, *Optometry and Vision Science*, 75(3), pp 174-182, 1998
- 7) Kuyk, T., Elliott, J. L. & Fuhr, P. S.: Visual correlates of mobility in real world settings in older adults with low vision, *Optometry and Vision Science*, 75(7), pp 538-547, 1998
- 8) 小田浩一・橋本千賀子・池谷尚剛・谷村裕「低視力者のコントラスト感度(CSF)の測定」第17回感覚代行シンポジウム発表論文集、pp 71-74、1991年

- 9) Shapiro, J. B. & Scheffers, W. : Orientation and Mobility Training ,In Clinical Low Vision(ed .Faye ,E .E .),Little ,Brown and Company ,Boston ,pp 415-433 ,1984
- 10) Owsley ,C . & Sloane ,M .E . :Contrast sensitivity , acuity , and the perception of "real-world " targets , British Journal of Ophthalmology , 71 ,pp .791-796 ,1987
- 11) Cornelissen ,F .W .,Bootsma ,A .& Koopman , A .C . :Object perception by visually impaired people at different light levels ,Vision Research , 35(1) ,pp .161-168 ,1995
- 12) Faye , E . E . :The effect of the eye condition on functional vision , In Clinical Low Vision (ed . Faye , E . E .), Little , Brown and Company , Boston ,pp .171-196 ,1984
- 13) Lovie- Kitchen J . ,Mainstone J . ,Robinson , J .& Brown ,B . :What areas of the visual field are important for mobility in low vision patients ? Clinical Vision Sciences 5 ,pp 249-263 ,1990
- 14) Pelli , D . G . :The visual requirements of mobility , In Low Vision - Principles and Applications(ed . Woo , G . C .), Springer- Verlag , New York ,pp .134-146 ,1986
- 15) 小林章・佐藤哲司・新井里江子・有原領一・岩本寛子・内海潤子・鎌田実・島田玲子・立石陽子・富島俊枝・野口忠則・橋本都・長谷川桃子・日野滋・山崎貴身江「求心性視野狭窄をもつ人の歩行における白杖の有効性に関する研究 - 白杖を使用した歩行訓練によるリハビリテーション効果の測定 - 」第9回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集、pp 81-84、2000年
- 16) 鎌田実・小林章「求心性視野狭窄を持つ人の歩行における白杖の有効性に関する研究(2) - 昼間と夜間のパフォーマンス比較 - 」第10回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集、pp 99-102、2001年
- 17) Kobayashi ,A . & Kamata , M . :Simulation Study Of Orientation And Mobility Performance With Severe Peripheral Field Loss , The 7th International Conference on Low Vision Abstract Book ,P .136 ,2002
- 18) 小林章・村上美樹・望月保男・小田浩一「ロービジョン者に配慮した移動環境に関する研究 - 段に貼付したテープによる階段の視認性改善 - 」『国立身体障害者リハビリテーションセンター研究紀要』第20号、pp 55-59、2000年