

学位論文要約

白杖歩行のベアリングに関する基礎的研究
—歩行速度と白杖の反響音の視点から—

広島大学大学院教育学研究科
教育学習科学専攻 学習開発学分野
特別支援教育学領域

門脇 弘樹

論文構成

序論

第1章 序論

第1節 視覚障害教育における歩行指導の変遷

第2節 視覚障害リハビリテーションにおける歩行訓練の変遷

第3節 歩行指導の基本的理念

第4節 ベアリングに関する研究の概要

第5節 ベアリングに関する研究の教育学的意義

第6節 用語の定義

第2章 本研究の目的と論文の構成

第1節 本研究の目的

第2節 本研究の方法と構成

第1部 白杖歩行における歩行速度がベアリング距離に及ぼす影響

第1章 晴眼大学生を対象としたベアリング距離と歩行速度に関する研究（第1研究）

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第2章 先天性視覚障害者を対象としたベアリング距離と歩行速度に関する研究（第2研究）

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第3章 第1部の総合考察

第2部 白杖歩行における白杖の反響音がベアリング距離に及ぼす影響

第1章 ベアリング距離と白杖の反響音に関する研究（第3研究）

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第2章 第2部の総合考察

第3部 ベアリングの評価と指導に関する研究

第1章 歩行軌跡におけるベアリングの特徴と予測-近似曲線を用いた分析- (第4研究)

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第2章 歩行環境の違いがベアリングにもたらす影響-評価の妥当性の検討- (第5研究)

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第3章 ベアリング抑制のための指導方法に関する研究 (第6研究)

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第4章 第3部の総合考察

第4部 総合考察と今後の課題

第1章 総合考察

第2章 今後の課題

引用文献

序論

本研究の目的

ベアリング (veering) とは、「歩行中に、本人の意志とは関係なく、歩行コースの進行方向から右又は左に自然にそれてしまうことをいう」と定義されている (文部省, 1985)。視覚障害児・者の歩行中にベアリングが生じると、その安全性が侵され、重大な問題が生じる。Guth and LaDuke (1994) は、重大な問題として、①歩道や駐車場で意図しない方向に歩くことで、危険な状況が生じる、②何らかの障害物と衝突するようなベアリングが生じたことを示す情報源がない限り、ベアリングに気付くことができない、③ベアリングは空間環境の把握をする際の阻害要因となる、ことを挙げている。このように、視覚障害児・者の歩行において直進歩行の能力は極めて重要であり、ベアリングを小さくすることは意図した方向を維持することになり、安全性の向上に直結する。

Guth and LaDuke (1994) は、ベアリングの初期研究において両足の脚長差のような生体力学的な要因がベアリングを生じさせるといった議論があるが、これは指導者が直接的に介入することが難しく、指導のために利用可能な要因については十分に検討されていないことを指摘している。また、視覚障害者が歩行中にベアリングを知覚することは困難であり、これまでの歩行の指導書の中でもベアリングの修正法については言及されているが、ベアリングを抑制するための具体的な指導法については示されていない。このように、ベアリングは視覚障害児・者の歩行において重大な問題であるが、その指導については十分に検討されていない。

近年では、生体力学的な要因ではなく、指導に応用できる可能性がある要因に注目して研究が行われており、視覚経験 (例えば, Kallie, Schrater, & Legge, 2007)、聴覚環境 (例えば, Millar, 1999 ; 大倉・田内, 2015)、平衡機能 (例えば, Bestaven, Guillaud, & Cazalets, 2012)、歩行速度 (例えば, Cohen & Sangi-Haghpeykar ; Uematsu, Inoue, Hobara, Kobayashi, Iwamoto, Hortobagyi, & Suzuki, 2011) のような様々な観点からベアリングについて検証されてきている。現在までの研究の到達点として、視覚経験の要因はベアリングに影響しないこと、聴覚環境および平衡機能、歩行速度の要因はベアリングと関連があることが示されている。Guth and LaDuke (1994) の指摘にあるように、これらの要因の中でも指導者の介入が可能な要因を特定し、その評価と指導について検討することが必要である。

本研究では、指導に応用できる可能性がある要因の中でも歩行速度と聴覚環境、特に白杖の反響音に注目して研究を行う。本研究でこれらの要因に注目した理由として、歩行速度については、Bestaven et al. (2012) の実験では、歩行速度が速いほど、その歩行軌跡が直線的になることが示されており、視覚障害児・者の歩行中の歩行速度について指導することでベアリング抑制に寄与できる可能性がある。また、聴覚環境の要因に関しては、障害物知覚の分類 (関・伊福部・田中, 1994) から述べると視覚障害児・者自身が発していない周囲音がベアリングの方向に影響をもたらすが (例えば, 大倉・田内, 2015)、足音や白杖をつく音のように視覚障害児・者自身が発する音とベアリングの関係についてはこれまで検討されていない。しかし、視覚障害児・者の歩行において、聴覚情報は非常に重要であり、それらの関連を検討することでベアリング抑制の指導に応用できる可能性がある。そのため、これらの要因に注目することで、ベアリング抑制の指導への示唆が得られると考え、本研究で取り上げることとした。

また、先述したように、視覚経験、聴覚環境、平衡機能、歩行速度のような様々な視点からベアリン

グについて研究が行われているが、これらは白杖を持たない歩行を想定して検証されており、白杖歩行を想定したベアリングに関する学術的研究は少ない。しかし、視覚障害児・者の多くが歩行補助具として白杖を使用しており、白杖歩行におけるベアリングの特徴を明らかにすることは、視覚障害児・者の歩行指導に直接応用できる可能性があると考えられる。

そこで、本研究では、白杖歩行のベアリングに歩行速度および白杖の反響音が与える影響を検討し、ベアリングの評価法と指導法の開発に資することを目的とする。本研究を行うことで、研究レベルでは基礎的な研究に基づき得られた知見からベアリングの客観的な評価および指導について整理できるだけでなく、実践レベルでは科学的な根拠に基づいた評価および指導について示唆を与えることができると考えられる。そのため、本研究の成果は、視覚特別支援学校および視覚障害リハビリテーション施設での歩行指導に応用することができ、この研究成果がもたらす実践的意義も大きいと考える。

本研究の方法と構成

1. 第1部について

第1部では、白杖歩行における歩行速度がベアリング距離に与える影響を検討した。第1研究では、晴眼大学生14名を対象に、白杖の持ち手と歩行速度が白杖歩行のベアリング距離に与える影響、また、白杖の有無について実験的に調査した。第2研究では、先天性視覚障害者4名を対象に、歩行速度が白杖歩行のベアリング距離に与える影響を実験的に調査した。

ベアリング距離および歩行軌跡のデータを計測するために、X大学体育館（規格：29.6m×34.6m）に16m（縦）×10m（横）の歩行路を設定し（Fig. 0-1）、実験を実施した。実験者は、実験参加者にスタート位置からゴールラインに向かって真っ直ぐ歩かせた。その際、ウェアラブルカメラ（Panasonic製、HX-A500）を実験参加者の腰に装着し、歩行中の足下の様子を撮影できるようにした。ベアリング距離および歩行軌跡は、ウェアラブルカメラで記録した映像（解像度：1920×1080、フレームレート：30p）をもとに、実験参加者の右足親指に貼付した赤テープの位置をウェアラブルカメラで追跡することでそれぞれを求めた。映像は、歩行周期の右立脚期で止め、歩行路のスタート位置から赤テープまでの距離（ス

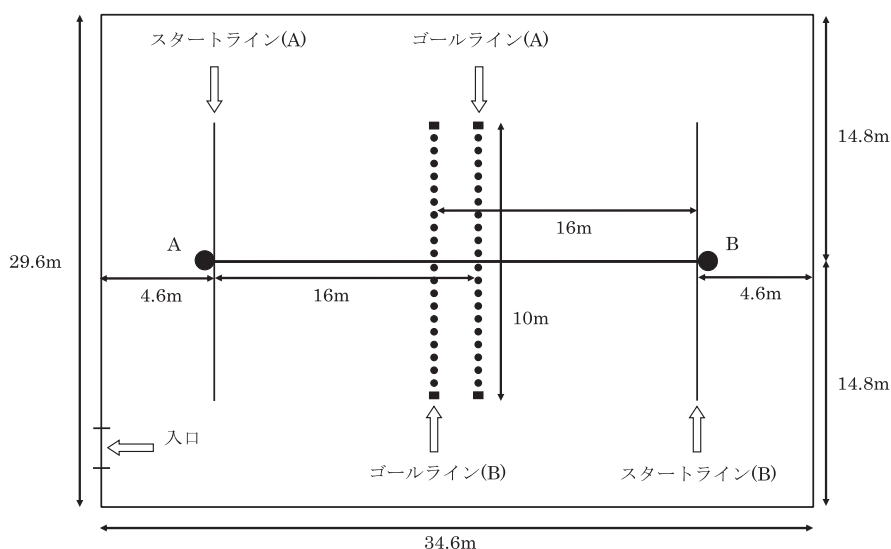


Fig. 0-1 体育館の歩行路

タート位置からの歩行距離を表す) および基準線から赤テープまでの距離 (基準線からのベアリングの大きさを表す) をそれぞれ計測し、実験参加者の右足親指の位置を特定した。なお、歩行路の基準線から右側をプラス、左側をマイナスの値として処理した。これをゴールラインに到達するまで計測し、実験参加者の1試行ごとの歩行軌跡を作成した。また、ベアリング距離はゴール到達時における基準線から赤テープまでの距離とした。なお、ゴールライン (16m) に最も近い右足親指の位置を求め、これを Value of Displacement (以下、VD とする) と表した。なお、VD は右側にベアリングした値をプラス、左側にベアリングした値をマイナスとして処理した。ここで、本研究でのベアリング距離は VD の値を絶対値で処理しており、1条件につき3試行であったことから、下式により条件ごとのベアリング距離の平均値を算出した。

$$\text{ベアリング距離(cm)} = \frac{\sum_{i=1}^3 |VD_i|}{3}$$

第2部では、白杖歩行における白杖の反響音がベアリング距離に与える影響を検討した。第3研究では、晴眼大学生17名および視覚障害者10名を対象に白杖の反響音がベアリングに与える影響を実験的に調査した。晴眼大学生と視覚障害者の結果を比較し、白杖の反響音におけるベアリング抑制の可能性を検討した。

第3研究は、①気導聴力検査、②白杖の騒音レベルの測定、③直進歩行課題の3つで構成された。①気導聴力検査は、X大学の聴覚検査室にて実施した。②白杖の騒音レベルの測定および③直進歩行課題は、第1部と同様にX大学体育館で実施した。

第3研究では、白杖の反響音の影響を検討しており、実験参加者の聴力レベルも重要な要因となることが考えられた。そこで、実験を行うに当たって、晴眼大学生および視覚障害者に対して①気導聴力検査を実施し、平均聴力レベルが正常値である者を対象とした。

また、白杖の振る強さが実験参加者によって異なることが想定されたため、X大学体育館にて、白杖を振る際の騒音レベルを測定した(②)。その際、第3研究では2つの音条件を設定した。1つは日常的に白杖を使用する際と同じ条件で白杖を振る条件(以下、通常条件とする)、もう1つは白杖の反響音を低減させるために吸音材としてポリウレタンを白杖のチップ部分につけて振る条件(以下、防音条件とする)であった。

白杖の騒音レベルを測定した後は、③直進歩行課題を実施した。手続きは第1部と同様であった。なお、第3研究は1条件につき6試行であったことから、下式により条件ごとのベアリング距離の平均値を算出した。

$$\text{ベアリング距離(cm)} = \frac{\sum_{i=1}^6 |VD_i|}{6}$$

第3部では、歩行軌跡におけるベアリングの特徴を明らかにし、ベアリング評価法およびベアリング抑制のための指導法について検討した。第4研究では、晴眼大学生16名を対象とし、歩行軌跡におけるベアリングに関して近似曲線を用いた分析をした。また、近似曲線を用いた分析からベアリング予測の

可能性について検討した。第5研究では、晴眼大学生8名を対象とし、体育館のような屋内環境でのベアリング（以下、体育館条件）およびグラウンドのような屋外環境でのベアリング（以下、グラウンド条件）を比較することで、歩行環境の違いがベアリングにもたらす影響について実験的に調査した。また、Cratty and Williams（1966）が行った研究との比較から、結果の妥当性について検証した。第6研究では、ベアリングの大きい歩行軌跡を示す晴眼大学生3名および視覚障害者3名を選定し、歩行速度を変化させることによるベアリング抑制の可能性について実験的に調査した。また、実験参加者の主観的なベアリングの評価と実測値との関連についても検証した。

第5研究および第6研究では、X大学体育館に10m（縦）×10m（横）の歩行路を設定し、さらに、第5研究では、X大学グラウンドに10m×10mの歩行路を設定した（Fig. 0-2）。ウェアラブルカメラ（Panasonic製、HX-A1H-K）を用いて、第1部と同様の方法で分析した。また、第1部および第2部と同様の手続きで、ゴールライン（10m）に最も近い右足親指の位置を求め、これをVDした。ベアリング距離はVDの値を絶対値で処理しており、1条件につき6試行であったことから、下式により条件ごとのベアリング距離の平均値を算出した。

$$\text{ベアリング距離(cm)} = \frac{\sum_{i=1}^6 |VD_i|}{6}$$

また、先行研究（Guth & Laduke, 1995）にならって、ベアリングを評価するために、恒常誤差と変動誤差についても分析した。恒常誤差とは、方向の偏りを表した指標であり、意図した方向から右側にベアリングした場合をプラスの値、左側にベアリングした場合をマイナスの値として処理し、それを平均した値のことである（Guth, 1990）。変動誤差とは、試行ごとの非一貫性を表した指標であり、恒常誤差の標準偏差のことである（Guth, 1990）。第5研究および第6研究でも下式によりこれらを算出した。なお、変動誤差の式中の \overline{VD} は、VDの平均値を表している。

$$\text{恒常誤差(cm)} = \frac{\sum_{i=1}^6 VD_i}{6}$$

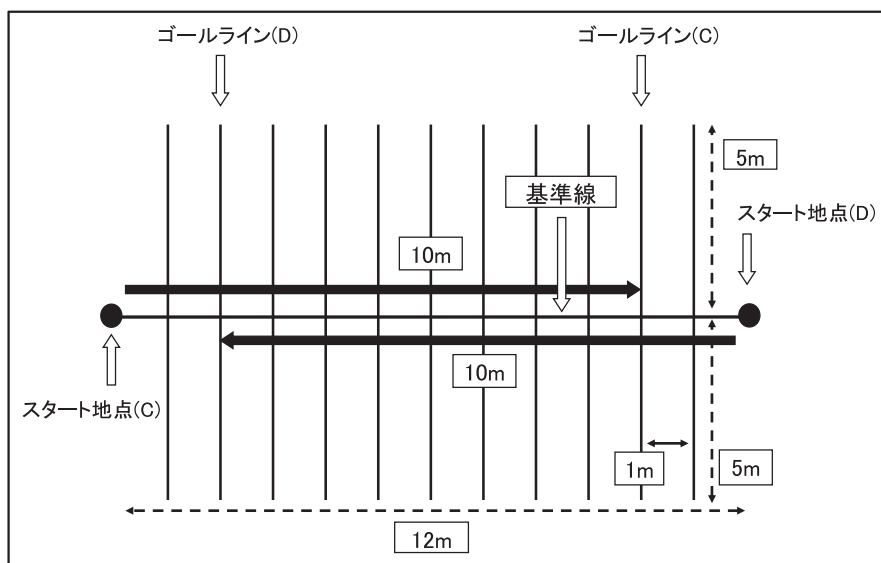


Fig. 0-2 グラウンドの歩行路（第5研究）

$$\text{変動誤差(cm)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (VD_i - \overline{VD})^2}{6-1}}$$

第4部では、総合考察を行った。

本研究は、倫理的配慮として広島大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認を得て行った。

第1部 白杖歩行における歩行速度がベアリング距離に及ぼす影響

第1章 晴眼大学生を対象としたベアリング距離と歩行速度に関する研究（第1研究）

第1節 目的

第1研究では、中途視覚障害シミュレーションとして晴眼大学生を対象とし、白杖の持ち手と歩行速度が白杖歩行のベアリング距離に与える影響を定量的に明らかにすることを目的とした。さらに、白杖を持たない歩行についても検討し、それらから白杖歩行のベアリング距離における特性を明らかにする。

第2節 方法

1. 研究デザイン

「利き手」、「非利き手」の白杖を持つ手と「遅い」、「通常」、「速い」の歩行速度の二要因の実験参加者内の要因計画法であった。また、白杖を持たない歩行と白杖歩行（利き手）のベアリング距離を比較するために対応のある t 検定を実施した。また、「L型」、「LR型」、「R型」の類型と「遅い」、「通常」、「速い」の歩行速度の二要因の混合計画における要因計画法であった。いずれも従属変数はベアリング距離であった。

2. 実験参加者

実験参加者は晴眼大学生14名（男性7名と女性7名、年齢 21.86 ± 0.91 歳）であった。第1研究は白杖歩行を想定しているため、大学の講義（5コマ分）でアイマスクによる白杖歩行の実習を受けた者を対象とした。なお、この講義では、タッチテクニックやスライド法、白杖による伝い歩きについて実習し、実験参加者はこれらのテクニックを使用しての屋外歩行の経験を有していた。

3. 実験環境および歩行の記録

序論に示した通りであった。

4. 実験手続き

第1研究では、アイマスクを着用した状態で白杖を持たない歩行（以下、白杖なし歩行条件とする）、および白杖歩行条件（「利き手」・「非利き手」）について、ベアリング距離の計測を行った。それぞれの実験参加者に対し、白杖なし歩行条件3試行と白杖歩行条件18試行（3試行×2（「利き手」・「非利き手」）×3（「遅い」・「通常」・「速い」））の計21試行を実施した。実験後は、「白杖を持つ手」、「歩行速度」、「音響環境」の観点から自由回答で実験参加者の内省報告を聴取した。

5. 分析方法

白杖を持つ手と歩行速度の二要因の分散分析を行った。また、白杖を持たない歩行と白杖歩行（利き手）のベアリング距離を比較するために対応のある t 検定を実施した。さらに、第1研究で示した歩行軌跡の類型と歩行速度の二要因の混合計画における分散分析を行った。統計解析には、js-STAR version

2.0.0j および R version 3.5.1 を使用した。

第3節 結果

1. 白杖の持ち手と歩行速度が白杖歩行のベアリング距離に与える影響

Fig. 1-1 には、実験参加者のベアリング距離の平均と標準偏差を「利き手」と「非利き手」のそれぞれについて示した。ベアリング距離について、二要因の分散分析（白杖を持つ手（2水準）×歩行速度（3水準））を行った結果、歩行速度の主効果が有意であった（ $F(2, 26) = 4.17, p = .03, \eta^2 = 0.05$ ）。交互作用は有意でなかった。Bonferroni法を用いて多重比較を行った結果、「速い」<「遅い」であった（ $p < .05$ ）。一方、「遅い」と「通常」、「通常」と「速い」の間に有意差は認められなかった。

2. 白杖なし歩行と白杖歩行

第1研究では白杖なし歩行条件のベアリング距離の計測も行った。白杖なし歩行条件のベアリング距離は、 $153.50 \pm 117.07\text{cm}$ であった。先述した通り、白杖歩行条件の場合には歩行速度「速い」は「遅い」と比較してベアリング距離が有意に小さかった（ $p < .05$ ）。そこで、白杖なし歩行条件の「通常」と、白杖歩行条件（利き手）の「速い」について、対応のある t 検定を行った結果、有意差は認められなかった（ $t(13) = 1.22, p = .24, d = 0.46$ ）。また、白杖なし歩行条件の「通常」と、白杖歩行条件（利き手）の「遅い」および「通常」のそれぞれについて、対応のある t 検定を行った結果、有意差は認められなかった（白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件（利き手）の「遅い」、 $t(13) = 0.72, p = .48, d = -0.27$ ；白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件（利き手）の「通常」、 $t(13) = 0.66, p = .52, d = 0.25$ ）。

3. ベアリングの方向

歩行軌跡は、歩行中の右足親指に貼付した赤テープの位置をウェアラブルカメラで追跡することで求めた。その結果、ベアリングの方向について実験参加者に共通した一定の傾向は認められなかった。しかし、実験参加者の中には左側にベアリングした者、左右どちらにもベアリングした者、右側にベアリングした者の3つの類型がみられた。そこで、第1研究では左側にベアリングした者をL型、左右どちらにもベアリングした者をLR型、右側にベアリングした者をR型と定義した。類型の内訳はL型が6名、LR型が4名、R型が4名であった。ここで、類型ごとのベアリング距離を比較するために、実験参加者のベアリング距離の平均と標準偏差をそれぞれ示した（Fig. 1-2）。なお、ベアリング距離の分析において、白杖を持つ手の有意差が認められなかったことから、一般的に視覚障害者が歩行する際に白杖を持つ「利き手」のみのデータを示した。二要因の混合計画における分散分析（類型（3水準）×歩行速度（3水準））を行った結果、類型の主効果が有意であった（ $F(2, 11) = 4.46, p = .04, \eta^2 = 0.26$ ）。交互作用は有意でなかった。そこで、Bonferroni法を用いて、類型要因の多重比較を行った結果、LR型<L型、LR型<R型であった（ $p < .05$ ）。一方、L型とR型

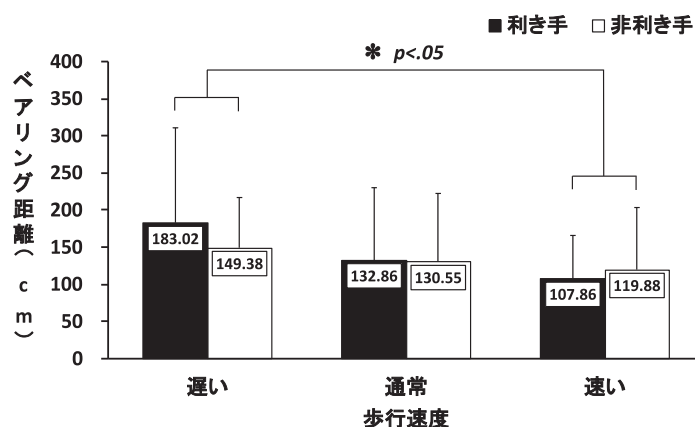


Fig. 1-1 ベアリング距離の平均と標準偏差 (n=14)

の間には有意差が認められなかった。

第4節 考察

白杖を持たない歩行に関して、3種類の歩行速度（「遅い」・「通常」・「速い」）で計測を行った結果、「通常」はベアリングを最小に抑えられることが明らかにされている（Cohen & Sangi-Haghpeykar, 2011 ; Uematsu et al., 2011）。一方、白杖歩行に関しては、これまで歩行速度に焦点を当てた学術的な研究は見当たらない。第1研究の結果、白杖を持つ手に関わらず、歩行速度「速い」は「遅い」と比較して有意にベアリング距離が小さく（ $p<.05$ ）、先行研究と異なる結果となった。一方、「遅い」と「通常」および「通常」と「速い」の間に有意差は認められなかった。第1研究の歩行速度は「通常」から0.8倍、1.2倍したものをそれぞれ「遅い」・「速い」の歩行速度としており、このことから白杖歩行の場合は「通常」と感じる歩行速度から1.2倍した歩行速度で歩くことで、ベアリングを小さくできることが示された。

白杖を持つ手については、この観点に注目した研究は現在まで行われておらず、先行研究でもこの観点からの報告はなされていない。その理由として、視覚障害者が白杖歩行する際には白杖を操作しやすい利き手で持つことが一般的になっていることが挙げられる。しかし、第1研究は白杖歩行におけるベアリング距離の特性を明らかにするための基礎的な研究であり、その特性についてより詳細に実証するためにあえて非利き手の条件でも実験を行った。その結果、ベアリング距離について白杖を持つ手は有意でなかった。このことから、白杖を持つ手はベアリング距離に対して影響を与える要因ではないことが明らかとなった。しかし、実験参加者の内省報告には「利き手だと歩きやすい」「利き手の方が真っ直ぐ歩いている感覚がもてる」といった意見があった一方で、「非利き手だと歩きにくい」「非利き手だと白杖の振幅が分からない」といった意見があった。以上より、白杖を持つ手はベアリングに直接の影響はないが、実験参加者の内省報告にもあるように利き手の方が白杖を操作しやすいと感じている者が多く、非利き手の利点がないことから、これまで通り利き手に注目して研究していくことが望ましいと考える。

第1研究では、ベアリングの方向について実験参加者に共通した一定の傾向は認められなかったことから、左側にベアリングした者をL型（6名）、左右どちらにもベアリングした者をLR型（4名）、右側にベアリングした者をR型

（4名）の3類型に分類した。そして、この類型から実験参加者によってベアリングする方向に傾向があることが示唆された。このことから、視覚障害者自身がベアリングする方向に気付くことで歩行中の手がかりにできるだけでなく、実際の歩行訓練では、視覚障害者のベアリングする方向に傾向があることを踏まえた上で、指導していく必要

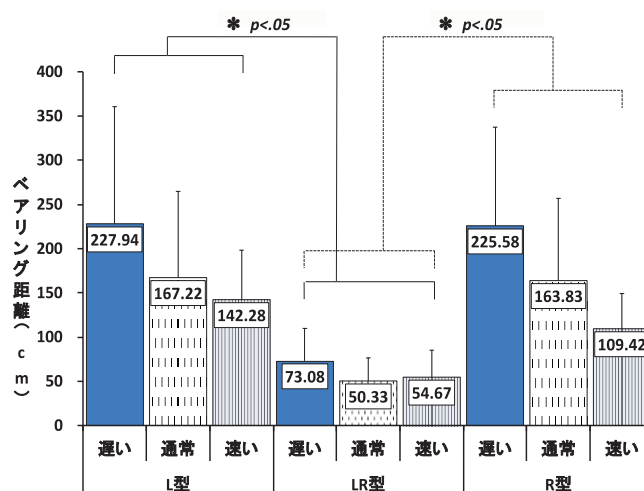


Fig. 1-2 類型ごとのベアリング距離の平均と標準偏差 (n=14)

があると考えられた。また、ベアリング距離に関して類型ごとに比較した結果、LR型はL型とR型と比較してベアリング距離が有意に小さかった ($p<.05$)。このことから、LR型の者はL型およびR型の者よりも意図した方向に歩行することができていたと推察される。実際、内省報告には「重心が揺れている感覚がある」といった意見があり、身体の平衡をうまく調整することが意図した方向に歩行するための重要な要因であることが推察された。中田(1983)は、視覚障害者と晴眼者の直立姿勢保持能力を指標に測定した結果、視覚障害者は晴眼者と比較して平衡機能が低い水準にあることを報告しており、ベアリングに関して視覚障害者を対象とした実験も行い、第1研究の結果と比較検討していくことが求められる。

第2章 先天性視覚障害者を対象としたベアリング距離と歩行速度に関する研究(第2研究)

第1節 目的

第2研究では、先天性視覚障害者を対象に歩行速度が白杖歩行のベアリング距離に与える影響を定量的に明らかにすることを目的とした。さらに、白杖を持たない歩行についても検討し、それらから白杖歩行のベアリング距離における特徴について分析した。

第2節 方法

1. 研究デザイン

「遅い」、「通常」、「速い」の歩行速度の一要因の実験参加者内計画であった。また、白杖を持たない歩行と白杖歩行のベアリング距離を比較するために対応のある t 検定を実施した。いずれも従属変数は、ベアリング距離であった。

2. 実験参加者

実験参加者は先天性視覚障害者4名(男性2名と女性2名、年齢22~51歳)であった。実験参加者の視力および受障時期、眼疾患を Table 1-1 に示した。

3. 実験環境および歩行の記録

序論に示した通りであった。

4. 実験手続き

実験参加者の中には視力が手動弁の者(実験参加者D)がいた。そのため、例外として実験参加者Dのみアイマスクによる視覚遮断を行った状態で実験を行った。実験では、白杖なし歩行条件、および白杖歩行条件についてベアリング距離の計測を行った。その際、白杖歩行条件では、実験参加者は白杖を利き手で持った。なお、白杖を持つ手(利き手・非利き手)はベアリングに影響を与える要因ではないことが第1研究より明らかにされており、第2研究では非利き手については検討しなかった。それぞれの実験参加者に対し、白杖なし歩行条件3試行と白杖歩行条件9試行(3試行×3(「遅い」・「通常」・「速い」))の計12試行を実施した。実験後は、「歩行速度」、「音響環境」の観点から自由回答で実験参加者の内省報告を聴取した。また、歩行とベアリングに関連した質問(Table 1-2)を行い、実験参加者の歩行を分析する際の資料とした。

5. 分析方法

白杖歩行条件の結果について歩行速度の一要因の分散分析を行った。また、白杖を持たない歩行と白杖歩行のベアリング距離を比較するために対応のある t 検定を実施した。統計解析には、js-STAR version 2.0.0j および R version 3.5.1 を使用した。

第3節 結果

第2研究における歩行路の横幅は10mであり、基準線から左右に5mの幅を設定していたが、実験参加者Bの歩行軌跡はゴールラインまで到達しない地点で、ベアリング距離が5mよりも大きい値を示し、測定不能であった。そのため分析から除外し、実験参加者Bの結果に関しては歩行軌跡の結果を示した。

1. 白杖の持ち手と歩行速度が白杖歩行のベアリング距離に与える影響

Fig. 1-3 には、実験参加者のベアリング距離の平均と標準偏差を示した。ベアリング距離について、一要因の分散分析を行った結果、条件の効果は有意でなかった ($F(2, 4) = 3.85, p = .11, \eta^2 = 0.32$)。

2. 白杖なし歩行と白杖歩行

第2研究では、白杖なし歩行条件の計測を行った。白杖なし歩行条件のベアリング距離は、254.56 ± 137.07cmであった。ベアリング距離における一要因分散分析の結果、条件の効果が有意でなかった ($F(2, 4) = 3.85, p = .11, \eta^2 = 0.32$) ことから、白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件の「遅い」・「通常」・「速い」のそれぞれについて対応のある t 検定を行った。その結果、すべての条件間で有意差は認められなかった(白杖なし歩行条件と白杖歩行条件の「遅い」, $t(2) = 0.75, p = .53, d = 0.61$; 白杖なし歩行条件と白杖歩行条件の「通常」, $t(2) = 1.70, p = .23, d = 1.37$; 白杖なし歩行条件と白杖歩行条件の「速い」, $t(2) = 1.05, p = .40, d = 0.85$)。

3. ベアリングの方向

第2研究の実験参加者の歩行軌跡に関して、類型ごとに分類した結果、実験参加者Aおよび実験参加者Cは白杖歩行条件全9試行中9試行とも右側にベアリングしたこと

Table 1-1 実験参加者の視力および受障時期、眼疾患

実験参加者	視力		受障時期	眼疾患
	右	左		
A	0	0	先天	網膜芽細胞腫
B	0	0	先天	ピーターズ奇形
C	0	0	先天	緑内障
D	手動弁	手動弁	先天	網膜色素変性症

Table 1-2 歩行とベアリングに関連した質問

①歩行指導の開始時期および指導を受けた場所
②使用している歩行補助具
③真つすぐ歩けず、失敗した経験の有無
④横断歩道を歩く際に手がかりにしているもの
⑤手がかりのない横断歩道を歩く際に手がかりにしているもの
⑥ホームからの転落経験の有無
⑦直進歩行距離に関する自己評価
⑧歩行のくせとその対応策
⑨歩行中に危険と感じるもの

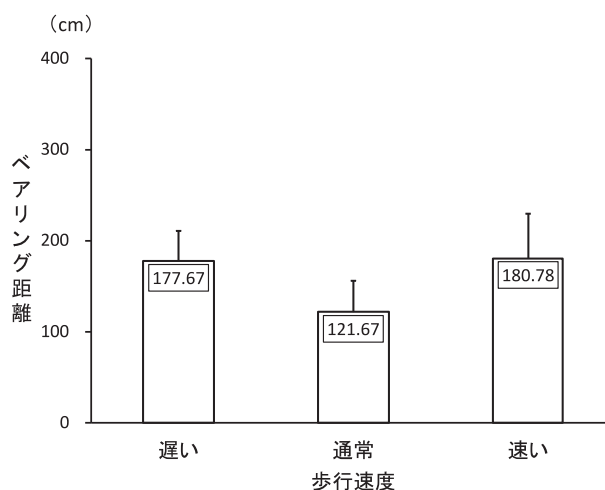


Fig. 1-3 ベアリング距離の平均と標準偏差 (n=3)

から R 型に分類された。実験参加者 D は白杖歩行条件全 9 試行中 5 試行で左側にベアリングし、4 試行で右側にベアリングしたことから LR 型に分類された。

4. 実験参加者 B の歩行軌跡

第 2 研究での歩行路は、スタート位置からゴールラインまでの距離が 16m、横幅は 10m であり、歩行路の中央にある基準線から左右に 5 m ずつの幅があった。実験参加者 B の歩行軌跡はゴールラインまで到達しない地点で、ベアリング距離が 5 m よりも大きい値を示した (Fig. 1-4)。

第 4 節 考察

先天性視覚障害者を対象に 3 種類の歩行速度 (「遅い」・「通常」・「速い」) で計測を行った結果、「遅い」と「速い」のベアリング距離にはほぼ差がないが、「通常」のベアリング距離が 3 つの中で最も小さくなった。この結果は歩行速度に関して、白杖歩行を想定していない研究結果 (Cohen & Sangi-Haghepykar, 2011 ; Uematsu et al., 2011) を支持するものであり、第 2 研究の対象となった先天性視覚障害者 3 名は日常的に歩く歩行速度である「通常」でベアリングを小さくすることができると推察された。ただし、統計的な有意差が出ておらず、一般化された結論ではないことに注意をする必要がある。また、白杖なし歩行条件の「通常」と白杖歩行条件の「遅い」・「通常」・「速い」のそれぞれについて対応のある *t* 検定を行った結果、どの条件においても有意差は認められなかった。

第 1 研究では、ベアリングの方向は左側にベアリングする者 (L 型)、左右どちらにもベアリングする者 (LR 型)、右側にベアリングする者 (R 型) の 3 類型に分類することができ、実験参加者によってベアリングする方向に傾向があることが示唆された。また、LR 型の者は L 型と R 型と比較して、ベアリング距離が有意に小さいことを示した。そこで、第 2 研究の実験参加者の歩行軌跡に関しても、類型ごとに分類した。その結果、実験参加者 A および実験参加者 C は R 型に、実験参加者 D は LR 型に分類された。

また、実験参加者 B の歩行軌跡はゴールラインに到達しない地点で、ベアリング距離が 5 m よりも大きい値を示した (Fig. 1-4)。このことから、実験参加者 B の歩行軌跡はベアリングが大きく生じる傾向にあると推察された。また、実験参加者 B は歩行とベアリングに関連した質問 (Table 1-2) の「真っすぐ歩けず、失敗した経験の有無」に関して、「斜めに横断しないといけないところでうまく横断することができない」と回答していただけて、「歩行のくせとその対応策」に関して、「右にベアリングする傾向がある」と回答していた。これらの回答と第 2 研究での歩行軌跡を踏まえると、実験参加者 B はベアリング傾向があるだけでなく、ベアリングが大きく生じる傾向にあると考えられた。

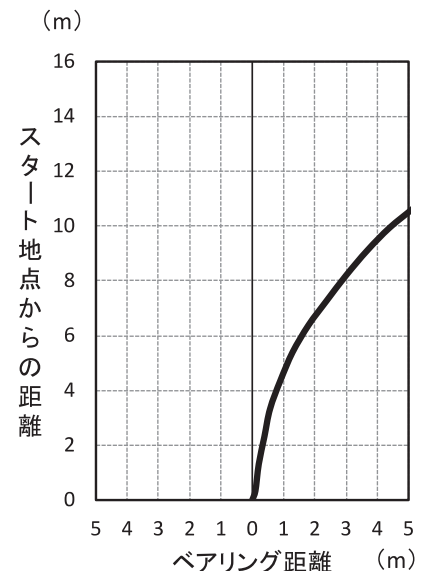


Fig. 1-4 実験参加者 B の歩行軌跡

第 3 章 第 1 部の総合考察

第 1 部では、白杖歩行のベアリング距離に関して、歩行速度の観点からその特性を明らかにした。

晴眼大学生を対象とした第 1 研究において、白杖歩行条件では、歩行速度「速い」は、「遅い」と比較

してベアリング距離が有意に小さくなった。また、白杖を持つ手はベアリングに影響しないことが明らかとなった。一方、先天性視覚障害者の場合は、「通常」が「遅い」および「速い」と比較してベアリング距離が小さかったが、統計的な有意差は認められなかった。晴眼大学生と先天性視覚障害者の内省報告をみると、個人差はあるものの、歩行速度「通常」および「速い」に関しては、「通常が歩きやすい」や「速い方が歩きやすくて、足跡がイメージしやすい」のように実験参加者にとって歩きやすい歩行速度であると推測された。しかし、「遅い」に関しては、どちらも「遅い速さだと真っ直ぐ歩いているイメージがもちにくい」や「遅い」が難しく、歩幅も広がっている感じがした」のように実験参加者にとって歩きにくい歩行速度であると推測された。実際に、晴眼大学生の場合、歩行速度「速い」は「遅い」と比較してベアリング距離が有意に小さくなり、また先天性視覚障害者の場合、統計的な有意差は認められないが「通常」のベアリング距離は「遅い」と比較して平均が小さくなった。これらの結果から、歩行速度「遅い」はベアリング距離について定量的に分析した際に視覚経験の有無に関わらず低い評価であることが明らかであり、実験参加者の内省報告もこのことを支持していたものと考えられる。すなわち、歩行速度「遅い」は、白杖歩行においてもベアリングを助長する要因となることが推察された。

また、Kallie et al. (2007) は、白杖歩行を想定したものではないが、視覚経験の差はベアリングに影響しないことを明らかにしている。第1部の結果から、晴眼大学生の「通常」のベアリング距離は $132.86 \pm 97.32\text{cm}$ 、先天性視覚障害者の「通常」のベアリング距離は $121.67 \pm 34.16\text{cm}$ であり、白杖歩行においても視覚経験の差は影響しないと考えられる。

さらに、Guth and LaDuke (1994) は、ベアリング抑制の指導のために利用可能な要因については十分に検討されていないことを指摘しており、歩行速度の観点から介入することでベアリング抑制の効果を検証することが必要であるが、第1部では検討できなかった。第1部の結果から、「遅い」のベアリング距離は視覚経験の有無に関わらず低い評価であり、歩行速度を速くすることによる介入効果を第6研究で検証する。

白杖なし歩行と白杖歩行の比較において、晴眼大学生および先天性視覚障害者のどちらもベアリング距離の有意差は認められなかったことから、白杖はベアリングを助長するものとはならないと考えられる。ただし、先天性視覚障害者の結果は実験参加者の数が少なかったため、実験参加者の数を増やして検討していく必要がある。

また、晴眼大学生および先天性視覚障害者のベアリングは左側にベアリングした者 (L 型)、左右どちらにもベアリングした者 (LR 型)、右側にベアリングした者 (R 型) の類型に分類することができた。また、晴眼大学生の場合に、LR 型の者は L 型および R 型の者と比較して、ベアリング距離が有意に小さく、直進歩行を維持することができていたと推察された。

最後に、先天性視覚障害者の1例 (実験参加者 B) は、ゴールラインに到達しない地点で、ベアリング距離が5 m を越えた。そのため、実験参加者 B の歩行軌跡はベアリングが大きく生じる傾向にあると推察された。

第2部 白杖歩行における白杖の反響音がベアリング距離に及ぼす影響

第1章 ベアリング距離と白杖の反響音に関する研究（第3研究）

第1節 目的

聴覚環境の要因に関しては、障害物知覚の分類（関ら, 1994）から述べると視覚障害児・者自身が発していない周囲音がベアリングの方向に影響をもたらすが（例えば, 大倉・田内, 2015）、足音や白杖をつく音のように視覚障害児・者自身が発する音とベアリングの関係についてはこれまで検討されていない。しかし、視覚障害児・者の歩行において、聴覚情報は非常に重要であり、それらの関連を検討することでベアリング抑制の指導に応用できる可能性がある。

そこで、第3研究では視覚障害児・者自身が発する音の中でも白杖の反響音に注目し、白杖歩行のベアリング距離に白杖の反響音がもたらす影響を定量的に明らかにすることを目的とした。また、晴眼大学生および視覚障害者の結果を比較し、白杖の反響音におけるベアリング抑制の可能性を検討した。

第2節 方法

1. 研究デザイン

晴眼大学生と視覚障害者の視覚条件、通常条件と防音条件の音条件に関する二要因の混合計画における要因計画法であった。従属変数は、最大騒音レベルおよびベアリング距離であった。

2. 実験参加者

実験参加者は晴眼大学生 17 名（男性 6 名と女性 11 名、年齢 21.12 ± 0.83 歳）、視覚障害者 10 名（男性 6 名と女性 4 名、年齢 53.60 ± 14.97 歳）であった。第3研究は、白杖歩行を想定しているため、晴眼大学生の実験参加者は、大学の講義（5 コマ分）でアイマスクによる白杖歩行の実習を受けた者を対象とし、タッチテクニックやスライド法、白杖による伝い歩きのテクニックを使用しての屋外歩行の経験を有していた者を選定した。また、第3研究での視覚障害者には先天性視覚障害者および中途視覚障害者のいずれも対象とした。その理由として、白杖歩行を想定したものではないが、先行研究において視覚経験の差はベアリングに影響しないことが示唆されており（Kallie et al., 2007）、第1部の結果からも白杖歩行におけるベアリングについても視覚経験の差は影響しないと考えられた。そのため、先天性視覚障害者および中途視覚障害者を合わせて視覚障害者と表した。視覚障害者の視力および年齢、受障時期、眼疾患を Table 2-1 に示した。

3. 実験環境および歩行の記録

序論に示した通りであった。

4. 実験手続き

実験参加者の中には視力が手動弁の者（実験参加者 B1）、光覚の者（実験参加者 B5, B9）がいた。そのため、例外として視覚障害者の実験参加者の内、この3名のみアイマスクによる視覚遮断を行った状態で実験を行った。

第3研究は、聴覚検査室にて①気導聴力検査を実施し、体育館にて②白杖の騒音レベルの測定、③直進歩行課題を実施した。白杖の騒音レベルの測定および直進歩行課題では、序論に示した通り、通常条件および防音条件を設定した。直進歩行課題は、通常条件および防音条件において6試行ずつ行い、計

12 試行を条件ごとに無作為に行った。実験後は、「白杖の反響音」, 「音響環境」の観点から自由回答で実験参加者の内省報告を聴取した。

5. 分析方法

白杖の騒音レベルの測定で得られたデータについて音条件

による騒音レベルを比較するために、二要因の混合計画における分散分析を行った。また、直進歩行課題で得られたデータについて白杖の反響音の影響を検討するために、二要因の混合計画における分散分析を行った。統計解析には、R version 3.3.1 を使用した。

第3節 結果

第3研究では、晴眼大学生と視覚障害者のデータを区別するために、晴眼大学生は S, 視覚障害者は B で表した。

また、視覚障害者のデータを分析するにあたって、以下の理由から 10 名の内 6 名を分析から除外した。まず、B5 および B6, B8 は気導聴力検査の結果から、片耳あるいは両耳で平均聴力レベルが軽度難聴レベルであったことから、白杖の反響音を取り扱う第3研究では分析から除外することが適当と判断した。次に、B7, B8 は歩行路のゴールラインに到達しない地点でベアリングが 5 m よりも大きい値を示し、測定不能であったため、分析から除外した。最後に、第3研究は白杖の反響音の影響を検討するためにタッチテクニックで歩行するように教示したが、B9, B10 は日常的にスライドテクニックで歩行しており、実験の際もスライドテクニックを使用したため分析から除外した。以上の理由から、この 6 名は分析から除外し、残る 4 名の視覚障害者のデータを分析対象とした。視覚障害者 4 名の年齢は、 48.25 ± 11.90 歳であった。

1. 白杖の騒音レベル

通常条件および防音条件における最大騒音レベルの平均と標準偏差を晴眼大学生、視覚障害者ごとにそれぞれ示した (Fig. 2-1)。二要因の混合計画における分散分析 (視覚条件 (2 水準) × 音条件 (2 水準)) を行った結果、音条件の主効果が有意であった ($F(1,19) = 60.29, p = .00, \eta^2 = 0.60$)。交互作用は有意でなかった ($F(1,19) = 0.02, p = .89, \eta^2 = 0.00$)。

Table 2-1 視覚障害者の視力および年齢, 受障時期, 眼疾患

実験参加者	視力		年齢(歳)	受障時期	眼疾患
	右	左			
B1	手動弁	手動弁	54	先天	網膜色素変性症
B2	0	0	65	先天	緑内障
B3	0	0	37	18歳	視神経切断
B4	0	0	37	20歳	視神経萎縮
B5	光覚	光覚	71	小学2年	網膜色素変性症
B6	0	0	67	中学3年	緑内障, 網膜剥離
B7	0	0	24	先天	ピーターズ奇形(両眼性)
B8	0	0	54	23歳	緑内障
B9	光覚	光覚	65	34歳	網膜色素変性症
B10	0	0	62	小学校	網膜色素変性症

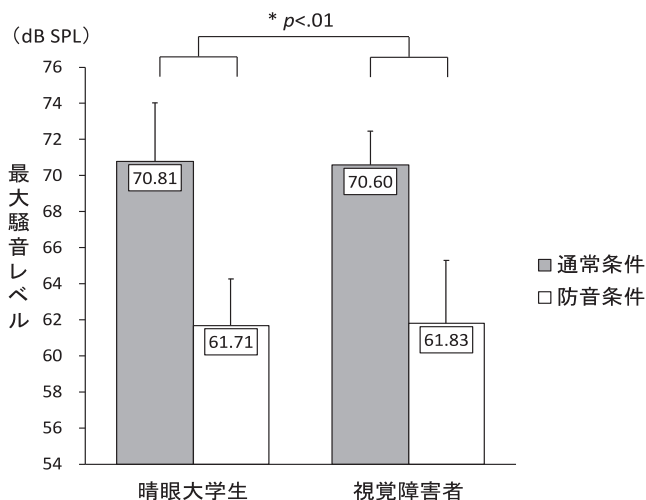


Fig. 2-1 通常条件および防音条件における最大騒音レベルの平均と標準偏差

2. ベアリング距離

Fig. 2-2 に、晴眼大学生および視覚障害者のベアリング距離の平均と標準偏差を条件ごとにそれぞれ示した。ベアリング距離について二要因の混合計画における分散分析（視覚条件（2水準）×音条件（2水準））を行った結果、視覚条件（ $F(1,19) = .11, p = .75, \eta^2 = 0.00$ ）、音条件（ $F(1,19) = 0.54, p = .47, \eta^2 = 0.00$ ）、交互作用（ $F(1,19) = 0.59, p = .59, \eta^2 = 0.00$ ）はいずれも有意でなかった。

3. ベアリングが大きく生じた実験参加者の歩行軌跡

B7およびB8は、歩行路のゴールラインに到達しない地点でベアリングが5mよりも大きい値を示し、測定不能であったため、分析から除外した。B7は通常条件および防音条件のいずれもすべての試行でゴールラインに到達していなかった。B8は通常条件の3試行はゴールラインを到達しているものの、残る通常条件の3試行および防音条件の6試行でゴールラインに到達していなかった。それぞれの歩行軌跡から、B7は右側に、B8は左側にベアリングする様子が観察された。

第4節 考察

1. 白杖の騒音レベルの測定

白杖の騒音レベルについて、二要因の混合計画における分散分析を行った結果、音条件の主効果が有意であった。この結果から、両者とも通常条件と比較して、防音条件の最大騒音レベルが小さくなったことが示された。また、実験を実施した体育館の暗騒音の平均は、晴眼大学生が 56.52 ± 2.03 dB SPL、視覚障害者が 54.26 ± 3.25 dB SPL であり、防音条件の最大騒音レベルとの差は、晴眼大学生で約 5 dB SPL、視覚障害者で約 7 dB SPL であった。このことから、通常条件と比較して、防音条件で白杖の反響音の低減が示されたと考えられる。これらを踏まえると、第3研究の直進歩行課題において、通常条件および防音条件を設定することで、白杖歩行におけるベアリング距離に白杖の反響音をもたらす影響を検討することができたと考えられる。

2. 白杖の反響音とベアリングの関係

ベアリング距離について、二要因の混合計画における分散分析を行った結果、いずれも有意でなかった。このことから、晴眼大学生および視覚障害者が直進歩行する際に白杖の反響音は手掛かりにならないと考えられた。すなわち、視覚障害の有無に関わらず、ベアリングを抑制するための手掛かりとして白杖の反響音は利用されていないと推察された。Schenkman and Jansson (1986) は、視覚障害者を実験参加者として、白杖を突く反響音の障害物の検出能力について検討し、白杖の反射音が障害物知覚において有効であることを示している。この知見と第3研究の知見を踏まえると、白杖の反響音は障害物知覚において有効であるものの、直進を維持するような方向定位のための手掛かりとしては有効ではない

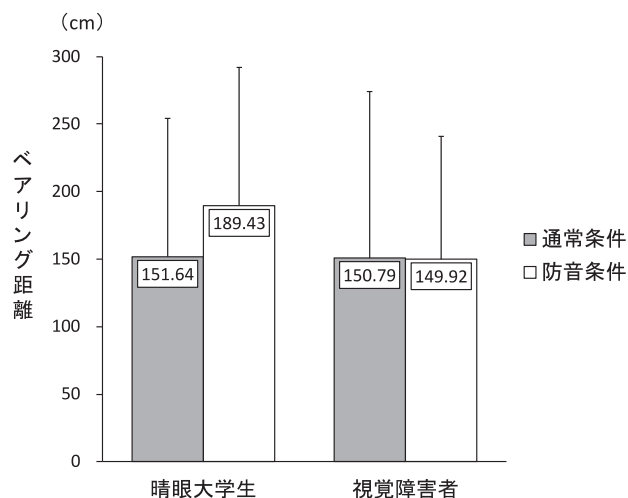


Fig. 2-2 通常条件および防音条件におけるベアリング距離の平均と標準偏差

と考えられた。

3. ベアリングが大きく生じた実験参加者の歩行軌跡

B7 および B8 はいずれも歩行路のゴールラインに到達しない地点でベアリング距離が 5 m よりも大きい値を示し、測定不能であったため、分析から除外した。Guth (2008) は、視覚障害者の中には、ベアリングの程度が重度な者がいることを報告しており、この 2 名の視覚障害者もベアリングが重度であったと考えられた。第 2 研究において先天性視覚障害者の中にはベアリングが大きく生じる傾向にある者がいることが報告されており、第 3 研究の結果もこれを支持していた。アイマスクを着用した晴眼者の場合も、屋外や屋内の大きなスペースで実験した場合に、その軌跡が円形になることが報告されており (Bestaven et al, 2012 ; Souman, Frissen, Sreenivasa, & Ernst, 2009), 視覚障害者の場合も同様のことがいえると考えられる。すなわち、Guth (2008) が指摘しているように視覚障害の有無に関わらず、ベアリングの程度が重度な者がいると考えられる。さらに、Consolo, Holanda, and Fukusima (2014) は、歩行軌跡におけるベアリングの軌跡パターンを整理しており、①“straight 型” (直線的な軌跡)、②“circular 型” (円形のような軌跡)、③“straight-circular 型” (straight 型から circular 型に移行する軌跡)、④“alternative 型” (蛇行している軌跡) の 4 つを挙げており、この中で circular 型は他の型と比較して、有意に出現頻度が高いことを報告している。この 2 名の歩行軌跡も B8 の通常条件の 3 試行を除くと、②“circular 型”の歩行軌跡に分類されると考えられた。このことから、B7 および B8 のように②“circular 型”の歩行軌跡を示す者はベアリングが大きく生じる危険があり、歩行指導において最も優先される安全性が脅かされることになる。

また、B7 の歩行軌跡は一貫して右側にベアリングし、B8 は一貫して左側にベアリングする様子が観察された。先行研究では、Boyadjian, Marin, and Danion (1999) は、一貫して同じ方向にベアリングする者を“homotropic”, ベアリングの方向には一貫性がない者を“heterotropic”と呼んでいる。また、Bestaven et al. (2012) は同様に、一貫して同じ方向にベアリングする者を“consistent”, ベアリングの方向には一貫性がない者を“inconsistent”と呼んでいる。この 2 名も一貫して同じ方向にベアリングしていたことから、“homotropic”, “consistent”に分類されることが示された。Guth and LaDuke (1995) が視覚障害者を対象に行った実験では、実験参加者の 4 名の内の 1 名は右側にベアリングする傾向があったことを報告している。このように、歩行軌跡におけるベアリングを評価する上で、ベアリングの大きさだけでなく、ベアリングの方向に関する一貫性を考慮することが必要であると考えられた。

第 2 章 第 2 部の総合考察

第 2 部では、視覚障害児・者自身が発する音の中でも白杖の反響音に注目し、白杖歩行のベアリング距離に白杖の反響音をもたらす影響を明らかにした。

その結果、通常条件および防音条件のベアリング距離に有意差は認められず、晴眼大学生および視覚障害者のいずれも直進歩行する際に白杖の反響音は手掛かりとならないことが明らかとなった。この結果から、視覚障害の有無に関わらず、ベアリングを抑制するための手掛かりとして白杖の反響音は利用されていないと推察された。

ここで、障害物知覚の分類 (関ら, 1994) からみると、視覚障害児・者自身が発していない周囲音がベ

アリングの方向に影響をもたらすが（例えば、大倉・田内, 2015）、足音や白杖をつく音のように視覚障害児・者自身が発する音とベアリングの関係についてはこれまで検討されていなかった。第3研究の結果から、ベアリングと白杖の反響音との関連は示されなかった。ただし、視覚障害者の数が少なく、この結果が一般化された結論とはいえないことが第3研究の限界であった。今後、障害物知覚の能力を有する視覚障害者を対象にすることで、この影響を詳細に検討する必要がある。

また、分析から除外された6名の内、B7およびB8は、歩行路のゴールラインまで到達しない地点でベアリング距離が5mよりも大きい値を示し、第2研究と同様にベアリングが大きく生じる傾向にあると推察された。ベアリングが大きく生じることで歩行の安全性が脅かされることからベアリング距離、ベアリングの方向を評価し、ベアリング抑制のための指導を行っていくことが必要である。先行研究では、歩行軌跡におけるベアリングは試行によって様々であることが報告されており（Guth & Laduke, 1995 ; Millar, 1999）、実際の歩行指導では実用的な方法でベアリングを評価し、個々のベアリングの特徴を指導者が把握し、指導につなげていくことが重要である。そこで、第3部では評価法および指導法について検証を行う。

第3部 ベアリングの評価と指導に関する研究

第1章 歩行軌跡におけるベアリングの特徴と予測-近似曲線を用いた分析-（第4研究）

第1節 目的

第4研究では中途視覚障害のシミュレーションとして晴眼大学生を対象とし、歩行軌跡におけるベアリングに関して近似曲線を用いた分析を行い、その特徴を明らかにすることを目的とした。晴眼大学生を対象とした理由としては、中途視覚障害者の歩行を想定したシミュレーション実験を行うことで、歩行軌跡におけるベアリングの基礎的な知見を得ることが挙げられた。また、第1研究の結果から、歩行速度（「遅い」・「通常」・「速い」）が白杖歩行のベアリングに影響し、「速い」は「遅い」と比較して有意にベアリング距離が小さくなることを指摘した。そのため、歩行速度が歩行軌跡におけるベアリングにもたらす影響についても検討する。さらに、白杖を持つ手の要因はベアリングに対して影響しないことが明らかにされている（第1研究）が、歩行軌跡とこの要因の関連については検討されていないことから、第4研究ではこの要因についても検討することとした。また、実際の歩行指導に活かすために近似曲線を用いた分析からベアリング予測における可能性について分析した。

第2節 方法

1. 研究デザイン

実験参加者それぞれの歩行軌跡について、1試行ごとの線形近似および多項式近似それぞれの関数を最小二乗法により求め、両者の適合度（ R^2 ）を歩行条件ごとに比較するために、対応のある t 検定を実施した。

2. 実験参加者

実験参加者は、晴眼大学生16名（男性7名と女性9名、21～23歳）で、第4研究も第1研究および第3研究と同様に白杖歩行を想定しているため、これらの晴眼大学生は白杖歩行の実習を受けた者から選定された。

3. 実験環境および歩行の記録

序論に示した通りであった。

4. 実験手続き

第1研究と同様であった。

5. 分析方法

第4研究ではベアリングに注目した際の歩行軌跡がどのような回帰直線あるいは回帰曲線になるかを明らかにするために近似曲線を用いた分析を行った。実験参加者1名の全21試行の歩行軌跡について、線形近似および多項式近似それぞれの関数を最小二乗法により求め、両者の適合度 (R^2) を歩行条件ごとに比較した。適合度の比較には、歩行条件ごとに対応のある t 検定を行った。統計解析には、R version 3.3.1 を使用した。

第3節 結果

1. 線形近似および多項式近似の比較

Fig. 3-1 に実験参加者2名分の歩行軌跡に線形近似および多項式近似, さらにそれらの適合度をそれぞれ示した。なお, 縦軸には歩行路の基準線からの距離 (m), 横軸にスタートラインからの距離 (m) を示しており, 基準線から右側にベアリングした値をプラス, 左側にベアリングした値をマイナスとして処理している。第4研究ではこの適合度を歩行条件ごとに比較し, 歩行軌跡におけるベアリングがどのような回帰直線あるいは回帰曲線を示すか分析した。Fig. 3-2 に, 実験参加者の線形近似および多項式近似それぞれの適合度の平均と標準偏差を歩行条件ごとに示した。歩行条件ごとに対応のある t 検定

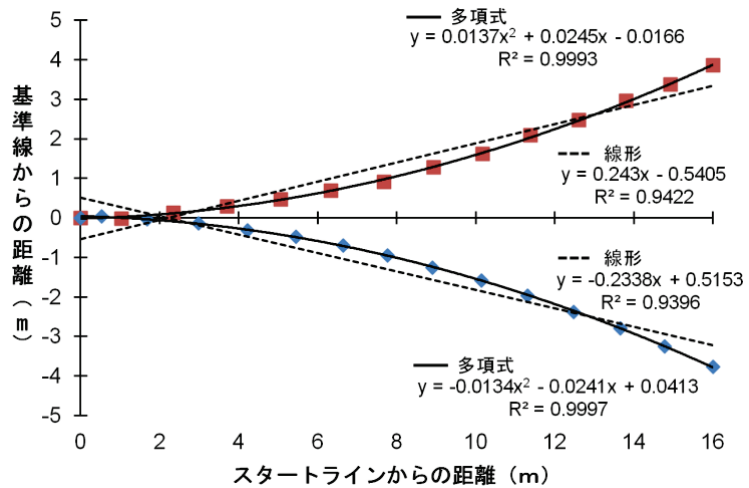


Fig. 3-1 実験参加者2名分の歩行軌跡に関する線形近似と多項式近似

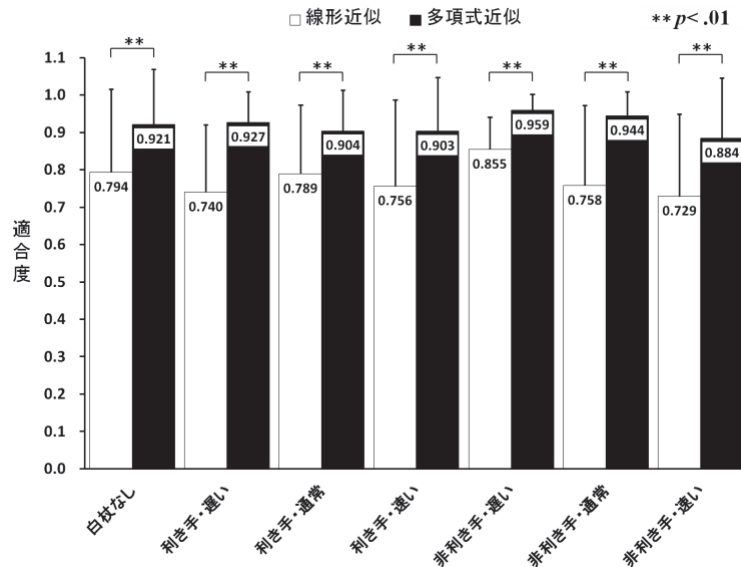


Fig. 3-2 線形近似と多項式近似における適合度の平均と標準偏差 (n=16)

を行った結果、すべての歩行条件において1%水準で有意差が認められた(白杖なし歩行条件の「通常」, $t(15) = -4.96, p = .00, d = -1.75$; 白杖歩行条件の「利き手」・「遅い」, $t(15) = -4.91, p = .00, d = -1.74$; 白杖歩行条件の「利き手」・「通常」, $t(15) = -4.07, p = .00, d = -1.44$; 白杖歩行条件の「利き手」・「速い」, $t(15) = -4.82, p = .00, d = -1.71$; 白杖歩行条件の「非利き手」・「遅い」, $t(15) = -5.44, p = .00, d = -1.92$; 白杖歩行条件の「非利き手」・「通常」, $t(15) = -4.01, p = .00, d = -1.42$; 白杖歩行条件の「非利き手」・「速い」, $t(15) = -5.15, p = .00, d = -1.82$)。

一方、歩行軌跡の中には線形近似および多項式近似のどちらも適合度が非常に低い値を示すものがあった(Fig. 3-3)。この歩行軌跡は、スタートからゴールラインまで直線的な歩行軌跡を示し、線形近似の適合度は0.0170、多項式近似の適合度は0.1291であった。

2. 多項式近似によるベアリング予測

多項式近似の適合度は、歩行条件に関わらず線形近似のそれと比較して、1%水準で有意に高いことから、多項式近似の関数を用いてベアリング予測を試みた。その際、第4研究では実験参加者が16mの距離を直進歩行する際のベアリング距離を求めているが、この16m地点のベアリング距離を予測するために必要な最短歩行距離を多項式近似の関数を用いて分析した。第4研究では、実験参加者の右足親指部分に貼付した赤テープの位置をウェアラブルカメラで追跡して歩行軌跡を作成していることから、16m地点のベアリング距離だけでなく歩行中の右足親指部分それぞれの通過地点のベアリング距離を数値化していた。そこで、これを用いて、各通過地点で多項式近似の関数を最小二乗法により求め、その関数から16m地点でのベアリング距離を予測し、実際のベアリング距離(16m地点)との予測率を求めた。すなわち、0~x mまでの歩行軌跡のデータから多項式関数 $f(x)$ を算出し、その関数に $x=16$ を代入したときの値である $f(16)$ を予測値とし、さらに、実際の16m地点でのベアリング距離に対する予測値の割合を予測率とした。予測率は、100%に近いほど、ある通過地点における予測のベアリング距離が実際のベアリング距離(16m地点)を正確に予測していることを示し、予測率が低いほど実際のベアリング距離(16m地点)よりも小さいベアリング距離を予測したことを示す。また、100%よりも高い予測率の場合は、実際のベアリング距離(16m地点)よりも大きいベアリング距離を予測したことを示す。分析の際は、適合度の分析から直線的な歩行軌跡は適合度が低い結果であったことから、16(実験参加者数)×21(試行)の計336の歩行軌跡の内、適合度が0.9以上の270(80%)の歩行軌跡を対象として分析した。また、16mの歩行距離について1m区間に分け、それぞれの区間における予測率の平均と標準偏差を求めた。

その結果をFig. 3-4に示した。予測率は、0~0.99m区間では $32.32 \pm 127.42\%$ 、1~1.99m区間では $8.73 \pm 1721.47\%$ 、2~2.99m区間では

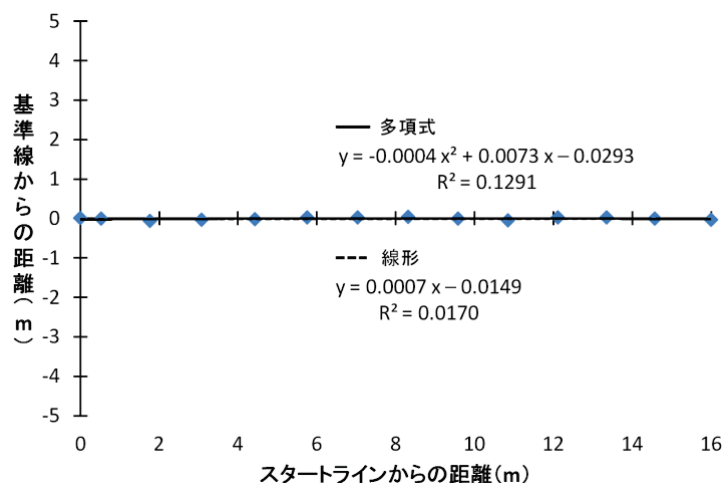


Fig. 3-3 適合度が低い歩行軌跡の線形近似および多項式近似

115.26±787.43%, 3～3.99m 区間では 48.93±306.96%, 4～4.99m 区間では 77.63±155.22%, 5～5.99m 区間では 82.28±141.79%, 6～6.99m 区間では 90.51±117.99%, 7～7.99m 区間では 88.19±84.44%, 8～8.99m 区間では 93.09±59.96%, 9～9.99m 区間では 98.58±45.46%, 10～10.99m 区間では 99.32±36.91%, 11～11.99m 区間では 100.44±30.62%, 12～12.99m 区間では 101.88±21.42%, 13～13.99m 区間では 101.95±18.40%, 14～14.99m 区間では 101.35±14.61%, 15～15.99m 区間では 97.51±13.85%, 16m 地点では 100.34±6.64%であった。Fig. 3-4 より、予測率は 0～1.99m 区間では非常に低い値を示した。一方、2～2.99m 区間では予測率が 100%よりも高い値を示した。3～3.99m 区間では予測率が低くなるが、10～10.99m 区間からは予測率が約 100%で安定する結果となった。

第 4 節 考察

1. 線形近似および多項式近似の比較

第 4 研究では、実験参加者の歩行軌跡に関して線形近似および多項式近似それぞれの関数を最小二乗法により求め、両者の適合度を歩行条件ごとに比較した。その結果、すべての歩行条件において、多項式近似の適合度は線形近似の適合度と比較して 1%水準で有意に高いことが明らかとなった ($p<.01$)。これまでベアリングに注目した際の歩行軌跡がどのような回帰直線あるいは回帰曲線になるかは明らかにされていなかった(柳原・三星, 2005)が、第 4 研究の結果から歩行軌跡におけるベアリングは、歩行の開始から数 m は直線を維持しつつ徐々に曲線的に進行方向から右あるいは左にベアリングしていく様子が観察され、多項式近似のような曲線的な歩行軌跡を示すことが明らかとなった。このことから、歩行軌跡におけるベアリングは多項式近似によって説明できることが示唆された。ここで、第 4 研究では多項式近似として $f(x) = ax^2 + bx + c$ の二次関数を用いた。その理由は、スタートラインからの歩行距離 (x) が伸びるに従い、Fig. 3-1 のように歩行軌跡は曲線的に大きくなることが挙げられる。多項式近似の次数はデータの曲線の中に現れる屈曲の数によって決まっており、第 4 研究の歩行軌跡の屈曲が一つであることから二次関数が適当であると判断した。視覚障害者の歩行中にベアリングが生じる場面の一つに横断歩道があり、この理論から横断距離が長い横断歩道ほどベアリングも大きくなり、横断歩道からはずれる危険性が高くなると考えられた。視覚障害者が安全に横断歩道を横断できるようにするためにも、歩行指導の際に指導者が視覚障害者の示すベアリングについて多項式近似の視点から客観的に評価し、その指導に活かしていくことが必要であると考えられる。

一方、歩行軌跡によっては適合度が非常に低い値を示すものがあり、Fig. 3-3 に示した歩行軌跡の場合、線形近似の適合度は 0.0170、多項式近似の適合度は 0.1291 であった。これは直進歩行を維持していた場合、その軌跡は歩行路の基準線上に近い位置に示され、数値が一定の比率で増減する場合に適した線形近似、数値が変動する場合に適した多項式近似それぞれ

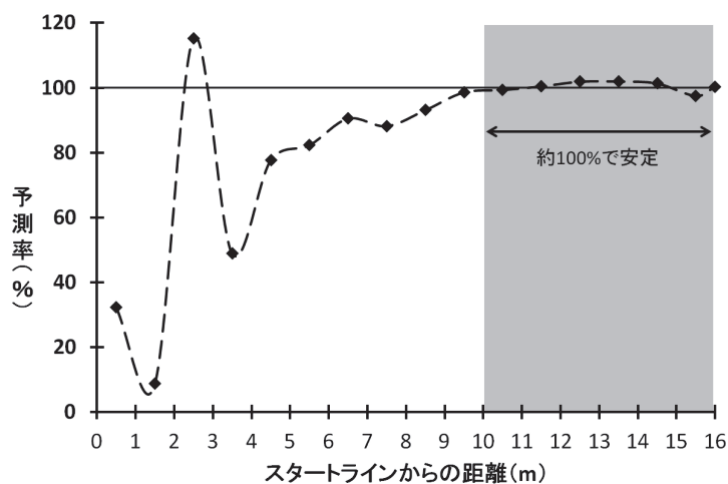


Fig. 3-4 各区間における予測率の平均

れの性質に適していなかったことから適合度が低くなったと推察される。

2. 多項式近似によるベアリング予測

歩行軌跡におけるベアリングは多項式近似で説明できることが明らかとなったことから、実験参加者16名の計336の歩行軌跡の内、適合度が0.9以上であった270(80%)の歩行軌跡を対象に多項式近似の関数を用いたベアリング予測を試みた。その結果、Fig. 3-4より、予測率は0~1.99m区間では非常に低い値を示した一方で、2~2.99m区間では予測率が100%よりも高い値を示した。これは歩行軌跡におけるベアリングが0~1.99mのような歩き出しの段階では意図した方向への歩行を維持しているため多項式近似による16m地点での予測値が実際のベアリング距離(16m地点)よりも低く予測されるが、2m付近で意図した方向から徐々にベアリングが生じることで、多項式近似による16m地点での予測値も実際のベアリング距離(16m地点)よりも高く予測されたと考えられる。すなわち、歩行軌跡におけるベアリングに注目した際に、個人差はあるものの2mを通過した地点からベアリング傾向が生じてくると推察された。また、3~3.99m区間では再び予測率が低くなるが、そこからは予測率が徐々に上昇していき、10~10.99m区間からは予測率が約100%で安定する結果となった。このことから、歩行軌跡におけるベアリングは多項式近似を用いることで、歩行距離が伸びるに従って予測率も上昇していき、10mを通過した地点から16m地点でのベアリング距離が予測できることが示された。すなわち、歩行軌跡におけるベアリングに注目した際に、歩行距離10mで歩行軌跡におけるベアリングの傾向が安定してくるといえるだけでなく、16mのように長い距離を歩行しなくても10m歩行した際のベアリング距離および歩行軌跡を求めることでそれよりも長い歩行距離でのベアリング距離を予測できることを示している。この理論を用いると、第4研究の歩行路はスタートラインからゴールラインまでの距離は16mであったが、10mの距離で直進歩行課題を実施し、その際のベアリング距離および歩行軌跡を分析することで、簡易的な方法で歩行軌跡におけるベアリングを評価できる可能性があることが示唆された。

さらに、この評価方法を用いると、実際の歩行場面でも応用することができる可能性がある。例えば、日本道路協会(2015)によると、横断歩道の長さは15m以下とすることが望ましいとされている。実際の歩行指導の場面を想定すると、横断距離が約10mの横断歩道での視覚障害者の歩行軌跡におけるベアリングの傾向をとらえることで、15mのような横断距離の長い横断歩道でのベアリングについても予測できるようになると考えられる。また、実験的な場面になるものの、歩行指導の際に体育館のような傾斜のない環境において、視覚障害者の10m直進歩行課題におけるベアリング距離および歩行軌跡を評価することで、ベアリング距離の大きさやその方向に加えて、10m以上の歩行距離で予測されるベアリング距離といった情報を視覚障害者にフィードバックした上で実際の場面で指導していくことも重要となると考える。ただし、実験的な環境での歩行軌跡におけるベアリングと実際の歩行場面でのそれとの関連についてはこれまで検討されていないことから、第5研究で検討した。

第2章 歩行環境の違いがベアリングにもたらす影響-評価の妥当性の検討-(第5研究)

第1節 目的

第4研究の結果から、10mの距離で直進歩行課題を実施し、その際のベアリング距離および歩行軌跡を分析することで、簡易的な方法で歩行軌跡におけるベアリングを評価できる可能性があることが示唆

された。第4研究は、屋内環境の体育館で実施しており、第4研究の知見について屋外環境での応用の可能性について検討する必要がある。

そこで、第5研究では、体育館のような屋内環境でのベアリングおよびグラウンドのような屋外でのベアリングを比較することで、屋内環境および屋外環境による歩行環境の違いがベアリングにもたらす影響について検討することを目的とした。また、Cratty and Williams (1966) は、体育館および陸上競技場でベアリングに関する実験を行っていた。この研究での歩行距離は 60 フィート (約 18m) であった。実際にベアリングを評価する際は、実用的な歩行距離で実効性の高い方法で実施できることが望ましい。そのため、Cratty and Williams (1966) の研究の知見と第5研究の結果の比較を行い、その妥当性について検証した。この妥当性が認められれば、ベアリングを評価するために 10m の直進歩行課題を実施することで十分であると考えられる。

第2節 方法

1. 研究デザイン

体育館条件、グラウンド条件について対応のある t 検定を実施した。従属変数は、ベアリング距離、変動誤差であった。また、ベアリング距離、恒常誤差、変動誤差について条件間の相関分析を行った。

2. 実験参加者

実験参加者は、晴眼大学生 8 名 (男性 2 名と女性 6 名, 21.63 ± 0.48 歳) で、第5研究は白杖歩行を想定しているため、これらの晴眼大学生は白杖歩行の実習を受けた者から選定された。

3. 実験環境および歩行の記録

序論に示した通りであった。

4. 実験手続き

第5研究では、アイマスクを着用した状態で X 大学体育館 (以下、体育館条件) および X 大学グラウンド (以下、グラウンド条件) での直進歩行課題 (10m) を実施した。

体育館条件およびグラウンド条件の提示は条件ごとに無作為に実施した。例えば、最初に体育館条件を提示した場合に、計測終了後そのままグラウンドに移動し、グラウンド条件を計測した。体育館とグラウンドの移動時間は、3分であった。また、第4研究まで測定の前に実験参加者の「通常」の歩行速度の設定を行っていた。そして、それを「通常」の歩行速度として測定を行っていた。しかし、先行研究では歩行速度の設定を行わず、測定の際に通常のあるいは快適な速度で歩くように実験参加者に教示していた (例えば, Bestaven et al., 2012 ; Guth, & Laduke, 1995)。そこで、第5研究でも「通常」の歩行速度の設定を行わず、先行研究と同様に実験参加者に通常のあるいは快適な速度で歩くように教示した。各条件とも 6 試行ずつ実施し、それぞれの実験参加者に対し、6 (試行) \times 2 (「体育館条件」・「グラウンド条件」) の計 12 試行を計測した。実験後は、「歩行環境」、「音響環境」の観点から自由回答で実験参加者の内省報告を聴取した。

5. 分析方法

体育館条件、グラウンド条件について対応のある t 検定を実施した。また、ベアリング距離、恒常誤差、変動誤差について条件間の相関分析を行った。統計解析には、R version 3.5.1 を使用した。

第3節 結果

Table 3-1 ベアリング距離, 恒常誤差,

Table 3-1 に条件ごとのベアリング距離(cm), 恒常誤差(cm), 変動誤差(cm)に関する平均と標準偏差をそれぞれ示した。

変動誤差の平均と標準偏差 (n=8)

	体育館条件	グラウンド条件
ベアリング距離 (cm)	113.15±68.30	90.85±55.11
恒常誤差 (cm)	-18.56±123.67	-50.23±85.78
変動誤差 (cm)	84.99±25.76	77.92±26.83

ベアリング距離について, 対応のある t 検定を行った結果, 両条件で有意差は認められなかった ($t(7) = 1.40, p = .20, d = 0.70$)。また, 条件間のベアリング距離の関係をみるために相関分析を行った結果, 両条件のベアリング距離には強い正の相関がみられた ($r = .79, F(1, 6) = 9.81, p = .02$)。

恒常誤差について, 条件間のその関係をみるために相関分析を行った結果, 両条件の恒常誤差には中程度の正の相関がみられたが, 有意でなかった ($r = .67, F(1, 6) = 4.76, p = .07$)。

変動誤差について, 対応のある t 検定を行った結果, 両条件で有意差は認められなかった ($t(7) = 0.73, p = .49, d = 0.36$)。また, 条件間の変動誤差の関係をみるために相関分析を行った結果, 両条件の変動誤差には中程度の正の相関がみられたが, 有意でなかった ($r = .52, F(1, 6) = 2.26, p = .18$)。

第4節 考察

1. 歩行環境によるベアリングの特徴

ベアリング距離, 変動誤差について体育館条件およびグラウンド条件を比較した結果, いずれも有意差が認められなかった。Cratty and Williams (1966) は, 体育館と陸上競技場でのベアリング距離に有意差がみられなかったことから, ベアリングは歩行環境に影響されないことを明らかにしている。第5研究の結果もこの知見を支持していたと考えられる。また, Cratty and Williams (1966) は変動誤差については報告していなかったが, 第5研究の結果から, 変動誤差も歩行環境に影響されないことが明らかとなった。すなわち, ベアリングの非一貫性は環境によって左右されない歩行の特徴ととらえることができる。また, ベアリング距離, 恒常誤差, 変動誤差について条件間で相関分析を行った結果, ベアリング距離で強い正の相関, 恒常誤差および変動誤差は統計的有意ではなかったものの中程度の正の相関がみられた。以上より, ベアリングは歩行環境に影響されず, ベアリング距離が表すベアリングの大きさ, 恒常誤差が表す方向の偏り, 変動誤差が表すベアリングの非一貫性は同じ特徴を示すことが示唆された。

2. ベアリング評価の歩行指導への応用

これまでベアリングに関する研究ではその目的に応じて様々な歩行距離を実験参加者に歩行させ, ベアリングに関するデータが計測されてきた。特に, 歩行軌跡におけるベアリングは歩行距離が長くなるほど, ベアリングが大きくなるという特性があり (第4研究), 大規模な環境での実験もこれまで行われてきた (Bestaven et al., 2012 ; Souman et al., 2009)。しかし, 実際にベアリングを評価するためには, 実用的な歩行距離で実効性の高い方法で評価する必要がある。第5研究の結果は, 歩行距離 60 フィート (約 18m) でのベアリング距離について分析した Cratty and Williams (1966) の知見を支持しており, 10m の歩行距離で先行研究と同様の結果を得られることが確認された。このことから, ベアリングを評価するためには, 10m の歩行距離で十分であると考えられた。実際に視覚障害者の歩行中にベアリングが生じる場面として, 横断歩道が挙げられるが, 横断歩道の長さは 15m 以下とすることが望ましいとされて

おり（日本道路協会,2015）、歩行指導の際に視覚障害者の歩行を10mでの直進歩行課題で評価することで、指導に活用できると考えられる。また、それ以上の歩行距離を評価する必要がある場合も、10m歩行した際のベアリング距離および歩行軌跡を求めることでそれよりも長い歩行距離でのベアリング距離を予測できることが示されており（第4研究）、これを応用することができる。さらに、ベアリングを評価する際の歩行距離を統一することで研究レベルでは先行研究との比較ができるだけでなく、実践レベルでは縦断的な評価や発達の側面からベアリングを捉えることができると考えられる。

また、Guth（2008）は、著者自身の歩行訓練士としての経験から、視覚障害者に対してベアリングが生じた際にその結果を伝えていたが、その結果を強調することは研究的にも実践的にも有益なことではないと言及している。その理由として、A地点からB地点を移動する際にその歩行軌跡が無数にあり、同じ歩行軌跡でも異なる歩行運動が生じることを挙げている。すなわち、ベアリングを評価するためには、ベアリング距離に加えて、方向の偏りを表す恒常誤差、またベアリングの非一貫性を表す変動誤差を合わせて評価していく必要がある。この点で、Guth and Laduke（1995）は歩行訓練士が視覚障害者のベアリングの恒常誤差および変動誤差を評価することが有意義であると述べている。第5研究においても恒常誤差および変動誤差は体育館条件およびグラウンド条件において有意差が認められなかったことからベアリング距離と同様にベアリング評価において重要な指標となると考えられる。そして、Guth and Laduke（1995）が指摘しているように、これらの評価を行うことでベアリング抑制のための介入プログラムの計画を立てる際の一資料となることが示唆された。

第3章 ベアリング抑制のための指導方法に関する研究（第6研究）

第1節 目的

第1研究の結果より、歩行速度「速い」は、「遅い」と比較して、ベアリング距離が有意に小さくなった一方で、「通常」および「速い」のベアリング距離には有意差がみられなかった。このことから、歩行速度が「通常」あるいは「速い」の速度であればベアリングを抑制できると考えられ、安全な歩行につながると推察される。しかし、歩行速度を速くすることによる介入効果の可能性は、これまで客観的に検証されていない。そのため、歩行指導に活用するためにその効果について検証する必要がある。

また、歩行指導に活かすために、端に歩行速度を速くするのではなく、歩行中のベアリングと空間認知について検討する必要がある。先行研究では、方向感覚が低い人ほどベアリングが大きく、方向感覚が高い人ほどベアリングが小さくなる傾向がみられたと報告されている（柳原・三星,2005；柳原・三星,2008）。特に、ベアリングが大きく生じる人のベアリングの主観的評価と実測値との関連を検討することは、歩行指導に活用する際の一資料となると考えられる。

そこで、第6研究では、ベアリングの大きい晴眼大学生および視覚障害者を選定し、歩行速度を速くすることによるベアリング抑制の可能性について実験的に調査した。実験参加者のベアリングおよび歩行速度を計測し、ベースラインとした上で、速い歩行速度を提示し、ベースラインとの比較をした上で、歩行速度による指導の有効性について検討した。また、実験参加者の主観的なベアリングの評価と実測値との関連についても検証することとした。

第2節 方法

Table 3-2 視覚障害者の視力および年齢, 受障時期, 眼疾患

1. 研究デザイン	実験参加者	視力		年齢(歳)	受障時期	眼疾患
		右	左			
第6研究は, 通常 (ベースライン) 条 件, 1.2倍条件, 通常	B1	0	0	65	先天	緑内障
	B2	0	0	24	先天	ピーターズ奇形(両眼性)
	B3	0	0	54	23歳	緑内障

(1.2倍後)条件, 1.3倍条件, 通常(1.3倍後)条件の5条件を設定した。実験参加者ごとに一要因の分散分析を行い, 歩行速度の要因(通常(ベースライン)条件, 1.2倍条件, 1.3倍条件)と介入効果の要因(通常(ベースライン)条件, 通常(1.2倍後)条件, 通常(1.3倍後)条件)の実験参加者間計画であった。従属変数は, ベアリング距離であった。さらに, 恒常誤差と主観的評価の関係について相関分析を実施した。

2. 実験参加者

実験参加者は, 晴眼大学生3名(女性3名, 21.63±0.47歳), 視覚障害者3名(男性1名と女性2名, 48.00±16.87歳)であった。視覚障害者の視力および年齢, 受障時期, 眼疾患を Table 3-2 に示した。なお, 第6研究ではベアリングが大きく生じる傾向にある者に対して, 歩行速度を速くすることによる指導効果を検証するために, 第3研究での直進歩行課題(16m)で通常条件のベアリング距離の平均が300cm以上だった者を選定した。視覚障害者3名の内の2名はベアリング距離が大きい値を示したため, 分析から除外された者であった。また, 第6研究は白杖歩行を想定しているため, これらの晴眼大学生は白杖歩行の実習を受けた者から選定された。

3. 実験環境および歩行の記録

序論に示した通りであった。

4. 実験手続き

第6研究では, 第5研究と同様に X 大学体育館で直進歩行課題(10m)を実施した。

第6研究は, 3つの通常条件(歩行速度 1.0倍)および歩行速度を速くすることによる2つの介入条件(「1.2倍条件」と「1.3倍条件」)の計5つの条件で構成された。

ベアリング距離の計測を行うにあたって, 各実験参加者の歩行速度として一分間あたりの平均歩数と標準偏差を算出した。算出の手続きは第1研究と同様であり, 求めた値を「通常」の歩行速度とした。

最初に, 「通常」の歩行速度で計測を行った。その際のベアリング距離を計測し, これをベースラインのベアリング距離と定義した(以下, 通常(ベースライン)条件とする)。

次に, 介入条件での計測を行った。介入条件では, 第1研究の結果から歩行速度「速い」(「通常」の1.2倍)は, 「遅い」(「通常」の0.8倍)と比較してベアリング距離が有意に小さいことが明らかとなったことから, 1つ目の介入条件として「1.2倍条件」を提示した。さらに, 第1研究の結果から歩行速度「通常」と「速い」の間に有意差は認められなかったため, 1.0倍と1.2倍の比較では差が認められないことも想定された。そこで, さらに歩行速度の速い「1.3倍条件」を提示することとした。また, 1.2倍条件および1.3倍条件の介入効果を検証するために, それぞれの条件の後に通常(1.2倍後)条件, 通常(1.3倍後)条件で計測を行った。なお, いずれもベースライン条件と同様に1.0倍の歩行速度であった。1.2倍条件および通常(1.2倍条件後)条件, 1.3倍条件および通常(1.3倍条件後)条件はそれぞれセッ

トとし、実験参加者ごとに無作為に実施した。それぞれの条件は6試行ずつ実施した。それぞれの実験参加者に対し、6（試行）×5（条件）の計30試行を計測した。また、各試行の最後に実験参加者の主観的なベアリング方向およびベアリング距離について口頭で回答を得て、これを実験参加者のベアリングの主観的評価とした。実験後は、「歩行速度」、「主観的評価」の観点から自由回答で実験参加者の内省報告を聴取した。

5. 分析方法

通常（ベースライン）条件、1.2倍条件、1.3倍条件による歩行速度を要因とした一要因の実験参加者間の分散分析を実験参加者ごとに実施した。また、通常（ベースライン）条件、通常（1.2倍後）条件、通常（1.3倍後）条件による介入効果を要因とした一要因の実験参加者間の分散分析を実験参加者ごとに実施した。両条件の分散分析の結果から、効果量に注目し、検討した。さらに、ベアリングの主観的評価を検討するために、恒常誤差と主観的評価の関係について相関分析を実施した。統計解析には、R version 3.5.1を使用した。

第3節 結果

1. ベアリング距離、恒常誤差、変動誤差

実験参加者のベアリング距離（cm）、恒常誤差（cm）、変動誤差（cm）をTable 3-3に示した。Sは晴眼大学生、Bは視覚障害者を表す。以下に、その結果を示す。

S1の歩行速度の要因および介入効果の要因のいずれも条件の効果は有意でなかった（歩行速度、 $F(2, 15) = 2.43, p = .12, \eta^2 = 0.24$ ；介入効果、 $F(2, 15) = 1.78, p = .20, \eta^2 = 0.19$ ）。また、恒常誤差の結果から、すべての条件でその値が絶対誤差を表すベアリング距離と等しく、マイナスの値を示したことからS1は一貫して左側にベアリングしたことが示された。変動誤差は、通常（ベースライン）条件と比較して、1.2倍条件、1.3倍条件、通常（1.3倍後）条件で小さい値を示した。

S2の歩行速度の要因および介入効果の要因のいずれも条件の効果は有意でなかった（歩行速度、 $F(2, 15) = 1.95, p = .18, \eta^2 = 0.21$ ；介入効果、 $F(2, 15) = 0.18, p = .84, \eta^2 = 0.02$ ）。また、恒常誤差の結果から、すべての条件でプラスの値を示したことからS2は右側にベアリングする傾向があった。変動誤差は、通常（ベースライン）条件と比較して、1.2倍条件のみで小さい値を示した。

S3の歩行速度の要因および介入効果の要因のいずれも条件の効果は有意でなかった（歩行速度、 $F(2, 15) = 0.21, p = .82, \eta^2 = 0.03$ ；介入効果、 $F(2, 15) = 0.87, p = .44, \eta^2 = 0.10$ ）。また、恒常誤差の結果から、すべての条件でマイナスの値を示したことからS3は左側にベアリングする傾向があった。変動誤差は、通常（ベースライン）条件と比較して、1.2倍条件および通常（1.2倍後）条件、1.3倍条件および通常（1.3倍後）条件で小さい値を示した。さらに、通常（1.2倍後）条件、通常（1.3倍後）条件の変動誤差は、1.2倍条件、1.3倍条件と比較してそれぞれ小さい値であった。

B1の歩行速度の要因および介入効果の要因のいずれも条件の効果は有意でなかった（歩行速度、 $F(2, 15) = 2.43, p = .74, \eta^2 = 0.09$ ；介入効果、 $F(2, 15) = 3.14, p = .07, \eta^2 = 0.30$ ）。また、恒常誤差の結果から、すべての条件でその値が絶対誤差を表すベアリング距離と等しく、プラスの値を示したことからB1は一貫して右側にベアリングした。変動誤差は、通常（ベースライン）条件と比較して、1.2倍条件のみで小さい値を示した。

Table 3-3 実験参加者のベアリング距離, 恒常誤差, 変動誤差

	通常(ベースライン)条件	1.2倍条件	通常(1.2倍後)条件	1.3倍条件	通常(1.3倍後)条件
実験参加者S1					
ベアリング距離	364.83	323.33	350.17	283.50	282.83
恒常誤差	-364.83	-323.33	-350.17	-283.50	-282.83
変動誤差	76.58	53.58	99.62	59.22	59.15
実験参加者S2					
ベアリング距離	87.17	145.50	100.17	60.33	117.00
恒常誤差	81.17	145.50	88.17	26.67	101.33
変動誤差	95.50	54.50	108.63	100.77	95.87
実験参加者S3					
ベアリング距離	70.50	66.00	88.00	82.50	58.17
恒常誤差	-39.17	-37.33	-88.00	-82.50	-58.17
変動誤差	78.88	63.71	31.02	61.49	39.54
実験参加者B1					
ベアリング距離	112.83	127.83	191.50	142.17	173.83
恒常誤差	112.83	127.83	191.50	142.17	173.83
変動誤差	35.79	34.43	76.01	52.74	52.08
実験参加者B2					
ベアリング距離	60.50	91.67	70.33	99.00	73.50
恒常誤差	-60.50	-88.00	-70.33	-99.00	-73.50
変動誤差	56.27	92.91	45.44	20.50	42.71
実験参加者B3					
ベアリング距離	89.33	56.00	76.33	73.50	87.67
恒常誤差	-89.33	47.67	27.00	-70.17	-42.00
変動誤差	37.35	62.94	101.53	47.08	103.12

※Sは晴眼大学生, Bは視覚障害者の実験参加者を表す。

B2の歩行速度の要因および介入効果の要因のいずれも条件の効果は有意でなかった(歩行速度, $F(2, 15) = 0.66, p = .53, \eta^2 = 0.08$; 介入効果, $F(2, 15) = 0.12, p = .89, \eta^2 = 0.02$)。また, 恒常誤差の結果から, すべての条件でマイナスの値を示したことからB2は左側にベアリングする傾向があった。変動誤差は, 通常(ベースライン)条件と比較して, 通常(1.2倍後)条件, 1.3倍条件および通常(1.3倍後)条件で小さい値を示した。

B3の歩行速度の要因および介入効果の要因のいずれも条件の効果は有意でなかった(歩行速度, $F(2, 15) = 0.84, p = .45, \eta^2 = 0.10$; 介入効果, $F(2, 15) = 0.10, p = .91, \eta^2 = 0.01$)。また, 恒常誤差の結果から, 1.3倍条件および通常(1.3倍後)条件でマイナスの値を示したことからB3は右側にベアリングする傾向があった。一方, 1.2倍条件および通常(1.2倍後)条件でプラスの値を示したことからB3は左側にベアリングする傾向があった。変動誤差は, 通常(ベースライン)条件と比較して, 1.2倍条件および通常(1.2倍後)条件, 1.3倍条件および通常(1.3倍後)条件で大きい値を示した。

2. 実験参加者の主観的評価と恒常誤差の関係

第6研究では, ベアリング距離の実測値である恒常誤差と主観的評価の関係を条件間で検討した。その結果, 1.2倍条件では弱い負の相関がみられ, その他の条件では有意な相関はみられなかった(通常(ベースライン)条件, $r = -.11, F(1, 34) = 0.38, p = .54$; 1.2倍条件, $r = -.40, F(1, 34) = 6.43, p = .02$; 通常(1.2倍後)条件, $r = -.01, F(1, 34) = 0.00, p = .95$; 1.3倍条件, $r = -.07, F(1, 34) = 0.17, p = .68$; 通

常 (1.3 倍後) 条件, $r=-.06$, $F(1, 34) = 0.11$, $p=.75$ 。

第4節 考察

1. 歩行速度によるベアリング抑制のための指導の有効性

ベアリングは歩行速度と関連があると考えられ、これまでその関連について多くの報告がなされてきた (Bestaven et al., 2012 ; Cohen & Sangi-Haghpeykar, 2011 ; Klatzky et al., 1990 ; Uematsu et al., 2011)。本研究の第1部においても、白杖歩行中のベアリングに歩行速度が影響することを明らかにした。しかし、歩行速度を速くすることによる介入効果の可能性については、これまで客観的に検証されていない。そこで、第6研究では歩行速度を速くすることによるベアリング抑制の可能性について検討した。

その結果、晴眼大学生3名および視覚障害者3名のいずれも歩行速度を要因とした分散分析の結果は有意でなかった。同様に、介入効果を要因とした分散分析の結果も有意でなかった。水本・竹内 (2008) によると、分散分析を使用している研究では η^2 で効果量を表すことが多く、その目安としては効果量小が 0.01、効果量中が 0.06、効果量大が 0.14 とされている。そこで、効果量の結果に注目し、実験参加者それぞれの歩行速度によるベアリング抑制のための指導の有効性について考察した。さらに、恒常誤差と変動誤差の結果も合わせて検討し、実験参加者それぞれの特徴について検討した。

まず、歩行速度の要因に注目すると、S1とS2にベアリング抑制の効果がみられた。S1は歩行速度要因の効果量が大であり、S1のベアリング距離は通常 (ベースライン) 条件 (364.83cm) と比較して、その他のすべての条件で小さい値を示した。特に 1.3 倍条件 (283.50cm) のベアリング距離が小さいことから、通常の歩行速度で歩行する場合と比較してベアリングが抑制される可能性があると考えられた。また、恒常誤差の結果から、すべての条件でベアリング距離の値と等しく、マイナスの値を示したことから S1は一貫して左側にベアリングしていた。さらに、変動誤差も通常 (ベースライン) 条件 (76.58cm) と比較して、1.2 倍条件 (53.58cm)、1.3 倍条件 (59.22cm) で小さく、歩行速度を速くすることでベアリングの変動も小さくなると推察された。同様に、S2も歩行速度の要因の効果量が大であり、1.2 倍条件 (145.50cm) のベアリング距離が大きく、通常 (ベースライン) 条件 (87.17cm) あるいは 1.3 倍条件 (60.33cm) においてベアリングが抑制される可能性があった。また、恒常誤差の結果から、S2は右側にベアリングする傾向があるが、1.3 倍条件 (26.67cm) でその値が小さくなっており、この条件ではベアリングの方向が右側から歩行路の基準線方向に変わっていた。すなわち、この条件ではより意図した方向へ直進を維持できていたと考えられる。さらに、変動誤差の結果は 1.2 倍条件 (54.50cm) でその他の条件より小さい値であり、S2は 1.2 倍の歩行速度で歩行することで、ベアリング距離が大きく、ベアリングの変動が小さくなったと考えられた。すなわち、この条件では一貫してベアリングが大きく生じることが示唆された。また、B2はベアリング抑制の効果はみられないものの、恒常誤差の結果より、B2は 1.2 倍条件以外の条件では一貫して左側にベアリングしており、変動誤差は 1.3 倍条件 (20.50cm) で最も小さい値であったことからこの条件ではベアリングの変動が小さかった。すなわち、ベアリング距離に条件間の差はみられないが、その他の条件と比較して 1.3 倍条件ではベアリングの大きさが一貫していたと考えられる。

次に、介入効果の要因に注目すると、S1とB1の結果で効果量が大であった。S1は第6研究の実験参加者の中で唯一、歩行速度と介入効果の要因でベアリング抑制の効果がみられた実験参加者であった。

歩行速度の要因と同様に通常（1.3倍後）条件（282.83cm）のベアリング距離が小さいことから、1.3倍の歩行速度を提示することによる介入効果も高いと考えられた。恒常誤差もすべての条件でベアリング距離の値と等しく、マイナスの値を示したことからS1は一貫して左側にベアリングしていた。さらに、変動誤差も通常（1.3倍後）条件（59.15cm）で小さく、1.3倍の歩行速度を提示することによってベアリングの変動が小さくなり、変動誤差について介入効果が高まると考えられた。一方で、B1のベアリング距離は通常（ベースライン）条件（112.83cm）と比較して、通常（1.2倍後）条件（191.50cm）、通常（1.3倍後）条件（173.83cm）で大きかった。同様に、変動誤差も通常（ベースライン）条件（35.79cm）と比較して、通常（1.2倍後）条件（76.01cm）、通常（1.3倍後）条件（52.08cm）で大きくなっており、歩行速度を速くする介入をすることでベアリングが誘発され、その変動も大きくなることで歩行の安定性が低下したと考えられた。B1の内省報告では、「遅く歩いていると曲がった」という意見が報告されており、速い歩行速度を提示した後の通常（1.2倍後）条件、通常（1.3倍後）条件で歩行速度が遅くなったと感じ、ベアリング距離がさらに大きくなったと推察された。

また、介入効果の要因の効果量は小さかったものの、変動誤差の結果に注目すると、S3とB3では対照的な結果が示された。S3の介入効果の要因について、ベアリング距離は条件間の差は認められず、恒常誤差は通常（ベースライン）条件（-39.17cm）では1試行のみ右側にベアリングしたが、通常（1.2倍後）条件（-88.00cm）および通常（1.3倍後）条件（-58.17cm）では一貫して左側にベアリングしていた。これらの結果を踏まえると、変動誤差は、通常（1.2倍後）条件で31.02cm、通常（1.3倍後）条件で39.54cmであり、歩行速度による介入後に通常の歩行速度で歩行した場合に、通常（ベースライン）条件と比較して一貫して同じ方向にベアリングし、ベアリングの変動が小さくなったと考えられた。一方で、B3の介入効果の要因について、ベアリング距離は条件間の差は認められず、恒常誤差は通常（ベースライン）条件（-89.33cm）では一貫して左側にベアリングしていた。しかし、通常（1.2倍後）条件（27.00cm）ではその方向が右側に変化し、通常（1.3倍後）条件（-42.00cm）では通常（ベースライン）条件と同様に左側にベアリングする傾向があったが、通常（ベースライン）条件と比較して右側へのベアリングも生じた。これらの結果を踏まえると、変動誤差は通常（1.2倍後）条件で101.53cm、通常（1.3倍後）条件で103.12cmであり、ベアリングの方向が一貫して左側に生じていた通常（ベースライン）条件と比較して、これらの条件では左右の方向にベアリングすることで変動誤差も大きくなったと推察された。

以上より、第6研究の結果から、歩行速度を速くする介入を行うことは、ベアリング抑制の指導に有効となる可能性が示唆された。特に、第1研究の結果から歩行速度「通常（1.0倍）」と「速い（1.2倍）」の間に有意差は認められなかったため、第6研究ではさらに歩行速度の速い「1.3倍条件」を提示したが、S1とS2は1.3倍条件でベアリング距離が小さくなっており、ベアリング抑制を考える上で歩行速度を速くすることは有効と考えられる。また、介入効果については、その効果がみられた者とそうでない者がいた。先行研究でもスマートフォンのナビゲーションアプリやヘッドマウンドディスプレイを用いたベアリング抑制の指導が行われているが（Nagy & Wersenyi, 2016 ; Oliveira, Nedel, Maciel, & Brayda, 2018）、その介入効果については統一した知見が得られていないため、さらなる検討が必要である。

2. ベアリングの主観的評価と恒常誤差の関係

歩行指導に活かすために、端に歩行速度を速くするのではなく、歩行中のベアリングと空間認知につ

いて検討する必要がある。先行研究では、方向感覚が低い人ほどベアリングが大きく、方向感覚が高い人ほどベアリングが小さくなる傾向がみられたと報告されている(柳原・三星, 2005; 柳原・三星, 2008)。第6研究の実験参加者は、ベアリングが大きく生じる傾向にある者を選定しており、これらの実験参加者の主観的評価とベアリングの実測値である恒常誤差の関係について検討した。

条件ごとに相関分析を行った結果、1.2倍条件では弱い負の相関がみられ、その他の条件では有意な相関はみられなかった。第6研究の実験参加者は全体的に真っ直ぐ歩いたと感じているが、この結果から、実際はそれよりもベアリングが生じており、主観的評価とベアリングの実測値に誤差が生じていることが示唆された。すなわち、歩行速度の側面だけでなく、空間認知の側面にもアプローチする必要があると考えられる。実験参加者の内省報告をみると、「左に曲がっていると感じたときは右に修正を試みたができなかった」、「歩く途中で右に曲がっていると感じた」といった意見が挙げられており、実験参加者は歩行中に何らかの空間イメージをもって歩行していたと推察された。

また、第6研究の実験参加者はベアリングが大きく生じる傾向にあったことから、主観的評価と実際のベアリングに誤差が生じると危険な状況に陥りやすくなる可能性が考えられた。Guth (2008) は、ベアリングが生じることで現在位置や進行方向が分からなくなるといった危険につながる問題が生じることを指摘しており、この結果は視覚障害児・者の歩行においてベアリングが重大な問題となることを改めて示したといえる。大倉・村上・清水・田内 (1995) は、視覚障害者の駅プラットフォームからの転落事故の要因の一つとしてベアリングを挙げており、視覚障害児・者が真っ直ぐに歩行できていると考えても、実際にはベアリングが生じている可能性があり、特に注意を要する必要があると考えられる。

3. 平衡機能とベアリングの関係

恒常誤差の結果より、実験参加者によってベアリングする方向に傾向がみられた。特に、S1およびB1はすべての条件で一貫して同じ方向にベアリングしており(S1は左側、B1は右側)、ベアリングの方向に一貫性がみられた。先行研究では、一貫して同じ方向にベアリングする者は、“homotropic”(Boyadjian et al., 1999)、“consistent”(Bestaven et al., 2012)と呼ばれており、この2名もこれらに分類されることが示唆された。

ここで、Bestaven et al. (2012) は、実験参加者にアイマスクを着用して直進歩行させ、その際の歩行軌跡におけるベアリングを計測し、ベアリングの方向と足圧の中心との関係を分析した。その結果、両者には有意な相関があり、左側にベアリングした実験参加者の内の80%は足圧の中心が左側に位置し、右側にベアリングした実験参加者の内の70%は足圧の中心が右側に位置していたことを明らかにしている。すなわち、平衡機能の要因とベアリングには関連があり、足圧の中心の位置によってベアリングの方向も影響を受けると考えられる。このことを踏まえると、条件によってベアリングの方向が変わっていたB3以外の実験参加者は、その方向に傾向があり、平衡機能の要因が影響した可能性があると考えられた。高田 (2014) は、歩行指導の中で、身体の中心意識をもてるようになってくると、身体を進行方向に向けた白杖歩行ができるようになることを報告しており、この点からもベアリングには平衡機能の要因が重要であると考えられる。第6研究では、平衡機能の要因については検討できなかったため、今後は平衡機能の要因とベアリング抑制の指導の効果の関係を検討することで、そのメカニズムがより詳細に明らかになると考えられる。

第3章 第3部の総合考察

第4研究において、歩行軌跡におけるベアリングに関して近似曲線を用いた分析を行った結果、歩行軌跡におけるベアリングは多項式近似によって説明できることが示唆された。さらに、多項式近似を用いたベアリング予測から、歩行距離 10m で歩行軌跡におけるベアリングの傾向が安定し、10m 歩行した際のベアリング距離および歩行軌跡を求めることでそれよりも長い歩行距離でのベアリング距離を予測できることを示した。

屋内環境の体育館で実施された第4研究の結果を受けて、この結果の屋外環境での応用の可能性について検討するために第5研究を実施した。第5研究では 10m の距離での直進歩行課題を実施し、体育館のような屋内環境とおよびグラウンドでの歩行環境の違いがベアリングにもたらす影響について検討した。その結果、ベアリングは歩行環境に影響されないことが明らかとなった。さらに、歩行距離 60 フィート (約 18m) で同様の実験をしていた Cratty and Williams (1966) の知見と第5研究の結果が一致していたことから、10m の直進歩行課題がベアリングを評価するために妥当であることが示された。

第6研究では、10m の直進歩行課題を実施し、歩行速度を速くすることによるベアリング抑制の可能性について実験的に調査した。また、実験参加者の主観的なベアリングの評価と実測値との関連についても検証した。その結果、歩行速度を速くする介入を行うことは、ベアリング抑制の指導に有効となる可能性が示唆された。特に、第1研究の結果から歩行速度「通常 (1.0 倍)」と「速い (1.2 倍)」の間に有意差は認められなかったため、第6研究ではさらに歩行速度の速い「1.3 倍条件」を提示したが、S1 と S2 は 1.3 倍条件でベアリング距離が小さくなっており、ベアリング抑制を考える上で歩行速度を速くすることは有効と考えられる。介入効果については、その効果がみられた者とそうでない者がいた。また、ベアリングが大きい実験参加者の場合、主観的評価と実際のベアリングに誤差が生じることが明らかとなった。

第4部 総合考察と今後の課題

第1章 総合考察

1. 本論文のまとめ

第1部では、白杖歩行のベアリングに関して、歩行速度の観点からその特性を実験的に調査した。第1研究では、中途視覚障害シミュレーションによる実験を行い、白杖歩行条件で、歩行速度「速い」は、「遅い」と比較して、ベアリング距離が有意に小さくなった。また、白杖を持つ手はベアリングに影響しないことが明らかとなった。さらに、実験参加者の歩行軌跡は、左側にベアリングした者 (L 型)、左右どちらにもベアリングした者 (LR 型)、右側にベアリングした者 (R 型) の類型ごとに分類することができた。この結果を受けて、第2研究では、先天性視覚障害者を対象に同様の実験を行った。その結果、先天性視覚障害者の場合、統計的有意差は認められなかったものの、「通常」が「遅い」および「速い」と比較して、ベアリング距離が小さかった。第1研究と第2研究の結果から、「遅い」はベアリングを助長する要因となることが推察された。また、先天性視覚障害者の1名は、ベアリングが大きく生じる傾向にあると推察された。

第2部では、視覚障害児・者自身が発する音の中でも白杖の反響音に注目し、白杖歩行のベアリング

距離に白杖の反響音をもたらす影響を明らかにした。その結果、晴眼大学生および視覚障害者のいずれも直進歩行する際に白杖の反響音は手掛かりとならないことが明らかとなった。この結果から、視覚障害の有無に関わらず、ベアリングを抑制するための手掛かりとして白杖の反響音は利用されていないと推察された。また、第2部においても視覚障害者2名はベアリングが大きく生じる傾向にあり、ベアリングが大きく生じることで歩行の安全性が脅かされることから、実際の歩行指導では実用的な方法でベアリングを評価し、個々のベアリングの特徴を指導者が把握し、指導につなげていくことが重要であると考えられた。

第3部では、第1部および第2部の結果を受けて、ベアリングの評価法と指導法について検討した。第4研究において、歩行軌跡におけるベアリングに関して近似曲線を用いた分析を行った結果、歩行軌跡におけるベアリングは多項式近似によって説明できることが示唆された。これまで、ベアリングに注目した際の歩行軌跡がどのような回帰直線あるいは回帰曲線になるかは明らかにされていなかったが（柳原・三星, 2005）、多項式近似によって説明できることから、横断歩道を想定した場合に横断距離が長い横断歩道ほどベアリングも大きくなり、横断歩道からはずれの危険性が高くなると考えられた。さらに、多項式近似を用いたベアリング予測の分析から歩行距離10mで歩行軌跡におけるベアリングの傾向が安定し、10m歩行した際のベアリング距離および歩行軌跡を求めることでそれよりも長い歩行距離でのベアリング距離を予測することができることを示した。

屋内環境の体育館で実施された第4研究の結果を受けて、この結果の屋外環境での応用の可能性について検討するために第5研究を実施した。第5研究では10mの距離での直進歩行課題を実施し、体育館のような屋内環境とおよびグラウンドでの歩行環境の違いがベアリングにもたらす影響について検討した。その結果、ベアリングは歩行環境に影響されないことが明らかとなった。さらに、歩行距離60フィート（約18m）で同様の実験をしていた Cratty and Williams（1966）の知見と第5研究の知見が一致していたことから、10mの直進歩行課題がベアリングを評価するために妥当であることが示された。

最後に、第6研究では、10mの直進歩行課題を実施し、歩行速度を速くすることによるベアリング抑制の可能性について実験的に調査した。また、実験参加者の主観的なベアリングの評価と実測値との関連についても検証した。その結果、歩行速度を速くする介入を行うことは、ベアリング抑制の指導に有効となる可能性が示唆された。特に、第1研究の結果から歩行速度「通常（1.0倍）」と「速い（1.2倍）」の間に有意差は認められなかったため、第6研究ではさらに歩行速度の速い「1.3倍条件」を提示したが、S1とS2は1.3倍条件でベアリング距離が小さくなっており、ベアリング抑制を考える上で歩行速度を速くすることは有効と考えられる。介入効果については、その効果がみられた者とそうでない者がいた。また、ベアリングが大きい実験参加者の場合、主観的評価と実際のベアリングに誤差が生じることが明らかとなった。

2. ベアリング研究の視覚障害教育への応用

視覚障害児の歩行中にベアリングが生じると、その安全性が侵され、重大な問題が生じる。その点で、本論文では、10mの直進歩行課題を実施することで実用的な方法でベアリングを評価できることを明らかにし（第5研究）、ベアリング距離、恒常誤差、変動誤差は歩行環境に影響されないことを示した。この結果から、学校の校内の廊下や体育館、屋外の運動場や駐車場等で10mの直進歩行課題を実施できる

と考えられる。さらに、ベアリングの大きさを表すベアリング距離、方向の偏りを表す恒常誤差、ベアリングの非一貫性を表す変動誤差の指標を用いて、ベアリングを評価することで、視覚障害児の歩行のくせに関する実態を把握することができる。このことは歩行指導計画を立てる際の一資料となるだけでなく、実際の指導場面でも活用できる可能性があり、実践的に有効であると考えられる。さらに、ベアリングについて縦断的に評価をしていくことで、視覚障害児それぞれのベアリングの特徴を追跡することができるだけでなく、将来的にその発達的变化について検証できる可能性がある。

第2章 今後の課題

本研究では、白杖歩行における歩行速度および白杖の反響音が与える影響を検討し、ベアリングの評価法と指導法の開発に資することを目的として研究を行った。その結果、白杖歩行におけるベアリングの特徴を明らかにし、その評価および支援に関する示唆を得られたと考えられる。しかし、今後、この分野の研究をさらに進めていくために、解決する必要がある課題があり、以下に整理した。

1. 簡易的なベアリング計測法

本研究では、ベアリング距離および歩行軌跡は、ウェアラブルカメラの記録を Adobe Premiere Elements というソフトを使用して解析した。しかし、この方法では、解析に膨大な時間を要し、歩行指導で活用するためには現実的ではないと考えられる。先行研究では、歩行軌跡におけるベアリングを解析するために、GPS (Global Positioning System) やモーションアナライザーが用いられている (例えば, Souman et al., 2009 ; Uematsu et al., 2011)。ベアリングに関するデータを即時的に解析し、指導に活用できるように、簡易的なベアリング計測法を検討することが必要である。

2. 縦断的研究

これまでベアリングに関する研究では横断的研究が多く行われている。しかし、ベアリングの縦断的研究はほとんど行われていないため、本研究で提案した 10m 直進歩行課題を定期的実施し、ベアリング距離、恒常誤差、変動誤差の指標を用いて評価していくことが必要である。縦断的研究を行うことで、ベアリングの特徴を追跡することができるだけでなく、その知見が蓄積されれば歩行能力の発達とベアリングの関連にも示唆を与えることができると考えられる。

3. 当事者研究の実施

これまで、ベアリング研究ではアイマスクを着用した晴眼者や視覚障害者が対象となって実験が行われてきた。本研究でも晴眼大学生および視覚障害者に実験協力を依頼し、実験を実施したが、視覚障害者のサンプル数が 10 名以下であり、十分とはいえなかった。しかし、ベアリングを検証する上で当事者から得られたデータをもとに知見を見出し、その成果を当事者の歩行に役立てることが重要である。今後も、視覚障害者の数をさらに増やして、検討していく工夫が必要である。

4. 歩行支援機器との関連

ベアリングの初期研究では、両足の長さや脚力等の生体力学的な要因について議論されてきたが、近年では、スマートフォンのナビゲーションアプリ (Nagy & Wersenvi, 2016) やヘッドマウントディスプレイ (Oliveira et al., 2018), ビーコン (Guth, Long, Kim, Robertson, Reesor, Bacik, & Eckert, 2017) といった歩行支援機器を用いてベアリングの抑制を試みた研究が行われるようになってきた。本研究では、この点

については検討できなかったため、ベアリング抑制の指導法を検討する上で、歩行支援機器との関連を考えていく必要がある。

5. 本研究の限界

本研究では、課題遂行中の音響環境がベアリングに及ぼす影響を少なくするために、実験を行う前に暗騒音を測定することと、進行方向を逆に進む条件をカウンターバランスとして取り入れることで配慮を行った。しかし、ベアリングを厳密に評価するためにさらなる配慮が必要であったと考える。

また、第2研究、第3研究、第6研究での当事者実験の数が少なく、白杖歩行におけるベアリングについて検討する上で、十分でなかったと考えられる。また、統計的処理を行う上でもサンプル数が少なく、本研究の限界を示していたと考える。

引用文献（本資料分）

- Bestaven, E., Guillaud, E., & Cazalets, J. R. (2012) Is “Circling” behavior in humans related to postural asymmetry?. *PLOS ONE*, 7(9), 1-10.
- Boyadjian, A., Marin, L., & Danion, F. (1999) Veering human locomotion: the role of the effectors. *Neuroscience Letters*, 265, 21-24.
- Cohen, H. S. & Sangi-Haghepeykar, H. (2011) Walking speed and vestibular disorders in a path integration task. *Gait Posture*, 33, 211-213.
- Consolo, P., Holanda, H. C., & Fukusima, S. (2014) Humans tend to walk in circles as directed by memorized visual locations at large distances. *Psychology & Neuroscience*, 7(3), 269-276.
- Cratty, B. J. & Willams, H. G. (1966) Perception thresholds of nonvisual locomotion (Part 2.). Los Angeles: University of California Department of Physical Education.
- Guth, D. (1990) Space saving statistics: An introduction to constant error, variable error, and absolute error. *Peabody Journal of Education*, 67(2), 110-120.
- Guth, D. (2008) Why does instruction reduce blind pedestrians’ veering?. *Blindness and Brain Plasticity in Navigation and Object Perception*, 353-365.
- Guth, D. & LaDuke, R. (1994) The veering tendency of blind pedestrians: An analysis of the problem and literature review. *Journal of visual Impairment & Blindness*, 88, 391-400.
- Guth, D. & LaDuke, R. (1995) Veering by blind pedestrians: Individual differences and their implications for instruction. *Journal of visual Impairment & Blindness*, 89, 28-37.
- Guth, D., Long, R. G., Kim, D. S., Robertson, E. A., Reesor, A. L., Bacik, C. J., & Eckert, J. M. (2017) Beaconing signalization substantially reduces blind pedestrians’ veer on snow-covered pavement. *Transportation Research Record*, 2661, 43-50.
- Hill, E. & Ponder, P. (1976) *Orientation and mobility techniques. A guide for practitioner*. American Foundation for the Blind.
- Kallie, C. S., Schrater, P. R., & Legge, G. E. (2007) Variability in stepping direction explains the veering behavior of blind walkers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(1), 183-200.
- Millar, S. (1999) Veering re-visited: Noise and posture cues in walking without sight. *Perception*, 28, 765-780.
- 文部省 (1985) 歩行指導の手引. 慶應通信株式会社.
- 水本 篤・竹内 理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために. *英語教育研究*, 31, 57-66.
- Nagy, H. & Wersenyi, G. (2016) Comparative evaluation of sighted and visually impaired subjects using a mobile application for reducing veering during blindfolded walking. *Acta Technica Jaurinensis*, 9(2), 140-157.
- 中田英雄 (1983) 視覚障害者の直立姿勢保持能力. *姿勢研究*, 3(1), 1-7.
- 日本道路協会 (2015) 道路構造令の解説と運用.
- Oliveira, V. A. J., Nedel, L., Maciel, A., & Brayda, L. (2018) Anti-veering vibrotactile HMD for assistance of blind pedestrians. *Haptics: Science, Technology, & Applications*, 500-512.

- 大倉元宏・村上琢磨・清水 学・田内雅規 (1995) 視覚障害者の歩行特性と駅プラットフォームからの転落事故. *人間工学*, 31(1), 1-8.
- 大倉元宏・田内雅規 (2015) 左右の耳のマスクング差が視覚制限下における方向判断に及ぼす影響. *視覚リハビリテーション研究*, 5(2), 43-52.
- Schenkman, B. N. & Jansson, G. (1986) The detection and localization of objects by the blind with the aid of long-cane tapping sounds. *Human Factors*, 28(5), 607-618.
- 関 喜一・伊福部達・田中良広 (1994) 盲人の障害物知覚と反射音定位の関係. *日本音響学会誌*, 50(4), 289-295.
- Souman, J. L., Frissen, I., Sreenivasa, M. N., & Ernst, M. O. (2009) Walking straight into circles. *Current Biology*, 19(18), 1538-1542.
- 田伏久士・植阪友理・野口忠則 (2014) 上半身の姿勢維持に関する意識づけが直線歩行に及ぼす影響. *視覚リハビリテーション研究*, 4(1), 17-27.
- 高田拓輝 (2014) 視覚障害児に対する自立活動における歩行指導の在り方-姿勢づくりの観点を取り入れた授業実践から-. *視覚障害リハビリテーション*, 80, 7-19.
- Uematsu, A., Inoue, K., Hobara, H., Kobayashi, H., Iwamoto, Y., Hortobagyi, T., & Suzuki, S. (2011) Preferred step frequency minimizes veering during natural human walking. *Neuroscience Letters*, 505, 291-293.
- 柳原崇男・三星昭宏 (2005) 方向感覚質問紙簡易版(SDQ-S)を用いた視覚障害者の歩行能力測定に関する基礎的研究. *交通科学*, 36(2), 93-100.
- 柳原崇男・三星昭宏 (2008) 方向感覚質問紙簡易版(SDQ-S)を用いた視覚障害者の歩行能力測定と歩行支援システム評価への応用に関する研究-全盲者・重度弱視者を対象として-. *土木学会論文集 D*, 64(2), 285-298.