

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年6月21日現在

機関番号：55503

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16413

研究課題名（和文）ヒトの歩行及び障害物回避動作に関する視覚機能 動作機序の解明

研究課題名（英文）The relationship between visual functions and motion mechanism in related to walking and obstacle avoidance

研究代表者

宇野 直士 (Uno, Tadashi)

徳山工業高等専門学校・一般科目・助教

研究者番号：70713212

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：ロービジョンにみられる様々な視覚状態が歩行および障害物またぎ動作に与える影響を検討し、ロービジョン者特有の動作特性を明らかにした。その結果、眼疾患の進行過程で現れる低視力や視野狭窄などの視覚状態によって歩行動作の特徴が異なることが示された。また、ロービジョン者は障害物に接触することを避けるために、健常者よりも障害物から離れた位置から踏み切り、障害物に対して十分に足部を拳上することで障害物を回避することが明らかになった。さらに、視覚情報と触覚情報を統合し、障害物の高さや形状の詳細な画像を取得することで、低視力者の障害物踏み込み動作中の脚持ち上げの正確性と一貫性が向上することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：This research aimed to develop proper walking support based on the acquired walking characteristics of people with low vision. The results indicate visual impairment such as low vision and narrowing of visual field affects the walking motion. Next, the characteristics of stepping over obstacles of participants with corrected eyesight and participants with retinitis pigmentosa. The results suggest participants with retinitis pigmentosa requires more temporal and spatial leeway during obstacle step-over. Lastly, the influences of information acquisition to obstacle step-over motion were investigated. As a result, it was suggested that integrating visual information with tactile information and obtaining detailed images of the height and shapes of obstacles could improve the accuracy and consistency in leg raising during obstacle step-over motion among low vision people.

研究分野：人間工学、アダプテッドスポーツ科学

キーワード：ロービジョン 歩行特性 障害物回避特性 足部位置知覚

## 1. 研究開始当初の背景

歩行は自立した生活を可能にするための最も基本的条件の一つである。これまで、若年者から高齢者までの歩行動作の特徴が多数の先行研究より明らかとなっている。一方で、全盲者やロービジョン者の歩行動作の特徴に関する研究は十分ではない。近年、全盲者の歩行支援は、情報の伝達に音声を用いた支援や、点字ブロックが足裏に与える触圧変化を利用した支援が主である。またロービジョン者の歩行支援には、照度の変更による標識認知支援などがある。いずれも感覚情報を用いた支援システムであるが、これら支援システムが視覚障害者の歩行動作に有用であるか否かの検証には、視覚情報と歩行動作の関連性を運動学的に明らかにした基礎的知見が必要である。

視覚機能と動作の関係性について認知心理学分野での研究が先行してきた。また研究成果は視覚障害者を巡る様々な支援システムの評価にも活用されている。しかし、実験上動きの制約が生じることから、歩行などの連続的な動作や運動学的評価に課題を有していた。よって、既存の支援システムや新たなモノデザインを提案する上で、視覚機能と動作の関係性を機能的に明らかにすることが求められる。また、より視覚障害者の実例的課題に即した支援システムを提案するため、QOL 低下を招く転倒問題は避けて通れない。視覚情報が満足に得ることができない場合、転倒要因は体力要因だけでなく、位置知覚にも着目すべきである。

## 2. 研究の目的

視覚障害者の歩行は重要な課題であり、歩行中の転倒経験は活動範囲の制限に繋がる。これら視覚障害者の実例的課題の解決に向けて本研究は、ロービジョンから盲を含めた視覚障害者の、(1) 視覚機能と歩行機序の関係性、(2) 視覚障害と障害物回避動作の関係性、(3) 視覚機能と身体位置知覚の視点から転倒要因との関係性を明らかにし、新たな視覚障害者支援への基礎的知見を獲得し、既存支援方法の有用性を検証する上での運動学的知見を得ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 視覚シミュレーション下の歩行動作

独力での歩行が可能である若年男性 10 名 (年齢:  $16.4 \pm 0.5$  歳、身長:  $172.2 \pm 5.2$  cm、体重:  $64.8 \pm 6.2$  kg、下肢長:  $96.9 \pm 4.9$  cm) を対象とした。国際標準に準拠したランドルト環視標を用いた視力検査において学校医から健常視力 (視力矯正なし、視力 1.0 以上) と診断された者とした。

レンズとレンズが着脱可能なゴーグルで構成された市販の視覚障害模擬実験用シミュレーションキット (高田メガネ社) を用いて、低視力条件 (視力 0.02) と視野狭窄条件 (視野  $5^\circ$ ) を設定した。また全盲条件はアイマスクを用いて設定し、晴眼条件はレンズを外したゴーグルのみを装着した。被験者は晴眼条件、低視力条件、視野狭窄条件、全盲条件の 4 条件にて、20m の水平な歩行路を各視覚条件 3 回ずつ歩行した。その際、被験者に対して意図的な歩調の指定は行わずに裸足の状態で通常歩行させた。

ユレーションキット (高田メガネ社) を用いて、低視力条件 (視力 0.02) と視野狭窄条件 (視野  $5^\circ$ ) を設定した。また全盲条件はアイマスクを用いて設定し、晴眼条件はレンズを外したゴーグルのみを装着した。被験者は晴眼条件、低視力条件、視野狭窄条件、全盲条件の 4 条件にて、20m の水平な歩行路を各視覚条件 3 回ずつ歩行した。その際、被験者に対して意図的な歩調の指定は行わずに裸足の状態で通常歩行させた。

### (2) ロービジョン者の障害物回避動作

晴眼男性 10 名 (年齢  $40.7 \pm 3.8$  歳、身長  $170.9 \pm 4.6$  cm、体重  $66.7 \pm 4.9$  kg) と網膜色素変性症を原因疾患とする視覚障害者 10 名 (年齢  $41.0 \pm 7.1$  歳、身長  $168.2 \pm 3.7$  cm、体重  $65.6 \pm 7.8$  kg) を対象とした。視覚障害者はいずれも視覚障害者手帳 2 級 (視野  $10^\circ$  以内、視野損失率 90% 以上) を保有し、視覚以外に障害はない者である。

被験者は足元に位置する高さ 4cm と 15cm の障害物をまたぐ動作を各条件 5 回ずつ実施した。その際、被験者に対して障害物の高さは教示せず、障害物を確認する方法は視認のみとした。また、またぎ動作の開始位置は被験者の任意とした。

### (3) ロービジョン者の足部位置感覚と動作

網膜色素変性症を原因疾患とする視覚障害者 10 名 (障害者手帳 2 級所持者) を対象とした。被験者は障害物の情報 (障害物高: 4cm および 15cm) を 3 種類の異なる方略 (条件 A: 眼前で障害物を見る、条件 B: 足元から 20cm の距離に位置する障害物を見る、条件 C: アイマスクを着用し、眼前に位置する障害物を手部で触れる) から得た。その後、タスク 1: 障害物を 3 種類の方略でそれぞれ認識した後、その場で認識した高さを足部挙上高として再現 (左右脚 10 回ずつ) する課題、タスク 2: 条件 B および C の後、足元に位置する高さ 4cm と 15cm の障害物をまたぐ動作 (各条件 5 回ずつ) 行なった。

上記の (1) から (3) のいずれの試技も 6 台の同期された高速度撮影機能付カメラ (DKH 社) で動作を記録 (撮影速度 250fps) した。撮影された映像から身体各部の分析点に張り付けた球形マーカーを三次元動作解析システム (DKH 社、Frame-DIASV) を用いて読み取りをおこなった。(1) の実験では、右脚の踵が接地 (以下 HC) してから右脚の爪先の離地 (以下 T0) までを右脚立脚相とし、次に右脚の踵が接地 (以下 HC1) するまでを右脚遊脚相として分析した。解析項目は歩幅、歩行速度、歩調、HC・T0 時足底角、頭部前後傾角とした。なお、頭部前傾角は 1 歩行サイクル中の平均値で示した。歩幅、歩行速度、歩調および下肢関節角等において、各視覚条件を要因とした一元配置分散分析を行った。主効果が認められた場合には Bonferroni 法に

よる多重比較検定を行った。全ての統計解析はSPSS Advanced Statistics ver. 23を用いて行い、有意水準は5%未満とした。

(2)の実験では、障害物を先に越える下肢をleading limb (以下LL)、障害物を後から越える下肢をtrailing limb (以下TL)と定義した。そして、障害物またぎ動作をLLおよびTL離地、LLおよびTL障害物上最高点(つま先が障害物前端を通過した地点)、LLおよびTL最高点(またぎ動作中につま先を最も上げた地点)、LLおよびTL接地で局面分けを行ない、動作時間の算出やデータの規格化を行なった。3次元座標値をもとに算出したパラメータとその定義を以下に示す。

①LLステップ長: LL離地からLL接地間の距離、②LL上昇時間: LL離地からLL最高点までに要する時間、③LL下降時間: LL最高点からLL接地までに要する時間、④LL足部軌跡: LL踏切位置、LL障害物上最高点、LL最高点をプロット、⑤5回繰り返したまたぎ動作におけるLLの障害物上最高点と最高点のばらつき(変動係数[%]:標準偏差÷平均値×100)、⑥LLの障害物高に対する努力係数((最高点-障害物高)÷障害物高)。各障害物高における被験者間の差の検定にはMann-WhitneyのU検定を用いた。

(3)の実験では、解析により得られた3次元座標値をもとに、足部挙上高や変動係数、またぎ動作時のステップ幅、足部軌跡、努力係数((最高点-障害物高)÷障害物高)、下肢関節角度等を算出した。課題1は提示条件を要因とした対応のある一元配置分散分析を行なった。主効果が認められた場合にはBonferroni法による多重比較検定を行なった。課題2はt検定を用いた。

全ての実験に際し、被験者には予め実験の目的、方法、実験に伴う危険性と配慮、匿名性の保護等について書面または書面の読解が困難な被験者には口頭で説明を行ない、同意書を得た。本研究は九州大学大学院芸術工学研究院実験倫理委員会の承認(承認番号206)を受けて実施した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 視覚シミュレーション下の歩行動作

歩行速度は晴眼条件で最も高値を示し、低視力条件、視野狭窄条件および全盲条件との間に有意差が認められた(図1a)。歩幅は歩行速度の結果同様、晴眼条件と比較して低視力条件、視野狭窄条件、全盲条件の間に有意差が認められた(図1b)。歩調は全盲条件が最も高い値を示し、晴眼条件と比較して有意に高い値を示した(図1c)。HC足底角度は晴眼条件と比較して低視力条件、視野狭窄条件、全盲条件で有意に減少した。T0足底角度は晴眼条件と低視力条件および視野狭窄条件、全盲条件との間に有意差が認められた。1歩行サイクル中の頭部前傾角度は視野狭窄条件が最も高値を示し、晴眼条件、低視力条件、全盲条件との間に有意差が認められた。

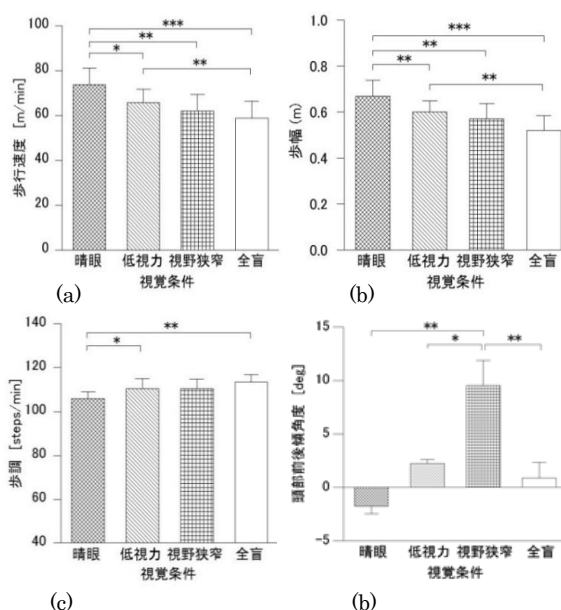


図1. 視覚条件間の (a) 歩行速度、(b) 歩幅、(c) 歩調、(d) 頭部前後傾角度

##### (2) ロービジョン者の障害物回避動作

全ての障害物条件において、ロービジョン者のステップ長およびつま先挙上時間は健常者と比較して有意に高い値を示した。またぎ動作時のLL軌跡から、ロービジョン者の踏切距離、障害物上最高点及び最高点は健常者と比較して有意に高い値を示した。また、LLの障害物上最高点と最高点のばらつきは15cmの障害物高において、ロービジョン者が有意に高い値を示した。

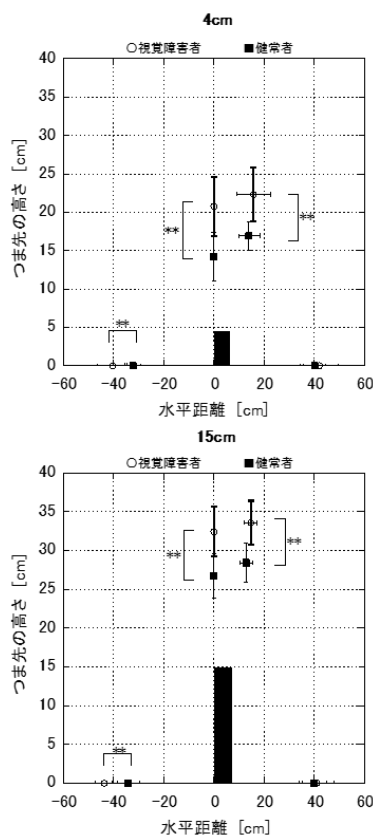


図2. またぎ動作中のLL足部軌跡

(3) ロービジョン者の足部位置感覚と動作タスク1において、条件Bは条件A、Cと比較して有意に高い足部挙上高および変動係数を示した ( $p < 0.05$ )。また、タスク2では、障害物またぎ動作時の踏み込み足と引き込み足の最高点が、条件Cと比較して条件Bにおいて有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。さらに条件Bの努力係数は有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。

上述した(1)から(3)以外にも、網膜色素変性症患者の障害物知覚の特性や歩行特性などの関連課題にも取り組んだ(成果報告省略)。視覚障害は様々な原因疾患によって引き起こされる。今後は、網膜色素変性症以外の眼疾患を含めて、視覚障害が歩行および障害物回避動作に与える影響について検討を進める。また、ロービジョン者の感覚情報処理や動作特性に適応した歩行支援の在り方について検討を進める。

(倫理的配慮)

本研究は九州大学大学院芸術工学研究院実験倫理委員会の承認(承認番号206)を受けて実施した。

(謝辞)

本研究にご協力いただきました、日本網膜色素変性症協会福岡支部、福岡県高等視覚特別支援学校、下関南総合支援学校、山口県視覚障害教育センターの職員、被験者の皆様に感謝申し上げます。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

① 宇野直土、Ping Yeap LOH、村木里志. 一過性の視覚障害シミュレーションが歩行動作に与える影響、アダプテッド体育・スポーツ学研究、査読有、第4巻第1号、2018、1-10。

② Tadashi UNO、Ping Yeap LOH、Satoshi MURAKI. Influence of information acquisition strategies on foot proprioceptive and obstacles avoidance pattern among low-vision people. Proceeding of 20th Congress International Ergonomics Association、査読有、2018、1-5。

③ 宇野直土、Ping Yeap LOH、村木里志. 網膜色素変性症による視覚障害が歩行動作に与える影響、日本障害者体育・スポーツ研究会研究紀要、査読無、Vol.41、2017、22-23。

[学会発表] (計11件)

① Tadashi UNO、Ping Yeap LOH、Satoshi MURAKI. Influence of information acquisition strategies on foot proprioceptive and obstacles avoidance pattern among low-vision people、20th Congress International Ergonomics Association、

Aug 26-30、2018、Palazzo dei Congressi・Florence・Italy.

② 宇野直土、Ping Yeap LOH、村木里志. 網膜色素変性症による視覚障害が歩行動作に与える影響、第41回日本障がい者体育・スポーツ研究発表会-障がいのある方の体育・スポーツ研究会-、2017年11月18-19日、福岡市市民福祉プラザ・福岡市・福岡県。

③ Tadashi UNO、Ping Yeap LOH、Satoshi MURAKI. Lower limb kinematics characteristics during obstacle step-over among people with visually impaired、2017 Symposium of the Society for the Study of Human Biology & International Association of Physiological Anthropology、Sep 12-15、2017、Ramada Loughborough Hotel・Loughborough・UK。

④ 宇野直土、Ping Yeap LOH、村木里志. 視覚障害者の障害物またぎ動作における足部軌跡の特徴、第26回視覚リハビリテーション学会、2017年6月9-11日、鶴見大学・川崎市・神奈川県。

⑤ 宇野直土、Ping Yeap LOH、村木里志. 網膜色素変性症による視覚障害が障害物またぎ動作時の下肢運動に与える影響、日本人間工学会第58回大会、2017年6月3-4日、日本大学・習志野市・千葉県。

⑥ 宇野直土、村木里志. 網膜色素変性症による視覚障害が下肢の位置知覚に与える影響、アダプテッド/医療/障がい者"体育・スポーツ合同コンgres in 北海道 兼第37回医療体育研究会/第20回日本アダプテッド体育・スポーツ学会第18回合同大会、2016年9月16-18日、北海道教育大学・岩見沢市・北海道。

⑦ 宇野直土、村木里志. 視野狭窄が下肢を中心とした歩行運動に与える影響、日本人間工学会第57回大会、2016年6月25-26日、三重県立看護大学・津市・三重県。

⑧ 宇野直土、村木里志. 視覚障害シミュレーション下における歩行モーションの特徴、第40回人類働態学会西日本地方会、2015年12月26日、九州共立大学・北九州市・福岡県。

他3件

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

宇野 直土 (UNO Tadashi)

徳山工業高等専門学校・助教

研究者番号：70713212