

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：37101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21553

研究課題名(和文) 布を介した触覚情報入力によるヒトの動作向上に繋がる方策の検討

研究課題名(英文) Enhancement of human movement using haptic sensory information through clothing

研究代表者

大下 和茂 (OSHITA, Kazushige)

九州共立大学・スポーツ科学部・准教授

研究者番号：10615826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：姿勢保持の際に、身体を支えられない程度の力(1N以下)で、床面に固定された物へ手指で触れることにより姿勢動揺が低下する。この「ライトタッチ効果」は、身体各部位の相対的な位置関係の変化が手指からの触覚情報として把握でき、姿勢制御に繋がると言われている。我々は、この効果を日常生活で用いる研究を行ってきた。そして、本研究では、腰に布を巻き、下肢を覆った状態でも姿勢制御が改善し、さらに、布を巻いた場合、歩行中の姿勢制御も改善した。以上から、身に着ける衣類の種類によってはライトタッチ効果を得ることに繋がり、ヒトの動きが改善する可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：Providing additional haptic sensory information through a light (< 1 N) finger touch to a fixed object resulted in decreased postural sway in various physical positions. This “light touch effect” suggests that haptic sensory input through touching primarily provides information about body orientation. Our recent studies applied this effect in various models of daily life. In the present study, even a fluttering cloth wrapped around the waist, extending to the lower leg, is effective in improving postural control. Furthermore, because balance control during human locomotion is also enhanced by wearing a fluttering cloth, human movement might be enhanced according to the shape of the garment. These present results suggest that a potential new use for clothing (or garments) to enhance human movement utilizing the light touch effect.

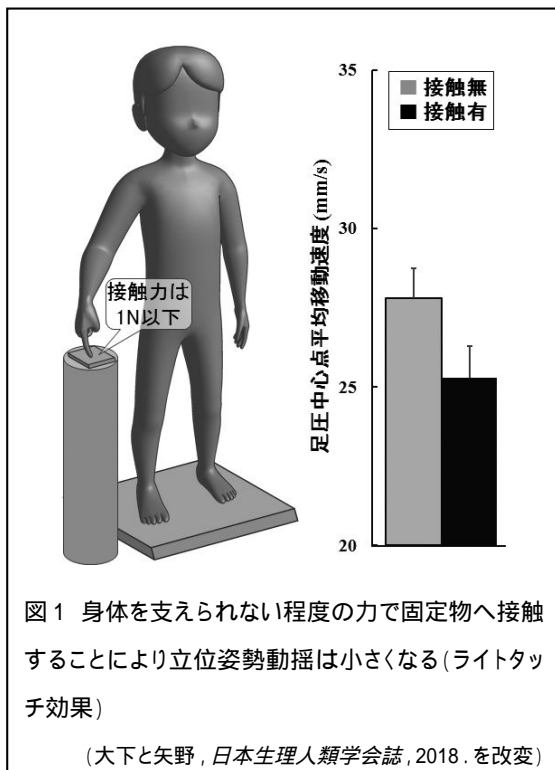
研究分野：応用人類学

キーワード：ライトタッチ効果 触覚 姿勢制御 歩行能力 衣類

### 1. 研究開始当初の背景

様々な姿勢を制御し安定させる能力(以下、単に「バランス能力」とする)が低下した場合に引き起こされる日常生活動作の低下や、動作中における転倒の危険性を考えた場合、バランス能力を維持・向上させる方策を検討することは重要である。

立位時に床面へ固定された物に身体を支えられない程度の力で軽く触れることにより姿勢動揺が低下する(この現象を「ライトタッチ効果」とする)(図1)。Holdenら(*J Vestib Res*, 1994)は、片脚立位時におおよそ腰の高さになるよう床に固定された手すり(バー)へ軽く触れることで、姿勢動揺(足圧中心点動揺の振幅および軌跡長)が小さくなることを報告した。手すりへ接触力は1N以下と、力学的に身体を安定させるには不十分であるため、手部からの触覚情報により姿勢動揺が低下することを示唆した。JekaとLackner(*Exp Brain Res*, 1995)やRabinら(*Exp Brain Res*, 2006)は、ライトタッチ効果について、足圧中心点と手指接触力との関係を調べた結果、接触力の変化が足圧中心点の変化よりも、同方向に若干(約0.3秒)先行して変化することを報告した。また、下肢筋活動との関係も調べたところ、手指で身体を支えるように接触した場合は、接触力の変化に先行して下肢筋活動が変化するのに対し、軽く触れた場合は、接触力と姿勢動揺の時間差内に下肢筋活動が起こることを報告し、手指からの触覚情報に基づいて姿勢が制御されていることを示唆した。また、KouzakiとMasani(*Exp Brain Res*, 2008)は、立位時に固定物へ接触する腕を阻血し求心的感覚を遮断すると、ライトタッチ効果が消失すると報告している。これらの報告から、



立位時における手指からの触覚情報は身体各部位の相対的な位置関係の変化に関する情報源となるため、バランス能力向上に繋がることを示している。

このライトタッチ効果は、先天的な盲目や三半規管系の障害など様々な対象者の場合でも報告されている(Jeka, *Phys Ther*, 1997)。そのため、ライトタッチ効果を日常生活で用いる方策を検討することの有用性は高いと言える。しかし、日常生活で何かに軽く触れながら動作を行う場面は少なく、動作の際に何かに触れること自体が、動作の妨げになる場合もある。一方、ライトタッチ効果は、能動的な接触の場合だけでなく、下肢への受動的な接触の場合でも認められる(Menzら, *Neurosci Lett*, 2006)。ヒトは日常のほとんどで衣類を着用して過ごす。これは常に衣類からの受動的な触覚情報を得ていること意味する。衣類と触覚との関係について、職人が着用する裾の広がった服は、広がった部分で空気の流れや外部との接触による周辺環境を感知することができ、足元に対する意識が高まると言われている。そのため、衣類の着用のような、布が受動的に下肢へ触れることでもライトタッチ効果を得られる可能性が考えられる。衣類であれば動作時にも応用が可能となる。

### 2. 研究の目的

本研究では、ライトタッチ効果を日常の道具で得る方策に関して、身に着けた布の接触が、立位など一定の姿勢保持時におけるバランス能力(静的バランス能力)だけでなく、動作を伴いながらのバランス能力(動的バランス能力)の場合について検討する。また、高齢者等への応用を想定し、足底からの求心的感覚が低下した場合にもライトタッチ効果は有効かどうかについても検討を行う。

### 3. 研究の方法

まず、足底からの求心的感覚が低下した場合にもライトタッチ効果は有効かどうかについて検討を行った。立位時におけるバランス能力には多くの感覚情報が関わるが、特に視覚や体性感覚の貢献度が大きいとされている(Fitzpatrick, *J Physiol*, 1994)。このうち、体性感覚は、主に皮膚に受容器のある触・圧・温・冷・痛覚などの表在感覚と、筋や腱の固有受容器による深部感覚である。立位保持には、下肢からの体性感覚のうち、主に固有受容器や皮膚の受容器からの情報が重要だと考えられている。そのため、立位時に主動筋への振動刺激により深部感覚(筋紡錘)機能を低下させた場合に姿勢動揺が大きくなること(Lacknerら, *J Neurophysiol*, 2000)や、足底触覚の精密さ(二点識別閾)がバランス能力と有意な相関を示すこと(Moriokaら, *Curr Gerontol Geriatr Res*, 2012)が報告されている。このうち、足底触覚の精密さは足底部の冷却により低下し、バ

ランス能力も低下することが報告されている (McKeon と Hertel, *Percept Mot Skills*, 2007). さらに, これらは日常生活で起こりうるような軽微な冷却においても認められる (Schlee ら, *Clin Neurophysiol*, 2009; Andresa ら, *BMC Neurosci*, 2016). そこで, 足底部の冷却により足底感覚を低下させた場合のライトタッチ効果について, 通常立位の場合とロンベルグ立位の場合とで検討を行った.

次に, 布の接触によるライトタッチ効果について検討を加えた. 受動的な接触に関する研究では, 立位時に外部から下肢への受動的な接触でライトタッチ効果が認められている (Menz ら, *Neurosci Lett*, 2006). そこで, 本研究では, 図 2 に示すような 3 つの条件, すなわち, ハーフタイツもしくはショートタイツのみを着用する条件, ハーフタイツの着用に加え腹囲に綿製の布を巻き下腿部まで覆う条件, そしてハーフタイツの着用に加え腹囲のみに布を巻く条件で, 静的および動的なバランステストを実施する. 静的バランステストは閉眼片脚立ち時の足圧中心点動揺で評価し, 動的バランステストは, これまでにライトタッチ効果が認められているファンクショナルリーチテスト (Oshita と Yano, *Open Biomed Eng J*, 2015) で評価した.

次に, 布を介したライトタッチ効果が動作に及ぼす影響について, 通常よりも歩行時のバランス能力が要求されるタンデム歩行 (継足歩行) を行う際に, 図 2 のハーフタイツの着用みの条件と腹囲に布を巻き下腿部まで覆う条件とで, 各種歩行能力の指標を比較した.

#### 4. 研究成果

健常成人男性を対象に, 足底部を氷水に漬けることで足底感覚を低下させた際に, 手指で固定部へ接触すること (図 1 参照) によるライトタッチ効果を調べた. その結果, 通常およびロンベルグ, 両立位条件で接触により姿勢動揺が有意に低下した. さらに, 姿勢動揺の低下は, 通常立位に比べロンベルグ立位で有意に大きかった. ライトタッチ効果は, 足関節底屈筋群の筋疲労を起こし, 姿勢動揺を増大させた場合の方が大きいことも報告されており (Vuillerme と Nougier, *Arch Phys Med Rehabil*, 2003), バランス能力に関わる機能が低下または消失した際に, ライトタッチによりそれを補える可能性を示している. そのため, バランス能力の改善に関して, 日常生活で応用可能なライトタッチ効果を明らかにすることの意義は大きいと言えます. 足底冷却実験の結果は, ライトタッチ研究の重要性を示唆すると考えられる (Oshita と Yano, *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2017).

次に, 図 2 に示すような 3 つの布の着用条件で, 静的および動的バランステストを実施した. その結果, 下肢を布で覆った条件では,

ハーフタイツのみの条件と比べ, 静的バランス能力だけでなく, 動的バランス能力も向上することを認めた (図 2). さらに, 布の着用によるバランス能力への効果は, 静的な場合よりも動的な場合で大きいことも示唆した. この研究では, 布の動きや布と下肢との接触の多さや大きさは測定していないが, 静的な場合よりも動的な場合で布の動きが大きくなり, 下肢との接触も多くなると推測され, ライトタッチ効果を得やすい可能性が考えられる. このように, 腹囲に布を巻き下腿部まで覆うことによってライトタッチ効果が得られるのであれば, 歩行などの動作にも用いることが可能となる (Oshita と Yano,

片脚立位 (静的)      ファンクショナルリーチ (動的)

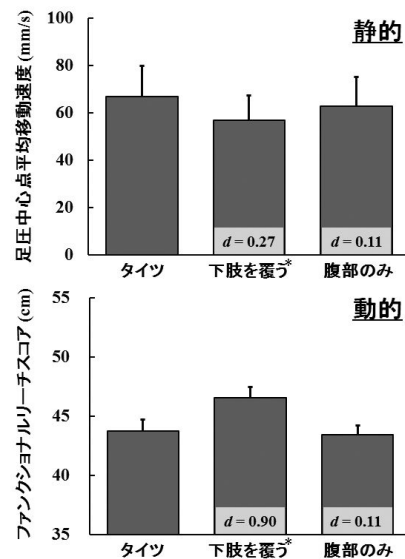
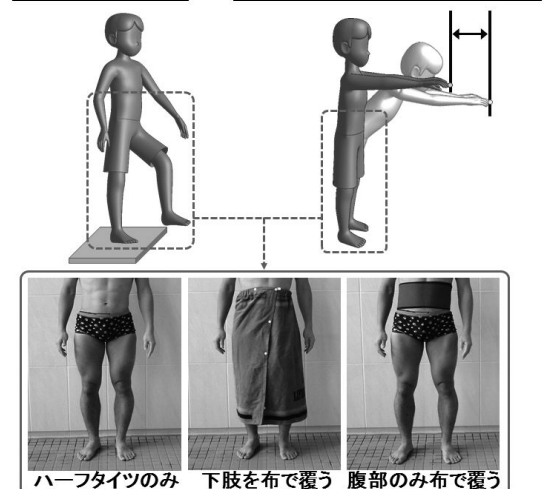


図 2 布の着用による静的および動的バランス能力の変化

一元配置分散分析: いずれの課題も  $P < 0.05$ .  
 多重比較 (\*:  $P < 0.05$ ) および効果量 ( $d$  値) は,  
 タイツ条件との比較

(Oshita と Yano, *IFMBE Proc*, 2018. より作図)

IFMBE Proc, 2018).

そこで、通常よりも歩行時のバランス能力が要求される閉眼でのタンデム歩行（継足歩行）を行う際に、図2のハーフタイトのみの条件と腹囲に布を巻き下腿部まで覆う条件とで、両脚支持時間と歩行時間を調べた。その結果、下肢を布で覆った条件ではハーフタイトのみの条件と比べ、両脚支持時間および全体の歩行時間が短縮した（図3）。これは、布の着用により空間定位が把握しやすくなることで、両脚支持時間の短縮に繋がったと考えられる。実際に、布の着用による歩行時間の変化と主観的な歩行感覚の変化も調べたところ、両者に有意な正相関が認められた（図3）。すなわち、布の着用により歩行時間が短縮した者ほど、歩きやすくなったと感じている。また、実験参加者からは、布の接触により足を出す方向が把握できたという意見も報告されており、触覚情報により身体（この研究では進行方向へ出す脚）の方向が把握しやすくなることで、結果として歩行能力の改善に繋がったことを示唆している（OshitaとYano, *Hum Mov Sci*, 2017）。

これらバランス能力やタンデム歩行の研究結果から、着用する衣類の形状や素材によっては、ライトタッチ効果の獲得に繋がることが示唆しており、バランス能力の向上を通して動作の改善に繋がる可能性を示している。衣類の役割として、環境気候への適応（温度調節）、身体防護、生活活動適応（着心地、デザイン）などが挙げられている。近年は、人間工学の発展や新繊維の開発に伴い、より

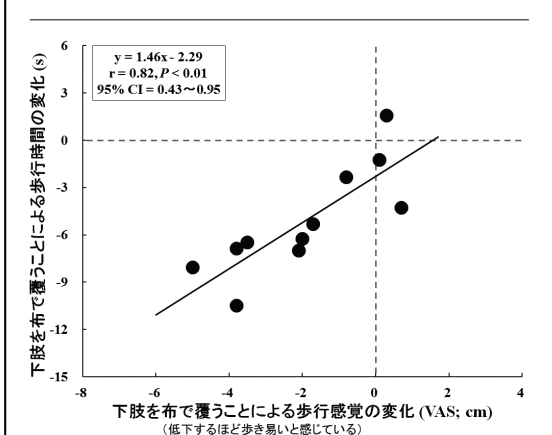
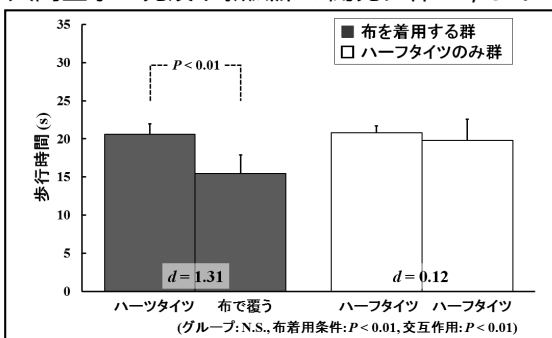


図3 タンデム歩行時における下肢を布で覆うことによる歩行時間の変化

(OshitaとYano, *Hum Mov Sci*, 2017. より作図)

多くの機能的側面も持つようになり、圧力や張力など力学的なサポートを加え、ヒトの身体機能を向上させようとする衣類も多い。しかし、このような道具の機能に頼り過ぎることで、本来持つヒトの身体機能がかわって低下することも考えられる。ライトタッチ効果を活用することにより、道具の使用方法によっては、触覚情報によりヒトの本来持つ能力を活かす一手段になり得ることを、本課題での成果は示唆している。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

Oshita K., Yano S. Effect and immediate after-effect of lightly gripping the cane on postural sway. *J Physiol Anthropol*, 35: 14, 2016. (査読有り)

大下和茂, 矢野澄雄. 上肢姿勢保持時における布の接触からの触覚位置情報入力が生理的振戦に及ぼす影響. *生体医工学*, 54: 177-183, 2016. (査読有り)

Oshita K., Yano S. Influence of light finger touch on postural stability during upright stance with cold-induced plantar hypoesthesia. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2017: 2526-2529, 2017. (査読有り)

Oshita K., Yano S. Effect of haptic sensory input through a fluttering cloth on tandem gait performance. *Hum Mov Sci*, 55: 94-99, 2017. (査読有り)

Oshita K., Yano S. Effects of Haptic Sensory Input of a Fluttering Cloth on Static and Dynamic Postural Control. *IFMBE Proc*, 67: 101-106, 2018. (査読有り)

大下和茂, 矢野澄雄. 日常生活における触覚情報を活用したヒトの動作向上について. *日本生理人類学会誌*, 23: 45-52, 2018. (査読有り)

[学会発表](計6件)

大下和茂, 矢野澄雄. 触覚情報を利用した姿勢制御向上に繋がる新たな杖の使用方法に関する検討. *ヒューマンインタフェースシンポジウム2015*, 函館, 2015.

Oshita K., Yano S. A potential new use for a clothes to improve the postural control through a haptic sensory supplement. *12th International Congress of Physiological Anthropology*, Chiba, 2015.

大下和茂, 矢野澄雄. 布の着用による触覚情報入力が歩行能力に与える影響について. *人類動態学会西日本地方会第40回大会*, 北九州, 2015.

Oshita K., Yano S. A Potential New Use

for Clothing to Enhance Locomotive Ability through Haptic Sensory Input. *6th International Ergonomics Conference*, Zadar, 2016.

Oshita K., Yano S. Influence of light finger touch on postural stability during upright stance with cold-induced plantar hypoesthesia. *The 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Jeju, 2017.

Oshita K., Yano S. Effects of haptic sensory input of a fluttering cloth on static and dynamic postural control. *10th Asia Pacific Conference on Medical and Biological Engineering, 2nd International Conference for Innovation in Biomedical Engineering and Life Sciences*, Penang, 2017.

〔図書〕

なし

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大下 和茂 ( OSHITA Kazushige )  
九州共立大学・スポーツ学部・准教授  
研究者番号：10615826

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし

### (4) 研究協力者

矢野 澄雄 ( YANO Sumio )  
神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・教授  
研究者番号：20115306