

人間特性計測に関する研究

研究代表者 藤江 正克
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 研究課題

近年、人と技術の関わり合いに於いては、人が技術に合わせるのではなく技術が人に合わせる事が重要視されている。人に合わせるためには、人の特性を知ることが最も重要である。そのため、本研究では人間特性計測システムを用いて、人単体での動作状態や外部の環境とのインタラクションを含んだ動作状態を計測し解析することで、その結果に基づいた開発へ応用する。本研究室では人間特性計測について、「錯視の影響下における見かけの段差高さ」の研究があり、本年度の研究成果を次節より報告する。本項では、その研究の社会背景、特徴、及び課題点を下記に述べる。

高齢化は身体機能の低下を引き起こすため、日常生活中に転倒する危険性が生じやすくなる。特に階段歩行時の転倒は重大な事故に繋がるため未然に防ぐ必要がある。転倒が発生する一因として高齢化による知覚の衰えがある。Fig. 1のように、高齢者の知覚機能が衰え、知覚する段高さ（見かけの段高さ）が実際の段高さよりも低く見誤り、足の振り上げ幅が段に対して低すぎることによって転倒する。そのため、足部軌道の最大値である足部最大上昇量が実際の段高さに対して十分な高さになるように認知機能を支援するシステムが求められている。

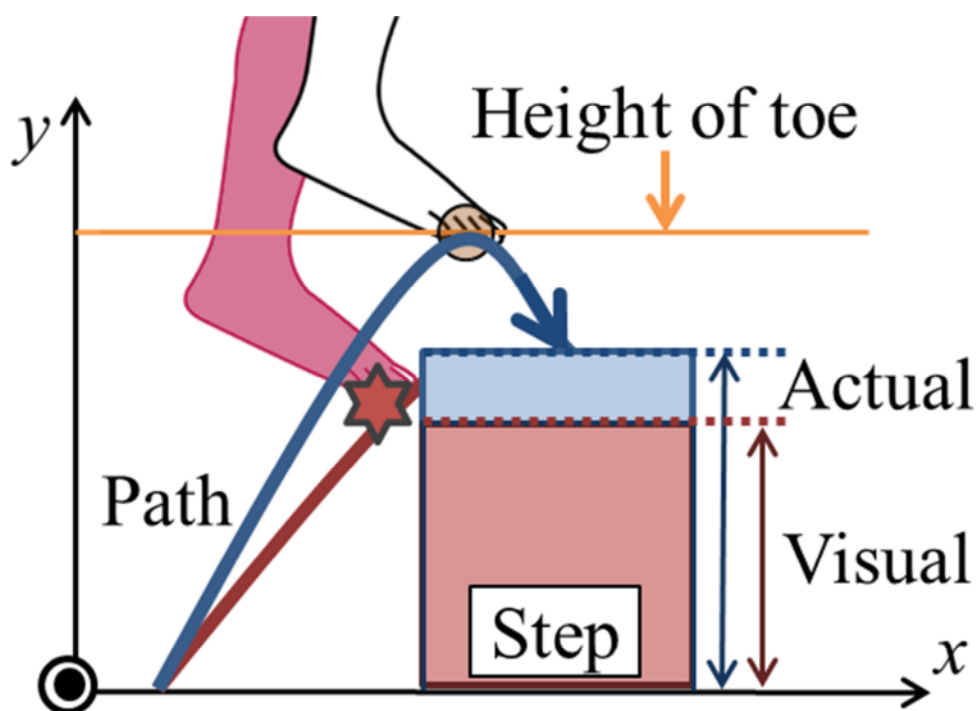


Fig. 1 Visual and actual step

2. 主な研究成果

2.1 仮説

視覚により足部の上昇を補助する関連研究として、錯視を利用した足部上昇の研究がある (Fig. 2). 端面の線が垂直の段での昇段時において、錯視により足部が高く上がることが報告されている. 関連研究として、画像の視認性を表したコントラスト感度曲線 (CSF) がある. 視野内の単一構造の繰り返しの数を示す空間周波数に対しての、視認性の限界を表す曲線である. CSF より人は特定の空間周波数で最も明確に画像を視認していることが分かる. CSF はバンドパス特性を持つ曲線であり、同様にバンドパス特性を持つガウス関数での近似が報告されている.

本研究の仮説として、CSF に基づき縦線によって錯視の視認性が増加することで、錯視を明確に意識し見かけの段高さが増加すると考えた (Fig. 3). CSF において空間周波数にあたる縦線太さを $c[\text{mm}]$, 視認性にあたる見かけの段高さを $H[\text{mm}]$ とした時, σ , μ , a , b を定数として以下の式(1)のように書ける. よって式(1)の仮説の検証を目的とした実験を行う.

$$H = a \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(c-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) + b \quad (1)$$

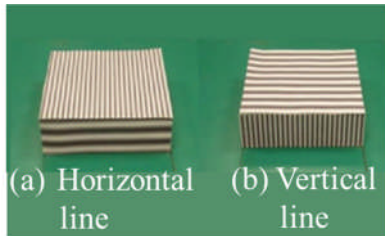


Fig. 2 A visual illusion of step

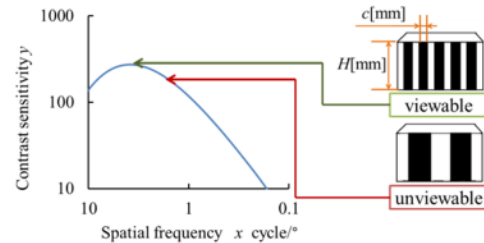


Fig. 3 Hypothesis of parameter of the visual illusion

2.2 仮説の検証方法

縦線太さに対する見かけの段高さを実験で計測することは困難である. そこで、錯視と足部最大上昇量の関係を導出することで、仮説式を検証する. まず個人毎の段高さに対する足部上昇量の関係の計測を行う. ここで、若年健常者の知覚機能の高さから、見かけの段高さ $H[\text{mm}]$ を実際の段高さと同じとみなせると考えた. 従って、被験者を若年健常者とするこで、実際の段高さ $H[\text{mm}]$ を変化させた際の足部上昇量 $h[\text{mm}]$ を計測し、関係式(2)を導出する. 式(2)における A , B は被験者毎の定数である. 段高さが上昇するにつれて、昇段の際の足部のフット・クリアランス量が一定だと考え、段高さに対する足部高さの関係は線形で示されると予想される.

$$h = AH + B \quad (2)$$

ここで、式(1)の仮説のモデル式と式(2)を連立し、段高さ H を消去することで、縦線太さ $c[\text{mm}]$ と足部上昇量 $h[\text{mm}]$ についての仮説の関係式(3)を導出する.

$$h = A \left(a \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(c-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) + b \right) + B \quad (3)$$

縦線の太さ $c[\text{mm}]$ を変化させた際の足部上昇量 $h[\text{mm}]$ の関係の導出を目的とした計測を行い、計測した実験値を仮説式から導出した関係式(3)で近似し、決定係数を算出することで、仮説式を検証する.

2.3 仮説の検証実験

縦線の太さに $c[\text{mm}]$ 対する見かけの段高さ $H[\text{mm}]$ のモデル式を検証することを目的とする。被験者の足部位置を計測するため、光学式モーションキャプチャ Raptor-E を使用した。計測精度は $\pm 0.01[\text{mm}]$ であった。また、腰、膝、つま先にマーカを付けた。マーカ位置を Fig. 4 に示す。使用した階段を Fig. 5 に示す。本実験の被験者は若年健常者 5 名を対象にして行った。本実験は「人を対象とする研究に関する倫理委員会」にて【2014-242】として倫理審査の承認を得ている。

実験環境を Fig.6 に示す。Table 1 に示した条件の階段を、被験者が各 3 回ずつ上昇した。その際のつま先位置を光学式モーションキャプチャ Raptor-E にて計測することで、階段上昇時の足部上昇量の比較を行った。

- ① Table 1 の条件の階段の内いずれかをランダムで実験環境に置く。
- ② 被験者は、階段正面の歩行開始位置に立つ。歩行開始位置は、階段との距離が近過ぎることで被験者が不自然な歩行になることを防ぐため、余裕を持って階段から 2360[mm] 手前とした。
- ③ 被験者は階段に向かって歩行を行い、階段を上昇する。この際、被験者は階段の段差の端面を視認するよう指示した。また、右足が先に一段目の段上に付くように段差の上昇を行うことを指示した。
- ④ 被験者は左足を二段目に付けた後、直進して降りる。
- ⑤ Table 1 の他の条件の階段でも同様に計測を行う。
- ⑥ 計測したつま先位置データより、モデル式の検証を行う。

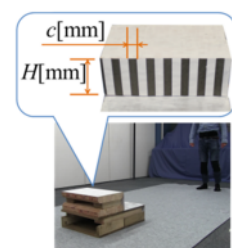
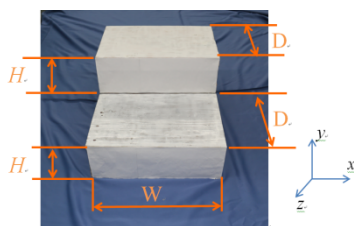
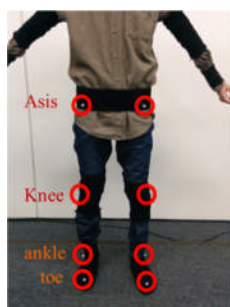


Fig. 4 Position of the markers

Fig. 5 Appearance of the stair

Fig. 6 Overview of experiment for leading the model formula

Table 1 Condition of the experiment

Condition	c mm	H mm
Changing height of stair	0	159
		161
		163
		165
		167
Changing thickness of line	0	159
	3	
	7	
	15	
	31	
	63	
	127	

2.4 仮説の検証実験

被験者 5 名の昇段時において錯視の縦線の太さ c [mm]を変化させた際の、足部高さ h [mm]の最大上昇量の平均値をプロットしたものを Fig. 7 に示す。また、関係式(3)によって、縦線の太さ c [mm]を変化させた際の足部高さ h [mm]の最大上昇量の実験値を近似したものを同じく Fig. 7 に示す。また、近似した際の決定係数 R^2 値を同様に Fig. 7 に示す。近似は被験者 5 名に対し非線形最小二乗法にて行った。全ての被験者で、決定係数は 0.6 以上であった。また、全ての被験者で特定の線の太さ条件下で、昇段時に足部が上昇したため、錯視による昇段補助が可能であると考えられる。

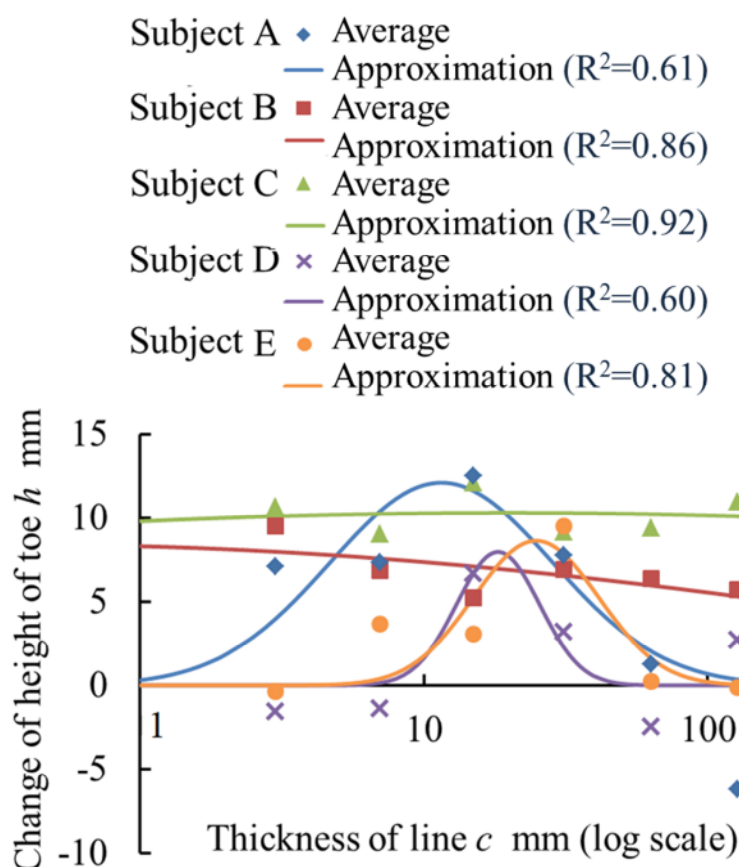


Fig. 7 The relation between the height of toe and thickness of line

3. 研究業績

3.1 受賞・表彰 (MS 明朝体、11 ポイント)

福本亮太, バリアフリーシステム開発財団奨励賞, 昇段補助を目指した錯視の影響下における見かけの段差高さのモデル式構築, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 (LIFE2015)

3.2 学会および社会的活動 (MS 明朝体、11 ポイント)

[1] Yi-Hung Liu, Bo Zhang, Quanquan Liu, Wei-Chun Hsu, Yu-Tsung Hsiao, Jui-Yiao Su, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, A Robotic Gait Training System Integrating Split-Belt Treadmill, Footprint Sensing and Synchronous EEG Recording for Neuro-Motor Recovery, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society,

Milano, Italy

- [2] Yasutaka Nakashima, Kazuya Takizawa, Yuya Matsumoto, Satoshi Miura, Yo Kobayashi, and Masakatsu G. Fujie, Foot Pressure and Posture Information-Based Visual Feedback System for Well-Balanced Gait in Older People, The 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 4163-4168.
- [3] Tamon Miyake, Mariko Tsukune, Yo Kobayashi, Shigeki sugano, and Masakatsu G. Fujie, The Influence of Applying Torque in the Pre-swing Phase on the Minimum Toe Clearance for Prevention of Falls in Elderly People, 2015 JSME International Conference on Advanced Mechatronics, 2A1-08, Tokyo, Japan.
- [4] Yasutaka Nakashima, Yoshikazu Ogaya, Misato Nihei, Takeshi Ando, Yuki Yokoo, Satoshi Miura, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, Grasping Force of the Handle Based Turning Algorithm for Tread-Walk 1, 2015 JSME International Conference on Advanced Mechatronics, 1P2-02, Tokyo, Japan.
- [5] 福本亮太, 三浦智, 菅野重樹, 藤江正克, 昇段補助を目指した錯視の影響下における見かけの段差高さのモデル式構築, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 (LIFE2015), 3E1-01, 福岡県福岡市, 九州産業大学
- [6] 高橋 望, 松本 侑也, 山川 宏, 藤江 正克, 対麻痺者の大振り歩行支援に向けた振り子運動時の上肢負荷低減手法の提案, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 (LIFE2015), 3E1-02, 福岡県福岡市, 九州産業大学
- [7] 中島 康貴, 安藤 健, 小林 洋, 藤江 正克, 医療福祉ロボット研究の実証実験における課題, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2015 (LIFE2015), 1C1-02, 福岡県福岡市, 九州産業大学
- [8] 中島 康貴, 滝澤 和弥, 松本 侑也, 三浦 智, 小林 洋, 藤江 正克, 足圧と姿勢情報の視覚バイオフィードバックを用いた高齢者の歩行時バランス能力訓練装置の開発, 日本機械学会 2015 年度年次大会, J1630203, 北海道札幌, 北海道大学
- [9] 三宅 太文, 築根 まり子, 加藤 陽, 小林 洋, 菅野 重樹, 藤江 正克, 高齢者の転倒予防に向けた前遊脚期の膝関節動作入力による歩容変化の関係導出, バイオメカニズム学会バイオメカニズム学術講演会, 1A-4-3, 信州大学上田キャンパス, 上田
- [10] 中島 康貴, 鋸屋 宜和, 二瓶 美里, 安藤 健, 横尾 勇樹, 三浦 智, 小林 洋, 藤江 正克, 移動支援機 Tread-Walk 1 のハンドル把持力に基づいた旋回アルゴリズムの構築, 第 16 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI 2015) , pp. 1142-1143

4. 研究活動の課題と展望

本研究では、拡張現実感を用いて段端面に縞線を表示して足部上昇を促す階段上昇補助システムを提案した。使用者毎に段差昇段に最適な見かけの段高さを提示するために、段差端面の縦線の太さに対する見かけの段高さの仮説のモデル式検証を行った。検証実験では、若年健常者 5 名を対象に、昇段時のつま先の座標を光学式モーションキャプチャで取得した。段高さと足部上昇量の関係について、仮説から導出した関係式にて近似したところ、すべての被験者で決定係数 0.6 以上の相関を得た。縦線太さに対する見かけの段高さの関係が CSF で近似可能であると本稿では結論づけた。今後は高齢者による検証実験の実施、および構築したモデル式に基づく拡張現実感での錯視表示システムを開発する。