

O2-6

加齢に着目した凸点の高さと先端部の曲率半径が携帯電話の操作性に及ぼす影響の評価

Influences of the Height and the Tip Radius of Curvature of Tactile Dots
on the Operational Performance of Cellular Phone in Younger and Older People

○ 豊田航 (早大) 齋藤健太郎 (早大) 土井幸輝 (特総研) 藤本浩志 (早大)

Wataru TOYODA, Waseda University
Kentaro SAITO, Waseda University
Kouki DOI, National Institute of Special Needs Education
Hiroshi FUJIMOTO, Waseda University

Abstract: Tactile dots located on operation keys of consumer products such as cellular phones contribute to improving accessibility for older people and people with visual impairment. In 2000, the Japanese Standards Association standardized tactile dots. However, reliable age-related data on the appropriate sizes and the shapes was not necessarily available. In this study, we evaluated influences of the height and the tip radius of curvature of tactile dots on the operational performance of cellular phone in younger and older people. The participants, whose hand was covered by a curtain, operated cellular phones with a tactile dot on its key 5 and without tactile dots. As the result, participants performed better at a particular height with larger tip radius of curvature. Furthermore, both too high and low height dots are not effective to improve the operational performance of cellular phones and there is an appropriate range of the height of tactile dots.

Key Words: Accessible Design, Aging, Consumer Products, JIS S 0011, ISO 24503

1. はじめに

急速に高齢化が進んでいる我が国では、高齢者・障害者のニーズに対応した環境・製品・サービスの整備が急務であり、設計理念としてアクセシブルデザインの体系的な標準化が推進されている。アクセシブルデザインとは、何らかの機能に制限がある人のニーズに合わせて設計を拡張することで、製品、建物やサービスをそのまま利用可能とする人を最大限まで増やそうとする設計⁽¹⁾である。アクセシブルデザインを取り入れた製品は、特別な仕様の変更を伴わずに多様な使用者が共用可能である。多くの企業が自社製品に採用し始めている。一方、使用者の利便性を促進させるためには、企業が足並みを揃えて共通の指針に準拠した製品設計を行うことが重要であることから、日本規格協会は高齢者・障害者配慮設計指針と称する一連のアクセシブルデザインに関する日本工業規格 (JIS) を発行している。さらに、こうしたアクセシブルデザインは国際的な整合性が重要であるとして、2001年には、我が国の提案によって、アクセシブルデザインの基本規格である高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した規格作成配慮指針 (ISO/IEC Guide 71)⁽²⁾が、国際標準化機構 (ISO) によって発行された。これにより、ISO 及び IEC 加盟国を始めとする国々が自国内で高齢者・障害者配慮に関する規格を作成する際の指針が示された。また、我が国の高齢者・障害者配慮設計に関する JIS を基とした新たな国際規格 (IS) が制定されつつある⁽³⁾。その一つが、凸記号表示に関する標準である。凸記号とは、視覚機能が低下した高齢者や視覚障害者における製品の操作性向上を目的として、消費生活製品等の操作部に触覚上の手がかりとして付す突起物である。我が国では2000年に JIS S 0011 (正式名称: 高齢者・障害者配慮設計指針—消費生活製品の凸記号表示)⁽⁴⁾が発行され、この JIS を基礎として2011年に新たに ISO 24503 (正式名称: Ergonomics - Accessible design - Tactile dots and bars on consumer products)⁽⁵⁾が発行された。これらの標準において、凸記号は、凸点 (凸状の丸い点) と凸バー (凸状の横バー) の2種類と定義され、各推奨寸法が規定され

ている。しかし、この推奨寸法に関しては、凸記号を触察した際の主観的印象を尋ねたモニター調査⁽⁶⁾が参考にされており、根拠となる客観的データが必ずしも十分ではない。そのため、今後、凸記号に関する標準の改訂や関連規格の策定を検討する際に、凸記号の推奨寸法に関する基礎研究が必要とされている。とりわけ、高齢者にとって適切な凸記号の寸法を考慮する上では、加齢による影響を明らかにした定量的データが必要であり、若年者及び高齢者における実証データが不可欠である。

これまでに筆者らは、凸記号が付される製品として国際的に普及している携帯電話を用いて、携帯電話の5番キーに付された凸点の高さが携帯電話の操作性に及ぼす影響を評価した⁽⁷⁾。その結果、若年者と高齢者のいずれも、凸点が低すぎても高すぎても操作性が低下することから、凸点の高さには適切な範囲がある事が明らかとなった。他方、現在発行されている凸記号に関する JIS S 0011 及び ISO 24503 では、断面形状に関する規定が存在しないため、凸点の断面形状による影響を明らかにすることも重要な課題であると考えられる。

そこで本研究では、若年者と高齢者を対象として、凸点の高さと先端部の尖り具合 (曲率半径、以下: R) が携帯電話の操作性に及ぼす影響を評価することを目的とした。

2. 方法

本研究では、高さ先端部の R を定量的に統制した凸点を5番キーに付した携帯電話を、実験参加者に手元を遮蔽した状態で操作させる実験を行った。本章では、実験方法について詳しく述べる。本研究の全ての手続きは、早稲田大学研究倫理審査委員会による承認を得た。

2-1 実験装置

図1に、操作性評価装置を示す。実験装置は、参加者が操作する携帯電話モックアップと、A/D変換用データロガー (株式会社キーエンス NR-500)、記録用PCによって構成される。携帯電話モックアップのキー操作は、パーソナルコンピュータ上で時系列データとして記録されるため、

携帯電話の操作を定量的に評価することが可能である。なお、テンキーのクリック感等の操作感は、当該機種の実物と同様である。また、凸点の高さと先端部の R による影響を観測するために、凸点以外の触覚上の手がかりがないよ

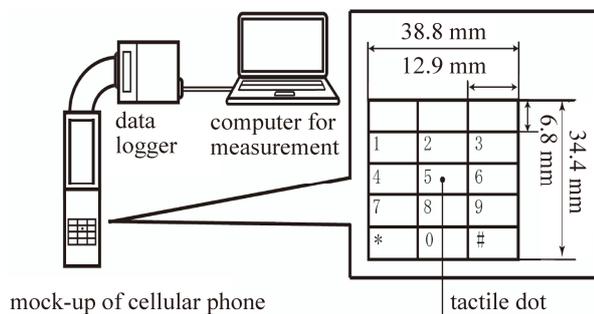
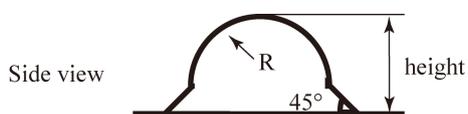


Figure 1 Experimental apparatus



* The angle of skirts is 45 degrees which the skin tissue is not able to conform perfectly.

Figure 2 A dimension of tactile dots used in the experiment

Table 1 Tactile dot size

Height (mm)	0.1, 0.3, 0.55, 0.75
Tip radius of curvature (mm)	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9

う、全てのキーが平坦であり、隣り合うキー同士が密接している機種（シャープ株式会社 Softbank 912SH）を選定した。図 2 に、携帯電話の 5 番キーに付した凸点の側面図を示す。凸点の寸法は、高さが 4 条件(0.1, 0.3, 0.55, 0.75[mm])とし、R が 5 条件(0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9[mm]) の組み合わせで 20 条件とした (表 1 参照)。さらに、凸点がない条件を含めて、合計 21 条件であった。これらの凸点の条件のうち、高さが R よりも大きい条件では裾野が存在するため、裾野の角度を、皮膚組織が完全には密着できないと考えられる 45 度とした。

2-2 実験参加者

晴眼若年者 16 名 (平均年齢 20.0 ± 1.2 歳) と晴眼高齢者 18 名 (平均年齢 64.9 ± 2.9 歳) に参加協力を得た。全ての参加者は、指先に外傷や関連既往歴がなかった。また、実験前の練習試行において、2-3 に詳述する手続きに基づいて実験ができる参加者を選定した。

2-3 手続き

本実験では、参加者の手元を遮蔽した状態で携帯電話を持たせ、課題を親指で入力させた。課題は、一試行につき、ランダムに配置された 0 から 9 までのアラビア数字 50 個であった。参加者には、入力課題の操作が終了する度に、2-4 で述べる主観評価を口答させた。ここまでの手続きを 1 試行として、凸点 21 条件 \times 4 試行の合計 84 試行を行った。凸点の条件は、ランダム順に操作させた。

2-4 評価指標及び分析方法

評価指標は、入力課題を操作した際の操作時間、エラー率を採用し、さらに補足的な指標として、操作中に親指に感じた痛みとした。痛みの評価にあたっては、5 段階等間隔の間隔尺度 (1: 全く痛みを感じない ~ 5: 非常に強い痛みを感じる) で評価させた。分析にあたっては、凸点の結果に関して、高さ と R を要因とした 2 元配置分散分析と Bonferroni 補正による多重比較を行った。

3. 結果

3-1 若年者における結果

まず、若年者における操作時間の結果を図 3(a)に示す。分散分析の結果、高さ と R の交互作用 ($F(12, 180) = 3.28, p < 0.05$)、高さの主効果 ($F(3, 45) = 18.15, p < 0.001$)、R の主

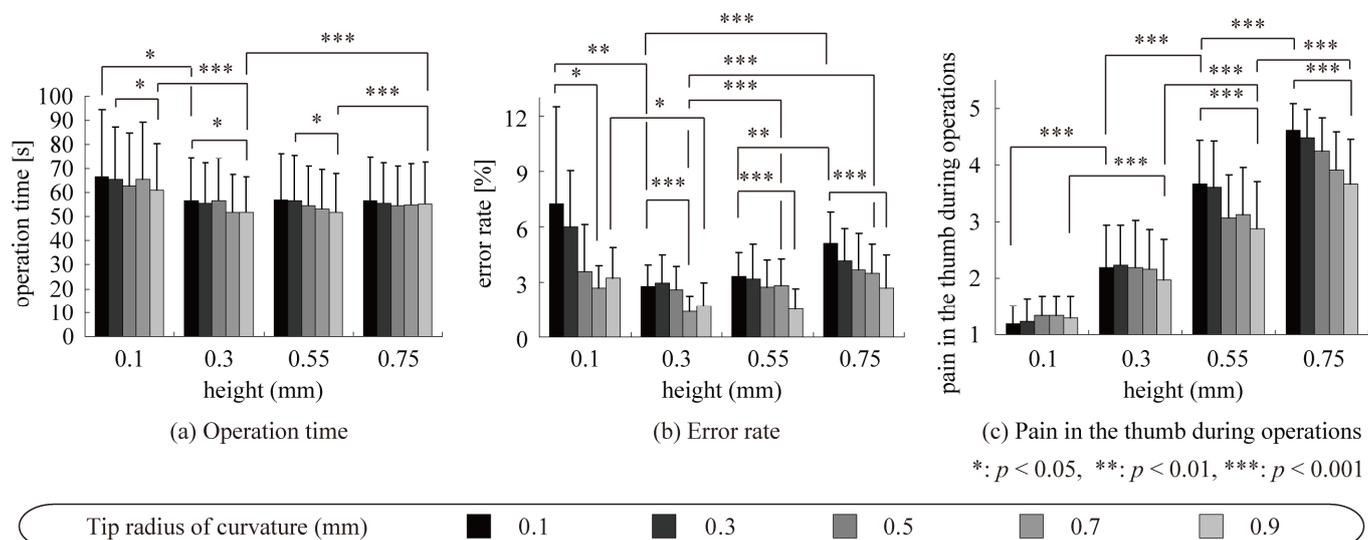


Figure 3 Results of younger participants

効果 ($F(4, 60) = 6.52, p < 0.01$) は、全て有意であった。高さの条件間を分析した結果、全ての R の条件において、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm と比べて、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。また、R0.7mm の条件は、高さ 0.75mm は高さ 0.3mm と比べて、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。さらに、R0.9mm の条件は、高さ 0.75mm は高さ 0.3mm と高さ 0.55mm と比べて、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。一方、R の条件間を分析した結果、高さ 0.1mm と高さ 0.55mm では、R0.3mm は R0.9mm と比べ、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。また、高さ 0.3mm では、R0.1mm は R0.9mm と比べ、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。

次に、若年者におけるエラー率の結果を図 3(b)に示す。分散分析の結果、高さ と R の交互作用 ($F(12, 180) = 4.29, p < 0.01$)、高さの主効果 ($F(3, 45) = 19.57, p < 0.001$)、R の主効果 ($F(4, 60) = 24.17, p < 0.001$) は、全て有意であった。高さの条件間を分析した結果、R0.5mm を除く R の条件において、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm と比べて、エラー率が高かった ($p < 0.05$)。また、R0.1mm では、高さ 0.75mm は高さ 0.55mm 及び高さ 0.3mm と比べて、エラー率が高かった ($p < 0.01$)。同様に、R0.7mm では、高さ 0.75mm 及び高さ 0.55mm は、高さ 0.3mm と比べて、エラー率が高かった ($p < 0.001$)。一方、R の条件間を分析した結果、高さ 0.1mm と高さ 0.3mm では、R0.1mm は R0.7mm と比べて、エラー率が高かった ($p < 0.05$)。また、高さ 0.55mm と高さ 0.75mm では、R0.1mm は R0.9mm と比べて、エラー率が高かった ($p < 0.001$)。

最後に、若年者における操作中に親指に感じた痛みの結果を図 3(c)に示す。分散分析の結果、高さ と R の交互作用 ($F(12, 180) = 7.99, p < 0.001$)、高さの主効果 ($F(3, 45) = 299.29, p < 0.001$)、R の主効果 ($F(4, 60) = 16.06, p < 0.001$) は、全て有意であった。高さの条件間を分析した結果、隣り合う高さの条件間では、全ての R の条件において、凸点が高い条件は、より強い痛みを感じた ($p < 0.01$)。特に、高さ 0.75mm では、いずれの R の条件においても、平均的に強い痛みを感じる傾向であった。一方、R の条件間を分析した結果、高さ 0.55mm 及び高さ 0.75mm において、R0.1mm は R0.9mm と比べて、より強い痛みを感じた ($p <$

0.001)。若年者における結果の傾向についてまとめて述べると、全ての R の条件において、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm に比べて操作時間が長く、エラー率が高かった。また、高さ 0.3mm と高さ 0.55mm の間では、操作時間に有意差は認められなかった。しかし、R0.9mm においては、高さ 0.75mm は高さ 0.55mm よりも操作時間が長かった。また、全ての R の条件において、高さ 0.3mm よりも高くなるにつれて、エラー率が増加する傾向であった。一方、同じ高さの条件では、R が小さいほど操作時間が長く、エラー率が高い傾向であった。痛みに関しては、凸点が高く、R が小さいほど強い痛みを感じる傾向であった。

3-2 高齢者における結果

まず、高齢者における操作時間の結果を図 4(a)に示す。分散分析の結果、高さ と R の交互作用 ($F(12, 204) = 2.35, p < 0.05$)、高さの主効果 ($F(3, 51) = 28.10, p < 0.001$)、R の主効果 ($F(4, 68) = 4.50, p < 0.01$) は、全て有意であった。高さの条件間を分析した結果、R0.1mm を除く全ての R の条件において、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm と比べて、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。また、R0.3mm を除く全ての R の条件において、高さ 0.3mm は高さ 0.55mm と比べて、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。一方、R の条件間を分析した結果、高さ 0.55mm において、R0.1mm は R0.3mm と比べ、操作時間が長かった ($p < 0.05$)。

次に、高齢者におけるエラー率の結果を図 4(b)に示す。分散分析の結果、高さ と R の交互作用 ($F(12, 204) = 2.94, p < 0.01$)、高さの主効果 ($F(3, 51) = 42.53, p < 0.001$)、R の主効果 ($F(4, 68) = 8.42, p < 0.001$) は、全て有意であった。高さの条件間を分析した結果、全ての R の条件において、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm と比べて、エラー率が高かった ($p < 0.01$)。一方、R の条件間を分析した結果、高さ 0.3mm と高さ 0.75mm においては、R0.1mm は R0.9mm と比べて、エラー率が高かった ($p < 0.01$)。

最後に、高齢者における操作中に親指に感じた痛みの結果を図 4(c)に示す。分散分析の結果、高さ と R の交互作用 ($F(12, 204) = 3.52, p < 0.01$)、高さの主効果 ($F(3, 51) = 28.32, p < 0.001$)、R の主効果 ($F(4, 68) = 6.17, p < 0.01$) は、全て有意であった。高さの条件間を分析した結果、隣り合

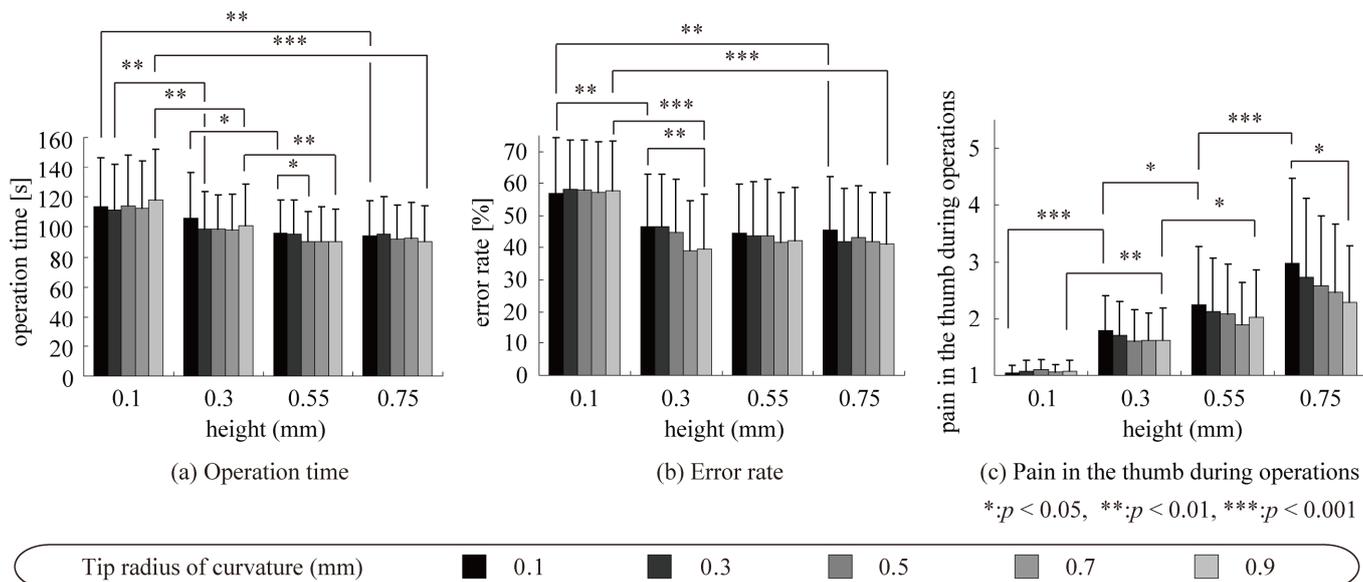


Figure 4 Results of older participants

う高さの条件間では、全ての R の条件において、凸点が高い条件は、より強い痛みを感じた ($p < 0.01$)。一方、R の条件間を分析した結果より、高さ 0.75mm において、R0.1mm は R0.9mm と比べて、より強い痛みを感じた ($p < 0.05$)。

高齢者における結果の傾向についてまとめて述べると、全ての R の条件において、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm に比べて操作時間が長く、エラー率が高い傾向であった。また、高さ 0.3mm は高さ 0.55mm と比べて、操作時間が長い傾向であった。全ての R の条件において、高さ 0.55mm 以上では操作時間に顕著な差がみられず、高さ 0.3mm 以上ではエラー率に顕著な差はみられなかった。一方、同じ高さの条件では、R が小さいほど操作時間が長く、エラー率が高い傾向であった。痛みに関しては、凸点が高いほど強くなり、高さ 0.75mm では R が小さいほど、より強い痛みを感じる傾向であった。しかし、全体として、指に感じる痛みのスコアは 3 を超えず、あまり強い痛みを感じなかった。

4. 考察

実験結果より、若年者と高齢者のいずれにおいても、凸点の高さが同じである場合には、先端部の R が大きいほど、携帯電話の操作性が高いことが明らかとなった。これは、R が大きい凸点ほど触れた際の印象が大きく、操作上の手がかりとして知覚しやすいからだと考えられる。

一方、若年者と高齢者のいずれにおいても、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm と比べて、R の寸法に関わらず、操作時間が長く、エラー率が高い傾向であった。実験後に全ての参加者から得られた報告として、凸点の高さが低い場合には凸点の位置が分からない、或いは、注意深く触って確かめる必要があるので分かりづらいという回答が得られた。以上のことから、高さ 0.1mm の凸点は、先端部の R がいずれの寸法であっても触知が困難であり、テンキーの位置関係を示すランドマークとして機能しにくい。即ち、他の高さとは比べて効果が小さい寸法であると考えられる。

また、若年者では、高さ 0.3mm は、他の高さとは比べて早く正確に操作ができる条件であったが、高さが 0.3mm よりも高くなるにつれて、エラー率が増加する傾向が認められた。若年者において、このような傾向が確認される理由としては、凸記号の高さに応じて指の動作が変化することが原因と考えられる。筆者らが実験中に高齢者の操作の様子を観察したところ、高さ 0.75mm のように高い凸点が付されている場合は、親指が凸点の上を跨いで通過する際に、親指をテンキーから離して凸点を回避する様子が顕著に見られた。この時に、携帯電話の把持に必要な手指の対立運動が妨げられて携帯電話を安定して把持することが難しくなり、携帯電話の正確な操作が困難になると考えられる。しかし、高さ 0.3mm 程度の適切な高さの凸点では、親指が凸点の上を通過する際においても、親指をテンキーに接触させたまま滑らせるように操作しており、こうした操作では、携帯電話を安定して保持し続けながら操作することが可能である。以上のことから、若年者においては、高さ 0.3mm の凸点は触覚上の手がかりとして機能しながらも操作が阻害されることがない寸法であるため、携帯電話には適した寸法であると考えられる。なお、高齢者の操作において、凸点の高さがどのような条件であっても、一つひとつのキーをテンキーから指を離しながら操作するという様子が見られた。こうした操作では、凸点が高い場合でも、手指の動作が阻害されないため、操作性が低下しにくいと考えられる。

一方、高齢者では、高さ 0.55mm において、操作時間とエラー率が低い状態で収束するという結果が得られた。高齢者は、加齢による影響によって指先における触圧感度の低下といった触知覚特性の変容が生じることが知られている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。また、Tremblay らは、高齢者は指先の空間分解能の低下によりフィードバックされる触覚情報が少なくなるために、手指の巧緻性が低下する可能性があることを報告している⁽¹⁰⁾。これらの知見より、加齢により指先の感度が低下した高齢者は、若年者と比べると、より高さがある凸点が操作上の手がかりとして機能しやすいと考えられる。

5. 結論

本研究では、加齢による影響を考慮した凸点の推奨寸法の条件を明らかにすることを目指し、若年者及び高齢者を対象として、凸点の高さと先端部の曲率半径 R が携帯電話の操作性に及ぼす影響を評価することを目的とした。実験の結果より、若年者と高齢者のいずれにおいても、凸点の高さが同じ場合には、先端部の R が大きいほど、速く正確に操作できることが分かった。一方、若年者と高齢者ともに、高さ 0.1mm は高さ 0.3mm と比べて、操作時間が長くエラー率が高かった。しかし、若年者は高さ 0.55mm から高さ 0.75mm にかけてエラー率が増加する傾向であったが、高齢者においては、高さ 0.55mm 以上において、操作時間が短くエラー率が低い状態で収束した。このことから、若年者と高齢者は、凸点の適切な高さの範囲が異なることが明らかとなった。

参考文献

- (1) 日本工業標準調査会, JIS Z 8071: 高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した規格作成配慮指針, 財団法人日本規格協会, 2003.
- (2) International Organization for Standardization, ISO/IEC Guide 71 Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities, International Organization for Standardization, 2001.
- (3) 星川安之, ISO/TC173に発足した新SCアクセシブルデザインへの経緯, 日本生活支援工学会誌, Vol.10, No.1, pp. 3-8, 2010.
- (4) 日本工業標準調査会, JIS S 0011: 高齢者・障害者配慮設計指針—消費生活製品の凸記号表示, 財団法人日本規格協会, 2000.
- (5) International Organization for Standardization, ISO/DIS 24503: Ergonomics - Accessible design - Tactile dots and bars on consumer products. 2011
- (6) 財団法人家電製品協会, 凸記号モニター調査報告書(平成11年度), 2000.
- (7) 豊田航, 土井幸輝, 藤本浩, 凸点の高さが携帯電話の操作性に及ぼす影響に関する研究, 日本機械学会論文集C編, Vol.76, No.763, pp.690-695, 2010.
- (8) Manning H, Tremblay F., Age differences in tactile pattern recognition at the fingertip, Somatosensory and Motor Research, Vol. 23, No. 3, pp. 147-155, 2006.
- (9) Thornbury, J.M., Mistretta, C.M., Tactile Sensitivity as a Function of Age, Journal of Gerontology, Vol. 36, No. 1, pp. 34-39, 1981.
- (10) Tremblay F, Wong K, Sanderson R, Coté L., Tactile spatial acuity in elderly persons: assessment with grating domes and relationship with manual dexterity., Somatosensory and Motor Research, Vol. 20, No. 2, pp. 127-32, 2003.