

2013年1月8日

博士学位論文審査報告書

大学名	早稲田大学				
研究科名	人間科学研究科				
申請者氏名	豊田 航				
学位の種類	博士（人間科学）				
論文題目	消費生活製品の操作性向上に寄与する凸バーと凸点の寸法及び断面形状の評価 Evaluations of Appropriate Sizes and Cross-Sectional Shapes of Tactile Bar and Dot on Consumer Products				
論文審査員	主査	早稲田大学	教授	藤本 浩志	博士(工学) (早稲田大学)
	副査	早稲田大学	教授	野嶋 栄一郎	博士(人間科学) (大阪大学)
	副査	早稲田大学	元教授	市川 熹	工学博士 (慶應義塾大学)
	副査	国立特別支援教育総合研究所	研究員	土井 幸輝	博士(人間科学) (早稲田大学)

1. 本論文の主旨

本論文は、消費生活製品の操作部に触覚上の手掛かりとして付す凸バーと凸点に関して、製品の操作性向上に寄与する寸法と断面形状の条件を明らかにすることを目指したものである。

凸バーと凸点は、「操作部の機能の識別」と「操作部の位置情報の表示」の2つの役割として製品に付され、視覚障害者が製品の操作を行う上での有効な触覚サインとして、広く普及している。また、晴眼者にとっても視覚に頼り難い状況下での手がかりとして利用される。凸バーと凸点の規格としては、2000年には日本工業規格（JIS S 0011）、2011年にはこのJISをベースとした国際規格（ISO 24503）が制定されているが、今後凸記号に関する規格の改訂や新規制定を想定すると、推奨寸法と断面形状の根拠となる豊富な客観的データが必要である。

そこで本論文では、凸バーと凸点の2つの役割に対応する研究課題を設定し、製品の操作性向上に寄与する凸バーと凸点の寸法及び断面形状を明らかにした。具体的には、第一の課題では、凸バーと凸点の寸法に関する因子とエッジの丸み（曲率半径）が識別容易性に及ぼす影響を評価し、「操作部の機能の識別」に適した凸バーと凸点の条件を明らかにした。第二の課題では、携帯電話のテンキーにおける凸点の高さと先端部の尖り具合（曲率半径）が操作性に及ぼす影響を評価し、「操作部の位置情報の表示」に適した凸点の条件を明らかにした。

2. 本論文の概要

まず、第1章では、序論として研究背景と目的、論文の構成について述べられている。

第2章は、「操作部の機能の識別」という凸記号の役割の一つに着目し、製品の基本機能の開始部に付す凸点と基本機能の終了部に付す凸バーを指先で識別する際に、支配的な影響を及ぼす寸法の因子を明らかにすることを目的としている。実験の結果より、若年者と高齢者のいずれも、凸バーは長辺と短辺の差が大きいほど早く正確に確信をもって識別できたことから、長辺と短辺の差が凸バーの識別における支配的因子であることを示した。また、凸点は、直径が小さいほど早く正確に確信をもって知覚される性質があることを示した。

第3章は、凸バーと凸点の断面形状としてエッジの丸み(曲率半径)による影響に着目し、凸バーと凸点のエッジの曲率半径が識別容易性に及ぼす影響を評価することを目的としている。実験の結果より、凸バーの識別においては、エッジの曲率半径の寸法に関わらず、長辺と短辺の差が重要であることを示した。さらに、若年晴眼者、若年視覚障害者、高齢視覚障害者では、凸バーの長辺と短辺の差が2.0mm以上あればほぼ正確に識別でき、晴眼高齢者では、長辺と短辺の差が3.0mm以上あれば、ほぼ正確に識別できることを示した。また、凸点は、エッジのRが大きいほど、早く正確に確信をもって凸点と知覚される性質があることを示した。

第4章は、凸記号のもう一方の課題として、「操作部の位置情報の表示」という凸記号の役割に着目し、典型例としてテンキーが搭載された携帯電話を事例として取り上げ、携帯電話の5番キーに付した凸点の高さが操作性に及ぼす影響を評価することを目的としている。実験の結果より、凸点の高さが0.3mmの条件は、凸点がない条件や高さ0.1mmの条件と比べて、早く正確に操作できることを示した。また、若年者と高齢者のいずれにおいても、凸点の高さが0.3mmよりも高くなるにつれて操作時間及びエラー率が増加する傾向が認められたことから、凸点は高ければ高いほど良いというわけではなく、低すぎず高すぎない適切な範囲が存在すること示唆した。なお、第4章と関連して、附録Aを構成する課題「人差し指による両手操作における凸点の高さが携帯電話の操作性に及ぼす影響」では、携帯電話の操作の仕方によって操作性向上に適した凸点の高さが異なるという仮説を立て、人差し指による両手操作における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結果より、両手操作と片手操作における手指の動作の違いによって、凸点の適切な高さの寸法が異なることを示した。

第5章は、凸点の断面形状として先端部の尖り具合(曲率半径)による影響に着目し、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を評価することを目的としている。実験の結果より、凸点の高さが同じ場合には、先端部の曲率半径が大きい条件ほど、速く正確に操作できることを示した。また、高さに関しては、若年者と高齢者のいずれも、先端部の曲率半径の寸法に関わらず、高さ0.1mmは操作性向上に適さないことを示した。また、若年者では、高さ0.3mmにおいて相対的に早く正確に操作したが、高さ0.3mmよりも高くなるにつれ、エラー率が増加する傾向が認められたが、高齢者では、高さ0.55mm以上において、操作時間が早くエラー率が低い値で収束した。以上の結果から、若年者と高齢者では、操作性向上に有効な高さの条件が異なることを示した。

最後に、第6章では、結論として研究成果を総括している。

3. 本論文の評価

現在、国内外で高齢者や障害者への配慮を目的とした規格の制定や改訂が進んでおり、凸記号に関する規格も重要な課題となっている。本論文の成果は、凸バーと凸点が製品に付き

れる際の「操作部の機能の識別」と「操作部の位置情報の表示」という2つの役割に対応する適切な寸法及び断面形状の条件を定量的に明らかにした点である。そのために、年齢や触知経験が異なる幅広いユーザにとって操作性向上に適した凸バーと凸点の寸法の条件を明らかにした。また、併せてこれまで規格では検討されていなかった凸バーと凸点の断面形状が、識別容易性及び実際のテンキーの操作に対して有意な影響を及ぼす因子であることを定量的に示した。これらの知見は、今後国内外の規格作成者によって凸バーと凸点の推奨寸法及び断面形状に関する規定が検討される際の実証データとして、加えて企業が製品に凸バーと凸点を付す際の参考データとしても、今後活用されることが大いに期待される。これらのことから、本研究の成果は、ユーザ、企業、規格作成者の社会的要請に応える研究成果として高く評価できる。

また本研究では、指先における触知覚特性に応じた凸バーと凸点の適切な条件について評価が行われており、こうした知見は、近年普及しつつある浮き出し文字等の触知図形的设计を検討する場合にも参考になる。更にテンキーの操作時における凸点の検出に関して、触知覚特性の観点から考察を深めることで、テンキーに類似する操作部に凸点を付す場合でも参考となる知見を示している。これらの成果は、ヒトの触知覚特性を考慮したインターフェースの設計に直接的に役立つばかりでなく、従来、触覚に関する基礎研究の分野で明らかとなっていた触知覚特性の知見が、応用場面である製品の操作においても適用できることを示唆した点において、基礎から応用に至る触覚分野の進歩を促す研究としても、学術的に重要な成果であると評価できる。

なお、本論文（一部を含む）が掲載された主な学術論文は、以下のとおりである。

- [1] 豊田航, 土井幸輝, 藤本浩志, 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.
- [2] 豊田航, 土井幸輝, 藤本浩志, 凸バーと凸点の識別容易性に関する研究, 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J94-D, No. 4, pp. 694-701, 2011.
- [3] 豊田航, 土井幸輝, 藤本浩志, エッジの曲率半径が凸バーと凸点の識別容易性に及ぼす影響, 人間工学, Vol. 47, No. 6, pp. 252-260, 2011.
- [4] 豊田航, 土井幸輝, 藤本浩志, 操作の仕方と凸点の高さが携帯電話の操作性に及ぼす影響の関係, バイオメカニズム21, Vol. 21, pp. 103-112. 2012.
- [5] 豊田航, 土井幸輝, 藤本浩志, 高齢者を対象とした凸バーと凸点のエッジの曲率半径がそれらの識別容易性に及ぼす影響の評価, 日本生活支援工学会誌, Vol. 12, No. 2, 2012.
- [6] 豊田航, 齋藤健太郎, 土井幸輝, 藤本浩志, 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, 日本機械学会論文集C編, Vol. 78, No. 794, pp. 3495-3503, 2012.

以上より、本博士学位申請論文に関する審査委員会は、本論文を博士（人間科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

以上