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*

豊田 航^{*1}, 土井 幸輝^{*2}, 藤本 浩志^{*3}Influence of the Height of Tactile Dot
on the Operational Performance of Cellular PhoneWataru TOYODA^{*4}, Kouki DOI and Hiroshi FUJIMOTO^{*4} Graduate School of Human Sciences, Waseda University,
2-579-15 Mikajima, Tokorozawa-shi, Saitama, 359-1192 Japan

In 2000, a new standard (Japanese Industrial Standard, JIS S 0011) was enacted in Japan. The standard provided the perceptual sizes of tactile dots and bars for use in consumer products. However, the numerical values about these sizes were not determined based on data reliable enough. Therefore, objective and quantitative data for perceptual sizes of tactile dots and bars is required for revising this JIS and for devising other standards. In this study, we focused attention on cellular phones becoming common around the world and evaluated the influence of the height of tactile dots (0.0, 0.1, 0.3, 0.5 and 0.7 [mm]) on the operational performance of cellular phone. In this experiment, each 20 sighted younger and older participants, whose hand was covered by a curtain, was asked to operate cellular phones with tactile dot on its key 5 and without tactile dot. Both groups performed better with a tactile dot than without it. However, with a dot height of 0.7 mm, participants felt significant pain. We determined that there is an appropriate range of the height of tactile dot that improves the operational performance of cellular phones.

Key Words: Human Interface, Human Engineering, Medical and Welfare Assistance, Tactile Symbol, Tactile Dot, Cellular Phone, Operational Performance, Consumer Products, JIS

1. 緒 言

我が国では急速に社会の高齢化が進展しており、加齢に伴い視力が衰えた高齢者や視覚障害者の増加が懸念されている。2006年に厚生労働省が実施した身体障害児・者実態調査結果⁽¹⁾によると、日本における視覚障害者数は31万人である。この内の約4割が加齢により発症リスクが高まる緑内障や糖尿病性網膜症などの網脈絡膜・視神経系疾患が原因の中途視覚障害者であり、また約6割が65歳以上の高齢視覚障害者とされ、今後ますます両者の増加が予想されている。視覚障害者はどうしても情報のアクセスという点で大きなハンディを負っており、視覚障害者に対する情報入手支援はますます必要性が増していくであろう。

このような状況の中で、2001年11月にISO（国際標準化機構）では、消費者に提供する製品、サービス及び生活環境に関するあらゆる規格を作成および改訂す

る際の高齢者・障害者に配慮すべき事項を明確化することを目的として、ISO/IEC Guide 71（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）が基本規格として制定された⁽²⁾。これを受けて日本でも2003年6月に日本工業規格（JIS）Z8071⁽³⁾が制定されており、この規格に基づいて高齢者・障害者配慮設計に関連する多くのグループ規格や個別規格が定められている。

一方、近年では、消費生活製品の著しい電子化や多機能化によって製品のデザインや操作方法が複雑化してしまい、視力が衰えた高齢者や視覚障害者が製品を十分に使いこなせないといった問題が新たに発生している。そこで、企業は対策の一つとして、自社製品の操作部に凸記号と呼ばれる触覚上の手がかりを付すことで、高齢者や視覚障害者の操作性向上に配慮してきた。凸記号とは、製品の操作を開始する部分に付される凸点（凸状の丸い点）と、操作を終了する部分に付される凸バー（凸状の横バー）が一般的である。しかしながら、企業によって凸記号の寸法や付す場所などが異なるために、一部の使用者に混乱を引き起こす結

* 原稿受付 2009年6月22日。

^{*1} 早稲田大学大学院人間科学研究科(☎ 359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15)。^{*2} 正員, 国立特別支援教育総合研究所教育研修情報部(☎ 239-0841 横須賀市野比 5-1-1)。^{*3} 正員, 早稲田大学人間科学学術院。

E-mail: wataru_toyoda@toki.waseda.jp

果となっている⁽⁴⁾。

この問題に対処するために、JISによって凸記号の標準化が検討され、2000年に財団法人家電製品協会は、規格の策定に参考となるデータを収集することを目的として、凸記号に関するモニター調査⁽⁵⁾を行った。この調査では、被験者に凸点および凸バーを触察したときの主観的な印象を回答してもらうことで、凸記号の推奨される許容寸法およびその範囲、材質効果などが明らかになった。そして、これらの調査結果が参考にされ、2000年11月に視覚障害者や視力の衰えがみられる高齢者をはじめとするすべての使用者における消費生活製品の操作性の向上を目的として、消費生活製品の操作部に付す凸記号表示に関する規格（JIS S 0011）が制定された⁽⁶⁾。しかしこの中で推奨されている凸記号の寸法に関して、その寸法と消費生活製品の操作性との関係を示す客観的なデータが必ずしも十分ではなく、今後凸記号の国際規格（IS）化や関連する規格の改訂を検討する上で、凸記号の推奨寸法に関する基礎的な研究が必要とされている。具体的には、凸記号は製品の操作性を向上させる目的で付すものであることから、凸記号の寸法が製品の操作性に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

そこで、筆者らは消費生活製品の一つである携帯電話に着目した。なぜなら、携帯電話は誤操作が多い製品として知られており⁽⁵⁾、日本では操作性向上を目的として凸記号が付される典型的な製品だからである。加えて、普及率をみると、2008年の日本における携帯電話の保有率は95.6[%]⁽⁷⁾、視覚障害者では92[%]が携帯電話を利用しており⁽⁸⁾、今後は発展途上国も含む世界の国々でますます普及が拡大すると見込まれている。このように、今や携帯電話はあらゆる人々にとって生

活必需品となり、より一層のユーザビリティ向上が必要であることから、凸記号の寸法が製品の操作性に及ぼす影響を評価する事例として、携帯電話は適していると考えられる。

そこで本研究では、凸点の高さ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。上記JIS（S0011）の中で、テンキーのように同形状のキーが多数並んでいる場合には、5に当たる場所のキーに凸記号を表示するよう定められている。これに基づき、具体的には様々な高さの凸点を5番キー上に付した携帯電話モックアップを用いて携帯電話のキー操作を正確に評価できる装置を製作し、中途失明のユーザーを想定して、手元が遮蔽された晴眼若年者および晴眼高齢者にその装置を操作してもらうことで、凸点の高さが操作性に及ぼす影響を評価した。

2 携帯電話の操作性評価装置の製作

凸点の高さが携帯電話の操作性に及ぼす影響を評価するために、携帯電話のキー操作を正確に記録できる操作性評価装置を製作した。装置の概略を図1に示す。具体的には、5番キーに図2のような形状をした凸点が

Fig.2 Tactile dot used in experiment

Fig.1 Experimental equipment for evaluating the operability of cellular phone using mock-up of cellular phone

付された携帯電話モックアップを、データレコーダ(株式会社キーエンス NR-500)を介してコンピュータに接続し、携帯電話モックアップのキー操作をコンピュータ上で時系列データとして記録できる仕組みである。

本実験では、携帯電話モックアップのテンキーを同型のものを5つ用意し、各5番キーの中心に直径1.0[mm]程度の高さが異なる凸点を付した。また、凸点の高さ条件は、0.0[mm](凸点なし)を含む表1の5条件とした。凸点は紫外線硬化樹脂インクを使用して、スクリーン印刷方式で付した。また、紫外線ランプを用いて、インクの硬化不良を起こさないように十分に露光した。

なお、現在市販されている携帯電話は、テンキーに複数の凸点を付したものと凸点と凸バーを併用したものなど、機種によって凸点の付され方は様々であるが、本実験では当該JISの規定に準拠しており、携帯電話において一般的な凸点の付され方の一つである5番キーの中央に凸点を付す方法を採用した。本実験では、以上のような高さが異なる凸点が付された5つのテンキーを携帯電話本体から着脱し、被験者に操作してもらうことで、凸点の高さのみを要因とした携帯電話の操作性評価を可能とした。また、携帯電話の操作における凸点以外の手がかりを排除するために、テンキーの形状に関して、隣り合うキー同士が近接していること、キーの凹凸が無いこと、キーの形状が全て同じであること、これらの要件を満たす機種(シャープ株式会社 Softbank 912SH)を選定した。以上より、この機種は凸点を付す効果を確認するのにも適していると言える。なお、本研究で用いた携帯電話モックアップの概観やテンキーを押した際のクリック感、当該機種の実物の携帯電話とまったく同じであり、操作感に関して高い再現性を有している。

3. 携帯電話の操作性評価実験

ここでは、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実験に関して述べる。

3・1 被験者 被験者として、晴眼若年者 20 名(平均年齢 21.6 ± 1.5 歳)および晴眼高齢者 20 名(平均年齢 67.5 ± 4.0 歳)に参加してもらった(以下、それぞれ若年者、高齢者と記す)。すべての被験者は皮膚に外傷や関連既往歴がなかった。また、日常的に携帯電

話を使用しており、テンキーの数字の配列や操作感を把握している被験者を選定した。なお、本実験は、早稲田大学の倫理委員会の承認を得て実施した。

3・2 評価指標 携帯電話の操作性の客観的な評価指標として、後述する入力課題に要した操作時間と、操作がどれだけ正確に行われたかを表すエラー率を採用した。さらに、本実験で使用した携帯電話の操作感について主観評価も実施した。具体的には、(1)操作の確信度、(2)5番キーの発見しやすさ、(3)5番キーを押したときの痛さを、それぞれ5段階の等間隔の間隔尺度で評価をしてもらった(表2参照)。なお、ここでは操作時の回答に対する主観的な確信の度合いを確信度とした。被験者には、回答に対して確信がある場合を「5」、確信がない場合を「1」とし、5段階で答えてもらった。また、実験前には「入力課題を行った際の主観的な操作速度や正確さなどから、どれくらいの自信をもって携帯電話を操作できたかを、総合的に判断してください」と被験者に教示した。確信度を採用した理由は、エラー率や識別時間では差の見られない場合に補足的な評価尺度として有用と考えられるからである。

3・3 手続き 本実験では視覚の影響を排除する

Table 2 Scale of subjective assessment data

(1) Sureness of input operation	1: not sure ~ 5: very sure
(2) Findability of key 5	1: not findable ~ 5: very findable
(3) Pain when pushing key 5	1: not painful ~ 5: very painful

Fig.3 Experimental picture during operating mock-up of cellular phone

Table 1 Tactile dot size

dot height [mm]	0.0(without tactile dot), 0.1, 0.3, 0.5, 0.7
-----------------	--

ために、被験者の手元をカーテンで遮蔽した状態で実験を行った。実験の様子を図3に示す。被験者にはカーテン越しに携帯電話モックアップを利き手で持ってもらい、入力課題として目の前に呈示されたランダム順列の0から9までのアラビア数字50個を、実験者の「はじめ」の合図で、利き手の親指のみで入力してもらった。操作に使用しない手は、被験者が楽な状態を保ってもらった。入力課題は5列目および10列目を赤い文字にすることで、被験者が課題のどの部分を入力しているのかを迷わないように手がかりにした。入力課題の一例を図4に示す。入力終了後、被験者に操作した携帯電話の操作感について、質問紙に主観評価を記入してもらった。これらの手続きを1試行として、凸点の高さ5条件×4試行の合計20試行を行った。本試行の前には、携帯電話の入力に慣れてもらうまで十分な練習試行を行った。また、本実験は頻繁な指の動作を伴うことから、操作した残留感覚を除くために、1試行終わるごとに被験者には操作した親指をなでてもらった。実

験は適宜休憩を取りながら行った。実験時間はおよそ2時間であった。

なお、5番キーに付した凸点が操作性に及ぼす影響を観測するために、被験者に対して以下の2点を教示して、実験を実施した。(1)凸点が付された条件では、ひとつの文字を入力するごとに、5番の位置に指を戻してから次のキーを押すこと。(2)速さよりも正確さに配慮して操作すること。

3・4 結果 客観的な指標である操作時間、エラー率の各結果を図5(a)(b)に、主観的な指標である操作の確信度、5番キーの発見しやすさ、5番を押したときの痛みの各結果を図6(a)(b)(c)に示す。若年者と高齢者のそれぞれの結果に関して、凸点の高さを要因とする一要因分散分析を行ったところ、若年者と高齢者のいずれにおいても、すべての評価指標において凸点の高さの主効果が見られたために、Bonferroni補正法による多重検定を行った。なお、本研究は被験者属性(若年vs高齢)間のパフォーマンスの違いを調べることは目的ではなく、各被験者属性における適切な凸点の高さの条件を明らかにすることが主な目的であることから、被験者属性を第二の要因とする二要因分散分析は実施しなかった。なお、同様の理由で、図5において若年者と高齢者の縦軸のスケールは統一していない。

3・4・1 操作時間 図5(a)より、若年者では、0.3[mm]に対して0.0[mm]と0.7[mm]は有意に操作に時間がかかった($p < 0.001$)。高齢者では、0.3[mm]に対して0.0[mm]と0.1[mm]は有意に操作に時間がかかった($p < 0.01$)。若年者と高齢者ともに、0.0[mm]のときに最も操作に時間がかかり、0.3[mm]のときに最も速く

8208487627
9436319281
8172152030
5435371786
3963059328

Fig.4 An instance of the tasks presented to participants.

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$ ***: $p < 0.001$

Fig.5 Result of operation time and error rate

操作した。

3・4・2 エラー率 図5(b)より, 若年者では, 0.3[mm]に対して他のすべての高さの条件で有意にエラー率が高かった ($p < 0.05$). 高齢者では, 0.3[mm]に対して0.0[mm]と0.1[mm]のときに有意にエラー率が高かった ($p < 0.001$). 若年者と高齢者ともに, 0.0[mm]のときに最もエラー率が高く, 0.3[mm]のときに最もエラー率が低かった。

3・4・3 操作の確信度 図6(a)より, 若年者では, 0.3[mm]に対して0.0[mm]と0.1[mm]は有意に操作の確信度が低かった ($p < 0.001$). 高齢者では, 0.3[mm]に対して0.0[mm], 0.1[mm]および0.7[mm]は有意に操作の確信度が低かった ($p < 0.001$). 若年者と高齢者ともに, 0.0[mm]のときに最も確信度が低く, 0.3[mm]は最も確信度が高かった。

3・4・4 5番キーの発見しやすさ 図6(b)より, 若年者では, 0.3[mm]に対して0.0[mm]と0.1[mm]は有意に5番キーが発見しにくく ($p < 0.001$), 0.5[mm]に対して0.3[mm]は有意に発見しにくかった ($p < 0.05$). 高齢者では, 0.3[mm]に対して0.0[mm]と0.1[mm]は有意に5番キーが発見しにくく ($p < 0.01$), 0.5[mm]および

0.7[mm]に対して0.3[mm]は有意に発見しにくかった ($p < 0.05$). 若年者と高齢者ともに, 0.0[mm]のときに最も5番キーを発見しにくく, 凸点が高くなるほど5番キーを発見しやすくなった. 特に, 0.3[mm]以上では, かなり発見しやすかった。

3・4・5 5番キーを押した時の痛み 図6(c)より, 若年者では, 0.5[mm]および0.7[mm]に対して0.3[mm]は5番キーを押した時に有意に痛みを感じにくかった ($p < 0.001$). 高齢者では, 0.5[mm]および0.7[mm]に対して0.3[mm]は5番キーを押した時に有意に痛みを感じにくかった ($p < 0.05$). 若年者と高齢者ともに, 0.0[mm]のときに最も5番キーを押した時に痛みを感じにくく, 0.7[mm]のときに最も痛みを感じやすかった。

3・4・6 総合評価 すべての評価指標の結果を被験者の属性別にまとめると, 若年者においては, 0.3[mm]に対して, 0.0[mm]は有意に操作時間がかかりエラー率が高かった上に, 操作の確信度が低く, 5番キーが発見しにくかった ($p < 0.001$). また, 0.3[mm]に対して0.7[mm]は有意に操作に時間がかかりエラー率が高かった上に, 5番キーを押したときに痛みを感じやすかった ($p < 0.001$). 高齢者においては, 0.3[mm]に

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$ ***: $p < 0.001$

Fig.6 Result of sureness of input operation, findability of key 5 and pain when pushing key 5

対して0.0[mm]は有意に操作時間がかかりエラー率が高かった上に、操作の確信度が低く、5番キーが発見しにくかった ($p < 0.001$)。また、0.3[mm]に対して0.7[mm]は有意に操作の確信度が低い上に、5番キーを押した時に痛みを感じやすいことがわかった ($p < 0.001$)。

以上のように、若年者と高齢者のいずれにおいても、携帯電話の5番キーに凸点が付されていると、付されていない場合に比べて操作性が向上し、主観的にも操作しやすいことが明らかとなった。特に、0.3[mm]のときに最も操作性が良かった。一方、0.7[mm]のときには、5番キーを押したときにより痛みを感じやすく、凸点が付されている条件の中では、最も操作性が悪かった。

3・5 考察 本実験により、携帯電話の5番キーに凸点が付されていると、付されていない場合に比べて操作性が向上し、主観的にも操作しやすいことが明らかとなった。これは、凸点が5番キーを示すランドマークとなることで、被験者がテンキー全体の相対的な位置関係を把握できたためだと考えられる。これより、携帯電話の5番キーに付された凸点は操作性向上に有効であることが確認できた。

一方、0.7[mm]の結果をみると、若年者と高齢者ともに、他の高さの条件と比べて、5番キーを押した際により痛みを感じ、操作性が低下する傾向がみられた。筆者らが実験中に被験者の携帯電話の操作を観察したところ、凸点の高さが0.3[mm]以下の条件では、被験者はテンキーに指を接触させたまま指を滑らせるようにして操作する傾向が見られた。しかし、0.5[mm]以上の高さの条件では、被験者は指をテンキーから離して操作をする傾向がみられ、特に0.7[mm]のときに顕著に確認できた。これらのことから、0.7[mm]の凸点が5番キーに付されていると、指に対する負荷を軽減させるために指をテンキーから離しやすくなり、5番キー以外のキーの位置が正確に把握しにくくなることで、操作性が低下するのではないかと考えられる。

以上より、携帯電話に付す凸点の高さに関しては、高ければ高いほど良いというわけではなく、適切な範囲が存在することが確認できた。これらの知見は、携帯電話に付す凸点の寸法を検討する上で参考になるとともに、凸点に関する規格及び関連する規格の策定や改訂を行う際にも参考になると考えられる。

4. 結 論

本研究では、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。その結果、若年者と高齢者のいず

れにおいても、携帯電話の5番キーに凸点が付されていると、付されていない場合に比べて操作性が向上し、主観的にも操作しやすいことが明らかとなった。また凸点の高さについては、高ければ高いほど良いわけではなく、適切な範囲が存在することが確認できた。

謝 辞

本研究は、日本学術振興会科研費補助金（基盤B NO.19300205）の援助を受けました。ここに、感謝の意を表します。また、スクリーンの製版に関して、株式会社サンイチ芸社社長の吉川健一様に多大なるご協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

文 献

- (1) Health, Labour and Welfare Ministry ed., Fact-finding Survey on Disabled People and Children in 2006, (2008), pp.11-19, Health, Labour and Welfare Ministry. (In Japanese)
- (2) Japanese Standards Association ed., JIS Handbook 2006 Older and Disabled Persons, (2006), pp.15, Japanese Standards Association. (In Japanese)
- (3) Japanese Standards Association ed., JIS Z 8071 (Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities), (2003), Japanese Standards Association. (In Japanese)
- (4) Universal Design Laboratory ed., Human Engineering and Universal Design, (2008), pp.79, Japan Industrial Publishing. (In Japanese)
- (5) Association for Electric Home Appliances ed., Monitoring Research on Tactile Dots and Bars, (2000), Association for Electric Home Appliances. (In Japanese)
- (6) Japanese Standards Association ed., JIS S 0011 (Guidelines for all people including elderly and people with disabilities-Making tactile dots on consumer products), (2000), Japanese Standards Association. (In Japanese)
- (7) Ministry of Internal Affairs and Communications ed., Trend survey of telecom use in Japanese for fiscal year 2008, (2009), pp.7, Ministry of Internal Affairs and Communications, Retrieved May 25, 2009, from http://www.soumu.go.jp/main_content/000016027.pdf (In Japanese)
- (8) Manabi, M., Tetsuya, W., Kazunori, M. and Hideji, N., A survey of mobile phones, personal computers, and the Internet users with visual impairments, *Human Interface. Correspondences on human interface*, Vol.9, No.5, (2007-12), pp.125-130. (In Japanese)