

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	西村 崇宏		
学位の種類	博士（人間科学）		
論文題目	タッチパネルの表面性状と感知領域が操作性に及ぼす影響 Influences of Surface Property and Sensitive Area on Operability of Touch-Sensitive Screens		
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	早稲田大学准教授	百瀬 桂子 博士（工学）（早稲田大学）
	副査	国立特別支援教育総合研究所主任研究員	土井 幸輝 博士（人間科学）（早稲田大学）

タッチパネルは、スマートフォンや PMP などの携帯端末、タブレット PC、ATM、駅の券売機、製造現場の FA モニタ、車載モニタ、電子黒板、医療モニタ、POS レジスタなど、多岐の分野にわたって様々なデバイスに搭載されており、我々の生活になくてはならない入力インタフェースとして位置づけられている。こうしたタッチパネルの市場は年々飛躍的な成長をみせており、2011 年には出荷枚数で約 11 億枚、出荷金額では約 1 兆円に達する市場規模となっている。この需要増加は今後も継続していくことが予想されており、関連技術の研究開発などが盛んに行われている。しかし一方で、ユーザインタフェースとしてのタッチパネルについて、その操作性に関する課題も指摘されている。それは、タッチパネルのハードウェア及びソフトウェアの開発者が設計の際に参考とすべきヒトの操作特性に関する基礎的知見が不十分であるが故に、ユーザに対して設計上の配慮が十分になされていないデザインが多く存在するといった問題である。具体的には、デジタル教科書として教育分野での活用が注目を浴びているタブレット端末において、ディスプレイの表面性状による指先の滑り易さの違いが操作性に及ぼす影響が明らかになっていないといった問題が挙げられる。また、搭載デバイス別の市場で最も高いシェアを占める携帯端末において、ある広がりをもった指先の接触面で操作するが故に自身の意図した位置をポインティングすることが困難であり、ミスタップが頻発するといった問題も依然として存在している。

そこで本研究では、タッチパネルの操作性向上に向けて、ヒトの操作特性に関する基礎的知見を得ることを目的としている。具体的には、タッチパネル市場を牽引するタブレット端末と携帯端末の各デバイスについて、“ディスプレイの表面性状”と“タッチ感知領域”にそれぞれ着目し、各因子と操作性の関係を明らかにするための評価実験を実施している。

本論文は 4 章で構成されている。以下に各章の要約を記す。

第1章では、序論として、まず、本研究の背景となるタッチパネルの歴史と市場動向について述べるとともに、タッチパネルの検出方式として代表的な抵抗膜方式と投影型静電容量方式の構造と検出原理を示している。続いて、タッチパネルの操作性に関してこれまでに報告されている基礎的な知見を整理するとともに、タッチパネル市場を牽引するタブレット端末と携帯端末の操作性に関する研究課題を明確にしている。具体的には、第1の研究課題では、デジタル教科書として教育分野での活用に注目が集まるタブレット端末について、ディスプレイの表面性状による指先の滑り易さの違いが操作性に及ぼす影響を定量的に評価することを課題として示している。そして、第2の研究課題では、搭載デバイス別の市場で最も大きなシェアを占める携帯端末について、GUIの設計指針に供するヒトのポインティング特性を評価するとともに、得られた知見を用いてタッチ感知領域の設計手法に関する基礎的検討を行うことを課題として示している。最後に、上述した研究背景と研究課題を踏まえて設定した本研究の目的について述べるとともに、本論文の構成を示している。

第2章では、デジタル教科書として教育分野での活用が期待されているタブレット端末について、ディスプレイの表面性状による指先の滑り易さの違いが操作性に及ぼす影響を評価している。本実験では、指先の滑り易さが異なるディスプレイ表面を再現するために、まず指先の滑り易さが主観的に異なるフィルムを選定して、指先の滑り易さを算術平均粗さ及び動摩擦係数により定量的に評価している。そして、選定したフィルムを用いてタブレット端末の操作性評価実験を行うことで、ディスプレイ表面の指先の滑り易さの違いが操作性に及ぼす影響を調べている。その結果、フィルム表面の算術平均粗さが大きいほど動摩擦係数は小さくなり、反射防止性能をもつアンチグレアフィルムの動摩擦係数は、耐擦傷性能をもつハードコートフィルムのおよそ3分の1であることを明らかにしている。さらに、曲線をトレースする操作では適切な範囲の摩擦抵抗を表面に施すことによって操作の正確性が向上し、斜線や直線をトレースする操作や指先の止め・方向転換を伴う操作では表面の摩擦抵抗を大きくすることで操作の正確性は向上することを明らかにしている。本実験で得られた知見は、タッチパネルディスプレイやディスプレイ保護フィルムの表面設計に際して参考になるとともに、指先の滑り易さに配慮したソフトウェアの設計指針を示すものであると考えられる。

第3章では、搭載デバイス別の市場シェアで最も高い割合を占める携帯端末について、GUIの設計指針に供する操作特性の基礎的知見を得ることを目指し、ポインティング特性を明らかにすることを目的とした評価実験を実施している。本実験では、携帯端末の操作方法に着目し、片手操作と両手操作の双方におけるポインティング位置の分布、ポインティング精度、ポインティング時間の各指標を調べている。その結果、いずれの操作方法においても、ディスプレイ上の表示位置によってターゲットに対するポインティング位置の分布傾向は異なることを明らかにしている。また、片手操作では、母指手根中手関節を基点とした円弧状の領域において、ポインティングの精度及び速さは向上することを示している。一方で、母指の伸展・屈曲・内旋を伴う領域においては、ポインティングの精度及び速さは低下することを明らかにしている。そして、両手操作では、ディスプレイ上の表示位置によるポインティング精度の違いはみられないが、指の初期位置から遠い距離にあるターゲットに対して、ポインティング時間は長くなることを示している。さらに、実験によって得られたポインテ

ィング位置の分布が楕円で近似的に表されることを示し、楕円によるタッチ感知領域の設計手法を検討している。具体的には、タッチ感知領域の形状として楕円と正方形に着目し、ポィンティング位置のデータ数が含まれる割合を評価指標として、両者を比較している。その結果、楕円のタッチ感知領域では、特定の方向にポィンティング位置の分布が偏るような特徴をもつターゲットに対して、正方形による設計手法よりも効率的にタッチ感知領域を設計できる可能性があることを示している。

第4章では、結論として、第2章と第3章で得られた研究成果を統括し、本研究によって得られた知見と意義についてまとめている。さらに、今後の展望についても示されている。

以上より、本研究では、入力インタフェースとして我々の生活のあらゆる場面で活用されているタッチパネルに関して、ユーザがより正確かつ効率的に操作できる入力インタフェースとして利用できるよう、端末やソフトウェアの設計時に参考となるヒトの操作特性に関する基礎的知見が示されている。具体的には、タブレット端末について、ディスプレイの表面性状による指先の滑り易さの違いが操作性に及ぼす影響を明らかにしている。そして、携帯端末について、GUIの設計指針となるヒトのポィンティング特性に関する基礎的知見を示している。さらに、実験で得られたポィンティング位置の分布に基づいて楕円によるタッチ感知領域の設計手法に関する基礎的検討を行い、その有効性を示している。

タッチパネルは、個人が使用する情報端末への搭載のみならず、駅の券売機や銀行のATMなどの公共情報端末、産業現場で使用されるFAモニタ、教育現場で本格的な導入が検討されているデジタル教科書や電子黒板、医療現場で用いられる電子カルテや医療モニタといった様々なデバイスへの搭載が急速に進んでいる。これらタッチパネルの操作性向上を指向した本研究は、入力インタフェースとしてタッチパネルを使用する際のエラーを減少させ、操作の効率性を向上させるための設計指針を示すことができた点において、社会的にも非常に意義のあるものだと考えられる。

このように、本研究の成果は、タッチパネルのハードウェア及びソフトウェアの設計に関わる開発者に活用され、ヒトの操作特性に配慮したデザインが施されることで、タッチパネルの操作性向上に大いに貢献するものである。

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] 西村崇宏，土井幸輝，藤本浩志：タッチパネルタブレット端末におけるディスプレイの表面特性が操作性に及ぼす影響，日本感性工学会論文誌，Vol. 12, No. 3, pp. 431-439 (2013)
- [2] 西村崇宏，土井幸輝，藤本浩志：タッチパネル携帯端末の操作方法がポィンティング特性に及ぼす影響，バイオメカニズム，Vol. 22 (2014) (印刷中)

以上のことから本論文は、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