

積層漆回路を用いたタッチインタフェースの検討

青山 周平^{†1} 川畑 裕也^{†1} 駒田 悠^{†2} 明神 優^{†3} Zhang Yunze^{†1}
橋本 悠希^{†4} 志築 文太郎^{†4}

^{†1} 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻

^{†2} 筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類

^{†3} 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 知能機能システム専攻

^{†4} 筑波大学 システム情報系

1 はじめに

古来から食器や家具などの工芸品に用いられてきた漆は、塗料としての美しさに加え、絶縁性や防水性などの工学的特性にも優れる。これらの工学的特性より電子回路の絶縁基材及びコーティング材として利用可能である [5] ため、美しさと機能を合わせ持つ回路を構築するのに利用できる。また、複数回に分けて漆を塗布することにより、複数の層から成る漆回路（積層漆回路）も構築可能である（図 1）。

本研究では、この積層漆回路に着目し、これを利用したタッチインタフェースを検討する。本稿においてはまず、積層漆回路に組み込んだタッチ電極を蒔絵のデザインおよびタッチインタフェースとして利用する方法を報告する。また、その発展として、静電容量式タッチパネルの構築法を述べる。

2 関連研究

形状や配置を工夫することによって、タッチ電極にデザインとしての役割や、特定の機能を持たせる試みは数多くなされている [4, 3, 2, 1]。例えば、iSkin [4] は薄く柔軟性があり、電極のデザインを変更できる皮膚着用式のタッチインタフェースを開発した。これらに対して、本研究はタッチ電極を漆層の間に挟み込むことにより、タッチインタフェースを蒔絵のデザインとして利用するとともに、タッチ電極を重ねることにより、タッチインタフェースの機能を拡張する。

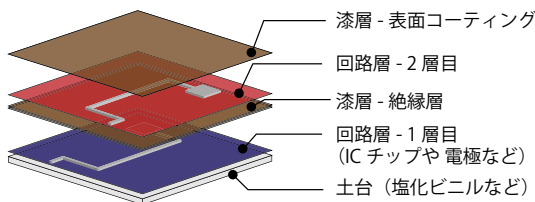


図 1: 積層漆回路の略図

3 蒔絵タッチ電極

漆は光を透過する素材であるため、銀ペーストにて作成した電極を漆層の間に挟み込むことにより、蒔絵のような見た目を持った静電容量式のタッチインタフェースを構築できる。さらに、積層漆回路においては複数のタッチ電極を重ねることが可能である。電極を重ねることの利点の1つに、機能の拡張がある。例えば、図 2 のように一見 1 つの電極に見えるタッチ電極でも、実際には 2 つの電極から構成されているため、それぞれの電極へのタッチが検出できる。これにより、デザインを保ったまま、タッチ位置やタッチジェスチャの検出が可能な蒔絵を作成できる。例えば、図 2 のような電極において、左右どちらの花びらがタッチされたかの検出や花びら上でのスワイプの検出が可能となる。

このような積層漆回路に組み込んだタッチ電極において、それぞれの電極へのタッチが検出できることを検証するため、図 3 に示す積層漆回路を作成した。この積層漆回路は、それぞれの層の電極が 1 つのタッチ点を持っており、そのタッチ点への配線部分が 2 層間で重なった構造をしている（図 3A）。

図 3B は 1 層目と 2 層目の電極間に漆を 1 層挟んだものである。図 3B に示されるように、漆層を挟んだ状態においても 1 つの電極のように見せられることが確認できた。しかし、本回路においては 2 つの電極が通電していることが確認された。これは、2 層目の銀ペーストの塗布をやり直した際に、1 層目の銀ペーストが露出し（図 4）、この上から 2 層目の銀ペーストを塗布したことが原因であると考えられる。電極が通電した場合、2 つの電極が 1 つの電極として機能し、それぞれの電極へのタッチが検出できない。そこで銀ペーストの露出が起らないように補強をするため、電極間の漆層を 2 層にした図 3C を作成した。本回路においては、下側の層が見えにくくなったものの、2 つの電極



図 2: 積層漆回路にて構築可能なタッチ電極のイメージ

A Study on Touch Interface using Layered Urushi Circuit
^{†1} Shuhei Aoyama ^{†1} Yuya Kawabata ^{†2} Yu Komada ^{†3} Yu Myojin
^{†1} Yunze Zhang ^{†4} Yuki Hashimoto ^{†4} Buntarou Shizuki
^{†1} Department of Computer Science, University of Tsukuba
^{†2} Collage of Media, Arts, Science and Technology, University of Tsukuba
^{†3} Department of Intelligent Interaction Technologies, University of Tsukuba
^{†4} Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

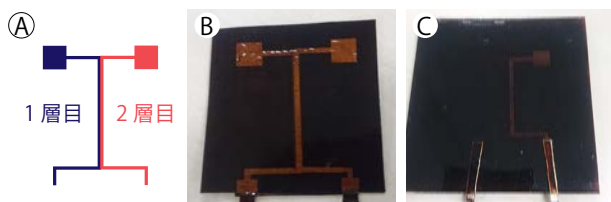


図 3: 2 層の電極を重ねた積層漆回路: A) 電極構成, B) 試作 A-層間の漆 1 層, C) 試作 B-層間の漆 2 層



図 4: 失敗などにより 2 層目の銀ペーストを取り除く際、漆層の一部（特に銀ペーストによる凹凸の端の部分）が剥がれてしまう。

を通电させることなく回路を構築できた。

次に、2 つの電極へのタッチを検出できることを確かめる実験を行った。本実験においては、静電容量の計測を行うために、Arduino 用の静電容量計測ライブラリである CapSense を利用した。図 5 に図 3C のそれぞれの電極をタッチした際の静電容量の推移を示す。このグラフから、タッチした電極における静電容量は他の電極の静電容量より大きくなることが確認できた。また、電極が重なっている地点をタッチした際は上側の層の静電容量が下側の層に比べ大きくなることが確認できた。これらの結果より、積層漆回路に組み込んだタッチ電極におけるそれぞれの電極へのタッチが検出できることがわかった。

4 タッチパネルへの適用

積層漆回路を利用して、自己容量式の静電容量式タッチパネルを作成できるかを確かめるため、 2×2 状にタッチ電極を配置した積層漆回路（ 2×2 マトリクス回路）を作成した（図 6）。本回路はそれぞれ 2 つのタッチ点を持った 4 つの電極が井桁状に重ねられているため（図 6A）、計 4 箇所のタッチ点を検出できる。なお、本回路においては、2 層の電極間に 3 層の漆層が挟まれている。

本回路においても、3 節と同様に、それぞれのタッチ点をタッチした際の各電極の静電容量の推移を観察した（図 7）。観察の結果、1 層目電極の静電容量変化は

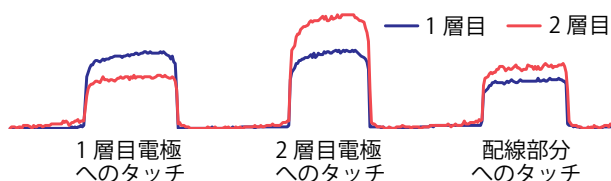


図 5: 2 層の電極を重ねた積層漆回路において、それぞれの電極をタッチした際の各電極の静電容量の変化

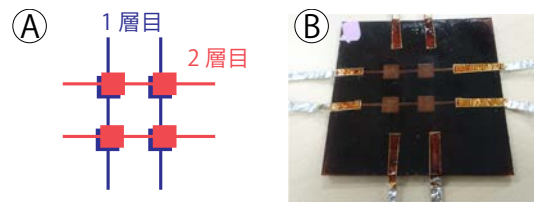


図 6: 2×2 マトリクス回路: A) 電極構成, B) 試作回路

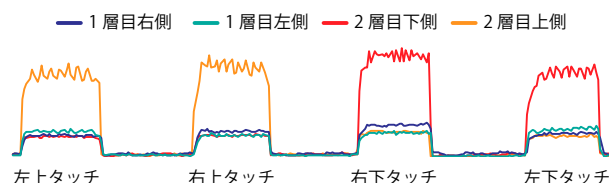


図 7: 2×2 マトリクス回路において、それぞれのタッチ点をタッチした際の各電極の静電容量の変化

2 層目に比べ小さいものの、対応する電極の静電容量が変化していることが確認できる。このことより、積層漆回路にて作成した静電容量式タッチパネルにて 4 箇所のタッチ点が検出できることが確認できた。

5 まとめと今後の課題

我々は、積層漆回路のそれぞれの層にタッチ電極を組み込み、電極の一部が重なっている場合においても、それぞれの層の電極に対するタッチが区別できることを確認した。また、これを応用し、 2×2 状にタッチ電極を配置した積層漆回路を用いて、積層漆回路がタッチパネルへ応用できることを示した。ただし、現状の積層漆回路は、工作精度の制約により電極間の漆層を厚くしているため、下側の電極が見えにくくなっている。この課題に対しては、漆がより透明になるまで長期間乾燥させるという解決方法もあるが、より短期間で透明度の高い積層漆回路を構築できるように方法を模索していく。例えば、透漆などの透明度の高い漆を使うことを試みる。また今後は、自己容量式タッチパネルだけでなく、相互容量式タッチパネルについても積層漆回路にて構築可能であるかを調査していく。

参考文献

- [1] K. Kato and H. Miyashita. Creating a mobile head-mounted display with proprietary controllers for interactive virtual reality content. UIST '15 Adjunct, pp. 35–36.
- [2] V. Savage, X. Zhang, and B. Hartmann. Midas: Fabricating custom capacitive touch sensors to prototype interactive objects. UIST '12, pp. 579–588.
- [3] M. Schmitz, M. Khalilbeigi, M. Balwierz, R. Lissermann, M. Mühlhäuser, and J. Steimle. Capricate: A fabrication pipeline to design and 3d print capacitive touch sensors for interactive objects. UIST '15, pp. 253–258.
- [4] M. Weigel, T. Lu, G. Bailly, A. Oulasvirta, C. Majidi, and J. Steimle. iskin: Flexible, stretchable and visually customizable on-body touch sensors for mobile computing. CHI '15, pp. 2991–3000.
- [5] 橋本 悠希, 小泉 直也. 漆をベースとした電子回路構築手法の基礎的検討. 計測自動制御学会論文集, Vol.51, No 1, pp. 64–71, 2015.