

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：37111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16043

研究課題名(和文)3次元空間で操作可能な3Dタッチパネルの開発

研究課題名(英文)Development of a 3D touch screen that can detect a finger in three dimensional space

研究代表者

辻 聡史 (Tsuji, Satoshi)

福岡大学・工学部・助教

研究者番号：40632021

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ディスプレイ上の3次元空間にて近接(非接触)における指の位置検出、接触における接触位置及び押圧が検出可能な3Dタッチパネルの開発である。そのために近接測定が可能な分離型静電容量センサとLCDモニタの4隅に取り付け可能な平行平板型静電容量圧力センサで構成されるセンサを提案した。試作センサにより対象の近接測定及び接触における圧力とその中心位置の検出が可能であることを示した。更に、モニタ上の近接及び圧力の3次元空間における3D操作法を提案し、LCDモニタに取り付けられた試作センサにより指の近接位置に合わせた画像のズームや押圧による操作が可能であることを実験により示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a 3D touch screen that can detect a position of a finger at proximity range, and can detect a pressure and its position on a display. We proposed a sensor that consist of a separation-type capacitance touch screen and parallel plate type capacitive pressure sensors. The proposed separation-type capacitance touch screen can detect an object position at proximity range. The capacitive pressure sensors on four corners of a LCD monitor can detect a pressure and center position on a contact. In an experiment, we have shown that the prototype sensor can detect an object both before and after contact. In addition, we proposed a 3D operation method in 3 dimensional space on a LCD monitor. We showed using the sensor on the LCD monitor that an image of LCD monitor is zoomed according to a finger position at proximity range, and an image is operated by a contact pressure.

研究分野：計測工学

キーワード：タッチパネル 近接測定 圧力測定 静電容量測定

1. 研究開始当初の背景

タッチパネルは、スマートフォンやタブレット端末等、様々な分野に利用されている。タッチパネルは、指で画面を直接触り直感的な操作が可能なることから、今後更に広く普及すると考える。一方、画像に「奥行き感」や「立体感」のある3次元(3D)画像が表示可能な3Dディスプレイが開発され、タッチパネル機能付の製品もある。しかしながら、従来のタッチパネルの多くが対象とタッチパネルの接触位置のみを検出し、2次元的操作を行うものである。

本研究では、画面上の3次元空間(近接(非接触)及び接触)において操作が可能な3Dタッチパネルの開発を目的としている。そのための手法として、これまでに静電容量測定を応用した近接・接触測定手法を提案した。本手法は、センサ上部の変化を取得するために平面型静電容量センサを、対象との接触状態を取得するために平行型静電容量センサを積層することにより、近接及び接触測定を行うものである。本手法を用いた積層型3Dタッチパネルを試作し、近接における対象(指)の位置及び接触における詳細な位置及び押し込み量(圧力)の検出が可能であることを示した。しかしながら、近接及び接触測定を実現するために静電容量センサを2層積層していることから、通常のタッチパネルに比べセンサ層が1層増え、透明度が落ちる、タッチパネルの厚さが増す課題があった。

2. 研究の目的

近年、スマートフォンやタブレット端末は薄型化が進み、また機器の省エネ化が求められている。そのため、タッチパネルの厚さを薄くすることが求められ、ディスプレイの明るさを抑え消費電力を削減するためにタッチパネルの透明度の向上も求められている。

これまで提案した積層型3Dタッチパネルは静電容量センサを2層積層していることから、透明度が落ちる、タッチパネルの厚さが増す課題があった。本研究では、その課題を解決するため、近接及び接触測定が可能な新たな3Dタッチパネルを提案し、その有用性を示す。

3. 研究の方法

近接測定が可能な分離型静電容量センサを提案し、試作したセンサにより対象の近接測定を行う。分離型静電容量タッチパネルは、相互静電容量測定を応用し、近接におけるZ軸の感度を向上するものである。図1(a)に提案した分離型電極(E₁及びE₂)を用いたタッチパネルの概略図を示す。電極間の静電容量の大きさは、電極の面積に比例する。また、平面型電極における静電容量測定において、電極間が近い程静電容量が大きくなるが電界の影響が主に電極近くであるためZ軸方向の情報量は少なくなる。一方、電極間隔が離れている程静電容量は小さくなるが、電界が電極

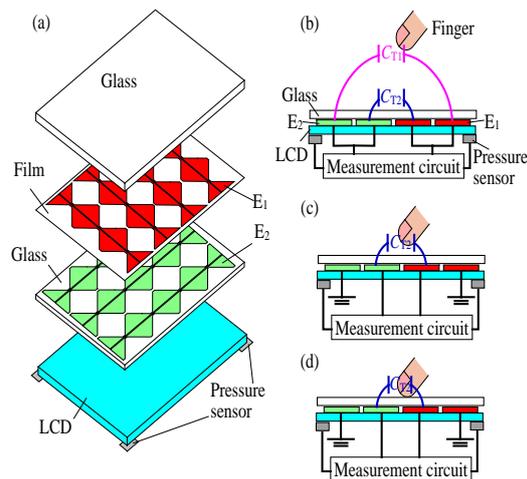


図1 近接・圧力タッチパネルの原理

から離れた位置にも影響を与えるのでZ軸方向の情報量を取得しやすい。そこで、図1(b)に示すように通常より電極を大きくすることにより、隣接する電極同士の間隔を長くしZ軸方向への検出感度を高める。更に近接において指が近い場合は、図1(c)に示すように、この電極を分離させることにより電極間隔を短くしX-Y座標の検出感度を高めることができる。

更にLCDモニタの4隅に取り付け可能な平行平板型静電容量圧力センサを開発し、得られた情報により接触における圧力と中心位置の検出を行う。図1(d)に示すように、4隅の静電容量圧力センサにより圧力を測定し、測定した各圧力より詳細な圧力の中心位置と圧力の検出を行う。これにより、1層のタッチパネルで近接測定が行え、LCDモニタの画像に影響のない位置で接触測定が行えることから、透明度、厚さの課題を解決でき

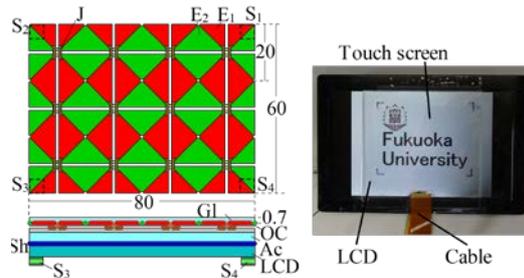


図2 試作センサ

る。試作したセンサを図2に示す。近接状態及びマルチタッチを測定するために透明なITO電極を用いた分離型静電容量センサを試作し、LCDモニタ上に取り付けた。なお、図2からわかるようにセンサは透明であることからタッチパネルとして利用できると考える。試作したセンサの電極数は、電極を結合した場合は、X軸方向に4本、Y軸方向に3本とし(4×3)、電極を分離した場合はX軸方向に6本、Y軸方向に8本とした(8×6)。接触状態を測定するため5×5mmの平行平板型電極を用いた静電容量圧力センサ(S₁ - S₄)

を試作し、更に LCD モニタの下に取り付けた。本センサは、近接及び接触測定を相互静電容量のみで行えることから測定回路を単純にできるメリットがある。静電容量測定 IC (Analog Devices 社、AD7142)、アナログスイッチ及びマイコンを用いた測定回路にて静電容量の測定を行った。AD7142 は、測定周波数 250 kHz の容量デジタル・コンバータである。なお、測定に用いていない電極は、接地もしくは測定電圧と同電位にすることによりシールドとした。

4. 研究成果

試作した分離型静電容量センサによる対象の近接測定を行った。まず、本手法の近接測定の有用性を示すため、提案手法による結合電極と通常電極を結合させ電極面積が同じ場合の 2 次元静電場解析を行い、比較を行った。図 3 にシミュレーション結果を示す。図 3(a) に提案センサによる結果を、図 3(b) に従来電極を結合した場合の結果を示す。E₁ の電位は 1 V とし、E₂ の電位は 0 V とした。提案した結合電極の電気力線は、通常電極を結合した場合に比べ、遠くまで通っている。このことより通常電極を結合した場合に比べ、提案した分離型静電容量センサが Z 軸の検出感度が高くなることがわかる。更に、同様の実験を実際に試作したセンサで行い、同様の結果を得ている。

次に提案センサによる近接における対象の Z 軸座標の検出を行った。図 4 に測定条件を示す。対象は指のモデルとして接地した導体を用いた。対象をロボットアームに取り付け、対象とセンサの位置を正確に設定した。

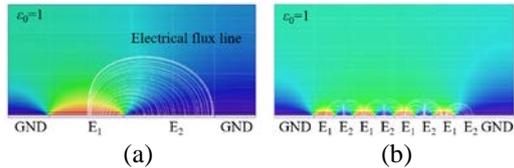


図 3 シミュレーション結果

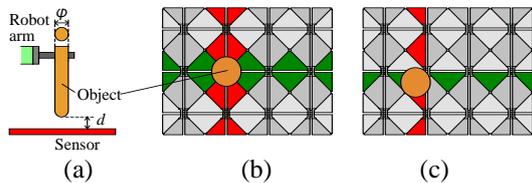


図 4 測定条件

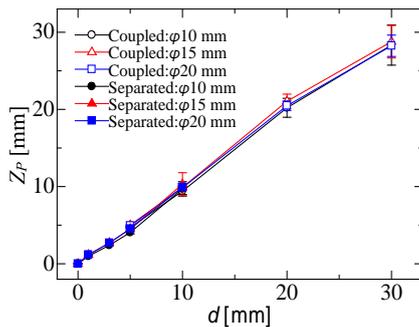


図 5 実験結果

対象の電気特性は静電容量測定に影響を与える。そこで、座標算出における対象の個体差の影響をなくすため、対象をセンサに接触させ、その時の対象の電気特性を取得し、その値によりキャリブレーションを行った。なお、接触状態は本システムの静電容量圧力センサにより取得できる。実験として、直径 10 mm、15 mm 及び 20 mm の対象を用い、図 4 の位置に対象を設置した。測定は色のついた電極で行った。図 5 に算出した対象の Z 座標 (Z_P) を示す。ここで、Z_P は測定した静電容量の変化を用い算出した。この結果、対象の電気特性によりキャリブレーションを行うことにより、対象によらず Z 座標の検出が可能であることがわかる。

次に提案センサによる近接における対象の X-Y 座標検出を行った。図 6 に実験条件を示す。対象の直径は 15 mm の接地した導体を用いた。図 7 に算出した対象の X 座標 (X_{TP}) を示す。ここで、X_{TP} は測定した静電容量の変化を用い算出した。図 7 より対象の X 座標が検出できることがわかる。同様に Y 座標も検出可能であることを実験により確認している。このことから、提案センサにより近接における対象の X-Y-Z 座標が検出可能であることを示した。

試作した静電容量圧力センサによる対象

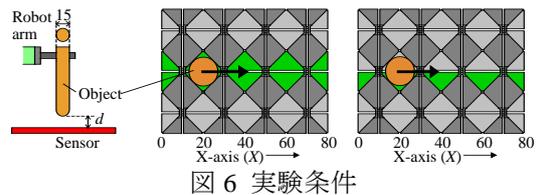


図 6 実験条件

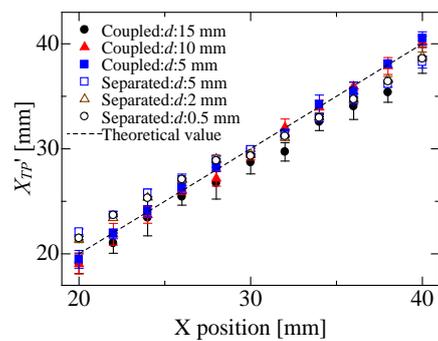


図 7 測定結果

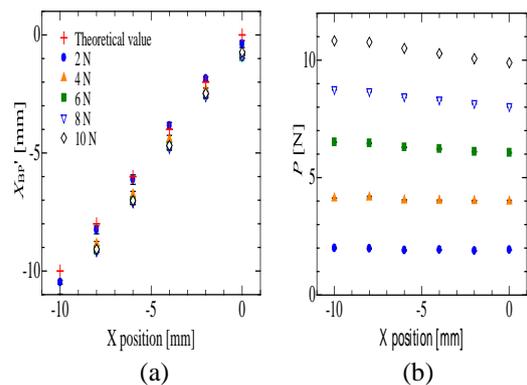


図 8 実験結果

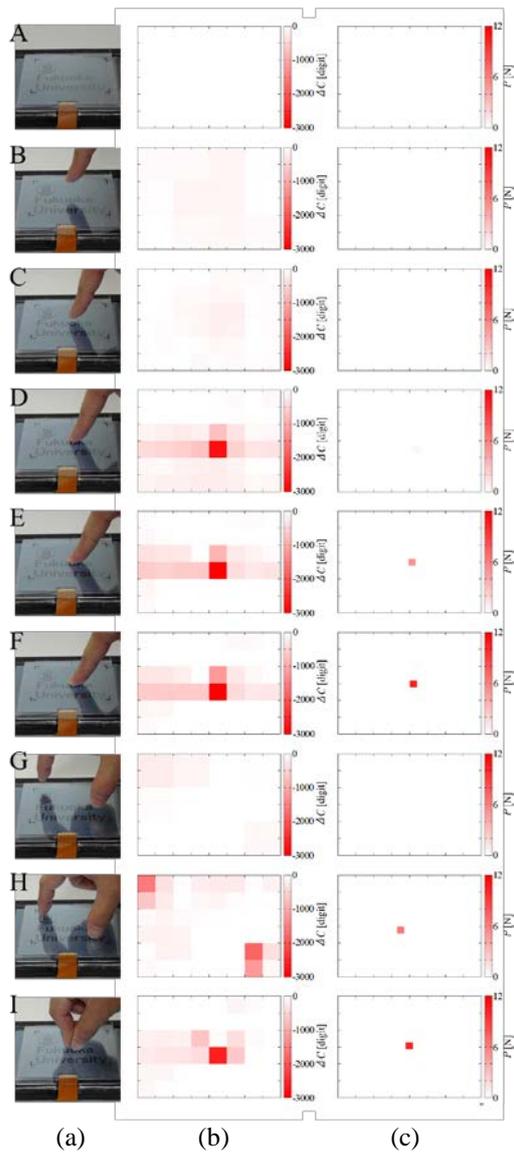


図9 実験結果

の接触圧力と接触位置の X-Y 座標の検出について検討を行った。対象を X 方向にセンサの中心(0 mm)から 10 mm まで 2 mm 間隔で動かした。接触状態はフォースゲージで測定し、圧力は 2 - 10 N で接触させた。各静電容量圧力センサにより測定した静電容量の変化量により対象の圧力の中心位置(X_{BP})と圧力(P)を算出した。図 8(a)に算出した X_{BP} と X 位置の関係を図 8(b)に算出した P を示す。この結果、接触時の X 座標及び圧力が検出可能であることを示した。

次に対象を指として提案センサによる近接から接触までの一連の測定を行った。図 9 に実験の様子および実験結果を示す。図 9(a)に指とセンサの関係を示す。図 9(a)A は対象がない場合、図 9(a)B、C は指をセンサに近づけた場合、図 9(a)D、E、F は指でセンサを押した場合(圧力は $F > E > D$)、図 9(a)G は指 2 本をセンサに近づけた場合、図 9(a)H、I は指 2 本でセンサを押した場合である。図 9(b)は上部分離型静電容量センサの各電極における静電容量の変化量、図 9(c)は下部静電容量圧

力センサにより求めた X-Y 座標及び圧力の

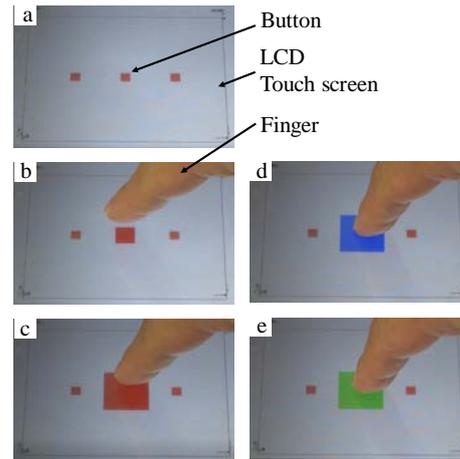


図 10 実験結果

大きさを示す。これらのことから対象が遠い場合は上部結合電極により静電容量の測定を行い、対象が近づいた場合及び接触した場合は、上部結合電極の静電容量の変化をもとに分離電極に切り替え、静電容量を測定する。更に圧力センサにより圧力とその中心を検出する。なお、静電容量圧力センサでは圧力の中心は検出可能であるがマルチタッチの検出は難しいので、マルチタッチの検出は上部分離型電極により行う。このように上部静電容量センサと下部圧力センサを用い互いを補完することにより近接から接触まで測定することが可能であることを実験により示した。

最後に提案タッチパネルによる近接及び圧力の 3 次元空間における 3D 操作法を提案した。本手法では、接触前の近接における指の位置に合わせて画面のボタンを拡大させボタンを押しやすくする。なお、ボタンの拡大率は指の Z 軸距離に反比例する。更に圧力に合わせた操作を行う。これらによりタッチパネルの操作性が向上すると考える。実験として LCD モニタに設置した提案センサにより画面表示の操作を行った。画面に 3 つのボタンを表示し、指の位置に合わせてボタンの拡大及び押圧に合わせて色を変化させた。図 10 に実験結果を示す。指が近づく距離に合わせて画面が拡大する(図 10(b)、(c))。また、押圧に合わせてボタンの色に変化する(図 10(d)、(e))。よって提案タッチパネルにより 3D 操作が可能であることを示せ、その有用性を示した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件) (査読あり)

- ① [Satoshi Tsuji, Teruhiko Kohama, Proximity and Pressure Touch Screen Method Using Mutual Capacitance Measurement, Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers Vol. 6, No.1, pp. 47-53, 2018](#)
- ② [Satoshi Tsuji, Teruhiko Kohama, A proximity touch screen method using separation-type electrodes, Sensors and Actuators A, Vol. 252, pp. 1-6, 2016](#)

〔学会発表〕（計 6 件）

国際会議（計 3 件）（査読あり）

- ① Satoshi Tsuji, Teruhiko Kohama, Proximity and Pressure Touch Screen Using Mutual Capacitance Measurement Proc. the 6rd International Conference on Industrial Application Engineering 2018 (ICIAE2018), pp. 311-316, 2018
- ② Satoshi Tsuji, Teruhiko Kohama, A Proximity and Pressure Touch Screen Using Separation-Type Electrodes, Proc. the 5th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2017 (ICISIP2017), pp. 61-66, 2017
- ③ Satoshi Tsuji, Teruhiko Kohama, A Proximity Touch Screen Using Mutual Capacitance Measurement, Proc. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2016), MoPOS.6, 2016

国内学会（計 3 件）（査読なし）

- ① 辻聡史, 小浜輝彦, 近接・圧力タッチパネルによる 3D 操作法, 電気学会, 平成 30 年電気学会全国大会, 福岡, 2016
- ② 辻聡史, 小浜輝彦, 分離型電極を用いた近接・圧力タッチパネルの提案, 電気学会, 電気学会計測研究会, 佐賀, 2016
- ③ 辻聡史, 小浜輝彦, 分離型電極を用いた近接タッチパネルの提案, 計測自動制御学, 第 32 回センシングフォーラム, 大阪, 2015

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

- 出願状況（計 0 件）
- 取得状況（計 0 件）

〔その他〕

受賞

- ① Best Paper Award of ICIAE2018

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻 聡史 (SATOSHI TSUJI)
福岡大学・工学部・助教
研究者番号：40632021

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者 なし