

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500144

研究課題名(和文) マルチタッチスクリーン上での光ファイバセンサを用いたオブジェクト形状認識

研究課題名(英文) Object shape and touch sensing on an interactive multi-touch screen with optical fiber sensors

研究代表者

郷 健太郎 (GO, Kentaro)

山梨大学・総合研究部・教授

研究者番号：50282009

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、テーブルトップ型タッチスクリーン上に配置した物体の形状変化を検出する手法を構築する。物体に光ファイバセンサを組み入れることによって、赤外線とカメラによって実現されるマルチタッチスクリーン上で、テーブル側に機能的変更を加えることなく、物体の位置と形状変化を検出する。さらに同技術を拡張して、通常は検出不可能な、スクリーン上に置かれた物体の上でのタッチの有無を検出する。本研究では、これらの実現に必要な光ファイバセンサの機構と、複数のセンサの情報をテーブルを介してカメラに伝達するための仕組みを開発する。これらの技術によって、タッチスクリーンでの柔軟で新しいインタラクションを実現する。

研究成果の概要(英文)：We present an approach for sensing object shapes and touching of interactive surfaces based on diffuse illumination and other infrared-based tracking approaches. Our approach uses tangible objects with series connection of optical fibers as bend and touch sensors. We prototyped a light source unit, which comprises an infrared light source and a series connection of two plastic optical fibers. The light source is installed at the end point of the series connection of two fibers. The other end point is arranged and touched on the interactive surface. Folding the series of two fibers or touching the connecting point of the two fibers causes leaked or blocked light at the connection point. The damped light intensity detected on the interactive surface reflects the degree of bending with or without touching. This approach enables detection of object deformations and touched points on the object with no modification of the original tabletop-based tracking system.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：形状認識 光ファイバ タッチスクリーン テーブルトップ

### 1. 研究開始当初の背景

タッチスクリーン方式のコンピュータは、画面上の表示物を直接触って操作することができるため、初心者にとって最も使いやすい入出力装置だと信じられている。ところが、フラットな表示面で表示物を触るという操作は、通常の生活環境での物体の操作と比べて多様性が制限されている。我々の扱う物体には物理的な形状や手がかりがあり、つまんだり、ひねったりという物理的な操作を行うからである。

このような背景から、タッチスクリーン上で物理的な実体の操作を行うという研究が行われている。国外では (Baudisch, et al., 2010) が、光ファイバの束を入れたブロックを用いることで、赤外線とカメラによって実現されるマルチタッチスクリーン上で、テーブル上に積層したオブジェクトの積層状態の検出を行っている。他にも (Weiss, et al., 2009; Williams, et al., 2011) が、タッチスクリーン上でのオブジェクト操作を扱っており、研究が急激に活発化している。国内では小池らがシリコン樹脂による柔軟な透明オブジェクトをディスプレイ上で検出する技術を構築しており (Sato, et al., 2009)。他にも椎尾らは円筒鏡面オブジェクトを使ってディスプレイ面を垂直に拡張するアイデアを提案している (Suga & Siio, 2011)。

一方で、これらの研究ではオブジェクトの位置や向き（一部は積層状態を含む）を検出可能であるものの、依然としてインタラクションには制限がある。例えば、オブジェクト単体の形状変化や、オブジェクト側面でのタッチ状態を検出することは困難である。そのため、オブジェクトがタッチスクリーン上でどこにあるか分かっても、ユーザがオブジェクト上でタッチしている場所は検出できない。したがって、オブジェクト自体を押し込んだり、曲げたりすることによって、入力装置がわりにすることは困難である。

### 2. 研究の目的

本研究では、テーブルトップ型タッチスクリーン上に配置した物体の形状変化を検出する手法を構築する。物体に光ファイバセンサを組み入れることによって、赤外線とカメラによって実現されるマルチタッチスクリーン上で、テーブル側に機能的変更を加えることなく、物体の位置と形状変化を検出する。さらに同技術を拡張して、通常は検出不可能な、スクリーン上に置かれた物体の上でのタッチの有無を検出する。本研究では、これらの実現に必要な光ファイバセンサの機構と、複数のセンサの情報を、テーブルを介してカメラに伝達するための仕組みを開発する。これらの技術によって、タッチスクリーンでの柔軟で新しいインタラクションを実現する。以上が本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

本研究では、以下の3フェーズで段階的に「マルチタッチスクリーン上での光ファイバセンサを用いたオブジェクト形状認識」の実現を目指す。

- (1) 物体に光ファイバセンサを組み入れることによって、赤外線とカメラによって実現されるマルチタッチスクリーン上で、テーブル側に機能的変更を加えることなく、物体の位置と形状変化を検出する仕組みを実現する。
- (2) 同技術を拡張して、通常は検出不可能な、スクリーン上に置かれた物体の上でのタッチの有無を検出する仕組みを実現する。
- (3) 上記の基礎技術を組み合わせ、音楽データの操作アプリケーションを実現する。

上記に加えて本研究では、応用技術の開発を推進する。特にタッチスクリーン上で操作対象として用いるオブジェクトの可能性を主として検討する。具体的には、捜査対象である紙製オブジェクトのコンセプトを拡張して、紙によるフレキシブルなオブジェクトの折りの可能性を模索する。Water Bomb と呼ばれる平織りパターンを活用してフレキシブルオブジェクトのモックアップを作成し、これを使ったジェスチャ操作の生成実験と、本コンセプトのテーブル形状への応用を検討する。

### 4. 研究成果

リアプロジェクション方式のテーブルトップ型インタフェースの代表例として Diffuse Illumination (DI) 方式や Frustrated Total Internal Reflection (FTIR) 方式が挙げられる。これらのインタフェースでは、テーブル下部にカメラを設置し、赤外線光源をテーブル下部 (DI) もしくはテーブル側面 (FTIR) に設置して、照射された赤外線によりテーブル表面でのインタラクションの検出を可能にしている。本研究では、これらのテーブルトップ上で光ファイバセンサを用いたオブジェクト形状認識による3次元でのタンジブル操作を実現する (図1参照)。

#### (1) 提案手法

本研究では光源つきセンサを構築した。提案手法では、図2で示すように光ファイバセンサの上から赤外線 LED によって直接赤外線を入射する機構とする。光源をオブジェクト側に持ってくることによって DI 方式と FTIR 方式のいずれの方式でもテーブルトップ型インタフェースの機構に手を加えることなく3次元でのタンジブルインタラクションが実現できる。

#### (2) 動作原理

本研究では、①分割型曲げセンサ、②分割型タッチセンサ、③削り型曲げセンサの3種類を試作した。以下に各センサの動作原理を示す。

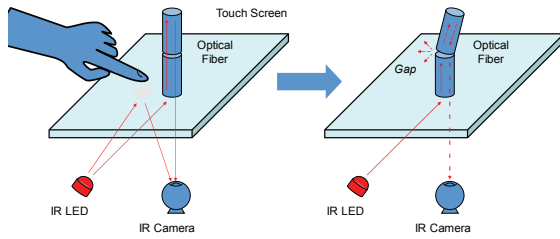


図 1. テーブルトップ上での光ファイバセンサを用いたオブジェクト形状認識（基本コンセプト）

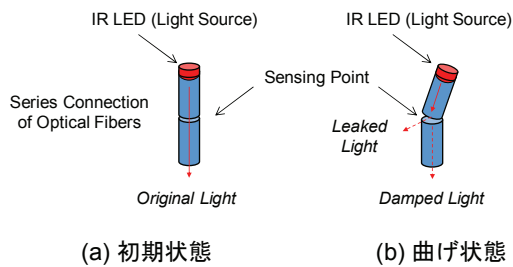


図 2. 光源付き光ファイバセンサの機構

①分割型曲げセンサは光ファイバの対によって構成されている。本センサは上部ファイバと下部ファイバに分かれており、ファイバの接続部分をセンシング部としている。上部と下部の角度差によってテーブルトップ表面に出力される光の量が増減する仕組みである。角度差がない時は多くの量の光がテーブルトップ表面まで到達する。しかし、角度差が生じるとファイバの接続部分で光が漏れ出しテーブルトップ表面まで到達する光量が減少する。すなわち、接続部分の漏れる光の差によって角度を求めることができる。また、このセンサは上部と下部に分かれているため、急峻に曲げてもセンサが破損することはない。

②分割型タッチセンサは光ファイバの対によって構成されている。本センサは上部ファイバと下部ファイバに分かれており、上部と下部の間隔がわずかに開いている構造となっている。このファイバの隙間部分（ファイバギャップ）をタッチしたときにユーザの指がファイバギャップに入り光を遮断する仕組みとなっている。タッチしていないときは、ファイバギャップに障害物がないため、光は上部ファイバから出た光が下部ファイバへと伝わり、テーブルトップ表面まで光が到達する。しかし、タッチしている状態ではファイバギャップに光の遮蔽が生じ、上部ファイバを導波してきた光は下部ファイバに届かなくなり、テーブルトップ表面まで光が到達しなくなる。このタッチによる遮断された光の差によってタッチしているか否かを判断

することができる構造となっている。

③削り型曲げセンサは1本の光ファイバによって構成されている。本センサは光ファイバ表面のクラッド層を削り、コアが露出した部分をセンシング部としている。光ファイバの上端と下端に角度差が生まれるとセンシング部分から光が漏洩しテーブルトップ表面に出力される光の量が増減する仕組みである。角度差がない時は多くの量の光がテーブルトップ表面まで到達する。しかし、角度差が生じるとセンサのセンシング部分で光が漏れ出してテーブルトップ表面まで到達する光量が減少する。すなわち、このセンシング部分から漏れる光の差によって角度を求めることができる。このセンサは上部と下部に分割されていないため曲げ角度 90 度以上の角度も認識することが可能である。また、このセンサは削り面を固定することによって任意の方向の曲げ具合を認識することが可能である。

### (3) 動作環境の構築

提案した光ファイバセンサを動作させる環境として、以下の DI 方式のタッチスクリーンを実装した。テーブルトップには、横 44cm、縦 35cm、厚さ 0.5cm の乳白色の亚克力板を使用した。赤外線カメラとして用いた Web カメラは、Princeton 社製の web カメラで、内蔵しているフィルタを赤外線透過フィルタに変更した。ここでは、富士フィルム社製の IR 86 7.5X1 光吸収・赤外線透過フィルタ (IR) を使用した。テーブルトップ型インタフェースの光源には Environmental Lights 社から販売されている LED リボン irrif 850-5050-60 (ピーク波長: 850nm) を使用した。また、光ファイバセンサには、エドモンド・オプティクス・ジャパン社で販売されているファイバ径 1,000  $\mu\text{m}$  のプラスチック光ファイバ (バルク) を使用した。センサに用いた光源には東芝製の TLN231 赤外 LED (ピーク波長: 870nm) を用いた。さらに、スクリーンに投影するプロジェクタには PLUS 社製の V-1100 を用いた。

本システムの全体構成を図 3 に示す。オブジェクト側は、オブジェクト内部に赤外線光源と光ファイバセンサを内蔵し、底面にはオブジェクトを識別するマーカを設置した。テーブルトップ側にはスクリーン下部に赤外線光源、赤外線カメラ、プロジェクタを備えている。備え付けられている PC には赤外線カメラ、プロジェクタ、スピーカーが接続されている。赤外線光源はスクリーンに様に照射するように設置した。赤外線カメラから PC に画像入力をしており、PC 内部では画像処理、サウンド、画像生成を行う。生成された画像はプロジェクタに出力され、サウンドはスピーカーに出力する仕組みとなっている。

ユーザがスクリーン面をタッチしたときやオブジェクトを置いたときはそれ以外のスクリーン面よりも高い輝度値がカメラで認識される。カメラ画像から画像処理を用いてこの輝度領域を検出することにより、通常のスクリーン面へのタッチ操作やオブジェクトの変形やタッチをリアルタイムに検出することができる。

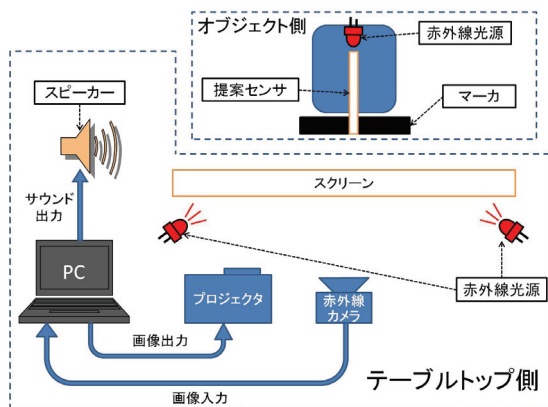


図3. システム構成



図4. 音楽操作アプリケーションの動作例

操作オブジェクトとして、光ファイバセンサを組み込んだ以下の3種のオブジェクトを作成した。

①ディスク型オブジェクト：このオブジェクトは曲の再生、ミュート、スクラッチ操作を行うオブジェクトである。オブジェクトの周囲の領域を指でフリックすることによってスクラッチ操作を行う。また、オブジェクト上部にあるタッチセンサをタッチすることによってミュートを行う。このオブジェクトはダンボール紙で作成されており、その中に分割型タッチセンサを配置することで実現している。

②周波数変更オブジェクト：このオブジェクトは曲の周波数の調整を行うオブジェクトである。オブジェクトを曲げた方向によって周波数を高くしたり低くしたりする。このオブジェクトはスポンジで作成されており、その中に削り曲げセンサを2本配置することで

実現している。

③音量・曲変更オブジェクト：このオブジェクトは曲の音量調整および曲の変更を行うオブジェクトである。オブジェクトを押し込まずに横に回転させると音量が変化し、オブジェクトを指で押しこんだときには曲の変更を行う。このオブジェクトは円柱にしたプラスチックペーパーで作成されており、その中に削り曲げセンサを配置することで実現している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計12件)

①Kentaro Go, Yuichiro Kinoshita, Kohei Kaneko, Reiji Kozono, Creating Interactive Flexible Surfaces with Origami Tessellations, Collaboration Technologies and Social Computing, Communications in Computer and Information Science, 査読有, 2014, Vol. 460, pp 119-126.

DOI: 10.1007/978-3-662-44651-5\_11

②飯塚重善, 内藤航, 郷健太郎, 木下雄一朗, インタラクティブな大型公共ディスプレイを安心して個人利用するための周辺状況提示の有効性, 情報処理学会論文誌, 査読有, 2014, Vol. 55, No. 4, pp. 1264-1274.

<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009752439>

③Shigeyoshi Iizuka and Kentaro Go, Basic Study on Personal Space while Using Mobile Devices in Public, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, 2014, Vol. 8522, pp. 404-412.

DOI: 10.1007/978-3-319-07863-2\_39

④Masayuki Morisawa and Shigeaki Kato, Improvement in response of swelling clad-type POF humidity sensor using a multicladding layer, Proc. of IEEE Sensors 2014 Conference (IEEE Sensors 2014), 査読有, 2014, pp.1799-1802.

DOI: 10.1109/ICSENS.2014.6985375

⑤Kazuya Uda, Masayuki Morisawa, A POF Alkane Sensor Employing Antioxidant-Added Swellable Polymer Cladding, Proc. of the 23rd International Conference on Plastic Optical Fibers, 査読有, 2014, No. 104.

⑥Yuichiro Kinoshita, Kentaro Go, Reiji Kozono, and Kohei Kaneko, Origami tessellation display: interaction techniques using origami-based deformable surfaces. In Proceedings of the extended abstracts of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems (CHI EA '14), 査読有, 2014, pp. 1837-1842.

DOI: 10.1145/2559206.2581172

⑦Shigeyoshi Iizuka, Wataru Naito, and Kentaro Go, A Study for Personal Use of the Interactive Large Public Display, Lecture

Notes in Computer Science, 査読有, 2013, 8016, pp. 55-61.

DOI: 10.1007/978-3-642-39209-2\_7

⑧ Kentaro Go, Katsutoshi Nonaka, Koji Mitsuke, Object shape and touch sensing on interactive tables with optical fiber sensors, Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI12), 査読有, 2012, pp. 123-126.

DOI: 10.1145/2148131.2148158

⑨ Masayuki Morisawa and Shinzo Muto, Plastic Optical Fibre Sensing of Fuel Leakage in Soil, Journal of Sensors, 査読有, 2012, Volume 2012, Article ID 247851, 6 pages.

10.1155/2012/247851

⑩ Masayuki Morisawa and Shinzo Muto, Plastic Optical Fiber Sensing of Alcohol Concentration in Liquors, Journal of Sensors, 査読有, 2012, Volume 2012, Article ID 709849, 5 pages.

DOI: 10.1155/2012/709849

⑪ Kentaro Go, Katsutoshi Nonaka, Masayuki Morisawa, Yuichiro Kinoshita, Object shape and touch sensing on IR-based multi-touch surfaces, Proceedings of the 21st International Conference on Plastic Optical Fibers, 査読有, 2012, pp. 320-325.

⑫ Kentaro Go and Hiroki Kasuga, Multi-tapping shortcut: a technique for augmenting linear menus on multi-touch surface, Proceedings of the 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI'12), 査読有, 2012, pp. 209-218.

DOI: 10.1145/2350046.2350089

[学会発表] (計 8 件)

① 石丸尚輝, 飯塚重善, 木下雄一郎, 郷健太郎. インタラクティブなデジタルサイネージにおける使用状況の調査, 平成 26 年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, 2015 年 2 月 28 日, 明治大学 (東京都千代田区)

② 宇田和也, 森澤正之, ESD 法を用いた膨潤性ポリマクラッド型 POF アルカンセンサ, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 2014 年 9 月 17 日, 北海道大学 (北海道札幌市)

③ 宇田和也, 森澤正之, 可塑剤を添加した膨潤性ポリマクラッドを用いた POF アルカンセンサ, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 2014 年 3 月 17 日, 青山学院大学 (神奈川県相模原市)

④ 小園励地, 郷健太郎, 木下雄一郎. 折りを用いた新しいディスプレイにおけるジェスチャの導出, 情報処理学会第 76 回全国大会, 2014 年 3 月 11 日. 東京電機大学 (東京都足立区)

⑤ 宇田和也, 森澤正之, ブレンドポリマを用いた POF アルカンガスセンサの改善, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 2013 年 9 月 16 日, 同志社大学 (京都府京田辺市)

⑥ 森澤正之, 加藤繁明, マルチクラッド構造を用いた膨潤性ポリマ型 POF 湿度センサの応答改善, 電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会ケミカルセンサ研究会, 2013 年 8 月 8 日, 東京工科大学 蒲田キャンパス (東京都大田区)

⑦ Kentaro Go, Katsutoshi Nonaka, Masayuki Morisawa, Yuichiro Kinoshita, Object shape and touch sensing on IR-based multi-touch surfaces, Proceedings of the 21st International Conference on Plastic Optical Fibers, 2012 年 9 月 10 日, ジョージア工科大学 (ジョージア州アトランタ市)

⑧ Kentaro Go and Hiroki Kasuga, Multi-tapping shortcut: a technique for augmenting linear menus on multi-touch surface, Proceedings of the 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI'12), 2012 年 8 月 28 日, くにびきメッセ (島根県松江市)

[その他]

ホームページ等

<http://www.golab.org>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

郷 健太郎 (GO, Kentaro)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号: 50282009

### (2) 研究分担者

森澤 正之 (MORISAWA, Masayuki)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号: 30220049