

# PhotoelasticBall: 光弾性効果による 表面圧力分布計測機能を有するボール型デバイスの提案

PhotoelasticBall: Ball-type device can measure surface pressure distribution using photoelastic effect

新田 慧<sup>1)</sup>, 佐藤 俊樹<sup>2)</sup>, 野嶋 琢也<sup>2)</sup>, 小池 英樹<sup>2)</sup>  
Kei Nitta, Toshiki Sato, Takuya Nojima and Hideki Koike

1) 電気通信大学 情報通信工学科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, keinitta@vogue.is.uec.ac.jp)

2) 電気通信大学 大学院情報システム学研究科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, den@vogue.is.uec.ac.jp, tnojima@computer.org, koike@is.uec.ac.jp)

**Abstract:** we propose a ball-type device using photoelastic effect. Photoelastic effect is one of the features many transparent gels have, and polarization state changes depending on the pressure when the gel is pressed. “PhotoelasticTouch”, developed in our laboratory, is tabletop interface for touch recognition using this effect. But it has some problem of miniaturization it needs to place a camera in order to observe the polarization. We improved it and developed new touch sensor. This sensor is very thin and able to process into various shapes. We report this sensor’s performance evaluation and recognition structure.

**Key Words:** *Interface, Sensor, Interactive sports*

## 1. はじめに

ボールはスポーツやレジャーなど幅広いシーンで利用されており、握る、なげる、転がすなど様々な使い方が可能である。そのボールの動きを思い通りにコントロールするためには、人はボールに対して与える力の位置や大きさのみならず、その方向に対しても適切に調整することが求められる。しかしながら人の手とボールとの間に働く力を、方向まで含めて計測することは困難が伴う。そこで本研究では、背面投射型 PhotoelasticTouch[1]の利用による、力ベクトル分布計測機能を有するボール型デバイスを提案する。今回は提案するデバイスの原理について紹介すると共に、試作したデバイスにおける力の大きさと方向に関する計測値の簡易評価結果について報告する。

## 2. 従来研究

力の測定が可能なボール型のインタラクションデバイスとしては、中津留らのおよこんが挙げられる[2]。およこんは内部にボールの変形の観察するにエアバックと大気圧センサ、モーションの認識に加速度センサが用いられているが、このシステムでは押下力と大まかな変形位置をとることができるが、力の方向までは認識することができない。一方、センサ自身が十分な柔軟性を有する場合、それをボールの表面に実装することで、ボール表面上の、力の大きさと方向の分布が測定可能になると考えられる。そ

のような柔軟性を有するセンサとしては、例えば Sagisaka による、皮膚の変形に追従する高密度触覚センサ[3]が挙げられる。Sagisaka によるセンサは高い柔軟性を有するため、ボールの曲面や変形に添付することが可能であると考えられる。しかしながら接触圧の分布は計測かのであるものの、その方向までは取得することはできない。力の分布のみならず方向まで認識可能なセンサとしては、神山らによる GelForce が挙げられる[4]。GelForce ではドットパターンが封入されたゲルをカメラで撮影し、ドットパターンの移動から、ゲルに対して付加された力のベクトル分布が計測可能となっている。ゲルが曲面形状となっても力ベクトル分布の測定は可能であるものの、ボールの場合には、衝突など、ゲル表面に対してきわめて大きな力がかかることが想定される。衝撃等で劣化が予想されるゲルであるが、GelForce の場合にはドットパターンが封入されているゲルを使用する必要があり、メンテナンス性の観点でやや問題になると考えられる。

そこで我々は、特別なゲルを必要とせずに、ボール表面の力ベクトル分布計測を実現するため、背面投射型 PhotoelasticTouch[1]を利用したボール型デバイス、PhotoelasticBall を提案する。

## 3. 提案デバイスの構成

PhotoelasticTouch とは、ゲルのもつ光弾性効果を利用

した接触圧の大きさならびに方向の分布を測定するシステムである。当該システムでは、直線偏光光源からの光がゲルを通過する際、ゲルにかかっている圧力に応じて偏光方向が変化する現象を利用している。そして光源側と直交するように配置された偏光フィルタを通して観察すると、圧力がかかっている部分についてのみ通過光量が変化するため、明るさが変わって見える。しかしながら従来の構成では、偏光光源からの光をゲルを通してカメラで撮影する形式であった。光源とカメラがゲルを挟んで反対側に位置しているため、手などがゲルを通過した光を遮蔽してしまうという問題があった。それに対してゲル表面に反射膜を塗布し、光源とカメラとをゲルに対して同じ方向に配置可能としたものが、背面投射型 PhotoelasticTouch[1]である。この構成にすることで、手などによる遮蔽の問題の解決を図ったものである。しかしながら、ゲルの変形を計測するためにカメラが利用されており、このことが小型化・薄型化を実現する上で障害となっていた。そこで我々は、カメラの代わりに光センサ (TPS601A) を利用することで背面投射型 PhotoelasticTouch の小型化・薄型化を実現し、それを利用した PhotoelasticBall の開発を目指す。

PhotoelasticBall は図 1 右上に示すような球体のデバイスであり、その表面は薄型化された背面投射型 PhotoelasticTouch の基板で覆われているものである。図 1 左側薄型化された背面投射型 PhotoelasticTouch の基板の概略を、実際に試作した基板部分の拡大図を図 2 に示す。

基板には光源用の LED と光センサが配置されており、実際の使用時には、この上に直線偏光板をかぶせて利用する。ただし、LED 側と光センサ側の偏光板の偏光方向は  $\pi/2$  回転した状態で装着される。これにより、図 1 に示すように、ゲルが変形していないときには、偏光板により光が遮断され、ゲルが変形する場合には、変形量に応じた光が光センサに射し込むこととなる。なお、光センサ同士の間隔は約 10 [mm] となっている。

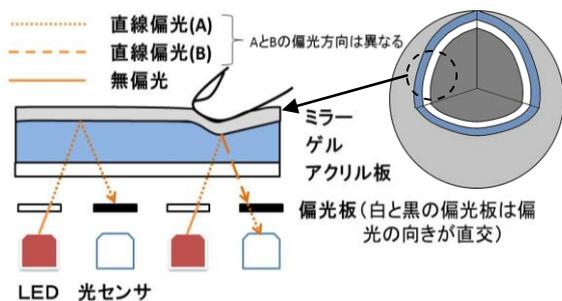


図 1 PhotoelasticBall (右上) と計測用基板概略図 (左)

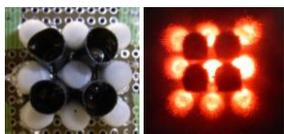


図 2 試作した PhotoelasticBall 用基板 (左: 光源用 LED およびフォトセンサ 右: 光源用 LED 点灯時の様子)

#### 4. 評価実験

押下力の認識性能を調査する為、開発した基板の上にボールを模した球体型のゲルを置き、上部から押下した。この時の光センサの出力値変化の様子を図 3 に示す。図 3 左は、4 個の光センサの上を場所を変えながら押していったときの様子をしめしており、その時々によって異なるセンサが反応している事がわかる。また図 3 右は、先端に直径 6mm の円柱をとりつけたフォースゲージを利用して 4 つのセンサの中心部分を押しした時の、押下力とセンサ出力値 (4 つのセンサの平均値) の関係を示したグラフで、力を変化させながら 5 回ずつ押下した時の平均と分散が示されている。また、図 4 は 4 センサの中心部分を押しした上で、各センサの方向に押下方向を変化させた時の様子を示す。

下記の結果より、試作した基板により、押下力と方向の測定が可能であることが示唆された。

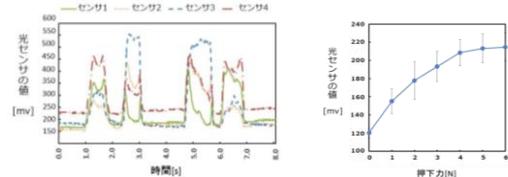


図 3: ゲル押下時の各光センサの出力値

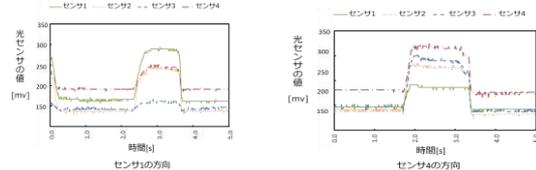


図 4: ゲル押下方向変化時の各光センサ出力値

#### 5. おわりに

本稿では背面型 PhotoelasticTouch の技術に基づいた薄型・小型のカベクトル分布計測装置を試作し、それを利用した PhotoelasticBall を提案した。簡単な評価実験を通じて、試作した計測装置による表面の押下力ならびに押下方向が測定可能であることを示唆する結果を得た。今後は計測能力について詳細な評価をすると共に、完全な球形に計測装置を実装し、PhotoelasticBall の実現を目指す。

#### 参考文献

- [1] 久慈拓也, 他, "リアプロジェクト方式の柔らかいテーパートップ", WISS2010, 論文集, Demo-A6, 2010
- [2] 中津留義樹, 他, "ボール型軟体ゲームコントローラ:ぶよこん", 情報処理学会研究報告 Vol.2011-EC-20 No.11, 2011
- [3] Takashi Sagisaka, et al, "Development and Applications of High-Density Tactile Sensing Glove", proceedings of EuroHaptics, pp.445-456, 2012.
- [4] 神山和人, 他, "触覚カメラ-弾性を持った光学式 3 次元触覚センサの作成-", 電気学会論文誌(E), vol.123, no.1, pp.16-22, 2003.
- [5] Toshiki Sato, et al, "PhotoelasticTouch: Transparent Rubbery Tangible Interface using an LCD and Photoelasticity", UIST'09, pp.43-50