

# スマートフォンと柔軟物を用いた小児握力計測システムの開発

鳥海まどか<sup>†1</sup> 杉浦裕太<sup>†1</sup> ラウスザン<sup>†1</sup>  
藤田浩二<sup>†2</sup> 小橋孝介<sup>†3</sup> 杉本麻樹<sup>†1</sup>

**概要:** 小児，特に乳幼児のための新たな握力計を開発する研究が行われている．本研究では，スマートフォンと柔軟物を用いて小児の握力を計測できるシステムの提案を行う．本システムでは，スマートフォンのカメラとフラッシュライトを柔軟物に挿入し，その変形を計測する．本稿では柔軟物を試作し，柔軟物の変形を検知するアプリケーションを作成した．

## Development of Grip Measurement System for Infants Using Smartphone and a Soft Object

MADOKA TORIUMI<sup>†1</sup> YUTA SUGIURA<sup>†1</sup> SUZANNE LOW<sup>†1</sup>  
KOJI FUJITA<sup>†2</sup> KOSUKE KOHASHI<sup>†3</sup> MAKI SUGIMOTO<sup>†1</sup>

**Abstract:** Our research is to develop a new grip measurement system for children, and especially for infants. We propose a system which measures the grip strength of infants by using a smartphone and a soft object. Our system inserts a smartphone into a soft object, and uses its camera and flashlight to detect the shape deformation of the object. We implemented a prototype of the soft object and an application to detect the shape deformation of the object.

### 1. はじめに

小児の運動機能の解析は，筋機能だけでなく動きの調整を司る脳・神経系の発達状況の把握のためにも活用される[6]．その中でも握力は計測が容易で，筋疾患や神経疾患に伴う筋力低下，治療による筋力回復を判断する際の指標となる．

しかし小児，特に乳幼児は手が小さく，従来の握力計で握力を計測することが困難である．そのため筋力の客観的な評価手法が確立されておらず[3]，医師の主観に依存しているという現状がある．

小児の握力を定量的に計測することができれば，筋力や神経系の発達を客観的に評価するために有用であると考えられる．

#### 1.1 乳幼児の運動機能計測

山田らは小型の圧力センサを用いた丸棒状の握力計 DataGrip を開発した[7]．この握力計では得られた歪みデータを変換して力の作用を計測することで，乳幼児の握力を定量的に評価することが可能である．握力計測は本来，被験者が最大限の力を発揮していることが前提となるが，乳



図1 スマートフォンと柔軟物を用いた握力測定方法

Figure 1 Grip measurement method using a smartphone and a soft object

幼児は最大限の力で握るという指示を理解できない．この研究では計測者が握力計を上下左右に強く揺すり，乳幼児が再現性のある最大の力を発揮していると推察される状態を数回計測することで握力を定義した．しかし乳幼児は五感が鋭敏で，集中して握力計を握らない場合があるため，最大の力を引き出しやすいような環境づくりを行う必要が

<sup>†1</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

<sup>†2</sup> 東京医科歯科大学  
Tokyo Medical and Dental University

<sup>†3</sup> 松戸市立総合医療センター 小児科  
Matsudo City General Hospital Pediatrics

ある。

田口らはひずみゲージを用いた乳幼児用の握力計を企業に依頼し製作した[5]。この握力計は乳幼児が好むよう色彩や音に配慮し、鈴やキャラクターの人形などをつけ、声掛けをして乳幼児の興味を惹きながら計測を行った。しかしこの研究では握力計のデザインが固定されてしまうため、各々の乳幼児の好みに柔軟に対応することができない。また、特殊な握力計を設計し製作を依頼するなど、実現に手間と費用がかかる。

よって本研究では、既に市販されている端末を用いて従来の研究よりも簡便で安価な乳幼児向けの握力計の実現を目的とする。

## 1.2 柔軟物の変形計測

我々の身の回りには枕やクッション、ぬいぐるみといった柔らかい日用品が多く存在する。それらを生活に溶け込むインタフェースとして活用するため、柔軟物の変形を計測する手法の開発が行われている。

杉浦らはフォトリフレクタを利用してクッションの変形を計測するセンサモジュール FuwaFuwa を開発した[2]。フォトリフレクタは赤外 LED とトランジスタが一体化になった光センサで、照射した赤外光をトランジスタが受け取ることでその反射強度を計測することができる。柔軟物に変形すると反射強度が変化するため、柔軟物への入力の検出や、接触位置の推定が可能となる。

また、Suzanne らはスマートフォンに内蔵しているカメラとフラッシュライトを使用し、ぬいぐるみやクッションを柔らかいインタフェースとして利用できるアプリケーション

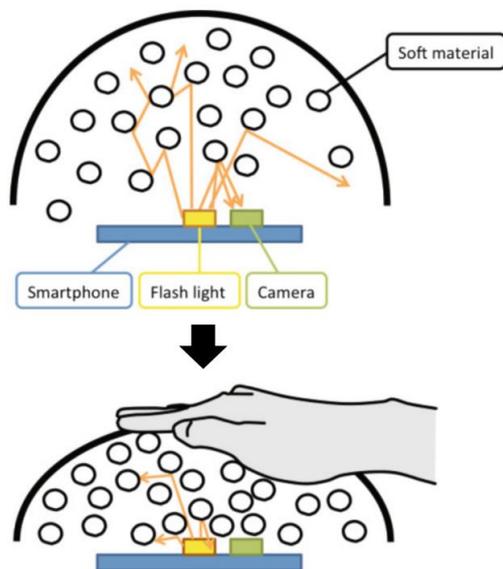


図2 スマートフォンを用いた柔軟物の変形計測の原理

Figure 2 Principle of sensing shape deformation of soft object using a smartphone



図3 グリップの外観

Figure 3 Overview of a soft grip



図4 グリップをスマートフォンに装着した様子

Figure 4 A smartphone equipped with the soft grip

ョン Cuddly を開発した[4]。このアプリケーションは、フラッシュライトを照射した状態のスマートフォンを柔軟物に挿入して使用する。柔軟物が押されるとカメラから取得される周囲の輝度に変化するため、柔軟物の変形を計測することができる。

乳幼児向けの簡便で安価な握力計の開発にあたり、乳幼児に触れるものは先の尖っていない柔らかいものが望ましい。また、既存の端末を使用することでコストを削減できると考えられる。本研究では同様の原理を利用し、輝度変化から握力を推定することを目的とする(図1)。

## 2. 実装

### 2.1 原理

提案手法では、柔軟物の内部にスマートフォンのカメラとフラッシュライトを挿入する。フラッシュライトが照射された状態でカメラから取得される画像の輝度変化を計算することで柔軟物の変形を計測する(図2)。

本研究で使用する柔軟物(以下グリップ)の外観を図3に示す。グリップは乳幼児の手のサイズに合わせ3Dモデリングし、3Dプリントサービス[1]を利用し出力した。

### 2.2 輝度値の取得

内部に綿を詰めたグリップをスマートフォンに取り付けた様子を図4に示す。スマートフォンには HUAWEI P10

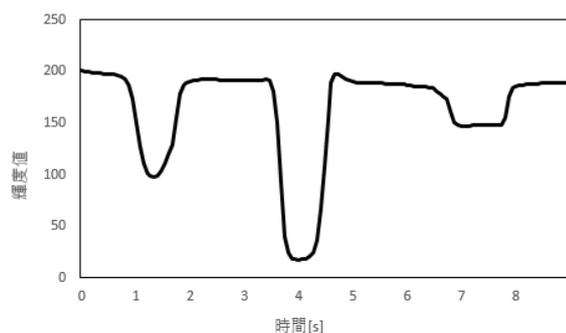


図 5 輝度データ

Figure 5 The visualized data of brightness



図 6 アプリケーションのスクリーンショット

Figure 6 Screenshots of the application

lite(Android 7.0)を使用した。

アプリケーションを起動している間、スマートフォンのフラッシュライトが点灯する。この状態でグリップを握り、その時カメラが取得したプレビュー画像に対し、全ピクセルの平均 RGB 値を計算し輝度を求める。画像の輝度は以下の公式で求められる。

$$\text{輝度} = 0.3R + 0.59G + 0.11B [R=\text{red}; G=\text{green}; B=\text{blue}] \quad (1)$$

グリップを 3 回握った際の輝度変化のデータを図 5 に示す。図 5 から、握ったタイミングで画像の輝度が低下していることが分かる。また握る力が強いほど輝度が低くなるため、握力の強さの推定が可能だと考えられる。

### 2.3 アプリケーションデザイン

乳幼児に最大限の握力を発揮するように理解させることは困難である。よって本研究では、スマートフォンの画面を利用し乳幼児が自然と強く握りたくなるようなアプリケーションデザインを目指す。具体的には、計算された輝度値の増減に合わせて連続的に動くキャラクターを画面上に表示させる。また強く握るほどキャラクターに関連した大きな音が鳴るようにする。さらに音やキャラクターを複数用意しアプリケーション内で選択できるようにすること

で、乳幼児の好みに対応したデザインに変更できるようにした。

### 3. おわりに

本研究では、スマートフォンのカメラとフラッシュライトを用いて乳幼児の握力を計測するシステムを提案し、試作した。

今後は輝度と握力の関係を求めるため、田口らが製作した握力計[5]を用いて乳幼児の握力を計測したのち、本研究の握力計を一定時間握ってもらい、時間内の最小輝度を記録する。集めたデータを元に回帰分析を行い、その結果を元に実際に握力を推定した時の精度を評価する実験を実施する。また、より高精度で握力を推定できるグリップの形状やスマートフォンへの固定方法を探り、ハードウェアの改善を図る。

**謝辞** 本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業、さきがけ JPMJPR17J4 の支援を受けた。

### 参考文献

- [1] 3D プリンターサービス - DMM.make 3D プリント。DMM.make. <https://make.dmm.com/print/>(参照 2017-12-15)
- [2] Gota Kakehi, Yuta Sugiura, Anusha Withana, Calista Lee, Naohisa Nagaya, Daisuke Sakamoto, Maki Sugimoto, Masahiko Inami and Takeo Igarashi. FuwaFuwa: Detecting Shape Deformation on Soft Object Using Directional Photorefectivity Measurement. In ACM SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies (SIGGRAPH '11), Article No.5, ACM, New York, NY, USA.
- [3] Shigemi Kimura, Shiro Ozasa, Keiko Nomura, Kowashi Yoshioka, and Fumio Endo. Estimation of muscle strength from actigraph data in Duchenne muscular dystrophy. *Pediatrics International*, Volume56, Issue5, Pages 748-752, 2014-6-17.
- [4] Suzanne Low, Yuta Sugiura, Kevin Fan, and Masahiko Inami. Cuddly: Enchant Your Soft Objects with a Mobile Phone. *ACE 2013 Proceeding of the 10th International Conference on Advances in Computer Entertainment*, Volume 8253, Pages 138-151, 2013.
- [5] 田口喜久恵, 遠藤知里, 栗田泰成, 田村元延. 乳幼児 (0-2 歳) の (把) 握力調査とその発達経過の検討. *発育発達研究* 第 74 号, 34-44, 2017.
- [6] 文部科学省. 体力向上の基礎を培うための幼児期における実践活動の在り方に関する調査研究 IV 幼児期における体力測定の意味とその活用法. 2011. [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/youjiki/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/youjiki/index.htm) (参照 2017-12-15)
- [7] 山田貴志, 渡辺富夫. 乳児用小型圧力センサ駆動型丸棒状握力計測システムの開発. *日本機械学会論文集 C 編*, 79, 743-747, 2017.