

背面形状変化によるスマートフォンの安定把持

穴久保 拓磨†

谷田 佑貴††

藤波 香織†††

† 東京農工大学 工学部 情報工学科

†† 東京農工大学 大学院 工学府 情報工学専攻

††† 東京農工大学大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

近年、スマートフォンが広く普及し多くの人々が所持しているが、利用者のおよそ40%が端末の落下を経験しているといわれている[4]。落下による影響として、端末故障や線路内に端末が落下することによる列車遅延の発生が挙げられる。落下の原因として、端末自体が薄く平らな形状をしているために安定把持が困難であることが挙げられる。現在、バンカーリング[3]のような落下防止製品も販売されているが、多様な把持状態への対応は困難である。一方、形状変化型インターフェイス (Shape-changing interface) に関する研究が活発に行われている[1]。形状変化型インターフェイスはデバイス本体を様々な形状に変形することで情報伝達や入力を行うことが可能である。本研究では形状変化型インターフェイスの一例として、安定把持のために変形するスマートフォン (steaDePhone¹) を開発する。また、安定把持によりその操作性の向上も図る。背面に凹凸制御可能な12個の突起を備えたプロトタイプシステムを用いてユーザ評価を行う。

2 steaDePhone の概要と実装

2.1 システム概要

steaDePhone は、ユーザの把持状態 (右手での把持、左手での把持、両手での把持) と操作 (テキスト入力や、スクロールなど) を認識し、それらの状況に適した安定形状に自動で変形する。そのため、1) ユーザの把持状態認識、2) 把持状態と操作に応じた安定形状の決定、3) 安定形状への変形、の3つの主要機能を提供する。システム構成図を図1に示す。本システムは、操作状態把握のためのスマートフォン内部から取得するアプリケーションの状態 (アプリ状態) と、後述するような把持状態認識のための圧力センサ値を入力とする。予めアプリケーションに適した変形形状を変形ルールとして準備しておき、認識した情報にもとづき形状を決定し変形制御を行う。

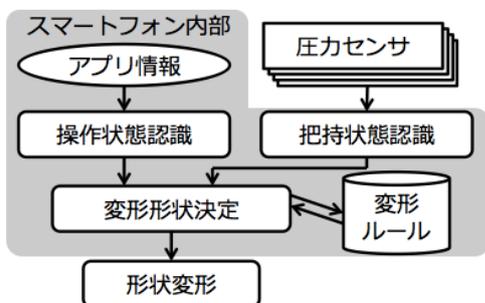


図1: steaDePhone システム構成図

Stable holding of a smartphone based on back side shape change

†Takuma ANAKUBO ††Yuki TANIDA †††Kaori FUJINAMI

†, ††† Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology, †† Department of Industrial Technology and Innovation, Tokyo University of Agriculture and Technology

¹Steady と deformable, depth, dekokoko (凸凹) の造語

2.2 プロトタイプシステム実装

現状では端末自体の変形は困難であるため、プロトタイプシステムでは変形機構や把持状態認識機構を実装したデバイスを既存の端末に被せ実現する (図2)。

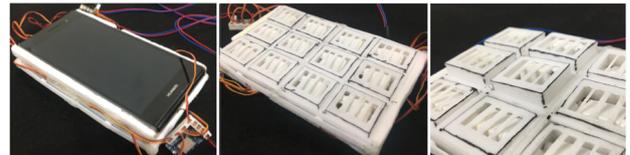


図2: 作成したプロトタイプシステム

2.2.1 変形機構

変形位置や変形の仕方、大きさに関する事前調査により、端末背面方向に8mm程度の凹凸を作るような変形を端末変形の方針とした。端末背面に上下運動可能なブロックを12個配置することで、凹凸を作る変形を行う。そのため、3Dプリンタを用いてブロックと筐体を作成した。各ブロックには小型サーボモータを入れ、サーボホーンの向きを制御することで、上下運動を実現する。サーボモータは、制御モジュール bCore[2] を4つ用いてスマートフォンから Bluetooth で制御する。

2.2.2 把持状態認識部

左右の持ち手を判別するため、製作するデバイスに薄膜フィルム感圧センサを左右に2つずつ配置した。取り付けた4つのセンサの測定値を Arduino に集約し、把持状態の認識を行う。認識した把持状態は、Arduino に接続した Bluetooth モジュールを介して端末に送信する。

3 ユーザ評価実験

3.1 実験方法

形状変化の有無による安定性と操作性の変化を調査するためのユーザ実験を行った。変形形状は、被験者10名へのアンケート結果をもとに図3のように定義した。実験は、(a)テキスト入力、(b)スクロール閲覧、(c)写真撮影、の3操作に対して後述する定めたタスクを行い、その際の所要時間が少ないほど「操作性が高い」、操作時のブレが少ないことを「安定性が高い」と定義する。タスク中の端末内蔵加速度センサの値から移動分散を計算し、タスク開始から終了までの合計値をタスク全体のブレとする。また、ブレはローパスフィルタ、ハイパスフィルタを用いて大きなブレと小さなブレに分けて比較する。

各操作のタスクは、テキスト入力は100文字の英文をソフトウェアキーボードで入力、スクロール閲覧は1000行のリスト内から色の異なる正解行の探索と選択、写真撮影は机上と座った状態から、目線の高さの壁 (以下、目線)、目線より50cm上方の壁 (以下、上方) に設置した QR コードの認識とした。また実験後にインタビューも実施した。インタビューでは、各操作の安定形状の適切性や、安定性に関する質問と、自由回答形式で意見を得た。

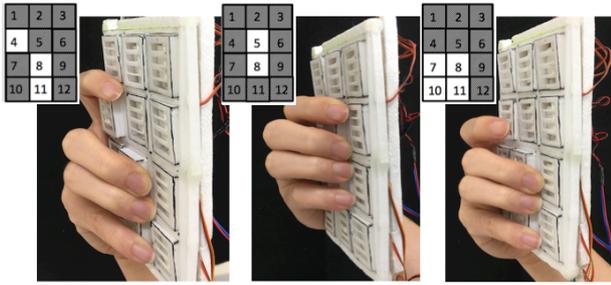


図 3: 決定した 3 操作の安定形状と各形状の把持例。(白色が突出。左: テキスト入力, 中央: スクロール閲覧, 右: 写真撮影)

3.2 結果

3.2.1 変形の有無による操作性の比較

各タスク時の所要時間を変形の有無で比較した結果を表 1 に示す。各タスクにおいて t 検定を行った結果、スクロール閲覧、写真撮影 (目線)、写真撮影 (上方) の 3 タスクでは有意差 ($p < 0.05$) が見られ、変形した方が所要時間は短くなった。また、テキスト入力では有意差は見られないが所要時間の平均値は変形した方が短くなった。一方、写真撮影 (机上) では有意差は見られず、変形しない方が僅かに所要時間が短かった。

表 1: 変形の有無と操作性の関係

| タスク | 変形有り | 変形無し | p 値 |
|-----------|---------|---------|----------------------|
| | 平均値 [s] | 平均値 [s] | |
| テキスト入力 | 107.00 | 109.37 | 0.732 ⁺ |
| スクロール閲覧 | 8.03 | 10.06 | 0.008 [*] |
| 写真撮影 (机上) | 5.65 | 5.46 | 0.814 ⁺ |
| 写真撮影 (目線) | 4.56 | 6.59 | 0.019 [*] |
| 写真撮影 (上方) | 4.96 | 8.00 | 0.00043 [*] |

* 変形有りが有意に有効 + 平均値の上では変形有りが有効

3.2.2 変形の有無による安定性の比較

変形の有無による安定性の違いを表 2 に示す。表中のブレ種別の大型は大きなブレ、小型は小さなブレを表す。テキスト入力では、 $p < 0.05$ の有意差は見られなかったものの、平均値の上では変形した方が末端のブレは小さく安定している。被験者ごとに見ても、8 人中 5 人が変形した方が高安定だった。一方 2 名は変形無しの方が高安定だった。閲覧タスクでは、いずれの場合でも $p < 0.05$ の有意差見られなかったが、変形した方が安定していた。写真撮影の 3 つのタスクでは、「目線」と「上方」では小型のブレ軽減に有意差が見られた。また、平均値の上では「目線」と「上方」の大型ブレを除いては変形時の方が安定していた。

表 2: 変形の有無と安定性の関係 (値が小さいほど高安定)

| タスク | ブレ種別 | 変形有り | 変形無し | p 値 |
|-----------|------|-------|-------|----------------------|
| | | 平均値 | 平均値 | |
| テキスト入力 | 大型 | 2.97 | 3.23 | 0.698 ⁺ |
| | 小型 | 32.9 | 38.9 | 0.217 ⁺ |
| スクロール閲覧 | 大型 | 0.176 | 0.310 | 0.0761 ⁺ |
| | 小型 | 2.07 | 2.33 | 0.373 ⁺ |
| 写真撮影 (机上) | 大型 | 0.699 | 0.740 | 0.826 ⁺ |
| | 小型 | 1.34 | 1.50 | 0.532 ⁺ |
| 写真撮影 (目線) | 大型 | 2.81 | 2.67 | 0.221 |
| | 小型 | 2.65 | 6.45 | 0.00827 [*] |
| 写真撮影 (上方) | 大型 | 3.76 | 2.94 | 0.135 |
| | 小型 | 3.65 | 5.90 | 0.0119 [*] |

* 変形有りが有意に有効 + 平均値の上では変形有りが有効

4 考察

操作性においては、表 1 のように写真撮影 (机上) を除いて、形状変形が有効であった。テキスト入力では有意な差はなかった理由として、定義した形状が適切でないという意見が多いことが挙げられ、形状の再検討の余地があるためだと考えられる。写真撮影 (机上) では、有意差は見られず変形しない方が所要時間は短かったが、他操作よりも手や端末の移動が少なく、差が出にくかったためだと考える。

安定性においては写真撮影「目線」、「上方」では有意差が見られ変形した方が小さな振動を抑えることができたため、端末を安定して操作が可能で、ブレの少ない写真撮影や端末落下防止が期待できる。また、写真撮影時の安定形状として定義した形状はその他操作よりも「適切であった」と回答する被験者が多かったことから、ユーザが適切だと思う形状を選択することが安定性向上に必要なとわかる。写真撮影の「目線」と「上方」では、変形時の方が小さなブレは有意に減少している一方で大きなブレは増加している。これは、変形しないと小さなブレが多くなり慎重に操作するが、変形した場合、しっかり把持可能なため、かえって大きなブレを生じさせてしまったためと考えられる。

プロトタイプシステムの改善点として、被験者から変形 (凹凸) の高分解能化の要望が多かったことから、ブロック数の増加による、より柔軟な変形が求められる。デバイス自体の厚さが従来の端末よりも厚く、「操作しにくい」という意見も得られたため、デバイスの改良や、変形の大きさや速度の調節を可能にし、再現可能な形状の増加が挙げられる。

5 おわりに

本論文では、形状変化型インタフェースのスマートフォンへの適用例として安定把持制御を可能にするシステム steaDePhone を提案し、ユーザ評価を行った。その結果、操作性向上に対し閲覧、目線や上方の写真撮影では変形が有効であるが、テキスト入力、机上物の写真撮影では明確な違いは確認できなかった。安定性向上に対しては、テキスト入力や閲覧、目線や上方の高さの物体撮影では小さなブレの抑制に有効であるが、これらの撮影状況下では大きなブレには有効に働いていない。また、テキスト入力、机上物の撮影では明確な違いはなかった。

また今後の方針として、多くのユーザに合う安定形状に変形可能にするため、より柔軟な変形を可能にすることを考え、ブロック数増加のために変形機構の再検討を行う。また、デバイスの大きさに関する改良のために、変形機構の再検討を行う。再現できる形状の増加のため変形の大きさ、速度の調節を可能にする。

参考文献

- [1] Coelho, M. et al. Shape-changing interfaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, 15(2), pp. 161–173, 2011.
- [2] VagabondWorks. bcore モジュール. URL: <http://vagabondworks.jp/>(閲覧 2016-12-22).
- [3] 株式会社ビジョンネット. Bunker ring. URL: <http://bunkerring.jp/>(閲覧 2016-12-22).
- [4] MMD 研究所. スマートフォンの満足度と不満度に関する調査. URL: <https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1499.html>(閲覧 2016-12-22).