

senseObject: 日常生活の中のものの利用を契機としたスマートフォンの自動操作

渡 辺 昌 寛[†]

本論文では日常利用するものを使用したとき、それと密接に関連するスマートフォン上のアプリケーションを自動操作する技術 senseObject を提案する。ユーザが本来の行動に集中できる環境を実現することが本研究の目的である。senseObject は、ユーザがスマートフォンを操作する必要が無い、スマートフォン上の既存のアプリケーションを改変することなく利用できる、ユーザがデバイスを腕時計や衣服など直接体に身につける必要が無いという特徴がある。senseObject の上に自転車運動記録アプリケーションならびに買い物記録アプリケーションを試作し、その実験を通じて、期待する動作を確認すると共にいくつかの改善点を見出した。これらは今後の課題でありその一部について解決方法を論じる。

senseObject: A technique of automatic smartphone operation triggered by using everyday objects

MASAHIRO WATANABE[†]

This paper proposes senseObject, a technique of automatic smartphone operation triggered by everyday objects to enable users to better focus on their work. senseObject has the following advantages: 1. Users do not need to directly operate a smartphone. 2. Other smartphone applications can be used on senseObject without any modification. 3. Users need not attach additional devices to the body such as wristwatch or clothing. We implemented a biking record application and a spending tracking application. User evaluations show that these applications work as expected though there are some possibilities of problems. We discuss these problems and future work aimed to resolve one of them.

1. 導 入

スマートフォンの普及ならびにそのマーケット環境の整備に伴い、各種アプリケーションが急速に充実している。中でも位置、周辺にいる人ならびにその時の状況などを記録する Foursquare や Facebook Check in, Twitter などが盛んに利用されている。これら記録された情報が友人などに伝わることでコミュニケーションの契機となりその活性化に役立っている。これらの記録は Blog などに比べ簡易な操作で済む点が特徴である。例えば Facebook による Check in は、スマートフォンを手に取り、スマートフォンのロックの解除、アプリケーションの起動、チェックインボタンの押下、候補リストから現在地の選択、記録ボタンの押下という操作となる。しかしながら著者の周りでは、日常的にこれらの機能を使いたいと思いながらも實際

は使っていない人が、少なくないことが分かった。買い物で両手がふさがっている、知人の目の前で操作するのがはばかられる、満員電車で身動きがとれないといった状況など、依然、操作がわずらわしい場合があることが原因と考えられる。そこで、より簡易な操作が求められていると考えたのが本研究の動機である。

本論文では、ものの利用を契機としてスマートフォンを自動操作する技術 senseObject を提案する。以降、senseObject の設計、実装ならびに実験について述べた後、関連研究と今後の課題、結論という構成をとる。

2. 設 計

本研究の中心となるアイデアは、日常利用するものを使用したときにそれと密接に関連するスマートフォン上のアプリケーションを自動的に操作することで、ユーザのスマートフォン操作を簡略化・省略することにある。例えば、自転車の走行に合わせて自動的に、スマートフォン上の位置記録アプリケーションの開始・

[†] NTT コムウェア株式会社
NTT COMWARE Corporation



図 1 senseObject の研究目的は、ものの利用を契機にスマートフォンを自動操作することで、ユーザが本来の行動に集中できる環境を実現することである。例えば、自転車の走行に合わせて、スマートフォン上の位置記録アプリケーションを開始・停止する。

Fig. 1 The aim of the senseObject project is enable users to better focus on their work by automatic smartphone operation triggered by everyday objects. For instance, bike movement launches a GPS tracking application on a smartphone.

停止することで、ユーザが操作することなく、自転車での移動状況を記録することが可能となる（図 1）。

今までユーザがスマートフォンを操作して指示していたことを、ものが利用されたことを契機としてその操作を自動化することで、ユーザが本来の行動に集中できる環境を実現するのが本研究の目的である。

スマートフォンは GPS や加速度センサといったセンサ類に加え、公衆電話網、WiFi、Bluetooth など多種のネットワークインターフェイスを有し、普段持ち歩くことに抵抗がないため、日常生活の行動を記録するライフログアプリケーションが多く実現されている。本研究ではまず、操作の煩わしさから使用を控えてしまうことが多いと考えるライフログアプリケーションを対象として、その操作の自動化を試みることとした。senseObject では、スマートフォンの既存アプリケーションに手を加えることなく、そのまま利用することで有効活用する。ものには GPS などの高度なセンサは付けずに、スマートフォンのセンサや既存アプリケーションを使うことで、センサの簡易化に伴うコスト低下を図る。

日常生活の中にあるものの利用をスマートフォン操作の契機とすべく、ものが利用されたことを感知するためにセンサを付ける。利用されたものをスマートフォンで識別できるように、センサからの信号にはもの個別の ID を含める。

信号を受信したスマートフォンは ID に対して予め規定された操作を自動的に実行する。

3. 実 装

本章では senseObject の実装について述べる。senseObject は、日常品に貼り付けるセンサ群、ポータブル回路、スマートフォンから成る（図 2）。センサ群から発信する信号をポータブル回路が受け、スマートフォンに送る。スマートフォンは受信した信号に応じてアプリケーションの起動や操作など予め定められた動作を自動実行する。

ものに貼り付けられたセンサとスマートフォンとが直接通信することが理想的であるが、実装の都合上、今回はその間にポータブル回路を介しそれぞれがこのポータブル回路と中継する形をとった。ただし、ポータブル回路は Bluetooth などの無線で通信するため、ユーザがそれを身につける必要はなく、カバンやポケットなどに入れて持ち歩くことも可能であり、ユーザがインターラクション時にこれを意識することはないよう配慮した。

3.1 センサ群

本研究ではセンサとしてモーションセンサならびに光センサを利用した。

モーションセンサは、市販の Nike+iPod センサを用いた（図 2 左上）。大きさは $35.0 \times 24.2 \times 7.5\text{mm}$ 、重さは 3.5g であり、センサが動くと内部のピエゾ電極から電圧が発生し、それを契機に 2.4GHz の信号を一定間隔で発信する。信号にはセンサの ID が含まれているため、ポータブル回路はどのセンサから信号を受信したかを判別できる。

光センサ ($5.6 \times 4.6 \times 1.0\text{mm}$)（図 2 左下）は光感知

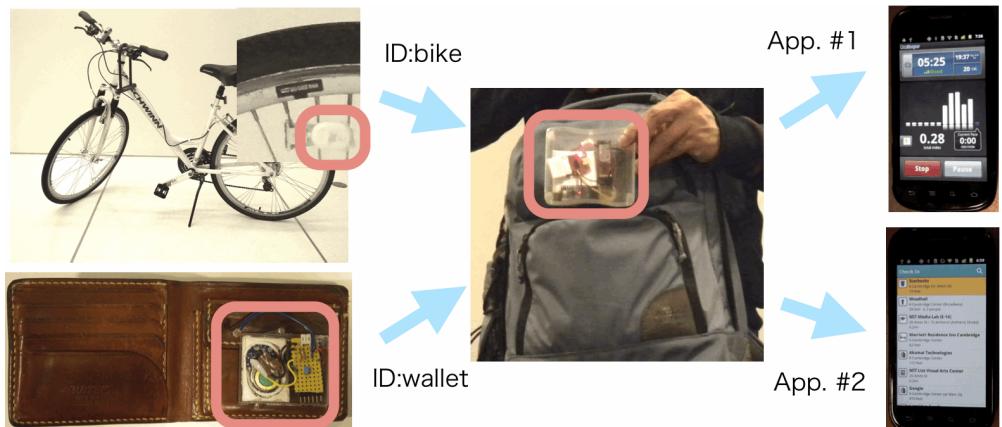


図 2 日用品に貼り付けるセンサ群（左），ポータブル回路（中），スマートフォン（右）から成る senseObject

Fig. 2 A prototype system of senseObject consists of sensors, a portable circuit and a smartphone.

回路と信号発信部から成る。信号発信部は Nike+iPod センサのそれを利用し、センサとして Nike+iPod センサのピエゾ圧電体の代わりに、光を感じるとピエゾ圧電体と同じ電圧を発信する光感知回路を取り付けた。これにより、光を感じるとモーションセンサと同じ信号を発信することとなる。同じ信号を発信させることでポータブル回路のモーションセンサ用受信回路と光センサ用受信回路は同一で済ませ、省スペース、省電力に努めた。

光センサの回路図を図 3 に示す。光感知回路は、フォトダイオード (GL 5528)，マイクロプロセッサ (Arduino Pro mini)，微分回路，ポータブル電源 (3.7V) から成る。フォトダイオードに当たる光の強さによりのその抵抗値が変動することを利用し、それに直列につなげた抵抗 R1 の電圧を測ることで、光の強さを測定する。光の強さが一定値以上に達したとき、マイクロプロセッサは矩形波を 4 回発信する。この信号はキャパシタと抵抗から成る微分回路により矩形波の立ち上がり・立ち下がりが図 4 のように $\pm 3.3V$ のインパルス状の信号に変換される。この出力を Nike+iPod センサのピエゾ圧電体に取り付けられていた線につなげる。

3.2 ポータブル回路

ポータブル回路 ($7.6 \times 6.6 \times 0.5\text{cm}$) (図 2 中) は Nike+iPod 受信回路、マイクロプロセッサ (Android Pro Mini), Bluetooth モジュール、ポータブル電源 (3.7V) から成る。Nike+iPod 受信回路はセンサの信号を市販の変換回路 (Sparkfun Nike+iPod Serial to USB Adapter) を用いてシリアル信号で取得する回路である。マイクロプロセッサは Nike+iPod 受信回路の制御、受信信号の解析、Bluetooth によるスマート

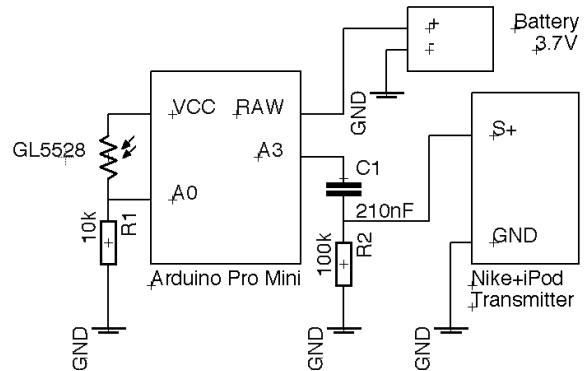


図 3 光センサ回路図

Fig. 3 Photo sensor circuit diagram

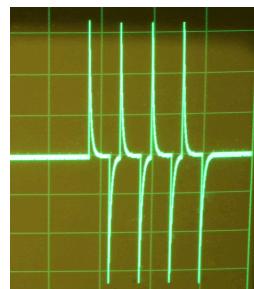


図 4 光感知回路から Nike+iPod センサへの入力信号。横軸のマス目は 500ms, 縦軸は 1V を表す。

Fig. 4 Signals from the photo sensor circuit to Nike+iPod sensor

フォンとの信号の送受信を司る。これらの機能を用いて、Nike+iPod 受信回路で受信した信号からセンサの IDなどを抜きだし、それを Bluetooth モジュールでスマートフォンに送信する。

3.3 スマートフォン

スマートフォンは、アプリケーションに管理者権限を

持たせることができるように設定した Nexus S(Android 2.3)を使用し、その上で senseObject サービスをバックグラウンドで実行している。senseObject サービスは通信機能、センサ管理機能ならびにアプリケーション自動操作機能から成る。

通信機能は、Bluetooth によるポータブル回路からの信号受信する。

センサ管理機能は、ポータブル回路から受信した信号を解析し、センサの状態を管理する機能である。受信信号からセンサ ID を抜きだし、前回の信号受信時刻と現在の時刻から、受信開始、受信中、受信終了などの状態をセンサ毎に管理する。センサ ID とその状態に応じて予め定められた自動操作をアプリケーション自動操作機能に渡す。

アプリケーション自動操作機能はスマートフォンにインストールされているアプリケーションの起動ならびに自動操作を行うものである。アプリケーションの起動は、待機画面もしくは他のアプリケーションが動作している時に指定したアプリケーションを起動する。自動操作は、指定した座標のボタン押下ならびに指定時間の待機能を組み合わせたスクリプトにより記述される。これにより、例えばスタートボタンを押下して次画面への遷移のため 10 秒待った後に座標で指定した他のボタンを押すという操作が可能になる。この機能は Exerciser Monkey という Android に付随した機能で実現しており、この機能を senseObject サービスから利用するために管理者権限が必要である。

3.4 自転車運動記録アプリケーション

上述の仕組みを利用して、自転車でいつ、どこを走行したかを知ることができる自転車運動記録アプリケーションを実現した(図 1)。自転車が動き始めた時に GPS を用いた運動記録アプリケーション Runkeeper を起動し、自転車が停止したときに Runkeeper を停止する。自転車のタイヤにモーションセンサを取り付ける(図 2 左上)。スマートフォンではポータブル回路の信号を受信すると Runkeeper アプリケーションを起動し、GPS で現在地を特定するまで一定の時間待った後、記録を開始する。その後タイヤに付けたモーションセンサから 60 秒間信号が届かない場合、自転車の利用を終了したとみなし記録を終了させ記録を保存する。

3.5 買い物記録アプリケーション

いつどこで買い物をしたのかを思い返すことができる買い物記録アプリケーションを実現した(図 5)。光センサを財布の中に入れ(図 2 左下)、財布を開けたとき店内の光を受光し、ポータブル回路に信号が送ら

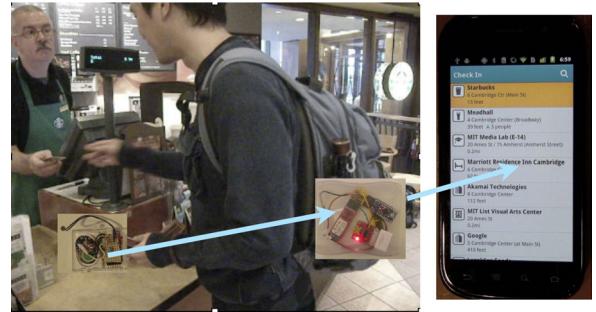


図 5 買い物記録アプリケーション
Fig. 5 Spending tracking application

れる。スマートフォンはポータブル回路から信号を受信すると、位置記録アプリケーション Foursquare を起動し、現在地特定のため一定時間待った後、現在地を記録(チェックイン)する。この時いくつか候補が示されるが今回は一番上の候補を選択することとした。

4. 実験

試作したシステムの動作確認ならびに課題の洗い出しのため、2010 年 10 月の数日米国ボストン市付近にて動作試験を行った。以下に示すとおり、ほぼ期待したとおり動作することを確認したが、幾つか問題点が明らかになった。6.1 節で問題点の解決方法について論じる。

4.1 自転車運動記録アプリケーション

職場と家の通勤など 8 回試行し、その全ての回で、開始・終了時刻と GPS による移動記録が取れた。1 回あたりの乗車時間平均は 10 分 2 秒、時速の平均は 6.3km であった。ただし、自転車が停止してから 60 秒間タイヤが動かなかったときにシステムを停止するので、実際の運動時間を求める場合はその 60 秒を差し引く必要がある。実験の時には発生しなかったが、不具合となり得る点には次のものがある。信号待ちで 60 秒間以上タイヤが停止した場合、一つの自転車運動が分割されて記録されてしまう。誤って画面の縦横の向きの変更ボタンを押すと、予め設定したボタンの座標とずれてしまうため正しく動作しない。

4.2 買い物記録アプリケーション

スーパー・マーケット、コーヒーショップ、酒屋などにて 13 回試行し、11 回正しく記録された。誤りの原因は、アプリケーション Foursquare で表示される店の候補の一番上が他の店であり、実装したアプリケーションは一番上を選択するようにしたためである。実験の時には発生しなかったが、不具合となり得る点は次のものがある。地下などの店で公衆電話回線へ接続できず、かつ、無線 LAN のサービスも提供していない

い場所では、現在地の候補を取得できず動作しない。

5. 関連研究

5.1 スマートフォンを用いたライフログの蓄積

Aharony 等¹⁾は Fünf というセンシングプラットフォームを開発している。これは GPS や加速度計、Bluetooth など Android に含まれるセンサの情報を取得・分析するオープンソースのプラットフォームであり、これを用いて日常行動の把握を試みている。同様にスマートフォンの位置情報を利用しユーザの移動手段などを特定する青木等²⁾の研究がある。これらは大量のユーザ行動の履歴を基に予想される行動を推測するため、100%に近い高精度を実現するのが難しい。本研究では行動に密接に関連するものを使うことで行動を正しく知見しそれに応じた既存アプリケーションを用いて記録するため、行動がほぼ確実に規定できる点に特徴がある。

5.2 スマートフォンと通信するデバイス

Pasquero 等³⁾は、スマートフォンとインタラクション可能な腕時計型装置を利用し、会議時に腕時計を操作してスマートフォンをマナーモードへ設定し、次の会議が近づいていることを腕時計の振動で知るといった機能を実現している。ソニー・エリクソン社製のLiveView⁴⁾は、タッチ操作が可能な小型ディスプレイを持ちスマートフォンと通信を行い、音楽の再生の制御や RSS の表示ができる。また Plug-in を作成することでユーザは機能を拡張することが出来る。本研究のシステムは、日常のものを利用する、アプリケーションを個別に作らなくて良い、ユーザのデバイスへの操作を必要としない、ユーザがデバイスを身につけなくても良い（もしくは気にする必要がない）という点で異なる。

5.3 日常利用するものを使ったインタラクション

Feldman 等⁵⁾は本など日常のものに RFID を貼り、腕に時計型の RFID リーダや加速度センサを身につけ、物体認識、ジェスチャ入力を実現することで、例えば本屋で手に取った本のレビューをイヤホンを通じて聞くなどのインタラクション手法を提案している。Rekimoto⁶⁾は日常的に使われ入力デバイスが世の中に広く使われるためには特殊なグローブなどではなく服や腕時計など“控えめ”（“unobtrusiveness”）であることが重要としている。本研究の特徴は、デバイスを腕時計や衣服など直接体に身につける必要がなくポケットやカバンの中に入れておくことが出来るためより控えめな点にある。また、ジェスチャなどによりユーザが明示的に入力するのではなく、日常のものの

利用を契機にインタラクションが発生する。

また、本研究ではものには GPS などの高度なセンサは付けずに、スマートフォンのセンサや既存アプリケーションを使うことで、センサの簡易化に伴うコスト低下を図っている。

本研究で示すアプリケーションは、一つのインタラクションに対して一つのものしか利用していないが、これに制限されるものではない。Philipose 等⁷⁾が示したとおり日常生活からその行動を識別する (Activites of daily living) 研究が多く存在する。機械学習などを使い、水道とコップと薬棚の利用から薬を飲むといった、複数のものの利用状況から一つの行動が定められる。これらの成果を本研究に適用することで、より複雑なインタラクションを実現することが可能になると考えられる。

6. 今後の課題

6.1 スクリーンショットの画像認識の利用

現在のスマートフォン自動操作は、指定した座標のクリックと指定した時間の待機処理との組み合わせで記載される。処理時間が一定でない場合に待ち時間を最大に設定する必要がある、4.1 節で述べたように、誤って画面の向きを変えるボタン押下した時や画面の向きを固定しない設定の時にスマートフォンの縦横の向きで画面構成が変わるアプリケーションに対応出来ない、などの問題がある。この問題を解決するために、Yeh 等⁸⁾が開発した PC の自動操作技術 Sikuli をスマートフォンに適用することを検討している。この技術により、一定間隔で画面のスクリーンショットを撮り画像認識することで、予め登録した画面の画像と押下するボタンの画像から現在の画面ならびに目標のボタンの位置を把握し、画面状況に応じた処理を可能とする。

6.2 複数のものの利用・環境に応じたアプリケーションの作成

本論文では一つのものの利用に一つのスマートフォンの操作を割り当てていたが、5.3 節でも述べたように複数のものを利用することも可能である。また、周りにいる人、現在地、時刻、Web から得られる情報といった環境情報を利用することで、より有用なアプリケーションを作成することが可能となる。例えば、通勤時に携帯すべき社員証と電車の定期券のどちらかを持ち忘れたことを家のドアの開閉時にセンサで読み取り、平日の朝ならば警告し、休日は警告しないアプリケーションが考えられる。他にも出張先をスケジューラから読み取り、雨が予想されている場合、出勤時に

傘を持つことを警告するようなアプリケーションが作成出来る。

6.3 フィードバック機能の拡充

本技術の課題の一つにフィードバックの不足が挙げられる。現在はスマートフォンにインタラクションの経過が表示されているが、ユーザのスマートフォン操作を軽減することを目的とした技術のためこれでは不十分であり、外部ディスプレイなどとの連携が必要と考える。先のアプリケーションの例では、スマートフォン上の音や振動などでの警告の他に、玄関でのランプなどによる警告が望ましい。

6.4 スマートフォン自動操作技術の応用

本研究ではものの利用を契機としてインタラクションを開始しているが、Rekimoto⁶⁾は衣服上のジェスチャで、Ängeslevä 等⁹⁾は体の位置を利用したアプリケーションの操作を提唱している。本研究のスマートフォン自動操作をこれらの入力手法技術に適用することで、利用アプリケーションや適用シーンが広がると考える。

7. 結論

本論文では、ユーザのスマートフォンの操作を軽減するため、日常生活の中のものの利用を契機としてスマートフォンを自動操作する senseObject を設計し、その上に自転車運動記録アプリケーション、買い物記録アプリケーションを実装した。これらはそれぞれ自転車に乗る、財布を開けるという日常の中での自然な操作を契機としてスマートフォンが自動的に自転車運動や買い物の行為を記録する点が特徴的である。本技術により、スマートフォン上のアプリケーション利用が増加することでコミュニケーションの活性化に寄与すると考えている。実験では実装したアプリケーションがほぼ期待する動作をすることを確認したが、幾つかの問題点が明らかとなった。これらは今後の課題でありその一部について解決方法を論じた。

謝辞 深い洞察に基づくコメントならびに実りの多い議論をして頂いた MIT Media Lab. 石井教授ならびに Tangible Media Group 各位に深く感謝する。

参考文献

- 1) Aharony, N., Gardner, A., Sumter, C., Sumter, C., de Montjoye, Y.-A. and Pentland, A.fünf: Open Sensing Framework. http://funf.media.mit.edu/.
- 2) 青木政勝,瀬古俊一,西野正彬,山田智広,武藤伸洋,阿部匡伸:ライフログのための位置情報ログデータからの移動モード判定の検討(ライフログ活用技術とその課題,オフィス情報システム,デジタルドキュメント,一般),情報処理学会研究報告.DD,[デジタル・ドキュメント], Vol.2008, No.70, pp.7-12 (2008-07-17).
- 3) Pasquero, J., Stobbe, S. J. and Stonehouse, N.: A haptic wristwatch for eyes-free interactions, *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems, CHI '11*, New York, NY, USA, ACM, pp.3257–3266 (2011).
- 4) Sony Ericsson: LiveView. <http://www.sonyericsson.co.jp/product/accessories/liveview/>.
- 5) Feldman, A., Tapia, E.M., Sadi, S., Maes, P. and Schmandt, C.: ReachMedia: On-the-move interaction with everyday objects, *Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2005)*, 18-21 October 2005, Osaka, Japan, IEEE Computer Society, pp.52–59 (2005).
- 6) Rekimoto, J.: GestureWrist and GesturePad: Unobtrusive Wearable Interaction Devices, *Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Wearable Computers, ISWC '01*, Washington, DC, USA, IEEE Computer Society, pp.21– (2001).
- 7) Philipose, M., Fishkin, K.P., Perkowitz, M., Patterson, D.J., Fox, D., Kautz, H. and Hahnel, D.: Inferring Activities from Interactions with Objects, *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 3, pp.50–57 (2004).
- 8) Yeh, T., Chang, T.-H. and Miller, R.C.: Sikuli: using GUI screenshots for search and automation, *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology, UIST '09*, New York, NY, USA, ACM, pp. 183–192 (2009).
- 9) Ängeslevä, J., Oakley, I., Hughes, S. and O'Modhrain, S.: Body Mnemonics - Portable device interaction design concept, *Proceedings of UIST '03* (2003).