

パーソナルファブリケーションによるモバイルセンサーデバイス制作と 社会研究への応用可能性

Personal Fabrication of Mobile Sensor Device and its Application to Social Studies

○槌屋 洋亮¹
Yosuke TSUCHIYA

¹ 青山学院大学附置情報メディアセンター 助手
Institute of Information and Media, Aoyama Gakuin University

Abstract This paper examines a potentiality of sensor data in the studies about society, with showing a method of personal fabrication of mobile sensor devices and a method of visualization of sensor data on Smartphones. Sensor data reveals very different aspects of human life in societies. However, accumulation of sensor data has been concerns of privacy infringement. Personal fabrication of mobile device resolves those concerns of privacy infringement and expand the potentiality of sensor data in the studies about society.

キーワード パーソナルファブリケーション, センサーデータ, データ可視化, Arduino, スマートフォン

1. はじめに

近年、情報技術の分野ではセンサーを搭載したウェアラブルデバイスの利活用へ注目が集まっている。特に、気温や湿度、場所の色合い、人間の動き（モーション）などを測定できるセンサーデバイスからのデータを蓄積し、適切な形で可視化（Visualization）することで、我々は、我々自身の社会や日常生活の新たな側面を明らかにすることができる。例えば、大量のセンサーデータを根拠に、これまで主観的に把握されていた複雑かつ多様な事象を定式化することが行なわれている（矢野, 2014）。また、災害からの避難などの特定の状況下における人間の行動をスマートフォンの位置情報をもとにパターン化することで、例えば防災計画のような政策と、実際の人間の行動との間の齟齬を明らかになっている（阿部, 2014）。その意味で、センサーデータを社会研究へ利用することは、大きな可能性をもつ。だが、既存のセンサーデータの利用は、個人情報保護の問題や、消費者市場で購入出来るセンサーデバイスのカスタマイズ性の問題などがある。利用者が、利用者自身の興味関心に基づき利用したいセンサーデータを自分で獲得し、自分でカスタマイズし利用できるための一連のサービスないしはツールはまだ少ない。

一方で、近年の情報技術の分野においてもう1つの潮流を形成しているのが、パーソナルファブリケーション、すなわちデジタル機械を用いた個人によるものづくりである（Garshenfeld, 2006）。この潮流の背景には、3Dプリンターやレーザーカッターといった工作機械の低価格化や、ArduinoやRaspberry Piなどに代表されるオープンソースのハードウェア・ソフトウェアの普及、ファブラボ（田中, 2012）やMakersムーブ

メント（Anderson, 2012）など、様々なものの「作り方の共有」を目的としたコミュニティの形成などが挙げられる。日本国内においても、3Dプリンターやレーザーカッターといったデジタル工作機械そのものの普及が進む一方で、これらのデジタル工作機械を中心としたものづくりのための様々なコミュニティが生まれ始めている。同様のことはiOSやAndroidアプリ開発にも言える。iPhoneやスマートフォンが普及した当初は、アプリ開発は敷居が高かった。しかし、近年ではSwiftをはじめとした容易に習得可能なプログラミング言語の普及や、GitHubなどのオープンソース共有コミュニティでのソースコードを利用することで、我々は我々自身が希望するアプリを容易に開発できるようになってきている。

本稿では、パーソナルファブリケーションによるモバイルセンサーデバイスの制作方法と、センサーデータをリアルタイムで可視化するiOSアプリの制作方法について述べる。センサーデータの社会研究での利用には大きな可能性があるが個人情報保護などの課題がある。一方でパーソナルファブリケーションにより、専門家でなくてもセンサーデバイスが制作可能となり、センサーデータの社会研究への応用可能性が広がることが期待される。

2. パーソナルファブリケーションによるモバイルセンサーデバイス制作手法

まずは、パーソナルファブリケーションによるモバイルセンサーデバイスの制作手法について述べる。制作するモバイルセンサーデバイスは以下の要件を満たすものである。第1に、iPhoneやスマートフォンと通

信する機能を備えることである。制作するモバイセンサーデバイスからスマートフォンへセンサーデータを送り、またスマートフォンからデバイスを制御するためである。次に、制作の過程で生み出されるソースコードならびに筐体モデルデザインなどは全てオープンソースで構成され、公開できることがあげられる。オープンソースとして公開されているものであれば、誰でも利用可能であり、用途に合わせて柔軟にカスタマイズすることが可能である。その他、持ち運びが簡単であること、組み立てが容易であることが、要件としてあげられる。以下、ハードウェアの構成について述べる。

2.1 マイコンボード: Arduino

基盤となるマイコンボードには Arduino を利用する。Arduino は、オープンソースの電子プロトタイピング・プラットフォームであり、電子工作やパーソナルファブリケーションで利用されている。一般的に、デバイスの制作にはハードウェアの深い知識等が求められるが、Arduino はそのような専門知識がなくとも簡単に素早くデバイス等を作ることを目的としている。

他に電子工作で利用されるものとして Raspberry Pi が挙げられるが、Raspberry Pi は電源供給が USB 電源であり、動作させるには別途モバイルバッテリー等を持ち運ぶ必要がある。また、Raspberry Pi の場合は、Linux OS を搭載しているので、電源を落とす際にその都度シャットダウン処理を行わなければならない。動作が煩雑になる。対して、Arduino であれば乾電池やリチウムポリマー電池などで動作させることが可能であり、また内部の動作は全て Arduino IDE 上のプログラムによって制御することができる。また、Arduino にセンサーを接続する方法や、センサーを制御する Arduino プログラムも、多くはインターネット上にオープンソースで公開されているので、移植やカスタマイズも容易に行えることも、Arduino を選択する理由となる。

Arduino はオープンソースのハードウェアなので、多くのメーカーが Arduino 互換機として、Arduino マイコンボードを製造・販売している。今回制作するモバイルセンサーデバイスは、屋内の自宅にとどまらず、屋外の毎日歩く道路や広場などでも利用されることを想定しているため、持ち運びやすく、消費電力もなるべく抑えられるようにする必要がある。今回は、Sparkfun 社製の Arduino Pro(ATmega328 3.3V/8MHz) を選択する。

2.2 通信方法: Bluetooth Low Energy

次に検討するのは、デバイスとスマートフォンとの間での無線通信方法である。Arduino で利用出来る無線通信には Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth がある。Wi-Fi は、転送速度が大きい利点はあるが、消費電力が大きい。ZigBee は Wi-Fi より消費電力が少なく、センサーネットワークを形成する際にはよく採用される。だが、ZigBee だとスマートフォンとアドホックに接続することができず、Wi-Fi の場合スマートフォン側でインタ

ーネット通信を行うことができなくなる。それを回避するためには別途 WiMAX などのモバイルルーターへ Arduino の Wi-Fi モジュールを接続する必要がある。

以上の理由から、センサーデバイスとスマートフォンとの通信には Bluetooth を採用する。中でも、Bluetooth の仕様における最新バージョンである Bluetooth Low Energy (BLE) を採用する。BLE は、それまでの Bluetooth 3.0 よりも通信を省電力かつ省コストで行うことができ、Apple Watch や iBeacon などの通信に用いられている。Arduino で利用出来る BLE モジュールはいくつかあるが、今回は単純に Arduino からのデータをスマートフォンへ送るだけでよいので、BLE でシリアル通信を行うことができる浅草ギ研の BLESerial2 を利用する。

2.3 電源供給

Arduino へ電源を供給する方法はいくつかあるが、基本的には、採用する Arduino に対応した電源を使用する。今回採用する Arduino Pro に対応する電源供給方法では、乾電池、ニッケル水素電池、リチウムイオンポリマー電池、コイン型電池が候補としてあげられる。乾電池とニッケル水素電池は別途電池ケースをデバイスに備えつけなければならない。携帯性という観点からは他の 2 つに劣る。一方で、コイン型電池の場合は、別途電池を取り付けるホルダーを半田付けしなければならない。その点、リチウムイオンポリマー電池であれば Arduino Pro にあらかじめ差込口が搭載されているので、容易に接続でき携帯性にも優れ、安定した電源供給も見込まれる。具体的には、Sparkfun 社製のリチウムイオンポリマー電池 400mAh を採用する。これにより、1 日 6 時間程度の利用で約 1 週間ほど使用出来る。

2.4 搭載センサー

搭載するセンサーは、デバイスの制作者が「どんなデータを取得したいか」によって決定する。搭載できるセンサーの数や種類は、デバイス筐体の大きさやマイコンボードが動作する電圧などを考慮する必要がある。基本的には、使用するマイコンボードと同じ電圧で動作するセンサーモジュールを選ぶ。これは、単にレベルコンバータなどを使わずに、センサーをつなぐための回路を簡略にするためである。

表 1 に、モバイルセンサーデバイスに搭載するセンサーモジュールの一例を挙げる。今回は、日常生活における人間の行動と周辺環境との関連性について把握できるセンサーデバイスを制作する目的で、センサーを選択した。紫外線強度は、晴れている日の紫外線強度指数 (UV Index) を測定できる。また RGB カラーセンサーは、周辺環境の照度や色温度、あるいは物体の色を検知できる。人間の行動を検出するセンサーとしては、3 軸の加速度・角速度・地磁気をそれぞれ検出できるモーションセンサーと、位置を測定するための GPS モジュールを搭載する。

もちろん、これらのセンサーを全て搭載することはできないので、この中から必要なセンサーを選択して

組み合わせる。例えば、RGB カラーセンサーを利用すれば、色温度に加えて照度も算出することができるので、Sparkfun TSL2561 は必要ない。代わりに、音センサーを搭載すれば、周辺の明るさと騒音を同時に測定することができる。また、GPS はほとんどの場合、接続するスマートフォンに搭載されているので、センサーデバイス側には GPS モジュールを搭載せず、代わりに9軸モーションセンサーモジュールを搭載するほうが有効である。センサーモジュールを選択したら、ブレッドボードを使い回路を設計し、問題なく動作したら、図1のように各センサーモジュールをユニバーサル基板へはんだ付けし、Arduino へ接続する。

表1 搭載センサーモジュールの例

種類	デバイス名
気温/湿度/気圧	Adafruit BME280
照度	Sparkfun TSL2561
音	Sparkfun INMP401
紫外線強度	Adafruit SI1145
9 軸モーション	ストリベリーリナックス MPU9520
RGB カラー	ストロベリーリナックス VEML6040
GPS	CANMORE GMS6-CR6

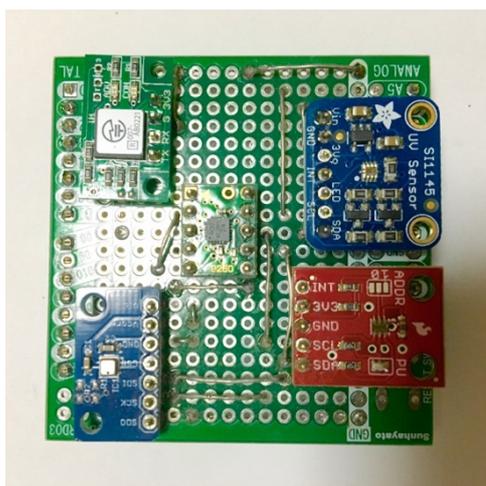


図1 センサーモジュールのはんだ付け例

2.5 組み込みプログラム

Arduino に書き込むプログラムを記述する。表1に挙げたセンサーモジュールからのデータを取得するためのサンプルコードやライブラリは全てオープンソースでインターネット上から入手できる。ここでは、各センサーから取得した値を特に加工せず、生データ

(Raw Data) のまま BLE モジュールを介してスマートフォン側へ送信するプログラムを記述する。BLE モジュールとスマートフォンとのペアリングが開始されたら、各センサーデータを1秒ごとにスマートフォンへ送信しつづける。各センサーデータは、カンマ区切り (CSV 形式) で送信される。ペアリングが終了したらデータの送信を止める。こうすることで、スマートフォン側で1秒ごとにセンサーからの生データを取得し可視化する処理を実装することが可能となる。

2.6 筐体デザイン

最後に、これまで制作してきたデバイスを入れる筐体を制作する。筐体の制作には、3D プリンターやレーザーカッターを利用する。3D プリンターを利用する場合は、Autodesk 123D Design などの3DCAD ソフトウェアを使って筐体の3D モデルを制作する。レーザーカッターを利用する場合は、Adobe Illustrator などを利用して立体の平面図を作成する。

いずれの方法でも筐体の制作は可能だが、3D プリンターは素材がプラスチック樹脂に限られるのに対して、レーザーカッターはアクリル板、ベニヤ板、プラスチックなどが利用でき、素材選択のうえで柔軟性が高い。また、3DCAD ソフトウェアによるモデル制作は、2D での平面図の制作と比べると難易度は高い。レーザーカッターは高価ではあるが、最近では Makers Base や Techshop などの会員制工房などで利用することができる。これらの会員制工房は、機材の使用方法も学べるので、非常に有効である。今回は2D 平面図を作成し、レーザーカッターでアクリル板を平面図の通りに切断し、筐体を組み立てることとした。レーザーカッターでアクリル板を加工して制作した筐体に、センサーデバイスを格納したのが図2である。今回制作した筐体は、単純にデバイスを格納するだけの立方体であるが、当然ながら用途に応じて変形可能である。

以上、デジタルファブ리케이션によるモバイルセンサーデバイスの制作方法について述べた。次章では、このデバイスからのデータを iPhone 上でリアルタイムに可視化するためのアプリについて述べる。

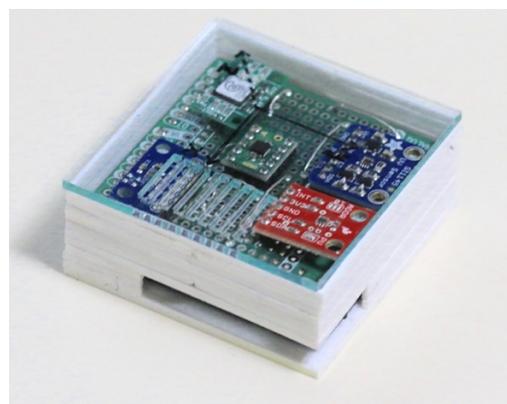


図2 デバイスの完成形

3. スマートフォン上でのセンサーデータ可視化

前述のとおり、安価なデジタル工作機械とオープンソースのマイコンボードの普及や、FabLab をはじめとした様々な「作り方の共有」を目的とした場所の普及により、モバイルセンサーデバイスの制作も容易となっているが、同じことは iOS や Android アプリ開発にも言える。Swift をはじめとした容易に習得可能なプログラミング言語の普及や、GitHub などのオープンソース共有コミュニティでの「作り方の共有」によって、

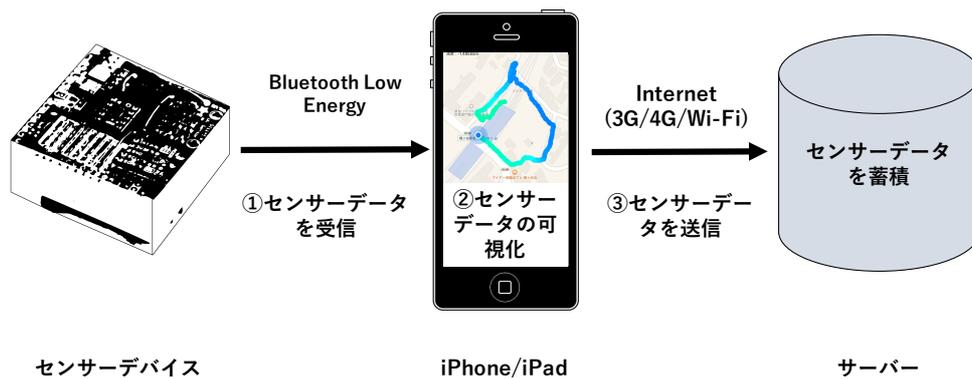


図3 iOS アプリの基本機能

アプリ開発も容易となっている。ここでは、前述したモバイルセンサーデバイスからのデータを iPhone / iPad 上で受信し、可視化するアプリの実装方法について述べる。

3.1 基本機能

図3に、アプリの基本的な機能を示す。アプリの基本的な機能は1) BLE を介してセンサーデータを受け取る、2) 受信したセンサーデータをリアルタイムで可視化する、3) 指定のデータを蓄積するサーバーへセンサーデータを送信する、以上の3つである。

BLE を介してセンサーデバイスを受信する機能は、センサーデバイスとペアリングし、デバイスからの各センサーデータを1秒ごとに受信し、アプリ内で保持する。また、インターネット上のサーバーにセンサーデータを送信する機能は、Wi-Fi ないしは3G/4Gなどのデータ回線を介してセンサーデータを指定のサーバーへHTTP経由で送信する。この時、サーバー側にはアプリからのセンサーデータを受け取り保存するサーバーサイドプログラムを用意する。

サーバーへは、センサーからのデータにアプリ上で取得した時刻を付して送信する。センサーデバイスとアプリとの間のBLE通信、および、アプリとサーバーとの間の通信は、双方ともにアプリをバックエンドで実行しているときも継続するようにする。こうすることで、アプリを起動し、センサーとのBLE通信を開始すれば、自動的にセンサーデータがサーバーに蓄積される。

受信したセンサーデータをリアルタイムで可視化 (Visualization) する機能は重要である。ユーザーは、自分自身の行動と、今現在いる (あるいは数分前に辿ってきた) 場所の周辺環境を、センサーデータを通じて克明に、リアルタイムに把握することが可能となるからである。ただ、データ可視化には新鮮な着眼点や伝達力、効率性、芸術性などが必要であり (Steele & Iiiinsky, 2010)、1つのセンサーデータのみを単純なグラフで表示するのみでは不十分である。一方で、スマートフォンの画面は小さいので、インターフェイス上の制約も大きい。センサーデバイスからのデータをリアルタイムに可視化する画面として、折れ線グラフ形式で時系列の推移を表示する画面と、地

図上に表示する画面を実装する。

3.2 地図上への可視化機能

図4はセンサーデータを地図上に表示する画面である。地図上に表示する画面では、センサーデータを取得した位置にマーカーを置き、センサーの値をHSV色空間の値へ変換し、マーカーの色として設定する。これにより、ユーザーは自分が歩いてきた場所の周辺環境を直観的に把握することができる。位置情報は、センサーデバイスから送られてくるGPSデータを利用するが、デバイスにGPSを搭載していない場合はスマートフォンに搭載されているGPSを利用する。

例えば、気圧センサーから取得される大気圧の値 (hPa) を使うと、高度を算出することができる。このとき、測定開始位置を基準とした相対高度を計算し、開始位置よりも低い場所を青色に (色相: 240, 彩度: 100%, 明度: 100%), 高い場所を黄色 (色相: 60, 彩度: 100%, 明度: 100%) とする。すると、図4のように、相対高度の値によってマーカーの色が変化し、ユーザーは自分が歩いてきた場所の高低差を把握することが可能となる。

3.3 時系列の可視化機能

図5は、センサーデータを時系列の折れ線グラフ形式で表示する画面である。アプリ内では、最大で過去10分間のセンサーデータを保持する。そして、折れ線グラフで表示する画面は、過去10分間の気温や照度などの周辺環境についての時系列な変化についての折れ線グラフと、モーションセンサーのデータ (加速度, 角速度, 地磁気) の時系列な変化についての折れ線グラフの両方を同時に表示する。これにより、周辺環境と、ユーザー自身の行動の時系列な関係を把握することが可能となる。

例えば、図5では、とある鉄道路線を利用していた時にセンサーデータを取得していた際の画面である。気圧センサーの値を変換した相対高度の時系列推移と、3軸加速度センサーの時系列推移を表示している。画面の真ん中から左側では、加速度センサーの値はほとんど変化なく、相対高度は上下へ大きく推移している。このときは、電車で座っていたので加速度センサーに変化はなく、乗車していた電車の区間が高低差の激し



図4 地図上に可視化する画面

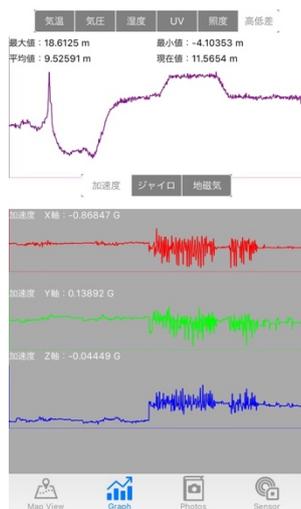


図5 時系列に可視化する画面

い地域を通っていることがわかる。対して、画面の真ん中から右側では、加速度センサーの値が上下に激しく変化し、また相対高度のグラフも数メートル上昇し、数分後にはまた元の高度に戻っている。このときの、電車から降りて別の路線へ乗り換えるために駅ホームの階段を昇り、別のホームの階段を降りて電車を待っていた一連の時系列の状況が画面上にて把握される。加速度の上下の振れ幅などを別の状況と比較することで、乗り換え時に走っていたのか、歩いていたのかまで把握することができる。

4. 考察（社会研究への応用可能性）

4.1 センサーデータの可能性と課題

センサーデータを利用することで、我々は、我々自身の社会的・文化的な日常生活の新たな側面を明らかにすることができる。例えば、人間の幸福や運は、これまで定性的な調査やアンケート調査によって主観的に把握されてきた。それらは、個人によって異なる複雑かつ多様なものであると考えられていたのである。これに対して、加速度センサーや赤外線センサーを利用して人間の行動を秒単位で記録し、分析することで、人間の幸福や運にも法則（パターン）を発見し、理論化・定式化することができる。矢野は、加速度センサーや人感センサーを搭載した「名札タグ」を用いて組織内の人々の行動や対面コミュニケーションの頻度を記録したところ、組織内の人々の身体運動が多いほど組織内での幸福度・満足度が向上し、組織の成功へと結びついていることを示している（矢野, 2014）。

また、災害時における状況把握や避難行動についても、スマートフォンからのデータを活用することで別の側面を明らかにすることができる。未曾有の犠牲者を出した東日本大震災はまだ記憶に新しいが、携帯電話に搭載されたGPSデータを解析することで、地震発生直後の人々の行動をパターン化することが行われている。阿部ら日本放送協会による分析によると、津波警報を耳にして一旦自宅に戻り、家族とともに避難し

ようとする「ピックアップ行動」によって、地震発生後に津波の浸水域に入っていった被災者が一定数いたことが明らかになっている（阿部, 2014）。防災対策を立てる側は「津波警報が出されたら、ほとんどの住民は指示にしたがい避難する」と思い込みがちであるが、位置情報を大量分析から可視化することでそのような思い込みと実際の人間の避難行動との間のズレを明らかにすることができ、我々の日常生活における防災対策を再考する契機となる。

以上、まとめるとセンサーデータの社会研究への応用可能性として、以下の2点を挙げるができる。第1に、これまで主観的に把握されいた複雑かつ多様な社会的・文化的な事象（人間の幸福、運など）を、大量のデータを根拠にした定式化が可能となることである。第2に、災害などの特定状況下の人間の行動を定式化することで、防災計画などの策定者と実際に避難する人間との間の意識のズレを克明にできることである。いわば、政策と実際の人間の日常生活との間の齟齬を明らかにすることが可能となる。特に2番目は、政策研究や政治学の範疇にみえるが、我々の日常生活のあらゆる側面が、様々な政策によって成り立っていることを考慮すると、この齟齬を明らかにすることは重要である。

だが、センサーデータを利用するうえでの問題も多い。中でも、個人情報保護は重要な問題の1つである。たとえば位置情報は、特定の個人の行動を容易に把握できるので、プライバシーの侵害や犯罪行為に簡単に利用できてしまう。一方で、個人情報をどこまで保護されるべきかを一義的に画定することは難しく、安易な規制はデータの利活用そのものの萎縮に結びつきかねない。個人情報の保護を前提としつつ利活用とのバランスを確保すること（石川・松前, 2014）は重要であり、2015年9月に成立した改正個人情報保護法もこのバランスに配慮したものとされる。ただし、留意しなければならないのは、一般的な利用者にとっては、企業がパーソナルデータをどのように処理しているのかわかることが無いということである。利用者は、パーソナルデータを企業へ提供することに同意はしても、それらがスマートフォンを介したクラウドサービス上へ、いつどのタイミングでどのように送信され、利用されているのかわかることはできない。利用者はたとえ企業から「個人を特定しないように適切に処理している」と説明されても、それを完全に信頼することには困難である。ゆえに、企業がパーソナルデータを別の企業へ販売することに対する反発も根強く、ユーザーはセンサーデータの利用に対して受動的にならざるをえない。

センサーデータの利用におけるもう1つの問題は、センサーデバイスのカスタマイズ性である。消費者市場で購入出来るセンサーデバイスには、例えばデキサスインスツルメンツ社の Sensor Tag や SONY の MESH タグなどがある。これらのデバイスを利用する場合は、ユーザーは、これらのデバイスに搭載されているセンサーのデータしか取得することはできない。また、利用するウェアラブルデバイスによっては API が制限さ

れており、ユーザーの自作アプリから意図した通りにセンサーデータを取得できない場合もある。さらには、特定のウェアラブルデバイスから取得したデータを蓄積する場合、多くはそのデバイスを提供している企業のクラウドサービスを利用しなければならない。企業がデータを第三者へいつでも販売できることを考えると、それらのクラウドサービスを利用するのも躊躇われる。

4.2 パーソナルファブリケーションの意義

本稿では、パーソナルファブリケーションによるモバイルセンサーデバイスの制作方法と、センサーデータをリアルタイムで可視化する iOS アプリの実装方法について述べた。センサーデバイスから可視化アプリまですべて自分で制作し、データを蓄積するサーバーも自分自身で用意することで、上述の課題を解消し、応用可能性を広げることができる。

まず、利用者は利用者自身の興味関心に基づき獲得したいセンサーデータを決め、実際にそれを取得するためのデバイスを自分で制作し、サーバーに蓄積し活用することができる。パーソナルファブリケーションによってモバイルセンサーデバイスを自作するための敷居が下がった。本稿で紹介したデバイスの制作手法はすべてオープンソースで利用できるものであり、Arduino などの電子工作の基礎知識と、レーザーカッターなどのデジタル工作機器の基本的な使い方を把握していれば、誰でも制作可能なものである。また、データ可視化の iOS アプリは、Swift によるプログラミングの基本を習得すれば、誰でも制作することができる。本稿で紹介したモバイルセンサーデバイスと iOS アプリもすべてオープンソースで GitHub に公開しており、誰でも改変し利用可能としている。

また、サーバーを自分で用意し、自分で制作した iOS アプリからセンサーデータを送信し、蓄積すれば、個人情報上の懸念もある程度解消される。自分で取得した自分自身についてのパーソナルデータを自分のサーバーに置き、自分だけがアクセスできる状態にする分には問題は特に無い。デバイスを他人に提供して利用をお願いし、サーバーに蓄積する場合は引き続き個人情報保護への配慮が必要がある。これまでも、アンケート調査やインタビュー調査を生業とする研究者も、個人情報の保護や調査対象者の人権を保護するなど、調査研究上の倫理を求められてきた。それと同様に、デバイスを利用してもらう人にセンサーデータを取得する目的と、それ以外の用途にはセンサーデータを利用しないこと、センサーデータから個人情報が特定されないようにデバイスや iOS アプリ上でどういった処理を行っているかを説明し、実際に個人を特定できないようにアプリを改変すればよい。

5. おわりに

センサーデータを社会研究や文化研究において利用することは大きな可能性を持つ一方で、個人情報保護などの課題がある。本稿では、パーソナルファブリケ

ーションによるモバイルセンサーデバイスの制作方法と、センサーデータをリアルタイムで可視化する iOS アプリの実装方法を示した。これにより、パーソナルファブリケーションによりセンサーデータの社会研究の可能性がさらに広がる点を指摘した。

今後は、本稿で示したモバイルセンサーデバイスと iOS アプリの制作手法が、実際の社会研究においてどの程度有効かを検証する必要がある。モバイルセンサーデバイスの稼働期間と獲得できるデータ量の関係、どの程度の量のデータ量が集まれば有効な知見を出すことができるのか、大量のデータを蓄積するためには多くの人にセンサーデータの収集過程に参加してもらう必要があるが、そのためにはどういった方法が有効なのか、以上の諸点について検討する必要がある。これらの課題については、別途改めて論じることとした。

参考文献

- 阿部博史 (2014), 「震災ビッグデータ」から見えてきた東日本大震災の姿, 『放送メディア研究』11, pp.271-289.
- 石川憲洋・松前恵環 (2014), コンシューマデバイスとパーソナルデータの利活用および保護の動向, 『情報処理』Vol.55, No.11, pp.1261-1268.
- Chris Anderson. (2012), “MAKERS: The New Industrial Revolution”, Crown Business, 関美和訳, 『MAKERS 21世紀の産業革命が始まる』, NHK 出版, 2012.
- 田中浩也 (2012), FabLife-デジタルファブリケーションから生まれる「つくりかたの未来」, オライリージャパン
- Julie Steele and Noah Iliinsky eds (2010), “Beautiful Visualization”, O'Reilly & Associates Inc, 増井俊之, 牧野聡訳, 『ビューティフルビジュアライゼーション』, オライリージャパン, 2011.
- Neil Gershenfeld (2006), “Fab- The Coming Revolution on Your Desktop – from Personal Computers to Personal Fabrication –”, Basic Books, 田中浩也, 糸川洋訳, 『Fab-パーソナルコンピュータからパーソナルファブリケーションへ』 オライリージャパン, 2012.
- 矢野和男 (2014), データの見えざる手: ウェアラブルセンサーが明かす人間・組織・社会の法則, 草思社