

AttachCam: センサやクラウドと連携するカメラベースのデバイスツールキットの提案

仲松 聡^{1,a)} 沖 真帆¹ 塚田 浩二¹

概要: デジタルカメラの小型化／低価格化は著しく、ほとんどの PC /スマートフォン／タブレットに搭載されるなど、コモディティ化が進んでいる。しかし、こうした IoT(Internet of Things) 的応用においては、実世界での適切な固定方法、センサと連携した実世界の認識機能、クラウドと連携した適切な認識／フィードバック機能等が必要となり、カメラモジュール自体は安価になっても、それを用いた開発には多くの労力が必要であった。そこで本研究では、実世界の様々な箇所に手軽に固定し、様々なセンサと連動しつつ、クラウドと連携した柔軟な画像処理やフィードバックが行えるカメラベースのデバイスツールキットを提案する。

AttachCam: Camera-based Device Toolkit Linking Sensors and Cloud Services

SATOSHI NAKAMATSU^{1,a)} MAHO OKI¹ KOJI TSUKADA¹

Abstract: Recently, as camera modules have become more smaller and cheaper, they are equipped in many common devices. However, when a user develop a new IoT prototype using a camera, he/she might have difficulty of fixing method and integration with various sensors and cloud servers. In this paper, we propose a camera-based device toolkit, "AttachCam" which helps users to develop camera-based system linking with various sensors and cloud servers. We also prepare various fixing parts to fix AttachCam on various furniture and devices.

1. はじめに

近年、カメラを家具や日用品等に搭載し、クラウドと連携して活用する研究事例が盛んに行われている。例えば、辻田らによるフックに洋服を掛けるだけで写真を手軽に分類して保存する研究 [1] や、竹下らの自分が撮影したアングルの未来の画像が送られてくるフォトツールの研究 [2] 等がある。さらに、様々な製品やサービスも登場しつつある。例えば、netatmo 社の Welcome [3] は、顔認識システムを搭載した小型のネットワークカメラである。こうしたカメラを使ったインタラクティブ研究や IoT 開発の試作段階では、デバイスツールキットを利用し開発を効率化すること

が多い。例えば、Phidgets [4] 等を用いれば、様々なセンサやアクチュエータを手軽に扱うことができる。しかし、それらのツールキットのみでは、カメラ画像のような大容量のデータを扱うことは容易ではない。また、カメラデバイスはその用途によって固定箇所が様々であるため、適切な固定方法の設計にも多くの労力を必要とする。一方、近年では外部デバイスとの連動を前提としたカスタマイズ性の高いカメラも登場している。例えば、オリンパスのオープンプラットフォームカメラ OLYMPUS AIR 01 [5] がある。これは、Wi-Fi 経由で制御するレンズカメラだが、制御 API や筐体の CAD データ等が公開されており、拡張性が高いという特徴を持つ。一方、センサと連携したり、内蔵プログラムを自由に改編したりすることは困難である。こうした現状を整理すると以下ようになる。

- **固定具:** 実世界の様々な場所 (机／扉／天井等) に取

¹ 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科

Future University Hakodate

^{a)} b1012076@fun.ac.jp

り付ける際、場所に応じた適切な固定方法を検討／設計する必要がある。

- **カメラ:** カメラはネットワークに接続でき、他のセンサと連携できるよう内部プログラムを改編できる拡張性が高いものが望ましい。
- **ネットワーク:** ネットワーク経由でクラウドに大量のデータを蓄積することで、外部サービスとの連携や機械学習等の高度な知的処理と連携できることが望ましい。

こうした前提条件を考慮し、本研究では、実世界の固定やセンサとの連動が容易で、クラウドと連携した柔軟な処理が行えるカメラベースのデバイスツールキット「AttachCam」を提案する。

2. AttachCam

本研究で提案する AttachCam は、インターネット接続機能を持つカメラデバイスと、クラウドサーバー上で動作する Web アプリケーションで構成される。システム全体の構成を図 1 に示す。

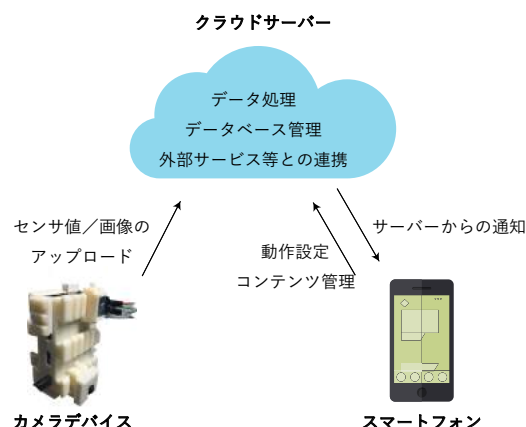


図 1 システム全体の構成図

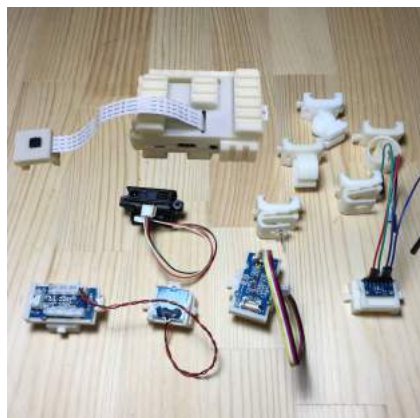


図 2 デバイスのプロトタイプ

2.1 カメラデバイス

カメラデバイスは、シングルボードコンピュータである Raspberry Pi^{*1} とその専用カメラモジュールを中心に構成される。Raspberry Pi は、拡張ポート経由で様々なセンサと専用のカメラモジュールを扱うことができ、有線 LAN ケーブルや USB 無線 LAN アダプタを用いて手軽にネットワークに接続できる。また、Raspberry Pi の拡張ポートを経由して、I²C(Inter-Integrated Circuit) 通信方式のセンサを接続し、手軽に利用できるライブラリ群の設計も進める。まずは、SeeedStudio の展開する Grove システムを用いて、温湿度・気圧センサ、3 軸ジャイロセンサ、光センサ等の基本的なセンサから対応していく。センサデータやカメラデバイスが撮影した画像や動画は、クラウドストレージサービス (例:Amazon S3) にアップロードされる。

また、カメラデバイスは、カメラ／センサ／固定具を自由に配置できる独自の筐体に格納する。このようにして、実世界の任意の位置に固定しつつ、センサ情報をトリガーとして任意の状況で写真／動画撮影を行うクラウド連携カメラの構築を支援する。

2.2 クラウドサーバー

クラウドサーバーは、Web アプリケーションとデータベースで構成される。Web アプリケーションでは、予めユーザが GitHub^{*2} 等のプロジェクトホスティングサービスで管理しているスクリプトを登録して利用する。ユーザはカメラデバイス向けのスクリプトと、クラウドサーバー向けのスクリプトを用意し、登録することで、Web アプリケーションがそれらを読み込みそれぞれの環境で実行できるようにする。こうして実行されたスクリプトによって、カメラデバイスからアップロードした画像や動画、センサデータが、クラウドサーバー上のデータベースによって管理される。また、サーバーにアップロードされた画像やセンサデータは、用意されたスクリプトに準じて処理されていく。スマートフォンは、Web アプリケーションに用意された API 経由で、利用するセンサの種類やトリガの閾値等を GUI ベースで設定でき、撮影した画像や動画、センサデータ等の閲覧も可能である。これらの機能を用いて応用アプリケーションの開発を支援する。

3. 実装

AttachCam のカメラデバイスのプロトタイプを図 3 に示す。

プロトタイプは、Raspberry Pi とその専用カメラモジュール、および専用の筐体と固定具を中心に実装した。一定間隔の溝を空けたベースレールを、筐体の前面／背面／側面

*1 <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>

*2 <https://github.com>



図 3 AttachCam の筐体。

筐体の前面／背面／側面にベースレールを設けて、カメラ／センサや固定具を自由に配置できるよう工夫した。

に設けており、カメラやセンサを格納するケースや固定具をレールにスライドして差し込めるように設計した。これにより、カメラやセンサをケース周辺の任意の位置に固定することができる。カメラについては、撮影対象に自由に向けるために、球型のジョイントを用いて任意の向きに調整可能にした (図 4)。さらに、任意の面に取り付けた固定具を介して、カメラデバイスを生活環境の様々な場所に設置することが出来る。センサについては、先に紹介した Grove センサに合わせたケースを設計し、本体のベースレール上に自由に配置できるようにした。(図 5)。

ここでは、実装済みの 2 種類の固定具について紹介する。一つは、くわえ込み式のマルチクリップであり、エレクター等のポールに固定できるように設計した (図 6)。もう一つは、画鋸等を差し込めるピン穴を持ったピンキャッチャーであり、石膏ボードなどに差し込んで固定できるように設計した (図 7)。AttachCam を用いた試作例として、本稿では室温・気圧センサモジュール (SSCI-022361) を取り付け、一定以上の気温となった際に写真を撮影し、Amazon S3 にアップロードするシステムを実装した。

クラウドサーバーはアップロードされた写真と固定位置／センサの種類／センサ値等を組合わせて、データベースに保存する。図 8 は、画像とこれらの付加情報を併せて表示し、付加情報を元にソートできる Web アプリケーションの事例である。

このように筐体周囲のレールにカメラ／センサ／固定具を装着し、身の周りの家具等に手軽に設置でき、様々なセンサ値をトリガーとして静止画や動画を記録し、付加情報と共にクラウドサーバー上にアップロードすることが出来る。AttachCam の設置例を図 9 に示す。

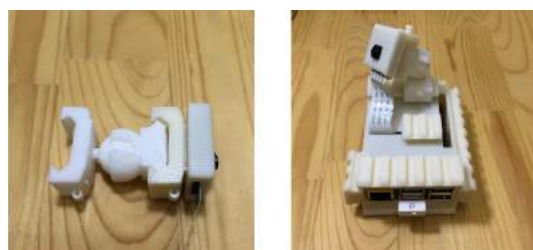


図 4 カメラ固定用のユニバーサルジョイント。
カメラの向きを自由に調整することができる。



図 5 センサとその固定具の一例。



図 6 固定具:マルチクリップ。

支柱や机等に挟み込んで取り付け、本体を固定できる。

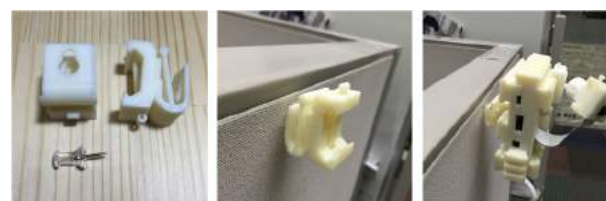


図 7 固定具:ピンキャッチャー。

ピン等を差し込んで、本体を壁面に固定できる。

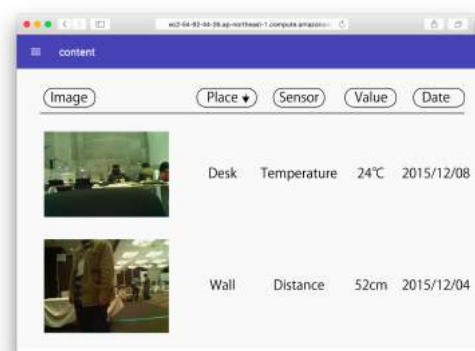


図 8 クラウド上の撮影画像を提示する Web アプリケーションの事例。

4. 応用例

本研究で提案するセンサやクラウド連携が容易なカメラデバイスを用いた応用例について述べる。

AttachCam は、特定の場所／状況というコンテキストを持った写真データを継続的にクラウドにアップロードし、将来的にこれらの画像情報を活用したサービスを構築できる可能性がある。例えば、3D プリンター等のデジタル工作機械に取り付けたり、出力物の組立てを行う机に取り付けたりすることで、デジタル工作機械を用いたモノづくりの過程を、状況別に自動記録し、クラウド上に集約することが出来る。ここに、大規模画像を用いた画像認識技

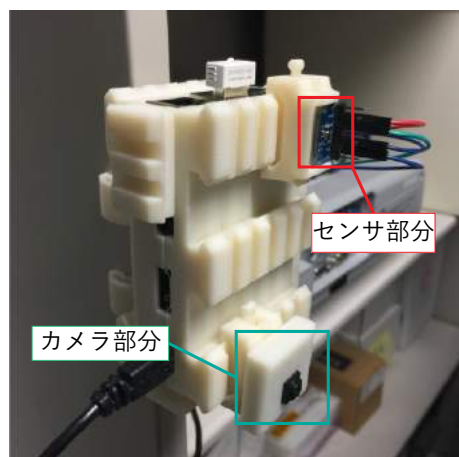


図 9 AttachCam の設置例。

室内の温度が一定以上になると写真とセンサの値 (温度) をアップロードする。

術を組合せることで、モノづくりの過程から自動的に特徴的な作業を発見したり、トラブルを予測したりできる可能性があると考えられる。現在、AttachCam を小型の 3D プリンタに固定し、造形過程の記録の検証を進めている (図 10)。



図 10 AttachCam を小型 3D プリンタ (UP Plus 2) に固定した様子と撮影画像 (右)

5. 関連研究

5.1 カメラを家具や日用品に取り付けた研究事例

FingerPhone [6] は、指紋認証装置とカメラを一体化したスマートインターフォンであり、来訪者を指紋情報と写真に基づいてデータベース化できる。Complete fashion coordinator[1] は、フックに洋服を掛けるだけで写真を手軽に分類して保存するファッションコーディネートシステムである。DrawerFinder[7] は、収納箱の開閉状況を棚につけられたカメラで自動的に認識し、箱の中身や周辺状況を自動的に保存してモノ探しを支援するシステムである。カメラをクラウド連携した研究としては、photocatena[2] がある。photocatena は、ユーザ同士の繋がりを利用することで時間軸を超えた撮影を可能にするサービスで、写真を撮ると同じ位置で過去に撮影された写真を見ることができる。Welcome[3] は、小型の置き型カメラデバイスに顔認識機能を搭載し、家庭で利用することで見守りや安全確保に活用できるネットワークカメラである。これらのシステムの多くは特定の場面に特化しており、システムの挙動やデバイスの固定方法が一定である。本研究では、独自の筐

体と固定機構を用いて実世界上の任意の位置に容易に固定できるカメラベースのデバイスツールキットを提案する。

5.2 センサを手軽に扱うためのデバイスツールキット

Arduino ^{*3} は AVR マイコンベースのデバイスツールキットであり、Processing ベースの開発環境から、センサやアクチュエータを手軽に扱うことができる。Edison ^{*4} は intel 社が提供しているシングルボードコンピュータで、高性能なプロセッサを搭載していることが特徴である。また、.Net Gadgeteer [8] は、マイコンとソケットが実装されている「メインボード」と、ソケットにつながる「モジュール」から構成されるツールキットで、Visual Studio 上で C# でプログラムでき HTTP アクセス等を実装できる。MobiServer [9] は、多様なデバイス/ツールキット群を統一の作法で扱うためのミドルウェア群であり、手軽にユビキタス・インタフェースを構築できる。Webmo[10] は簡単にネットワークできるモーターで、WebAPI 経由で制御できる。Form Follows Function() [11] は、単一のソースコードからデバイスの筐体と機能を実装できる統合開発環境であり、Web ブラウザ上からレーザーカッターで出力するための図面作成を行うことができる。しかし、これらのデバイスツールキットのみで大容量の画像や動画を処理するのは不得意であり、外部サービスや他のデータと連携するに労力が必要である。本研究では、クラウドサーバーとの連携を前提としたカメラベースのツールキットを設計することで、大容量の画像や動画を処理でき、容易な外部サービスとの連携やセンサを扱うためのライブラリを利用できる開発環境の構築を目指す。

5.3 カスタマイズ性の高いカメラデバイス

OLYMPUS AIR 01 [5] は、Wi-Fi 経由で制御するレンズカメラであり、制御 API や筐体の CAD データ等が公開されており、拡張性が高いという特徴を持つ。Ai-Ball [12] は、スマートフォン・タブレット・PC に対応した超小型 Wi-Fi ワイヤレスネットワークカメラで、ネットワーク経由で動画録画を行うことができる。Meet OTTO [13] は、Raspberry Pi ベースのカスタマイズ可能な GIF カメラで、センサをトリガーとして取り付けることができ、GIF アニメーションを手軽に作成できる。これらのカメラデバイスは完成度は高いものの、多彩なセンサやクラウドサーバーとの相互連携を前提に設計されていないため、柔軟性に欠ける点があった。本研究では、Raspberry Pi とその専用のカメラモジュールを用いてカメラデバイスを開発し、ネットワーク接続とセンサの利用を容易にして、柔軟な拡張性を持つことが特徴である。

^{*3} <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

^{*4} <http://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/do-it-yourself/edison.html>

6. まとめと今後の展望

本稿では、実世界の様々な箇所に手軽に固定し、様々なセンサと連動しつつ、クラウドと連携した柔軟な画像処理やフィードバックが行えるカメラベースのデバイスツールキット「AttachCam」を提案・試作した。更に、温度センサ等をトリガーとして静止画／動画を撮影し、センサ値等の付加情報と共にクラウドサーバーに保存する事例を実装した。

今後の展望としては、オープンソースハードウェアとして、ソフトウェアや仕様を公開することで、誰もが同等の装置を手軽に入手／再構築できるよう工夫していく。これにより、多くの人がデバイスを利用でき、大規模画像の蓄積とそれに基づくサービスの恩恵を受けられるように配慮していきたい。さらに、AttachCamを用いて様々な日用品インタフェースを構築／運用することで、ツールキットとしての機能や性能の検証を図る。また、ワークショップを通じてシステムの利用過程を観察し、利用者のフィードバックに基づく改良・性能向上をしていく。最終的には、多くの人がツールキットを利用できる環境を整え、カメラを用いた様々な、IoT システムやインタラクティブ・システムの試作を支援したい。

謝辞

本研究は JST CREST の支援を受けた。

参考文献

- [1] Hitomi Tsujita, Koji Tsukada, Keisuke Kambara, and Itiro Siio. Complete fashion coordinator: A support system for capturing and selecting daily clothes with social networks. In *Proceedings of, AVI '10*, pp. 127–132, 2010.
- [2] 竹下さえ, 赤塚大典, 寛康明, 慶應義塾大学. その後が届くフォトツール photocatena の提案. *インタラクション*, pp. 37–40, 2010.
- [3] Netatmo. Welcome smart home camera with face recognition. <https://www.netatmo.com/ja-JP/product/camera>. (Visited on 10/22/2015).
- [4] Saul Greenberg and Chester Fitchett. Phidgets: Easy development of physical interfaces through physical widgets. In *Proceedings of, UIST '01*, pp. 209–218, 2001.
- [5] OLYMPUS. Olympus air a01. <http://olympus-imaging.jp/product/opc/a01/>. (Visited on 10/21/2015).
- [6] Maho Oki, Koji Tsukada, Kazuhiro Kimura, and Satoshi Nakamatsu. Fingerphone: Smart interphone integrated with a fingerprint sensor. In *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers, UbiComp '15*, pp. 277–280, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [7] Mizuho Komatsuzaki, Koji Tsukada, and Itiro Siio. Drawerfinder: Finding items in storage boxes using pictures and visual markers. In *Proceedings of the 16th International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '11, pp. 363–366, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [8] Steve Hodges, James Scott, Sue Sentance, Colin Miller, Nicolas Villar, Scarlet Schwiderski-Grosche, Kerry Ham-mil, and Steven Johnston. .net gadgeteer: A new platform for k-12 computer science education. In *Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE '13*, pp. 391–396, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [9] 塚田浩二. 日曜ユビキタスのための手軽なミドルウェア. *コンピュータソフトウェア*, Vol. 27, No. 1, pp. 3–17, jan 2010.
- [10] 原健太, 渡邊恵太. Webmo: Wifi と webapi をパッケージングしたステッピングモーター. In *2015*, pp. 215–216, 2015.
- [11] Jun Kato and Masataka Goto. Form follows function(): An ide to create laser-cut interfaces and microcontroller programs from single code base. In *Adjunct Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology, UIST '15 Adjunct*, pp. 43–44, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [12] Bravo INC. Trek ai-ball worldsmallest wifi remote camera. <http://kogata-ccd-camera.com/>. (Visited on 10/22/2015).
- [13] Next Thing Co. Meet otto - the hackable gif camera. <https://www.kickstarter.com/projects/1598272670/meet-otto-the-hackable-gif-camera>. (Visited on 10/22/2015).