

電力インフラに依存しない自立電源駆動式デジタルメディア

Independent Power Source Driven Digital Media that does not Depend on Power Infrastructure

鈴木 由信 SUZUKI Yushin

デジタルハリウッド大学 メディアサイエンス研究所 研究員
Digital Hollywood University, Media Science Laboratory, Researcher

電力インフラに依存しない自立電源によって駆動する軽量なデジタルメディアを開発し、メディアアートやファッションテックなどのデジタル表現の可能性を拡張する。システム軽量化の為、自立電源には小さなソーラーパネルでの少ない発電量による充電を可能にするエネルギーハーベスト(環境発電)を実装し、より長い駆動時間を確保する為、待機電力を消費しない電子ペーパーや低電力で無線通信可能なBluetooth Low Energyを使用する。

キーワード：デジタルアート、IoT、エネルギーハーベスト、電子ペーパー、Bluetooth Low Energy

1. はじめに

デジタル表現はコンピュータによって電子的な計算を行う為、コンセントに繋ぐ必要があったり、バッテリーの充電と交換のメンテナンスのコストが必要だった。本研究では、デジタル表現を電力問題によって生じる制限から解放し、表現手法を拡張することを大きな目標とし、IoT業界で、自己電源による運営への利用が期待されているエネルギーハーベストの技術と、低消費電力で軽量なデジタル画像表示システムを組み合わせた、自立電源駆動式メディアを試作する。

2. エネルギーとメディアアート

今までにも自立電源によって駆動するアートは幾つかあった。「Little Sun」は光を作品に取り入れているアーティスト、オラファー・エリアソンとソーラーエンジニアのフレデリック・オッテセンによって設立されたプロジェクトである^[1]。独自に開発した高効率で実用的かつデザイン性に優れた手のひらサイズのソーラーライトを共同開発した(図1)。この作品では、LEDの光のみがアウトプットである為、小型軽量な電源システムでの駆動が可能である。



図1：The Little Sun Foundation

2012年より、太陽光発電事業を手がける企業 XSOLは音楽家の坂本龍一をイメージキャラクターに起用し、オリジナルのCM楽曲を坂本龍一が書き下ろした。CM中では、坂本龍一が太陽光パネルの前に並んだアナログシンセサイザーなど、複数の電子楽器を演奏した。この演奏で使用される全ての電力が太陽光発電でまかなわれており、「もう、

未来のエネルギーなんて、呼ばないでほしい。太陽が、動かしている」というメッセージを発信した^[2]。この事例では、可動性や軽量性が求められない為、大型の発電・蓄電システムを利用することができた。著者はこれまでにメディアアートの制作やIoTデバイス及びアプリケーションを開発してきた。その中で、デジタルを用いた表現には電力が不可欠であり、それにより生じる制限を突破できないかと考えた。そこで、IoTの普及により発展しているエネルギーハーベストの技術を応用した自立電源で駆動する軽量でデジタル画像を表示可能なメディアの開発を開始し、一連のシリーズを「Dub Plate」シリーズと名付けた。

3. Dub Plate 概要

「Dub Plate」は、スマートフォンから転送された画像を表示することができる。IoTに代表される低消費電力で小型化された無線等の技術と小さなソーラーパネルなどから得た微量な電気でもバッテリーに充電することができるエネルギーハーベストを組み合わせた、充電を必要としないシステムで、新たなデジタル体験を生み出すことを目指している。「Dub Plate」という名前は、画像をスマートフォンから複製(Dubbing)する為の盤(Plate)という意味だ。Dub Plateはこれまでに2種類の表現方法により試作を行い、発表している。次にその表現手法と展示概要を示す。

3.1 首下げ型ファッションアイテム Backstage Pass

首から下げるBackstage Passタイプをファッションアイテム(図2)として制作し、2019年10月12日(土)～11月25日(月)の蔦屋家電+「Fashion tech week」にて展示を行った(図3)^[3]。ファッションに馴染むIoT機器としてファッションテックの可能性を模索した。



図 2：着用イメージ



図 3：蔦屋家電+「Fashion tech week」での展示風景

3.2 壁貼り型デジタルキャンバス Flier

ステッカーの様に壁に貼ったり、宙に浮かせて設置することが可能で、街や自然などの景色の中にスマートフォンから画像を転送しインストールすることができる。2019年12月にデジタルハリウッド大学メディアライブラリーにて展示を行い、フィジカルとデジタルのハイブリッドな体験を生み出すことを試みた。



図 4：メディアライブラリー展示風景

4. システム概要

4.1 自立電源活動システムの開発

「Dub Plate」は、自立電源で活動をする小型軽量のディスプレイを実装するために、小型のソーラーパネルによる発電と、そこから得られる小さな電力を充電するエネルギーハーベストを発電システムに採用し、低電力でスマートフォンと通信するためのBluetooth Low Energyと低電力で画像を表示するための電子ペーパーを用いることで、低電力なシステムを構築した(図5)。

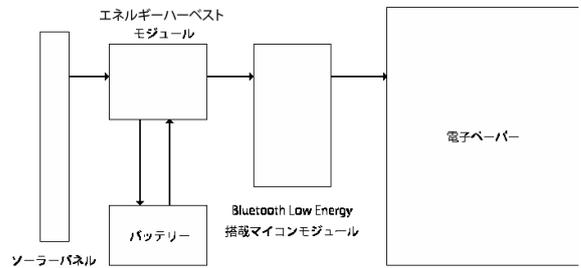


図 5：システム概要図

Waveshare社はコンシューマー向けに電子ペーパーと専用のマイコンモジュールUniversal e-Paper Raw Panel Driver Boardを販売している^[4]。Universal e-Paper Raw Panel Driver Boardは、Bluetooth Low Energyを内蔵する低コストで低消費電力なSoCのマイクロコントローラであるESP32を搭載していることからDub Plateのコアモジュールとして使用することにした。また、バッテリーには3.7V400mAリチウムイオンポリマーバッテリーを使用した。充電モジュールには、Pesky Products社のエネルギーハーベストモジュールBQ25504 Solar Cell LiPo Charger^[5]を使用した。また、センサー等の拡張性を考慮して、5Vへの昇圧コンバータを搭載した(図6)。

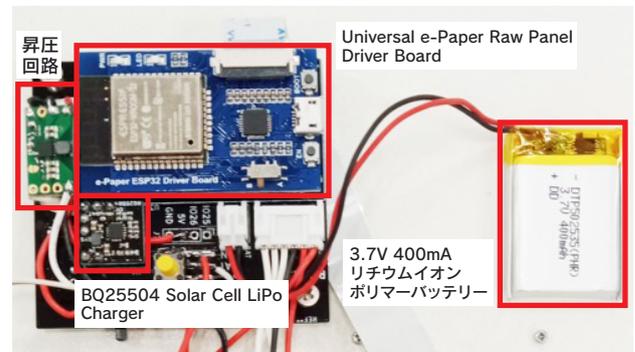


図 6：メイン基盤システム構成

ソーラーモジュールには、後述するケースのデザインとの融和性と充放電モジュールの入力電圧を考慮し、YOLK社のソーラーモジュールシリーズから、最大出力電圧5VのYKSM_20mm-8mm-5V-5mA^[6]を採用し、フロント基盤に配置した。また、画像切り替えや削除の為に、ボタンを3つ配置した(図7)。

YKSM_20mm-8mm-5V-5mA



図 7：フロント基盤システム構成

表示装置には、Universal e-Paper Raw Panel Driver Boardとの相性と首下げ型ファッションアイテムとしてのサイズ感を考慮し、Waveshare社の4.2inch E-Ink raw display^[7]を使用した(図8)。4.2inch E-Ink raw displayの解像度は300pix×400pixで、カラーはモノクロである。



図 8：電子ペーパー

これらを後述するケースに収めるため、オリジナル基盤を設計し、各モジュールを実装した(図9)(図10)。

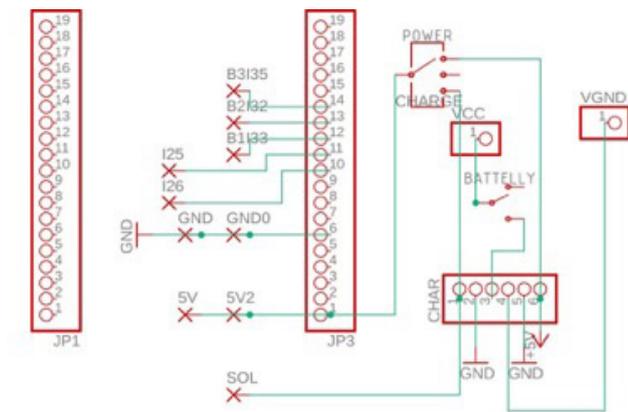


図 9：メイン基盤回路図

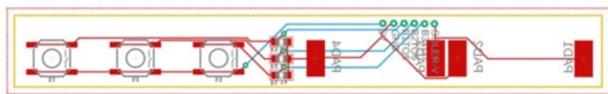


図 10：フロント基盤回路図

4.2 画像転送アプリケーション

Waveshare社が配布しているUniversal e-Paper Raw Panel Driver Board向けのAndroidアプリ^[8]をベースに、画像の切り抜き機能の追加や不要な機能を省いた、オリジナルのスマートホンアプリケーションを開発した(図11)。Dub Plateに転送する画像は、電子ペーパーの使用に準じて、300pix×400pixのモノクロに変換する必要がある為、スマートホンに保存された画像をリサイズし、モノクロの画像を生成する機能を備えている。モノクロ画像生成のアルゴリズムは、白黒の2値化とディザリングの2種類から選択可能である。画像をバイナリデータとして、Bluetooth Low Energyで通信したDub Plateに転送可能である。



図 11：アプリUI

5. サイズ・重量

本システムでは、IDカードほどのサイズで52gのシステムを構築することができた(図12)。ファッションアイテムとして首から下げる際には、なるべく身体に負荷がかからないサイズと重量にすることが望まれる。サイズに関しては、利用用途により選択肢を増やしていきたい。重量に関しては、軽ければ軽いほど快適な使用感や展示の応用性を得られる為、更なる軽量化を行いたい。また、テグスなどの視認性が低い糸を使用して天吊りした、宙に浮いた様な演出では糸の耐荷重が弱い為、軽量のシステムにする必要がある。本システムではテグスの耐荷重に耐えられる重量に収まっている。今後は更なる表現力の拡張の為、様々な画面サイズや、それに比例して必要になる発電・蓄電量の大きさを考慮したシステムに挑戦したい。



図 12：寸法

6. 発電・消費電力実験

本稿では、Dub Plateの自立電源活動性能を検証するために、ソーラーパネルの発電効率と、エネルギーハーベストモジュールの充電効率とコアモジュールの電力消費率の関係について、次の実験を行い、理論値との比較実験を行った。

ソーラーパネルの発電効率に関する実験方法は、本システムを用いて、6つのシチュエーションで、ソーラーパネルの出力の電圧と電流を測定した(図13)(表1)。

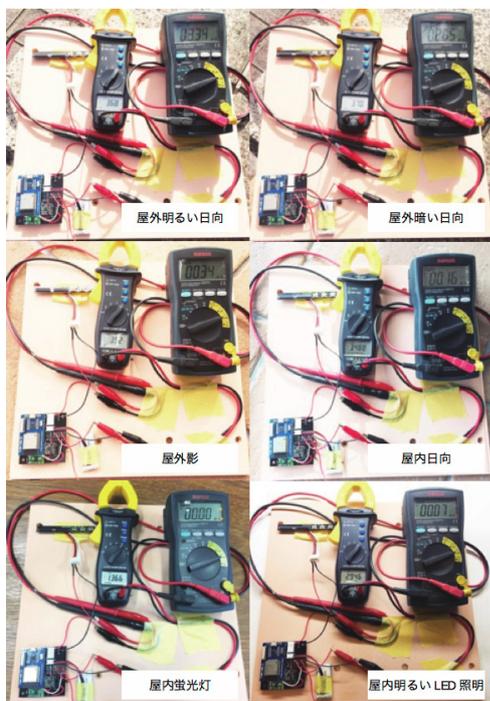


図 13：発電実験

表 1：ソーラーパネル発電実験結果

実験場所	ソーラー出力電圧	ソーラー出力電流
屋外明るい日向	3.68V	3.34mA
屋外暗い日向	3.7V	2.65mA
屋外影	3.52V	0.34mA
屋内日向	3.488V	0.16mA
屋内蛍光灯	1.36V	0mA
屋内明るいLED照明	2.946V	0.07mA

次に、エナジーハーベストモジュールが放電ロックをかけるまで使用したバッテリーに対して、「屋外明るい日向」において得られたソーラーパネルの電圧と平均電流値の安定化電源から、エネルギーハーベストモジュール経由で、バッテリーに1時間充電を行い、その後コアモジュールの駆動時間を測定した。

利用している各モジュールの電力とそれぞれの効率(表2)を基に、理論上の消費電力の計算式(表3)から得られた算出結果とコアモジュールの駆動実験での駆動時間を比較した(表4)。

表 2：利用モジュールの電力と効率

ソーラー電圧(V)	3.6
ソーラー平均電流(mAh)	3.3
充電電圧(V)	3.9
コントローラ効率	0.9
電池容量(mAh)	400
充電効率	0.85
放電電圧(V)	3.7
放電効率	0.9
変圧効率	0.9
ESP32動作電圧(V)	3.3
ESP32平均消費電流(mAh)	64
想定ESP32駆動時間(sec/h)	180

表 3：消費電力計算式

ソーラー発電能力(mWh)	ソーラー電圧*ソーラー平均電流*時間	11.88
電池の入力電流(mAh)	ソーラー平均電流*(ソーラー電圧/充電電圧)*(コントローラ効率*充電効率)	2.330307692
1時間で充電される電荷(C)	電池の入力電流/1000*3600	8.389107692
電池容量(C)	電池容量/1000*3600	1440
満充電までの時間(h)	電池容量/1時間で充電される電荷	171.651152
ESP32が1時間分動作するのに必要な電荷(C)	ESP32平均消費電流/1000*想定ESP32駆動時間	11.52
ESP32が1時間分の動作で電池から消費する電荷(C)	ESP32が1時間分動作するのに必要な電荷/(放電電圧/ESP32動作電圧)/(放電効率*変圧効率)	12.68468468
満充電された電池でESP32を動作できる時間(h)	電池容量/ESP32が1時間分の動作で電池から消費する電荷	113.5227273
ESP32が1時間分動作するのに必要な充電時間(h)	満充電までの時間/満充電された電池でESP32を運用できる時間	1.51204218
1時間の充電でESP32が実動作する時間(h)(min)(sec)	1時間で充電される電荷/(ESP32平均消費電流/1000*3600)/(放電電圧/ESP32動作電圧)/(放電効率*変圧効率)*36000	144.3321206

表 4：充電時間に対する動作時間の予測と結果

充電時間(h)	予想動作時間(min)	予想動作時間(sec)	実測動作時間(min)
1.5	3.608303015	216.4981809	
1	2.405535343	144.3321206	1:30
0.5	1.202767672	72.16606029	
0.25	0.601383836	36.08303015	

7. 本システムの表現性

7.1 画像表示

本システムでは、モノクロ、300pix×400pixの解像度の電子ペーパーを使用した。人物写真は、人物を認識することができた。また、QRコードをスマホで読み取ることができた。文字は英数字において、17ポイント以上のサイズを認識することができた(図14)(表15)。



図 14：画像表示例



図 15：フォントサイズテスト表示

[7] WAVESHARE: "400x300, 4.2inch E-Ink raw display" <https://www.waveshare.com/4.2inch-e-paper.htm> (参照2020年9月18日).

[8] WAVESHARE: "File:E-Paper ESP32 Driver Board Code.7z" https://www.waveshare.com/wiki/File:E-Paper_ESP32_Driver_Board_Code.7z (参照2020年9月18日).

7.2 インタラクション

本システムでは、Bluetooth Low Energyを利用して、スマートフォンからDub Plateへ画像を転送することができた。オリジナルアプリではスマートフォン内に保存された画像を利用でき、その場で撮影した写真を送ることも可能である。

7.3 運用性

本システムでは、屋外に設置した状態で、満充電時から1時間に1回スマートフォンから画像を転送し、3日間充電を切らすことなく駆動させることを確認できた。利用用途に応じ、実験結果を基にバッテリーの容量やソーラーパネルの発電量を変えることで、電力システムのメンテナンスを必要としないシステムを構築できる。

8. おわりに

本稿では、試作した自立電源駆動可能なデジタルメディアのシステム概要と実験結果をまとめた。環境エネルギーから得られた電力で自立的に駆動し続けるシステムは、デジタル表現の手法を拡張するメディアとして期待できる。今後は、機能面の向上や軽量化と共に、表現手法についても研究を進めたい。

参考文献

- [1] L.S.Foundation: "Little Sun Foundation HP" <https://littlesunfoundation.org> (参照2020年9月18日).
- [2] 株式会社エクソル: "坂本龍一氏起用新CM展開のご案内" https://www.xsol.co.jp/import/news/files/2014/07/press_20140710_newcm.pdf (参照2020年9月18日).
- [3] 蔦屋家電+: "テクノロジーを"身に着ける"高揚感を体感する『Fashion tech week』を10/12(土)から開催!" <https://store.tsite.jp/tsutayaelectricsplus-futako/news/magazine/10199-1315301008.html> (参照2020年9月18日).
- [4] WAVESHARE: "Universal e-Paper Raw Panel Driver Board, ESP8266 WiFi Wireless" <https://www.waveshare.com/e-paper-esp8266-driver-board.htm> (参照2020年9月18日).
- [5] tindie: "BQ25504 Solar Cell LiPo Charger" <https://www.tindie.com/products/onehorse/bq25504-solar-cell-lipo-charger> (参照2020年9月18日).
- [6] YOLK: "YKSM_20mm-8mm-5V-5mA_" http://yolkstation.com/product/5-yksm_20mm-8mm-5v-5ma-2 (参照2020年9月18日).