

フィジカルコンピューティングへのモチベーションを向上させるブレッドボード HMMBB の提案

宮下 芳明[†]

HMMBB: A Breadboard Designed to Motivate Students to Learn Physical Computing

Homei MIYASHITA[†]

Summary. 本稿で報告する試作システム HMMBB は「電気回路における好意的解釈」を行うブレッドボードであり、断線箇所を自動探索・結線する機構を搭載している。HMMBB-R は、リレーで内部スイッチングを行うハードウェアに仮想的導線を投影する拡張現実感的システムであり、HMMBB-V は、タッチパネルに直接結線することで画面内の素子に通電したり、逆に画面内の電池から実世界の部品に通電しているかのような体験をもたらす拡張仮想感的システムである。

1. はじめに

はじめて「パパ」と口に出した乳幼児がいたとき、「述語がない」という理由で無視する大人はおそらくいない。むしろ、コミュニケーションの第一歩を踏み出したことを褒めるのではないだろうか。人間は間違える生き物である。そしてそれは、特に学びはじめの段階においては頻発するのが当然である。安村は Programming 2.0 を提唱し、これからのプログラミング言語は人間の特性をふまえて設計されなければならないと述べている[1]。しかし現在のほとんどのプログラミング言語は、極めて厳密な構文指向であり、守らなければならないルールが非常に多いだけでなく、それらをひとつでも間違えると実行結果を表示すらしてくれない。こうした制約はプログラミングを学び始めたばかりの人にとって大きな障害であり、学習に対するモチベーションの低下につながると考え、筆者は「モチベーションを向上させる言語」としてこれまで HMMMML[2] を開発してきた。本稿では、この思想がフィジカルコンピューティングにも適用できるのではないかという仮定のもとに試作したブレッドボード HMMBB について報告する。

2. HMMBB

2.1 システム概要

Arduino や Gainer などの入出力ボードや Phigets のようなインタフェース、はんだづけせずに回路を作成できるブレッドボードの登場により、センサやアクチ

ュエータを制御するフィジカルコンピューティングへの敷居はやや下がったものの、プログラミングと同様に学習に対するモチベーション向上のためには未だ多くの工夫が必要だと考えられる。本稿では、HMMMML の思想をフィジカルコンピューティングに適用することを試み、HMMBB (Homei Miyashita's Motivating BreadBoard)を試作した。

ブレッドボードには上下両端に電源を配線するブロックと部品を配置するブロックをもっており、前者では+(赤色)/(青色)それぞれが横につながり、真ん中の列については溝を挟んで上下それぞれ5つ縦に並んだ穴が繋がった構造になっている。これらの穴に直接電子部品を差し込むことによって電気回路を作ることができるが、どこがどこにつながっているかがわかりにくく、穴の数も威圧的なほど多い。ぐるりと回って戻ってくるような配置を行うことはできず、しながらアミダクジのような部品配置をせざるを得ない。何よりも、誤って隣の穴に差し込んでしまう結線ミスが頻発するのが大きな問題である。当然ながら、断線が一箇所でもある場合は回路が形成されていないので電気は流れない。目を懲らしてひとつひとつの結線を確認し「デバッグ」が完了するまで、システムは頑なに動かないのである。

本稿で提案する HMMBB は、穴の数を 84%削減し、上下左右に4つ穴の空いたパネルを基本ユニットにデザインした。視認性を高めるだけでなく、図4のように輪になった回路を作ること容易である。さらに、「電気回路における好意的解釈」によって多少の断線でも自動的に修復するほか、HMMMML と連携できるだけでなく、安定した動作を行う仮想的部品と混在

[†] 明治大学 理工学部 情報科学科
Meiji University

できる環境の提供も目指す枠組みとなっている。

2.2 電気回路における好意的解釈

電気回路はひとつの結線ミスがあるだけで動作しない。これは、ひとつのミスがあるだけでエラーを返して実行しないコンパイラと同様、フィジカルコンピューティングのモチベーション低下要因と考えられる。そこで本稿では、多少の結線ミスであっても大目に見て動作する電気回路があればよいと考えた。

回路の流れをたどって断線した箇所があった場合、近くに断線している箇所がないか探索し、自動的に結線してしまうようにすればよい。たとえば図1上のような回路があったとき、電池の左側からたどっていくとLEDの右側で断線が起きている。一方で、その右のパネルでも断線が起きているので、このパネルの構造を変えてつなげるようにすればよい(図1下)。実際の動作については動画[7]を参照されたい。

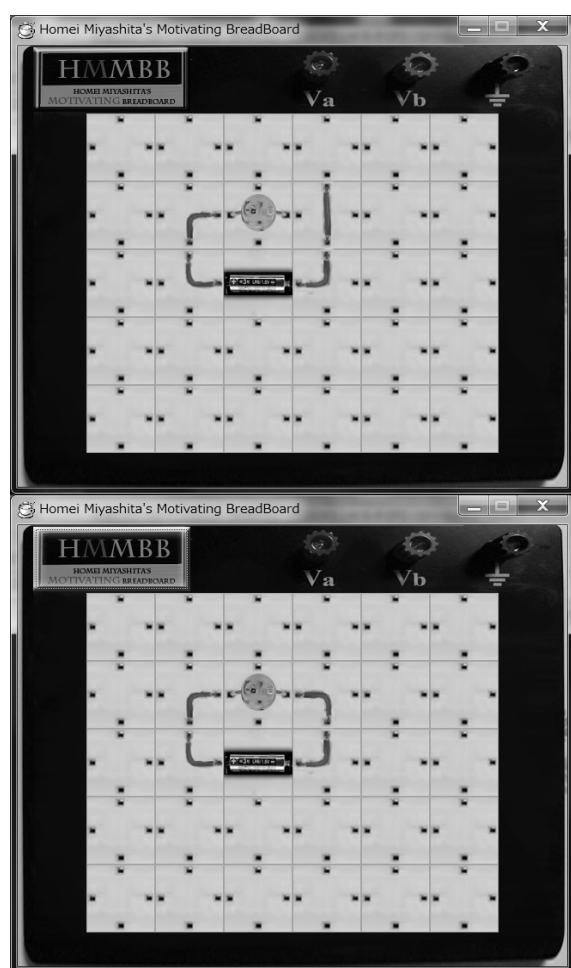


図1 電気回路における好意的解釈の動作(HMMBB-V)

2.3 HMMBB-R

HMMBB は、仮想的な素子を結線するソフトウェア(HMMBB-V)としても、実際にリレーによる物理的なスイッチングによって結線状況を変化させるハードウェア(HMMBB-R)としても実装した(図4, 5)。

HMMBB-R は液晶プロジェクタと組み合わせることで、落合の Visible Breadboard[3]や Uhling の react3D Electric[4]のように、AR 的に電気の流れを可視化することができる。図2の左端で赤く光っている縦線は液晶プロジェクタによって投影されている線であり、ブレッドボードの表側では断線しているが、裏側でリレーによる接続を行うことでこの断線を修復することに成功している。

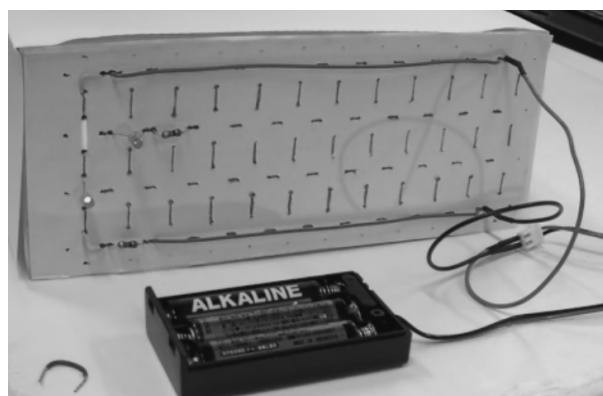


図2 実装した HMMBB-R

HMMBB-R は、図3のように1ユニットあたり6つのリレーで全ての組み合わせの結線をスイッチングできるようになっている。これにより、実際に断線した電気回路を修復して電気を流すことができる。

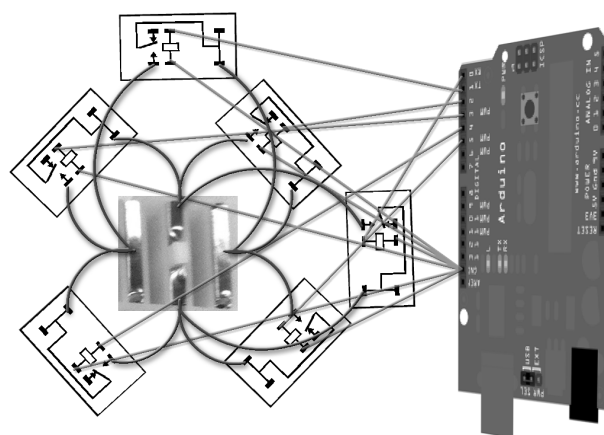


図3 HMMBB-R の構造

2.4 HMMMML との連携

HMMBB-V および HMMBB-R はプログラミング言語 HMMMML と連携して使用できる。HMMBB-R は USB-IO を経由してパソコンに接続する。0 番のピンに通電したいときは、on(0)と実行することで通電し、切断したいときは off(0)を実行すればよい。たとえば、マウスの座標によって 0 番ピンに接続された LED を点灯させるプログラムは、以下の通りである。

```
<if mouse.x>100 >
  on(0)
</if>
<else>
  off(0)
</else>
```

出力ポートは 0～7 番のポート番号で指定できるが、8 番ポートを指定すると、HMMBB-V に通電することが出来る。これによりハードウェア・ソフトウェア両方の HMMBB を混在させたシステム構築が可能である。

2.5 Augmented Virtuality 側のアプローチ

2.2 節では、ハードウェアとして実装した HMMBB-R 上に仮想的な導線を重畳表示したが、それとは逆のアプローチで、稲見らの Display-Based Computing[5]の思想をヒントに、ソフトウェアとして実装した HMMBB-V に実世界の電池や電子部品が結線できる拡張を行なった。つまり、「画面内の電池」で「実世界の LED」を点灯させる、あるいは「実世界の電池」を用いて「画面内の LED」を点灯させる環境である。

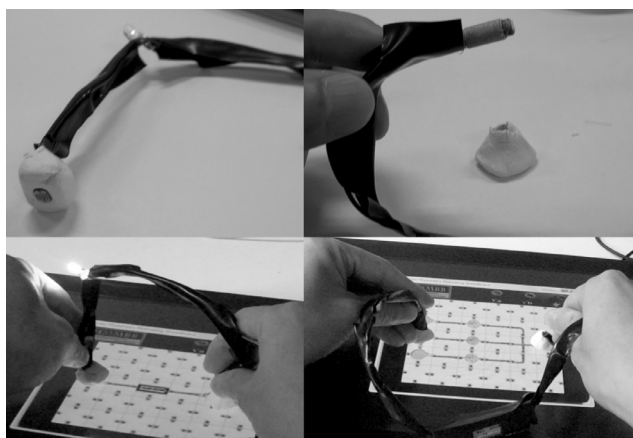


図 4 実装した AV-Cable

もちろん、タッチパネルは光の出力+タッチ入力を行うデバイスであり、電気の入出力を行えるわけではない。そこで、特殊なケーブルのように振舞うデバイス、「AV-Cable」を開発した（図 4）。実際の動作については動画[7]を参照されたい。

AV-Cable 1 は、CdS 素子によってディスプレイの輝度値を読み取り、その値に応じて電流を出力するデバイスである。これによって、HMMBB-V 内の電池によって実世界の素子を直接結線して駆動したかのようにみせることができる（図 4 左）。

AV-Cable2 は、液晶ペンタプレットの送受信コイルを利用した構造となっており、電気の入力に対してポインティング信号をその座標に対して送る。これにより、実世界の電池を使って仮想世界の部品を駆動したかのようにみせることができる（図 4 右）。

バーチャルな電気回路のメリットは、部品の使用が自由かつ無制限であること、そして動作が安定しているということである。実世界における電子部品の不安定さはフィジカルコンピューティングのモチベーションを下げている要因のひとつでもあるので、バーチャルなシミュレーションで十分なテストを行った後に、一部のセンサやアクチュエータだけ実世界のものをつなぐ、という考え方で制作ができれば、より思い通りの工作が行えるようになるはずである。

3. HMMBB の展望

HMMMML では一命令で「派手な」実行結果を得られる工夫がなされているが、HMMBB においても、通電すると光る LED だけでは不足しているかもしれない。現状では HEX-BUG[6]を改造した「通電すると虫のように走りまわる」素子が実装済みだが、「通電すると撮影する」デジカメ素子や「通電すると飛ぶ」ヘリコプター素子といった素子群を用意したいと考えている。

また、「通電すると信号を飛ばす」無線送信素子と「信号を受信すると通電する」無線受信素子によって容易にワイヤレス化ができるようにしたい。また「通電すると 100V を ON/OFF する」コンセント素子を用いれば、扇風機などの家電を制御できるようになるので、家庭内でのフィジカルコンピューティングを念頭に置いて用意したいと考えている。

なお、本システムは筆者が主観的に定めたデザインポリシーに基づいたプロトタイプにすぎず、本稿はその速報的な試作報告にとどまってしまうが、プログラミングシンポジウムでの議論を踏まえて、次稿

ではフィジカルコンピューティングの敷居を下げるために行われている国内外の試み、あるいはエミュレータに関する技術と比較しながら有効性を検証していきたいと考えている。

4. 質疑応答

Q デモンストレーションで用いているのはなぜ LED なのか。LED には極性や抵抗が必要となる点がある。LED 以外にデバイスがあるのか。

A 本システムでは豆電球もデバイスとして用意しているがそのほうが適切かもしれない。また 3 章の展望で示すような「モチベーションを上げる素子」を制作したいと考えている。

Q たとえば液晶画面は赤外光や紫外光は出せないなのでこのシステムには抽象化した層が必要だと考えられる。

A 導入を検討したい。

Q 電子工作は危ないことも含めて学ばなければいけないという側面があるはず。また、本システムでは大電流が流れたときにどうなるのか。

A 現状では単に導通に基づいたリレー接続しかしておらず、その先の予測はやっていない。よって、大電流が流れたときには、実世界と同じように抵抗は焼けてしまう。電子工作を安全にしようという支援ではないので、「危ないことも含めて学ばなければならない」ということについては筆者も同感である。

Q 本システムでは何を「正しい」こととして好意的に解釈するのか。

A 人間なら多数が「制作者はこうしたかったに違いない」と思える部分を実装しようとしている。

Q 基本はデジタル回路のためのシステムなのか。

A 電気が流れているか流れていないかしかみていないため、現時点ではその程度の実装ということになる。アナログ回路の良さを実感できるような改良を施したいと考えている。

Q 実世界の電池や LED が本当につながらないのが惜しいのだが、なんとかならないものか。

A 今はケーブル内に電池を仕込むという方法をとっているが、これ以外の方法が思いつかないのが現状

である。パネルからの発電などもっとスマートな方法について考慮はしている。また、液晶ペンタブレットの制約上シングルタッチにしかならない制約もある。

Q 物理的な界面だけ実世界にする発想は Arduino や Gainer と類似しているが差は何か。またそれらとの親和性はどうか。

A 根本的な思想は同じで、ディスプレイに直接つなげたいということまで含めればおそらくコンセプトが異なるはず。また親和性については、電気が流れている回路なので、HMMBB の出力を普通のブレッドボードや Arduino につないで複雑なシステムを作ることでもある。

Q 電池を逆にした場合や LED を逆にした場合はどうなるのか。

A 現システムでは導通しかみておらず、導通がなくなったので断線とみなすことになる。理想的には全ての穴の組み合わせにテスターが入ったようなシステムにすべきであると考えている。

5. 参考文献

- 1) 安村通晃. Programming2.0 : ユーザ指向のプログラミング, 情報処理学会夏のシンポジウム 2006.
- 2) 宮下芳明. プログラミングに対するモチベーションを向上させる新言語 HMMML の開発, 第 51 回プログラミング・シンポジウム予稿集, pp.57-64, 2010.
- 3) 落合陽一. 「電気がみえる」デバイス Visible Breadboard, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.15, No.3, 2010.
- 4) Frank Uhling. react3D Electric - Tangible User Interface. <http://www.youtube.com/watch?v=6qTTQKWfV8Q>
- 5) 稲見昌彦, 杉本麻樹, 新居英明. Display-Based Computing の研究 第一報: 画像提示装置を主体とした実世界指向情報システム, 第 10 回 VR 大会論文集, pp.441-442, 2005.
- 6) HEX-BUG. <http://www.hexbug.com/>
- 7) 本システムのデモンストレーション動画 <http://www.homei.com/archives/51883671.html>