

## テクニカルノート

# パターン入力と連結拡張が可能な インタラクティブマトリクスLEDユニット

秋 田 純 <sup>†1</sup>

格子状にLEDが配置されたマトリクスLEDは、文字や図形を表示可能なデバイスとして公共交通機関などの車内ディスプレイなどに幅広く用いられている。そのマトリクスLEDでの表示コンテンツや点滅パターンは、メモリカードやネットワーク経由で与えるために表示コンテンツの変更の容易性・自由度が低く、また設計後のディスプレイ面のサイズ変更はほぼ不可能である。本稿では、マトリクスLEDを表示デバイスだけでなく入力デバイスとしても利用することで光源による直接のパターン描画ができ、また連結拡張によって任意サイズのディスプレイを構築可能かつ加速度センサによるインタラクション機能を備えるマトリクスLEDユニット“LED Tile”の設計・実装について述べる。

## Interactive Matrix LED Unit with Functions of Pattern Drawing and Size Extension

JUNICHI AKITA<sup>†1</sup>

Matrix LED is widely used as a display device that can represent characters or patterns. The conventional methods for programming these patterns, such as transmitting data via memory cards or network, have difficulties on updating the patterns, and further it is impossible to extend the display size. This paper describes a novel matrix LED unit, “LED Tile,” which enables users to draw patterns with bright lights by utilizing the LEDs as light sensors. Moreover, users can change the display size flexibly by connecting the LED Tile units each other. Finally, users can intuitively interact with the LED Tile using an acceleration sensor.

## 1. はじめに

正方格子状に配置された小型LEDを1つのパッケージに収めたマトリクスLEDは、その簡便性や文字や図形などの表現の多様性から、公共交通機関の車内ディスプレイから玩具<sup>1)</sup>、アート作品<sup>2)</sup>、ホビーユースの電子工作まで、幅広く用いられている。マトリクスLEDでの表示コンテンツは、一般にはメモリカードやネットワークを経由して、それを制御するマイクロコントローラ(マイコン)に与えるため、表示コンテンツの変更の容易性・自由度が低く、直接パターンを描画可能な紙やタッチパネル付きディスプレイなどの代替にはなりえない。またディスプレイ面の寸法変更は、マトリクスLEDユニット自体は隙間なく敷き詰めることができる<sup>3)</sup>ものの、マトリクスLEDそのものの結線とダイナミック駆動回路をあわせて再構成する必要があることから、動的な再構成は現実的ではない。

本稿では、マトリクスLEDの応用分野を広げることを目的とし、マトリクスLED自身の光センサとしての機能を活用<sup>4)</sup>することによる直接の点滅パターン描画機能を備え、またユニットの連結拡張とユニット間通信によるディスプレイ面サイズの拡張機能と、加速度センサによるインタラクション機能を備えるマトリクスLEDユニットシステム“LED Tile”の設計・実装について述べる。

## 2. システム設計方針

本稿で述べる、パターン入力機能と連結拡張機能を持つマトリクスLEDユニットシステム“LED Tile”の設計にあたって、以下のような方針を設定する。

- (1) LEDを表示デバイスだけでなく光センサとしても利用し、レーザーポインタやLEDライトによるパターン描画機能を持たせる。
- (2) 上下左右に物理的に連結でき、ユニット間の相互通信機能を持つ。
- (3) マトリクスLEDと同一サイズの基板とし、マトリクスLEDが隙間なく敷き詰められるようにする。

まず(1)は、マトリクスLED上の表示コンテンツを直接描画可能とすることにより、マトリクスLEDでの表示コンテンツの入力手段を拡張し、また描画におけるユーザのシステムのインタラクション性を持たせることを目的とする。また(2)は、マトリクスLEDに

<sup>†1</sup> 金沢大学  
Kanazawa University

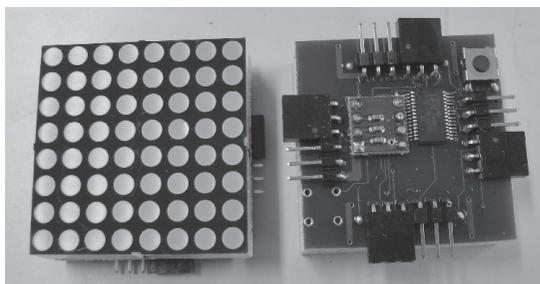


図 1 試作したマトリクス LED ユニット “LED Tile”  
Fig. 1 Matrix unit, “LED Tile”.

よるディスプレイ全体の表示サイズの拡張自由度を持たせることで、ディスプレイシステムとしてのサイズのスケラビリティを持たせることを目的とする。(3)は、(2)のディスプレイシステムとしてのスケラビリティにおいて、高い表示品質を確保することを目的とする。

### 3. システム実装

設計・試作した LED Tile の単体ユニットを図 1 に示す。マトリクス LED には PARALIGHT 社の TOM-1588BH (赤色・ $8 \times 8$  素子・ $38 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$ )、マイコンには Cypress 社の PSoc CY8C29466 を用いた。また基板のサイズはマトリクス LED と同一サイズになるように設計した。

ユニットの上下左右の 4 辺には 3 ピンのオス・メスコネクタのペアを備え、電源 (VDD と GND) と通信信号の合計 3 本を対称に配置することで、図 2 のようにユニットどうしの任意方向、任意個数の相互接続を可能とする。接続数可能なユニット数は電源供給能力にのみ制限され、接続の機械的強度はやや不十分であるものの、静的な設置ではほぼ問題ないレベルの強度である。

また 3 軸加速度センサ (Freescale 社の MMA7361L) を備えてユニット本体の傾きを計測することができ、また動作モード切替スイッチを 1 個備える。

#### 3.1 パターン描画・表示機能の実装

LED は、その構造上および動作原理上、PN 接合部が光を受けると微弱な電流が発生するため、発光デバイスだけでなく、感度は低いものの光センサとしても用いることができる。そこでマトリクス LED (図 3(a)) を以下の順序で駆動する。なお R0, R1 は行信号

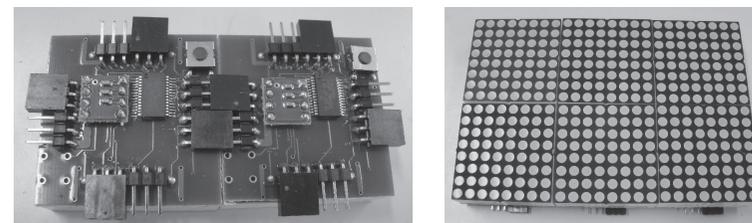


図 2 (a) LED Tile ユニットの連結と、(b)  $3 \times 2$  個をタイル状に連結した例  
Fig. 2 (a) Connection of LED Tiles and (b) connection of  $3 \times 2$  units.

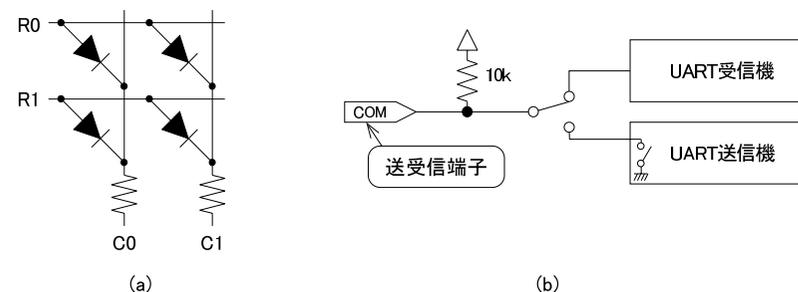


図 3 (a) マトリクス LED の等価回路と、(b) ユニット間通信回路  
Fig. 3 (a) Equivalent circuit of matrix LED and (b) Inter-unit communication circuit.

線、C0, C1 は列信号線であり、これらはすべてマイコンの入出力方向が切替え可能な I/O ピンに接続されているとする。

- (1) 行信号線・列信号線をすべて出力‘0’とする (LED のリセット)。
- (2) C0 のみ出力‘0’とし、それ以外の列信号線とすべての行信号線を入力に設定する。
- (3) C0 につながる各行の LED に入射する光に応じた光電流が流れ、それにともなって LED の PN 接合部の接合容量が充電されて各行信号線の電圧が上昇する。
- (4) 一定時間 (1 [ms] 程度) 経過後、各行信号線の電圧を A/D コンバータで計測し、その電圧が設定した値以上であれば、その画素の値を‘1’、それ以下であれば‘0’と設定する。
- (5) C0=‘0’のまま、行信号線を出力に設定し、得られた各画素の値に応じて点灯させる行を‘1’、消灯させる行を‘0’し、一定時間 (1 [ms]) 当該列の LED を表示する。

(6) (1)~(5)を、各列に対して順に繰り返す。

すなわち各列に接続される1列分のLEDに対して、センサとして用いる輝度計測と、その結果に応じたパターン表示とを時分割で行うことになる。したがって、光があたった箇所のLEDを消すといったインタラクションも実装可能である。なお輝度計測とパターン表示の時間は、動作タイミングと光センサ感度の検討の結果、各1[ms]に設定した。この結果、8×8個のマトリクスLED全体での輝度計測・パターン表示の周期、すなわちフレームレートは $1/\{(1[ms] + 1[ms]) \times 8\} = 60[\text{fps}]$ となり、ディスプレイとしてのちらつきを許容範囲とすることができる。

なお1つの列が光センサとして働いている(2)~(4)の期間にも、他の列のLEDで入射光に応じた接合容量の充電がおこるが、それらのLEDの列信号線は入力に設定されているため、それにあわせて列信号線の電圧も上昇し、行信号線の電圧変化への影響は無視できる。したがってマトリクスLED上の各LEDを、1つずつ独立な光センサおよび発光デバイスとして利用することができることになる。光センサとしてのLEDの感度は、低輝度LEDや室内照明程度の感度では十分な電圧変化は得られないものの、レーザーポインタや高輝度LEDなどの輝度の高い光源の光を照射した場合は、照射の有無を十分に検知可能であった。

### 3.2 ユニット間通信機能の実装

ユニット間の通信信号方式は19,200[bps]の非同期シリアル通信(UART)とし、ユニット間の接続コネクタのピン数削減のために、送受信切替えの半二重方式とする。

通常、各ユニットは各通信端子を受信端子に設定し、データの受信を待つ。隣接ユニットからデータを受信した場合のACK応答などのデータ送信を行う必要がある場合や、加速度センサの計測結果に応じて隣接ユニットへのデータ送信が必要となった場合や、各通信端子を送信端子に切り替えてデータ送信を行い、その後再び受信端子に設定して待機する。ただし各ユニットが独立に動作するため、隣接する2つのユニットが同時にデータ送信を開始する場合があります。そこで回路保護のために、図3(b)のように送信端子はプルアップ抵抗によって受動的にHレベルに保たれ、データ送信時にLレベルに駆動する構成とし、また通信データ処理レベルで衝突検出と再送制御の機構を実装する。

### 3.3 描画パターンに対するインタラクション機能の実装

“LED Tile”システムでは、描画したパターンを用いるインタラクションとして、次の3通りを実装した。

- (1) 加速度センサによってユニットの傾斜を計測し、描画パターンが流れる
- (2) ライフゲーム

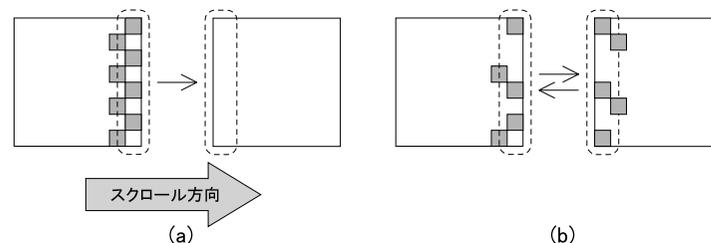


図4 ユニット間のパターンのやりとり。(a) 1方向のパターン送信の場合、(b) 相互の端をやりとりする場合  
Fig. 4 Exchange of patterns among LED Tile units. (a) one direction, (b) bidirection.

### (3) 指定方向へのスクロール

(1)では、加速度センサによってユニットの傾斜を計測し、傾斜がある程度以上となったときに、傾いている方向へ描画パターンをスクロールさせる。その際スクロールした方向の端のパターンは、図4(a)のようにスクロール方向に隣接するユニットへ送信される。隣接ユニットはそのパターンを受信し、自身の端のパターンとして表示する。これにより、連結されたユニットの境界を通してパターンをスクロールさせることができる。

(2)では、連結された全ユニットの中の1つのユニットに対して、動作モード切替えスイッチによってこの動作モードに設定すると、そのユニットがマスタユニットとなり、隣接するユニットに対してパターン遷移コマンドを送り、その遷移コマンドを受信したスレーブデバイスがさらに隣接するスレーブデバイスへと遷移コマンドを順次送ることで、連結された全ユニットでの同期したライフゲームとしてのパターン遷移を実現する。この遷移コマンドの送信の際には、あわせて隣接するユニットの端のパターンを図4(b)のように相互にやりとりすることで、ライフゲームのパターン遷移に必要な各セルの隣接セルの情報を得ることができる。

(3)では、(2)と同様に1つのユニットをマスタユニットとして設定し、あらかじめ設定した方向の隣接するユニットに、スクロールコマンドを送る。この際、スクロール方向の端のパターンも(1)と同様に図4(a)のようにあわせて送信することで、隣接するユニットの境界をまたがったパターンのスクロールが可能となる。スクロールコマンドを受信したスレーブデバイスは、それを受信した以外の3方向にスクロールコマンドと端のパターンを送信し、連結されたユニット全体でのスクロールが可能となる。

なお(2)と(3)では、遷移やスクロールの速度や、(3)におけるスクロール方向を、マスタユニットの加速度センサを用いてユニットを傾けて設定することができるように設計

した。

#### 4. 議 論

LED 単体やマトリクス LED を光センサとして用いる手法そのものは古くから知られており、またそれをインタラクティブなシステムへ応用しようとする試みとしても、Hudson<sup>4)</sup> がタッチパネル的な機能を持つデバイスを実現している。ただし LED の光センサとしての感度は非常に低く、また室内照明下での使用時には、商用電源 (50/60 Hz) 由来の周期変動成分の影響を強く受けるため、室内照明下での動作の安定化は困難である。本稿で述べた LED Tile は、マトリクス LED へのパターン入力方法としては新規なものではないが、光源をレーザポインタや高輝度 LED のような輝度の高い光源の光を、ペンのように用いて直接描画する方式に限定することで、安定動作を実現することができた。

LED Tile では、四辺に通信端子を持たせることで隣接ユニットとの双方向の通信を可能とし、パターンの変化にあわせて隣接ユニット間で端部のパターン情報を相互にやりとりするなどの過程によって任意サイズのマトリクス LED ディスプレイを構成することを可能とした。またユニットの基板サイズを、描画・表示面であるマトリクス LED のサイズと同一とすることで、マトリクス LED を隙間なく敷き詰めた任意サイズの LED ディスプレイを構成することを可能としている。

また描画パターンを用いたユーザとのインタラクションとしては、加速度センサによるパターンの移動やライフゲームを実装しているが、このほかにも、スクロール型ゲームや盤面型ゲームなども実現可能であり、直接描画機能とあわせた広い応用分野が期待される。またそのほかにも、インタラクティブな電光掲示板など、ネットワーク世界との入り口の媒体としても活用が期待される。

なおこの LED Tile を題材とし、機能は同一で用いる電子部品を工作が容易な挿入実装型部品に切り替えた電子工作キット版の LED Tile ユニットも開発し、小中高生向けの電子工作ワークショップも試験的に実施した。電子工作キットは、製作して動作チェックをするだけで終わってしまいがであるが、LED Tile では、製作後の、製作物とユーザのインタラクションや、製作者同士の製作物を通じたインタラクションの手段となると考えられ、有用な電子工作教室ワークショップを設計できる可能性があると考えられる。

#### 5. ま と め

本稿では、マトリクス LED の応用可能性を広げることを目的とし、マトリクス LED を表示デバイスだけでなく入力デバイスとしても利用することで光源による直接のパターン描画機能と、連結拡張によるディスプレイ・サイズの拡張機能、および加速度センサによるインタラクション機能を備えるマトリクス LED ユニット “LED Tile” の設計・実装について述べた。

今後は、LED Tile システムの作品としての展開や、これを活用した電子工作ワークショップの計画と実施を進める。

#### 参 考 文 献

- 1) Cube World. <http://www.asovision.com/cubeworld/>
- 2) 迎山和司, 前田将来: WAVO: 波動方程式による光の波を表現したインタラクティブ球体, インタラクション 2010 予稿集, pp.95-98 (2010).
- 3) SparkFun LED Matrix. <http://www.sparkfun.com/>
- 4) Hudson, S.: Using Light Emitting Diode Arrays as Touch-Sensitive Input and Output Devices, *Proc. UIST 2004*, pp.287-290 (2004).

(平成 22 年 6 月 24 日受付)

(平成 22 年 10 月 4 日採録)



秋田 純一 (正会員)

昭和 45 年生。平成 10 年東京大学大学院工学系研究科電子情報工学専攻博士課程修了。博士 (工学)。同年金沢大学工学部電気・情報工学科助手。平成 12 年より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講師。平成 16 年より金沢大学工学部情報システム工学科講師。平成 20 年より同准教授。集積回路、特に高機能イメージセンサと、その応用システム、特にインタラクティブシステムに関する研究に従事。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、芸術科学会各会員。