

ライフゲームを基にした

キューブ型インタラクティブデバイスの提案

松瀬 愛紗[†] 鈴木 龍彦[†] 金井 隆晴[†]

小木 梨紗帆[†] 馬場 哲晃[‡] 串山 久美子[‡]

著者らは接近させることで相互にインタラクションをするキューブ型のデバイス群“MixCube”を制作している。それぞれのキューブは赤外線通信によって別のキューブの接近を非接触に認識し、周囲の状況に対応した自らが発光する色を変化させる。その色の変化は J. H. コンウェイのライフゲームのルールを基に行われる。並べられた多数のキューブの色が半永続的に移り変わっていく様子すると同時に、ユーザーがキューブを直接手で触って動かすことで変化のパターンを変えて遊ぶことが出来る。本稿では、MixCube の設計、実装に関して報告する。

Interactive Devices of Cube Form Based on Game of Life

AISA MATSUSE[†] TATSUHIKO SUZUKI[†] TAKAHARU KANAI[†]

RISAHO OGI[†] TETSUAKI BABA[†] KUMIKO KUSHIYAMA[†]

We developed a system composed of devices of cube form which interact by approaching each other. Each cubes recognizes an approach of other cubes as low contact by an infrared communication, and changes the color that emits light by itself corresponding to circumstances. The color changing is ruled on life game of J.H. Conway. While the colors of a lot of cubes are changing, users are possible to play different pattern of color changing by moving them. In this thesis, we report the design and mounting of MixCube.

1. はじめに

パズルや、ブロック、積み木といった実物体を扱う遊びは、古くより多くの世代に親しまれている。これらの玩具は、誰でも操作することができ、何通りも遊び方がある。また、パズルの要素を持ち、論理的な考察と試行錯誤によって、答えを導きだすことができるものも多く存在する。ピアジェ 1) によれば、人間の思考形成の初期段階において、行動、感覚、経験が支配しており、特に「手」のさまざまな働きが、長い発達過程で、概念形成に結びついている。これらのパズルやブロックは手で触れてあそぶことで五感や思考力を刺激し、幼児の発育を促す知育玩具としても用いられる。

一方、シミュレーションゲームの一種であるライフゲームもパズルの要素を持っている。ライフゲーム (Conway's Game of Life) は「生」「死」の状態をもつセルを用いた単純なルールでその模様の変化を楽しむことのできるゲームである。ライフゲームの多く

はディスプレイ上で扱われており、積み木やブロックのように実体を持ったライフゲームは少ない。ライフゲームが実物体で表現できれば、マウス操作などができないユーザにも操作が可能となり、幅広い年齢層の人々が遊ぶことができる。また、複数人が同時に触ることができるため、親子でコミュニケーションをとりながら遊ぶことも可能になる。

そこで、著者らはライフゲームを応用した規則に従い、相互にインタラクションをするキューブ型の玩具デバイス「MixCube」を提案する。

赤外線通信を用い個々のデバイスがライフゲームの一つのセルにあたる働きをすることで、実物体上でのライフゲームを実現できるような玩具の開発を目指す。また、幼児期のパズルやブロックには原色をつかったものが多く見られる。内山伊知郎が行った研究 2) によれば乳児は無彩色立体よりも、赤、緑、青といった原色の色彩立体を好むことが言われている。そのため、RGB の原色を基本としたフルカラーLEDを用いることで、幼い子どもでも識別でき、色彩感覚を養うことのでき

[†] 首都大学東京大学院

Tokyo Metropolitan University Graduate school of System Design

る知育玩具を目指す。

2. 関連する事例

2.1 赤外線通信によって群を形成するシステム

Robert Poor らが制作した *Nami* 3) では複数の半球状モジュールが赤外線通信により連携し、モジュール群全体でのネットワークを形成する。これによって実空間上にて直観的な拡散ネットワークを表現する。

Jonas Arbsjoe らの *Physical Pixels* はキューブ状のデバイスを隣り合わせて組み合わせることにより、その組み合わせに依存してゆっくりと発光する色が変わるデバイスである。ユーザはこのデバイス群を組み合わせていく過程で色が変化するルールを徐々に理解し、最終的に全てのデバイスを同じ色にするなどのパズルを楽しむことが出来る。これらの事例は著者らが提案するデバイスと近い機能を持つ。本デバイスではでは多数のキューブ型デバイスをマトリクス状に並べることで規則性を持たせやすいデザインを行った。

また David らによる *Siftables* 4) は、小型のディスプレイやモーションセンサ、近接センサを搭載した 1.5 インチほどのデバイスで様々な用途を想定し開発された。

Percussa 社から販売されている *Audio Cubes* はキューブ型の音楽パフォーマンス用インタフェースである。このデバイスは複数のキューブの距離や配置する角度によって楽曲のパラメータを変化させる。*Audio Cubes* は PC を連動して使用することが前提とされている。

3. アプリケーション

3.1 ライフゲームを基にしたインタラクシオン

本システムではコンウェイによって考案された“ライフゲーム”のルール (5 を基に、キューブ型デバイスの発光色が移り変わる。ライフゲームは、碁盤のような格子の中のそれぞれの格子をセル(細胞)とし、各々のセルが世代(時系列のステップ)ごとに「生」と「死」の状態を遷移していくというものである 3)。

次の世代における状態は各々のセルの縦横斜めの八つの近傍するセルの現在の状態によって決定される。状態は以下のルールに従って決定される。このルールを本稿では遷移条件と呼ぶ。

・誕生

死の状態のセルに「生」の状態のセルがちょうど3つ

隣接していれば、そのセルは次の世代で「生」になる。

・生存

「生」の状態のセルに隣接するセルのうち2つもしくは3つが「生」の状態であれば、そのセルは次に世代も「生」になる。

・過疎

「生」の状態のセルに隣接するセルのうち4つ以上が「生」の状態であれば、そのセルは次の世代で「死」になる。

・過密

「生」の状態のセルに隣接するセルのうち「生」の状態のセルが1つ以下の場合、そのセルは次の世代で「死」になる。

ライフゲームの中には誕生や生存のための遷移の条件をオリジナル(コンウェイが考案した当初のルール)の設定以外にしたものも存在する。本システムにおける各遷移の条件もオリジナルとはことなる。その条件を表1にまとめた。キューブ型デバイスの発光色は、遷移のタイプに対応して決定されるので対応する発光色についても表1に示す。詳しい説明については後述する(5 節)。この遷移条件はソフトウェア上で擬似的なシミュレーションを行った上で、著者らが最も色(遷移条件)の出現率のバランスが良いと判断したものをを使用することにした。遷移シミュレーションの様子を図1に示す。

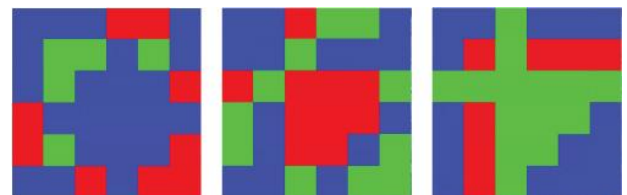


図1. 遷移シミュレーションの例(左から右に遷移)

表1 遷移条件のルール

現在状態	周囲四方の状態	状態変化
死(B)	生(R or G)が2つ	誕生(R)
	死(B)が3つ以上	
生/誕生(R)	生(R or G)が2つ	維持(G)
生/維持(G)	誕生(R)が1つ以上	維持(G)
上記以外の状態		死(B)

4. ハードウェア

4.1 システムの構成

本デバイスの外観を図2に示す。筐体はABS樹脂で制作した。また内部の回路システムの概観を図3、図4に示す。システムの構成はマイコン(PIC16F88)、赤外線を送受信素子、大型LEDである。各キューブ型デバイスの制御は全てマイコンが行っている。側面の四面には、赤外線送信LEDと赤外線受光素子のペアが一つずつ配置されている。送信する信号は四方向とも同一である為、送信LEDの制御はマイコンの一本のピンから行っている。受信に関しては四方向の赤外線受光素子からの信号を入力する為にマイコンの4本のピンを使用した。またキューブの状態を呈示する為の高輝度フルカラーLEDのためにピンを3本使用している。電源には、単4ニッケル水素充電電池を二本直列に使用し、昇圧回路によって動作電圧(5V)を作り出している。



図2 MixCubeの外観

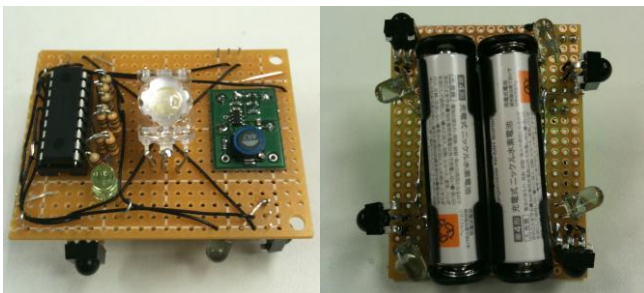


図3 内部回路の概観 表 図4 内部回路の概観 裏

4.2 通信用赤外線の調整

各々のキューブ型デバイスは近づけた場合にのみ、それらが互いに通信を行う。

デバイス同士が近づいた時だけ赤外線信号の送受信が行われるようにするために送信用赤外線LEDの電流値を制御する抵抗の値を調整した。抵抗値を調整しながら実験してみた結果、厚さ1mmのABS樹脂の片面にサーフェーサーを塗った板を2枚挟んだ状態で、赤外線LEDに流れる電流を0.3mA程度にした場合、キューブ

型デバイス同士の距離が1cm程度の場合に赤外線の送受信が成り立つことが確認された。しかしながら、赤外線信号がかろうじて届く距離では信号の精度が落ち、誤った信号と認識されてしまうことがあった。

赤外線LEDや赤外線受光素子は図5のように配置した。

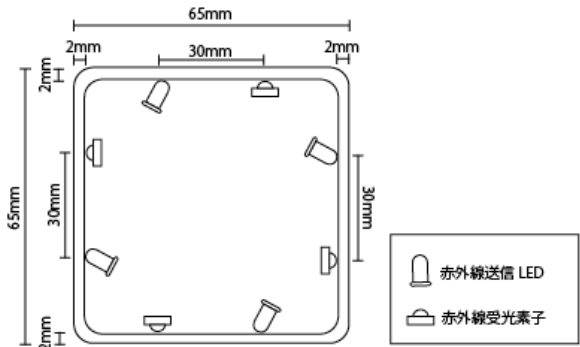


図5 赤外線送受信機の配置(上面から見た場合)

5. ソフトウェア

5.1 ライフゲームを基にした遷移条件

前述したとおり、本システムの遷移条件はライフゲームを元に行っている。通常のライフゲームの個々のセルが「生」と「死」の2つの状態をもつのにに対し、本デバイスは「誕生」「維持」「死」の3つの状態を持つ。なお、「誕生」と「維持」は、状態変化のルールにおいて、まとめて「生」状態として扱われることもある。また、ライフゲームが「生」と「死」の初期の配置によっては世代が続かず、遷移が途切れてしまう場合があるのに対し、本デバイスの遷移条件では、「死」状態のデバイスが周囲四方に3つ以上ある場合に「誕生」状態となるなど、遷移が途切れても再度誕生するような設定がなされている。

各デバイスは自身の色情報の送信と、周囲四方の色情報の受信を相互に行っている。送信は複数回、受信はプログラムの一巡につき各面で一度だけ行われる。送信プログラムでは、約38kHzの赤外線を、間隔を空けて連続で各面から発信している。この赤外線を発信する時間は、発信する色の信号によって異なり、受信プログラムでは、赤外線が発信されている時間をカウントして各面のデバイスの色を認識する。受光素子が赤外線を受信すると受信ピンの電位が0V (LOW状態) となり、信号がない場合は5V (HIGH状態) となる。発信時間をカウントする際、発信の途中から時間をカウントしないように、発信以前に電位がHIGH状態にならな

いと発信時間をカウントしないような調整がなされている。各面の色情報の認識が終わる度に、上記のライフゲームを元にしたアルゴリズムによって自らの色を更新する。送受信プログラムの概要を図5に表す。

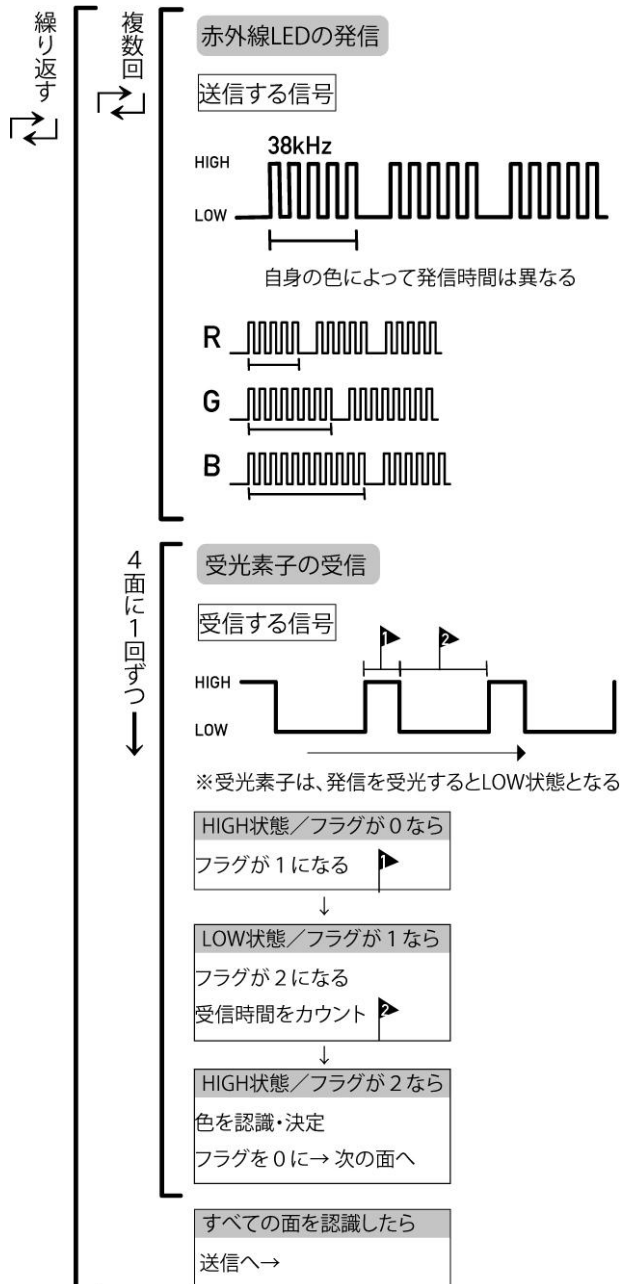


図5 送受信プログラムの概要

6. 今後の展開

一通常のライフゲームでは、各セルが周囲の縦、横、斜め方向の状態をもとに自らの状態を決めるが、本稿のデバイスでは、送受信を四面で行っているため、斜め方向のデバイスの色情報を得ることができない。今

後の展望としては、より本来のライフゲームに近づけるために、送受信ユニットを8ペアにし、縦、横、斜め方向の状態が送受信可能になるよう改良することが挙げられる。また、底面と上面にも送受信ユニットをつけることによって、3次元ライフゲームを実物体で表現することも可能であると考えられる。

ソフトウェアにおいて、本稿のデバイスでは送受信が必要なデータの種類の少ないため、赤外線受光時間をデータ送受信に使用している。これを、HIGH状態とLOW状態を1ビットとして扱う方式にすれば、より多くて複雑なデータを短時間で送信できる。これによって送受信できるデータの幅が広がり、状態のバリエーションを増やすことができる。また、例えば3セル分離れたデバイスの色情報を、間のデバイスの通信機能を使用して取得するなど、隣り合ったキューブ以外の色情報を取得することも可能であると考えられる。

参考文献

- 1) J. Pajet, 発生的心理学—子供の発達条件, 1975
- 2) Uchiyama Ichiro, The liberal arts 176 (Doshisha University), 184-175, 2004-12
- 3) Heaton, K.B. Physical Pixels, pp.17-25. Masters Thesis. Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- 4) David Merrill, Jeevan Kalanithi, Pattie Maes, Siftables. towards sensor network user interfaces, Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction, February 15-17, 2007, Baton Rouge, Louisiana
- 5) William Poundstone. ライフゲームの宇宙. 日本評論社. 1990