7ZC-03

物理的可視化に基づく数独システムの開発

佐々木　夢乃[†]　Nicolas Daniel-Pierre Couvrat[‡]　富田　遼大[‡]　芳賀　博英[‡]
同志社大学 理工学部[†]　同志社大学大学院 理工学研究科[‡]

1. はじめに

近年，ゲーム本来のエンタテイメント性を利用し，教育や医療，政治問題などの社会問題を解決するためのゲームとしてシリアスゲームが注目されている．我々の研究グループではシリアスゲームの概念を用い，情報を,物理的実体を用いて表現することで，デジタルと現実世界を繋ぐ研究を行っている．本研究では，その一例として，フィジカルコンピューティングや，タンジブルユーザインタフェースの概念を用いた，幼児向けの 4×4 の数独システムの開発について述べる．これは，数字を実際に触れることが出来る箱に置き換えることで，ユーザが箱を並べて遊ぶことが出来る．また，物理的な箱をつかうことで数独のルールという論理的制約を可視化している．

2. 研究背景

2.1. フィジカルコンピューティング

フィジカルコンピューティング [1)]は従来の，キーボードやマウス，ディスプレイなどを使用する GUI（Graphical User Interface）を超えた，新しい形式のインタフェースの概念である．光や音，加速などの様々な要素で，人間の動きをコンピュータの入出力として使用する．
例として，任天堂の Wii リモコン [2)]が挙げられる．リモコンに内蔵されている，加速度センサや赤外線センサなどのセンサを用いることにより，リモコンを振るなどの動作を認識することができ、ゲームの入力として用いることが出来る．

2.2. タンジブルユーザインタフェース

タンジブルユーザインタフェース [3)]はマサチューセッツ工科大学の石井教授らが提唱する，形のない情報に直接触れることができるようにした，実体感のあるインタフェースである．その一例としてそろばんがある．そろばんは，数字を珠で表しており，ユーザはその珠を実際に触って動かすことによって計算を行うことが出来る．

Development of Sudoku system based on physical visualization
Sasaki Yumeno†, Nicolas Daniel-Pierre Couvra‡,
Tomita Ryotai †, Haga Hirohide‡
†Doshisha Univesity
‡ Graduate School of Science and Engineering,

珠の配置より数字の状態を把握できるので，暗算に比べて容易に複雑な計算が可能となっている．

3. 数独システムの開発

3.1. 概要

本研究では，数独を行う際に必要になる数字を，実際に触れることの出来る箱に置き換えることにより，タンジブルユーザインタフェースの概念を用いている．箱には数字に対応する色をつけたことにより，視覚的にも認識が容易になるようにした．そのことにより，幼児が数字を扱わなくとも学習することを可能にした．また箱を認識させるため，箱を置くボードにセンサ類を取り付けることで， 箱を手に取り並び替えることができるようにした．そのことにより，ユーザの動作を認識することが可能となり，フィジカルコンピューティングの概念を実現している．

3.2. 数独システムの動作

数独システムのゲームは次のような流れになっている．
①ユーザに問題を提示
②ユーザが箱を並べる
③システムが正誤判定を行う
④ユーザに正誤判定を出力する

ユーザに問題を提示する部分では，マルチカラーLED が光りユーザに数字の初期位置が示される．ユーザは対応する LED の場所に同じ色の箱を置くことで，数独の問題を作成する．ユーザは，先ほど作成した問題の空きマスに箱を置き，ゲームを進めることが出来る．箱の認識は距離センサで行っており，箱が認識されると，カラーセンサが箱の色を認識して，置かれた箱の情報を得る．最終的に内蔵されたスピーカでユーザが置いた箱が正解か不正解かを出力する．

3.3. ハードウェア実装

箱を認識させるために，土台のボードに 16 台の Arduino UNO[4)]を内蔵した．Arduino は 2005 年にイタリアで始まったオープンソースハードウェアであり，マイコンボードと入出力ポートを備えた基盤と Arduino IDE という統合開発環境から構成されるシステムの名称である．また，

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

Arduino は，統合開発環境により容易に開発が可能になっている．

各 Arduino UNO には超音波距離センサを取り付け，箱との距離を測定している．また，色を認識するためのカラーセンサには，白色 LED を横に取り付けることにより，色の認識の補助をしている．実際の Arduino UNO に取り付けているセンサを図 1 に，ボードの全体を図 2 に示す．

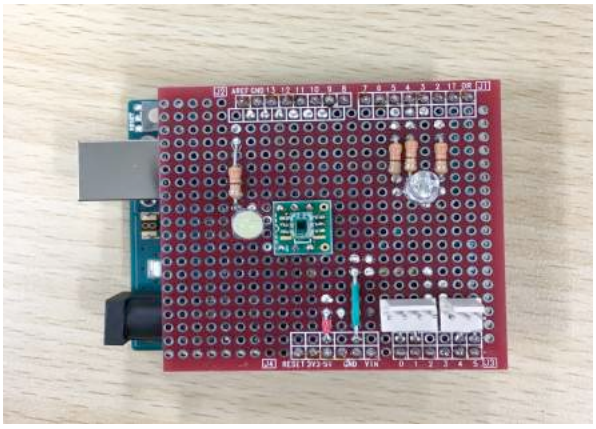

図 1　Arduino のセンサ

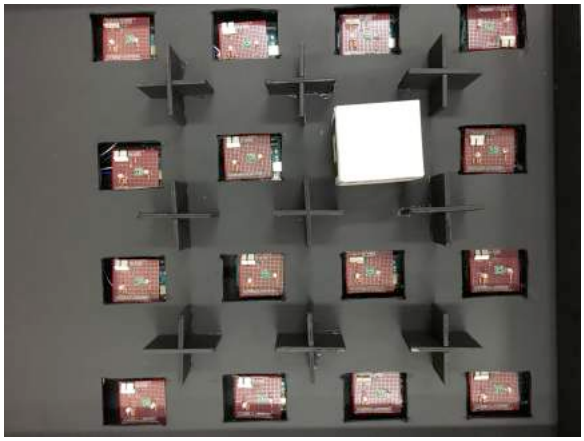

図 2　ボードの全体

3.4. ソフトウェアの実装

3.4.1. Arduino 間の通信手法

本研究では，16 台の Arduin UNO の情報を集約して，処理する必要がある．そのため，16 台の情報を集約するために Arduino MEGA と 16 台の Arduino UNO を接続した．16 台の Arduino UNO と Arduino MEGA は I2C 通信を用いて通信を行なっている．

I2C 通信とはフィリップス社が提唱した，シリアル通信の方式であり，近距離で直結したディバイスと通信する際に使われる．通信する際にはマスタとスレーブという役割に分かれて通信を行う．本研究では，集約用の Arduino MEGA をマスタ，それぞれの Arduino UNO をスレーブとして通信を行なっている．この通信を用いて，Arduino UNO の初期状態の配置の送信，センサによって得た状態の送信を実現している．

3.4.2. パターン認識

本研究ではカラーセンサを用いて，得たセンサ情報から色の認識を行い，置かれた箱の情報を Arduino MEGA に送信する必要がある．本研究では，4 種類の箱を用いてあるので，4 クラスの状態に分ける必要がある．しかし，ユーザが手を近づけた場合など，箱が置かれていない状態でカラーセンサの認識を行う場合を考慮して，リジェクトもできるようにパターン認識器の設計を行った．本研究では Arduino UNO の処理性能を考慮して，線形識別関数を用いた．本システムでは 1 つのクラスとその他のクラスを識別する線形識別関数を複数組み合わせることにより，多クラスの識別を実現している．

4. まとめと今後の展望

本稿では，数字を物理的実体で表す一例として，幼児向けの 4×4 の数独システムを述べた．この数独システムはゲームの動作を制御する Arduino MEGA と，ユーザが箱を認識する Arduino UNO の分かれている．箱には数字に対応した色がついており，Arduino UNO に取り付けた，超音波距離センサとカラーセンサで箱の認識を行っている．Arduino の同士の通信は I2C 通信を用いている．カラーセンサによって得たデータを用いて、パターン認識を行っている。

本研究では，幼児向けとして数独システムの開発を行ったが，実証実験を行っていない．今後の展望として，実際に幼児や小学生に体験してもらい，システムの評価や教育効果を確かめていきたいと考えている．

5. 参考文献

1)What is Physical Computing? ,
http://itp.nyu.edu/physcomp/
(参照 2016-12-12)

2)任天堂ホームページ
https://www.nintendo.co.jp/wii
(参照 2016-12-12)

3)MIT Media Lab Tangible Media Group ,
http://tangible.media.mit.edu/vision/
(参照 2016-12-12)

4)What is Arudino?,
https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction
(参照 2016-12-12)

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.