

## パソコンを利用した選択反応時間測定システムの試作

恐神 正博<sup>\*1</sup>, 杉浦 宏季<sup>\*2</sup>, 野口 雄慶<sup>\*2</sup>, 吉村 喜信<sup>\*2</sup>, 横谷 智久<sup>\*2</sup>

### Prototype-Construction of a PC Operated Choice Reaction Time Measurement System

Masahiro OSOGAMI<sup>\*1</sup>, Hiroki SUGIURA<sup>\*2</sup>, Takanori NOGUCHI<sup>\*2</sup>, Yoshinobu YOSHIMURA<sup>\*2</sup>  
and Tomohisa YOKOYA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Faculty of Environmental and Information Sciences, <sup>\*2</sup> Faculty of Sports and Health Sciences

The number of people aged 65 or older in Japan accounted for 5% of the population in 1950, exceeded 7% in 1970, and was more than 14% in 1994. The aging rate has continued to rise reaching 27.7% on October 1, 2017. While timing-skill and choice reaction time significantly decreases with aging, physical training can help limit how quickly they decrease. In recent years, there has also been concern about the decline of physical strength in elementary school students. Therefore, effective physical training methods are necessary. With this information, Yokoya et al. (2014) devised a method of measuring reaction time using the Rock-Paper-Scissors game. However, the devised equipment has a few shortcomings including being mechanical, the need to be operated manually every time, and only being able to measure time. This paper reports on the construction of a prototype system that improves upon existing equipment by shifting the functionality over to a PC, and to some extent, can operate automatically(including voice guidance).

**Key Words** : Scratch, Multi Media, Portability, Chice Reaction Times, Rock-Paper-Scissors Game

### 1. 年代別選択反応時間とその測定システム

我が国の65歳以上の高齢者人口は、昭和25(1950)年には総人口の5%に満たなかったが、昭和45(1970)年に7%を超え、さらに、平成6(1994)年には14%を超えている。さらに高齢化率はその後も上昇を続け、平成29(2017)年10月1日現在、27.7%に達している<sup>(1)</sup>。また、高齢化(すなわち老化)に伴い、選択反応時間を含むタイミング・スキルも著しく低下することが指摘されており、合わせてこれらを予防するための身体トレーニングが有効であることも明らかにされている<sup>(2)</sup>ことから、効果のあるトレーニング法が期待されている。

一方、近年の小学生を中心とする子ども達の体力低下とそれに伴う将来への社会全体への影響も懸念されており<sup>(3)</sup>、こちらについても適切なトレーニング法等の必要性が求められている<sup>(4)</sup>。

こういった背景から、横谷らにより、ジャンケンゲームを用いた選択反応時間のテスト法が考案され、反応時間の測定のための機器も開発されてきた<sup>(5)(6)</sup>。しかしながら、開発された機器は機械式で、1回ごとに手動での動作となり、また時間の測定しか行えず、さらに、操作性もあまりよくなかったため、パソコン(以下PC)上に機能を移行させることで、ある程度自動で動作し操作性を高めるシステムの構築について検討を行ってきた。ここでは、求められる機能を実現させるための試作システムの構築を行ったため、これらについての報告を行う。

### 2. 従来の機械式測定システム

従来の機械式測定システム(以下従来のシステム)は、ジャンケンテスト測定装置(Takei社製、オリジナルモデル)(以下SJP(刺激 Stimulation, 判断 Judgement, 実行 Practice)装置)として開発された<sup>(5)(6)</sup>。その大きさ

\* 原稿受付 2019年3月22日

<sup>\*1</sup> 環境情報学部, 経営情報学科

<sup>\*2</sup> スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科

E-mail: osogami@fukui-ut.ac.jp

等は表1に示すとおりである。また、測定の様子を図1に示し、図2では表示部側（グー、チョキ、パーの3種類の表示が可能となっている）を、図3では操作部側（100分の1秒の計測値が測定可能で、表示部に表示させるジャンケンの種類等が操作可能）をそれぞれ示している。

表1 SJP装置のサイズ等

項目	値
奥行	28cm
横幅	15cm
高さ	18cm
価格	約45万円



図1 測定風景



図2 表示部側



図3 操作部側

試験者は被検者に対し、図2に示すSJP装置の表示部に試験者の操作によって表示するグー、チョキ、パーに対し、後出しで、勝つ、負ける、あいこ、のいずれかに対応するボタン型スイッチ（図2に示す黄色のグー、チョキ、パーの各押しボタン）（以下押しボタン）を押すよう指示する。例えば、試験者による『今から表示するジャンケンに対し、わざと負けて下さい』等の口頭による指導を行いながら、図3で示す操作部分に表示される100分の1秒まで計測された反応時間（図2の表示部に表示が行われてから、図2に示している表示に対応する各ジャンケンのボタンを押すまでの時間）を、記録用紙に記録していく。さらに計測は、勝つ、負ける、あいこ、のそれぞれに対し、各5回ずつ行い、最高および最低値を除く3回分の平均値を計算する必要がある。

このため、これらの測定はどうしても選択反応時間<sup>(5)(6)</sup>に通じた者が試験者となった上で行う必要があり、全国で広く測定を行っていくことは、試験者が限られてくるため難しいという問題があった。さらに、SJP装置は1台の価格が約45万円と高価であり、広く利用されていくためにはもっと安価にする必要もあった。そこで、PCを利用し、デザイン面にも優れ、楽しくて飽きの来ない、安価な、そして音声で説明（ガイダンス）を行えるシステムの開発を目指すこととなった。

### 3. 新しい測定システム

新しい測定システムでは、子供やお年寄りにも受け入れられ易いデザインとするためのアニメーションや、音声ガイダンスを取り入れるなど、マルチメディアが扱える開発環境が求められる。そこで、比較的簡単にアニメーションや音声を扱うことができるScratchを開発環境として用い、新しい測定システム（以下試作システム）を試作することとした。表2に開発機器も含めた開発環境をまとめる。なお、Scratchには現在、PC上にインストールして利用するバージョン1.4と、インターネットに接続しブラウザ上で利用するバージョン2.0の2種類がある\*3が、今回はより機能が多いバージョン2.0を用いて開発を行った。

表2 開発環境

機器	モデル	HP Elite Desk 800 G1
	プロセッサ	Intel(R) Core™ i5-4590S CPU @ 3.00GHz
	実装メモリ	12.0GB *4
	OS	Windows10 Pro
アプリケーション	Scratch 2.0	

\*3 現在Scratchにはバージョン3.0もあるが2019年1月2日にリリースされたばかりであるため、開発には2.0を使った。

\*4 開発環境では増設しているため12GBの実装メモリであったが、標準のメモリサイズ（8GB）であっても開発に問題はない。

### 3.1 Scratch について

Scratch は、Massachusetts Institute of Technology の MIT メディアラボが、子供向けに開発したプログラミング環境であり、スプライトと呼ばれる画像を制御するプログラムの処理命令が書かれたブロックを組み合わせながらプログラミングを行う環境である（図 4 参照）\*4。表 3 は動きを指定するブロックの例とその説明を示しているが、一見して分かるように、ブロックはその形や文字・記号から、その処理内容を直感的に理解しやすい形になっている。このように、Scratch は初学者にとっても非常にわかりやすいプログラミング環境であると考えられる。また、ブロックにはアニメーションを作る上で効率の良い『動き』を指定するブロックの他に、『見た目』や『音』といった指定ができるブロックがあり、これらを組み合わせることで、簡単なアニメーションであれば効率よく制作が行える。

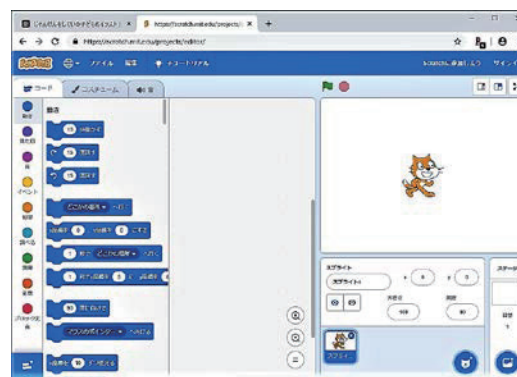


図 4 Scratch の画面

表 3 動きを指定するブロックの例とその説明

ブロック	ブロックの機能
	画像を10歩分の距離だけ移動させる。
	画像を時計回りに10度回転させる
	画像を反時計回りに10度回転させる
	画像を『どこかの場所』（ランダムに選択された場所）に移動させる
	画像をx座標,y座標で指定した場所（この場合、x=0, y=0）に移動させる
	画像を指定時間（この場合1秒）かけて『どこかの場所』（ランダムに選択された場所）に移動させる

### 3.2 アニメーションの導入

今回の試作システムには、子供やお年寄りにも受け入れられ易くまた、飽きの来にくいデザインとするためのアニメーションの導入を目指している。このため、ジャンケン（じゃんけん）をイメージさせ易く、かつ、親しみ易いデザインのフリー画像<sup>8)</sup>を利用し、音声に合わせて、画像の拡大・移動を行うことでアニメーションの制作を行った。図 6 に示す画像に対し、図 7 に示すようなスプライトと呼ばれる、動き等を指定するブロックを組み合わせることで、画像に対し、その大きさを変えながら画面上を移動させることができる\*5。この様に、図 6 に示すような、ジャンケン（じゃんけん）をイメージさせる 3 種類の画像と、『じゃん』『けん』『ぽん』の 3 種類の文字のそれぞれに対し、図 7 に示す動きを指定することでアニメーションを制作した。表 4 に各ブロックの処理の説明を示している。

### 3.3 音声ガイダンスの導入

また、今回の試作システムにはアニメーションの他に音声ガイダンスの導入も目指している。なお、計測は、勝ち、負け、あいこ、それぞれの条件に対し各 5 回ずつ行い、最高および最低値を除く 3 回分の計測値の平均を算出する必要がある。このため試作システムでは、『じゃん』『けん』『ぽん』のような掛け声の他、被検者が勝

\*4 この論文を執筆している時点(2019年2月)でバージョン 2.0 の Web 版は 3.0 に置き換わっているため、図 4 はバージョン 3.0 のものである。このため、図 4 以降のすべての Scratch の各画面を表した図はすべてバージョン 3.0 のものとなっている。

\*5 図 5 に入りきらなかったため、図 5 には大きさを変える処理のブロックのみを表示している。

手に計測を途中で止めてしまわず、5回続けて行ってもらうための、『もう一回!』や『頑張れ!』といった、被検者への動作を指示する音声ガイダンスも設けている。



図6 ジャンケンをイメージし易い画像の例<sup>(8)</sup>



図7 図6の画像を動かすための指定の例

表4 図7に表した各ブロックの処理内容等の説明

図7に表した各ブロック	ブロックの処理内容もしくは説明
(オープニング)を受け取ったとき	他のスプライトが送ったメッセージ『オープニング』を受け取ったら、以下のブロックを実行する
(ぼん)を送る	メッセージ『ぼん』を送る (※このメッセージを送ることで、このメッセージを待っている他のスプライトを動作させる)
X座標を(0)、Y座標を(0)にする	画像を x座標、y座標 = (0, 0) の位置に移動させる
大きさを(5)%にする	画像の大きさを初期の5%の大きさに変更させる
表示する	画像を表示させる (※この以前には画像は表示されていない状態になっている)
(15)回繰り返す	次のブロックの処理 (以上の部分まで) を15回繰り返す
大きさを(10)ずつ変える	画像の大きさを10ずつ大きくする
(0.01)秒待つ	0.01秒待つ
	以上 (※この繰り返し処理により、この画像が、小さい状態からだんだん大きくなる処理を実現している)
隠す	画像を隠す (※大きくなった画像を見えない状態に戻す)
(スタート)を送る	メッセージ『スタート』を送る

Scratch では、図8で示す設定画面において、比較的簡単に音声を取り込むことができる。そこで、フリーの音声素材<sup>\*6</sup>を用い、アニメーションの動きに合わせて音声を鳴らした。また、これらの音声は、子供やお年寄りにも受け入れられ易いと思われる可愛い女の子の声を聞いた<sup>(9)</sup>。

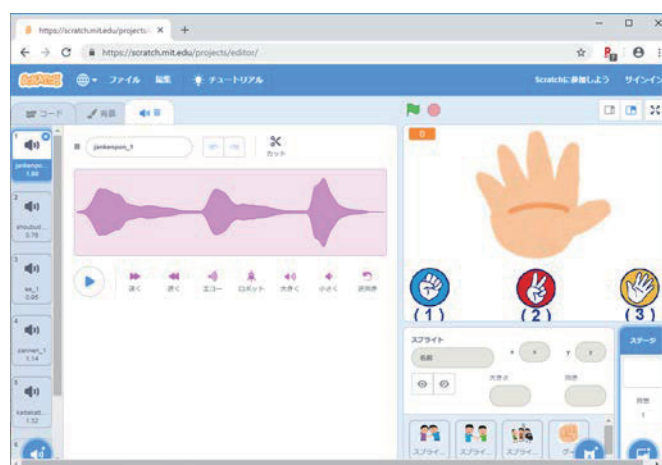


図8 Scratchにおいて音声を取り込む設定画面の例

\*6 「あみたろの声素材工房」<sup>(9)</sup> の声素材を使用している。

### 3.4 Scratch の sb2 形式ファイルから exe 形式ファイルへの変換

開発環境として用いた Scratch 2.0 はインターネットに接続して動作させる Web 版であり\*7, 試作システムもインターネットに接続した PC において動作させる必要があった。しかしながら, 測定を行う会場では, 必ずしもインターネットに接続できるとは限らないため, インターネットに接続しなくても単体の PC 上で動作できることが望ましい。このため, Scratch で制作した試作システムのファイル形式 (sb2 形式) を単体の PC(Windows)上で動作できるファイル形式に変換する必要があった。

そこで, Windows 環境における実行形式である exe 形式のファイルへ変換することを考えた。しかしながら, 調べた範囲では sb2 形式から exe 形式へは一気に変換ができなかったため, 一旦 swf 形式のファイルに変換した上で, さらに swf 形式から exe 形式に変換する方法を取った。図 9 は sb2 形式のファイルから swf 形式のファイル

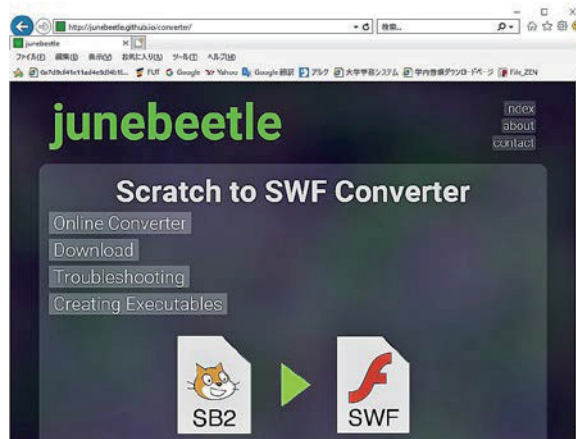


図 9 sb2 形式から swf 形式に変換するオンラインコンバータの画面<sup>(10)</sup>

ルに変換することができるオンラインコンバータ<sup>(10)</sup>の画面である。このコンバータは PC にインストールして使用するダウンロード版もあるが, 今回はオンライン版のコンバータで変換を行った\*8。

図 9 に示すオンラインコンバータのホーム画面において、『Online Converter』のボタンをクリックし, 図 10 に示す設定画面に移る。次に『Open Scratch File』ボタンを押し, 変換元となる sb2 形式ファイルを指定し, 『Automatically Start』にチェックを入れ, 『Convert to SWF』ボタンを押すと, 変換先のファイル名を求められるので, ファイル名の拡張子に swf を付けた上で保存することで, sb2 形式のファイルを swf 形式のファイルに変換できる。ここで, swf 形式とは Small Web Format を意味し, Macromedia 社 (現 Adobe 社) が販売している Web 用アニメーション作成ソフト「Flash」によって作成された動画ファイルに付く拡張子のことを指す<sup>(11)</sup>。



図 10 オンラインコンバータにおける設定画面<sup>(10)</sup>

\*7 Scratch 2.0 には PC にインストールして利用するオフラインエディタ版もあるが, 開発では Web 版を用いている。

\*8 変換を行った際のブラウザには Microsoft 社の Internet Explorer 11 を用いている。

次に, swf 形式から Windows 環境における実行形式である exe 形式のファイルに変換させる必要があるため<sup>\*9</sup>, Flash Builder (12) と呼ばれる swf 形式のファイルを exe 形式のファイルへ変換するフリーのコンバーターを用いて変換を行った. Flash Builder は PC にインストールして使用するため, 図 11 に示す Flash Builder のダウンロード

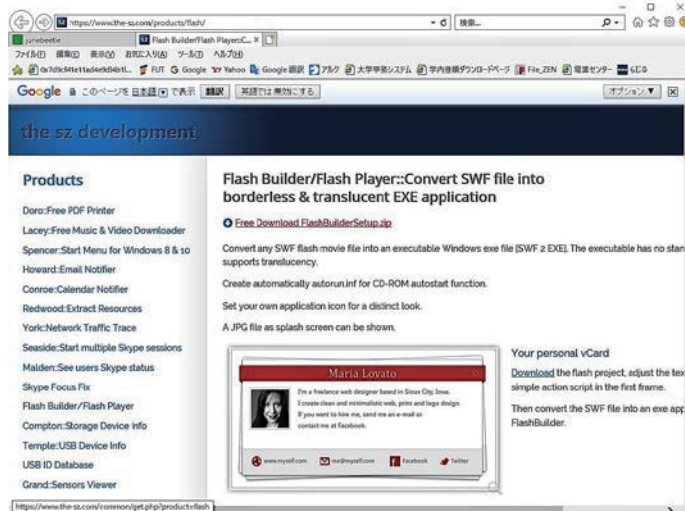


図 11 Flash Builder のダウンロード画面<sup>(12)</sup>

画面から、『Free Download FlashBuilderSetup.zip』をクリックすることで, zip 形式のインストーラをダウンロードし, ダウンロードしたファイルを解凍した後, インストーラを起動し PC に Flash Builder をインストールする. インストール後, Flash Builder を立ち上げると, 図 12 に示すような画面が立ち上がるため, SWF File に変換元の swf 形式のファイルを指定し, 『Build Application』ボタンを押すことで exe 形式に変換できる.

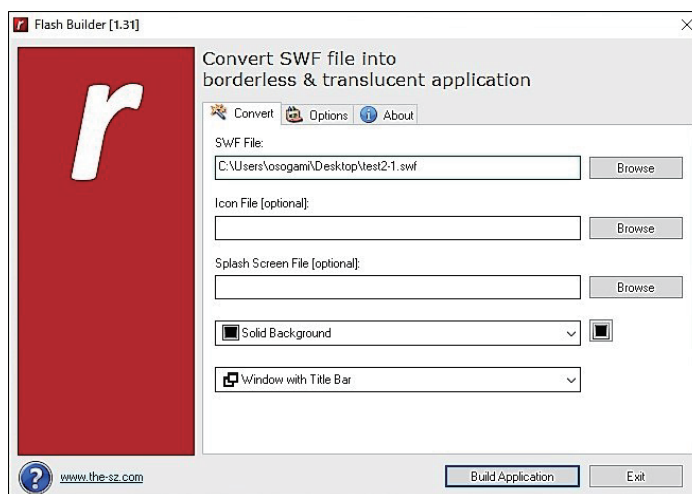


図 12 Flash Builder の画面

### 3.5 試作システムにおけるジャンケンの各動作

図 13 には, ジャンケンを行っている試行システムの画面を示している. この (勝ち条件) 場合, コンピュータが『パー』を出しているので, これに勝つための『チョキ』を選択するまでの反応時間が計測される.

被検者が画面下にある各グー, チョキ, パーの中から適切なボタンをマウスでクリックするか, または, 各グー, チョキ, パーに対応させている, 半角英数の 1, 2, 3 の中から適切なキーをキーボードで押すことで反応時間

<sup>\*9</sup> 実は, swf 形式のままでも, オフライン状態のブラウザ上で一応動作はするが, ブラウザの環境によっては正しく動作しない場合もあるため, さらに exe 形式への変換を行っている.

が計測される。正しい選択がされるまで、あいこの場合は『あいこ』の表示や、『おいしい!』などの音声ガイドダンス、負けの場合は『負け』の表示や、『ああ～残念、頑張って!』のような音声ガイドダンスを流し被検者のモチベーションを維持する。正しい選択がされると、『勝ち』の表示とともに『やったあ～、さっすがあ～』などの音声ガイドダンスを流し、自分（下）側のボタンの周りを緑色で縁取りするようになっている。



図 13 試行システムにおけるジャンケンの画面

また、この計測は5回連続して行う必要があるため、1回のジャンケンが終わっても、『まだまだ』や『もう一丁!』または『もう一回!』などの音声ガイドダンスを流し、被検者が途中で計測をやめてしまうことなく5回連続で計測を行うための音声ガイドダンスを流している。計測が終了すると、5回分の計測値から最高および最低値を除く3回分の計測値の平均を自動で算出する。従来のシステムではこれらの操作を、すべて手作業で行っていた。

#### 4. 試作システムと外部デバイスとの接続

第3章で述べた方法により、試作システムが単体のPC上で動作するようになされた。ただ、このままでは3.5節で述べた様に、グー、チョキ、パーを示す画面上のボタンを『マウスでクリックする』か、『画面上のボタンに対応させた文字（この場合は半角英数の、1, 2, 3）をキーボードで押す』ことでしか、反応時間の計測を行うことができない。しかしながら、従来のシステムでは、図2で示したような押しボタンを用いた計測を行ってきた。このため、従来のシステムを用いて計測を行ってきたデータとの互換性を保つために、従来のシステムと同様の押しボタンを試作システムで利用できる必要があった。

そこで、押しボタンとして図14に示すエイブルネット社製のビッグスイッチツイストを用いることとした。このスイッチを選択した理由としては、ボタンの色を赤、青、黄、緑に設定できるため、画面上のボタンの色に合わせる事ができることと、医療用器具であることから信頼性が高いと考えたためである。しかしながら、このスイッチのインターフェイスは、図15で示すように、直径3.5mmのピンジャックである。このため、そのままではPCと接続することができないという不都合が生じた。



図 14 手押し式の押しボタン（ジャンケンの画僧を添付してある）



図 15 直径 3.5mm のピンジャック型インターフェイス

#### 4.1 ピンジャック入力から USB 入力への変換

ビッグスイッチツイストに限らず、市販の押しボタン型スイッチは、ほぼすべて同様のピンジャックがそのインターフェースとなっている。また、試作システムでは被検者が選択した、グー、チョキ、パーの押しボタンの各信号を、それぞれ半角英数の 1, 2, 3 の文字の入力に割り当てることで、反応時間の計測を行っている。このため、PC にその信号を取り込むためには、3 つの押しボタンの入力信号を、キーボード上の半角英数の 1, 2, 3 の各文字入力へ変換する必要があった。

そこで、Technotools 社製のなんでもスイッチ USB (図 16 参照) を用いて変換を行うこととした。この機器を PC に USB 接続することにより、最大 5 個の外部スイッチを PC への入力装置として使用することができる。図 17 は、ドライバ等のインストールによって、なんでもスイッチが動作可能になった初期状態で、各スイッチに対し、どのようなキーボード操作を割り当てるのかを設定する画面である。図 17 において、1 番目のスイッチに対するキーボード操作の指定を、1 に対するスイッチがオンに変わったときの出力の横にある『…』キーをクリックすることで、図 18 に示す設定画面に移るので、出力の選択を『キー』に、キー指定の中の『キー』コンボボックスをマウス等で選択することで、図 19 に示されるソフトキーボードが表示され、指定のキー（この場合は半角英数の 1）を設定することで、スイッチへのキーボード操作の割り当てが行える。このようにして、3 つの押しボタンに対し、それぞれ半角英数の 1, 2, 3 を割り当てた。



図 16 Technotools 社製なんでもスイッチ

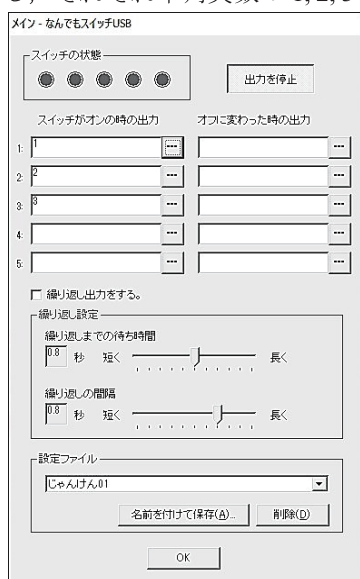


図 17 なんでもスイッチの初期設定画面

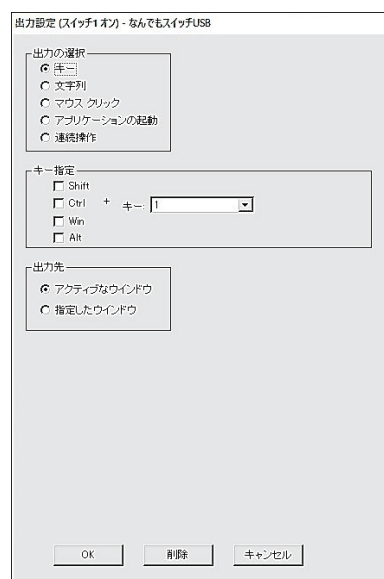


図 18 なんでもスイッチの操作設定画面

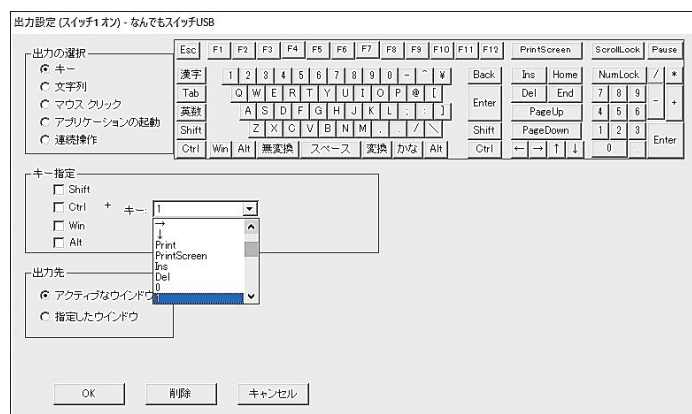


図 19 なんでもスイッチの対応キー設定画面



このようにして、図 20 および図 21 で示すような試作システムの制作を行った。なお、試作システムでは、図 20 で示す押しボタンでの操作の他、通常の画面上のボタンをマウスでクリック、または、対応する半角英数の 1, 2, 3 のキーボードからの入力、さらには、図 21 のように Windows タブレットを利用した場合(タッチパネル対応の PC でも同様)であれば、画面上のボタンへのタッチ操作でも動作が可能となっている。



図 20 完成した試作システム



図 21 タブレットで利用する場合の試作システム

なお、試作システムの制作は、すべてフリーのソフトウェア等で構築したため、制作費としては、本章で述べた外部デバイスとの接続のための機器（押しボタンスイッチ 3 個、なんでもスイッチ USB）の購入費用である、約 6 万円で構築できた。SJP 装置が 1 台約 45 万円であったのに対し、安価に制作することができた。

## 5. 今後の展開

従来のシステムから、PC を利用することで操作性を向上させた試作システムを制作した。試作システムには、アニメーションや音声ガイダンスの導入を行うことで、子供やお年寄りにも受け入れられ易く、また、飽きの来にくいデザインとした。さらに、SJP 装置との互換性を保つため、押しボタンを用いた計測も行えるようにし、ある程度ではあるが操作性が向上したと考えられる。一方、制作費についても、従来より安価に制作することができたことで、当初の試作システム制作の目的は達成できたと考えられる。

今回の試作システムはあくまで機能検証用のものであり、今後は、試作システムの制作を通じて得たノウハウを基に、測定データのデータベースへの格納および格納データを基にした測定値の評価等を含む、さらに完成度の高いシステムを、専門業者に依頼し構築していく予定である。

## 謝 辞

本報告の一部は、福井工業大学学内特別研究費（応用・実用化研究）と科研費（課題番号 16K01138）の助成を受けたものである。記して謝意を表す。

## 文 献

- (1) 内閣府，“平成 29 年度 高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況”，平成 30 年版高齢社会白書（全体版）（PDF 版），<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/gaiyou/pdf/1s1s.pdf>（参照日 2018 年 12 月 8 日）。
- (2) 田島誠，“高齢者の反応時間と一致タイミング・スキルに対する身体トレーニングの効果”，川崎医療福祉学会誌，Vol. 24, No. 2 (2015), pp.165－172。
- (3) 文部科学省，“子どもの体力の現状と将来への影響”，[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/attach/1344530.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/attach/1344530.htm)（参照日 2018 年 12 月 8 日）。
- (4) 文部科学省，“子どもの体力向上のための総合的な方策について（答申）”，[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/021001a.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/021001a.htm)（参照日 2018 年 12 月 8 日）。

- (5) 横谷智久, 野口雄慶, “幼児のジャンケンテストにおける選択反応時間の条件間差および年代差”, 体育測定評価研究, Vol.14 (2014), pp. 27-32.
- (6) 横谷智久, 野口雄慶, 杉浦宏季, “幼児における認知・判断・反応能力と体力との関係”, 体育測定評価研究, Vol.16 (2016), pp. 43-48.
- (7) 恐神正博, 大熊一正, 杉原一臣, “Scratch を用いた実機ロボット制御を伴うプログラミング導入授業の実践”, 情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ, Vol.2, No.2(2016), pp.76-84.
- (8) 素材 Library.com, “じゃんけんをしている子どものイラスト”,  
<https://www.sozai-library.com/sozai/5102> (参照日 2019 年 2 月 5 日).
- (9) あみたろ, “あみたろの声素材工房”,  
[http://www14.big.or.jp/~amiami/happy/voice\\_01.html](http://www14.big.or.jp/~amiami/happy/voice_01.html) (参照日 2019 年 2 月 7 日).
- (10) junebeetle, “Scratch to SWF Converter”,  
<http://junebeetle.github.io/converter/> (参照日 2019 年 2 月 7 日).
- (11) Weblio 辞書, “SWF の意味・解説”,  
<https://www.weblio.jp/content/SWF> (参照日 2019 年 2 月 7 日).
- (12) the sz development, “Flash Builder/Flash Player::Convert SWF file into borderless & translucent EXE application”,  
<https://www.the-sz.com/products/flash/> (参照日 2019 年 2 月 7 日).

(2019 年 4 月 26 日受理)