

心的回転実験のコンピュータ・プログラム^{*1}

森田 徹・櫻井美幸^{*2}・後藤友美^{*3}・木藤恒夫^{*4}

A Computer Program of Mental Rotation Experiment

Tohru MORITA・Miyuki SAKURAI・Tomomi GOTO・Tsuneo KITO

【要約】 これまで紹介してきた一連の認知心理学実験プログラムに続き、心的回転実験のコンピュータ・プログラムを開発した。心的回転とは頭の中で行なう主観的なイメージ操作である。実験は、正立した先行刺激と種々に回転したテスト刺激の異同を判断させ、それに要する反応時間を測定するものであり、心理学で行なう認知心理学実験の標準的なもののひとつである。今回のプログラムの作成にはインタプリタ型言語であるHSPを使用した。HSPは手軽に扱えるプログラミング言語でありながら、中間コードを使用することにより高速に動作する点に特徴がある。この実験ツール（プログラム）を開発する大きなねらいは、コンピュータ教育センターのサーバーに設定された共有フォルダを利用して、同時多人数の集団実験を可能にする点であり、その実験データの収集・整理を容易にする点である。また本報告では、部分的にも利用可能なプログラムの主要な部分のアルゴリズムを紹介し、解説した。

【キーワード】 心的回転、認知心理学実験、反応時間、アルゴリズム、HSP。

1 はじめに

これまで、久留米大学文学部心理学科2年生を対象として実施している心理学実験の授業で使用するコンピュータ・プログラムのいくつかを開発し、紹介してきた（森田・木藤，2007，木藤・森田・比良・後藤・今村，2008）。ここで取り上げる実験課題は、メンタル・ローテーション（心的回転）の現象であり、認知心理学の領域での標準的な実験課題のひとつである。

研究としての実験にコンピュータを利用することは20世紀の後半から広く行なわれてきている。1970年代以降は、会話型プログラミング言語であるBASICを使って作成された実験プログラムが急速に普及し、すでに70年代において心理学の領域で活用できる入門書も出版された（田中，1975）。あるいは、当時マイコンと呼んでいたマイクロ・コンピュータによる心理学実験の制御の手引きとなる解説書などもあった（学阪，1983）。比較的最近の解説書（北村・坂本，2004）では、Power Pointやインターネットといった身近で利用できる道具を使った実例、心理学実験の開発ソフトとして重宝しているSuperLab、インターネット、プログラミング言語であるHSP、Visual Basic、Delphiで作成した実例が紹介されている。

しかし、これらで紹介されているものは、その多くが実験室においてコンピュータを単体として使用するものであり、大学の授業場面での集団実験を意図したものではなかった。そこで

脚注

*1 本論文で紹介するコンピュータ・プログラムの一部は、櫻井美幸の久留米大学文学部卒業論文（平成19年度）において作成された。

*2 文学部第13回卒業生

*3 文学部第10回卒業生

*4 久留米大学文学部心理学科

私たちは集団実験を意図する、つまり、多数の実験参加者（以下、参加者）が同時に実験を実施し、実験終了後に参加者全員の実験データを容易に集計できる実験プログラムの開発をすすめてきている。

2 心的回転とは

イメージは私たちの心の中でしか見られないものであり、その意味では非常に主観的な現象である。そのため、客観性を重んじる行動主義心理学の全盛期には、主観的な経験であるイメージは心理学の研究対象からはずされていた。ところが、近年の心理学的研究法の発展は、イメージを行動的データによって客観的に扱うことを可能にしたのである。そのひとつとして、シェパードとメッツラー（Shepard & Metzler, 1971）にはじまる心的回転の実験があげられる。

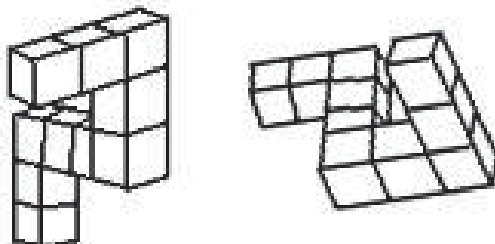


図1 シェパードとメッツラーの実験に使われた図形対の例

シェパードとメッツラーは、図1に示されるような3次元立体を描いた1対の図形を視野の左右に同時に提示し、それらの一方を回転したとき一致するような対であるなら同反応を、一致しない対であるなら異反応をできるだけ速く行わねばならない課題を参加者に課した。彼らは、このような実験条件において、左右の回転角度をさまざまに変化させた図形の対に対して参加者が判断するまでに要する時間（反応時間）の変化を調べた。その結果、反応時間は提示された図形対の角度差が増大するにつれて、1次関数的に増加した。この結果は、参加者が図形一方のイメージをつくり、それをもう一方の図形と一致するまで頭の中で等速に回転させるということを示唆するものであった。このような頭の中での回転をシェパードとメッツラーは心的回転とよんだ。この実験は、イメージの操作という一見つかみどころのない現象を反応時間という指標によって非常に客観的に記述することに成功したといえ、20世紀後半における認知心理学の発展に大きく貢献したものと評価されている。

本論文で紹介する実験で採用する刺激と手続きは、シェパードとメッツラーのものとは異なり、Cooper & Shepard (1973) を参考にしたものである。まず正立した平仮名（先行刺激）を提示し、つぎにテスト刺激が先行刺激と同じ実像または鏡映像で、しかも種々の角度で回転させて提示することになる。

3 実験の実施

実験参加者は、実験参加者情報を登録した後、次の手続きによる実験を実施する。まず、1秒間の凝視点がモニター画面の中央に提示され、さらに1秒間の空白画面の提示の後、平仮名1文字の先行刺激（正立した実像）が1秒間提示する。先行刺激の提示が終わり、再び1秒間の空白画面を提示した後、先行刺激を種々の角度に回転させた実像または鏡映像のテスト刺激を提示した（図2）。参加者は、テスト刺激（図3）が実像であるか鏡映像であるかを「できるだけ素早く、正確に」判断することが求められた。試行数は3（文字種：あ、す、の）×12（回転角度：0°から30°ステップで330°まで）×2（像：実像、鏡映像）×2（繰り返し）の144試行であった。反応測度として、反応の正誤と反応時間を記録した。

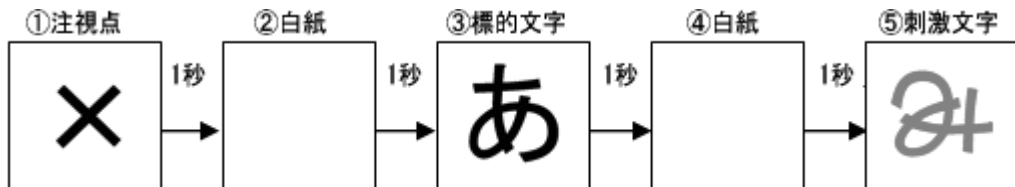


図2 刺激提示の流れ

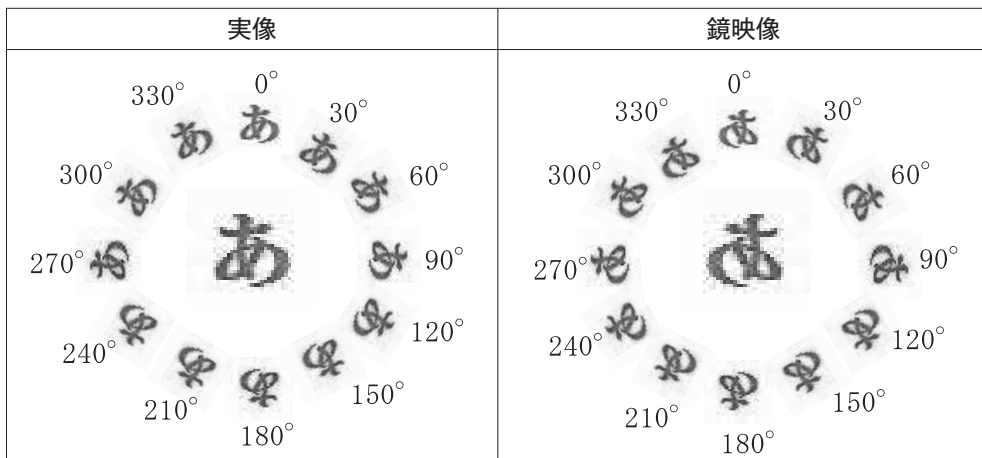


図3 刺激例

(1) 実験ツールの実行画面

● 試行開始までの準備

参加者は実験ツールを起動すると、次のような実験についての教示と操作方法が提示される（図4）。

心的回転実験

ひらがなが表示されます。

その文字が実像か鏡映像か判断し、
 実像の場合はテンキーの「1」、鏡映像の場合は
 テンキーの「2」を出来るだけ早く押してください。

まず、練習問題を行います。
 「次へ」をクリックし、半角英数で学籍番号と性別を
 入力してください。

次へ

図4 実験の教示画面

教示を読み終え、マウスでカーソルを操作して「次へ」ボタンをクリックすると、参加者情報登録画面が提示される(図5)。

ログイン

学籍番号を入力し、性別・年齢を選択してください

学籍番号

性別

年齢

OK

図5 実験参加者情報の登録画面

参加者情報登録画面では参加者の学籍番号・性別・年齢の入力を行う。本ツールでは、学籍番号が実験結果のファイル名となるため、学籍番号を正しく入力する必要がある。参加者情報の入力ミスを防ぐために、学籍番号を入力するテキストボックスの入力方式は直接入力モードに限定し、半角英数字のみ入力が可能となるよう設定している。また、性別と年齢はマウスを使用してリストボックスから適切な文字を選択する。全ての項目を入力して「OK」ボタンをクリックすると次の画面へ進む。このとき、すでに同じ学籍番号のファイルが存在する場合は、今後の実験が「新しく実験を開始する」もしくは「前回の実験を再開する」のどちらであるかを参加者に尋ねるアラートを表示する。

●試行中

実験を開始すると注視点を示す図形「×」を1秒→白紙1秒→基準となる先行文字1秒→白紙1秒→先行文字を回転させた赤色のテスト文字の順に提示する(図6)。画面の中心に注視点

を提示して視点の固定を行い、先行文字とテスト文字を順に提示する。参加者は赤色のテスト文字が表示されると同時に実像と鏡映像のどちらであるかを判断し、実像の場合はテンキーの「1」を、鏡映像の場合は「2」を出来るだけ早く入力する。練習試行の場合のみ、テスト文字を表示する際に操作の補助となる説明を提示する（図6）。

判断してください
(実像：1 鏡映像：2)

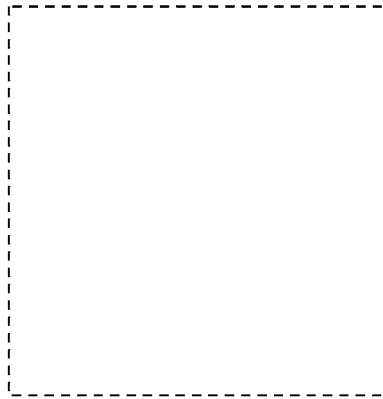


図6 実験の実行画面。画面上部の教示文は、練習試行の時にのみ表示した。

キーボードから回答を入力すると正誤判定を行う。入力した答えと実際の文字の向きが正しければ「right!」、間違っていれば「wrong!」と画面の上部に表示する。画面の中央には次の問題に進むための手順として「スペースキーを押してください。」と表示する。スペースキーを押すと次の試行へ移る。また、実験は144試行と長いため4分の1の36試行毎に正誤と指示の間に「休憩」の文字を表示する。画面の切り替えで目が疲れやすく集中力も持続しないため、休憩を挟むことで参加者が個人のペースで実験を行うことができるようにした。

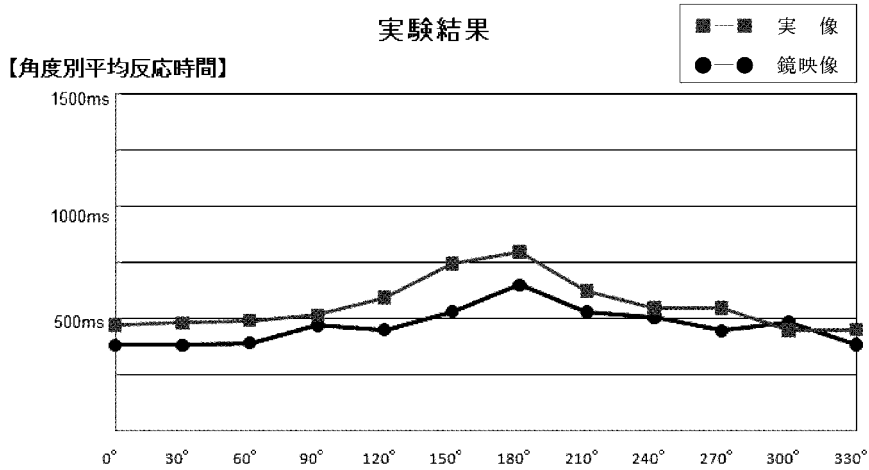
●試行後

本試行では、テスト文字を提示してから参加者がキーボードの「1」か「2」を押すまでに要した時間を取得する。不正解であった試行の時間は取得せずに正解するまで繰り返し再出題を行う。図7は実験結果の表示画面であり、実像の場合と鏡映像の場合の角度毎の平均反応時間を図と表で示した。

「次へ」ボタンをクリックすると実験終了画面を表示する。終了画面を表示することで参加者が勝手に実験を終了して共有フォルダ内の結果ファイルを開かないようにする。また、終了した参加者の周りには実験中の参加者がいるとも考えられる。実験以外のことを行うと他の参加者の集中力を欠く可能性があるため終了画面を作成した。実験終了後は教員が指示を与えるまで実験終了画面で待機する。

(1) 実験結果の保存

●個人のデータ・ファイル



【角度別平均反応時間】 ※上のグラフを数値に直したものです

回転角度	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
実像[ms]	40.8	40.7	41.5	47.8	46.2	52.7	62.2	52.5	50.5	45.9	48.8	40.9
鏡映像[ms]	47.9	48.7	49.5	51.4	57.6	69.7	73.9	59.9	53.9	53.9	46.0	46.1

次へ

図7 実験結果の表示画面

実験が終了してグラフを表示する際に参加者の個人結果ファイルを CSV ファイルで作成する。CSV とは、Excel で閲覧可能なファイルの拡張子である。保存する際にデータをカンマで区切ることでデータをセルに分けて格納する。作成した個人結果ファイルは共有フォルダ内に保存し、参加者自身のコンピュータのデスクトップにもコピーして保存する。個人結果を参加者のデスクトップに保存することで自身の実験結果を参考にして考察が可能である。

●参加者全体の結果ファイル

グラフ表示を行い次の画面に移る際に共有フォルダ内に用意した一覧保存用ファイルに結果の保存を行う。結果一覧ファイルは横1行が1人分のデータである。実験終了した参加者の結果をファイルに追加形式で最終行に保存する。参加者全員の結果を1つのファイルに保存することで集計の手間を省く。共有フォルダ内に保存する事で実験終了後に結果一覧ファイルを参加者が自由に閲覧可能になる。結果一覧ファイルのデータを使用して統計処理を行う。また、レポート作成の考察に使用する。

4 実験プログラムの構成とアルゴリズム

(1) プログラムの概要

図8は実験教材使用の概念図である。実験を行う際には、実行ファイルとデータフォルダを教師用の共有フォルダに入れる。共有フォルダは講義などの資料が置かれている場所で学生は必要な資料を取得することが出来る。この共有フォルダを使用することでデータのバックアッ

プの作成と全員の結果の取得が可能になる。実験終了時にコンピュータは自動的に指定した共有ファイル内に結果の保存を行う。取得した結果を1つのCSVファイルに保存することで結果の一覧ファイルを作成する。作成したファイルは実験終了後に学生に配布するため、共有フォルダに結果一覧を保存して集計の手間を省略する。

本実験プログラムはWindows XPで稼動可能なHSPというインタプリタ言語を使用して作成する。HSP (Hot Soup Processor)とは、ソフト制作グループONION software (ONION software, 2007.12.15, 2007.12.16)が1995年より開発・公開しているWindows用のスクリプト言語である。画像処理などのマルチメディア機能を簡便に利用することができ、他プログラム言語に比べ簡単なスクリプト記述のみでソフトウェアを作成することができる。また、開発・実行環境はフリーソフトとして提供されているために誰でも無償で入手・実行することができる利点がある(悠黒・おにたま・うすあじ, 2005)。

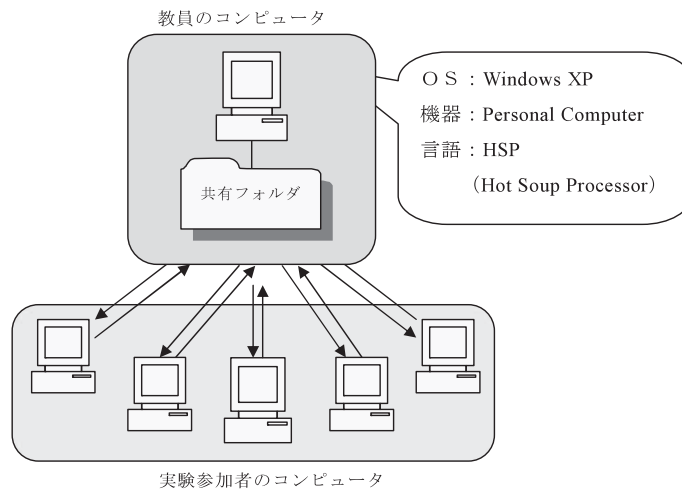


図8 実験教材使用の概念図

(2) プログラムの構成

図9は心的回転実験のプログラム構成図である。長方形はプログラムの主な処理でメインルーチンと言う。処理には各々名前を付けておりラベルと言う。プログラムで処理が別の部分へ分岐する場合にはその分岐先にラベル名を指定することで処理を移す。HSPのラベルは「*name」と言う形式で名前を付ける。矢印は処理の流れを表しておりプログラムは基本的に上から下へと流れる。角丸四角形はサブルーチンである。サブルーチンとは、同じ目的の処理を何度も行う場合にその部分を1つのプログラムとして独立させたものである。サブルーチンは後から呼び出して使用出来るようにすることで同じ処理のプログラムを何度も書く手間が省くことができ、プログラム全体も見易くなる。サブルーチンを命令で呼び出した際の処理は、メインルーチンからサブルーチンへ移り、処理を終えるとメインルーチンへと戻る。メインルーチンからサブルーチンへ伸びる相互矢印は処理の移動を示し、図中の円柱はデータを示す。

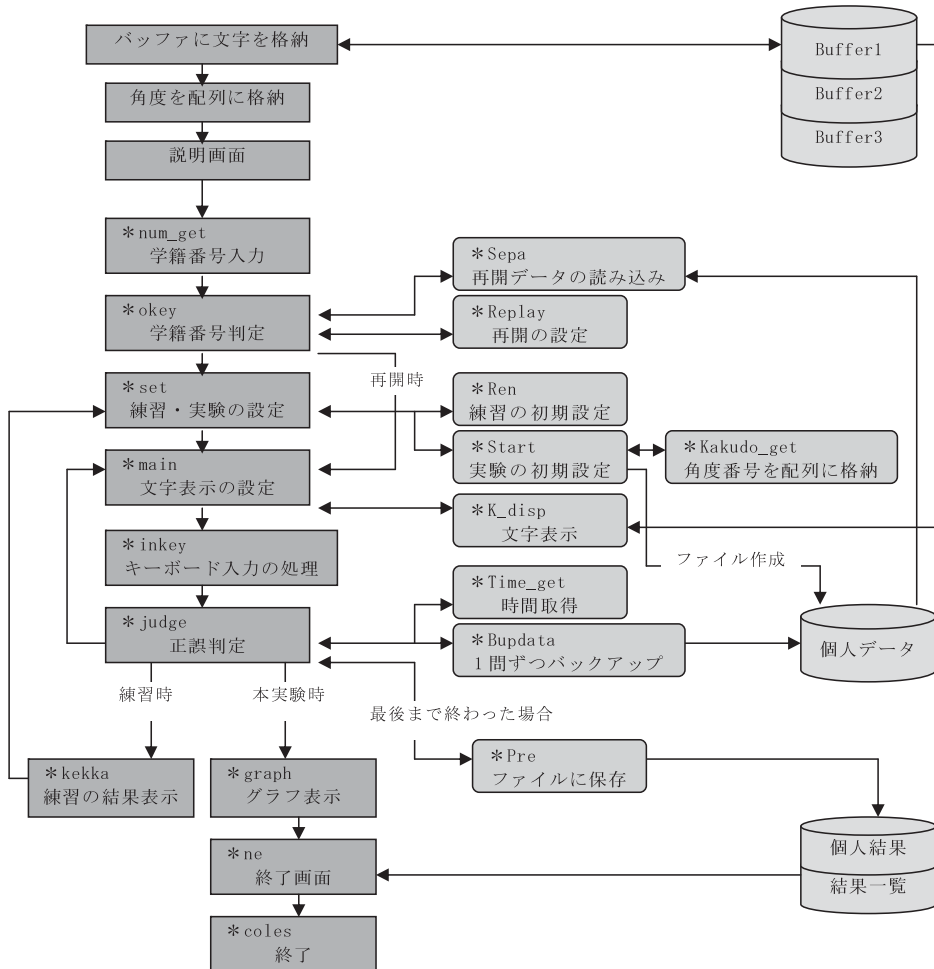


図9 実験プログラムの構成図

(3) 先行文字提示のアルゴリズム

●先行文字の決定

表示文字は「あ」「す」「の」の3文字で回転角度は 0° から 330° まで 30° 毎の12パターンある。文字の向きは実像と鏡映像の2種類あり、出題は各々2回繰り返す。先行文字と角度の決定の為に角度別に番号を与える。表1は表示文字が「あ」の場合の角度別に与えた番号対応表である。

0から71は実像で72から143は鏡映像の番号である。「あ」の場合は0から23が実像で72から95が鏡映像である。表示文字が「す」「の」の場合も同様に番号を与える。全てに番号を与えることで全ての試行をランダムに提示可能にする。この番号をランダムに並び替えて提示順の決定を行う。乱数は、指定した範囲の数値からランダムに数値を選択する。先行文字の出題順決定の処理を以下に示した。

表1 刺激文字「あ」の角度別番号対応表

実像		角度	鏡映像	
0	12	0°	72	84
1	13	30°	73	85
2	14	60°	74	86
3	15	90°	75	87
4	16	120°	76	88
5	17	150°	77	89
6	18	180°	78	90
7	19	210°	79	91
8	20	240°	80	92
9	21	270°	81	93
10	22	300°	82	94
11	23	330°	83	95

(試行ランダム化のプログラム)

```

randomize
k=0
for j,0,exe,1
*st
  d=rnd(exe)
  for p,0,k,1
    if Sel(p)=d : goto *st
  next
  Sel(k)=d
  k=k + 1
next

```

出題する際に各番号で提示パターンが異なるため番号が重複してはならない。しかし、乱数生成の際に1度選択した番号を選択しないことは出来ない。1度選択した番号を選択しない為には選択した番号が今まで選択した番号の全てと比較して同一でないことを確認する。変数 exe は試行数であり、ここでは実験の初期設定時に144を代入する。変数 d には0から143までの範囲から乱数で生成した値を代入する。配列 Sel は今まで選択した番号を格納している。変数 d と配列 Sel に格納している番号が等しいか比較して同一の番号が存在した場合はもう一度乱数生成を行う。同一の番号が存在しない場合のみ、生成した番号を配列 Sel に格納して次の乱数を生成する。この処理を0から143までの番号の全てを選択するまで繰り返すことで重複しない並び替えが可能である。

●先行文字の作成

先行文字はメモリ上に仮想画面を作り、画像ではなく直接文字を描写する。仮想画面は実際にディスプレイ上に表示しないが通常の画面と同様に使用出来る。図10は先行文字「あ」の仮想画面である。

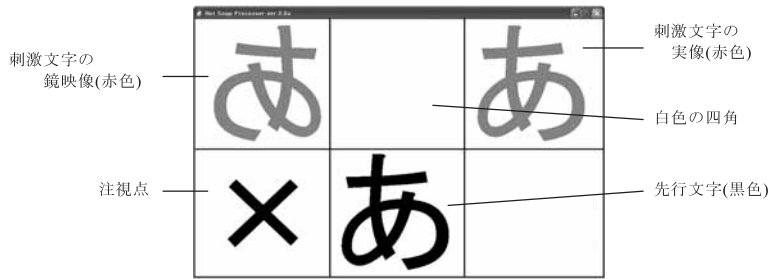


図 10 刺激文字「あ」の仮想画面

●回転した文字の提示

テスト文字は先行文字の実像を回転した文字であるか先行文字の鏡映像を回転した文字である。鏡映像のテスト文字を回転する処理を以下に示した。

(文字の回転処理のプログラム)

```
grotate id,0,0,Kakudo(Sel(n)),300,300
```

配列 Kakudo(Sel(n))には初期設定の際に試行別の角度を代入している。角度はラジアンと言う単位で示す。ラジアンは角度の単位であり角度を円弧の長さで表す。360°をラジアンで表すと 2π で、 $1^\circ = 2\pi/360 \cdot 1 = 0.01745\text{rad}$ となる。そのことから、0°から330°まで30°毎のラジアンを算出する。配列 Sel は先行文字の順番を決定する番号で変数 n は現在の試行数である。

grotate 命令で指定したウィンドウ ID の座標 (0,0) から横 300 ピクセル×縦 300 ピクセルの画面のコピーを行い、配列 Kakudo(Sel(n))に格納している角度だけ回転した画面を表示する。コピー元の画面にはテスト文字の鏡映像を描写している。実像の場合は座標を (600,0) に指定する。

●反応時間の取得

心的回転実験ではテスト文字を提示してから参加者が反応をするまでの時間を取得する。参加者の反応とは、実像の場合はテンキーの「1」、鏡映像の場合はテンキーの「2」を押すと言うものである。時間の取得と反応時間の算出処理を以下に示した。

(反応時間取得のプログラム)

```
startmil=gettime(6)*1000 + gettime(7) .....①
```

```
stopmil=gettime(6)*1000 + gettime(7) .....②
```

```
if startmil > stopmil : stopmil + 60000
```

```
fml=stopmil-startmil
```

```

as=Sel(n)\12
if Sel(n) < 72{
  Time(as)=Time(as) + fmil
}else{
  Time(as + 12)=Time(as + 12) + fmil
}

```

時間の取得と反応時間の算出を行う処理の①は刺激を提示した時間の取得であり、②は参加者が反応を返した時の時間の取得である。gettime(6)では現在時刻の秒を取得し、gettime(7)では現在時刻のミリ秒を取得する。各々の秒とミリ秒の取得を行い秒をミリ秒に変換して加算した値を各変数に代入する。ミリ秒単位で時間を測定するため詳細な時間を取得出来る。表2は反応時間の取得処理に使用する変数である。

表2 反応時間の取得処理に使用する変数

変数名	説明
startmil	刺激提示の時間を代入
stopmil	参加者が反応を返した時間を代入
Fmil	反応時間を代入
Time	反応時間を格納

反応時間は刺激提示の時間と参加者が反応を返した時間の差であるので、参加者が反応を返した時間から刺激提示の時間を引いて反応時間を求める。しかし、時刻の秒とミリ秒のみ取得しているため刺激提示の時間の方が大きい場合がある。その場合は差を算出する際に反応を返した時間に60000ミリ秒加算してから計算する。算出した反応時間は「あ」「す」「の」の文字には関係なく文字の向きと角度別に配列Timeに加算する。

(4) 反応時間グラフの作成

実験後に取得した反応時間を折れ線グラフとして表示する(図7を参照)。折れ線グラフとして結果を表示することで反応時間の推移を視覚的に得ることが出来る。図6は角度別の平均反応時間グラフである。実像と鏡映像の反応時間を比較する為に異なる色で折れ線グラフを作成する。グラフを作成するには、初めにグラフを描写する範囲を指定する必要がある。グラフ作成の初期設定を以下に示す。

(角度別平均反応時間を格納するプログラム)

```

X1=px + 150;X2=px + 700;Y1=py + 80;Y2=py + 380
gg=1500
n=12
Wi=(X2-X1)/(n-1)
Hi=(Y2-Y1)/gg

```

グラフを描写する前段階としてグラフを描写する範囲の指定を行い、その範囲の縦軸と横幅

をそれぞれ等分する。心的回転実験の縦軸は反応時間（ミリ秒）を示す。1ミリ秒当たりのピクセル数を求めることで折れ線グラフをメモリに合わせて表示することが出来る。実像の角度別反応平均時間グラフを描写する処理は以下の通りである。

(角度別平均反応時間のグラフを作成するプログラム)

```
color 255,128,128
sTime(0)=Hi*kTime(0)
Sx=0*Wi + X1:Sy=Y2-sTime(0)
boxf Sx-2,Sy-2,Sx + 2,Sy + 2
pos Sx,Sy
for si,1,n,1
  sTime(si)=Hi*kTime(si)
  Sx=si*Wi + X1:Sy=Y2-sTime(si)
  boxf Sx-2,Sy-2,Sx + 2,Sy + 2
  line Sx,Sy
next
```

配列 sTime(0)は0°の平均反応時間をピクセルに変換した値を代入し、0°の座標を求めて座標に点を描写する。配列 sTime(si)は30°から330°までの平均反応時間をピクセルに変換した値を代入して求めた座標に点を描写する。点を描写した際に直前に描写した点と線で繋ぐことで折れ線を描写する。全角度の反応時間の点を一齐に描写した場合には原点から線を描写するため、角度が0°の平均反応時間の座標を他の座標とは別に描写する事で折れ線グラフの開始位置を原点から外す。鏡映像の折れ線グラフは異なる色を使用して同様に描写する。

(5) 結果保存ファイルの作成

●一覧結果の保存

実験終了時には実験結果の保存ファイルは作成されている状態であればならない。そのため全試行終了すると結果の保存を行う。結果一覧の保存には共有フォルダ内に予め用意した「集計結果.csv」というExcel形式のファイルに保存を行う。CSVファイルは保存する際にデータをカンマ区切りで並べたファイル形式である。図10は心的回転実験の「集計結果.csv」ファイルの一部である。図11のように参加者1人分のデータを横1列に記録し、追加形式で保存する事で参加者全員のデータを1つのファイルに保存する。結果一覧ファイルに保存するデータを変数に格納する処理を以下に示した。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				実像									
2	学籍番号	性別	年齢	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°
3	204FE07	f	21	459	450	545	505	839	622	749	560	559	
4	204FD05	f	22	455	435	456	570	520	557	699	547	478	
5	204FD06	m	22	480	488	439	490	598	789	671	661	546	
6													

図11 全体結果の表示画面

(一覧結果格納のプログラム)

```
for F1,0,24
  kTime(F1)=Time(F1)/6
next
baup2="" + num + ", " + se + ", " + ag + ", "
for m2,0,24,1
  baup2=baup2 + kTime(m2) + ", "
  if m2=11 : baup2=baup2 + " " + ", "
next
```

参加者 1 人の結果を横 1 列に保存するには、データをカンマ区切りで変数に代入する必要がある。初めに反応時間の平均を計算する。配列 Time(F1)には正誤判定の際に角度別の反応時間を代入する。代入する際に予め格納している値に加算して代入するため、配列に格納している値は角度別反応時間の合計である。配列要素の 0 から 11 までが実像の 0° から 330° で 12 から 23 までが鏡映像の 0° から 330° である。先行文字は「あ」「す」「の」の 3 パターンあり、角度毎に 2 つ番号を持っている。そのため配列 Time(F1)を 6 で割った値が平均反応時間である。求めた平均反応時間は各々配列 kTime(F1)に格納する。

ファイルの保存にはデータ保存用に用意した変数 baup2 を使用する。保存内容は学籍番号・性別・年齢と実像の 0° から 330° までの平均反応時間、鏡映像の 0° から 330° までの平均反応時間である。データを順番にカンマで区切り追加しながら代入する。

ファイルにデータを保存するには、初めに保存するファイル「集計結果.csv」を開く。noteadd 命令を使用して参加者のデータを代入した変数の内容を開いたファイルの最終行に追加する。最後に開いたファイルを保存する。

●個人結果の保存

個人の実験結果は共有フォルダの指定したフォルダ内と参加者が実験で使用したデスクトップ上に保存を行う。個人の結果ファイルは一覧の結果同様、Excel 形式の CSV ファイルで保存する。図 12 は心的回転実験の個人データファイルである。

個人結果を共有フォルダ内に保存するには、初めに実験開始時に作成した「(参加者の学籍番号)結果.csv」を開く。参加者情報登録画面で取得した学籍番号を変数 num に代入した。保存する内容は、実験を実施した日時、正解率、実像の 0° から 330° までの平均反応時間および鏡映像の 0° から 330° までの平均反応時間である。gettime 命令で日時を取得して必要なデータを追加形式で最終行に記録する。最後にファイルを保存する。

また、共有フォルダ内に保存した個人の実験結果は参加者のデスクトップにも保存する。デスクトップに保存することで参加者自身の結果を実験終了後に見ることが出来る。

5 まとめ

使い勝手のよいインタプリタ言語である HSP を使用して作成した心的回転の実験プログラムを紹介した。今回のプログラムの特徴であり利点であるところは、多数の実験参加者が同時

	A	B	C	D
1	【実験結果】 2008/1/2 23:10:9			
2	あなたの正解率は95%です			
3				
4	角度別平均反応時間(ミリ秒)			
5				
6	角度	実像	鏡映像	
7	0°	459	600	
8	30°	450	632	
9	60°	545	505	
10	90°	505	559	
11	120°	839	747	
12	150°	622	761	
13	180°	749	918	
14	210°	560	651	
15	240°	559	574	
16	270°	499	580	
17	300°	472	601	
18	330°	495	531	
19				

図12 個人結果の表示画面

に実験を遂行できることである。また、実験終了後には、直ちに参加者個人の実験データが excel 形式に変換可能な1つのファイルに収められるため、平均や標準偏差といった記述的統計を容易に行なうことを可能にした点である。

最後に、このプログラムで行なう心的回転実験の結果について少し触れておく。図7から明らかのように、先行刺激とテスト刺激との角度差が大きくなるにつれ(0°から時計回りに180°に向け)反応時間は増大する。ただし180°以上になると、角度差の増大に連れて反応時間は逆に短縮されるようになる。このことは、頭の中でイメージを回転させているということを示唆するとともに、この回転の前段階として、時計回りか半時計回りに回転させるかという判断過程が存在する可能性を示すものである。また、テスト刺激として実像と鏡映像の場合を比較すると、鏡映像の場合に長い反応時間を要している。この結果もまた、最初に提示された先行刺激のイメージを実際に頭の中で奥行き方向に回転させるというイメージ操作していることを示すものと解釈される。

引用文献

- Cooper, L.A. & Shepard, R.N. (1973) Chronometric studies of the rotation of mental images. In W.G.Chase (Ed.), Visual information processing. New York: Academic Press. Pp. 75-176.
- 北村英哉・坂本正浩(編) 2004 パーソナル・コンピュータによる心理学実験入門 ナカニシヤ出版

- 木藤恒夫・森田徹・比良友美・後藤友美・今村義臣 2008 ネットワークを利用した心理学実験：二値選択課題 久留米大学コンピュータジャーナル, 22,3-15.
- ONION software (2007.12.15) HSPTV <http://hsp.tv/index2.html>
- ONION software (2007.12.16) ONION SOFT HOME PAGE <http://www.onionsoft.net/>
- 苧阪直行 1983 コンピュータ・コントロール (心理学ラボラトリ・コンピュータシリーズ3) ナカニシヤ出版
- 森田徹・木藤恒夫 2007 Web を利用した心理学実験：社会的知能の測定 久留米大学コンピュータジャーナル, 21,25-37.
- Shepard, R.N. & Metzler, J. (1971) Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171,701-793.
- 田中良久 1975 BASIC 入門：行動科学のためのコンピュータ・プログラミング入門 東京大学出版会
- 悠黒喧史・おにたま・うすあじ 2005 最新 HSP3 プログラミング入門：Windows95/98/NT/2000/Me/XP 対応 秀和システム