

認知ゲーム実験 (1) 鏡映描写

山 上 暁

Cognitive Game Experiments(1) : Mirror Image Tracing

YAMAGAMI Akira

Abstract : Psychological experiments should be fun! I introduce here an example of a video game-style experiment, the “mirror image tracing experiment”. There are three reasons for developing it : (1) Games need human cognitive functions ; (2) “Why are games such fun?” is a psychological issue ; (3) Concrete problems in a video game help students to build their own psychological experiments.

The experimental factors of this computer-controlled mirror image tracing were (1) perceptual-motor coordination transformation (left-right transformation, up-down transformation and both) ; (2) trace figures (horizontal, vertical, right-down oblique and left-down oblique slits). Three groups of 11 subjects were assigned to 3 transformation conditions with 4 trace figures. The total performance time and the error time were measures in each trial. Both average total time and average error time indicated that the left-right and up-down transformation was easier than the other two conditions. The left-right transformation and the up-down transformation conditions with two oblique figures were most difficult. Some implications of these findings are discussed in this paper.

Key Words : cognitive game experiment, mirror image tracing, perceptual-motor co-ordination transformation

1. 認知ゲーム実験

「面白い」心理学実験があってもいいじゃないかと思うようになった。理由はいくつか思いつく。以下に3つ挙げてみよう。ひとつはパソコンゲームやテレビゲーム（以下ゲームと呼ぶ）における認知機能の研究という観点からの理由である。認知心理学の研究テーマは知覚・記憶・思考・動作などの心の機能面での分類と音楽・図形・言語・運動などの素材（刺激）の分類の組み合わせとして見ることもできる。ゲームはまさにそれらの組み合わせられた認知的活動そのものだ。たとえば、ルールを理解し、図形を記憶し、キャラクターの動きを知覚し、タイミングを測り、適切に選択された反応動作をし、フィードバックを通して次の戦略を思考し、ゲームを続ける。まさに総合的認知活動の場だ。これを研究しない手はない。

もうひとつの理由は「ゲームはなぜ面白いのか」と

いう問題である。コンピュータを用いて認知機能を調べる心理実験はゲームに似ているところがある。ゲームは面白いのに心理実験はふつう面白くない。この違いは何が原因なのかは考える価値はある。画面の構成や色使いや音楽や効果音などの効果はありそうだ。また当然フィードバックの有無も影響するだろう。どのようなフィードバックがいつどのような形で行われると効果的かという問いはもう心理学的問題である。子供達がこれほど夢中になるのはなぜだろう。嫌な勉強が面白くできればいいなという希望も含めて研究に値する。

3つめは学問的には「不純な」理由である。学生の卒論指導をしているとテーマの選択が同じことの繰り返しになることが多い。もちろんそれはそれでいいのだが、指導していて面白くない。できるならこちらも面白い方がいい。学生がオリジナリティあふれる発想や問題意識で取り組んでくれると嬉しいのだが、卒論は研究だからこれまでの研究のまねをするのが無難と

ばかり、同じような本や文献をもとにテーマを決めてくる。そこで自分の問題として考えられるテーマを見つける手がかりとしてゲームという入り口を設定した。もちろん最終的には心理学的「面白さ」を感じて欲しいのだが、卒業研究の問題意識をまず「ゲームとしての面白さ」という入り口から引き出そうというわけである。素材と技術と時間の制限のなかでできるだけ面白いゲームを考える。ゲームを作る面白さも体験して欲しい。それを通じてゲームをするという認知活動がどのように心理学的問題として捉えられるかを自分達の身近なものとして考える。実験自体が被験者にとっても実験者にとっても面白くなる。学生が気付かない認知的問題を指摘しつつ一緒に考える楽しみがこちらにもできる。完成した「作品」は体験できる実験集として残せるし、後輩の学年がまた自分なりの考えを入れて積み上げが可能である。やる価値はある。

そんなふう想着て「ゲーム仕立ての心理実験」を卒論に取り入れつつあるが、もちろんオーソドックスな実験を選ぶ学生もいるしゲーム仕立てにしにくいテーマもある。ゲームに興味があってもゲームを作るとなるとすんなりいくわけではない。今まで以上にこちらの指導の時間的負担も大きくなることもある。どんなふうによっていけるか、まだはじめたばかりなのでしばらく続けて見ようというところだ。

2. 鏡映描写実験

もちろん従来からの入門基礎レベルの心理学実験の中にも「面白い」実験はある。そのひとつがこれから報告する「鏡映描写」(心理学実験指導研究会, 1985; 利島・生和, 1993)である。鏡像描写ともいうが、自分の手許が見えずに正面の小鏡に映った手と図

形だけを見ながら図形面上の細いルートを鉛筆なぞる。できるだけ早くかつできるだけルートをはみださないようにと言われる。結構むずかしい。うんうん、きゃーきゃー言う学生もでる。それでも何回か繰り返すと上手になる。つまり「知覚運動協応学習」が成立する。基礎実験実習ではこれは「両側性転移」を調べる実験の一部となることが多い。利き手(右手利きの人は右手)でまず最初の1試行を行う。その後10試行を非利き手(右手利きの人は左手)で行う。その後最後にもう一度利き手で1試行を行う。非利き手での10試行で徐々にうまくなり、所要時間は短く、逸脱回数は少なくなる。この学習(訓練)の効果が利き手に転移するかどうかを検討する。今回の研究ではこの「両側性転移」を調べる目的はない。鏡映を見ながらルートの中を進むというのは視覚系の空間座標と運動系の空間座標の間に変換関係があるということである。この「座標の変換」の効果という観点から実験を行う。従来の鏡1枚での鏡映変換は鏡映描写実験の場合には上下変換である。この変換をパソコンで行うといろいろな変換が可能となる。すぐに思いつくのは上下じゃなくて左右の変換にしたらどうなるだろう、上下だけじゃなくて上下かつ左右の変換にしたらどうなるだろう、ということである。ゲーム感覚の実験としてとりかかった。

3. 実験とデータ

ここで「認知ゲーム実験」の第1号として紹介するのは古庄佳代が平成16年度卒業論文として提出した「鏡映描写における図形特徴の効果」の中の実験の一部である(古庄, 2004)。実験のアイデアの提示とその具体化であるプログラミングは筆者が行った。もち

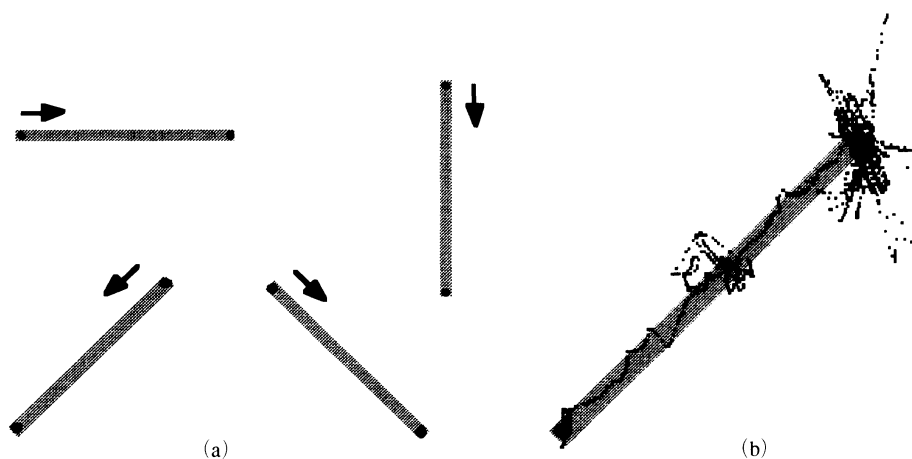


図1 4つのルート図形 (a) と反応例 (b)

ろん卒論としてのデータの収集と分析および考察は学生自身が行ったのものであるが、本稿では筆者の観点からデータの再検討と考察を行う。

（1）目的

パソコンの画面上で「鏡映描写」の実験事態をまねるためにマウスの向きを逆にしてしっぽ側が手前になるように握って動かす。はじめは「慣れない」からとまどう。でも少し慣れるとそんなに難しくないような気もする。少なくとも「鏡映描写」の実験でパニック状態になったような難しさは感じない。この状態ではマウスを上にも動かすと画面上のポインタは画面の下に向かい、マウスを右にも動かすとポインタは画面の左に向かう。つまり上下逆転と左右反転が同時に起こっている。ただし、通常パソコン画面はマウスが移動する机の面からいうと垂直に近い位置関係で置かれているので幾何学的な意味では描画平面の90度の変換も入るが、今はそれを無視して話をすすめる。通常の「鏡映描写」の実験事態では上下のみの座標変換が起こるのだから、上下の座標変換と左右の座標変換が同時に起こっている状態ではもっと難しいのではないかと考えたのである。これを実際にデータをとって検討しようというのがここでの実験の意図である。

（2）方法

変換条件を3つ設定した。左右の座標変換のみ条件（以下、左右変換条件とする）と上下の座標変換のみ条件（上下変換条件）と上下左右の座標変換条件（両変換条件）である。座標変換はコンピュータのBASIC言語でのプログラミングで行った。ルートとしての図

形は幅6mm、長さ100mmの灰色長方形で、両端に直径4mmの黒い円が出発点と終了点として描かれている。出発点でマウスのボタンを押すとマウスの動きの軌跡が黒い小さなドットとして描かれる。今回は通常のマウスの動きを示す矢印ポインタも表示されているようにした。被験者の課題は出発点から終了点に向かってできるだけ早く、できるだけ灰色領域を逸脱しないように軌跡のドットポインタを動かすことである。反応として所要時間と逸脱時間（灰色領域の外側に軌跡がある時間）が記録される。

ルート図形の方法は4つ設定した。垂直・水平・右45度・左45度である（図1の（a）参照）。基礎実験実習では星形やランダム図形が使われることが多いが、ここでは反応計測が正確にされるので、その要素としての4つの単純な細長い長方形を用いた。

被験者は学生33名で、3つの変換条件に11人ずつランダムに割り当てられた。2要因混合実験デザインで変換要因（3水準）は被験者間要因で、図形方向要因（4水準）は被験者内要因であった。被験者一人ずつに実験室に来てもらう個別実験で被験者ごとに異なるランダムな順序で12条件を2回ずつ行なった。図1の（b）に難しかった条件（左下斜ルート・左右変換）の1名の被験者の1試行の結果を例として示す。

（3）結果

変換条件（3水準）と図形方向条件4水準）別に所要時間と逸脱時間の各被験者の2回の測定値の平均値を個人データとし、それを各変換条件ごとに11人の被験者で集計し平均値を算出してグラフにした。まず平均所要時間（図2）を全体として見ると、図形条件

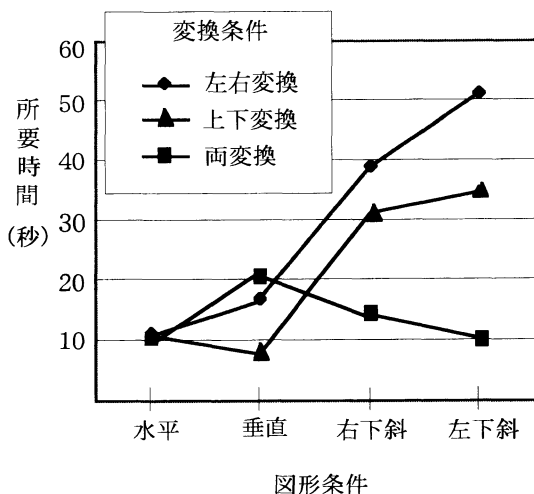


図2 変換3条件×図形4条件別の11名の被験者の平均所要時間（秒）

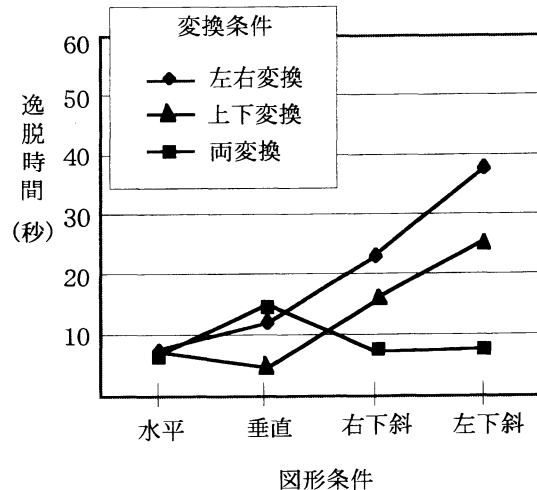


図3 変換3条件×図形4条件別の11名の被験者の平均逸脱時間（秒）

では水平・垂直・右下斜・左下斜の順に時間がかかっており(図形要因主効果, $F(3,90)=12.88$, $p<.01$), 変換条件では両変換・上下変換・左右変換の順に遅くなっている(変換要因主効果, $F(2,30)=4.15$, $p<.05$)。ただし, 両要因の相互作用も有意($F(6,90)=5.14$, $p<.01$)なので, 条件別に比べなければならない。多重比較の結果(5%有意水準), 左右変換条件と上下変換条件では右下斜・左下斜と水平・垂直の条件の平均値の間に有意差がみられ, 両変換条件ではどの図形の間に有意な差はなかった。また, 右下斜条件では両変換条件と左右変換条件・上下変換条件の間に有意な差が認められ, 左下斜条件では3つの変換条件の間すべてに有意な差が認められた。つまり垂直・水平条件では3つの変換での平均所要時間には差が無く, 右下斜と左下斜条件では両変換条件に比べて他の変換の方が時間がかかった。このことは平均逸脱時間(図3)のデータでも同様に認められた。

(4) 考察

斜方向の移動はベクトル分析すると, 上下方向と左右方向の2成分に分かれる。2つの方向成分をもったルートを上下変換と左右変換の2つの変換をした条件(両変換条件)で行うのは難しいだろうと予想した。この考えは正しくなかった。両変換条件はむしろ難しい。これは意外であった。ただ, やって見るとわかる。むしろ難しいのは上下変換や左右変換の場合の斜移動なのだ。

吉村・大倉(1980)はプリズムを通して見た机上の紙面上に描かれた幅6mm長さ150mmのルートを鉛筆でなぞる形での上下変換と左右変換の条件下の鏡像描写の所要時間と逸脱回数を比較している。垂直ルートの場合には左右変換がとても難しく, 水平ルートでは上下変換が難しい。学習過程をみるために10試行ずつ行っているが, 第9・10試行ではこの2つの条件の差はなくなったが, 他の条件(垂直ルートの場合の上下変換と水平ルートでの左右変換)と比べるとやはり所要平均時間は5秒と15秒というくらいの差がある。彼等はこの結果を「目標方向」と「調整方向」という概念で分析している(ただし, この用語は大倉(1989)による)。垂直ルートで左右変換の場合は垂直方向が目標方向で, 水平方向が調整方向である。われわれの動作は自然なゆれを持っている。水平方向にずれた場合そこに変換の効果があらわれる。右が左で左が右なのだ。水平ルートでの上下変換では上下方向が調整方向となり, ずれを戻す時には上下が逆になる。

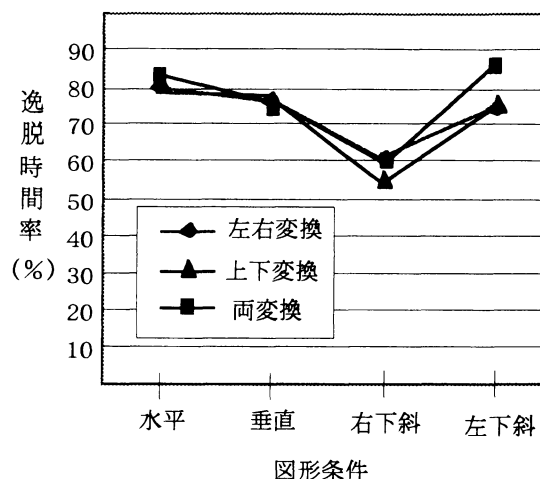


図4 変換3条件×図形4条件別の11名の被験者の平均逸脱時間(%)

つまり, 調整方向が変換されているから難しくなったと考えられる。われわれの実験でもこの4つの条件は含まれていたが, その差は認められなかった。この違いも面白い。鉛筆でなぞる動作とマウスを動かすことの違いや, 自分の手が見えるかどうかや視野全体の変換とマウスによる運動との対応関係の変換という違いなど, その原因の候補はいくつか考えられる。

われわれの実験では「両変換条件は簡単」という知見に面白さがあるので, いまはこれを中心に考えよう。進行方向と調整方向の区別を両変換条件での斜方向の移動にあてはめると, 進行方向の斜方向と直交する方向が調整方向となる。つまり逆の斜方向が調整方向になり, ベクトルの的に考えると上下と左右の2つの方向で調整が必要となる。だから難しくなるだろうと考えたのだったが, 結果はこの予測と違った。ベクトル分析的な考え方は間違っているのかもしれない。平面描画に対して上下と左右の変換を同時に行うのだから平面としては一種の「まるごと変換」をしていることになる。この「まるごと変換」の心理学的意味は面白そうだ。

課題が難しいということの内容を検討する試みとして, 逸脱時間率(所要時間に対する逸脱時間の百分率)を各条件の平均値で算出してをグラフにしたのが図4である。統計的検定はしていないが, 3つの条件では差がなく, 右下斜条件でのみ値が小さい。これも少し驚いた。データを見る前には難しい条件では当然ミスやためらいの時間の割合が多いだろうと予想していた。基本的にルートから逸脱している時間と逸脱していない時間の割合は変わらないようだ。ただし, 右下斜条件は逸脱時間率は小さい。この条件では

マウスは左上斜方向に動かすことになる。右手利きの人間の机の上での動作としてはやりやすいからだろうか。鏡像描写課題における「逸脱」ということの意味ももっと探っていきたくなる。

今回の実験ではマウスの矢印ポインタが常に画面に表示されていた。被験者として冷静に考えるとこのポインタの動きが変換されていると考えれば比較的簡単になりそうだ。少なくとも規則性を発見しやすくなるだろう。実際の実験でそれを実行した被験者がいたかどうかは不明だが、矢印ポインタを表示しない条件を作ってこのことの効果は検討しなければならない。

今回の実験からいくつかの新しい知見も得られたが、その原因を探るには上で見てきたようにこれから検討しなければならない条件や考え方がたくさんあるという感の方が強い。それは今後の課題ということにして、今回の実験は古典的ともいえる心理実験でもゲーム仕立てにして条件や視点を変えることによって「面白い」問題が出てくるということの例として報告した。

4. 認知ゲーム実験の意義

ここで報告した「鏡映描写実験」はゲームとしてはまだそれほど面白いという感じではないのだが、コンピュータを使うことによって今まで実現しにくかったり、発想として出てこなかった条件が設定でき、「意外な」結果が得られたことからレポートして見ようという気になった。さらにゲーム的にするにはトレースするルートの要素を多くしたり、角度の種類をふやしたり、曲線にしたりして複雑にしてみることが考えられる。またフィードバックの仕方を変えたりスコア方式にしてみたり、時間制限式にしたりすることも考えられる。ゲーム世代の学生達だったらもっと面白い発想でゲームらしいものに仕上げていけるかも知れない。そうしてゲームとして簡単にできたりようにしたり、難しくしたりすることが認知機能のどの側面にどのように効果を持つのかと考えることが心理学的考察につながっていけばしめたものだ。

ゲームを作るのにコンピュータが絶対に必要というわけではないが、やはりコンピュータを使う場合が多くなるだろう。ゲームの多くに画像としての動きの要素や人間側の反応としても運動の要素があり、それを素早くコントロールしたり、細かく計測するにはコン

ピュータが適している。今回の実験ではアップル社のマッキントッシュコンピュータで FutureBasic という BASIC 言語を用いてプログラミングを行った。いまだ BASIC 言語を覚えようという学生は少ないし、教えるのも大変なので、現在は主にハイパーカード (HyperCard) というソフトを使って学生にゲームづくりを教えている。ハイパーカードを心理実験に使って楽しい実験をめざした先達がいる (中澤, 1989)。「鏡映描写実験」も入っており、これはここでいう「両変換条件」となっている。ハイパーカードでのゲームづくりではあまり、プログラミングということを意識しないで、カードの上にボタンやフィールドや絵などのパーツを配置し、それらにマウスで働きかけることによってゲームらしきものができる。多少細かいところはこちらが専用のプログラミング言語 (HyperTalk) で補うが、それも見よう見まねで自分でやる学生も出てきた。うれしいことである。自分のアイデアが実験となり、また同時にひとつのゲームとして具体的な形になることが学生の取り組みのモチベーションにもなっているようだ。

ゲームと実験の最大の違いはデータがあることである。被験者のゲーム遂行過程がデータとして残る。どのような数値をデータとして記録するか、被験者の認知的活動のどういう側面が、どういうデータとして出てくるのか。そのようなアイデアがゲームのデザインの中に組み込まれてはじめて認知実験になる。データから人のころが見えてくる。そんな感覚を体験してくれれば卒論として成功といえるだろう。

引用文献

- 古庄佳代 2004 鏡映描写における図形特徴の効果 甲南女子大学人間科学部平成 16 年度卒業論文
- 中澤 清 1998 心理学のおもちゃ箱 p. 35-42 ナカニシヤ出版
- 大倉正暉 1989 反転視による視覚運動協応妨害効果の異方性と自己中心的方向の知覚 甲南女子大学人間科学年報 14, 71-89.
- 心理学実験指導研究会 (編) 1985 実験とテスト (実習編) p. 49-51 培風館
- 利島 保・生和秀敏 (編) 1993 心理学のための実験マニュアル p. 132-135 北大路書房
- 吉村浩一・大倉正暉 1980 上下逆転視-左右反転視の比較Ⅱ 直線描画作業について 日本心理学会第 44 回大会論文集 p. 192