

人間発達心理学科における実験心理学の教材開発 ～HSP プログラミングの活用事例

Developing Teaching Materials for Experimental Psychology in the Department of “Human Developmental Psychology” : An Application of the Programming language “HSP”

平田 智秋
Chiaki HIRATA

要 旨

実験心理学の教材化について、安価、かつ効果の高いコンピュータの活用事例を紹介する。コンピュータ言語のひとつである HSP を活用した3つの事例を取り上げ、その評価・検討を行う。具体的には、長さの錯視、長期記憶の形成に対する反復再生の効果、そして色イメージに関する実験の教材化例を紹介する。これらの事例から、HSP を活用した教材化による利点として、既存の器具を使うより頑健なデータを迅速に得られること、また最新の研究を学科の教育内容に援用できること、卒業研究における発想の幅を拡張しうることが示唆された。しかし、得られたデータを縮約・表示して解析する方法や、心の働きのより深い理解へと実験結果を還元する発想を学生が身に付けるには、コンピュータを用いた教材化のみでは十分ではなく、教員自身の教育力が問われる。

1. はじめに

大学院生の頃、フランクフルト空港から中央駅に向かう地下鉄で乗り合わせた男性と仲良くなった。作業着姿の彼はキヨスクでの荷物運びの仕事を終え、帰宅途中だそうだ。「どこの国から何をしにきた？」と聞かれたので、「日本から来た。ドイツ・スポーツ心理学会に出るので、これからライプチヒに行く。」と答えた。すると彼は「さしずめ君は、日本のヴントだな。」とふざけ、大きく笑った。ヴントといえば実験心理学の黎明期を支えた一人である。いかにも肉体労働者風の彼の口から出たその名前に、ドイツ人の心理学に対する教養の深さを目の当たりにした。なお現在でも、ライプチヒにはヴントの実験室が残っていて、19世紀後半に開発された反応時間を精緻に計測する装置などが展示されている。これらの装置からは、当時の技術水準を創意工夫で補い、ヒトの心の働きを何とか実証的に研究しようとする情熱が伝わってくる。

翻って本学科は「人間発達」心理学科であるためか、実験心理学のための設備・環境が乏しい。もちろん柔軟で、豊かな振る舞いをみせる「ヒトの心の働き」を、実証的に解明しようとする実験心理学の手法に限界もある（そのオルタナティブとして、近年ではダーウィンが見直されており（佐々木，2005），その手法もまた面白い）。ただ，学生に「心理学科の卒業生」としての素養を提供するには，心理学の基礎ともいえる実験を体験できる環境を整える必要があるだろう。幸い本学には受講生全員がコンピュータを使用できる教室が多くあり，学内ネットワークも充実している。既存の設備・環境を活かせば，実験心理学の世界を体験できるような教材開発は可能である。ヴントが彼の時代に遺した創意工夫と情熱には到底及ばないが，ささやかな試行錯誤を重ねる必要と意義はあるだろう。

本稿ではこれまで自作した実験心理学教材の一部を紹介し，それらの教育目標を概観して，教材としての評価を試みる。なお，コンピュータを活用した実験心理学の教材化は，これまでも試みられている（北村，坂本，2004；水野，2004；酒井，森下，松本，2007）。これらの知見を参考にしつつ，本稿では独自の教材化例を1～3年次のカリキュラム進行順に紹介する。ここで取り上げる教材は，1年次必修科目の「心理学基礎実験」で使う「長さの錯視」，2年時以降の選択必修科目「心理学実験実習」における「効果的な暗記方法（通称：スワヒリ40）」，3・4年次の「人間発達演習」「卒業研究」での「形容詞／都道府県の色イメージ調査」に使っているものである。また教材を開発するにあたって心がけたのは，多くの学生が実験心理学の面白さを体験できるよう，使い方を単純化し，良質なデータを収集し，その可視化を容易にすることである。くわえて，学生が以下の思考過程をたどるよう計画した。すなわち学生は，a) 教材を使う前に仮説を立て，b) 実際に実験をしてデータを得て，c) 統計解析を施

して仮説を検証し，d) 仮説と結果を吟味・考察して文章にまとめる。これら a～d の作業は，実験心理学のみならず自然科学一般に共通する，基本的かつ重要な思考過程である。

なお，これら心理実験用の教材はワードやエクセルと同様，単体で動作するアプリケーションである。実験は全てコンピュータを使って行い，反応は全てキーボードかマウスを介して記号化される。つまりこれら心理実験が扱う「ヒトの心の働き」には，「コンピュータの前における」ヒトの心の働き，という制約がつく。さらに工夫を重ねれば，より豊かな心の働きを実験から浮き彫りにすることも可能だが，現時点では「この程度」である。それでも学科生が実験心理学の面白さを体験し，「ヒトの心の働き」について考えを深める機会を提供するには，十分有効であると考ええる。

2. HSP (Hot Soup Processor) の選択理由

コンピュータでアプリケーションを作成するには，コンピュータ言語を用いる。そしてコンピュータ言語は無料のものだけでも，C, Java, Perl, Ruby, Python など多彩で，それぞれに固有の特長と使い難さを併せもつ。そこで「学科生対象に実験心理学を教材化」する際の要件とその理由を下にまとめた；

- 1) 無料である：限られた予算で開発できる
- 2) ウィンドウズでの実行ファイル（exe 形式）を生成できる：ファイルを学生に配ればすぐ使える
- 3) 実験記録をエクセルで読み込み可能な形式（csv 形式）で出力できる：学生がデータを自ら解析できる
- 4) 10ms 単位（100分の1秒）で時間計測が出来る：反応時間の計測には必須
- 5) グラフィック描画が充実している：絵や音を呈示できれば，実験の幅が広がる
- 6) プログラミングが容易である：迅速に開発できて，エラーに気付きやすく，手直しが容易

これら6点を満たす開発言語としてHSP (Hot Soup Processor) を選択した。HSPはおにたま氏らが開発したコンピュータ言語である(入門書はおにたま, うすあじ, 悠黒, 2009)。特長としては, ウィンドウズで動作する実行ファイルを生成可能で, csv (コンマ区切りテキスト) 形式でデータを出力でき, 工夫すれば10ms 単位の反応時間計測が可能となる。またグラフィックを描画する機能も充実しており, 小学生がゲームを作るときにも用いられる(大槻, 2005)。なお他の開発言語でも上の6点を満たすものはあるが, 心理実験に必要な100~200行程度のプログラム開発であれば, HSP が最も迅速かつ, 簡便な手段である。実際, 北村・坂本(2004)も心理実験の教材化にHSPを使っている。

3. 心理学基礎実験: 長さの錯視

3.1 実験課題の教育目標とHSP 導入のねらい

心理学基礎実験では, 長さの錯視であるミュラー・リヤー錯視(図1a)を題材に, 「錯視量が最大となる矢羽角度は何度か?」という仮説を検証する。具体的には錯視図形の矢羽角度を4種類(15° , 45° , 75° , 統制条件 90°)用意し, 錯視量を比較する。実験教材としてのミュラー・リヤー錯視には, 主観的な長さの見えと, 客観的な物理量である実長との乖離(つまり錯視量)を, 分かりやすく計量できる特長がある。またこの錯視現象は個人差も小さく堅固であり, 古くから実験心理学の基礎教材として取り上げられている。心理学基礎実験の学生配布テキストには, 長さの錯視における「実習のねらい」を以下の4点と記した。すなわち, 1) 仮説をたて, データから仮説を検証する手続きを実習する, 2) 実験計画の基礎である統制条件, 調整法について理解する, 3) 統計解析として, 一要因分散分析および下位検定を行う, 4) 実験レポートの作文技術を実習する。この教材を通じて学び得ることは数多くある。ただ当該科目が学科1年生対象の必修科目で

あること, 2コマで実験と解析を終える必要があることを勘案した結果, 教育目標を仮説検証に絞った。つまり仮説をたてる作業, そして仮説検証に必要なデータを取得・解析する作業, 結果を吟味・報告する作業を学生が体験できれば, 所期の目標を果たせることになる。また学生が錯視成立の機序にまで考えを深めることを企図し, 錯視量と矢羽角度との関係に仮説の焦点を絞った。

この教育目標に近付くために, HSP を用いたアプリケーション教材の開発が果たす役割は2点ある。ひとつは仮説を吟味するのに十分な試行数の確保であり, もうひとつは錯視が起こったことを立証するための統制条件の設定である。ミュラー・リヤー錯視における錯視量を計測する装置として, 実験専用の定規が市販されており, 本学にも用意されている(図1a)。この定規には錯視量を手にとって体感できる特長があり, 錯視量と矢羽角度との関係を直観的に理解しやすい。実際「心理学基礎実験」でも, 仮説を立てた後にまず, この定規を使った実験(以下, 定規実験)を行った上で, コンピュータでの実験(以下, PC 実験)に進む。ここで定規実験には, 試行ごとに実験者と実験参加者との「定規のやり取り」が必要である。さらに錯視量の記録には, 実験者による筆記を要する。これらの手続きには時間がかかり(約15分で12試行), さらにノイズも大きく, 量, 質ともに統計解析に耐えるデータを確保し難い。また市販の定規には, 統制条件が無い。つまり, 「何センチの錯視量があれば, 錯視が起きたとみなせるか」, その基準が無いことになる。統制条件の設定は実験計画法の基礎であり, 一年次からその必要を理解しておく必要がある。

ここでHSPにより開発した教材を使えば, 統計解析に十分な試行数の遂行・記録が短時間で出来る上(約7分で160試行), 統制条件(図1b 上段。矢羽角度が 90° で錯視が起こらず, 単純な長さの比較課題となる)も設定できる。錯視量の計測方法は単純である。図1bの左側の図形は標準

刺激で、長さが変わらない。右側の図形は比較刺激で、試行開始時には標準刺激より明らかに長く見える距離から呈示が始まり、連続的に短くなっていく（明らかに短く見える長さから、連続的に長くなっていく試行もある）。実験参加者は、標準刺激と比較刺激との長さが等しいと判断した時点で、エンター・キーを押す。その時点における2つの刺激の長さの差を錯視量として記録する。このように錯視量を計測する方法を調整法という。

調整法は錯視量を簡便に計測しやすいが、実験参加者の予測が入りやすいという短所がある。それでも調整法を採ったのは、定規実験との整合を図るためと、短時間で解釈しやすいデータを取るためである。なお、コンピュータを使ったミュラー・リヤー錯視実験を三つ提案している小川（2004, 2005, 2008）は統制条件を設けておらず、PCを使いさえすれば定規実験の短所を補えるわけではない。

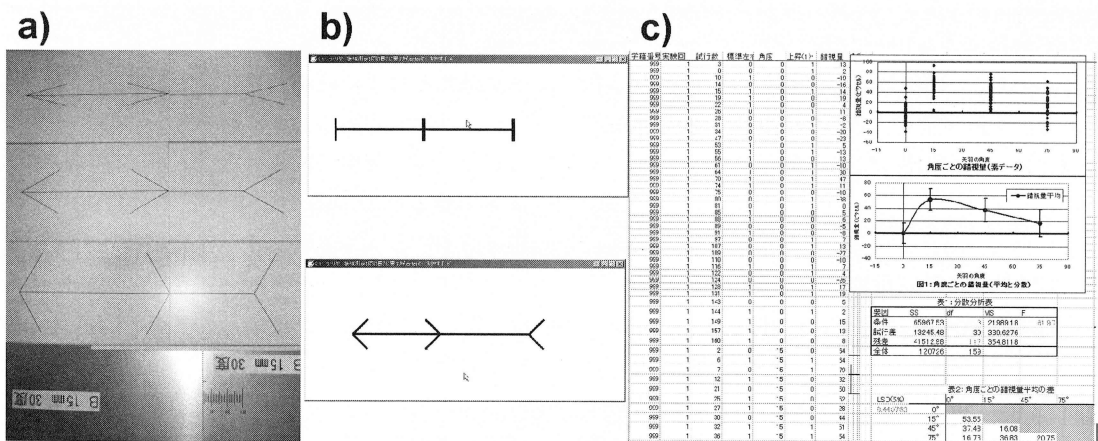


図1：ミュラー・リヤー錯視実験の教材群。a)市販の錯視定規（裏面が定規になっている），b)実験プログラムの画面例（上段が統制条件，下段が矢羽45°図形右側が伸縮し，左側の図形と長さが等しいと判断した時点でエンター・キーを押す），c)解析用ファイル（左側にデータを入力すれば，それをもとにした図と分散分析および，下位検定の結果が表示される）。

3.2 実習の流れと主要結果

実習ではまず錯視に関して概説し，次に矢羽の角度と錯視量との関係について，学生に仮説をたてさせる。仮説は折れ線グラフで手書き描画させ，そう考えた理由を文章で説明させる。それから定規実験（図1a）を先に行う。そして錯視量を手計算し，仮説を簡単に検証する。ここでは明確な傾向が得られない学生が多い。そこで統計に耐えうるデータ数や，定規実験での測定誤差について説明し，PC実験に移る（画面の詳細は図1b）。ここでは学生一人ひとりがHSPアプリケーション

ンを使って，自らの錯視量を計測する。ここで1コマ目は終わる。

次週の2コマ目にはまず，レポートの書き方を目的，方法と順に説明する。結果に進んだところで，学生は前回計測した自らの錯視データを解析する。なおHSPの実験プログラムは，エクセルで読み込み可能なcsv形式のデータを生成する。学生は自らの錯視データを，エクセルで作成した実習専用の解析雛形に入力し，そこでグラフ描画や統計解析を行う（図1c）。雛形の上で学生が行う作業は，実験データの「コピー&ペースト」と

「データの並べ替え」だけで、それさえ出来れば、
1) 矢羽角度ごとの錯視量平均と分散のグラフ、
2) 錯視量に対する矢羽角度の効果についての一
要因分散分析表 (SA タイプ)、そして 3) 下位検
定表 (LSD 法) が自動で作成される (図 1c)。
これらの結果を読み取り、学生は自らの錯視量デ
ータを使って報告書を作成・提出する。

なお実習では統計解析の詳細には重きを置いて
いない。1 年次の段階では統計解析の使用目的と
データの解釈の方法を知り、素データや統計結果
を見る眼力を養い、報告書にまとめる作業に意義
があると考え。そこで分散分析は「矢羽の角度
によって錯視量は変化するのか」を検証する方
法であること、そして下位検定は、統制条件と錯
視図形の錯視量を比較して「それぞれの矢羽角
度において錯視は生じたのか」を検定し、矢羽
角度間の比較から「錯視量が最大の矢羽角度は
何度か」を知る手段であることのみを学生に伝
えている。データを解析すると、 15° 、 45° 、 75° 全
てで統制条件よりも錯視量が大い、との結果を
得る学生がほとんどである。つまり設定した角
度では、全て錯視が生じたことになる。また角
度間の錯視量比較では、 $15^{\circ} > 45^{\circ} > 75^{\circ}$ とな
り、大半の学生が「矢羽角度が小さいほど錯
視量が大い」との結論を得る。

3.3 教材としての評価・検討

この実習の目標は「仮説検証の過程を体験す
ること」である。そして学生が仮説をたてる作
業自体には、コンピュータは不要である。しか
し仮説を客観的に検証するためには、錯視デー
タの質と量を担保する必要がある、そこに HSP
を用いて教材を開発する価値がある。PC 実験
による試行数の確保と統制条件の設定から、仮
説検証に必要な材料は提供できていると考える。
よって、その材料を使って思考する過程、すな
わちデータの読み取りと仮説の吟味に学生が集
中できれば、PC 実験による教材化の意義はあ
るだろう。

学生が書いたレポートを見る限り、仮説に理由
をつける作業、そしてデータを読み取って「なぜ
主観的な見えと実際の長さとかかけ離れるのか」
を考えようとしている気配は伺える。しかし、気
になる傾向が二つある。

そのひとつが、「仮説が正しいことへのこだわり」
である。まず、仮説どおりの実験結果が得られ
ないと残念がる学生が多い。本来、実験する意
味は「仮説の正しさを証明すること」にあるので
はなく、「仮説の成否をデータに問うこと」にあ
ると考えている。むしろ慎重に計画・遂行され
た実験から、仮説を覆すデータが得られたときに
こそ、新発見があり、実験する面白さがあるだ
ろう。しかし、実験前に立てた仮説が、いわゆる
「正解」であることにこだわる学生も多く、実
験心理学の面白さを十分に伝え切れていないの
ではと危惧している。

もうひとつが、「結果を解釈する力」である。
レポートを見ると「どうして錯視が起こるのか」
を考察する学生は多いが、もう一步踏み込んで
「なぜ、矢羽の角度が小さいと錯視量は大きくな
るのか」について、じっくり考察をした学生は
散見される程度である。実験前には図 2 のよ
うな都市環境に見られるミュラー・リヤー錯視
の例を学生にみせ、錯視が起こる機序のひと
つとして「2 次元の視覚を 3 次元へと勝手に変換
する視覚

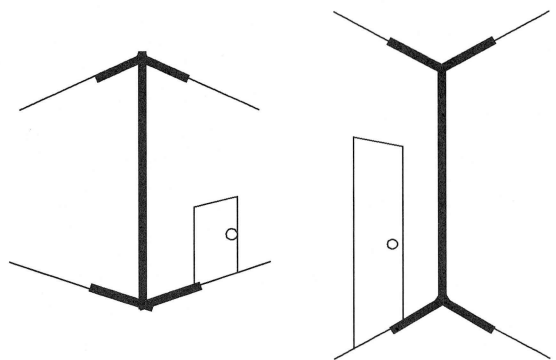


図 2：ミュラー・リヤー錯視の機序を考えるヒント (左右 2 本の太い縦線の長さは等しい)

機能の特性」について説明している。しかしレポートの考察部分で、矢羽の角度と3次元上での奥行き感とを結び付けて考える学生は少ない。「データから導かれる、ヒトの視覚機能への洞察」について、考えるヒントを十分に提供できているのか、再考する余地がある。

4. 心理学実験実習：長期記憶の形成に対する反復再生の効果（スワヒリ40）

4.1 実験課題の教育目標と HSP 導入のねらい

心理学実験実習は、2年次以降対象の選択必修科目であり、15コマで3つの実験課題を行う。したがって、ひとつの実験課題に時間をかけて取り組める。ここで学生が実験心理学の手法を身につけ、その面白さを実感するには、学生が興味を持続できる課題の選択が肝要である。そこで多くの学生にとって切実な問題であろう、「効率の良い暗記の方法」を実証した心理実験を教材化し、先行研究を簡略化して追試することにした。取り上げた研究は2008年の Science 誌に掲載された“The critical importance of retrieval for learning”という論文である（Karpicke & Roediger, 2008）。これを意識すれば「思い出す作業が学習にはきわめて重要」となる。この論文の詳細は後述する。この実験課題の教育的な価値は、なにより実験結果が面白いこと、そして暗記という、身近で切実な問題に対する、実験心理学的な接近法を呈示することにあると考える。この実験課題により、生活場面にある素朴な疑問（ここでは、効率の良い暗記の方法）に対して、実験心理学がどうやってアプローチするか、その手法を学生に追試・体感させる機会を提供できる。「ある事象について知りたい。それを知るためにこの手法で検証する。」という研究の流れにおいて、「ある事象」について「効率の良い暗記の方法」という、学生にとって最大公約数的に切実であろう問題を予め設定してしまう。その上で、「こういう実験計画を採れば、その疑問に対して答えが得られる」

と問題を検証する方法を例示し、実験心理学の手法を体験する機会を提供する。

以下に Karpicke & Roediger (2008) の概要を説明する。まずここでは「勉強 (Study) は記憶を作ること (記銘)、試験 (Test) は作った記憶を外に出すこと (再生)」としている。その上で、スワヒリ語40単語を暗記する、という課題に対して、より長持ちする記憶をつくるのに最適な、勉強と試験の組み合わせを4つの実験群から比較・検証した。実験初日はどの群でも勉強と試験の対を4セット繰り返した。勉強フェーズではスワヒリ語とその意味の対が呈示され (記銘)、それを単語の数だけ繰り返した。試験フェーズではスワヒリ語だけが呈示され、実験参加者はその意味をキーボード入力により回答した (再生)。第一の群は ST 群で、勉強40語・試験40語の対を単純に4回繰り返した。2番目の群は SnT (Study not, Test) 群で、最初のセットでは、勉強40語・試験40語を行うが、2セット目以降は、前回の試験で暗記できた単語は勉強しなかった。しかし試験には40語全てが出題された (記銘より再生重視)。3番目の群は STn (Study, Test not) 群で、2セット目以降も40語ずつ勉強はするが、試験では前回の試験で暗記できた単語が出題されなかった (再生より記銘重視)。4番目の群は SnTn 群で、これは前回の試験で暗記できた単語は、それ以降の勉強・試験ともに出題リストから外れた。

勉強と試験を4セット繰り返す初日の実験では、試験4回目までに4つの実験群すべてで、累積正答率が9割を超えた。そして群間に差は無かった。この実験の面白さはこの後にある。彼らは実験参加者に、「1週間後に同じ単語群の試験をします。そのとき何問答えられると思いますか？」と聞いた (学習の実感測定)。そして4群の実験参加者とも一様に「ほぼ50%だろう」と答えた。しかし一週間後の保持テストの結果では、再生を反復した2群 (ST・SnT 群) の保持率 (覚えた単語のうち1週間後も正答できた率) が80%を超えたの

に対し、記銘を反復した2群 (STn・SnTn 群) の保持率は30%程度であった。ここから生成した記憶を思い出す作業の繰り返しが、長持ちする記憶の形成に重要だとわかる。また、各群ともに学習の実感には差が無いことから、長期記憶の形成は意識しにくいことも分かる。

心理学実験実習において、この実験を追試するには工夫が必要である。まず、原典では SuperLab という有償のソフトウェアを用いて実験している。しかし、38名の受講生がこのソフトを用いて同時に実験を行うには、ソフトの導入費用が70万円近くかかる。しかし HSP を用いて教材を自作すれば、原典とほぼ等質な実験環境を無償で学生に提供できる。また教材は自作であるので、原典では英語を用いて行われた実験を、日本語化する作業も容易である。さらに自作は業者依頼に較べて開発が迅速であり、論文公表の直後から課題を実習に採り入れられる。なお、当初はパワーポイントを使った実装を試みた。刺激語の呈示は可能であったが、正誤反応を次の試験に繰り越す処理や、正誤データをまとめる作業が煩雑となり、正しく実験を行えない学生が多かった。そこで HSP を用いた実験プログラムを作成し、受講者が実験者として行うパソコン操作を簡略化した。なお作成した実験プログラムは158KB と軽量であり、受講生の多くは USB メモリに入れて持ち帰り、自宅などのパーソナルコンピュータを使って実験した。このように、教育的にも魅力ある研究が発表されたとき、無償かつ迅速に実習科目として組み込める点が、HSP を活用する大きな利点と考える。

実験プログラムの動作は単純である。勉強フェーズではスワヒリ語と日本語の対を5秒間呈示し、次々と所定の語数に達するまで呈示を繰り返す。試験フェーズではスワヒリ語のみを呈示し、実験者がマウス入力する解答の正誤を記録し、実験参加者にも正誤を即時フィードバックする。さらに実験条件 (再生重視か、記銘重視か) をもとに、

次の勉強フェーズ、あるいは試験フェーズで出題する単語リストを決定する。実験後には参加者が学習の実感 (予想正答数) をキー入力する。得られたデータは全て csv 形式で保存される。なお実習では、Karpicke & Roediger (2008) の実験から以下3点を変更した。まずデータ解析を簡易にするために、SnT (再生重視) と STn (記銘重視) の2条件に減らした。次に、スワヒリ語の意味は口答で解答させた。そして学習の実感をより詳細に検討するため、初日4回目試験の後に加え、1週間後の保持テスト直前にも学習の実感 (予想正答数) について回答を求めた。

4.2 実習の流れと主要結果

実習では先行研究の説明をして問題の所在を明らかにした後、SnT と STn の保持率について仮説を立てさせた。その後、実験用プログラムを配布し、2人一組になって実験の練習をした。そして受講者には「この実習の受講者以外で、誰か友達か家族1名に頼んで実験に参加してもらうように」と教示した。ここでクラスを2つに分け、受講者の半数は SnT 条件 (19名)、残りの半数は STn 条件 (19名) の実験データを得た。なおピグマリオン効果を避けるため、実験データを得るまでは受講者に先行研究の結果を教えなかった。初日、1週間後のデータは個別に授業用フォルダで共有し、全員分のデータを一つにまとめて解析を行った。この際、実験参加者を3桁の数字で ID 化し、個人情報年齢のみを共有した。

初日4回目の試験での累積正答率は2群とも80%を超えた (図3a)。これは先行研究の平均正答率 (90%) より低い、結果の解釈に注意が必要となるような値ではない。そして1週間後の保持テストでは、SnT 群の保持率 (61.2%) が STn 群 (39.8%) より有意に高かった (図3b, $p<.01$)。つまり先行研究と同様、「思い出す作業」を繰り返すと、長持ちする記憶が生成されやすいことになる。さらに学習の実感は、初日の実験終了後、

保持テスト直前ともに両群に差は無く、10語前後であった（図3c, n.s.）。つまりスワヒリ語の記憶が形成されていても、その学習直後や1週間後の保持テスト直前に、それを「記憶できた／している」という実感は得にくいことになる。なお、初日の累積正答率が80%を越す実験参加者群と40%を切る群とに大きく二分されたので、年齢との関係を見たところ、実験参加者の年齢と正答率の間に有意な負の相関がみられた（図3d）。

学生が実習から得たデータから示唆される知見は、「いちど記憶を作ったら、それを長持ちさせるには、繰り返し思い出す機会を作ることが有効。そして勉強した実感が湧かず試験前に不安になっても、記憶は保持されており、心配は不要。また暗記は若いうちが良い」であった。これを学生と共有し、レポート提出前と返却時に実験結果について討議する時間を設けた。

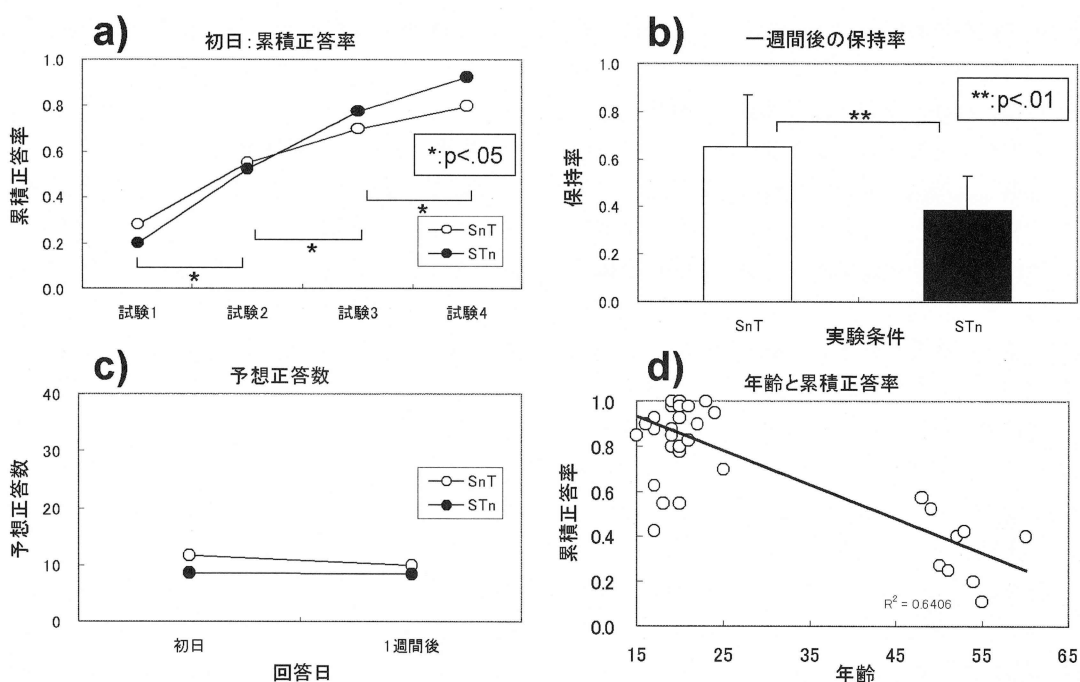


図3：スワヒリ40の結果概要。a) 初日の累積正答率，b) 一週間後の保持率，c) 予想正答数（学習の実感），d) 実験参加者の年齢と初日試験4までの累積正答率との関係

4.3 教材としての評価・検討

この課題の教材化する主目的はまず、学生にとって切実な問題を実験心理学的に検証する方法の提示であった。HSPの活用により、安価かつ迅速に、操作の簡単な実験プログラムの開発が可能になった。図3a～dを学生と共有し、討議をする過程では、錯視課題に較べ、より多彩な意見や解釈が出てきた。実験課題がもつ面白さが奏功し、

学生は自ら得たデータが示す記憶の機能について、より深い考察をしていたと考える。なお記憶形成の能力と年齢との関係（図3d）は、共有したデータをながめるうちに、学生が気付いた傾向であった。この傾向は予め想定した現象ではなく、教員としても実験の面白さを再認識した。学生のレポートからは、「中高年の方々はパソコンを使った作業に慣れておらず、紙と鉛筆を使って学習実験し

たら、覚えやすいはず」,「記憶を再生しにくい結果になったが、5 択式などの再認課題なら中高年者でも良い成績になるのでは」といった新たな仮説も生まれ、創発的な考察がみられた。また、卒業論文でこの実験を 5 択式の再認課題に変更し、記憶形成の世代間比較を行った受講生も出た。他にも「教科書に載っているような一般的な知見も、こうした実験の積み重ねから得られる、と気付いた」とレポートに書いた学生も居た。ただ、学生がこの実験結果を日頃の勉強にも活かし、再生を重視する勉強法を実践しているかは定かではない。

この実験はまだ 2 年しか実習しておらず、課題は山積みである。主な課題として、データの縮約に最適な方法を見極める力を涵養しきれなかったことがある。これとこれを較べるとき、棒グラフで表示すると分かりやすいのか、折れ線グラフもしくは散布図が良いのか、可視化方法の最適な選択基準までは伝え切れなかった。また得られたグラフを見ても、どの条件が参加者内計画で、どの条件は参加者間計画なのか、きちんと理解しきれない学生が多かった。心理学実験実習ではスワヒリ課題の前に、ストロープ実験 (Stroop, 1935) を行っており、そこで 2 要因分散分析を実習している (ストロープ課題にも HSP を活用している)。そこでの解析方法を、スワヒリ課題にも応用できるよう、教育内容の整理が必要である。

HSP の活用により、簡潔な作業で実験データを得る環境を提供できる。また、優れた先行研究を実習に採り入れることで、学生がデータが示唆する現象について深く考察する機会を提供できる。しかしデータを得る作業と、データを考察する作業との間には、「データを縮約・可視化し、解析する」手続きが必要である。今後は、これらの思考過程を学生に促す教材を新たに設ける計画をしている。

5. 「人間発達演習」「卒業研究」：形容詞と県名の色イメージ

5.1 実験課題の教育目標と HSP 導入のねらい

上の錯視やスワヒリ課題では、「ある事象について知りたい。それを知るためにこの手法で検証する。」という研究の流れにおいて、教員が予め知りたい事象を設定していた。しかし卒業研究やそれにつながる人間発達演習 (ゼミ) では、学生が自ら抱いた疑問をそれぞれ持ち寄る。そのため、学生が知りたい問題を出来る限り尊重し、かつ、それを心理学的に検証できる方法を、学生とともに模索する必要がある。HSP の活用から、より広汎な問題設定に接近する手法が提案できる。つまり学生が持ち寄る問題意識 (テーマ) に対して、「こんな方法も可能ですよ」、「実験心理学の手法を使えば、あいまいなイメージを定量化できますよ」と、いくつかの研究方法を提案できる。卒業研究は学生が日常生活の中で抱いた独自の疑問に対して、心理学の手法を用いて、ささやかな解答を得る作業である。その際、HSP を活用すれば、設備不足や技術的な問題がもたらす「方法論の限界」を、僅かでも解消しうる。この可能性を直接課題に関わる学生のみならず、ゼミ全体に示し、卒業研究に対するより柔軟な発想を促す。

ここでは卒業研究における HSP の活用事例として、実体のあいまいなものの色イメージに関する調査ツールを紹介する。具体的には「やさしい」「たのしい」など形容詞の色イメージ、「北海道」「千葉」など県に対する色イメージを測るアプリケーションである。

5.2 実習の流れと主要結果

卒業研究のための実験ツールは、学生ではなく教員が作成している。ただし、何でもすぐに作るわけではない。学生が予め「何を知りたいのか」、「そのために何と何を比較するか」、「必要なデータ」に関する仕様を煮詰めてから、実装する。実

体の無いものの色イメージを調べる実験教材の内容は単純である。図4は県名の色イメージを調べるアプリケーションの画面例である。実験参加者は県名を読み（図4では広島）、その県がどこにあるのかを右側の地図で参照しながら、その県の色イメージに最も近い色を画面右端の色テーブルから選択する。選択した色は、画面下の正方形に表示される。色選択は何度でも可能である。実験参加者はイメージに近い色が選択できたら、エンター・キーを押す。これを各県ごとにランダムに3回ずつ繰り返した。得られたデータはcsv形式で保存し、数名分のデータを一括表示する別のプログラムに読ませる。

なお図4の色テーブルにはHSV色空間を使っている。HSV色空間とは、H（Hue。色相。色の種類）、S（Saturation。彩度。色の鮮やかさ）、V（Value。色の明るさ）の3つの成分で色空間を定義したもので、コンピュータ上で色を表現するときに、一般的に用いられる記号法である。HSV色空間は3次元の円柱になるが、そのままでは最適な色を選択しにくい。そこでHSV色空間の一部を2次元上に表示した。色テーブルのX軸には色相環（H）を表した。色テーブルの上半分は色の明るさ（V）を100%に固定し、彩度（S）を上（0%）から下（100%）へと漸進的に

あげた。色テーブルの下半分は、彩度（S）を100%に固定し、色の明るさ（V）を上（100%）から下（0%）へと段階的に下げた。したがって図4の色テーブルには97280色が表示されているが、表現可能な全ての色が表示されるわけではなく、表現可能な色の0.78%だけが表示されている。実験参加者の中には、表示空間の制限に気付いたものもあり、「イメージどおりの色を見つけにくい」との反応もあった。

図4bに県名の色イメージ（9人分）、図4cに形容詞の色イメージ（12人分）を示す。これらは実験参加者（いずれもゼミ生）が3回ずつ色を選択した結果を、乱順に表示している。県名は北から順番に並べているが、現在のところ「南に行けば彩度が高い」という仮説は支持されないようだ。ただ、長野や静岡のように色イメージに個人差が少ない県と、沖縄のように色が暖色系と寒色系とに2分される県があることが分かった。図4cの上半分はポジティブな形容詞に対する色イメージ、下半分がネガティブな形容詞の色イメージである。まず、ポジティブな色イメージは明るい色が、ネガティブな色は暗い色が選択されやすいことが分かる。また、ポジティブな形容詞は暖色系が選択されやすいが、「やさしい」は淡い色が多く、「すがすがしい」は寒色系が多い。

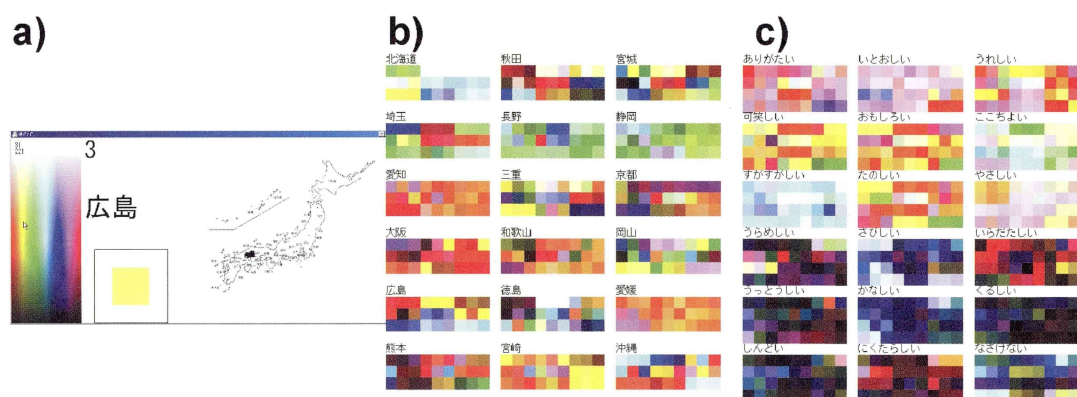


図4：色イメージ実験の実験画面(a)と県名(b), 形容詞(c)の結果概略

5.3 教材としての評価・検討

色イメージを調べる実験プログラムは、試行段階にあり、実験方法も解析手法も煮詰まっていな。ただ、あいまいな色イメージを可視化するだけでも、それを共有するゼミ内での討議は深まる。図4bやcを眺めるゼミ生たちは真剣にその解釈をしようとする。たとえば、なぜ沖縄の色イメージが寒色と暖色とに二分されるのか、問題提起がなされた。学生間で自然と意見交換がなされ、寒色が沖縄の「海」から、暖色が沖縄の「暑さ」から連想された色であると分かった。このように、可視化・共有できるデータがあってようやく、色イメージの拡がりに気付ける。このような討議過程から「知りたいことはまずデータに問う」という実験心理学の態度が、課題に直接関わる学生のみならず、ゼミ生全体に伝わることを願う。

本来ならば、学生自らがHSPを使ってプログラムを書き、自分で作ったプログラムでデータを取って、卒業研究としてまとめるのが理想である。そしてプログラミングは論理的な発想力や文章力を養うのには恰好の教材である。自分がやりたいことを「コンピュータが理解可能な」形式へと順を追って書き下す作業は、筋道をたてて理想を具現するトレーニングとしては秀逸である。またコンピュータは融通が利かない。「言わなくても、このくらい分かってくれるでしょ」といった阿吽の呼吸は一切通用しない。一つ一つ書き下す必要がある。これはその後の論文を書く作業に通底する思考過程である。しかし、現在のところ「プログラムを自分で書きたい」という学生は出てきていない。入門書を与えても、作業が頓挫することが多い。指導教員としても、プログラムの書き方を教えるより、自分で書いてしまう方が、はるかに「ラク」である。教材としてのHSP活用を考える際、「学生にプログラムを書く機会を提供すること」は、労力は大きい期待できる教育効果も大きく、取り組む価値はあると考える。

6. まとめ

本稿では、HSPを活用した実験心理学の教材化について3つの事例を取り上げ、その評価・検討を行った。HSPを使った心理実験の教材化により、既存の器具を使うより頑健なデータを迅速に得られる（長さの錯視）。また、日常生活への示唆に富む最新の研究を追試したり（スワヒリ40）、卒業研究における柔軟な発想を喚起しうる（県名色イメージ）。学内のPC設備やネットワークとの連携により、データ取得やデータの可視化までは、より豊かな体験を提供する実験心理学の教材化が可能である。しかし、データを可視化する方法の選定や、相応しい統計手法の選択、深い考察の喚起については、教材の開発・整備を要する。

優れた道具はその存在を意識させない。履きなれた靴や使い慣れたペンは、それを使っていることを意識させず、使い手は歩行や描写に集中できる。HSPによって開発した実験教材も、学生が深く思考するための道具と位置づけたい。これを優れた道具にするためには、学生がその存在を意識せずに「ヒトの心の働き」についての考察に専念できるよう、使い勝手や活用法を改善し続ける必要がある。

冒頭で紹介したヴントとならび、心理学の祖とされるウィリアム・ジェームスは、「人は自分で『考えている』と思っているが、多くの場合は偏見を並び替えているに過ぎない」と述べている。「ヒトの心の働き」を実証的に探求する実験心理学の手法は、その偏見から自由になる手だての一つとなりうる。その素養を学生が体得するために、考える道具としてのコンピュータ技術を最大限に活かし、コンピュータに記述しきれない思考法までを教材化するための試行錯誤を重ねていきたい。

参考文献

- Karpicke, J.D., and Roediger, H.L. (2008). The Critical Importance of Retrieval for Learning. *Science*, 319, 966-968.
- 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：誰でもすぐにできるコンピュータ実験. ナカニシヤ出版.
- 水野りか (2004). Web を介してできる基礎・認知心理学実験演習. ナカニシヤ出版.
- 小川嗣夫 (2004). 卒論・修論のための心理学実験こうすればおもしろい. ブレーン出版.
- 小川嗣夫 (2005). 卒論・修論のための心理学実験こうすればおもしろい 2. ブレーン出版.
- 小川嗣夫 (2008). 卒論・修論のための心理学実験こうすればおもしろい 3. ブレーン出版.
- おにたま・うすあじ・悠黒喧史 (2009). 最新 HSP 3.2 プログラミング入門. 秀和システム.
- 大槻有一郎 (2005). 12歳からはじめる HSP 3.0わくわくゲームプログラミング教室.
- 佐々木正人 (2005). ダーウィンの方法. 岩波書店.
- Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 28, 643-662.