連　載

心理学分野で用いられる統計解析手法（2）

－研究事例にみる統計解析の考え方と手順－

落 合 信 寿[1†]
[1]財団法人労働科学研究所

キーワード：心理統計法，研究事例，分散分析，因子分析，重回帰分析

1. はじめに

前号[1]においては，心理学分野で用いられる統計手法（心理統計法）について，尺度水準，記述統計，推測統計などの基礎と，分散分析，因子分析，重回帰分析といった主要な解析手法に関する基本事項の解説を行った．

今号では，前号で解説した統計解析手法について，具体的な研究事例を取り上げて分析の考え方と手順を解説する．研究事例は，筆者が携わった研究のうち，実験心理学領域から色認知に関する研究[2]，社会心理学領域から対人魅力に関する研究[3]，教育心理学領域から授業評価に関する研究[4]の3つの研究事例を取り上げる．

2. 実験心理学領域の研究例

この研究事例は，多数の色刺激の中から特定の色刺激を検出させた際の反応時間を測定する視覚探索という実験室実験である．実験計画法に基づいた研究デザインのもとにデータを測定し分散分析を適用している．

この研究は，JIS や ISO などの工業規格に定められた安全色（安全に関する意味を与えられた色）のうち，従来 JIS 規格で危険を意味する色として採用されていたオレンジ色の有効性を検討することを目的として行われた．危険，警告，注意といった緊急情報を伝達するための色である赤，オレンジ，黄の3色をターゲットとした視覚探索実験を行い，それら3色の探索に要する反応時間を比較することで，オレンジが安全色として有効に機能するかどうかを実験的に検証している．研究の中では要因の異なる複数の実験を実施しているが，ここでは色刺激に対する背景輝度の影響について検討した実験を取り上げ説明する．

2.1 実験計画

この実験で取り上げる要因の数は3つであり，どの要因も1名の被験者から全ての水準について繰り返し測定を行う被験者内要因，すなわち3要因被験者内計画である．3つの要因は以下の通りである．

① 安全色の要因（赤，オレンジ，黄の3水準）
② 妨害刺激数の要因（4，6，8，10個の4水準）
③ 背景輝度の要因（各安全色の輝度に等しい低，中，高輝度の3水準）

刺激は，パーソナルコンピュータによって制御し，プロジェクタを通じて80インチ透過型スクリーンに後方から投射した．実験セッティグの模式図を図1，刺激の画像例を図2に示す．探索目標の色は，赤，オレンジ，黄の3色で，このうちの1色が目標となるとき，他の2色は妨害刺激として用いた．加えて妨害刺激には，緑，青の2色も用いた．背景色は，色度一定で，高，中，低の3種の輝度レベルを設定した．高輝度レベルは黄，中輝度レベルはオレンジ，低輝度レベルは赤と等輝度になっている．

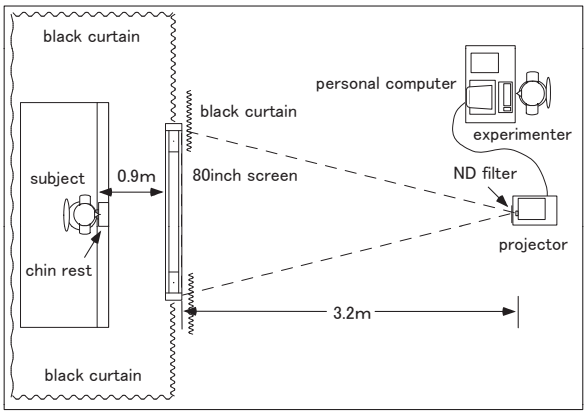


図1　視覚探索実験のセッティング

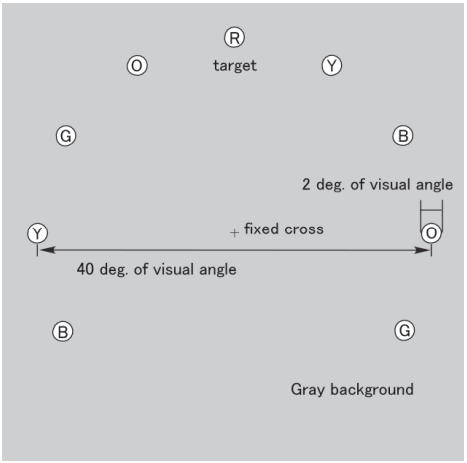


図2　刺激の画像例

2011年6月21日受付
†〒216-8501　神奈川県川崎市宮前区菅生2-8-14
財団法人労働科学研究所
落合　信寿
Tel: 044-977-2121　Fax: 044-976-8659
E-mail: n.ochiai@isl.or.jp

2.2 分散分析

24 名の被験者から得られた探索目標の反応時間について，安全色（3）×妨害刺激数（4）×背景輝度（3）の 3 要因分散分析を行った．その結果，安全色と妨害刺激数，安全色と背景輝度，妨害刺激数と背景輝度の交互作用が有意であった．安全色と妨害刺激数の交互作用を図 3，安全色と背景輝度の交互作用を図 4 に示す．

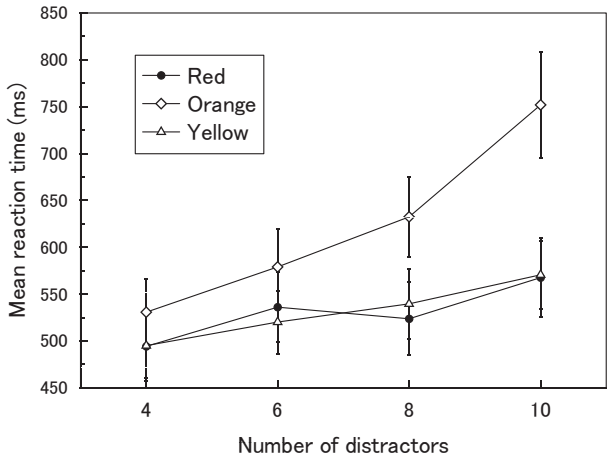


図 3　安全色と妨害刺激数の交互作用

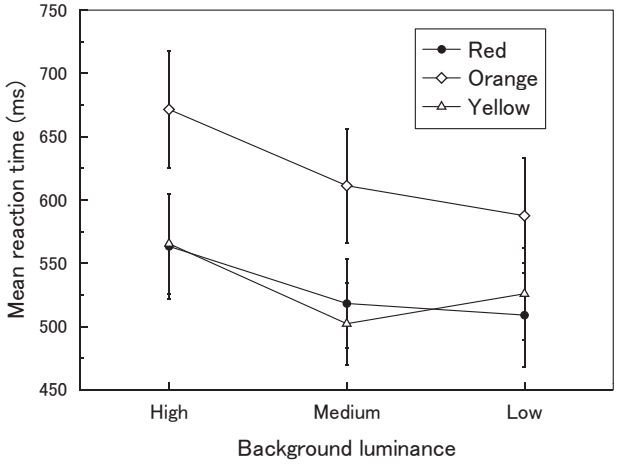


図 4　安全色と背景輝度の交互作用

次に各々の交互作用について多重比較（単純主効果の検定）を行った．図 3 より，安全色と妨害刺激数の交互作用については，赤と黄が妨害刺激数に関わらず反応時間はほとんど変動しないのに対して，オレンジは妨害刺激の増加に伴う反応時間の増大が顕著にみられた．図 4 より，安全色と背景輝度の交互作用については，背景が高輝度から低輝度へと移行するにつれオレンジの反応時間は減少したが，どの背景輝度レベルにおいても，オレンジの反応時間は赤，黄の反応時間よりも有意に高かった．

これらの結果から，どの背景輝度レベルでもオレンジの探索が赤，黄と比較して困難であることが明らかになった．オレンジは背景輝度の低下につれて探索に要する反応時間が減少する傾向が認められたものの，赤や黄と比較すると探索はより困難であることが示された．

3. 社会心理学領域の研究例

これは社会心理学の主要なトピックである対人魅力にかかわる研究例で，SD 法（Semantic Differential Method）と呼ばれる心理測定の手法を用いて女性の化粧の印象評価を行ったものである．

まず予備調査で 20 歳代の日本人若年女性の頭顔部における主要部位の人体計測を行い，人体計測値の相関関係に基づき女性の顔立ちを 6 種類に類別化した．それら 6 種類の顔立ちを示した女性顔の合成画像を作成して素顔の画像刺激とした（図 5）．それら 6 種の素顔画像に対して，メイクアップシミュレーターを使用して 2 種類の化粧を施し 12 種の化粧顔画像を作成した．化粧 A は，ブラウンのアイシャドウ，楕円形・縦長・ベージュのチークなど「きれいで大人っぽく」見せることを意図した化粧パターンで，化粧 B は，ピンクのアイシャドウ，丸形・横長・ピンクのチークなど「可愛くて子供っぽく」見せることを意図した化粧パターンである．これら 18 種類の女性の合成顔画像を刺激として用いて，100 名の被験者に対して画像の印象を SD 法により評定した．

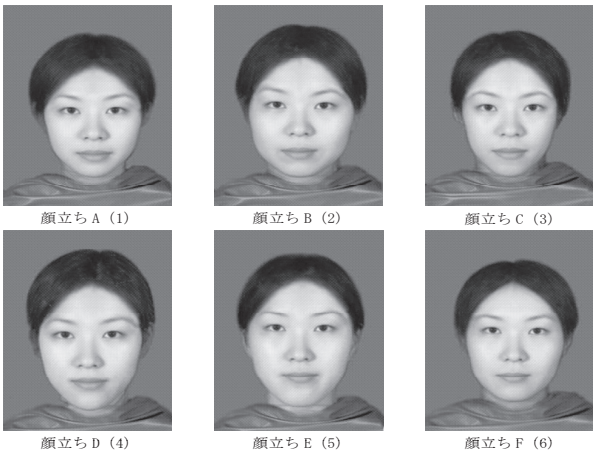


図 5　各顔立ちの合成顔画像

3.1 SD 法

本研究では，印象評価に SD 法という手法を用いている．この手法はアメリカの心理学者オスグッド（Osgood, C.E.）らによって考案された心理測定の手法であり，「明るい－暗い」，「暖かい－冷たい」といった反対の意味を持つ複数の形容詞対を評定尺度として，色彩，景観，画像などの種々の評価対象の印象（イメージ）を測定する．

通常，SD 法では，因子分析を適用することにより測定に用いた多数の形容詞対を少数の因子に集約し，それらの因子から構成される多次元空間に評価対象（刺激）をプロットしてイメージの差異を比較検討するという手順で分析を行うのが一般的である（図 6，7 参照）．本研究でも 12 の形容詞対（表 1 参照）を用いた SD 法により測定したデータに因子分析を適用している．

3.2 因子分析

SD 法により得られた顔画像の印象評定尺度に対して，主

表 1　SD 法による印象評定の因子分析結果
（バリマックス回転後の因子負荷量）

形容詞対	因子1	因子2	因子3	因子4	共通性
温かみのある－冷たい	0.812	0.109	0.060	0.145	0.696
女性的な－男性的な	0.626	0.069	0.238	0.075	0.458
健康的な－不健康な	0.605	0.166	0.074	0.166	0.427
やさしい－キリッとした	0.588	0.060	−0.073	0.071	0.360
活発な－落ち着いた	0.130	0.719	0.142	0.159	0.580
派手な－地味な	0.114	0.583	0.432	0.282	0.619
知的な－知的でない	−0.060	−0.552	0.163	0.209	0.379
明るい－暗い	0.289	0.532	0.237	0.394	0.578
セクシーな－セクシーでない	−0.046	0.053	0.723	0.109	0.539
可愛い－可愛くない	0.365	0.088	0.624	0.250	0.593
好き－嫌い	0.134	−0.039	0.311	0.790	0.741
親しみやすい－親しみにくい	0.348	0.212	0.046	0.516	0.435
固有値	2.155	1.550	1.372	1.328	
寄与率	17.960	12.915	11.432	11.068	
累積寄与率	17.960	30.875	42.307	53.375	

因子法・直交バリマックス回転による因子分析を行った結果，4 因子が抽出された．回転後の因子負荷量を表 1 に示す．

第 1 因子は「温かみのある」，「女性的な」，「健康的な」，「やさしい」印象によって構成されており「女らしさ」因子と命名した．第 2 因子は「活発な」，「派手な」などの印象から「活動性」因子と名付けた．第 3 因子は「セクシーな」，「可愛い」といった女性の魅力的要素を示す印象を示す「魅力」因子，第 4 因子は「好き」，「親しみやすい」印象を与える「好感」因子と命名・解釈した．

各刺激が 2 つの因子軸を直交させた座標上にどのように位置付けられるかをみるため，因子ごとに各刺激の因子得点を算出した．

図 6 は，X 軸を「女らしさ」因子，Y 軸を「活動性」因子として各刺激の因子得点をプロットした散布図である．これより，素顔刺激から化粧顔刺激への印象の変化をみると，「女らしさ」については，素顔と化粧 A とではほとんど変化がみられないが，化粧 B では，素顔，化粧 A と比較して全ての顔立ちで因子得点が増加している．一方，「活動性」については，全ての顔立ちで化粧顔刺激の方が素顔刺激よりも因子得点が増加しており，その増加は化粧 A よりも化粧 B の方がより顕著であった．また，素顔刺激から 2 種類の化粧顔刺激への印象の変化は，全ての顔立ちでほぼ同じパターンであった．

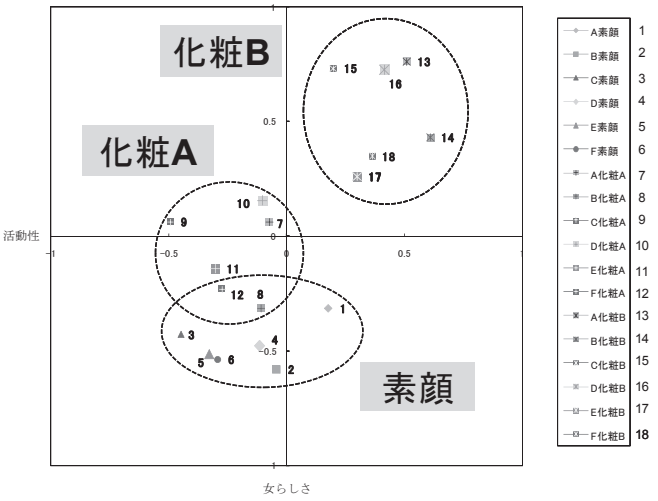


図 6　女らしさ － 活動性の因子得点散布図

図 7 は，X 軸を「魅力」因子，Y 軸を「好感」因子として各刺激の因子得点をプロットした散布図である．これより，全ての顔立ちにおいて，素顔刺激，化粧顔刺激ともに座標上で比較的近似した位置にプロットされており，素顔から化粧顔への印象の変化は比較的小さかった．

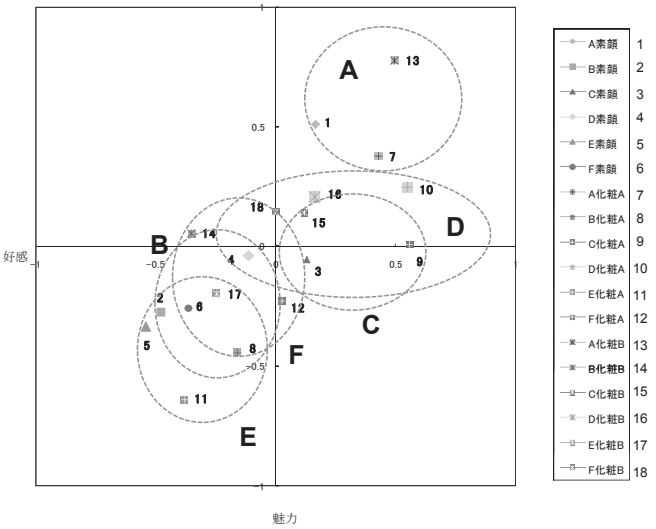


図 7　魅力 － 好感の因子得点散布図

更に本研究では，各刺激の因子得点に対して，因子ごとに顔立ち（6）×化粧（3）の 2 要因分散分析を実施し，顔立ち，化粧の各要因が，化粧の印象を示す各々の因子に対してどのような影響を及ぼしているかについても検討している．

因子分析の結果から，以下の点などが明らかになった．

①「女らしさ」と「活動性」は，顔立ちよりも化粧の塗布による影響の方が大きく，素顔から化粧顔への印象の変化は全ての顔立ちでほぼ同一の傾向であること．

②「魅力」と「好感」は，化粧を施すことによって，素顔と比べて幾分変化するが，もともとの顔立ちの相違によってある程度規定されること．

また，分散分析の結果から，化粧を施すことによって魅力度は増加するが，好感度は素顔と比べて好感が上がった顔立ちと下がった顔立ちとに分かれた．このことから，女性の顔の印象で，「魅力」と「好感」とは異なる観点で捉えられており，好感度を高める上では顔立ちと化粧法との関連性に留意する必要があることなどが示唆された．

4. 教育心理学領域の研究例

最後に，教育心理学領域の研究事例として，因子分析・重回帰分析を適用した研究を紹介する．この研究は授業評価に関する研究であり，心理学実習科目の成績評価方法の妥当性を検証するため，実習レポート課題の評価項目 16 項目（表 2 参照）と課題の成績評価との相関関係を明らかにする目的で行われた．分析は，①相関分析，②因子分析，③重回帰分析の 3 種の統計解析を順次適用している．

表2　レポート課題評価項目の因子分析結果
（バリマックス回転後の因子負荷量）

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	共通性
考察（独創性）	0.894	0.237	−0.012	0.048	0.858
考察（論理展開）	0.563	0.215	0.337	0.335	0.589
引用・参考文献の記載	0.449	0.330	0.162	0.113	0.349
提出手続き	−0.618	−0.165	−0.077	0.258	0.481
テーマの解説	0.182	0.877	0.219	0.239	0.908
用語の解説	0.345	0.666	0.183	0.211	0.640
目的	0.313	0.636	0.243	0.314	0.660
結果（図表）	0.242	0.081	0.773	0.094	0.672
結果（データ処理）	−0.109	0.143	0.662	0.225	0.521
方法	0.100	0.174	0.643	0.246	0.513
結果（まとめ）	0.241	0.310	0.496	0.234	0.455
論文構成	−0.017	0.192	0.309	0.720	0.651
論旨の一貫性	0.310	0.441	0.177	0.651	0.746
文章・文体	−0.380	0.028	0.146	0.443	0.362
体裁	−0.145	0.231	0.402	0.432	0.423
タイトル	0.025	0.110	0.093	0.250	0.084
固有値	2.350	2.307	2.300	1.956	
寄与率	14.687	14.420	14.376	12.222	
累積寄与率	14.687	29.107	43.483	55.705	

4.1 相関分析と因子分析

レポート課題の成績評価基準と各課題の項目評価基準はいずれも4段階で，まずそれらを得点に変換してPearsonの積率相関係数を算出した（相関分析）．その結果，16項目のうち9項目が成績評価との相関が高く，また16の評価項目間でも多くの項目間で高い相関が認められた．すなわち，課題の成績評価と成績評価の下位に位置づけられる個々の評価項目との関係は複雑であり，単純な相関分析のみでは両者の関連性を明確にすることは困難であった．

そのため，因子分析により課題の評価項目16項目を少数の因子に集約し，集約された各因子と課題の成績評価との関連性を検討することとした．

各課題の評価項目16項目の得点に対して，主因子法・直交バリマックス回転による因子分析を行い，回転後の固有値が1.0以上となる4因子を抽出した．バリマックス回転後の因子負荷量を表2に示す．

表2より，4因子が抽出された．第1因子から第3因子まではレポートの構成要素に対応しており，第1因子を「考察の精緻さ」因子，第2因子を「目的の理解」因子，第3因子を「方法・結果の詳細さ」因子と解釈・命名した．一方，第4因子はレポート全体を通じた論理構成や論理展開の適切さを示すものであり，「論理構成の適切さ」因子と名付けた．

4.2 重回帰分析

本研究では，総合的・包括的な結果（成績評価）について，その結果に影響を及ぼした原因と考えられる複数の下位要因（4つの因子）から説明するために重回帰分析を適用した．すなわち，因子分析によって抽出された各因子と成績評価との関連について明らかにするため，因子分析より得られた4因子の因子得点を説明変数，成績評価を目的変数として重回帰分析を行った（表3）．

表3より，4因子とも成績評価に対して正の影響を及ぼしている．成績評価に対する各因子の影響度は，第4因子の「論理構成の適切さ」が最も高く，次いで第2因子の「目的の理解」，第1因子の「考察の精緻さ」の順になり，第3因子の「方法・結果の詳細さ」は成績評価に対してあまり大きな影響を及ぼしていなかった．

表3　成績評価を目的変数とした重回帰分析結果

	標準回帰係数
考察の精緻さ	0.393 **
目的の理解	0.407 **
方法・結果の詳細さ	0.185 **
論理構成の適切さ	0.526 **
重相関係数	0.791 **
決定係数	0.626 **

**: p<.01

つまり，レポート課題の評価に対して最も影響が強いのは，レポートを通じての論理構成・展開であり，個々の課題に関わる内容の評価よりも，科学論文としてのレポートの書き方の適切さが，本実習科目ではより大きな評価基準となっている．

また，レポートを構成する各要素については，課題の目的をきちんと理解してレポートに明示すること，結果の解釈に論理性や独自性が示されていることが大まかな評価基準となっている．一方，方法・結果の記述については，記述内容の多くが履修者に共有されており，目的や考察の記述と比較してレポートによる差異が顕著ではないことから成績評価に対する影響が小さかったと考えられる．

5. おわりに

本稿では，実験心理学，社会心理学，教育心理学といった3つの異なる領域における研究事例に基づき，心理学で用いられる主要な統計解析法について，各研究事例における分析の考え方と手順を解説した．しかし，紙面の都合もあり分析方法の解説に主眼を置いたため，研究の背景や内容などの説明が不十分であったことから，わかりにくい部分が多々あるかもしれない点をお詫び申し上げる次第である．

本稿をお読みになり，心理学における研究領域が多岐にわたっており，研究対象や研究上の関心などによって適用される統計解析手法がさまざまであることを理解していただけたら幸いである．

参考文献

1) 落合信寿：心理学分野で用いられる統計解析手法（1）－データ解析における統計の利用と主な解析手法－，バイオメカニズム学会誌, 35 (2), 137-141 (2011).
2) Ochiai, N. and Sato, M.: Effects of surrounding brightness on visual search for safety colors, Color Research and Application, 30 (6), 400-409 (2005).
3) 落合信寿, 永井麻理，斎藤美穂: 日本人女性における素顔の顔立ちの違いが化粧の効果に及ぼす影響, 日本感性工学会論文誌，8 (1), 145-154 (2008).

4) 落合信寿 , 神戸文朗，平田乃美，伊崎純子，本多麻子，田多英興 : 心理学基礎教育における学習目標達成度の測定と評価に関する実践的研究（その 2 実習科目の成績評価方法の検討）, 白鴎大学教育科学研究所年報，5, 75-84 (2010).