自覚気分とPOMS短縮版の下位尺度，および生体指標の相関研究 ーノンパラメトリック検定を用いてー

矢﨑　久・鈴木　尚通

A Study on Subjective feeling and POMS(Profile of Mood States) Brief Japanese Version And Biomarkers relationship

YAZAKI Hisashi and SUZUKI Naomichi

要　旨

本研究は，自覚している気分（主観），気分尺度としてのPOMS短縮版（質問紙）の下位尺度，唾液アミラーゼ活性（生体指標）との相関について調べることを目的とした．この結果，主観と気分尺度の6項目中5項目に相関が認められたものの，これらと生体指標間には相関が認められなかった．

唾液は生体指標として採取が容易である反面，口腔環境の影響を受けやすい．アミラーゼ活性を測定する際には口腔環境の浄化を厳密におこなう必要性が示唆された．

キーワード

主観　　質問紙　　生体指標　　順位相関係数

目　次

Ⅰ．はじめに

気分状態の測定尺度は数多く存在するが，なかでもMcNairら[1]により開発され，横山ら[2]が作成した65項目の質問からなる日本語版POMS（profile of mood states），あるいは，抑うつ状態の測定尺度としては，Radloff[3]が開発し，島ら[4]が作成した20項目の質問からなる日本語版CES-D（the Center for Epidemiologic Studies Depression Scale）などを筆者はしばしば用いている．

これらは，いずれも実施・採点・解釈について標準化されており，実施が容易であることがその理由である．

だが反面，これら質問紙は「被験者が自己を客観的に評定できる力をもち，かつ率直に応答する場合でないと信頼できない」[5]といった，その妥当性と結果の信頼性について議論もされている．

他方，投影法（投映法）は，質問紙に比べて，より深層部分の心理状態を測定することが可能であるとされていることから，心理臨床場面において多元的に情報を得ることを目的とした心理テストの組み合わせ（Test battery）実施の選択肢でもある．

だがしかし，その実施と解釈には知識が相応に求められるのに加えて，解釈にはテスター固有の解釈傾向（Frame of reference）が反映される可能性が阻却できないために，その利用と解釈には慎重さが求められる．

これら課題の解決を可能とする第三の選択肢として，脳波あるいは体液など，何らかの生体指標を測定することが考えられるものの，これを適える装置の有無・装置および測定に要する費用・可搬性・指標が血液であれば，採取の際には医療従事者などの資格が求められることなどを考えると，質問紙あるいは投影法に比べて，利用には些か以上の距離があると言わざるを得ない．

しかしながら，近年，富山大学の山口[6]によるバイオマーカーを用いた精神的ストレス測定の可能性に関する研究[7]，および山口ら[8]による知見（不快な刺激では唾液アミラーゼ活性が上昇し，快適な刺激では逆に低下することを見出し，唾液アミラーゼによって快適と不快を判別できる可能性がある）にもとづいて，国内の医療機器メーカーから「唾液アミラーゼモニター」が市販された．

これは，測定回ごとに枚数百円程度の唾液採取専用ディスポーザブル・チップを要するものの，生体指標を取り入れた気分状態の測定が可能になるという点において画期的であると思われた．

Ⅱ．測定までの経緯

筆者（矢﨑）が委員として参画する，「N地域づくり推進計画策定委員会」[9]の平成22年3月の会議において同地域でイベントを開催することを決定した．ここは，昭和から国の研究桑園として利用されていたが，20年度末に利用終了（廃止）されたことを受けて，跡地の再開発のあり方について産・民・学・官で推進計画を策定，21年度より桑根抜去・耕地・追肥による土壌改良・観賞および採油のための菜の花の植え付けが進められてきた．

イベントのあり方についての話し合いが重ねられた結果，時期は菜の花の開花を迎える

5月連休期間中に，また，松本平と北アルプスを一望にできる立地であることから，“ストレス軽減の場”“癒しの場”としての可能性を探るために，来訪者の中から希望する人に抽選で気分状態を測定し，結果をフィードバックすることが決まった．

イベントは，一面に広がる菜の花畑全面を利用し，気分状態の測定は中央付近にある管理棟軒下でおこなうことになった．測定では，イベントの雰囲気を損わず，測定時間は可能なかぎり短く，可能であれば測定体験を契機に気分状態への関心を抱いてもらえるような内容を検討，また，被験者の募集は，事前の開催広告および当日会場で配布するパンフレットに無料の気分状態測定コーナーが設けられていることを明記することで充てた．

さらに，これらと並行して，当日の「気分調査」の内容を検討した．被験者には，はじめに主観的な気分状態の記入，つぎに質問紙の記入，最後に生体指標の採取をおこない，これらの測定結果をフィードバックするという構成を考えた．

気分状態を測定することから，用意する質問紙は，下位尺度項目は可能な限り多く，そうでありながらも実施側と被験者側双方にとって負担感が少ないものという，一見，両立し難い要件を満たすものが望ましいと考えられた．

これを満たす質問紙として，気分状態の測定に経験のあるPOMSを候補としたものの，65項目という質問数は，イベント会場での使用という点で，測定者と被験者双方にとって些か負担に感じるのではないかとの思いから導入を躊躇した．

入手容易な質問紙をいくつか調べた結果，65項目版と同様の測定結果を提供しながらも，項目数を30に削減することにより対象者の負担感を軽減[10]できること，かつ，妥当性および信頼性が確かめられていることから，POMS短縮版[11]を利用することが妥当と判断した．POMS短縮版では気分の下位尺度として，

「Tension-Anxiety（緊張 - 不安）」
「Depression-Dejection（抑うつ - 落込み）」
「Anger-Hostility（怒り - 敵意）」
「Vigor（活気）」
「Fatigue（疲労）」
「Confusion（混乱）」

6項目が設けられている．また，気分状態は，得点xの平均値をμ，その標準偏差をσとすると，

・$\mu-\sigma<x<\mu+\sigma$となる場合を，「健常」
・$\mu-2.5\sigma<x<\mu-\sigma$または$\mu+\sigma<x<x+2.5\sigma$となる場合を
「他の訴えとあわせ，専門医を受診させるか否かを判断する」
・$x<\mu-2.5\sigma$または$\mu+2.5\sigma<x$となる場合を，「専門医の受診を考慮する必要あり」

の3段階で結果を分類[12]している．

これにより，質問紙の素点および段階点それぞれとの相関検定が可能となること，さらに，被験者への説明が容易になると思われたこと，これらも好材料と判断された．

つぎに「自覚している気分状態(以下，自覚気分と略す)」の質問項目は，POMSの下位尺度に対応させ，被験者の「過去一週間の気分状態」について，

問1.「不安感を自覚していましたか」
問2.「ゆううつな気分を自覚していましたか」
問3.「イライラ感を自覚していましたか」
問4.「活力はありましたか」
問5.「身体的な疲れを自覚していましたか」
問6.「あれこれと考え込んでしまうことがありましたか」

6項目を設定した.

また，回答は,「ほとんどない」「あった」「かなりあった」の3件とし，それぞれをLevel 1，2，3として3段階で結果を分類した．POMS短縮版において厳密に判断する場合は,「被験者の年齢差を考慮する必要がある」[13]とされているが，本研究の目的からは，年齢差の詳細を考慮する必要がないと思われたため, 検定は「気分プロフィール換算表(通年用)」を用い，年代ごとの換算はおこなわないこととした.

Ⅲ．手　順

測定をするのにあたり，まず，表1.「気分調査票」および表2.「対応と測定手順」を作成したものの，生体指標の測定において，山口の研究で示されていた一定期間の飲食禁止・歯みがきによる口腔内洗浄と，その後の一定時間の安静を，どのように確保するのかが課題として浮上した.

しかしながら，これらをイベント会場において確保することは，時間的にも，設備的にも難しさがあった．このため, 実現可能な条件として「飲食後, 30分以上経過していること」を測定の最低条件としたものの，残渣および飲料等が測定に与える影響が懸念された.

つぎに，手順と所要時間についての事前シミュレーションをおこなった．ここで，主観気分調査票記入，POMS短縮版記入，アミラーゼ活性測定に15分間，さらに結果説明と質疑応答に5分間，計20分程度が被験者一人あたりに費やされることも明らかとなった.

唾液アミラーゼ活性測定における，測定前提条件を揃えていないことによる結果への影響の懸念が残ったものの，目前に迫るイベントに，唾液アミラーゼ活性測定装置3台，測定要員として大学生アルバイト6名(イベント期間中の2日間ともに，測定装置1台につき気分調査票記入補助として1名，唾液採取と測定担当として1名)を依頼した.

これによる測定可能者数は, 午前と午後各20名の1日40名, 期間合計80名である．さらに，生体指標の測定で生じる計測errorの際の再測定用として＋αの測定材料を準備して臨んだ.

表1　気分調査票

記入日　平成　　年　　月　　日

私はストレス測定に関する説明を受け測定に同意　します・しません

（いずれかに○をつけてください）

気　分　調　査　票

性　別　　男・女　（いずれかに○をつけてください）

年　齢　　20～29歳　　30～39歳　　40～49歳　　50～59歳　　60～69歳

　　　　　70～79歳　　80～89歳　　90歳以上　（あてはまるところに○をつけてください）

A．自覚している気分状態調査

過去１週間のあなたの気分状態について，あてはまる番号に○を付けてください．

問１，不安感を自覚していましたか

① ほとんどない　　② あった　　③ かなりあった

問２，ゆううつな気分を自覚していましたか

① ほとんどない　　② あった　　③ かなりあった

問３，イライラ感を自覚していましたか

① ほとんどない　　② あった　　③ かなりあった

問４，活力はありましたか

① ほとんどない　　② あった　　③ かなりあった

問５，身体的な疲れを自覚していましたか

① ほとんどない　　② あった　　③ かなりあった

問６，あれこれと考え込んでしまうことがありましたか

① ほとんどない　　② あった　　③ かなりあった

A．自覚している気分状態　※表中の空欄に○印を記入

	不安感	うつ気分	イライラ感	活力	疲労	混乱
かなりあった　（Level3）						
あった　（Level2）						
ほとんどない　（Level1）						

B．POMS短縮版で測定した気分状態　※該当するレベルに数値を記入

	T-A	D	A-H	V	F	C
受診考慮　（Level3）						
要判断　（Level2）						
健常　（Level1）						

C．唾液アミラーゼ活性測定　※測定数値を記入

	ない（Level1）	ややある（Level2）	ある（Level3）	だいぶある（Level4）
活性度　（ストレス度）				

2010/04/30　松本大学　矢﨑久

表2　対応と測定手順書

平成22年4月26日

「中山菜の花祭り」気分状態測定コーナー
対応と測定手順

1. 引き当てた抽選券(当選用紙には日付・午前午後の別記入あり)を確認し回収する.

2. 気分状態の調査・研究に匿名で協力してもらえるかどうかの意向を確認する.
   → 協力可であれば「気分調査票」の上部にある調査・研究の説明と同意欄に○印を付けてもらう.
   → 協力不可ならば測定はおこなわない.

3. 唾液アミラーゼ活性測定精度をより高めるために，飲食あるいは喫煙後３０分以上経過しているかどうかを質問する.
   → 条件を満たしていれば，そのまま「精神的ストレス測定票」へ自筆記入をしてもらい，測定を開始する.
   → 条件が満たされていなければ，唾液でのストレス度測定結果の信頼性が一段と低くなる可能性があることを説明し，さらに，条件を満たすまで飲食をせずに会場内に留まっていただけるかどうかを確認する.

4. 心理テスト「POMS短縮版」の氏名および年齢は空欄として受付番号のみ記入，30問の質問部分のみ自筆で記入してもらう.
   → 記入後は得点集計をして，その結果をグラフ化するとともに,「気分調査票」の所定のレベル欄に素点を転記する.

5. 「唾液アミラーゼ活性」という生体指標を用いてストレス度を測定する旨を被験者に伝え，測定用チップを実際に示しながら測定の流れ（舌下の位置，測定所用時間）を説明する．また，厳密な測定でないため，結果は，あくまで参考程度として捉えて欲しい旨を伝える.

6. 質問紙への記入および測定結果が出揃い次第,
   A.自覚気分状態結果　　B.POMS短縮版結果　　C.唾液アミラーゼ活性測定結果
   以上3項目すべての記入欄に記入した後にコピーを1部とり，日付・午前午後の別を記入した所定の袋にて保管する．この後に保険者に原紙を返却，数値から考えられることを説明する.

Ⅳ．測定結果と考察

測定結果

主観･質問紙･生体指標の測定結果は表3の通りであった．このうち，個人測定票をコピーし忘れたもの，数値の記入に漏れがあったもの，アミラーゼ活性測定で2回連続計測errorとなったもの，これらのいずれかに該当する24名分のデータを除外した計56名分を有効データとした．また，唾液アミラーゼ活性の測定値は，モニタ[14]の計測結果LCDに表示された数値を指定されているストレスレベルに従って記入した．

表3　自覚ストレス・POMS短縮版・唾液アミラーゼ活性測定結果

2012年2月29日

日時	被験者	自覚ストレス度（主観）						POMS短縮版（質問紙）						唾液活性	
		不安感	うつ気分	イライラ感	活力	疲労	混乱	T-A	D	A-H	V	F	C	計測値	level
5/1 午前	1	1	1	1	2	2	2	5	2	6	6	5	3	13	1
	3	2	2	1	2	2	1	1	1	2	6	1	5	91	4
	4	2	1	1	1	2	1	5	1	5	11	7	5	295	4
	7	2	2	2	2	2	1	13	16	14	13	14	15	31	2
	8	1	2	2	2	2	2	4	1	7	10	7	5	22	1
	9	3	3	3	2	2	3	1	8	8	8	9	12	112	4
	10	1	1	1	2	2	1	3	1	5	13	3	5	45	2
	11	1	1	1	2	1	1	9	1	4	5	1	16	66	4
	13	1	1	1	2	2	1	8	2	2	17	11	5	227	4
	16	1	1	2	2	3	2	7	1	6	13	7	6	174	4
午後	17	2	2	2	2	2	2	14	6	7	10	14	12	47	3
	18	1	3	3	2	2	1	7	4	13	6	13	5	32	2
	19	2	1	1	2	2	2	7	5	5	14	5	6	66	4
	20	2	2	2	2	1	3	5	7	6	7	5	5	27	1
	21	2	3	3	2	2	1	6	3	2	7	3	2	487	4
	22	2	1	3	2	3	1	6	5	9	1	11	7	141	4
	23	2	2	2	2	1	1	1	4	12	8	3	1	51	3
	24	2	2	2	2	1	1	1	4	12	8	3	1	51	3
	25	1	1	2	2	2	1	7	5	6	9	4	7	117	4
	26	1	1	1	2	2	2	10	6	6	8	9	6	4	1
	27	1	1	1	2	2	2	10	6	6	8	9	6	4	1
	30	2	2	2	2	2	2	5	6	7	12	5	6	3	1
	31	2	2	2	1	2	3	13	9	9	5	11	10	17	1
	32	2	2	2	2	3	1	12	3	7	11	13	9	50	3
	34	3	2	3	2	2	3	12	3	12	6	17	6	14	1
	35	2	2	2	2	2	2	5	4	5	9	2	7	28	1
	36	2	2	2	2	2	2	6	1	4	11	3	5	23	1
	37	1	1	1	2	1	1	7	1	1	9	2	4	10	1
	38	2	2	2	2	2	2	7	8	3	7	7	5	35	2
5/2	40	1	2	2	2	2	2	10	7	6	8	8	9	10	1
	41	2	2	2	2	2	2	14	6	8	7	6	5	77	4
	42	1	1	2	2	2	1	1	2	3	7	2	4	15	1
	44	3	3	3	2	2	3	12	11	10	8	8	18	41	2
	45	2	2	2	2	2	2	12	5	7	5	11	10	2	1
	46	2	2	2	2	2	2	8	7	8	8	10	8	43	2
	47	2	2	2	1	2	2	11	9	4	7	4	11	121	4
	49	3	3	3	1	2	3	16	18	4	1	11	15	90	4
	50	2	3	2	2	1	2	8	3	2	8	3	7	3	1
	53	2	3	2	1	3	2	11	9	9	6	15	11	45	2
	54	1	1	1	2	1	1	6	2	2	14	2	5	81	4
	55	2	1	1	2	2	1	1	1	5	1	4	5	48	3
	56	2	2	2	1	3	2	4	5	4	3	3	9	352	4
午後	59	1	1	3	2	2	1	5	2	9	10	5	4	58	3
	60	1	1	1	2	1	2	3	2	4	8	1	3	51	3
	62	3	2	2	2	2	2	5	5	5	7	6	8	124	4
	63	3	3	3	3	3	2	13	4	7	9	9	10	40	2
	64	1	2	2	2	2	2	4	3	3	9	4	4	200	4
	65	1	1	2	2	2	2	5	1	2	8	8	5	20	1
	69	1	2	2	1	1	2	13	8	6	2	14	9	70	4
	70	1	1	2	2	2	1	2	2	6	5	13	7	28	1
	73	2	2	2	2	2	2	3	1	2	5	3	6	33	2
	74	2	1	2	2	1	2	5	4	6	5	6	8	78	4
	75	2	2	2	2	2	1	2	4	5	8	6	6	131	4
	76	1	1	2	2	3	1	7	1	9	8	14	7	38	2
	78	2	2	2	2	3	3	9	4	3	10	8	6	47	3
	79	2	2	3	2	2	2	12	12	15	9	13	9	83	4

唾液活性	
計測値	level
0	1
31	2
46	3
61	4

data	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
空白	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

このデータを用いて，

(1) 自覚気分（主観）とPOMS短縮版（質問紙）の対応する項目間に相関があるか
(2) 自覚気分（主観）と唾液アミラーゼ活性の間に相関があるか
(3) POMS短縮版（質問紙）の各項目と唾液アミラーゼ活性の間に相関があるか

これら3項目についての検定をおこなった．

本研究では，主観，質問紙，生体指標の素点に加えて，それらの素点をLevel化したものそれぞれ相関を検定した．今回は，それぞれの母集団の分布から相関を予測することが難しいと思われたため，このような検定に適していると思われるノンパラメトリック検定（Nonparametric test）を用い，さらに同順位がある（Tieがある）ことから，Tieがある場合のSpearmanの順位相関係数ρ[15]を求めたうえで，これを利用した．

(1)自覚気分とPOMS短縮版の対応項目に対して相関検定した結果を以下に示す．
N=56として，

(1-1)「不安感」-「T-A」
ρ=0.175965
$\sqrt{n\text{-}1}\cdot\rho$=1.304994

(1-2)「ゆううつ」-「D」
ρ=0.50078
$\sqrt{n\text{-}1}\cdot\rho$=3.71386

(1-3)「イライラ感」-「A-H」
ρ=0.4648
$\sqrt{n\text{-}1}\cdot\rho$=3.4473

(1-4)「活力」-「V」
ρ=0.33707
$\sqrt{n\text{-}1}\cdot\rho$=2.499775

(1-5)「身体的な疲れ」-「F」
0.43562
$\sqrt{n\text{-}1}\cdot\rho$=3.23063

(1-6)「考え込んでしまう」-「C」
ρ=0.367632
$\sqrt{n\text{-}1}\cdot\rho$=2.726434

主観と質問紙の対応する項目間の相関検定(1)は有意水準0.05とした場合，$|\sqrt{n\text{-}1}\,\rho|>1.96$となるとき，両者の間に有意相関があると考え，$|\sqrt{n\text{-}1}\,\rho|<1.96$のとき，（有意な）相関はないと考える．したがって，「不安感」-「D-A」は相関が認められず，それ以外はいずれも相関が認められるという結果であった．

さらに，(2)，(3)に対しては，唾液アミラーゼ活性データの素点に対して小さい方から1，2，3…と順位を付けた場合と，素点をLevel化した場合の2通りについて検定をおこなったが，いずれの場合も有意水準0.05で，有意な相関はあらわれなかった．また，順位をつけない相関検定では，「活力」-「V」間において，「活力」Level-1=7，L-2=48，L-3=1と，L-2に回答が集中してしまった．このことから，回答は5件程度が望ましかったと考えられた．

考　察

カナダの内分泌学者セリエ（Selye, Hans. 1936）は，ストレスが加わることで一時的に心

身の抵抗力が低下するものの，次第に抵抗力が増してゆく警告反応期，心身の抵抗力が増加・維持される抵抗期，さらなるストレスの印加・持続の結果として心身の障害や疾病が惹起される疲はい期から構成される，心身の，これら一連の非特異的反応を,「汎適応症候群(General adaptation syndrome)」[16]とした．警告反応期(Stage of alarm reaction)には，たとえば，不安・恐怖・抑うつ感など気分状態の悪化などが出現するとしている．

筆者は，これらの実際の気分状態の出現のしかたについて，大学生と社会人を対象に，ストレスが精神的健康度に及ぼす影響過程についての研究(山本・矢﨑・潮村，2004)をおこなっている．

ここでは，嫌な相手を回避する(関わらない)ことが可能である大学生に比べて，嫌な相手を回避することが難しい社会人においては，ストレスと65項目版POMSの「不安」,「疲労」,「混乱」間に強い相関が認められた．このことから，今回は，主観および質問紙の6項目のいずれも相関を示すものと予測した．

主観の「不安」項目構成

今回の，主観の「不安」と質問紙の「Tension-Anxiety（緊張 - 不安)」において相関が認められないという結果は予想していなかった．気分状態としての不安は，ストレス反応として，比較的早期に自覚されやすい気分状態であろうと考えていたからである．主観では，過去一週間の気分状態のなかにどの程度「不安感を自覚していたか」を直接問うものであったが，これは，POMS短縮版における下位尺度の名称をそのまま項目としたにすぎず，内容の妥当性・構成概念の妥当性・基準関連の妥当性の検証などは一切経ていない．

30項目の質問から構成されているPOMS短縮版における「Tension-Anxiety」は，問1.気がはりつめる，問6.落ち着かない，問12.不安だ，問16.緊張する，問20.あれこれ心配だ，これら5つの項目の質問により構成されている．このことから，主観の直接的な質問項目の設定は，質問紙では複数の気分状態と関連づけて問われていることから考えると，適切ではなかった可能性が考えられた．

さらに，われわれの認知のありかたは，生物学，医学，パーソナリティなどの個人的要因に環境的要因が関連して形成されるのだと考えると，イベント会場に来訪した(できた)56名の集団と，一般集団の気分状態としての「不安」の認知のありかたに，なんらかの「偏り」が存在した可能性も考えられた．

生体指標の測定条件確保

生体指標の測定結果と，主観および質問紙双方と相関が認められるものと予想していただけに結果は意外であった．この結果に至った理由として，1）計測が屋外であったため測定環境中の温度変動が少なくなかったこと，2)飲食後30分以上経過していることのみを測定条件とし口腔内洗浄をしなかったこと，3)唾液採取用の専用ディスポーザブル・チップを舌下の所定場所への挿入を被験者に説明したものの正しく挿入されたかどうかの確認をしていなかったこと，4)唾液採取時間の計測誤差，5)採取紙飽和検体量(28μl)が確保されないものがあったと考えられること，などが考えられた．

実際のところ，山口らの研究と報告においては，唾液摂取の2時間前から水以外の飲食の禁止・25℃に保たれた静寂な部屋での唾液摂取・唾液摂取前の歯みがきおよびうがいの

実施・口腔内洗浄後の約10分間の安静座位[17]の後に，検体の採取と分析をおこなっている．

今回は，実現可能な「飲食後30分以上の経過」を測定条件として臨んだものの，結果として「唾液」は，口腔内環境が反映されやすい生体指標であるがゆえに，測定の際には前提条件を厳密に満たす必要があることが示されたと考えられた．

他方，これさえクリアできれば，これまでの臨床心理学・社会心理学的な手法に，新たに生理学的手法の組み合わせが可能になる．心理査定においては，被験者について，全体的に，多次元的な情報から，総合的に理解すること（例えば小笠原，2003）が求められる．

これを適える唾液アミラーゼ活性測定には，1）採血の際に求められる医療従事者等の資格が不要である，2）採血と比較して低侵襲性と考えられる，3）採血と血液分析に要するコストと比較して低廉であると思われる，4）市販のリチウム電池で約1000回の測定を可能とする可搬型軽量計測器が商品化されている，これらの点からもその可能性を感じている．今回得られた知見をふまえ，さらに研究を続けたい．

【注】

[1] McNair DM, Lorr M, Droppleman LF: profile of Mood States. San Diago, Educational and Industrial Testing Service（1992）
[2] 横山和人 荒記俊一『日本版POMS手引』金子書房　1994
[3] Radloff: National Institute of Mental Health（1977）
[4] 島悟 鹿野達男 北村俊則ほか「新しい抑うつ性自己評価尺度について」『精神医学』　1985　pp.717～723
[5] 松原達哉編著『第４版 心理テスト法入門』日本文化科学社　2002　p.12
[6] 富山大学大学院理工学研究科教授
[7] 日薬理誌『Folia Pharmacol. Jpn.』129号　2007　pp.80～84
[8] 『生体工学』45号2巻　2007　pp.161～168
[9] 『しののめ山麓中山のんびりの里づくり推進事業 計画策定事業報告書』中山のんびりの里づくり推進協議会　2009
[10] 横山和仁編著『POMS短縮版 手引きと事例解説』金子書房　2005　p.1
[11] Maurice Lorr, Ph.D.,Douglas M.McNair, Ph.D.,&LFO F.Droppleman, Ph.D. Profile of Mood States-Brief Japanese Version
[12] 『POMS短縮版 手引きと事例解説』p.8
[13] 『POMS短縮版 手引きと事例解説』
[14] ニプロ株式会社『唾液アミラーゼモニター CM-2.1』
[15] 本研究巻末「付録順位相関」参照
[16] 中島義明他編『心理学辞典』「汎適応症候群」有斐閣，1999

【参考文献】

1）山本絢子 矢﨑久 潮村公弘「社会人と大学生の相違から捉えた，パーソナリティとしての攻撃性とストレス状態種別が精神的健康度に及ぼす影響過程」日本心理学会第68回大会発表論文集 2004，および潮村公弘 山本絢子 矢﨑久『内陸文化研究』4号 信州大学 2005
2）岡堂哲雄 編『臨床心理査定学』誠信書房 2003
3）『生体工学』45号2巻 2007

付録 A　順位相関

本論文では，順位相関を用いてデータ処理を行っている [1, 2, 3]．その際に必要な理論と表計算ソフトを用いたデータ処理方法を以下で概説する．

A.1　順位和における平均と分散

母集団が n 個の数 $v_1, v_2, \cdots, v_n$ からなると仮定する．これらの数のうち一つを確率的に選んで，これを V によって表す．そのとき，V の期待値 (平均値) を $\bar{v}$, V の分散を τ^2 とすると，

$$\bar{v} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} v_i, \quad \tau^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(v_i - \bar{v})^2$$

と表すことができる．

A.1.1　同順位がない (Tie がない) 場合の平均値と分散

$\{v_1, v_2, \cdots, v_n\} = \{1, 2, \cdots, n\}$ とする．そのとき，$\bar{v}$, τ^2 はそれぞれ，

$$\bar{v} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} i = \frac{1}{2}(n+1), \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \tau^2 &= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(i-\bar{v})^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} i^2 - \bar{v}^2 \\ &= \frac{1}{6}(n+1)(2n+1) - \frac{1}{4}(n+1)^2 = \frac{1}{12}(n^2-1) \end{aligned} \tag{2}$$

で与えられる．

A.1.2　同順位がある (Tie がある) 場合の平均値

$v_1 \leq v_2 \leq \cdots \leq v_n$ とする．$v_1, v_2, \cdots, v_n$ の中の同順位の個数を小さい方から順に自然数 $d_1, d_2, \cdots, d_e$ で表すとする．そのとき，

$$d_1 + d_2 + \cdots + d_e = n \tag{3}$$

が成り立つ．Tie がある場合の順位を (4) のように定める [1, 2]：

$$\begin{aligned} v_1 = \cdots = v_{d_1} &= \frac{1}{2}(d_1+1), \\ v_{d_1+1} = \cdots = v_{d_1+d_2} &= d_1 + \frac{1}{2}(d_2+1), \\ &\cdots \\ v_{d_1+\cdots+d_{e-1}+1} = \cdots + v_{d_1+\cdots+d_e} &= d_1 + \cdots + d_{e-1} + \frac{1}{2}(d_e+1). \end{aligned} \tag{4}$$

平均値 (期待値)

$$\bar{v} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{e} d_i\Big\{\sum_{j=1}^{i-1} d_j + \frac{1}{2}(d_i+1)\Big\} = \frac{1}{2n}\Big\{2\sum_{i=1}^{e}\sum_{j=1}^{i-1} d_i d_j + \sum_{i=1}^{e}({d_i}^2 + d_i)\Big\}$$

は

$$\sum_{i=1}^{e}\sum_{j=1}^{i-1} d_i d_j = \sum_{i=1}^{e}\sum_{j=1}^{i} d_i d_j - \sum_{i=1}^{e} {d_i}^2 = \sum_{j=1}^{e}\sum_{i=j}^{e} d_i d_j - \sum_{i=1}^{e} {d_i}^2 = \sum_{i=1}^{e}\sum_{j=i}^{e} d_i d_j - \sum_{i=1}^{e} {d_i}^2$$

$$2\sum_{i=1}^{e}\sum_{j=1}^{i-1} d_i d_j + \sum_{i=1}^{e} {d_i}^2 = \sum_{i=1}^{e}\sum_{j=1}^{i-1} d_i d_j + \sum_{i=1}^{e}\sum_{j=i}^{e} d_i d_j = \sum_{i=1}^{e}\sum_{j=1}^{e} d_i d_j = \Big(\sum_{i=1}^{e} d_i\Big)^2,$$

と書き直すことができるので，(3) を用いると，

$$\bar{v} = \frac{1}{2n}\Big\{\Big(\sum_{i=1}^{e} d_i\Big)^2 + \sum_{i=1}^{e} +d_i\Big\} = \frac{1}{2}(n+1) \tag{5}$$

と表すことができる．

したがって，Tie がある場合の平均値 (5) は，それらの順位を (4) のように付ければ，Tie がない場合の平均値 (1) に一致する．

A.1.3 同順位がある (Tie がある) 場合の分散

次に Tie がある場合の分散を求める [1, 2]．任意の実数 $a_1, \cdots, a_k$ に対して，$\bar{a}$ を定数とすると，次の式が成り立つ：

$$\sum_{i=1}^{k} a_i^2 = \sum_{j=1}^{k} (a_i - \bar{a})^2 + k\bar{a}^2. \tag{6}$$

1) $k = d_1$, $a_i = i$ $(i = 1, \cdots, d_1)$, $\bar{a} = v_1 = v_2 = \cdots = v_{d_1} = \frac{1}{2}(d_1+1)$ とする．

$$\sum_{i=1}^{d_1} {a_i}^2 = \sum_{i=1}^{d_1} i^2 = \frac{1}{6} d_1(d_1+1)(2d_1+1)$$

だから，(6) より，

$$\sum_{j=1}^{d_1}(a_i - \bar{a})^2 = \sum_{j=1}^{d_1}\Big(i - \frac{1}{2}(d_1+1)\Big)^2 = \sum_{j=1}^{d_1} i^2 - \frac{1}{4}d_1(d_1+1)^2 = \frac{1}{12}d_1({d_1}^2-1) \tag{7}$$

を得る．

2) $k = d_{j+1}$ のとき，$a_i^{(j)}$ $(i = 1, \cdots, d_{j+1}, j = 0, 1, \cdots, e-1)$ を

$$a_i^{(0)} = a_i, \quad b_0 = 0, \qquad a_i^{(j)} = b_j + i, \quad b_j = \sum_{l=1}^{j} d_l, \quad j = 1, 2, \cdots.$$

と定義し，$\bar{a}^{(j)} = v_{b_j+1} = v_{b_j+2} = \cdots = v_{b_j+d_{j+1}} = b_j + \frac{1}{2}(d_{j+1}+1)$ とおくと，(6) より，

$$\sum_{i=1}^{d_{j+1}}\Big(a_i^{(j)}\Big)^2 = \sum_{i=1}^{d_{j+1}}\Big(a_i^{(j)} - \bar{a}^{(j)}\Big)^2 + d_{j+1}\Big(\bar{a}^{(j)}\Big)^2 \tag{8}$$

を得る．(8) の右辺第 1 項と第 2 項を計算するとそれぞれ，

$$\sum_{i=1}^{d_{j+1}}\Big(a_i^{(j)} - \bar{a}^{(j)}\Big)^2 = \sum_{i=1}^{d_{j+1}}\Big(i - \frac{1}{2}(d_{j+1}+1)\Big)^2 = \frac{1}{12}d_{j+1}({d_{j+1}}^2-1),$$

$$d_{j+1}\Big(\bar{a}^{(j)}\Big)^2 = d_{j+1}\Big(b_j + \frac{1}{2}(d_{j+1}+1)\Big)^2 = \sum_{i=1}^{d_{j+1}} {v_{b_j+i}}^2$$

となるので，(8) は

$$\sum_{i=1}^{d_{j+1}}\left(a_i^{(j)}\right)^2=\frac{1}{12}d_{j+1}(d_{j+1}^2-1)+\sum_{i=1}^{d_{j+1}}{v_{b_j+i}}^2 \tag{9}$$

と変形できる．一方

$$\begin{aligned}\sum_{j=0}^{e-1}\sum_{i=1}^{d_{j+1}}\left(a_i^{(j)}\right)^2&=\sum_{i=1}^{d_1}\left(a_i^{(0)}\right)^2+\sum_{i=1}^{d_2}\left(a_i^{(1)}\right)^2+\cdots+\sum_{i=1}^{d_e}\left(a_i^{(e-1)}\right)^2\\&=\sum_{i=1}^{d_1}i^2+\sum_{i=1}^{d_2}\Big(d_1+i\Big)^2+\cdots+\sum_{i=1}^{d_e}\Big(\sum_{l=1}^{e-1}d_l+i\Big)^2\\&=\sum_{i=1}^{n}i^2=\frac{1}{6}n(n+1)(2n+1),\\\sum_{j=0}^{e-1}\sum_{i=1}^{d_{j+1}}{v_{b_j+i}}^2&=\sum_{i=1}^{n}v_i^2\end{aligned}$$

と表せるので，(9) より，

$$\sum_{i=1}^{n}v_i^2=\frac{1}{6}n(n+1)(2n+1)-\sum_{j=1}^{e}\frac{1}{12}d_j(d_j^2-1)$$

を得る．

以上より，Tie がある場合の分散は

$$\tau^2=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(v_i-\bar{v})^2=\frac{1}{12}(n^2-1)-\frac{1}{12n}\sum_{j=1}^{e}d_j(d_j^2-1) \tag{10}$$

と表すことができる．同順位（Tie）がある場合の分散 (10) は, Tie がない場合の分散 (2)((10) 右辺第 1 項に等しい) から，(10) 右辺第 2 項を引いたものに等しくなる．

ただし，$d_1=d_2=\cdots=d_e=1$ とすると，(10) は Tie がない場合の分散 (2) に帰着する．

A.2　相関係数

データの尺度が間隔尺度の場合，n 個の個体に対する 2 種類の観測値を $x_1,x_2,\cdots,x_n$, および $y_1,y_2,\cdots,y_n$ とする．Pearson の積率相関係数 (product moment correlation coefficient) r_{xy} は

$$r_{xy}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(y_j-\bar{y})^2}}, \tag{11}$$

$$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i,\qquad \bar{y}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}y_i \tag{12}$$

で定義される．

A.2.1 Tie がない場合の Spearman の順位相関係数 ρ

データの尺度が間隔尺度で，x と y の順位のみを用いる場合を考える．$x_1, \cdots, x_n$ を大きさの順に並べたとき，それぞれの順位を $R_1, \cdots, R_n$ とし, $y_1, \cdots, y_n$ を大きさの順に並べたときのそれぞれの順位を $S_1, \cdots, S_n$ とする．

Spearman の順位相関係数 (rank correlation coefficient) ρ は (11) と同様に

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_i - \bar{R})^2}\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(S_j - \bar{S})^2}}, \tag{13}$$

で定義される．Tie がないので，$R_1, \cdots, R_n$, $S_1, \cdots, S_n$ は全体としてはいずれも $1, 2, \cdots, n$ に一致している．よって，

$$\bar{R} = \bar{S} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} i = \frac{1}{2}(n+1),$$
$$\sum_{i=1}^{n} {R_i}^2 = \sum_{i=1}^{n} {S_i}^2 = \sum_{i=1}^{n} i^2 = \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1)$$

が成り立つ．これらを用いると，

$$\sum_{i=1}^{n}(R_i - \bar{R})^2 = \sum_{i=1}^{n}(S_i - \bar{S})^2 = \sum_{i=1}^{n} {S_i}^2 - n\bar{S}^2 = \frac{1}{12}n(n^2-1),$$
$$\sum_{i=1}^{n}(R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S}) = \sum_{i=1}^{n} R_i S_i - n\bar{R}\bar{S} = \sum_{i=1}^{n} R_i S_i - \frac{1}{4}n(n+1)^2,$$
$$\sum_{i=1}^{n}(R_i - S_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} {R_i}^2 + \sum_{i=1}^{n} {S_i}^2 - 2\sum_{i=1}^{n} R_i S_i = \frac{1}{3}n(n+1)(2n+1) - 2\sum_{i=1}^{n} R_i S_i$$

と書き換えることができる．従って，

$$\rho = \frac{12}{n(n^2-1)}\sum_{i=1}^{n} R_i S_i - 3\,\frac{n+1}{n-1} = 1 - \frac{6}{n(n^2-1)}\sum_{i=1}^{n}(R_i - S_i)^2 \tag{14}$$

と表すことができる．

A.2.2 Tie がある場合の Spearman の順位相関係数 ρ

$x_1, x_2, \cdots, x_n$ の中の同順位の個数を順位の小さい方から順に $d_1, d_2, \cdots, d_e$，$y_1, y_2, \cdots, y_n$ の同順位の個数を順位の小さい方から順に $d'_1, d'_2, \cdots, d'_f$ とすると，(3) と同様に

$$d_1 + \cdots + d_e = d'_1 + \cdots + d'_f = n$$

が成り立つ．

$x_1, x_2, \cdots, x_n$ の順位を $R_1^*, R_2^*, \cdots, R_n^*$，$y_1, y_2, \cdots, y_n$ の順位を $S_1^*, S_2^*, \cdots, S_n^*$ とする．そのとき，$R_1^*, R_2^*, \cdots, R_n^*$，$S_1^*, S_2^*, \cdots, S_n^*$ はそれぞれ，(4) が成り立つように決められているとする．

Spearman の順位相関係数 (rank correlation coefficient) ρ は (13) より

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i^* - \bar{R}^*)(S_i^* - \bar{S}^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_i^* - \bar{R}^*)^2}\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(S_j^* - \bar{S}^*)^2}} \tag{15}$$

と表される．(5) より

$$\bar{R}^* = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_i^* = \frac{1}{2}(n+1), \quad \bar{S}^* = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i^* = \frac{1}{2}(n+1),$$

(6) より

$$\sum_{i=1}^{n}(R_i^* - \bar{R}^*)^2 = \frac{1}{12}n(n^2-1) - \frac{1}{12}\sum_{j=1}^{e} d_j(d_j^2-1),$$
$$\sum_{j=1}^{n}(S_j^* - \bar{S}^*)^2 = \frac{1}{12}n(n^2-1) - \frac{1}{12}\sum_{j=1}^{f} d_j'({d_j'}^2-1)$$

が成り立つ．従って，Tie がある場合の Spearman の ρ は

$$\rho = \frac{12}{n(n^2-1)} \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i^* S_i^* - \frac{1}{4}n(n+1)^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{n(n^2-1)}\sum_{j=1}^{e} d_j(d_j^2-1)}\sqrt{1 - \frac{1}{n(n^2-1)}\sum_{j=1}^{f} d_j'({d_j'}^2-1)}} \tag{16}$$

と表すことができる．

A.3　独立性の検定

確率変数 (X_1, Y_1), (X_2, Y_2), $\cdots$, (X_n, Y_n) はそれぞれ互いに独立にある 2 変数 X, Y の分布に従うとする．そのとき，X と Y が独立であるかどうか検定することを考える．すなわち，X，Y の同時分布の分布関数を $F(x.y)$ とするとき，

仮説 H ： X と Y は独立，すなわち，　　$F(x, y) = F_1(x)F_2(y)$

を検定する [3].

A.3.1　条件付検定

$X_1 = x_1, \cdots, X_n = x_n$, $Y_1 = y_1, \cdots, Y_n = y_n$ という観測値に対して，$X_1, X_2, \cdots, X_n$ の値の組が全体として，$x_1, x_2, \cdots, x_n$ に一致し，$Y_1, Y_2, \cdots, Y_n$ の値の組が全体として，$y_1, y_2, \cdots, y_n$ に一致するような標本全部を考える．その中で，特定の X，Y の組み合わせが起こる確率を考えると，X と Y が独立ならば，どのような確率が起こる組み合わせも等しくなる．そこで，

$$Q = X_1Y_1 + X_2Y_2 + \cdots + X_nY_n$$

の条件付き分布を求めると，仮説 H の下では，

$$E(Q) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i = n\bar{x}\bar{y},$$
$$Var(Q) = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2$$

となるから，ある定数 c に対して，

$$|Q - n\bar{x}\bar{y}| > c,$$

のとき仮説 H を棄却することにすればよい．

条件付き分布を正確に求めることは非常に面倒だが，n が大きいとき (例えば Tie がないとき $n \geq 30$) は，Q はほぼ正規分布をすると見なすことができる [3]．すなわち，

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i}{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

が標準正規分布 $N(0,1)$ に従うと見なしてよい．この式は，(11) よりわかるように，Pearson の相関係数 r_{xy} にたいして，

$$\sqrt{n-1}\, r_{xy}$$

を標準正規分布で近似することを意味する．

有意水準 0.05 のとき $\alpha = 1.96$, 有意水準 0.01 のとき $\alpha = 2.57$ として，

(a) $|\sqrt{n-1}\, r_{xy}| < \alpha$ のとき，仮説 H，X と y は独立，を受容し，

(b) $|\sqrt{n-1}\, r_{xy}| > \alpha$ のとき，仮説 H を棄却し，X と Y の間には優位な相関があると考える．

A.3.2　順位検定

Tie がない場合は，$x_1, x_2, \cdots, x_n$ の順位を R_1, R_2, $\cdots$, R_n，$y_1, y_2, \cdots, y_n$ の順位を S_1, S_2 ,$\cdots$, S_n とすると，(13) または (14) より Spearman の ρ を求め，$\sqrt{n-1}\rho$ が標準正規分布に従うとして検定すればよい．

Tie がある場合は，$x_1, x_2, \cdots, x_n$ の中の同順位の個数を $d_1, d_2, \cdots, d_e$，$y_1, y_2, \cdots, y_n$ の同順位の個数を $d'_1, d'_2, \cdots, d'_f$ とすると，(3) と同様に，$d_1 + \cdots + d_e = d'_1 + \cdots + d'_f = n$ が成り立つ．

$x_1, x_2, \cdots, x_n$ の順位を $R^*_1, R^*_2, \cdots, R^*_n$，$y_1, y_2, \cdots, y_n$ の順位を $S^*_1, S^*_2, \cdots, S^*_n$ とする．ただし，$R^*_1, R^*_2, \cdots, R^*_n$，$S^*_1, S^*_2, \cdots, S^*_n$ はそれぞれ，(4) が成り立つように決められているとする．

そのとき，(15)，または (16) より Spearman の ρ を求め，$\sqrt{n-1}\rho$ が標準正規分布に従うとして検定すればよい．

付録 B　表計算ソフトを用いた情報処理法

これまで，Tie がない場合と Tie がある場合の Spearman の順位相関係数 ρ を求める方法を紹介してきた．表計算ソフトを用いて実際にデータ処理することを考えると，Tie がない場合は，(12) を用いて Spearman の ρ を直接求める方が計算が簡単になる．

Tie がある場合は，そのときの順位の付け方 (4) にしたがって，新順位，$R^*_1, R^*_2, \cdots, R^*_n$, $S^*_1, S^*_2, \cdots, S^*_n$ を付けて，(15) を用いて ρ を計算すればよい．以下では Tie がある場合の処理手順を数値例を用いて説明する．

表 3 のデータ表から，(i) 自覚ストレス度 (主観) と POMS 短縮版 (質問紙) の対応する項目間に相関があるか，(ii) 自覚ストレス度 (主観) と唾液活性の間に相関があるか，(iii)POMS 短縮版 (質問紙) の各項目と唾液活性の間に相関があるか，を検定する場合を考える．ただし，唾液活性のデータとしては，計測値に対して値の小さい方から順に $1, 2, \cdots$ とエクセルの rank 関数を使って順位付けしたもの，または計測値にレベル値を対応させたものを用いることにする．このようにすると，X, Y の値 (得点，score) がいずれも自然数で，最大値がデータ数以下となる．

ここでは，(X，Y) として (不安感, T-A) をとり，Spearman の ρ を求める方法を解説する．

表 B1 はエクセルのシートを表す．セル A2 には，項目名 No，A3〜A58 には被験者番号が入力され, それに対応して，セル B3〜セル B58 には不安感のデータ，C3〜C58 には T-A のデータが入力されている．また，表 B1 に示したその他の文字も入力されているとする．

表 B1．Tie のある場合の Spearman の ρ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2	No	X	Y		sc	X	Y		sc	R^*	S^*		No	R^*	S^*			
3	1	1	5		1				1				1					
4	3	2	1		2				2				3					
:	:	:	:		:				:				:					
18	:	:	:		16				16				:					
:	:	:	:										:					
58	79	2	1										79					
59																		
60	n												Av					
61	Mx																	
62																		
63																		
64																		

さらに，処理内容を見やすくするために，以下の文字を A1, E1 などのセルに入力する．

A1 : データ と入力 → A1〜C1 のセルを結合して中央揃

E1 : Tie の個数 と入力 → E1 と G1 のセルを結合して中央揃

I1 : 修正順位表 と入力 → I1〜K1 のセルを結合して中央揃

M1 : 新順位 と入力 → M1〜O1 のセルを結合して中央揃

Q2 : $R^* - \mathrm{Av}(R^*)$ と入力 → R2 : $S^* - \mathrm{Av}(S^*)$ と入力

a) X のデータ数 n を B60，最大値を B61 に，Y のデータ数 n を C60，最大値を C61 に求める．

B60 : =count(B3:B58) と入力 → B61 : =max(B3:B58) と入力

→ C60〜C61 : B60〜B61 の式を C60〜C61 に複写貼付　　[いずれも $n = 60$]

b) X の最大値が 3，Y の最大値が 16 だから，E3〜E18 に 1〜16(X, Y の最大値) を入力する．Score E3〜E18 に対する X の score B3〜B18 の中の Tie の個数，Y の score C3〜C18 の中の Tie の個数をそれぞれ F3〜F18，G3〜G18 に求める．

E2 : sc と入力 → E3〜E18 までの間に 1 〜16(score の最大値) までの数字を入力

F3 : =countif(B$3:B$18,$E3) と入力 → F4〜F18 : F3 の式を複写貼付

→ G3〜G18 : F3〜F18 の式を複写貼付

c) I 列の score に対する，X の新順位 R^* を J3〜J58 に，Y の新順位 S^* を K3〜K58 に求める．

J3 : =(F3+1)/2 と入力 → J4 : =sum(F$3:F3)+(F4+1)/2 と入力

→ J5〜J18 : J4 の式を複写貼付 → K3〜K18 : J3〜J18 の式を複写貼付

d) M 列の No 1〜79(56 人の被験者) に対する，X の新順位 R^* を N3〜N58 に，Y の新順位 S^* を O3〜O58 に求める．

N3：=vlookup(B3,$I$3:$K$18,2,false) と入力 → N4〜N18：N3 の式を複写貼付
O3：=vlookup(C3,$I$3:$K$18,3,false) と入力 → O4〜O18：O3 の式を複写貼付

e) X の新順位の平均を N60 に, Y の新順位の平均を O60 に求める．[いずれも $(n+1)/2 = 28.5$]
N60：=average(N3:N58) と入力 → O60：N60 の式を複写貼付

f) X の新順位-その平均 を Q3〜Q58 に，Y の新順位-その平均 を R3〜R58 に求める．
Q3：=N3-N$60 と入力 → Q4〜Q58：Q3 の式を複写貼付
→ R3〜R58：Q3〜Q58 の式を複写貼付

g) Q3〜Q58 の平均を Q60 に，R3〜R58 の平均を R60 に求める．[いずれもゼロ．check 用！]
Q60：=average(Q3:Q58) と入力 → R60：Q60 の式を複写貼付

h) (15) 式 ρ の分子を R62 に，分母の 2 乗の第 1 項を R63，第 2 項を R64，ρ を R66 に求める．
R62：=sumproduct(Q3:Q58,R3:R58) と入力
R63：=sumproduct(Q3:Q58,Q3:Q58) と入力
R64：=sumproduct(R3:R58,R3:R58) と入力
R66：=R62/sqrt(R63*R64) と入力して，Spearman の ρ を求める．

i) R67 に $\sqrt{n-1}\,\rho$ を求める．
R67：=sqrt(B60-1)*R66 と入力して，$\sqrt{n-1}\,\rho$ を求める．

参考文献

[1] E. L. レーマン (鍋谷清治，刈谷武昭，三浦良三 訳)，ノンパラメトリクス，1978 年，森北出版.

[2] J. ハエック (丘本正，宮本良雄，古後楠徳 訳)，ノンパラメトリック統計学，1974 年，日科技連.

[3] 竹内啓，数理統計学，1963 年，東洋経済新報社.