章末問題 模範解答

第 2 章

【1】

ID	週	体重
A	1 週目	43.0kg
B	1 週目	100.5kg
C	1 週目	76.0kg
A	2 週目	42.5kg
B	2 週目	101.0kg
C	2 週目	72.0kg
A	3 週目	41.9kg
B	3 週目	99.9kg
C	3 週目	75.5kg

【2】

- 名義データ：疾病の有無，血液型など
- 順序データ：テストの素点，セリーグの順位など
- 間隔データ：知能指数，華氏温度など
- 比率データ：所持金など

【3】

(2) 塾に通っている男性の English について，

平均：7.67 点，標準偏差：1.53 点

※他の解答は省略

第 3 章

パーソナリティを測定するために作成した質問項目 25 項目（A1～O5）について，探索的因子分析を行った。固有値の減衰状況，ならびに平行分析から 5 因子解が示唆された。そこで，5 因子解を想定した上で，探索的因子分析（ミンレス法・オブリミン回転）を行った。なお，因子の削除基準として，因子負荷量.40 未満および共通性.16 未満を設定した。

探索的因子分析を行ったところ，O4 の因子負荷量が基準を満たさなかった。そこで，O4 を削除した上で再分析を行ったところ，単純構造が得られた。推定結果を**表**に記す。

表　パーソナリティに関する探索的因子分析結果（$N = 2800$）

項目	I	II	III	IV	V	共通性
N1	0.80	0.10	0.01	-0.12	-0.04	0.64
N2	0.77	0.04	0.01	-0.10	0.01	0.60
N3	0.72	-0.09	-0.03	0.08	0.02	0.55
N4	0.50	-0.39	-0.13	0.12	0.08	0.49
N5	0.49	-0.18	0.00	0.20	-0.16	0.35
E2	0.12	-0.66	-0.01	-0.03	-0.07	0.52
E4	0.00	0.64	0.03	0.23	-0.11	0.55
E1	-0.05	-0.55	0.11	-0.06	-0.10	0.34
E3	0.09	0.44	0.00	0.22	0.27	0.44
E5	0.15	0.42	0.27	0.04	0.20	0.40
C2	0.15	-0.07	0.67	0.08	0.03	0.45
C4	0.18	0.03	-0.61	0.02	-0.07	0.45
C3	0.03	-0.05	0.57	0.08	-0.08	0.32
C1	0.07	0.00	0.55	-0.04	0.12	0.33
C5	0.21	-0.13	-0.54	0.02	0.07	0.42
A3	-0.01	0.12	0.02	0.66	0.04	0.53
A2	-0.01	0.01	0.08	0.65	0.03	0.46
A5	-0.10	0.26	0.01	0.51	0.03	0.46
A1	0.20	0.18	0.07	-0.44	-0.07	0.21
A4	-0.06	0.08	0.19	0.42	-0.15	0.28
O3	0.06	0.15	0.01	0.10	0.59	0.45
O5	0.10	0.13	-0.02	-0.01	-0.56	0.31
O1	0.05	0.11	0.07	0.03	0.49	0.30
O2	0.18	0.11	-0.07	0.11	-0.49	0.28
寄与率	0.11	0.09	0.08	0.08	0.06	
因子間相関	―	-0.23	-0.22	-0.08	-0.08	
		―	0.31	0.50	0.30	
			―	0.28	0.29	
				―	0.22	

第 1 因子は，N に関する項目が高い因子負荷を示していたため，「N：神経症傾向」因子と命名した。第 2 因子は，E に関する項目が高い因子負荷を示していたため，「E：外向性」因子と命名した。第 3 因子は，C に関する項目が高い因子負荷を示していたため，「C：誠実性」因子と命名した。第 4 因子は，A に関する項目が高い因子負荷を示していたため，「A：協調性」因子と命名した。第 5 因子は，O に関する項目が高い因子負荷を示していたため，「O：開放性」因子と命名した。なお，累積寄与率は 0.42 であった。

第 4 章

第 3 章の探索的因子分析の結果から得られた，パーソナリティに関する因子構造を確認するために，確認的因子分析（対角重み付き最小 2 乗法）を行った[1]。「N：神経症傾向」と「E：外向性」,「C：誠実性」,「A：協調性」,「O：開放性」の 5 つの因子からそれぞれに該当する観測変数が影響を受け，因子間相関を想定したモデルについて分析を行った。

分析の結果，適合度指標は CFI = .90，TLI = .89，RMSEA = .07; 90%CI[.07, .07]，SRMR = .07 であり，許容される値であった。よって，本研究が想定した 5 因子構造が確認された。なお，因子負荷量と因子間相関の推定値を**表**に記す。

表　パーソナリティに関する確認因子分析結果（ N = 2800）

項目	I	II	III	IV	V
N1	0.75				
N2	0.72				
N3	0.72				
N4	0.72				
N5	0.54				
E2		0.71			
E3		-0.64			
E4		-0.70			
E5		-0.59			
E1		0.50			
C4			-0.72		
C5			-0.72		
C2			0.52		
C1			0.51		
C3			0.50		
A5				-0.75	
A3				-0.71	
A2				-0.62	
A4				-0.53	
A1				0.29	
O3					0.77
O1					0.60
O5					-0.41
O2					-0.38
因子間相関	―	0.29	-0.32	0.24	-0.16
		―	-0.37	0.67	-0.46
			―	-0.35	0.31
				―	-0.26

[1] 全ての観測変数について，Shapiro-Wilk 検定を行ったところ，0.1%水準で有意であった。この結果から，全ての観測変数は正規分布に従っていないと判断できるため，解答例では対角重み付き最小 2 乗法（DWLS）による確認的因子分析を行った。

第 5 章

【1】

- 妥当性：そのテストや尺度が測定したいものを適切に反映できている程度のこと。
  →Messick による妥当性の捉え方を参照のこと。
- 信頼性：そのテストや尺度の測定結果の一貫性や安定性のこと。

【2】

因子	α	ω
N	.81	.81
E	.76	.77
C	.73	.73
A	.70	.71
O	.61	.61

第 6 章

【1】

主成分分析と探索的因子分析の大きな違いとして，次の 3 点があげられる。

- 主成分分析は観測変数が合成得点に影響を与えるが，探索的因子分析は因子が観測変数に影響を与える。すなわち，観測変数の因果が異なる。
- 主成分分析では独自因子を想定していないが，探索的因子分析は独自因子を想定している。すなわち，誤差の有無が異なる。
- 探索的因子分析は「共通因子」を探索することが目的なのに対して，主成分分析はデータを「合成変数(主成分)」に縮約することが目的である。

【2】

パーソナリティを測定するために作成した質問項目 25 項目（A1～O5）について，主成分分析を行った。固有値の減衰状況，ならびに平行分析から，主成分数を 5 にすることが示唆された。そこで，主成分数を 5 に設定した上で，主成分分析（オブリミン回転）を行った[2]。推定結果を**表**に記す。

第 1 主成分は「N：神経症傾向」に関する項目の主成分負荷量の値が正に大きかったので，第 1 主成分を「N：神経症傾向」と命名した。第 2 主成分は「E：外向性」に関する項目の主成分負荷量の値が正に大きかったので，第 2 主成分を「E：外向性」と命名した。第 3 主成分は「C：誠実性」に関する項目の主成分負荷量の値が正に大きかったので，第 3 主成分を「C：誠実性」と命名した。第 4 主成分は「A：協調性」に関する項目の主成分負荷量の値が正に大きかったので，第 4 主成分を「A：協調性」と命名した。第 5 主成分は「O：開放性」に関する項目の主成分負荷量の値が正に大きかったので，第 5 主成分を「O：開放性」と命名した。

なお，累積主成分寄与率は 0.53 であった。

[2]今回のデータについて，無回転で主成分分析を行うと解釈し難い結果が得られるため，探索的因子分析と同様にオブリミン回転を用いた。

表　パーソナリティに関する主成分分析の結果（$N = 2800$）

項目	I	II	III	IV	V	共通性
N1	**0.82**	0.11	0.00	-0.15	-0.06	0.69
N2	**0.81**	0.06	0.01	-0.13	0.01	0.66
N3	**0.79**	-0.04	-0.02	0.04	0.02	0.63
N5	**0.61**	-0.18	0.02	0.22	-0.18	0.48
N4	**0.59**	-0.36	-0.12	0.10	0.10	0.57
E2	0.18	**-0.73**	0.00	-0.02	-0.02	0.61
E1	-0.03	**-0.69**	0.15	-0.04	-0.07	0.48
E4	-0.02	**0.69**	0.03	0.24	-0.13	0.61
E3	0.10	**0.59**	0.00	0.20	0.26	0.53
E5	0.14	**0.54**	0.30	-0.01	0.19	0.50
C2	0.16	-0.06	**0.76**	0.06	0.04	0.58
C3	0.03	-0.08	**0.69**	0.09	-0.09	0.47
C4	0.24	0.04	**-0.67**	0.02	-0.07	0.54
C1	0.08	-0.01	**0.66**	-0.06	0.17	0.47
C5	0.27	-0.11	**-0.61**	0.02	0.11	0.52
A2	0.02	0.09	0.09	**0.71**	0.02	0.57
A3	0.01	0.25	0.04	**0.67**	0.01	0.60
A1	0.23	0.23	0.11	**-0.64**	-0.10	0.46
A5	-0.10	0.36	0.02	**0.54**	0.01	0.54
A4	-0.05	0.10	0.23	**0.51**	-0.21	0.41
O5	0.14	0.08	-0.01	0.00	**-0.68**	0.48
O3	0.06	0.29	0.03	0.08	**0.64**	0.55
O2	0.24	0.07	-0.07	0.15	**-0.60**	0.43
O1	0.05	0.22	0.09	-0.02	**0.59**	0.44
O4	0.22	-0.32	-0.02	0.27	**0.49**	0.44

第 7 章

【1】

階層的クラスター分析では事前にクラスター数を決定しないが，非階層的クラスター分析では事前にクラスター数を決定する。

【2】

成人 500 人を「Neuroticism(神経症傾向)」と「Extraversion(外向性)」,「Openness(開放性)」,「Agreeableness(協調性)」,「Conscientiousness(誠実性)」の観点から k 平均法による非階層的クラスター分析を用いて類型化した。解釈可能性から， 5 クラスター解を採用した。各クラスターにおける神経症傾向と外向性，開放性，協調性，誠実性を標準化したものを**図**に記す。

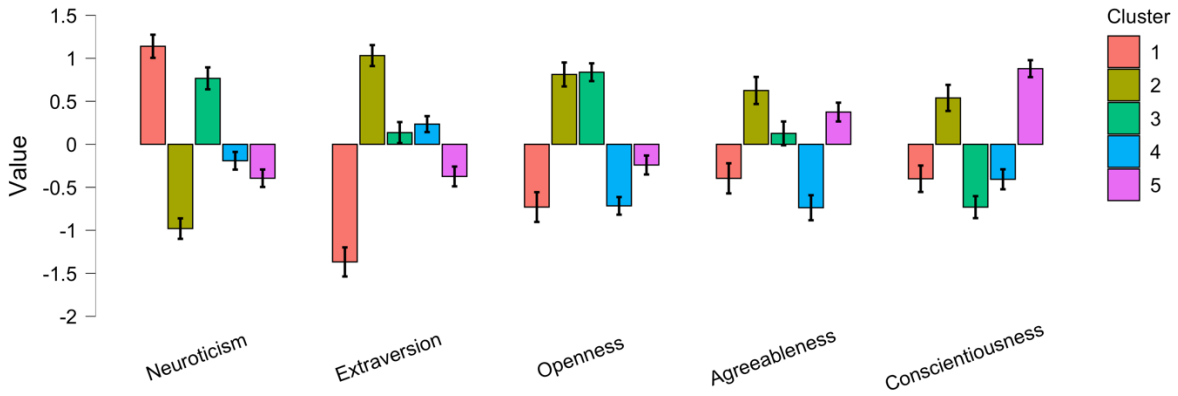

図　成人 500 人のプロフィール・ダイアグラム

クラスター1（N= 63）は神経症傾向の平均値が最も高く，他の平均値が低かったため，「神経症傾向高群」と命名した。クラスター2（N= 86）は神経症傾向の平均値が低く，他の平均値が高かったため,「神経症傾向低群」と命名した。クラスター3（N= 109）は誠実性の平均値が最も低く，他の平均値が高かったため,「誠実性低群」と命名した。クラスター4（N= 120）は協調性の平均値が最も低かったため,「協調性低群」と命名した。クラスター5（N= 122）は誠実性の平均値が高く，他の平均値は中程度であったため,「誠実性高群」と命名した。

第 8 章

【1】
独立変数ではない第三の変数が従属変数に及ぼす影響を考慮した上で，独立変数が従属変数に及ぼす影響を検討する分析。

【2】
- すべてのグループが正規性を有する。
- すべてのグループの分散が等しい。
- 共変量が従属変数に影響を与える。
- 共変量と従属変数の関連はグループ間で等しい

【3】
32 種類の車について，馬力（単位：HP）を共変量とした上で，トランスミッションの種類（自動，手動）により燃費（単位：MPG）が異なるのかを共分散分析により検討した。共分散分析の前提条件である回帰直線の有意性と平行性を検討したところ，どちらとも確認された。そこで，馬力を共変量，トランスミッションの種類を独立変数，燃費を従属変数として共分散分析を行った。燃費の周辺推定平均と標準語差を**表**に記す。

表　燃費の周辺推定平均

トランスミッション	周辺推定平均	標準語差
自動	23.22	0.82
手動	17.95	0.68

その結果，トランスミッションの種類による燃費の平均値差は 0.1%水準で有意であり，効果量は小さかった（$F(1, 29) = 23.90, p < .001$，$\eta^2 = .22$）。さらに，Tukey 法による多重比較を行ったところ，トランスミッションが自動の方が燃費の平均値が 0.1%水準で有意に高いことが示された（$d = 1.08, p < .001$）。

第 9 章

成人 82 名を対象として，「単純性(simplicity)」と「運命論(fatalism)」，「うつ気質(depression)」を測定し，うつ気質を従属変数，単純性を調整変数，運命論を独立変数として階層的重回帰分析を行った。階層的重回帰分析にあたって，独立変数として step1 に単純性と運命論，step2 に単純性と運命論，これらの交互作用を設定した。結果を**表**に記す。

分析の結果, step2 における決定係数の増分は 5%水準で有意であり（$\Delta R^2 = .30$, $F(1, 78) = 4.91$, $p < .05$），うつ気質に対する単純性と運命論の交互作用も 5%水準で有意であった（$B = -0.32$, $\beta = -.21$, $p < .05$）。

交互作用が有意であったため，その詳細を検討するために単純傾斜分析を行った。具体的には，単純性の得点が平均±1 標準偏差である場合の運命論得点にかかる偏回帰係数を算出した。その結果，単純性が高い場合には運命論とうつ気質の間に 5%水準で有意な正の関連が認められた（$B = 0.25$, $\beta = .25$, $p < .05$）。また，単純性が低い場合にも運命論とうつ気質の間に 0.1%水準で有意な正の関連が認められた（$B = 0.56$, $\beta = .56$, $p < .001$）[3]。

表　階層的重回帰分析の結果

	B	*SEB*	β	VIF
step1				
単純性	0.37	0.10	$.37^{***}$	1.41
運命論	0.38	0.10	$.38^{***}$	1.41
$R^2 = .42^{***}$				
step2				
単純性	0.46	0.11	$.46^{***}$	1.65
運命論	0.41	0.10	$.41^{***}$	1.42
単純性×運命論	-0.32	0.14	$-.21^{*}$	1.32
$R^2 = .45^{***}$				
$\Delta R^2 = .03^{*}$				

*** $p < .001$　**: $p <. 01$　*: $p <.05$

[3] 標準化偏回帰係数の値から，単純性が低い場合の方が運命論とうつ気質の正の関連は強くなることが読み取れる。

第 10 章

【1】

従属変数が 2 値変数の場合に行う回帰分析

【2】

オッズは「あることが起こる確率は起きない確率の何倍であるか」を表す指標である。対して，オッズ比は「独立変数が 1 増加したとき，従属変数が 1 となるオッズが何倍となるか」を表す指標であり，オッズに関する比を示す。

【3】

薬 A～C の使用量（単位：mg）が病気の改善（1：改善，0：変化なし）に及ぼす影響を検討するために，薬 A～C の使用量を独立変数，病気の改善を従属変数としたロジスティック回帰分析を行った。結果を**表**に記す。

表　ロジスティック回帰分析の結果

	B	SEB	オッズ・オッズ比	95%CI
切片	-6.64*	1.65	0.00	[0.00, 0.03]
薬 A	0.75*	0.16	2.12	[1.56, 2.87]
薬 B	0.62*	0.14	1.86	[1.4,0 2.46]
薬 C	0.05*	0.11	1.06	[0.84, 1.32]

*: $p < .001$

分析の結果，$\chi^2(96) = 68.11$, $p < .001$, McFadden $R^2 = .50$ から十分なモデルの当てはまりが確認された。また，AUC = .93，感度が.90，特異度が.78，精度が.86，正確度が.85 であり，高い予測精度が確認された。

病気の改善に与える影響について，薬 A の使用量から有意な正の影響が認められ，薬 A の使用量が 1mg 増えると病気が改善するオッズが 2.12 倍になることが示された。また，薬 B の使用量から有意な正の影響が認められ，薬 B の使用量が 1mg 増えると病気が改善するオッズが 1.86 倍になることが示された。

第 11 章

【1】

会社や学校といった上位の単位に包含されるデータを扱うとき。

【2】

固定効果とは, 個人や集団によって変動しない 1 つの固定したパラメータのことである。対して，変量効果とは，個人や集団によってパラメータが異なるもので，確率的に変動するものである。

【3】

73 学校 1905 人の学生を対象に，性別と筆記試験の成績が総合成績に及ぼす影響をマルチレベル分析により検討した。複数モデルの適合度を検討したところ，**表 1** のように性別のみをランダム傾きモデルとしたものが最も良い当てはまりを示した。以下では，性別のみにランダム傾きモデルを認めて，分析を進めた。結果を**表 2** に記す。

表 1　マルチレベル分析におけるモデルの比較

	AIC	BIC
ランダム切片モデル	12008.15	12034.80
ランダム傾きモデル（性別）	11982.08	12019.37
ランダム傾きモデル（筆記試験）	11997.28	12034.58
ランダム傾きモデル（性別＋筆記試験）	11968.61	12021.89

表 2　マルチレベル分析の結果

	推定値	標準誤差
固定効果		
切片	72.10*	1.00
性別（女子）	4.48*	0.52
筆記試験	0.59*	0.03
変量効果		
切片の学校間分散	59.98	
切片の個人間分散	132.24	
傾きの学校間分散	9.50	

*: $p < .001$

注）性別は男子の値を基準とした。

分析の結果，筆記試験と総合成績の間には 0.1%水準で有意な正の関連が認められた。また，男子に比べ女子の方が総合成績は 0.1%水準で有意に高いことが示された。

第 12 章

【1】

n 個の質的変数について，質的変数間の交互作用を認めないモデルを独立モデル，想定される全ての交互作用を認めるモデルを飽和モデルという。

【2】

「被害者の人種」と「被告の人種」,「死刑判決の有無」の連関を明らかにするために，対数線形モデルによる分析を行った。本研究において基準とした水準は，被害者の人種と被告の人種が黒人，死刑判決の有無が無しであった。

尤度比検定の結果,「被害者の人種」と「被告の人種」,「死刑判決の有無」の交互作用以外を認めたモデルが最良モデルであると判断した。以下，このモデルに従い分析を進めた。最良モデルにおける係数の推定値を**表**に記す。

表　最良モデルにおける係数の推定値

	推定値	標準誤差
切片	4.94^{***}	0.09
被害者＝白人	-1.33^{***}	0.19
被告＝白人	-2.18^{***}	0.26
死刑判決＝有	-3.60^{***}	0.51
(被害者＝白人)*(被告＝白人)	4.60^{***}	0.31
(被害者＝白人)*(死刑判決＝有)	2.40^{***}	0.60
(被告＝白人)*(死刑判決＝有)	-0.87^{*}	0.37

*** $p < .001$　**: $p < .01$　*: $p < .05$

「被害者の人種」の主効果について，黒人を基準として白人が 0.1%水準で有意に少ないことが示された。「被告の人種」の主効果について，黒人を基準として白人が 0.1%水準で有意に少ないことが示された。「死刑判決の有無」について，死刑判決が 0.1%水準で有意に少ないことが示された。

「被害者の人種」と「被告の人種」の交互作用について，被害者と被告とも白人であることが 0.1%水準で有意に多いことが示された。「被害者の人種」と「死刑判決の有無」の交互作用について，被害者が白人で死刑判決が下されることが 0.1%水準で有意に多いことが示された。「被告の人種」と「死刑判決の有無」の交互作用について，被告が白人で死刑判決が下されることが 5%水準で有意に少ないことが示された。

第 13 章

【1】

測定方程式とは，構成概念が複数の観測変数に与える影響を記したもので，「因子分析の様子」を表す。他方，構造方程式とは，変数間の影響関係を記したものである。

【2】

誠実さと就労意欲，就労態度の関連を検討するにあたり，つぎの仮説を立てた。

① 誠実さは就労意欲に正の影響を与える。

② 誠実さと就労意欲は就労態度に性の影響を与える。

①と②の仮説を検証するために，成人 301 人が評定したデータを構造方程式モデリング（最尤法）により検討した。その結果，モデルの適合度は CFI = .93，TLI = .90，RMSEA = .09; 90%CI[.07, .11]，SRMR = .07 と良好な値が得られたため，このモデルを最終的なモデルとして採用した。推定結果を**図**に記す。

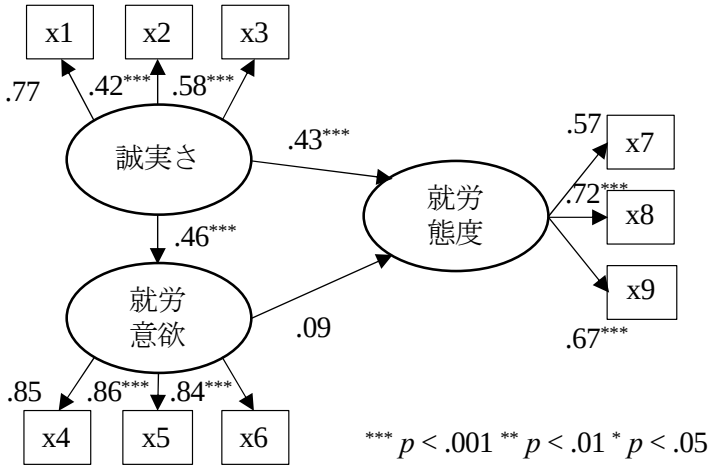

図 構造方程式モデリングの結果

注）誤差変数は省略した。

誠実さは就労意欲と 0.1%水準で有意な正の関連を示した（$B = .50$, $\beta = .46$, $p < .001$）。よって，仮説①は支持されたといえる。また，誠実さと就労態度は 0.1%水準で有意な正の関連を示すが（$B = .30$, $\beta = .43$, $p < .001$），就労意欲と就労態度は有意な関連を示さなかった（$B = .05$, $\beta = .09$, $p = .32$）。そのため，仮説②は誠実さについてのみ支持されたといえる。

第 14 章

【1】

独立変数 X と従属変数 Y の関係において，何らかの変数 M を介して間接的に予測・説明することができるかを検討すること。

【2】

不安が学習意欲を媒介して，成績に及ぼす影響を検討するために媒介分析（ブートストラップ法：リサンプリング数 2000）を行った。

その結果，不安は学習意欲を媒介して間接的に成績と正に関連することが示された（$B = 0.13[0.07, 0.19]$，$p < .001$）。また，不安は直接的に成績と関連しないことが示された（$B = 0.07[-0.02, 0.16]$，$p = .11$）。