筋力発揮調整能テストの作成：統計的妥当性，信頼性及び客観性の検討

出 村 慎 一¹⁾ 長 澤 吉 則²⁾The development of test for estimating the co-ordination ability of strength exertion:
the examination of statistical validity, reliability, and objectivityShinichi Demura¹ and Yoshinori Nagasawa²

Abstract

The purposes of this study were to develop a rational and practical test for estimating the co-ordination ability of strength exertion (CASE) and to examine its statistical validity, reliability, and objectivity.

Statistical reliability of the test was examined from both standpoints of the variation and the degree of correspondence of measurement values. Objectivity was examined from the correlation coefficient of measurement values by two testers. Validity was examined from two viewpoints as follows: 1) discrimination between different-ability-groups in nervous function, and 2) fall of CASE by drinking alcohol (See Table 1).

The test method was form fitting the exertion value of grip strength (GS) to the demand value appeared on display of personal computer (PC). The test of CASE was performed using 2 kinds of description forms on display of PC: bar chart and wave. The demand values of bar chart and wave were sinusoidal wave form of 0.3 Hz and 0.1 Hz, respectively. Tracking wave was the range from 5% to 25% of maximal grip strength value. The variable estimating CASE was used the total of lags between the demand value and GS value.

The findings on the test estimating CASE developed in this study can be summarized as follows:

- 1) The test has relatively high reliability and can estimate CASE with three trials.
- 2) The correlation coefficient of measurement values by two testers was significant (0.617-0.747).
- 3) The test can discriminate between different-ability-groups in nervous function. The biserial correlation coefficient showed significantly high value (0.631-0.931).
- 4) The test can discriminate between normal conditions and alcohol drinking conditions. Based on results obtained in 3) and 4), validity of the test seemed to be relatively high.

Key words: strength exertion, co-ordination, validity, reliability, objectivity

(Japan J. Phys. Educ. 39: 176-188, September, 1994)

キーワード：筋力発揮，調整能，妥当性，信頼性，客観性

I. 緒 言

調整能は，神経系が筋を介して運動の速さ，持

続性及び正確性を決定する働きであり，ヒトの体力的な能力をいい，神経系の筋に対するコントロールの能力をさす⁴⁷⁾。これまで各種追従動作から筋運動調節状態を検討した研究^{15-17,29,30)}がみられるが，まだ筋力発揮調整能を評価し得る実用的

1) 金沢大学教育学部
〒920-11 金沢市角間町
2) 財金沢市スポーツ施設管理事業団
〒921 金沢市泉野出町3-8-1

1. Faculty of Education, Kanazawa University, Kakumamachi, Kanazawa, Ishikawa (920-11)
2. Kanazawa Sports Facilities Administrative Organization, Izuminodemachi, Kanazawa, Ishikawa (921)

なテストとして確立するまでには至っていない。出村と長澤²⁾は、最大能力の発揮と同様に動作が課題に応じて合目的的に発揮し得る調整能力を評価することも重要且つ必要と考え、人の筋力発揮調整能を捉える方法を開発した。つまり、永田²⁹⁾が述べている目標値に対する応答変化を的確に表示する追従運動の調節システムが妥当と考え、これら理論的妥当性及び実用性を考慮して要求値及び筋力発揮値をパーソナルコンピュータ画面上に同時に出力するコンピュータソフトを開発し、これらの装置を用いて、スケール及び画面表示法、テスト時間及び評価時間等について検討している。実際、実用性の高いテストを作成するにあたっては、これら理論的妥当性の検討と同時に、得られた筋力発揮調整能測定値の統計的妥当性、信頼性及び客観性等を十分検討することが必要と考えられる。しかし、これらの点については解決すべき問題として依然残されている。

本研究の目的は、パフォーマンステストの立場から握力発揮を手掛かりに人の筋力発揮調整能を捉える合理的・実用的な測定方法を開発し、そのテストの統計的妥当性、信頼性及び客観性を検討することである。

Ⅱ. 方 法

1. 研究課題及び被検者

新しいテストを作成する際の重要な条件とし

て、妥当性、信頼性、客観性、及び実用性等が挙げられ、これらが良いテストの必要条件と考えられる²⁴⁾。本研究で解決すべき研究課題及びこれらを解決するために選択された被検者を表1に示している。筋力発揮調整能テストの信頼性（課題1）は、測定値の変動量（分散分析）及び2回の測定値の一致の程度（相関係数）の2観点から検討した。前者を検討するために運動部学生34名（男子30名、女子4名）を、後者を検討するために体育科学生28名（男子24名、女子4名）を選択した。異なる検者2名による測定値間の相関係数から客観性（課題2）を検討するために、体育科学生26名（男子23名、女子3名）を選択した。一方、妥当性とは測定目的対象をどの程度正確に測定し得るかを示すものであり²⁴⁾、その検討方法には妥当基準との相関から検討する方法、複数のテスト得点の合成得点を妥当基準とし、各テストの妥当性を検討する等種々の方法がある²⁵⁾。本研究で作成した筋力発揮調整能テストと類似したテスト、または同種のテストはまだ開発・確立されていない。また、妥当性は複数の観点から検討することが肝要である²⁵⁾。従って、本研究では作成した筋力発揮調整能テストの妥当性（課題3）を大きく2つの観点から捉えることにした。まず第1には、基準群との判別、すなわち、神経機能の異なる能力を有する群の判別力から検討する方法、もう1点は筋調整能に影響

表1 研究課題及び選択された被検者

研究課題	選択された被検者	
(課題1)		
信頼性	1) 測定値の変動量からの検討	運動部群 34名
	2) 測定値の一致の程度からの検討	体育科群 28名*2
(課題2)		
客観性	1) 2名の検者による測定値の相関係数	体育科群 26名*1
(課題3)		
妥当性	1) 神経機能の異なる能力群の判別	体育科群 28名*2 一般群 32名 養護群 29名
	2) アルコール摂取による影響	アルコール摂取群 11名

注) *1: 体育科学生28名 (*2) の内26名を対象とした。

を及ぼす条件を設定し、その前後におけるテスト結果の有意な変動（低下）から検討する方法である。後者は具体的にはアルコール摂取による影響を検討した。

1) 神経機能の異なる能力群の判別

被検者として体育科学生28名、健康な一般男子学生32名、及び軽度神経障害者29名（男子14名、女子15名）を選択した。これらの3群は神経機能の異なる能力を有すると考えられる群であった。すなわち、体育科学生は神経機能の優れる群（以下「SG群」とする）、一般学生はコントロール群（以下「NG群」とする）、及び軽度神経障害者は神経機能の劣る群（以下「IG群」とする）として抽出した。一般に、体育専攻の学生はスポーツ、特に競技スポーツに長く従事しており、運動能力、特に調整能力に優れていると考えられる。また、主に脳性マヒの症例を有する精神薄弱児は調整能力の構成要素である協応性、平衡性、及び敏捷性等が正常児よりも有意に劣る^{9,11,32,34}と報告されている。よって、明らかに調整能が劣っていると考えられる群として養護学校高等部生徒を選択した。なお、軽度神経障害者は、脳性マヒ14名、二分脊椎症4名、髄膜炎後遺症5名、交通事故後遺症4名、先天性腰椎脱臼1名、及びハンチントン舞蹈病1名の症状を

有する者であり、かつ測定の内容を理解できる者であった。

2) アルコール摂取による影響、すなわちアルコール摂取前後における筋力発揮調整能テスト結果の比較

被検者として健康な男子学生11名を選択した。表2は、アルコール摂取前後における最高血圧、最低血圧、脈拍、全身反応時間、及び棒上片足立ちテストの平均値、標準偏差と平均値間の差の検定結果を示したものである。脈拍、全身反応時間、及び棒上片足立ちテストにおいて有意差が認められ、いずれにおいても正常時よりアルコール摂取後が有意に劣ることを確認した。

なお、表3に本研究で用いた標本の詳細な内訳を示している。身長及び体重の計測値は、同年齢段階の標準値⁴⁴と比較して、ほぼ同様の値であった。表4は、妥当性の検討のために選択された被検者における握力最大値の平均値及びこれらの差の検定結果を示したものである。差の検定結果、1及び2試行とも有意差が認められ、多重比較検定の結果、両試行とも体育科群、一般群、養護群の順に有意に大きい値を示した。

2. 実験手順及び方法

1) 筋力発揮調整能テスト

筋力発揮調整能テストとして、出村と長澤の報告結果²⁾から、棒グラフ及び波形の2種類の画面表示法を採用した。図1は、棒グラフ、図2は、波形による画面表示方法をそれぞれ示している。いずれも時間と共に変動するA（パソコンソフトから発生する値）の要求値に握力発揮値B（握力計から発揮される値）を合わせる形式である²⁾。握力発揮の感覚と画面に表示された握力発揮値との感覚がズレないように考慮し、要求値と握力発揮値を同時に画面に出力するよう設定した。画面の色彩に関しては、出村と長澤²⁾と同様のものを採用した。最大握力発揮を各被検者に3回もしくは2回実施し、その内の最高値をもってその人の握力最大値とした。本研究では握力最大値をもとに各被検者の相対値である握力最大値の5～25%の範囲を一定の速さで変動する正弦波形を

表2 正常時、アルコール摂取後における最高血圧、最低血圧、脈拍、全身反応時間、及び棒上片足立ちの平均値、標準偏差、及び差の検定結果

	変 量	正常時		アルコール 摂 取 後		t-value
		AV	SD	AV	SD	
1	最高血圧 (mmHg)	123.4	11.44	130.4	14.71	1.73
2	最低血圧 (mmHg)	65.5	12.77	66.1	17.57	0.11
3	脈拍 (拍/min)	74.9	10.40	96.8	18.40	5.10*
4	全身反応 (×1000 sec.)	290.1	31.13	348.0	38.76	5.90*
5	棒上片足 (sec.)	93.6	58.21	13.2	13.13	4.27*

注) AV: 平均値, SD: 標準偏差, *: $p < 0.05$

表3 体格、握力最大値及び年齢の基礎統計量

		変 量	AV	SD	MAX	MIN
運動部群 (34)	1	身長 (cm)	170.2	6.15	185.0	152.5
	2	体重 (kg)	62.0	5.69	75.0	47.0
	3	握力① (kg)	47.0	7.65	61.5	33.4
	4	② (kg)	45.8	7.28	60.9	31.2
	5	年齢 (yr)	19.8	0.76	21.4	18.6
体育科群 (28)	1	身長 (cm)	170.6	5.57	178.2	157.8
	2	体重 (kg)	67.3	8.10	91.0	54.0
	3	握力① (kg)	50.9	9.09	64.8	32.0
	4	② (kg)	50.9	9.51	65.6	29.6
	5	③ (kg)	49.7	9.54	65.5	27.8
	6	年齢 (yr)	23.0	1.67	27.4	19.3
一般群 (32)	1	身長 (cm)	170.8	4.82	182.2	160.0
	2	体重 (kg)	60.7	8.83	83.0	45.0
	3	握力① (kg)	43.9	7.14	62.2	27.5
	4	② (kg)	43.4	7.18	57.6	26.1
	5	③ (kg)	44.3	6.70	63.1	32.9
	6	年齢 (yr)	19.6	0.64	21.2	18.5
養護群 (29)	1	身長 (cm)	154.2	10.55	175.5	124.5
	2	体重 (kg)	48.7	7.16	60.8	37.6
	3	握力① (kg)	29.5	9.84	46.4	9.6
	4	② (kg)	29.6	9.70	45.7	10.9
	5	年齢 (yr)	17.2	1.03	20.2	15.7
ア摂ルコ取ール群 (11)	1	身長 (cm)	172.9	3.55	178.2	165.4
	2	体重 (kg)	70.1	8.66	91.0	59.0
	3	握力① (kg)	55.9	7.84	65.6	39.5
	4	② (kg)	54.8	7.86	65.5	40.6
	5	年齢 (yr)	24.2	1.22	27.5	22.5

注) ①は1試行目, ②は2試行目, ③は3試行目をあらわす

AV: 平均値, SD: 標準偏差, MAX: 最大値, MIN: 最小値

() 内は人数

要求値として採用し, 周期はヒトが最も調節しやすい周期を選択した^{6,15-17,30)} (棒グラフ: 0.3 Hz, 波形: 0.1 Hz). また, 筋調整能評価変量として, 要求値と握力発揮値との差を継続的に算出し, そのズレの総和を選択した²⁾. なお, 握力計はヤガミ製 (ED-D100R) を用い, 握力発揮値を RS-232C 出力よりパソコン (富士通: FMR-50LX) に取り込む方法を用いた. データ入力及び出力部

表4 各群における握力最大値及び平均値間の差の検定結果

	SG 群	NG 群	IG 群	F-value	多重比較
1 試行目 (kg)	50.9	43.9	29.5	43.7*	SG>NG>IG
2 試行目 (kg)	50.9	43.4	29.6	41.6*	SG>NG>IG

注) SG 群は体育群, NG 群は一般群, IG 群は養護群をあらわす

SG>NG>IG とは, SG, NG, IG 群の順に有意に大きいことをあらわす

*: $p<0.05$

図1 棒グラフによる画面表示方法

- 注) 1. 左側の白抜き棒グラフが要求値(a)を, 右側の黒塗り棒グラフ(b)が筋力発揮値を表す
2. 要求値上端の実線 a は最大値の 5~25% (画面上の長さは47 mm) を上下に変動し, それに筋力発揮値の実線 b を一致させるようにする
3. 周波数0.3 Hz

は BASIC プログラムにより作成し, データの解析には FORTRAN プログラムを適用し, データの処理を行った²⁾. 試行回数は, 1 テストにつき 3 回, 養護学校生については 4 回実施した. 1 試行の設定時間は30秒間, 養護学校生の場合は40秒間とし, 先行研究の結果²⁾より, 前半の5秒間を除外した残りの時間で評価した. なお, 養護学校生は前半の15秒間を除外し25秒間で評価した. つまり, 調整能が劣る群として養護学校生を抽出したことから, よりテスト結果が安定する時間帯を選択するよう配慮した. 測定値の変動及び試行

図2 波形による画面表示方法

- 注) 1. 握力最大値の5~25% (画面上の長さは32 mm) の範囲で変動する要求値Aのサイン波形に筋力発揮値Bを一致させる
2. 周波数0.1 Hz

回数を検討するために1テストにつき、6回実施した。また、客観性を検討するために、異なる検者2名が同一被検者を対象として測定を実施した。各テストとも順番による効果をなくすために各条件における測定順序はランダムに行った。また、被検者には一般に行われている握力テストと同様の手順で行わせ、要求値と眼球との距離は光源及びパソコンの色彩の関係上、一定の距離を採用せず、要求値が最も見やすい位置に任意に立たせた²⁾。

2) アルコール摂取による影響

アルコール摂取量を各個人日本酒3合程度とした。一般に、少量から中程度のアルコール摂取によって、反応時間、手と眼の連係動作、正確さ、バランス感覚等に悪影響が現れることが認められている⁴³⁾。つまり、アルコール摂取により平衡機能及び反応時間が劣ると考えられる。従って、酔いの程度を示す指標として平衡性及び敏捷性テスト、並びに体調の変化の程度を示す指標として、血圧及び脈拍を計測した。平衡性及び敏捷性テストとして、それぞれ棒上片足立ちテスト及び全身反応時間を採用した。なお、平衡性を測定するテストは、長時間運動課題が継続すれば、持久性の要素が強く関与する可能性があり、よって棒上片足立ちテストの継続時間は最大180秒とした。全身反応時間は竹井機器社製 WHOLE

BODY REACTION TYPE IIを、血圧及び脈拍は日本精密測器社製ヘルストップデジタル血圧計を使用した。被検者のアルコール摂取前にこれらのテストを実施し、その後前述した手順及び方法により筋力発揮調整能テストを実施した。アルコール摂取後1-2時間経過した後、被検者が十分酔いの徴候を示した時点で再度これらのテストを行った。

3. 解析方法

信頼性及び客観性の検討のために各試行段階ごとにピアソン相関関係を求め、あわせて相関係数の差の検定を行った。また、分散分析を用いて各試行の平均値間の差の検定を行った。妥当性を検討するために筋調整能評価変量について集団判別力の点から各群間の平均値間の差の検定を行った。しかし、平均値の差の検定では、各群間の判別ができるか否かは検討できるが、その判別の精度、すなわち妥当性の程度についてはわからない。そこで、本研究では双連続相関係数を算出し、妥当性の程度を捉えた。なお、本研究の有意水準は全て5%とした。

Ⅲ. 結果と考察

1. 筋力発揮調整能テストの信頼性

筋力発揮調整能テストの信頼性は、数回の測定値の変動量及び2回の測定値の一致の程度について、それぞれ分散分析及び相関係数を手掛かりに検討した。

1) 測定値の変動量からの検討

試行回数をいかに設定するかを検討するため、まず複数回テストを実施し、その変動量から検討した。つまり、ここでは各試行の平均値間の差及び信頼性係数を検討することによって試行回数を決定することを主課題とした。

表5は、運動部学生34名の筋力発揮調整能テストの前半5秒間を除外した25秒間(5-30秒)における基礎統計量、及び6試行における平均値間の差の検定結果を示したものである。差の検定結果、棒グラフ及び波形の両表示法ともに有意差が認められ、1試行目が他のどの試行よりも、

表5 棒グラフ及び波形における筋調整能評価変量の平均値、標準偏差、最大値、最小値、及び平均値の差の検定結果 (5-30 sec.)

	変 量	AV	SD	MAX	MIN	F-value 及び多重比較
棒 グ ラ フ	1. (kg·sec)	371.7	73.38	527.2	220.0	18.49* 1>2, 3, 4, 5, 6 2>6
	2. (kg·sec)	281.3	66.18	504.7	138.3	
	3. (kg·sec)	267.2	56.18	362.6	155.0	
	4. (kg·sec)	254.1	53.47	395.9	156.3	
	5. (kg·sec)	258.5	58.73	426.4	142.6	
	6. (kg·sec)	246.1	63.66	417.3	128.5	
波 形	1. (kg·sec)	542.2	168.20	1003.8	342.4	5.85* 1>2, 3, 4, 5, 6 2>6
	2. (kg·sec)	417.7	96.49	699.3	274.7	
	3. (kg·sec)	411.8	106.79	586.4	189.0	
	4. (kg·sec)	384.7	112.76	655.8	176.9	
	5. (kg·sec)	385.2	110.31	703.5	217.0	
	6. (kg·sec)	365.7	97.69	570.0	186.9	

注) 1.は1試行目, 2.は2試行目, 3.は3試行目, 4.は4試行目, 5.は5試行目, 6.は6試行目をあらわす.
対象者は運動部群34名. *: $p<0.05$

表6 変動量からの信頼性係数

試行	1-6	2-6	2-5	2-4	2-3*1
棒グラフ	.545	.737	.772	.754	.760
波 形	.667	.804	.830	.815	.774

注) 1-6 とは1から6試行間をあらわす

*1: 一致度からの信頼性係数をあらわす

対象者は運動部群34名

また2試行目が6試行目よりも大きい値を示した。2-5試行間にはいずれも有意差は認められなかった。表6は、これら6試行における変動量からの信頼性係数を示している。棒グラフ及び波形とも、1-6試行間の信頼性係数はともに中程度(棒グラフ: 0.545, 波形: 0.667)であるが、2-6, 2-5及び2-4試行間における信頼性係数は棒グラフ0.737以上、波形0.804以上の有意な値であった。神経機能に関する同様なテストの信頼性について、Espenschade, A. ら³⁾は、棒上を走行する動的平衡性テストの信頼性は0.80と、Whitneyは0.53-0.77の値を報告している³⁹⁾。また、岡島ら³¹⁾は、敏捷性のトントンテストの信頼性は0.56、タッピングテストのそれは0.71-0.84と報告している。本研究の両表示法における

信頼性係数はこれらの値と比べて、比較的高い値と考えられる。また、これらの信頼性係数は2回の測定値間の相関係数より求めた2-3試行間のそれとほぼ同程度の値であった。出村と長澤²⁾も、1試行目の平均値は他の試行のそれと比較して有意に大きいと報告している。従って、1試行目は他の試行よりも変動が大きく、2-3試行で測定値はほぼ安定する傾向が窺える。以上、測定値の変動量の検討から、棒グラフ及び波形の両表示法とも測定値の変動はほぼ3試行で安定すると考えられる。

2) 測定値の一致の程度からの検討

本研究で作成した筋力発揮調整能テストは一過性で評価が可能なテストではなく、むしろ経時的に評価するテストである。従って、試行毎の変動は、一般に行われている握力テストなどの筋力テストと比較して大きいことが予想される。よって、作成した筋力発揮調整能テストの信頼性は、測定値の変動量からの検討とともに、さらに各試行間の関連の程度、すなわち各試行段階ごとにピアソン相関係数を算出することによって検討された。

表7は、前述した運動部学生34名の筋力発揮調整能テストにおける6試行中の各試行段階ご

表7 各試行間の相関係数

試行	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	RR	RRの信頼限界
棒グラフ	.666*	.579*	.558*	.656*	.506*	.596*	$.465 \leq RR \leq .702$
波形	.542*	.599*	.752*	.741*	.672*	.669*	$.483 \leq RR \leq .797$

注) 1-2 とは1試行目と2試行目をあらわす, RR: 平均相関係数, *: $p < 0.05$

棒グラフと波形のRR間に有意差は認められない

対象者は運動部群34名

表8 棒グラフ及び波形における筋調整能評価変量の平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値, 及び平均値の差の検定結果 (5-30 sec.)

	変 量	AV	SD	MAX	MIN	F-value 及び多重比較
棒 グ ラ フ	1. (kg・sec)	344.3	84.37	536.0	191.0	5.22* 1>2, 3
	2. (kg・sec)	293.5	82.55	449.1	143.8	
	3. (kg・sec)	277.4	70.50	471.0	171.1	
波 形	1. (kg・sec)	393.8	107.19	635.2	240.2	2.43
	2. (kg・sec)	360.0	78.73	497.1	177.7	
	3. (kg・sec)	340.1	82.78	447.8	159.6	

注) 1.は1試行目, 2.は2試行目, 3.は3試行目をあらわす

対象者は体育科群28名, *: $p < 0.05$

表9 各試行間の相関係数

試行	1-2	2-3
棒グラフ	.657*	.832*
波形	.727*	.786*

注) 1-2 とは1試行目と2試行目をあらわす.

対象者は体育科群28名, *: $p < 0.05$

との相関係数を示したものである。棒グラフ及び波形の両表示法ともいずれの試行段階をみても中程度の有意な相関が認められた。また、各試行間の相関係数の差の検定結果、いずれにおいても有意差は認められなかった。両表示法とも各試行間の相関係数について平均相関係数を算出し、信頼性の判断基準とした。平均相関係数は棒グラフ及び波形両表示法ともそれぞれ0.596, 0.669の中程度の値であった。棒グラフにおいては6試行目まではほぼ測定値の変動が安定し、波形においてもほぼ3試行目で安定すると推察される。長澤ら²⁸⁾は、握力最大値の25%に相当する筋力で30秒間の持続発揮について検討し、有意差は認めら

れなかったものの、1試行目よりも2試行目の方が調整誤差が小さくなり、かつその測定値間の相関係数は0.567であったと報告している。本研究で用いた要求値並びに測定方法とは異なり、直接に比較することはできないが本研究においてもほぼ同様な結果が得られた。

表8は、体育科学学生28名の筋力発揮調整能テストの25秒間(5-30秒)評価における基礎統計量及び3試行における平均値間の差の検定結果を示したものである。差の検定結果、棒グラフに有意差が認められ、1試行目が他の2及び3試行目よりも大きい値を示した。2試行目と3試行目には有意差は認められなかった。波形においては有意差は認められなかった。表9は、これらの測定値間の相関係数を検討した結果を示したものである。2試行目と3試行目の相関係数は、棒グラフが0.832、波形が0.768であった。個人測定に可能な信頼性係数は0.80-0.89と言われ²³⁾、前述の係数はほぼこの条件を満たしている。パソコンを利用して Walamies と Turjanmaa⁴⁵⁾は、合理

的な筋持久力のテスト開発を試み、再テスト法による筋持久力の信頼性は0.73と報告している。本研究で用いたテスト方法とは異なり、直接に比較することはできないが、棒グラフ及び波形とも2試行目と3試行目の相関係数は比較的高い値と考えられる。

以上、測定値の一致の程度の検討から、棒グラフ及び波形の両表示法とも測定値の変動はほぼ3試行目で安定すると考えられ、3試行ではほぼ評価が可能と推察される。また、筋力発揮調整能の評価には2試行目と3試行目の平均値でもって評価するのが望ましいと推察される。出村と長澤²⁾は、筋力発揮調整能テストとして1試行は30秒間程度が有効と報告している。また、本節の考察結果より、筋力発揮調整能は3試行程度で評価が可能と判断された。

2. 筋力発揮調整能テストの客観性

本研究で作成したテストの客観性は、2名の検者が同一被検者に同一テストを実施した時の両検者の測定値間の相関係数を手掛かりに検討した。

表10は、異なる検者における各試行段階ごとの測定値間の相関係数を示している。棒グラフ及び波形においてそれぞれ0.617–0.733, 0.699–0.747の中程度の有意な相関が認められた。また、両表示法とも各試行段階ごとの相関係数間に有意差は認められなかった。よって、両表示法とも1–3試行の平均相関係数を算出し、これらを客観性の判断基準とした。平均相関係数は、棒グラフ及び波形ともそれぞれ0.669, 0.721であった。95%の平均相関係数の信頼区間は、表10に示し

表10 筋調整能評価変数における各試行間の客観性

	1	2	3	RR	RRの信頼限界
棒グラフ	.647*	.617*	.733*	.669*	.557 ≤ RR ≤ .756
波 形	.747*	.699*	.716*	.721*	.680 ≤ RR ≤ .758

注) 1とは1試行目をあらわす

RR：平均相関係数 *：p<0.05

棒グラフと波形のRR間に有意差は認められない

対象者は体育科群26名

た結果であり、これらの値は一般的な統計的解釈の点から言えば、両表示法とも客観性は比較的高いと考えられる。客観性は、一般にスキルやフォーム評価などのように、精度の高い測定器具や科学的尺度（CGS単位）を用いての計測が困難で、検者の主観に頼らざるを得ない場合に特に重要となり、検討されている¹⁰⁾。従って、本研究と同様な研究においては、ほとんど客観性の検討がなされていない⁴⁵⁾。クラークによると、個人測定にはほぼ満足できる客観性係数は0.80–0.89、集団測定には0.70–0.79である⁵⁾。この基準に従うと前述の値は集団測定に適用し得る範囲である。客観性はテスト技法を十分に教え、練習試行を行わせ、動機づけレベルをできるだけ一定に保つことによって高められる⁵⁾。よって、本研究で得られた異なる検者における両表示法の測定値間の相関係数、すなわち客観性はそれぞれ、0.669, 0.721であり、必ずしも十分とは言えないが、改善の余地を残すテストであることを考えると現段階では客観性は比較的高いと判断される。客観性が高いテストは、検者が異なってもある程度信頼できる値が得られると考えられる。

3. 筋力発揮調整能テストの妥当性

本研究で作成した筋力発揮調整能テストは、筋力発揮調整能の理論的構成を仮定し、この仮定をテスト方法として工夫したテストの妥当性、すなわち construct validity を考慮して作成された。

妥当性は複数の観点から検討することが肝要であり²⁵⁾、本研究で作成した筋力発揮調整能テストの妥当性は、神経機能の異なる能力を有する群の判別力、及び筋調整能に影響を及ぼす条件を設定し、その前後におけるテスト結果の有意な変動の2点から検討した。

一般に、精神薄弱児においては調整力的要素の強い運動動作は、筋肉的要素の強い運動動作、つまり50 m走、走り幅跳び等の場合よりも劣ることが指適されている^{11,34,41)}。さらに、精神薄弱児の運動能力が正常児に比べて劣るということも種々の研究者によって明らかにされている^{11,14,22,32,34,40–42)}。波多野⁹⁾は、これらの研究を

まとめ、精神薄弱児は試みる運動動作が複雑で、神経支配的要素がそのパフォーマンスに大きな影響を与えるような場合になる程、正常児に対する遅滞が著しくなると示唆している。方法の研究課題及び被検者において説明したように本研究における養護（IG）群の生徒は何らかの神経機能障害を有しており、明らかに一般人よりも運動能力、特に調整能力は劣ることが予想される。よって、基準群との判別の立場から妥当性を検討するにあたり、本研究では神経機能が優れると考えられる体育科（SG）群、及び神経機能が優れるとも劣るとも判断されない一般学生（NG）群と神経機能が劣ると考えられる養護（IG）群を対象として筋力発揮調整能テストを実施し、それらのテスト結果の差から検討する方法が行われた。また、これら3群の握力最大値は1試行目及び2試行目とも体育科群、一般群、養護群の順に有意に大きい値を示した（表4参照）。

1) 基準群との判別の立場からの検討

信頼性の検討から、本研究では2試行目と3試行目の平均値をもって、筋力発揮調整能を評価することとした。従って、以下の妥当性の検討においても、2試行目と3試行目の平均値を採用することとした。

表11は、SG及びIG群、NG及びIG群における基礎統計量及び平均値間の差の検定結果を示したものである。差の検定結果、棒グラフ及び波形の両表示法ともSG群がIG群より有意に低い値

であった。また、棒グラフ表示法においてNG群がIG群より有意に低い値であった。波多野⁹⁾は、精神薄弱児の平衡性は正常児のそれよりも有意に劣ると報告している。また、Rabin³⁴⁾、Howe¹¹⁾、Oliver³²⁾は、調整能力の構成要素である協応性、平衡性、敏捷性等が精神薄弱児において正常児よりも劣ることを報告している。Hatano⁸⁾は、軽度神経障害者は運動能力全般において遅滞が見られ、その中でも特に運動経験、連続動作への集中力、調整力などの要因において劣っていると報告している。本研究においても、調整能力の一構成要素である筋力発揮の追従能力が有意に低下しているものと考えられる。つまり、両表示法ともSG群の方がIG群より、また棒グラフ表示法においてNG群の方がIG群より筋力発揮調整能が優れると推察される。従って、本研究で作成した筋力発揮調整能テストは筋力発揮調整能の異なる群を弁別する能力があると判断される。

図3は、SG及びIG群、NG及びIG群の棒グラフ及び波形両表示法における度数分布及び双連続相関係数を示したものである。双連続相関係数はSG及びIG群について棒グラフ0.931、波形0.772と有意に高い値であった。また、NG群及びIG群の棒グラフ表示法における双連続相関係数は、0.631の中程度の有意な値であった。よって、神経機能の異なる能力を有する群の区別と本研究で作成した筋力発揮調整能テスト結果の優劣

表11 SG及びIG群、NG及びIG群における筋調整能評価変量の平均値、標準偏差及び差の検定結果

	変量	AV	SD	MAX	MIN	F-value	t-value
棒グラフ	IG群	723.5	267.05	1270.0	190.5	13.27*	8.36*
	SG群	285.5	73.27	460.1	160.2		
波 形	IG群	654.8	224.07	1078.6	177.4	8.61*	6.80
	SG群	350.0	76.32	472.5	168.6		
棒グラフ	IG群	723.5	267.05	1270.0	190.5	3.74*	4.34
	NG群	479.1	138.31	767.8	277.8		

注) AV: 平均値, SD: 標準偏差, MAX: 最大値, MIN: 最小値, *: $p < 0.05$

2試行目と3試行目の平均値をもちいた。単位は kg・sec

IG群は養護群, SG群は体育科群, NG群は一般群をあらわす。

図3 SG及びIG群, NG及びIG群の棒グラフ及び波形における度数分布図

注) ■: SG群 (体育科群), ▨: IG群 (養護群), ■: NG群 (一般群), br: 双連続相関係数

とは関連があると推測される。すなわち、本研究で作成した筋力発揮調整能テスト結果によって両群の判別が可能と推測される。

以上のSG群とIG群、及びNG群とIG群における平均値の差、及び双連続相関係数の検討によって基準群からの判別の立場で妥当性を検討した結果、本研究で作成した筋力発揮調整能テストの妥当性は比較的高いと推察される。

2) 筋調整能に影響を及ぼす条件からの検討 (アルコール摂取による影響)

正常時及びアルコール摂取時における最高血圧、最低血圧、脈拍、全身反応時間、及び棒上片足立ちテストの平均値の差の検定結果、脈拍、全身反応時間、及び棒上片足立ちに有意差が認められ、脈拍及び全身反応時間はアルコール摂取時が正常時よりも高い値を示した。棒上片足立ちはアルコール摂取時が有意に低い値を示した (表2参照)。両血圧測定値には、有意差が認められな

かったが、収縮期血圧、拡張期血圧、あるいは身体各部の血流量といった循環器系諸値の変化の方向は、疲労等に反応して必ずしも一定ではない⁴⁸⁾という報告もあることから、本研究においてもこのような結果が生じたものと考えられる。猪飼¹²⁾は、健康人の姿勢反射に及ぼすアルコールの効果について検討し、アルコール摂取によって正常時とは著しく異なることを報告している。渡部と朝比奈⁴⁶⁾は、アルコールによって姿勢調整が劣ると報告している。アルコール摂取によって、身体の動揺^{4,38)}あるいは単純及び選択的反応時間^{4,13,27,37)}が有意に大きくなると報告されている。よって、血圧以外の他の変量から、各被検者ともアルコール摂取により、十分に酔っている状態であると判断された。すなわち、アルコールの影響によって、神経機能が有意に低下したと判断された。

表12は、正常時及びアルコール摂取時におけ

表12 正常時及びアルコール摂取時における棒グラフ及び波形の筋調整能評価変量の平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値及び平均値の差の検定結果 (5-30 sec.)

	変 量	AV	SD	MAX	MIN	t-value
棒グラフ	1. (kg·sec)	272.6	58.66	340.9	164.6	4.78*
	2. (kg·sec)	371.8	85.46	542.6	206.0	
波 形	1. (kg·sec)	294.1	80.22	429.2	165.1	4.01*
	2. (kg·sec)	411.2	110.47	579.4	189.0	

注) 2 試行目と 3 試行目の平均値をもちいた。対象者はアルコール摂取群11名。

1.は正常時の, 2.はアルコール摂取時の値をしめす。*: $p < 0.05$

る筋調整能評価変量の基礎統計量及び平均値間の差の検定結果を示したものである。差の検定結果, 棒グラフ及び波形とも正常時よりアルコール摂取時の方が有意に高い値を示した。調整能力の一構成要素と考えられる敏捷性^{4,13,27,35-37)}, 平衡性^{4,38,46)}, 及び巧緻性²⁶⁾, さらに追跡トラッキング課題^{1,7,18,19-21)}, 及び組立作業³³⁾等がアルコール摂取により有意に低下すると報告されている。本研究における筋力発揮調整能テストも調整能力を捉え得ると仮定したテストであり, 前述の報告にみられる同種のテストにおいてもアルコール摂取によりパフォーマンスが有意に低下している。従って, 棒グラフ及び波形の両表示法とも正常時とアルコール摂取時とでは明らかにアルコール摂取時の方がテスト結果が劣ると判断される。以上のことから, 本研究で作成した筋力発揮調整能テストによって正常時とアルコール摂取時とでは判別が可能と推察される。

以上の考察結果より, 神経機能の異なる能力を有する群の判別力, 及び筋調整能に影響を及ぼす条件を設定し, その前後におけるテスト結果の有意な変動の2点から妥当性を検討した結果, 本研究で作成した筋力発揮調整能テストの妥当性は比較的高いと推察された。また, 測定値の変動量及び2回の測定値の一致の程度から信頼性を検討した結果, 2試行目と3試行目の平均値を採用することが可能であり, かつ特に長い時間を必要とすることはなく, 測定に労力がほとんどかからないということ, さらに客観性を検討した結果, 検者が異なったとしても全ての被検者がほぼ同じ

条件で測定可能と考えられることから, 本研究で作成した筋力発揮調整能テストは実用性の高いテストと判断される。

IV. ま と め

本研究の目的は, パフォーマンステストの立場から握力を手掛かりに人の筋力発揮調整能を捉える合理的・実用的な測定方法を開発し, そのテストの統計的妥当性, 信頼性及び客観性を検討することであった。筋力発揮調整能テストは, 棒グラフ及び波形の2種類の画面表示法を利用した。以下のことが明らかにされた。

- 1) 筋力発揮調整能テストの信頼性は, 比較的高く, 3試行で評価が可能である。
 - 2) 異なる検者における測定値間の相関係数(0.617-0.747)は中程度の有意な値であった。
 - 3) 筋力発揮調整能テストは神経機能の異なる能力を有する群を判別することができる。また, 双連続相関係数は0.631-0.931の有意な値であった。
 - 4) 筋力発揮調整能テストによって正常時とアルコール摂取時とでは判別が可能である。
- 3)及び4)の結果から, 筋力発揮調整能テストの妥当性は比較的高いと判断された。

本研究は, 平成2年度文部省科学研究費〔一般研究C〕02680099の一部を利用して行われた。

文 献

- 1) Cherry, N., Johnston, J. D., Venables, H., Wald-

- ron, H. A., Buck, L. and Mackay, C. J. (1983) The effects of toluene and alcohol on psychomotor performance. *Ergonomics* 26: 1081-1087.
- 2) 出村慎一・長澤吉則 (1993) 筋力発揮調整能テストの作成—スケール表示法, 画面表示法, テスト時間及び評価時間の検討. *体育学研究* 38: 349-360.
- 3) Espenschade, A., Dable, R. R. and Schoendube, R. (1953) Dynamic balance in adolescent boys. *Res. Quart.* 24: 270-275.
- 4) Franks, H. M., Hensley, V. R., Hensley, W. J., Starmer, G. A. and Teo, R. K. C. (1976) The relationship between alcohol dosage and performance decrement in humans. *J. Stud. Alc.* 37: 284-297.
- 5) H・ハリソン・クラーク：栗本関夫訳 (1977) 保健・体育への測定の活用. ベースボール・マガジン社：東京, pp. 29-38. <Clarke, H. H. (1967) Application of measurement to health and physical education. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs: New Jersey.>
- 6) 林 喜男 (1967) 制御作業における人間特性. *人間工学* 3: 265-274.
- 7) Hamilton, P. and Copeman, A. (1970) The effect of alcohol and noise on components of a tracking and monitoring task. *Br. J. Psychol.* 61(2): 149-156.
- 8) Hatano, Y. (1973) Motor ability of the educable mentally retarded boys. *Res. Jour. Physic. Edu.* 17: 423-430.
- 9) 波多野義郎 (1976) 正常児に比した精神薄弱児の調整力の運動能力に関する研究. *体育科学* 4: 170-179.
- 10) Hewitt, J. E. (1943) Achievement scale scores for wartime swimming. *Res. Quart.* 14: 391-396.
- 11) Howe, C. E. (1959) A comparison of motor skills of mentally retarded and normal children. *Excep. Child.* 25: 352-354.
- 12) 猪飼道夫 (1951) 健康人の姿勢反射に及ぼすアルコールの効果. *お茶の水女子大学自然科学報告* 1: 118-123.
- 13) Jennings, J. R., Wood, C. C. and Lawrence, B. E. (1976) Effects of graded doses of alcohol on speed-accuracy tradeoff in choice reaction time. *Perception & Psychophysics* 19(1): 85-91.
- 14) 川村直次 (1951) 特殊学級児童生徒の運動能力 (小学校) —大阪市小学校児童実態調査より—. *精神薄弱児研究* 72(9): 9-12
- 15) 北本 拓 (1979) 左右筋力の発現調節について. *人間工学* 15: 259-263.
- 16) 北本 拓 (1984) 脚屈曲・伸展運動における筋力調節能力の測定, *人間工学* 20: 111-114.
- 17) 北本 拓 (1991) 各種追従動作からみた肘関節運動の調節能力の測定. *体力科学* 40: 74-82.
- 18) Klein, R. H. and Jex, H. R. (1975) Effects of alcohol on a critical tracking task. *J. Stud. Alc.* 36: 11-20.
- 19) Landauer, A. A. and Howat, P. (1983) Low and moderate alcohol doses, psychomotor performance and perceived drowsiness. *Ergonomics* 26: 647-657.
- 20) Linnoila, M., Erwin, C. W., Cleveland, W. P., Logue, P. E. and Gentry, W. D. (1978) Effects of alcohol on psychomotor performance of men and women. *J. Stud. Alc.* 39: 745-758.
- 21) Linnoila, M., Erwin, C. W., Ramm, D. and Cleveland, W. P. (1980) Effects of age and alcohol on psychomotor performance of men. *J. Stud. Alc.* 41: 488-495.
- 22) Malpass, L. F. (1960) Motor proficiency in institutionalized and non-institutionalized retarded children and normal children. *Ame. J. Ment. Def.* 64: 1012-1015.
- 23) 松井三雄・水野忠文・江橋慎四郎 (1982) 体育測定法 (第21版). 杏林書院：東京, pp. 15.
- 24) 松浦義行 (1989) 現代の体育・スポーツ科学体力測定法. 朝倉書店：東京, p. 15.
- 25) 松浦義行 (1993) 現代の体育・スポーツ科学数理体力学. 朝倉書店：東京, pp. 10-15.
- 26) Maylor, E. A. and Rabbitt, P. M. A. (1987) Effects of practice and alcohol on performance of a perceptual-motor task. *Quart. J. Exp. Psychol.* 39A: 777-795.
- 27) Maylor, E. A., Rabbitt, P. M. A., Sahgal, A. and Wright, C. (1987) Effects of alcohol on speed and accuracy in choice reaction time and visual search. *Acta Psychologica* 65: 147-163.
- 28) 長澤吉則・出村慎一・勝木豊成 (1991) 等尺性筋力発揮持続力について—ライン指標とその誤差量との関係から. *日本体育学会測定評価専門分科会 CIRCULAR* 52: 129-133.
- 29) 永田 晟 (1974) 追跡運動のシステマ的研究—各種負荷による運動調節の変化について. *体育学研究* 19: 137-145.
- 30) 永田 晟・北本 拓・室 増男 (1975) 運動調節の巧みさ—正弦波入力の周波数応答特性から.

- 日本バイオメカニクス学会編. 身体運動の科学 (II), 杏林書院: 東京, pp. 84-95.
- 31) 岡島嘉信・出村慎一・田辺 実 (1990) 幼児期における四肢の敏捷性の発達. 教育医学 35: 203-208.
 - 32) Oliver, J. N. (1958) The effect of physical conditioning and activities on the mental characteristics of educationally subnormal boys. *Brit. J. Ed. Psych.* 28: 155-165.
 - 33) Price, D. L., Radwan, M. A. E. and Tergou, D. E. (1986) Gender, alcohol, pacing and incentive effects on an electronics assembly task. *Ergonomics* 29: 393-406.
 - 34) Rabin, H. M. (1957) The relationship of age, intelligence and sex to motor proficiency in mental defectives. *Ame. J. Ment. Deff.* 62: 507-516.
 - 35) Rundell, O. H. and Williams, H. L. (1979) Alcohol and speed-accuracy trade-off. *Human Factors* 21(4): 433-443.
 - 36) Ryan, C. (1980) Learning and memory deficits in alcoholics. *J. Stud. Alc.* 41: 437-447.
 - 37) Salame, P. (1991) The effects of alcohol on learning as a function of drinking habits. *Ergonomics* 34: 1231-1241.
 - 38) Savolainen, K., Riihimaki, V., Vaheri, E. and Linnola, M. (1980) Effects of xylene and alcohol on vestibular and visual functions in man. *Scand. J. Work. Environ. Health.* 6: 94-103.
 - 39) Seashore, H. G. (1947) The development of a beam-walking test and its use in measuring development of balance in children. *Res. Quart.* 18: 246-259.
 - 40) Sengstock, W. L. (1966) Physical fitness of mentally retarded boys. *Res. Quart.* 37: 113-120.
 - 41) Sloan, W. (1951) Motor proficiency and intelligence. *Am. J. Ment. Deff.* 55: 394-405.
 - 42) 鈴木和子・武田日出子 (1951) 特殊学級児童生徒の運動能力 (中学校). 精神薄弱児研究 72(9): 13-15.
 - 43) 鈴木正成 (1991) スポーツの栄養・食事学. 同文書院: 東京, pp. 137-141.
 - 44) 東京都立大学体育学研究室編 (1989) 日本人の体力標準値 (第4版). 不昧堂出版: 東京, pp. 98-101.
 - 45) Walamies, M. and Turjanmaa, V. (1993) Assessment of the reproducibility of strength and endurance handgrip parameters using a digital analyser. *Eur. J. Appl. Physiol.* 67: 83-86.
 - 46) 渡辺和彦・朝比奈一男 (1974) 姿勢制御からみた調整力の研究 I. 方法論. 体育科学 2: 273-277.
 - 47) 山本高司 (1983) 動作の調整能. 杏林書院: 東京, pp. 1-5.
 - 48) 谷島一嘉 (1983) 疲労の測定. 小児医学 16: 890-906.

(平成5年11月8日受付)
(平成6年5月21日受理)