

目標値表示法の差異が最大下の握力発揮における筋力発揮調整能の評価に及ぼす影響

| | |
|-----|---|
| 著者 | 中田 征克, 出村 慎一, 長澤 吉則, 山次 俊介 |
| 雑誌名 | サーキュラー = circular |
| 巻 | 61 |
| ページ | 63-69 |
| 発行年 | 2000-01-01 |
| URL | http://hdl.handle.net/2297/29372 |

目標値表示法の差異が最大下の握力発揮における 筋力発揮調整能の評価に及ぼす影響

中田 征克¹⁾ 出村 慎一²⁾ 長澤 吉則³⁾ 山次 俊介⁴⁾

Effect of different displays of the target value to estimate the ability to coordinate exertion to force in submaximal handgrip strength exertion

Masakatsu NAKADA¹

Shinichi DEMURA²

Yoshinori NAGASAWA³

Shunsuke YAMAJI⁴

Abstract

The purpose of this study was to examine the effect of different displays of the target value for estimating ability to coordinate exertion to force (ACEF) in submaximal handgrip strength exertion. The display form of the target value selected was the sinusoidal wave and the bar chart, with a display-speed of 0.1 Hz and 0.3 Hz. Subjects were 15 females (mean age 19.6 ± 1.18 years) and 15 males (mean age 20.8 ± 1.42 years). The difference between the target value and the measured value was greater in the sinusoidal wave than the bar chart, and it was greater at 0.3 Hz than 0.1 Hz. It was inferred that the ACEF test is more difficult in the sinusoidal wave than the bar chart, and at 0.3 Hz than 0.1 Hz. The relationship between both display forms and both display-speeds was not so high.

1. 緒 言

調整能力, つまり, 運動制御能力とは, 身体が目的にかなった動きをするように神経, 筋, 感覚系などの身体諸機能を調節する能力である^{5, 17)}. 運動制御能力は, 不随意, 随意に分けられ, 前者は反射や自動運動と呼ばれるものであり, 意志による影響はほとんどない. 後者は, スキルとも呼ばれ, 視覚や聴覚によらない身体運動の感覚 (運動感覚), どの筋を活動さ

せどの筋を抑制するかを決める能力 (ポジショニング), 選定した筋をどのくらいの強さで収縮させるかを決める能力 (グレーディング) などから構成される¹⁷⁾. この中で筋力発揮調整能は, 最大下で要求された目標値に対して, 視覚的フィードバックを基に正確に筋力発揮を調節する能力であり, 各種追従動作から筋力発揮の調節状態を検討した研究が多く行われている^{3, 6-14)}.

これまで, 出村ら^{1, 2)}は, パソコン画面上に

1) 金沢美術工芸大学
2) 金沢大学教育学部
3) 秋田県立大学短期大学部
4) 福井工業高等専門学校

1. Kanazawa College of Art
2. Kanazawa University, Faculty of Education
3. Akita Prefectural College of Agriculture
4. Fukui National College of Technology

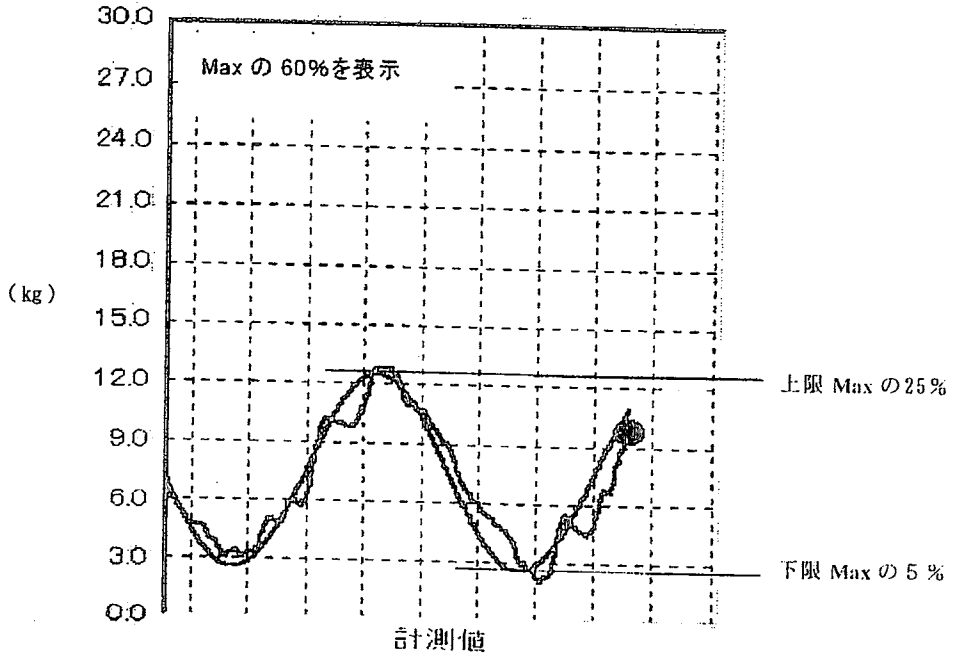


図1 正弦波形による画面表示法 (0.1Hz)
 注) 図は最大握力値が50.0kgの場合の例を示す

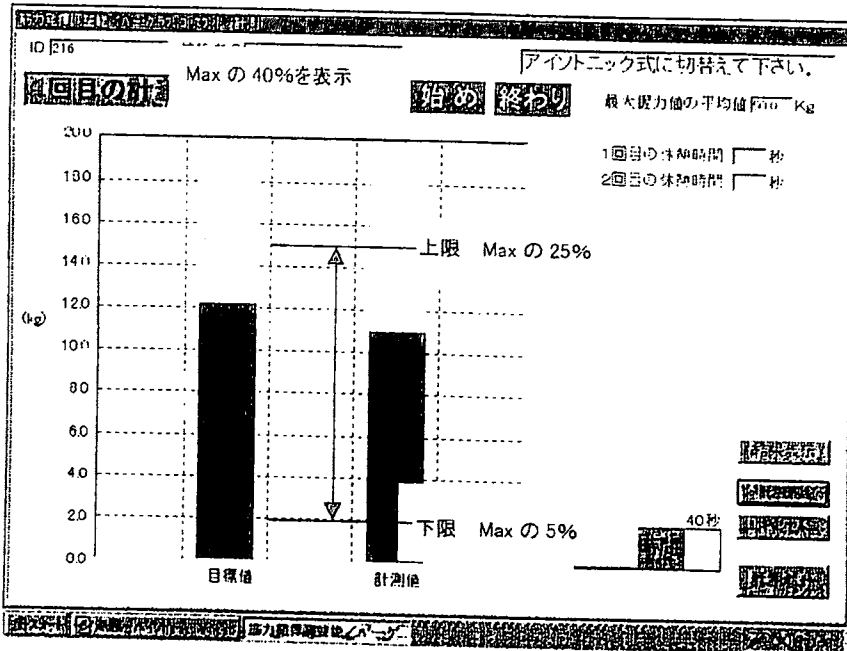


図2 棒グラフによる画面表示法 (0.3Hz)
 注) 図は最大握力値が50.0kgの場合の例を示す

棒グラフや波形などで表示される目標値に握力発揮値を一致させる筋力発揮調整能の評価法を提案し、測定値の妥当性、信頼性および客観性¹⁾や、表示法、テスト時間および評価時間²⁾を検討している。目標値の画面表示に関して、数値表示による目標値の追従は困難であり、波形および棒グラフによる表示が有効と報告している³⁾。また、目標値の追従速度に関して、波形(0.05~0.2Hz)と棒グラフ(0.15~0.5Hz)の表示速度(周波数)における測定値(誤差総和)の信頼性はいずれも比較的高いが、棒グラフの表示速度として0.5Hzは速く、測定値の安定性を高めるために試行を重ねる必要があると報告している⁴⁾。しかし、目標値として波形表示と棒グラフ表示が測定値に及ぼす影響に関しては検討されていない。棒グラフ表示は目標値グラフが発揮値グラフの横に表示され、一定速度で上下動する目標値グラフを追従する形式であるのに対し、波形表示は目標値波形がスクロール軌跡として表示され、左から右に移動する軌跡に一致するよう追従する形式である(図1および図2)。波形表示は目標値波形と発揮値波形が軌跡として画面に残るため、発揮誤差について視覚的フィードバックが与えられる。よって棒グラフ表示に比べて偶然的な誤差が小さくなると推測される。しかし、視力の低下が著しい高齢者などは、棒グラフ表示の方が軌跡で表される波形表示に比べて、発揮した値を視覚的に捉えやすいことが考えられる。したがって、両表示法の関係や違いを検討することにより、両表示法で評価した場合の筋力発揮調整能の特性を知ることができると考えられる。

本研究の目的は、正弦波形及び棒グラフによる表示法における各周波数(0.1Hz、0.3Hz)の特性および相互の関係を誤差総和(目標値と発揮値の誤差の総和)に基づき検討することである。

II. 方法

1. 被験者

本研究の被験者は、健康な男子学生15名(年齢:20.8±1.42歳, 身長:172.8±6.17cm, 体重:

67.4±8.51kg, 最大握力値:53.5±6.56kg), 女子学生15名(年齢:19.6±1.18歳, 身長:161.4±6.9cm, 体重:53.6±4.89kg, 最大握力値:33.8±3.79kg)であった。

2. 実験器具

握力計には、経時的に発揮値を取り込むことが可能な握力解析システム(EG-100, SAKAI)を用いた。なお、発揮値のサンプリング周波数は20Hzであった。

3. 実験手順及び方法

各被験者に実験の概要を十分に説明し、同意を得た後、Oldfield¹⁶⁾が作成した利き手調査法より利き手とした。握り幅は被験者が任意に設定し、実験を通して同じ幅とした。握力は2回測定し、大きい方を最大握力値(MAX)とした。MAXをもとに相対的要求値を設定し、筋力発揮調整能テストを実施した。被験者は、立位にて利き手で握力計を大腿の横に垂らし、目標値が最も見やすい位置に任意に立った。目標値は波形(図1)、棒グラフ(図2)の2種類の画面表示方法を用い、両表示方法とも0.1Hz、0.3Hzの2種類の周波数を用いた。画面に表示される相対的要求値はMAXの5~25%の範囲であった。

被験者に測定方法を十分に理解させた後、2表示法および2周波数それぞれで、40秒間の測定を3回行った。各表示法および周波数条件による順序効果を考慮し実験順序は無作為に行った。試行間の休息は疲労回復を考慮し十分にとらせた。各試行とも測定開始直後の偶然的な誤差を考慮するために最初の5秒間を除いた35秒間で評価し、目標値と発揮値との誤差総和を筋力発揮調整能評価変量とした。また、被験者には、「表示される目標値に合わせて握力発揮し、目標値との誤差をできるだけ小さくするよう」に指示した。

4. 解析

各表示法及び周波数における3試行間差は対応のある一要因分散分析により、試行間の信頼性は、級内相関係数(ICC)より検討した。分散分析の結果(表1)、2試行目以降に有意差

表1 誤差総和の基礎統計値および試行間における分散分析および信頼性係数

| | 男子(n=15) | | 女子(n=15) | | 全体(n=30) | | F-値 | 多重比較 | 信頼性係数 | | |
|-----------------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|-------|---------|-------|------|------|
| | MEAN | SD | MEAN | SD | MEAN | SD | | | Rr | Re | |
| 正弦波形 0.1Hz (kg) | 1試行目 | 526.6 | 211.96 | 179.1 | 105.0 | 502.9 | 166.1 | 29.47** | 1>2,3 | 0.94 | 0.89 |
| | 2試行目 | 154.0 | 157.89 | 396.1 | 98.2 | 425.0 | 132.5 | | | | |
| | 3試行目 | 420.3 | 145.01 | 373.5 | 84.0 | 396.9 | 118.9 | | | | |
| 正弦波形 0.3Hz (kg) | 1試行目 | 798.0 | 178.69 | 611.9 | 117.3 | 705.0 | 186.7 | 22.83** | 1>2,3 | 0.90 | 0.83 |
| | 2試行目 | 613.1 | 173.59 | 503.2 | 138.0 | 573.1 | 169.7 | | | | |
| | 3試行目 | 639.5 | 165.59 | 507.8 | 159.7 | 573.7 | 173.3 | | | | |
| 棒グラフ 0.1Hz (kg) | 1試行目 | 336.5 | 77.82 | 280.2 | 60.0 | 308.4 | 74.0 | 7.51** | 1>2,3 | 0.93 | 0.92 |
| | 2試行目 | 311.2 | 75.61 | 261.5 | 76.6 | 286.4 | 78.9 | | | | |
| | 3試行目 | 315.9 | 75.27 | 239.4 | 51.1 | 277.6 | 71.2 | | | | |
| 棒グラフ 0.3Hz (kg) | 1試行目 | 171.1 | 136.74 | 412.2 | 107.2 | 141.6 | 124.4 | 1.99 | | 0.86 | 0.86 |
| | 2試行目 | 155.1 | 111.61 | 375.9 | 80.7 | 115.5 | 103.8 | | | | |
| | 3試行目 | 139.6 | 92.85 | 388.2 | 69.8 | 113.9 | 84.8 | | | | |

注) n:人数, MEAN:平均値, SD:標準偏差, MAX:最大値, MIN:最小値, **:p<0.01, *:p<0.05

Rr = 1 - Msr/Ms; (Msr=SSr/df, 残差の平均平方)

Re = 1 - (Mse/Ms; (Msa=SSa/dfa, 被験者の平均平方)

(Mse = (SSb+SSr) / (dfb+df), 試行と残差の和の平均平方)

表2 各表示法における基礎統計値および性差

| | 男子(n=15) | | | | 女子(n=15) | | | | t-値 | 信頼性係数 | |
|-----------|----------|--------|--------|-------|----------|--------|-------|-------|----------|-------|------|
| | MEAN | SD | MAX | MIN | MEAN | SD | MAX | MIN | | Rr | Re |
| SIN 0.1Hz | 137.2 | 146.90 | 667.2 | 301.2 | 358.9 | 88.86 | 571.6 | 181.8 | 1.765 | 0.94 | 0.93 |
| SIN 0.3Hz | 611.3 | 161.62 | 1016.7 | 158.0 | 482.5 | 162.57 | 952.0 | 294.3 | 2.659 * | 0.94 | 0.94 |
| BAR 0.1Hz | 313.5 | 72.18 | 433.4 | 184.1 | 243.7 | 53.84 | 350.1 | 155.3 | 2.995 ** | 0.89 | 0.89 |
| BAR 0.3Hz | 147.3 | 98.22 | 619.3 | 307.8 | 346.1 | 61.26 | 482.6 | 243.4 | 3.338 ** | 0.91 | 0.92 |

注) SIN:正弦波形, BAR:棒グラフ, n:人数, MEAN:平均値, SD:標準偏差, MAX:最大値, MIN:最小値
2及び3試行の平均値を各個人の代表値とした。

が認められなかったことから、2試行目と3試行目の平均値を誤差総和の代表値として用いた。表示法および周波数間の差異を検討するため両要因ともに対応のある二要因分散分析を行った。有意差が認められた場合は Tukey の HSD 法により多重比較検定を行った。表示法および周波数間の関連を検討するためにピアソンの相関係数を算出した。誤差総和は正弦波形、棒グラフともにほとんどの変数において性差が認められたことから(表2)、二要因(表示法×周波数)分散分析および、相関係数の算出は、男女別に行った。また、本研究の有意水準は5%とした。

III. 結 果

1. 試行間における誤差総和の差異の検討

各表示法について、誤差総和における試行間の分散分析および多重比較検定の結果、正弦波形の両周波数および棒グラフの0.1Hzにおいて、1試行目の値が2試行目及び3試行目より有意に大きかったが、棒グラフの0.3Hzにおいて有意差が認められなかった(表1)。また、1試行目を除いた2試行目と3試行目の誤差総和の信頼性係数は、0.89~0.94の高い値であった(表2)。

表3 対応のある2要因分散分析(表示法×周波数)

| | 男子 | 女子 | 多重比較 |
|----------|----------|---------|-----------------|
| | F-値 | F-値 | |
| 主効果(表示法) | 44.89** | 34.61** | 男女: sin>bar |
| 主効果(周波数) | 139.71** | 34.44** | 男女: 0.3Hz>0.1Hz |
| 交互作用 | 4.35 | 0.62 | |

注) **: p<0.01

表4 各表示法, 周波数相互間の相互相関係数

| | SIN (0.1Hz) | SIN (0.3Hz) | BAR (0.1Hz) | BAR (0.3Hz) |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| SIN (0.1Hz) | | 0.70** | 0.64* | 0.72** |
| SIN (0.3Hz) | 0.78** | | 0.45 | 0.77** |
| BAR (0.1Hz) | 0.56* | 0.76** | | 0.63* |
| BAR (0.3Hz) | 0.78** | 0.81** | 0.77** | |

注) **: p<0.01, *: p<0.05, 左下が男子, 右上が女子の相関を示す.

SIN: 正弦波形, BAR: 棒グラフ

2. 表示法間の差異の検討

誤差総和の二要因(表示法×周波数)分散分析の結果, 男女ともに有意な交互作用は認められず, 表示法および周波数に主効果が認められた(表3). 誤差総和は, 男女ともに正弦波形が棒グラフより有意に高い値であり, いずれの表示法においても0.3Hzが0.1Hzより有意に高い値であった.

3. 表示法および周波数相互間の関係

正弦波形および棒グラフ全周波数の相互間の相関係数は, 女子の正弦波形0.3Hzと棒グラフ0.1Hzの誤差総和間(r=0.45)を除き, 有意な中程度以上の値(r=0.56~0.81)であった(表4).

IV. 考 察

目標値と発揮値との差の総和である誤差総和は, 棒グラフの0.3Hzを除き1試行目の値が2試行目および3試行目より有意に大きい値を示した. 2~3試行の信頼性係数は, 0.89~0.94と高い値であった. つまり, 2~3試行目に発揮値は安定すると考えられる.

出村ら²⁾は, 棒グラフ, 正弦波形, および数値表示の3表示法の比較を行い, 被験者の主観的な感覚では, 棒グラフ表示, 波形表示, 数値表示の順にやりやすいと報告している. 特に高齢者は, 棒グラフ表示の方が線で表される波形表示に比べて, 発揮値を視覚的に捉えやすいことが考えられる. しかし, 棒グラフでは発揮値を目標値に合わせる際, 波形表示のような軌跡が残らないことから, 目標値の予測が難しい可能性がある. したがって, 異なった表示による目標値を追従した場合, 相互にいかなる関係があり, それぞれいかなる特性を有するかを検討する必要がある.

各表示法における誤差総和の比較から, 誤差総和は棒グラフ表示より正弦波形表示の方が大きく, また, 周波数の高い方が大きかった. 中田ら¹⁵⁾は, 筋力発揮調整能測定において, 正弦波形表示, 棒グラフ表示ともに周波数が高くなるにつれ, 誤差総和は大きくなることを報告している. 滝川ら¹⁸⁾は, さまざまな角度や周波数を用いて, 水平もしくは垂直移動視標を追視させた場合, 視標からの視線逸脱頻度は相対

視標速度0.1Hz から0.5Hz まで上昇がみられなかったが、速度が1.0Hz 以上では増加が著しかったと報告している。筋力発揮調整能測定の場合も、周波数が高くなると目標値の移動が速くなるため、目標値に発揮値を合わせることが困難となり、誤差総和が大きくなると推測される。

北本^{8, 9)}は、正弦波形表示は、矩形波や鋸波に比べ、筋力の増大と低下が緩やかであり、目標値波形を視覚系で正確に追跡しながら合目的な運動を行うことが可能と報告している。本研究における正弦波形および棒グラフ表示は、要求する筋力発揮値が正弦的な変動であった。視覚的なフィードバックによる発揮誤差の総和により筋力発揮調整能を捉えた場合、誤差総和は正弦波形表示の方が棒グラフ表示より大きく、また、高い周波数の方が低い周波数より大きかった。目標値波形と発揮値波形が軌跡として画面に残る正弦波形表示よりも大きな表示でリアルな目標値と発揮値が表示される棒グラフ表示の方が視覚的に捉えやすく、また、周波数の低い方が目標値に発揮値を合わせやすく、誤差総和が小さくなると考えられる。

一方、各表示法および各周波数相互間の関係は中程度 ($r=0.45\sim 0.81$) であった。中田ら¹⁵⁾は、棒グラフ及び正弦波形における各周波数間の関係はそれほど高くなかったと報告している。つまり、先行研究と同様に各周波数間の関係はそれほど高くなかった。各表示間および各周波数間における誤差総和はそれぞれ各周波数に基づく独自の筋力発揮調整能が反映していると考えられる。後藤ら¹⁾は、高齢者および若年者に重心動揺計の上で立位姿勢をとらせ、0.25 Hz 以上の速度で画面に表示される正弦波形を眼球運動により視標追跡させた結果、高齢者では眼球運動が滑動性から衝動性へと変化が生じ、身体動揺が若年者より大きくなる傾向があったと報告している。Nagasawa¹³⁾は、高齢者と大学生を対象に、パソコン画面上を0.3Hz の速度で変動する棒グラフを最大下の筋力発揮により追従させた結果、高齢者の筋力発揮調整能は大学生より有意に劣っていたと報告している。つまり、高齢者にとって0.2~0.3Hz 以上の速度

の正弦波形や棒グラフを眼球運動により追従し、視覚的フィードバックにより、要求値に応じた筋力を発揮することは、かなり困難な課題といえる。20歳前後の男女学生を対象とし、各表示法間における異なる周波数の誤差総和を検討したが、視覚的フィードバックの影響をより詳細に捉えるため、幼児から高齢者まで年齢層を広げて、各表示法および各周波数間の特性を検討する必要がある。

V. まとめ

本研究の目的は、正弦波形及び棒グラフによる表示法における各周波数 (0.1Hz, 0.3Hz) の特性および相互の関係を誤差総和 (目標値と発揮値の誤差の総和) に基づき検討した。以下のことが明らかになった。

1. 誤差総和は棒グラフ表示より正弦波形表示の方が大きく、また、周波数の高い方が大きかった。誤差総和から筋力発揮調整能を捉えたる場合、正弦波形の方が棒グラフより、また、高い周波数 (0.3Hz) の方が低い周波数 (0.1Hz) より難度が高いと推測された。
2. 各表示間および各周波数間における誤差総和の関係はそれほど高くなく ($r=0.45\sim 0.81$)、各周波数に基づく独自の筋力発揮調整能が測定される可能性がある。

文 献

- 1) 出村慎一・長澤吉則 (1994) 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 体育学研究 39:176-188.
- 2) 出村慎一・長澤吉則 (1994) 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) Gielen CC, van den Heuvel PJ, van Gisbergen JA (1984) Coordination of fast eye and arm movements in a tracking task. *Exp Brain Res*, 56 (1): 154-161.
- 4) 後藤昭信 (1992) 高齢者における視標追跡と重心・頭部動揺 (第1報) - 視刺激を正弦波運動とした場合の検討 - 日耳鼻 95:164-171.
- 5) Grouis, G, Vakali, M. (2000) The effect of mental practice on the performance of an eye-hand coordination. *Journal of Human Movement Studies*. 38: 075-092.

- 6) 林善男 (1967) 制御作業における人間特性
人間工学 3:265-274.
- 7) 北本拓 (1979) 左右筋力の発現調節について
人間工学 15:259-263.
- 8) 北本拓 (1984) 脚屈曲・伸展運動における筋力調節能力の測定 体力科学 20:111-114.
- 9) 北本拓 (1990) 筋力発揮パターン差からみた調節能力について 国学院大学体育学研究室
紀要 22:19-26.
- 10) 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.
- 11) 北本拓・吉田健一・松本郁男 (1981) 中高年者の運動調節能力 - 脚の追跡運動の場合 - 体力科学 30:231-239.
- 12) 小林培男・朝比奈一男・藤松 博・福永哲夫 (1976) 追跡制御能におよぼすトレーニングの影響 中京体育学研究 17:63-73.
- 13) Nagasawa, Y., Demura, S. (2000) :Ability to coordinate exertion of force by the dominant hand: comparison among university students and 65- to 78-year-old men and women. *Perceptual and Motor Skills* 90:995-1007.
- 14) 永田 晟・北本 拓 (1974) 脚筋力による持続追従運動の解析 体力科学 23:134-143.
- 15) 中田征克・出村慎一・長澤吉則・山次俊介・松沢甚三郎 (2000) 最大下握力発揮時における筋力発揮調整能に及ぼす目標値表示速度の影響 教育医学 45 (5) :901-906.
- 16) Oldfield, R. C. (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*. 9:97-113.
- 17) 大築立志 (1994) 体力を捉える - 過去から未来へ - 調整力 J. J. S. S. 13 (6) :777-783.
- 18) 滝川 寛・山崎砂知子・坂本 弘 (1988) 移動視標追視の労働生理学的評価 産業医学 30 (5) :355-361.