

第3章 入力デバイスの利用に関する問題点

3. 1 キーボード入力

3. 1. 1 現状と問題点

高齢社会の到来とともに、高齢者や身障者のためのコンピューター利用や情報機器の設計の重要性が指摘されている^{1),2)}。高齢者では、身体機能、認知機能などにおいて加齢の影響による機能低下が考えられ、若年者と同様の入力インターフェイスの使用が適切であるか検討の余地がある。例えば Czaja(1997)の研究では、高齢者用のインターフェイスの設計ガイドラインとして以下のようなものが指摘されているが、これを裏付けるデータは報告されていない。

- (1) 文字と背景画面のコントラストを大きくする。
- (2) 画面のグレアを考える。
- (3) ターゲットや文字の大きさが小さくなりすぎないようにする。
- (4) あまり関連のない不要な情報を画面に表示しない。
- (5) 同種の情報は、画面の同位置に配置する。
- (6) グループングなどの知覚的体制化 (perceptual organization) の原理を活用する。
- (7) 重要な情報は強調して表示する。
- (8) アイコンをできるだけ大きくする。
- (9) 容易に理解できるアイコンのみを用い、できればラベルを付けるようにする。
- (10) 入力デバイスを使用する場合には十分な学習期間を設ける。
- (11) 空間的な記憶や短期記憶があまり必要にならないようにする。

このような指摘のみでは、高齢者用の I T 基盤技術を創造していくためのデータベースとしては明らかに不十分である。また、上記の指摘は若年者向けのインターフェイスとしても当てはまるようである。インターフェイスの基本となる入力デバイスに関する高齢者を意識した実験的研究に基づくデータベースが必要不可欠であるが、現段階では十分な研究が行われておらず、高齢者用の I T 普及につながる展望は得られていない。

キーボードの操作性に関する研究^{3),7),8),12)}は数多くおこなわれている。Swanson らの研究³⁾では、キーボードの設計 (キーボードを2つに分割した設計とキーボードに傾きを持たせた設計がデータ入力作業の生産性と作業のしやすさにかなる影響をおよぼすかを明らかにし、若年者を対象とした実験では、設計要因が生産性や作業のしやすさに及ぼす影響はあまり顕著でないことを報告した。McMulkin ら⁴⁾は、片手キーボードの操作性は入力文字が小さい場合に有効であることを報告した。Fernstorm ら⁵⁾はキーボード使用中の筋電位を計測して、どういった部位の筋肉が使われているかを労働生理学的観点から明らかにした。また、Smultz ら⁶⁾は、指先の力、手首の Kinematics, パフォーマンス, 使いやすさの心理評価の観点から、キーボード設計の良し悪しを評価するためのシステムを開発した。これらの研究はいずれも若年被験者を対象としたものであり、高齢者が使用する環境を想定したものではなく、これらの研究結果を高齢者用のキーボード入力の適切な方法を考えていく上で活用することはできない。

高齢者用の入力デバイスの操作性について検討したものとして、Ellis らの研究¹³⁾ではヘルスケア用のソフトウェアを使用する場合に、マウスを用いた場合よりもキーボードを用いた場合の方が高齢者にとって使いやすいことを指摘した。また彼らの研究ではこういった作業をタッチ

パネル・インタフェイスを介して実施した場合には、特に高齢者に対してマウスやキーボードよりも操作性が改善されることを指摘した。Charness らの研究¹⁴⁾では、マウスを用いて GUI を学習する高齢者群は若年者群に比べてエラーが多く、特にマウスでポイントするターゲット(対象物)が小さい場合に困難をきたすことを指摘した。音声入力などは、高齢者にとって福音をもたらすのではないかという指摘¹⁵⁾もある。高齢者にとってどのような場面でどのような入力デバイスを用いるのが適切であるかを明らかにするための研究はまだ十分におこなわれているとは言えないのが現状である。ましてや高齢者用のキーボードの操作性について検討し、若年者との比較結果に基づいて高齢者用のキーボード設計のあり方に対する基礎的データを提供する研究はほとんど見当たらない。

標準的なキーボードの入力方法を学習する際の困難さが、高齢者の中でコンピュータになじめない情報弱者を作り出す原因の一つになっていると考えられる。高齢者になじみやすいキーボード、さらには入力デバイスが備えるべき条件とは何かを追求し、高齢社会にふさわしい高齢者用 IT 技術を普及させる必要がある。高齢者の視覚機能の低下に注目して、キーボードの文字の大きさが高齢者のキー入力のパフォーマンスに及ぼす影響をおよぼすかを明らかにしておくことは高齢者にとって使いやすいキー入力システムを提供していく上でも重要である。また、高齢者と若年者の比較実験に基づいて両群のキーボード操作性の違いを明確にしておくことは重要であり、こういったデータの提供は高齢者用の IT 基盤技術を確立し高齢者のためのキーボード設計の重要性を促す意味でも重要である。

3. 1. 2 計測(開発)目的

本研究では、入力装置の中でもコンピュータに標準的に接続されているキーボードに着目し、キーボード上の文字の大きさにより操作性が向上するかどうか、また、操作性に加齢の影響が現れるかどうか評価することを目的としている。また、文字の大きさと年齢の要因に交互作用が認められるか(例えば若年者群は文字の大きさの影響がわずかであるが、高齢者群はその影響が顕著であるなど)も明らかにする。本実験結果からキーボード上の文字の大きさと年齢についての関係をデータベース化し、将来的には高齢者用のキーボードの設計を目指す。

3. 1. 3 計測内容と要求事項

実験方法

被験者

被験者は 20~29 歳までの若年者 14 名、50~59 歳までの中高年者 16 名、65 歳以上の高齢者 23 名の計 53 名である。被験者には問診票により、既往歴などを報告させ、精神神経学的な既往がなく、独歩可能で本実験の趣旨を理解し、賛同した者を被験者とした。なお、本実験は社団法人人間生活工学研究センター倫理委員会の承認を得ておこなった。

実験条件

キーボード上の表示文字のフォントは MSP ゴシックとし、文字サイズは“小”(9pt.)、“大”(36pt.)の 2 種類とした。表示文字サイズを変更するキーはアルファベット 26 文字、数字 10 文字、ピリオド、カンマの計 38 文字で、各文字サイズでラベルシールに印刷し、シールを各キーの表面

に貼り付けた。キーボードの入力方式はローマ字入力で、キーボード入力の際に使用するソフトウェアはMicrosoft Word 2000とした。なお、キーボード操作に慣れるための練習やキーボード入力評価検査をおこなう際には、通常のキーボードの文字サイズとほぼ同じである“中”(18pt.)の文字サイズのキーボードを使用した。

実験手順

まず、被験者には実験の趣旨および手順について説明し、実験への参加の同意を得た後、疲労自覚症状調べ(日本産業衛生学会産業疲労研究会編)、及びおよびコンピュータの使用経験の有無に関するアンケートをおこなった。その後、キーボード入力に慣れるために従来 of キーボードとほぼ同じ表示文字サイズである“中”(18pt.)で、キーボード入力の基本操作練習をおこなった。練習としてキーボード入力評価検査をおこなった。キーボード入力評価検査は、A4用紙1枚に500字(25文字×20列、フォント:MSPゴシック、サイズ18pt.)のアルファベットがランダムに印刷された課題を書見台に置き、被験者はその用紙を見ながら1分間になるべく多くの文字を正確に入力するという検査である。入力に際して、被験者には課題の文字列に準じた改行、すなわち25文字を入力後に改行するように教示した。練習として、被験者はキーボード入力評価検査を10回程度おこなった。1回のキーボード入力評価検査が終了すると被験者は改行を二回おこない、次の入力評価検査をおこなった。課題は1回のキーボード入力評価検査ごとに違う文字列(用紙)を被験者に提示した。

キーボード入力の基本操作練習が終了後、練習による疲労の有無を調べるため、疲労自覚症状調べをおこない、被験者はキーボードの文字サイズ“中”を使用して、被験者の入力能力試験として、キーボード入力評価検査をおこなった。

次に、各群(若年者、中高年者、高齢者)の被験者を表2.3.1-1に示すように分け、キーボード上の文字サイズ“小”または“大”のどちらか一方でキーボード入力をおこなうよう指示した。被験者はキーボード上の表示文字サイズ“小”または“大”のどちらかでキーボード入力評価検査をおこない、練習と同様に1分経過した後被験者は改行を二回おこない、続いて別の500文字が書かれた課題用紙によって入力評価検査をおこない、これを休憩することなく連続60回おこなった。

最後に、被験者に疲労自覚症状調べ及びキーボードの文字の見やすさに関するアンケートを実施した。

評価方法

疲労自覚症状調べは、30問の質問項目を三群に分け数値(比率)で評価する。統計的検定にはノンパラメトリックの関連二群の差の検定(Wilcoxon符号順位和検定)を用いる。コンピュータの使用経験に関するアンケートでは、使用年数、使用頻度、一日の使用時間の各パラメータについて年齢群ごとの頻度分布により傾向を得る。

Microsoft Wordの使用経験に関するアンケートでは、使用年数、使用頻度を数値で表し文字の大きさによるキーボードの使いやすさに関するアンケートでは、文字の見やすさ、入力しやすさをVAS(Visual Analog Scale)を0~6の間で数値化する。これらの数値をコンピュータの使用経験および年齢群でクロス集計表を作成し、ノンパラメトリックの独立二群の差の検定(Mann-Whitney検定)を用いて統計的検定をおこなう。

キーボード入力のパフォーマンスの評価指標は1分間の入力文字数、正答文字数、正答率である。年齢とキーボードの文字の大きさ(大、小)を被験者間要因として、分散分析を実施し、年齢と文字の大きさが入力速度に及ぼす影響をおよぼすかを明らかにする。検査をおこなう際には、通常のキーボードの文字サイズとほぼ同じである“中”(18pt.)の文字サイズのキーボードを使用した。

3. 1. 4 計測装置仕様

キーボード入力をおこなう際に用いた装置の仕様は以下の通りである。

- コンピュータ (OPTIPLEX GX150-1200SF (2K), DELL)

CPU : Pentium III 1200MHz

RAM : 128MB

2次キャッシュ : 256KB

HDD : 40.0GB

CD-RW : 読込 24 倍速 / 書込 8 倍速 / 書換 4 倍速

FDD : 3.5" × 1

キーボード : 109 型キーボード

VRAM : 8 MB

解像度 : 1600 × 1200 ドット (256 色)

外形寸法 (幅 × 高さ × 奥行 [mm]) : 319.0 × 90.0 × 354.0

- ディスプレイ (17" マルチスキャンディスプレイ, MITSUBISHI)

サイズ : 17"

最大解像度 : 1280 × 1024

ピッチ : 0.25mm

水平 / 垂直周波数 : 30 ~ 70kHz / 50 ~ 125Hz

入力信号 : RGB アナログ

入力端子 : ミニ D-sub15 ピン

外形寸法 : (幅 × 高さ × 奥行 [mm]) : 410.0 × 406.0 × 425.0

- OS : Windows2000 (SP2)

実験風景は図 2. 3. 1-1 に示す。机 (800(W) × 900(D) × 700(H) [mm]) 上には、図 2. 3. 1-2 および図 2. 3. 1-3 のようにコンピュータ、ディスプレイ、キーボード、マウスなどを配置した。実験は一日を 3 つの時間帯分け、1 つの時間帯において図 2. 3. 1-4 に示すように 3 台のコンピュータをパーティションで区切られたスペース (1500 × 1500 [mm]) に 1 台ずつ配置し、他の被験者の実験状況に注意が向かないように配慮した。なお、各実験スペースにおける輝度、照度は表 2. 3. 1-2 と表 2. 3. 1-3 に示す。

表 2. 3. 1-1 各年齢群の文字サイズ別被験者数

文字サイズ	小	大
若年者群	8人	6人
中高年者群	8人	8人
高齢者群	9人	14人



図 2. 3. 1-1 実験風景

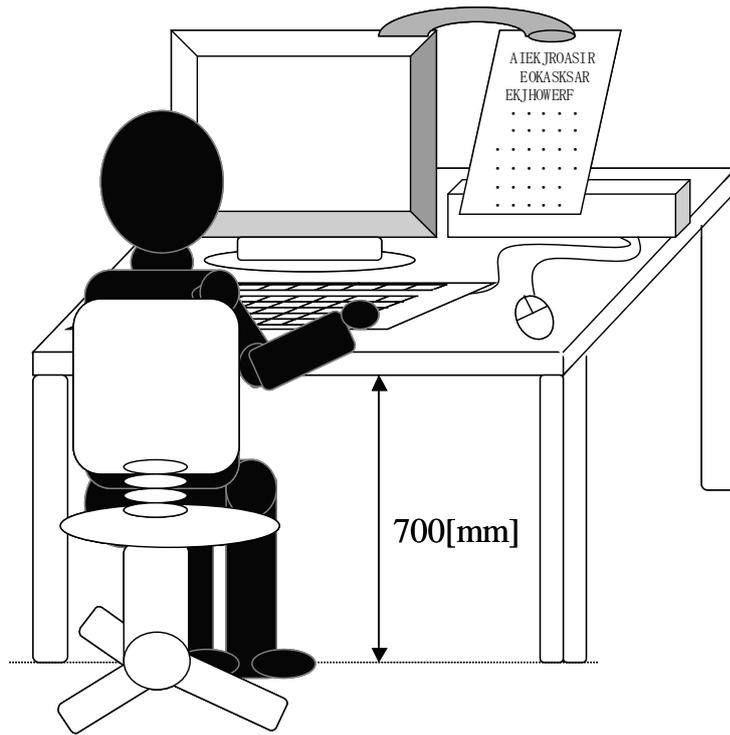


図 2. 3. 1-2 計測装置の配置 (被験者後方から見た図)

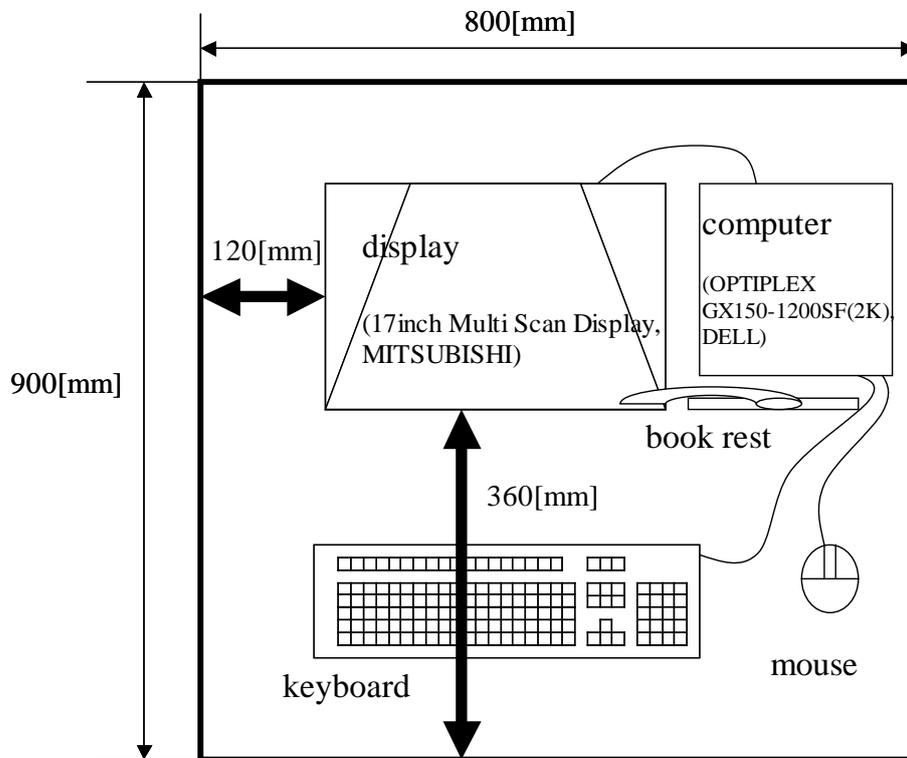


図 2. 3. 1-3 机上における計測装置の配置 (真上から見た図)

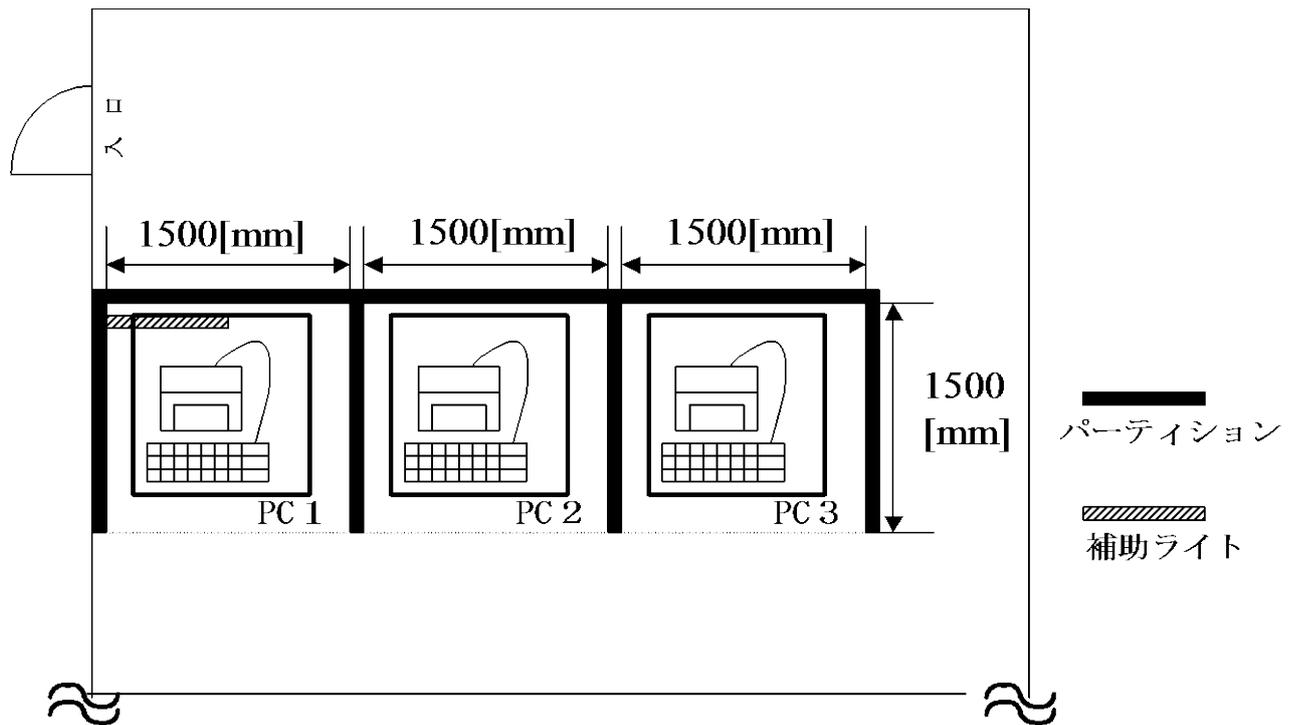


図 2. 3. 1-4 実験室内におけるコンピュータの配置

表 2. 3. 1-2 各コンピュータ位置における輝度

輝度 [cd/m ²]	PC 1	PC 2	PC 3
背景	69.7	71.0	69.8
マウスカーソル	82.3	83.2	84.2
ワード背景	85.9	83.7	82.6
入力文字	7.9	8.5	7.48

表 2. 3. 1-3 各コンピュータ位置における照度

照度 [lx]	PC 1	PC 2	PC 3
眼位平面	320.0	446.0	498.0
管面鉛直面	264.0	249.0	250.0
キーボード作業面	330.0	336.0	360.0
書見台	427.0	218.0	266.0

3. 1. 5 実験および解析結果

実験方法については、すでに3. 1. 3で述べた。

連続60試行における一分間あたりの入力数、正答数、正答率の経時的変化を図2. 3. 1-5～図2. 3. 1-7に示す。横軸には各試行回、縦軸にはそれぞれのパラメータをとり、値は、年齢群およびキーボードの文字サイズ小、大によりグループ分けされた被験者の平均値を示している。一分間あたりの入力数では、若年者群においては、キーボードの文字サイズの大小による影響はみられなかった。中高年者群では文字サイズ大のグループの方が、高齢者群では文字サイズ小のグループの方が入力数が多い傾向がみられた。正答数では、入力数の結果と同様に、若年者群では文字サイズの大小による影響がみられず、中高年者群では文字サイズ大のグループの方が、高齢者群では文字サイズ小のグループの方が正答数が多い傾向がみられた。正答率に関しては、各年齢群で文字サイズの大小による影響はみられなかった。

図2. 3. 1-8に示すように、連続60試行をおこなう前後で、通常の文字サイズのキーボードを用いてキーボード入力能力試験をおこなった結果、被験者の元々のキーボード入力能力に差がみられるため、連続60試行をおこなう前の能力試験の結果を基準にして比率で結果を次に示す。図2. 3. 1-9～図2. 3. 1-11は全試行回数60回を10回ずつ、計6ブロックに分けた際の、一分間の入力数、正答数、正答率の平均を連続60試行をおこなう前の能力試験の結果それぞれで割ったものである。中高年者群と高齢者群に関しては、文字サイズが大きい方が入力数が増加する傾向がみられた。若年者群においては、文字サイズの大小による影響がみられなかった。

図2. 3. 1-12に、キーボードの文字の大小による見やすさのアンケート結果を示す。各年齢群ともに、文字サイズ大の方が見やすいと回答した。ただし、若年者群に関しては、心理評価の結果がパフォーマンスに反映されず、キーボード文字の大きいほうの見やすさの評価が高いにもかかわらず、文字の大きさがパフォーマンスに及ぼす影響はほとんど観察されなかった。

図2. 3. 1-13にコンピュータの使用経験についてのアンケート結果を示す。若年者群では全ての被験者が”2～3年前”からコンピュータを使用していることがわかる。中高年者群では”経験なし”と回答する被験者もあり、使用経験に個人差がみられる。さらに、高齢者群では”経験なし”と回答した被験者数が多く、”それ以下(1年未満)”と回答する被験者も多かった。この図から、使用経験ありを2～3年前、3～5年前、5年以上前の3つのカテゴリーに属するグループ、その他のカテゴリーに属するグループを使用経験なしと分類して、中高年者群と高齢者群でコンピュータの使用経験が作業成績に以下に影響するかを検討した。図2. 3. 1-14に示されているように、中高年者群と高齢者群に関しては、使用経験がある被験者のほうが作業成績がよいことがわかる。ただし、使用経験がある中高年者群と高齢者群のいずれに関しても、入力速度は若年者群の半分程度であった。

疲労自覚症状調べの結果に対して関連2群のノンパラメトリック検定(Wilcoxon検定)を実施した結果、すべての年齢群で、作業開始前と練習終了後、練習終了後と作業終了後のI、II、III群の訴え率には有意な差($p < 0.01$)が認められ、時間の経過とともに、疲労感が増加していくことが示された。ただし、疲労感が増加しているにもかかわらず、パフォーマンスの低下傾向は全く認められなかった(例えば、図2. 3. 1-15参照)。

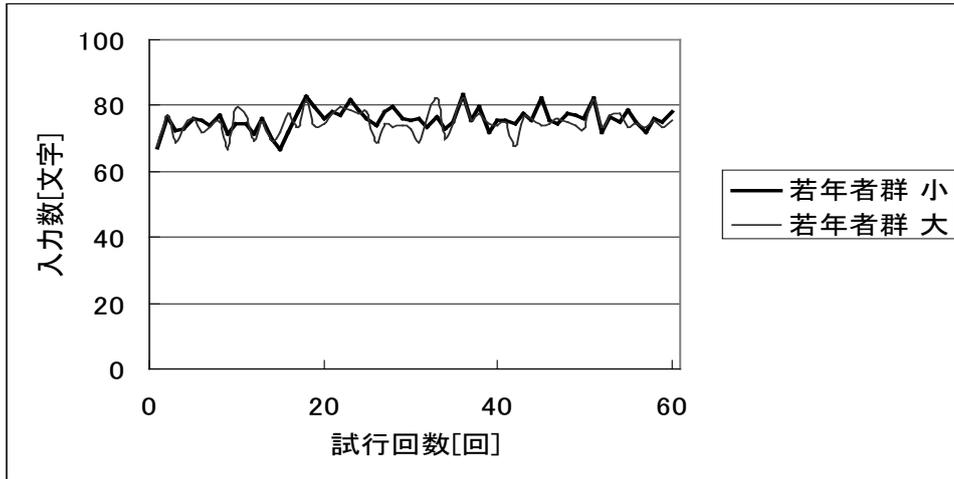
図2. 3. 1-15に示すように、若年者群では、文字サイズの影響がほとんどないことがわ

かる。図2. 3. 1-16に中高年者群でコンピュータ使用経験のないグループの入力数を各ブロックおよび実験前と実験後の能力試験で文字サイズが大と小で比較した結果を示す。高齢者群に対するコンピュータ使用経験がないグループの入力数を文字サイズが大と小の場合で比較した結果をそれぞれ図2. 3. 1-17に示す。中高年者群と高齢者群に分けて、各ブロックごとに入力数、正答数、正答率に対して、コンピュータの使用経験と文字サイズを要因とする2元配置の分散分析を実施した。正答率に関しては、いずれの年齢群でもコンピュータの使用経験と文字サイズの要因の主効果は認められなかった。入力数と正答数に関しては、以下のような結果が得られた。ほとんどすべてのブロックにおいて、両要因ともに有意差 ($p < 0.05$ または $p < 0.01$) が認められた。ただし、両要因の交互作用は有意ではなかった。高齢者に関しても、ほとんどすべてのブロックにおいて両要因で有意差が認められた ($p < 0.05$ または $p < 0.01$)。

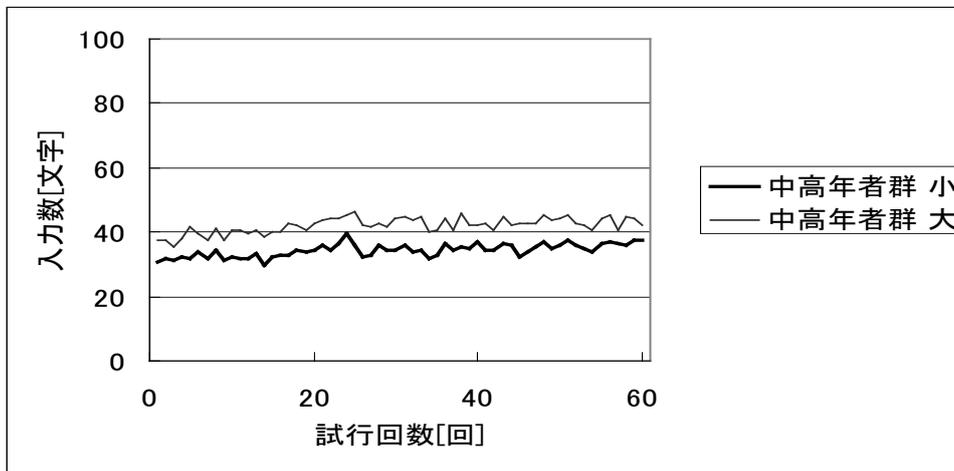
以上のように、中高年者群と高齢者群のコンピュータ使用経験がないグループに関しては、文字の大きさが入力数と正答数の2つのパフォーマンスへ及ぼす影響が認められることが明らかになった。一方、中高年者群と高齢者群のコンピュータ使用経験があるグループに関しては、図2. 3. 1-15の若年者群の場合と同様に、文字サイズがパフォーマンスに及ぼす影響はほとんどないことが明らかになった。ただし、若年者群に比べて中高年者群と高齢者群のパフォーマンス（作業効率）は約半分程度であった。

参考文献

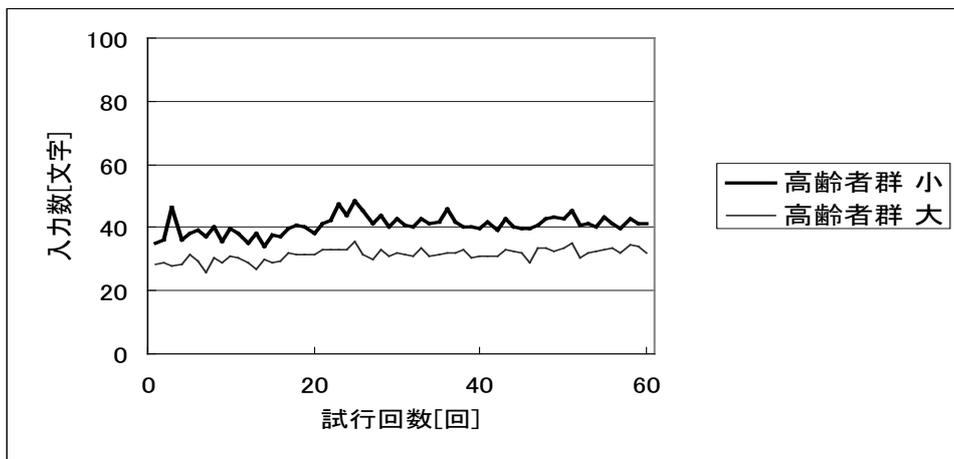
- 1) Czaja, S. J. : Computer Technology and the older adult, Handbook of Human-Computer Interaction, 2nd Edition, (Eds. M. Helander, T. K. Landauer, & P. Prabhu), North-Holland, pp. 791-824, 1997.
- 2) Vanderheiden, G. C. : Design for people with functional limitations resulting from disability, aging, or circumstance, Handbook of Human Factors and Ergonomics, 2nd Edition, (Ed. G. Salvendy), John Wiley & Sons, pp. 2012-2052, 1997.
- 3) Swanson, N. G., Galinsky, T. L., Cole, L. L., Pan, C. S. & Sauter, S. L. : The impact of keyboard design on comfort and productivity in a text-entry task, Applied Ergonomics, Vol. 28, No. 1, pp. 9-16, 1997.
- 4) McMulkin, M. L. & Kroemer, H. E. : Usability of a one-hand ternary chord keyboard, Applied Ergonomics, Vol. 25, No. 3, pp. 177-181, 1994.
- 5) Fernstrom, E., Ericson, M. O., & Malker, H. : Electromyographic activity during typewriter and keyboard use, Ergonomics, Vol. 37, No. 3, pp. 477-484, 1994.
- 6) Smutz, P., Serina, E., & Rempel, D. : A System for evaluating the effect of keyboard design on force, posture, comfort, and productivity, Ergonomics, Vol. 37, No. 10, pp. 1649-1660, 1994.
- 7) Bendix, T. & Jessen, Flemming : Wrist support during typing • a controlled, electromyographic study, Applied Ergonomics, Vol. 17, No. 3, pp. 162-168, 1986.
- 8) Douglas, S. A. & Mithal, A. K. : The ergonomics of computer pointing device, Springer, 1997.
- 9) Shneiderman, B. : Designing the user interface- Strategy for effective human-computer interaction, Addison-Wesley, pp. 227-269, 1987.
- 10) Grandjean, E. : Fitting the task to the man, 4th edition, Taylor & Francis, 1990.
- 11) McCormick, E. J. & Sanders, M. S. : Human factors in engineering and design, 5th Edition, McGraw-Hill, 1983.
- 12) Wickens, C. D., Gordon, S. E. & Liu, Y. : An introduction to human factors engineering, Longman, 1998.
- 13) Proctor, R. W. & Zandt, T. V. : Human factors in simple and complex systems, Allyn and Bacon, 1994.
- 14) Ellis, L. B. M., Joo, H., & Gross, C. R. : Use of a computer-based health risk appraisal by older adults, Journal of Family Practice, Vol. 33, pp. 390-394, 1991.
- 15) Charness, N., Kelly, Bosman, E. and Elliot, R. G. : Senior friendly input devices : Is the pen mightier than the mouse? Proc. of the 103 Annual Convention of the American Psychological Association, New York, 1995.
- 16) Ogozalek, V. Z. & Praag, J. V. : Comparison of elderly and younger users on keyboard and voice input computer-based composition task, Proc. of CHI86 Human Factors in Computing Systems, Boston, pp. 205-211, 1986.



a) 若年者

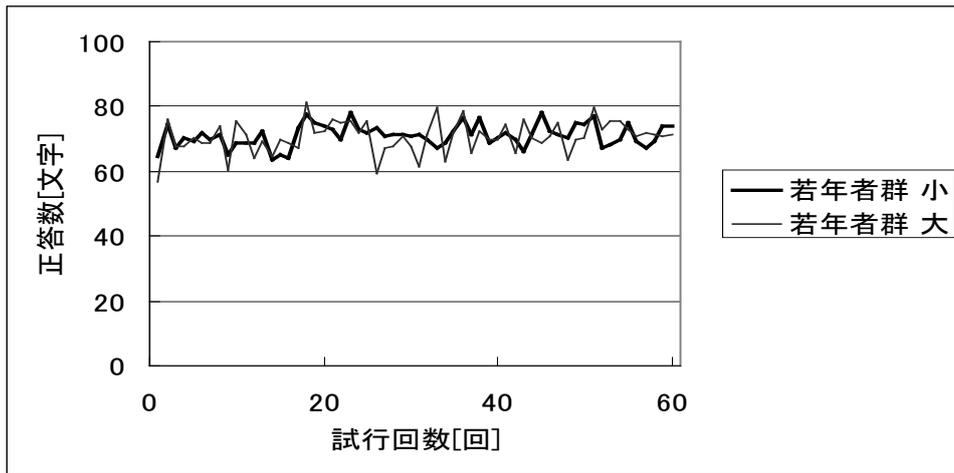


b) 中高年者

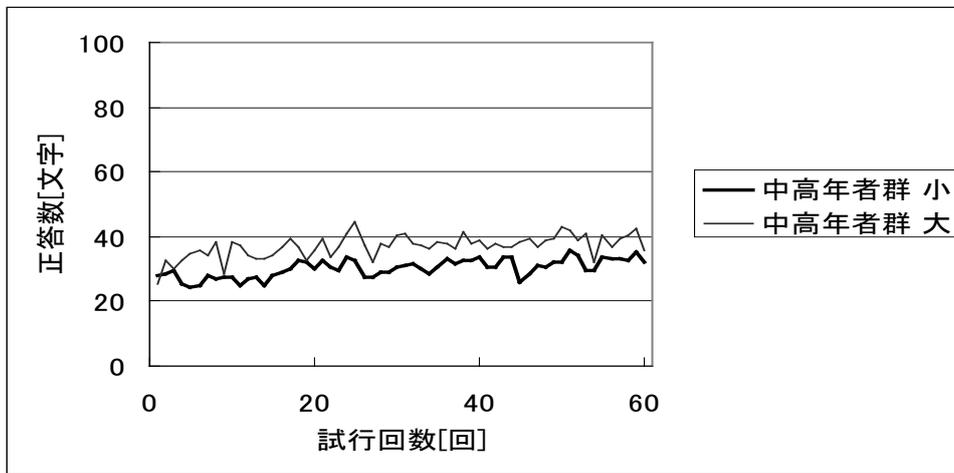


c) 高齢者

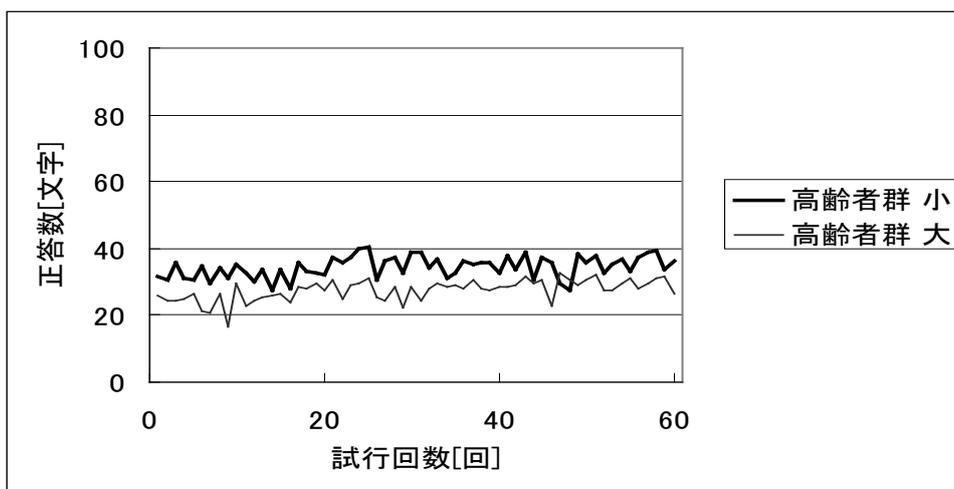
図2. 3. 1-5 試行回数ごとの入力数



a) 若年者

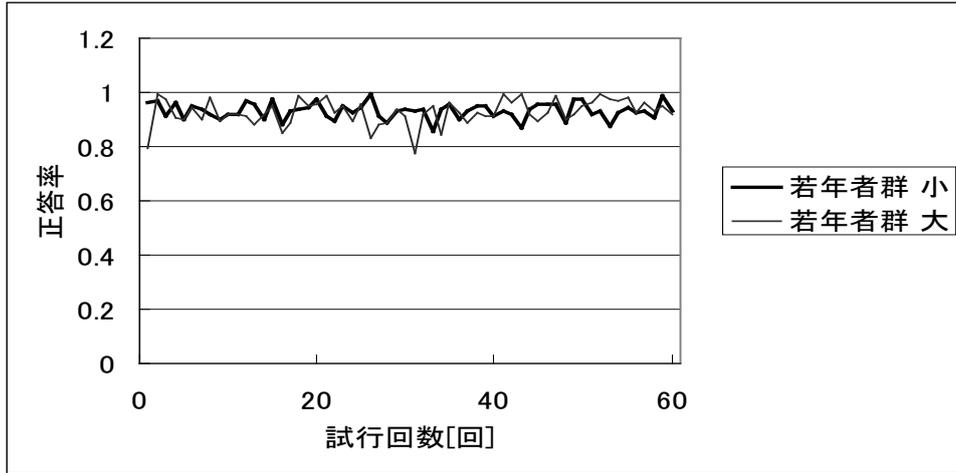


b) 中高年者

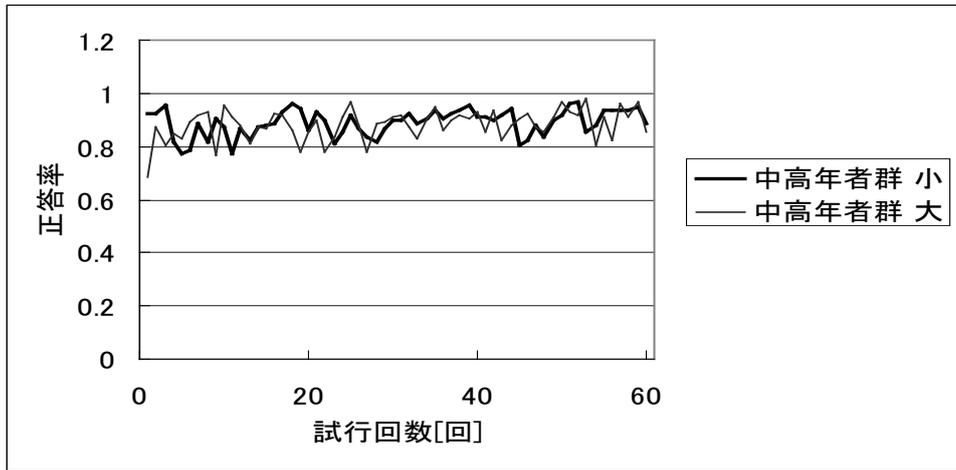


c) 高齢者

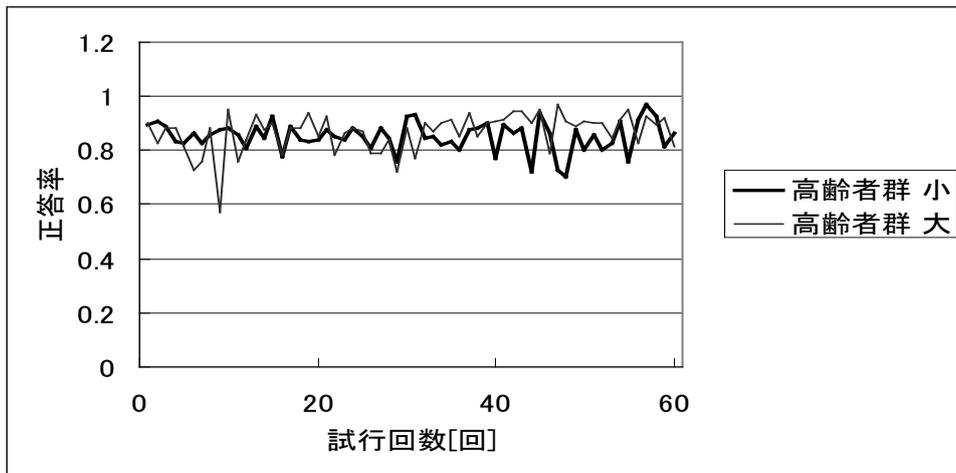
図2. 3. 1-6 試行回数ごとの正答数



a) 若年者

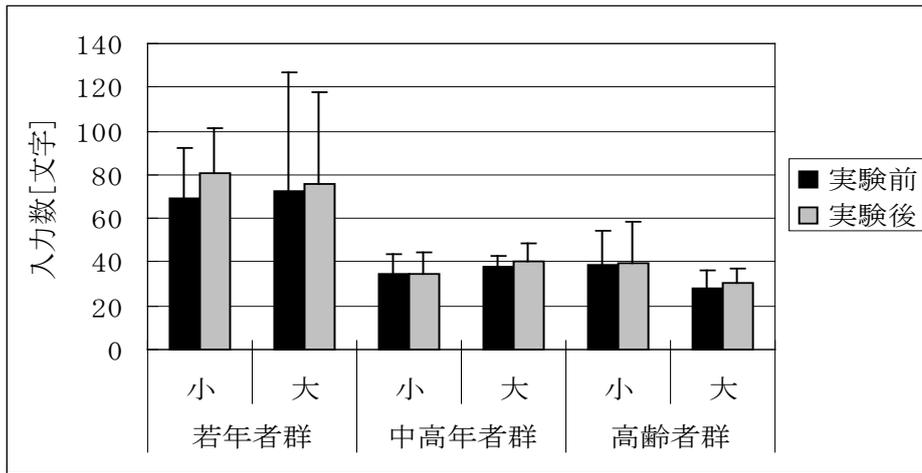


b) 中高年者

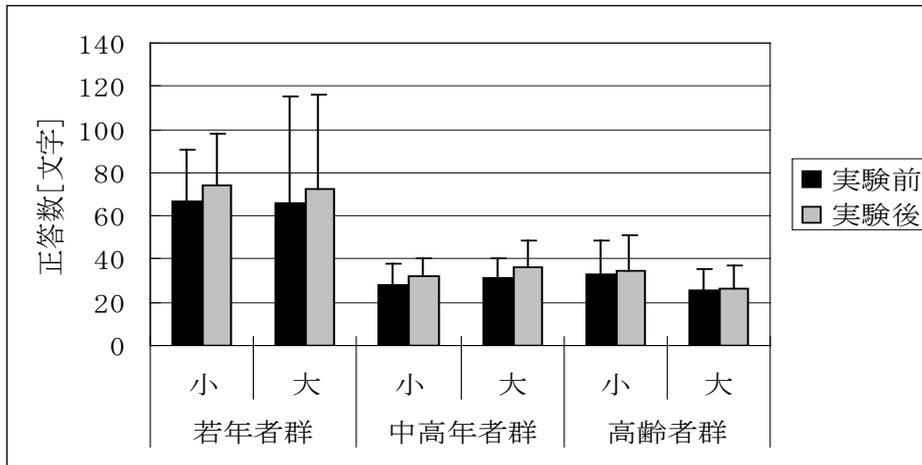


c) 高齢者

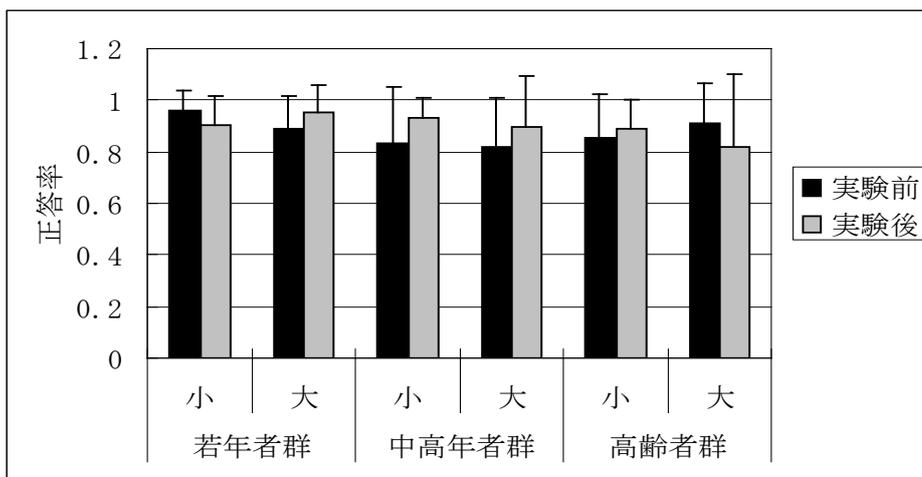
図2. 3. 1-7 試行回数ごとの正答数



a) 入力数

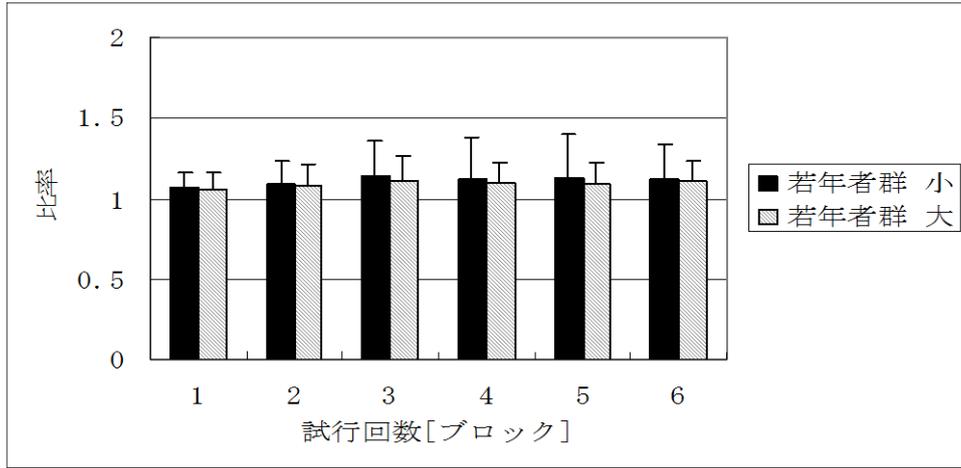


b) 正答数

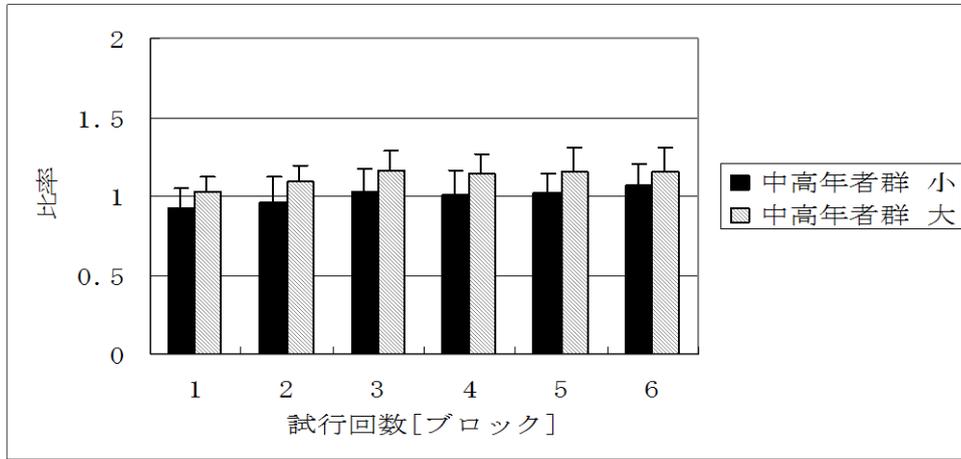


c) 正答率

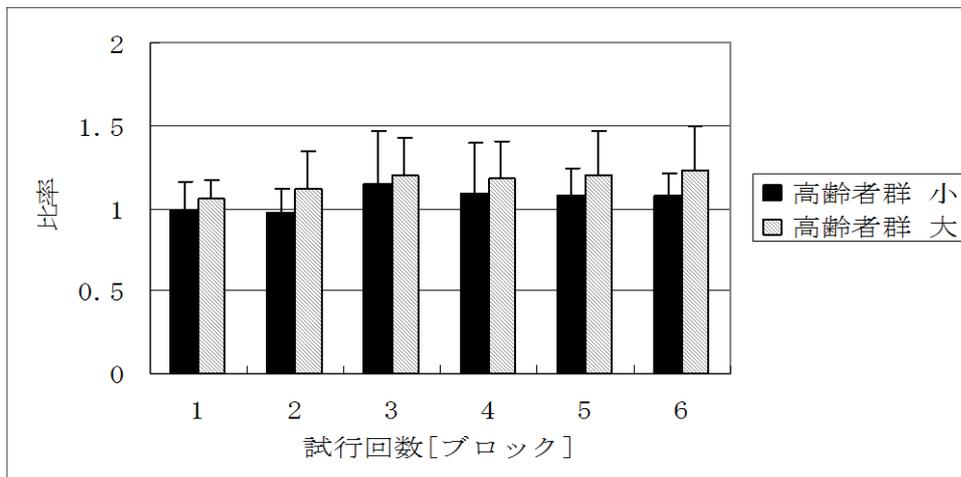
図2.3.1-8 キーボード入力能力試験結果



a) 若年者

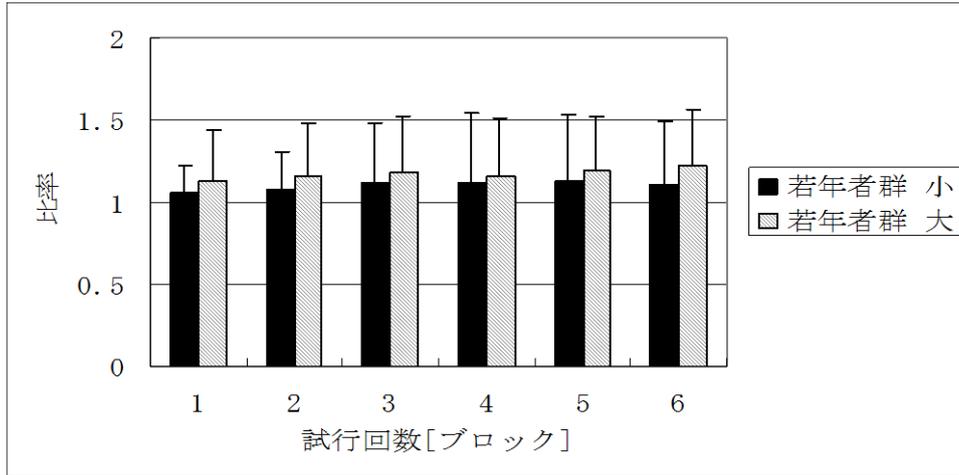


b) 中高年者

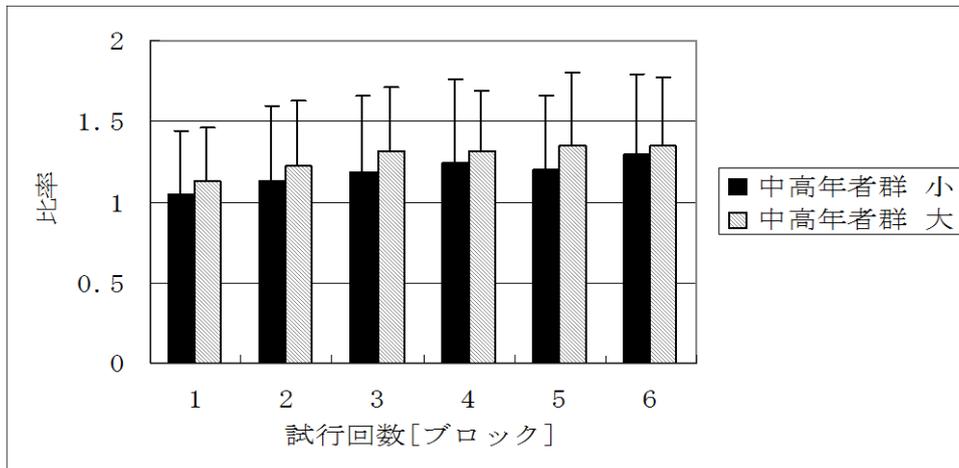


c) 高齢者

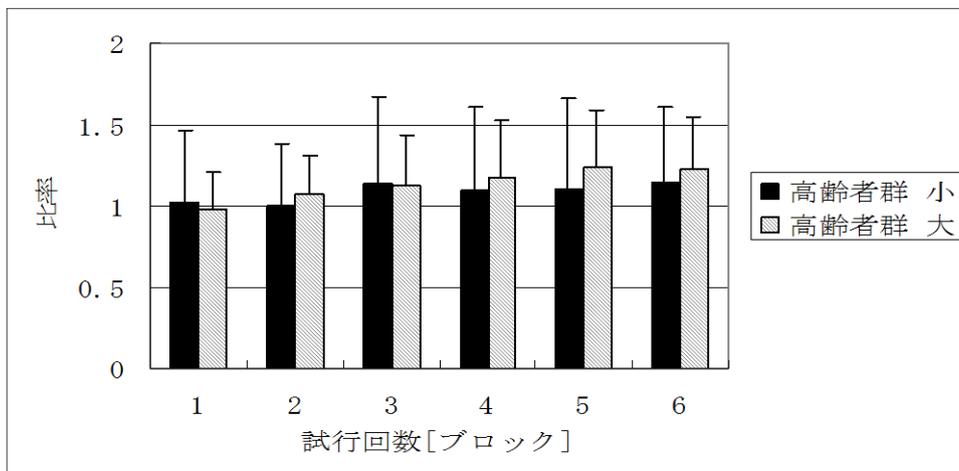
図 2. 3. 1-9 入力数 (基準: 実験前能力試験)



a) 若年者

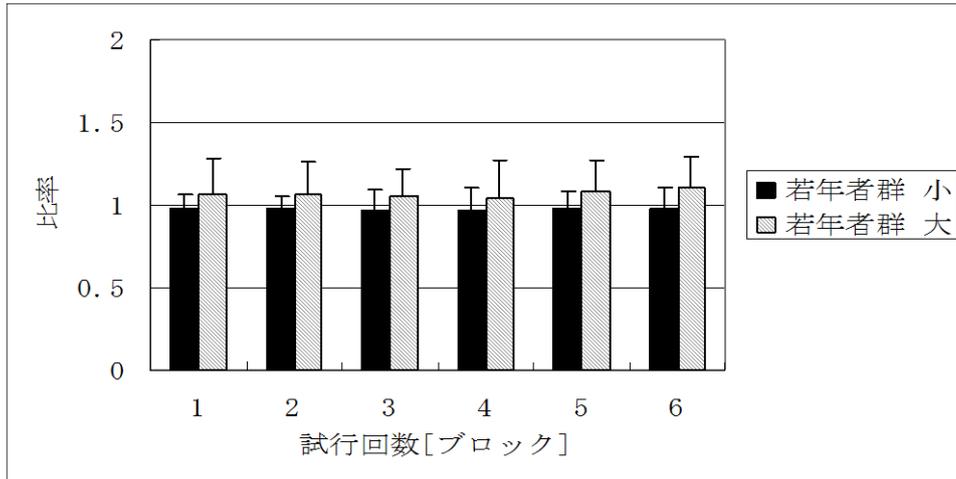


b) 中高年者

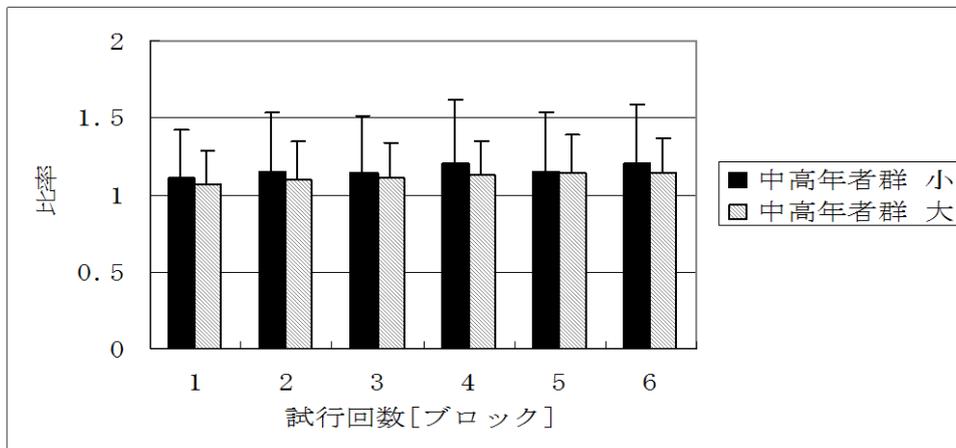


c) 高齢者

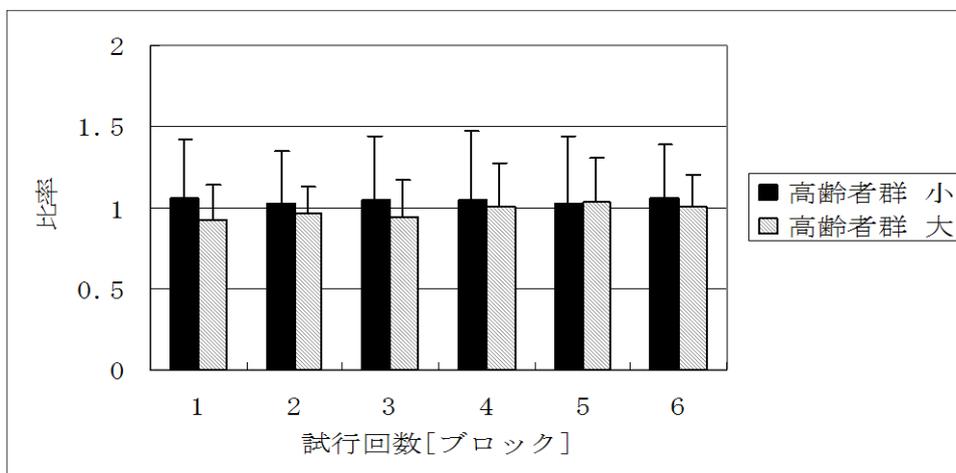
図 2. 3. 1 - 1 0 正答数 (基準 : 実験前能力試)



a) 若年者



b) 中高年者



c) 高齢者

図2. 3. 1-11 正答率 (基準: 実験前能力試験)

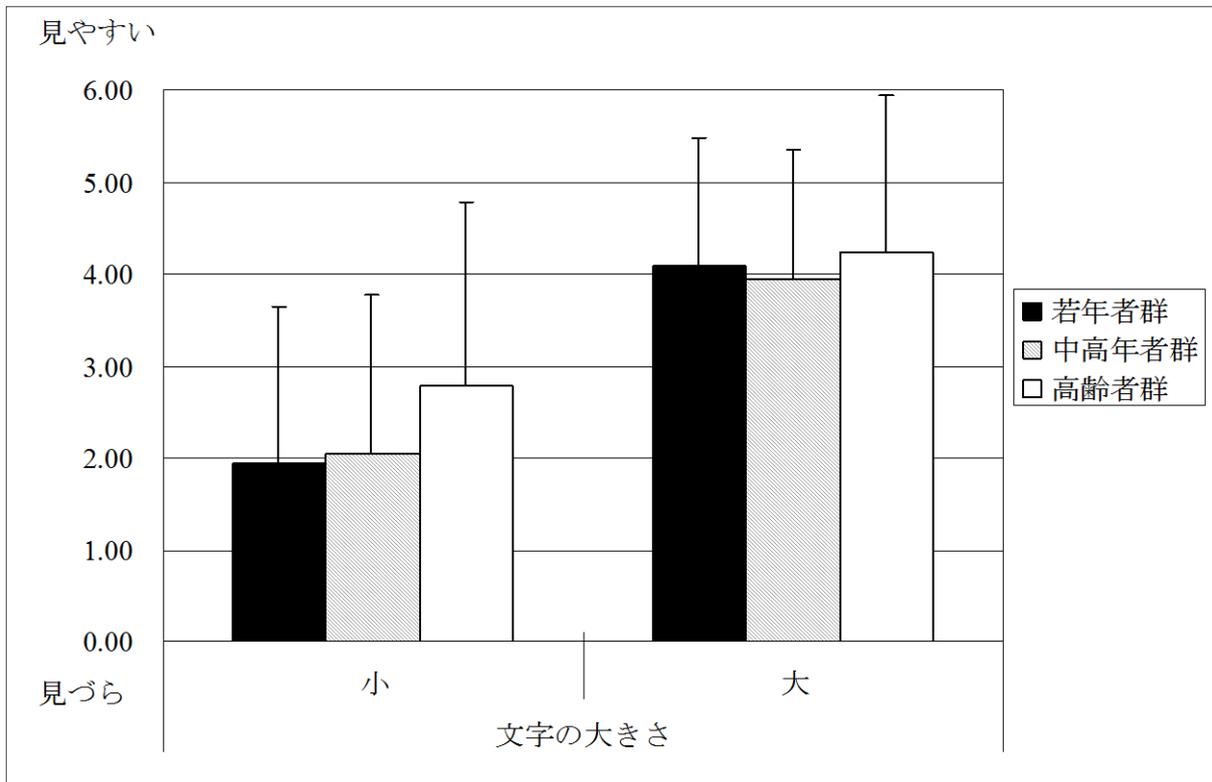
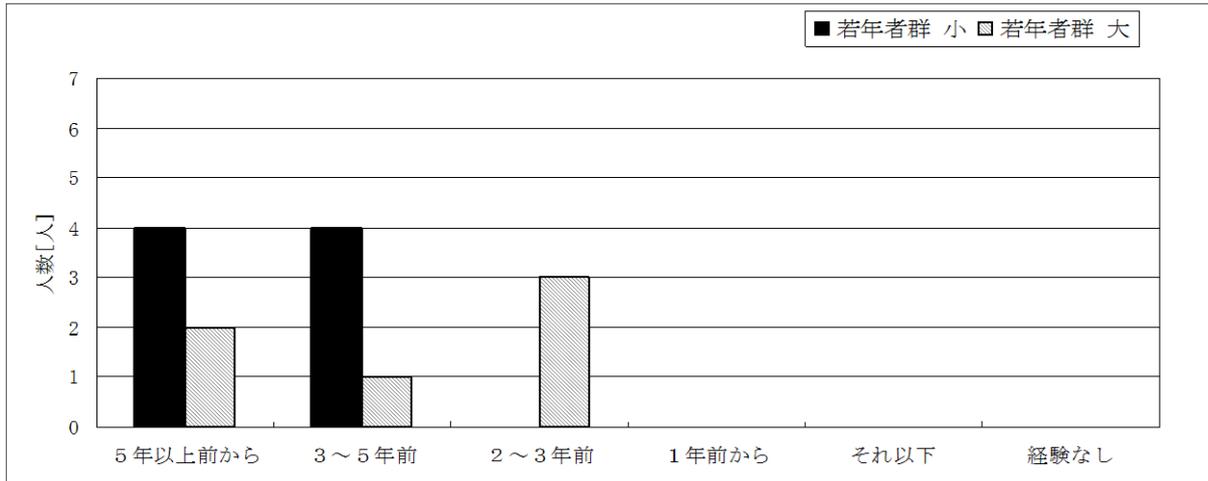
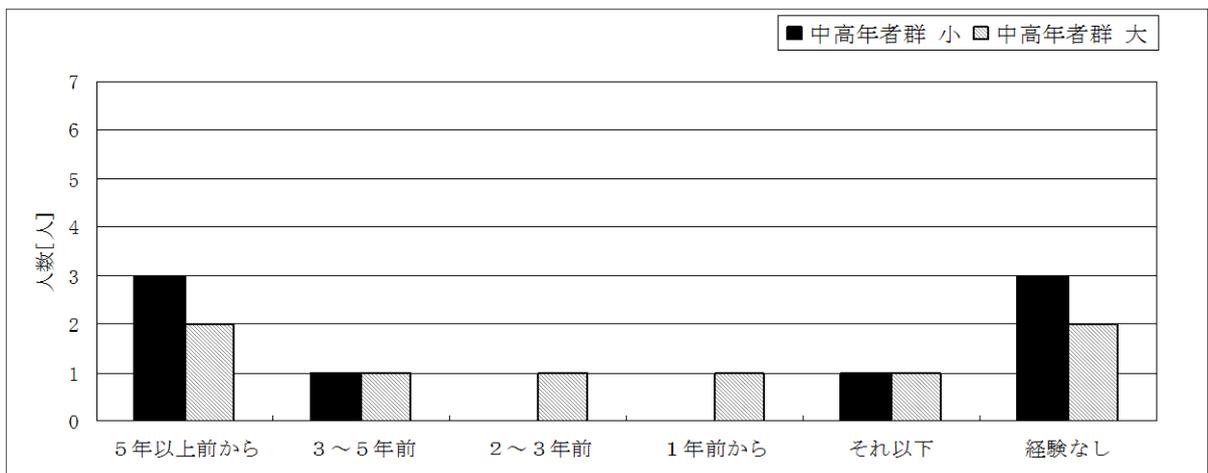


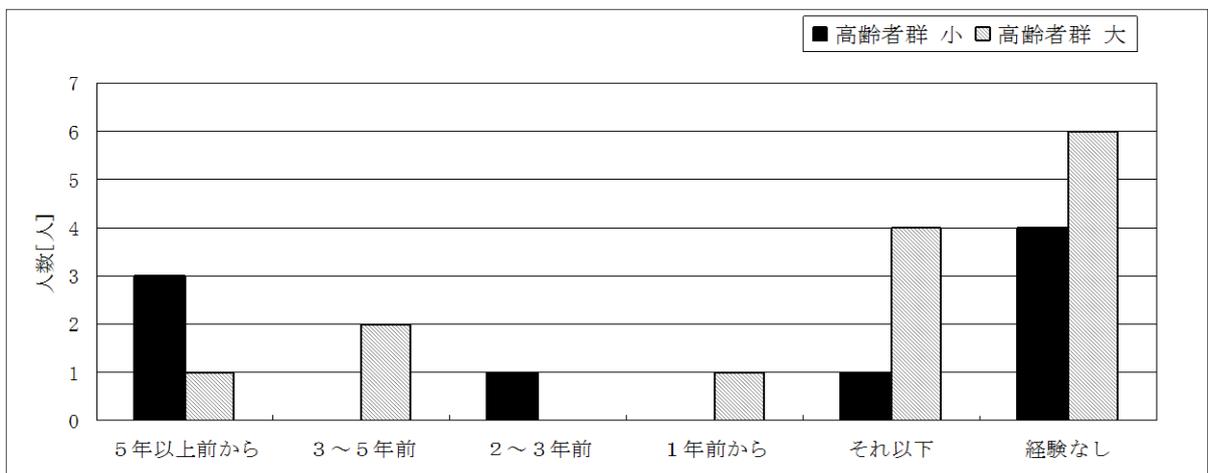
図2. 3. 1-12 キーボードの文字の見やすさに関するアンケート結果



a) 若年者



b) 中高年者



c) 高齢者

図2. 3. 1-13 コンピュータの使用経験

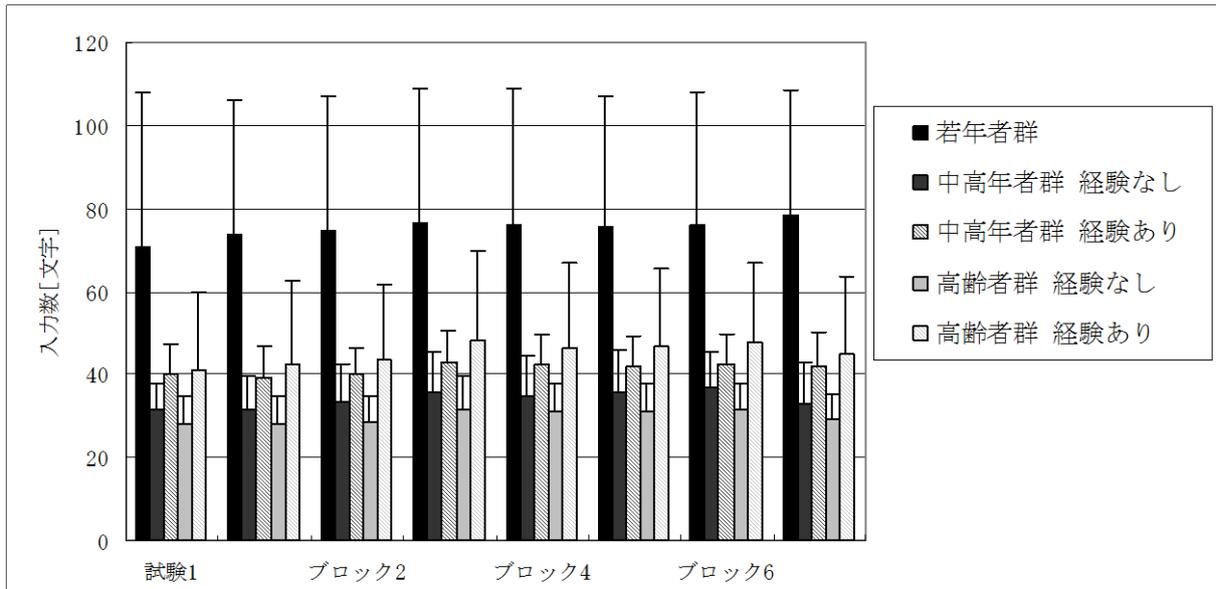


図 2. 3. 1-14 コンピュータ使用経験の有無による入力数への影響

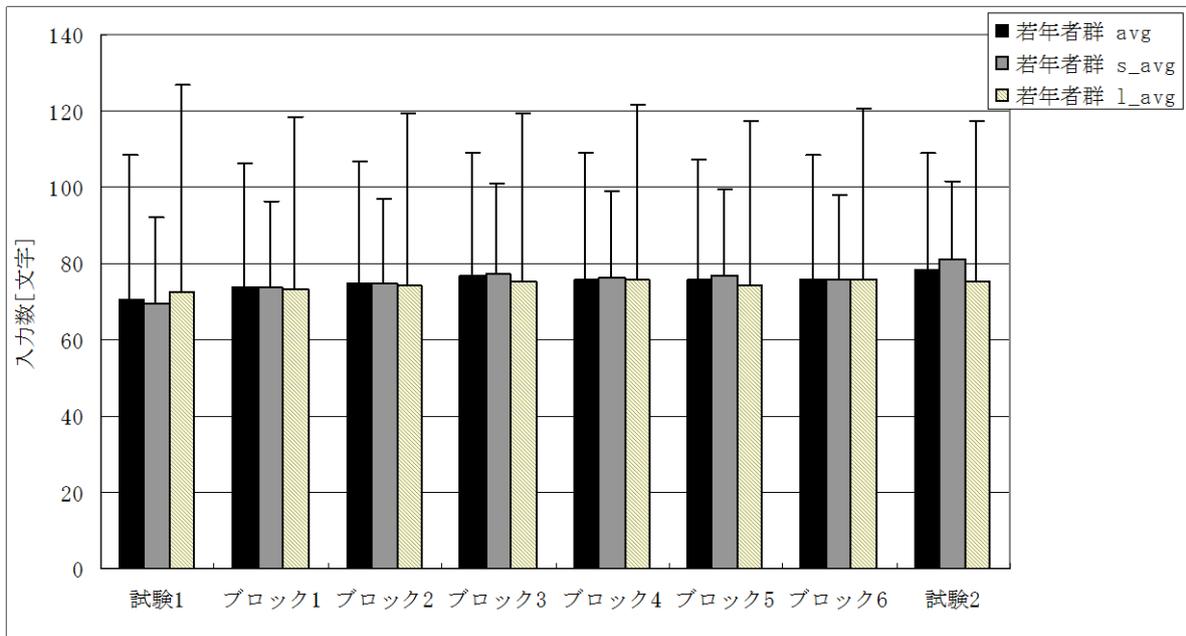


図 2. 3. 1-15 文字の大きさが入力数へ及ぼす影響 (若年者群)

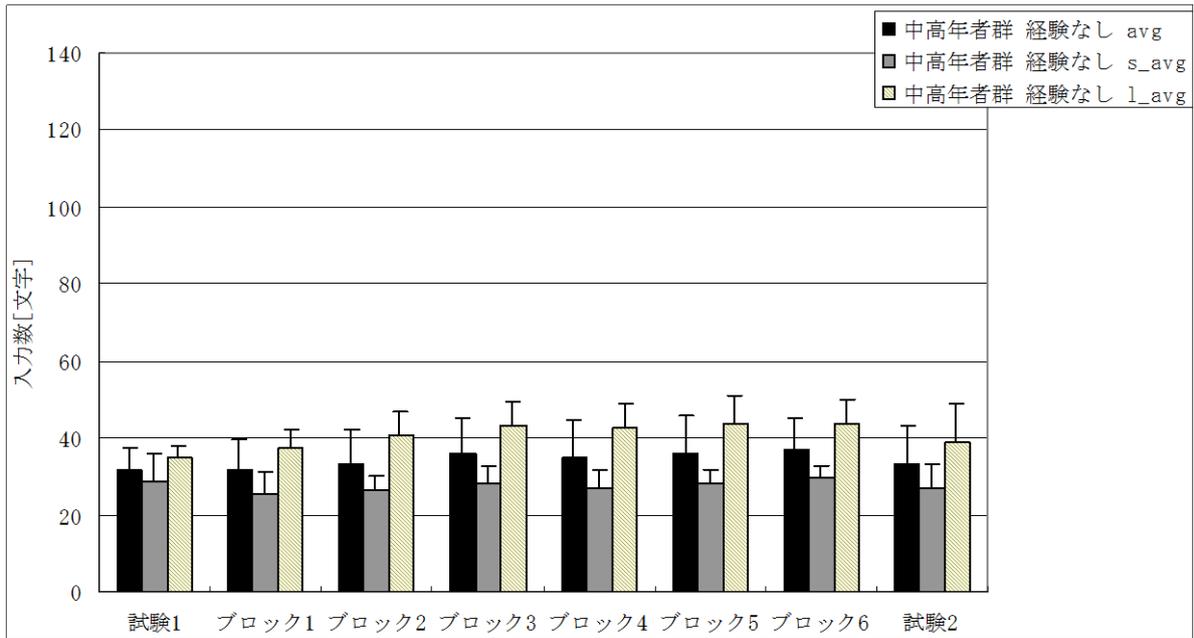


図 2. 3. 1 - 1 6 文字の大きさが入力数へ及ぼす影響 (中高年者群, 使用経験なし)

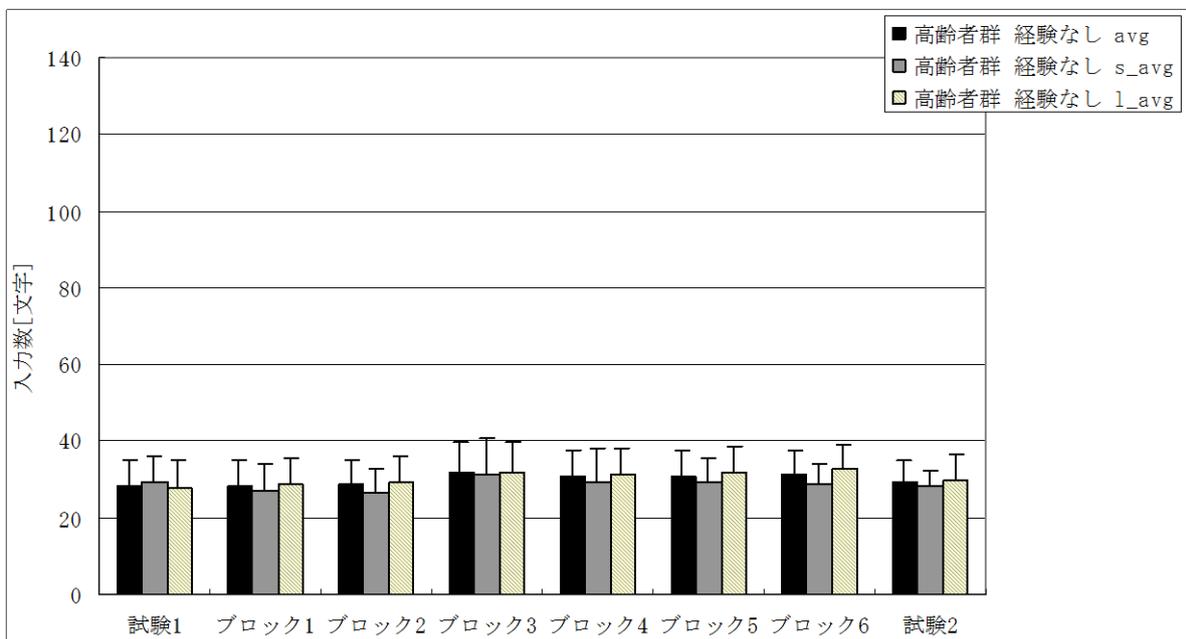


図 2. 3. 1 - 1 7 文字の大きさが入力数へ及ぼす影響 (高齢者群, 使用経験なし)