

マイクロコンピュータを利用した 自動視力検査装置の開発

川崎医科大学 現代医学教育博物館
川崎医療短期大学 医用電子技術科*

中村 信彦・軸屋 和明*・梶田 博司・山下 貢司

(平成5年10月16日受理)

Automatic Equipment of Visual Acuity Test
by Use of a Microcomputer

**Nobuhiko NAKAMURA, Kazuaki JIKUYA*,
Hiroshi KAJITA and Koshi YAMASHITA**

*Medical Museum,
Kawasaki Medical School,
*Department of Medical Engineering,
Kawasaki College of Allied
Health Professions,
Kurashiki, 701-01, Japan
(Received on October 16, 1993)*

概 要

川崎医科大学現代医学教育博物館で地域一般の人々が簡単に利用できる自動視力検査装置を開発した。この装置では、従来から検者により行われている視力検査の手続きのうち、視標の提示、被検者の応答に対する正誤の判定、視力の判定、結果の通知の手続きがすべて自動化され被検者単独で測定できるようになっている。本装置はマイクロコンピュータを中心として、視標提示装置、入力装置および出力装置より構成されている。このうち視標提示装置は、特に、全ての視標を同一場所で提示できるよう3台のステッピングモータを利用して作られている。また、マイクロコンピュータが行う検査のアルゴリズムは、短時間で視力を判定するため、2段階に分けられている。第1段階では、単純な検査を行い被検者の大略の視力値を求める。第2段階では大略の視力値をもとに詳細な検査を行い視力を判定するようになっている。

Abstract

An automatic apparatus for self-testing one's own visual acuity was developed in the workshop laboratory of the Educational Museum of Modern Medicine, Kawasaki Medical School. This apparatus carries out automatically all the procedures including the presentation of Landolt rings to the examinee, the judgement of successful or unsuccessful hit of his answers in response to the questions (specified Landolt ring) and the notification of the result (hit or miss) to the examinee so that he may be able to assess his visual acuity.

The equipment is composed of a set of computer which makes core portion, together with a Landolt ring-presenting instrument which is made of 3 stepping motors in order to carry and settle any of the particular Landolt rings in the same place of the monitor.

The algorithm of the test is divided into two parts or steps for the purpose of rapid assessment of visual acuity.

The first step is for the rough estimation of the examinee's visus, and the second step is for more precise assessment of his visual acuity.

1. まえがき

高齢化社会に入りつつある現在、一般市民の健康に対する関心の高まりに伴って、健康状態のチェックとして血圧測定、視力測定などに関心が増している。このため、健康を啓蒙するような施設では、これらを自動的に測定できる装置の導入が望まれている。

筆者らの所属する現代医学教育博物館（以下、MMという）においても同様であり、ここでは、既に、血圧を自動的に測定できる装置を設置し、見学者の利用に供している。しかし、視力測定装置については、筆者らの知る限り、一人で測定でき、且つ気軽に利用できるような装置を持つ施設は存在していない。そこで、筆者らは、マイクロコンピュータを利用して自動視力検査装置（以下、視力検査装置という）を開発し、本MMで広く活用されることを計画した（図1）。

この装置は、マイクロコンピュータを中心として、視標提示装置、入力装置、出力装置から構成されている。利用した視力表は、国際眼科学会の取り決めにもとづいたランドルト環視力表¹⁾であり、本装置では、従来の視力検査における検者の役割、即ち（1）視標を選択して提示すること、（2）被検者の応答に対して正誤の判定を行うこと、（3）最終結果の判定を行い、この結果を被検者に伝えること、はマイクロコンピュータによって全て自動化されている。このため、被検者だけで視力測定が可能となる。尚、この装置は2mの距離で検査できるように小型化されている。



図1 自動視力検査装置

2. 自動視力検査装置

視力検査装置の構成を図2に示す。CPUは中央処理装置であり、ROMおよびRAMは、それぞれ、読み出し専用のメモリおよび読み書き可能なメモリである。CPUは、ROMに記憶されている制御プログラムにもとづいて視標提示装置、入力装置、出力装置を管理している。RAMには検査中の計算結果が一時的に記憶される。以下、視標提示装置、入力装置、出力装置について述べる。

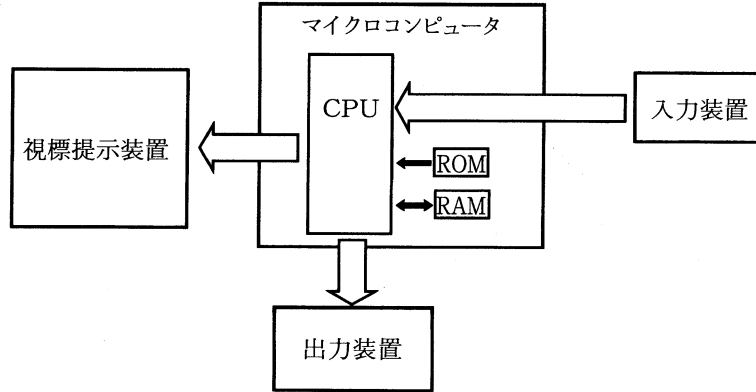


図2 自動視力検査装置の構成

2-(1). 視標提示装置

視力検査基準によれば、視標の刻みは最小限、0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0とすることが望ましいとされている。また、同一段階の視標数は、視力値0.2またはこれより大きい視標段階においては5個以上とされている¹⁾。従って、厳密な意味で視標を作るためには、この基準を満たさなければならない。しかし、この視力検査装置は、MMにおいて視力検査を気軽に行ってもらうことを目的とし、簡便性、操作性を優先し、視標の刻みについては、視力0.1~1.0まで単純に0.1幅の刻みとし、それ以上は1.2, 1.5, 2.0として全部で13段階とした。そして、同一段階の視標の数は最小限の5個とした。この結果、総視標数は65個となる。

次に、視標の提示方法については、従来の視力表を利用した視力検査では、常に全ての視標が露出している。このため、被検者が指示された視標以外のものを間違えて認識したり、検査前に記憶されるなどの問題もある。そこでここでは、このような問題を避けるため、位置制御に適したステッピングモータを利用して同一場所に任意の視標を提示できるような視標提示装置を製作することにした。

以上のような考えにもとづいて構成した視標提示装置を図3に示す。M1, M2, M3はステッピングモータであり、それぞれのモータのシャフトには、直径40cmの円盤(P1, P2, P3)が取り付けられている。そして、3台のモータは、それぞれの円盤の一部が重なり合うよう(正三角形形状に)配置されている。P1の円盤には、視力0.1~0.6の視標が同一円周上に印刷されており、そのうち視力0.1の視標は円盤の中心から見て18度間隔で、他の0.2~0.6の視標は9度間隔で配列されている。また、P2の円盤には、視力0.7~2.0までの視標が同一円周上に印刷されており、それらは全て円盤の中心から見て9度間隔で配列されている。そして、この円盤には、P1の円盤の視標を提示する際に利用される直径5cmの穴があげられている。P3の円盤は、視標の変更の際にP1とP2の円盤が回転する動きを隠したり、提示された視標以外の不用な部分を隠したりするための役目をもつ円盤である。この円盤には、直径2cmおよび4cmの穴が中心から見て90度間隔に開けられており、これらは、それぞれ、視力0.2~2.0までの視標および0.1の視標を提示するとき用いられる。

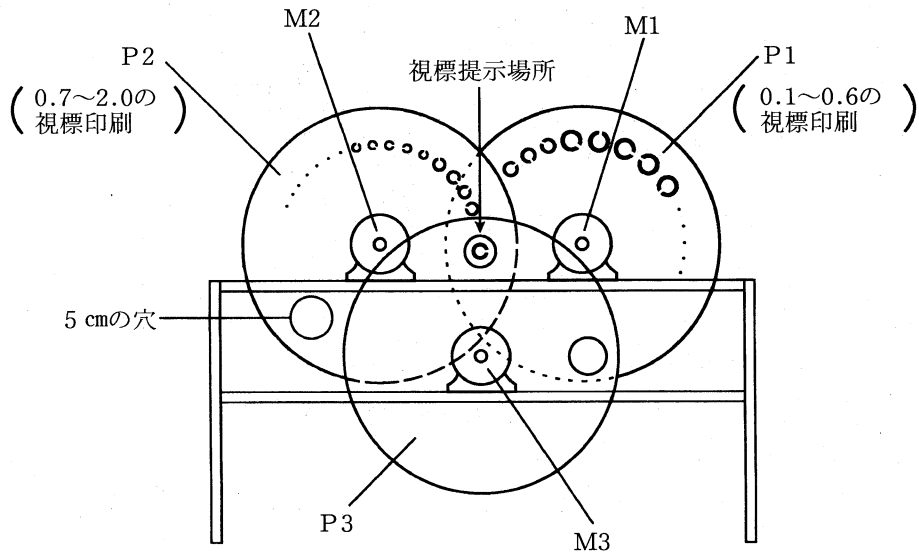


図3 視標提示装置の構成

視標提示装置は次のように動作する。例えば、0.7の視標から0.6の視標へ変更する場合、まず、P3が左へ45度回転してシャッターを閉じ提示場所を隠す。次に、P1が回転して0.6の視標を提示場所にセットする。その後、P2が回転して穴の開いている部分を同じ場所にセットし、視標のセットが完了する。最後に、P3が右に45度回転して2 cmの穴が提示場所に移動して、視標を提示する。また、視力0.6の視標から0.7の視標へ変更する場合、まず、P3が左へ45度回転してシャッターを閉じ提示場所を隠す。次に、P2が回転して0.7の視標を提示場所にセットする。その後、P1が回転して視標の印刷されていない部分を同じ場所にセットし、視標のセットが完了する。最後にP3が右に45度回転して2 cmの穴が提示場所に移動して、視標を提示する。これらの一連動作の所要時間はいずれも約3秒である。

2-(2). 入力装置と出力装置

入力装置は、図4に示すようにスタートボタン、応答用ボタン群、認識不能ボタンから構成されている。このうち特に解答用ボタン群は、容易に操作できるよう45度間隔で同一円周上に取り付けられている。

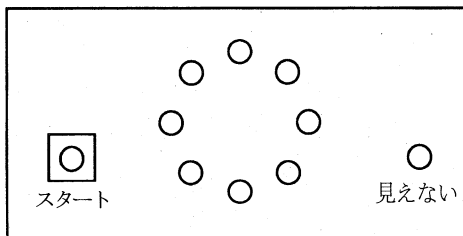


図4 入力装置

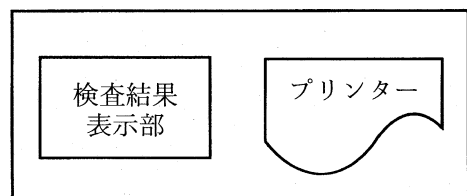


図5 出力装置

出力装置は、図5に示すように検査結果表示部とプリンターによって構成されている。検査結果表示部は、コンピュータによって判定された被検者の視力値を数値で表示する。また、プリンターはこの結果とそれに対応したコメント（3種類）を印字する。

3. 検査のアルゴリズム

本報告では視力判定の基準として、文部省視力研究班による視力検査基準²⁾を用いたが、被検者の視力をなるべく短時間で判定するため二段階に分けて実行される。第一段階では、大略の視力を算出し、第二段階では、第一段階で得た大略値をもとに精密な検査を行い視力を判定する。図6-1および図6-2にそれぞれ第一段階および第二段階の検査のフローチャートを示す。

第一段階では、まず、被検者がスタートボタンを押すと、最初に初期値として視力0.7の視標が提示される。そして、被検者がこれに対して応答すると、その正誤が判定される。この結果、正答の場合には、一段階小さい視標に変更され視標が提示される。そして、被検者がこれに対して応答すると、再び正誤の判定が行われる。このとき、正答の場合には、視標を一段階小さくして視標提示-応答-判定（以下、検査という）が行われる。以後、同様に被検者の応答が正答であれば、視標を小さくしながら検査が繰り返される。そして、初めて誤答となった時点でその視力値が被検者の大略の視力と判定され第二段階へ進む。

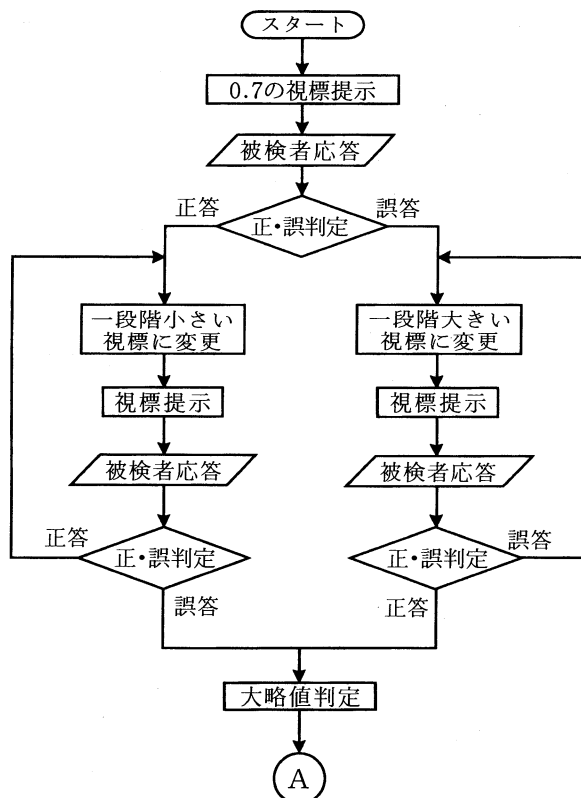


図6-1 第一段階の検査のフローチャート

また、最初の視力0.7の検査で誤答になった場合には、一段階大きい視標が提示される。そして、被検者がこれに対して応答するとその正誤が判定され、誤答の場合には更に一段階大きい視標に変更され検査が行われる。以後、正答となるまで視標を大きくしながら検査が繰り返される。そして、初めて正答となった時点でその視力値が大略の視力と判定され、第二段階へ進む。

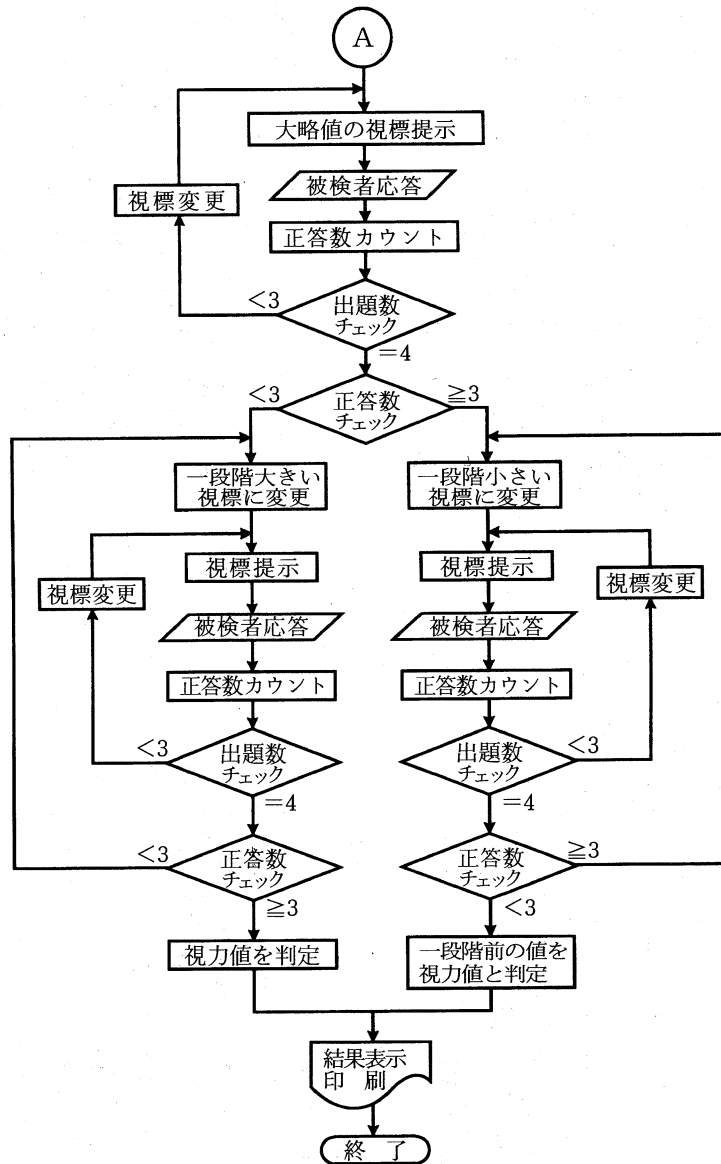


図 6 - 2 第二段階の検査のフローチャート

第二段階では、まず、第一段階で判定された大略の視力で4回検査が行われる。この結果、3つ以上正答できなかった場合、視標を一段階大きくして4回検査が行われる。そして、同様に3つ以上正答しなければ更に視標を大きくして検査が行われる。以後、3つ以上の正答が得られるまでこの検査が繰り返される。そして、初めて3つ以上正答できた時点でその視力値が被検者の視力として判定されることになる。また、第一段階で判定された大略値の検査で、3つ以上正答できた場合、視標を一段階小さくして4回検査が行われる。そして、同様に3つ以上正答できた場合には視標を一段階小さくして検査が行われる。以後、3つ以上の正答が得られなくなるまでこの検査が行われる。そして、3つ以上正答できなかった時点でその一つ前の視力値が被検者の視力として判定される。

4. 実用性の検討

本視力検査装置は、MMの見学者を対象として気軽に測定することを目的として開発されたものであるため、視力検査装置による検査結果は、眼科外来で行われるような厳密さは必要外と考えている。しかし、測定誤差が大きすぎるようでは、いたずらに混乱を招くことになるので、一応以下のように、視力検査装置の実用性を検討してみた。

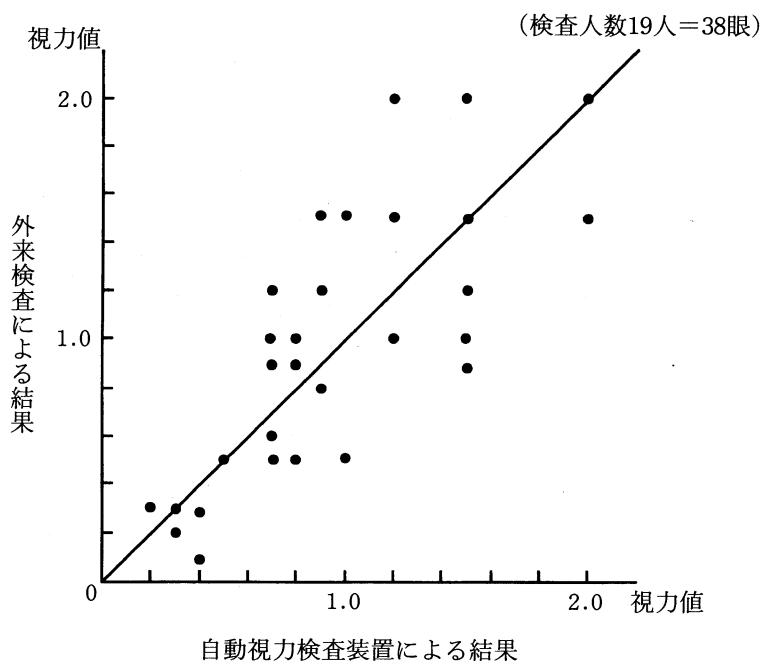


図7 測定結果

眼科疾患のない健常者19名を被検者とし、左右それぞれの視力を眼科外来及び本視力検査装置で測定した。このときの結果を図7に示す。縦軸は眼科外来による結果で、横軸は本視力検査装置による結果である。図中の直線は、傾き45度で、相関1.0を想定したときの直線である。眼科外来による結果と視力検査装置による結果とが一致すれば、すべてこの直線上にのるはずであるが、同図に示すように、これらはかなりばらついている。しかし、このばらつきは、(傾き45度の)直線に対してほぼ均等にばらついている。ちなみに、本19例の眼科外来での視力と本視力検査装置での測定結果との相関係数は、0.79であった。このことは、ランドルト環の大きさ、照明の明るさなど視力検査装置の測定系から生じる固定的な誤差はほとんどないことを示していると思われる。また、ばらつきについて付属病院の眼科医に検討を依頼したところ、この程度のばらつきであれば特に問題はないであろうという意見であった。

以上から、視力検査装置は、MMで十分利用可能であることが示された。

5. むすび

MMで利用可能な自動視力検査装置を開発した。この装置は、既に、MMの2階展示室に設置されており、1ヶ月の平均利用回数は約750回程度ある。この回数は、全見学者の約8割にあたり、一般市民の健康意識の向上に十分役立っていると考えられる。

謝 辞

本装置を開発するにあたり、装置の実用性の検討においてご協力、ご指導をいただきました元川崎医科大学眼科学講師 福島正文先生(現在熊本県にて御開業)ならびに川崎医科大学眼科学教室の諸先生方に深く感謝致します。また、本稿作成に際し、御指導、御校閲いただきました現代医学教育博物館 柴田進館長に深く感謝致します。

尚、本装置の製作にあたっては、昭和62年度操風会研究奨励金の一部を使用しております。

文 献

1. 山地良一: 視力, 臨床眼科全書1. 東京, 金原出版, 1970, pp. 10-38