

オプタコンについて

上越教育大学

村 中 義 夫

1. 装置の概要

研究社のリーダーズ英和辞典には Optacon という見出しがあり、商標で「文字を対応する形の振動に変換して指先で感知できるようにする盲人用読書装置」という説明も出ており普及の現状の一端を物語るものである。オプタコンという名称は OPTical to TActile CONverter の短縮形で普通文字を点字に訳すことなく直接読めるように工夫された道具である。

オプタコンは、①小型カメラ（ズームレンズと 144 個のフォトトランジスタを含む）、②エレクトロニクス部（信号を処理する回路やバッテリーを含む）及び③触知盤（6 列 24 行に配列されたピンを含む）の 3 つの部分からできており、右手で小型カメラを文字の行に沿って左から右方向に走らせると紙面で反射された光はフォトトランジスタで電子的信号に変えられエレクトロニクス部に送られたのち、適切なレベルに調節され、カメラの下を通過する文字の形に近似した電光ニュース様の動くイメージ状のピンの振動パターンが触知盤上に軽くのせた左手の示指に感じられるしくみである。調節機能としては触知盤

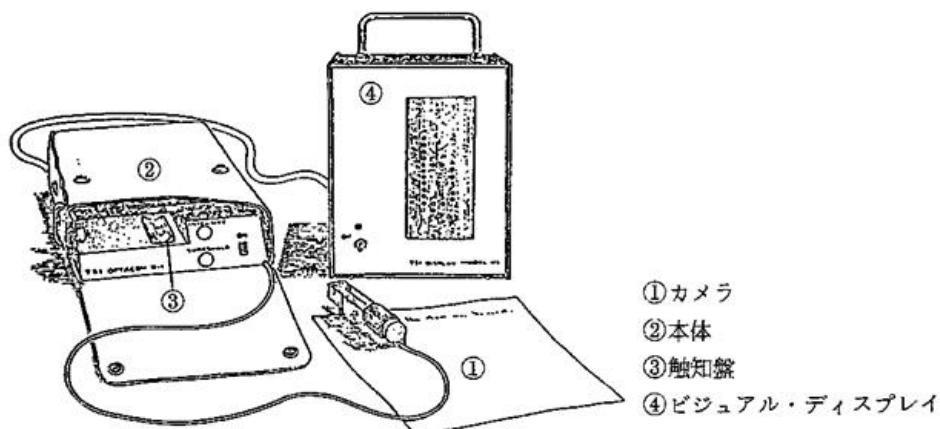


図1 オプタコンの外観

上に表示される文字の線の太さを定めるスレッシュホールドとピンの振動の強さを定めるインテンシティのダイヤルや表示文字の拡大率を定めるズームボタンなどがある。

本体の寸法はおよそ $20 \times 15 \times 5\text{cm}$ 、重さ約 1.8kg で、充電可能なニッケル・カドミウム・バッテリーを電源とし、携帯可能である。触知盤の大きさは縦 23.2mm 、横 11.4mm で、カメラの視野は縦 $2.8 \times$ 横 $14\text{mm} \sim$ 縦 $5.7\text{mm} \times$ 横 2.9mm でズーム比は 2.5 対 1 である（図 1）。

2. オプタコンの開発と基礎研究

先日、NHK盲人の時間でスタンフォード大学のリンビル博士のインタビューを放送していたが、その中で博士も指摘されたように、オプタコン開発の動機は一般の小学校に通う全盲の娘キャンディの学習のためマージョリ夫人が連日点訳で大変苦労をしているのを見て、もし娘が普通文字を直接読めるようになれば妻の負担を軽減できるということであった。

1962 年休暇でヨーロッパに滞在中、博士はドイツでピンの振動でカーボン紙を叩いて印刷するプリンタを見て触知盤の表示方式を思いついたという。

1963 年、当時米国航空宇宙局のため触覚の利用研究をしていたブリス（当時は助教授）に話をもちかけ共同で開発することになった。

キャンディは来日した時の講演の中で被験者として体験した開発のプロセスを次のようにまとめている。

1963 年にまず振動式の触知盤を試作し、触覚的に感知できることを確かめた。そして SRI（スタンフォード大学研究所）でコンピュータ・シミュレーションによりいろいろな形の文字を実用的な速さで正確に読めることを確認しようとした。次にカメラが加わったが最初のものは大きくしかも固定されており、その下で文字をタイプしたカードを動かす方式だった。次に大型だが動くカメラになった（この頃になって彼女もオプタコンの実用性について自信をもつようになる）。1968 年頃、彼女以外の盲人のオプタコン訓練が始まり、責任が軽くなった感じがした。1969 年までに小型化し持ち運びできるようになる。大きさは現行 RICO 型の 2 倍位だった。

なお当時キャンディは既に1分間75語以上の速度で正確に読むことができるようにになっており、ドイツに留学した際も教科書などはオプタコンで読んでいた。

1969年には学童用の訓練プログラムも考案された。当時スチューデントの共通の悩みはカメラが傾くことであったという。1970年代の初め頃には多様なユーザーが生まれた。

ブリスはオプタコンのデザインを考えるに際して、それ以前の盲人用読書器の試みを次のように批判している。

① 大多数の被験者から得られた最高の正読率が1分当たり10語より少なかった。

② 1文字分のスペースの縦方向次元を12個以下のフォトセルでつなぐのが典型的であった。

③ プローブ(探査器)の単一の走査で得られる出力信号は厳密な文字の同定にとって必ずしも十分ではなかった。

このような反省をふまえた現行オプタコンの基本的デザインはリンビルとブリスによる1966年の文献に、「触覚的表示方式による直接変換読書器とする。その中で1文字分のスペースよりやや小さい領域がフォトセンサーの配列上にイメージ化される。各フォトセンサーからの信号は触知盤の配列の中の対応する触刺激素子を統制し高密度の振動ピンを駆動するようにつくられている。特徴は触刺激素子として圧電リードを用いたことである」と述べている。1文字分より横幅が少し狭い触知盤でも縦方向をカバーしていれば、文字全体を同時に呈示できなくてもカメラを横(水平)方向に走査することにより継続的には全体を表示できるわけである。

ところでこのようなデザインの決定や実用化には、リンビル博士も言うように数多くの研究者たちによる実験が基礎となり、それらは80編もの論文として報告されている。

例えば高密度に刺激素子を配列することは実験心理で扱う2点闘(触覚的に2つの点刺激を1点でなく2点として識別できる最短距離)よりも近くなるのではという疑問には、いわゆる2点闘が学習により改善される実験を示し、指

先よりもっと体表の広い部分を使ってはという意見には両者の成績の間に有意差がみられなかったことを指摘する。ワイン・シュタインなどは体表の20カ所を比較し、2点闘については中指と示指が最善、空間定位については示指が最もという結果を得ている。

振動周波数についてはロジャーズとブリスが 12×8 のマトリックス状のエア・ジェットを刺激として用い、12wps(1分間に12語)と30wpsの2種類の速さで読ませた結果、どちらの場合も、24から160Hzの間でエア・パルスの周波数が高くなるほど、動くイメージとしてのアルファベット読みの正読率が高くなる傾向を示した。

最も興味深い研究の1つにヒルの実験がある。その第1実験では隣り合っている示指と中指を用い「触読の窓」を広げることによってオプタコンの触知盤方式による読みの効率を高めることができるかどうかを見るもので、触知盤としてピンの配列が 12×8 のものを横に2台(12行16列)並べて用い、リーダーズ・ダイジェストの読み物を読み材料とし、練習効果を統制しながらコンピュータ・シミュレーションによる集中的な実験を行い、図2のような結果を得ている。すなわちピンの列の数が2から8に増えるにつれて単語の正読率が高くなっている。しかし、中指を並べさらに2ないし8列を加えると成績は初め少し低下しそれから指1本の場合の頂点水準近くまで上昇する。このことは分離した感覚受容面への情報は空間的に統合できないことを示すものである。次の実験はこのように2本の

指が駄目なら1本の指で窓を広くするため、24行×12列の触知盤で幅が狭く縦長の文字を読ませたところ、6列24行よりもよい成績は得られなかつたが縦長の字が読めたし指1本の条件の中で窓が広くなるほど成績は向上した。ヒルのもう一つの実験は図3に示すような各種の文字表示方式と読み成績の関係を

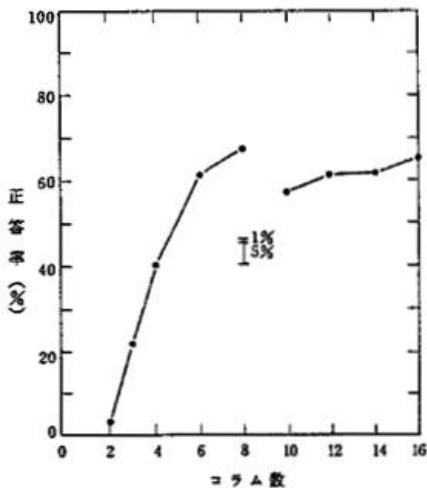


図2 コラム数と正読率(ヒル)

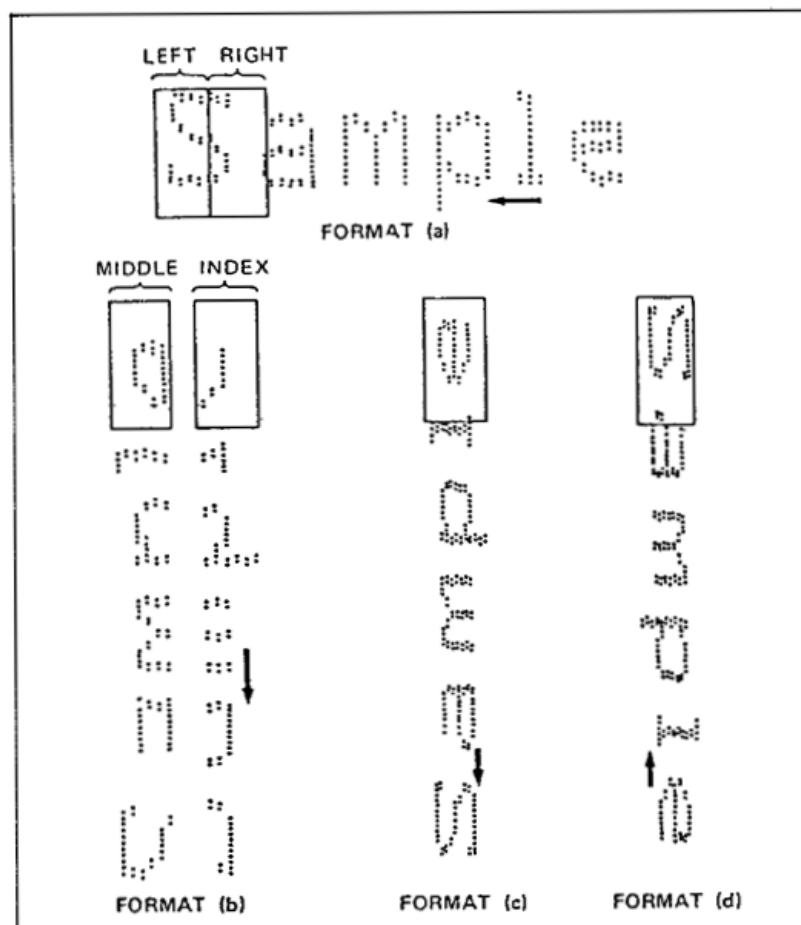


図3 各種の刺激表示フォマット(ヒル)

調べるもので、結果として、読み手は指の一部（先端の12ないし15mm）で読んでおり、読みの能率を低下させないで 6×24 を 6×18 （密度は同じ）に触知盤を縮小する可能性があること、文字表示方法を回転させたり別の指で読ませたりしてもほんの1時間程度の練習で容易に読めるようになる（学習が転移する）ことが分かったが、それは文字の「部分的で特別な」特徴よりも「全体的」特徴によりどの文字であるかを同定していることを示唆するものである。各種の表示方式のうち図3の(b)は2本の指に上下半分ずつ分離するものでよくなかったが、他は通常のオプタコンの方式と同程度かそれを超える成績が予期できるものだった。

以上、要するに徹底した基礎研究の上に幾段階もの改良を経て現行のオプタ

コンが世に出た訳である。

連邦政府教育省から50台の発注を受けた段階で1970年テレセンサリー・システムズ社が誕生し、ブリスが社長となってオプタコンの生産、販売及び訓練が組織的に行われるようになった。

オプタコンの意義は、盲人がいつでもどこででも他人の手を借りずに普通文字を読むことができるため、自立を促し新しい職域への進出の可能性をつくり出し、プライバシーの保障にも役立つことである。反面、パターン認識は人間に委ねられており、触覚系の情報処理能力や容量などの限界から読みの能率が低かったり、上手に読めるようになるには系統的な訓練が必要とされている。

3. わが国への導入と普及の経過

オプタコンがわが国に導入され日本オプタコン委員会を中心に普及していく経過については1984年の第4回オプタコン国際セミナーにおいて松井が詳細に報告しており、ここではその際、提供された資料に若干筆者自身の記憶を加え略述することにする。

米国にオプタコンが存在し評価実験が行われていることはOutlook 1971年5月号の記事等を見て知ってはいたが、アルファベットが読めても漢字かなまじり文は読めないと考えていた。1972年の6月だったか東京都心身障害者福祉センターでデモの映画を見た時も、1973年6月エルサレムの盲学校の校長室に飾っている器械を見た時も、同年秋に国立特殊教育総合研究所の小柳部長がキャンディに名刺を読んでもらい、導入を決意された時も、そして1974年1月に日本点字図書館で導入第1号器の実演を見た時も印象は変わらなかった。その年の春にF君を都センターに招いて、オプタコンで弱視用に使うポイント式近距離視力検査表の漢字かなまじり文を読んでもらったことがある。時間はかなりかかったが、とにかく「占領」などの漢字まで読破してくれた。勿論彼は正規の訓練も受けていなかっただし読み材料は全く未知のものであった。当時F君は一般の中学生に通い、学習のためレーズライターを用いオプタコンの触知盤と似た位の大きさに浮出しの漢字かなまじり文を書いたり読んだりしていたことが役立ったと考えられる。このことを契機として筆者もオプタコンの可能性を感じるようになった。

1974年2月にキャノン視聴覚補装具事業部がオプタコン事業を開始し、同年4月に触読研究会ができ、同年8月にはブリス夫妻が来日し、東京都心身障害者福祉センターと日本ライトハウスでオプタコンのデモと講演を行った。日本語読みのF君の指の動きを写した8ミリフィルムを見てもらいコメントを求めたら、文字を探り残すことさえなれば複雑な形の認識には効果的だと言い、漢字読みについては自分は分らないからあなたにやってもらいたいとの答であった。

同年10月にはブルグラー夫人を講師としてオプタコン実地講習会が東京と大阪で開かれた。1975年3月にはティーチャの養成とオプタコンの普及や啓蒙を目的として日本オプタコン委員会が発足し、わが国におけるティーチャ養成の責任者の資格を得るため同年5月筆者がT S Iに派遣された。日本オプタコン委員会主催の第1回ティーチャ養成講習会が同年8月に開催され、その後毎年2ないし3回開かれて1989年7月には第32回の講習会が予定されている。この間1977年8月の第1回講習会を初めとして国立特殊教育総合研究所でも講習会や研究会が数回開催され、また大学、研究所、センター、盲学校や施設等でオプタコンの訓練や教材の作成と出版、日本語の読みに関する研究などが活発に行われるようになった。

1980年4月には日本盲人職能開発センター内に常設のオプタコン・トレーニングセンターが併設され、ティーチャの養成講習会も4月の第8回以降はここで開催されている。

1981年7月にはオプタコン・ティーチャが100名を超えたのを機会に日本オプタコン・ティーチャズ協会が発足した。また、この年の8月には第1回オプタコン国際セミナーが開かれ、その後毎年夏に開催されている。

筆者はティーチャズ協会の機関誌Pinの第1号巻頭言にわが国における普及の経過について次のように述べている。「第1期は物珍しいオモチャとしてもてはやされた段階、第2期は組織的な取り組みが始まり物や場所が整備されてきた段階、第3期は人が増加して実際の訓練や利用の経験が重ねられてきた段階であり、さらに現在はこれらの基礎をふまえ冷静に見直して長期的な見通しを立てるべき段階ではないかと思う。」

4. 読みのメカニズムと訓練

オプタコン訓練の現況については、1985年の初めにオプタコンを所有する全国の盲学校や施設の82%から回答を得たアンケート調査の結果によると、導入時から1985年3月までにオプタコンの訓練を受けたスチューデント数は579名（男322名、女257名）であった。平均年齢はおよそ21歳、範囲は4~69歳で、4~10歳が13.6%、11~20歳が38.8%と20歳までが半数以上である。約60%が学生、14%が福祉施設の訓練生であるが、会社員、教員、三療関係者、自営業者、主婦なども含まれている。訓練内容（科目）はカタカナ30%、数字24%、英語21%、ひらがな15%、漢字8%、その他（英語以外の外国語、楽譜、図形など）2%である。なお、この調査に講習会の際のスチューデントや無回答の分を加えるとこの時点までのスチューデント数は800名に達するものと考えられる。

ここで一般の「読み」について考えてみよう。情報処理の過程として、まず外界の刺激はそれぞれの感覚受容器において神経で伝導できるような信号に変換され中枢に送られるが、機能的にはいわゆる短期記憶のレベルですでに長期記憶に蓄えられ呼び戻された原型（プロトタイプ）と照合され、許容範囲内一致すれば再認ないし同定が成立することになる。例えば「本」という字を読む時、振動刺激により左の部分から一過性に動く各部分のイメージが指先に感じられ、頭の中でいくつかの既習の文字の中から選ばれた記憶の中の「本」と指先のイメージが同じと判断されれば正しく読んだことになり、指先のイメージが不完全だったり「本」が学習されていなかったりして例えば「木」と判断すれば間違ったことになる。つまり、読みには外からの刺激を十分に解像し正しいイメージを指先に描く方向と、それまでの学習経験により記憶の中に正しい基準として文字の形（プロトタイプ）を保持し必要に応じ直ちに呼出す方向の双方がうまく機能することが不可欠である。

しかし、上記はどちらかと言えばまだ「パターン認識」のレベルの話で実際の読みはさらに意味や文法や場の問題など多くの要因を含むもので、推測読み、

注：3文字語で中央の字が木か本か指先のイメージとして識別できなくても、「日〇語」なら「本」で「並〇道」なら「木」と読むであろう。

スピード・ビルディングなどオプタコン訓練の重要な柱となっているのはそのためである^注。

点字を触読する場合は探るために動かす指が同じく形を認識する働きもする。オプタコンでは一般に右手で小型カメラを動かすのは読むべき文字を触知盤上に持ち込む（目なら視野に入れる）だけで、文字の認知は左手示指の指先を窓口とするのである。しかも左手は触知盤上に軽く固定し文字の方が右から左へ流れ続けるのを瞬時に読み取らねばならない。この独特な読み方のために十分な訓練が必要となり、メーカーとしても訓練を受けない人にはオプタコンは販売しない原則があるやうである。

オプタコンで上手に読めるようになるかどうかの大半はティーチャの責任と言っても過言ではない。そこでミニマムな条件は満足できる正規の資格をもったティーチャを確保することが必要で、日本オプタコン委員会が主催する養成講習会はその線に沿うものである。

TSIも9日間のプログラムでティーチャ養成をやっているが、わが国的事情からは1週間が適当との判断から密度を濃く集中的に実施している。この講習会はオプタコン固有の問題もさることながら、次のような特徴から一般的にも意義のあるものと自負している。

①議義や実技で導入された知識や技能がすぐ次の時間には現場の訓練室で活用できるシステムになっている。

②技能としてのオプタコン読みは、器具の操作、右手カメラによる走査、左手の認知度、左示指の置き方、言語能力などというように問題点が比較的明瞭で指導計画、学習の展開、評価等になじみやすい。

③指導的な働きかけに対レスチュードントの反応として結果が直ちにフィードバックされる。

④マン・ツー・マン方式で、かつ、ローテーションを組むため人間関係の重要性が感得できる。

⑤1週間を全く時間的に規制された計画通りに集団行動を消化できた体験は他の多くの困難な問題場面でも耐性を高めてくれる。

この講習会を含め資格を有するオプタコン・ティーチャの数は1989年6月

現在で428名であるが、職場の転換や設備の不足その他の事由で現実には指導していない人もかなり含まれている。

5. 日本語文字読みの問題点

オプタコンで日本語の文章を読む場合、どのような問題があるか、そしてそのような問題に対して対策を構するためにどのような研究がなされ、読みの訓練や実績に反映されたかを略述する。

(1)日本語は文字の種類や字数が多く、日常的に使用していない全盲者は字形を忘れがちだし、早期失明者は字を知らないこともある、文字の形を学習し正しいプロトタイプを形成し保持することが困難である。郷家はある被験児に教育漢字をオプタコンで読ませた実験の際、読みなかった漢字についてレーズライターや浮上り文字シートを用いプロトタイプを強化することによってかなりの漢字が読めるようになることを実証しており、また字形を学習し始めた段階で文字を書かせることが読みに効果的なことは多くのティーチャーが経験するところである。

実際の漢字かなまじり文で読めない文字が存在することは当然予想されるためオプタコンで辞書が引けるようにしておくことが必要で、現実に小学生用の比較的簡単なものならオプタコンで読んでいるユーザーも見受けられる。さらに文脈の利用等により大意が推測できる場合は事実上支障がないわけである。

(2)漢字は形が複雑で識別が困難である。アルファベットを材料としカメラの操作や指の置き方や正しい文字表示法などオプタコンの基礎技能を習得した者にとって、カナやかなはその形を知って（プロトタイプができる）いれば、ほとんど問題なく流れ読み法（カメラを水平で滑らかに走査する方法）で読めるようである。初期段階では触知盤上の表示も縦方向が24ピンいっぱいになるようになるべく大きく表示するが、進んだ段階では少し小さくしても、あるいは漢字との関連で触知盤より大きく拡大し部分的にしか表示しないで読むこともある。

初期の実験でオプタコンによりどの位複雑な形の漢字まで認知できるかを明らかにしようとしたものがある。実験1は11ポイントの教育漢字約100字を

読みませ部首に分けて報告させてからレーズライターで再生させるもので、結果は図4のように画数の増加とともに再生率は低下している。実験2は主に小学6年で学習する漢字の中から3~20画の漢字20字ずつを6組選び活字の大きさはそれぞれ5、7、9、11、14及び16ポイントとし、カメラのズームを最大にして読みませ再生させて文字の大きさと読みの難易度の関係を見ようとしたもので、活字の大きいものが再生率は高いが、17画以上の複雑な漢字では正答率が5ポで0%、9ポで67%、16ポで95%であった。この場合、文字全体を同時に触知盤上に表示しようとするとほとんどのピンが振動して形が分かりにくくなる。

文字の一部しか触知盤に表示できないほど拡大しその部分の形を確かめ、カメラをいろいろな方向に動かし文字全体を構成する読み方を分析・構成読みと呼び、水平方向のみカメラを動かすものを流れ読み法と呼ぶとすれば、後者は前者より能率的でありなるべく後者で読めるようにしたいのであるが、複雑な形の漢字や楽譜や図・表などは前者でなければ読み取れないし、しかも将来は画像的情報の処理がオプタコンの固有な責務となることも予想され前者の積極的訓練も考えねばならないであろう。

なお、複雑な形への対応のため体表の広い部分や複数の指を用い「視野」を拡大する試みは触覚の情報処理容量や受容部分の可動性からみて非現実的であり、これまでの多くの研究が実験の域を出ないことからあまり期待できないようである。

(3)触知盤の形はアルファベットを読むのに都合よくできている。特に小文字の場合は上方に長いアセンダ(b, d, f, hなど)や下方に長いディセンダ(p, q, yなど)のような縦方向の変化があって文字の触知盤上の位置が手がかりとな

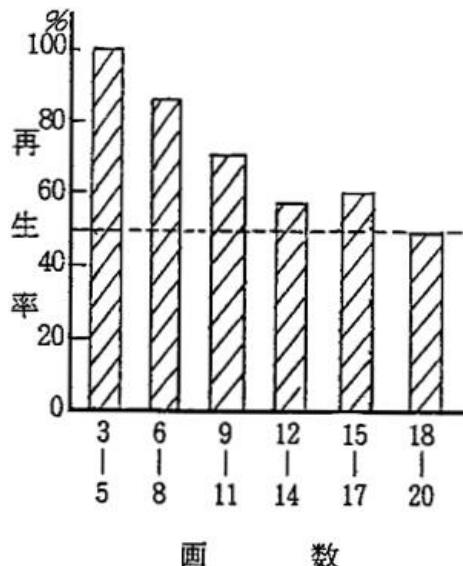


図4 漢字の複雑さと再生率

る場合が多いし、縦方向に密度を高く 24 ピンを配しているが、日本語文字のように一般に四角で横方向に特徴を持つ字形には最適とは言い難いがカメラの走査法の工夫により一応問題は解決していると言えよう。

(4) 縦書き文章への対応については、①カメラの走査、及び②認知過程、の 2 つの問題があった。①についてはカメラ底面のローラーが水平方向には動かしやすいが縦方向には不都合なこと、 6×24 配列の 6 列では 1 文字幅をカバーできない場合があることが分かった。カメラを 90° 回転させ水平方向に走査する方法も考えられるが少し厚い本など却って面倒が多く、縦書きにもカメラは縦長のまま上から下方に走査し「視野」が狭く読めない文字があればその高さで左右に少し動かす方式を採用した。②について興味深いのはひらがなを知らないなかった被験者に水平方向にカメラを動かし文字の左側部分から呈示する読み方で学習した後で、ひらがなを 90° 回転させ文字の上の部分から順次下の部分へ呈示されるようにして読ませても最初から正読できたことであった。

漢字かなまじり文の系統的訓練の結果

果に基づいて古田は正確さと能率のうえから流れ読み的な標準呈示と必要に応じ分析・構成を行う拡大呈示を加味した可変条件が最適であって、 $2 = \times 2.5 =$ の新聞の文字を読むことを考えると現行標準レンズ最大倍率の少なくとも 1.5 倍程度のズームレンズが必要と述べている。



図 5 オプタコン II の外観

6. オプタコン II と日本語の読み

1988 年にオプタコン II が開発された(図 5)。これは小型軽量化、左手利きへの対応、CRT モードの付加やコンピュータと接続したシリアル・インターフェースとしての機能など多くの改良点が見られる。しかし、触知盤がピンの配列の密度はそのままにして従来の 6×24 方式から 5×20 方式へ約 30 % の「視野」の縮小が図られており、このことが日本語文字の読み、特に文字パターンの認

識に何らかの影響を及ぼすことが予想されるので筆者らは評価実験を行った。実験は①初心者を対象とした実験1と、②熟練者を対象とした実験2、及び③右手カメラの動きを捉えようとした補足実験から成り、結果を要約すれば次のようなになる。すなわち、オプタコンⅡの「視野」縮小は初心者の訓練において若干効率を低下させるけれども熟練者の正読率に関しては方式間にあまり差をもたらすことなく、読みの速度にある程度違いはあるにしても、5×20方式により依然としてカタカナやひらがなは相当の速さで正しく読めるし、事実上、パターンが捉えられない漢字もないことが明らかとなった。

7. 将来の課題

今日、オプタコンは世界では約1万1千台、わが国では543台（うちオプタコンⅡが30台）普及している。しかし、オプタコンは点字に代わるものではない。他により適切なコミュニケーションの方法があればそれを選ぶべきである。オプタコンも開発当初から音声によるディスプレイを考え、文字認識もコンピュータによる処理を予想していた。アルファベットについてはカーツワイルの朗読器などすぐれたものも出回っている。しかし、カーツワイルのものも万能ではなく、読めないフォマットや文字や図・表がある。また、日本語文字に関しては適切な朗読器もない現状である。

オプタコンはヒトの技能に多くを委ねるにしても情報入力の面で不可能を可能とし即時性を持っている。今後はそれぞれの機器の特長を生かして使い分け、より豊かな文化的生活を営むように努めるべきであろう。

《インフォメーション2 図書2》

視覚障害者の在宅指導（鈴木文子著） 1989年7月刊 A5判 58ページ

¥800（送料¥210） 日本盲人福祉研究会

職業リハビリテーション（安井秀作著） 1989年3月刊 A5判

276ページ ¥8605 中央法規