

パソコンを用いた盲学生用医用画像触図提供に関する研究 X線画像及びシンチグラフィについて

筑波技術短期大学理学療法学科¹⁾ 同教育方法開発センター(視覚障害系)²⁾ 同鍼灸学科³⁾

吉田次男¹⁾ 大武信之²⁾ 上田正一³⁾

要旨：鍼灸及び理学療法を学ぶ全盲学生にとっても、臨床医学は必須である。臨床医学の教科書には、様々な画像診断関係の図や写真が載っており、彼らもそれらの画像についてのある程度理解は必要であると考えられる。特にX線やMRI、放射性同位体を用いた検査からの画像情報はX線フィルム上にグレ-スケ-ルをもって焼付けられる。医用画像を理解するための触図が全盲学生にとってわかりやすいことと、触図作製が容易であることの2点から、今回、我々は撮影手段に応じた触図作製の為の原則について検討し、その原則に沿った触図を実際に作製した。また、触図の評価については途上ではあるが、これまでの評価に一部付け加えた。

キーワード：触図、医用画像、画像診断、X線

1. 目的

本研究では、臨床医学を学習する鍼灸及びあんま・マッサージ・指圧専攻の全盲学生に対し、医用画像、特にX線フィルム上に焼き付けられた画像の触図(用語説明：下記参照)作製について、これまでに行ってきた研究[1,2]を紹介するとともに触図の原図を作製する上で原則、評価について若干の検討を付け加えた。今回は紙幅の関係から超音波画像は検討の対象から除いた。

現在、短大及び大学の鍼灸学科並びに理学療法学科の教育カリキュラムには、臨床医学が必修科目として含まれている。臨床医学には様々な内科的、外科的疾患が含まれるが、今やX線、超音波、MRI、放射性同位体(核医学)等を用いた画像診断領域の医用画像抜きには、臨床医学は語れなくなってきている。画像診断とは放射線、超音波、核磁気共鳴等の手段を用いて、肉眼的に直接見えない人体内部の構造、病変等を描出しそれをもとに診断することである。このため、X線のみならず核磁気共鳴の原理を用いたMRI検査、超音波検査、放射性同位体を用いた核医学的検査等が行われている。

在学中の実習、カンファレンス、症例検討会のみならず、卒業後の医療機関の現場におけるカンファレンス、症例検討会等では、X線フィルムを中心とした医用画像が、検討材料として用いられることも多い。従って、全盲学生が画像診断領域の医用画像について、ある一定水準以上の理解を得ることはきわめて重要なことである[3]。ところが、全盲学生に医用画像に関する事柄を教えるのは難しく、従来多くの場合その教育は全くなされていなかまたは、単に言葉による説明だけが行われてきたようである。しかし近年は、解剖学、生理学、病理学、臨床医学の分野において触察図譜シリ-ズ[4-9]が出

版され、触図を教材として積極的に用いる方向にある。

幸いなことにX線[10]、超音波[11]、MRI[12]、放射性同位体を用いた検査[13]からの画像情報はほとんどすべてX線フィルム上に焼き付けられ得るものであり、表示は黒と白及びその中間の色々な段階の灰色でなされている(グレ-スケ-ル)。この黒、白、灰色で表示された画像を一定の規則に従って簡略化して触図上に表し、学生の教育に資することは、医用画像の理解において大変有効であると考えられる。診断行為にとっては、画像の簡略化などということは無謀なことではあるが、触図の目的は全盲学生に画像診断させるということではなく、画像診断領域で用いられる医用画像を、触図として理解してもらおうということであり、さらにそのことを通じて臨床医学の理解を深めてもらうことである。

触図にするために医用画像を編集したものを、触図用原図とここでは称する。また、触図作成及び触図上に表れた線や点、模様を一定の分かりやすい規則があれば、学生が理解しやすいばかりでなく、作製する側にとってもメリットがある。すなわち、必ずしも臨床医学に詳しくない製作者でも、一定の規則に従って容易に触図を作成することができるのである。

【用語解説】触図

全盲の人に、図を触察(指でふれること)により理解してもらうために工夫された用紙を指す。描かれた線や模様を、発泡素材が含まれるマイクロ・カプセル・ペーパーと呼ばれる用紙に焼き付け、立体コピー器にかけて加熱現像することで、模様部分を紙面から盛り上げ、隆起部分を指でなぞり、盲人が図を理解出来るようにしたものが触図である(図1)。

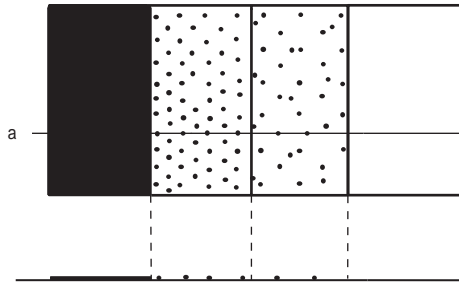


図1. 触図の基本的なパターン

上の図はパターンを上から（正面から）見たもので、下の図おにおける断面図である。左から順に、べた塗り、高密度のドットパターン、低密度のドットパターン、無地

2. 材料

触図の原画となるものは、実際の臨床現場で各種の方法で撮影されたX線フィルムが主体であり、この他に教科書等からの図、自作の手描き図等である。X線フィルムにはCT像、コントラストをつけるために造影剤を用いた胃透視画像、またX線そのものは撮影手段として用いてはいないが、見やすいようにX線フィルムに焼き付けられたMRI画像、シンチグラム（放射性同位体からの線を利用したもの）等がある。評価は、頭部X線CT像、胃透視画像、骨シンチグラムについて行った。頭部CT像と頭部MRI像は結果的に図が似ているために、頭部CT像を選択した。

3. 方法

3.1. 画像データ収集と編集の大きな流れ

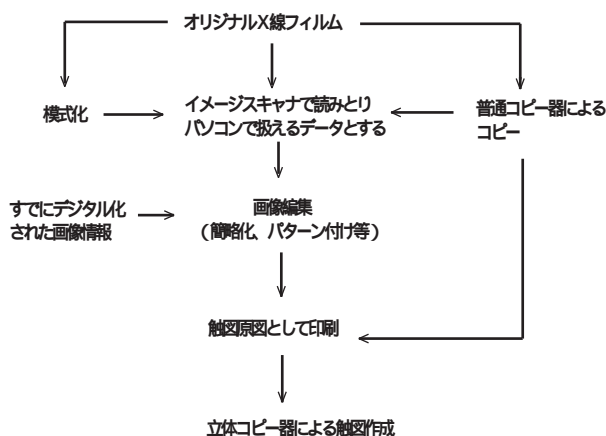


図2 触図作成の方法

触図作製過程を大きく3通り分けた(図2)。1番目の方法は、X線フィルム上の画像をもとに主として手書きで模式図を作り、それをイメージスキャナを用いてパソコンに取り込み、画像編集ソフトによりその編集（濃度の調節、加筆、省略、削除等）を行う。次に編集が済んだこれらの画像を立体コピー器にかけて触図を作製するものである。胃透視画像はこの方法に依った。

2番目の方法は、X線フィルム上の画像を直接イメージスキャナを用いてコンピュータに取り込んで、後は1番目と同じ操作をするものである。頭部CT像と頭部MRI像は、この方法に依った。

3番目の方法は、普通コピー器によるコピーの際に、コピー機の調整により、X線フィルム上の画像を濃度等を調整しながらコピーし、それをイメージスキャナを用いてコンピュータに取り込んで、後は1番目と同じ操作をするか、または普通コピー器によりコピーされた画像を直接立体コピー器にかけて触図を作製する方法である。骨シンチグラムは、この後者の方法に依った。最近では、撮影画像をデジタル化して保存する技術が進んでおり、これらのデジタル化された画像情報を直接パソコンで触図に編集できる可能性も出てきた[14-16]。

3.2. 画像編集原則

3.2.1. X線画像

X線を用いた撮影の場合、感光したフィルムを現像すると、フィルムにX線がよく当たった所、すなわち被写体（人体）の中でX線がよく通過した部分（空気、脂肪等）に対する像は黒っぽく、またフィルムにX線があまり当たらなかった部分、つまり被写体の中でX線がよく吸収された部分（骨、石灰化等）に対する像は白っぽく写る[17]。X線の吸収がこれらの中間の臓器（実質臓器等）組織については、X線の吸収の程度に応じた灰色の画像が得られる[16]。X線がよく吸収される物質は一般に、密度が高いものが多いために、パターンもそれに合わせ、X線が吸収されやすいもの程密度の高いドット模様とした。骨、石灰化等密度が非常に高く堅いものは、立体コピーにしたときに盛り上がるべた塗りとした。最もX線吸収の少ない部分（フィルム上は黒っぽく見える）は何も模様をつけなかった（無地）。その間の灰色を、白に近いほど高密度のドットで表した。また、X線フィルムの濃度は実際は連続的なのであるが、敢えて3、4段階位にした。同じ濃度部分には同じ模様（ドット）をつけた(表1)。

コンピュータ断層撮影法（CT）は、X線が人体を通過するとき吸収により減弱するという事を利用するもので、このことは従来のX線像となら差はない。特徴は、従来のX線像は、3次元のものを2次元にしかと

表1 画像編集の原則

X線画像	フィルム上の階調 (グレースケール)	触図原図上のパターン
X線吸収が多い	白	べた塗り
中間	灰色	白いほど高密度のドットパターン
X線吸収無し	黒	無地
MRI画像		
高信号	白	べた塗り
中間	灰色	白いほど高密度のドットパターン
無信号	黒	無地
骨シンチグラム		
放射性同位体の集積無し	白	べた塗り
中間	灰色	白いほど高密度のドットパターン
放射性同位体の高集積	黒	無地

らえていなかったのであるが、それを人体の横断面で観察したという点にある[19,20]。

胃の透視画像は、バリウムという密度の高い、従ってX線を良く吸収する造影剤と、胃の中の空気や、発泡剤により発生した炭酸ガスという密度のきわめて低いもの、すなわちX線をほとんど吸収しないものがつくるコントラストの強い胃の画像である[21-24]。ここでも、X線フィルム上では白く写る密度の高い造影剤の部分はべた塗りで示し、密度の低い気体部分は無地で示してある。このように、密度の高いドット部分はX線が通過しにくい部分であり、X線フィルム上には白っぽく写り、密度の低いドット部分はX線が通過しやすい部分であり、X線フィルム上は黒っぽく写るといふ、各画像に共通した理解がもたらされるようにした。

3.2.2. MRI画像

MRI画像はX線画像と違い、やや複雑である。X線画像の場合は、フィルム上の黒白および灰色に影響するのは、通過してくるX線の量だけであったが、MRI画像では画像を構成するための、物理的変数として主なもの2種類あり(T1とT2、詳細は専門的になりすぎるので省略)、T1を強調した画像(T1強調画像)、T2を強調した画像(T2強調画像)ではフィルム上の黒白が逆転することもあり、その点注意を要する。T1、T2それぞれの強調画像で、信号の強い部分は白っぽく、信号の弱い部分は黒っぽく、また信号の無い部分はフィルム上真っ黒に写る。画像は、これら黒と白を両極端としてその間を、得られた信号の強さに応じた明るさの灰色で構成される[25]。

今回MRI画像の原図にしたのは、T1強調画像と呼ばれるもので、頭蓋骨髄内の脂肪は白く、脳実質の灰白質(および大脳基底核)、白質の順でやや黒っぽくな

り、脳脊髄液は黒く写る。白い部分程信号強度が強いので、ドットのパターンは密度を濃くしてある。具体的には、フィルム上の最も白い部分をべた塗りで、最も黒い部分を模様なし(無地)で表し、その間の灰色を白に近いほど高密度のドットで表した(表1)。つまり、ドットのパターンの密度が濃い部分は、信号強度が強く、X線フィルム上では白く写るといふ、各画像に共通した理解がもたらされるようにした。

3.2.3. シンチグラム

シンチグラムは、放射性同位体からの線により画像ができる。放射性同位体の局所への集積が多い程、すなわち線が多い程フィルム上は黒く、少ない程白く写る[26]。この点は今までの撮影法とは逆である。そして、

線が多い程ドットのパターンは密度を濃くし、少ない程淡くしてある。すなわち、シンチグラムでは放射性同位体集積の高いところ程(フィルム上は黒っぽく見える)ドット密度を高くした(表1)。すなわち、高密度のドットパターンは、放射性同位体の集積が多く、X線フィルム上黒く写るといふ各画像に共通した理解がもたらされるようにした。

3.3. 全盲学生による触図の評価

1996年から2000年まで、筑波大学理療科教員養成施設及び筑波技術短期大学の全盲学生に触図を触らせながら、触図中の線やパターンが何を意味するかを5分間口頭で説明し、さらに説明後3分間自由に触図を触らせた。そして触図として描かれた臓器や組織の境界線の区別しやすさ、各臓器や組織をあらわしたドットによるパターンの分かりやすさ、およびその触図全体としての評価について、5段階による評価をさせた。各段階は、5が「大変よく分かる。」、4が、「よく分かる。」、3が、「ふつう。」、2が、「よく分からない。」、1が、「ほとんど分からない。」とした。対象とした図形は、頭部CT像、胃透視像、骨シンチグラムである。また、触図に対する自由な感想も求めた。

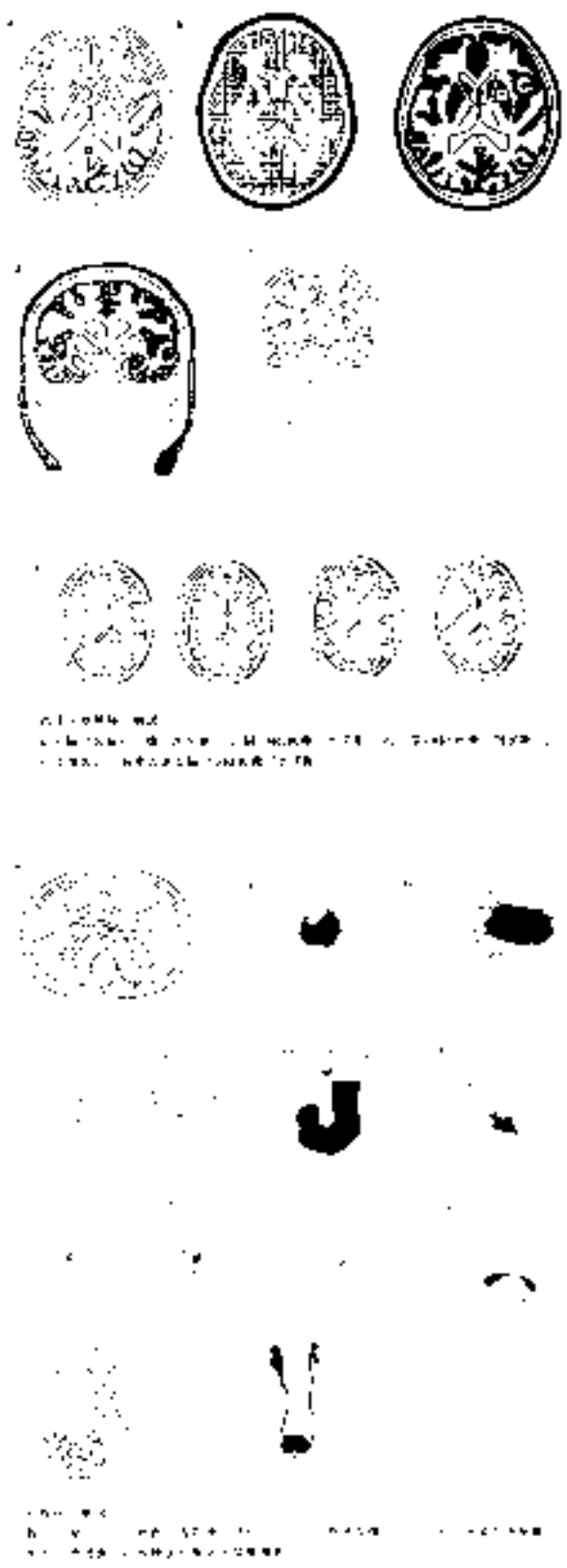
4. 結果

4.1. 触図

作製された触図用原図の一部を図3、図4に示す。これらの原図を立体コピー器にかけて最終的な触図とした。

4.2. 評価

評価についた3つの触図を図5に示す。結果は表2に示す。胃透視画像が線、パターン、全体の評価いずれにおいても、平均4.5と頭部CT画像や骨シンチグラムに比べて高い評価を得た。骨シンチグラム画像は、1996年度のみ評価である。触図に対して自由な感想を学生



に求めると、パターンについてはドットよりも斜線の方が分かりやすく、パターンの種類は3ないし4種類よりも多いとかえって分かりにくくなるというものが多かった。

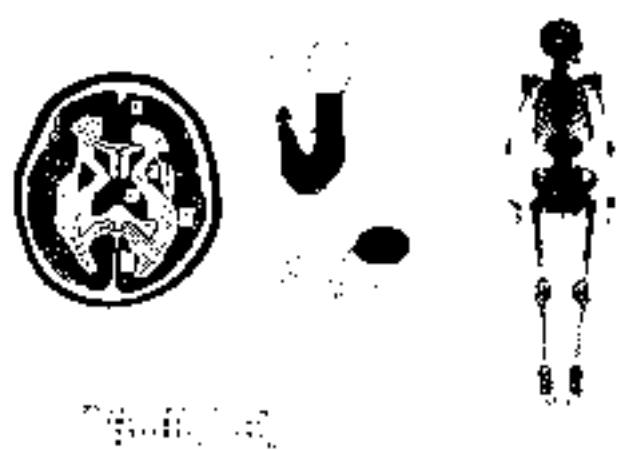


表2 触図の評価

評価段階	頭部CT画像			胃透視像			骨シンチグラム		
	線	パターン	全体	線	パターン	全体	線	パターン	全体
5	4			16	18	21	1	1	1
4	15	9	11	13	13	15	1	1	1
3	7	12	18	2	1	1	1	1	1
2	5	9	6				1	1	1
1	1								
平均	3.5	3.0	3.1	4.5	4.5	4.5	3.5	3.5	3.5

5. 考察

5.1. 画像編集原則について

本研究では、各撮影法で撮影されたX線フィルム上の画像を、各撮影法の原理や特徴と関連付けながら、触図用原図に編集してみた。その理由として、まず、原理が全く異なった撮影方法が何種類もあり、撮影方法毎に触図を理解する上での約束ごとを示した方が触図を作製する側のみならず利用する側にとっても理解しやすいと考えられたこと、また画像診断は人体のあらゆる部位が対象になるため、ひとつの撮影方法によっても多種類、多数の画像ができるため、個々の画像毎にそれぞれ異なったやり方で触図を作製することは、実際的でないということがあげられる。

本研究では、触図作製側からは、フィルム上の白黒とできるだけ関連させた方が作りやすいと考え、白い程度ドットのパターンは密度を濃くし、黒い程度淡くしてみた。ただし、核医学的検査は逆にした。MRI画像については、画像の濃淡を直接左右する物理量が多い程度フィルム上白く写り、少ない程度黒く写る。シンチグラムはこの逆であるが、両方ともにフィルム上の濃淡を直接左右する

物理量の多寡とドットパターンの密度をできるだけ関連させた方が触図を理解しやすいと考え、この物理量が多い程ドットのパターンは密度を濃くし、少ない程淡くした。しかしながら、X線撮影ではむしろフィルムに到達するX線の量が少ない程、ドットパターンは密度を濃くしてみた。その理由は、もしフィルムに到達するX線の量が少ない程、ドットパターンの密度を薄くした場合、触ってみてボリューム感がある（盛り上がっている）ところは、空気や脂肪等の密度が小さい部分であり、むしろ違和感があると考えられたからである。このように触図を作製する側からは、フィルム上の濃淡を常に一定の規則で、ドット密度に反映させた方が作りやすいと考えられるが、学習する側にとっては、元の画像の濃淡が分からないので、むしろ撮影対象の各部位の密度や、画像に濃淡を直接与える物理量の多寡と、ドットの密度が関連していた方が、撮影の原理や各撮影法の特徴を理解する上では、分かりやすいと考えられる。いずれにしても結果としてこれらのパターンは、フィルムの濃淡に影響を与える物理量と関連付けられることになる。

触図に触れて画像を理解するときに、図そのものが触って理解できないほど複雑であれば、全盲学生にとっては役立たない。しかしながら、ここでの目的は学生に画像診断させることではなくて、あくまでも画像診断領域の医用画像を理解してもらうことであるので、無謀をかえりみず敢えて図の一部は簡略化してみた。そのために、異なる臓器、組織、病変にはそれぞれ異なるパターン（網掛け、斜線、ドット模様等）を当てている。このパターンの種類が多すぎると理解に時間がかかりすぎたり、各パターン同士の区別が付きにくいと思われる[27]。教室で学生に触図を触らせて、印象を聞いた結果、大体3、4種類のパターンが適当ではないかと考え、本研究でもそれに従った。

5.2. 触察の評価について

今回は最終的な学習効果の評価と言うところまでは行かなかったが、触察上の評価について検討してみたい。胃透視像は、線、パターン、全体のにいずれの項目でも他の画像に比べて高い評価を得たが、これは思い切った画像の簡略化とパターンを2種類に絞ったことが効いていると考えられる。シンチグラムは、他の撮影方法と比べると空間分解能が低いため、簡略化という点からは触図にしやすかったが、評価はばらついた。シンチグラムの触図は、境界線がなくドット模様のみであり、触察能力の個人差が出やすかったのかもしれない。脳の断層面を描出する頭部CT像は、触図としては理解しやすいと考えられたが、触図作製側が期待しよりはやや低い評価を得た。これは、若干図が複雑すぎたことと頭部の断面

構造についての知識あるいは一般に断面というものを全盲学生がどのように捉えているかということにも関連しているものと考えられる。

胸部や腹部の単純X線写真では臓器が1枚のフィルム上に重なり合う、すなわち2次元のフィルム上に、3次元構造を表現しているため、触図としては他の画像よりも臓器や病変の前後の位置関係が理解しにくいと思われる。したがって、今回は敢えて触図化しなかったが、今後の重要な課題と考えている。

実際の教育現場での医用画像の触図に対する評価・検討はまだ十分とは言えないが、いくつか示唆に富む反応が得られている。ごく限られた範囲の評価ではあるが、斜線による3ないし4種類のパターン、実線による円や楕円等の比較的単純な図形の境界が、触図として分かりやすいのではないかと思われた。触図の工夫や評価についてはまだ残された課題は多いが、今後も継続していきたいと考えている。

6. まとめ

医用画像について触図用原図を試作した。その際に、作製しやすさ及び利用しやすさを考慮して画像編集の原則を明確化した。触図を必要とする学生数は全体の中では少ないため、その評価についてはまだ固まってはいるが、今回作製した触図の触察上の分かりやすさについては肯定的な傾向がみられた。

7. 謝辞

本研究において多大なるご教示、御協力をいただきました筑波技術短期大学鍼灸学科の伊藤隆造教授に深謝いたします。

文献

- 1) 吉田次男：全盲学生に対する画像診断教育.筑波技術短期大学テクノレポート 1: 140-142,1994.
- 2) 吉田次男、大武信之:全盲学生のための医用画像情報領域の触図作製の試み. - X線画像、MRI画像、超音波断層像、シンチグラムを触図に - .電子情報通信学会技術研究報告 198(35): 1-8, 1998.
- 3) 吉田次男:全盲学生に対する画像診断教育.障害学生の高等教育国際会議要約集,1993.
- 4) 触察解剖図研究会:触察解剖図1、桜雲会、東京、1986.
- 5) 触察解剖図研究会:触察解剖図2、桜雲会、東京、1988.
- 6) 触察解剖図研究会:触察解剖図3、桜雲会、東京、1989.

- 7) 触察図譜研究会:触察図譜シリーズ1生理学、会桜雲会、東京、1991.
- 8) 触察図譜研究会:触察図譜シリーズ2病理学、桜雲会、東京、1993.
- 9) 触察図譜研究会:触察図譜シリーズ3臨床医学総論、桜雲会、東京、1994.
- 10) Roentgen, W.C.:Uber eine neue Art von Strahlen. Sitzung Physikal-Medi-cin Gesellschaft 137, 132-141, 1895.
- 11) Kikuchi, Y.,Tanaka, K.,Wagai, T., and Uchida, R.:Early cancer diagnosis through ultrasonics.J. Acoust.Soc.Am 29(7): 824, 1957.
- 12) Lauterber, P.C.:Image formation by induced local interactions;Example employing NMR.Nature 242, 190-191, 1973.
- 13) Anger, H.O.,Mortimer, R.K. and Tobias, C.A.: Visualization of gamma-ray emitting isotopes in the human body.Proc.Paceful Uses of Atom.Energ. 14, .204-208, 1956.
- 14) 小山和行,戸邊公子,鈴木捷三:パソコンによるPACS運用.新医療 2(9): 58-62, 1995.
- 15) 久保田元,長基雅司:新しい画像診断法 PACS.画像, 12(2): 222-231, 1996.
- 16) 大山永昭:PACSの最近の動向 医用画像の電子保存と今後の医療情報システム.MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY 13(6): 804-808, 1995.
- 17) 山下孝:消化器.片山仁(編),放射線医学,文光堂, 1992.
- 18) 宮川正:総論.X線診断学,文光堂, 1982.
- 19) Hounsfield, G.N.:Computerized transverse axial scanning(tomography) .Part 1:Description of System.Br.J. Radi-ol. 46: 1016-1022, 1973.
- 20) 宮川正:総論.X線診断学,文光堂, 30-32, 1982.
- 21) 白壁彦夫、熊倉賢二:対称性胃潰瘍のX線診断について.臨放 1, 535, 1957.
- 22) 白壁彦夫:所謂前癌状態の診断の可能性.臨内小 122, .431, 1957.
- 23) 白壁彦夫, 斎藤達雄他:胃腸診断のコツ.臨放 4: 54, 1959.
- 24) 石川徹 :消化器.片山仁(編),放射線医学,文光堂, 1992.
- 25) 荒木力:MRIの基礎.大澤忠,多田信平(編),臨床MRI入門,秀潤社, 1989.
- 26) 大竹久:核医学総論.高橋睦正(編),必修放射線医学,南江堂, 1984.
- 27) 岩井恵,上田正一他:教材(立体コピー)の研究.筑波

A Trial of Making Tactile Charts by Using a Personal Computer in the Education of Medicine for Blind Students

Tsuguo YOSHIDA ¹⁾, Nobuyuki OHTAKE ²⁾ & Shouichi UEDA ³⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Tsukuba College of Technology

²⁾ Research Center on Educational Media, Division for the Visually Impaired, Tsukuba College of Technology

³⁾ Department of Acupuncture/Moxibustion, Tsukuba College of Technology

Abstract: Clinical medicine is mandatory for students who are learning acupuncture or physical therapy, but this entails numerous pictures and photographs for diagnostic imaging. Tactile charts were made to help totally blind students to understand about diagnostic imaging. Medical images made by x-rays, ultrasound, MRI and radionuclide imaging are formed on gray-scale x-ray films. In this study we investigated editing rules to simplify original images made by x-rays and radionuclide imaging according to the respective method of diagnostic imaging and to convert them into tactile charts to help totally blind students to better understand clinical medicine. Some of these tactile charts have been evaluated.

Key Words: Tactile chart, Medical image, Diagnostic imaging, X-ray