原 著

頭部CT画像の脳実質写真濃度に関する視覚的印象
—視覚的主観評価による錯視現象の検証—

辺見秀一

国民健康保険福島県泉崎村立病院放射線部

論文受付
2001年12月28日論文受理
2002年8月6日Code Nos. 251
522

緒 言

錯視現象とは、視覚における錯覚のことで、既に色彩心理学や知覚心理学の分野で数多くの現象が発見されている^{1~6)}。医用画像の分野においても、医用画像の枠の辺縁部の形状の違いが濃度、コントラスト、粒状性見え方に影響を及ぼしていることが錯視現象として知られている⁷⁾。

錯視現象のなかで医用画像の読影診断(視覚評価)において関連性の深いものとして、「同化および対比の錯視^{8~13)}」が考えられる。これには、明るさや色の対比錯視、図形の大きさの対比錯視などがあり、更に「枠の効果^{11, 14)}」, 「窓枠の効果¹²⁾」などもまたその範疇に含まれる。

医用画像の写真濃度についての心理学的相対的な感

Visual Impression of Photographic Density of the Brain in Head CT Images:
Verificaton of Optical Illusion by Visual Subjective Evaluation of Medical Images

SHUICH HENMI

Department of Radiology, The National Health Insurance Izumizaki Public Hospital, Fukushima Prefecture

Received Dec. 28, 2001; Revision accepted Aug. 6, 2002; Code Nos. 251, 522

Summary

The purpose of this study was to clarify the psychological influence of optical illusion on the photographic density of the brain in head CT images. In this study, I attempted to compare the visual impression of photographic density of the brain using visual subjective evaluation according to observers and cases. The results showed that the visual impression of photographic density of the brain at cerebellar CT depended upon the mode of appearance of the optical illusion (assimilation, contrast, picture frame effect, etc.). In addition, that impression varied according to differences in cases (difference of picture pattern) and observers. Further, it was clarified that the optical illusion had been observed according to individual differences among observers. Moreover, cases could be divided into two main classes. Some cases were recognized as a kind of outline figure (the white skull was recognized as an induction color, and the brain as a non-induction color) with assimilation, and consequently the brain seemed whitish. In other cases (the white skull was not recognized as an induction color) in which there was no assimilation, the brain did not seem whitish. This was considered to have occurred because the degree of influence of the skull on the visual impression of the photographic density of the brain had changed according to differences in cases.

Key words: Assimilation, Contrast, Head computed tomography (CT) image, Photographic density of the brain, Visual impression

別刷資料請求先: 〒969-0101 福島県西白河郡泉崎村大字泉崎字山ヶ入56
国民健康保険福島県泉崎村立病院 放射線部 辺見秀一 宛

覚値と物理学的絶対的な測定値との関係を撮影部位およびモダリティごとに解明するためには、錯視現象に関する観察者の視覚特性の研究が重要であろう。

以前著者は、頭部CT(computed tomography)画像の読影診断の際、「枠の効果」と呼ばれる錯視現象が生じるために、脳実質写真濃度の見え方(視覚的印象)が頭蓋骨の色、背景の色、フレーム枠の色、被写体の大きさ、図柄の違いなどの影響を受けていると報告した¹⁴⁾。頭部CT画像が錯視図形としての性質を有している画像の一つであることが明らかになった報告ともいえよう。

さて、頭部CT検査は、脳梗塞、脳出血、くも膜下出血、脳腫瘍など頭蓋内疾患のすべてが適応となり、病変の局在診断、質的診断に役立つ有効な検査法である。CT所見自体は、図柄が多種多様にわたるが、疾患に必ずしも特異的なものではないことが知られている¹⁵⁾。

また、頭部CT画像の撮影およびハードコピー像の作成はおもに放射線技師(もしくは放射線科医)によって行われ、その読影診断は放射線科医のみならず外科医や内科医など専門分野の異なる多くの医師(観察者)によってなされているのが実状であろう。

そこで今回、観察者個々および症例個々の違いによって頭部CT画像の脳実質写真濃度の見え方に変化が生じるのか、それは同化、対比、枠の効果といった観察者の錯視現象の現れ方が異なるためなのか、更に頭蓋骨が脳実質写真濃度の見え方に及ぼす影響の度合いは症例の違いに依存しているのかを解明するために、パーソナルコンピュータ(以下、パソコン)と画像処理ソフトで作成した画像を視覚的主観評価によって比較検討し、錯視現象の現れ方と写真濃度の視覚的印象の関連性について考察した。

本報告の目的は、脳梗塞や脳出血などの症例を含んだ頭部CT画像における脳実質写真濃度の見え方を専門分野の異なる観察者による視覚的主観評価で検討し、錯視現象が写真濃度に与える影響を知覚心理学的に解明することにある。

1. 方 法

1-1 使用機材

パソコン：Macintosh Performa 5210
(アップルコンピュータ株式会社製)
スキャナ：GT-8500ART
(セイコーエプソン株式会社製)
プリンタ：MJ-800C
(セイコーエプソン株式会社製)
アプリケーションソフト：Photoshop LE-J
(アドビシステムズ株式会社製)
CTスキャナ：TCT-300

(東芝メディカル株式会社製)

マルチカメラ：CTI-05A

(東芝メディカル株式会社製)

1-2 サンプル画像の作成

(1)小脳レベルの頭部CT画像(OMラインより頭頂部へ約40~50mm上の10mm厚のスライス像)をスキャナを介してパソコンに入力した。サンプル画像に用いた症例の内訳は、脳梗塞[3]、出血性梗塞[1]、脳出血[2]、くも膜下出血[3]の計9例であり、すべて適正な表示条件(ウインド値、ウインド幅)で表示されているものである。

前報¹⁴⁾では、フレーム枠として白枠と黒枠の2種類に大別したが、マルチカメラからレーザーイメージャへの移行が進むなか、白枠の画像を目にする機会が減少していることを考慮し、フレーム枠に関して白枠と黒枠の二つに分類することは割愛した。

(2)頭蓋骨および背景を一つの枠と考え、オリジナルの画像[A]に対して三つの画像[B]、[C]、[D]を画像処理ソフトを使用してパソコン上で作成し、おのおの1枚ずつB5用紙に120%に拡大して横に印刷した。四つの画像の分類は前報¹⁴⁾と同様、[A]はオリジナルの画像で背景が黒、頭蓋骨が白、[B]は背景が黒で、頭蓋骨も黒、[C]は背景が白で、頭蓋骨も白、[D]は背景が白で、頭蓋骨が黒とした。

印刷の際、画像全体を灰色の用紙の上に置いて比較観察している状況を想定し画像全体を灰色の枠で取り囲んだが、これは用紙の白色の影響を減らす目的も兼ねている。

このように[A]というオリジナルの画像に対して相対する画像を3種類ずつ作成した。なお、いずれの画像も脳実質写真濃度は同一である。更に、画像処理の関係上、頭皮と白枠の一部分がわずかに輪郭となって描出されているものもあるが、これはそのまま残した。しかし、グレースケール、検査日時、文字データなどはすべて消去することにした。

また、スキャナ、パソコン、アプリケーションソフト、プリンタの4者を脳実質写真濃度およびコントラストがより忠実に印刷されるように設定したため、結果としてCT画像の背景の濃度が多少薄めになっている。

1-3 視覚的主観評価

1-3-1 視覚的主観評価 1

医師3名(外科医【Dr.Su】:1, 小児科医【Dr.Pe】:1, 心臓血管外科医【Dr.He】:1), 放射線技師【Rt.Co】1名の計4名で、先ほど作成した画像[A]、[B]、[C]、[D]から2個ずつ任意に選択した画像を九つの各症例

ごとに脳実質写真濃度の見え方について比較観察した¹⁶⁻²⁰⁾。その数は1症例あたり $4C_2$ 通り(6通り)であり、観察者1名あたり比較するのは $4C_2$ (通り) $\times 9$ (症例)=54(通り)である。

観察時間および観察距離は任意とし、二つのサンプル画像に対して特別にライトは照射しなかった(実際にはどの観察者も観察距離は40~50cm程度であった)。

なお、評価は午前11時から午後2時にかけて行い、1回に2症例までとし次の評価は画像に眼が慣れてしまうのを避けるために、そして四つの画像の分類の意味が把握されないがために1週間以上間隔を空けた。

評点の与え方は、二つのサンプル[A]と[B]を比較したとき、「[A]が明らかに[B]よりも白っぽく感じられる」+2点、「[A]が[B]よりもやや白っぽく感じられる」+1点、「[A]と[B]はほぼ同じ」0点、「[A]が[B]よりもやや黒っぽく感じられる」-1点、「[A]が明らかに[B]よりも黒っぽく感じられる」-2点の5段階評定法を採用した。

このように2枚の画像を一つのペアにして評点を与え、それぞれの観察者の評点結果の合計と標準偏差を導いた(上記の場合、[A][B]の評点が得られるが、[B][A]とした場合、[A][B]の評点の符号が反対になる)。

更に、その結果に対して危険率5%で一標本符号検定法を行った。

次に一元配置分散分析法とシェッフェの方法による多重比較検定法を用いて、6通りの組み合わせごとに観察者個々の見え方の違い、および[A]に対する[B]、[C]、[D]の見え方の違いすなわち、[A][B]、[A][C]、[A][D]の3群間の見え方の違いを4人の観察者ごとに統計学的検討を加えた。

1-3-2 視覚的主観評価2

医師7名(外科医【Dr.Su1-4】:4, 小児科医【Dr.Pe】:1, 心臓血管外科医【Dr.He】:1, 形成外科医【Dr.PI】:1), 放射線技師【Rt.Co】1名の計8名で脳梗塞[2], 脳出血[1], くも膜下出血[1]の四つの症例をそれぞれ四つの画像[A], [B], [C], [D]から2個ずつ任意に選択して5段階のスコアで脳実質写真濃度の見え方を評価した。実験方法および評点の与え方は視覚的主観評価1と同じである。

次に一元配置分散分析法およびシェッフェの方法による多重比較検定法を用いて、視覚的主観評価1と同様に[A][B], [A][C], [A][D]の3群間の見え方の違いを四つの症例ごとに統計学的検討を加えた。

Table 1に視覚的主観評価1, 2で使用したサンプル画像に用いた症例の疾患名および観察者の人数を示

Table 1 Names of the diseases of sample images used for visual subjective evaluation in this study, and the number of observers.

Case	Disease	Visual subjective evaluation	
		No.1	No.2
1	Subarachnoidal hemorrhage/serious case	◎	◎
2	Subarachnoidal hemorrhage	◎	◎
3	Cerebral infarction/serious case	◎	◎
4	Cerebral infarction/mild case	◎	◎
5	Cerebral infarction/mild case	◎	
6	Cerebral hemorrhage/serious case	◎	
7	Cerebral hemorrhage/serious case	◎	◎
8	Hemorrhagic infarction/serious case	◎	
9	Subarachnoidal hemorrhage	◎	
The number of observers		4	8

す。二重丸印(◎)がそれぞれの評価に使用したサンプル画像である。

2. 結果

2-1 視覚的主観評価1

4名の観察者によって九つの症例を比較観察して得られた評点の合計と一標本符号検定法によるp値をTable 2に示す。

統計学的に有意差の認められた組み合わせは、放射線技師(以下, 【Rt.Co】)の[A][C], [A][D], [B][C], [B][D], 外科医(以下, 【Dr.Su】)の[A][C], [A][D], [B][C], [B][D], 小児科医(以下, 【Dr.Pe】)の[A][D], [B][C], [B][D], 心臓血管外科医(以下, 【Dr.He】)の[A][B], [A][C], [A][D], [B][C], [C][D]であった。なお, 【Dr.Pe】の[A][C]に関しても同様にばらつきの少ない傾向が認められた。

6通りの組み合わせごとに4人の観察者個人個人の見え方を一元配置分散分析法によって検定した結果、有意差の認められた組み合わせは次のとおり。

[A][B]では, 【Rt.Co】と【Dr.Su】間, 【Rt.Co】と【Dr.He】間, [A][C]では, 【Rt.Co】と【Dr.He】間, 【Dr.Su】と【Dr.He】間, 【Dr.Pe】と【Dr.He】間, [B][C]では, 【Rt.Co】と【Dr.Su】間, 【Rt.Co】と【Dr.He】間, 【Dr.Su】と【Dr.He】間, 【Dr.Pe】と【Dr.He】間, [B][D]では, 【Rt.Co】と【Dr.He】間, 【Dr.Su】と【Dr.He】間, 【Dr.Pe】と【Dr.He】間, [C][D]では, 【Rt.Co】と【Dr.He】間であった。

次に[A][B], [A][C], [A][D]の3群間の評点の平均値および標準偏差をFig.1(a)に示す。このグラフは、グラフ上(+)側では[A]より他方が白っぽく、グ

ラフ上(-)側では[A]より他方が黒っぽく見えていることを意味する。同様に[B][A], [B][C], [B][D]の3群間の評点の平均値および標準偏差をFig.1(b)に示す。

また, [A]に対する[B], [C], [D]の見え方の違い, すなわち[A][B], [A][C], [A][D]の3群間についての観察者個々の比較で一元配置分散分析法の結果, 有意差の認められた組み合わせは, 【Rt.Co】の[A][B]と[A][C]間, [A][B]と[A][D]間, 【Dr.He】の[A][B]と[A][C]間, [A][B]と[A][D]間であった。

2-2 視覚的主観評価 2

8名の観察者によって四つの症例を比較観察して得られた評点の合計と一標本符号検定法によるp値をTable 3に, 6通りの組み合わせのなかで[A][B]および[B][C]に関する観察者個々の評点とその合計ならびに一標本符号検定法によるp値をそれぞれTable 4, Table 5に示す。

統計学的に有意差の認められた組み合わせは, くも膜下出血(症例1)の[A][D], 脳出血(症例7)の[A][D], 脳梗塞1(症例3/重症)の[C][D], 脳梗塞2(症例4/軽症)の[A][D]であった。なお, くも膜下出血(症例1)の[A][B], [B][D]および脳梗塞2(症例4/軽症)の[A][B]についてもばらつきの少ない傾向があった。

次に, [A][B], [A][C], [A][D]の3群間について症例ごとに評点の平均値および標準偏差をFig. 2に示す。

[A][B], [A][C], [A][D]の3群間について四つの症例ごとに一元配置分散分析法を行った結果, くも膜下出血(症例1)において[A][B]と[A][C]間, [A][C]と[A][D]間の二つの組み合わせで有意差が認められた。また, 脳梗塞2(症例4/軽症)において[A][C]と[A][D]間で有意差は認められていないが, 見え方に違いの傾向があった。

3. 考 察

3-1 観察者の違い

まず着目すべき点として, 有意差の認められた[A][C]と[B][C]の二つで観察者の1名の符号が逆になっていることである(Table 2, Fig. 1)。これは, [A][C]と[B][C]の場合, 観察者の1名は他の3名とは別の方を白っぽいと感じていることを意味する。

次に着目すべき点として, [A][D]の見え方では4名の観察者全員が符号がプラス(+), すなわち「[A]が[D]よりも白っぽい」に有意差が認められていることが挙げられる。これは, 一元配置分散分析法の結果でも

Table 2 Total score obtained by visual subjective evaluation No. 1 and probability values (p-value) obtained by one sample sign test from the results of the evaluation. Numerical value in parentheses shows total score.

	Observer			
	Rt.Co	Dr.Su	Dr.Pe	Dr.He
AB	0.1797 (-5)	0.1797 (5)	0.375 (3)	0.0039 (9)
AC	0.0156 (9)	0.0391 (7)	0.0625 (6)	0.0039 (-9)
AD	0.0039 (13)	0.0039 (9)	0.0156 (8)	0.0391 (7)
BC	0.0039 (16)	0.0039 (9)	0.0039 (13)	0.0078 (-8)
BD	0.0391 (7)	0.0039 (9)	0.0156 (9)	0.375 (-3)
CD	0.375 (-3)	0.1797 (5)	>.9999 (1)	0.0039 (9)

Probability values (Total scores)

Fig. 1 Means and standard deviation (SD) of the scores obtained by visual subjective evaluation No. 1. Dr. He: Heart surgeon
Dr. Pe: Pediatrician
Dr. Su: Surgeon
Rt. Co: Radiological technologist
(a): Comparison between three categories ([A] [B], [A] [C] and [A] [D]).
(b): Comparison between three categories ([B] [A], [B] [C] and [B] [D]).

[A][D]の見え方に有意差は認められていないことから明らかである(なお, [A][D]以外の見え方では, 観察者間に有意差が認められている)。症例の違いによらず, 観察者の違いによらず一定の見え方がなされ

Table 3 Total score obtained by visual subjective evaluation No. 2 and probability values (p-value) obtained by the one-sample sign test from the results of evaluation. Numerical value in parentheses shows total score.

	Case			
	Subarach-noidal hemorrhage	Cerebral hemorrhage	Cerebral infarction 1	Cerebral infarction 2
	[case1]	[case7]	[case3]	[case4]
AB	0.0703 (6)	0.7266 (2)	>.9999 (0)	0.0703 (6)
AC	0.4531 (-1)	0.4531 (4)	0.6875 (2)	>.9999 (1)
AD	0.0078 (8)	0.0078 (8)	0.2891 (5)	0.0156 (8)
BC	0.7266 (4)	0.2891 (6)	0.7266 (3)	>.9999 (1)
BD	0.0625 (5)	0.1250 (7)	0.375 (3)	0.2188 (5)
CD	>.9999 (0)	0.7266 (2)	0.0156 (7)	0.1250 (5)

Probability values (Total scores)

Table 4 Individual score and total score of each observer between [A] and [B] by visual subjective evaluation No. 2, and probability values (p-value) obtained by the one-sample sign test.

AB	Observer								P	T
	Rt.Co	Dr.Pe	Dr.Su1	Dr.Su2	Dr.Su3	Dr.Su4	Dr.He	Dr.PI		
Subarach-noidal hemorrhage [case1]	1	1	1	1	-1	1	1	1	0.0703	6
Cerebral hemorrhage [case7]	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	0.7266	2
Cerebral infarction 1 [case3]	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	>.9999	0
Cerebral infarction 2 [case4]	-1	1	1	1	1	1	1	1	0.0703	6

P: probability values T: total scores

Table 5 Individual score and total score of each observer between [B] and [C] by visual subjective evaluation No. 2, and probability values (p-value) obtained by the one-sample sign test.

BC	Observer								P	T
	Rt.Co	Dr.Pe	Dr.Su1	Dr.Su2	Dr.Su3	Dr.Su4	Dr.He	Dr.PI		
Subarach-noidal hemorrhage [case1]	2	2	1	-1	1	1	-1	-1	0.7266	4
Cerebral hemorrhage [case7]	2	2	1	1	1	1	-1	-1	0.2891	6
Cerebral infarction 1 [case3]	2	1	1	1	1	-1	-1	-1	0.7266	3
Cerebral infarction 2 [case4]	2	2	1	0	-1	-1	-1	-1	>.9999	1

P: probability values T: total scores

ていることを意味する。

視覚的主観評価1において一標本符号検定法で有意差の認められた組み合わせは、[A][C]、[B][C]の見え方のように、観察者の違いによって見え方が反対になる場合と、[A][D]の見え方のように、症例の違いによらず、観察者の違いによらず一定の見え方がなされる場合があることが検証できた。更に、[A][B]、[B][D]、[C][D]の見え方のように、特定の観察者のみにおいて症例の違いによらず一定の見え方がなされるため、有意差の認められた場合と症例の違いによって観察者個人個人の見え方が変化するため有意差の認められない場合とがあることも検証できた。

また、観察者の違いによって有意差の生じた組み合わせが異なっていることが、一元配置分散分析法の結果でも明らかである。

Fig. 3は、脳出血の症例(症例7)で[B]と[C]を比較しているものである。

この[B][C]の場合、観察者の3名は符号がプラス(+)であるので、「[B]が[C]よりも白っぽい」と評価している。

一般に明るさの対比は周囲が明るいために暗い部分がますます暗く感じられるのが原因である(周囲が暗いと明るい部分がますます明るく感じられるのが原因ではない)ことが知られている⁵⁾が、観察者の3名は[C]の画像で背景の幅を太いと認識するので枠の効果が成立し、背景の色と対比になると判断しているため、[C]の画像が黒っぽく見え、結果として「[B]が[C]よりも白っぽく見える」と考えられる。

それに対し、観察者の1名は符号がマイナス(-)であるので、「[B]が[C]よりも黒っぽい」と評価していることになる。これは、[C]の画像で脳実質が背景の色と対比になるとは判断されず、むしろ[B]と[C]の両方の画像で背景の色と同化になると判断しているためではないかと考えられる。特に[C]の脳実質の辺縁がシャープでなく、脳出血による影響でややボケていることも同化を引き起こさせる要因となっているのかもしれない。ただし、この症例に限らず別の症例でも観察者の1名は、同様の見え方を呈しているので、脳実質の辺縁部の形状の相違で説明がつかない場合も存在する。

視覚的主観評価1の[B][C]の見え方では、符号がマイナス(-)、すなわち背景の色と同化になると判断している観察者は、心臓血管外科医[Dr.He]であったが、一元配置分散分析法の結果でも、この観察者与其他の3人の観察者間の[B][C]の見え方に有意差が認められている。一方、視覚的主観評価2の[B][C]の見え方では、この心臓血管外科医[Dr.He]の他に、形成外科医[Dr.PI]も同様に、符号がマイナス(-)、すなわ

Fig. 2 Means and standard deviation (SD) of the scores obtained by visual subjective evaluation No. 2.

Case 1: Subarachnoid hemorrhage

Case 3: Cerebral infarction (serious case)

Case 4: Cerebral infarction (mild case)

Case 7: Cerebral hemorrhage (serious case)

ち背景の色と同化になると判断している (Table 5)。

では、なぜ[B]と[C]を比較すると、背景の色と対比とみる観察者と同化とみる観察者とが存在するのであろうか。同一の頭部CT画像の脳実質写真濃度の見え方において、同化になるのか、対比になるのか、枠の効果が成立するのかといった錯視現象の現れ方に個人差が生じるのはなぜであろうか。

さて、注意深く画像を凝視してみると、その見え方に色彩的特性と照明的特性との二つの特徴が現象的に起きることが視覚的印象における二重性の問題として知られている。この場合、前者としての見え方では同化的現象を、後者としての観察視点では対比的効果を知覚するようになる¹³⁾。

また、画像を観察する際、まず全体的に見るのか、あるいは部分的に拘りながら見るのか、でも見え方が異なってくることも知られている。この場合、前者であれば図として体制化され同化になり、後者であれば対比になるのである^{12, 13)}。

このように同一の画像を観察しても、観察者には同化と対比の両方の見え方が起こり得るのである。これは、頭部CT画像の脳実質写真濃度の見え方にも当てはまるものと思われる。したがって、[B]と[C]を比較すると背景の色と同化とみる観察者と対比とみる観察者の両者が存在する理由として、

- (i) 色彩的特性と照明的特性の両者の見え方(視覚的印象)が起こること、
 - (ii) 画像を認識する際の観察の仕方(全体的に見るのか、部分的に拘りながら見るのか)に個人個人で違いがあること、
 - (iii) 同化と対比とが入れ換わるポイントが個人個人で異なること、
- などが考えられる。

Fig. 3 Comparison between [B] and [C] for cerebellar CT images: case No. 7, cerebral hemorrhage (serious case).

3-2 症例の違い

視覚的主観評価2において一標本符号検定法の結果, 着目すべき点として, [A][D]の見え方で脳梗塞1(症例3/重症)以外の三つの症例で「[A]が[D]よりも白っぽく見える」に, [C][D]の見え方では, その脳梗塞1(症例3/重症)で「[C]が[D]よりも白っぽく見える」に有意差が認められたこと, 更に[A][B]の見え方では, くも膜下出血(症例1)と脳梗塞2(症例4/軽症)の症例で「[A]が[B]よりも白っぽく見える」に, [B][D]の見え方では, くも膜下出血(症例1)で「[B]が[D]よりも白っぽく見える」に有意差は認められていないが, ばらつきの少ない傾向が認められたことが挙げられる。

これは, 観察者によってはある症例で他の観察者と異なる見え方を呈している場合もある(その場合, 有意差は認められにくくなる)ので, 一概には断言できないが, 少なくとも有意差の認められたものについては, 観察者の違いによらず症例の違いによって脳実質写真濃度見え方に差が生じているといえる。

また, 広範囲に及んでいる脳梗塞1(症例3/重症)と小領域に限局している脳梗塞2(症例4/軽症)とでは, 有意差の生じた組み合わせが異なっている(Table 3). 梗塞が起こっている領域(X線低吸収域)が, どの程度なのか—広範囲に及んでいるのか, 小領域に限局しているのか, CT画像上の図柄の違いによって同じ脳梗塞でも脳実質写真濃度見え方が変わっているといえる。

一元配置分散分析法の結果, くも膜下出血(症例1)では, [A]に対する[B]と[C]の見え方および[A]に対する[C]と[D]の見え方に有意差が認められ, 脳梗塞2(症例4/軽症)では, [A]に対する[C]と[D]の見え方に違いの傾向が認められている。

このことから, 症例によっては, [A]に対する[B]と[C]の見え方および[A]に対する[C]と[D]の見え方に有意差が認められる場合と, 有意差が認められない場合とがあることが明らかになった。オリジナルの画像[A]と比較した場合, 症例の違いによって脳実質写真濃度見え方が変化することが分散分析法でも検証できたといえよう。したがって, 脳実質写真濃度見え方が症例の違いで変わるので, どの症例でも常に同一表示条件(ウインド値, ウインド幅)でハードコピー像を作成するのではなく, 脳実質写真濃度の視覚的印象の立場から症例ごとに表示条件(特にウインド値の上げ下げ)を変えるべきと思われる。今後の検討課題としたい。

さて, 視覚的主観評価1では4名の観察者個々の見え方は症例の違いに左右されるのか, 視覚的主観評価2では四つの症例個々の見え方は観察者の違いに左右されるのかを前者は九つの症例のデータを, 後者は8名の観察者のデータをおのおの検証したことになる。症例のデータ, あるいは観察者のデータに特化したデータが含まれている可能性があるため, より正確なデータを得るために各専門分野ごとの観察者の人数, 症例の種類および数を増やしたうえで, 多元配置分散分析や多変量解析などの統計学的検定が必要であろう。

3-3 頭蓋骨の影響

頭部CT画像は, 色彩心理学的には被誘導色である脳実質が誘導色である白い頭蓋骨, もしくは黒い背景に囲まれた輪郭図形の一つとみなすこともできよう。ここでいう輪郭図形とは, 誘導色で被誘導色の周囲を囲んだ形態を指す。この場合, 誘導色の輪郭線が細いときは同化になり, 太くなれば対比へと移行すること

Fig. 4 Comparison between [A] and [B] for cerebellar CT images: case No. 4, cerebral infarction; No. 2 (mild case).

Fig. 5 Comparison between [A] and [B] for cerebellar CT images: case No. 3, cerebral infarction; No. 1 (serious case).

が知られているが、同化と対比における両色の面積比率の限界については明らかにされていない¹³⁾。

視覚的主観評価1の結果、[A][B]の見え方は、「[A]が[B]より白っぽく見える」に有意差の生じた観察者は4名中1名だった(Table 2)ことから、[A]と[B]を比較したとき、脳実質写真濃度の見え方は症例の違いの影響を受けているといえる。

更に、一元配置分散分析法の結果、[A][B]の見え方は放射線技師[Rt.Co]と外科医[Dr.Su]および放射線技師[Rt.Co]と心臓血管外科医[Dr.He]の2群間で有意差が認められている。これは、[A][B]の見え方は症例ごとに、観察者ごとに異なる場合があることを意味する。

Fig. 4は、脳梗塞2(症例4/軽症)の[A]と[B]を比較したものである。視覚的主観評価2の結果、「[A]の方が[B]よりも白っぽく見える」に有意差は認められていないものの、ばらつきの少ない傾向があった症例

である。一方、Fig. 5は、脳梗塞1(症例3/重症)の[A]と[B]を比較したもので、視覚的主観評価2の結果、有意差は認められなかった症例である。

8名の観察者による視覚的主観評価2で、観察者個々の評点を検討してみると、くも膜下出血(症例1)と脳梗塞2(症例4/軽症)は、それぞれ1名の観察者を除いて残り7名すべてが「[A]が[B]よりも白っぽく見える」と評価している。これは、白い頭蓋骨が細い白枠と認識され、誘導色となり枠の効果が成立し、その白に同化するためと説明できる。しかしながら、残りの脳出血(症例7)と脳梗塞1(症例3/重症)では、脳実質写真濃度の見え方にばらつきが生じて有意差は認められていない(Table 4)。

両者のCT画像の図柄上の特徴的な違いとして、脳実質の辺縁部の形状の相違(例：軽症の脳梗塞のように脳実質の辺縁部がシャープなもの、脳出血のように脳実質の辺縁部が出血の影響でややボケているもの)

および脳実質の図柄、特に黒化度の相違(例：梗塞部位が小領域に局限している軽症の脳梗塞、梗塞部位が広範囲に及んでいる重症の脳梗塞)などが挙げられよう。

このことから、頭部CT画像には白い頭蓋骨が細い白枠と認識されその影響を受け、脳実質写真濃度が白っぽく見える症例と、細い白枠と認識されず脳実質写真濃度が白っぽく見えていない症例の2種類に大別できる。したがって、一概に「小脳レベルにおける脳実質写真濃度は、頭蓋骨の白に同化し枠の効果が常に成立し、白っぽく見える」とは断言できないことが明らかになったといえる。これは、誘導色である白い頭蓋骨の脳実質写真濃度の見え方に与えている影響の割合が症例の違い(図柄の違い：①脳実質の辺縁部の形状の相違、②脳実質の図柄、特に黒化度の相違など)によって異なるために、その結果、被誘導色である脳実質写真濃度の見え方が変化して見えるものと説明できる。

4. 結 語

- (1) 頭部CT画像の小脳レベルにおける脳実質写真濃度の見え方は、同化、対比、枠の効果といった錯視現象の現れ方に依存し、症例の違い、観察者の違いによって異なることが検証できた。更に、その錯視現象の現れ方には観察者の個人差が認められた。
- (2) 頭部CT画像は白い頭蓋骨が誘導色、脳実質が被誘導色の輪郭図形の一種と認識され、同化が起こり脳実質が白っぽく見える症例と白い頭蓋骨が誘導色と認識されず脳実質が白っぽく見えていない症例の2種類に大別できた。これは、症例の違い(図柄の違い：①脳実質の辺縁部の形状の相違、②脳実質の図柄、特に黒化度の相違など)で誘導色である頭蓋骨の脳実質写真濃度の見え方に及ぼす影響の度合いが変わるためと思われる。

なお、本論文の一部は、第57回日本放射線技術学会総会学術大会(平成13年4月、神戸)において発表した。

参考文献

- 1) J.P. フリスビー著、村山久美子訳：シーイング 錯視—脳と心のメカニズム。誠信書房、東京、(1994)。
- 2) R.N. シェパード著、鈴木光太郎、芳賀康朗訳：視覚のトリック だまし絵が語るく見るくしくみ。新曜社、東京、(1999)。
- 3) 鈴木光太郎：入門編。基礎編。錯覚のワンダーランド。pp.1-42、関東出版社、東京、(1997)。
- 4) 太城敬良：見えているのに見えない不思議！ 逆さメガネの心理学。pp.9-62、河出書房新書、東京、(2000)。
- 5) 大山 正：色と明るさ。錯視。視覚心理学への招待—見えの世界へのアプローチ。pp.31-50, 117-146、サイエンス社、東京、(2000)。
- 6) リチャード.L. グレゴリー著、近藤倫明、中澤幸夫、三浦佳世訳：錯覚。脳と視覚—グレゴリーの視覚心理学—。pp.251-313、ブレーン出版株式会社、東京、(2001)。
- 7) 村上克巳、原口信次、杉本義弘、他：マスクの見え方の違いによる画像への影響。日放技学誌、47(8)、475-476、(1991)。
- 8) 川上元郎、児玉 晃、富家 直、他：色彩の心理・生理—色覚(三星宗雄、長谷川 敬)。色彩の事典。pp.214-219、朝倉書店、東京、(1988)。
- 9) 応用物理学会光学懇話会編：色覚の生理(富家 直)。色の性質と技術。pp.35-41、朝倉書店、東京、(1988)。
- 10) 金子隆芳：ヘリングの心理学的色覚説。色彩の科学。pp.158-159、岩波書店、東京、(1988)。
- 11) 金子隆芳：明暗の視覚。色は色を呼び起こす。シュベールから印象派へ。色彩の心理学。pp.17-32, 49-56, 93-108、岩波書店、東京、(1990)。
- 12) 小町谷朝生、小町谷尚子：色彩。キュクロプスの窓—色と形はどう見えるか—。pp.121-149、日本出版サービス、東京、(1996)。
- 13) 雨宮政次：色彩の条件。図形の条件。形態の様式。色の錯覚 同化による視覚効果。pp.7-82、六耀社、東京、(2001)。
- 14) 辺見秀一：頭部CT画像における「枠の効果」の検証—頭部CT画像の脳実質写真濃度についての心理学的検討—。日放技学誌、56(7)、946-952、(2000)。
- 15) 片山 仁監修：頭部。X線CTのABC。pp.35-104、医学書院、東京、(2000)。
- 16) 佐藤 信：手法。官能検査入門。pp.80-91、日科技連出版社、東京、(1999)。
- 17) 佐藤 信：シェッフエの一対比較の原法。シェッフエの一対比較の芳賀変法。シェッフエの一対比較の浦変法。シェッフエの一対比較の中屋変法。統計的官能検査法。pp.231-270、日科技連出版社、東京、(1998)。
- 18) 大賀泰文、田畑洋二、辻本武士、他：X線写真の主観的評価法—Thurstoneの一対比較法による尺度化の試み。日放技学誌、45(7)、831-839、(1989)。
- 19) 田畑洋二、大賀泰文、角田充弘、他：X線写真の主観的評価法—主観的尺度値の信頼性—。日放技学誌、49(1)、12-17、(1993)。
- 20) 中前光弘、田畑洋二、大賀泰文、他：Schefféの一対比較法による主観的評価法。日放技学誌、52(11)、1561-1565、(1996)。

図表の説明

Fig. 1 視覚的主観評価No.1によって得られた評点の平均値と標準偏差.

Dr.He：心臓血管外科医

Dr.Pe：小児科医

Dr.Su：外科医

Rt.Co：診療放射線技師

(a)：[A][B], [A][C], [A][D] 3 群間の比較

(b)：[B][A], [B][C], [B][D] 3 群間の比較

Fig. 2 視覚的主観評価No.2によって得られた評点の平均値と標準偏差.

症例 1：くも膜下出血

症例 3：脳梗塞(重症)

症例 4：脳梗塞(軽症)

症例 7：脳出血(重症)

Fig. 3 小脳レベルにおける頭部CT画像の[B][C]間の比較：症例 7, 脳出血(重症)

Fig. 4 小脳レベルにおける頭部CT画像の[A][B]間の比較：症例 4, 脳梗塞No.2(軽症)

Fig. 5 小脳レベルにおける頭部CT画像の[A][B]間の比較：症例 3, 脳梗塞No.1(重症)

Table 1 この研究で視覚的主観評価に使用したサンプル画像の疾患名と観察者の人数.

Table 2 視覚的主観評価No.1によって得られた評点の合計とその評価の結果から一標本符号検定法によって得られたp値. カッコ内の数値は評点の合計である.

Table 3 視覚的主観評価No.2によって得られた評点の合計とその評価の結果から一標本符号検定法によって得られたp値. カッコ内の数値は評点の合計である.

Table 4 視覚的主観評価No.2によって得られた[A][B]間の観察者個々の評点とその合計および一標本符号検定法によって得られたp値.

Table 5 視覚的主観評価No.2によって得られた[B][C]間の観察者個々の評点とその合計および一標本符号検定法によって得られたp値.