EMI ナンバーのコンピュータ解析

—脳腫瘍例を中心に—

三原 忠紘・朝倉 哲彦

Computer-assisted Analysis of EMI-number in Cerebral Tumors

TADAHIRO MIHARA and TETSUHIKO ASAKURA

Department of Neurosurgery, University of Kagoshima

Summary

Computerized Tomography (CT) has acquired a preeminent position in the neuroradiological diagnosis and already played an important role in the neurosurgical practice. The interpretation of CT scans is commonly based on the CT images of cathode ray tube. However, CT essentially provides us the informations in digital form and stores them on the disc and/or the magnetic tape.

The authors have attempted to analyse the data stored on the magnetic tape of EMI scanner (Model 1000) with another computer system (FACOM 230/45S) under three different programs, that is, histogram, profile and isometric display. The objects of analysis were data acquired from the contrast studies in histologically verified cases of intracranial tumors involving 61 cases of cerebral neoplasm and 9 cases of the other mass lesion. The results were as follows:

- 1) When change of pre- and post-contrast attenuation values were within 1.0 ± 0.3 of EMI-number, the difference can be regarded as non-significant.
- 2) Most of preferential tumors in the cerebral hemisphere, the cerebello-pontine angle and the parasellar region, have possessed characteristic attenuation values and revealed certain enhancement effects.
- 3) The histographic and the isometric displays have expressed characteristic patterns of the tumor types particularly in the cases of malignant astrocytoma, meningioma, pituitary adenoma, and hemangioblastoma.
- 4) To evaluate homogeneity of the tumor tissue, the authors have proposed an index for the convenience on the analysis of histogram. It has been able to discriminate the solid tumors from the cystic tumors and/or the necrotizing tissues by analyzing these indices.
- 5) From the analysis of the profile display, different patterns of ring-like enhancement were recognized between the cases of malignant astrocytoma and metastatic carcinoma, and the cases of cerebral abscess and resolving hematoma. So it was supposed that different mechanism should exist in the mechanism of ring-like image formation in different diseases.

From the above-described results, computer-assisted analysis of the EMI-number, in combination with the CRT images, could be greatly contributory to differential diagnosis of the cerebral tumors in vivo. Moreover, it will be expected that these analytical methods could participate in further developments for the preoperative diagnosis of brain tumor in such a form of automatic diagnosis.

Key words: computerized tomography, EMI-number, computer-assisted analysis, contrast enhancement, intracerebral tumor

鹿児島大学脳神経外科

〔連絡先: 〒890 鹿児島市宇宿町1208-1, 鹿児島大学脳神経外科, 三原忠紘〕

1978年5月8日 受稿

I はじめに

Computerized Tomography (CT) の臨床的価値は高く評価され、すでに脳神経外科領域では多くの施設において日常の診療行為に組み込まれており、CRT 画像による臨床例の報告は枚挙にいとまがない。しかし、CT が本来持っている情報はデジタル・データであり、その処理による定量診断への道が期待される。

著者らは EMI-1000 の磁気テープを解読して別の大型コンピュータで計算・処理し、XY プロッターを用いた三つの表示方法（ヒストグラム、プロフィールならびに三次元表示）を開発した。これらの方法を病理診断の確定した脳腫瘍を中心とした 70 症例に用い、その density 特徴と enhancement 特徴を抽出した。このようなコンピュータ処理による EMI ナンバー（以下 No. と略す）の数理解析（numerical analysis）は、視覚的な画像観察と相俟って、in vivo における脳腫瘍の診断精度をさらに向上させようと考えられるので、その方法と結果について報告する。

II 方 法

EMI-1000 の磁気テープには、1 ピクチャーとして 148 CYSTIC ASTROCYTOMA

Pre-Contrast

Post-Contrast

A

B

Fig. 1 A: Pre- and post-contrast CT images in a case of cystic astrocytoma with a mural nodule.

B: Histogrammic display of the area of mural nodule (marking of [+]: pre-contrast display, marking of [□]: post-contrast display).

× 148 マトリックスのデータ・ファイルと、制御情報としての補助ファイルが内蔵されている（使用言語：PL/I, FASP）。この二つのファイルを入力として別の大型コンピュータ（FACOM 230/45S, コアサイズ 224 KB）で解読・計算・処理し（使用言語：FORTRAN）、次の三つの表示方法を XY プロッターを用いて行った。なお関心領域の設定は、プリントアウト・データから任意の XY 座標として求めた。

1. ヒストグラム表示

造影剤投与前と投与後で同一レベルの関心領域を取り出し、平均値（Mean）と標準偏差値（S.D.）がともに表示されるプログラムを作成した。Fig. 1B は、Fig. 1A にみられる壁に結節部位の処理例を示す。一方、組織成分の均一性の評価を投与後ヒストグラムについて検索し、peak density の高さを A(%), その 1/2 レベルの横幅を B (EMI-No.), B/A を homogeneity index (H.I.) として定めた (Fig. 2)。

2. プロフィール表示

病変部位の中心を通る帯状の区画として取り出し、Y 軸のピクセル数個の平均値を X 軸にプロットするという操作で、投与前と投与後プロフィールを同一グラフに表示した。Fig. 3A に Fig. 1A の腫瘍中心部を横切るプロ

Absorption characteristics of normal brain tissue before and after contrast enhancement

Case No.	before C.E.		after C.E.		H.I.
	Mean	(S.D.)	Mean	(S.D.)	
1	17.14	3.16	18.26	3.11	0.56
2	15.58	3.14	16.78	3.06	0.63
3	16.08	3.77	17.39	3.85	0.76
4	16.45	3.76	17.63	3.82	0.75
5	17.21	3.39	18.54	3.47	0.61
a.v.	16.49		17.72		0.67

Fig. 2 Left: Homogeneity index (H.I.) to evaluate the homogeneity of the tissue (A:Amplitude in peak density, B: Width of the curve at half amplitude, B/A: Homogeneity index).

Right: Values of mean, standard deviation and homogeneity index before and after contrast study in 5 cases with normal brain tissue.

フィール例を示す。

3. 三次元表示

任意のマトリックスで EMI-No. が $-30 \sim +70$ の範囲を取り出し, density 変化を立体画像として表現した. 0 レベルよりの density 変化の定量測定も可能である. Fig. 3B は, Fig. 1A の投与後データを用いて腫瘍部分を中心に置いた 70×70 マトリックスを示す.

なお, CT スキャニングは全例に 8 mm のスライス幅を用い, 脳腫瘍の中心を通り投与前・後で一致したスライス・レベルが得られるように, 5 ~ 10 mm ずらした multiple cutting を行った. また造影剤の投与は, 30 % DIP Conray の biphasic drip infusion 法を用いた. 著者らは drip infusion 法と bolus injection 法の比較を別に検討しているが, drip infusion 法がより安定した血中レベルを示し, 病変部位での EMI-No. の変動も 3 以内であった. そこで造影剤投与後の EMI-No. を評価する際は, biphasic drip infusion 法を用いるのがもっともよいと考えている.

II 対 象

鹿児島大学脳神経外科で行われた手術症例の摘出標本から病理診断の確定した脳腫瘍 61 例と, および脳腫瘍に酷似した CT 所見を呈する脳膿瘍, 融解過程にある脳内血腫 (resolving hematoma), クモ膜嚢腫, 前交通動脈瘤の 9 例を対象とした (Table 1). EMI-No. の解析に先立ち, 画像の視覚的所見からまったく増強効果のないと思われた症例群 (non-enhanced group), ring-for-

mation を呈し嚢腫性腫瘍を思わせた症例群 (cystic tumor-suspected group), びまん性に増強され実質性腫瘍を思わせた症例群 (solid tumor-suspected group) の 3 群に分けた.

なお, 星細胞腫については, Kernohan の grade 1, 2 を良性星細胞腫 (benign astrocytoma), grade 3, 4 を悪性星細胞腫 (malignant astrocytoma) とまとめた. また脳膿瘍の症例は, 臨床経過, 血管撮影所見などから, 急性 ~ 亜急性期に属するものとみなした.

IV 結 果

1. Non-Enhanced Group

この群は周囲脳実質との関係から, さらに low density group と high density group に分け, 主にヒストグラム表示による分析を行った. Table 2 は low density group の Mean, S. D., H. I. を示す. 投与前後の平均値を比較してみると, その差は EMI-No. で 1 以内であることが知られた. 聴神経鞘腫 (Case-No. 7) と良性星細胞腫 (Case-No. 3) の 2 例は, EMI-No. 10 以下で一見嚢腫かと思われていたが, 手術で実質性腫瘍と判明した. 嚢腫は頭蓋咽頭腫の 1 例とクモ膜嚢腫の 2 例であり, これらの H. I. は 0.5 以下の値を示した (Fig. 4A). なお類上皮腫例を三次元表示でみると, 周囲組織より腫瘍部分への移行が急激で, 陥凹した部分は不規則に起伏しており, 吸収係数の特徴が窺われる (Fig. 4B). また, high density group は松果体部の奇形腫と穹隆部髄膜腫の 2 例であった. 奇形腫例は腫瘍部分が小さく (10×10 マト

Fig. 3A

Fig. 3 A: Profile displays before and after contrast study transversally crossed into the cystic astrocytoma in Fig. 1A (marking of [+]: Pre-contrast display, marking of [□]: Post-contrast display). B: Three-dimensional display inclusive of the tumor in post-contrast CT image of Fig. 1A.

Table 1 Classification of materials according to the enhancement characteristics in CT images.

A) Non-Enhanced Group		11 Cases
Benign astrocytoma		4
Craniopharyngioma		1
Epidermoid		1
Acoustic Neurinoma		1
Teratoma		1
Meningioma		1
Arachnoid cyst		2
B) Cystic Tumor-Suspected Group		16 Cases
Malignant astrocytoma		3
Metastatic carcinoma		4
Cerebellar astrocytoma		1
Pontine astrocytoma		1
Craniopharyngioma		1
Cerebral abscess		3
Resolving hematoma		3
C) Solid Tumor-Suspected Group		43 Cases
Malignant astrocytoma		9(3)
Metastatic carcinoma		7(2)
Meningioma		5
Pituitary adenoma		4
Acoustic neurinoma		7(3)
Pinealoma		3
Medulloblastoma		3(1)
Hemangioblastoma		3(1)
Ependymoma		1
A-com. aneurysm		1

total 70 Cases

()—with intratumoral lucency

リックス以下), プロフィール表示で観察したが, まったく増強されないことが知られた. 髄膜腫例は著明な石灰化に陥っていたが, EMI-No. 10以上の増強が得られた.

2. Cystic Tumor-Suspected Group

この群には脳橋星細胞腫と頭蓋咽頭腫の各1例が含まれていたが, ringの直径が15 mm以下であり検索の対象から除外した. まず投与後プロフィールを用いて, ringの最大値 (peak density, EMI-No.) と ringの幅

Table 2 Values of mean, S.D. and H.I. before and after contrast study in the non-enhanced low density group.

Case No. (histogenesis)	Before C.E.		After C.E.		H.I.
	Mean	(S.D.)	Mean	(S.D.)	
C-1 benign astrocytoma	10.48	3.05	10.57	2.91	0.70
C-2	13.04	4.18	13.29	4.35	0.83
C-3	9.48	3.34	9.94	3.42	0.67
C-4	13.88	3.78	14.54	4.32	1.38
C-5 craniopharyngioma	14.25	3.54	14.25	3.41	0.46
C-6 epidermoid	-10.34	4.68	-10.32	5.21	1.25
C-7 acoustic neurinoma	5.39	4.94	4.97	5.45	0.80
C-10 arachnoid cyst	3.56	3.46	2.36	3.29	0.43
C-11	6.48	3.24	6.97	3.59	0.37

Table 3 Values of mean, S.D. and H.I. before and after contrast study, and peak density and the width of the ring formation in cystic tumor-suspected group.

Case No. (histogenesis)	Before C.E. Mean (S.D.)		Mean (S.D.)		After C.E. H.I.	Peak D.	Ring W.
C-12 malig. astrocytoma	12.18	3.21	13.88	4.20	0.54	31.5	8.8
C-13	11.22	2.55	11.79	2.70	0.31	29.8	9.8
C-14	13.54	2.87	13.96	3.49	0.74	29.0	12.3
C-15 metastatic carcinoma	12.72	2.51	13.71	3.25	0.56	24.0	4.8
C-16	10.38	3.60	10.50	3.39	0.75	27.5	9.5
C-17	10.96	3.66	11.58	3.01	0.71	22.0	6.3
C-18	8.17	3.07	8.79	2.95	0.48	25.5	8.0
C-19 cerebel. astrocytoma	8.13	2.80	11.07	3.37	0.45	25.0	6.3
C-22 cerebral abscess	11.32	4.28	11.67	4.17	0.66	39.8	8.8
C-23	8.71	3.25	8.49	3.99	0.40	31.5	6.5
C-24	10.79	3.35	10.56	3.31	0.45	35.0	5.5
C-25 resolving hematoma	13.82	4.26	13.86	3.69	0.67	29.0	3.8
C-26	20.73	4.10	20.78	3.37	0.69	27.8	6.8
C-27	8.94	4.27	9.74	5.40	0.52	26.5	3.0

(ring width, mm) を測定した。Ring 幅の測定は EMI-No. 20 のレベルで行った。次にヒストグラム表示を用いて、ring 内容の Mean, S.D., H.I. を求めた (Table 3)。

Peak density 値からは脳腫瘍がもっとも増強され、癌腫はあまり増強されない。Ring width 値からは悪性星細胞腫がもっとも広く、resolving hematoma はもっとも狭いといった結果が得られた。H.I. が0.5以下は脳腫瘍の3例と脳膿瘍の2例にみられ、脳腫瘍の2例は手術所

見で囊腫液を充滿した囊腫であった。しかし他の1例 (Case-No. 13) では3 ml の囊腫液が吸引されたにすぎず、壊死組織で占められていた。また造影剤投与前後の平均値差は、悪性星細胞腫と小脳星細胞腫の各1例を除き、1.0以下であった。この小脳星細胞腫の症例では、造影剤投与後の10分と40分を比較しても、EMI-No. 2以上の増加がみられ、この所見は造影剤の囊腫内 extravasation と思われる。

なお、造影剤投与により ring 形成をきたす部位を投

Fig. 4 A: Histographic displays of arachnoid cyst (Case-No. 10) and craniopharyngioma (Case-No. 5).
B: Three-dimensional display of epidermoid (Case-No. 6).

与前プロフィールで観察してみると、悪性星細胞腫と癌腫では ring 形成の部位がすでに周囲組織より高い density を持っている。しかるに脳膿瘍と resolving hematoma では、そのような density 変化を示さないことが知られた (Fig. 5 A, B)。

3. Solid Tumor-Suspected Group

この群は主にヒストグラム表示により解析したが、 10×10 マトリックス以下の鞍結節部髄膜腫、第四脳室上衣腫、前交通動脈瘤の各 1 例、および EMI-No. 35 以上の

値が含まれ石灰化とみなした転移性癌腫例は、検索の対象から除外した。

大脳半球腫瘍例の Mean, H. I. を Table 4 に示す。投与前の平均値は、悪性星細胞腫の 9 例中 7 例が癌腫より低値をとり、投与後の平均値は癌腫の 6 例中 5 例が悪性星細胞腫より高く、ともに統計上も明らかな有意差を認めた ($\alpha=0.05$)。髄膜腫では、投与前、投与後ともに悪性星細胞腫、癌腫のいずれの症例よりも高い値を示した。また H. I. 1.0 以上が悪性星細胞腫の 7 例に癌腫の

Fig. 5 A: Profile displays of metastatic carcinoma (Case-No. 15) before and after contrast study.
 B: Profile displays of resolving hematoma (Case-No. 26) before and after contrast study.

3例にみられ、髄膜腫では0.5~1.0の間にあった。これら腫瘍のヒストグラム波形は、髄膜腫では対称性の二等辺三角形として、悪性星細胞腫では peak density が平均値より高く右方に傾いた不等辺三角形として、癌腫ではさらにこの傾向が強く現れてみられた (Fig. 6 A, B)。

大脳半球以外の部位の腫瘍については一括して Table 5に示した。傍鞍部と小脳橋角部には髄膜腫が好発する。そこで髄膜腫と下垂体腺腫、聴神経鞘腫を比較してみると、投与前平均値は重複することなく固有の density を持ち、投与後は下垂体腺腫はあまり増強されず、聴神

Table 4 Values of mean, S.D. and H.I. before and after contrast study in solid tumors of cerebral hemisphere.

Case No. (histogenesis)	Before C.E.		After C.E.		H.I.
	Mean	(S.D.)	Mean	(S.D.)	
C-28 malig. astrocytoma	17.39	3.85	21.28	3.98	0.86
C-29	15.64	4.18	23.18	5.87	1.76
C-30	14.24	3.40	26.09	6.69	1.86
C-31	13.99	3.38	22.73	5.72	1.63
C-32	13.70	4.56	25.47	6.25	2.40
C-33	15.70	3.77	17.14	4.93	0.77
C-34	14.18	4.18	20.58	5.82	1.81
C-35	16.72	4.59	25.78	5.58	1.47
C-36	14.85	4.40	24.67	5.59	1.76
C-37 metastatic carcinoma	18.28	4.15	27.55	5.76	1.91
C-38	19.47	4.32	28.94	5.34	0.84
C-39	17.52	4.97	31.32	5.92	1.64
C-40	17.26	4.01	29.44	4.29	0.85
C-41	17.87	4.54	33.20	4.03	0.79
C-42	16.72	3.90	25.50	7.52	1.73
C-44 meningioma	23.02	2.77	33.78	3.15	0.77
C-45	22.62	3.86	43.89	4.29	0.82
C-46	19.95	3.32	35.51	3.77	0.63
C-47	20.35	4.27	38.02	4.05	0.79

Table 5 Values of mean, S.D. and H.I. before and after contrast study in solid tumors in various regions excluding cerebral hemisphere.

Case No. (histogenesis)	Before C.E.		After C.E.		H.I.
	Mean	(S.D.)	Mean	(S.D.)	
C-49 pituitary adenoma	17.88	4.39	29.35	4.07	0.69
C-50	18.78	3.48	30.35	3.86	0.57
C-51	18.31	3.24	30.33	4.52	0.72
C-52	16.98	4.68	29.61	3.55	0.65
C-53 acoustic neurinoma	15.07	3.62	50.80	5.33	0.95
C-54	16.29	3.66	37.25	4.33	0.69
C-55	14.02	3.39	35.39	6.39	1.27
C-56	15.40	4.40	36.80	5.07	0.83
C-57	14.25	4.05	35.71	4.59	0.96
C-58	14.57	3.06	37.85	6.31	2.11
C-59	16.37	3.29	41.88	4.83	0.88
C-60 pinealoma	20.35	4.18	32.41	4.59	0.94
C-61	22.18	3.55	32.95	4.77	0.79
C-62	19.91	4.25	54.69	6.66	0.80
C-63 medulloblastoma	16.36	3.86	34.24	6.29	1.48
C-64	19.91	3.33	26.56	5.07	1.01
C-65	19.44	3.00	40.38	3.60	0.76
C-66 hemangioblastoma	15.56	4.54	35.54	9.62	1.24
C-67	19.45	4.28	43.07	7.56	1.25
C-68	19.63	4.51	39.42	7.73	0.40

経鞘腫は髄膜腫に劣らず増強され、H.I. 値も若干高い傾向を示すことが知られた。なお、検索の対象から除外した鞍結節部の髄膜腫例は、下垂体腺腫に酷似した肉眼所見を呈していた (Fig. 7 A)。そこで三次元表示を用いて比較してみると (Fig. 7 B)、下垂体腺腫では辺縁が高く内側は不規則にくぼんだ火山の噴火口状に、髄膜腫では表面平坦な円柱状に、といった形容をいう所見が識別の参考となろう。松果体腫、髄芽腫、血管芽腫については、松果体腫が髄膜腫に近い density 特徴を示し、髄芽腫と血管芽腫は heterogeneous な傾向が強く、また血管芽腫では投与後の peak density が投与前より高いヒストグラム波形が得られた。

V 考 察

EMI-1000 の一画像は180×180の画素 (matrix cell) から成り、その一つ一つの画素は EMI-No. と呼ばれる整数値を持つ。すなわち水を標準物質として使用し、ある画素を構成する組織のX線吸収係数を μ とすれば、 μ ($E=73\text{KeV}$) = 0.00038 (EMI-No.) + 0.190 の関係が0.5%以上の精度で成り立つ⁷⁾ というものである。ブラウン

管にみられる濃淡画像は、このデジタル値をアナログ変換して表示したものにはすぎない。CT スキャナーが本来含有する情報はデジタル・データであり、その適確な処理は定量診断への道を開くはずである。そこで著者らは脳腫瘍のデジタル・データを分析すれば、in vivo で病理組織学的診断がかなりの精度をもって可能であるとの夢を抱いた。しかし CT のソフトウェア、特に磁気テープの内容は各 CT メーカーの企業機密に属するものとされており、独自にその解読を工夫しなければならなかった。

さて、Table 6 は脳腫瘍の CT 診断に際して考慮すべき点を列記したものであるが、画像による視覚的な観察に依存せざるをえない点も多い。しかし造影剤投与前後の吸収特徴や組織成分の均一性、あるいは腫瘍辺縁部の検索には、EMI-No. を解析する方が適確であり、より客観的なパターン認識の得られる可能性が期待された。そこで、まず肉眼所見から脳腫瘍の造影剤に対する反応性を3群に分け、さらにそのデータを三つのコンピュー

Fig. 6 A: Histographic displays of meningioma (Case-No. 46) before and after contrast study.
B: Histographic displays of metastatic carcinoma (Case-No. 42) before and after contrast study.

Table 6 Considerable points in CT-analysis of brain tumors.

A) Mass effect
B) Tumor size and shape
C) Perifocal low density—edema
D) Peri- and intra-tumoral lucency—cyst or necrosis
E) Intratumoral high density—calcification or hemorrhage
F) Absorption characteristics before and after contrast enhancement
G) Marginal zone
H) Homogeneity

タ処理法によって特徴抽出を行ったわけである。次に個々の事項について考察する。

ヒストグラム表示

このプログラムではヒストグラムに平均値と標準偏差値がともに表示されるので、定量分析の基本になるものである。まず造影剤投与前後の EMI-No. を評価した。正常脳組織でも 1.0 以上の contrast enhancement が得られるので⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽¹³⁾、1.0 前後 (約±0.3) の値を示す場合には enhancement 効果はないと判定してよいであろう。さて、個々の腫瘍は比較的固有の density と enhancement 特徴を示すことが知られ、大脳半球や傍鞍部、小脳橋角部といった腫瘍好発部位に限定すれば、定型的な脳腫瘍の存在を CT 所見から診断することは可能である。

PITUITARY ADENOMA MENINGIOMA

A

PITUITARY ADENOMA

MENINGIOMA

B

Fig. 7 A:CT images, B:Three-dimensional displays in each case of pituitary adenoma (Case-No. 49) and tuberculum sellae meningioma (Case-No. 48).

しかし標準物質とされる水の吸収係数が実際には ± 2.5 程度の S.D. を示すことは、polychromatic な X 線源やアルゴリズムの測定変動の問題を含めて、CT 装置自体にある程度の分解能の限界が内在していることを意味する²⁾⁶⁾¹²⁾。したがって 関心領域の設定はできるだけ広い範囲とし、患者の体動も可能な限り少なくすることに努めたとしても、この S.D. を推計学的処理の中を含めるならば、類上皮腫のような特殊な例は別として、脳腫瘍

の density 特徴や enhancement 特徴を一種の絶対値として評価することには限界があるといわねばならない。このことは最近の water-bag を使用しない機種ではなおさらのことであり⁶⁾¹⁴⁾、EMI-No. の平均値のみから脳腫瘍の組織学的鑑別を行うには、なお情報が不十分であると思われる。そこで著者らは homogeneity index なる指標を定めて組織成分の均一性の評価を試みた。その結果、悪性星細胞腫が もっとも heterogeneous な腫瘍であるといった傾向が得られ、一方では正規分布に近いヒストグラム波形が得られた場合に、H. I. が 0.5 以下であれば、壊死性変化を否定できないとしても、囊腫性病変の可能性がきわめて高いといった所見を得ることができた。

コンピュータ処理によるヒストグラムの有用性については、Reese ら¹¹⁾、Naidich ら⁹⁾ により指摘され、Gardeur ら⁴⁾ は CGR Densitome でスキャンした脳腫瘍例の波形分析を行っている。CT 装置、解析方法は異なるものの、転移性癌腫や悪性星細胞腫については著者らの成績と類似した結果を得ており、また血管芽腫でみられた特異なヒストグラム波形は、動静脈奇形などの vascularity に富んだ病変で second peak と呼んだ所見に相当するものと思われる。

プロフィール表示

この表示方法は病変部位と正常組織との移行・辺縁部の観察に適すると考えられるが、水頭症にみられる periventricular hypodensity や頭蓋骨に隣接した extracerebral tumor の解析を試みたものもある³⁾¹⁰⁾。著者らは主に ring 状に増強される病変の検索に用いた。この方法では ring の増強程度や ring 幅に関する詳細なデータが得られる他に、悪性星細胞腫と転移性癌腫において、造影剤投与前プロフィールですでに ring に相当する部位が周囲組織より高い density を持つことが示された。Ring の外周の脳浮腫、ring 内部の変性・壊死に陥った腫瘍組織に比べ、ring 状に増強される部位はさかんな増強を示す細胞密度の高い腫瘍組織であることが推定され、このような組織学的変化が CT 上の density 差として現れるものと考えられた。一方、同様の ring 状陰影を示す脳膿瘍と resolving hematoma では、周囲の脳浮腫と脳膿瘍または血腫の間に介在する組織は存在しないか、仮にあって血管に富んだ結合組織性の被膜が形成されたばかりにすぎず、造影剤投与前のプロフィールでは density 変化として示されないといった推測も成り立つ。しかし、このような微細な変化を分析する際には partial volume phenomenon の存在を無視しえず、これらの点を明確にするにはなお多数例の検索をすべきであろうが、contrast enhancement の発現機序にも関連した興味ある

知見といえよう。

三次元表示

この表示方法ではZ軸にEMI-No.をとるので、真の意味の立体表示ではないが(isometric display), density変化を立体画像として直接的に観察しうる利点がある。類上皮腫のような低いdensityを示す例,あるいは造影剤投与後に高いdensity変化をきたす例などでは,そのmarginal zoneやhomogeneityが全体像として把握される。この表示方法をアーチファクトの検索に用いた報告はあるが,臨床例の報告は少ない。著者らも金属クリップによるアーチファクトの検索に用い,このような場合は特に有用な表現手段であることを示した⁸⁾。

さて,著者らは上述の表示方法を用いて脳腫瘍の示すdensity特徴を抽出し,視覚的な画像観察では得られない定量的なパターン認識の可能性を追求したが,この目指す方向は,一方ではin vivoにおける病理組織診断へのアプローチの発展であり,他方ではmachine assisted diagnosisからさらには自動診断(automatic diagnosis)への道を開くものとして期待されるものである。

Ⅶ 結 論

EMI-1000の磁気テープを解読し,EMI-No.のコンピュータ処理を行い,三つの表示方法(ヒストグラム,プロフィールならびに三次元表示)を開発した。これらの方法を病理診断の確定した脳腫瘍を中心とした70症例に用い,そのdensity特徴とenhancement特徴の抽出を試み,次のような結論を得た。

1. 造影剤投与前後の平均値差が1.0前後(約±0.3)の場合は増強効果はないと判定しうる。
2. 大脳半球や傍鞍部,小脳橋角部に好発する定型的な腫瘍では,比較的固有のdensity特徴とenhancement特徴を持つことが知られた。
3. ヒストグラムならびに三次元表示では,個々の腫瘍で特徴的なパターン形成を示すことが知られた。
4. ヒストグラムからhomogeneity indexなる指標を設定して,組織成分の均一性を評価し,実質性腫瘍に対し囊腫性病変ないしは壊死性変化の鑑別をなした。
5. プロフィール表示を用いた分析では,疾患によりring像の形成機序が異なっていることが推測された。

上述のコンピュータ処理によるEMI-No.の数理解析は,視覚的な画像観察と相俟ってin vivoにおける脳腫瘍の診断精度をさらに向上させうると考えられ,将来定量的な自動診断への道を開くものとして期待される。

本論文の要旨は,第36回日本脳神経外科学会総会(1977年,大阪)において発表したものである。

文 献

- 1) ARIMITSU, T., DiCHIRO, G., BROOKS, R. A. & SMITH, P. B.: White-gray matter differentiation in computed tomography. *J Comput Assist Tomography* 1: 437-442, 1977
- 2) CHESLER, D. A., RIEDERER, S. J. & PELC, N. J.: Noise due to photon counting statistics in computed X-ray tomography. *J Comput Assist Tomography* 1: 64-74, 1977
- 3) DOSCH, J. C.: Arca of maximal density in extracerebral tumors. pp 59-64, In Baert, A., Jeanmart, L. & Wackenheim, A. (eds): Clinical Computer Tomography, Head and Trunk. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1978
- 4) GARDEUR, D., SABLAYROLLES, J. L., KLAUSZ, R. & METZGER, J.: Histogramic studies in computed tomography of contrast-enhanced cerebral and orbital tumors. *J Comput Assist Tomography* 1: 231-240, 1977
- 5) HUCKMAN, M. S.: Clinical experience with the intravenous infusion of iodinated contrast material as adjust to computed tomography. *Surg Neurol* 4: 297-318, 1975
- 6) McCULLOUGH, E. C.: Factors affecting the use of quantitative information from a CT Scanner. *Radiol* 124: 99-107, 1977
- 7) McCULLOUGH, E. C., BAKER, H. L., HOUSER, O. W. & REESE, D. F.: An evaluation of the quantitative and radiation features of a scanning X-ray transverse axial tomograph: The EMI scanner. *Radiol* 111: 709-715, 1974
- 8) 三原忠紘, 小林栄喜, 山元国光, 山下健治, 楠元和博, 朝倉哲彦: CTに適した止血クリップの試作. CT研究, 掲載予定
- 9) NAIDICH, T. P., PINTO, R. S., KUSHNER, M. J., LIN, J. P., KRICHIEFF, I. I., LEEDS, N. F. & CHASE N. E.: Evaluation of sellar and parasellar masses by computed tomography. *Radiol* 120: 91-99, 1976
- 10) PASQUINI, U., BRONZINI, M., GOZZOLI, E., MANGINI, P., MENICHELLI, F. & SALVOLINI, U.: Periventricular hypodensity in hydrocephalus: A clinico-radiological and mathematical analysis using computed tomography. *J Comput Assist Tomography* 1: 443-448, 1977
- 11) REESE, D. F., O'BRIEN, P. C., BEELER, G. W., GERDING, P. R. & McCULLOUGH, E. C.: An investigation for extracting more information from computerized tomography scans. *Am J Roentgenol* 124: 177-185, 1975

- 12) RUTHERFORD, R. A., PULLAN, B. R. & ISHERWOOD, I.: Calibration and response of an EMI Scanner. *Neuroradiology* 11: 7-13, 1976
- 13) STEINHOFF, H. & AVILES, C. H.: Contrast enhancement response of intracranial neoplasms-its validity for differential diagnosis of tumors in CT. pp 151-161, In Lanksch, W. & Kazner, E. (eds): Cranial Computerized Tomography. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1976
- 14) ZATZ, L. M. & ALVAREZ, R. E.: An inaccuracy in computed tomography: The energy dependence of CT values. *Radiol* 124: 91-97, 1977