



Title	Computed Tomography装置の基礎的研究(第2報)-被写体における種々の因子がCT値に及ぼす影響(CT-H250について)-(CTの研究 第2報)
Author(s)	真野, 勇; 金子, 昌生
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1977, 37(11), p. 1058-1065
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16156
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Computed Tomography 装置の基礎的研究 (第2報)

— 被写体における種々の因子が CT 値に及ぼす影響
(CT-H250 について) — (CT の研究 第2報)

浜松医科大学医学部放射線医学教室

真 野 勇 金 子 昌 生

(昭和52年5月2日受付)

(昭和52年6月17日最終原稿受付)

Fundamental Studies of Computed Tomography (2nd Report)

—Effect of Various Factors of the Objects (For CT-H250)—
(Studies on CT, 2nd Report)

Isamu Mano and Masao Kaneko

Department of Radiology, Hamatsu University School of Medicine, Hamamatsu

Research Code No.: 200

Key Words: Water phantom, CT image, Teflon and air, Artifact, Computer software

In the continuance to our first report, relationships between the CT (Computed Tomography) images and constituents of the objects were studied. Followings are the details of the phantoms used in this experiment with Hitachi CT-H250.

- 1) Ellipsoid shaped water phantoms.
- 2) Teflon sheets of various thickness were circumscribed around the water phantoms.
- 3) Teflon rods and teflon rings were hold in the water phantoms.
- 4) Air spaces were formed in the water phantoms.

Several findings regarding the CT images, though they are obviously artifacts caused by the CT scanner itself, were recognized as the results. These all seem to relate to the problems of the CT scanner performance—so-called “Accuracy” and “Uniformity”.

In order to improve them, computer software was modulated by the manufacturer, and some interesting result was obtained. In conclusion, some of suggestions to deal with these artifacts were proposed.

はじめに

Computed Tomography (CT) の吸収係数分解能を把握するためには、CT 値に影響を与えると
思われる個々の因子について検討しておく必要がある。我々は前報¹⁾で、ファントームの製作に関

する考え方を述べ、次いでファントームのサイズと撮影野内での位置が、CT 値にどのように影響するか検討した。そこで今回は、被写体側の固有な性質である形状の違いと、それを構成する高及び低X線吸収物質の影響について検討してみた。

研究方法

対象の CT 装置は、前報同様、日立 CT-H250(エアスキャン型)である。採用した撮影条件は、管電圧120KVp、管電流30mA で、実効電圧は67KV、1回のスキャン時間は3分45秒、一層の断面厚みは10mm である。表示は256×256のマトリックスで行われ、1絵素(Pixel)の大きさは1.1mm×1.1mm である。この CT の Contrast Scale (%CS μ w) はメーカー側の調整によつて0.20%、即ち人体骨、水、空気のそれぞれの CT 値が+500、0、-500となるようにしてある。

用いたファントームは、薄い合成樹脂容器(ABS、ポリエチレン、アクリル等の樹脂製)に水を満たしたものであり、この内外に人体骨を模擬するテフロン(CT 値は約+444)をおいたり、空気層を形成したりした。これらのファントームを撮影野の中央におき、スキャンし、プリントアウトして、2面のうち1面のみに統一して検討した。尚 CT 値の平均で2領域を比較する時は、全てその領域を中心とする32絵素のデータを使用した。

実験結果

1. 形状の影響 (楕円形水ファントームの場合)

直径の違いが及ぼす影響については前報¹⁾ですでに検討してあるので、今回は楕円形の場合についてのみ実験した。まず短径11.5cm、長径が18cm で、肉厚が2mm のポリエチレン製容器に水を満たしたファントームをスキャンした。結果は Fig. 1のごとくで、中央付近に比し、短径側の両端で0.3%前後、長径側の両端で1.0%前後、CT 値が高かつた (Fig. 1の下のグラフは、CT 像の中央部を通る水平及び垂直方向の線を引き、線上の各位置に対応する32絵素の平均の CT 値をプロットしたものである)。

次に内径が9.6cm の2mm 厚アクリル製円形水ファントームを、24cm 直径の撮影野内で、長径が15cm となるように斜めにおき、スキャンしてみた (Fig. 1)。長径方向の CT 値の分布は、前記の場合に類似し、両端が若干高値となつている

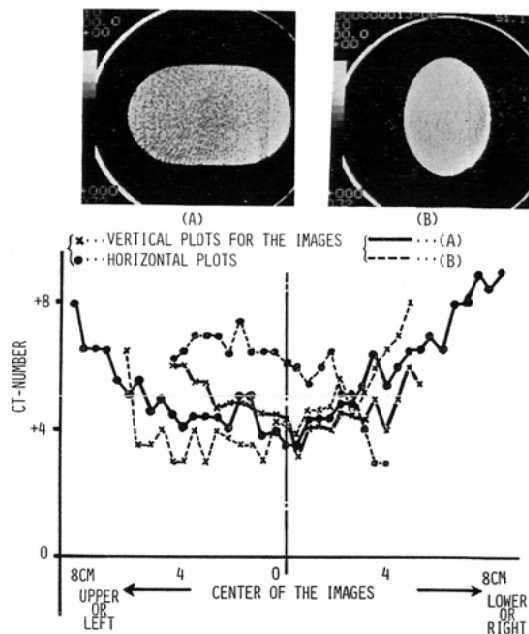


Fig. 1. CT images of two kinds of ellipsoid shaped water phantoms. Lower figure shows profile plots for mean CT-numbers (32-pixels) across the center of images.

が、短径側の特に右側においては、外周を底辺とした三角形様の低濃度部がわずかながらみとめられる。

2. 被写体外周に存する高X線吸収物質の影響
テフロンシートを、内径が15cm と11cm の2ケの水ファントーム (容器は厚さが1mm の ABS 樹脂製)の外周に、2.5、5.0、7.5mm と順次巻き、それぞれについてスキャンを行った。Fig. 2は15cm 直径のファントームの場合であり、その右のグラフは Fig. 1の場合と同様に CT 像の中央部を通る垂直方向の線を引き、線上の各位置に対応する32絵素の平均の CT 値をプロットしたものである。図の如く水ファントームの直径が15cm のものでは、シートの厚みが増すにつれて、CT 値が凹状分布の状態ですべて的に低下してくることがわかる。11cm 直径の水ファントームの場合では、ファントーム外周の CT 値が中央部のそれに比して、初めは低値であるが、次第に高値となる。シートの厚みが5.0~7.5mm になる

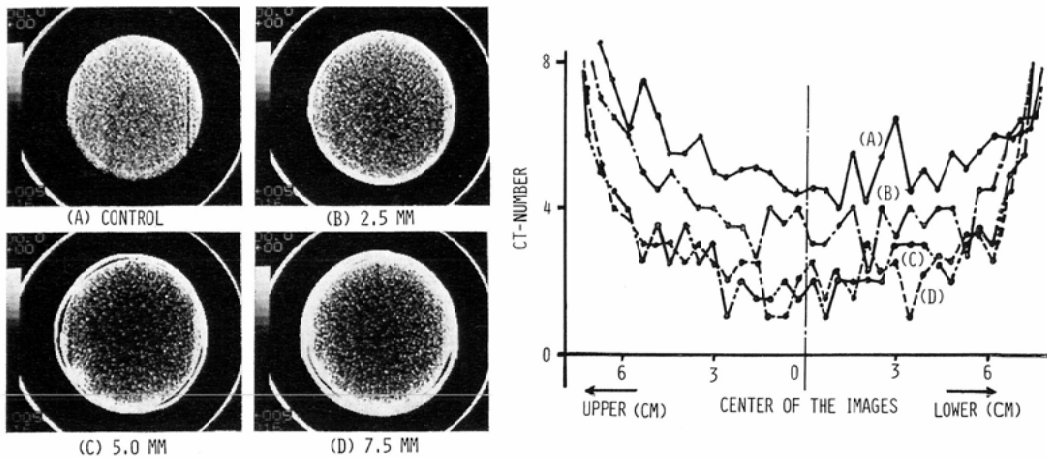


Fig. 2. Effect of teflon sheet which is circumscribed around 15cm diameter water phantoms with various thickness. Right figure shows profile plots for mean CT-numbers (32-pixels).

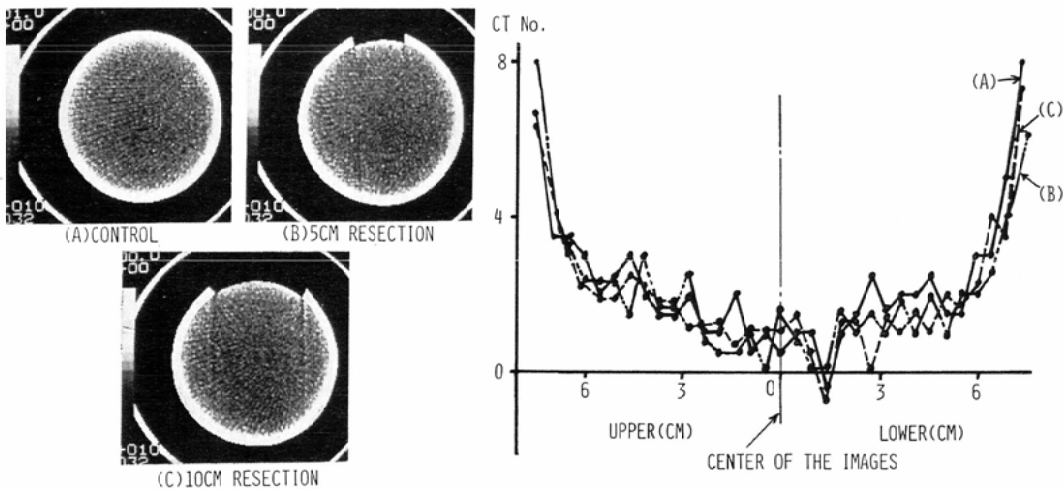


Fig. 3. Effect of partial resection of teflon sheet which is circumscribed around 15cm diameter water phantoms with 5mm thickness.

と、逆に中央部が低値となり、全体的には凹状の分布になる。

また、テフロン厚みとノイズ値(標準偏差値)との関係を、15cm直径のファントムの中央部でみると、テフロンの厚みが0のとき0.57%で、2.5mmのとき0.55%、5.0mmのとき0.86%、7.5mmのとき0.78%と、次第に高値となってくる傾向にある。11cm直径のときにもこの傾向はみとめられ、ただ15cm直径のものに

比し、全体的に0.2%程度低値となつている。

次に頭蓋外周に存する高X線吸収物質の部分除去の影響をみるため、15cm直径の水ファントムの外周に、厚さ5mmのテフロンシートを巻き、その一部を5cm、10cmと切除してスキャンし、Fig. 3の像とその縦方向のCT値が分布図を得た。いずれもコントロールとしての(A)によく一致したCT像となつている。

3. 被写体内部に存する高X線吸収物質の影響

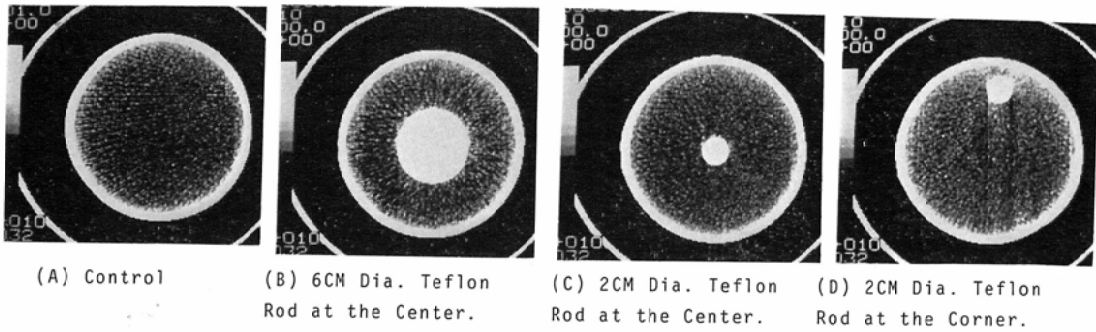


Fig. 4. Effect of teflon rod in the uniform water phantoms.

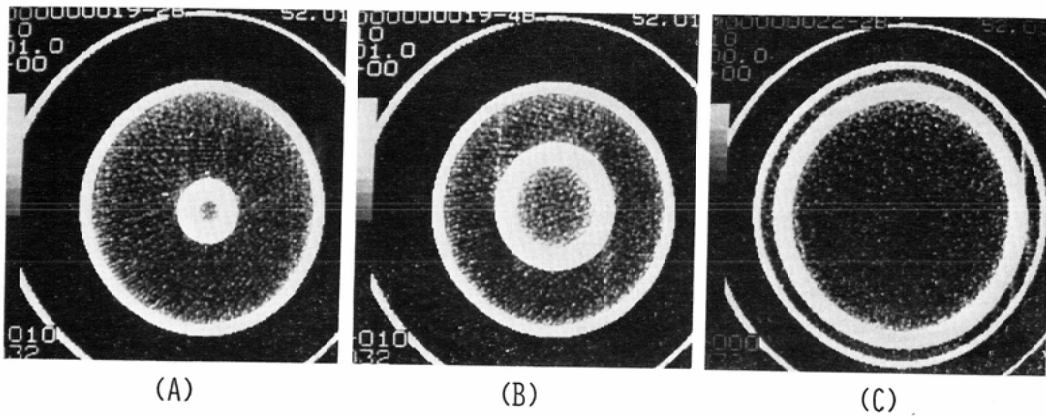


Fig. 5. Effect of teflon ring of 7.5mm thickness in the uniform water phantoms. Followings are details concerning the pipes around which the teflon rings are circumscribed.

- (A): Acrylic pipe of 2cm external diameter and 2mm thickness.
- (B): Acrylic pipe of 6cm external diameter and 2mm thickness.
- (C): Acrylonitrile-styrene copolymer pipe of 15cm internal diameter and 1mm thickness.

15cm 直径の水ファントームで、外周に何も巻きつけていないときと、厚さ5mm のテフロンシートを巻きつけたときについて、以下の実験を行った。前者は後者に比して、CT 値が全体的に0.5%程度高いのみで、他はよく一致する結果であつたので、ここでは後者の結果のみについて記す。

(1) 6cm 及び2cm 直径のテフロン棒を、ファントームの中心に置いた場合 Fig. 4の (B)、(C) のとき CT 像を得た。両者共、ファントームの周辺部では、コントロールの (A) とよく一致した濃度の移行を示している。一方、中央のテフロン棒との境界は、特に (B) で、小さな

弯曲を呈した濃度の移行現象がみとめられる。

(2) 外径2.2cm、肉厚2mm のアクリル管と、外径6cm、肉厚2mm のアクリル管の外周に、厚さ7.5mm のテフロンシートをリング状に巻きつけ、それぞれをファントームの中央においた場合 (Fig. 5の (A) と (B)) ファントーム外周における水の部分の CT 値の分布は Fig. 4 (A) のコントロールの場合に基本的に一致する。ファントーム外周からのテフロンリングへの CT 値の移行は、きわめてわずかではあるが、なだらかな立上がりとなつている。テフロンリング中心部における水の平均の CT 値は、Fig. 5 (A) の場合、コントロールで対応する部位に比し0.6%高値と

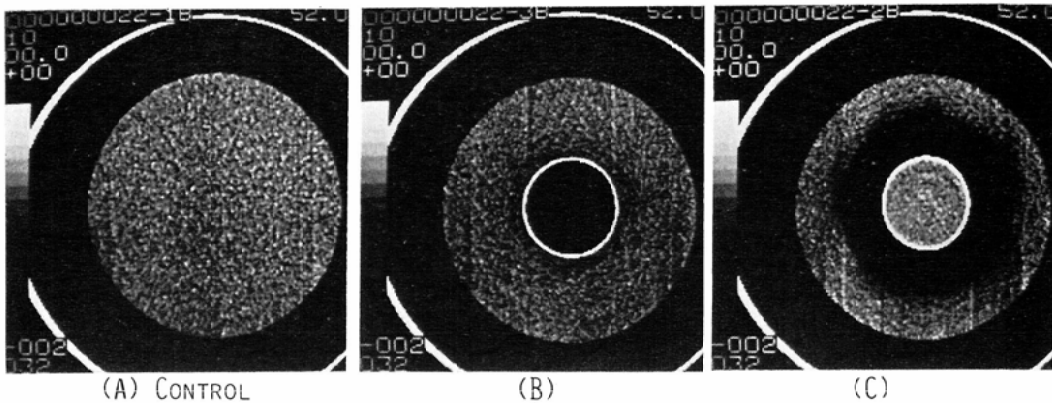


Fig. 6. Effect of air in the uniform water phantoms of 17cm external diameter.

(A): Control. Uniform water phantom of 17cm diameter.

(B): Air in the acrylic pipe with 5.6cm internal diameter and 2mm thickness.

(C): Air ring with 11cm external diameter and 6cm internal diameter.

なっている。

(3) 前記の15cm 直径、ABS 樹脂容器の水ファントームの外周に、厚さ7.5mm のテフロンシートを巻き、全体を外径20cm、肉厚5mm の水を入れたアクリル容器中に沈め、スキャンしたとき (Fig. 5の (C)) テフロンシート内部におけるCT値の分布状態は、Fig. 4 (A) の場合と基本的に一致している。テフロンシート外部とアクリル壁との間に存する水の平均のCT値は0.9であり、ファントーム中心部のCT値に比して0.6%高くなっている。

(4) 2cm 直径のテフロン棒を水ファントームの外周近傍においた場合 (Fig. 4 (D)) テフロン棒と水との境界におけるCT値の移行は (1) 及び (2) の場合と基本的に同一である。テフロン棒とファントーム外周のテフロンシートが最も近接する部位に存する、水の最低のCT値は5.4であり、コントロールの対応する部位に比してほとんど変わらない値である。

4. 被写体内部に存する低X線吸収物質の影響

Fig. 6 (B) は直径17cm のファントーム (容器は厚さが2mm でCT値が-50前後のポリエチレン樹脂製) の中央部に、空気を封入した内径5.6cm、肉厚2mm のアクリル管を沈めスキャンした像である。また Fig. 6 (C) は、そのアク

リル管に水を封入して、それを11cm 直径の空の容器 (肉厚1mm のABS樹脂製) の中央に固定し、密封した後、全体を前記の17cm 直径水ファントームに沈めスキャンした像である。いずれも空気層外周に移行する水のCT値は、境界部でわずかな落ち込み現象を示しているが、実用的にはほとんど無視しうる程度である。一方、Fig. 6 (C) の場合、ファントーム中央部のアクリル管内に存する水の平均のCT値は、コントロール (Fig. 6 (A)) の対応部に比して、0.35%だけ高値となっている。

<各ファントーム実験に対応する臨床例>

我々の研究成果の意義を、一部の具体的な臨床例で検討してみた (Fig. 7 (A)~(D))。 (A) では Fig. 1の楕円形ファントームによる実験がよく対応し、短径方向上端の低濃度帯が artifact によるものがあることが理解できる。 Fig. 7の (B) と (C) は死亡直後における患者のCT像であり、スキャン中の動揺が否定できる例である。頭蓋骨より脳実質への濃度の移行が Fig. 2のごとくゆるやかな下降となっている。また、 Fig. 7 (C) は、 Fig. 4の実験に対応する像であるが、骨の partial volume phenomenon が加わっているため、解釈は困難である。最後の Fig. 7 (D) では、頭蓋骨の除去部近傍の脳実質が、

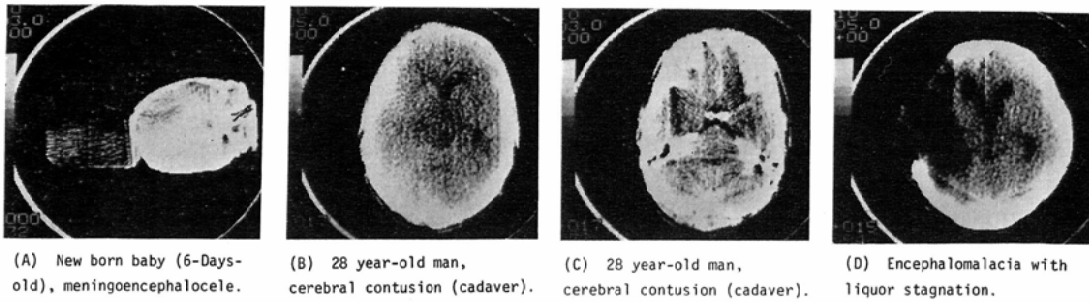


Fig. 7. Cases

かなりの低濃度となつているが、Fig. 3の実験で骨の部分除去による特別な artifact の存在が否定された例であり、手術によつて脳軟化部にリコール液が貯留していることが確かめられた。さらに Fig. 7の (A) ~ (D) の例で、頭蓋骨とその外周の皮膚層との間に低濃度帯をみとめるが、これは Fig. 5 (C) の実験より、artifact によるものではなく、脂肪層等のX線吸収値の低い物質の存在に由来するということが推定される。

考 案

今回の報告において我々は、既知物質から成るファントムと、それをスキャンしてコンピューターで再構成して得るところのCT像のみを対象として述べてきた。つまりこの両者の不一致性を問題とするのであるが、その原因がCT装置のハード及びソフトウェアに存することは明白である²⁾³⁾。しかし本著では、この問題に対して臨床医の立場から、単に問題提起をするに留めた。

さらに今回の内容は、対象となつたCT-H250に限定される課題であるが、他社製品についても類似の現象は指摘されており、ある意味では、CT一般の課題でもあると考えた。

楕円形ファントムの実験では、前回報告した被写体の直径の違いによる現象が、同様に出現することがわかつた。この現象は短径と長径の両側において、それぞれの径に一致した円形ファントムの、CT像の性質を兼ねそなえたものであるが、その程度は幾分平均化されて、軽度となつているように思われる。

次に15cm直径の水ファントムの外周に、人

体骨のX線吸収係数(μ)にはほぼ近似するテフロンシートを、2.5, 5.0, 7.5mmと順次巻きつけてスキャンした結果では、ファントム中央部のCT値が順次低下していくこと、及びファントム外周の水のCT値が、テフロンのCT値へとなだらかに移行すること等がわかつた。この像は、テフロンシートのX線吸収に相当する量の水を水で置換させた、つまり水のみから成るファントムの直径を、それに相当する分だけ大きくさせた時のCT像に、骨によるOvershootの現象が若干加わつた像のように思われる。しかし以下においてこの現象は、前報¹⁾で述べた被写体のサイズの問題や撮影野内での位置の問題と共に、CT像の“Uniformity”の課題⁴⁾として一括して検討していくこととする。ところで、EMI-CT-1,000のUniformityの高さは、前報において我々もみとめているが¹⁾⁴⁾、その頭蓋内側に現われる黒レベルの辺縁像が、最近の研究によつて、CT像のUniformityを保つための一つの方法であることが、メーカー側の検討等によつてわかつてきた⁵⁾⁶⁾ので以下で紹介する。即ち、Fig. 8の(A)は、現在のCT-H250のソフトウェアで得られる臨床像であるが、これと同じ計測値を用い、ソフトウェア(Convolutionの重み函数)を変化させて、別に画像再生を行つた結果がFig. 8の(B)と(C)である。(B)では脳実質から骨への移行は鋭くなつてきており、CT値のUniformityもかなり良く、絶対値上における信頼性を確保すれば理想に近い像である。(C)では脳実質のUniformityは同様に高いが、骨との移行

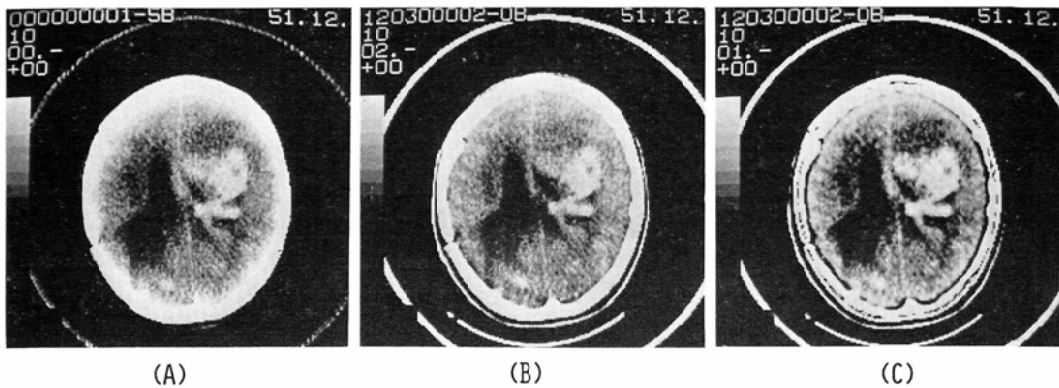


Fig. 8. Relationships between the CT image and the software. These images are all reconstructed from the same original data.

部に明瞭な黒レベルの artifact が出現している。このように CT のソフトウェアの違いは、復元像に大きな影響を及ぼすので、その選択は重大な課題である。

次に被写体内部に存する、高及び低 X 線吸収物質の周辺物質への影響をみる実験結果に移る。前者の実験では、テフロン棒やリングを用いたが、いずれも周辺の水との境界部における CT 値の移行は、小さな湾曲を示している。その程度は、置かれているテフロンの量に、つまり X 線吸収量の度合いに相関するようと思われる。一方後者では、空気層との境界に特記すべき変化はみとめられなかつた。これらの境界部以外の部位に存する水に対する影響は、ファントム内部に置いた物質の、X 線吸収量に相当する分だけ水ファントムの直径を、大きく、または小さくしたときの CT 像に一致するようと思われる。

次にファントム外周に巻かれたテフロンシートの部分切除の影響は、ほとんど無視しうることがわかったが、いままでの考察と合わせて考えてみると、理にかなつた結果であると思う。

以上前報から、被写体の種々の因子が CT 像にどのような影響を及ぼすかについて検討してきた。総じて現在の CT-H250 についていえることは、CT 値の絶対値上における信頼性 (Accuracy) と像の Uniformity の悪さである。この点に対して検討が加えられ、早急に解決されるこ

とが期待される。

単純な投影である通常の X 線像に対して、復元像としての CT 像には、ハードならびにソフトウェアを通して、多くの artifact の入り込む余地があるが、臨床医に提供される CT 像は、実態をあくまで忠実に描出していることが原則であると考えられる。しかし著者らの印象では、千差万別の形状や質をもつあらゆる患者に対して、公称の精度を満たした CT 像の提供は困難な場合があるように思われる。もし現時点で技術的に不可能であれば、保証し得ない範囲で使用されていることを示す警報装置を設けたり、実地使用時の条件や、注意の勧告等をしておくことが必要である。さらに、その装置を扱う技師と医師は、ファントム実験等を通して、その装置特有の、画像処理の原理と CT 像の特性を把握しておくことが必要と考えられる。

本研究にご協力下さつた 聖隷浜松病院の関係者の方々に深謝します。特に実験に直接助力して下さいた坂本技師に感謝の意を表します。また実験の考察に際し貴重な資料を提供して下さいた日立メディコ社の矢仲、小池の両氏に合わせて深謝致します。

なお本研究の要旨は第16回日本 ME 学会 (1977. 4) において発表した。

文 献

- 1) 真野 勇, 金子昌生: Computed Tomography 装置の基礎的研究 (第 I 報)—ファントムの試作と CT 像に関する 2~3 の検討—(CT の研

- 究第 I 報), 日医放会誌, 37: 890~896, 1977.
- 2) 飯沼 武, 田中栄一: 新しい医用X線診断装置—コンピュータを用いた体軸断層撮影—, 計測と制御, 15: 190~201, 1976
 - 3) Brooks, R.A. and DiChiro, G.: Theory of image reconstruction in computed tomography. *Radiology* 117:561—572, 1975
 - 4) McCullough, E.C., Payne, J.T., Baker, H.L., Hattery, R.R., Sheedy, P.F., Stephens, D.H., Gedgaudus, E.: Performance evaluation and quality assurance of computed tomography scanners, with illustrations from EMI, ACTA, and Delta scanners. *Radiology* 120: 173—188, 1976
 - 5) Ommaya, A.K., Murray, G., Ambrose, J., Richardson, A. and Hounsfield, G.: Computerized axial tomography, estimation of spatial and density resolution capability. *Brit. J. Radiology* 49: 604—611, 1976
 - 6) Zatz, L.M.: The effect of the kVp level on EMI values. *Radiology* 119: 683—688, 1976
-