



Title	X線テレビの研究 第2報 テレビ・サブトラクション装置の試作とそれによる基礎的研究
Author(s)	篠崎, 達世; 竹川, 錄一; 高橋, 一穂 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1969, 29(4), p. 376-382
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19683
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

X線テレビの研究(第2報)

テレビ・サブトラクション装置の試作とそれによる基礎的研究

弘前大学医学部放射線医学教室(主任:篠崎達世教授)

篠崎 達世 竹川 錦一 高橋 一穂

市村 博 岸部 陸 岩崎 晃

石井 守屋 石塚 栄一 伊藤 隆

(昭和43年9月28日受付)

Television applied to Roentgen Diagnosis

Report 2. Trial Manufacture of a Television-Subtraction Apparatus:

Part I. Its Fundamental Experiment

By

Tatsuo Shinozaki, Shoichi Takekawa, Kazuho Takahashi, Hiroshi Ichimura, Susumu Kishibe
Akira Iwasaki, Moriya Ishii, Eiichi Ishizuka, and Takashi Ito

Department of Radiology, Hirosaki University School of Medicine, Hirosaki
(Director: Prof. T. Shinozaki, M.D.)

The photographic subtraction has highly been appreciated in the field of X-ray diagnosis since the first description by Ziedses des Plantes in 1934, but it had not been universally practiced until recently, probably because the method was somewhat complicated.

Necessity of subtraction method in X-ray diagnosis has increased since the marked advancement of angiographic examinations in recent years.

Some investigators in the U.S.A. started to use closed-circuit television system for the purpose of subtraction, but the details of these apparatuses have not been reported.

The authors had Shiba Electric Co., Tokyo, made a television subtraction apparatus, and tested its performance.

1) Construction of the television-subtraction apparatus.

Two videcon cameras, a synchronizing pulse generator, a video-mixer, television monitor etc. were used (See block diagram Fig. 2). The synchronizing pulse generator is to synchronize the video signals from two videcon cameras. The video mixer is for the mixture of two different signals. The mixed video signal is fed to the video monitor. Two videcon cameras pick up X-ray images and one of them is for conversion of the polarity of video signals. Therefore, a television camera feeds video signals in positive image, and another camera feeds video signals in negative image. The reverse is possible by changing the polarity by converting switches. The electronic subtraction using a closed-circuit television is accomplished by mixing signals of a scout film and signals of a film with additional image, e.g. contrast medium, in opposite polarity. This electronic subtraction is quite comparable to the photographic subtraction using negative and diapositive pictures (films).

2) The resolution of the newly constructed apparatus.

The resolution of the apparatus is limited by the resolution of the videcon cameras and monitor. The over-all resolution was 1.0, and the vertical resolution was 0.8. Horizontal resolution was 1.7, and the vertical resolution was 1.3 when the image was twice magnified by a geometrical factor. The latter resolution is equivalent to the resolution of an X-ray television system in current use, and therefore this apparatus is quite practical.

3) An animal experiment (Subtraction in carotid angiogram in a dog)

Some arteries in carotid angiograms are obscured by superimposition of arteries and compact bones of head. Carotid angiograms in a dog were examined by the television-subtraction method. The arteries that were obscured by skull bones became clearer, and a fine artery as small as 0.3 mm in diameter could be identified. The usefulness of the apparatus was confirmed.

第Ⅰ章 緒 言

1934年オランダの Ziedses des Plantes¹⁾ はX線写真の中に新しい陰影（たとえば造影剤など）が加わった場合、以前より存在していた陰影を除き、後で加わった像のみを分離することにより著しく診断価値が高まる事を指摘し、それを Subtraktion（サブトラクション）と名付けて発表した。

サブトラクションは血管造影、脳室撮影その他多方面にわたつて利用されているが、この方法には写真術を利用する方法とテレビを利用する方法との二つの方法がある。わが国においては未だこのいづれの方法も行われていないが、著者らはサブトラクションの利点に着眼し、テレビを応用してその装置を試作し、この装置の基礎的実験と臨床的応用を行つてX線診断にきわめて有用である事を確認した。本編ではこれらの原理および基礎的実験について述べる。

第Ⅱ章 サブトラクションの原理及び方法

写真術応用のサブトラクションは實際には次のとくして行われる。予め造影剤を投与しないでのX線写真すなわち Scout film を撮影する。また被写体を動かすことなく、陽性または陰性的造影剤を添加し、第2枚目のX線写真を撮影する。次に Scout film より陽画のフィルムを作るのが、この陽画は Diapositive（対応陽画）と呼ばれる。Diapositive を作るには反転現像による場合と、別のフィルムに焼付ける方法とがあるが、普通は後者が用いられている。サブトラクション

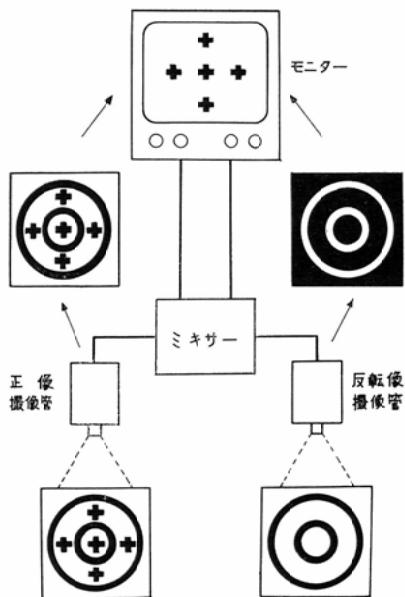
は造影剤の像が添加されたフィルムと Diapositive を重ね合せて観察するのであるが、このようにすると以前よりあつた像はこの二枚のフィルムでは黒白が丁度逆の関係にある故消失してしまい造影剤の像のみが強調分離されて来る。

この方法はテレビジョンを応用しても行う事が出来るが、これにはテレビジョン・カメラを2台用い、片方を正像用、他方を反転用として、二つのテレビ・カメラよりの電気信号を混合し、これを一つのモニターに送り結像させる。すなわちサブトラクションを電気的に行うのであり、この方法はテレビ・サブトラクションと命名されている (Fig. 1).

第Ⅲ章 テレビ・サブトラクション装置の試作 第1節 試作装置の概略

試作装置は芝電に命じて試作せしめたものであるが、Fig. 1, 2 および 3 に示すごとく二つの撮像管を用いた。撮像管 No. 1 は陽画としてビデオ信号を送るが、撮像管 No. 2 よりのビデオ信号は極性を反転し図のごとく Diapositive の像を得る様にした。この二つの電気信号は、これらを電気的に混合するミキサーを製作してこれに導入された。また二つのテレビ・カメラよりの信号は完全に同期させる必要があるので同期信号発生器を作成し、これを経由してミキサーに導いた。またおのののテレビ・カメラにはカメラ制御器を附属させ、白黒を反転させるスイッチ、また像の明るさ（輝度）およびコントラストを別々に調節することが出来るスイッチをつけた。ミキサーで混合

Fig. 1. テレビ・サブトラクションの原理



右下の絵は二つの同心円であり、左下の絵は右下の絵に十文字を四つ加えたものである。この二つの絵を左右で夫々テレビ・カメラで撮像する。右側のテレビ・カメラで得られたビデオ信号は反転される。これは原画と白黒が逆で、サブトラクションの原法では Diapositive と呼ばれた像である。左側のテレビ・カメラに依り得られたビデオ信号は正像のまゝとする。この二種のビデオ信号をミキサーで混合しモニターで観察すると四つの十文字だけが残ることになる。これが工業用テレビジョン応用のサブトラクションの原理である。若しも左側のテレビ・カメラで像を反転し、右側のカメラで正像を作るとモニターの十文字は黒の代りに白で現れて来る。これは反転スイッチの操作で可能である。

された映像信号はテレビ・モニターに導きサブトラクション像として再現させた。サブトラクション像の永久記録はモニターに再現された像を35mmのカメラを用いて普通フィルムに撮影する事によって行つた。

第2節 TVカメラおよびカメラ制御器

TVカメラは芝電気製工業用HV-24型2コを使用したが、二つのカメラは同じ様に動作するものを特に選んで使用した。このカメラでは日本テレビジョン標準方式（走査線525本、毎秒送像数30枚）の映像信号が得られる。おのおののカメラはトランジスタを使用しており、撮像管は7038型

Fig. 2. テレビ・サブトラクション装置のブロックダイヤグラム

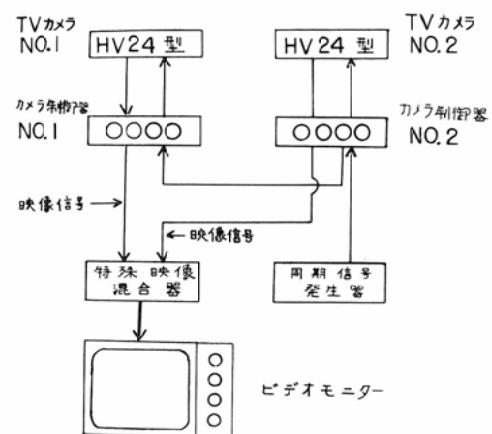


Fig. 3. テレビ・サブトラクション装置の実況写真



左右のシャウカステンの上に Scout film と血管造影写真等のサブトラクションされる可き写真を置く。二つのテレビジョン・カメラで撮影する。モニターの下に左右別々のカメラ・コントロール・ユニットがある。ビデオ信号の白黒反転スイッチは各々のカメラ・コントロール・ユニットの後面に附属している。モニターの上にあるのは同期信号発生器と映像混合器である。

ビジコンである。テレビ・カメラ内部で水平振幅、垂直振幅、Vertical lineality の微調節が出来る様になつてゐる。

カメラ制御器はトランジスタ使用で、映像信号の整形、補正回路、增幅回路、同期混合回路、白黒反転回路、シエージング補正回路を有し、映画信号、複合信号の二種の出力信号が得られる。カメラ制御器には以上の他にビジコン各部の制御調

整器（ターゲットビーム、フォーカス）、その他の各部の電源を収容してある。画像の平均的明るさを変える時にはペデスタル調節のつまみを使用する。画面の反転を行つた時にはペデスタルが変化するので、その都度調整することが必要である²⁾。

カメラのレンズはCマウント25mm, F 1.4がついている。カメラには紋りがついているので像の明るさを光学的に調節することも出来る。必要照度はレンズF 1.4使用時 100ルックス以上となつていて、またレンズのフォーカスを調節すればビジョンの撮像管にうまく焦点が合う様にすることが出来る。なおビジョンそのものも機械的に前後に移動させ焦点を合せるのを便利にするため微調節することも可能であるようにしてある。またTVカメラは支持台の上で自由に距離を調節出来る様になつておあり、したがつて像の幾何学的拡大が可能である。

走査方式は2:1完全インターレースとなつてゐるがテレビ・カメラ自身の解像度²⁾は次のとくである。

	中央部	周辺部
水平解像度	500本	300本
垂直解像度	350本	300本

偏向ひずみはレトマ直線性検査チャート使用時では次のとくなつてゐる。

1) 画面中央を中心として、縦の長さを直径とする円周および円の内側は縦の長さの2%以内

2) 画面中央を中心として、縦の長さを直径とする円の外側は縦の長さの3%以内

第3節 ミキサー（映像混合装置）

映像混合器は回路の簡易化を図る為に抵抗による映像混合を行い同時に同期信号を映像信号に付加している。

第4節 モニター

モニターは芝電気製VM 163C型 Video Monitor であり、16インチのプラウン管を備えている。プラウン管は114度偏向であり、画面の大きさは322×254mmである。

このモニターの解像度は水平方向 500本以上、

垂直方向 350本以上となつてゐる。偏向ひずみは水平8%以内、垂直5%以内である。

第5節 シャウカステン

シャウカステンは出来るだけ光が均等に広がるもののが望ましいが、左右が同じ構造と機能を有すればサドトラクションの目的にはかなう訳である。

本装置に使用したもののは芝電気に試作させたものであり、木枠の中に10Wの白色蛍光灯を3本取付けて、表面に乳白色のプラスチックを貼り、光量が平等になるように工夫したものである（実況写真 Fig. 3 を参照）。

第IV章 基礎的研究

第1節 解像度試験

テレビジョンを応用してX線診断をする際に問題となるのは解像度であるが、解像度はテレビジョン系統の特性に依り決定される。テレビジョン工学で用いられる「解像度」なる述語に関しては考按において述べる予定であるが、ここではTV・カメラとモニターを組み合せてサブトラクションした場合その像は実際にどの程度まで微細なものを区別認識出来るかの度合、すなわち総合解像度について実験した結果について述べる。

本実験にはX線像解像力テストチャート、すなわち銅線とその太さと等間隔な空隙とを交互に設け銅線3本を配列、かつ銅線の太さは1.0mmから0.1mmまで、おのおの0.1mmの太さの差を持つ銅線を配列したテストチャートを用いた。

この方法では三本の銅線をおのの認識出来る最も細い銅線の直径をDとし解像度をRとすれば $R = \frac{1}{2D}$ と定義されている。Rの値の大きいものの解像度はよい事になる。

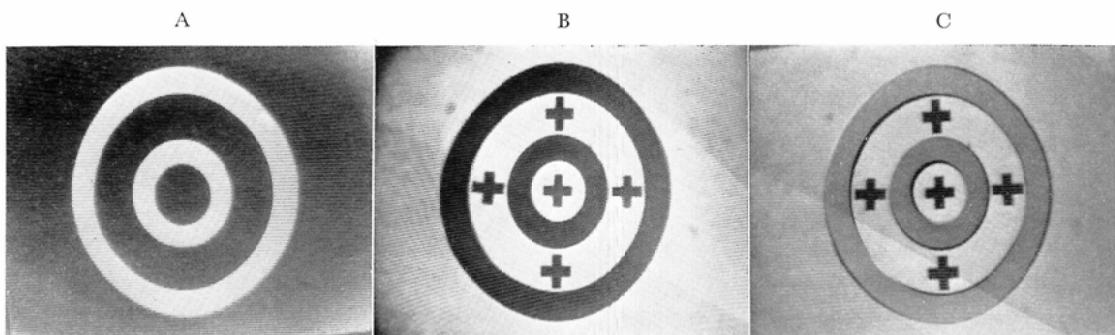
テレビジョンでは水平方向と垂直方向で解像度が異なるし、偏向ひずみのために中心部と周辺部の解像度も異なる故そのおののについて実験した。

(A) 四つ切りフィルムの見える視野での解像度

初めにTVカメラの視野に凡そ四つ切りフィルムの大きさが入る様にした。視野の大きさの実測値は300×225mmであった。

水平方向のテストチャートの区別限界は0.5mm

Fig. 4. モデルパターンのサブトラクション



Aは黒で描いた二つの円の同心円の反転像をモニターで見た画である。

BはAと同じ画に四つの十文字を添加したもの正像をモニターで見た画である。

CはAとBのビデオ信号を電気的に混合したサブトラクション像である。両方の画に共通でない十文字のみが強調分離されて来る。二つの同心円は略々正確に重なつているが、一部に於てそれが認められる。

であり、 $R = 1$ であつたが、垂直方向の区別限界は 0.6mm であり、 $R \approx 0.8$ すなわち解像度は垂直方向は水平方向に比して僅かに劣つた。

(B) 幾何学的拡大による解像度の向上

TVカメラを被写体に近づけると像は幾何学的に拡大される。この様にして像を凡そ二倍に拡大し、認識し得るテストチャートの線の太さの限界を調べた。この時のTVカメラの視野の大きさは $160 \times 120\text{mm}$ であつた。

水平方向の区別限界は 0.3mm 、すなわち $R \approx 1.7$ 、垂直方向では 0.4mm 、 $R \approx 1.3$ であつた。

以上をまとめると次の表のごとくなる。

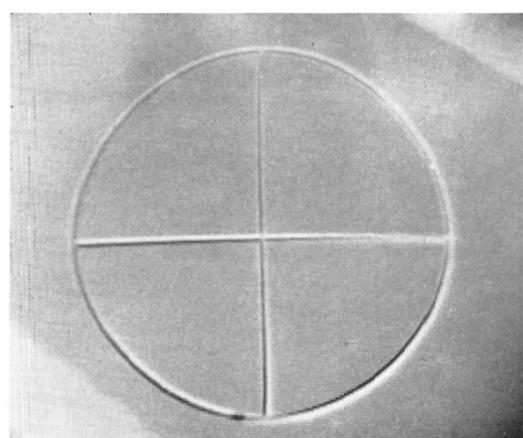
認識限界 及び解像度	視野の大きさ	
	$300 \times 225\text{mm}$	$160 \times 120\text{mm}$
水平方向	0.5mm , $R = 1$	0.3mm , $R \approx 1.7$
垂直方向	0.6mm , $R = 0.8$	0.4mm , $R \approx 1.3$

第2節 像の重なり具合の正確さ

テレビジョンを使用してサブトラクションを行う場合二つのテレビカメラに依り写し出された共通する像は正確に重なり合うことが必要である。二つの全く同じ形をしたテストパターンを使用してお互に正確に重なり合い、かつ消し合うことが出来るかどうかを調べる必要がある。おのおのの

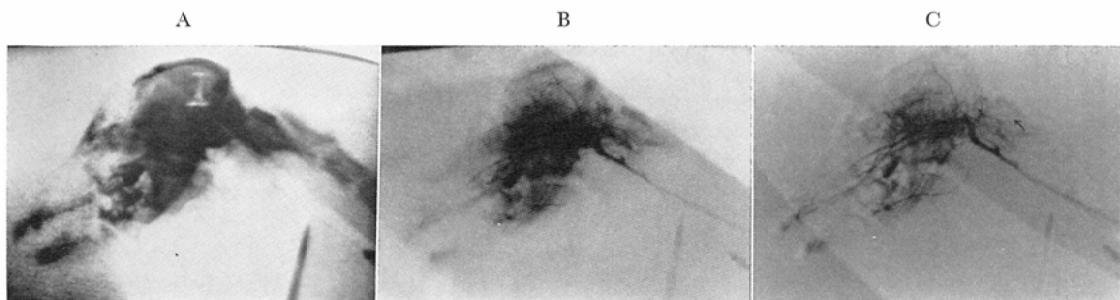
テレビジョンカメラで写し出される像の長さはテレビジョン回路の調整で水平並びに垂直方向において補正されなければならない。またおのおののテレビジョンカメラには僅かながら偏向ひずみがあるのでこれもまた補正しなければならない。以上の補正をした後に自家製のテストパターンを使用して重なり具合を見ると Fig. 4 のごとくなる。すなわち円の大部分はよく重なり合つている

Fig. 5. 細い線によるモデルパターンを使用した像の重なり具合の検査



円の中に十文字のある全く同じ大きさのパターンを二つ作り、それらの像が完全に重なるかどうかを調べた。大部分は良く重なつているが、部分的に僅かのずれが認められる。

Fig. 6. 犬脳血管造影のサブトラクション像



Aは犬の頭部の空取りX線写真である。

BはAと同じ位置で行った脳血管造影X線像である。内頸動脈が頭蓋内に入る附近から不明瞭になり、その分枝も全く分らない。

CはBのサブトラクション像で、内頸動脈の全行程とその分枝はBよりもはるかに明瞭に認められる。矢印の血管の直径は凡そ0.3mmである。

が、円周の一部においてはわずかのずれを生じている。さらに細い線に依る別のテストパターンを使用して像の重なり具合を見たのがFig. 5である。この場合もごく僅かの部分的ずれが認められる。

第3節 動物実験：犬の脳血管造影とテレビ・サブトラクションによる血管像の観察

血管造影は高度の診断価値を有するが体の部位に依つては厚い骨や石灰化巢の陰影にかくされて血管がよく見えないことがある。このことは特に脳底部や乳様突起部において起りやすい。若しもこのような部位においても血管が明瞭に強調されて明瞭なX線像として認められる様になれば診断価値は高度に上昇したと云つて過言ではない。そこで実際に犬を用いて脳の血管造影を行い、サブトラクションを行えば従来のangiogramにおける血管像がどの位よく見えるようになるかを実験した。

Fig. 6 Bは犬の脳血管造影のX線写真であるが、これに依ると内頸動脈が脳底部の骨に入るところからは、骨の陰影に障害されて、その走行と分岐の状態は不明瞭である。内頸動脈の続きの動脈は脳底部の厚い骨から離れるにしたがい、その走行および分岐の状態が分る様になる。

Fig. 6 Cは6 Bのサブトラクション像であるが、内頸動脈は脳底部の厚い骨と重なる部位に到つてもその走行は明瞭に示され、なおかつ細い分枝に到るまで脳動脈を追求出来るので、頭蓋内の

脳動脈全体の解明にはきわめて有利となつたと考えられる。

第V章 総括並びに考按

Ziedses des Plantes¹⁾に依り写真術を利用したサブトラクションが考案されて以来、写真術応用のサブトラクションの改良研究³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾が幾つか発表されている。

併しながら写真術応用のサブトラクションには正確であると云う利点があるが、操作が繁雑でかつ時間がかかるので何枚ものフィルムを連続的に観察すると云う場合にはきわめて不便である。

Photographic subtractionに代るものとしてClosed circuit television(工業用テレビジョン)の応用が考えられ、Holman⁷⁾⁸⁾およびWise and Ganson⁹⁾によりテレビ・サブトラクションが実用化されるに至った。併しながらその器械的構造や特性は一切発表されていないので不明である。またその装置に依る基礎的研究も発表されていない。また本邦においてもこの様な装置および方法は研究開発されていない。

著者らは本装置を試作して基礎実験および臨床的応用を行つたがほぼ満足すべき結果を得たと考えている。本装置で問題になるのは解像度であるが、これについては第Ⅲ章第2節および第4節において述べた通りである。テレビジョン工学¹⁰⁾で用いられる解像度は水平または垂直方向で白または黒の線をおのおの一本と数えて合計で何本の線が見えるかで表わされる。この点からは本装置は

水平解像度中心部 500本, 周辺部 300本, 垂直解像度中心部 350本, 周辺部 300本でテレビとしては比較的よい解像度である。然しこの程度の解像度では 0.3mm のものまでが辛うじて区別認識出来る程度であり、到底単純X線写真の解像度にはおよび得ない。然しX線像で人間の目が量として認識し始める半影の限界は 0.3mm からであり、また諸種X線診断に実用されているX線テレビの解像限度も 0.3~0.4mm である。この点からは本装置は充分実用の範囲にあると考えられる。

サブトラクションの解像を悪くする一つの因子は像の重なり具合であるが、テストパターンを用いてこれを調べた結果では僅かながらずれのあるのが判明した (Fig. 4 および 5)。この様な僅かのズレは背景の像の完全なサブトラクションを防げるが、診断の妨げとなることはなかつた。それは造影剤のごとく後から添加された像が強調分離されるからであり、背景の輪廓は多少影を残しても大部分が濃度を失えば診断が可能となるからである。この点は犬の脳血管造影でわかる様に骨像は完全には消失されず幾分残つてはいるが、可成り細い動脈まで認識可能であつた事が証明している。Fig. 6 C の中の矢印の血管の直径を計測したことろ凡そ 0.3mm であつた。Angiogramにおいて 0.3mm の血管が認識出来れば一応満足すべき結果であると考えられる。

第VII章 結 語

- 1) 工業用テレビジョンを用いて電気的にサブトラクションを行なう装置を考案試作し、その性能並びに基盤的実験の結果を検討した。
- 2) この装置でテレビ・サブトラクションを行なうとサブトラクションの操作が簡単で、短時間内に検査を終了することが出来る。

3) 解像度はほど満足すべきものであり、血管造影では直径 0.3mm 程度の細い血管を観察することが出来た。

(当内容の一部は、昭和41年5月22日第40回弘前医学会総会及び昭和41年7月10日、第32回日本医学放射線学会北日本部会で発表した。)

文 献

- 1) Ziedses des Plantes, B.G.: Subtraktion. Eine roentgenographische Methode zur separaten Abbildung bestimmter Teile des Objekts. Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen 52: 6979, 1935.
- 2) 芝電気24型TV-カメラ、特殊映像混合装置並びにモニター取扱説明書、昭和41年7月13日(東京)。
- 3) Hanafee, W. and Stout, P.: Subtraction Technic. Radiology 79: 658-661, 1962.
- 4) Backmund, H., Decker, K., und Loy, W.: Photographische Subtraktion-eine radiologische Routinemethode. Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen 104: 408-413, 1966.
- 5) Crittenden, J.J. and Stern, C.A.: Simplified Subtraction. Am. J. Roentgenol., Rad. Therapy & Nuclear Med., 97: 523-528, 1966.
- 6) Rice, R.P. and Barnhardt, L.E.: A Simplified Subtraction Technique. Am. J. Roentgenol., Rad. Therapy & Nuclear Med., 97: 529-532, 1966.
- 7) Holman, C.B. and Bullard, E.E.: The Application of Cl-Circuit Television in Diagnostic Roentgenology. Proc. Saff Meet. Mayo Clin. 38: 67-72, 13, Feb. 1963.
- 8) Holman, C.B.: Diagnostic Application of Closed-Circuit Television in Neuroradiology. Am. J. Roentgenol., Rad. Therapy & Nuclear Med., 91: 1163-1166, 1964.
- 9) Wise, R.E. and Ganson, J.: Subtraction Technic: Video and Color Methods. Radiology 86: 814-821, 1966.
- 10) 森本重武, 山口清, 黒岩寛:「テレビジョン工学」18, 19頁, コロナ社訂正第3版, 昭和29年。