

高橋信次教授の「廻転撮影法」 — 教授がノーベル賞を逸した原因を探る！

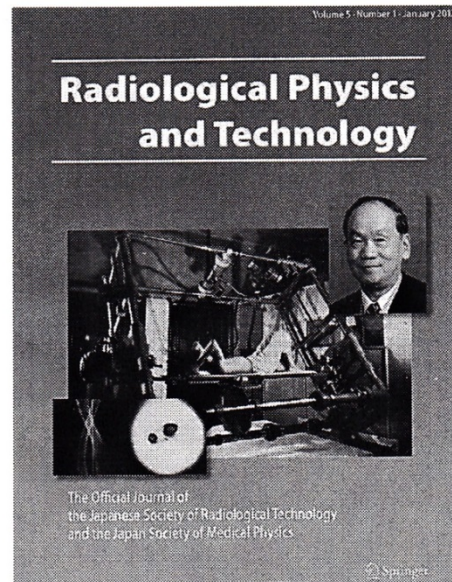
森田 皓三

1. この報告のきっかけ：

弘前大学から高橋信次教授をお迎えして、1954年（昭和29年）に開講された名古屋大学医学部放射線医学教室に、現在仙台在住の大沼勲君と私は1959年（昭和34年）に入局した。私たちは恩師高橋信次教授の命日に先生のお墓にお参りするのために、昨年4月2日に福島県二本松市を訪問した。先生は二本松市の名誉市民となっておられ、出身校である福島県立安達高校同窓会は「高橋信次博士顕彰会・茶筒忌」を立ち上げて、毎年記念会を開いておられる。昨年は丁度先生の生誕100年にあたるとのことで、私達には先生のすぐれた研究業績のひとつである「原体照射法」の紹介をするようにとの要請があった。言うまでもなく原体照射法は、廻転横断撮影法の三次元的な展開である原体撮影法の放射線治療への応用で、原体照射法のお話しを準備するに当たって、もう一度先生の「廻転撮影法」までさかのぼって勉強するには丁度良い機会であった。

高橋教授の「廻転撮影法」を勉強するためのもう一つのきっかけは、一昨年の4月頃に、名大医学部保健学科小幡教授を通じて、シカゴ大学名誉教授で、現在群馬県立県民健康科学大学長の土井邦雄先生から、次のようなご連絡

を頂いた。それは、先生が編集長を務めておられる“Radiological Physics and Technology”（日本放射線技術学会と日本医学物理学会共同の英文の学会誌）の表紙に、これまでレントゲン博士・キューリー夫人など放射線の世界で著名な学者が掲載されていたのであるが、2012年は高橋信次教授の生誕100年に当たり、ぜひとも日本人学者の最初として高橋教授を取り上げたいとお話してであった。教授の弟子たちとして大変うれしいご提案で、私は佐久間教授にも連



第1図 日本放射線技術学会と日本医学物理学会共同の英文学会誌“Radiological Physics and Technology”第5巻第1号（2012年）の表紙

絡して、種々のデータと写真を集めて土井先生にお送りした。その結果、昨年1月に発行された“Radiological Physics and Technology”には、教授のお写真とともに、土井編集長の説明も加わって、高橋教授の生涯に亘る研究業績の概要が紹介された(図1)。

その際の土井先生からのご連絡に、「高橋教授のご報告中に、“Sinogram”がありましたか?」という質問があり、私が「“Sinogram”って何ですか?」と聞き返すと、土井先生は笑いながら、「それはCT撮影法の原理にかかわる重要な用語なんです。」と教えて下さった(図1の内、左下隅にあるのが“Sinogram”である)。私は呼び方は異なるが、それらしき図は高橋教授の初期の論文にあったことを思い出し、土井先生に連絡したところ、彼は「やはり高橋教授は1947年頃には、すでにCT撮影法の原理に到達していたんですね」と納得していただいて、今回の紹介文にも、とくにその点を強調して下さった。ちなみに、高橋教授は“Sinogram”を“Continuous Rotatogram”とか“Rotation Radiogram”と名付けておられた。土井先生と私たちは、「どうして高橋教授はHaunsfield氏の「CT撮影法の開発」に対するノーベル賞受賞(1979年)の際に、その選に洩れたのだろうか」と残念がったのであるが、今回の二本松市訪問を機会に、弘前大学における高橋教授の「廻転撮影法」研究の進展状況を、その当時に発表されたいくつかの論文を手がかりとして推測してみようと思ったのである。

2. 高橋教授が「廻転撮影法」を研究されるに至った端緒:

高橋教授は1933(昭和8)年に東北大学医学部を卒業して、ただちに古賀良彦教授の主宰する放射線医学教室に入局された。もっともその当時は、放射線医学教室はまだ独立しておらず、古賀先生も九州大学から、東北大医学部梅毒学教室の放射線研究室に助教授として赴任され、放射線医学教室の独立に力を注がれていた頃であった。1937年に教室が独立し、正式に教授となられた古賀先生の下で、先生は1944年(太平洋戦争の終る前年)に学位を取得された。

高橋教授の「廻転撮影法(Rotation Radiography)」の原点となった古賀教授の「廻転撮影法(Rotation Sighting Radiography)」は、1944年3月の日医放学会総会に、松川明先生との連名で報告されたが、記録としては学会報告の抄録だけに終わっている。古賀教授がこの撮影法をどのようにして発想されたかについて、阿見孝雄著「言葉が独創を生む—東北大学ひと語録(2010年に仙台で出版)」は、次のような伝聞を紹介している。それに拠れば、当時東北大学医学部付属病院前を通る市電は環状線で、「胸部健診に汎用されているX線間接撮影法」の考案者として有名な古賀教授も毎日この市電を利用されていたが、市電の中で「胸部の病変をもっと精細に把握する方法はないか」と、下車するのも忘れて懸命に考え込んでいたために、気が付いたら病院の周りをグルグルと何回も廻ってしまっていた。教授はこの経験に

ヒントを得て、人体を廻転台の上に乗せて、 $0 \sim 180^\circ$ の間を 20° 間隔にX線撮影を繰り返し、一連のX線写真から、従来よりももっと精密に、病変の有無と広がりやを診断する方法を考案し、これを「廻転撮影法」と名付けられたとのことである。

この研究に関する古賀教授の学会報告には高橋先生の名前はなかった。推測するに、丁度その頃、先生はご自身の学位の仕事で忙しく、古賀教授の研究を助けるに十分な時間的な余裕がなかったであろうこと、及び同年9月から終戦をはさんで約1年間、先生は肺浸潤のために休養を余儀なくされ、伊達市の奥様のご実家で療養生活を送られたことに因るのであろう。

しかし、高橋教授の臥床中の有名な逸話として、その当時先生をお見舞いされた高見薫医師からの伝聞に拠れば、「先生は枕元にあった円筒形の茶筒を人体に見立てて、その横断面が撮影できないかを懸命に考えておられた」とのこと、これが毎年先生のご命日に開かれる「顕彰会・茶筒忌」の名称の由来となっている。だから、古賀教授の学会報告中に先生の名前は無いものの、先生も古賀教授の「廻転撮影法」に大きな関心を持っておられ、おそらく病臥中もこの研究が脳裏から去らなかつたことを窺わせる逸話である。

1年余りの療養生活から、1945年10月に復帰された先生には、その後1年も経たないうちに、青森医専（のちの弘前大学医学部）の教授としての赴任の誘いが

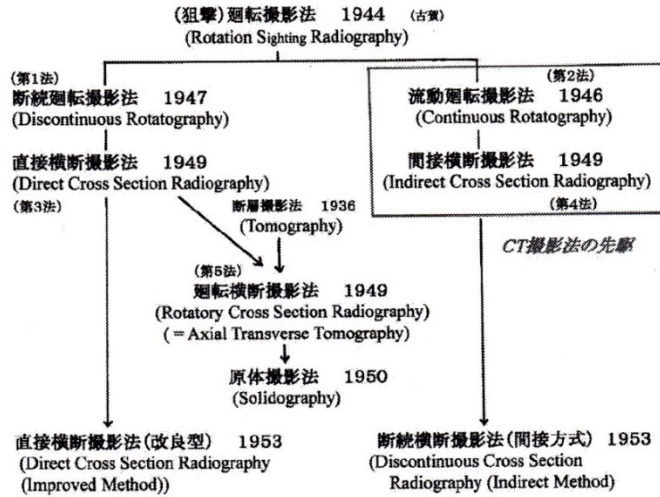
舞い込んだ。「東北大学ひと語録」に拠れば、古賀教授は赴任を逡巡する高橋先生に、「一国一城の主（あるじ）になれば、自分の望む研究に思う存分取り組める好機」と強く勧められたという。この時の古賀教授のお勧めに対して、のちに高橋教授が、恩師古賀教授に対する思い出として語られた「ひと語（こと）」は、「学者の研究というものは芸術家の創る芸術作品と同じなんだ。その芸術家に精一杯の腕をふるわせるのが、真の指導者なんだよ」であったという。この師弟関係は本当に素晴らしく、真に、「この師匠にしてこの弟子あり」を感じさせる「ひと語（こと）」であろう。

3. 「廻転撮影法

（Rotation Radiography）」とは？

「東北大学ひと語録」に「古賀教授は、自分が1944年に報告した「廻転撮影法」の展開を高橋先生にゆだねた」と記されているように、高橋教授は青森・弘前大に移られてからも、いち早く古賀教授の考案されたこの装置を設置し、この方法を「狙撃廻転撮影法（Round Sight Rotatography）」と名付けて種々の肺病変に利用し、学会誌への報告も続けられた。しかし先生は、1946年（昭和21年）末から1949年（昭和24年）末までの約3年間に、人体をいくつもの方向から撮影するばかりでなく、病氣療養中に考えた「人体の横断面」を撮影するいくつかの方法を、数少ないお弟子さん方とともに、毎日のように実験を繰り返されて、その結果を次々と学会に報告された。

そのまとめが図2と表1である。後年学士院賞・恩賜賞を授与された際の先生の報告中に、「余の研究によれば、横断面撮影法はX線廻転撮影法の一つであり、次の五つの方法があるようである。」との記述があり、図2の



第2図 高橋教授の報告された5つの「廻転撮影法 (Rotation Radiography)」の相互関係と研究経過。

第1～5法を指していると思われる。横断面を撮影するための廻転撮影法の基本は、①撮影時にX線束を細く絞ることと、②撮影時に、X線管球・人体・X線フィルムの内のいずれかを同期的に移動させるという発想で、経時的に先生の論文を読んでゆくと、「なんとかして鮮明な人体横断画像を得たい!!」という先生のゆるぎない執念と、その目的のために、実験条件の改善が少しづつ進んでゆくさまが読み取れて、大変に興味があった。

4. 廻転撮影法の第1法と第2法 (1946～47年 (昭和21～22年))

「廻転撮影法・第1法」の「断続廻転撮影法 (Discontinuous Rotatography)」と第2法の「流動廻転撮影法 (Continuous Rotatography)」は、1946年末から1947年4月に、相次いで学会報告されている。報告順が先生の命名と前後している理由は定かではないが、実験方法の推移から

判断すると、先生の命名順に実験が実施されていったと判断できる。「断続廻転撮影法 (第1法)」では、X線束は幅10mmの鉛細隙で絞られたが、撮影は原法の「狙撃廻転撮影法」のように、X線管球・人体・フィルムのすべてが固定したままで実施し、1回の撮影が終了すると、人体を10°廻しフィルムも10mm上に移動させて撮影を繰り返している。その結果、図3のようなX線画像が得られた。高橋先生は、「この撮影法の目的は、X線の助けを借りて、人体の横断面を画用紙上に作図 (図4) することである」として、鉛筆を用いた「作図による横断画像」の作成と読影を提案している。

おそらく同時進行の形で実験が行われたであろう「流動廻転撮影法 (第2法)」では、鉛細隙幅はわずか1～2mm (日本語の論文では1mm、英語の論文では2mmとなっている) で、X線が連続的に曝射される間、人体は連続的 (流

5つの廻転撮影法の比較表

撮影法の種類	1. 断続廻転撮影法 Discontinuous Rotatography	2. 流動廻転撮影法 Continuous Rotatography	3. 直接横断撮影法 Direct Crossography	4. 間接横断撮影法 Indirect Crossography	5. 廻転横断撮影法 Rotatory Crossography (=ATT)
学会発表年	1947年4月 日医放総会	1946年10月 日医放総会	1949年5月 日医放総会	1949年5月 日医放総会	1949年12月 第1回弘前レントゲンアーベント
抄録掲載誌	1947年12月 日医放誌 7:35	1947年3月 日医放誌 6:41	1949年9月 日医放誌 9:36	1949年9月 日医放誌 9:36	1950年2月 弘前医学 1:92
初出論文 掲載誌	Tohoku J. exp. Med. 51:70, 1949	Tohoku J. exp. Med. 51:70, 1949	Tohoku J. exp. Med. 51:80, 1949	Tohoku J. exp. Med. 51:253, 1950	Tohoku J. exp. Med. 52:138, 1950
共著者	弘前医学 2:1-17, 1951	弘前医学 2:1-31, 1950	弘前医学 2:1-17, 1951	弘前医学 2:1-17, 1951	今岡陸麿・森崎達世
鉛細線の大きさ	10mm	1-2mm	1-2mm	1-2mm	なし
廻転範囲	0~180°	0~180°	0~180°	0~180°	最小限0~190° できれば0~360°
X線撮影法	断続的に10°ごとに曝射 X線の方向は撮影したい横断 面に平行	流動的に180°曝射 X線の方向は撮影したい横断 面に平行	断続的に10°ごとに曝射 X線の方向は撮影したい横断 面に平行	流動的に180°曝射 X線の方向は撮影したい横断 面に平行	流動的に190°曝射 X線の方向は撮影したい横断面 に15°の傾きで入射
立位の際の 人体の動き	静止した人体を撮影→人体を 10°廻転させ、静止させて撮 影。これを繰り返す。	静止した人体を撮影→人体を 10°廻転させ、静止させて撮 影。これを繰り返す。	静止した人体を撮影→人体を 10°廻転させ、静止させて撮 影。これを繰り返す。	静止した人体を撮影→人体を 10°廻転させ、静止させて撮 影。これを繰り返す。	人体は流動的に190°廻転 0°(できれば360°)廻転 (X線はその間ずっと曝射)
フィルムの移動	フィルムは撮影したい横断面と 直角に置かれ、X線曝射時は 静止。人体の廻転時に少し下 方に移動。これを繰り返す	フィルムは撮影したい横断面と 直角に置かれ、X線曝射中下 方に大きく移動。→フィルムを 移動して、sinogramを形成。	フィルムは撮影したい横断面と 直角に置かれ、X線曝射中下 方に大きく移動。→フィルムを 移動して、sinogramを形成。	フィルムは撮影したい横断面と 直角に置かれ、X線曝射中下 方に大きく流動的に190°廻 転して、sinogramを形成。	人体は流動的に190°廻転 0°(できれば360°)廻転 (X線はその間ずっと曝射) フィルムは撮影したい横断面に 平行に置かれ、人体と同期的に1 90°(できれば360°)廻転す る。
横断画像 の復元法	なし(鉛筆を使用して、臓器・腫 瘍などの外輪郭を描く)	なし→基礎実験からsinogram の読影法を考案	なし	光束を用いたSinogramの復元 法(back projection)を開発 1953年に復元法の改良を報告	なし
画像取得手段	間接的(鉛筆で作図)	間接的(基礎実験から sinogramの読影法を考案)	直接的	間接的(Sinogramから横断画像 の光学的復元)	直接的
撮影時間	60秒	18秒	10分	18秒	10秒
被曝線量(皮膚)	5mSv	20mSv	75mSv	20mSv	1.5mSv
鮮鋭度	良	良	可	可	可
備考	横断画像を得るには至らず、 得られた画像の読影は困難 で、鉛筆を用いて横断画像を 作図しようとした	現在のCT撮影法の先駆。し かし、Sinogramの復元法が未 開発で横断画像を得るには至 らず。Sinogramの読影のため 7つの基本原則を考案。	世界初の直接横断画像の取 得に成功したが、撮影時間が 長く、被曝線量も多いので、非 実用的であった。	現在のCT撮影法の先駆。 復元法の開発に全力を集中し たが、復元技術が複雑な上に、 生体ではS/N比の不足で、四 肢骨以外は明瞭な横断画像の 取得が困難。	断層撮影法の原理の援用で、臨 床に使用可能な横断画像が得 られ、発表当時から最も実用的 とされて、撮影装置も普及した。 世界でも同時期に同様の報告 が相次いだ。

表1 5つの「廻転撮影法 (Rotation Radiography)」の概要。

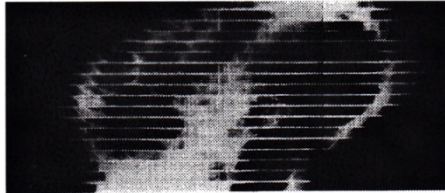


Fig. 25: Discontinuous Rotatogram of the chest

第3図 「断続廻転撮影法（第1法）」で撮影された胸部のX線写真

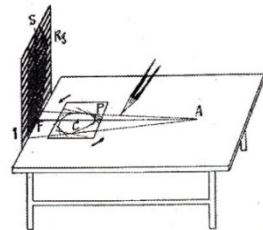


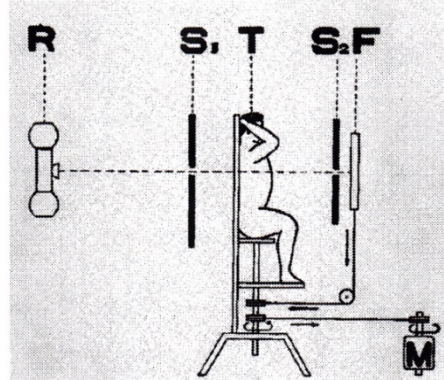
Fig. 26: Schema of the method of reconstructing an outline of cross section from a Discontinuous Rotatogram

A: Point representing the location of the tube focus at radiography
C: Point representing the rotation center
F: Point representing the location of the film at radiography
Rg: Discontinuous Rotatogram, S: Standard line

第4図 図3のX線写真から、鉛筆を用いて横断画像を作図

動的)に180° 廻転し、人体の後ろに、X線束と垂直に置かれたフィルムも、上下に連続的(流動的)に大きく移動する(図5)。その結果撮影されたX線画像が図6である。この画像を先生は“Rotation Radiogram”と名付けられた。のちに“Sinogram”と名付けられるX線画像である。① X線束を細く絞り込み、② X線を連続的に曝射し、③それと同時に、人体を連続的に回

転させ、④同期的にフィルムを上下に大きく移動させるという手法は、原法の「狙撃廻転撮影法」とは一線を画する全く新しい考案で、この手法は明らかに



第1図 流動廻転高真摺影機模型圖
R: X線管球 S: X線防護衝立 T: 廻轉臺
S₂: 鉛細隙 F: フィルム M: モーター

第5図 「流動廻転撮影法(第2法)」の撮影状況の模型図(1946年12月発表)。鉛細隙幅(S₂)は1-2mmで、X線束は横断面に平行に射入し、X線の連続的な曝射中、人体は廻転し、同時にフィルムは上下に大きく移動する。Fには上下に移動するフィルムが置かれ、いわゆる“Sinogram”を形成する。この方法は明らかに1970年代に開発されたCT撮影法と同じで、まさに「CT撮影法の先駆」をなすものである。

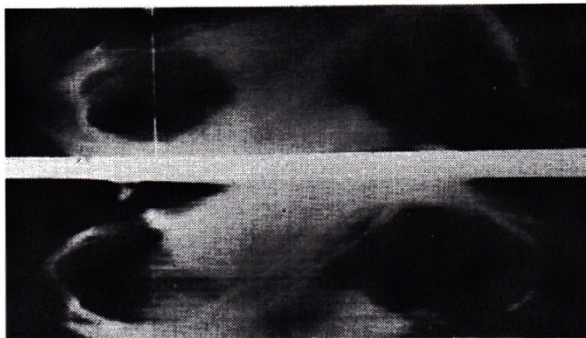


Fig. 28: Continuous Rotatogram of the chest
Top: Normal lung
Bottom: Lung tumor at the right hilum

第6図 「流動廻転撮影法(第2法)」で撮影されたX線による胸部の“Rotation Radiogram”(上が正常の胸部、下が右肺門に腫瘍がある胸部)。世界で初の人体胸部の“Rotation Radiogram”=“Sinogram”である。

1972年に開発されたCT撮影法と全く同じで、まさにCT撮影法の先駆となる画期的考案であった。しかしこの時点では、後年“Sinogram”と呼ばれるようにな

る“Rotation Radiogram”の読影に難渋し、論文中の先生の説明によれば、「此のX線写真を判読するために、予め模型実験を行ひ、此れに理論的考察を重ね、判読のための法則を七つ知る事が出来た。」とあり、図7のような20もの実験模型図が示されている。この研究は二年後の「廻転撮影法・第4法」では、“Rotation Radiogram”(=“Sinogram”)

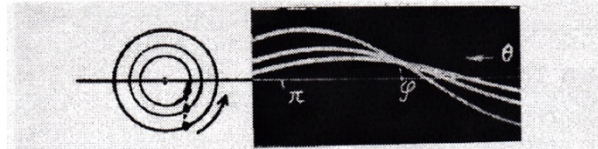


Fig. 6: Rotation Radiogram of three points arranged on a straight line

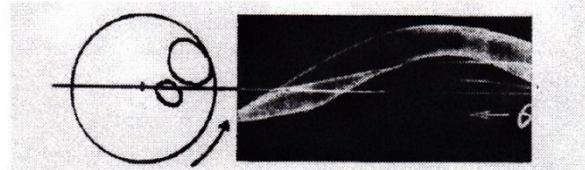


Fig. 12: Rotation Radiogram of two closed curved lines separated from each other

の光学的復元方式の開発に進展してゆくこととなる。1947年の時点では、両方法ともに具体的なX線横断画像を呈示するに至らず、従ってこの2方法の命名にも「横断(“Cross Section = axial transverse”）」という名称は使用されていない。

第7図 「3つの点」あるいは「2個の円柱」の“Sinogram”。この当時はまだ“Sinogram”という用語は使用されず、高橋教授は“Rotation Radiogram”と命名している。

5. 廻転撮影法の第3法と第4法 (1949年(昭和24年))

前項の2方法は相次いで日医放総会に口述で発表されたが、横断面画像を得るには至らなかったもので、論文としてまとめられることなく、おそらく「人体横断画像の呈示」を最終的な目標として、研究が続けられたのであろう。その結果、1949年5月には、第1-2法を改良した「直接横断撮影法(第3法)(Direct Cross Section Radiography)」と「間接横断撮影法(第4法)(Indirect Cross Section Radiography)」が日医放

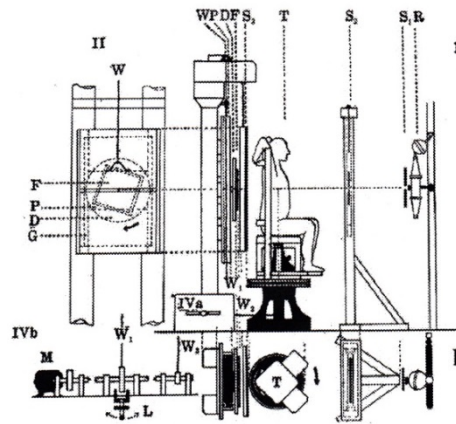


Fig. 34: Schematic representation of Fig. 33
R: X-ray tube, S₁: First slit, S₂: Second slit, S₃: Main slit, T: Rotation table, F: Film, D: Rotation Disc, G: Groove, W: Wire

第8図 「直接横断撮影法(第3法)」の模型図。「断続廻転撮影法(第1法)」の進化した方法。鉛細隙幅は1-2mmで、X線束は横断面に水平に射入する。人体は静止したままで、X線の曝射とともにX線束に直角に置かれたフィルムが大きく上下に移動する。次いで人体を10°回転させ、フィルムを元の位置に戻すとともに10°回転させてから、X線曝射とフィルムの移動を繰り返す。この動作を18回繰り返す。

学会総会で発表された。「直接横断撮影法(第3法)」では、図8のように、X線の曝射時には人体は固定したままで、人体の後ろにX線束と直角に置かれたX線フィルムは、X線曝射時に上下に大き

く移動する。ついで、人体とX線フィルムとを 10° 廻転させて、同じ動作を繰り返す。これを18回繰り返すことによってフィルム上に直接に横断画像が形成されてゆく。1950年（昭和25年）の高橋教授の論文報告では、この第3法で初めて、論文中にかなり詳細な模型図（図8）と胸部の横断画像（図9）

が提示されている。おそらく先生は1949年5月に、この方法によ

って世界初の人体直接横断画像の撮影を成功させたに違いない。図9の画像が日医放学会総会で供覧された際には、参会者に大きなインパクトを与えて、高橋教授の「廻転撮影法」が大きな話題となったであろうと推測する。しかしそれと同時に、この第3法が画像の撮影に10分もかかり、かつ被曝線量も大変に多い（皮膚面で75r）ことから、その後1年も経過しない内に、患者さんの被曝線量も少なく、撮影時間も短い、次項の「廻転撮影法・第5法＝廻転横断撮影法（Rotatory Cross Section Radiography）」に取って代わられることとなった。

それに対して、同時期に報告された「間接横断撮影法（第4法）（Indirect Cross Section Radiography）」は、一昨年に得られた“Rotation Radiogram（＝“Sinogram”）”から、いかにして横断画像を得るかを解決することが研究の中心に置かれ（第3法と比較して、横断画像を2段階で得ようとする意味で「間接」と名付けられた。）、“Sinogram”を光学的に復元する技術（図10）が初めて

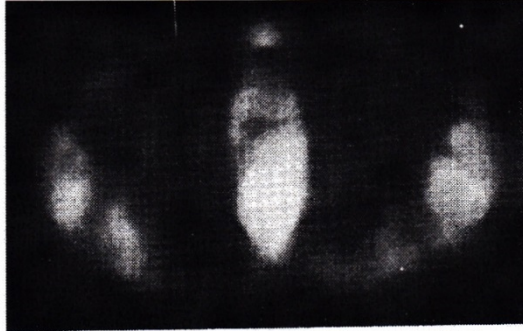


Fig. 35: Direct Cross Section Radiogram of the chest

第9図 健康な成人胸部の「直接横断写真（大動脈弓部の高さ）」。1949（昭和24）年5月、日医放学会総会にて供覧。おそらく世界で初の直接X線横断画像であろう。

紹介された。（この技術はのちのCT撮影法において、画像作成時に“Sinogram”から“back projection”という手法で画像にするのと同じ過程で、すでに先生はこの過程をアナログで考えついていたことになる。）“Sinogram”の取得法を示した第2法とそれに画像の復元方式を付加した第4法は、明らかに後のCT撮影法の先駆といえる技術であろう。残念ながらcomputer技術の未熟なこの当時においては、画像の処理はすべてアナログ方式のために、S/N比の高い乾燥人骨あるいは生体四肢骨で横断画像を得るのがやっとという状況で、この形式による「臨床使用に耐え得る横断画像の取得」は、1970年代のCT撮影法まで待たねばならなかった。しかし、この第3法及び第4法によって、先生は世界で初めて人体横断画像を提示する事が出来たので、術式の命名もこの第3／4法で初めて「横断」という名称が付けられている。

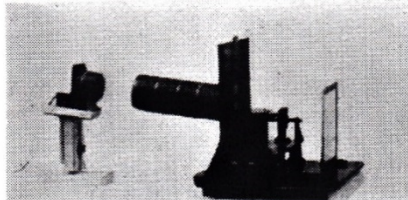


Fig. 29: Continuous Cross Section Radiograph (original method) in action

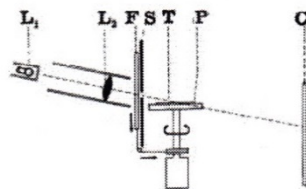


Fig. 30: Schematic representation of Fig. 29
 L₁: Light source, L₂: Convex lens, F: Continuous Rotatogram, S: Slit,
 T: Turn table, P: Photosensitive plate, C: Convergent point of the lens



Fig. 31: Left: Normal radiogram of the lower arm
 Right: Continuous Rotatogram

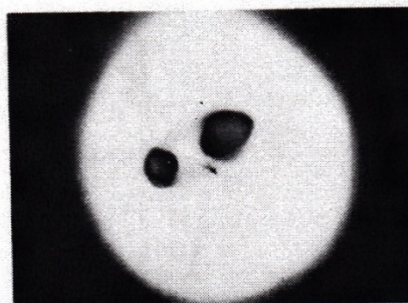


Fig. 32: Continuous Cross Section Radiogram, showing the cross section figure of the lower arm

第10図 「間接横断撮影法(第4法)」では、「流動廻転撮影法(第2法)」で得られたいわゆる“Sinogram”(図6)から、いかにして横断画像を得るかの方法に研究が絞られ、“Sinogram”から光学的に画像を復元する方法が初めて考案された(これはのちのCT画像作成時の“Back projection”という手法と一致する)。第2/4法の開発はまさに「CT撮影法」の先駆であった。

6. 廻転撮影法の第5法 — 廻転横断撮影法 (Rotatory Cross Section Radiography) — 1949年~1950年 (昭和24~25年)

のちに「高橋トモグラフィー」として有名になる「廻転横断撮影法 (Rotatory Cross Section Radiography = ATT (Axial Transverse Tomography))」は、1949年12月に報告された。この方法は第2 / 4法の流動廻転撮影法・間接横断撮影法と同様に、X線の曝射は連続的で、人体とフィルムの移動も連続的 (流動的) であるにも拘わらず、高橋教授自身が示された各廻転撮影法の進化の関係図 (図2) では、第3法の直接横断撮影法と断層撮影法からの進歩として示されているのは、人体の横断画像が直接的に得られるという点を強調しなかったからであろう。

これまでの「廻転撮影法・第1~4法」と異なり、第5法ではX線は鉛細隙を通じて人体の横断面に平行に射入されるのではなく、1935年に開発された断層撮影法の手技を援用して、横断面に15°の傾斜角で斜入させることによって、人体と同期廻転するX線フィルムの上に、直接に横断画像を得ようとする撮影法である (図11)。教授自身の説明によれば、「余はX線中心線を廻転台に斜めに投射し、廻転台を廻転せしむる時は、即ち機械的細隙の代りに暈 (ぼけ) を利用する光学的細隙を利用する時は、同様の操作で短時間に能率よく此の目的を達することに気づき、此れを廻転横断撮影法と命名し、昭和24年12月第1回弘前レントゲ

ンアーベントに於いて、その原理・方法及び成人胸部撮影結果を供覧した。」と、その研究の経緯を述べている。その当時の廻転横断撮影法 (第5法) の被曝は1.5rで、撮影時間も10秒と報告されている。

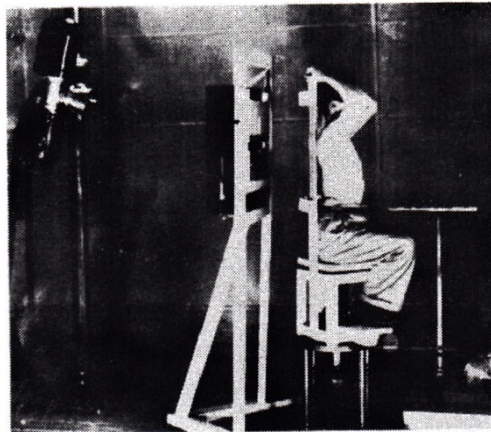
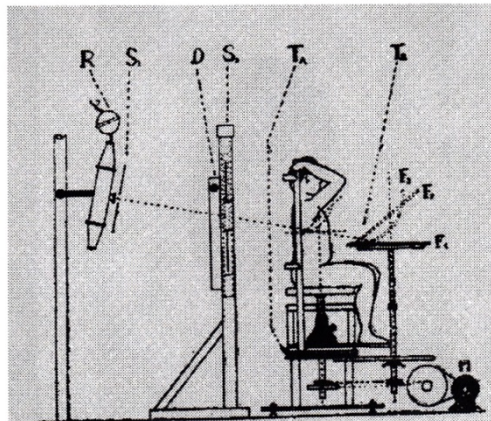


Fig. 36: Rotatory Cross Section Radiograph in action



第十一圖 廻転横断撮影装置の模型圖

- | | |
|-----------------------|---|
| R : X線管球 | T _A : 廻轉台 |
| S ₁ : 絞り | T _B : 廻轉台 |
| D : アッケー遮光板 | F ₁ F ₂ F ₃ : フィルム |
| S ₂ : 遮光衝立 | (種々なる傾きに置いたもの) |

第11図 「廻転横断撮影法 (第5法)」の実況と模型図：横断面にX線を斜入させることによって、人体と同期廻転するX線フィルムの上に直接に横断画像を得ようとする点で、これまでの廻転撮影法・第1~4法とは大きく異なる手法であった。

私見では、1949年5月報告の「直接横断撮影法（第3法）」で示された、世界初の「直接撮影による人体胸部横断画像」は、当時関係者間で大きな話題となったことは明らかであるが、その一方で、撮影時間が長いこと、被写体への被曝線量も多いことから、撮影法の早急の改善が大きな課題となり、高橋教授は急速「断層撮影法（Tomography）技術」の援用による「廻転撮影法・第5法＝廻転横断撮影法」を考案されて、これを同年12月に弘前にて報告されたのであろうと推測する。1949年に考案された廻転撮影法・第3法および第5法によって、先生が1946年以来追及してこられた「人体の直接横断画像」の取得が完成を迎えることとなり、1950年には弘前大学に隊位式の「万能廻転撮影装置（Universal Rotatograph）」が設置された。この装置の完成によって、これまでに研究してきた廻転撮影法・第3～5法のどの方法によってでも画像の撮影が可能となったのである。同様の装置は、先生が名古屋大学に移られた直後の1955年頃には名古屋大学にも設置されて（図1の中央の写真）、1960年から開始された「原体照射法」の開発に、大きく貢献することとなった。

7. CT撮影法の先駆となった「廻転撮影法の第2と第4法」が、「廻転撮影法・第5法である廻転横断撮影法」の蔭に隠れてしまった原因の推測。

高橋教授の「廻転撮影法の5方法」の概要をまとめた表1で気づくことは、学会での口述発表はそれぞれの方法が考案

された直後であったにも拘らず、論文としての報告は日医放会誌に掲載された和文も、“Tohoku J. exp. Med.”に掲載された英文も、そのほとんどが1949年後半から1951年初めに集中していることである。これには主として次のような二つの理由があったのではないかと推測する。

(a) 1946-47年に考案された第1-2法では、臨牀的に利用が可能な横断画像を得るに至らなかったが、1949年5月に報告された第3-4法によって、世界で初めての人体横断画像を得ることが可能となった。さらに同年12月に第5法の廻転横断撮影法の完成で、臨牀にも十分に利用できる「X線による人体横断画像」を簡単に得ることが可能となり、1950年には高橋教授は、日医放学会から翌年の東京科学博物館における日医放学会総会において、「廻転撮影法に関する宿題報告」をするようにとの指名も受けた。先生はこの機会に、第5法ばかりでなく、今までの第1～4法も一気に論文の形式で発表しようと思われたのであろう。もちろん次項のような事情もこの短期間での論文発表に大きく影響したに違いない。特に海外に対する自己の研究の「独創性と先見性（Priority）」を、誰よりも大事にされた先生は、和文に先んじて“Tohoku J. exp. Med.”を通じての英文報告を急がれたものと推測する。

実はこの1950年の雪崩（なだれ）のような論文発表を検索しているうちに、本報告の最後に挙げた高橋教授の文献群のうち、同時期のいくつかの論文には「日医放会誌掲載予定」とありながら、どう

しても見つからなかった論文が一つあった。それは「高橋信次：廻転撮影法の研究・第1報。断続廻転撮影法（第1法）の理論的研究」である。しかも先生は、この研究全体の報告中では、もっともまとまった論文となっている「弘前医学（1951年4月）」掲載の「廻転撮影法」の報告でも、末尾に挙げられた34個の文献中にこの報告を「掲載予定」として挙げておられ、かつこの文献群の最後に、「本文献にて掲載予定とあるのは、総べて原稿は既に掲載誌編集者により受付済である。— Jan.15.1951 —」と記しておられる。私見では、短時間に余りにも多くの論文を記述しなければならなかった先生が、廻転撮影法全体の流れから見れば、重要度において他の方法に劣る第1法を、単独で報告する時間的な余裕がなく、あるいは単独報告の必要がないと判断されて、多分この「第1報」の内容は他の方法との共同報告にゆだねられたのではないかと推測する。研究の進め方にはとても緻密な高橋先生にも、このような「手抜き？」もあったのかと、いささかほっとしたことであった。

(b) 高橋教授が「廻転撮影法・第5法＝廻転横断撮影法」を、1949年12月に弘前で報告した数か月後に、広島ABC Cの友人を通じて、最近海外でこの方法と類似の報告があることを伝えられた。すなわち1950年4月発行の日医放会誌10巻1号に掲載された「廻転横断撮影法（＝第5法）」の論文（1950年2月受付）中に、先生は特に「文献的回顧」という項を設けて、「余は此の論文内容を宗了

（この言葉は広辞苑にはない。おそらく終了したという意味での先生の造語であろう）後に、それより2か月後に始めてProf. E. E. Pendergrass 及びDr. A. W. Prydeの好意で、A. Gebauerが昨年9月此の原理と略々同様な考案にて水平横断面のX線撮影に就き発表せる事を知った。」と述べたのち、日本では海外での研究とは全く独立して、すでに1946年からの一連の「廻転撮影法」の研究が実施されていたことを説明するとともに、その研究の流れの中から、第5法である「廻転横断撮影法」が考案されたことを示して、廻転横断撮影法（第5法）の「独創性と先見性（Priority）」を強調しておられる。

すでに周知の事であるが、「廻転撮影法・第5法＝廻転横断撮影法」に類似した方法での「X線による人体横断画像の取得法」は、ドイツのGebauerのほかにも、イタリアのVallebona、イギリスのStevenson等によって、別々の名称でほぼ同時期に報告されており、この撮影法はその後日本では「高橋トモグラフィ」の名称で急速に普及し始め、国際的にも1962年にICRUがその呼称を“ATT（Axial Transverse Tomography）”と統一するに至った。私見では、高橋教授の考案した「廻転撮影五法」の内、第5法のみが臨床的に広く使用されるようになった結果、不幸にも、他の4つの「廻転撮影法」、特に1970年代のCT撮影法の先駆となった第2法と第4法が忘れ去られて、1979年のCT撮影法の開発によるノーベル賞の受賞はHaunsfield氏に決定

したということであろう。まことに残念である。

この「廻転横断撮影法の国際発表競争」に関する高橋教授のご経験は、のちに1960年の「原体照射法」の開発の際に生かされることとなった。原体照射法の最初の報告は、まだ照射法の正式名称も決まらないうちに、先生自らが、同年4月の日医放学会北日本地方会に口頭で発表され、ついで放射線医学関係の月刊誌「臨床放射線5月号」にも先生の単独名で、「Co-60廻転照射に於ける新しい工夫」と題する論文が掲載された。弟子の私たちにも、“研究に関するPriority（先見性と独創性）”を強く求められた先生のこだわりが懐かしい。

8. しかし、高橋教授の思いは、なお「廻転撮影法・第2と第4法」にあった!!

前項のごとく、高橋教授は「廻転撮影法・第5法=廻転横断撮影法」によって、臨床的には十分に使用が可能な人体横断画像が得られたにも拘らず、画像の鮮鋭度の点からは、X線束が「撮影したい横断面」に平行に射入し、被写体が連続的（流動的）に廻転する「廻転撮影法・第2/4法」が、断層撮影法の原理である「暈(ぼけ)」を利用する「廻転横断撮影法(第5法)」よりも優れていることを確信しておられた。その証拠に先生は1949年に“Sinogram”を光学的に復元する方法を考案した後も、この復元法の改良に

よる画像の改善に精力を傾け、表1にあるように、1953年には「断続横断撮影法(間接方式)」として、復元画像を得るためのフィルムの動かし方・置き方に種々の工夫を加えた報告をしている(図12)。先生は1954年に名古屋大学に移られてからも、「廻転撮影法・第2/4法=間接横断撮影法=のちのCT撮影法の先駆」に「拡大撮影法」を併用することによって、廻転横断撮影法(第5法)よりもはるかに情報量の多い、かつ鮮鋭な拡大横断画像を得ようとした。そのためにも光学的な画像復元方式の改善に尽くされた。乾燥骨を題材として1958年に発表された、故大橋一雄先生の学位論文「4倍拡大廻転横断撮影法の研究」は、この改良された光学的復元方式によるものであった。1959年に入局した森田は、そのあとを引き継いで、約1年間生体耳小骨の拡大横断撮影を試みたが、残念ながらアナログ方式の画像再構成であったため

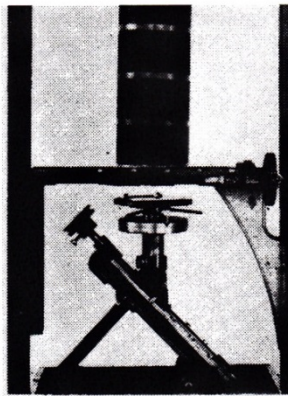


Fig. 45: Discontinuous Cross Section Radiograph in action

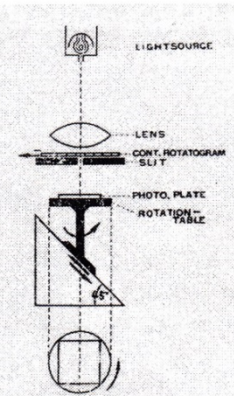


Fig. 46: Schematic representation of Fig. 45

第12図 「間接横断撮影法(第4法)」は、5つの「廻転撮影法」の中で、画像の鮮鋭度が最も良いので、撮影された“Sinogram”からの復元法の改良が1953年まで続けられた。この光学的な復元方式はその後さらに進んで、「拡大廻転撮影法」の研究に進展する。

に、生体ではS/N比が不足して、どうしても満足すべき結果が得られず、論文発表までには至らなかったという苦い経験がある。翌1960年に高橋教授の関心は、「廻転横断撮影法（第5法）／原体撮影法」の放射線治療への展開である「原体照射法」に向けられることとなり、森田も治療部門への転進となった。

9. 終わりに

高橋教授は「東北大学ひと語録」の中で、ご自身を芸術家に見立てて、「学者の研究というものは、芸術家の創る芸術作品と同じなんだ。」と述べておられる。本当に先生は「廻転撮影法」ばかりでなく、「原体照射法」あるいは「拡大撮影法」にも、芸術家さながらの全精力を注がれた。迫ってくる学会発表予定日を控えて、それぞれの研究を担当する弟子たちが先生に提出する種々の画像あるいは実験結果に、学会寸前まで「OK」を出されず、「もうひと押ししなさい」と実験を繰り返させ、「弟子たちは車内で発表スライドを作りながら学会に出かけた」という伝説？を生み出すことにもなった。1960年に開始された原体照射法も、その後「二軸振子原体照射法」あるいは「打抜き体のない打抜き照射法」などの芸術的な照射法まで進化し、現在の放射線治療の中心となっているIMRT（強度変調放射線治療）の先駆となった。高橋教授を満足させるような結果を得るために、私たちは「より良い線量分布・より良い画像」の取得を目標として、時間の経つのも忘れて、実験を繰り返した。高橋先生にとっ

ての古賀教授のように、高橋教授は私たちにとって「私たちに精一杯の腕をふるわせた真の指導者」だったと、今でも確信している。

文献：

1. Takahashi, S. :
A new device to get a radiological section figure of the body. Preliminary report. Tohoku J. exp. Med. 51 : 70. 1949
2. Takahashi, S. :
Cross-section radiography. An improved method of rotatography. Preliminary report. Tohoku J. exp. Med. 51 : 80. 1949
3. Takahashi, S. :
A method to take radiograms of the transection of the body at any inclination and curvature. Preliminary report. Tohoku J. exp. Med. 52 : 138. 1950
4. 高橋信次 :
X線廻転撮影法の研究（第1報）。断続廻転撮影法の理論的研究。日医放会誌。掲載予定（日医放会誌8～13巻に該当報告なし。理由は本文参照）
5. 高橋信次 :
X線廻転撮影法の研究（第2報）。流動廻転撮影法の理論的研究。日医放会誌。9 : 26-31, 1950
6. 高橋信次、今岡陸麿、篠崎達世。X線廻転撮影法の研究（第13報）。廻転横断撮影法。日医放会誌。10 : 1-9, 1950

7. 高橋信次・今岡睦磨：X線廻転撮影法の研究（第3報）。狙撃廻転撮影法の理論的研究。日医放会誌。10：136-142、1950
8. Gebauer, S. :
Körperschichtaufnahmen in Transversalen (horizontalen) Ebene. Fortschr. Roentgenstr. 71 : 669-696, 1949.
9. Vallebona, A. :
La stratigraphie axiale transversal an point de vue pratique. J. Radiol. et d'Electr. 31 : 7, 1950.
10. 高橋信次：
X線廻転撮影法 (Rotatography) の研究。弘前医学。2 : 1-17、1951
11. Takahashi, S., Imaoka, M., Shinozaki, T. :
Rotatory crossgraphy. (Study on the rotatography. 3 Report). Tohoku J. exp. Med. 54 : 59-66, 1951
12. Takahashi, S. :
Study on the technique of the radiographic delineation of the cross section of the body. Direct crossgraphy. Tohoku J. exp. Med. 54 : 269-282, 1951
13. 高橋信次・久保田保雄：X線廻転撮影法の研究（第14報）。流動横断撮影法（間接横断撮影法・流動復元方式）。日医放会誌。12：42-48, 1952
14. Takahashi, S. :
Rotation Radiography. Japan Society for the Promotion of Science. 1-164, 1957
15. 高橋信次：
生体のX線による解剖（昭和47年度日本医師会医学賞）。日医会誌。69：39-58, 1973
16. 高橋信次：
昭和52年度日本学士院賞受賞者の研究の概要「恩賜賞・日本学士院賞」X線による生体病理解剖の研究。学術月報 30：238-242, 1977

註：文献の検索には、名古屋大学医学部放射線医学教室の大河内慶行先生と、同事務局の佐藤紀よさんに多大のご協力を頂いた。厚くお礼申し上げます。