特別寄稿

アメリカにおける医療の変容と物理工学：スタンフォード大学における放射線医学とヴァリアン・アソシエイツ，1948-1980*

上　山　隆　大†

高度に発達する科学技術に対して人々が抱きがちな，期待と不安のアンビバレントな思いはとりわけ現代医療の分野で明瞭である。患者はX線断層装置のような最先端技術の恩恵を歓迎しながらも，それがパーソナルな治療のあり方を阻害するのではと恐れている。また医師の側も，これまで臨床経験によって積み上げてきた診断と治療が，機械と器具に安易に取って代わられることに複雑な思いを抱いている。一方で，ますます高度化する医療の機械・技術は，単なる科学の理論を離れ，大学や病院の外の機械メーカーなどの産業界との結びつきなしには実現し得ないものとなってきている。このような高度技術は，現代医療の現場にどのようにして持ち込まれるようになったのであろうか。また，それは医療の現場をどのように変えていったのであろうか。

この小論は，スタンフォード大学病院が1960年代にホジキン病などのガン治療のために導入した新技術，Microwave Linear Accelerator（Clinac）をケーススタディーとして，アメリカの先端医療技術が社会化されてきた実態を検証している。Clinacは，スタンフォードの放射線医学の主任教授であったDr. Henry Kaplanが，物理学の教授Edward Ginztonと現在シリコン・バレーをリードする巨大電機企業となったVarian Associatesと共同で開発し導入した，放射線ガン治療機械であった。Varian AssociatesはGinzton教授とSig. Varianが創設したベンチャー企業であり，この産学協同の形式が医療の現場を新しい技術によって変革していった。スタンフォード大学とサンフランシスコ大バークレー校に残る，Clinacをめぐる資料を分析することで，戦後のアメリカ医療のあり方が，ベッドサイド中心の臨床医学から，巨大な病院施設のなかで，工学・生物学・物理学などの隣接領域との密接な連携をともなる研究中心の医療へと変質していった様子を歴史的に検証している。

キーワード　医療技術，放射線医学，産学協同，大学病院，医療用線形加速器

はじめに

高度に発達する科学技術に対して人々が抱きがちな，期待と不安のアンビバレントな思いは，とりわけ現代医療の分野で明瞭である。患者は，X線断層装置や近年のロボティックスのような最先端技術の恩恵を歓迎しながらも，それがパーソナルな治療のあり方を阻害するのではと恐れている。

† 上智大学経済学部

* 本論文は11月にHistory of Science Society 2000 Annual Meeting（November 2-5, 2000, Vancouver）で報告されるTimothy Lenoir, Takahiro Ueyama, Christophe Lecuyer, “Instrumentalizing Medicine : Physics Research, Medical Practice, and the Development of Linear Accelerators for Cancer Therapy at Stanford University Hospital and Varian Associ-ates, 1948-1980”を縮めたものである。この研究を遂行するのに，トヨタ財団からの助成をうけた。記して感謝したい。

また医師の側も，これまで臨床経験によって積み上げてきた診断と治療が，機械と器具に安易に取って代わられることに複雑な思いを抱いている。一方で，ますます高度化する医療の機械・技術は，単なる科学の理論を離れ，大学や病院の外の機械メーカーなどの産業界との結びつきなしには実現し得ないものとなってきている。このような高度技術は，現代医療の現場にどのようにして持ち込まれるようになったのであろうか。また，科学者，医者，産業界のいずれが，この医療機械化のプロセスのイニシアティブを握ってきたのだろうか。そして，こうした医療の新しいテクノロジーよって医学そのものはどのような変化を遂げてきたのであろうか。

このような疑問は，先端科学の生成と帰結を社会の文脈の中で理解し直そうとする，最近の科学技術基礎論からも投げかけられているものである。近年ヒトゲノムの解析に関してなされている数多くの研究はこうした試みの一つといえるだろう(Thackray, 1998；Clark and Fujimura, 1992)。さらに，この小論で取り扱う「核医学」(Nuclear Medicine）という領域は，こうした社会的関心と密接に関わらざるをえない歴史を持っている。医学の領域に放射線物理学の知識を導入しようという試みは，Hiroshima，Nagasakiにつながるマンハッタン計画の中から明確に認識されるようになったものだからである[1)]。

放射性アイソトープによってガン細胞を除去しようという試みは，マンハッタン計画に先立つ1923年に，マンチェスターのGeorge HevesyやEarnest RutherfordがおこなったトリウムーBを使った実験にまで遡ることができる。だが自然界に存在する放射線物質によるこの種の実験はすぐに，高電圧で加速された荷電粒子で原子核を破壊し人工的に放射線を作り出す，核物理学を積極的に医療に応用する動きに取って代わられていった。1931年にEarnest Lawrenceがバークレーで初めてのサイクロトロン電子加速器を作り(Lawrence, 1934；Seidel, 1992)，リンの原子核を破壊することでその放射性同位体P-32を作ることに成功したとき，それはすぐにHavesyやHardin Jonesらによって医学・生物学の領域への応用へと結びついていったのである。1936年にJohn Lawrenceが白血病の治療にP-32の放射線を用いたのが，放射性同位体の医療への応用の始まりである（Lawrence *et al.*, 1939, 40)。同じ年，マサチューセッツ総合病院でRobley Evans, Arthur Robertsそして Saul Hertzによって，38年にはバークレーでGlenn SeaborgとJ．J．Livingoodらによって，ヨードの放射線同位体が甲状腺治療への実験に用いられた（Hertz, Roberts, and Evans, 1938；Evans, 1969；Livingood and Seaborg, 1938)。前者が使ったＩ-28は半減期が25分と短かったために失敗したものの，後者はＩ-130，Ｉ-131というより長い半減期をもつ同位体を用いて成果を上げている。バークレーグループの成功は43年から46年にかけて，Saul Hertz，Earle Chapman，Joseph Hamiltonら多くの研究者に，甲状腺亢進症への放射線治療の実験的治療を行わせている。マンハッタン計画がまさに最初の原子炉の建設に取りかかっていた42年頃には，こうした放射線の医療への応用はすでに十分に試みられていたのである。事実，マンハッタン計画の中には「医学研究部門」が存在し，この部門の研究は42年から45年にかけて，シカゴ，ロチェスター，バークレー，コロンビア，ワシントンの各大学と，ロスアラモス研究所に委託されて，人体が放射性物質に長時間さらされたときの影響と診断方法の研究が広範囲になされていた(Brundage，1946a，1946b)。さまざまなタイプの放射線の物理的測定，放射線の遺伝的影響，放射線による人体細胞の組織変化，これらを調べる

[1)] 放射線治療の歴史とマンハッタン計画との密接な関係については，Timothy Lenoir and Marguerite Hays, The Manhattan Project for Biomedicine," an unpublished paperから多くを学んだ。

実験は，どれもが最終的に医療用への転換を明確に意識した研究であった。マンハッタン計画に参加していた多くの研究者たちは，戦争という非常時における経験ではあったものの，彼らの仕事を続けていくことが核時代における人々の健康と福祉に必要不可欠だと認識し始めていたのである。

20世紀の医学にこうした先端科学・技術の恩恵は不可欠のものである。たしかに，19後半のコッホとパストゥールによる偉大な病原細菌学の確立からその後のさまざまな先端医療技術の応用に至るまで，医学は常に「科学」のオーラの虜になってきた。だが一方で歴史は，医学が先端科学や技術を無条件で歓迎したわけではなかったことをわれわれに教えている。多くの歴史家が教えるように，医学の世界には，医療を単なるプラクティカルな技術へと矮小化することへの強い危惧と，医者の真の仕事はベッドサイドでの実践とする信念が，20世紀の中頃までの医療の世界で，scientists 対 cliniciansという対立の構図を生んできたことも事実なのである（Lawrence，1985，1994；Jacyna，1988)。

この小論は，スタンフォード大学病院が1960年代にホジキン病などのガン治療のために導入した新技術，Microwave Linear Accelerator (Clinac) をケーススタディーとして，アメリカの医学と医療が，1950年代に変容し始めた実態を検証する。Clinacは，スタンフォードの放射線医学の主任教授であったDr. Henry Kaplanが，物理学の教授Edward Ginztonと現在シリコン・バレーをリードする巨大電機企業となったVarian Associatesと共同で開発し導入した，放射線ガン治療機械であった。ヴァリアンはギンツトン教授とSig. Varianが創設したベンチャー企業であり，この産学協同の形式が医療の現場を新しい技術によって変革していった。この論文では，スタンフォード大学とサンフランシスコ大バークレー校に残る，Clinacをめぐる資料を分析することで，新たな産学協同研究の先駆けとして，医学者，物理学者とエンジニアーのそれぞれが，どのような異なる利害と関心を持って新医療機械を開発したか，それは当時のいかなる社会的要請と合致していたのか，を考える[2)]。この論文で取りあげるカプランと彼の医学研究はまさしく，戦後のアメリカにおける医療の変容を明確に示す興味深いケースとなっているのである。

１．Henry KaplanとStanford Medical Schoolの改革，1948－55/56

ヘンリー・カプランは1940年シカゴ大学で医学の研究を始め，ミネソタ大学で放射線医学のマスターを取得後，1944年からエール大学に移りマウスを使った，リンパ腫と白血病の研究を始めている。40年代の臨床医療が中心であったアメリカの医学にあって，カプランは早くから生物学と医学の融合に関心をもち，放射線生物学の実験医学に関心を寄せていた。

1948年にスタンフォード大学医学部に助教授として採用されたカプランの研究は，その後50年代中頃までに２つの研究成果に結実している。第一は，マウスへの実験を通して哺乳類への一定のX

[2)] この小論で用いる一次資料は，スタンフォード大学Special Collectionに保存されている次のコレクションである。Ginzton Papers, SC 330；Kaplan Papers, SC 317；Sterling Papers, SC 216；Trustee's Special Committee on Medical School；Sterling, Wallace Speeches；SC 557；Stanford University, School of Medicine, Committee on Future Plan：SCM 092；Frederick Emmons Terman Papers SC160；Joshua Lederberg Papers, SC 186；SC 236；Arthur Kornberg Papers, SC 359；Varian Papers SC345. また，Bancroft Libraryの所蔵するVarian Associates Papers in John Farquhar Collection, Bancroft Library, UC Berkeley；そしてKaplan Collections in Lane Medical Library, Stanford University, UODJ 3。注には基本的にこの一次資料からの出典を示したが，ここでは紙幅が限られているために，その一部を明示することができなかった。

線照射によって（total body x-irradiation, TBI）によってリンパ腺に生まれる細胞が，ガン細胞と極めて似た特性を持つこと，またこれが何らかのウイルス性の物質によって誘発されていることを明らかにしたことである（Kaplan，1947，1948)。この研究がカプランの「サイエンス」のデビュー論文となる（Kirschbaum and Kaplan，1945)。第二に，それまでほとんど知られていなかった胸腺（thymus gland）が lymphatic leukemiaの発生に関わっていることを明らかにしたことである。マウスへの大量のX線照射によって悪性リンパ腫や白血病が，まず胸腺に出現しその後に肺や，脾臓，肝臓，リンパ腺へと転移していく。放射線によって生まれるリンパ腫はその起源が一つであること，それゆえ胸腺の摘出手術によって転移を根本的に押さえることができるのである（Kaplan，1950)。

カプランの生涯の研究テーマとなったホジキン病は，こうしたマウスのリンパ腫研究から芽生えてきたものである。1832年にイギリスのThomas Hodgkinによって最初に記述されたホジキン病は，頚部や鼠蹊部のリンパ腺が膨張する病気だが，当時まだガンの一種であるとは必ずしも認められてはいなかった。このホジキン病に，ガン研究としての道筋をつけたのもカプランであった。カプランをホジキン病研究に向かわせたのは，それがリンパ節のガンにちがいないという信念であると同時に，ホジキン病に対する初期の放射線治療が学会の注目を浴びはじめていたからにちがいない。すでに述べたように，カプラン以前に腫瘍の成長を抑えるための試みとして，少量の放射線の照射を行う研究は幾つか存在していたことはたしかである。しかし，カプランは50年代半ばにkilovoltageレベルの大量の放射線照射の実験的治療とナイトロジェンマスタード（nitorgen mustard）を併用した，新しいホジキン病治療の報告を行っている（Brown and Kaplan，1957；Kaplan，1958b)。当時はまだ，多量の放射線照射の危険性のみが語られる状態であったし，また事実，放射線の照射部位の精密な特定そのものが困難であった。その時代にあって，kilovoltageレベルの放射能の照射が，皮膚への損傷のみならず腫瘍部位周辺の健康な細胞に対して致命的なダメージをもたらす可能性を考えれば，彼の研究は極めて野心的な試みであったと言わなければなるまい。

このような実験的な臨床医療へとカプランを駆り立てていったのは，彼がアメリカの医学界の新しい潮流，すなわちベッドサイドでの臨床経験を重視し数多くの患者の診療から新たな医学的発見と治療法を見いだしていこうとする臨床医学中心の医療から，とくに40年代から明確になってきた物理学，遺伝学，化学，生物学などの新しい科学の知見を積極的に医学に応用する必要を切実に感じていたからに他ならない。カプランは回想している。「私には常に二つのレベルの研究があった。患者と実験室である。研究者はこの二つを同時に行うべきではないと言われたものだ。しかし私のホジキン病（の臨床的成功は）マウスの白血病の実験的研究にその大部分を負っている[3)]。」

それゆえカプランはスタンフォード大学に招かれた直後から，彼の放射線学科の改革に積極的に乗り出している。カプランは，放射線医学が相も変わらず，X線の静止画を写しその解剖学的な読解と診断の訓練にとどまっていること，そのためにはどれほど多くのフィルムを写したか，どれほど多くの患者の実例を分析したかという臨床的経験にとどまっていることにどうしようもない遅れを感じていた。「私はそれゆえ実験室での研究というアイディアを放射線学科に持ち込んだ。私自身にそうするように命じたのみならず，他の医局のメンバーがリサーチを避ける言い訳に蓋を閉ざすためにも半ば強制的に実験を奨励した[4)]。」

[3)] Kaplan Collection, Lane Medical Library, UODJ3, Box9.19.

カプランがめざしたのは明らかに，放射線科を他の医局のサービス部門にとどめるのではなく，より大きな独立した科学的専門集団としての医局に作り替えることであった。そのために，カプランは，まずスタンフォードの放射線学科のスタッフに常勤の身分を保証し，私的な医療活動からの収入を当てにすることなく研究に従事できるように大学に要求している。また放射線生物学のコースを新設して診断に傾いていた放射線医学をより治療技術主体のプログラムに変更していった[5)]。

臨床から科学へ，この動きはカプランの個人的な資質によるものというよりは，むしろ戦後のアメリカで求められる医学の在り方と関係していた思える。この時期のスタンフォード医学部の内部資料や議事録からは，赴任して間もないカプランが不自然なほど学内での発言力を持っていたことが見てとれる。医学部を作り替えていこうという若い世代のリーダーとしてカプランはさまざまな委員会を組織し，時にdean killerのあだ名を計上されるほど戦闘的な改革論者を任じていた。新しい医学の潮流がカプランの学内の立場を支えていたことは間違いない。

だがこのような潮流がまだ過渡期のものであったことは，カプランの放射線治療の試みにサンフランシスコの医学コミュニティには強い反対が存在したことからも明らかである。たとえばその一人，カプランと放射線科教授のポストを争ったHenry Garlandは，先端の放射線治療機械としてその当時注目を浴び始めていたコバルト60の機械導入を，それが臨床的熟練を越えて役立つものではないことを証明するためだと公言していたほどである。

1951年頃からスタンフォードの将来構想プロジェクトの中で大きな問題となった，スタンフォード大学医学部付属病院のサンフランシスコからパロアルトキャンパスへの移転は，単に付属病院をどこに置いておくかという技術論というよりも，まず，大学本体にとっての将来構想と関係すると同時に，このような科学としての医学へと変貌を遂げつつあったアメリカの医療が直面する現実とも大きな関連を持っていたのである。50年代は，当時の学長Wallace SterlingやFrederick Termanらによるスタンフォードの大学改革運動が始まった時期である。1954年にプロボストになったターマンは，国家的な重要性を持つ学問分野で，政府からの研究助成が見込まれる分野，とりわけ朝鮮戦争後の冷戦下において予算規模を急激に増大しつつあった国防省の委託研究が集中する工学部・物理学部・医学部を重点領域として，スタンフォードをローカルな大学から全国的な有名大学へと脱皮させようとした。ターマンが掲げたのは，科学的・計量的な専門知識の集積地としての大学，国家的な要請への大学の応答，そして政府と民間企業との積極的な連携であった（Lowen 1997；Leslie and Kargon，1996)。

付属病院の移転問題もこうした大学改革の目玉の一つである。スタンフォード大学病院は，1858年にLevi Cooper Laneがカリフォルニア最初の医学校を設立したことに始まる。そののちスタンフォード大学の付属病院となってからもずっと，病院自体はサンフランシスコにとどまり続けていた。付属病院の移転問題を討議する特別委員会が1952年に学部長のWinsor Cuttingをヘッドとして設けられたとき，とりわけ若手の医学部メンバーから出された要求は，研究，教育，臨床のすべての面で，物理学，生物学，化学，工学などの別の分野の科学との密接な連携によって新しい医学の形を作り出すということであった。そのために改革論者たちは，これらの他学部と隣接するキャンパスに医学部を移すようにと強く求めたのである。スターリング自身は，彼の残した手紙やメモを見る限り，すでに52年までにエール大，シカゴ大な

4) A Conversation with Henry Kaplan," Kaplan Papers, Series VII, Box 1 .

5) A Conversation with Henry Kaplan," Kaplan Papers, Series VII, Box 1 .

どの全米の有名医学部の聞き取り調査をおこない[6]，はっきりとキャンパスへの移転を考えていたようである。だが，この問題は医学部の内部での激しい対立を生み出すことになる。Arthur Bloomfield，Harold Faber，Emile Holmanらの重鎮たちはこぞってこの移転に反対し，若手の医学者たちと基礎医学系の研究者たちはそろってキャンパスへの移転を求めた。カプランはまだスタンフォードに来たばかりの30歳にもなっていない最年少教授であったが，若手の中心人物として研究中心の医学部への改組を主張している。両グループはともにそれぞれの会合を持ち，パンフレットを作り，地域の医学コミュニティーに訴えて激しい応戦が繰り広げられた[7]。

移転反対派の主な主張は，「移転によってサンフランシスコでの極めて多くの患者，その多くは都市の困窮層の人々だが，彼らから病院は離れることになる。これらの患者こそ長期の観察を必要とする臨床的研究にとって欠かせない人々であるし，診断経験を教えるのに極めて重要な題材だ」というものであった[8]。事実，スターリングが医学部のメンバーに行った詳細なアンケートにもとづいてそれぞれの見解をまとめてみると（表１参照)，移転賛成派と反対派は，臨床を活動の中心とするかそうでないかでほぼ分かれていることがわかる[9]。カプランやギンツトンが非難めいて回想しているように，移転反対派にとって外来患者の減少はとりもなおさず彼らの所得のロスに他ならないという現実的な思いもあったであろう。だがそれ以上に，スタンフォードのケースは科学的研究への志向が顕著になり始めるアメリカ医学の変化を体現したケースと思われる。55年頃から始まるカプランとギンツトンら，物理学・工学の専門家との共同研究にはこうした背景が関係していたのである。

ギンツトンとの共同研究が始まってすぐに，カプランはハーバード大学からハーバードに関係するすべての病院の放射線学科を統括するCook Professorのオファーをうけている。逡巡の末にカプランが留まった最大の理由は，ギンツトンらとの共同研究が新たな放射線医学を作り出す可能性であった。同時にカプランとギンツトンはこの機会を十二分に利用し，「生物物理学」の研究所をギンツトンの高周波研究所の中に併設することを大学に認めさせている[10]。これを認めたスターリングとターマンはその後，医学部とその他の学部との学際的領域の学科を次々に設立し，生命科学関係の有名教授をさまざまな大学から引き抜き始める。ワシントン大学の微生物学教授，Arthur Kornbergとウィスコンシン大学で遺伝学を研究していたJoshu Lederbergは，それぞれ「生化学」と「遺伝学」の学科を医学部内に開設すること，彼らのすべてのスタッフを受け入れることなどの好条件でスタンフォードに移っている[11]。実のところ，この二人を引き抜くこともカプランがハーバードのオファーを拒否する条件の中に含まれていた[12]。そして58年にKornbergが，続いてすぐにLegerbergがそれぞれノーベル賞を受賞する。スタンフォードの医学部の環境は60年代までに基礎科学研究を中心としたプログラムへと急速に変化していった。カプランの放射線治療

---

6) Committee on Future Plans of the School of Medicine," in Ginzton, Box６.

7) Arguments in Favor of San Francisco Location," Arguments in Favor of A Campus Location for the Medical School," この問題に関する一次資料については，Sterling Papersを参照。

8) Stanford Medical School Becomes a True University School," Report：Special Committee on Use of Stanford Medical School Facilities in San Francisco," Sterling Papers, Box63.

9) この表はSterling Papers Box64にある，医学部メンバーからスターリングに宛てた手紙のコレクションに基づく。

10) この間の事情については，Kornberg Papers, Lederberg Papers所収の，Kornberg, Kaplan, Lederberg, Terman, Alwayらの書簡を参照。

表１　スタンフォード大学付属病院移転に関するアンケート

Replies to Letter RE Medical School Location

Name	Clinical	Non-Clinical	Remain in San.F. Old Location	Move to Campus	Inconclusive
Barnett, C. W.		○	○		
Bassett, D. L.		○		○	
Beard, R. R.		○		○	
Clifton, C. E.		○		○	
Cohn, Roy		○	○		
Courtright, L. J.	○		○		
Cox, Alvin J.		○		○	
Dreisbach Robert, H.		○		○	
Fender, Frederick A.	○		○		
Fluhmann, C. Frederick	○		○		
Fuhrman, Frederick		○		○	
Garland, L. H	○		○	or ○	
Gerbode, Frank	○		○		
Gray, Donald, J		○		○	
Hultgren, Herbert N.		○	○		
Kirkman, Hadley		○		○	
Luetscher, John A. Jr.		○	○		
Mensor, Merrill C.	○		○		
Miller, John J. Jr.	○				○
Newell, R. R.		○		○	
Newman, Henry		○	○		
Raffel, Sidney		○		○	
Robson, G. B.	○		○		
Rytand, David, A.		○	○		
Schmidt, Otto, E. L.	○		○		
Schults, E. W.		○		○	
Stilwell, Donald, L.		○		○	
Trimble, Harold Guyon	○		○		
Weyrauch, Henry M.	○				?
合計	11名	18名	15名	12名	2 名

Source：Sterling Papers Box 64所収のスターリング宛ての各メンバーからの手紙による。すべてのスタッフからの手紙が残されていないため、現存するものからのみ作成した。

はこうした変化のフロンティアに当たっていたの
である。

2．Medical Linear Acceleratorと新しい治療技術の開発

(1)MLAプロトタイプの開発

ガン細胞の成長を抑えるだけでなく放射線によって死滅させたいというコンセプトを持っていたカプランにとって[13]，当時の放射線器具には幾つかの解決すべきテクニカルな問題が存在した。まず，長時間の放射線照射がもたらす細胞へのダメージである。大きなエネルギーの放射線は，照射の時間を短縮することでこの問題をある程度解決できる。しかしそのために使われ始めた，Van de GraaffやBetatronのような当時の放射線医療器具は，単に高価であるのみならず，正確に測定された放射線量を照射することが難しいこと，さらにその極度の大きさのために適切な部位に照射の照準を合わすことが困難であった。大きなエネルギー出量を持ち，かつコンパクトで正確な線量測定が可能であるという矛盾した課題を追い求めていたとき，カプランは，スタンフォードの高周波研究所（microwave laboratory）のギンツトンやWolfgang Panofskyらが，40年代の終わり頃に物理学教授のWilliam Hansenが開発した最初の線形加速器をさらに大型化した，10GeVの超高出力の電子線形加速器建設の「プロジェクトM」に取りかかっているという話を聞きつけている。それが，光の速さにまで加速された電子を衝突させて原子核の破壊を試みる核物理学研究の世界的競争の成功例の一つで，現在も操業・研究を続けているStanford Linear Accelerator（SLAC）の建設である（Galison and Hevly 1991；Hevly, 1994)。

1951年の秋にカプランはギンツトンらが開発しているMillionvoltage加速器を医療用に小型化する共同開発を，ターマン，ギンツトン そして物理学部長のLeonard Schiffに持ちかけている。カプランが求めたものは３MeVから10MeV程度の高いエネルギー出力を持ち，患者に照射された線量を正確に測定でき，かつガン細胞をピンポイントに捉えるために患者の周りを180度回転する装置であった。当時の放射線機械，コバルト60が1.77－1.33 MeV，Van de Graaffが２MeVの平均出力であったことからすると，遙かに高い出力のX線をカプランは求めていたといわねばならない。

もちろん，この高出力放射線を使ったガン治療はけっしてカプラン独自のアイディアというわけではない。そもそも第２次大戦のレーダー研究の必要性から，Harwellの核エネルギー研究所において電子線形加速器の研究が行われていた。加速器は加速された電子をタングステンや金のような金属ターゲットに衝突させると極めて強いX線が作り出せること，さらにはターゲットを通過させず直接電子線を照射させることによる放射線治療を可能にすることは，すでによく知られていたのである。

イギリスでは商業化のプロセスも，1950年代には２つのイギリス企業，Mullards Electrical Ltd. が４MeVと15MeVの，Metropolitan Vickers Electrical Co. Ltd.が7.5MeVの高出力の医療用の加速器を開発している。２メートルの導波管からなるMetropolitan Vickersの加速器は50年代にHammersmith Hospital（London），

---

[11] この間の事情については，Arthur Kornberg, M.D.：Biochemistry at Stanford, Biotechnology at DNAX, interviewed conducted by S. S. Hughes, Regional Oral History Office, U. of California, 1977を参照。また，Letters from Arthur Kornberg to F. Terman, Feb. 14, 1958；March 31, 1956；Lyman Stowe to Kornberg, Feb. 7 , 1958；Kaplan to Kornberg, Feb. 7 , 1958；Kornberg to Terman, Feb. 6 , 1958；Lederberg to Kornberg, Jan.27, 1958, all in Kornberg Papers SC359. を参照。

[12] Conversations with Henry Kaplan," Series Ⅷ, Box 1 .

[13] Palliation is not Enough," Kaplan Collections, Lane Medical Library, UODJ 3 , Box 9 .10.

Christie Hospital（Manchester），Western General Hospital（Edinburgh），Mount Vernon Hospital（Middlessex）に導入され臨床実験が始められている[14]。また，核技術の民生用への転用は国家的な関心であったし，その分野で先行するイギリスの技術にアメリカ政府は強い危機感を抱いていた。このことは，国防省の海軍研究局（Office of Naval Research）がすでに1953年に，イギリスの医療用加速器の現状をレポートしていることからも容易に見て取れるのである[15]。

アメリカでも実は，カプラン以前に放射線治療は始まっていたし，50年代初期からこの放射線治療機器市場の拡大を見越してGeneral Electricなど幾つかの電機メーカーが開発に乗り出している[16]。その中でも重要なのはHigh Voltage Engineering Co.である。MITの物理学助教授Van de Graaffの特許に基づいて，電気工学科教授John G. Trumpは，高圧ガス絶縁方式による縦型の高電圧起電機を開発し，1946年にDenis Robinsonを代表にしてHVECを設立している。HVECは，Van de Graaff起電機の製作・販売を始める一方で，この起電機を使った２MeVの医療用加速器の販売によって，先行メーカーとして医療用加速器の市場で50年代初め頃まで大きな成功を実現しているのである（図１参照)。

このHVECとMITの産学協同のグループにとって，カプランとギンツトンによるMLAの共同開発は大きな驚異と写ったに違いない。カプランの回想によれば，National Science Foundationに対するMLAの研究費の申請は，MITのトランプ教授によってことごとく却下され，カプランが最後に助成を得たのは，American Cancer Society，National Institute of Health，そしてJames Irvine Foundationからそれぞれ$100,000，$113,000，と$75,000であった。そして高周波研究所で試作されたMLAは，1955年にスタンフォード大学病院（当時まだサンフランシスコ）に設置され，翌56年から実験的治療を始めている。最初の実験は，ギンツトンの高周波研究所で７か月のIssaac Goldsteinの網膜芽腫（retinoblastoma）の治療のために行われた。カプランはこの実験成功の驚きを次のように書き記している。「より正確にビームのサイズを決定できるこの機械がガン細胞を攻撃する様子は，まるでショットガンというよりライフルでねらっているようだ。患者の健康な細胞の大部分は放射線から免れる。ビームの照射はまさに腫瘍細胞のサイズぴったりに照準され，深部の細胞をねらっても照射の部位は拡大されない[17]。」

線形加速器とその医療への応用の原理は次のとおりである。加速器の構成は基本的に，⑴荷電電子を発射する電子銃，⑵マグネトロン（magnetron）やクライストロン（klystron）といった高周波の電波を供給する電源，⑶電子の速さにあわせ内部に適当な間隔でディスクを接合した金属円筒の導波管（waveguide），加速された電子を衝突させX線をつくり出す金属ターゲット，そして⑷患者の腫瘍部位に照射を合わせる移動式のマウントである。電子銃からほぼ光の半分の速さで発射された荷電電子が高周波電源によって導波管内につくり出された電磁場の中を通過するとき，電波の

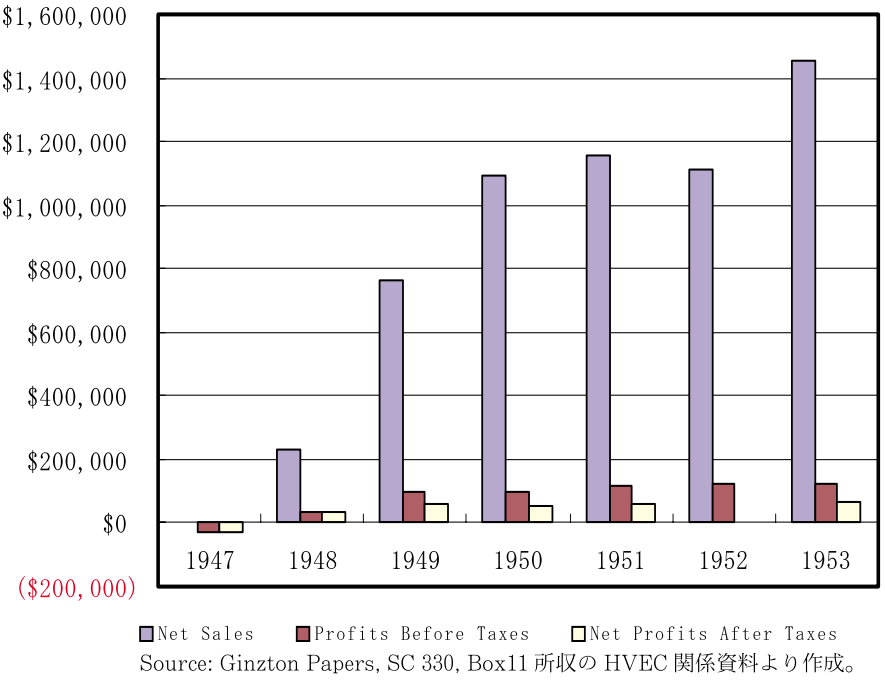
---

[14] C. W. Miller, Linear Accelerators for X-ray Therapy," An 8 MeV Linear Accelerator for X-ray Therapy," Company documents by Metropolitan-Vickers Electrical Co. Ltd., in Ginzton Papers Box11.

[15] Office of Naval Research, London, Technical-Report ONRL-46-53：British Electron Linear Accelerators in Commercial Production," American Embassy, London, England. イギリスのその他のメーカーは，British Communications and Electronics, Brown Boveri, Allis-Chambers Manufacturers Co.

[16] 50年代のアメリカにおける医療用加速器の資料については，Ginzton Papers, Box11にほぼ主だった企業のパンフレットと内部資料が収められている。

[17] Conversations with Henry Kaplan," Series Ⅷ, Box１.



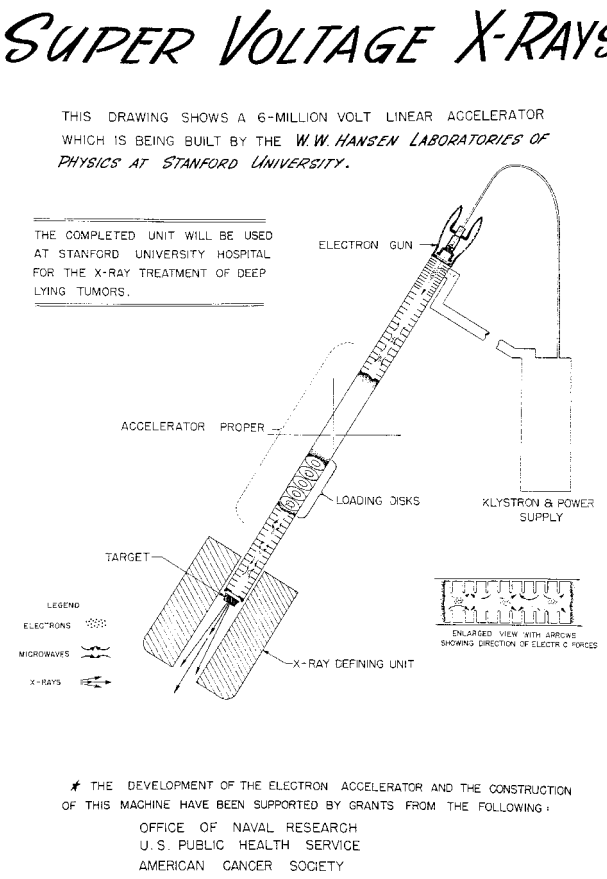
Source: Ginzton Papers, SC 330, Box11 所収の HVEC 関係資料より作成。

図１　HVECの40年代後半から50年代にかけてのVan de Graaffの販売

波長をディスクの半径に比べて十分に短くし，また加速電子の速度と等しくなるように電波の位相速度を調整してやると，電子は導波管の中を加速電界をうけながら電波と一緒に，波のり運動のようにサインカーブを描いて次々に加速され，約２MeVの電磁波電源のエネルギーでほぼ光の速さまで加速されて進むようになる。この加速電子が金やタングステンといったターゲットに衝突すると，ターゲットの原子の外殻軌道電子が内殻軌道に遷移してX線として放出されるのである。

X線などの放射線の照射が細胞に与える効果は，X線が通過する細胞の原子を直接的にあるいは間接的に電離する（ionaizzation）や励起する(excitation）ことからおこる。つまり，放射線が入射すると細胞の原子と相互作用を起こし，原子の軌道電子に衝突してそのエネルギーの一部を軌道電子に与え原子の束縛から解放して外部に放射してしまうか（電離，コンプトン効果)，軌道電子を外側の軌道に上げることである（励起)。1950年代からD. H. Leaらによって，Hela細胞やチャイニーズハムスター細胞を用いて確立されていった標的ヒットモデル（target hunter model)やその後の研究によって（Lea，1955)，放射線は細胞核内のDNAにヒットしDNA分子が直接的に電離・励起作用を起こして死滅する，もしくは細胞体内の水物質が放射線によって電離・励起を起こしそれがDNA分子に作用して細胞を間接的に致死にいたらしめることが確認され始めていた。さらには，一般にリンパ組織や造血組織（骨髄)のような細胞分裂度の高い部位の放射線感受性は極めて高いため，カプランが行おうとしたようなホジキン病の治療には放射線が極めて有効と考えられるようになっていたのである。

ではギンツトンとカプランのMLAは，先行するイギリスなどの機械に比べてどのような点で革新性を持っていたのだろうか。まず，その技術的



SOURCE : Ginzton Papers Box 6.

図２　加速器の構造：ハンセン研究所で開発されたマークMプロジェクトの加速器

な面に注目してみよう。たとえばハンセンのレポートが示しているように，MLAにはより高い電力をもつ電子銃の陰極の開発など様々な新しい技術開発がなされている[18]。だが，おそらくは次の２つの技術的イノベーションがMLAにとってもっとも重要な開発であっただろう。

第一に，導波管を完全に密閉し内部を真空化する技術である。導波管内部にすこしでも空気の粒子が存在するとそれに電子が衝突し速度を変化させる。それゆえイギリスで開発された機械，たとえば，Metropolitan-Vickers Electrical Co. の加速器には，強力なVacuum Pumpが取り付けられていた。そしてこのことが機械の製作コストを引き上げるばかりか，実際に病院での稼動を困難にする原因の一つとなっていたのである。

さらに，加速器の製造では，導波管の間壁での電波の損失を防ぐためと真空中で強い電場が働くことによる放電を防ぐために無酸素銅が用いられるが，このことが機械加工で精度を高めるのを難しくしていた。ギンツトンらのグループはこの問題を電鋳法（electroforming）という新たな電気メッキの技術で解決しようと考えた。ギンツトンらが開発した電鋳法では，導波管内の銅製のディスクを金で管壁に接合した後，軽合金のスペイサーを交互に積み重ねてステンレス製の心棒で締め上

[18] Willaim Hansen, Report of Suvervoltage Linear Accerelator," Ginzton Papers, Box 23.

げ，その上に５－10㎜の厚さの銅メッキを施す。心棒を取り外してから軽合金のスペイサーは化学的に溶出する。これによってまったく継ぎ目がなく，内部を完全な真空状態に保つ一体型の加速管を作り出すことが可能になったのである(Ginzton，Mallory，and Kaplan，1957)。

第二は，イギリスの企業が高周波電源として，現在も電子レンジなどに使われているマグネトロンを使用していたのに対して，スタンフォードのグループはハンセンとヴァリアンが共同開発に成功したばかりのクライストロンを採用したことである。クライストロンは，ハンセンとヴァリアン兄弟が，闇に隠れた敵の航空機を発見するレーダー用に共同で開発した強力な高周波発信器である。このクライストロンの特許は海軍の大手契約者のスペリー・ジャイロスコープ社との独占契約をもって，ヴァリアンとスタンフォードに巨額の利益をもたらした。スタンフォードのグループがクライストロンを持っていたことが，MLAへの転用を容易にしたことは間違いない。

しかし一方で，50年代後半から60年代にかけてのこの時期がアメリカの医学にとって過渡期であったことは，カプランのグループが確立していった放射線治療のプロトコルに対して，ジャーナリズムの大きな期待にもかかわらず，むしろ専門家の内部での強い批判が存在したことから見て取れる。カプランは，「当時の放射線医は横隔膜の上と下から大きな放射線量で治療することに迷信めいた恐怖を持っていた」と回想している。事実，California Medical Associationに属する放射線医の多くからカプランのMLA構想に強い疑義が寄せられたのである。一つにはMLAのような高度なテクノロジーの医学への導入が，治療のあり方を病院主導のものへと変化させることに強い不安があったからに違いない。

ギンツトンはこの間の状況を次のように回想している。「1950年代にはまだガンの治療のほとんどが医者の個人的なオフィスで行われていました。もし個人医の施設に入りきれないような大きな機械が作られるとなれば，個人的な治療の価値を下落させてしまう。American Medical Associationはガン治療が個人医の手から病院施設に移っていくことに強い懸念を持っていたのです。彼らはサンフランシスコの新聞に盛んに投書してカプランの立場と彼の計画を中傷しようとしていました[19]。」50年代頃から顕著になる医療技術の高度化は，アメリカの医療を，大学病院のような研究と治療をワンセットとし，巨額の資本を前提とする形態へ変化させようとしていたのである。

(2)放射線治療プロトコルの確立とホジキン病治療

発表された論文を見る限り，カプランとそのグループのMLAを使った治療は，ほぼ61年まではあくまで準備的・実験的なものにとどまっている。つまり，第一に放射線治療の技術的プロトコルを確立すること，第二に極めて多様なガンに，実験的な治療を試みることに集中しているのである。

まず注目すべきは，Michel Weissbluthを中心にしたスタンフォード大学病院の放射線物理学者，C. J. Karzmarck, R. E. Steele, A. H. H. Selbyらが行ったMLAによる放射線線量測定技術（dosimetry）の研究であろう（Weissbluth *et al.*, 1959；Loevinger *et al.*, 1961）[20]。線量計測は，放射線を患部の標的に照射するとき，可能な限り均等にかつ標的以外の正常臓器への照射を避けるためにも欠かせない技術である。Weissbluthらはアルミとポリエステルを使った新しい平行平板電離箱（parallel plate ionization chamber）と円筒形電離箱（cylindrical ionization

[19] Interview with Ed. Ginzton," Ginzton Papers, ACCN 1991-113, I and IV.

[20] R. Loevinger, C. J. Karzmark, M. Weissbluth, . M. Katz, C. F. von Essen, H. S. Kaplan, "Radiation Therapy with High Energy Electrons," Biophysics Laboratory of Stanford B. L. Report no. 17, June 1961, Ginzton Papers, Box 14.

chamber）を用いて，MLAによって照射されたビームの患者体内での等線量分布（isodose curve）を厳密に作成することに成功している。線量分布は，用いる機械，線質，照射野，線源から表面までの距離によって正確な計測を行うことが難しくかつ治療にとっては決定的な役割を持つ。とくに線量が100％吸収される地点を示すピーク深は，コバルト60よりもMLAの方が３倍程度深い 1.5㎝程度であること，それゆえ深部の腫瘍に照射が可能であること，またビルドアップ効果によって線源からピーク深部まで急速に線量吸収は増加するものの，表面（皮膚部）の線量は20〜30％であるため皮膚への損傷は極めて限られていることなどが，56年に行われたさまざまな実験によって確認されている（Kaplan and Bagshaw, 1957）。

第二に注目すべきは，56年に試みられた最初の74例の実験的治療の記録を見るとすぐにわかるように，例えば喉頭，肺，肝臓，骨，膀胱，前立腺，舌，扁桃，瘻孔，口蓋，下垂体，食道，網膜芽腫など実に多様な23種もの腫瘍への照射が試みられていることである。カプランはMLAを使い始める前と同様にここでも，平均で6,000rads（最高のケースでは7,000rads）で６から７週間という極めて高い線量の放射線を試みている。また，このころのカプランのホジキン病への臨床は，他の臓器の場所を鉛で遮蔽した上でリンパ腺全体に大量の照射を試みるものだった[21]。後に彼は4,000−4,500radsが適切だと述べていることを見ると（Kaplan, 1966a），61年までは極めて実験的側面の強い治療であったといえるだろう。

治療の体制に変化があり，カプランのMLAによる本格的なガン治療が始まるのは，1961年からである。この年，National Institute of Healthはスタンフォードとカプランに臨床放射線ガン研究センターを設立するための予算を，最初の年に$943,412，その後６年間にわたって毎年$600,000付与する決定をしている（Kaplan, 1966b）[22]。そして62年頃からカプランのグループは，喉頭，子宮，前立腺，膀胱などの特定のガン腫瘍にその治療を集中していく。コバルトなどの放射線治療と較べて遙かに高いエネルギーを持つMLAは，こうした深部の腫瘍にピントポイントで照射することに利点があることが認識されるようになったためである。

61年の３月からホジキン病の臨床治療が本格的に始まるのもこうした背景からであった。61年のアメリカ放射線学会での報告によれば，Radical Radiotherapyと呼ばれた高レベルの放射線照射（3,500〜4,000radsで３〜４週間）によって，とくに初期のホジキン病に関して，従来の低レベルのX線治療では24か月以内に再発したケースが77％であったのに対し，13.3％に激減している（Kaplan，1962）。60年代のカプランの論文はほとんど６MeVのMLAを使った臨床実験の報告である。カプランのグループによるホジキン病の分類によれば，初期のホジキン病つまりStage Ⅰ（１つのリンパ腫の発現）とStageⅡ（２つ以上のリンパ腫が横隔膜の片面のみに発現）に関する限り，ほぼ90％のケースが完治しうる，また５年後の生存率は79％であって，患者の生存率カーブは健康人の生存カーブとほぼ等しいレベルまでフラットになっているという報告を行っている（Kaplan and Rosenberg, 1966a）[23]。

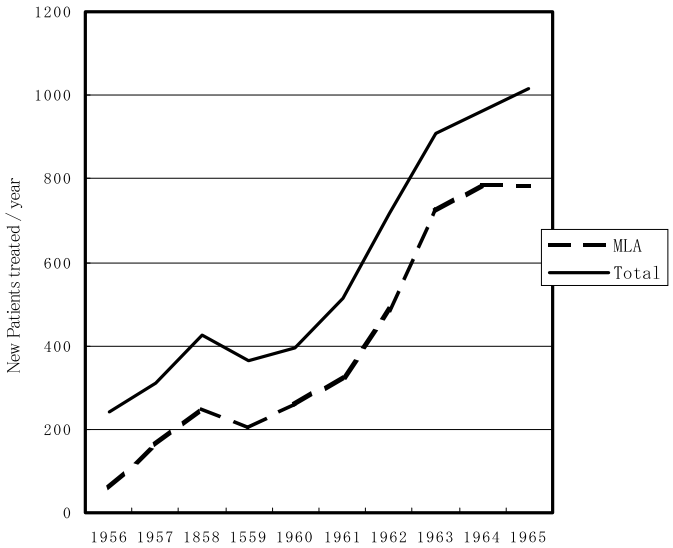
カプランのグループはより正確な腫瘍の位置を

---

[21] Charlotte Beyers，The Medical Linear Accelerator：A Joint Venture," Varian's documents, in Lane Medical Box 9.1a.

[22] Stanford Medical Center News Bureau， Cancer Research Center Established," August 30, 1961, Lane Medical Library, Archives UODJ 3 , Box 9.17.

[23] Henry Kaplan， Role of Intensive Radiotherapy in the Management of Hodgkin's Disease," Unpublished article stored in Lane Medical Libray, Box 9.16,



Source: Kaplan Papers, Series VIII, Box 1, The Tenth Anniversary Report: Radiation Therapy Center より作成。

図３　スタンフォード大学のカプランの放射線学科において最初の10年間のMLAによる治療

特定するために，ヨーロッパで開発されたリンパ管造影法（lymphangiography）やinferior vena carvography を採用することでホジキン病へのより精密な放射線治療に成功している。後期のホジキン病つまりStageⅢ（リンパ腺に限定しているが横隔膜の両面に転移）やStageⅣ（骨，骨髄，胸膜，肝臓，皮膚など広範囲に転移）はそれまで，ランダムに転移が起こるために治療が難しいとされてきた。カプランは後期のホジキン病103人のケースについて，これらの新しい診断方法を使うことで転移経路を特定しようと試みている。そのうち90がリンパ系（リンパ節が80，脾臓が９，扁桃が１）だが，80のリンパ節のうちほとんどがごく隣接する部位に転移が起こっていた。また肝臓への転移はしばしば脾臓を通って起こっていることも確認している。これらをもとに，カプランは転移はランダムではなく隣接するリンパ系に沿ったルートに起こりやすいこと，それゆえ後期のホジキン病であっても，隣接する部位を含む広範囲な放射線の照射によって（extended-field radical radiotherapy）効果的な治療ができることを示唆したのである（Kaplan and Rosenberg, 1966b；Kaplan，1966a)。

カプランのグループが行った臨床治療はもちろんホジキン病にとどまらない。ホジキン病の成功をきっかけに，カプランの教室はそれぞれの研究者が分業する形で様々なガンへのMLAの実験的治療を開始し始める。紙幅の関係でここでは詳述を避けるが，カプランのすぐ後に放射線学科に参加したMalcolm Bagshawは前立腺と膀胱，Zvi FuksとEvi Gladsteiが卵巣や鼻咽腔，Sagermanが喉頭，John Earleが精巣など，リンパ節に関連する分野での治療が次々に行われていくのである[24]。60年代中頃までにカプランのグループが達成した臨床結果は当時としては画期的なものだといえるだろう。66年までにカプランの医局でMLAの治療を受けた患者数はすべてのガン治療の合計で4,000名を越えている。図３は66年まで

[24] ここでは紙幅の関係でカプランの医局のメンバーが分業体制で行ったMLAの実験的治療の結果を詳述することを避ける。彼らの活動の記録に関しては，Kaplan Papers, Series Ⅷ, Box１を参照のこと。

の10年間にカプランの医局でMLAによる治療が試みられたガンの種類と件数の増加を示したものである。64年のMedical World Newsが取りあげた『ガン研究のフロンティア』という記事には，カプランの放射線療法が化学療法と並んで最も有効な療法として最初に取りあげられていることを見ても，60年代の中頃までにカプランのMLAはそれまでの放射線治療の限界を大きく突破した治療法と考えられるようになっていたことは間違いないと言えるだろう。

３．コマーシャリズムと医療：ヴァリアンの参入

(1)カプランのトレーニング・プログラムとヴァリアンのClinac開発

放射線治療といえばコバルト60が代表的な治療機械と見なされていた当時にあって，MLAはより高いエネルギーとコンパクトな使いやすさという利点を持っていたとはいえ，60年代のはじめにはまだその実験的治療は始まったばかりであった。こうした状況の下でMLAを放射線治療のスタンダードにしたいと考えていたカプランが取ったストラテジーは，数多くの放射線治療の専門医をスタンフォードのプログラムに沿って作り出し全米の病院に送り出すという野心的なものだった。カプランは61年から３つのコースに分かれたresidency programを放射線学科にスタートさせている。X線診断専門のコース（３年間），放射線治療専門医のコース（３年間），そして両方を取得するコース（４年間）である。60年に全米で120人であった放射線専門医は，70年には450人に急増している。そのかなりの人数をカプランの教室が担うことになる。そのために彼はNational Cancer Instituteから専門医養成の助成金を獲得している。カプランはまた，全米の医療機関に放射線治療センターを設立すべくCancer CouncilやNational Cancer Instituteにさまざまなロビー活動を行っている。「私はかなりの額の助成金によって研究部門と臨床部門の両方でトレーニングのプログラムを開始し，大きな成功を収めた。いまでは2,000人近い数の有資格の放射線医がいる。高価な機械があっても，それを使いこなしそれが他の機械よりも優れていることがわかっている十分な数の人間がいなければまったく意味がないのである[25]。」

ここで興味深いのは，カプランの臨床教育プラムがヴァリアンのMLA製造・開発の決断と密接に関係していたことである。スタンフォードのMLAは当初からギンツトンとヴァリアンの技術的協力がなければ開発されなかったことは間違いない。だがそれ以上に，スタンフォードとヴァリアンの産学協同は，商業ベースでの思惑も絡んでいた。そしてカプランのこの訓練プラグラムはヴァリアンが Clinacというコード名でMLAの商業ベースでの製作に参入する大きな動機となっている。55年９月にヴァリアンはバークレーのローレンスの研究室で加速器の研究を行っていたGraig NunanをMLA開発の責任者として採用しているが，彼は次のように回想しているのである。「カプランの目的はMLAをガン治療の中心的テクノロジーとして急速にそして世界中に普及させることだった。そのために彼は実習生の訓練プログラムを始めたのだ。実習生はやがて巣立って別のところで実習生を訓練し始めるだろう。だからカプランは（ヴァリアンにとって）極めて重要だった。カプランが加速器の機械を使い始めれば彼の多くの実習生がその機械を使い始める。そして実際にそうなったのだ[26]。」

ヴァリアンは50年代の初め頃からX線加速器の開発を検討し始めた時期がある。ヴァリアンは55

---

[25] Conversations with Kaplan," Kaplan Papers, Series VII, Box 1.

[26] An Interview with Graig S. Nunan," Varian Oral History Project, Ginzton Papers, ACCN 1991-113, Box 21.

年以降に始めての大きな経営的危機に見舞われている。朝鮮戦争の終焉とともに始まった国防省の軍事予算の大幅削減が経営に大きな支障をもたらしたし，さらにはベトナム戦争から始まったアメリカ国内の反戦気運は，軍事予算に頼りすぎることへの懸念と不安をヴァリアンの関係者にかき立てたことは間違いない。ヴァリアンは50年代から民生用の市場を開拓することを迫られていたのである。こうした背景が，ヴァリアンをClinac製造へと向かわせる要因となったことは確かである。

しかしこの時期のヴァリアンのボード議事録を見るかぎり，内部のさまざまな反対を押し切ってこの決定を押し進めたのはギンツトンである。たとえば，重役の一人でエンジニアー部門の責任者であったE. Stearnやシガード・ヴァリアン自身も，Clinacの製造はHVEC社という強力な競争相手が存在すること，むしろ電子部品メーカーに特化すべきであるという理由からギンツトンの方針に強く反対をしている。ギンツトンは回想している。「私はほとんど一人でヴァリアンの中で医療用加速器が重要な分野となると主張していた。経営幹部と技術部門の人間はみなこの分野に参入することを拒んでいた。時間とお金の無駄だし困難が多すぎる，市場が小さすぎるというわけだ。それで私はある意味で彼らに命令しなければならなかった[27]。」

ヴァリアンに残されている記録を見る限り，Clinacがこの時点でどれほど機械として優れていたか，市場占有力のポテンシャルを持っていたかについて，社内で誰も自信がなかったことは明らかである。56年の９月から57年の12月にかけてヴァリアンはアメリカ，カナダ，ヨーロッパにClinacの市場調査に乗り出している。そしてCarnahanが行ったマーケッティング調査報告にははっきりとネガティブな見解が述べられている。「カプランの経験とClinacへの支援は，もし市場での関心が続かなければ限定されたものになるだろう。私はClinacの試験的製作にわれわれ自身の資金を投入するに値するだけの見込みはないと信じている[28]。」

さらには注目すべきは，ヴァリアンが初期に開発したClinacは新規参入の不利を跳ね返すだけの技術的革新性を決して持っていなかったことである。Weissbluthの58年のメモにはこのことがはっきりと記されている。電子銃の耐用性が短いこと，その取り替えが構造上難しいこと，導波管自体が「加圧の能力がないためマイクロ波のパワーをうまく調整することができない」こと，一日に多くの患者に手術をするには機械のパワーが限られていることなどが記されている。とくに「(放射線の照射口である）マウントは，加速器からの照射が患部の位置にすぐにかつ正確にあたるように動かなければならない。われわれの現在のマウントはこの点で（イギリスで使われているような）他の機種と比べて決して効率的とは言えない[29]。」59年12月のノートには，加圧能力を高めるために，ギンツトンらが自信を持って開発した密閉真空の導波管を使わずに，ポンプを使うシステムに戻ることさえ提言されている[30]。ギンツトンは，「最初の機械は極めて幼稚なものでとても使いこなすのが難しかった」と回想しているのである。

1957年10月から58年にかけてギンツトンとカーナハンはイギリス，ドイツ，スイスなどの医療用加速器メーカーとそれらを導入した病院の視察に出かけている。そこで彼らが認識したのは，イギ

---

27) Interview with Ginzton," Ginzton Papers, ACCN 1991-113, I and IV.

28) European Trip Report, September 23 to November 9 , 1957 by C. W. Carnahan," Bancroft Library, Varian Collection, 73165c, Minutes, Board of Linacs, 1957-58.

29) Development of Simplified Medical Linear Accelerator," Weissbluth to Ginzton, Ginzton Papers Box 6 .

30) Memorandum by Weissbluth," December, 1959, Ginzton Papers, Box 10.

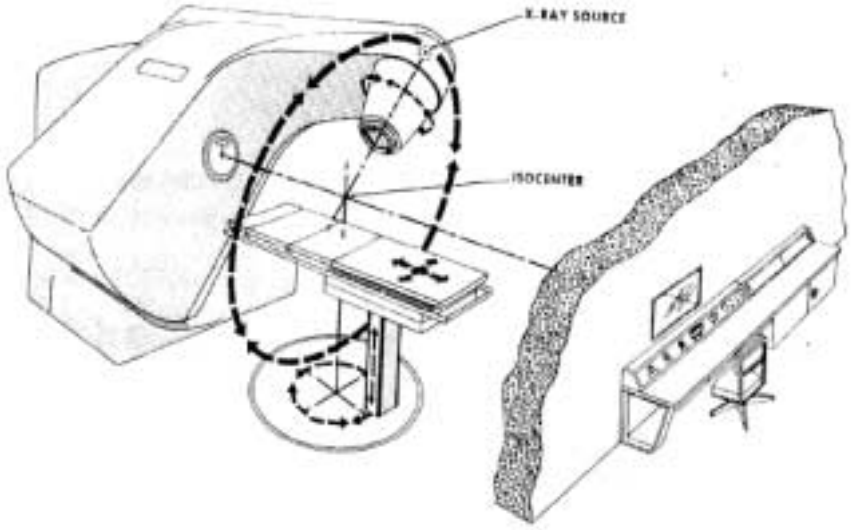
リスの機械技術の実用性の高さと優秀さであった。その中でもとくに，Metropolitan Vickersの医療用加速器はロンドンのハンマースミス病院とクリスティー病院に設置されたものだが，ギンツトンらと違って導波管に強力なポンプが連結されていた。そのことがけっしてマイナスにはなっていないこと，むしろ機械が大きくなった分だけ，加速器の陰極を用意に取り替えることができることなど，スタンフォードの機械が直面していた課題が存在しないこと，コバルト60の機械に比べて約５倍の価格であるが２倍以上の速さと効率で患者を処置できるため，患者一人あたりの処置コストはそれほど変わらないこと，そして何よりもギンツトンの印象に残ったことは，技術者の関心が勝ちすぎて現場の使いやすさが犠牲にされるという，最新技術の開発にありがちな欠点がないことであった。それはとくにスタンフォードの機械の欠点であったマウント台の問題と重なっていた。「X線のビーム軸，機械の回転軸をうまく調整できる優れたマウントと手術台がビームを素早く動かし，患者の周りを回転しながら複数の患部へ素早く照射することを，また極めてスムーズにかつ正確に照射位置を照準することを可能にしている。私の印象ではMetropolitan Vickersの加速器は放射線医の人に十分な満足を持って受け止められている。手術を施行するに完全に信頼できること，医者の側からの意見に理想的なまでに合致しているように見受けられる[31]。」

シガード・ヴァリアンが残したこの頃のメモに「きっとこの事業は多くの失望を生むだろう。だが少なくともわれわれは人命を幾ばくか救うことだけはできるはずだ」とあるように，Clinacの製造はある種の福祉事業だという意識を持つ関係者が多かったはずである。にもかかわらず，ヴァリアンはこの市場に積極的に参入した。そこにはカプラン，ギンツトンとの産学協同のメッセージが強く働いていたことは疑いようがない。カプランは常にヴァリアンに対して汎用のClinacの製造を行うように要請と圧力を加えていた。そして，スタンフォードの高周波研究所がすでに開発を完成した技術をそのまま転用することのメリットを説くギンツトンに，ヴァリアンのボードは押し切られていく。57年には15人のエンジニアーから成るClinac専門の部門（Linac Group, Radiation Division）が発足し，最初の機械が３月に DuPont に出荷され，４月までに$１millionの受注に成功するのである。ヴァリアンはスタンフォードの技術を使って機械を作り，その機械を無償でスタンフォードに提供する，もし機械が市場での成功を収めるならば利益の一部をギャランティーとしてスタンフォードに支払う，という契約がスタンフォードとヴァリアンの間で交わされている[32]。ヴァリアンは最初の年に，カプランのグループに$12,000相当のClinacを無償で提供しているのである。

ヴァリアンにおける汎用型MLAの開発と製造はこうした背景のもとに，57年から本格化していった。57年にLinac Groupの総責任者に就任したグレイグ・ナナンはChromatic TelevisionからBob Averyを引き抜き，またイギリスで医療用加速器の開発に携わった経験がありSLACで技術コンサルタントをしていたJake Hamisonをチィーフ技術者に加えて，ヴァリアンの最初の汎用加速器，Clinac６を開発するのである。Clinac６はアメリカで最初の汎用医療用加速器であり，これがカプランの承認とともに売り出された。そしてこの機械は結局ヴァリアンの総力を挙げた仕事になってしまう。ナナンは次のように回想している。「当初はスタンフォードの開発した加速器をそのまま使おうと思っていた，しかし結局われわれの手で

[31] GinztonとCarnahanのイギリスの医療用加速器製造会社の調査レポートはKaplan Papers Series I, Box ５に収納されている。

[32] Letter from Ginzton to Terman, March 16, 1959," Ginzton Papers, Box６.



Source: A New Design 6 MeV Linear Accelerator System for Supervoltage Therapy, by J. Hamison and C.J. Karzmark, Presented at the Tenth International Congress of Radiology より。

図4 ヴァリアン Clinac 6

まったく違った技術を使って作らなければならなかった。スタンフォードの機械はあまり実践的とは言えなかった[33]。」

事実，62年に報告されたハミソンとKarzmarkによるClinac 6の詳細な開発報告書をみると，この機械がいくつかの点でギンツトンらの開発したものとは大きく異なることがわかる[34]。まずなによりも，Clinac 6は患者の周りを360度で回転し照射の位置を選べるフルローテーションを実現したことである。X線ビームの軸と回転する加速器の水平軸，そして患者を乗せる診療台の軸が同一の点（isocenter）で常に交差するような構造（isocentric system）は以前から試みられていたが，そのためには機械自体が大規模にならざるを得ないという問題があった。ナナンらは，照射ビームを90度に曲げる新しいビーム工学技術を採用することでコンパクトなローテーションシステムを作ることに成功した。導波管から発射された光子ビームは強力なマグネットによって90度曲げられた後にタングステンターゲットに衝突しX線を作り出すのである。また，Cliniac 6ではクライストロンの代わりにマグネトロンが高周波電源として採用されている。ヴァリアンの特許であるクライストロンを放棄しても，マグネトロンのコンパクト性は屈折型の加速器を作るのに欠かせなかったからに他ならない。さらに，ヴァリアンが新たに特許を取った小型のVacIonポンプが密閉導波管に接続され真空状態をより完全に保つように設計されのである。1963年からカプランの教室が本格的にガン治療の応用に用いるのは，まさにこのClinac 6であった。

しかし，ヴァリアンの医療用加速器の販売は少なくとも60年代後半に入るまではごく限られたも

---

[33] Interview with Nunan," Varian Oral History Project, Ginzton Papers, ACCN 1991-113, Box 21.

[34] J. Hamison and C.J. Karzmark, A New Design 6 MeV Linear Accelerator System for Supervoltage Therapy," Presented at the Tenth International Congress of Radiology, August 30, 1962, Kaplan Collection, Lane Medical Library.

のにとどまっている。ヴァリアンのRadiation Departmentに残っているClinac６の販売と納入の記録をみると，開発直後の納入は全米の有名な大学病院を中心に活発に行われている[35]。60年代には多くの医者が放射線治療などの核医学に関心を持ち始めていた。またカプランをはじめとする先端医療の成果が喧伝され始めた頃でもある。しかし最初の納入に成功した後の数年間，ヴァリアンの販売戦略はほぼ完全にひあがっている。Clinacはまだコバルト60に比べてかなり高価であったし，全米の放射線医や看護婦そして放射線技術者達が完全にこの新しい機械に精通するにはまだ時間が必要であった。「カプランの８人の友人達が最初の機械を購入してくれた。しかしその後18か月にわたってわれわれは一台のClinacも売ることができなかった。私の印象ではこれがカプランの紹介できる友人の全部だったのだ。彼らはみんな放射線医学の世界ではビッグネームだった。それゆえ潤沢な資金を持っていた。Clinacを導入するには十分な大きさの治療室がいる。またコバルトを使わないという根拠もいる。だから，地方の一般病院の放射線医ではとても導入などできない。大きな資金をもつ大学病院の医者でなければ。それは当時，全部で８人しかいなかったということだ」というナナンの回想はこの間の状況を明確に伝えているのである[36]。

ヴァリアンのRadiation Departmentが57年に立てた，10年間で100台のclianc６を納入するという目論見はまったくはずれてしまった。しかし50年代後半から60年代の半ばにかけて，カプラン，ギンツトンとヴァリアンの共同作業が，新しいテクノロジーによる放射線医学の標準化を作り上げ，それに続くヴァリアンのClinac６の商業ベースでの開発が，70年代のガン放射線治療の礎になったと考えなければならない。

４．War On CancerとClinacを使った放射線治療の勝利

すでに見たように，基礎科学，物理学，工学などの新しい科学的知識と技術を求め始めた医学と，応用の可能性を模索していたこれらの分野の科学者たち，そしてそこに新たな市場の可能性を見いだした機械メーカーとその技術者たち，こうした関係が，少なくとも50年代以降のアメリカの核医学に関する限り，医療現場の変容と大きな関わりを持っていただろう。だが，ガン治療における放射線治療技術の標準化とヴァリアンのClinac開発の関係を考えるとき，もう一つの重要な要素を考慮する必要がある。それは，70年代以降にアメリカの医療と福祉の分野で声高に推進されるようになった，War On Cancerの運動とそれへのアメリカ政府の関わりである。

1970年３月，上院議員のRalph Yarboroughは53人の上院議員とともに，アメリカ独立200周年の1976年までにガン撲滅を求める決議案を上院に提出した。その結果，彼を議長として，13人のガン研究の専門家・科学者と12人の実業界・労働界の著名人からなる委員会が結成された。カプランはそのメンバーの中心人物として，70年代の国家的なガン治療構想の議論をリードすることになるのである。1932年にアメリカ議会によってNational Cancer Instituteが設立されて以来，50・60年代に，この組織を中心にアメリカ政府は年間２億ドルの予算をガン研究に費やしている。しかし，1900年時点でガンを原因とする死亡がすべての死因のわずか５％であったのに対し，68年

---

[35] 納入した大学病院とその他の大規模病院はは次のとおりである。UCLA, Harvard, Yaleの各大学病院, Sloan Kettering Memorial Hospital; Anderson Hospital（Houston）; NCI（Bethesda）; Princess Margaret Hospital（Toronto）; Roswell Memorial Hospital (Buffalo) ; Harbor Hospital (Los Angels)。

[36] Interview with Nunan," Ginzton Pape , ACCN 1991-113, Box 21.この間のヴァリアンのclinacの売り上げ記録については，Varian Collection, Bancroft Libraryを参照。

には16%を越えているし，70年現在，年間320,000人のアメリカ人がガンによって死亡していることを考えると，ガン患者一人あたりの研究費は少なすぎるというのがヤーバラの基調報告であった[37]。71年にこの委員会は，72年度のガン予算を倍の４億ドルに，その後毎年１億ドルから１億５千万ドルの増加を行うべきであること，大統領と議会に対して直接に報告を行うことができ，かつガン研究とその医療教育プログラムをNIHとは独立に監督できる新しい組織，National Cancer Authorityを設立すべきであるという報告書を上院に提出している。この報告でのガンの悲観的予想，つまりガンの罹病は５千万人を越えるだろうし，もしいま抜本的な対策がとられなければ死者は３千万を越えるであろう，だが現在のガン治療研究の進展があればガンの50%までは救えるだろう，というこの報告は，その後10年間にわたって，War On Cancerプログラムを推進する根拠として繰り返し用いられたのである。

71年１月11日，ニクソン大統領は，アポロ計画による月への到達になぞらえて人類の次の克服すべき目標をガンの撲滅であるという演説を行い，ガン研究に５億ドルの新たな予算を付与するLabor-Health, Education and Welfare Billにサインをした。カプランの放射線治療技術は，明らかに時代の政治的文脈の中でも求められ始めていたのである。そして，カプランはこの政治的文脈を十二分に生かし切っている。この年，カプランは各地で新聞をはじめとするメディアに対して，政府のガン研究支援を不十分だとする批判の記者会見を開いている。いわく，大学病院を中心とした全米に25あるガン治療センターをもっと活用すべきである，それによって少なくとも毎年10万人のガン患者が救われるはずである，問題はガン専門の外科医，放射線医，そして化学療法の専門家の不足である，政府はこうした専門医を養成するための教育プログラムへの助成をずっと拒否している，現在フルタイムで働く放射線医は450人だが，これを少なくとも1,700人規模に増やさなければならない。ある時，カプランとノーベル賞受賞のレーダーベルグはそろって記者会見を開き，国民に議会と大統領への直接的働きかけを訴えている。「もし国民の皆さんが関心を持ってもらいその意志を直接あきらかにしていただかなければ，われわれの訴えは何の効果もありません。あなた方の健康は私たちの研究に委ねられているのです[38]。」

その年の６月カプランと彼の放射線治療センターはNCIから100万ドルの研究助成の獲得に成功する[39]。この71年をきっかけとして，War On Cancerというフレーズが連日のようにマスコミを賑わせ，ガン研究への公的な資金は，全米の大学病院はもとより地方の病院に至るまでまさに湯水のごとくに流れ込み始めるのである。74年までにNCIには15億９千万ドル，NIHには27億５千万ドルという巨額の資金が集められている。71年にはガンの研究，治療と教育を統一的に行うセンターはヒューストン，ニューヨーク，バッファローの３つであったが，すぐに，ボストン，バルティモア，バーミンガム，マディソン，ダーラム，シアトル，ロサンジェルス，マイアミ，ロチェスターに，そして６月までにその他の地域も含めて18の都市にガン研究センターが開設され，このそれぞれに５億ドルを超える研究助成金が配分されることになる。

---

[37] Sources Material For Cancer Research Study by the National Panel of Consultants on the Conquest of Cancer, Authorized by S. Res. 376, Prepared for the Committee on Labor and Public Welfare United States Senate, September 1970, U.S. Government Printing Office, Washington, 1970,

[38] 39 San Diego Evening Tribune, January 1771；New York Times, Jan. 20, 71；Martinez, California News Gazette, Jan. 22, 71；Davis, California Aggie, Feb. 18, 71；Press Democrat, Jan. 20, 71.

[39] Times, July 21, 1971.

60年代の後半にはこうしたガン研究と治療への潤沢な資金の供給は，徐々に顕在化し始めていた。そしてこの状況が，ヴァリアンの Clinac開発に大きな刺激となっていくことはまちがいない。60年代はじめのClinacの製造はごく限られたエリート病院にその市場が限られたため頓挫した。しかし67年頃から，全米の小さな病院までもが市場のターゲットとなる可能性が見え始めたのである。ヴァリアンが67年に開発に取りかかったClinac４はこうした新たな市場に向けてのものであった。それゆえ，Clinac４の開発には，なによりもコンパクト性とコスト削減が重視され，コバルト60をこえる放射線治療のスタンダード装置を作ろうという意図が込められていた。Clinac６の基本的な機能はそのままに，「全米の小さな病院や医療施設にも設置しsupervoltage治療を導入できるように[40]」操作技術の簡便化がはかられている。

ヴァリアンの Report for the Equipment Groupにはこの間のRadiation Divisionの開発の計画と意図が細かく記載されている。67年２月には，Clinac４の開発に$167,000の費用が投入され，生産ラインが設定され，11月には最初のClinacが発表されることになる[41]。そして68年の10月には最初のCinac４がサンノゼの地方病院，O'Connor Hospitalに納入されるのである[42]。医療用加速器の製造と販売は，68年から70年にかけてヴァリアンの経営上の極めて重要な部門へと成長していく。67年からはClinac35，71年からはClinac 12Sという次世代のClianc開発が始まっている。69年にはトロントのPrincess Margaret Hospitalから$633,000という大きな額の受注に成功する。70年代以降のヴァリアンはこの医療用加速器で大きな経営上の成功を果たす。1984年までにヴァリアンは1,000台のClinacを売り上げている。毎年100前後のClinacを製造した計算である。Clinacの販売はもちろんアメリカに限らず，世界的な規模で広がっていったのである。

ヴァリアンの加速器がガン放射線治療器具のde factoスタンダードになるのはこうした背景からであった。カプランとClinacの結びつきは60年代からの放射線医学の理論と放射線治療の現場の変化に大きな影響を与えたことはほぼ疑いがないだろう。ナナンによれば，82年までに全米で放射線治療の訓練を受けた医師の数は2,000人を越えている。また80年代の半ばまでに全世界のガン患者のうち15%が電子線による，25%が高エネルギーX線による治療をうけた。このどちらも線形加速器もしくはコバルト60による放射線治療である。70年代の全米の医学機関で行われた放射線治療のうちヴァリアンの機械がどれほど使われたのか，私はまだ調べていない。だが，スタンフォードグループによるガン治療の成功がヴァリアンの販売成功に大きな影響を与えたことは想像に難くない。

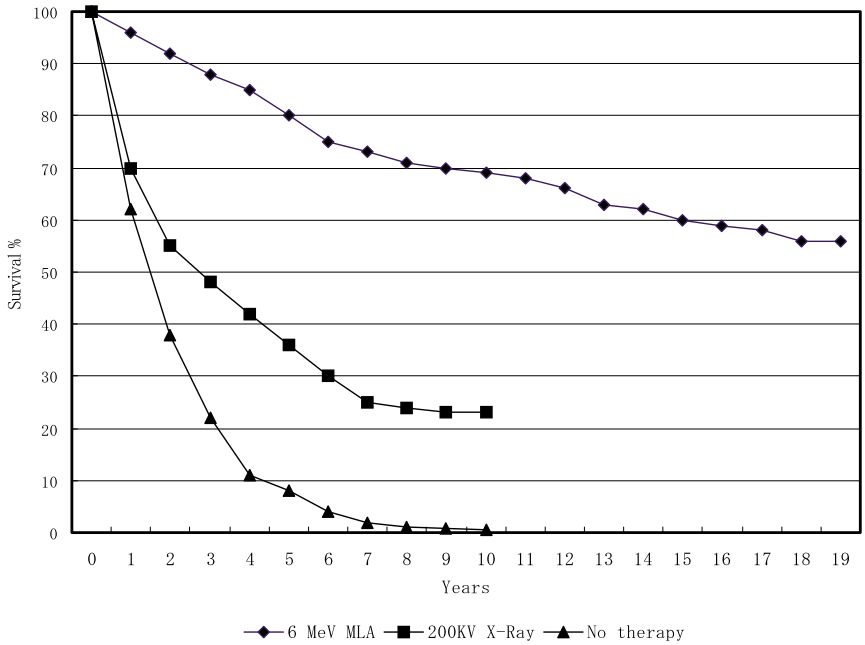
カプランは68年頃からスタンフォード大学の腫瘍学教授Saul Rosenbergとともに放射線治療と化学療法を組み合わせた臨床試験を本格的に始めている。Vincent Der Vitaによって60年代中頃から始められた，放射線照射とナイトロジェンマスタード，ヴィンクリスティン，プロカルバジン，プレドニゾンの組み合わせ（MOPP）の臨床で，スタンフォードのグループは大きな成功を収めるのである。ここでは詳述を避けて一つの結果を図５に示しておきたい。1980年までに行われた1,718人のホジキン病患者への６MeVの加速器と化学療法の併用による治療は，術後５年の段階で80%を越えている。15年以降で生存率カーブは60%を越えたあたりでほぼ並行になっていることか

---

[40] Varian Magazine, August '68, Radiation Division's Clinac４." SC 345 Series：Varian Associates, Box７, Folder８.

[41] Report for Equipment Group" from 1967 to 70. Farquhar Collection in Bancroft Library, 73/65C, Minutes of Varian Associates.

[42] Varian Magazine, January 69, Local Hospital First to Install Compact Clinac 4." Varain Papers, SC 345 Series：Varian Associates, Box７, Folder１.



Note: The first: 1718 patients, all stages, treated since 1960 with &MeV MLA and/or Chemotherapy by Kaplan at Stanford; the second: 285 patients, all stages, treated with high dose 200 KV X-ray therapy at Princess Margaret Hospital; the third: 754 patients, all stages, with no specific therapy (historic).
Source: Kaplan Collection at Lane Medical Library, UODJ3, Series I Box 9 より作成。

図５　カプランのグループによるホジキン病の治療

ら，ホジキン病が治癒可能な病気になったと喧伝されるようになったのが，70年代の後半であった。カプランは65年から毎年のようにホジキン病に関する国際的なシンポジュウムを組織し，完治するホジキン病のイメージを作り上げていった。このことは医学界のみならず当時の新聞やテレビなどでも大きなニュースとして報道されている。50年代から始まった放射線治療の技術化のプロセスは，医学，物理学，工学，そして産業界を複合的に巻き込みながら，70年代におけるガン治療の代表的な成功例と見なされるようになったのである。

終わりに

この小論で試みてきたことは，アメリカの医学が50年代後半から大きく変化する実態を，スタンフォードの放射線医学の生成と帰結という歴史的なケーススタディを通して，示唆することであった。アメリカの医療に関する歴史研究は，ポール・スターやチャールズ・ローゼンバーグ（Starr, 1984；Rosenberg，1987）らによる浩瀚なサーベイがあるものの，多くは30年代までの記述で終わっている。ヨーロッパ医学と医療システムの輸入で始まったアメリカ医学がどのようにして急速に世界の最先端に位置するようになったのか，どのような新しい潮流を医学の歴史に付け加えたのか，こうした疑問に答えるには，50年代以降の歴史資料をインターナルにそして綿密に調べることが必要となるであろう。

おそらく，戦後のアメリカ医学を特徴づけるものは，まず第一に，大学病院が社会的に果たすようになった役割の大きさではないかと思われる。

戦後のアメリカの大学から電子工学における技術革新の多くがスピルアウトしたように，医学の世界でも大学や大学病院に籍を置く医者たちが，大学内部のさまざまな知的，物的，制度的利点をフルに活用してアメリカ医療全体の姿を変えていったと思われる。この，大学を中心とする変化の原動力となったものをキーワードで表すとすれば，⑴instrumentalized，⑵centralized，そして⑶capital intensiveと表現できるのではないかと現在考えている。だが歴史研究において安易な一般化を行うことは常に危険をはらんでいる。それを避けるためには，多くの歴史家によってなされる厳密なケーススタディをまつ必要があろう。この小論がそうした試みのひとつとなることを願っている。

参考文献

Bagshaw, Malcolm, Henry Kaplan, and Robert H. Sagerman (1965) Linear Accerelator Super Voltage Radiotherapy," *Radiology*. 85：121-129.

Bobrove, Arthur, Zvi Fuks, Samuel Storber, and Henry Kaplan (1975) Quantitation of T and B Lymphocytes and Cellular Immune Function in Hodgkin's Disease," *Cancer*. 36：169-179.

Brown, Frank, and Henry Kaplan (1957) Hodgkin's Disease：A Revised Clinical Classification and an Approach to the Treatment of its Localized Form," *Stanford Medical Bulletin*. 15：183-190.

Brundage, Birchard M. (1946a) Present Research Program, 1946." Warren Papers, UCLA Special Collections, 987. Box 12.

Brundage, Birchard M. (1946b) Summary of Present Medical Research Program, November 7, 1946." ORF-00735.

Carmel, Richard, and Henry Kaplan (1976) Mantle Irradiation in Hodgkin's Disease: An Analysis of Technique, Tumor Irradiation and Complications," *Cancer*. 37：2813-2825.

Clark, Adele E., and Joan Fujimura eds. (1992) *The Right Tools for the Job: At Work in Twentieth-Century Life Sciences.* Princeton, NJ：Princeton University Press.

DeLisi, Charles (1988) The Human Genome Project," *American Scientists.* 76：488-493.

Evans, Robley (1969) Early History of Nuclear Medicine at Massachusetts General Hospital," *Medical Physics.* 2：105-110.

Galison, Peter, Bruce Havly, and Rebecca Lowen (1991) in Peter Galison and Bruce Hevly, *Big Science：The Growth of Large-Scale Research.* Stanford, CA: Stanford University Press.

Ginzton, Edward L., Kenneth B. Mallory, and Henry Kaplan (1957) The Stanford Medical Linear Accelerator：Ⅰ. Design and Development," *Stanford Medical Bulletin.* 15：123-140.

Glatstein, Eli, H. Ward Trueblood, L. P. Enright, Saul A. Rosenberg, and Henry Kaplan (1970) Surgical Staging of Abdominal Involvement in Unselected Patients with Hodgkin's Disease," *Radiology.* 97：425-432.

Hamilton, J. G., and M. H. Soley (1939) The Use of Radioactive Tracers in Biology and Medicine," *Radiology.* 39：541-572.

Hamison, J., and C. J. Karzmark (1963) A New Design 6 MeV Linear Accelerator System for Supervoltage Radiatherapy," *British Journal of Radiology.* 36：650-659.

Hertz, S., A. Roberts, and R. D. Evans (1938) Radioiodine as Indicator in Study of Thyroid Physiology," *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine.* 38：510-513.

Hevly, Bruce (1994) Stanford's Supervoltage X-Ray Tube," *Osiris.* 9：85-100.

Hoppe, Richard T., Carol S. Portlock, Eli Glatstein, Saul Rosenberg, and Henry Kaplan (1978) Alternating Chemothrapy and Irradiation in the Treatment of Advanced Hodgkin's Disease," *Cancer.* 43：472-482.

Howell, Joel (1995) *Technology in the Hospital：Transformation Patient Care in the Early Twentieth Century.* Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.

Jacyna, L. S. (1988) The Laboratory and the Clinic：the Impact of Pathology on Surgical Diagnosis in the Glasgow Western Infirmary, 1875-1910." *Bulletin of the History of Medicine.* 62：384-406.

Kaplan, Henry (1947) Observations on Radiation-induced Lymphoid Tumors of Mice," *Cancer Research.* 7：141-147.

Kaplan, Henry (1948) Comparative Susceptibility

of the Lymphoid Tissues of Strain C57 Black Mice to the Induction of Lymphoid Tumors by Irradiation," *Journal of National Cancer Research.* 8：191-197.

Kaplan, Henry (1950) Influence of Thymectomy, Splenectomy, and Gonadectomy on Incidence of Radiation-induced Lymphoid Tumors in Strain C57 Black Mice," *Journal of National Cancer Research.* 11：83-90.

Kaplan, Henry (1958a) An Evaluation of the Generic and Somatic Hazards of the Medical Uses of Radiation," *American Journal of Roentgenology.* 80：696-706.

Kaplan, Henry (1958b) Recent Experimental Contributions to Radiotherapy," *American Journal of Roentgenology.* 80：822-832.

Kaplan, Henry (1962) The Radical Radiotherapy of Regionally Localized Hodgkin's Disease," *Radiology.* 78：553-561.

Kaplan, Henry (1966a) Evidence for a Tumoricidal Dose Level in the Radiotherapy of Hodgkin's Disease," *Cancer Research.* 26：1221-1224.

Kaplan, Henry (1966b) Long-term Results of Palliative and Radical Radiotherapy of Hodgkin's Disease," *Cancer Research.* 26：1250-1252.

Kaplan, Henry (undated) Role of Intensive Radiotherapy in the Management of Hodgkin's Disease," Unpublished article stored in Lane Medical Library. Box 9.16.

Kaplan, Henry, and Malcolm Bagshaw (1957) The Stanford Medical Linear Accelerator：III Application to Clinical Problems of Radiation Therapy," *Stanford Medical Bulletin.* 15：141-151.

Kaplan, Henry, and Mary B. Brown (1951) Inhibition by Testoresterone of Radiation-Induced Lymphoid Tumor Development in Intact and Castrate Adult Male Mice," *Cancer Research.* 11：706-708.

Kaplan, Henry, and William H. Carnes, Mary Brown, and Barbara B. Hirsch (1956) Indirect Induction of Lymphomas in Irradiated Mice：I. Tumor Incidence and Morphology in Mice Bearing Non-irradiated Thymic Grafts," *Cancer Research.* 16：422-425.

Kaplan, Henry, and Saul Rosenberg (1966a) Evidence for an Orderly Progression in the Spread of Hodgkin's Disease," *Cancer Research.* 25：1225-1231.

Kaplan, Henry and Saul Rosenberg (1966b) Extended-field Radical Radiotherapy in Advanced Hodgkin's Disease：Short-term Results of 2 Randamized Cinical Trials," *Cancer Research.* 26：1268-1276.

Karzmark, C. J. (1964) Large-filed Superficial Electron Therapy with Linear Accerelator," *British Journal of Radiology.* 37：302-305.

Karzmark, C. J., R. Loevinger, and M. Weissbluth (1960) A Technique for Large-Field, Superficial Electron Therapy," *Radiology.* 74：633-644.

Kirschbaum, A., and Henry Kaplan (1945) Induction of Leukemia in Mice," *Science.* 100：60-63.

Kornberg, Arthur (1977) *Arthur Kornberg, M.D.：Biochemistry at Stanford, Biotechnology at DNAX,* interviewed conducted by S. S. Hughes, California, Regional Oral History Office, U. of California.

Kotz, Deborah (1995) The A-Bomb, 50 Years Later：The Evolution of Nuclear Medicine," *Journal of Nuclear Medicine.* 36 (8)：17N-21N.

Lawrence, Christopher (1985) Incommunicable Knowledge：Science, Technology, and the Clinical Art in Britain 1850-1914," *Journal of Contemporary History.* 20：502-20.

Lawrence, Christopher (1994) *Medicine in the Making of Modern Britain,* 1700-1920. London：Routledge.

Lawrence, Ernest O. (1934) Radioactive Sodium Produced by Deuteron Bombardment," *Physical Review.* 46：746-47.

Lawrence, John O. (1940) Nuclear Physics and Therapy：Preliminary Report on a New Method for the Treatment of Leukemia and Polycythemia," *Radiology.* 35：51-59.

Lawrence, John, J. G. Scott, and L. W. Tuttle (1939) Studies on Leukemia with the Aid of Radioactive Phosphorus," *New International Clinics.* 2：35-38.

Lawrence, John, L. W. Tuttle, J. G. Scott, and C. I. Connor (1940) Studies on Neoplasms with the Aid of Radioactive Phosphorus," *Journal of Clinical Investigation.* 19：267-271.

Lea, Douglas Edward (1955) *Actions of Radiations on Living Cells.* Cambridge：Cambridge University Press.

Lenoir, Timothy, and Marguerite Hays (undated) The Manhattan Project for Biomedicine," an unpublished paper.

Leslie, Stuart W., and Robert H. Kargon (1996) Selling Silicon Valley：Frederick Terman's Model for Regional Advantage," *Business History Review*. 70：435-472.

Lindee, M. Susan (1994) *Suffering Made Real：American Science and the Survivors at Hiroshima*. Chicago and London：The University of Chicago Press.

Livingood, J. J., and G. T. Seaborg (1938) Radioactive Iodine Isotopes," *Physical Review*. 53：1015.

Loevinger, R. C., J. Karzmark, and M. Weissbluth (1961) Radiation Therapy with High-Energy Electrons：Part I. Physical Considerations, 10 to 60 MeV," *Radiology*. 77：906-927.

Loevinger, R. C., J. Karzmark, M. Weissbluth, L. M. Katz, C. F. von Essen, and H. S. Kaplan (1961) Radiation Therapy with High Energy Electrons," Biophysics Laboratory of Stanford B. L. Report no. 17, June 1961.

Lowen, Rebecca (1997) *Creating the Cold War University：The Transformation of Stanford, Berkeley, Los Angels, and London*. University of California Press.

Reiser, Stanley Joel (1978) *Medicine and the Reign of Technology*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

Rosenberg, Charles (1987) *The Care of Strangers：The Rise of America's Hospital System*. New York：Basic Books.

Rosenberg, Nathan, Annetine C. Gelijin, and Holly Dawkins eds. (1955) *Sources of Medical Technology：Universities and Industries*. Washington D.C.：National Academy Press.

Rosenberg, Saul, and Henry Kaplan (1974) The Management of Stages I, II, III, Hodgkin's Disease with Combined Radiotherapy and Chemotherapy," *Cancer*. 35：55-63.

Rosenberg, Saul, Henry Kaplan, Eli Glatstein, and Carol S. Portlock (1978) Combined Modality Therapy of Hodgkin's Disease," *Cancer*. 42：991-1000.

Rosenberg, Saul, Melvin Moore, Joan M. Bull, Stephen Jones, and Henry Kaplan (1972) Combination Chemothrapy and Radiotherapy for Hodgkin's Disease," *Cancer*. 30：1505-1510.

Seidel, Robert (1992) The Origins of the Lawrence Berkeley Laboratory," in Peter Galison and Bruce Hevly, *Big Science：The Growth of Large-Scale Research*. Stanford, CA：Stanford University Press.

Seidlin, S. M., L.D. Marianelli, and E. Oshry (1946) Radioactive Iodine Therapy," *Journal of the American Medical Association*. 132：838-847.

Shultz, Milford (1975) The Supervoltage Story：Janeway Lecture, 1974," *The American Journal of Roentgenology*. 124：541-559.

Starr, Paul (1984) *The Social Transformation of American Medicine：The Rise of a Sovereign Profession and the Making of a Vast Industry*. New York：Basic Books.

Steed, P. (1957) The Stanford Medical Linear Acclerator, IV. Patient and Dosimetry," *Stanford Medical Bulletin*. 15：

Thackray, Arnold (1998) *Private Science：Biotechnology and the Rise of the Molecular Sciences*. Pennsylvania：Pennsylvania University Press.

Weissbluth, M. C., J. Karzmark, R. E. Steele, and A. H. Selby (1959) The Stanford Medical Linear Accelerator, II Installation and Physical Measurement," *Radiology*. 72：242-253.

Zatz, L.M., C. F. von Essen, and Henry Kaplan (1961) Radiation Therapy with High Energy Electrons," *Radiology*. 77：928-939.

医療と社会 Vol.10 №3 2000

Instrumentalizing Medicine: the Case of Stanford Medical Linear Accelerator and Post-war Medicine in America

Takahiro Ueyama*, PhD

Abstract

The hospital is one place where people encounter highly advanced science and technology in their daily lives. In the hospital, patients come into contact with a number of highly advanced scientific innovations and newly devised machines and technologies, more so as computed axial tomography scanners (CAT) and magnetic resonance imaging scanners (MRI) have become indispensable tools for medical diagnosis. How are these scientific machines brought into hospitals and transformed into diagnostic and medical tools? Who initiates the use of these technologies? What are the respective roles of doctors, physicists, and scientific instrument companies in the introduction of new medical technologies? More generally, how did science-based machines transform medical practice and the post-war hospital?

To explore these issues, I am pursuing a historical case study on the development and use of a key medical technology, contemporary radiation therapy for cancer: the microwave linear accelerators (so-called clinac). The clinac was an electron-smashing machine invented and developed in the 1950s jointly by Dr. Henry Kaplan, then Head of the Department of Radiology at Stanford University Hospital, Dr. Edward Ginzton, a physics professor at Stanford, and a group of nuclear physicists at Stanford's Hansen Laboratory. This paper traces the history of clinacs from their development at Stanford University and Varian Associates in mid-1950s to their widespread adoption for the treatment of many forms of cancer in the late 1970s. In so doing, I have examined the processes by which physicists, medical doctors, and corporate engineers transformed a research instrument in nuclear physics, the microwave electron linear accelerator, into a highly effective clinical tool for the treatment of Hodgkin's disease and other forms of cancer. By conducting this case study, I have argued that the United States experienced a most dramatic transformation in medical care from the late 1950s onward. American medicine gradually came to be comprised of research-oriented practices that required the collaboration of other scientific fields such as physics, biology and chemistry, and treatment in big institutions (e.g. university hospitals).

Keyword : Medical technology, University-industry relationship, Radiology, University hospital, Linear accelerator

---

*Department of Economics, Sophia University