

定位脳手術装置とナビゲーションを融合したニューロサットの開発物語



滝澤貴昭

TAKAZAKI TAKIZAWA

(医) 幸義会

岡山東部脳神経外科 理事長

1988年に arc center 機構・iso-center 機能の特徴とした frameless stereotactic system ニューロサット (以下 NS と略す) を開発し現在も手術に用いておりますので、開発の経緯などについて紹介させていただきます。私は 1980 年大学卒業後ただちに、開設 4 年目の脳神経外科専門病院にて研修を開始しました。1983 年にラジオニクス社製の CT 誘導定位脳手術装置 BRW を日本で最初に導入し、腫瘍生検や血腫吸引に加え標準的な機能的手術である thalamotomy や DBS も行っていました。Leksell 式をはじめとする多くの定位脳手術装置の基本である arc center 機構を備えていないために使い勝手の悪さを感じていました。BRW の開発者の 1 人である Trent Wells 氏が、1967 年に Todd-Wells という arc center を有する定位脳手術装置を開発され米国を中心として世界中の脳神経外科医に愛用されていたにもかかわらず、複雑なアルゴリズムの BRW を開発されたことに疑問を感じていました (その後、結局は arc center を有する CRW も開発されました)。arc center は定位脳手術・機能的手術に慣れ親しんだ脳神経外科医としては最も理解がた易く、半球形の頭部に XYZ 座標を振り当てる手法は、コンピューターを駆使する時代になっても、その情報が真に正しいか否かを術者が直感的に感じ取れる有意義なものと考えていました。そして arc center とコンピューター・デジタル処理技術の融合が図れないものかと思索していました。

Newsletter Summer 2013 にて、渡辺英寿先生がニューロナビゲーター開発物語の中で述べておられるように、1980 年代後半には frameless stereotaxy/navigation/image guided neurosurgery に関する機器・システムの開発報告が相次ぎました。その頃 1987 年の日本脳神経外科学会総会機器展示会場にて (株) 三鷹光器の手術用顕微鏡プロトタイプを見る機会を得、この会社の技術力であれば、私の理想とする arc center 機構を有した frameless の CT/MR guided

stereotaxy を実現するシステムを作れるかもしれないと考え、早速三鷹光器を訪問しました。世界中に実例のない装置の話を、医療器械の開発経験がほとんど無く、従業員 30 人ほどの町工場的な会社に持ち込むことに不安はありましたが、若さに任せて熱弁をふるい、また精鋭頭脳集団ともいべき方たちと議論を重ねる日々はとても有意義でした。一年間にわたり隔週の週末に広島県福山市から東京の三鷹市まで日帰りを通い、1988 年 8 月に NS のプロトタイプが完成しました。二つのアークの組み合わせによる arc center とアーク先端のマイクロドライブを採用し、それを支持する多関節アームにはカウンターバランスを、5 つの関節とマイクロドライバーには高精度エンコーダーを組み込みました。結果として座標系は標準的的定位脳手術装置と同様のものが実現できました。(図 1) 「ニューロサット NEURO-SAT」という名称は三鷹光器が人工衛星搭載器機など宇宙開発にも関与していることと、脳を小宇宙に例えてその周りを人工衛星のように滑らかに回りながら情報を与えてくれる装置という意味で命名しました。当時、群馬大学脳神経外科教授であられた故大江千廣先生は、三鷹光器にエンコーダー内蔵の stereotactic microscope の開発を打診されましたが、技術的に困難と判断され、後に NS と術中微小電極法を組み合わせた治療法を開発され、教室の先生方と多数の論文報告をしていただくとともに、1993 年メキシコで開催された国際定位機能神経外科学会の会長特別講演でも紹介されました。

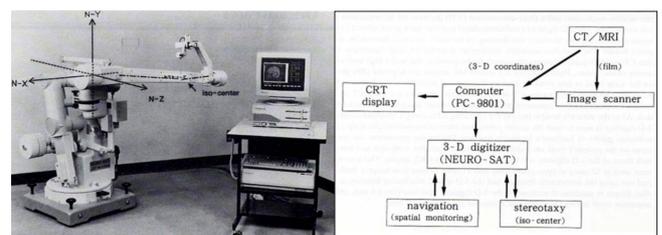


図 1 ニューロサットの座標系と初期のシステム構築

1989 年に前橋で開催された国際定位機能神経外科学会にて NS プロトタイプを展示し、前述の Trent Wells 氏に賞讃されました。Stereotactic & Functional Neurosurgery (図 2) に掲載された論文については、後日 Lauri V. Laitinen 先生から直々に、定位脳手術装置・ナビゲーション装置の論文でファントムを用いて精度を確認したものは初めてで、今後のこの種の論文の手本になると褒められました。その後、CT 専用のアクリル製ファントムを製作し、定期的に装置の精度を確認できるようにしています。その後、DICOM 対応になる前の CT/MR 画像キャプチャー装置や三次元

ソフトの作製などを進め、1995年に現在のモデル型となり現在も使用しています。その間、国際的には、エレクトラ社の medical director だった Dan Leksell 先生が三鷹光器に來られ提携を申し込まれましたが、企業買収のリスクが懸念され成立しませんでした。カール・ツァイス社はドイツでNSの特許無効を訴えて係争になりましたが勝利しました。しかし、その後の欧米の商用器機との開発競争において、画像取り込みの Gateway と三次元画像処理の分野では決定的に遅れをとっており、普及の妨げとなりました。

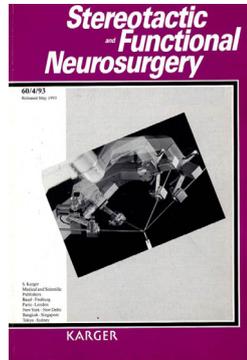


図2 掲載論文

現在では frameless armless navigator が主流となっていますが、当院ではNSが現役で各種手術の補助装置として役立っています。顕微鏡手術時(図3)にはナビゲーション装置として、腫瘍生検や血腫吸引(図4)については定位脳手術装置として用いています。

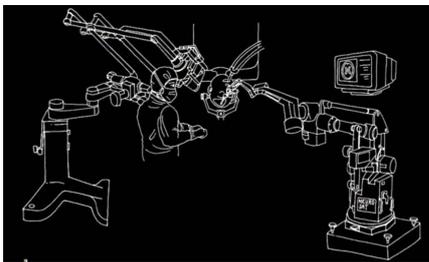


図3 microsurgery への応用



図4 定位脳手術装置としての応用

最近内視鏡手術のためにカール・ストルツ社製の硬性鏡を購入しましたが、内視鏡の長さがNSの回転半径と完全に一致し、マイクロドライブ先端のホルダー内径と内視鏡外径も同一で、小細工なしに組み合わせで使用できることに驚きました。ナビゲーション機能を有した内視鏡ホルダーとしても重宝しております(図5)。

群馬大学・琉球大学などでも装置を購入していただき、各種の手術に応用していただき、その有用性について多くの論文・学会発表をしていただきました。残念ながら現在使用しているソフトウェアの開発とDICOM対応が遅れたために、十分にその性能を発揮できないまま使用されなくなっていること、開発当初の技術者が会社を去られ、新規製造やメンテナンス対応が出来ず残念に思っています。



図5 内視鏡との組み合わせ

さて余談ですが、ナビゲーション装置と診断用画像のレジストレーションには fiducial marker が用いられます。私はMRI用のfiducial marker(図6)としてPVAゲルを50円玉のように加工して用い1990年に英語論文で報告しました。当時一般には画像でポジティブに見えるものがマーカーとして用いられていましたが、私は、ネガティブに見えるものの方が精度を高められると考えました。マーカーの真ん中の陰影欠損、すなわち air を fiducial に用いたのは発想の転換でした(図7)。Wayne 大学訪問時に Lucia Zamorano 先生にその独創性について指摘され、その後の商用ナビゲーション装置の fiducial marker として標準的に用いられるようになりました。後日、島津製作所がアレンジを加えて複数の画像モダリティに利用できるマーカーとして特許を取得されましたが、その中でも、私の論文が引用されており、私自身が開発当初にその独創性に気づいていればと後で悔やんだものです。



図6 fiducial marker



図7 MRI Fiducial

本学会で活躍されている新進気鋭の先生方には、温故知新の気持ちも大切であり、また一見何気ないことがとても新鮮な発明・発見となりうることを知っていただければ幸いです。今後益々の定位・機能的神経外科分野の発展を祈念しております。