

脳神経外科におけるSirius Power/Cの臨床経験 特に術中DSAに使用して

Clinical application of Sirius Power/C
Neurosurgical experience on intraoperative monitoring of DSA

佐藤 智彦 Tomohiko Satoh
中野 俊久 Toshihisa Nakano

田島 篤 Atsushi Tashima
郭 忠之 Tadayuki Kaku

大分市医師会立アルメイダ病院 脳神経外科

脳神経外科や外科における頭・腹部の術中DSA、IVRはもちろんの事、整形外科領域まで幅広く対応できる移動形外科用X線テレビ装置(Sirius Power/C)は、X線出力が11kwと移動形ではこれまでにない高出力を得て、さらに100万画素CCDカメラと高速デジタル画像処理装置との組合せから、高品質で高画質な画像を提供する¹⁾。

また本装置の位置決めの際には大径Cアーム(ケーブル内蔵)にもかかわらず、移動台車は大径車輪の採用とCアーム基部の横スライド機構などにより、軽々操作で素早い位置決め、複雑な位置合わせにも迅速に対応でき、心臓部から頭部へのカテ先の追従や四肢などの長い診断部位の連続的な画像の追従も容易に行える等の特長を有する。

本論文では、この装置を主として脳神経外科患者の術中DSAに臨床利用したので、その操作性や画像処理機能について述べる。

The floor-travel type mobile C-arm X-ray TV system(Sirius Power/C) has been developed for whole body imaging, especially in surgical, neurosurgical and orthopedical areas. In addition, a functional software program provided for IVR use of DSA system, together with exceptionally high X-ray output, one million pixel CCD camera and high speed digital image processor, allows the Power/C system to produce high quality and high definition images with improved diagnostic capability easily and immediately.

Another remarkable point is that the horizontal slide function of the C-arm support enables smooth positioning for whole body examination, such as serial imaging in pursuit of the catheter from heart to head as well as long examination area like limbs.

The report describes how this system has been applied to patients mainly with brain diseases.

Key Words : Sirius Power/C, Intraoperative monitoring DSA

1. はじめに

放射線診断学の画像処理にコンピュータが用いられてから飛躍的な診断精度が上げられてきたことは言うまでもないが、血管撮影の分野でもその応用がDSA(Digital Subtraction Angiography)の形で1980年頃より導入・開発され、今日では脳神経外科領域でも新しい診断法として確立している²⁾³⁾⁴⁾。その中で術中DSAは我々脳神経外科医にとって安全かつ満足すべき手術を行なえる為の術中モニタリングの一つとして重要な位置にある。

今回われわれは、その術中DSAにSirius Power/Cを使用する機会を得たので臨床経験を踏まえ、その特徴を報告する。

2. 装置の概要

本装置の概要をまとめると、頭腹部から四肢までのDSA/IVRと幅広い用途に対応するリアルタイムDSAが可能な移動形外科用X線テレビ装置である事。X線出力は11kWと移動形ではこれまでにない高出力で100万画素CCDカメラと高速デジタル画像処理装置との組合せで、高品質で高画質な画像を提供できる事。また大径ケーブル内蔵CアームとCアーム部の横スライド機構などにより、複雑な位置合わせにも迅速に対応できる事などが最大の特長である。

図1にそのケーブル内蔵大径CアームSirius Power/C本体側面、その操作盤面と画像処理装置を示す。

以下はSirius Power/Cの構成である⁵⁾。

(1)Cアーム本体

〔X線発生器、台車、支持Cアームを含む〕

(2)X線管装置(モノタンク)

〔回転陽極、210kJ(300kHU)、0.6mm焦点〕

- (3)絞り〔半透過マスク+八角絞り〕
- (4)イメージインテンシファイヤ〔23cm(9インチ)〕
- (5)画像処理装置〔DSR-1000AD(キーボード、マウス付属)〕
- (6)CCDカメラ〔100万画素(DRS-1000AD専用カメラ)〕
- (7)モニター台車
〔画像処理装置及び20インチモニター2台を搭載〕
- (8)モニター〔51cm(20インチ)72HzプロGRESSIP〕
- (9)フットスイッチユニット
〔透視・パルス透視、及びDSA用〕

Sirius Power/Cの仕様は以下の通りである。

- (1)X線発生器
 - ・電源電圧：単相200～240V
 - ・電源容量：10kVA(200V/50A)
 - ・X線出力：11kW(110kV/100mA)
 - ・最高管電圧：透視 120kV、撮影 125kV
 - ・最大管電流：透視(連続) 3mA
パルス透視 48mA
ブースト透視 10mA
撮影100mA(110kV)
 - ・mAs：0.5～100mAs(31ステップ)
- (2)支持Cアーム
 - ・Cアーム半径：74cm(内径)
 - ・Cアーム奥行き：89cm
 - ・上下動：41cm(電動)

- ・Cアーム回転：+95°～-60°
- ・Cアーム旋回：
アンダーチューブ立位から+100°～-280°
- ・Cアーム左右動：35cm(電磁ロック)
- ・Cアーム前後動：20cm(電磁ロック)
- ・クリアランス：79cm
- ・SID：99cm
- ・ケーブル処理：Cアーム部に内蔵

- (3)画像処理部
 - ・最大画像収集速度：15fps(撮影)
30fps(シネルーブ透視)
 - ・マトリックスサイズ：1024×1024
 - ・メモリ容量：64MB(30～48画像)
(最大256MBまで増設可)
 - ・磁気ディスク：HD約1900画像収納
- (4)画像処理機能
 - ・リアルタイムDSA/収集後即時再生表示
 - ・ランドマーク機能・透視ノイズ低減(動き補正付き)
 - ・ロードマッピング・透視リアルタイム輪郭強調処理
 - ・カーブ選択・画像合成(スタック)機能
 - ・電子シャッター・マルチ画像表示(16画像/4画像)
 - ・電子ズーム(2倍)・リマスキング・ピクセルシフト
 - ・狭窄率・距離計測・プログラム画像収集
 - ・ハードコピーI/F
- (5)オプション
 - ・光磁気ディスク装置(MOD)：2.3GB/5インチ
 - ・画像メモリ(RAM)：最大256MBまで増設可能
 - ・DICOM3.0I/F
 - ・滅菌カバー：ディスプレイ
- (6)その他
 - ・Cアーム本体～モニター台車の接続ケーブル1本化
 - ・Cアーム本体台車の車輪はケーブルプッシャー付き
 - ・画像処理装置(DRS-1000AD)はAC100Vで単体動作可能
(付属プラグを使用)



Sirius Power/C
本体側面



操作盤面



画像処理装置

図1：Sirius Power/Cの外観

3. 検査方法と対象症例

当院の脳神経外科専用手術室は横6m，奥行き6m，高さ2.8mで出入口は横幅1.6m，高さ2mと通常の公的病院の手術室に比べて決して広くはなく、この限られたスペースに装置を搬入設置するにあたっては、何ら支障はなかった。

血管撮影を行う際、画像処理装置を有するモニターは手術台の下肢側に、Cアーム本体は頭側に設置し、検者はその間でセルジnger法を行う。そしてモニターに映し出されたガイドワイヤー、親カテを確認しつつ、カテ先の追従を腹部から 心臓部 頭部へと大径Cアームを移動しながら行うが、この時の移動操作は本体はそのまま固定した状態で大径Cアーム基部を横にワンタッチで軽々とスライド操作でき、迅速・軽快な操作性が得られた。

以上の方法にて血管撮影は開頭術前後に施行した。対象症例は破裂脳動脈瘤3例、内頸動脈狭窄症2例、硬膜動静脈瘻1例、内頸動脈閉塞症1例、脳腫瘍1例の8例で根治手術は脳動脈瘤クリッピング術3例、血栓内膜剥離術3例(内頸動脈狭窄症の1例が時期を異にして両側施行)、硬膜動静脈瘻摘出術1例、浅側頭動脈-中大脳動脈吻合術2例(うち巨大中大脳動脈動脈瘤の1例に併用)、脳腫瘍全摘術1例に対し各々の手術前後に血管撮影計18回施行した。

表1、2にその一覧を示したが、次に代表症例を上げて、その臨床撮影内容と評価を呈示する。

表1：対象症例の内訳と撮影設定条件の一覧

症例	年齢 性別	診 断	造影剤・量(手押し) ヘキサブリックス320	撮影条件 (100mA, 3.75fps, 10s)
1	77 女	多発脳動脈瘤	術前: 8ml 術後: 6ml	66kV ~ 81kV, I.I.視野: 9 inch
2	66 女	前交通脳動脈瘤	術前: 5ml 術後: 5ml	70kV ~ 75kV, I.I.視野: 9 inch
3	63 男	前交通脳動脈瘤	術前: 4ml 術後: 3ml	72kV ~ 94kV, I.I.視野: 4.5/9 inch
4	65 男	硬膜動静脈瘻	術前: 5ml 術後: 5ml	70kV ~ 75kV, I.I.視野: 4.5/9 inch
5	56 女	髄膜腫	術前: 8ml 術後: 5ml	61kV ~ 74kV, I.I.視野: 9 inch
6-1	62 男	右内頸動脈狭窄症	術前: 7ml 術後: 5ml	69kV ~ 81kV, I.I.視野: 4.5/9 inch
6-2	62 男	左内頸動脈狭窄症	術前: 7ml 術後: 5ml	70kV ~ 80kV, I.I.視野: 4.5/9 inch
7	77 男	右内頸動脈狭窄症	術前: 5ml 術後: 5ml	76kV ~ 83kV, I.I.視野: 6/9 inch
8	34 男	左内頸動脈狭窄症	術前: 5ml 術後: 5ml	70kV ~ 80kV, I.I.視野: 9 inch



図2：症例1 術前順斜位動脈相
左中大脳動脈分岐部に直径約2.5cmの巨大脳動脈瘤が認められる。

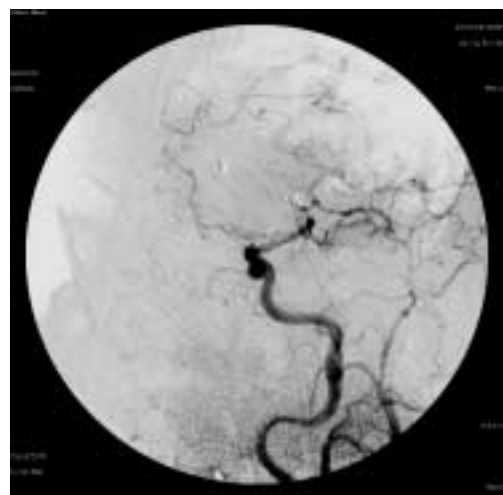


図3：症例1 術後順斜位動脈相
巨大脳動脈瘤は完全にクリッピングされ、また浅側頭動脈-中大脳動脈の吻合も確認された。

表2：全症例の撮影時における画像処理機能の一覧

画像処理機能	症例	1	2	3	4	5	6-1	6-2	7	8
リアルタイム即時再生										
透視リアルタイム輪郭強調処理										
ランドマーク										
透視ノイズ低減										
カーブ選択										
画像合成(スタック)										
マルチ画像表示										
電子ズーム(2倍)										
リマスキング										
ピクセルシフト										
狭窄率										

4. 症例提示

症例1 77歳 女性 (図2、3)

診断：多発脳動脈瘤

手術：STA-MCA バイパス併用脳動脈瘤クリッピング術

平成12年1月1日早朝、トイレにて頭痛発作、意識障害を来し、同日緊急入院 Hunt & Kosnik Grade3、Fisher group3、ヘリカルCTAにて両側中大脳動脈巨大動脈瘤と脳底動脈-左上小脳動脈分岐部動脈瘤が認められ、1月18日根治術施行された。

(臨床撮影内容と評価)

脳血管撮影に関しては、先ずCアーム、モニター台車共に手術直前に搬入・セッティングする。大腿動脈経由でガイドワイヤーを挿入後に透視リアルタイム輪郭強調処理やカーブ選択から見やすい透視条件にして、透視下にCアーム基部の横スライド機構を利用して素早く移動させつつ、カテ先を胸部から頸部の内頸動脈内に留置し撮影段階となる。撮影はヘキサブリックス320を約8~6ml手押しで行なった。このケースは最初の例であった為、透視時間はカテーテルを追うのに約5分、Cアームの撮影方向と位置決めにより約5分を要した。術前撮影は脳動脈瘤の方向の確認と患部の状態確認に計3ショット撮影、Cアームモニター台車共に術後の使用まで一旦退室し、術後は同位置で条件のみ変えて2ショットDSAを行なった。撮影条件は66~81kV、100mA、I.I.視野9インチ、3.75fps一定、いずれも撮影時間は約10~12秒である。

評価：画像、操作性については申し分無い。特に画像は画像処理装置によりリアルタイムDSAからランドマーク機能や収集後即時再生表示機構により条件を種々にかえて何度も見る事ができ、術後は左中大脳動脈巨大脳動脈瘤は完全にクリッピングされ、また浅側頭動脈-中大脳動脈の吻合も確認され、この事は画像処理装置の2つのモニターに術前術後の像を並べて手術の結果が直ぐに評価できた。

症例2 66歳 女性 (図4、5)

診断：前交通動脈動脈瘤

手術：脳動脈瘤クリッピング術

平成12年3月12日夕方4時頃、畑で草取り中に突然の頭痛発作を来し翌日当科入院した。入院時 Hunt & Kosnik Grade3、Fisher group2、ヘリカルCTAにて前交通動脈動脈瘤が認められ、3月21日開頭根治術が施行された。

(臨床撮影内容と評価)

脳血管撮影に関するCアーム、モニター台車の搬入・セッティング、撮影までの手順は症例1にほぼ同じである。造影剤はヘキサブリックス320を5ml手押しで行ない、透視時間はカテーテルを追うのに約5分、Cアームの撮影方向と位置決めにより約2分を要した。術前撮影は脳動脈瘤の状態、方向確認に正面、左右斜位の計5ショット撮影、その後はCアームモニター台車共に一旦退室し術後は同位置で正面、左右斜位の計3ショットDSAを行なう。撮影条件は70~75kV、100mA、I.I.視野9インチ3.75fps一定、いずれも撮影時間は約10秒である。

評価：画像処理、操作性の向上がみられ手際良くなった。画質がいいので脳動脈瘤に関しては少ない造影剤でも十分見る事ができ、術後は前交通動脈瘤は完全にクリッピングされ、親動脈もサクリファイされてないことが画像処理装置の2つのモニターに術前後の像を並べて直ちに確認できた。



図4：症例2 術前正面動脈相
I.I.視野切替えにて。前交通動脈瘤を大きく表示、
脳動脈瘤は左前方向に二股状になっている。



図5：症例2 術後正面動脈相
前交通動脈瘤は完全にクリッピングされ、親動脈もサクリファイされてないことが画像処理装置の2つのモニターにて確認できた。

症例4 65歳男性(図6、7)

診断：左硬膜動静脈奇形

手術：開頭根治術

2年前、左硬膜動静脈奇形の診断にてintravascular embolizationが施行され、当科外来followされていた。平成11年11月末頃より次第に元気がなく、妻との意思疎通もできなくなり平成12年1月20日来院し、そのまま入院となった。頭部CTでは左後頭葉を中心として出血を伴う低吸収域が認められ、脳血管撮影では左S字静脈洞を中心に硬膜動静脈奇形が認められた。それに対して2月22日開頭根治術が施行された。

(臨床撮影内容と評価)

脳血管撮影に関するCアーム、モニター台車の搬入・セッティング、撮影までの手順は症例1にほぼ同じである。このケースは左側頭・頭頂・後頭葉にかけて動静脈奇形が存在しているため、術前に位置決め・患部の状態確認が綿密に計られた。透視時間はカテーテルを追うのに約6分、Cアームの撮影方向と位置決め約6分を要し、術前2ショット撮影、造影剤はヘキサブリックス320を約5ml手押しで行なった。そして手術中はCアーム本体は一旦室外へ待避、しかしモニター台車は術前画像を表示したまま室内に残して術中モニタリング像に利用した。術後は術前と同じ位置にCアームを再セッティングし、2ショット撮影DSAを行なった。この際撮影条件は頭蓋骨を大きく外してあるのでバックが暗く、カーブ機能にて即座に明るさを補正した。撮影条件は70~75kV、100mA、I.I.視野4.5インチと9インチ、3.75fps一定、いずれも撮影時間は約10~12秒である。

評価：手術体位が側臥位に近いにもかかわらず、Cアームの操作性についてはスムーズで申し分無い。画像は画像処理装置によりリアルタイムDSA・ランドマーク機能・収集後即時再生表示・カーブ機能により条件を即座にかえて表示でき、脳動静脈瘻の術前術後の像を2つのモニターに並べて患部への動脈血の流入、皮質静脈への逆流が完全に抑えられている事が確認され、手術を安心して終わらせる事ができた。

症例5 56歳女性(図8、9)

診断：左前頭部傍矢状髄膜腫

手術：脳腫瘍全摘出術

40才頃より全身痙攣があるも、近医にて抗痙攣剤のみを投与されていた。平成12年2月3日夕方、浴室にて痙攣発作、意識障害を来している所を発見され、同日入院、入院時軽度右片麻痺が認められた。CT、MRIでは左前頭葉に広範囲の脳浮腫を伴う脳腫瘍が認められ、脳血管撮影では左外頸動脈から栄養され、左前頭部傍矢状髄膜腫の術前診断にて2月15日脳腫瘍全摘出術が施行された。

(臨床撮影内容と評価)

脳血管撮影に関するCアーム、モニター台車の搬入・セッティング、撮影までの手順は症例1にほぼ同じである。術前撮影は左前頭部傍矢状髄膜腫であるため脳腫瘍の状態、栄養血管の確認に内頸動脈と外頸動脈各々の側面撮影が3ショット、造影剤はヘキサブリックス320を約5~8ml手押しで行なわれた。その後はCアームモニター台車共に一旦退室し、術後は術前と同じ位置にCアームを再セッティングしてDSAを行なったが、この際撮影条件は前頭蓋骨が大きく外してあるのでカーブ機能にて明るさを補正しつつ撮影し、計6ショット撮影となった。撮影条件は70~75kV、100mA、I.I.視野4.5インチと9インチ、3.75fps一定、いずれも撮影時間は約10秒である。

評価：画像処理、操作性については申し分無い。特にこのケースは術後前頭蓋骨が大きく外してあり、良い画像を得るためにカーブ機能が充分発揮された。更にこの脳腫瘍は腫瘍陰影が細動脈相から静脈相に出現してくるため、画像処理装置のマルチ画像表示(16画像/4画像)から画像合成(スタック)機能により動脈相と細動脈相、静脈相を重ねて画像合成する事ができ、腫瘍と栄養血管の関係を確認しつつ、安全に腫瘍を全摘出できた。

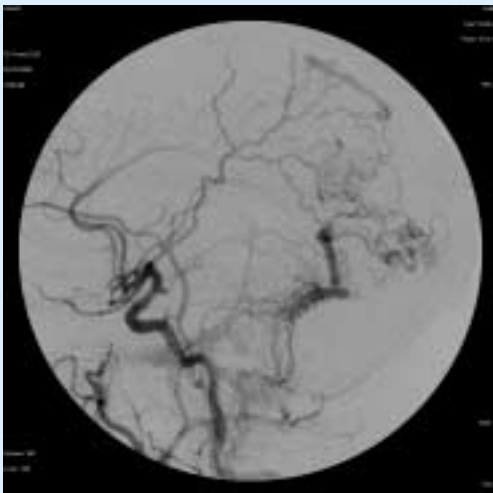


図6：症例4 術前側面像

左側頭・頭頂・後頭葉にかけて左S字静脈洞を中心に硬膜動静脈奇形が認められる。



図7：症例4 術後側面像

ランドマーク機能・収集後即時再生表示・カーブ機能により条件をかえて、脳動静脈瘻の術前術後の像を2つのモニターに映し、患部への動脈血の流入、皮質静脈への逆流が抑えられている事が確認。

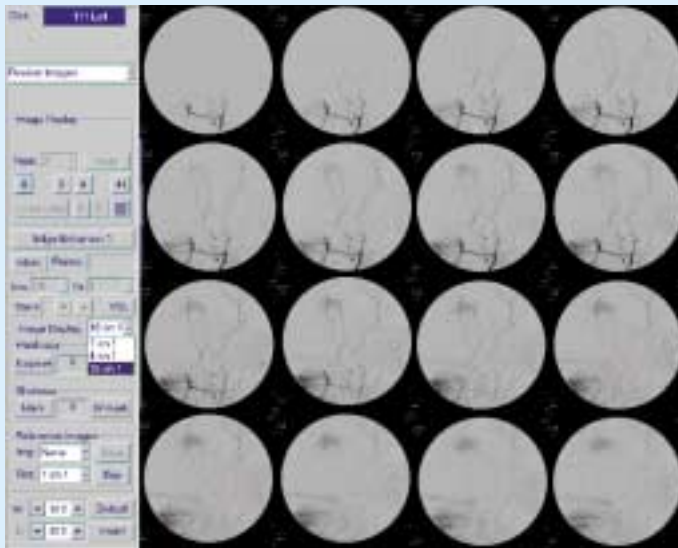


図 8 : 症例 5 術前側面像

腫瘍陰影が細動脈相から静脈相に出現してくる事がマルチ画像表示(16 画像/4 画像)から表示できる。

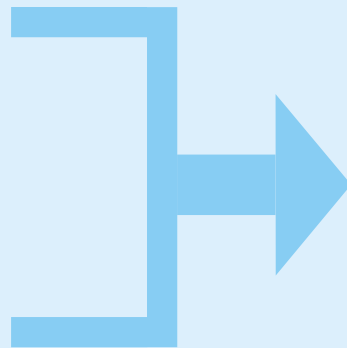
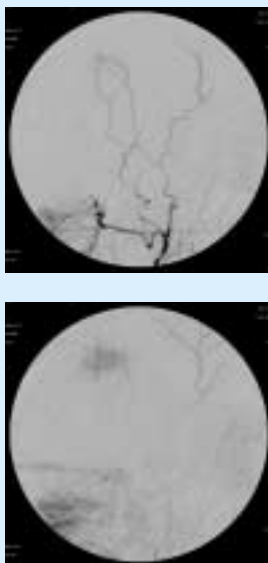


図 9 : 症例 5 術前側面像 術前側面像

画像合成(スタック)機能により動脈相と細動脈相、静脈相を重ねて画像合成、腫瘍と栄養血管の関係を確認できる。

症例6 62歳 男性 (図10、11)

診断：両側頸部内頸動脈狭窄症

手術：右頸動脈血栓内膜切除術

平成11年11月25日、1週間前に右手のしびれ、脱力発作があり当科入院となった。入院時軽度右片麻痺が認められ、MRIでは左前頭葉皮質下に小さな梗塞巣と右基底核に陳旧性脳梗塞があり、脳血管撮影では頭蓋内血管は動脈硬化所見のみで、狭窄像はなかった。しかし頸部内頸動脈は両側狭窄が見られ、右75%狭窄、左60%狭窄と潰瘍形成が見られた。それに対し1月11日右頸動脈血栓内膜切除術、2月29日左頸動脈血栓内膜切除術を施行された。

(臨床撮影内容と評価)

脳血管撮影に関するCアーム、モニター台車の搬入・セッティング、撮影までの手順は症例1にほぼ同じである。このケースは右総頸動脈から内頸動脈にかけて外頸動脈も含む狭窄像



図 10 : 症例 6 術前順斜位動脈相

画像処理装置から狭窄率を知る事ができる。

を呈しており、その狭窄像を最良に画像表出するためCアームのセッティングがポイントとなったが、Cアーム支持部の左右移動、前後移動を使う事によりポジショニングが楽にセットできた。透視時間はカテーテルを追うのに約5分、Cアームの撮影方向と位置決め約2分を要し、術前2ショット撮影、造影剤はヘキサブリックス320を約5～7ml手押しで行なった。Cアームモニター台車共に術後の使用まで一旦退室し、術後は術前と同じ位置にCアームを再セッティングし術前と同じ条件で計3ショット撮影、撮影条件は69～81kV、100mA、I.I.視野4.5インチと9インチ、3.75fps一定、いずれも撮影時間は約10秒である。

評価：画像処理、操作性については申し分無い。頸部内頸動脈狭窄症に対して術前画像処理装置から狭窄率を知る事ができた。術後は狭窄像が完全に解消され、更に術直後の血流再開時に生じるポケットフォメーション(内頸動脈閉塞)がない事が確認され手術が成功したことが即座に確認され、安心して手術を終わらせる事ができた。

5. まとめ

Sirius Power/Cの開発コンセプトは、

(1)IVR(Interventional Radiology)対応の簡易装置需要の増加に対応できる事

(2)ポジショニング特にカテーテル追跡の容易性を実現できる事

(3)清潔領域を保てる構造と装置清潔を確保できるデザインの追求

(4)頭腹部IVRに対応できる画質と機能の確保

を主な項目としている。今回本装置を我々脳神経外科の術中DSAに利用する機会を得たが、開発コンセプトの4項目どうり幅広く顧客層に対応でき、本装置は我々中規模の病院はもちろんのこと、大病院や総合病院の手術室やICU・CCUにおける術中・検査用の外科用Cアームばかりか、本格的なアンギオシステムの導入ができない中小病院、脳神経外科病院、開業医院に多目的に使える移動型Cアームとして期待できる。

参考文献

- 1) 山本一雄、ほか：多目的X線造影検査システム(SF-VA20)の開発、MEDIX 23：49-55,1993
- 2) Brant-Zawadki, M. et al：Digital subtraction cerebral angiography by intraarterial injection：Comparison with conventional angiography, AJNR, 3：593-599, 1982
- 3) 高橋睦正、ほか：デジタル透視血管造影法による中枢神経疾患の診断、神経外科、23：116-122,1983
- 4) M.Takahashi.et al：Digital Subtraction Angiography -a new angiographic technique in the era of computed tomography- MEDIX 15：5-27, 1983
- 5) 製品紹介：IVR対応高画質Cアーム Sirius Power/C、MEDIX 32：45,2000



術前



術後

図11：症例6 術後順斜位動脈相

画像処理装置の2つのモニターに術前後の像を映して、狭窄が完全に解消されポケットフォメーションがない事が確認できた。