

STIC を用いた遠隔地胎児心疾患診断に関する研究

分担研究者 小林俊樹 埼玉医科大学 小児心臓科

【研究要旨】

近年開発されている 4D 超音波診断装置画像解析情報である STIC 法を用いて、遠隔地にある産科施設より胎児心臓の断面像動画を mail に添付送信、診断施設にて送信動画を用いて胎児心疾患の遠隔地診断を試み、診断の有用性について検討した。

A. 研究目的

心疾患の疑いをもたれた胎児を有する母体を、遠隔地の専門施設に送り診断を受ける場合は、母胎の負荷は少なくなき場合によっては陣発を起こす可能性も有る。遠隔地診断を行い治療方針を立てることより、母胎及び妊娠の安全性向上を図る事にある。

（倫理面への配慮）

母体本人の同意の下に、送るファイルには、個人を特定できる情報は全て消去し転送を行っている。

B. 研究方法

以前より、埼玉県内の産科専門施設に対し、胎児心臓疾患鑑別目的のスクリーニング法指導を行ってきた。近年 4D 画像取り込み可能な spatiotemporal image correlation 法(STIC)を備えた産科用画像診断装置が普及してきている。この画像情報であるステイクを分析する場合は、画像診断装置から on line でつながった解析装置を用

いる必要があり、STIC 情報自体を取り出して送ることは難しい。しかし、この情報から、診断・スクリーニングに必要な動画断面を幾つか切り出し、ファイルに落とすことは可能であり、その記憶容量も mail に添付して送ることが可能なレベルである。同装置を持った産科専門施設より、このファイルを小児心疾患専門施設に転送し胎児診断及びそれに基づく治療方針の決定が可能か否かを試みた。

C. 研究結果

まず、スクリーニングとして受診した 4 例の母胎において、同胞で胎児心のスクリーニングに用いる心臓断面動画を産科施設にて作成し、診断施設に転送。画像状況や心内診断が可能か否かについて検討を行った。スクリーニングにて診断が十分に可能との判断がおりた後に、産科施設にて心疾患の疑いがある 1 例の胎児心臓の断面動画をスクリーニング法に準じて作成し、診

断施設への転送を行い診断を試みた。同方法にて正常心および先天性心疾患の鑑別が可能であった。

D. 考察

胎児の先天性心疾患は、新生児期の心疾患に比較して診断と対策を検討するには時間的余裕がある。このために、実時間に遠隔地診断を行わなくとも対策が可能であり、母胎を遠く離れた専門施設に何回も受診させるなどの、早産を誘発するような行為を減少させることが可能になると考えられた。しかし、専門施設に転送する動画断面は適切な至適な視野で策せられていることが条件となる。今回の産科施設は既にスクリーニング法などで胎児心臓の超音波トレーニングが十分になされていたために可能であった。

E. 結論

STIC 法を用いた遠隔地胎児心疾患診断は十分に可能であり、有用と考えられた。しかし、送信側の十分な超音波診断に対するトレーニングが必要と考えられた。

F. 論文発表および学会発表無し

G 知的財産権の出願・登録無し

厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進総合研究事業）

分担研究報告書

先天性心疾患の新生児搬送例の解析に基づく、遠隔診断の重要性の検討

分担研究者 安河内聰 長野県立こども病院 循環器科部長

【研究要旨】

【目的】重篤な先天性心疾患は、出生前もしくは出生後早期に確実に診断し、治療に結びつけることが患者の救命、予後およびQOL改善に繋がってゆく。当院NICUに搬送された新生児心疾患症例について、疾患や搬送の状況について検討し、遠隔診断の必要性に対する基礎データを解析した。また、同時期に母胎搬送された心疾患症例についても解析した。加えて遠隔診断しえた症例についても報告する。【対象と方法】2008年4月1日より2009年12月31日までで長野県立こども病院に新生児搬送された91例のうち、心疾患症例の連続18例。同時期に母胎搬送された心疾患25症例。さらにインターネットiChatによる遠隔診断システムで診断した2例。新生児搬送された先天性心疾患症例の内訳、搬送地域、搬送病院、搬送時間、搬送距離を検討した。胎児診断例からは疾患の内訳と胎児診断率を算出した。遠隔診断した2例についてのオンラインの実際の状況を検討した。【結果】胎児診断かつ遠隔診断されなかった新生児搬送例は14例あった。動脈管依存性のArch anomalyは2例、緊急もしくは準緊急の手術が必要となったTAPVCが3例、動脈管依存性の肺動脈狭窄、閉鎖が2例、大血管転位症が2例で、緊急搬送の適応例は合計9例、60%存在した。出動距離の中央値は105km（15-233km）、搬送時間は、2時間32分（50分-4時間45分）要していた。同時期に行った胎児診断症例は24例で、内訳は、左心低形成症候群を含んだ動脈管依存性のarch anomalyが3例、動脈管依存性の肺動脈閉鎖および狭窄症例や三尖弁異形性の症例が6例で、緊急搬送が必須と考えられた症例は9例存在し、約38%であった。胎児診断率は、約63%であった。実際に遠隔診断した2例のうち、1例は大血管転位症で遠隔診断で同疾患と卵円孔狭小化を診断し、緊急搬送後にBASを行った。【結論】リ

リアルタイム動画転送システムによる新生児遠隔診断は、出生前診断の困難な重症例の早期確定診断と早期治療介入に有用であり、システム構築が一層の小児循環器医療の向上に貢献すると考えられる。

A. 研究目的

近年の画像診断のmodalityの進歩は著しく、特に超音波診断装置は、特筆すべきものがある。画像の解像度、時間分解能の向上は、新生児および小児の先天性心疾患の詳細な診断を可能にした。診断精度の向上は治療効果に多大なる貢献をもたらしている。

特に重症先天性心疾患は、出生前もしくは出生後早期に確実に診断し、治療に結びつけることが患者の救命、予後およびQOL改善に繋がってゆく。だが、近年の小児科医の不足や地方病院の医師不足問題は、新生児重症心疾患の診断と治療という問題においてもマイナスの要因となっていることは否めない。特に長野県は、小児循環器専門医は少なく、県内の地域中核病院毎に十分な数の専門医が存在するわけではない。加えて県の面積が広く、新生児期緊急心臓手術の可能な唯一のこども病院までの搬送時間は長い時間を要する。したがって、小児循環器医の的確なアドバイスをもとにした遠隔診断システム構築は長野県における小児循環器医療に対して大きく寄与すると考えられ、患者の救命や予後改善に加えて、安全性や医療コス

トの低減など多要因にわたって有益である。今回、我々は、県下から当院NICUに搬送された新生児心疾患症例について、疾患や搬送の状況について検討して、遠隔診断の必要性に対する基礎データを解析した。また、同時期に母胎搬送された心疾患症例についても解析した。さらに遠隔診断しえた症例についても報告する。

B. 研究方法

1. 対象

2008年4月1日より2009年12月31日までの期間で長野県立こども病院に新生児搬送された91例のうち、心疾患症例連続18例。また、同時期に母胎搬送された心疾患25症例。さらにインターネットiChatによる遠隔診断システムで診断した2例。(表1)

2. 方法

新生児搬送された先天性心疾患症例の内訳、搬送地域、搬送病院、搬送時間、搬送距離を検討した。さらに胎児診断例数から疾患の内訳と胎児診断率を算出した。

実際のiChatによるリアルタイム心エコー動画の転送は、送信側では心エコー装置からNTSC出力されるアナ

ログ映像をCanopusADVC110でデジタル変換してApple社製コンピュータに入力した。さらにApple社製ビデオチャットアプリケーションであるiChatを使用してインターネット(ADSL回線)を介して、受診側の長野県立こども病院のコンピュータに送信、表示をした。(図1、2) 診断した2例についてのオンラインの実際的狀況を検討した。

C. 研究結果

1. 搬送された新生児うち、胎児診断されたが母体のhigh risk妊娠のために管理可能な他病院で出産したのち、当院に搬送した症例は3例あった。この3例と遠隔診断した1例を除いた残り14例について疾患名、搬送地域、出動距離(往復)、搬送時間を示した表が資料1である。14例の内、動脈管依存性のArch anomalyは2例、緊急もしくは準緊急の手術が必要となったTAPVCが3例、動脈管依存性の肺動脈狭窄、閉鎖が2例、大血管転位症が2例で、緊急搬送の適応例は合計9例、60%存在した。Arch anomalyの症例でductalショックを生じた症例はいなかったが、TAPVCは3例ともに搬送元で診断がされずに重度のチアノーゼを呈し、そのうち1例はサーファクタント投与がなされていた。出動距離の中央値は105km(15-233km)、搬送時間は、2時間32分(50分-4時間

45分)要していた。搬送地域は飯田地方から近隣の松本市まで長野県全般にわたっていた。(図3)

2. 同時期に行った胎児診断症例の表を表2に示す。胎児診断数は24例であった。内訳は、左心低形成症候群を含んだ動脈管依存性のarch anomalyが3例、動脈管依存性の肺動脈閉鎖および狭窄症例や三尖弁異形性の症例が6例で、緊急搬送が必須と考えられた症例は9例存在、約38%であった。長野県では外科的および内科的治療が必要な心疾患はほぼ全例こども病院に紹介されるので、単純に新生児搬送14例と胎児診断症例24例を合計した38例がおよその新生児発症の心疾患の発生数となる。従ってこの期間に出生した新生児発症先天性心疾患に対する胎児診断率は、約63%であった。

今回の疾患のうち、21例が院内出生で出生後にショックや著しい低酸素症に陥った症例はいなかった。

3. 実際に施行し得た遠隔診断例について、1例は満期産、経膈分娩で出生、日齢0にSpO₂ 50-60%の重度低酸素血症を呈した大血管転位症であった。遠隔診断で同疾患と卵円孔狭小化を診断した。同日に緊急搬送してBASを行い、低酸素血症の改善を得た。(図4) 他の1例は上気道狭窄症状のある心室中隔欠損症例で、遠隔診断で血管

輪や重複大動脈等の他の合併がないことを評価し、緊急搬送の必要性がないことを判断した。(表2)

D. 考察

出生前診断と遠隔診断

今回の研究期間に新生児搬送された14例のうち9例、63%に緊急搬送の適応があり、非常に高頻度であった。

とくに確定診断がなされなかった総肺静脈還流異常の症例の1例では、呼吸窮迫症候群と診断されサーファクタント治療が行われていた。同治療は肺鬱血の助長による症状のさらなる増悪を来す可能性がある。今回の症例は術後経過も順調で、問題とならなかったが、鑑別に注意を要する。しかし、肺気腫の合併等、肺の状態によっては心エコー診断が専門家ではないと難しい場合も多く、このような場合に遠隔診断が大いに役立つと思われる。加えて、動脈管依存性の先天性心疾患である左心低形成症候群を含むarch anomalyの疾患群は、診断されずにプロスタグランディンの投与が施行されなければ、出生後数時間から数日以内にductal shockを来す可能性があり、ductal shockを生じた場合には予後も悪化する。今回の結果から見ても胎児診断して母体搬送するのが、出生後の前方視的医療に最も寄与する訳であるが、arch anomalyの全例が胎児診断

されるわけではない。したがって、出生後の早期診断と早期治療を可能にする遠隔診断は、予後改善の一助となると考えられる。動脈管依存性の肺動脈狭窄、閉鎖の疾患群もプロスタグランディン早期投与の目的で早期の遠隔診断は重要である。

大血管転位症も胎児診断が難しい症例である、この期間に3例の出生があったが1例で出生前診断されていたのみであった。開設以来、当院で治療した大血管転位症58例のうち、胎児診断されたのは6例で胎児診断率はわずかに10%であった。さらに、日齢0に緊急のBASを要した症例は40%存在した。胎児診断率の低い大血管転位症の場合、危機的な重度チアノーゼの暴露から早期に離脱する目的で遠隔診断は非常に重要である。(図4)

今回の検討では、長野県の場合、新生児搬送に非常に長距離、長時間を要してしまう。その意味で、胎児診断率の高い現状は望ましいこととも考えられるが、前述の通り、大動脈縮窄、大血管転位症、総肺静脈還流異常など胎児診断率が低い疾患群が存在するのは否めない。したがって、出生後の迅速な遠隔診断により診断を確定させ、疾患の重症度によりヘリコプター搬送が必要かどうかなど搬送方法を選択したり、休日や夜間などでは搬送中に当院で行う予定の緊急処置のた

めの準備を進めることなどによって、人的、時間的、経済的にも無駄なく医療資源を活用できると考えられる。

iChatを用いた遠隔診断

我々の使用したiChatのプラットフォームは光回線ではなくADSLの高速回線であったが、転送された動画はフレームレートが落ちてややぎこちなく見えるものの、確定診断には十分な画像で、実用に耐えうるものと判断できた。実際、大血管転位症例では、卵円孔の狭小化を診断することが可能で、緊急搬送してBASを施行した。送信元で心エコーを施行したのは、通常、成人の心エコーを行っている超音波検査技師であり、短軸断面、4腔断面、長軸断面で探触子をいじってもらって画像を描出した。たとえば左室短軸断面では心尖部から心基部、さらに大動脈弓レベルまで、探触子を動かしていただき、さらに、同断面でカラーマッピングをかけてもらい、診断した。スクリーニング方法は種々、今後検討してゆかねばならないが、多くの病院で心エコーを日頃行っているのが小児循環器専門医ではなく超音波検査技師であることを考えると、先天性心疾患の遠隔診断における検査技師の画像描出方法の検討は重要な課題の一つである。

E. 結論

長野県では先天性心疾患について、60%前後の高い胎児診断率を有すると思われる。しかし、一方で、大動脈縮窄症、大血管転位症、総肺静脈還流異常など胎児診断率が低い疾患群が存在する。リアルタイム動画転送システムによる新生児遠隔診断は、そのような出生前診断の困難な重症例の早期確定診断と早期治療介入に有用であり、システム構築が一層の小児循環器医療の向上に貢献すると考えられる。

先天性心疾患例の新生児搬送状況(資料1)

| 症例 | 搬送地域 | 診断名 | 出動距離 | 搬送時間 |
|----|------|-----------------------|------|------|
| 1 | 上田市 | WPW,PSVT | 147 | 2:40 |
| 2 | 長野市 | TOF PA | 58 | 2:00 |
| 3 | 甲府市 | Hypo LV | 233 | 4:45 |
| 4 | 松本市 | TGA | 23 | 1:25 |
| 5 | 佐久市 | IAA complex | 217 | 4:10 |
| 6 | 岡谷市 | IAA complex | 75 | 2:20 |
| 7 | 松本市 | TAPVC | 15 | 0:50 |
| 8 | 長野市 | VSD, ASD, PDA | 109 | 2:30 |
| 9 | 上田市 | TAPVC | 146 | 3:55 |
| 10 | 茅野市 | TOF, PA | 100 | 2:35 |
| 11 | 長野市 | Asplenia,SRV,PS,TAPVC | 128 | 3:50 |
| 12 | 小諸市 | 18trisomy, AVSD | 176 | 4:20 |
| 13 | 松本市 | TGA | 24 | 1:25 |
| 14 | 松本市 | 21 trisomy, AVSD | 25 | 1:25 |

出動距離 105km (15-233km)

搬送時間 2時間32分(50分-4時間45分)

先天性疾患
の新生児搬送
地域分布(資料2)

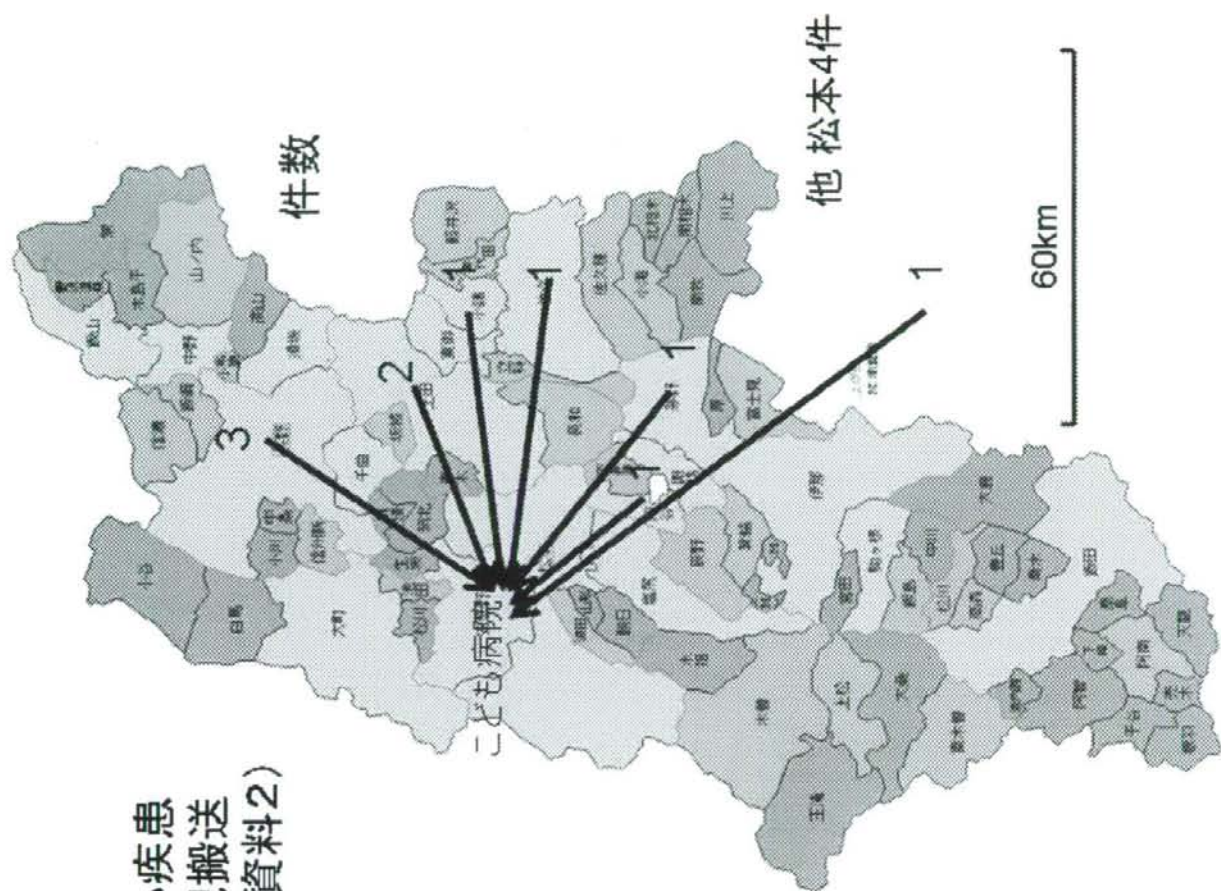


図2 実際の遠隔診断(A)

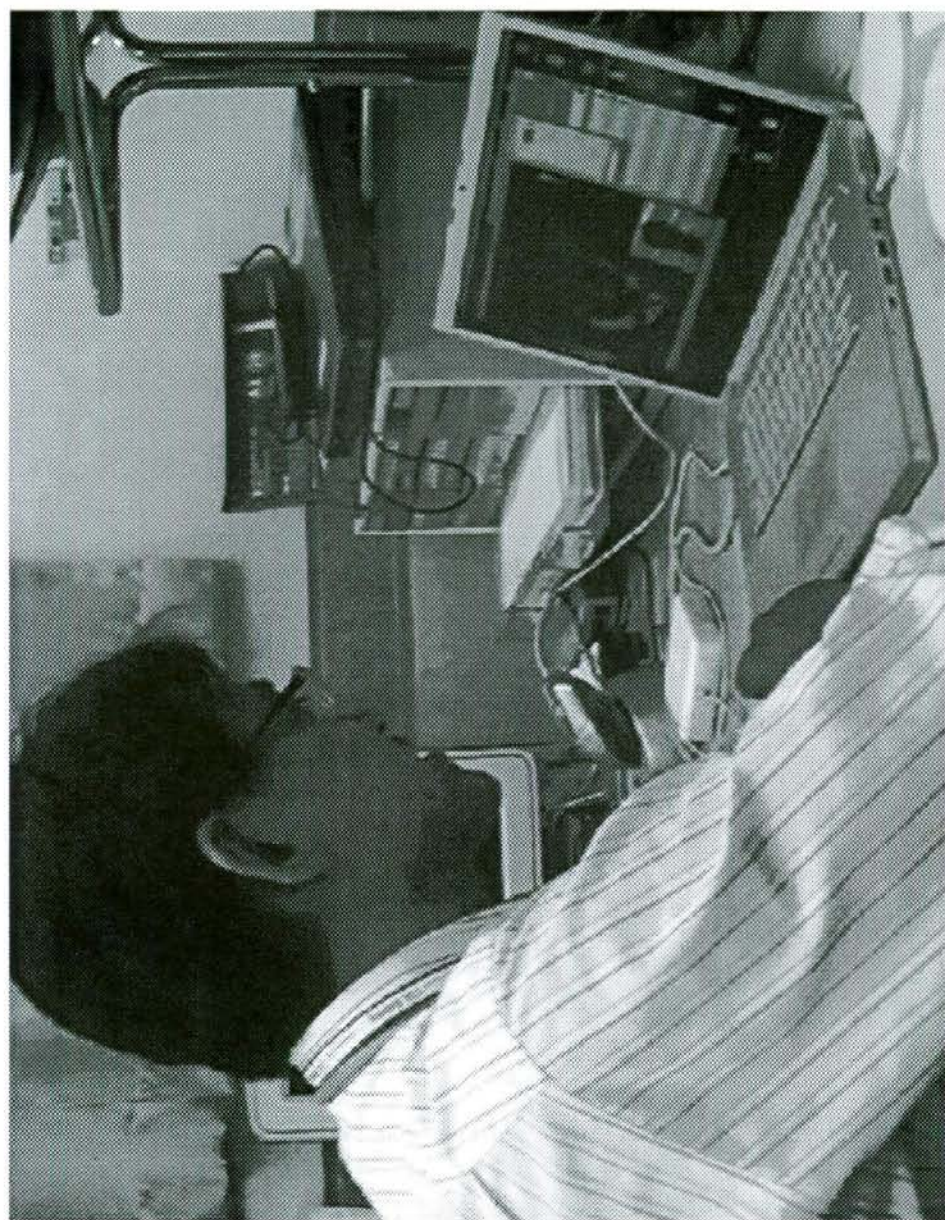
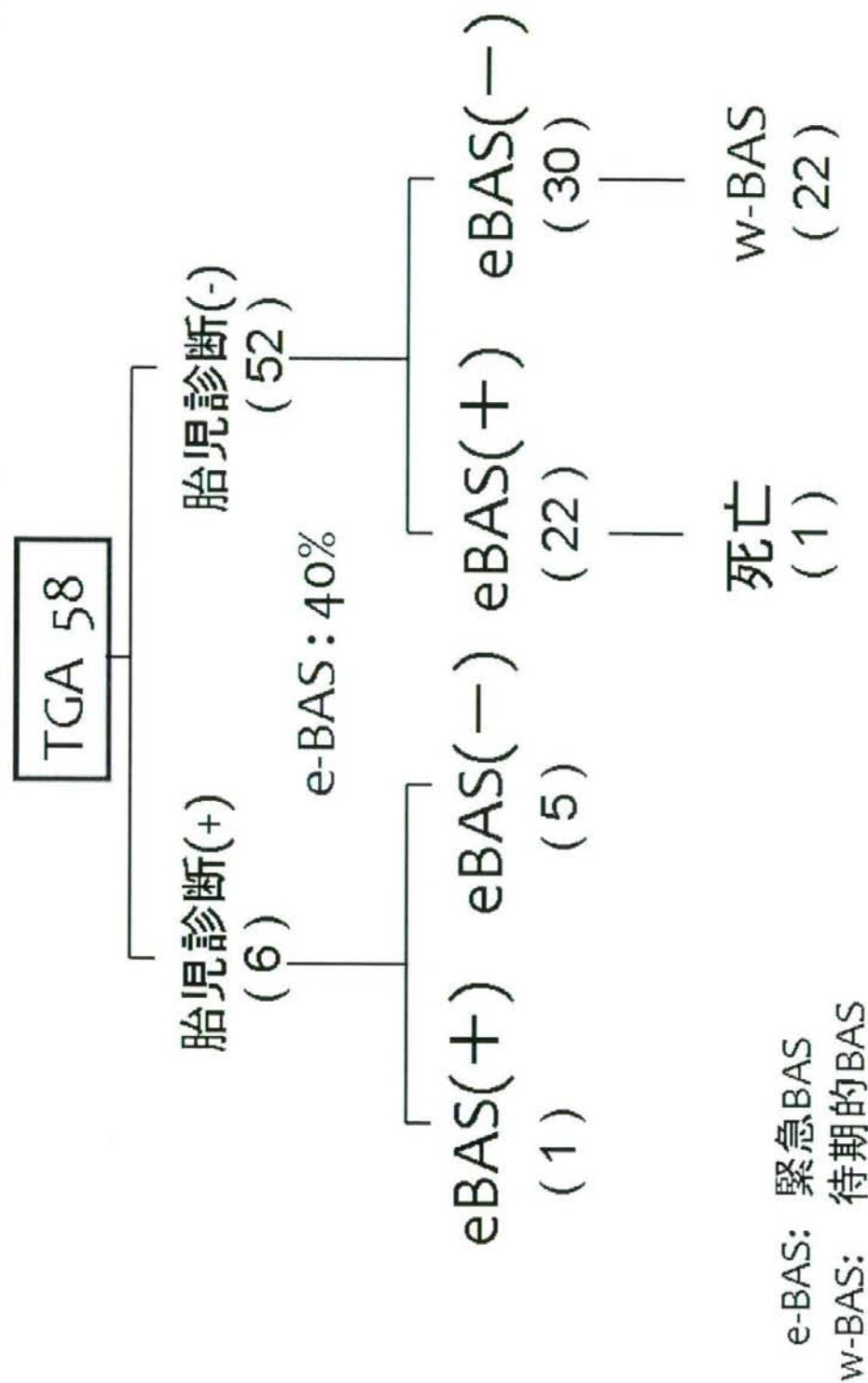


図3. 左室長軸断面(B)
後方の肺動脈と前方の大動脈が平行に走っている。
大血管転位症、卵円孔狭小と診断、緊急搬送。



図4 大血管転位症における胎児診断と緊急バルーン心房内隔裂開術(BAS)の実施状況



厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進総合研究事業）
分担研究報告書

ADSL 利用によるリアルタイム心エコー動画像転送の限界点

分担研究者 大月審一 岡山大学医学部・歯学部附属病院 小児科 講師
研究協力者 岡本吉生 岡山大学医学部・歯学部附属病院 小児科 助教

研究要旨

【目的】 ADSL を利用し、APPLE 社製 iChat system を用いたリアルタイム心エコー画像転送システムの使用における諸条件について、主に技術的問題について検討した。

【方法】 受診側は B フレッツ（NTT 西日本）の光ファイバー、送信側は ADSL（NTT 西日本）を準備し、APPLE 社製 iChat system を利用したリアルタイム心エコー画像転送システムを用いて、画像の質と伝送路容量（帯域幅）の関連性を把握し、主にその限界点を検討した。【結果】 伝送路容量（帯域幅）が概ね 300Kbps を越えておれば通常の良好な画像レベルが保持されていたが、300Kbps を下回り、200-100Kbps では原則ブロックノイズパターンを示し、実用性に乏しいと判断した。【考察】 高精度とまでは言えないものの、診断に対して充分有用な能力を有する APPLE 社製 iChat system を利用したリアルタイム心エコー画像転送システム+ADSL 環境の限界を知る事は、今後の問題解決に向けて大きな意味を持つ。今回の実験結果を考慮すれば、ADSL しか利用出来なくとも事前調査を行ない、300Kbps の伝送路容量（帯域幅）が概ね確保されていれば、安心してシステム導入可能と思われた。

【まとめ】 ADSL を利用し、APPLE 社製 iChat system を用いたリアルタイム心エコー画像転送システムは、概ね 300Kbps の伝送路容量（帯域幅）が確保されていれば使用可能であり、実用性は高いと考えられる。

【はじめに】

本研究における平成 19 年度報告書において報告したように、我々が開発した高精度リアルタイム心エコー画像転送システム(図 1)は、方式として高度なレベルに達しており、充分臨床使用可能と考えられている。ただし、通信環境としては帯域が広く安定した、例えば民生用であれば B フレッツのような光ファイバー使用が前提となっている。

現在の日本における当該領域におけるニーズを考慮した場合、僻地遠隔地においては光ファイバー網よりも ADSL 利用が現実的であり、実際光ファイバー網は使用不可能な場合がほとんどである。

このニーズに答えるべく考慮された方式は、やはり APPLE 社製 iChat system を利用したリアルタイム心エコー画像転送システム(図 2)が最適と思われる。したがって、僻地遠隔地においては、このシステムを ADSL 経由にて使用するしか解決策はなく、その諸条件の考慮は必須の事項であろう。

【目的】

ADSL を利用し、APPLE 社製 iChat system を用いたリアルタイム心エコー画像転送システムの使用における諸条件について、主に技術的問題について検討した。

【方法】

ネットワークには、受診側は B フレッツ (NTT 西日本) の光ファイバー、送信側は ADSL (NTT 西日本) を準備し、インターネット環境として OCN (NTT コミュニケーション) を利用した。本方法の受信側にはインターネットに接続できる APPLE 社製 iMac (MacOS10.5.6、3.06G、メモリ 4G) にて iChat を用いて実験を行った。

送信側としては、モダリティはアロカ製 SSD- α 10 を用い、付属する動画像記録用 DVD recorder の映像外部出力端子よりリアルタイムに analog の動画像情報を得た。続いて、analog の動画像情報をコンポジット端子にてアナログデジタルコンバーター (canopusRADVC110) に入力し、digital な動画像情報に転換し、その後この digital 化された動画像情報をリアルタイムに画像転送用コンピューターへと入力した。今回、送信側画像転送用コンピューターには、AppleR 製 MacBook (MacOS10.5.6、2.2G、メモリ 2G) を用いた。さらに、本方法ではルータで VPN を設定し暗号化技術により指定先以外の受信を事実上不可能にした。VPN は暗号化技術により仮想的専用線状態をインターネット網上に構築するものであるが、万が一にも情報漏洩を考慮して、モダリティにおける患者情報入力を実施しなかった。

(図 3)。

実験では以下の項目について検討した。今回は送信側として ADSL 環境しか有さない僻地遠隔地として、高知県宿毛市の高知県立幡多県民病院を選択し、実験を行なった(図 4)。画質の評価においては、岡山大学大学院小児医科学教室の小児循環器疾患専門医 6 名により合議制にて実施した。伝送路容量(帯域幅)は iChat に内蔵される計測ソフトを利用した。

1. 適宜ランダムにリアルタイム心エコー画像転送を行い、その時点での画像の質と伝送路容量(帯域幅)の関連性を把握し、主にその限界点を検討する。

2. 24 時間連続でのリアルタイム心エコー画像転送実験を行い、今回の条件下での伝送路容量(帯域幅)の日内変動を明瞭にし、有用性を検討する。

【結果】

1. ランダムなリアルタイム心エコー画像転送の環境においては、伝送路容量(帯域幅)により実用性に差異が認められた。小児循環器疾患専門医 6 名による画質検討では、伝送路容量(帯域幅)が概ね 300Kbps を越えておれば通常の良い画質レベルが保持されていたが(図 5)、300Kbps を下回り、200-100Kbps では原則ブロックノイズパターンを示し(図 6)、実用性に乏しいと判断された。

2. 24 時間連続でのリアルタイム心エコー画像転送実験では、(表 1)に示すように、伝送路容量(帯域幅)は概ね 300-400Kbps が確保されている結果となった。1. の実験で示されたような伝送路容量(帯域幅)の低下は認められなかった。ADSL に関しては、ベストエフォートであるために回線の混雑程度により、伝送路容量(帯域幅)に差が生まれることは容易に推測される事ではある。しかしながら、今回の条件下の実験では、伝送路容量(帯域幅)の不足は稀な事態であり、実用性は高いと判断された。

【考察】

僻地遠隔地における小児循環器疾患専門医の不足は明瞭であり、何らかの対応を考慮する事は、小児医療の充実にとって重要な課題といえる。本研究におけるリアルタイム心エコー画像転送システムの活用はひとつの模範回答と思われ、積極的な展開が必要とされている。しかしながら、僻地遠隔地においては、距離的時間的な問題解決を計ろうと IT 利用を考慮するも、その劣悪な情報転送環境に、種々の試みが阻まれているのもまた事実である。今回の実験における検討は、まさしくその劣悪な環境下での解決策を探ることにある。

高精度とまでは言えないものの、診断に対して充分有用な能力を有する

APPLE社製 iChat systemを利用したりリアルタイム心エコー画像転送システム+ADSL環境の限界を知る事は、今後の問題解決に向けて大きな意味を持つ。今回の実験結果を考慮すれば、ADSLしか利用出来なくとも、300Kbpsの伝送路容量(帯域幅)が概ね確保されていれば、今回のシステムは使用可能と考えられ、事前調査を行なえば安心してシステム導入が実現可能と思われる。また実験環境では日内変動も少なく、必要な時にすぐに画像転送を行なえる可能性が高い。ただし、ADSLに関してその伝送路容量(帯域幅)はベストエフォートな環境成立でしかなく、不安定性を有する事は如何ともし難く、今後より安定した

通信環境の成立を目指す必要性が存在することは明らかである。

【まとめ】

ADSLを利用し、APPLE社製 iChat systemを用いたりリアルタイム心エコー画像転送システムは、概ね300Kbpsの伝送路容量(帯域幅)が確保されていれば使用可能であり、実用性は高いと考えられる。

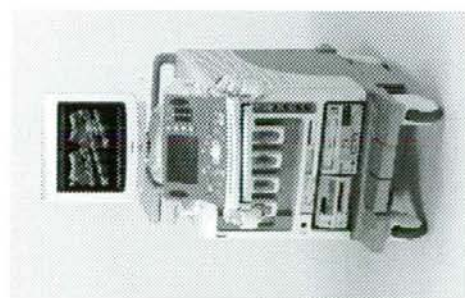
【研究発表】

特になし

【知的財産権の出願・登録状況】

特になし。

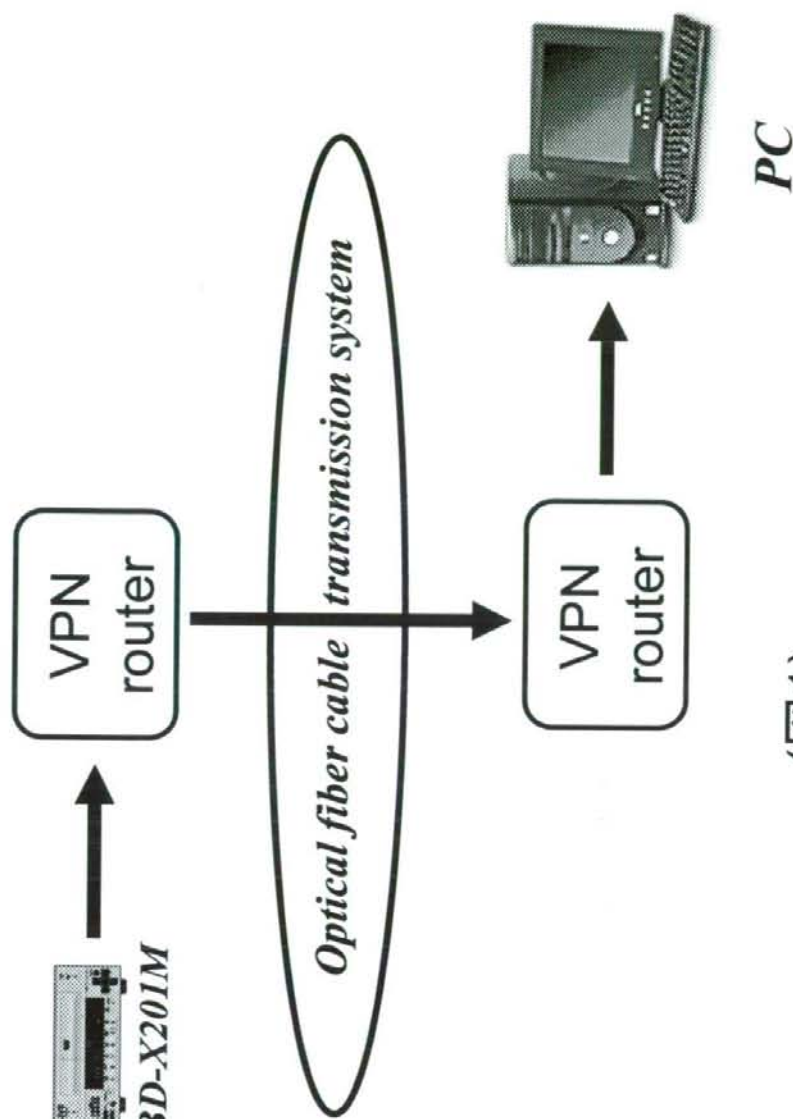
高精度リアルタイム中心エコー動画転送システム



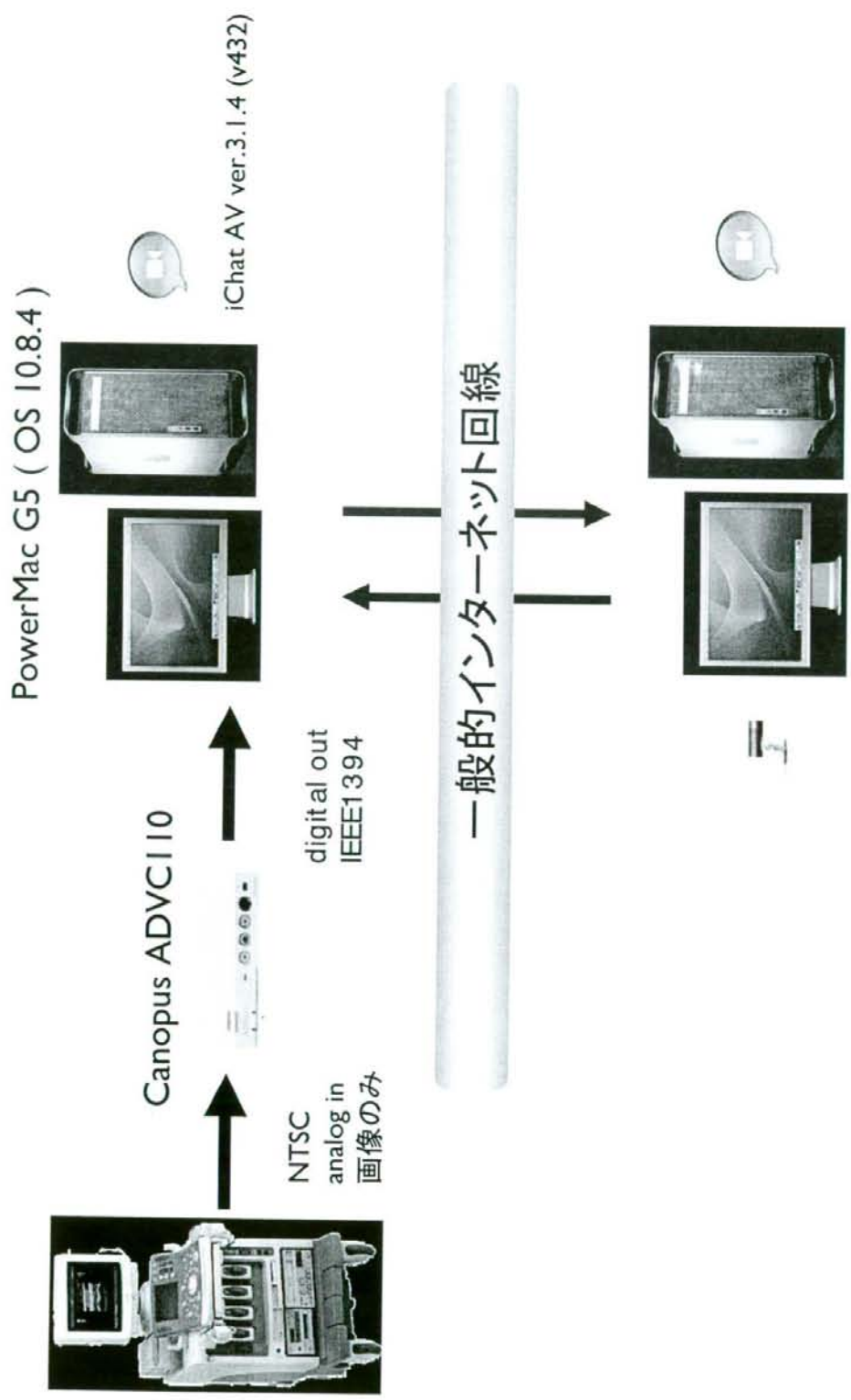
ProSound α10
IEEE1394
DVTS



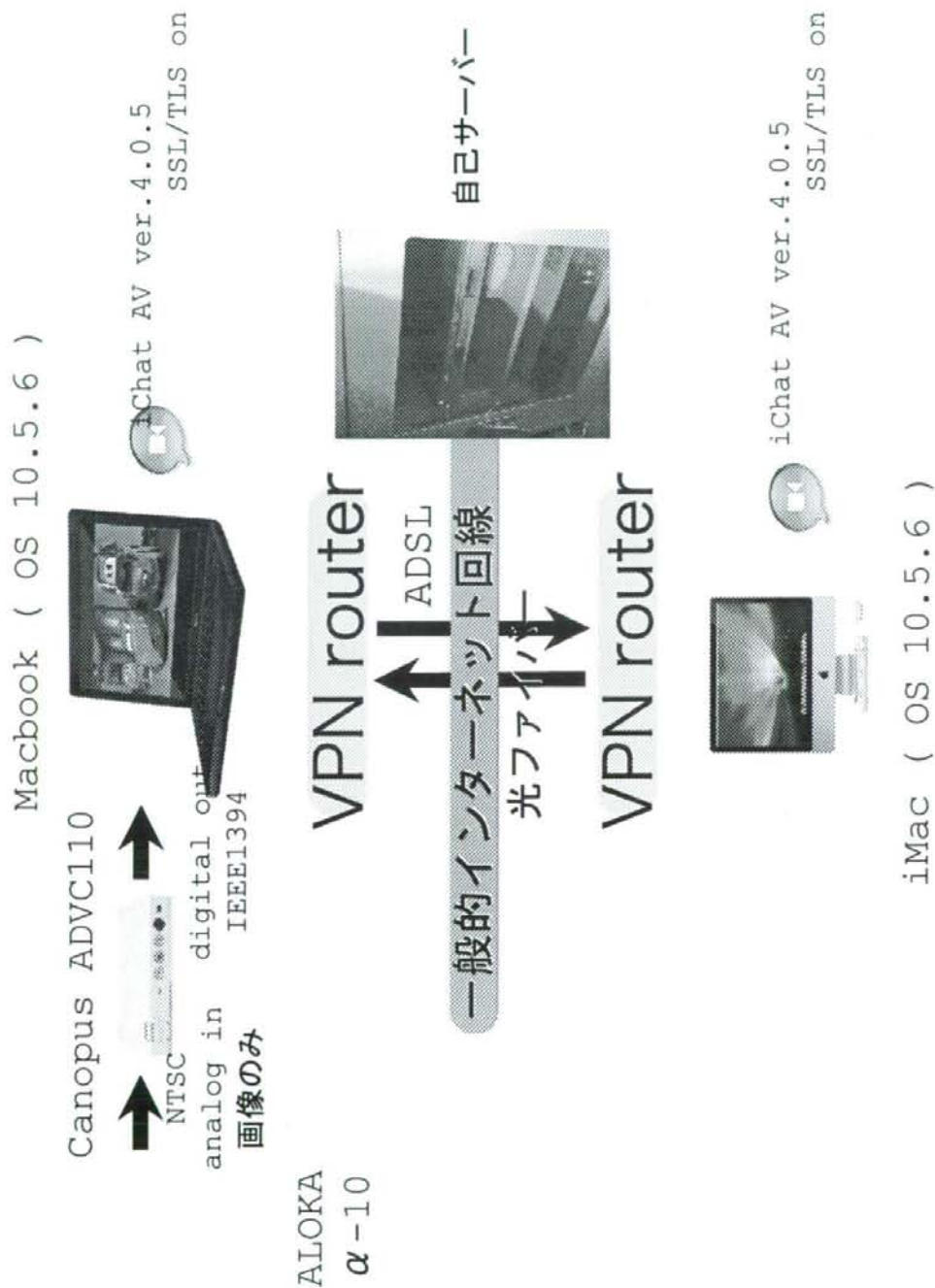
BD-X201M



(図1)



(図2) iChatを用いたリアルタイムエコー動画転送用システム



(図3)



(图4)