

## JGN 環境における仮想脳研究室の構築と実証実験

鈴木一正 1) 佐藤和則 2) 福田寛 1)2) 千田道雄 3) 小出和秀 4) 斎藤武夫 4) Ahmed Ashir 4) 白鳥則郎 4)

- 1) 通信・放送機構 青葉脳画像リサーチセンター(Aoba Brain Imaging Research Center Telecommunications Advancement Organization of Japan)
- 2) 東北大学加齢医学研究所(Institute of Development, Aging and Cancer Tohoku University)
- 3) 東京都老人総合研究所(Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology)
- 4) 東北大学電気通信研究所(Research Institute of Electrical Communication Tohoku University)

あらまし: 青葉脳画像リサーチセンター(東北大学加齢医学研究所内)と東京都老人総合研究所の2点間をJGN(Japan Gigabit Network)で接続し,ネットワーク上に仮想脳研究室の構築を試みる.ここで仮想脳研究室とは脳画像を利用した脳の機能・形態の研究室とし,仮想脳研究室に必要な要素はファイルの一括管理,脳画像解析アプリケーションの遠隔協調利用,コミュニケーション機能の3つとした.ファイル管理にはNFSを利用し2点間で利用が簡単に出来るようにし,脳画像解析アプリケーションの遠隔協調利用はコミュニケーション機能とあいまって,実際には遠隔地にいながら一つの画面を共有し協調作業ができる環境を構築する.構築された仮想脳研究室を実際に脳研究者に利用してもらい,本システムの実用性を検証する.

## A Virtual Brain Imaging laboratory on JGN : Design and Implementation.

Kazumasa SUZUKI, Kazunori SATO Hiroshi FUKUDA, Michio SENDA, Kazuhide KOIDE, Takeo SAITO,

Ahmed Ashir and Norio SHIRATORI

**Abstract:** This paper designs a virtual brain laboratory on JGN. We have connected two brain research centers (Aoba Brain Imaging Research Center, Tohoku University and Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology) on JGN and carried out several experiments by providing high resolution image transmission function and video consulting tool. The results show an optimum bandwidth needed for such a virtual laboratory in an ideal case.

### 1. はじめに

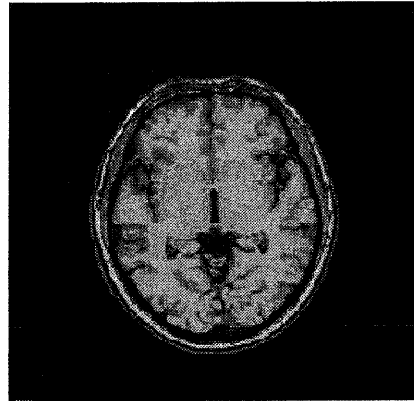
通信・放送機構 青葉脳画像リサーチセンターは,1000例以上の健常者の脳形態画像を集め,日本人の平均脳形態画像を作成するために平成10年3月から平成13年3月までの3年1ヶ月の時限研究施設として設立された.1000例以上の健常者について平均脳形態画像を作成する試みは世界でも例がなく,これを限られた時間の中で実現するためには,国内に分散する先端的な脳

科学研究施設をネットワーク接続し,より多くの脳形態画像を集めデータベース化する必要がある.これの実現のためネットワーク上に協調して作業に当たれる場として,仮想脳研究室を構築する必要がある.仮想脳研究室では,収集した脳形態画像のストレージ,共通の脳画像解析アプリケーションとその操作環境,遠隔地間のコミュニケーション機能の3つが必要である.このため仮想脳研究室の構築にあたっては,まずこの3点の実現を目指す.

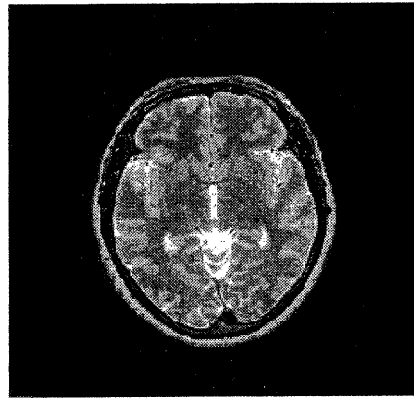
本論文では,この仮想脳研究室の中で最も高速な JGN 回線を利用して接続する,青葉脳画像リサーチセンターと東京都老人総合研究所間の仮想脳研究室の構築、及び QoS を用いて回線速度を変化させたときの本システム操作性を評価し,本システムを運用するのに最適な回線速度を探る。

## 2. 脳形態画像

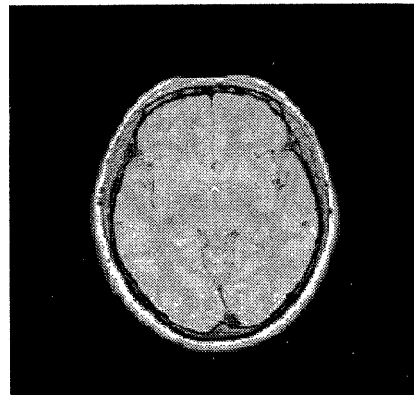
研究に用いられる脳画像は用途によっていくつかの種類があり,その種類によって用いられる画像取得装置も異なる.青葉脳画像リサーチセンターでは MRI(Magnetic Resonance Imaging)装置を,東京都老人総合研究所では MRI 装置と PET(Positron Emission Tomography)装置を保有している.今回の研究で利用する脳形態画像は健康者の形態画像を集めるという観点から,放射性同位体を用いる PET は利用せず,より安全性の高い MRI 装置を利用して取得した.MRI 画像は 3 種類の異なる共鳴振動から得,個人差によって若干の差があるが,T1 強調画像で 15MB から 17MB,T2 強調画像,Proton Density 画像で,7 から 9MB のファイルサイズである.



(a)



(b)



(c)

図 1 : 3 種類の MRI 画像の一例  
(a).T1 強調画像 (b).T2 強調画像  
(c).Proton Density 画像

### 3. 仮想脳研究室の機能

仮想脳研究室に必要な機能は,事前に脳研究者にアンケートを実施して,脳画像ファイルアーカイブ,脳画像解析アプリケーションの共通操作環境,コミュニケーション機能の3つの機能を求められた.図2では,仮想脳研究室の概念モデルを示した.脳画像ファイルアーカイブは,それぞれが独自に持つと共に青葉脳画像リサーチセンターにある共通ファイルアーカイブに格納され,仮想脳研究室内部からは自由に利用することが可能になっている.コミュニケーション機能は Video カンファレンスシステムを開発して提供した.この Video カンファレンスは通常のカンファレンス機能に加えて,任意の脳画像アプリケーションをシェアし,仮想脳研究室で画面および操作を共有する機能を有している.この Video カンファレンスによって共有する脳画像解析アプリケーションは, Montreal Neurological Institute(McGill University, Canada)が開発した Register とし,これは Video カンファレンスによって共有することも可能であるとともに,共通ファイルアーカイブとともに NFS でマウントされ,仮想脳研究室内部から自由に使える環境となっている.[1]

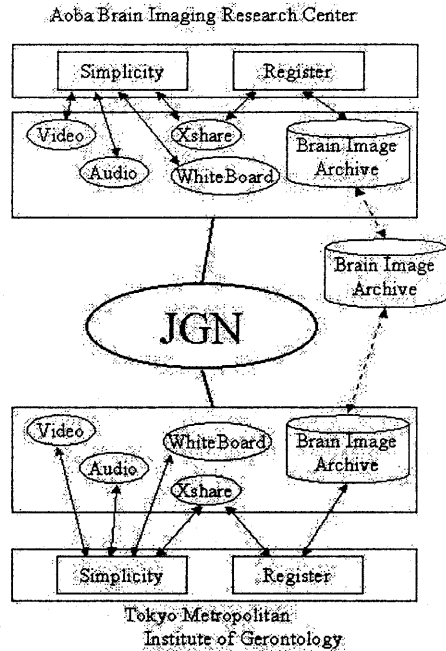


図2: 仮想研究室の概念モデル

### 4. ネットワークとシステムの構築

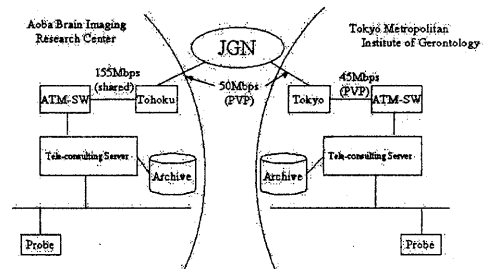


図3: ネットワーク図

JGN を利用することによって,すべて ATM 環境でネットワークを構築することが可能になった.青葉脳画像リサーチセンター,東京都老人総合研究所にそれぞれ ATM スイッチと,仮想脳研究室システム端末になる,SUN の WS に ATM-NIC を導入

し,青葉脳画像リサーチセンターは,東北大学の学内 ATM - LAN ( Shared 155Mbps:PVP) を経由,東京都老人総合研究所は NTT の ATM メガリンク網 (45Mbps:PVP) を 経 由 し て JGN(50Mbps:PVP)に接続した.構築したネットワークが図4である.これによってEnd to EndでATM-QoSを利用することが可能になった.

システム端末の構成は以下のようにになっている .CPU : SUN Ultra1, 128MB Memory : ,FORE SBA-200E ATM-NIC, Parallax Video Card, Video カンファレンス : Simplicity H.323+脳画像アプリケーションシェア機能,脳画像解析 : Montreal Neurological Institute Register

## 5. システム動作計測

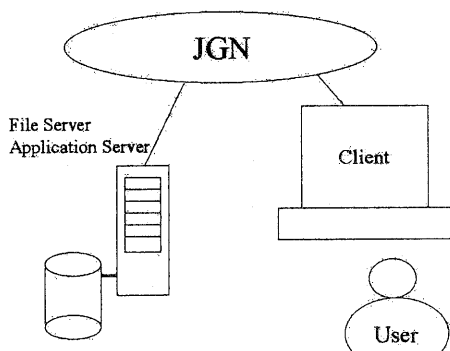


図4 : 実験システムの概念図

QoSによって仮想脳研究室が利用する帯域を設定し,帯域幅を変化させていった時,脳画像アプリケーション Register が NFS マウントした脳画像ファイルアーカイブからファイルを読みこむ時間,FTP がファイ

ル転送を終了するまでの時間,Video カンファレンスの挙動についてそれぞれを同時に動作させた上で計測,観察を行った.図4は計測の概念図である.計測の手順は,(1) Video カンファレンスの開始 (2) Video カンファレンスの挙動の確認 (3) FTP 転送の開始, (4) 挙動の確認 (5) Register の開始, (6) 挙動の確認 (7) Register,脳画像ファイル読み込み開始 (8) ファイル読み込み終了 (9) FTP の終了, (10) Video カンファレンスの終了である.

Register によるファイルの読み込み時間を帯域幅ごとにプロットしたグラフを図5に示した.なお,読み込みに使用した脳画像ファイルのサイズは 16MB である.

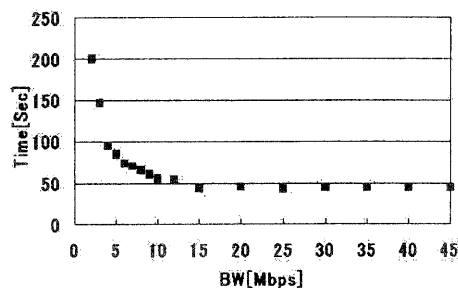


図5 : 脳画像ファイル読み込み時間

図5で帯域幅が 15Mbps 以上になった時,ファイルの読み込み時間が 45 秒で一定になっていることが判る.このことから本実験手順,本システム構成では,Register を動作させる場合,15Mbps 以上の回線速度は不要であることが示唆された.

図6は,FTP によるファイル転送時間の結果と,Video カンファレンスが停止した頻度である.FTP 転送の計測には,50MB のファイルを用いた.

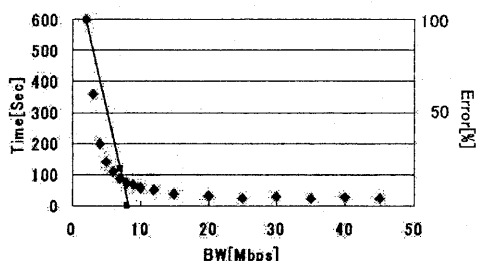


図 6：FTP 転送時間と Video カンファレンス停止の頻度

このグラフから、ファイル読み込み時間の結果と同様に、帯域幅が 15Mbps 以上で転送時間が一定になっていることが読み取れる。また、帯域幅を 2Mbps 以下にした場合には、100% Video カンファレンス画像が停止してしまう。最悪の場合、Video カンファレンスが強制終了することもあった。帯域幅が 8Mbps 以上では、Video カンファレンス画像の停止は一切おきず、安定した動作を示した。ファイルの読み込み時間、FTP の転送時間、Video カンファレンス画像の停止頻度、この 3 つの計測・観察結果から、本システムを運用する上では、8Mbps 以上 15Mbps 以下の帯域が適していることが示された。

## 6. 利用者による評価

システム動作計測と同じ環境にて、使用感の評価を、実際のシステム利用者（脳研究者）によって行った。評価は Register を使用し、ローカルディスク上や NFS 上の脳画像を解析してもらい、総合的な使用感を 5 段階で、〔（5）望ましい、（4）問題ない、（3）使用に耐えうる、（2）忍耐を強いられる、（1）使用に耐えない〕として評価してもらった。なお、評価に使用した帯域幅は、100%

挙動が不安定になる 2Mbps 以下は除外し、3 Mbps から 10Mbps、12Mbps、15Mbps で行った。

| BW [Mbps]    | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Major Answer | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4  | 4  | 5  |

表 1：使用感の評価

表 1 は帯域幅と最も多かった評価の一覧である。システム動作計測では必ずしも良いとは評価できなかった 6Mbps、7Mbps もシステム計測で良好な結果を出した 8Mbps と同じ評価点を取ったのが興味深い。システム動作計測では仮想脳研究室で定めた 3 つの機能が全て同時に動作しているが、実際の利用では、3 つの機能が必ず同時に動くとは限らず、今回の評価でも、Video カンファレンスをしながらの画像解析は全員がおこなったが、画像解析をしながら FTP を行った被験者は 1 名だけであった。この結果から、FTP を利用する大量の画像転送を利用者が少ない時間に実施するようにして運用すれば、突発的に大量の FTP を行うような事態がない限り、6Mbps の帯域幅があれば十分に運用できる可能性が示唆された。

## 7. まとめ

青葉脳画像リサーチセンターは、ボランティアの協力を得て 1,600 例以上の健常人脳形態画像を収集した。これらの脳画像データは、通信実験、データベース実験に利用されるとともに、脳機能研究の分野においても利用され、新たな知見を得た。〔2〕大量の健常人ボランティアの画像を収集・

解析する手法は北米・ヨーロッパのグループも行なっているが、1,000 例以上のデータを収集したのは本リサーチセンターが世界初であり、大きな注目を集めた。本リサーチセンターは、北米・ヨーロッパのグループとの共同研究も行なっている[3]。今後、脳研究の分野において、世界的な規模での共同研究体制が成立してゆくものと予想されるので、仮想脳研究室も世界的な規模での接続を視野に入れておく必要がある。そのときに重要になるのは、必要な帯域幅と品質管理の技術であろう。

青葉脳画像リサーチセンターが最初に構築したネットワークでは、6 Mbps の WAN 回線でも仮想脳研究室のシステムは安定して動作しなかった。これはこのラインが従来デジタル線であり、ATM で利用できるような高度な QoS をかけることができなかつたためと思われる。今回 JGN を利用して品質管理のできる回線上で実験を行なったところ、6 Mbps でも仮想脳研究室のシステムが安定して動作する可能性が示唆された。世界規模での仮想脳研究室構築にあたっては、この 6 Mbps ATM 線という基準が今後の目安のひとつとなるであろう。

6 Mbps 以上の回線サービスは、現状では、けっして安価なものではない。国際接続となれば尚更である。より低速な回線上での仮想脳研究室の運用技術開発が今後の課題の一つであると思われるので、現在、QoS の適用をより細分化する方法を検討している。

#### [参考文献]

- [1] 鈴木一正, 佐藤和則, 川島隆太, 福田寛, 伊藤正敏, 菅野巖, 千田道雄, 米倉義晴, “NFS を利用した核医学画像遠隔処理環境の構築とその評価” 核医学 37, 566-566, 2000
- [2] 佐藤和則, 後藤了以, 鈴木一正, 川島隆太, 福田寛 “日本人標準脳の作成(第一報)-性別・年代別標準脳の必要性-” 核医学 37, 579-579, 2000
- [3] Karl Zilles, Ryuta Kawashima, et. al. Hemispheric Shape of European and Japanese Brains:3-D MRI Analysis of Intersubject Variability, Ethnical, and Gender Differences NeuroImage 13, 262-271(2001)