

超高压電子顕微鏡データのリアルタイム解析技術の開発

1. 2002 年度の具体的な研究計画

本年度はこれまでカリフォルニア大学サンディエゴ校の National Center for Microscopy and Imaging Research(NCMIR)、San Diego Supercomputing Center(SDSC)、大阪大学超高压電子顕微鏡センター、サイバーメディアセンターが協力して構築してきた超高压電子顕微鏡遠隔操作システムの開発を継続し、そこで必要となるグリッド基盤技術の研究開発を行う。超高压電子顕微鏡は 3 MV という非常に高い加速電圧を持つため、一般的な 10 kV の電子顕微鏡と比較して厚い試料の観測が可能となっている。しかし、反面この高い加速電圧によって放射線が発生するため、観測者が直接試料を観測することが困難である。そこで、超高压電子顕微鏡には試料撮影用のカメラが設置されており、本体から離れた位置で試料の観測が行えるようになっている。IT 技術を利用してこの遠隔操作機能を拡張し、遠隔地からの電子顕微鏡利用を実現することを目指している。本年度はこれまでに実現されていた機能を以下の点に関して拡張する。

(1) 汎用ネットワーク環境への対応

(2) 遠隔操作時の解析性能の改善

(3) 遠隔地への観測データ提供機能の改善

(1) および (2) ではグリッド基盤技術の一つとして IPv6 ネットワークに注目し、(2) および (3) ではデータ共有のためのグリッドミドルウェアに注目する。(2) では試料観測用の動画像および静止画像の品質改善に取り組む。

2. 2002 年度の進捗状況と研究成果

これまで超高压電子顕微鏡の遠隔操作は ATM による専用線接続を用いて実験を行ってきた。しかし、遠隔操作の利便性を高めるためには、汎用のインターネット回線による遠隔操作を実現する必要がある。そこで、グローバル IPv6 ネットワークを用いた遠隔操作実験を行った。

超高压電子顕微鏡には試料観測用として動画像用のカメラと静止画像用のカメラが設置されている。試料を固定する試料ホルダを動かすことで、試料の観測部分が変更できるようになっている。遠隔操作を行う場合の観測手順は、まず動画像用のカメラで観測位置を決定し、次に静止画像用のカメラで高精細な試料画像を得るという流れとなる。観測中の遠隔地の観測者と顕微鏡センターのオペレータのコミュニケーションをサポートするためにビデオ会議システムを利用している。

遠隔操作システムは試料ホルダを遠隔操作する機構、動画像を提供する機構、静止画像を提供する機構およびビデオ会議システムから構成される。動画像は DVTS という WIDE プロジェクトで開発されたソフトウェアを用いて転送する。DVTS は IEEE1394 インタフェース経由で入力される SDTV 信号を IP パケットに変換してインターネット経由で転送するソフトウェアで IPv6 にも対応している。ビデオ会議システムには Polycom 社のソフト

ウェアおよびハードウェアを利用している。

本年度 9 月にアムステルダムで開催された高速ネットワークを用いたアプリケーションに関する国際会議 iGrid2002 において、超高压電子顕微鏡の遠隔操作実験のデモンストレーションを行った。会議の様子を図 1 に示す。



図 1 iGrid2002 のデモ会場の様子

IPv6 ネットワークとして、国内は JGNv6、太平洋は APAN、TransPAC、米国内は Abilene、オランダ国内は SURFnet を利用してデモを行った（図 2）。試料ホルダを操作する機構およびビデオ会議システムは IPv6 に未対応であるため、IPv4 over IPv6 のトンネルを作成することでこれらのシステムを IPv6 ネットワーク上で利用可能にした。SDTV の画像をフルレートで転送するためには 35Mbps 程度の帯域が必要となる。デモでは NCMIR と会場にいる共同研究者が協調観測を行う場面を想定し、日本から NCMIR およびアムステルダムの会場に計 70Mbps 程度の帯域を利用して SDTV 映像の伝送を行い、ロス無しでの伝送に成功した。この際、経由するネットワーク管理組織の協力を得て日米間のネットワーク帯域を iperf という帯域測定用のソフトウェアを用いて計測し、日本からアムステルダムの方向は 300Mbps 程度の帯域があることを確認した。また、逆のアムステルダムから日本の方向は 120Mbps 程度の帯域しかなく、経由するネットワークに設定上なんらかの問題があることが分かった。

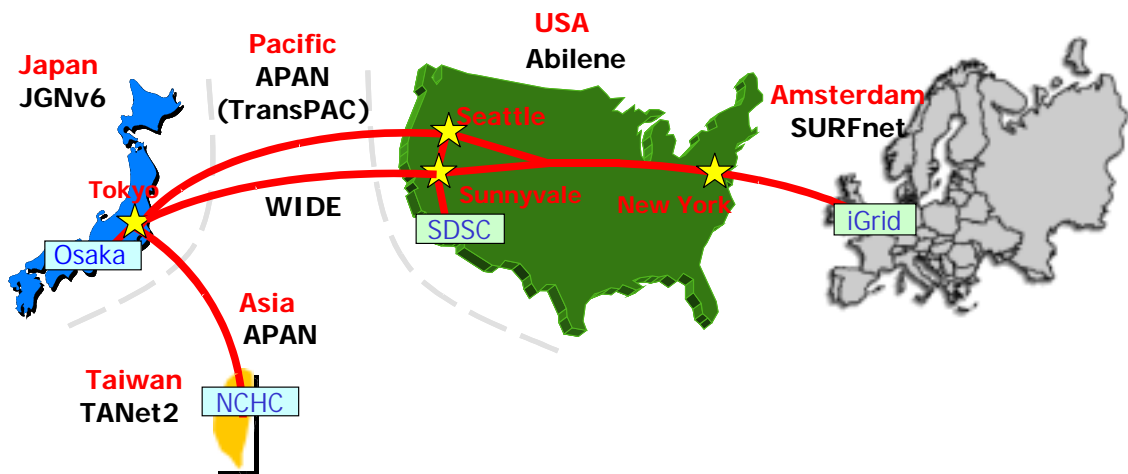


図 2 : iGrid2002 のデモで用いたネットワーク

さらに本年度の 11 月にはネットワークおよびコンピューティングの国際会議である SC2002 においてデモンストレーションを行った(図 3)。SC2002 では KDDI 研究所の協力により、HDTV 品質の画像による遠隔操作実験を行った。デモは iGrid2002 のときと同様に阪大から SC2002 会場のボルチモアに HDTV 品質の画像を伝送し、同時に SDTV 品質で NCMIR に画像を伝送するという形式で行った。HDTV 品質の画像伝送のために図 4 に示す KDDI 研究所開発のコーデックおよびメディアコンバータを利用した。このコーデックでは画像伝送におよそ 80Mbps の帯域を必要とする。MPEG2 による圧縮を用いているため、画像に大きく変化が生じた時点でバースト的なトラフィックが発生する。また 10^{-5} 以下のエラーレートでなければ画像が表示されない仕様となっていた。

iGrid2002 の実験後、経由するネットワークの管理組織の協力によりネットワークのパラメータ調整を行い、日米間の回線双方向で 300Mbps 程度の帯域が出ることを確認した。これにより IPv6 ネットワーク上での HDTV 品質の画像伝送に成功した。しかし、途中のネットワークでエラーが発生しているため、コーデックの仕様により画像が表示されないことが多かった。

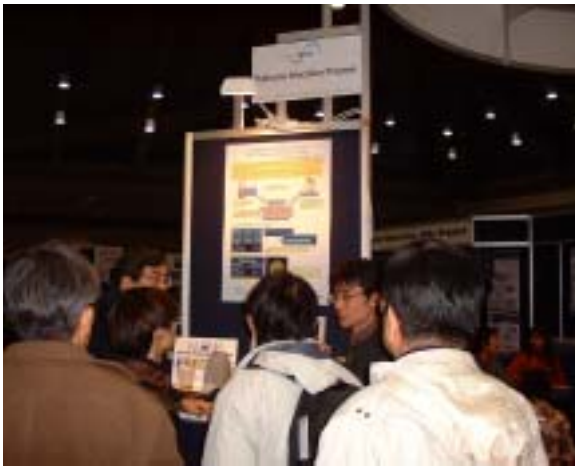


図 3 : SC2002 デモ会場の様子



図 4 : HDTV コーデックとメディアコンバータ

本年度の 3 月に開催された NPACI All Hands Meeting 2003 でもデモンストレーションを行った。SC2002 の際と同様 KDDI 研究所の協力により HDTV 品質の映像伝送を行ったが、原因の解析を進めるためコーデックの仕様を変更し、エラーレートが高くなっても受信できるように設定した。送信側および受信側のサイトに動画像伝送用の PC とは別に計測用の PC を設置し、ネットワーク性能の計測を行った。その結果 0.001 から 0.003%程度の

エラーレートであることが分かった。その後、ネットワーク側でルータソフトウェアのバグなどに対応してパラメータを変更した結果、途中のネットワークではロス無しで転送することが可能になった。これにより SC2002 のときよりは確実に映像を表示することが可能となった。しかし、送受信サイトローカルなネットワークでのロスが解消できなかったため、完全にロスをなくすことはできなかった。

動画像伝送以外の部分では、静止画像の品質改善に取り組んだ。超高圧電子顕微鏡にはスロースキャン CCD カメラにより画像を取得する機構が備えられていたが、品質がそれほど高くなかったため、高品質な静止画像はフィルムにより撮影したものをスキャナで電子データに変換するという手順で提供してきた。この点を改良するため、4000x4000 の解像度を持つスロースキャン CCD カメラを新たに導入した。新規導入したスロースキャン CCD カメラでは現時点で超高圧電子顕微鏡から出る放射線の影響で取得画像にノイズがのることが分かっており、どのようにしてノイズ除去を行っていくかが課題となる。

また、遠隔地から静止画像を利用する際の利便性を改善するため、顕微鏡から取得された静止画像データを観測者が容易に取得可能とする機構の導入準備を行った。SDSC において SRB(Storage Resource Broker)というデータ共有のためのミドルウェアが開発されており、これを調査のためテスト導入した。SRB ではグリッドミドルウェアとして広く普及している Globus Toolkit の認証機構である GSI が利用可能となっている。導入した SRB に電子顕微鏡から取得したデータを仮登録し、観測時の顕微鏡やカメラのパラメータや観測試料の情報からデータが検索できることを確認した。静止画像取得部分については、新規導入したスロースキャン CCD カメラに付属するコントロール用ソフトウェアがカメラを接続した PC からのローカルな操作のみ想定しているため、遠隔地から操作を行う場合にソフトウェアの拡張が必要になる。現時点では VNC(Virtual Network Computing)やリモートデスクトップなどの遠隔からのデスクトップ操作ソフトウェアを利用してカメラの操作を行うことを検討している。グリッド技術を用いた機器の連携機構については今後検討していく必要がある。また、調査段階での SRB の実装にはバグが多かったため、新たにリリースされたバージョンでさらに調査、検討を進める必要がある。