

D-31 複合ネットワークデバイスによる遠隔制御顕微鏡システム

Remote Microscope System by Composite Network Accessible Devices

木俣 豊† 篠宮俊輔† 桜田武嗣† 永田 宏‡ 中川晋一†

Yutaka Kidawara Shunsuke Shinomiya Takeshi Sakurada Hiroshi Nagata Shin-ichi Nakagawa

†独立行政法人通信総合研究所 次世代インターネット Gr.

‡KDDI 研究所高信頼 IP ネットワーク技術 P J

1. まえがき

我々は、これまでにネットワークデバイス管理機構として NADIA¹⁾ (Network Accessible Device on the Internet Architecture) を提案してきた。本稿では、NADIA コンセプトに基づいて開発を進めているネットワークデバイス制御ミドルウェアを用いて遠隔地から操作できるネットワーク顕微鏡システムを開発した。本システムは、ネットワークを介して制御可能な顕微鏡にビデオカメラを搭載し、DVTS を用いて映像を操作端末のモニターリアルタイムに表示することを可能としている。操作者は端末モニターに表示される顕微鏡映像を観察しながら、ユーザインターフェース機能を用いて標本移動や倍率切替、フォーカス、照明の調整を行うことができる。さらにそれら一連の遠隔制御機能にデータベースデバイスを接続することで、顕微鏡操作を時系列的にデータベースに格納することが可能となっている。この機能により、格納されたデータを用いて、当該標本に対して行われた観察プロセスを完全に再現できるようにした。本システムは病理診断教育、医療訴訟対策、遠隔病理診断等に期待できる。

2. 課題の整理とシステムの設計

2.1 顕微鏡画像ファイリングシステム

顕微鏡画像ファイリングシステムは病理標本の顕微鏡画像(静止画像)をデータベース化して活用を図る目的で1990年代半ばから研究と開発が続けられてきた。^{2,3)}

病理検査は、手術等で採取された検体(臓器、組織等)の顕微鏡検査を行うことにより、病気の種類や進行度を診断する医療行為である。検体は顕微鏡検査には大きすぎるため、図1に示すように適当なサイズに細分化し、さらに厚さ数ミクロンの薄片を作ってスライドガラスに載せ、化学的な染色を施して標本(プレパラート)を作成する。1つの検体から数枚ないし数十枚の標本が作成される。

作成された標本を病理医が顕微鏡で観察し、必要な部位の画像をデータベースに取り込んでいく。上に述べた事情により、画像は検体番号、標本番号(プレパラート番号)、および画像番号の3つのインデックスによって管理するのが一般的である。

2.2 技術的課題

顕微鏡画像ファイリングシステムの大きな課題は病理医による観察プロセスが保存されないことである。そのため学生や研修医が病理診断を学習するうえで、データベースの利用価値が限られてしまっている。また医療訴訟の際には、観察プロセスが適切であったか否かの証拠と成り得ない。この問題を解決することが、本研究の目的である。す

なわち標本の観察プロセスそのものをデータベース化しようというものである。また保存された観察プロセスにしたがって顕微鏡操作を再現させることも今回の研究の目的に含まれる。

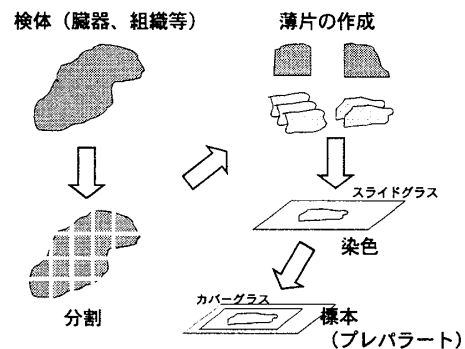


図1. 標本作製手順

2.3 観察プロセスのデータ化

観察プロセスのデータ化とは、顕微鏡操作のデータ化を意味する。つまり、プレパラートの移動、レンズ倍率の変更、フォーカス位置の変更などの手順をコンピュータ制御可能な顕微鏡を用いることにより、一連の操作データをコンピュータに取り込むことが可能である。フォーカス調整はステージのZ方向への移動によって実現されるが、オートフォーカス機能を持った顕微鏡もある。また明るさの調整は主にNDフィルターの交換によって行われるが、対物レンズの切替に合わせて最適なフィルターを自動的に選択し、交換する顕微鏡もある。

本研究で用いた顕微鏡はオートフォーカス機能がついているものの、高倍率での精度が悪いため、オートフォーカスに頼らずZ軸方向の制御もデータ化することにした。

2.4 システムの設計

開発したシステムは、NADIA コンセプトに基づいて、顕微鏡デバイスや、ユーザインターフェースデバイス、データベースデバイスをネットワーク上で結合することで、複合的な機能体を構築する。例えば、ユーザインターフェースデバイスは、顕微鏡のステージ位置の変更、レンズの変更機能、フォーカスを対話的に制御する。また、ユーザインターフェース機能で制御した結果や、その操作手順をデータベースデバイスで記録することによって、観察プロセスの再現や実標本を用いたコンテンツを第三者に提供する事が可能となる。

3. システムの実装

3.1 ネットワークデバイス制御ミドルウェア

本システムの実装には、既に提案してきた NADIA コンセプトに基づいて開発中のネットワークデバイス制御ミドルウェアのプロトタイプを用いた。本ミドルウェアは、様々なデバイスに実装することを目的として Java を用いて実装している。本ミドルウェアは、XML ペースの記述情報を用いてデバイス間の協調とデータ交換機能を実現する。本研究では開発中のミドルウェアの基本的な機能を確認することを目的として、提案する顕微鏡システムに適用した。

このミドルウェアでは、ネットワークを通じた接続と、抽象化されたデバイスオブジェクトへのメッセージ転送を行う。また、必要に応じてデバイスが出力する値を指定されたデバイスに転送する。

3.2 ネットワーク顕微鏡の構成

ネットワーク顕微鏡システムは、以下の3つのネットワークデバイスから構成される。

- ・ ネットワーク接続可能顕微鏡デバイス

PC とシリアル接続可能な顕微鏡から構成される。PC には、開発したミドルウェアが稼働しており、他のデバイスからのメッセージをネットワークを通じて受け取る。また、シリアル通信で得られた顕微鏡のパラメータは、PC 上のミドルウェアに渡され、必要に応じて要求するネットワークデバイスに転送される。また、顕微鏡の映像は、DVTS を用いてインターフェースデバイスに送信される。DVTS は NTSC と同等の画質を持っている。病理分野では顕微鏡映像のモニター診断 (ビデオカメラ映像を TV モニターに出力して診断) が日常的に行われているので、画質的にはこれで十分である。

- ・ ユーザインターフェースデバイス

マウスやキーボードなどを持つ PC 上で動作しており、ミドルウェアを介してネットワーク接続可能顕微鏡の制御を行う。また、顕微鏡の状態を利用者に提示する機能も持つ。

- ・ データベースデバイス

ミドルウェア経由で受け取った顕微鏡操作の時系列データを記録し、そのデータに意味的な情報を記述して、第三者に提供することを可能とする。そのデータは、ユーザインターフェースデバイスに送信することで、記録した操作手順を再現することを可能とする。

本システムの構成を図2に示す。

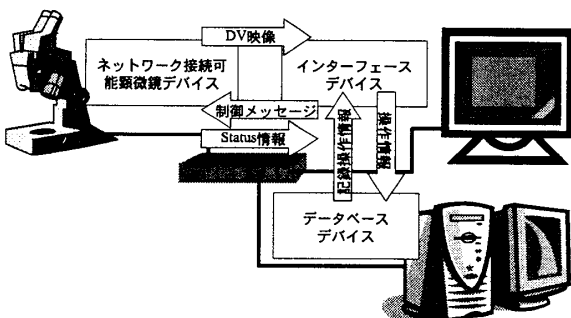


図2. システム構成図

これらのデバイスは、図3に表すオーサリングツールによって、組み合わせられる。このオーサリングツールでは、接続可能なデバイスを表示し、それぞれのデバイスの入出力を指定することで、ネットワーク上の複合機能デバイスを構築する。

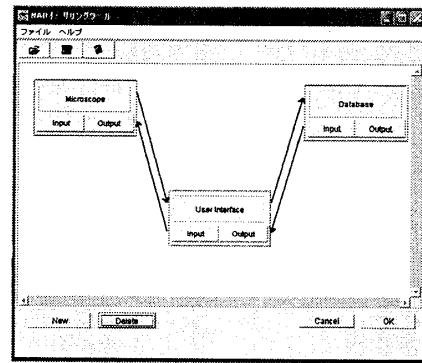


図3. デバイスオーサリングツール画面例

4. 考察

NADIA コンセプトによる本システムの利点は、観察対象をデジタル化するのではなく、デジタルデバイスを対象にして、それらの操作手順を記録することによって、同じ観察対象への観察手順を再現できる点にある。しかも必要に応じて、ネットワークデバイスを組み合わせることで、必要な機能を容易に付け加えることが出来る。本システムでは、データベースデバイスと組み合わせているため、多様な対象に対する観察手順に対応することができる。病理標本は多種多様であり、それぞれの観察手順は標本ごとに異なっている。そのため、ひとつとして同じ手順は存在しない。データベースに保存されたデータ (観察手順) は、まさに病理専門医のノウハウを凝縮したものであると言える。この視点に立てば、本システムは専門家のノウハウを自動的に採取・保存するものと見ることもできる。このような NADIA コンセプトに基づくデバイス連携技術は、光学顕微鏡だけでなく、他の様々な分野に応用することが可能である。医療分野に限っても、電子顕微鏡は言うに及ばず、たとえば超音波診断におけるプローブ操作や眼底写真の撮影条件の記録と再現などが考えられる。これらの検査では患者ごとに機器の操作条件が異なってくるため、患者単位での操作プロセスを保存しておくことは臨床的に意味があると思われる。また医療訴訟時には、適切な検査が行われたかどうかを判断するための有力な証拠になることが期待できる。

参考文献

1. 木俣豊, 篠宮俊輔, 櫻田武嗣, 北口善明, 中川晋一, "ネットワークデバイスを用いた実世界情報の配信と管理機構", "情報処理学会 DBWeb2001, pp.21-28, Dec 2001.
2. Bozzi G, Casolo F, Ferrante M, Lo Presti F, Terranova P. Reporting, filing, and retrieval of coronary angiographic findings: a new personal computer-based system. Cathet Cardiovasc Diagn 1987 Sep-Oct;13(5):337-43
3. MacDonald RA, Pechet GS, Lovenbury P. Surgical pathology reports with a portable microcomputer. Arch Pathol Lab Med 1982 Dec;106(13):666-9