

1. 研究内容

バーチャルスライドシステムが、遠隔医療用途でどれだけのパフォーマンスを持っているか？
想定される用途と種々の指標を設定して評価し、評価結果をもとに、現状のバーチャルスライドシステムの実用性と今後の課題について考察する。

2. 画質評価

解像度と色再現性について、従来のシステムとの対比可能な指標を設定し、評価を行う。

2. 1. 解像度

(1) 評価方法

テレパソロジーシステム (OLMICOS/WX) とバーチャルスライドについて、カメラ撮像面における分解能の比較を行う。

(2) 結果

従来のテレパソロジーシステムとは、同等の分解能である。

	対物倍率	分解能	備考
テレパソロジーシステム	20x	0.83 μm/pixel	38 万画素 CCD
	40x	0.42 μm/pixel	
バーチャルスライド	20x	0.42 μm/pixel	

2. 2. 色再現性

(1) 評価方法

顕微鏡用デジタルカメラとバーチャルスライドについて、カラーバーチャートを撮像し、カラーバー画像の各色 (R, G, B, Ye, Mg, Cy) から色信号の平均値を取得し、a*b*色度図に表わし評価する。

(2) 結果 (当社比)

バーチャルスライド画像は、Mg・Cy で乖離を確認。

Mg や Ye は R に近く、G や Cy は B に近い色になるようである。R や B などの一部の領域に色が集まりやすく、G・Mg はうまく出ていない。

そのため表示される色範囲が R・B の一部に集中することになり、色再現の出来る範囲が狭まり、結果として色再現性は、低くなっている。

3. 画像作成時間

(1) 方法

撮影領域を決めて (15mm□)、バーチャルスライド画像が構築されるまでの時間を計測した。

画像構築の間にフォーカス位置決定時間も含まれるため、2 つの異なるサンプルで画像撮影を行った。尚、画像作成時間は、撮影領域を決定してからバーチャルスライド画像が構築できるまでの時間とし、標本をセット準備するは含んでいない。

(2) 結果

画像作成時間は、フォーカス制御時間も含まれているため、撮影領域以外にも標本の存在条件にも依存していることが判る。

バーチャルスライド画像作成時間については、標本条件についても定義しなければならない。

40x で撮影しようとするすると単純計算で約 4 倍の容量と時間が必要になる。

	対物倍率	画像作成時間	容量
標本が全体にある場合	20x	389 秒 (6 分 29 秒)	388MB
標本が点在する場合 (20%程度)	20x	228 秒 (3 分 48 秒)	67MB

4. 考察

(1) 画質について

20倍対物条件下では、テレパソロジーシステム (OLMICOS/WX) と同等の分解能が得られているが、更に高分解能の画質を求められた場合にシステムの改善が要求される。

色再現については、顕微鏡+デジタルカメラのシステムに比べると現在のところ十分に再現できているとはいえず、今後の課題となるであろう。

(2) 速度について

20x 対物レンズで撮影した結果で診断できる標本であれば、約 7 分で 15mm□ を撮影できるが 40x にて撮影すると約 25 分の時間が必要となる。

現在の遠隔病理術中診断時間が 20 分～30 分とすると更なる時間短縮が望まれるところである。

術中迅速診断ではなく、撮影時間に許容範囲がある場合には、問題にならないと考える。

以上

遠隔医療とバーチャルスライド

厚生労働科学研究費補助金(医療技術評価総合研究)
分担研究報告書
分担研究者
中里 遼
(株)オリンバスエンジニアリング 代表取締役社長

1. 研究内容

バーチャルスライドシステム(以下 VSシステム)が、遠隔医療用途でどれだけのパフォーマンスを持っているか? について、いくつかの指標による評価を行い、評価結果をもとに、現状のVSシステムの実用性と今後の課題について考察する。

2. 画質評価

解像度
色再現性
について、
従来システム(テレパソロジーシステム及び顕微鏡用デジタルカメラ)とVSシステムの対比可能な指標を設定し、評価を行う。

2.1. 解像度 (1) 評価方法

テレパソロジーシステム
VSシステム
について、
CCDカメラの撮像素子の仕様(画素ピッチ)と顕微鏡光学系の倍率から、CCDカメラ撮像面における分解能を算出し、比較を行う。

2.1. 解像度 (2) 結果

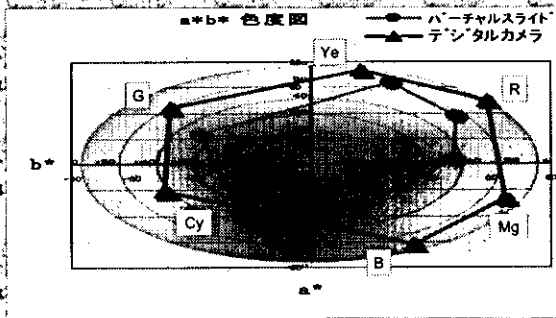
	対物	分解能	備考
テレパソロジーシステム	20x	0.83 μ m/pixel	38万画素
	40x	0.42 μ m/pixel	CCD
VSシステム	20x	0.42 μ m/pixel	

従来のテレパソロジーシステムで40x対物を使用した場合とVSシステムとの分解能は同等である。

2.2. 色再現性 (1) 評価方法

顕微鏡用デジタルカメラ
VSシステム
について、
カラーバーチャートを撮像し、カラーバー画像の各色(R,G,B,Ye,Mg,Cy)から色信号の平均値を取得し、a*b*色度図に表わし評価する。

2.2. 色再現性 (2)結果 1



2.2. 色再現性 (2)結果 2

- VSシステム画像は、
- Mg・Cyで乖離。
- MgやYeはRに近い色相。
- GやCyはBに近い色相。
- RやBなどの一部の領域に色が集まりやすい傾向。

3. 画像作成時間 (1)方法

- 撮影領域を決めて(15mm \square)、VSシステム画像が構築されるまでの時間を計測した。
- 画像構築の間にフォーカス位置決定時間も含まれるため、2つの異なるサンプルで画像撮影を行った。
- 画像作成時間は、撮影領域を決定してからVSシステム画像が構築できるまでの時間。(標本をセット準備する時間は含んでいない。)

3. 画像作成時間 (2)結果

	対物	画像作成時間	容量
標本が全体にある場合	20x	389秒(6分29秒)	388MB
標本が20%程度点状する場合	20x	228秒(3分48秒)	67MB

- 画像作成時間には、フォーカス制御時間も含まれているため、撮影領域以外に標本の存在条件にも依存している。
- VSシステムの画像作成時間については、標本条件についての定義も必要。
- 画像容量は圧縮時の値を示す。(1/10程度の圧縮)

4. 考察 (1)画質について

- 分解能**
現状、テレパノロジーシステムと同等の分解能が得られているが、更に高分解能の画質を求められた場合にシステムの改善が要求される。
- 色再現**
顕微鏡とデジタルカメラの組合せシステムに比べると現在のところ十分な色再現ができているとはいえず、今後の課題となるであろう。

4. 考察 (2)速度について

- 20x対物レンズで撮影した結果で診断できる標本であれば、約7分で15mm \square を撮影できる。
 - 40xにて撮影すると約25分の時間が必要となると予想される。
- ↓
- 現在の術中迅速診断の時間が20分~30分とすると、更なる時間短縮が望まれる。
 - 術中迅速診断ではなく、撮影時間が許容範囲内にある場合には、問題にならないと考える。

厚生労働省科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

テレパソロジーとバーチャルスライド
～デジタルマイクロスコープCOOLSCOPEを用いたバーチャルスライドの作成～

研究協力者 園田 晴久 株式会社コーガク 第一営業本部 第一部 課長

研究要旨 テレパソロジーから始まりバーチャルスライドの要求検討が近年高まってきた。バーチャルスライドを実際に作成し、作成する際の課題、問題点をまとめる。更に、バーチャルスライドを利用する際に生じる課題、問題点を整理する。作成されたデータは教育用標本としての閲覧用途、症例検討時の利用用途では有用性を認めることができたがテレパソロジーへの応用について検討課題点はまだ多く今後も継続的検討が必要と思われる。

白石泰三 三重大学医学部病理学第二
中野厚史 国立循環器病センター研究所
秋山広治 野首潤 西田裕志
株式会社ニコンインステック
鈴木昭俊 株式会社ニコン

ソフトウェアを利用した。従来の研究においてはバーチャルスライドの作成技術に注目が集まっていたが、作成されたデータをどのように利用するかについての技術的検討、運用にかかわる検討報告が多くなされていない。その為、今回は実運用についての検討、考察も加えることにした。

1. はじめに

テレパソロジーから始まりバーチャルスライドの要求検討が近年高まってきた。ニコンでは国内だけでなくワールドワイドの視点で、グループ企業全体で機器開発、ソフト開発、要求要件整理を行ってきた。今回はデジタルカメラ、顕微鏡を一体にしたデジタルマイクロスコープ COOLSCOPE を利用しバーチャルスライドを作成した。ソフトウェアについては日本、欧州、米国で販売実績のある3つの

2. 研究目的

今回の研究においてはテレパソロジーへの応用を視野に入れ、以下の問題点について整理し、検討を目的とした。

- 1) バーチャルスライドテレパソロジーシステムを検討する上でキーになるバーチャルスライドを作成する。

- 2) バーチャルスライド作成する時に生じる課題を検討しまとめる。
- 3) 作成されたバーチャルスライドのデータを利用する際に生じる課題を検討しまとめる。
- 4) バーチャルスライドを利用するユースケースを整理する。
- 5) テレパソロジーへの応用し普及をはかるシステムへの検討材料を提供する。

3. 概要

対物レンズ 5 倍、10 倍、20 倍、40 倍切替対応、500 万画素デジタルカメラ、オートフォーカス、電動ステージを内蔵したデジタルマイクロスコープ COOLSCOPE を利用し、バーチャルスライドデータを作成した。その際に、ソフトとして世界各地で販売されている 3 つのソフトを利用し、データを作成する時に生じる技術的課題。ソフトの操作画面を利用した利用時の課題について検討を実施した。

(写真 1 : 実験システム概観)

1) 使用ハードウェア

- a) デジタルマイクロスコープ COOLSCOPE
撮像素子 : 2/3 型 CCD
(総画素 5.24 メガピクセル)
照明系 : 白色 LED 照明
A/D 変換 : 12bit

倍率切替 : 5X 10X 20X 40X

- b) パーソナルコンピュータ
CPU : IntelPentium M1.29GHz
RAM : 1.24GB
OS : WindowsXP Professional

2) 使用ソフトウェア

- a) CSTILE (日本 : ニコンインステック/イノテック)
本ソフトウェアはタイリングを行う壮とウェアであり XY 方向のステージ移動で画像をつなぎ合わせる。簡便に早く大きなサイズの画像作成を行えるが、Z 軸方向のデータはもたない。

- b) ECLIPSENET (欧州 : NikonInstrumentsEuropeBV)
XYZ についてスキニングさせ画像取得を実施し、画像再構築させる。また本ソフトは画像 DB 機能、Web 配信機能、カメラ制御機能もあわせもつ多用途ソフトウェアである。

- c) COOLSCOPE VS (米国 : NikonInstrumentsInc/BacusLaboratoriesInc)
XYZ についてスキニングさせ画像取得を実施し、画像再構築させる。本ソフトはバーチャルスライド作成とデータ利用に特化したソフトウェアであり、ソフトウェアの指示どおりの操作に従うことでバーチャルスライドデータを作成することができる。

(表 1 : 各ソフトウェアの比較)

3) 実験方法

- a) 3種類のソフトウェアを利用し、5mmX5mmの範囲を対物レンズ5X、10Xを使用しバーチャルスライドの作成を行い、その時間を計測した。
- b) 症例検討用のデータを作成し、症例検討に実施し、その有用性を評価した。

4. 結果

1) バーチャルスライド作成時の速度およびデータ

データ作成の時間についての平均値は5mm×5mmの視野で対物レンズ5倍、かつZスライス1層時、CSTILE、ECLIPSENET、COOLSCOPE VSでそれぞれ1分、7分12秒、4分30秒、とばらつきがあった。またデータサイズ18MB 5.7MB 4MBであった。

(表2：データ作成時間一覧)

対物レンズ10倍においては取込枚数が増えるためCSTILE ECLIPSENET, COOLSCOPE VSそれぞれで3分45秒 67.3MB、30分 21.3MB、30分15.2MBであった。さらにZ軸方向に複数枚数取り込む場合は時間がかかり1層取込×Z軸枚数分の時間を必要とした。5倍対物レンズで9層のZ軸を取り込む場合、COOLSCOPE VSでは39分の時間を要しECLIPSENETにおいて10倍対物レンズを利用しZ軸を3

層取り込んだ場合1時間30分の時間を要した。Z軸を複数取り込む際には同じ条件で取り込む場合であっても処理速度にバラつきがあるのはソフトの構成、画像保存形式、圧縮に起因するものといえる。

2) 症例検討データの有用性

症例検討で実施する標本をバーチャルスライドデータ化し実際の症例検討において、国立循環器病センター研究所にてご利用いただいた。症例検討にパソコンを利用されることが多いため、バーチャルスライドデータは有用であり、症例検討会はスムーズに実施された。マクロ(全視野低倍)画像とマイクロ(拡大高倍)画像における位置と画像の相関が容易に示すことができ、さらに倍率の交換がパソコン画面上で行われ拡大画像をデータにて表示することができた。また検討時、マクロ画像から随時マイクロ画像を選択表示でき症例検討においては作成されたデータを利用することによる有用性を示すことができた。

5. 考察

1)バーチャルスライド作成の課題

a. 処理速度の問題

使用機材 COOLSCOPE はコストとしては廉価であるが処理に時間を要した。コスト面で言及すると

COOLSCOPE を用いた今回のシステムではインテグレーションにもよるが 250 万円程度で構築できるが、他社専用機の場合 1500 万円以上の金額である。ステージを移動させ CCD カメラで撮影する方式は従来から実施され技術的に確立されているが、スキャンさせる時間、画像を取り込む時間、保存する時間を要した。ラインセンサ等を用いる他方式、スキャニング高速化、ステージ位置再現性の高精度化、カメラにおける処理速度および保存コンピュータ処理速度を上げる工夫は今後も改善に向けた課題である。

b. データ保存のストレージ確保

作成されたデータは取込範囲によるが数十 GB のデータを持つことになる。今回の実験においては保存のためのストレージが容量オーバーになるような大容量データ取得は行わなかったが、より高倍率かつ高精細画像を扱えばデータ容量は増加する。また CSTILE ソフトのようにメモリ上に一時画像データを置くようなソフトを利用するのであれば大容量メモリ確保も重要になってくる。

c. データ保存方式の統一化

従来からも検討されているが他社も含めた画像データ保存方式の統一化は検討課題である。今回

COOLSCOPE という同じハードウェアを動かすものであっても画像保存方式はそれぞれ異なっていた。

CSTILE は BMP ファイル、ECLIPSENET および COOLSCOPE VS では JPEG, JPEG2000 または専用のファイル形式であった。ファイル形式によりそれぞれ特徴があるが、データ取得後の閲覧、処理を考えると統一的なファイル保存方式が望ましい。ファイル形式ごとに画像とともに付加情報が異なってくる。ECLIPSENET で利用する専用ファイル形式では患者名、標本名、ID ナンバーなどの情報を付加するため文字情報も保持する。文字情報があることで利用する際の検索は容易になるという利点がある。

d. スキャニングエリア選択方式

今回利用した 3 つのソフトともプレパレート画像全体を表示させ、その後、倍率、取り込む範囲を指定する方式であった。ただ、標本全体画像はマップ表示目的のため画像精細度は拡大画像と比較し低い。このため境界決定に苦勞することがありこの点は改善必要点と言える。ただし標本全体画像の精細度を上げることになれば当初の目的のマップレベルではなくなってしまう。マップ画像の精細度について今後検討が

必要である。また画像情報量を減らすため必要部位のみのデータを確保する方式とし任意な形のデータを作り不要データを取り込まない方法もある。ECLIPSENETではこの方式を採用しデータの縮小化を実施することができた。

(図1：任意エリアを指定した作例)

e. 画像貼り合せ方式の工夫

スキヤニング方式をとる場合、画像のとり損ねをなくすため、画像の一部を重ねあわせる方式をとり画像認識技術での貼り合せを実施させた。

画像の重なり部分を多くすれば画像の境界部分がスムーズにつながり、画像の継ぎ目の違和感は無くなるが、重なり部分が多いと、取込時間のロスにつながる今回利用の3つのソフトとも10パーセント程度の重なりに所期設定を実施している。

(図2：画像取込方式イメージ)

2) バーチャルスライド利用時の課題

a. 取得画像表示速度の向上

取得画像を閲覧するためにパソコンの画面上に開く処理速度としてはパソコンのメモリ、CPU速度にも起因しているが大容量画像を表示させるには時間を要する。今回作成したデータ67MB BMPデータをパソコン上に表示させるのに数秒かかり移動、倍率変更時にもタイムラグが生じた。現状のこの問

題を解決するために閲覧用の専用ハードウェアを作成する例もあるが、汎用性、コストの点からパソコンベースでの解決策を探るのは有用と思われる。将来的にコンピュータの性能向上することで本問題は解決すると思われるがパーソナルコンピュータベースのシステムの場合、処理速度向上は課題点といえる。

b. 閲覧ソフトの工夫

今回作成されたデータを閲覧するために2つのソフトウェアに閲覧ソフト(Viewer software)が用意されていた。閲覧ソフトがない場合、一般の画像表示ソフトで展開させるため処理時間もかかり興味画像の選定に時間を要したが閲覧ソフトウェアには工夫がなされており用意に必要な位置の選択、倍率変更を行うことができた。2つのソフトウェアで閲覧ソフトを比較したが低解像度による標本全体像の表示を補完するために、画像貼り合せた高解像度画像から解像度をおとした中間倍率画像を表示させるなどの工夫もなされたものがあつた。画像閲覧ソフトの重要性はZ軸に複数取り込んだ画像を管理し表示速度を上げる点にもある。またシステム普及をさせる為には、閲覧ソフトを無償にすることも重要である。教育用途に利用するのであればCD/DVD等の媒体に画像データとに閲覧ソフトも同時に保存し配布することで専用ソフトを購入しなくともパソコンさえあれば画像を閲覧できることになる。

c.用途に応じた GUI の工夫

テレパソロジーにおいても術中迅速診断、コンサルテーションとでは運用方式、画像表示方式に相違があった。バーチャルスライドにおいても同様なことは言え、利用用途に応じ閲覧表示させる情報が異なってくる。表示させる画像データをスクリーニングするのか、標本全体像からすぐに興味領域の拡大画像を必要にするのかによりソフトのつくり、特に操作面における GUI のつくり、工夫は必要である。画像データだけでなく標本情報も付加する場合、必要情報のみを表示させることは重要であるといえる。

d.注目部分の付箋機能の追加

今後のバーチャルスライドのシステムで付加してほしい機能であるが興味部分にマークをいれ、必要情報を表示させる機能の追加は必要と思われる。従来の同期式テレパソロジーシステムにおいては興味領域の共有を行い、さらに情報交換をリアルタイムに行っていたが、バーチャルスライドでデータ利用が多様化しかならずしも同期しての問題点提示がはなない。そのため付加情報を的確に伝える手段が必要になってくる。

e.画像 DB との連携

今回利用した ECLIPSENET については画像 DB (データベース) 機能がある

ため、情報検索等が容易である。バーチャルスライドデータが限られた数量であれば問題ないが利用用途によりデータ件数が多くなっていく。その際にはデータ保存、検索を容易にするためにも DB 機能は必要と思われる。

f.マルチモニタの利用

バーチャルスライドのデータ作成、閲覧をする際に、複数画面を同時に立ち上げるケースがある。またデータ容量が非常に大きい為、精細画面をモニタ全体に拡大することが可能となってくる。従来のテレパソロジーや顕微鏡デジタル画像表示は 1 台のパソコン、1 つのモニタというシステムが主流であったが、画像精細度が飛躍的に向上したバーチャルスライドでは複数のモニタを利用することで画像データを十分に表示、利用することができるようになる。高精細による大画面、操作画面を複数モニタ利用でバーチャルスライドのデータ利用効率を高めることが可能になる。

3) バーチャルスライドの利用ケース

a.症例検討時の利用

今回の作成したデータを実際の症例検討会で利用することでその有用性を確認することができた。パソコン利用が増えている現状を考慮するとコンピュータ画像による症例検討の機会は増えると思われる。この場合オリジナルの

ガラス標本は別に存在し、検討時は事前に確認がとれている部分の提示確認のケースが多数である。

またデジタルデータで確認が取れない場合はガラスプレパラートを再度利用することになる。

b.教育用途としての利用

典型的な症例の標本をデータ化し閲覧するケースが用途は十分想定でき実際に画像データと閲覧ソフトを CD/DVD に焼きつけ配布している事例もある。ネットワークを 365 日 24 時間利用運用できないユーザーにとると媒体配布による教育用途はコスト面、環境面の手軽さの点でも有用であると思われる。教育用途では典型的な部分の情報を的確にデータにて示せることが要求されている。デジタル画像での診断、危急性は求められない点もあり、利用に抵抗ないと思われる。

c.標本のデジタル保存

ガラス標本の情報をすべてデジタル情報にするというものである。スライドガラス保存スペースを削減するという視点からバーチャルスライドの有効な利用方法として議論されている。一部の利用者においては実施されているが、ガラスプレパラートの原本を無くなることもあり成否が分かれる項目である。ポイントとしては診断用途と教育用途である。教育用はデジタル画像での診断、危急性は求められない、法的規制

もたいたため、今後の普及可能性がある。診断用画像の場合は平成 11 年 4 月 22 日厚生省より都道府県知事に通知された「診療録等の電子媒体による保存について」の内容を考慮する必要がある。原本がある場合は原本を利用するのが原則であり、原本を利用しない場合は、各施設の説明責任が発生した上、電子保存の 3 原則「真正性」「見読性」「保存性」を確保する必要がある。また作成される標本数が多い為、膨大なデータ数になり、法定で定められた期間の保存かつ閲覧が義務付けられ、保存システムのハードおよび維持費についても考慮を要するところである。

d.病理診断用途

接眼レンズを覗くことなく顕微鏡画像の診断をモニタ上で行おうとする用途である。テレパソロジーにおいて以前より議論されている部分である。標本により成否が分かれるところと思われる。診断は重要な役割である点から早計に結論を出すことはできない。今後も慎重に調査、検討を実施していかなければならない項目である。

e.テレパソロジーへの応用

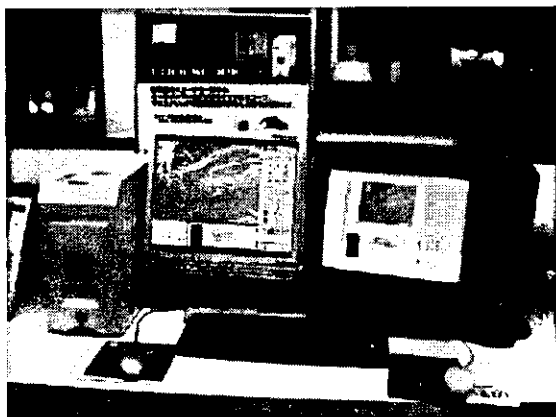
前述の病理診断を遠隔地で行うものである。診断を実施するという部分のほかデータを転送させる技術、手法も検討に加える必要がある。しかも同期式にするか非同期にするか等従来から議論されている点についても考慮する必

要がある。いずれにせよ顕微鏡閲覧に近く病理医に利用しやすいシステムである必要がある。病理医の先生方と引き続き検討を要する項目である。

6. おわりに

今回の研究を通じテレパソロジーに利用されることが出来る技術、バーチャルスライドについての検討を実施した。今後バーチャルスライドを利用するテレパソロジーシステムについての検討を実施していきたい。また高品位かつ普及が見込める TV 会議システムを利用してのテレパソロジーシステムへの応用、テレパソロジーシステム普及をはかるための低価格かつ多機能を有するシステム構築のための検討を実施していきたい。

(写真1：実験システム概観)



(表1：各ソフトウェアの比較)

	CSTILE	COOLSCOPE VS	ECLIPSENET
地域	日本	米国	欧州
特徴	タイリングソフト	VirtualSlide 作成 ための簡単GUI	顕微鏡、カメラ制御 他用途にも流用
XY操作	○	○	○
Z操作	×	○	○
画像合成	ステージ移動	ステージ移動 重複部画像認識	ステージ移動 重複部画像認識
画像形式	BMP	BMP,JPG	JPG2、
DB機能	なし	なし	あり(オプション)
Web配信	なし	なし	あり(オプション)
ビューアー	なし	あり(無償)	あり(無償)
オプション	なし	なし	専用ローダー 計測機能

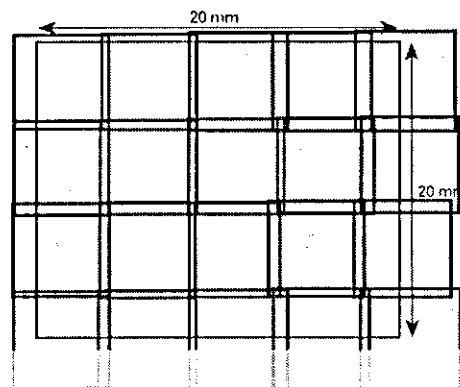
(表 2 : データ作成時間一覧)

	CSTILE		ECLIPSENET		COOLSCOPE VS	
読取視野	5mmX5mm		5mmX5mm		5mmX5mm	
Z軸枚数	1スライスあたり		1スライスあたり		1スライスあたり	
5Xレンズ	60秒	18MB	7分12秒	5.7MB	4分30秒	4MB
10Xレンズ	3分45秒	67.3MB	30分	21.3MB	30分	15.2MB

(図 1 : 任意エリア指定した作例)



(図 2 : 画像取込方式イメージ)



顕微鏡画像の分解能に関する調査研究

東福寺幾夫 高崎健康福祉大学健康福祉学部

要旨

病理画像は顕微鏡により光学的に拡大された標本像を撮像素子によってサンプリングし、デジタル化したものである。本研究では日本国内で販売あるいは開発されている顕微鏡画像システムについて、その分解能を対物レンズの光学的分解能、光学系と撮像素子によって決定される画像分解能この実態を調査した。その結果、初めて同一尺度で顕微鏡画像システムの解像度を評価できるデータが得られた。

1. 目的

テレパソロジーやバーチャルスライドなど顕微鏡画像システムについて、顕微鏡の光学的分解能及び画像のサンプリング密度データを把握し、画像精細度や画像分解能について科学的論議ができる根拠とする。

2. 方法

(1) 調査対象

日本国内でテレパソロジーシステム、バーチャルスライドシステムあるいはデジタル顕微鏡など顕微鏡のデジタル画像を取扱う製品を販売あるいは開発している会社に対して質問票を送付した。その結果、以下の各社から回答を得た。(五十音順)

表 2-1 調査回答者及び対象製品

社名	製品名称	分類名
NTT エレクトロニクス	遠隔病理診断支援システム	テレパソロジー
オリンパスエンジニアリング	OLMICOS/WX	テレパソロジー
	ScanScope	バーチャルスライド
	DP70	顕微鏡カメラ
セイコープレジジョン	広領域画像高速取得顕微鏡	バーチャルスライド
ダイレクトコミュニケーションズ	CLARO VASSALO	バーチャルスライド
ニコインステック	COOLSCOPE	デジタル顕微鏡
浜松ホトニクス	試作品のため名称なし	バーチャルスライド
三菱電機マイコン機器ソフトウェア	PATHTRAN 64	テレパソロジー

(2) 調査項目

調査項目としては以下の情報を収集した。調査票を付録に添付する。

- ① システム名称
- ② 使用対物レンズの性能 (型名、倍率、NA、光学分解能)
- ③ 撮像素子の性能 (型名、結像レンズ倍率、画素数、画素ピッチ)

3. 結果

調査結果を表 2-1 に示す。ただし、光学分解能は各社回答の対物レンズ開口数を元に、以下の式で計算しなおしたため、各社回答数値をそのまま使用してはいないものもある。そのほか、画像分解能も画素ピッチおよび総合倍率を元に統一計算式で算出した。

- ① 光学分解能 = $0.61 \div \text{NA}$ (μm)
- ② 総合倍率 = 対物レンズ倍率 \times 結像レンズ倍率
- ③ 画像分解能 = 画素ピッチ \div 総合倍率 $\times 2$ (3 撮像素子方式)
- ④ 画像分解能 = 画素ピッチ \div 総合倍率 $\times 2\sqrt{3}$ (単一撮像素子)
- ⑤ 撮像視野 = 画素ピッチ \div 総合倍率 \times 画素数

なお、表 3-1 の撮像素子欄の面 1 は 1-CCD (RGB モザイクフィルタ) 方式の面撮像素子を、面 3 は 3-CCD (RGB 分離撮像) 方式の面撮像素子の利用を示す。また、線 3 は RGB 分離の 3 本のラインセンサーを使用していることを示す。

3-1 顕微鏡画像システム光学分解能・画像分解能一覧表

社名	製品名称	対物レンズ			撮像素子				結像 レン ズ倍 率	画像分解能		撮像視野広さ			
		倍率	NA	光学 分解 能 μm	撮像 素子 面	画素ピッチ		画素数		総合 倍率	X μm	Y μm	X μm	Y μm	
						X μm	Y μm	X							Y
NTT エレ クトロニ クス	遠隔病理診断 支援システム	1.25	0.04	8.39	面 1	6.7	6.4	1280	1024	1	1.25	18.57	17.74	6,861	5,243
		2	0.08	4.19							2	11.60	11.08	4,288	3,277
		4	0.16	2.10							4	5.80	5.54	2,144	1,638
		10	0.4	0.84							10	2.32	2.22	858	655
		20	0.75	0.45							20	1.16	1.11	429	328
		40	0.9	0.37							40	0.58	0.55	214	164
オリンパ スエンジ	OLMICOS /WX	1.25	0.04	8.39	面 3	8.3	9.7	768	494	0.5	0.625	26.56	31.04	10,199	7,667
		2	0.08	4.19							1	16.60	19.40	6,374	4,792

平成 16 年度厚労省テレパロジー研究班・分担研究
顕微鏡画像の分解能に関する調査

ニアリン グ		4	0.16	2.10							2	8.30	9.70	3,187	2,396
		10	0.4	0.84							5	3.32	3.88	1,275	958
		20	0.7	0.48							10	1.66	1.94	637	479
		40	0.85	0.39							20	0.83	0.97	319	240
	ScanScope	20	0.7	0.48	線3							0.84	0.84		
	DP70				面1	6.45	6.45	4080	3072						
セイコー プレジ ジョン	広領域画像高 速取得顕微鏡	20	0.4	0.84	線3	14	14	2048	1	1	20	1.40	1.40	1,434	1
	40	0.65	0.52	40							0.70	0.70	717	0	
ダイレク トコミュ ニケーシ ョンズ	CLARO VASSALO	5	0.12	2.80	面1	4.65	4.65	1280	960	0.5	2.5	6.44	6.44	2,381	1,786
		10	0.25	1.34							5	3.22	3.22	1,190	893
		20	0.45	0.75							10	1.61	1.61	595	446
		20	0.75	0.45							10	1.61	1.61	595	446
		40	0.65	0.52							20	0.81	0.81	298	223
		40	0.95	0.35							20	0.81	0.81	298	223
ニコイ ンステッ ク	COOL SCOPE	10	0.25	1.34	面1	3.4	3.4	2560	1920	0.5	5	2.36	2.36	1,741	1,306
				1.34						1	10	1.18	1.18	870	653
		40	0.65	0.52						0.5	20	0.59	0.59	435	326
				0.52						1	40	0.29	0.29	218	163
三菱電機 マイコン 機器ソフ トウェア	PATHTRAN 64	顧客 手配		面1	6.8	6.8	1280	1000	顧客 手配						
浜松ホト ニクス	名称なし	20	0.7	0.48	線3	8	8	4096	64	1.25	25	0.64	0.64	1,311	20
				0.48						2.5	50	0.32	0.32	655	10

また、光学的分解能と画像分解能の比（光学分解能÷画像分解能）を計算した結果を表 3-2 に示す。

この表において、1 は対物レンズの光学分解能と撮像光学系を含む撮像素子の画像分解能がちょうどバランスしていることを示す。1 未満の場合、光学分解能に比べて画像分解能が大きいことすなわち、アンダーサンプリングの傾向にあることを示す。逆に、1 より大きい場合には光学分解能に比べて画像分解能が小さいこと、すなわち、オーバーサンプリングの傾向にあることを示す。

表 3-2 光学分解能/画像分解能比一覧

社名	NTT エレクトロニクス	オリンパス		セイコープレジジョン	ダイレクトコミュニケーションズ	ニコン		浜松ホトニクス		
システム	遠隔病理診断支援システム (Y)	OLMICO S/WX (X)	ScanScope	広領域画像高速取得顕微鏡	CLARO VASSAL 0	COOLSCOPE				
結像レンズ倍率	1.00	0.5		1.00	0.5	0.50	1.00	1.25	2.50	
対物レンズ倍率	1.25	0.82	0.32							
	2	0.65	0.25							
	4	0.66	0.25							
	5					0.43				
	10	0.65	0.25			0.42	0.57	1.14		
	20	0.70	0.29	0.42	0.60	0.28			0.75	1.50
	40	1.16	0.48		0.74	0.44	0.88	1.753		

4. 考察

4. 1 病理画像の分解能評価のあり方

病理画像は顕微鏡によって標本を光学的に拡大したものを画像センサーによってサンプリングし、デジタル化したものである。したがって、病理画像の分解能を評価するという事は、画像センサーの 1 画素が標本上のいくら面積に対応するかによってなされるべきである。しかし、従来はこうした観点から全くかけ離れた画像の画素数の多寡についてのみ議論されることが多かった。

一方、顕微鏡には対物レンズの開口数により決定される光学的分解能という拡大の限界がある。また、画像には撮像素子の画素数による画像情報量の限界が存在し、撮像素子で得られた画像をデジタル的に拡大しても情報量の増大はせず、画像はぼける一方である。

したがって、病理画像システムの画像について議論するためには、顕微鏡の

光学的分解能と撮像素子の画像分解能を正しく理解し、それぞれについて比較評価することが重要である。

もちろん、実際の光学的分解能は対物レンズの性能を活かせる照明系が組み合わせられて実現するものであり、例えば明るさ調整に照明系の絞りを用いたりすれば、レンズ性能を引き出せないこともありうる。

このような観点から見ると、病理画像システムの分解評価は、光学的分解能と、撮像素子の 1 画素が標本のいくらの面積をデジタル化したものかで行うべきであることが理解されよう。すなわち、対物レンズの開口数、倍率そして、撮像素子への結像レンズの倍率と撮像素子の画素ピッチによって病理画像システムの分解能は評価すべきなのである。

この立場からは、撮像素子の画素数は一回の撮影でデジタル化できる視野の広さを意味することになる。

したがって、病理画像システムの分解能を正しく比較評価できるようにするためにはその仕様書に、以下の項目を必ず記載すべきであると考えられる。

表 4-1 病理画像システムの仕様書に記載すべき分解能関連項目

番号	項目	内容
1	対物レンズの光学分解能に関する性能	①対物レンズの拡大倍率 ②対物レンズの開口数 (NA) ③対物レンズの分解能及びその計算式
2	撮像素子の画像分解に関する性能	①撮像素子カラー撮影方式 ②撮像素子の画素ピッチ ③撮像素子への結像レンズ拡大倍率 ④撮像素子への標本拡大倍率 (対物レンズ毎に) ⑤撮像素子 1 画素ピッチの標本上での距離 (対物レンズ毎に) ⑥画像分解能 (対物レンズ毎に)
3	撮像素子の撮影広さに関する性能	①画像撮影範囲の広さ (縦、横それぞれ、対物レンズ毎に)

4. 2 調査結果について

今回の調査結果によると、各社それぞれ画像分解能の設定には工夫の様子が窺える。

オリンパス OLMICOS/WX 及びダイレクトコミュニケーションズ CLARO VASSALO はアンダーサンプリングの設計となっている。光学的分解能と比較すると画像分解能は大きく、もっと画素ピッチの小さな撮像素子を使用すれば、画像の分解能はもっと向上する可能性が高い。

NTT エレクトロニクス、セイコープレジジョン、ニコン、浜松ホトニクス各社のシステムは光学分解能と画像分解能がほぼバランスするような設計となっている。全ての対物レンズで光学分解能と画像分解能をバランスさせることは原理的に不可能であるので、その比が 1 前後に落ちつくよう、設計値の設定をしたものとする。

4. 3 今後の課題

今回の調査結果によっても、顕微鏡画像システムにおける光学分解能と画像分解能の比がいくらであれば良いのかは、現時点では評価できていない。今後、複数の病理医にも参加を求め、光学分解能と画像分解能の比を変えた画像を評価し、病理に適した顕微鏡画像の評価を行う実証的研究が必要であるとする。

謝辞

本研究に当たり、表 2-1 に示す各社にデータを提供していただきました。本研究班班長の澤井高志岩手医科大学教授には本研究の機会を与えていただきました。心より感謝申し上げます。

参考文献

東福寺幾夫、土橋康成、菊池久和：テレパソロジーにおける顕微鏡画像のデジタル化と組織診の観察フローモデル化の検討、生体工学 Vol.41 No.4 別冊 pp.139-145、2003

付録 顕微鏡画像分解能調査票

平成 16 年 11 月

各位

顕微鏡画像の分解能調査協力をお願い

厚生労働省テレパソロジー研究班
班長 澤井高志 (岩手医科大学 教授)
研究分担者

東福寺幾夫 高崎健康福祉大学 教授)

拝啓 貴社益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。平素より、日本のテレパソロジー発展のためにご尽力いただき、感謝申し上げます。さて、従来テレパソロジーにおける画像の議論はとかく画像の多寡に終始することが多く、その質に関する本格的な議論は行われることなく終始してきております。これから、バーチャルスライドの本格的な市場導入も予測される昨今ですが、ここで病理画像に関して科学的議論と比較ができる土台を整備したいと思います。このための調査を平成 16 年度厚生労働省テレパソロジー研究班の調査研究の一環として実施いたします。

つきましては、貴社が病理領域で販売されております顕微鏡画像システムやテレパソロジーシステムについて別添の調査票にご記入いただき、ご返送いただきたく存じます。なお、この調査で得られた情報は、テレパソロジー研究班の報告に記載するとともに、関係学会での発表等学術目的に利用させていただきます。また、ご協力いただきました皆様には、報告書の送付という形で還元させていただきたいと考えております。何卒、ご協力のほど、お願い申し上げます。11 月 30 日までにご返送をお願いいたします。

敬具

返送先・お問い合わせ先

郵便番号 370-0033

群馬県高崎市中大類町 37-1

高崎健康福祉大学健康福祉学部医療福祉情報学科

東福寺幾夫

電話 027-352-1290

FAX 024-353-2055

E メール tofukuji@takasaki-u.ac.jp