

# 博士論文

バーチャルスライド作成装置の事業開発に関する研究

・ 遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築による製品の普及促進 ・

2015年5月

光産業創成大学院大学

光産業創成研究科

豊田 祐一

## 博士論文要旨

豊田 祐一

### バーチャルスライド作成装置の事業開発に関する研究

#### ・ 遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築による製品の普及促進 ・

本論文は、筆者が行ったバーチャルスライド作成装置に関する市場調査を中心にした事業開発の取り組みについて論じている。バーチャルスライド作成装置とは、顕微鏡ガラススライド上にある標本を高解像度で撮像してデジタル画像へと変換する装置のことである。癌の病理診断を業務とする病理医は日本においてその数が少なく、病理医が一人で診断をせざるを得ない場合があり、癌の診断精度や治療方針の決定において問題となっている。バーチャルスライド作成装置の登場により、遠隔から病理医が診断のサポートを行うことが可能となった。この技術を普及させることにより、病理医が少ないという現状の問題を補うことができると考えられる。そこで、本研究は、筆者の所属企業が製造しているバーチャルスライド作成装置を病理分野で広く普及させるための事業開発を行うことを目的とした。このため、本研究では、まず市場を調査し、次に市場のニーズから事業展開に必要な製品の仕様を確定し、さらに、それを市場に持ち込むことで新たな知見を得た。それらを踏まえ、次の事業展開の新規概念を提示し、その意義について議論した。

市場調査については、まず、学会などにおける一般顧客からの既存製品に関する意見聴取、営業担当者による担当顧客からの意見聴取を行った。このような方法をとったのはバーチャルスライド作成装置の市場の拡大に伴ってコンペチタが増加し、性能・機能面での差別化を図る必要性が出てきたためである。次に、市場調査の結果から、顧客が求めている性能や機能を確認し、製品仕様を決定して製品化を行った。この過程を踏むことで、顧客から収集した情報を製品に反映させることができ、コンペチタとの差別化を実現できた。しかし、開発した製品が高性能であるため高価格となり、予算が限られている施設は積極的に導入できないため、この過程を踏むだけでは、病理分野への普及には不十分であることが分かった。

次に、市場からのより一般的な意見を製品化に反映させるため、病理医が集まる学会でのアンケート調査を行い、その結果を製品化に取り入れた。アンケートの結果、一人で診

断を行っている病理医（一人病理医）はバーチャルスライドを遠隔病理コンサルテーション用途で使用している割合が一番多いこと、装置所有の有無や病院施設内の病理医の人数に限らず、診断が難しい症例が出た場合のコンサルテーション先を施設外部に求めていることが判明した。これらのアンケートの結果から、病理医、特に地方の中小病院に勤務する一人病理医は診断について不安を抱えることがあり、遠隔病理コンサルテーションを望んでいるが、相談先は限られており、バーチャルスライドがコンサルテーションに有効活用されていないことが実情であると推察された。一人病理医に対するインタビューでも、この推論を支持する結果が得られた。これらの病理医の実情についての新しい知見に基づいて、新たに開発する遠隔病理コンサルテーション向けの装置の仕様を、診断に影響がないように画質はこれまでの装置と同性能を維持しつつ、予算が限られている地方の中小病院においても購入ができるように、機能を抑えることでリーズナブルな価格として、製品化を行った。この結果、様々な施設、特に中小病院などからのデモなどの引き合いが増えつつあり、バーチャルスライド作成装置を広く普及させるために事業開発を行うという本論文の目的に対して、このアプローチが有効であることを確認できた。

さらに、市場調査で判明した遠隔病理コンサルテーションの要望に基づいて事業開発を推進するため、バーチャルスライドを利用した病理医間のコンサルテーションネットワークの構築について、イノベーション研究の手法を用いて検証した。遠隔病理コンサルテーションでは病理医同士のネットワーク化が重要であり、インターネットを介して遠隔地と情報をやり取りできるバーチャルスライド技術は、病理医間のネットワーク構築に役立つとともに、ネットワーク構築を通じてバーチャルスライド作成装置の普及が期待できる。検証の結果、ネットワーク構築の課題に対して、予想されるリスクの回避や、コンサルテーションを受けるといった共創経験の蓄積の利用など、一般的なイノベーションの先行研究の考え方を適用できることがわかった。具体的には、明確化された課題を解決へ導くことにより、小さな地域単位におけるコンサルテーションネットワークの構築から、全国単位の大きなネットワークへと広げることができる可能性を見出すことができた。

これらの研究成果を踏まえて、遠隔病理コンサルテーション向けのバーチャルスライド作成装置の開発が、装置の病理分野での普及実現に向けた最善の事業展開になると結論づけた。なぜなら、このような製品が、病理分野のニーズを最も的確にとらえた製品だからである。このような製品を有力なツールとした遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築による様々な専門分野を持つ病理医のネットワークへの参加が、さらなるネットワ

ークに参加する病理医の増加を喚起する好循環が生まれると期待できる。遠隔病理コンサルテーションネットワークの広がりによるバーチャルスライド事業拡大による光産業創成の先には、病理診断の精度向上、医療の地域格差の解消、医療費の削減が期待できる。

## Abstract

A study on business development of virtual slide scanner

- Promotion and spread of the products by telepathology consultation  
networking -

Yuichi Toyoda

This thesis discusses my business development activities mainly of marketing research about a virtual slide scanner. The virtual slide scanner is an apparatus that captures a tissue slice on a slide glass of an optical microscope at high resolution and converts the obtained image to digital data. The shortage of pathologists, who investigate tissue slices of patients to make cancer diagnoses, poses a serious problem in Japan because many of the pathologists make diagnosis alone and thus are concerned about their diagnostic accuracy that directly influence subsequent cancer treatment plans. The advent of the virtual slide scanner has allowed pathologists to support diagnosis from remote sites. The spread of the virtual slide technology would resolve the current problem of pathological diagnosis. Based on this point of view, the purpose of this study was defined as developing the business related to the virtual slide scanner in order to spread the virtual slide scanner products manufactured by my company, widely in pathology field. For this purpose, this study was conducted by repeating the following steps: researching the market, making a determination of the product specifications for market-oriented business development, and then acquiring new knowledge by placing the actual products on the market. On the basis of the acquired knowledge, a new concept of business development was presented and its meaning was discussed.

As regards marketing research, I collected opinions about the products from general customers at academic society meetings. I also collected the opinions from our product users through the intermediary of respective sales staff in charge. I collected such opinions because we needed to differentiate our product from competitor's products which increased by expansion of the market. Then, I determined necessary

specifications of the product from the survey and my colleagues manufactured a new product that included the specifications. Although I made use of the collected opinions to manufacture the new product, which succeeded in being differentiated from competitor's products, the product did not sell so much. The high price, which came with its high performance, discouraged medical facilities with limited budget from purchasing the product. As the result, this approach alone was insufficient for spread of the product in the pathology field.

After that, we employed the results of a questionnaire survey which was carried out for pathologists at the academic conferences to reflect the general opinions from related market to product development. As a result of the research, the two following facts became obvious: first, the most use of the virtual slide by pathologists working alone was for telepathology consultation; second, outside consultations were often obtained with difficult cases, whether or not having the product and regardless of the number of pathologists in hospital. According to these facts, we inferred that pathologists, especially who worked alone at local small-to-medium-size hospitals, sometimes expressed anxiety over diagnosing cancer and thus telepathology consultation was highly demanded. Despite this, consulting other facilities appeared to be difficult and the virtual slide was not effectively used. The results of interviews with pathologists working alone substantiated this inference. The specification of a new product specialized for telepathology consultation was determined based on new knowledge related to the current situation of pathologists. The new product maintained the quality of its image like previous products not to affect the diagnosis but reduced functions so that the price of new one could be set reasonable for small-to-medium-size hospitals whose budgets are limited to purchase it. After releasing the new product, increasing are inquiries about demonstration from many facilities especially small-to-medium-size hospitals. Consequently, it was confirmed that this approach was effective for the purpose of this study, i.e. developing business to spread the virtual slide scanner in the pathology field.

Next, to promote business development based on the demand for telepathology consultation that became obvious by the marketing research, we verified the method for

construction of consultation network between pathologists using the virtual slide, based on previous studies related to innovation. It is important for telepathology consultations to a network between pathologists. The virtual slide technology, which enables pathologists to exchange diagnostic information between distant places through the internet, helps in construction of network between pathologists. Vice versa, the construction of the network is expected to contribute the spread of the virtual slide scanner. As a result of the literature studies, it became certain that the methods presented by the previous general innovation studies were useful to construct the network, e.g. evasions of expected risks and uses of an accumulation of co-creation experiences to obtain telepathology consultations. Eventually, I found the possibility to spread the consultation network from a small regional one to a nationwide scale by resolving the clarified issues.

Based on the results described, finally I concluded that the development of the apparatus specialized for telepathology consultation is the best business development strategy for the spread of virtual slide scanner products in the pathology field. This is because such a product reflects most precisely the needs of the pathology field. Increased participation of pathologists with various specialized fields in the network is expected to promote further participation of pathologists. Expanding the virtual slide scanner business, which creates a new photonics industry, will improve the pathological diagnosis accuracy, reduce the regional disparity in health care, and curb the rise in medical care cost.

# 目次

第1章	はじめに	1
1-1	本論文の目的	1
1-2	バーチャルスライド	1
1-3	本論文の構成	2
第2章	本研究の背景	5
2-1	社会的背景	5
2-1-1	病理医の業務と役割	5
2-1-2	日本では病理医が不足している	6
2-1-3	病理医の人数に地域差が存在する	8
2-1-4	一人病理医が多い	10
2-2	技術的背景	12
2-2-1	テレパソロジー（遠隔病理診断）	12
2-2-2	日本におけるテレパソロジーの歴史	13
2-2-3	リアルタイム方式テレパソロジーシステムの開発とその問題点	14
2-2-4	リアルタイム方式からバーチャルスライド技術への発展	15
2-2-5	所属企業におけるバーチャルスライド作成装置の開発	16
2-2-6	所属企業における製品化の経緯	22
2-3	厚生労働省の支援事業	24
2-4	バーチャルスライド技術が医療分野にもたらした価値	25
2-5	第2章まとめ	34
第2章	参考文献	35
第3章	顧客を対象にした市場調査による事業開発	37
3-1	顧客からの情報収集	37
3-2	顧客意見の反映：スキャンスピードの向上	39
3-3	顧客意見の反映：ダイナミックプレフォーカス機能	40
3-4	顧客意見の反映：フォーカス判定機能	41
3-5	顧客意見の反映：オートキャリブレーション機能	42
3-6	顧客意見を反映した製品とコンペチタ製品との機能・性能比較	43



3-7	顧客意見の反映：より操作性の良いビューアー.....	44
3-8	第3章まとめ.....	46
	第3章 参考文献.....	47
第4章	病理医の現状調査による事業開発.....	48
4-1	学会におけるアンケート調査.....	48
4-1-1	施設内病理医の人数.....	48
4-1-2	施設におけるバーチャルスライドの用途.....	49
4-1-3	診断が難しい症例が出た場合のコンサルテーション先.....	50
4-2	一人病理医は遠隔病理コンサルテーションを求めている.....	52
4-3	遠隔病理コンサルテーション向けの装置による事業開発.....	54
4-4	第4章まとめ.....	57
	第4章 参考文献.....	58
第5章	コンサルテーションネットワーク構築による事業開発.....	59
5-1	施設間の見えない壁.....	59
5-2	遠隔病理診断ネットワークの例（滋賀県）.....	60
5-3	機器の普及により、ネットワーク構築のハードルを越える.....	61
5-4	患者情報の取り扱い.....	62
5-5	ビジネスとして成立させる際の課題.....	63
5-6	イノベーションの先行研究に基づいた検討.....	64
5-7	第5章まとめ.....	73
	第5章 参考文献.....	74
第6章	本論文のまとめと今後の課題.....	75
6-1	本論文のまとめ.....	75
6-2	今後の課題と展開.....	77
6-2-1	遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築.....	77
6-2-2	プライマリ・ケアへの対応.....	78
6-2-3	顧客コミュニティの応用.....	79
6-3	本論文における産業創成.....	79
	第6章 参考文献.....	81

図表一覧 .....	82
謝辞 .....	84
業績目録 .....	86

# 第1章 はじめに

## 1-1 本論文の目的

本論文は、筆者の所属する企業の製品であるバーチャルスライド作成装置を病理分野で広く普及させるために、バーチャルスライドに関する事業開発を行うことを目的とする。筆者は、所属企業において、バーチャルスライド作成装置を広く普及させ、装置の拡販による売り上げ増加へとつなげることを任務としている。また、現在の日本の課題となっている病理医不足の問題に対して、バーチャルスライドに関する事業開発を通して社会貢献したいという思いから、この目的を設定した。

この目的のため、市場を調査し、市場のニーズから事業展開に必要な製品の仕様を確定し、それを市場に持ち込むことで新たに得られる知見から、さらに次の事業展開の新規概念を提示し、その意義について議論することを本研究の取り組みとした。

## 1-2 バーチャルスライド

本論文で扱っているバーチャルスライドとは、顕微鏡ガラススライド上にある標本を高解像度で撮像してデジタル画像へと変換したものである。標本のデジタル画像はパソコンに保存され、専用のビューアソフトを用いることにより、モニタ画面上で顕微鏡のように任意の位置を観察したり、拡大・縮小したりすることができる。図 1-1 はバーチャルスライドの概念図である。

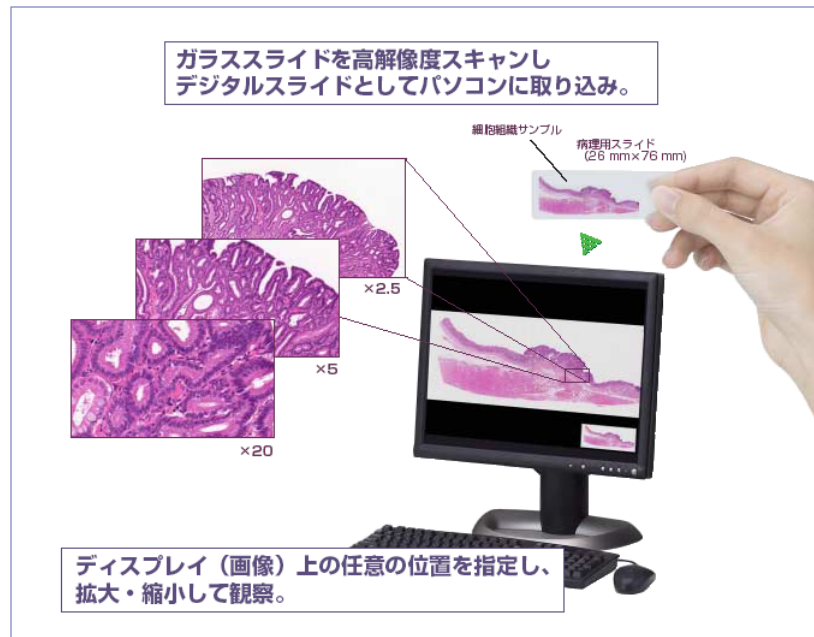


図 1-1 バーチャルスライドの概念図

図中の「デジタルスライド」はデジタル画像を意味する

### 1-3 本論文の構成

第1章では、「はじめに」として、本論文の目的および構成について述べている。

第2章では、本研究の背景について述べる。まず社会的背景として、病理医の業務と役割、病理医不足の問題、一人病理医の現状について述べる。病理医が行う病理診断業務の重要性と、癌診断を担う病理医は日本においてその数が少なく、病院施設において診断業務を一人だけで担っている病理医も多いことを指摘する。次に技術的背景として、リアルタイム方式テレパソロジーシステムからバーチャルスライドシステムへの技術発展の経緯を記述する。病理医が不足しているという問題に対して、従来、病理医がいない施設では遠隔から診断を行うテレパソロジー（遠隔病理診断）が行われてきたが、遠隔から顕微鏡を操作するリアルタイム方式のテレパソロジーシステムでは問題点があったことを指摘し、バーチャルスライド技術は従来の問題点を解決できることを述べる。また、本研究開始までに製品化された様々なバーチャルスライド作成装置について記述する。さらに、バーチャルスライド技術が医療分野に新たな価値をもたらしてきたことについて述べる。

第3章では、顧客の要望を反映させた新技術によりバーチャルスライド作成装置を差別化した取り組みについて記述する。学会・研究会などにて顧客から既存製品について意見

を伺う方法と営業から担当顧客の意見を情報収集する方法で市場調査を行い、その結果を分析して顧客が求めている性能や機能を確認し、さらにそれらの要望を反映したスペックを製品化するまでの一連のプロセスを筆者自身が実践し、性能・機能面でコンペチタとの差別化を図ったことについて述べる。

第4章では、市場からのより一般的な意見を抽出・分析できるアンケート調査とインタビューに基づいた製品化の取り組みについて記述する。調査によって明らかにされた遠隔病理コンサルテーションに関する病理医の実情と、その知見に基づいた遠隔病理コンサルテーション向けバーチャルスライド作成装置の製品化について述べ、このような製品化アプローチの有効性について議論する。

第5章では、遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築の可能性についてイノベーションの先行研究に基づいて議論する。施設間に見えない壁がある日本の医療界においても、バーチャルスライド技術を利用することにより、病理医が他の施設の病理医と気軽に相談することができる遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築できる可能性について論じる。

最後の第6章において、本研究を総括し結論を述べるとともに、今後の課題と展開について述べる。

以上、全6章からなる本論文の構成を図 1-2 にまとめる。

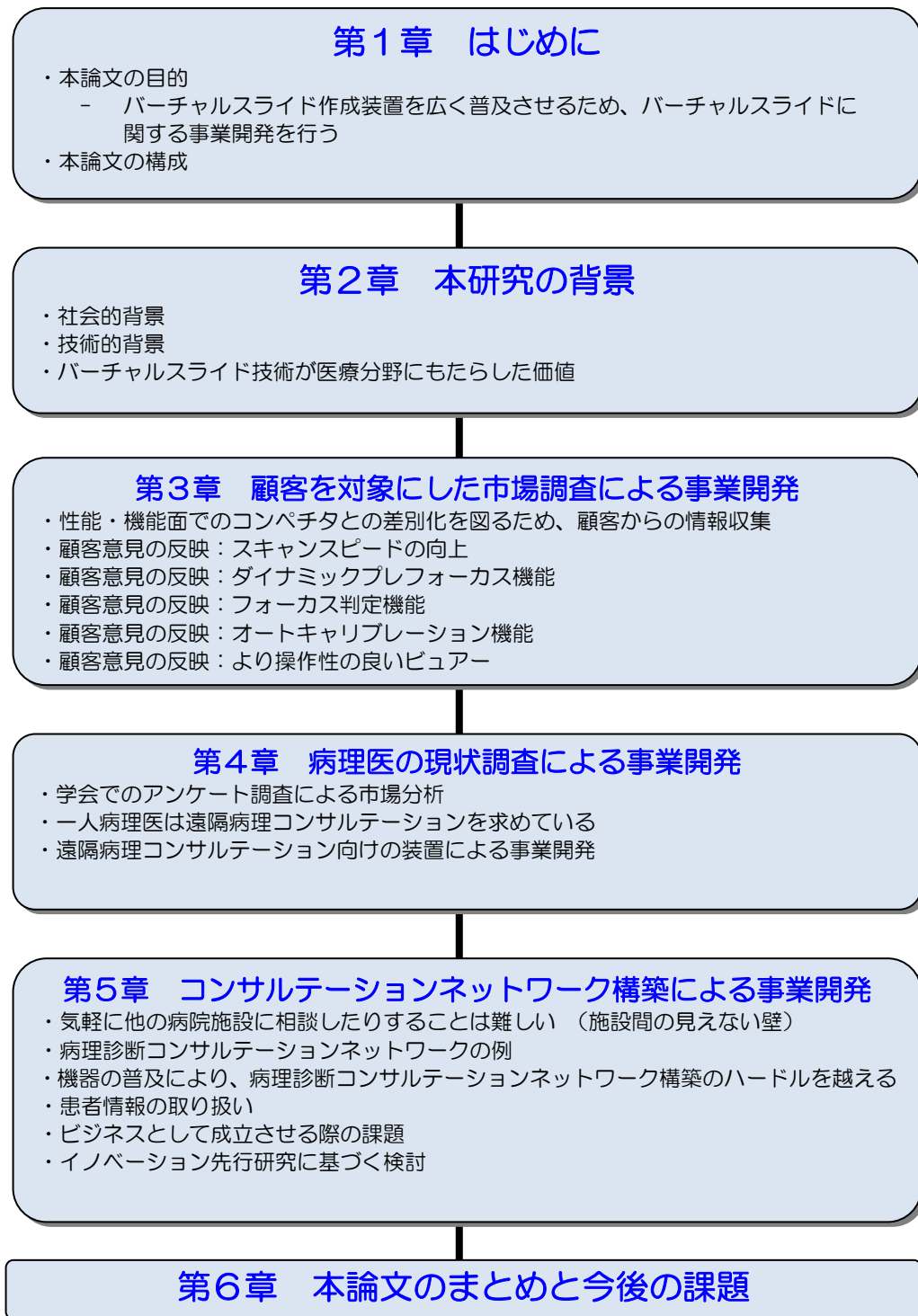


図 1-2 本論文の構成図

## 第2章 本研究の背景

バーチャルスライド技術が必要とされる社会的背景として、日本では病理医が不足しているという問題が存在する。本章では、病理医が不足していることにより、病理医が不在の施設や、病理医が一人しかいない施設が多いことを解説する。また、技術的背景として、バーチャルスライド技術の先行技術であるリアルタイム方式テレパソロジーシステムと、本研究開始以前に製品化されたバーチャルスライド作成装置について解説する。さらに、バーチャルスライド技術が医療の分野にどのような価値をもたらしてきたかについて解説する。

### 2-1 社会的背景

#### 2-1-1 病理医の業務と役割

病院では、適切な治療のために正確な診断を行う必要がある。病気の診断は様々な手法があり、医師による診察だけでなく、各種の検査、レントゲン、CT、MRI、PETなどが行われる場合がある。これらの検査により、癌の疑いと診断されたとしても確定診断ではなく、患者から病変の組織や細胞の一部を採取して、特定の資格を持った病理専門医（以下、病理医）が顕微鏡で観察することで癌の確定診断となる。この病理医が行う医療業務は病理診断と呼ばれ、癌の正確な治療方針を決めるために重要な業務となっている。

日本病理学会のホームページでは、病理診断には以下のようなものがあると紹介されている[1]

- ・ 細胞診断
- ・ 生検組織診断
- ・ 手術で摘出された臓器・組織の診断
- ・ 手術中の迅速診断
- ・ 病理解剖

これらの病理診断の結果は主治医に報告され、その後の治療方針の決定に活かされる（図2-1）。



図 2-1 病理診断について[1]

(日本病理学会ホームページより引用)

### 2-1-2 日本では病理医が不足している

癌の診断は特定の資格を持った病理医が顕微鏡で患者の組織を見て診断するものであり、一人前の病理医に育つまでに長年の経験が必要である。また、病理医は患者に直接接する機会がないことから、医師の関与していない検査部門の一つと誤解されてきた歴史的経緯もあり、一般的な認知度は高いとは言えず、ともすれば医療における重要性が軽視されがちであった[2]。

このような状況下で、病理学を志す医師を十分確保することは難しく、病理診断を担う病理医は慢性的に不足している状態[2]である。現在、医療業界では小児科医、産婦人科医、麻酔医の不足が問題になっているが、病理医の数はこれらの医師よりもっと少ないのが現状である。2008年に日本医師会が全国の5,540病院を対象に行った実態調査[3]において、図2-2に示すように、不足している医師は産婦人科(2位)や救急科(3位)を抑えて、病理医が1位という結果であった[2]。

ちなみに、日本病理学会ホームページに公開されている学会が認定する日本における病理医の人数は2,276名(2015年2月1日現在)である[4]。



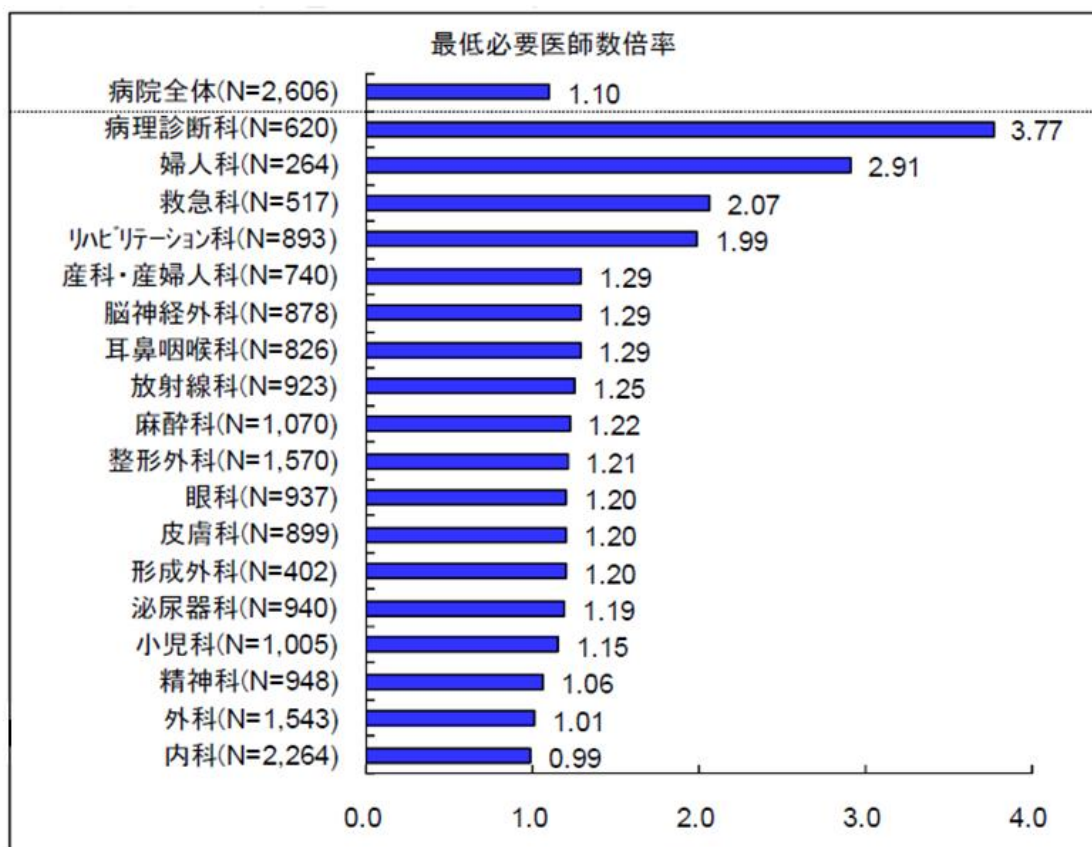


図 2-2 医師確保のための実態調査[3]

最低必要医師数倍率＝必要医師数÷（常勤医師数＋非常勤医師の常勤換算数）  
（社団法人日本医師会 2008 より引用）

また、全国にある「がん診療連携拠点病院」381施設中、53病院（約14%）の病院で常勤の病理医が不在というデータがある[2]。図 2-3に厚生労働省のホームページで公開されている「がん診療連携拠点病院」の概要図を引用する。「がん診療連携拠点病院」とは、図 2-3においてその役割として記載されているように、全国どこでも質の高いがん医療を提供することができるように指定された病院施設であり、専門的ながん医療の提供、地域のがん診療の連携協力体制の構築、がん患者に対する相談支援及び情報提供等を行っている施設である[5]。このようながん診療に重要な役割を担っている「がん診療連携拠点病院」においてさえも、常勤の病理医が不在の施設があるという事態は、病理医不足の深刻さを示していると言える。

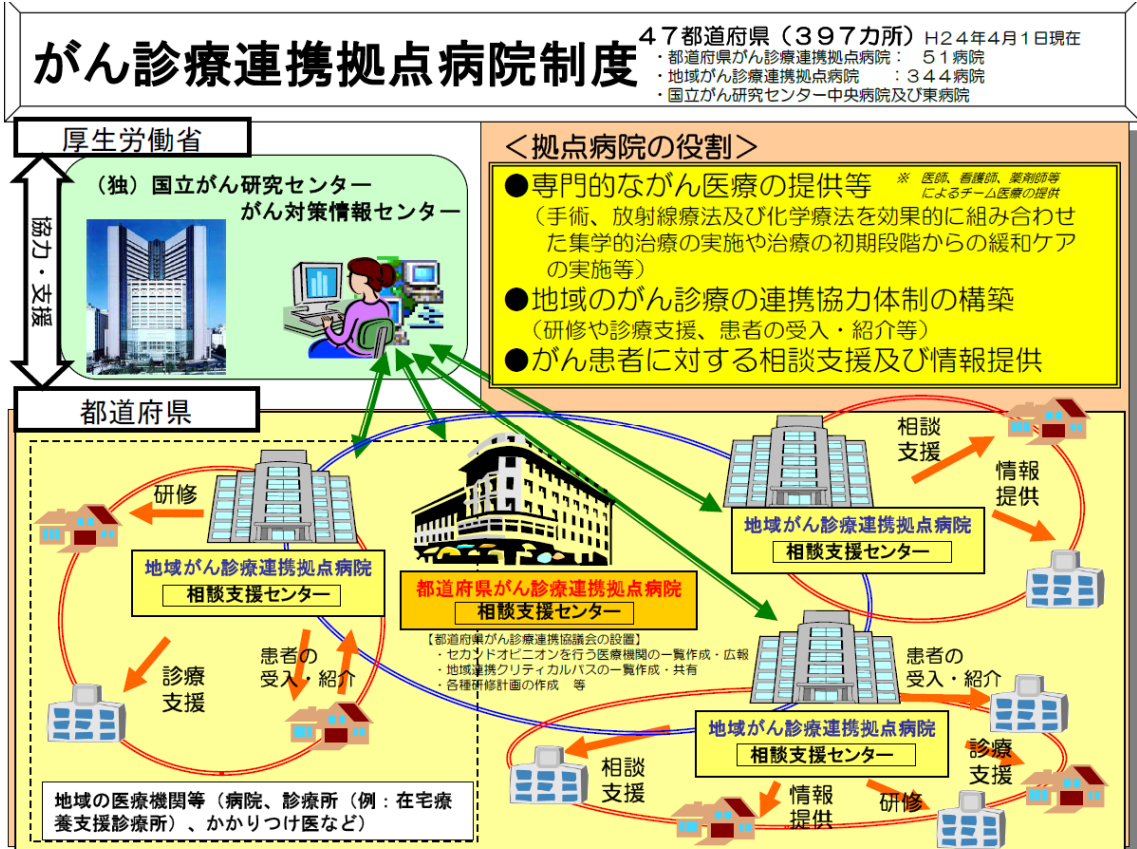


図 2-3 がん診療連携拠点病院[5]  
(厚生労働省ホームページより引用)

**2-1-3 病理医の人数に地域差が存在する**

地域によって医師の人数が異なるという医療の地域格差の問題が病理の世界においても生じている。人口 10 万人あたりで比較すると、病理医の最も少ない県は福井県、ついで三重県であり、全国平均の約半分と報告されている[6] (図 2-4)。これらの県は、病理医の最も多い石川県や東京都との間に 4 倍の格差がある。さらに、表 2-1 に示すように、上述したがん診療連携拠点病院における常勤病理医の数においても地域差が存在する[6]。地域全体のがん診療連携拠点病院数の中で常勤病理医がいない病院が占める割合(不在率)は、地方ブロック間で差異があり、東北や西日本で高い傾向がある。また、がん診療連携拠点病院は多いが常勤病理専門医不在病院も多いため不在率が高い九州など、地域による特徴がみられる(表 2-1)。

➤ 地域分布:2129名 (男:女 1755:374)

2012年3月現在

福岡	94	鳥取	12	滋賀	24	富山	23	北海道	103
佐賀	10	島根	12	京都	53	石川	40	青森	23
長崎	25	岡山	39	大阪	151	福井	8	岩手	18
熊本	20	広島	32	兵庫	81	長野	36	宮城	36
大分	15	山口	22	奈良	23	岐阜	32	秋田	20
宮崎	17	徳島	16	和歌山	11	静岡	49	山形	20
鹿児島	29	香川	20			愛知	108	福島	25
沖縄	22	愛媛	21			三重	18	新潟	31
		高知	15						
						茨城	31		
						栃木	32		
						群馬	30		
						埼玉	82		
						千葉	88		
						東京	382		
						神奈川	128		
						山梨	12		

図 2-4 病理医の地域分布[6]

(厚生労働省：専門医の在り方に関する検討会（第7回）2012年より引用)

表 2-1 がん診療連携拠点病院数の中で常勤病理医不在病院が占める割合[6]

(厚生労働省：専門医の在り方に関する検討会（第7回）2012年より引用)

	がん診療連携 拠点病院数	常勤病理専門医 不在病院	不在率 (%)
北海道	20	2	10
東北	43	9	21
関東	75	5	7
中部	68	7	10
近畿	60	9	15
中国	35	6	17
四国	19	1	5
九州	52	9	17
<b>病理合計</b>	<b>372</b>	<b>48</b>	<b>13</b>
放射線科	372	11	3
麻酔科	372	25	7
婦人科	372	30	8

平成21年9.1 厚生労働省調査

癌の診断に関して、病理医が不在の施設では、大学などから医師を派遣してもらったり、非常勤の病理医を雇ったり、検査会社への外注により診断が運用されていることが多い。中には病理診断そのものを行わず、外科医の判断で手術を行うケースもあるが、診断精度の向上という意味では、病理医の常勤が望まれている。

#### 2-1-4 一人病理医が多い

常勤の病理医がいない施設が多いという問題以外に、病理医が一人しかいない施設も非常に多いことが報告されている。以後、癌の診断などを施設内において一人で任されている病理医を一人病理医と本論文では記す。

表 2-2 は、日本病理学会の認定病院・登録施設において、約 50%の施設において病理医が一人の状態であるとするデータである[7]。以下、そのデータの発表における資料から引用する。

《・現状で日本病理学会認定病院の半数が一人病理医であり、登録施設では 95%近くの施設が病理医不在もしくは一人病理医状態である。

・認定病院と登録施設は、多くの部分で厚労省臨床研修指定病院を重なるものと思われるが、そのほぼ 70%の施設が病理医不在もしくは一人病理医状態である。

→これらの施設への病理医供給は、我が国の医学教育（卒後教育）および医療の安全性の観点から、焦眉の急と考えねばならない。》

また、図 2-5 に示した別の先行研究では、平成 22 年（2010 年）に大学・大学病院 125 施設、日本病理学会認定病院 147 施設、合計 272 施設に対して病理医の状況を調査したアンケートを行い、35%を超える 97 施設で常勤病理医が 1 人、もしくは不在という結果であったという報告がある[8]。平成 10 年のデータである先行研究[7]と比較すると、平成 22 年には一人病理医の割合が 50%から 35%と下がり、一見、病理医不足が年々解消されているように推察される。しかし、先行研究[7]のデータは日本病理学会の認定病院・登録施設が対象であり、先行研究[8]のデータはそれらに大学・大学病院が加わっている。大学・大学病院のような規模が大きな病院ほど医師の数が多いと考えると、全国の病院施設における一人病理医に関しては、どちらの先行研究もほぼ同じ割合であるかもしれない。病理医全

体の人数がなかなか増えないという状況を考えると、一人病理医の比率は現在もほとんど変わらないのではないかと推測される。

表 2-2 日本病理学会認定病院・登録施設における常勤病理医数[7]

(日本病理学会拡大将来構想計画委員会 2003 年より引用)

常勤病理医数/病床数	400以下	401～500	501～600	601～700	701～800	801以上	比率(%)
0	41	16	9	2	0	1	17.1
1	66	66	31	28	14	12	53.7
2	10	12	16	18	14	10	19.8
3	6	4	3	4	1	4	5.4
4以上	2	4	2	1	1	6	4.0

N=404

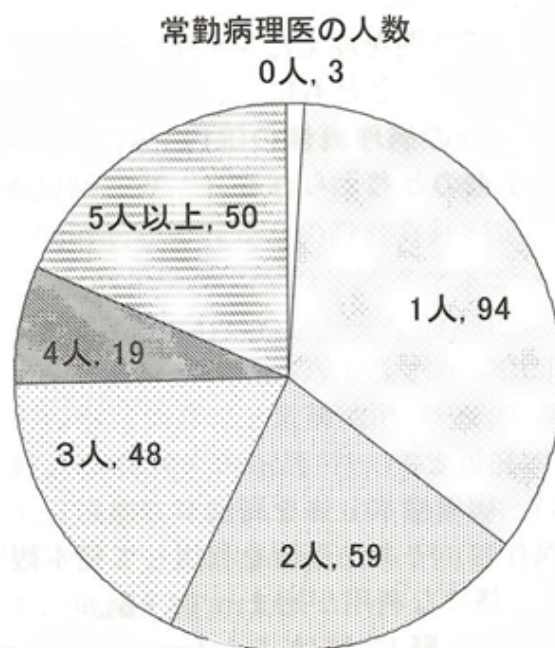


図 2-5 病理部門の人数体制[8]

(バーチャルスライドの利用と標準化に関する調査報告 2010 年より引用)

## 2-2 技術的背景

### 2-2-1 テレパソロジー（遠隔病理診断）

テレパソロジーとは、データ通信テクノロジーを使用して高画質な病理学データを遠隔地間でやり取りし、診断、教育、研究を目的とした遠隔医療と病理学の分野である[9]。一般的に、標準的な電話回線、WAN、LAN を利用して行われる。テレパソロジーを通して、画像は他の病院や世界中の他の地域へ送ることができる。

日本におけるテレパソロジーの定義に関して、日本テレパソロジー・バーチャルマイクロコピー研究会 HP[10]の内容を引用する。

《テレパソロジー（telepathology:遠隔病理診断）とは、画像を中心とした病理情報を電子化し、種々の情報回線を通じて他地点に伝送し、空間的に離れた2地点、または多地点間で、狭義には病理組織や細胞診の診断およびコンサルテーションを、広義には診断のみならず、教育、研修、学会活動など、病理の諸活動を行うことを言う。》

テレパソロジーは病理診断が必要な時に、近くに病理診断科がない場合や、または病理医がいない場合に行われるものであり、術中迅速診断を含む病理組織診断、細胞診断、移植医療、コンサルテーション、病理カンファレンス、医療支援などがテレパソロジーの分野に含まれる[11]。

テレパソロジーの中でも特に術中迅速診断は重要であり、外科手術や内視鏡手術時に患者の組織を採取して、顕微鏡により癌の病変部の性質や良性・悪性の診断を行ったり、手術による転移や病変部の取り残しがないかについて調べる病理診断である。術中迅速診断は主に4つの目的で行われる。①主病変の診断、②手術断端部での腫瘍組織の有無の診断、③リンパ節転移の有無の診断、④偶発病変の診断、である[11]。

術中迅速診断は手術の精度保証には不可欠であるため、日常の医療活動のなかで執刀医の術中迅速診断への要求度は高い[11]。本章の2-1節で述べたような病理医の絶対数の不足と地域的偏在の問題があることから、テレパソロジーによる術中迅速診断である遠隔術中迅速診断の重要度が増している。2000年4月より、テレパソロジーでの迅速病理診断は診療報酬の保険点数請求が可能となったことから、その重要度がうかがえる。

## 2-2-2 日本におけるテレパソロジーの歴史

世界で最初に行われたテレパソロジーの実験は、慶應義塾大学の坂口教授が1983年慶應義塾大学と八王子の病院を結んで行ったものという報告[12]がある。その後、1991年の第23回医学会総会で京都府立医大が、日本海側にある与謝の海病院と結んでテレパソロジーのデモを行った。続いて、国立がんセンターが本院と柏にある東病院、山形大学が医学部と附属病院を結んで光ファイバーを用いて実施している[12]など、様々な病院施設間で実証実験や日常業務としてテレパソロジーが行われている。日本におけるテレパソロジーの歴史をまとめたものを表2-3に示す。このように、日本は世界に先駆けて、テレパソロジーの研究が進められてきた。

表 2-3 日本におけるテレパソロジーの歴史[12]  
(澤井高志, テレパソロジーの企画にあたって より引用)

1983.	アナログ公衆回線/NTSC 方式	慶應義塾大学
1990. 4～	光ファイバー/HDTV システム (学内迅速診断)	山形大学
1990. 10～	アナログ公衆回線/NTSC 方式 (移植の consultation)	広島大学
1991. 3～	ISDN64/HDTV (地域医療)	京都府立医大 – 与謝の海病院
1991. 4～	ISDN64/HDTV (実験)	京都府立医大 – 与謝の海病院
1992. 5～	光ファイバー/HDTV	仙台国際会議場 – 仙台市立病院
1994. 9～	ISDN64/NTSC (地域医療)	東北大学病理部 – 公立気仙沼総合病院
1997. 6～	ISDN64/パソコン (地域医療)	東北大学病理部 – 女川町立病院
1998. 1～	ISDN64/パソコン (地域医療)	東北大学病理部 – 石巻市立病院

### 2-2-3 リアルタイム方式テレパソロジーシステムの開発とその問題点

テレパソロジーシステムは主に3つのタイプ（静止画方式のシステム、リアルタイム方式のシステム、バーチャルスライドシステム）に分けられる[9]。静止画方式のシステムは、もともと手頃で最も広範囲な条件で使用可能なものであるが、顕微鏡の選択領域しか画像を得ることができないという重大な欠点がある。それに対して、リアルタイム方式のシステムとバーチャルスライドシステムは、病理医が標本全体を観察することができる。リアルタイム方式のシステムでは、観察者は遠隔地にある顕微鏡のフォーカス、照明、倍率、視野を自由に変えて操作することができる[9]。

筆者の所属企業は電動顕微鏡にデジタルカメラを搭載して、遠隔から顕微鏡を操作して画像を取得するリアルタイム方式のテレパソロジーシステムを共同開発し、2001年頃より病院間でテレパソロジーの実験を行ってきた[13]。筆者はテレパソロジーシステムの装置の改良、大学・病院での実証実験に携わった。所属企業の製品である高性能カメラを搭載し、研究目的として開発されたシステムの外観と画面を図 2-6 に示す。

遠隔から顕微鏡を操作するリアルタイム方式のシステムであるため、診断時において、まずは低倍率の対物レンズを用いて、スライドガラス上の標本全体の画像を取得する。その後、見たい部位を高倍率の対物レンズへ切り替えて観察する。観察部位ソフトウェアの画面上では、お互いの顔が見え、音声のやり取りを行うことができる。これは、病理診断を行う場合、標本は複数枚作製されることが多く、顕微鏡側の人は遠隔からの観察者の指示により、標本が乗ったスライドガラスを入れ替える作業を行いながら、意思疎通を図るためである。場合によっては、一度観察した標本を確認するため、もう一度顕微鏡上に戻す必要もある。





図 2-6 リアルタイム方式テレパソロジーシステムの外観と画面

日本においてテレパソロジーが初めて行われた1983年当時はアナログ電話回線を通信に使用していたが、その後の通信技術の発展に伴い、デジタル電話回線、衛星通信、光ファイバーと高速化が図られ、更にインターネットの普及によりコスト面でも良い条件が整ってきている[14]。顕微鏡画像の取得方式においてはアナログカメラからデジタルカメラに進歩し、画質や解像度も格段に向上してきた。

しかし、リアルタイム方式のシステムは遠隔にある顕微鏡のステージの移動、対物レンズの選択・変更、フォーカス調整などを観察者が通信回線を通じて行うため、目の前にある顕微鏡と比べればどうしても操作性は劣り、また遠隔地では装置を現場でサポートする技師も必要であった。忙しい病理医や技師にとって、リアルタイム方式のシステムを用いてテレパソロジーによる診断を行うことの負担は軽いものではなかった。また、装置が非常に高価であり、評価用として使用していただける施設はあったが、購入して運用するまでに至る施設は少なかった。この当時のリアルタイム方式のシステムは費用対効果が少なかったため、製品化には至らなかった。

#### 2-2-4 リアルタイム方式からバーチャルスライド技術への発展

リアルタイム方式のテレパソロジーシステムから発展形として、バーチャルスライド技術がうまれてきた。1997年に「Virtual microscope」という名称で、ガラススライド上の

サンプル全体を観察に必要な解像度で、すべてデジタル化するという概念が提案された[14, 15]。これは、リアルタイム方式のテレパソロジーシステムとは異なり、ガラススライドを前もってデジタル化しコンピュータの記憶装置へ格納することで、観察者は物理的な顕微鏡やサンプル無しで、コンピュータ画面上で自由に倍率を変えたり、観察部位を移動させたりして、あたかも顕微鏡を操作するように観察できるようにするものである。しかし、サンプル全体を高い解像度でデジタル化するためには莫大な記憶領域が必要で、またデジタル化するまでに長い時間を要したため、研究の域を出て実用化されるためには、コンピュータ技術の発展を待たなければならなかった[14]。単純に顕微鏡にデジタルカメラを付けて、拡大画像を一画面ずつ取得して並べることで、バーチャルスライドを作成することは可能である。実際、筆者はリアルタイム方式のシステムを用いてバーチャルスライドの作成を試みたが、1枚のサンプルをデジタル化するまでに数時間を要し、またサンプルの大きさによってはコンピュータの記憶領域に保存しきれないデータ容量となってしまった。

しかし、上記のようなバーチャルスライドシステムの技術的な課題があったとしても、リアルタイム方式のシステムで問題となっていたいくつかの点がバーチャルスライドシステムを用いることにより解決されることはわかっていた。リアルタイム方式のシステムの場合、サンプルスライドの乗せ換えなど、遠隔の電動顕微鏡操作を技師がサポートする必要があったが、バーチャルスライドシステムではその必要が無くなる可能性があった。また、操作性に関しては、リアルタイム方式のシステムの場合、観察者の操作命令から遠隔地の顕微鏡が動作して画像を取得し、そのデータを転送するという一連の流れを観察者は遅く感じていたが、バーチャルスライドシステムではすでに画像データをすべて取得済みであるため、見たい領域の画像をネットワークで転送するだけで良いという速い流れとなる。バーチャルスライドシステムはリアルタイム方式のシステムよりも優れた点が多く、その応用も多いことから、バーチャルスライドを作成する装置の開発へ向かうのは当然の流れであった。

#### **2-2-5 所属企業におけるバーチャルスライド作成装置の開発**

筆者の所属企業はリアルタイム方式のテレパソロジーシステムに代わり、バーチャルスライドを作成する装置である NanoZoomer®という製品を開発した。筆者はリアルタイム方式テレパソロジーシステムにおいて、製品仕様の決定と使用現場での評価を担当してきた

が、バーチャルスライド作成装置の開発においては、引き続き仕様の決定と、技術調査や市場調査を行い、ユーザーが求めている機能を製品に反映させることを担当してきた。装置は 2005 年に製品化され、筆者の関与は売り上げに貢献している。

本論文中で使われている NanoZoomer<sup>®</sup>は、浜松ホトニクス株式会社の商標である。本章 2-2-5 節と 2-2-6 節の図に使用している画像は、浜松ホトニクス株式会社ホームページ、または資料からの引用である。

開発された装置は、以下の 5 つの技術・機能を特長として有する。

#### ① TDI 方式によるスキャン

標本スライドのスキャン原理は、一般的なスライドスキャナで採用している CCD タイリング方式ではなく、「ラインスキャン方式」と、被写体移動に CCD カメラの信号転送を同期させる「TDI (移動積分、Time Delay Integration) 方式」を採用している。これにより、高速スキャンと高精細デジタル画像への変換を実現している。

CCD タイリング方式の場合、図 2-7 の左図のようにエリアセンサで細かく撮像し、ステージの移動 - 停止 - 反転移動を繰り返すため、スキャン時間が長時間となり、図 2-7 の右図のように画像の重ね合わせにおいて位置ズレが出やすい。それに対して、「ラインセンサ方式」の場合、図 2-8 の左図のように被写体を直線的に動かしながら撮像するため、ステージの移動と停止の繰り返し回数が少ないことから短時間で画像が取得でき、画像の重ね合わせ位置が少ないことから、図 2-8 の右図のように位置ズレが出にくい。

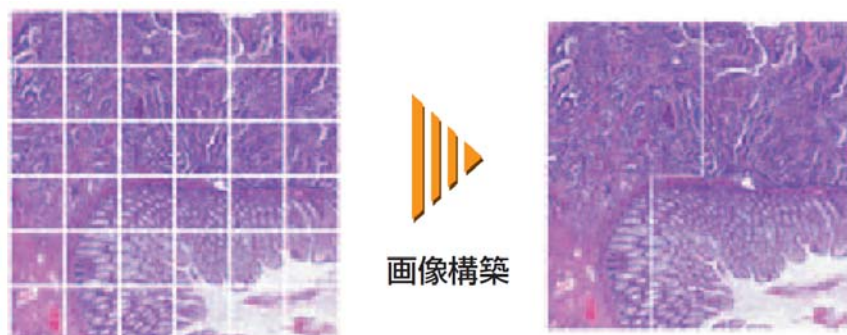


図 2-7 従来の CCD タイリング方式[16]

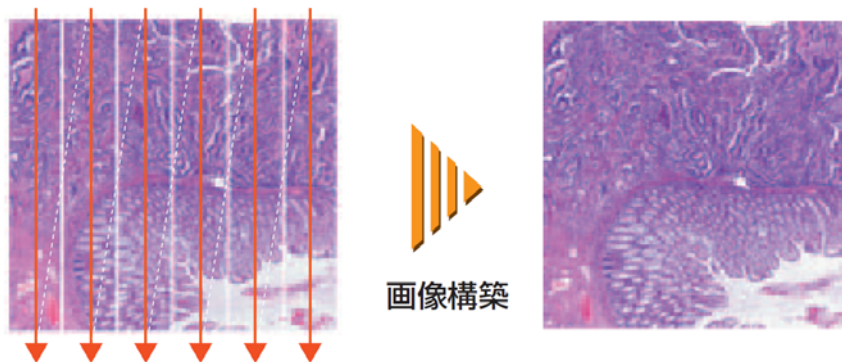


図 2-8 ラインセンサ方式[16]

また、図 2-9 に示すように、センサが 1 段である通常のラインセンサ方式の場合、サンプル（図 2-9 の青色部）がセンサを通過する際に、1 段分の信号（図 2-9 の黄色部）が信号として読み出される。それに対して、図 2-10 に示すように、複数のセンサが並んだ「TDI 方式」の場合（図 2-10 ではセンサが 4 段並んだ例）、サンプル（図 2-10 の青色部）を止めることなく移動しながら隣の画素にデータを転送するため、4 段分の信号（図 2-10 の黄色部）を積算（増強）でき、高速で高輝度な画像が得られる。製品化した装置のセンサは 64 段であるため、通常のラインセンサに比べ 64 倍の感度が得られている。

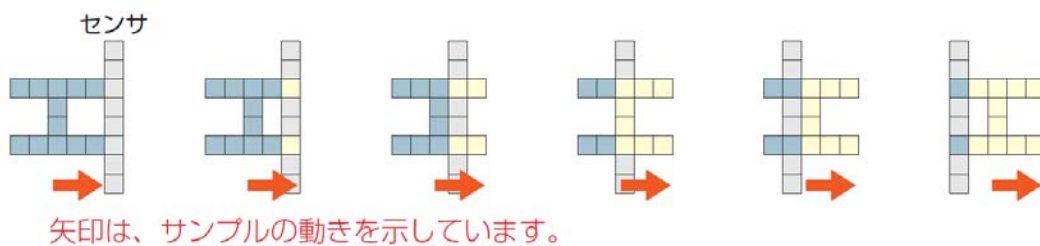


図 2-9 通常のラインセンサ方式[16]

横から矢印方向へ動くサンプル（青色）がセンサ通過後、  
1 段分のデータ（黄色）が読み出される

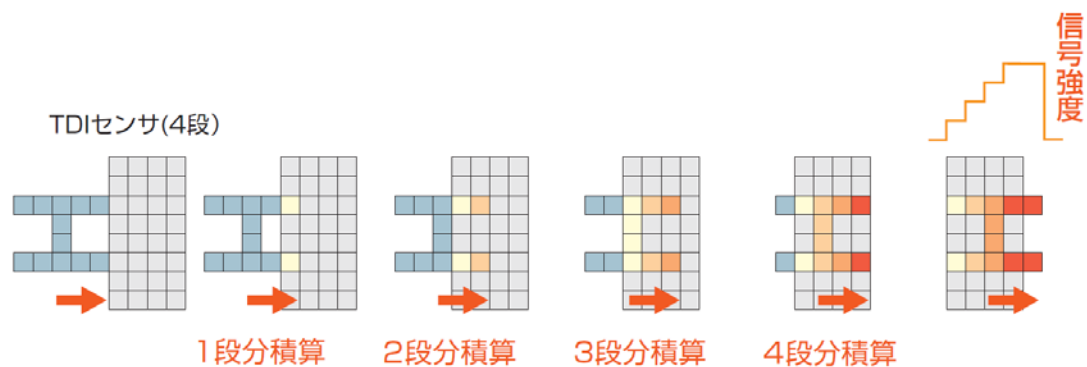


図 2-10 TDI センサ：4 段の例[16]

横から矢印方向へ動くサンプル（青色）が TDI センサ（4 段）通過後、  
4 段分の積算（増強）データ（赤色）が読み出される

## ② 色再現性の優れた 3 板式 TDI-CCD センサ

色再現性の優れた 3 板式 TDI-CCD センサを採用していることにより、組織サンプルの色を忠実に再現し、組織サンプル細部の微妙な色の変化まで確認することが可能である。3 板式 TDI-CCD は、RGB 各 1 枚ずつ、計 3 枚の CCD を使用してカラー画像を作り出す。3 原色それぞれで専用 CCD を使うため、色再現性や解像度の優れた画像を取得することができる。

## ③ スライドスキャン専用機

日常的に大量のスライドスキャンに使用されることを考慮して設計された専用機であり、スライドカセットローダとセンサ、光学系を一体化した構造で細かな微調整などが必要ない。また、各種センサによる安全監視により、大切なスライドの破損を防止している。例えば、顧客が作成したスライドガラスが原因により、搬送系においてスライドガラスが引っかかるなどのトラブルが生じた場合、トラブルを検知して装置が停止する設計となっている。

## ④ Z-stack 機能

病理スライドには、細胞が密集しているがんやリンパ腫などのように組織細胞学的な判断が必要になるものや細胞診のように厚みのあるサンプルがある。これらのサンプルに対応できるように、深さを変えてスキャンし、複数の層（フォーカスレイヤー）としてデー



タを蓄積する Z-stack 機能を装備している。マウスホイール操作で層を切り替えることにより、図 2-1 1 にある各層の画像が連続して表示され、フォーカスを変えているような感覚で観察することができる。スキャン間隔・レイヤー枚数などスキャン条件は、プルダウンメニューで簡単に設定することができ、さらに任意の場所での最適フォーカスレイヤーの自動選択も可能である。

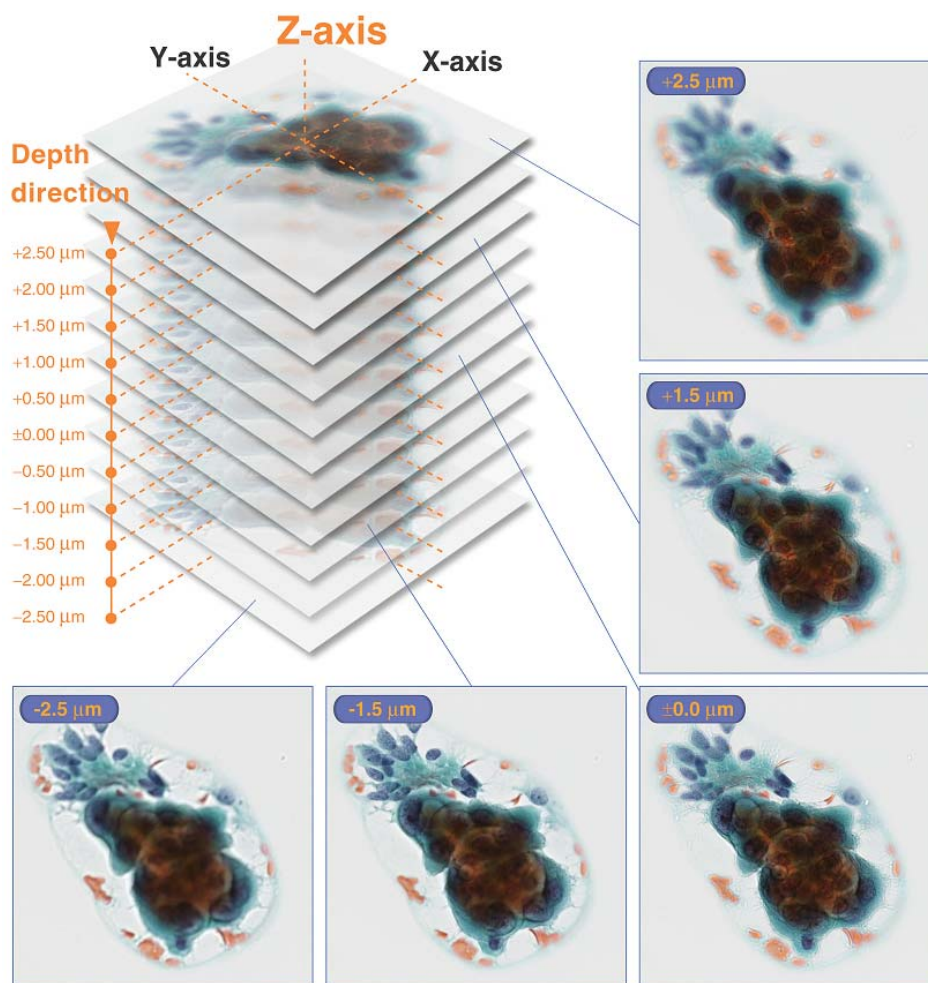


図 2-1 1 Z-stack 機能[16]

#### ⑤ 蛍光イメージング

蛍光イメージングモジュール (図 2-1 2) を組み合わせることで、1 台で透過画像と蛍光画像の取得が可能である。蛍光染色されたサンプルに対し、従来、蛍光顕微鏡では困難であった退色のない長時間観察やサンプル全体像からの拡大・縮小などの観察が可能となっている。

蛍光イメージングモジュールの特長は5点ある。その1つ目は、多重染色された組織の蛍光スキャンが可能なことである。Q-dot、蛍光色素、蛍光タンパク質等で多重染色されたサンプルを組織レベルでデジタルデータ化することができる。蛍光画像の観察に必要とされるフィルタホイールは、励起・蛍光用など6枚のフィルタを自動切り替えすることができ、単波長・多波長での連続画像取得が可能になっている。

特長の2つ目は、組織全体像の重ね合わせが可能なことである。組織レベルで明視野像と蛍光像、また蛍光像同士の重ね合わせが可能のため、ターゲットとなるタンパク質等の局在やその発現量を全体像から観察することができる。この画像の重ね合わせは透過画像とも可能であるため、組織の外観を観察することができる透過画像と、目的の物質の局在を示す蛍光画像を同時に観察することができる。

特長の3つ目は、高出力・長寿命で光軸調整不要な光源を採用していることである。高出力・高安定に加え、2000時間という長寿命を実現しており、ランプ交換の際の光軸調整も不要となっている。

特長の4つ目は、サンプル認識に暗視野照明を採用していることである。透過照明では判別しにくい蛍光サンプルのスライド上の位置を特定するために、暗視野照明を採用し、サンプルの抽出が容易になっている。

特長の5つ目は、TDI センサに適応した高効率光学系を採用していることである。TDI ラインセンサの細長い範囲に光束を効率よく集光させ、励起光量密度を向上させている。これにより、微弱な蛍光でも高速読み込みが可能で、不必要な部分に励起光を照射しないため、標本の退色への影響も低減している。



図 2-1 2 蛍光イメージングモジュール[16]

## 2-2-6 所属企業における製品化の経緯

所属企業では 2005 年に初代 NanoZoomer®を発売してから、技術開発を進め、これまでラインナップを増やしてきた。筆者は、技術調査や市場調査を行いユーザーの要望を装置の仕様に反映させることで製品化に関与し、本研究の予備的検討を行ってきた。本研究開始までに筆者が関与して開発された 6 製品 (①～⑥) に関して、所属企業のホームページ・カタログに記載された情報から転用して以下に示す。

### ①2005 年 「NanoZoomer Digital Pathology (NDP) ®」 を発表

- ・テレパソロジーにバーチャルスライドを使用したいという要望に応えた初代モデル。
- ・世界初の実用化に耐える製品。
- ・約 1.9 億画素という高い解像度のバーチャルスライドを作成。
- ・1 枚のスライド (20mm x 20mm, 20x mode) を約 3 分でバーチャルスライド化。
- ・一度に 210 枚のスライドを自動処理できるモデル。
- ・現在のラインナップでは「NanoZoomer®-HT」。



図 2-13 NanoZoomer Digital Pathology (NDP) ® [16]

### ②2006 年 蛍光照明光学系 (オプション) を発表

- ・がん組織標本の発現たんぱく質などに標識された蛍光色素を網羅的にバーチャルスライド画像にしたいという要望に応え、それを可能とした。
- ・バーチャルスライド化により、退色を気にすることなく蛍光標識標本を観察することができるようになった。



- ・オプションのため、後付け可能。



図 2-14 蛍光照明光学系  
(浜松ホトニクス株式会社カタログより引用)

#### ③2007年 Z-stack (フォーカス調整) 機能を発表

- ・フォーカス面を変えてバーチャルスライド化を行い、画面上にてフォーカスを変えながら観察したいという要望に応えたモデル。
- ・厚みのある標本や、細胞が密集した標本（細胞診標本など）のバーチャルスライド化への応用が広がる。

#### ④2008年 「NanoZoomer®-RS」を発表

- ・低価格で小型化した普及タイプの要望に応えた、6枚のスライドを自動処理するモデル。
- ・特長である高速・高画質をそのままにして、価格とサイズを3分の2とした。
- ・研究用途でラットの脳などの大きな組織を観察するために、倍サイズのスライドにも対応できるようになった。



図 2-15 NanoZoomer®-RS [16]

### ⑤2009年 「NanoZoomer® 2.0」を発表

- ・スキャン時間をもっと短くしたいという要望に応えた、約1分30秒（20mm x 20mm, 20x mode）でバーチャルスライドを作成できるモデル。
- ・遠隔病理診断の中でも手術中に診断を行う術中迅速診断をより短時間で行うことができるようになり、患者の負担も軽減された。
- ・Z-stack機能のフォーカス面が増えるとスキャンに時間がかかるという問題に対して、高速化によって、より広範囲でのスキャンやレイヤー数を増加しても、時間をかけることなくバーチャルスライドを作成できるようになった。

### ⑥2010年 蛍光イメージングモジュールを発表

- ・従来の蛍光照明光学系はフィルタキューブにより多重蛍光染色された標本を一度にバーチャルスライド化していたため、多波長の蛍光に対応した狭い帯域のフィルタを使用しなければならない、蛍光色素によっては他の蛍光波長域に重なる、などの問題があった。この問題を解決する蛍光イメージングモジュールを発表した。このモジュールでは、フィルタホイールを採用することにより、多重蛍光染色された標本を蛍光色素毎にフィルタを切り替えてスキャンすることができ、より効率良く分離した蛍光像を得ることができるようになった。
- ・蛍光顕微鏡用光源「LX2000」を採用し、高出力・高安定に加え、従来の蛍光照明光学系の光源（平均寿命約200時間）よりも長寿命（平均寿命約2,000時間）となった。従来の蛍光照明光学系ではランプ交換の度に光軸調整が必要であったが、新しい蛍光イメージングモジュールでは光軸調整は設置時のみ必要で、ランプ交換毎の光軸調整は必要でなくなり、顧客の負担を低減した。

## 2-3 厚生労働省の支援事業

バーチャルスライド作成装置は、平成18年度、および平成20年度の厚生労働省のバーチャルスライド導入補助予算「がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業」において多くの施設、特に大規模病院に導入された。図2-16は厚生労働省のホームページより引用した資料である。この事業は「全国どこでもがんの標準的な専門医療を提供するため、病理医の配置が十分でないがん診療連携拠点病院に対し、同時に複数の病理医の意

見を聴くことができる体制の整備が必要[17]」との観点から付いた予算である。

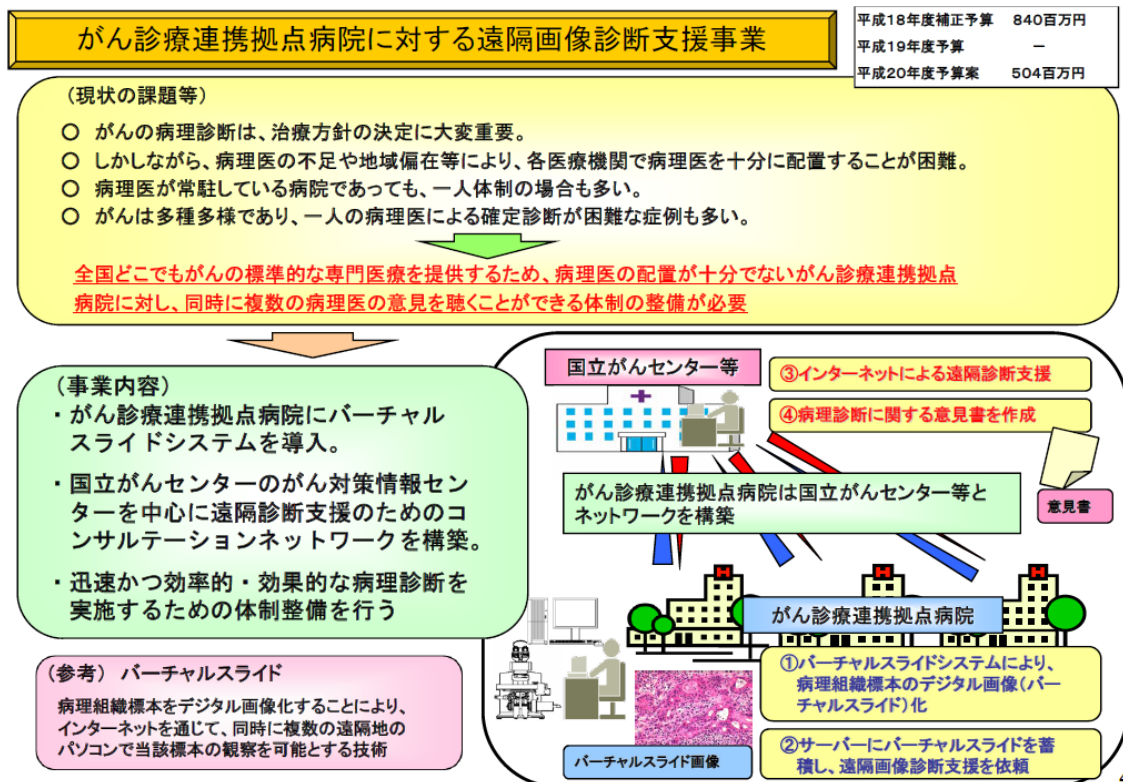


図 2-16 がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業[17]

(厚生労働省 HP より引用)

## 2-4 バーチャルスライド技術が医療分野にもたらした価値

バーチャルスライド技術が製品化されたことは、医療分野に様々な新しい価値を与えている。以下、5つの新しい価値について述べる。

### ①遠隔術中迅速診断への応用

病理医が少ないという状況において、病理医が常勤しない施設では、手術当日に非常勤として離れた施設の病理医に来てもらい、術中迅速診断を行うことが多い。病理医がいない施設にとっては、術中迅速診断ができる手術日が限定されてしまい、癌の手術件数が増加した場合に対応することができない。病理医にとっても、施設間の移動が負担となり、その距離によっては丸一日時間が取られてしまい、自施設での業務ができなくなる。

従来の術中迅速診断ではこのような問題があったが、バーチャルスライド技術を用いることにより、病理医は遠隔の施設から術中迅速診断を行うことが可能となった[18]。病理医がいない施設では手術日が限定されることが少なくなり、癌の手術件数を増やすことができるようになっている。病理医にとっては、移動による負担を減らすことに繋がっている。

図 2-17 はバーチャルスライド技術を用いた遠隔術中迅速診断の運用例の1つである。唐津赤十字病院は術中迅速診断を依頼する側、佐賀大学医学部は診断の受け手側で病理医がいる施設である。従来、唐津赤十字病院において病理医不在の日に術中迅速診断が行われる場合、佐賀大学医学部から病理医が派遣されて診断を行っていたが、施設間は約 30km 離れているため、車で往復 2 時間以上かけて移動する必要があった。バーチャルスライドシステムの導入後、このような移動時間がなくなり、病理医の肉体的、精神的なストレスが軽減された。

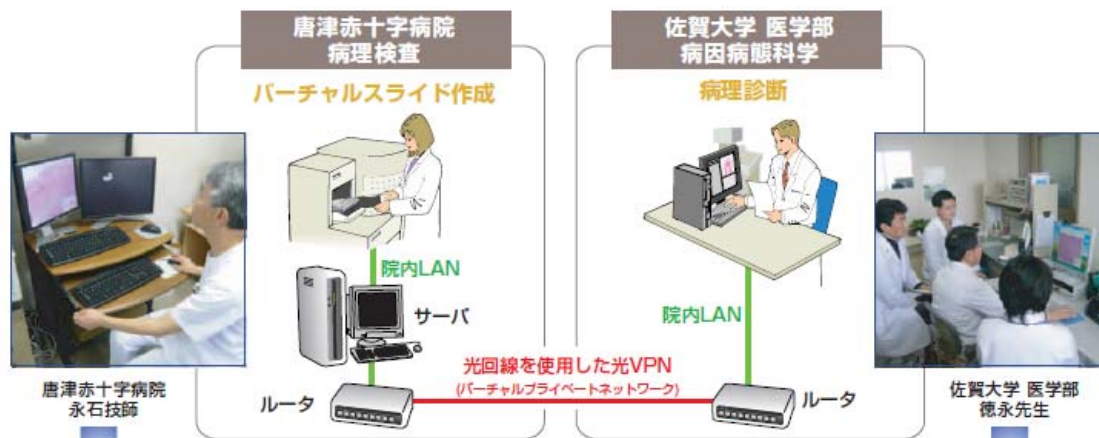


図 2-1 7 遠隔術中迅速診断の運用例 1 [18]

また、図 2-1 8 はバーチャルスライド技術を用いた遠隔術中迅速診断の別の運用例である。兵庫県立柏原病院は術中迅速診断を依頼する側、兵庫県立がんセンターは診断の受け手側で病理医がいる施設である。これまで兵庫県立柏原病院では、非常勤の病理医がいる金曜日のみ術中迅速診断を実施できていたが、手術件数の増加から、手術の質を保ったまま他の曜日にも手術をしたいという兵庫県立柏原病院の外科医の強い要望があった。バーチャルスライドシステムの導入により、遠隔術中迅速診断が可能となり、週一日しかできなかった手術が毎日実施できるようになった。





図 2-18 遠隔術中迅速診断の運用例 2 [18]

## ②スライドカンファレンスへの応用

バーチャルスライドは、データベースにアクセスするだけで簡単に CPC (Clinicopathological Conference : 臨床病理検討会) などのスライドカンファレンスに利

用することが可能である。リアルタイム方式のテレパソロジーシステムでもスライドカンファレンスへの応用が可能であったが、一部の領域、または拡大像しかカンファレンスで提示することができなかった。バーチャルスライドは全体像から高倍率の画像までを観察することができ、様々な視点から症例のディスカッションができる。バーチャルスライドには、スライドカンファレンスを行いながら、その場でコメントなどを挿入でき、そのデータを多人数で共有することが可能である。図 2-19 は浜松医療センターで行われている症例検討会の様子である。

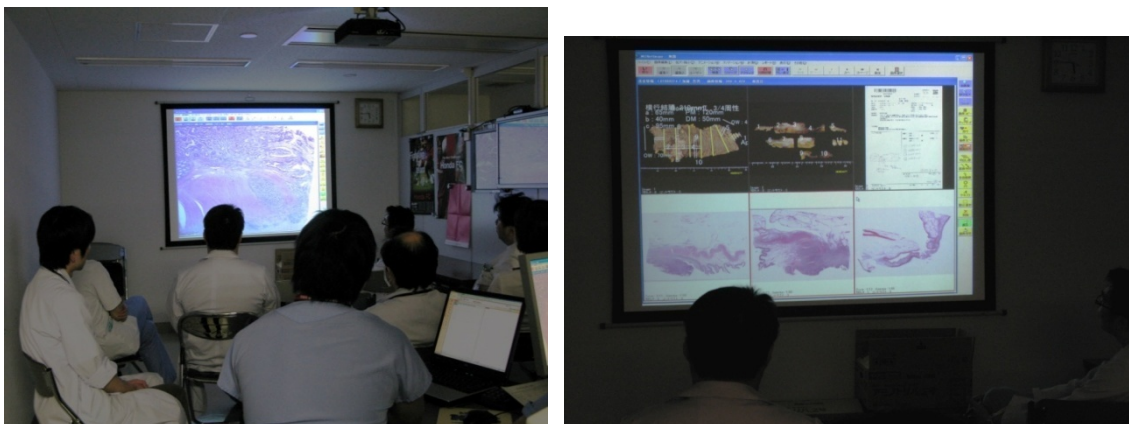


図 2-19 バーチャルスライドを用いた症例検討会の様子

### ③電子カルテへの応用

バーチャルスライドは病理支援システムを介して電子カルテに組み込むことが可能である。顕微鏡の場合は、過去や現在の患者の標本を倉庫に保存しておき、必要な時に取り出して観察する必要があった。バーチャルスライドの場合、標本や顕微鏡を用意しなくても、医師のパソコンから簡単に画像情報を呼び出すことが可能である。また、病理支援システムソフトウェアと連携することにより、各病院部門の情報を同時に確認でき、省力化や高度な情報の共有化が期待される。また、バーチャルスライドを患者情報と共にデータベース化しておくことで、多数の検査画像一覧から選択する手間が大幅に削減される。

図 2-20 は秋田大学医学部附属病院における電子カルテとの連携の運用風景である。院内百数十台の電子カルテ端末すべてでバーチャルスライド画像を観察することができ、臨床の医師だけでなく、患者に対しても病理画像を見せることが可能となった。患者にとっても、言葉で説明されるより、画像を見ながら説明される方が理解しやすい可能性があるという意見である。また、電子カルテと繋がることにより、臨床病理カンファレンスでは、

患者情報を参照しながら、術前の放射線画像の検討、外科医による手術所見の説明、病理医による病理診断結果の説明を一度に行うことができるメリットがある。



図 2-20 電子カルテと連携したバーチャルスライドの運用例[18]

その他の運用例として、徳島大学病院においても電子カルテとの連携が実現している。電子カルテ端末、病理支援システム端末など、約 1200 台の端末からバーチャルスライド画像を観察することができ、病理部門と臨床部門が組織像情報を共有するため、病院全体でガラススライドの保管スペースを減らすために使用されている。特に臨床医にとって、顕微鏡による組織像の観察は煩雑なことであったが、簡単なマウス操作で臨床医自身が摘出した組織の像を観察することができるようになり好評との意見である。また、これまで臨床部門から、病理標本のマイクロ画像の撮影や、臨床部門用のスライド標本の作製が病理部門に依頼されていたが、バーチャルスライドの提供により、それらの作業の手間が減らすことができたというメリットがある。

#### ④ 学生教育への応用

バーチャルスライドを用いた学生教育では、複数のコンピュータから同時に同じサンプルを観察できるため、多人数でのディスカッションによる質の高い教育が可能である。一般的な顕微鏡を用いた学生教育では、学生人数分の顕微鏡とサンプルを準備する必要があり、サンプルは同じ症例であったとしても各学生には別の部位のスライドが配られることになる。バーチャルスライドの場合は、全学生が同じ部位のサンプルを観察することがで



きるため、サンプル準備の省力化に貢献でき、さらに先生の観察手順を皆で観察することもできる。バーチャルスライドはデジタルデータであるため、破損や劣化が心配な希少なサンプルを多人数で何回も観察することができる。また、複雑な顕微鏡操作を必要としない簡単なビューアを用いることにより、初心者でも本来の教育内容に集中することができる。図 2-2 1 は金沢医科大学における学生教育の様子である。



図 2-2 1 バーチャルスライドを用いた学生教育の様子

また、東京大学医学部では、M2（4年）の学生を対象としてバーチャルスライドを用いた学生教育実習が行われている。実習中は、バーチャルスライドをモニターで見ることにより、どの部分を見ているのか、より明確になるため、教師への質問や学生同士の議論が容易になり、従来の顕微鏡を超える理解が得られているという意見である。また、大学での実習時間だけでなく、外部向けのサーバを用意することにより、インターネットを經由して学生が自宅から観察・学習できるようになっている。

#### ⑤医学研究への応用

バーチャルスライドはデジタルデータであるため、他の解析ソフトなどへ移管することが可能である。これにより、今まで組織レベルでは困難であったスライド全体の解析やデ

ータベース化が可能となり、医学研究の発展に寄与すると考えられる。応用例としては、組織の形態解析、免疫染色の定量解析、Tissue Microarray の解析、遺伝子解析などがある。図 2-2 2 は広島大学病院におけるバーチャルスライドシステムと画像解析ソフトウェアとの連携例である。図 2-2 2 の解析画面は、患者標本の面積を自動計測している例である。通常、バイオマーカーの評価は人間の目で行っていたが、どうしてもバラツキが出てしまい、精度の高い評価が難しいという側面があった。バーチャルスライドシステムと解析ソフトウェアを組み合わせることにより、標本全体を対象としたバラツキのない再現性のある解析が可能となるという意見である。

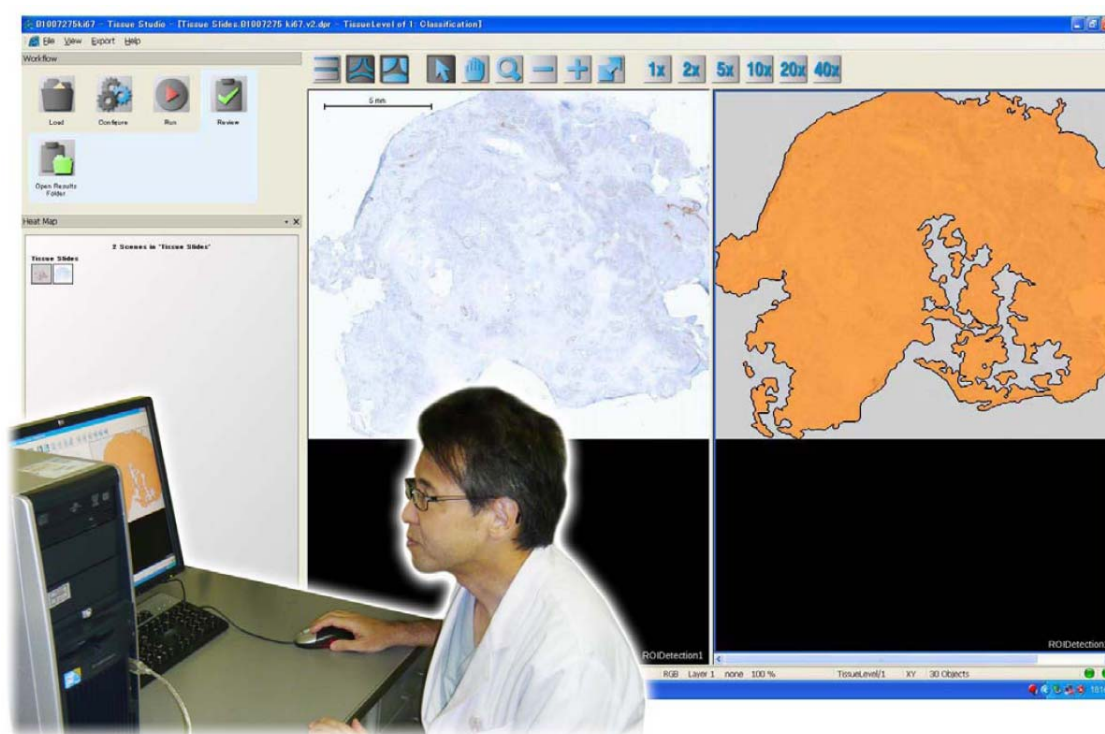


図 2-2 2 画像解析ソフトウェアとバーチャルスライドの連携例[18]

また、主に研究用途として蛍光染色という顕微鏡観察の手法がある。顕微鏡による蛍光観察では退色の影響を気にしながら観察する必要があったが、バーチャルスライドの場合は退色を気にすることなくサンプル全体を観察することができる。図 2-2 3 はマウスの腎臓を蛍光色素で染色して、製品化した装置で取得した蛍光画像の例である。

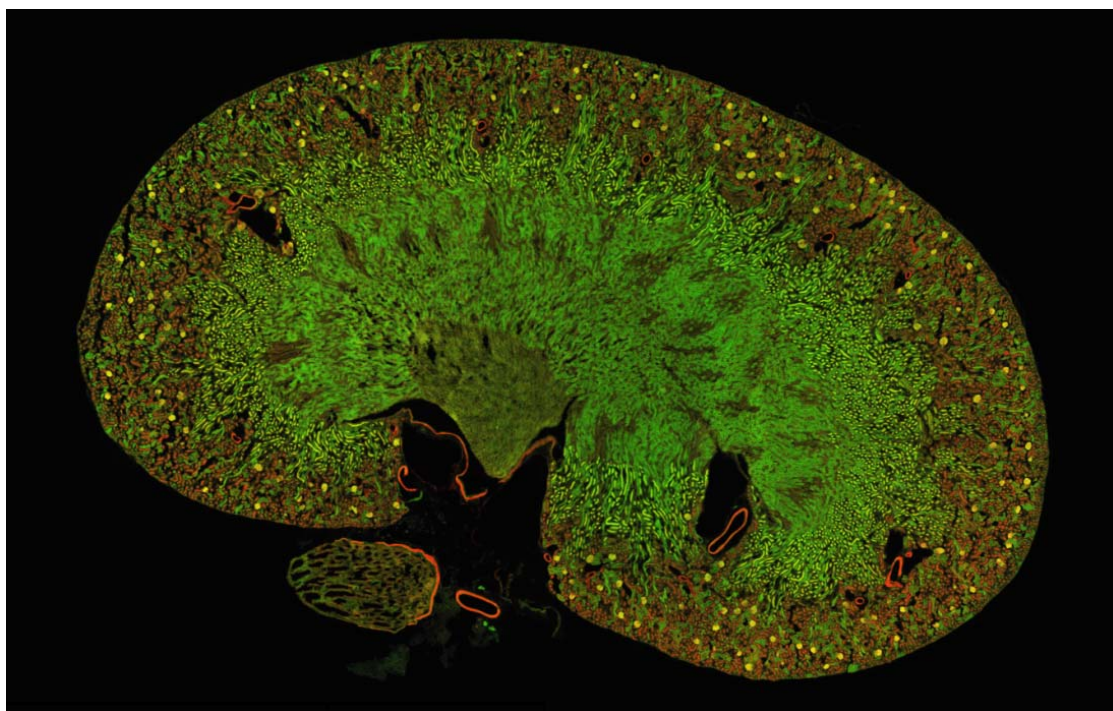


図 2-23 蛍光染色したマウス腎臓  
(NanoZoomer<sup>®</sup>により取得した画像)

このように、バーチャルスライド技術は当初のテレパソロジーシステムの発展形としての用途を超えて、医療分野でさまざまな利用価値をもたらしている。一方で、厚生労働省による遠隔画像診断の支援事業が行われたにもかかわらず、導入されたバーチャルスライド作成装置は実際には病理診断以外の目的で使われていることが多く、病理分野に広く普及しているとはいえない状況である。また、バーチャルスライドの用途の広がりに伴いコンペチタが登場し、所属企業におけるバーチャルスライド製品の販売は厳しい競争に晒されることになった。

## 2-5 第2章まとめ

本研究の背景として、日本が抱えている病理医不足の問題、それを補うために提案されたリアルタイム方式のテレパソロジーシステム、さらにその発展形としてのバーチャルスライドシステムの技術的内容について解説した。バーチャルスライド作成装置の製品化では、筆者は技術調査や市場調査を行いユーザーが求めている機能を所属企業の製品に反映させる業務を担当してきたが、それは市場のニーズを把握して事業開発につなげる本研究の予備的検討としての意義を持つ。所属企業は技術改良された新製品を次々と市場に投入し、バーチャルスライド技術を充実させてきた。その結果、バーチャルスライド技術は医療分野に様々な新しい価値をもたらしてきたことについて述べた。一方で、所属企業におけるバーチャルスライド製品の販売はコンペチタの登場により厳しい競争に晒されており、また厚生労働省による遠隔画像診断の支援事業が行われたにもかかわらず、導入されたバーチャルスライド作成装置は実際には病理診断以外の目的で使われていることが多く、病理分野に広く普及しているとはいえない状況である。そこで、本研究ではバーチャルスライド作成装置の病理分野への本格的な普及を目指して、これまでとは異なる取り組みを進めた。これについて次章以降で述べる。

## 第2章 参考文献

1. 日本病理学会 HP, <http://pathology.or.jp/ippan/pathdiag.html> (参照 2014-11-14)
2. 日本病理学会, 「国民のためのよりよい病理診断に向けた行動指針 2013」, 2013.  
[http://pathology.or.jp/news/pdf/guideline\\_2013.pdf](http://pathology.or.jp/news/pdf/guideline_2013.pdf) (参照 2014-11-14)
3. 社団法人 日本医師会, 「医師確保のための実態調査」, 2008.  
[http://dl.med.or.jp/dl-med/teireikaiken/20081203\\_1.pdf](http://dl.med.or.jp/dl-med/teireikaiken/20081203_1.pdf) (参照 2014-11-14)
4. 日本病理学会 HP, <http://pathology.or.jp/senmoni/board-certified.html>  
(参照 2015-03-12)
5. 厚生労働省 HP, 「がん診療連携拠点病院等」,  
[http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/kenkou/gan/gan\\_by\\_oin.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/gan/gan_by_oin.html) (参照 2014-11-14)
6. 深山正久, 黒田誠, 佐々木毅, 「日本病理学会 病理専門医、専門医制度の現状」,  
厚生労働省: 専門医の在り方に関する検討会 (第7回), 2012.  
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002asiu.html> (参照 2014-11-14)
7. 村田哲也, 「なぜ一人病理医なのか」, 日本病理学会拡大将来構想計画委員会, 2003.
8. 東福寺幾夫, 澤井高志. バーチャルスライドの利用と標準化に関する調査報告.  
日本遠隔医療学会雑誌. p.19-24, Vol.8, no.1, 2012.
9. Kumar, Sajeesh, Dunn, Bruce E, 『Telepathology』, p1-2, Springer, 2009.
10. 日本テレパソロジー・バーチャルマイクロスコープ研究会 HP, 「テレパソロジー運用ガイドライン」.  
<http://www.medic.mie-u.ac.jp/tpvm/guideline.pdf> (参照 2014-11-14)
11. 中村眞一, 吉田徹, テレパソロジーの地域医療に果たす役割, 『別冊・医学のあゆみ  
テレパソロジー2002-実用化と発展をめざして』, p14-17, 医歯薬出版株式会社, 2002.
12. 澤井高志, テレパソロジーの企画にあたって, 癌の臨床 Vol.51 No.9, p649-656,  
篠原出版新社, 2005.
13. 花井淳, 織部千映, 玉井千里, 大城政文, 豊田祐一, 「インターネット光ファイバー  
回線を用いた Telepathology (PathSight4)の試行成績」, 一般社団法人日本病理学会  
第93回日本病理学会総会, 2004.
14. 大城政文, 病理組織スライドのデジタル化と遠隔コンサルテーション支援システム

の構築について、映像情報 Medical Vol.39 No.9, p831-835, 産業開発機構株式会社, 2007.

1 5. Ferreira R et al, The Virtual Microscope, Proc AMIA Annu Fall Symp, p449-453, 1997.

1 6. 浜松ホトニクス株式会社 HP, 「バーチャルスライドスキャナ」  
<http://www.hamamatsu.com/jp/ja/community/nanozoomer/index.html>  
(参照 2014-11-14)

1 7. 厚生労働省 HP, 遠隔医療の推進方策に関する懇談会 (第 1 回) \_遠隔医療の推進等  
について\_ “がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業.”  
<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/03/s0321-7.html> (参照 2014-11-14)

1 8. 浜松ホトニクス株式会社 HP, バーチャルスライドスキャナ\_アプリケーション.  
<http://www.hamamatsu.com/jp/ja/community/nanozoomer/application/index.html>  
(参照 2014-11-14)



### 第3章 顧客を対象にした市場調査による事業開発

厚生労働省の支援事業により、バーチャルスライド作成装置が多くの施設に導入され、バーチャルスライド製品の市場が成長期から成熟期に入ってきた。この市場の変化に伴って、厚生労働省の事業実施前に比べてコンペチタが増加し、各社の製品の性能も向上してきたため、性能・機能面において、コンペチタよりも優れた製品を開発する必要性が出てきた。そこで、新しい製品を開発する上で、性能・機能面でのコンペチタとの差別化を試みた。具体的には、顧客から情報収集することにより、顧客が求めている性能や機能を確認することができ、それらの要望を実現したスペックの製品化を行うことで、コンペチタとの差別化を図った。

本章では、顧客に対して市場調査を行い、その結果を踏まえて在学中の2012年に製品化を行ったことを述べる。筆者はこの市場調査をまとめ、新製品の仕様の決定に携わった。

なお、本論文では、著者の所属企業のバーチャルスライド製品の利用者を「顧客」、他社製品を含めたバーチャルスライド製品の利用者を「ユーザー」、バーチャルスライド製品の利用者だけでなく将来的に利用する可能性がある対象者も含めて「市場」と呼び分ける。

本研究を始める以前において、コンペチタ各社とバーチャルスライド作成装置の性能を比較したものを表3-1に示す。

表 3-1 コンペチタとの性能・機能比較表（本研究を始める以前）

	NanoZoomer 2.0-HT	A社製品	B社製品	C社製品	D社製品	E社製品	F社製品
スキャン時間 (20xモード, 15 x 15 mm範囲)	60秒	39秒 (26x)	240秒	120秒	60秒	45秒	未調査
最大スライド枚数	210	250	100	100	400	360	240
ダイヤミクブレフォーカス機能	×	×	×	×	×	×	×
フォーカス判定機能	×	×	×	×	×	×	×
オートキャリブレーション機能	×	未調査	未調査	未調査	未調査	未調査	未調査

#### 3-1 顧客からの情報収集

顧客からの情報収集において、学会や研究会の参加者である顧客から直接話を聞く市場調査と、担当顧客と話をする機会が多い営業から、顧客の意見を収集する市場調査を行った。

光産業創成大学院大学在学中に、顧客を対象にした市場調査と技術調査のため参加・聴

講した学会、研究会は以下の通りである。

第 102 回 日本病理学会 総会：札幌、ロイトン札幌、さっぽろ芸文館

2013 年 6 月 6 日（木）～8 日（土）

第 103 回 日本病理学会 総会：広島、広島国際会議場、ANA クラウンプラザ

ホテル広島 2014 年 4 月 24 日（木）～26 日（土）

第 58 回 日本病理学会 秋期特別総会：愛知、ウインクあいち

2012 年 11 月 22 日（木）～23 日（金）

第 59 回 日本病理学会 秋期特別総会：甲府、甲府富士屋ホテル

2013 年 11 月 21 日（木）～22 日（金）

第 53 回 日本臨床細胞学会 総会総会：千葉、幕張メッセ国際会議場

2012 年 6 月 2 日（土）～3 日（日）

第 12 回 日本テレパソロジー・バーチャルマイクロスコープ研究会 総会

：東京、ベルサール三田 2013 年 9 月 21（土）～22 日（日）

第 13 回 日本テレパソロジー・バーチャルマイクロスコープ研究会 総会

：青森、青森県観光物産館アスパム 2014 年 8 月 28 日（木）～30 日（土）

第 29 回 日本毒性病理学会総会および学術集会：つくば、オークラフロンティアホテル

つくば 2013 年 1 月 31 日（木）～2 月 1 日（金）

第 18 回 日本医療情報学会 春季学術大会：岡山、岡山コンベンションセンター

2014 年 6 月 5 日（木）～7 日（土）

地域 ICT 利活用連携シンポジウム：滋賀、近江八幡市勤労者福祉センター

2012 年 10 月 20 日（土）

PHOTON FAIR 2013：浜松、アクトシティ浜松

2013 年 11 月 7 日（木）～9 日（土）

この中で特に多くの顧客からの情報を収集できた 3 つの学会・研究会に関して、その特徴、主要な参加者カテゴリー、参加人数を以下にまとめる。

#### ①日本病理学会 総会

学術集会が定期的に年 2 回開催され、病理に関する最新の研究成果、診断手法などが報告される。また、病理分野向けの装置や試薬等を扱っているベンダーが一同に会し、各社が最新の製品を展示する場でもある。主な参加者は日本全国の病理医であるが、海外から参加する病理医もいる。総会には毎回、約 3,000 名の病理医を含む病理関係者やベンダー



関係者が参加している。

## ②日本臨床細胞学会 総会

日本病理学会と同様に、学術集会が定期的に年2回開催され、病理でも特に細胞診断に関する最新の研究成果、診断手法などが報告される。病理学会とは異なり、細胞診の話題が中心となるため、病理医だけでなく、臨床検査技師などの技師も多く参加する。また、病理分野向けの装置や試薬等を扱っているベンダーが一同に会し、各社が最新の製品を展示する場でもある。主な参加者は病理医、臨床検査技師などの技師、ベンダー各社である。総会には毎回、約4,000名の病理医を含む病理関係者やベンダー関係者が参加している。

## ③日本テレパソロジー・バーチャルマイクロスコープ研究会 総会

テレパソロジーの技術を発展させるため設立された研究会であるが、バーチャルスライド技術の登場により、現在は主にバーチャルスライドに関する最新の研究成果が報告される場となっている。研究会に参加する病理医の人数は、日本病理学会などと比較すると少ないが、研究会に参加する病理医はバーチャルスライド技術を積極的に利用して普及させようとする先駆的な考えを持った医師が多い。また、バーチャルスライド製品を扱っているベンダーの多くが参加している研究会でもある。毎年参加人数が増加しており、2014年に開催された第13回の総会には、約150名の医師、ベンダー関係者が参加している。

これらの学会、研究会にて調査した情報と、営業からの顧客情報をまとめた結果から、顧客の要望を反映して次期製品で実現すべき性能・機能は以下の5つであることが明らかになった。

- ・スキャンスピードの向上
- ・ダイナミックプレフォーカス機能
- ・フォーカス判定機能
- ・オートキャリブレーション機能
- ・より操作性の良いビューア

上記の各項目について、調査結果に基づく仕様決定と所属企業における技術的な取り組みの内容を以下に述べる。

### 3-2 顧客意見の反映：スキャンスピードの向上

所属企業の初期の製品はスキャンスピードが速いという優位性が理由となり、顧客から

選ばれることが多かった。本研究の顧客を対象にした市場調査では、スキャンスピードは現状の速さで十分であるという意見も聞かれたが、さらに速いスピードを強く求める顧客も複数存在することが明らかとなった。また、コンペチタのスキャンスピードが向上してきたこともあったことから、さらなるスキャンスピードの向上を目指すことにした。

また、初期の製品ではスライドは 210 枚までセットすることが可能であったが、210 枚では少ないという顧客からの意見があった。特にたくさんのスライドを処理する施設では、一度にたくさんのスライドをセットすることにより、全体の処理スピードを上げたいという要望があった。そこで、一度に装置へセットできるスライド枚数を増やすことを目指した。

初代の装置ではスキャン時間は約 3 分 (20mm x 20mm, 20x mode) であり、2009 年発売の装置では 60 秒 (15mm x 15mm, 20x mode) へと短縮されていた。そこで、新たに開発する装置の要求仕様では、スキャン時間を約 35 秒 (15mm x 15mm, 20x mode)、セット可能なスライドの枚数を 320 枚とした。

### 3-3 顧客意見の反映：ダイナミックプレフォーカス機能

顧客からの意見として、標本の切断面に凹凸があるような場合、部分的にフォーカスが合わない画像になってしまうというものがあつた。それまでの製品では、標本に凹凸がある場合、Z-stack 画像を取得して、ビューアで表示する際にフォーカスを変えて観察するという方法が取られていた。しかし、Z-stack 画像の場合、その取得に時間がかかり、取得された画像のデータ容量が大きくなるというデメリットがあつた。そこで、標本が均一に切断されていない凹凸な標本でもフォーカスが合った一層の画像を作成できるダイナミックプレフォーカス機能を要求仕様とした。

従来の装置では、フォーカス計測を基にレイヤーを構築し、そのレイヤー上をスキャンしていた。しかしこの方法では、均一に切断されていない標本において、その表面がうねっていると、どうしてもフォーカスが合わない部分が生じる可能性があつた。要求仕様を満たすために所属企業において開発されたダイナミックプレフォーカス機能は、図 3-1 に示すように、標本の凹凸に関するフォーカス情報をスキャン方向に対して画像を取得する直前に取得し、その情報に基づき対物レンズの位置を上下に制御しながらスキャンを行う。この機能により、スキャンしながらフォーカスの最適化ができるので、凹凸のある標本に

においてもフォーカスの合ったバーチャルスライド画像を取得できるようになった。

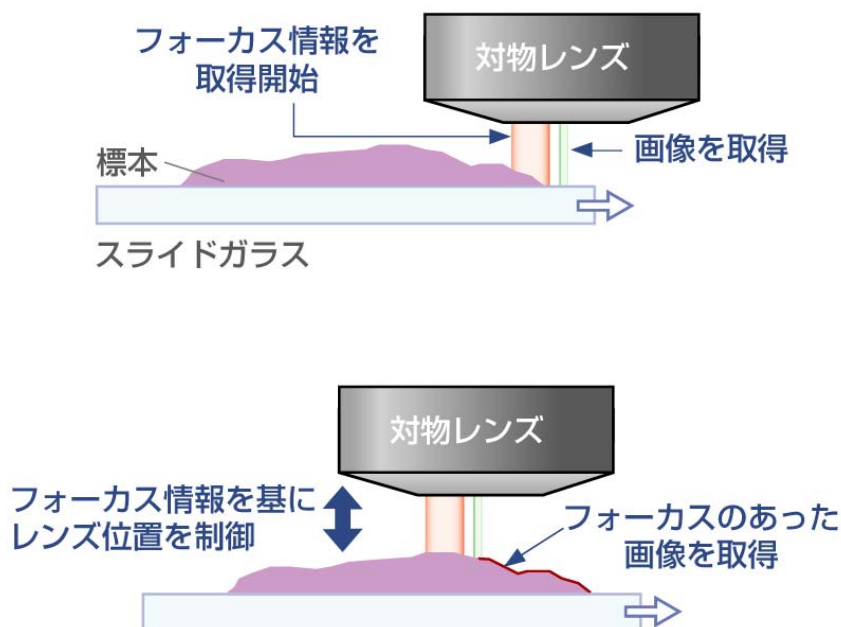


図 3-1 ダイナミックプレフォーカス機能[1]

### 3-4 顧客意見の反映：フォーカス判定機能

標本上にゴミなどがあった場合、フォーカスがそのゴミに合っていない、画像がぼけてしまう可能性があるため、顧客はスキャンの終了後、各標本の画像の画質を必ず目視で確認する。確認の際に、スキャンした画像のフォーカスが甘いと判断すると、これまでの製品ではスキャンの設定（スキャンする範囲やフォーカスをとるポイントなど）を変更して再スキャンを行う必要があった。スキャンを行った標本の枚数が多い場合、画像の確認後、設定を変更して再スキャンを行う作業は非常に面倒であるという顧客からの意見があった。

そこで、画像のフォーカスが合っていない場合は顧客が意識することなく自動的に再スキャンを行うフォーカス判定機能を要求仕様とした。この要求仕様を満たすために所属企業において開発されたフォーカス判定機能は、図 3-2 に示すように、スキャンされた画像の任意の場所でフォーカスが合っているかどうかの判定をソフトウェアが自動的に行い、フォーカスが合っていないと判断された場合は、フォーカス方式を変更して自動的に再ス

キャンを行う。これにより、顧客が画像取得をやり直す手間を削減することができる。

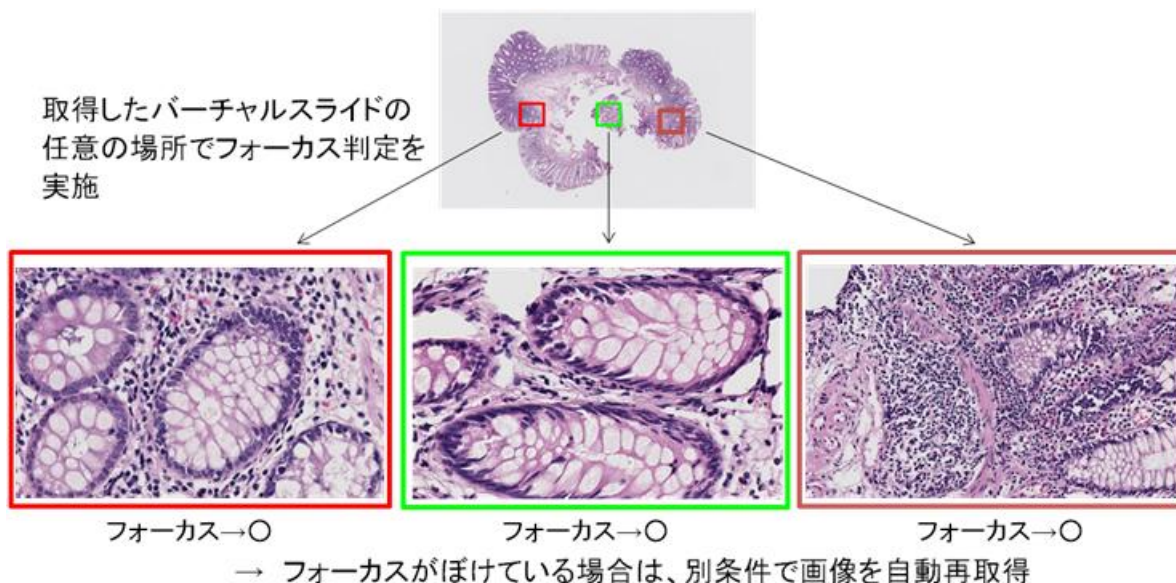


図 3-2 フォーカス判定機能

### 3-5 顧客意見の反映：オートキャリブレーション機能

装置は定期的にキャリブレーションを行うことにより、高品質の画像を取得することが可能になる。これまでの製品では、図 3-3 に示す校正用のスライドをセットして、専用ソフトウェアを起動するという操作により、キャリブレーションを顧客が手動で行う必要があった。しかし、顧客は定期的なキャリブレーションの実施を忘れてしまったり、キャリブレーション作業が面倒なので行っていない場合があることが報告されていた。病理診断に使われている装置が顧客自身の判断でキャリブレーションを行わなかった場合、画質が診断に影響を及ぼす可能性が無いとは言えない。

そこで、キャリブレーション作業を自動的に行うオートキャリブレーション機能を要求仕様とした。所属企業で開発されたオートキャリブレーション機能は、顧客が意識することなく、通常動作の裏で自動的に装置のキャリブレーションを行うため、顧客は常に高品質の画像を取得することが可能となる。

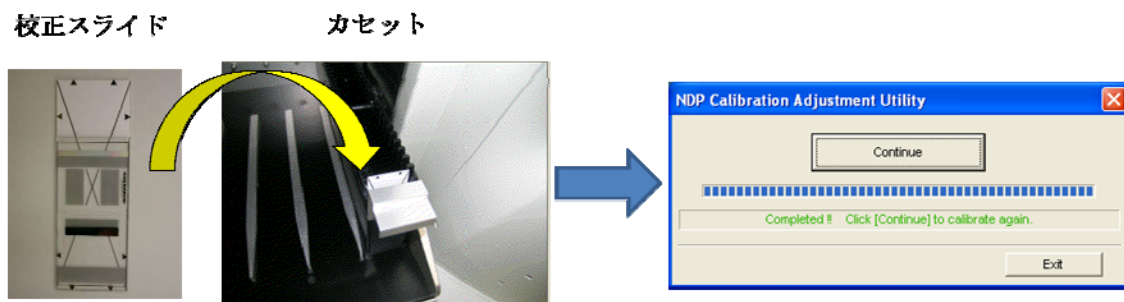


図 3-3 従来の手動キャリブレーション操作

### 3-6 顧客意見を反映した製品とコンペチタ製品との機能・性能比較

所属企業において上記の4つの項目を実装させたバーチャルスライド作成装置について特許出願し[2]、製品化を行った[1]。市場投入した製品 NanoZoomer®-XR について、外観図を図 3-4 に、コンペチタ製品との比較表を表 3-2 に示す。

スキャンスピードに関しては、コンペチタ6社と比較すると一番速いスキャンスピードである。一度にセット可能なスライドの枚数はコンペチタの1社が最大400枚までセットできるが、今回筆者らが製品化したものは320枚なので、若干セット可能なスライド枚数が少ない。しかし、セットされたスライドすべてのバーチャルスライド画像が作成されるまでのトータル時間では、筆者らが製品化した装置が一番速いと推測される。

また、ダイナミックプレフォーカス機能、フォーカス判定機能に関しては、コンペチタの装置において実装しているものはない。オートキャリブレーション機能に関しては情報が得られていないが、コンペチタのホームページやカタログ上ではこの機能の記載はないため、筆者らが製品化した装置のみが搭載している機能と推測される。

学会や研究会の参加者である顧客から直接話を聞く市場調査と、担当顧客と話をすることが多い営業から顧客の意見を収集する市場調査という2つの手法を利用して仕様を決定し製品化することで、性能・機能面でのコンペチタ製品との差別化を実現できることについて、コンペチタ製品との比較結果から確認でき、この差別化は売り上げに貢献している。しかし、製品化した装置は高性能であるため高価格となり、予算が限られている施設には導入できておらず、病理分野への普及という観点では不十分である。



図 3-4 NanoZoomer®-XR [1]

表 3-2 コンペチタとの性能・機能比較表 (2014年12月現在)

	NanoZoomer-XR	A社製品	B社製品	C社製品	D社製品	E社製品	F社製品
スキャン時間 (20xモード, 15 × 15 mm範囲)	35秒	39秒 (26x)	240秒	120秒	60秒	45秒	未調査
最大スライド枚数	320	250	100	100	400	360	240
ダイミックスフォーカス機能	○	×	×	×	×	×	×
フォーカス判定機能	○	×	×	×	×	×	×
オートキャリブレーション機能	○	未調査	未調査	未調査	未調査	未調査	未調査

### 3-7 顧客意見の反映：より操作性の良いビューアー

バーチャルスライド画像は専用のビューアーによって観察することができる。バーチャルスライドシステムでは、バーチャルスライドを作成する装置だけでなく、画像を表示するビューアーの機能も重要である。良質の画像であったとしても、画像の観察において使い勝手が悪い場合は、医師は積極的にバーチャルスライド画像を見たいと思わない。従来のビューアーの評価は総じて低いものではなかったが、不満点を挙げる顧客も存在した。

従来のビューアーでは、マウス操作により画像をドラッグした際に、新たに表示される部分は一瞬白抜けして、表示されるまでに若干のタイムラグがあった。病理医である顧客は、普段顕微鏡操作に慣れているため、標本の観察時に白抜けして見えない部分があることに抵抗感を感じているという意見があった。また、バーチャルスライドにおいても、顕微鏡のようにスムーズな画像観察を行いたいという意見が多かった。さらに、これまでのビューアーでは、操作性を顕微鏡と合わせるために、顕微鏡の対物レンズの倍率に合わせて画像の拡大・縮小の操作が可能となっていたが、無段階の倍率表示で拡大・縮小操作を行いたいという意見があった。

そこで、これらの顧客の要望を実現するビューアーを要求仕様とした。所属企業において

開発された新しいビューアの操作画面を図 3-5 に示す。従来のビューアより動作速度を向上させることにより、顧客による画面の移動操作が非常にスムーズになり、さらに顕微鏡の操作性に近づいたビューアへと進化した。コンペチタ装置のユーザーでさえ、自分たちが取得した画像データに対してこのビューアを使えるようにして欲しいという要望があることから、筆者らが製品化したビューアが非常に使いやすいことがわかり、コンペチタ製品との差別化を実現できた。

一方で、このことはコンペチタもユーザーのニーズを十分把握できていなかったことを意味しており、コンペチタの製品も含めてバーチャルスライドの製品と市場の間に依然として大きなミスマッチがある可能性を示唆している。

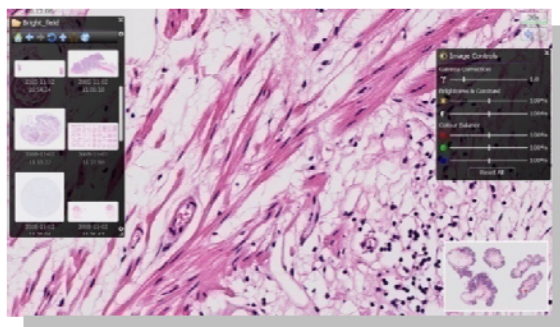


図 3-5 NDP®.view2 画面



### 3-8 第3章まとめ

近年、バーチャルスライド市場の変化に伴ってコンペチタが増加し、各社の製品の性能が向上してきていた。コンペチタとの差別化を図る必要性が出てきたため、新しい製品を開発する上で、性能・機能面でのコンペチタとの差別化を試みた。学会・研究会などにて顧客から既存製品について意見を伺う、営業から担当顧客の意見を情報収集するという市場調査方法を行った結果を分析することにより、顧客が求めている性能や機能を確認し、それらの要望を実現したスペックの製品化を行った。その結果、性能・機能面での差別化は売り上げに貢献したため、顧客から情報収集して、その要望を製品へ反映させることで、コンペチタとの差別化を実現することができた。しかし、それだけでは病理分野への普及には不十分であることが分かった。製品化した装置は高性能であるため、高価格となり、予算が限られている施設は積極的に導入できていない。

また、同様の市場調査方法により、これまでのバーチャルスライドビューアーでは顧客が満足していない点があったことが判明した。この不満点を解決し、さらに顕微鏡の操作性へと近づいたビューアーを製品化した。その結果、多くの顧客から好評を得ており、特にコンペチタの装置のユーザーからも、コンペチタのバーチャルスライド画像を筆者らが製品化したビューアーで観察できるようにしてほしいという要望があった。このことは、コンペチタもユーザーのニーズを十分把握できていなかったことを意味しており、バーチャルスライドの製品と市場の間に依然として大きなミスマッチがある可能性を示唆している。



### 第3章 参考文献

1. 浜松ホトニクス株式会社 HP, 「バーチャルスライドスキャナ」

<http://www.hamamatsu.com/jp/ja/community/nanozoomer/index.html>

(参照 2014-11-14)

2. 特許

【特許番号】 特許第 5497386

【登録日】 平成 26 年 3 月 14 日 (2014. 3. 14)

【発明の名称】 画像取得装置

【発明者】 大城 政文, 豊田 祐一, 橋本 容範

## 第4章 病理医の現状調査による事業開発

第3章では、学会や研究会の参加者である顧客から直接話を聞く市場調査方法と、担当顧客と話をすることが多い営業から顧客の意見を収集する市場調査方法を用いて、顧客要望を製品へ反映させる取り組みについて述べた。この取り組みの結果、性能・機能面での差別化を実現し、製品化した装置は売り上げに貢献したが、それだけでは病理分野への普及には不十分であることが分かった。第3章の市場調査では、学会の展示ブースでの顧客からの聞き取りや、担当営業による顧客意見の収集であるため、すでにバーチャルスライドを実際に使用している顧客からの意見が多く反映されていた。しかし、バーチャルスライド作成装置をより広く普及させるためには、バーチャルスライド作成装置のユーザーである顧客だけでなく、より一般的な病理医の意見を抽出・分析して製品へ反映する必要がある。そこで、本章では、第3章の市場調査方法とは異なるアプローチであるアンケート調査により、一般的な病理医の意見を製品化に取り入れた取り組みについて述べる。

本章の成果の一部は、日本プライマリ・ケア連合学会誌に査読付論文として採用された[1]。

### 4-1 学会におけるアンケート調査

アンケートは2012年11月に愛知県で開催された第58回日本病理学会秋季特別総会に参加していた病理医に対して行い、その回収数は学会のランチョンセミナーに参加していた病理医128名分であった。食事が主な目的となるランチョンセミナーの性質上、学会に参加された先生方からランダムに128名を選択したと考えている。

#### 4-1-1 施設内病理医の人数

アンケートでは、まず勤務している施設内の病理医の人数を質問した。その結果、一人病理医の割合は約30%（38名/126名）であった（図4-1）。2010年度および2011年度の厚生労働科学研究費補助金・がん臨床研究事業バーチャルスライド研究班の分担研究では、一人病理医の割合は約34%という報告がある[2]。今回のアンケート調査では、先行研究と比べて一人病理医の割合はほぼ同じであるため、アンケートは病理医全体を反映していると推測される。この市場調査により、第2章2-1-4節にて示した一人病理医が多いとい

う先行研究のデータを補足確認することができた。

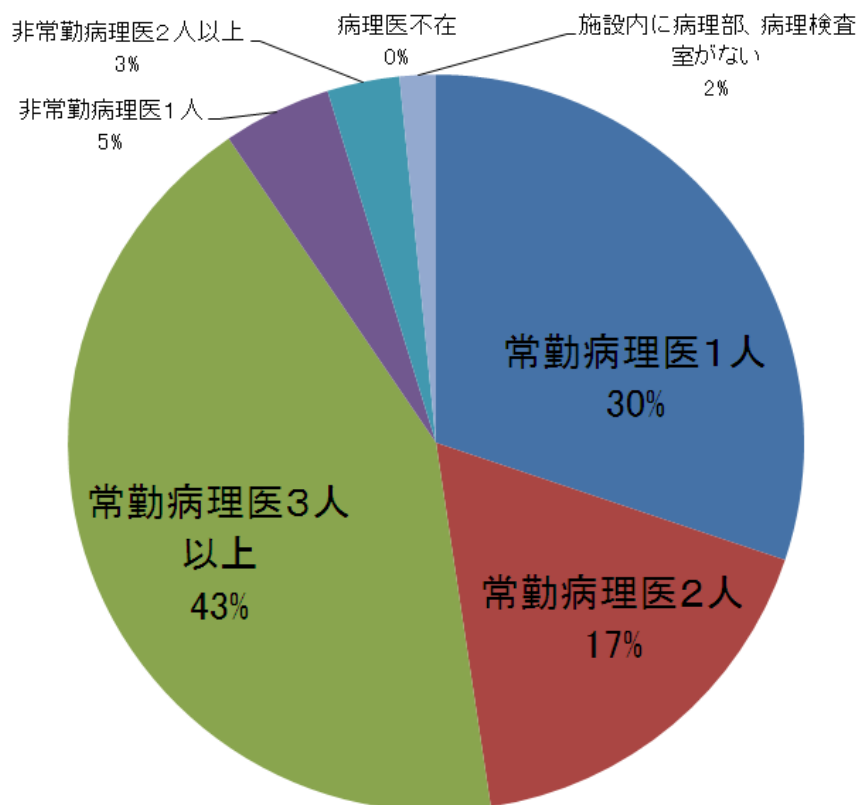


図 4-1 施設内病理医の人数

(第 58 回日本病理学会におけるアンケート結果, 2012 年)

#### 4-1-2 施設におけるバーチャルスライドの用途

アンケートでは、次にバーチャルスライド作成装置を所有している施設の医師に対して、バーチャルスライドの用途を伺った。ユーザーがどういった目的で装置を使用しているかわかれば、その目的に合わせた装置を開発することができるため、新製品開発において非常に参考になるためである。

図 4-2 にバーチャルスライドの用途をまとめたグラフを示す。アンケートの結果、バーチャルスライドの用途は「学生教育」、「借用スライドの保存」、「スライドカンファレンス」、「学会等でのプレゼンテーション」の4つが特に多かった。2010 年度および 2011 年度の厚生労働科学研究費補助金・がん臨床研究事業バーチャルスライド研究班の分担研究では、バーチャルスライドは教育・実習やカンファレンスなどで利用が多いと報告されており [2]、

今でもその状況は変わっていないことがわかる。「遠隔病理コンサルテーション」にバーチャルスライド作成装置を使用している割合は病理医全体では6番目であるのに対し、一人病理医の場合は「遠隔病理コンサルテーション」用途でバーチャルスライド作成装置を使用している割合が一番多いという結果であった。この結果から、一人病理医がたった一人で診断を行うことに不安を感じてコンサルテーションを求めていることがうかがえる。しかし、複数の病理医が所属して、病理医に対して日常的にコンサルテーションを提供することができる大きな病院施設では、実際にはコンサルテーション用途にあまり活用されていないのが現状である。

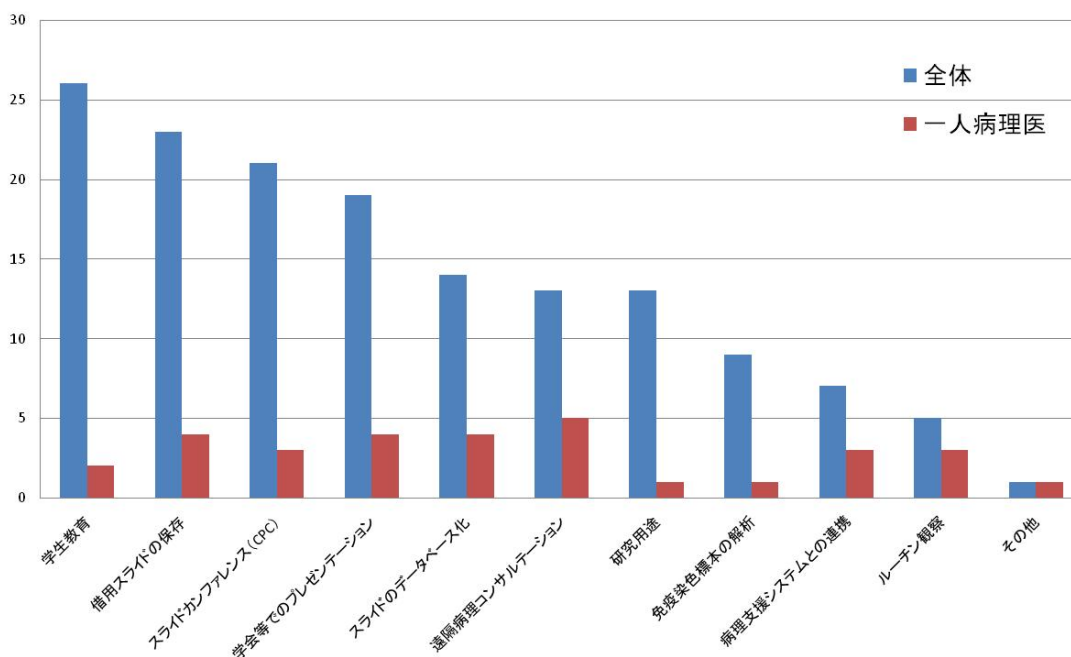


図 4-2 バーチャルスライドの用途

(第 58 回日本病理学会におけるアンケート結果, 2012 年)

#### 4-1-3 診断が難しい症例が出た場合のコンサルテーション先

アンケートでは、さらにバーチャルスライド作成装置の所有に関わらず、診断が難しい症例が出た場合に施設内外のどこにコンサルテーションを求めるか伺った。図 4-3 は複数の病理医が施設にいる場合の結果をまとめたグラフ、図 4-4 は施設に病理医が一人しかい

ない場合の結果をまとめたグラフである。複数の病理医が施設にいる場合では 42% (33 名/79 名) が施設内部でコンサルテーションできている。しかし、一人病理医の場合は 87% (33 名/38 名) が施設外部にお願いしている。一人病理医の中には相談相手がいない施設もあった (2 名/38 名)。また施設に複数の病理医がいたとしても、施設外部にコンサルテーションを求めることが多いことがわかった。診断が難しい症例が出た場合のコンサルテーションに関して、一人病理医の場合は施設外部にコンサルテーションを求めるのは当然のように考えられるが、意外にも複数の病理医が在籍する大きな病院施設においても、施設内部だけでなく外部にコンサルテーションを求めることが多いという結果であった。複数の病理医が施設に在籍していたとしても、交代で業務を行っており、施設内部でなかなか補助を求めることができないのかもしれない。

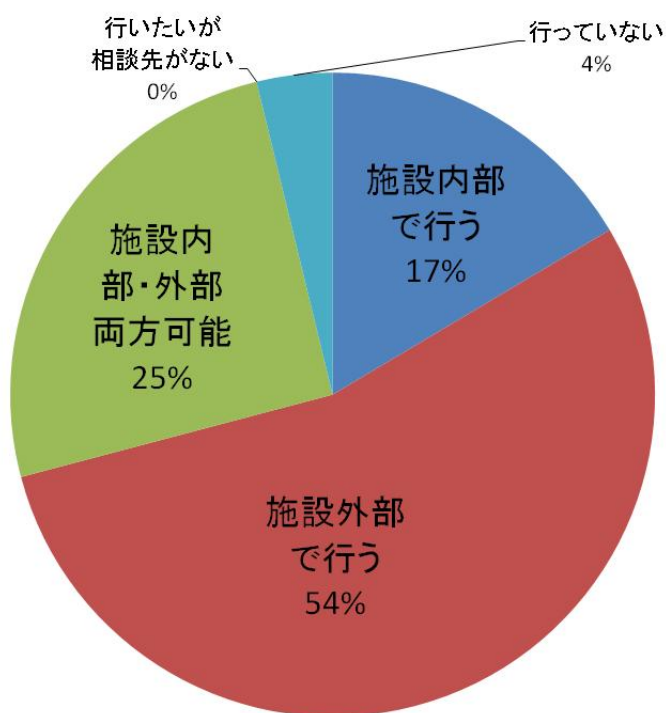


図 4-3 難しい症例が出た場合のコンサルテーション相手 (複数病理医施設)  
(第 58 回日本病理学会におけるアンケート結果, 2012 年)

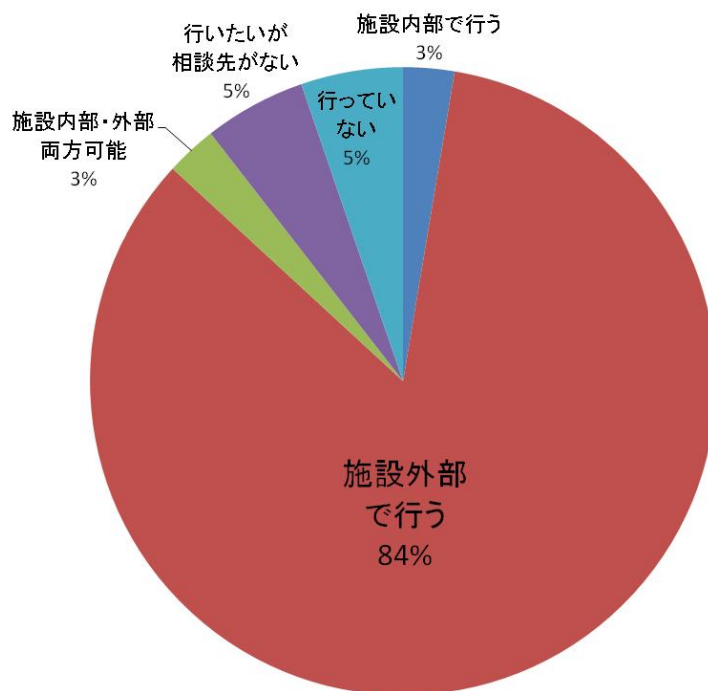


図 4-4 難しい症例が出た場合のコンサルテーション相手（一人病理医施設）  
（第 58 回日本病理学会におけるアンケート結果，2012 年）

#### 4-2 一人病理医は遠隔病理コンサルテーションを求めている

アンケートの結果を基に、一人病理医に対して現状の診断業務に関するインタビューを行った。バーチャルスライド作成装置を所有する施設の一人病理医に問合せ、インタビューが可能とお返事をいただいた 4 名の一人病理医に対して個別に訪問して実施した。4 名の先生は東海地方、中国四国地方、九州地方の施設の一人病理医である。その結果、各一人病理医はほぼ共通した意見を持っており、以下のような一人病理医の現状と課題をうかがうことができた。

- ・勤務施設は中小病院が多く、予算が少ない
- ・代わりの病理医がないため、業務を休めない
- ・他の専門分野を持つ病理医にコンサルテーションをお願いしたい

一人病理医へのインタビューから、業務を休めない、他の専門医にコンサルテーション

をお願いしたいということから、一人病理医の状況として一人で診断することへの不安が本当にあることがわかった。「他の施設の先生とのディスカッションをしたい」という意見に関して、病理診断の取り扱い規約が2年毎ぐらいで変わるため、それに対して一人でその情報に付いていくのが大変であり、専門分野（得意な症例・専門の臓器）を持つ他の病理医にセカンドオピニオンをお願いしたい、という意見であった。

学会におけるアンケートの結果から、病理医、特に地方の中小病院に勤務する一人病理医は診断に関して不安を抱えることがあり、遠隔病理コンサルテーションを望んでいるが、相談できる先は限られており、バーチャルスライド作成装置がコンサルテーションに有効活用されていないのが実情であると推察された。さらに、一人病理医に対するインタビューでも、この推論を支持する結果が得られた。一人病理医が勤務する地方の中小病院では、バーチャルスライド作成装置を所有する割合が全体と比べて低いことから、一人病理医が勤務する施設では装置が高価で購入できないこと、また病理科は他の科に比べて装置購入のための予算が付きにくいことが考えられる。本論文の第2章2-3節において、バーチャルスライド作成装置は平成18年度、および平成20年度の厚生労働省のバーチャルスライド導入補助予算「がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業[3]」において多くの施設に普及したと述べた（図4-5）。この事業は「全国どこでもがんの標準的な専門医療を提供するため、病理医の配置が十分でないがん診療連携拠点病院に対し、同時に複数の病理医の意見を聴くことができる体制の整備が必要」との観点から付いた予算である。しかし、この補助予算によってバーチャルスライド機器の普及は比較的大きな病院施設にとどまっているという状況からも、一人病理医が勤務するような地方の中小病院では装置が購入できていないことが推察される。

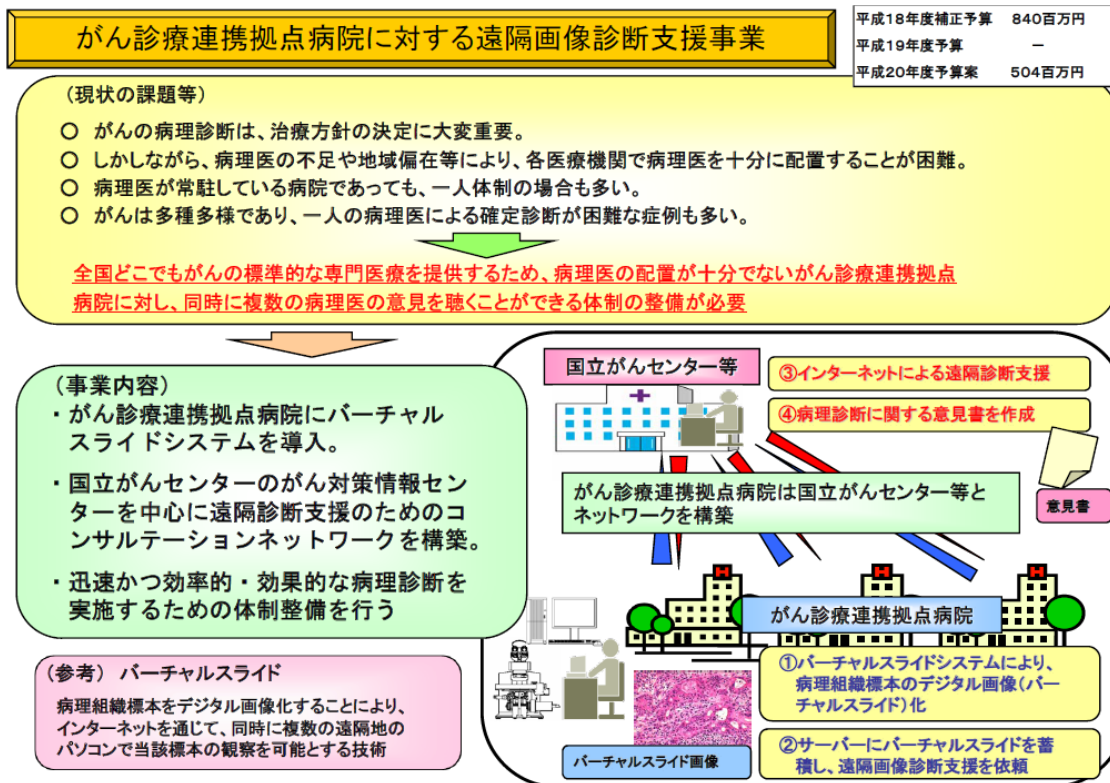


図 4-5 がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業[3]

(厚生労働省 HP より引用、図 2-16 と同じ図)

### 4-3 遠隔病理コンサルテーション向けの装置による事業開発

アンケートとインタビューによって得られた病理医の実情に関する新しい知見より、一人病理医が勤務するような中小病院において、遠隔病理コンサルテーション向けのバーチャルスライド作成装置が必要であることが判明した。そこで、遠隔病理コンサルテーション向けのバーチャルスライド作成装置の製品化を行った。

これまでの装置は高機能を重視してきたため、その分価格が高く、装置のサイズが大きくなっていたが、元々、遠隔病理コンサルテーションを必要とする地方の中小病院では予算確保は難しいため、装置の購入ができない状況であった。中小の病院では、装置の性能よりも、購入できる価格であることが重要である。厚生労働省の支援事業の観点でもあった遠隔病理診断という本来の目的でバーチャルスライド作成装置を導入してもらうためには、価格を抑えた製品を開発する必要がある。

本研究では、地方の中小病院にもバーチャルスライド作成装置を普及させるために、診



断に影響が無いように画質は維持したまま、それ以外の性能・機能を絞って価格を抑えた製品を所属企業において実現させた。この新たに製品化したバーチャルスライド作成装置 NanoZoomer-SQ (図 4-6) は以下の4つの特徴を有する。

① 性能・機能を抑えてリーズナブルな価格

中小病院では一日に処理する標本の枚数は少なく、バーチャルスライドの作成において、スピードや大量のスライドの処理は求められていない。そこで、スキャン時間は標本1枚あたり約150秒(20倍モード、15mm×15mm)とした。また、大量のスライドを処理する機能は外し、スライドを1枚ずつ手差しでセットする方式とした。これらの性能・機能を抑えることにより、リーズナブルな価格にすることができた。

② 小型・軽量

病院の病理科には大型の装置が多く、これまでのバーチャルスライド作成装置のような大型機器の設置スペースを確保することが難しいという場合が多かった。特に中小病院であるほど、大型の機器を設置するスペースを確保するのが難しい。そこで、新たに製品化した遠隔病理コンサルテーション向けの装置では小型化、軽量化を図り、省スペースに設置できるコンパクトな製品とした。サイズは、幅36cm、高さ38cm、奥行き45cmで、重さも約20kgと小型かつ軽量を実現している。

③ 高性能・高安定性のスキャン専用機

バーチャルスライドの画質は、診断に影響がないように、実績のあるこれまでの製品と同等である。また、スライドセット部、センサ、光学系部分を一体化しているため、装置の細かな調整を必要とせず、常に安定したスキャンを行うことができる。

④ 1ボタンのスキャン操作

倍率を設定して、本体のスタートボタンを押すだけの簡単操作でスキャンを行うことができる。忙しい病理医や技師にとって、バーチャルスライドを作成する際に面倒な設定などは必要としないため、非常に使いやすい仕様となっている。



図 4-6 NanoZoomer®-SQ [4]

遠隔病理コンサルテーション向けの装置の製品化を行った結果、様々な施設、特に中小病院などからのデモなどの引き合いが増えつつあり、バーチャルスライド作成装置を病理分野で広く普及させるために事業開発を行うという本論文の目的に対して、市場を対象にしたアンケート調査を用いるアプローチが有効であることを確認できた。今後、予算が少ない地方の中小病院に多くのバーチャルスライド作成装置が普及していくと推測している。

しかし、遠隔の病理医にコンサルテーションを依頼することができるバーチャルスライド作成装置を導入しただけでは、現状、コンサルテーションの依頼先は限られている。難しい症例が出た場合、専門分野を持つ他の病理医にコンサルテーションをお願いしたいと考えたとしても、その病理医とつながりがあるとは限らない。そのため、気軽にどの病理医とも相談できるような仕組み（ネットワーク）がさらに必要となる。

#### 4-4 第4章まとめ

バーチャルスライド作成装置を広く普及させるためには、市場からのより一般的な意見を抽出・分析する必要があることから、本章ではこれまで行ってきた顧客を対象にした市場調査方法とは異なるアプローチであるアンケート調査とインタビューにより、市場の声を取り入れた製品化について述べた。

病理医が集まる学会においてアンケート調査を行った結果、一人病理医が多いという先行研究のデータを補足確認できただけでなく、バーチャルスライド作成装置の用途として、病理医全体では学生教育や借用スライドの保存など、診断以外の目的での使用が断然多いのに対し、一人病理医の場合は遠隔病理コンサルテーション用途で使用している割合が一番多いことが分かった。また、バーチャルスライド作成装置の所有の有無や、病院施設内の病理医の人数に関わらず、診断が難しい症例が出た場合のコンサルテーション先を施設外部に求めていることが判明した。これらアンケートの結果から、病理医、特に地方の中小病院に勤務する一人病理医は診断について不安を抱えることがあり、遠隔病理コンサルテーションを望んでいるが、相談できる先は限られており、バーチャルスライド作成装置がコンサルテーションに有効活用されていないのが実情であると推察された。一人病理医に対するインタビューでも、この推論を支持する結果が得られた。

これらの病理医の実情についての新しい知見に基づいて、遠隔病理コンサルテーション向けのバーチャルスライド作成装置の製品化を行った。予算が限られている地方の中小病院においても購入ができるように、機能の抑えることでリーズナブルな価格を実現したモデルであり、診断に影響が無いように画質はこれまでの装置と同性能を維持している。様々な施設、特に中小病院などからのデモなどの引き合いが増えつつあり、バーチャルスライド作成装置を病理分野で広く普及させるために事業開発を行うという本論文の目的に対して、アンケート調査を活用したアプローチが有効であることを確認できた。

しかし、遠隔の病理医にコンサルテーションを依頼することができるバーチャルスライド作成装置を導入しただけでは、現状、コンサルテーションの依頼先は限られている。難しい症例が出た場合、専門分野を持つ他の病理医にコンサルテーションをお願いしたいと考えたとしても、その病理医とつながりがあるとは限らない。そのため、気軽にどの病理医とも相談できるような仕組み（ネットワーク）がさらに必要となる。

## 第4章 参考文献

1. 豊田祐一, 江田英雄, 「病理医の現状調査とバーチャルスライドによるコンサルテーションネットワークの構築」, 日本プライマリ・ケア連合学会誌, p.244-248, 第37巻3号 2014.
2. 東福寺幾夫, 澤井高志. バーチャルスライドの利用と標準化に関する調査報告. 日本遠隔医療学会雑誌. 2012, Vol.8, no.1, p.19-24.
3. 厚生労働省 HP, 遠隔医療の推進方策に関する懇談会 (第1回) \_遠隔医療の推進等について\_ “がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業.”  
<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/03/s0321-7.html> (参照 2014-11-14)
4. 浜松ホトニクス株式会社 HP, 「バーチャルスライドスキャナ」  
<http://www.hamamatsu.com/jp/ja/community/nanozoomer/index.html>  
(参照 2014-11-14)

## 第5章 コンサルテーションネットワーク構築による事業開発

病理医の現状調査により、病理医は他施設の病理医のコンサルテーションを求めていることが判明した。第4章では、遠隔病理コンサルテーション向けの装置の製品化について述べたが、装置があるだけで他の施設の病理医とコンサルテーションを行うことができるわけではない。気軽にコンサルテーションを行うためには、病理医同士がコンサルテーションできるネットワークが構築されるべきである。本章では、このような遠隔病理コンサルテーションネットワークをどのように構築したら良いか、どのような情報が必要か、ビジネスとして構築する場合に何に注意すべきかを論じる。

本研究の成果の一部は、一般社団法人経営情報学会 2013 年春季全国研究発表会にて口頭発表した[1]。

### 5-1 施設間の見えない壁

第4章 4-2 節にて記述した一人病理医へのインタビューの中で、一人で診断することへの不安が垣間見え、「他の施設の先生とのディスカッションをしたい」という意見があった。しかし、相談する相手は関連の大学病院に限られることが多いようである。日本では大学医学部の医局を中心としたシステムとなっており、気軽に他の施設に相談したりすることは難しいようである。これは図 5-1 に示すように、大学・病院間に見えない壁が存在すると例えることができる。

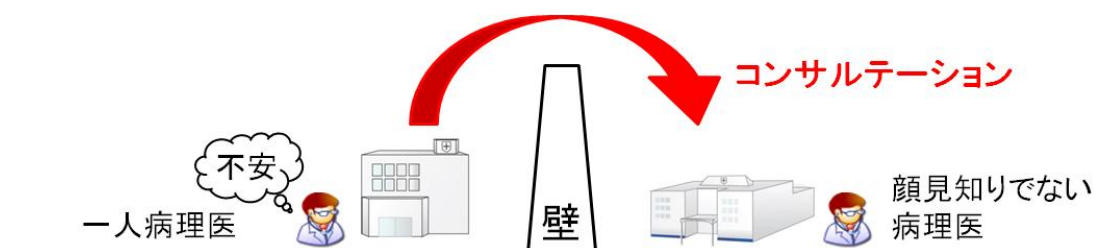


図 5-1 大学・病院間に見えない壁

病理医の診断に対する不安を取り除き、癌の診断精度を向上させるためには、気軽に他の病理医とコンサルテーションができる仕組みが必要である。施設や病理医間には気軽に

相談できない壁が存在する。それに対して、デジタル画像をインターネットでやり取りする利点は、他施設の医師とも気軽につながるができることである。インターネットを介して遠隔地とつながることができるバーチャルスライド技術を利用して、病理医同士のコンサルテーションができる仕組みを構築できれば、病理医の不安な状況を打開できる可能性がある。さらに仕組みは一對一のつながりではなく、図 5-2 に示すような多対多となるネットワークにすることで、多くの医師の意見を取り入れることができ、診断精度の向上が期待できる。

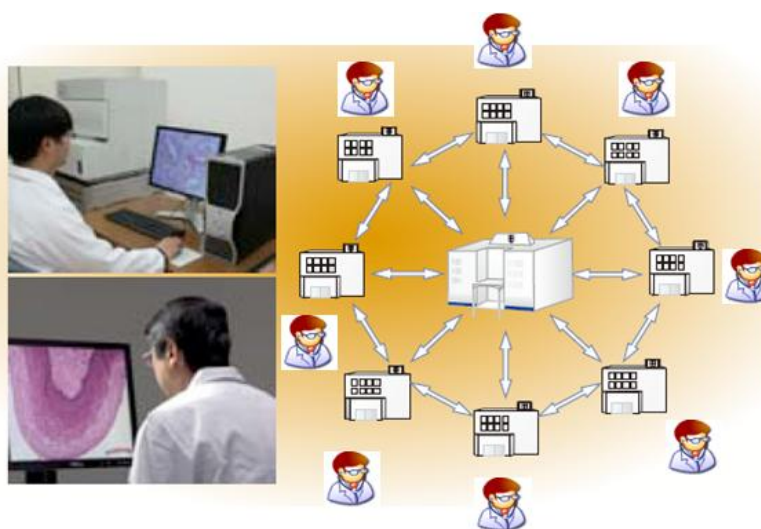


図 5-2 病理医同士のコンサルテーションネットワーク概念図

## 5-2 遠隔病理診断ネットワークの例（滋賀県）

図 5-3 は遠隔病理診断ネットワークの例で、滋賀県において実践されているものである。滋賀県において先駆的にこのようなネットワークを構築することができた理由として、滋賀県の地勢上の特徴を指摘できる。琵琶湖が県の面積の 1/6 を占め、周辺部は山間部となっていて、平野部は少なく、交通網が遮断され、物流が阻害される要因となっている[2]。このため、病理医が病理診断目的で気軽に他施設へ赴くことが困難であり、遠隔病理診断ネットワーク構築の必要性に迫られていたという事情がある。また別の理由として、滋賀県においてこの地域の医師・病院をまとめた中心となる医師の相当な努力があったことが推察される。現在、滋賀県では 13 名の病理医がこのネットワークに参加・協力しており、バーチャルスライド作成装置を導入して、各病院間でネットワークを形成している。このネ

ネットワークでは、複数の施設を互いに連結しているため、複数の病理医が一つの症例を同時に検討し、協議した後の同意診断を依頼元の病院へ提供したり、病理医不在時には他の病理医が代行できるようになっている。また、大学病院からの教育資料の提示による生涯教育や、コンサルテーション、診断精度管理などにもネットワークが利用されている[2]。

## 遠隔病理診断ネットワーク:滋賀県モデル

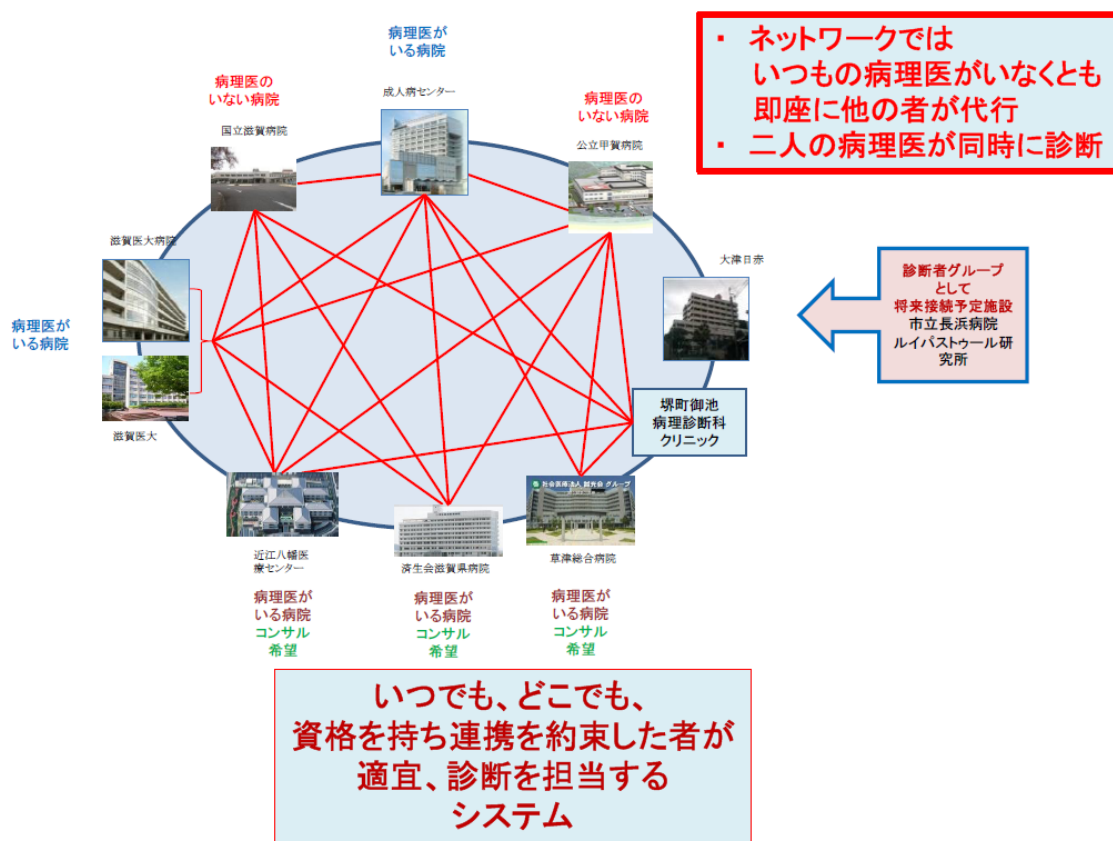


図 5-3 滋賀県の遠隔病理診断ネットワークの例[2]

### 5-3 機器の普及により、ネットワーク構築のハードルを越える

滋賀県のように、地域単位でネットワークが構築できた例は希少である。コンサルテーションを望む病理医が多いことから、コンサルテーションネットワークの構築を望む病理医や病院は多いと推測されるが、構想を実行に移すには相当な時間と労力を要する。各地域で、音頭を取って中心的な役割をする医師がいるとは限らないため、ネットワークの構

築を医師が主導してやっていく場合、長い時間がかかる可能性がある。それに対して、病院単位で利用可能な機器（バーチャルスライド作成装置）を導入してもらい、地域内連携の体制が整ったときに施設間で簡単に接続できるような仕組みにしておけば、より労力を少なくネットワークを構築できると考えられる。バーチャルスライド作成装置と遠隔病理コンサルテーションの仕組みを普及させることにより、その便利さを実感してもらい、有効性が理解されることで、装置普及に対して医師・病院間のつながりが後からついてくることが期待される。

#### 5-4 患者情報の取り扱い

遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築するには、装置や仕組みの便利さ・有効性を理解してもらうだけでなく、コンサルテーションに必要な情報をすべて遠隔病理コンサルテーションの仕組みの中に組み込む必要がある。診断を行う場合には、患者の標本画像だけでなく、患者自身の情報も必須となってくる。これは個人情報であり、ネットワークを介して離れた施設に情報を送る、もしくは見にきてもらう場合には、情報漏洩などに注意が必要である。

情報漏洩を防ぐためには、ネットワークにセキュリティの高い回線を使用する必要がある。専用回線を使用すればセキュリティが担保される。しかし、専用回線を引くためには非常に費用がかかるため、回線業者の閉域網を利用した IP-VPN や、インターネット回線を利用したインターネット VPN、SSL-VPN なども考えられる。セキュリティを高めるほどその回線費用は高くなるため、どこまでセキュリティを求めるかについて各病院施設の情報管理者との話し合いが必要になってくる。

また患者情報を参照する場合に、医師にとって見やすい・使いやすいユーザーインターフェイスが求められる。すでに電子カルテベンダーなどが病院施設で電子カルテシステムを導入しており、ユーザーインターフェイスに関してはそのようなベンダーの中でノウハウが蓄積されている。そのため、患者情報を扱う場合、情報を扱うシステムを一から開発するよりも、そのような電子カルテベンダーと連携を取る方が効率的である。第2章 2-4節で紹介したように、すでに病院内においては、電子カルテシステムや病理支援システムとバーチャルスライドシステムとの連携を行った実績がある。遠隔病理コンサルテーションネットワークにおいても、患者情報を扱うので、病院内で使用されている電子カルテの



ベンダーと連携を検討する必要がある。

## 5-5 ビジネスとして成立させる際の課題

遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築し、さらにそれをビジネスとして活用するためには、いくつかの課題が考えられる。

### ・診療報酬（保険点数）のお金のやり取り

診断目的の場合、保険点数による診療報酬が発生する。実際、テレパソロジーによる術中迅速病理診断には保険点数が付く。それに対して、営利企業がビジネスとして介入することが問題になる可能性がある。あくまで病理医同士のコンサルテーションを仲介するという立場で、診断そのものには関与しないというビジネスの在り方が求められる。

### ・学会の存在

本来であれば、学会などが主導して、このような病理医同士の連携を構築すべきなのかもしれない。実際、学会 HP には病理医同士の連携を目指したページが存在するが、現状その利用頻度はあまり高くないという情報がある。今後、学会が主体的にコンサルテーションネットワークの構築を目指すことになった場合、企業のビジネスと競合する可能性がある。

### ・すでにビジネスを開始している医師の存在

地域、または大学によっては、周辺病院・関連病院とのコンサルテーションを有料で請け負うビジネスを開始している施設もある。その施設はバーチャルスライド作成装置を利用したビジネスであるため、装置を提供する企業側がそのような施設のビジネスのコンペチタとなって良いのかという問題が存在する。

### ・医局の抵抗

大学・病院間の見えない壁として医局の存在があるが、遠隔病理コンサルテーションネットワークをビジネスとして立ち上げたとしても、やはり医局の存在が問題となる可能性がある。基本的に医局の望まないことを医師はしないと推察される。

企業としての社会貢献を最重視するならば、遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築したとしても、病院施設や病理医は無償で利用できるようにすべきなのかもしれない。この場合、ネットワークの提供によって利益を得ることは難しいが、例えばバーチャルスライド作成装置の購入者はネットワークを無償で利用できるようにすれば、装置の売り上げにつなげることで利益が得られる可能性がある。しかし、装置を持っていない施設や地域では、ネットワークを利用できなくなり、癌の診断精度などに影響するかもしれない。遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築するには大きな努力と費用がかかることが予想されるが、そこからいかにして利益を得るか、サービスの対価を得るかに関しては十分吟味する必要がある。

## 5-6 イノベーションの先行研究に基づいた検討

病理医不足を解決して癌の診断精度を向上させるためには、病理医間のコンサルテーションネットワークが有効であると期待されるが、その実現には大学・病院間の抵抗感という見えない壁が存在する。それに対して、施設に導入されている機器を利用して異なる施設の医師とネットワークを構築することにより、この見えない壁を打破し、癌の診断精度を向上させることは医療におけるイノベーションの1つと言える。したがって、遠隔病理コンサルテーションネットワークの実現に向けた課題について、一般的なイノベーションの先行研究の考え方を当てはめて検討できる可能性がある。

イノベーションの先行研究の1つとして、オープン・イノベーション[3]という考え方がある。企業が技術革新を続けるために、企業内部のアイデアと外部のアイデアを用いて、新しい価値を創造することであるが、遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築は、広い意味でのオープン・イノベーションの一例と言えるかもしれない。すなわち、これまでの大学医学部の医局を中心とした世界はクローズド・イノベーションに類似し、それらの壁を乗り越えたネットワークがオープン・イノベーションに類似する。企業で新たな価値創造をするためには、企業内部だけでなく外部のアイデアも用いる必要がある。医療においても同様に、一施設内での診断だけでなく、オープンに外部施設のコンサルテーションを受けることが診断精度の向上という価値創造につながると推測される[1]。

以下、コンサルテーションネットワーク構築における課題についてイノベーション先行

研究の考え方を適用できた例を述べていく。

### ①リスク回避

近年、『WIDE LENS』[4]というイノベーションに対する考え方がある。ワイドレンズの概念図を図 5-4に示す。ワイドレンズとは、企業がエコシステム（生態系）全体をワイドレンズ（広い視野）により管理し、見逃しがちな死角（リスク）まで目を配ることで、イノベーションを成功させるというものである[4]。死角（リスク）にはコーイノベーション・リスクとアダプションチェーン・リスクがある。コーイノベーション・リスクとは、自身のイノベーションの成功は、他社のイノベーションの成功にかかっているというリスクである。また、アダプションチェーン・リスクとは、エンドユーザーが提供価値全体を評価する前に、エンドユーザーへの価値提供にかかわるパートナーがイノベーションを受け入れるか否かについてのリスクである。『WIDE LENS』では、単に一企業がイノベーションの中心課題を成功させるだけではなく、これらのリスクをいかに回避するかが重要であると述べている[4]。

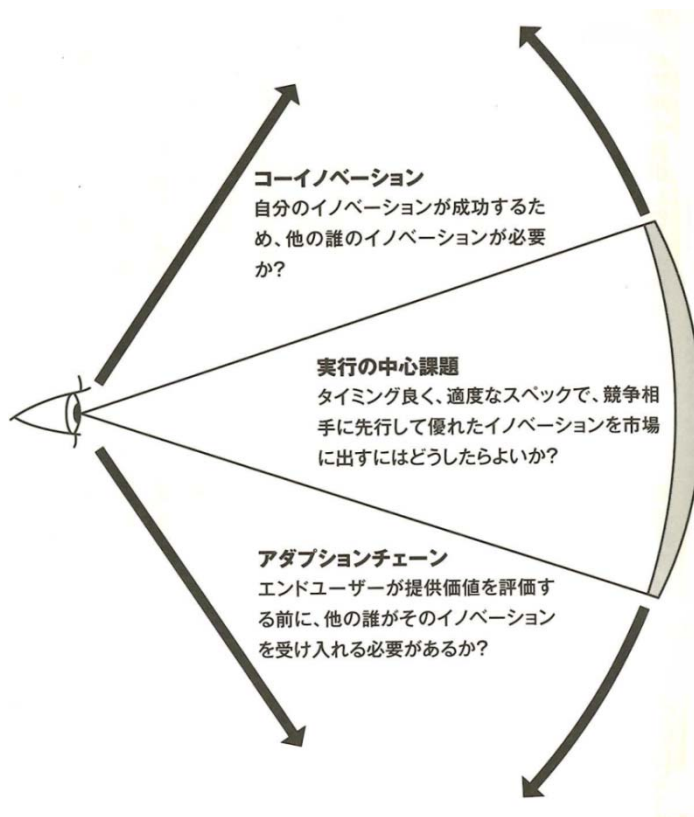


図 5-4 ワイドレンズ（広い視野）から見たイノベーション戦略[4]

（『WIDE LENS』より引用）

また『WIDE LENS』では、吸入インスリンの例が紹介されている[4]。吸入インスリンは患者からも医師からも期待された製品であり、1998年から開発が始まった。当初は何の問題もなく普及すると思われていたが、結果的に普及しなかった。その原因として、ワイドレンズを使わなかったことが指摘されている（図 5-5）。つまり、新しい製品の普及にあたって、患者と医師だけでなく、その製品の普及に関わる全ての関係者のことを広く検討すべきということである。その関係が良好かどうか、ワイドレンズでは青信号や赤信号という書き方をしている。赤信号がないように慎重な検討を提唱している。具体的には、吸入インスリンの使用にあたって事前に肺機能検査を実施する必要があるのだが、現場において、この肺機能検査がスムーズに行われなかったことが問題であった（図 5-6）。新しい製品・サービスの普及においては、製品・サービス自体のすばらしさ、その製品に対するシーズとニーズの状況などとは異なる要因（その製品の普及に関わる全ての関係者）に気を配ることの必要性を、インスリンの事例を指摘している。つまり、アダプションチェーン・リスクを回避することが必須となる。

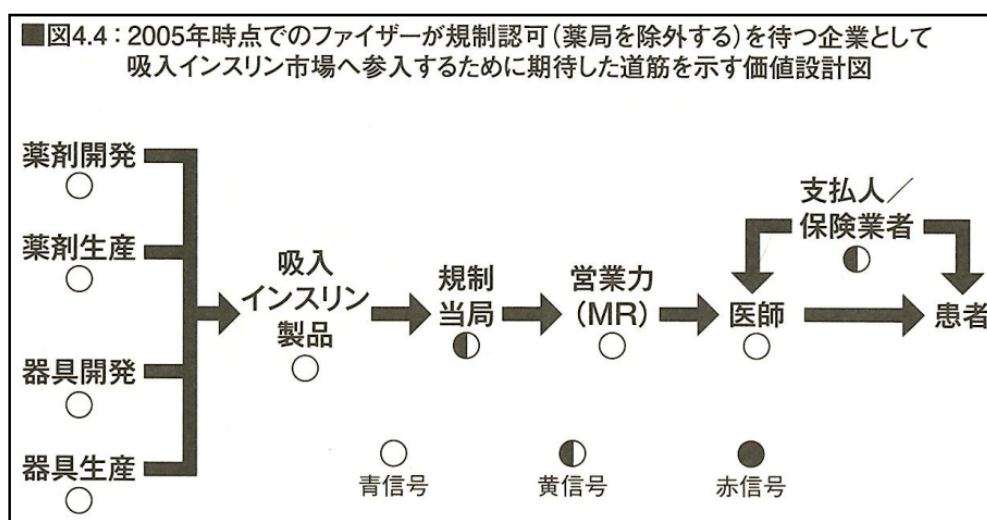


図 5-5 企業が想定していたインスリン市場の道筋とリスクの大きさ[4]

(『WIDE LENS』より引用)

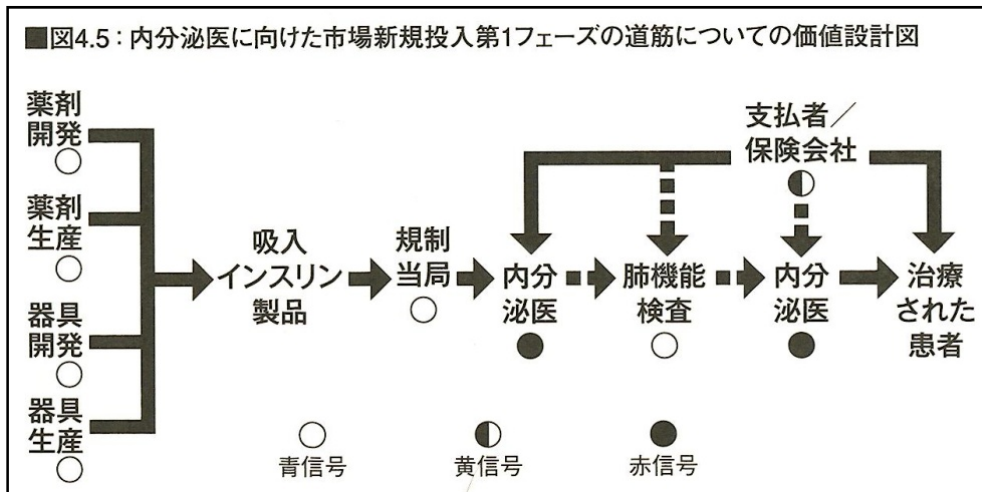


図 5-6 実際のインスリン市場の道筋とリスクの大きさ[4]

(『WIDE LENS』より引用)

ワイドレンズに照らし合わせ、広い視野を持ってバーチャルスライドによる癌診断を考えてみると、黄信号、もしくは赤信号かもしれないいくつかの死角（リスク）が見えてくる[1]。1つはバーチャルスライド作成装置を操作する技師の存在である。現場で実際に機器の操作を行うのは医師ではなく技師であり、バーチャルスライド作成装置を導入することにより技師の作業量は必然的に増える。そのため、アダプションチェーン・リスクの回避として、実作業を行う技師にバーチャルスライド技術を受け入れてもらう必要がある（図5-7）。もう1つのリスクは、すぐには増えない病理医の数であり、病理医が勤務する施設以外の診断を請け負うことによる負担である。こちらもアダプションチェーン・リスクであると同時に、病理医の負担を軽減する新たなイノベーション（コーイノベーション）が必要である。今後、これらのリスクを回避・軽減させる方法を考えることが、遠隔病理コンサルテーションネットワークという医療イノベーションを実現させる上で必要である[1]。

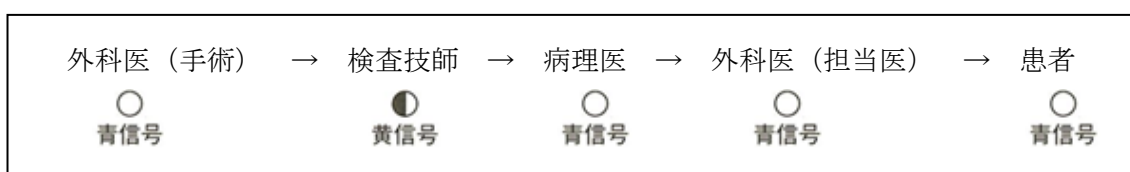


図 5-7 アダプションチェーンで検査技師がリスクとなる可能性

## ②共創とコミュニティ化

コトラーは『コトラーのマーケティング 3.0』において、「共創」は C・K・プラハラードが作り出した言葉で、イノベーションに対する新しい取り組み方を表すもの[5]と述べている。

C・K・プラハラードは『コ・イノベーション経営：価値共創の未来に向けて』の中で、「価値とは消費者と企業が共創するものだ」と述べている[6]。さらにプラハラードは、企業や消費者のかかわり合いを支えるインフラが、どれだけ多彩な経験を生み出せるか、企業は多彩な共創経験を実現できるように、「経験環境」のイノベーションを効果的に図り、融通の利く「経験ネットワーク」を築いて、各個人が経験を紡ぎ出したり、パーソナル化したりするためのお膳立てをする必要がある、と述べている。これまでの企業中心の価値創造プロセスから、個々の顧客を中心に据えた共創へ移行する必要がある。そのために、企業の仕事は、経験ネットワークを構築して、消費者が経験環境と容易にかかわり合いながら、経験を共創できるようにすることだとしている[6]。

病理医の遠隔病理コンサルテーションネットワークの場合、本章 5-1 節で述べたように、大学や病院間では見えない壁が存在する（図 5-1）。それに対して、病院に導入された機器であるバーチャルスライド作成装置とインターネット技術を利用することにより、企業側がインフラである病理医のコンサルテーションネットワークを構築することができる。診断に対して不安を抱いている一人病理医が構築されたネットワークを利用することにより、他の病理医と相談することを通して、一人で診断するという不安が取り除かれ、診断に対する安心度が向上する。このコンサルテーションを受けるという経験が、他の医師と診断にまつわる経験を共有するという意味でまさに共創経験であり、病理医（消費者）にとっての価値となる。これこそが、病理の世界における経験ネットワークとなる。

1 回のコンサルテーションは 1 つの価値に過ぎないが、多くの病理医が参加するようになった遠隔病理コンサルテーションネットワークは大きなコミュニティという存在になりうる。多種多様なコンサルテーションによる診断例（共創経験）が蓄積されることにより、さらに各個人である病理医の診断精度が向上していく。プラハラードはより重要なのは、消費者が互いにつながると、他者の経験から学べるという点であるとも述べている[6]。経験がものを言う世界である病理において、自分が所属する病院以外の診断例（他人の共創経験）も学び蓄積されることになり、病理全体として診断精度が向上していくことに繋がるはずである。

病理医の現状を打破するためには病理医の遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築すれば良いと論じてきたが、本章 5-5 節で述べたように、一企業がこのネットワークをビジネスにしても良いのかという問題が存在する。しかし、企業はあくまで場であるネットワークを提供する立場で良いのかもしれない。病理医同士の共創によりネットワークが自律的に発展していくのであれば、企業は発展の上で必要とされる機能をネットワークへ追加していくことで、この共創に参加することができるかもしれない。共創はこれまで一般的な消費財のビジネスにおいて行われてきたが、医療、特に病理の世界において展開させていくことが課題となる。

共創という考え方と共創によるコミュニティの構築に関して、成功事例について研究した先行研究が 2 つある。それらを取り上げ、遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築において、共創という考え方が利用できるかを検討する。

共創とコミュニティ構築に関する 1 つ目の先行研究は、ジョン・エイブリーが報告しているもので、科学、医学、学術、産業界というコミュニティ間、あるいはその内部の壁を打ち破るのに成功している 2 つのイノベーションの例が紹介されている[7]。

エイブリーが報告している 1 つ目は、顧客コミュニティを作り、協働の必要性を認識していなかった人々によるコラボレーションによってのみ創り出せる新分野を切り拓いた事例である[7]。この顧客コミュニティの構築は、これまで本章で述べてきた、遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築に類似するものと言える。もう 1 つの例は、場所の制約を超えて、双方向のやり取りで知恵を出し合う手法を開拓した事例である[7]。分野は異なるが、遠隔地同士のやり取りという事例も、これまで本論文で述べてきた遠隔病理コンサルテーションに類似すると言える。これらの類似は、この先行研究が遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築する上で非常に参考になることを意味している。

ジョン・エイブリーの先行研究では、2 つの例のようなイノベーションを実現させる際には、従来の常識や経験を覆してしまうため、それに抵抗する勢力への対応が必要であることが述べられている[7]。抵抗勢力は主に権威者からの攻撃であるが、遠隔病理コンサルテーションネットワークの場合は病院施設や医師などの間にすでに存在していた関係からの抵抗であるのかもしれない。遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築することにより、これまで関係の無かった病院施設、医師とつながることになる場合は、病院施設や医師などの間の既存のつながりが障害になるかもしれない。すでに存在する施設・病理医同士のいわゆるしがらみまで考慮しなければならないということである。

また、エイブリーは、イノベーションを実現させるには、誰かが手柄を一人占めしない環境にする必要があるとも述べている[7]。企業としては、ネットワークの構築により、そこから少しでも利益を増やしたいと考えるのは当然である。もちろん、ネットワークを運営するにはその費用に対する利益が必要であるが、その利益を企業の手柄にして一人占めしないようにする必要がある。参加している病院施設や医師も何らかの形でメリットを受けられる仕組み作りが必須であろう。

さらに、エイブリーは、コラボレーションを牽引する強力なリーダーの存在が不可欠と述べている[7]。本章 5-2 節で述べた滋賀県の例のように、地域の拠点となる病院の病理医がリーダーとなって、地域の病院間のネットワークを構築しているところもある。遠隔病理コンサルテーションネットワークの場合、企業がリーダーとなるよりも医師である病理医がリーダーとなった方が、周りの病院や医師の協力を得やすいと考えられる。企業はあくまでリーダーのサポート役に回ることで、遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築には必要かもしれない。

共創とコミュニティ構築に関する2つ目の先行研究は、フランシス J. グイヤールらによる報告で、顧客との共創を実現していく上でのステップを、ベクトン・ディッキンソンのメディカル・サージカル・システムズ部門を例にあげて説明している[8]。ベクトン・ディッキンソンは注射の新しい安全性基準を普及させる上で、共創という考え方と手法を採用したが、グイヤールらはこのような共創システムを構築するためのステップは以下の4つがあると述べている[8]。

1. 企業が単独では解決できない大きな問題を特定する
2. その問題に取り組むのに役立つ社内外の利益関係者に関する5つの仮説を立てる
  - ・その問題に関心を持つのはコミュニティのどのメンバーか
  - ・彼らとつながることのできるのはどのような場か
  - ・そこではどのような交流ができるか
  - ・その交流はどのような経験を生み出すか
  - ・関与した誰もが最終的に実現するのはどのような種類の価値であるか
3. 仮説を検証するために実験を行う
  - ・最初の実験は必ず内部システムに焦点を当てなくてはならない。
  - ・その後の実験で、社外パートナーをどんどん増やしていく。
  - ・自社がすでに関係を確立している人たちから始めれば、彼らの助けを借りなが



ら、より多くの人を説得して自社の共創コミュニティに参加してもらうことができる。

・メンバーとセグメントの数を増やし、より広範な問題に取り組めるようにする。  
コミュニティが大きく充実すればするほど、メンバー全員にとって実り大きなものになる。

#### 4. データから継続的に新しい洞察を得る

これら4つのステップを遠隔病理コンサルテーションネットワークに当てはめて、共創システムの実現までのステップを検討してみる。この1～4のステップに従って遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築していくことにより、実現の可能性が高まるのではないかと推測される。一般的な共創の場合は、ベクトン・ディッキンソンの例でも当てはまるように、企業と消費者のコラボレーション的な意味合いがある。しかし、遠隔病理コンサルテーションネットワークの場合、企業側はあくまで脇役となり、病理医が主役となって病理医同士が共創することになると推測する。

### 病理医のコンサルテーションネットワークの場合における、共創システムを構築するための4つのステップ

#### 1. 企業が単独では解決できない大きな問題を特定する

単独では解決できない大きな問題とは、病理医不足の問題を解決し、癌の診断精度を向上させることである。

#### 2. その問題に取り組むのに役立つ社内外の利益関係者に関する5つの仮説を立てる

5つの仮説は以下のようなになる。

- ・コミュニティのメンバーは病理医
- ・病理医がつながることのできる場合は、バーチャルスライド製品を利用したコミュニティネットワーク
- ・不安を感じている症例のコンサルテーションが場における交流となる
- ・各病理医が難しい症例のコンサルテーションという経験をする
- ・診断に対する不安を取り除いて、診断精度の向上という価値を得る

#### 3. 仮説を検証するために実験を行う

最初の実験は必ず内部システムから行うということであるが、この「内部」を地域単位として置き換える。地域単位でのコンサルテーションネットワークの成功後、他の地域へ

伸ばしていく。その後、地域単位をつなげることで、より大きなコミュニティとなる。

#### 4. データから継続的に新しい洞察を得る

洞察＝診断の経験や知恵

診断の経験や知恵が蓄積されていくことにより、診断精度の向上が進み、さらなるコンサルテーションネットワークの広がりにつながる。

ベクトン・ディッキンソンの場合、注射の新しい安全性基準を構築したが、その適用度合いは同一病院内ですら大きなばらつきがあり、特に別の場所にある付属診療所で働く医師や看護師の間では低かった。そこで、注射処理や注射器の廃棄方法の改善に対して、共通の関心を持つ人々のコミュニティを、一つにまとめるさまざまな場を導入することを考案した[8]。病理の世界においても、第2章 2-1-3 節で示したように、地域によって病理医の数が異なることが原因で、診断精度に差（ばらつき）がある可能性がある。注射と癌の診断という違いはあるが、同じ医療の事例として、共創により現状の診断精度の差を改善していくことができるはずである。まずは小さな地域単位で共創システムとしての遠隔病理コンサルテーションネットワークを構築し、その成功後に他の地域でも展開していく。その後、地域単位をつなげることで、最終的には全国単位の大きなネットワークへと広げることができ、地域による診断精度の差を解消することが可能となる。

## 5-7 第5章まとめ

バーチャルスライド作成装置を利用した病理医間のコンサルテーションネットワークの構築について、イノベーション研究の手法を用いて考察した。遠隔病理コンサルテーションでは、病理医同士のネットワーク化が重要であり、インターネットを介して遠隔地と情報をやり取りできるバーチャルスライド技術は、病理医間のネットワーク構築に役立つとともに、ネットワーク構築を通じてバーチャルスライド作成装置の普及が期待できる。そこで、このネットワークを構築し、ビジネス化する上での課題とその解決について論考した。ネットワーク構築の課題に対して、予想されるリスクの回避や、コンサルテーションを受けるといった共創経験の蓄積の利用など、一般的なイノベーションの先行研究の考え方を適用できることがわかった。明確化された課題を解決へ導くことにより、小さな地域単位におけるコンサルテーションネットワークの構築から、全国単位の大きなネットワークへと広げることができる可能性を見出すことができた。遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築の実践にはさらなる検討が必要であるが、ネットワークの広がりにはバーチャルスライド事業の拡大だけでなく、その先として病理診断の精度向上につながることを期待できる。

## 第5章 参考文献

1. 豊田祐一, 江田英雄, 「機器を利用したコンサルテーションネットワークによる医療の  
見えない壁の打破」, 一般社団法人経営情報学会 2013年春季全国研究発表会, 2013.
2. 滋賀県立成人病センター研究所 HP, 遠隔病理診断ネットワーク.  
<http://www.shigamed.jp/telepathology.html> (参照 2015-03-01)
3. Henry Chesbrough, 大前恵一朗(訳), 『OPEN INNOVATION』, 産能大出版部, 2004.
4. Ron Adner, 清水勝彦(訳), 『WIDE LENS』, 東洋経済新報社, 2013.
5. フィリップ・コトラー, ヘルマワン・カルタジャヤ, イワン・セティアワン, 恩藏直  
人(監訳), 藤井清美(訳), 『コトラーのマーケティング 3.0』, 朝日新聞社版, 2010.
6. C・K・プラハラード, ベンカト・ラマスワミ, 有賀裕子(訳), 一條和生(解説), 『コ・イ  
ノベーション経営: 価値共創の未来に向けて』, 朝日新聞社版, 2013.
7. ジョン・エイブリー, 「顧客と開発者を一体化させる 集合知のイノベーション」,  
Harvard Business Review 2012年4月号, p98-110, 株式会社ダイヤモンド社, 2012.
8. フランシス J. ギイヤール, ダグラス・ビリングス, 「共創型コミュニティで顧客の問  
題を解決する」, Harvard Business Review 2013年9月号, p70-80, 株式会社ダイヤ  
モンド社, 2013.

## 第6章 本論文のまとめと今後の課題

### 6-1 本論文のまとめ

本論文では、バーチャルスライド作成装置を病理分野で広く普及させるために、バーチャルスライドに関する事業開発を行うことを目的とした。そこで、バーチャルスライドについての市場のニーズを明確化し、広く普及させることができる製品の開発につなげる取り組みについて研究を実施した。顧客等からの意見や要望の市場調査を行い、その結果を新製品へ反映させる実践を通して、以下の知見が得られた。

第一に、性能・機能面でのコンペチタとの差別化を試みた。学会・研究会などにて顧客から既存製品について意見を伺う、営業から担当顧客の意見を情報収集するという市場調査方法を行った結果を分析することにより、顧客が求めている性能や機能を確認し、それらの要望を実現したスペックの製品化を行った。その結果、性能・機能面での差別化は売りに貢献したが、それだけでは病理分野への普及には不十分であることが分かった。

また、同様の市場調査方法により、これまでのバーチャルスライドビューアーでは顧客が満足していない点があったことが判明した。この不満点を解決し、さらに顕微鏡の操作性へと近づいたビューアーを製品化した。その結果、多くの顧客から好評を得ており、特にコンペチタの装置のユーザーからも、コンペチタのバーチャルスライド画像を筆者らが製品化したビューアーで観察できるようにしてほしいという要望があった。このことは、コンペチタもユーザーのニーズを十分把握できていなかったことを意味しており、バーチャルスライドの製品と市場の間に依然として大きなミスマッチがある可能性を示唆している。

第二に、バーチャルスライド作成装置を広く普及させるためには、市場からのより一般的な意見を抽出・分析する必要があることから、これまで行ってきた市場調査方法とは異なるアプローチであるアンケート調査とインタビューにより、市場の声を取り入れた製品化を試みた。病理医が集まる学会においてアンケート調査を行った結果、一人病理医が多いという先行研究のデータを補足確認できただけでなく、バーチャルスライド作成装置の用途として、病理医全体では学生教育や借用スライドの保存など、診断以外の目的での使用が断然多いのに対し、一人病理医の場合は遠隔病理コンサルテーション用途で使用している割合が一番多いことが分かった。また、バーチャルスライド作成装置の所有の有無や、病院施設内の病理医の人数に関わらず、診断が難しい症例が出た場合のコンサルテーショ

ン先を施設外部に求めていることが判明した。これらアンケートの結果から、病理医、特に地方の中小病院に勤務する一人病理医は診断について不安を抱えることがあり、遠隔病理コンサルテーションを望んでいるが、相談できる先は限られており、バーチャルスライド作成装置がコンサルテーションに有効活用されていないのが実情であると推察された。一人病理医に対するインタビューでも、この推論を支持する結果が得られた。これらは病理医の実情についての新しい知見であり、日本プライマリ・ケア連合学会誌への投稿が、査読付き投稿論文として認められ、掲載された。この知見に基づいて遠隔病理コンサルテーション向けのバーチャルスライド作成装置の製品化を行った。予算が限られている地方の中小病院においても購入ができるように、機能の抑えることで低価格を実現したモデルであり、診断に影響が無いように画質はこれまでの装置と同性能を維持している。様々な施設、特に中小病院などからのデモなどの引き合いが増えつつあり、バーチャルスライド作成装置を病理分野で広く普及させるために事業開発を行うという本論文の目的に対して、このアプローチが有効であることを確認できた。

第三に、バーチャルスライド作成装置を利用した病理医間のコンサルテーションネットワークの構築について、イノベーション研究の手法を用いて考察した。遠隔病理コンサルテーションでは、病理医同士のネットワーク化が重要であり、インターネットを介して遠隔地と情報をやり取りできるバーチャルスライド技術は、病理医間のネットワーク構築に役立つとともに、ネットワーク構築を通じてバーチャルスライド作成装置の普及が期待できる。そこで、このネットワークを構築する上での課題とその解決についてイノベーション先行研究に基づいて論考した。明確化された課題を解決へ導くことにより、小さな地域単位におけるコンサルテーションネットワークの構築から、全国単位の大きなネットワークへと広げることができる可能性を見出すことができた。遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築の実践にはさらなる検討が必要であるが、ネットワークの広がりにはバーチャルスライド事業の拡大を図ることができるだけでなく、その先として病理診断の精度向上につながることを期待できる。

本論文の結論は次の通りである。市場のニーズを明確化する取り組みに基づいて製品化した遠隔病理コンサルテーション向けのバーチャルスライド作成装置は、病理分野のニーズを最も的確にとらえた製品であり、遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築の有力なツールになる。このネットワークの構築により、ネットワークに参加するユーザーの増加、すなわち、さまざまな専門分野を持つ病理医の参加は、さらなるネットワーク参加

ユーザーの増加を喚起し、製品の普及を促進する好循環が生まれる。これこそが、バーチャルスライド作成装置の病理分野での普及実現に向けた最善の事業展開である。

## 6-2 今後の課題と展開

### 6-2-1 遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築

本論文では、病理医にとって遠隔病理コンサルテーションネットワークが有用である可能性が示唆された。そのため、今後はこの病理医の遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築例を増やしていき、その有用性を実証していく必要がある。5-2節で紹介した滋賀県の例のように、すでにバーチャルスライド技術を利用してコンサルテーションネットワークを構築している地域もあり、最初は先進的な医師や病院の協力が得られやすい小さな地域単位において、病理医がお互いコンサルテーションできる仕組みを構築していくのが最善である。小さな地域でコンサルテーションの成功例を蓄積し、成功例を対外的に報告・宣伝していく。特にバーチャルスライド作成装置を購入していただいた医師・病院には、ネットワークに参加してもらえよう、積極的にアプローチしていく。このようにして、小さな単位のネットワークを増やし、最終的にネットワーク同士を接続させることにより、より大きなネットワークへと成長していくことが期待できる。将来、地域ネットワーク同士がつながり、1つの大きな全国単位のネットワークへと広がった時に、病理医の負担がさらに軽減されることも期待できる。

2008年に病理診断科を標榜できるようになったことにより、総合病院が病理診断科を設置できるだけでなく、病理診断科の開業ができることとなり、数は少ないが、すでに病理診断科を開業した施設もある。これまで開業医を目指す医学生にとって病理分野は対象外であったが、開業できるようになったことで、今後病理を目指す医学生が増え、病理医が少ないという問題の解消へにつながるかもしれない。開業医の病理医が増えた場合、ますます互いに相談できる仕組みは必要となり、遠隔病理コンサルテーションネットワークの需要が増えると推測される。その将来を見据えて、コンサルテーションネットワークをあらかじめ構築しておくことは事業の展開において必須と考える。

遠隔病理コンサルテーションネットワークは地域の病院施設における癌の診断精度の向上へつながることが期待できる。これは2-1-3節で述べた癌診断の地域格差を解消するこ

とになり、ひいては医療の地域格差の解消へとつながる。また、癌の診断精度の向上は正確な治療方針の決定が可能となることから、癌の医療費の削減にもつながる。遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築は事業としてだけでなく、医療の地域格差の解消や医療費の削減という社会貢献にも寄与できると期待される。

## 6-2-2 プライマリ・ケアへの対応

厚生労働省の「専門医の在り方に関する検討会」は2013年4月、「総合診療専門医」という新しい専門医を養成・認定することを正式に決めた[1]。総合診療専門医とは、総合的な診療能力を持ち、プライマリ・ケアを担う医者である。総合診療専門医は、2017年から後期研修が始まり、2020年には新制度のもので初の専門医が生まれる[1]。プライマリ・ケアを簡単に言うと「身近にあって、何でも相談にのってくれる総合的な医療」[2]となる。プライマリ・ケアは、肥大化する医療費への抑制として重視されつつあり、今後の医療行政の必然的なトレンドであると考えられる。地域医療の比重を高める施策としてのプライマリ・ケアは、地方の病理医不足の問題をより深刻化させる要因になりえるが、遠隔病理コンサルテーションを支援するバーチャルスライド作成装置の事業にとってはビジネスチャンスととらえることもできる。一次診療を担う総合診療専門医は、患者のどんな医療の相談にももの必要があり、一次診療で対処できない場合は適切に二次診療・三次診療機関の専門医を紹介し、彼らと連携して治療方針を決め、専門医の診療後はフォローアップも行う。そのため、病理医を含めた高次診療のバックアップ体制は総合診療専門医が安心して働ける上で重要であり、プライマリ・ケアにとっても病理医不足の問題を解消する遠隔病理コンサルテーションの充実が重視されるはずである。これにはやはり遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築が前提になるが、巨額の医療費への対処としてプライマリ・ケアの本格導入は避けられない流れであり、その動向を注視しながら事業との連携を図っていく必要がある。

これから誕生する総合診療専門医にとって、他の広範な医療の分野の専門医とコンサルテーションできるネットワークは非常に有益であろう。同じ医療・医師に関するネットワークという意味で、遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築の方法論はプライマリ・ケアの分野にも応用できる可能性がある。遠隔病理コンサルテーションネットワークの構築を通して、コンサルテーションネットワーク構築の方法論を十分に体系化することがで



できれば、その方法論を総合診療専門医と他の専門医とのネットワーク構築にも役立てたい。総合診療専門医が初めて誕生する2020年までにコンサルテーションネットワークを構築できれば、まだ慣れない総合診療専門医にとっても、他の専門医に相談できるという仕組みは心強いものになる。コンサルテーションネットワークの構築という事業において、2020年は構築を目指す時期の目標となる。

### 6-2-3 顧客コミュニティの応用

5-6節にて述べた共創による顧客コミュニティを構築するという考え方は、バーチャルスライド作成装置に限らず、他の製品においても応用が可能である。特定の製品に関して、これまでは顧客個別に対応していた案件や、多くのユーザーの意見を集めるには学会などの場を利用する必要があった。本論文においても、アンケートを行う場として学会を利用した。それに対して、製品のユーザーが集うことができるネットワークコミュニティ環境を整えることで、企業はユーザーの要望や改良希望などをネットワークコミュニティから集めることができる。一人のユーザーの要望は他のユーザーが潜在的に望んでいる要望と同一であることがあり、その要望をネットワークコミュニティの利用により検証することができる。これからの製品開発において、顧客が求めるものを開発していく際に、ネットワークコミュニティは非常に有意義な手法となる可能性がある。

### 6-3 本論文における産業創成

光産業創成大学院大学において研究を行う主目的は、「産業創成」を行うことであった。病理医のコンサルテーションネットワークを構築し、バーチャルスライド事業を拡大することそのものが産業の創成であると言える。また、本論文では日本国内を対象として検討してきたが、海外の癌診断市場をターゲットにして産業を創成することも可能である。加えて、遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築の先に見える癌の診断精度の向上は、医療費の削減につながり、さらに癌で亡くなる人の数を減らすことにもつながる。医療費の削減は、削減した予算を別の産業へとまわすことができ、また癌で亡くなる人が減ることにより、健康な状態で働くことができる国民が増えることになる。本論文における産業創成は、遠隔病理コンサルテーションネットワーク構築によるバーチャルスライド事業拡

大という主産物の産業創成だけでなく、副産物的として健康な国民が増えることによる他の産業の創成にもつながるという効果が期待できる。

## 第6章 参考文献

1. 葛西龍樹, 『医療大転換 - 日本のプライマリ・ケア革命』, 筑摩書房, 2013.
2. 一般社団法人 プライマリ・ケア連合学会 HP, 「医療関係者の方へ プライマリ・ケアとは?」, <http://www.primary-care.or.jp/paramedic> (参照 2014-11-14)

## 図表一覧

図 1-1	バーチャルスライドの概念図.....	2
図 1-2	本論文の構成図.....	4
図 2-1	病理診断について.....	6
図 2-2	医師確保のための実態調査.....	7
図 2-3	がん診療連携拠点病院.....	8
図 2-4	病理医の地域分布.....	9
図 2-6	リアルタイム方式テレパソロジーシステムの外観と画面.....	15
図 2-7	従来の CCD タイリング方式.....	17
図 2-8	ラインセンサ方式.....	18
図 2-9	通常のラインセンサ方式.....	18
図 2-10	TDI センサ：4 段の例.....	19
図 2-11	Z-stack 機能.....	20
図 2-12	蛍光イメージングモジュール.....	21
図 2-13	NanoZoomer Digital Pathology (NDP)®.....	22
図 2-14	蛍光照明光学系.....	23
図 2-15	NanoZoomer®-RS.....	23
図 2-16	がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業.....	25
図 2-17	遠隔術中迅速診断の運用例 1.....	27
図 2-18	遠隔術中迅速診断の運用例 2.....	28
図 2-19	バーチャルスライドを用いた症例検討会の様子.....	29
図 2-20	電子カルテと連携したバーチャルスライドの運用例.....	30
図 2-21	バーチャルスライドを用いた学生教育の様子.....	31
図 2-22	画像解析ソフトウェアとバーチャルスライドの連携例.....	32
図 2-23	蛍光染色したマウス腎臓.....	33
図 3-1	ダイナミックプレフォーカス機能.....	41
図 3-2	フォーカス判定機能.....	42
図 3-3	従来の手動キャリブレーション操作.....	43
図 3-4	NanoZoomer®-XR.....	44

図 3-5	NDP®.view2 画面.....	45
図 4-1	施設内病理医の人数.....	49
図 4-2	バーチャルスライドの用途.....	50
図 4-3	難しい症例が出た場合のコンサルテーション相手（複数病理医施設） ....	51
図 4-4	難しい症例が出た場合のコンサルテーション相手（一人病理医施設） ....	52
図 4-5	がん診療連携拠点病院に対する遠隔画像診断支援事業.....	54
図 4-6	NanoZoomer®-SQ.....	56
図 5-1	大学・病院間の見えない壁.....	59
図 5-2	病理医同士のコンサルテーションネットワーク概念図.....	60
図 5-3	滋賀県の遠隔病理診断ネットワークの例.....	61
図 5-4	ワイドレンズ（広い視野）から見たイノベーション戦略.....	65
図 5-5	企業が想定していたインスリン市場の道筋とリスクの大きさ.....	66
図 5-6	実際のインスリン市場の道筋とリスクの大きさ.....	67
図 5-7	アダプションチェーンで検査技師がリスクとなる可能性.....	67
表 2-1	がん診療連携拠点病院数の中で常勤病理医不在病院が占める割合.....	9
表 2-2	日本病理学会認定病院・登録施設における常勤病理医数.....	11
表 2-3	日本におけるテレパソロジーの歴史.....	13
表 3-1	コンペチタとの性能・機能比較表（本研究を始める以前）.....	37
表 3-2	コンペチタとの性能・機能比較表（2014年12月現在）.....	44

## 謝辞

本論文は、光産業創成大学院大学の江田英雄先生、内藤康秀先生のご指導によりまとめたものであり、ご多忙の中、終始懇切丁寧なるご指導とご鞭撻、ご高配を賜りましたことを心から深く感謝いたします。

光産業創成大学院大学への入学により、勉学と研究の機会を与えていただきました晝馬明浜松ホトニクス株式会社社長、飯田等システム事業部長、丸野正システム設計部長に深く感謝いたします。

新事業開発と研究の場を提供していただきました光産業創成大学院大学の加藤義章学長には、お忙しい中、研究活動におけるご相談にのっていただきましたことを御礼申し上げます。マーケティング活動、およびフォトリソリング活動において、実践的にご指導いただいた宇佐美健一先生に深く感謝いたします。また、高橋宏誠先生、坪井昭彦先生、藤田和久先生、瀧口義浩先生、増田靖先生、横田浩章先生、石井勝弘先生、平野美奈子先生、中原伸一朗先生、森芳孝先生、花山良平先生、楠本利行先生、杳名宗春先生、北川米喜先生、井出徹先生、北原正先生には、分野ゼミおよび授業を通して有益な議論、ご指導をいただき、ありがとうございました。

S.T.P.C 代表の高谷周司様、光産業創成プロデューサー人材育成プログラムスタッフの藤野えりな様には、お時間のある度にビジネスに関するご相談や悩みについていただき、ありがとうございました。

大学の同期生である、前田利光氏、佐藤仲弘氏、深澤聡氏、大須賀慎二氏、深澤宏仁氏、森下桂嗣氏、林田亮氏、鈴木一隆氏、中山師生氏、岡田裕之氏には、多くの時間や苦勞、悩みを共有し、学生生活において大変お世話になったことを深く感謝いたします。今後ともよろしく願いいたします。

学生生活においては、度重なるご支援をいただいた光産業創成大学院大学の事務局長伊藤邦司様、村田浩二様、石山貴之様、小久保伊都子様、大西秀美様、菅沼聖子様、加藤奈穂様には、様々な事務手続きのご協力により、大学における勉学と研究をスムーズに行うことができました。ありがとうございました。

また、派遣元の浜松ホトニクス株式会社システム設計部第 48 部門の岩瀬富美雄部門長をはじめ部門の皆様方には、私の在学中に限られたマンパワーの中で代替りの業務を行っていただいたおかげにより、勉学と研究に集中することができたことを深く感謝いたします。

最後になりましたが、仕事と子育ての両立という大変な状況にも関わらず、研究中に私を支えてくれた妻・晃子と、仕事や研究で疲れて帰宅した際に、満面の笑顔で出迎えて私の疲れを癒してくれた長女・真優に深く感謝いたします。

2015年5月

豊田 祐一

## 業績目録

### 1. 論文

豊田祐一，江田英雄，「病理医の現状調査とバーチャルスライドによるコンサルテーションネットワークの構築」，日本プライマリ・ケア連合学会誌，第37巻3号，p244-248，2014.  
(査読付)

### 2. 学会抄録

豊田祐一，江田英雄，「機器を利用したコンサルテーションネットワークによる医療の見えない壁の打破」，一般社団法人経営情報学会 2013年春季全国研究発表会抄録集，2013.

豊田祐一，江田英雄，「医療業界の市場調査の検討」，一般社団法人経営情報学会 2014年秋季全国研究発表大会抄録集，2014.

### 3. 学会発表

豊田祐一，江田英雄，「機器を利用したコンサルテーションネットワークによる医療の見えない壁の打破」，一般社団法人経営情報学会 2013年春季全国研究発表会，2013.  
(東京、慶応義塾大学、2013年6月30日発表)

豊田祐一，江田英雄，「医療業界の市場調査の検討」，一般社団法人経営情報学会 2014年秋季全国研究発表大会，2014.  
(新潟、新潟国際情報大学、2014年10月25日発表)

### 4. 特許

【特許番号】特許第5497386

【登録日】平成26年3月14日(2014.3.14)

【発明の名称】画像取得装置

【発明者】大城 政文，豊田 祐一，橋本 容範



## 5. プレスリリース

新型-バーチャルスライドスキャナ「NanoZoomer-XR」を発売

2012年09月18日

<http://www.regrese.jp/release/details/87/3515/> (参照 2014-11-13)

浜松ホトニクス、“小型”バーチャルスライドスキャナ「NanoZoomer-SQ」を発売

2014年09月30日

<http://www.businesswire.com/news/home/20140930005010/ja/#.VFmxWWWhh1Q>  
(参照 2014-11-13)

## 6. 展示会出展、研究会出展・参加

経営情報学会 2012年春季全国研究発表大会：東京、東京経済大学 国分寺キャンパス

2012年5月12日(土)～13日(日)

[http://www.jasmin.jp/activity/zenkoku\\_taikai/2012\\_spring/index.html](http://www.jasmin.jp/activity/zenkoku_taikai/2012_spring/index.html) (参照 2014-11-13)

第53回 日本臨床細胞学会 総会：千葉、幕張メッセ国際会議場

2012年6月2日(土)～3日(日)

<http://info.jbcc.gr.jp/jimukyoku/osirase001/53report.html> (参照 2014-11-13)

地域ICT利活用連携シンポジウム：滋賀、近江八幡市勤労者福祉センター

2012年10月20日(土)

<http://www.pref.shiga.lg.jp/hodo/e-shinbun/nb01/files/ict.pdf> (参照 2014-11-13)

経営情報学会 2012年秋季全国研究発表大会：金沢、金沢星稜大学 御所町キャンパス

2012年11月16日(金)～18日(日)

[http://www.jasmin.jp/activity/zenkoku\\_taikai/2012\\_fall/](http://www.jasmin.jp/activity/zenkoku_taikai/2012_fall/) (参照 2014-11-13)

第58回 日本病理学会 秋期特別総会：愛知、ウインクあいち

2012年11月22日(木)～23日(金)

<http://www.gakkai.co.jp/jsp58/> (参照 2014-11-13)

第 29 回 日本毒性病理学会総会および学術集会：筑波、オークラフロンティアホテルつくば

2013 年 1 月 31 日（木）～2 月 1 日（金）

<http://www.procomu.jp/jstp2013/>（参照 2014-11-13）

第 102 回 日本病理学会 総会：札幌、ロイトン札幌、さっぽろ芸文館

2013 年 6 月 6 日（木）～8 日（土）

<http://www.congre.co.jp/jsp2013/>（参照 2014-11-13）

第 12 回 日本テレパソロジー・バーチャルマイクロスコープ研究会 総会：東京、ベルサール三田

2013 年 9 月 21（土）～22 日（日）

<http://telepatho.kenkyuukai.jp/about/>（参照 2014-11-13）

PHOTON FAIR 2013：浜松、アクトシティ浜松

2013 年 11 月 7 日（木）～9 日（土）

<http://www.photonfair.jp/>（参照 2014-11-13）

第 59 回 日本病理学会 秋期特別総会：甲府、甲府富士屋ホテル

2013 年 11 月 21 日（木）～22 日（金）

<http://www.gakkai.co.jp/jsp59/>（参照 2014-11-13）

第 103 回 日本病理学会 総会：広島、広島国際会議場、ANA クラウンプラザホテル広島

2014 年 4 月 24 日（木）～26 日（土）

<http://www2.convention.co.jp/103jsp/>（参照 2014-11-13）

第 18 回 日本医療情報学会 春季学術大会：岡山、岡山コンベンションセンター

2014 年 6 月 5 日（木）～7 日（土）

[http://jami.jp/index.php?mode=info\\_p](http://jami.jp/index.php?mode=info_p)（参照 2014-11-13）

第13回 日本テレパソロジー・バーチャルマイクロスコープ研究会 総会：青森、青森県  
観光物産館アスパム

2014年8月28日（木）～30日（土）

<http://www.medic.mie-u.ac.jp/tpvm/#anchor>（参照 2014-11-13）

以上