

Title	Telepresenceを応用した導入可能な皮膚科遠隔診療の研究
Sub Title	Research on dermatological telemedicine using telepresence
Author	小野寺, 好広(Onodera, Yoshihiro) 加藤, 朗(Katō, Akira)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2018
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2018年度メディアデザイン学 第677号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002018-0677

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2018年度

Telepresence を応用した導入可能な
皮膚科遠隔診療の研究



慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

小野寺 好広

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士(メディアデザイン学)授与の要件として提出した修士論文である。

小野寺 好広

研究指導コミッティ:

加藤 朗 教授 (主指導教員)

大川 恵子 教授 (副指導教員)

論文審査委員会:

加藤 朗 教授 (主査)

大川 恵子 教授 (副査)

杉浦 一徳 准教授 (副査)

修士論文 2018 年度

Telepresence を応用した導入可能な 皮膚科遠隔診療の研究

カテゴリ：サイエンス / エンジニアリング

論文要旨

遠隔診療について、厚生労働省は平成 30 年 2 月 8 日オンライン診療と呼称を統一した。中央社会保険医療協議会（厚労相の諮問機関）は、平成 30 年 4 月からの診療報酬にオンライン診療料を新設、生活習慣病の診療などを対象とすることを決めた。これによって様々な条件は付くが遠隔診療を普及させることが可能になる道筋ができたと考えられる。本研究では、対面診療と同じ診断ができる事を目標に必要な要件を調査し、適応可能な機器を使った遠隔診療実験を行い効果と有効性を明らかにすることである。適応可能な機器とネットワークの定義とは、関連研究や過去の事例、医療関係者からのヒヤリングより「映像品質、色覚の調整、検査機器の接続性、操作性、ネットワークとシステム運用(品質、管理、コスト)」と位置づけ。遠隔診療実験を通して、課題の解決を行い導入可能な遠隔診療システムの実現を目指し効果と有効性を明らかにする。

キーワード：

遠隔診療, 皮膚科, 高精細映像, インターネット, テレビ会議システム

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

小野寺 好広

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2018

Research on Dermatological Telemedicine using Telepresence

Category: Science / Engineering

Summary

Regarding telemedicine, the Ministry of Health, Labor and Welfare unified the term online medical treatment in February 2018. The Central Social Insurance Medical Council (advisory body of the Health, Labor and Welfare Ministry) established an online medical fee for medical treatment fee from April 2018 and decided to target medical treatment of lifestyle diseases. Although it has various conditions attached by this, it is thought that a pathway has become possible that makes it possible to disseminate remote diagnosis. In this research, we will investigate the necessary requirements with the goal of being able to make the same diagnosis as face to face care, and conduct remote medical examination using adaptable equipment to clarify the effectiveness and effectiveness. Definition of the tasks necessary for applicable equipment is defined as "video quality, color vision adjustment, connectivity of inspection equipment, operability, network and system operation" from related research, past cases, and hearing from medical personnel I suppose. Through remote medical examination experiments, we aim to realize remote diagnosis and treatment system that solves the problem and can introduce it.

Keywords:

On-line medical treatment, Dermatology, Telepresence, The Internet, high-resolution digital image

Keio University Graduate School of Media Design

Yoshihiro Onodera

目 次

第 1 章 序論	1
1.1. 背景	1
1.2. 日本国内の遠隔診療	2
1.2.1 遠隔医療の現状とこれからの展開	2
1.2.2 映像技術の高解像度化と遠隔診療	5
1.3. 本研究の目的	5
1.3.1 遠隔診療実証実験フィールド	6
1.4. 本論文の構成	7
第 2 章 関連研究	8
2.1. 遠隔診療／オンライン診療の歴史と現状	8
2.1.1 日本遠隔診療学会の活動	8
2.1.2 遠隔医療の実施例	9
2.2. 遠隔医療と高精細、高解像映像の必要性	12
2.2.1 北海道における遠隔医療の有効性と課題	12
2.2.2 4K 映像を用いた皮膚科遠隔医療の信頼性要因に関する研究	13
2.3. 映像システムと自然色の再現	16
2.3.1 ナチュラルビジョンー高色再現映像システムの開発ー	16
2.4. 本章のまとめ	17
第 3 章 遠隔診療システムの設計・実装	19
3.1. 研究の目的	19
3.1.1 本研究における 3 つの課題	19
3.2. 医師の求める仕様に合ったシステムの調査	20

3.2.1	利用者(医師、看護師)から見た必要な要件	20
3.2.2	遠隔診療での技術的な対応可否の調査	21
3.2.3	皮膚科の診察に使用する機器	23
3.3.	Telepresence システムの選択と最適化	26
3.3.1	Telepresence システムの選択	26
3.3.2	Telepresence システムの最適化	31
3.3.3	プロトタイプの特徴	32
3.3.4	複数映像ソースの入力と切替	33
3.4.	色彩感覚の調整と LED 照明	36
3.4.1	LED 照明装置	38
3.5.	遠隔診療 実験ネットワーク	39
3.5.1	実験に使用するネットワークの構成	39
3.5.2	ネットワークとシステムの状態監視	41
3.6.	本章のまとめ	42
第 4 章	遠隔診療の実証実験	43
4.1.	遠隔診療の実施	43
4.1.1	診察の流れ (DtoDtoP) と (DtoPtoN)	43
4.1.2	遠隔診療の準備から診察の手順	45
4.1.3	遠隔診療ケースの収集	45
4.1.4	診断評価項目	49
4.1.5	患者年齢分布	49
4.1.6	遠隔医療で診断しえた疾患例	50
4.2.	遠隔診療の結果	51
4.2.1	診断一致率	51
4.2.2	診断確定に見る症例数	52
4.2.3	DtoDtoP 形式の診療の評価	52
4.2.4	DtoNtoP 形式の診療の評価	52
4.3.	患者へのアンケート	53
4.3.1	患者からの意見	53

4.4. 本章のまとめ	56
第5章 考察	57
5.1. 遠隔診療実験結果の考察	57
5.1.1 診断の確定に苦慮したケース	57
5.1.2 ケース1、2：焦点が合わない	58
5.1.3 ケース3：色調が不鮮明	59
5.1.4 ケース4、5：硬さや熱感：におい	60
5.2. システムとネットワークの考察	62
5.2.1 ケース1 ネットワークでの問題	62
5.2.2 ケース2 映像が粗い(ブロックノイズが発生)	63
5.2.3 ケース3 Telepresence システム：カメラ	67
5.2.4 ケース1-3 について	67
5.2.5 ケース4 人為的、環境の問題	67
5.2.6 ケース5 人為的、環境の問題	68
5.3. 運用の考察	68
5.3.1 Telepresence システム	68
5.3.2 遠隔診療の準備から診察の手順	68
5.3.3 ネットワークやシステムの状況を把握できる仕組み	70
5.3.4 医療従事者だけの運用	70
5.3.5 患者からのアンケートに対する考察	72
5.4. 本章のまとめ	73
第6章 結論	74
6.1. 本研究で明らかになった事項	74
6.2. 本研究の適用範囲	75
6.3. 今後の課題	75
6.4. 本研究のまとめ	75
謝辞	77

目 次

1.1	医療分野の情報化の推進について 遠隔医療	3
1.2	遠隔医療システムの導入状況	4
1.3	実証実験フィールド	6
2.1	平均寿命の国際比較 2016-2017年 男性・女性の平均寿命	9
2.2	平成 29 年簡易生命表	10
2.3	都道府県別にみた人口 10 万対医師数	10
2.4	膚の乾燥による肌荒れ	15
2.5	老人性イボ	15
2.6	湿疹	15
2.7	ナチュラルビジョン 分光イメージ	17
3.1	パナソニック HD 術野システム G-MDR15 カメラヘッド AG-MDC10G	24
3.2	オリンパス社製 BX51-P 偏光顕微鏡+キャノン社製 EOS Kiss X7i	25
3.3	AlderMed 社 microDERM LUMINIS + NIKON D4	25
3.4	Cisco TelePresence SX20 Quick Set	28
3.5	SX20 入出力インターフェース	29
3.6	PrecisionHD x12 倍ズーム カメラ	29
3.7	入出力インターフェース	30
3.8	基本パーツの組み付け	31
3.9	プロトタイプ製作	32
3.10	リモコン付 HDMI 切替器 4 入力・1 出力	33
3.11	複数の映像入力	34
3.12	映像入力の切替え	35

3.13	チャートによる色覚の調整	37
3.14	色温度の調整	37
3.15	色温度の調整設定を記録	38
3.16	Nanguang 社製 CN-1200CHS	38
3.17	遠隔診療実験ネットワーク構成	40
3.18	アクセス可能なネットワークとデバイス	40
4.1	DtoDtoP と DtoPtoN による診察の流れ	44
4.2	診察の様相	44
4.3	岩手医大 皮膚科医局で行われる手順	46
4.4	高田病院 で行われる手順	47
4.5	遠隔診療ケースカード	48
4.6	診断された疾患の分類	51
4.7	診断一致率	51
4.8	プライバシーは守れていたか	54
4.9	コミュニケーションはうまくとれたか	54
4.10	診断に対する理解	55
4.11	遠隔医療の満足度	55
4.12	また遠隔医療をうけてもよいか	56
5.1	診断が難しい症例	58
5.2	デジタルマイクロスコープ	59
5.3	頭皮・皮膚押下型硬度計とプローブとアダプター	61
5.4	SX20 通信状態画面	65
5.5	ネットワーク管理ツールの一例	71
5.6	ネットワーク管理ツールの一例	72

目 次

2.1	遠隔医療の実施例	11
2.2	インタビュー結果	14
3.1	診察内容と遠隔診療	21
3.2	Telepresence システムの比較評価	26
3.3	テレビ会議システムのコア機能	41
3.4	ネットワーク到達性と死活監視ポイントの設定	42
4.1	遠隔診療形態別の患者年齢分布	49
4.2	遠隔診療実験で診断された疾患	50
5.1	診断の確定に苦慮したケース	58
5.2	遠隔診療で発生した問題	62
5.3	岩手医大 皮膚科医局 診察の流れ	69
5.4	高田病院 診察室 診察の流れ	70

第 1 章 序

論

1.1. 背景

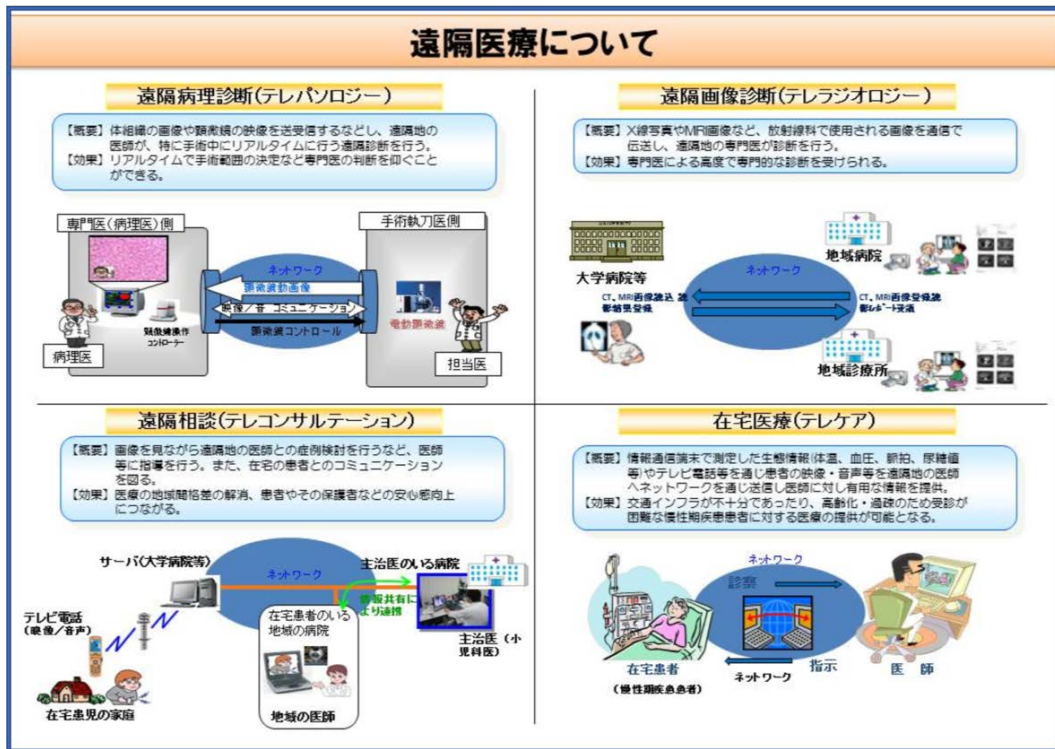
本研究は、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害が発生したことで被災した岩手県陸前高田市への支援活動(参照:[1])から発した遠隔診療実証実験と関係している。岩手県沿岸部は、海岸線近くまで山地であり平地が狭い地形であり、その狭い平地に漁港と市街地があったために津波で流され、市街地は壊滅状態になった。陸前高田市では、病院、診療所などの多くは津波に流され失われてしまった。現在は、復興が進み県立高田病院も復建されたが、医療に関して同県は平成28年都道府県別人口10万人対医師数(参照:[2])は、平均全国251.7人に対して207.5人、第42位と低いレベルで、都道府県別1キロ平方メートルあたりの医師数では、広大な大地の岩手県は面積当たりの医師数で第46位と最低レベルにある。さらに二次保健医療圏別では、全国や県平均を大きく下回っている(盛岡医療圏を除く)。医療過疎は進んでいて200床以上を持つ病院であっても常勤皮膚科医が不在であるところは数多い。この状況を改善するための方策として遠隔診療の可能性を評価することになった。現在、岩手県に限らず被災地や過疎地における専門医不足や医師の偏在、国民の高齢化に伴う医療費高騰で病院の病床の減少で医療サービスが受けられない事が大きな社会問題となっている。

1.2. 日本国内の遠隔診療

日本国内では1996年に厚生労働省遠隔医療研究班が組織されてから遠隔医療の取り組みが始まっている。しかし当時は画像伝送を中心とした取り組みが多かったことから、研究班では「遠隔医療映像を含む患者情報の伝送に基づいて遠隔地から診断、指示などの医療行為及びに関連した指示などを行うこと。」と定義した。その後、2005年に日本遠隔診療学会が発足し、この定義の見直しが始まり、2006年7月に「遠隔医療 (Telemedicine and Telecare) とは、通信技術を活用した健康増進、医療、介護に資する行為をいう。」と再定義した。以来10年が過ぎたが、特定の診療科向けの遠隔診療毎に異なる仕組みが試され、その多くは補助金による実証実験という形で行われて来た。また厚生労働省は平成30年2月8日オンライン診療と呼称を統一して診療報酬にオンライン診療料を新設した。しかし現状オンライン診療で健康保険を利用するためには、難しい条件がある。例として、初診は必ず対面で行う必要がある。初診から6カ月以上経過していて、その間、毎月同じ医師から対面の診療を受けていること、オンライン診療開始後も3カ月に1回は対面での診療を行うこと、さらにオンライン診療を行う医師は、対面で受診するのと同じ医師でなくてはならない。ここままの条件では遠隔診療を普及させるのは難しいと考えられ、条件を緩和する改定が期待されている。

1.2.1 遠隔医療の現状とこれからの展開

日本における遠隔医療への取り組みは25年以上が経過しているが、この間、情報通信技術は飛躍的に進歩し遠隔医療を行う上でコンピュータ技術や通信サービスは既に利用可能な状態だと考えられる。現状、利用されているのは主に遠隔画像診断、遠隔病理診断、遠隔在宅医療(医療相談)が一般的であり、厚生労働省の医療分野における情報化の推進について遠隔診療の項目(図:1.1 参照: [3])には病院、一般診療所による一般診療科での遠隔診療が存在していない。また平成29年版厚生労働白書、遠隔医療システムの導入状況(図:1.2 参照: [4])から導入施設数が少ないことも分かる。



出典：厚生労働省ホームページ／医療分野の情報化の推進について

図 1.1 医療分野の情報化の推進について 遠隔医療

【遠隔医療システムの導入施設数】		
〈病院〉		
	施設数	
	2011年	2014年
総数	[8,605]	
	8,460	8,493
遠隔画像診断	1,157	1,335
遠隔病理診断	190	226
遠隔在宅医療	8	18

〈一般診療所〉		
	施設数	
	2011年	2014年
総数	[99,547]	
	98,004	100,461
遠隔画像診断	1,246	1,798
遠隔病理診断	229	808
遠隔在宅医療	552	544

資料：厚生労働省政策統括官付参事官付保健統計室「医療施設調査」
(注) 平成23年について、[8,605]、[99,547] は全国の数値。それ以外は宮城県の石巻医療圏、気仙沼医療圏及び福島県を除いた数値。

出典：厚生労働省ホームページ／平成29年版厚生労働白書

図 1.2 遠隔医療システムの導入状況

1.2.2 映像技術の高解像度化と遠隔診療

これまでも遠隔診療には、様々な映像技術が使われてきた。近年の研究では映像の高精細、高解像度化に多くの関心が集まっている。4K/8Kなどの超高精細映像は、マクロ撮影を行わなくても部分的に高精細なままで拡大が可能である。画質を表現する際の情報量というべき画素数は、フルハイビジョン(2K)では約200万画素、4Kでは約800万画素、8Kでは約3,300万画素である。従って8Kはフルハイビジョン(2K)の16倍の画素数を持っていることになる。しかしこれら研究は、遠隔診療における画像の信頼性の評価であるため、医療現場で利用可能なシステムとしては不十分である。

4Kでの映像を非圧縮で伝送するためには、約24Gbps、8Kでは、約109Gbpsの通信帯域が必要になるため放送網か何か特別なネットワークでもない限り、現実的には利用できない。もちろん映像符号化技術による圧縮技術は、2013年にH.265/HEVCが批准していて、現在2K映像で一般的に使用されているH.264/AVCとの比較でも約2倍の圧縮性能がある。しかし4K/8Kでは処理負荷が高いことなどから、一部の放送用や映像制作用にリアルタイムエンコーディング可能な製品が存在するのみで普及製品としてのテレビ会議システムでは、まだ採用されていない。現実的な映像伝送システム(以下、Telepresenceシステム)では、最大2K解像度の動画データを圧縮技術(H.264)により4Mbps以下の帯域で利用が可能でありコスト的にも普及可能な価格帯になっている。また個人のスマートデバイスの普及と通信環境の向上でアプリを利用した手軽な遠隔医療相談やサービスも登場している。しかし被災地や過疎地、離島は、いづれの環境も高齢者が多く、アプリを利用した手軽な遠隔医療相談やサービスでは単純に適用が難しい。患者の信頼面からも病院と言う場所で専門医による診療を受診したいと言う声大きい。

1.3. 本研究の目的

本研究では、対面診療と同じ診断ができる事を目標に必要な要件を調査し、適応可能な機器を使った遠隔診療実験を行い効果と有効性を明らかにすることである。適応可能なシステムとネットワークとは、関連研究や過去の事例、医療関係

者からのヒヤリングより「映像品質、色覚の調整、検査機器の接続性、操作性、運用(品質、管理、コスト)」と定義し、遠隔診療実験を通して、課題の解決を行い導入可能な遠隔診療システムの実現を目指し効果と有効性を明らかにする。

1.3.1 遠隔診療実証実験フィールド

本研究の実証実験は、岩手医科大学付属病院、岩手県立高田病院と患者様の協力の元の実証実験を実施した(図:1.3)。岩手医科大学付属病院 皮膚科(以下、岩手医大)と岩手県立高田病院(以下、高田病院)とは高田病院に不足している皮膚科専門医師を岩手医大が、週に一度、派遣支援を行なっている。その診察日に合わせて岩手医大皮膚科医局と高田病院の診察室の間で遠隔診療実験を実施した。岩手医大皮膚科医師4名と高田病院の看護師2名が遠隔診療を担当し、研究者は医師や看護師と密接に連携して遠隔診療実施に必要な要件を調査して適応可能な技術、機器を選択し、実用可能かどうかを確認しながら環境を構築。選択した機器を使って実際に診察を繰り返し医師に実施して頂き、2017年から2018年までに185症例を得た。



図 1.3 実証実験フィールド

1.4. 本論文の構成

第1章では、本研究のきっかけとなった背景から日本における遠隔診療の現状と今後の展開を紹介し、社会的に必要とされていながら普及しない原因の考察から本研究の目的を定めると共に遠隔診療を実施する協力者、組織について紹介している。第2章では、日本における遠隔診療の歴史や社会的な背景と問題、これまでの研究事例、遠隔診療における高精細、高解像映像の有効性とデジタル映像と自然色についての本研究に関連する先行研究、情報について紹介している。第3章では、皮膚科診療に必要な機能、要件調査として通常診察で使用されている検査機器からの映像出力を共有可能性を調査し、Telepresenceシステムの比較選定では、どの程度の診察項目に対応可能かどうかの結果を明らかにしている。第4章では、3章で設計、実装されたシステムを使用し実施された遠隔診療実験について診察実施の流れ、診断可能だった症例の分析、診断の結果について述べている。第5章では、対面診療と同じ診断ができる事を目標にした本研究での問題点、改善点の考察を「遠隔診療実験の実施」「システムとネットワーク」「運用」の3つの観点で行い考察している。第6章にて本論文の結論を示す。

第 2 章

関 連 研 究

2.1. 遠隔診療／オンライン診療の歴史と現状

2.1.1 日本遠隔診療学会の活動

日本遠隔診療学会が「図解・日本遠隔医療 2013」(参照:[5])に実績のある遠隔医療の実施例を多くを紹介している。この中でも遠隔診療が必要な社会的背景として、日本の少子高齢化、医師の不足と偏在、過疎地と離島問題を挙げている。平均寿命は1950年代以降、長期間にわたって男女とも世界トップクラスであり、2017年の平均寿命は女性87.26歳で世界2位、男性81.09歳で3位である(図:2.1 参照:[6])。平成29年版厚生労働白書 年齢3区分別人口及び人口割合の推移と予測(図:2.2 参照:[7])に示されているように今後もさらなる平均寿命の延長が考えられ、医療費の多くは高齢者に向けられることとなり、高齢化は医療費の一層の増加に繋がることが予想される。そのためにも特に高齢者に対して、経済的により効率的な医療が求められ、遠隔医療が、これらの問題に貢献できると考えられる。医師不足と偏在について現状日本の医師数は、(図:2.3 参照 [8])のように高齢化社会による医療需要の増加に見合う人数にはなかなか達していないのが現状であると共に医師が都市部に多く過疎地に少ないという地域偏在問題は、医師偏在解消に資する制度の見直しについて検討が進められているが、解消には時間を要するようだ。

この資料のまとめとして書かれている遠隔診療の課題の一つとして、医学教育の中に遠隔医療が存在しないことである。教育を受けていない医療手段を若い医師が活用できるはずもなく。遠隔医療について医師を目指す人々、看護師を目指す人々、その他遠隔医療に関わる医療職種の人々に伝えることが重要であるとし

ている。そして遠隔医療の普及にはガイドラインが欠かせない。例えば画像診断は、既存の院内業務と共通な手法が多く、各医局での経験の蓄積が可能である。しかしテレビ会議を用いた診療を病院間や在宅医療に用いるケースや、生体計測のモニタリングでは、実施施設も少なく、教育の場がほとんど存在しない。手法の研究や発展も厳しい状況にある。そこで診療のための知識として、1 対象患者、2 提供してはいけない患者、3 診療手法、4 効果、5 安全性や有効性の実証に関する知識を、これから取り組む医師に広めることが欠かせない。この知識こそ、ガイドラインそのものであるとしている。遠隔医療に関わる診療については、関係する各々の学会がガイドライン等を発行し、安全かつ有効にこれを推進するための努力を続けている。日本遠隔医療学会による「在宅等への遠隔診療を実施するにあたっての指針(参照: [9])」、日本医学放射線学会による「遠隔画像診断に関するガイドライン」(参照: [10]) などがある。

平均寿命の国際比較 2016-2017年 男性、女性の平均寿命

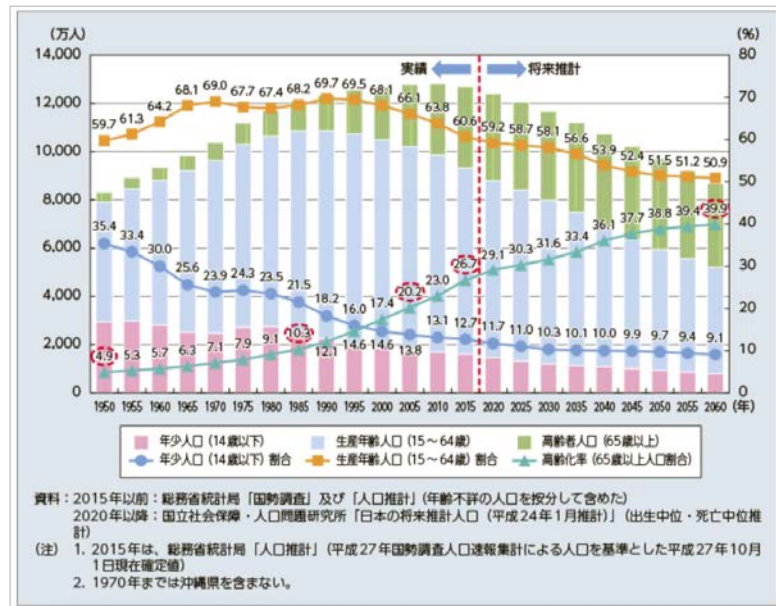
男				女			
第1位	香 港	2017年	81.70 年	第1位	香 港	2017年	87.66 年
第2位	ス イ ス	2016年	81.5 年	第2位	日 本	2017年	87.26 年
第3位	日 本	2017年	81.09 年	第3位	ス ペ イ ン	2016年	85.84 年

出典：厚生労働省ホームページ 厚生労働統計一覧 簡易生命表より

図 2.1 平均寿命の国際比較 2016-2017年 男性・女性の平均寿命

2.1.2 遠隔医療の実施例

日本遠隔診療学会が2005年に発足してから2013年までに実施された遠隔診療の実施例を表2.1に示す。これは実施例の一部で対照された診療やケース別に例として掲載されたものである。



出典：厚生労働省ホームページ平成29年版厚生労働白書より

図 2.2 平成 29 年簡易生命表

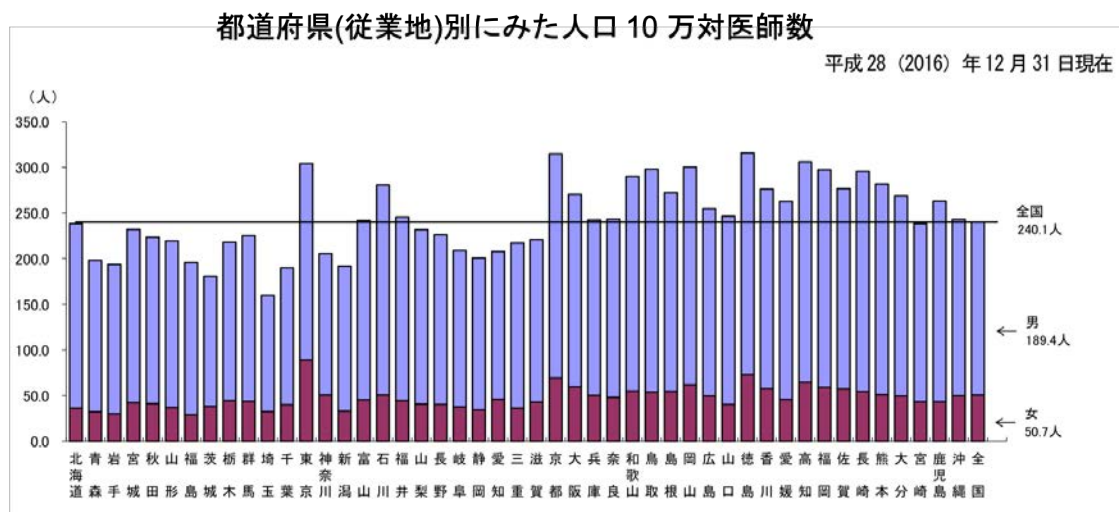


図 2.3 都道府県別にみた人口 10 万対医師数

表 2.1 遠隔医療の実施例

遠隔診療	実施者
遠隔放射線画像診断	群馬大学医学部附属病院
遠隔病理診断	ルイ・パストゥール医学研究センター
生体モニタリング	杏林大学医学部総合医療学
遠隔妊婦健診	岩手県立大船渡病院産婦人科
在宅医療と遠隔診療	群馬大学医学部附属病院
遠隔看護	聖路加看護大学
眼科の遠隔医療	旭川医科大学
見守りサービス	群馬大学医学部附属病院
ICT を活用した地域住民の健康づくり	福島県西会津町役場健康福祉課
重粒子線がん治療連携	群馬大学
地域医療連携	長崎大学大学院医歯薬学総合研究科
救急救命と遠隔医療	国立病院機構熊本医療センター
遠隔医療と国際医療協力	九州大学病院アジア遠隔医療開発センター

(出典：日本遠隔診療学会より 表：筆者作成)

2.2. 遠隔医療と高精細、高解像映像の必要性

2.2.1 北海道における遠隔医療の有効性と課題

総務省の「遠隔医療モデルプロジェクト」として、旭川医科大学遠隔医療センターと道内9病院との間で遠隔医療が実施された。研究では、実施内容、有効性、課題が示されている。北海道は専門医が不足・偏在しており都市部と地方の医療格差が大きい。住民は遠方まで通院することを強いられ、地域医療も都市部からの医師の出張により維持されているのが現状である。そこで北海道を運営主体として、道内10医療機関と遠隔医療普及推進協議会を設立し、遠隔医療による「住人がどこに住んでいても高度な医療が受けられる地域社会の実現」を目指している。一般的なTV会議システムを利用した眼科での遠隔医療事例が紹介されている(参照: [11])。同研究は、汎用的な遠隔医療システムを構築を目指したもので、眼科を対象として構築されたシステムである。汎用的なテレビ会議システムに検査装置からの映像、書画カメラ映像、及びPC画面映像を入力して遠隔地と音声・映像を共有することができるリアルタイム型遠隔医療システムということでは、先行研究と言える。眼科遠隔医療に必要な映像品質の評価を4種類の解像度を持つ映像を作成して、CIF 352x288、VGA 640 x 480、XGA 1024 x 768、SXGA 1280 x 1024、ハイビジョン 1920 x 1080、10名の眼科医による5段階の主観評価を実施している。評価の結果としてVGAが実用上の限界でありCIFに基づく診断支援は困難であるとの結果だったが、本研究において解像度とは、テレビ会議システムの解像度が固定でハイビジョン1920 x 1080であるため医療検査機器から出力される映像解像度が、これを超えないため解像度評価の必要がなかった。また遠隔地の専門医が直接患者を診察する DtoDtoP 型遠隔医療を40症例、医師同士による症例検討を行う DtoD 型遠隔医療を21症例実施していて結果をレポートしているが、それは遠隔医療の効果分析を中心としたものである。患者側の効果として、遠方の病院まで通院する負担の削減が大きな効果として評価されている。またリモート側である患者側医療機関の効果として地元医療機関に患者が留まることによる外来収益の増大や、地方医師の負担軽減が大きなポイントとなっている。下記に効果について評価された項目を示す。

- (a) 患者:通院にかかる移動・宿泊費用等の削減効果
- (b) 患者:在院日数短縮による医療費の削減効果
- (c) 患者:早期の社会復帰による所得機会の増大効果
- (d) 医療機関:地元医療機関の外来増収効果

課題としては、北海道においては未だ基盤整備が十分ではないため、システム導入の初期費用、及び維持コストが掛かること、運用に際してはコストの問題以外にもリアルタイムでの遠隔診察を行うためには双方の医師同士のスケジュールの調整が必要で患者に時間調整を依頼する場合もあるため患者の理解も必要であり、遠隔医療を支援する側の医師の負担が大きくなる懸念もあること。汎用的なテレビ会議を利用した例として先駆的な研究であると共に北海道という地域性からみた患者側、医療機関側に対する遠隔医療の経済効果について高く評価された研究である。

2.2.2 4K 映像を用いた皮膚科遠隔医療の信頼性要因に関する研究

(参照: [12]) 日本の高齢者には皮膚疾患が多いが、高齢化社会に際して認知症や寝たきりなど外出が困難な人が増えてるため、病院での治療が叶わない問題を解決するために在宅医療を対象とする映像を用いた皮膚科の遠隔診断に対して高精細映像を応用することに注目し、4K 映像映像を用いればどのような疾患の診断に対し信頼性があるのかを明らかにすることを目的としている。これにより、従来あまり行われていなかった映像による遠隔診断の信頼性を示すことを目指している。この研究における実験から4K 映像システムを用いれば皮膚の乾燥による肌荒れのような質感を伴う疾患に対して映像であっても診断ができることの評価を目指している。実際に皮膚科医師が遠隔診療をハイビジョン映像を用いた双方向システムで実施し、診断が可能かどうか、表 2.2 に興味深いインタビューを実施している。

つまり、この表から皮膚科医にとっては現状の映像クオリティでは十分な信頼性を確保できないため診断は難しいとしている。患部の拡大や色調、皮膚の盛り

表 2.2 インタビュー結果

皮膚科医へのインタビューの回答

映像診断については特に皮膚科においては難しいと思われる。
 映像画面については肉眼で見た時の感覚と同じような色調が重要である。
 皮膚の立体感を出すためには照明の角度を変化させ観察するが
 このとき照明光の色が重要である。
 皮膚科において動画は必要ない。
 正常な皮膚が正常に見えること。
 患者は肌色別に準備したほうが望ましい。
 皮膚の色の病状は 赤、白、茶、黒、紫に大別できる。

(出典：4K 映像を用いた皮膚科遠隔医療の信頼性要因に関する研究より 表：筆者作成)

上がり等が正確に判断しにくいいため診断に影響が出るとしている。また、在宅医療での将来的な運用モデルを考えるとカメラを患者側で操作することに不安が残ることを指摘している。この研究ではプロトタイプを選定する際に 4K カメラと映像を使った皮膚科患部の映像診断に比重を置いているため、普及可能なモデルに関する部分として操作性やシンプルな構成などについての考察はない。映像診断実験結果では、2K カメラ、4K カメラを使って模擬患者の模擬診察にて患部を撮影し、その映像を遠隔側のディスプレイで皮膚科医師が見て結果をコメントしている。それぞれの結果は図 2.4、図 2.5、図 2.6 を参照。

これら 3 つの診察の結果から、4K 映像を使用した場合の診断には信頼性ありという知見が得られている。信頼性があった要因として映像に「立体感」や「凹凸」といった質感の再現があげられる。画面越しであっても質感の再現に成功した理由は、画素数が大幅に向上したことによって階調性が上がったことが考えられる。本研究では、汎用テレビ会議システムを使用して導入、運用を容易にすることと映像を撮影する方法として、通常、皮膚科で用いられる診察機器からの映像を使用して診断に用いるため、この先行研究とは手法が大きく異なる。しかし近年、汎用テレビ会議システムにも 4K 伝送が可能になる予想があるため、4K 映像の有用性、信頼性が評価されている研究である。

患者 A:皮膚の乾燥による肌荒れ	
HD	皮が剥けている感じが強調されすぎて、皮の中の赤茶色が見えない
4K	現物よりもよく見える。普段、ルーペで見ている画像を裸眼で見られる。

出典：4K映像を用いた皮膚科遠隔医療の信頼性要因に関する研究より

図 2.4 膚の乾燥による肌荒れ

患者 B:老人性イボ	
HD	こちらの方がはっきりする老人性イボの可能性あり。ただこの映像での診断は不可能である。
4K	これだと老人性イボだと判断できる。肌の淡い色もみえますので診断価値がある。隆起する様子もみえる。イボの中に毛が生えているのもみえる。がん細胞に毛は生えないため、重要な指標である。

出典：4K映像を用いた皮膚科遠隔医療の信頼性要因に関する研究より

図 2.5 老人性イボ

患者 C:湿疹	
HD	ひっかいている。皮がボロボロ。よく見える。
4K	現物は4Kの方が近い気がするが（湿疹に関しては）同じくらいである。

出典：4K映像を用いた皮膚科遠隔医療の信頼性要因に関する研究より

図 2.6 湿疹

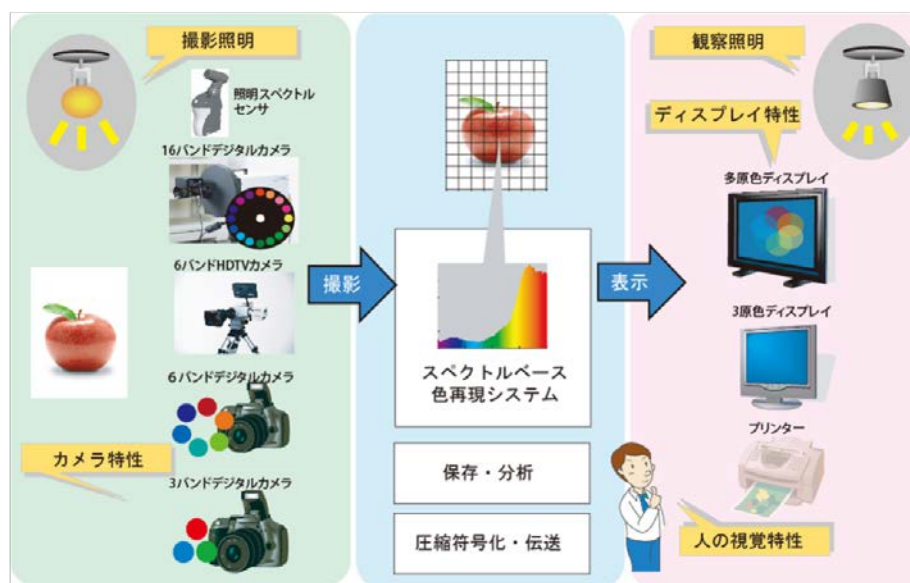
2.3. 映像システムと自然色の再現

2.3.1 ナチュラルビジョンー高色再現映像システムの開発ー

(参照: [13]) 映像通信システムを介して高いリアリティを持つ映像を再現する技術としては、ナチュラルビジョンというプロジェクトが存在した。1999年に総務省の予算で通信・放送機構（2004年4月1日から独立行政法人情報通信研究機構(NICT)）の直轄研究として開始され、赤坂ナチュラルビジョンリサーチセンターにおいて2006年まで研究が進められた。現在はNICTによる委託研究「マルチスペクトル映像収集・伝送技術の研究開発」として引き続き研究が進められている。ナチュラルビジョンとは、従来の3原色（赤(R)・緑(G)・青(B)）を超える新しい映像通信システムを開発し、実物が目の前にあるときに限りなく近い色・光沢・質感等を持つ映像を再現することを目的としている。図2.7にシステムの概要を示す。

1. スペクトル情報に基づく映像システムからの画像入力により実物の色を正確に再現する
2. 任意スペクトルの照明光の下での画像の再現
3. 人間の視覚特性の個人差を考慮した色再現
4. 照明光や機器に依存しない定量的な情報を多数のバンドにより取得
5. 従来よりも鮮やかな色の表示などを実現することができる

RGBの3原色の代わりにマルチスペクトルカメラ等を用いて光のスペクトルの情報を入力することで、撮影時と異なる照明環境の下でも実物を直接見る場合と同様に忠実な色を再現する。表示側でも4以上の原色を用いた多原色ディスプレイにより、従来のディスプレイでは表現できない鮮やかな色表示を可能にする。そしてこれらの入出力機器間で忠実な色情報を交換するため、多原色映像信号の伝送・保存技術等の研究を行っている。人間の視覚は、基本的には3種類の波長帯域に感度を持つセンサーで色を知覚しているが、その感度特性には個人差がある。



出典：東京工業大学 山口 雅浩 研究室より

図 2.7 ナチュラルビジョン 分光イメージ

これまでに、マルチスペクトル・多原色の技術に基づく映像システムによって、個人差があっても、実物と表示画像の色を一致させることができることを実証している。

この研究は、遠隔診療を画像診断にて行う場合には理想的な映像が得られると考えられる。しかし実用性や導入可能なシステムを考えた場合、特別な機材が必要となってしまうため現実的ではない。本研究では、これらの研究内容を参考に簡易に医師別に色覚を調整する仕組みを考案して評価している。

2.4. 本章のまとめ

本章では日本における遠隔診療の歴史や社会的な背景と問題、これまでの研究事例、遠隔診療における高精細、高解像映像の有効性とデジタル映像と自然色についての本研究に関連する先行研究、情報について紹介している。特に国内で実施されてきた遠隔診療事例から眼科でのテレビ会議システムを使った遠隔診療事

件で医師による解像度の評価を行なった事例。皮膚科の診療で2Kカメラ、4Kカメラ映像を比較し高精細、高解像映像の信頼性、有効性を示している事例、デジタル映像機器は実物の色を正確に再現できないことからスペクトル情報に基づく映像システムで色の再現性を研究している事例について本研究と関連性が高いと考えられる。しかし皮膚科の対面診療と同じ診断ができる事を目標に遠隔診療実験を行い効果と有効性を明らかにした研究は未だ存在しない。

第 3 章

遠隔診療システムの設計・実装

3.1. 研究の目的

本研究では、対面診療と同じ診断ができる事を目標に必要な要件を調査し、適応可能な機器を使った遠隔診療実験を行い、効果と有効性を明らかにすることである。適応可能なシステムとネットワークとは、関連研究や過去の事例、医療関係者からのヒヤリングより「映像品質、色覚の調整、検査機器の接続性、操作性、運用(品質、管理、コスト)」と定義し、遠隔診療実験を通して、課題の解決を行い導入可能な遠隔診療システムの実現を目指し効果と有効性を明らかにする。

3.1.1 本研究における 3 つの課題

第 1 に皮膚科 医師の求める仕様に合ったシステムとは何か調査し選択する、第 2 に 1. で評価したシステムを使用して遠隔診療実験を行い、通常の対面診察と遠隔診察の診断結果を対比して、その診察一致率を確認する、

第 3 に 2. での遠隔診療実験中に発生した事象を記録し問題点を考察し改善、解決方法を明らかにすることにある。

これまで遠隔診療は、映像技術や通信技術の活用、評価に留まっていたが、本研究の実験では、実際の病院の診察室で患者が診察を受診する形で実施した。これは皮膚科医師が通常の診察と同様のことを遠隔でも行えることを明らかにする前提にしている。

- 医師の求める仕様に合ったシステムとは何か調査し選択する

1. 利用者(医師、看護師)から見た必要な要件の調査

2. 遠隔診療での技術的な対応可否の調査
 3. Telepresence システムの評価と選択
 4. 複数映像ソースの切り替え
 5. 診察室で使うことを想定したプロトタイプを作成
 6. モニター越しの映像の色の違いの補正方法の考案
- 対面診察と遠隔診察の対比を行い、有効性を明らかにする
 1. 岩手医大皮膚科と高田病院にて遠隔診療実験を実施
 2. 遠隔診療実験を実施するための手順を確定させる
 3. 遠隔診療実験の実施結果でアンケートを行う
 - 遠隔診療実験を通じて問題点を明らかにし解決する
 1. 遠隔診療実験の実施結果の考察と解決
 2. システムとネットワークに関する問題の考察と解決
 3. システム運用に関する問題の考察と解決

3.2. 医師の求める仕様に合ったシステムの調査

3.2.1 利用者(医師、看護師)から見た必要な要件

皮膚科での遠隔診療を検討するにあたり、皮膚科医師、看護師と必要な要件をヒヤリングした結果、次の結果となった。この結果から、映像や音声については技術的な要望ではなく目で視聴している感覚と違和感なくディスプレイ越しに見ることが出来ることが挙げられ、それ以上に普段の診察と同様の診察ができること、それは医師、看護師が遠隔診療のために特別な機器の操作や手法による対応をする必要がないことが無いことが重要な要件とされた。また高田病院での診察室は、幅2.5m奥行き4mで耳鼻科と共用となっているため遠隔診療に必要な機材を固定的に設置して置くことはできない。よって都度、利用した後は片付ける必要があるため、設置、移動、撤収が簡単に行えることが必要である。

1. 対面診療と同様な診察が遠隔の診察でも可能であること
2. 映像にノイズ、カスレ、ボケなどがなく、診断に十分な高画質映像表現が可能であること
3. 必要な機材が診察室の利便性を損なわない程度の大きさで設置が可能なこと
4. 操作が容易で簡単であること、同様に準備等の扱いも容易であること
5. 何かのトラブルが発生した場合、どのような対処をするべきか医療従事者だけで対応可能なこと

3.2.2 遠隔診療での技術的な対応可否の調査

実際の皮膚科の診察内容について皮膚科医師から聞き取り、その診察方法と目的に基づいて遠隔診療で対応可能かどうかの調査を実施した。その結果を表 3.2.2 に示す。

診察内容	診察方法	遠隔診療での対応可否
病歴・症状聴取	対面会話	双方向の対話可能
視診	患部を見る	小型ビデオカメラ
硬さ, 深さ, 臭い	触診・臭嗅	対応検討
真菌検査/検体採取	顕微鏡	対応可能
ダーモスコピー検査	ダーモスコープ	対応可能
パッチテスト スクラッチテスト 発汗試験	各試験工程	今回対象外

表 3.1 診察内容と遠隔診療

皮膚科の診察内容とは病歴、病状聴取から始まり視診、ケースによっては発疹の硬さ、深さ、場合によっては浸出物の臭いを嗅ぐなどといったことを行う。検

査としては、真菌検査、パッチテスト、スクラッチテスト、発汗試験、ダーモスコピーなどが通常行われる。その他の症状次第ではエコー検査やレントゲン検査、組織検査も行われるが遠隔診療の対象からは除外した。診察の流れも考慮しながら遠隔診療システムの性能、機能にて評価し遠隔診療が対応可能であることが確認できた(表:3.2.2)。ここでの遠隔診療システムとは、後述の「Telepresence システムの比較評価」で挙げている3つのシステムの機能から評価している。

病歴・症状聴取

遠隔診療システムの機能で対面で話しているかのように大型の高精細ディスプレイに映し出された双方の映像を見ながら対話することが可能。遠隔医師側によるカメラの自由な操作がリモコンから片手で操作が可能。

視診

患者の顔や露出している部分の皮膚の全体像は遠隔診療システムのカメラで診ることが可能、ズーム機能付きのHDカメラであれば、遠隔医師側によるカメラの自由な操作が可能。体の様々な部位の患部を視診することについてはハンディタイプの医療用術野カメラを使用することで対応可能。映像はHDMI出力によって直接、遠隔診療システムを通して送ることが可能。

硬さ、深さ、臭い

通常、医師が触診・臭嗅で診察される。触診については頭皮・皮膚押下型硬度計としてプローブを皮膚に押しあてた時の先端の可動端子の長さで”皮膚や頭皮の硬度”を計測する機器が存在する。臭嗅は、医療検査機器として口臭計測器は存在するが、皮膚科領域での臭いの判定に対応している機器は現状存在していないがニオイセンサーは様々な物が存在するため試してみる価値があると考えられる。本研究の実証実験ではこれら測定機器の調達が出来なかったため、患者もしくは対応した医師または看護師の主観的評価を参考に遠隔側の医師が診断することになった。

真菌検査

真菌検査とは、水虫（足白癬）の原因となる白癬菌、カンジダ、癬風など真菌（カビ）の検査に顕微鏡を使用して行う顕微鏡検査である。現在診療で使用している光学顕微鏡がデジタル一眼レフを装着するタイプであったため、デジタル一眼レフからの映像を USB2.0 出力によって一旦、Apple Macbook Pro に送信し、専用の解析ソフトによって表示された状態で、Apple Macbook Pro のモニター出力を HDMI 出力によって直接、遠隔診療システムに出力することが可能。

ダーモスコピー検査

皮膚の色素性病変や皮膚腫瘍の診断に使われていて、皮膚を 10 倍以上に拡大して観察する器具（ダーモスコープ）を用いて特殊な拡大鏡にゼリーをつけ、詳細に観察する検査。ほくろの癌といわれるメラノーマか、普通のホクロかどうかを判断したり、どのような皮膚の腫瘍なのかを診断したりするときに有用な情報が得られる。デジタル一眼レフカメラを装着して画像取得が可能であるため、真菌検査と同様、Apple Macbook Pro のモニター出力を HDMI 出力によって直接、遠隔診療システムに出力することが可能。

3.2.3 皮膚科の診察に使用する機器

小型ビデオカメラ

通常の診察では使用しないが、患者の患部を医師が目視をすることを補助する目的で採用した、パナソニック社の医療用フル HD 術野カメラシステム AG-MDR15 とカメラヘッド AG-MDC10G(図 3.1 参照 [14]) は、コンパクトなカメラヘッドとレコーダー部が分離しているモデルで、医用電気機器に対する安全要求に準拠していて、カメラは動画有効画素数 約 251 万画素、最大フル HD に対応、HD/SDI 映像出力が可能で HDMI に対応している。



出典：パナソニック株式会社ホームページより

図 3.1 パナソニック HD 術野システム G-MDR15 カメラヘッド AG-MDC10G

光学顕微鏡

診察で使われているオリンパス社製 BX51-P 偏光顕微鏡 (図 3.2 参照 [15]) を使用。カメラアダプター (NY-1S) を用いて、キャノン社製 EOS Kiss X7i を取り付け、EOS Kiss X7i 本体から Apple Macbook Pro に USB ケーブルで接続し撮影した画像を保存する。Apple Macbook Pro ディスプレイ上に表示された検体映像を HDMI によって遠隔診療システムに出力して遠隔側の医師が診ることが可能になる。光学顕微鏡は、皮膚生検による病理組織診断に用いられる。水虫 (白癬菌：カビ) などの真菌症や疥癬 (かいせん：ダニ) などの微生物の確認検査、手術で取り除いたホクロなどの細胞検査を行う。

ダーモスコープ

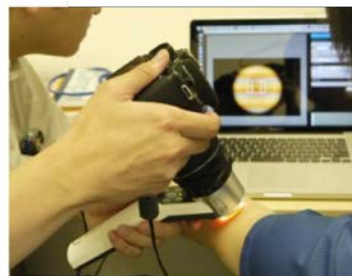
通常の診察に使われている AlderMed 社 microDERM LUMINIS (図 3.3 参照 [16]) を使用。付属のカメラアダプターでニコン社一眼レフカメラ D4 を取り付け、Apple Macbook Pro に USB ケーブルで接続し撮影した画像を保存する。Apple Macbook Pro ディスプレイ上に表示された検体映像を HDMI によって遠隔診療システムに出力して遠隔側の医師が診ることが可能になる。ダーモスコープとは、ダーモスコピー検査に使用するための拡大鏡である。皮膚を 10 倍に拡大して



出典：オリンパス株式会社ホームページより

図 3.2 オリンパス社製 BX51-P 偏光顕微鏡+キャノン社製 EOS Kiss X7i

観察する器具として、皮疹の肉眼的観察、皮膚生検による病理組織診断との間を埋める役割を果たす。とくに色素性病変や皮膚腫瘍の診断においては有用であり、皮膚科診療において必須の手技である。ダーモスコピーは、短時間の観察でさまざまな皮疹の状態を把握できるため、画像診断として遠隔での診療に適している。



出典：AlderMed社ホームページより

図 3.3 AlderMed 社 microDERM LUMINIS + NIKON D4

3.3. Telepresence システムの選択と最適化

医師、看護師からのヒヤリングを元に皮膚科診察内容と代表的な3つの Telepresence システムを比較評価して映像画質、モニター画面越しでの対話、検査機器の映像出力の切り替え入力可能かどうかなどの能力的な調査を行なった(参照:表3.2)。また医師が遠隔診療の準備から診察を始めるまでに要する手順を簡素化でき、操作が簡易で機材を取り扱うことの負担が少ないシステムであることなど運用面での有効性も評価の対象とした。比較されたものは、映像伝送装置:富士通 IP-900/IP920、WEB 会議:zoom 社 zoom、テレビ会議: Cisco 社 SX20 を対象として比較している。

表 3.2 Telepresence システムの比較評価

仕様	映像伝送装置 ¹	Web 会議 ²	テレビ会議 ³
伝送帯域幅	最大 27Mb/秒	最大 3.0Mb/秒	最大 6Mb/秒
解像度	1080/p30	360/720P	1080/p60
画像符号化方式	H.264/AVC	独自技術	H.264/AVC
デュアルストリーム	なし	コンテンツ共有機能	H.239 (H.323), BFCP (SIP)
利用形態	エンコーダ デコーダの設置	クラウド型 PC, Tablet スマートフォン	スタンドアロン CUCM Webex
操作性	コマンド Web 操作	OS/アプリ操作	リモコン
API 対応	なし	なし	対応
リモートモニタリング	なし	なし	対応

3.3.1 Telepresence システムの選択

本研究では、汎用的で且つ導入可能なシステムを求めている。表 3.2 で明らかになった仕様の比較からシスコ社 テレビ会議システム (図: 参照 3.4 [17]) 以降 SX-20 が最適であると評価した。重視されたポイントは最大解像度、入出力インターフェース、ネットワーク接続性、操作性、サイズである。本研究の執筆時点で、汎用的なテレビ会議システムでの最大解像度、フレームレート、帯域幅は、

SX-20 で最大 1,080p/60fps、必要帯域幅は最大 6M bps である。しかし実用的にフレームレートは 30fps で十分であるため 1,080p/30fps、帯域幅は 1,472 kbps しか必要ない。入力インターフェースは、図 3.5 を参照。2 つのビデオ入力システムを持ち、どちらも最大 1920 X 1080 @ 60fps までの入力フォーマットをサポートしている。2 つのビデオ入力は切り替えて使用することも可能である。

デュアルストリーム機能 (H.239(H.323、BFCP (SIP)) を使うと同時に 2 つのビデオ入力を同時に送信することが可能になる。今回は患部の患部、撮影用の小型ビデオカメラを接続する。ネットワーク接続性とは病院内のネットワークに接続して使用することをから認証機能として 802.1x ネットワーク認証、802.1QVLAN 機能、IPv6 への対応があること。また暗号化機能として H.235v3 および AES への対応があることも重要である。

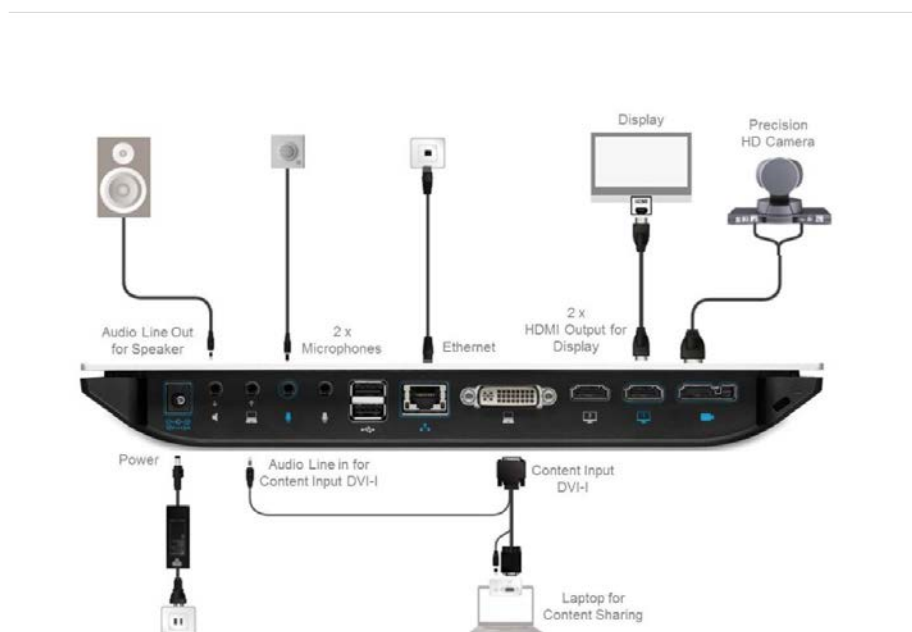
操作性については何よりも簡単であることが求められる。テレビ会議専用機であるため、接続に関してショートカットキー 1 つで相手先に接続が可能で、マクロを記述することで複数の操作を簡略化することも可能である。サイズは、診療室で利用可能なプロトタイプとして組み込むためコーデックとカメラが分離されていて、コンパクトなサイズが求められた。SX-20 は、コーデックが横幅 30cm x 奥行き 18cm x 高さ x 34mm と小さくて薄い筐体であることも扱い易さで評価した。

この機種は、メインカメラをオプションで選択可能であるため、最大解像度は 1080p60 で 12 倍ズームが可能な PrecisionHD 1080p12x カメラを選択。図 3.6 このカメラは、HDMI 上でのネゴシエーションによりフォーマットを自動で決定するため設定が必要ない。更にリモコンで遠隔側からカメラをパン、チルト、ズームの制御が可能であるため患者の表情や、皮膚の状態の観察が可能で、遠隔からの電源の On/Off 制御も可能なことも評価した。



出典：CiscoSystems社ホームページより

図 3.4 Cisco TelePresence SX20 Quick Set



出典：CiscoSystems社ホームページより

図 3.5 SX20 入出力インターフェース



出典：CiscoSystems社ホームページより

図 3.6 PrecisionHD x12倍ズーム カメラ

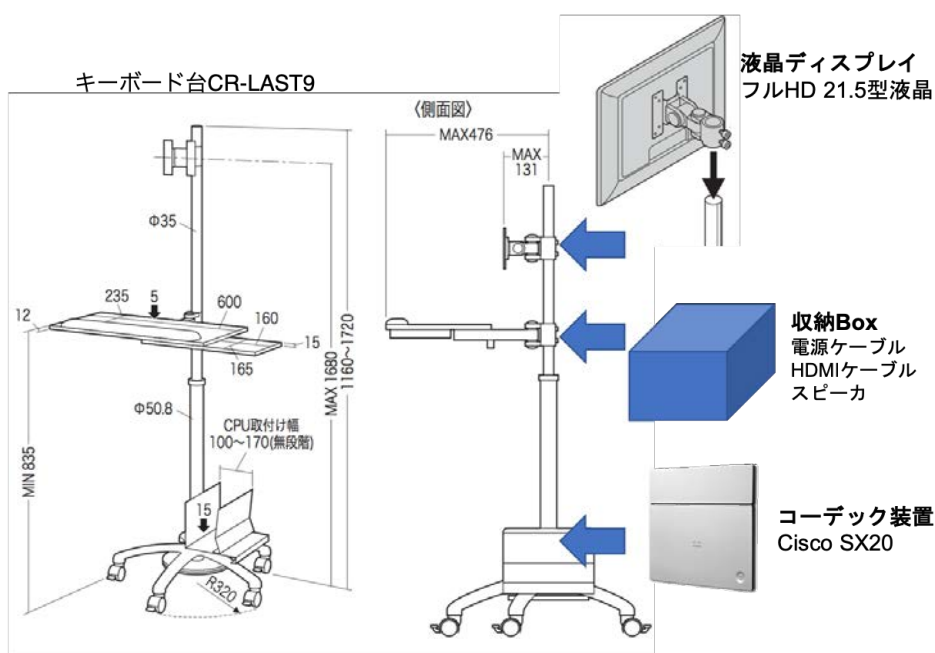


出典：CiscoSystems社ホームページより

図 3.7 入出力インターフェース

3.3.2 Telepresence システムの最適化

遠隔診療を導入可能なものにするために必要な要件を機能面、コスト面から検討し次の仕様でのプロトタイプを作成した。図:3.9 画像解像度は、フル HD(1080p)で十分とし、4K/8K など不必要に高解像度を求めず、H264 コーデックを採用している既成の Telepresence システム (テレビ会議機器) を応用する。患者側では、診察室のスペースで取り回しが可能なサイズで、キャスターなどで簡単に移動も可能であり、電源や LAN ケーブル、HDMI ケーブルなどの収納が可能であること。皮膚科診療では、様々な映像機器を切り替えて映像を送信する必要があるため、複数の映像入力が可能でスムーズな映像の切り替えが簡単に行える事。会話を円滑に違和感なく行えるよう音声出力はステレオタイプの外部スピーカと高精度なマイクの組み合わせること。



出典：サンワサプライ株式会社ホームページより 筆者が編集

図 3.8 基本パーツの組み付け

診療室は、室内空間も限られているため、必然的に取り回しの良いサイズが求められ移動も簡単にできなくてはならない。そのことからスタンディングでPC作

業を行うためのキーボード台⁴をベースに液晶ディスプレイ⁵、テレビ会議システムの本体 (/コーデック装置)⁶を組み合わせた。中央部分にはBOXを取り付けた。

3.3.3 プロトタイプの特徴

テレビ会議システム (SX20) 主カメラ、液晶ディスプレイ、コーデック等の接続配線や、LAN ケーブル、ビデオカメラ、電子顕微鏡、ダーモスコプの配線が煩雑になるため、収納BOXの利便性は大きい。BOX上には、音声出力用のスピーカーと診察機器からの映像を入力するためのHDMIセレクターも設置する。

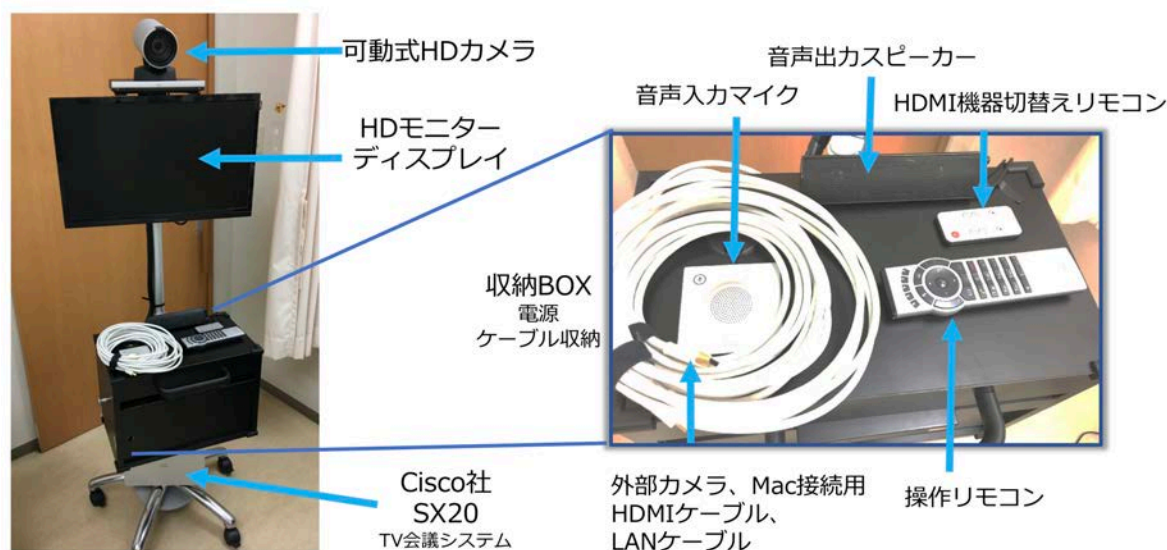


図 3.9 プロトタイプの製作

4 サンワサプライ キーボード台 CR-LAST9

5 PRINCETON 液晶モニター

6 CiscoSX20

3.3.4 複数映像ソースの入力と切替

遠隔診療システムには、本章で明らかになっている皮膚科にて日常使用される検査機器(ダーモスコープ、電子顕微鏡)と視診補助用の小型ビデオカメラによる映像を入力する必要がある。テレビ会議システム SX-20 の映像入力インターフェースは2つなので、足りないことから、HDMIセレクター(図3.10参照 [18])を利用する手法をとった。SX-20 と検査機器の接続形態(参照:図3.11)。HDMIセレクターを利用した入力、切替例(参照:図3.12)。

HDMIセレクターは、市場に様々な製品が出回っており、数千円から数万円までの価格であるため低コストに利用可能。しかし接続する映像出力機器の解像度の仕様、コネクタの種類、リフレッシュレート(周波数)によっては正しい映像が得られないケースが発生する可能性がある。また互換性に問題がなくても HDMIセレクターでの切り替えに数秒要してしまう性能品もあり使用する映像出力機器毎に試験を行う必要があった。

また切替操作を行うために HDMIセレクター付属のリモコンを使用した結果、操作が簡潔になった。今後の課題としては、遠隔の医師側からの切替を可能することも視野に入れている。



図 3.10 リモコン付 HDMI 切替器 4 入力・1 出力

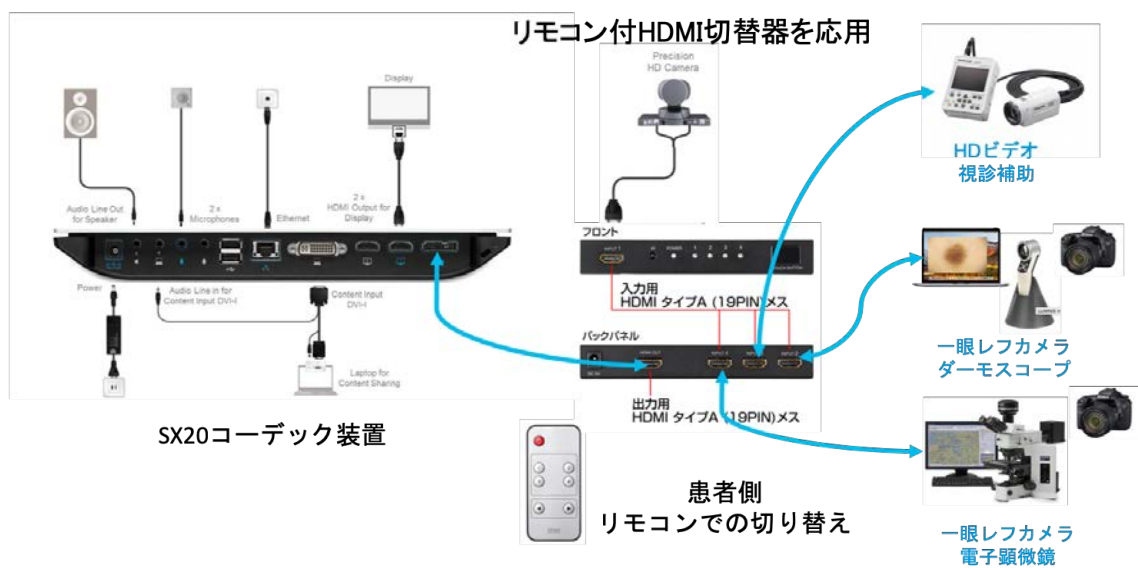


図 3.11 複数の映像入力

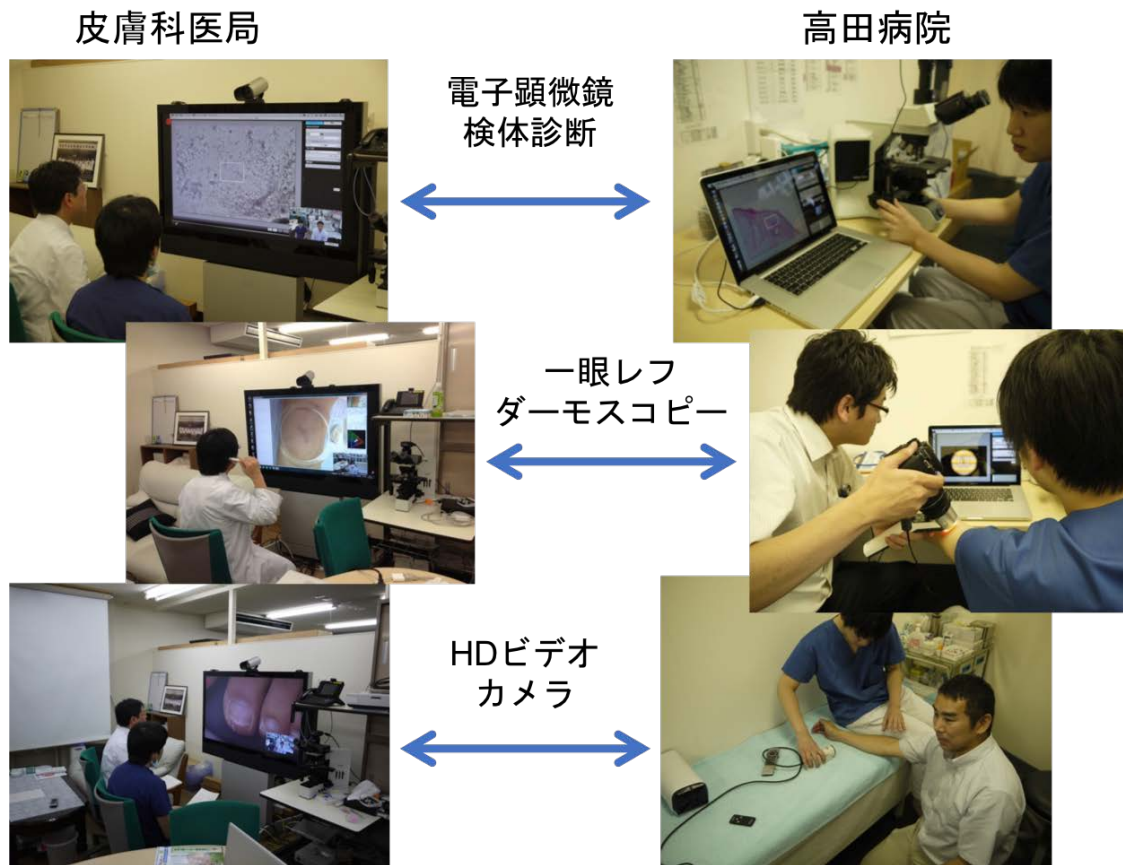


図 3.12 映像入力の切替え

3.4. 色彩感覚の調整とLED照明

本研究での重要なポイントとしてデジタル映像装置を使い、画面上に再現される映像の色は本物の色と一致しているのだろうかということだった。関連研究での「ナチュラルビジョン」にあるように従来からのRGB三原色に基づく方式においては、できるだけ忠実な色を再現することも試みられているが、原理的に限界があるとしている。理想的には、RGBの3原色の代わりにマルチスペクトルカメラ等を用いて光のマルチスペクトル・多原色の技術に基づく映像システムを使った実物と表示画像の色を一致させることができる機器の使用が望ましい。

しかし汎用的な製品を応用し導入可能なシステムを模索するためには、簡易な別の方法が必要である。そもそも色彩感覚は、人によって異なり、液晶モニターなどの発光体で映像を見る場合も自然光下とは色彩、色域が異なる。またカメラの色域、ホワイトバランスによっても色が本来のものと異なる問題は発生する。よって診察を行う医師の色覚に映像側を同調させる手法としてカラーチャートを遠隔越しに確認する方法を実践した。

患者側の診察室内の照度を常に同じにするため窓に遮蔽カーテンを掛け、照明(蛍光灯)の点灯状態で、モニターからの光が直接影響しない距離(2 m)に離れた場所でカラーチャート表を置き、カメラのホワイトバランスモードをオフにして12色カラーチャート表を撮影する。図:3.13に示すように岩手医大側の医師がモニターに映ったカラーチャート表を目視で手元のカラーチャート表と比較する。色彩の違和感はLED照明装置にて色温度(図:3.14)を調節することによって医師の色覚に最適調整を行なった。調整を行なった後は、値を記録すると共に図:3.15のようにアジャスタ部分にマスキングで印をつけ常に最適な色温度に調整が可能とした。

ここでの「色温度」とは、白色光の中で、青みが強いのか赤みが強いのか、光色の違いを色温度(単位はケルビン:K)で表す。色温度が低いほど温かみのあるオレンジの光になり、色温度が高いと青みを帯びた冷たい光になる。人工の光源では、一般的に使われる光色(光源から出る光の色)を5段階に分けている。色温度が2700-3000Kの場合は「電球色」、3500Kは「温白色」、4000-4200Kは「白色」、5000Kは「昼白色」、6500Kは「昼光色」である。

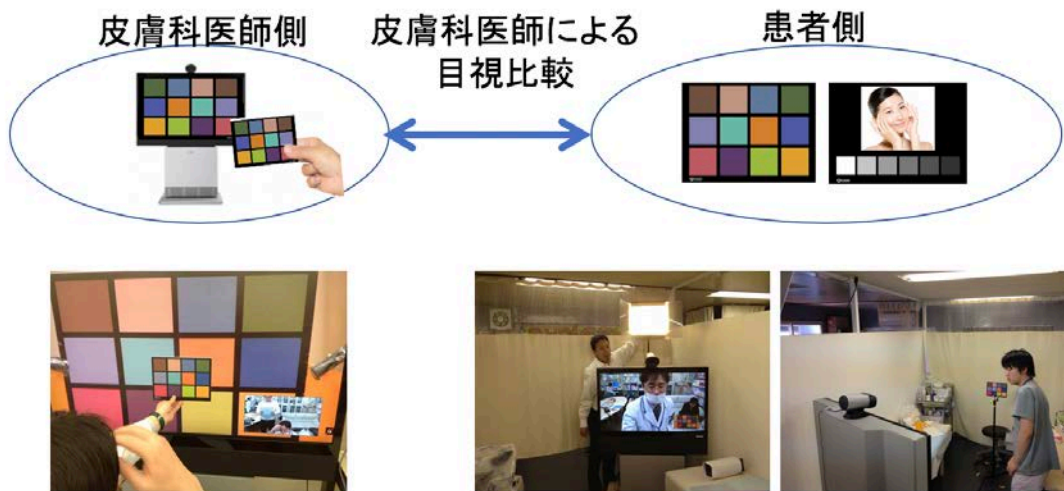


図 3.13 チャートによる色覚の調整



図 3.14 色温度の調整



図 3.15 色温度の調整設定を記録

3.4.1 LED照明装置

調整に使用したLED照明装置は、図:3.16参照 [19]のNanguang社製CN-1200CHSスタジオライトで、色温度は、3200K-5600Kの間で調節が可能。出力は72w、照明度は7535lmの性能。

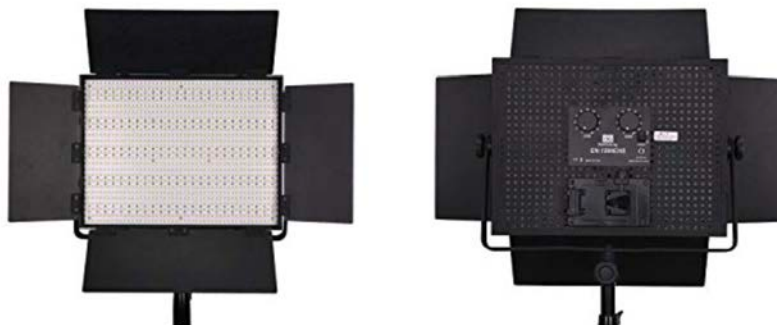


図 3.16 Nanguang社製CN-1200CHS

3.5. 遠隔診療 実験ネットワーク

本研究での遠隔診療実験を実施するにあたり使用したネットワーク構成を図:3.17に示す。岩手医大キャンパスと高田病院はNTT Flets VPNでの閉域IPネットワークで接続されている。以前の岩手医大と高田病院間でのネットワークは専用線を使用していた。本研究の実施に合わせて実用性とコスト面から一般的に利用可能なNTT Flets VPN Wideを選択した。これはNTTが提供する閉域IPネットワークであり、拠点接続で、他の干渉を受けないセキュアなネットワークである。医療情報ネットワークとしての要件としても満たしている。フレッツアクセス網の選択で光サービスでは公称1Gbpsの回線速度が提供され本実験での使用において通信速度、遅延等の問題は一切発生しなかった。

3.5.1 実験に使用するネットワークの構成

実験に使用するネットワークの構成に描かれている青丸の部分は組織的なセグメント単位になっている。「病院」は遠隔診療を行う皮膚科医局が所属する病院内キャンパスネットワーク、「内丸学術」は岩手医科大学キャンパスネットワーク、「矢巾学術」とは、新たに線設された大学キャンパスであり、キャンパス内のデータセンター的な位置付けになっている。これら青丸の中には階層化されたネットワークがあるが、本実験では介入できない領域としてひとまとめに表現するものとする。ネットワークに関する設定変更や問題が生じた場合には、岩手医大、情報センターに依頼する必要がある。対象として考えられるのは、高田病院との接続を行うNTT Flets VPN回線終端を行うルータ(図:3.17には表現していない)とFW(ファイヤーウォール装置)だと考えられる。

岩手医大キャンパスネットワーク内は、複数の組織セグメントであるため、本研究ではネットワークエッジのアクセススイッチとその配下しか自由にアクセスが出来ない。よって次の図:3.18のように複雑なセグメント部分を岩手医大ネットワークとして一まとまりに集約し、管理可能なネットワークとデバイス(Telepresenceシステム)を図示する。

実験ネットワークのテレビ会議システムのコア的な役割を持つ機能は矢巾学術

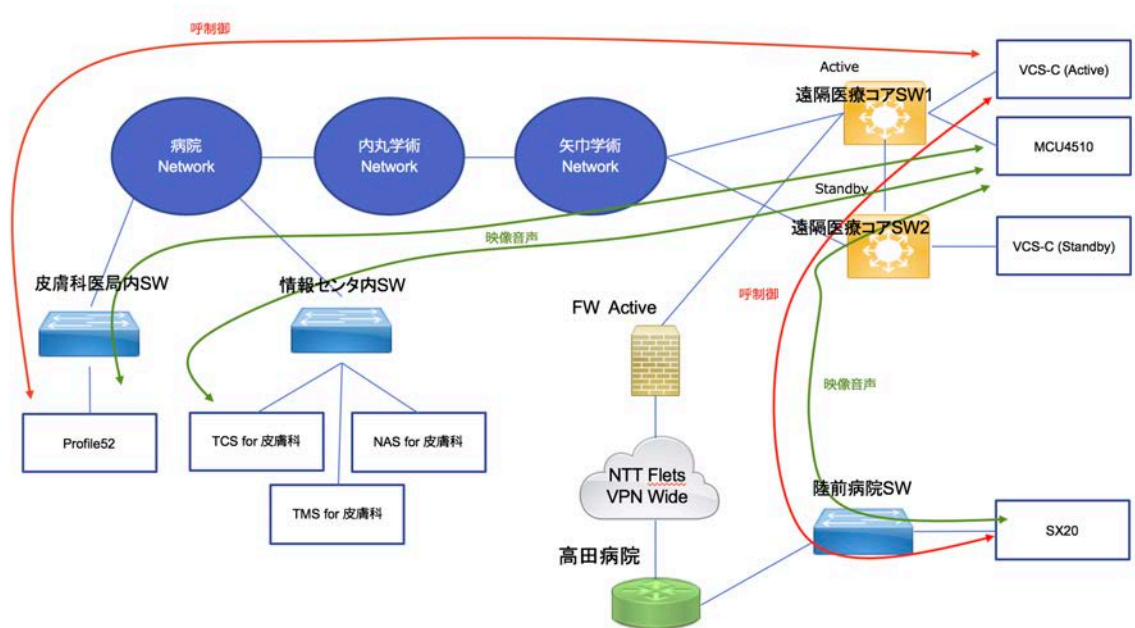


図 3.17 遠隔診療実験ネットワーク構成

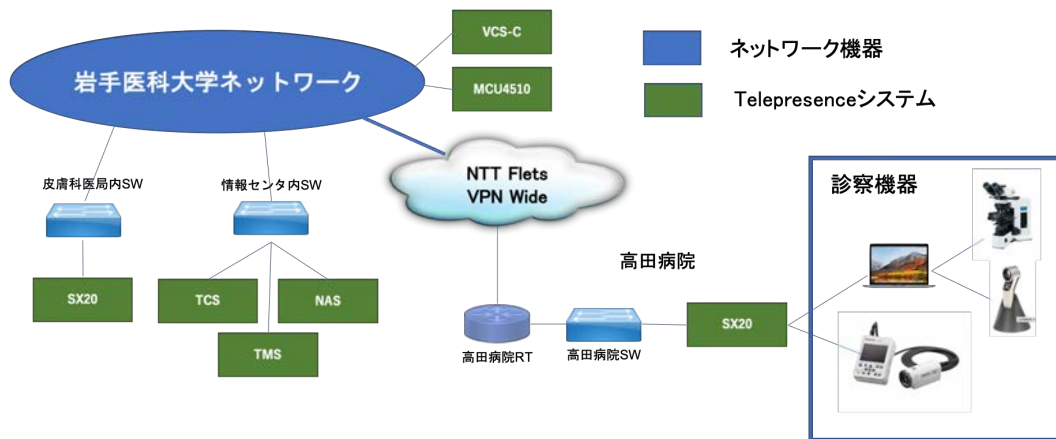


図 3.18 アクセス可能なネットワークとデバイス

に集約されている。コア的な役割とはテレビ会議システムの呼制御とゲートキーパー (VCS)、映像制御 (多地点接続)(MCU) のための機能を持つ機器に当たる (表 3.3)。情報センター内には、遠隔診療実施の際の映像を録画するためのシステム (TCS) と録画データを保存する NAS を設置している。本研究では、これらテレビ会議システムのコア機能の部分については、特に言及しない。それはシステムの規模やネットワーク環境に依存する部分であることによる。今回選択した Cisco 社 SX20 は、スタンドアロンでの運用が可能であり、最終的には SX20 同士の P to P での運用を検討している。

表 3.3 テレビ会議システムのコア機能

コア機器	機能
Video Communication Server(VCS-C)	H.323 ゲートキーパー、SIP プロキシ登録 呼制御サービス ファイアウォール越え
TelePresence MCU 4510	最大解像度/フレーム数 1080/p30 最大接続数 x 12
TelePresence Management Suite(TMS)	システムの利用状況 アドレス帳、会議予約状況 ソフトウェアバージョン管理
TelePresence Content Server(TCS)	テレビ会議録画/再生/ストリーミング
Network Attached Storage(NAS)	ストレージ/録画データの記録

3.5.2 ネットワークとシステムの状況監視

ネットワークの到達性の死活監視ポイント案を表 3.4 とテレビ会議システムのコア機能を提供する機器を表 3.3 に示す。運用のためのシステム管理を実施するためにネットワークの到達性、死活監視とコア機能の管理を行う対象とした。

表 3.4 ネットワーク到達性と死活監視ポイントの設定

セグメント	確認方法	確認先
岩手医大 病院ネットワーク	SNMP or PING	皮膚科医局端末
岩手医大 病院ネットワーク	SNMP or PING	皮膚科医局 SW
岩手医大 情報センター	SNMP or PING	情報センター SW
岩手医大 情報センター	SNMP or PING	情報センター内 TCS
岩手医大 情報センター	SNMP or PING	情報センター内 TMS
岩手医大 情報センター	SNMP or PING	情報センター内 NAS
矢巾学術	SNMP or PING	遠隔医療コア SW1,2
矢巾学術	SNMP or PING	遠隔医療コア VCS
矢巾学術	SNMP or PING	遠隔医療コア MCU
高田病院	SNMP or PING	高田病院 SW
高田病院	SNMP or PING	高田病院端末 (SX20)

3.6. 本章のまとめ

本章では、皮膚科診療に必要な機能、要件調査として通常診察で使用されている検査機器からの映像出力を共有可能性を調査し、Telepresence システムの比較選定では、どの程度の診察項目に対応可能かどうかの結果を明らかにしている。また診察室にて利用可能な機器構成を可搬可能なパッケージの必要性からプロトタイプを作成し、その実装について述べている。遠隔診療を実施する上での重要事項として、デジタル映像機器を通して見る映像と医師の色覚を調整する必要性へ対応として特別な機材を使わず簡易的に実施する手法を採用したことについて述べられている。最後の遠隔診療実験に使用する既存のネットワークの構成と問題点について管理可能な範囲を明確にしている

第 4 章

遠隔診療の実証実験

4.1. 遠隔診療の実施

これまで遠隔医療の形態として大別すると専門医師が他の医師の診療を支援する Doctor to Doctor (DtoD) と医師が遠隔地の患者を診療する Doctor to Patient (DtoP) に分けられる。DtoD の代表的な例は遠隔放射線画像診断や遠隔術中迅速病理診断であり、DtoP は在宅や介護施設などで療養する患者にテレビ電話などを介して診療するものである。本研究では、導入可能な遠隔診療のためのシステム評価であるため、Telepresence システムで得られる画像による病理診断の形態として一般的に言われる、DtoD (Doctor to Doctor) ではなく、DtoDtoP (Doctor to Doctor to Patient) の形で実施した。ここで言う Doctor とは、専門医として今回の対象である皮膚科の医師が岩手医科大学皮膚科 (以降：岩手医大) と遠隔側になる高田病院診察室の両方にいる形をとっている。これは、診察室にて通常の対面診療を行うと同時に、遠隔側の皮膚科専門医も診察を行うことで、診察後、それぞれの診断結果を突き合わせて診断の一致率を評価するためである。また (DtoNtoP) の形態として、患者側に専門医がいないケースを想定して、岩手医大から専門医と診療室ではナースと患者という形態についても実施した。この形態でも皮膚科専門医が遠隔診療後に対面診療を行っている。

4.1.1 診察の流れ (DtoDtoP) と (DtoPtoN)

診察の実施については、岩手医大から高田病院への皮膚科医派遣の予定に沿って、診察スケジュールが組み立てられ、患者への説明と同意を元に遠隔診療が行われた。その診察の流れを図:4.1 と模様を図:4.2 に示す。

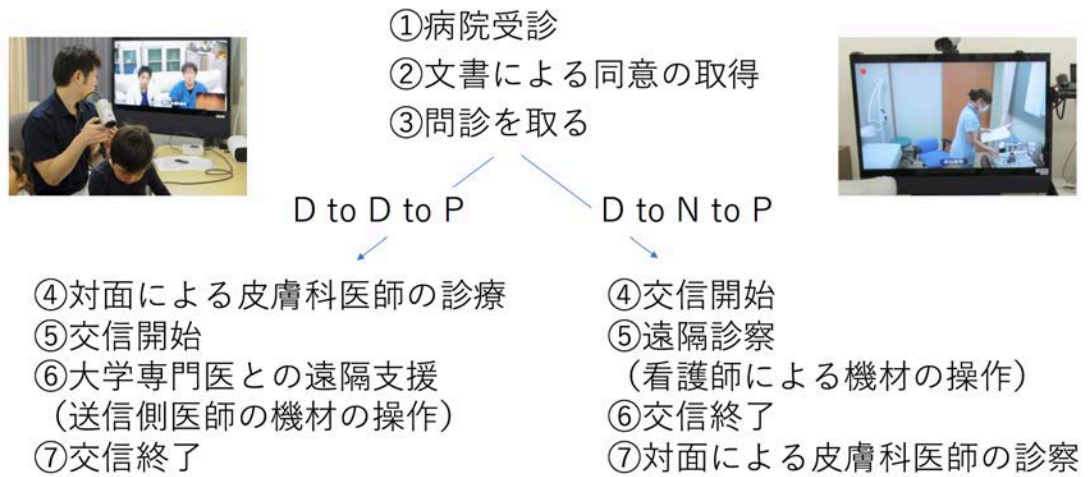


図 4.1 DtoDtoP と DtoPtoN による診察の流れ

岩手医科大学 皮膚科医局



高田病院診察室



図 4.2 診察の様様

4.1.2 遠隔診療の準備から診察の手順

遠隔診療を実施する際には、岩手医大 皮膚科医局と高田病院診察室で、それぞれ図:4.3, 図:4.4 の手順で準備、操作が行われた。岩手医大 皮膚科医局では、遠隔診療のための準備は特に必要なく、開始する場合もリモコンのボタン一つで開始、終了が可能となっている。

これはテレビ会議システムが高度に専用設計されていることから可能なことであり、実際にシステムとしては接続相手先情報、接続帯域、呼び出し、録画のための映像合成等々の機能が動作しており、そのための設定は事前に行われている。医療の現場において医師は診察に集中する必要がある、よってなるべく診察以外の部分で煩わしい手順を設けるべきではない。そのために簡易な操作で必要な機能を動作させられることは医療現場では必須となっている。

これに対して、高田病院診察室では、遠隔診療を実施するための準備作業が必要となる。現状スペースが限られている診察室では、常設で機材を設置することができないため、実施するためには、本研究で作成されたプロトタイプの遠隔診療端末を保管場所から移動させ、電源、ネットワーク接続、端末固定、パソコン起動、ビデオカメラ、顕微鏡、ダーモスコープなどに必要なケーブル類の配線接続作業が必要となる。

4.1.3 遠隔診療ケースの収集

遠隔診療の実施後、対面診療実施後にそれぞれ岩手医大 皮膚科医局と高田病院診察室の皮膚科専門医は、「遠隔診療ケースカード」図:4.5 に記入することで症例をデータ化した。これには、患者情報、診断レベル(どのような診察を行なったのか?)、診断内容、診察時間を記録する内容になっていて、これを元に遠隔側医師と患者側対面診断医師の診断一致を評価している。

岩手医科大学皮膚科側

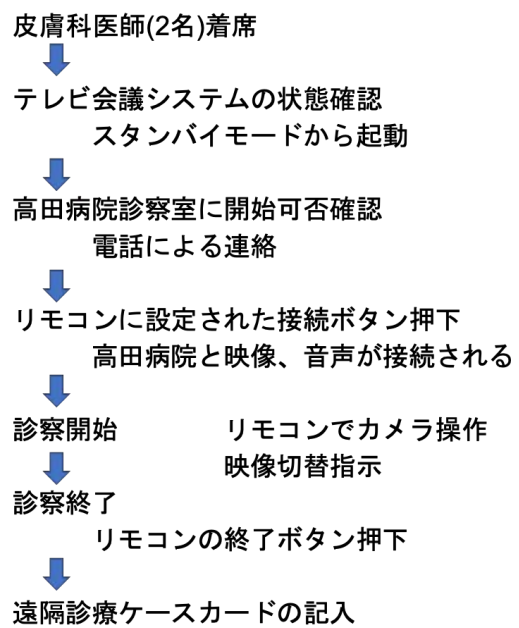


図 4.3 岩手医科大学 皮膚科医局で行われる手順

高田病院診察室側



プロトタイプ端末,LED照明の持込、設置
 ↓ 常設ではないため移動させる

機材のセットアップ作業

↓ 電源,映像,PC,LAN配線の接続と起動確認

患者に対する遠隔診療の説明

↓ 同意書の受領

岩手医科大学皮膚科へ準備完了の連絡

↓ 患者の入室

遠隔診療開始 岩手医科大学側からの操作
 ↓ 映像切替HDMIリモコン

診断終了

↓ 岩手医科大学側からの操作

遠隔診療ケースカードの記入

図 4.4 高田病院 で行われる手順

遠隔診療ケースカード 岩手医科大学皮膚科

診察日 ____ / ____ / ____ 診断者氏名 _____ 同意年月日 ____ / ____ / ____

症例番号 _____

患者氏名 _____ 性別 男性・女性 年齢 _____ 歳

主訴

診断

レベルⅠ:患者への問診と、主カメラによる画像による診断、最も考えられる臨床診断

鑑別診断

1. _____

2. _____

3. _____

レベルⅡ:術野ビデオカメラによる映像による診断

レベルⅢ:静止画像、顕微鏡、ダーモスコピーによる画像診断

レベルⅣ:レーザー生体顕微鏡による画像を加えた診断

診察に要した時間

1: 10 分以内

2: 20 分以内

3: 30 分以内

図 4.5 遠隔診療ケースカード

4.1.4 診断評価項目

下記の評価項目を元に遠隔診療を実施した。本評価において皮膚科一般診療をD to N to P型（遠隔診療）および D to D to P型（遠隔支援）の遠隔医療で行い評価を行った。すべての患者は新患として問診（遠隔支援では医師からの医療情報を含む）と臨床所見による診断と治療方針の検討を行った。

1. 診断一致率：遠隔診療後、対面診察を行い遠隔との診断の一致率を確認
2. 遠隔診療で診断しえた疾患
3. 遠隔医療システムの診断における問題点のピックアップ
4. アンケートによる患者満足度の評価
5. D to N to P型およびD to D to P型それぞれの評価

4.1.5 患者年齢分布

受診した患者の年齢分布状況を表:4.1に示す。

表 4.1 遠隔診療形態別の患者年齢分布

		D to D to P型	D to N to P型
患者数		137	48
性別	男	49 (36%)	14 (30%)
	女	88 (64%)	34 (70%)
年齢	80-	9 (7%)	11 (23%)
	60-79	57 (42%)	24 (50%)
	40-59	30 (22%)	8 (17%)
	20-39	16 (12%)	5 (10%)
	19-	25 (18%)	0 (0%)

4.1.6 遠隔医療で診断しえた疾患例

遠隔診療で診断できた疾患を表:4.2 に示すと共に図:4.6 にて分類をグラフ化する。これらの疾患は、皮膚科外来で診察される一般的な症例の 90%以上 に該当する結果となり、本遠隔診療実験が、皮膚科の診察・診断結果を考察する実験として有効であると言える。

表 4.2 遠隔診療実験で診断された疾患

腫瘍病変	皮膚炎	感染症
良性腫瘍	アトピー性皮膚炎	足、足爪白癬
表皮嚢腫	皮脂欠乏性湿疹	帯状疱疹
脂漏性角化症	脂漏性湿疹	尋常性疣贅
色素性母斑	掻破性湿疹	伝染性膿痂疹
汗嚢腫	接触皮膚炎	伝染性軟属腫
ケロイド	酒さ様皮膚炎	その他
軟性繊維腫	角化性病変	尋常性ざ瘡
いちご状血管腫	胼胝	蕁麻疹
汗孔角化症	掌蹠角化症	円形脱毛症
悪性腫瘍	線状苔癬	Gibert バラ色秕糠疹
日光角化症	水疱性疾患	熱傷
B o w e n 病	掌蹠膿疱症	神経繊維腫 1 型
悪性黒色腫		中毒疹
		サルコイドーシス

2017 年から 2018 年で、D to D to P 型 137 人および D to N to P 型 48 人の計 185 人の皮膚科患者の遠隔診療が実施された。皮膚科遠隔診療として診療に要した時間は照明・撮影・検査・テレビ会議システム機器準備を含めて平均 23 分。岩手医科大学との交信・診察が平均 19 分、診察終了から処方箋発行が平均 13 分であった。患者への説明と同意取得、診断機器や映像機器の切り替えに多少時間を要したが、操作の問題は熟練すると短縮可能と考えられる。

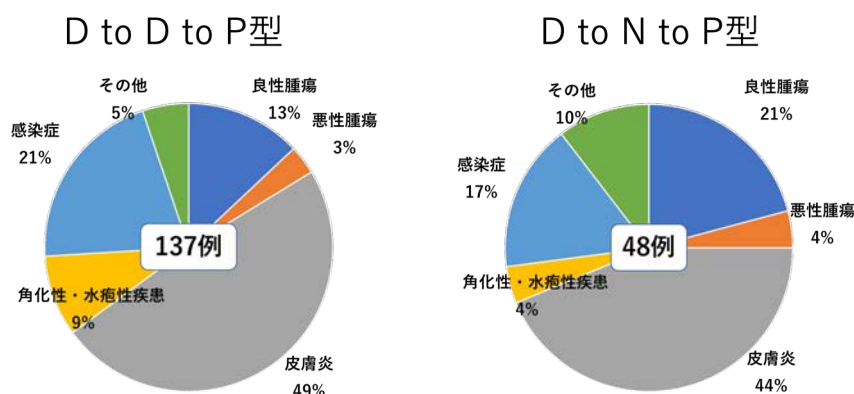


図 4.6 診断された疾患の分類

4.2. 遠隔診療の結果

4.2.1 診断一致率

対面診療と同じ診断ができる事を目標に必要な要件を調査し、適応可能な機器を使った遠隔診療実験を行なった結果、遠隔診療と対面診療での診断一致率は95%以上となった。この成果は医師、看護師の求める仕様を反映した機器と、その運用手順を正しく設計、実装が行われた結果であると共に皮膚科への遠隔診療導入の可能性を示しているものである。またその他の5%の診断とは、診断の確定に苦慮した例として次に示す。

	D to D to P型	D to N to P型
診断の一致率 (鑑別を含む)	95%	95.8%

図 4.7 診断一致率

4.2.2 診断確定に見る症例数

診断確定に苦慮する部位や皮疹の症例として医師の説明では、慢性湿疹などの浸潤触れるような病変や円形脱毛症などの毛髪疾患などは診断可能でした。一方、汗孔角化症や青色母斑、頭部の脂漏性角化症などは診断が確定に至らない場合があります、具体的には下記のような症例となる。これらについては、映像品質や撮影機器、撮影方法などを考察することとする。

1. 毛髪を伴う頭皮や指間などに焦点が合わない。
2. 皮疹の浸潤や膨疹など、軽い盛り上がり画像で確認しがたい。
3. 青色斑や黒色斑などわずかな色調の違いが不明瞭である。
4. 硬さや熱感、においなどの視覚以外の所見は送信側の主観により客観的評価が難しい

4.2.3 DtoDtoP 形式の診療の評価

1. テレビ会議システムと診療映像機器を使用することで一部例外をのぞき対面診療とほぼ一致した診断をつけることが可能であった。
2. 遠隔診療は患者側の医師を通じ医療支援という形で行われた。
3. 初診患者、急性期の患者にも緊急の処置など含め対応が可能であった。
4. 患者の満足度は D to N to P 型より医師がいた方が高かった
5. この形態は、患者側には医師が必要であり時間や場所が限定される。

4.2.4 DtoNtoP 形式の診療の評価

1. テレビ会議システムと診療映像機器を使用することで一部例外をのぞき対面診療とほぼ一致した診断をつけることが可能であった。

2. 遠隔診療は遠隔診断という形で行われた。
3. 患者側に専用のスタッフがいれば比較的、場所や時間を選ばない。
4. 初診患者 急性期患者の診断は可能であったが、処置が必要な時に対応できない場合がある。
5. 患者の満足度はD to D to P型より低かった。

4.3. 患者へのアンケート

皮膚遠隔診療に参加した患者に対して、診療終了後に無記名で下記の項目でアンケートを実施した。

1. プライバシーは守れていたか
2. コミュニケーションはうまくとれたか
3. 診断に対する理解
4. 遠隔医療の満足度
5. また遠隔医療をうけてもよいか

4.3.1 患者からの意見

その他、遠隔診療後の患者に意見を聞いたところ下記のような意見が聞かれた。

1. 「遠隔診療にあまり戸惑いはありません」
2. 「専門医師の診察は患者にとって有益なこと」
3. 「丁寧な指導で不安も和らぎました」
4. 「高度な医療を遠方に行かずに受診できるので今後とも継続してほしい」

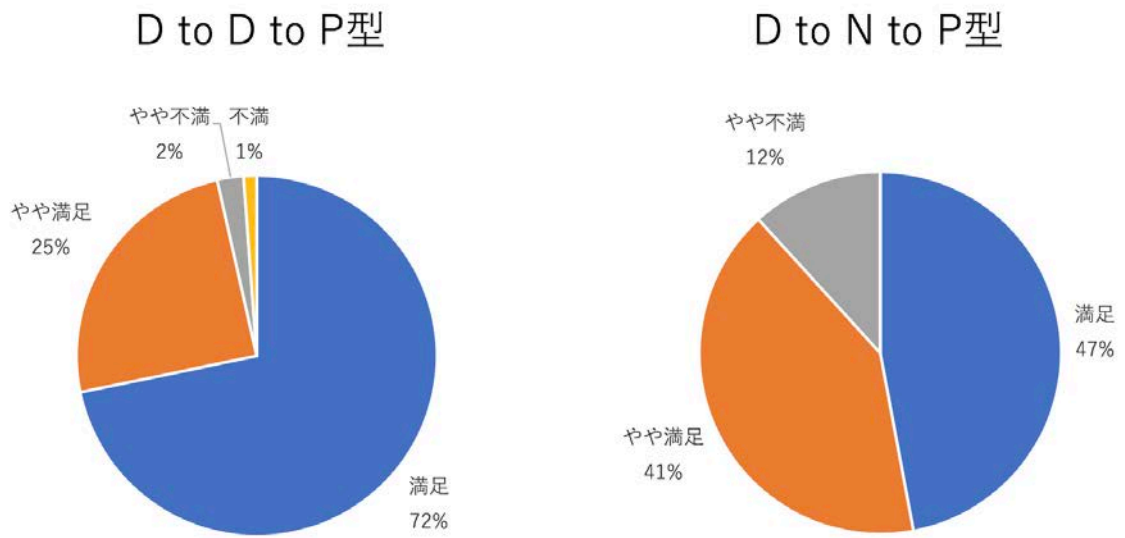


図 4.8 プライバシーは守れていたか

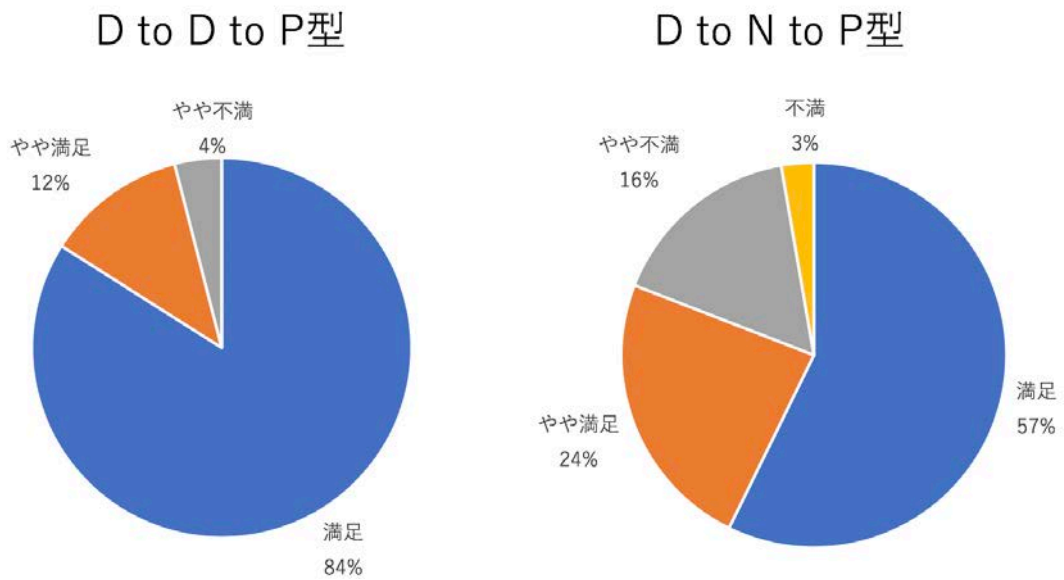


図 4.9 コミュニケーションはうまくとれたか

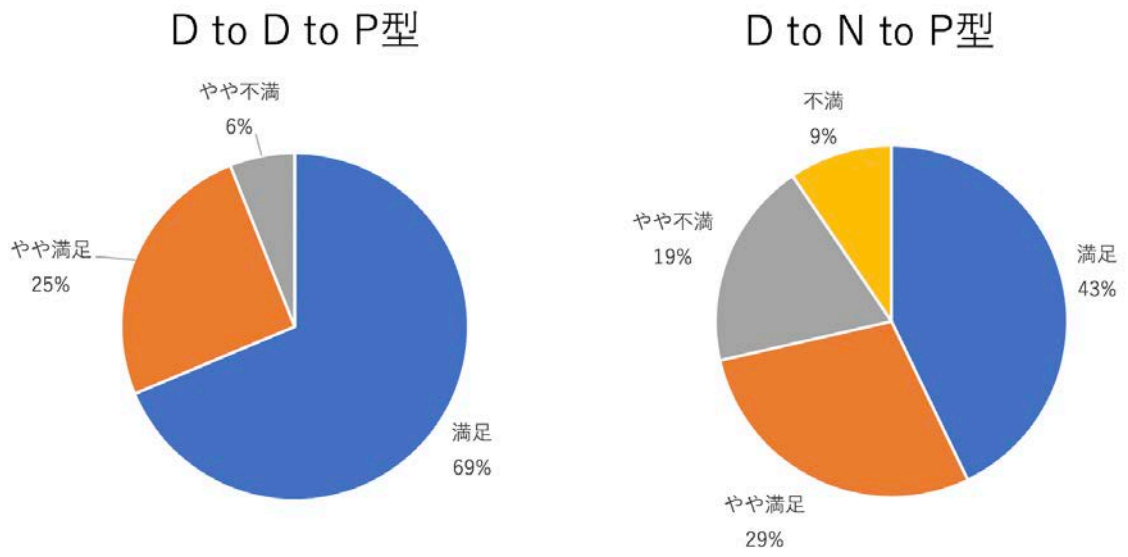


図 4.10 診断に対する理解

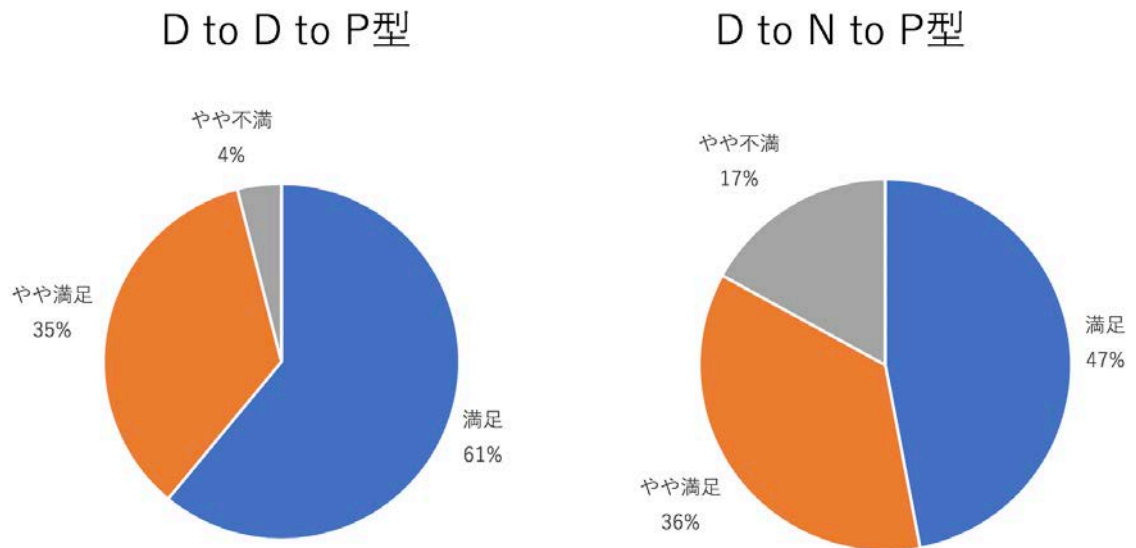


図 4.11 遠隔医療の満足度

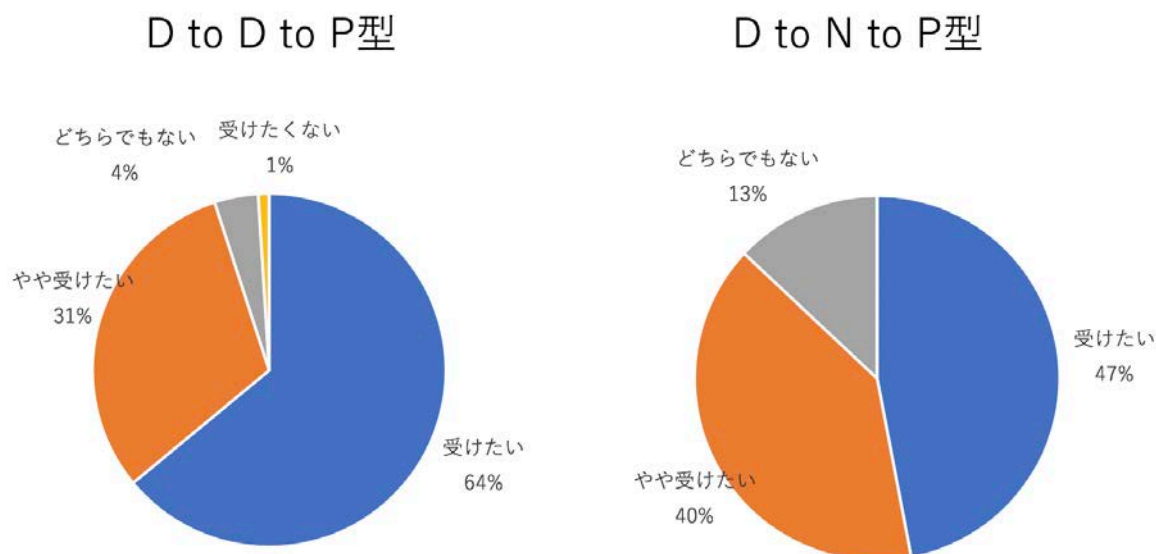


図 4.12 また遠隔医療をうけてもよいか

5. 「画面できちんと確認できているのか信用しづらい」
6. 「診療のスキンシップが感じられない」

4.4. 本章のまとめ

本章では、3章で設計、実装されたシステムを使用した遠隔診療実験について診察実施の流れ、診断可能だった症例の分析、診断の結果について述べている。診察は岩手医大皮膚科 医師が岩手医大と高田病院に分かれて DtoDtoP の形式と高田病院側には医師が同席しない DtoNtoP の形式でも行われ、両方のケースについての結果を患者からのアンケート結果を考察している。

第 5 章 考

察

遠隔診療に適応可能なシステムとネットワークの課題を調査、選択、最適化し、実施された遠隔診療実験の結果から「遠隔診療実験の実施結果」「システムとネットワーク」「運用」の観点で、それぞれの問題点、解決方法について考察した。

5.1. 遠隔診療実験結果の考察

2017 年から 2018 年にかけて実施され 185 件の遠隔診療を実施した。結果として遠隔と対面での診断一致率は 95 %以上となった。この結果は医師、看護師の求める仕様を反映した機器と、その運用手順を正しく設計、実装が行われた結果であると共に皮膚科への遠隔診療導入の可能性は非常に高いと考えられる。しかし、診断の確定に苦慮したケースが全体の 5%(9 件) あったことの原因を考察するため次に示す。

5.1.1 診断の確定に苦慮したケース

遠隔診療を行なった結果、岩手医大 皮膚科医局の医師が診断に苦慮したケースを何によって診断したかを分類し分析した。これらケースは、診断が不能ではなく診察は行われたが確定する事が難しいため、別の手法で診断するか患者側の医師によって診断は確定されている。

表 5.1 診断の確定に苦慮したケース

ケース	診断部位 症状	確認方法	分類
ケース 1	毛髪を伴う頭皮や指間	小型ビデオカメラ	焦点が合わない
ケース 2	皮疹の浸潤や膨疹など	小型ビデオカメラ	焦点が合わない
ケース 3	青色斑や黒色斑など	小型ビデオカメラ	色調が不鮮明
ケース 4	硬さや熱感の所見	患者側の主観的意見	評価できず
ケース 5	においの所見	患者側の主観的意見	評価できず

5.1.2 ケース 1、2：焦点が合わない

ケース 1.2. について、患部を小型ビデオカメラで撮影した際、焦点が合わせにくい為に生じた問題である。原因は毛髪や盛り上がった患部 (図:5.1) など、焦点が絞れないためにボヤケやすい為、その画像から診断を確定させることが出来ないケースが発生した。対応策として距離ゲージを作成しオートフォーカスをオフにしてマニュアルフォーカスで撮影した結果、一定の改善は見られたが画像に大きな差は得られず、倍の診察時間を要してしまった。このケースは、医師の視診でも判断が難しいとされている為、解決する為には、現在の小型ビデオカメラの使用ではない別の方法が必要と考えられる。

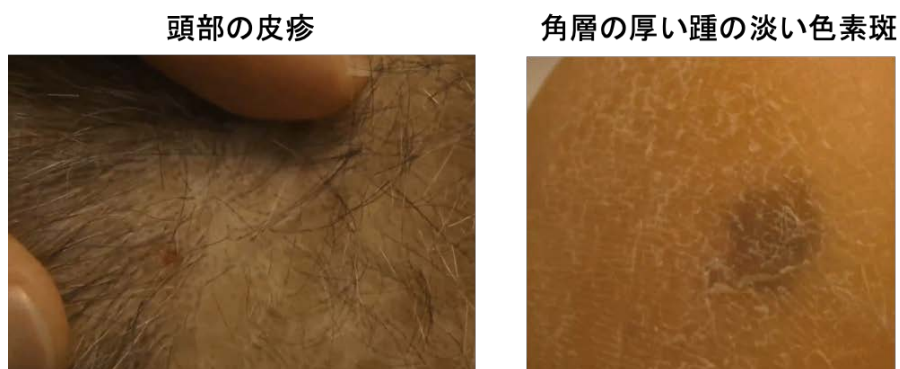


図 5.1 診断が難しい症例

5.1.3 ケース3：色調が不鮮明

ケース3. 青色斑や黒色斑について、患部を小型ビデオカメラで撮影した映像では、わずかな色調の違いが不明瞭で微妙な色調の違いを判別できない為に発生した。このケースは、医師の視診でも判断が難しいとされている為、現在の小型ビデオカメラの解像度や表現力では、解決できないと思われる。よって別の方法が必要だと考えられる。

ケース1、2、3：解決方法

解決方法として、デジタルマクロスコープの利用を検討した。焦点が合わせにくい問題や色調の違いについてもピンポイントに倍率を変えたマクロ撮影が可能で、必要な照度が得られることで解決できる可能性が高いと考えられる。製品の例として図:5.2 [20] を参照。

AM7515MZT Dino-Lite Edge



出典：Dino-Lite社ホームページより

図 5.2 デジタルマイクロスコープ

デジタルマクロスコープは、次の理由で、現在の小型ビデオカメラに比べ優れていると考えられる。

1. 片手で扱う事(LED照明照度、拡大倍率)が可能、焦点距離が柔軟

2. レンズを覆う形で白色 LED ライトを持ち、照度の調節が無段階で可能
3. 異なる焦点の一連の画像を合成し一枚の画像にすることで、被写界深度を広げる事が可能
4. 顕微鏡やダーモスコープ同様に PC 経由で映像をテレビ会議システムに出力することが可能
5. コスト的に 10 万円以下で購入可能、現実的な策と言える

特にケース 3 のその他の解決法として、現在使用している小型ビデオカメラ (図 3.1 の 4K 撮影対応の後継機を試すことも有効であると考えられる。理由は、4K の解像度は 3840×2160 ドットと 2K である現行機種種の 4 倍の解像度があるため、焦点距離を長く取り焦点を合わせて撮影した画像を劣化なしで拡大して見る事が可能である為、適応の可能性が高い。

5.1.4 ケース 4、5：硬さや熱感：におい

ケース 4 について、硬さや熱感、においなど視覚以外の所見については、患者もしくは対応した看護師の主観的評価を参考したが、診断を確定させることが出来ないケースがあった。原因は、個人の主観的な評価には、個人差があると考えられるので客観的な判断が下せないためである。

ケース 4：解決方法

解決方法として、感覚を定量化し数値などで指標化する事が考えられる。定量化方法として、プローブを皮膚に押しあてた時、先端の可動端子に掛かる力で”皮膚や頭皮の硬度”を計測する専門の計測器 (図:5.3 参照 [21]) を用いる方法が考えられる。計測データは、PC にアップロードされ専用ソフトウェアによって記録、分類が可能になる。同様なプローブには皮膚表面温度の計測が可能なものもあり組み合わせることが可能であるため 2 つのケースを 1 つの検査機器で扱う事が可能である。しかし状態を数値化するには、様々な状態の患部をプローブで

測定して事前に数値化と症状を紐づけることが必要であり遠隔診療とは別の機会に患者のデータを集める必要性が生じる。しかし患者側に専門医がいない状況を考えた場合、このような数値化は、遠隔診療にとって重要なことだと考えられる。



出典：Courage + Khazaka electronic GmbH社ホームページより

図 5.3 頭皮・皮膚押下型硬度計とプローブとアダプター

ケース 5：解決方法

解決方法として、においに関する医療検査機器として口臭計測器は存在するが、皮膚科領域でのにおいの判定に対応している機器は現状存在していない。皮膚科領域での臭いを嗅ぐ理由とは感染があるかどうかであり、発酵している臭いであれば嫌気性菌であったり、線香のような匂いであれば緑膿菌というように特定の匂いにチューニングされ反応できるにおいセンサーは、現状見当たらない。市販のにおいセンサー製品を使用して感染症の臭気に反応するかどうかの実験は、今後に有益であると思われるが、本研究の範疇ではない。本研究では、今後の課題として、患者もしくは対応した看護師の主観的評価の信ぴょう性を高める工夫として、においに関する症例対策として、事前に該当する感染症の臭気サンプルを使った比較を行わせ、客観的な評価を行えるようにすることが最良と考えられる。

5.2. システムとネットワークの考察

2017年から2018年に実施された遠隔診療実験において、Telepresenceシステムとネットワークで発生した問題の原因と解決策についてケース別に分類する。また本研究の目的である「対面診療と同じ診断の実現」に必要なシステムとネットワークに想定された性能を出せる設計であったかを考察する。

表 5.2 遠隔診療で発生した問題

ケース	発生した問題	確認方法	分類
ケース1	診療直前、通信が接続できない	SX20	ネットワーク
ケース2	映像が粗い(ブロックノイズが発生)	SX20	ネットワーク
ケース3	カメラのフォーカスが合わない	SX20	SX20, 小型ビデオカメラ
ケース4	診療中に電源が落ちた	診察室	人為的、環境
ケース5	検査機器のバッテリー切れ	検査機器	人為的

上記のトラブル事象を分類すると、ネットワークの問題、SX20, 小型ビデオカメラの問題、人為的な問題に分けられることから、分類して考察を行う。ただし小型ビデオカメラの問題については、「遠隔診療実験結果」で既に明らかにしているため除外する。

5.2.1 ケース1 ネットワークでの問題

ケース1とは、岩手医大 皮膚科医局 診察の流れ(表:5.3)での、SX20の初期画面状態から、リモコン操作による接続を実行したが、遠隔側に接続されない現象である。SX20の画面上に表示されたメッセージは、「相手先が応答しない」であった。そこから考えられる原因は、機器の稼働状態、ネットワーク到達性であるため、ネットワーク到達性に関しては、第3章 ネットワークとシステムの状況監視にてネットワークの到達性、死活監視ポイント(表3.4)にあるネットワークデバイスとTelepresenceシステム機器に対して皮膚科医局内SW下にPCを接続しPINGによる応答と応答時間でネットワークのレスポンス時間を確認した。その結果、PINGに応答しないデバイスとは、高田病院 診察室のSX20であり、診察室での

設置作業時にイーサネットケーブルがコネクタの最後まで挿入されていなかったことが原因と判明した。今後の防止策としてセットアップマニュアルへの作業内容として確実な挿入の確認方法を記載した。

ケース1 ネットワークでの解決策

このケースの問題は比較的、短時間で解決したが、調査を実施可能なエンジニアが岩手医大もしくは高田病院に物理的に訪問して作業を行う必要があり、このような問題に対する対応としては、診察予定を組んで受診者を受け入れている事から時間がかかり過ぎて実用的ではないと考えられる。つまり本件のような問題が発生した場合、PINGでの応答の有無、応答時間によってネットワークの到達性、死活確認ではなく、医局や診療室にはITエンジニアは存在していない事を考えて、ネットワークやシステムの状況を把握できる仕組みが必要だと考えられる。今後のシステム運用の課題として本章「運用」にて考察する。

5.2.2 ケース2 映像が粗い(ブロックノイズが発生)

本研究でネットワークに必要な能力の前提は、Telepresenceシステムに必要なネットワーク要件が基本になる。双方向の映像音声伝送システムに必要なネットワーク要件とは、片方向当たり、遅延 ≤ 150 ms、ジッタ ≤ 30 ms、パケットロス $\leq 1\%$ であり、送られるビデオレートによって必要な帯域幅が決まる。本研究で選択されたTelepresenceシステム(第3章 Telepresenceシステム評価結果を参照)のCiscoSystem社SX-20は、ビデオレート最大1,080p/60fpsでありH.264 AVCによる圧縮で必要帯域幅は最大約6Mbpsとなる。ただし、本遠隔診療実験では、実用的なフレームレートは1,080p/30fpsとなり、必要な帯域幅は最大約4Mbpsとなるが、ほとんど動きがない状況では自動的にフレームレートを下げるため、実質的に使用される帯域は約1-1.5Mbps程度となる。

ネットワーク要件に見るようにTelepresenceシステムは、パケットロスと遅延に弱い。従って映像が粗い(ブロックノイズが発生)という事象からケース2で考えられるのは、ネットワークに輻輳や障害が発生するなどの低速化の要因がある

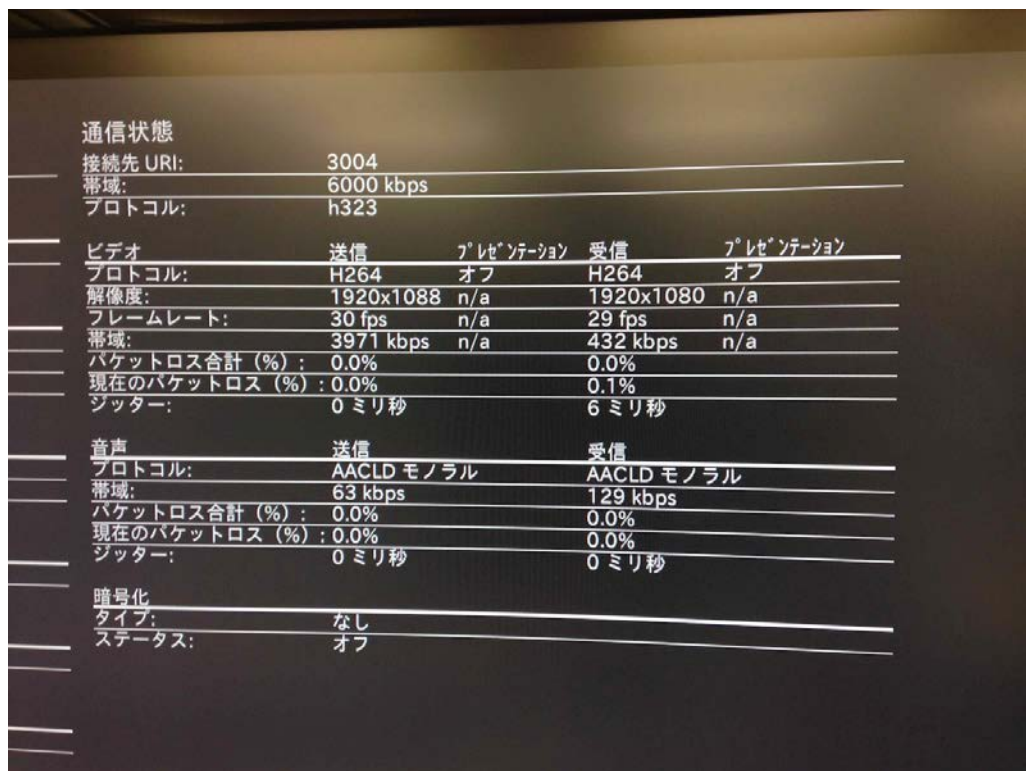
と考えられる。この場合のネットワークで考えられる低速化が疑われる箇所を次の3つのセグメントに分類して調査した。3つのセグメントとは、「岩手医大キャンパスネットワーク」「Flets VPN での VPN 経由の通信」「高田病院内のネットワーク」とした。

岩手医大キャンパスネットワーク

岩手医大キャンパスネットワーク内の通信性能の調査を行なった。ネットワークの通信速度を調べる方法は多々あるが、PC 単体で使用できることから ping を簡易的な調査方法として選択している。通信速度(転送量)を計測するには、ping で送信される「パケットサイズ」はデフォルトでは小さすぎるためオプションコマンドを使用して意図的に大きくしておく必要がある。同時に SX20 の持つシステムの通信状況画面を確認することで、パケットロス発生の有無を確認することができる。この調査によって明らかになったのは、岩手医大キャンパスネットワーク内の確認可能なシステムと ping で確認した通信速度は、最大速度に近い結果になった。しかし SX20 の持つシステムの通信状況画面(参照: 図 5.4)の受信ステータスではパケットロスの発生が確認できる。さらに相手側からの受信速度が、432kbyte と明らかに低レート過ぎる値である。これらの結果から岩手医大キャンパスネットワーク内での問題ではなく、高田病院との通信で何らかの問題が発生していると推測される。

Flets VPN での VPN 経由の通信

岩手医大と高田病院間をつないでいる、Flets 経路の通信性能を調査する。ここでも PC 単体で使用できることから ping を簡易的な調査方法として選択している。調査は、岩手医大皮膚科医局からと、高田病院診察室からの双方で SX20 への ping 試験を実施した。岩手医大皮膚科医局からの ping で応答速度が低レートである事が確認され、高田病院診察室からの応答速度は問題が確認されなかった。この結果から、問題が発生しているのは、高田病院内か Flets VPN であると推測される。



通信状態				
接続先 URI:	3004			
帯域:	6000 kbps			
プロトコル:	h323			
ビデオ	送信	プレエンション	受信	プレエンション
プロトコル:	H264	オフ	H264	オフ
解像度:	1920x1088	n/a	1920x1080	n/a
フレームレート:	30 fps	n/a	29 fps	n/a
帯域:	3971 kbps	n/a	432 kbps	n/a
パケットロス合計 (%) :	0.0%		0.0%	
現在のパケットロス (%) :	0.0%		0.1%	
ジッター:	0 ミリ秒		6 ミリ秒	
音声	送信		受信	
プロトコル:	AACLD モノラル		AACLD モノラル	
帯域:	63 kbps		129 kbps	
パケットロス合計 (%) :	0.0%		0.0%	
現在のパケットロス (%) :	0.0%		0.0%	
ジッター:	0 ミリ秒		0 ミリ秒	
暗号化				
タイプ:	なし			
ステータス:	オフ			

図 5.4 SX20 通信状態画面

これら推測から VPN 回線の設定調査を行なった。Flets VPN の MTU サイズは 1454 バイトと指定されている。このことから Flets 経由に通信で MTU サイズを調整していない場合、機器が 1500 バイトのパケットを送信すると、VPN ルーターはパケットを 1454 バイト以下になるように分割して VPN 上へ送り出す。分割が発生することで受信機器がパケットを破棄するとスループットが落ちて遅延が発生する可能性も考えられる。SX20 の MTU サイズのデフォルト値は 1500 バイトである。よって SX20,MCU,VCS, 陸前高田 VPN ルータの設定を Web インターフェースを使ってアクセスし確認すると共に岩手医大 情報センターに対し岩手医大側の VPN ルータの設定確認を行った。結果的に設定に問題はなく MTU サイズは、すべて 1454 バイトに設定されていた事が明らかになった。さらに岩手医大皮膚科医局からの ping 先をルータやスイッチングハブを対象に行なった結果、ルータは正常値が確認され、スイッチングハブが SX20 同様に応答速度が低レートである事が確認された。

高田病院内のネットワーク

高田病院内のネットワーク内の通信性能の調査を行なった。前述と同様、ping による通信速度 (転送量) をネットワーク内に接続された機器で計測した。スイッチングハブ配下の機器に対する ping の結果は、全て応答速度が低レートである事が確認された。この結果からスイッチングハブの設定管理インターフェースにシリアル接続を行い、現在の設定の確認とスイッチングハブの物理ポートのステータスを確認した。これら調査の結果から、高田病院診察室のスイッチングハブに管轄外のプリンターが無許可で接続され、ブロードキャストパケットを大量に出し続けている事が判明した。つまりこのブロードキャストストームがスイッチングハブの転送能力を消費することで、他の機器の通信に障害が発生したことが明らかにされた。

5.2.3 ケース 3 Telepresence システム：カメラ

SX20 のメインカメラの映像でカメラのフォーカスが合わない問題が発生した。原因は不明で SX20 自体のステータス確認でカメラに異常はないが、明らかにリモコンもコマンドでの操作も受け付けない事が確認され、解決策として初期不良品として交換対応が行われた。SX20 を始めシステム機器が自らの不具合を認識して通知を行う機能がない事が継続的な運用の障害になると考えられる、今後のシステム運用の課題として本章「運用」にて考察する。

5.2.4 ケース 1－3 について

ケース 1 から 3 についての原因と結果から、これらネットワークとシステムに関するトラブルケースの対応を実施可能なエンジニアが岩手医大もしくは高田病院に物理的に訪問して作業を行う必要があった。病院で診察予定を組んで受診者を受け入れている事から時間がかかり過ぎて実用的ではないと考えられる。つまり本件のような問題が発生した場合、医局や診療室には IT エンジニアは存在していない事を考えネットワークやシステムの状況を把握できる仕組みが必要だと考えられる。根本的な解決策は、今後のシステム運用の課題として本章「運用」にて考察する。

5.2.5 ケース 4 人為的、環境の問題

遠隔診療実験の診療中に高田病院の電源 (ブレーカ) が落ちる問題が発生した。原因は、施設の点検中に謝ってブレーカを落としてしまったという人為的なトラブルと判明した。しかし電源が復旧した後、SX20 を再起動したが、VPN ルータの設定が消えてしまう事象が発生し、診療を継続する事が出来なかった。本件もケース 3 同様、継続的な運用の障害になると考えられる、今後のシステム運用の課題として本章「運用」にて考察する。

5.2.6 ケース5 人為的、環境の問題

遠隔診療実施中、突然ダーモスコープの電源が切れて使用が出来なくなってしまった。原因は、単純に充電が切れた事と判明した。今後の防止策としてセットアップマニュアルへの作業内容として充電状況の確認と充電方法を記載した。

5.3. 運用の考察

5.3.1 Telepresence システム

遠隔診療を実施する上での大きな課題は、診察室で扱える事である。診察室は幅2.5m奥行き4mの限られた空間であり、耳鼻科と共用となっているため、遠隔診療に必要な機材を固定的に設置して置くことはできない。よって都度、利用した後は片付ける必要があるため、設置、移動、撤収が簡単に行えることが必要であるという制約がある。この課題を解決するため診察室で扱う事を前提に Telepresence システム・プロトタイプ(詳細:3章 プロトタイプの作成)を作成した。これは、皮膚科での遠隔による診察を行うための準備(機材のセットアップ)から診察を終えるまでに、必要な機材とは、患者側の診察室にて使用する遠隔診療用 Telepresence システム・プロトタイプと LED 照明機器と診察室に引かれたネットワークだけであることは、医療関係者からも高く評価された。

看護師による診察室への設置は、平均20分程度で完了した。プロトタイプ以前のシステム利用時は40分以上だったことから大幅に準備時間が短縮されたことになる。機器のケーブル接続、電源の投入はマニュアルを作成することで、機器の技術的な知識に精通していなくても手順に従って作業することを可能にしたことも時間短縮と人材不足に貢献したと考えられる。

5.3.2 遠隔診療の準備から診察の手順

診察の際、遠隔診療を実施する際の手順をあらかじめ決め、各状態で何をして、どのような結果が得られるのかを明確にしておくことで、どの状態で何が発生し

ているかを把握できるよう手順を設定して診察を実施した。表:5.3 及び、表:5.4 を参照。

実際にシステムとしては、接続相手先情報、接続帯域、呼び出し、録画のための映像合成等々の機能が動作しており、そのための設定は Telepresence システムに事前に行うことが可能だった。本環境では、多地点接続装置(以降:MCU)が存在するため、MCU 上に仮想的な会議室を作成し、その会議室に対して接続を行う端末があれば、会議室に登録された全ての端末に対して MCU 側から発呼(コール)を行う設定を行ったことで、端末側ではリモコンに MCU の持つ内線番号をボタンに登録するだけで、そのボタンを押す操作だけで録画端末も含めて接続して遠隔診療が開始されるように設定可能な仕組みを持っていた。このことから、遠隔診療の実施する際の医師、看護師の必要な動作が明確になり遠隔診療に慣れたスタッフではなくても扱うことが可能になった点が高い評価に値すると考えられる。医療の現場において医師、看護師は診療に集中する必要がある、よってなるべく診察以外の部分で煩わしい手順を設けるべきではない。そのために簡易な操作で必要な機能を動作させられることは医療現場では必須となっている。

手順を明確し決めることによって診察時の問題がどの状態で、どこに発生したのか、どのような状況なのか一次切り分けが可能で、よって医療関係者以外に問題点を伝えることが迅速出来、Telepresence システムやネットワークに対する対処が行うことが可能になったと考えられる。

表 5.3 岩手医大 皮膚科医局 診察の流れ

状況	操作	結果
開始準備	リモコン触れる	初期画面表示
遠隔側と接続	リモコン操作	映像音声接続
診察開始	カメラ操作	カメラパン映像
診察中	切替指示	映像転換
診察終了	リモコン操作	映像音声・断

表 5.4 高田病院 診察室 診察の流れ

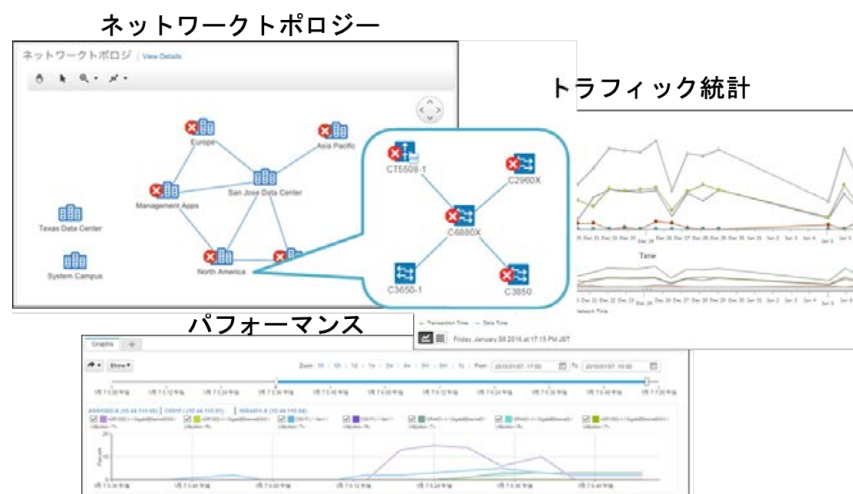
状況	操作	結果
機材の移動と設置		
機材のセットアップ作業	電源、ケーブル類接続	初期画面表示
遠隔側と接続		映像音声接続
診察開始		
診察中 切替指示	HDMI リモコン	映像転換
診察終了		映像音声・断

5.3.3 ネットワークやシステムの状況を把握できる仕組み

ネットワークやシステムの状況を把握できる仕組みとして、ネットワークマネジメントツール(ソフトウェア)がある。これは一般に幅広く製品が存在する。障害管理、死活管理、トラフィック量モニタリング、構成・設定管理などがある。例として(図:5.5)を参照。これらのツールでは、ネットワークの状態をグラフィカルに可視化するが、ネットワークの構成を理解しているITエンジニアでなければ即座に状況を判断することはできない。当該ネットワーク上にプローブを設置して遠隔からサポートを行うサービスもあるが、本実験ネットワークに限らず医療情報ネットワークは基本的に閉域網であり、外部からインターネット経由でのアクセスは出来ない。

5.3.4 医療従事者だけの運用

これらの状況から、医療従事者だけの環境でネットワークの到達性、死活管理などのネットワーク管理に必要なシステムとは、自動的に Telepresence システム機器の死活監視とネットワークの到達性を実施して、状況の通知、問題の通知を行う仕組みが必要である。どのようなデバイスで通知を受け取るかは、完全な閉域網の状態であれば、医局や診療室に置かれたPCもしくはSX20のような Telepresence 機器が考えられる。しかし通知メッセージを外部(インターネット)に対してメールなどと同様に且つ送信だけの一方方向が承認されるのであれば、クラウド上の



出典：CiscoSystems社ホームページより

図 5.5 ネットワーク管理ツールの一例

セキュアなビジネス SNS 経由で一般的なスマートフォンやタブレット宛に通知することも可能となるため利便性が高いと思われる。

次の (図:5.6) に自動化したネットワーク管理のイメージを示す。API を公開している SNS を応用して、チャットボットプログラムを使用する。その前段には、本研究での実験ネットワーク内にネットワークに対して SNMP もしくは Netflow の情報のコレクションをし、到達性に問題が発生した場合にメッセージを生成する機能と、遠隔診療システムのコア機能を提供する機器に対しては、機器が提供している API を使用して稼働状況、ネットワーク接続状況を収集し、問題があればメッセージを生成する機能を持つデーモンプログラムを常駐させる。この常駐させたプログラムが生成したメッセージをチャットボットプログラムが定期的に読み取り、SNS に投稿することで現場の医療従事者だけでなく、システムのサポート可能なエンジニアチームも同時に確認することが可能となるため、迅速な対応ができると考えられる。

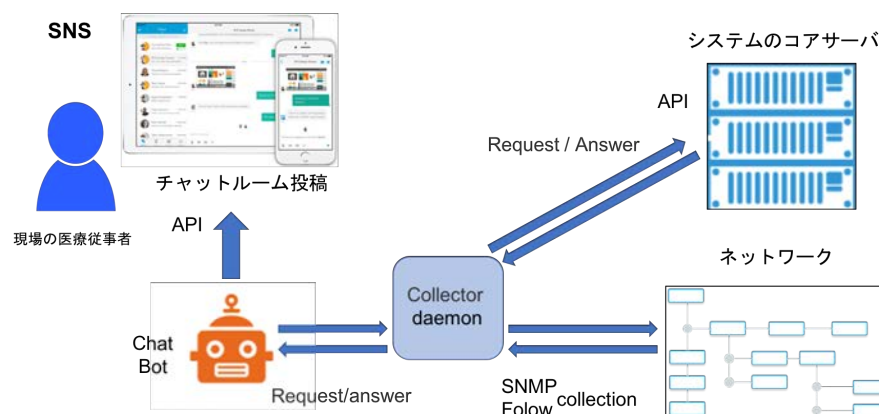


図 5.6 ネットワーク管理ツールの一例

5.3.5 患者からのアンケートに対する考察

下記に遠隔診療で受信された患者へのアンケート回答からの考察を示す。

1. プライバシーは守れていたか

D to D to P 型および D to N to P 型で、満足+やや満足がそれぞれ、95%、88%であった。これは、診察室内での音声のボリューム設定が大きく設定されていたため、その声が待合室側に漏れているのではないかという不安があったためでした。遠隔診療端末のスピーカの位置などを改善することで今後は対応可能。

2. コミュニケーションはうまくとれたか

D to D to P 型および D to N to P 型で、満足+やや満足がそれぞれ、96%、79%であった。これは、診察にスキンシップが感じられなかった等の意見があった。遠隔診療端末のディスプレイサイズをコンパクトだったためかと考えられる。今後の改善の課題とする。

3. 診断に対する理解

D to D to P 型および D to N to P 型で、満足+やや満足がそれぞれ、94%、72%であった。これは、特に D to N to P 型で、その場に医師が居ない不安

を感じられたケースがあったためかと思われる。診察室の雰囲気作りなど環境の作りなどの工夫が必要かと考えられる。今後の改善の課題とする。

4. 遠隔医療の満足度

D to D to P 型および D to N to P 型で、満足+やや満足がそれぞれ、96%、83%であった。これは遠隔診療実施の際、複数の患者を診察した場合に待ち時間が発生したことから一部に「やや不満」が発生した。これは同意書の説明や遠隔医師、対面医師の遠隔診療ケースカードの記入などによるものと考えられる。今後の改善の課題とする。

5. また遠隔医療をうけてもよいか

D to D to P 型および D to N to P 型で、満足+やや満足がそれぞれ、95%、87%であった。岩手医科大学まで出向かずに専門医から診療を受けられることを歓迎する意見が多かった。遠隔診療に対しての不安は特にはないという声も多かった。「やや不満」は待ち時間等で発生したと思われる。4. と同様、今後の改善の課題とする。

5.4. 本章のまとめ

本章では、対面診療と同じ診断ができる事を目標にした本研究での問題点、改善点の考察を「遠隔診療実験の実施」「システムとネットワーク」「運用」の3つの観点で行い結果を述べている。「遠隔診療実験の実施」では診断に苦慮したケースの問題点と解決方法について明らかにしている、「システムとネットワーク」では遠隔診療実験の中で生じた様々なトラブル事例から問題点を分類し分析を行って解決手法を明らかにしている。「運用」では、医療従事者だけの環境で遠隔診療を運用するために必要な事項についてと受信した患者からのアンケート結果に対する考察を述べている。

第 6 章

結 論

本研究を通じて調査、実施、反復、検証、考察を行った結果、下記理由によって対面診療と同じ診断ができる可能性と有効性を明らかにできたと考えられる。

6.1. 本研究で明らかになった事項

- 医師の求める仕様に合ったシステムとは何か調査し選択する
 1. 必要な要件を調査し、Telepresence システムを最適化して最適なシステムを選択できた
 2. モニター越し映像の色覚補正について、医師の色覚をカラーチャートと LED 照明で補正する方法を見出せた
- 対面診察と遠隔診察の対比を行い、有効性を明らかにする
 1. 診断一致率は 185 症例で 95 %以上であった
 2. システムは高い診断能力があり、遠隔診療の有効性を明らかにする実績を作ることができた
- 遠隔診療実験を通じて問題点を明らかにし解決する
 1. 実験を通じて診断、システム、ネットワーク、運用の問題点を明らかにできた
 2. 上記の問題点を考察し解決方法を見出すことができた

6.2. 本研究の適用範囲

本研究では、皮膚科領域での遠隔診療を対象に対面診療と同じ診断ができる事を目標に研究を行った。しかし他の一般診療科における遠隔診療についても、診察診断方法が皮膚科同様に、対面型の視診であるならば、十分適用が可能だと考えられる。遠隔診療に必要なネットワークと運用は共通のプラットフォームとなり得ると考えられるために導入コストの見地からも複数の診療科による導入が望ましい。本研究が他の診療科の導入検討の一助になることを期待する。

6.3. 今後の課題

本研究で明らかになった問題点の考察で考えられた解決策の試行の継続

1. 診断に苦慮するケースを起こさないための解決策の試行
2. デジタル映像機器で見る医師の色覚の補正もしくは改善方法の試行
3. 医療従事者だけでシステムの状況を把握し速やかに必要なサポートを受けられる仕組みと体制作り

6.4. 本研究のまとめ

第1章では、本研究のきっかけとなった背景から日本における遠隔診療の現状と今後の展開を紹介し、社会的に必要とされいながら普及しない原因の考察から本研究の目的を定めると共に遠隔診療を実施する協力者、組織について紹介している。第2章では日本における遠隔診療の歴史や社会的な背景と問題、これまでの研究事例、遠隔診療における高精細、高解像映像の有効性とデジタル映像と自然色についての本研究に関連する先行研究、情報について紹介している。特に国内で実施されてきた遠隔診療事例から眼科でのテレビ会議システムを使った遠隔診療事件で医師による解像度の評価を行なった事例。皮膚科の診療で2Kカメラ、4Kカメラ映像を比較し高精細、高解像映像の信頼性、有効性を示している事

例、デジタル映像機器は実物の色を正確に再現できないことからスペクトル情報に基づく映像システムで色の再現性を研究している事例について本研究と関連性が高いと考えられる。しかし皮膚科の対面診療と同じ診断ができる事を目標に遠隔診療実験を行い効果と有効性を明らかにした研究は未だ存在しないことが確認できた。

第3章では、皮膚科診療に必要な機能、要件調査として通常診察で使用されている検査機器からの映像出力を共有可能性を調査し、Telepresenceシステムの比較選定では、どの程度の診察項目に対応可能かどうかの結果を明らかにしている。また診察室にて利用可能な機器構成を可搬可能なパッケージの必要性からプロトタイプを作成し、その実装について述べている。遠隔診療を実施する上での重要事項として、デジタル映像機器を通して見る映像と医師の色覚を調整する必要性へ対応として特別な機材を使わず簡易的に実施する手法を採用したことについて述べられている。最後の遠隔診療実験に使用する既存のネットワークの構成と問題点について管理可能な範囲を明確にしている。

第4章では、3章で設計、実装されたシステムを使用した遠隔診療実験について診察実施の流れ、診断可能だった症例の分析、診断の結果について述べている。診察は岩手医大皮膚科 医師が岩手医大と高田病院に分かれて DtoDtoP の形式と高田病院側には医師が同席しない DtoNtoP の形式でも行われ、両方のケースについての結果を患者からのアンケート結果を考察している。

第5章では、対面診療と同じ診断ができる事を目標にした本研究での問題点、改善点の考察を「遠隔診療実験の実施」「システムとネットワーク」「運用」の3つの観点で行い結果を述べている。「遠隔診療実験の実施」では診断に苦慮したケースの問題点と解決方法について明らかにしている、「システムとネットワーク」では遠隔診療実験の中で生じた様々なトラブル事例から問題点を分類し分析を行って解決手法を明らかにしている。「運用」では、医療従事者だけの環境で遠隔診療を運用するために必要な事項についてと受信した患者からのアンケート結果に対する考察を述べている。

謝 辞

本修士論文を提出するにあたって、多くの方々のご指導とご助力をいただきました。本研究の指導教員であり、幅広い知見からの的確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の加藤 朗 教授に心から感謝いたします。

コンピュータとネットワークの専門家としての深い知見から指導を頂けたことは元より、社会人修士課程という難しい立場をご理解いただいた上で、研究内容の相談や実験進め方など細かな点の指導、研究を進める際の心構え、問題に対する体系的なアプローチの仕方まで、幅広くご指導頂けたことは私の大きな財産になりました。

研究の方向性について様々な助言や指導をいただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の大川 恵子 教授に心から感謝いたします。研究の方向性やゴールに悩んだ際に異なる視点から問いかけて頂き見えていなかったことに気がつくことができました。

研究指導や論文執筆など数多くの助言を賜りました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の杉浦 一徳 准教授に心から感謝いたします。エンジニアとしての意識や興味から機能や性能のみに目が行きがちな私に、実際に使用する利用者から必要とされ、注目されることについての考察をご指摘頂き本研究を整理するのに大変役に立ちました。

本研究の実施と関係者の調整に関して尽力頂いた岩手医科大学 小川彰 理事長、岩手医科大学 小児循環器科 小山耕太郎 教授、岩手医科大学 皮膚科 天野博雄 教授、岩手県立高田病院様に心から感謝いたします。

遠隔診療実証実験に参加して頂き、その有効性の検証に多くの労力を払い、様々なご意見を頂きました岩手医科大学 皮膚科 医師 三浦慎平様、櫻井英一様、佐藤

隆亮様、渡部大輔様、遠野市 高橋和宏様と診察にご協力頂いた陸前高田市の皆様に心から感謝いたします。

最後に、会社員としての業務と研究活動の両立を生活面に置いて支援して頂いた妻に心から感謝致します。

参 考 文 献

- [1] 野々下裕子. 震災復興インターネット (pdrnet) の取り組み, 2011. URL: <https://iwparchives.jp/files/pdf/iwp2011/iwp2011-ch01-04-p076.pdf> [2019/01/27 アクセス].
- [2] 岩手県医師支援推進室. 医師不足の現状. URL: <http://www2.pref.iwate.jp/~hp0365/genjyo/01genjyo.html> [2019/01/27 アクセス].
- [3] 厚生労働省医療分野の情報化の推進について. 遠隔医療. URL: https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/iryou/johoka/index.html [2019/01/27 アクセス].
- [4] 厚生労働省平成 29 年版厚生労働白書－社会保障と経済成長－. 遠隔医療システムの導入状況. URL: <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/17/backdata/01-03-03-12.html> [2019/01/27 アクセス].
- [5] 日本遠隔医療学会. 遠隔医療の定義 (図説・日本の遠隔医療を開く), 2013. URL: http://jtta.umin.jp/pdf/telemedicine/telemedicine_in_japan_20131015-2_jp.pdf [2019/01/27 アクセス].
- [6] 厚生労働省. 厚生労働省:平成 29 年簡易生命表. URL: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life17/index.html> [2019/01/28 アクセス].
- [7] 厚生労働省平成 29 年版厚生労働白書. 年齢 3 区分別人口及び人口割合の推移と予測, 2017. URL: <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/17/backdata/01-01-02-07.html> [2019/01/28 アクセス].

- [8] 厚生労働省 平成 28 年 (2016) 医師・歯科医師・薬剤師調査の概況. 医師の状況：都道府県 (従業地) 別にみた人口 10 万対医師数. URL: https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/ishi/16/dl/kekka_1.pdf [2019/01/28 アクセス].
- [9] 日本遠隔医療学会. 遠隔診療 通知・指針. URL: http://jtta.umin.jp/frame/j_14.html [2019/01/28 アクセス].
- [10] 日本医学放射線学会. 遠隔画像診断に関するガイドライン. URL: <http://www.radiology.jp/content/files/700.pdf> [2019/01/28 アクセス].
- [11] 吉田晃敏, 守屋潔, 林弘樹, 三上大季, 木ノ内玲子, 花田一臣, 相澤仁志. 北海道における遠隔医療の有効性と課題. 日本遠隔医療学会雑誌, Vol. 6, No. 1, pp. 48-51, 2010.
- [12] 鈴木創史, 当麻哲哉. 4k 映像を用いた皮膚科遠隔医療の信頼性要因に関する研究. 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科, 2012.
- [13] 山口雅浩. 最高の色再現系を設計するナチュラルビジョン. 映像情報メディア学会誌 Vol. 62, No. 9, 2008.
- [14] パナソニック株式会社. パナソニック hd 術野システム ag-mdr15/admdc10. URL: <https://solcms.panasonic.biz/catalog/s/541956ec4c11cbb332a38fab2b62587c.pdf> [2019/01/28 アクセス].
- [15] オリンパス株式会社. Bx51-p 偏光顕微鏡. URL: <https://www.olympus-ims.com/ja/microscope/bx51p/> [2019/01/28 アクセス].
- [16] AlderMed. Dermoscope microderm luminis [online]. URL: <https://aldermed.com/product/microderm-luminis/> [2019/01/28 アクセス].
- [17] CiscoSystems. Cisco telepresence sx20. URL: https://www.cisco.com/c/ja_jp/products/collaboration-endpoints/telepresence-sx20-quick-set/index.html [2019/01/28 アクセス].

- [18] サンワサプライ株式会社. リモコン付hdmi切替器 4入力・1出力. URL: <https://www.sanwa.co.jp/product/syohin.asp?code=SW-HD41R> [2019/01/28 アクセス].
- [19] Nanguang Photo Video Systems Co Ltd. Cn-1200chs led studio light. URL: <http://www.nanguang.cn/product/product.php?class2=53&lang=en> [2019/01/28 アクセス].
- [20] Dino-Lite. Microscope am7515mzt. URL: https://www.dinolite.us/downloads/dl/file/id/55/am4515zt_dino_lite_specification_sheet.pdf [2019/01/28 アクセス].
- [21] Courage + Khazaka electronic GmbH. Indentometer idm 800. URL: <https://www.courage-khazaka.de/en/scientific-products/all-products/16-wissenschaftliche-produkte/alle-produkte/173-indentometer-e> [2019/01/28 アクセス].
- [22] 日本病理学会日本テレパソロジー研究会. テレパソロジー運用ガイドライン. URL: <http://pathology.or.jp/news/iryuu-gyomu/practice-autopsyandtech-telepathguidline-20051125.html> [2019/01/28 アクセス].
- [23] 吉田晃敏. 特集：遠隔医療の現状とこれからの展開. 週刊日本医事新報 4840号, 2017.
- [24] 厚生労働省. オンライン診療の推進, 2018. URL: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo2018/health/dai4/siryuu1.pdf> [2019/01/27 アクセス].
- [25] 花田一臣, 石子智士, 守屋潔, 木ノ内玲子, 三上大季, 山口亨, 吉田晃敏. 旭川医科大学が行う眼疾患に対する緊急遠隔医療支援. 日本遠隔医療学会雑誌 10(2), 145-148, 2014-10, 2014.

- [26] 今村聡. オンライン診療の現状と課題, 2018. URL: <https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/suishin/meeting/discussion/180327/180327discussion03.pdf> [2019/01/27 アクセス].
- [27] 山口雅浩. ナチュラルビジョン— 分光情報に基づく色再現システム. 日本写真学会誌 2002 年 65 巻 4 号: 251-257, 2001.
- [28] 長谷川高志. 地域政策に於ける遠隔医療への展望. 『日本地域政策研究』第 20 号 地域医療政策を考える, 2018.
- [29] 林薇, 当麻哲哉. 高精細映像伝送による遠隔医療の普及促進に影響を及ぼす要因に関する研究. 2011.