

博士論文
Doctral Thesis

病院環境における無線LANの高信頼化に関する研究
Highly reliable wireless local area network
in a hospital environment

横浜国立大学大学院工学府
物理情報工学専攻河野研究室
Department of Physics, Electrical and Computer Engineering,
Graduate School of Engineering,
Yokohama National University
Kohno Laboratory

12SD105
根本明宜
Akinobu NEMOTO

指導教官： 河野隆二 教授
Supervisor: Professor Ryuji KOHNO

2015 年 3 月
March, 2015

Table of Contents

List of Figures	iii
List of Tables	v
Acknowledgements	vi
あらまし	vii
Abstract	ix
Chapter 1. 序論	
1.1 論文概要	1
Chapter 2. 病院情報システムの発展と無線 LAN	
2.1 病院情報システムの発展	3
2.2 無線 LAN の発達の歴史	4
2.3 病院における無線 LAN の活用と現状	5
Chapter 3. テレワークと無線 LAN	
3.1 医療の在宅テレワークの可能性と無線 LAN の関係	7
3.2 背景	7
3.3 実証実験の目的	9
3.4 実施内容	9
3.5 実験結果	13
3.6 実験成果のまとめ	23
3.7 参考資料	27
Chapter 4. 病院環境における無線 LAN の概況	
4.1 医療環境における無線通信の重要性	33
4.2 病院環境での電磁ノイズの拡大	33
4.3 患者の安全と電磁干渉からの保護に関する先行研究	35
4.4 病院内の電波環境に関する先行研究	38
Chapter 5. 病院における無線 LAN のシミュレーション	
5.1 現在の病院における無線 LAN の状況の計測	39

5.2	シミュレーション評価	42
5.3	シミュレーション結果	44
5.4	シミュレーション結果(グラフ)	53
5.5	考察	58
Chapter 6. 医療用無線 LAN のプロトコールとして優先度を用いた CSMA/CA 方式の検討		
6.1	CSMA/CA 方式による優先度の設定	59
6.2	CSMA/CA 方式での優先度を設定してのシミュレーション	60
6.3	結果	61
6.4	考察	65
Chapter 7. WBAN における中継装置を用いる事による通信の改善		
7.1	はじめに	66
7.2	IEEE802.15.6 の概要	67
7.3	WBAN の能力解析	70
7.4	数量的解析	75
7.5	まとめ	78
7.6	補足	78
Chapter 8. 考察		79
Chapter 9. 結論		81
Published Papers		82
Bibliography		91

List of Figures

図 1	女性医師の数と割合の推移	8
図 2	女性医師としての悩み	8
図 3	実施体制	9
図 4	システム概要図	11
図 5	セキュリティーに対する懸念	17
図 6	NGN の利用で不安は解消したか	18
図 7	操作の簡便さ	21
図 8	システムの改善要望	21
図 9	院内 PC との操作性の差	22
図 10	院内 PC とレスポンスの差	22
図 11	業務の質が向上するか	23
図 12	実証実験システム全体構成イメージ	27
図 13	用いたアンケート用紙	30
図 14	横浜市立大学附属病院病棟平面図	39
図 15	8 階のアクセスポイントのトラフィック	40
図 16	病棟の電波状態	41
図 17	リハビリテーション科訓練室の電波状態	41
図 18	処理時間（大病院、3 Mbps、20 分）	53
図 19	スループット（大病院、3 Mbps、20 分）	53
図 20	処理時間（大病院、40Mbps、20 分）	54
図 21	スループット（大病院、40Mbps、20 分）	54
図 22	処理時間（将来の大病院、3 Mbps、20 分）	55
図 23	スループット（将来の大病院、3 Mbps、20 分）	55
図 24	処理時間（将来の大病院、40Mbps、20 分）	56
図 25	スループット（将来の大病院、40Mbps、20 分）	56
図 26	ベッドサイドでのカルテ閲覧にかかる時間	57
図 27	3 点確認にかかる時間	57
図 28	大病院における電子カルテ利用の処理時間	63
図 29	大病院におけるバイタル入力の処理時間	64
図 30	病院における無線 LAN システム	66
図 31	PPDU of NB PHY	68
図 32	An example of operation of CSMA/CA and relationships of time durations	69
図 33	DTMC 法のアルゴリズム	70
図 34	スキーム 1 の λ によるスループット	76
図 35	スキーム 1 の端末数によるスループット	76

図 3 6	スキーム 1 の遅延	76
図 3 7	λ による遅延	77
図 3 8	帯域効率	77

List of Tables

表 1	病院情報システムの歴史	3
表 2	病院 LAN で使用される無線 LAN 規格	5
表 3	実証に参加した医師・看護師と実施業務	10
表 4	既存システム機能概要	12
表 5	技術的視点での検証結果及び評価	13
表 6	システム管理者視点での検証結果及び評価	15
表 7	技術的視点での検証結果及び評価	18
表 8	システム管理者視点での確認結果及び評価	20
表 9	機器構成一覧	27
表 10	電波環境協議会によるエリア毎の携帯電話端末使用ルール設定(例)	34
表 11	想定した業務と端末代数、使用頻度、取り扱い情報量	43
表 12	シミュレーション諸元	43
表 13	シミュレーション結果 (1) 小規模病院(5 分)	44
表 14	シミュレーション結果 (2) 大規模病院(5 分)	45
表 15	シミュレーション結果 (3) 将来の大規模病院(5 分)	46
表 16	シミュレーション結果 (4) 小規模病院(10 分)	47
表 17	シミュレーション結果 (5) 大規模病院(10 分)	48
表 18	シミュレーション結果 (6) 将来の大規模病院(10 分)	49
表 19	シミュレーション結果 (7) 小規模病院(20 分)	50
表 20	シミュレーション結果 (8) 大規模病院(20 分)	51
表 21	シミュレーション結果 (9) 将来の大規模病院(20 分)	52
表 22	IEEE802. 15. 6 の CSMA/CA 方式での CW による優先度	59
表 23	業務ごとの優先度	60
表 24	業務毎のノード数	61
表 25	提案手法なしでの処理速度	61
表 26	提案手法ありでの処理速度	62
表 27	PHY 層のパラメーター	68
表 28	優先度毎のコンテンションウインドウ	69
表 29	記号の説明	71

Acknowledgement

First of all, I would like to thank all those who helped me with my research.

I would like to thank my supervisor, Professor Ryuji Kohno for his guidance and encouragement to accomplish this work. He also gave me many advices before becoming a member of Yokohama National University. He also gave me a chance to earn a doctoral degree and generous support throughout the doctoral course in Yokohama National University.

I would also like to express my appreciation for the useful advice to Professor Fujinobu Takahashi, Associate Professor Chika Sugimoto, Associate Professor Keisuke Shima and MICT Research fellow, Visiting Professor Pham Thanh Hiep.

I would also like to express my appreciation for the useful advice to Professor Tomoki Hamagami, Visiting Professor Hiroyuki Tsuji, Associate Professor Hideki Ochiai, and Visiting Associate Professor Kanhou Lee for their kind and useful comments and suggestions.

Moreover I would like to express my deep gratitude to Project Lecturer Kotaro Yamasue and Visiting Assistant Professor Hiroaki Hagiwara for their useful suggestions in Yokohama City University.

Furthermore, I am grateful to the members of Yokohama National University. The laboratory members helped me a lot through discussion and experiment. And I must say special thanks to Katsunori Sato, Yuya Obinata, Keitaro Inagaki and Minsoo Kim for helping my experiment and giving a lot of advices.

Finally, I reserve most special gratitude for my wife, Hiromi and my family. Without these helps, this doctoral program could have never been completed.

あらまし

病院で無線 LAN に接続された電子カルテ端末を使うと、明らかに遅い。有線は 100Mbps で接続されており、無線接続した場合にベストエフォートの 54Mbps が出ないことを頭では分かっているにもかかわらず遅く感じる。遅いことに疑問を感じ、アクセスポイントのトラフィックを確認すると送受信される情報量は大きくない。無線 LAN に負荷をかける情報量でないのに遅いということは、無線環境の問題で速度が出ていないと思われる。病院の無線環境について単に遅いと感じるのみでなく、先行研究にあたるが実際になぜ遅いかにについての考察はあまりなされてこなかった。

電子カルテと無線 LAN はほとんど一緒に発達し、医療安全の取り組みも同じ時期に始まり、無線 LAN は現代の医療に欠くことのできない物になっている。しかし、病院に CIO(Chief Information Officer)が置かれていることは少なく、病院経営、病院の戦略として ICT を重視し、院内のネットワーク、無線 LAN の電波状況について管理が万全である病院は少ない。

学問的にも、病院の電波状況についての調査報告、他の医療機器からの干渉についての問題などの指摘に留まっている。病院情報システム以外での無線 LAN の使用が拡大しており、電波干渉があるのは当然と片付けられている。病院における無線 LAN の状況について論理的に検討された報告は少ないのが事実である。この研究では、病院環境における無線 LAN の状況を評価し、改善するための方策について、シミュレーションを用いて理論的な検討を行うことを目的とした。

アクセスポイントの距離、間の障害物の影響を受ける通信速度を 3Mbps、15Mbps、40Mbps の 3 つで想定し、病院の規模に応じて 15:1 看護、7:1 看護の人員配置で想定し、さらに将来的に IP 電話等の導入で無線の利用が拡大する状況も想定して比較を行った。これまでに距離や遮蔽物の影響についてのシミュレーションは行われているが、通常業務を想定してのシミュレーションという点でより現実的な考察を試みた。

通信速度や業務の頻度の影響が当然大きくなるが、実際に病棟で行ったトラフィックの状況に近く、通常では無線で業務が遅い状態は考えにくく、干渉等が影響して通信速度が低下していることが示唆された。

そこで、無線 LAN 以外の干渉を再現するために妨害ノードを加えて通信に要する時間、スループットの低下を確認した。十分な通信速度がある環境下では、今回加えた程度の妨害ノードではあまり影響をうけず、通信速度が遅い場合、将来的に無線 LAN の利用が増えている状況では妨害ノードの影響が大きくなることが確認された。

通信容量が増えた際の接続が悪化する問題について、CSMA/CA 方式の CW を調整することで、医療用の無線通信を有線させる方式を、病棟での無線 LAN の信頼性向上のために用いることを提案する。IEEE802.15.6 では定められた手法であり、医療用の重要なデバイス優先度の設定なども検討されている。この研究では病院における業務を想定した上で、業務ごとに CW の値を変化させ、衝突して再接続が必要になった際の再接続までの時

間を調整することで必要な通信の処理速度を確保することができた。

スループットについても同様の傾向で優先度を設けることで若干の改善を認めるが、接続台数が増えた場合のスループットは当然のことながら低下し、単に医療用という優先度のみでなく、業務ごとにこまかな調整を行う事で対応することが必要と思われた。

業務により、接続するまでの遅延が問題であったり、正確にデータを送ることが必要であったり、スループットが大きいことがとにかく必要な業務であったり、業務により必要な性能は異なり、何を持って高信頼とするかを検討する必要がある。

無線通信において、アクセスポイントに集中することが処理能力の低下、遅延の原因となるが、電波強度を元に接続している以上、距離的な関係で集中が生じることは仕方が無いことである。

その点を改善するため、中継器を適宜設置することで空いているアクセスポイントに分散して接続させることで性能向上が図れる。

中継器を用いて分散接続をさせた際の酢ループット遅延についてシミュレーションを実施して、中継器を用いない場合の、単位時間当たりのパケット数、接続端末数によるスループットが改善することを確認した。

病院環境において、何となく無線 LAN が遅いという状況を感じているが、シミュレーションを実施してみる限り、かなりの利用をしても帯域的には余裕があることが確認できた。医療用以外の無線機器の干渉も再現してみたが、動画再生程度の負荷をかけても極端な性能の低下は確認できなかった。通信速度が低く、接続機器が多い場合には影響が大きく、将来的に無線 LAN の活用が拡大する場合には問題となることが想定された。

しかし、実環境では遅さを感じておアクセスポイントの設置位置および、信号強度の設定によりチャンネル間の干渉があることが想定される。

条件の悪い中で、中継器の設置や、MAC 層での優先度設定などで通信性能の改善、高信頼化を実現する可能性を提示できた。

などで医療用通信に優先度を設定する意義が確認できた。

また単に医療用と言うだけで無く、業務に応じた性能の設定が必要と思われる。

さらなる、検討として実環境に近い状態でのシミュレーションを実現すること、実環境での通信速度を計測しシミュレーションとの比較を行うことなどが望まれる。

個々の用途毎の評価指標を踏まえて、全体最適となる評価方法を検討する。Mac 層で優先度を設ける提案方式について、個々の用途毎の優先度の最適値を変更することで、全体の通信効率を上げる方策を検討するなどが考えられる。

Abstract

When using the electric medical record connected to a wireless LAN, it is slow clearly comparing with a cabled LAN. The speed of the cabled LAN is 100Mbps, and even if I know that 54Mbps is a best effort, it's too late. But when the traffic in an access point is confirmed, the traffic is not so heavy. Traffic speed of wireless LAN seems not to go out because of a problem of the radio environment.

Almost all electric medical record and wireless LAN have developed together, and there is a match of medical safety. A wireless LAN is the one which can't chip in modern medical treatment. But there are very few CIO (Chief Information Officer) in a hospital, and the management of radio waves is poor, too.

An investigation report about the radio wave situation of the hospital and a problem of intervention from other medical equipment are also pointed out scientifically, but it is fact that there are few reports considered logically about a wireless LAN in a hospital environment. I had for my object to consider the plan to estimate the situation of the wireless LAN in hospital environment by this study and improve theoretically using a simulation technique.

The distance of the access point and the communication speed which undergoes influence in an obstacle in a space were assumed by three, 3Mbps, 15Mbps and 40Mbps. It was assumed by staff arrangement of 15:1 nursing and 7:1 nursing according to the scale of the hospital, the situation that use of a radio expands by the introduction which will be IP telephone more in the future was also assumed and it was compared.

It depended on communication speed, but it was the situation near the measurement of traffic and the state that business is slow by a radio was difficult to consider in usual, and intervention was influential, and the thing to which communication speed falls was suggested.

So an interference node was added and the decline of time and the throughput communication takes was confirmed to reproduce intervention besides the wireless LAN. It wasn't affected so much by an interference node of the degree added this time under the environment with the enough communication speed that an interference node becomes influential by the situation that use of a wireless LAN will increase in the future, and when communication speed was slow, was confirmed.

The communication capacity is to adjust CW of CSMA/CA system about the problem that the connection when increasing, is aggravated, and using the system a cable makes do radio communication for medical treatment for reliability improvement of a wireless LAN at a ward is proposed.

Every doing business the CW was changed, and it was possible to be able to thrust at the priority with it collides, and adjusting time until the reconnection when needing reconnection.

About the throughput, like, it was to set up the priority by the tendency, and the improvement which is slightly was admitted, but to correspond seemed the throughput when connection number increased, was to fall and just do a chessman Japanese syllabary adjustment every business, not only for medical treatment and the priority I say though it was a natural thing, and necessary.

The delay until it is connected is a problem by business, and it's necessary to send data correctly, and anyway the thing with the big throughput is necessary business, and the necessary performance is different depending on business, and it's necessary to consider with what it is made high reliability.

To concentrate at an access point in radio communication causes a decline of the processing power and delay, but now that the radio strength is connected to origin, concentration is that it's all right to form by the distance-like relation.

To improve the point, it disperses in an empty access point by installing a transponder suitably and is to make them connect, and you can plan for performance improvement.

It was confirmed that the number of packets per the unit time and the throughput by the connection number of terminals when simulating about the vinegar roux put delay when making them do a dispersion connection using a transponder, and not using a transponder, improve.

The situation that a wireless LAN is slow somehow in hospital environment was felt, but as far as it was simulated, even if considerable use was done, the thing I have to spare like a band could be confirmed. Intervention of radio equipment of all except for except for medical treatment was also reproduced, but even if a load of the animation revival degree was applied, the decline of the extreme performance couldn't be confirmed. Communication speed was low and when being a lot, interconnect equipment was influential, and when utilization of a wireless LAN expanded in the future, it was assumed that it'll be a problem.

But that there is intervention during a channel by setting of a location of the access point and the signal strength feels lateness by actual environment, and is assumed.

While the condition was bad, a possibility that improvement of the communication performance and superior reliability are achieved by installation of a transponder and priority setting by a MAC layer could be shown.

The significance which sets the priority as communication for medical treatment in NADO could be confirmed.

I don't just say one for medical treatment, and setting of the performance

according to the business seems necessary.

It's wished for to measure communication speed by the thing which achieves a simulation and actual environment in the state near the actual environment as further consideration and compare with a simulation.

The evaluation method which is based on the evaluation index every each use and becomes the whole suitability is considered. The plan which is to change the optimal value of the priority every each use about the suggestion system to which the priority is set up at Mac bed, and improves the communication efficiency of the whole, it's considered, I can think.

Chapter 1

序論

1.1 論文概要

病院で無線 LAN(Local Area Network)に接続された電子カルテ端末を使うと、明らかに遅い。有線は 100Mbps で接続されており、無線接続した場合にベストエフォートの 54Mbps が出ないことは分かっているにもかかわらず遅く感じる。遅いことに疑問を感じ、アクセスポイントのトラフィックを確認すると送受信される情報量は大きくない。無線 LAN に負荷をかけている情報量でないのに遅いということは、無線環境の問題で速度が出ていないと思われる。単に遅いと感じるのみでなく、実際になぜ遅いかにについての考察はあまりなされてこなかった。

電子カルテと無線 LAN はほとんど一緒に発達し、医療安全の取り組みなども有り、無線 LAN は医療に欠くことのできない物になっている。しかし、病院に CIO(Chief Information Officer)が置かれていることは少なく、院内のネットワーク、無線 LAN の電波状況について管理が万全である病院は少ない。学問的にも、病院の電波状況についての調査報告、他の医療機器からの干渉の問題などは指摘されているが、病院における無線 LAN について論理的に検討された報告は少ないのが事実である。本研究では、病院環境における無線 LAN の状況を評価し、改善するための方策について検討した。

まず、Chapter 2 において現在の病院情報システムの歴史を振り返り、病院情報システムの進歩を確認した。無線 LAN もちょうど同じ時期に普及し、技術の進歩により通信速度が向上してきた。また、別の流れとして医療安全への取り組みが求められるようになり、医療行為において確認行為の重要性が増し、情報共有がどこでもできることが求められるようになった。病院で高まる医療安全への要求に無線 LAN が果たしてきた役割を確認した。ますます、高度化し高効率化が求められる医療において、無線 LAN による通信が不可欠なことを確認した。

医師にしめる女性の割合が高くなっており、初期研修制度の導入などもあり、医療者の働き方も変わってきている。Chapter 3 でテレワークシステムの導入によるワーク・ライフ・バランスの改善に関する実証実験について概説し、テレワークにおける無線 LAN の役割について確認した。

Chapter 4 にて現状の病院での無線干渉の問題、無線 LAN のありかたなどについての先行文献を紹介し、本研究の前提を確認した。医療機器に対する電波の影響評価がなされ、実際に病院内での携帯機器の利用拡大の状況について確認した。病院内における電波干渉の問題については、あり得ることとして対処が求められているが、実際に干渉の状況についての報告は少ないのが実状であった。

現代医療と無線 LAN の関係、病院における電波干渉の先行研究などを踏まえ、Chapter 5 で現状の病院の無線 LAN の状況についてシミュレーションを行い、電波干渉の状況を再現することを試みた。まず、横浜市立大学附属病院にて実際の電波の状況について計測を行った。その上で、計測の結果も配慮して、病院内の実務を想定した無線通信を想定し、MAC 層における干渉を再現することでシミュレーションを行った。

実際には PHY 層でも干渉は生じており、マルチパスによる干渉なども含め検討する必要があるが、シミュレーションの条件を単純化するためここでは、MAC 層において状況を再現することを試みた。無線通信の状況を改善する手段を検討するための基盤としてのシミュレーションを行う事がまず第一の目的であった。

Chapter 6、7 において、Chapter 5 でシミュレートした病院における無線 LAN の好ましくない状況を改善するための手法を提案し、シミュレーションにより提案手法の効果を確認した。

Chapter 6 においては MAC 層において CW の値を用いて通信の優先度を設定することで、迅速な接続が求められる業務では遅延がないことを優先し、ある程度の速度で許される業務とで差をつけて優先的な接続を確保できた。また、業務の妨害となる持ち込み端末のアクセスなどは優先度を下げることで排除できることが確認できた。

Chapter 7 においては、アクセスポイントと無線端末との接続状況を改善することで通信速度を確保できることを WBAN においてシミュレートした。特定のアクセスポイントに通信が集中した場合の速度低下が生じることは理論的にも予想されることであるが、隣接するアクセスポイントに接続することを誘導するよう、中継ノードを設置することで、集中を回避し通信速度を確保することをシミュレーションにより示すことができた。

Chapter 8 において、Chapter 2-7 の内容を考察し、Chapter 9 において総括した。無線 LAN の利用が拡大する現代において、現状のまま無秩序に無線 LAN を用いる事は、重要な業務での無線通信に影響することが明らかであり、これまでの医療機器への影響という観点からの携帯機器の使用の制限でなく、病院内のインフラとしての無線 LAN の利用を確保しつつ、患者、面会者などにも無線 LAN の利便性を提供する工夫が求められる。今回のアクセスポイントに接続する際に MAC 層で優先度をつける方法は、優先度の設定で業務に影響なく他の接続速度を落とした形で許すことが可能である。実際に、IEEE802.15.6 などでも提案されている MAC 層での優先度をつける方法は病院環境においても機能する可能性が今回の研究からも示唆された。現在はまだインシュリンポンプの様な埋込式のトラブルが致命的な問題に繋がる可能性のあるデバイスとの無線接続は一般的ではないが、今後の技術進歩に伴い、埋込機器、モニタリングデバイスが多用されることは疑いなく、その際に UWB も含めた無線通信が必須のものとなり、その確実な接続を保証する通信方法が求められることは自明である。また通信に使える電波は有限であり、限られた帯域を有効に使うための方策の検討が求められる。

Chapter 2

病院情報システムの発展と無線 LAN

2.1 病院情報システムの発展

日本では 1960 年代末から医事会計、臨床検査システムとして、病院に電算システムが導入され始めた。1990 年頃より各システムの接続がなされ、発生源入力による誤記の減少、指示の伝達の迅速化などを目的にオーダエントリーシステムが開発され大病院から普及した。1995 年に Windows95 が発売され、ネットワークの利用が可能になったこともあり、通常の PC を用いたファイリングシステムによる画像情報の共有などの試みも行われるようになっていく。^{1,2)}、1999 年に厚生労働省（通達当時は厚生省）が診療録電子化の 3 原則（真正性、見読性、保存性）を通達し、電子的な記録が公式な診療録として認められるようになり、電子カルテが初めて診療記録として用いることができるようになった。³⁾

表 1 病院情報システムの歴史

年代	トピックス	関連事項
1960	医事会計システム	慈恵医大病院で医事会計システム稼働(1968)
1970	遠隔医療システム	和歌山県で心電図伝送実験(1971)
	臨床検査システム	東京通信/関東通信病院で臨床検査システム稼働(1972)
	オーダエントリーシステム	都立駒込病院でオーダエントリーシステム稼働(1975)
1980	学術団体の設立	第 1 回医療情報学連合大会(1981)
		日本医療情報学会設立 (1983)
	在宅医療システム	諏訪中央病院で在宅医療支援システム稼働 (1984)
1990	電子カルテシステム	亀田総合病院で電子カルテシステム稼働(1995)
		診療録等の電子保存通達 (厚生省) (1999)
		島根県立中央病院でペーパーレス電子カルテ稼働(1999)
	医療安全	横浜市立大学医学部附属病院での患者取り違い(1999)
2000	電子カルテの普及	ORCA サービス開始 (2002)
	診療の標準化	DPC による包括払い制度が特定機能病院で開始(2003)
	地域連携システム	あじさいネットワークが長崎で稼働開始(2004)
		地域医療再生基金(2009)
2010	レセプトデータ活用	レセプトオンライン提出義務化(2011)
	災害対策	東日本大震災(2012. 3. 11)による電子カルテの見直し

(新版医療情報(第 2 版)p. 3 を改編²⁾)

日本初のペーパーレス電子カルテが稼働した年には、負の面でも医療界に激震が走っている。1999 年 1 月 11 日横浜市立大学医学部附属病院にて 2 人の手術患者の手術を逆に実施するという患者取り違い事件が起き、続けて都立広尾病院にて誤投薬による患者死亡も続き、医療安全という視点で医療のあり方が大きく見直された^{5,6)}。システムとしては事故に至る前のインシデントを収集し分析する手法が導入され、そのためのシステムも開発された。またバーコードを用いてオーダーの確認を行うといったシステムによる安全確認の方式が広く行われるようになった^{7,8)}。ベッドサイドでの患者確認が必須の作業となり、病棟への無線 LAN の普及の一つの原因となっている。

その後、電子カルテは大病院から中小病院に普及し、医師会によるオープンソースの診療所向けの電子カルテの開発などもあり、診療所にも普及している⁹⁾。2010 年に診療報酬請求の電子化が義務付けられ、電子的にデータが提出されるようになり、ビッグデータとしての診療情報が蓄積しつつある。

併せて、地域での情報共有、病気に関する情報だけでなく、健康な時の健康診断での情報も含めて、各個人の複数の施設にわたる長期的な加療状況の把握、臨床意思決定支援やオーダーエントリーの機能を備え、各個人の、複数の施設にわたる長期的な医療や健康の情報を管理する電子健康記録に進化した。システムとしては、地域で医療カードを共用し、カードに診療情報を保存するというシステムの試行は標準化が不十分で失敗し、2004 年に長崎県で稼働を始めた大病院の情報提供用のシステムを ID の紐付け及び権限コントロールを行うシステムを介することで診療所、病院が参照するというあじさいネットワークシステムが地域連携システムとして充実し各地の地域連携システムの模範となっている¹⁰⁾。2009 年度補正予算組まれた地域医療再生基金では、今後 5 年間にその一部を医療 IT に投資する予定とされ、地域における電子カルテ情報の共有基盤が、現実のものとして構築されてきた。地域連携の取り組みも各地で広まっており、病診連携において情報共有を行うことが現実のものとなっている^{11,12)}。

2012 年 3 月 11 日の東日本大震災にいて、紙の診療録が流出し、電子的データが使えない状況が発生、基本的なデータセットを遠隔地保管することで BCP を確保する取り組みが開始されたりしている¹³⁾。

2.2 無線 LAN の発達の歴史

1992 年に電波法上の小電力無線局の小電力データ通信システムの無線局として技術基準が定められ、技術基準適合証明（技適マーク）をもって無線 LAN が定められた¹⁴⁾。1997 年に 2.4GHz 帯に IEEE802.11 の標準規格が定められた頃は公称速度で 2Mbps であり、1999 年に 11Mbps の IEEE802.11b が定められ、次いで 54Mbps の IEEE802.11a が 5GHz 帯で使われるようになった。2009 年には IEEE802.11n が策定され実効値として 150-450Mbps が達成された。現在 IEEE802.11ac、IEEE802.11ad などが実用化に向けて準備され、無線による 1Gbps が視野に入っている状況である¹⁵⁾。

一方でフューチャーフォンの普及から携帯電話のための通信も 3G から LTE へと進化し、通信速度が向上することと併せ日常的にデータ通信を行う事があたりまえになってい

る。公衆無線 LAN の整備、各所での無線 LAN の使用、スマートフォンでのデザインなど一般的になり、無線 LAN に用いられる電波環境はますます込み合っている。

以前より無線 LAN の干渉の問題は指摘されており^{16,17)}、病院においても、持ち込み通信機器による干渉、病院外からの無線 LAN の干渉などが問題と指摘されている。

2.3 病院における無線 LAN の活用と現状

病院への無線 LAN の導入は 1990 年代後半に電子カルテではなくオーダーリングの時代に試みられている¹⁸⁾。その後 2001 年には手術室への導入の試み¹⁹⁾、透析管理への無線 LAN の導入²⁰⁾など実験的な無線 LAN の導入が行われていた。2002 年には病院用 PHS、無線 LAN の ME 機器への影響などが評価され²¹⁾、2.4GHz 帯の IEEE. 802. 11b の規格で医療機器への影響が少ないことも確認され、電子レンジなどの電気製品が無線 LAN に影響を与えることも報告されている²²⁾。安全性が確かめられ 2005 年頃にはベッドサイドでの実施入力などで無線 LAN が積極的に利用されるようになってきている^{7, 8)}。

2006 年には救命救急センターでの迅速な治療開始のために救急車の段階から無線通信により情報収集を行うという取り組みが報告されている²³⁾。

2009 年には Wi-Fi の位置検出機能を用いた物品管理などの試みもなされ、単なる通信だけではなく活用も模索されるようになってきている^{24, 25)}。

2013 年にはこれまでのフィルムや蛍光板によるポータブル撮影でなく、フラットパネルによる X 線のデジタル化がなされ、病棟での撮影でも無線による画像の転送が行われるようになってきている^{26, 27)}。

PDA やスマートフォンで無線接続することで電子カルテの閲覧を行う事もできるよう担っており、タブレット端末の普及でより実施しやすくなっている²⁸⁾。

最近ではシンクライアントから無線 LAN を用いて中間サーバーにアクセスし、電子カルテを使用したり、病院情報システムと別のインターネット接続系の PC にアクセスさせるといったことも行われるようになってきている²⁹⁾。

病院においては、ベッドサイドでの電子カルテの利用、携帯端末による使用前の認証などに無線 LAN は欠かせないものになっている。また、高速な無線 LAN が使える状況になり、これまでのテキストベースでの病院情報システムの利用から、画像、動画などについても無線 LAN 環境での使用が要望されるようになってきている。回診時にノート PC を用いて画像参照を行うなどが求められるようになってきている。

現在、病院 LAN で使用される無線 LAN の規格としては、表の規格が用いられている。

表 2 病院 LAN で使用される無線 LAN 規格

IEEE 規格	周波数帯	伝達最大速度（理論値）
802. 11b	2. 4GHz	11Mbps
802. 11a	5GHz	54Mbps
802. 11g	2. 4GHz	54Mbps
802. 11n	2. 4GHz/5GHz 両方を使用	600Mbps

2.4GHz 帯では 13 チャンネルあるが、実際には隣接したチャンネルでは帯域が重なるため、2.4GHz 帯では 1, 6, 11 チャンネルの組み合わせで 3 色の塗り分けを行う事で、隣接す

るアクセスポイントからの干渉を排除すべく努力を行っている。5GHz 帯を用いるとチャンネル毎の周波数帯が離れているため、4 チャンネルを使うことが可能になり、塗り分けは 4 色問題にあるように、平面ならば重ならないようにアクセスポイントを設置することが可能になる。しかし、5GHz 帯は壁による減衰が大きく遠くまで届きにくいという問題があったり、上下階からの電波干渉が有ると言った問題もあり、実際の塗り分けはかなり難しい状況になっている³⁰⁾。病院において無線 LAN 環境を整備する場合、各種方法のうち、公称速度の速さも有り、最新のものを推奨されることが多い。しかし、新たな方式ではチャンネルボンディングやマルチリンク技術を用いて実効速度の向上を果たしている。一方、無線 LAN のアクセスポイントを設置する際にはチャンネル干渉を防ぐ意味で、3 ないし 4 チャンネルで干渉を起こさないように AP を配置することが求められている。新たな技術として、AP の出力を自動調整する CISCO™ の clean air™ 方式やシングルチャンネルで AP のコントローラーで干渉排除を行う Meru™ のシングルチャンネルデプロイメント™などが実用化され、無線 LAN の環境改善の方策として提案される。

しかし、それらの新しい方式について、シングルチャンネルにすることでの AP の配置問題が無くなること、ローミングが容易になるなど利点は示されるが、接続端末が増えた場合の実効速度などは示されず、ユーザー側としては利点はわかるが欠点がわからない状況である。また、干渉がある場合などの不都合な状況については明確にされないまま導入を進められている状況である。

Chapter3

テレワークと無線 LAN

3.1 在宅でのテレワークの可能性と無線 LAN の関係

2025 年問題として超高齢化社会に伴う医療資源の不足、特に医師、看護師といった医療従事者の不足は社会問題となっている。病床数の不足、医療従事者の不足は明らかであるが、さらに女性医師が増加していることや、資格を持ちながら就業していない潜在看護師問題などもあり、実数以上に深刻な問題である。

また、病理診断医、放射線読影医など特定の分野では、診断技術向上のためにも都市部に集中することがあり不足に偏在が輪をかけている状況である。

そのような状況を改善する一つ的手段としてテレワーク、遠隔診断の可能性が検討されている。女性医師が子育て期に時短勤務をとり、在宅にしながら、必要な指示を追加したり、ワークシェアリングを言う形でフルタイムで働かない状況でもキャッチアップしてできる仕組みが求められている。また、放射線画像の読影については、訴訟の問題などもあり、夜間休日も含めて専門医による迅速な読影が求められるようになっており、自宅から PACS にアクセスして専門的な読影を行い、担当医をサポートするシステムが求められている。

平成 21 年に総務省が企画し NTT コミュニケーションズが主幹し富士通、日本電気、NTT ソフト、日本テレワーク協会によるコンソーシアムでの医療従事者の在宅テレワークの実証実験が行われた。横浜市立大学附属病院も日本電気ユーザーの実証フィールドとして参画し、看護師、放射線科医、リハビリテーション科医が自宅からのカルテ閲覧および操作、遠隔画像診断を試行した。

指紋認証、シンクライアント、VPN を用いて、自宅から安全に電子カルテの利用が可能であった。外部接続しているサーバーへの攻撃等はなかった。自宅で固定端末を利用することで家族によるのぞき見などへの配慮、自宅での労働時間の積算、無診察診療にならない配慮などが課題としてあがった。利用者の希望に、無線の活用、同様の仕組みで院内の携帯端末からの参照の希望があった。

この点については、無線 LAN の活用により安全かつ快適な接続を保証し、携帯端末なども含めてアクセスを容易にし、安全を保証することが技術的に可能であればという条件はあるが求められている。

3.2 背景

現在、日本における医療現場において女性医師の比率は増加傾向にある。2008 年の厚労省の統計資料（図 1）によると、2008 年では医師総数（282,631 名）対し、17.0 %にあたる 47,929 名が女性医師となっている³¹⁾。

また現在の医療現場では患者数の増加に伴い、医師の患者を診察する回数、時間は増えており、インフォームドコンセントの充実や強化を進めるにあたり、患者への説明時間またその説明を準備する検査結果などの調査の時間、患者に関係する医師や看

護師等の医療従事者の会議やその準備、説明資料の作成など対面での診療以外の時間が増えており、このことが病院勤務医の慢性的に業務過多の原因の一つとなっている。

特に育児中、介護中の医師、看護師等の医療従事者にとっては仕事と育児や介護の二者選択が迫られているケースも多くあり(図2)、約2割の女性医師が出産により仕事を休職、離職している現状がある³²⁾。

このような現状を踏まえ、医療現場において、時間と場所に囚われない働き方であるテレワークを活用し、また患者データなどの機微な情報を利用する上で求められる、高いセキュリティを確保した次世代ネットワーク(NGN)を利用して、子育て中、介護中の医師、看護師等の医療従事者が診察以外の業務である、診断書や退院サマリ、看護師の勤務管理などの書類の作成を自宅で行うことができるようにすることによって、ワーク・ライフ・バランスの向上などの効果について検証を行った。

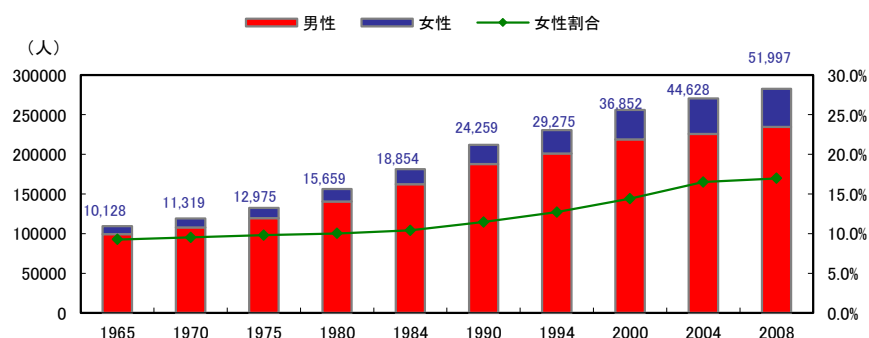


図1 女性医師の数と割合の推移

(出典) 政府統計、医師・歯科医師・薬剤師調査、医師数の年次推移、病院一診療所・性別 2008年

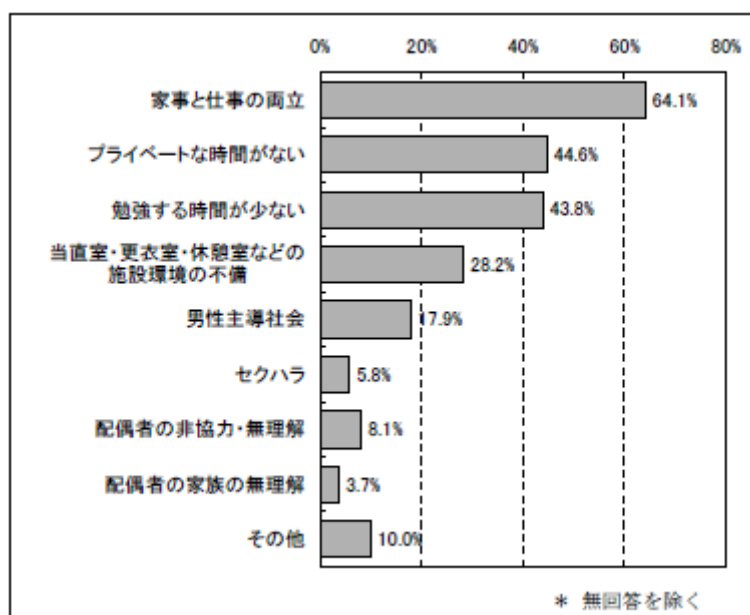


図2 女性医師としての悩み

(出典) 日本医師会男女共同参画委員会 女性医師の勤務環境の現況に関する調査報告書

3.3 実証実験の目的

本実証実験は、高齢化による患者数の増加、また医師不足により、医師の診察回数、時間が増えただけでなく、書類作成に費やされる時間、また会議の時間など診療以外の時間が増えていることから、医師、看護師等の医療従事者が、自宅において一部の業務を行えるモデルシステムを構築し、医療分野テレワークの機能及び効果について検証を行った。

このモデルシステムでは、医療現場という患者データなどの機微な情報を扱う上で求められる高いセキュリティの確保と、放射線科の業務で扱う 3D 画像などの大容量データの安定的な送受信の実現を可能とする次世代ネットワークを活用した。

機能の面では、医師、看護師等の医療従事者のフィールド実験を実施し、医療機関における「情報セキュリティ」、「シンククライアント機能」、「ユーザビリティ」、「導入容易性」、及び「フレキシビリティ」について検証を行った。加えて、医療機関において機微な医療情報を院外で利用する上で運用負荷軽減も考慮に入れた運用ルール策定や患者や医療機関内部との合意形成を図る上で必要なプロセスも検証した。

効果の面ではテレワークによる効果的なワークスタイルのデザイン等のために以下の3つの視点で検証を行った。

- ・医療機関の事業継続性の視点で、人材確保や継続的な雇用等に対するテレワークの効果
- ・医師、看護師の視点で、医師、看護師等の医療従事者の業務負荷の軽減、育児や介護の充実、家庭内コミュニケーションの充実等に対するテレワークの効果
- ・社会的視点で、ワーク・ライフ・バランスの向上や、仕事と育児、介護の二者選択を迫られる状況の緩和により医師不足、看護師不足の解消への効果、また医療の質の向上への効果

3.4 実施内容

3.4.1 実施体制

本実証実験における横浜市立大学附属病院での実施体制を図3 実施体制に示す。

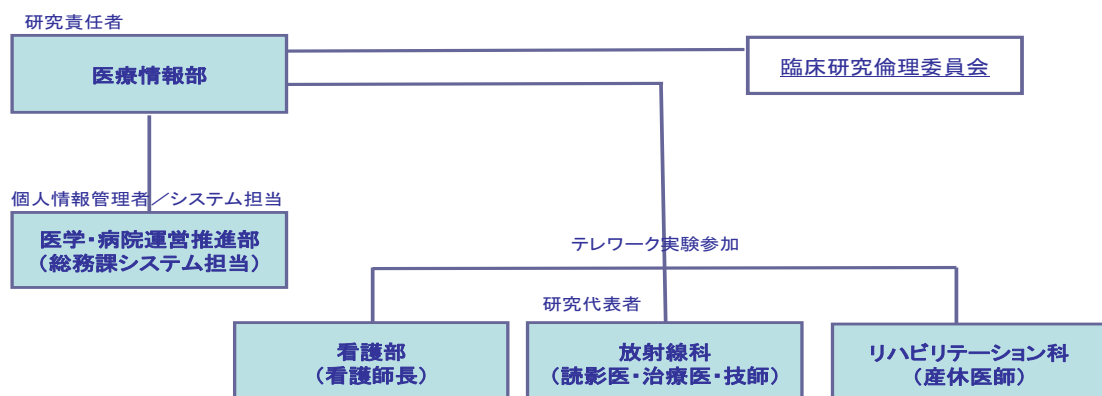


図3 実施体制

① 実施概要

テレワーク対象業務を選定するにあたり、現状の業務の流れを大幅に変更することなく、「患者との対話や面談を必要としない業務」、「多くの時間を要している業務のうち、自分ひとりでできる業務」として、書類作成業務に着目した。医療従事者が行う書類作成業務は、病院内で多くに時間が費やされている実態がわかった。

また、放射線科で行われている読影や画像処理は、時間が掛かるだけでなく、救急医療において緊急で確認する必要があることがわかった。

看護師においては、看護勤務表などの書類作成を行う上で、病院内で利用できる共用端末の数と他の看護師が利用したい時間が重なるため端末が一時的に足りなくなり、他の看護師が終えるまで待たなければいけないという実態も確認した。

上記を考慮し以下の3つをテレワーク実験の業務とした。

- (1) 院内情報を基にした各種文書（退院サマリや紹介状）の作成
- (2) 撮影された医療画像データの3D化や切り出し等の画像処理
- (3) 看護勤務表などの臨時の修正の多い勤務表作成業務

表 3 実証に参加した医師・看護師と実施業務

参加部門	職種	人数【合計7名】	実施業務
リハビリ科	医師	1名（女性）	転院・退院先への退院サマリの作成
放射線科	医師	2名 （男女各1名）	別の医療機関に対する紹介状の作成、放射線診断における読影レポートの査閲
	技師	1名（男性）	CT等で撮影したデータの3D画像処理
看護部	看護師	2名（女性）	看護師の勤務管理表作成、メンテナンス、超過残業管理
医療情報部	医師	1名（男性）	電子カルテや各種部門システムの参照 テレワーク端末のログ等の監視

3.4.2 システム概要

システム概要図(図4)に実証実験で使用した全体構成を示す。

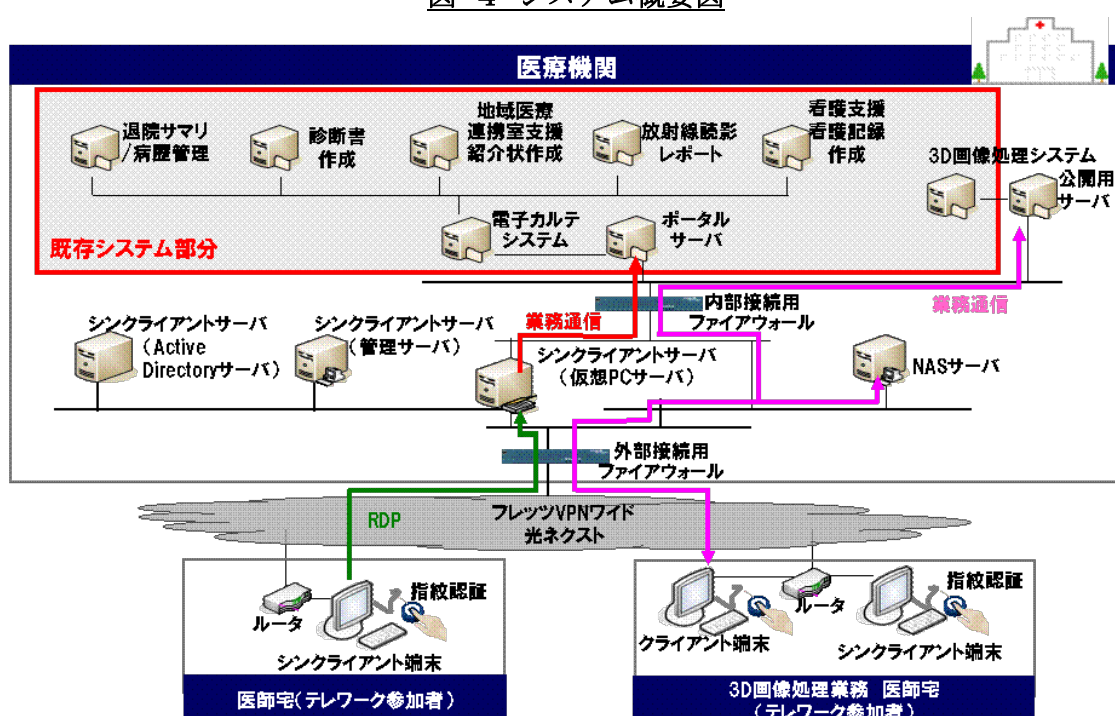
横浜市立大学附属病院の既存のシステムでは、ポータルサーバにアクセスして利用者の認証を行ってから電子カルテシステムや各種文書作成システムを利用し、また3D画像処理システムへは直接アクセスして利用者の認証をして利用しており、本実証でも利用の流れが同じとなるようなシステム構成とした。ただし、既存の3D画像処理システムでは、システム利用者に対する患者データの利用制限を行う機

能がなかったため、公開用サーバを追加した。

院内のシステムとテレワーク参加者宅は次世代ネットワークを経由しVPN接続を行った。具体的にはNTT東日本の「フレッツ光ネクスト（ハイスピードタイプ）」と「フレッツVPNワイド」を利用した。テレワーク参加者宅にはシンククライアント端末を設置し、本人の認証として指紋認証により認証を行った。

放射線科医師、技師宅では、読影レポート作成などの業務に加えてCTなどの放射線画像から3次元画像を作成する業務を行うが、シンククライアント端末では3D画像処理に必要な性能を提供できないため、書類作成用のシンククライアント端末に加えて、3D画像処理を行う端末を追加して設置し、合計2台の端末を設置した。

図 4 システム概要図



3.4.3 機能概要

「医療テレワーク支援システム」は、次世代ネットワークを介し医師、看護師等の医療従事者の自宅から医療業務端末の画面を操作して院内システムにアクセスし、医療情報システム（電子カルテや各種文書作成システム、画像処理システム）の操作を可能とする仕組みを提供した。

本システムでは指紋認証及びシンククライアント技術を活用して利用者認証及び情報漏えい対策を行うことで、セキュリティを確保した。

既存の病院情報システムは、図 4 の医療機関の上部太枠部分で、その他の部分が実験用に新たに準備したシステムとした。

本実証実験で利用した既存システムを、表 4 に示す。

表 4 既存システム機能概要

利用システム	機能概要
電子カルテ	患者の診療記録などの情報参照
退院サマリ/病歴管理	診療情報管理に求められる情報の登録・管理 (患者基本情報、入院中情報、各科診療情報、病名、 処置/検査等) ・退院サマリの作成 (入院経過の記入、画像の登録など)
診断書作成システム	・診断書の作成システム (民間医療保険の診断書、公的報告文書など)
地域医療室支援 システム	・病診連携に必要な連携先医療施設情報、紹介患者情報、 病院情報を管理 ・診療科、地域、対応できる診療項目などで医療施設を検索 ・紹介状の作成
放射線読影レポート	・放射線科医の業務サポートとして、読影レポート作成、査閲 ・レポートの検索・参照(所見、診断、モダリティ、部位ごと)
看護勤務管理システム	・看護職員勤務予定表作成
3D画像処理システム	・CT や MRI などのモダリティから得たデータを画像処理 ・3次元表示することで診断をサポートするための画像を作成

テレワーク参加者に自宅からNGN-外部接続用ファイアウォール-シンクライントサーバ(仮想PCサーバ)-内部接続用ファイアウォールを介して、既存システムの各部門、各業務サーバにアクセスし、操作が可能とした。

3.5 実験結果

3.5.1 テレワークシステムの機能に関する検証項目

本実証実験では、以下の5つの機能について検証した。

- ・情報セキュリティ機能
- ・シンクライアント機能
- ・ユーザビリティ機能

表 5 技術的視点での検証結果及び評価

項	検証結果	評価
①不正アクセス対応	<p>・本実証実験では、不正アクセス対策として、</p> <p>a.指紋認証による端末ログイン時の認証処理</p> <p>b.院内の新設ファイアウォールの利用による外部から院内ネットワークへのアクセス禁止</p> <p>上記の不正アクセス対策が適切に機能したか、実証実験の終了後に指紋認証アプリケーションログ、及びファイアウォールのログにより確認した。</p>	<p>・テレワークに利用する端末をテレワーク参加者に配布し、指紋認証にて認証処理を実施した。この認証処理では参加者本人以外は端末へのログイン、ポータル画面へのログイン接続を拒否する設定を行い、不正アクセスに対して有効な対策である事が確認できた。</p> <p>・今回利用したフレッツ VPN ワイドは閉域網であり、テレワーカー以外からのアクセスはログ上に無く、不正なアクセスに対して有効であることを確認できた。</p> <p>・不正アクセスについては、明確に攻撃であるというログはなかったが、不正侵入防止装置での誤検知のログが見受けられた。これは、アプリケーションを利用する際に呼び出すコマンドイメージが攻撃の可能性ありと判断した場合にその情報をログへ出力しており、今回対象となっているいくつかのアプリケーションに、攻撃対象と誤検知されるコマンドイメージがあったということになる。今後について、利用するアプリケーション特性を考慮し、不正侵入防止装置のチューニングを行う必要が有る。</p> <p>・指紋認証については、WAN を経由した認証であるため、装置の特性上、認証効率が下がることが確認された(※1)。生体認証装置の方法については認証効率を含めて検討する必要がある。</p>

項	検証結果	評価
②情報漏えい対策	<ul style="list-style-type: none"> ・本実証実験では、情報漏えい対策として、 a.テレワークで利用する通信経路の暗号化 b.端末のシンククライアント化による、データの端末保存を不可とする 上記の情報漏えい対策が適切に機能したか、VPN-NW機器のログ、及び情報漏えい事故報告により確認した。	<ul style="list-style-type: none"> ・本実証実験で実施した情報漏えい対策は有効である事が確認できた。 ・テレワーク端末はシンククライアントであり、データが端末に保存できないことから、テレワーク端末に情報が残ることは無く、また印刷実行をした場合においても院内のプリンタに出力されるため、データを持出すことは不可能であり、その点においても有効だと考えられる。
③コンピュータウイルス対策	a.アンチウイルスソフトの導入を実施 上記のコンピュータウイルス対策が適切に機能したか、コンピュータウイルス感染ログにより確認した。	<ul style="list-style-type: none"> ・本実証実験で実施したコンピュータウイルス対策は、有効である事が確認できた。 ・また、テレワークパソコンに誤ってUSBメモリを接続してしまっても、USBメモリを認識しないよう制御し、USBメモリからの感染対策も実施した。
④院外からのアクセス制限対応	a.データ公開サーバの構築(3D 画像システム) 上記の権限制限対策により、閲覧できるデータを限定・制限していることを確認した。	<ul style="list-style-type: none"> ・参加者が閲覧したいデータのみを公開サーバにデータ転送することで、不要なデータへのアクセスを制限した。

(※1) 本実験で使用した指紋認証装置においては、指紋情報を画像として保存し、認証サーバ側で解析を行うことで本人確認を行った。本製品は1秒間に30枚程度の指紋画像を送信して、その中から10枚以上の一致が見られない場合は本人確認が行われない。

WANを経由した際に、通信状況により、指紋の本人確認に必要な指紋画像データがそろわず、認証に失敗するケースが多く発生した。今後、WAN経由の生体認証装置の方法について認証効率（サーバへのデータ転送効率）を含めて検討する必要がある。

3.5.2 情報セキュリティ機能

1) システム管理者の視点

各検証項目についてのアンケート結果及び評価を下記に示す。

表 6 システム管理者視点での検証結果及び評価

項	検証結果	評価
①セキュリティに対する懸念事項	<p>・本実証実験では、院内医療情報システムに接続することを考慮し、セキュリティ懸念事項についての対策を実施し、セキュアなテレワークシステムを提供した為、技術面でのセキュリティに対する懸念事項はほとんど無くなった。</p> <p>・技術面以外では、テレワーク実施職員には、横浜市大附属病院のセキュリティポリシーを遵守するように改めて周知した。</p> <p>特に、テレワークを実施する際、決して情報漏洩等が発生しないよう、自宅では容易に家族の目に触れない場所に作業場所を設定することや、離席時には第三者がパソコンを閲覧、操作できないようにするために、リモートアクセスを終了し、守秘義務に抵触しないよう適切な手段を講じる事を指示した。</p>	<p>・本実証実験を開始するにあたり、技術的部分と人為的部分の両方のセキュリティ懸念事項に対して十分に配慮した。その為、システムを運用する時には技術面でのセキュリティに対する懸念事項はほとんど無く、実験を実施できた。</p>

項	検証結果	評価
②セキュリティに対する意識変化	<p>・本実証実験では、システム管理者に対して、明示的に特別なセキュリティ対策や作業を実施させずに、セキュリティを担保できるシステム構成とし、通常のシステム運用管理と同等の負担で対応できました。その為、本実証実験を受けて、セキュリティに対する意識変化は生じなかった。</p>	<p>・本実証実験では、セキュリティ対策として、不正アクセス、情報漏えい、コンピュータウィルスへの対策を実施しました。システム管理者に対しては、これらのセキュリティ対策の管理業務による負担をかけることなく実験に参加できるよう、可能な限りセキュリティに関する作業をシステム側で吸収する構築を実施した。</p> <p>・不正アクセス対策の指紋認証機能は、指紋認証サーバにテレワーカーの指紋情報を初期登録すると機能します。これは通常運用時の静脈認証登録と同等の作業であるため、システム管理者への負担に変化はなかった。</p> <p>・情報漏えい対策の、回線暗号化とファイルの端末保存制限は、テレワークソフトウェア上で実現する為、システム管理者の作業は発生しなかった。</p> <p>・コンピュータウィルス対策は、アンチウィルスソフトによって実現しているので、システム管理者の作業は発生しなかった。</p> <p>・このように、通常のシステム運用管理から負担を増やさない形での運用管理を実現できた為、システム管理者に特別な意識の変化は生じなかったものと考ええる。</p>

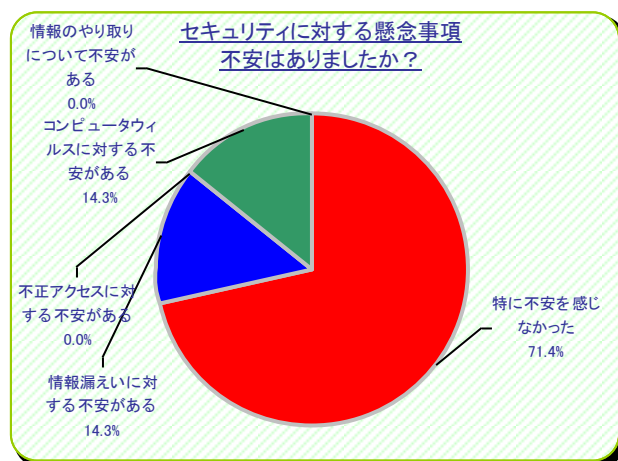
項	検証結果	評価
③セキュリティに関連したトラブル報告	・実証実験の期間中にセキュリティに関連したトラブル報告は発生しなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ・USBポートを利用可能な場合、プリンタを接続して電子カルテの記事を印刷して持ち出しする可能性があった。 ・プリンタを接続されたとしてもプリンタドライバをインストールする権限を院内サーバよりポリシー制限しているため、印刷による情報漏えいすることを防ぐことができる。 ・また、USBメモリの利用はコンピュータウィルスの感染リスクが高くなります。テレワーク用パソコンには、USBメモリが利用不可能となるポリシー制限を実施し、かつアンチウイルスソフトを導入しました。情報漏えいにつながる可能性がある行動を考慮すると必須のセキュリティ対策だと考える。

2) テレワーカーの視点

各検証項目についてのアンケート結果及び評価を以下に示す。

① セキュリティに関する懸念事項

【検証結果】図5セキュリティに対する懸念



アンケート結果では、71.4%の方がセキュリティに対して特に不安を感じなかったという結果が得られた。

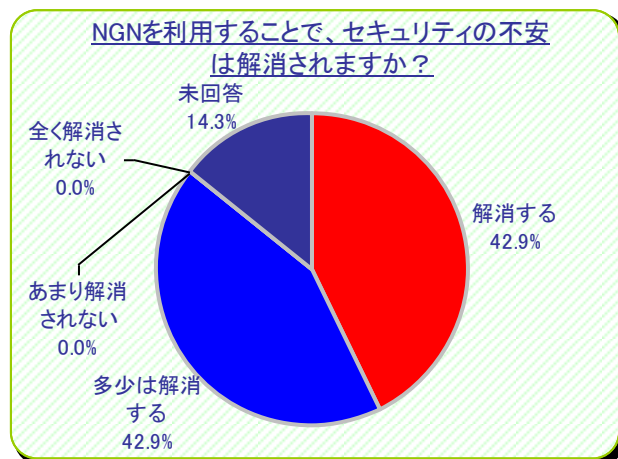
さらにヒアリングにおいては、以下の指摘があった。

- ・ 自宅でテレワークをするために部屋を分けていたが、子供が近くに来てしまい、中身を覗き込もうとすることがあった。
- ・ 生体認証を実施している点については、ID、パスワードでないので本人がい

ないと認証できないことは良い。

② セキュリティに対する意識変化

【検証結果】図6 NGNの利用で不安は解消したか



アンケート結果では、今回 NGN を利用することで、解消する、多少解消すると回答された方がそれぞれ42.9%いた。

さらにヒアリングにおいては、以下の指摘があった。

- ・ 個人情報 は NGN にて暗号化されていれば問題ない。

3.5.3 シンククライアント機能

1) 技術的視点

表7 技術的視点での検証結果及び評価

項	検証結果	評価
① 利用者との親和性	シンククライアントシステムと指紋認証を利用した利用者認知の親和性	指紋認証（生体認証）を利用することが、不正なアクセスを防止する上で有効であることが確認できた。 ただし、WAN 経由での指紋認証の場合、認証効率が低下することが確認された。

項	検証結果	評価
② のシンクライアントサーバ のキャパシティ算出	実証実験中のリソース計測に基づくシンクライアントサーバのキャパシティ算出	ネットワーク応答も利用上問題のないレベルでシンクライアントがストレス無く利用できていた。ただし、今回の実験では、利用者の接続時間帯が分散されていたため、アクセスが集中した場合のパフォーマンスについては確認ができていない。本格導入時にはアクセス集中時の性能について十分な事前評価を実施する必要が有る。
③ 仮想端末の技術的制約	シンクライアントシステムにおける仮想端末の技術的制約と業務に与える影響	ネットワークセキュリティの観点から、NAT(ネットワークアドレス変換)を利用し内部のサーバの IP アドレス等を外部に公開しないネットワーク設計としたが、NAT 環境では利用できないアプリケーションが存在したため、今回は急遽、ネットワーク構成を変更して通信ができるように対応した。今後、NAT を利用したネットワーク構成を組む場合、院内 LAN での使用を前提とし NAT 環境での利用を想定していないシステムについては、WAN 経由での通信が出来なくなる制約が発生する。
④ 医療分野テレワークの有効性	上記を踏まえた医療分野テレワークにおけるシンクライアントシステムの有効性	個人情報を含む医療情報システムにおいて、運用規則や制限ではなく、技術的にアクセス制限や情報操作に制限をかけることができるため、シンクライアントシステムは有効な手段であると考ええる。

2) システム管理者の視点

各検証項目についてのシステム管理者への確認結果及び評価は下記の通りである。

表 8 システム管理者視点での確認結果及び評価

項	検証結果	評価
① 利用者との親和性	シンククライアントシステムと指紋認証を利用したシステム管理者認知の親和性	指紋認証等の生体認証はテレワーカー宅であっても本人しかログインできない。また、シンククライアントシステムは、端末内には情報が保存できないため、パソコン盗難やデータ持ち出しの危険性を防ぐことができる。これらの制限がサーバにて管理されるため、管理者にとっては端末増設時や端末交換時にセキュリティ関連の設定や確認作業軽減となる。
② 仮想端末の技術的制約	シンククライアントシステムにおける仮想端末の技術的制約によるシステム管理業務に与える影響	シンククライアント環境用に対応を行ったアプリケーションにおいて、通常運用とは異なった新しい質問が発生し対応ノウハウを別途蓄積する必要がある。 しかし、テレワーク端末での利用可能なシステム機能や範囲を絞れば、システム管理の作業負担は通常業務の範囲内で対応可能であると考えられる。
③ 医療分野テレワークの有効性	上記を踏まえた医療分野テレワークにおけるシンククライアントシステムの有効性	個人情報を含む医療情報システムにおいて、運用規則や制限ではなく、技術的にアクセス制限や情報操作に制限をかけることができるため、は管理者のセキュリティ対策作業の軽減にもつながっており有効であるとする。

3) テレワーカーの視点

① 利用者との親和性

【検証結果】

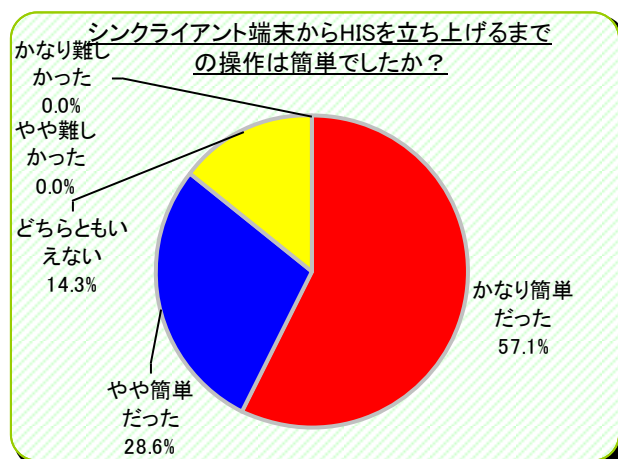


図7 操作の簡便さ

アンケート結果では、「かなり簡単だった」「やや簡単だった」を合計すると85.7%と、親和性が検証された。

さらにヒアリングにおいては、以下の指摘があった。

- ・ 使い勝手は良かった。ただ、画面が通常のものであるので、できれば高精細のモニターがあれば尚良いと感じた。(放射線医師)
- ・ 無線での接続、携帯端末での接続が可能であるとさらに便利である。(リハビリテーション科医師)

② 医療分野テレワークの有効性

【検証結果】

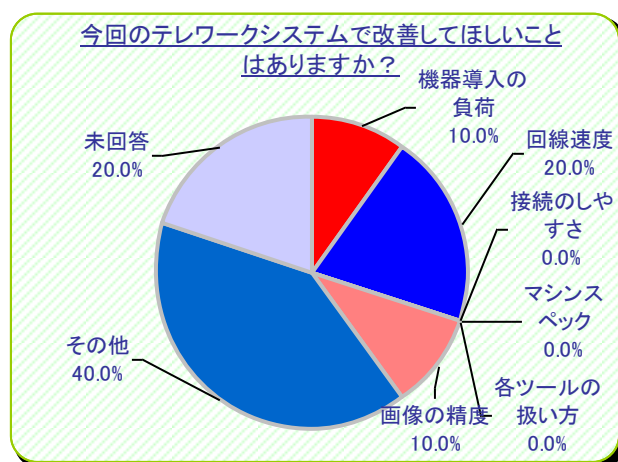


図8 システムの改善要望

アンケート結果で、40%の方がその他をチェックしました。ヒアリングでは、その他の内容を確認し、以下のコメントを得られた。

- ・ 指紋認証の精度が悪く時間がかかりすぎた。

以上が、「その他」にチェックがあったユーザーの意見であった。

3.5.4 ユーザビリティ機能

1) テレワーカーの視点

① 操作性

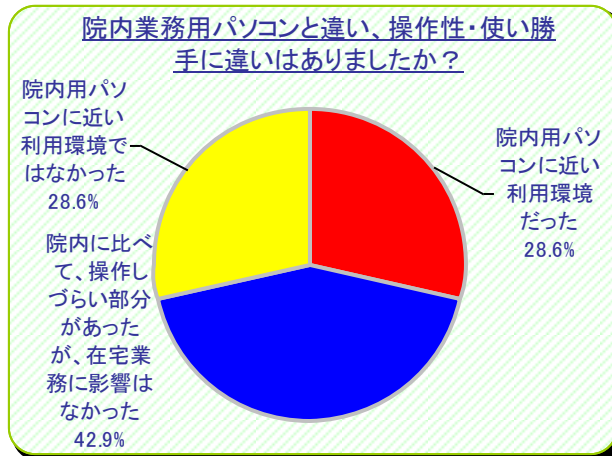


図 9 院内 PC との操作性の差

② 応答性能

【検証結果】

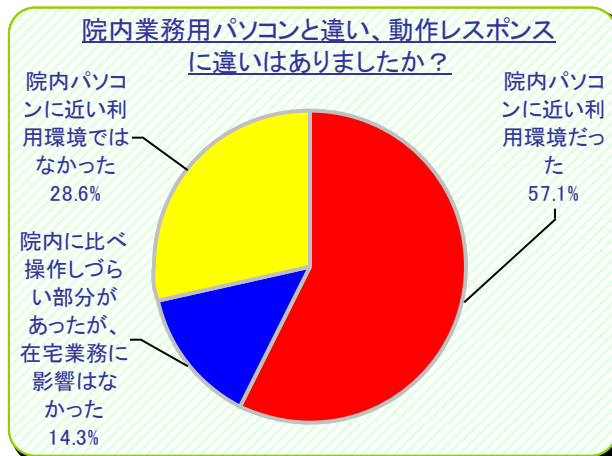


図 1 0 院内 PC とレスポンスの差

③ 業務効率

【検証結果】

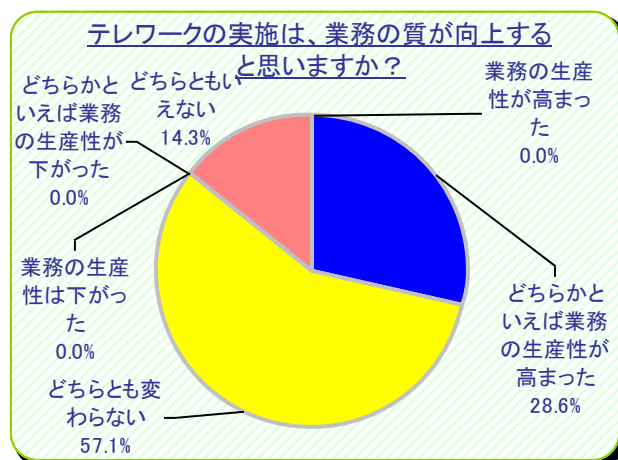


図 1 1 業務の質が向上するか

アンケート結果では、操作性においては 28.6%の方が、応答性能においては 57.1%の方が院内と院外を意識することなく、利用できたという結果が得られた。業務の生産性については、「業務の生産性が高まった」「どちらかといえば業務の生産性が高まった」と回答した方は 3 割弱となった。

ヒアリングにおいては、以下の指摘があった。

- ・ 今回は利用できる業務範囲が絞られていたが、広げることによってさらに業務効率の向上が期待される。
- ・ オンコールでのコンサルト、研修医等の指導、診療録の監査など、患者さんを目の前にしない業務は多々あると思う。院内研修のオンライン配信なども是非実現して欲しい。無線接続があるとさらに望ましい。

3.6 実験成果のまとめ

本実験は、医療従事者の慢性的な業務過多、出産・育児・介護等に伴う継続就業や現場復帰の難しさという背景から、仕事と育児、介護等の両立、及び医療従事者のワーク・ライフ・バランス向上等への効果について検証を行った。

また、「患者の診療情報」という最も“センシティブ”な個人情報を取り扱うことから、高いセキュリティの担保が求められるため、その解決方法として高いセキュリティと大容量データの送受信を実現する次世代ネットワーク及び利用端末としてシンクライアントを採用し効果測定を実施した。

テレワーカーには、表 3 の通り、リハビリ科医師、放射線科医師、医療情報部医師、放射線技師、看護師の計 8 名により、院内の業務用端末で行っている従来業務を、自宅にて行うことを前提に、各診療科の業務フローの中から、一部のプロ

セスを切り出して、テレワークにて実施することとした。

テレワークシステムの機能・性能については、横浜市立大学附属病院の既存の電子カルテシステム環境と連携した職員の業務遂行の為のフィールド実験を通じて、「情報セキュリティ」「シンクライアント」「ユーザビリティ」「導入容易性」「フレキシビリティ」の各項目について実験を行った。

今回の実証実験を通じて主に4つの観点で、医療におけるテレワーク利用の効果とその課題を検証できた。

①次世代ネットワーク活用の観点

実験では、医療機関と自宅との接続回線として次世代ネットワークを利用し、さらにVPNを利用することで閉域性を高め、一定のセキュリティを確保することができた。尚、一部のマンション等の居住形態によって在宅での実験環境を確保することが困難なケースでは、院内に設置したテレワーク環境において業務を実施した。

実験結果から実運用においては、テレワークを実施する上での機器や回線の費用を利用者と医療機関側のどちらが負担するのかが課題となることがわかった。本実証を行った横浜市大附属病院では、テレワークは最終的に医療機関の経営に寄与するような明確な目的のもとに導入するものであり、医療機関としてその費用を負担すべきものではないかとの意見が出された。しかし、医療機関にとって現在利用できる回線では費用面での負担が大きいため、医療機関と利用者の費用負担のあり方と高いセキュリティを確保しながら低コストで利用できる回線の選択が課題となる。

また医療機関と自宅を接続するネットワークとして、今回実験した次世代ネットワーク枠に加えて、「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」で記載されているインターネット（オンデマンドVPN）の利用が考えられる。インターネット（オンデマンドVPN）では、既に利用しているインターネットの環境にオンデマンドVPN接続サービスを手軽に追加できる一方で、帯域保証がないため業務によっては必要な操作性を確保できないなど、次世代ネットワークと比較して一長一短があり、テレワーク利用者の環境や費用負担など、状況に応じた適切なネットワークのあり方を検討する必要がある。

②医療テレワークでの患者データ利用における安全管理の観点

テレワークの導入に際し、横浜市立大学附属病院では個人情報保護の観点を重視し、横浜市の条例照会、個人情報に関する審議会、倫理委員会のプロセスを経て、本実験に取り組んだ。

具体的な対応策としては、個別に患者の同意を得ること、同意を得られた患者のデータのみを参照できるようにシステムの制限をかけること、自宅からアクセスする場合の利用者を指紋認証により確実に認証すること、アクセスログを蓄積・確認することなどの対策を行った。

しかし、今回の検証において、個別に患者の同意を得ること、同意を得られた患者のデータのみを参照できるようにシステムの制限をかけることの2点については運用

上困難であることが分かった。実際の現場では、個別に患者に説明する時間と手間をかける余裕がない、自宅で患者の情報を参照する医療従事者を特定できない（特に看護師）、さらに緊急で患者の情報を参照したい場合があるということがわかった。またシステム的な制限においても、システムでの設定データの変更を行うためには事前に医療機関側の承認を得てからシステムエンジニアがシステムでの設定を行う必要があり、自宅で参照したい患者が発生するたびにそのプロセスを行うためには、医療機関側の承認者とシステムエンジニアを 24 時間待機させることとなり、運用上もコスト的にも困難であることがわかった。

従って、医療機関としてテレワークの導入目的をトップマネジメントの議論の場で明確にした上で、医療機関の理念、経営方針にテレワークの実施を謳い、医療機関として包括的に患者から承認を得るなどの対応が必要である。

さらに家庭での物理的な環境整備（家族と隔離できる空間）も重要であることがわかった。

③医療現場でのテレワークにおける適正業務の観点

テレワークの適正業務の観点から退院サマリの作成、読影レポート、看護師勤務管理等、患者の目の前にしなくてもできる業務（中央業務）には非常に適しているという結果を得た。

また横浜市立大学附属病院では、リハビリテーション科においてチーム医療を実践している。理学療法士、作業療法士、言語聴覚士は院内だけでなく、院外の患者に対するリハビリテーションも実施しており、業務量に対して人数が不足している状況にある。リハビリテーション科では、診断書や退院サマリなど一般の診療科で作成される書類だけでなく、介護保険申請に関わる書類やリハビリ時に患者が使用する装具に対する証明書等、社会保険関連の多種多様な申請書類を作成する必要がある。できるだけ多くの患者に対して治療、指導、援助を行うためにテレワーク導入による資料作成は有効であることが示唆された。

時短制度を利用する職員にとってもテレワークは有効であることが分かったが、育児休暇、産休を取得している職員に、業務を課すことは難しいため、復職支援の情報提供や、研修コンテンツの提供に限定するなどの検討が必要であることも分かった。

また本番での運用を想定した時には、時間外勤務の扱い、人事評価等も含めた運用ルールを整備する必要があることもわかった。

④ワーク・ライフ・バランス向上の文化、風土醸成の観点

テレワークは、テレワークそのものの仕組みだけでは、以下の観点から活用を促進できないことがわかった。

- ・ 技術的な仕組みだけではなく、短時間勤務制度などの勤務制度を考慮し、一緒に利用しないと、十分な効果が得られない。
- ・ 特定の条件の人だけにメリットがあるような制度では、積極的な利用が見込めないため、全ての職員にメリットがあるような制度が必要になる。

- ・ 一部の医療従事者の負荷を下げることは、他の医療従事者の負荷を上げることになり兼ねないので、どんな制度にしても適正な医療従事者の人数が確保されていることが前提になる。

そうすることにより、出産、育児などによる退職を防止し、また医療従事者に希望してもらえる医療機関となり、適正な医療従事者の人数確保を実現することまで視野に入れた総合的な対応が必要となる。

⑤さらなる利便性の拡大について

シンクライアント接続で VPN を用いて安全に接続可能であることが判明したが、テレワークに限らず、同様の技術を用いて、院内でも携帯端末を用いて無線接続を行うニーズもあった。運用方法の検討も必要であるが、無線 LAN の利用拡大に向けての環境整備も必要である。

3.7 参考資料

3.7.1 構成機器一覧

図 12 に実証実験での全体構成を示す。また、表 9 に構成機器一覧を示す。

図 12 実証実験システム全体構成イメージ

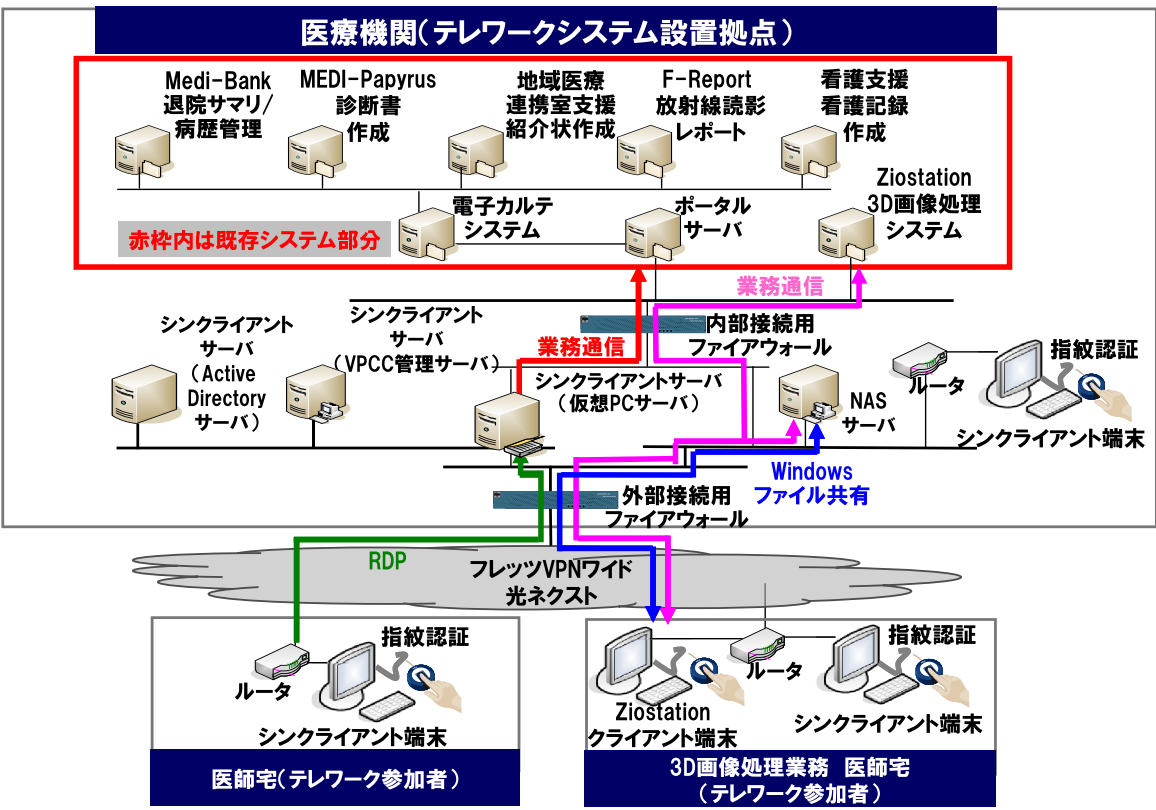


表 9 機器構成一覧

●テレワークシステム設置拠点（医療機関内に設置）

シンククライアントサーバ				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	Express5800/R110a-1 (VPCC 管理サーバ)	NP8100-1548P1	1	NEC
2	OS (Windows Server 2003 R2)	ULA1601-002	1	マイクロソフト
3	Express5800/R120a-2 (仮想 PC サーバ)	N8100-1507	1	NEC
4	VirtualPCCenter 2.1 管理 サーバソフトウェア	UL1246-401	1	NEC
5	Express5800/R110a-1 (Active Directory サーバ)	NP8100-1548P1	1	NEC

6	OS (Windows Server 2003 R2)	ULA1601-002	1	マイクロソフト
7	iStorage NS260 (NAS サーバ)	NF8100-155	1	NEC
NGNVPN 接続装置				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	UNIVERGE IX2005	BE105078	1	NEC
外部接続用ファイアウォール				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	SSG 140 Base System	BT0140-E0031	1	JuniperNetworks
内部接続用ファイアウォール				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	SSG 140 Base System	BT0140-E0031	1	JuniperNetworks

●院内設置拠点（医療機関内に設置）

ネットワーク接続装置				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	AtermWR8500N	B12001-09445		NEC
テレワーク端末				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	シンクライアント US110	N8120-005		NEC
2	19 型液晶ディスプレイ	LCD192V		NEC
3	指紋リーダー U.are.U 4500	THW-97G377004		ヒューマンテクノロジーズ
4	DigitalPersona Pro フル パッケージ	TPS-HN91261010		ヒューマンテクノロジーズ

●テレワーク拠点－1（電子カルテ参照・書類作成用としてテレワーク参加者宅に設置）

ネットワーク接続装置－1				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	AtermWR8500N	B12001-09445		NEC
テレワーク端末－1				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	シンクライアント US110	N8120-005		NEC
2	19 型液晶ディスプレイ	LCD192V		NEC
3	指紋リーダー U.are.U 4500	THW-97G377004		ヒューマンテクノロジーズ
4	DigitalPersona Pro フル パッケージ	TPS-HN91261010		ヒューマンテクノロジーズ

●テレワーク拠点－2（3D 画像処理システム用として放射線科医師・技師テレワーク参加
宅に設置）

ネットワーク接続装置－2				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	UNIVERGE IX2004	BE102034	2	NEC
テレワーク端末－2				
No.	構成品	型式	数量	メーカー
1	MJ30A/E-7	PC-MJ30AEZ78	2	NEC

2	17 型 TFT-LCD(SXGA)	LCDAS171M-C-L	2	NEC
3	SecureRedirector&80GB	PC-E-HCE168	2	NEC
4	2GB DDR3-SDRAM(2048MB×1)	PC-E-MSE208	2	NEC
5	指紋リーダー U.are.U 4500	THW-97G377004		ヒューマンテクノロジーーズ
6	DigitalPersona Pro フル パッケージ	TPS-HN91261010		ヒューマンテクノロジーーズ

3.7.2 評価アンケートの内容について

本実証実験に参加頂いたテレワーカー（医師・看護師）に対して、実験終了後に実施して頂いたアンケート内容(図13)を以下に示す。

図13 用いたアンケート用紙

医療分野におけるテレワークモデル実験に関するアンケート

1.利用状況			
項番	アンケート内容	回答	詳細
1	週に何回位、テレワークを行いましたか？	<input type="checkbox"/> ・週に1, 2回 <input type="checkbox"/> ・週に3, 4回 <input type="checkbox"/> ・週に5回以上 <input type="checkbox"/> ・週によって異なる等、その他()	
2	1日あたりどの位の時間、テレワークを行いましたか？	<input type="checkbox"/> ・30分未満 <input type="checkbox"/> ・30分～1時間未満 <input type="checkbox"/> ・1～2時間未満 <input type="checkbox"/> ・2～3時間未満 <input type="checkbox"/> ・3時間以上 <input type="checkbox"/> ・日によって異なる等、その他()	
2.システム面や技術面での課題			
項番	アンケート内容	回答	詳細
3	本実証実験のテレワークシステムのシステム面の満足度を教えてください。	<input type="checkbox"/> ・かなり満足した <input type="checkbox"/> ・やや満足した <input type="checkbox"/> ・どちらともいえない <input type="checkbox"/> ・やや不満があった <input type="checkbox"/> ・かなり不満があった	
4	シンクライアント端末からHISを立ち上げるまでの操作は簡単でしたか？	<input type="checkbox"/> ・かなり簡単だった <input type="checkbox"/> ・やや簡単だった <input type="checkbox"/> ・どちらともいえない <input type="checkbox"/> ・やや難しかった <input type="checkbox"/> ・かなり難しかった	
5	院内業務用パソコンと違い、操作性・使い勝手に違いはありましたか？	<input type="checkbox"/> ・院内業務用パソコンに近い利用環境だった <input type="checkbox"/> ・院内に比べて、操作しづらい部分があったが、在宅業務に影響はなかった <input type="checkbox"/> ・院内業務用パソコンに近い利用環境ではなかった	
6	院内業務用パソコンと違い、動作レスポンスに違いはありましたか？	<input type="checkbox"/> ・院内業務用パソコンに近い利用環境だった <input type="checkbox"/> ・院内に比べて、操作しづらい部分があったが、在宅業務に影響はなかった <input type="checkbox"/> ・院内業務用パソコンに近い利用環境ではなかった	
7	業務を行う上で、システム上の機能や参照できる情報に不足はありましたか？	<input type="checkbox"/> ・機能や情報が足りないことで業務に支障が生じた <input type="checkbox"/> ・業務に支障は生じなかったが、機能や情報で不足を感じるものがあった <input type="checkbox"/> ・特に不足は感じなかった	
8	テレワークでは印刷が出来ませんでしたが、印刷ができた方が便利でしたか？	<input type="checkbox"/> ・印刷ができないことで業務に支障が生じた <input type="checkbox"/> ・印刷ができた方が、業務がしやすいと感じた <input type="checkbox"/> ・印刷は特に必要なかった	
9	今回のテレワークシステムで改善してほしいことはありますか？	<input type="checkbox"/> ・機器導入の負荷 <input type="checkbox"/> ・回線速度 <input type="checkbox"/> ・マシンスペック <input type="checkbox"/> ・接続のしやすさ <input type="checkbox"/> ・各ツールの扱い方 <input type="checkbox"/> ・画像の精度 <input type="checkbox"/> ・その他(自由回答)	
10	本実証実験では、回線として次世代ネットワーク(NGN)を活用しました。NGNはご存知でしたか？	<input type="checkbox"/> ・知らなかった <input type="checkbox"/> ・聞いたことはあるが、内容までは詳しく知らなかった <input type="checkbox"/> ・よく知っていた	
11	NGNを利用することで、セキュリティの不安は解消されますか？	<input type="checkbox"/> ・解消する <input type="checkbox"/> ・多少は解消する <input type="checkbox"/> ・あまり解消されない <input type="checkbox"/> ・全く解消されない	
12	本実験ではNGN以外にも、幾つかのセキュリティ対策を実施しましたが、セキュリティに対する懸念事項や不安はありましたか？(指紋認証、VPN回線、シンクライアント等)	<input type="checkbox"/> ・特に不安を感じなかった <input type="checkbox"/> ・情報漏えいに対する不安がある <input type="checkbox"/> ・不正アクセスに対する不安がある <input type="checkbox"/> ・コンピュータウイルスに対する不安がある <input type="checkbox"/> ・情報のやり取りについて不安がある <input type="checkbox"/> ・具体的に思いつかない等、その他()	
13	上記以外で、システム面や技術面で不満な点や課題があれば教えてください(自由回答)		

3.プライベート面での効果と課題

項番	アンケート内容	詳細
14	本実証実験期間中、決めた時間に帰宅することができましたか？	<input type="checkbox"/> ・決めた時間で、ほぼ帰ることができた <input type="checkbox"/> ・決めた時間に帰れた日の方が多かった <input type="checkbox"/> ・決めた時間に帰れない日の方が多かった <input type="checkbox"/> ・決めた時間で、帰ることが全くなかった
15	テレワークでは、仕事とプライベートの時間を切り分けることができましたか？	<input type="checkbox"/> ・仕事とプライベートの時間を切り分けることができた <input type="checkbox"/> ・どちらかといえば仕事とプライベートの時間を切り分けることができた <input type="checkbox"/> ・どちらともいえない <input type="checkbox"/> ・どちらかといえば仕事とプライベートの時間の切り分けが難しかった <input type="checkbox"/> ・仕事とプライベートの時間の切り分けがかなり難しかった
16	今回のようなテレワークが実際に稼働したとすると、育児や家事、家庭サービスなどの家庭生活への向上に期待できると思いますか？	<input type="checkbox"/> ・期待できる <input type="checkbox"/> ・やや期待できる <input type="checkbox"/> ・あまり期待できない <input type="checkbox"/> ・期待できない <input type="checkbox"/> ・どちらともいえない <input type="checkbox"/> ・その他()
17	今回のようなテレワークが実際に稼働したとすると、プライベートの生活の向上に期待できると思いますか？	<input type="checkbox"/> ・大変効果がある <input type="checkbox"/> ・効果がある <input type="checkbox"/> ・どちらかといえば効果がある <input type="checkbox"/> ・効果がない <input type="checkbox"/> ・どちらともいえない <input type="checkbox"/> ・その他()
18	今後テレワーク実施がされた場合に、精神面への負担の変化を教えてください	<input type="checkbox"/> ・精神的な負担が減った <input type="checkbox"/> ・やや負担が減った <input type="checkbox"/> ・変わらない <input type="checkbox"/> ・やや負担が増えた <input type="checkbox"/> ・精神的な負担が増えた <input type="checkbox"/> ・その他()
19	今後テレワーク実施された場合に身体面への負担の変化を教えてください	<input type="checkbox"/> ・負担が減った <input type="checkbox"/> ・やや負担が減った <input type="checkbox"/> ・変わらない <input type="checkbox"/> ・やや負担が増えた <input type="checkbox"/> ・負担が増えた <input type="checkbox"/> ・その他()
20	上記以外で、プライベート面でのテレワークの課題があれば教えてください(自由回答)	

4.業務面での効果と課題

項番	アンケート内容	詳細
21	テレワークの実施は業務の生産性が向上すると思いますか？	<input type="checkbox"/> ・業務の生産性が高まった <input type="checkbox"/> ・どちらかといえば業務の生産性が高まった <input type="checkbox"/> ・どちらとも変わらない <input type="checkbox"/> ・どちらかといえば業務の生産性が下がった <input type="checkbox"/> ・業務の生産性は下がった <input type="checkbox"/> ・どちらともいえない
22	テレワークの実施は、業務の質が向上すると思いますか？	<input type="checkbox"/> ・業務の質が向上する <input type="checkbox"/> ・やや業務の質が向上する <input type="checkbox"/> ・変わらない <input type="checkbox"/> ・やや業務の質が下がる <input type="checkbox"/> ・業務の質が下がる
23	テレワークで利用したシステムを教えてください。	<input type="checkbox"/> ・電子カルテ <input type="checkbox"/> ・診断書作成システム(診断書作成) <input type="checkbox"/> ・地域医療室支援システム(紹介状作成) <input type="checkbox"/> ・退院サマリ/病歴管理(退院サマリ作成) <input type="checkbox"/> ・放射線読影レポート <input type="checkbox"/> ・看護勤務管理システム <input type="checkbox"/> ・放射線科3D画像システム
24	テレワークで有効だったシステムを教えてください。	<input type="checkbox"/> ・電子カルテ <input type="checkbox"/> ・診断書作成システム(診断書作成) <input type="checkbox"/> ・地域医療室支援システム(紹介状作成) <input type="checkbox"/> ・退院サマリ/病歴管理(退院サマリ作成) <input type="checkbox"/> ・放射線読影レポート <input type="checkbox"/> ・看護勤務管理システム <input type="checkbox"/> ・放射線科3D画像システム
25	シンクライアント端末において、できなかった業務はありますか？	<input type="checkbox"/> ・全ての業務ができた <input type="checkbox"/> ・できない業務が一部あった <input type="checkbox"/> ・できない業務が多かった
26	どのような手段でテレワーク業務開始、及び終了の連絡を行いましたか？	<input type="checkbox"/> ・後日、出勤時に行った <input type="checkbox"/> ・固定電話 <input type="checkbox"/> ・メール <input type="checkbox"/> ・携帯電話 <input type="checkbox"/> ・その他(自由回答)
27	業務上、セキュリティの運用プロセスについて課題はありますか？(患者の合意やチーム医療など、自由回答)	
28	上記以外で、業務面でのテレワークの課題があれば教えてください(自由回答)	

5.(他者への)影響

項番	アンケート内容	詳細
29	今後このようなテレワークの実施は患者への影響はどのようにあるとおもわれますか？	<input type="checkbox"/> ・良い影響がある <input type="checkbox"/> ・悪い影響がある <input type="checkbox"/> ・その他()
30	今後このようなテレワークの実施は家族へどのような影響があるとおもわれますか？	<input type="checkbox"/> ・良い影響がある <input type="checkbox"/> ・悪い影響がある <input type="checkbox"/> ・その他()
31	テレワーク実証実験時、業務上関わりを持った院内関係者に負担がかかることはありましたか？	<input type="checkbox"/> ・かなり負担をかけた <input type="checkbox"/> ・やや負担をかけた <input type="checkbox"/> ・どちらともいえない <input type="checkbox"/> ・ほとんど負担をかけなかった <input type="checkbox"/> ・特に負担をかけなかった

6.今後の展望

項番	アンケート内容	詳細
32	今後、テレワークが本格的に導入された場合、テレワークの活用希望について	<input type="checkbox"/> ・是非活用したい <input type="checkbox"/> ・できれば活用したい <input type="checkbox"/> ・あまり活用したくない <input type="checkbox"/> ・活用したくない <input type="checkbox"/> →それぞれの具体的な理由を記述してください
33	今後、どのような機会にテレワークを活用できたいと思いますか？	<input type="checkbox"/> ・育児 <input type="checkbox"/> ・出産 <input type="checkbox"/> ・介護 <input type="checkbox"/> ・その他(自由回答)
34	本実証実験と、今後の本格稼働実施時とでどのような相違があると思われますか？	具体的内容を記述してください
35	今後、医療分野におけるテレワークが社会的に貢献できる具体的なアイデアはございますか？	具体的内容を記述してください

7.マネジメント層の方にご質問です

項番	アンケート内容	詳細
36	テレワークを実施する上でマネジメント面での課題はありますか？(勤務管理や業務の質など、自由回答)	
37	テレワークを実施することで経営に与えるプラスの影響があれば教えてください(採用者が増える等、自由回答)	
38	今後の本格的な導入について	<input type="checkbox"/> ・是非導入したい <input type="checkbox"/> ・できれば導入したい <input type="checkbox"/> ・あまり導入したくない <input type="checkbox"/> ・導入したくない <input type="checkbox"/> →それぞれの具体的な理由を記述してください

8.その他

項番	アンケート内容	詳細
39	その他、テレワークに関するご意見、ご要望等ございますか？	具体的内容を記述してください

Chapter 4

病院環境における無線 LAN の概況

4.1 医療環境における無線通信の重要性

Chapter 2 で述べたとおり、病院情報システムにおいて無線 LAN は重要な役割を果たすようになってきている。電子カルテや PACS の普及があり、ベッドサイドでのカルテ参照ができる診療スタイルが一般的になっている。医療安全の要求の高度化に対し、実施時のバーコードを用いた患者と薬剤や検査スピッツの適合について電子カルテを参照して確認を行う事があたりまえのことになっている。また、患者モニターにおいて多種のセンサーが開発され、転倒防止のための患者監視なども含め監視範囲が拡大しており、そのための通信手段としては無線 LAN の重要性が益々高くなっている。

また、昨今では中間サーバーを用いたシンククライアントシステムが普及しつつあり、PC 以外のタブレットやスマートフォンなどからの電子カルテ参照も実現されている。

そのような状況で経済的な締め付けも厳しくなっており、より厳格な原価管理が求められ、機材、消耗品の個々の患者への紐付け、迅速な供給による在庫の削減が要求されるようになり、RFID などによる物の自動識別、追跡の必要性も増している。

4.2 病院環境での電磁ノイズの拡大

一方で、病院以外でも ICT の活用が拡大しており、スマートフォンが普及し、誰もがどこでもインターネットにアクセスできることがあたりまえになっている。また、家庭用ゲーム機などにも無線通信が利用されたり、無線 LAN を用いたネットワークでのゲームなども広く使われている。ポータブルルーターやスマートフォンのデザリング機能を用いた PC からのインターネットへの接続も普通に行われるようになってきている。

携帯電話についても当初の病院内での使用禁止から医療機器への影響評価が進み、病院内でも、重症系などリスクのある場所以外での使用は許容される方向になりつつある。2014 年 8 月には電波環境協議会より新たな医療機関における携帯電話等の使用に関する指針が発表されている³³⁾。また、病院側も入院患者へのサービスとしてインターネット接続の提供も広く行われている。それ以外にも無線 LAN を用いる 2.4GHz 帯に電話子機の無線や電子レンジなど電磁ノイズの発生源となる電気製品も多数有る状況である。

表 10 電波環境協議会によるエリア毎の携帯電話端末使用ルール設定（例）

場所	通話等	メール・Web 等	エリアごとの留意点
(1) 食堂・待合室・老化・エレベーターホール等	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・ 医用電気機器からは設定された離隔距離以上離すこと ・ 使用が制限されるエリアに隣接する場合は、必要に応じ、使用が制限される ・ 歩きながらの使用は危険であり、控えること
(2) 病棟等	△	○	<ul style="list-style-type: none"> ・ 医用電気機器からは設定された離隔距離以上離すこと ・ 多人数病室では、通話等を制限するなどのマナーの観点からの配慮が必要
(3) 診察室	×	△(電源を切る必要はない)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電源を切る必要はない（ただし、医用電気機器からは設定された離隔距離以上離すこと） ・ 診察の妨げ、他の患者の迷惑にならないよう、使用を控えるなどの配慮が必要
(4) 手術室、集中治療室(ICU 等)、検査室、治療室等	×	×	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用しないだけでなく、電源を切る（または電波を発射しないモードとする）こと
(5) 携帯電話使用コーナー等	○	○	

4.3 患者の安全と電磁干渉からの保護に関する先行研究

N. Carranza が 2011 年に病院環境における電波干渉についての系統的総論を報告している³⁴⁾。病院環境における電磁干渉について、1999 年から 2009 年の Cochrane Library, Centre for Reviews and Dissemination, INDICE MEDICO ESPANOL, Telemedicine Information Exchange, Bibliographic Citation for Telemedicine を資料として、patient security, immunity, effectiveness, EMI, interference, electromagnetism, Gsm, gprs, umts, zigbee, bluetooth, sms, wifi, wireless, Hospital, healthcare centre, Pacemaker, ICD, defibrillator, pump, ventilator をキーワードとしてインターネット検索を行った。また目視で Journal of Telemedicine and Telecare, IEEE Communications magazine, IEEE Wireless Communications magazine, IEEE Spectrum, IEEE Engineering in Medicine and Biology, Bioelectromagnetics, IEEEpanola de Salud Publica の雑誌について検索を行った。

病院等に入院しているか診断的検査を受けている患者を対象としていること、何らかの無線通信技術について述べていること、GSM(Global System for Mobile Communisations), GPRS(General Packet Radio System), wifi, Zigbee, Bluetooth 等を医療環境で用いているときの状況であること、英語、スペイン語、フランス語で書かれていることを条件とした。Editorials, letters, opinion papers は除外し、情報倫理、法的な問題についての研究も除外した。

調査方法としては、2 人の著者が独立に論文を選定し、The Spanish Healthcare Technology Evaluation Agency の方法に準拠し、4 つの調査項目

- ① 対象、数の適切性、計測の精度、環境、
- ② 障害、干渉の有無、内容、影響度
- ③ 障害、干渉の時間的頻度が一時的か永続的か
- ④ 結果の評価、関連事象の評価

について論文を精査した。

論文の選択候補としては当初 820 論文が選ばれ、タイトルで除外して 678 論文を外して、133 論文について抄録を読了した。抄録で 40 論文を除外し、93 論文を対象に選定した。そのうち、論文を入手できなかったものが 15 論文あり、本文を読んで除外した論文が 31 論文となり、最終的な対象は 47 論文であった。

論文は 1999 年－2001 年が 15 論文、2002 年－2005 年が 19 論文、2006 年－2009 年が 13 論文であった。対象となった医療機器が明記されている論文が 18 論文でペースメーカー 8 論文、除細動器 6 論文、呼吸器 3 論文、深部脳刺激装置 2 論文、ポンプ 2 論文、Ophthalmic equipment 1 論文であった。その他病院環境での計測が 3 論文、効率についての検討が 5 論文、通信効率に関する論文、病院における電磁場の計測、電磁波の干渉に関する論文、ペースメーカーと無線通信の干渉、埋め込み式除細動器と無線通信の干渉、ペースメーカー、除細動器とその他の電磁波の干渉、その他の医療器機と無線通信の干渉がそれぞれ 1 つずつであった。

それぞれの論文の質の評価を行い、医療機器への電磁干渉については留意する必要があるという結論になっている。

G. Calcagnini らは無線 LAN アダプターの医療機器への影響を 2011 年に報告している³⁵⁾。彼らは、ANSI C63.18-1997 ガイドラインに準拠して、ローマの S Andrea 病院の ICU で無線 LAN の医療機器に対する影響を評価した。専用架台に設置か木製のテーブルに置き、電源に直接接続して機器への影響を評価した。バッテリー駆動可能機器はバッテリーでの稼働状態でも評価を行った。対象とした医療機器はシリンジポンプ 4 種、輸液ポンプ 8 種、Enteral ポンプ 2 種、除細動器 8 種、モニター 11 種、人工呼吸器 5 種、麻酔器 6 種、体外式ペースメーカー 1 種であった。各機器をノルウェーの Metron 社製シミュレーター／モニターに接続し機能を評価した。WiFi 信号のシミュレーターは 50cm 以上機器から離し、アクセスポイント (D-Link, DWL-2100AP) を部屋の反対側に設置した。PC に USB 接続の WiF i アダプターをアンテナ内蔵タイプ (D-Link DWL-G122)、アンテナ外装 (LogiLink 製、6, 15, 26cm のダイポールアンテナ) の 2 種類で計測した。接続が確立された後、PC で 2 GB 以上の大きなファイルをダウンロードし、アダプターの距離を変更した。実験開始時には 1 m の距離に置き、50, 25, 10, 5cm と距離に動かした。5cm まで動かしても異常が起きないときは、機器とアダプターを接触させた。

E Jan van Lieshout らは第 2 世代携帯電話の重症病棟における影響を評価し 2007 年に報告している。³⁶⁾ General Packet Radio Service (GPRS) として、0.2MHz のチャンネル幅で 900MHz、GRPS-1 1, 113 μ s で繰り返し周波数 217Hz、GRPS-2 556.5 μ s で繰り返し周波数 27.1Hz、Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) として 5MHz のバンド幅で 1,947.2MHz とし、出力は GRPS で 2 W UMTS で 0.2 W で発信し影響を評価した。機器とアンテナの距離を 500cm から 0cm まで異常が起きなければ近づけた。その結果、人工呼吸器 7 / 9 で 1.5 cm、重症系モニター 7 / 13 で 3 cm、シリンジポンプ 3 / 7 で 5 cm、点滴ポンプ 1 / 4 で 30 cm、大動脈内ポンピングポンプ 1 / 2 で 0.1cm、血液浄化／透析装置 1 / 5 で 15cm、体外式ペースメーカー 1 / 4 で 3cm、

除細動器 1 / 3 で 0.1cm、12 誘導心電計 1 / 1 で 150cm、加温器 1 / 2 で 6cm、経管栄養用ポンプ 1 / 2 で 30cm、で影響が確認された。心電図モニター 0 / 1、加圧加温器 0 / 3、携帯式吸引器 0 / 1 重症用ベッド 0 / 2、褥瘡予防用エアマット 0 / 1 では影響が確認出来なかった。総計では 61 機種中 23 機種 43% に影響が確認された。

S. kapa らは医療環境での自動認証技術の磁場による電磁干渉について 2011 年に報告している³⁷⁾。医療環境において、人件費の節減、医療安全の向上などを目的に自動識別の臨床応用が拡大している。RFID における電磁干渉については 2009 年の von der Togt らの論文で示されているが、非 RFID の自動識別に対する電磁干渉の危険は未評価であるとして、IEEE 1902.1 に基づくシステムのうち RuBee システムの影響を報告した。RuBee システムは FDA で比較的干渉が少ないとされており、少ないものでもどの程度あるかの評価を行った。32 機種において磁気式の自動識別による EMI を評価した。タグの出力は 8-800mGaus でミネソタの Mayo クリニック、マイアミの Holy Cross 病院で評価を行った。医療器機に RuBee タグを付けて、アンテナとの距離を接触、1foot から 4feet と変化させて

評価した。レーザー測距儀で距離を正確に測定し、干渉を危機的、著明、軽度、なしの4段階で評価した。

機器による干渉症状は32の機器のうち8台（25%）で何らかの影響を確認した。モニター5台中2台で多数のスパイクが心電図モニターに混入したり、画面にフリッカーが入ったりした。エコーは3台中2台で画質が不明瞭になる等の影響があった。内視鏡では2台中1台で画面に直線が入ってしまう障害が確認された。12誘導心電図は2台中2台で多数のスパイクが入ってしまい計測困難であった。除細動器は2台中1台で画面にフリッカーがはいってしまった。RFID, RTLS, 無線による自動識別は医療における安全、効率性を改善する可能性があるが電磁干渉によるリスクがRFIDと既存の医療機器とで確認されている。RFIDによらない自動識別技術の電磁干渉のリスクについて、磁気式の自動識別技術でも電磁干渉の危険があること、多数の因子が関連し、距離も因子の一つであることを報告した。干渉の評価は有無だけでなく、どのような干渉かを評価する必要があること、組織的な評価が今後必要であると結論づけている。

医療環境における電磁干渉について、多くの先行研究がなされているが、きちんとした影響の評価ができていない。影響が有るか無いかの確認で終わっており理論的な検討はなされていない。医療機器側への影響評価はまだあるが、無線通信への影響の評価はほとんど無い。無線電波の強度までで、実際のパケットロス、通信効率に関する評価、シミュレーションによる最適化などの論文は渉猟した範囲では見つけられなかった。今後の研究の方針として、医療環境における無線通信の実情について、電波強度のみでなく、実際の通信の状況について評価を行う必要性を確認し、評価に基づき、病棟の電波環境を正確かつ容易にシミュレーションし、医療環境でのより効率的かつ確実な無線通信を実現させる手段を検討することとした。

4.4 病院内の電波環境に関する先行研究

花田らは2001年に病院外から届く病院内の電波について報告している。30MHz から 3GHz においてスペクトラムアナライザーを用いて、病院業務の比較的少ない日曜日に計測している。病院の近くの空港からのレーダーからと思われる電波（2.79GHz と 2.87GHz）が周期的に強くどいていた。PHS 基地局（1.9GHz）、携帯基地局（800MHz と 1.5GHz）の電波など病院外からの電波干渉の可能性のある電波がかなり計測されたことを報告し、無線 LAN の構築にあたり、病院内だけでなく院外からの電波干渉の可能性も踏まえて計画する必要があると述べている³⁸⁾。

2007 年にも花田は病院における電磁的環境について述べている³⁹⁾。院内の電磁波環境についての報告はそれなりにあるが、院内の問題点はそれだけでないことを報告した。電源に伴うノイズなど他にも配慮すべき者ものがあることを提唱している。また、電磁ノイズの観点から、電源について単に仕様通りの電力供給ができるだけでなく、ノイズの発生源になっていないことを確認し、問題があれば対策をたてることが必要と述べている³⁹⁾。

2010 年には花田は電波干渉の観点も含めて島根大学附属病院の病院情報システムにおける無線 LAN の役割について報告している。無線 LAN によるユビキタスな電子カルテの使用と音声によるコミュニケーションの併用で作業効率が向上することを示し、電波干渉を受ける機器について適切なシールドを行う事で対応が可能であることを述べている。建設中の新病院について無線 LAN、電波干渉の観点も考慮した設計がなされており、RFID、VoIP による音声通信なども新たな IEEE802.11n の無線 LAN で実現し、真の意味でユビキタスな情報共有が可能になることを述べている⁴⁰⁾。

2013 年に上記の改善を行い、実際に運用を始めた病院での無線 LAN の状況を報告している。セキュリティについても適切な運用で対応可能なこと、アクセスポイントの配置、シールドすべき機器、場所にたいし設計時より対応を検討することなどでユビキタスな情報共有が可能なことを示している^{41), 42)}。

2013 年に小野はスマートフォンが増えた状況なども踏まえて、病院内にあらたな電波干渉の機会が増えていることを述べており、以前からある電子レンジと家庭用コードレス電話による 2.4GHz 帯と重複する「産業科学医療用（ISM）」と呼ばれる周波数帯域で同じ帯域の電波を使用している。最近では X 線のポータブル撮影の FPD を繋ぐ無線 LAN、ポータブル超音波検査機器といった電子カルテ以外の医療機器の無線 LAN の使用が拡大していること、スマートフォンの持ち込みによるティザリングやモバイル WiFi ルーターの持ち込み、ネットワーク接続を行う携帯ゲーム機の持ち込みによる電波干渉が無視できなくなっており、無線 LAN コントローラーによる TDMA 方式での接続コントロールなどがおこなわれていることを述べている⁴³⁾。

Chapter 5

病院における無線 LAN のシミュレーション

5.1 現在の病院における無線 LAN の状況の計測

横浜市立大学附属病院の病棟は井桁の形をしており、各階に隣り合うくの字型の突出部を1病棟単位としており、各フロアに4つの病棟がある配置になっている。

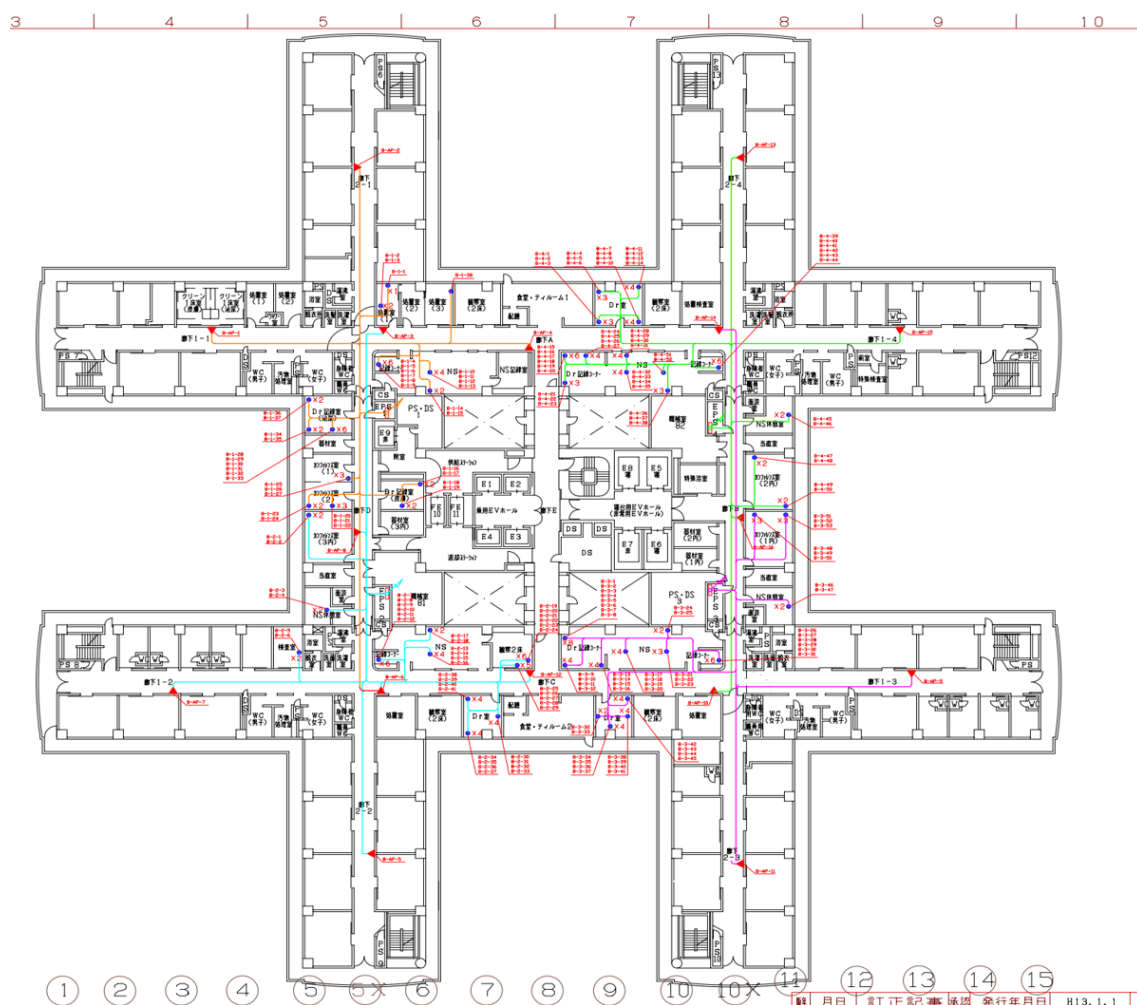


図 14 横浜市立大学附属病院病棟平面図

無線 LAN の状況をシミュレーションする前に、現状の病院の無線通信の状況の評価を行った。電子カルテで用いている情報量を把握するため、病棟のアクセスポイントのアクセスログから通信速度を計測し、病棟での電波の状態を 2.4GHz 付近の計測用のダイポールアンテナを設定したスペクトラムアナライザー（Anritsu Spectrum Master MS2721B）で計測し、SSID 及び電波強度をアンドロイドタブレット（東芝 REGZA Tablet AT374）の電波計測ソフト Wi-Fi Analyzer を用いて計測した。

井桁の出っ張った部分にアクセスポイントを各1, 90 度に交わる部分に1つ、4つの病棟の中央に4つのアクセスポイントで上下のフロアで重ならないようにチャンネル配置することを基本としている。

1つの病棟突出部のアクセスポイントのトラフィックを調査したところ、図25のようであった。深夜帯の業務交替の後のPC再起動の時間帯に大きな山が有る以外は、いずれも50kbps以下であった。

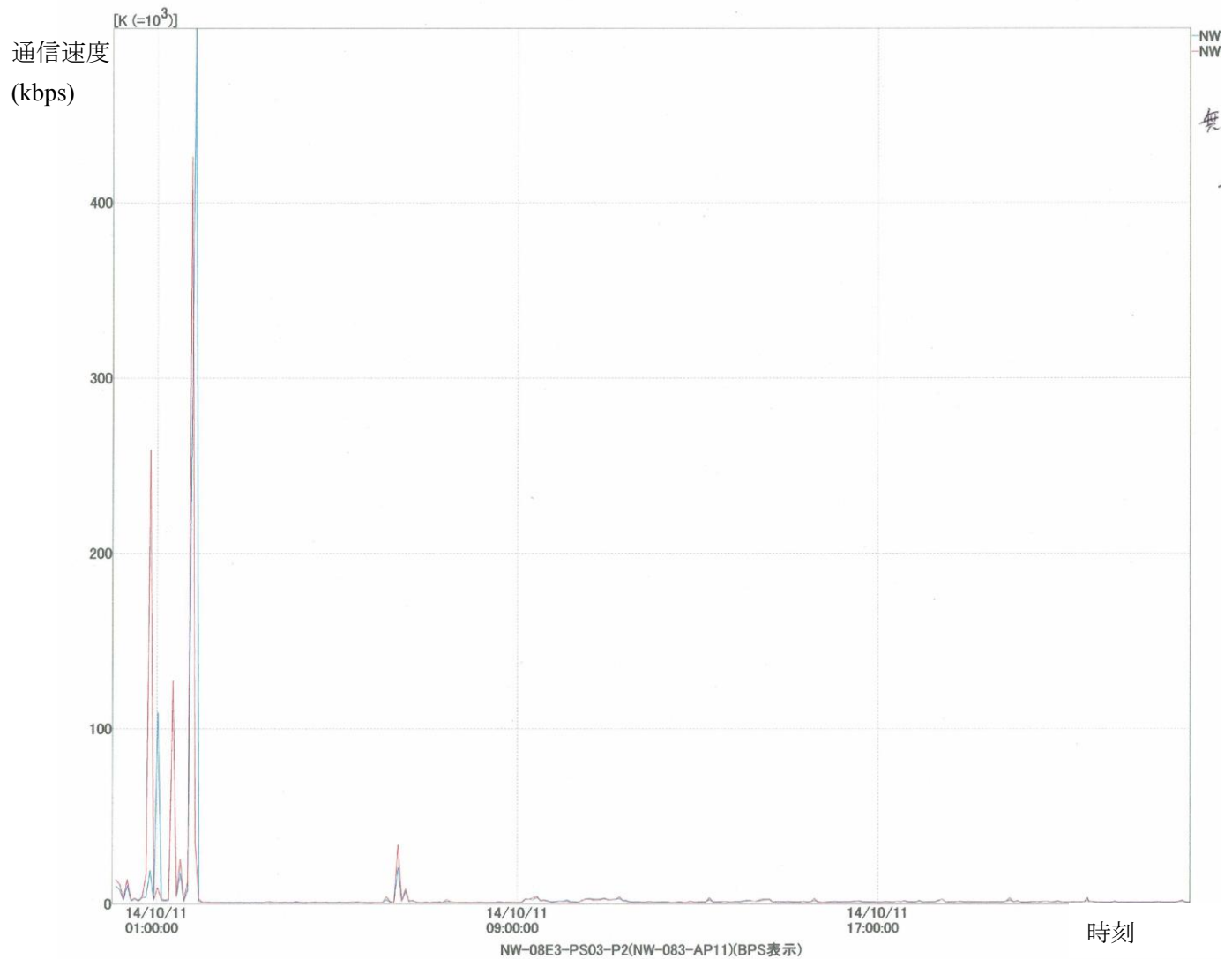


図15 8階のアクセスポイントのトラフィック

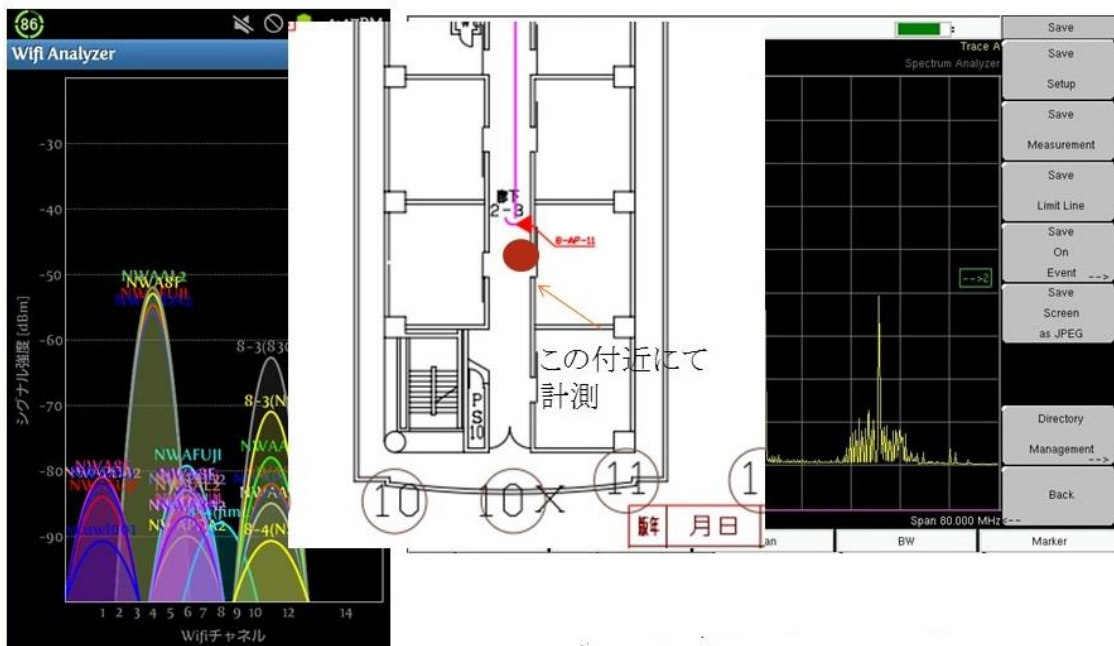


図 1 6 病棟の電波状態

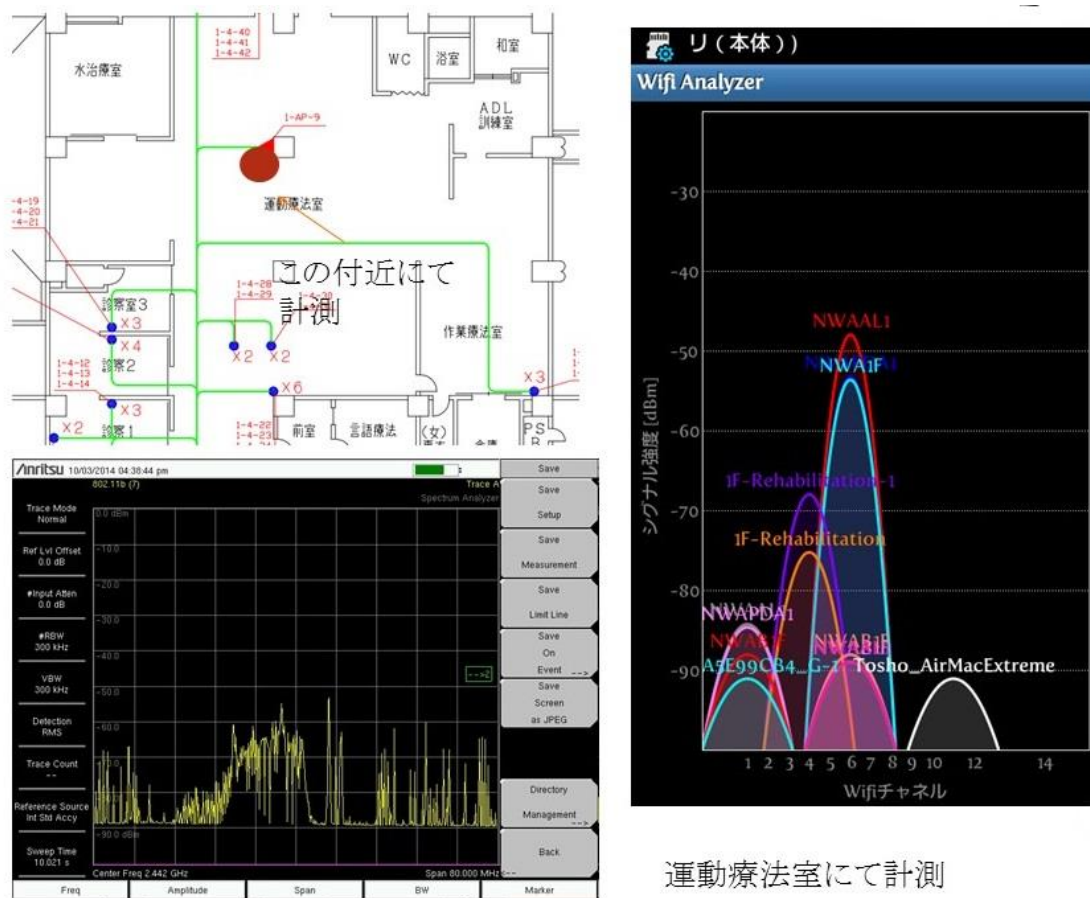


図 1 7 リハビリテーション科訓練室の電波状態

病棟以外でも、外来、リハビリテーション科訓練室などで電波状態を計測したが、外来などでは、病院情報システムで用いている無線 LAN 以外のアクセスポイントが多く検出されていた。特に 2.4GHz 帯での電波が多く検出されており、相互の干渉が生じていることが容易に想定された。

アクセスポイントでのデータ転送速度がそれほど大きく何にもかかわらず、外来で電子カルテ端末を用いると遅い状況があるが、医療情報システム以外のアクセスポイントからの電波による干渉の影響が速度低下に関わっていると予想された。

電波干渉の影響がどの程度有るかについて推定するため、シミュレーションにて干渉の影響の評価を試みた。

5.2 シミュレーション評価

シミュレーションの方法として、1つのアクセスポイントに無線端末が接続することに単純化した。また、干渉の再現方法として、アクセスポイントを増やすのではなく、業務外の無線端末がアクセスポイントに接続に来ることでパケットの衝突が生じて、再送を繰り返すことで遅れがでることで表現することとした。

1つのアクセスポイントに対し表 11 のように病院の無線 LAN を用いて行う実務を想定し、業務ごとのデータ量、接続頻度を設定した。同時接続する無線端末の台数は病院の性格、患者さんあたり職員がどれだけ居るかということに大きく関わり、病院の入院基本料として患者当たりの看護師数で定められている入院基本料に応じて人の少ない 15 対 1 看護、7 対 1 看護で小規模病院、大規模病院として想定した。15 対 1 とは 1 名の看護師が患者 15 人を受け持つ体制であり、7 対 1 の約半数の看護師で業務を行う事になる。

また、現在、院内 LAN を有効活用している病院では IP 電話の導入⁴⁴⁾、スマートフォンを用いたナースコールとの連動⁴⁵⁾、モバイルデバイスを用いてのユビキタス環境の実現など病院内での ICT の利用は拡大している⁴⁶⁾。将来的な状況を想定して、IP 電話の導入、病院情報システムの LAN を介してのインターネットアクセスといった業務を無線に負荷のかかる業務として追加した将来的な大病院という 3つの環境についてシミュレーションを行った。

横浜市立大学附属病院では IEEE802.11b, g を用いており、電波強度に応じて IEEE802.11b では 11Mbps/ 5.5Mbps/ 2Mbps/ 1Mbps、IEEE802.11g では 54Mbps/ 48Mbps/ 36Mbps/ 24Mbps/ 18Mbps/ 12Mbps/ 11Mbps/ 9Mbps/ 6Mbps/ 5.5Mbps/ 2Mbps/ 1Mbps と端末 1 台当たりの最大伝送速度が定められている。ここでは、実効速度として 3Mbps、15Mbps、40Mbps の速度を想定してシミュレーションを行った。

通信時間を 5 分、10 分、20 分として、頻度を設定し、干渉の影響となる業務以外の接続端末を 0, 3, 5, 10 台と設定して、干渉の状況をシミュレーションした。

通信方式としては、IEEE802.11b, g に準拠し、CSMA/CA を用いている。その際のシミュレーション諸元は表 3.3 のように設定した。

表 1 1 想定した業務と端末代数、使用頻度、取り扱い情報量

病院の形態 使用方法	小病院	大病院	大病院 (将来)	1台毎の度	1接続の 情報量
ベッドサイドでの電子カルテの利用	5	10	10	1回/5分	3MB
ベッドサイドでのバイタルの入力 a)機器から直接			10	1回/30秒	3kB
ベッドサイドでのバイタルの入力 b)看護師が手入力	5	10	10	1回/2分	3kB
薬剤投与、採血、輸血などでの 携帯端末による患者認証		5	5	1回/5分	3kB
回診時にノート PC を用いた電子カルテ利用	1	3	3	1回/5分	3MB
回診時のインターネットでの医療情報参照		5	5	1回/10分	30kB
病棟でのポータブル X 線撮影時の画像転送		1	1	5回/1時間	200MB
ポータブルデバイスを用いた電子カルテ参照			5	1回/5分	3NB
IP 電話での無線の使用			15	1回/5分	3MB

表 1 2 シミュレーション諸元

1packetのデータ量	2312 [byte]
Ackのデータ量	6 [byte]
スロットタイム時間	20 [μs]
short inter frame space (SIFS)	10 [μs]
Distributed Inter Frame Space (DIFS)	50 [μs]
Contention Window min	31
Contention Window max	1023

5.3 シミュレーション結果

5.3.1 小規模病院(5分)

表 1 3 シミュレーション結果 (1) 小規模病院(5分)

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧な	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータブ ルX線撮影時 の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
【通信速度3M】 ＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	16.247	0.021	0.026	NaN	23.612	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	22.101	0.032	0.041	NaN	53.349	NaN	NaN	NaN	NaN
5	52.181	0.148	0.093	NaN	52.689	NaN	NaN	NaN	NaN
10	45.304	0.087	0.091	NaN	19.96	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	1.48	1.78	1.42	NaN	1.02	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	1.09	1.2	0.93	NaN	0.45	NaN	NaN	NaN	NaN
5	0.46	0.37	0.47	NaN	0.46	NaN	NaN	NaN	NaN
10	0.53	0.5	0.46	NaN	1.2	NaN	NaN	NaN	NaN
【通信速度15M】 ＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	9.584	0.012	0.012	NaN	7.903	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	12.763	0.016	0.012	NaN	10.833	NaN	NaN	NaN	NaN
5	11.759	0.015	0.018	NaN	16.553	NaN	NaN	NaN	NaN
10	27.277	0.018	0.03	NaN	35.589	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.51	3.11	3.02	NaN	3.04	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	1.88	2.35	3.04	NaN	2.22	NaN	NaN	NaN	NaN
5	2.04	2.53	2.28	NaN	1.45	NaN	NaN	NaN	NaN
10	0.88	2.41	1.43	NaN	0.68	NaN	NaN	NaN	NaN
【通信速度40M】 ＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	6.924	0.012	0.011	NaN	6.927	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	9.328	0.016	0.013	NaN	6.953	NaN	NaN	NaN	NaN
5	12.587	0.015	0.014	NaN	14.524	NaN	NaN	NaN	NaN
10	13.866	0.014	0.014	NaN	16.267	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	3.47	3.3	3.53	NaN	3.47	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	2.57	2.4	2.98	NaN	3.45	NaN	NaN	NaN	NaN
5	1.91	2.58	2.61	NaN	1.66	NaN	NaN	NaN	NaN
10	1.73	3.15	2.76	NaN	1.48	NaN	NaN	NaN	NaN

5.3.2 大規模病院（5分）

表 1 4 シミュレーション結果（2）大規模病院(5分)

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧な ども含む	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータブ ルX線撮影時 の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
【通信速度3M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	29.776	0.043	0.043	0.028	32.339	0.331	175.843	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	54.975	0.089	0.12	0.023	53.558	0.367	245.366	NaN	NaN
5									
[個]	49.066	0.15	0.069	0.073	51.365	0.572	355.308	NaN	NaN
10									
[個]	108.035	0.228	0.169	0.153	98.747	0.874	617.176	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	0.81	0.9	0.91	0.76	0.74	0.67	0.91	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	0.44	0.48	0.4	1.13	0.45	0.62	0.65	NaN	NaN
5									
[個]	0.49	0.34	0.55	0.37	0.47	0.42	0.45	NaN	NaN
10									
[個]	0.22	0.21	0.29	0.34	0.24	0.27	0.26	NaN	NaN
【通信速度15M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	8.738	0.015	0.013	0.006	8.896	0.082	59.806	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	11.331	0.019	0.017	0.008	13.005	0.11	77.792	NaN	NaN
5									
[個]	15.328	0.037	0.03	0.021	15.799	0.14	107.149	NaN	NaN
10									
[個]	26.991	0.046	0.049	0.027	26.309	0.294	176.553	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.75	2.48	2.98	3.47	2.7	2.72	2.68	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	2.12	1.98	2.19	2.41	1.85	2.04	2.06	NaN	NaN
5									
[個]	1.57	1.28	1.61	1.28	1.52	1.62	1.49	NaN	NaN
10									
[個]	0.89	0.93	0.89	0.96	0.91	0.81	0.91	NaN	NaN
【通信速度40M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	8.157	0.011	0.012	0.006	7.883	0.064	54.271	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	8.757	0.014	0.015	0.007	8.191	0.086	51.871	NaN	NaN
5									
[個]	11.054	0.022	0.023	0.012	6.954	0.12	90.823	NaN	NaN
10									
[個]	10.091	0.018	0.016	0.008	12.303	0.136	73.304	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.94	3.34	3.17	3.08	3.05	3.49	2.95	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	2.74	2.72	2.54	3.02	2.93	2.61	3.08	NaN	NaN
5									
[個]	2.17	1.79	1.94	2.4	3.45	1.87	1.76	NaN	NaN
10									
[個]	2.38	2.16	2.47	2.81	1.95	1.76	2.18	NaN	NaN

5.3.3 将来の大規模病院（5分）

表 1 5 シミュレーション結果（3）将来の大規模病院(5分)

	ノード1 ベッドサイド での電子カル テの利用	ノード2 ベッドサイド でのバイタル の入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッドサイド でのバイタル の入力 b)看護師手 入力	ノード4 携帯端末に よる薬剤投 与、採血、輸 血等の患者 認証	ノード5 回診時にノー トPCを用いた 電子カルテ利 用	ノード6 回診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟での ポータブルX 線撮影時の 画像転送	ノード8 ポータブルデ バイスを用い た電子カルテ 参照	ノード9 IP電話での 無線の使用
【通信速度3M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	114.136	0.163	0.215	0.084	80.718	1.191	390.696	118.137	103.27
妨害ノードあり 3									
[個]	155.131	0.191	0.18	0.039	133.085	0.568	527.857	187.585	137.028
5									
[個]	124.036	0.277	0.123	0.07	127.394	1.722	584.158	106.858	138.963
10									
[個]	207.676	0.301	0.207	0.235	246.557	1.706	917.402	217.791	230.757
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	0.21	0.25	0.21	0.31	0.3	0.23	0.41	0.2	0.23
妨害ノードあり 3									
[個]	0.15	0.26	0.26	0.51	0.18	0.42	0.3	0.13	0.18
5									
[個]	0.19	0.16	0.32	0.34	0.19	0.14	0.27	0.22	0.17
10									
[個]	0.12	0.17	0.2	0.22	0.1	0.15	0.17	0.11	0.1
【通信速度15M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	12.419	0.023	0.019	0.009	15.032	0.208	60.073	13.608	11.454
妨害ノードあり 3									
[個]	16.899	0.024	0.028	0.014	16.562	0.145	105.466	17.903	16.347
5									
[個]	18.726	0.021	0.026	0.01	11.808	0.217	111.858	16.244	17.198
10									
[個]	26.481	0.049	0.047	0.022	31.286	0.211	116.2	31.808	29.101
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	1.93	1.82	2.15	2.36	1.6	1.15	2.66	1.76	2.1
妨害ノードあり 3									
[個]	1.42	1.69	1.35	1.66	1.45	1.56	1.52	1.34	1.47
5									
[個]	1.28	1.84	1.5	2.5	2.03	1.08	1.43	1.48	1.4
10									
[個]	0.91	1.03	0.95	1.01	0.77	1.08	1.38	0.75	0.83
【通信速度40M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	8.641	0.012	0.014	0.008	8.68	0.091	55.386	9.882	8.888
妨害ノードあり 3									
[個]	9.017	0.014	0.017	0.006	8.564	0.123	57.283	10.378	11.148
5									
[個]	9.43	0.014	0.016	0.008	8.125	0.11	60.711	9.631	10.017
10									
[個]	14.081	0.02	0.025	0.011	12.326	0.15	90.716	15.155	12.679
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.78	3.08	2.71	2.75	2.77	2.49	2.89	2.43	2.7
妨害ノードあり 3									
[個]	2.66	2.73	2.27	3.24	2.8	1.93	2.79	2.31	2.15
5									
[個]	2.55	2.69	2.43	2.49	2.96	2.06	2.64	2.49	2.4
10									
[個]	1.71	2.01	1.62	2.34	1.95	1.51	1.76	1.58	1.89

5.3.4 小規模病院(10分)

表 1 6 シミュレーション結果 (4) 小規模病院(10分)

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧な	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータブ ルX線撮影時 の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
【通信速度3M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	15.599	0.022	0.031	NaN	14.366	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	22.105	0.042	0.035	NaN	14.278	NaN	NaN	NaN	NaN
5									
[個]	33.418	0.045	0.1	NaN	47.834	NaN	NaN	NaN	NaN
10									
[個]	26.201	0.037	0.073	NaN	47.842	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	1.54	1.7	1.25	NaN	1.67	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	1.09	0.93	1.09	NaN	1.68	NaN	NaN	NaN	NaN
5									
[個]	0.72	0.91	0.4	NaN	0.5	NaN	NaN	NaN	NaN
10									
[個]	0.92	1.14	0.54	NaN	0.5	NaN	NaN	NaN	NaN
【通信速度15M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	8.3	0.012	0.013	NaN	7.956	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	7.937	0.012	0.015	NaN	7.957	NaN	NaN	NaN	NaN
5									
[個]	10.025	0.027	0.017	NaN	7.927	NaN	NaN	NaN	NaN
10									
[個]	13.503	0.018	0.022	NaN	8.552	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.89	3.18	2.83	NaN	3.02	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	3.03	3.15	2.48	NaN	3.02	NaN	NaN	NaN	NaN
5									
[個]	2.4	1.79	2.25	NaN	3.03	NaN	NaN	NaN	NaN
10									
[個]	1.78	2.14	1.7	NaN	2.81	NaN	NaN	NaN	NaN
【通信速度40M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	6.919	0.011	0.011	NaN	6.911	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	7.219	0.011	0.011	NaN	8.61	NaN	NaN	NaN	NaN
5									
[個]	8.454	0.01	0.012	NaN	6.895	NaN	NaN	NaN	NaN
10									
[個]	9.052	0.012	0.012	NaN	10.896	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	3.47	4	3.39	NaN	3.47	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	3.33	3.42	3.26	NaN	2.79	NaN	NaN	NaN	NaN
5									
[個]	2.84	3.99	3.12	NaN	3.48	NaN	NaN	NaN	NaN
10									
[個]	2.65	3.15	3.26	NaN	2.21	NaN	NaN	NaN	NaN

5.3.5 大規模病院(10分)

表17 シミュレーション結果(5) 大規模病院(10分)

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧な ども含む	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータブ ルX線撮影時 の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
[通信速度3M]									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	20.131	0.035	0.044	0.027	23.865	0.247	105.56	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	22.422	0.023	0.025	0.016	19.884	0.135	97.675	NaN	NaN
5									
[個]	51.225	0.09	0.079	0.036	32.941	0.505	308.797	NaN	NaN
10									
[個]	56.195	0.113	0.099	0.038	83.226	0.56	207.54	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	1.19	1.06	0.87	0.73	1.01	0.91	1.52	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	1.07	1.58	1.46	1.24	1.21	1.64	1.64	NaN	NaN
5									
[個]	0.47	0.49	0.56	0.57	0.73	0.48	0.52	NaN	NaN
10									
[個]	0.43	0.36	0.39	0.55	0.29	0.43	0.77	NaN	NaN
[通信速度15M]									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	9.501	0.013	0.012	0.008	9.602	0.09	64.569	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	10.316	0.016	0.015	0.007	9.798	0.083	58.842	NaN	NaN
5									
[個]	9.85	0.015	0.014	0.007	10.653	0.088	52.88	NaN	NaN
10									
[個]	11.256	0.017	0.022	0.009	13.477	0.106	78.089	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.53	2.89	3.02	2.53	2.5	2.48	2.48	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	2.33	2.39	2.53	2.6	2.45	2.69	2.72	NaN	NaN
5									
[個]	2.44	2.46	2.73	2.63	2.25	2.53	3.03	NaN	NaN
10									
[個]	2.13	2.2	1.73	2.26	1.78	2.11	2.05	NaN	NaN
[通信速度40M]									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	7.119	0.012	0.011	0.006	6.943	0.065	47.959	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	7.557	0.011	0.012	0.007	9.002	0.066	72.142	NaN	NaN
5									
[個]	7.712	0.013	0.013	0.007	9.215	0.068	51.718	NaN	NaN
10									
[個]	9.759	0.015	0.014	0.005	8.964	0.093	49.018	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	3.37	3.19	3.37	3.28	3.46	3.41	3.34	NaN	NaN
妨害ノードあり 3									
[個]	3.18	3.36	3.06	2.96	2.67	3.39	2.22	NaN	NaN
5									
[個]	3.11	2.98	3.01	3.04	2.61	3.25	3.09	NaN	NaN
10									
[個]	2.46	2.61	2.63	3.8	2.68	2.42	3.26	NaN	NaN

5.3.6 将来の大規模病院(10分)

表18 シミュレーション結果(6) 将来の大規模病院(10分)

	ノード1 ベッドサイド での電子カル テの利用	ノード2 ベッドサイド でのバイタル の入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッドサイド でのバイタル の入力 b)看護師手 入力	ノード4 携帯端末に よる薬剤投 与、採血、輸 血等の患者 認証	ノード5 回診時にノ ートPCを用 いた電子カル テ利用	ノード6 回診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟での ポータブルX 線撮影時の 画像転送	ノード8 ポータブルデ バイスを用 いた電子カル テ参照	ノード9 IP電話での 無線の使用
[通信速度3M]									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	38.023	0.044	0.087	0.045	51.569	0.339	235.1	37.541	38.056
妨害ノードあり 3	48.597	0.051	0.051	0.03	56.613	0.598	260.635	43.116	34.576
5	76.158	0.15	0.17	0.069	75.939	0.672	378.753	80.453	73.226
10	82.837	0.128	0.132	0.035	84.801	0.806	593.203	98.358	86.642
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	0.63	0.86	0.48	0.45	0.47	0.68	0.68	0.64	0.63
妨害ノードあり 3	0.49	0.76	0.74	0.71	0.42	0.39	0.61	0.56	0.69
5	0.32	0.31	0.25	0.28	0.32	0.35	0.42	0.3	0.33
10	0.29	0.32	0.29	0.64	0.28	0.29	0.27	0.24	0.28
[通信速度15M]									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	10.678	0.014	0.02	0.007	10.276	0.076	61.68	12.748	11.035
妨害ノードあり 3	10.588	0.015	0.015	0.007	9.344	0.119	62.3	10.878	11.618
5	10.639	0.019	0.02	0.007	12.602	0.1	81.036	12.644	11.235
10	13.694	0.021	0.034	0.015	10.37	0.209	132.855	17.246	16.108
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.25	2.62	2	2.75	2.34	2.93	2.59	1.88	2.18
妨害ノードあり 3	2.27	2.51	2.54	2.73	2.57	1.9	2.57	2.21	2.07
5	2.26	2.11	2.04	2.65	1.91	2.23	1.97	1.9	2.14
10	1.75	1.95	1.25	1.45	2.32	1.12	1.2	1.39	1.49
[通信速度40M]									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	7.758	0.011	0.011	0.006	7.795	0.09	50.024	7.826	7.612
妨害ノードあり 3	8.435	0.011	0.013	0.008	9.475	0.117	51.513	8.187	8.821
5	7.99	0.014	0.014	0.006	7.673	0.08	65.061	8.846	8.562
10	9.864	0.012	0.014	0.007	11.722	0.078	66.783	8.71	9.753
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	3.09	3.35	3.27	3.5	3.08	2.5	3.2	3.07	3.15
妨害ノードあり 3	2.85	3.38	2.87	3.07	2.53	1.92	3.11	2.93	2.72
5	3	2.72	2.73	3.42	3.13	2.81	2.46	2.71	2.8
10	2.43	3.13	2.61	2.91	2.05	2.86	2.4	2.76	2.46

5.3.7 小規模病院(20 分)

表 1 9 シミュレーション結果 (7) 小規模病院(20 分)

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧な	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータブ ルX線撮影時 の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
【通信速度3M】 ＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	14.347	0.021	0.026	NaN	14.297	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	16.286	0.023	0.024	NaN	14.37	NaN	NaN	NaN	NaN
5	17.035	0.047	0.028	NaN	24.141	NaN	NaN	NaN	NaN
10	25.203	0.028	0.052	NaN	48.193	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	1.67	1.78	1.44	NaN	1.68	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	1.47	1.65	1.54	NaN	1.67	NaN	NaN	NaN	NaN
5	1.41	0.82	1.35	NaN	0.99	NaN	NaN	NaN	NaN
10	0.95	1.33	0.85	NaN	0.5	NaN	NaN	NaN	NaN
【通信速度15M】 ＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	7.942	0.014	0.013	NaN	7.891	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	8.505	0.012	0.012	NaN	10.804	NaN	NaN	NaN	NaN
5	9.117	0.016	0.014	NaN	7.959	NaN	NaN	NaN	NaN
10	9.322	0.014	0.014	NaN	7.924	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	3.02	2.76	2.94	NaN	3.04	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	2.82	3.04	2.98	NaN	2.22	NaN	NaN	NaN	NaN
5	2.63	2.45	2.67	NaN	3.02	NaN	NaN	NaN	NaN
10	2.58	2.71	2.72	NaN	3.03	NaN	NaN	NaN	NaN
【通信速度40M】 ＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	6.946	0.01	0.011	NaN	6.959	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	7.642	0.01	0.01	NaN	6.913	NaN	NaN	NaN	NaN
5	7.272	0.012	0.014	NaN	6.912	NaN	NaN	NaN	NaN
10	7.294	0.014	0.013	NaN	8.8	NaN	NaN	NaN	NaN
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	3.46	3.63	3.34	NaN	3.45	NaN	NaN	NaN	NaN
妨害ノードあり 3	3.14	3.76	3.6	NaN	3.47	NaN	NaN	NaN	NaN
5	3.3	3.18	2.74	NaN	3.47	NaN	NaN	NaN	NaN
10	3.29	2.81	3.04	NaN	2.73	NaN	NaN	NaN	NaN

5.3.8 大規模病院(20 分)

表 20 シミュレーション結果 (8) 大規模病院(20 分)

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧な ども含む	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータブ ルX線撮影時 の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
[通信速度3M]									
<処理時間> [s]	16.025	0.027	0.034	0.016	15.817	0.188	95.843	NaN	NaN
妨害ノードなし									
妨害ノードあり 3 [個]	24.738	0.029	0.031	0.02	26.427	0.134	114.94	NaN	NaN
5 [個]	30.264	0.064	0.026	0.028	31.486	0.255	105.397	NaN	NaN
10 [個]	25.704	0.046	0.047	0.031	30.311	0.34	156.147	NaN	NaN
<スループット> [Mbps]	1.5	1.38	1.11	1.2	1.52	1.18	1.67	NaN	NaN
妨害ノードなし									
妨害ノードあり 3 [個]	0.97	1.32	1.21	1.05	0.91	1.67	1.39	NaN	NaN
5 [個]	0.79	0.6	1.43	0.73	0.76	0.9	1.52	NaN	NaN
10 [個]	0.93	0.84	0.8	0.69	0.79	0.68	1.02	NaN	NaN
[通信速度15M]									
<処理時間> [s]	8.502	0.013	0.012	0.008	7.931	0.072	58.636	NaN	NaN
妨害ノードなし									
妨害ノードあり 3 [個]	9.04	0.014	0.013	0.006	7.959	0.075	61.176	NaN	NaN
5 [個]	9.388	0.016	0.014	0.006	9.812	0.081	55.715	NaN	NaN
10 [個]	9.161	0.016	0.015	0.006	7.93	0.075	75.348	NaN	NaN
<スループット> [Mbps]	2.82	2.91	3.06	2.56	3.03	3.1	2.73	NaN	NaN
妨害ノードなし									
妨害ノードあり 3 [個]	2.66	2.67	2.87	3.26	3.02	2.95	2.62	NaN	NaN
5 [個]	2.56	2.41	2.68	2.92	2.45	2.74	2.87	NaN	NaN
10 [個]	2.62	2.33	2.53	3.25	3.03	2.96	2.12	NaN	NaN
[通信速度40M]									
<処理時間> [s]	7.067	0.011	0.01	0.006	6.903	0.062	46.095	NaN	NaN
妨害ノードなし									
妨害ノードあり 3 [個]	7.212	0.011	0.011	0.005	8.003	0.068	46.153	NaN	NaN
5 [個]	7.376	0.013	0.012	0.006	7.564	0.064	47.885	NaN	NaN
10 [個]	7.72	0.011	0.012	0.006	10.204	0.071	46.289	NaN	NaN
<スループット> [Mbps]	3.4	3.47	3.79	3.59	3.48	3.6	3.47	NaN	NaN
妨害ノードなし									
妨害ノードあり 3 [個]	3.33	3.29	3.51	3.79	3	3.28	3.47	NaN	NaN
5 [個]	3.25	3.07	3.19	3.19	3.17	3.49	3.34	NaN	NaN
10 [個]	3.11	3.37	3.21	3.35	2.35	3.15	3.46	NaN	NaN

5.3.9 将来の大規模病院(20分)

表2-1 シミュレーション結果(9) 将来の大規模病院(20分)

	ノード1 ベッドサイド での電子カル テの利用	ノード2 ベッドサイド でのバイタル の入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッドサイド でのバイタル の入力 b)看護師手 入力	ノード4 携帯端末に よる薬剤投 与、採血、輸 血等の患者 認証	ノード5 回診時にノー トPCを用いた 電子カルテ利 用	ノード6 回診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟での ポータブルX 線撮影時の 画像転送	ノード8 ポータブルデ バイスを用い た電子カルテ 参照	ノード9 IP電話での 無線の使用
【通信速度3M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	26.683	0.039	0.032	0.013	15.787	0.205	134.564	21.42	22.85
妨害ノードあり 3									
[個]	22.851	0.032	0.041	0.023	20.539	0.188	156.58	22.91	20.285
5									
[個]	27.848	0.048	0.04	0.014	30.518	0.186	179.84	28.546	22.642
10									
[個]	43.091	0.056	0.06	0.026	31.897	0.421	330.26	33.384	26.656
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	0.9	0.97	1.16	1.46	1.52	1.09	1.19	1.12	1.05
妨害ノードあり 3									
[個]	1.05	1.15	0.92	0.92	1.17	1.19	1.02	1.05	1.18
5									
[個]	0.86	0.8	0.97	1.4	0.79	1.21	0.89	0.84	1.06
10									
[個]	0.56	0.71	0.68	0.83	0.75	0.54	0.48	0.72	0.9
【通信速度15M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	8.36	0.015	0.014	0.007	10.862	0.083	56.07	8.731	8.689
妨害ノードあり 3									
[個]	9.413	0.018	0.019	0.007	7.943	0.078	60.719	10.245	9.999
5									
[個]	10.388	0.017	0.013	0.007	9.096	0.093	53.282	9.5	9.124
10									
[個]	14.944	0.015	0.026	0.007	9.378	0.167	52.793	11.485	11.791
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	2.87	2.49	2.66	2.87	2.21	2.71	2.85	2.75	2.76
妨害ノードあり 3									
[個]	2.55	2.37	2.11	2.65	3.02	2.85	2.64	2.34	2.4
5									
[個]	2.31	2.21	2.82	2.84	2.64	2.43	3	2.53	2.63
10									
[個]	1.61	2.49	1.64	2.94	2.56	1.35	3.03	2.09	2.04
【通信速度40M】									
＜処理時間＞ [s]									
妨害ノードなし	7.239	0.011	0.01	0.005	7.396	0.075	50.262	8.046	7.774
妨害ノードあり 3									
[個]	8.342	0.012	0.012	0.006	7.725	0.063	49.84	6.92	7.446
5									
[個]	8.335	0.013	0.012	0.006	7.686	0.065	49.759	7.281	7.7
10									
[個]	8.031	0.014	0.014	0.006	10.38	0.069	63.255	8.702	8.33
＜スループット＞ [Mbps]									
妨害ノードなし	3.32	3.53	3.57	3.62	3.25	2.97	3.18	2.98	3.09
妨害ノードあり 3									
[個]	2.88	3.22	3.17	3.3	3.11	3.51	3.21	3.47	3.22
5									
[個]	2.88	2.81	3.18	3.4	3.12	3.45	3.22	3.3	3.12
10									
[個]	2.99	2.69	2.78	3.31	2.32	3.22	2.53	2.76	2.88

5.4 シミュレーション結果(グラフ)

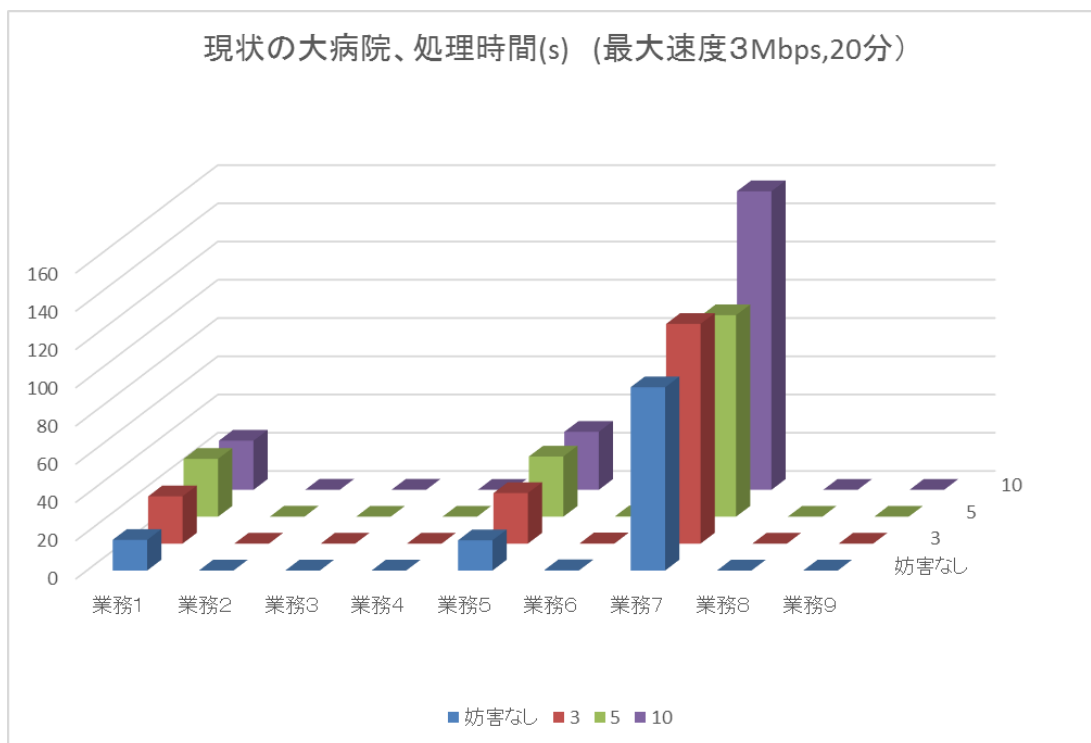


図 1 8 シミュレーション結果 (1) 大病院、3 Mbps, 20分

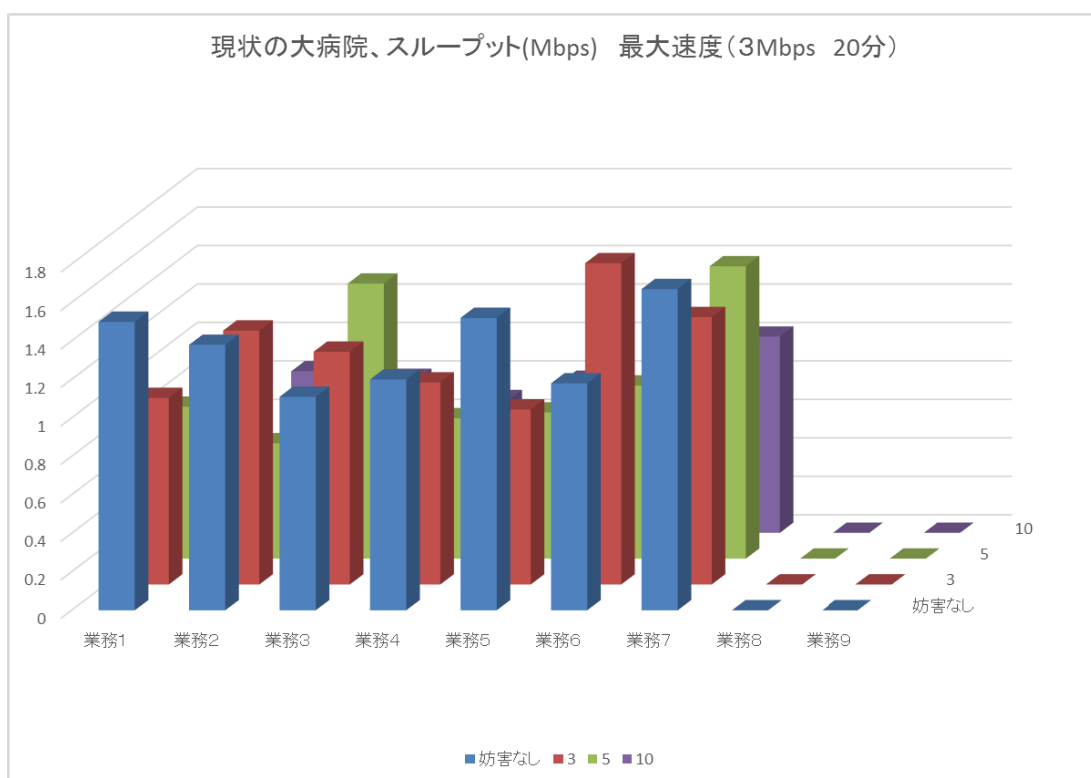


図 1 9 スループット (大病院、3 Mbps、20 分)

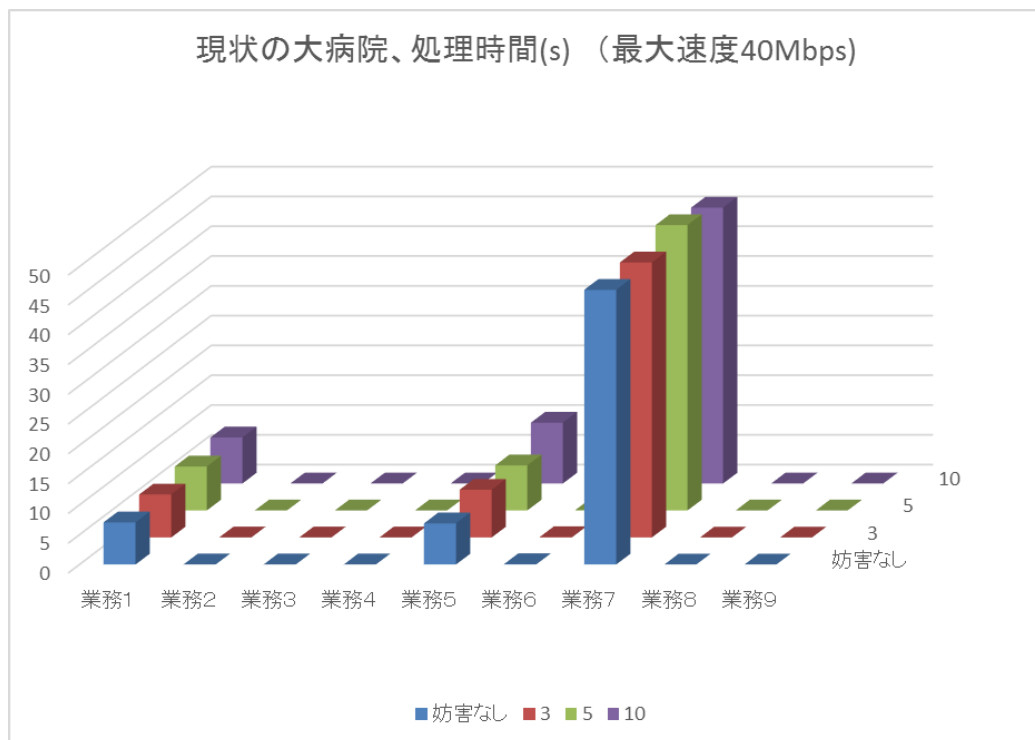


図 2 0 処理時間 (大病院、4 0 Mbps、20 分)

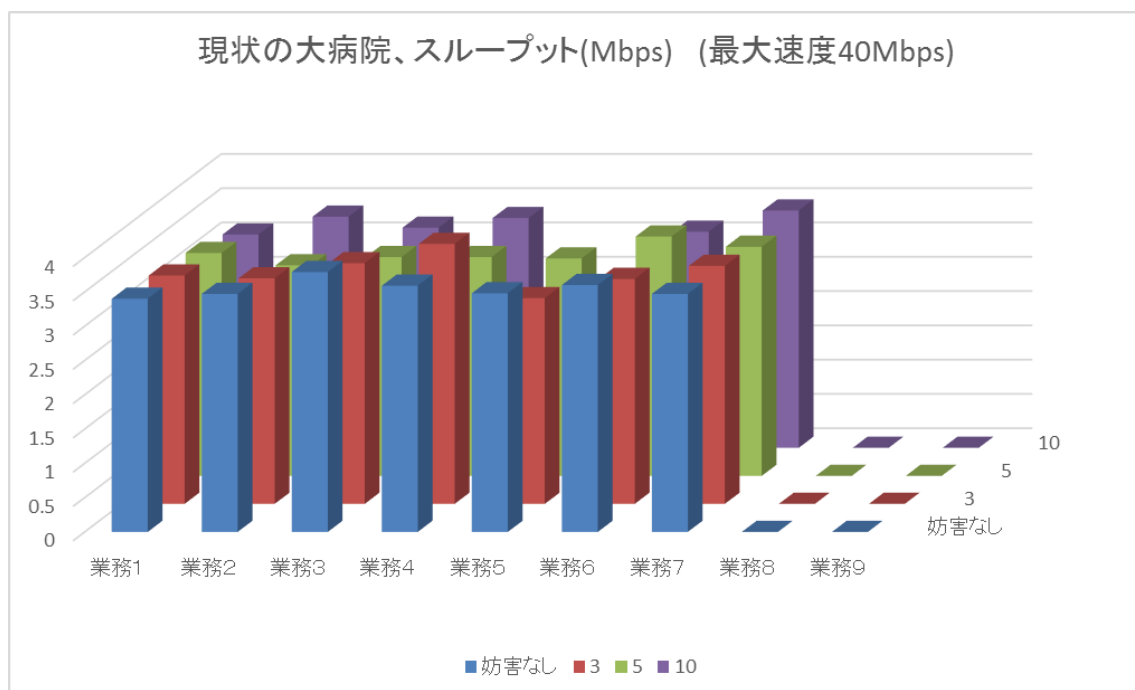


図 2 1 スループット (大病院、4 0 Mbps、20分)

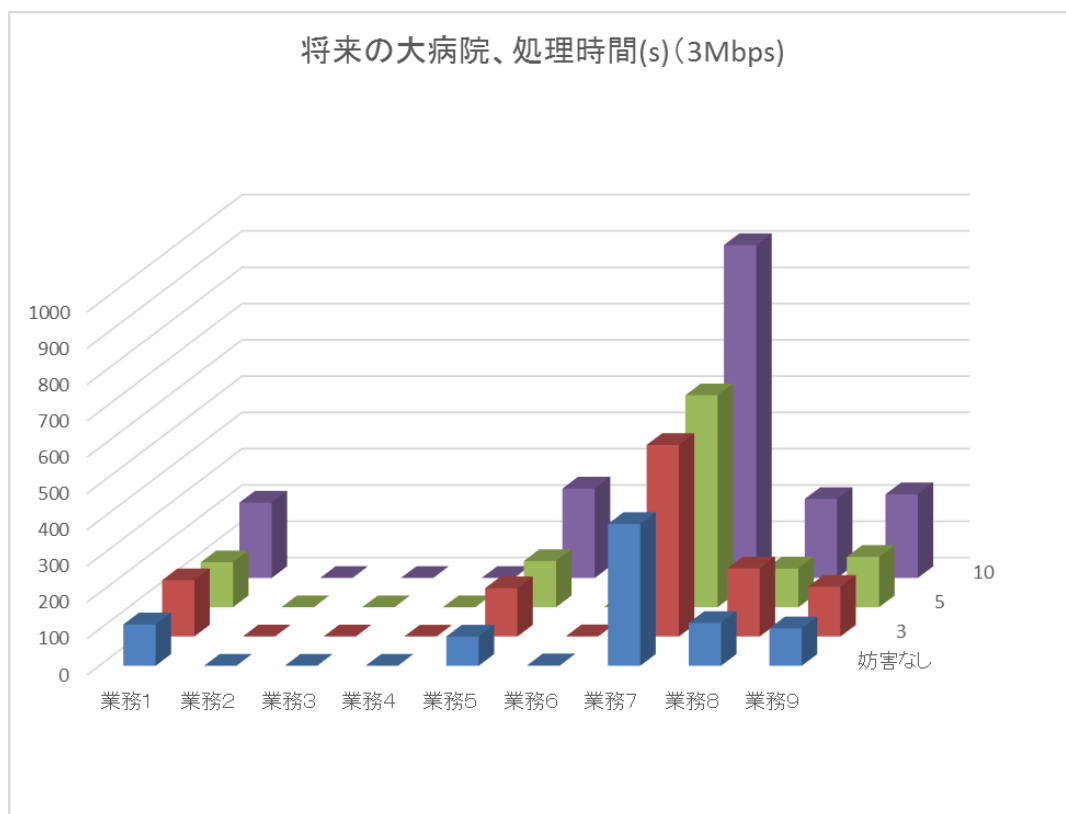


図 2 2 処理時間（大病院、3 Mbps、20 分）

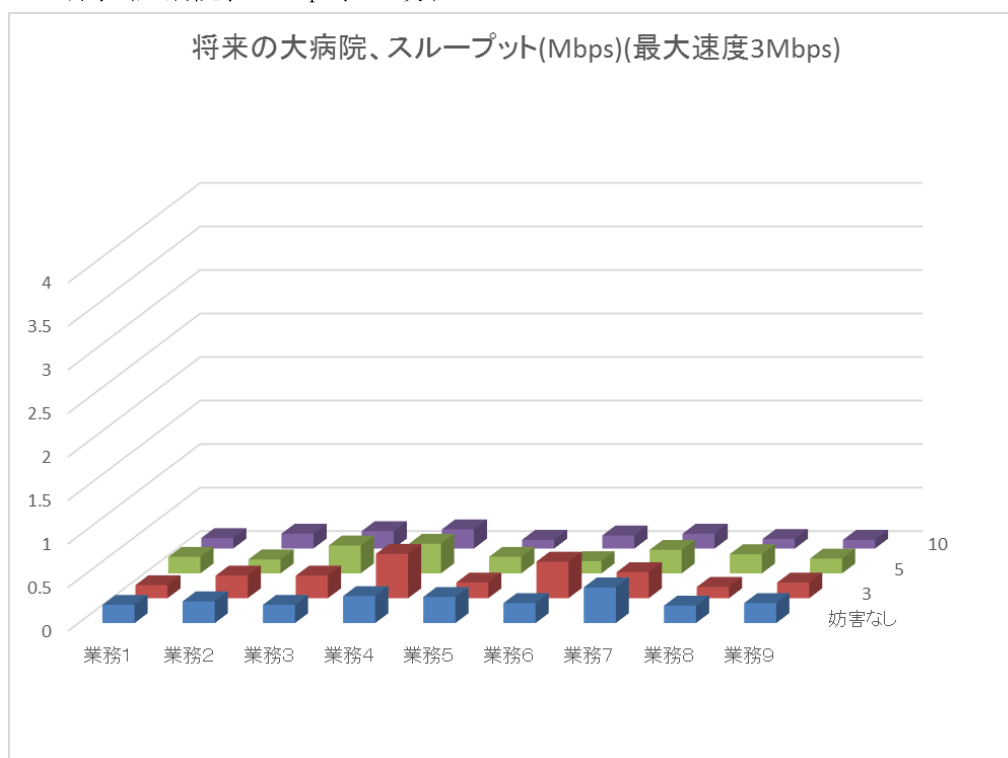


図 2 3 スループット（将来の大病院、3 Mbps、20分）

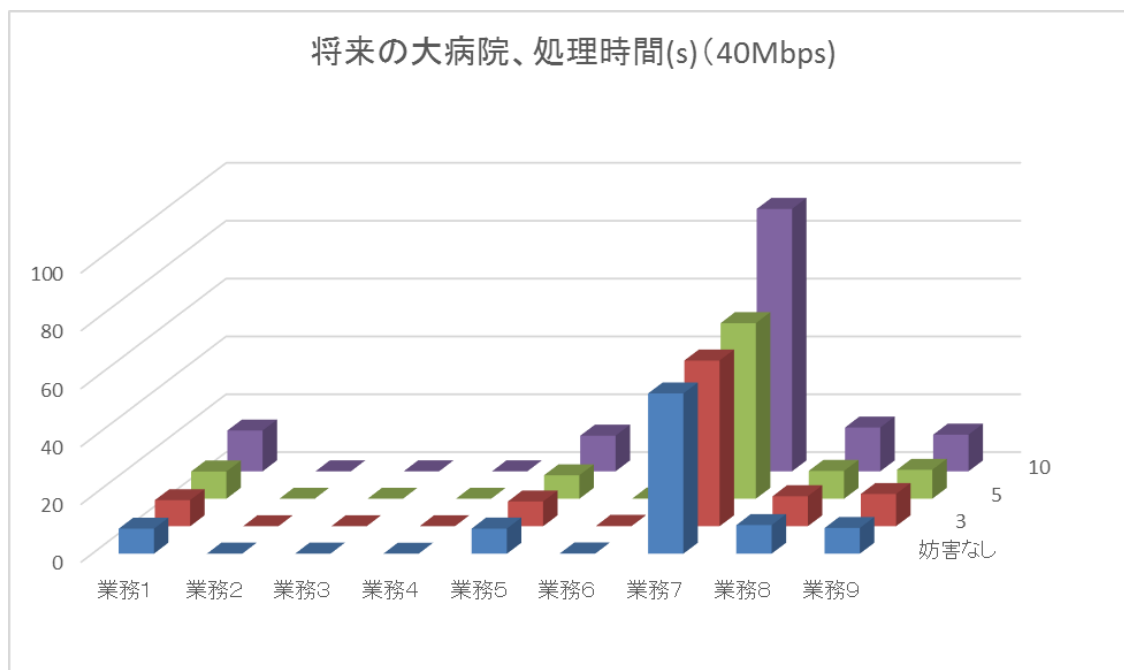


図 2 4 処理時間 (将来の大病院、4 0 Mbps、20 分)

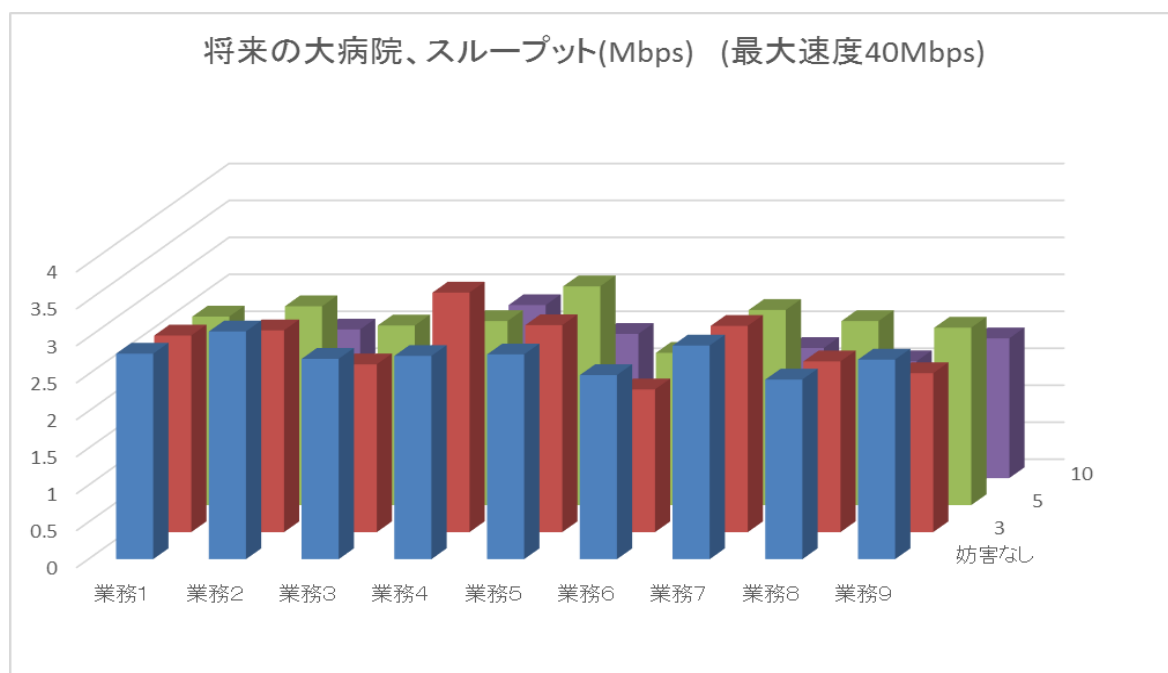


図 2 5 スループット (将来の大病院、4 0 Mbps、20分)

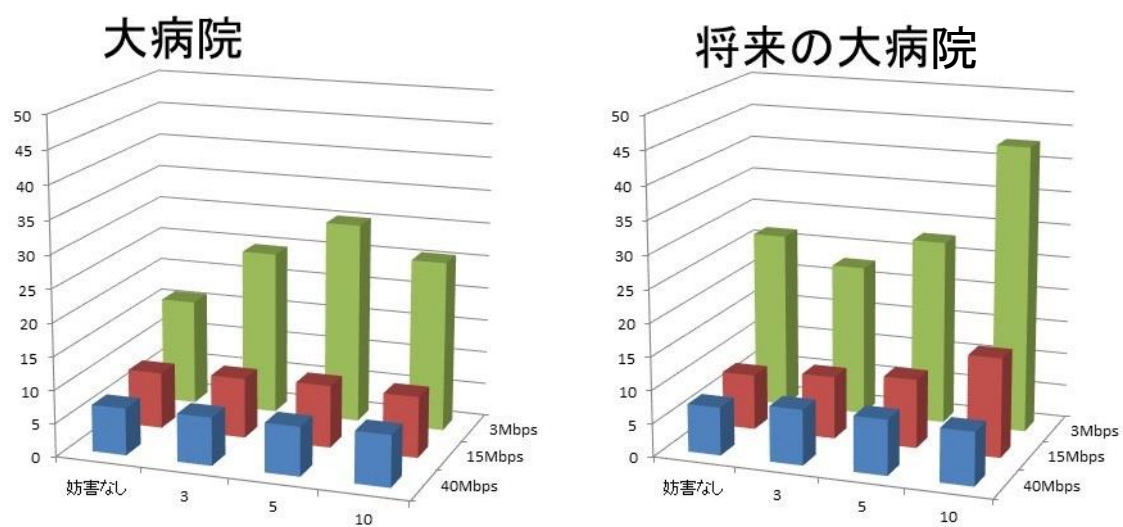


図 2 6 ベッドサイドでのカルテ閲覧にかかる時間

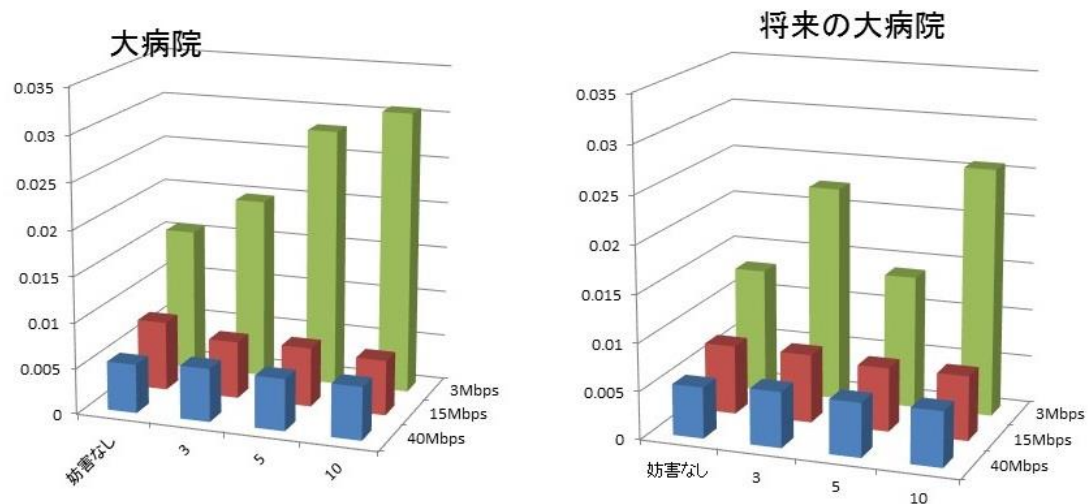


図 2 7 3 点確認にかかる時間

5.5 考察

現状の大病院の想定でも、妨害ノードが無い場合には、3Mbps の最大速度で設定しても、大きなファイルを連続して送信する業務 7 で妨害ノードの影響がはっきり見られた程度で、他の業務にはあまり影響はないと言える状況であった。

しかし、将来の大病院を想定した、IP 電話や医療者個人がモバイル端末を携帯しこまめにアクセスする状況、インターネットから情報を入手しながら業務を行う様な状況では、通信速度が高くても妨害ノードの影響を受けていた。また、大きな差はなくても、妨害ノードによる遅延、スループットの低下が生じており、無線 LAN の利用拡大の際には何らかの対策を講じないと、無線 LAN を使用した病院情報システムの利用に影響を与えらると思える。

使用可能な帯域と接続台数を考えると余裕があるはずなのに、現状でも、無線 LAN を用いた際の速度低下を実感しており、チャンネル設定、病院情報システム以外の無線 LAN による干渉の影響を受けていることが示唆される結果であった。

Chapter 6

医療用無線 LAN のプロトコルとして優先度を用いた CSMA/CA 方式の検討

6.1 CSMA/CA 方式による優先度の設定

Chapter 5 において、現状の病院環境における無線 LAN の実情をシミュレートしたが、病院情報システム以外の無線 LAN による干渉がある状況もあり、何等かの対策を取らないと患者の生死にかかわるような重要な情報を無線 LAN で送受信することの危険性が生じてしまう。また、無線 LAN の利用拡大があった場合にも、接続が悪化する状況がシミュレートできた通りで、何らかの対策を講じないまま利用拡大することのリスクは明白である。

通信容量が増えた際の接続が悪化する問題について、CSMA/CA 方式の CW を調整することで、医療用の無線通信を有線させる方式を、病棟での無線 LAN の信頼性向上のために用いることを提案する。この方式は IEEE802.15.6 では既に設定されている方式で、0~7 の 8 段階の優先度が定められている。CSMA/CA 方式では衝突が起きた時に、CW の値を $CW_i = CW_{i-1} \times 2 + 1$

として決定されることが一般的であるが、衝突が起きた場合に倍の時間待つことによって混雑を解消している。このことは業務内容に応じて遅延時間が許容できる遅延時間が大きく異なるにも関わらず、等しく遅延時間を延ばしていることになる。

そこで、この CW の値を業務に応じて以下のように設定する。業務ごとに優先度を定め、CWmin の値と CWmax の値を設定することで業務の優先度を反映させる。

表 2 2 IEEE802.15.6 の CSMA/CA 方式での CW による優先度

User Priority	CSMA/CA		Slotted Aloha access	
	CWmin	CWmax	CPmax	CPmin
0	16	64	1/8	1/16
1	16	32	1/8	3/32
2	8	32	1/4	3/32
3	8	16	1/4	1/8
4	4	16	3/8	1/8
5	4	8	3/8	3/16
6	2	8	1/2	3/16
7	1	4	1	1/4

業務の重要性として、電子カルテ参照の業務 1 は迅速に開けることが望まれるが、多少遅れても業務の本質には大きな影響はない。バイタル入力を機器から行う業務 2、バイタルの手入力の業務 3、患者確認、実施前の確認の業務 4 は迅速に業務を終え、次の業務に移る必要があり、接続の優先度は高く、患者確認などは誤認があると問題のある業務であり、その点でも優先度が高い。業務 5 については、教授回診などで反応が悪いと不機嫌になる教授も有りうるが、その場で治療を行っていることは少なく、診療の観点から迅速性が多少阻害されても問題はない。業務 6 のインターネットを用いた参考情報の入手も早いに越したことはないが、多少の遅れは許される。業務 7 の無線による X 線写真の伝送については、大きなファイルを送ることになり、どうしてもある程度の時間を要する業務で、無線化される前はフィルムやイメージングプレートを放射線部に持ち帰って処理していた業務であり、現時点では迅速性に対する要求はそれほど高くなく、正確であることの方が求められる業務である。業務 8 については、業務 1 と同様であるが、シンクライアントとして中間サーバーに参照に行く接続になり、情報の伝送量が業務 1 より少なくなっている。業務 9 の IP 電話については、適切な接続を確保しないと音声通信の品質低下につながるので、帯域の確保という点で優先度は比較的高い設定が必要になる。

6.2 CSMA／CA 方式での優先度を設定してのシミュレーション

以上を踏まえて、業務についての CW を以下に設定して、シミュレーションを行った。CW を優先度に応じて設定する効果を確認するために、現状よりも業務量を増やし、負荷の高い業務を選択し、業務 1, 2, 3, 4, 7, 8 について検討した。

表 2 3 業務ごとの優先度

業務	1	2	3	4	7	8	その他
	電子カルテ 閲覧	バイタルの 直接入力	バイタルの 手入力	患者確認、 3 点確認	ポータブル X 線転送	モバイルの カルテ閲覧	妨害の接続
CWmin	8	8	8	8	16	8	31
CWmax	32	16	16	16	64	32	1023

Chapter 4 で示した通り、業務に伴う情報量はそれほど多くないので、ここでは業務ごとの説足ノード数を増やすことで、chapter 4 よりも負荷をかけた状態を想定して提案方式の効果を検証した。

表 2 4 業務毎のノード数

業務	ノード数
1 病棟での電子カルテ参照	25
2 バイタルの機器からの直接送信	25
3 バイタルの看護師による手入力	25
4 実施前の患者確認、3点チェック	15
7 X線の無線による伝送	2
8 ポータブルデバイスでのカルテ参照	10

6.3 結果

表 2 5 提案手法なしでの処理速度

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧など	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータ ブルX線撮影 時の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
[通信速度3M] ＜処理時間＞ [s] 妨害ノードなし	46.45	0.05	0.09	0.03	NaN	NaN	240.91	38.41	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	52.56	0.09	0.09	0.06	NaN	NaN	281.23	54.55	NaN
5	109.56	0.14	0.20	0.10	NaN	NaN	453.81	109.84	NaN
10	159.63	0.33	0.21	0.07	NaN	NaN	860.26	182.79	NaN
＜スループット＞ [Mbps]	0.52	0.70	0.45	0.68	NaN	NaN	0.66	0.63	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	0.46	0.43	0.44	0.39	NaN	NaN	0.57	0.44	NaN
5	0.22	0.32	0.22	0.22	NaN	NaN	0.35	0.22	NaN
10	0.15	0.16	0.20	0.35	NaN	NaN	0.19	0.13	NaN
[通信速度15M] ＜処理時間＞ [s] 妨害ノードなし	10.20	0.01	0.02	0.01	NaN	NaN	63.76	9.00	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	12.72	0.02	0.02	0.01	NaN	NaN	124.88	13.00	NaN
5	13.22	0.02	0.02	0.01	NaN	NaN	93.66	12.37	NaN
10	18.32	0.03	0.03	0.02	NaN	NaN	143.24	15.77	NaN
＜スループット＞ [Mbps]	2.35	2.50	2.26	2.41	NaN	NaN	2.51	2.67	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	1.89	2.17	2.29	1.76	NaN	NaN	1.28	1.85	NaN
5	1.82	1.98	1.83	1.95	NaN	NaN	1.71	1.94	NaN
10	1.31	1.51	1.40	1.72	NaN	NaN	1.12	1.52	NaN
[通信速度40M] ＜処理時間＞ [s] 妨害ノードなし	8.15	0.01	0.01	0.01	NaN	NaN	54.18	8.01	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	9.06	0.01	0.01	0.01	NaN	NaN	56.93	8.37	NaN
5	8.59	0.01	0.01	0.01	NaN	NaN	60.39	8.99	NaN
10	13.57	0.02	0.02	0.01	NaN	NaN	75.99	12.01	NaN
＜スループット＞ [Mbps]	2.95	3.24	2.98	3.19	NaN	NaN	2.95	3.00	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	2.65	2.54	2.81	2.80	NaN	NaN	2.81	2.87	NaN
5	2.80	2.62	2.55	2.76	NaN	NaN	2.65	2.67	NaN
10	1.77	2.08	1.81	2.46	NaN	NaN	2.11	2.00	NaN

表 2 6 提案手法ありでの処理速度

	ノード1 ベッド サイドでの 電子カルテの 利用	ノード2 ベッド サイドでのバ イタルの入力 a)機器から直 接	ノード3 ベッド サイドでのバ イタルの入力 b)看護師が 手入力	ノード4 携帯 端末による薬 剤投与、採 血、輸血など での患者認 証	ノード5 回診 時にノートPC を用いた電子 カルテ利用 a)画像参照、 動画閲覧など	ノード6 b)回 診時のイン ターネットを 用いた医療 情報の参照	ノード7 病棟 でのポータ ブルX線撮影時 の画像転送	ノード8 ポー タブルデバイ スを用いた電 子カルテ参照	ノード9 IP電 話での無線 の使用
[通信速度3M] ＜処理時間＞ [s] 妨害ノードなし	22.04	0.05	0.05	0.03	NaN	NaN	292.31	38.39	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	30.70	0.05	0.06	0.03	NaN	NaN	363.13	51.15	NaN
5	26.86	0.06	0.05	0.03	NaN	NaN	497.36	45.26	NaN
10	24.33	0.05	0.05	0.03	NaN	NaN	475.32	43.02	NaN
＜スループット＞ [Mbps] 妨害ノードなし	1.09	0.82	0.75	0.72	NaN	NaN	0.55	0.63	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	0.78	0.73	0.68	0.72	NaN	NaN	0.44	0.47	NaN
5	0.89	0.66	0.75	0.63	NaN	NaN	0.32	0.53	NaN
10	0.99	0.76	0.82	0.74	NaN	NaN	0.34	0.56	NaN
[通信速度15M] ＜処理時間＞ [s] 妨害ノードなし	4.13	0.01	0.01	0.01	NaN	NaN	101.72	8.92	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	4.91	0.01	0.01	0.01	NaN	NaN	118.97	11.04	NaN
5	5.74	0.01	0.01	0.01	NaN	NaN	131.28	11.77	NaN
10	5.55	0.01	0.01	0.01	NaN	NaN	145.35	11.72	NaN
＜スループット＞ [Mbps] 妨害ノードなし	5.81	3.95	4.00	3.29	NaN	NaN	1.57	2.69	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	4.89	3.41	3.66	3.53	NaN	NaN	1.35	2.17	NaN
5	4.18	3.54	3.15	3.61	NaN	NaN	1.22	2.04	NaN
10	4.33	3.50	2.98	3.23	NaN	NaN	1.10	2.05	NaN
[通信速度40M] ＜処理時間＞ [s] 妨害ノードなし	3.02	0.01	0.01	0.00	NaN	NaN	97.15	8.07	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	3.04	0.01	0.01	0.00	NaN	NaN	98.96	7.74	NaN
5	3.33	0.01	0.01	0.00	NaN	NaN	99.56	8.32	NaN
10	3.55	0.01	0.01	0.00	NaN	NaN	105.28	8.80	NaN
＜スループット＞ [Mbps] 妨害ノードなし	7.95	5.30	5.44	5.31	NaN	NaN	1.65	2.98	NaN
妨害ノードあり 3 [個]	7.90	5.21	5.26	5.38	NaN	NaN	1.62	3.10	NaN
5	7.22	4.85	5.31	4.96	NaN	NaN	1.61	2.89	NaN
10	6.77	4.84	4.66	4.86	NaN	NaN	1.52	2.73	NaN

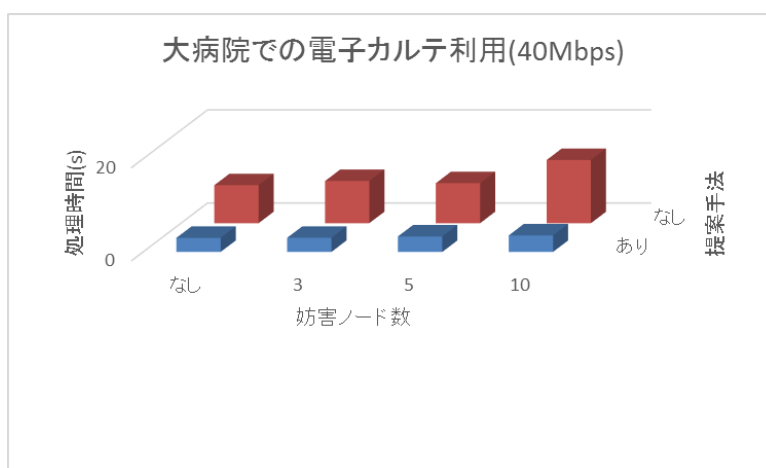
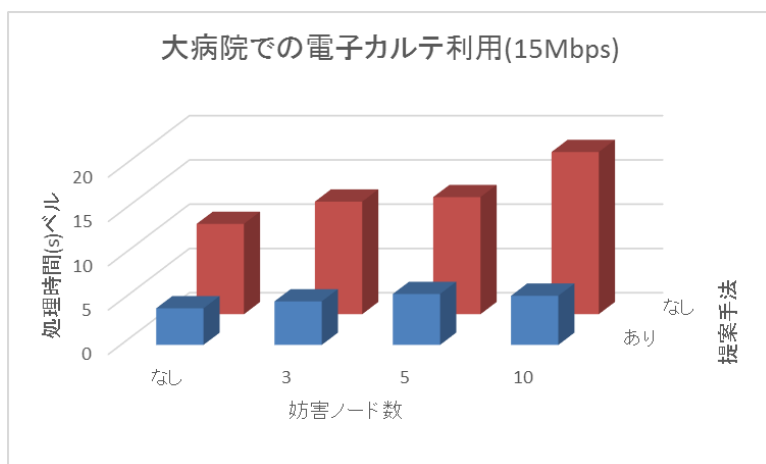
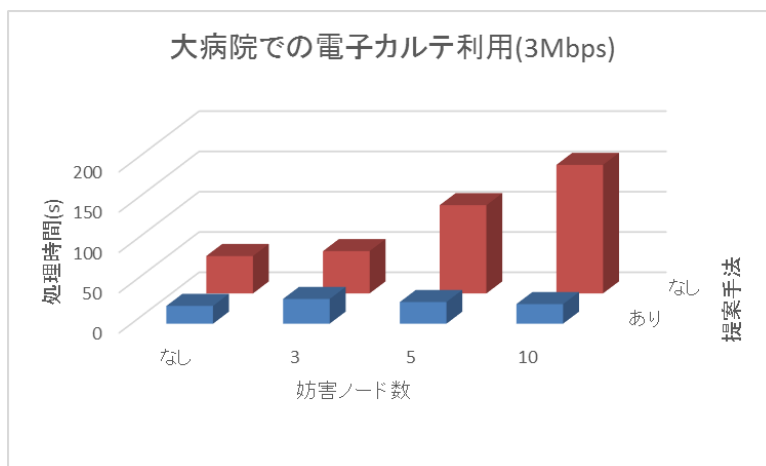


図 2 8 大病院における電子カルテ利用の処理時間

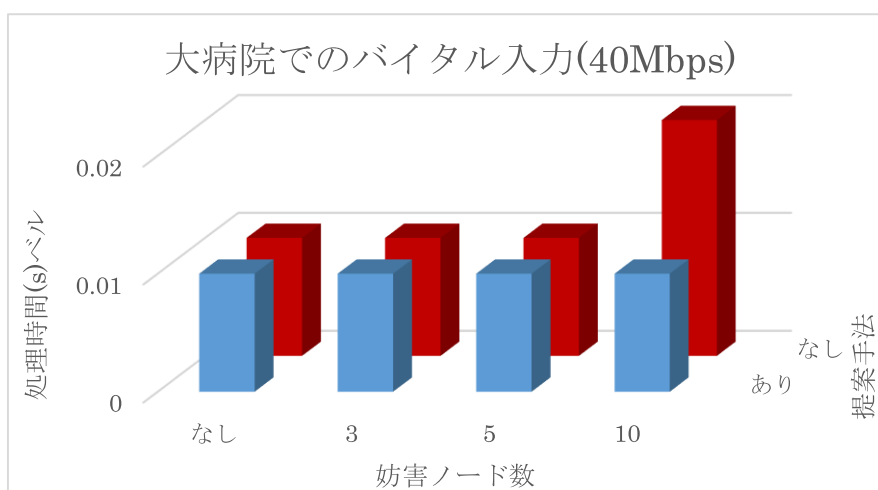
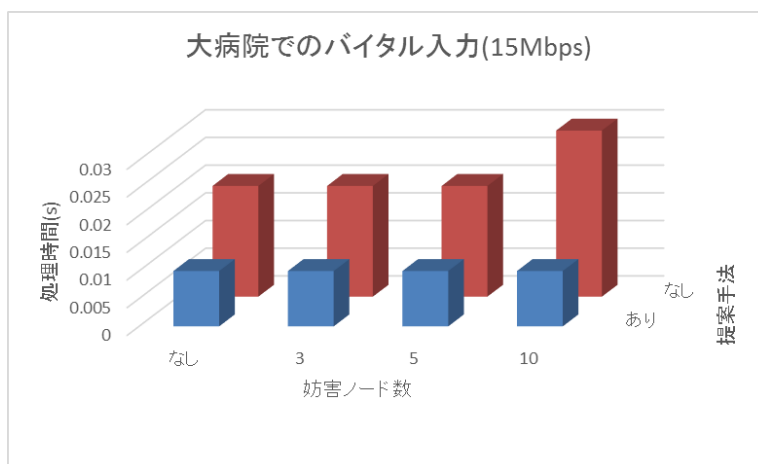
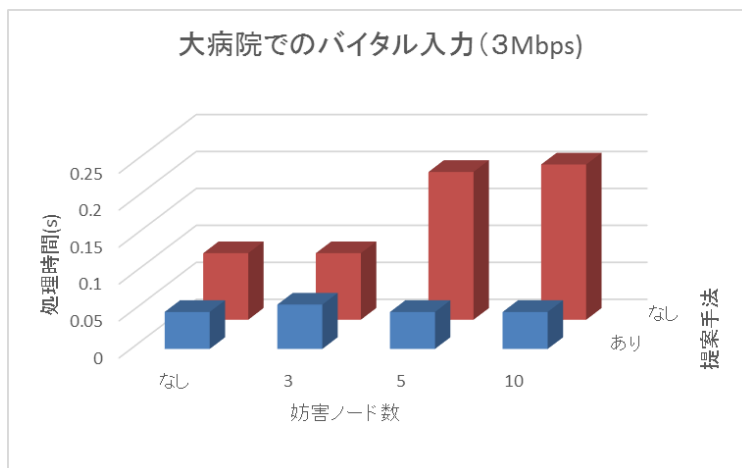


図 2 9 大病院におけるバイタル入力の処理時間

6.4 考察

提案手法を用いて、優先度を設けた場合と優先度を設定しない場合で、伝送する情報量が大きい場合、最大速度が小さく、転送の余裕が少ない場合に提案手法による効果が大きく発揮された。最大速度が 40Mbps あり、伝達する情報が少ない場合には、提案手法を用いても、衝突そのものが少なく、改善効果は期待できないが、妨害ノードが増えて、衝突が増えて、転送速度が落ちている状態では、優先度を用いる事で、妨害ノードが増えても、妨害ノードがない状況と同等の通信速度を確保することができている。

本方式は IEEE802.15.6 で実装されている方式であるが、IEEE802.11 においても、CSMA/CA 方式を用いる事で優先度の高い情報を確実に伝達することに有効であることが示唆された。

IEEE802.15.6 では優先度を 8 段階で設定しているが、どのような業務にこういった優先度を与えるべきか、優先度の設定をどの程度まで細かくするかといった検討は必要である。また、全ての通信で優先度を高く設定してしまうと、優先度を設定する効果は無くなってしまっているので、優先度の設定についての何らかの取り決めが本方式を導入するに際しては必要と思われる。

Chapter 7

WBAN における中継装置を用いる事による通信の改善

7.1. Introduction

7.1.1. 病院環境における無線LANの問題点

多くの病院で病室、診察室は利便性のため、1 箇所にまとめられることが多い。診療スタッフ、患者にとっての利便性は向上するが、無線 LAN システムにおいては集まることによって問題が生じる。医療機器、電子カルテからの無線チャンネル経由での無線 LAN 基地局にアクセスするため、衝突が生じ、その後、1 つの装置から同じチャンネルにアクセスする。接続端末数、秒あたりに生成されるデータパケット数により衝突の頻度は影響を受ける。さらに、多くの装置が診察室（図 30 中の無線 LAN 2）に近接している基地局にアクセスする。一方で、診察室から遠い無線 LAN 1 には少ない端末しかアクセスしない。そのため、端末からのアクセスは無線 LAN 2 に集中し、パケットが衝突する確立が増加し、処理能力の低下、遅延の増加につながり、大域としての効率が減少することになる。

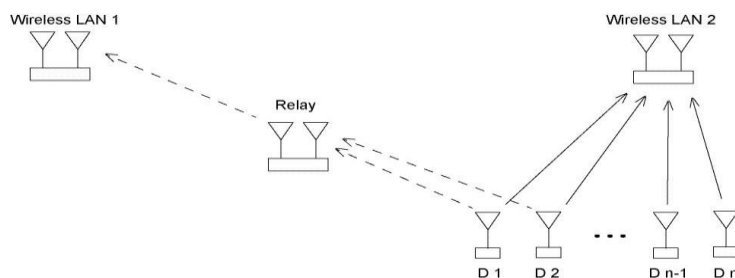


図30 病院における無線LANシステム

7.1.2. 本研究の目的

多くのバイタルデータがこれまでも各種機器を用いてモニターされてきているが、実際に何が起きているかを知ることは、医療者にとっては難しい。日常生活での行動情報や多くの身体機能のモニタリングをすることで、その問題を解決する可能性がある。データ・パケットの衝突がおきて、患者情報が遅れることは医師の臨床判断を誤らせる原因にもなりかねない。また、情報データの衝突が重なることで接続のタイムアウトが起きると情報そのものが失われてしまう。遅れを減少させて、かつ処理能力を増加させるために、WLAN 基地局と端末の間に中継局を設置することで特定の基地局への集中を回避することができる。図 30 に示されるように、いくつかの装置は中継によって無線 LAN 1 を選択できるようになる。そうすると、無線 LAN 2 にアクセスする端末数は減少し、帯域効率が高くなることが想定される。

しかし、中継器を介することによる信号処理による遅れを考慮する必要がある。スキーム 1 では、装置はすべて無線 LAN2 にアクセスする。しかし、スキーム 2 では、中継局がおかれ、端末の一部は無線 LAN1 に接続し、残りが無線 LAN2 にアクセスする。両方のスキーム 1 および 2 の能力は IEEE802.15.6 の標準に基づき数学的に解析することが可能である。それぞれのスキームのスループット、遅延、帯域効率の数的な比較が可能である。

7.1.3. 先行研究

ボディーエリアネットワークの緊急方式においては、IEEE802.15.6 規格が 2012 年 2 月に定められた⁴⁷⁾際に確立された。標準の概要、および帯域効率と遅れに基づいた WBAN の機能解析は、IEEE802.15.6 に関する標準規約に示されている⁴⁸⁻⁵⁰⁾。これらの書類では、しかしながら、WBAN はデータ・パケットを送信する 1 つの装置からなると仮定される。同時に多数の端末からの送信による、パケットの衝突およびパケット到着率については考慮されていない。一方で、PHY 層、WBAN の MAC 層およびネットワーク層は、Ullah⁵¹⁾、Jung⁵²⁾らが報告している。更に、MAC 層の上のコントロールは WBAN のパフォーマンスを改善すると報告されている^{53,54)}。植え込みデバイスの送信は低電力、人体への影響の少ない条件で設定されている。多数の端末がある場合の影響について検討されている^{55,56)}。多数の端末がある WBAN において実行について接続が多い場合のユーザごとの優先を配慮することについて⁵⁷⁻⁵⁹⁾、および接続数に余裕がある場合⁶⁰⁾で分析された。

さらに、信号モードを備えたスーパー構造およびアクセス過程長さが、Changle ら⁵⁸⁾と Rashwarnd ら⁶⁰⁾がそれぞれを考慮に入れて、詳細に分析された。しかし、端末数、パケット到着率、パケット・サイズなどの数の効率、各装置の処理能力および処理能力の合計においては、遅延およびシステムの帯域効率が議論されていない。

7.1.4. 研究の構成

ここでは、セクション II に標準の IEEE802.15.6 の PHY と MAC の層の概要を導入する。離散時間型マルコフ連鎖は提案されている。次に、CSMA/CA を持った、両方のスキーム 1 および 2 について分析する。両者を数値的に比較し、結論をまとめている。

7.2 BRIEF OF STANDARD IEEE802.15.6

ここで、今回の研究に関係する標準規約について簡単に概要を説明する。詳細については 47,48)に示されている。

7.2.1 PHY layer

IEEE802.15.6 は人体通信 (HBC)、ナローバンド (NB)、ウルトラワイドバンド (UWB) の 3 つの異なる PHY 層を定義している。NB はいくつかの周波数帯に分割されている。また、データ転送速度、シンボル割合などはそれぞれの周波数帯によって異なる。今回は NB の 2483.5MHz-2400MHz の帯域でシステムを分析する。異なる周波数帯での分析も基本的に類似している。NB の PHY 層での物理的なプロトコルデータ単位 (PPDU) を図 31 に示す。

PPDU のコンポーネントを固定し、ペイロードを除外した。PHY 層のパラメーターを表 1 に示す。

図 31 . PPDU of NB PHY

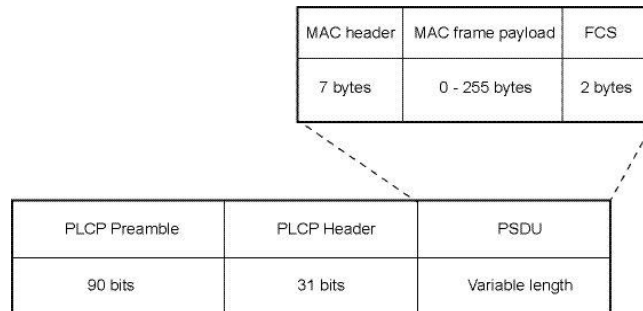


表 27 . Parameters of PHY layer

Frequency band [MHz]	2400-2483.5
Packet component	PSDU
Modulation DBPSK	DBPSK
Symbol rate R_s [ksps]	600
Data rate R_{hdr} [kbps]	242.9
Clear channel assessment [bits]	63
MAC header [bits]	56
MAC footer [bits]	16
CSMA slot time T_s [μ s]	125
Short interframe spacing time T_{pSIFS} [μ s]	75
Preamble [bits]	88
Propagation delay α [μ s]	1

7.2.2. MAC layer

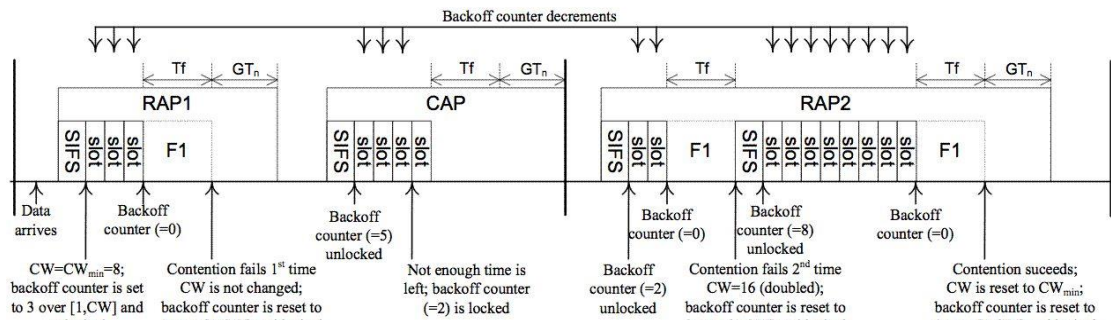


図 3.2. An example of operation of CSMA/CA and relationships of time durations

IEEE802.15.6 に基づいた CSMA/CA のアルゴリズムは以下のように記述される。
装置はすべてが間隔上に一様に分配された任意の整数にたいして **backoff** 値をセットする [1, W]、W コンテンションウィンド値で Wmin と Wmax の間の値になる。Wmin と Wmax の値はユーザごとの優先度 (UP) に依存して変更する。なお、本研究では、すべての端末の UP 値はゼロ番目の UP 値と同じであると仮定する。UP 値をいろいろ定める拡張は可能だが、今回は行わない。

図 3 に示すように、端末は個々の使用されていない CSMA スロットの 1 つに **backoff** カウンターを設定する。**backoff** カウンターが 0 になった際に、その端末はパケットを送信する。特定のチャンネルが別の端末の送信のために使用中ならば、チャンネルが空くまで端末は **backoff** カウンターをロックする。端末からのパケットが衝突により ACK を受け取れない場合はその送信は失敗するかあるいは解読することができなくなる。

Wmax に達するまで、W は失敗のたびに 2 倍になる。**Backoff** 値の最大値は再送限度 m によって制限される。

再送を繰り返し、再送回数があらかじめ定められた再送限度 m を超過すれば、パケットが廃棄される。送信が成功した場合、W は Wmin にセットされる。ゼロ次の UP`での W は以下の表 28 に示す。

表28 Contention window for every UP

number of retransmissions	0	1	2	3	4 and over
W	16	16	32	32	64

7.3 Performance analysis of WBANs

7.3.1 Discreet

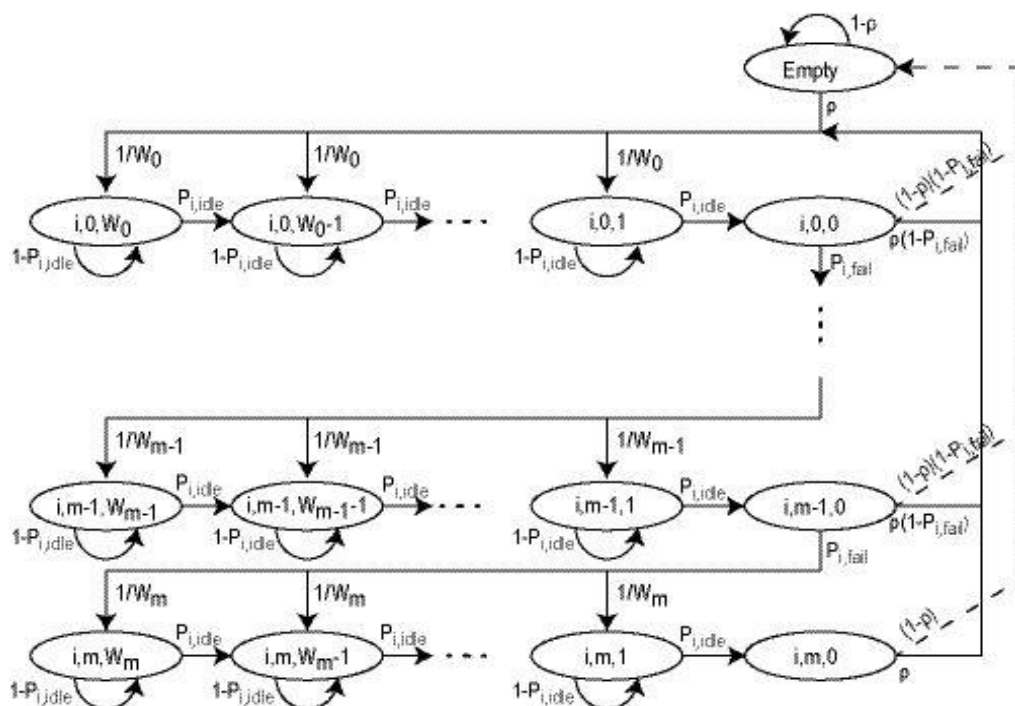


図 3.3. Algorithm of DTMC method

初めは、スキーム 1 の能力を分析する。スキーム 1 は、1 つの基地局である無線 LAN 2 とスター型に接続する D1、D2、、、、Dn の n 個の端末で構成されて無線 LAN 2 に直接アクセスができる。無線 LAN 1 は電波が届かず接続できない。離散時間型マルコフ連鎖 (DTMC) を用いて、個々の端末の各時間における、アクセス可能性を計算する。提案した DTMC の空の状態の t 端末 i の状態を図 4 に示す。また、このセクションの中で使用される記号については、テーブル 3 に記載する。すべての装置の packets 到着率が等しいと仮定し、 λ で表示した。従って $\rho = 1 - e^{-\lambda T_s}$ (ここで e は Napier の定数で端末が持続時間 T_s の間に伝送することのできる packets の確率) となる。伝送の失敗する確率と端末 I が使用されていない可能性については、それぞれ以下のように示される

$$\begin{aligned}
P_{i,\text{fail}} &= P_{i,\text{col}} + PER_i, \\
P_{i,\text{idle}} &= \frac{\prod_{k=1}^n (1 - \tau_k)}{1 - \tau_i},
\end{aligned} \tag{1}$$

表29 Explanation of Notations

Notation	Explanation
λ	Packet arrival rate during a unit time
ρ	Packet arrival rate during a slot time
m	Packet retry limit
n	Total number of devices
x	Payload size
$Totalx$	Total data
T_i	Access probability during a slot time
$b_{i,k,j}$	Stationary distribution with backoff stage k , backoff counter j
$P_{i,\text{idle}}$	Channel idle probability
$P_{i,\text{fail}}$	Transmission failed probability
$P_{i,\text{col}}$	Collision probability
PER_i	Packet error rate
W_k	Contention window of k backoff stage

ここで $P_{i,\text{col}} = 1 - \prod_{k \neq i}^n (1 - \tau_k)$ で、DTMC方による伝達状態の見込みは次の通り表される。

$$\begin{aligned}
Pr\{i, k, j \mid i, k, j+1\} &= P_{i,\text{idle}}, \text{ for } k \in [0, m], j \in [0, W_k], \\
Pr\{i, k, j \mid i, k-1, 0\} &= \frac{P_{i,\text{fail}}}{W_k}, \text{ for } k \in [1, m], j \in [1, W_k], \\
Pr\{i, k, j \mid i, k, j\} &= 1 - P_{i,\text{idle}}, \text{ for } k \in [0, m], j \in [1, W_k], \\
Pr\{i, 0, j \mid i, m, 0\} &= \frac{\rho}{W_0}, \text{ for } j \in [1, W_0], \\
Pr\{i, 0, j \mid \text{empty}\} &= \frac{\rho}{W_0}, \text{ for } j \in [1, W_0], \\
Pr\{\text{empty} \mid i, k, 0\} &= (1 - \rho)(1 - P_{i,\text{fail}}), \text{ for } k \in [0, m-1], \\
Pr\{\text{empty} \mid i, m, 0\} &= 1 - \rho, \\
Pr\{\text{empty} \mid \text{empty}\} &= 1 - \rho.
\end{aligned} \tag{2}$$

図4に示すように、

$$\sum_{k=0}^m \sum_{j=0}^{W_k} b_{i,k,j} + b_{\text{empty}} = 1. \quad (3)$$

さらに、固定の片寄は、状態遷移見込みを使って計算できる。

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^m b_{i,k,0} &= \frac{P_{i,\text{fail}}(1 - P_{i,\text{fail}}^m)}{1 - P_{i,\text{fail}}} b_{i,0,0}, \\ \sum_{j=0}^{W_0} b_{i,0,j} &= \frac{W_0 + 1}{2P_{i,\text{idle}}} b_{i,0,0}, \\ b_{\text{empty}} &= \frac{1 - \rho}{\rho} b_{i,0,0}. \end{aligned} \quad (4)$$

上記の式より $b_{i,0,0}$ を $P_{i,\text{idle}}$, $P_{i,\text{fail}}$, ρ , W_k and T_i さらに、個々の端末のアクセス可能性の関数として n 個の等式から計算可能である。

$$\tau_i = \sum_{k=0}^m b_{i,k,0} = \frac{1 - P_{i,\text{fail}}^{m+1}}{1 - P_{i,\text{fail}}} b_{i,0,0}. \quad (5)$$

7.3.2 System throughput

少なくとも1つの装置がパケットを送っている確率は、見込みは通過確率、 P_{tran} とする。

$$P_{\text{tran}} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \tau_j). \quad (6)$$

少なくとも1つの装置が電波で通信している中で、端末 i 、つまり端末 i のみが電波で通信することが成功する確率、 $P_{i,\text{SUC}}$ によって表わされる。さらに、コーディネーターがパケットを正確にデコードすることができる。

$$P_{i,\text{SUC}} = \frac{\tau_i \prod_{j=1}^n (1 - \tau_j)}{(1 - \tau_i) P_{\text{tran}}} (1 - PER_i). \quad (7)$$

$P_{\text{SUC}} = \sum_{i=1}^n P_{i,\text{SUC}}$ で全ての端末の成功確率を示す。一旦送信が成功すれば、端末はコーディネーターからペイロードを持たないACKパケットを受け取る。しかし、装置は、送信されたパケットが衝突させられるか解読することができない場合に、ACKパケットを受け取るタイミングの後に、NACKパケットをうけとるか、何も受け取

れない。従って、パケットを成功裡に送信する持続期間、Tは等しいと仮定できる。
失敗した送信の持続期間にたいして、Tは成功した伝送時間とする。

成功した伝送時間はパケットを送信する全持続時間期間である。データ・パケット(Tdata)、
フレーム間間隔(TpSIFS)、ACK パケット(TACK)および遅延時間 (α) を送信する持続期
間を含んでいる。

したがって、データ・パケットを送信する持続期間はTDATA = TP +TPHY +TMA
C+から与えられる、TBODY +TFCS;

$$T = T_{DATA} + T_{ACK} + 2T_{pSIFS} + 2\alpha. \quad (8)$$

TP、TPHY、TMAC、TBODYおよびTFCSに前文、PHYヘッダー、MACヘッダー
、MAC本体およびFCSを送信する持続期間をそれぞれ示す。したがって、データ
パケットを送る時間は以下で示される。

$$\begin{aligned} T_{DATA} &= T_P + T_{PHY} + T_{MAC} + T_{BODY} + T_{FCS}, \\ &= \frac{\text{Preamble+PHY header}}{R_s} \\ &\quad + \frac{8(\text{MAC header}+x+\text{MAC footer})}{R_{hdr}}. \end{aligned} \quad (9)$$

即時のACK/NACKがペイロードを運ばないので、その伝送時間は以下のように表
わされる。

$$\begin{aligned} T_{ACK} &= T_P + T_{PHY} + T_{MAC} + T_{FCS}, \\ &= \frac{\text{Preamble+PHY header}}{R_s} \\ &\quad + \frac{8(\text{MAC header}+\text{MAC footer})}{R_{hdr}}. \end{aligned} \quad (10)$$

最後に、端末iのスループットは以下になる。

$$\begin{aligned} Thro_i &= \frac{P_{\text{tran}} P_{i,\text{suc}} x r}{(1-P_{\text{tran}})T_s + P_{\text{tran}} P_{\text{suc}} T + P_{\text{tran}} (1-P_{\text{suc}})T}, \\ &= \frac{P_{\text{tran}} P_{i,\text{suc}} x r}{(1-P_{\text{tran}})T_s + P_{\text{tran}} T}, \end{aligned} \quad (11)$$

そして、システムのスループットは以下になる

$$Thro = \sum_{i=1}^n Thro_i \quad (12)$$

スキーム 2 のスループットも 12) によって表わされる。

しかしながら、いくつかの装置は中継器を介して無線 LAN 1 のチャンネルにアクセスする。したがって、無線 LAN 2 の集中は回避できる。また、すべての装置の成功した可能性は増加し、システムの処理能力が増加すると予想される。

7.3.3. 遅延

平均の接続遅延 D は、フレームがサービスに入るときとフレームの伝達が成功し終了する時間の間の経過時間として定義される。再接続限界のない仮定の下では、この計算は線形性を保持している。

ここで、有名なリトルの法則を用いることもできる。リトルの法則では、任意の待ち行列系については、システムでの平均来店客数が平均顧客出発レートと遅延の平均との積と等しいとしている。

我々の例にリトルの法則をあてはめると

$$D = \frac{x\lambda}{\frac{Thro}{n}} = \frac{x\lambda}{Thro_i}, \quad (13)$$

前もって定義した再送最大数 m に達した後にフレームが廃棄される場合、遅延の計算の精度は向上する。実際に、そのような状況での遅延の計測には、伝達に成功したフレームのみを対象とすることが望ましい、一方、再送限度を超えてしまったフレームは含めないことが望ましい。(伝送できなかったフレームに関わる遅れは現実的な重要性はないと考えられる。) 再送回数が有限な場合においてもリトルの法則から平均的遅れを検討することはできるが、その場合には (13) の λ を伝達に成功したフレームの平均値の置き換える必要がある。(13) 以下に書き直すことができる。

$$D = \frac{x\lambda\beta_i}{Thro_i}, \quad (14)$$

ここで、 β_i を無作為に抽出したフレームが再送限度に達する前に伝達に成功する率とする。したがって、 β_i は以下のように表わされる。

$$\beta_i = P_{i,suc} \sum_{j=0}^{m-1} (1 - P_{i,suc})^j. \quad (15)$$

スキーム 2 では、無線 LAN 1 および 2 の両者への接続による遅れは、(14) と同様になる。しかしながら、中継器の能力による遅れも考慮する必要がある。中継による遅れは Q を中

継器にアクセスする端末数、 C を中継器の能力として $\frac{\sum_{j \in Q} Thro_j}{C}$ と表せる。したがって、中継によって送信される情報データの平均の遅れは以下のように表わされる。

$$D = \frac{x\lambda\beta_j}{Thro_j} + \frac{\sum_{j \in Q} Thro_i}{C}. \quad (16)$$

スキーム 2 の遅延は、無線 LAN 1 および 2 に送信される、データ送信の最大の遅延になる。

7.3.4. 帯域効率

システムを中継ありと、中継なしで比較するために、帯域効率で検討する。スキーム1および2において帯域効率は、システムの処理能力の合計の比率と伝達に成功したデータとして計算される。スキーム1および2の全体でのスループットが異なっている。

$$\delta = \frac{Thro}{nx\lambda}. \quad (17)$$

7.4 数量的評価

システムモデルはこれまで述べたものと同じで、表 1 にあるパラメーターを使用する。すべての端末と無線 LAN 1 および 2 の間の平均距離は、それぞれ 500m および 250m。中継器は、端末と無線 LAN 1 の中央に設置する。伝達に伴う遅れを考慮する。中継器の能力は 300Mbps と仮定する。また、雑音のないものと仮定する。まず、スキーム 1 について述べる。

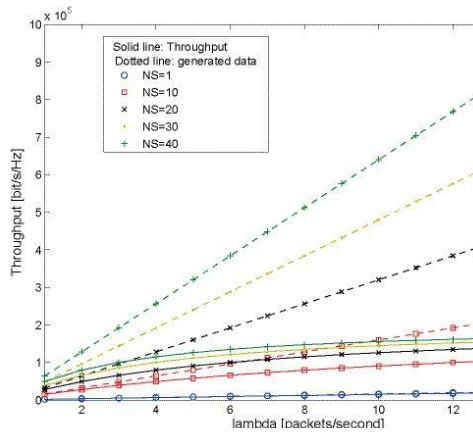


図 3 4 . Throughput of scheme 1 based on lambda

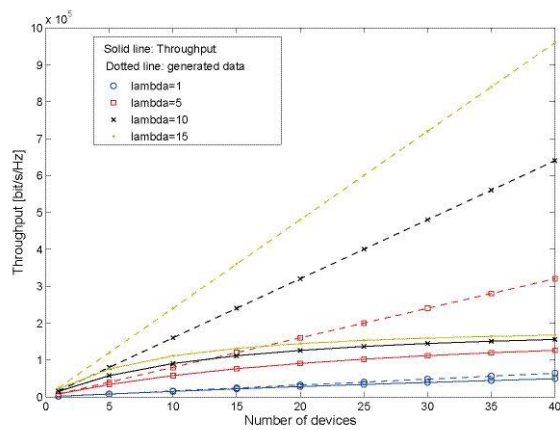


図 3 5 . Throughput of scheme 1 based on the number of devices

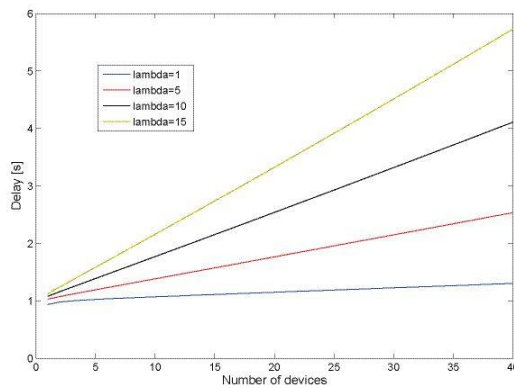


図 3 6 . Delay of scheme 1

λ によるスキーム 1 でのスループットと接続端末数によるスループットを図 5, 6 に示す。示したデータはすべての装置で生成される全体でのデータである。しかしながら生成されたデータは、必ずしも衝突とタイムアウトにより送信が成功するとは限らない。したがって、特に装置の数および(または)ラムダが高い場合、システムの処理能力は計算されたデータより小さくなると想定される。

また、端末数および(または) λ の増加で、スキーム 1 の遅延も増加する(図 7)。これらは、スキーム 2 が I-B Sec. の中で記述として考慮に入れられる理由である。端末の数を 10 と 40 に固定した場合の遅れ、および両方のスキーム 1 および 2 の帯域効率の上の比較を図 8, 9 に示す。スキーム 2 では、無線 LAN 2 への集中が回避されるので、衝突の可能性は減少する。したがって、システムのスループットは向上する。そして、遅延と帯域効率がスキーム 1 よりも改善する。特に端末の数が多い場合や λ が大きい場合に著明になる。接続する端末数および λ が低い場合にはスキーム 1 および 2 の差は小さくなる。スキーム 2 にお

いて中継器を加えることで端末の送信をコントロールすることが複雑になっていることに着目する必要がある。中継器を追加することによる複雑さの増加と性能向上のトレードオフになる。

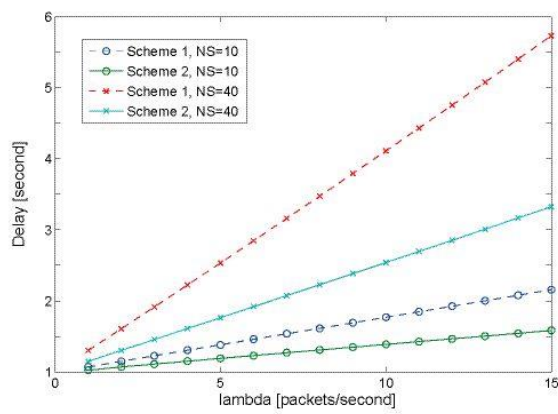


図 3.7 Delay base on lambda

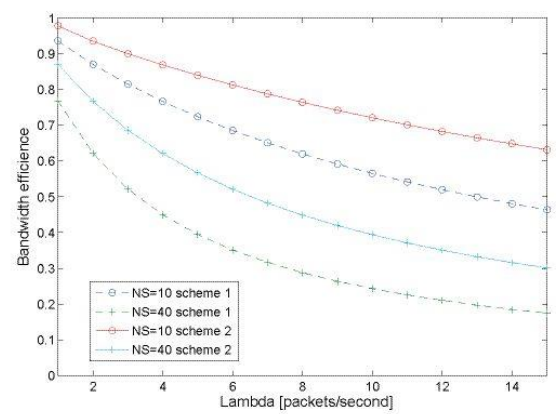


図 3.8 Bandwidth efficiency

7.5 結論

標準 IEEE 802.15.6 の規格に基づいて病院の無線システムについて検討した。アクセスの確率を計算するために DTMC 方式を採用した。そしてその後、衝突確率(成功した見込み)、処理能力(遅れ)、システムの帯域効率について理論的に計算した。中継器を備えた場合と置かない場合のシステムのスループットについてシミュレーションを行い比較した。中継器を置いたスキーム 2 の帯域効率は高く、端末数および(または)パケット・レートが大きい場合には遅延はスキーム 1 より小さかった。しかし、スキーム 2 では、装置のコントロールする送信および中継器を加えることにより複雑性が増す。

今回の研究では装置は無線 LAN 1 あるいは無線 LAN 2 のいずれかにインフォメーション・データを送信すると仮定したが、どちらに接続するかをコントロールする方法については検討できていない。さらに、本研究では CSMA/CA を採用したが、他のアクセスプロトコル⁶¹⁾は考慮に入れられなかった。それらは今後の検討課題である。

7.6 補足

本章の内容についてはAkinobu Nemoto¹, Pham Thanh Hiep, Ryuji Kohno². Control Access Point of Devices for Delay Reduction in WBAN Systems with CSMA/CA. Communications and Network, 2015, 7, Published Online February 2015 in SciRes. <http://www.scrip.org/journal/cn> DOI: 10.4236/cn.2015.71001⁶²⁾ にて報告した。

Chapter 8

考察

病院においてチーム医療が必須のものとなり、医療安全にも高い水準での対応が求められるようになっており、病院情報システムと無線 LAN は現代の医療を支えるインフラとして無くてはならないものに成っている。奇しくも病院情報システムと無線 LAN は同じ時期に利用が始まり、その後も共に発達、成長をしてきた。IEEE802.11 の規格の確立と日本初の電子カルテ、さらに横浜での患者取り違えが同じ 1999 年であったことは偶然とはいえ、巡り合わせの不思議を感じざるを得ない。

病院環境において、何となく無線 LAN が遅いという状況を感じているが、これまでにシミュレーションに基づく対策の検討はなされていなかった。病院内に無線 LAN のアクセスポイントを設置するための静的な電波状態のシミュレーションについては、建物の状況も反映できるアプリケーションも開発されており、実用的なものになっているが、病院における実際の利用状況を想定したシミュレーションの先行研究は確認できなかった。

今回、我々は、電波の干渉を同じアクセスポイントを用いる端末からの通信の衝突という形に単純化し、衝突の量を業務以外の通信の頻度で調節することでシミュレーションを行った。シミュレーション実施前に病棟のアクセスポイントのトラフィックの調査、病棟での電波状態の調査を行ったが、シミュレーションで示せた状況はアクセスポイントのトラフィックに近い状態であった。

横浜市立大学附属病院では 7 年前に整備した無線 LAN を現在も使っており、更新作業中であるが、当時としては高速である IEEE802.11a/b/g を用いて 54Mbps の最高速度での無線 LAN を整備していた。しかし、現実の病棟でのトラフィックはそれほど無く、3Mbps もあれば十分に基本的な業務はできる状況であることが確認できた。

もっとも、今回のシミュレーションで条件を厳しくし、無線 LAN の利用拡大を考えると速度的に厳しくなり、特に干渉を再現したアクセスを増やした場合に業務に影響が出る可能性が確認できた。無線 LAN の利用が拡大を想定したケースでは 40Mbps の実効速度があったとしても、干渉が増えると一部の業務には影響があることが確認できた。

しかし、実際の病棟では比較的アクセスポイントに近い場所からの無線 LAN での接続でも遅いと感じている。病院情報システムの業務によるトラフィックだけでは余裕があることより、業務以外の無線通信、電波による干渉が想定された。病棟の電波状況の調査でも業務用以外のアクセスポイントが多く確認され、病院情報システム以外の無線通信による干渉が速度低下の要因と思われた。

シミュレーションを行うなかで、通信速度を十分に上げれば干渉の影響はある程度排除できることも確認できた。しかし、IEEE802.11 では、電波強度により通信速度が設定される仕組みがあり、病棟内において十分な電波強度が確保できない場所はどうしても生じており、通信速度を上げるだけで全てを解決することは難しい状況であることも予想された。

現在、無線 LAN の通信速度は MIMO の導入もあり、無線でも 1Gbps に届こうとしているが、病院の様に多くの端末が接続する場合には最大速度で全てが繋がることは難しく。TDMA の様な方式で無線接続をコントロールする仕組みや優先度を確保するプロトコルなどが

求められる。

スマートフォンが日常のものとなり、病院内で無線 LAN の使用を禁止するという対応策は現実的には難しい。病院業務に必要な無線 LAN 接続を確保しつつ、患者や面会者、医療従事者に業務以外の無線接続を担保する方策が求められている。

今回、単純な方法ではあったが、干渉の度を調整できる病院での無線 LAN の状況をシミュレーションできたと考える。その状態を改善する手段として、WBAN の IEEE802.15.6 に規定されている MAC 層で通信に優先度を設定することで重要な通信のための帯域を確保する方法の効果についてシミュレーションで確認できたと考えている。また、アクセスポイントへの接続の集中を回避する方策でも効果があることが確認できた。

単純に通信速度を上げるだけでは、本当に重要な接続が確保される保証はなく、優先度の設定といった別の角度からの対策が無線 LAN の活用のためには重要と思われた。

今回は業務毎に、CSMA/CA での CW を優先度として設定したが、業務によって求められる性能がことなることが予想される。例えば、今回の患者確認業務は伝送する情報量は少ないが、間違えがあると大きな医療事故に繋がる可能性が潜在的に有る。情報量が少ないので、通信速度が遅くても処理時間はそれほど大きくならない。従って、速さよりも確実に接続し通信できること、また、通信時にエラーをしないことが何よりも重要な要素となる。今回は無線通信での誤り訂正については検討しなかったが、誤り訂正も含めて確実な通信とは何かという検討が必要になる。また、病棟における画像参照の場合は、ベッドサイドで画像診断を行う事はなく、診察をするための参考資料としての参照画像である。したがって、多少の輪郭のぼけ、階調の荒さは許される。以前の X 線フィルムを照明にかざしていたころを考えれば、格段に質の良い画像をたくさん見る事ができる。したがって、病棟での画像参照では非可逆圧縮も含めてより早い情報伝送であり、多少のエラーは許されると考えられる。

今回、医療用として優先度を設定する意義は確認できたが、単に医療用と言うだけで無く、業務に応じた性能の設定が必要と思われる。さらなる、検討として実環境に近い状態でのシミュレーションを実現すること、実環境での通信速度を計測しシミュレーションとの比較を行うことなどが望まれる。

また、電波は限られた社会インフラであり、その有効な活用は重要な課題であると考えられる。単に、速度を上げる、最大接続速度の向上のための技術開発の重要性は否定しないが、力業で最大速度を上げる取り組みでなく、エネルギー効率、電波の帯域の有効利用といった観点での性能向上も、無線 LAN の利用拡大が想定される中では、重要な観点と思われる⁶³⁾。自動車においても、単に速度が速い、乗り心地が良いというだけでなく、より安全であること、エネルギー効率が良いこと、環境に優しいことが求められるようになり、性能評価の基準が世の中の流れと共に変わってきている。無線通信においても、単なる技術革新による性能向上だけでなく、限られた社会インフラの有効活用、エネルギー効率といった視点での技術開発が求められると考える。

今後の取り組みとして、限られた速度、エネルギー消費の中で、無駄な衝突をさけつつ、扱う情報の種類に適切な確実さで情報伝達を行う通信のありかたについて研究を進めたいと考える。まずは、病院業務に求められる無線通信の評価軸の検討、最適化に関する評価尺度など、技術革新を評価できる基盤としての評価方法を検討したい。

Chapter 9

結論

今回のシミュレーションにより、漠然と遅いと感じていた病棟での無線 LAN について論理的に考えることが可能なことを示す事ができた。また、現在ハイスペックな無線 LAN が敷設されているが、より効率良く使う工夫が個々の機器の性能向上よりも重要なことを示す事ができた。

また、病院内において、無線 LAN の利用は今後、ますます拡大することが想定されるが、安定した通信を全てに保証することは難しく、業務の重要度、特性に合わせて、遅延を少なくするか、最大速度を確保するかなど多様な設定を実装することで、無線環境を有効に利用することが必要と考える。また、そのために、有効利用とはいかなることかを業務に応じて評価する指標が今後必要になると思われる。

今回、実際の病院環境を想定して、電波干渉を MAC 層での衝突で単純化して再現し、電波干渉のある無線通信の状況をシミュレーションで評価することが可能なことを示し、CSMA/CA での CW 値で優先度をつけるという提案手法の有効性の評価がシミュレーションで確認できた。また、アクセスポイントへの過度の集中に対して中継局を用いる事でより有効な通信が可能になることもシミュレーションで示すことができた。

今後、シミュレーションの精度をあげることで、アクセスポイントの設置において、単なる電波強度での設定でなく、端末の位置、壁などの状況を考慮し、マルチパスの影響なども含めて通信状態をシミュレーションして無線 LAN 設計の評価を行う手法が求められる。AP の設置、無線強度などの設計を行った後に、シミュレーションで効果判定を行うことは理論上可能であり、より確実な無線通信を担保するために、この方面の技術の進歩が望まれる。

本研究は、病院環境における実際の業務を想定した上で、シミュレーションに反映させることができ、今後の研究の足がかりとなるものと期待する。現在はまだインシュリンポンプの様な埋込式のトラブルが致命的な問題に繋がる可能性のあるデバイスとの無線接続は一般的ではないが、今後の技術進歩に伴い、埋込機器、モニタリングデバイスが多用されることは疑いなく、その際に UWB も含めた無線通信が必須のものとなり、その確実な接続を保証する通信方法がもとめられることは自明である。また通信に使える電波は有限であり、限られた帯域を有効に使うための方策の検討が求められる。今回の研究は単純化しすぎた部分はあるが、シミュレーションにより病院での通信環境を検討することを示せた点で意義があり、今後の技術革新に繋がるものと考えたい。

Published Papers(本論文に関するもの)

Reviewed International Journal Papers

- 1) Akinobu Nemoto, Pham Thanh Hiep, Ryuji Kohno. Control Access Point of Devices for Delay Reduction in WBAN Systems with CSMA/CA. Communications and Network, 2015, 7, Published Online February 2015 in SciRes. <http://www.scrip.org/journal/cn> DOI: 10.4236/cn.2015.71001

International Conference Papers

- 1) Yuya Obinata, Kotaro Yamasue, Phan Tham Hiep, Akinobu Nemoto, Chika Sugimoto, Ryuji Kohno, Application of high-band UWB body area network to medical vital sensing in hospital . Proceeding BodyNets '13 Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks p.594-599, Boston, 2013

Published Papers(その他)

Books

- 1) 根本明宜、朝貝芳美 リハビリテーション医学関連用語の現状日本リハビリテーション医学会監修 リハビリテーション医学白書 p.71-77 医歯薬出版 2013 東京
- 2) 根本明宜 日常生活活動. 伊藤利之、江藤文夫、木村彰夫編集 今日のリハビリテーション指針 p.500-502 医学書院、2013 東京
- 3) 根本明宜 日常生活関連動作. 伊藤利之、江藤文夫、木村彰夫編集 今日のリハビリテーション指針 p.503-505 医学書院、2013 東京
- 4) 根本明宜 筋骨格系(運動器) 日本医療情報学会、医療情報技師育成部会編集 新版医療情報(第2版) 医学・医療編 p205-210 篠原出版 2013 東京
- 5) 根本明宜 リハビリテーション 日本医療情報学会、医療情報技師育成部会編集 新版医療情報(第2版) 医学・医療編 p358-360 篠原出版 2013 東京
- 6) 根本明宜. QOL の評価 上田敏(監修)、伊藤利之、大橋正洋、千田富義、永田雅章(編集) 標準リハビリテーション医学(第3版) pp.152-156 医学書院、2012
- 7) 根本明宜. 脳卒中に合併した痙縮. 宮野佐年、三上真弘、編集 症例から学ぶ実践脳卒中リハビリテーション、p119-124, 日本病院出版会, 2011
- 8) 根本明宜 痙縮に対するリハビリテーション 日本リハビリテーション医学会監修 脳 性麻痺リハビリテーションガイドライン p74-80 医学書院 2009 東京

- 9) 根本明宜 リハビリテーションに関するシステム 日本医療情報学会、医療情報技師育成部会編集 新版 医療情報 医療情報システム編 p105-106 篠原出版 2009 東京
- 10) 根本明宜 筋骨格系(運動器) 日本医療情報学会、医療情報技師育成部会編集 新版 医療情報 医学・医療編 p202-206 篠原出版 2009 東京
- 11) 根本明宜 リハビリテーション 日本医療情報学会、医療情報技師育成部会編集 新版 医療情報 医学・医療編 p339-341 篠原出版 2009 東京
- 12) 根本明宜 歩行分析の歴史 臨床歩行分析研究会監修 江原義弘、山本澄子編集 臨床 歩行計測入門 p.1-6 医歯薬出版 2008 東京
- 13) 根本明宜 加速度計による歩行計測 臨床歩行分析研究会監修 江原義弘、山本澄子編集 臨床 歩行計測入門 p.69-77 医歯薬出版 2008 東京
- 14) 古川政樹、根本明宜、古川まどか 電子カルテ 肥塚泉編 すぐに役立つ外来耳鼻咽喉科疾患診療の「コツ」 p.31-35 全日本病院出版会 2008 東京
- 15) 石川澄 根本明宜 医療関連法規(1) 日本医療情報学会医療情報技師育成部会編 解説 医療情報技師能力検定試験問題 p8-11 篠原出版新社 2008 東京
- 16) 根本明宜 機能障害の評価 痙縮、固縮 里宇明元編 最新整形外科学大系 4 巻 リハビリテーション 東京: 中山書店; 2008. p.93-96
- 17) 根本明宜 主な機能障害に対するリハビリテーション処方の実際 痙縮 里宇明元編 最新整形外科学大系 4 巻 リハビリテーション 東京: 中山書店; 2008. p.346-348
- 18) 日本リハビリテーション医学会編 医療用語集 第 7 版 文光堂; 2007 東京
- 19) 根本明宜 痙縮の薬物療法 陣内一保、安藤徳彦監修 こどものリハビリテーション医学 第 2 版 医学書院; P171、2008 東京
- 20) 根本明宜、坂田勝巳 髄腔内薬物投与 片山容一編 脳神経外科学大系 10 巻 定位・機能神経外科 東京: 中山書店; 2005. p.459-465
- 21) 根本明宜 痙縮治療の進歩 理宇明元、才藤栄一、出江紳一編集 先端医療シリーズ 3 6 リハビリテーション医学の新しい流れ p.105-110 先端医療技術研究所; 2005 東京
- 22) 根本明宜、安藤徳彦 小児特発性関節炎(若年性関節リウマチ)、リハビリテーション MOOK 8、小児のリハビリテーション、p.50-57 金原出版、2004 年
- 23) 根本明宜 先端医療シリーズ 16 機能的脳外科学の最先端 髄腔内バクロフェン投与療法、先端医療技術研究所、2002 年
- 24) 根本明宜、安藤徳彦 脳卒中の回復期、維持期の補装具、リハビリテーション MOOK 2、脳卒中のリハビリテーション、p.155-164 金原出版、2001 年
- 25) 安藤徳彦、根本明宜 こどものリハビリテーション医学 若年性関節リウマチ、p.277-282、医学書院、1999 年

Reviewed International Journal Papers

- 1) Takakura T, Mikami T, Nishioka Y, Nemoto A, Mizuochi K. Chronic expanding hematoma in the

stumps of persons following transfemoral amputation: A report of two cases. Prosthet Orthot Int. 2013 Jul 25;38(3):243-247

- 2) Hagiwara H, Nemoto A, Inoue T. Burden on university hospitals of handling portable data for imaging (PDI) media. Appl Clin Inform. 2014 Jan 15; 5(1):46-57
- 3) Taira T, Ueta T, Katayama Y, Kimizuka M, Nemoto A, Mizusawa H, Liu M, Koito M, Hiro Y, Tanabe H. Rate of Complications Among the Recipients of Intrathecal Baclofen Pump in Japan: A Multicenter Study. Neuromodulation. 2013 May;16(3):266-72.
- 4) Miyamae T, Nemoto A, Imagawa T, Ohshige K, Mori M, Nishimaki S, Yokota S. Cross-cultural adaptation and validation of the Japanese version of the Childhood Health Assessment Questionnaire (CHAQ). Mod Rheumatol. 2008;18(4):336-43. Epub 2008 Apr 15.
- 5) Nemoto A. Intrathecal baclofen therapy; patient selection & team approach. Acta Neurochir Suppl. 2003;87:39-40.

Reviewed Domestic Journal Papers

- 1) 師田 信人(国立成育医療研究センター病院 脳神経外科), 久保田 雅也, 根本 明宜, 片山 容一 小児痙縮に対する baclofen 髄注療法 国内初期使用成績のまとめ. 脳と発達(0029-0831)46 巻 3 号 Page179-186(2014.05)
Morota N, Kubota M, Nemoto A, Katayama Y. [Intrathecal baclofen treatment for spasticity in childhood . initial report of long-term follow up in Japan] No To Hattatsu. 2014 May;46(3):179-86. Japanese.
- 2) 杉山 佳菜子, 臺 有桂, 佐藤 美樹, 今松 友紀, 糸井 和佳, 河原 智江, 田口 理恵[袴田], 根本 明宜, 森口 エミリオ秀幸, 水嶋 春朔, 田高 悦子. ブラジル日系永住高齢者の食の意味を踏まえた生活習慣病予防に関する保健指導の検討. 横浜看護学雑誌 6 巻 1 号 Page23-28(2013.03)
- 3) 根本 明宜, 植田 尊善, 片山 容一, 君塚 葵, 平 孝臣, 水澤 英洋, 里宇 明元, 伊藤隆, 杉原匡周, 小糸素直. ギャバロン髄注(バクロフェン)シンクロメッドポンプシステム特定使用成績調査 中間報告. 臨床医薬 28 巻 11 号 Page1059-1099(2012.11)
- 4) 佐浦 隆一, 才藤 栄一, 根本 明宜, 目谷 浩通, 石合 純夫, 太田 喜久夫, 水尻 強志, 泉 従道, 殷 祥洙, 大沢 愛子, 美津島 隆, 浅見 豊子, 正門 由久, 日本リハビリテーション医学会評価・用語委員会 リハビリテーション関連雑誌における評価法使用動向調査 (8) The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine49 巻 2 号 Page57-61, 2012.02)
- 5) 臺 有桂, 木内 いずみ, 佐藤 美樹, 杉山 佳菜子, 今松 友紀, 糸井 和佳, 河原 智江, 田口 理恵, 深田 恵美, 田高 悦子, 根本 明宜, 水嶋 春朔, 森口 エミリオ秀幸. ブラジル日系人コロニアにおける地域看護診断. 横浜看護学雑誌 5 巻 1 号 Page71-76. 2012.03
- 6) 佐藤 美樹, 田高 悦子, 臺 有桂, 今松 友紀, 田口 理恵, 河原 智江, 糸井 和佳, 根本 明宜, 水嶋 春朔, 森口 エミリオ秀幸. ブラジル日系永住者の地域における健康づくりの担い手が有する資質と役割の記述的研究. 横浜看護学雑誌 5 巻 1 号 Page55-62, 2012.03

- 7) 根本明宜, 植田尊善, 片山容一, 君塚葵, 平孝臣, 水澤英洋, 里宇明元, 田邊裕和, 廣裕航, 小糸素直. ギャバロン髄注(バクロフェン)シンクロメッドポンプシステム使用成績調査 第二回中間報告. 臨床医薬 27 巻 9 号 Page603-643、 2011
- 8) 才藤 栄一, 朝貝 芳美, 森田 定雄, 浅見 豊子, 根本 明宜, 正門 由久, 美津島 隆, 日本リハビリテーション医学会評価・用語委員会. リハビリテーション関連雑誌における評価法使用動向調査(7) The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine(1881-3526)45 巻 1 号 Page10-13, 2008.01
- 9) 水落和也, 大西正徳, 高内裕史, 宇高千恵, 根本明宜. 家族性痙性対麻痺に対するバクロフェン持続髄腔内投与療法(ITB)の経験. リハ医学 44 巻 6 号 P.354-355, 2007
- 10) 古川政樹, 杉山貢, 田中克明, 石戸谷淳一, 長谷川修, 天内廣, 岡田共子, 長谷川文子, 後藤 英司, 根本明宜, 大久保雅司. 当院における e-Learning システム(YUMESUMA e-Learning)の有用性. 医療情報学連合大会論文集(1347-8508)26 回 Page1213-1214, 2006.10
- 11) 古川政樹, 杉山貢, 石戸谷淳一, 長谷川修, 岡田共子, 天内廣, 後藤英司, 根本明宜. 大学附属病院における Medical e-Learning の有効利用(第 2 報) 医学教育(0386-9644)37 巻 Suppl. Page41, 2006.07
- 12) 根本明宜; Juvenile idiopathic arthritis(JIA)のリハビリテーション. 臨床リウマチ 18 巻 2 号 Page201-205, 2006.06
- 13) 和田秀文, 蒲原毅, 山川有子, 相原道子, 池澤善郎, 根本明宜, 古川政樹, 岩間涼, 山口正弘. ナチュラルビジョンシステム(NV)を用いた皮膚クリックテストでの色再現性の評価. 日本皮膚科学会雑誌 116 巻 9 号 Page1344-1345, 2006
- 14) 岩間,涼; 金沢,宏; 藤川,智仁; 福田,弘之; 山口,雅浩; 羽石,秀昭; 大山,永昭; 和田,秀文; 蒲原,毅; 相原,道子; 山川,有子; 根本,明宜; 古川,政樹; 池澤,善郎. ナチュラルビジョンシステムの色再現性の視覚的評価. 電子情報通信学会技術研究報告. MI, 医用画像 105(580),13-16,2006
- 15) 古川政樹, 杉山貢, 今田敏夫, 長谷川修, 岡田共子, 天内廣, 後藤英司, 根本明宜. 大学附属病院における Medical e-Learning の有効利用. 医学教育(0386-9644)36 巻 Suppl. Page69-70, 2005.7
- 16) 古川政樹, 杉山貢, 長谷川修, 岡田共子, 天内廣, 長谷川文子, 後藤英司, 根本明宜, 大久保雅司. 病院における Medical e-Learning システム(YUMESUMA e-net)導入の意義. 医療情報学 25 回連合大会論文集(1347-8508) Page1263-1264, 2005.11
- 17) 古川政樹, 杉山貢, 松瀬健, 長谷川修, 岡田共子, 鈴木久美子, 鈴木治美, 天内廣, 金子彰, 後藤英司, 根本明宜, 大久保雅司. e-Learning を利用した医療安全管理対策. 医療情報学 24 (Suppl.) pp. 1212-1213, 2004
- 18) 野々垣学, 根本明宜, 落合藤子, 高倉朋和, 水落和也, 安藤徳彦. 脳・脊髄障害における痙縮の出現頻度. 総合リハ.32 巻 4 号 Page371-375, 2004
- 19) 佐藤 貴子; 上島 崇宏; 昌川 泰鎬; 有澤 博; 根本 明宜. 個人カスタマイズ機能付き電子医学書データベースの基本設計. 映像情報メディア学会技術報告 27(51),47-52,20030925(ISSN 13426893)
- 20) 佐藤,貴子; 上島,崇宏; 昌川,泰鎬; 有澤,博; 根本,明宜. 個人カスタマイズ機能付き電子医学書データベースの基本設計. 電子情報通信学会技術研究報告. IE, 画像工学

103(324),47-52,2003, 9

- 21) 野々垣学, 落合藤子, 根本明宜, 水落和也, 安藤徳彦. 脊髄障の痙縮について. 脊髄障害医学会雑誌.16 巻 1 号 Page48-49,2003
- 22) 水本マリコ, 栗田啓如, 斎藤貴夫, 根本明宜. インターネットを利用した治験データ収集システムの開発と運用. 医療情報学 22 (Suppl.) pp. 146-147, 2002
- 23) 根本明宜, 古川政樹, 藤田則子, Prak Somaly. カンボディア王国における診療録管理. 医療情報管理の実状と技術指導に関する報告. 医療情報学 22 (Suppl.), 2002 / pp. 217-218
- 24) 野々垣学, 根本明宜, 澤中真弓, 水落和也, 安藤徳彦. 中手指節関節尺側偏位に対するスプリントと関節保護法の 3 次元動作解析装置を用いた検討. 総合リハ、第 28 巻、p.291-295 2000 年
- 25) 安藤徳彦, 根本明宜, 水落和也, 福田道隆, 岩崎敬雄, 今田元, 伊藤良介. 関節リウマチにおける QOL-ADL、社会的活動性、福祉利用、主観的 QOL との相互関係の検討 総合リハ 第 28 巻、p.471-476、2000 年
- 26) 安藤徳彦, 水落和也, 根本明宜, 田口眞紀, 伊藤良介. 慢性関節リウマチの Functional Limitation Profile による QOL の構造解析: 身体機能と心理的問題との関連性の検討. リハ医学 第 37 巻、p.209-218、2000 年
- 27) 小林宏高, 高塚博, 佐鹿博信, 根本明宜, 水落和也, 安藤徳彦, 水島春朔, 栃久保修. 運動失調の機能障害評価票作成について. 総合リハ、第 28 巻、p.573-578、2000 年
- 28) 横山 修, 野々垣学, 日野典子, 根本明宜, 水落和也, 安藤徳彦. 軟骨形成不全症に続発した対麻痺のリハビリテーション. リハ医学, 36: 240-242, 1999
- 29) 松宮巧, 根本明宜, 菊地尚久, 延藤実穂, 畠中泰司, 北川新二, 安藤徳彦. 広範な植皮を伴う下腿切断の 1 例-新しいシリコンライナーの効果. 総合リハ 第 27 巻、p.1159-1162、1999 年
- 30) 若林秀隆, 根本明宜, 水落和也, 安藤徳彦. ウレタン製ソフトインサートを用いた義足ソケットの使用経験. 義肢装具学会誌, 14: 116-117, 1998.
- 31) 菊地尚久, 安藤徳彦, 水落和也, 根本明宜. 難治性肩手症候群を合併した中心性頸髄損傷の 1 症例. パラプレジア医学会誌, 11: 208-209, 1998
- 32) 日野典子, 水尻強志, 佐久川明美, 根本明宜, 水落和也, 水木信之, 安藤徳彦. 顎関節症のリハビリテーション. 総合リハ、第 25 巻、p.373-377、1997 年
- 33) 根本明宜, 坂本 安令, 安藤 徳彦. 上肢の運動分析とリハビリテーション 上肢の三次元動作解析 包丁での切断動作の解析. バイオメカニズム学術講演会予稿集 18 回 Page19-20,1997.11
- 34) 佐久川明美, 日野典子, 根本明宜, 水落和也, 安藤徳彦. 高齢不全頸髄損傷のリハビリテーションについて. パラプレジア医学会誌、第 10 巻、p.226-227、1997 年
- 35) 瀧上秀威, 腰野富久, 斎藤知行, 竹内良平, 鈴木英一, 加藤信岳, 石川博之, 根本明宜, 安藤徳彦, 森下信, 佐藤春彦. 3 次元動作解析装置 VICON を用いた内側型変形性膝関節症患者の膝の歩行時側方動揺. 日本臨床バイオメカニクス学会誌, 17: 213-217, 1996.
- 36) 大橋 正洋, 渡辺 修, 根本明宜, 他. 記憶障害 core amnesia の評価. リハビリテーション医学(0034-351X)32 巻 5 号 Page298-300, 1995.05

- 37) 松宮 巧, 田口 真紀, 根本 明宜, 他. 片側骨盤切断義足のソケット及び股継手に関する臨床経験. 日本義肢装具学会誌 10 巻特別 Page109-110, 1994.09
- 38) 島田 勝英, 伊藤 良介, 根本 明宜. 高齢の整形外科的疾患患者に対する理学療法 慢性関節リウマチ患者の車いす. 理学療法ジャーナル 28 巻 8 号 Page538-542, 1994.8
- 39) 根本明宜. 巨大滑液嚢腫を多発した慢性関節リウマチの 1 例. 関東整災誌 24,539-544,1993

Domestic Review Papers

- 1) 根本明宜. 痙縮治療の再考-ボツリヌス毒素治療を中心に】 痙縮治療の方法と対象病態 Journal of Clinical Rehabilitation(0918-5259)21 巻 10 号 Page944-951(2012.10)
- 2) 根本明宜. 臨床研究入門 臨床研究の意義・エビデンスのレベル. 総合リハビリテーション(0386-9822)40 巻 8 号 Page1138-1141(2012.08)
- 3) 根本明宜. リハビリテーションにおける動作解析】 小児患者. 総合リハビリテーション(0386-9822)40 巻 7 号 Page977-981(2012.07)
- 4) 根本明宜. リハビリテーションと医療安全 病院機能評価. Journal of Clinical Rehabilitation(0918-5259)21 巻 2 号 Page198-202(2012.02)
- 5) 安藤徳彦, 寺崎仁, 根本明宜 医療機能評価機構におけるリハビリテーションの評価. 総合リハ 第 38 巻 第 12 号 p.1135-1139, 2010
- 6) 根本明宜 【リハ専門医が教えるリハビリテーションゴールの設定方法】 関節リウマチのリハビリテーションゴール 地域リハビリテーション 5 巻 9 号 p.782-785, 2010
- 7) 根本明宜. 脳性麻痺ガイドライン完成によせて 主なリサーチクエスションと 推奨例 痙縮に対する外科的治療 リハ医学 47 巻 6 号 p.387-390, 2010
- 8) 根本明宜 痙縮に対する治療介入 髄腔内バクロフェン投与療法. リハ医学 46 巻 p153-159 2009
- 9) 根本明宜 坂田勝巳. 痙縮に対する新しい治療 ーバクロフェン髄腔内投与療法ー日本臨床 第 66 巻 第 4 号 p.789-799, 2008
- 10) 根本明宜, 水落和也. 【症例から学ぶ新しい痙縮の治療】 痙縮に対する新しい治療 髄腔内バクロフェン投与療法. Journal of Clinical Rehabilitation(0918-5259)17 巻 11 号 Page1049-1056(2008.11)
- 11) 根本明宜. 医療倫理 個人情報保護. 総合リハビリテーション(0386-9822)36 巻 7 号 Page657-665(2008.07)
- 12) 古川政樹, 根本明宜, 天明二郎, 古川まどか. 耳鼻咽喉科専門研修をはじめる医師へ 症例報告発表・論文執筆のコツ, 注意点】 文 献検索の方法-発表, 論文への応用. 耳鼻咽喉科・頭頸部外科(0914-3491)80 巻 1 号 Page65-72 2008.1
- 13) 根本明宜. 【リハビリテーション医学 2007 最近 10 年の動向とエビデンス】 リハビ

- リハビリテーション医療システム・ツール 診療ガイドライン 脳卒中,認知症,パーキンソン病など. 総合リハビリテーション, 第 35 巻 10 号 p.1257-1263, 2007
- 14) 根本明宜. 若年性特発性関節炎 診断と治療における進歩】 若年性特発性関節炎. リハビリテーション. 最新医学 62, p.1077-1082, 2007
 - 15) 根本明宜. リハビリテーション関連用語 RCT;randomized controlled trial. 総合リハビリテーション 35 巻, p.618-619, 2007
 - 16) 根本明宜, 坂田勝己. 脳神経外科最近のトピック 痙縮に対するバクロフェン髄腔内投与(Intrathecal Baclofen:ITB)療法. 脳神経外科ジャーナル 16 巻 4 号 Page311(2007.04)
 - 17) 根本明宜. 痙縮に対する新しい治療法 ―ITB 療法―. 日本医事新報 4331 号 p.85, 2007
 - 18) 根本明宜. ドラッグポンプ 疼痛治療における展望. ペインクリニック, 27 巻 p.1554-1561, 2006
 - 19) 根本明宜. 小児リハビリテーションの最新情報:運動障害の薬物療法. 総合リハ 3 4 巻 6 号 535-539, 2006
 - 20) 根本明宜. 装具―最近の話題:下肢装具;小児. 総合リハ 3 3 巻 1 0 号 915-918, 2005
 - 21) 根本明宜, 坂田勝己. ニューロモデュレーション 疼痛の治療とその周辺】 ドラッグポンプ 髄腔内薬物注入療法. ペインクリニック (0388-4171)26 巻別冊秋号 PageS523-S531(2005.09)
 - 22) 古川政樹, 杉山貢, 今田敏夫, 長谷川修, 岡田共子, 天内廣, 後藤英司, 根本明宜. 大学附属病院における Medical e-Learning の有効利用. 医学教育 36 巻 Suppl. Page69-70(2005.07)
 - 23) 根本明宜. 巻頭言. 日本義肢装具学会誌 21(2),75,2005
 - 24) 根本明宜. 義足足部の問題点と展望. 義肢装具学会誌 2 1 巻 4 号 180-185,2005
 - 25) 安藤徳彦, 根本明宜. 病院機能評価 リハビリテーション部門受審のために】 リハビリテーション部門評価の視点. Journal of Clinical Rehabilitation(0918-5259)14 巻 2 号 Page114-120(2005.02)
 - 26) 根本明宜. 医療事故防止とインシデントレポートの役割. 新医療.31 巻 4 号 Page132-134,2004
 - 27) 徐春波, 根本明宜, 周大偉. 中国における義肢装具教育の現状と社会保障制度. 義肢装具学会誌.19 巻 4 号 Page257-263, 2003
 - 28) 古川政樹, 根本明宜, 後藤英司. 医学部学生のコピュータリテラシーに関する検討 医学部 4 年生のアンケート調査から. 横浜医学. 54 巻 2 号 Page97-100,2003.
 - 29) 根本明宜. 障害のデータベース入力の手法(運用時の留意点) 脳性麻痺の場合. リハビリテーション医学.40 巻 10 号 Page690-693.2003
 - 30) 川渕孝一, 原正道, 根本明宜, 柿田章. 特定機能病院の DPC 分類による包括評価をどう考えるか. 保険診療(0385-8588)58 巻 4 号 Page28-37(2003.04)
 - 31) 根本明宜, 水落和也. 歩行障害とその治療マニュアル 脳卒中における歩行障害の特徴. MEDICAL REHABILITATION. 27 号 Page18-23, 2003
 - 32) 根本明宜. リハビリテーション技術 バクロフェン髄腔内投与. 臨床リハ 第 12 巻, 2 号, 2003 年

- 33) 根本明宜. バクロフェン髄腔内投与療法. 医学のあゆみ 第 203 巻、第 9 号、Page677-682、2002 年
- 34) 根本明宜. 慢性関節リウマチの靴型装具. 義肢装具学会誌. 18 巻 3 号 Page202-207.2002
- 35) 根本明宜. バクロフェン髄腔内投与. リハ医学、第 39 巻第 10 号 p.609-615、2002
- 36) 古川政樹、根本明宜、古川まどか、溝尻源太郎. 医療機関間の情報交換、テレビ会議システムを用いた医療機関間の画像情報交換. JOHNS、第 18 巻 8 号 p.1365-1371、2002 年
- 37) 根本明宜. リハビリテーション医療における情報管理 医学・医療現場における IT 革命. 総合リハ、第 30 巻、5 号、p.445-450、2002 年
- 38) 安藤徳彦、根本明宜、清澤祐子、澤中真弓、坂本安令. 若年性関節リウマチ リハビリテーション. 小児内科 33 巻 6 号 P.791-796、2001 年
- 39) 根本明宜. 下腿義足のアライメント調整技術. 日本義肢装具学会誌、第 16 巻、p.261-263、2000 年
- 40) 畠中泰司、延藤美穂、安藤徳彦、根本明宜. 義足歩行、股離断を中心に. 理学療法ジャーナル 第 34 巻 4 号 p.262-268,2000
- 41) 根本明宜、玉井稔子、安藤徳彦. ナースのためのリハビリテーション講座：慢性関節リウマチによる骨関節障害. 総合リハ、第 26 巻、p.575-580、1998 年
- 42) 根本明宜、安藤徳彦. 機器による歩行障害の代償. 総合リハ、第 26 巻、p.1027-1033、1998 年
- 43) 伊藤裕之、根本明宜、加藤孝邦. 老人の嚥下障害の治療とリハビリテーション. 耳鼻咽喉科・頭頸部外科、第 70 巻増刊号 p.107-110、1998 年

International Conference Papers

- 1) Akinobu Nemoto, Masanori Onishi, Kazuya Mizuochi, Hironobu Sashika: A NEW TOOL FOR MEASUREMENT OF SPASTICITY. The 4th Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine(ISPMR), Seoul, 2007,6
- 2) Akinobu Nemoto. Clinical application of the drug pump for spasticity, pain and restorative neurosurgery. The 2nd International Symposium on Neurosurgical Re-engineering of the Damaged Brain and Spinal Cord／第 11 回日本意識障害治療学会、浦安、2002 年、7 月
- 3) Akinobu Nemoto, Manabu Nonogaki, Yasunori Sakamoto, Kazuya Mizuochi, Norihiko Ando. Three-Dimensional Motion Analysis of Cutting Action with a Kitchen Knife. THE 8th World COngress of the INternational Rehabilitation Medicine Association Kyoto, Japan, 1997

Domestic Conference Papers

- 1) 根本明宜 シンポジウム「脳性麻痺ガイドライン完成によせてー主なりサーチクエスチョンと推奨例ー」 痙縮に対する外科的治療 第 46 回 日本リハビリテーション医

学会学術総会 2009 年 6 月 静岡

- 2) 根本明宜: 脳性麻痺の痙縮治療とバクロフェン髄腔内投与療法(Intrathecal Baclofen Therapy:ITB 療法). 第 36 回日本脳性麻痺研究会, 静岡, 2009,6.
- 3) 根本明宜: 痙縮の評価と治療. 第 23 回 日本リハビリテーション医学会 北陸地方会／生涯教育研修会 2008.3. 金沢
- 4) 根本明宜: シンポジウム「痙縮に対する治療介入」髄腔内バクロフェン投与療法. 第 45 回日本リハビリテーション医学会学術集会 2008, 6. 横浜
- 5) 根本明宜: 脳性麻痺の痙縮治療とバクロフェン髄腔内投与療法 (Intrathecal Baclofen Therapy: ITBryouhou) 第 25 回脳性麻痺の外科研究会 特別講演 2008, 10. 大阪
- 6) 根本明宜: 痙縮に対するバクロフェン髄腔内投与(Intrathecal Baclofen:ITB)療法 第 27 回脳神経外科コンgres スシンポジウム 脳神経外科最近のトピック 2007,5. 仙台
- 7) 根本明宜: シンポジウム「脊髄損傷のリハビリテーション：機能障害改善に向けて?の挑戦」痙縮. 第 40 回日本脊髄障害学会, 神戸, 2005, 11.
- 8) 根本明宜: シンポジウム「小児関節炎の診療：基本と実際」Juvenile idiopathic arthritis(JIA) のリハビリテーション. 第 20 回日本日本臨床リウマチ学会, 神戸, 2005, 11.

Bibliography

- 1) 森 宏和. 検査画像情報の電子カルテ化の試み. 日本臨床検査自動化学会会誌 19 巻 4 号 Page468, 1994.
- 2) 内藤道夫.医療情報システムの歴史. 日本医療情報学会医療情報技師育成部会編. 新版医療情報学(第2版) p.2-11, 2013
- 3) 厚生省健康政策局長, 厚生省医薬安全局長, 厚生省保険局長, 診療録等の電子媒体による保存について. (健政発第 1517 号, 医薬発第 587 号, 保発第 82 号). 厚生労働省, 1999. 1999/4/22 http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1104/h0423-1_10.html (cited 2014-Dec-11)]
- 4) 瀬戸山 元一, 清水 史郎, 沖 一. 【電子カルテ実現へのシナリオ】 電子カルテ・システムの構築. 新医療 1999; 26: 40-43.
- 5) 横浜市立大学医学部附属病院の医療事故に関する事故調査委員会.報告書.1999 年 3 月.<http://www.yokohama-cu.ac.jp/kaikaku/bk2/bk21.html>
- 6) 厚生労働省(当時厚生省) 患者誤認事故防止方策に関する検討会報告書.1999 年 5 月. http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1105/h0512-2_10.html#no2
- 7) 酒井 悦子, 山口 孝一, 佐野 あゆみ, 関根 久実, 高崎 将一. 当院の輸血業務における新システムの構築. 日赤検査 2009 ; 42: 87-94
- 8) 川本俊治, 富永理子, 大下美紀恵, 上池渉. 電子カルテ・認証システム導入が処方・与薬のヒヤリ・ハット報告に与える影響について. 医療マネジメント学会誌 2009; 10: 443-448.
- 9) 上野 智明 【わが国の電子カルテの現状と問題点】 ORCA プロジェクト. 日本医師会雑誌 135 巻 9 号 P1972, 2006.
- 10) 木村 博典インターネットを利用した地域医療連携 地域に根ざした医療連携システム"あじさいネット"の構築. 日本病院会雑誌 57 巻 6 号 P717-726, 2010
- 11) 森 隆比古. 電子カルテ 診療記録の進化と情報通信技術. 大阪府立急性期・総合医療センター医学雑誌, 35 巻 1 号 Page1-10, 2013
- 12) 田原 保. 【これからの医工連携】 電子カルテの現状と今後の期待. 電子情報通信学会誌, 94 巻 3 号 Page185-191, 2011.
- 13) 近藤 泰三, 長谷川 篤美. 東日本大震災被災時の病院医療情報システム. 病院へのアンケート調査結果より. 医療情報学 33 巻 5 号 Page279-291, 2013
- 14) 総務省. 電波法施行規則 6 条 第 4 項 四 <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25F30901000014.html>
- 15) IEEE Standards Association. IEEE Std 802.11TM-2012, Part1: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE, 2012, [<http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html> (cited 2014-Dec-11)]
- 16) 齋藤一賢, 井上保彦, 佐藤明雄, 近藤 彰, 守倉正博, “他システム干渉存在時の IEEE 802.11b 無線 LAN スループット特性,” 社団法人電子情報通信学会総合大会 B-5-255, 2002.
- 17) 荒井隆之, 若原俊彦, 松本充司. IEEE802.11b と Bluetooth の干渉によるスループット

- の劣化の解析情報処理学会研究報告. [オーディオビジュアル複合情報処理] 2002(106), 95-100, 2002-11-14
- 18) 谷 重喜他. 無線 LAN を利用したオーダエントリの研究. 医療情報学連合大会論文集 17 回 Page692-693, 1997.
 - 19) 内田 整, 畔 政和. 手術室における無線 LAN の導入. 日本手術医学会誌, 22 巻臨時 Page68, 2001.
 - 20) 村田 武, 野口 和美, 池上 剛司, 真田 春美, 坂口 卓司, 守屋 賢治, 河合 誠朗, 井川 澄人. 無線 LAN を用いた電子カルテによる透析管理, 大阪透析研究会会誌, 19 巻 2 号 Page246, 2001.
 - 21) 古畑 貞彦, 西村 チエ子, 花田 英輔, 中井 桂司, 村瀬 澄夫. 病院用 PHS・無線 LAN 等の ME 機器への影響. 医科器械学, 72 巻 3 号 Page98-104, 2002.
 - 22) 古畑 貞彦, 西村 チエ子, 村瀬 澄夫. 病院内における電波利用と電磁波対策. 日本手術医学会誌, 23 巻 3 号 Page225-231, 2002.
 - 23) 鶴飼 勲, 角地 祐幸, 野々木 宏. 高速 IP ハンドオーバー技術を応用したモバイルテレメディシン実験 外傷事例搬送のシミュレーション. 日本遠隔医療学会雑誌, 2 巻 2 号 Page112-113, 2006.
 - 24) 新 秀直, 田中 勝弥, 玉井 久義, 大江 和彦. 医療機器の保守管理のための WiFi 位置情報検出システムの開発と評価. 医療機器学, 79 巻 6 号, Page373-381, 2009.
 - 25) 黒田 知宏, 長嶋 剛志, アラサルミ・アンティ, 糸 直人, 竹村 匡正, マルティカイネン・オッリ, 大星 直樹, 堀 謙太, 吉原 博幸, 黒田 嘉宏, 大城 理. 無線 LAN 位置計測ソリューションを用いた医療機器管理の有効性検討. 医療情報学, 28 巻 3 号 Page139-146, 2009.
 - 26) 柳田 智. 【Digital Radiography(DR)を極める 静止画編-ワイヤレス FPD&新アプリが拓く新時代-】 進化し続ける FPD システム ワイヤレス FPD は一般撮影をどう変えるか? 導入、検査、運用から考える. INNERVISION, 27 巻 10 号, Page11-13, 2012.
 - 27) 森安 彩子. 【病棟検査装置が変わってきている】 病棟での画像診断装置の運用効果 CR 搭載移動型 X 線装置を用いた病室撮影における無線 LAN 運用. 新医療, 40 巻 5 号, Page83-86, 2013.
 - 28) 鎌倉 文子. 電子カルテ環境下におけるスマートフォンの活用とその効果. 十全総合病院雑誌, 18 巻 1 号, Page3-4. 2012.
 - 29) 島村 吉衛, 芳賀 佳之, 辻 忠男, 窪地 淳. シンククライアントシステムを用いた病院内インターネット閲覧システムの構築. 日本医療・病院管理学会誌, 51 巻 3 号, Page151-160, 2014.
 - 30) 小田 直之. 院内環境のリスクと管理考 院内の情報システムにおける電波障害とその対策. 新医療, 40 巻 11 号, Page72-76, 2013.
 - 31) 政府統計、医師・歯科医師・薬剤師調査、医師数の年次推移, 病院－診療所・性別, 2008 <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001060599>
 - 32) 日本医師会男女共同参画委員会、日本医師会医師再就業支援事業 女性医師の勤務環境の現況に関する調査報告書 2009 http://dl.med.or.jp/dl-med/teireikaiken/20090408_2.pdf
 - 33) 電波環境協議会. 医療機関における携帯電話等の使用に関する指針 2014.8.19

http://www.emcc-info.net/info/pubcom2/2608_1.pdf

- 34) N. Carranza, V. Febles, J. Hernandez, J. Bardasano, J. Monteagudo, J. Fernandez de Aldecoa, V. Ramos: Patient safety and electromagnetic protection: a review. Health Physics , Vol.100(5) 2011,530-541
- 35) G Calcagnini, E Mattei, F. Censi, M Triventi, R Lo Sterzo, E Marchetta, P Bartolini: Electromagnetic Compatibility of WLAN Adapters with life-supporting medical device. Health Physics, Vol. 100 (5), 2011, 497-501
- 36) E Jan van Lieshout, S N van der Veer, R Hensbroek, J Korevaar, M Vroom, M Schultz: Interference by new-generation mobile phones on critical care medical equipment. Critical Care, Vol. 11, 2007,
- 37) S. Kapa, T. Pierce, D. Hayes, D. Holmes Jr. S. Asirvatham: Electromagnetic interference of magnetic field based auto identification technologies in healthcare settings. International Journal of Medical Informatics. Vol. 80, 2011, 239-250
- 38) Eisuke Hanada, Kenji Kodama, Kyoko Takano, Yoshiaki Watanabe, Yoshiaki Nose. Possible Electromagnetic Interference with Electronic Medical Equipment by RadioWaves Coming from Outside the Hospital Journal of Medical Systems, Vol. 25, No. 4, 2001
- 39) Eisuke Hanada. The electromagnetic environment of hospitals: how it is affected by the strength of electromagnetic fields generated both inside and outside the hospital. Ann Ist Super Sanita. Vol.43, No.3 208-217, 2007
- 40) E Hanada, S Tsumoto, S Kobayashi A "Ubiquitous Environment" through Wireless Voice/Data Communication and a Fully Computerized Hospital Information System in a University Hospital. E-Health IFIP Advances in Information and Communication Technology Volume 335, 2010, pp 160-168
- 41) Hanada E, Kudou T, Tsumoto S. Ensuring the security and availability of a hospital wireless LAN system. Stud Health Technol Inform. 2013;192:166-70.
- 42) Hanada EI, Kudou T, Tsumoto S. Installation of Secure, Always Available Wireless LAN Systems as a Component of the Hospital Communication Infrastructure. J Med Syst (2013) 37:9939 Epub 2013 Mar 22.
- 43) 小田直之. 院内情報システムにおける電波障害とその対策. 新医療. 40 巻 11 号 72-76、2013
- 44) 丸井 武士, 駒井 英敬, 宮本 徹. 【病院 ICT 現状と今後】 IP 電話の現状と将来. 病院設備, 50 巻 4 号 Page370-373, 2008
- 45) アイホン株式会社 HP、企業事例 兵庫医科大学病院様 スマートフォン連携システムで看護の情報化に大きく前進 <http://www.aiphone.co.jp/corp/casestudies/medical/medical24.html>
- 46) 山下 芳範. 大学病院におけるスマートデバイスを用いた病院情報システム. 臨床画像 30 巻 9 号 Page1005-1013, 2014
- 47) Wireless Personal Area Network Working Group (2012) IEEE Standard 802.15.6, Wireless Body Area Networks. IEEE standards, 1-271.
- 48) Kwak, K.S., Ullah, S. and Ullah, N. (2010) An Overview of IEEE 802.15.6 Standard.

- Proceedings of 3rd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, Rome, Italy.
- 49) Martelli, F., Buratti, C. and Verdone, R. (2011) On the performance of an IEEE 802.15.6 Wireless Body Area Network. Proceedings of European Wireless 2011, Vienna, Austria.
 - 50) Ullah, S., Chen, M. and Kwak, K.S. (2012) Throughput and Delay Analysis of IEEE 802.15.6-based CSMA/CA Protocol. *Journal of Medical Systems*, 36, 3875-3891.
 - 51) Ullah, S. and Henry Higgin, H., Braem, B., Latre, B., Blondia, C., Moerman, I., Saleem, S., Rahman, Z. and Kwak, K.S. (2012) A Comprehensive Survey of Wireless Body Area Networks On PHY, MAC, and Network Layers Solutions. *Journal of Medical Systems*, 36, 1065-1094.
 - 52) Jung, B.H., Akbar, R.U. and Sung, D.K. (2012) Throughput, Energy Consumption, and Energy Efficiency of IEEE 802.15.6 Body Area Network (BAN) MAC Protocol. *IEEE 23rd International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*.
 - 53) Rezvani, S. and Ghorashi, A. (2012) A Novel WBAN MAC Protocol With Improved Energy Consumption and Data Rate. *KSII transactions on internet and information system*, 6, 2302-2322.
 - 54) Marinkovi, S. J., Popovici, E. M., Spagnol, C., Faul, S., and Marnane, W. P., (2009) Energy-efficient low duty cycle MAC protocol for wireless body area networks. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed*, 13, 915-925.
 - 55) Ullah, S., An, X. and Kwak, K. (2009) Towards Power Efficient MAC Protocol for In-Body and On-Body device Networks. *Agent and Multi-Agent System: Technologies and Application*, 5559, 335-345.
 - 56) Zhen B., Li H. B. and Kohno R. (2008) IEEE body area networks and medical implant communications. In the Proc. of the ICST 3rd International Conference on Body Area Networks. Tempe, Ariz, USA.
 - 57) Rashwand, S., Misic, J. and Khazaei, H. (2011) IEEE 802.15.6 under Saturation: Some Problems to be Expected. *Journal of Communications and Networks*, 13, 142-148.
 - 58) Changle Li, C., Geng, X., Yuan, J. and Sun, T. (2013) Performance Analysis of IEEE 802.15.6 MAC Protocol in Beacon Mode with Superframes. *KSII transaction on internet and information systems*, 7, 1108-1130.
 - 59) Rashwand, S. and Misic, J. (2012) Effects of Access Phases Lengths on Performance of IEEE 802.15.6 CSMA/CA. *Journal of Computer Networks*, 56, 2832-2846.
 - 60) Rashwand, S. and Misic, J. (2011) Performance Evaluation of IEEE 802.15.6 under Non-Saturation Condition. *Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM)*, Kathmandu, Nepal.
 - 61) Bianchi, G. (2000) Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 18, 535-547
 - 62) Akinobu Nemoto, Pham Thanh Hiep, Ryuji Kohno. Control Access Point of Devices for Delay Reduction in WBAN Systems with CSMA/CA. *Communications and Network*, 2015, 7, Published Online February 2015 in SciRes. <http://www.scrip.org/journal/cn> DOI: 10.4236/cn.2015.71001

- 63) Yuya Obinata, Kotaro Yamasue, Phan Tham Hiep, Akinobu Nemoto, Chika Sugimoto, Ryuji Kohno, Application of high-band UWB body area network to medical vital sensing in hospital . Proceeding BodyNets '13 Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks p.594-599, Boston, 2013