

医療機関の電波管理支援システムの開発と実施事例

医用テレメータを対象とした測定事例

石島 透*¹・遠藤 哲夫*¹

Keywords : medical institute, medical telemetry, radio wave measurement

医療機関, 医用テレメータ, 電波測定

1. はじめに

医療機関では医用テレメータや電子カルテなど電波を利用する医療機器の導入が進み、利便性が向上している。その一方で、電波が届かない、通信ができない等の電波的トラブルが顕在化している。電波を利用する医療機器が正常に動作しないと患者の様態を正しく把握できず医療事故につながるものが危惧され、医療機関において電波の安全な利用が重要な課題となっている。

このような状況を受け近年では、総務省、厚生労働省および電波環境協議会^{注1}を中心に、医療機関において電波を安心して利用するための指針や手引き、医療施設を建設する際に注意すべき事項を纏めたガイドラインが作成され、全国の医療機関への周知・啓発を進めている¹⁾³⁾。指針や手引きでは、医療機関において安全に電波を利用するためには、電波環境の管理に関わる医療スタッフと電波を利用する機器を提供する医療機器メーカーや通信事業者が情報を共有し、適切な電波環境を医療機関自らが管理することの重要性が示されている。

医療施設で発生する電波的なトラブルの原因としては次のようなことが挙げられる。

- 電波を利用する医療機器のサービスエリアの拡張
- 什器の新設・模様替えによる電波遮蔽（電波強度の低下）
- 通信機器の経年劣化による送信不良・受信不良（電波強度の低下）
- 同一周波数を利用する通信機器同士の電波干渉
- 患者持ち込み機器による電波干渉

- 建物設備や医療機器から放射する電磁ノイズによる電波干渉

電波障害の発生時にはこれらの原因を特定し適切に対処する必要がある。例えば、機器の経年劣化が原因だった場合には対象の通信機器の交換や基地局の増設で解消するが、電波干渉が原因の場合には、対象の通信機器の交換等では解消することはできず、干渉源の機器の対策が必要となる。

これらの原因を特定する材料の一つとして継続的な電波測定の実施が有効であり、過去の測定データとの比較や電波的なトラブル発生前後にあった事象を辿ることで、トラブル復旧までの時間を短くすることが期待できる。あるいは、経年劣化の予兆を捉えられれば、障害が発生する前に対処することも期待できる。

そこで、大学病院など比較的大規模で医療情報や臨床工学士など無線通信に関する知識を有する医療スタッフが勤務する医療機関では、電波管理に関する委員会を立ち上げる等の動きが増えてきている。

しかし、多くの医療機関では、「電波や無線に関する専門知識を持つ人材がない」、「電波環境の評価方法・評価指標が分からない」といった課題が多く挙げられている。また、継続的な測定が有効ではあるものの、人手が不足する医療機関において、医療行為とは別に電波測定に業務時間を割くことは大きな負担となるため、実際に電波管理を自主的に行っている医療機関は少ないのが現状である。

このような背景から、筆者らは、医療機関における適切な電波管理をサポートする技術の開発を進めている。本稿では、筆者らが開発した医療機関における電波管理支援を目的とした測定システムの概要と、本シ

* 1 技術センター 先進技術開発部 新領域技術開発室

システムを用いた継続的な電波測定の実施事例について報告する。

2. 測定対象の電波

2.1 医用テレメータについて

本稿では、医療機関において利用される電波のうち医用テレメータを測定対象とした事例を紹介する。

医用テレメータは、病室にいる患者の心電図・呼吸・酸素飽和度等の生体情報をナースステーション等離れた場所から遠隔でモニタリングするための医療機器であり、9割近くの病院で導入されている¹⁾。

電波環境協議会-医療機関における電波利用推進委員会が行った「2021年度医療機関における適正な電波利用推進に関する調査」におけるアンケートの結果、当年度の1年間で、医用テレメータを導入している病院の20.9%が、医用テレメータの電波に関するトラブルを経験していることが明らかになった。そのうち、半数程度の病院において施設内のみでは解決できなかったトラブルがあり、外部業者や医用テレメータメーカーに各種の対応を依頼するなど大きな問題となっている。

患者に装着されるテレメータ送信機は、1mW以下の出力で通信を行う特定小電力無線局であり、医療用に割り当てられた400MHz帯の電波を利用し通信を行う。医用テレメータの受信アンテナは、主に病棟内の天井裏に設置され、ホイップアンテナや漏洩同軸ケーブルが利用されている。受信アンテナで受信した電波は、天井内を配線しナースステーション等で集約され、受信装置（セントラルモニタ）に接続することで看護師が患者の生体情報を集中管理することができる。

2.2 医用テレメータの電波環境評価

医用テレメータの電波の繋がりやすさを表す指標は、受信アンテナで受信した電波の受信強度：C値と受信アンテナで受信する電波と同一周波数帯におけるノイズの強度：N値の比から求めるCN比[dB]²⁾によって評価される（図-1）。CN比の値が大きいほど通信が良好であり、30dB以上が安定動作の目安とされている²⁾。

医用テレメータの電波の受信強度：C値は、人や物による吸収・遮蔽の影響を受けやすい。人の影響については、送信機が患者に装着されるため、身体の姿勢や向きによっては人体が吸収・遮蔽物となることや、送信アンテナの向きが変わることが受信強度の変動要因となる。そのため、先述した通信環境評価のCN比指標値は、この減衰を見込んだ値となっている。物の影響については、病室の扉の開閉や什器の移動による電波

伝搬環境の変化が受信強度の変動要因となる。

また、ノイズ：N値は、同一周波数帯を利用する医療機器（異なる病棟で利用される医用テレメータなど）やインバータを利用する建築設備（エレベータやLED照明など）および電気配線、医療施設の近隣を走行するタクシーやトラックなどで使用している無線機が発生源となるため、時間変動する特徴がある。さらに、ノイズは受信アンテナだけでなく受信アンテナとセントラルモニタ間の配線にも誘導するため、天井裏にノイズ源があると発生源の特定が極めて困難である。

CN比はC値とN値のそれぞれの値によって相対的に決まる。そのため、CN比の低下には受信強度の低下とノイズの増加の2つの要因があり、通信環境の改善にはどちらが影響しているかを特定し、適切に対処する必要がある。

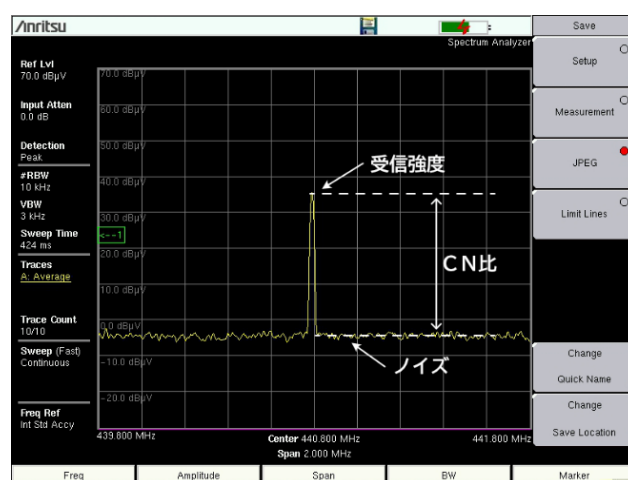


図-1 スペクトラムアナライザによる計測例
Fig.1 Example of measurement with spectrum analyzer

2.3 医用テレメータのCN比変動要因の検証

本稿における医用テレメータのC値およびN値の測定は、医用テレメータ送信機とスペクトラムアナライザを用いて行った。セントラルモニタに接続されているアンテナケーブルを分配し、一方をスペクトラムアナライザに接続し、送信機が発信する電波の受信強度：C値[dBμV]および同一周波数帯のノイズ：N値[dBμV]を測定し、CN比[dB]を算出する（図-2）。

図-3に当社の電波暗室内で医用テレメータ送信機の受信強度およびノイズを測定したデータを示す。また、図-4に当社オフィス内において同様に測定したデータを示す。オフィス内での測定は図-5のような場所において平日に行ったため、昼間は受信点間に人の往来が発生する。図-3および図-4の測定において、送信機と

受信アンテナの位置関係やスペクトラムアナライザの設定等の測定環境以外の条件は同一である。電波暗室のような遮蔽物・ノイズ発生源のない理想的な環境では安定した測定値となる一方で、オフィス内においては送受信点間に人が立ち入ることによって受信強度の細かな変動がみられる。また、オフィス内測定においては、物の影響を確認するために一時的に送信機自体を金属体で覆ったところ、継続的な受信強度の変動を確認した。

実際に稼働中の病院においても、送信点および受信点の位置関係を固定した状態で 6 日間測定を行った(図-6)。実病院においても扉の開閉や患者・病院スタッフの往来による変動が見られた。実際に患者に装着した場合には、さらに患者の姿勢による変動が加わることになる。ノイズについては測定期間中は大きな変動がなく、CN 比の変動は受信強度の変動が主要因であった。

これらの測定結果から、電波暗室以外の実環境においては CN 比は瞬間的には 20 dB 程度変動することがあるため、一度の測定だけでは偶然良い値あるいは悪い値が記録され、正しく状況を把握できない可能性がある。そのため、医用テレメータの通信環境を正しく評価するには継続的に測定することが望ましい。

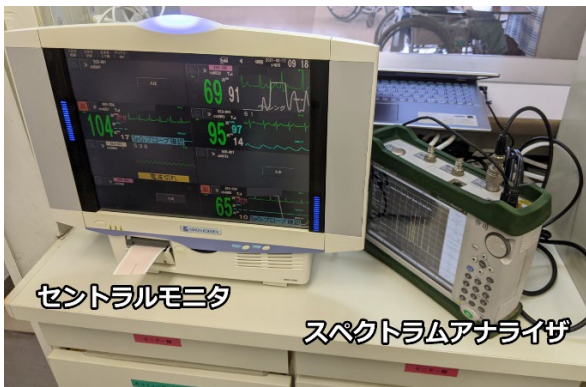


図-2 病棟での測定の様子
Fig.2 State of measurement in medical ward

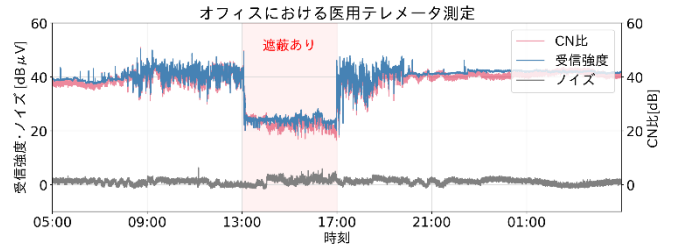


図-4 オフィス空間での測定結果
Fig.4 Result of measurement in office space

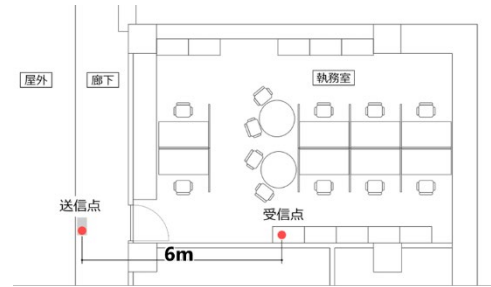


図-5 オフィス空間での測定状況
Fig.5 State of measurement in office space

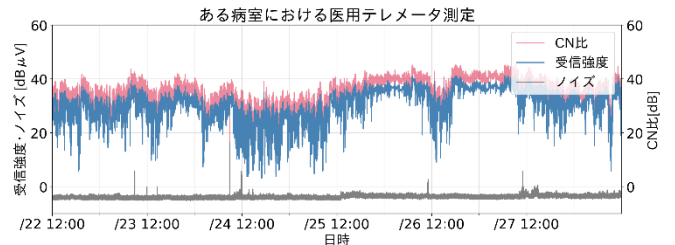


図-6 病棟での測定結果
Fig.6 Result of measurement in medical ward

3. 測定システムの開発と実施事例

3.1 システム概要

電波管理業務に専従でない医療スタッフが通常の業務に加え、継続的な電波測定を行うことは大きな負担となる。そこで、電波測定に掛かる人手を減らしつつも継続的な電波測定を行うためのシステムを開発した。

本システムは、医療スタッフが患者の見回りなど業務で使用している医療用カートに、専用に試作した測定用の装置と医用テレメータ送信機を搭載し、カートが病室に運び入れられた際に自動的に測定を行うものであ

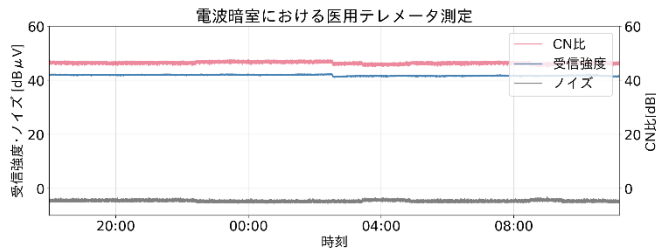


図-3 電波暗室での測定結果
Fig.3 Result of measurement in anechoic chamber

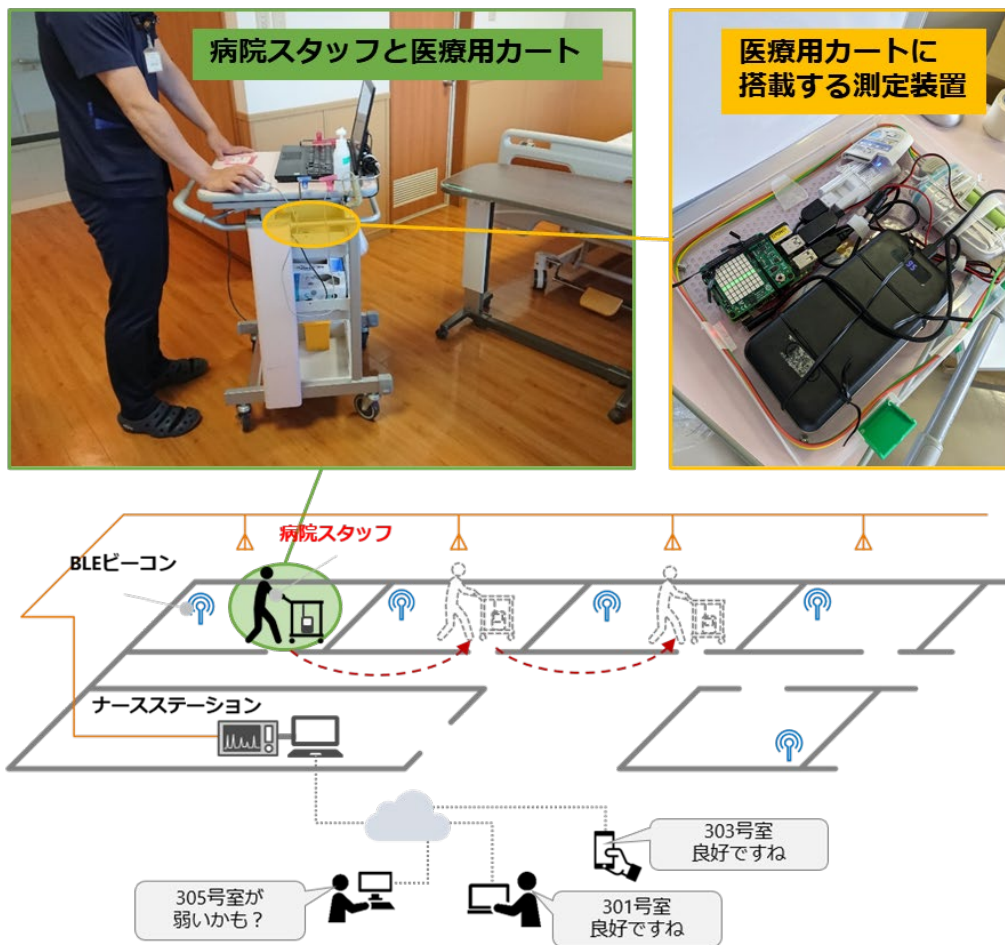
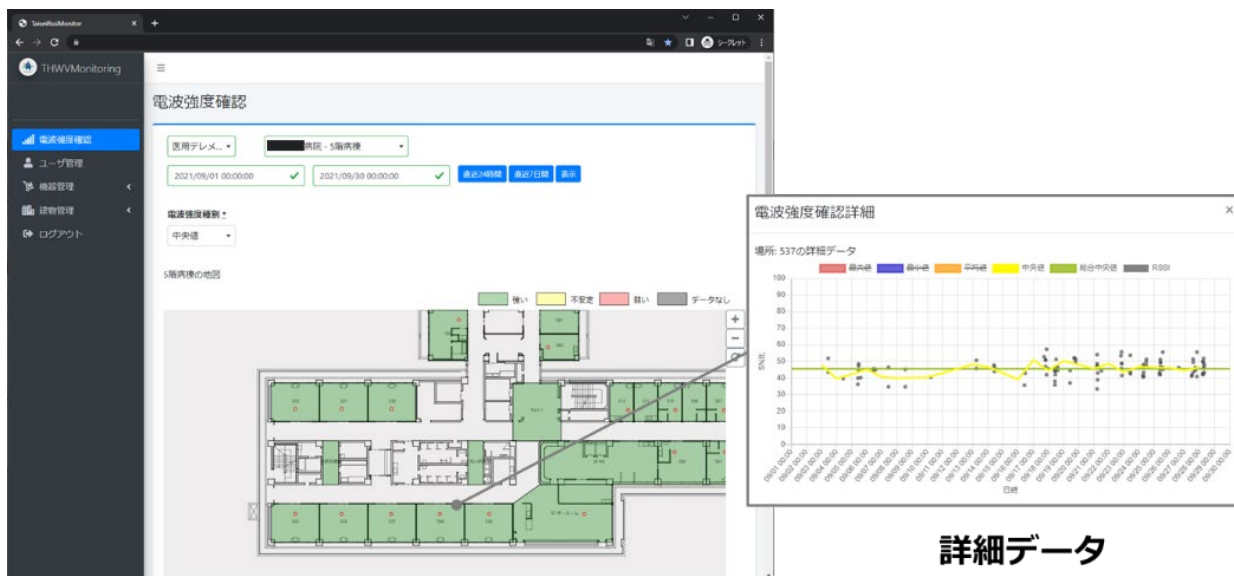


図-7 本システムの概要図
Fig.7 Overview of measurement system



図面と測定データの重畳

図-8 測定データを可視化する Web アプリケーション
Fig.8 Web application for visualize measurement result

る(図-7)。測定されるタイミングは医療スタッフの業務状況に依るため不定期的ではあるが、特別に電波測定の作業を必要とせずに病棟全域を測定することができる。測定箇所を設定した病室等には BLE ビーコンを設置し、その信号をもとに測定装置がどの地点で測定を行ったかを判別する。また、測定装置には加速度センサを搭載しており、カートの静止状態を検知することによって測定箇所の特定精度を高めている。

さらに、病棟全体の測定結果を可視化し、関係者間で共有するための Web アプリケーションを試作した(図-8)。本アプリケーションでは、測定データと建築図面の重畳を行い、測定値の評価を色別に表示することで場所毎の電波環境を直感的に捉えやすいようにした。また、特定の場所の詳細な測定データも併せて参照できるようにし、トラブル発生のタイミングを特定しやすいようにした。

3.2 実施における運用実証

本システムを、34室・59床の一般病棟に導入し、約2か月間運用した事例について紹介する。

当病棟では、医療用カートが10台配備されており、それぞれに電子カルテ端末(ノートパソコン)や手袋、ビニール袋などの看護用品を載せている。患者の見回りの際には、医療スタッフ(看護師)が当カートを病室に持ち込む運用をしている。また、当病棟の医用テレメータ受信設備は、天井面にホイップアンテナが取り付けられており、天井裏の配線は病棟中央のナースステーションに集約されている。受信アンテナは凡そ各病室を中心に配置されており、多床室には1室ごと、連続する個室には1室おきに設置されている。本事例では、当カート10台のうち2台に医用テレメータ測定用装置を搭載した。医療スタッフには測定用装置を搭載したカートを含む10台を通常通りに使用してもらった。

運用の結果、当病棟において測定箇所として設定した病室やデールームなど全箇所において1回以上の測定が確認できた。測定箇所によって測定用カートが持ち込まれた回数、すなわち測定回数が異なる。そのため、ある箇所で開催中に測定した複数のCN比の値の中央値を求め、その値を当該箇所の測定値として評価に用いた。図-9は各測定箇所における測定値を3段階の色分けで図面上に重畳して表現したものである。各色の評価基準は2.2節で述べた指標値を元に、強い:30dB以上/不安定:15dB以上~30dB未満/弱い:15dB未満とした。本事例では、全測定箇所CN比30dB以上であり、病棟全体で良好な状態であった。

図-10は、ある1病室における期間中の測定結果である。このように、約2か月間で不定期ではあるものの医療スタッフの患者の見回りのタイミングに合わせて、この病室の医用テレメータの電波状況を継続的に測定できることを確認した。

本システムの運用中、医療スタッフには測定用装置の電源用バッテリーの充電のため、ナースステーションにカートに戻した際に充電ケーブルをつなぐ作業を依頼したが、その他に電波測定のための作業は発生していない。



図-9 各測定箇所における測定値の評価

Fig.9 Evaluation of measurement value of each measurement

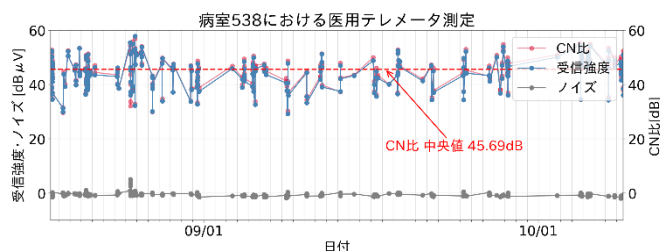


図-10 1病室における測定結果

Fig.10 Measurement result at one sickroom

4. まとめ

医療機関において電波管理および通信環境評価を行う上での継続的な測定の有効性について、医用テレメータを例として紹介した。また、現実問題として現状の医療機関において電波管理をおこなうための人的リソースが不足しているという課題に対して、通常の看護業務内で自動的に測定を行うシステムを開発し、その実施例について紹介した。

謝辞

本システムに関わる開発・実証・測定にあたり、埼玉医科大学および埼玉医科大学病院・新城市民病院・三重大学医学部附属病院にご協力いただきました。各施設の関係各位に謝意を表します。

注

注1) 電波による電子機器等への障害を防止・除去するための対策を協議するための学識経験者，関係省庁，業界団体等により構成された協議体。

注2) Carrier-to-Noise Ratio (搬送波対雑音比)

受信強度 C 値およびノイズ N 値はそれぞれ常用対数で表されるデシベル値であるため，CN 比は C-N で算出される。

参考文献

- 1) 電波環境協議会：2022 年度医療機関における適正な電波利用に関する調査の結果, 2023.06
- 2) 電波環境協議会：医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き(改訂版) P.96, 2021.07
- 3) 日本建築学会：日本建築学会環境基準 AIJES-E0005-2021 医療機関における電波利用機器に配慮した建築ガイドライン・同解説－医用テレメータ編－，2021.9