

## 医療機関における無線通信機器の電磁環境簡易評価手法の検討

○遠藤 哲夫、\*川邊 学、\*\*加納 隆

大成建設株式会社技術センター

\*埼玉医科大学保健医療学部

\*\*滋慶医療科学大学院大学

### 1. はじめに

病院や救急救命センターなど医療機関では、医用テレメータを利用した生体情報モニタシステムや無線 LAN を利用した電子カルテなど電波を利用した医療機器や情報機器の導入が急速に進み、病院スタッフの利便性が向上している。一方で電波が届かない、通信ができないなど電波的な要因による医療機器のトラブル（以下、電波的トラブルと呼ぶ）が増加している。

医療機関における適正な電波環境整備を目的として総務省が全国 3000 件の病院を対象に実施したアンケート調査では 24.4%の医療機関において電波利用機器のトラブルが発生していると報告されている[1]。医用テレメータの電波的トラブルの原因について石原氏が厚生労働科学研究費補助金健康安全総合研究地域医療基盤開発推進研究として 3043 件の病院を対象としたアンケート調査を行った。調査結果の上位を図 1 に示す。「送信機と受信機の上に建物の壁や扉があり電波が届かない（信号波の受信強度不足）」、「医用テレメータと近接する周波数チャンネルを利用した医用テレメータ以外の送信機との電波干渉」、「電気設備、通信設備などから放射する電磁ノイズの影響によるノイズ障害」など建築物や建築設備が原因となる電波的トラブルが上位を占めている。[2]。

医用テレメータの受信不良が発生した場合の生体情報モニタシステムの表示画面を図 2 に示す。図 2 上は正常動作、図 2 下は受信不良によりトラブルが発生した場合の画面であり、正常画面では心拍数が 80 であるのに対しトラブル発生時

の画面は心拍数が 103 と表示され、波形

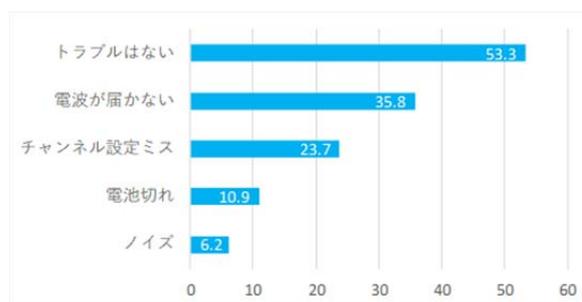


図 1 テレメータのトラブル原因に関するアンケート調査結果



図 2 生体情報モニタシステムの表示画面

も大きく乱れている。この様な受信不良によって医用テレメータを使用する患者の心電図の異常の発見が遅れたといった事例が報告されており、医療機関では大きな課題となっている[1]。

電波的トラブルの解決には、電波の届

く範囲を明確化することや電磁ノイズを発生する電気・通信設備，医療機器などを総合的に判断した上で対策を施す必要があり，病院スタッフ，医療機器メーカ，通信事業者，建設事業者などが相互に情報を共有し，適切な電波環境計画と定期的な電波管理を実行することが重要である。

しかし，医療機関内の電波環境の管理における課題として，「電波や無線に関する専門知識を持つ人材がいない」，「電波環境の評価方法，評価指標が分からない」などが挙げられており[1]，医療行為以外の専門外業務に対応することが病院スタッフにとって大きな負担となっている。

そこで，建築物の計画・設計や運用管理に対して適用実績のある BIM (Building Information Modeling)，電波環境シミュレーション，電波調査・計測に関する各技術を組み合わせ，病院内の電波環境を可視化する技術として T-Hospital Wireless Viewer を開発した。

医療施設の計画・設計段階では，BIM のモデルと連動した電波環境シミュレーションを用いて電波の届く範囲を明確化することで医療機器の電波的トラブルが発生するリスクを事前に評価・可視化し，適正な電波環境計画を提案する。また，運用段階においては評価対象となる通信システムの電波的トラブルが発生するリスクを評価するために電波環境やアンテナ位置を現地で調査し可視化することが可能になる。

本報告では，本開発の基盤となる電波環境シミュレーション技術について述べる。次に電波環境シミュレーションおよび電波環境調査の結果を用いて T-Hospital Wireless Viewer で可視化する効果を埼玉医科大学国際医療センターで検証した結果を報告する。

## 2. 電波環境シミュレーション技術[3]

図 3 にシミュレーションの手順を示す。先ず BIM を活用して解析用の建物モデルを作製する。図 4 は埼玉医科大学国際医療センターの解析用建物モデルを表している。この解析用建物モデルに建築部材の電波反射・透過特性（以下，電波特性と略称する）を設定する。次に送受信アンテナの放射パターン・指向性を設定する。図 5 に医用テレメータを例に受信アンテナに利用されるホイップアンテナの指向性モデルを示す。左がアンテナ指向性の角度特性のレーダーチャート，右がその 3 次元イメージを表している。

また，シミュレーションでは，送信アンテナから受信アンテナに至る伝搬経路において電波が建物境界面で反射する回数，電波が建物境界面を透過する回数，

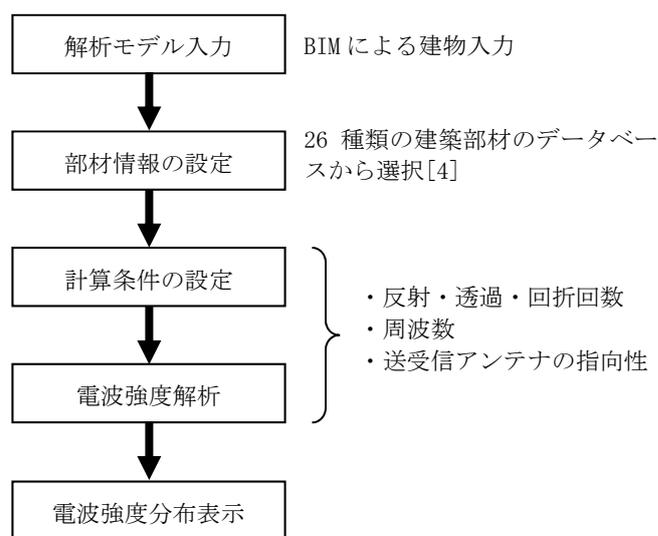


図 3 電波シミュレーションの作製フロー

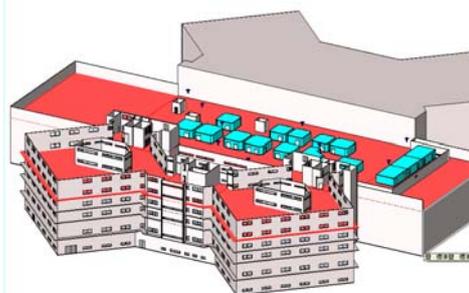


図 4 BIM による解析モデル

電波が建物境界面を回折する回数を設定する。

図 6 に埼玉医科大学国際医療センターをモデルに携帯電話基地局から到来する電波の強度分布をシミュレーションした結果を示す。電波強度が弱いエリア（赤色）では端末の通信が不安定となり携帯電話端末から放射する電波の強度が強くなる傾向を示す。電波強度のシミュレー

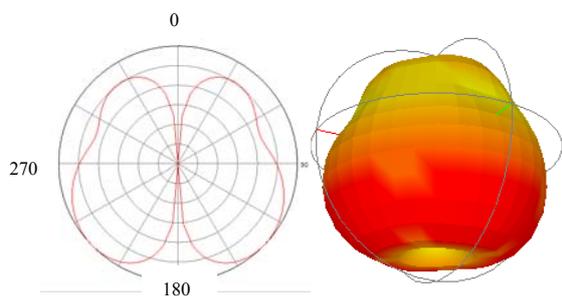


図 5 ホイップアンテナの指向性モデル

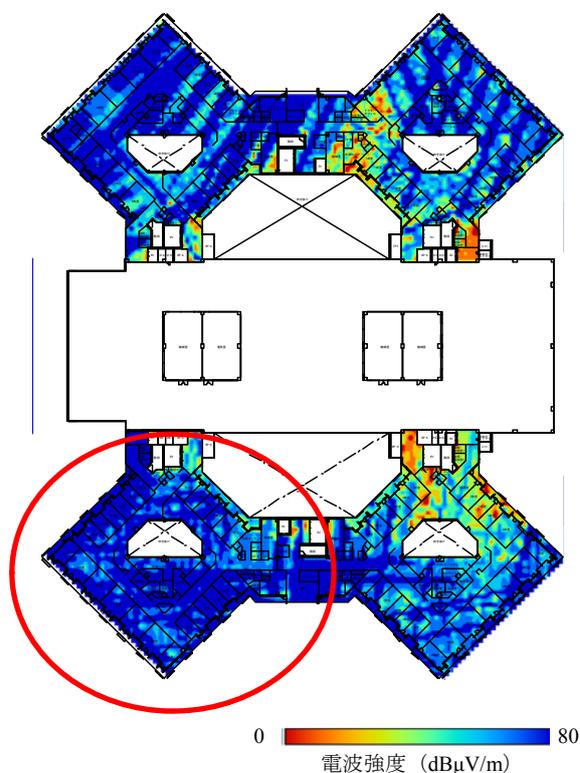


図 6 電波環境シミュレーション結果  
(携帯電話)

ションでは、このように視覚的に電波の強弱を示すことが可能となる。

### 3. 電波環境の可視化技術

病院スタッフが行う電波環境の管理の課題として、「電波環境の評価方法、評価指標がわからない」ことが指摘されている。電波環境の可視化技術 T-Hospital Wireless Viewer は、電波シミュレーションや現地での電波調査で得られた電波強度 (dB $\mu$ V/m) をベースに医療機器の電波的トラブルに対する安全性を考慮した評価値を加えビジュアルで電波環境を評価する事が可能である。図 7 に T-Hospital Wireless Viewer の作製フローを示す。まず可視化する対象となる建物モデルを入力する。建物モデルは BIM で作製した建物モデルや図面等の画像データを利用する。次に可視化する電波環境に関するデータを入力する。入力データは電波環境シミュレーションの結果もしくは電波環境測定の実地調査データとする。また、可視化のための評価値を設定する。初期値として、当社が複数の大学病院と共同で取得した電波環境データと医用機器に対する安全性を検討した結果を元に独自に算出した数値が設定されており、T-Hospital Wireless Viewer のソフト上で自動的に計算される。

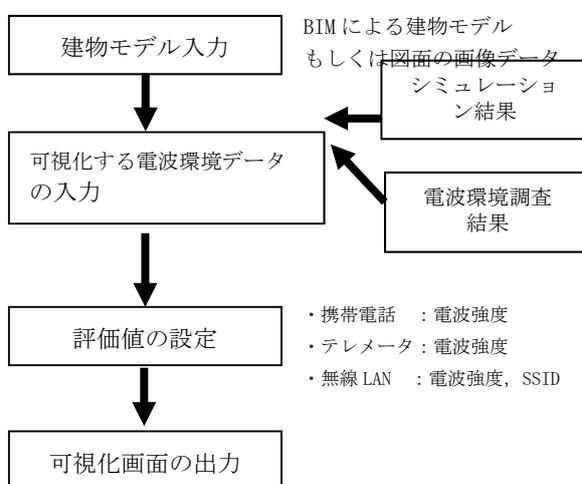


図 7 T-Hospital Wireless Viewer の作製フロー

なお、評価値は建物の立地条件や電波環境によって変動するため、現地での電波環境調査によって変更することも可能である。図 7 では携帯電話、医用テレメータ、無線 LAN の調査結果を同列で取り扱っているが、通常医療機関では建物完成後に通信事業者、通信ベンダー、医療機器メーカーが各々個別に電波環境に関する調査を行い病院スタッフに報告している。T-Hospital Wireless Viewer ではこれらの調査結果を同一のソフトで保管し可視化しているため、データ管理が非常に簡便になる。また、可視化画面の作製には BIM や電波環境シミュレーション、電波環境調査など電波環境に関する専門知識が必要になるため、建物計画・設計段階及び建物の完成検査の段階で専門技術者が作製し病院スタッフに提出することを想定している。その後、建物完成後に通信事業者、通信ベンダー、医療機器メーカーが行う調査結果や病院スタッフが定期的に行う電波管理の際に測定する電波環境調査の結果は、電波管理を行う病院スタッフがデータを入力することで自動的に可視化画面が更新される。このため、T-Hospital Wireless Viewer を活用することで運用段階における電波環境の変化を容易に把握することが可能になり、電波管理を行う病院スタッフの負担軽減を実現できると考えている。

T-Hospital Wireless Viewer は携帯電話、医用テレメータ、無線 LAN の電波環境を管理の対象としている。本報告では、医用テレメータの電波的トラブルが発生するリスクを評価するために電波環境やアンテナ位置を現地で調査し T-Hospital Wireless Viewer を用いて可視化を行った例を示す。

医用テレメータは患者に取付けた送信機から電波を発信し、天井に設置する受信アンテナで受信する。設計段階では受

信アンテナで十分に強い電波強度が受信できるよう配置が計画される。しかし、運用段階では受信アンテナから生体情報モニタまでの配線で生じる伝送ロス、送信機を装着する人の影響によるロス、電気設備から放射する電磁ノイズなどの影響によって生体情報モニタで受信する信号強度が減衰し電波的トラブルが発生するケースがある。

埼玉医科大学における実証試験では、テレメータ送信機を装着した病院スタッフが病棟を移動し、病室単位で生体情報モニタに表示される信号強度 (dB) を記録する。測定値から各病室の電波環境を評価し可視化した結果を図 8 に示す。可視化画面において青枠で囲ったエリアの信号強度が弱いことが確認された。可視化画面に生体情報モニタから受信アンテナの配線経路を矢印で追記する。その結果、配線経路の末端で信号強度が低い傾向を示していることが分かった。この情報を病院スタッフ、医療機器メーカーと共有し信号強度が弱い原因を検討したところ、配線経路での伝送ロスが影響していることが明らかになった。これは建物完成時に医療機器メーカーが調査した段階では確認されなかった現象であり、接続コネクタの経年劣化が発生していた。



図 8 T-Hospital Wireless Viewer による可視化画面 (テレメータ)

さらに、現地調査では個室のトイレ内は病室よりも電波が弱く生体情報モニタが誤表示していることが確認された。そこで図 8 の赤枠で囲った病室の電波環境シミュレーションを行った。シミュレーションの結果を図 9 に示す。図 9①に示す「現状の病室」の受信アンテナの位置ではトイレの扉に電波が遮られるためトイレ内に送信機を装着した患者が入った場合、電波が届きにくいことが明らかになった。そこで、図 9②に示す「適正化後の病室」に示す受信アンテナの位置と扉の位置に変更した結果、トイレ内でも病室同等の電波環境になることが確認された。

埼玉医科大学国際医療センターにおいて建物完成後に医療機器メーカーが行った電波環境調査では、医用テレメータの信号強度は生体情報モニタが正常に表示されることが確認されている。しかし経年劣化によって配線系統の伝送ロスが増加し信号レベルが低下した。その結果、

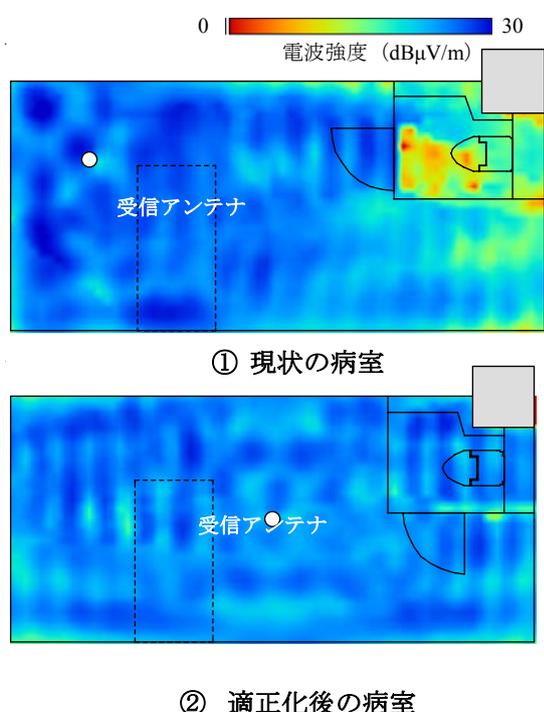


図-12 電波環境シミュレーション結果 (テレメータ)

トイレ内に送信機を付けた患者が移動した場合、扉の影響で受信する電波の強度が低下し電波が届かない病室が発生したと考えられる。以上のように生体情報モニタで受信する信号強度を用いて作製した T-Hospital Wireless Viewer の可視化画面は、医用テレメータの電波環境を評価するために効果的であることが確認された。特に実証試験を行った埼玉医科大学のように、電波的トラブルが発生している場合には原因の検討を効果的に行えることを示した。また電波環境シミュレーションを活用することで受信アンテナの配置変更など適正な電波環境の改善検討を効率的に行えることが明らかになった。

#### 4. まとめ

本開発は、医療機器が安定して通信できる環境を提供し、電波的トラブルの解消と病院スタッフによる定期的な電波管理をサポートすることを目的として BIM、電波環境シミュレーション、電波調査・計測に関する各技術を組み合わせ、病院内の電波環境を可視化する T-Hospital Wireless Viewer を開発した。

埼玉医科大学国際医療センターにおける電波管理の実証試験の中で、T-Hospital Wireless Viewer によって電波が非常に弱いと表示されたエリアでは生体情報モニタに誤表示が発生していることを確認した。可視化することで受信アンテナ配線と電波の弱いエリアの関連を容易に把握することを確認できた。さらに、電波環境シミュレーションが電波の弱いエリアの事前推定と調査後の対策検討に効果的な手段であることが明らかになった。

今後は、本技術を比較的大規模な病院を中心に展開し、電波環境の評価に関わるノウハウの蓄積によって「電波がどこ

でもつながる病院」の設計と病院スタッフの効率的な電波管理のサポートを実施する所存である。

#### 参考文献

- [1] 電波環境協議会，医療機関における電波利用推進部会 平成 29 年度報告書，p.7，2018.4.
- [2] 平成 25 年度 厚生労働科学研究費補助金 健康安全総合研究 地域医療基盤開発推進研究 研究代表者：石原美弥（防衛医科大学校），医療機器保守管理の適正実施にむけた諸課題の調査研究，p.53，2014.3.
- [3] 遠藤哲夫：医療施設における電磁環境計画技術の開発，クリーンテクノロジー，Vol.22 No.6，p.53-58，2012.6.
- [4] 遠藤，吉野，寺田，東山：屋内電波環境推定のための一般建築材料の透過反射特性に関する実験検討，日本建築学会環境系論文集，No587，p.71-78，2005.1.