

# 手術の質向上のための医療用 RFID タグを用いた手術器械の管理システムの開発

|       |       |                           |
|-------|-------|---------------------------|
| 研究代表者 | 山下 和彦 | 東京医療保健大学 医療保健学部 医療情報学科 教授 |
| 研究分担者 | 本田 宏  | 済生会 栗橋病院・院長補佐             |
| 研究分担者 | 田中 聖人 | 京都第二赤十字病院・医療情報部長          |

## 1 はじめに

医療機関で発生する有害事象について、コロラドとユタ hospital のすべての有害事象の 66%に手術が関連しており、そのうち 54%は予防可能であったと報告した<sup>[1]</sup>。そして、ガーゼや手術器械の体内遺残事例は手術 1 万件に 1 件発生し、そのうち 30%が手術器械であると報告<sup>[2]</sup>され、それにかかわる医療費や賠償額も大きいことが報告されている<sup>[3,4]</sup>。

手術器械に関連する体内遺残事例の要因の 1 つとして、術式別に構成されるコンテナへの手術器械の入れ間違いや不具合のある手術器械の混入が挙げられる。中央滅菌室のインシデントレポートの 50%をコンテナへの異なる手術器械の混入、数の間違い、点検不足による故障機器の混入が占めると報告され<sup>[5]</sup>、十分な管理が行えていない状況が伺える。

さらに、病院 1 施設あたり数万本の手術器械を保有しているとされるが、その個数や種類を把握している医療機関は少なく<sup>[6]</sup>、使用回数などを適切に管理し、メンテナンスが行えている医療機関は少ないことが報告されている。そのため、手術中に手術器械が破損する事例や破損部分が術野や周辺に落下し、発見できない事例は頻繁に発生していることを外科医は経験的に理解している<sup>[2]</sup>。

一方、医療機関における感染が注目され、特に手術部位感染(Surgical site infection: SSI)の調査が行われている<sup>[7,8]</sup>。感染に関する周術期合併症による死亡率は 0.4~0.8%、重大な合併症は 3~17%の発生率であると報告され、注目を集めている<sup>[9]</sup>。

SSI の予防には、手術自体の感染管理、術後の患者の感染管理、手術器械などの医療材料の管理の 3 つが重要だと考える。本研究で着目している手術器械について、中央材料部などの洗浄、滅菌を行う部門で適切に手術器械を管理するとともに、記録することが求められる。そこで 2006 年には厚生労働省通達が出され、さらに 2007 年の薬事法改正では、手術器械の安全性の管理、トレーサビリティ、エビデンスのある使用回数の設定などが義務付けられた。

そこで本研究では鉗子等の手術器械に取り付け可能な医療用 RFID タグを開発し、患者安全の向上、看護師等の負担軽減、手術器械の自動的な管理システムの開発を目的とした。これまでに本研究では、RFID タグを手術器械に取り付け、洗浄・滅菌の繰り返し耐久試験、脱落などを検証するための耐久試験、ハイスピード滅菌などを考慮した高熱チャレンジ試験、応力解析のシミュレーション等の基礎的検証を終えた。さらに、医療機関における臨床評価試験を行い、RFID タグ付き手術器械の外科医による手術での操作性の検証を行った。中央材料部では、RFID タグ付き手術器械の洗浄履歴の取得、コンテナ内への確実な手術器械の収納の記録、収納手順などの方法の記録などを行い、メンテナンスの確実性などに言及してきた。ここまでではほぼ確実に、手術器械の手術での運用情報の取得、解析が可能となった。しかし、手術器械に関連する体内遺残事例に代表される過誤は手術室で発生する。そのため、手術室での RFID タグ付き手術器械の情報取得が本研究では残されている。

そこで本報告では、特に下記についての概要を述べる。

- (1) RFID タグの洗浄性能について日本やドイツの洗浄評価プロトコルに則って評価する。
- (2) 患者安全に直結する手術室で使用可能なリーダ/ライタのアンテナを開発する。
- (3) 体内遺残事例を予防するための手術前後の器械カウントを行うソフトウェアを開発する。

以上より、洗浄、滅菌、手術の一連の流れの中で RFID タグを利用した管理システムが構築でき、患者安全の向上と手術器械の適切な管理に寄与できるシステム構築を実現できると考える。

## 2 方法

### 2-1 RFID タグの洗浄性能試験

#### (1) 洗浄ガイドラインに基づいた実験概要

日本やドイツの手術器械の洗浄評価のガイドラインでは、ウォッシュャーディスインフェクタ (WD) の使用による負担軽減が推奨され<sup>[10]</sup>、合わせて洗浄後の汚染器材の清浄化レベルの指標が設置されている。つまり、洗浄後の手術器械の残存蛋白質許容値は、1つの手術器械当たり 200  $\mu\text{g}$ 、目標値は 100  $\mu\text{g}$  と設定された<sup>[11]</sup>。

そこでここでは、洗浄評価ガイドラインに従って模擬汚染物を用いて手術器械の汚染を行い、WD の使用を中心として開発した RFID タグと手術器械へのタグ取り付け部の洗浄評価試験を行った。

#### (2) 洗浄ガイドラインに基づいた実験方法

洗浄評価するための疑似汚染物にはヘパリン処理されたヒツジ全血に 1%硫酸プロタミン溶液を 10:1 の体積比で混合したものをを用いた。通常の使用環境では、手術で使用した後は血液凝固防止スプレーの使用や洗浄槽等による血液の固着防止を図るため、極端に血液が付着した状態で放置されることは考えにくい。しかしここでは、最も劣悪な環境を想定したワーストケースとして実験を構成した。

すなわち、RFID タグ表面部に疑似汚染物を 25  $\mu\text{L}$  塗布し、100°C、2 分間直接的に熱処理した後、さらに反対側の RFID タグ表面に追加で 25  $\mu\text{L}$  塗布し、100°C で 2 分間の熱処理を加えた。洗浄機器および方法は、通常医療機関で用いられている WD を使用し、通常と同様の洗浄プロトコルにより洗浄を行った。使用した RFID タグ付き手術器械は、すべて実際に手術で使用している鉗子を 26 本用いた。

残留蛋白質量の抽出および測定は洗浄評価判定指針のガイドラインに基づいて行った<sup>[11]</sup>。実際には、0.2mol/L の水酸化ナトリウム 10mL の入ったポリエチレン製袋に洗浄後の模擬汚染手術器械を入れ、50 度に保温した循環式恒温槽に入れ、2 時間軽く混和させながら器械に付着している残留蛋白質を抽出した。ここで残留蛋白質の抽出時間を 2 時間と設定したのは、今回用いた模擬汚染物は強固に固着させたため、十分な抽出時間を設定したことによる。

検出はブラッドフォード法 (CBB 法) を用い、抽出液 1mL とクーマシーブリリアントブルー試薬を 3mL 混和し、室温で 20 分間放置後に測定波長 595nm の分光光度計 (UV-2450 : 島津製作所社製) にて吸光度測定を行った。検量線用標準蛋白質には牛血清アルブミン (BSA) を使用し、Coomassie protein assay kit (Thermo Fisher Scientific 社製) を用いた。抽出液の水酸化ナトリウムは関東化学社製を使用した。

なお本手法の検出限界値は 10  $\mu\text{g}$  である。そのため、検出限界値以下であった場合には 10  $\mu\text{g}$  を結果として記載することとした。

### 2-2 手術室で使用可能なリーダ/ライタのアンテナの開発

手術室で発生する体内遺残事例は手術前後の手術器械のカウントの間違いや手術中に何かの原因で持ちこまれた手術器械などの情報が十分に把握されないことなどが原因で発生することが多い。したがって、手術室で使用可能なリーダ/ライタのアンテナが開発できれば、上記課題について解決の一助となると考えられる。

図 1 に本研究で行っている手術の様子を示した。この手術で使用されるすべての手術器械に RFID タグが取り付けられていることがわかる。手術室での RFID タグの読み込みのために必要な要件は、

- ①図 2 のようにアンテナの外に出ている一定距離にあるものも読み込むこと、
- ②手術器械に取り付けられている RFID タグが縦になっていたり、重なっている状態でも読み込めること、
- ③血液等がアンテナ表面に付着しても洗浄と消毒が可能ながことが挙げられる。本研究では、①から③の要件を満たすアンテナの開発を行うこととした。



図 1 本研究での手術の様子



図 2 手術中の手術器械の様子



図 3 手術室向けのアンテナの外観

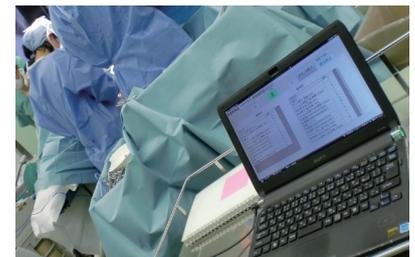


図 4 術中の手術器械の情報収集ソフトウェアの外観

図3に開発した手術室向けのアンテナの外観を示した。アンテナは、読み取りの偏波面を考慮し、図3中の鑷子（ピンセット）を縦向きにおいても読み取りができるよう設計した。設計および開発は複数種類行った。また複数本の読み取りが可能なるよう、アンチコリジョン機能を盛り込んだ。

### 2-3 手術室での手術器械の情報取得のためのソフトウェアの開発

ここまでに手術室で使用可能なRFIDタグ付き手術器械と読み取り用アンテナの開発に取り組んだ。ここではこれらを制御するためのソフトウェアを開発した。開発するソフトウェアは、図3で示したアンテナを制御するリーダ/ライタ、情報取得のプロトコル、サンプリング周波数やアンチコリジョンの設定、リーダ/ライタの出力、取得した情報の管理・保存・読み出しなどが求められる。図4にソフトウェアの外観を示した。開発言語はVisual Basic2010を用いた。

システムの使用の流れは、次の通りである。a.手術前に手術器械が図3に示した展開台（手術中に手術器械を並べる台）に並べられ、その際に術前カウントとして手術器械が読み込まれる（以下、2-4で記載）。b.術前カウントの手術器械の情報が記録され、図4中の画面左側に表示される。画面右側は展開台に乗せられている手術器械を示している。収集された情報は、手術器械の動きがあるたびにファイルに出力されるよう設計した。

### 2-4 手術前後の器械カウントを行うソフトウェアの開発

図5に手術前後に行う手術器械のカウントに使用するソフトウェアの画面の一例を示した。このように、術前、術後カウントを支援するソフトウェアの開発はほぼ完成の域にある。本ソフトウェアはVisual Basic2010を用いて開発し、図5右のようにコンテナ内に格納されている手術器械の情報を表示し、コンテナから展開台へ手術器械を並べることで術前カウントとの整合が可能となった。



図5 手術室での術前カウントとソフトウェアの画面の一例

さらに、カウント時のデータの収集情報がファイルに出力されるよう構成した。

ソフトウェアの開発には、手術器械を展開する看護師のユーザビリティを考慮している。これまでの紙での運用と同等とするために、図5右に表示されている手術器械の構成は紙での情報と同じとした。展開台に移動した手術器械は画面から消えるよう構成したため、コンテナ内に残された手術器械の情報をわかりやすく表示できるよう工夫した。

## 3 結果および考察

### 3-1 RFID タグの洗浄性能試験の結果と考察

汚染させた手術器械の洗浄後に行ったブラッドフォード法による吸光度から得られた残留蛋白質量の結果を図6に示した。図7にはRFIDタグ付き手術器械の洗浄後のタグ取り付け部の写真の一例を示した。図6の縦軸は手術器械の本数、横軸は残留タンパクの量を表している。

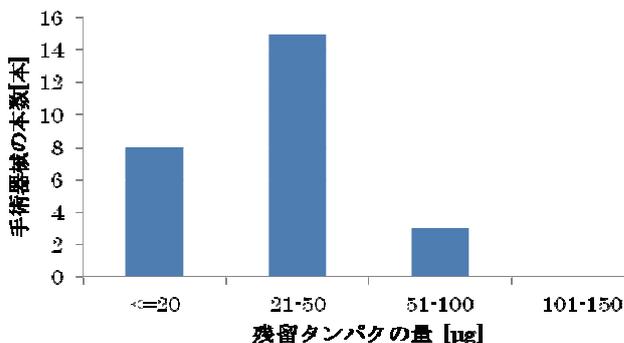


図6 CBB法によるRFIDタグ付き手術器械の残留タンパクの結果



図7 汚染された手術器械の洗浄後の外観

結果より WD による手術器械の洗浄後の残留蛋白質量は  $32.3 \pm 21.9 \mu\text{g}$  であり、最大残留蛋白質量は  $96.3 \mu\text{g}$ 、最小は 2 本が検出限界値以下である  $10 \mu\text{g}$  以下であった。図 6 より、洗浄後の残留蛋白質量が  $20 \mu\text{g}$  以下だったのは 8 本で 30.8%， $21 \sim 50 \mu\text{g}$  だったのは 15 本で 57.7%， $51 \sim 100 \mu\text{g}$  だったのは 3 本で 11.5% であった。図 7 より洗浄後の RFID タグ付き手術器械を目視で確認しても、汚染物は確認できなかった。

本結果を考察する。図 6 の結果より、洗浄評価判定のガイドラインの目標値である  $100 \mu\text{g}$  を超える RFID タグ付き手術器械はゼロであり、十分な洗浄効果が得られていることがわかった。ガイドラインを制定した WG の報告<sup>[11]</sup>によると、肉眼的に血液の付着が認められる手術器械 91 本に対し、通常用いている WD、あるいは WD と超音波洗浄を行い、本実験で用いたのと同様の CBB 法による残留蛋白質量の検証が行われた結果、残留蛋白質量について  $20 \mu\text{g}$  以下が 53.8%， $21 \sim 50 \mu\text{g}$  が 31.9%， $51 \sim 100 \mu\text{g}$  が 6.6%， $101 \sim 150 \mu\text{g}$  が 4.4%， $151 \sim 200 \mu\text{g}$  が 3.3% であった。

以上から、本結果とガイドラインで報告された結果を比較するとほぼ同等の洗浄効果が確認された。すなわち、RFID タグ付き手術器械とガイドラインで用いられている手術器械は、どちらも残留蛋白質許容量の  $200 \mu\text{g}$  をすべての手術器械が下回り、付け加えて、本結果ではすべての RFID タグ付き手術器械が目標値である  $100 \mu\text{g}$  を下回っていた。

さらに、本研究で用いた模擬汚染物の固着方法は通常では考えられないほど劣悪な条件を設定し、洗浄評価試験を行った。このようなワーストケースの洗浄評価であっても、平均蛋白質残留量が目標値の半分以下に抑えられ、 $51 \sim 100 \mu\text{g}$  の目標値に近い値であったのは約 1 割であったことは、開発した RFID タグ付き手術器械について、正しく WD が使用されるという条件下では、十分な洗浄効果が得られることを示唆している。

ここでは、WD を使用した洗浄評価試験を行っているが、WD を持たない医療機関もまだ数多く存在する。そのような医療機関では超音波洗浄や用手洗浄などが行われている。超音波洗浄については、血液による模擬汚染実験から RFID タグ取り付け部と一般的に洗浄による汚れが残りやすいと考えられる鉗子のボックスロック部はほぼ同等の洗浄効果であることが報告されており<sup>[12]</sup>、このような 2 次感染の可能性を高める洗浄不良の防止対策は RFID タグ付き手術器械に限らず検討を要することが推察される。

### 3-2 手術室で使用可能なリーダ/ライタのアンテナの開発の結果と考察

図 3 に手術室で使用する RFID タグの読み込むためのアンテナの外観を示した。図 3 の装置を用いて図 8 のような理想的な環境下において 1 本、あるいは数本の基礎特性を調べた。ここでは読み取りができない点の検証、角度などの検証を行った。

その結果、静的状況下ではいくつかの読み取りが難しい点（ヌル点）が存在することがわかった。そこで本アンテナでは、複数のポートで RFID タグを読みとれるよう構成し、動きを組み合わせることとした。その結果読みとり精度を高めることができた。



図 8 新型アンテナに手術器械を読ませている様子

### 3-3 手術室での手術器械の情報取得のためのソフトウェアの開発の結果と考察

図 4 に示したように、手術室での実験を行った。本実験により通常的环境下であれば、一定の精度が得られているが、手術室での使用では、以下に挙げられる課題も合わせて見出された。具体的には、手術中は膿盆や針カウンタなどの磁石や大きな金属が展開台に乗せられている。本システムでは、膿盆や針カウンタは展開台に置かれたアンテナの横に置くスペースを確保したが、手術の進行に伴い、展開台に置かれるシーンが多数発生した。特に、磁石がアンテナ上に置かれると、その特性上読み込みが全く不可能になることがわかった。そこで、手術の進行を考慮した対策を取ることが課題として挙げられることがわかった。

### 3-4 手術前後の器械カウントを行うソフトウェアの開発の結果と考察

多くの医療機関では、術式により決められた手術器械のセットを使用する。中央材料部では、セットを収納コンテナに決められた手術器械をメンテナンス後に収め、滅菌をかけて保管する。手術前には、術式に応じたコンテナを取りだし、図 5 の左のように展開台に手術器械を並べ、手術室に持ちこむことになる。本システムでは、中央材料部でコンテナに格納された情報が記録されている。手術前の器械カウントの際には、コンテナの手術器械情報を図 5 右のように読み出し、図 5 左のように RFID タグ付き手術器械を展開時に読み込ませることで確実に器械カウントが実施できる。すなわち、ヒトと器械のダブルチェックが実現でき、精度向上と記録を残すことができる。

万が一、手術中に手術器械の紛失が起こった場合にも、間違いなく術前の手術器械の情報を参照できる。

現在の医療機関の状況では、この部分が不十分であるため確実な手術器械の情報管理が難しいことが、体内遺残事例につながる要因と考えられる。本システムでは、この課題を解決できるだけでなく、手術器械の質情報にまで言及できる。すなわち、手術器械を展開する看護師は、手術器械の本数のみに着目するのではなく、手術器械の汚れの残留や破損の有無の確認など、これまではあまり着目できなかった点にまで注意がおよぶため、量の管理から質の管理へと転換することが本システムを導入する利点の1つだと考えられる。

本システムを手術室で使用する際に、術前カウント時に本ソフトウェアを含めて臨床評価試験を実施した。その結果、これまでの紙における手術器械カウントの運用に比べて、ほぼ同等の時間で終了することができた。時間はほぼ同等であるが、紙での運用では2人で器械カウントを実施する。本システムでは1人の看護師とシステムのダブルチェックで精度の向上を図れるため、実質的な占有時間は紙に比べ、システムは半分であるといえる。

術後カウント時には、術前カウントの情報が残されているため、術後に読み込みを行うことで、確実な術後カウントを実現できる。術後カウントの要件は、術前との手術器械の数の整合性を保つことが重要であるが、手術器械の破損など質の情報にも配慮する必要がある。本システムでは、数の整合性を確認することはできるが、鉗子の先端の破損など手術器械の故障の情報を取得することはできない。そこで、術後の器械カウントでは、RFID タグ付き手術器械を確実に読み込ますことと、破損の有無を確認することに注力することで、看護師に大きな負担をかけることなく、手術の質向上に寄与できると考えられる。

将来的には、3-3で述べた手術中での手術器械のカウントにより、術後の器械カウントの目的は達成できる。つまり、術後に手術器械を読み込ませるのは、手術器械の破損などの質管理と確実に中央材料部に手術器械を渡すための情報管理を目的とすることができる。これが確実に実施できれば、中央材料部での洗浄前確認を省略でき、1次洗浄時の作業員の血液等への曝露を防止できるため、作業環境の改善にも寄与できると考えられる。

#### 4 まとめ

本研究では手術の質向上と患者安全の向上、医療現場の負担軽減と適切な手術器械の情報管理を目的として、RFID タグ付き手術器械を開発し、臨床評価試験を通して、実証試験を行っている。手術器械に関連する体内遺残事例は、手術器械の術式別に構成されるコンテナへの間違いや不具合のある手術器械の混入が要因として挙げられ、実際に中央材料部のインシデントレポートの50%をコンテナへの異なる手術器械の混入、数の間違い、点検不足による故障機器の混入が占めている。

そこで本報告の概要では、①開発したRFID タグ付き手術器械の洗浄評価ガイドラインに基づく、洗浄評価試験の実施、②手術中の医療過誤を直接的に予防するための手術室で利用可能なリーダ/ライタのアンテナの開発、③手術中の読み取り用アンテナを制御し、情報を取得するためのソフトウェアの開発、④体内遺残事例を予防するための術前・術後の器械カウントを支援するソフトウェアの開発についてまとめた。

その結果、以下の知見が得られた。

- ・ウォッシュャーディスインフェクタ(WD)を用いたRFID タグ付き手術器械の洗浄評価試験を行った結果、ガイドラインに記載される残留蛋白質の目標値である $100\mu\text{g}/\text{本}$ を、本実験に用いた手術器械のすべてが達成できた。ガイドラインでの許容値は $200\mu\text{g}/\text{本}$ であるため、RFID タグ付き手術器械がWDを用いて適切に洗浄されることで、RFID タグ付き手術器械による患者への2次感染のリスクは少ないことが明らかになった。

- ・手術室での手術器械の情報取得のために、手術室で使用可能なRFID タグ付き手術器械の読み取り用アンテナを開発した。RFID タグが縦方向に置かれている場合、あるいは一定距離だけ外側に出ている場合でも読み取り可能なよう偏波面と読み取り方法を工夫して開発を試みた。その結果、概ね手術室での利用に耐えうると考えられるアンテナの開発が実現できた。

しかし、手術室での運用の中で、膿盆などの大きな金属体や針カウンタなどの磁石付きの機器がアンテナ上に置かれると全く読み取りができないことがわかった。その結果、手術室での運用の中での対策についての課題が明らかになった。これは展開台上のアンテナと他の器材の置き方を工夫することで対応ができるため、今後検討を進める。

- ・手術室で使用するRFID タグの読み取り用アンテナの制御ソフトウェアを開発した。実際に手術室での臨床評価試験を繰り返し、利用可能なことが確かめられた。

- ・手術器械の体内遺残事例防止のための術前・術後の手術器械のカウントを支援するためのソフトウェアを開発した。従来の2人で紙を用いてカウントする方式と比べた。結果では、紙とシステムそれぞれの合計の対応時間を比較したところ、システムを用いる方が半分の時間で済むことがわかった。また紙での運用時

には、手術器械カウントの履歴は残らない（紙にチェックを入れる程度）が、本システムの場合、どのような手順でコンテナから取り出したかも情報として記録されるため、より確実な手術器械の展開が可能となった。この結果より、術前・術後の手術器械のカウントは、数をカウントする量への対応のみではなく、手術器械の洗浄の汚れの確認や破損の多い箇所の事前のチェックなど質への対応へ移行できる可能性が見出された。

以上より、開発した本システムを手術室、および、洗浄滅菌等の運用で活用することで、患者安全を高め、医療過誤予防に有益であることが示唆された。

## 【参考文献】

- [1] Gawande AA, Thomas EJ, Zinner MJ, Brennan TA: The incidence and nature of surgical adverse events in Colorado and Utah in 1992, *Surgery*, 126(1), pp.66-75, 1999
- [2] Gawande AA, Studdert DM, Orav EJ, Brennan TA, Zinner MJ: Risk factors for retained instruments and sponges after surgery. *N Engl J Med*, 348(3), pp.229-235, 2003
- Atul AG, David MS, John EO, Troyen AB, Michael JZ, Risk factors for retained instruments and sponges after surgery. *N Engl J Med* 2003; 348: 229-235
- [3] Kaiser CW, Friedman S, Spurling KP, Slowick T, Kaiser HA: The retained surgical sponge. *Ann Surg*, 224(1), pp.79-84, 1996
- [4] Macario A, Morris D, Morris S: Initial clinical evaluation of a handheld device for detecting retained surgical gauze sponges using radiofrequency identification technology, *Arch Surg*, 141(1), pp.659-662, 2006
- [5] 宇賀神満: 2次元シンボルとRFIDによる手術器械管理の実践, *医療機器学*, 78(12), pp.920-925, 2008.
- [6] 日本医科器械学会: 手術処置用鋼製小物 2次元シンボル表示の必要性に関する調査研究成果報告書, 2007
- [7] A report from the NNIS system: National nosocomial infections surveillance (NNIS) system report, data summary from January 1992 through June 2004, issued October 2004, *Am J infect control*, 32(8), pp.470-485, 2004
- [8] Ranji SR, Shetty K, Posley KA, Lewis R, Sundaram V, Galvin CM, Winston LG: Closing the Quality Gap: A Critical analysis of quality improvement strategies (vol. 6: prevention of healthcare-associated infections), *AHRQ Technical Reviews*, 2007
- [9] Kable AK, Gibberd RW, Spigelman AD: Adverse events in surgical patients in Australia, *Int J Qual Health Care*, 14(4), pp.29-276, 2002
- [10] 小林寛伊, 永井勲, 大久保憲, 伏見了, 新井晴代, 三宅寿美, 本田宏志, 山本友三: 使用済み鋼製小物の一次洗浄/消毒廃止に向けて, *病院サプライ*, 9(1), pp.1-4, 2004
- [11] 伏見了, 松田和久, 上寺祐之, 松山利秋, 酒井健, 島崎豊, 清水応健, 原田陽滋, 山本友三, 小林寛伊: 洗浄評価判定の指針を調査・作成するための検討WG, *病院サプライ*, 12(1), pp.1-3, 2007
- [12] Yamashita K, Kusuda K, Iwakami Y, Tanaka S, Kuraoka K, Honda H, Komino M, Shimada S, Obayashi T, Saito Y, Ota Y, Ifukube T, Okubo T: Basic examination of ceramic RFID on surgical instruments for identification, *Life Support Engineering*, 23(4), pp.145-151, 2011

〈発 表 資 料〉

| 題 名   | 掲載誌・学会名等                            | 発表年月             |
|---|-------------------------------------|------------------|
| 医療用 RFID タグを利用した手術器械の管理システムの開発と洗浄効果   | 電気学会/電子情報通信学会 (MBE 研究会)             | 2012 年 6 月 21 日  |
| 洗浄評価ガイドラインに基づいた RFID タグ付き手術器械の洗浄評価  | 日本手術医学会                             | 2012 年 10 月 18 日 |
| Cleaning evaluation of surgical instruments with RFID tags attached based on cleaning appraisal judgment guidelines | 世界滅菌供給業務世界会議 (WFHSS2012)            | 2012 年 11 月 22 日 |
| RFID タグを用いた手術器械の個体識別による患者安全の向上  | 電気学会 超高齢社会の医療・ヘルスケアに寄与する工学技術調査専門委員会 | 2012 年 11 月 28 日 |