

中央管理における医療機器の 運用状況推定アルゴリズムの提案と実装

村上晴輝[†] 川北崇斗[‡] 伊藤暢浩[‡] 大塚孝信[‡]
名古屋工業大学[†] 名古屋工業大学大学院[‡]

1 はじめに

多くの医療機関では、従来の病棟や部署ごとで医療機器を管理する個別管理から中央管理へと移行が進んでいる。中央管理では、Medical Engineering (ME) センターにて、病院で保有する全ての医療機器をまとめて管理する。担当者が医療機器を使用したいときは ME センターへ借りに行き、一人の患者に使用する。使用後 ME センターに返却する。返却された医療機器は臨床工学技士によって使用後点検が実施され、次に貸し出されるまで保管される。この一連の流れ（以下、管理サイクルとする）で医療機器を管理することで、医療機器を安全な状態で使用することができる[1]。

医療機器管理台帳やデータベースを用いて貸出・返却や点検、使用などの履歴を記録することで、医療機器に関する情報は管理している。これらの情報から医療機器の所在や使用状況を確認することができる。従来の中央管理体制では点検表や記録表などの紙ベースで管理を行っていたが、現在多くの病院ではバーコードを用いた医療機器管理システムを導入している[2]。

しかし、どちらの管理方法も人の手を介して処理されることが前提である。そのため、医療機器の状況を管理することは医療従事者の業務負担の増加に繋がる。この課題を解決するためには、人の手を介さず医療機器の状況を管理できるシステムが必要となる。

2 先行研究

角谷ら[3]が開発しているシステムでは、医療機器の位置情報および稼働情報の推定を行っている。位置情報は医療機器がどの部屋に存在するかを示し、稼働情報は医療機器がコンセントに繋がれていない「未稼働」、コンセントに繋がれているが動作していない「給電中」、コンセントに繋がれていて動作している「稼働中」のいずれかを示す。医療機器に取り付けたセン

サデバイスから、Wi-Fi アクセスポイントおよび BLE ビーコンの電波強度と医療機器に流れる電流値を取得する。取得したデータは LPWA 通信によりデータサーバへ送られ、位置状態および稼働状態を推定する。

このシステムでは位置情報および稼働情報を推定することはできるが、医療機器が管理サイクルにおける現在の状態（以下、運用状況とする）を推定することはできない。

そこで本研究では、角谷らが開発しているシステムから得られる位置情報および稼働情報を用いて、医療機器が運用状況を推定する手法を提案する。これにより、医療機器の状態を確認するために現場に行く手間がなくなることで、医療機器管理における医療従事者への業務負担を削減することを目的としている。

3 提案手法

管理サイクル

本研究では臨床工学技士基本業務指針 2010[4]をもとに運用状況を以下のように定義する。

- (1) 点検前待機：返却された機器を点検するまでの間、ME センター内の返却室にて保管する。
- (2) 使用後点検：返却室で保管されていた機器を ME センター内の点検室にて点検を行う。
- (3) 貸出前待機：点検が終了した機器を貸し出すまでの間、ME センター内の貸出室にて保管する。
- (4) 使用前待機：貸し出された機器を使用するまで使用部屋に待機させておく。
- (5) 使用中：機器を使用部屋にて使用する。
- (6) 使用後待機：使用が終了した機器を返却するまで使用部屋に待機させておく。

ただし、(4)～(6)の運用状況は使用部屋ごとに区別することとする。

運用状況推定アルゴリズム

提案するアルゴリズムの詳細について説明する。

1. 位置稼働情報の取得

システムから「データを取得した時刻、位置情報、稼働情報」の形に整形済みの位置稼働情報を受け取る。

2. 欠損データの処理

位置情報または稼働情報が欠損している場合、

Proposal and implementation of management status estimation method for medical devices in centralized management

[†]Nagoya Institute of Technology

[‡]Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

1 つ前の時点の位置情報および稼働情報に置き換える。

3. 確率モデルの学習

ある一定の期間の位置稼働情報にあらかじめ運用状況ラベルを付与したものを用意する。このデータから位置稼働情報と運用状況における頻度分布表を作成する。この頻度分布表における出現回数から $P(x|y) = n(x,y) / n(y)$ のように条件付き確率を算出する。ここで、 $n(x,y)$ は x と y が同時に起きた回数を表す。

このとき、運用状況について 1 次マルコフ性を仮定する。これにより時系列に並ぶ位置稼働情報の前後関係を反映させることができる。

4. 最大事後確率推定

ある時刻 t において位置稼働情報を表すベクトルを \mathbf{x}_t 、運用状況を $y_t \in \mathcal{Y}$ (運用状況の集合を \mathcal{Y}) とすると、推定したい時刻の位置稼働情報 \mathbf{x}_t および直前の推定により得られた運用状況 y_{t-1} から、事後確率 $P(y_t | \mathbf{x}_t, y_{t-1})$ が最大となる運用状況 \hat{y}_t を求める。実際には、ベイズの規則 (Bayes rule) を適用することで事後確率は以下の式で求めることができる。

$$\begin{aligned} \hat{y}_t &= \underset{y_t \in \mathcal{Y}}{\operatorname{argmax}} P(y_t | \mathbf{x}_t, y_{t-1}) \\ &= \underset{y_t \in \mathcal{Y}}{\operatorname{argmax}} \frac{P(y_t | y_{t-1}) P(\mathbf{x}_t, y_{t-1} | y_t)}{P(\mathbf{x}_t | y_{t-1})} \\ &= \underset{y_t \in \mathcal{Y}}{\operatorname{argmax}} P(y_t | y_{t-1}) P(\mathbf{x}_t, y_{t-1} | y_t) \end{aligned}$$

3. で得られた確率モデルから推定された運用状況 y_t と次の時刻の位置稼働情報 \mathbf{x}_{t+1} から次の時刻の運用状況 y_{t+1} を推定する。

4 評価実験

実験方法

病院内で実際に運用されている医療機器への実装を想定し、研究室にて評価実験を行った。ME センターと病室 2 部屋として研究室の 3 部屋を割り当てた。多くの医療機器はバッテリーを持つためノート PC で代用した。センサデバイスに取り付けたノート PC を想定した管理サイクルに沿って移動および稼働させた時の位置稼働情報を収集する。このとき、正解ラベルを付与するために、移動および稼働させた時刻を記録した。

評価方法

本研究で使用するデータセットは、管理サイクル 30 周分の位置稼働情報に運用状況ラベルを付与したものである。このデータセットをホールドアウト法により学習用と評価用に分割することで、評価用データに対するモデルの精度評価を行う。データセットの内訳は、学習用データが 1769、評価用データが 407 である。評価指標として正解率、再現率、適合率、および F 値を用い

る。ここでは、クラスごとに計算した数値の平均を算出している。

実験結果と考察

まず、収集した位置稼働情報の推定精度について、位置情報は 90.75%、稼働情報は 82.41% という結果であった。

表 1: 推定結果

	正解率	再現率	適合率	F 値
ルールベース	0.7856	0.432	0.900	0.520
提案手法	0.9386	0.944	0.922	0.928

次に、運用状況の推定結果を表 1 に示す。ルールベースでは、位置情報および稼働情報の組み合わせから運用状況の推定を行う。そのため、位置稼働情報が正しいものでない場合、運用状況が正しく推定できないため、正解率は 78.56% であった。一方、提案手法では正解率は 97.67% であり、その他の評価指標も 9 割を超える結果が得られた。この結果から、推定に用いる位置稼働情報が誤った情報を含む場合にも高い精度で運用状況を推定できることが考えられる。

5 おわりに

本研究では、医療機器の位置情報および稼働情報が与えられた時に、医療機器が管理サイクルにおいてどの状態であるかを推定した。また、評価実験では医療機器の運用状況の推定において本提案手法の有効性を示した。

本研究では管理サイクルに沿った医療機器の運用を仮定したが、実際には病室の移動などにより想定した管理サイクルとは異なる運用がされる場合がある。こうした状況への対応は今後の課題とする。

今後は、実際の病院で運用している医療機器から得られる位置稼働情報を用いた実証実験を行う必要がある。

謝辞

本研究の一部は、戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE, JP235006004) の委託により実施されたものです。

参考文献

- [1] 渡辺 敏: ME 機器の中央管理, 医療機器学, Vol. 60, No. 3 pp. 116-120 (1990).
- [2] 玉木 良宙, 北原 良明, 満田 真吾ほか: ME 機器貸出システム導入による医療機器の中央管理体制への効果, 医療機器学, Vol. 90, No. 4 pp. 363-369 (2020).
- [3] Kazuto Kakutani, Nobuhiro Ito, Kosuke Shima, Shintaro Oyama and Takanobu Otsuka: "Development and Demonstration of Monitoring System for Position and Operation Management of Medical Devices", IOTBS 2023: 3rd International Conference on IOT, Big Data and Security, Feb 25 - Feb 26, 2023.
- [4] 日本臨床工学技士会: 臨床工学技士基本業務指針 2010.