

医療機器の配置台数最適化手法の提案と実装

伊藤暢浩[†] 角谷和飛[†] 大山慎太郎[‡] 大塚孝信[†]

名古屋工業大学[†] 名古屋大学未来社会創造機構[‡]

1 はじめに

中央管理は病院内の医療機器を医療機器の専門家がまとめて管理するため、医療機器を常に整備された状態に維持できるメリットがある[1]. 一方で、機器を準備する担当者は部署を離れて機器を管理している部屋へ行き、機器を貸出・返却する必要が生じる. この移動の負担を減らすため、保管場所を病院内の複数箇所に設置している場合がある[2].

担当者は医療機器の保管場所から機器を実際に使用する病室などに医療機器を移動して準備する. 使用する場所から最も近い保管場所に在庫がない場合、別の遠い保管場所に取りにいかなければならない.

本研究では医療機器を置いておく保管場所の候補が与えられた時、保管場所ごとの最適な配置台数を求める手法を提案する.

2 関連研究

秋葉ら[2]は、RFID タグを用いた情報の中央管理の研究を行っている. 秋葉らは、まず医療機器のIoT化を進めた. RFIDタグを医療機器に取り付け、点検作業台や保管場所などにアンテナを設置した. これにより、保管場所に置いてある機器の台数などが把握可能になる. 各保管場所に配置数を定め、定期的に保管場所に機器を補充する. この配置数は収集した稼働情報をもとに、臨床工学技師が流動的に決定している.

保管場所に置いてある台数を把握する方法では、在庫不足により遠くの保管場所から機器を取り出したことを考慮できない. 実際に医療機器が使われた場所を収集し、分析することで、より適切に配置数を決定することができる. と考える.

3 提案手法概要

我々が開発しているシステム[3]では、医療機器をいつどこで使ったかを示す情報（以下、位置稼働情報と呼ぶ）を取得することができる. この位置稼働情報を用いて最適な医療機器の配置を求めるアルゴリズムを提案する.

本研究の目的関数を次のように定義する. 機器

を準備する担当者の総移動距離が異なる場合は、「担当者の総移動距離」が小さい方をより良いケースとする. 担当者の総移動距離が同じ場合は、「各保管場所の最大稼働率の分散」が小さいものをより良いケースとする. ここで保管場所 n の最大稼働率を次のように定義する.

$$\max_t \frac{\text{(保管場所 } n \text{ の時刻 } t \text{ での機器使用数)}}{\text{(保管場所 } n \text{ の初期在庫数)}}$$

各保管場所の初期在庫数の組み合わせを順番に試し、最も良いケースが最適な配置である.

4 提案手法

提案するアルゴリズムの詳細について説明する.

1. MAP データの入力

病院のフロアマップとして重み付きの無向グラフを受け取る. ノードは部屋の中心と廊下を表し、リンクの重みはノード間の距離[m]を表す.

2. 移動コスト表の作成

医療機器の使用場所から各保管場所への移動距離を事前に求めておく. 事前に移動コスト表を作成しておくことで、シミュレーション中に $O(1)$ で 2点間の移動コストを求めることができる. 各保管場所へは担当者が最も近い経路を通ると仮定し、各保管場所を始点としたダイクストラ法を適用することで計算できる.

3. 位置稼働情報の入力

システムから「使用開始時刻、使用終了時刻、使用した部屋の識別記号」の形に整形済みの位置稼働情報を受け取る.

4. 位置稼働情報のイベント表作成

機器の運用のシミュレーションを行うため、位置稼働情報のデータを医療機器の使用開始と使用終了に分割し、「種別、時刻、イベント ID、ノード番号」の形式に整形する.

「種別」は医療機器の使用開始イベント(0)と使用終了イベント(1)を表す. 「時刻」には位置稼働情報の使用開始時刻か使用終了時刻を表す. 「イベント ID」は位置稼働情報の通し番号を表す. 「ノード番号」は位置稼働情報の「使用した部屋の識別記号」に対応するノード番号を表す. これらのイベントを時系列に沿って処理できるように時刻順に並べ替える.

5. 保管場所の初期在庫数の更新

まず、病院内の合計医療機器数の上限を人間が設定する. 例えば、保管場所の候補数が 2 箇所、

Proposal and implementation of the optimal management method for medical devices

[†]Nobuhiro Ito, Kazuto Kakutani, Takanobu Otsuka; Nagoya Institute of Technology

[‡]Shintaro Oyama, Institutes of Innovation for Future Society, Nagoya University

上限が2台の場合, 「保管場所Aの初期台数, 保管場所Bの初期台数」= 「0, 0」, 「0, 1」, 「0, 2」, 「1, 0」, 「1, 1」, 「2, 0」のようにすべての組み合わせに対して順番にシミュレーションを行う。

6. シミュレーション

前処理で得た移動コスト表とイベント表, 保管場所の初期在庫数をもとにシミュレーションを行う。イベント表を時系列に沿って処理していく。使用開始イベントの場合次のように処理をする。

- A) 在庫が残っている中で使用する部屋から最も近い保管場所を選択する。
- B) 選択した保管場所から在庫を1台減らす。
- C) 移動コストと稼働率を更新する。
- D) 返却時のために, イベントIDと保管場所のノード番号を記録する。

使用終了イベントの場合次のように処理をする。

- A) 持ってきた保管場所の在庫数を1増やす。

7. 解の更新

機器の合計台数ごとの最良解をまとめた表について目的関数が改善するならば, 解を更新する。

8. (5) (6) (7)を繰り返す。
9. 得られた最適解を出力する。

5 評価実験

MAP データには実データの収集元である名古屋大学医学部附属病院の中央診療棟 B4 階を再現した。また, 位置稼働情報としてテストケースを次のようにして作成した。

まず, テストケース生成用のパラメータを選択する。元の機器台数を1から100台の中から一様分布に従うように選択する。 M_A , M_B , V_A , V_B を1から30の中からランダムに選択する。

テストケースとして2022/1/1から2022/11/31の期間について位置稼働情報を生成した。医療機器を使用しなかった時間を平均 M_A 日, 分散 V_A 日の正規分布に従い選択する。次に, 医療機器を使用した時間を平均 M_B 日, 分散 V_B 日の正規分布に従い選択する。使用した部屋は, 全ての部屋の中から一様分布に従ってランダムに選択した。これを繰り返し, 位置稼働情報を生成した。

生成したテストケースの内1つの結果を図1に示す。病院内の合計機器台数を決めた時各保管場所への最適な配置を求めることができている。

最適配置時の移動距離を図2に示す。病院内の合計機器台数が少ない時には, 遠くの保管場所に取りに行く必要があるため, 総移動距離が長くなっている。各保管場所の在庫が常にある状態にしようとする, 78台以上の機器が必要となる。しかし, 図2から72台程度までなら総移動距離が大きく増えないことが読み取れる。

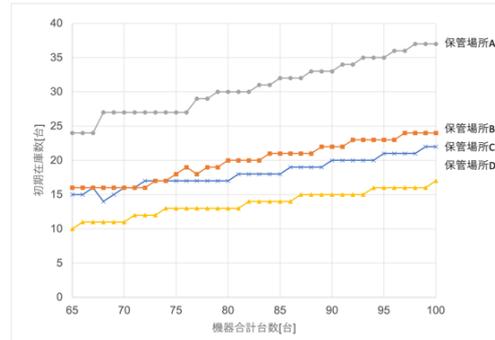


図1 実行結果

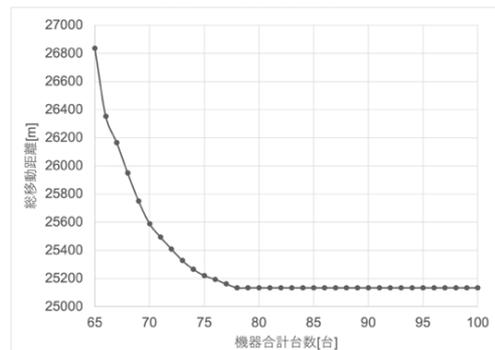


図2 最適配置時の移動距離

このように分散した保管場所に機器を保管しながら, 合計の機器台数を決める時の指標にもなる。

6 おわりに

本研究では, 医療機器を置いておく保管場所の候補が与えられた時に, どの保管場所に何台の機器を配置すれば良いかシミュレーションする最適化手法を提案した。

本研究では移動経路として最短距離を仮定したが, 実際には時間帯などで使用できる経路が制限される場合がある。この問題への解決は今後の課題とする。

このアルゴリズムの結果はその病院に必要な機器の台数を最適化する指標となる。将来的に余剰分の機器を別の病院に融通するシステムの構築を目指す。

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, JP215006007) 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] 秋葉 博元: 医療機器の個体識別管理が及ぼす経営効果と働き方改革, 医療機器学, Vol. 90, No. 4 pp. 347-353 (2020).
- [3] 角谷 和飛, 大塚 孝信: 医療機器の効率的な管理を目的とした機器位置推定と稼働率管理手法の提案と実装, 情報処理学会第83回全国大会講演論文集, pp. 641-642 (2021).