

# 医療機器融通台数決定アルゴリズムの提案と実装

神谷 寧々<sup>†</sup> 大塚 孝信<sup>‡</sup>名古屋工業大学<sup>†</sup> 名古屋工業大学大学院情報工学専攻<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

医療機器(以下, 機器と呼ぶ.)の管理において, ある病院では感染症の急拡大などに備えて平常時には十分に余裕のある機器を保有している<sup>[1]</sup>. 一方, 他の病院では経費削減等のため不測の事態に対応できる十分な台数の機器を保有できていない.

機器を余剰に保有することで, 整備のための維持費やメンテナンスを行う医療従事者の負担が増加する. また, 機器が不足することで患者への診療に影響がおよび, 医療の質が低下する可能性がある<sup>[2]</sup>. そのため, 機器の保有台数を適正化することは効率的な医療提供体制の整備に不可欠である.

このことから, 各病院が保有する機器の台数を適正化し, 地域内で機器融通を通じた連携体制が必要であると考え. そこで本研究では, 病院内での機器の位置情報および稼働情報(以下, 位置稼働情報と呼ぶ.)をもとに適正な保有台数を算出し, 地域内の病院で機器の融通台数を決定するアルゴリズムを提案する.

## 2 関連研究

東條ら<sup>[2]</sup>は中央管理されている機器を対象とし, 適正保有台数を把握するために必要な稼働率の評価方法について検討した. 機器管理システムに保存された履歴から貸出時間, 返却時間を抽出することで稼働率の算出を行い, 現保有台数の削減可能性を示した.

しかし, 中央管理室にて記入された貸出, 返却時刻の履歴から稼働率を算出することには問題が残る. 実運用上では, 中央管理室から貸し出されたが使用されなかったという場合や, 使用終了後もしばらくの間返却されなかったという場合があるためである.

機器の保有台数を評価する指標として稼働率を用いるには, 真に機器が使用された時間を把握することが重要である. そのため, 使用の有無に関わらず貸し出しから返却までを稼働と定義するのではなく, 実際に使用された期間のみを稼働

と定義する必要があると考える.

## 3 提案手法

### ● 使用システム

角谷らが開発したシステム<sup>[3]</sup>によって, 機器の位置稼働情報を取得する. 可搬型の機器1台に対し, 位置稼働モニタリングデバイスを1台取り付ける. このデバイスに組み込まれたモジュールは, 病院内に配置されたWi-FiアクセスポイントおよびBLEビーコンの受信信号強度をスキャンし, 機器の電流値を取得する. 収集されたデータはLPWA通信を使用してデータベースサーバに送信される. データベースに蓄積された情報を定期的に分析することで, 機器が使用された位置と稼働状況を推定する.

### ● 機器保有台数の評価

機器の適正保有台数は最大稼働率が60%から80%を満たす台数であり, この値を超えると不足感が生じるとされている<sup>[2]</sup>. しかし東條らの研究により, 稼働率を1時間ごとに評価することで不足感が生じる最大稼働率を高く設定できる可能性が示されている. そこで本研究では, 機器の稼働率を毎時ゼロ分に評価することとし, 機器の適正稼働率を80%と設定する. 本研究における稼働率を以下のように定義する.

$$\begin{aligned} & \text{YY/MM/DD HH:00:00 における稼働率 (\%)} \\ &= \frac{\text{病室における稼働台数 (台)}}{\text{総保有台数 (台)}} \times 100 \end{aligned}$$

### ● 機器の割当

地域内に $M$ 箇所の病院と $N$ 台の機器が存在する. また, 病院 $i$ に割り当てられた機器台数を $x_i$ と表す.

各病院に割り当てられる機器台数が決定すると, 適正稼働率と各病院における稼働率の差が一定に定まる. このときのばらつきにより定まる分散の値を最小化し, 地域全体で機器稼働率を適正化することを目的とする. 適正稼働率を $r$ , 病院 $i$ における稼働率を $r_i$ と表すと, 本研究で解く問題は以下のように表される.

Proposal and Implementation of the Resource Allocation Algorithm for Medical Devices

<sup>†</sup> Nagoya Institute of Technology

<sup>‡</sup> Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

$$\begin{aligned} & \text{minimize} && \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (r_i - r)^2 \\ & \text{subject to} && \sum_{i=1}^M x_i = N \\ & && 1 \leq x_i \leq N, \quad i = 1, 2, \dots, M \end{aligned}$$

次に、提案するアルゴリズムについて説明する。

1. すべての病院において、機器の保有台数が0台となることを考慮しない。最低でも1台の機器を保有しているとし、初期解を  $x_i = 1$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ) とする。
2. すべての病院への割り当て台数の合計が  $N$  台であれば終了する。
3. 機器を1台増加させることで最も大きく分散が減少する病院  $i$  を見つける。  $x_i \rightarrow x_i + 1$  とし、2.へ戻る。
4. 得られた解を出力する。

#### 4 評価実験

まず、評価実験を行う際のテストデータの生成方法について説明する。融通を行う病院数、各病院の機器保有台数、機器使用状況を次のように決める。

地域内に存在する病院数と病床規模を決定するために、愛知県名古屋市内に存在する病床数20床以上の医療機関数を参考に、各病院が保有する医療機器台数については、全国の医療機関へのアンケート<sup>[4]</sup>による病床数ごとの医療機器保有台数の平均、標準偏差をもとに正規分布に従って選択する。病床数ごとの病院数、保有台数の平均および標準偏差の内訳を表1に示す。また、データの生成期間は1年間とする。この期間中、機器の需要が発生した期間の平均と分散、および需要が発生しなかった期間の平均と分散を正規分布に従って選択する。これらの需要に応じて適当な機器が使用されたものと考え、機器の稼働状況を稼働から未稼働、もしくは未稼働から稼働に変更する。

生成したあるテストデータによる実験結果を表2、融通前と融通後の稼働率の箱ひげ図を図1に示す。融通前と融通後の適正稼働率からの偏差による分散の値を比較すると、およそ66%減少した。また、機器稼働率の平均が適正稼働率以下となる結果が得られた。

#### 5 おわりに

本研究では、機器の位置稼働情報から各病院における最大稼働台数を求め、機器の適正稼働率をもとに融通台数を決定するアルゴリズムを

表1：病床数ごとの内訳

病床数 (床)	病院数	保有台数の平均 (台)	保有台数の標準偏差
20-99	55	3.1	2.4
100-299	39	7.8	9.9
300-499	12	17.9	13.0
500-699	9	38.4	18.9
700-899	3	59.7	19.8
900-1099	2	83.0	45.6

表2：実行結果

	適正稼働率からの偏差による分散	機器稼働率の平均
融通前	364.63	89.08%
融通後	123.80	73.79%

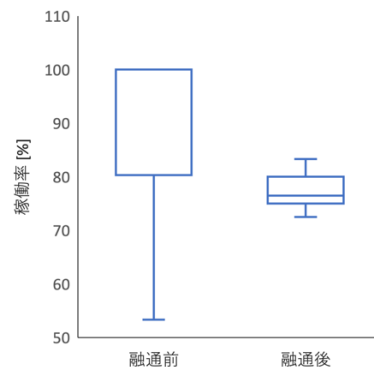


図1：稼働率の箱ひげ図

提案した。シミュレーションを行った結果、機器の融通を行うことで地域全体として稼働率が向上する可能性が示唆された。

#### 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] 日本呼吸療法医学会, 日本集中治療医学会, 日本臨床工学技師会: 国内の病院における人工呼吸器等の取扱台数推計値 (2020) .
- [2] 東條 圭一, 藤井 正実, 木下 春奈, 武田 章数, 宮地 鑑: 機器中央管理における機器稼働率の検討 -機器管理に有用な稼働率の評価法-, 医療機器学, Vol. 88, No. 5, pp. 549-557 (2018).
- [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] 公益財団法人医療機器センター: 第3回治療機器・施設関連機器に関する安全管理実態アンケート (2018) .