

# 警備員の配置最適化モデル

2018SS005 藤井順也

指導教員: 佐々木美裕

## 1 はじめに

現在、警備員の人手不足が問題となっている。道路やビルの建設現場、朝の通勤ラッシュ時の混雑緩和など、警備員の需要は至るところに存在しており、人数が足りていないということが現状である。図1は、厚生労働省の公共職業安定所（ハローワーク）の統計資料 [1] である。図1は、2019年度と2020年度のパート含む常用顧客者の職種別有効求人倍率を表しており、横軸は職業、縦軸は有効求人倍率を表している。常用とは、雇用契約において雇用期間の定めがないか又は4ヶ月以上の雇用期間が定められているものをいう。保安の職業（警備員が属する）の有効求人倍率（パート含む常用）は、図1において、2019年度は、7.47倍、2020年度は、6.31倍となっており、求職者1人当たりおよそ6,7社の企業とかなり多い求人があることがわかる。警備員は、他の職業と比較すると、圧倒的に不足しているといえる。また、警備員で働く1565人（複数回答あり）に対して行った警備会社に対する不満な点のアンケート調査 [2]、図2によると、警備員全体において、「給与条件・待遇を検討して改善・向上してくれない」が26.5%、「就業シフトに柔軟に対応してくれない」が13.5%、「就業できる現場が少ない」が9.9%、「1つの現場に同じ警備会社から就業している人が少ない」が8.8%である。

そのため、警備会社の利益の最大化を行うことで、軽微な給与待遇の改善を図り、警備会社に対する不安な点の解決策をモデルに追加することで、警備員の不安が解消される可能性がある。さらに、不安が解消されることで、警備員の勤続年数が増え、警備会社の評判が良くなり、就業者数が増え、長期的な警備員不足解決にもつながると考えられる。

本研究では、警備員不足解決につながるであろう、それら不安な点の解決策を考慮した、警備員の配置最適化モデルを実現する。

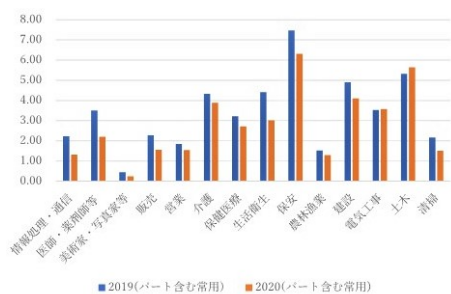


図1 職種別有効求人倍率

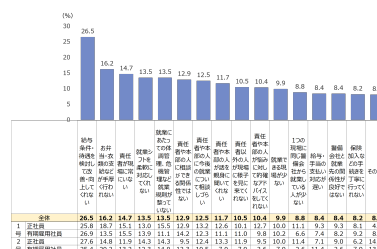


図2 警備会社に対する不満な点

## 2 問題の説明

警備会社は、複数の会社と契約を結び、毎日社員である警備員を契約先へ派遣する。警備員は、毎日、自宅から所定の契約先へ直行し、契約先で勤務し、業務終了後直帰する。警備会社の利益は、警備員の派遣によって契約先から支払われる報酬から警備員の移動費（自宅と契約先の間を往復の移動費）を引いたものを計算する。契約先が支払う費用は、派遣する警備員1人ごとにかかる変動費に加え、契約時に必要となる固定費で構成される。警備会社の利益の最大化を行うことで、警備員の「給与条件・待遇を検討して改善・向上してくれない」という問題における給与向上を促すことを目的とする。本研究のモデルでは、警備員の不安な点を解決するための工夫が2点ある。第一に、契約先との交渉により、警備会社は、契約先に派遣する警備員数を決める。それに従い、契約先では、必要な警備員数に下限と上限を設ける。必要な人数が固定である契約先では、特定の人数、警備会社から派遣するが、警備員不足に対応し、派遣する警備員数に、何人以上何人以下という融通が利く契約先では、必要な警備員数のパラメーターを設定し、変更する。第二に、警備員の都合に応じて、警備員の派遣可能な契約先の集合を変更する。警備会社は、警備員の派遣可能な契約先の集合を変更する場合は、交渉を行う。「1つの現場に同じ警備会社から就業している人が少ない」という問題は、特定の警備員を派遣する契約先の必要な警備員数において、「少ない」という条件を満たさないように設定すればよいため、警備員数の融通が利く契約先では、解決できる。そういった契約先がない場合でも、特定の警備員の派遣可能な契約先の集合を「少ない」という条件を満たさないように変更することで、解決できる。「就業シフトに柔軟に対応してくれない」という問題は、特定の警備員の都合に応じて、警備員の派遣可能な契約先の集合を決めるため、柔軟に対応している。「就業できる現場が少ない」という問題は、特定の警備員の派遣可能な契約先を増やすことができれば、解決することができるため、対応している。

これらの工夫により、警備員の警備会社に対する不安な

点を考慮した、配置最適化モデルを実現する。

### 3 定式化

警備員の配置最適化モデルを定式化するために、以下の記号を定義する。

$P$ : 警備員の集合。

$W$ : 契約先の集合。

$G_i$ : 警備員  $i \in P$  の派遣可能な契約先の集合。

$H_j$ : 契約先  $j \in W$  に派遣可能な警備員の集合。

$w_j$ : 契約先  $j \in W$  の必要な警備員数の上限。

$l_j$ : 契約先  $j \in W$  で必要な警備員数の下限。

$h_j$ : 契約先  $j \in W$  における警備員 1 人派遣することで発生する警備会社の報酬。

$f_j$ : 契約先  $j \in W$  における固定費。

$c_{ij}$ : 警備員  $i \in P$  の自宅から  $j \in W$  への移動費。

変数

$x_{ij}$ : 警備員  $i \in P$  が契約先  $j \in W$  へ派遣されることを意味する。

$y_j$ :  $\begin{cases} 1 & \text{契約先 } j \in W \text{ に警備員を派遣する。} \\ 0 & \text{上記以外。} \end{cases}$

警備員の配置最適化モデルは、以下のように定式化できる。

$$\max. \sum_{j \in W} h_j \sum_{i \in P} x_{ij} + \sum_{j \in W} f_j y_j - \sum_{j \in W} \sum_{i \in P} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in H_j} x_{ij} \leq w_j \quad j \in W \quad (2)$$

$$\sum_{i \in H_j} x_{ij} \geq l_j \quad j \in W \quad (3)$$

$$\sum_{j \in G_i} x_{ij} = 1 \quad i \in P \quad (4)$$

$$\sum_{i \in P} x_{ij} \geq y_j \quad j \in W \quad (5)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad j \in W \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i \in P, j \in W \quad (7)$$

(1) は、警備会社の利益の最大化を目的とする。(2) は、契約先  $j \in W$  に派遣する警備員の人数に対する上限の制約である。(3) は、契約先  $j \in W$  に派遣する警備員の人数に対する下限の制約である。(4) は、警備員  $i \in P$  が派遣される契約先  $j \in W$  は 1 か所のみであるという制約である。(5) は、警備会社が契約先  $j \in W$  に警備員を派遣する場合は、 $y_j$  は 1 にする。(6) は、バイナリ制約である。(7) は、非負制約である。

### 4 計算実験と考察

ランダムな位置座標 (縦軸, 横軸ともに 0 から 100 の範囲) を所与とし、現実の移動費に近づけるため、それぞれ地点間の移動距離を 10 倍し、正の数 2 桁で切り捨てを

行ったものを移動費  $c_{ij}$  とし、最適化ソフトウェア Gurobi Optimizer 9.1.1 を用いて計算実験を行う。計算に使用された PC のプロセッサは、Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.70 GHz, メモリは 8GB である。図 3 は、警備員の自宅 10, 契約先 4 の場合の実行結果を示している。赤色の座標点が、警備員の自宅であり、青色の座標点が、契約先を示している。緑色の直線は、派遣不可能な自宅と契約先であり、黒色の直線は、実際に派遣を行う契約先を示している。表 1 は、行った計算実験のデータと結果を示している。p1 は、図 3 の時の計算実験データと結果を示している。p2 は、すべての契約先に警備員を派遣可能とした場合である。p3 は、p2 の時の最適解を派遣不可能とした場合である。p2, p3 を比較すると、p3 の最適値は p2 のおよそ 95 % の最適値となった。p1 は、警備員の不安な点を踏まえた良い結果であるといえる。本研究では、警備員の不安を第一としたモデルを実現することができた。警備員の 1 日ごとのシフトスケジュールであれば対応可能だが、細かい時間ごとのシフトスケジュールには対応していないため、改善の余地はあるといえる。

表 1 データの実行結果

データ番号	警備員の自宅	契約先	最適値	CPU 時間
p1	10	4	16600	0.03
p2	10	4	16800	0.04
p3	10	4	16000	0.04

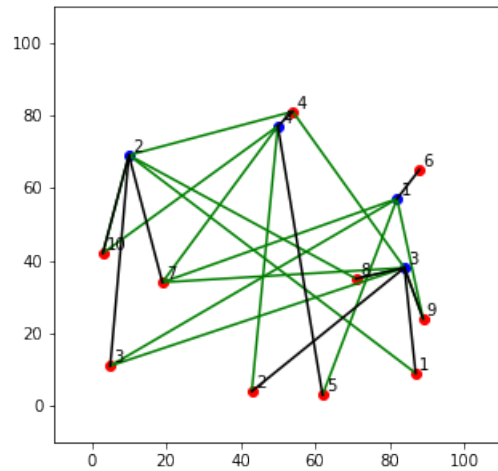


図 3 実験結果 (p1 自宅 10, 契約先 4)

### 参考文献

- [1] 厚生労働省一般職業紹介状況 (職業安定業務統計). <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/114-1.html>, 2021 年 12 月 20 日閲覧。
- [2] 働く人のリアルがわかるディップ総合研究所. <https://www.baitoru.com/dipsouken/all/detail/id=385>, 2021 年 12 月 20 日閲覧。