

特集号  
投稿論文

# コンタクトセンタにおける、スキルレベル実測を用いた最適人員配置方法の提案

鳥羽 美奈子<sup>†1</sup> 森 靖英<sup>†1</sup> 恵木 正史<sup>†2</sup><sup>†1</sup> (株) 日立製作所横浜研究所 <sup>†2</sup> (株) 日立製作所中央研究所

従来のスタッフスケジューリング研究においては、休暇日の考慮や禁止勤務シフトパターン等の制約条件を回避したスタッフの組合せを高速に算出する方法が提案されてきた。しかし、各スタッフにはスキルレベルの差があるため、組合せによって生産性に大きな差が生じる。コンタクトセンタ業務等のサービスビジネスではスタッフのスキル把握が曖昧なまま人員配置がなされ、十分な生産性が得られていないという問題があった。本研究では、スタッフの業務ログからスキルレベルを自動判定し、最適人員配置を算出する方法を提案する。本方法では、まずスタッフの業務モニタリングログを分析し、スキルレベルを算出する。この実測スキルレベルより、複数の人員配置計画それぞれの単位時間ごとの生産性を算出する。さらに、生産性と人件費から、費用対効果の指標となる生産効率を定義する。この生産効率が最大となる人員配置を、最適人員配置計画として算出する。コンタクトセンタに勤務する6名のスキルレベルを判定し、4つの勤務シフトを構成する組合せに9種類の時給パターンを割り当てた3,240配置の生産効率を算出したところ、配置により生産効率に約1.6倍もの差がつくことが明らかになった。これにより、提案方法が有効である見通しを得た。

## 1. はじめに

サービスビジネスへのITの適用が広がっている。ITによって、単に業務量を自動化するというフェーズから、さまざまな情報を収集することで業務量を予測し、適切な人員を配置するというフェーズへと移行しつつある。

一方、ITは、ユビキタスデバイスの低価格化、汎用化などにより、幅広く、多種多様な実世界の情報を容易に収集可能になりつつあり、実世界情報を収集・分析する技術が進んでいる。たとえば、加速度センサや画像センサを着用して人間の行動をロギング/モニタリングする研究[1], [2], [3], [4]や、自動車に搭載されたセンサから位置情報、速度情報を吸い上げ、地図情報にマッピングし、渋滞予測情報に変換して、自動車に展開するという研究[5], [6]などである。筆者らはこのような実世界情報処理パラダイムをコンセプトに、現実社会のさまざまな効率化を推進するプラットフォームの研究を推進中であり、映像ログやPCの操作履歴情報といった業務ログから、オフィスの人員のモニタリングをする技術を研究してきた[7], [8], [9]。

このように、実世界の情報を収集して分析する方法は開発されてきている。分析された結果に基づき、実世界を制御する方法も提案されてきているものの、改善の余

地が大きい。サービスビジネスでの制御分野で最も重要な要素の1つである人員配置について、従来は、業務量の予測を行い、必要人数を算出することが行われてきた[10], [11], [12], [13], [14]。たとえば、インハウンドのコンタクトセンタでは、架電の実績から、時間帯別に着信数を予測し、着信数を処理するのに必要な人員数を割り出すという方式[10], [11]を採用していた。

しかし、このような業務量の予測だけでは、現場の人員配置には活用することが難しい。たとえば上記のコンタクトセンタでの人員配置の場合、実際には、人員のスキルや業務に対する適性によって、処理可能な着信数が

### COLUMN コンタクトセンタスタッフのスキルと時給の関係

コンタクトセンタの業務の現場において人件費の削減は大きな課題となっているが、スタッフのスキルレベルに数倍の差があっても、現実には時給に数倍の差をつけることはできない。募集時期等の外部要因や在勤期間によって時給設定が制限される場合などもある。スキルの高いスタッフの場合、「平均的なスタッフの数倍の業務を、しかも合間に新人スタッフの指導やサポートをしながら、こなしている」という状況もある。

表1 本研究における定義と一般的用語の関係

本研究における定義	一般的な用語・定義
生産性	$= \frac{\text{総処理件数}}{\text{総着信数}} \times \text{応答率}$ <p style="text-align: right;">※応答率に等しい</p>
生産効率	$= \frac{\text{生産性}}{\text{総人件費}}$ $= \frac{\text{応答率}}{\text{総人件費}} \times \left( \frac{\text{総処理件数}}{\text{総着信数}} \right) \times \left( \frac{1}{\text{総人件費}} \right)$ $= \frac{1}{\text{総着信数} \times \text{CPC}}$ <p style="text-align: right;">※CPCの逆数に比例する</p>

大幅に異なり、スタッフが不足し、あるいは、人員過剰になってしまうためである。スキルを自己申告で入力させる従来研究もあるが、実際には、スキルは徐々に変化し、あるいは業務によって適性が異なるなどのため、正しい情報で人員配置ができないケースが多くなっている。

そこで本研究では、スタッフの業務ログからスキルレベルを自動判定し、最適人員配置を算出する方法を提案することを目的とする。特に、スタッフのスキルレベルと人件費より算出する、費用対効果の指標である「生産効率」を提案し、評価することで、生産効率が最大となる人員配置を提示することを目的とする。また、提案法の有効性を示すを通じ、人員配置を要するサービスビジネス向けのクラウド型ITサービス基盤の基本方式を提案することを目的とする。

本研究における評価指標の定義とコンタクトセンタの現場で一般的に用いられる用語・定義の関係を、表1に示す。なおCPC (Cost Per Call) は一般に用いられるコンタクトセンタの費用対効果指標であり  $CPC = \frac{\text{総コスト (含・総人件費)}}{\text{総処理件数}}$  と定義されることもあるが、ここでは特に人件費に関する狭義のCPCとし、 $CPC = \frac{\text{総人件費}}{\text{総処理件数}}$  とする。本指標を設定した理由は次のとおりである。応答率は原則生産性と同値であるが、応答率の最大値は定義上100%である。一方、生産性は100%以上の値をとることも可能である。たとえば「あるシフトの生産性は120%となる見込み」となる場合、着信に対してスタッフ数が多く、余裕がある状態を示す。過剰なスタッフ数は無駄と考えられることもあるが、現実的には新人補佐や急なトラブル対処もあるため、ある程度の余裕は望ましいと考えられ、把握しておく必要がある。生産性の定義によって、応答率では表現できなかった余裕についても示すことが可能になる。また、生産性に直接対応した費用対効果として生産効率を定義した。

## 2. 従来の人員配置技術と本研究の課題

### 2.1 従来の人員配置技術とその問題点

これまで、人員配置に関する研究としては、ナーススケジューリング研究[10], [12], [13], [14]がよく知られ、また派生して鉄道等の乗務員スケジューリング研究[15]等も行われている。これら従来のスタッフスケジューリング研究では、予測業務量に対し必要人員数を割り当てている。この際、休假日の考慮や禁止されるシフトパターンの回避など、多数の制約条件がある。これらの制約条件をすべて満たした配置を算出することは計算コストの点から現実的でなく、NP困難の組合せ問題とされる。そこで、できるだけ制約条件を満たした配置をなるべく短時間で算出するためにさまざまな手法が提案されている。たとえば、遺伝的アルゴリズムを用いる方法[12]や、独自のアルゴリズムの提案[9], [11]などがある。

一方、これら従来研究では、予測業務量に対する必要人員数は、各スタッフのスキルレベルが平均値に等しいとの仮定に基づいて行われている。しかし、現実には各スタッフのスキルレベルには差がある。たとえば、コンタクトセンタでは、スタッフが単位時間に対応できる案件数には数倍もの差があると言われている。そのため、同じように制約条件を回避した人員配置であっても、配置されるスタッフによって生産性に差が生じるという問題がある。各スタッフのスキルレベルを自動実測する技術は提案されておらず、リーダーとなるスキルの有無を管理者が主観的に判断し登録したり、各スタッフが登録時にスキルレベルを自己申告する場合もあるが、これらの方法では客観性に乏しく、また成長によるスキルレベルの向上に逐次対応することもできない。

また、従来のスタッフスケジューリング研究では、配置に人件費を考慮する指標は示されていない。ナーススケジューリング研究の師長(婦長)意識調査[12]では、配置の管理者である師長は、いかに看護師の制約条件をクリアするかを目的にしており、配置のコスト意識は低いとの調査結果もある。しかし、コンタクトセンタにおいては、人件費の安い地域や国に複数のセンタを分散配置するケースも多く、人件費の削減は大きな課題となっている。スタッフには、スキルレベルだけでなく時給にもばらつきがある。スキルレベルに数倍の差があっても、現実には時給に数倍の差をつけることはできず、さらに募集時期等の外部要因や在勤期間によって時給設定が制限される場合などもあるため、スキルレベルが高いスタッフより、低いスタッフのほうが、実質的にコストが高

表2 従来研究に対する本研究の位置付け

	本研究	従来研究 [10] ~ [15]
スキルレベルの自動実測	○ 業務モニタリングログ [3] ~ [7] より実測可能	×
スキルレベル考慮	○	△ リーダー能力の有無を管理者が主観判断 [12],[14]
人件費考慮	○	×
費用対効果の評価	○	×
組合せ問題の高速化アルゴリズム	対象外 (従来研究活用)	○

表3 PC操作ログの例

ユーザID	callcenter_033	
時刻	アプリ	イベント
9:00:01.314	前処理アプリ	マウスのボタンが押された
...	...	...
9:05:01.225	前処理アプリ	ウィンドウのサイズ変更を検知した
9:05:04.889	通話中アプリ	通話開始ボタンが入力された
9:05:06.423	通話中アプリ	キーボード入力された
...	...	...
9:13:07.355	通話中アプリ	通話終了ボタンが入力された
9:13:12.657	後処理アプリ	ウィンドウのアクティブメッセージを検知した
9:13:13.987	後処理アプリ	マウスのボタンが押された
...	後処理アプリ	...

いという問題もある。

これらの各スタッフのスキルレベルによる生産性の差と、時給による人件費の差から、配置によっては費用対効果に大きなばらつきが生じることが問題となる。

## 2.2 本研究の課題

前章に述べたように、従来研究では組合せ問題を短時間で解くという課題があったため、さらに制約条件を追加することになる、各スタッフのスキルレベルを考慮した配置の検討までには達していなかった。また、各スタッフのスキルレベルを実測する手段を有しておらず、そのためスキルレベルによる生産性と人件費から想定される、配置の費用対効果の面からの評価は行えなかった。そこで、本研究では、スタッフの実測スキルレベルと時給のばらつきを考慮し、費用対効果を最大にする最適人員配置の算出を目的とする。従来の人員配置研究に対する本研究の位置付けを表2に示す。

## 3. 最適人員配置計画の算出方法の提案

### 3.1 提案方法の概要

システムの概要を図1に示す。コンタクトセンタの各

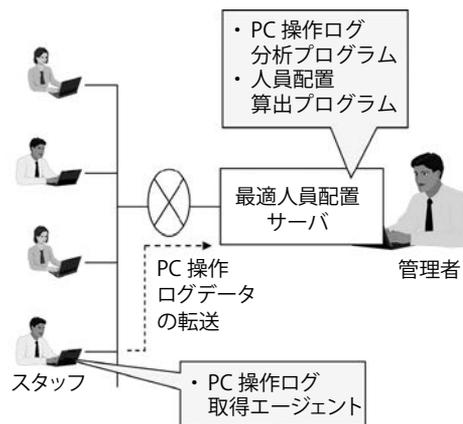


図1 システム概要

スタッフのPCはネットワークで最適人員配置サーバに接続される。スタッフのPCは、業務モニタリングログであるPC操作ログデータや映像ログを生成し、最適人員配置サーバにログを送信する。最適人員配置サーバは、収集したPC操作ログを分析し、各スタッフのスキルレベルを算出する。判定したスキルレベルを用いて、生産効率を最大化する最適人員配置を算出する。

## 3.2 システム実装

### 3.2.1 実測スキルレベルの自動算出

スキルレベルの算出については、本研究では業務モニタリングログとして、スタッフのPC操作ログを用いた。スタッフのPCログが生成するPC操作ログの例を表3に示す。

PC操作ログより、時刻による使用アプリケーションが判別できる。コンタクトセンタ業務の場合、案件1件あたりで使用するアプリケーション遷移は定型化できるため、PC操作ログを分析して、あるスタッフが案件1件あたりに所要した時間を算出できる。PCログ分析結果の例を表4に示す。

スキルレベルは、日ごとの単位時間あたりにこなせる案件数から判定し (式(1)), 直近 $p$ 日間の平均をとる (式(2)) ことで判定する。

$$\begin{aligned}
 & \text{(特定日のスキルレベル)} \\
 &= \frac{\text{(特定日の対応件数)}}{\text{(特定日の勤務時間)}} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{(現在のスキルレベル)} \\
 &= \frac{\sum_{n=1}^p (n \text{ 日のスキルレベル})}{p} \quad (2)
 \end{aligned}$$

表 4 PC 操作ログ分析結果の例

PC 名	日付	開始時刻	終了時刻	電話着信	前処理アプリ	通話中アプリ	後処理アプリ	社内検索	合計
staff_033	3月5日	11:47:14	12:46:19	0:16:55	0:30:09	0:02:01	0:08:27	0:01:33	0:59:05
staff_033	3月5日	12:00:10	12:53:58	0:17:04	0:16:25	0:13:27	0:03:06	0:03:46	0:53:48
staff_033	3月5日	14:29:17	14:54:34	0:06:46	0:10:35	0:05:01	0:02:55	0:00:00	0:25:17
staff_033	3月5日	14:37:08	14:58:34	0:07:54		0:11:37	0:01:55		0:21:26
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

### 3.2.2 人員配置計画の生産性の算出方法

配置計画の生産性は、単位時間ごとに算出する。算出に用いる入力データは、単位時間ごとの必要人員数および各スタッフのスキルレベルを用いる。一般にインバウンド型コンタクトセンタの評価指標として着信件数に対する対応件数である応答率、着信件数に対して対応できなかった件数である棄呼率が用いられる。応答率と棄呼率は裏表の関係である。日本では応答率90% (=棄呼率10%) が目標とされることが多く、予測される着信量に対してその90%対応可能な人数を配置するという方法がとられている[11], [16]。この応答率を、本論文では生産性と定義する。この際、必要な人員数は、平均的なスキルを持つスタッフが単位時間あたりに対応できる案件数をもとに定められている。スタッフの単位時間あたりの対応件数が少なくなれば応答率を達成できなくなる。そこで本研究では、あるシフトの単位時間あたりの生産性は、単位時間あたりにスタッフが実際に対応できた案件数であるとし、式(3)で定義した。

$$\begin{aligned}
 & (\text{単位時間あたり生産性}) \\
 & = \frac{(\text{単位時間あたり対応件数})}{(\text{単位時間あたり着信件数})} \quad (3)
 \end{aligned}$$

### 3.2.3 人員配置計画の生産効率の算出方法

生産性が高く、かつ総人件費が低い人員配置が効率的であるといえる。この条件を満たす配置の中で、どれが最適配置であるとするかは、管理者が重視する要素によって異なる。たとえば、人件費の予算額が一定であるならば、その予算の中で生産性が最も高い配置が最適となるし、または目標とする生産性を満たせばよい場合(すなわち応答率90%を目標値とする場合等)であれば、目標生産性を超える配置で最も人件費が低いものが最適配置となる。また、それぞれの要素に重み付けして算出することも考えられる。本研究では、費用対効果が最も高い配置が最適であるとし、生産効率を総人件費あたりの生産性であると定義する(式(4))。また、スキルレベルが等しいとした場合の目標の生産性は90%であることから、これを上回ることを制限し、式(5)と定義した。こ

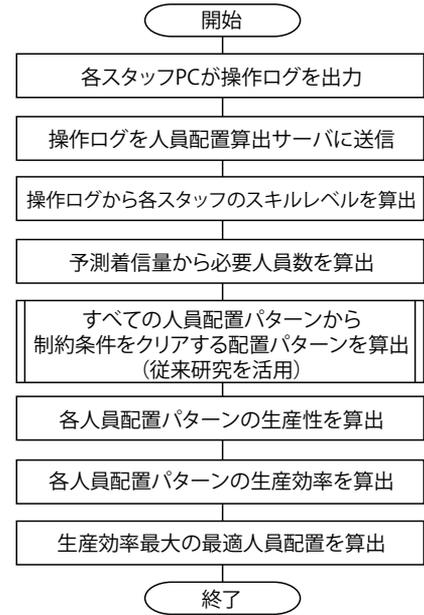


図 2 最適人員配置算出処理フロー

の生産効率が、本提案における評価関数となり、生産効率が最も大きい人員配置が最適人員配置であるとする。

$$(\text{生産効率}) = \frac{(\text{平均生産性})}{(\text{総人件費})} \quad (4)$$

$$(\text{平均生産性}) \geq 90 \quad (5)$$

### 3.2.4 最適人員配置計画の算出処理フロー

PC操作ログから算出したスキルレベルと生産性・生産性・生産効率から、最適人員配置を算出する処理フローを図2に示す。

## 4. 実験

### 4.1 実験環境

提案手法の有効性を検証するため、実データを用いて実験を実施した。6名のスタッフが属する小規模コールセンタにおいて、本実験により「スタッフの実測スキルレベルと時給のばらつきを考慮した費用対効果を最大にする最適人員配置の算出」が可能になることを明らかにする。また従来は1日を通して常に100%で一定と仮定されていた生産効率が、実際には変動して推移しており、生産効率の高いシフト・低いシフトがあることを定量的に示す。

本実験では、4つの勤務シフトを6名のスタッフのいずれかが担当する組合せの360通りに、9種類の時給パターンを設定した3,240配置に対し、それぞれの生産性、生産効率を算出した。

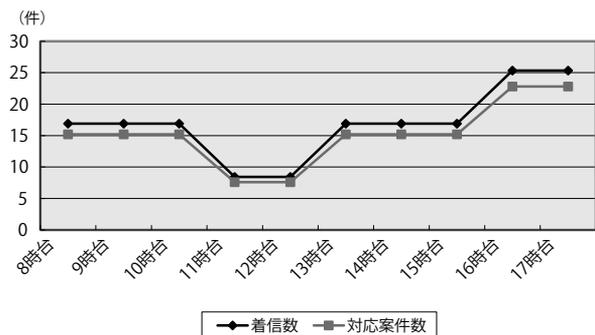


図3 スタッフのスキルが等しい場合の対応案件推移

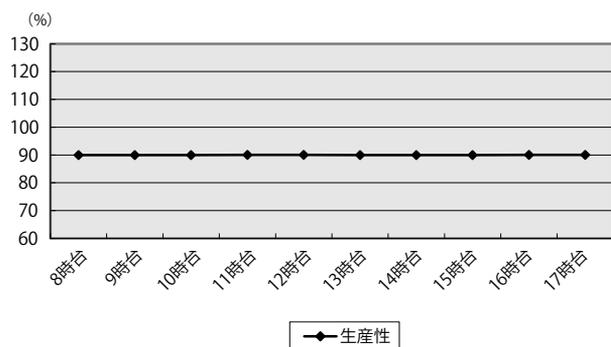


図4 スタッフのスキルが等しい場合の生産性推移

本実験環境においては典型的なインバウンド型コンタクトセンタであると想定し下記のとおりパラメータを設定した。

- 顧客は8:00～18:00の間ランダムに電話をかける。
- 外線着信数は時間により変動し、一定ではない。
- 予約は割り込みなく、受けた電話はすぐに処理する。
- 1件あたりの処理時間は一定ではなく、案件ごとに異なる。

である。コンタクトセンタごとの状況に合わせて他のパラメータを設定することもあるが、本研究ではまずは典型的なケースを想定し、このパラメータとする。なお他のパラメータに関する研究としては、顧客の待ち行列や放棄までの時間等をパラメータとして考慮した、コンタクトセンタの繋がりにくさ改善[17]などがある。

図3にスタッフのスキルが等しい場合の対応案件推移、図4にスタッフのスキルが等しい場合の生産性推移を示す。もし、すべてのスタッフが等しく平均的なスキルレベルを持っているとするならば、図3に示すように、対応した案件数は常に着信量の90%を満たすように推移し、図4のように生産性は常に90%を保つ。1日の生産性の平均を平均生産性とする、いかなる配置でも平均生産性および1日の人件費は常に一定である。この場

表5 スタッフのスキルレベル・時給が等しい場合の平均生産性

生産効率	平均生産性 (%)	人件費 (円)
0.0016	90.0	56,000

表6 スタッフのスキルレベルと時給

名前	スキルレベル	0	1	2	3
		等しい	スキル順	リーダ高 スキル高	リーダ高 スキル低
		時給 (円)	時給 (円)	時給 (円)	時給 (円)
staff[0]	10.2	2,800	3,050	3,300	2,700
staff[1]	6.2	2,800	2,550	2,700	3,300
staff[2]	7.8	2,800	2,850	2,700	2,700
staff[3]	6.5	2,800	2,750	2,700	2,700
staff[4]	6.4	2,800	2,650	2,700	2,700
staff[5]	8.2	2,800	2,950	2,700	2,700
平均	7.55	2,800	2,800	2,800	2,800

名前	スキルレベル	4	5	6	7	8
		ランダム a	ランダム b	ランダム c	ランダム d	ランダム e
		時給 (円)				
staff[0]	10.2	2,550	3,050	2,800	3,500	2,800
staff[1]	6.2	2,650	2,950	2,800	2,400	3,500
staff[2]	7.8	2,750	2,850	2,800	2,500	2,800
staff[3]	6.5	2,850	2,750	3,500	2,800	2,400
staff[4]	6.4	2,950	2,650	2,400	2,800	2,800
staff[5]	8.2	3,050	2,550	2,500	2,800	2,500
平均	7.55	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800

合、生産効率・平均生産性・人件費は、いかなる配置の組合せにおいても、表5に示すように一定となる。

しかし実際には、対応できる案件数はスタッフの能力により最大で数倍程度もの差があると言われ、生産性にはばらつきがある。また人件費すなわち時給にも差があるため、配置によって人件費にも差が生じる。そこで、実際のコンタクトセンタスタッフの業務ログから算出した、スタッフごとに差があるスキルレベルを用いて、360通りの組合せとなる配置それぞれの生産性と生産効率を算出した。

スタッフのスキルレベルは、実際に東京都内のインバウンド型コンタクトセンタに勤務するスタッフ6名のPC操作ログから算出したデータを用いた。スタッフの主な業務は、企業向け資材購入e-コマースサイトのユーザに対する電話サポートである。単位時間あたりの対応案件数がスキルレベルとしてカウントされる。スタッフには、スキルレベルだけでなく時給にもばらつきがある。そこで本実験では時給は、スキルレベルに応じて設定したパターン、リーダのみ高いパターン、スキルレベルによらずランダムに割り振ったパターンなど、現実的な時

給設定額に応じて表6に示す9パターンを設定し、「360通りの組合せ×時給の割り振り9パターン」の計3,240配置の生産効率を算出した。なお、スキルレベルに対し逆順に時給を割り振る(スキルの高い者ほど時給が低い)のパターンは、そのパターンでスキルの高い者から順に長時間勤務させると生産効率が最も高くなることが自明であるため行っていない。

### コンタクトセンタに勤務する スタッフ6名の実際の PC操作ログを用いて分析

予測着信数は、昼の時間帯にやや低く、夕方頃に高くなるというオフィスアワー対応コンタクトセンタの一般的な傾向[13]を踏まえたデータを用いた。予測着信数と目標対応案件数、また、スタッフのスキルレベルが一律平均の7.55であったとした場合の、目標案件数を満たす人員数の推移を図5に示す。

必要人員数を満たす、4つの勤務シフトの開始時刻と

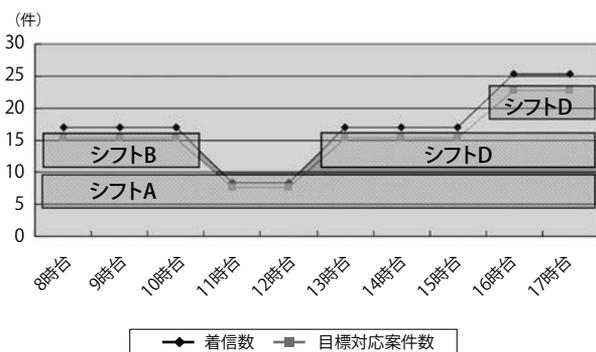


図5 予測着信量と必要人員数の推移

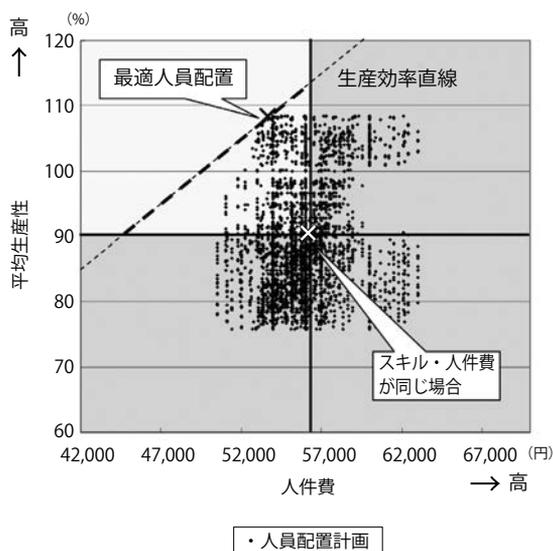


図6 配置計画の平均生産性と人件費の分布

表7 勤務シフト

勤務シフト	開始時刻	終了時刻
シフト A	8:00	18:00
シフト B	8:00	11:00
シフト C	13:00	18:00
シフト D	16:00	18:00

表8 生産効率最高時の平均生産性

生産効率	平均生産性 (%)	人件費 (円)
0.00202	108.5	53,700

終了時刻を表7に示す。

## 4.2 実験結果

### (1) 生産性と人件費の分布

6名のスタッフで4つの勤務シフトを構成する配置の組合せによる全3,240配置の平均生産性と人件費の算出結果分布図を図6に示す。

スタッフのスキルレベルと人件費がすべて平均値のケースを基準に、3,240配置の分布を4象限で分類している。スタッフのスキルレベルと人件費がすべて同じ、すなわちそれぞれ平均値の7.55、56,000円であるならば、すべての配置の平均生産性90%、人件費は56,000円となる。

生産効率が高い、すなわち望ましい配置は、平均生産性が高く人件費が低い第2象限に属する配置である。生産効率が最も高い最適人員配置は、原点を通る生産効率直線の傾きが最も大きくなる配置で示される。

### (2) 生産効率最高時の配置 (最適人員配置)

全3,240配置で、評価関数である生産効率が最も高かった配置、すなわち最適人員配置の平均生産性と人件費を表8に示す。

単位時間ごとの対応案件数の推移を図7に、平均生産性の推移を図8に示す。

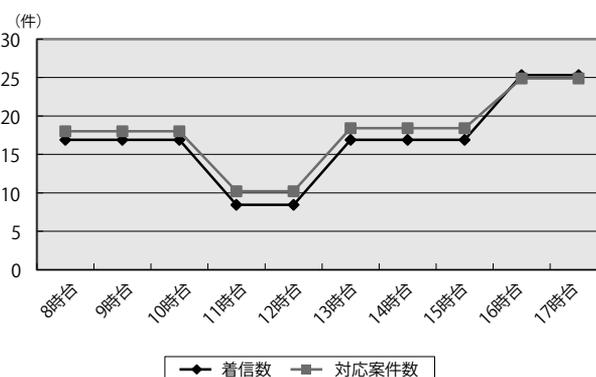


図7 生産効率最高時の対応案件数推移

### (3) 生産効率最低時の配置

全3,240配置で、評価関数である生産効率が最も低かった配置、すなわち最適人員配置の平均生産性と人件費を表9に示す。

単位時間ごとの対応案件数の推移を図9に、平均生産性の推移を図10に示す。

なお第2章に示した従来の前提では、スタッフのスキルはすべて平均的であるとして生産効率が常に100%になるようにシフトが組まれる。マネージャは感覚的に常に100%とならないことは分かっているが、1日を通して生産効率は常に100%で一定であると仮定されていた。本研究により生産効率指標を利用することで、従来の前提では把握することができなかった実際の実績を生産効率を定量的に把握することが可能となった。具体的には図8のように、1日を通して生産効率は110～120%以上と高い値を変動して推移しており特に11時台の生産効率が高いことが把握できる。また図10のように70～80%と低い生産効率で推移していることが分かる。本研究によりこれらのような生産効率の把握が可能となった。

### 4.3 考察

従来研究においては人員配置の生産効率を評価する指標は提案されておらず、そのため各スタッフのスキルレベルや人件費の差は考慮せずすべて平均値であるとの仮定に基づいて生産性が90.0%となるように単位時間ごとの配置人数を算出していた。この際の費用対効果、すなわち生産効率は0.0016となった。しかし実際に配置されるスタッフにはスキルレベルにも時給にもばらつきがあるため、想定した生産効率は得られず配置によってばらつきが生じていた。

本研究では、スタッフの実測に基づくスキルレベルをもとに6名で4勤務シフトを担当する場合の生産効率を

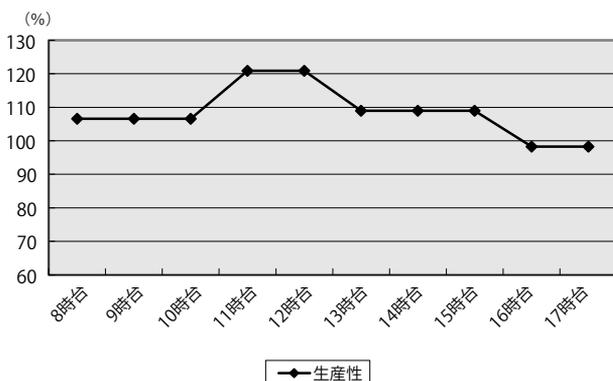


図8 生産効率最高時の生産性推移

表9 生産効率最低時の平均生産性

生産効率	平均生産性 (%)	人件費 (円)
0.00123	75.74	61,800

評価した結果、実際には生産効率最高時で0.00202、最低時で0.00123となり、配置により生産効率に約1.6倍もの差がつくことを明らかにした。

第1章に示したとおり、従来はシフトは各スタッフの平均的スキルを持っていることを前提に生成されることが多いものの、シフト生成を担当するマネージャは、実際には各スタッフのスキルに差があり生産効率が常に一定にはならないことは経験的・感覚的には分かっていることが多い。したがって表6に示されるようなスキルレベルと時給との関係を把握した段階で、感覚的になるべく最適なシフトを組んでいるケースも多いと考えられる。しかし感覚だけで生産効率までを定量的に見通すことは困難である。そこで生産効率最高時の配置、生産効率最低時の配置を示すことにより、生産効率を定量的に示す効果があったと考えられる。また、表1に示したように応答率を生産性とあらためて定義することで、図8の結果等、生産性100%以上となり人員に余力のある状況も示せたことにより、本定義は妥当だったといえる。

なお、図6に示される、配置の象限ごとの分布のばら

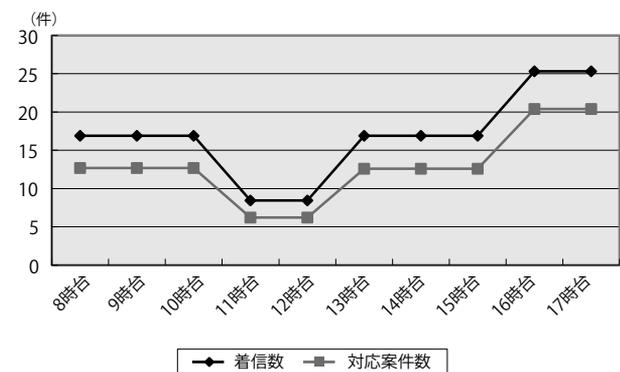


図9 生産効率最低時の対応案件数推移

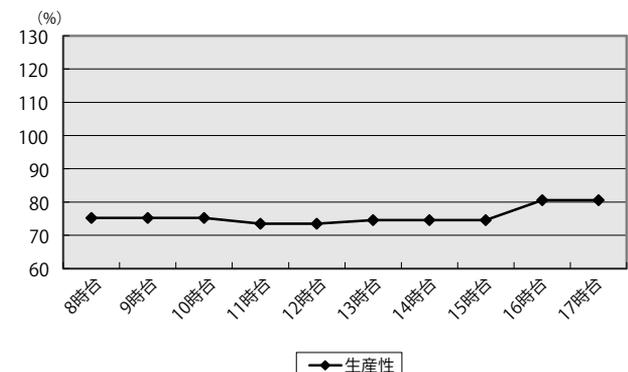


図10 生産効率最低時の生産性推移

つきは、入力データ、すなわち各スタッフのスキルレベル、時給のばらつきに依存すると考えられる。

また、スタッフ数や勤務シフト数が多くなる場合、全組合せの配置結果を算出することは計算コストにより困難となるが、この課題に関しては既存のスタッフスケジューリング研究[9], [10], [11], [12]が提案する方法により近似解を求める方法が利用できる。

スキルレベル判定を行うことで、スキルレベルに応じた時給設定も行われるようになれば、本研究が前提とする「スキルレベルと時給が対応しない」という状況は生じなくなる。しかし現実的には必ずしもスキルレベルに応じた時給設定が行えるわけではない。たとえば人件費抑制の制約のためスキルに大きな差がある場合でも時給はせいぜい10円程度の差しかつけることができず、スキルの差を反映するほど時給に差はつけられないことが多い。そのためやはり本研究が前提とした状況は生じる。

スキルレベルと時給の対応をランダムに行う場合が生産効率や人件費抑制効果の差が最も大きくなるというのは自明である。しかし実際にはスキルレベルと時給が相関しておらず、結果としてランダムに近い状況になってしまうことは一般的である。たとえば現実的には、前述したようにスキルの差ほど時給に差がつけられない。また時給の決定要因として業務経験期間が重視される場合、経験期間がスキルにある程度相関すると考えられるとはいえ、経験期間の短いスタッフの方が長いスタッフより高いスキルを持つことがある。このような場合はスキルレベルと時給の関係がランダムに近づくといえる。さらに、スタッフの労働者市場の変化のため、募集時期により時給が異なることがある。たとえば、「4月には時給950円で募集・採用したが、同年10月には応募者の不足が懸念されたため、時給1,000円で募集・採用した」ような場合である。これらのような場合スキルレベルと時給はランダムに近い状態になるため、現実的には生産効率や人件費抑制効果の差は大きくなってしまいう問題があり、本研究が有効となる。

以上により、生産効率に基づいて、スタッフのスキルレベルによる生産性や人件費に無駄のない最適人員配置計画を自動で算出することが可能であり、コンタクトセンタ業務やサービス・流通業界等での人員配置に有効である見通しを得た。

一方、本研究ではまずは定量的に評価が容易な単位時間あたりの処理件数をスキル評価の対象としたが、定量的に評価が困難な能力もある。表10にスキル種別の例を示す。本研究で配慮したのは表10に網掛けで示した、

表 10 スキル種別の例

	定量的・自動で 評価可能	定量的・自動で 評価困難
個人の生産性	・処理件数	・案件ごとの難易度 ・対応品質 ・教育貢献度
チームの生産性	・処理件数	・スタッフの相性 ・コール種別による 必要スキルの組合せ

「個人の生産性」における単位時間あたりの「処理件数」である。しかし実際には表10に示すように、案件ごとの難易度や、対応品質や教育貢献度など、スタッフの評価は多面的に行われている。たとえば同じ1件の処理であっても、簡単に終わり処理時間が短くて済む案件もあれば、難易度が高く長い処理時間を要する案件もある。またスタッフによって処理品質、すなわち顧客に与えられる満足度には違いがあり、さらに同一時間内に同じ処理件数をこなしていても自分の担当範囲のみ注力したスタッフと、他の新人スタッフ等を指導・教育しながら処理を行ったスタッフが存在する。これらは定量的な評価が難しく、評価に管理者の主観が入ってしまうという問題がある。このような評価は管理者とスタッフとの信頼関係を醸成した上での評価が必須であるが完璧に行うことは難しい。したがっていかに定量的に評価して最適な人員配置に反映していくかは今後の重要な課題となる。また、本研究では個々のスタッフのスキルに基づいた最適な人員配置を課題としたが、表10のチームの生産性の行に示すように、スタッフの組合せによりそのシフトのチームの生産性に影響があることが考えられる。たとえば、コール種別（クレーム、コンサル、イレギュラー対応、等）ごとに必要スキルが異なること、さらに単一スキルの持ち主と複数スキルの持ち主がいる前提でスキル評価や最適配置を考える必要がある。これらもやはり処理件数に比べると定量的な評価が困難である。また、個々のスキルの高いスタッフが同じチームとして勤務したとしても、スタッフ同士の相性によって生産性が上がらない場合もある。休憩中のスタッフ同士のコミュニケーションが活発となる人員配置ほど、生産効率が上がったという報告[18]もある。本研究の成果に加えこれらの課題も考慮していくことで、さらに生産効率の高い人員配置に発展させることも可能と見込まれる。

## 5. おわりに

本研究では、スタッフの業務ログからスキルレベルを

自動判定し、最適人員配置を算出する方法を提案した。本方法ではスタッフのスキルレベルと人件費から、費用対効果の指標となる生産効率を定義し、この生産効率が最大となる人員配置を算出する。コンタクトセンタに勤務する6名のスキルレベルを判定し、4つの勤務シフトを構成する360の組合せに対し、人件費を割り振り8パターンを設定して、全3,240配置の生産効率を算出した。この結果、配置により生産効率に約1.6倍もの差がつくことが明らかになった。

この結果、筆者らが進めてきた業務モニタリングログ[1],[2],[3],[4],[5],[6],[7]を活用してスキルレベルを算出することで、従来の人員配置技術により算出される配置を新たに費用対効果の側面から評価し、生産効率を向上させることが可能となった。

本研究ではスキルレベル算出法として、単純に単位時間あたりに対応可能な案件数を用いたが、実際には案件ごとの難易度も異なるため、考慮が必要である。アウトバウンド型コンタクトセンタの場合は、対応案件数でなく、成約案件数をスキルレベルの算出に用いるという方法も考えられる。

また、スタッフの組合せによる生産性を考慮した配置の算出も課題である。たとえば、スキルの高いスタッフが同じチームとして勤務したとしても、スタッフ同士の相性によって生産性が上がらない場合もある。最も生産性の高くなるスタッフの組合せ方法を検討する。

実験環境に関しては本研究ではまずは初期実験として、実験環境の導入・被験者の同意の確保等、実験実施が容易な小規模な実験環境にて実験を行った。一方で実験環境が小規模な場合には、処理時間や着信が一樣でなく、分布をもっている場合に応答率90%を確保しようとする必要な要員数の振れ幅が非常に大きくなり、ベストケースとそうでないケースの差が大きくなる等の問題もあると考えられる。そこで今後の課題として、中・大規模のコンタクトセンタでの実施による実験結果の一般性確保を検討している。

本研究では業務ログとしてPC操作ログを用いたが、さらに、映像ログや、センサログ、携帯端末操作ログ等を用いた方法も適用可能である。

#### 参考文献

- 1) 森脇, 佐藤, 脇坂, 辻, 大久保, 矢野: 組織活動可視可システム「ビジネス顕微鏡」(対面コミュニケーション-顔を中心のメディアとした), 信学技法 Technical Report of IEICE, HCS, Vol.107, No.24, pp.31-36 (2007).
- 2) 池谷, 菊地, 長, 服部: 3軸加速度センサを用いた移動状況推定方式, 信学技法 IEICE Technical Report USN2008-24, pp.74-80 (2008).

- 3) 倉沢, 川原, 森川, 青山: センサ装着場所を考慮した3軸加速度センサを用いた姿勢推定手法, 電子情報通信学会総合大会, B-15-8, (Mar. 2006).
- 4) 相澤, デシルバ, 味八木, 岩松, 山崎: 広域・集団の行動解析, ライフログのための技術基盤, 第2回デジタルコンテンツシンポジウム, 4-4, 6-8 (June 2006).
- 5) 砂原, 佐藤, 上原, 青木, 村井: IPCar: インターネットを利用した自動車プローブ情報システムの構築, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J85-B, No.4, pp. 431-437 (2002).
- 6) 今木, 西澤: ストリームデータ処理におけるデータ生存期間管理方式, 日本データベース学会 1 Letters, Vol.5, No.2, pp.65-68 (2006).
- 7) 恵木, 直野, 櫻井, 高山, 新谷: イベントログからPC操作への翻訳規則の自動生成方法, 信学技法, Technical Report of IEICE, PRMU, Vol.106, No.99, pp.25-30 (2006).
- 8) 直野, 恵木: 受注センタにおける業務モニタリング解析事例, 情報処理学会, 分散システム/インターネット運用技術, 研究発表会, No.2006-DSM-040, pp.103-108 (Mar. 2006).
- 9) (株)日立ソリューションズ: PC業務効率分析システム, <http://www.hitachi-solutions.co.jp/bm1/>
- 10) セコム(株)セコムIS研究所: 人員配置スケジューリング技術とその応用, <http://www.secom.co.jp/isl/research/cs/report03/index.html>
- 11) (株)プロシード: コールセンターの改善手法COPC入門, 量予測とスタッフィング, 日本能率協会マネージメントセンター, ISBN4-8207-4199-3, pp.96-103 (2004).
- 12) 池上: ナース・スケジューリング—調査・モデリング・アルゴリズム—, 統計数理, Vol.53, No.2, pp.231-259 (2005).
- 13) Burke, E., Causmaecker, P. and Berghe, G.V.: A Hybrid Tabu Search Algorithm for the Nurse Rostering Problem, Lecture Notes in Computer Science, ISSN 0302-9743, Vol.1585, pp.187-194 (1999).
- 14) 長谷川: IP-based local searchによるナーススケジューリング問題の近似解法, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J89-D, No.10, pp.2251-2259 (2006).
- 15) 安達, 小林: 拡張cGAによる乗務員スケジューリング, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-D1, No.9, pp.896-904 (2002).
- 16) コールセンター利用者意識調査2012, 月刊Computer TELEPHONY 2012年7月号, pp.58-61 (2012).
- 17) 北川, 榎原: コールセンターの待ち行列について, 南山大学数理学科澤木研究室, <http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/ise/gr-thesis/ms/2005/>
- 18) 渡邊, 藤田, 矢野, 金坂, 長谷川: コールセンタにおける職場の活発度が生産性に与える影響の定量評価, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1470-1479 (2013).

鳥羽 美奈子 (正会員) minako.toba.cy@hitachi.com

(株)日立製作所 横浜研究所. 2006年東京大学大学院 学際情報学府 博士課程単位取得退学. 同年(株)日立製作所入社. IT機器操作ログ, エレベータ遠隔監視ログなど各種実世界ログデータ分析およびその応用システムの研究に従事.

森 靖英 (正会員) yasuhide.mori.yb@hitachi.com

(株)日立製作所 横浜研究所. 1991年東京大学大学院理学系研究科修士課程修了. 同年(株)日立製作所入社. パターン認識, 画像検索, 自動推薦システム他の研究に従事.

恵木 正史 (非会員) masashi.egi.zj@hitachi.com

(株)日立製作所 中央研究所. 2000年名古屋大学大学院理学研究科 博士後期課程単位取得退学. 同年(株)日立製作所入社. 気象データ, 株取引データ, IT機器の操作ログなど各種時系列データ分析の研究に従事.

投稿受付: 2013年4月24日

採録決定: 2013年10月25日

編集担当: 並木美太郎 (東京農工大学)