

令和2年2月

静岡大学情報学部卒業研究

就業満足度と利益を考慮した スケジュール最適化

令和元年度 静岡大学情報学部行動情報学科卒業論文

行動情報学科

下田稜

学籍番号：70612031

[主査：李皓 / 副査：福田直樹]

卒業論文要旨

近年労働環境において、労働力不足による問題が多くあげられている。労働力不足の原因は主に 2 種類考えられる。1 つ目は労働者の絶対数の不足である。2 つ目は、労働者を有効的に活用することができず、労働力を無駄にしていることである。労働力を有効的に活用するためには 2 つの側面がある。まず、労働生産性を高めることだ。労働生産性を高めるには、労働者のモチベーションが重要であり、モチベーションを上げるには、仕事の満足度を高めることが重要である。自分自身の勤務嗜好に合うような労働環境であれば満足度は高くなるだろう。次に、労働資源配置を最適化することだ。労働力を無駄にしないために、仕事の量に合わせて労働力を割り当てることが重要である。本研究では、これら 2 つの要因に関係する、シフトのスケジューリングについて取り上げた。労働者の勤務希望を満たすようなシフトや、シフトによる経営資源の無駄使いを防ぐのも、いずれも適切なスケジューリングによって解決可能である。

本研究では、株式会社すかいらーくの企業情報を元に仮想飲食店データを作成し、従業員の就業希望と店舗利益の 2 つを制約条件として、これらの値が高水準になるようなスケジュール探索を、最適化アルゴリズム SA 法で行った。また、SA 法における確率的改悪解採用時の確率計算時に、制約条件を正規化することにより、制約条件が複数ある場合でも同じ温度パラメータでの探索を行うことができた。2 つの制約条件があるため、どちらか片方のみを考慮した場合と比較し、両方を考慮した場合の探索手法がより有効であることを示した。従業員の就業満足度のみを考慮した場合、労働資源を適切に分配することができず、店舗利益が大きく下がった。利益のみを考慮した場合、就業満足度が極めて低い値の従業員が多数でてしまい、総従業員満足度は低い値となった。両方を考慮した場合、店舗利益を最大に保ちながら、従業員の勤務希望を最大限配慮したスケジューリングが達成できた。

今後の課題として、パラメータが適切であったかを実証できていないことである。SA 法において初期温度や冷却率、終了温度は探索効率を大きく上げたり下げたりする要因の 1 つである。今回行った処理でのパラメータ以外に、より効率的な探索が行えるパラメータが存在する可能性があるため、その検証が必要である。また、本研究では 1 つのモデルでしか計算実験を行っていないため、他店舗モデルでも探索ができるかが示せていない。様々な店舗パラメータでの検証が必要だと考えた。さらに、従業員モデルも様々なパターンで試行することにより、より有意性のある探索法を示せると考えた。また、より細かい時間単位でのシフトや、業務を考慮することにより、より複雑なスケジューリングが可能であるとされた。

キーワード：最適化, SA 法, 従業員満足度, 利益

概要

第1章 序論.....	4
1.1 背景と目的.....	4
1.2 先行研究	7
1.3 本研究の目的	9
2章 本論	10
2.1 SA 法(焼きなまし法)について.....	10
2.2 仮想飲食店データ作成	11
2.3 SA 法実装.....	13
2.3.1 フローチャート.....	13
2.3.2 スケジュール生成方法	14
2.3.3 就業満足度.....	15
2.3.4 利益計算.....	16
2.3.5 改悪解更新確率式.....	19
2.4 計算機実験.....	20
2.4.1 ①就業希望度のみを考慮した場合	21
2.4.2 ②利益のみを考慮した場合	24
2.4.2 ③就業満足度と利益を考慮した場合	27
2.5 結果考察	30
3章 結論	32
謝辞	34
参考文献.....	35

第1章 序論

1.1 背景と目的

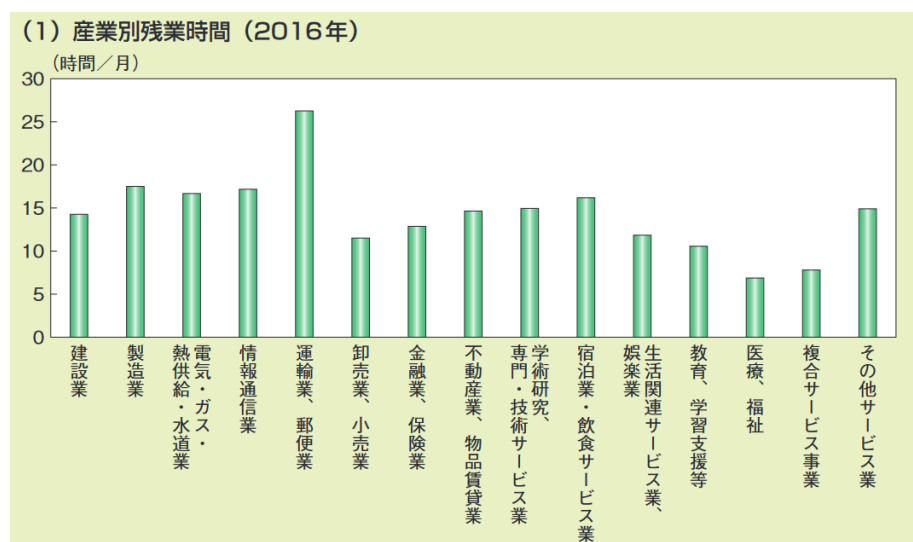
近年労働時間の問題が頻繁に議論されている。例えば残業時間について、2019 年 4 月から中小企業、2020 年 4 月から大企業に対する新たな働き方改革法案が施行されている。厚生労働省の働き方改革法案[1]によると、働き方改革法案の概要は「時間外労働の上限は原則として月 45 時間、年 360 時間とし、臨時的な特別な事情がある場合でも年 720 時間、単月 100 時間未満、複数月平均 80 時間を限度とします。月 45 時間を超えることのできるのは、年間 6 か月までです。」とされている。それに対し日本経済団体連合会が 2019 年 4 月 2 日～5 月 17 日に 276 社(対象労働者 1,233,246 人)に対して行った 2019 年労働時間等実態調査[2]によると、360 時間～540 時間が 17.3%、540 時間～720 時間が 15.2%、そして 720 時間～が 1.6%の割合で時間外労働をしていると回答している。総じて 34.1%の労働者が年 360 時間以上の時間外労働をしている可能性がある。(表 1)

表 1：時間外労働の割合

360 時間～540 時間	540 時間～720 時間	720 時間～	計
17.3%	15.2%	1.6%	34.1%

また、産業によっても残業時間に大きく差がある。内閣府(2016)産業別残業時間調査 [3]によると、運送業や郵便業は他の業種に比べ残業時間が長く、医療や福祉業は短いとされている。(図 1)

図 1：産業別残業時間

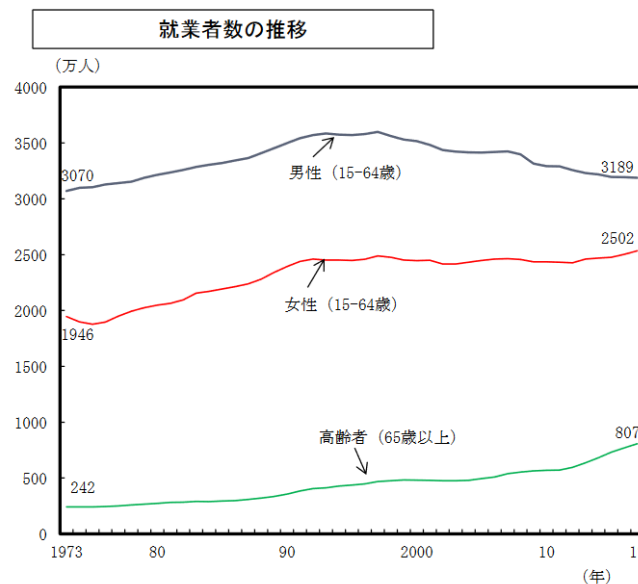


出典：内閣府 長時間労働の現状

厚生労働省(2018)の平成 29 年雇用動向調査結果[4]によると,平成 29 年における転職入職者が前職をやめた理由で,男性は「労働時間,休日などの労働条件が悪かった」が 12.4%であり,「定年・契約期間の満了」の 17.8%について多かった.女性は「労働時間,休日などの労働条件が悪かった」が 14.7%で最も多い結果であった.また,前年と比べると,上昇幅が最も多かったのは男女ともに「労働時間,休日等の労働条件が悪かった」であった.このように,離職する理由として労働時間が原因となる例が多数みられる.残業時間の長さもこの問題に直結しており,産業衰退の恐れもでてくる.

残業時間が長い背景には,労働者数減少により余裕のある勤務シフトが組めない現状がある.厚生労働省職業安定局[5]によると,女性と高齢者の就業者は増加している一方,男性は 1997 年をピークに減少傾向にあるとされる.また,正規雇用者と非正規雇用者でも違いがでている.正規雇用者は長期的に減少傾向にあるが,非正規は増加傾向にある.特に女性や高齢者に顕著な増加がみられる.(図 2)

図 2：就業者数の推移



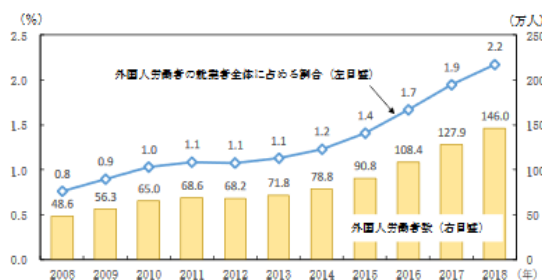
出典：総務省「労働力調査」

全体として労働者数が減少していることによって,1 人あたりの労働時間がより長くなり過剰な労働を強いられるというケースもある.産経新聞(2016)[6]によると,2015 年に過剰残業時間やパワハラにより自殺に追いやられた電通社員高橋まつりさんは,月 130 時間にも至ったとしている.さらに 2018 年度に電通は残業時間の上限を 45 時間に設定し,事前申請した時にのみ月 75 時間に延長できる 36 協定を結んだが,同年度に月 75 時間を超えた事例が 4 件あり,最長は月 156 時間 54 分だったという.高橋さんが所属していたデジタル・アカウント部では部署の人数が昨年から半分に減少しており,恒常的な人手不足に陥っていたとされている.

このような人材不足を解消するために外国人労働者が年々増加している.法務省「新たな

外国人材の受入れ及び共生社会実現に向けた取組（在留資格「特定技能」の創設等）」[7]によると、平成 30 年 4 月から施行された入管法及び法務省設置法改正によって新たな外国人労働者受け入れの体制がつけられた。今までは、業務に従事可能な在留資格は「技能実習」のみであったが、新しく「特定技能」という在留資格が加わった。これにより人手不足が深刻な産業分野においての新たな外国人材の受け入れが可能となった。内閣府政策統括官経済財政分析担当[8]によると、10 年前と比較して、企業の外国人労働者が就業者全体に占める割合は 0.8%から 2.2%へと上昇している。(図 3)

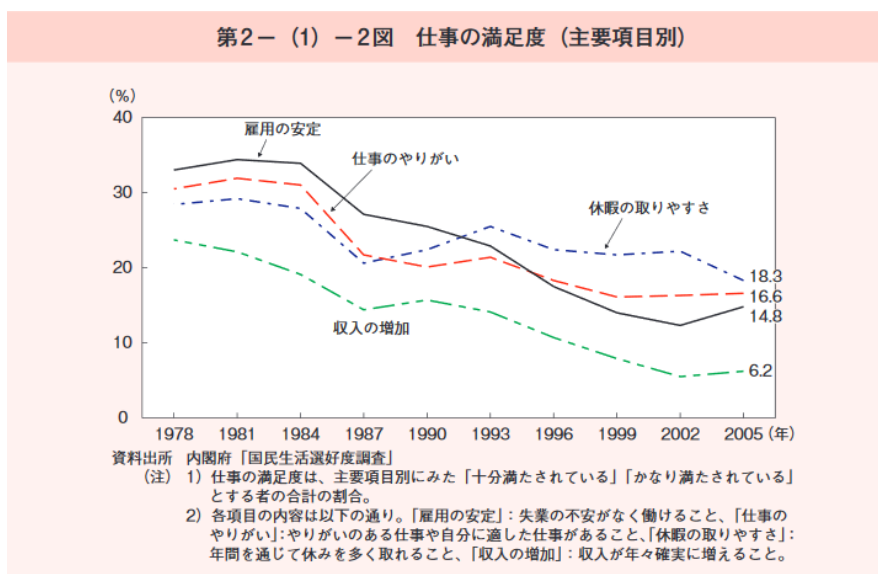
図 3 外国人労働者割合の推移



出典：厚生労働省「外国人雇用調査」

また、近年、労働における労働満足度が低い傾向にある。内閣府「働く人の意識と就業行動」[9]によると、1978 年から 2005 年にかけて仕事の満足度は低下傾向にあるという。(図 4)

図 4：仕事の満足度の推移



出典：内閣府 国民生活選好度調査

休暇の取りやすさについてみると、1978 年頃では 30% 近くあった満足度は、2005 年では

18.3%まで減少している。内閣府(2006)は、これは所定外労働時間が増加し、年次有給休暇の取得率も低下しているため満足度減少につながったとしている。

労働力不足は2種類に分類することができる。1つは労働者の絶対数が不足しているケースであり、もう1つは労働者を有効的に活用できず、労働力を無駄にしているケースである。本研究では後者について取り上げる。労働者の労働力を有効的に運用するために、2つの側面がある。まず、労働者からより多くの労働力を供出されること、すなわち労働生産性を高めることである。労働者のモチベーションを高めるために、仕事の満足度を高めることが重要である。次に、労働力を無駄にしないために、仕事の量に合わせて労働力を割り当てることである。いわゆる、労働資源配置の最適化ということになる。本研究では、この2つの要因に関するシフトのスケジューリング問題を取り上げる。休日日数が一定の場合、強制的に休日を割り当てられるよりも、休暇選好の多様性のある従業員の意向を反映したシフトの方が労働満足度が高いことは明らかである。また、機会損失や配属された従業員による経営資源の無駄を生むのも、いずれも適切なスケジューリングによって解決可能である。

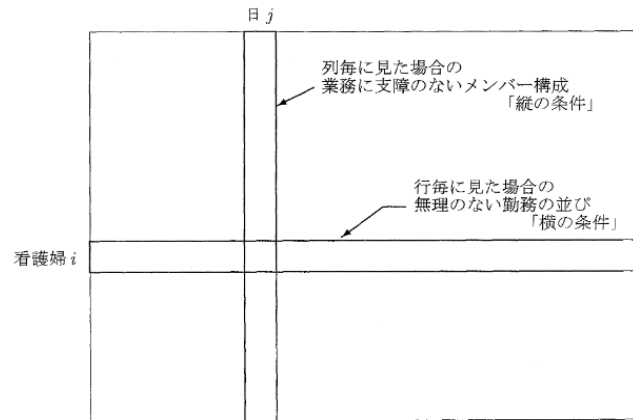
1.2 先行研究

労働環境におけるスケジューリングの最適化について、様々な研究がなされている。長野ら(1996)[10]は、勤務に対する嗜好の個人差を考慮した看護婦スケジューリングを行っている。①看護婦の勤務に対する嗜好の個人差にできるだけ対応した勤務パターンにすること、②各看護婦の希望をできるだけ充足すること、③勤務パターンによる負荷や希望の満足度に看護婦間で差が無いようにすること、を目的として最適化アルゴリズムである遺伝的アルゴリズムを用いて最適化を行っている。長野らの研究では勤務に対する嗜好の個人差を考慮した看護婦スケジューリング問題に対して、遺伝アルゴリズムを用いた看護婦スケジューリング法を提案し達成できたとしている。しかし看護婦の勤務希望を最大化するのみのスケジューリングになっており、病院側の最適化、つまり患者を最大限に効率よく対応できるかについては重要視されていないとされる。

池上ら(1998)[11]は、ナース・スケジューリングに有効なアプローチとして、2交換制アルゴリズムにおける実現についての研究をしている。2交換制とは、1日を日勤と夜勤に分ける就業制度である。日本の看護婦交換制勤務において、これまでは日勤、準夜勤、深夜分ける3交換制が主であったが、現在2交換制導入が試みられている。池上らは、看護業務は一般の製造業務などとは異なり、対象が人であることから決して失敗が許されない、つまり「看護の質」を無視できない業務だとしている。どんな事態でも対応できる要因をそろえておくという事であり、勤務表を各列縦に見たときのメンバーの充実ということになる。

また、同じ看護婦でもその日のコンディションによって看護の質も違ってくる。どの看護婦にとっても毎日1番よいコンディションで勤務に出てこられるようなスケジュールを組むことも看護の質を守る重要な要素だとする。これは勤務表を各行横に見た場合の充実といえる。(図5)

図 5：縦と横の条件



出典：2 交換制アルゴリズムにおける実現

しかし、毎日の勤務に支障をきたさないよう看護婦 1 人 1 人が無理な勤務にならないように勤務表を作成することの難しさは、これまでに多く報告されている。池上らの研究では縦の条件と横の条件両方を満たそうとするアプローチではなく、どちらか一方を満たした部分解を組み合わせながら全体の解を探す方法をとっている。

また、吉田ら(2019)[12]は、0-1 整数計画法によるレジリエントなナース・スケジューリングの研究を行った。レジリエントとは、外的な変動に対して耐性があり、実際に外乱によって機能が低下しても回復可能性があるような生態系であるとされている。

実際の医療の現場では、不測の事態により勤務表を急遽修正しなければいけない事態が頻繁に起こっている。このような問題を吉田らの研究では、看護師 20 人の 2 週間分のレジエントな勤務表を作成し解決した。誰かが欠勤した場合に制約違反がある値以下に場合にレジエントな勤務表とみなしている。しかし吉田らは各看護師に休暇希望を設定し、それらをできるだけ満たさなければいけないとしているが、20 人中 10 人が 2 週間内で休暇希望を満たせない勤務をしている例がみられる。

遠藤(2016)[13]は、正社員やアルバイトが入り混じった飲食店などを対象とした勤務シフトスケジューリング問題を研究した。評価項目として、①1 日のうち最低でも 1 人、社員が勤務する。②各労働者の労働満足度が一定数以上である。③1 つの勤務時間帯に初心者 2 人以上入れない。といったものを入れている。②を入れた場合と入れていない場合で比較をしており、労働満足度を入れた場合公平性を保った勤務シフトを組むことができたという。しかし組まれたシフトでどのくらいの損益の違いがあるのかは示されておらず、店舗利益については考慮されていない。

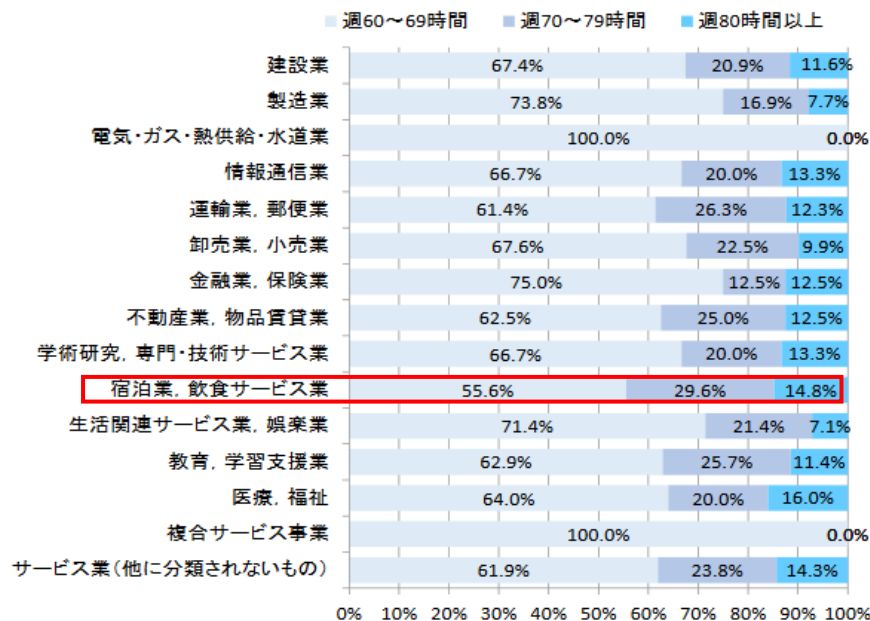
1.3 本研究の目的

既存研究では、従業員の就業希望のみを最適化するようなスケジューリングや、主に病院でのナース・スケジューリングについての研究が多く行われている。様々な産業での従業員、企業の両方の側面からみたスケジューリング研究は少ない。

そこで本研究では、主に飲食店において、利益計算まで含めたより現実的なスケジューリングを行う。大和総研(2018)産業別に見た長時間労働の実態と課題[14]によると、飲食店業の労働時間は他産業に比べても長い傾向があり(図 6)、適切な労働環境を構築することがより重要視される。また、飲食店は利益率が低く、他の業種よりも店舗の利益に対して敏感である必要がある。そのため我々は、業員それぞれの就業希望をより満たすような、従業員から見た最適化に加え、勤務シフトによる店舗の利益計算をし、店舗の利益もより大きくなるようなスケジューリングを最適化アルゴリズム SA 法によって解いていく。

また、実際の企業すかいらーくホールディングスの企業情報を元に仮想企業データを作成する。

図 6：産業別労働時間



出典：総務省統計局「労働力調査」

2 章 本論

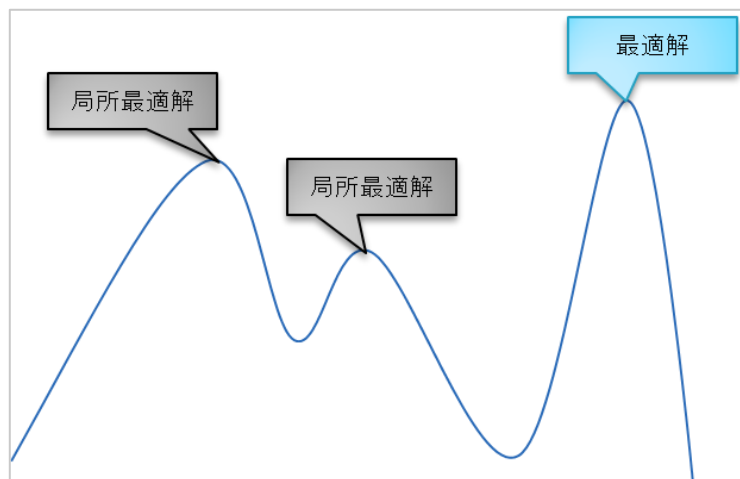
2.1 SA 法(焼きなまし法)について

SA 法(焼きなまし法)は最適化アルゴリズム「局所探索法」を改良したアルゴリズムである。局所探索法とは、ある変数 x に対し小さな修正を加え、再度得られる解が現在の解よりもよい場合にその解を採用する作業を可能な限り繰り返す方法である。しかしこの方法では 1 つ問題があり、局所的な最適解に陥ってしまう可能性があることである。大域的にみればより小さい解が存在しているが、局所的最適解に陥り抜け出せなくなってしまう。SA 法ではそのような問題を解決できるようにしている。

SA 法ではまず、初期温度 T を設定する。その後、元の変数に小さい修正を加え解がよりよい場合更新する。また、解が改悪した場合でも、確率的に解を採用させる。解を更新したのち温度 T を下げ、この作業を繰り返し行い、温度 T が一定温度まで下がりきったら終了する。これにより局所的な最適解になることを防ぐことができる。(図 7)

この確率は温度 T が高いときには高い値になりやすく、温度が低くなるとともに確率は低い値を取りやすくなる。また、元の解と修正後の解の差が大きいほど低い値になりやすい。つまり、大きな悪化、もしくは改善であるほど変化は起こりにくいことになる。

図 7：局所最適解と最適解



出典：FFRI:SA 法の概要と実験結果[15]

SA 法は既存研究でも多数用いられており、福島(2006)は、局所探索と再加熱を行う SA 法による大学時間割問題[16]について研究を行っている。大学の時間割作成において、最適な時間割を得るための条件に対する違反数削減や、実行時間削減について、SA 法と局所探索法を同時に適用した場合の効果について実験を行ったという。実験結果より、SA 法と局所探索法を併用することで効率よく実行可能な時間割の解が得られることが分かった。しかし、最良値ではまずまずの値を得られたが、中央値による比較では満足すべき結果は得られなかった

という.今後さらに効果的なアルゴリズムを考案し,最適な時間割編成を組むことが必要としている.

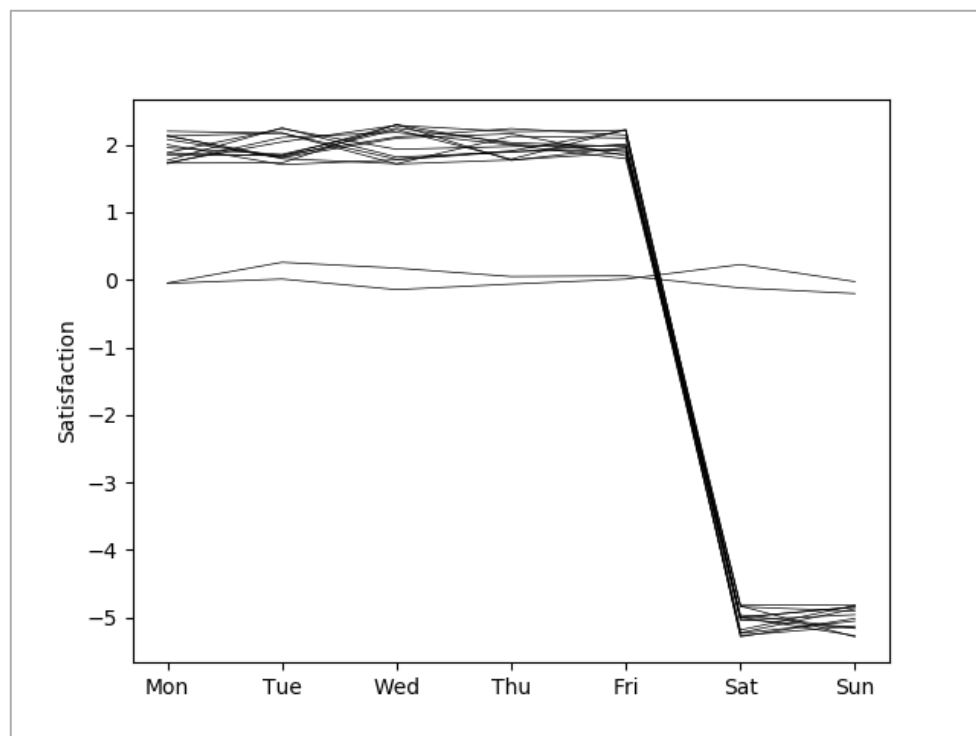
2.2 仮想飲食店データ作成

本研究では,株式会社すかいらくホールディングスの企業データを元に仮想飲食店データを作成し,その店舗での1週間のスケジュールの最適化をする.株式会社すかいらくホールディングスは,1969年7月に初代すかいらく設立を元に,主に小売業での企業運営をしている株式会社である.ファミリーレストラン「ガスト」を筆頭に「ジョナサン」,「バーミヤン」,「夢庵」などの飲食店を展開している.

2019年度有価証券報告書[17]をもとに,1店舗あたり従業員数を計算する.すかいらくレストラン事業の従業員は,正社員が5461人,クルー(非正社員)が41808人いる.店舗数はすべてのセグメントを合わせ3000店舗になる.よって,正社員,クルーそれぞれ店舗数で割ると,1店舗あたりの平均は正社員が2人弱,クルーが14人弱となっている.

また,従業員の休日の選好多様性を表すため,各従業員に曜日別の就業希望度を設定した.値が小さいほど就業希望度が低く,休暇希望が高いことを示す.本研究では,各従業員の就業希望度は平均が0になるように設計をしている.正社員は各曜日に-0.3~0.3の乱数を一様分布で生成させ,曜日ごとの就業希望が均等となるモデルを仮定した.クルーは,月曜から金曜は1.7~2.3の乱数を一様分布させ,就業希望度を高めにし,土曜と日曜は-4.7~5.3の乱数を一様分布させ,土日に休暇希望が高くなるような従業員モデルを仮定した.図8に就業希望度の分布図を示す.

図8：就業満足度分布



また、各従業員の能力差を表すため、1時間当たりの対応可能顧客数を設定した。なるほどすかいらーく[18]より、年間の総来客数は4億人とされている。また、営業時間は店舗によって異なるが、本研究では静岡県浜松市「ガスト 浜松住吉店」の営業時間を採用する。営業時間は朝7:00から深夜2:00の計19時間であった。よって、1店舗における1時間当たりの平均来客数は年間来客数4億人/3000店舗/365日/19時間 \div 18となり、1時間当たり平均して18人の来客数と算出される。また、すかいらーくキャリア[19]によると、正社員の休日日数は月平均9~10日だとしている。1週間あたり約2日の休日日数となるため、正社員は週2休制の制約を設けた。また、クルーは週1日、2時間からの出勤が可能とされている。小池(2007)[20]によると、外食産業における1人あたりの年間アルバイト日数は、100日~150日が最も多く、次いで200日以上であった。150日~200日の出勤数で考えると、およそ1週間に3~4程の出勤日数となるため、クルーは週3週休制の制約を設けた。これらの出勤制約を設けた場合、1日あたりの平均出勤従業員数は9~10人ほどとなる。平均来客数と平均出勤従業員数に合わせ、1日あたり10人が出勤すると1時間におよそ18人の来店を対応できるように、1時間当たりの対応可能顧客数について、正社員は2~3人、クルーが1~2人の乱数を一様分布で生成した。表2に仮想飲食店従業員データをまとめた。

表2：仮想飲食店従業員データ

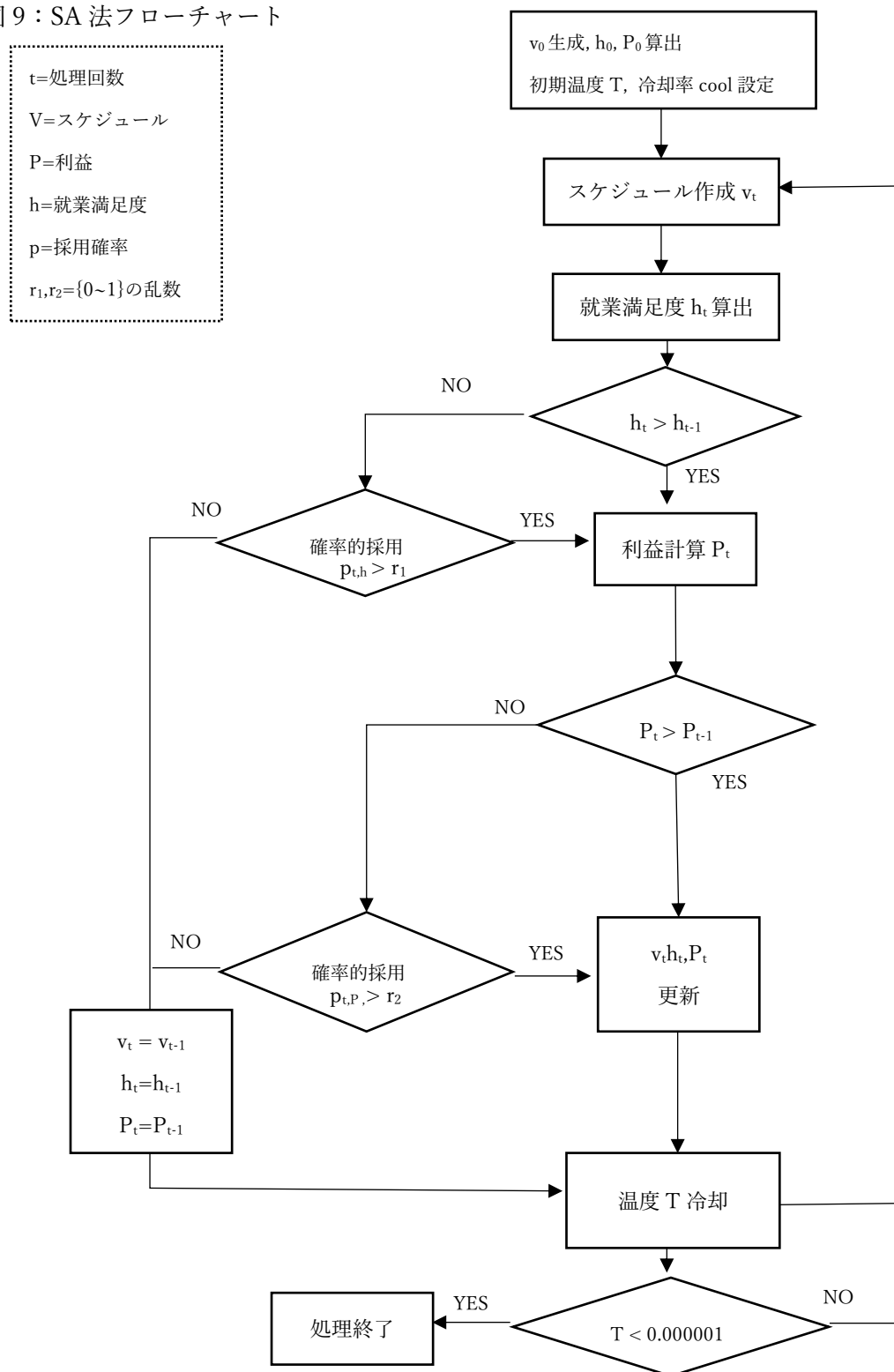
	対応可能人数	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0	2.190715761	0.218277	0.083778	-0.08156	0.0831	-0.25546	-0.04143	-0.15053
1	2.939439192	0.03437	-0.24265	0.127167	-0.18157	0.045907	0.012533	0.267192
2	1.868958114	2.19316	1.79186	1.968694	1.874882	2.260232	-4.95131	-5.04653
3	1.4747861	2.234194	2.16931	2.171255	1.811672	1.850535	-5.18337	-4.85196
4	1.375538905	1.878455	1.887673	1.812067	1.907314	2.217605	-4.94301	-5.11463
5	1.285121964	1.869585	1.824896	1.891774	2.118798	1.910042	-4.88579	-4.75378
6	1.022386226	1.891178	1.872979	2.190209	1.731949	2.202704	-4.76526	-5.08911
7	1.956432198	2.128253	1.79707	1.770513	2.069761	1.975658	-4.96495	-4.93228
8	1.754690953	1.932069	1.813043	2.150527	2.295921	2.226646	-4.77142	-4.86395
9	1.068038279	1.876168	1.960706	1.745381	1.970827	1.929167	-4.90107	-4.94295
10	1.564947033	1.815415	1.755802	2.282216	2.192817	1.934351	-4.96551	-5.16944
11	1.011824593	1.90667	2.159898	1.780078	1.755418	2.215327	-5.02	-5.07236
12	1.796730877	1.896365	1.904068	2.120452	2.242211	2.070839	-5.29683	-5.21198
13	1.505799461	1.844148	2.195291	1.937273	2.23232	2.25499	-5.12669	-4.72
14	1.111206771	1.87226	2.05664	2.259713	2.104009	2.074409	-5.15532	-5.17335
15	1.500984011	1.895416	1.799581	2.170482	1.784036	2.186377	-4.83539	-5.22226

2.3 SA 法実装

2.3.1 フローチャート

図 9 に本研究が提案した SA 法処理のフローチャートを示す.

図 9 : SA 法フローチャート



2.3.2 スケジュール生成方法

SA 法ではある解の変数を変化させ,適応度や制約条件を再算出する必要がある.本研究ではスケジュール v を変化させ,就業満足度と利益を制約条件とし,これら 2 つを高めるようなスケジュール v を探索していく.スケジュール v は 1 週間を出勤{1},休み{0}で表現する.表 3 は初期のスケジュール v_0 の生成例である.

表 3 : 初期スケジュール v_0

id	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0	1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1
2	1	0	1	0	0	1	1
3	1	1	0	0	1	0	1
4	0	1	1	1	1	0	0
5	1	0	1	1	1	0	0
6	1	0	1	0	0	1	1
7	1	1	0	0	0	1	1
8	1	1	0	0	1	1	0
9	0	0	1	1	0	1	1
10	0	1	1	1	0	0	1
11	0	1	0	0	1	1	1
12	0	0	1	1	0	1	1
13	1	0	1	0	0	1	1
14	0	1	1	0	0	1	1
15	1	0	1	0	0	1	1

初期スケジュールを生成する際の制約として,休日日数を設ける.2.2 章「仮想飲食店データ作成」でも述べたように,正社員の休日日数は月平均 9~10 日である.よって,正社員 ($id=0,1$)は週 2 休制の制約を設けた.また,クルーはおよそ 1 週間に 3~4 程の出勤日数となるため,週 3 週休制の制約を設けた.

次にスケジュール変更方法を示す.

- ①従業員の中から 1 人をランダムに選出
- ②①で選出された従業員の出勤{1}と休日{0}を 1 組交換
- ③新たに生成した t 回目のスケジュールを v_t とする.

表 4 に交換前のスケジュール v_{t-1} , 表 5 に交換後のスケジュール v_t の具体例を示す.

表 4 : 交換前スケジュール v_{t-1}

id	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0	1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1
2	1	0	1	0	0	1	1
3	1	1	0	0	1	0	1
4	0	1	1	1	1	0	0
5	1	0	1	1	1	0	0

表 5 : 交換後スケジュール v_t

id	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0	1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1
2	1	0	1	0	0	1	1
3	1	1	1	0	0	0	1
4	0	1	1	1	1	0	0
5	1	0	1	1	1	0	0

2.3.3 就業満足度

表 1 で表したように,各従業員に 1 週間の就業希望度を設定した.スケジュールによって各従業員の就業満足度は変動し,高い値を算出するほど従業員の希望を満たしているスケジュールとされる.下に就業満足度 h の算出式を示す. t 回目処理時の従業員 i の 1 週間の就業満足度 $h_{i,t}$ は,

$$h_{t,i} = \sum_{w \in W} hg_{i,w} * v_{t,i,w} \cdots \cdots (1) \quad W = \{\text{Mon}, \dots, \text{Sun}\}$$

で表される. $hg_{i,w}$ は従業員 i の w 曜日の就業希望度, $v_{t,i,w}$ はスケジュール v_t における従業員 i の w 曜日の出勤予定である.表 2 のスケジュールと表 1 の就業満足度より,従業員番号 0 の 1 週間の就業満足度を計算すると, $h_{t,0} = (0.21827*1) + (0.083778*1) + (-0.08156*1) + (0.0831*0) + (-0.25546*0) + (-0.04143*1) + (-0.15053*1) = 0.028528$ となる.同じ計算を全従業員に対して行い,すべて足し合わせたものが 1 週間におけるその店舗の従業員満足度 h_t となる.よって従業員満足度 h_t は,

$$h_t = \sum_{i=0}^{15} h_{t,i} \dots\dots\dots(2)$$

で算出される.

2.3.4 利益計算

次に,利益計算を行う.売上算出に必要な主な値は,来客数と客単価である.これらの値は,すかいらーく公式サイト「なるほどすかいらーく」[18]と,2019 年度有価証券報告書[17]より引用する.1 時間当たりの来客数は 2.2 章のとおりで平均 18 人と算出した.また,年間総売り上げは 1971 億 1300 万円とされている.(表 6)

表 6：損益計算書

②【損益計算書】			(単位：百万円)
	前事業年度 (自 2017年1月1日 至 2017年12月31日)	当事業年度 (自 2018年1月1日 至 2018年12月31日)	
売上高	※1 185,851	※1 197,113	
売上原価	※1 158,474	※1 169,857	
売上総利益	27,177	27,456	
販売費及び一般管理費	※1, ※2 15,224	※1, ※2 15,413	
営業利益	11,953	12,043	
営業外収益			
受取利息及び受取配当金	※1 5,311	※1 5,626	
その他	136	62	
営業外収益合計	5,447	5,688	
営業外費用			
支払利息	※1 1,441	※1 1,344	
借入手数料	625	2,172	
その他	65	86	
営業外費用合計	2,131	3,602	
経常利益	15,269	14,129	

出典：2019 年度有価証券報告書

総売り上げを来客数で割り客単価を算出する.計算される平均の客単価は,1971 億 1300 万 /4 億=492.8 円となる.また,材料費や水道光熱費は有価証券報告書から引用し,売上に対しての比で算出する.売上 197,113,000,000 に対し,材料費は 84,856,000,000(43%)で,水道光熱費は 1,315,000,000(0.7%)であった.(表 7)

表 7：製造原価明細書

【製造原価明細書】					
区分	注記 番号	前事業年度 (自 2017年 1月 1日 至 2017年 12月 31日)		当事業年度 (自 2018年 1月 1日 至 2018年 12月 31日)	
		金額 (百万円)	構成比 (%)	金額 (百万円)	構成比 (%)
I 材料費	※ 2	78,848	84.7	84,858	85.4
II 労務費		6,739	7.3	7,205	7.2
III 経費		7,480	8.0	7,318	7.4
当期総製造費用		93,085	100.0	99,377	100.0
他勘定振替高	※ 3	△ 482		△ 411	
当期仕掛品製造原価		92,583		98,966	

※ 1 原価計算の方法：当社の原価計算は組別総合原価計算によっており、その計算の一部に予定原価を採用し、期末においてこれによる差額を調整のうえ、実際原価に修正しておりましたが、当事業年度中のシステム変更により2018年7月から予定原価の採用を変更し、全て実際原価により計算する方法に変更しております。

前事業年度 (自 2017年 1月 1日 至 2017年 12月 31日)		当事業年度 (自 2018年 1月 1日 至 2018年 12月 31日)	
配送費	2,445百万円	配送費	2,522百万円
水道光熱費	1,260	水道光熱費	1,315
減価償却費	1,206	減価償却費	1,191

また、経費として人件費も考えなければいけない。有価証券報告書によると、売上に対して人件費は 71,175,000,000(36%)であった。(表 8)

表 8：当期仕掛品製造原価と調整

商品及び仕掛品期末たな	577	商品及び仕掛品期末たな	582
卸高		卸高	
他勘定振替高	200	他勘定振替高	508
商品売上原価	92,228	商品売上原価	98,482
役務提供原価	68,248	役務提供原価	71,175
売上原価	158,474	売上原価	169,657

本研究では、スケジュールの制約条件として、週での休日日数のみを設けてあり、正社員は週 5 日、クルーは週 4 日出勤と勤務時間は変化しないため、人件費を変動費としてではなく 1 週間分の固定費として扱う。1 店舗の 1 日あたりの人件費は、
 $71,175,000,000 / 3000 / 365 = 65,000$ 円程となり、1 週間では $65,000 * 7 = 455,000$ 円ほどになる。表 9 に益算出に使用される値をまとめたものを示す。

表 9：利益算出データ

客単価	492.8 円
平均来客数/1h	18 人
材料費/客単価	売上*43%
水道光熱費/客単価	売上*0.07%
人件費/1week	455,000 円

売上は,通常は客単価 * 来客数で算出される.しかし,スケジュールの不備より,人手が不足となった場合,対応できる来客数が変わる.表 1 に示したように従業員ごとに 1 時間あたりの対応可能人数を設定し,スケジュールによってその日の対応可能来客数が変動するようにした.t 回目処理時のある曜日 w の k 時における 1 時間あたりの対応可能人数 $C_{t,w,k}$ 計算式を下に示す.

$$C_{t,w,k} = \sum_{i=0}^{15} c_i * v_{t,i,w} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (3)$$

c_i は 2.2 章「仮想飲食店データ作成」で述べた,従業員 i の 1 時間における対応可能来客数であり, $v_{t,i,w}$ は t 回目処理時の従業員 i の出勤有無を示す.表 2 の従業員データの対応人数と,表 3 の初期スケジュールにおいての月曜日の 1 時間あたりの対応可能来客数の計算例を示す.

$$C_{t,Mon} = (2.1907 * 1) + (2.9394 * 1) + (1.8689 * 1) + (1.4747 * 1) + (1.3755 * 0) + (1.2851 * 1) + (1.0223 * 1) + (1.9564 * 1) + (1.7546 * 1) + (1.0680 * 0) + (1.564 * 0) + (1.011 * 0) + (1.7967 * 0) + (1.5057 * 1) + (1.111 * 0) + (1.5 * 1) = 16.563 \text{ 人となる.}$$

1 時間あたりの平均顧客数が 18 人であるため, 上下 4 人の変動があるとし,t 回目試行時の w 曜日の k 時における来客を,14~22 人の一様分布で設定した.来客($CO_{t,w,k}$)が対応可能人数より多い場合($CO_{t,w,k} > C_{t,w,k}$),超過した来店客は入店できず,立ち去ると仮定し, 対応可能来客数 $C_{t,w}$ で売上計算を行う.対応可能来客数の方が多い場合($CO_{t,w,k} < C_{t,w,k}$),来店客を十分に対応できるとし,来店客数($CO_{t,w,k}$)で売上計算を行う.t 回目処理時の k 時における 1 時間あたりの売上 $e_{t,w,k}$,材料費 $fc_{t,w,k}$,水道光熱費 $uc_{t,w,k}$ は次の式で計算される.

$$e_{t,w,k} = \text{cup} * \min(C_{t,w,k}, CO_{t,w,k}) \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$fc_{t,w,k} = e_{t,w,k} * fp \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5)$$

$$uc_k = e_{t,w,k} * up \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (6)$$

客単価 $\text{cup}=492.8$,材料費は売上に対して 36%の費用であるため, $fp=0.36$,水道高熱費は 0.7%であるため, $up=0.007$ とする.

よって,t 回目処理時のある曜日 w の,1 日あたりの人件費を考慮していない利益 P'_w は

$$P'_{t,w} = \sum_{k=7}^{26} (e_{t,w,k} - (fc_{t,w,k} + uc_{t,w,k})) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (7)$$

で算出される.また,1 週間あたりの人件費(lc)は表 6 より 455,000 円とする.

t 回目処理時の 1 週間の利益 P_t は次の式で算出される.

$$P_t = (\sum_{w \in W}^1 P'_{t,w}) - lc \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (8) \quad W=\{\text{Mon}, \dots, \text{Sun}\}$$

2.3.5 改悪解更新確率式

h_t, P_t を算出したあとに, v_t 採用判断を行う.SA 法では,再度算出された制約条件が元の制約条件よりも改善した場合は,解が問題なく更新されるが,改悪した場合も確率的にその改悪解を採用する.

下に SA 法における確率 p の計算式を示す.

$$p = e^{-|(\text{newcost}-\text{cost})/T|} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (9)$$

newcost は再度計算された制約, cost は元の制約, T は温度を表している.2.1 章 SA 法でも示したように,SA 法における確率 p は,温度冷却が進むにつれ低い値をとりやすくなる.また,再算出された制約と元の制約の差(newcost-cost)が大きいほど p の値も高い値をとりやすい.つまり,温度が高いときほど改悪解を採用する確率は高いが,温度が下がるにつれて改善解以外の採用は困難になる.本研究では newcost が h_t, P_t であり, cost が h_{t-1}, P_{t-1} となる.

また,壺井ら(2002)[21]によると,SA 法における温度設定を行う際,評価値を正規化することにより入力回路が変化しても同じ温度スケジュールで効率的に行うことができるとしている.本研究においての評価値は $|h_t - h_{t-1}|$ と $|P_t - P_{t-1}|$ にあたる. よって,これらの値を正規化することで,より効率的な探索を行う.正規化するにあたり $|h_t - h_{t-1}|$ と $|P_t - P_{t-1}|$ の最大値と最小値がおおよそどの程度の値をとるのかを調べるため, $|h_t - h_{t-1}|$ と $|P_t - P_{t-1}|$ の算出をそれぞれ 10 万回繰り返す処理を 5 回行い,計 50 万回の値から最大値と最小値の参考値を算出した.表 10, 表 11 にそれぞれの評価値の最大値と最小値をまとめた.

表 10：就業満足度の最大値と最小値

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
Max($ h_t - h_{t-1} $)	7.531	7.49	7.54	7.526	7.51
Mini($ h_t - h_{t-1} $)	0.00024	0.00093	0.0001	0.0004	0.00021

表 11：利益の最大値と最小値

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
Max($ P_t - P_{t-1} $)	3129.2	4412.1	5112.65	4522.1	4221.67
Mini($ P_t - P_{t-1} $)	0.0000016	0.00021	0.0011	0.00000452	0.004

表 7 より,5 回処理したなかで最も高い $|h_t - h_{t-1}|$ は 7.54 であり,最も低い値は 0.0001 であった.これらの値を,最大値は+20%,最小値は-20%だけ加減算した値を最大値と最小値として正規化処理に用いる.よって,最大値は,9.048,最小値 0.00008 となる.

また, $|P_t - P_{t-1}|$ で最も高い値は 5112.65 であり,最も低い値は 0.0000016 であった.就業満足度と同様,最大値は+20%,最小値は-20%だけ加減算した値を最大値と最小値として正規化処理に用いる.よて t ,最大値は 6135.85, 最小値は 0.00000128 となる.

よって,評価値 $h_t - h_{t-1}$ と $P_t - P_{t-1}$ を正規化した値 $|h_t - h_{t-1}|_{minmax}$, $|P_t - P_{t-1}|_{minmax}$ は次の式で算出される.

$$|h_t - h_{t-1}|_{minmax} = \frac{(h_t - h_{t-1}) - (0.00008)}{(9.048) - (0.00008)} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (10)$$

$$|P_t - P_{t-1}|_{minmax} = \frac{(P_t - P_{t-1}) - (0.00000128)}{(6135.85) - (0.00000128)} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (11)$$

よって,t 回目処理時の就業満足度 h_t から算出される確率 $p_{t,h}$,利益 P_t から算出される確率 $p_{t,P}$ は次のようになる.

$$p_{t,h} = e^{-|(h_t - h_{t-1})_{minmax}/T|} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (12)$$

$$p_{t,P} = e^{-|(P_t - P_{t-1})_{minmax}/T|} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (13)$$

スケジュールを更新したのち,温度 T を冷却させ,指定温度を下回るまで処理を繰り返しておこなう.

2.4 計算機実験

本研究では,㊶就業満足度のみを考慮した場合,㊷利益のみを考慮した場合,㊸どちらも考慮した場合で比較検証を行う.初期温度を 100,冷却率を 0.99999 とし,終了温度 0.0000001 を下回るまで処理を行った.処理回数は 2,072,318 回である.

2.4.1 ④就業希望度のみを考慮した場合

まず,④就業希望のみを考慮した場合である.次にスケジュール更新条件を示す. $r1$ は $0\sim 1$ の乱数である.

① h_t が改善したとき

② h_t が改悪し, $p_{t,P} > r1$ であったとき

の 2 つの場合である.

また,スケジュールが更新されないのは,

③ h_t が改悪し, $p_{t,P} < r1$ であったとき

である.(表 12)

表 12：就業満足度のみを考慮した場合のスケジュール v_t 更新

就業満足度 h		スケジュール更新 v_t	
改善($h_t > h_{t-1}$)		○	①
改悪($h_t < h_{t-1}$)	$p_{t,P} > r1$	○	②
	$p_{t,P} < r1$	×	③

計算実験を 3 回行った結果を表 13 に示す

表 13：就業満足度のみを考慮した場合の実験結果

	1 回目	2 回目	3 回目
就業満足度 h	117.30	114.05	115.75
利益 P	-25143.66	-28828.72	-6611.42

図 10 に就業満足度の遷移図,図 11 に利益の遷移図を示す.それぞれ x 軸は処理回数である.

図 10:就業満足度のみを考慮した場合の就業満足度

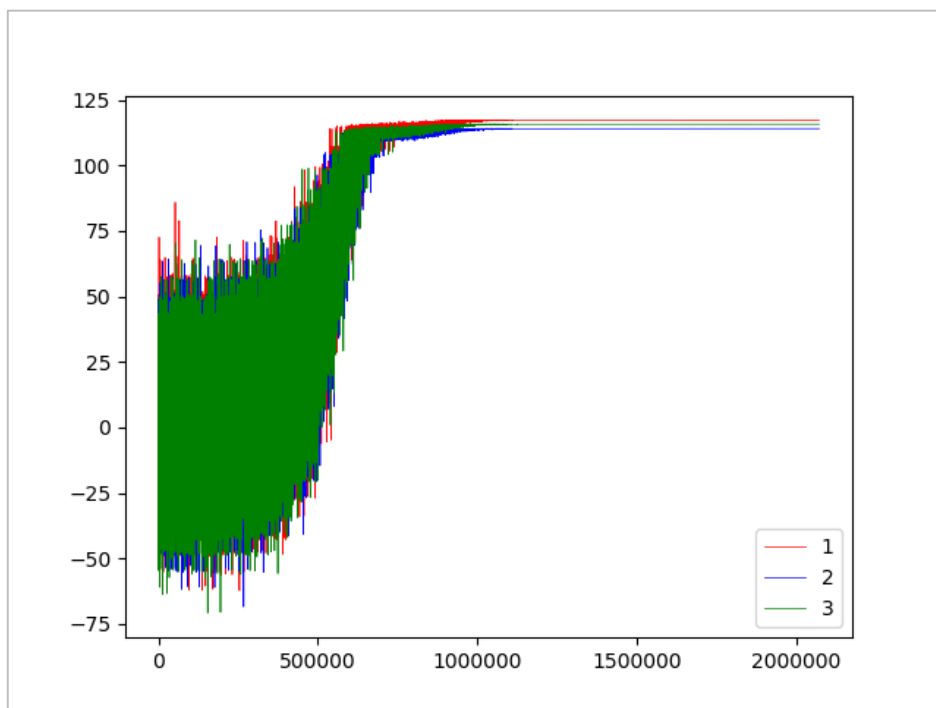


図 11:就業満足度のみを考慮した場合の利益

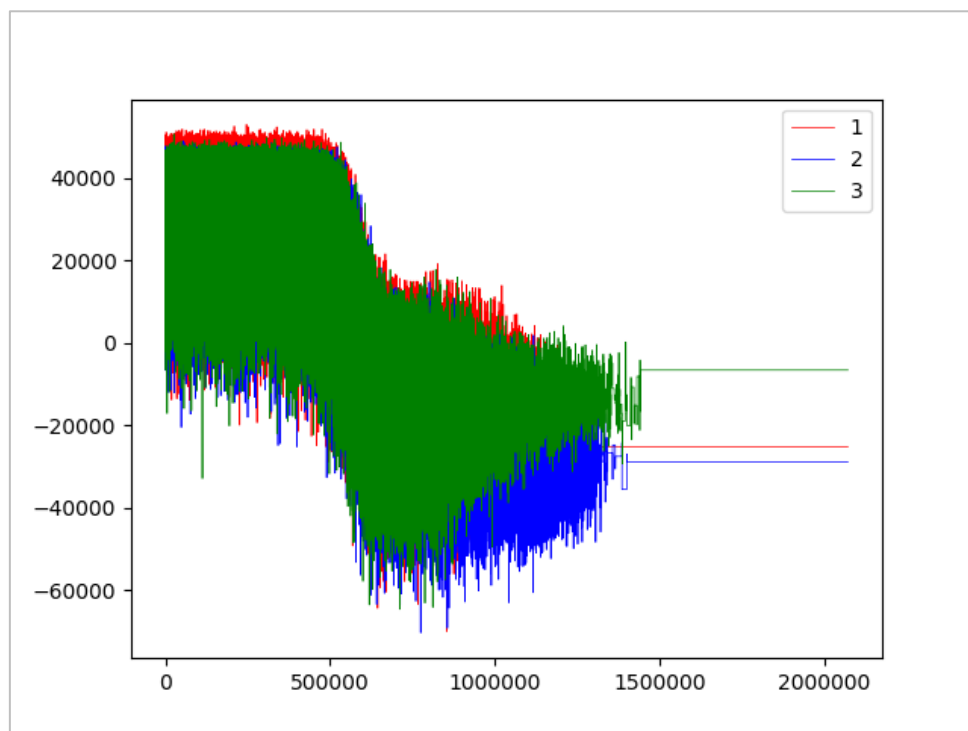


図 10,11 をみると,就業満足度は高い値に収束しているのに対し,利益は低い値

に収束していることが分かる.表 14 に処理後のスケジュール例を示す.

表 14：就業満足度のみを考慮した場合スケジュール例

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0	1	1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0
2	1	1	0	1	1	0	0
3	0	1	1	1	1	0	0
4	1	1	1	0	1	0	0
5	1	1	0	1	1	0	0
6	0	1	1	1	1	0	0
7	1	0	1	1	1	0	0
8	1	1	0	1	1	0	0
9	1	0	1	1	1	0	0
10	1	1	1	0	1	0	0
11	1	1	1	1	0	0	0
12	1	1	1	1	0	0	0
13	1	1	1	1	0	0	0
14	1	1	0	1	1	0	0
15	0	1	1	1	1	0	0

表 15 に,表 14 のスケジュールでの各曜日ごとの 1 時間における対応可能来客数を示す.

表 15：曜日ごとの 1 時間の対応可能来客数

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
対応可能 来客数	24.76	21.98	20.67	26.12	24.21	2.34	2.56

表 14 から,土曜と日曜に出勤している従業員が 1 人ずつしかいないことが分かる.それにより,対応可能来客数が土曜と日曜が極端に少なくなっている.また,月曜,水曜,金曜が,来客数(18~22 人)に対し,それを上回る対応可能来客数になっている.

また,就業満足度のみを考慮した場合の各従業員の就業満足度を表 16 に示す.

表 16：就業満足度のみを考慮した場合の各従業員の就業満足度

id	就業満足度	id	就業満足度
0	0.247	8	8.37
1	0.563	9	8.76
2	8.38	10	8.33
3	8.40	11	8.06
4	8.02	12	8.06
5	8.51	13	8.19
6	8.25	14	8.22
7	8.57	15	8.65

表 13 より,正社員{id=0,1}はおおよそ 0 の満足度に対し,クルー{id=2~15}は 8 を超える満足度を示している.

2.4.2 ⑥利益のみを考慮した場合

利益のみを考慮した計算結果を示す.次にスケジュール v_t 更新条件を示す. r_2 は 0~1 の乱数である.

① P_t が改善したとき

② P_t が改悪し, $p_{t,P} > r_2$ のとき

である.また,スケジュールが更新されないのは,

③ P_t が改悪し, $p_{t,P} < r_2$ のとき

である.(表 17)

表 17：利益のみを考慮した場合のスケジュール v_t 更新

利益 P		スケジュール更新 v_t	
改善($P_t > P_{t-1}$)		○	①
改悪($P_t < P_{t-1}$)	$p_{t,P} > r_2$	○	②
	$p_{t,P} < r_2$	×	③

計算実験を 3 回行った結果を表 18 に示す.

表 18：利益のみを考慮した実験結果

	1 回目	2 回目	3 回目
就業満足度 h	-0.01	8.26	-1.04
利益 P	51888.25	45925.83	41405.77

図 12 に就業満足度,図 13 に利益の推移図を示す.

図 12：利益のみを考慮した場合の就業満足度

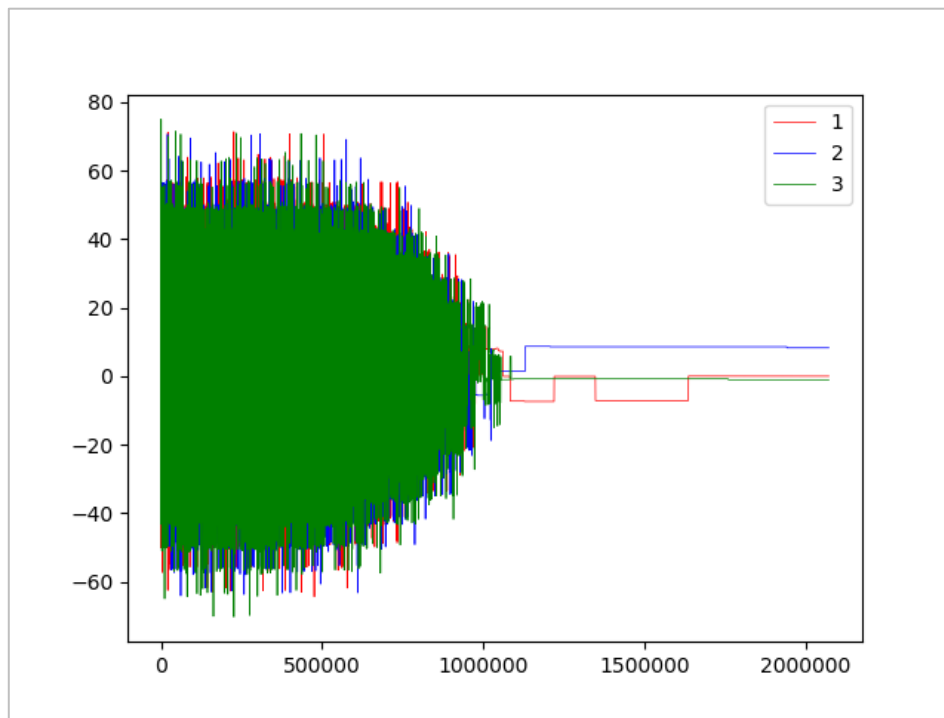


図 13：利益のみを考慮した場合利益の推移

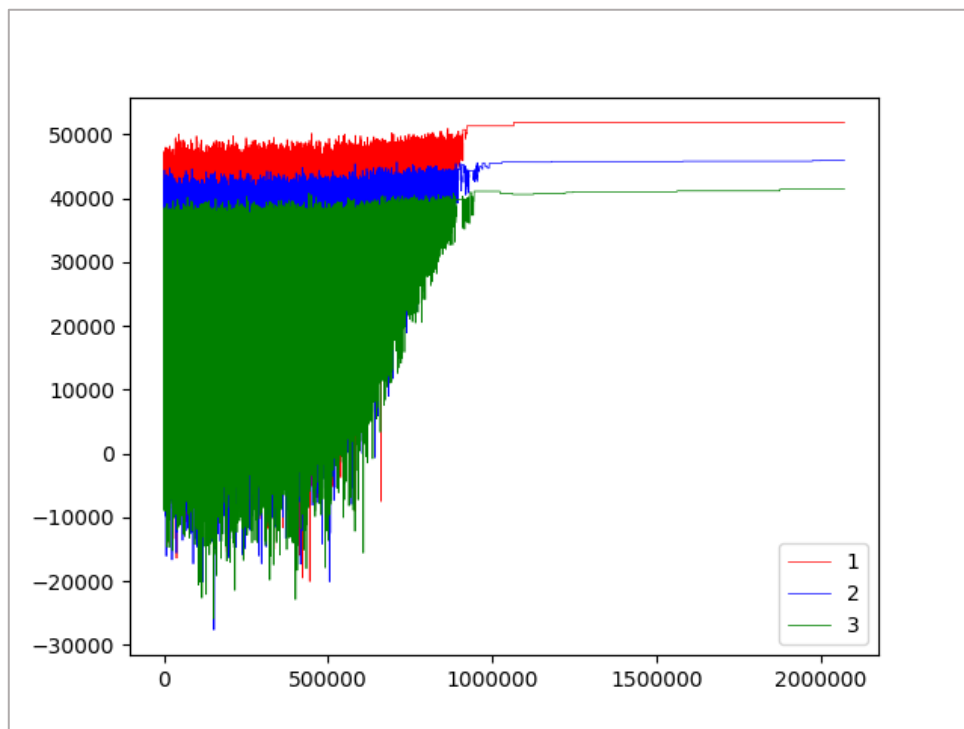


図 12 をみても、就業満足度はおおよそ 0 に収束していることがわかる。それに対し、図 13 からは、利益は高い値に収束していることが分かる。

表 19 に利益のみを考慮した場合の処理後のスケジュール例を示す。

表 19：利益のみを考慮した場合のスケジュール例

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0	1	1	1	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	1	1
2	0	0	1	1	1	1	0
3	1	0	1	0	1	0	1
4	1	0	0	1	0	1	1
5	1	1	1	0	1	0	0
6	1	1	1	0	1	0	0
7	1	0	1	1	0	0	1
8	1	1	0	0	1	1	0
9	0	0	1	1	1	1	0
10	0	1	0	1	1	0	1
11	1	1	0	0	1	0	1
12	0	1	0	1	1	0	1
13	1	1	0	1	0	1	0
14	1	0	1	0	1	1	0
15	1	0	0	1	0	1	1

表 20 に、各曜日ごとの 1 時間における対応可能顧客数を示す

表 20：曜日ごとの 1 時間の対応可能顧客数

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
対応可能 来店客数	14.90	17.97	18.38	15.34	16.31	13.84	14.77

表 19 から、④従業員満足度のみを考慮した場合に比べると、各曜日に出勤者が一定数いることが分かる。それにより、表 20 から、対応可能来客数が各曜日に、おおよそ均等に配分されていることが分かる。

表 21 に、利益のみを考慮した場合の従業員ごとの就業満足度を示す。

表 21：利益のみを考慮した各従業員就業満足度

id	就業満足度	id	就業満足度
0	0.61	8	1.21
1	-0.03	9	-6.15
2	1.09	10	-6.49
3	1.48	11	1.03
4	8.13	12	0.80
5	-6.36	13	0.77
6	1.51	14	8.13
7	-5.29	15	-5.57

表 21 より,就業満足度がマイナスの値の従業員が多くいることがわかる.また,高い値を示している従業員もいることがわかる.

2.4.2 ③就業満足度と利益を考慮した場合

就業満足度と利益をどちらも考慮した場合の計算結果を示す.次に,スケジュール v_t の更新条件を示す.

① h_t, P_t の両方が改善であったとき

② h_t が改善, P_t が改悪し, $p_{t,P} > r$ であったとき

③ h_t が改悪, $p_{t,h} > r$ であり, P_t が改善であったとき

④ h_t が改悪, $p_{t,h} > r$ であり, P_t が改悪, $p_{t,P} > r$ であったとき

また, v_t 更新条件を満たさず, v_{t-1} が採用される条件は,

⑤ h_t が改善し, P_t が改悪, $p_{t,P} < r$ であったとき

⑥ h_t が改悪, $p_{t,h} < r$ であり, P_t が改悪, $p_{t,P} < r$ であったとき

⑦ h_t が改悪, $p_{t,h} < r$ であったとき

である. (表 22)

表 22：スケジュール更新条件

就業満足度 h		利益 P	スケジュール v 更新	
改善($h_t > h_{t-1}$)		改善($P_t > P_{t-1}$)	○	①
		改悪($P_t < P_{t-1}$)	$p_{t,P} > r2$	○ ②
			$p_{t,P} < r2$	× ⑤
改悪($h_t < h_{t-1}$)	$p_{t,P} > r1$	改善($P_t > P_{t-1}$)		○ ③
		改悪($P_t < P_{t-1}$)	$p_{t,P} > r2$	○ ④
			$p_{t,P} < r2$	× ⑥
	$p_{t,P} < r1$			× ⑦

計算実験を 3 回行った結果を表 23 に示す.

表 23：就業満足度と利益を考慮した計算結果

	1 回目	2 回目	3 回目
就業満足度 h	79.5	85.98	70.74
利益 P	43882.87	48206.48	55411.66

図 14 に就業満足度,図 15 に利益の推移を示す.

図 14：就業満足度と利益を考慮した場合の就業満足度の推移

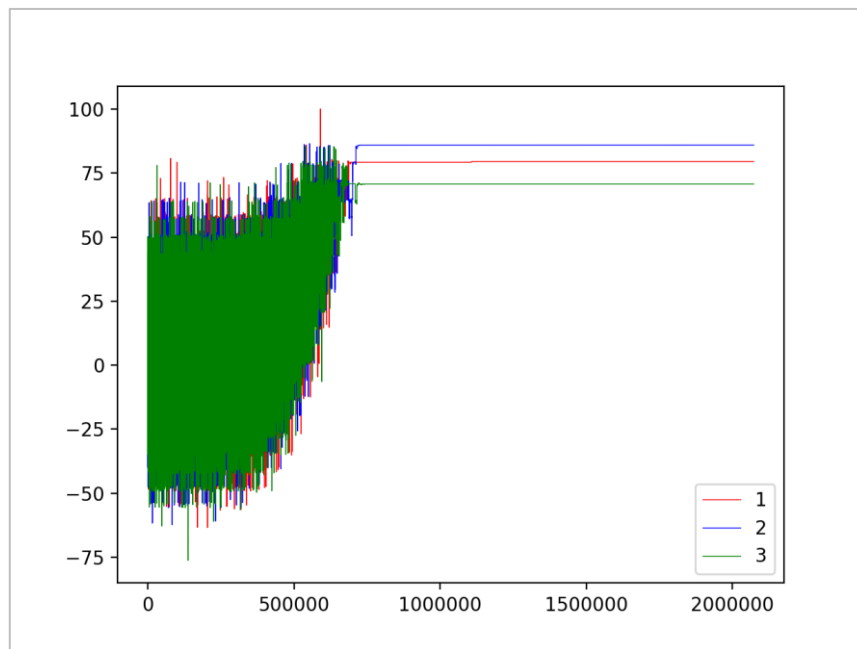


図 15：就業満足度と利益を考慮した場合の利益の推移

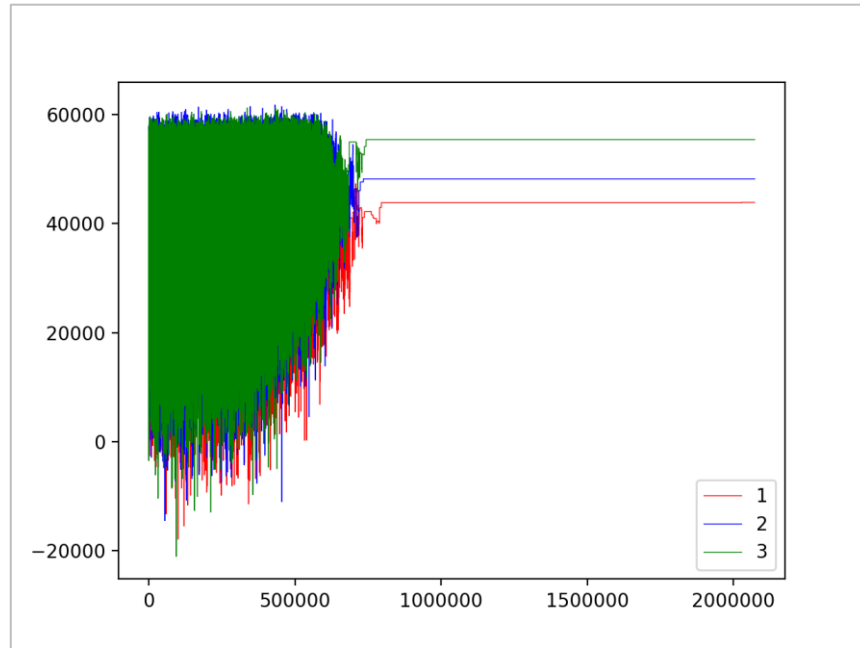


図 14 から,㉔の場合と比べると収束している値は低い,㉕の場合に比べると高水準な値に収束していることが分かる.図 15 から,㉕の場合と比べると,おおよそ同じくらいの値に収束していることがわかる.

表 24 に,就業満足度と利益を考慮した場合の処理後のスケジュール例を示す.

表 24：両方を考慮した場合のスケジュール

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0	1	0	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0	1	1
2	0	1	1	1	1	0	0
3	0	1	1	1	0	1	0
4	1	0	1	1	1	0	0
5	1	1	0	1	1	0	0
6	1	1	0	0	1	0	1
7	1	1	0	1	1	0	0
8	0	1	1	1	1	0	0
9	1	1	1	1	0	0	0
10	1	0	1	1	1	0	0
11	1	1	0	1	1	0	0
12	0	0	1	1	1	0	1
13	1	1	0	0	1	1	0
14	0	1	1	0	1	0	1
15	0	1	1	1	1	0	0

表 25 に各曜日ごとの 1 時間における対応可能来店客数を示す.

表 25：曜日ごとの 1 時間の対応可能来客数

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
対応可能 来店客数	17.54	19.39	17.95	19.58	18.12	8.30	10.27

表 25 から,土曜と日曜の対応可能来客数が他曜日と比べると少ないことがわかる.

表 26 に,両方を考慮した場合の各従業員の就業満足度を示す.

表 26：両方を考慮した場合の従業員満足度

id	就業満足度	id	就業満足度
0	0.47	8	7.63
1	0.27	9	8.07
2	7.62	10	7.61
3	1.29	11	8.18
4	7.30	12	0.83
5	7.49	13	0.65
6	0.89	14	1.72
7	8.1	15	8.03

表 26 から,各従業員の就業満足度をみると,高い値を示す従業員もいるが,そこまで高くない値を示している従業員もいることがわかる.しかし,マイナスの値をとる従業員はいなかった.

2.5 結果考察

④の就業満足度のみを考慮した場合,特定の曜日に出勤従業員が偏ってしまい,就業希望を満たしている従業員は多くいたが,各曜日の労働力にばらつきが生じた.表 15 より,土日の労働力が極端に少なくなってしまう.これは,土日に休日希望をもつ従業員が多く,土日の出勤者が少ないためである.また,来客発生 18~22 に対して,それを上回る対応可能来客数の曜日があるが,対応可能来客数が来客よりも多い場合,どれだけ対応可能来客数が多くても来客数での売上算出となるため,労働力を無駄にしていることになる.その結果,収益性は極めて悪い結果となった.

⑤の利益のみを考慮した場合, 表 20 から,曜日ごとの対応可能来客数がおおよそ同じくら

いになっていることが分かる。各曜日で一定数以上の出勤者を保ち、対応可能来客数を多くすることにより 1 日当たりの売上を増加させ、1 週間の利益を高い値に収束させたとされる。しかし、表 21 から、各従業員の就業満足度がマイナスになる従業員が多く出てしまっている。これは土日に高い休暇希望をもつ従業員が土日に出勤していることにより、就業満足度を大きく下げたとされる。

©の就業満足度と利益を考慮した場合、就業満足度と利益がどちらも高い水準で収束した。表 25 から、土日に対応可能来客数が他曜日に比べ少ない値であるが、①の場合に比べると、エ利益を配慮した労働力分配は達成できている。また、表 26 から、就業満足度が高い従業員とそうでない従業員がいるが、②の場合に比べ差が小さくなり、マイナスの値の従業員もいなくなった。

表 27 に、①、②、©のそれぞれの結果をまとめる。

表 27：①、②、©での結果

	考慮した条件	1 回目	2 回目	3 回目	平均
就業満足度 h	①	117.30	114.05	115.75	115.7
	②	-0.01	8.26	-1.04	2.4
	©	79.5	85.98	70.74	78.74
利益 P	①	-25143.66	-28828.72	-6611.42	-20,194.6
	②	51888.25	45925.83	41405.77	46406.36
	©	43882.87	48206.48	55411.66	49167.00

表 27 より、©の場合の就業満足度 h は、①のときほど高い値には収束しなかったが、①の場合のスケジュールは、土日にそれぞれ 1 人しか出勤している従業員がいなかったため、非現実的なスケジュールであり、現実的なスケジュール内として考えた場合の高い値を算出することができた。また、©の場合の利益 P は、利益のみを考慮した②の場合と同じほどの値を示している。よって、店舗利益の最大を保ちながら、従業員満足度を最大限配慮したスケジュールを組むことができたと考える。

これら結果から、長野(1996)[10]の研究で問題とされる、病院側の最適化、つまり患者を最大限に効率よく対応できるかについて重要視されていないことに対し、本研究の手法を用いることにより、患者を効率よく対応できるシフトを保ちながら、看護婦の勤務嗜好も配慮できるようなスケジューリングが可能になる可能性があると考えられる。また、吉田ら(2019)[12]の研究で問題とされる、従業員側の勤務希望を満たしていない看護婦が多数いるシフトが組まれていることに対しても、同様に、レジリエントなシフトを保ちながら、看護婦の勤務希望を最大限に配慮したシフトスケジューリングが可能であるとされる。

3 章 結論

近年労働環境において、労働力不足による問題が多くあげられている。労働力不足の原因は主に 2 種類考えられる。1 つ目は労働者の絶対数の不足である。2 つ目は、労働者を有効的に活用することができず、労働力を無駄にしているためである。労働力を有効的に活用するためには 2 つの側面がある。まず、労働生産性を高めることだ。労働生産性を高めるには、労働者のモチベーションは重要であり、モチベーションを上げるには、仕事の満足度を高めることが重要である。自分自身の勤務嗜好に合うような労働環境であれば満足度は高くなるだろう。次に、労働資源配置を最適化することだ。労働力を無駄にしないために、仕事の量に合わせて労働力を割り当てることが重要である。本研究では、これら 2 つの要因に関係する、シフトのスケジューリングについて取り上げた。労働者の勤務希望を満たすようなシフトや、シフトによる経営資源の無駄使いを防ぐのも、いずれも適切なスケジューリングによって解決可能である。

既存研究では、従業員の就業希望のみを最適化するようなスケジューリングや、主に病院でのナース・スケジューリングについての研究が多く行われている。様々な産業での従業員、企業の両方の側面からみたスケジューリング研究は少ない。

そこで本研究では、株式会社すかいらーくの企業情報を元に仮想飲食店データを作成し、従業員の就業希望と店舗利益の 2 つを制約条件として、これらの値が高水準になるようなスケジュール探索を、最適化アルゴリズム SA 法で行った。また、SA 法における確率的改悪解採用時の確率計算時に、制約条件を正規化することにより、制約条件が複数ある場合でも同じ温度パラメータでの探索を行うことができた。2 つの制約条件があるため、どちらか片方のみを考慮した場合と比較し、両方を考慮した場合の探索手法がより有効であることを示した。従業員の就業満足度のみを考慮した場合、労働資源を適切に分配することができず、店舗利益が大きく下がった。利益のみを考慮した場合、就業満足度が極めて低い値の従業員が多数でてきてしまい、総従業員満足度は低い値となった。両方を考慮した場合、店舗利益を最大に保ちながら、従業員の勤務希望を最大限配慮したスケジューリングが達成できた。

課題として残ったことは、1 つ目は、パラメータがはたして適切であったかを実証できていないことである。SA 法において初期温度や冷却率、終了温度は探索効率を大きく上げたり下げたりする要因の 1 つである。今回行った処理でのパラメータ以外に、より効率的な探索が行えるパラメータが存在する可能性があるため、その検証が必要である。また、本研究では 1 つの店舗モデルでしか計算実験を行っていないため、他店舗モデルでも探索ができるかが示せていない。様々な店舗パラメータでの検証が必要だと考えた。さらに、従業員モデルも様々なパターンで試行することにより、より有意性のある探索法を示せると考えた。

2 つ目は、より細かな業務内容、時間軸を考慮しなければいけないことである。実際に飲食店では、日単位ではなく、時間単位でのシフトが組まれている。さらに、来客数も店舗の特徴や時間帯によって変わってくる。多くの来客が見込まれる時間帯には、労働力を多く割り、来客が

少ない時間帯などは、労働力を無駄にしないよう出勤者を減らしたりすることなどが必要となってくる。また、飲食店には様々な業務がある。キッチン、ホール、清掃、事務など業務によってシフト詳細は大きく異なる。それら業務を考慮することにより、より複雑なシフトスケジューリングを行うことができる。

労働環境におけるスケジューリングでの問題解決は、さらに深めていく必要があると考える。例えば、従業員の収入が多くなるにはどのようなスケジュールを組めばいいのか、などである。収入が上がることにより仕事の満足度が高まり、労働生産性も高まり企業利益もあがる可能性もある。また、安定した雇用状態が続くようなスケジューリングはどのようにすればいいのか、などもあげられる。雇用の安定は仕事を辞めずに続けることなどにつながり、仕事の満足度向上などにもつながる。今後さらなる問題へのスケジューリングによる解決が必要となるだろう。

謝辞

本研究を行うにあたり,ご指導いただいた李皓准教授,副査の福田直樹准教授に深く感謝申し上げます.

参考文献

- [1]厚生労働省 働き方改革
<<https://www.mhlw.go.jp/content/000335765.pdf>>
- [2]日本経済団体連合会,2019 年労働時間等実態調査
<<https://www.keidanren.or.jp/policy/2019/076.pdf>>
- [3] 内閣府,2016,産業別残業時間調査-長時間労働の現状-
<<https://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je17/pdf/p02014.pdf>>
- [4] 厚生労働省,2018,雇用動向調査結果
<<https://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/koyou/doukou/18-2/dl/gaikyou.pdf>>
- [5]厚生労働省,職業安定局「雇用を取り巻く環境と緒問題について」
<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11601000-Shokugyouanteikyoku-Soumuka/0000062121_1.pdf>
- [6]産経新聞,2017.10
< <https://www.sankei.com/life/news/171006/lif1710060061-n1.html> >
- [7] 法務省,2018,「新たな外国人材の受入れ及び共生社会実現に向けた取組（在留資格「特定技能」の創設等）
< http://www.moj.go.jp/nyuukokukanri/kouhou/nyuukokukanri01_00127.html >
- [8] 内閣府政策統括官経済財政分析担当,2019,「企業の外国人雇用に関する分析」
< <https://www5.cao.go.jp/keizai3/2019/09seisakukadai18-6.pdf> >
- [9] 内閣府,2016,「働く人の意識と就業行動」
< https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/roudou/08/dl/02_0001.pdf >
- [10]長野,1996,「勤務に対する嗜好の個人差を考慮した看護婦スケジューリング」,日本経営工学会,vol47,No.3,pp143-149
- [11] 池上,1998,「ナース・スケジューリングに有効なアプローチ~2 交換制アルゴリズムにおける実現~」,リサーチ学会論文誌,vol.41,No.4,pp.572-588
- [12] 吉田,2019,「整数計画法によるレジリエントなナース・スケジューリング」,第 81 回全国大会講演論文集,vol.2019,No.1,pp327-328
- [13] 遠藤,2016,「従業員満足度を考慮した勤務シフトスケジューリング問題の適切な初期集団を用いた分散遺伝的アルゴリズムによる解法」,愛知県立大学院修士論文
- [14] 大和総研,産業別に見た長時間労働の実態と課題
<https://www.dir.co.jp/report/research/policy-analysis/human-society/20180330_020030.pdf>
- [15]FFRI「シミュレーテッド・アニーリング(SA 法)の概要と実験結果」
< <https://www.ffri.jp/blog/2013/07/2013-07-04.htm> >
- [16] 福島 2006,「局所探索と再加熱を行う SA 法による大学時間割問題について」,島根大

学教育学部紀要, No.39, pp141-150

[17] すかいらーく 有価証券報告書, 2019

< <https://ir.skylark.co.jp/library/yuho.html> >

[18] なるほどすかいらーく

< <https://ir.skylark.co.jp/individual/point01.html> >

[19] すかいらーく キャリア

< <https://crewrecruiting.skylark.co.jp/career/index.html> >

[20] 小池, 2007, 「外食産業における学生アルバイト意識・実態調査報告」, 観光学研究, No.6, pp75-82

[21] 壺井, 坂主, 高橋, 2002, 「Q-sequence と SA 法を用いて高品質な配置を高速に得るためのパラメータ設定に関する一考察」 回路とシステムワークショップ論文集, No.15, pp125-130