

顧客の時間的な満足度向上を目的としたデータ駆動型調理計画システムの開発

プロフィットエンジニアリング研究

5220F015-7 澤秀哉
指導教員 大野高裕

Data-driven Cooking Planning System for Improving Customer Time Satisfaction

SAWA Shuya

1. 序論

近年では生産効率の向上から、市場では多くの商品に溢かっている。従来では商品が手に入ることで消費者最大の価値であったものの、近年のこのような市場では、常に商品が存在することが標準的となり、商品を通じたサービス全体としての価値に重きが置かれるようになってきている[1]。価値の判断が顧客にゆだねられていることから、今後の社会において商品やサービスを提供する企業は、より一層顧客一人一人に視座を置いたサービスを提供することが求められている。

飲食店も顧客にサービスを提供する企業形態の一つである。特に、高級レストランのように質の高いサービスを提供する企業では、顧客の期待値が高いため、より一層の顧客価値への訴求が重要である。高級レストランでは、料理の品質のほかに、店内の衛生環境や従業員サービスの質、快適さや適時性などが評価される[2]。これらを踏まえ、実際に高級レストランでは顧客満足度を向上のため、高水準の清潔さや装飾、従業員の教育が行われている。しかしながら、適時性や快適さといった項目は顧客の時間感覚などに起因することから、これらに対してあらかじめ準備を行うことが難しい。そのため、今以上の顧客満足度の向上を図るためには、このような時間感覚などの顧客固有の状況を加味した食事時間全体のマネジメントを行うことが重要である。

食事の時間と顧客満足度は密接な関係があることがわかっている。Bhatiaら[3]は食事時間を短縮するための行動は回転率の向上につながるが、顧客の期待との不一致が起こった際には、顧客に強い否定的な感情が生じることを示唆した。さらにNooneら[4]は、顧客は自身の食事ペースを持っており、飲食店の料理提供によってそれが早められても、遅らされても満足度が低下することを明らかにした。それと併せて、特に高級レストランでは、顧客は食事ペースに敏感であることも明らかになった。このような顧客の時間の消費を楽しむといった行動は、ただ単純に料理（商品）を楽しむだけではなく、体験の時間自体をより豊かにしていく行動である。今後の多様な社会において、より顧客の豊さを育むためには、この時間の消費体験への訴求が重要である。しかしながら、これまで飲食店のマネジメントは効率的合理性の視点から考えられることが多く、顧客に待ち時間を与えず、いかに回転率を向上させるかに焦点が合わせられていた。このような手法は、顧客の食事ペースを乱し、顧客満足度の低下を引き起こす可能性がある。したがって、高級レストランは食事時間全体のマネジメントとして、適切な待ち時間を設定し、適切なタイミングで料理を提供することが不可欠である。

一方で、料理の提供の側面に注目を見ると、料理は複数の調理工程からなるため、効率化を図るためにも調理スケジューリングを行う必要がある。実際のレストランではチーフ調理人やオーナーなどが経験や勘からスケジューリングを行っていることが多い。しかしながら、調理は工程の難しさや、手を離すことのできる調理、先行関係など考慮する事柄が多く、その中で効率の良いスケジューリングを組むことは、作成者の負担が大きい。また調理中に突如発生する、調理ミスなどによる遅延をリアルタイムで修正して改善することは非常に困難である。したがって、提供タイミングを考慮しつつ、調理の効率化を考慮した自動調理スケジューリングが求められている。

本研究では顧客の時間的な満足度向上を目的とした、調理スケジューリングを行う、「データ駆動型調理計画システム」の開発をする。そして本システム的设计ならびに数値実験を行い、有効性を検証した。また、本システムが調理現場への導入を見据えたソフトウェアであり、次世代のレストラン料理提供システムの根幹になることを示している。

2. 従来研究

野中ら[5]は大衆居酒屋において、顧客の望む順番での提供を目的とした動的スケジューリングモデルを提案した。配膳順番の正確さや、顧客の待ち時間の短さなどが評価の指標となり、有効性が検証されている。山吹ら[6]は飲食店における同時同卓提供を目的とした動的調理スケジューリングモデルの提案、ならびにシミュレーション(SA)を用いたスケジュールの最適化を行った。調理スケジューリングを資源制約付きスケジューリングモデルとして定式化を行い、顧客ごとに配膳が開始されてから終了までの時間や調理時間によりモデルが評価を行った。周ら[7]は調理スケジューリングをジョブショップスケジューリングモデルの拡張として位置づけ、複数同時調理、同時提供に焦点を合わせたスケジューリングモデルを提案した。オープン調理を対象とした簡素化したモデルの中で、ルールベースでの評価実験が行われた。それぞれの料理に納期が設定され、納期に対する超過時間比率など、納期にまつわる評価指標によりモデル評価が行われた。

一方で、サービスの体験とその評価は、サービスを利用する継続時間やペースなどの時間間隔に大きく関わることが分かっている。Anandら[8]は人が知覚するペースは連続的であり、早いか遅いかを主観的に判断することを明らかにした。さらに、知覚されたペースの中間を取るときに満足度が最大になることを示した。またNooneら[4]は様々な形態のレストランにおいて、食事の知覚されるペースが飲食店によって乱されることで、満足度が低下するこ

とを示した。その結果、食事ペースと満足度の関係が逆U字型であることが推測された。すなわち、食事の提供速度は顧客にとって快適なものにする必要があり、早すぎても遅すぎても満足度の低下を引き起こす可能性があることが示された。

以上の従来研究より、調理スケジューリングをモデル化の研究は行われているものの、調理の効率の良さ、すなわち飲食店視点から見た合理的効率性が追求されている。しかしながら、これらのモデルの実際の現場への適用を考えた場合、次々と料理が運ばれることが促進され、顧客がもつ食事ペースを乱してしまう恐れがある。これは結果的に顧客満足度の低下を引き起こされてしまう。顧客満足度を高めるため、顧客の時間的な満足度を考慮しつつ、効率的な調理スケジューリングを行うことが求められている。

3. データ駆動型調理計画システム

本研究では顧客の時間的な満足度を考慮しつつ、調理計画を行うといった、次世代の料理提供システムを提案する。図1に本研究で目指すシステムの全体像を示す。このシステムは、店舗の状況をリアルタイムデータで取得し調理計画を行うシステムであり、ソフトの部分をデータ駆動型調理計画システム(Data-driven Cooking Planning System: DDCPS)と呼ぶ。食事の顧客はカメラなどにより食事の様子がDDCPSに送られる。画像・動画認識により顧客の食事進捗状況が導出され、それをもとに顧客ごとに食事ペースの見積りが行われる。さらに算出した食事ペースを用いて、顧客のそれ以降の料理の理想的な提供時間を導出する。その後、算出された理想提供時間に合わせて調理スケジューリングを行い、調理計画を調理人の端末へ出力する。調理人は基本的にこの出力情報をもとに調理を実行する。次に、調理を実行するにあたり、調理人の手際や予期せぬ調理の失敗から、調理計画から遅延が発生することが予測される。DDCPSではこれに対応をするため、調理人の調理の進捗情報を取得する。取得にはスマートウォッチや音声入力などが利用され、調理の進捗情報をリアルタイムでDDCPSに送信する。また遅延発生時にはそれが考慮されたリスケジューリングを行い、調理計画の再出力を行う。このように、DDCPSは顧客の食事の進捗状況と調理の進捗状況のデータを駆動させ、リアクティブな調理スケジューリングを行うことができる。自動で調理計画が行われるため、調理人は出力に従って調理を行うのみでよく、作業負担が小さくなる。また顧客の食事ペースに併せた料理提供が行われることになるため、顧客の時間的な満足度の向上に繋がることを期待できる。

さらにこのシステムは長期的な視点でのポジティブな効果を飲食店にもたらす。本システムでは顧客の食事後にタブレット端末を用いて満足度の評価を行うことを想定している。収集した顧客満足度、顧客の情報、DDCPSで算出した理想的な提供時間、実際の提供時間な長期的に保存される。データが蓄積されていくことで、顧客の特徴量や時間の特徴量の関係性が明らかになり、さらなる予測精度の向上や、レストランマネジメントへの活用が期待される。

本論文では、この次世代型料理提供システムの根幹とな

るDDCPSの開発について報告する。高級レストランの予約客のコース料理を想定し、顧客と調理人は仮想的に生成してシミュレーションを行った。また、理想的な提供時間については、協力いただいた高級レストランオーナーの経験値によって決定した。本システムの開発にあたっては、(1)進捗確認と提供時間の見積り、(2)調理スケジューリング、(3)システムの評価、の研究課題が存在している。

4. システム設計

本研究でDDCPSを開発するにあたり、前章で挙げた研究課題を解決するシステム設計を行った。図2にシステムフローチャートを示す。図2はシステムの全体像を示している。本システムは3つの構成から成っており、進捗確認と提供時間の見積り、調理計画、評価である。顧客の食事の進捗と調理の進捗状況を確認後、必要であればリスケジューリングを行う。これらを繰り返し行い、すべての調理が終了した時、システムの評価を行う。

4.1. 進捗確認と提供時間の見積り

はじめに、現在の時刻において予約した客が到着したかどうかを確認する。次に調理の進捗状況を確認するために、現在の時刻に完了している調理を確認する。その後、開始可能な調理があった場合には、それを開始したものとする。開始の条件は、調理者が前の調理を終えていることと、前の調理が終了していることである。最後に、顧客の食事状況の確認を行う。料理の半分を食べ終わった顧客を選択し、仮の食事時間として半分食べ終わった食事時間の2倍に設定する。これをもとに、各料理に設定された標準食事時間に対する時間倍率を算出する。また、この料理が提供される前に既に提供されている料理がある場合は、その料理についての結果も含めた平均時間倍率の算出を行う。この平均時間倍率を用いて、未提供料理の理想的な提供時間の更新を行う。

4.2. 調理スケジューリング

理想提供時間の更新や、調理の遅延が発生した際にはリスケジューリングを行う。通常調理は1人の調理人に対し同時に1つのみしか実行できないものとし、並列調理の場合は複数実行できるものとする。リスケジューリングはすでに開始している料理の調理を除いた、未着手調理を対象としてリスケジューリングする。理想提供時間合わせた料理の提供を目指すため、バックワード方式でのスケジューリングを採用する。調理人の選定は3つのパターンで行われる。(1)割り当てたい時間に手の空いている調理人がいる場合。この場合には該当する調理人の中で予定稼働時間が最小の調理人を選択する。(2)時間を少し早めることで割り振り可能な場合。最も理想に近い時間で割り振ること

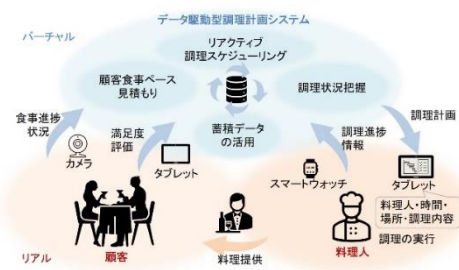


図1 次世代料理提供システム

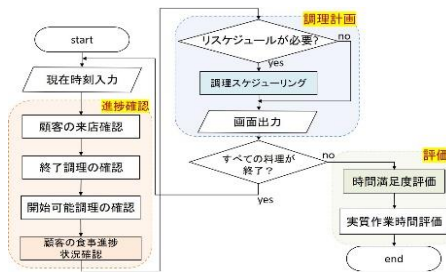


図 2 システムフローチャート

のできる調理人を選択する。(3)いずれの時間でも、他の調理と被ってしまう場合、予定稼働時間も最も小さい調理人を選択し、最も理想に近い時間で割り振りをを行う。さらに被りフラグを ON にし、スケジュール被りがあることを示す。バックワードスケジュールリングは、現在の状況を加味することができないといった欠点が存在しているが、この被りフラグによって現在の状況を反映することができる。被りフラグが ON の場合には、これを解消するため、作業の被りがないように後方へずらす処理を連鎖的に繰り返し行い、実行可能なスケジュールにする。

4.3. システム評価

本システムはすべての調理が完了した後に評価関数を用いて評価される。顧客の食事ペースに合わせた理想的な料理提供時間に、どれだけ近い時間で料理を提供されたかを評価するために、時間満足度 (Time satisfaction : TS) という評価関数を設定した。

$$TS = \sqrt{\sum_{i,j} (T_{i,j} - t_{i,j})^2 / n} \quad (1)$$

i = 顧客 id, n = 顧客の総数, j = 料理 id, $T_{i,j}$ = 顧客 i の料理 j の理想提供時間, $t_{i,j}$ = 顧客 i の料理 j の実際の料理提供時間。また、Noone ら [4] の研究で、食事のペースと満足度の関係が逆 U 字型であることが明らかになっているため、二乗関数として設定されている。

5. 数値実験

本研究では Ruby2.6.3 を用いて、設計した DDCPS の数値実験を行った。DDCPS の有効性検証を行うため、表 1 に示すように 3 つのパターンでシミュレーションを実行し、評価関数の比較を行った。本章ではその実験フローと結果を示す。

5.1. 各種設定値の決定

料理、調理工程、顧客形態の設定値は、高級レストランのオーナーの経験値によって決定した。料理は 5 品分用意し、それぞれに基準食事時間、基準食事インターバルを設定した。また、それぞれの料理には調理工程が設定され、その調理工程は基準調理時間、調理順、必要スキルレベル、並列調理可能性、先行関係、調理場所がされている。スキルレベルは 3 段階設けており、それ以上のスキルレベルの調理人のみが調理をできるものとする。また並行調理は「パスタをゆでる」など、手を離すことのできる調理を指す。

顧客形態とは予約時に確認することのできる、家族や友人といった顧客の利用形態を指す。高級レストランオーナーへのインタビュー調査の結果、これらの顧客形態ごとに

表 1 比較する 3 つのパターン

パターン	内容
A	すべての機能を備えたDDCPS
B	顧客の食事ペースによるリスケジュールリングを行わない
C	シェフの調理遅延によるリスケジュールリングを行わない

食事のペースが異なることが分かっている。したがって、本研究では事前に顧客形態を食事ペースの速さで 3 パターンに分類し、それぞれの食事時間倍率を 0.8, 1.0, 1.2 と設定した。

5.2. 顧客と調理人の生成

次に調理人と顧客を生成した。調理人は 3 名生成し、それぞれスキルレベルを 1, 2, 3 とした。顧客は 3 名生成し、顧客形態、予約時間、個別食事時間倍率を設定した。顧客形態は予約時にわかるものとして扱い、3 つの設定値のうちランダムに割り付けた。予約は 17 時から 18 時まで 15 分刻みで取ることができるものとし、そのタイミングのうちいずれか 1 つをランダムで選択した。個別食事時間倍率とは、顧客が本来持っている自身の食事ペースを指し、0.8 から 1.2 のうちいずれかの値をランダムに設定した。この値は飲食店が直接知ることができない値であり、実際の食事のペースの確認から平均食事時間倍率を導出して推測することになる。

5.3. スケジュールリング

飲食店では、開店前にある程度の調理めどを立てる必要がある。したがって開店前を想定して、初回スケジュールリングを行った。ここでは予約時に既に分かっている情報の、顧客形態と予約時間と合わせて調理計画を行った。なお 1 品目の料理は予約時間の 13 分後に提供するものとした。13 分は 1 品目の調理にかかる最小の時間である。2 品目以降は前料理の理想提供時間に、顧客形態の食事時間倍率が考慮された前料理の基準食事時間と基準インターバルの和を加え、それを理想提供時間とした。この操作をすべての顧客、すべての料理について行い、すべての理想提供時間を設定した。すべての理想提供時間が設定されたのち、これに基づいてバックワードスケジュールリングを行った。

次に開店した後を想定し、時間を 1 分ずつ進めるシミュレーションを行った。この時に変動項目として 3 つの要素を取り入れた。1 つ目は調理の遅延である。調理遅延発生確率は、スキルレベルが 1 であれば 30%, 2 であれば 20%, 1 であれば 10% と設定し、それぞれの確率で、調理時間が 1.1 から 1.3 倍のいずれかになるとした。2 つ目は顧客の実際の来店時間である。顧客は計画通り、予約時間ちょうどに来る可能性は著しく低いため、顧客ごとに -5~5 の中でランダムで設定し、これを予約時間に加えることで ±5 分の来店時間を再現した。なお、顧客は急な人数変更やキャンセルが考えられるため、来店前に調理を開始することとはできないといった制約条件を設けている。不確定要因の 3 つ目は顧客の実際の食事時間である。各料理において個別の食事時間倍率にばらつきを持たせるために -0.1, 0, 0.1 のいずれかをランダムに加え、これと基準食事時間との積をとった。これによって算出された値が実際の食事時間にあたる。この実際の食事時間を飲食店側は確認し、ここから顧客の食事ペースを見積もる作業を行う。

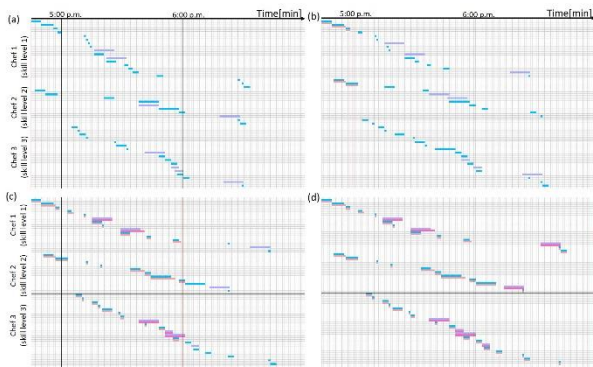


図 4 出力ガントチャート

5.4. 結果

図 3 に出力されたガントチャートを示す。図 3(a)~(d)はそれぞれ、初期、17 時、18 時、終了時のガントチャートを示す。各調理工程は 2 段構成となっており、上段が調理予定、下段が実際の調理時間となっている。また、上段の青色は通常調理、紫色は並列可能調理を示している。それぞれの時間において、通常調理のスケジュール被りがなく、並列可能調理は、時に他の調理工程と一緒に行われていることが確認できた。また図 3(a)~(d)を比較すると、それぞれの時刻で異なる調理計画となっており、リアルタイムでリスケジュールリングが行われていることが確認できる。

図 4 に顧客の食事進捗状況の確認による理想提供時間の更新の様子を示す。図 4(a)は初期状態、図 4(b)は 1 品目の料理を半分食べ終えた時刻の顧客のガントチャートである。顧客ガントチャートは 3 段構成になっており、1 段目が理想的な食事時間、2 段目が調理計画によって実行可能な食事時間、3 段目が実際の食事時間を示す。図 4(a)で 1 品目の時点で想定より食事スピードが速いことが分かったため、図 4(b)に示されているように、それ以降の理想提供時間が更新された。またそれに伴ってリスケジュールリングが行われ、2 段目の調理計画も同様に更新されている。

図 5 に調理遅延によるリスケジュールリングの様子を示す。図 5(a)はパスタの調理工程図であり、図 5(b), (c)は調理人のガントチャートであり、パスタの調理工程の部分を切り抜いたものを示している。図 5(b)では予定調理時間を超過して調理が終了している。このような場合、後方調理や未着手調理はリスケジュールリングが行われ、図 5(c)のように調理の被りがないように調整されている。以上の結果より、研究課題として挙げていた、進捗確認と提供時間の見積り、調理スケジュールリングが十分に解消されていることがわかった。

最後に本システムの評価を行った。それぞれのパターンを 10 回ずつ行い、各回の TS の平均値を比較した。結果は、A が 13.3、B が 16.7、C が 14.6 であり、すべての機能を備えた DDCPS の TS が最小であることがわかった。本システムが顧客の求める時間での提供が可能であることを示した。

6. 結論と今後の課題

本研究では顧客の時間的な満足度の向上を目的とした、次世代の料理提供システムの根幹となる DDCPS の開発を行った。数値的な実験により、本システムは理想的な時

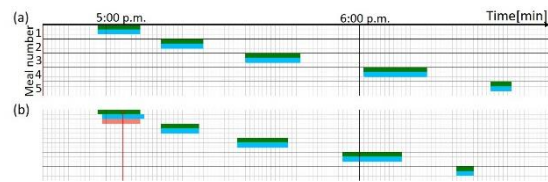


図 5 顧客の食事状況確認による理想提供時間の更新

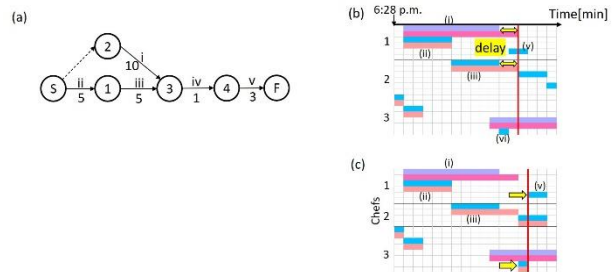


図 3 調理遅延によるリスケジュールリングの様子

間での料理の提供が可能であることが明らかになった。本システムの大きな特徴としては、顧客の食事状況を確認のもと調理計画を行う点にある。これまでの調理計画を含む生産管理は効率的合理性を主軸として考えられてきたが、今後の社会情勢を考慮すると顧客個人に焦点を合わせた生産管理が求められる。本研究はこれまでの効率的合理性視点に、顧客の視点を取り込んだ先駆的な研究であり、調理に留まらず、今後の生産管理の在り方の礎となることが期待される。

参考文献

- [1] Vargo, S. L. and Lusch, R. F.: "Evolving to a new dominant logic for marketing", *Journal of marketing*, Vol.68, pp.1-17 (2014)
- [2] Mim, S. and Ferdous, M. A.: "Factors Influencing Customers Satisfaction in Hospitality Industry : Fine Dining Restaurants", *Faculty of Education and Business Studies*, pp.1-76 (2020)
- [3] Bhatia , P.: "Hurry up and eat", *Wall Street Journal*, W1 (2002)
- [4] Noone, B. M., Mattila, A. S., Kimes, S. E. and Wirtz, J.: "Perceived service encounter pace and customer satisfaction: An empirical study of restaurant experiences", *Journal of Service Management*, Vol.20, No.4, pp.380-403 (2009)
- [5] 野中朋美, 新友輝美, 水山元: "料理の提供順序とタイミングを考慮した 顧客満足度向上のための動的スケジュールリング", 2015 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.659-660 (2015)
- [6] 山吹卓矢, 小野典彦, 永田裕一: "同卓スケジュールリング問題のモデル化とその動的スケジュールリング", 計測自動制御学会論文集, Vol.54, No.3, pp.346-356 (2018)
- [7] 周潔瑩, 坪井哲也, 長谷川大輔, 石川浩司, 木村恵介, 田中未来, 大関 和典, 繁野 麻衣子: "調理手順スケジュールリングモデルに対するルール設計と検証", 情報処理学会研究報告, Vol.2018-MPS-1, No.4, pp.1-6 (2018)
- [8] Anand, P. and Holbrook , M. B.: "Chasing the Wundt curve: an adventure in consumer esthetics", *ACRNorth American Advances*(1986)