

# 調理時のマイクロ行動認識による得手不得手を考慮した 最適調理手順作成法の提案

Examining optimal cooking procedure creation by recognition of cooking work skill

中部 仁\*      水本 旭洋†      諏訪 博彦\*‡      安本 慶一\*  
Jin Nakabe    Teruhiro Mizumoto    Suwa Hirohiko    Keiichi Yasumoto

## 1. はじめに

食は、人間の健康な生活を支える重要な要素である。「人生 100 年時代」[1]と言われるように人々が 100 年近く健康な生活を送るためには、健康管理や生活習慣病の予防のために、塩分や油分の量を自身で調整・把握できる手作り料理の重要性は高い。また、共働き世帯数が増加している [2] 現代では、男女共に働きながら家事をこなす必要があるため、調理に長時間を費やすことなく短時間で一汁三菜のようなバランスの良い料理を作ることが望ましい。一方で調理に不慣れな初心者は、調理に長時間費やす必要があり、調理時間を短縮する方法も知らない。よって調理時間の短縮に加えて、ユーザに時間を短縮する方法を示すことが求められている。

調理に不慣れな初心者にとって、何をどう作ればいいのか知識が浅いことも大きな問題である。作る料理の選択方法として、“cookpad”[3] や “allrecipes.com”[4] のような手作り料理の知恵を検索・相互交換可能な Web サイトが注目されている。これらの Web サイトでは、自分以外の調理者が投稿したレシピの閲覧や調理時間の短縮の工夫を閲覧することができ、閲覧することで時間短縮の知識を容易に得ることができる。また料理名による検索だけでなく食材による検索が可能となっており、今ある食材で何が作れるのか何が足りないのかを容易に把握できる。調理手順についても文字ベースに加えて、写真や動画など詳しい手順を把握することができるため、これらの Web サイトからその日に調理する料理を決定する人が増えている。一方で、これらの Web サイトには、「煮る」「茹でる」といった必要な時間が決まっている調理作業がある一方で、「切る」「炒める」といったユーザの得手不得手で時間が変化する調理作業がある。また、料理を複数作る際に、どの料理のどの調理作業から始めれば効率が良いのかの把握は、ユーザにとって非常に難しい。ある作業に想定をはるかに超える時間がかかってし

まう場合があるためである。よって複数の料理を作る際に、ユーザの得手不得手と複数のレシピの依存関係を考慮した最適調理手順を提示することが求められている。

上記のように、IT 技術の発展により調理に関する知識を得ることは容易になってきているが、ユーザが調理技術を身につけるためのサポートのために得手不得手を考慮した個人に対するサポートは行われていないのが現状である。また、栄養バランスを考え複数の料理を作る際に、電子レンジやコンロなどの限られた調理器具の中で、ユーザが効率のよい調理手順を考えることは容易ではない。さらに、公開されているレシピにおいてすでに用意されている調理手順がユーザにとって最適な手順であるとは限らない。これらは調理技術を身につけるのに無駄な時間を費やす要因になる可能性がある。

そこで本研究では、複数レシピに対するユーザの得手不得手を考慮した調理手順の作成を行う。調理手順の作成には、「洗う」「切る」「炒める」といったユーザによって時間が変化する調理作業があることから、それら調理作業の一つ一つを認識することによってユーザが過去にその作業にかけた時間を測定し、その値を用いて新たに調理するレシピにおける調理作業のスケジューリングを行う。これにより調理時間を効率的に短縮し、またユーザに無理を強いることのない調理手順を作成する。本稿では、調理手順最適化のための問題設定を行ない、本研究のユースケースを提示する。

## 2. 関連研究

本研究に関連する研究として、調理時の各調理作業（切る、炒めるなど）の認識に関する研究、レシピ解析に関する研究、調理手順のスケジューリングに関する研究について述べる。

本研究の先行研究として、我々の研究グループでは、ある生活行動を構成するより細かな動作（マイクロ行動と呼ぶ）の認識を目的に、深度カメラ Kinect V2 を用いて、調理における各調理作業の認識を行っている [5, 6]。この研究では、深度データから抽出したスケルトンから調理者のキッチンにおける相対位置および胴体と上肢の位置関係・角度を算出し、これらを特徴量として機械学習を行うことで、5 種類の調理作業を平均 72.3% の精度で

\* 奈良先端科学技術大学院大学, Nara Institute of Science and Technology

† 大阪大学大学院情報科学研究科, Graduate school of Information Science and Technology, Osaka University

‡ 理化学研究所 革新知能統合研究センター (AIP), RIKEN Center for Advanced Intelligence Project (AIP)

認識することに成功している。調理者はこのシステムを使うことによって特に制限を受けないため、普段と変わらず違和感なく調理を行うことが可能である。ただ、「洗う (90.9%)」のように高い正答率となった作業がある一方で、「食材を取り出す (40.7%)」「粉をまぶす (49.5%)」など低い正答率となった作業もあることから、調理者の各調理作業にかかった時間を取得するにはこれらの正答率を向上させることが望まれる。本稿における調理作業の認識には、本マイクロ行動認識手法を用いることを想定している。

レシピ解析に関する研究として、Chang ら [7] は、レシピ解析手法として “Stanford Core NLP” [8] を用いて品詞のタグ付けを行なっている。その後、英語のレシピに対して品詞解析を行ったところ、調理行動に関する動詞のうち約 40% のタグ付けに失敗したと報告されている。日本語のレシピに対して解析を行なった場合でも、投稿されたレシピの書き方は投稿者に依存しているため、タグ付けに失敗する可能性が考えられる。本研究でもレシピの解析を行う必要があるため、解析の調整が必要である。

調理手順スケジューリングに関する研究として松島ら [9] は、手作り料理を複数作る際の最適調理手順を作成し、その手順による終了までの時間予測と実際にかかった時間を比較し、時間の誤差が5分以内となったことを確認している。この研究では、最適調理手順作成の際に調理者を3つのレベルに分割し、レベルに応じて時間の調整を行なっている。

また、周ら [10] は、調理手順の作成の際に、調理器具などのリソース制約が、より優先される指標に対してどのような影響を与えるのか検討を行なっている。指標として「複数の料理を同時に提供する」、「提供までの時間を短くする」が採用されており、リソースの数を変化させた時に、これらの指標を最適化するようなスケジュールの作成を行なった。調理時のリソースは、調理を並列化の可否の要因となるため、スケジューリングの際の影響を考慮しなければならない。

これら既存研究において、調理作業にかかる時間として、調理者が実際にかかる時間を用いたスケジューリングは行われておらず、作成した調理手順が調理者にとって本当に最適なものにならない場合がある。そこで本研究では、調理者ごとの各調理作業にかかる時間をマイクロ行動認識を通して取得し、取得した時間を用いてスケジューリングを行うことにより調理者にとって最適な調理手順の作成を行うことを目指す。本研究で提案する最適調理手順作成システムの概要を図1に示す。本研究では、複数のレシピ情報と調理者の得手不得手情報を最適調理手順作成アルゴリズムに入力することで、調理者に

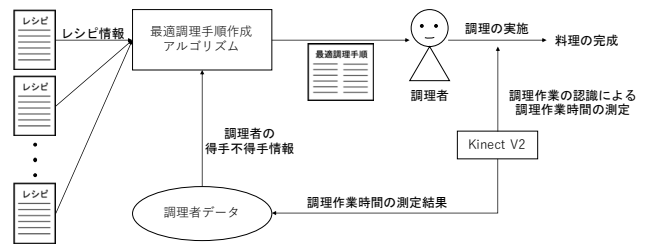


図 1: 最適調理手順作成システムの概要

にとって最適な調理手順を作成する。また、Kinect V2 を用いて、調理者の調理作業を認識することで調理作業時間の測定を行う。この測定結果を調理者のデータとして更新することで、次に調理する際には最新の調理者データを用いることができる。

### 3. 得手不得手を考慮した最適調理手順作成法

本研究では、調理者の得手不得手を考慮した最適調理手順作成を目指す。ここで最適調理手順とは、調理時間が最短であることを指す。また本研究では、調理技術を取得したい調理者に不慣れな調理者を対象とする。

#### 3.1 調理時のマイクロ行動

以下では、調理時のマイクロ行動を調理作業または単に作業と呼ぶ。調理作業として、「調理器具を取り出す」「食材を取り出す」「洗う」「切る」「予熱する」「焼く」「混ぜる」「煮込む」などを想定する。先行研究 [5, 6] では、Kinect V2 センサを用いて調理時のマイクロ行動を認識する手法を実現しており、本研究では、この手法を用いることによって各調理作業の開始、終了、また各調理作業に費やした時間を計測することができるという前提をおく。各調理作業に要する時間は調理者によって異なるため、計測した時間をスケジューリングの際に使用することで、調理者に最適な調理手順の作成を行う。

#### 3.2 ユーザの得手不得手について

本研究で想定する得手不得手とは、調理者が食材・調理作業に必要なとする時間の違いである。例えば「切る」という作業において、熟練者であれば慣れているため短時間で切ることができるのに対し、初心者はゆっくり切るため作業にかかる時間が熟練者と比較して長くなる。このように調理者ごとの得手不得手は、最適調理手順を作成する際に考慮すべきことである。本研究では、調理時間が通常よりも長いときに不得手、短いときに得手と表現する。

#### 3.3 作業の入れ替えによる調理時間の短縮

料理の作成の際に、次のような包丁とまな板を使用した複数の作業を考える。

1. キャベツを切る

## 2. 肉を切る

## 3. タマネギを切る

食材の種類が異なる（肉と野菜など）ときに調理器具を洗う必要があると仮定すると、これらの調理作業を順に行うと、包丁とまな板を洗う作業は2回必要となる。一方で2, 3の順を入れ替えると、包丁とまな板を洗う作業は1回になる。このように作業の入れ替えを行うことにより、不必要な作業をなくし調理時間を短縮できる。

### 3.4 作業の並列化による調理時間の短縮

調理作業の中には「煮る」「予熱する」「おく」のように調理者の実作業を要しないものも存在する。初心者と熟練者の調理時間の違いは、この隙間時間を有効活用できるかどうかによるところが大きいと考えられる。これらの隙間時間を伴う調理作業と並行して別の作業を実施することにより、総調理時間の短縮が期待できる。このためには、調理者が隙間時間内に実行可能な調理作業を割り振る必要がある。また、キッチンのリソースには制限があるため、制限の範囲内で並列化する必要がある。

複数のレシピの調理手順を作成するとき、調理終了までに、どの作業をどの順で実施するのが最適であるのか、どの作業が並列化できるかなどを調理者が予め把握することは、その組み合わせが膨大であることから容易ではない。また、並列化の可否は調理者の調理作業にかかる時間によって変化するものであり、得手不得手を無視した調理手順では、手順通りに調理者が調理できないことが予想できる。これらのことから、調理者の得手不得手を考慮することは、ユーザが選択した複数のレシピに応じて最適な調理手順を作成するために必要なことが分かる。

本章では、本研究で対象とする得手不得手を考慮した調理手順の最適化問題を定義する。

## 4. 問題設定

本章では、最適調理手順作成問題を定式化する。

### 4.1 レシピ情報

調理者が調理したい料理のレシピ集合を  $RR = \{R_1, R_2, \dots, R_k\}$  とする。ここで  $k$  は調理者が選択したレシピ数である。各レシピ  $R_i (1 \leq i \leq k)$  に含まれる調理作業の集合を  $R_i = \{r_{i_1}, r_{i_2}, \dots, r_{i_{h_i}}\}$  とする。ここで  $l_i$  は、レシピ  $R_i$  に含まれる調理作業の数でありレシピによって  $l_i$  の値は異なる。また本研究で扱う調理作業は、「1. タマネギとキャベツを切る」ではなく、「1. タマネギを切る」「2. キャベツを切る」のように細分化されているものとする。

各レシピの作業には、先に挙げた1. 玉ねぎを切る、2. キャベツを切るのように順序の入れ替えが可能なものが

ある。各レシピ  $R_i$  において、順序の入れ替えが可能な作業群を1つの集合にまとめ、それら集合を作業順に並べた列を  $P_i = \langle P_{i_1}, P_{i_2}, \dots, P_{i_{h_i}} \rangle$  とする。ここで  $h_i$  は、入替可能な作業集合の数でありレシピによって  $h_i$  の値は異なる。

レシピに含まれる調理作業  $r$  は、{食材のカテゴリ、食材、分量、調理方法、使用リソース、調理時間}を要素として持つ。食材のカテゴリは、肉、野菜、魚のように大分されており、複数カテゴリの食材を使用するまたはどの食材も使用しない場合は  $NULL$  とする。分量では、食材に合わせた単位となる。例えば、豚肉であれば (g)、きゅうりであれば (本) となる。

本研究では、リソースとして、調理者、包丁、まな板、電子レンジ、フライパン、鍋、コンロなどを想定する（要素は加減可能）。これらのリソース数（同時に利用可能な数）をベクトル  $RS = (RS_1, RS_2, \dots, RS_g)$  で表す。ここで  $g$  はリソース種類の数である。また調理作業ごとに、必要とされるリソースは定義されているものとする。例えば「切る」という調理作業では、包丁、まな板、調理者を必要とする。一方「茹でる」という調理作業では、鍋、コンロを必要とするが調理者を必要としない。これらのリソースに対して、ある時間において異なるリソースは並列使用可能であり、同じリソースに対してはリソース数までの並列使用が可能である。

調理作業に調理時間が記載されている場合と記載されていない場合があり、後者の場合には調理時間 =  $NULL$  とする。調理者の得手不得手を考慮した手順の作成のために、調理者ごとの調理作業に要する時間を記録するデータベースを作成する。このデータベースには、(調理者・食材・調理方法)の組み合わせごとに過去の調理履歴からかかった時間を記録していく。履歴がない場合には、初期値として統計データ（他の調理者）の平均値を使用する。この値は調理終了後に実際に計測した時間をフィードバックし更新する。本データベースの値は調理をすればするほど調理者の実態に合ったものとなる。各作業にかかる時間は、関数  $D_t$  (調理者, 食材, 調理方法) で求められるものとする。この呼び出しは、調理時間 =  $NULL$  となっている各調理作業に行われ、値が調理時間に代入される。

### 4.2 調理手順

最適調理手順作成問題の出力である調理手順は、 $RR$  のレシピに含まれる全調理作業のうち並列作業可能な集合の列として作成する。作成する調理手順を  $S = \langle Q_1, Q_2, \dots, Q_n \rangle$  とする。ここで集合  $Q_i$  は、並列処理可能な作業の集合であり、 $n$  は逐次実行される作業集合の数である。

作成する調理手順  $S$  は次に示す制約を全て満たさなけ

ればならない。

1つ目の制約として、選択した料理をすべて調理するため、 $S$  は  $RR$  の全レシピの全調理作業を含んでいる必要がある。この制約を以下の式で表す。

$$\bigcup_{R \in RR} R \subseteq \bigcup_{i=1}^n Q_i \quad (1)$$

2つ目の制約として、調理手順内の全ての時刻において、使用されるリソース数が、使用可能なリソース数以下である必要がある。  $S$  の作業集合  $Q_i (1 \leq i \leq n)$  が実行される際に必要なリソース数を  $(rs_{i,1}, rs_{i,2}, \dots, rs_{i,g})$  とすると、この制約は以下の式で表すことができる。

$$\forall i (1 \leq i \leq n) \forall j (1 \leq j \leq g), rs_{i,j} \leq RS_j \quad (2)$$

where

$$rs_{i,j} = \sum_{r \in Q_i \wedge r \text{ が } j \text{ 番目のリソースを使用}} 1$$

3つ目の制約として、 $S$  内の全ての作業において、各レシピ  $R_i$  に指定されている作業順序  $P_i = \langle P_{i_1}, P_{i_2}, \dots, P_{i_{h_i}} \rangle$  を満たす必要がある。すなわち、各レシピにおいて並列に行うことができない作業群  $(P_{i_j} \text{ と } P_{i_m}, j < m)$  はスケジュールにおいても別の時間  $(Q_x, Q_y, x < y)$  に行われなければならない。この制約を以下に示す。

$$\begin{aligned} & \forall i \forall j \forall m (1 \leq i \leq k, 1 \leq j < m \leq h_i) \\ & \quad \forall p \forall p' (p \in P_{i_j}, p' \in P_{i_m}) \\ & \exists x \exists y (1 \leq x < y \leq n) [ p \in Q_x \wedge p' \in Q_y ] \end{aligned} \quad (3)$$

#### 4.3 作業開始のためのコスト

ある調理作業開始時に、調理器具を洗う必要がある場合が存在する。例として「切る」という調理作業が連続しており、食材のカテゴリが異なる場合には、まな板と包丁を洗う必要がある。このように調理作業に含まれていないが、調理手順  $S$  によって生じる追加作業の回数を  $c(S)$  とする。またこの作業には、時間  $d$  (定数) を要するものとする。

#### 4.4 目的関数

作成した調理手順の終了までにかかる時間を  $time(S)$  とする。本研究では、最適調理手順を調理時間が最短であることとしているため、目的関数は以下となる。

$$\text{Minimize } (time(S) + d \times c(s)) \text{ s.t. } (1) - (3) \quad (4)$$

### 5. ユースケース

前節で定義した最適調理手順作成問題は組み合わせ最適化問題であり、厳密解を求めるには問題サイズの指数

表 1: 想定するレシピ

作業	食材のカテゴリ	食材	分量	調理方法	使用リソース	調理時間
レシピ1 (カレー)	1	野菜	じゃがいも 2個 にんじん 1本 たまねぎ 1個	切る	調理者 包丁 まな板	NULL
	2	肉	豚肉 200g	切る	調理者 包丁 まな板	NULL
	3	NULL	じゃがいも 2個 にんじん 1本 たまねぎ 1個 牛肉 200g	炒める	調理者 コンロ フライパン	NULL
	4	NULL	じゃがいも 2個 にんじん 1本 たまねぎ 1個 牛肉 200g 水 500ml カレールー 30g	煮込む	コンロ 鍋	20
レシピ2 (ほうれん草のソテー)	1	野菜	ほうれん草 1/2束	切る	調理者 包丁 まな板	NULL
	2	肉	ベーコン 3枚	切る	調理者 包丁 まな板	NULL
	3	野菜	ほうれん草 1/2束	温める	電子レンジ	4
	4	NULL	ほうれん草 1/2束 ベーコン 3枚	炒める	調理者 コンロ フライパン	NULL
レシピ3 (ポテトサラダ)	1	野菜	じゃがいも 2個 にんじん 1/4本 きゅうり 1/4本 たまねぎ 1/4個	切る	調理者 包丁 まな板	NULL
	2	野菜	じゃがいも 2個 にんじん 1/4本	茹でる	コンロ 鍋	10
	3	野菜	じゃがいも 2個	潰す	調理者	NULL
	4	NULL	じゃがいも 2個 にんじん 1/4本 きゅうり 1/4本 たまねぎ 1/4個 マヨネーズ 大さじ5	混ぜる	調理者	NULL

オーダの計算時間がかかると予想される。そのため、準最適解を実用時間で求めるヒューリスティックアルゴリズムの開発が今後必要になる。

本節では、本問題を解くことの有効性を示すために、表1のようなレシピ1~3をユースケースとして考え、解の一例を示す。本研究では、調理作業は細分化されているとしているが、ここでは簡単化のために食材のカテゴリと調理方法が同一であるときは、1つの作業として表現している。食材のカテゴリが複数にまたがる場合は  $NULL$  としている。想定するリソースは、コンロが2、それ以外のリソースを1とする。調理時間では、時間の決まっている調理作業については数値を入れており、ユーザによって変化する箇所は  $NULL$  としている。

各レシピの各調理作業で必要とするリソースを示すため、図2に各レシピのスケジュールを示す。スケジュールでは、縦軸がリソース、横軸が時間となっており、各セルはリソースの占有状況を示している。またセル内には作業を表すため、(レシピ番号, 作業)の情報を記入している。また各レシピの入れ替えが可能な作業群の集合を作業順にまとめた列  $P$  を示している。図2を参照すると、レシピ1~3はそれぞれ44分、20分、28分調理時間がかかることがわかる。

レシピ1~3の入力が与えられた時、本研究の1例として出力される調理手順の例として、作業の並列化と追加作業回数を考慮し作成したスケジュールを図3に示す。

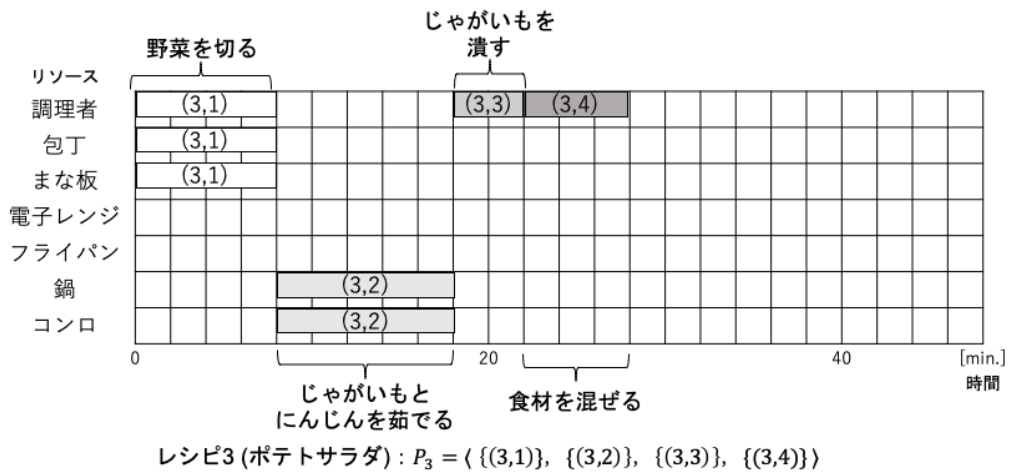
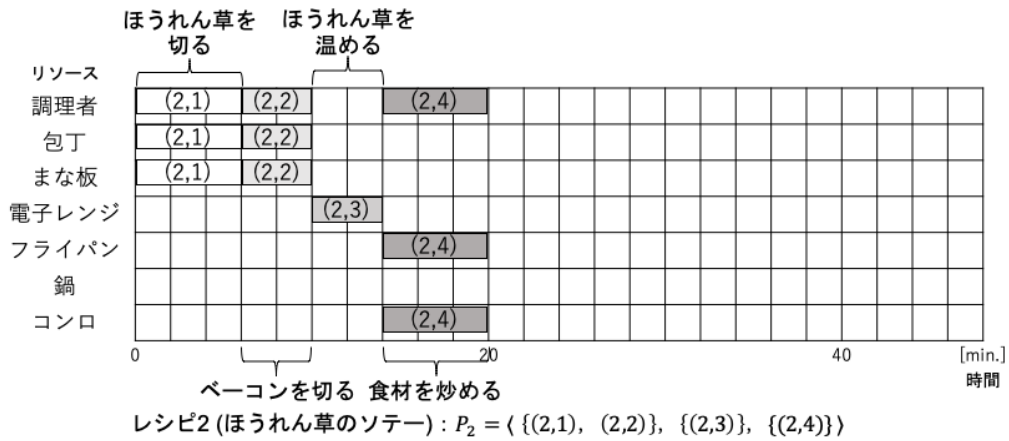
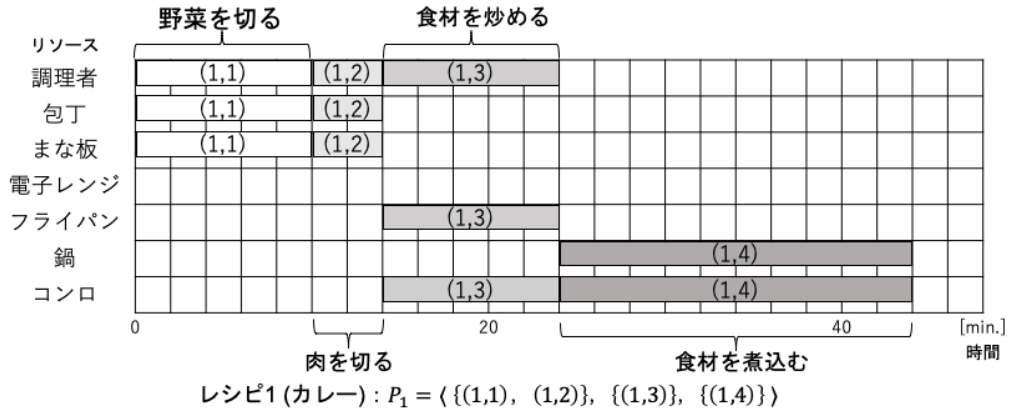


図 2: 想定するレシピのスケジュール

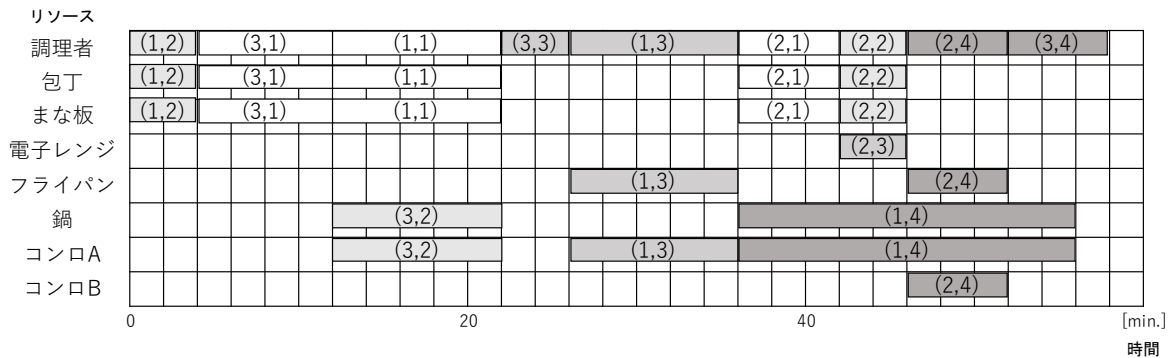


図 3: 作成したスケジュール

図3によって、各時間にレシピ内のどの作業を実施すべきかを把握することができる。また図2に示した各Pの順序を守った上で、どの作業を並列可能であるかを把握できる。

調理にかかる総調理時間について比較すると、レシピ1~3をそのままの順で調理する場合は、92分を必要とする。一方で出力された調理手順で必要とされる時間は、58分であり、調理時間を34分削減することができる。これは、各レシピの作業を並列化することで、調理時間を短縮することができたことを示している。

次に作業開始のためのコストについて比較する。レシピ1~3をそのままの順で調理する場合の追加作業の回数は、包丁とまな板がそれぞれ4回、フライパンと鍋がそれぞれ1回の計10回発生している。一方で出力された調理手順で調理する場合の追加作業の回数は、包丁とまな板がそれぞれ2回、フライパンと鍋がそれぞれ1回の計6回であり、追加作業の回数を4回削減できていることがわかる。これは、各レシピの順序関係の制約を守ったまま作業の順序を入れ替えることで、調理時間を短縮することができたことを示している。

以上のユースケースにより、本研究によって調理時間を大幅に短縮できることがわかった。

## 6. まとめ

レシピには、1つの料理を作成する際の手順が記載されているが、複数の料理を同時に調理する際には調理者が最適な調理手順を考えることは困難である。本稿では、調理時のマイクロ行動（調理作業）を認識し調理者の得手不得手（調理作業にかかる時間）を取得することによって、調理者の得手不得手を反映した複数のレシピに対する最適調理手順の作成について問題設定を行い、ユースケースを示すことで本研究の有効性を示した。調理者の得手不得手を反映することにより、調理者は無理なく調理を行うことが可能になることが期待できる。今後、調理時のマイクロ行動認識システムの構築、最適手順作成アルゴリズムの作成、実証実験を行うことで、本研究を進めていく。

## 参考文献

- [1] 首相官邸：人生100年時代構想会議。 available from <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/jinsei100nen/> (accessed 2019-07-25).
- [2] 厚生労働省：平成29年版厚生労働白書－社会保障と経済成長－。 available from <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/17/dl/all.pdf> (accessed 2019-07-25).
- [3] クックパッド株式会社。 available from <https://cookpad.com/> (accessed 2019-07-25).
- [4] allrecipes.com, Inc. available from <https://www.allrecipes.com/> (accessed 2019-07-25).
- [5] Teruhiro Mizumoto, Alberto Fornaser, Hirohiko Suwa, Keiichi Yasumoto, and Mariolino De Cecco. Kinect-based micro-behavior sensing system for learning the smart assistance with human subjects inside their homes. In *2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT*, pp. 1–6. IEEE, 2018.
- [6] Alberto Fornaser, Teruhiro Mizumoto, Hirohiko Suwa, Keiichi Yasumoto, and Mariolino De Cecco. The influence of measurements and feature types in automatic micro-behavior recognition in meal preparation. *IEEE Instrum. Meas. Mag.*, Vol. 21, No. 6, pp. 10–14, 2018.
- [7] Minsuk Chang, Léonore V Guillain, Hyeungshik Jung, Vivian M Hare, Juho Kim, and Maneesh Agrawala. Recipescape: An interactive tool for analyzing cooking instructions at scale. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 451. ACM, 2018.
- [8] Christopher Manning, Mihai Surdeanu, John Bauer, Jenny Finkel, Steven Bethard, and David McClosky. The stanford corenlp natural language processing toolkit. In *Proceedings of 52nd annual meeting of the association for computational linguistics: system demonstrations*, pp. 55–60, 2014.
- [9] Yukiko Matsushima, Nobuo Funabiki, and Toru Nakanishi. A proposal of cooking model and cooking step scheduling algorithm for multiple dishes. In *Proceedings of international multiconference of engineers and computer scientists*, pp. 127–131, 2011.
- [10] 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, 繁野麻衣子ほか. 調理手順スケジューリングモデルに対するルール設計と検証. 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), Vol. 11, No. 2, pp. 63–74, 2018.