

特別研究報告書

調理アドバイスの適切なタイミングでの
音声提示に利用可能な調理状況の選定

指導教員 美濃 導彦 教授

京都大学工学部情報学科

大岩 美野

平成20年2月8日

調理アドバイスの適切なタイミングでの 音声提示に利用可能な調理状況の選定

大岩 美野

内容梗概

レシピは調理において最も多く参照されるが、レシピの記述は必要最低限の調理操作に限られるため、調理の常識や補足的な指示が得られない。そのため、レシピの記述を補う支援を調理中に行うシステムは有用である。自由な手順で調理を行うユーザに対して、調理操作を妨害することのないように、調理の様子をセンサで観測しそこから認識した調理状況を用いて、調理の進行に合わせてアドバイスを自動的に提示する調理支援システムを構築している。アドバイス提示には画面提示、音声提示の使い分けが必要であるが、ここではより適切なタイミングでの提示が求められる音声に焦点を当て、音声アドバイスの提示に適切なタイミングを調理の進行に基づいて判断する方法を求め、それに必要な調理状況を選定する。

調理のアドバイスは、調理中に必ず行われると考えられる、レシピに記述された操作（レシピ操作）と対応させることができる。そのような操作をアドバイスの対象操作と呼ぶ。全てのアドバイスはその内容に応じて、対象操作の開始前、実行中、終了後のいずれかのタイミングで提示するのが適切であると考えられる。対象操作の実行中、終了後に提示するのが適切なアドバイスはそれぞれ、対象操作の開始、終了をセンサから認識した後に提示すれば適切なタイミングでの提示が実現できる。一方、対象操作の開始前に提示しなければならないアドバイスは、対象操作開始前、かつ出来るだけ対象操作開始に近い時点で提示すべきであるので、対象操作の認識結果を提示タイミングの決定に利用することができず、他の方法によって対象操作の開始直前を推定する必要がある。

レシピに記述された調理操作は確実に実行されるが、ユーザが自由な順序で調理を行う際、それらの操作の順序は変更されることがありうる。しかし、食材ごとに着目してみると、同じ食材へのレシピ操作の順序は不変である。これより、対象操作と同じ食材へのレシピ操作のうち、ひとつ前に実行される操作（前操作）を一つに決定でき、前操作の終了を認識した後にアドバイスを提示することで、対象操作の開始前に提示することができる。しかしこの方法では提示が早すぎる場合が多く、対象操作の開始直前に提示できるとはいえない。

そこで，前操作以外にも，レシピ操作の開始前に行われる操作を利用することを考える．対象操作の直前に実行される操作を特定することができれば，対象操作開始直前での提示が可能になる．しかし，異なる食材へのレシピ操作との順序や，レシピには記述されないような調理操作の順序，更に調理器具への操作と食材への操作の順序は一通りに決定できるとは限らないため，直前に実行される操作を一つに特定することは難しい．

そこで本研究では，まず食材への操作の利用法として，それぞれの対象操作に対し，操作開始前に確実に実行されると考えられる調理操作を複数求め，それらが全て実行されるまでアドバイスを提示しないことを考える．そのために二つの仮定を置く．まず，レシピに記述されていない場合でも，対象操作の開始前に行っておかなければならない調理操作(副操作)が存在するとき，それらは全て前操作の終了と対象操作の開始の間に行われると仮定する．次に，同一種類の食材が複数個ある場合，対象操作は全ての対象食材で前操作が終了するまで開始されないと仮定する．以上の仮定の下で，対象操作開始時点の推定に，レシピ操作の順序関係，食材の個数，副操作を利用する．

以上に加え，調理器具への操作の利用法として，レシピ操作の実行に必要な調理器具の状態を取り入れる．対象操作に使われる調理器具の種類とその使用方法はほぼ固定されている．対象操作の実行に必要な調理器具が使用できる状態になれば，対象操作はまだ実行されないと言えるため，そのような状態になるまでアドバイスを提示しないようにする．

以上より提案手法では，1) 全ての副操作が実行された，2) 前操作が対象食材全てに対して終了した，3) 必要な調理器具が使用できる状態になったの3つの条件が初めて同時に満たされる時点を対象操作の開始直前時点であると推定し，アドバイスを提示する．

実験において，調理映像と実際の調理に対し提案手法による対象操作の開始直前時点の推定が有効に働くことを示した．どちらの実験でも必要な調理状況は人手で与え，それを用いて開始直前の時点を推定した．調理映像による実験では，レシピのみを用いる方法と提案システムによる推定時点を比較した．その結果，提案システムでは推定時点が改善されることが分かった．また，実際の調理でも概ね適切に推定できた．しかし，推定時点が十分でないものもあったため，これらを改善する方法を求めることが今後の課題である．

Selection of cooking situations for deciding the timing of presenting advices

Mino OOIWA

Abstract

When cooking, recipes' descriptions are most generally referred media. The recipes have only minimal descriptions and no details. A cooking support system which supplies details as advices is helpful. To avoid disturbing the cooking, we aim to presents advices automatically along the cooking progress. Understanding progress requires cooking situations which are recognized through observation. Considering about a way of output, to present advices effectively, we must use both speaker and display properly. In this paper, we focus on oral advices which need more precise timing of presentation. We search the timing when to present oral advices along cooking progress and select cooking situations for deciding that timing.

A cooking advice can be associated with a *recipe action*, which is described in the recipe, and let us call the action as *target action*. Each advice should be presented on proper timing, which is before, during or after the target action, according to its content. On one hand, to present advices on proper timing, advices which should be presented during the target action are presented after the beginning of the target action is recognized. Advices which should be presented after the target action are, similarly, presented after the finish of the target action is recognized. On the other hand, advices which should be presented before the target action should be presented right before the user starts the target action. Therefore, we can't use the recognition results of the beginning or the finish of the target action to decide presentation timing. So it is necessary to estimate the beginning of the target action before it starts in another way.

Any cooking have recipe actions, which must be done, but an order of these actions can be changed when users cook. Even in such case, every food takes recipe actions always in the same order. Hence the action before the target action (*pre-action*) is fixed among these actions. it is possible to present advices before the target action certainly, when we present the advices after the recognition of the finish of the pre-action. Using only pre-actions, however,

most advices are presented too early and it is not proper timing to present the advices.

Dealing with that problem, we introduce actions done before the target action other than the pre-action. If we can specify the action which is operated right before the target action, it is possible to present the advice on proper timing. However it is difficult to specify such action because it is not constant that the order of recipe actions to different kind of foods and of cooking actions which are not written in recipe.

Therefore, we search some actions which are done before the target action and present the advice when all of them are done. We suppose the followings: 1) the cooking actions which are not written in recipe but should be done before the target action (*sub-action*) must be done between the pre-action and the target action. 2) the target action starts after the pre-action for all of the target foods. Under these suppositions, we use the order of recipe actions, sub-action and the numbers of food for predicting the beginning of the target action.

In addition, we use states of cooking tools which is used in the recipe action for prediction. A type and usage of tools are almost same among users and occasions, we can use them for prediction. It is expected that if these necessary tools are not prepared, the recipe action is not about to be done. So, supposing that the recipe action will soon be done when necessary tools are prepared, we use the states of tools to predict the beginning of the target action.

To sum up, the target action is predicted to be done immediately when 1) the pre-action is done for all of the target foods, 2) all sub-actions are done and 3) necessary tools are prepared, and the system presents the advice for the target action in that timing.

The result of experiments shows that the proposed method works well in both cooking movies and actual cooking. In both cases, advices were presented according to manually given cooking situations. Using cooking movies, we compared the proposed system to the system only using recipe information. The proposed system showed improvement of presentation timing. In actual cooking, advices were presented on proper timing on the whole. Some advices were not presented well, so we need to improve them as future work.

調理アドバイスの適切なタイミングでの 音声提示に利用可能な調理状況の選定

目次

第1章	緒論	1
第2章	調理アドバイスの音声提示システム	3
2.1	アドバイスの提示目標時点	3
2.2	アドバイス提示システムの構成	5
第3章	対象操作の開始時点の推定	7
3.1	レシピの利用	7
3.1.1	レシピ操作条件の追加	7
3.1.2	レシピ操作条件に従う提示の評価	8
3.2	前操作の繰り返しの利用	9
3.2.1	繰り返し条件の追加	10
3.3	レシピ操作以外の調理操作の利用	11
3.3.1	副操作条件の追加	12
3.4	調理器具への操作の利用	13
3.4.1	調理器具の状態条件の追加	13
第4章	実験・評価	14
4.1	調理映像での動作	14
4.1.1	失敗事例の検証	15
4.1.2	改善事例の検証	16
4.1.3	改善が不十分であった事例の検証	19
4.2	実際の調理での動作	22
第5章	結論	25
	謝辞	26
	参考文献	26
	付録：実験条件	A-1
A.1	調理映像を用いた実験	A-1
A.1.1	レシピ	A-1

A.1.2	レシピ操作と条件	A-2
A.2	実際の調理を用いた実験	A-5
A.2.1	レシピ	A-5
A.2.2	レシピ操作と条件	A-6
A.2.3	アンケート	A-7

第1章 緒論

調理時に最も多く参照される知識媒体はレシピである．しかしレシピに記述されているのは調理に必要な最低限の操作に限られ，調理の常識や，こうしたほうが良いという補足的な指示は記述されていない[1]．そのため，レシピの記述は，調理初心者はもちろん中級者にとっても不十分なものである．以上の理由から，レシピに記述されない調理への補足的な指示（以下アドバイスと呼ぶ）を提示するシステムは，レシピの記述を補うという点から有用である．

ユーザが調理の進行をシステムに伝えることでアドバイスの提示を行う調理支援システム [2, 3, 4, 5, 6] がある．これらのシステムではそれぞれアドバイスを提示するタイミングの判断を簡単にするために，調理操作の終了の入力をユーザに求める，調理の順序をシステムが仮定する，アドバイスの内容や提示のタイミングの指定をユーザに求めるといった工夫がなされている．個々のシステムについて説明すると，まず [2] は調理順序が一通りであることを仮定し，ユーザの入力に従って順にアドバイスの提示を行う．例えば，システムはあるレシピでの調理順序が操作 A，操作 B，操作 C であると仮定していて，ユーザが操作 B が終わったことを伝えると，操作 C に対するアドバイスを提示する．次に [3, 4] は，ユーザがどのアドバイスをいつ必要としているかをシステムに伝えることで提示を行う．例えば [3] では，ユーザが操作 D をどのように実行すれば良いのかがレシピのみでは分からない場合，操作 D を実行している映像を提示するように，カウンタの特定の箇所に触れることでシステムに指示することができる．最後に [5][6] は，複数のレシピを調理する場合の最適化された操作順序を求め，その順序に従ってアドバイスの提示を行う．具体的には，ユーザが実行中の操作を終了したことを伝えると，次に実行する操作へのアドバイスを提示する．

しかし調理順序は調理者によってある程度自由に変更されうるものなので，本研究では，一通りの調理順序を仮定しない，調理者が行う自由な調理順序に対応できるシステムを考える．更に，アドバイス提示システムには調理の進行を妨げないことが望まれる．これは単なる利便性の問題だけではなく，安全性の観点からも必要とされる．調理中に調理以外のものに気を取られるのは危険だからである．そのため我々は，ユーザが調理進行を入力したり，アドバイスの内容と提示するタイミングを指定する必要のないように，カメラやマイクなど

のセンサで観測した調理の様子から，ユーザの動作や調理の状態などの調理状況を認識し，アドバイスを調理の進行状況に合わせて自動的に提示するシステムの実現を目指している．

それぞれのアドバイスに対してシステムが提示時点を調理状況から判断できれば，アドバイスを提示することができる．そのため，アドバイスの提示時点を判断する方法を決定し，そこで必要とされる調理状況を認識することで，以上のようなシステムを実現する．本研究ではそのうちアドバイスの提示時点を判断する方法について調べ，システムの実現に必要な調理状況を選定する．

提示方法には，システムがアドバイスを読み上げることで提示する音声提示と，ディスプレイ等にアドバイスを表示することで提示する画面提示が考えられるが，二つの方法にはそれぞれ利点・欠点がある．画面提示では映像を用いたわかりやすい提示ができる反面，調理者はアドバイスを得るために画面を見なければならず，調理から目を離す必要が生じてしまう．そのため，火を用いているときや，スピードが要求される操作を行っているときには画面提示は適さない．これに対し音声提示では，調理を続けながらアドバイスを聞くことができるが，画面提示と違いアドバイス内容を後に残せないため，調理の進行に合った適切な時点で提示する必要がある．そのため，音声提示では画面提示よりも高い精度での提示時点の判断が求められる．

アドバイスの提示では二つの方法を使い分ける必要がある．例えば，タマネギのみじん切り方法を示すには，方法を音声で読み上げるよりも映像を用いる方がわかりやすい提示ができる．逆に，「ジャガイモを切った後は水にさらしてください」といった，聞くだけで理解できるような指示には音声提示が向いていると考えられる．これら二つの提示を可能にするには，より提示時点に精度の要求される音声提示で適切な提示時点を判断できなければならない．逆にそのような提示時点が判断できれば，画面提示も可能であると考えられる．よって，本研究では音声アドバイスに焦点を当て，音声提示に耐えうる適切なアドバイス提示時点を判断することを目指す．

アドバイスを提示するには，アドバイスの内容と，アドバイスを提示すべきタイミングを記述しておかなければならない．ここで，アドバイスはそれぞれ支援する対象となる操作（対象操作）を持ち，対象操作はレシピに記述された操作（レシピ操作）の中から決定することができる．これは，アドバイスはレシピの記述を補うものであるため，支援の対象がレシピ内に記述されていると

考えられるためである。提示すべきタイミングは対象操作との時間的な前後関係で定められ、対象操作の開始前、対象操作の実行中、対象操作の終了後の3つとなる。

提示タイミングに従う提示を行うためには、対象操作終了後のアドバイスは、対象操作の終了を認識した後、対象操作実行中のアドバイスは、対象操作の開始を認識した後に提示するのが適切である。しかし、対象操作開始前のアドバイスは、対象操作の開始もしくは終了認識時に提示したのでは、対象操作開始前の提示にならないため、何らかの方法で対象操作の開始を事前に知らなければならぬ。本研究では、対象操作の開始直前にアドバイスを提示することを目的として、対象操作の開始時点をそれ以前に推定することを考える。

あらゆる対象操作が調理中のどの時点でも実行できるわけではなく、対象操作を実行するためには何らかの条件を満たさなくてはならない。例えばジャガイモを切るときには、その前にジャガイモの皮をむき終えていなければならないし、包丁やまな板が用意されていなければならない。そこで、それらの条件が成立する時点を対象操作開始直前の時点であると推定する。本稿ではそのような条件として、副操作条件、繰り返し条件、調理器具の状態条件を取り入れる。副操作条件と繰り返し条件は、対象操作の開始前に実行される食材に対する調理操作に関する条件であり、調理器具の状態条件は、対象操作に使用される調理器具に関する条件である。

以下、2章ではアドバイス提示の目標時点と、音声による自動提示を行う具体的なシステム構成について説明し、3章で対象操作開始時点の推定方法について述べる。4章では実験結果を、最後に5章でまとめを述べる。

第2章 調理アドバイスの音声提示システム

この章では、前章で述べた調理進行に合わせて自動的に音声アドバイスを提示するシステムの提示目標時点と、システムの構成について述べる。

2.1 アドバイスの提示目標時点

提示時点の判断方法を求めるには提示の目標時点を定める必要があり、そのためにはアドバイスの内容についても考慮しなければならない。本研究では、アドバイス内容の種類として「方法」「順序」「時間」「前処理」「後処理」の5つを

考える．ここで「方法」とは調理操作の方法を示すアドバイスで，例えば，ジャガイモの乱切りの方法を示すものや，「ジャガイモは強火で煮てください」というようなアドバイスがそれにあたる．「順序」は「ナスをいためる前にニンジン

をいためてください」といった調理操作の順序を示すもので，「時間」は「ジャガイモは10分間煮込んでください」のような調理操作の時間を示すものである．「前処理」と「後処理」はそれぞれ，調理操作の前後に行っておくべき処理についての指示で，例えば「前処理」には「トマトをゆでる前にへたを落としてください」，「後処理」には「ジャガイモは切った後水にさらしてください」といったアドバイスがある．

以上のようなアドバイスに対しては，支援する対象となる調理操作がレシピ操作の中から決定できる．例えば「ジャガイモは強火で煮てください」というアドバイスでは「ジャガイモを煮る」，「トマトをゆでる前にへたを落としてください」というアドバイスでは「トマトをゆでる」となる．このような操作をアドバイスの対象操作と呼び，提示目標時点を対象操作との前後関係で記述することを考える．

アドバイスの種類それぞれに対し，対象操作と適切なアドバイス提示時点の関係を考える．まず「方法」では「ジャガイモとニンジンを同じ大きさに切って下さい」のようなアドバイスは，対象操作を開始してからの提示では遅く，しかし対象操作の開始より早すぎても不適切であるので，(i) 対象操作の開始直前に提示するのが適切である．「ジャガイモは強火で煮てください」のようなアドバイスは対象操作を開始した後の提示で良いが，できるだけ早いうちに提示すべきと考えられるため，(ii) 対象操作の開始直後での提示が適切である．同様に「順序」と「前処理」では(i) 対象操作の開始直前での提示が適切であり，「時間」は(ii) 対象操作の開始直後での提示が適切である．最後に「後処理」は，対象操作が終わった後できるだけ早い時点で提示すべきであるので，(iii) 対象操作の終了直後での提示が適切である．

以上から，提示目標時点は(i) 対象操作の開始直前，(ii) 対象操作の開始直後，(iii) 対象操作の終了直後の3つのうちのいずれかで与えられる．提示目標時点を提示タイミングとしてアドバイスそれぞれに与えることにし，目標時点に対し提示タイミングを(i) 対象操作開始前，(ii) 対象操作実行中，(iii) 対象操作終了後で記述する．

2.2 アドバイス提示システムの構成

提示目標時点にアドバイスを提示できるシステムとして、ユーザが自由に調理の様子をカメラ、マイク、ポジションセンサなどを用いて観測し、その観測結果から調理の進行を把握し、それに合わせてアドバイスを提示するシステムの実現を目指している。調理の進行を把握するために、ユーザがどの食材にどのような加工操作を行ったか、どの調理器具にどのような動作を行ったかを認識し、その結果を利用してアドバイスを提示する。

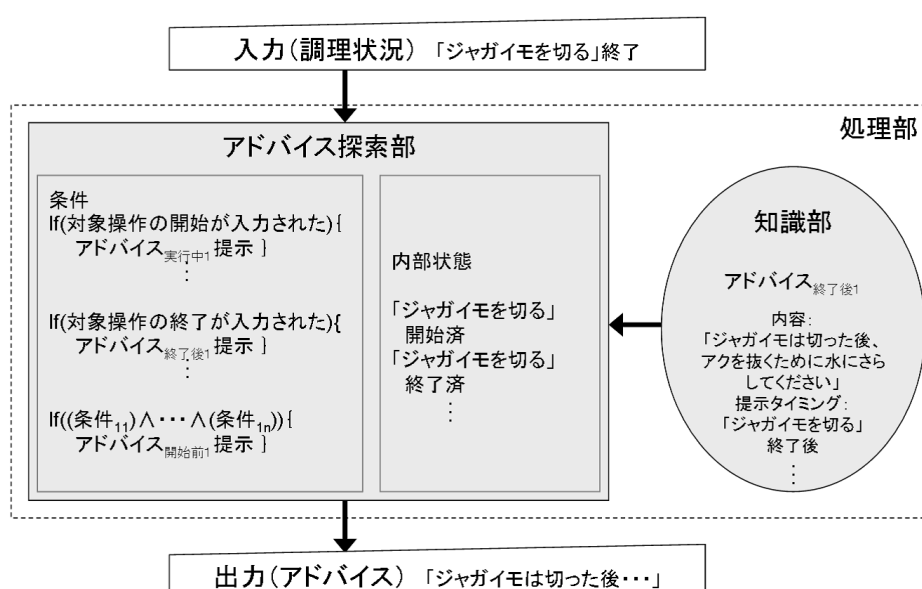


図 1: アドバイス提示システムの構造

ここでは特に、以上のような方法で把握した調理の進行に基づきアドバイスを提示する方法について考える。図 1 に示すように、本稿で考えるシステムは入力・処理部・出力の 3 つから成る。入力は調理状況で、これはカメラやマイクなどのセンサから得られる情報を処理して、ユーザの動作や調理器具の状態などを認識した結果を表す。出力はアドバイスで、処理部で判断される提示時点に従い提示される。提示方法の組み合わせはここでは扱わず、出力方法は音声のみとする。

処理部は知識部とアドバイス探索部で構成され、調理状況が入力されるごとに提示可能なアドバイスを探し出して出力する。知識部は提示可能なアドバイ

スを探すために必要となる知識を保持する．知識には，レシピ操作などのレシピから得られる知識や，ある操作に用いられる調理器具などの調理操作に固有の知識などがあり，これらは予め与えられていると仮定する．特に，アドバイスの内容と提示タイミングは知識として必須である．アドバイス内容は，ユーザに音声で示す文章であり，提示タイミングは，2.1節で示した対象操作との前後関係（対象操作の開始前・実行中・終了後）で記述された，提示の目標時点を定めるものである．アドバイスの記述例は，アドバイス内容が「ジャガイモは切った後，アクを抜くために水にさらしてください」ならば，提示タイミングは，対象操作「ジャガイモを切る」の「終了後」となる．

アドバイス探索部では，調理進行を把握するために入力された調理状況を蓄積し，これを基に提示可能なアドバイスの探索を行う．アドバイスの探索は調理状況が入力されるたびに行う．ここで提示可能なアドバイスとは，入力情報と知識を制約とする条件を満たすものである．条件はアドバイスそれぞれに対して与えられる．アドバイスは提示可能になった時点ですぐに提示する．

調理状況として対象操作の開始と終了の2状況のみを入力として，それぞれの提示タイミングのアドバイスが適切に提示できるかを調べた．アドバイス提示の3つのタイミングのうち，対象操作の実行中に提示するアドバイスは調理状況として対象操作の開始が入力された後に，終了後に提示するアドバイスは対象操作の終了が入力された後に提示すれば問題がないことが確認されたが，対象操作の開始前に提示するアドバイスはタイミングが遅れた．

よって本稿では，対象操作の開始前に提示する必要があるアドバイスに焦点をあて，対象操作の開始直前を推定するためにはどのような入力・知識・条件が必要になるかを検討する．条件は

$$C_1 \wedge \dots \wedge C_n$$

の形式を考え，条件 C_i を追加していくことで，開始直前の推定ができるようにする．対象操作を実行するために必要な複数の条件をそれぞれ条件 C_i で表している．例えばジャガイモを切るときには，ジャガイモの皮をむき終えているという条件 C_1 と，包丁とまな板が用意されているという条件 C_2 の二つが必要となる．これらは同時に満たさなければならないため， $(C_1 \wedge C_2)$ のように条件 C_i はANDで追加するのが適切であると考えられる．条件成立時点を対象操作開始直前の推定時点とするが，条件が開始前に成立しなかった場合，開始

時点推定に失敗する．そのため，条件 C_i には対象操作開始前に確実に成立することが期待できるもののみを取らなければならない．

追加する条件 C_i が決まれば，それ取り入れるのに必要となる入力・知識もほぼ決定できるので，次章では追加する条件 C_i を中心に考える．条件 C_i を単に条件と呼ぶことにする．以後の実験においては，入力となる調理状況は観測に基づいて全て手動で与えることとし，アドバイス提示に有効な調理状況を自由に選択する．これにより，適切な時点での提示に必要な調理状況を決定し，今後取り組むべき調理状況認識の研究における目標を明確にする．また，知識部でのアドバイス内容と提示タイミングは予め与えるとして，アドバイス内容については考えない．

第3章 対象操作の開始時点の推定

対象操作の開始前に調理アドバイスを提示するためには，対象操作の開始時点をもっと以前に推定する必要がある．調理では必要な操作を順々に行っていくため，対象操作の直前に実行される食材や調理器具への操作を同定し，その実行時点を調理状況として入力できれば，その入力時点で対象操作が開始直前であることが推定できる．そのために，食材への操作に対しては，レシピ情報，レシピ操作以外の調理操作および対象食材の個数を利用することを考える．調理器具に対しては，調理器具の状態から対象操作が実行できるかを判断する．

3.1 レシピの利用

3.1.1 レシピ操作条件の追加

対象操作の開始前に必ず行われる調理操作がわかっている場合，その調理操作が実行されなければ対象操作はまだ始まらないので，そのような操作を利用することで対象操作の開始時点を推定することが出来る．このような条件を得るためにレシピを利用する．レシピには多くの場合，レシピ操作として，調理中に行うべき基本操作が「食材 + 操作」の形で記述されている．これらのレシピ操作のうち，同じ食材に対するものは，順序を一つに定めることが出来る [7]．例えば，ジャガイモに対するレシピ操作に「むく」「皮を切る」「いためる」「煮る」がある場合，これらの実行順序が入れ替わることはない．順序が得られると「切る」の前に実行されるジャガイモへのレシピ操作は「皮をむく」である

というように，レシピ操作に対し一つ前に実行される同じ食材へのレシピ操作が同定できる．

このように，レシピからは，調理中必ず行われるレシピ操作の集合と，同一種類の食材に対するレシピ操作の順序関係が得られ，それぞれのレシピ操作に対して，そのレシピ操作の対象となる食材に対するレシピ操作の中で一つ前に実行されるもの（以下前操作と呼ぶ）が決定できる．この順序関係は調理者や調理の違いによらず一定である．ここで，(a) レシピ操作はその前操作が終了するまで開始しないと仮定すると，対象操作の前操作終了という調理状況が入力された時点で，対象操作が開始前であることがいえる．これより，前操作終了時にアドバイスを提示すれば対象操作の開始前に提示できる．上の例では，「ジャガイモを切る」に対するアドバイスは前操作である「ジャガイモの皮をむく」が終了したときに提示する（図2参照）．

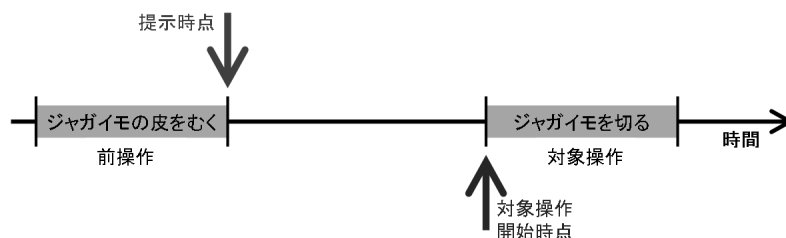


図2: 前操作を利用するアドバイス提示時点

以上を調理アドバイスの音声提示システムに取り入れると，入力はレシピ操作終了の調理状況，知識は同一食材へのレシピ操作の順序関係となる．追加する条件は対象操作の前操作終了時に成立する．ただし，対象操作が各食材に対してははじめに行われるレシピ操作である場合には前操作がないので，調理開始時に成立とする．この条件をレシピ操作条件と呼ぶ．

3.1.2 レシピ操作条件に従う提示の評価

前操作のみを利用して判断された提示時点を評価するために，前操作の終了後に対象操作開始前のアドバイスを提示する予備実験を行った．ここでは，実際の調理ではなく調理映像を用い，映像に人手で調理状況を表すタグを付与し，それを入力としてアドバイスを提示した．調理映像は，指定したレシピを調理する様子を撮影したものである．実験の結果，仮定 (a) は全てのレシピ操作で

満たされ開始前の提示は確かにできたが、早すぎるものが多かった。

これは、前操作と対象操作の間に別の操作を実行することが原因であった。そのような操作には(1)前操作の繰り返し、(2)レシピ操作以外の調理操作、(3)調理器具への操作、(4)対象食材以外の食材に対するレシピ操作がある(図3参照)。

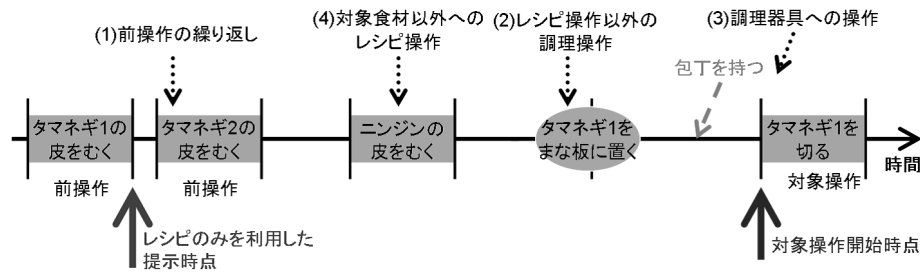


図3: 前操作と対象操作の間に実行される操作

ここで、対象操作の前に実行される操作は、前操作と同様に開始推定に利用できる。そのような操作の中でも、(1)~(3)を利用することを考える。これらは対象操作に関連して実行されているため、常に対象操作の前に実行されることが期待できる。(4)を利用しないのは、対象操作に関連した操作でないため対象操作との実行順序を決定することができないためである。例えばレシピ操作「ニンジンの皮をむく」と対象操作「タマネギを切る」のどちらが先に実行されるかは調理者や調理によって異なるため、「ニンジンの皮をむく」は対象操作の開始前に実行されない場合があり、これを利用することはできない。

(1)~(3)の操作の中で対象操作の直前に実行されるものが分かれば直前の提示ができるが、(1)~(3)の実行順序は一つに決定できない(図4参照)ため、そのような操作を予め一つに決めることは難しい。しかし、対象操作の直前に実行されうる操作は、(1)の中で最後に実行される操作、(2)の中で最後に実行される操作、(3)の中で最後に実行される操作のどれかである。そこで、(1)~(3)それぞれに対し最後に実行される操作を条件として求め、それらが全て成立したときにアドバイスを提示することを考える。

3.2 前操作の繰り返しの利用

レシピ操作の実行回数は、操作の対象となる食材の個数と等しいと考えられる。例えば、ジャガイモが3つある場合、「ジャガイモの皮をむく」操作も3回

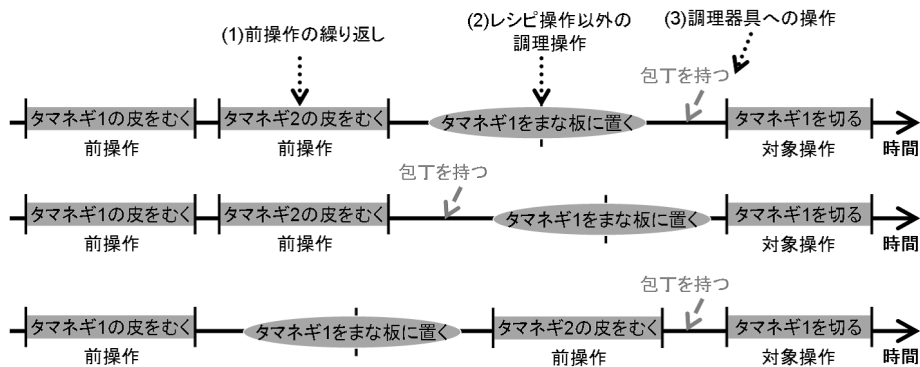


図 4: 前操作と対象操作の間に実行される操作の実行順序

行われる。これより、対象操作が「ジャガイモを切る」、前操作が「ジャガイモの皮をむく」であるとき、「ジャガイモを切る」に対するアドバイスを3回目の「ジャガイモの皮をむく」が終了した時に提示することで、提示時点が改善できる(図5参照)。レシピのみを使用する前々節のシステムでは、一回目の「ジャガイモをむく」操作終了時に提示されるため、繰り返しを利用することでより提示時点が適切なタイミングに近づく。

(b) レシピ操作は前操作が対象食材全てに対して終わった後に実行されるという仮定を置くと、前操作の繰り返しのうち最後に実行されるのは、食材の個数回目の前操作であることがいえる。これより、食材の個数を知識として導入し、繰り返しを利用することで、対象操作開始時点を推定する。

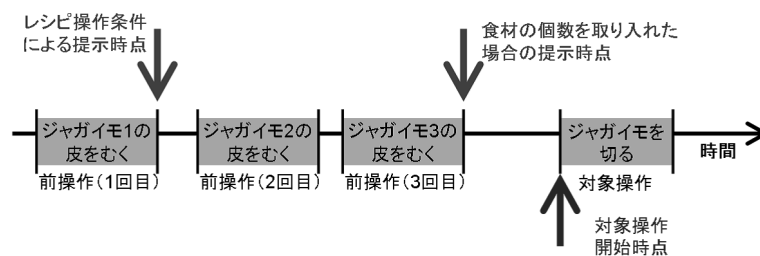


図 5: 食材の個数追加による提示時点の変化

3.2.1 繰り返し条件の追加

前操作の繰り返しを条件として取り入れる。

1. 新たな調理状況

食材個数はそれだけで調理状況になるわけではない。調理操作の食材が、

ジャガイモ1、ジャガイモ2のように個別の食材を表すようにして、調理操作が対象食材のどれに対するものなのかを指定する。

2. 新たな条件

レシピ操作条件では、対象操作に対応する前操作が終了したとき条件成立としているのに対し、ここでは、対象操作に対応する前操作が対象食材全てに対して終了しているとき条件成立とする。この条件を繰り返し条件という。

3. 新たに必要な知識

調理開始時の食材個数を知識として加える。

3.3 レシピ操作以外の調理操作の利用

同一食材に対するレシピ操作間の順序とは違い、レシピ操作以外の調理操作間の順序は一通りに決定できるとは限らない。なぜなら、例えば「ニンジンを洗う」操作と「ニンジンのへたを落とす」操作はどちらを先に行っても問題ないと考えられるため、これらの順序は決められない。そのため、レシピ操作以外の調理操作のうち、最後に行われるものを一つに決めることは難しい。上の例でいうと、「ニンジン切る」レシピ操作の前に「ニンジンのへたを落とす」のか「ニンジン洗う」のかを予め知ることができない。そこで、最後の操作を一つに特定するのではなく、対象操作と前操作の間に行われる調理操作を複数定め、それらが全て実行されたときに成立する条件を考える。

以上のような調理操作として、レシピに記述されていなくても、レシピ操作の実行前に予め行っておかなければならない調理操作(副操作)を取り入れる。このような調理操作は、多くの場合レシピ操作の開始前に実行されることが期待できる。例えば、レシピに「ニンジンの皮をむいて切ります」と記述されている場合、レシピ操作は「ニンジンの皮をむく」と「ニンジン切る」であり「皮をむく」を実行した後に「切る」を実行する。対象操作は「ニンジン切る」であるとする。このとき、対象操作「ニンジン切る」とその前操作「ニンジンの皮をむく」の間で、レシピに記述されていない操作「ニンジンまな板に置く」が行われる可能性が高いため、ニンジンまな板に置いた後に「ニンジン切る」に対するアドバイスを提示する(図6参照)。これにより、「ニンジン切る」の前操作「ニンジンの皮をむく」の終了時点よりも対象操作の開始に近い時点での提示が出来る。

副操作を利用して対象操作の開始時点を推定するために、(c) 全ての副操作は前操作終了とレシピ操作開始の間に実行されるという仮定を導入する。

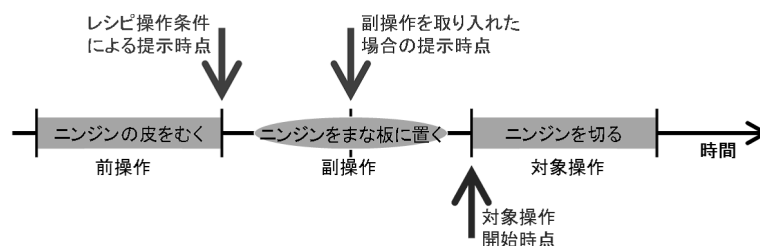


図 6: 副操作追加による提示時点の変化

3.3.1 副操作条件の追加

副操作を条件として導入する。

1. 新たな調理状況

副操作開始の調理状況を追加する。副操作とは、レシピ操作以外で調理中に行われる操作のうち、あるレシピ操作の開始前に予め行っておかなければならない調理操作を表し、「操作 + 食材」で記述される。副操作はレシピ操作とその前操作の間に確実に実行されると仮定する。ここで、副操作は、実行された・されていないのみが分かればよいと考え、副操作終了の調理状況は追加しないことにする。

2. 新たな条件

副操作間の順序はレシピ操作間の順序と違い、一通りには決められないため、副操作のうち最後に実行されるものを一つに決定できない。そこで、それぞれのレシピ操作に対し複数の副操作を与え、それら全てが実行されるまでアドバイスを提示しないようにする。このときの条件は、アドバイスの対象操作に対応付けられた副操作の全てが実行されたときに成立する。これを副操作条件と呼ぶ。

副操作条件判定の具体的な処理では、副操作開始の調理状況が入力されたとき、入力された副操作がどのレシピ操作に対応するのかを求め、そのレシピ操作が持つ全ての副操作が実行されたなら、レシピ操作を対象操作とするアドバイスの副操作条件成立とする。対応するレシピ操作には、副操作と同じ対象食材に対するレシピ操作のうち、副操作開始入力時点で実行可能なものはレシピ操作の順序関係から一つに決められるので、そのレシ

ピ操作を選択する。

3. 新たに必要な知識

それぞれのレシピ操作に対応する副操作の種類を知識として追加する。具体的には、レシピ操作「ナスを切る」には、副操作「ナスのへたを落とす」「ナスをまな板に置く」が対応し、レシピ操作「ジャガイモをいためる」には、副操作「ジャガイモを持つ」が対応する、などである。

3.4 調理器具への操作の利用

殆どのレシピ操作は、調理器具を用いて行われる。そのため、それらの調理器具を用意するまでは操作が行われないと考えられるので、そのレシピ操作の開始時点の推定にこれを用いる。

それぞれのレシピ操作に用いる調理器具の種類と使い方はほぼ決まっている。まず「いためる」「煮る」操作では、操作を行う前に鍋やフライパンを用意する。例えば、「いためる」実行前には水の入っていない鍋やフライパンを火にかけ、「煮る」実行前には鍋に水を入れる。逆にそのような用意をしたときには、「いためる」「煮る」操作が行われることが多い。これより、多くの場合で、「いためる」実行前には「鍋が火にかけている」「鍋に水が入っていない」「ゆでる」実行時には「鍋に水が入っている」などの状態にあると考えられる。「切る」「むく」操作でも同様のことが言える。「切る」実行前には包丁を、「むく」実行前には包丁かピーラーを手にする。これより、「切る」実行前には「包丁を持っている」「むく」実行時には「ピーラーを持っている」などの状態にあると考えられる。

これより、(d) 対象操作実行時には必ず操作が開始できる状態にあるという仮定を置くことで、そのような状態になるまで調理器具への操作が行われることがいえる。

3.4.1 調理器具の状態条件の追加

レシピ操作開始時の調理器具の状態を条件として追加する。調理器具が指定の状態になるまでアドバイスを提示しない。

1. 新しい調理状況

調理器具の状態が変化するとき、状態の変化を表す調理状況を入力する。これにより、調理開始時の状態を知識として持てば、調理中常に現在の状態を把握できる。調理状況の例は、「鍋に水を入れる」「鍋をコンロに置く」

「包丁を持つ」「包丁を置く」等である。

2. 新しい条件

調理器具がレシピ操作を実行できる状態にあるならば成立するという条件を追加する。以下この条件を調理器具の状態条件と呼ぶ。このとき「むく」操作の包丁とピーラーのように、複数の調理器具を用いる場合に備える必要があるため、知識部でそれぞれのレシピ操作に対し複数の状態を指定し、そのうちの少なくともどれか一つが成立する場合に調理器具の状態条件成立とする。

3. 新たに必要な知識

それぞれのレシピ操作に対し、調理器具がどのような状態にあれば操作を開始できるのかを与えておく。例えば「ニンジン切る」が実行できる状態は「包丁を持っている」となる。更に、調理開始時の調理器具の状態を知識に加える。

第4章 実験・評価

4.1 調理映像での動作

前章で述べた3つの条件の追加により、レシピ操作の開始直前の推定時点にどの程度の改善が見られるかを調べた。3.1節で述べた、レシピ情報だけを用いるシステムをレシピ操作システム、3.2~3.4節で述べた、副操作条件、食材に対する繰り返し条件、調理器具の状態条件に対処するシステムを提案システムと呼び、両システムの性能を比較する実験を行った。3.1節の予備実験と同様に、実際の調理でなく調理映像を用いる。ここで、映像中で調理されたレシピはカレーで、25個のレシピ操作を持つ。レシピの内容と具体的なレシピ操作は付録に示す。用いた調理映像は2本で、それぞれの映像で25個全てのレシピ操作の開始直前時点推定した。副操作条件、調理器具の状態条件では、誰もが実行すると思われるもののみを選んだ。これらの条件を付録に示し、その一例を表1に示す。

実験結果として、それぞれの調理映像の、条件を満たした時点(開始直前の推定時点)と対象操作開始時点の差の分布を図7に示す。円グラフの数値は、左は推定時点と対象操作開始時点の差で、0秒~1秒, 1秒~2秒, ..., 10秒~60秒,

表 1: 副操作条件・調理器具の状態条件の例

レシピ操作	副操作条件	調理器具の状態条件
ジャガイモの皮をむく	「ジャガイモを持つ」 が実行済み	「包丁を持っている」 もしくは 「ピーラーを持っている」
トマトをゆでる	「トマトを持つ」 が実行済み	「水の入った鍋を 火にかけている」
ニンジンをいためる	「ニンジンを持つ」 が実行済み	「水の入っていない鍋を 火にかけている」

60 秒～を表す．×は対象操作の開始直前時点の推定に失敗したものである．右の数値は，推定時点と対象操作開始時点の差が左の秒数となった対象操作の個数を表す．

4.1.1 失敗事例の検証

条件の設定から，提案システムの推定時点がレシピ操作システムの推定時点よりも遅くなることはないが，繰り返し条件に対する仮定 (b)，副操作に対する仮定 (c)，調理器具の状態条件に対する仮定 (d) のいずれかが満たされない場合，対象操作開始時点まで条件が成立せず，推定に失敗することが起こりうる．今回の実験では，仮定 (c) と仮定 (d) は全てのレシピ操作で満たされたが，調理映像 1 で 2 個のレシピ操作が仮定 (b) を満たさず，開始直前時点の推定に失敗した．そのようなレシピ操作を表 2 に示す．これらの対象食材はどちらもトマトであり，トマトに対するレシピ操作は実行順に「切れ目を入れる」「ゆでる」「(お湯から) 取り出す」「皮をむく」「切る」「煮る」となっている．トマトの個数は 2 個であった．

調理映像 1 では，推定に失敗したレシピ操作の前後では，トマト 1・2 をゆでる，トマト 1 を取り出す，トマト 1 の皮をむく，トマト 1 を切る，トマト 2 を取り出す，トマト 2 の皮をむく，トマト 2 を切るの順にレシピ操作が実行されていた．繰り返し条件の仮定 (b) が満たされなかった原因は，2 本の調理映像のみからでは分からなかったため，より多くの映像で繰り返し条件の成立について調べる必要がある．

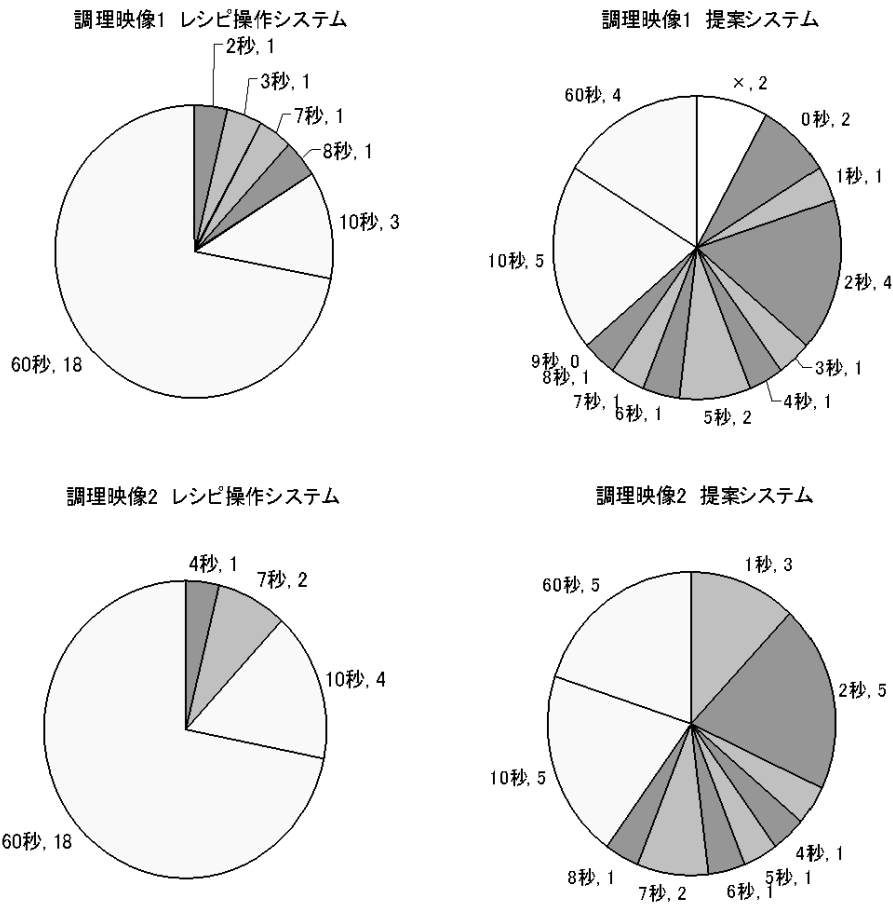


図 7: 開始推定時点と対象操作開始時点の差の分布

表 2: 提案システムで対象操作開始直前時点の推定に失敗したレシピ操作

調理映像	レシピ操作	レシピ操作システムでの推定時点
1	トマトの皮をむく	00:03
1	トマトを切る	00:02

4.1.2 改善事例の検証

副操作条件・調理器具の状態条件・繰り返し条件のそれぞれがどのように推定時点の改善に寄与したかについて、レシピ操作の種類を中心にして考察する。副操作条件による改善 副操作条件の導入によって、開始の推定時点が改善された主なレシピ操作は、「ゆでる」「いためる」「煮る」であった。それぞれのシステムでの、調理映像1におけるこれらのレシピ操作の推定時点の例

を表3に示す。数値は、それぞれのシステムで、最左列のレシピ操作の開始直前が、対象操作開始時点から何分何秒前と推定されたかを表す。副操作条件の成立時点が推定時点となったものは、50個中29個で、このうち「ゆでる」「いためる」「煮る」に対するものは、22個であった。3つの操作は合計で22個であるので、3つの操作の全てが副操作の成立時に開始直前と推定されたことになる。これらの操作は、開始の直前に対象食材を持つことが多かったため、「食材を持つ」副操作が適切な条件となったと考えられる。

表3: 副操作条件の導入で改善された推定時点の例

レシピ操作	レシピ操作システム	提案システム
トマトをゆでる	00:07	00:02
ジャガイモをいためる	21:50	00:05
玉ねぎをいためる	18:07	00:04
ニンジンをいためる	30:40	00:06
ナスをいためる	15:56	00:02
トマトを煮る	11:43	00:02

調理器具の状態条件による改善 調理器具の状態条件の導入によって、推定時点が改善された主なレシピ操作は、「むく」「切る」であった。それぞれのシステムでの、調理映像1におけるこれらのレシピ操作の推定時点の例を表4に示す。調理器具の状態条件が対象操作直前の推定時点となったものは、50個中14個で、これらは全て「むく」「切る」に対するものであった。2つの操作の合計は24個であるので、これらのうち6割弱のレシピ操作が調理器具の状態条件の成立時に操作開始直前であると推定されたことになる。これらの操作は、開始の直前に包丁などの調理器具を持つことが多かったため、「調理器具を持っている」という調理器具の状態条件が、3つの条件の中で最後に成立するものとなったためである。

繰り返し条件による改善 繰り返し条件成立時点が推定時点となったものは50個中5個であった。繰り返し条件は推定時点を決める以外にも、推定時点の下限を定めたという点で有効に働いた。そのことを示すため別実験を

表 4: 調理器具の状態条件の導入で改善された推定時点の例

レシピ操作	レシピ操作システム	提案システム
ナスを切る	17:17	00:16
ジャガイモの皮をむく	05:56	01:22
ニンジンの皮をむく	01:21	00:31
玉ねぎを切る	00:52	00:16
豚肉を切る	28:44	00:03

行い、提案システムでの推定時点と、繰り返し条件を考慮しない方法としてレシピ操作条件・副操作条件・調理器具の状態条件に従った推定時点と比較した。実験方法は本章の実験と同様で、調理映像も同じものを用いた。その結果、繰り返し条件を取り入れなかった場合と比べ、推定時点が改善されたものが4個あった。このうちの一つは、繰り返し条件成立時点が推定時点となったものである。これらを表5に示す。

表 5: 繰り返し条件の導入で改善された推定時点の例

調理映像	レシピ操作	繰り返しを考慮せず	繰り返しを考慮
1	ジャガイモを切る	04:25	00:07
1	タマネギを切る	00:49	00:16
2	タマネギを切る	00:34	00:02
2	タマネギをいためる	03:42	00:07

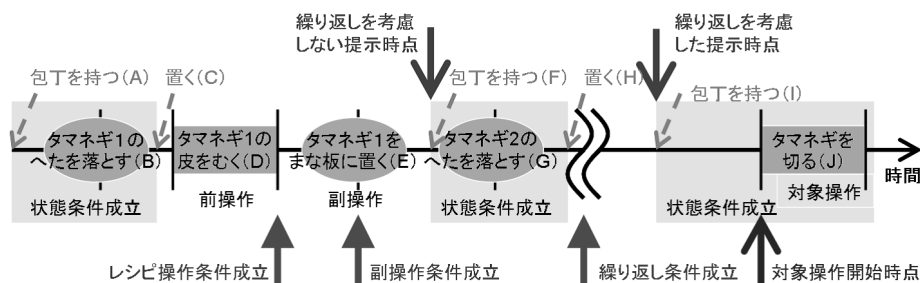


図 8: 繰り返し条件による推定時点改善の例

レシピ操作「タマネギを切る」を例として、改善への寄与について述べる(図8参照)。「タマネギを切る」の前操作は「タマネギの皮をむく」、対応する副操作は「タマネギをまな板に置く」、調理器具の状態条件は「包丁を持っている」である。ここで、調理映像で実際に起こった、「包丁を持つ(A)」「タマネギ1のへたを落とす(B)」「包丁を置く(C)」「タマネギ1の皮をむく(D)」「タマネギ1をまな板に置く(E)」「包丁を持つ(F)」という調理操作が順に入ってくる場合を考える。繰り返し条件を考慮しない場合、「タマネギ1の皮をむく(D)」調理状況入力時にレシピ操作条件が、「タマネギ1をまな板に置く(E)」調理状況入力時に副操作条件が、「包丁を持つ(F)」入力時に調理器具の状態条件が成立するため、「包丁を持つ(F)」入力時点を対象操作の開始直前時点であると推定する。しかしタマネギが複数あり、タマネギ1の皮をむいた後にタマネギ2の皮をむく場合、その推定時点は不適切である。これはこの場合、「包丁を持つ(F)」は「タマネギ2のへたを落とす(G)」ための操作であるにも関わらず、「タマネギを切る(J)」の調理器具の状態条件が成立してしまうためである。提案システムでは、「包丁を持つ(F)」調理状況入力時に繰り返し条件が成立していないため、そこで調理器具の状態条件が成立しても、対象操作開始直前であると推定しない。全てのタマネギをむき終わった時点で繰り返し条件が成立し、その成立後の「包丁を持つ(I)」入力時点を開始直前時点と推定できる。

以上から繰り返し条件は、成立・不成立を繰り返す調理器具の状態条件の条件成立時点の中から、実際に対象操作実行のために調理器具を用意した時点を選択することに役立っていると言える。

4.1.3 改善が不十分であった事例の検証

対象操作開始直前の推定時点が対象操作の開始時点に近づきはしたが、直前とはまだいえないレシピ操作もあった。そのような推定時点の例を表6に示す。ここでは、推定時点と開始時点に10秒以上の差がついた操作を不十分としている。推定時点が開始直前にならなかった原因の一つには、レシピから完全に決定される繰り返し条件とは異なり、副操作条件と調理器具の状態条件の選択はある程度任意に行えるが、その選択において、直前に行われる副操作が副操作条件に含まれなかった、もしくは直前に用意される調理器具が状態条件に含まれなかったことが挙げられる。もう一つには、副操作の対応付けが適切に行われなかったことが挙げられる。そのため、二つの条件成立が対象操作開始直前

にならず，適切な推定ができなかった．以下でそれぞれの条件について，これらの問題点について詳しく述べる．

表 6: 推定時点が開始直前にならなかったレシピ操作の例

番号	調理映像	レシピ操作	レシピ操作システム	提案システム
1	1	ほうれん草をゆでる	18:29	13:58
2	2	ほうれん草をゆでる	17:45	01:40
3	1	豚肉をいためる	00:48	00:30
4	1	カレー粉を煮る(加える)	51:41	01:45
5	2	カレー粉を煮る(加える)	1:12:41	13:07
6	1	ほうれん草を煮る	33:24	21:27
7	1	ほうれん草を煮る	33:24	21:27
8	1	ジャガイモの皮をむく	05:56	01:22
9	2	ジャガイモの皮をむく	11:24	01:21
10	2	ジャガイモを切る	08:13	05:23
11	1	ニンジンの皮をむく	01:21	00:31
12	2	ニンジンの皮をむく	04:06	00:24

副操作条件の問題点 副操作条件では，(1) 関係のない動作を誤って副操作に対応付けてしまい，その副操作実行時点を開始直前時点と推定してしまったこと，(2) 直前に行われる調理操作を副操作として与えられなかったことの二つの問題が考えられる．

(1) について，今回の実験で対応を誤った副操作には，レシピ操作「いためる」「煮る」「ゆでる」に対応する副操作があった．そのような例のいくつかを表 6 の 1～7 に示す．これらのレシピ操作では，副操作として対応付けたのは「食材を持つ」の一つだけであった．この「食材を持つ」副操作は，「いためる」「煮る」「ゆでる」操作の開始前に，鍋に食材を入れるときの「食材を持つ」動作を想定している．しかし，この「食材を持つ」動作は単に食材を移動させる時にも起こるため，そのときの動作を誤って「いためる」「煮る」「ゆでる」の副操作としてしまう場合があった．副操作が一つしか対応していないため，対象操作に関係のない，食材を移動させるとき

の「食材を持つ」実行時に副操作条件が成立し、推定時点が早すぎる結果となった。

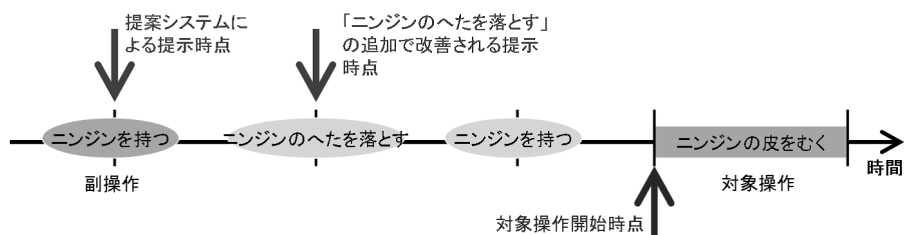


図 9: 個人差の出る副操作の例

(2) について、直前の副操作を与えられなかったレシピ操作には、レシピ操作「切る」「むく」があった。そのような例のいくつかを表 6 の 8~12 に示す。今回の実験では個人差が出るような副操作は取り入れなかったにも関わらず、「切る」「むく」の前に行われる操作は個人差が大きかったため、直前に行われる操作を副操作として対応付けられないものがあった(図 9 参照)。例えば、「ニンジンのへたを落とす」のは、「ニンジンをもむく」前か「ニンジン切る」前か調理者によって順序が変わるので、副操作に含めなかった。今回用いた調理映像では、レシピ操作「ニンジンの皮をむく」には副操作「ニンジンを持つ」のみを対応付けた。これは、「ニンジンを持つ」「ニンジンの皮をむく」という順序での調理を想定したものである。しかし、実験で用いた調理映像では、皮をむく前にへたを落としたので、ニンジンをもまな板に置くために「ニンジンを持つ」「ニンジンのへたを落とす」、ニンジンの皮をむくために「ニンジンを持つ」「ニンジンの皮をむく」という順に実行された。そのため、ニンジンをもまな板に置くときの「持つ」入力時点を直前と推定してしまい、対象操作開始時点と推定時点が離れてしまった。副操作として「ニンジンのへたを落とす」を取り入れられるなら、「ニンジンのへたを落とす」実行時点を直前と推定できるため、推定時点を対象操作「ニンジンの皮をむく」に近づけることができる。それ以上に対象操作開始時点に近づけるには、副操作を増やすだけでなく、二つの「ニンジンを持つ」を区別できるようにしなければならない。そうすることで、実験では、へたを落とした後の「ニンジンを持つ」副操作が「ニンジンの

皮をむく」直前に実行されていたため、推定時点が開始直前となったはずである。そのためには、副操作間に成立する順序関係を見つけ出す必要がある。

調理器具の状態条件の問題点 調理器具の状態条件は全ての調理者が従うものでなければならず、そのため、厳しい条件を設定できなかった。これは特に「ゆでる」操作で顕著に現れた。「ゆでる」操作では、操作開始前の調理器具の状態は、対象となる食材によって変わってくる。今回のレシピでは「ゆでる」の対象となる食材は「トマト」と「ほうれん草」であった。これらの食材はお湯が沸いてからゆで始めるのが正しい方法であるため [8][9]、ゆでるときには鍋に水を入れて火にかけてから食材を鍋に入れるはずである。実際に調理映像でもそのように実行していたため、「ゆでる」の調理器具の状態条件は「鍋に水が入っていて、火にかけている」とした。「ゆでる」の開始は食材を鍋に入れる時点としている。ここで、もし全ての調理者が正しい手順で調理するなら、お湯が沸くまでゆで始めないはずなので、「鍋にお湯が沸いている」という調理器具の状態条件を追加することで推定時点の改善を計れるはずである。しかし全ての調理者が正しい手順で調理することは期待できないため、そのような条件は追加できない。実際今回の調理映像ではお湯が沸く前に食材を鍋に入れていた。

以上より、副操作条件と調理器具の状態条件として全ての調理者が従う条件のみを扱うならば、これ以上厳しくするのは難しいと思われる。しかし、副操作や状態を追加して条件を厳しくするのは提示時点の改善に有効な手段だと考えられるので、調理者すべてでなく個々の調理者に対して条件を設定することで条件を厳しくできないかと考えている。

4.2 実際の調理での動作

提案システムを調理中に動作させ、性能を評価した。被験者は3人で、それぞれにレシピを渡しそれに従って調理を行ってもらった。レシピの記述どおりの順序を強制せず、自由な順序で調理してもらった。レシピは実験用に作成したもので、内容を付録に示す。レシピ操作はレシピから手動で抜き出した。レシピ操作に対応する前操作、副操作条件、調理器具の状態条件を付録に、アドバイスとその対象操作を表7に示す。アドバイスの提示タイミングは全て対象操作開始前とする。同じ内容のアドバイスは、それらのうちもっとも早く条件

が成立したもののみを提示した．条件の判定に必要な調理状況は調理の様子を見ながら手動で与えた．

実際の調理でアドバイスを提示させる場合，操作開始直前の推定の失敗に備える必要がある．そのため，条件を以下の用に変更し，遅くても対象操作開始時点には提示できるようにした．

$$(\text{対象操作開始の調理状況が入力された}) \vee (C_1 \wedge \dots \wedge C_n)$$

表 7: アドバイスと対象操作

	アドバイス内容	対象操作
1	ジャガイモは千切りにしてください	ジャガイモを切る
2	ほうれん草は一度にたくさんゆですぎないでください	ほうれん草をゆでる
3	ほうれん草は3センチメートルに切ります	ほうれん草を切る
4	豚肉は細く切ってください	豚肉を切る
5	材料は豚肉、ジャガイモ、ほうれん草の順にいためます	ジャガイモをいためる
		ほうれん草をいためる
		豚肉をいためる
6	醤油で味付けしながらいためます	ほうれん草をいためる
7	豚肉は塩・胡椒をしながらいためます	豚肉をいためる

評価は調理後のアンケートにより行った．アンケートは2つの選択項目と自由記述からなる．選択項目の内容は付録に示す．アンケートの結果を図10に示す．(b)のアドバイス番号は表7と対応する．

まず(a)では，2人の被験者でアドバイスは調理の邪魔にならなかったという結果を得た．しかし，評価が3の被験者からは，提示時点が適切な場合は邪魔にならないが適切でない場合は邪魔になるという自由回答が得られ，適切な時点で提示ができないと，音声提示の調理の邪魔をせずに提示できるという利点が十分に生かされないことが分かった．

次に(b)について，アドバイス提示時点の評価結果を対象操作「切る」「ゆでる」「いためる」で分けて示す．

切る 「切る」操作へのアドバイスは3つあり(番号1, 3, 4)，概ね適切な時点での提示ができた．

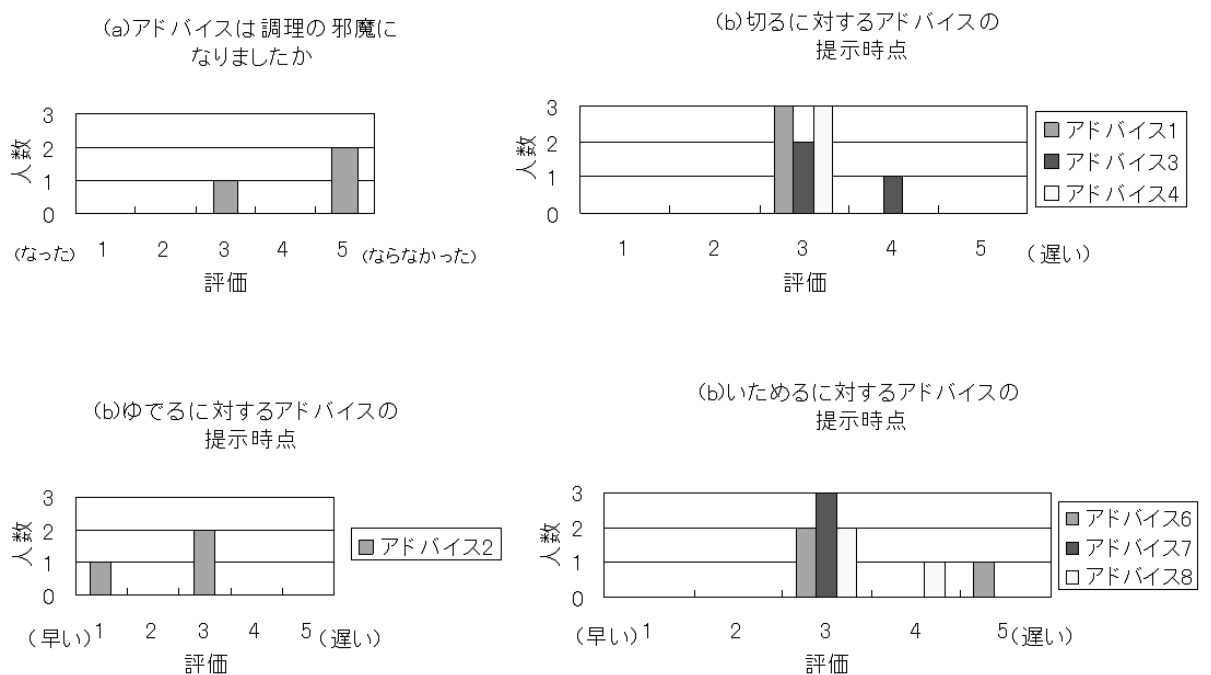


図 10: アンケート結果

ゆでる 「ゆでる」操作へのアドバイスは1つで(番号2),適切な提示ができなかった。この1番の原因は,ほうれん草をゆで始めるのがお湯が湧いてからか,沸く前かが予め分かっていなかったことである。評価が1であった被験者は,鍋に水を入れて火にかけ,ほうれん草を持ち,その後お湯が沸くまでしばらく待ってからほうれん草をゆで始めた。このため,提示時点がほうれん草を持った時点となり,これがお湯が沸く時点と離れすぎたため提示が早すぎる結果となった。以上は前節で述べた個人適応を取り入れることで解決できると考えられる。

いためる 「いためる」操作へのアドバイスは3つあり(番号5,6,7),番号5のアドバイスが遅すぎる場合があった。これは,評価が5であった被験者がはじめにジャガイモをいためようとして,ジャガイモを持った時点で提示されたためである。「順序」のアドバイスには,異なる順序での調理を正す目的がある。しかし,はじめの操作が正しい順序から外れている場合,その操作の直前の提示では遅く,より早い時点で提示する方が親切である。

この解決法として、「順序」のアドバイスは対象操作を「食材 + 操作」でなく「操作」のみとすることが考えられる。つまり、食材への条件である副操作条件を考慮せずに、調理器具がその操作を実行できる状態になったときに提示すればよい。「順序」のアドバイスは他の種類のアドバイスと違い、ほとんどの場合、一つのアドバイスに複数の対象操作が対応するので、「順序」を適切に示すために複数の対象操作の扱いを取り入れることは妥当であると考えられる。しかしこの方法では、例えば一つのフライパンでニンジンとジャガイモをいため、別のフライパンでタマネギと肉をいためるといった、「いためる」操作の連続が複数回起こるレシピでは、どちらの「いためる」操作が行われるかを判断する別の方法が必要となる。

実験から、音声提示を利用するには提示時点が重要であること、また、提示時点が適切であれば調理の邪魔をしないことが確認された。更に、「ゆでる」操作では提示時点を改善する必要があること、「順序」でのアドバイスは対象操作の扱い方に工夫が必要なことが分かった。

第5章 結論

アドバイスを、自由な順序で調理を行うユーザに対し、調理の進行に合わせて適切なタイミングで提示する方法について考察した。対象操作の開始前に提示しなければならないアドバイスは操作開始直前に提示するのが適切であるため、対象操作の開始を事前に推定する必要がある。本稿では、副操作・食材個数・調理器具の状態を取り入れることで、タイミングの改善を図った。このシステムを実現するためには、レシピ操作の開始・終了、副操作の開始、調理器具の状態変化の認識が必要とされる。ただし、副操作は厳密に開始時点を知る必要があるわけではなく、実行中に、副操作が実行されていることが入力されれば良い。

実験では、調理映像と実際の調理の二通りで、提案システムを評価した。調理映像による実験では、レシピのみを用いた場合よりも提示時点が大きく改善され、実際の調理でも概ね適切に提示できた。しかしどちらの実験でも、提示時点が不適切なアドバイスがあり、改善が必要なが示された。

今後の課題には、まず提示時点の改善が挙げられる。そのためには、個人適応と、今回取り入れた以外の調理操作の性質について考察する必要があると考え

ている．次に提示時点の具体的な目標設定が必要である．本稿では対象操作に近いほど良いとしていたが，今後は提示時点が早すぎる場合も考慮しなければならない．更に認識の難易度を考慮に入れた提示システムの構築が求められる．

謝辞

本研究を進めるにあたり，多くの助言と熱心な御指導を賜りました美濃導彦教授に深く感謝致します．また，日頃より熱心に御指導くださいました美濃研究室の角所考准教授に深く感謝致します．最後に，日頃より直接の御指導と本報告書の作成においても数多く助言をいただきました美濃研究室の舩富卓哉助教と認識グループの皆様方および美濃研究室の皆様方にも深く感謝致します．

参考文献

- [1] 山肩洋子, 角所考, 美濃導彦: 食材および調理操作の流れからなる調理行動認識に基づく動的なレシピ認識手法の提案, 京都大学学術情報メディアセンター第2回シンポジウム (2004).
- [2] Nintendo: <http://www.nintendo.co.jp/ds/a4vj/>.
- [3] Ju, W., Hurwitz, R., Judd, T. and Lee, B.: CounterActive: an interactive cookbook for the kitchen counter, *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 269–270 (2001).
- [4] Bradbury, J. S., Shell, J. S. and Knowles, C. B.: Hands on cooking: towards an attentive kitchen, *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 996–997 (2003).
- [5] Hamada, R., Okabe, J., Ide, I., Sakai, S. and Tanaka, H.: Cooking navi: assistant for daily cooking in kitchen, *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*, pp. 371–374 (2005).
- [6] 椎尾 一郎, 浜田 玲子, 美馬 のゆり: Kitchen of the Future : コンピュータ強化キッチンとその応用 (〈特集〉インタラクティブソフトウェア), コンピュータソフトウェア, Vol. 23, No. 4, pp. 36–46 (2006).
- [7] 山肩洋子, 正司哲朗, 角所考, 美濃導彦: アシスタントエージェントとの音声対話による調理コンテンツの自動生成, 信学技報 MVE2005-55, pp. 55–60 (2005).

[8] ほうれん草の恵み: <http://www.ho-rensou.com/knowledge/cooking.html>.

[9] TEPORE: <http://www.tepore.com/cooking/waza/040/index.htm>.

付録：実験条件

A.1 調理映像を用いた実験

A.1.1 レシピ

材料

- ジャガイモ・5~6個
- ニンジン・2本
- タマネギ・2個
- トマト・2個
- ナス・2個
- ほうれん草・1把
- 豚肉・500~600g
- ルウ
- ブイヨン
- (個数は映像ごとに異なるため適宜与えた)
- (豚肉はひと塊を1個とした)

手順

1. 下ごしらえをする
 - (a) ホウレン草はさっとゆで、水にとり、食べやすい大きさに切る
 - (b) ナスは食べやすい大きさに切る
 - (c) ジャガイモ、ニンジン、タマネギは皮をむいて食べやすい大きさに切る
 - (d) 豚肉は食べやすい大きさに切る
 - (e) トマトは湯むきし、4等分する
 - i. お湯をわかす
 - ii. トマトの皮に切れ目を入れる
 - iii. 沸騰したお湯の中に、トマトを数秒間入れる
 - iv. お湯から取り出し、皮をむく
 - v. 4等分に切る
2. 肉、ジャガイモ、ニンジン、タマネギ、ナスを鍋でいためる
3. 水、ブイヨン、トマトを入れ、煮込む
4. ルウを割り入れ、さらに煮込む
5. ホウレン草を加え、軽く煮込む

A.1.2 レシピ操作と条件

表 A.1: レシピ操作と前操作，副操作条件，調理器具の状態条件の対応

レシピ操作	前操作	副操作条件	調理器具の状態条件
ほうれん草 をゆでる	なし	「ほうれん草を持つ」 が実行済み	「水の入った鍋を 火にかけている」
ほうれん草 を水に取る	ほうれん草 をゆでる		「火にかけていない 水の入った鍋をもつ」
ほうれん草 を切る	ほうれん草 を水に取る	「ほうれん草をまな板 に置く」が実行済み	「包丁を持っている」
ナス を切る	なし	「ナスをまな板に置く」 「ナスのへたを落とす」 が実行済み	「包丁を持っている」
ジャガイモ の皮をむく	なし	「ジャガイモを持つ」 が実行済み	「包丁を持っている」 もしくは 「ピーラーを持っている」
ジャガイモ を切る	ジャガイモ の皮をむく	「ジャガイモをまな板 に置く」が実行済み	「包丁を持っている」
ニンジン の皮をむく	なし	「ニンジンを持つ」 が実行済み	「包丁を持っている」 もしくは 「ピーラーを持っている」
ニンジン を切る	ニンジン の皮をむく	「ニンジンをまな板 に置く」が実行済み	「包丁を持っている」
タマネギ の皮をむく	なし	「タマネギを持つ」 「タマネギのへたを落とす」 が実行済み	
タマネギ を切る	タマネギ の皮をむく	「タマネギをまな板に置く」 が実行済み	「包丁を持っている」

豚肉を切る	なし	「豚肉を持つ」 「豚肉をまな板に置く」 が実行済み	「包丁を持っている」
トマトに切れ目を入れる	なし	「トマトを持つ」 が実行済み	「包丁を持っている」
トマトをゆでる	トマトに切れ目を入れる	「トマトを持つ」 が実行済み	「水の入った鍋を火にかけている」
トマトを取り出す	トマトをゆでる		
トマトの皮をむく	トマトを取り出す	「トマトを持つ」 が実行済み	
トマトを切る	トマトの皮をむく	「トマトを持つ」 「トマトをまな板に置く」 が実行済み	「包丁を持っている」
ジャガイモをいためる	ジャガイモを切る	「ジャガイモを持つ」 が実行済み	「水の入っていない鍋を火にかけている」
ニンジン	ニンジン	「ニンジンを持つ」 が実行済み	「水の入っていない鍋を火にかけている」
タマネギをいためる	タマネギを切る	「タマネギを持つ」 が実行済み	「水の入っていない鍋を火にかけている」
ナスをいためる	ナスを切る	「ナスを持つ」 が実行済み	「水の入っていない鍋を火にかけている」
豚肉をいためる	豚肉を切る	「豚肉を持つ」 が実行済み	「水の入っていない鍋を火にかけている」
ブイヨン	なし	「ブイヨンを持つ」 が実行済み	「空でない鍋を火にかけている」

トマト を煮る	トマト を切る	「トマトを持つ」 が実行済み	「空でない鍋を 火にかけている」
ルウ を煮る	なし	「ルウを持つ」 が実行済み	「水の入った鍋を 火にかけている」
ほうれん草 を煮る	なし	「ほうれん草を持つ」 が実行済み	「水の入った鍋を 火にかけている」

A.2 実際の調理を用いた実験

A.2.1 レシピ

材料

- ジャガイモ・2個
- ほうれん草・1把
- 豚肉・1塊

手順

1. ジャガイモの皮をむいて切る
2. ほうれん草は下ゆでして切る
3. 豚肉を切る
4. 切った材料を炒める

A.2.2 レシピ操作と条件

表 A.2: レシピ操作と前操作，副操作条件，調理器具の状態条件の対応

レシピ操作	前操作	副操作条件	調理器具の状態条件
ジャガイモの皮をむく	なし	「ジャガイモを持つ」が実行済み	「包丁を持っている」 もしくは 「ピーラーを持っている」
ジャガイモを切る	ジャガイモの皮をむく	「ジャガイモをまな板に置く」が実行済み	「包丁を持っている」
ほうれん草をゆでる	なし	「ほうれん草を持つ」が実行済み	「水の入った鍋を火にかけている」
ほうれん草を切る	ほうれん草をゆでる	「ほうれん草をまな板に置く」が実行済み	「包丁を持っている」
豚肉を切る	なし	「豚肉を持つ」 「豚肉をまな板に置く」が実行済み	「包丁を持っている」
ジャガイモをいためる	ジャガイモを切る	「ジャガイモを持つ」が実行済み	「水の入っていないフライパンを火にかけている」
ほうれん草をいためる	ほうれん草を切る	「ほうれん草を持つ」が実行済み	「水の入っていないフライパンを火にかけている」
豚肉をいためる	豚肉を切る	「豚肉を持つ」が実行済み	「水の入っていないフライパンを火にかけている」

A.2.3 アンケート

1~5の中で当てはまるものに をつけてください

(a) アドバイスは調理の邪魔になりましたか

邪魔になった 1 2 3 4 5 邪魔にならなかった

(b) それぞれのアドバイスを提示する時点は適切でしたか

1. ジャガイモは千切りにしてください

早い 1 2 3 4 5 遅い

2. ほうれん草は一度にたくさんゆですぎないでください

早い 1 2 3 4 5 遅い

⋮

7. 豚肉は塩・胡椒をしながらいためます

早い 1 2 3 4 5 遅い