

# ドメイン知識を利用したレシピテキストにおける イベント間の時間関係の解析

島崎 聡<sup>1,a)</sup> 飯田 龍<sup>1,b)</sup> 徳永 健伸<sup>1,c)</sup>

概要：本研究では自然言語理解の問題の一つである時間関係解析の問題に対し、解析対象とする文章のドメインを限定することで解析の精度をどの程度向上できるかを調査する。近年、TempEval[2] などの評価型のワークショップにおいて盛んに時間関係の解析が行われているが、対象としている文章が新聞記事のような幅広い話題を扱っているため、解析に必要な知識が膨大となる、もしくは解析のために必要な知識が必ずしも自明ではない問題設定となっている。これに対し、本研究では対象ドメインを限定し、そのドメインに特化した知識を利用する解析手法を考えることで、時間関係解析の精度が向上するかどうかを調査する。ドメイン知識の整備の容易さや対象とする文章の収集の容易さなどを吟味した結果、解析対象をレシピ文章とし、レシピ文章に出現する時間関係をアノテーションした。アノテーションに用いる時間関係は、Allen[3] の定義した時間関係の分類に加え、レシピ文章を扱うために必要な新しい時間関係を導入し、15 種類の時間関係とした。これを用いて文章中の 2 つのイベントを表す表現の間に成立する全ての時間関係をアノテーションした。また、自動解析のために、言語的な手がかりに基づく解析手法に加え、ドメイン知識に基づいた 3 種類の解決手法を提案し、それらを段階的に適用することで時間関係を決定する。提案手法の有効性を調査するために、時間関係をアノテーションしたレシピ文章を対象に評価実験を行い、クローズドテストで 0.90、オープンテストで 0.89 という精度を得た。

## 1. はじめに

文章中に出現するイベント間の時間関係を解析する時間関係解析は、自然言語理解における重要な課題であり、近年盛んに研究が進められている。例えば、時間関係解析では例 (1) の文中に出現している「(太郎が弁当を) 買う」というイベントが「(太郎が学校へ) 行く」というイベントよりも先に起こるという関係を同定する。

(1) 太郎は弁当を 買って から学校に 行く。

時間関係解析の研究は多くの研究者の関心を集めてきた。その典型例である TempEval[2] や TempEval2[5] では、新聞記事などの幅広い話題を含む文章に出現する時間関係を解析する問題を扱っている。時間関係の自動解析のためにはアノテーションされている事例から時間関係を同定するための特徴を捉える必要があるが、人手でアノテーションできる関係の総数は小規模であるため、単純に語彙・統語的な特徴だけでは問題に内在する特徴を捉えることは難し

く、時間関係解析の精度は F 値で約 0.5 程度と応用処理で利用できる水準に至っていない。この現状を打破するためには、時間関係を理解するための言語資源もしくはドメイン知識を適切に導入する必要があるが、新聞記事などの一般的で広い話題を扱う文章を解析対象とする場合、対象文章のドメイン知識の構築が困難、もしくはドメイン資源の構築にどう取り組めばよいか自明ではないという問題が起こる。

このような背景から、本研究では解析対象のドメインを限定した上で、時間関係の解析を試みる。ドメインを限定するうえでさまざまな選択肢が考えられるが、本研究では解析対象となる文章をレシピ文章に限定する。これは、レシピ文章を対象とした場合、文章中で起こり得るイベントが限定的で、かつ記述される内容は基本的に一人の動作主が動作を行っているなど、限定的な状況におけるイベントの集合を対象にすることができるので、ドメインに特化した知識を構築し、その知識の時間関係解析に対する有効性を調査することが可能になるためである。

本稿では、まず 2 節で関連研究を紹介し、3 節で時間関係を分析するために構築したレシピ文章を対象とした時間関係アノテーションコーパスについて述べる。4 節でレシピドメインの知識に基づく時間関係解析手法を提案し、そ

<sup>1</sup> 東京工業大学  
Tokyo Institute of Technology  
a) shimazaki.s.ab@m.titech.ac.jp  
b) ryu-i@cl.cs.titech.ac.jp  
c) take@cl.cs.titech.ac.jp

の手法の有効性を調査するためにおこなった評価実験について 5 節で報告する．最後に 6 節でまとめと今後の課題について議論する．

## 2. 関連研究

時間関係の定義にはさまざまな定義があるが，本研究では Allen [3] が定義した時区間を基礎とした時間関係を利用する．Allen [3] は，2 つのイベント間の関係を時区間の関係として 13 種類に分類している．図 1 に各関係の定義をまとめる．図 1 の X と Y がそれぞれイベントを表し，それらの時間的な隣接関係や包含関係にしたがって関係が分類されている．例えば，例 (2) 中の「(太郎が家を) 出る」を  $e_1$ ，「(太郎が学校に向かって) 歩く」を  $e_2$  とした場合， $e_1$  が起こった直後に  $e_2$  が起こることになるため，この関係は  $e_1$  meets  $e_2$  の関係に分類される．

(2) 太郎は家を 出 $e_1$  て，学校に 向か $e_2$  っ て歩いた．

一方，例 (3) 中の「(太郎が学校に) 向かう」を  $e_1$ ，「(太郎が弁当を) 買う」を  $e_2$  とした場合， $e_1$  を行っている過程で  $e_2$  というイベントが起こるため，この関係は  $e_2$  during  $e_1$  という関係となる．

(3) 太郎は学校に 向かう $e_1$  途中で弁当を 買っ $e_2$  た．

また，表現によっては時間関係が一意に決まらない場合もある．例えば，例 (4) の「(ジャガイモをいちよう切りに) する」を  $e_1$ ，「(人参を乱切りに) する」を  $e_2$ ，「(それらを) 煮る」を  $e_3$  とした場合， $e_1$  と  $e_2$  の 2 つの動作は複数の動作主を想定すると同時に行われる可能性があり，必ずしも 2 つの動作が同じタイミングで完了するとは限らないため， $e_1$  meets  $e_3$  かつ  $e_2$  before  $e_3$ ，もしくは  $e_1$  before  $e_3$  かつ  $e_2$  meets  $e_3$  の二通りの解釈が存在する．

(4) ジャガイモをいちよう切りに し $e_1$ ，人参を乱切りに し $e_2$  て，その後それらを 煮る $e_3$ ．

この場合は曖昧性を許容し， $e_1$  before or meets  $e_3$  かつ  $e_2$  before or meets  $e_3$  のような可能性を考える．レシピ中のイベントを考える場合，このような解釈は頻繁に出現するため，以降もこの曖昧性を許容する時間関係を採用する．

保田ら [6] は現代日本語書き言葉均衡コーパス<sup>\*1</sup>に対して時間的関係のアノテーションを行っている．彼らはイベント表現間の時間関係，文書作成日時とイベント表現間の時間関係を付与している．彼らが採用した時間関係は Allen [3] の定義した 13 種類に加え，あるイベントが他のイベントを包含する部分事象関係とその逆関係，同一事象関係の 3 種類，関係が決定できない場合を表すそれ以外クラスの合計 17 種類である．彼らは時間関係の自動解析は行っていないが，時間関係の種類や文章中の時間関係を表

<sup>\*1</sup> [http://www.ninjal.ac.jp/corpus\\_center/bccwj/](http://www.ninjal.ac.jp/corpus_center/bccwj/)

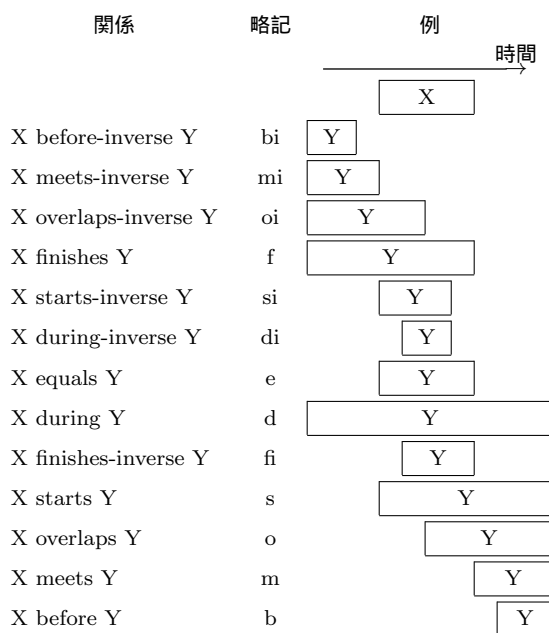


図 1 Allen [3] による時間関係の分類

すために必要となるイベントの分類などについて議論している．

レシピを対象とした時間関係の解析に関する先行研究も存在する．例えば，林ら [4] はイベントの種類とそのイベントを表す表現の後に出現する助詞・助動詞によって表現を 7 種類のクラスに分類し，そのクラスの情報を参照して 2 つの隣接するイベント間の時間関係を決定する手法を提案している．例えば，例 (5) のように「(野菜に火が) 通る」という状態完了相の動詞の後に「(火を) 止める」という完成相を表す動詞が隣接し，かつ，それらに間に接続助詞「たら」が出現している場合には Allen [3] の meets に相当する関係を出力する．

(5) 野菜に火が 通 たら火を 止める

このように言語的な手がかりは時間関係の分類にとって重要であるが，彼女らが行った評価実験では隣接する 2 つの動詞の間の時間関係しか対象にしていなかったため，文章中のすべての関係を網羅的に解析できるわけではない．これに対し，本研究では文章中の任意の 2 つのイベントを表す表現のすべての対を対象とし，言語的な手がかりだけで同定できる時間関係の割合も調査する．

## 3. 人手による時間関係アノテーション

料理レシピのイベント間の時間関係を分析するために，時間関係がアノテーションされたコーパスを構築する．まずレシピ文章を収集するために，レシピが記述された Web サイト AJINOMOTO Park<sup>\*2</sup>からレシピに該当する文章を手で収集した．この際，多様な調理動作や状態が記述された文章を収集するために，サイト中の「メニューから探

<sup>\*2</sup> <http://park.ajinomoto.co.jp/>

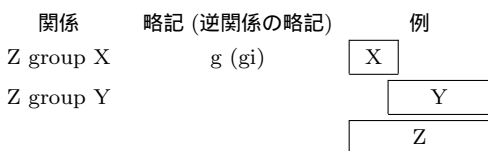


図 2 追加した時間関係: group

す」に記載された 35 種類のレシピカテゴリからそれぞれ 1 レシピずつ選択し、合計 35 記事のレシピ文章を収集した。

まず、各レシピ文章に出現するイベント表現のうち、アノテーションの対象とするイベント表現の選別を行った。例えば、例 (6) の 2 つの「入れる」のように同一のイベントが文章中に複数回出現する場合がある。この場合には最初に出現した表現のみを時間関係のアノテーション対象とした。

(6) 人参を鍋に 入れる。入れた人参が柔らかくなったから、...

次に、アノテーション対象のイベントに対し人手で時間関係をアノテーションする。ただし、例 (7) のような文を考えると「(キュウリを)切る」と「(レタスを)ちぎる」のどちらが先に起こるかが決定できないため、結果としてこれらのイベント集合を包含する「(サラダを)作る」というイベントとの関係を規定できない。

(7) キュウリを 切り、レタスを ちぎって、合わせることでサラダを 作る。

そこで、この関係を表現するために図 2 に示すような時間関係 group を新規に定義した。group はあるイベントが他のいくつかのイベントを包含する事を示し、包含するイベントは包含されるイベント集合のうち最も早く始まるイベントと同時に始まり最も遅く終わるイベントと同時に終わるという時間関係を表す。保田ら [6] も部分事象関係を定義しているが、彼らの部分事象関係は during の関係を持つ 2 つのイベントが包含関係にある事を示すものであり、包含されるイベントのうち最も早く始まるイベントと同時に始まり最も遅く終わるイベントと同時に終わるという関係は含まれていない。時間関係をアノテーションする際は group とその逆関係の 2 種類を Allen の時間関係の 13 種類に追加した 15 種類の関係を用いる。この際、関係が特定できない場合には「関係なし」のラベルを付与する。

この基準にしたがって収集したレシピ文章に出現する 932 のイベントに対して時間関係をアノテーションするが、時間関係は基本的には同じレシピ文章中に出現する任意のイベント間に規定できるため、これらを網羅的にアノテーションするのはコストが大きい。そこで、まず隣接するイベント間の時間関係にのみアノテーションを行い、隣接したイベントに関して時間関係が規定できない場合にだけ、より後方のイベントとの関係をアノテーションするという方針で作業を行った。次に、関係がアノテーションされ

表 1 時間関係の種類と出現頻度

関係の種類	出現頻度 (すべて)	出現頻度 (隣接イベント間)
b	7,236	38
関係無し	4,401	222
b, m	580	222
m	411	234
b, d, m, o, s	254	1
b, d, e, f, fi, m, o, s	82	11
fi	80	41
gi	78	10
si, fi 以外	72	1
e	54	40
その他	170	68
合計	13,418	888

ていないイベント間の関係については、時間関係の推移律を使って時間関係を付与する。例えば、X before Y と Y meets Z がアノテーションされている場合、X before Z が推論できる。このように、時間関係に関する推論規則をあらかじめ記述しておき、これを適用することによって網羅的に時間関係を付与する。推論規則適用後に、関係が付与されていない箇所について再度確認を行い、アノテーションを終了する。

この作業の結果アノテーションされた時間関係の種類は 35 種類であり、関係の総数は 13,418 となった。各関係の頻度を表 1 にまとめる。「関係の種類」において、カンマは選言を表す。例えば、b, m は before または meets の関係を表す。「出現頻度 (すべて)」は時間関係のアノテーションにおいて各関係が出現した回数を表しており、「出現頻度 (隣接イベント間)」はアノテーションされた時間関係のうち、隣接するイベントの間の時間関係の出現回数を表している。ただし、単純に隣接関係を利用すると、例 (8) と例 (9) のように食材を修飾するイベントが出現する場合とそれ以外の場合で異なる事例とみなされ、類似する特徴が捉えにくい。このため、食材を表す名詞句の連体修飾の要素は削除した上で、隣接関係を数えた。表 1 からわかるように、アノテーションされた時間関係のうち最も多い関係は before であり、全体の 54% (7,236/13,418) を占めている。一方、隣接するイベント間では meets の関係が最も多く出現しており、全体の 26% (234/888) を占める。5 節ではこの出現頻度に基づいてベースラインモデルを設計する。

(8) キュウリを 切り、ちぎったレタスを 混ぜる。

(9) キュウリを 切り、レタスを 混ぜる。

#### 4. ドメイン知識を利用した時間関係解析

3 節で作成した時間関係アノテーション済みのコーパスを人手で分析し、どのような手がかりをもとに解析すれば

表 2 時間関係パターンと出現頻度

種類	ID	出現頻度	関係パターンの種類	具体例
1. 言語的な特徴	1	33		しんなりする <sub>e1</sub> まで玉ねぎを 炒める <sub>e2</sub>
	2	14		かき混ぜ <sub>e1</sub> ながら, 片栗粉を 入れる <sub>e2</sub>
	3	10		煮込 <sub>e1</sub> ている間に, 肉を 切る <sub>e2</sub>
2. 食材の共有	4	64		油を 熱し <sub>e1</sub> て, 野菜を 揚げる <sub>e2</sub>
	5	20		鍋を火に かけ <sub>e1</sub> , 沸騰し <sub>e2</sub> た湯に...
	6	494		人参を 切 <sub>e1</sub> て, 炒める <sub>e2</sub>
3. 加熱に関連	7	65		野菜を 炒め <sub>e1</sub> , 水を 入れて <sub>e2</sub> 煮込む <sub>e3</sub>
	8	7		野菜を 炒め <sub>e1</sub> , 肉を 入れて <sub>e2</sub> さらに 炒める <sub>e3</sub>
	9	28		野菜を 炒め <sub>e2</sub> , 色が 変わ <sub>e1</sub> たら水を 入れて <sub>e3</sub> 煮込む <sub>e4</sub>
	10	15		野菜を 炒め <sub>e2</sub> , 色が 変わ <sub>e1</sub> たら肉を 入れて <sub>e3</sub> さらに 炒める <sub>e4</sub>
4. グループ関係	11	6		水を 温め <sub>e1</sub> 味付けし <sub>e2</sub> て, すまし汁を作る <sub>e3</sub>
	12	12		キュウリを 切り <sub>e1</sub> レタスを ちぎ <sub>e2</sub> て, 混ぜて <sub>e3</sub> サラダを作る <sub>e4</sub>

良いかを検討したところ, 表 2 に示す 4 種類の手がかりをもとに解析することで時間関係が決定できることがわかった. このうち 3 種類がレシピドメインに依存した解析である. 以降で, それぞれの手がかりに基づく解析について説明する.

#### 4.1 イベントの意味的な分類

各解析手法の説明の前に, それぞれの処理で利用する共通の知識の構築について説明する. レシピ文章を対象とした時間関係の分析の結果, 文章中に出現するイベントの意味的な分類ごとに異なる時間関係となるため, イベントを表す表現の意味的な分類を行った. この結果, コーパス中に出現するイベント表現を【加熱】,【状態変化】,【混合】,【独立】,【作用】の 5 つにイベント表現を分類した. それぞれの出現頻度を表 3 にまとめる. 以降では必要に応じてこれらの分類を利用して時間関係の解析を行う.

#### 4.2 解析 1: 言語的な知識に基づく時間関係解析

林ら [4] の先行研究で述べられているように, 一部の時間

関係は接続助詞「から」や「まで」などの手がかり表現に基づいて解析可能である. 解析 1 では隣接する節間に接続助詞の「まで」や「ながら」などが出現している場合に, それぞれの接続助詞に応じた時間関係を決定する. 例えば, 例 (10) が入力として与えられた場合,  $e_0$  の「しんなりする」と  $e_1$  の「炒める」の間で, 「炒めている途中でしんなりする状態になり, その状態になることで炒める動作が完了する」と解釈できるため,  $e_1$  finishes  $e_0$  の関係が成り立つ.

(10) 玉ねぎを しんなりする<sub>e0</sub> まで 炒める<sub>e1</sub>.

同様に, 例 (11) を入力として考えた場合, 接続助詞の「たら」や「ながら」を考慮することで,  $e_1$  finishes  $e_2$ ,  $e_2$  meets  $e_1$ ,  $e_2$  equal  $e_3$  の 3 つの時間関係を決定することができる.

(11) 玉ねぎを 炒め<sub>e0</sub>, しんなりし<sub>e1</sub> たら, レタスを ちぎり<sub>e2</sub> ながら 加える<sub>e3</sub>.

手がかりとなる接続助詞と推定される時間関係の関係を表 4 にまとめる. ただし, この規則が適用されるためには 2 つのイベントが動作主による行為である必要がある. このため, 4.1 で定義したイベントの分類のうち, 【状態変

表 3 イベント分類

分類名	イベントの説明	例	出現頻度 (延べ)	出現頻度 (異なり)
【加熱】	熱を加える	炒める, 茹でる	179	27
【状態変化】	食材の状態が変化	色が変わる	69	32
【混合】	何かに食材を加える	加える, かける	277	19
【独立】	食材を使用しない	蓋をする, 弱火にする	28	7
【作用】	食材に対する処理	切る, 剥く	379	133

表 4 言語的な手がかりからわかる時間関係

手がかり表現	得られる関係
X...Y+たら...Z	Y finishes X ; X meets Z
X+まで...Y	Y finishes X
X+ている...Y	Y during X
X+ながら...Y	Y equals X

化】に該当しないイベント間の関係に関して規則を適用する。また、動詞「作る」で表されるイベントは 4.5 で説明する group 関係の推定のための特別な行為であるため、イベントが「作る」という表現で表されている場合も解析から除外する\*3。

#### 4.3 解析 2: 動作対象の同一性に基づく解析

レシピの記述において複数の動作が同一の食材を対象とする場合、それらの動作に対応するイベント間には before もしくは meets の関係が成り立つ。この際、「柔らかくなる」などの【状態変化】は食材自身の変化を表し、動作主による動作を表さないため、イベント組の一方が【状態変化】である場合はその次に近いイベントとの関係を考える。このため、この規則を 4.1 で導入した【加熱】と【その他】のイベントに限定して適用することとする。例えば、例 (12) に出現するイベントを表す表現のうち、「柔らかくなる」は状態変化であるため除外し、それ以外の  $e_0$  の「剥く」、 $e_1$  の「いちよう切りにする」、 $e_3$  の「炒める」が同一の食材である「ジャガイモ」を対象としていることを解析することにより、 $e_0$  before  $e_1$  もしくは  $e_0$  meets  $e_1$ 、 $e_1$  before  $e_3$  もしくは  $e_1$  meets  $e_3$  という時間関係を決定する。

(12) ジャガイモの皮を剥き $e_0$ 、いちよう切りにし $e_1$ て、  
柔らかくなる $e_2$  まで炒める $e_3$ 。

#### 4.4 解析 3: 加熱動作に関連する解析

食材に対して調理を行う動作として 4.1 の【加熱】に分類される動詞はレシピ文章中に頻繁に出現する。この【加熱】イベントは食材 (の集合) に対して継続的に処理を行うため、同一文中に同じ表現をともなって出現する場合がある。例えば、例 (13) では同一文内に「炒める」が 2 回出現するが、その間に出現する【状態変化】以外のイベントに対して、助動詞「たら」を介して、 $e_1$  during  $e_0$ 、 $e_2$

\*3 以降の解析 2 と解析 3 でも同様に処理から除外する。

finishes  $e_0$ 、 $e_0$  meets  $e_3$  のような関係が成り立つ。

(13) ジャガイモを炒め $e_0$ 、柔らかくなつて $e_1$ たら、人参を  
入れ $e_2$ てさらに炒める $e_3$ 。

同様に、例 (14) のような 2 つの【加熱】イベントの表記が異なる場合に関しても、 $e_0$  finishes  $e_1$ 、 $e_1$  meets  $e_2$ 、 $e_2$  meets  $e_3$  という関係が成り立つ。

(14) しんなりする $e_0$  まで玉ねぎを炒め $e_1$ 、水を入れ $e_2$   
て煮込む $e_3$ 。

これらの規則の適用条件とその結果得られる時間関係との関係を表 5 にまとめる。

#### 4.5 解析 4: group 関係の解析

4.2 で述べたように、イベントを表す動詞が「作る」の場合、典型的にはその表現の前に出現した行為を統括するイベントが記述される。例えば、例 (15) では「(サラダを)作る ( $e_3$ )」というイベントが、その前に出現している「入れる ( $e_0$ )」、「ちぎる ( $e_1$ )」、「入れる ( $e_2$ )」を包含するイベントとみなすことができる。この際、この「作る」に関するイベントの起点と終点を表すイベントがわかる場合は、それらに関して starts と finishes を決定すれば良いが、3 節にも示したように、それが決定できない場合は、部分イベントと「作る」に関するイベントの間の時間関係を group に決定する。例 (15) の場合は、「ボウルにキュウリを入れる」と「レタスをちぎりながら (ボールに) 入れる」の間に順序関係が規定できないため、時間関係を  $e_3$  group  $e_0$ 、 $e_3$  group  $e_1$ 、 $e_3$  group  $e_2$  のように決定する。

(15) ボウルにキュウリを入れ $e_0$ 、レタスをちぎり $e_1$ な  
がら入れ $e_2$ て、サラダを作る $e_3$ 。

#### 4.6 個別の解析手法の統合

4.2 ~ 4.5 で導入した 4 種類の解析手法はそれぞれ適用できる事例が排他的ではないため、適用する順序で解析結果が異なることになる。このため、本手法では経験的に適用する順序を解析 3、解析 1、解析 2、解析 4 の順と決め、すべての解析手法を適用した後に、推移律からわかる時間関係を補完するという手順で時間関係を決定する。

表 5 解析 3 の規則

条件		得られる関係	
2 つの【加熱】イベント $e_i$ と $e_j$ を表す動詞の見出し語が同じ	$e_i$ と $e_j$ の間に【混合】または【独立】のイベント $e_k$ が存在	$e_k$ の動詞が「～たら」「～まで」ともならない	$e_k$ finishes $e_i$ , $e_i$ meets $e_j$
		$e_k$ の動詞に「～たら」「～まで」が後接	$e_l$ during $e_i$ , $e_l$ meets $e_k$ , $e_k$ finishes $e_i$ , $e_i$ meets $e_j$
2 つの【加熱】イベント $e_i$ と $e_j$ を表す動詞の見出し語が異なる		$e_k$ の動詞が「～たら」「～まで」ともならない	$e_k$ meets $e_j$ , $e_k$ meets $e_j$
		$e_k$ の動詞に「～たら」「～まで」が後接	$e_l$ finishes $e_i$ , $e_k$ meets $e_j$ , $e_k$ meets $e_j$

表 6 オープンテスト用の事例中の時間関係の出現回数

関係の種類	出現回数
b	1,684
関係無し	1,034
b, m	203
m	133
b, d, m, o, s	50
e	40
b, d, e, f, fi, m, o, s	37
si, fi 以外	33
di	21
fi	13
その他	51
全関係の数	3,299

## 5. 評価実験

4 節で提案したドメイン知識を利用した時間関係解析の手法の有効性を評価するために評価実験を行った。まず、クローズドテストとして 3 節で収集した 35 のレシピ文章を対象に時間関係の解析を行う。次に、提案する手法の一般性を調査するために、35 記事以外のレシピ文章を AJINOMOTO Park に掲載されている 35 種類のカテゴリのうち「おかず」カテゴリに相当する 10 種類から 1 記事ずつ収集して、3 節に示した基準で時間関係のアノテーションを行った。このデータを利用してオープンテストを行う。新規に収集した事例にアノテーションした結果を表 6 に示す。

評価の際は任意の 2 つのイベントを表す表現の間にアノテーションされた時間関係をどの程度正しく推定できたかという精度で評価を行う。この際、2 つのイベントはレシピに掲載された順序で抽出し、逆順序は考えないこととする<sup>\*4</sup>。また、評価の際は厳密に関係が決定できなければ正解としないこととする。つまり、2 つのイベント間に before or meets (b, m) の関係がアノテーションされている状態で、before のみを決定できたとしても、それは解析

<sup>\*4</sup> 本研究で採用した時間関係の定義では  $e_i$  と  $e_j$  ( $i < j$ ) に関して時間関係が一意に決まる場合、その逆の関係も一意に決まるため、逆順序を評価対象に加えても結果は変わらない。

誤りとみなした。

提案手法の各解析手法を適用するためには、イベント間で同じ食材を動作の対象としているか、またレシピ文章中のどの表現が解析対象となるイベントを表す表現なのかを自動的に解析する必要があるが、本研究では時間関係の解析にのみ着目するため、それらの情報は事前に与えた上で評価を行った。

### 5.1 ベースライン手法

提案手法の比較対象として、アノテーションした関係の頻度に基づいてベースラインの手法を設計した。3 節に示したように、隣接する 2 つのイベント間で最も頻出する関係は meets であり、全体の関係で最も頻出する関係は before であるため、任意のレシピ文章が与えられた場合、そのレシピ文章に出現するイベントのうち、レシピに記述された順序で隣接する場合に meets、それ以外の任意のイベント間の関係を before として出力する手法をベースラインの手法として比較を行う。ただし、表 1 の隣接関係の集計の場合と同様に、食料を修飾する連体修飾部分は削除した後で隣接するイベントを meets の関係として解析した。

### 5.2 実験結果

評価にはベースラインの手法と提案手法の結果に加え、提案手法の各解析手法それぞれを適用した場合の結果、提案手法の各解析手法を途中まで適用した結果を比較することで、レシピ文章における各解析手法の有効性を調査した。この際、解析手法を適用する事で関係が同定できないものうち推移律を適用することで関係を同定できる場合にはその結果を評価に利用する。

各手法のクローズドテストとオープンテストの結果を表 7 にまとめる。表 7 より、まずベースライン手法を適用することで約 5 割の時間関係が解析できていることがわかる。また、個別の解析処理を適用した場合、解析 1、解析 3、解析 4 はベースラインの結果を下回るが、解析 2、つまり 2 つのイベントが同一の食材を動作の対象としている手がかりに基づく解析を用いた場合、クローズドテストとオープンテストともに 7 割を越える関係について解析でき

表 7 時間関係解析の実験結果

	精度 (クローズド)	精度 (オープン)
ベースライン	0.54	0.53
解析 1	0.34	0.32
解析 2	0.77	0.74
解析 3	0.39	0.40
解析 4	0.33	0.31
解析 3→1	0.40	0.41
解析 3→1→2	0.89	<b>0.89</b>
解析 3→1→2→4	<b>0.90</b>	<b>0.89</b>

ていることがわかる。さらに、4 節のすべての解析手法を適用した結果ではクローズドテスト、オープンテストともに約 9 割の精度を得ている。オープンテストにおいてもほとんど精度の低下が見られないため、提案する手法が未知のデータに対しても有効であることがわかる。

## 6. おわりに

本研究では時間関係解析にドメインに依存した知識がどのように影響するかを調査するために、レシピ文章を例に調理に関する知識が時間関係解析に与える影響を調査した。既存研究で利用されている言語的な手がかりに基づく時間関係解析に加え、材料の共有に関する解析、加熱イベントに関連する解析、新規に導入した group 関係のための解析を追加し、4 種類の解析手法を段階的に適用し、その後推移律に基づいて推論可能な関係を補完するという手法を提案した。この結果、最頻出の時間関係に基づくベースライン手法の精度が 0.5 程度であったのに対し、提案手法ではクローズドテストで 0.90、オープンテストで 0.89 という精度を得た。オープンテストでもほとんど精度が低下していないことから、提案手法が頑健に適用可能であることがわかる。

本研究では、イベントを表す表現の抽出や材料の共有などの情報を人手で与えた上で提案手法の評価を行った。実際には、これらの情報を自動的に得るためにはゼロ照応の解析など容易ではない問題を解決しなければならない。このため、今後の課題として、人手で与えているこれらの情報を自動解析によって得た場合、精度がどのように変化するかについて調査を行う必要がある。また、本研究ではレシピ文章を対象としたが、他のドメインの文章、例えば、製品の操作手順を説明するマニュアルなどの文章に関して同様にドメイン知識とそれに基づく時間関係解析が実現可能か、もし実現可能であるなら、ドメイン知識の構築に関してドメイン横断的に共有できる知見は存在するのかなどという点についても調査を行う必要がある。

## 参考文献

[1] J. Pustejovsky, P. Hanks, R. Sauri, A. See, R. Gaizauskas,

A. Setzer, D. Radev, B. Sundheim, D. Day, L. Ferro, and M. Lazo: The TIMEBANK corpus, In *Proceedings of Corpus Linguistics 2003*, 2003.  
 [2] M. Verhagen, R. Gaizauskas, F. Schilder, M. Hepple, J. Moszkowicz, and J. Pustejovsky: Semeval-2007 task 15: TempEval Temporal relation identification, In *Proceedings of the 4th International Workshop on SemEval-2007*, pp. 75–80, 2007.  
 [3] J. F. Allen: Maintaining knowledge about temporal intervals, *Communications of the ACM*, 26(11), pp. 832–843, 1983.  
 [4] 林 絵梨, 吉岡 卓, 東条 敏: 時間的關係構造の自動生成, *自然言語処理*, 10(2), pp. 3–17, 2003.  
 [5] M. Verhagen, R. Saur, T. Caselli, and J. Pustejovsky: Semeval-2010 task 13: Tempeval-2, In *Proceedings of the 5th International Workshop on Semantic Evaluation, SemEval' 10*, pp. 57–62, 2010.  
 [6] 保田 祥, 小西 光, 浅原 正幸, 今田 水穂, 前川 喜久雄: 『現代日本語書き言葉均衡コーパス』に対する時間表現・事象表現間の時間的順序関係アノテーション, 第 3 回コーパス・日本語学ワークショップ予稿集, pp. 373–382, 2013.