

## 省略を含む因果関係の理解過程について

## How to understand causal relationship in the sentences that contain information gaps

良峯 徳和

Norikazu, Yoshimine

多摩大学グローバルスタディーズ学部

University of Tama, Department of Global Studies

Recently attempts of automatic detection and extraction of causal relations from open domain texts or corpuses have become popular among the natural language processing research community. In some example sentences, readers cannot understand causal relationships even though the texts contain explicit linguistic patterns of cause-effect relationships. In some other example sentences, readers can recognize the causal relationships even where only indirect relationships are indicated but direct relationships are abbreviated or omitted. In order to clarify the condition of understanding causal relationships in texts, the author analyzed the reader's cognitive and logical processes of apprehending such sentences. The author also carried out the implementation experiment where the system tries to retrieve the implicated causal relationships in the texts based on this analysis.

## 1. はじめに: テキストマイニング技術と因果関係

近年になって、インターネット上にテキストデータが大量に蓄積されると同時に、各種文書の電子化が急速に進む中、それらの電子テキストやコーパスを使って大量のデータから、出来事や事象間の因果関係を自動的に抽出、分類し、データベース化もしくはネットワーク構築を行なう試みが、数多く行なわれるようになってきた。そうした試みの多くは、自然文の中から、例えば日本語の場合には、「～たら」「～れば」「～ため」「～ので」などの接続詞、英語の場合には、“As a result”, “because”, “in effect”, “lead to”, “bring about”, “make”などの動詞、動詞句といった手掛かり(接続)標識を含む文を抜き出し、さらにそこから原因→結果という関係にある事例を大規模に収集しようとしている[Girju & Roxana 03, Mulkar-Mehta et al. 11, Cole et al. 06, 青野・太田 09, 乾・乾・松本 04, 佐藤・堀田 06]。同意語、反意語、類似語、上位一下位語のような語彙間の関係については、シリーラスのような辞書やデータベースがある程度充実しているが、それ以外の物事の関係については、まとまったデータベースやリファレンスの類は作成されていないため、注目に値する。

一方で、テキストを読んで理解するプロセスに関するさまざまな心理学実験により、読み手は読みのプロセスにおいて、ものごと間の関係性、とりわけ、因果的關係に対して敏感かつ俊敏な反応を示すこと、因果関係によって結びつけられたものごとに対しては、記憶や想起がよく強く働き、心的表象の組織化も優先的に行なわれることなどが、報告されている[O'Brien & Myers 87, Trabasso & Van den Broek 85, Van den Broek 90, Van den Broek & Lorch 93]。このことは、人間の理解プロセスにおいて、因果関係とその検知が重要な契機になっていることを示唆する。その意味で、近年の自然言語処理研究における因果関係知識の獲得とデータベース化の試みは、人間の理解プロセスの解明とそれに基づく知的理解システムの構築という目標にとって重要な一歩だと思われる。

しかしながら、先にあげたような、大量のテキストから、さまざま

な手掛り標識を使って、因果関係を抽出しようとする方法論に、問題点がないわけではない。例えば「勉強したら、おやつを食べてもよい」や“I wish you marry me because I love you”のような文を取り上げる。これらの文は「～たら」や「because」などの因果関係の接続標識を含んでいるが、実際には因果関係を示すというよりは、仮想的条件を示す接続詞として、あるいはたんに見かけ上の理由や口実を与えるために、用いられているにすぎない。因果関係の標識とされる語にも、意味上の多義性、曖昧性が伴っており、そうした標識語が含まれているとしても、それがすぐに因果関係を示す事例とはいえないことに注意してはならない。こうした標識語が持つ意味の曖昧性によって誤解釈が生じる可能性を排除するため、語義曖昧性解消(word sense disambiguation)の技術を向上させ、適用する必要がある。

上記のケースとは別に、前提条件と結果とのあいだに省略が行われているため、そのままの形では因果関係としては認識しにくいケースも存在する。本論では、そうしたタイプの文に焦点をあて、そこに含まれる因果関係がどのような認知プロセスを経て理解へともたらされるのかを検討する。加えて、それらのプロセスを計算機上でシミュレーションしてみた結果を報告する。

## 2. 語用論的視点から見た因果関係の記述

## 2.1 人は文内の論理的飛躍にどのように対処するか

文の意味を理解するという行為には、複雑な認知プロセスが含まれることはいうまでもない。例えば、以下の文を理解する際の認知プロセスを考えてみよう。

- (1) I wanted to unlock the door quickly, because I could hear the telephone ringing. The key, however, was buried deeply in the trolley.

(電話が鳴るのが聞こえたので、急いでドアの鍵を開けようと思った。しかし、その鍵は買物カートの中に深く埋もれてしまっていた。) [Schwartz-Friesel 07]

この文を理解するためには、一般的な照応解析では捉えることが難しい異なる概念間の意味関係を見つけ出す必要がある(電話の呼び出し音とドアの鍵がどのような関係にあるのか、鍵が買物カートの中に埋もれていることと電話とはどんな関係にあるのか、など。)しかし、普通の(言語能力と常識を備えた)人な

らば、この文章を理解することに困難なく、おおよそ次のようにパラフレーズするだろう。

- (2) ちょうど買い物から帰ってきてみると、家の中から電話の呼び出し音が聞こえてくる。電話に出るため、急いで家の中に入りたが、鍵がかかっている。鍵を取り出そうとしたが、見あたらない。探してみると、鍵は買い物カートに積み込まれた品物の奥深くに埋まってしまっているのが見えた。(これでは鍵を取り出すのに時間がかかりすぎて、電話の応答に間に合わないだろう。困った。)

元の文章はたった2文からなる単純で短い記述であったが、その解釈は詳細にわたり、元文よりもはるかに長くなっている。読み手は、先の文章に含まれていた省略部分を、自らの常識的知識と推測を使って補完し、得られた情報を元の文の内容と整合させて、理解内容を再構成しているからである。

このような情報補完作業は、通常、すばやく行なわれ、ほとんど自覚されることはない。筆者は物語などの文章を、コンピュータ上で自動的に解析、適宜、情報補完して、普通の人間が受けとる意味内容へと再構成し、さらには読み手の気持ちを推し計れるようなシステムの開発を目指している。このようなシステムを開発する方法のひとつは、実際の人間が行なっている文理解の認知プロセスを解析し、そのエッセンスを模倣(シミュレーション)することである。そのためには、文理解において受け手は常識や経験として蓄積されたデータベースから、何をキーとして情報を引き出し、いかに加工して、情報補完しているかを明らかにする必要がある。

一般に理解すべき発話文が複数の文章からなる場合、受け手はそれぞれの文を独立した命題の連なりとして扱うわけではない。受け手は与えられた文を、無駄のない、首尾一貫してまとまりをもった全体として理解しようとする。一般に無駄のない首尾一貫した文というのは、Griceの提唱した会話における協調の原理(Co-operative principle)および四つの格率(maxim) [Grice (1989)]を遵守していると想定される。これは同時に、文の受け手がその文に対して特別な先入見を抱くことなく、語られた言葉を素直に受け取ろうとするデフォルトの理解戦略も表現している。この想定にしたがって文を解釈し、それが現場の状況と適合していれば、発話者は協調的に話してくれたのであり、その言葉はそのまま素直に解釈してよい。(これとは逆のケースとしては、皮肉やなぞかけなどが挙げられる。)

読み手は、一般に何の先入見も持たず、ある文を読んで理解しようとする際、ターゲットとなる理解内容に無関係な要素や、理解を妨げたり、状況に矛盾する要素は含まれていないと前提して、読み進めようとする。いいかえれば、この文に含まれる要素間には結束性が見つかるはずであり、これを利用すれば、状況に関する首尾一貫した理解や説明が得られるという楽観的な期待をもって、とりあえずは解釈しようとするのである。

例文(1)でいえば、"because"で連結された前後の文内容、すなわち、"I wanted unlock the door"と"I could hear the telephone ringing"が、"because"で連結されるべき関係にあるということ、そして次の文に出てくる"the key"が、この前後に述べられている内容と密接に関連している("the"の存在によって、直接・間接的に指示関係を持つ)はずだという前提に基づき、解釈や推論が進められていく。まず"the key"が手前の"unlock the door"と意味的に連携していることが、受け手の語彙に関する知識ベースから引き出される。これは一般的な定冠詞を伴った名詞句に対する橋渡し推論のアルゴリズムに基づいて導出可能となるだろう。[Clark 77, Matsui 00, 良峯 08]

さらに、この文の解釈に十分な結束性をもたらすためには、"because"という接続詞で結びつけられた2つの文節の意味関係を正しく把握する必要がある。"because"は、述べられた出来事や事実に対して、その理由や原因を付加するために使用される接続詞である。"A because B"と述べられた場合、受け手は当然ながら、"A is caused by B", すなわち「Aという出来事は、Bという理由または原因で生じた、または引き起こされた」とする理解が求められているものと受け取る。この文が協調の原理に則って発話されていれば、当然、そのような解釈がとられることになる。しかし場合によって、この解釈戦略は裏切られたり、失敗することもある。

## 2.2 「風が吹けば、桶屋が儲かる」文から分かること

例えば「風が吹けば、桶屋が儲かる」という古い日本のことわざがある。このことわざは、出来事が一見まったく関係が無いと思われる物事にも影響を及ぼす可能性があることを示す喩えとして、あるいは可能性の低い因果関係を無理矢理つなげて出来たこじつけの理論や言いぐさを意味する言葉として、よく使われている。この文を、素直に受けとる場合には、ある出来事とその結果を接続詞「ば」を使って結合し、因果関係とした文、すなわち、「B(桶屋が儲かる) is caused by A(風が吹く)」を表現した文として解釈しなければならない。

しかしながら、たとえその文が伝えたい意図の意味として「風が吹くという気象条件のもとでは、桶屋という商売が繁盛する」が伝達されても、受け手は、それが何故そうなるのか、両者の間にどんな因果関係があるのかが分からず、十分な共感を得られない。その結果、この文は、そもそも協調の原理に反して発せられていたことが判明する。それにより、受け手は最初の楽観的な解釈戦略を変更し、別の態度、すなわち、先の文を一種の謎解きの文と受けとめて、対処しなくてはならなくなる。ようするに、この文は、最初から簡単には解くことができないようにできており、自力で解くことを諦めたあとで、話し手から解答を聞いて、「へえー」と感心するところに、その面白みがあったのである。

1. 大風で土ぼこりが立つ(A→B)
2. 土ぼこりが目に入って、盲人が増える(B→C)
3. 盲人は三味線を買う(C→D)
4. 三味線に使う猫皮が必要になり、ネコが殺される(D→E)
5. ネコが減ればネズミが増える→ネズミは桶を齧る(E→F)
6. 桶の需要が増え桶屋が儲かる(F→G)

図1: 「風が吹けば、桶屋が儲かる」の因果関係  
Wikipedia, 「風が吹けば、桶屋がもうかる」に基づく。

こうした例から、発話された文が、たとえ構文上、因果関係を記述している文のように見えても、必ずしも受け手がそこに示唆された因果関係を理解できるわけではないことが明らかになる。

もしこの文章が強調の原理に即した受け手にやさしい文章であったとすれば、「A(風が吹く)ならば B, Bならば C, Cならば D, Dならば E, …, ゆえに、Fならば G(桶屋が儲かる)」のように、記述されたはずである。その際、A→B, B→Cなどの個々の因果関係は、常識的にすぐ理解できる記述でなければならぬ。言い換えれば、標準的な読み手の知識にほぼ間違いなく、含まれているような知識片から成り立ってはいなくてはならない。

しかしながら、「風が吹けば、桶屋が儲かる」文では、その途中の推論プロセスがまるごと省略されており、いきなり A ならば G という形式で書かれている。A という原因から生じる結果 B のパターンは多種多様に考えつくことができ、さらに個々の B のパターンからさらに多種多様な C のパターンというように、G に

至るまで、その組み合わせは天文学的な数に昇るだろう。結局、この文はそうした可能性の中から最終的に G を結果するような組み合わせを見つけよという困難な問題だったことになる。

常識を備え、洒落が分かる読み手であれば、この種の文章が一般的な記述文でなく、謎解き文であることを、すぐに看破できるだろう。たとえ因果関係を示す手掛り標識である「～ば」を含み、受け手によってこの文がものごとの因果関係を示す文と認識されたとしても、そのような文から抽出される因果関係(この場合は「風が吹く」ことと「桶屋が儲かる」ことの間の因果関係)を、一般的な因果関係のリストに加えることは適切といえない。両者の因果関係は一般的な人間の常識的な因果関係の知識ベースにあらかじめ収録されておらず、また常識的に知られた因果関係のリストを組み合わせ導き出すことも困難だからである。

したがって、因果関係を示す文章としてふさわしいものとは、普通の人間が生活経験の中で自然に獲得すると想定される因果関係のリストであり、特定の専門領域に関して言えば、その分野を学んだものであれば、当然習得しているような因果関係のリストのようなものであるべきだろう。

### 3. 省略された因果関係の前提条件の推定

ここで再び最初の例文(1)に戻って、発話文における因果関係の扱いについて考察してみたい。この例文の前半部分は、一見したところ、接続詞“because”で結合された因果関係を表現している。すなわち、「電話の呼び出し音を聞いた」という理由から、「ドアの鍵を早く開けたい」という欲求が結果として生じたとしている。とはいえ、電話の呼び出し音が聞こえたからといって、いつも、ドアの鍵を早く開けたくなるわけではない。

実際には、A:「電話の呼び出し音が聞こえた」という事実に加え、何らかの前提となる状況があって、はじめて結果としての C:「ドアの鍵を早く開けたい」という欲求が生じたはずなのだが、その部分が省略されてしまっている。結論からいうと、A:「電話の呼び出し音が聞こえた」に加え、状況 S:「電話の呼び出し音はドアの向こう側から聞こえてくる」があって、ようやく C1:「ドアの鍵を早く開けたい」、さらには、C2「ドアの向こう側に行って電話に出たい」という当事者の欲求が喚起されることになる。この因果関係を成立させている前提条件 S が、読み手に認知されない限り、A と C がなぜ因果関係にあたるのか、ドアの鍵がなぜそれほど必要とされるのかは理解されないことになる。

明示されていない前提条件を、与えられた条件と結果から逆方向に推定する推論方法は、一般に「アブダクション(abduction)」と呼ばれる。この推論は、演繹や帰納として知られる論理的な推論プロセスと異なり、定式化が困難で、どちらかといえば、ヒューリスティクス(発見法)や経験に基づくデフォルト推論と類似した側面を持っている。こうしたアブダクティブな推論法は、あまり自覚されることはないが、日常的な思考から科学的思考に至るまであまねく介在し、生きるために有効不可欠な思考方法となっている。それゆえ、そうしたアブダクティブな推論を素早くかつ円滑に行うための推論パターン(フレーム、テンプレート)のようなものが、経験を通じて学ばれ、各人の知識ベースの中に豊富に蓄積されているものと推定される。日常的な推論パターンについては、ほとんどの人間が共通して保持しているものと考えられるため、会話の中で逐一明示せずとも、つまり省略があっても、聞き手は即座に理解に必要な情報を補完することができる。これによって、最小限の言語情報によるコミュニケーションが円滑に行われていると考えられる。

上記の例では、前半部の文章を特定の因果関係を述べた文として理解するために、「電話が鳴っている」ときに、「ドアの鍵を急いで開けなくてはならない」事態を生ずるような状況とは何か

を推定し、特定しなくてはならない。その場合、読み手は自らの知識ベースに蓄積されているさまざまな経験パターンの中から、電話がドアの向こう側にあつて、そこから電話の呼び出し音が聞こえてくる場合に、典型的にこのような因果関係が成立することを見つけ出す。普通の人間であれば、こうした推論を即座に導出できることから、経験的知識には、電話の呼び出し音が聞こえてくる方向から電話の位置を推定するための方略が、ある種のテンプレートとして獲得されていると考えられる。

同様に「電話がドアの向こう側にある」という前提条件が加わったことで、「電話を使いたい」ならば「電話のある場所、すなわちドアの向こう側に行かなくてはならない」。しかし同時に、結果としての欲求が「ドアの鍵を早く探したい」であるため、その時点では「ドアは閉まって」おり、さらには「ドアに鍵がかかっている」ことも、「ドアの鍵を開けたい」となっていることから推測される。

次に「ドアの鍵を開ける」ために「鍵」を手に入れる必要があるが、その鍵は「買い物カートの中に深く埋もれている」ことが明示されている。これ以降「対象が何かの中に埋もれている場合には、対象を手に入れるのに手間と時間がかかる」、そして「ある程度の時間が経過すると電話の呼び出し音が切れて、通話ができなくなる」ため、したがって「登場人物の気持ちに焦りが生じる」という推論が生成される。最後に、鍵を手に入れることに時間がかかることから、電話の呼び出し音が切れる前に電話の場所(ドアの向こう側)に到達することが困難なこと、したがって最初の欲求であった「電話で通話する」目的の達成が困難であることが予測され、「登場人物の気持ちに落胆が生じる」ことなどが、順次推測され、最終的な文章の理解に到達することになる。

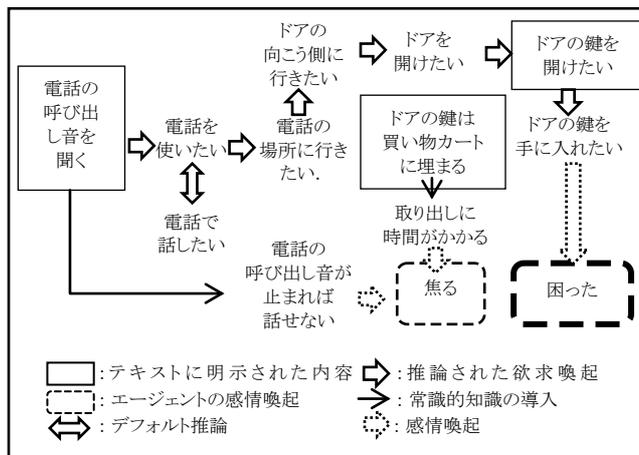


図 2: 例文理解プロセスのアウトライン

### 4. 例文の理解プロセスに関する実装実験

本研究では、以上のような一連の推論プロセスが、実際に計算機上でも実現可能なことを、意味ネットワークシステム(SNePS)上にバーチャルな読み手を設定し、それに上記の例文の元文と処理に必要となるいくつかの推論用テンプレートを読み込ませて、想定したような推論が導出させることで検証した。SNePSは、Common Lispで構成されたマクロ言語の一種であるが、SNePSUL(SNePS User Language)という言語形式で表現された命題に対して、1階の述語論理学に則った論理演算を行い、その結果をSNePSUL形式で出力することができる。SNePSULの表現形式は自然言語の文形式にはそのままでは対応しないため、筆者は自然言語の記述文を、Stanford Parserによる文構造情報に基づいて、SNePSUL形式に準拠した表現に変換するためのプログラムSNaL Encoderを開発中である。これを用いることで、自然文が持つ文法的特徴(単語、文法構造、時制など)

を保持したまま、論理計算を施すことが可能になる。こうして SNePSUL の表現形式に変換された文は、比較的単純な構文で表現される自然言語記述文のサブクラスに対応する一種の中間言語(Inter Lingua)として機能することが期待される。

この文の理解プロセスを実装して検証する手順であるが、まず、もとの文を SNePSUL 形式に変換して、意味ネットワーク上に入力したのち、読み手が経験を通して取得していると想定されるアブダクティブな推論を含む一連の推論テンプレートを作成し、ネットワークに導入する。

今回は、「(a)電話の呼び出し音が聞こえたなら、電話を使いたいという欲求が生ずる」、「(b)道具を使いたいならば、道具の場所に行きたいという欲求が生じる」「(c)道具の場所に行きたい時に、ドアを開きたいという欲求が生じたならば、その道具はドアの向こう側にある」「(d)ドアを開きたい時に、ドアの鍵を開きたいという欲求が生じたならば、そのドアの鍵はしまっている」「(e)鍵のしまったドアを開きたいならば、鍵を手に入れたいという欲求が生じる」「(f)鍵を早く手に入れたい時に、鍵がどこかに深く埋まっていれば、焦る気持ちや困る気持ちが生じる」といった IF ~ Then 形式を持つ一連の因果関係推論パターンを SNePSUL 形式に変換して、入力した。

これらの因果関係推論パターンは、構築された意味ネットワーク上に特定のキーワード、およびそれらの間の特定の文法関係(例えば「聞こえる」と「電話のベル音」のインスタンスが目的語と動詞の関係にあること)の組み合わせを検出すると、自動的に後件部分の意味や意味関係を、元の命題に付加する働きを行う。実際にこれらの推論テンプレートを用意し、計算機のネットワーク内に導入することで、図 2 に示したような省略を含む因果関係の理解プロセスが自動的に補完され、予想された結果が出力されることが確認された。なお、今回作成した推論テンプレートでは、「電話」は「道具」のサブクラス、「ドア」は「空間を隔てる扉」のサブクラスといったオントロジカルな設定をすることで、電話に限らずさまざまな道具類、窓や門などが登場する文脈内でも、適用可能な記述とした。

## 5. 考察と今後の課題

今回の実装実験では、一般の人間が日常経験を通じて獲得した相当数の推論パターンを共有しており、キーワードとその意味関係をもとに、その都度適切な推論テンプレートが探索され、適用されるという因果関係の推測に関する認知モデルを提唱した。もちろん、このような限定された実装実験だけでは、実際に人間がそうした推論テンプレートを何らかの形で持っており、推論活動を計算機のようなやり方で遂行していることを示すことにはならない。これを実証するのは、人間を被験者とした慎重で精密な心理学的実験であり、本論が目論んだところではない。

本研究では、さまざまな事象やその説明の理解に役立つような因果関係の記述とはどのようなものでなければならないかを、特徴的な文例にそって考察し、実装実験を通じてその有効性を示そうと試みた。テキストマイニング技術の向上とともに、接続標識を手掛かりとして、既存の大量のテキストから事象間の因果関係のリストを、機械的に抽出するという試みが行われている。そうして抽出された因果関係のリストには、本来因果関係とは認められないものや、前提条件の省略等のためにそのままでは因果関係としては理解しにくいものも、当然含まれることになる。そうしたものを除外するために、実験者等の判断によってフィルタリングをかける必要が生じる。そうした際、単に事実として因果関係を示した記述であるかどうかではなく、一般常識あるいは専門の共有された基礎教養の観点から見て、因果関係であると理解されるかどうか、判断基準に含まれるべきではないかと考える。

そうしたフィルタリングを経た因果関係のリストが出来れば、本論で示したような方法で、一連の推論テンプレートを構築、推論ベースに実装することが可能になる。これにより、これまで計算機には困難だった、さまざまな省略や曖昧さを含んだ文に対しても、より「人間的な理解」に近い対応ができる推論システムが可能になるのではないかと期待される。とはいえ、そうしたフィルタリングを、逐一、実験者等が手作業で遂行することは効率的ではない。こうした作業をも、(半)自動化するための方法や技術を開発していくことが、今後の課題となる。

## 参考文献

- [Cole et al. 06] Cole, Stephen V., Royal, Matthew D., Valtorta, Marco G., Huhns, Michael N., and Bowles, John B.: A Lightweight Tool for Automatically Extracting Causal Relationships from Text, *Proceedings of IEEE Southeastcon*, March 2006, pp. 1-5 (2006).
- [Girju & Roxana 03] Girju, Roxana: Automatic Detection of Causal Relations for Question Answering, *Proceedings of the ACL 2003 Workshop on Multilingual Summarization and Question Answering*, pp. 76-83 (2003).
- [Grice 89] Grice, P.: *Studies in the way of words*, Harvard University Press (1989) (清塚邦彦 訳、『論理と会話』, 勁草書房 (1998)).
- [Matsui 00] Matsui, T.: *Bridging and Relevance*, John Benjamins (2000).
- [Mulkar-Mehta et al. 11] Mulkar-Mehta, R., C. Welty, J. R. Hobbs, and E. H. Hovy.: Using Granularity Concepts for Extracting Causal Relations, *Proceedings of the FLAIRS Conference* (2011).
- [O'Brien & Myers 87] O'Brien, E. J. & Myers, J. L.: The role of causal connections in the retrieval of text, *Memory and Cognition* 15, pp. 419-427 (1987).
- [Schwartz-Friesel 07] Schwartz-Friesel, Monika.: Indirect anaphora in text, Schwartz-Friesel, Monika(ed.) *Anaphors in Text: Cognitive, Formal, and Applied Approaches to Anaphoric Reference*, Amsterdam, pp.3-20 (2007).
- [Trabasso & Van den Broek 85] Trabasso, T. & Van den Broek, P.: Causal thinking and the representation of narrative events, *Journal of Memory and Language* 24, pp. 612-630 (1985).
- [Van den Broek 90] Van den Broek, P.: Causal inferences and the comprehension of narrative texts, Graesser, A. C. & Bower, G. H. (eds.), *The Psychology of learning and motivation: Inferences and text comprehension*, pp. 175-194 (1990).
- [Van den Broek & Lorch 93] Van den Broek, P. & Lorch, R.F.: Network representation of causal relations in memory for narrative texts: Evidence from primed recognition, *Discourse Processes*, Vol. 16, pp. 75-98, (1993).
- [青野・太田 09] 青野壮志・太田学:「要因検索による因果関係ネットワークの構築」, 情報処理学会研究報告, Vol. 2009-DBS-149, No. 9, pp. 1-8 (2009).
- [乾・乾・松本 04] 乾浩司・乾健太郎・松本裕治:「接続標識「ため」に基づく文書集合からの因果関係知識の自動獲得」, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No. 3, pp. 919-933 (2004).
- [佐藤・堀田 06] 佐藤岳文・堀田昌英:「Web マイニングを用いた因果ネットワークの自動構築手法の開発」, 社会技術研究論集, Vol. 4, pp. 66-74, (2006).
- [良峯 08] 良峯徳和:「橋渡し推論の計算モデル構築に向けて」, 多摩大学 SGS 紀要, 第 1 号, pp. 105-118 (2008)