

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：33912

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K02699

研究課題名（和文）条件文と位相空間の相関 - 条件文が非単調推論になるメカニズムの解明

研究課題名（英文）Conditionals and topology; the origins of non-monotonicity

研究代表者

今仁 生美 (Imani, Ikumi)

名古屋学院大学・外国語学部・教授

研究者番号：20213233

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：自然言語の条件文を分析するにあたって、論理学の実質含意をそのまま適用できない場合がある。その一つが誘導推論である。実質含意の「 $A \rightarrow B$ 」と「 $\neg B \rightarrow \neg A$ 」は同値であり、「 $A \rightarrow B$ 」ならば「 $\neg A \rightarrow \neg B$ 」は成り立たない。しかし、自然言語の条件文ではこの「 $A \rightarrow B$ 」ならば「 $\neg A \rightarrow \neg B$ 」が観察されることが知られている。

本研究では、モダリティを含む条件において非単調性推論が導出される場合、同値関係に基づく論理システムの中ではその働きをうまく説明できないことを示した。また、モダリティ分析の標準理論の中では命題集合が半順序の特性をもつが、これがスケール（尺度）にも及ぶことを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自然言語の条件文に関する推論の中に「誘導推論」と呼ばれる推論がある。たとえば、「雨が降るなら家にいる」と言った場合、「雨が降らなければ家にいない」と推論することがあるが、論理的にはこの推論は誤りである。

従来の推論研究ではこの現象を論理システムの中で説明しようとする試みが多いが、本研究では、「～かもしれない」のような様相表現を含む条件文の分析を通してこの試みがうまくいかない場合があることを示し、さらに様相命題集合の半順序性がスケール（尺度）においても見られることを示すことで、AIの分野などでも重要な推論システムの研究の発展の一助となることを目指した。

研究成果の概要（英文）：It is well-known that the attempts to apply material implication in logic to conditionals in natural languages have mostly failed because of their naiveness. One of the serious problems is caused by equivalence. For example, $A \rightarrow B$ is equivalent to $\neg B \rightarrow \neg A$, but not to $\neg A \rightarrow \neg B$. However, the inference from $A \rightarrow B$ to $\neg A \rightarrow \neg B$ is often observed in conditionals in natural languages.

Our analysis demonstrated that cases in which conditionals with a modal phrase demonstrate non-monotonicity cannot be analyzed in a logical system. We also found that there were cases in which objects on a scale have a partial order in natural languages, though it has been assumed in the literature that they have a total order. This means that sentences with scales and modal sentences share a commonality in that objects on a scale and the set of propositions can both be considered partially ordered.

研究分野：言語学

キーワード：条件文 非単調性推論 誘導推論 位相 半順序

1. 研究開始当初の背景

自然言語の条件文の研究は、条件文を論理学の対象である推論(実質含意と呼ばれる推論)と同じであると見なすことから始まったことはよく知られている。条件文を実質含意と見なすこの捉え方は、しかしながら、Stalnaker (1968) や Lewis (1973) らによってその不備が指摘されたこともあり、条件文の研究はその後さまざまな観点から再分析されることになる。

従来の条件文の扱いが引き起こす問題の多くは、条件文の分析に論理学の実質含意をいわば naïve にそのまま適用したことに起因するが、なかでも問題とされてきた事項の一つは同値関係である。論理学では、実質含意の「 $A \rightarrow B$ 」と「 $\neg B \rightarrow \neg A$ 」は同値である。したがって、論理の世界では「 $A \rightarrow B$ ならば $\neg A \rightarrow \neg B$ 」は成り立たない。ところが、自然言語の条件文ではこの「 $A \rightarrow B$ ならば $\neg A \rightarrow \neg B$ 」はしばしば観察される(例:「雨が降るなら家にいる」ならば「雨が降らないなら家にいない」)。この種の推論は、非単調推論(知識の組み換えを必要とする推論)の一種で、誘導推論とよばれることが多い。自然言語には、単調推論だけでなく、非単調推論も存在することは自然言語の条件文の研究が始まった当初から認識されていたが、条件文そのものの研究はその後、条件文の意味論的特性の理論的記述の方に重点が置かれた。そのため、そもそも条件文を意味論的に捉えなおす研究を引き起こした要因の一つであった条件文の非単調的な性質については、いまだに十分に研究しつくされているとは言い難い。

研究代表者は、これまで自然言語の場所の前置詞 on, in, at, from/to および移動動詞「渡る、越える、通る」を位相空間の観点から分析・理論化すると共に、これらが時間表現に用いられる理由をも解明してきた。この研究の中で分かったことは、時間表現が場所の前置詞や移動動詞から作られるとき、本来位相空間の性質である「次元」、「境界」、「離散」、「経路」などが時間表現にうまく利用されているということであった。たとえば、on time は「きっかり」という意味をもつが、これは本研究に基づけば、次のような理由による: on は 3次元空間における境界(boundary)への接触を意味する(例: on the desk)が、時間は一次元であるため、位相上の「境界」は時間上の「点」となる。on time がきっかりという意味をもつのはこのためである。このような空間から時間への写像が示す位相空間的な特性は、場所の前置詞に限って観察されるわけではない。条件文にも位相的な側面がある。たとえば、「あの電車に乗っていたら、死んでいたところだ」のような反実仮想条件文にも、位相的な性質がある。「あの電車に乗った」場合、乗車もたらす結果は無数にある。たとえば、あの電車に乗ったことで事故に合ったり、仕事に間に合ったりするが、こういった様々な結果(代替(alternatives)とよばれる)を一つの集合 E と考えるならば、「死ぬ」は E の中でもっともあり得た結果であることになり、 E は、全体的には一種の「構造」をもつ(たとえば、条件文の標準的理論である Kratzer 流の意味論では、代替集合の要素が「ありそう」な順番で順序づけられ、全体としては一つの構造を形成する)。

位相を言語理論に利用する試みとしては(ベクトルを基本単位とする)ベクトル意味論があるが、この理論は場所の前置詞や一部の移動動詞にしか適用できない。本研究は、位相空間が本来もっている性質を非単調性をもつ条件文の中に組み込んで、その応用範囲を広げることを目指した。

2. 研究の目的

上述したような「構造」を位相との関係で捉えなおすことで、自然言語の条件文が非単調性をもつ場合がある理由を探るのが、本研究の目的である。

条件文の非単調性は、条件文にモダリティが含まれるときも現れやすい。たとえば、(1)は、非単調推論の一つである誘導推論の(2)の他に、(3)のような非単調推論も誘導する。坂原(1985:110)は、(2)のような誘導推論が生じる理由を、(ある種の前提的仮説を行ったうえで)論理的なシステムの中で説明することを試みる(坂原は、全体の枠組みの中ではグライスの原理に基づく情報量なども扱っているが、誘導推論が導出される理由については論理的な説明を展開している)。疑問は、(3)のような非単調推論も、論理的なシステムの中で扱うことができるかということである。

- (1) 花子に来るなら、太郎は来る。
- (2) 花子来ないなら、太郎は来ない。(誘導推論)
- (3) 花子来ないなら、太郎は来ないかもしれない。

本研究の目的は、(3)のようなモダリティを含む条件文における推論についての考察を、論理システムの中で扱うのではなく(以下で、(3)は坂原の理論の中では扱えないことを示す)

位相の観点から展開することである。

3. 研究の方法

本研究は、次のようなステップを踏むことで、非単調性を示す条件文の特性を明らかにすることを旨とした。まず条件文がモダリティ表現を含まない場合、その文がどのような位相空間の特性をもつのかを調べる。たとえば量化表現が条件文の前件あるいは後件、もしくはその両方に含まれる場合は位相的な性質をもつことが予測される。次に、条件文がモダリティ表現を含む場合、どのような位相空間の特性をもつのかを調べる。このとき、モダリティ表現の意味論的な性質をより複雑にする「否定」や「疑問形の後件」にも注意を払う。さらに、探索意味論の枠組みを位相に移して条件文がなぜ非単調推論になりがちであるのかを理論的に解明する方法を探る。特に位相空間における「分割」を代替で捉えなおし、分割が本来もっている「選言」的な特性(例: A, B, C がそれぞれ集合 S の(分割された) cell であれば、S の要素 d は A か B か C に属する)を理論の枠組みに組み込む。こういった組み込みによって、たとえば、選言的な cell の集合が「太郎が来れば酒を出す」から「(太郎ではなく)他の人が来た場合は他のものを出す」への推論の「裏」にあることを示す。

4. 研究成果

条件文と位相を結びつけて条件文の非単調性推論の性質を明らかにするという本研究の試みは、残念ながらいまだ途上にあり、今後も引き続き分析を行っていく必要があるが、本研究の期間中に、Kratzer 流のモダリティの理論と関連する事項として、スケール上に反順序を想定する必要がある場合があることなど、いくつかの発見があった。中でも条件文の非単調推論に関して重要であると考えられる研究成果は、以下に述べるものである。

本研究では、(3)のような非単調推論は、坂原(1985)が論じたような「誘導推論」を導出する論理分析によってとらえることはできないことを明らかにした。まず、坂原の主張は以下のようにまとめることができる。坂原において、(4)は、議論の展開の出発点となる仮説である。

(4) A B の場合、B と誰かが発話した場合、 $\neg A$ が会話の含意として導かれる。

たとえば、「a が 100 万持っている」なら「a は 10 万持っている」は数学的真である。このとき、(4)にしたがえば、A さんが「10 万持っている」と言ったなら、A さんは、100 万持っていないことになる。このことに基づき、坂原は、以下のように誘導推論を論理的に導出する。

(5) $(\neg p \rightarrow q) \rightarrow (\neg p \rightarrow q) = (\neg p \rightarrow q) \rightarrow (p \rightarrow q)$ (恒真)

(5)は恒真式である。この恒真式の場合、(4)にしたがえば、 $\neg p \rightarrow \neg q$ と同値になることが導かれる。つまり、(4)によって、 $\neg(\neg p \rightarrow q)$ が会話の含意として導かれるが、この $\neg(\neg p \rightarrow q)$ は、 $\neg p \rightarrow \neg q$ と同値である。坂原によれば、このようにして誘導推論が導出されることになる。

しかしながら、この導出方法は、条件文がモダリティを含む場合、うまくいかない。次の式(6)がその一例である。

(6) $\neg(\neg p \rightarrow q) \rightarrow (p \rightarrow q)$

(6)においては、 $\neg(\neg p \rightarrow q)$ が真なら、 $p \rightarrow q = \neg p \rightarrow q$ も必ず真となる。なぜなら、 $(\neg p \rightarrow q)$ が真であるならば、 $\neg p$ は真であるからである。さて、この場合、「花子が来れば、太郎が来る」と誰かが言った場合、(4)にしたがうならば、「花子が来なければ、太郎が来るかもしれない」が誘導推論として導かれることになる。しかし、少なくとも日本語では、「花子が来れば、太郎が来る」という発話から「花子が来なければ、太郎が来るかもしれない」を誘導することは(通常の状態では)できない。むしろ、「花子が来なければ、太郎が来ないかもしれない」の方が誘導推論としては自然である。

以上のように、モダリティを含む条件文も一種の誘導推論を行うことができるのであるが、誘導推論が導出される理由を論理システムの中で説明しようとすると、少なくとも坂原の理論に基づく限りにおいては、うまくいかないことが分かる。

本研究の中で、明らかになったことの中で特に重要であると考えられるのは、理論言語学の中で扱われるスケール(尺度)の扱いを再考する必要があるということである。一般に、スケールは全順序と仮定されているが、本研究では、スケールの中には半順序であるものも存在することが明らかになった。その例となるのが、(7)や(8)である。

- (7) a. この石は、あの石くらい、重い。
 b.#この石は、あの石くらい、重くない。

(8) #この灰色の石は、あの石より白くない。

本研究では、(9)という仮説を立て、(7)や(8)において用いられているスケールが半順序であることを論じた。

(9) 極点参照：

2つ(以上)の対象を何らかの属性(たとえば「丸い」)に関して比較する場合、比較を助ける手段として、その属性をもっとも端的に表しているもの(この場合は「円」)が参照される。

(9)が述べているのは、2つ(以上)の対象が属性 p に関して比較される時、 p をもっとも端的に表すもの、この場合は「円」が参照されるということである。たとえば、海岸の二つの楕円形の石を考えてみよう。より丸いのはどちらの石であるのかを判断するとき、われわれは、単に2つの石を比較しているのではない。両者を見比べているだけであれば、単に両者の違いを認識するに留まる。より丸いのはどちらであるかを判断するためには、比較を助ける手段として参照すべき「円」が必要である。上の例の「白い」という形容詞であれば極点は「(無彩色の)白」という色であり、「平らな」という形容動詞であれば極点は曲率ゼロの平面となる。

「AはBより」構文においてAとBを比較するとき、「円」を参照することはどのように働くのか。本来、(10)と(11)から分かるように、「丸い」は程度を表す副詞と共に用いられることができる。

- (10) この石は、少し丸い。
 (11) この石は、かなり丸い。

こういった「丸さ」の程度は、円を極点とし、他の形状が順序づけられている図1のような順序構造を形成する

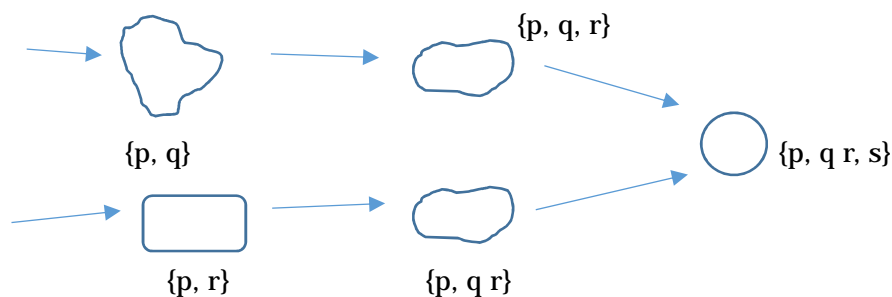


図 1

これは、全順序ではなく半順序である(通常は、スケールは全順序とみなされている)。様相を含む文に関しては、Kratzerの理論でも明らかになったように、命題集合間の構造は半順序である。本研究では、これがスケールにまで及ぶことが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 田窪行則	4. 巻 44
2. 論文標題 従属節における係りの深さと受けの広さの相関について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 KLS selected papers	6. 最初と最後の頁 43-25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田窪行則	4. 巻 153号
2. 論文標題 トコロの多義性を通じて見た 言語、認知、論理	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 言語研究	6. 最初と最後の頁 1-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11435/gengo.154.0_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 宝島 格・今仁生美	4. 巻 29-2
2. 論文標題 「ないものはない」の二義性について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 名古屋学院大学論集 言語・文化篇	6. 最初と最後の頁 13 - 38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15012/00001069	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 IMANI Ikumi
2. 発表標題 Kuno's hypothesis and an alternative approach to negation in Japanese
3. 学会等名 Semantics and Pragmatics Workshop in Tachikawa
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今仁生美
2. 発表標題 比較表現「より」「ほど」「くらい」と極性の関係について
3. 学会等名 ワークショップ：極性表現の構造・意味・機能(Polarity-sensitive expressions: Their forms, meanings and functions)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田窪行則
2. 発表標題 Epistemic questions in Korean and Japanese
3. 学会等名 Seoul Linguistics Forum--Modality in Discourse (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田窪行則
2. 発表標題 Modals in Japanese
3. 学会等名 Colloquium at Seoul Linguistics Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田窪行則、山田真寛
2. 発表標題 Modal questions in Korean and Japanese
3. 学会等名 Colloquium talk at Center for Linguistic Research, College of Humanities, Seoul National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田窪行則
2. 発表標題 トコロの多義性を通じて見た 言語、認知、論理
3. 学会等名 156回日本語学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田窪行則
2. 発表標題 従属節における係りの深さと受けの広さの相関について
3. 学会等名 関西言語学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今仁生美
2. 発表標題 人は否定をどう計算するか
3. 学会等名 意味と理解
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 今仁生美
2. 発表標題 Scope and Negation - reconsiderion on Kuno's hypothesis
3. 学会等名 東海意味論研究会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田窪行則
2. 発表標題 「認知と形式の接点：トコロデ構文の統語論、意味論、語用論から」
3. 学会等名 Morphology and Lexicon Forum (甲南大学) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田窪行則
2. 発表標題 Modal Questions and Point-of-View Shift in Korean and Japanese
3. 学会等名 Formal Approaches to Subjectivity and Point-of-View. 第155回言語学会シンポジウム (立命館大学) (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 IMANI, Ikumi, Yukinori Takubo et al.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 De Gruyter Mouton	5. 総ページ数 40 (843)
3. 書名 Handbook of Japanese Semantics and Pragmatics	

1. 著者名 TAKUBO, Yukinori Takubo, Ikumi Imani et al.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 De Gruyter Mouton	5. 総ページ数 43 (843)
3. 書名 Handbook of Japanese Semantics and Pragmatics	

1. 著者名 中島秀之、浅田稔、今仁生美（他100余名）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 320-322 (420)
3. 書名 AI事典（第3版）	

1. 著者名 澤田治美、仁田義雄、山梨正明、今仁生美（他27名）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 ひつじ書房	5. 総ページ数 161-183 (792)
3. 書名 場面と主体性・主観性	

1. 著者名 澤田治、岸田秀樹、今仁生美（他11名）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 開拓社	5. 総ページ数 180 - 205 (400)
3. 書名 極性表現の構造・意味・機能	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	田窪 行則 (Takubo Yukinori) (10154957)	大学共同利用機関法人人間文化研究機構国立国語研究所・大学共同利用機関等の部局等・所長 (62618)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------