

確率に基づく基盤化状態の予測モデル

Probability-Based Prediction Model for Reaching the Grounding Criterion

浅野 恭四郎[†], 須藤 早喜[†], 光田 航[‡], 東中 竜一郎[‡], 竹内 勇剛[†]

Kyoshiro Asano, Saki Sudo, Koh Mitsuda, Ryuichiro Higashinaka, Yugo Takeuchi

[†] 静岡大学, [‡] NTTメディアインテリジェンス研究所
Shizuoka University, NTT Media Intelligence Laboratory
asano.kyoshiro.16@shizuoka.ac.jp

概要

対話における基盤化は対話者間における共通認識の形成を指し、円滑な進行と相互理解において重要な役割を果たす。基盤化しようとする対象の様相や構造が複雑な時、形状などの細部を明示する表現や、細部を明示しない比喻などの全体的表現が用いられるが、これらの違いが基盤化に与える影響の相違は十分に検討されていない。そこで本研究では前者の表現と後者の表現に異なる重みを与え基盤化された確率を予測するモデルを提案し、対話において基盤化された情報に対する確信度がどのように変化し得るのかを検討した。提案モデルをタングラムが基盤化される際の対話データに適用した結果、対話を通じて情報が基盤化される過程を高精度に予測することができた。

キーワード: 共通基盤, 基盤化, 相互理解, 予測モデル, 対話, 対象指示コミュニケーション, 確率

1. はじめに

共通基盤は、話者間における共通認識を指し [1, 2, 3, 4], コミュニケーションにおいて重要な役割を果たす。また共通基盤を形成することは基盤化と言われる。基盤化の対象物が複雑である場合、話し手はその形状などの細部を明示する表現 (Analytic) や、細部を明示せずに比喻などを使った対象物の全体的表現 (Holistic) を用いるとされている [5, 6]。例えば、図1のタングラムのように複雑な対象物を基盤化する際には、"the two triangle"のような形状に関する Analytic な表現や "It's a kind of animal" のような比喻による Holistic な表現が生じる。

これらの表現を話し手が伝えて、聞き手によって理解が示されるという過程を何度か経ることで、複雑な対象物は基盤化される。ここで、聞き手が Holistic な表現に理解を示す時、明示されなかった細部を推論するプロセスが働くため、Analytic な表現に理解を示す時とは異なる認知処理が働くと考えられる。

しかし、このような異なる表現が聞き手により理解される際の認知処理の違いが、基盤化に与える影響の相違は十分に検討されていない。また、話し手が意味したことを十分な基準で理解したと話者同士で信じ合えた際に基盤化は実現されるとされているが [7, 8], 先行研究における基盤化のモデル [7, 9, 10, 11, 12, 13] の中では、対話系列の中で基盤化の基準に到達した後に、基盤化が取り消され、再び基盤化の基準に到達するという動的な基盤化状態の変動を説明できるモデルは検討されてこなかった。

Holistic な表現を理解する際は、明示されなかった Analytic な情報も含めて理解されると考えられるため、Analytic な表現が理解された時に比較して、Holistic な表現が理解された時に基盤化の基準への到達度に対する影響は大きいと考えられる。そこで本研究では、行われた対話から基盤化の基準に到達した確率を予測するモデルを立て、Holistic な表現が理解された際の影響度が Analytic な表現が理解された際の影響度よりも大きくなるように設計した。また、表現の違いによる基盤化に与える影響の相違を検討するため、異なる表現に対して異なる重みが与えられていないモデル $p_{indistinct}$ をベースラインとし、異なる重みが与えられているモデル $p_{distinct}$ を設計した。

本モデルの検証のために、対話を通じて二人の実験協力者の間でタングラムに命名し基盤化する実験を行い、得られたデータにモデルを適用した。

その結果、先行研究で述べられている基盤化された確率との誤差が $p_{indistinct}$ よりも $p_{distinct}$ の方が小さいことが示された。更に、基盤化と基盤化の取り消しが生じた対話データに対してモデルを適用した結果、基盤化された確率の動的な変動も $p_{distinct}$ は予測することが示された。

これは、人同士が共通の認識を形成していく際に、明示されなかった情報を聞き手が推論してより多くの情報を基盤化するという認知処理があるということを示している。

示している。本研究はこのような人間が基盤化過程で暗黙に行っている認知過程の存在をモデリングを通じて示唆し、その構造を記述するモデルを提案した。

2. 共通基盤と基盤化理論

共通基盤は人同士の共通認識を指し [1, 2, 3, 4], コミュニケーションを含む様々な共同行為において不可欠となる [8]. Clark によると, 基盤化は話し手による情報の提示と聞き手による受理によって達成されるとされており [7]. このような基盤化過程のモデルを貢献モデルと呼んでいる。

特に, 基盤化の対象が複雑であるときに, 話し手は対象を小さな部分に分割して提示し, 小さな部分ごとに聞き手による理解を得ることで基盤化を行うとされている [8, 7, 14]. ただし, 小さな部分に分割するという表現方法だけでなく, 比喩などを使った全体的な表現も生じる。

実際に対象指示コミュニケーションにおける対話戦略には, Analytic な戦略と Holistic な戦略があるとされている [5, 6]. また, これらの研究で基盤化の対象, もしくは指示の対象として扱われた実験材料は, タングラムや無意味線画, 抽象的な図形などの複雑な形状の対象物が該当する [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]..

これらの表現を駆使して, 対話参加者は会話に貢献するために, 単に適切なタイミングで適切な発話をするだけではなく, 基盤化の基準 [8] で定義された次の段階に進むための十分な相互理解のレベルに達するまで, 自分の発話の提示と受理を調整する [7].

3. 異なる表現が理解される際の認知処理の違い

先述の通り, 基盤化が達成されるまでに, 話者は単一の表現方法だけを使うわけではない。また, Analytic な表現と Holistic な表現が聞き手によって理解された時, 聞き手は同様の認知処理を行ったとは考えられない。

聞き手が Holistic な表現に理解を示す時, 明示されなかった細部を推論する必要があるため, Analytic な表現に理解を示す時と異なる認知処理を行うことになる。実際に, 人が Holistic な表現のように意味のあるまとまりを得る際は, 分解された部分からチャンキングを行うとされている [22].

具体的に, タングラムが基盤化の対象となった対話においては, まず話し手がタングラムを知覚し, 形状などの細部をチャンキングした後, Holistic な表現によって聞き手に伝える。Holistic な表現を伝えられた

聞き手は, タングラムを知覚してチャンキングした後, Holistic な表現を言語化する。これを聞き手は話し手の Holistic な表現とほぼ一致するまで繰り返し, 一致した時点で聞き手から話し手に対して理解が示されるというプロセスを経ると考えられる。

したがって, Analytic な情報が理解された場合に対して, Holistic な情報が理解された際には Holistic な表現が暗黙に指し示す Analytic な情報も含めて理解されていると考えられる。加えて, このことから Holistic な表現に理解が示された場合は, Analytic な表現が理解された場合よりも, 基盤化の基準への到達度に与える影響は大きいと考えられる。

4. 先行研究のモデルと提案モデル

話者は様々な証拠から基盤化の基準に到達したかを推論している [8]. Clark の貢献モデル [7] と Traum の基盤化の状態遷移ネットワーク [9] では, いずれも聞き手が理解を示した際 (貢献モデルでは acceptance, 基盤化の状態遷移ネットワークのモデルでは ack) に, 話し手が基盤化の基準に到達したと推論して基盤化が実現されると考えられている。また, 一般的に基盤化のモデルは, 基盤化されていない状態, 基盤化されている途上の状態, 基盤化された状態の三つの状態から構成されるが, 貢献モデルも基盤化の状態遷移ネットワークも同様にこのような前提の基に構成されている。

しかし, タングラムや無意味線画のような複雑な対象物は, Analytic な表現が複数回用いられることで基盤化されたり, Holistic な表現が一度用いられるだけで基盤化されたりなど, 多様な基盤化の過程を経る。更に, 3. 章で述べた通り, 聞き手から理解された表現が異なる表現であれば, 基盤化の到達度に与える影響は異なると考えられる。

Horvitz は, 複雑な対象物が基盤化される際に, 情報が小分けにされて伝達されることから [8, 7, 14]. 確率モデルを用いて連続的に基盤化の過程を扱うモデルを構築している [10]. Horvitz のモデルのように連続的に基盤化過程を扱うことができれば, 多様な基盤化過程を肥大な状態遷移モデルや if-then ルールを用いることなく, 単一のモデルで扱うことができると考えられる。

ただし Horvitz のモデルは基盤化の基準に到達した時に, 聞き手からの修復 (repair) が生じなくなるということを中心に, 基盤化の基準に到達する過程をモデル化している。ここで, 修復とは相手の理解の誤解や誤解の可能性を補ったり訂正したりする行為を指す。

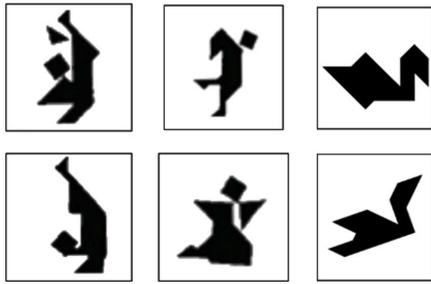


図1 使用するタングラム

よって、このモデルでは聞き手から修復を伴わない単なる否定のみを行われた時や、修復が暗黙であった場合に基盤化状態の動的な変動を扱うことが難しい。実際、現実の対話では貢献が暗黙的、間接的、非構造的、不確実または部分的な場合があるとされている [23]。

そこで本研究では、伝達された情報に理解が示された回数に基づいて確率を算出するモデルを構想する。理解を示す行為は、沈黙や話題の移行など暗黙である場合がある [7, 24] が、本モデルにおいて回数を計上する際はこのような暗黙の理解を含む。確率を $p_{indistinct}$ とすると、理解を示された回数 α によって増大し、否定など理解を示されなかった回数 β によって減少すると考えることができる。また $p_{indistinct}$ は確率であることから $0 \leq p_{indistinct} \leq 1$ となる。更に、基盤化が始まった初期に理解を示された場合に対し、何度も理解を示された後に追加で理解を示された場合は、基盤化の基準への到達度に与える影響は小さくなると考えられる。これらのことから $p_{indistinct}$ を式 (1) のようにモデル化した。ここで、 α , β の初期値は 1 とする。

$$p_{indistinct} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (1)$$

また、 $p_{indistinct}$ は Analytic な表現に理解が示されたのか、Holistic な表現に理解が示されたのかといった、どのような情報が理解されたのかを区別していない。これに対して、Holistic な表現に理解が示された回数、示されなかった回数をそれぞれ γ , χ とし、Analytic な表現に理解が示された回数 α と示されなかった回数 β よりも高い重み $\omega (> 1)$ を与えられたモデル $p_{distinct}$ を式 (2) に示す。ここで、 α , β , γ , χ の初期値は 1 とする。本研究では $\omega = 4$ とした。

$$p_{distinct} = \frac{\alpha + \omega\gamma}{\alpha + \beta + \omega\gamma + \omega\chi} \quad (2)$$

5. 対話を通じて基盤化を行う課題

3. 章で考察したことから、 $p_{distinct}$ のモデルの方が $p_{indistinct}$ のモデルより高い精度で基盤化の基準への到達を予測できると考えられる。このように立てられたモデルの検証のために、基盤化を伴う対話データを得るための実験を行う。

対話を通じて、対象物を基盤化する課題は対象指示コミュニケーション課題を用いた先行研究の中で扱われてきた [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]。また、Analytic な表現や Holistic な表現が対話戦略として生じる状況も、上記の先行研究で扱われているようなタングラムや無意味線画を題材とした対象指示コミュニケーションにおいて生じるとされている [5, 6]。実際にタングラムパズルを用いた先行研究においても、“the leg”, “the square” などのような Analytic な表現が生じると報告されている [25]。

本研究では、 $p_{indistinct}$ 及び $p_{distinct}$ のモデルを適用できる対話データを、対象指示コミュニケーションを通じタングラムに命名する課題を実施することにより得る。

5.1 実験

知識や理解の齟齬が生じる対話が行われる実験環境を構想する。タングラムは複雑な形をしているため、対話者が発話だけでそれを表現する際には、形状などの Analytic な表現や、タングラム全体の形を比喻などを使って表した Holistic な表現が生じる。また、同じタングラムを話し手と聞き手が参照することができていたとしても、対話者によって見方や考え方が異なるため、聞き手が理解を示す際にも困難が生じると考えられる。

よって、知識や理解の齟齬が生じる対話が行われる状況として、タングラムに命名を行う課題を設定した。本研究ではこれをタングラム命名課題と記す。この課題において、タングラムが同定され命名が開始する直前が基盤化の基準への到達に相当し、それまでの過程が基盤化の基準に到達するまでのプロセスに相当する。

5.1.1 実験材料

タングラム命名課題には 6 枚のタングラムカードが使用された。使用されたタングラムカードは図 1 の通りである。

また各タングラムカードの配置と向きは図3のように二人の実験協力者間で異なる。これは実験協力者には伝えられていない。

5.1.2 実験手続き

タングラム命名課題はオンライン環境で実施された。実験環境のイメージ図を図2に示す。

まず、実験者はアプリケーションツールである Zoom を使ってオンラインのミーティングルームをホストとして立ち上げる。課題に取り組む時間の長さは30分が目安だと実験協力者は伝えられるが、課題を終わらせるのに必要だと思うだけ時間を費やすことができると実験者は実験協力者に伝えた。また、実験協力者はTFabTile というツールを使用して、ホストである実験者に対してのみ自身の画面を共有する。

課題が開始した後、実験者は課題中のトラブルに対応できるようにルームから退出せず、ミュートにした状態で課題中の対話を録音する。実験協力者は互いの画面が見えない状態で、Microsoft PowerPoint を使ってタングラム命名課題に音声のみで取り組む。

5.2 実験から得られたデータの集計方法

18歳から24歳の20人の協力者が実験に協力した。録音された対話はアノテーションツールである ELAN によって書き起こしされた。発話は1秒間の無言区間があれば異なる発話と見なされる。これらの書き起こし方法の基で、得られた対話データの基本統計量は表3の通りである。

更にどのような表現によって情報が伝達され、それらは何回理解されたかを抽出するために表1のようにタグを与えて発話にアノテーションを行った。加えて、指示されているタングラムカードが基盤化された発話

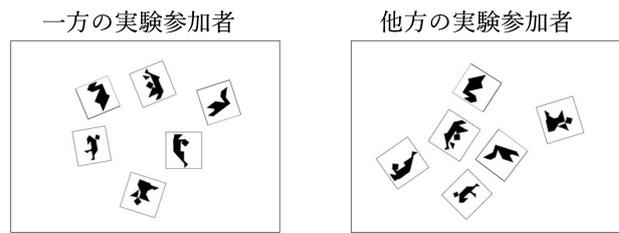


図3 タングラムカードの配置

と、基盤化が取り消された発話に関して表2のようにタグを与えてアノテーションを行った。

3人の評価者による評価から、アノテーションの一致率を算出した。それぞれの一致率と Kappa 値は表4の通りである。いずれのアノテーションも許容範囲内の一致を示した。

5.3 集計されたデータと回帰分析

実験を通じて得られたデータを集計して、非線形重回帰分析を行いモデリングした。基盤化過程における発話のタグは grounded タグがアノテーションされた発話までに生じた回数で集計される。ただし、grounded タグが与えられた発話が生じた後に canceled タグが与えられた発話が生じた場合、最終的に再度 grounded タグが与えられた発話が生じるまで、基盤化過程における発話のタグは集計される。

モデルとして *pindistinct* を使用する場合は、 α に ack analytic タグと ack holistic タグの個数の合算値に2が加算された値が、 β に deny analytic タグと deny holistic タグの合算値に2が加算された値が該当する。 $\alpha(M = 5.625, SD = 1.847)$ と $\beta(M = 2.500, SD = 2.330)$ のヒストグラムは図6に示すとおりで

表1 基盤化過程における発話のタグ

タグ	タグ付けの対象になる発話
analytic	Analytic な表現が伴う発話
holistic	Holistic な表現が伴う発話
ack analytic	Analytic な表現に理解を示す発話
deny analytic	Analytic な表現に理解を示さない発話
ack holistic	Holistic な表現に理解を示す発話
deny holistic	Holistic な表現に理解を示さない発話

表2 基盤化状態のタグ

タグ	タグ付けの対象になる発話
grounded	基盤化の基準に到達したことを示す発話
canceled	基盤化が取り消されたことを示す発話

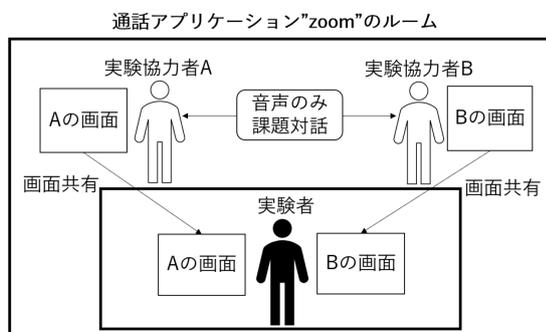


図2 実験環境

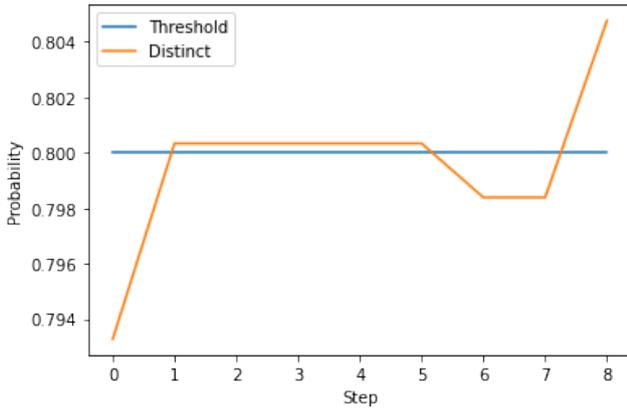


図4 $p_{distinct}$ による基盤化と基盤化の取り消しの予測

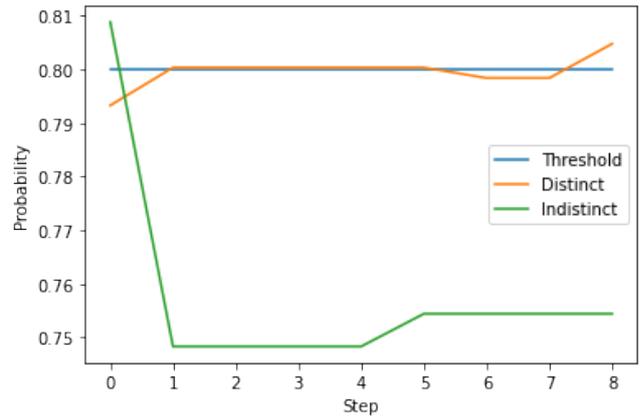


図5 $p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ による予測

ある。

モデルとして $p_{distinct}$ を使用する場合は、 α に ack analytic タグ, β に deny analytic タグ, γ に ack holistic タグ, χ に deny holistic タグそれぞれの個数に1が加算された値が該当する。 $\alpha(M = 2.875, SD = 0.835)$ と $\beta(M = 1.375, SD = 0.518)$, $\gamma(M = 3.750, SD = 2.315)$, $\chi(M = 2.000, SD = 2.138)$ の散布図は図7に示すとおりである。

これらのデータを基に、 $p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ それぞれに関して非線形重回帰分析を行った。本研究でも Horvitz らの先行研究で設定されている値 0.8 を閾値として設定した。つまり、モデルによって 0.8 以上の確率が得られた時点が基盤化の基準に到達し、基盤化された時点となる。

$p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ で基盤化された確率を予測した後、予めランダムにデータから抽出されたテストデータにモデルを適用した。予測された確率と 0.8 との誤差を計算してどちらのモデルがより高い精度で予測できているかを表5のように比較した。誤差には正負いずれの値も混在していたため、0.8 との差の平方和を誤差として計算した。

表3 対話データの統計量

統計量	値
対話数	10
対話あたりの平均発話数	289.75
対話あたりの平均ターン数	233.25

表4 Kappa 値

タグ	$P(A)$	Kappa
基盤化過程における発話のタグ	0.87	0.73
基盤化状態のタグ	0.88	0.81

表5より $p_{distinct}$ の方が高い精度で基盤化の確率を予測できていることが示される。更に、grounded タグが現れた後に canceled タグが現れ、再度 grounded タグが現れるデータが得られたため、このデータに対して基盤化の基準への到達が動的に変動する挙動を予測できるかを検証した。対話データはA付録の表7に示す対話である。

A付録の表7の Step が図4の横軸 Step に対応する。図4に示す通り、 $p_{distinct}$ のモデルから算出される確率が閾値 0.8 を超える Step と A付録の表7における grounded タグが現れる Step は一致している。

また、図5に $p_{indistinct}$ のモデルにより各 Step において予測された確率を描き入れて、 $p_{indistinct}$ の予測と $p_{distinct}$ の予測を比較した。

6. 議論

6.1 結果の解釈

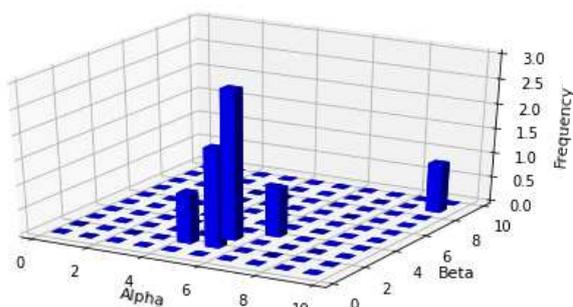
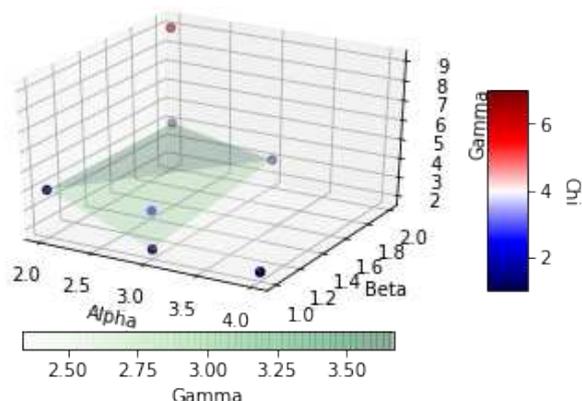
6.1.1 モデルの妥当性

基盤化の基準を表す閾値を 0.8 に設定すると、表5から $p_{distinct}$ の方が $p_{indistinct}$ よりも誤差が小さいと言える。これは $p_{distinct}$ の方が閾値 0.8 に近い確率をモデルが算出し、対話上で基盤化が実現されたことを高い精度で予測したことを示す。

また、図5より $p_{indistinct}$ に対して $p_{distinct}$ は、A付録の表7の対話データにおける基盤化の動的な変動を予測できていると言える。実際に対話上で基盤化と

表5 $p_{indistinct}$ と $p_{distinct}$ で予測された値の誤差

モデル	誤差
$p_{indistinct}$	0.008747
$p_{distinct}$	9.091837e-05

図6 $p_{indistinct}$ の入力データのヒストグラム図7 $p_{distinct}$ の入力データの散布図

基盤化の取り消しが生じた Step との齟齬が少ない状態で、基盤化された確率が変動している。

これらのことから、Analytic な表現に理解が示された場合と、Holistic な表現に理解が示された場合では、認知処理に違いがあり基盤化の基準への到達度と与える影響も異なるとした提案モデルは、基盤化された確率の予測モデルとして高い精度を示したと考えられる。

6.1.2 仮の基盤化の存在

A 付録の表 7 の Step5 において一度基盤化は完了し実験協力者が対話している内容は、タングラムの命名をどうするかについての内容に移行している。このように対話参加者が対話を次の段階に進める行為を、Clark らは Initiation of the relevant next contribution[7], Roque らは Move on[24] と定義し、話し手が伝えた内容を聞き手が理解した証拠だとしている。よって、基盤化が完了したことを推論する証拠となる行為が、A 付録の表 7 の Step5 の後に生じている。

しかし、Step6 から 1 つ前の発話や Step7 から 2 つ前の発話から示される通り新たに追加された情報によって基盤化は取り消され、再度基盤化に向けて情報が交換し合われている。つまり Step5 で基盤化は完了したが、実際には基盤化は完了していない状態であったと言える。

以上のことから、基盤化は完了していないが Move on される状態が、存在している可能性を考えた。実際、モデルが Step8 で算出している確率は Step5 よりも大きな値である。

6.1.3 仮の基盤化を仮定したことによる寄与

対象指示コミュニケーション課題は多くの場合に対象を指示する指示者と、指示者の指示表現から対象を同定する行為者に役割が与えられる。また、何度も同じ対象を指示者と行為者が指示する場合、その表現は短くなる傾向があるとされている [19, 26, 27, 28, 29, 30]。

Horton らは、このような役割分担を与えて不明確な画像に名前を与える課題を行った後、指示者が別の行為者と新たに同じ課題を行う実験を行い、指示者の表現が前の行為者に対する表現よりも長く詳しくなる傾向があることを示した [31, 32]。具体的には、"it looks like a ballet dancer, like stretching her leg..." といった表現が生じるとされている。

これは聞き手が理解可能なように話し手が表現の方法を調整する Audience Design[1, 33, 34] と呼ばれるプロセスだと考えられる。一方で、Yule[5, 6] が述べているように長く詳しい表現ではなく、短い比喩などの Holistic な表現だけの対話も少なくなく、本研究における実験でも A 付録の表 7 に示す通り、長い表現や詳しい表現が用いられることなく Holistic な表現が理解される対話が生じた。

ここで、6.1.2 節のように仮の基盤化を仮定すると、Horton ら [31, 32] が示したような長く詳しい表現が用いられない場合、話し手は仮の基盤化に至っていると想定しているため、Holistic な表現を用いたのだと考えることができる。ただし、ここで仮の基盤化に到達している情報は Holistic な表現が生成される際にチャンキングされる Analytic な情報だと仮定する。このように仮の基盤化という状態を仮定することで、長く詳しくなるはずの表現が、短い比喩などの Holistic な表現になるといった、Audience Design では説明が難

しい基盤化過程の説明に寄与すると考える。

6.2 先行研究との比較

対象指示コミュニケーションにおいて、指示対象の部分的な表現 (Analytic) と全体的な表現 (Holistic) は異なる対話戦略だとされており [5, 6], Holistic な表現に理解が示されている場合、聞き手はチャンキング [22] を内部で行う必要があると考えた。更にチャンキングの結果、聞き手から Analytic な表現に理解が示される時よりも、Holistic な表現に理解が示される時の方が基盤化の基準への到達度に与える影響は大きいと考えた。

本研究で提案したモデル $p_{distinct}$ は、これらの先行研究から述べられていることと齟齬の少ないモデルだと言える。よって、先行研究をサポートする結果が提案モデルにより示されたと考えられる。

6.3 研究の限界と今後の展望

$p_{distinct}$ モデルの限界や外挿に関して考察する。

モデリングの際に非線形重回帰分析を行ったが、単純に $p_{indistinct}$ に対して $p_{distinct}$ の方が変数の個数が多いため、これに起因して予測誤差が減少した可能性がある。これは基盤化された確率をモデリングする上で変数を増やすことが適切なアプローチだったからだと考えることもできるが、予測誤差の減少が変数の増加に起因したのか、人の認知処理を適切にモデリングできたためなのかは検討が必要である。

また、図7と図6において各変数の範囲は1から9の間に収まっている。しかしこれらのデータはタングラム命名課題で得られた対話データに基づくデータであり、タングラムよりも複雑な対象物などを使用した際には、発話量が増える可能性がある。

よって、タングラムや無意味線画のような対象物が題材となった対話状況ならば本モデルは適用できる可能性があるが、いかなる対話状況においても妥当なモデルだとは本研究の結果からは述べることはできない。具体的には、Analytic な発話や Holistic な発話が数十回生じるような対話や、基盤化の取り消しが複数回生じるような対話のデータも含めたモデリングが今後求められると考えられる。

更に、Holistic な表現により伝達される情報と Analytic な表現により伝達される情報に異なる重みを与えて、基盤化された確率をモデル化したが、モデルが

入力として扱うデータはあくまで発話に理解が示された回数と示されなかった回数である。

このことから、モデルにおいては話者がどのような Analytic な情報や Holistic な情報を参照しているかは扱うことができていない。具体的には実験から得られたデータの中に、タングラムに対して「船」という Holistic な表現が用いられた対話 (A 付録の表6) があるが、その後に「三角のやつが帆で」という Analytic な表現を伴う発話が生じ、聞き手から理解が示されている。この場合、「三角のやつが帆で」という Analytic な表現が生じる前と後では、同じ「船」という表現が指し示す情報の中に「三角のやつが帆で」という情報が明示的に含まれていない状態から、明示的に含まれている状態に変異していると考えられる。

本モデルでは、どのような Analytic な情報が参照されているのかまでは明確に記述することはできていない。今後は参照されている情報を記述するために、Minsky のフレーム理論 [35] に基づき対話の進行と対応させて、どのようにスロットが埋められているのかを分析するアプローチを考えている。

7. 結論

本研究では、対話を通じた基盤化過程において Analytic な表現と Holistic な表現の相違が基盤化に与える影響の相違を、先行研究では十分に検討されていなかったことを問題として提起した。これに対し、基盤化の対象物が複雑である場合において基盤化された確率を予測するモデルを提案した。その結果として高い精度で基盤化の基準への到達や、基盤化状態の動的な変動の予測を行ったため、Holistic な表現により明示されなかった Analytic な表現が推論されるという認知過程が、基盤化のプロセスにおいて働いているということを示唆した。また、基盤化が完了していないにも関わらず、対話を次の段階に進める対話が生じたことから、基盤化には到達していないが、対話が次の段階に進められるような状態が基盤化過程には存在するという仮説を論じた。

提案モデルは、発話に理解が示された回数を扱っているため、どのような情報が参照されているのかに基づいたモデリングには至っていない。今後は、Minsky のフレーム理論 [35] を基に、対話中で交換された情報をスロットやフレームに対応させて分析する。また、Analytic な表現を伴う発話や Holistic な表現を伴う発話が数十回に及ぶ対話状況からデータを得ることで、より精緻で外挿の小さいモデリングを目指す。

文献

- [1] Herbert H. Clark and Thomas B. Carlson. Hearers and speech acts. *Language*, Vol. 58, No. 2, pp. 332–373, 1982.
- [2] Herbert H. Clark and Catherine R. Marshall. Definite knowledge and mutual knowledge. In Aravind K. Joshi, Bonnie L. Webber, and Ivan A. Sag, editors, *Elements of Discourse Understanding*, pp. 10–63. Cambridge University Press, 1981.
- [3] David K. Lewis. *Convention: A Philosophical Study*. Harvard University Press, 1969.
- [4] Thomas C. Schelling. *The Strategy of Conflict*. Oxford University Press, 1960.
- [5] George Yule. *Pragmatics*. Oxford University Press, 1996.
- [6] George Yule. *Referential Communication Tasks*. Routledge, 2013.
- [7] Herbert H. Clark and Edward F. Schaefer. Contributing to discourse. *Cognitive Science*, 1989.
- [8] Herbert H. Clark and Catherine R. Marshall. Grounding in communication. In Lauren B. Resnick, John M. Levine, and Stephanie D. Teasley, editors, *Perspectives on socially shared cognition*, pp. 127–149. American Psychological Association, 1991.
- [9] David R. Traum. A computational theory of grounding in natural language conversation. Technical report, Department of Computer Science, University of Rochester, 1994.
- [10] Eric Horvitz and Tim Paek. Grounding criterion: Toward a formal theory of grounding. Technical report, Microsoft, 2000.
- [11] Steve Young, Milica Gašić, Blaise Thomson, and Jason D. Williams. Pomdp-based statistical spoken dialog systems: A review. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 101, No. 5, pp. 1160–1179, 2013.
- [12] Jason Williams, Antoine Raux, and Matthew Henderson. The dialog state tracking challenge series: A review. *Dialogue & Discourse*, Vol. 7, No. 3, pp. 4–33, 2016.
- [13] Antonio Roque and David R. Traum. Improving a virtual human using a model of degrees of grounding. In *Proceedings of the 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 207–216, 2009.
- [14] Herbert H. Clark and Deanna Wilkes-Gibbs. Referring as a collaborative process. In Philip R. Cohen, Jerry L. Morgan, and Martha E. Pollack, editors, *Intentions in Communication*, pp. 265–274. MIT press, 1990.
- [15] Jean Carletta and Amy Isard. Hrc dialogue structure coding manual. Technical report, Centre, University of Edinburgh, 1996.
- [16] Susan R. Fussell and Robert M. Krauss. The effects of intended audience on message production and comprehension: Reference in a common ground framework. *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 25, No. 3, pp. 203–219, 1989.
- [17] Nanda Poulisse, Theo Bongaerts, and Eric Kellerman. *The use of compensatory strategies by Dutch learners of English*. Foris Publications, 1990.
- [18] Misako Nambu and Etsuko T. Harada. Cognitive artifacts and conversation in referential communication tasks. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, Vol. 5, No. 1, pp. 139–150, 1998.
- [19] Herbert H. Clark and Deanna Wilkes-Gibbs. Referring as a collaborative process. *Cognition*, Vol. 22, No. 1, pp. 1–39, 1986.
- [20] Herbert H. Clark and Michael F. Schober. Understanding by addressees and overhearers. *Cognitive Psychology*, Vol. 21, No. 2, pp. 211–232, 1989.
- [21] Matthew J. Traxler and Morton A. Gernsbacher. Improving coherence in written communication. In Morton A. Gernsbacher and T. Givón, editors, *Coherence in Spontaneous Text*, pp. 215–237. John Benjamins Publishing Company, 1995.
- [22] Ian. Neath and Aimee M Surprenant. *Human memory*. Wadsworth Publishing, 2003.
- [23] Timothy Koschmann and Curtis D. LeBaron. Reconsidering common ground. In *ECSCW 2003*, pp. 81–98, 2003.
- [24] Antonio Roque and David R. Traum. Degrees of grounding based on evidence of understanding. In *Proceedings of the 9th SIGdial Workshop on Discourse and Dialogue*, pp. 54–63, 2008.
- [25] Takenobu Tokunaga, Ryu Iida, Asuka Terai, and Naoko Kuriyama. The REX corpora: A collection of multimodal corpora of referring expressions in collaborative problem solving dialogues. In *Proc. LREC*, pp. 422–429, 2012.
- [26] Michel Hupet and Yves Chantraine. Changes in repeated references: Collaboration or repetition effects? *Journal of Psycholinguistic Research*, Vol. 21, No. 6, pp. 485–496, 1992.
- [27] Robert M. Krauss and Sidney Weinheimer. Changes in reference phrases as a function of frequency of usage in social interaction: a preliminary study. *Psychonomic Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 113–114, 1964.
- [28] Robert M. Krauss and Sidney Weinheimer. Concurrent feedback, confirmation, and the encoding of referents in verbal communication. *Journal of Personality and Social Psychology*, year=1966, volume = 4, number = 3, pages = 343-346.
- [29] Robert M. Krauss. The role of the listener: Addressee influences on message formulation. *Journal of Language and Social Psychology*, Vol. 6, No. 2, pp. 81–98, 1987.
- [30] John M. Carroll. *What's in a name?* Freeman, 1985.
- [31] William S. Horton and Daniel H. Spieler. Age-related differences in communication and audience design. *Psychology and Aging*, Vol. 22, No. 2, pp. 281–290, 2007.
- [32] Deanna Wilkes-Gibbs and Herbert H. Clark. Coordinating beliefs in conversation. *Journal of Memory and Language*, Vol. 31, No. 2, pp. 183–194, 1992.
- [33] Herbert H. Clark and Gregory L. Murphy. Audience design in meaning and reference. In Jean-François Le Ny and Walter Kintsch, editors, *Language and Comprehension*, pp. 287–299. North-Holland, 1982.
- [34] Allan Bell. Language style as audience design. *Language in Society*, Vol. 13, No. 2, pp. 145–204, 1984.
- [35] Marvin Minsky. A framework for representing knowledge. In Pat Winston, editor, *The Psychology of Computer Vision*, pp. 211–277. McGraw Hill, 1975.

A 付録

表 6 参照する Analytic な情報が変異する対話

話者	発話	タグ	基盤化状態	Step
B	船			
B	船っぽく見えないこともないですが	holistic		
A	ああああ			
A	なんか			
A	船に見たときに上に3つ物が乗ってるみたいなの？	ack holistic, analytic		1
B	あ、そうそうそうそう	ack analytic		2
A	あ、なるほど			
A	これは、確かに船だね、言われれば			
B	で、その帆、帆			
B	帆でいいんだっけあれ	analytic		
A	ああうんそう	ack analytic		3
B	三角のやつが帆で			
B	ちょっと後2個のやつはなんか浮いてるけど	analytic		
A	四角と三角だね	ack analytic	grounded	4
A	わかったわかった			
A	船だね			
B	あ、船で良いんですかこれ			
A	いや、でも船に見えるよ			
A	そう言われれば			
B	じゃあ船で			

表 7: 基盤化と基盤化の取り消しが生じた対話

話者	発話	タグ	基盤化状態	Step
A	これ一番右上に	analytic		
A	何、白鳥みたいな、鳥みたいなのが	holistic		
B	一番右上？			
A	なんか			
B	左上っぽいけど	deny analytic		1
A	ん			
B	配置違うのかな			
A	配置違う可能性ある			
A	わかんない			
B	うん			
A	だよ			
A	うーん			
B	いやまあでもどれのこと言ってるかはとりあえずわかるよ	ack holistic		2
A	なんかそうそうそう			
A	一点にいる	analytic		
A	鳥みたいな			
B	うん			
B	うんわかる、でもねっぼいのが二つない？	ack analytic, holistic		3

表 7: 基盤化と基盤化の取り消しが生じた対話

話者	発話	タグ	基盤化状態	Step
A	ある	ack holistic		4
B	うん, 似てる, 似てるっていうか			
A	あるある			
A	え, あのお			
A	下向いてるのか上向いてるのかみたいな	analytic		
B	そうそうそう	ack analytic	grounded	5
A	ああわかったわかった			
B	うん			
A	鳥だよこれ			
B	いや, 鳥かどうかは知らんけどまあ			
B	まあそういうことにしましょう			
A	これあれでしょ, 印象, なんか印象を言う			
B	うん			
A	決めてくの			
B	うん			
B	え, 何と			
B	そうだね			
B	え, 何, 鳥でいいの?			
A	なんか			
B	白鳥とかじゃなくていいの?			
A	白鳥でいくか			
B	画面に書いといた方がいいのかな			
A	書いとく			
B	ちょっと俺, キーボード使ったことないからちょっと			
B	なんかエラー音なる			
B	あ, そっかそういうことか			
A	次どうしよっか			
A	二個あるじゃん			
B	え. ちょっとまって一個目白鳥でいいんだっけ			
A	上向いてる方	analytic		
B	いや違う, 横向いて, ん? 下向いてる方	deny analytic	canceled	6
A	下むいてる方?			
B	あ. え?			
B	泳いでそうなやつ	analytic		
A	ああ			
B	は?	deny analytic		7
B	白鳥でいいんだっけ?			
A	白鳥でいいんじゃない			
B	あ, じゃあ白鳥で			
A	下向いてるほうね	analytic		
B	下向いてるほうね	ack analytic	grounded	8