JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	以心伝心における多義性と文脈の役割～言語ゲームシミュレーションによる考察～
Author(s)	冨士本，大哲
Citation	
Issue Date	2008-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/4281
Rights	
Description	Supervisor:橋本敬，知識科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修　士　論　文

以心伝心における多義性と文脈の役割
～言語ゲームシミュレーションによる考察～

指導教官　　橋本　敬　准教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識システム基礎学専攻

650056　　冨士本　大哲

審査委員：　橋本　敬　　准教授（主査）
中森　義輝　教授
本多　卓也　教授
池田　満　　教授

2008 年 2 月

Copyright © 2008 by Masanori Fujimoto

目　次

第１章　はじめに　1

1.1　研究の背景 1

1.2　研究の目的，および手法 3

1.3　本論文の構成 4

第２章　関連研究および本研究の位置づけ　6

2.1　コミュニケーションと以心伝心 6

2.1.1　「記号」の三項関係 6

2.1.2　コミュニケーションのダイナミクス 8

2.1.3　コミュニケーションの特徴 9

2.1.4　以心伝心的コミュニケーション 10

2.2　コミュニケーションと「心の理論」 13

2.2.1　「心の理論」仮説 13

2.2.2　「共感」という考え方 14

2.3　コミュニケーションのコードモデル 14

2.3.1　コードモデル 15

2.3.2　コードモデルに関する問題 16

2.4　コミュニケーションの推論モデルと関連性理論 16

2.4.1　推論モデル 17

2.4.2　関連性理論 20

2.4.3　関連性理論と以心伝心 21

2.5　本研究における関連研究の位置づけ 23

第３章　Language-Game　24

3.1　Language-Game の概要 24

3.2　Language-Game の諸条件 25

3.2.1　エージェントと Feature 25

3.2.2　Lexicon 25

3.2.3　Language-Game の手順 26
3.3　Language-Game の実験結果と議論 28
3.3.1　実験結果 28
3.3.2　Steels の議論と以心伝心的コミュニケーション 30

第４章　予備実験　32
4.1　構成要素の抽出 32
4.1.1　エージェント 32
4.1.2　オブジェクト 32
4.1.3　Lexicon 33
4.1.4　ゲームの手順 33
4.2　実験の条件設定 34
4.3　実験結果 34
4.4　以心伝心的コミュニケーションのモデルに向けて 36
4.4.1　Language-Game 採用の妥当性 36
4.4.2　以心伝心的コミュニケーションモデルへの拡張 38
4.4.2.1　多義性 38
4.4.2.2　文脈情報 39

第５章　以心伝心的コミュニケーションのモデルと以心伝心ゲーム　41
5.1　以心伝心的コミュニケーションの定義 41
5.2　以心伝心ゲーム 42
5.2.1　オブジェクト 42
5.2.2　Speaker と Hearer 43
5.2.2.1　Speaker 43
5.2.2.2　Hearer 43
5.3　以心伝心ゲーム実験 44
5.3.1　実験１ 44
5.3.2　実験２ 47
5.3.3　実験３ａ 49

5.3.4　実験３ｂ..... 51
5.4　実験結果..... 52
5.4.1　実験１の結果..... 52
5.4.2　実験２の結果..... 54
5.4.3　実験３ａおよび実験３ｂの結果..... 56

第６章　議論　59
6.1　以心伝心的コミュニケーションにおける多義性と文脈..... 59
6.1.1　文脈情報..... 59
6.1.2　多義性..... 61
6.1.3　以心伝心ゲームは以心伝心的コミュニケーションを再現しているか..... 62
6.2　コミュニケーションの本質に迫る..... 63
6.3　コミュニケーションのダイナミクス（再考）..... 64

第７章　結論　66
7.1　結論..... 66
7.2　課題..... 67

謝辞　69

参考文献　70

図　目　次

図 2.1　記号の三項関係 7
図 2.2　コミュニケーションのダイナミクス 9
図 2.3　以心伝心的コミュニケーションの例 11
図 2.4　心の理論に関するサブモジュール構成 13
図 2.5　コミュニケーションのコードモデル 15
図 2.6　発話の全意味内容 19
図 2.7　関連性理論によるお茶の定義 22
図 3.1　Language-Game のモデル図 27
図 3.2　タンゴの利用状況とコミュニケーションの成功との関係 28
図 3.3　コミュニケーションの平均成功率の推移 29
図 4.1　コミュニケーションの成功率の推移 35
図 5.1　実験 1 の概要図 46
図 5.2　実験 2 の概要図 48
図 5.3　実験 3 a の概要図 51
図 5.4　実験 3 b の概要図 52
図 5.5　実験 1 の成功率の推移 53
図 5.6　実験 2 の成功率の推移 55
図 5.7　実験 3 a におけるコミュニケーションの正誤 57
図 5.7　実験 3 b におけるコミュニケーションの正誤 57
図 5.9　実験 3 b での 5 step ごとの正解率 58
図 6.1　実験 3 b における 5 step ごとの正誤 60

表　目　次

表 4.1　各エージェントのゲーム途中の Lexicon. 35
表 5.1　実験１の初期設定. 45
表 5.2　実験２ａの初期設定. 47
表 5.3　実験２ｂの初期設定. 48
表 5.4　実験３ａの初期設定. 50
表 5.5ａ　実験１における Lexicon 再構築前の Hearer の Lexicon. 53
表 5.5ｂ　実験１における Lexicon 再構築後の Hearer の Lexicon. 54
表 5.6　実験２による Lexicon の一部. 56

表 5.7　実験３ｂでの Lexicon. 58

第１章　はじめに

本研究は、以心伝心という現象を題材に人間の行うコミュニケーションについて、その背後にある認知的な解釈のメカニズムを探るため、以心伝心という現象を題材にコンピュータシミュレーションによる実験を基にした検討を試みるものである。

本章では、まずこの研究の背景として、以心伝心というコミュニケーションの一現象が従来の研究においてどのように扱われうるのかについて述べる。その上で、本研究における以心伝心現象の位置付けを明確に示し、これをどのような立場で、どのような手法で扱っていくのかについて述べる。

1.1　研究の背景

我々人間が日常的に行うコミュニケーションにおいて、以心伝心と呼ばれる現象がある。以心伝心とは、元来、仏教の特に禅宗において見出された仏教用語で、その意味は、　① 悟りや心理を言語を用いずに心から心へと伝えること。　② 心と心が無言のうちに互いに通じ合うこと、である。このような元来の意味ではあるが、今日日常的に使われるのは主に②の意味であり、「阿吽（あうん）の呼吸」のような息の合った瞬時のコミュニケーションを目撃した際に「それはまるで以心伝心のようだ」というように使われる。本研究では、先のようなコミュニケーションの形態を「以心伝心“的”コミュニケーション」と位置付け、どのような条件が揃うことで実現可能になるのかについて明らかにすることを第一の目的とする。そして、以心伝心的コミュニケーションという一つの現象を題材に、人間の行うコミュニケーションの本質についての理解を深められることを第二の目的とする。

先に述べたとおり、以心伝心的コミュニケーションは我々が日常的に行うコミュニケーションの一形態である。コミュニケーションに関する研究は科学・工学といった研究分野を問わず以前より盛んに行われている。人間の認知能力そのものについての関心や、あるいはどのような方法ならコミュニケーションをより有利に行えるのかといった点から興味深いものだからである。また、ヒトに限らずあらゆる生物は他者や周囲の環境とのコミュニケーションをもつことなしに生存することが不可能であることから、それだけでもコミュニケーションに関する研究は生物の活動の本質に関わる部分の理解へと至るために興味深く、また重要なものだと考えられる。

以心伝心的コミュニケーションには、外部から観察する上で次のような四つの特徴がある。一つは、それが瞬間的なインタラクションによって成り立っているという点である。また二つ目の特徴として、以心伝心的なコミュニケーションにおいては多義的な語が発話として利用されている点がある。どのようなメカニズムが働いているかはわからないが、例えば、食後に夫が「おーい」と呼びかけるだけで妻がお茶を出す

というように、夫の僅かな、そして意味の無いような発話で妻に自分の「食事が終わってお茶が飲みたいから、お茶を淹れて持ってきて欲しい」という意図を伝えることができているような点である。三つ目の特徴として、全く見ず知らずの他人同士の間では意図伝達のコミュニケーションとして成功させることに大変な困難を伴うという点である。これは先に挙げた食後のお茶の例のように、ある程度見知った間柄の人間とのやり取りの際には意図伝達として成立する可能性が高いという経験的な特徴である。そして四つ目は、たとえ一度以心伝心のようなやり取りが成功した相手でも、以後の意図伝達も必ず成功するとは限らないという点である。状況が変わることで以心伝心的なやり取りが失敗することもしばしば起こりうるのである。このような四つの特徴は、以心伝心的コミュニケーションには人間の意図伝達に関わる認知能力の問題と、言語現象に関する問題とが密に関わっていることを示すものだと捉えられる。

ではなぜ、本研究において以心伝心的コミュニケーションを研究対象の現象として取り上げるのか。その理由は、上述したような以心伝心の特徴は我々人間が日常的に行う他者とのコミュニケーションにおいても共通に見られるものであるからである。さらに、そうしたコミュニケーション全般に散見される諸特徴を以心伝心という現象が多く備えていると考えられるからである。すなわち、本研究では以心伝心的なコミュニケーションという現象を通じて、コミュニケーション現象全般についてその本質的な部分への理解を目指すものである。本研究における以心伝心的コミュニケーションの位置づけについては続く第２章で詳しく説明する。

従来の研究においては、このような特徴をもつ以心伝心的コミュニケーションに対して大きく次の三つの観点からの説明が可能である。まず、「心の理論」仮説に基づく人間の他者の意図を理解する能力に関する観点がある。ここでは、以心伝心的コミュニケーションについて、環境からの様々な情報を基に相手の意図を推測し自己の行動を決定するまでの過程についての検討がなされる。次に、コミュニケーションのメカニズム的な観点からの以心伝心についてのコミュニケーションモデルの検討が可能である。現在までに研究されているいくつかのコミュニケーションモデルに以心伝心的なコミュニケーションの特徴を当てはめ、「以心伝心とはこういう状態だ」という形での検討である。最後に、言語学的な観点から以心伝心的コミュニケーションで観察される言語現象について、以心伝心に特有な言語の現れ方から説明をするという方法である。以上三つの研究視点についての詳細は次章以降に詳しく説明していくこととする。

しかし、以心伝心的コミュニケーションについてこのようないくつかの観点からの説明が可能ではあるが、本研究ではどの立場にも深く足を踏み込むことはしない。なぜなら、これらの観点からは以心伝心的コミュニケーションの現象としての説明は可能だと思われるが、そこから以心伝心の、ひいては人間の行うコミュニケーション行動の本質の部分への理解に至ることは困難だと考えられるからである。ではなぜ、これらの観点からはコミュニケーションの本質へと至ることが困難なのかについても次章で説明する。

以上のように、以心伝心的コミュニケーションの特徴とそれを説明しうるいくつか

の観点からの研究が可能ではあることを述べてきたが、本研究ではこれらの観点とは別の観点からの検討を行う。すなわち、Steels（1996）から始まる一連の「進化言語ゲーム」のモデルを本研究の拠るところとする。この Steels（1996）については第三章にて詳説するが、なぜこのゲームモデルを採用するかというと、このゲームが、異なる二体のエージェントが全くコミュニケーションを取れない状態から共通の語彙を構築しうまくコミュニケーションを行える状態へと向かう過程を上手く再現することに成功しているからである。本研究の第二の目的としてコミュニケーションの本質へと迫ることを掲げているが、このモデルを採用することにより本質の部分への道筋を建てられると予想される。すなわち、以心伝心的なコミュニケーションがどのような条件で、そしてどのような過程で発生しうるのかを、実験の条件を変えていくことで確認することが可能になるのである。冒頭で述べたとおり、以心伝心的コミュニケーションは我々人間が行う多種多様なコミュニケーション行動の一つの側面である。また、ある程度以上親しい間柄の相手とのインタラクションを繰り返すことで実現されうるという特徴から、共有語彙の獲得を超えた先に起こりうるコミュニケーション現象であると考えられる。したがって、本研究では進化言語ゲームに以心伝心へと至りうる新たな条件を付加することで、コミュニケーション不全の状態から以心伝心状態までの過程を再現することを目指す。

1.2　研究の目的、および手法

前節で述べた以心伝心的コミュニケーションの研究背景を踏まえ、本節では、本研究の立脚する立場、明らかにしようとするもの、および採用する手法について述べる。

まず、本研究の目的を示す。本研究は認知科学および言語進化的な立場から以心伝心的コミュニケーションについて捉え、以心伝心が起こりうるメカニズムを明らかにすることを目的とする。その際、構成的手法に基づく言語ゲームシミュレーションによる実験と分析を行うことを通じて、以下のことを目指す。

1．　以心伝心的コミュニケーションのモデルを構築し、どのような条件で以心伝心が起きうるのかを調べ、その成立過程を観察する。

2．　発話の多義性や文脈情報が以心伝心的コミュニケーションに対してどのような機能を持っているのかを明らかにする。

3．　コミュニケーションにおいて、伝達の失敗がどのような意味をもつのかを明らかにする。

以上を本研究での目標とし、これらの目的を達するために本研究は次の立場をとる。以心伝心的コミュニケーションの現象としての説明としては、Sperber

and Wilson（1986/1995）の関連性理論による説明を試みる。以心伝心的コミュニケーションのゲームモデルとしては、Steels（1996）の Language-Game モデルの枠組みを採用する。また、本研究においては、以心伝心的コミュニケーションの再現にむけて構成的手法をそのアプローチとして採用している。以下では、この構成的手法について簡単に述べる。

構成的手法とは、その研究の対象とする現象を構成する全ての要素において「本質的だ」と考えられる部分をいくつか取り出し、その取り出したものからシステムを構築し、実際にそのシステムを稼動させ観察することで、対象とする現象が発生するメカニズムを明らかにしようとする手法である（橋本, 2002）。この手法では、本研究のように計算機シミュレーションなどのシステムを構築し稼動させる方法が主に採用される。この手法は、構成したシステムのパラメータ設定などを任意に変更でき、ある条件においてどのような変化・結果が現れるのかを観察することが可能である。よって、コミュニケーションのようにいくつかの要素間でのインタラクションやその変化が本質的な部分を構成する現象などの観察や理論構築を試みる際に有効な手法である。

ただし、構成的手法によって示されるのは、対象とする現象の十分条件であり、その条件が当該の現象にとって不可欠な要素であることを示すことはできない。つまり、その現象における必要条件を提示することは不可能なのである。これは構成的手法の、その特性ゆえの必然的な限界である。したがって、本研究において示されるものも、本研究で構築されたモデルの範囲内においてある種の以心伝心的コミュニケーションを発生させるための十分条件でしかない。しかし、上述のように、構成的手法で明らかにされる十分条件はその現象における本質的だと考えられる部分であり、コミュニケーションについての真の理解に近づくための有効な手段である。

1.3　本論文の構成

本論分の構成について紹介する。以下、第２章においてコミュニケーションについての関連研究の説明を行う。ここではまず、人間の行うコミュニケーションに関して概説し、「心の理論」仮説による人間のもつコミュニケーションに係る認知能力について述べる。その後、実際のコミュニケーションのモデル化された説明として、コードモデル、推論モデル、そして本研究が以心伝心的コミュニケーションの説明および定義として採用する関連性理論について述べる。次に第３章では、本研究が以心伝心的コミュニケーションのモデルの基礎として採用する Steels（1996）の Language-Game モデルについて詳説する。ここでは更に、本研究においてこのモデルを採用する意義についても解説する。続く第４章では、Steels（1996）のゲームモデルの追試実験を行い、これを考察し、以心伝心モデルへの追加・拡張を考える。第５章では、拡張された以心伝心モデルによるゲーム実験の定義をし、その実験結果を示す。第６章では、コ

ミュニケーションの本質について実験の結果を踏まえた議論を行う。最後の第７章において、前章までの結果からの考察を踏まえ結論を置く。

第２章　関連研究および本研究の位置づけ

前章では本研究の背景として以心伝心的コミュニケーションの特徴とコミュニケーション研究全体について概説した。本章では、さらに本研究の位置づけを明確にするため、本研究で以心伝心を取り扱う意義、および関連研究の詳細について説明を行い、それら諸研究の本研究での捉え方について言及する。
本章の展開は以下のとおりである。

- 人間の行うコミュニケーションの特徴についての主張
- コミュニケーション研究における以心伝心的コミュニケーションの取り扱い
- 関連研究の詳細と本研究での捉え方
- 関連研究と以心伝心的コミュニケーションとの関係

まず、我々の日常的なコミュニケーションについてその特質を概観し、それに対して以心伝心的コミュニケーションがどのような位置づけであるのかを明確にする。次に、関連研究として「心の理論」仮説、コミュニケーションのコードモデル、推論モデル、関連性理論を紹介した上で、それら諸研究の本研究での位置づけを行う。最後に、そこから説明しうる以心伝心的コミュニケーションとの関係について述べる。

2.1　コミュニケーションと以心伝心

2.1.1　「記号」の三項関係

本研究の目的の一つは、以心伝心的コミュニケーションモデルの構築である。以心伝心が一般的なコミュニケーションの一形態であるからには、その大元の部分についての前提理解が必要である。そこでまず、以心伝心を具体的に取り上げる前に、コミュニケーション一般について考える。
我々が他者とコミュニケーションを行うと言った際、それは一体どのような現象、あるいは行為について言うのか。大まかに言うと、それは次のことを指している。すなわち、我々は意図や情報を、物理的に感知可能な部分と感知不可能な部分で構成される記号を用いてやり取りしている。では、記号とは何か。物理的に可知／不可知とはどういうことなのか、以下に説明する。

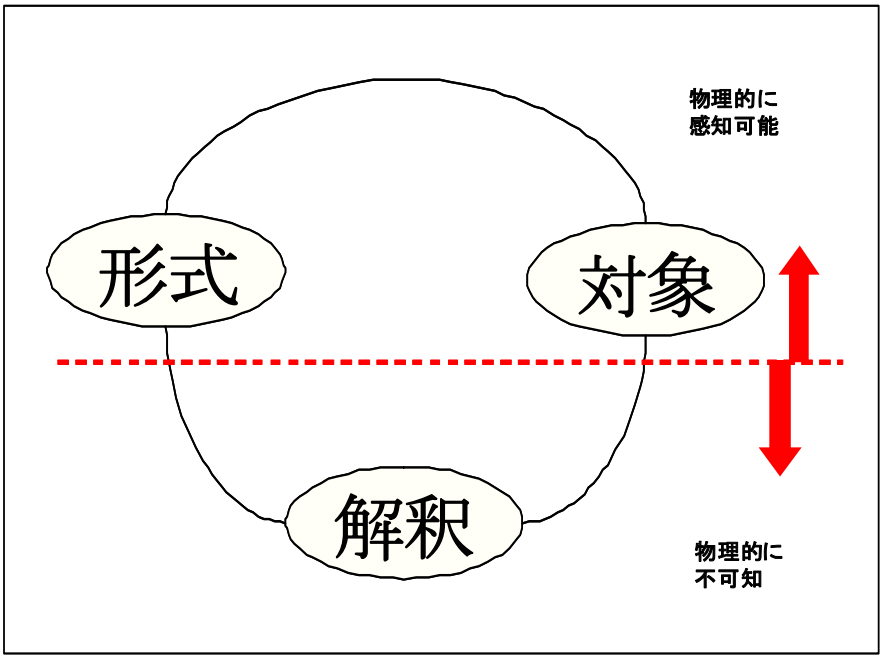


図 2.1：記号の三項関係

我々が伝達の道具として用いる記号とは、言語やジェスチャー、あるいはその他の外界にある事物のことを指す。これらは目で見ることができ、耳で聞くことが可能で、また体で触ることが可能なものもある。我々は、こうした物理的に感知可能な様々な記号を用いて、他者に自分の意図を伝えるコミュニケーションを行っている。

では、記号とはどのような構造をしているのだろうか。記号論の始まりとされる Peirce（1931-1958）における記号の三項関係をもとに、本研究で意味する記号は図 2.1 に示されるように、「対象」と「形式」と「解釈」の三項関係からなると仮定する。対象とは、その記号が実際に指し示す現実世界のオブジェクトの一つ（あるいはその集合）である。次に形式とは、その記号の物理的性質のことである。これは例えば、言語や音声であれば空気の振動という形式を取り、映像などの場合はインクの染みや光の加減という形式を取る。そして解釈とは、その対象がその形式によって表されるその記号の意味である。また、対象と形式は物理的に感知可能であるが、解釈は物理的に感知不可能である。解釈が物理的に不可知であるのは、そもそも解釈が他の二つの要素とは異なる形で形成されているからである。解釈は、例えば一言に「コップ」と言葉で言っても、それがどんな形や色をしているのか、どんな機能を果たすものなのかなどが人それぞれ違ってくるように、現実世界のある対象について個々人がもつ内的な意味のラベルなのである。したがって、二人の人間がある記号を目前にしたとき、その対象と形式が同じであっても解釈までもが完全に同じであるとは言えない。客観的には同じ（対象・形式）ものでも、捉え方や解釈は違うのである。このことはコミュニケーションを続ける際に重要となる。

2.1.2　コミュニケーションのダイナミクス

記号における解釈が人それぞれに異なるということは、コミュニケーションにおいてある問題を引き起こす。個人によって解釈が異なるということは、意図や情報を相手に伝えようとしてある記号を用いたとしても、相手のその記号に対する意味や解釈が自分のそれとは異なっているかもしれない。そうだとすれば、その記号を使うことは適切ではない。だからといって別の記号を使おうとしても、またその記号の解釈も違っているかもしれない。このようなことが全ての記号に付きまとってくるので、最終的にどの記号を用いることも適切だとはいえず、結局コミュニケーションを始めることができず、意図や情報を伝えることが不可能のうちに終わってしまうのである。これが記号における解釈の違いによって起こる問題であるが、しかし、現実にはこのようにコミュニケーションが全く始まらずにいるということはありえない。我々は解釈に関わるこの問題をどうにかして乗り越えているのである。

我々はどのようにして他者とのコミュニケーションを開始しているのか。また、その際に、どのようにして解釈の問題を解決しているのだろうか。答えは簡単である。「解釈が違うであろう」からコミュニケーションが始められないのであれば、「解釈は同じものであろう」と仮定してコミュニケーションを始めてしまえばいい、ということである。どのような手段を用いたとしても、他者の意味解釈機構をそっくりそのまま確認することは不可能である。ならば、無理なものは無理なものとして諦めるしかない。しかし、だからといてコミュニケーション自体を諦めるわけにはいかない。そこで、他者の解釈についてある仮定をおくのである。すなわち、同じ国に生まれ育ち、同じ国の言語を使い、同じような文化のなかで生活してきたのなら、解釈機構についても完璧とは言わないまでもある程度の類似性は確保されているだろう、という仮定である。この仮定のもと、我々はコミュニケーションを開始することが可能となる。

さて、ようやく最初のコミュニケーションを始めることが可能となったわけであるが、解釈についての問題が完全に消え去ったわけではない。この問題は依然として残り続け、次に新たな問題を起こす原因となる。しかし先にも述べたとおり、この解釈に係る問題が決して解決されることがないということが重要となる。

こうして始まったコミュニケーションがどのような過程を経るかについて図 2.2 に示す。我々は解釈に係る問題を上記のような当面の仮定を置くことで回避し、コミュニケーションを開始した。しかしながら、この後すぐにまた同じ問題が降りかかる。相手も同じような解釈機構を持っているという仮定のもとコミュニケーションを続けているうち、徐々にあるいは劇的に不具合が生じてくるようになる。解釈が完全に同じではなかったがゆえに、コミュニケーションの相手との間で意図や情報についての誤解や齟齬が生まれるのである。このとき、その相手とのコミュニケーションを継続したいと思っているならば、こ

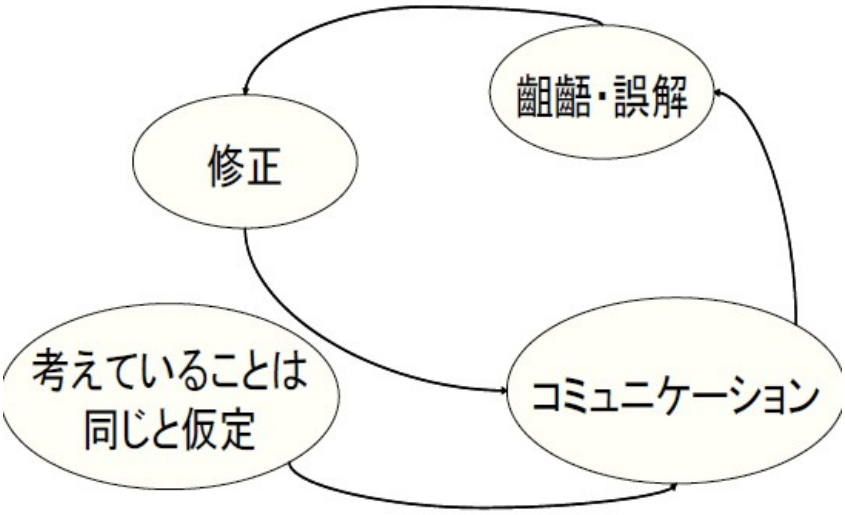


図 2.2：コミュニケーションのダイナミクス

の誤解や齟齬をどうにか解消しなくてはならなくなる。そこで我々は、齟齬が生じている当該の記号について、自己あるいは相手、もしくは自他共々の解釈に対して修正を図る。しかし、この修正によって完全に解釈の齟齬が解消されているかどうか確認することはやはり不可能である。ここでもまた我々は、「そうは言っても、とりあえず齟齬は修正され、解釈は同じものになったに違いない」と仮定し、再びコミュニケーションを開始するのである。こうしてコミュニケーションを続け、また新たな齟齬などが生じた際には、同じように齟齬を修正し仮定を改めることでコミュニケーションを続けていく。

2.1.3　コミュニケーションの特徴

我々が日常的に行っているコミュニケーションは、前項で述べたようなダイナミクスをもつ。ここでは、コミュニケーションについて、その特徴を明確に示しておく。

コミュニケーションは、そこで用いられる記号における解釈機構の性質から、次のような特徴を持っていることが確認される。

- 意図伝達の成功と失敗を繰り返す。
- 「解釈の齟齬」が発生し、それを「修正」してコミュニケーションを「再試行」する。
- 一度成功した伝達手段でも、それが以後も必ず成功する保証がない。

個人ごとに記号の解釈機構が違うということは、その記号を用いて意図伝達を試みる際に相手との解釈の違いによる齟齬の発生を完全に回避することが不可能だということである。さらには、その解釈機構は外部からの物理的な感知が不可能であるということが、齟齬の回避の困難さを増幅させている。我々はどのようにしても他者の解釈機構を完全に把握することはできないのである。したがって、一見すると意図伝達が成功しているかのように見えても、解釈の次元でそもそも違った見方をしているということも起こりうるので、実際には解釈を含めた真の意味での意図伝達が成功しているかどうかについても知りえない。しかし、我々はそうした不確実性を目前にしたとき、前項で述べたようなある仮定のもとにコミュニケーションを行っている。ただし、この仮定もまた不確実なものであるため、ある相手には成功した意図伝達であっても別の相手にも同様の手段で意図伝達が成功するという保証がない。これはたとえ同じ相手との連続したコミュニケーションの最中にも同じことである。我々はコミュニケーションを行うことを通じて、常にある記号の解釈について変更や改編を行っている。つまり、解釈の齟齬をなくそうとしてコミュニケーションを続けることそれ自体が、新たな解釈の齟齬を生み出す原因ともなりえているのである。逆に言えば、このように記号の解釈は常に動的な変化のなかにさらされており、しかしそれによる解釈の齟齬とその修正の作業があるからこそ、コミュニケーションは継続されうるのだということである。言い換えると、コミュニケーションにおいては意図伝達が失敗すること（あるいはその可能性が失われずにいること）が最も重要な要素の一つであると考えられるのである。

このように、個人間での記号の解釈機構の違いによる意図伝達の失敗の可能性の保持により、コミュニケーションは常にその不安定性を抱えている。しかし、上で述べたように、そうした不安定さゆえに起こる意図伝達の失敗こそが、コミュニケーションの維持にとって重要な要素ともなっているのである。コミュニケーション形式の生成と崩壊、意図伝達の成功と失敗を繰り返すことでコミュニケーション自体が、また人間同士のつながりが維持されているのである。本研究では、そのような現象の裏にどのようなメカニズムが働いているのかについて、以心伝心的コミュニケーションというある種のコミュニケーション現象を通して明らかにすることを目指す。次に、この以心伝心的コミュニケーションについて改めて見ていく。

2.1.4　以心伝心的コミュニケーション

以心伝心的コミュニケーションの特長について、第 1 章に引き続き詳しく説明する。本研究において想定する以心伝心的コミュニケーションの一例として、その概要を図 2.3 に示す。この例は、第 1 章において用いたものと同じく、食後にお茶を要求する夫とそれに応える妻の例である。夫は「食事が終わったの

で、お茶が欲しい。だからお茶を淹れて持ってきてくれ」という自分の意図を、「おーい」という僅かな発話のうちに込める。その発話を受けた妻は、夫の意図している内容を正しく推測・理解し、夫のもとにお茶を届けている。このような現象である。

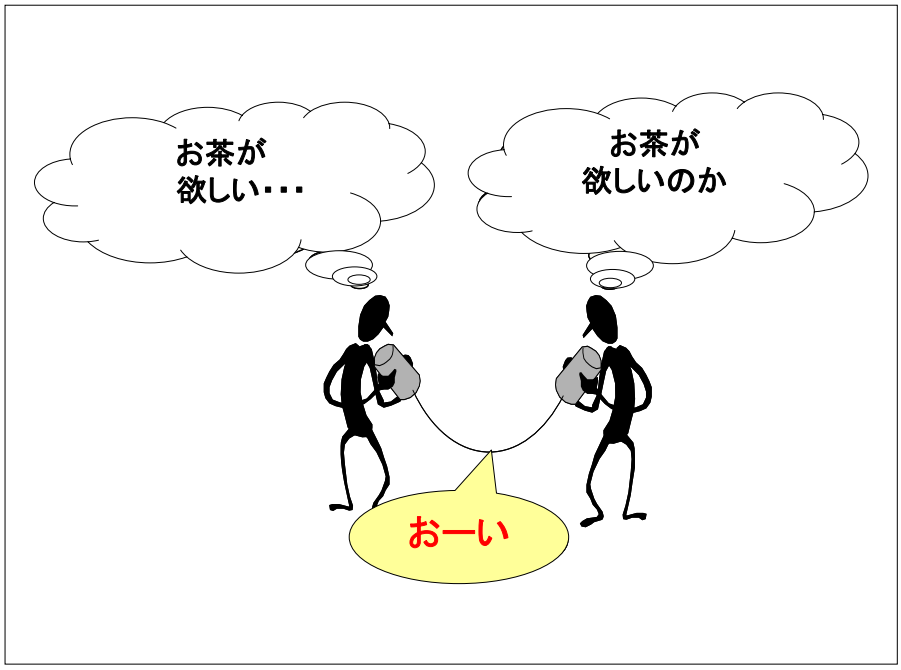


図 2.3：以心伝心的コミュニケーションの一例

ここで、特定の二者間で行われる以心伝心的なコミュニケーションに見られる特徴を改めて以下のように挙げてみる。

- 話し手は僅かな発話を用いて自身の意図伝達を試み、聞き手はその僅かな発話から話し手の正しい意図を推測・理解する
- 発話に用いられるのは、多義性をもった語である
- 当該の二者間においては、多義性をもつ発話の意味が一意に決定されている
- 客観的には、なぜそのような発話のみで意図が伝わるのかわからない

以心伝心的なコミュニケーションにおいても通常のコミュニケーションと同じく、相手の解釈機構については不可知のままのはずである。また、複数の意

味をもつ多義的な語を伝達の道具として用いるには、その語がどのような意味をもっていて、その時点ではどのような意味で用いられているのかについての解釈がある程度共有されているという仮定が必要である。ここから、いくつかの疑問が浮かび上がる。それらは主に、なぜ多義性をもつ語を発話として用いるのかという点と、多義的な語の意味をどのようにして一意に決定しているのかという点についての疑問である。

まず、なぜ多義性をもつ語を利用するのかという疑問についてであるが、この疑問には内海（2003）において、「言外の意味のコミュニケーションがなぜ必要なのか」という形での議論がなされている。内海は、Dunbar（1996）などの社会的言語仮説の研究から、次のような仮説を唱えている。

- 言語によるコミュニケーションは、本来、推論に基づく言外のコミュニケーションであり、言語的知能が進化するにつれて、言内の意味を用いた言語コミュニケーションも行われるようになった。

したがって、言外の意味がなぜ必要なのかという問題設定自体がナンセンスであり、言語の本質は言外の意味にあると帰結される、と主張する。この仮説は、記号の物理的に可知な部分にはそもそも意味はない、という本論の立場からも支持される。したがって、本研究においても、なぜ多義的な語を用いるのかという疑問に対してはこの仮説を採用することとする。また本研究において、この問題に答えることは、本研究の目的に対して本質的な解決にはならないと判断する。

次に、どのようにして多義語の意味を一意に決定しているのかという疑問がある。多義語はその名の通り、複数の意味を併せ持つ単語である。多義語の意味決定においては、語用論的なメカニズムが働くことによりその意味が一意に決定されると考えられている。語用論的なメカニズムの働きによるとは、その語が発話された文脈など、当該の語以外の何らかの情報を用いて推論的に当該の語の意味を決定しているということである。したがって、以心伝心的コミュニケーションにおいて多義的な語を用いて意図伝達が可能となっているということは、コミュニケーションをしている二者間においては、その語が発話された前後の文脈などの情報をもとに当該の多義語の意味を一意に決定しているものと考えられる。こうした語用論的なメカニズムについてどのような研究観点があるのかについては、本章 2.3 節以降で紹介する。

こうしたいくつかの疑問は、以心伝心的なコミュニケーションに限ったものではない。コミュニケーション一般について共通に考えられるものである。そうであるにもかかわらず、これらの疑問に答えるために、なぜ本研究では以心伝心的コミュニケーションを扱うのか。その理由は、以心伝心的コミュニケーションには第 1 章であげたようなコミュニケーション一般に見られる特徴が含まれており、かつ、多義語や文脈情報などの積極的な利用という状況も含まれているためである。すなわち、以心伝心的コミュニケーションはコミュニケー

ション一般の本質的と思われる諸特徴を備えており、その成立過程を調べることによってコミュニケーションの本質部分の理解を進めるのに適した現象であるからである。

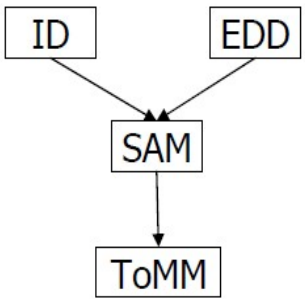
本章の以下の節では、以心伝心的コミュニケーションの、ひいてはコミュニケーション一般のメカニズムに関する諸研究について概観していく。

2.2 コミュニケーションと「心の理論」

2.2.1 「心の理論」仮説

コミュニケーションは、基本的に自分の考えていること（意図・思考）を相手に伝達することだけを指すのではない。一般的には、その伝達の相手が、自分が伝えようとした意図などを理解してくれるところまでを含めてコミュニケーションと呼ぶし、その状態をコミュニケーションが成功したという。では、人間はどのようなメカニズムで自分の意図や思考を他者に伝達できるのか。言い換えれば、人間はどのようにして他者の意図や思考を理解しているのか。このような人間の心的な認知能力について考えられているのが「心の理論」研究の分野である。

「心の理論」とは、簡潔に言うと、人間が他者の心を理解する枠組みであり、他者の「心」を理解しようとする際に暗黙のうちに用いているモデルである。この「心の理論」は Premack and Woodruff（1978）において、「チンパンジーは心の理論を持つか」という問うことで研究の対象として取り上げられるようになった。また、彼らに続く研究のなかから Baron-Cohen（1995，および 1996）において、自閉症の研究を通じて「心の理論」の成立に関するモデルが提案された。Baron-Cohen（1995）は「心の理論」に関して次のように述べている。人間には、他者の心を推論可能にするような「心の理論」計算モジュールが存在しているという。それは図 2.4 に示すような構造をしている。



- 意図検出器（Intentionality Deector:ID）
- 視線検出器（Eye-Derection Detector：EDD）
- 注意共有機構（Shared Attention Mechanism：SAM）
- 心の理論機構（Theory of Mind Mechanism：ToMM）

図 2.4：心の理論に関するサブ･モジュール構成

この四つのモジュールの関係を簡単に説明する。志向性検出器（ID）と視線検出器（EDD）の二つのモジュールからの出力をもとに、共同注意機構（SAM）の働きによって「相手が見ているものに対して、自分も同じく注意を払っている」ということがわかるようになる。そして、この SAM からの出力をもとにして、心の理論機構（ToMM）の機能により他者の信念などを推論し理解することが可能となる。

「心の理論」仮説は、このようにして人間が他者の「心」、すなわち意図や信念を推論し理解する能力を持ちえていることを示した。しかし、これによってコミュニケーションにおける全ての現象を説明できるかというとそうではない。「心の理論」仮説では、他者の心的状態がどのようであるかについての人間の推論的な認知能力についての説明は可能であるが、その個人がどのような解釈機構を持っていて、ある記号をどのように解釈しているのかを明らかに説明することはできない。あくまでも人間の心的な認知能力についての構造を説明するにすぎないのである。

2.2.2 「共感」という考え方

さて、他者の感情がわかるという意味では「共感」という現象が存在する。共感（empathy）の辞書的な意味は、他人の考えや行動に対して全くそのとおりだと感ずること、である。また、Baron-Cohen（2004）では、共感を「意識することなく、自然に他人の気持ちや感じ方に自分を同調させること」と定義している。

以心伝心において、相手の気持ちがわかるということは、その意図していることを正確に理解するために役立つものだと考えられる。しかし、共感はあくまでも他者の感情的な部分での共有であり、以心伝心する際に必ず必要なものではない。なぜなら、夫がお茶を飲みたいと思って妻に「おーい」と発話した際に、妻も同じように「自分もお茶が飲みたい」と思わなければ夫のもとにお茶が届くことがなくなるということはなく、むしろそうした共感が無くてもお茶が届けられるからである。したがって、本研究では以心伝心的コミュニケーションのモデル化に際しても、この共感という概念や能力をそのモデルに組み込むことはしないこととする。

2.3 コミュニケーションのコードモデル

コミュニケーションにおける伝達に関しては、Sperber and Wilson（1986/1995）にもあるように二つの主な問題が関わっている。一つは「何が伝達されるのか」であり、もう一つは「どのように伝達が達成されるか」である。このうち、二番目の「どのように伝達が達成されるか」という問題につい

てはいくつかの伝達モデルが知られている。本研究では、そのなかからコードモデルと推論モデルの大きく二つの研究の流れについて説明する。なぜなら、これら二つの研究の流れが以心伝心的コミュニケーションの伝達モデルを説明するのに有効だと思われるからである。

そこでまず、本節ではコミュニケーションのコードモデルについて説明する。推論モデルについては次節で紹介する。

2.3.1　コードモデル

コミュニケーションにおける伝達モデルとして、Shannon and Weaver（1949）のコードモデルが知られている。コミュニケーションとは自分の意図や思考を何らかの記号を用いて相手の内部に再現することだと考えることができる。Shannon and Weaver（1949）では、意図や思考といった情報（メッセージ）の送信者が、そのメッセージを信号と対にして、情報の受信者へと伝達する過程を図 2.5 に示すような機構として捉えている。

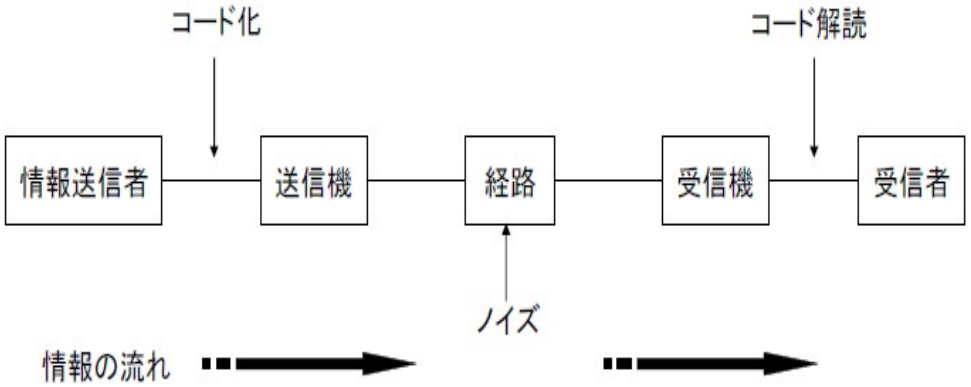


図 2.5：コミュニケーションのコードモデル

Shannon らによるこの図式は、もともと電気通信に関する数学的なモデルとして提案されたものである。その内容は次のようなものである。情報の送信者は伝達しようとするメッセージを文字や音声といった信号にコード化する。コード化されたメッセージを送信機により情報の受けて側の受信機に送信する。そして、受信者が受信機に送られてきたコードを解読することで伝達が完了する。万が一、情報の送信経路でノイズが入らなければ、受信者は完全な形でコードの解読が可能である、ということだ。

2.3.2　コードモデルに関する問題

コードモデルはコミュニケーションにおける伝達のモデルとしてよく引用される。しかしながら、Shannon らのこのモデルでは、やり取りされる記号の意味がどのように伝達されるのかについて扱ったものではない。ただ、このモデルは送信者が意図したメッセージを記号に載せて伝達するという形式がコミュニケーションを良く表しているとみなされ、コミュニケーションのモデルとして採用されている。

コードモデルは、しかし、ある問題を抱えている。その問題とは、情報の送信者と受信者の間で前提とされる一つのコード表を共有していなければならないということである。言い換えると、送信者がメッセージをコード化する際に利用するコード表と、受信者がコードを解読してメッセージを読み取る際に利用するコード表とが事前に共有されていなければ、この伝達過程は成立しえないということである。この問題を回避するために、一般的には「文脈情報」という新たな要素を付加する方法が考えられている。しかし、このモデルの範囲内で考える以上、文脈情報を組み込んだとしても、その文脈情報に関するコード表がまた送信者・受信者相互に共有されていなければ、正しいコード解読ができず伝達は成功しないことになる。以心伝心に限らず、現実のコミュニケーションにおいては、これまで述べてきたように人それぞれ記号の解釈機構が異なるという前提がある。したがって、情報の送り手と受け手とが同じ解釈機構を持っていない以上（つまり、同じコード表を共有していないのでは）、コードモデルによるコミュニケーションの説明は必然的に限界を抱えている。

2.4　コミュニケーションの推論モデルと関連性理論

前節ではコミュニケーションのコードモデルについて概観した。コードモデルでは伝達とはメッセージのコード化とコード解読によって達成されるものであるとされる。しかし、コードモデルはその範囲内においては現実のコミュニケーションを十分に説明できないという点も見てきた。このコードモデルの問題点を指摘し、その代替として研究されているのが推論モデルである。推論モデルの出発点は、言語によるコミュニケーションには明示的な側面と非明示的な側面があるという区別である。つまり、発話によって伝達される意味を意味論的な部分と語用論的な部分とに区別して考えられている。本節では、伝達される意味を明示的／非明示的という形で最初に明確に区別した Grice（1967,1975,1989）をもとに、推論モデルについて詳しく説明する。

2.4.1　推論モデル

Grice（1957）は、話し手が発話によって何かを意味するとは次のように定義できるという。（これ以降、本論分において「発話」という際には、言語だけでなく、ジェスチャーなど物理的環境の修正を行うものであるならばその全てを指す）

「｛Ｓ｝はｘによって何かを意味した」は「｛Ｓ｝はＳの意図を認識させることによって発話ｘが聞き手に何らかの影響を及ぼすことを意図した」と同じである。

Strawson（1964）はさらに分析を進め、以下のようにGriceによるこの定義を修正している。

（ａ）　Ｓの発話ｘがある特定の聞き手Ａにある特定の反応ｒを起こすこと。

（ｂ）　ＡがＳの意図（ａ）を認識すること。

（ｃ）　ＡがＳの意図（ａ）を認識することが、Ａが反応ｒを起こす理由の少なくとも一部になること。

この定義によると、情報を伝えようとする意図は一般的にそれを認識可能にすることで達成されるということになる。

この定義における意図には二種類がある。Sperber and Wilson（1993）ではこの二つの伝達を「情報意図」と「伝達意図」として区別している。それは以下のようなものである。

<u>情報意図</u>：聞き手に何かを知らせること

<u>伝達意図</u>：聞き手に情報意図を知らせること

「言いたいことはわかるが、どういう意味かわからない」などという状況が発生している際には、伝達意図を知らせることには成功しているが、情報意図の伝達に失敗した状態であるといえる。したがって、何かを意味しそれを伝えるということは、相手に情報意図と伝達意図の双方が受け取られたということである。

さて、伝達に関する意図についての議論は後に回し、もう一度Griceの伝達についての考えをたどってみる。Grice は日常的な会話は話し手と聞き手の共同行為であり、両者はその会話のなかに一定の方向性を認識しているものと考

えている。そして、以下のような「協調の原則」（co-operative principle）が働き、その具体的な行動規準として四つの格率（maxim）があるという。

「協調の原則」：会話における自分の貢献を、それが生じる時点において、自分が参加している話のやりとりの中で含意されている目的や方向性から要求されるようなものにせよ。
（Grice,1975/今井,2001,190（今井訳））

量の格率（Maxim of quantity）
1　貢献を必要なだけ情報量のあるものにせよ
2　貢献を必要以上に情報量のあるものにするな

質の格率（Maxim of quality）
1　偽りであると思っていることは言うな
2　十分な証拠のないことは言うな

関係の格率（Maxim of relation）
1　関係のあることを述べよ

様態の格率（Maxim of manner）
1　不明瞭な表現を避けよ
2　曖昧さを避けよ
3　手短に述べよ
4　順序よく述べよ

（Grice,1975）

言語伝達においてこのような一般的基準を想定することで、話し手の発話文がどのようにして曖昧でない思考を表す発話となりうるのかを説明可能とする。聞き手は、話し手はこれら協調の原則や格率に従っているという仮定を置くことで、それに反するようなことは排除できるのである。

次に、Grice がもっていた発話の意味に関する考えを、図 2.6 に示す。Grice（1975,1989）では、コード化された（単語の）意味の解読と、それに伴う指示付与と一義化によって単語の多義を解消することで二つのものが得られるとしている。その二つのうち、真偽を判定できる最小限の命題（minimal proposition）が「言われていること」（what is said）である。そして、「言われていること」以外に得られる意味を推意（implicature）、あるいは「含意されていること」（what is implicated）であるとしている。含意されていることには、さらに、言語的に慣習的な含意とそうでない含意があり、非言語慣習的

な含意にはまたさらにいくつかの含意が含まれている。

このように、Grice の考え方によると、まず発話のコード化された意味の解読によってその発話で言われていること（what is said）が決定され、次にそれをもとにした推論により語用論的に含意（what is implicated）が導き出される過程を経ることで、発話の意味を伝達しているとされる。

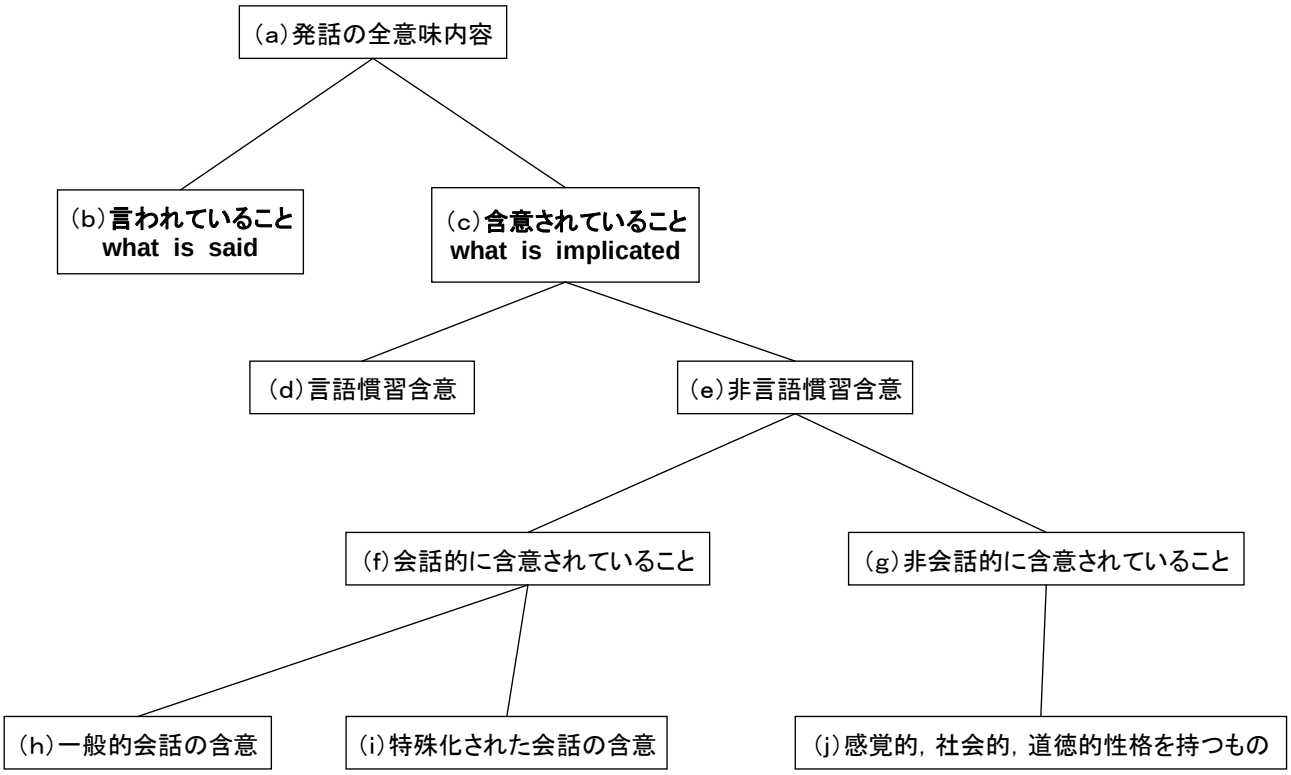


図 2.6：発話の全意味内容　　（東森,吉村（2003,26）より修正引用）

しかし、Grice の考えるとおり、意味論的なコード解読によって明示的な意味が決定され、その後に語用論的に推論することで得られる非明示的な意味を全て含意とする考え方には一つの問題がある。Grice の区別による限り、明示的な意味から非明示的な意味が決定され、またそうして得られた非明示的な意味に基づいて明示的な意味が決定されるといった循環論的な問題が付いて回るのである。この問題も踏まえて、こうした Grice 流の推論モデルでは説明がつ

かないコミュニケーションにおける伝達のメカニズムを「関連性」というキーワードで説明するのが、Sperber and Wilson（1986/1995）の関連性理論である。関連性とは何を指すのか、またそれがどのように伝達のメカニズムに適用されるのか、次節で説明する。

2.4.2　関連性理論

Sperber and Wilson（1986/1995）の関連性理論において、彼らは発話によって伝えられる情報を「意図明示的に伝達されるもの」とそうでないものとに大別し、意図明示的な伝達行為について、どのように意図の解釈が行われるかについて説明している。

Sperber and Wilson（1986/1995）で、関連性理論において、彼らが取り扱う伝達について次のように定義している。

意図明示推論的伝達：伝達者は刺激を作り出し、この刺激によって聴者に想定集合 I
を顕在化、もしくは、より顕在化する意図を持つことを自分と聴者相互に顕在化するようにすること。

そして、この意図明示推論的伝達を行おうとする伝達者は次の二つの意図を達成しようとしているのだとする。一つは、情報意図で、想定集合｛I｝を聞き手に顕在化することであり、もう一つは、伝達意図で、自分の情報意図を相互に顕在化することであるとする。また、その際に二つの関連性の原則に従うとする。関連性の原則とは、次のように定義されている。

関連性の認知原則：人間の認知は、関連性が最大になるようにできている。

関連性の伝達原則：すべての意図明示的伝達行為は、それ自身の最適な関連性の見込みを伝達する。

最適な関連性の見込み：（a）　意図明示的刺激は受け手がそれを処理する労力に見合うだけの関連性がある。
（b）　意図明示的刺激は伝達者の能力と優先事項に合致する最も関連性のあるものである。

したがって、聴者は最適な関連性の見込みを達成するように発話を処理するのである。人間は環境の表示として思考や情報（これを「想定」とする）をもっており、また世界に関する顕在的な想定の集合（認知環境）をもっている。顕

在性と認知環境についてはSperber and Wilson（1986/1995）においてこう定義されている。

顕在性：ある事実がある時点で一個人にとって顕在的であるのは、その時点でその人がそれを心的に表示し、真、または蓋然的真としてその表示を受け入れることができる場合、そしてその場合のみである。

認知環境：一個人の認知環境は当人にとって顕在的である事実の集合体である。

関連性は、認知環境を修正する効果、すなわち「認知効果」と、発話の処理に必要な「処理労力」の二つによって決定されるとしている。

関連性理論では、発話で伝達される想定には明示的意味（表意）と非明示的意味（推意）との二つに区別される。そして、表意の形成には意味論的コード解読の過程と語用論的推論の過程が関わっていると考えられている。また、Griceの考えたような明示的/非明示的意味の決定の際にどちらの過程によってどう決定されるかというような過程を経ることを仮定されていない。関連性理論においてはそれさえも関連性の原則ただ一つに従うだけであるとし、Griceのモデルであったような循環論的な問題は起こりえないとしている。

2.4.3　関連性理論と以心伝心

これまで見てきたように、関連性理論では言語を用いたコミュニケーションにおける意図の伝達についての説明が可能でありそうである。また、以心伝心のような瞬間的であり、多義的な語を用いるコミュニケーションについても説明できそうである。そこで、この関連性理論の伝達の定義に則り、以心伝心的コミュニケーションの定義を試みる。

Sperber and Wilson（1986/1995）において、前項で触れた認知環境と顕在性についてさらに次のように説明されている。

相互認知環境：誰がそれを共有するかということが顕在的である共有された認知環境はすべて相互認知環境と呼ぶ

相互顕在化：相互認知環境では、顕在的な想定はすべて、この環境を共有する人間すべてにおいて相互に顕在的である。

この条件を踏まえて、以心伝心的コミュニケーションを以下のように定義する。

以心伝心的コミュニケーション：

話し手Ｓと聞き手Ａの相互認知環境において、ＳがＡに対してごく僅かな発話Ｕのみを発したときに、Ｓが顕在化しようとした意図の集合Ｉが、Ｓ・Ａ相互に顕在化した状態（それによってＡがＳの意図通りの行動をした状態）

2.1.2 項で用いたお茶の例は次のように説明される。まず、話し手である夫と聞き手である妻が同じ家の中（相互認知環境）にいるとする。夫は妻に対して「おーい」というごく僅かな発話Ｕのみを発する。このとき、夫が顕在化しようとした「食事が終わったからお茶を淹れてもってきて欲しい」という意図の集合Ｉが、夫と妻の双方に顕在化した状態が、以心伝心的コミュニケーションが成功したという状態である。

さて、以心伝心的コミュニケーションについてこのように定義することができた。しかしながら、これだけでは本研究の目的を達することができない。言い換えると、これまで本章で取り上げてきたような関連研究による説明だけでは、以心伝心的コミュニケーションの成立過程のメカニズムを説明しきれないのである。それはどういうことか。本章の最後に次項で説明する。

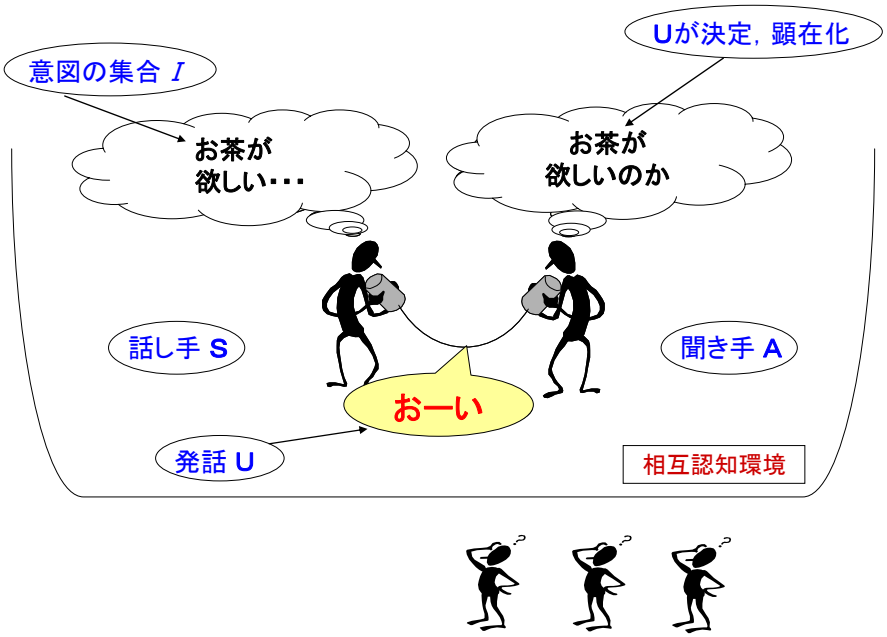


図 2.7：関連性理論によるお茶の例の定義

2.5　本研究における関連研究の位置づけ

本章ではコミュニケーションに関する関連研究をいくつか紹介してきた。しかし、これらのどれを採用しても本研究の目的を達することができない。なぜなら、本研究では以心伝心的コミュニケーションについて、その伝達現象の説明のみを目的としていないからである。確かに、「心の理論」仮説やコミュニケーションに関する諸モデルに則り、以心伝心的コミュニケーションの説明は可能であろう。実際に、前項では関連性理論のもと以心伝心的コミュニケーションの定義を行った。しかし、この定義やそれに基づく分析で明らかにされるのは、「以心伝心が達成される際には、このような発話解釈が行われている」という、あくまでも現象としての記述のみである。本研究ではさらに、そうした現象としての記述だけではなく、実際に「どのように動いているのか」を観察することで、記述・説明された要素がどのような過程で、どのように変化していくのかについて明らかにすることを目指している。したがって、本章で紹介したような関連研究の範囲では、こうした目標は決して達成されないのである。

本研究は、実際の変化の過程を観察することでコミュニケーション一般の本質的な理解を目指すものである。そこで、次の第３章において本研究の目的を達成するのに適していると思われるシミュレーションモデルを紹介する。

第３章　Language-Game

本章では、本研究における以心伝心的コミュニケーションモデルのベースとする Steels（1996）の Language-Game について説明する。Language-Game は、言語進化研究における言語の創発についてのコンピュータシミュレーションで、複数のエージェント間でどのようにして共有語彙が生成されていくかについての実験モデルである。本章では、まず Language-Game がどのようなゲームで、何をモデル化しているのかについて詳説する。その後、Language-Game の実験を通じて Steels（1996）で示唆されていることについての議論を踏まえた上で、以心伝心的コミュニケーションのモデルへの適用について検討する。

3.1　Language-Game の概要

Steels は、コミュニケーションにおける言語の発生と語彙の共有についての彼らの一連の研究（Steels,1996、Steels, 1997、Steels and Kaplan,1999 など）において、Language-Game あるいは Naming-Game という言語ゲームシミュレーションによる実験を行っている。これらの実験では、集団がいかにして効率の良いコミュニケーションを発展させるかという問いについて考えられている。本研究では、このなかでも複数のエージェント間で共有語彙の生成過程についての実験を行っている Steels（1996）の Language-Game をとりあげる。その理由は、以心伝心的コミュニケーションのシミュレーションモデルを構築する際の主な構成要素において共通する部分が多く扱われているからである。以下では、この Steels（1996）の Language-Game について説明する。

Steels（1996）の Language-Game は、複数の行動主体（エージェント）を用いたマルチ･エージェント・シミュレーションによる実験ゲームモデルである。このゲームでは、複数のエージェントの中から話し手と聞き手のエージェント対が選ばれ、インタラクションを行う。話し手エージェントは、当該のインタラクションにおいて話題となるオブジェクト（トピック）を選び、そのオブジェクトを表す単語を生成し､その単語を聞き手エージェントに対して発話する。発話を受け取った聞き手は自身の単語リストから同じ単語を探し、同じものがなければそれをリストに追加する。同じ単語がある場合、もしもそれが話し手が選んだオブジェクトと同じものを表していれば、コミュニケーションが成功したと判断する。この作業を何度も繰り返すことで、単語とオブジェクトの組み合わせの集合を作っていき、共通の語彙を獲得する。

Language-Game では、語彙の共有を目指す上であらかじめ各エージェントに

トピックとなるオブジェクトを表す単語を与えてはいない。つまり、各エージェントは世界に存在するオブジェクトを表すのにどんな言葉があるのかも知らず、語彙が全く白紙の状態からコミュニケーションを始めなければならない。したがって、このゲーム実験を行うことで、「どのようにして言葉が作られていくのか」ということと、「どのようにして作られた言葉が共有されていくのか」という二つの点を観察することができるのである。

以上の概要を踏まえた上で、次に、Language-Game がどのように構成されているのかについて具体的に説明する。

3.2 Language-Game の諸条件

3.2.1 エージェントと Feature

Steels (1996) の Language-Game で、コミュニケーションの主体となる各エージェントは複数の特徴 (Feature) をもっている。各 Feature は、種類名と値の対となっている。Feature には、「形」と「大きさ」と「重さ」の三種類があり、形は {oval,round,square} の三つ、大きさは {tall,small,medium} の三つ、重さは {heavy,light,average} の三つの値をそれぞれもっている。具体的には、以下のようなエージェントが存在している。

agent1 : {(weight light) (size tall) (shape oval)}
agent2 : {(weight light) (size tall) (shape oval)}
agent3 : {(weight heavy) (size medium) (shape oval)}
agent4 : {(weight heavy) (size small) (shape oval)}
agent5 : {(weight heavy) (size medium) (shape oval)}

また、Feature には“distinctive feature set”と呼ばれる、他のエージェントと区別する際のキーとなる feature set が想定されている。例えば、上の５体のエージェントのうち、{agent1,agent3,agent4,agent5} という組み合わせのグループが選ばれたとする。このグループ内においては、{(size small)} は {agent1,agent3,agent5} から agent4 を区別する distinctive feature set である。しかし、このグループ内では agent3 と agent5 を区別することはできない。なぜなら、両者の三種類の Feature はどれも同じ値を取っているため、distinctive feature set が存在しないからである。

3.2.2 Lexicon

発話に用いられる単語は、いくつかのアルファベットのセットで表される。

アルファベットの組み合わせはランダムに選ばれる。なお、この Language-Game ではアルファベットの語順は何の機能ももたない。各エージェントは内部に自身の Lexicon（語彙表）を備えている。ある feature set を表すアルファベットのセットは単語として Lexicon に記録されていく。Lexicon には、{(feature set) (word)} の形式で単語が記録される。例えば、{(size small) (p o)} のようになっている。

3.2.3 Language-Game の手順

Language-Game は以下の手順で行われる。図 3.1 は Language-Game の概要を示す。

1．複数のエージェントの中から、インタラクションを行う話し手と聞き手がランダ
ムに選ばれる。

2．話し手は、自身と聞き手以外のエージェントの中から当該のインタラクションで
トピックとするエージェントを選び､指し示すことで聞き手とトピックを共有する。

3．話し手と聞き手の両者は、トピックとなるエージェントと他のエージェントとを
区別する distinctive feature set を同定する。

4．話し手は、自身が想定した distinctive feature set から一つ選び、該当する単
語を発話する。

5．聞き手は、受け取った発話と自身が想定した distinctive feature set を表す単
語とが同じかどうか比較する。

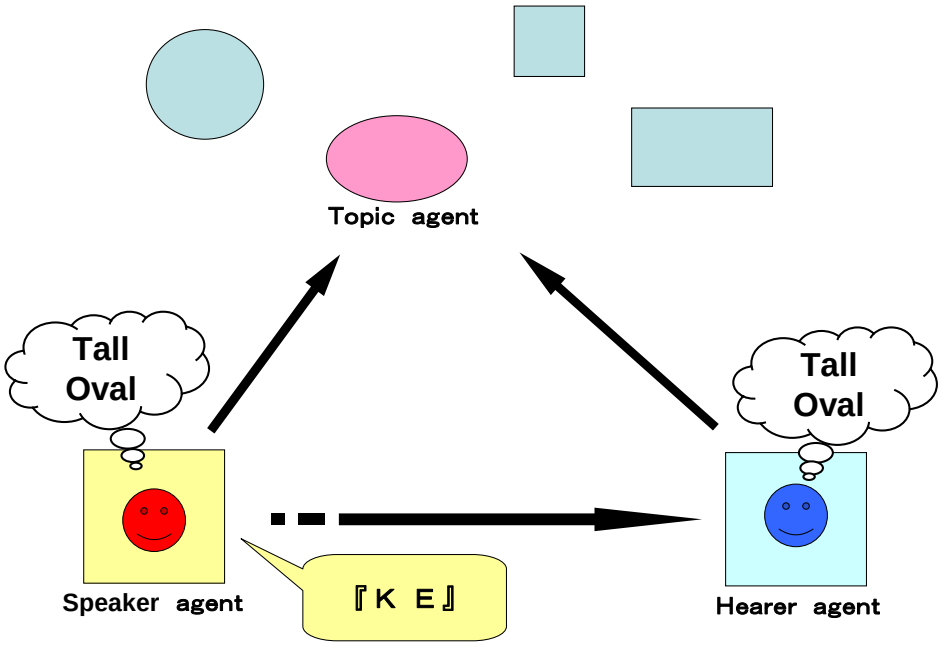


図 3.1：Language-Game のモデル図

このような手順で行われる Language-Game においては、次のような展開がある。まず、3.2.1 項で挙げた｛agent1, agent3, agent4, agent5｝というグループのときには agent3 と agent5 とを区別することができなかった例のような状態になったとき、すなわち distinctive feature set を得られなかったときには、上の３番目の手順においてコミュニケーションが失敗する。次に、話し手が選定した distinctive feature set を示す単語を Lexicon にもっていなかった場合、手順の 4 番目において失敗する。その際には、話し手は当該の distinctive feature set を示す新たな単語を生成し、Lexicon に記録する。これと同様に、聞き手が distinctive feature set を示す単語をもっていない場合もコミュニケーションが失敗する。このとき聞き手は、話し手が発話した単語と自身が想定した distinctive feature set とを関連付け、Lexicon に記録する。また、想定した distinctive feature set が話し手と聞き手とで異なるものであった場合もコミュニケーションは失敗する。このように、以上のような展開のときにはコミュニケーションは失敗に終わり、新たな単語が作られ Lexicon に記録されることとなる。

3.3　Language-Game の実験結果と議論

3.3.1　実験結果

3.2 節で説明した条件設定での実験結果について概観する。図 3.2 は、10 体のエージェントが配置された Language-Game において、ある一つの意味を表す５個の単語の利用状況を示している。 x 軸はゲームの時間経過を、y 軸は各語のコミュニケーションの成功率を示す。これを見ると、時間が経過するにつれて一つの単語のが成功率を高めているのがわかる。これは、他の単語よりもこの単語が頻繁に利用されるようになっていることを示している。つまり、当初は各エージェントが最初に獲得した語をばらばらに使っているが、ゲームを繰り返し色々な相手とインタラクションすることで、ある一つの単語を共有して使い始めるのである。これが、語彙が共有されていくという現象の一例である。

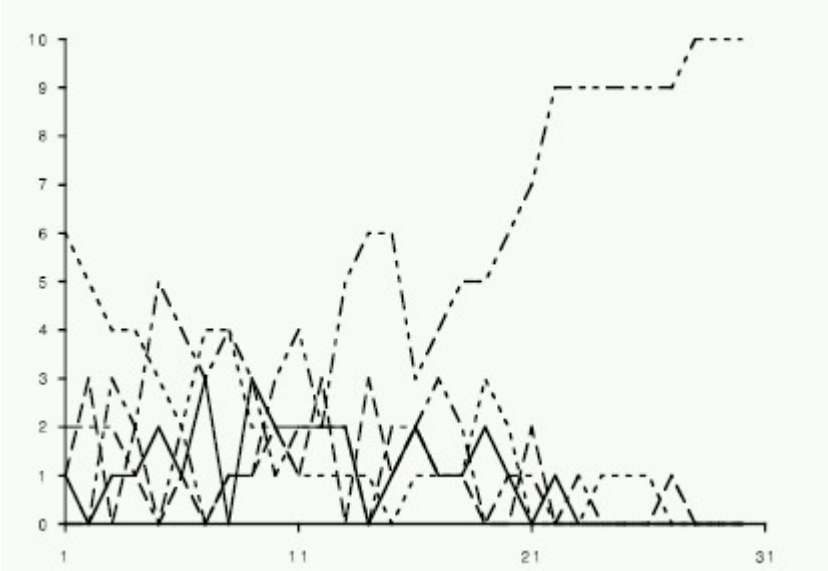


図 3.2：単語の利用状況とコミュニケーションの成功との関係

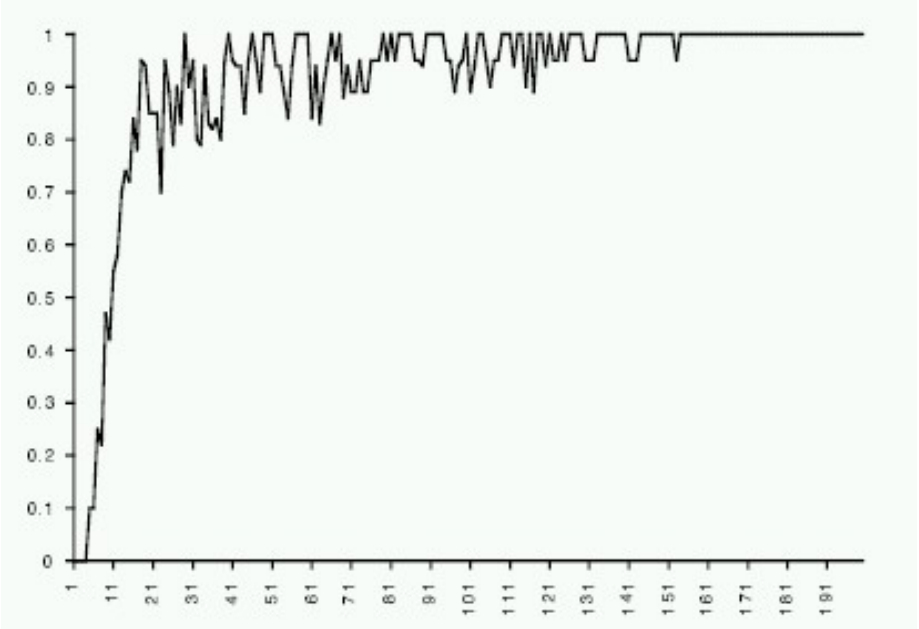


図 3.3：コミュニケーションの平均成功率の推移

次に、図 3.3 は、５体のエージェントにより 10 個の意味を扱っている 4000 回の Language-Game 中のコミュニケーション成功率を示している。ｘ軸は 20 分の一スケールでのゲームの時間経過を示し、ｙ軸はコミュニケーションの平均成功率を示す。ここからは、だいたい 2000 回のコミュニケーションを越えたあたりから、成功率が 100%付近を行き来し、3000 回を越えたあたりから成功率が 100%で横ばいになっているのがわかる。なぜこのような状態になるのか。これは、distinctive feature set として利用可能な全ての feature set に単語が関連付けられ、Lexicon がいっぱいになったことによる。この時点で全ての語彙が共有されていることになる。

また、エージェントに付与される Feature の種類と数を増やし、distinctive feature set として利用可能な feature set の数が増えたとき、すなわち、Feature の組み合わせのパターンが増え、トピックの区別が難しくなる状況を与えたとき、インタラクションの内容に変化が見られた。それまで一つしか発話していなかった単語が、二つ発話されるようになったのである。このときの代表的なインタラクションの内容を以下に示す。

```
Dialog 2301 between a-1 and a-3 about a-1.
    Context:{a-1 a-2 a-3 a-6}
    Distinctive:
      (((size  tall) (color  white))
       ((weight  light) (color  white)))
a-1: ((size  tall) (color  white))
     → ((k  a) (v  o))
          → a-3: (((size  tall)) ((color  white)))
```

上のインタラクションについて説明する。まず、話し手として a-1 のエージェントと、聞き手として a-3 のエージェントが選ばれ、a-1 のエージェントがトピックとして選ばれた。Context と表示されているエージェントのグループから、a-1 を区別する。このグループにおいて a-1 を他のエージェントと区別する distinctive feature set は、(size tall)と(color white)の組み合わせと、(weight light)と(color white)の組み合わせである。話し手の a-1 は前者を選び、(size tall)を示す(k a)と、(color white)を示す(v o)を発話した。この発話を受けて a-3 は、自身が distinctive feature set として想定してものと話し手の a-1 が発話した単語とを比較する。今回のインタラクションでは両者は同じものであったので、コミュニケーションが成功している。

この例からわかるとおり、distinctive feature set が二つの feature set の対になり、また、それに合わせて話し手の発話する単語もその二つの feature set を表す二つの単語の対になっている。Steels (1996) によると、この複数の単語の発話は feature set の拡大に伴い自然に発生するものだと言う。

3.3.2 Steels の議論と以心伝心的コミュニケーション

Steels は、Steels (1996) の結論において、この Language-Game の結果から次のことを主張する。まず、エージェント自身が新たな単語を作り、それを意味として関連付けられる能力を持っていることが、共有語彙の達成メカニズムに効果的であることが示されたという。次に、自然言語におけるいくつかの特徴が語彙生成の過程の副産物として発生したことを挙げている。以下は、これらの主張について、以心伝心的コミュニケーションのモデル化を想定した議論を行う。

まず第一の主張についてであるが、Steels が言うように、エージェント自身が新たな単語を作り、意味を関連付け、自身の語彙表の書き足しが行えるということにより、各エージェントは中央処理系に依存することなくコミュニケーションを行えている。これは、以心伝心的コミュニケーションのモデルにおいても同じく重要なことである。特に、各エージェントが自身のみが参照可能な

Lexicon をもつことの意味は大きい。なぜなら、各エージェントが別々の Lexicon を所有し、自身の Lexicon のみを参照および改編できるということにより、言い換えると、他者の Lexicon に対するアクセス権をもたないということが、コミュニケーションにおいて解釈の齟齬を発生させる重要な役割を果たすからである。他者の Lexicon が参照あるいは操作可能なのであれば、わざわざインタラクションを行う必要もなく自身の Lexicon と相手の Lexicon を比較することで、同じ語彙を共有可能になる。そうなれば、各エージェントが別の Lexicon をもっている必要性もなくなってしまう。現実のコミュニケーションを見ても、やはり他者の解釈機構や心の内などは直接的な操作はおろか参照すらも難しい。その点で、エージェント自身にこうした機能や能力を持たせることは重要な部分である。

次に、第二の主張について考える。Steels は Language-Game において同義語や多義語が自然発生すると述べる。それは確かにそのとおりである。以心伝心的コミュニケーションにおいても、2.1 節で説明したとおり多義語は重要な役割を果たすと仮定している。しかし、この Language-Game において、多義語はコミュニケーションを繰り返すことでその多義性を失われてしまう。より正確には、多義語が発生した場合にその多義性を解消する方向に向かうことを、Language-Game では目指しているのである。多義性が残る限り、その語はコミュニケーションの達成度を上げることができず、やがて使われなくなる。Steels の Language-Game においては、distinctive feature set を示す語として利用し、コミュニケーションを達成させるのに、ある語が複数の意味、すなわち多義的であることは望ましくないのである。

しかし、以心伝心的コミュニケーションのモデルでは、語の多義性が失われてしまってはいけない。多義性をもつ語は、いつまでも多義性を保持していなければならない。なぜなら、以心伝心的コミュニケーションでは多義語を積極的に利用しているという特徴があるからである。Lexicon にはあくまでも多義語として残り続け、その意味を一意に決定するために、語と意味との関係を直接的に改編してしまってはいけない。したがって、以心伝心的コミュニケーションのモデル化の際は、Language-Game における多義語の扱いは Lexicon の扱いをそのまま継承することはできない。多義語は多義語のままで Lexicon に残し続けた上で、多義語の意味を一意に決定できるメカニズムを用意する必要がある。本研究では、その道具として文脈情報を利用する。その詳細は第５章において説明する。

本章では、以心伝心的コミュニケーションのベースモデルとして採用する Steels (1996) の Language-Game について説明した。また、この Language-Game モデルから以心伝心的コミュニケーションのモデルに拡張するにあたり、語の多義性の維持と文脈情報の利用という二つのメカニズムを追加する必要があることを簡単に説明した。次の第４章では、Steels (1996) の Language-Game について、以心伝心的コミュニケーションを想定した形での追試実験を行う。

第４章　予備実験

本章では、第 3 章で説明した Steels（1996）の Language-Game について、以心伝心的コミュニケーションのモデル化を念頭に入れた追試実験を行う。Language-Game からいくつかの構成要素を取り出し、簡略的な Language-Game を実装しコンピュータシミュレーションを行い、その結果を示す。

4.1　構成要素の抽出

予備実験では、Steels（1996）の Language-Game から本研究において重要と思われる構成要素を抽出し、シミュレーションを行う。これは、以心伝心的コミュニケーションのモデルに Language-Game を採用することが妥当かどうかの判断と、以心伝心モデル構築への準備を兼ねる意味での作業である。以下、Language-Game からの各抽出要素について説明する。

4.1.1　エージェント

予備実験モデルでは、Language-Game とは違い、２体のエージェントのみでコミュニケーションを行う。以心伝心的コミュニケーションのモデルでは、集団の複数の構成員による語彙の共有を目的とはしておらず、２体以上のエージェントを配置する必要性がないからである。よって、予備実験でのエージェントは、話し手の Speaker と聞き手の Hearer の２体とする。また、Language-Game ではエージェント自身に Feature を付与し、話題の対象となるトピックとしての機能も果たしていたが、本予備実験ではエージェントには Feature をもたせない。その代わりに、Feature をもったオブジェクトを用意する。

4.1.2　オブジェクト

予備実験では、エージェントが Feature をもたないので会話のトピックになれない。そこで、Language-Game におけるトピックとなりうるエージェントの代わりに、オブジェクトという別の対象を用意する。オブジェクトは、世界に存在する幾何学図形で、「形」、「色」、「大きさ」の三つの Feature をもつ。三つの Feature はそれぞれ、{○，△，□}、{Red，Green，Blue}、{L，M，S} の三つの値をもつ。Language-Game と同様、予備実験ゲームにおいても distinctive feature set の概念を導入する。エージェントによる単語の関連付け（以下、これを Naming と呼ぶ）は、distinctive feature set に対して行われる。

4.1.3 Lexicon

予備実験において各エージェントがもつ Lexicon は、Language-Game における Lexicon とほぼ同じ形式である。distinctive feature set とそれに関連付けられる単語は、Lexicon において、Lexicon = {Feature, Word} の形で記録される。

Naming に用いる単語は、a ～ z のアルファベットからランダムに選択される。

4.1.4 ゲームの手順

予備実験のゲームの手順を以下に示す。

1．全てのオブジェクトから、当該のコミュニケーションで利用される３個のオブジェクトが選ばれる。

2．選ばれた３個のオブジェクトから、トピックとなるオブジェクトが一つ選ばれる。

3．選ばれたトピックオブジェクトが、Speaker と Hearer の両者に認識される。

4．トピックオブジェクトをその他のオブジェクトと区別する distinctive feature set を、Speaker と Hearer それぞれが選択する。

5．Speaker が、distinctive feature set を表す単語を発話する。

6．Hearer は、Speaker の発話と自身が想定した distinctive feature set とを比較する。

7．Speaker と Hearer の役割を入れ替える。

このように、基本的に Language-Game とほぼ同様の手順を踏む。（７）の役割の入れ替えについては、Steels (1996) では明示されていなかったが、彼らのモデルでは常にエージェントが話し手に選ばれるか聞き手に選ばれるか、もしくはトピックとして選ばれるかがランダムに決定されていた。したがって、本予備実験でこれを明示するのは、エージェントが２体しかおらず、トピックとして選ばれるのもエージェント自体ではなくオブジェクトという新しい要素に置き換えたためである。この役割の入れ替えと Naming の際のアルファベットの重複利用を許可することにより、Language-Game でも見られた同義語と多義語の

発生機構を維持できる。なぜなら、Speaker として Naming した Feature と、Hearer として Naming した Feature とが必ず同じになるという保障がないからである。

この手順に従い、以下に示す条件で実験を行う。

4.2　実験の条件設定

本予備実験は次の条件設定の下で実行する。

エージェント：２体

オブジェクト：20 個

Feature：「形」{○，△，□}、「色」{Red, Green, Blue}、「大きさ」{L, M, S}

SpeakerとHearerの入れ替え：１ステップごと

ゲーム回数：200 回

4.3　実験結果

前節までに設定した条件による予備実験の結果を、表 4.1、および図 4.1 に示す。

表 4.1：各エージェントのゲーム途中の Lexicon

エージェントA

Feature	Word
○ Blue	l
Blue Green	y
△	m
L	b
□ S Blue	d

エージェントB

Feature	Word
Blue ○	l
Blue Green	y
△	m
L	b
Red S Blue	d

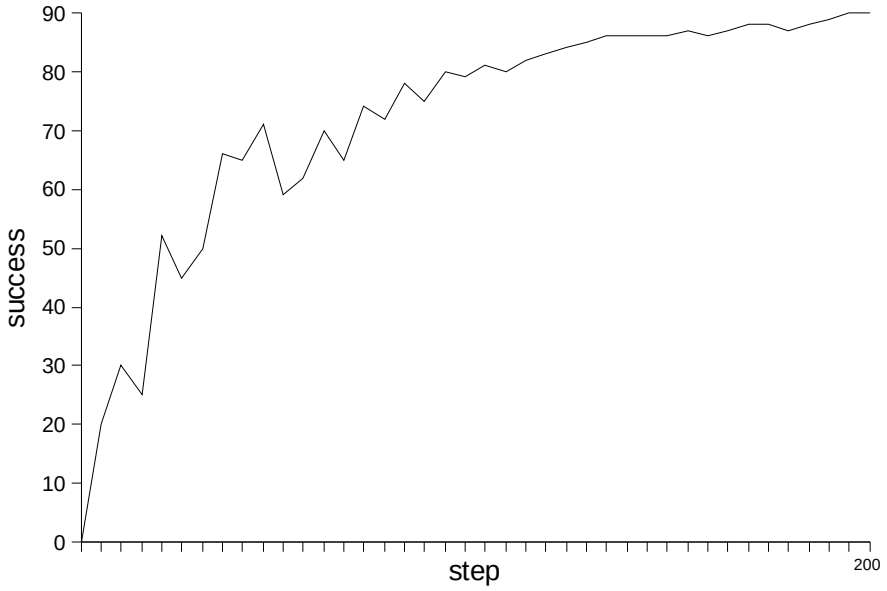


図 4.1：コミュニケーションの成功率の推移

予備実験では、Feature に Naming する際に利用する単語の重複が可能なよう

に設定した。表 4.1 は各エージェントのゲーム途中（100step 目）における Lexicon を抜き出したものである。これを見ると、単語 l 、y 、d は共に feature の Blue を指す同義語であり、また単語 l は feature の○と Blue を示す多義語となっている。明らかに、同義語と多義語が共に発生していることがわかる。

しかし、Language-Game と違う点が一つある。それは、各単語に評価得点が与えられていないことである。Language-Game では、各単語に与えられた評価得点によって、複数ある同義語や多義語から、コミュニケーションを円滑に進められる単語が選ばれていき、その他の単語は使われなくなるという現象が確認された。しかし、この実験モデルではそのような単語に対する評価得点の概念を導入していない。したがって、同義語も多義語もゲーム全般を通じて、どの語も等しくコミュニケーションの道具として利用されている。これが、Language-Game との大きな違いである。

図 4.1 はコミュニケーションの成功率の推移を示す。x 軸が時間経過を、y 軸が成功率を示している。前半の 50 ステップ以降、成功率はほぼ上昇を続けている。これは、ゲームの前半部分では語彙を収集しながら失敗を繰り返している状態にあり、後半は前半でほとんどの単語を収集したために、ゲームの成功率を引き上げている状態であると見ることができる。この実験ゲームでは、比較的 Naming の対象が少なく利用する単語も少なく済んでいることが、Language-Game よりも早い段階で語彙収集の成果が現れていることの理由だと考えられる。

4.4　以心伝心的コミュニケーションのモデルに向けて

本章では、以心伝心的コミュニケーションのモデル化を念頭に、Steels(1996) の Language-Game から主要な構成要素を抽出したモデルでの予備実験を行った。本節では予備実験の結果を受けて、Language-Game の以心伝心的コミュニケーションモデルへの適用が妥当かどうかの検討を行う。そして、適用可能ならば、そこにどのような条件を追加すれば以心伝心的コミュニケーションを再現できるモデル化が考えられるかについて議論する。

4.4.1　Language-Game 採用の妥当性

予備実験では、Language-Game から抽出したいくつかの構成要素による実験モデルのシミュレーションを行った。この実験モデルは、Language-Game の特徴を残しつつ、以心伝心的コミュニケーションモデルへの発展を考慮したモデルであった。では、このシミュレーション結果から、以心伝心的コミュニケーションモデルのベースとして Language-Game モデルは適用可能だといえるだろうか。結論を先に述べると、適用可能であると考える。その理由は、次の二点

による。

① 構成要素を抽出した予備実験モデルにおいても、Language-Game と同じく全く語彙を持たない状況から、2 体のエージェント間で良く似た形の Lexicon が獲得されるまでの状況が再現されている。

② 以心伝心的コミュニケーションにおいて重要な「多義性をもつ語」の発生環境があり、多義語の意味を一意に決定するための文脈情報の利用メカニズムの拡張可能性がある。

第一の理由については、前節でのシミュレーション結果から得られる見解である。これは、Language-Game と同じく、エージェント自身に単語の生成と Lexicon の保持および改編を許可したことによる。それまで知らなかったオブジェクトに対しても、エージェント自身によって Naming が可能である。それは、ゲーム開始当初の Lexicon に何も入っていない状態、つまりそのままでは他者とのコミュニケーションが始まらない状態から出発しても、語彙を獲得していくことが可能であるということである。したがって、本研究の目的の一つである、「コミュニケーションの成立過程を観察する」という目的を達することができる可能性が十分にある。

次に、第二の理由であるが、前半の「多義性をもつ語」の発生環境については、表 4.1 のエージェントの語彙表から示唆される。これには二つの要因がある。一つは、単語生成に利用できるアルファベットに対して、重複利用を許していることである。これにより、あるアルファベットが二度三度と選択される可能性が保持される。表 4.1 にある Word の「ｄ」がその例である。二つ目の要因は、一つのオブジェクトが二つ以上の distinctive feature set を提供しうるということによる。予備実験でも Language-Game でも、あるオブジェクトないしはエージェントに対して、複数の Feature を付与している。したがって、トピックとなるオブジェクト（あるいはエージェント）が他のオブジェクトと区別されるための distinctive feature set が複数ある場合に、Speaker と Hearer とで想定した distinctive feature set が異なるという状況が発生しうるのである。このような結果から、二つ目の理由の前半部分は説明される。

では、第二の理由の後半部分、すなわち、文脈情報の利用のメカニズムの拡張性があるという見解である。これについては、実験モデルのシミュレーション結果だけで説明することはできない。この理由は、Language-Game および実験モデルの構造的特徴から、その拡張性を見出したものである。どういうことかというと、Language-Game でも実験モデルでも、トピックとなるエージェントやオブジェクトが選択される際に、まず複数のエージェント（あるいはオブジェクト）のグループが選択される。このグループの選択のされ方にある種のレギュラリティーをもたせることで、完全にランダムではない、文脈と呼べる構造を作り出すことが可能ではないかと考えられる。そして、このような構造

を組み込む余地は、両モデル共、十分に備えていると考えるからである。
以上のような見解から、Steels（1996）の Language-Game を本研究における以心伝心的コミュニケーションのモデルとして採用する。続いて以下では、以心伝心的コミュニケーションモデルに向けての拡張点について説明する。

4.4.2　以心伝心的コミュニケーションモデルへの拡張

本論文の第 1 章および第 2 章で説明したとおり、以心伝心的コミュニケーションにおいては次の二点が重要な意味をなすものと考える。

１．　発話に使われる語が多義性を持ち、かつその多義性が常に維持される。

２．　多義的な発話に対して、発話される語そのもの以外の要因において多義性を解消する要素として、文脈情報を利用している。

そこで、この二つの拡張点についてその組み込み方法を説明する。

4.4.2.1　多義性

多義性の拡張については、おおよそ本節 4.4.1 で述べたような方法を用いる。以心伝心的コミュニケーションのモデルにおいて、Naming の対象である各オブジェクトはそのオブジェクト固有の ID 番号と、実験モデルで用いた三種類９つの値の Feature を併せもつとする。また、ID と各 Feature の全てを Naming の対象とする。そして、次のように Speaker と Hearer の役割を固定し、分担することで、発話の多義性を確保する。

<u>Speakerの役割</u>：

① Speaker は、先に選ばれたオブジェクトグループの中からトピックとなるオブジェクトを一つ選ぶ。このとき、どのオブジェクトを選んだかは Hearer に伝えない。

② トピックオブジェクトの ID か各 Feature のうち一つに Naming する。

③ Naming した単語を Hearer に向け発話する。

④ Hearer の返答を受け、それが、自分が選んだオブジェクトと同じかどうか比較する。

⑤ Hearer の答えが間違っていれば、自分が選んだオブジェクトの番号を Hearer に伝える。

Hearerの役割：

① Speaker が発話した語を聞き、Lexicon を参照し、同じ語を知っているか確認する。

② 知っていればそのオブジェクトの ID を、知らなければ“I don't know”を Speaker にそれぞれ返答する。

③ 回答が正しければ次のインタラクションに向かう。間違っていれば、Speaker が知らせたオブジェクトの ID を先の発話と合わせて Lexicon に記録する。

Speaker はオブジェクトの ID と Feature の双方に Naming が可能だが、Hearer は Speaker が何に Naming しどんな発話をしたとしても、その発話は全てオブジェクトの ID を意味していると仮定して、Lexicon に記録する。こうすることで、Hearer の Lexicon には同じ Name をもつ複数のオブジェクトが記録されることになる。つまり、多義的な語が記録されていくのである。

以上、以心伝心的コミュニケーションにおいて発話の多義性を発生・保持するために、このような役割分担と Lexicon の操作を割り振る。では次に、文脈情報の利用について説明する。

4.4.2.2 文脈情報

以心伝心的コミュニケーションのモデルで文脈情報を利用しようとした際に、二つの問題がある。一つは、「何を文脈とするか」であり、もう一つは「文脈をどう利用するか」である。

以心伝心的コミュニケーションのモデルで扱える範囲内において、何を文脈として利用可能だろうか。ここでも多義性のときと同じく、4.4.1 節で触れた方法を試みる。以心伝心的コミュニケーションのゲームでは、コミュニケーションの最初に数個のオブジェクトからなるグループが選択される。以降、これをオブジェクトセットと呼ぶ。さて、このオブジェクトセットの選出方法であるが、Language-Game においても予備実験のモデルにおいても、ランダムな選択過程によって選ばれている。そこで、オブジェクトセットの選択を規則的にすることで、これを文脈として使うことはできないだろうか。つまり、オブジェクトセットの選択過程にある種の法則性＝レギュラリティーをもたせようと

するのである。

以心伝心的コミュニケーションのゲームモデルでも、予備実験モデルと同じくSpeakerとHearerが各1体ずつの合計2体によるコミュニケーションを行う。したがって、Speaker の交代や入れ替わりという情報は、文脈として利用することができない。では、新たに「文脈」というパラメータを設定し、Lexiconに{Name;Object(ID,Feature),文脈}という形で記録されるように組み込んではどうか。しかし、ただこのように設定しただけではLexiconに新たな推測のヒントが付与されただけで、結果としてこの新たなパラメータとNameとの関係を学習するだけでコミュニケーションが成功してしまうという状況になりかねない。これは現実のコミュニケーションに即して考えてもおかしなことである。そこで、コミュニケーションのステップごとに入れ替わるオブジェクトセットの組み合わせにいくつかの規則性を持たせ、これを文脈として利用しようと考えるのである。これは、例えば次のような状況を想定している。いくつかの選択規則によって変化が固定化されたオブジェクトセットの違いは、特定のオブジェクトに対してトピックとして選ばれる可能性を高めるということである。すなわち、Speaker によってトピックに何らかの志向性があり、その違いを表していると考えるのである。

現実世界に置き換えて具体的にいうと、我々は人それぞれいろいろな趣味や趣向を持っている。話している相手が変われば当然、話題としてあがるものも変わってくる。その話題の違いを話し相手の違いと見ることは可能であるし、妥当である。

この想定に従えば、上で述べたような方法での文脈情報の利用が可能であると考える。したがって、本研究における以心伝心的コミュニケーションでの文脈情報を、オブジェクトセットの選択過程に一定のレギュラリティーを与えることによって実現することとする。

次章、第5章では、これらの新たな拡張を加えた以心伝心的コミュニケーションのゲームモデルについて提案し、シミュレーション実験を行う。

第５章　以心伝心的コミュニケーションのモデルと以心伝心ゲーム

前章では、以心伝心的コミュニケーションのモデル構築の予備実験としてLanguage-Game から要素を抽出した実験モデルによるシミュレーションを行い、その結果を示した。また、実験結果とその後の議論から、Language-Game を本研究のベースモデルとして採用することを確認した。

本章では、これを受けて、Language-Game の拡張として以心伝心的コミュニケーションのモデルを構築し、そこから考えられる以心伝心ゲームのシミュレーションを行い、その結果を示す。まず、以心伝心的コミュニケーションのモデルについて、前章での議論を踏まえた定義を行い、次に、以心伝心ゲームの実験設定を述べ、最後に実験結果を示す。

5.1　以心伝心的コミュニケーションの定義

前章での議論を踏まえ、以心伝心的コミュニケーションを次のように定義する。

以心伝心的コミュニケーション：

以心伝心的コミュニケーションにおいて、「以心伝心的」とは次の条件を満たしている場合についていい、そのコミュニケーションを以心伝心的コミュニケーションと呼ぶ。

① そのコミュニケーションにおける発話が多義性をもつ。
② 発話の多義性は文脈を共有する話者間では、文脈情報の利用により一意に決定される。
③ 当該の話者と文脈を共有しない第三者には、多義的な発話の意味を一意に決定することができないか、非常に困難である。

さらに、この以心伝心的コミュニケーションの前提として、コミュニケーションにおける原則を以下に挙げる。

コミュニケーションの原則：① 相手の意味解釈機構が不可知
② 相手も同じ解釈機構を持っているとの仮定によりコミュニケーションが開始される
③ 同様のコミュニケーション形態での意図伝達について成功の保証がされない

以上を以心伝心的コミュニケーションの定義とする。以下では、この定義に基づく以心伝心ゲームを説明する。

5.2　以心伝心ゲームの条件

本節では、先の 5.1 節での以心伝心的コミュニケーションの定義に則った形で、シミュレーションモデルである以心伝心ゲームのモデルについて説明する。以心伝心ゲームは、基本的に第 4 章で扱った実験モデルを基にしている。この実験モデルに第 4 章の最後で議論した内容を踏まえた上で、以心伝心ゲームモデルを構築する。

5.2.1　オブジェクト

以心伝心ゲームでは、第 4 章の実験モデルと同じく、エージェントとは別のオブジェクトに Language-Game における Background-agents の役割を与える。
オブジェクトは、それぞれ固有の ID と、Form、Color、Size の三種類の Feature を次のような形で持っている。

Object { ID,Form,Color,Size }

各 Feature には、それぞれ三つの値がある。

Feature：Form {○,△,□}
Color {Red,Green,Blue}
Size {L,M,S}

各オブジェクトは、これら三種類の Feature の値を各一つずつランダムに付与される。また、オブジェクトはゲームの各ステップごとに 5 個ずつの Object-set として選択される。

5.2.2 Speaker と Hearer

5.2.2.1 Speaker

Speaker の役割は、第 4 章で明記した以下の五つである。

Speakerの役割：

① Speaker は、先に選ばれたオブジェクトグループの中からトピックとなるオブジェクトを一つ選ぶ。このとき、どのオブジェクトを選んだかは Hearer に伝えない。

② トピックオブジェクトの ID か各 Feature のうち一つに Naming する。

③ Naming した単語を Hearer に向け発話する。

④ Hearer の返答を受け、それが、自分が選んだオブジェクトと同じかどうか比較する。

⑤ Hearer の答えが間違っていれば、自分が選んだオブジェクトの番号を Hearer に伝える。

オブジェクトへの Naming に関して、次のことを付け加える。Speaker は、オブジェクトの ID か Feature のうちどちらかに Naming する。ただし、一つの ID あるいは Feature に対して複数の Naming は行わないものとする。つまり、Speaker 自らの Naming による同義語および多義語の生成はない。したがって、Speaker の Lexicon には次のような形で単語が記録されていく。

s Lexicon = {Name; ID or Feature}

5.2.2.2 Hearer

Hearer の役割も、Speaker と同じく第 4 章で明記したのと同じ役割である。

Hearerの役割：

① Speaker が発話した語を聞き、Lexicon を参照し、同じ語を知っているか確認する。

② 知っていればそのオブジェクトの ID を、知らなければ“I don't

know”を Speaker にそれぞれ返答する。

③ 回答が正しければ次のインタラクションに向かう。間違っていれば、Speaker が知らせたオブジェクトの ID を先の発話と合わせて Lexicon に記録する。

Hearer の Lexicon は次のような形をとる。

h Lexicon = {Name; ID,Form,Color,Size}

Hearer はさらに、Lexicon の整理という次のような作業を行う。
Hearer はコミュニケーションのある段階で自身の Lexicon を整理し、多義語を一まとめにする。すなわち、自身が獲得した Lexicon において、Name と ID および Feature との関係を１：１に対応付けて、Lexicon を再構築するのである。その際、まとめられた当該の共通部分である ID あるいは Feature 以外の部分は、ワールドカードとして扱われ、Lexicon では当該の値ではなく“*”が代入される。したがって、この作業により Hearer の Lexicon は Speaker のもつ Lexicon とほぼ同様の形式をとることになる。こうして再構築された Lexicon の例を以下に示す。

h 2Lexicon = {Name;＊,＊,Red,＊}

5.3 以心伝心ゲーム実験

これまでの設定から以心伝心ゲームのシミュレーション実験を行う。実験は大きく 4 種類あり、以心伝心的コミュニケーションにおける諸要素を徐々に付け加えていく。各実験の結果については次の 5.4 節で述べる。本節では、実施した以心伝心ゲームの実験設定について、順に説明する。

5.3.1 実験 1

実験 1 では、5.2 節で説明した以心伝心ゲームの基礎条件をもとに実験を行った。実験 1 で行うコミュニケーションは、Hearer による Lexicon の再構築までの段階である。この実験では、これまで説明してきた以心伝心的コミュニケーションのモデル化でどのように語彙が獲得されていくのか、そして Lexicon の再構築によってどのような現象が起こるのかについて確認する。
実験 1 は表 5.1 に示すとおり、次のような初期設定で行った。Speaker と Hearer はそれぞれ 1 体ずつ配置する。Naming の対象となるオブジェクトは 50

個で、各オブジェクトがもつ Feature は３つの値を持つ三種類の Feature の組み合わせである。また、Object-set は毎ステップ 5 個ずつで形成される。Object-set の選択はランダムである。Name として利用できる語は、60 用意する。Hearer による Lexicon の再構築は、100 ステップごとに行われ、コミュニケーションはトータル 1000 ステップ行われる。実験 1 の概要を図 5.1 に示す。

実験 1 では Hearer による Lexicon の再構築が行われる。これは、次のような想定から行われるものである。このモデルでのコミュニケーションを繰り返すうちに、Hearer の Lexicon には多義語が多く記録されていくと予想される。多義語は複数のオブジェクトを

表 5.1：実験 1 の初期設定

実験1

エージェント	Speaker → 1体, Hearer → 1体
オブジェクト	50個
Name利用語	60語
Feature	Form {○, △, □}
	Color{Red, Green, Blue}
	Size{L, M, S}
Object-set	5個 ／step（ランダム選択）
Lexicon再構築	100stepに1回
ゲーム回数	1,000回

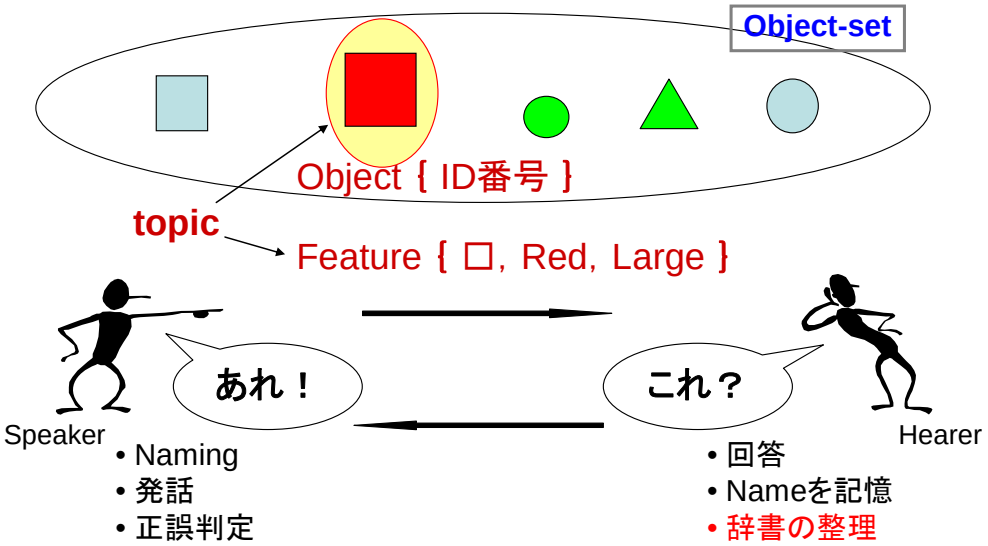


図 5.1：実験 1 の概要図

示しうるが、しかし、その多義性のゆえにコミュニケーションを妨害することもある。例えば、あるステップの発話が、Hearer の Lexicon において多義語であり、その多義性の範囲内のいくつかのオブジェクトが現在の Object-set に含まれていたとする。このとき、Hearer はその多義語の示す範囲内のオブジェクトからランダムに一つのオブジェクトを選ぶようになっている。多義語はオブジェクトの Feature に Naming されたものが多いので、Hearer はもしかすると当てずっぽうで正解できるかもしれない。しかし、このような現象がいつまでも繰り返されるのは、現実のコミュニケーションに照らして考えても好ましいことではない。Hearer は、なんとかしてこの多義性を解消しようと考えるはずである。そこで、Hearer は「複数のものを一つの言葉で表現できるからには、その表現されている対象にはなんらかの共通点があるはずだ」という予想を立てる。こうした Hearer についての想定から、「Hearer は多義語の存在を理解でき、自力でその多義性を解消しようとする」という仮定により、Lexicon の再構築という作業を行わせるのである。

実験 1 では、この仮定による Lexicon の再構築が、コミュニケーションにどのような影響をもたらすかについて観察する。

5.3.2　実験２

次に、実験１に修正を加えた実験２を行う。実験２では次のような設定を追加する。

実験１ではNameとして利用できる語が十分確保されていた。したがって、実験１ではオブジェクトのFeatureにもNamingが可能だとして、多義語の発生する要因をもたせた。しかし、Nameとして利用できる語の数を限定し、かつ複数のオブジェクトに対して重複しての利用が可能であれば、FeatureへのNamingがなくても多義性をもつ語が発生しうる。そこで実験２では、Nameとして利用できる語の数を減らしても、予想通り多義語が生じうるかについて確認する。

この予想を確認するため、実験２では二通りの実験を行う。各実験の初期設定を表5.2および表5.3に示す。実験２ａでは、実験１とほぼ同じ初期条件でコミュニケーションを行う。変更点は、Name として利用できる語の数を 20 に減らし、HearerによるLexiconの再構築を削除したことの二点である。実験２ｂは、実験２ａからさらにSpeakerによるFeatureへのNamingを削除している。これは上で説明した予想による。実験２の概要を図5.2に示す。

表5.2：実験２ａの初期設定

実験2a

エージェント	Speaker → 1体, Hearer → 1体
オブジェクト	50個
Name利用語	20語
Feature	Form {○, △, □}
	Color{Red, Green, Blue}
	Size{L, M, S}
Object-set	5個 ／step（ランダム選択）
Lexicon再構築	なし
ゲーム回数	1,000回

表 5.3：実験 2 b の初期設定

実験2b

エージェント	Speaker → 1体，Hearer → 1体
オブジェクト	50個
Name利用語	20語
Feature	なし
Object-set	5個 ／step（ランダム選択）
Lexicon再構築	なし
ゲーム回数	1,000回

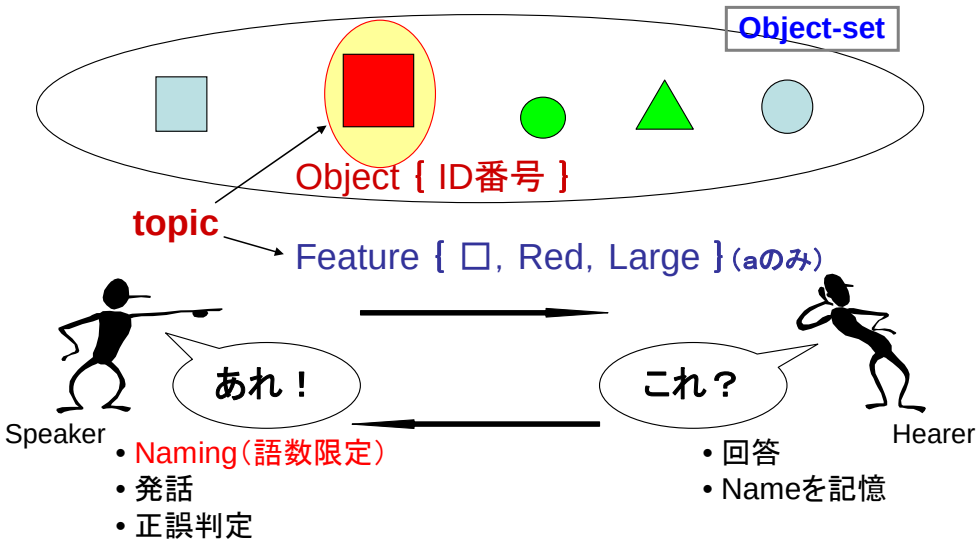


図 5. 2：実験 2 の概要図

5.3.3　実験３ａ

実験３ａでは、実験２ｂに文脈情報の利用を組み込んだ実験を行う。利用できる文脈情報は次のようなものである。

文脈情報として“Situation”のルールを導入する。Situationは、4.4.2.2.節で述べたとおり「発話者の違い＝文脈の違い」という想定による。実験３ａでは、HearerはSituationを推測することでコミュニケーションの成功を試みる。実験３ａにおいて、SituationとしてObject-setの選出過程にレギュラリティーをもたせる。Object-setのレギュラリティーは以下のようにする。

Situation①のObject-set：{ａ，ｂ，ｃ，ｄ，☆}

Situation②のObject-set：{ｂ，ｃ，ｄ，ｅ，☆}

Situation③のObject-set：{ｃ，ｄ，ｅ，ｆ，☆}

各Object-setにおいて、最初の四つは高確率、残りの一つはほぼランダムというルーレット方式でのオブジェクト選択を行う。また、Situation ごとに選ばれやすいオブジェクトについて、連番で一つずつ後ろにずらしていく方法をとる。具体的には、Situation①で選ばれやすいのは {A,B,C,D}、Situation②で選ばれやすいのは {B,C,D,E}、Situation③で選ばれやすいのは {C,D,E,F} という形式をとる。

このObject-setの選ばれ方の違いをSituationの違いとみなし、これを以心伝心ゲームにおける文脈として利用する。

Situationの導入とその利用条件によって、SpeakerとHearer両者のLexiconへの記録の形式が変更される。Speakerは、Situationの変化を知ることができるとする。そして、発話したNameとSituationとを組み合わせたLexiconを構築していく。ただし、Hearerへの発話の際にはSituationの情報は与えないものとする。また、Situation の違いを発話者の違いとみなすため、Speaker はSituationが違えば同じオブジェクトに何度でもNamingすることを許可される。

これに対して、HearerはSituationの変化を直接に知ることができないものとする。HearerもLexiconにSituation情報を記録するが、HearerはSituationを推論的に知れるのみである。Hearerは、基本的にはSituationが変化していないものとしてコミュニケーションを続ける。HearerがSituationの変化を知れるのは、Speaker の発話に対して「知っているはずの単語なのに」答えた結果が間違いだといわれたときだけである。そしてそのとき、「今はもう、さっきまでのSituationとは違うのだ」と判断して、別のSituationで用いられるNameの利用を始める。ただし、明らかなように、Hearer は「さっきまでとは違うSituationだ」ということがわかるだけで、「今はこのSituationだ」ということがわかるのではない。したがって、Hearerは一度Situationが変化すると、

どんなに語彙が多くともSituationが同定できるまでは連続してコミュニケーションに失敗する可能性がある。

以上、実験３ａで用いる文脈情報について説明した。これを踏まえて、実験３ａは表5.4に示す、次の初期設定で行われる。オブジェクトは30個、Nameとして利用できる語は10、Object-setは今までどおり5個のオブジェクトで構成されるが、Situationによりオブジェクトの選ばれ方に規則性がある。今回の実験では、Object-setのレギュラリティーを上で説明したのと同じ形を採用する。すなわち、Situationごとに、4つまでは高確率に選ばれ、残りの一つはランダムに選ばれる。そして、Situationごとに選ばれやすいオブジェクト番号が一つずつ後ろに下がっていくという設定である。なお、実験３ａでのSituation数は５とし、変化の順番はランダムに決まる。また、Situationの変化は５ステップごとに起こる。以上の条件設定で、トータル200回のコミュニケーションを行う。実験３ａの概要を図5.3に示す。

表5.4：実験３ａの初期設定

実験3a

エージェント	Speaker → 1体, Hearer → 1体
オブジェクト	30個
Name利用語	10語
Feature	なし
Object-set	5個 ／step（Situationによる規制
Lexicon再構築	なし
Situation	5種類（ランダム選択）
Situation変化	5stepごと
ゲーム回数	200回

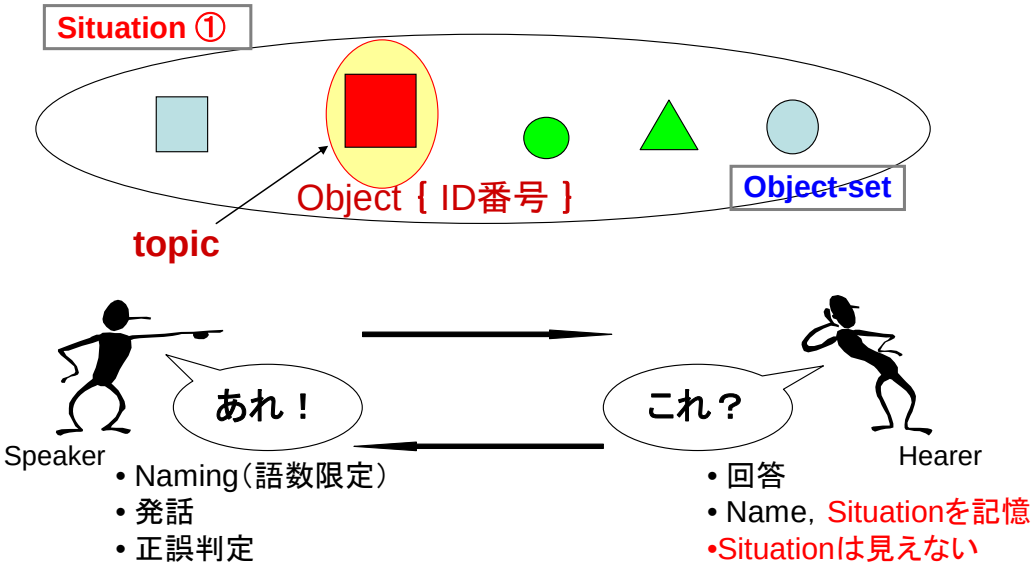


図 5.3：実験３ａの概要図

5.3.4　実験３ｂ

最後に実験３ｂを行う。実験３ｂでは、実験３ａとほぼ同じ状況でのコミュニケーションが行われる。実験３ａとの相違点は、Hearer が知ることのできる世界の範囲である。これまでの実験では、Hearer は回答する際に、Object-set を見て答えることができた。実験３ｂでは、これを不可視であるとし、代わりに、世界に存在する全てのオブジェクトを知っているということにする。いわば、Hearer は喫茶店のマスターで、ただし自身の店にはどこに何があるのかは知っているが、目が見えない盲目のマスターであるという状況を再現しているといえる。

この点を除いた他の初期条件は、全て実験３ａと同じである。実験３ｂの概要を図 5.4 に示す。

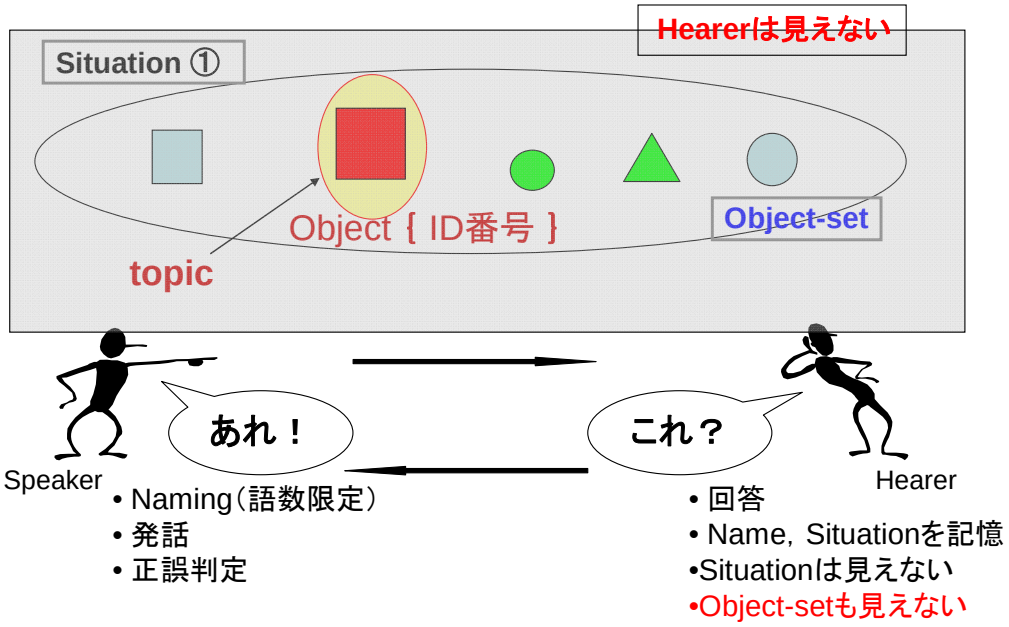


図 5.4：実験３ｂの概要図

5.4　実験結果

5.3 節で説明した以心伝心ゲームに関する実験１から実験３ｂについて、その実験結果を以下で述べる。

5.4.1　実験１の結果

実験１は、以心伝心的コミュニケーションのモデルにおいて、語彙がどのように獲得されていくかを見る実験であった。また、Hearer による Lexicon の再構築が、コミュニケーションにどのような影響を及ぼすかについても示すものである。

実験 1 では、最終的に 95.0%の確率でコミュニケーションが成功し、Hearer はゲーム全体を通して 57 個の語彙を得た。オブジェクトが 50 個あり、Feature が全部で 9 個あるので、59 個の Naming 対象のほとんどに Naming がなされたことを示している。図 5.5 は実験 1 のコミュニケーションの成功率の推移を示す。黒線が前節で提示した 100step ごとに Lexicon 再構築を行ったシミュレーション結果で、赤線は再構築を 200step ごとに行ったシミュレーション結果である。

これをみると、前者はだいたい 4 回目の再構築（400step）を終えた後、後者はだいたい 3 回目の再構築（600step）を終えた後あたりから成功率がほぼ 100%を示している。これは、Lexicon の再構築によって語彙の多義性が失われたことに

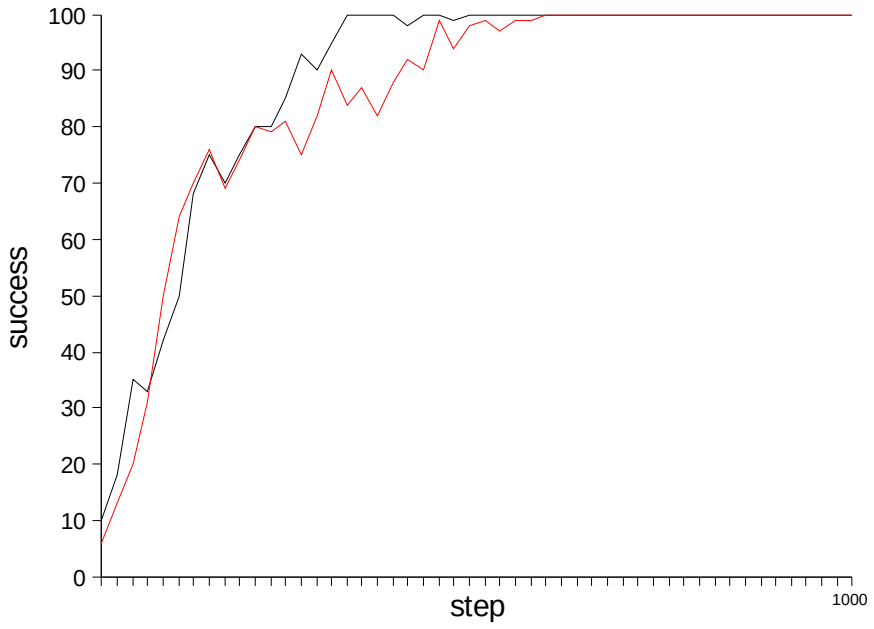


図 5.5：実験 1 の成功率の推移　（黒線：再構築 100step、赤線：再構築 200step）

表 5.5a（上）：実験 1 における Lexicon 再構築前の Hearer の Lexicon

Name	ID	Form	Color	Size
34	23	C	F	G
34	41	C	E	I
34	11	C	E	H
15	50	A	F	H
33	50	A	F	H
1	32	A	E	I
1	2	B	D	I
1	8	B	D	I

⇒同義語

多義語

表 5.5b（下）：実験 1 における Lexicon 再構築後の Hearer の Lexicon

Name	ID&Feature
34	C
1	I
9	34
13	G
24	24
5	D
39	14
32	1
17	7

より、Name とその対象とが１：１に対応付けられたことによる。１：１対応が出来上がってしまうと、知らない Name が発話されない限り、Hearer がコミュニケーションを失敗することがなくなる。これは Steels(1996) の Language-Game の終盤における共有語彙が獲得された状態に近い。

表 5.5 a , b は実験 1 のコミュニケーションによって得られた Hearer の Lexicon から一部を抜き取ったものである。表 5.5a は２回目の Lexicon 再構築前の状態で、表 5.1b が最後の再構築後の Lexicon である。表 5.5a では、実験 1 のコミュニケーションによって、同義語と多義語がともに生じているのが確認される。同義語は Name15 と 33 で、ID50 番のオブジェクトを表している。また、多義語は Name34 と Name1 で、Name34 は Feature の C を指す言葉であるが、ID23,41,11 の三つのオブジェクトを指す多義性をもつ。これにより、以心伝心ゲームにおいて、同義語と多義語の発生が確認され、本モデルが以心伝心的コミュニケーションを再現できる可能性を示している。

次に、表 5.5b を見る。これは Lexicon の再構築をした後の Hearer の Lexicon の一部である。見てわかるとおり、この Lexicon においては多義語も同義語も確認されない。ID もしくは Feature に関する Lexicon の整理により、本来あったはずの多義語や同義語が消滅したのである。過程は違うが、Language-Game での最終段階に近い状態である。

5.4.2　実験 2 の結果

次に実験２の結果を図 5.6 と表 5.6 に示す。実験２では Naming に利用できる

語の数を制限した。語数を減らし Feature への Naming をしない代わりに、重複した Naming を可能にすることで多義語の発生を確保できると予想した。

表 5.6 の a は、Feature にも Naming が可能な場合の Hearer の Lexicon の一部である。Feature に Naming ができる場合には、本来的に多義語が発生することが実験 1 に示されている。実験２ a は Feature への Naming を許可している。この場合、語数が少ないことも合わさって、一つの Name が多くの多義性を持つようになることが示されている。では、Feature への Naming を禁止した実験２ｂの方はどうか。表 5.6 のｂを見ると、やはりこちらでも、多義性が確認される。一つの多義語が示す対象の数が少ないのは、純粋に Feature への Naming が禁止されたことによる。したがって、実験２における予想は正しかったことがわかった。

また、図 5.6 には実験２ｂでのコミュニケーションの成功率が示されている。これを見ると、実験 1 ではゲーム途中で 100%に近い成功率だったものが、同じ 1000 回のコミュニケーションを行っても 80%に満たなかったことがわかる。これは恐らく、少ない Name が多義性をもったことで、Object-set の中に複数の正答候補があったためだと考えられる。このような場合、Hearer はランダムにどれかを選ぶしかないので、必然的に成功率が下がる仕組みがある。

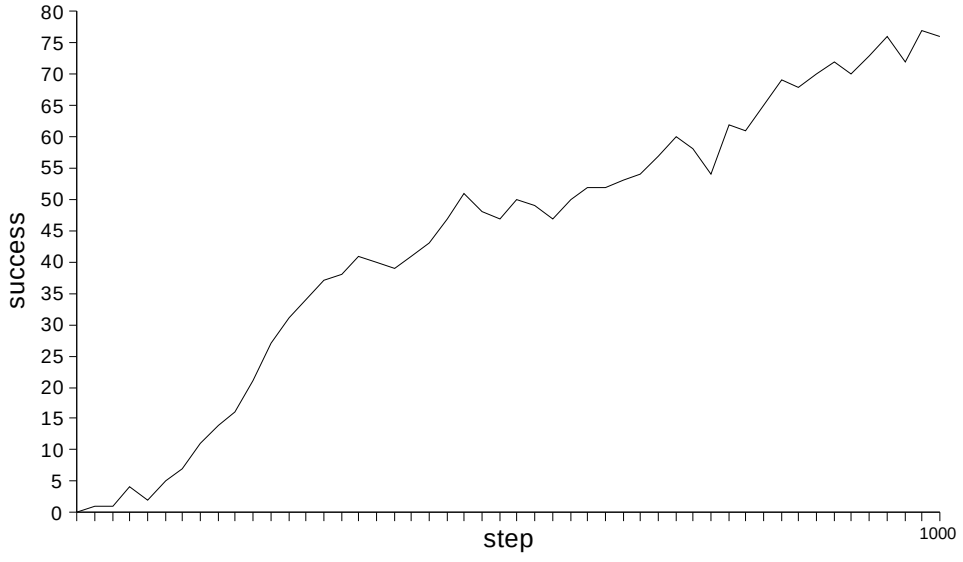


図 5.6：実験 2ｂの成功率の推移

表 5.6：実験 2 による Lexicon の一部

name	obj Id	対象
1	42	103
1	9	
1	14	
1	22	101
1	25	
1	31	31
7	3	102
7	7	
7	17	17
7	40	101
7	22	22
7	27	105
7	11	
7	14	109
7	43	

２－a

name	obj ID
1	10
	22
	37
2	10
	11
	49
3	22
	35
	39
6	10
	11
	39

２－b

5.4.3　実験３ａおよび実験３ｂの結果

最後に、実験３ａと実験３ｂの結果を見る。実験３ａと実験３ｂはほぼ同じ条件での実験であるので、本節においてあわせて議論する。

実験３ａおよび実験４ｂは文脈情報の利用を組み込んだ実験であった。図5.7は実験３ａでのコミュニケーションの正誤について示す。ゲームの後半では正答が多くなっているが、同時に誤答も多い。実験３ｂでの同じ内容を示す図 5.8 においても同様である。図 5.9 は実験３ｂにおける５step ごとのコミュニケーションの成功率を示している。これにおいても、平均の成功率はゲームの後半にいくにつれ上がっているが、やはり実験１や２のときのような 100%に近い成功には遠い。

同義語と多義語についてはどうか。表 5.3 は実験３ｂでの Speaker と Hearer の Lexicon の一部を抜きとったものだ。文脈情報を組み込んだ以心伝心ゲームおいても、やはり同義語と多義語は発生している。また、表内で赤丸で囲んであるのは、これまでの多義語とは違い、Situation の違いにより生じた別のタイプの多義語である。

実験３ａおよび実験３ｂのこれらの結果から、発話の多義性の確保、及び文脈情報による多義語の一意解釈がなされているものと考えられる。

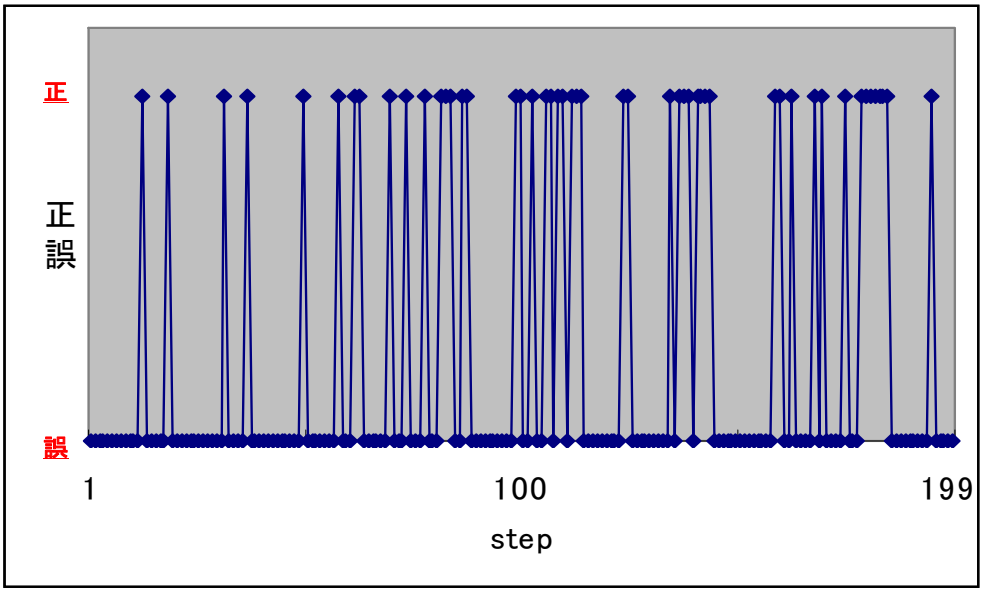


図 5.7：実験３ａにおけるコミュニケーションの正誤

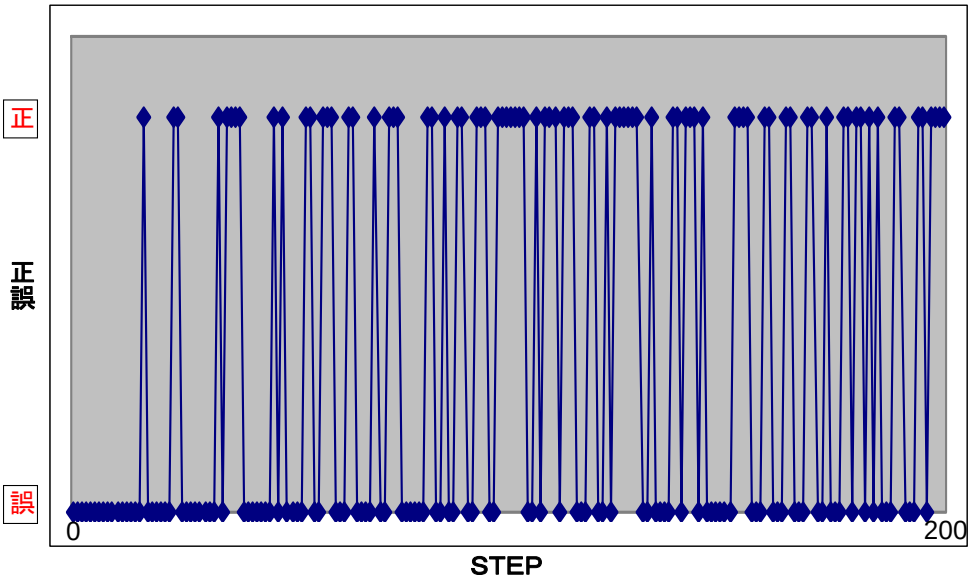


図 5.8：実験３ｂにおけるコミュニケーションの正誤

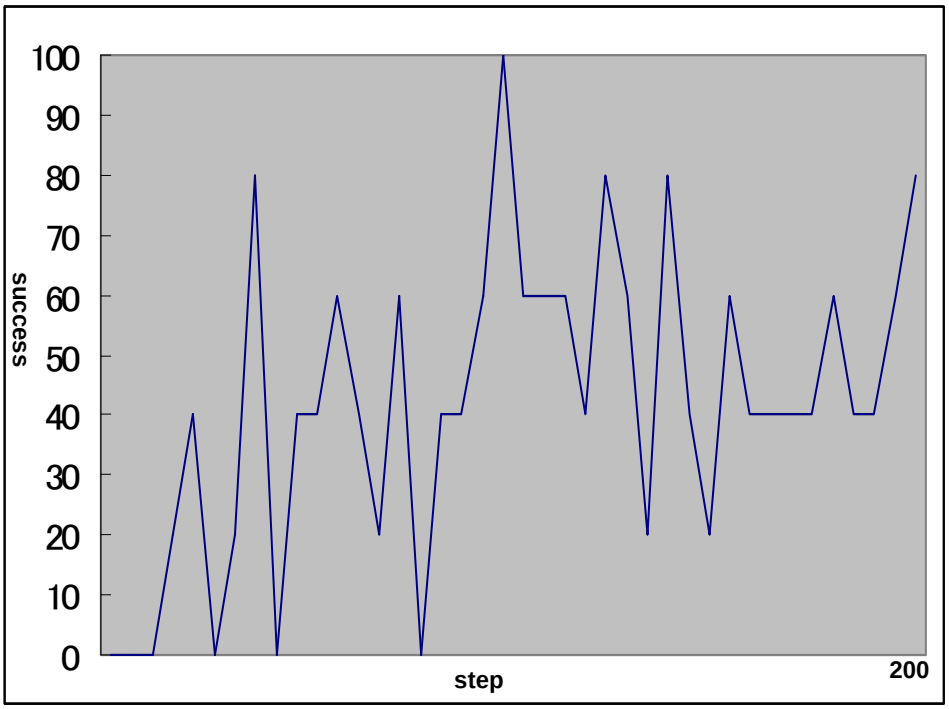


図 5.9：実験３ｂでの５step ごとの正解率

表 5.7：実験３ｂでの Lexicon

Speaker

name	object	sit
2	3	1
	2	3
	3	3
4	5	3
	7	5
7	6	2
	6	5
	14	4
9	2	2
	11	2

Hearer

name	object	sit
2	3	1
	2	3
	18	4
4	5	3
	7	5
5	1	2
	4	3
	23	1
	27	3
9	2	2
	11	2

第６章　議論

本章では第 4 章および第 5 章の実験結果から導かれるいくつかの点について議論を行い、本研究の以心伝心ゲームが以心伝心的コミュニケーションを表現できているかについて明らかにする。

まず、第 5 章で述べた実験結果を以心伝心的コミュニケーションにおける多義性と文脈の役割関する視点から考察する。そして、発話の多義性の保持と文脈の利用が以心伝心的なコミュニケーションを導くことを主張する。最後に、本研究のける以心伝心的コミュニケーション研究がコミュニケーション一般の本質部分の理解を促すかどうかについて議論する。

6.1　以心伝心的コミュニケーションにおける多義性と文脈

本研究では、以心伝心的コミュニケーションのモデル化をめざし、以心伝心ゲームという Language-Game を拡張した言語を用いたコミュニケーションゲームのシミュレーションを行った。以心伝心的コミュニケーションにおいて多義性が重要となるということは、本論文において度々主張してきた。また、発話の多義性を失うことなく、多義的な語の意味を一意に決定するために、以心伝心ゲームおいて Situation というルールを文脈情報として組み込んだ。そのゲームモデルとして、以心伝心ゲームの実験３ａおよび実験３ｂのシミュレーションを行った。ここでは、この実験３ａおよび実験３ｂの実験結果について、以心伝心的コミュニケーションを再現できているかどうかという点から考察する。

6.1.1　文脈情報

実験３ａおよび実験３ｂは以心伝心的コミュニケーションを再現することができているのか。以心伝心的コミュニケーションでは、多義的な語を用いてコミュニケーションが行われる。また、その多義語の意味を共有された文脈情報を用いて一意に決定している。このことが実験３ａおよび実験３ｂにおいて説明されれば、本研究の以心伝心ゲームは以心伝心的コミュニケーションを再現したといえる。ここでは、この点について考察する。

改めて実験３ａと実験３ｂのシミュレーション結果を見てみる。図 5.7 および図 5.8 では実験３ａと３ｂのコミュニケーションの正誤を示していた。これを見る限りでは、第 5 章で述べたとおりゲーム後半での不正解の多さに疑問が

残る。実験１および実験２でも確認できたが、本研究での以心伝心ゲームはどれも、語彙の獲得過程についてはその目標を達成しているといえる。実験１と実験２に比べ、実験３ａと実験３ｂでは全体のゲーム数こそ少ないが、Naming 対象のオブジェクトの数を減らし、かつ Name として利用される単語の数も減らしているので、実験３ａおよび実験３ｂ程度のコミュニケーション回数でも語彙の獲得については十分な量だと考えられる。実際、実験１においては、Lexicon の再構築という過程が入るものの、だいたい 400 回程度のコミュニケーションで実験３ｂ程度の成功率を達成している。ではなぜ、実験３ｂではこれほどまでにコミュニケーションの成功率が低いのか。恐らく、その理由にこそ発話の多義性と文脈情報が関係しているものと考える。

もう一度、実験３ｂの結果の図 5.9 を見る。この図はゲームの５step ごとのコミュニケーションの成功率を示している。ここで注目すべきなのは、ゲームの前半には成功率が大きく上下しているが、後半になると、40%から下にはほとんど落ちていないことが確認される。これだけでは何がどうなっているのか良くわからないので、図 5.8 の実験３ｂでのコミュニケーションの正誤表を次のように改良してみる。実験 4 では(実験 3 においても同じ)、一つの Situation が５step ごとに変化している。また、このゲームでの Object-set は５個一組である。この点に注目し、図 5.8 を Situation が変化する直前の５step 目ごとの正誤を抜き取った図にしてみる。それが図 6.1 である。

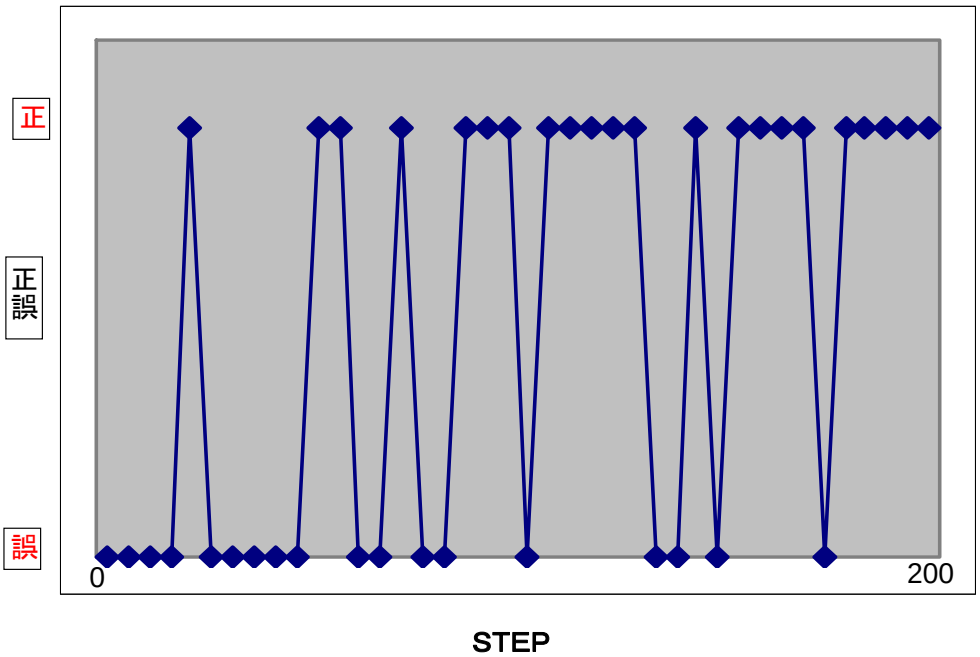


図 6.1：実験３ｂにおける５step ごとの正誤

これを見るとわかるように、ゲームの後半になると、Situation が変わる直前には多くの場合コミュニケーションに成功していることがわかる。しかし、ゲームの前半ではそのようなことはない。ここに、以心伝心ゲームにおける文脈情報の機能が働いていると考える。ゲームの後半になると、Hearer の Lexicon はある程度大きくなっている。多義語も同義語も、そうでない語も多く記録されている。当該の発話が、どの Situation であればどのオブジェクトを示しているか、発話や記録している単語の多義性が大きくなっても、何度か間違えることですぐにわかるようになってきているはずである。また、ゲームの設定上、Hearer は Situation が変化した瞬間を知ることができない。このことと図 6.1 から次のことが考えられる。ゲームの前半では発話と文脈との関係を十分把握しておらず、したがって、語彙を増やすだけでは Situation が常に変化する状況ではなかなか正解できない。しかし、ゲームの後半になると、単語とオブジェクトと Situation との関係の把握が進んでいて、Situation が変わった瞬間のコミュニケーションは失敗しても、すぐに今どの Situation であるか、わかるようになっているのではないか。Speaker の発話が多義的でも、Situation の変化を一度間違えることによって把握し、正しい Situation を推測することで当該の Situation が終わるまでには正解することができるようになっているのである。これは図 5.9 と合わせて見ると十分確からしいことが伺ええる。図 5.9 において、ゲームの後半では正答率が乱高下していないのは、純粋に語彙が増えたことによるだけでなく、Situation の変化に気付いたあと、自分を戸惑わせた Situation、つまり文脈情報を利用することで多義的な語の意味を一意に決定することができるようになっているのである。Hearer は文脈情報を利用できているのである。

6.1.2 多義性

本研究の以心伝心ゲームが以心伝心的コミュニケーションを再現しているか、次に、多義性の点から考える。

実験３ａと実験３ｂの結果の図 5.7 と図 5.8 では見づらいが、この図の数値データから興味深いことがわかった。ゲームの後半において、Hearer がある Situation①の最後の step が終わる前にコミュニケーションを成功させていたとき、Situation が Situation②に変わった次の数 step においても正しいオブジェクトを選びコミュニケーションに成功している場合が何度も見られた。先の議論でも想定していたように、Situation が変わることを Hearer は直接知りえないため、たまたま同じ Situation が連続したときを除き、このような現象が頻繁に起こるとは予想していなかった。このような現象はどのように起きているのか。結論を先に述べると、ここに多義語の機能が働いているのである。

ゲームが進むと、Hearerは多くの多義性をもつ語を獲得する。そのなかには、異なるSituationにおいても同じオブジェクトを示す多義語も多く存在する。また、HearerはSituationの変化を直接知る手段を持たない。そうであるにもかかわらず、HearerはSituationをまたいだ連続した正解をしている。これは次のような状況が生じたものだと考えられる。すなわち、Situation は確かに変化していた。しかし、その変化したSituationにおいて選ばれたObject-setには、Situationは違っても同じNameをもつというオブジェクトがいくつか含まれていたのである。したがって、HearerはSituationが変化したにもかかわらず、語の多義性のみによって正解を指し示し続けることができていたのである。つまり、正解が続いているこの段階では、HearerはまだSituationが変わったことを知らないでいるのである。その証拠に、このような正解のパターンが続いたHearerは、Situationが変化したあとの３～４step目にはほぼ確実にコミュニケーションに失敗しているのであった。

このようなコミュニケーションの成功は、真の意味で成功しているとは言いがたい。なぜなら、文脈情報を完全に読み間違えている、あるいは無視しているからである。しかし、真の意味で状況を把握していなくても見かけ上、コミュニケーションは確かに成功しているのである。語の多義性はこのような形でコミュニケーションに関わることがあるのだ。

このように見てみると、本研究の以心伝心ゲームにおいて、語の多義性は真の意味での成功したコミュニケーションにも、見かけ上成功したかのように見えるだけのコミュニケーションにおいても、その力を発揮している。

6.1.3　以心伝心ゲームは以心伝心的コミュニケーションを再現しているか

本節では、以心伝心ゲームに見られた文脈と語の多義性について、その機能と果たす役割の面から考えてきた。本ゲームモデルにおいても、これらの機能はその役割を果たしていると考えられる。では、これらの要素を備えた以心伝心ゲームは、以心伝心的コミュニケーションを再現するに至っているのか。

以心伝心的コミュニケーションにはいくつかの特徴があった。それは第２章で示しているが、ここでもう一度確認する。以心伝心的コミュニケーションの特徴とは、

- 話し手は僅かな発話を用いて自身の意図伝達を試み、聞き手はその僅かな発話から話し手の正しい意図を推測・理解する

- 発話に用いられるのは、多義性をもった語である

・　当該の二者間においては、多義性をもつ発話の意味が一意に決定されている

・　客観的には、なぜそのような発話のみで意図が伝わるのかわからない

というものである。この特徴から、多義性をもつ語の意味を一意に決定するには、① 語の多義性を解消するような文脈情報をコミュニケーションを行う当該の二者間で ② 共有されていなければならない。この二点を備えていれば、以心伝心ゲームは以心伝心的コミュニケーションを再現していたといえる。

まず、最初の点についてであるが、6.1.1 節で見たように、実験３ｂのシミュレーション結果において、文脈情報が語の多義性を解消し、正しい答えを Hearer にもたらしていることが示せそうである。また、先の議論がなくとも、実験３ａおよび実験３ｂのルール設定上、ほとんどの発話が多義語でなされており、当該の Situation において正しいオブジェクトを指し示すには、Lexicon に蓄えられた Situation の情報を使うことなしには起こりえない。したがって、第一の条件についてはクリアしているものと考えられる。

問題は二番目の点である。これには簡潔な回答が可能である。本研究の以心伝心ゲームでは、そのルール設定上、文脈情報つまり、Situation が変化したという情報を Hearer が直接感知することができない。したがって、この二番目の条件を乗り越えているとはそもそもみなせないのである。つまり、本研究の以心伝心ゲームは以心伝心的コミュニケーションを再現しているとは、明確にはいえない。

しかしながら、Hearer が多義語の意味を正しく解読し、Speaker の伝えようとしたオブジェクトを言い当てている状況から考えると、この二番目の条件を備えているようにも思える。なぜなら、Speaker の Situation ごとの Naming による Lexicon とその発話を受けて Hearer が生成する Lexicon とがある程度同じでなければ、語の多義性のみによる正解ではなく、真の意味での正解を Hearer ができるわけがないのである。この意味においては、先の二番目の条件をも備え、以心伝心ゲームは以心伝心的コミュニケーションを再現していると考えることができる。以心伝心ゲームは真に以心伝心的コミュニケーションを再現しているか否かについては、本モデルのさらなる拡張と考察が必要なところである。

6.2　コミュニケーションの本質に迫る

第 2 章で述べたコミュニケーションと以心伝心的コミュニケーションのそれぞれの特長について考える。第 2 章では、日常のコミュニケーションの特徴と

して以下を挙げた。

- 意図伝達の成功と失敗の繰り返し
- 「齟齬の発生」と「修正および再試行」
- 一度成功した伝達手段が以後も必ず成功する保証をもたない

また、以心伝心的コミュニケーションについても以下の特徴を挙げた。

- 話し手は僅かな発話を用いて自身の意図伝達を試み、聞き手はその僅かな発話から話し手の正しい意図を推測・理解する
- 発話に用いられるのは、多義性をもった語である
- 当該の二者間においては、多義性をもつ発話の意味が一意に決定されている
- 客観的には、なぜそのような発話のみで意図が伝わるのかわからない

これらの特徴とこれまでの議論を踏まえた上で、以心伝心的コミュニケーション研究がコミュニケーションの本質にどう迫れるのか議論する。

6.2.1 コミュニケーションのダイナミクス（再考）

以心伝心的コミュニケーションにおいては、一般的なコミュニケーションと同じく、相手の解釈機構は不可知のままである。この特徴は以心伝心的コミュニケーションのモデル化にあたって、決して抜くことができない。これがなくなるとコミュニケーションの本質の理解が一気に遠のいてしまう。では、この特徴はどのようにして以心伝心的なゲームモデルに埋めこめられたか。

以心伝心ゲームのモデルでは、予備実験での条件と同じく他者の Lexicon は不可知である。実験１および２ａの以心伝心ゲームの場合、特に Hearer にとって Speaker の Lexicon が見えないということが重要である。なぜなら、Speaker は Naming の際、当該オブジェクトの ID に Naming しているのか Feature に Naming しているのかを判断しているし、Speaker の Lexicon にはその情報が記載されている。また、Hearer は新たな単語を無条件にオブジェクトの ID と対応づけて学習する。したがって、もし Speaker がオブジェクトの Feature に Naming していても、Hearer はオブジェクトの ID に対応しているとして当該の単語を Lexicon に記録する。こうすることで、他者の解釈の不可知性と解釈の

齟齬の発生の両方を実現することができる。

また、一度成功したコミュニケーションが再度成功するとは限らないという点であるが、これは齟齬の修正とも絡む問題である。しかしこれも、以心伝心ゲームにおいて既に盛り込まれている。先の例と同じ状況を考える。Hearer は Speaker の「あ」という発話をあるオブジェクトＡの ID だとして記録したとする。しかし「あ」は、実際には Feature {Red} につけられた Name であった。オブジェクトＡも {Red} の Feature をもっているので、オブジェクトＡがオブジェクトセットに選ばれているコミュニケーションであれば、Hearer は「あ」の発話に対して見た目上、正解できる。しかし、もしもオブジェクトセットにオブジェクトＡがない状態で「あ」と発話されたとしよう。その場合、Hearer は Name に対応するオブジェクトを見つけ出すことができず、コミュニケーションは失敗する。このあとまた、Speaker から新たな指摘をうけ、別のオブジェクトに対しても「あ」を当てはめることができるようになる。ここに、コミュニケーションの成功の無保証性と齟齬の修正が実現される。

このように、コミュニケーションの最も本質的と考えられる他者の解釈機構の不可知性についての問題は、以心伝心ゲームのモデルにおいて全て扱えることが示される。

第２章 2.1.2 節において、コミュニケーションのダイナミクスについて説明した。以心伝心的コミュニケーションからコミュニケーションの本質に迫ろうとするならば、以心伝心的コミュニケーションのダイナミクスがコミュニケーションのダイナミクスを踏まえている必要がある。

本節の始めに以心伝心的コミュニケーションの特徴を挙げた。実験３ｂの分析で論じた点を踏まえると、本研究の以心伝心ゲームでのコミュニケーションはこれらの特徴を全て捉えていると考える。本研究では、コミュニケーションの、生成と崩壊を繰り返す仕組みこそが、その本質と考えている。以心伝心的コミュニケーションにおいても、その仕組みは組み込まれている。多義性を用い、文脈情報を用いることで、想定していない意味や文脈による発話の意味の違いなど、コミュニケーションの生成と崩壊は常に行われている。この過程を再現できたことが、この研究がコミュニケーションの本質の理解へと進む切り口となっていると考える。

第７章　結論

7.1　結論

本研究では、以心伝心的コミュニケーションにける発話の多義性と文脈情報の利用と役割について、コミュケーション一般に関する本質追求を目指して考察してきた。

コミュニケーション一般において最も重要な考えとして、解釈の齟齬がコミュニケーションを始める動力となるという知見を得た。解釈の齟齬は他者の意味解釈機構の不可知性により生じ、しかし齟齬が生じるがゆえにそれを解消しようとする力が働くことでコミュニケーションが延々と続いていくのである。このコミュニケーションのダイナミクスを念頭に、以心伝心的コミュニケーションがどのように行われ、その際にはどのような条件が必要なのかについての知見を得るため、関連する諸研究について分析を行った。

Sperber and Wilson（1986/1995）の関連性理論からは、以心伝心的コミュニケーションについての現象論的な定義として、以下を得た。

以心伝心的コミュニケーション：

話し手Ｓと聞き手Ａの相互認知環境において、ＳがＡに対してごく僅かな発話Ｕのみを発したときに、Ｓが顕在化しようとした意図の集合Ｉが、Ｓ・Ａ相互に顕在化した状態（それによってＡがＳの意図通りの行動をした状態）

本研究はさらに、こうした現象としての記述にとどまることなく以心伝心的コミュニケーションの本質に迫るべく、以心伝心のコミュケーションモデルの構築を試みた。モデルのベースとしては、Steels(1996)の Language-Game モデルを採用し、以心伝心ゲームのモデルでのシミュレーション実験を行った。この際、以心伝心的コミュニケーションの以下の特徴を踏まえた構成が必要となった。

- 話し手は僅かな発話を用いて自身の意図伝達を試み、聞き手はその僅かな発話から話し手の正しい意図を推測・理解する
- 発話に用いられるのは、多義性をもった語である
- 当該の二者間においては､多義性をもつ発話の意味が一意に決定されている
- 客観的には、なぜそのような発話のみで意図が伝わるのかわからない

本研究ではこれらの特徴を備えるため、特に発話の多義性と文脈情報の利用およびその役割について考えた。

発話の多義性は、それゆえコミュニケーション行為を不安定にする一方で、見かけ上だけでも成功したコミュニケーションを生み出す可能性を持っていた。また、文脈情報についても、それがどのように共有されていくのかではなく、それ自体がコミュニケーションにおいてどのような働きをするのかについての議論を行った。

実験１の結果から、Lexicon を再構築してしまうと語の多義性が失われ、結果的に Name とオブジェクトが意味において１：１に対応付けられることになる。これは、Steels の Language-Game での語彙が共有された段階と同じ状況を示している。したがって、この Lexicon の再構築作業は、以心伝心のモデル化において適切でない部分であることがわかった。

発話の多義性と文脈情報の果たす役割は、両者が相互に作用し合っていることが考察された。すなわち、文脈の違い（≒発話者の違い）が多義的な語を発生させる要因ともなり、また多義的な語の意味を一意に決定する際に文脈情報が有益である。

発話の多義性と文脈情報の関係によるコミュニケーションは、Pierce の記号の三項関係とそれによる齟齬の発生を生じるコミュニケーションの始まりそのものを示していると考える。

コミュニケーションの本質理解へ向けて、以心伝心的コミュニケーションの研究がどのような貢献を果たすのかについて議論した。以心伝心的コミュニケーションもまたコミュニケーション行為の一例である限り、コミュニケーションの本質と思われる要素を抜きにして語ることはできない。したがって、以心伝心的コミュニケーションの研究において、その本質を探り続けることがコミュニケーション一般の真の理解へと向かう道の一つであると考える。

7.2　課題

本研究では、以心伝心ゲームでの以心伝心的コミュニケーションの再現を目指してシミュレーション実験を行った。その中でも、特に、語の多義性と文脈情報の役割について議論してきた。この議論を通して、いくつかの疑問が残る。実験３ａおよび３ｂにおいて、Hearer は Situation の変化を直接知りえないという設定を行ったが、第６章でも議論したとおり、この状況は以心伝心的コミュニケーションの特徴からみて適切ではない。このままでは、真の意味で文脈情報を利用した多義語の意味の「推論」を行えていない。したがって、この Hearer への文脈情報の知らせ方について、いかに直接な言及なしに知らせる方法があるかについて考える必要がある。

実験３ｂでは、Hearer は Object-set の中身を見ることができないという設

定であったが、このことが実験３ａの状況と比較して、具体的にどのような結果の違いがあるのかについては議論されなかった。この点については、Hearer の Lexicon 構築の方法の観点からの考察も必要である。

Speaker の取り扱いの改善について述べる。本研究の以心伝心ゲームモデルにおいて、Speaker はオブジェクトに Naming をし、Hearer の回答に答える以外には何も行わず、ゲームに対して積極的に参加してはいない。現実のコミュニケーションを考えたとき、この状況は明らかに不自然である。話し手も聞き手も、両者ともに多義語が複数の意味を持つということを知っているはずであるし、その上であえて多義語を使ったコミュニケーションを行っているのである。そうであるならば、本研究におけるゲームモデルにあるように、Speaker はただ多義的な言葉を闇雲に発話し続けるだけで、実際に多義語の解釈について処理労力を費やすのが Hearer に限られているというのはおかしい。実際には、Speaker もその発話において多義語の意味することを「推測されやすいように」発話しているはずである。したがって、本モデルを拡張することを考えた場合には、Speaker の役割について、さらに考えることが不可欠である。

このように、文脈情報の役割だけでなく、それをどのように利用しているのかという点での詳しい分析と Hearer の Lexicon 構築の方法、そして Speaker の新たな役割の主に３点が、今後以心伝心的コミュニケーションのモデルにおいて分析されるべき課題である。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、指導教員としてご指導、ご意見をくださった北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科の橋本敬准教授には、深く感謝の意を表します。また、指導教員としてだけでなく、一人の研究者として、研究活動に留まらない多くの示唆を与えていただきました。当初、研究室のドアを叩いた私は、この分野についてほとんど知識を持たず、ただ「以心伝心がやりたい」という希望だけを手にしていました。そのような相手にもかかわらず、真剣に話しを聞いていただけたこと、大変嬉しく思っています。

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科の金井秀明准教授には、副テーマ研究において Java によるプログラミングデザインの基礎を示唆いただきました。心より御礼申し上げます。

北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科の北山真太郎氏には、本研究における以心伝心ゲームモデルの実装に際して、ゲームの基礎となる部分のプログラムに関して数々の助言を頂きました。私の拙い説明にもかかわらず、何度も深夜まで研究にお付き合いいただいたこと、大変感謝いたします。

複雑系解析論講座橋本研究室の皆様。本研究は、皆様との議論なしにはありえませんでした。小鮒幸洋氏、全学子氏、藁科克英氏とは、研究に関すること以外にも多くの議論ができました。また、畠山剛臣氏には、以心伝心ゲームの予備実験モデルの作成に日が昇るまでお付き合いいただいたこともありました。本研究のゲームモデルはこの畠山氏との作業から始まったようなものでもあります。その他、本研究の全ては研究室の皆様との議論により成り立っています。重ねて御礼申し上げます。

最後に、本研究は多くの先生方先輩方、友人との議論およびその支えから成っています。全てのご協力いただいた皆様に心より御礼申し上げます。

参考文献

Baron-Cohen,S. (1995), *Mindblindness: An Essay on Autism and Theory of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

Baron-Cohen,S. ,三宅真砂子(訳), (2005), 『共感する女脳、システム化する男脳』 日本放送出版協会

Grice,H.P.,(1957), ”Meaning”, Philosophical Review 66, pp377-pp388

Grice,H.P.,(1967), *Logic and Conversation* （Unpublished Lecture Notes form William James Lectures at Harvard）

Grice,H.P. ,(1989), *Studies in the Way of Words*, Harvard University Press

Grice,H.P.,(1975), Logic and Conversation→ Cole&Morgan(eds.) [1975] →Grice [1989]

東森勲, 吉村あき子, (2003), 『関連性理論の新展開 : 認知とコミュニケーション』, 研究社,

橋本敬, (2002), 「構成論的手法」, 杉山公造・永田晃也・下嶋篤（編）『ナレッジサイエンスー知を再編する64 のキーワード』, 紀伊国屋書店, 132-135 頁

Peirce,C.S., Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Vol. 1～8, Harvard UP, 1934～58, 5.121

Premack,D. and Woodruff,G. (1978), “Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind?”, *The Behavioral and Brain Sciences* 4, pp.515-526

Shannon,C. and Weaver,W.,(1949), ”The mathematical theory of communication,” University of Illinois Press, Urbana, IL

Sperber,D. and Wilson,D. (1986/1995), *Relevance :Communication and Cognition*, Oxford, Basil Blackwell

Steels,L. (1996), “Emergent Adaptive Lexicons,” From Animals to Animats 4: Proceedings of the Fourth International Conference On Simulation of Adaptive Behavior, pp.562-567,The MIT Press.

Steels,L. (1997), “Constructing and Sharing Perceptual Distinctions,” in Proceedings of the European Conference on Machine Learning

Steels, L. and Kaplan, F. (1999), “Bootstrapping Grounded Word Semantics”, In: Briscoe, T. (ed.) (1999) , Linguistic evolution through language acquisition: formal and computational models. Cambridge University Press.

Strawson,P.,(1964), ”Intention and Convention in speech acts”, Philosophical Review 73, pp439-pp460

内海　彰，(2003)，言外の意味のコミュニケーション：語用論概説，人工知能学会誌，18（3），pp337-pp345