

対話課題の分類試案

石崎雅人^{*1}, 伝康晴^{*1}, 土屋俊^{*2}, 田本真詞^{*3}, 中里収^{*4}

*1 ATR 音声言語認識通信研究所, *2 千葉大学文学部, *3 NTT 基礎研究所, *4 早稲田大学理工学部

F619-02 京都市相楽郡精華町光台 2-2
0774(95)1351
ishizaki@itl.atr.co.jp

あらまし

本論文では、課題遂行型対話における課題そのものを、計画立案の考え方を参考にし、(i) 環境、(ii) 環境を認識する能力、(iii) 環境を評価する能力、(iv) 実行可能な行為に関する制約という観点から、地図課題、ポンプ組み立て、分割クロスワードパズル、分割迷路問題、分割経路探索問題という、過去に提案された課題を分類するとともに、その課題の分類から得られる情報交換のタイプに関する含意について考察する。

キーワード

対話コーパス, 課題遂行型対話, 計画立案

Classification of Task-Oriented Dialogue

Ishizaki Masato^{*1}, Den Yasuharu^{*1}, Taniya Sun^{*2}, Tamoto Shinji^{*3}, Nakazato Shu^{*4}

*1 ATR Interpreting Telecommunications Research Laboratories

*2 Faculty of Letter, Chiba University

*3 NTT Basic Research Laboratories

*4 Faculty of Science and Engineering, Waseda University

2-2, Hikanishi, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto, 619-02 Japan
+81 774 95 1351
ishizaki@itl.atr.co.jp

Abstract

This paper proposes a classification of task-oriented dialogue. The proposed classification uses the concepts of (i) a circumstance, (ii) the ability of recognising the circumstance, (iii) the ability of evaluating the circumstance, and (iv) possible actions, and is applied to deduce the possible communicative activities of (a) the map task, (b) the pump assembly task, (c) a crossword puzzle for two agents, (d) a maze for two agents and (e) the route finding task for two agents.

key words

Dialogue corpus, Task-oriented dialogue, Planning

対話課題の分類試案

石崎 雅人^{*1} 伝 康晴^{*1} 土屋 俊^{*2} 田本 真詞^{*3} 中里 収^{*4}

^{*1}ATR 音声翻訳通信研究所

^{*2}千葉大学文学部

^{*3}NTT 基礎研究所

^{*4}早稲田大学理工学部

1 分類の動機

Grosz の主張である「課題遂行型対話において、課題解決構造は対話構造と密接に関係している」を受け入れるとすると [9], 対話の性質を調べる時に、それが対話全般の性質なのか、その課題に依存して出てくるものかによって、主張すべき命題を制限する必要があるが出てくる。例えば、Dahlbäck は、計画認識の考えは、情報取得対話のように課題の構造が緩くしか制約されない対話には適用できないのではないかという仮説を提出している [6]。近年、音声認識、自然言語処理の研究テーマの重要な一部分として、音声対話というテーマが注目され、音声対話データベースが収集されている。対話データを利用して研究をすすめる場合、データ収集にはコストがかかるので、データはできるだけ共有できる方がよい。仮にデータが共有できるとして、そのデータが研究目的の観点から有効であるか、従来収集された対話と比較して違いがあるのかについて、指針が存在すれば有用である。また、そのような指針は、対話データを収集する際の課題を考える時にも有用である。本稿では、このような指針を与えることを目指し、課題遂行型対話において、対話構造に影響を与える課題解決のモデルを基に、課題の分類方法を提案する。

対話データベースは、日常的に行なわれる日常会話、授業や会議など、設定された社会的状況で行なわれる社会状況会話、課題遂行者が特定の問題を解決するためにコミュニケーションを行なう課題遂行型対話、対話すること自体を課題とした模擬対話に分類される [13]。日常会話のように課題がわからない場合や社会状況会話のように操作することのできない状況が大きく対話に影響してくる場合、理解の手がかりが陽に与えられないことやその対話状況を再現することが困難なことから、得られた知見はよくても適用範囲のわからない事例分析にとどまる可能性がある。また、模擬対話は、対話することが課題となっているため、自然なコミュニケーションを実現するのが難しい。そこで今回は、自然なコミュニケーションを実現でき、さらに課題やその課題達成の性質を手がかりにして、より深く分析が可能であり、対話状況を再現することや状況を操作することができる課題遂行型対話を対象とした。

本稿では、第一歩として、課題解決のモデルとして、計画立案を利用する。ただし、主体の記憶容量や推論能力に関する要因は無視することにした。これは、これらの要因が大切でないと考えたのではなく、現段階で、これらの要因と対話の構造との関係についての理論が明らかではないと考えたからに過ぎない。

以下、2節では、過去の対話収録に利用された課題の幾つかを概説する。3節では、計画立案の理論を基にした課題分類の指針を提案する。4節では、3節で提案した観点に基づき、2節で説明した対話課題を分類するとともに、その分類からの含意について触れる。

2 過去収集に利用された対話課題

本節では、過去に利用された6対話課題(地図課題, ポンプ組み立て, TRAINS, 分割クロスワード, 分割迷路問題, 分割経路探索問題)について説明する。従来, コーパスのサーベイは存在するが [7], そこで利用される課題についてのサーベイは存在しない。そのため, ここでは, 過去談話研究でよく利用されてきた課題や代表的な研究者によって作成された課題(地図課題, ポンプ組み立て, TRAINS)を取り上げるとともに, 本稿の著者が作成し, 実際に収集に携わった課題(分割クロスワード, 分割迷路問題, 分割経路探索問題)を取り上げることにした。結果的には, これらの課題は, 4節で示す分析の観点の違いをうまく代表しているものであった。

2.1 地図課題 [1, 2]

地図課題は, 情報提供者と情報追隨者の二人がそれぞれ地図を持ち, 情報提供者の地図に描かれているルートを情報追隨者の地図に再現する教示課題である。情報提供者の地図には, 出発地点と目標地点, そこに至るまでの経路, そして幾つかの目標地点が描かれている。一方, 情報追隨者の地図には, 出発地点と目標物のみが描かれており, 目標地点と経路は描かれていない。目標物は, 音韻特徴, 双方の地図での在り方, 目標物間の意味的な関係により計画的に配置されている。目標物の在り方は, 双方の地図で, 目標名, イラスト, 数が一致するもの, イラスト, 数は一致するが, 目標名は異なるもの, 片方の地図にしか存在しないもの, 情報提供者に二つ, 情報追隨者に一つ存在するものに分類される。

2.2 ポンプ組み立て [8, 3, 5]

ポンプ組み立ては, 対面, 電話, 計算機, 録音テープ, 文書の5種類のモードの元で, 専門家の教示により, 初心者, 名前の付与された19部品を使って, おもちゃのポンプを組み立てるものである。

2.3 TRAINS[11]

TRAINS は, システムの助言を利用して, 利用者が, 電車による荷物の配送計画を作成する助言課題である。収録は, 音声のみにより, 人間と人間との間で行なわれた。システムは, 駅の関係を示した地図, 駅名, 駅に配置されているもの¹, 所要時間, 機関車が引くことのできる貨物車の数, 運ぶことのできる荷物, 荷物を積卸しするのにかかる時間に関する情報を保持している。利用者は, 駅の関係を示した地図, 駅名, 駅に配置されているものだけを持っている。システムの役割を果たす被験者は, 利用者が持たない情報, 実験における制約(例: オレンジジュースはタンカー車でしか運べない), 利用者が荷物をどこにおいているか, 利用者の現在までの計画, 利用者の計画でうまくいくかどうかの判断や問題点について助言するように指示される。

2.4 分割クロスワードパズル [17]

分割クロスワードパズルは, 分割したキー情報と共通のクロスワード表を実験参加者に与え, 音声のみでクロスワードパズルを完成させるというものである。

2.5 分割迷路問題 [16]

分割迷路問題は, 一つの迷路を不規則な線により二つに分割したものを実験参加者に与え, 音声のみによるコミュニケーションにより, 解となる道を探索するものである。迷路は, [18]より選ばれ, 三次元空間内の「道」,

¹ オレンジやバナナを保管する倉庫, オレンジジュースを作る工場, 品物を運ぶための機関車, 貨物車, タンカー車がある。

「トンネル」, 「階段」, 「妨害者(敵あるいは人)」²などで構成されている。

2.6 分割経路探索問題 [10]

分割経路探索問題は, 二主体がそれぞれ同じ都市の鉄道の路線図を持ち, 出発駅から到着駅に至る経路を見つける課題である。ただし, 路線図には次のような不都合がある。(i) 駅と駅間の接続のうち, いくつかは一方の路線図だけに示されている, (ii) 一方の路線図だけに示されている駅がある, (iii) 一方の路線図で駅名が示されていない駅がいくつかある。二主体は, これらの不都合を解消すべく対話によってコミュニケーションしながら, 出発駅から到着駅に至るなるべく短い共通の経路を見つけることを求められる。本課題は, もともと対話システムの性能評価コンテスト [10] のために提案されたものであるが, 人間同士の対話の収録のための題材としても利用されている。

3 課題分類の指針

3.1 用語の準備

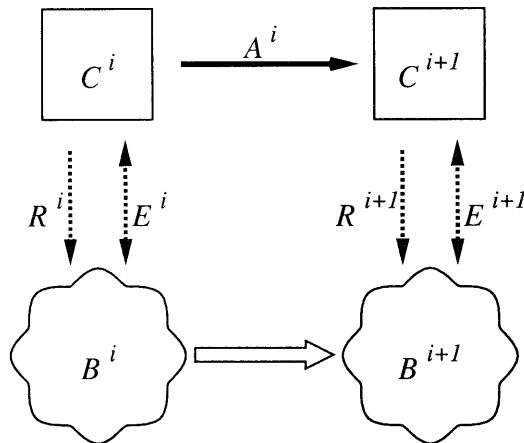


図 1: 環境, 信念, 認識, 評価, 行為

計画立案の理論を基本にし, Israel et al. [12] を参考にして, 課題分類の指針を提案する。以下ではまず, 以後の説明で用いる用語を定義する。

主体 α が達成したい命題の集合を目標 G_α , α が課題解決のために操作する命題の集合を環境 C_α , α が認識している命題の集合を信念 B_α と呼ぶ。環境には, 地図課題における地図やポンプ組み立てにおけるポンプなどに関する情報が含まれる。一方, 信念には, 環境の心的表象と課題解決に必要な知識 (ポンプの組み立てなど) が含まれる。また, 二主体 α, β が協力して達成したい命題の集合を共同目標 $JG_{\alpha, \beta}$ と呼ぶ。

環境 C_α の部分を信念 B_α の部分に写像する関数を認識 R_α , 信念 B_α の部分と環境 C_α の部分の整合性を規定する関係を評価 E_α と呼び, 環境を C_α から C'_α へ変化させる関数を行為 A_α と呼ぶ (図 1 参照)。課題解決は, 主

² 「道」にいる「敵」は正面からは通ることができない「一方通行」を表す。

体 α の環境を初期状態 C_α^0 から目標 G_α を含む最終状態 C_α^N に到達させる行為の系列によってなされる。主体 α がこれから実行しようとする行為の系列を計画 P_α と呼び、課題解決を実現する計画 $P_\alpha^{0,N}$ を作成することを計画立案と呼ぶ。

3.2 計画立案を基本にした課題分類の指針

ここでは、4つの条件 (i) 環境 C 、(ii) 環境を認識する能力 R 、(iii) 環境を評価する能力 E 、(iv) 実行可能な行為 A に着目して、課題分類を考える。日常のコミュニケーションを分析する場合には、このモデルに限定したとしても、これらの4条件の他にも、記憶容量や推論(計画)能力の違いを考慮に入れる必要が出てくるが、今回は課題を作成するときに自然に制約として実現可能なこれらの条件に絞って考察をすすめる。

協調的な複数主体が共同目標を達成する場合、記憶容量や知識や推論(計画)能力が同じだと仮定すると、上記の四条件がともに同じであれば、一主体だけでその共同目標を達成したり、あるいは、複数主体が交互に行動することでその共同目標を達成したりすることが可能である。これらの主体はすべての条件が同じために、仮に共同で行動するとしても、一主体だけが行動するときと同じように、コミュニケーションの必要がない。主体に対して、先の4条件を制約することにより、コミュニケーションの動機を創り出すことができる。

例えば、二主体 α, β の共同目標 $JG_{\alpha,\beta}$ の達成に関して、実行可能な行為 A を制約することにより、コミュニケーションの動機付けを行なうことができる。助言課題においては、利用者 α が目標 G_α を達成することが共同目標であり、多くの場合、目標達成のための行為は α のみが実行可能である。助言者 β は、通常、利用者 α よりも目標達成に関する知識(信念)を多く持っており ($|B_\beta| > |B_\alpha|$)、 α の目標達成を補助するという二次的な目標を達成するために助言を行う。また、教示課題においては、教示者 α が目標 G_α を達成することが共同目標であり、多くの場合、目標達成のための行為は学習者 β のみが実行可能である。教示者 α は、通常、学習者 β よりも目標達成に関する知識(信念)を多く持っている ($|B_\alpha| > |B_\beta|$)。

また、主体の環境 C を制約することによっても、コミュニケーションの動機付けを行なうことができる。例えば、二主体 α, β の環境 C_α, C_β が異なる場合、 α が目標を達成するためにある行為 A_α を実行する必要があるが、 α の環境 C_α が A_α の実行を妨げており、かつ、 β に C_α を変更する行為 A_β が可能で、 α が A_β の実行が不可能だと考えていない仮想的状況では、 α は β に対して行為 A_β の実行を依頼することによって、環境 C_α を変更し、目標を達成する前提条件を満足させることが可能になる³。

さらに、複数主体の環境が同じであっても、それに対するそれぞれの認識 R が異なる場合には、結果として、各主体の信念 B が異なることになる。この場合には、信念の調整のためのコミュニケーションが必要となる。

環境を評価する能力 E への制約は、電話を用いた遠隔指示のような課題で自然に実現される。教示課題と同様に、行為者のみが目標達成のための行為を実行するが、行為者と行為指令者は環境を共有していないため、行為指令者が行為者の環境を直接評価することができず、行為者の環境の変化は、常に行為者が行為指令者に報告するか、行為指令者が行為者に確認する必要がある。

以上のことから、対話収録のための課題は、上記4条件のいずれかを制約することによって作成でき、実際これまで見てきた課題はそのように設計されている。以下では、これらの条件に対する制約という観点から、これまでの課題を分類する。

³ β が何らかの方法で環境 C_α の問題を知ることができる場合は、 β が α から依頼を受けることなく、 C_α を変更することが可能である。

4 課題の分類とその含意

2 節で紹介した課題に前節の分類を適用する。各課題が以下の4点に関してどのような制約を持っているかを表1にまとめる。

1. 二主体 α, β の環境 C が同じかどうか。
2. 二主体 α, β の認識 R が同じかどうか。
3. 二主体 α, β のうちどちらが目標に関する評価 E を行えるか。
4. 二主体 α, β のうちどちらが目標を達成する行為 A を実行できるか。

表 1: 課題の分類

	C	R	E	A	B
地図課題 (α : 追従者, β : 提供者)	$C_\alpha \neq C_\beta$	$R_\alpha \neq R_\beta$	β のみ	α のみ	$ B_\alpha < B_\beta $
ポンプ組み立て (対面) (α : 初心者, β : 専門家)	$C_\alpha = C_\beta$	$R_\alpha = R_\beta$	β のみ	α のみ	$ B_\alpha < B_\beta $
ポンプ組み立て (電話) (α : 初心者, β : 専門家)	$C_\alpha \neq C_\beta$	$R_\alpha = R_\beta$	β のみ	α のみ	$ B_\alpha < B_\beta $
TRAINS (α : 利用者, β : システム)	$C_\alpha \subset C_\beta$	$R_\alpha = R_\beta$	両者	α のみ	$ B_\alpha < B_\beta $
分割クロスワードパズル	$C_\alpha \neq C_\beta$	$R_\alpha = R_\beta$	両者	両者	$ B_\alpha = B_\beta $
分割迷路問題	$C_\alpha \neq C_\beta$	$R_\alpha \neq R_\beta$	いずれもできない	両者	$ B_\alpha = B_\beta $
分割経路探索問題	$C_\alpha \neq C_\beta$	$R_\alpha \neq R_\beta$	両者	両者	$ B_\alpha = B_\beta $

4.1 地図課題

地図課題においては、問題解決に必要な地図中の情報(例えば、目標物)が違うことから、環境 C が異なると規定できる ($C_\alpha \neq C_\beta$)。目標物を、情報提供者に二つ、情報追従者に一つ存在する設定をすると、相手の指示する目標物を誤って同定してしまう場合がある ($R_\alpha \neq R_\beta$)。情報提供者は、相手の地図に対して直接経路を書き込めない ($A: \alpha$ のみ) 一方で、情報追従者は再現した経路の正しさを確認できない ($E: \beta$ のみ)。

この設定の下では、それぞれの要因の異なりがコミュニケーションを動機付ける。環境の異なりに関しては、情報の提供や確認が、認識の異なりに関しては、情報の調整が行なわれる。目標を達成する行為は、情報追従者しか行なうことができないため、情報提供者は情報追従者に対して、経路再現の指示をする必要がある。再現した経路の正しさは検証できないので、この点に関してコミュニケーションは生じない。

4.2 ポンプ組み立て

ポンプ組み立て課題(対面)においては、組み立てるべきポンプの部品及びその名称は共有されている ($C_\alpha = C_\beta$, $R_\alpha = R_\beta$)。組み立ての中間段階を含めて、組み立てがうまくいったかどうかは、専門家しか評価できないが

($E: \beta$ のみ), 組み立ての動作は, 初心者しかできない($A: \alpha$ のみ). 専門家は, ポンプの組み立て方を知っているが, 初心者は知らないという意味で, 知識(信念)の非対称性がある典型的な教示課題である ($|B_\alpha| < |B_\beta|$).

この設定の下では, 専門家からのポンプ組み立ての指示又は初心者からの情報要求に関するコミュニケーションが動機付けられる. 環境及び認識が同じなので, 専門家が初心者の組み立てがうまくいっているかどうかは検査することができる. うまくいっていない場合は, 専門家から指示や情報提供が行なわれる.

ポンプ組み立て課題(電話)は, 環境を共有しないため, 専門家がポンプの組み立てがうまくいっているかどうかを直接評価できない点を除けば, ポンプ組み立て課題(対面)と同じである. すなわち, ポンプ組み立て課題(電話)においては, 初心者が組み立ての状態について情報提供を行なうか, 専門家がそれについて情報要求をする必要がある.

4.3 TRAINS

TRAINSにおいては, システムは, 達成すべき課題に関する情報を除けば, 利用者の情報に加えて, 問題解決に必要な全情報を保持している($C_\alpha \subset C_\beta$, $|B_\alpha| < |B_\beta|$, $R_\alpha = R_\beta$). 計画の正しさについては, システムだけでなく, 利用者も必要な情報を手に入れることができれば, 評価することができる. 課題の設定として, 計画は利用者だけが作ることになっているが($A: \alpha$ のみ), 必要な情報を保持しているシステムは, 課題に関する情報を手に入れることができれば, 原理的には一人で計画を作成することができる.

設定は, ポンプ組み立てと違って, システムが能動的に教示をしないように設定されているので(助言型), コミュニケーションは, 利用者からの情報要求又は確認が主になる.

4.4 分割クロスワードパズル

分割クロスワードにおいては, クロスワード表の情報は共有されているが, 対話主体それぞれには, ほぼ同じ量のキー情報が別個に与えられる($C_\alpha \neq C_\beta$, $|B_\alpha| = |B_\beta|$, $R_\alpha = R_\beta$). 対話主体は双方ともキー情報が与えられれば, 単語を復元することが可能であり, その正しさを検証できる($E: \text{両者}$, $A: \text{両者}$).

この設定の下では, 違う環境から復元される情報の交換が主になる. これ以降のすべての分割型課題に共通するが, 問題設定として, 相互の問題解決能力を対称にするため, 知識(信念)の量を同じにしている ($|B_\alpha| = |B_\beta|$). また, 問題解決方略としては, 自分の情報を相手にすべて渡して, 課題の解決を委ねてしまうことができるが, 通常自分の持つ情報すべてが問題解決に寄与するわけではないので, すべての情報を伝達するのは効率的でないようになっている.

4.5 分割迷路問題

分割迷路問題においては, 分割された迷路は, その分割面以外は異なる($C_\alpha \neq C_\beta$). 分割面に関しては, 分割されたそれぞれの側の情報からしか同定できないので, その認識は違ってくる($R_\alpha \neq R_\beta$). 分割迷路問題における問題解決行為は, それぞれの迷路の解を探すこと及びそれぞれの解の接点を探すことであり, いずれの主体も行為することは可能である($A: \text{両者}$). 共有されている分割面の情報の認識が異なる上に, その認識を可能にする環境情報も異なるため, 両主体とも全体の解を評価することはできない($E: \text{いずれもできない}$).

この設定の下では, 分割された迷路はそれぞれの主体が独自に解くしかない上に(図の情報を自然言語で伝達するのはコストがかかる), 全体の解の評価はどちらの主体もできないので, コミュニケーションは分割面の接合のための情報の調整が主になる.

4.6 分割経路探索問題

分割経路探索問題においては、それぞれの主体の地図は、駅間の接続、駅、駅の名前の有無に関して異なっている ($C_\alpha \neq C_\beta$). ある駅が存在する場合としない場合があるので、駅的位置関係が異なって認識され得る ($R_\alpha \neq R_\beta$). 分割経路探索問題における問題解決行為は最短経路を探すことであり、いずれの主体も必要な情報を得ることができれば実行及び評価可能である (A :両者, E :両者).

この設定の下では、異なっている要因である環境及びその認識がコミュニケーションを動機付ける。環境の異なりに関しては情報の提供や確認が、認識の異なりに関しては情報の調整が行なわれる。また、最終解を双方ともに見つけなければいけないという問題の制約により、最短経路の探索に関しては、部分解(経路)の仮説に関して情報の交換をするか、十分情報を得ることができた段階で、解情報の交換をする必要がある。

5 まとめと今後の課題

本稿では、課題遂行型対話における課題そのものを、計画立案の考え方を参考にし、(i) 環境 C , (ii) 環境を認識する能力 R , (iii) 環境を評価する能力 E , (iv) 実行可能な行為 A に関する制約という観点から、過去に提案された課題を分類するとともに、その課題の分類から得られるコミュニケーションのタイプに関する含意について考察した。

今後は、実際のデータを利用して含意の検証していくことで、分類の有用性を基礎付けるとともに、分類を精密にするために、記憶容量や推論能力などの要因を考慮に入れた、より複雑な問題解決モデルを基に、必要なコミュニケーションについて考える。これにより、課題遂行型対話だけでなく、日常的な対話を分析することができるようになることが期待できる。また、本稿では必要なコミュニケーションのタイプについては考察したが、そのコミュニケーションが実際にどのように行なわれるかについては、扱わなかった。これは、対話ゲーム [15, 4, 14] と呼ばれる局所的な対話の構造を規定する要因を考慮に入れることにより、明らかにすることができるのではないかと考えている。

参考文献

- [1] A. H. Anderson, M. Bader, E. G. Bard, G. Doherty, S. Garrod, S. Isard, J. Kowtko, J. McAllister, J. Miller, C. Sotillo, H. Thompson, and R. Weinert. The HCRC maptask corpus. *Language and Speech*, 34(4):351-366, 1992.
- [2] 青野, 市川, 小磯, 佐藤, 仲, 土屋, 八木, 渡部, 石崎, 岡田, 鈴木, 中野, 野中. 地図課題コーパス (中間報告). 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会資料, 9402-5, 1994.
- [3] A. Capanis, R. N. Parrish, R. B. Ochsman, and G. D. Weeks. Studies in interactive communication: The effect of four communication modes on the linguistic performance of teams during cooperative problem solving. *Human Factors*, 19(2):101-125, 1977.
- [4] L. Carlson ed. *Dialogue games: An Approach to Discourse Analysis*. D. Reidel, 1983.
- [5] P. R. Cohen. The pragmatics of referring and the modality of communication. *American Journal of Computational Linguistics*, 10(2):97-146, 1984.

- [6] N. Dahlbäck. Kinds of agents and types of dialogues. In *Proceedings of Twente Workshop on Language Technology on Corpus-based Approaches to Dialogue Modelling*, pp. 1–117, Enschede, Netherlands, 1995.
- [7] J. A. Edwards and M. D. Lampert eds. *Talking Data – Transcription and Coding in Discourse Research*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1993.
- [8] B. J. Grosz. The representation and use of focus in dialogue understanding. Technical report, Artificial Intelligence Center, SRI International, 1977. Technical Report 151.
- [9] B. J. Grosz. Focusing and description in natural language dialogues. In A. K. Joshi, B. L. Webber, and I. A. Sag eds., *Elements of Discourse Understanding*, pp. 84–105. Cambridge University Press, 1981.
- [10] 橋田, 伝, 長尾, 柏岡, 酒井, 島津. 対話リーグ戦: 対話システム性能評価コンテストの提案. 言語処理学会第1回年次大会発表論文集, pp. 309–312, 1995.
- [11] P. A. Heeman and J. Allen. The trains 93 dialogues. Technical report, Computer Science Department, The University of Rochester, 1995. TRAINS Technical Note 94-2.
- [12] D. Israel, J. Perry, and S. Tutiya. Executions, motivations, and accomplishments. *The Philosophical Review*, 102(4):515–540, 1993.
- [13] 小磯. コーパス: 対話の科学を支えるもの. 言語, 25(1), 1996. 大修館書店.
- [14] J. C. Kowtko, S. D. Isard, and G. M. Doherty. Conversational games within dialogue. Technical report, Human Communication Research Centre, University of Edinburgh and Glasgow, 1992. Research Paper HCRC/RP-31.
- [15] J. A. Levin and J. A. Moore. Dialogue games: Metacommunication structures for natural language interaction. *Cognitive Science*, 1(4), 1977.
- [16] 中嶋, 塚田. 協調的対話における発話パタンの特徴分析. 人工知能学会言語・音声理解と対話処理研究会資料, 9302-1, 1993.
- [17] 中里, 田中, 白井. 協調問題解決における発話の役割. 日本音響学会平成7年春季研究発表会講演論文集, pp. 197–198, 1995.
- [18] D. Phillips. *Graphic and Op-art Mazes*. Dover Publications, Inc., 1976.