

# 複数ロボットの発話の重なりによって創発する空間の知覚

## Perception of the Space Emerged by Overlap of Utterance of Multiple Robots

水丸 和樹<sup>1</sup> 坂本 大介<sup>2</sup> 小野 哲雄<sup>2</sup>

Kazuki Mizumaru<sup>1</sup>, Daisuke Sakamoto<sup>2</sup>, and Tetsuo Ono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道大学工学部

<sup>1</sup>School of Engineering, Hokkaido University

<sup>2</sup>北海道大学大学院情報科学研究科

<sup>2</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

**Abstract:** In the everyday conversation between humans, the overlap of utterance occurs unconsciously and this is the important factor to express the entrainment, interest, and understanding to the partner. However, overlap of utterance has not been considered in the dialog design of robots. In this study, we investigated the impression that robots' utterance interval gave to human and whether human perceived the space emerged by overlap of utterance in a scenario that multiple robots spoke alternately.

## 1 はじめに

人々の集団には固有の空間が形成されており、社会空間と呼ばれている[1][2]. 社会空間は集団に属している人々が活発にコミュニケーションをとっており、相互に作用しているときに強く形成される. 一方で、集団に属していない第三者の行動はこの空間によって生じる社会的な境界線に影響される[3][4][5]. 例えば、立ち話をしている集団を通り過ぎるとき、集団の間を通らずに、迂回するということがある. 他にも座席に座るとき、他人の座っている位置を考慮して自分の座る位置を選択するということがある. これらのように、集団の影響によって行動を変化させる場面は、日常生活の中で頻繁に発生する.

ある集団がどの程度活発にコミュニケーションを取っているか判断する要素として発話の重なりがある. 日本語の会話分析において、会話の中で生じる発話の重なりは、対話相手への同調・関心・理解などを表しているということが主張されている[6][7][8][9]. この考え方は日本語だけでなく英語の会話においても確認されている[10]. さらに、一條ら[11]は、ロボット2体の動作・発話の同期は対話活性化(対話の盛り上がり)と関係があり、同期している場合には同期していない場合よりも対話活性化が高いことを示した. 発話の重なりは、ロボットの対話設計では考慮されていなかったが、対話活性化を高め、話者同士の連帯感を強める重要な要因となっている.

本研究では複数のコミュニケーションロボットが日常生活の中で共生する環境を想定し、それら複数のロボットによってどのような空間が形成されるかについて調査するために、ロボット2体の発話の重なりとそれによってどのような空間が創発されるかに注目した実験を行った. 本研究においては、ロボットの会話における発話の重なりとは、ある発話がすべて終了する前に、もう一方が発話を開始する状況で生じる重なりのことを指す. まず最初の実験ではクラウドソーシングを用いて、ロボット2体の会話間隔がどのような印象を与えるかについて調査した. その後、ロボット2体と被験者1名による実験を行い、発話の重なりによってロボット間に創発される空間を人間がどのように知覚するかについて調査した.

## 2 関連研究

本章では、社会空間の研究と人間の発話の重なりに注目した研究について紹介する.

### 2.1 社会空間

社会空間とは、いくつかの個人空間が融合して新たにできる空間であり、人は他の2者が作る社会空間に対して一定の距離を保ち、身体の方角を変えるなどの行動を取る[1][2]. Chyeneら[3]は、2人からなる集団が廊下で立ち話をしている場合と話をせずただ階下を見下ろしているだけの場合において、2人の間を通り抜ける歩行者の割合を調査した. 結果

より、立ち話をしている場合の方が2人の間を避ける割合は多かった。Lindskoldら[4]は、4人からなる集団が歩道に立ちおり、(1)別々のことをしている(2)ショーウィンドウを覗き込んでいる(3)静かに立ち話をしている(4)お互いに怒っている(5)笑いあっている、という5つの条件でその集団の間を通り過ぎる歩行者の割合を調査した。結果より、複数人がコミュニケーションを取っていると歩行者が判断した場合には、取っていないと判断した場合よりも集団の間を通る割合は少なかった。Knowles[5]は、大学の職員と学生が2人もしくは4人からなる集団を作って立ち話をしている時にその間を通り抜ける歩行者の割合を調べた。結果より、地位が高いとみなされた大学の職員の間を通り抜ける歩行者の割合は少なく、集団の人数が2人よりも4人の方が間を通り抜ける割合が少ないということも報告されている。これらの研究は集団に属する人々が相互に作用しており、活発にコミュニケーションを取っているときに社会空間が強く形成されるということを示している。

また、人間の集団によって形成される社会空間を考慮したシステムとして、今吉[12]らは、人間の発話量を用いて会話の活性度を評価し、ユーザー間のスマートフォンの距離情報を用いて社会空間を認識するロボットシステムを提案した。実験では、2人の人間が会話している時にロボットがその社会空間に介入し、ロボットへの印象と影響について評価した。結果より、対話活性度が高い場合よりも、低い場合の方が人間はロボットをより好意的に受け入れた。

以上のように、これまでに人間の集団による社会空間については研究されているが、ロボットの集団による社会空間については十分に研究が行われてきていない。本研究では、ロボット2体が活発にコミュニケーションを行う際に、それを観察する第三者の人間がどのようにロボット間に創発される空間を知覚するかに注目した実験を行う。

## 2.2 発話の重なり

会話分析において、会話の中で生じる発話の重なりは、重大な誤りや妨害であったり、対話相手の発話権の侵害であるなど否定的に捉えられていた[13][14][15]。しかし、次に示すいくつかの研究は日常会話には至る所で発話の重なりが生じており、肯定的に捉えられると指摘している。

藤井ら[6]は、日本人女性の友人同士の会話データを用いて、重なり頻度や機能などについて調査した。結果より、平均3.7発話に一度重なりが生じ、重

なり全体の少なくとも40%以上は、先行発話への同意・共感・関心などを積極的に示すことで会話を促進させ、話者同士の連帯感を強める協力的な機能を持つことを示している。さらに、相手の発話が予測できた結果として重なる場合には賛同をタイミングを早めて積極的に示すことで、その気持ちを強く表し、相手との連帯感を強化しているとも主張している。また、日本人の友人同士の雑談を分析した結果、対話相手の発話権を侵害するような発話の重なりは、わずか18.7%しか生じていなかった[7]。町田[8]は、初対面同士の会話データを分析し、発話の重なりは話題となる内容が自分にとって身近であるということを示す手段として用いられ、共感を深めるという機能を持つと主張している。この発話の重なりによる共感的な機能は、日本語だけでなく英語の会話においても確認されている[11]。

以上のように、人間の会話における発話の重なりについては研究されているが、ロボットの対話設計においては考慮されていない。本研究では、発話の重なりをコミュニケーションの活発さを測る指標に用いることを目的とした調査実験を行い、その後実際のロボットの対話を観察する実験を通して、対話の活発さと社会空間の関係を調査する。

## 3 実験 1

本研究では、まずロボット2体の会話間隔が、それを観察する人間にどのような印象を与えるかについて調べるために、クラウドソーシングサービスを利用した実験を行った。

### 3.1 概要

実験1では、クラウドソーシングサービスであるCrowdFlower<sup>1</sup>を用いて、ロボット2体の会話ビデオに関するアンケート調査を行った。CrowdFlowerで集められた被験者は、Webページで実験の説明を読んだあと、Googleフォームによって作成されたアンケートページ(図1)に誘導された。アンケートページでは、ロボット2体の会話についてのビデオを見たあと、以下の5段階形式(5が最もポジティブ)のアンケートに回答した。

1. How natural was the conversation of the robots?  
(ロボットの会話はどの程度自然だったか)
2. How lively was the conversation of the robots?  
(ロボットの会話はどの程度活発だったか)
3. How familiar were the robots with each other?  
(ロボット2体の関係はどの程度親密だったか)

<sup>1</sup> <https://www.crowdfunder.com/>

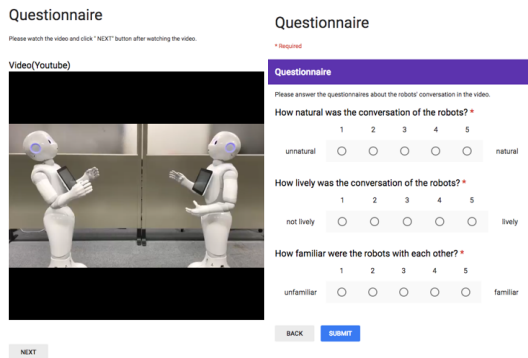


図 1: アンケートページ

### 3.2 被験者

CrowdFlower を用いて集められた被験者の数は 2000 名であった。アンケートでは、ボット (bot) などのランダムな回答をする被験者を排除するために、アンケートの記入において、全て同じ番号を回答する被験者を不正な回答者と判断するなど、不正検知の仕組みを組み込んだ。この結果、有効な回答者数は 721 名であった。

### 3.3 会話シナリオ

アンケートに使用するビデオは、ロボット 2 体の会話間隔を以下の 3 つの条件に分けて撮影した。被験者はいずれかのビデオが含まれたアンケートページへランダムに誘導された。

#### 1. Overlap 条件

この条件ではロボットの発話が徐々に重なる。最初の会話間隔は 0 秒であるが、会話が進むに連れて徐々に発話が重なり、最後には 1 秒重なる (図 2)。会話ビデオ全体の長さは約 60 秒であった。

#### 2. Default 条件

この条件ではロボットの会話間隔が常に 0 秒である (図 2)。つまり、ロボットの発話が終了するとすぐにもう一方のロボットの発話が開始する。通常のロボット同士の対話設計においては、会話間隔はこの条件となる。会話ビデオ全体の長さは約 67 秒であった。

#### 3. Delay 条件

この条件ではロボットの会話間隔が常に 1 秒である (図 2)。会話ビデオ全体の長さは約 79 秒であった。

各条件の定義と図 2 の会話間隔は正確には一致していない。この理由は、ロボットのプログラムにおいて実行時間による誤差が生じているためである。

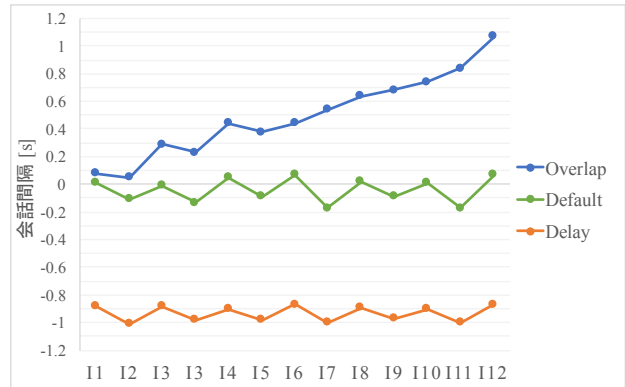


図 2: 各条件におけるロボットの会話間隔

これらすべての条件における会話シナリオは同じである (表 1)。また、会話シナリオは公立高校の英語入試問題 (2002 年度 青森県) を引用した。

表 1: 会話シナリオ

R1: ロボット 1, R2: ロボット 2
R2: <i>Hi, Pepper.</i>
R1: <i>Hi. Did you enjoy my English class yesterday?</i>
R2: <i>Yes, I did. I can't wait for the next class.</i>
R1: <i>I'm glad to hear that. Are you interested in studying English?</i>
R2: <i>Yes. I like to study English, but I have a problem.</i>
R1: <i>Oh, what is it?</i>
R2: <i>English is fun, but it is sometimes difficult for me. What is the best way to study English?</i>
R1: <i>If you use English every day, you will get better. Why don't you come to me and speak English?</i>
R2: <i>It's a great idea. I will try it.</i>
R1: <i>Good. And I would like to invite you to the English club. Many students come to the club and enjoy talking with me.</i>
R2: <i>Sounds great. I'd like to come. When should I visit the club?</i>
R1: <i>We have the club activities every Wednesday after school. Please come to the library.</i>
R2: <i>Thank you very much.</i>
R1: <i>You're welcome.</i>

### 3.4 結果

集められたアンケート結果について、1 要因被験者間比較を行うために、クラスカル・ウォリス検定を実施した結果、項目 1「ロボットの会話はどの程度自然だったか」( $\chi^2_{(2,N=721)}=0.488, p=0.783$ ) と項目 3「2 体のロボットの関係はどの程度親密だったか」( $\chi^2_{(2,N=721)}=2.23, p=0.328$ ) については、有意な差が確認されなかった。一方で、項目 2 の「ロボットの

会話はどの程度活発だったか」( $\chi^2_{(2,N=721)}=5.233, p=0.073$ )については有意傾向が確認されたため、事後検定として Mann-Whitney の U 検定 (片側検定) を行った。結果より、Overlap 条件と Delay 条件との間に有意な差が確認された ( $p<.05$ ) (表 2, 図 3)。この結果は、会話の間隔が常に 1 秒である Delay 条件よりも、発話の重なりが生じる Overlap 条件の会話の方が活発に感じるということを示している。

表 2: アンケート結果

	自然さ		活発さ		親密度	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
Overlap	3.74	0.910	3.90	0.899	3.77	0.921
Default	3.77	0.973	3.79	0.897	3.65	0.990
Delay	3.73	0.933	3.69	0.954	3.77	0.957

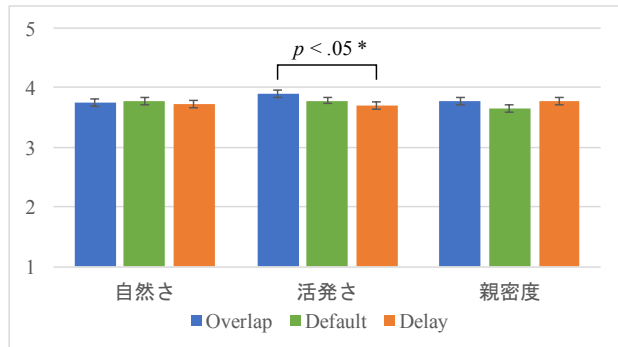


図 3: アンケート結果のグラフ (エラーバーは標準誤差)

## 4 実験 2

実験 1 の結果を踏まえて、実験 2 では実際にロボット 2 体を用いて、ロボット同士の会話を被験者が直接観察した。この実験を通して、被験者がロボットの発話の重なりによってロボット間に創発される空間をどのように知覚するか調査した。

### 4.1 概要

実験 2 では、ロボット 2 体と被験者 1 名による実験を行った (図 4)。実験の手順は以下の通りである。

- 1) 被験者は実験の説明を受け、2 体のロボットの前に立つように指示を受ける
- 2) 実験者の合図で被験者はロボットに挨拶する
- 3) ロボットの会話が始まる
- 4) 実験者は別室で様子をモニタリングする
- 5) 会話の終わりに片方のロボットが被験者に机の上の教科書を見るようにすすめる
- 6) 実験者は会話終了後、およそ 30 秒後に実験室に

入り、被験者に実験終了の旨を伝える

7) 被験者はアンケートに答える

手順 6 において、誘導された場合はその時点で実験終了の旨を伝えた。実験終了時まで机の上の教科書に誘導されなかった場合は、実験者が被験者に対して教科書を見に行くように促して、どのような行動を取るかを観察した。また、手順 7 において、被験者は以下の 5 段階形式 (5 がポジティブ) のアンケートに答えた。

1. ロボットの会話はどの程度自然だったか
2. ロボットの会話はどの程度活発だったか
3. ロボット 2 体の関係はどの程度親密だったか

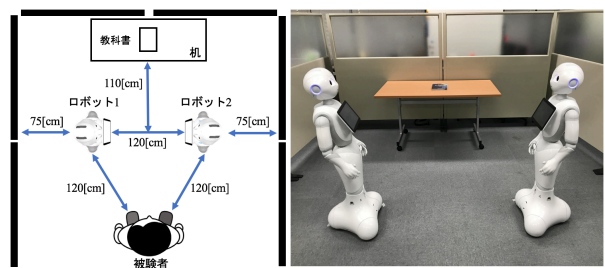


図 4: 実験環境 (左:平面図 右:被験者の視点画像)

### 4.2 被験者

被験者は日本人 39 名 (男性: 24 名, 女性: 15 名) であり、年齢は 20~26 歳 (平均: 23.0, 標準偏差: 7.9) であった。また、被験者の英語学習歴は最短でも 6 年以上であった。被験者はランダムに各条件 (Overlap, Default, Delay) に割り振られ、最終的にそれぞれの条件で 13 名ずつ実験を行った (被験者間比較計画)。

### 4.3 会話シナリオ

実験 2 の会話シナリオでは、被験者が会話に参加するために、実験 1 のシナリオに以下の 2 つの変更を加えた。

1. はじめに被験者がロボットに挨拶する (表 3)
2. おわりにロボットが机の上の教科書を被験者に対してすすめる (表 4)

表 3: 会話シナリオ追加部分 (はじめ)

R1: ロボット 1, R2: ロボット 2
被験者: (ロボットに挨拶する, 例: Hi)
R2: Hi. (被験者に挨拶する)
R1: Hi. (被験者に挨拶する)
R2: Hi, Pepper.

表 4: 会話シナリオ追加部分 (おわり)

R1: ロボット 1, R2: ロボット 2  
 R1: *We have the club activities every Wednesday after school. Please come to the library.*  
 R2: *OK. By the way, are there any textbooks you would recommend?*  
 R1: *I recommend you the textbook on the table.*  
 (R1 が机の教科書を指し示す)  
 R1: *You should also look at it.*  
 (R1 が被験者の方に向かって言う)  
 R2: *Thank you very much.*  
 R1: *You're welcome.*

#### 4.4 結果

集められたアンケート結果について、1 要因被験者間比較を行うために、クラスカル・ウォリス検定を行った結果、「ロボットの会話ほどの程度自然だったか」( $\chi^2_{(2,N=39)}=1.055, p=0.590$ ), 「ロボットの会話ほどの程度活発だったか」( $\chi^2_{(2,N=39)}=2.561, p=0.278$ ), 「ロボット 2 体の関係ほどの程度親密だったか」( $\chi^2_{(2,N=39)}=2.05, p=0.359$ ) のそれぞれの項目について有意な差は確認されなかった (表 5, 図 5)。この結果は、ロボットの発話の重なりが被験者に与える印象 (自然さ・活発さ・親密度) に変化はなかったことを示している。

表 5: アンケート結果

	自然さ		活発さ		親密度	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
Overlap	4.31	0.855	4.54	0.519	3.77	1.013
Default	4.15	0.555	4.08	0.862	3.23	0.927
Delay	4.31	0.751	4.46	0.776	3.69	0.751

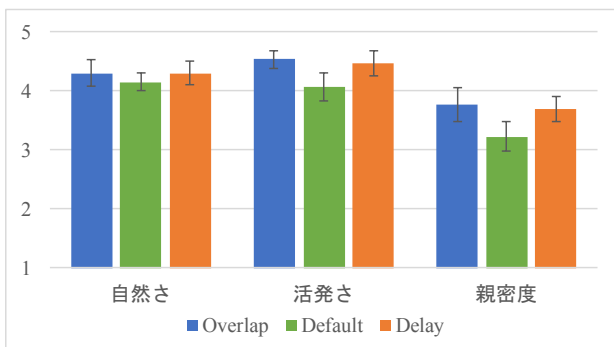


図 5: アンケート結果のグラフ (エラーバーは標準誤差)

次に、被験者の行動について分析する。行動は以下の 2 つのパターンに分けられた (図 6)。

1. ロボット 2 体の間を通る
2. ロボット 2 体の間を避けて、いずれかのロボットの後ろを通る

分析では、それぞれの条件において被験者がどちらの行動を取るか人数を計測した。表 6 にその結果を示す。

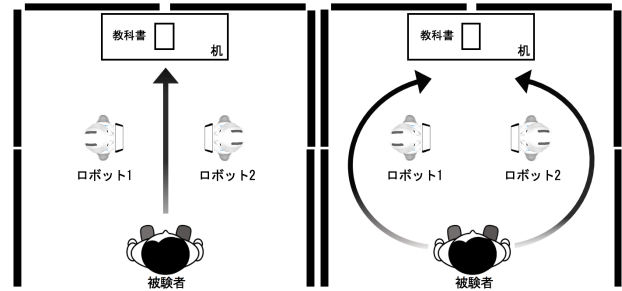


図 6: 被験者の行動パターン

表 6: 各条件における被験者の行動人数

	ロボットの間を通る	ロボットの間を避ける
Overlap	4	9
Default	8	5
Delay	11	2

フィッシャーの正確確率検定の結果 ( $p<0.05$ ) より、有意な差が確認されたため、事後検定を行った。その結果、Overlap 条件と Delay 条件との間に有意な差が確認された (オッズ比:10.97,  $p < .05$ )。この結果は、会話の間隔が常に 1 秒である Delay 条件よりも、発話の重なりが生じる Overlap 条件の方がロボットの間を避けて通る被験者が多いことを示している。

#### 5 考察と議論

実験 1 では、ロボットの発話の重なりがロボット同士の「会話の活発さ」を向上させることが確認された。この結果は、一條ら[11]の同期・非同期における対話活性度の結果を支持しているものである。つまり、発話の重なり効果として、会話を聞いている人にロボット同士が活発にコミュニケーションを取っていると感じさせたということである。その他のアンケート項目として、「会話の自然さ」と「ロボット 2 体の親密度」について調査したが、いずれも条件による変化は確認されなかった。そのため、今回調査した範囲内では、ロボットの会話間隔は「会話の活発さ」にのみ影響している。

実験 2 では、アンケート結果においてロボットの



会話間隔が「会話の活発さ」に影響するということは確認されなかった。しかし、被験者の行動において、発話の重なりが生じている場合には会話間隔が1秒である場合と比べてロボットの間を避けて後ろを通る人の数がロボットの間を通る人の数よりも多かった。したがって、発話の重なりによって、ロボット2体の間に社会空間が創発され、被験者はその空間を知覚し、避けて通ることが示唆された。

ロボットの対話設計において、発話の重なりは考慮されていなかったが、活発にコミュニケーションを取り、会話を盛り上げるという点においては重要な要素である。また、発話の重なり注目した研究では人間の会話データを用いてその機能や分類などの調査が行われてきた。しかし、ロボットを用いて様々な種類の重なりによる効果を調査することで、人間が無意識に重なりを生じさせる理由とその効果を明らかにする手がかりになるだろう。さらに、複数ロボットの集団には社会空間と同じ効果を持つ空間が創発され、人間の行動は影響を受ける。これは、人間がロボットの集団に対して、人間の集団と同じように振る舞うということが示唆されている。将来、多くのロボットが共生する環境を想像する上で、ロボットの集団による影響も調査していく必要がある。

## 6 おわりに

本研究では、ロボット2体の発話の重なりは会話の活発さを向上させ、人間はこのロボット2体の観察から、それらが社会空間を構築していると知覚することが確認された。しかし、会話の活発さと社会空間の知覚に直接関係があるかどうかは明確にはならなかった。

今後の展望としては、発話の重なるタイミングの違いや会話シナリオの違いによる効果について検証する必要がある。また、ロボット間における相互作用の有無や、集団を構成するロボットの数の違いで社会空間を創発するかについても調査していきたい。

## 謝辞

本研究は、科学研究費補助金・新学術領域研究「認知的インタラクションデザイン学：意思疎通のモデル論的理解と人工物設計への応用」(領域番号:4601)からの支援を受けて実施された。

## 参考文献

- [1] 渋谷昌三: 社会空間の基礎的研究, 心理学研究, Vol. 47, No. 3, pp. 119-128, (1976)
- [2] 渋谷昌三: 図解 社会空間モデル試論, 学習院大学文

学部研究年報, Vol. 25, pp. 157-172, (1978)

- [3] Cheyne, J. A., and Efran, M. G.: The Effect of Spatial and Interpersonal Variables on the Invasion of Group Controlled Territories, *Sociometry*, Vol. 35, No. 3, pp. 477-489, (1972)
- [4] Lindskold, S., Albert, K. P., Baer, R., and Moore W. C.: Territorial Boundaries of Interacting Groups and Passive Audiences, *Sociometry*, Vol. 39, No. 1, pp. 71-76, (1976)
- [5] Knowles, E. S.: Boundaries around group interaction: The effect of group size and member status on boundary permeability, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 26, pp. 327-331, (1973)
- [6] 藤井桂子, 大塚純子: 会話における発話の重なりについて: 協力的側面を中心に, 言語文化と日本語教育, Vol. 8, pp. 1-13, (1994)
- [7] 藤井桂子: 発話の重なりについて: 分類の試み, 言語文化と日本語教育, Vol. 10, pp. 13-23, (1995)
- [8] 町田佳世子: 初対面の会話における発話の重なり効果, 北海道東海大学紀要. 人文社会科学系, Vol. 15, pp. 189-210, (2002)
- [9] 生駒幸子: 日常会話における発話の重なり機能, 世界の日本語教育. 日本語教育論集, Vol. 6, pp. 185-200, (1996)
- [10] Tannen, D.: *Conversational style: Analyzing talk among friends*, Ablex, (1984)
- [11] 一條剛志, 棟方渚, 小野哲雄: 複数ロボットの対話の活発度を用いた注意誘導システムの研究, HAI シンポジウム 2015, G-17, (2015)
- [12] A. Imayoshi, N. Munekata, and T. Ono: Robots that Can Feel the Mood: Context-Aware Behaviors in Accordance with the Activity of Communications, *Proceedings of the 8th ACM/IEEE international Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 143-144, (2013)
- [13] Sacks, H., Schegloff, E. A., and Jefferson, G.: A Simple Systematics for the Organization of Turn-Taking for Conversation, *Language*, Vol. 50, No. 4, pp. 696-735, (1974)
- [14] Zimmerman, D. H., and West, C.: "Sex roles, interruptions and silences in conversation" Barrie Thorne and Nancy Henley(Eds.), *Language and Sex: Difference and Dominance*, Newbury House, pp. 105-129, (1975)
- [15] Levinson, S. C.: *Pragmatics*, Cambridge University Press, (1983)