

2体の同調エージェントを用いた 音によるコミュニケーションの研究

快適な非言語コミュニケーションを目指して

日本大学大学院
博士前期課程
北原研究室
棚橋徹

本研究の概要

研究目標

言語情報を持たない音を用いた
コミュニケーションシステムの作成

現状の課題

言語情報を持たないコミュニケーションの場合、
ユーザの心理的負担の軽減に関する議論が少ない

解決方法

非言語情報を用いた2体の同調エージェントを
用いることでコミュニケーションの維持を図る

目次

- ・研究背景・目的
- ・コミュニケーションのあり方
- ・システム概要
- ・実験、課題
- ・まとめ

目次

- ・研究背景・目的
- ・コミュニケーションのあり方
- ・システム概要
- ・実験、課題
- ・まとめ

会話システムの開発

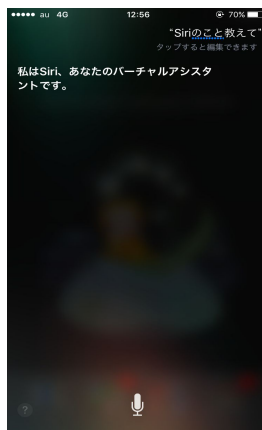
- ・近年会話システムの開発が盛んに行われている

空港案内システム



引用: 会話システム「MINARAI」
<https://japan.cnet.com/article/35096566/>

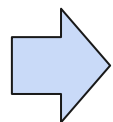
音声アシスタント



Pepper



引用: SoftBank 製品情報
<http://www.softbank.jp/robot/consumer/products/>



人間らしい会話を行う研究・開発の存在

会話システムの分類 1/3

大きく2つに分類

・案内システム

・予約システム



タスク指向会話

・雑談システム

・音声アシスタント

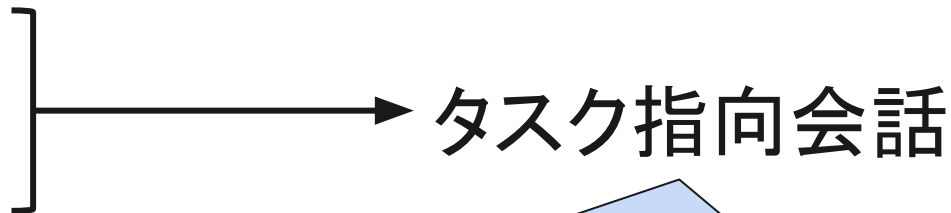


非タスク指向会話

会話システムの分類 2/3

大きく2つに分類

- ・案内システム
- ・予約システム



明確な会話のゴールが存在

会話システムの分類 3/3

大きく2つに分類

コミュニケーション自体が目的

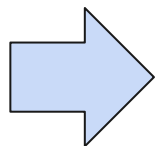
- ・雑談システム
- ・音声アシスタント

非タスク指向会話

非タスク指向会話の代表例

・雑談システム

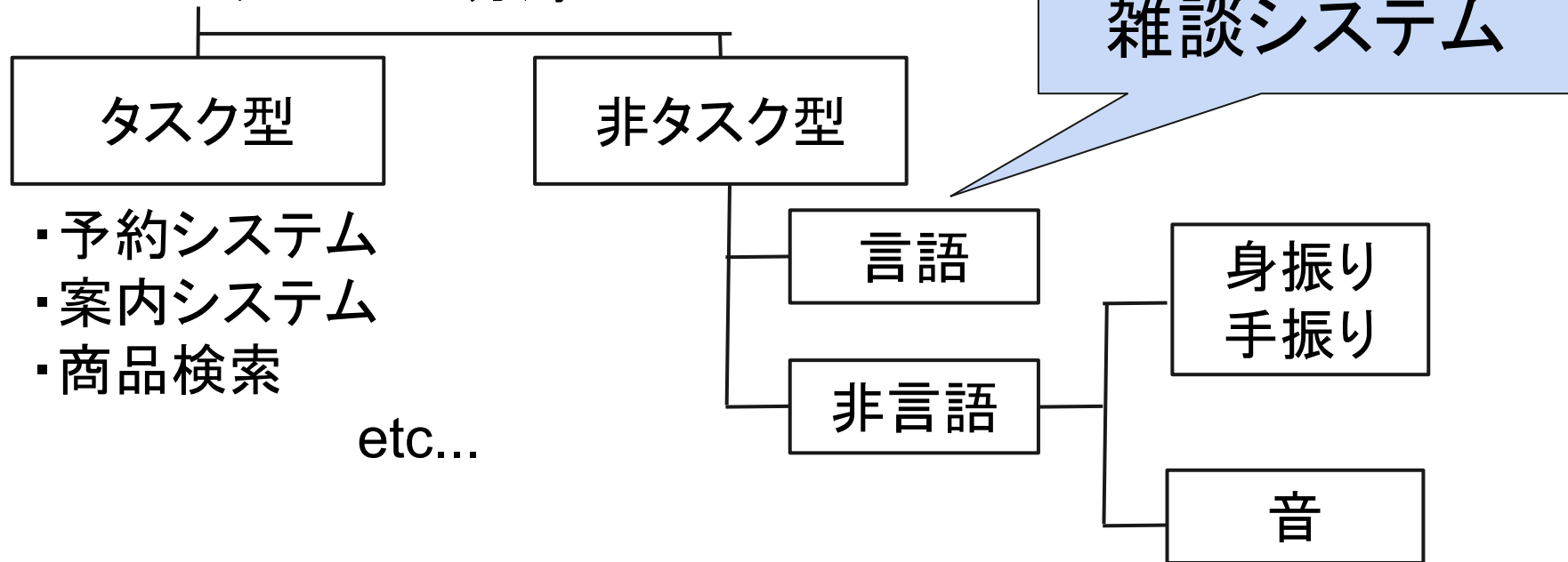
1人暮らしや、歳を取った人達の話し相手がほしいという需要に応えている。



話すことによって親近感や安心感が生まれることを期待されている

関連研究分野 1/5

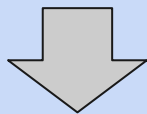
コミュニケーション分野



関連研究分野 2/5

・問題点

音声認識等の失敗



応答文の生成に影響

会話が破たんする
可能性がある

タスク型

言語

非言語

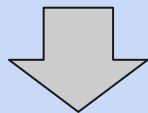
身振り
手振り

音

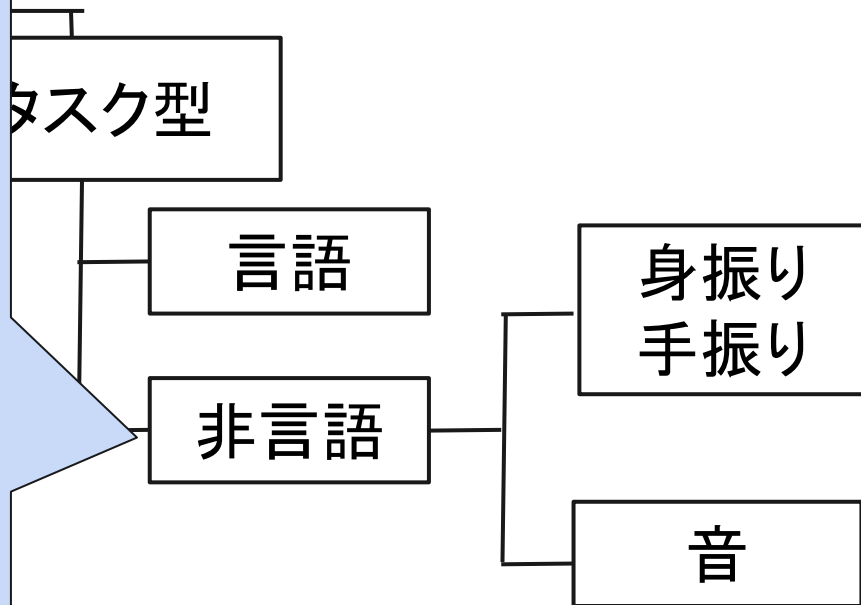
関連研究分野 3/5

・問題点

単純な情報呈示なので
飽きる可能性



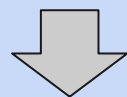
コミュニケーションを維持
することが難しい



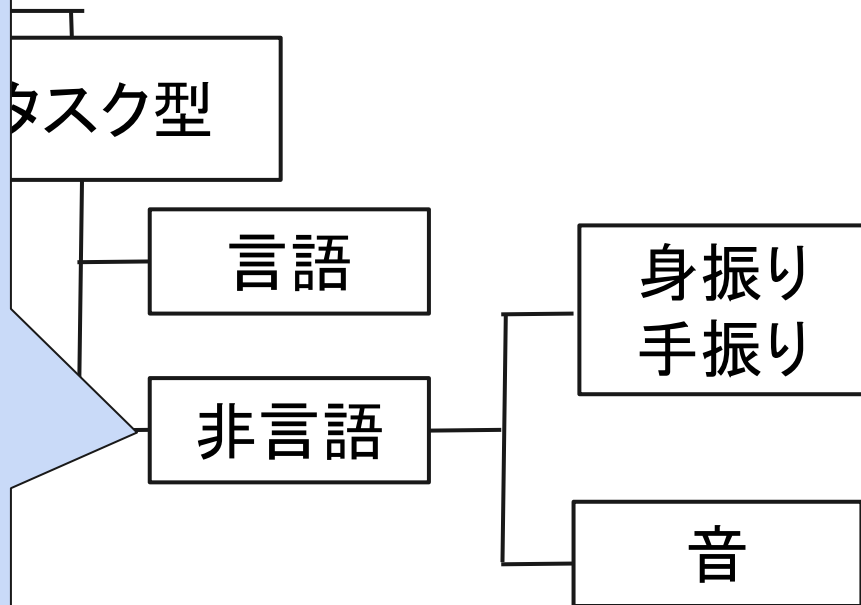
関連研究分野 4/5

・問題点

ほとんどの研究では
1ユーザ対1ロボット
を想定



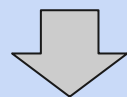
コミュニケーションを
維持するためのユーザの
心理的負担が大きい



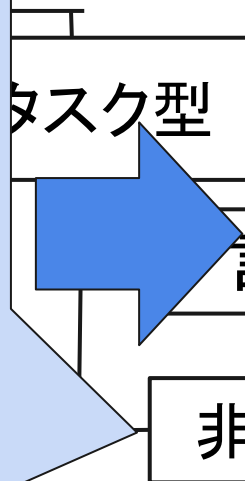
関連研究分野 5/5

・問題点

ほとんどの研究では
1ユーザ対1ロボット
を想定

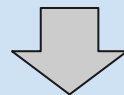


コミュニケーションを
維持するためのユーザの
心理的負担が大きい



・解決案

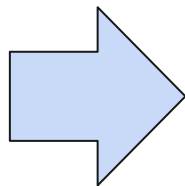
エージェントを2体にするこ
とにより、コミュニケーションの
継続が容易になるのでは？



ユーザの
心理的負担が
軽減できる可能性

本研究の目的

- ・言語情報を持たない音を用いて、コミュニケーションを行った際のユーザの心理的負担の軽減を検討する



2体のエージェントを用いた
非言語情報コミュニケーションの実現

目次

- ・研究背景・目的
- ・コミュニケーションのあり方
- ・システム概要
- ・実験、課題
- ・まとめ

人間とエージェント

小松ら※は人間とロボットが円滑にコミュニケーションを行うためには以下の3つが必要と述べている

- 1) 時間的随伴性
- 2) エージェントシ
- 3) 人間に対して学習・適応する能力

※小松 他, 人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを目指して, 2002.

1) 時間的随伴性

1) 時間的随伴性

自分が行動を取った際に、相手が行動をおこすこと

例:

呼びかけた時に、呼びかけに反応したとわかる
タイミングで反応する



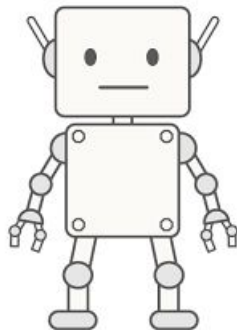
2) エージェント

2) エージェント

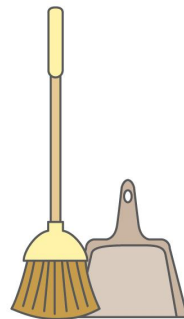
コミュニケーションにおける適切な対象だと捉えることができる特徴を持つこと

例:

ロボット



ほうきやちりとりには、
エージェントを感じない



3) 人間に学習・適応

3) 人間に学習・適応する能力

人間の行動に影響されて、ロボットの行動を決定すること

適さない例:

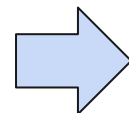
いわゆるトンチンカンなコミュニケーションなど



非言語コミュニケーション

- ・1bitコミュニケーション

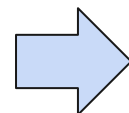
打田恭平 他, 2012年.



1),2)を満たす

- ・ロボットの共同注視による作用

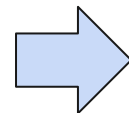
T. Ono 他, 2016年.



2)を満たす

- ・音を用いたコミュニケーション

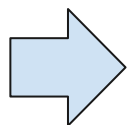
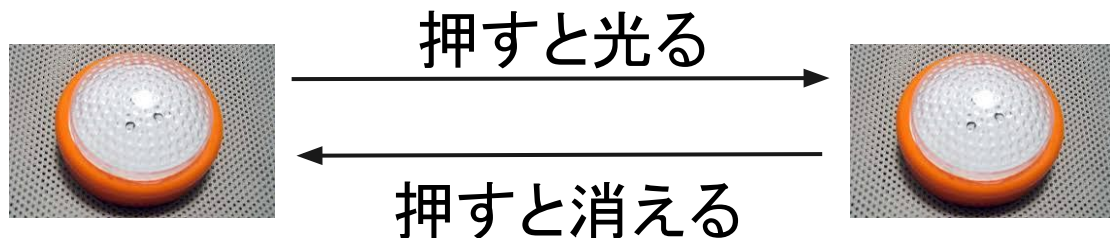
小林一樹, 山田誠二 他, 2002, 2010, 2011年.



1)~3)を満たす

1bitコミュニケーション

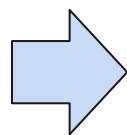
押すと光るか消えるだけのコミュニケーションや、
触ったら動くだけものを使ったコミュニケーション



ボタンを押さなくなると寂しく感じたなどの意見もあった

共同注視による引き込み効果

人工語を話すロボット2体が
同時にユーザを見る

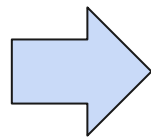


会話の中に入ることが求め
られていると感じる

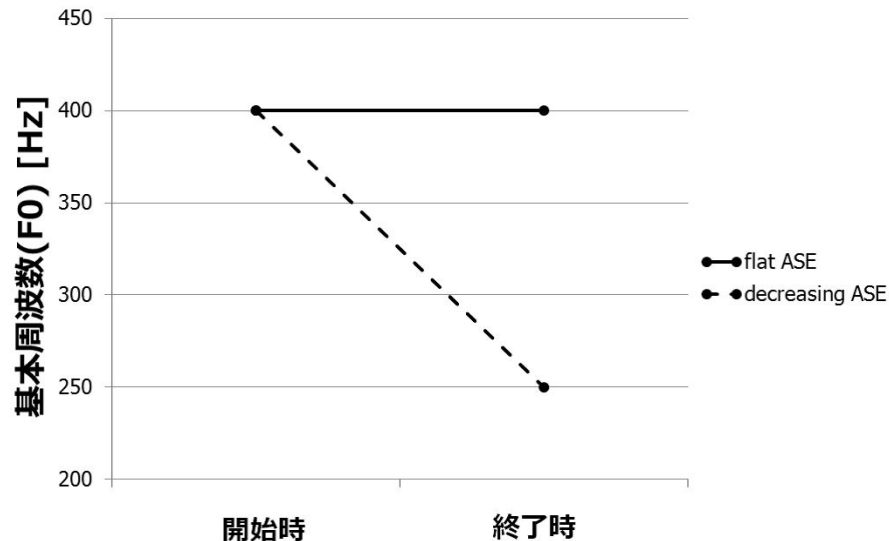


音を用いた研究

- ・ロボットの内部状態(肯定、否定など)beep音で表現
- ・下降音を流した時には、否定として受け取られた



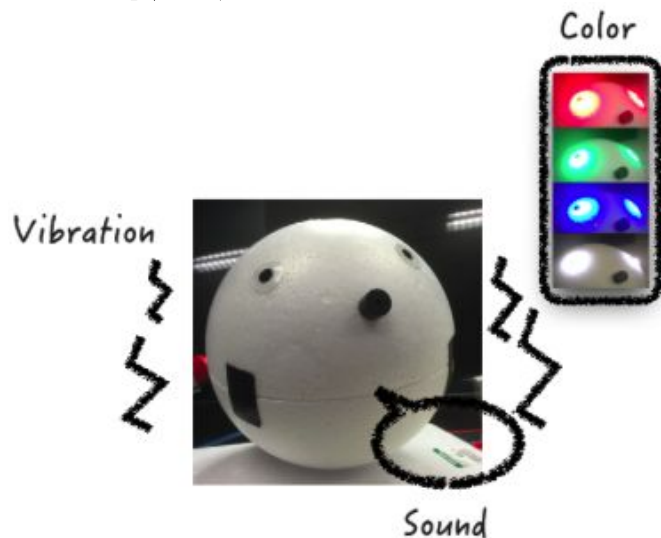
音だけで、
意味をくみ取れる可能性



ロボット”まる”

色、音、振動で感情を伝えるロボットの作成(振動は省略)

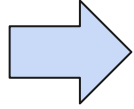
感情	色	ビープ音
リラックス	白	フラット
幸せ	緑	大きい音
哀しみ	青	下降
怒り	赤	上昇



➡ 音だけで一部感情の認識が可能

既存研究と本研究の違い

非言語コミュニケーションは検討されている

 単純な情報呈示に飽きてしまう、1対1コミュニケーションでは会話を続けることがユーザへの負担になることに関して議論が少ない

そこで本研究では、
非言語コミュニケーションを行う際のユーザへの
心理的負担の軽減を目指し、研究を行った

目次

- ・研究背景・目的
- ・コミュニケーションのあり方
- ・システム概要
- ・実験、課題
- ・まとめ

デモ1

- ・システム使用例(実験映像)

実装すべきこと

- ・円滑にコミュニケーションを行うための3つの要素の実装
- ・ユーザの心理的負担を減らすための2体のエージェントの実装

3つの要素

文献※より、円滑にコミュニケーションを行うためには以下の3つが必要と述べた

- 1) 時間的随伴性
- 2) エージェンシ
- 3) 人間に対して学習・適応する能力

※小松 他, 人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを目指して, 2002.

3つの要素

文献※より、円滑にコミュニケーションを行うためには以下の3つが必要と述べた

- 1) 時間的随伴性
- 2) エージェント
- 3) 人間に対して学習・適応する能力

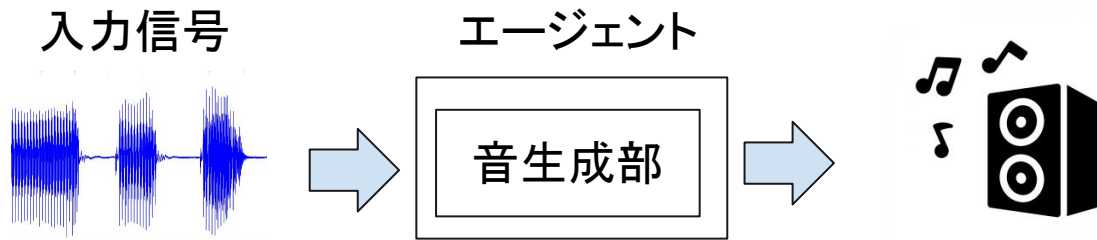
※小松 他, 人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを目指して, 2002.

時間的随伴性の実現

1) 時間的随伴性

自分が行動を取った際に、相手が行動を起こすこと

→ ユーザの入力があった場合、エージェントが音の高さ、振幅、長さがある正規分布に従って決定し、発話する



3つの要素

文献※より、円滑にコミュニケーションを行うためには以下の3つが必要と述べた

- 1) 時間的随伴性
- 2) エージェンシ
- 3) 人間に対して学習・適応する能力

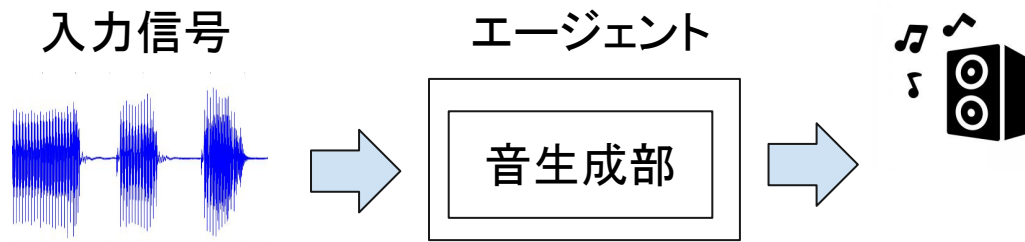
※小松 他, 人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを目指して, 2002.

エージェントの実現

2) エージェント

コミュニケーションにおける適切な対象だと捉えることができる特徴を持つこと

➡ お化け型の外見と、発話時に明滅することにより実現



3つの要素

文献※より、円滑にコミュニケーションを行うためには以下の3つが必要と述べた

- 1) 時間的随伴性
- 2) エージェンシ
- 3) 人間に対して学習・適応する能力

※小松 他, 人間とロボットとの円滑なコミュニケーションを目指して, 2002.

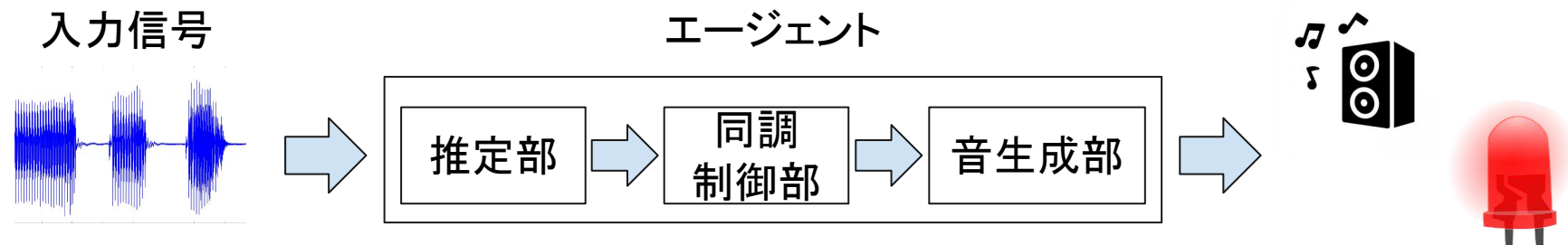
人間へ学習・適応の実現

3) 人間に学習・適応する能力

人間の行動に影響されて、ロボットの行動を決定すること

➡ 音の高さ、振幅、長さの時間的変化を同調(合わせる)する

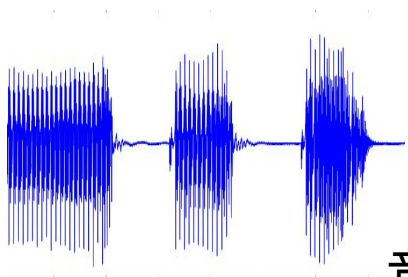
今回は、ユーザの発話はエージェントに合わせてもらうことを前提として実装



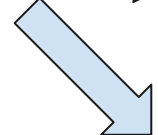
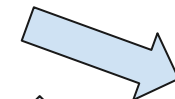
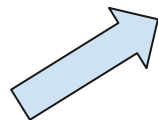
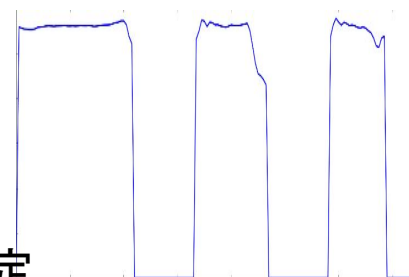
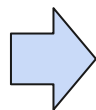
推定部

入力信号

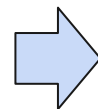
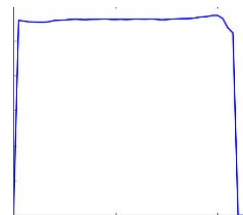
音高



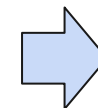
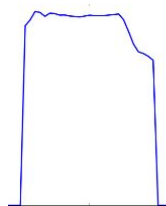
音高推定



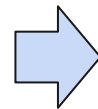
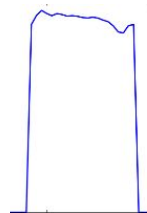
分割



- ・振幅
- ・音高
- ・セグメント長



- ・振幅
- ・音高
- ・セグメント長



- ・振幅
- ・音高
- ・セグメント長

これら発話相手の特徴量を
発話パラメータベクトル y
(9次元)とする。

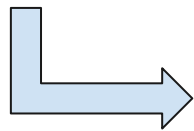
同調制御部

エージェントのt回目の発話は $\mathcal{N}(x_t; \mu_t, \Sigma)$ によって決定する。同調制御はこの平均 μ_t を更新する。

$$\mu_{t+1} = \mu_t + \dot{\mu}_{t+1}$$

$$\dot{\mu}_{t+1} = \dot{\mu}_t + \lambda(\dot{y}_t - \dot{\mu}_t)$$

λ は結合係数



相手の発話をどれだけ反映するか(今回は1.0)

デモ2

- ・同調するパターン(短いです)
- ・同調しないもの
(平均を更新しない正規分布から
発話パラメータベクトルを決定)

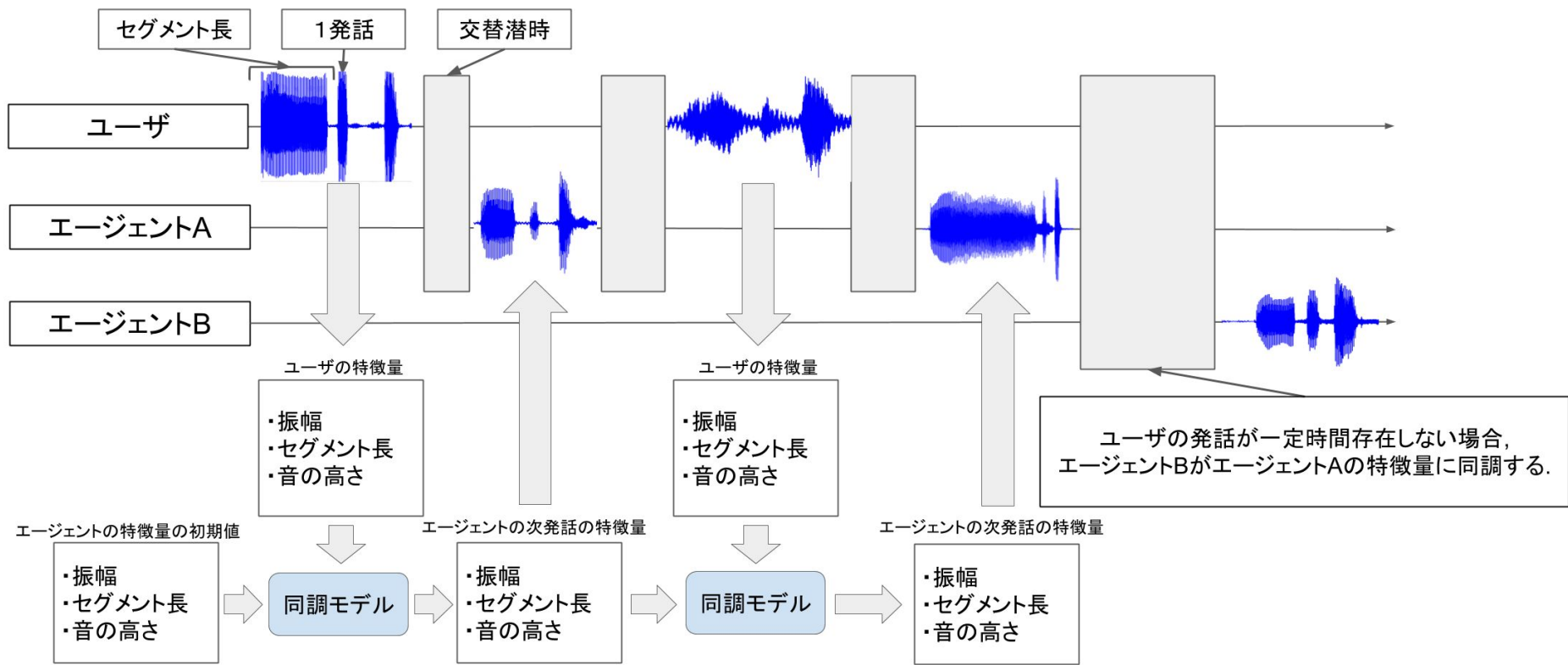
心理的負担の軽減

コミュニケーションを続けるために、ユーザが話し続けなければならないという問題に対して、

- A. 2体のエージェントが存在し、それぞれ音を発する
- B. エージェント同士でコミュニケーションを行うこともある
- C. ユーザが沈黙すると片方のエージェントが音を発する

という仕様を設ける。

これにより、心理的負担の軽減を図る



目次

- ・研究背景・目的
- ・コミュニケーションのあり方
- ・システム概要
- ・実験、課題
- ・まとめ

実験目的

- ・エージェントが2体いる効果の検証(実験1)

 - ➡ コミュニケーションの維持が行いやすいか

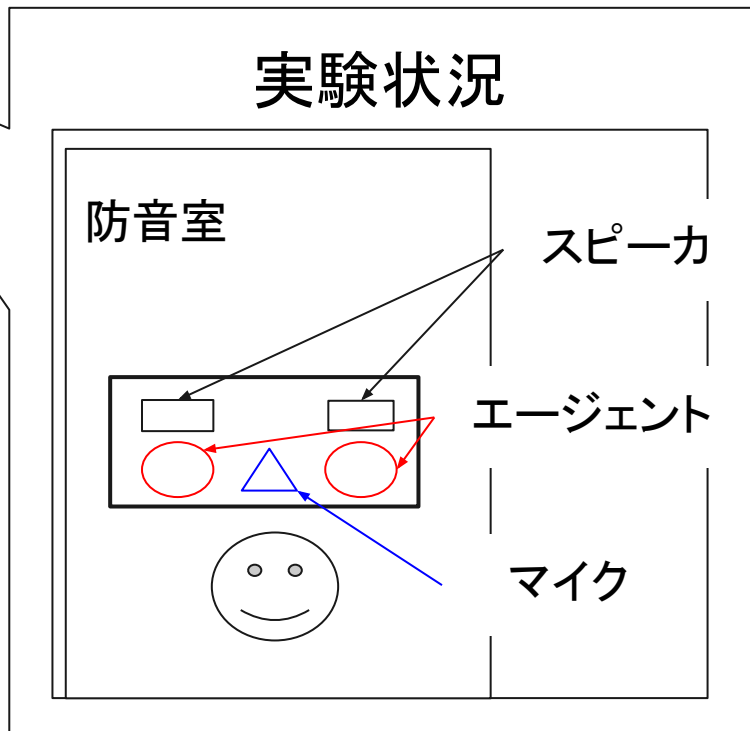
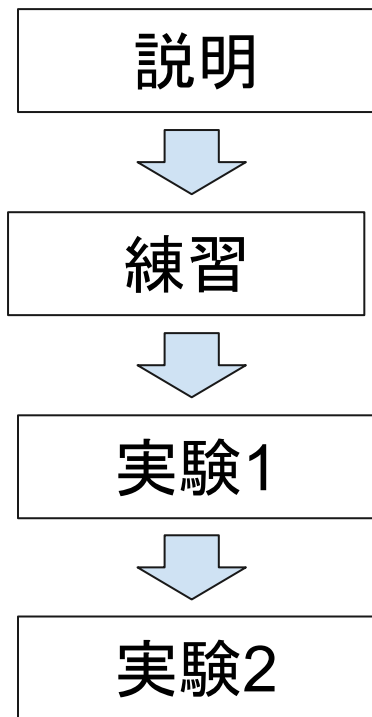
- ・同調制御の効果の検証(実験2)

 - ➡ 円滑なコミュニケーションが行えるか

両実験とも、被験者は6名

(男性5名、女性1名、平均20.8歳)

実験フロー 1/4



実験フロー 2/4

説明



練習



実験1



実験2

5分

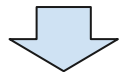
被験者は「ぱ」を3つ使って発話する。
そのための練習フェーズ

目的:

1. 恥ずかしさの低減
2. 「ぱ」で発話できる音の自由度を知ってもらう
3. どんな感じで会話するのかを掴んでもらう

実験フロー 3/4

説明



練習



実験1

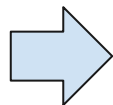


実験2

5分間

実際に自由にコミュニケーションを行う。
条件は1体の場合と、2体の場合の2つ
ただし、

1. 「ぱ」のみ、3セグメントで
2. 1体の場合、被験者が発話するとエージェントが反応する



コミュニケーションの維持が
行いやすいか検証する

実験フロー 4/4

説明



練習



実験1



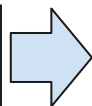
実験2

5分間

エージェント同士の会話に参加してもらう。
条件は同調するエージェントと同調しない
エージェントの2つ

ただし、

1. 「ぱ」のみ、3セグメントで
2. 各条件4回ずつ行う



同調することによってコミュニケーション
が円滑に行われるかを検証する

実験1結果 1/4

質問項目(1 : 1体条件の方, 5 : 2体条件の方)	A	B	C	D	E	F
どちらのシステムが話しやすかった	4	1	4	1	4	1
どちらのシステムが会話できたと感じるか	4	1	3	1	4	1
どちらのシステムが話続けやすいか	5	1	4	4	2	1
どちらのシステムが楽しかったか	4	1	5	2	5	1
どちらのシステムが再度使いたいか	5	1	4	2	5	1
どちらのシステムが話す時に迷ったか	1	5	3	5	2	5
どちらのシステムが話さなければならぬと感じたか	1	1	1	1	1	1

実験1結果 2/4

質問項目(1 : 1体条件の方, 5 : 2体条件の方)		A	B	C	D	E	F
	どちらのシステムが話しやすかった	4	1	4	1	4	1
	どちらのシステムが会話できたと感じるか	4	1	3	1	4	1
	どちらのシステムが話続けやすいか	5	1	4	4	2	1
	どちらのシステムが楽しかったか	4	1	5	2	5	1
	どちらのシステムが再度使いたいか	5	1	4	2	5	1
ど	先に1体条件を行った被験者。 2体条件が良いと答える傾向がある。	1	5	3	5	2	5
ど		1	1	1	1	1	1

実験1結果 3/4

質問項目(1 : 1体条件の方, 5 : 2体条件の方)	A	B	C	D	E	F
どちらのシステムが話しやすかった	4	1	4	1	4	1
どちらのシステムが会話できたと感じるか	4	1	3	1	4	1
どちらのシステムが話続けやすいか	5	1	4	4	2	1
どちらのシステムが楽しかったか	4	1	5	2	5	1
どちらのシステムが再度使いたいか	5	1	4	2	5	1
ど	1	5	3	5	2	5
ど	1	1	1	1	1	1

先に2体条件を行った被験者。
1体条件が良いと答える傾向がある。

実験1結果 4/4

質問項目(1 : 1体条件の方, 5 : 2体条件の方)	A	B	C	D	E	F
どちらのシステムが話しやすかった	4	1	4	1	4	1
どちらのシステムが会話できたと感じるか	4	1	3	1	4	1
どちらのシステムが話続けやすいか	5	1	4	4	2	1
ど	4	1	5	2	5	1
ど	5	1	4	2	5	1
どちらのシステムが話す時に迷ったか	1	5	3	5	2	5
どちらのシステムが話さなければならぬと感じたか	1	1	1	1	1	1

どの被験者も話さなければならぬと感じたのは1体条件の場合だと答えた。

実験1: 被験者からの意見 1/2

○1体条件の場合

メリット

- 自分のペースで会話が行える

デメリット

- エージェントが無言の場合に焦る
- 自分が話さないと会話が続かない

実験1: 被験者からの意見 2/2

○2体条件の場合

メリット

- 自分が話さなくても会話が継続されるので良い

デメリット

- エージェントが自分に話しているのか、もう1体のエージェントにはなしているのか、わからない
- 発話のタイミングが被る場合がある
- どのタイミングで入るか難しい

実験1考察

・評価を分けた原因は？

1. 順番
2. 被験者の発話回数

同じ回数

高評価の方が
発話回数が多い

	1体条件	2体条件
2体条件が 高 評価 (A, C, E)	25.3回	12.7 回
2体条件が 低 評価 (B, D, F)	25.3回	10.0回

➡ 会話に参加出来たかが評価を分けた可能性

実験1結果

- ・現状は評価は順番依存

➡ 長期的に使用してシステムに慣れてもらう必要あり

- ・心理的負担は軽減できる可能性

➡ 話さなければならないという部分は緩和できる可能性が見出された

実験フロー(再掲)

説明



練習



実験1



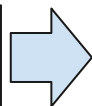
実験2

5分間

エージェント同士の会話に参加してもらう。
条件は同調するエージェントと同調しない
エージェントの2つ

ただし、

1. 「ぱ」のみ、3セグメントで
2. 各条件4回ずつ行う

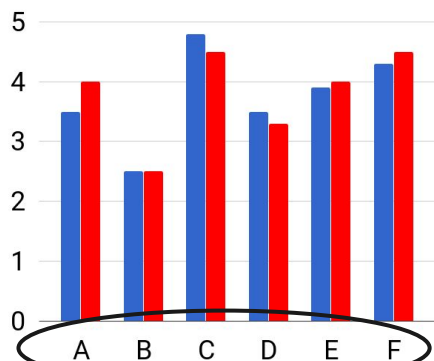


同調することによってコミュニケーション
が円滑に行われるかを検証する

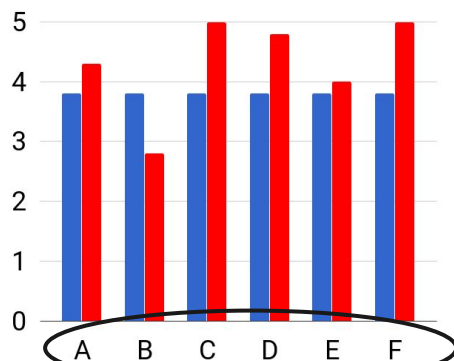
実験2結果 1/4

エージェントAの評価

Q8の評価

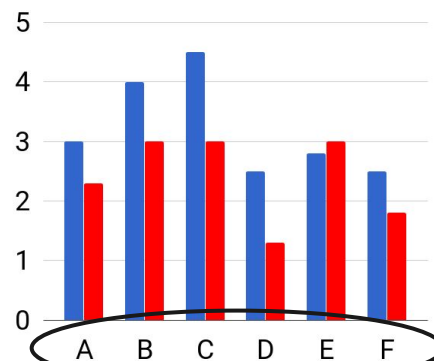


Q9の評価

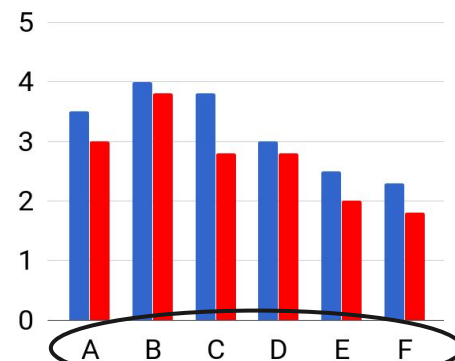


エージェントBの評価

Q10の評価



Q11の評価

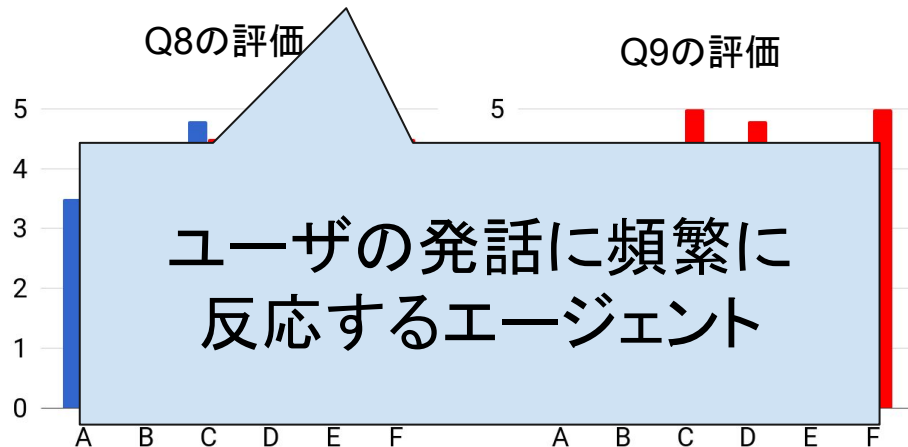


被験者

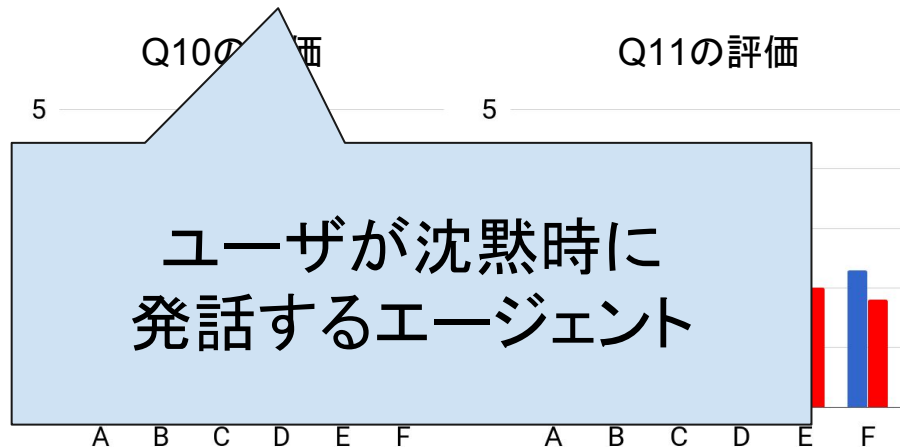
※青系のグラフが同調制御を行うエージェント

実験2結果 2/4

エージェントAの評価



エージェントBの評価

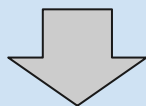


※青系のグラフが同調制御を行うエージェント

実験2結果 3/4

Q10. エージェントBは協調的でしたか
Q11. エージェントBと会話できましたか

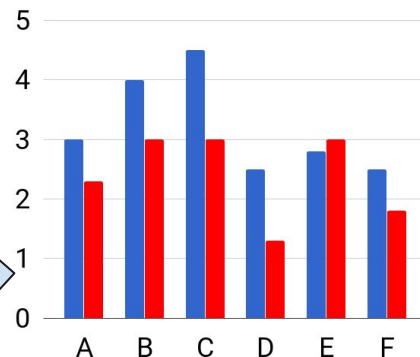
青いグラフが赤いグラフより
評価が高い事が多い



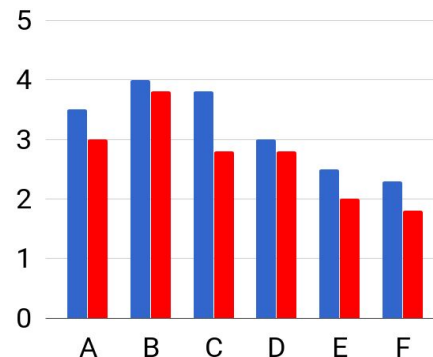
同調制御するエージェントが
有用である可能性

エージェントBの評価

Q10の評価



Q11の評価

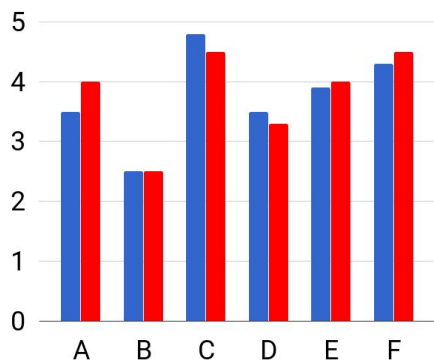


※青系のグラフが同調制御を行うエージェント

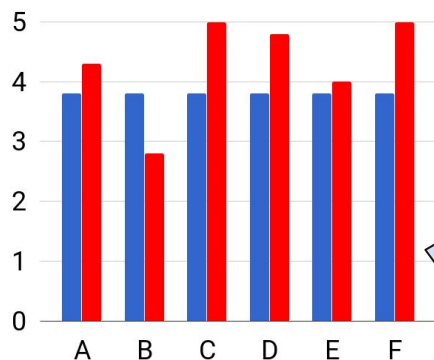
実験2結果 4/4

エージェントAの評価

Q8の評価

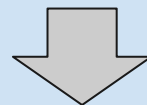


Q9の評価



Q8. エージェントAは協調的でしたか
Q9. エージェントAと会話できましたか

青いグラフが赤いグラフより
評価が高いとは限らない



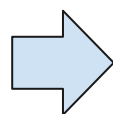
同調制御するエージェントが
有用であるとは言えない

※青系のグラフが同調制御を行うエージェント

実験2考察

- ・同調するエージェントAの評価が良くない理由

- 発話頻度が多すぎる
- 被験者の発話と被る(デモ3)



エージェントBと話したいのに話せない、エージェントAに邪魔をされたなどの感想が聞かれた

これらからエージェントAに対しては
評価にあまり差が出なかった可能性がある

今後の課題

- 実験1の追加実験

➡ 現状は、順番に依存した結果しか得られていないため、長期的に使用してもらい、システムに慣れてもらう必要がある

- 発話頻度やタイミングの検討

➡ 被験者からの意見の中に、発話が被る、片方のエージェントの発話頻度が高いなどの意見があった

➡ 話す前に事前動作を導入するなどの検討が必要

目次

- ・研究背景・目的
- ・コミュニケーションのあり方
- ・システム概要
- ・実験、課題
- ・まとめ

まとめ

研究目標

非言語情報を用いた2体の同調エージェントを用いることでコミュニケーションの維持を図る。

結果

2体のエージェントを用いることで、心理的負担が軽減される可能性が見出された。
同調することで、協調的な会話を行える可能性が見出された。

今後の課題

ユーザの発話に被らない設計や、発話頻度を考慮する必要性がある