人とロボットのインタラクションを通した終助詞と名詞の意味獲得実験の分析：個人差と他者モデルの観点から

Human-Robot Interactions and Meaning Acquisition of Sentence-Final Particles and Nouns in Japanese: Individual Differences and the Model of Others

服部 侑介 * 岡 夏樹 深田 智 西崎 友規子
HATTORI Yusuke, OKA Natsuki, FUKADA Chie, NISHIZAKI Yukiko

京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology

Abstract: We have proposed a computational model in which meanings of both sentence-final particles and nouns in Japanese are simultaneously learned, in conducting human-robot interaction experiments. In this paper, we analyze the results of our experiments with respect to individual differences and the model of others. We also discuss a yes bias that the robot exhibited in the experiments in relation to the children's yes bias.

1 はじめに

日本語において終助詞は日常会話で頻繁に用いられ，話者の心的態度を表すという重要な働きを持つ．また，子どもによる獲得時期もおよそ 2 歳前半〜3 歳後半と早いことが知られている．そこで我々は将来の家庭用ロボットは，終助詞などから発話者の意図を推測し，適切な反応ができることが望ましいと考え，人とロボットのインタラクションを通して，ロボットに終助詞や名詞の意味を獲得させることを試みている [2]．ここで終助詞の意味の獲得とは，ロボットが相手の発話に含まれる終助詞に応じて，適切な行動を返したり，情報を記憶するなどの適切な内部処理を行えるようになることである．

文献 [2] で報告した実験 (以降，実験 1 と呼ぶ) では，9 名の男性の実験参加者とのインタラクションによって 3 種類の果物の名前 (リンゴ・ミカン・バナナ) と 3 種類の終助詞 (よ・ね・か) を並行して学習させた．実験参加者には，ロボットが正しく果物の名前と終助詞を覚えるまで繰り返し教えるように指示した．各実験参加者が学習完了と判断した時点において，果物の名前の学習と終助詞「よ」の学習は全員高い精度に達していた．しかし，終助詞「ね」「か」の学習については，不十分な状態で学習を終えた実験参加者がいた (「ね」については 9 名中 5 名が不十分,「か」については 9 名中 3 名が不十分だった)．一方，2，3 歳の子どもは肯定バイアス [1, 8] を示すことが知られている．肯定バイアスとは，たとえば青リンゴを指して「赤い？」のように no と答えるべき質問 (no 質問) をしたとき yes と答えてしまう傾向である．実験 1 において終助詞「か」の学習が不十分な状態では，no 質問に対して yes と答えてしまう傾向があることから，我々は，ロボットによる終助詞「か」の学習が不十分な状態と，子どもが肯定バイアスを示す状態を対応づけて理解しようと考え，no 質問の有無と肯定バイアスの強さの関係等を分析した [7]．

本論文では，女性 9 名を実験参加者として実施した追加実験 (以降，実験 2 と呼ぶ) について報告し，実験 1 と実験 2 の結果の差異，および，その差異を生み出した要因について分析的に考察する．

本研究では終助詞のうち「よ」「ね」「か」の 3 つを採り上げる.「よ」「ね」「か」にはそれぞれ複数の用法があるが，今回はその中から以下の 3 つの用法をロボットに学習させる．

- 「よ」の教示用法（聞き手が知らないと思われる情報を聞き手に告げ知らせる用法）[4, 9]
- 「ね」の同意要求用法（話し手・聞き手ともに共有していると目される情報について，聞き手に同意を求める用法）[4, 9]

*連絡先：京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 情報工学専攻
〒 606-8585 京都府京都市左京区松ヶ崎
E-mail: hattori@ii.is.kit.ac.jp

- 「か」の質問用法（聞き手に真偽を問う用法）

2　学習アルゴリズム

本実験で用いるロボットに組み込んだ学習システムの構成を図 1 に示す．果物の種別 (リンゴ・ミカン・バナナのどれであるか)，および，実験参加者の発話 (果物の名前，および，終助詞を含む言い回し) が学習システム (図 1 中の灰色の部分) に入力される．入力を受けた学習システムは，内部情報処理の結果として，うなずく/首を振るのいずれかの行動を出力し，その行動を実験参加者が評価する．学習システムはこの評価を報酬として受け取り学習を進める．学習対象は次の 2 つである：

1. 終助詞に対応した内部情報処理の切り替え
2. 果物とその名前の対応づけ

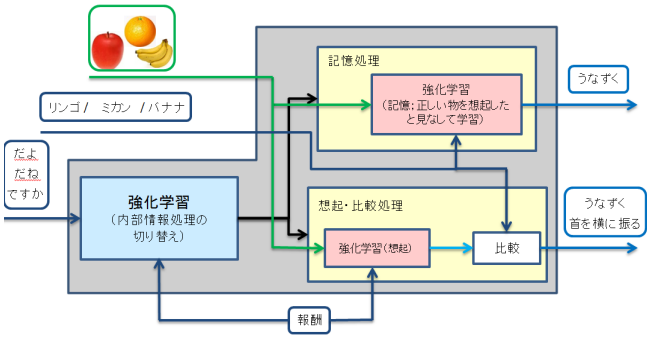

図 1: ロボットに組み込んだ学習システムの構成．ロボットは，1) 終助詞による内部情報処理の切り替えと 2) 果物の名前-を強化学習により獲得する．

終助詞を含む言い回しは,「だよ」「だね」「ですか」のいずれかであるが，以降では，簡潔な記述とするため，単に「よ」「ね」「か」と記す．終助詞「よ/ね/か」により，内部情報処理 (記憶，または，想起・比較) を切り替える設計となっている．実験参加者から与えられる報酬に基づいて，強化学習によりこの切り替え方が学習される (図 1 中の水色のブロック)．教示の「よ」に対しては記憶処理が選択され (例 :「リンゴだよ」と言われてリンゴの名前を記憶する)，同意要求の「ね」，質問の「か」に対しては想起・比較処理が選択される (例 :「リンゴですか」と聞かれたので記憶中の名前と比較してうなずく，または，首を振る) ように学習されることを当初は想定した．しかし，実験参加者の発話のしかたによっては，必ずしもこの切り替え方が正解であるわけではないことが判明した．この点については 4.3 節にて考察する．

ロボットが行動するたびに毎回必ず実験参加者が評価する実験設定としたため，強化学習としては，遅れのない報酬だけを扱う Q 学習 (式 1) を採用した．また，行動選択 (内部処理の選択) は，Q 値に応じた確率で行動を選択するソフトマックス法 (式 2) を採用した．

$$Q'(s,a) \leftarrow Q(s,a) + \alpha(r - Q(s,a)) \tag{1}$$

$$\frac{e^{Q_t(a)/\tau}}{\sum_{b=1}^{n} e^{Q_t(b)/\tau}} \tag{2}$$

ここに，s は状態，a は行動，$Q(s,a)$ は行動価値，α は学習率，r は報酬，τ は温度定数である．式 2 の分母における Σ は全行動の Q 値の和である．本研究では，パラメータは以下の値を使用した．$\alpha = 0.1$，$\tau = 0.16$．

次に，記憶処理 (図 1 中，右上の黄色のブロック) について説明する．ここでは，ロボットの目の前の果物の種別 (リンゴ・ミカン・バナナ) と実験参加者の発話 (果物の名前) を対応づけて記憶する．より具体的には，次のように強化学習としてこの対応づけを実装した．強化学習器 (図 1 中，右上部の赤いブロック) に対して，入力 (状態) として果物の種別が与えられ，実験参加者が発話した果物の名前を行動として出力したと見なす．そうして，上記と同じ Q 学習 (式 1) により，実験参加者からの報酬に関わらず，一定の正の報酬が与えられたと見なして [1]，果物とその名前の対応づけを強める．

想起・比較処理 (図 1 中，右下の黄色のブロック) では，まず，目の前の果物から，ソフトマックス法 (式 2) により名前を想起する (図 1 中，右下の赤色のブロック)．つづいて，想起結果を実験参加者が発話した果物の名前と比較する．比較結果が合致した場合はうなずき，そうでない場合は首を横に振る．このロボットの首の動きに対して実験参加者が報酬を与える．与えられた報酬に基づいて，Q 学習 (式 1) により，果物と名前の対応づけの強さが更新される．

3　実験

実験 1，実験 2 とも，以下に記述する同じ内容の実験を実施した．実験参加者に与えられたタスクは，ロボットに果物の名前と終助詞の意味を教えることである．実験の大まかな流れは次の通りであった：　1) 実験参加者がロボットの前に 1 個の果物を置き，2)「リンゴだよ」のような終助詞を用いた発話をする．3) ロ

[1] この仕様は，教示の「よ」では常に正しい果物とその名前のペアが与えらえるという前提の下で決められた．今回報告する実験 2 の結果，この前提は必ずしも正しくないことが判明したため，報酬に応じて名前の学習を進める仕様に変更する予定である．

ボットは発話に対する反応として行動 (うなずくか首を横に振る) を返し，4) 実験参加者がその行動を評価する．以上の 1) から 4) のやり取りを繰り返すことによって，ロボットに果物の名前と終助詞の用法 (意味) を教える．

3.1 実験環境

図 2 に示す環境で実験を行った．使用したロボットは ALDEBARAN Robotics 社の Nao T14（実験参加者へのインストラクション中では Nao と呼ばれた）である．実験参加者にはロボットの正面に座ってもらった．実験参加者にはマイクを用いて発話してもらったが，発話の際には発話の対象となる果物を右手で持つか指さしするように指示した．

図 2: 実験環境

3.2 実験参加者へのインストラクション

実験前に行った実験参加者へのインストラクションは以下の通りであった (紙数の関係で主要部のみ示す)：

- このロボットの名前は Nao(ナオ) と言います．この Nao に終助詞 (よ，ね，か) を含むことばで話しかけることにより，果物の名前を教えてあげてください．
- 最初，Nao は赤ちゃんのように果物の名前も終助詞も知りません．その状態で，あなたの発話に対して行動を返します．そのため，あなたの発話に対して不適切な行動を返すこともあるので，Nao の行動が適切だったかどうかを評価してください．その評価によって Nao は少しずつ学習し，果物の名前と終助詞の用法を覚えていきます．
- あなたがしてよい発話は，3 種類ずつの果物と終助詞を組み合わせた，下記の 9 通りに限ります：「リンゴ/ミカン/バナナ」「だよ/だね/ですか」
- Nao が返す行動は次の 2 種類です：うなずく/首を横に振る
- 実験の流れ：
  1. あなた：果物を 1 つ Nao の前に置く
  2. あなた：対象物体を指さして発話
  3. Nao：あなたの発話に応じて行動
  4. あなた：Nao の行動を評価 (良い，または，悪い)
  5. Nao が正しく果物の名前と終助詞を覚えたとあなたが判断するまで手順 1 から手順 4 を繰り返し，その後さらにもう少し繰り返してください．少し余分に繰り返してもらうのは，たまたま一度合っていただけで実際はあまり学習が進んでいなかったという事態を防ぐためです．
- Nao が果物の名前を知らない場合だけでなく，終助詞の意味が分からない場合にも，Nao の行動が不適切だと思えることがあり得ることに注意して下さい．たとえば,「… ですか？」と質問されたにも関わらず，名前を教えてくれていると解釈した場合は，Nao の行動が不適切になる可能性があります．
- 使用する終助詞とその使用場面：
  - よ…相手に果物の名前を教える時
  - ね…相手も知っていると思われる情報に対して同意を要求する時
  - か…相手に質問する時
- Nao とのインタラクションの例：
  - Nao に名前を教えようと思い，リンゴを対象として「リンゴだよ」と発話する
  - Nao も知っていると思い，リンゴを対象として「リンゴだね」と発話する
  - Nao の学習進度を確認しようと思い，リンゴを対象として「ミカンですか?」と尋ねる

3.3 実験手順

各実験参加者に対して，以下の手順でインタラクション実験を実施した：

1. 実験参加者は果物を 1 つロボットの前に置く
2. 実験参加者は対象物体を指さして発話
3. ロボットは終助詞に応じて内部情報処理を選択実行し，処理内容に応じて行動する（うなずくか，首を振る）
4. 実験参加者はロボットの行動を評価
5. ロボットが正しく果物の名前と終助詞を覚えたと実験参加者が判断するまで手順 1 から手順 4 が繰り返される．

さらに，後日，各実験参加者に対して，質問紙による調査を実施した．この調査は，インタラクション実験の結果，実験参加者の発話内容やロボットの学習結果に男女差があることが判明したため，実験結果の差と個人の資質の差の間の関係を検討するため実施したものである．調査内容については，4.2 節に記す．

4 結果と考察

4.1 実験結果

実験 1 の参加者は男性 9 名 (22 歳〜24 歳，平均 22.6 歳)，実験 2 の参加者は女性 9 名 (18 歳〜24 歳，平均 21.9 歳) であった．両実験における各実験参加者の総発話回数，果物の名前の学習結果，および，終助詞の学習結果のグラフを図 3〜図 9 に示す．

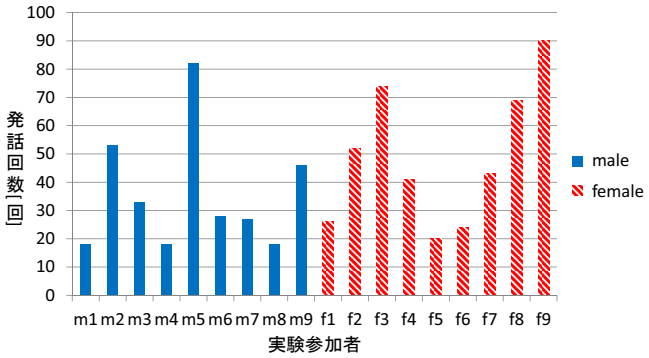

図 3: 実験参加者ごとの総発話回数

それぞれのグラフの x 軸に記された m1〜m9 が実験 1 における各男性実験参加者のデータであることを示し，f1〜f9 がの実験 2 における各女性実験参加者のデー

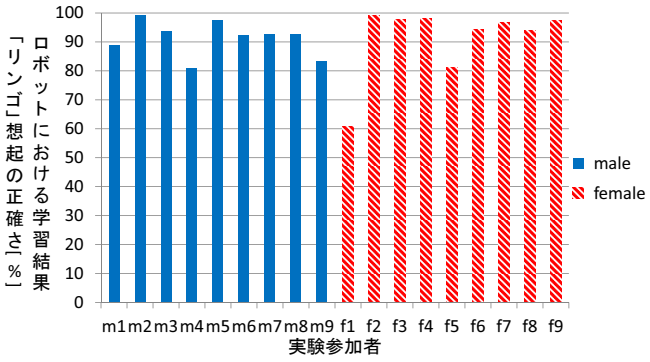

図 4: 「リンゴ」の学習結果

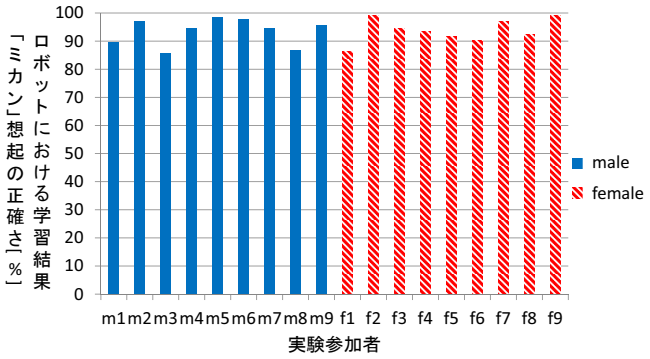

図 5: 「ミカン」の学習結果

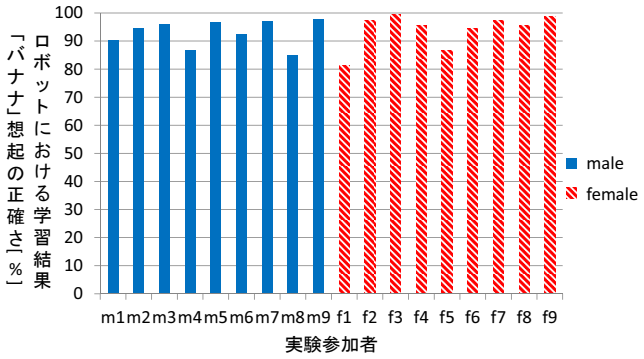

図 6: 「バナナ」の学習結果

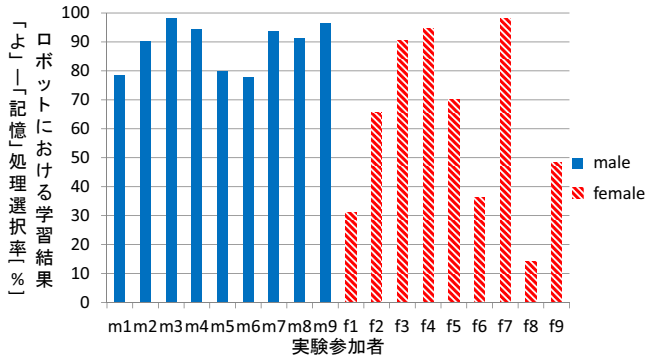

図 7: 教示の「よ」の学習結果

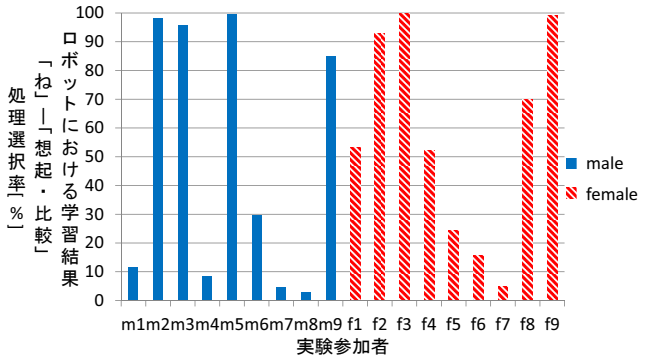

図 8: 同意要求の「ね」の学習結果

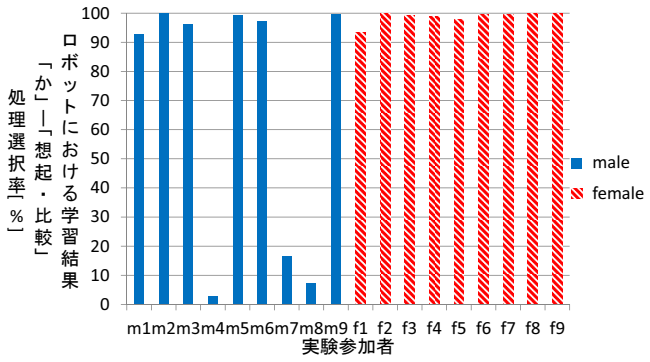

図 9: 質問の「か」の学習結果

タであることを示す．また，果物の名前の学習結果 (図 4〜図 6) における y 軸は，学習終了時点において，各果物に対して，ソフトマックス法 (式 2) によって正しくその名前が想起される割合 (百分率) であり，終助詞の学習結果 (図 7〜図 9) における y 軸は,「よ」ならば記憶処理,「ね」「か」ならば想起・比較処理が選択される割合 (百分率) である．

男女の間で総発話回数に差があるかどうかについて，t 検定を行った結果，有意差は見られなかった (両側検定:$t(16) = 1.190, p = 0.251, d = 0.595$)．また，それぞれの果物の名前の学習結果の男女差について，Welch の t 検定 [2] を行った結果，どの果物の場合も有意差は見られなかった (リンゴ : 両側検定 : $t(11.441) = 0.072, p = 0.947, d = 0.036$; ミカン : 両側検定 : $t(15.771) = 0.204, p = 0.850, d = 0.102$; バナナ : 両側検定 : $t(15.108) = 0.464, p = 0.668, d = 0.232$)．

終助詞の学習結果の男女差について同様に Welch の t 検定を行ったところ以下の結果を得た．教示の「よ」の学習結果については，女性より男性の方が，学習終了時点において正しく記憶処理が選択される割合が有意に大きかった (両側検定:$t(9.123) = 2.848, p = 0.025, d = 1.424$)．同意要求の「ね」の学習結果には有意な男女差はなかった (両側検定:$t(15.374) = 0.466, p = 0.667, d = 0.233$)．また質問の「か」の学習結果については，男性より女性の方が，学習終了時点において正しく想起・比較処理が選択される割合が大きい傾向があった (両側検定 : $t(8.034) = 2.192, p = 0.072, d = 1.096$)．

次に，終助詞の学習の結果，どの内部処理が選択されやすくなるかに影響を与えると考えられる，各実験参加者における「no 発話」の割合 [3] を図 10〜図 12 に示す．各グラフの y 軸は，それぞれの終助詞を含む総発話中の「no 発話」を行った割合 (百分率) である.「no 発話」とは，no と応えるべき発話の総称であり，終助詞「よ」「ね」「か」を含む「no 発話」を，それぞれ「no 教示」「no 同意要求」「no 質問」と呼ぶ．具体例を挙げると，ミカンを発話対象として「リンゴだよ」と言うのは [no 教示」,「リンゴだね」と言うのは「no 同意要求」,「リンゴですか」と言うのは「no 質問」である．

「no 発話」は，日常の一般的な文脈では発話されることが少ないと考えられるが，特に「no 教示」「no 同意要求」が日常の一般的な文脈で発話される可能性は

[2] 果物の名前の学習や終助詞の学習結果は男性，女性ぞれぞれ 9 名ずつの割合データであり，正規性と等分散性を仮定できないため，Brunner Munzel 検定，中でも本実験ではサンプルデータが少ないため，並び替え Brunner Munzel 検定を行うのが好ましい．しかし，この検定は群間の平均順位の差の比較を行うものであり，本実験の割合データの中央値は比較的近い値になり平均順位の差が大きくないことから，平均値の比較である Welch の t 検定を行う．Welch の t 検定は分散が等しくない場合の t 検定であり，正規性を仮定するものであるが，ある程度の歪みのある分布に対しても高い精度を維持できるという知見 [6] があることから，今回はこちらを採用した．

[3] 終助詞の学習結果と「no 発話」の割合の関係については，4.3 節にて考察する．

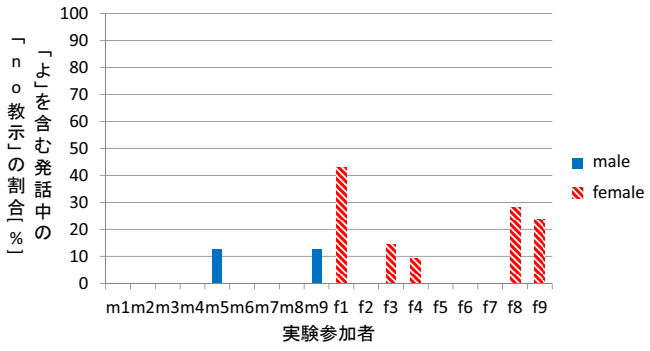

図 10: 「よ」を含む発話中の「no 教示」の割合

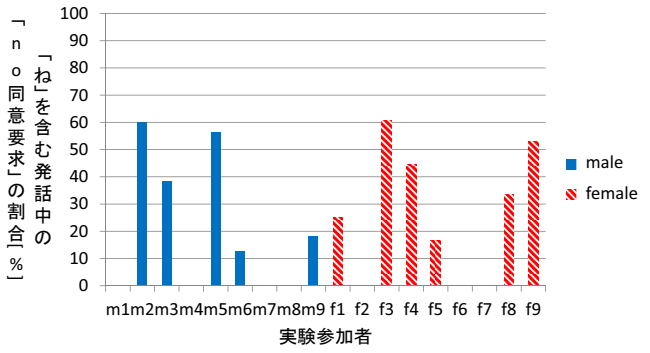

図 11: 「ね」を含む発話中の「no 同意要求」の割合

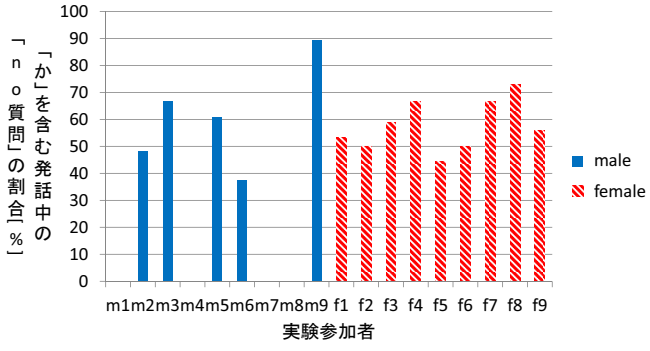

図 12: 「か」を含む発話中の「no 質問」の割合

極めて低いと思われる.「no 質問」は，この 2 者よりは発話される可能性があるだろう．本実験において発せられた「no 発話」の割合は，日常の一般的な文脈での割合よりも高くなっていると思われるが，これは，ロボットに言葉を教える実験という非日常的な特殊な状況であったこと，さらに,「学習が十分できたと判断したら実験を終了する」というインタラクションの下に行われたことが原因であると考える．学習できたかどうかの判定のために「no 発話」が発せられることは十分考えられる．中でも「no 質問」が本実験では特に際立って多く発せられていると思われるが，この理由は上記の他にもう一つ存在する．それは，実験インストラクション中に,「no 質問」が例示されていた (「no 教示」「no 同意要求」は例示されていなかった)(3.2 節を参照) ことである．

「no 発話」の割合の男女差について，果物の名前や終助詞の学習結果と同様，Welch の t 検定を行った結果,「no 教示」と「no 質問」の割合において，女性の方が男性よりも「no 発話」を行う割合が高い傾向があった (「no 教示」: 両側検定 : $t(9.993) = 1.994$, $p = 0.089$, $d = 0.997$;「no 質問」: 両側検定 : $t(9.173) = 2.123$, $p = 0.083$, $d = 1.062$).「no 同意要求」の割合については，男女間に有意差はなかった (両側検定 : $t(15.957) = 0.491$, $p = 0.650$, $d = 0.245$).

4.2 個人差の検討

以上述べてきたように，インタラクション実験の結果，実験参加者の発話内容に男女差が見られ (「no 教示」と「no 質問」は，女性の方が多い傾向があった), また，ロボットの学習結果にも男女差が見られる (教示の「よ」によって記憶処理が選ばれる割合は男性の方が有意に多かった ; 質問の「か」によって想起・比較処理が選ばれる割合は女性の方が多い傾向があった) ことが判明した．そこで，この実験結果と個人の資質 (他者とのコミュニケーション能力，他者の学習に関する論理的な判断能力) との関係を検討するために以下の質問紙調査を実施した．

1) 社会的コミュニケーションの傾向，および，2) 対話を通してロボットの学習の進み具合を論理的に判断できるか否か—が実験結果に影響を与えている可能性があると我々は考えた．そこで，1) については，心理学研究において，社会性傾向の個人差を測る尺度として広く使われている自閉症スペクトラム指数 (AQ)[10] を用い，2) については，批判的思考態度尺度 [3] を用いることにした．

AQ の質問は「社会的スキル」,「注意の切り替え」,「細部への注意」,「コミュニケーション」,「想像力」の下位尺度に関するものがそれぞれ 10 項目ずつ，合計 50

項目で構成されているが，これらをすべて用いた．回答は (1) そうである，(2) どちらかといえばそうである，(3) どちらかと言えばそうではない (ちがう)，(5) そうではない (ちがう)，の 4 択であった．批判的思考態度尺度については,「論理的思考への自覚」と解釈された因子の 13 項目と,「客観性」と解釈された因子の 7 項目，合計 20 項目を用いた．批判的思考態度尺度 [3] は，(1) あてはまらない，から (5) あてはまる，までの 5 段階評定であったが，今回の質問紙では AQ での並び順，および，言葉と合わせて，(1) そうである，(2) どちらかといえばそうである，(3) どちらとも言えない，(4) どちらかと言えばそうではない (ちがう)，(5) そうではない (ちがう)，の 5 択とした．また，回答のスコアについては，AQ は日本語版 AQ の採点方法にしたがって集計し，批判的思考態度尺度に関しては回答された数値を論文 [3] と同じものに直すため，

$$6 - (\text{回答された数値})$$

の処理をした後，合計してスコアとした．

実験参加者 f1 の回答が得られなかったため，以下では f1 を除く 17 名の回答を分析する．AQ と「論理的思考への自覚」,「客観性」のスコアを図 13〜図 15 に示す．なお，AQ のスコアが高いことは社会性が低い傾向を示す．

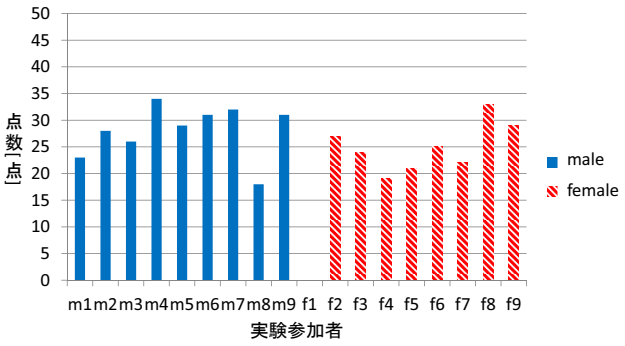

図 13: AQ のスコア

t 検定の結果，AQ と論理的思考への自覚においては男女のスコアに有意な差は見られなかった (AQ : 両側検定 : $t(15) = 1.285, p = 0.218, d = 0.664$; 論理的思考への自覚 : 両側検定 : $t(15) = 0.454, p = 0.656, d = 0.235$) が，客観性において，女性が男性よりもスコアが高い傾向があった (両側検定 : $t(9.818) = 2.182, p = 0.070$, $d = 1.073$)．また，AQ の 5 つの下位尺度別に男女のス

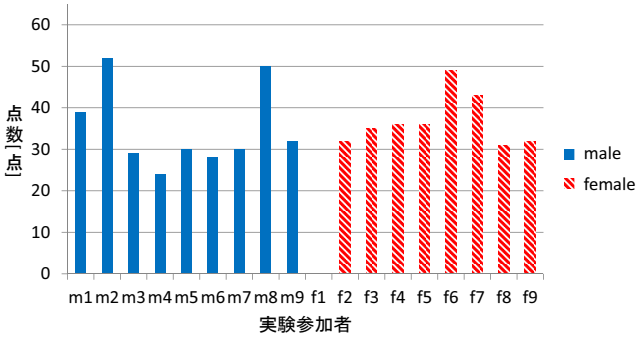

図 14: 「論理的思考への自覚」のスコア

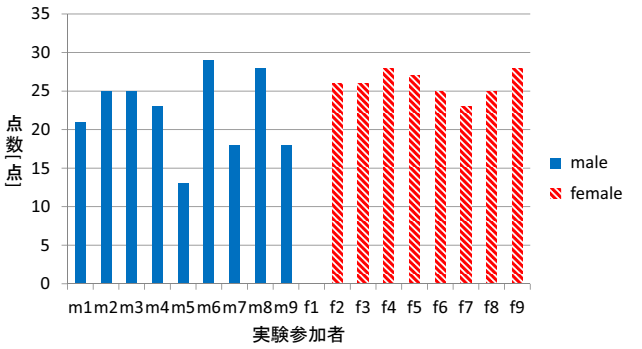

図 15: 「客観性」のスコア

コアを比べた結果，社会的スキル尺度において女性が男性より有意にスコアが低い (すなわち，社会的スキルが高い) 傾向があり (両側検定：$t(15) = 1.773$, $p = 0.097$, $d = 0.916$)(図 16)，コミュニケーション尺度において女性が男性より有意にスコアが低い (すなわち，コミュニケーションスキルが高い) ことが分かった (分散に有意差があったため，Welch の t 検定：両側検定：$t(14.842) = 3.074$, $p = 0.011$, $d = 1.588$)(図 17)．AQ の他の下位尺度については，男女間に有意差はなかった (注意の切り替え：両側検定：$t(15) = 0.939$, $p = 0.362$, $d = 0.485$；細部への注意：両側検定：$t(15) = 1.666$, $p = 0.117$, $d = 0.860$；想像力：両側検定：$t(15) = 0.215$, $p = 0.832$, $d = 0.111$)．

以上をまとめると，今回の実験参加者においては，女性が男性に比べてコミュニケーション能力が高く，社会的スキルと客観性が高い傾向があったと言える．この違いが，実験参加者の発話内容の違い (「no 教示」と「no 質問」を，女性の方が多くする傾向があった) につながった可能性がある．

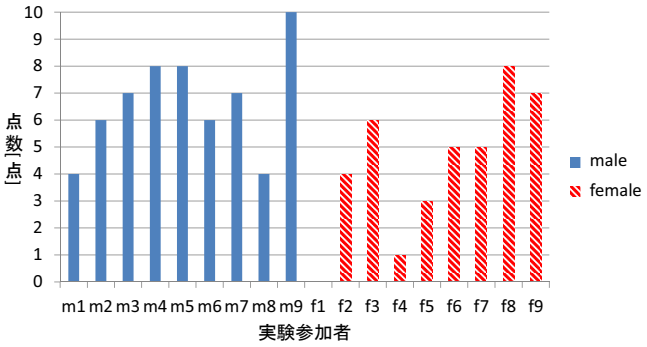

図 16: AQ の下位尺度「社会的スキル」のスコア

4.3 考察

4.3.1 個人特性の実験結果への影響

実験 1 と実験 2 において「no 発話」が発せられたかどうかは，次の 2 つの影響を受けたと我々は考えている：

1. 『「yes 発話 (yes と答えるべき発話)」だけをしていたのでは，果物の名前や終助詞が本当に学習できたかどうか分からない』という客観的な判断をしたかどうか

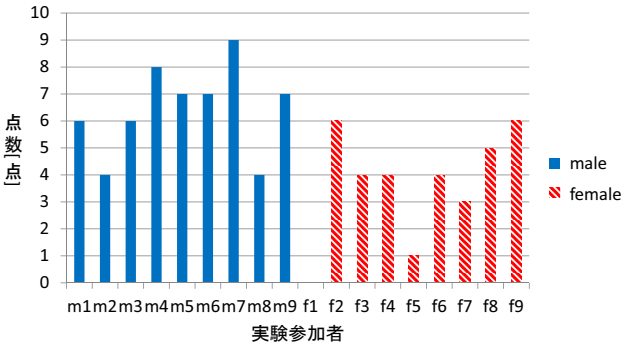

図 17: AQ の下位尺度「コミュニケーション」のスコア

2. 実験のインストラクションに忠実に従おうとしたかどうか (インストラクション中には「Nao が正しく果物の名前と終助詞を覚えたとあなたが判断するまで手順を繰り返す」よう指示されており，また，次のように「no 質問」が例示されていた：「Nao の学習進度を確認しようと思い，リンゴを対象として「ミカンですか？」と尋ねる」)

1 番目の項目が実験結果に影響を与えるという仮説が正しいとすると，客観的な判断をする傾向がある人は「no 発話」をする傾向が高まると考えられる．今回の実験参加者においては，女性の方が客観性が高い傾向にあったため，女性の方が「no 教示」と「no 質問」を多くする傾向があったことにつながった可能性がある．

2 番目の項目が実験結果に影響を与えるという仮説が正しいとすると，インストラクションに従おうとする傾向が強い人は,「no 発話」，その中でも特に「no 質問」をする傾向が高まると考えられる．今回の実験参加者においては，女性の方がコミュニケーション能力が高く，社会的スキルが高い傾向があったため，インストラクションに合わせようとする傾向が強く，結果として，女性の方が「no 質問」を多くする傾向があったことにつながった可能性がある．なお，今回の実験結果に対する我々のこの解釈は，女性は男性より真面目にインタラクションに従う傾向がある [5] という先行研究からも補強されうると思われる．

しかし，本実験においては，実験実施担当者と実験参加者が同性であったかどうかがインストラクションに従いやすいかどうかに影響した可能性も考えられる (本実験の実験実施担当者は男性であった)．また，実験実施担当者と実験参加者の間の親しさの程度も完全には統制できておらず，それが，インストラクション

への従いやすさに影響した可能性も否めない．これらの要因の検討は今後の課題の一つである．

4.3.2 「no 発話」の割合の内部情報処理選択への影響

ロボットに実装した学習システムは，終助詞「よ/ね/か」により，内部情報処理 (記憶，または，想起・比較) を切り替える設計となっており，実験参加者から与えられる報酬に基づいて，強化学習によりこの切替え方が学習される．すでに述べたように，教示の「よ」に対しては記憶処理が選択され (例 :「リンゴだよ」と言われてリンゴの名前を記憶する)，同意要求の「ね」，質問の「か」に対しては想起・比較処理が選択される (例 :「リンゴですか」と聞かれたので記憶中の名前と比較してうなずく，または，首を振る) ように学習されることを当初は想定していた．

しかし，実験参加者の発話のしかたによっては，必ずしもこの切替え方が正解であるわけではないことが判明した.「no 教示」をした実験参加者は,「no 教示」に対してロボットがうなずいたとき，(例 : ミカンを対象として「リンゴだよ」と発話したとき，ロボットがうなずく) 負の報酬を与えた．これは,「教示の「よ」に対して記憶処理を選択し，その結果うなずく」という行動は,「no 教示」に対しては正しくないということを意味する.「no 教示」も含むすべての教示に対して正しく応答するためには，内部処理として想起・比較を選択する必要があることになる．

このように考えると,「no 発話」(「よ」の場合は「no 教示」,「ね」の場合は「no 同意要求」,「か」の場合は「no 質問」) が含まれる状況では，教示の「よ」，同意要求の「ね」，質問の「か」のいずれに対しても，内部処理として想起・比較を選択すべきであり，この意味では「よ/ね/か」をどう処理すべきかに実は差がないことが分かる．差があるとすれば，それぞれの終助詞における「no 発話」の出現のしやすさだけである．一方,「no 発話」が無い場合には,「よ/ね/か」のいずれに対しても，記憶処理を選択しても，想起・比較処理を選択しても，正しく yes と応答することができる．ただし，名前の記憶が未成熟な状態で想起・比較を選択した場合には，応答を誤ることがある．

以上の観点からは,「よ/ね/か」を区別なく扱って構わないため，本節では，この 3 つの終助詞の学習データをひとまとめにして,「no 発話」の割合が内部情報処理選択にどう影響するかを分析する．図 18 は，この観点で，3 種類の終助詞における「no 発話」の割合と，各終助詞に対して想起・比較処理が選択される割合を散布図としてひとまとめにして示したものである．図の横軸は終助詞「よ」「ね」「か」それぞれを含む発話における「no 発話」の割合 (「no 教示」「no 同意要求」「no 質問」の割合) であり，縦軸は学習終了時点において各終助詞に対して「想起・比較」処理が選択される割合である．両者の相関係数は 0.8368 となり,「no 発話」の割合と「想起・比較」の選択割合には強い正の相関があることが分かる．すなわち，ある終助詞に関して「no 発話」の割合が多いほど，実験参加者が学習完了と判断した時点において，その終助詞に対する内部処理として「想起・比較」が選択される割合が多いということが言える．

「no 発話」が無い場合には,「よ/ね/か」のいずれに

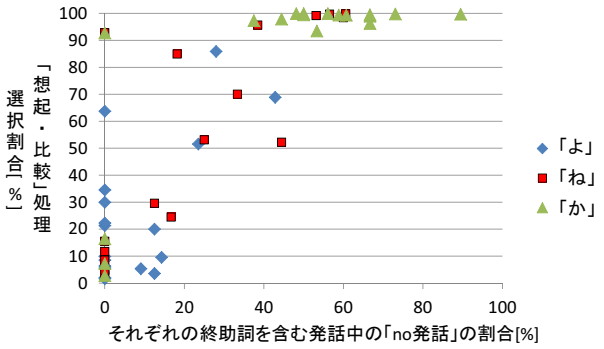

図 18: 3 種類の終助詞における「no 発話」と内部処理選択割合の関係

対しても，記憶処理を選択しても，想起・比較処理を選択しても，正しく yes と応答することができ，2 つの内部処理の間に優劣はない．それにもかかわらず，グラフの縦軸上 (「no 発話」が無い場合のデータは縦軸上に分布する) のデータ点，および,「no 発話」の割合が小さいデータ点は，記憶処理を選択する側 (下方) に大きく偏って分布している．この偏りの原因は，果物の名前の記憶が未成熟な状態で想起・比較を選択した場合には，応答を誤ることがあるのに対して，記憶処理を選択すると初期のうちから常に正答することができるという違いがあるからだと考えられる．初期の正答率の偏りが，初期の処理選択割合の偏りを生み，それが学習終了時点まで尾を引いて分布の偏りとして残っていると考えられる．

4.3.3 肯定バイアス

文献 [7] では，2，3 歳の子どもが示す肯定バイアス (no と答えるべき質問 (no 質問) をしたとき yes と答えてしまう傾向)[1, 8] と，ロボットが実験 1 で示した肯定バイアス (終助詞「か」の学習が不十分な状態で no 質問に対して yes と答えてしまう傾向) を対比して，肯

定バイアスの成因について考察した．ここでは，新たに行った実験 2 のデータも加えて，肯定バイアスの成因について，さらに考察を進める．

4.3.2 節での見方に従うと,「よ/ね/か」についての実験結果を区別なくひとまとまりのデータとして扱い，肯定バイアスの成因の分析に使うことができる．この見方を採用すると，図 18 は,『「no 質問」が含まれる割合 (横軸) により，肯定バイアスの強さ (縦軸) がどのように変化するか』を表したグラフだと解釈することができる．図 18 は「よ/ね/か」のデータが混在した散布図であるが，全てのデータ点が「はい-いいえ質問」に対する内部処理の選択のされ方を表していると見て差し支えないことに注意されたい．グラフの縦軸は想起・比較処理の選択割合であるが，この割合が低い (すなわち，記憶処理の選択割合が高い) 場合は，記憶処理が選択された場合は必ずうなずくという仕様であるため，発話内容によらずうなずくことが多くなる (肯定バイアスが生じる)．つまり，この散布図の下方にいくほど強い肯定バイアスを示している．定量的には，想起・比較処理の選択割合がゼロの場合は，常に肯定する (最大の肯定バイアス)．想起・比較処理の選択割合が 50%の場合は，0.5 の確率で発話内容に関わらずうなずく (中程度の肯定バイアス)．想起・比較処理の選択割合が 100%の場合は，常に発話内容に応じて応答するため，肯定バイアス無しである．

上記の視点で図 18 を見ると，肯定バイアスの原因の候補として次の 2 点を挙げることができる．

1. 実験参加者が持つ性質 :「no 発話」が無いか少ないこと
   「no 発話」と肯定バイアスの間に強い相関があることがその根拠である．

2. ロボットの内部処理機構が持つ性質 : 果物の名前の記憶が未成熟な状態で想起・比較を選択した場合には，応答を誤ることがあるのに対して，記憶処理を選択すると初期のうちから常に正答することができるという違いがあること
   初期の正答率の偏りが，初期の処理選択割合の偏りを生み,「no 発話」が少ない場合は，それが学習終了時点まで尾を引いて肯定バイアスとして残ると考えらえる．以上の偏りは，複数の学習 (内部処理の選択と果物の名前の記憶) が並行して進んでいることにより生じたと言える．

以下ではロボットの学習経過を微視的に観察しよう．実験参加者 m4 は，図 12 に示した通り「no 質問」をしなかったが、この参加者の学習経過を図 19 に示す．ロボットの内部処理機構が持つ性質 : 果物の名前の記憶が未成熟な状態で想起・比較を選択した場合には，応答を誤ることがある (グラフ中の×印) のに対して，記憶処理を選択すると初期のうちから常に正答することができるということが実際に起こり，肯定バイアスが生じた．その後も「no 発話」をしなかったため，ロボットの不適切な反応は起こらず，そのため実験参加者は学習が完了したと判断し，肯定バイアスを示す状態のまま実験を終了したことが分かる．

一方，実験参加者 f4 は，図 12 に示した通り「no 質問」を多用したが，この参加者の学習経過を図 20 に示す．果物の名前の記憶が未成熟な時点で，いったん肯定バイアスが強まっているが，その後,「no 発話」(グラフ中の大きい四角のプロット点) に対する応答が不適切で負の報酬 (グラフ中の×印) を受けたことにより，肯定バイアスが解消されていったことが見て取れる．

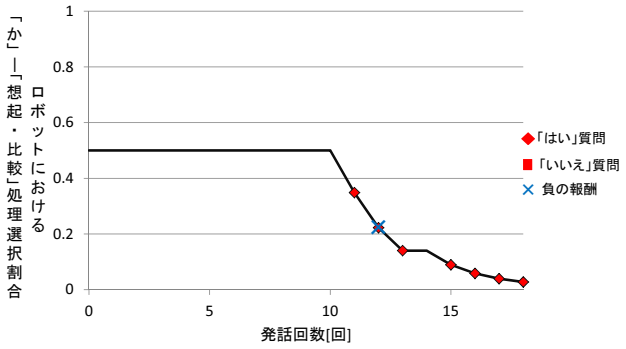

図 19: 実験参加者 m4 :「か」の学習経過

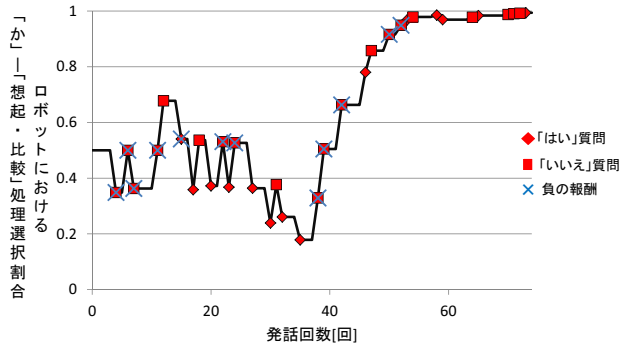

図 20: 実験参加者 f4 :「か」の学習経過

5　まとめ

2 つのインタラクション実験 (実験 1 と実験 2) の結果，実験参加者の発話内容には男女差が見られ (「no 教示」と「no 質問」は，女性参加者の方が多い傾向があった)，また，ロボットの学習結果にも男女差が見られた (教示の「よ」によって記憶処理が選ばれる割合は男性の方が有意に多かった；質問の「か」によって想起・比較処理が選ばれる割合は女性の方が多い傾向があった).

この実験結果を個人の資質との関連で検討するために行った質問紙調査の結果から，今回の実験参加者においては，女性の方が男性に比べてコミュニケーション能力が高く，社会的スキルと客観性が高い傾向にあったと言えることが分かった．この違いが，実験参加者の発話内容の違い (「no 教示」と「no 質問」を，女性の方が多くする傾向があった) につながった可能性があると考えている.

さらに,「no 発話」が発せられる割合 (「no 教示」「no 同意要求」「no 質問」の割合) と「想起・比較」処理が選択される割合の間に強い正の相関が見られることも論じ，ロボットが示した肯定バイアスの成因として，実験参加者が持つ性質 (「no 発話」が無いか少ないこと) と、ロボットの内部処理機構が持つ性質 (複数の学習が並行して進むことから生まれる偏り) の 2 つが挙げられることを述べた.

謝辞

肯定バイアスに関して有益な助言をいただいた京都大学の板倉昭二教授，追手門学院大学の大神田麻子講師に感謝します．本研究は，科研費 (25330260) の助成を受けて遂行しました.

参考文献

[1] Fritzley, V. H., & Lee, K.: Do young children always say yes to yes-no question? A metadevelopmental study of the affirmation bias, *Child Development*, Vol. 74, pp. 1297–1313 (2003)

[2] 服部侑介, 呉霞, 深田智, 尾関基行, 岡夏樹: 終助詞のインタラクティブな意味獲得の計算モデル, 信学技報 HCS2014-81, pp. 49–54 (2015)

[3] 平山るみ, 楠見孝: 批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響—証拠評価と結論生成課題を用いての検討—, 教育心理学研究, Vol. 52, pp. 186–198 (2004)

[4] 金水敏: ＜言語学の最新情報＞-日本語学：終助詞ヨ・ネ, 月刊言語, Vol. 22, No. 4, pp. 387–394 (1993)

[5] 三浦麻子, 小林哲郎: オンライン調査モニタの Satisfice に関する実験的研究, 教育心理学研究, Vol. 31, No. 1, pp. 1–12 (2015)

[6] 名取真人: マン・ホイットニーの U 検定と不等分散時における代表値の検定法, 霊長類研究, Vol. 30, No. 1, pp. 173–185 (2014)

[7] 岡夏樹, 服部侑介, 深田智, 尾関基行: なぜロボットは「はい-いいえ」質問に対して「はい」と答える傾向があったか：人とロボットのインタラクション実験に基づく計算論的考察, 日本認知科学会第 32 大会, pp. 187–194 (2015)

[8] Okanda, M. & Itakura, S.: Children in Asian cultures say yes to yes-no question: Common and cultural differences between Vietnamese and Japanese children. *International Journal of Behavioral Development*, Vol. 32, pp. 131–136 (2008)

[9] 滝浦真人: 終助詞「か/よ/ね」の意味機能とコミュニケーション機能-モダリティーとポライトネスの観点から, 麗澤大学言語研究セミナー　第 31 回研究セミナー発表 (2007)

[10] 若林明雄: 自閉症スペクトラム指数（AQ）日本語版について-自閉症傾向の測定による自閉性障害の診断の妥当性と健常者における個人差の検討- ,「自閉症と ADHD の子どもたちへの教育支援とアセスメント」　国立特殊教育総合研究所科学研究費報告書, pp. 47–56 (2003)