

星空観察における視力の差が会話に与える影響に関する調査：仮想環境での実験

飯田 空^{1,a)} 中村 聡史¹

概要：複数人で星空観察を行い、他者と特定の星や星座について会話する際、観察者間の星の見え方の違いから会話にズレが生じることがある。このようなズレが生じる要因として観察者間の視力や既知知識の差が考えられ、より円滑な星空観察における会話を実現するためには、これらを補完し会話のズレを解消する支援システムが必要である。そこで本研究では、星空観察における会話支援システムの構築を目指した基礎調査として、観察者間の視力差が会話に与える影響について調査する。星空の見える環境を仮想環境で再現し、視力の差を設けた実験参加者2人で星座探索タスクを通じた会話実験を行い、視力レベルごとの参加者による主観アンケートの分析や、視力差条件ごとの質問カテゴリの頻度や発話間隔といった会話内容にどのような影響があるのか検証した。実験の結果、視力の差がある環境で会話タスクを行った場合、視力の差がない環境などと比べて、「え？」の数が増加することや、質問カテゴリの頻度の増加、2人の発話間隔が長くなることが明らかになった。

キーワード：星空、星空観察、星座、会話、伝達、視力、視力差、認識のズレ、アイデアユニット、発話カテゴリ

1. はじめに

星空観察は星や星座に関する知識を深めることができるだけでなく、実際の星空を見ながら会話をするという楽しみ方もあるため、人気のアクティビティのひとつである。例えば、複数人でキャンプに行ったり、山間部へ行って星空観察をする際に、観察者同士が見ている星や星座についての説明や、それらに関する感想を共有するといったコミュニケーションが行われている。

ここで、星は手の届かない距離にあるため、星空観察における会話では、自分が説明したい星や星座の位置を相手に正確に伝えられないことは珍しくない。例えば、相手にオリオン座の場所を言葉で説明する際に、オリオン座の中心にある三つ星を伝えようとしても、その位置や大きさをうまく伝えられないことがある。また著者らはこれまでに研究室合宿などで、観察者間の視力の差による星空の見え方の違いから注視している対象が異なることや、星座に関する知識の量の差により会話が進まないうまく成り立たずに会話の話題が進まないことを経験してきた。このとき、自分と相手の見ている星が一致していると誤認したまま会話が進

行してしまうと、途中でお互いに何の話をしているのかがわからなくなる。そのため、星空観察における会話をより円滑にするために、観察者間の違いを補完し、観察者同士で星の認識を一致させることは重要である。

星空観察を支援するものとして、「StarWalk2」[1]や「スカイガイド」[2]といったアプリケーションがある。こういったアプリケーションでは、複数人で星空観察を行う際にアプリケーションの画面を二人で見ることにより、話題にしている星や星座についての認識を合わせることが容易となり、自分が見ている星を相手に伝達する難しさを解消することができる。また、互いに見ている星や認識している星座の形の違いに気付かないまま会話が進んでしまう問題も解決される。しかし、スマートフォンを注視することにより、画面の明るさによって目が夜空に順応しづらくなり、本来見えるはずの暗い星が見えなくなるということも考えられるうえ、その明るい光は他者へ迷惑となることもある。また、プラネタリウムや天文台が開催する観覧会などではレーザーポインタを用いて特定の星をさすことで大人数での星空観察において注視している星や星座を一致させる方法もある[3]が、他の観察者グループがいた場合には使用をひかえる必要があるなど、使用できる状況は限られる。

以上のことより、星空観察における会話をより円滑にす

¹ 明治大学
4-21-1 Nakano, Nakano-ku, Tokyo, 164-8525 Japan
^{a)} sorabun.iida@gmail.com

るうえで視覚に関する追加的な情報は利用せず、それ以外の情報で会話を円滑にすることが重要であると考えられる。視覚以外の情報として、聴覚に頼る方法と触覚に頼る方法と考えられるが、今回は聴覚に着目する。具体的には、音声対話エージェントの介入により、複数人で行う星空観察におけるその会話内容から観察者間のすれ違いを推定し、星や星座の認識を観察者同士で一致させることを目指す。こうした音声対話エージェントの実現においては、対話のずれを推定し、そのずれを補正する適切なアドバイスを生成するとともに、対話者に音声提示することが重要である。

そこで本研究では、まずは星空観察における認識のズレが生じていることを推定可能かということに取り組む。ここで、認識のズレが生じる理由には知識や視力差、天気などが考えられるが、本研究では対話者間の視力差に着目し、対話者間の視力差を再現しつつ星空観察が可能なシステムを実現する。また、実現したシステムを用いて会話実験を行い、質問頻度や発話間隔、「え？」といった会話中の内容が視力差にどのように影響されるのかを調査する。

2. 関連研究

2.1 星空観察支援に関する研究

Soga ら [4] は、リアルな夜空を学習コンテンツとして活用し、学習者が指差しによって星や星座の名前を音声で確認できる機能を開発した。また、Ohama ら [5] や Soga ら [6] は星空観察における注視点を用いた星座の共同学習環境システムを提案した。この研究では、星空を見ている学習者間でそれぞれの星空の注視点を共有可能なシステム構築をし、実験よりシステム使用後の星座に関するテストの結果が向上することを明らかにしている。

また、仮想空間を用いた星空観察の応用についての研究も行われており、蓮ら [7] は、HMD を用いてその時間に観察できる星空を仮想空間に表示し、それに対しての気づきや感想を手書きアノテーションで共有できるコミュニケーションツールを提案した。また、システムの手書きアノテーションを用いることで、自分が今見ている星や話している箇所について簡単に伝えることができることを明らかにしている。

このように、星空観察における星座を探すための支援や認識を一致させるための支援に関する研究は多く行われているが、星空観察の会話内容に着目した研究は行われていない。

2.2 会話や説明に関する研究

自分の持っている情報や、見ているものを他者に伝えるために、人がどのように説明内容を考えているのかについて明らかにしている研究はこれまでに多く行われている。比留間 [8] は、手順の説明における発話の役割を「知識の共有」と「説明の評価」という2つの視点から検討した。

説明を30秒ごとに5つのカテゴリに分類し評価を行った結果、補足的発話を含む説明が高く評価され、関係のない発話を含む説明が低く評価されることを明らかにした。

Sato ら [9] は、書き手に幾何学図形の形について説明している文章を書かせ、読み手にその図形を再現させるという実験をし、読み手を意識するかが説明文に与える影響について調査を行った。相手への意識を高める教示をしたことで書き手はより時間をかけて詳しい文章を作成することが明らかにしている。古市ら [10] は、待ち合わせ場所の伝達における課題に着目した研究として、LookAround 機能を用いた会話実験を行った。実験より、円滑なやりとりでは説明カテゴリが多く、キーワードの種類が豊富であることを明らかにしている。

会話内容からその場の状況や対話者同士の関係性を推定する研究も多く存在し、Stolcke ら [11] は、対話を発話内容、発話に対する応答、声の抑揚、発話パターンの順序に基づいて、会話における対話行為を検出し、予測する対話モデルの提案をした。Gass [12] らは、会話における相手の発話の理解しやすさに関連する要素の1つである「親近感」に着目し、聞き手が話題に慣れていると会話全体の理解度が向上することを明らかにしている。豊田ら [13] は、円滑な会話を行うための支援ロボット開発に向け、2人の対話における発話状態時間長に着目した対話雰囲気と発話時間特徴の関係を調査し、興奮、真剣、親密といった雰囲気を推定するための発話間隔特徴を明らかにしている。

本研究でも星座探索をしている最中のやり取りや会話の内容に着目し、視力差による影響があるのか調査することを目指しており、2人の発話をそれぞれの役割のカテゴリに分類することで、質問の多さなどについて分析を行う。

2.3 視力に着目した研究

富張ら [14] は、視力が低下した際、ポインティングタスクにどのように影響を与えるかの調査を行い、ぼかしが強いほど操作時間とエラー率が増加することや、ターゲットが小さいほどエラー率に対するぼかしの影響が大きいことが明らかにしている。Chen ら [15] は、視力状態、背景色及び目標までの距離が指を目標に移動させる動作時間に与える影響について調査をした。その結果、低視力グループが他の視力グループよりも目標に到達するまでの動作時間が長くなることが明らかになった。

視力の低下を再現することを目指した研究も多くあり、山内ら [16] は、高齢者の視覚をコンピュータグラフィクスと画像処理を用い再現するシステムを提案している。ここでは、年齢に対する眼球の特性をモデル化することにより、高齢者が認知している画像を生成するシステムを構築した。また、森ら [17] は、視覚能力レベルに応じたロービジョン環境を再現するために、ガウシアンフィルタを用いた画像処理による視力低下環境を作成し、物体の識別及び

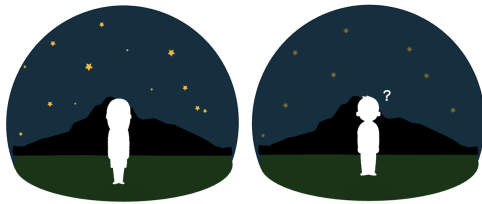


図1 実験システムのイメージ：左の環境で見えている星が右の見えている環境では見えない

探索実験を行った。実験の結果、再現視力が低くなると物体の識別率が低くなることを明らかにしている。本研究では、これらの研究と同様に低視力の再現を行った環境で会話タスクを行い、会話への影響や2人の星座の認識の差を明らかにすることを目的としている。低視力を再現した星空環境では、悪い視力のときに星がぼやけることや、暗い星は空の色となじんで認識が困難になることから、これらの研究結果と同様に、2人の実験参加者に視力差があるほど星座の認識を一致させるための時間が増加すると考えている。

3. 実験概要

本実験では音声アシスタントを用いた星空観察会話支援システム実現に向けた基礎調査として、星空観察における2人の観察者間で視力の差があるとき会話内容から認識のズレを推定可能かどうかについて調査を行う。具体的には、星や星座の認識のズレが生じる環境を視力差で実現し、視力差があるときに、会話中の質問頻度や発話間隔、発話中の「え？」の数が上がるかどうかを検証する。仮説は以下の通りである。

- H1. 視力の差がない環境よりも視力の差がある環境での会話の方が会話全体に対しての質問の頻度が増加する。
- H2. 視力の差がない環境よりも視力の差がある環境での会話の方が会話における「え？」の数が増加する。
- H3. 視力の差がない環境よりも視力の差がある環境での会話の方が2人の実験参加者間の発話間隔が長くなる。
- H4. 視力の差がない環境での会話に参加した人の主観アンケート結果では、視力の差がある環境で会話をした人よりも疲労度の評価が低くなる。

3.1 実験システム

実際の野外環境において、様々な視力差条件を統制しつつ、天気は左右されずに星空観察を行い会話データを得ることは難しい。そこで本研究では、同じ星空について見え方が異なる環境を仮想環境で再現し、その中で2人1組の参加者ペアに対して星座探索タスクを設けた会話を行う。実験システムのイメージを図1に示す。

仮想環境の構築にはUnityを用い、HMDとしてMeta

Quest3を使用した。星空の再現には半球上に中心から同じ距離で星の配置を行い、星の大きさもランダムとした。実験における視力の再現では、図2のように仮想環境内で異なる3種類の「視力レベル」(以下、良い、普通、悪いと呼ぶ)を設定し、それぞれが異なる程度のブラー処理を施した星空の見え方を提示した。ここで、視力レベル「良い」はブラー処理を行わず提示し、「普通」では中程度ぼかした視界、「悪い」ではさらに強いぼかしをした視界を提示した。会話に参加する実験参加者2人には同じ星空を提示しているが、視力条件によってぼかしの強さが変化するので、悪い視力を再現した視界は、良い視力を再現した視界よりもあまり暗い星を視認できず、明るい星も輪郭がぼやけているように見える。また、実際の環境を模倣するため、方向感覚や参加者の視点周囲に山や月、色をつけた惑星の配置を行い、説明におけるランドマークとして実験参加者が互いに参照しやすいようにした。

3.2 実験設計

星座探索タスクでは、ペア内で役割をあらかじめ決定し、一方を「伝達役」、もう一方を「理解役」とした。具体的な役割は下記の通りである。

- 伝達役：星座の位置や特徴を口頭で説明する。
- 理解役：伝達役の説明を聞いて星座を特定する。会話後に理解役が星座名や位置を理解できているかの簡易テストを行う

実験で行われる実験参加者2人1組のペア内での視力の組み合わせは、以下のように伝達役と理解役の視力差が0または1となる条件を対象とした。

- 視力差なし：(良い, 良い), (普通, 普通), (悪い, 悪い)
- 視力差あり：(良い, 普通), (普通, 良い), (悪い, 普通), (普通, 悪い)

また、実験参加者の星空や星座に関する既存知識による伝達難易度への影響を鑑み、星空(星は500個程度)及び星座は筆頭著者が自作し、実験では星空4種類、星座は合計14種類(図3)を用いた。ここで、実際の星空観察の会話では星座に関する形や知識やそれに関係した話題に広がる可能性があるため、伝達役に対して、理解役に説明するための形の補助知識や、星座を構成する星の知識を提示した。

実験では、視力の差がある場合とない場合で星座探索タスクにおける2人の認識が一致するまでの時間や、アンケート回答によるその会話自体の行き詰まりや疲労の感じ方、発話内の質問カテゴリの頻度、実験者間の発話間隔に変化があるのかを分析する。

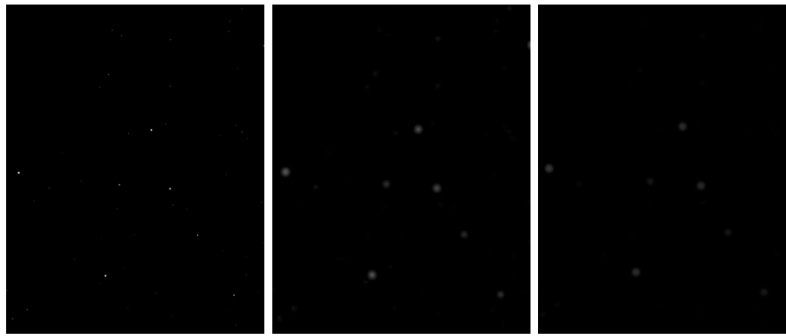


図2 星空の見え方の例 (左) 良い, (中) 普通, 右 (悪い)

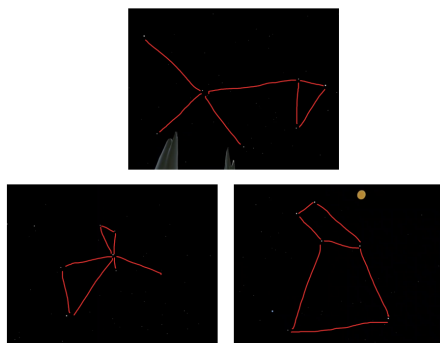


図3 星座例



図4 実験の様子

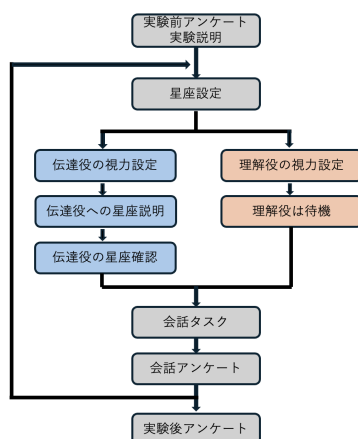


図5 実験の流れ

3.3 実験手順

実験中の様子を図4に、実験の流れを図5に示す。実験参加者2人には、1日目の参加時のみ実験前アンケートを回答してもらい、その後に実験における会話について、伝達役及び理解役の動きや、派生した話題展開をしても良いこと、なるべく会話を続けること、セットごとの視力の変化について言及をしないこと、実験を通して伝達理解の役割を交代することを説明した。また、会話ごとに向きの取得や、視線録画をするためにコントローラの説明を行った。

説明終了後に、会話タスクに取り組んでもらった。このとき、星座探索タスクにおける星座内容は毎回変化させた。会話では最初に伝達役に理解役に伝達する星座情報を提示し、星座の位置の確認をさせた。この際、理解役はある程度の向きを確認させないために違う方向を向かせた。伝達役が完全に星座の位置と形を認識した後に会話を開始してもらった。1つの会話は最大10分間とした。

会話終了後、会話ごとのアンケートに回答してもらい、1つの会話を終了とした。会話ごとに回答してもらうアンケート項目では、「円滑なやりとりができたか」、「相手の言っている内容を理解できたか」、「2人で星座の認識を一致させることができたと思うか」、「どれくらい疲れたか」などを記入してもらった。会話ごとのアンケートを2人に回答してもらった後に、理解役に対してどれくらい星座を理解できたかを測る簡易的な答え合わせを行った。

この流れを3回~4回実施し、実験後総括アンケートに回答してもらい、実験終了とした。

4. 分析

質問頻度の分析をする上で、発話カテゴリの研究 [8] を参考に、伝達役と理解役の発話をアイデアユニット (以下、IU) に分割し、発話プロトコルの分類を行う。この際、基本的に単文を1つのIUとし、複数文や重文は2つのIUとした。伝達役、理解役の発話プロトコルは、説明、確認、応答、要求、相槌、不完全、視点指示、その他の8カテゴリに分類する。

ここで「説明」、は自分の見えているものや星座の形や位

表1 条件別の伝達役、理解役のアンケート結果

項目	視力差あり条件		視力差なし条件	
	伝達	理解	伝達	理解
会話を円滑に行えたか (3段階)	2.47	2.73	2.73	2.87
相手の発言で理解が難しいところがあったか (4段階)	1.87	1.93	1.33	1.40
星座の認識が一致したと思うか (2段階)	0.80	0.64	0.87	0.93
会話における疲労度 (5段階)	2.33	2.53	3.00	1.87

表2 条件別の評価結果 (良い, 普通, 悪い)

項目	良い		普通		悪い	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし
会話を円滑に行えたか	2.75	2.50	2.63	3.00	2.33	2.90
相手の発言で理解が難しいところがあったか	2.63	3.00	2.00	1.20	1.83	1.20
星座の認識が一致したと思うか	0.75	0.70	0.69	1.00	0.67	1.00
会話における疲労度	2.13	2.50	2.31	2.60	3.17	2.22

置を伝える目的の発話、「確認」は相手の見えているものや自分と同じ認識を相手を持っているかどうかを確認するための発話、「質問」は不明な点を確認や、繰り返し説明することを求める発話、「応答」はその質問、確認、要求に答える発話、「要求」は「ちょっと待って」や「もう一回その話をして」など会話の流れに直接影響する要求をしたときの発話、「その他」は星座伝達の上で関係のない会話や、独りごとなどに属する発話、「不完全」は説明中に次の発話に繋がらずに途中で終わった発話、「視線指示」は星座のある方向を特定させるための発話とした。

また、応答時間を分析するために、伝達役と理解役の発話間隔を算出する。ここでの発話間隔は前話者の発話終了時間と次話者の発話開始時間の差分とし、同一話者による発話と発話の間の考える時間は除外する。また、発話間隔を検出する上で、Pyannote.audioのspeaker-dairization-3.1モデルを用いる。

会話における認識のズレを表面化させたものの1つとして、考えられる会話中の「え？」に関して、条件ごとの頻度を調べることで、視力差条件によるズレの回数や円滑さを推定できると考えている。富樫ら [18] は「え？」を会話における情報の不整合性の現れと定義しており、今回の分析においても、「え？」を会話における相手の言っていることが理解できない場合の特徴として分析する。ここでは接続詞としての役割をしている「え？」を除外した。

5. 結果

5.1 アンケート結果

会話における視力条件ごとの実験参加者の主観評価項目のアンケート結果を表1に示す。まず、「会話を円滑に行えたか」の項目において、視力差あり条件と視力差なし条件の会話で比較をすると、視力差あり条件の伝達役・理解役よりも視力差なし条件の伝達・理解役の評価の方が高いこ

とから、視力差なし条件の会話の方が円滑に行えたと感じている実験参加者が多いことがわかる。次に、「相手の発言で理解が難しいところがあったか」の項目において条件間で比較をすると、視力差あり条件の伝達役・理解役よりも視力差なし条件の伝達役・理解役の方が評価点が低いことから、視力差なし条件の実験参加者の方が相手の言っていることを理解できたことがわかる。「星座の認識が一致したと思うか」の項目では、どちらの役割においても、視力差あり条件よりも視力差なし条件の方が一致したと回答している人が多い。最後に、会話における疲労度に関する結果では、条件ごとと役割ごとと比較した時、視力差なし条件の伝達役の方が視力差あり条件の伝達役の方が疲れていない結果となり、理解役については、視力差なし条件の方が視力差あり条件よりも疲れていないことが示された。

表2には役割を考慮せずに、会話ごとの参加者の視力条件に着目したアンケート結果について、視力差あり条件と視力差なし条件をさらに細分化したものを示す。結果から、会話の円滑に関する項目において、「良い」を除いた2つの視力条件で視力差なしの方が高い評価となっていることがわかる。「相手の発言で理解が難しいところがあったか」項目では、「良い」を除いた2つの視力条件で視力差ありの方が頻度が高いという結果となった。「星座の認識が一致したと思うか」項目では、「良い」を除いた2つの視力条件において一致したと回答する参加者の割合が高いことが示された。最後に、「会話における疲労度」項目では、「悪い」条件のみにおいて視力差なし条件の方が視力差あり条件よりも疲労度が少ないことがわかった。

実験総括アンケートでは、伝達役になった際に「説明で工夫した部分はなにか」や理解役の「星座を理解する上でなにか心がけたものはあるか」という項目に回答してもらった。伝達役は「最初に探す星座の名前と形を大まかに伝えるようにした」「水星や火星などの客観的にわかりや

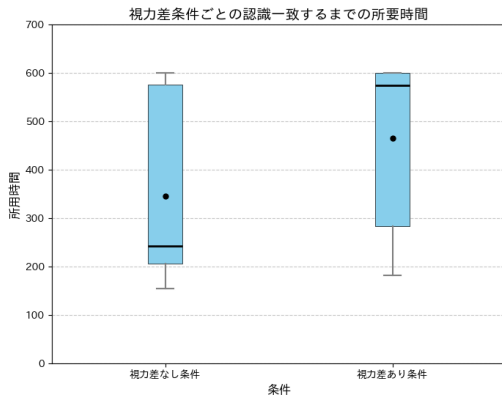


図6 視力差条件ごとの星座認識にかかった時間

表3 視力差条件ごとの発話カテゴリの割合

	視力差あり (%)	視力差なし (%)
説明	25.1	27.7
相槌	21.0	26.2
応答	17.1	15.1
質問	10.8	9.2
確認	11.1	10.1
視点指示	1.2	1.7
要求	0.4	0.2
不完全	0.2	0.3

すい星を目印に伝えた」「1度に全部説明せずに相手の反応を見ながら」などの回答がされ、理解役は「こまめに確認した」「できるだけどんな形かをイメージする」などの回答があった。

今回の実験で、視力差なし条件と視力差あり条件においてそれぞれ15回の合計で30会話分のデータを分析対象とした。ここでは、視力差なし条件と視力差あり条件における星座の認識が合うまでの所要時間の関係を明らかにする。

図6は、著者らの判断で、実験参加者2人の星座の認識が一致した時間を認識一致所要時間としたときの、視力差条件ごとの関係を示す。横軸に視力差条件、縦軸に所要時間を表しており、黒い点は条件ごとの平均、黒い線は中央値を表している。ここで、2つの条件において、最も短い認識一致所要時間は154秒で、最も長い認識一致所要時間は実験設定上限の600秒であった。条件ごとに比較すると、視力差なし条件における認識一致所要時間の平均は345秒であったのに対し、視力差あり条件465秒であった。また、視力差なし条件における中央値は242秒であったのに対し、視力差あり条件の中央値は574秒であった。

5.2 質問回数

視力差あり条件と視力差なし条件のそれぞれの認識一致所要時間までの会話に対してカテゴリ分類をした結果の割合を表3に示す。視力差なし条件の合計IU数は1861個であったのに対し、視力差あり条件の合計アイデアにユニッ

表4 視力差あり・なし条件における結果比較

項目	視力差あり	視力差なし
星座の認識一致時間の平均	465 秒	345 秒
条件全体における「え？」の数	61 個	40 個
全 IU に対するの質問カテゴリ頻度	10.1%	9.3%
答え合わせの結果 (2 点満点)	1.3 点	1.6 点

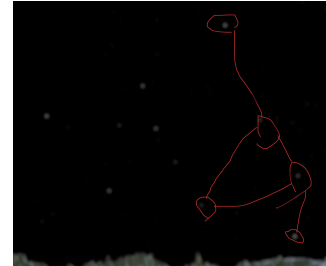


図7 例：理解役に対する答え合わせの記述例

トは2257個であった。また、質問カテゴリの数は視力差あり条件が243個であり、視力差なし条件が172個であった。表3から、質問カテゴリの全IUに対する割合は、視力差なし条件が9.2%であり、視力差あり条件は10.8%であることから、視力差あり条件の会話の方が質問頻度が多いことがわかる。

5.3 応答時間

視力差なし条件の発話者の交代回数は861回であり、視力差あり条件の交代回数は885回であった。このことから、視力差あり条件の方が話者が交代していることがわかる。次に、発話間隔では、視力差あり条件の発話間隔の平均値が0.98秒であり、視力差なし条件では0.87秒であることから、視力差なし条件の発話間隔の方が視力差あり条件よりも短い間隔で相手の発話が始まるのがわかる。

5.4 「え？」の数

視力差なし条件15会話、視力差あり条件15会話の合計30会話について、星座の位置を説明する会話にのみ限定して「え？」の数を求めた。なお、知識を説明する発話については除外した。結果は、視力差なし条件全体での「え？」の数は40個で、視力差あり条件の「え？」の数は61個であることがわかった。このことから、視力差なし条件の会話の方が視力差あり条件の会話よりも「え？」の数が少ないことがわかった。

6. 考察

6.1 理解役に対するの簡易テストの結果

実験の中で、会話が終わった後に理解役に対して星座がどの星で構成されているのか、どのような形をしているかなどの簡易的なテストを行った(図7)。この簡易的なテストをもとに、全30会話について採点づけを起こった。採

点基準として、星座を構成する星をすべて識別できていることを1点、星と星を結んだ線がある程度星座の形と一致していることを1点の、合計2点満点で採点した。表3には、視力差なし条件と視力差あり条件ごとの答え合わせの平均点、結果までに述べたズレや円滑性を会話から推定するための指標をまとめたものを示す。答え合わせの採点点数の平均は、視力差あり条件の時に1.3点となり、視力差なし条件では1.6点となった。このことから、視力差あり条件の方が視力差なし条件よりも星座の伝達が難しいことがわかった。

6.2 ズレを示す指標と会話結果の関係

結果で明らかにしたそれぞれの項目が星座認識にズレが生じることと関連づけられるか検証を行う。ここで、表3の星座の認識一致時間の平均時間に注目すると、視力差あり条件の方の平均時間の方が長いにも関わらず、視力差なし条件の簡易テストの結果よりも低い。これより、視力差あり条件は視力差なし条件よりも両者の星座認識一致まで時間を要するが、正答率は低いことがわかる。

視力差の有無に応じた条件ごとの「え？」の発話数と答え合わせの結果に着目すると、「え？」の数が多い視力差あり条件では、点数結果が「え？」の数が少ない視力差なし条件よりも低いことがわかった。このことから、発話中の「え？」の発話数は、会話における両者の星座認識が一致度を推定するための指標として今後活用できる可能性がある。同様に質問カテゴリにおいても視力差あり条件の質問カテゴリの頻度が高いのに対し、答え合わせの点数が悪いことから、会話における質問頻度も星座の認識が両者であっているかどうかを判断するものとして検討できることが示された。

最後に、表1の視力差あり条件の伝達役と理解役の「星座の認識が一致したと思うか」に着目すると、伝達役と理解役で評価が視力差なし条件よりも離れていることから、参加している実験参加者も認識のズレに気づいていないことが考えられる。

6.3 ズレを検出する手法

結果及び6.2節より、星空観察において観察者間の星や星座の認識のズレを会話から検出する手法を検討する。表4に示した「え？」の出現回数と理解役に対する答え合わせの結果から、観察者間に認識のズレがあるほど、「え？」の発生頻度が増加することがわかった。また、全IUにおける質問カテゴリ発話頻度と理解役に対する答え合わせの結果より、認識のズレが大きいほど、質問カテゴリに属する発話がより多く頻出することが明らかになった。これらのことから、「え？」が発生する発話と質問カテゴリに属する発話の直前の発話内容の特徴を明らかにすることで、ズレの推定が可能になると考えている。

表5 条件別点数と認識一致所要時間（合計時間が小さい順）

項目	点数		認識一致所要時間	
	あり条件	なし条件	あり条件	なし条件
カジキ	2	2	185	242
カメ	2	2	201	240
ツリー	2	2, 2	238	262, 210
タコ	2	2	301	199
モアイ	2	2	270	236
モグラ	2	2	574	154
コネコ	2, 2	2	600, 472	225
チョウチョ	1	2	600	198
クジラ	0	2	600	319
カタツムリ	2	2	558	550
ペリカン	0	0	600	600
タツノノコ	1	1	600	600
シカ	0	0	600	600
カイガラ	0	1	600	600

6.4 実験における星座の難易度について

今回の実験では、14種類の星座を用いて会話中に星座探索タスクを実施した。表5にはそれぞれの星座の名前と、視力差あり条件、視力差なし条件における答え合わせの結果と認識一致所要時間を示す。ここで、ペリカン座とシカ座に着目すると、どちらの視力条件においても点数が0点であり、星の識別や形の伝達が難しいことがわかる。また、どちらの星座においても認識を一致させるための所要時間が実験で設定した最大10分間を要していることから、星座を構成する星の配置や、形、位置といった特徴が他の星座に比べて認識しづらく、星座を見つけるうえで難しかったと考えられる。

今回の実験では、このような星座の見つけやすさに影響する星の数や星座の形を考慮せずに、すべての星座をタスクにおける同一の難易度として実験設計に組み込んだ。視力差による会話の影響をより明確に図るためには、星座の探索難易度をなるべく同一にするべきであった。今後星空観察における星座以外の条件で会話実験を行う際は、星座を構成する星の数や位置について同一の難易度を設けることが重要である。

ただ、星座の形や位置などに関する情報を出力する音声アシスタントを実現する上で、星座の星の位置や形といった探索に関係する特徴は、星空観察の会話において重要な要素として考えられるため、星座の探索難易度による伝達方法や会話に与える影響についても調査したいと考えている。

6.5 視力良い条件におけるアンケート結果

表2の条件別のアンケート評価に着目すると、視力差なし条件の視力レベル「良い」の「相手の発言が難しいことがあったか」項目で平均3.0の評価であり、どの視力条件

よりも高いことがわかる。これは今回の実験において、視力レベル「良い」は星がぼやけていない見え方であるため、視力レベル「良い」に設定されたの実験参加者は視力レベル「普通」や「悪い」の設定に比べて多くの星が見えていることが影響していると考えられる。実際に著者の経験として、あまりにも星が見えすぎていると探したい星座がうまく探せないことや、一緒に会話をしている相手にうまく説明することができないという経験があった。このことから、星が多く見えている環境での星空観察における観察者の説明方法についても調査する予定である。

7. まとめ

本研究では、星空観察における星座の認識のズレを推定可能かどうかについて調査を行った。認識のズレが生じる要因として視力差に着目し、視力差を再現するために、仮想空間内で同じ星空についてぼかし処理を行い視界を変更可能なシステムを構築した。実験では、伝達役と理解役に分かれ、伝達役が理解役に星座の位置と形を教える会話タスクを行った。実験の結果、参加者間に視力差がある会話では、視力差がない会話に比べて、質問カテゴリの頻度が多いことや、「え？」の数が多いこと、発話間隔が長くなることが示された。また、会話後に行った理解役が星座を理解できているか把握するための簡易的なテストでは、視力差あり条件よりも視力差なし条件の方が平均点が低く、視力差がある環境で星座を伝えて相手に理解をさせることは、視力差がない環境に比べて難しいことが明らかになった。さらに、「え？」が出現する発話や質問カテゴリに属する発話の直前の発話特徴を分析することで、認識のズレを検出できると示唆された。

今回ズレを引き起こす要因として考えられる視力差について着目した調査をしたが、観察者間の知識差や天気といった他の要因についても検証を行いたいと考えている。また、今回の実験では14種類の星座を用いて合計30会話の実験を行ったが、星座の探索難易度を考慮した実験設計をできていなかったため、それらを考慮した検証を行う。さらに、音声アシスタント実現のために、結果から得られた発話間隔や質問カテゴリの頻度、「え？」の数などの認識のズレを推定するための指標をもとに、どのように会話エージェントに組み込むのか、どのような支援を行うのか具体的な提案手法を検討する。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 JP22K12338 の助成を受けたものです。

参考文献

[1] Vito Technology: Star Walk2, <https://starwalk.space/ja>. (参照 2024-05-31).

- [2] Fifth Star Labs: Sky Guide, <https://www.fifthstarlabs.com/>. (参照 2024-05-31).
- [3] GIGA LASER: 星空観察, 天体観測に適したおすすめのレーザーポインター, <https://giga-laser.com/by-purpose/for-stargazing.html>. (参照 2024-07-02).
- [4] Soga, M., Matsui, K., Takaseki, K. and Tokoi, K.: Interactive learning environment for astronomy with finger pointing and augmented reality, *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, IEEE, pp. 542–543 (2008).
- [5] Ohama, M. and Soga, M.: Collaborative Constellation Learning Environment with Sharing Learners' Gazing Points in the Real Night Sky, *2012 IEEE Fourth International Conference On Digital Game And Intelligent Toy Enhanced Learning*, IEEE, pp. 123–125 (2012).
- [6] Soga, M., Ohama, M., Ehara, Y. and Miwa, M.: Real-world oriented mobile constellation learning environment using gaze pointing, *IEICE transactions on information and systems*, Vol. 94, No. 4, pp. 763–771 (2011).
- [7] 蓮雄一, 加藤直樹: 星空ビジョン: 仮想空間での星空を介したコミュニケーションを支援するツールの開発, 研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol. 2021, No. 18, pp. 1–6 (2021).
- [8] 比留間太白: 手順の説明における発話の機能, *教育心理学研究*, Vol. 41, No. 1, pp. 49–56 (1993).
- [9] Sato, K. and Matsushima, K.: Effects of audience awareness on procedural text writing, *Psychological reports*, Vol. 99, No. 1, pp. 51–73 (2006).
- [10] 古市冨佳, 中村聡史: 待ち合わせ場所の伝達内容が理解に与える影響: Apple社のLook Around機能を用いた検証, 技術報告, 情報処理学会 (2022).
- [11] Stolcke, A., Ries, K., Coccaro, N., Shriberg, E., Bates, R., Jurafsky, D., Taylor, P., Martin, R., Ess-Dykema, C. V. and Meteer, M.: Dialogue act modeling for automatic tagging and recognition of conversational speech, *Computational linguistics*, Vol. 26, No. 3, pp. 339–373 (2000).
- [12] Gass, S. and Varonis, E. M.: The effect of familiarity on the comprehensibility of nonnative speech, *Language learning*, Vol. 34, No. 1, pp. 65–87 (1984).
- [13] 豊田薫, 宮越喜浩, 山西良典, 加藤昇平: 発話状態時間長に着目した対話雰囲気推定, *人工知能学会論文誌*, Vol. 27, No. 2, pp. 16–21 (2012).
- [14] 富張瑠斗, 木下大樹, 大場洋介, 山中祥太, 宮下芳明: 視力の低下がポインティングパフォーマンスに及ぼす影響, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2022, No. 5, pp. 1–7 (2022).
- [15] Chen, C.-F. and Huang, K.-C.: Effects of background lighting color and movement distance on reaching times among participants with low vision, myopia, and normal vision, *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 122, No. 2, pp. 518–532 (2016).
- [16] 山内しおり, 青山英樹, 大家哲朗: 視覚において高齢者に優しい製品開発のための視覚シミュレーションシステム, *日本機械学会論文集C編*, Vol. 79, No. 800, pp. 1196–1203 (2013).
- [17] 森一彦, 酒井英樹, 戒田真由美: 画像処理による視覚能力レベルに応じたロービジョン再現環境に関する研究, *日本建築学会計画系論文集*, Vol. 76, No. 665, pp. 1213–1221 (2011).
- [18] 富樫純一: 「え？」と「は？」の談話機能, *Kokugogaku: studies in the Japanese language*, Vol. 52, No. 1, pp. 80–81 (2001).