

異なる手話言語を持つ者同士の
コミュニケーション支援に関する研究

平成26年度

筑波技術大学大学院修士課程技術科学研究科

産業技術学専攻

稲川 直樹

目次

1	はじめに	1
1.1	研究の背景	1
1.2	研究の目的	2
1.3	論文の構成	2
2	本研究におけるコミュニケーションについて	3
2.1	本研究で想定しているコミュニケーション	3
2.2	紙などを用いたコミュニケーションツール	3
2.3	携帯端末を用いたコミュニケーションツール	3
2.3.1	翻訳系アプリ	4
2.3.2	会話支援系アプリ	4
2.3.3	異なる手話言語を対象としたアプリ	4
2.4	想定するコミュニケーションツール	5
2.5	まとめ	6
3	手話話者の視覚認知特性	7
3.1	心的イメージ	7
3.1.1	心的回転	7
3.1.2	イメージ生成と維持	7
3.1.3	空間イメージ	8
3.2	運動処理	8
3.2.1	周辺視野における運動決定	8
3.2.2	運動の知覚分類化	9
3.3	顔処理	9
3.3.1	顔識別	9
3.3.2	顔特徴の識別	10
3.3.3	表情の認識と生成	10
3.4	視覚認知特性以外の特性	10
3.4.1	触覚特性	11
3.4.2	会話空間	11
3.5	心的回転のコミュニケーションへの応用	11
3.6	まとめ	11
4	二次元図形とアイコンを用いた心的回転に関する実験	13
4.1	実験概要	13
4.2	被験者	13
4.3	実験環境	13
4.4	提示図形	17
4.4.1	二次元図形	17
4.4.2	アイコン	18
4.5	実験手順	20

5 実験結果	23
5.1 二次元図形実験の結果	23
5.2 アイコン実験の結果	29
5.3 まとめ	35
6 結論	38
6.1 まとめ	38
6.2 今後の課題	38
謝辞	40
参考文献	42
研究業績	46
A 二次元図形実験の結果	50
A.1 被験者全員の結果	50
A.2 手話話者の結果	57
A.3 非手話話者の結果	64
A.4 手話話者と非手話話者の結果	67
B アイコン実験の結果	73
B.1 被験者全員の結果	73
B.2 手話話者の結果	79
B.3 非手話話者の結果	85
B.4 手話話者と非手話話者の結果	87

目 次

2.1	想定ツールの使用イメージ	5
4.1	実験環境	14
4.2	実験用アプリ画面例	14
4.3	図形判断の例	15
4.4	問題提示の流れ	16
4.5	二次元図形の例	17
4.6	用意した 12 通りの図形	18
4.7	二次元図形のペア例	19
4.8	アイコン 18 種一覧	19
4.9	アイコンのペア例	20
4.10	実験の手順	21
5.1	二次元図形実験：正立像 (0°) の反応時間	23
5.2	二次元図形実験：正立像 (90°) の反応時間	24
5.3	二次元図形実験：正立像 (135°) の反応時間	24
5.4	二次元図形実験：正立像 (180°) の反応時間	25
5.5	二次元図形実験：正立像 (225°) の反応時間	25
5.6	二次元図形実験：正立像 (270°) の反応時間	26
5.7	二次元図形実験：鏡像 (0°) の反応時間	27
5.8	二次元図形実験：鏡像 (90°) の反応時間	27
5.9	二次元図形実験：鏡像 (135°) の反応時間	28
5.10	二次元図形実験：鏡像 (180°) の反応時間	28
5.11	二次元図形実験：鏡像 (225°) の反応時間	29
5.12	二次元図形実験：鏡像 (270°) の反応時間	29
5.13	アイコン実験：正立像 (0°) の反応時間	30
5.14	アイコン実験：正立像 (90°) の反応時間	30
5.15	アイコン実験：正立像 (135°) の反応時間	31
5.16	アイコン実験：正立像 (180°) の反応時間	31
5.17	アイコン実験：正立像 (225°) の反応時間	32
5.18	アイコン実験：正立像 (270°) の反応時間	32
5.19	アイコン実験：鏡像 (0°) の反応時間	33
5.20	アイコン実験：鏡像 (90°) の反応時間	33
5.21	アイコン実験：鏡像 (135°) の反応時間	34
5.22	アイコン実験：鏡像 (180°) の反応時間	34
5.23	アイコン実験：鏡像 (225°) の反応時間	35
5.24	アイコン実験：鏡像 (270°) の反応時間	35
A.1	二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間	50
A.2	二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間 (正立像)	51
A.3	二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間 (鏡像)	51
A.4	二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの正答率	52
A.5	二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間 (正立像)	53
A.6	二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間 (鏡像)	54
A.7	二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率 (正立像)	55
A.8	二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率 (鏡像)	56

A.9	二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	57
A.10	二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（正立像）	58
A.11	二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	58
A.12	二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの正答率	59
A.13	二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（正立像）	60
A.14	二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	61
A.15	二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（正立像）	62
A.16	二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（鏡像）	63
A.17	二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	64
A.18	二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（正立像）	65
A.19	二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	65
A.20	二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの正答率	66
A.21	二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間の比較（正立像）	67
A.22	二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間の比較（鏡像）	68
A.23	二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（正立像）	69
A.24	二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（鏡像）	69
A.25	二次元図形実験：レベル1 図形の角度ごとの平均反応時間（正立像）	70
A.26	二次元図形実験：レベル1 図形の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	71
A.27	二次元図形実験：レベル2 図形の角度ごとの平均反応時間（正立像）	71
A.28	二次元図形実験：レベル2 図形の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	71
A.29	二次元図形実験：レベル3 図形の角度ごとの平均反応時間（正立像）	72
A.30	二次元図形実験：レベル3 図形の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	72
B.1	アイコン実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間	73
B.2	アイコン実験：被験者全員の角度ごとの正答率	74
B.3	アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間（正立像）	75
B.4	アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	76
B.5	アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率（正立像）	77
B.6	アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率（鏡像）	78
B.7	アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	79
B.8	アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの正答率	80
B.9	アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（正立像）	81
B.10	アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	82
B.11	アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（正立像）	83
B.12	アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（鏡像）	84
B.13	アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	85
B.14	アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの正答率	86
B.15	アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間（正立像）	87
B.16	アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間（鏡像）	88
B.17	アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（正立像）	89
B.18	アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（鏡像）	89
B.19	アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の平均反応時間	90
B.20	アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の正答率	91

表 目 次

A.1	二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間	50
A.2	二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間	51
A.3	二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの正答率	52
A.4	二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間	53
A.5	二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正立像と鏡像の正答率	55
A.6	二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	57
A.7	二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	58
A.8	二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの正答率	59
A.9	二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間	60
A.10	二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率	62
A.11	二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	64
A.12	二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	65
A.13	二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率	66
A.14	二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間	67
A.15	二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率	69
A.16	二次元図形実験：手話話者と非手話話者のレベルごとの平均反応時間	70
B.1	アイコン実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間と中央反応時間	73
B.2	アイコン実験：被験者全員の角度ごとの正答率	74
B.3	アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間	75
B.4	アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正立像と鏡像の正答率	77
B.5	アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	79
B.6	アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの正答率	80
B.7	アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間	81
B.8	アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率	83
B.9	アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間	85
B.10	アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの正答率	86
B.11	アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間	87
B.12	アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率	89
B.13	アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の平均反応時間	90
B.14	アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の正答率	91

1 はじめに

1.1 研究の背景

近年のグローバル化の影響で海外への旅行者及び日本への旅行者は増加の傾向にあり、手話を利用する聴覚障害者もその例に漏れない。それと同時に海外及び日本で異なる言語の話者とコミュニケーションをする機会も多くなることが考えられる。このことから異なる手話言語を持つもの同士が自分の習得している手話を用いて意思疎通を図ろうとすることも十分に予想される。

聴覚障害者とは聴覚に障害を持つ人のことを指し、聴力障害が比較的軽い難聴者をはじめ、音声言語獲得後に聴力が下がった、あるいは失った中途失聴者や、聴力障害が比較的重い、あるいは音声言語獲得前に聴力を失った聾者などその区分は様々である。本論文では特に手話を使用する聾者を対象とする。手話とは、手や指、腕を用いる手指動作と頭の動きや表情、視線などの非手指動作 (NMS, Non-Manual Signals) を同時に使う自然言語で視覚言語でもある [1]。聾者が中心になって使用する言語であり、音声言語とは異なる言語体系 (文法、語彙など) を持つ。日本では日本に住む聾者によって日本手話 (JSL, Japanese Sign Language) が使われており、この言語を母語とする話者は約 6 万人程度居ると推定されている [1]。以降本論文では手話を日常的に用いる人を**手話話者**、それ以外の人を**非手話話者**、さらに手話を第 1 言語とする人を**ネイティブ**と表現する。定義から手話話者が全員ネイティブであるとは限らない。さらに日本手話とは別に、日本語の単語に手話単語を一語一語対応させ、日本語と同じ語順や文法を持つ日本語対応手話 (Signed Japanese) も使われており、その両者の中間的な表現 (Pidgin Signed Japanese) もある。言語学的観点で見ると日本手話と日本語対応手話は全く異なる言語であるが、実際には色々な場面で混在して使われている。手話言語には手型、手の位置、手の運動という 3 つの構成要素があり、その組み合わせによって手話の音節が作られる。その他に NMS の一つとして顔の部位 (視線、眉、頬、口、首の振り、傾き、顎の引き、出しなど) が多用され、これらの組み合わせによって肯定文や疑問文などの文法が構成される。また市田 (2005)[1] は現実世界の多くの事物は聴覚的なイメージよりも視覚的なイメージのほうが結びつきやすいために、聴覚と音声を用いる音声言語と比較して視覚と身振りを利用する手話言語のほうが図像性が高いと述べている。

手話話者、特に聴覚障害者は日常生活においても視覚情報を重視する。コミュニケーション手段として視覚言語である手話を用いるのはもちろん、非手話話者とコミュニケーションをする場合も筆談や身振りなど視覚的手段を用いる。TV や映画は字幕付きのものを好む、人を呼ぶ時は手振りを用いる、チャイムは音声ではなく発光フラッシュを出すものを用いる、などの視覚的特徴がある。以上のことから手話話者は表情が豊かである、視覚モダリティを利用する手話話者は画像処理に優れている、などの視覚特性があることが経験的にいわれてきた。

一方、国によって使われている音声言語が異なっているのと同じように、国ごとに異なる手話言語が使われている。アメリカやカナダの一部ではアメリカ手話 (ASL, American Sign Language)、イギリスではイギリス手話 (BSL, British Sign Language) が、中国では中国手話 (CSL, Chinese Sign Language) が使われている。これらの手話言語は同じ視覚モダリティを持ち、ある程度普遍的であるために音声言語と比べるとコミュニケーションをとるのは容易であるものの、手話言語ごとに異なる言語体系を持つため、お互いが自分の手話言語を用いて会話するという事は困難である。欧州のいくつかの手話言語は歴史的経緯から文法や語彙に関連が見られるが、日本手話は日本で独自に生まれたものである。また歴史的背景から韓国手話と台湾手話は日本手話と共通する部分が多く、日本手話語族とされている。

このように国ごとに異なる手話が用いられているため、日本手話を用いて外国の手話話者とコミュニケーションを取ることは、異なる音声言語同士のものと比較すれば容易ではあるものの、困難である。特に手話言語の話者が音声言語の話者とコミュニケーションを取る際には、お互いに自分の習得している手話言語、音声言語を駆使してコミュニケーションを図ろうとすることが予想される。例えば日本手話の話者がアメリカで英語の話者に英語の筆談で電車の切符を購入したり、旅行ガイドブックやテキストブックを用いて道を尋ねたりすることもあるだろう。逆に日本を訪れたドイツ手話 (GSL, German Sign Language) の話者が拙い日本語を筆談で日本語の話者に道を尋ねたりする機会も考えられる。さらに異なる手話言語の話者同士

が自分の習得している手話言語を用いてコミュニケーションを図ろうとすることが十分に考えられる。日本手話話者が知っている ASL 単語を用いて ASL 話者と交流を楽しんだり、逆に ASL 話者が日本手話を用いて交流をすることもあろう。

また異なる手話言語の話者同士における歓談を目的とした交流場面では、自己紹介をはじめ、お互いの趣味や出身、年齢、好きなことについての情報交換や、お互いの国の文化、歴史、環境、手話について教え合ったりすることが多く見られる。その際に手話話者は自分の習得している手話だけでなく、身振りやジェスチャーを多用し、さらには筆談や、携帯端末アプリケーションを駆使して相手とコミュニケーションを図ろうとすることも多い。

これらの例から分かるように、双方の話者が用いる言語の種類、質、数及び彼らを取り巻く環境によってコミュニケーションの内容は全く変わって来る。話者が何の言語（日本語、英語、JSL、ASL、ドイツ語、GSL…）を用いるのか、またどのように伝えるか（手話、音声、筆談、身振り、ジェスチャー…）、どのような状況なのか（道を尋ねたい、切符を購入したい、トイレの場所を知りたい、レストランで食事を注文したい…）と多くの場面が想定される。こういった異なる言語話者同士のコミュニケーションを支援するために様々な携帯端末用ソフトウェアが開発されている。音声入力で翻訳結果を表示する Google 社の「Google 翻訳 [2]」や 13ヶ国語の 2000 以上の例文が表示される NAVER の「世界会話手帳 [3]」のような様々なソフトがある。しかしこういったソフトは殆どが聴者向けであり、手話話者、特に聴覚障害者向けではない。

1.2 研究の目的

そこで本研究では手話話者を対象とした、異なる手話言語を持つ者同士のコミュニケーション支援について考え、新しいコミュニケーションツールの為の基礎研究を目的とする。視覚的情報を用いたコミュニケーションが手話話者に適していることから、新しいコミュニケーションツールではアイコンを用いたコミュニケーションを使用することを想定した。ツールは手話を用いる者にとって使いやすいものでなければならず、そのためには手話話者の認知特性を考慮する必要がある。本研究では、まず、コミュニケーションツールの利用という観点から、手話話者の持つ視覚認知特性の調査、整理を行う。次に手話話者に優位性のあると言われている心的回転が本研究で想定しているアイコンを用いたコミュニケーションに適用できるかどうか検証するための実験を行う。

1.3 論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。第 2 章では既存のコミュニケーションツールの現状について述べ、手話話者を対象としたアプリの必要性について述べる。第 3 章で新しいコミュニケーションツールの構想のための材料として手話話者の様々な視覚認知特性についてまとめる。続いて第 4 章では手話話者と非手話話者の心的回転の能力差を調査するために行った二次元図形とアイコンを用いた実験に関して、被験者、実験内容、実験材料などを説明し、次の第 5 章で実験結果及び考察を述べ、最後の第 6 章で結論を述べる。

2 本研究におけるコミュニケーションについて

2.1 本研究で想定しているコミュニケーション

まずコミュニケーションの一般論について述べる。コミュニケーションとは人間の間で行われる言語や身振り、文字などを通して知覚、感情、思考、意思などを伝える活動のことであり、本研究では特に異なる手話言語の話者同士の会話に着目する。実際のコミュニケーション場面としては、日本手話話者がアメリカで ASL 話者と交流する場面、訪日した CSL 話者が日本手話話者と雑談を楽しむなどの簡単な交流場面が考えられる。こういったコミュニケーションの機会は今後も増えていくことが予想されるが異なる手話言語話者同士を対象にしたコミュニケーションツールは数少ない。逆に異なる音声言語話者同士のコミュニケーション、手話話者（聴覚障害者）と非手話話者（聴者）同士のコミュニケーションを対象にしたコミュニケーションツールは紙を用いたもの、携帯端末を用いたものと様々であり、詳細は後述する。本研究ではスムーズなコミュニケーションを実現させるためのコミュニケーションツールを想定する。ここでスムーズなコミュニケーションとはコミュニケーションツールを用いる際に生じるタイムロスが小さいものをいう。例えば後述する携帯端末アプリケーションを用いてコミュニケーションをする際、アプリケーションによっては相手の文字や音声など情報入力を待ち、結果が端末に表示されるのを待たなければならないという状況はスムーズなコミュニケーションとは言いがたい。また、携帯端末に情報を入力してそれを相手に渡し、相手が入力したらそれをまた自分に渡すという受け渡し作業に時間がかかるようなものはスムーズであるとは言いがたい。情報の入力過程が分からない、携帯端末を回転して受け渡しを行う、これらのことはスムーズなコミュニケーションの妨げになることが考えられる。以上のことを踏まえると、スムーズなコミュニケーションを実現するためには入力中の情報が相手に即時に伝わり、さらに受け渡し作業が不要であることが望ましい。次節以降で様々なコミュニケーションツールを説明し、これらをもとに本研究で想定しているコミュニケーションツールを説明する。

2.2 紙などを用いたコミュニケーションツール

手話話者、特に聴覚障害者を対象とした、紙などを用いるコミュニケーション方法として、筆談が挙げられる。筆談は紙とペンがあればどこでも自分の言いたいことを書いて正確に伝えることができるが、両方の話者が共通する書記言語を知っていることが最低条件である。英語ができない聴覚障害者がアメリカの人と英語で筆談することは難しいだろう。ツールとして紙を用いたものは筆談以外にも様々あり、非手話話者でも手話話者と簡単なコミュニケーションができるようになっている。公共財団法人交通エコロジー・モビリティ財団の「コミュニケーション支援ボード [4]」は、聴覚障害者をはじめ、外国人、高齢者、知的障害者など交通機関利用者のスムーズなコミュニケーションのために作成されたものである。このボードでは「コミュニケーション支援用絵記号デザイン原則 (JIS T0103)[5]」、「案内用図記号 (JIS Z8210)[6]」の絵記号を中心に作成しており、利用者はボード内の絵記号で表された項目を指さしてコミュニケーションをとることができる。これと類似のものとして荒川区の「荒川区コミュニケーション支援ボード [8]」がある。これは災害時にコミュニケーションをとることが困難な障害者などが意思表示するための絵カードであり、利用者がそのイラストを指さすことでコミュニケーションが可能というものである。また事故や病気などの緊急時にカードに描かれた図や絵を指し示してコミュニケーションをとる日本聴覚障害者協会の「話せるカード [7]」などもある。しかしこういったツールはあくまでも日常生活においての必要なコミュニケーションを対象としており、歓談を目的としたコミュニケーションを支援するツールは少ない。

2.3 携帯端末を用いたコミュニケーションツール

本研究で想定するコミュニケーションツールは、普及度が高い、実際の使用において携帯性が良いということから需要が高いと思われる携帯端末のアプリケーションソフトウェア、いわゆるアプリの形を想定して

いる。そこでここでは携帯端末のアプリケーションソフトウェアのコミュニケーションツールについて紹介する。なおここでのコミュニケーションの場面は、海外でのコミュニケーションを想定している。先程述べたコミュニケーションツールには様々な種類があり、ユーザーによって入力された言葉を他言語に変換しユーザーに表示する翻訳系のアプリと、あらかじめ決まった例文（フレーズ）が他言語の表記、発音及びイラストなどの形で登録されており、これらを相手に見せることでコミュニケーションを図る会話支援系アプリの2種類に大きく分けられる。その他に異なる手話言語を対象としたアプリも紹介する。

2.3.1 翻訳系アプリ

翻訳系アプリは基本的に、ユーザーによって入力された音声情報あるいは文字情報を他の言語に変換し、相手に表示することでコミュニケーションを支援するものである。これは様々なアプリが開発されており、先ほど述べた Google 社の「Google 翻訳 [2]」を始め、50 以上の言語に対応可能でテキストの読み上げ、ソーシャルメディアへの投稿、フレーズブックのライブラリなど様々な便利な機能を備えている iHandy Inc. の「iHandy 翻訳機 Pro[9]」や、会話相手に対面して使用することに特化し、アプリの画面が二分割される卓上モードになることで面倒な端末の受け渡しの作業が必要なく、スムーズに会話ができる my language Inc. の「Vocre Translate[10]」などがある。これらのアプリは文字入力または音声入力することで翻訳結果を文字表示あるいは音声表示するのはどちらも共通だが、それぞれ異なる特徴を持っている。そのほかにも通話を通話内容を同時に翻訳することができ、外国人が相手でも電話を通して母国語同士でコミュニケーションがとれる NTT ドコモの「はなして翻訳 [11]」、通常の翻訳だけでなく複数台を用いてリアルタイムで5人同時の会話も通訳できる U-STAR の「VoiceTra4U[12]」など様々な特徴を持つ翻訳系アプリが開発されている。

しかしこういったアプリは、文字入力が可能なものもあるが音声入力が殆どであり、聴覚障害者にとっては使用が困難である。さらに翻訳するのにネットワーク接続を要するため、ネット接続の状況に左右され、翻訳するのに若干のタイムロスが生じる。このためスムーズなコミュニケーションをするには難しく、緊急を要する場面では使いにくい。また聴覚障害者は音声入力ではなく文字入力がメインになるが、音声と比べると時間がかかってしまうなどの点が問題点としてあげられる。

2.3.2 会話支援系アプリ

会話支援系アプリとは、先ほどの翻訳系アプリと異なり、あらかじめ決まった例文、単語が登録されており、ユーザーがそれを活用することで語学の知識を必要としないスムーズなコミュニケーションを図るというものである。こちらも同様に様々なアプリが開発されており、先ほど述べた「世界会話手帳 [3]」や、あらゆるイラスト付きの 2000 以上のフレーズがトピックごとに分類され、それを指し示すことでコミュニケーションができる Jourist Verlags GmbH の「旅のことば [13]」や、起動が1秒の上にフリックやタップを使って直感的な操作も可能で迅速なコミュニケーションができる Brain の「らく旅 英語 [14]」などのアプリがある。

これらのアプリは前者と比べると、最低限必要な機能に絞られ、また手軽さや直感的な操作を重視しているために聴覚障害者でも使いやすいが、単純が故に使用状況に限られてしまい、交流など会話を広げるには不十分な点がある。現地の異なる聾者と積極的に交流をし、様々な会話を行うような状況を考えると、基本的な会話だけを搭載した会話支援系アプリは会話場面、内容が指定されているだけに使いにくいだろうと思われる。

2.3.3 異なる手話言語を対象としたアプリ

動画でアメリカ手話が学べる DeafJapan の「アメリカ手話 American Sign Language[15]」や、辞書形式でドイツ手話の動画を見ることができる Verlag Karin Kestner oHG の「Deutsche Gebärdensprache DGS[16]」、

世界各国の手話動画が見られる手話辞書, Europeiskt Teckensprakcenter の「Spread Signs[17]」など異なる手話言語を学べるアプリは多数存在している。

しかしこれらのアプリは学習用として設計されており, コミュニケーション支援のために作られたものではない。よってコミュニケーションにおいて主として用いるには使いにくい。

2.4 想定するコミュニケーションツール

以上のことを踏まえて, 本研究では手話話者同士を対象にした新しい会話支援系アプリ, コミュニケーションツールを想定する。ツールの形式は先述したように, 携帯性の良さから需要が高いと思われる携帯端末アプリケーション形式とし, 使用場面は異なる手話話者同士の交流が目的である歓談場面を対象とした。ここで対象とする交流場面とは, 自己紹介, 簡単な質疑応答, 情報交換などを含む簡単な会話とする。例えば相手の名前, 趣味, 年齢を尋ねたり, 自分の出身, 好きなこと, 得意なこと, 自分の国について話したり, お互いの国の文化や環境, 手話や聾者を取り巻く環境について教え合ったりなどである。手話話者には視覚的情報を使ったコミュニケーションが適していることから, アイコンを用いたものを想定する。実際の使用場面は, 一つのツールを手話話者の間の机 (やテーブル) の上に置いて, (コミュニケーションの補助手段として) ある一人がアプリケーションに表示されたアイコンを選択する様子を複数人が同時に見ることでコミュニケーションを取っていく形を想定している。実際のツールのイメージを以下に示す。(図 2.1)

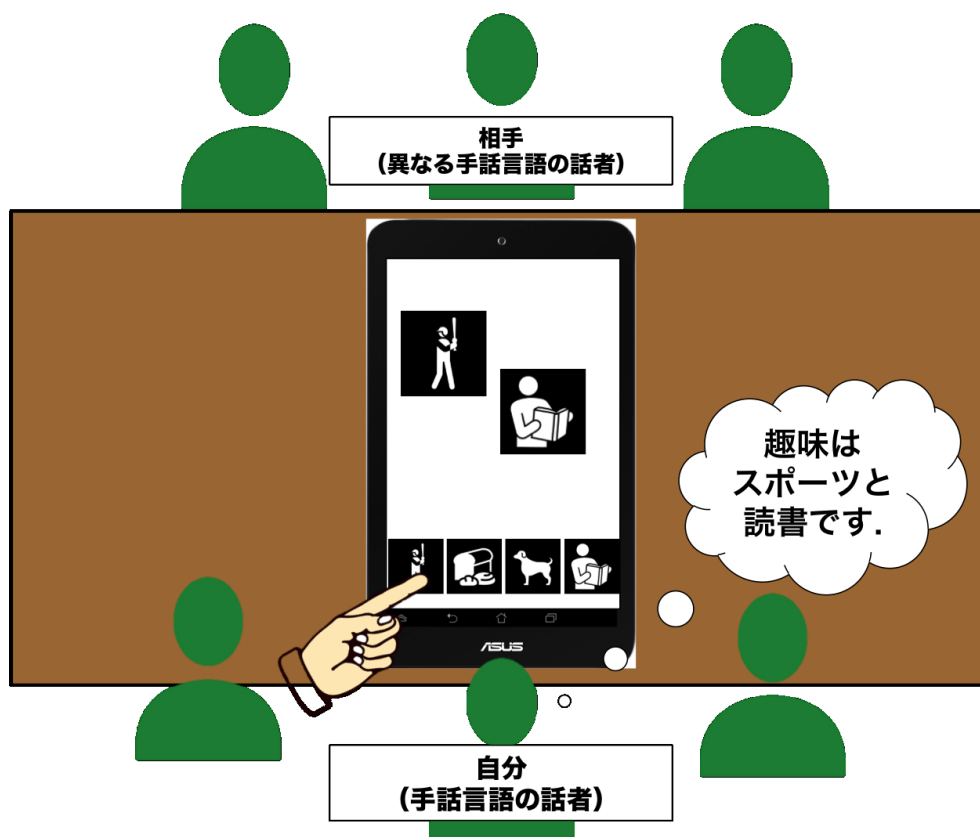


図 2.1: 想定ツールの使用イメージ

さらに, スムーズなコミュニケーションを提供するために携帯端末の受け渡しの必要が無く, また入力中の情報が即時にわかるように提示できることが望ましい。

2.5 まとめ

本章では、本研究でのコミュニケーション及び本研究におけるスムーズなコミュニケーションについて定義したのち、紙や携帯端末を用いた既存のコミュニケーションツールについて説明した。携帯端末のアプリケーションにはそれぞれ利点、欠点があり、使用場面も異なってくる。しかし交流を目的とした歓談場面でこれらのアプリを用いる場合、スムーズなコミュニケーションが困難であることが分かった。これは既存のコミュニケーションツールが、情報の入力過程が分かる、携帯端末を上下逆にしての受け渡し作業が無いなどの特徴を持っていないことに起因している。携帯端末を回転しない状態での画面を見て情報を掴む力があれば、この問題点を解決に寄与する可能性がある。これらのことを踏まえて、本研究で想定する新しいコミュニケーションツールの形について述べた。

3 手話話者の視覚認知特性

異なる手話言語話者同士のコミュニケーションツールを考案するにあたり、手話話者の特性を考慮する必要がある。手話話者は聴者と比較して表現力が豊か、手話以外でも身振りやジェスチャーを多用する、画像の思考処理が速い、などということが経験的に知られている。本章でこれらの特性に関して整理して取り上げる。手話話者の特性として心的イメージ、運動処理、顔処理、その他の特性を以下に示す。また以降は聾者で手話話者である者を聾手話話者、聴者で手話話者である者を聴手話話者、ASLの話者をASL話者と使い分ける。

3.1 心的イメージ

手話は空間上の特徴を利用する視覚言語であり、それゆえに手話話者は視覚イメージ能力に熟練していることが想像され、いくつかの論文は手話話者と心的イメージの関係を説明している。ここではその中から心的回転、イメージ生成と維持、空間イメージについて述べる。

3.1.1 心的回転

心の中に思い浮かべたイメージ（心的イメージ）を回転変換する認知的機能を心的回転といい、Shepard & Metzler (1971)[18]らは被験者に3次元の立方体ブロックを結合して作成した物体と、その物体を回転させた物体のペアを提示し、それらが同じ物体であるかどうかを判断させる実験を行った。ペアは一方の物体をある程度回転させており、左右逆になった鏡像のペアもある。この2つの物体が同じかどうか判断するまでの反応時間を測定した。McKee (1987) [19]は同様の実験を初めて聾のASL話者と聴の非手話話者に実施し、聾手話話者でより正確だったことを発見した。

またEmmorey, Kosslyn, & Bellugi (1993)[20]らは3次元ブロックの代わりに2次元図形を用いた同様の実験を聾のASL話者、聴のASL話者、聴の非手話話者に実施し、両方のASL手話話者は全方向において非手話話者よりも早い反応時間を示したことを発見した。これらの結果からASL経験が心的回転タスクの増強を導くということが考えられる。さらにこの示唆はTalbot and Haude (1993)[21]らとChamberlain and Mayberry (1994)[22]らの研究によって支持される。Talbot and Haude (1993)[21]らはASL経験6年以下の通訳者が非手話話者よりも実験課題を良く実行したことを発見し、ASLへの早い接触が心的回転タスクの能力増強に必要でないことを示唆した。Chamberlain and Mayberry (1994)[22]らは手話を用いない聾被験者（口話を用いる）が聴の非手話話者と同じように実験課題を実行したことを発見した。これらから手話経験が心的回転能力を増強し、手話話者は増強された心的回転能力を持つことが示唆される。

3.1.2 イメージ生成と維持

Kosslyn, Brunn, Cave, & Wallach (1985)[23]らは、イメージが長期間の記憶を元に生成される処理をイメージ生成としており、ASL話者ではこのイメージ生成とイメージ維持が実世界の表現の根本にある大切な処理と言えるかもしれない。Liddell (1990)[24]はイメージ変換において、手話話者が対象物を物理的存在としてイメージし、視覚化された指示対象は動詞形態素の表出に関連があることを主張した。Emmorey et al. (1993)[20]らは、聾被験者は手話生成に先立って視覚イメージを生成する能力が優れているだろうと仮説を立て、イメージ生成の実験を聾手話話者と聴手話話者、聴非手話話者に実施した。その結果、聾の手話話者と聴の手話話者が非手話話者よりも早くイメージを形成することを発見し、ASLの経験が視覚イメージ生成能力に影響を与えることを示唆した。

Emmorey and Kosslyn (1996)[25]らはEmmorey et al. (1993)[20]らと同じイメージ生成実験を用いて、視覚刺激が聾手話話者の左視覚視野（右半球）に現れた時、聴非手話話者よりイメージ生成が早かったこと

を示した。これらの発見から聾手話話者の増強されたイメージ生成能力が右半球処理に結び付けられることが示唆された。

また Emmorey et al. (1993)[20] らは、手話話者の短期間記憶におけるイメージ保持能力を調査し、ASL の経験がイメージにおいてパターンの保持能力を増強しないことを示した。すなわち手話話者は増強されたイメージ維持能力を持たないが、増強されたイメージ生成能力を持ち、この能力は ASL 経験に結び付けられるように見える。

3.1.3 空間イメージ

Wilson et al. (1997)[26] らはネイティブの聾のアメリカ手話話者、聴の英語話者の子供らの空間ワーキングメモリーを調査し、聾手話話者が聴非手話話者より著しく長い空間記憶スパンを持つことを示した。さらにこの結果は、手話の接触が無い聾の子供らが聴の子供らと同じように実行したことを示した Parasinis, Samar, Bettger, and Sathe. (1996)[27] らの発見によって支持される。加えて Capirci, Cattani, Rossini, and Volterra (1998)[28] らはイタリア手話の一年コースに参加した聴の子供らが、英語コースあるいはコース不参加の子供らと比較して増加した空間記憶スパンを示すことを発見した。これらから Wilson et al. (1997)[26] らによって観察された空間記憶の優位性は手話の経験によるものであるように見え、この優位性は位置の空間イメージを保持する能力によって増強されることが考えられる。

これらをまとめると、いくつかの研究では聾 ASL 話者と聴 ASL 非手話話者が、聾および聴の非手話話者と比較して、心的イメージタスク上の優れた実行を出すことを示している。

3.2 運動処理

手話の理解にあたって手話運動の視覚処理は重要であり、運動識別は語彙識別と同様であり、手話において手話運動が認識される時、手話自身も認識される。ここでは運動決定、運動の知覚分類化について述べる。

3.2.1 周辺視野における運動決定

手話話者は会話において、両手の軌道よりもむしろ顔面を注視するので、視野の中央部ではなく周辺部の運動の識別が手話の知覚において重要である (Siple, 1978)[29]。それゆえに手話が顔から離れて生成される時、語彙識別は周辺視野に依存し、運動決定の識別は周辺視野の選択的機能であるように見える (Bonnet, 1977)[30]。Neville and Lawson (1987a)[31], (1987b)[32], (1987c)[33] らは視野周辺部の運動方向を見つけるために運動知覚に関連した神経作用を調査するために事象関連脳電位 (ERPs) を使い、聾の ASL 話者、聴の ASL 話者、聴の非手話話者の能力を調査した。運動方向の探知において聾の手話話者は聴の非手話話者よりも著しく早かったが、聴の手話話者よりも早かったため、手話の使用影響ではなく、聴覚欠如の影響であることが示唆される。

また Neville and Lawson (1987c)[33] の調査では、聾及び聴の ASL 話者は聴の非手話話者と比較して右視覚視野 (左半球) での運動検知においてより正確で、運動検知の実験中は左半球の増強された活性化を見せることを示した。Neville et al. (1987c)Neville1987c らと同じ実験を用いた Bosworth and Dobkins (1999)[34] らの研究で聴の被験者と聾の被験者が絶対的実行 (動作識別閾値) において異ならず、聾被験者は右視野 (左半球) の優位性を示した。すなわち聾被験者は刺激が左半球に現れた時、運動方向を識別するのが非常に早く、逆に聴被験者は左視野 (右半球) で僅かに早かった。

最後に Bavelier et al. (2000)[35] と Bavelier et al. (2001)[36] の調査から得られた神経画像データは聾の ASL 話者と聴の ASL 話者が周辺視野の運動に注意する時、左半球で大きな活性化が起こることを示した。すなわち手話話者は周辺視野において左半球の活性化を示す可能性がある。Neville et al. (1987c)[33] は増

強された左半球は ASL の獲得と運動知覚を一致させるという仮説を提示した。これらの結果は手話言語の獲得が運動知覚の一部に関与する脳エリアを変換しうることを示唆している。

3.2.2 運動の知覚分類化

音声言語の獲得が音声の知覚分類化を変換させるのと同じように、手話言語の獲得も運動の知覚分類化を変換させる可能性があり、特定の音声言語の経験は関連のある区別を理解する能力の微調整を行う知覚の再認識を引き起こすとされる。Poizner (1981, 1983)[37][38] は聾のネイティブ手話話者と聴の非手話話者に運動の類似性判断実験を行い、聾被験者が聴被験者と比較して良い運動類似性判断を示すことを発見した。特に反復運動と循環性が示されたが、これらの運動は ASL の典型的な運動である。これらの結果は ASL の獲得が言語学的関連運動の知覚分類化を変換するかもしれないことを示唆する。また Poizner et al. (1989)[39] は同様の実験を用いて、中国手話の聾手話話者と ASL の聾手話が運動特徴の僅かな差異のパターンを示したことを発見した。これらから Poizner[37][38][39] は手話経験が言語運動の知覚分類化に影響をもたらすことを発見した。Klima, Tzeng, Fok, Bellugi, Corina and Bettger (1996)[40] らは、聾の ASL 話者が運動する光画像を個別の運動軌跡への分割する実験において著しく良かったことを発見した。聾手話話者は描かれた運動の軌跡を良く区別することができ、また聴被験者と比較すると描写において変遷的な運動を含めにくかった。また Bettger(1992)[41] は同様の実験を行い、聴のネイティブ ASL 話者が聴の非手話話者と比較して運動の軌跡をより良く分割したことを発見し、これらは聴覚欠如よりもむしろ言語経験にリンクすると示唆した。

これらをまとめると、手話言語の獲得は運動がどのように分類化されるかに影響するかもしれないが、手話話者は非手話話者と言語運動を異なっており分類化するだけでなく、非言語運動の特定の知覚品質に対する高められた感覚を持つ可能性がある。

3.3 顔処理

顔の特定の表情は手話において構文と形態論に欠かせないものであり、手話話者は多くの異なる表情を早く区別することができることができ、さらに手話話者は両手の軌道よりもむしろ顔を注視するので、手話経験は特定の顔処理の増強を導くことが考えられる。顔識別、顔特徴の識別、表情の認識と生成について以下に述べる。

3.3.1 顔識別

Benton, Hamsher, Varney, and Spreen (1983)[42] らが提案した The Benton Test of Face Recognition は被験者に異なる方向及び照明条件で提示された目標の顔、異なる顔の中から目標の顔と同じ顔を見つけさせる実験を行った。このテストにおいて、いくつかの調査で ASL 手話話者が優れた顔識別を実行することを示した。Bellugi, O'Grady, et al. (1990)[43] らはこのテストを用いて手話を使用する聾の子どもらが聴の子どもらより良い実行をすることを示し、また Bettger (1992)[41] は大人の手話話者と同様に実行することを発見し、これらの影響が言語に関連する物だということを示唆した。さらに Parasnis et al. (1996)[27] らは口話を用いる聴覚障害者、すなわち手話を知らない聾者がこのテストにおいて聴の被験者と同様な実行を示すことを発見した。これらの発見は聾被験者の優れた実行が聴覚欠如によるものではなく手話経験によるものだと考えられる。

最終的には Bettger (1992)[41] の調査がネイティブでない聾の ASL 話者の実行が聴の非手話話者よりも正確であり、ネイティブの聾手話話者、聴手話話者の実行と同様であることを示した。したがって優れた顔識別は手話経験によって増強されるが、必ずしも第 1 言語である必要は無いように見える。また Bettger et al. (1997)[44] らはこのテストにおいて直立の顔が提示された時、聾手話話者が聴非手話話者よりも正確だっ

たが、上下逆の顔が提示された時は実行に差異が無いことを発見した。この結果は手話経験が顔処理特有のメカニズムに影響をもたらす、一般的な顔処理の識別のメカニズムを生成しないことを示唆する。

また McCullough and Emmorey (1997)[45] らは ASL 話者の増強された顔識別能力が顔認識にどのように影響するかを調査するために、顔の認識に関する Warrington (1984)[46] の Recognition Memory Test for Faces を聾手話話者と聴非手話話者に実施した。このテストで聴手話話者が聾手話話者より正確であったことを発見し、ASL の経験が未知の顔を認識する、増強された能力をもたらさないことを示唆した。

3.3.2 顔特徴の識別

手話話者は手話使用時において目や鼻、口などの顔特徴を注視するため、McCullough and Emmorey (1997)[45] らは ASL 手話話者が顔特徴の僅かな差異の区別において優れているかもしれないという仮説を立て、聾被験者と聴被験者を対象に実験を行った。この実験は最初に目標の顔を提示し、それから2つの顔が並んで提示して目標の顔と同じものを判断させるというものである。ただし2つの顔の内1つは目標の顔と同じものであるが、もう一つは目や鼻などの顔特徴が一部異なる。結果は聾手話話者が聴の非手話話者より顔の区別で著しく正確であり、目の区別では聾手話話者と聴手話話者が聴非手話話者よりも正確だった。このことから ASL 経験が目の区別の検知能力を増強しうることが予想され、また聾手話話者は聴手話話者と聴非手話話者よりも口の区別において正確であり、これらは読唇術の影響によるものだと考えられる。そして鼻の区別においては差異は見られず、これは ASL の文法要素と読唇術の要素が鼻を含まないことに関連することが考えられる。したがって聾手話話者は ASL 経験が目の区別能力を、読唇術が口の区別能力を増強しうることが示唆される。

3.3.3 表情の認識と生成

手話は言語的に感情表情を含むため、手話話者は感情表現の認識や生成において優れた能力を示す可能性がある。この仮説から Goldstein and Feldman (1996)[47] らは手話話者が感情表情の区別が増強されるという仮説を調査するために、感情を表した様々な表情を手話話者と非手話話者に提示し、区別するよう依頼した。結果は全ての被験者が幸せの感情を良く区別し、手話話者は嫌悪と怒りの表情の区別においてより正確だった。N. Goldstein and Feldman (1996)[47] らは手話話者の高められた表情が表情表出の経験を増加し、表情を区別する能力の増強を導くかもしれないと示唆した。さらに Goldstein, Sexton, and Feldman (2000)[48] らは聴の ASL 話者が聴の非手話話者より感情的な表情の生成が優れていることを発見した。この実験では聴の手話話者と非手話話者それぞれで生成された感情的な表現を判定者（非手話話者）に提示し、表情を区別するよう依頼された。その結果手話話者によって生成された表情をより良く区別したことから ASL 経験が感情的な表情の生成能力を増強することが示唆された。3.3.1 と 3.3.2 で述べた顔と顔特徴の識別能力が、表情の区別と生成の増強に結びついた結果だと考えられ、ASL 経験が感情識別能力を増強するよう見える。

これらの調査をまとめると、ASL 経験が顔処理の全てを増強しないということであり、手話経験は顔特徴の僅かな差異の判断に関連し、個々の顔によって一般化されるだろう顔処理能力を増強するよう見える。

3.4 視覚認知特性以外の特性

上記で述べた特性の他の特性を以下にまとめる。

3.4.1 触覚特性

聾者は触覚能力においても増強された能力を示すことを示唆した研究がある。Van Dijk, Kappers and Postma (2013)[49]らは聾者の触覚の空間方向処理を調査するために聴の非手話話者、聴の手話通訳者、聾のオランダ手話話者に実験を行った。目隠しの状態で2つのバーを与えられ、振動する1つのバーに触れた後にもう一方のバーの方向を先ほどのバーと同じ方向に合わせる触覚平行セッティングタスクを実施した。その結果、聾手話話者グループが他の2グループよりも良い触覚能力を示すことを発見した、Van Dijk et al. (2013)[49]らは聴覚欠如が洗練された触覚能力を導くかもしれないと示唆した。

3.4.2 会話空間

手話話者は会話において聴者と異なる会話空間、すなわち手話空間を持つことが知られている(杉山, 2007, 2008) [50][51]。杉山 (2007) [50]は手話話者2人組の立位及び机有りの椅座位における会話のしやすさを距離感、可読性、発話という3つの尺度で評価した。2人組の立位の会話に最適な距離は聴者同士が150cm前後であるのに対し、聾者同士では200cm前後であり、これは会話時の手話を用いる空間、すなわち手話空間によるものであると示唆した。さらに杉山 (2008) [51]は手話話者3人組の椅座位での会話のしやすさを調査し、会話に最適な位置関係は辺長がおよそ200cm前後の正三角形であることを結論づけた。また手話の読み取りや発話を最低限可能にするためにも隣同士の距離が最低90cmあれば良いことも示唆した。

3.5 心的回転のコミュニケーションへの応用

これらの手話話者の特性のうち、心的回転を本研究の手話話者同士のコミュニケーションに応用する。第2章で述べたように想定しているコミュニケーションツールにはアイコンを使用するが、手話話者の心的回転の優位性を利用することでスムーズなコミュニケーションができることが予想される。手話話者は増強された心的回転の能力を用いることで上下逆、または回転されたアイコンでも容易に読み取りが可能で、端末の受け渡し作業の省略だけでなく入力中のアイコンが即時に分かるということが予想される。すなわちスムーズなコミュニケーションに繋がることが考えられる。しかし先行研究では殆どがASL話者を対象にしており、心的回転の優位性が言語としての手話に関連があるかどうかは不明である。さらにアイコンを対象にしていない為、アイコンでも同様であるかは定かではない。

3.6 まとめ

手話話者は心的イメージに関して、イメージを維持する能力(イメージ維持能力)は非手話話者と変わらないが、イメージを回転させる機能(心的回転)、イメージを生成する能力(イメージ生成能力)などは手話経験によって増強されることが示された。さらに手話話者は運動知覚の一部に関連する脳エリアと、非言語運動の特定の知覚品質に対する脳感覚が高められているかもしれないことが示された。また手話経験が顔処理の全てを増強はしないが、顔の識別能力及び表情の区別、表象能力の増大を導くことが示唆された。その他に優れた触覚能力、独自の会話空間を持つことが示された。これらの特性のうち、ツールへの応用を前提として心的回転を取り上げることとした。手話話者の心的回転優位性を用いてスムーズなコミュニケーションができることが考えられるが、先行研究の多くはASL話者及び一般的な図形をを対象にしている為、アイコンを基本として表示するコミュニケーションツールに応用できるかどうか検証を行う必要がある。

4 二次元図形とアイコンを用いた心的回転に関する実験

聾手話話者の持つ心的回転を調査した。先行研究として二次元ブロックの正立像と回転像のペア及び鏡像と回転像のペアを聾手話話者、聴手話話者、聴非手話話者の被験者に提示して、そのペアが同じかどうかを判断する反応時間を調査した Emmorey et al. (1993) ら [20] のものがある。この研究で用いた刺激は5つのセルから成るランダムな二次元ブロックであり、アイコンなど意味を持つ図形を対象にしていない。またこの実験の被験者は ASL 話者であり、日本手話話者を対象にしておらず、この実験の結果が日本手話話者でも同様であるかどうか不明である。日本手話話者を対象にした実験を行うことで心的回転の優位性が言語としての手話に関連があるかどうか分かる可能性があり、異なる手話言語話者同士のコミュニケーションに応用ができると思われる。また本研究で想定する新しいコミュニケーションツールはアイコンを用いるが、アイコンを対象にした心的回転の調査も少ない。

以上の理由から日本手話話者が二次元図形においても心的回転が有効であることと、アイコンにおいて心的回転が有効かどうか調査する必要がある。そこで本研究では二次元図形及びアイコンについて、手話話者と非手話話者の心的回転能力を比較する実験を行った。本章では実験の内容を説明する。

4.1 実験概要

心的回転が二次元図形及びアイコンの場合でも有効かどうかを調査するために、まず二次元図形のペアを被験者（日本手話話者と非手話話者）に提示し、それらが同じ物体であるかどうか判断させ、判断にかかった時間、回答の正誤を調査した。掲示した図形は正立像だけでなく、回転を加えた回転像、左右逆の鏡像、鏡像に回転を加えたものを用いた。続いてアイコンのペアでも同様に実施した。かかった時間を反応時間 (RT Reaction Time) (秒)、正解した問題の比率を正答率とし、被験者の回転角度ごと、問題ごとの平均反応時間を手話話者、非手話話者に分けて調査した。

4.2 被験者

被験者は 20 代の手話話者 21 名（男性 12 名、女性 9 名）と非手話話者 19 名（男性 7 名、女性 12 名）の計 40 名である。手話話者は全員聾者で筑波技術大学を中心とした学生である。聾の家族を持ち、家族内での第 1 言語が手話である家族を一般にデフファミリーというが、聾被験者の内デフファミリーは 5 名（男性 3 名、女性 2 名）である。手話の獲得時期ごとに見ると、幼年期 10 名（男性 6 名、女性 4 名）、小学生 4 名（男性 2 名、女性 2 名）、中高生 4 名（男性 2 名、女性 2 名）、大学生 3 名（男性 2 名、女性 1 名）と異なるものの、全員が日常的に手話を用いる者である。年齢は 18～23 歳で平均は 19.8 歳である。非手話話者は全員聴者で筑波大学の学生である。一部が簡単な手話を使える程度で手話の知識はほとんど持っていない、専攻分野も理工学、人文学、障害科学と幅広い。年齢は 19～23 歳で平均は 20.6 歳である。

4.3 実験環境

実験会場は机と椅子を配置した広い部屋であり、照明も十分である。配置した机と椅子は一人用のものであり、机のサイズは巾 90cm × 奥行き 45cm × 高さ 70cm である。実験では机上にスタンドを用いて、画面が被験者の視線とできるだけ直行するように約 60° で Android 端末を配置し、被験者の頭との距離は 30cm 程を保つ。実験環境の図を以下に示す (図 4.1)。

続いて実験用のアプリについて説明する。二次元図形とアイコンを用いて実験を行うために実験用アプリを製作した。実験用アプリは Android 端末を用いて表示する。Android 端末は ASUS (エイスース) 社の「MeMO Pad 8 (ME181C)」を使用した。ディスプレイのサイズは約 8 インチ (縦 99mm × 横 177mm)、解像度は WXGA (1280 × 768)、輝度は 100nits (100cd/m²)、OS は Android™4.4、CPU はインテル

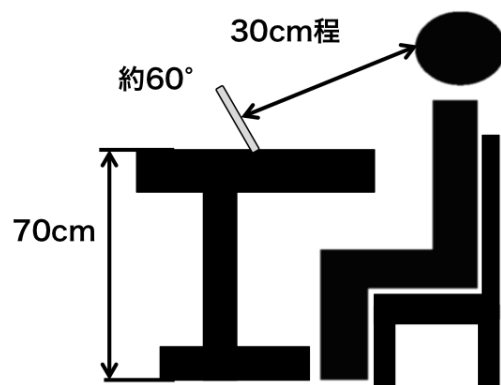


図 4.1: 実験環境

®Atom™Z3745 クアッドコア, メモリは 1GB, サイズは縦 211.7 × 横 124.9 × 厚さ 8.3 mm, 質量は 320g である. 実験では筐体の色がホワイトとブラックの 2 機を使用した. また実験用アプリの画面例を以下に示す (図 4.2) .



(a) 初期画面

(b) 問題提示画面

図 4.2: 実験用アプリ画面例

アプリを起動すると初期画面 (図 4.2(a)) が表示される. 初期画面には「名前登録」ボタン, 「二次元図形練習」ボタン, 「二次元図形実験」ボタン, 「アイコン練習」ボタン, 「アイコン実験その 1」ボタン, 「アイコン実験その 2」ボタンの 6 ボタンが表示される. これら 6 ボタンの操作は実験者が行う. 「名前登録」ボタンをクリックして被験者の名前を登録する. 残りの 5 つの実験ボタンのいずれかをクリックすると問題提示画面に切り替わり, 「START」ボタンが画面中央に表示される. 被験者がこれをクリックすると画面中央に被験者の視線を集めるための凝視点「・」と「YES」ボタン, 「NO」ボタンが表示され, 1000ms 後に凝視点が消え, 最初の問題である図形ペアが提示される (図 4.2 右). 画面に提示されるペアは左が必ず 0° の正立像であり, 右には正立像, 正立像の回転像, あるいは鏡像, 鏡像の回転像のいずれかが提示される. 被験者は右の像が正立像であるかどうかを判断して, 「YES」または「NO」ボタンを押す. 左右の像が正立像であれば「YES」ボタン, そうでないなら (つまり正立像と鏡像のペア) 「NO」ボタンをクリックした時に正解とみなす (図 4.3) .

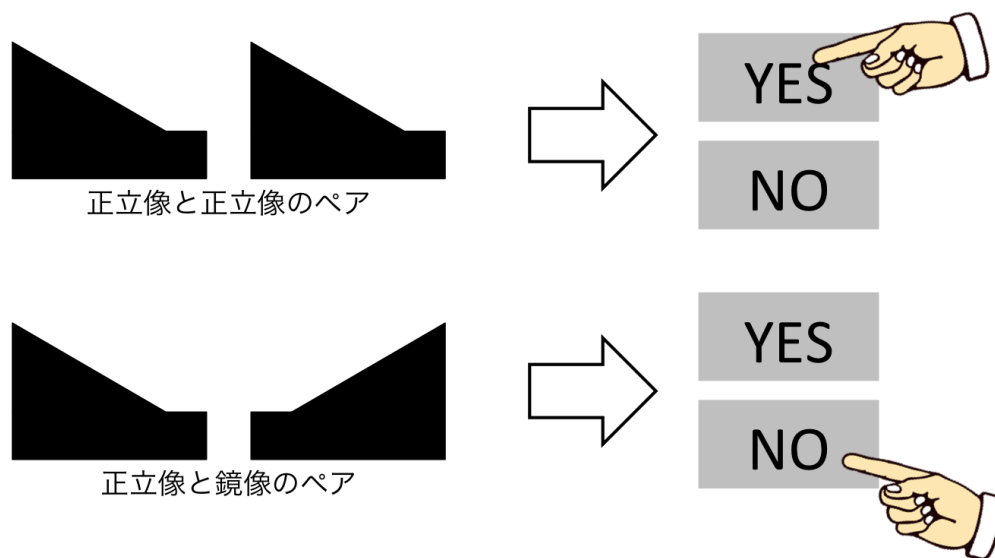


図 4.3: 図形判断の例

この時ペアが表示されてからボタンを押すまでの時間が反応時間 RT (Reaction Time) として測定される。ボタンを押さない限り、次の問題には進まない。すなわち、回答時間に制限は無い。「YES」ボタンか「No」ボタンをクリックすると図形ペアが消えて1問が終了となり、500ms後に再び凝視点「・」が表示され、さらに1000ms後には消え、新しい問題が提示される。これをあらかじめ決めた問題数だけ繰り返す。提示する問題のペアの組み合わせはランダムであるが、全被験者に同じ順序で提示する。なお実験用アプリで提示される二次元図形及びアイコンは一辺5cmの正方形キャンバス内に表示される。図形及び回転角度によってサイズは異なるが最も長い部分は5cmとなる。実験用アプリの問題提示の流れを以下に示す(図4.4)。

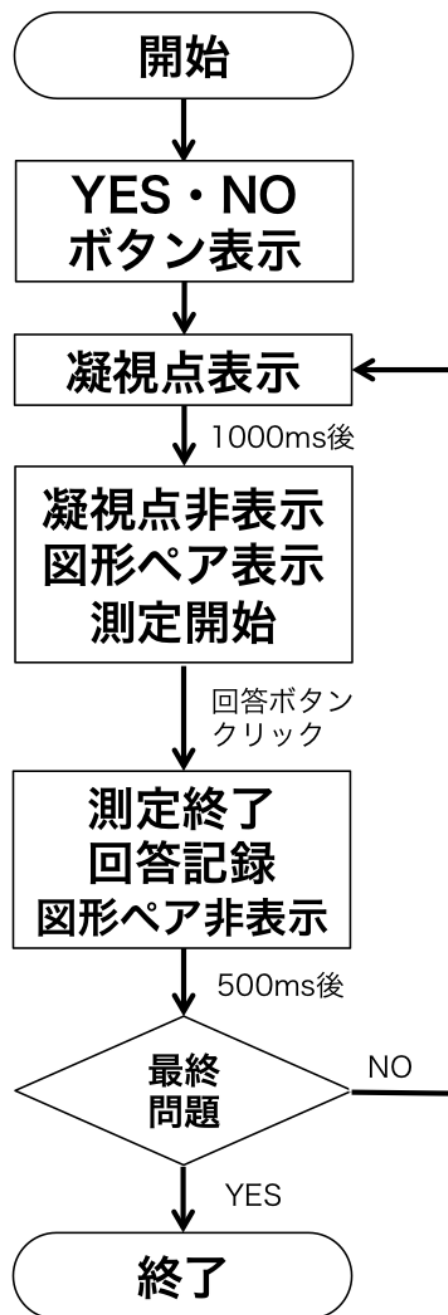


図 4.4: 問題提示の流れ

4.4 提示図形

続いて本実験で使用した二次元図形とアイコンについて説明する。

4.4.1 二次元図形

図形を用いた実験のために二次元の図形を用意した。二次元の図形は描画ソフト (Microsoft Powerpoint 2011) を用いて作成した意味を持たない二次元の黒色図形であり、本番用 6 種, 練習用 2 種の計 8 種である。それぞれの図形の複雑度に差を付けるために、複雑度のレベルに応じて図形を作成した。複雑度が増す程、図形は複雑になっていく。複数の三角形と四角形の組み合わせによって二次元図形を作成したが、ここではその際に複雑度の基準として図形の頂点及び用いた四角形と三角形の数を考慮した。複雑度を 3 つのレベルに分けて二次元図形を作成し、最も複雑度が低い「レベル 1」では頂点の数は 5~7 とし、使用した三角形と四角形はそれぞれ 1 つずつとした。続いて「レベル 2」では頂点数は 8~10, 三角形 2 つ, 四角形 1 つとした。最も複雑度が高い「レベル 3」では頂点数は 11 以上, 三角形と四角形はそれぞれ 2 つとした。なお「レベル 1」では練習用 1 種, 本番用 2 種, 「レベル 2」では練習用 1 種, 本番用 2 種, 「レベル 3」では本番用 2 種の二次元図形を作成した。作成した図形を以下に示す (図 4.5)。図中の番号は図形番号を表している。

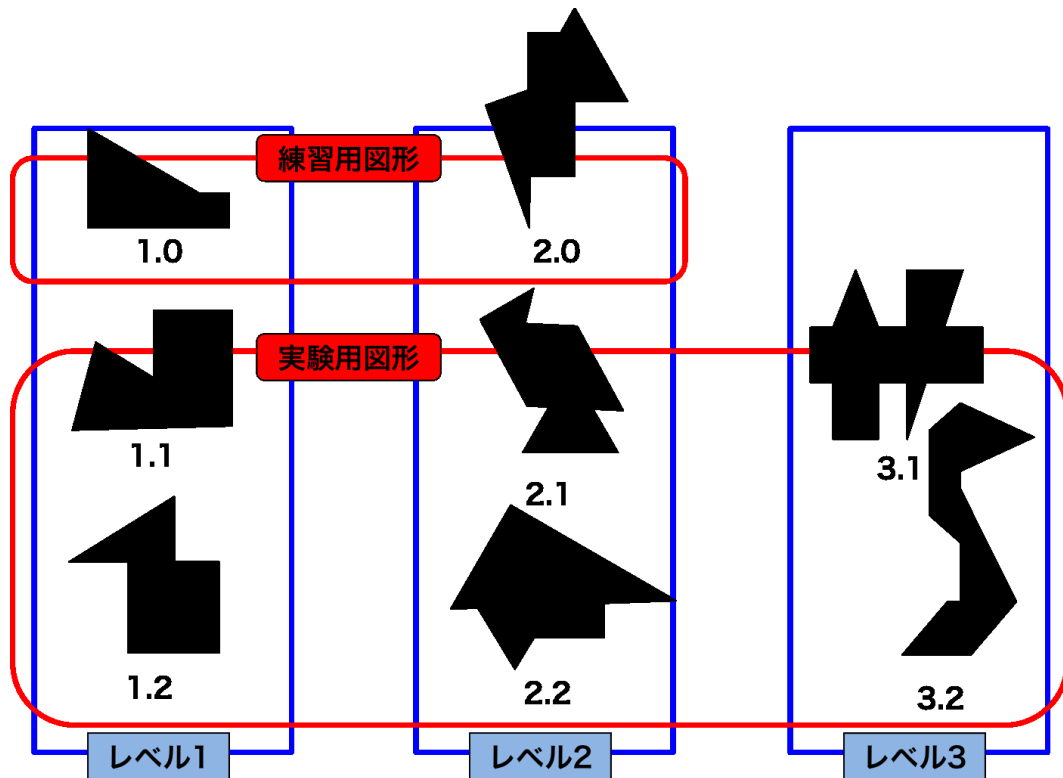


図 4.5: 二次元図形の例

また実験のために二次元図形の正立像, 正立像の回転像, 鏡像, 鏡像の回転像を用意した。回転角度は実験の際の被験者の負担と適度な角度間隔を考慮して 45° 毎とした。ただし最初の 45° は心的回転の及ぼす影響が小さいと思われるので含まない。すなわち用意した回転角度は 0° (正立), 90°, 135°, 180°, 225°, 270° の 6 通りである。また回転像だけでなく左右反転された図形, すなわち鏡像と, さらに鏡像の回転像も前述の角度で 6 通り用意した。つまり 1 つの図形に対して 12 通りの図形を用意する (図 4.6)。実験で用いられるペアは他方は正立像で, もう一方は 12 通りの図形からランダムに選ばれる。つまりペアは正立像と,

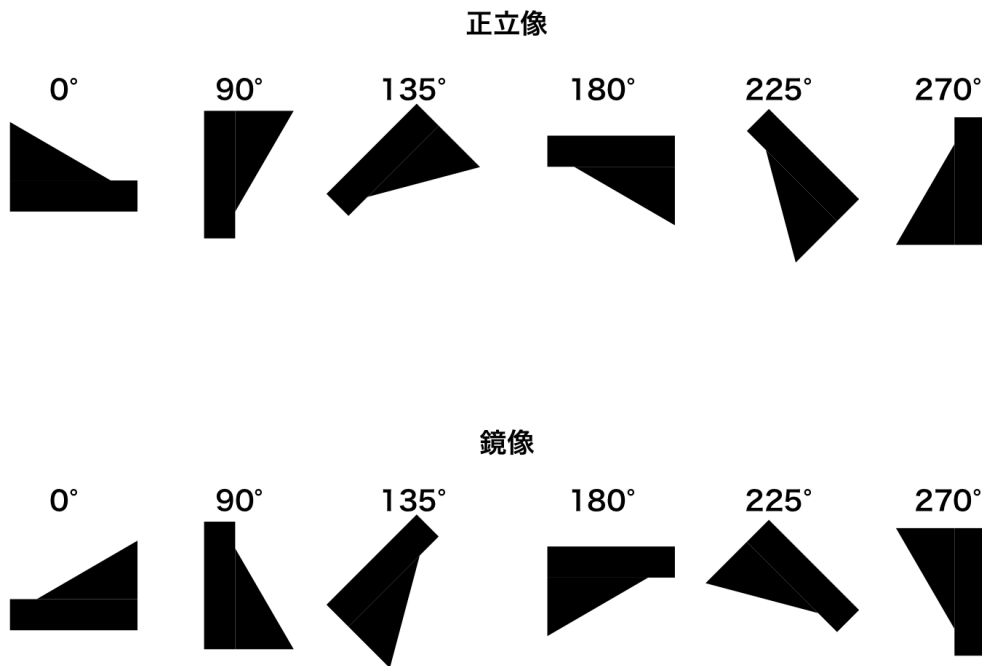


図 4.6: 用意した 12 通りの図形

正立像か正立像の回転像, あるいは正立像と, 鏡像か鏡像の回転像の組からなり, 回転像同士や鏡像同士が組になることは無い. このペア 1 組を 1 問とし, 実験用として 6 種 × 6 通り (回転角度) × 2 通り (正立像と鏡像) の 72 問, 練習用として 2 種 × 6 通り (回転角度) × 2 通り (正立像と鏡像) の 24 問の計 96 問を用意した. ペアの例を以下に示す (図 4.7).

4.4.2 アイコン

アイコンは「JIS 絵記号」を使用した. 「JIS 絵記号」は 2005 年 4 月に経済産業省が制定した「コミュニケーション支援用絵記号デザイン原則 (JIS T0103) [5]」の参考資料の 313 個のピクトグラムのことである. この規格は文字や話し言葉によるコミュニケーションが困難な人が自分の意思や要求を相手に的確に伝え, 正しく理解してもらうことを支援するための絵記号に関する日本工業規格 (JIS) である. 規格では基本的な絵記号及びそれらの作図方法やルールなどについて規定されている.

本研究ではこの「JIS 絵記号」から抜粋した図形をアイコンとして用いて実験を行った. 使用するアイコンの種類は 313 個の中から練習用 3 種, 実験用 15 種の計 18 種を選択した. ここでアイコンを選択した基準は, ①海外での会話場面での使用頻度が高いと思われるもの, ②スムーズな実験のためにできるだけ点対称になっているもの, の 2 つである. 基準①については実際に海外で異なる言語を持つ者との会話場面で頻出すると思われるキーワードを多数想定し, それらのキーワードのアイコンがあるものを選択した. キーワードは例えば, 基本動作, 感情, 動物, 物などの関連用語である. 基準②については実験のためにアイコンを回転, または反転させ, それらが正立像同士であるかそうでないかを判断させるが, それ故に回転や反転の後と前で差異が見られるようなものが望ましい. すなわち回転あるいは反転させても違いが分かりにくいもの, 完全な点対称に近い形のアイコンは省く. 変形させてもある程度分かりやすく, 完全な点対称でないようなアイコンを選択する. アイコンにおいては, 図形の複雑さに基づくレベル分けはおこなっていない. 選択したアイコン 18 種を以下に示す (図 4.8).

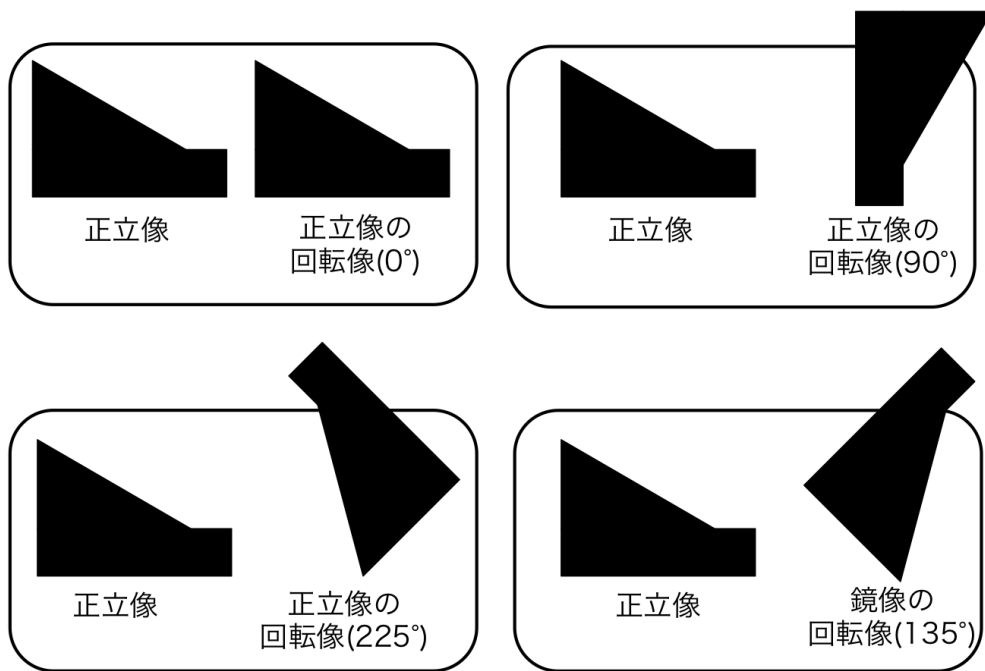


図 4.7: 二次元図形のペア例



図 4.8: アイコン 18 種一覧

また実験のために二次元図形と同様にアイコンの正立像、正立像の回転像、鏡像、鏡像の回転像を用意した。回転を加えていないアイコンを正立像、回転させたアイコンを回転像（ 0° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° の6通り）、左右反転されたアイコンを鏡像とし、さらに鏡像の回転像も用意した。つまり1種のアイコンに対して12通りの図形を用意し、練習用として3種×6通り（回転角度）×2通り（正立像と鏡像）の36個、実験用として15種×6通り（回転角度）×2通り（正立像と鏡像）の180個の計216個を用意した。これらの図形から正立像と、正立像か正立像の回転像、あるいは正立像と、鏡像か鏡像の回転像の組からなる2枚1組のペアは二次元図形と同様に、回転像同士あるいは鏡像同士の組は含まない。アイコンのペア例を以下に示す（図4.9）。

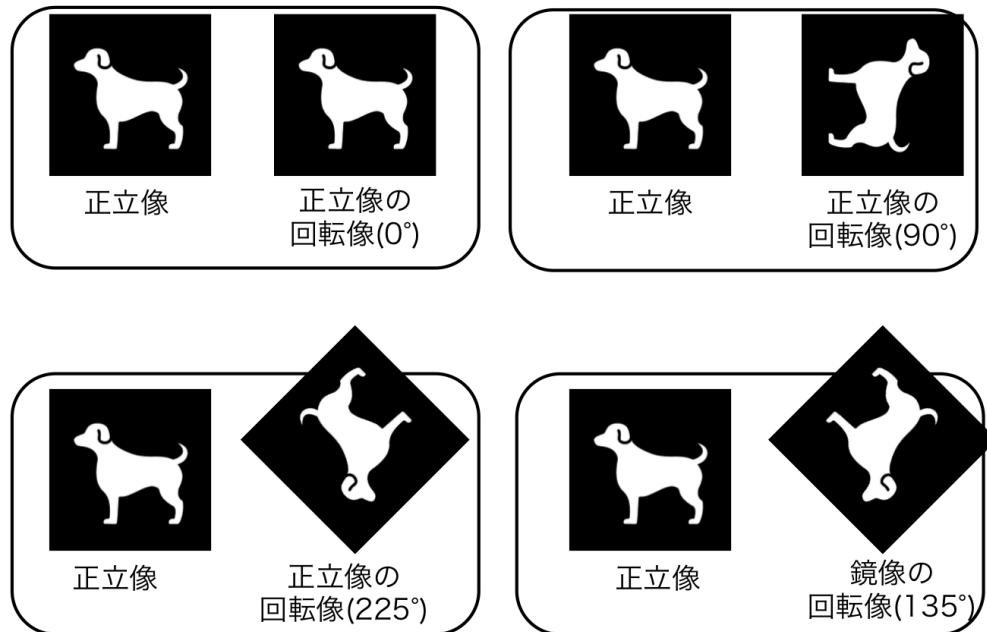


図 4.9: アイコンのペア例

4.5 実験手順

被験者は実験用アプリを用いて二次元図形、続いてアイコンの判断実験を以下の図4.10の順序のように行う。以下、本論文では、二次元図形を用いた判断実験を二次元図形実験、アイコンを用いたものをアイコン実験と呼ぶ。

本実験では実験説明、二次元図形練習、二次元図形実験、アイコン練習、アイコン1実験、アイコン2実験、アンケート記入の7つのセッションに分けて実験を行う。最初の実験説明では本実験の手順、実験用アプリの概要、操作方法、使用する二次元図形、アイコン例の提示、同意書の確認などを行う。図形例の提示では二次元図形8種とアイコン18種の正立像の一覧をあらかじめ被験者に1分程提示する（この時、図形番号やアイコン名称は提示しない）。なお提示形式は紙であり、本番用と練習用の区別はしていない。10分程の説明を終えたら実験にはいる。二次元図形練習、二次元図形実験、アイコン練習、アイコン1実験、アイコン2実験の順に実施する。アイコン実験に関しては問題数が多いため休憩を挟んで2回に分けて行っている。各実験の実験時間はそれぞれ1問あたりにかかる時間を5秒とし、2分、6分、3分、7分、8分を想定した。また各実験間の休憩時間は3分である。すべての実験が終わった後に手話習得状況に関するアンケート記入を行う。一人あたり1時間弱を想定している。以上が実験の手順である。

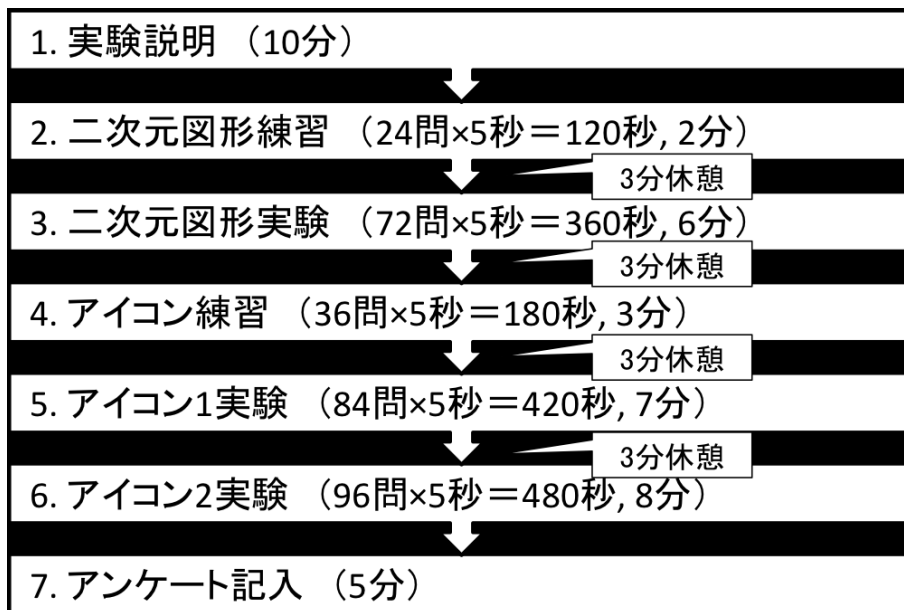


図 4.10: 実験の手順

5 実験結果

本章では二次元図形とアイコンにおける手話話者と非手話話者の実験の比較結果を示す。ここで用いるデータは実験問題のものであり、練習問題は含まない。また、被験者が提示された図形ペアを誤答したデータも除外した。分析に先立ち、手話話者と非手話話者のそれぞれにおいて反応時間が（それぞれの問題において）平均±2σ（σ：標準誤差）を超える被験者のデータは省いた。

5.1 二次元図形実験の結果

二次元図形の図形ごとの手話話者 21 名と非手話話者 19 名の反応時間の平均値を以下に示す。正立像と鏡像でそれぞれ 6 つの回転角度に分けたグラフを示す。なお、グラフ中のエラーバーは標準誤差を示している。また「†」、「*」、「**」は、手話話者と非手話話者の反応時間に関して対応なし t 検定（ウェルチの t 検定）を行った際に、水準 10%、5%、1% で有意であることを示す。

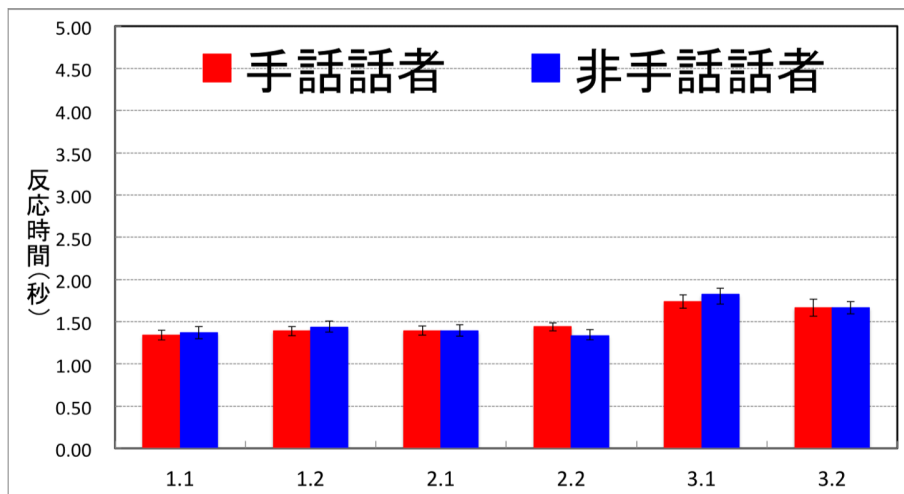


図 5.1: 二次元図形実験：正立像（0°）の反応時間

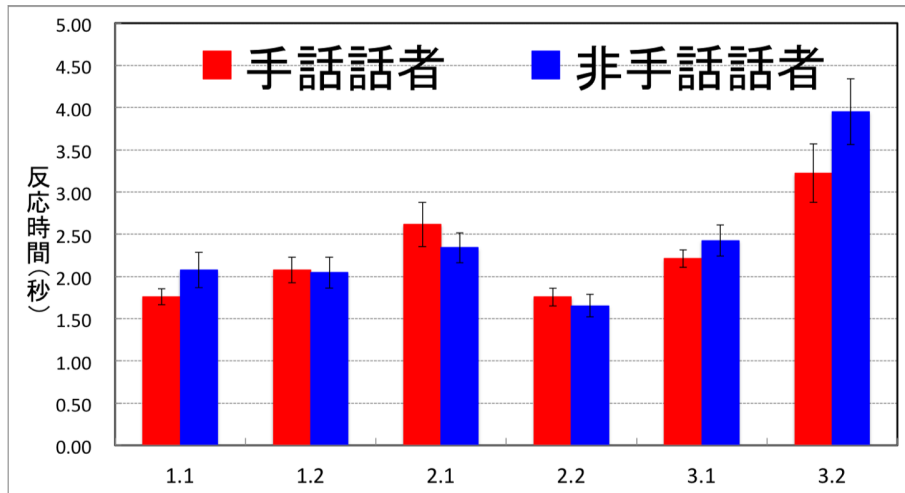


図 5.2: 二次元図形実験：正立像 (90°) の反応時間

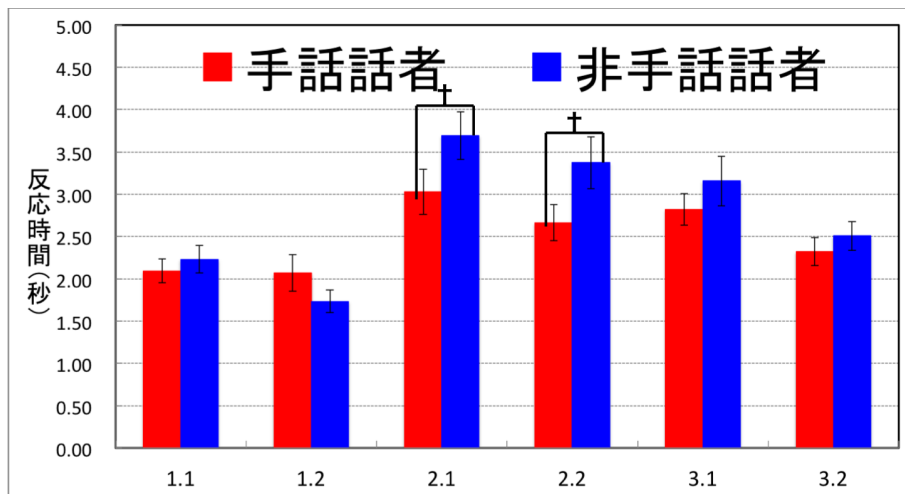


図 5.3: 二次元図形実験：正立像 (135°) の反応時間

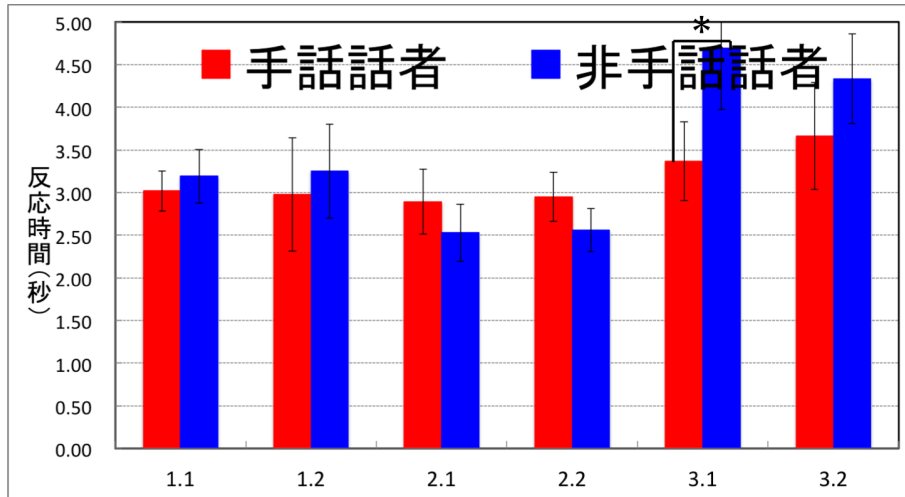


図 5.4: 二次元図形実験：正立像（180°）の反応時間

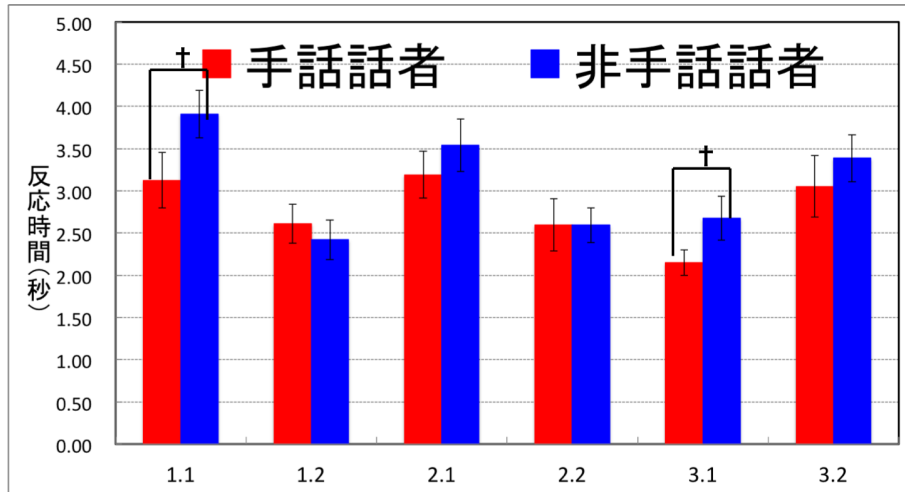


図 5.5: 二次元図形実験：正立像（225°）の反応時間

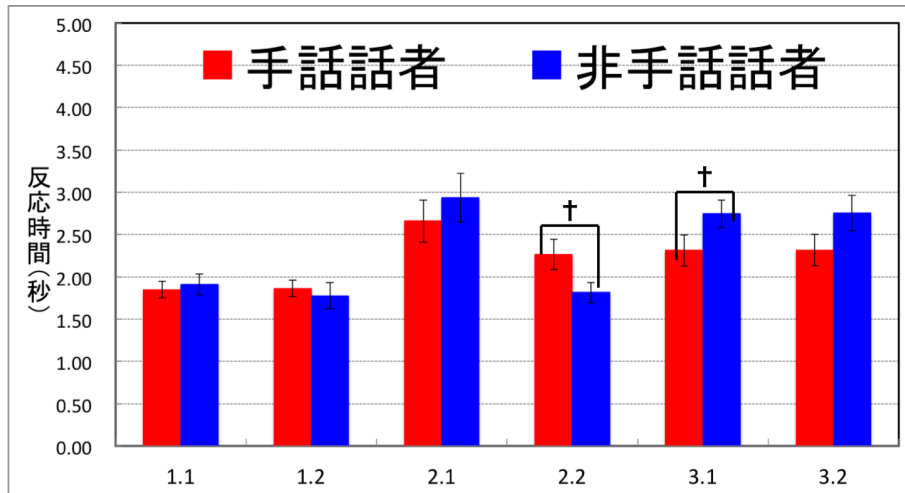


図 5.6: 二次元図形実験：正立像（270°）の反応時間

二次元図形の正立像における図形ごとの手話話者と非手話話者の比較結果を見ると、はっきりした差は見られなかったが、手話話者の方が反応時間が短い傾向が見て取れる。特に図形 3.1 に関しては 180° ~ 270° の場合において手話話者の方が 10%水準で有意に短いことが示された（手話話者と非手話話者の反応時間に関して対応なしの t 検定をおこなったところ、 $t = -1.749 \sim -2.124$, $df = 32 \sim 36$ ）。また回転角度が大きくなると反応時間が長くなる傾向が見られた。次に二次元鏡像の比較結果を示す。

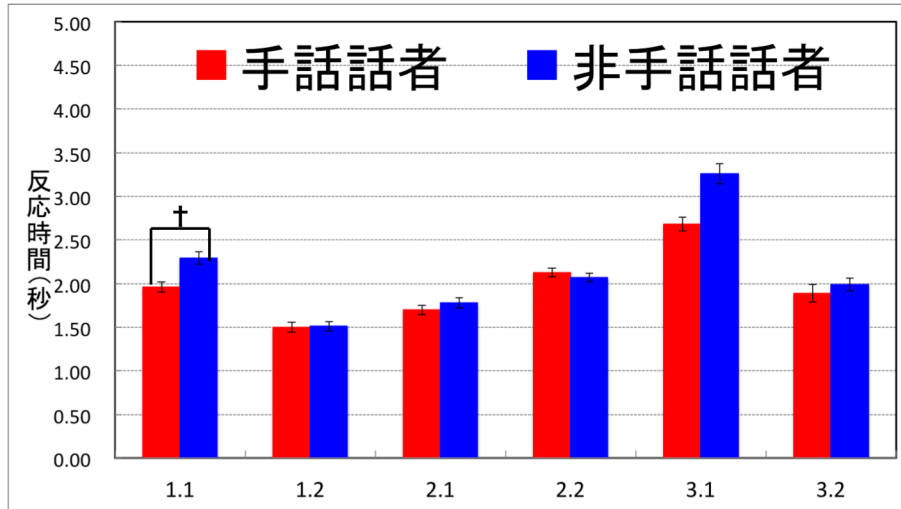


図 5.7: 二次元図形実験：鏡像 (0°) の反応時間

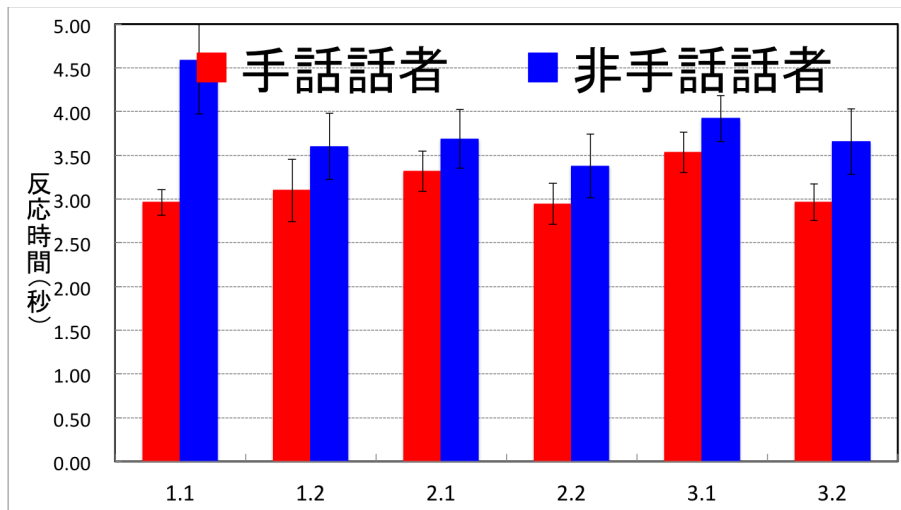


図 5.8: 二次元図形実験：鏡像 (90°) の反応時間

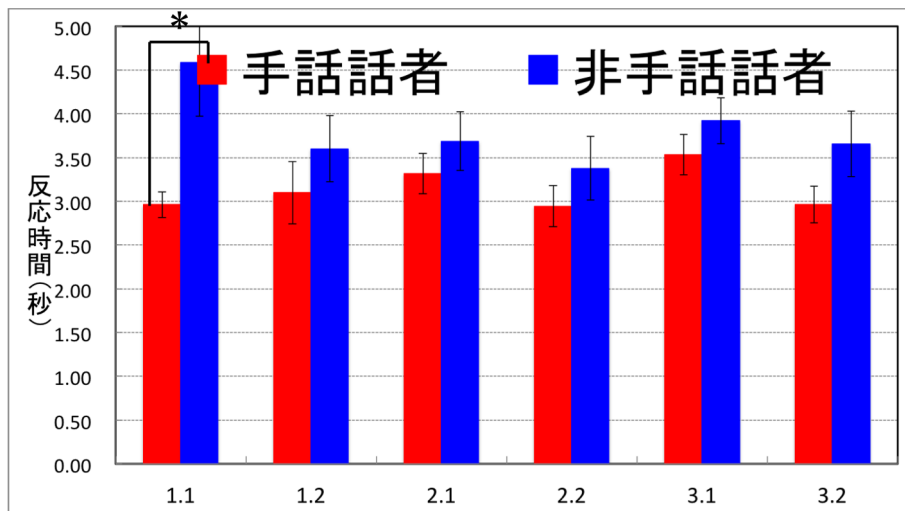


図 5.9: 二次元図形実験：鏡像（135°）の反応時間

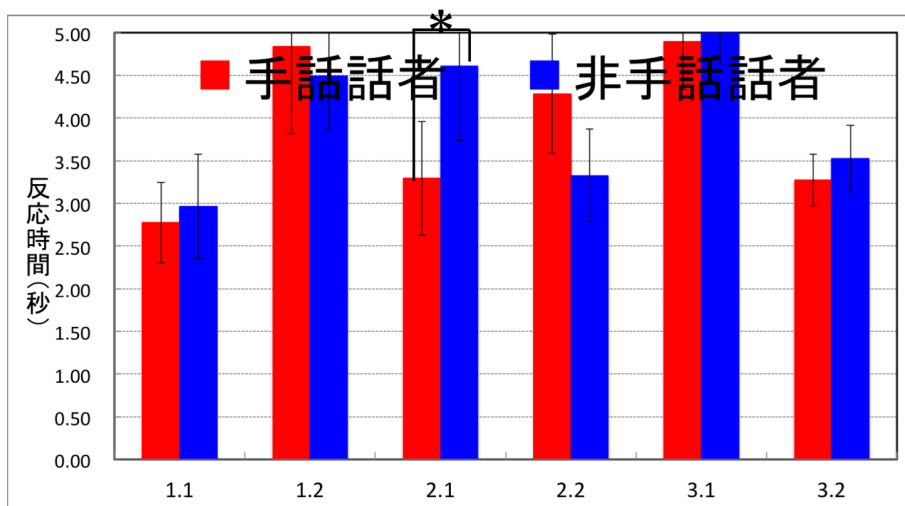


図 5.10: 二次元図形実験：鏡像（180°）の反応時間

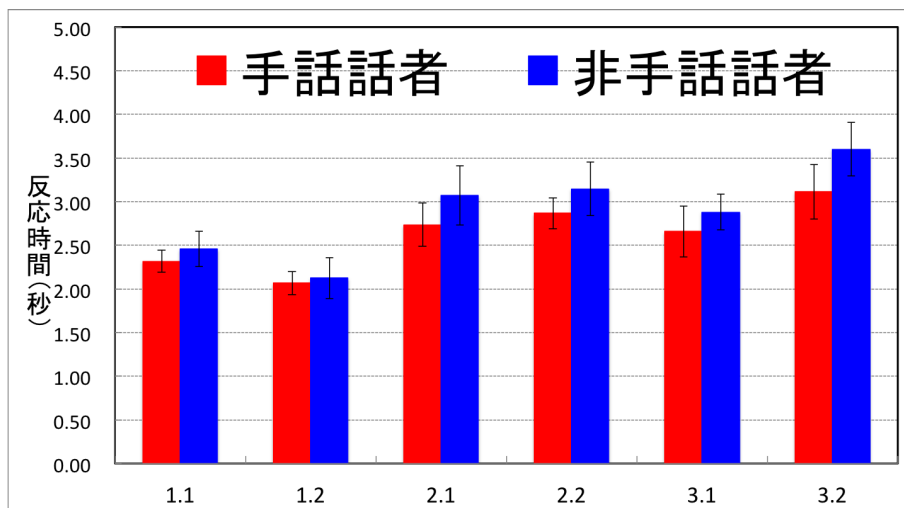


図 5.11: 二次元図形実験：鏡像（225°）の反応時間

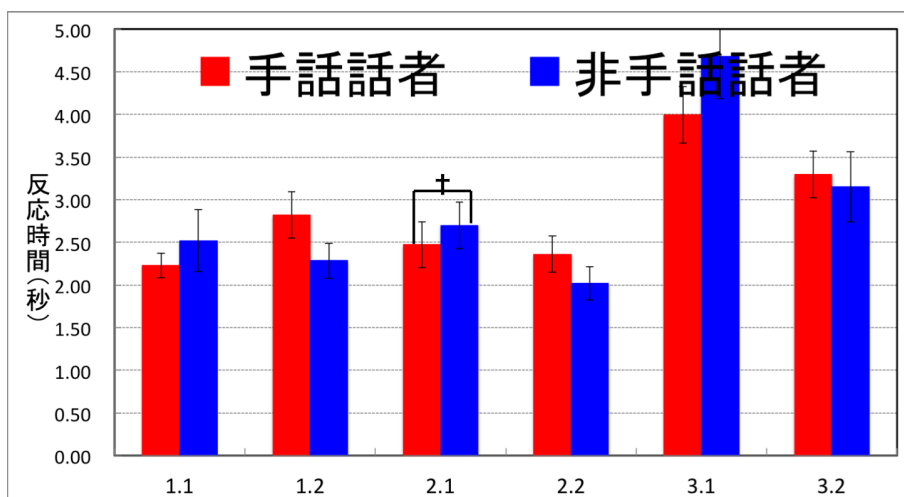


図 5.12: 二次元図形実験：鏡像（270°）の反応時間

二次元図形の鏡像における図形ごとの手話話者と非手話話者の比較結果を見ると、はっきりした差は見られなかった。手話話者と非手話話者の反応時間に関して対応なしの t 検定をおこなったところ、135° の図形 1.1 に関しては 5%水準で有意に短いことが示された ($t=-2.633$, $df=35$) 180° の図形 2.1 に関しては 5%水準で有意に短いことが示された ($t=-2.506$, $df=33$)。

5.2 アイコン実験の結果

アイコンの図形ごとの手話話者 21 名と非手話話者 19 名の反応時間の平均値を以下に示す。

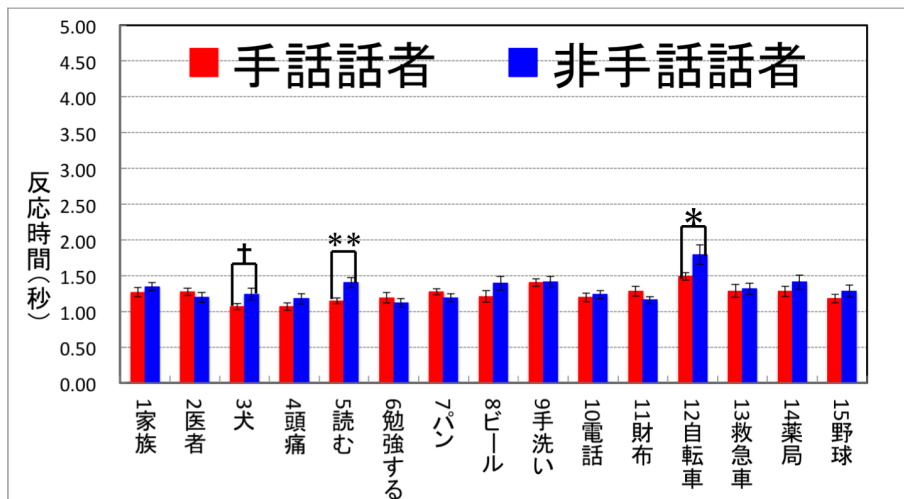


図 5.13: アイコン実験：正立像 (0°) の反応時間

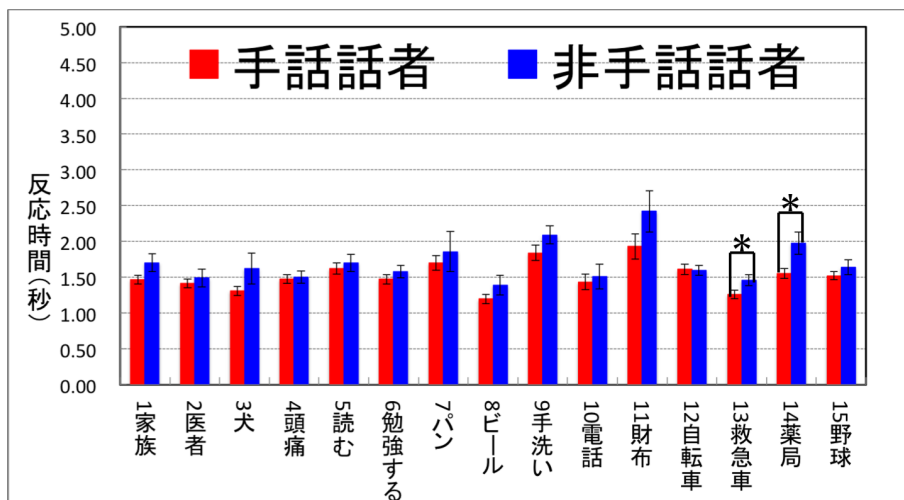


図 5.14: アイコン実験：正立像 (90°) の反応時間

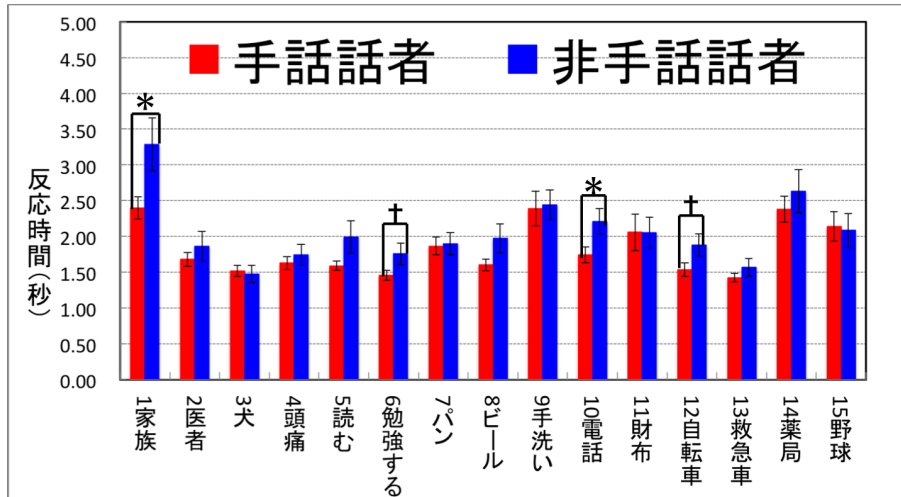


図 5.15: アイコン実験：正立像 (135°) の反応時間

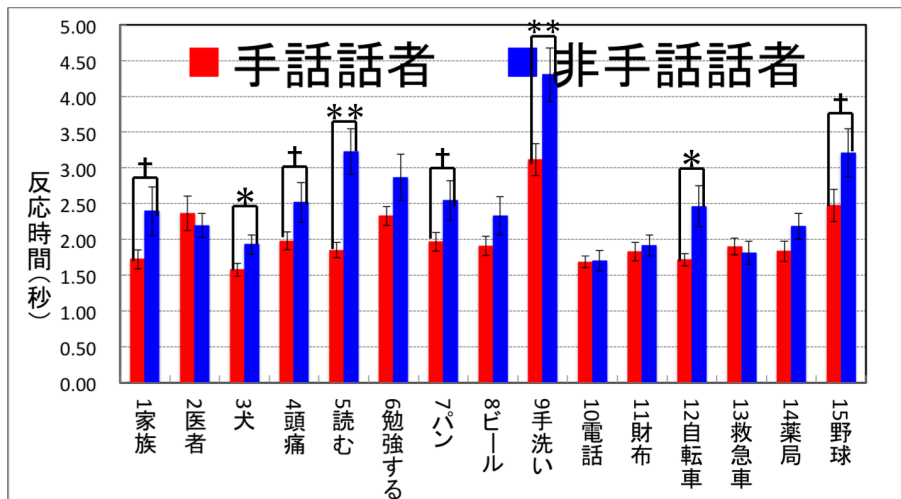


図 5.16: アイコン実験：正立像 (180°) の反応時間

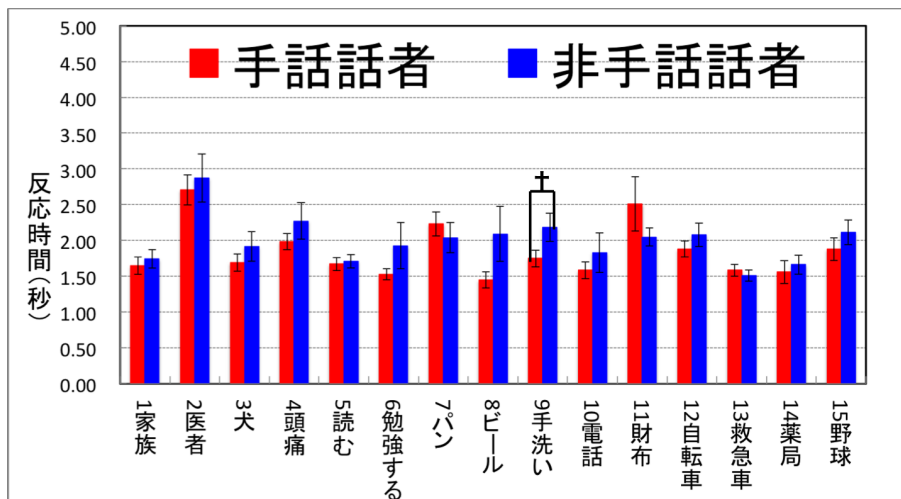


図 5.17: アイコン実験：正立像 (225°) の反応時間

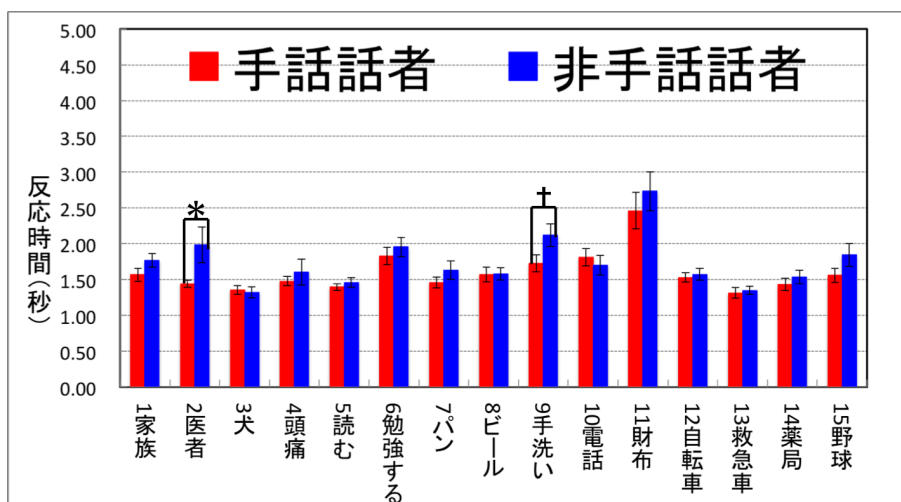


図 5.18: アイコン実験：正立像 (270°) の反応時間

アイコンの正立像における図形ごとの手話話者と非手話話者の比較結果を見ると、はっきりした差は見られなかったが、ここでもやはり手話話者の方が反応時間が短い傾向が見て取れる。手話話者と非手話話者の反応時間に関して対応なしのt検定をおこなったところ、手話話者の反応時間の方が、0°において5%水準で1つ、1%水準で1つ有意に短かった。同様に、90°においては5%水準で2つ、135°においては5%水準で1つ、180°においては5%水準で2つ、1%水準で2つ、270°においては5%水準で1つ有意に短かった。また全ての角度において10%水準で有意に短いアイコンが複数見られた。次に、アイコンの鏡像についての比較結果を示す。

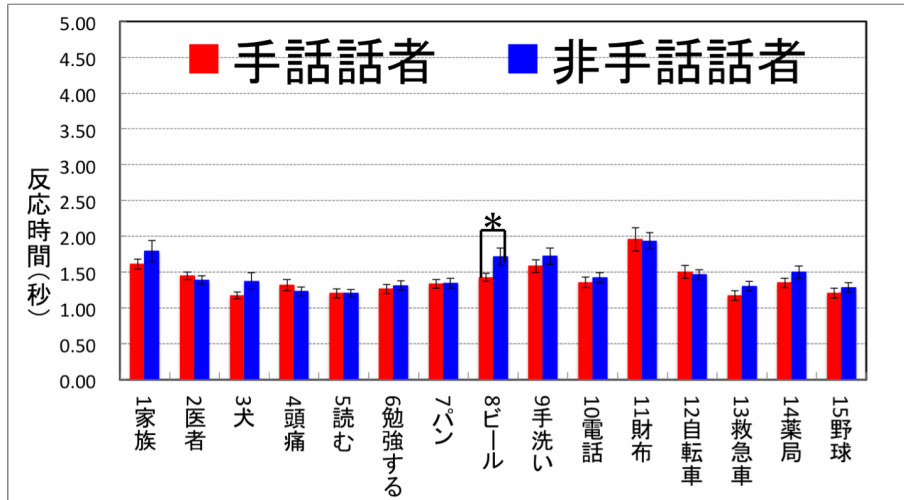


図 5.19: アイコン実験：鏡像 (0°) の反応時間

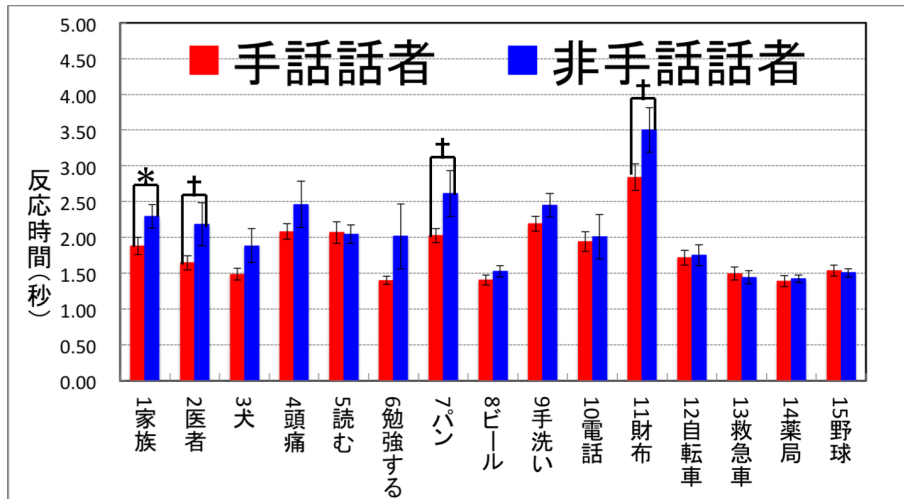


図 5.20: アイコン実験：鏡像 (90°) の反応時間

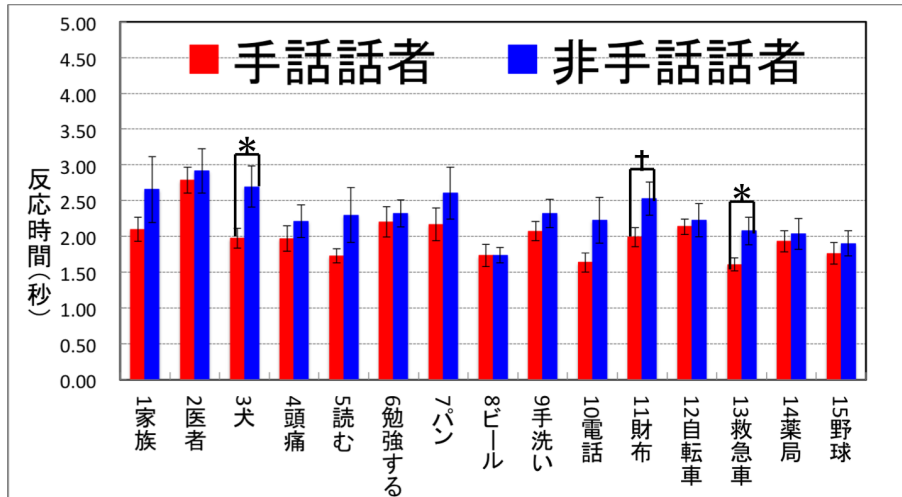


図 5.21: アイコン実験：鏡像 (135°) の反応時間

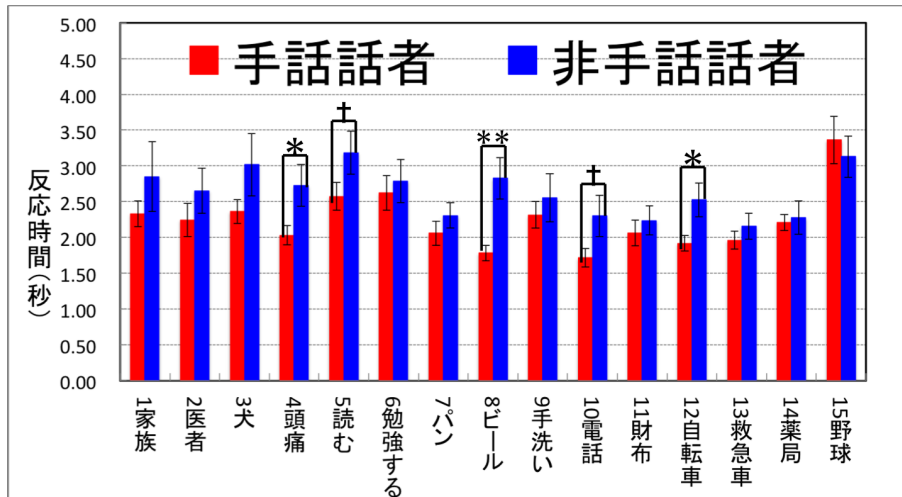


図 5.22: アイコン実験：鏡像 (180°) の反応時間

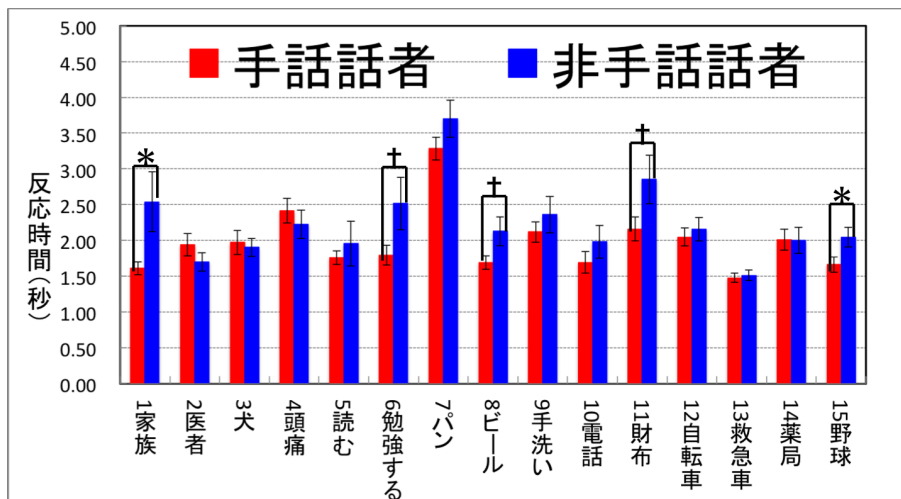


図 5.23: アイコン実験：鏡像 (225°) の反応時間

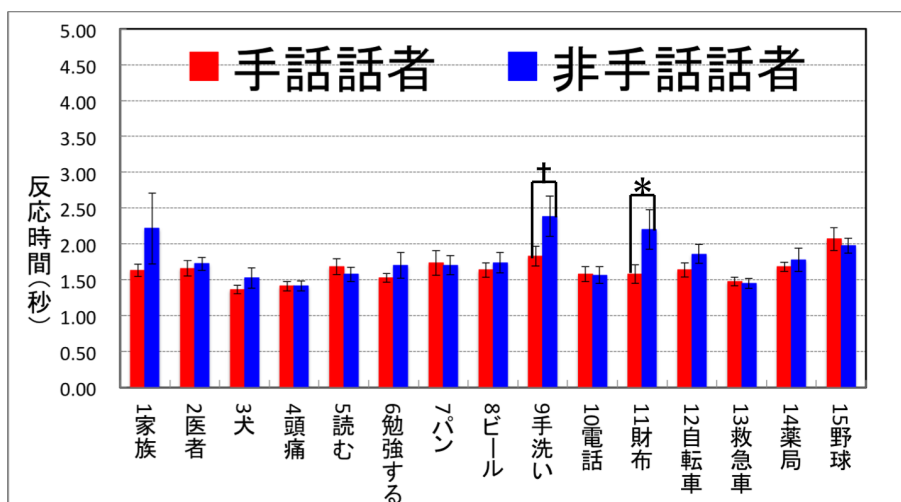


図 5.24: アイコン実験：鏡像 (270°) の反応時間

アイコンの鏡像における図形ごとの手話話者と非手話話者の比較結果を見ると、はっきりした差は見られなかったが、やはり手話話者の方が反応時間が短い傾向が見て取れる。手話話者と非手話話者の反応時間に関して対応なしのt検定をおこなったところ、手話話者の反応時間の方が、0°において5%水準で1つ有意に短かった。同様に、90°においては5%水準で1つ、135°においては5%水準で2つ、180°においては5%水準で2つ、1%水準で1つ、225°においては5%水準で2つ、270°においては5%水準で1つ有意に短かった。また全ての角度において10%水準で有意に短いアイコンが複数見られた。

5.3 まとめ

二次元図形とアイコンを用いた心的回転の実験を、手話話者 21 人および非手話話者 19 人の計 40 人を対象に行った。手話話者と非手話話者の反応時間の比較結果をまとめた。

二次元図形とアイコンの結果から考察を行った。二次元図形、アイコンともに 180° をピークに回転角度が大きくなるほど反応時間が増加することが確認された。このことは過去の研究 [18] と一致する。二次元図

形, アイコンともに手話話者が非手話話者よりも短い反応時間を示す傾向が見られたことから, 手話話者の心的回転能力が非手話話者より優れていることが示唆される. ただしこの優位性が手話経験によるものか, あるいは聴覚障害によるものなのかを判断する為には聴の日本手話話者を対象にした実験が必要である.

アイコンも二次元図形と同様に, 手話話者と非手話話者の間に有意の差は見られなかったが, 多くの図形で手話話者が非手話話者より短い反応時間を示した. 特に 180° の場合, ほとんどのアイコンに関して手話話者の方が反応時間が短く, 有意に手話話者の方が反応時間の短いアイコンが多く見られた. これらのことから手話話者にとっては回転されたアイコンの読み取りはスムーズなコミュニケーションの妨げにならないことが予想される. 以上より, 本研究が目的とする, 異なる手話言語の話者同士との交流において, 本実験の結果よりアイコンを用いたコミュニケーションをスムーズに行うことができる可能性が高いことが示唆された.

6 結論

6.1 まとめ

本研究では、異なる手話言語を持つ者同士のコミュニケーションの支援に際して、新しいコミュニケーションツールの為の基礎研究を行った。手話話者は視覚的情報を用いたコミュニケーションが適していることからアイコンを用いることを想定し、手話話者にとって使いやすいツールを目指して、手話話者の視覚認知特性の調査、整理を行った。調査の結果、手話話者は頭の中でイメージを生成および回転させる実験において、非手話話者よりも優れていることが分かった。その他に視覚刺激に対する優れた知覚、顔の識別能力、触覚能力を持つことが明らかになったが、特にコミュニケーションツールに応用するための手話話者の視覚認知特性として、心の中に思い浮かべたイメージを回転変換する認知的機能である「心的回転」をとりあげた。この心的回転において、意味を持たない二次元図形ではASL話者が聴非手話話者よりも早く実行したことを報告する先行研究があるが[20]、本研究で想定しているアイコンを用いたコミュニケーションに適用できるかどうかを検討するために、聾の日本手話話者21名、聴の非手話話者19名を対象に実験を実施した。

二次元図形とアイコンはそれぞれ正立像、正立像の回転像、鏡像、鏡像の回転像を用意し、正立像同士のペア、正立像と鏡像のペアを構成した。このペアを被験者に掲示し、正立像のペアであるかどうかを判断させ、その際の反応時間を測定した。二次元図形とアイコンともに回転角度が大きくなるにつれて反応時間が増加する傾向が見られた。また手話話者と非手話話者の間に反応時間のはっきりした差は見られなかったが、多くの図形で手話話者が非手話話者よりも短い反応時間を出した。このことから手話話者のほうが心的回転能力が高いことが予想される。

これにより、異なる手話言語の話者同士との交流においては、本研究で想定しているアイコンを用いたコミュニケーションをスムーズに行うことができる可能性が高いことを示すことができた。

6.2 今後の課題

今回の研究で手話話者の心的回転における優位性が確認されたが、これらは手話経験によるもの、あるいは聴覚障害によるもののどちらなのかは定かではないため、今後は聴の日本手話話者を対象とした実験を行うことで、本研究で示された優位性に対する詳細な要因が検証できると考える。もし心的回転優位性が手話経験によるものであれば、聾者・聴者を問わず、異なる手話言語話者同士のコミュニケーションにも何らかの形で応用できるだろう。

また文字、数字など二次元図形とアイコン以外の提示物を用いた実験を実施し、その結果から手話話者の傾向を分析するとともに新しいコミュニケーションツールに応用していくことで異なる手話言語の話者同士の交流をよりスムーズに行うことができるようになると考えられる。

さらに、本研究で得られた知見に基づいてコミュニケーションツールを制作し、異なる手話話者同士のコミュニケーションの実際の現場において評価を行い、実験で想定した条件で得られた結果と実際のコミュニケーション下における結果の差異を検証していく。

謝辞

本修士論文は、筆者が筑波技術大学大学院 技術科学研究科 産業技術学専攻の修士課程在学中に行った研究をまとめたものです。本研究に関してご指導ご鞭撻を頂きました指導教員の西岡知之教授、副指導教員の皆川洋喜教授に心より感謝致します。また本論文をご精読頂き有用なコメントを頂きました主査の加藤伸子教授、副査の黒木速人教授に感謝いたします。また実験の実施に際して快く引き受けてくださった筑波技術大学と筑波大学の学生の皆様に深く感謝しております。最後に私の研究生生活を様々な面で支えてくださった数多くの先輩、友人、知人、そして家族に心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 市田泰弘：手話の言語学, 『月刊言語』, 第 34 卷, 第 1 号-第 12 号 (連載), 大修館書店 (2005)
- [2] Google Inc., 「Google 翻訳」, <https://play.google.com/store/apps/developer?id=Google>
- [3] NAVER, 「世界会話手帳」, <http://naverland.naver.jp/?p=6559>
- [4] 公共財団法人 交通エコロジー・モビリティ財団,
「コミュニケーション支援ボード」,
http://www.ecomo.or.jp/barrierfree/comboard/comboard_top.html
- [5] 公益財団法人 共用品推進機構,
「コミュニケーション支援用絵記号デザイン原則 (JIS T0103)」,
http://www.kyoyohin.org/06_accessible/060100_jis.php
- [6] 公共財団法人 交通エコロジー・モビリティ財団, 「JIS Z8210 案内用図記号」,
http://www.ecomo.or.jp/barrierfree/pictogram/picto_top.html
- [7] 日本聴覚障害者建築協会, 「話せるカード SOS カード」,
<http://www.aajd.org/sos/>
- [8] 荒川区, 「荒川区コミュニケーション支援ボード」,
<https://www.city.arakawa.tokyo.jp/kurashi/shogaisha/topics/sienbord.html>
- [9] iHandy Inc., 「iHandy 翻訳機 Pro」,
<https://itunes.apple.com/jp/app/id402422247?mt=8&ign-mpt=uo>
- [10] myLanguage, Inc., 「Vocre Translate」,
<http://www.vocre.com/>
- [11] NTT ドコモ, 「はなして翻訳」,
https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.nttdocomo.interpreterphone3&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwyLDEsImpwLmNvLm50dGRvY29tby5pbmRlcnByZXRlcnBob25lMyJd
- [12] U-STAR, 「VoiceTra 4U」,
http://www.ustar-consortium.com/app_ja/app.html
- [13] Jourist Verlags GmbH, 「旅のことば」,
<https://play.google.com/store/apps/details?id=info.jourist.TravelInterpreter&hl=ja>
- [14] Brain, 「らく旅 英語」, <http://www.brain-net.co.jp/iphone/>
- [15] Deafjapan, 「アメリカ手話 American Sign Language」, <https://itunes.apple.com/jp/app/amerika-shou-hua-american/id380442256?mt=8>
- [16] Verlag Karin Kenstner oHG, 「Deutsche Gebärdensprache」,
<https://itunes.apple.com/de/app/deutsche-gebardensprache-das/id365248027?mt=8>
- [17] Europeiskt Teckensprakcenter, 「Spread Signs」, <http://www.spreadthesign.com/>
- [18] Shepard, R. and Metzler, J. : Mental rotation of three-dimensional objects. Science, 171, 701-703 (1971).

- [19] McKee, D. : An analysis of specialized cognitive functions in deaf and hearing signers. Unpublished doctoral dissertation, University of Pittsburgh (1987).
- [20] Emmorey, K., Kosslyn, S. and Bellugi, U. : Visual imagery and visual-spatial language: Enhanced imagery abilities in deaf and hearing ASL signers. *Cognition* 46, 139-181 (1993).
- [21] Talbot, K.F. and Haude, R.H. : The relationship between sign language skill and spatial visualization ability: mental rotation of three-dimensional objects. *Perceptual and Motor Skills* 77, 1387-1391 (1993).
- [22] Chamberlain, C. and Mayberry, R. I. : Do the deaf “see” better? Effects of deafness on visuospatial skills. Poster presented at TENNET V, Montreal, Quebec (1994).
- [23] Kosslyn, S. M., Brunn, J., Cave, K. and Wallach, R. : Individual differences in mental imagery ability: A computational analysis. *Cognition*, 18, 195-243 (1985).
- [24] Liddell, S. : Four functions of a locus: Re-examining the structure of space in ASL. In C. Lucas (Ed.), *Sign language research: Theoretical issues* (pp. 176-198). Washington, DC: Gallaudet University Press (1990).
- [25] Emmorey, k., and Kosslyn, S. : Enhanced Image Generation Abilities in Deaf Signers: A Right Hemisphere Effect. *Brain and Cognition* 32, 28-44 (1996).
- [26] Wilson, M., Bettger, J., Niculae, I., Klima, E. : Modality of language shapes working memory: evidence from digit span and spatial span in ASL signers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education* 2 (3), 152-162 (1997).
- [27] Parasnis, I., Samar, V., Bettger, J., and Sathe, K. : Does deafness lead to enhancement of visual spatial cognition in children? Negative evidence from deaf nonsigners. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 1 (2) , 145-152 (1996).
- [28] Capirci, O., Cattani, A., Rossini, P. and Volterra, V. : Teaching sign language to hearing children as a possible factor in cognitive enhancement. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 3, 135-142 (1998).
- [29] Siple, P. : Visual constraints for sign language communication. *Sign Language Studies*, 19, 97-112 (1978).
- [30] Bonnet, C. : Visual motion detection model: Features and Frequency/filters. *Perception*, 6, 491-500 (1977).
- [31] Neville, H. and Lawson, D. : Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An event-related potential and behavioral study. I. Normal hearing adults. *Brain and language*, 57, 285-308 (1987a).
- [32] Neville, H. and Lawson, D. : Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An event-related potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults. *Brain Research*, 405, 268-283 (1987b).
- [33] Neville, H. and Lawson, D. : Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An event-related potential and behavioral study. III. Separate effects of auditory deprivation and acquisition of a visual language. *Brain Research*, 405, 284-294 (1987c).

- [34] Bosworth, R. and Dobkins, K. : Left hemisphere dominance for motion processing in deaf signers. *Psychological Science*, 10(3), 256-262 (1999).
- [35] Bavelier, D., Tomann, A., Hutton, C., Mitchell, T., Liu, G., Corina, D. and Neville, H. : Visual attention to the periphery is enhanced in congenitally deaf individuals. *Journal of Neuroscience*, 20, U1-U6 (2000).
- [36] Bavelier, D., Tomann, A., Brozinsky, C., Mitchell, T., Neville, H. and Liu, G. : Processing of motion velocity in deaf signers. Poster presented at the Cognitive Neuroscience Society meeting, New York, New York (2001).
- [37] Poizner, H. : Visual and “phonetic” coding of movement: Evidence from American Sign Language, *Science*, 212, 691-693 (1981).
- [38] Poizner, H. : Perception of movement in American Sign Language: Effects of linguistic structure and linguistic experience. *Perception and Psychophysics*, 33, 215-231 (1983).
- [39] Poizner, H., Fok, A. and Bellugi, U. : The interplay between perception of language and perception of motion. *Language Sciences*, 11, 267-287 (1989).
- [40] Klima, E.S., Tzeng, O.J.L., Fok, A., Bellugi, U., Corina, D. and Bettger, J. : From sign to script: Effects of linguistic experience on perceptual categorization. Technical Report # INC-9603, Institute for Neural Computation, University of California, San Diego, CA (1996).
- [41] Bettger, J. : The effects of experience on spatial cognition: Deafness and knowledge of ASL. Unpublished doctoral dissertation, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL (1992).
- [42] Benton, A. L., Hamsher, K., Varney, N. R. and Spreen, O. : Contributions to neuropsychological assessment: A clinical manual. New York: Oxford (1983).
- [43] Bellugi, U., O’Grady, L., Lillo-Martin, L., O’Grady, M., vanHoek, K. and Corina, D. : Enhancement of spatial cognition in deaf children. In Virginia Volterra and Carole Erting (Eds.), *From Gesture to Language in Hearing and Deaf Children*, 278-298. New York: Springer Verlag (1990).
- [44] Bettger, J., Emmorey, K., McCullough, S. and Bellugi, U. : Enhanced facial discrimination: Effects of experience with American Sign Language. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 2(4):223-233, (1997).
- [45] McCullough, S. and Emmorey, K. : Face processing by deaf ASL signers: Evidence for expertise in distinguishing local features. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 2(4):212-222, (1997).
- [46] Warrington, EK. : Recognition memory test. Windsor (UK): NFERNELSON (1984).
- [47] Goldstein, NS. and Feldman, RS. : Knowledge of American Sign Language and the ability of hearing individuals to decode facial expressions of emotion. *Journal of Nonverbal Behavior*. 20:111-122 (1996).
- [48] Goldstein, NS., Sexton, J. and Feldman, RS. : Encoding of facial expressions of emotion and knowledge of American Sign Language. *Journal of Applied Social Psychology*. 30:67-76 (2000).
- [49] Van, DijkR., Kappers, A. and Postma, A. : Superior spatial touch: Improved haptic orientation processing in deaf individuals. *Experimental Brain Research* (2013) 230:283-289 (2013).

- [50] 杉山祐一郎, 松本直司 : 手話者の会話空間に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 622 号, 77-82, (2007)
- [51] 杉山祐一郎, 松本直司 : 手話者 3 人組の椅座位での会話と位置関係に関する考察 一手話者の会話空間に関する研究 その 2 - , 日本建築学会計画系論文集, 第 73 巻, 第 632 号, 2085-2089, (2008)
- [52] L. A., Cooper. : Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cognitive psychology*, 7 (1), 20-43 (1975)
- [53] L. A., Cooper. and R. N. Shepard. : The time required to prepare for a rotated stimulus. *Mem Cognit*:1973, 3, 246-250 (1973).
- [54] Moffat, SD. and Hampson, E. : A curvilinear relationship between testosterone and spatial cognition in humans: possible influence of hand preference. *Psychoneuroendocrinology*, April 1996, 323-337 (1996).

研究業績

- [1] 稲川：異なる手話言語を持つ者同士のコミュニケーション支援に関する研究, 電子情報通信学会総合大会 ISS-P-83, (2015).
- [2] 稲川：異なる手話言語を持つ者同士のコミュニケーション支援に関する研究 ～アイコンにおける聾者と聴者の心的回転能力の調査～, 情報処理学会 第 77 回全国大会 3ZB-04, (2015).

付録

A 二次元図形実験の結果

A.1 被験者全員の結果

二次元図形における手話話者と非手話話者全員の角度ごとの反応時間及び正答率の結果を以下に示す.

二次元図形：被験者全員の平均反応時間

被験者全員の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 A.1 に、グラフを図 A.1 に示す.

表 A.1: 二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像 (秒)	1.50	2.38	2.73	2.99	2.99	2.33
鏡像 (秒)	2.09	2.72	3.50	3.55	2.77	2.70

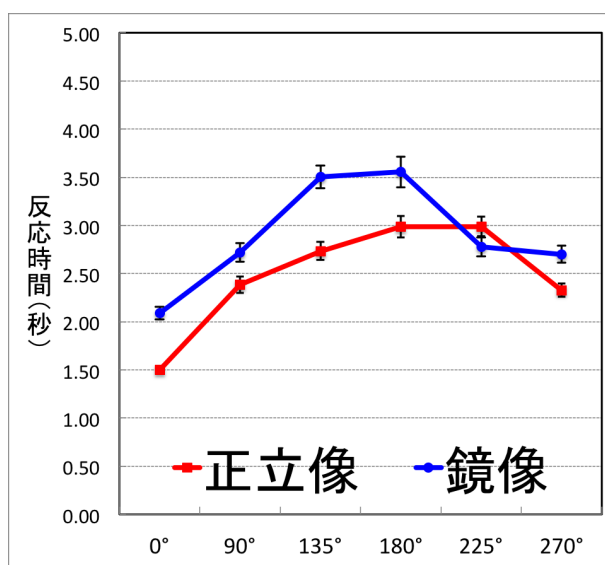


図 A.1: 二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間

続いてレベルごとに分けた角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 A.2 に、グラフを図 A.2, 図 A.3 に示す.

表 A.2: 二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
レベル 1 (秒)	1.42	2.06	2.14	2.91	3.13	1.89
レベル 2 (秒)	1.36	2.10	3.28	2.64	3.02	2.50
レベル 3 (秒)	1.72	3.00	2.78	3.44	2.81	2.58
鏡像						
レベル 1 (秒)	1.85	3.06	3.48	3.54	2.26	2.32
レベル 2 (秒)	1.89	2.50	3.46	3.17	2.91	2.28
レベル 3 (秒)	2.54	2.63	3.57	3.94	3.17	3.51

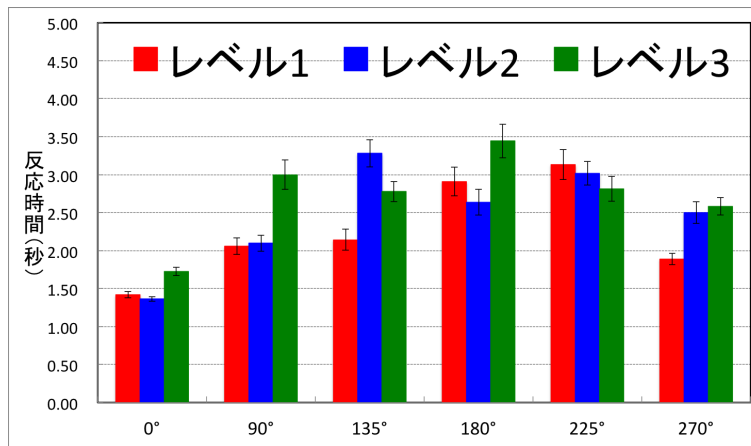


図 A.2: 二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間（正立像）

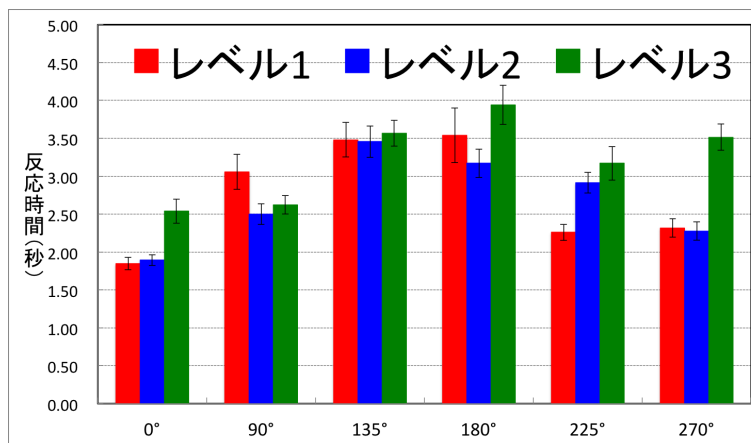


図 A.3: 二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

二次元図形：被験者全員の正答率

また被験者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 A.3 に、グラフを図 A.4 に示す。

表 A.3: 二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの正答率

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像	0.99	0.94	0.97	0.92	0.94	0.97
鏡像	0.97	0.96	0.92	0.91	0.96	0.98

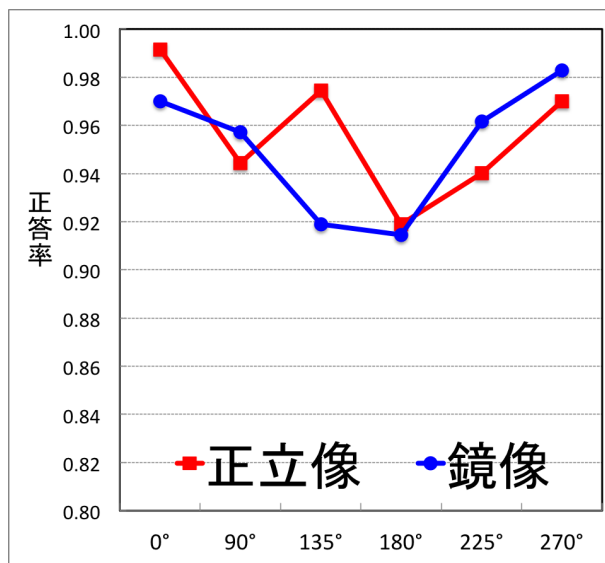


図 A.4: 二次元図形実験：被験者全員の角度ごとの正答率

二次元図形：被験者全員の男女別の平均反応時間

被験者全員を男女に分けた場合の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 A.4 に、グラフを図 A.5、図 A.6 に示す。

表 A.4: 二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
男性 (秒)	1.48	2.06	2.42	2.39	2.54	2.02
女性 (秒)	1.52	2.68	3.03	3.53	3.43	2.60
鏡像						
男性 (秒)	2.00	2.60	3.06	3.17	2.57	2.53
女性 (秒)	2.17	2.83	3.90	3.93	2.98	2.86

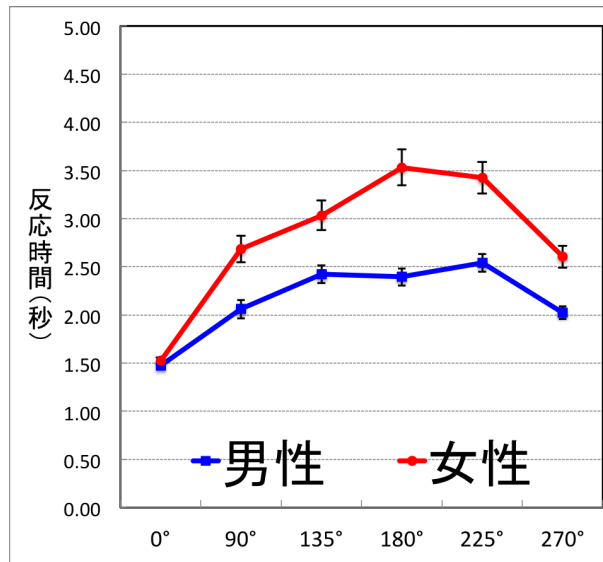


図 A.5: 二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間（正立像）

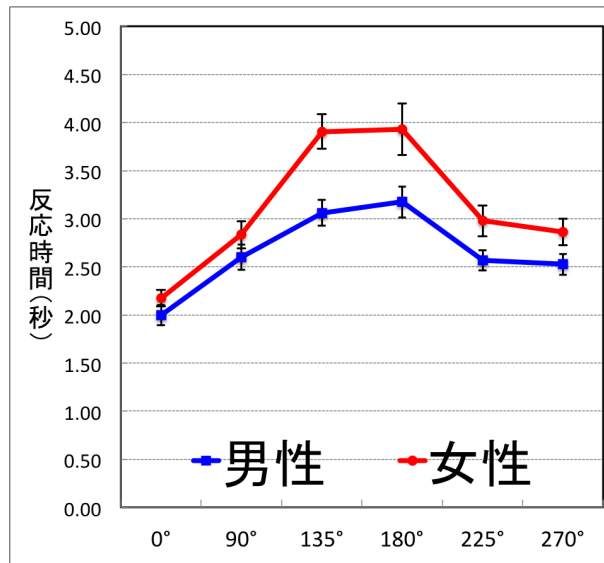


図 A.6: 二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

二次元図形：被験者全員の男女別の正答率

また被験者全員を男女に分けた場合の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 A.5 に、グラフを図 A.7, 図 A.8 に示す。

表 A.5: 二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正立像と鏡像の正答率

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
男性	0.99	0.96	1.00	0.90	0.97	0.96
女性	0.99	0.94	0.94	0.89	0.89	0.97
鏡像						
男性	0.98	0.96	0.92	0.93	0.98	0.97
女性	0.96	0.92	0.88	0.86	0.91	0.95

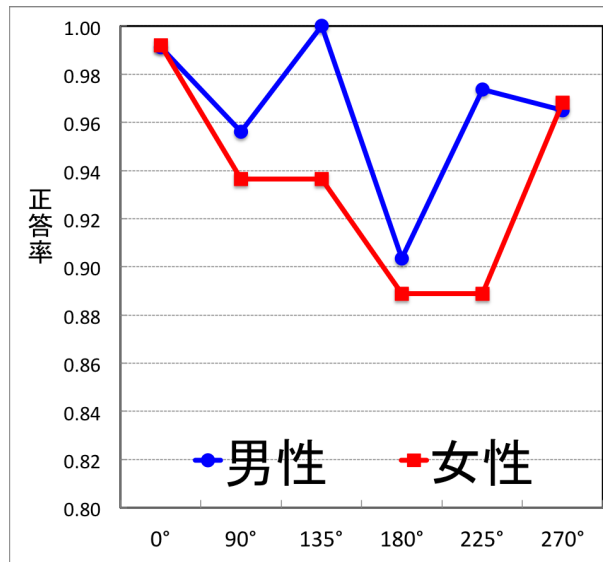


図 A.7: 二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率（正立像）

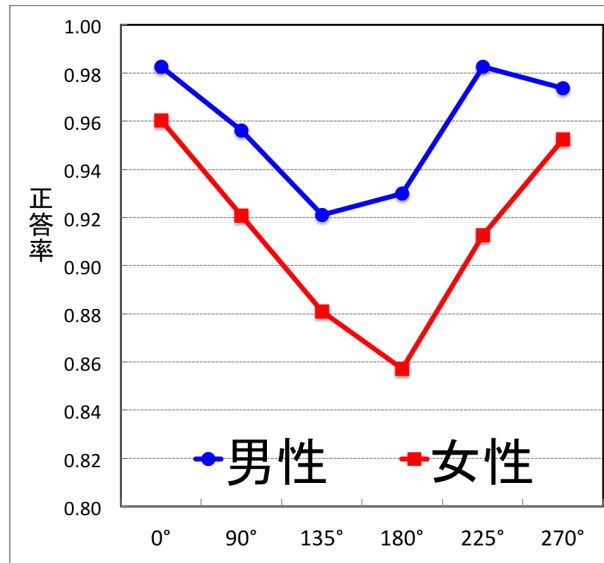


図 A.8: 二次元図形実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率（鏡像）

A.2 手話話者の結果

二次元図形における手話話者全員、男女別、手話獲得時期別に分けた角度ごとの反応時間の結果を以下に示していく。

二次元図形：手話話者全員の平均反応時間

手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 A.6 に、グラフを図 A.9 に示す。

表 A.6: 二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像 (秒)	1.51	2.28	2.49	2.78	2.90	2.22
鏡像 (秒)	2.06	2.75	3.10	3.39	2.63	2.74

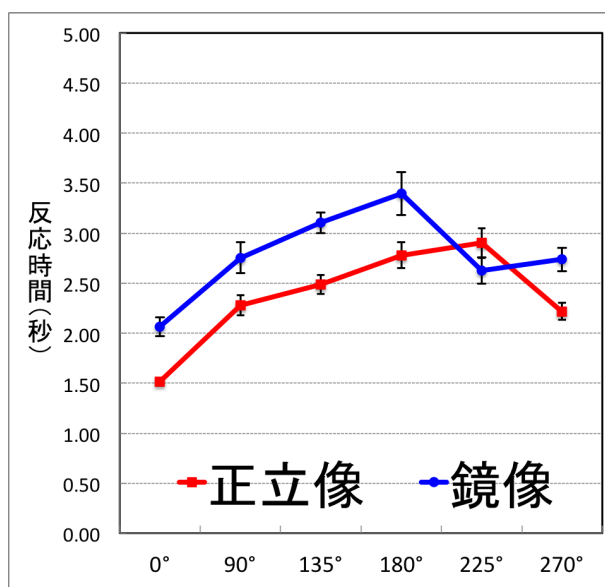


図 A.9: 二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

続いてレベルごとに分けた角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 A.7 に、グラフを図 A.10, 図 A.11 に示す。

表 A.7: 二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
レベル 1 (秒)	1.42	1.97	2.00	2.63	3.07	1.85
レベル 2 (秒)	1.39	2.14	2.79	2.76	2.94	2.43
レベル 3 (秒)	1.73	2.72	2.67	2.97	2.69	2.37
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
レベル 1 (秒)	1.79	3.31	2.99	3.25	2.16	2.43
レベル 2 (秒)	1.91	2.53	3.10	3.03	2.71	2.24
レベル 3 (秒)	2.51	2.47	3.21	3.90	3.02	3.55

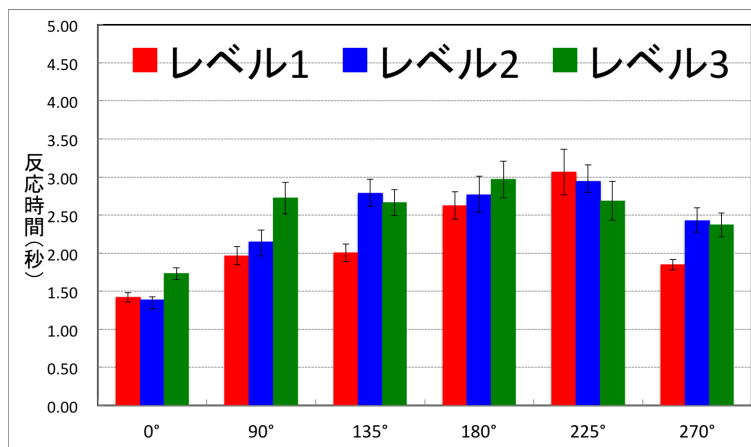


図 A.10: 二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（正立像）

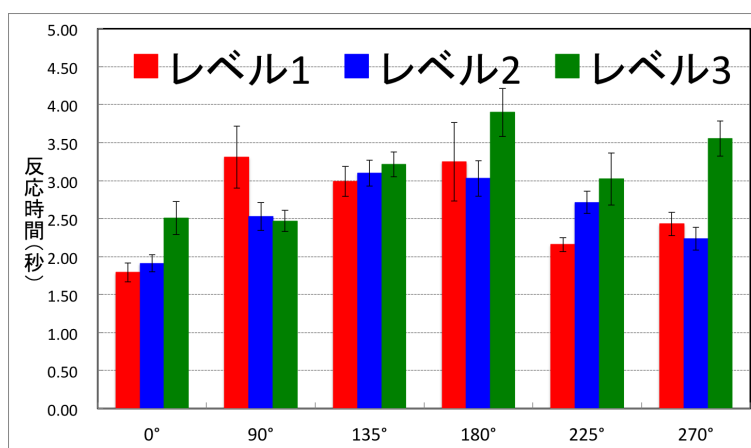


図 A.11: 二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

二次元図形：手話話者全員の正答率

また手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 A.8 に、グラフを図 A.12 に示す。

表 A.8: 二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの正答率

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像	0.99	0.95	0.98	0.91	0.93	0.98
鏡像	0.97	0.95	0.91	0.90	0.95	0.98

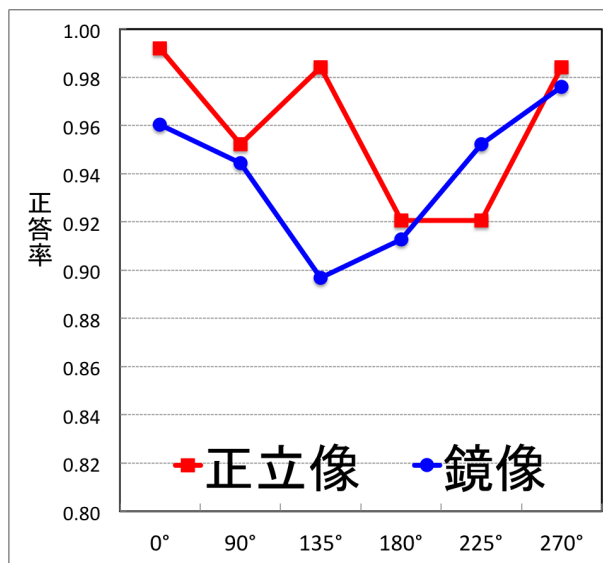


図 A.12: 二次元図形実験：手話話者全員の角度ごとの正答率

二次元図形：手話獲得時期別の平均反応時間

次に手話話者を手話の獲得時期ごと（幼年期以前 10 名と小学生以降 11 名）に分けた場合の角度ごとの正立像、鏡像の平均反応時間を表 A.9 に、グラフを図 A.13, 図 A.14 に示す。

表 A.9: 二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前 (秒)	1.52	2.22	2.34	2.60	2.85	2.15
小学生以降 (秒)	1.51	2.33	2.62	2.94	2.94	2.27
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前 (秒)	1.97	2.88	3.20	3.42	2.74	2.65
小学生以降 (秒)	2.15	2.64	3.02	3.38	2.53	2.82

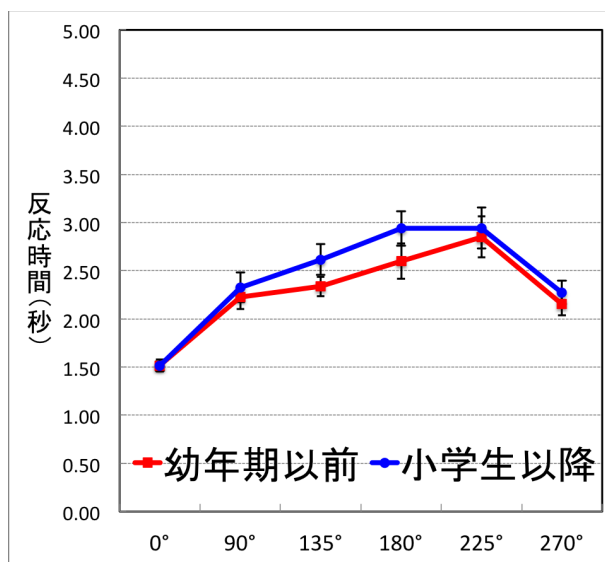


図 A.13: 二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（正立像）

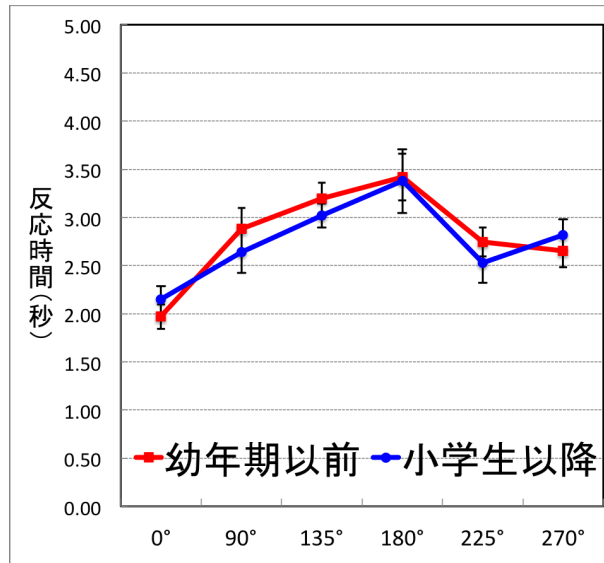


図 A.14: 二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

二次元図形：手話獲得時期別の正答率

また手話話者を手話の獲得時期ごと（幼年期以前 10 名と小学生以降 11 名）に分けた場合の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 A.10 に、グラフを図 A.15, 図 A.16 に示す。

表 A.10: 二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前	0.98	0.98	0.96	0.91	0.91	0.98
小学生以降	1.00	0.92	1.00	0.92	0.95	0.98
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前	0.98	0.93	0.91	0.83	0.91	1.00
小学生以降	0.97	0.97	0.92	0.97	0.98	0.97

1 の正立像の最高値は 0°, 90°, 270° の 0.98, 最低値は 180°, 225° の 0.90

2 の正立像の最高値は 0°, 135° の 1.00, 最低値は 90°, 180° の 0.92

1 の鏡像の最高値は 270° の 1.00, 最低値は 180° の 0.83

2 の鏡像の最高値は 225° の 0.98, 最低値は 135° の 0.92

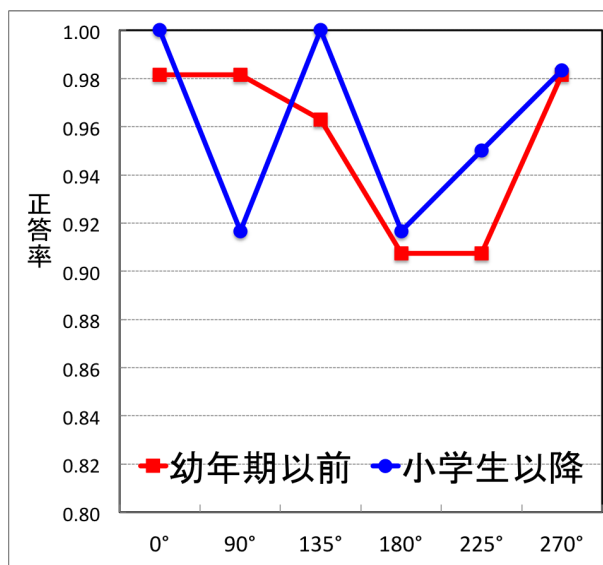


図 A.15: 二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（正立像）

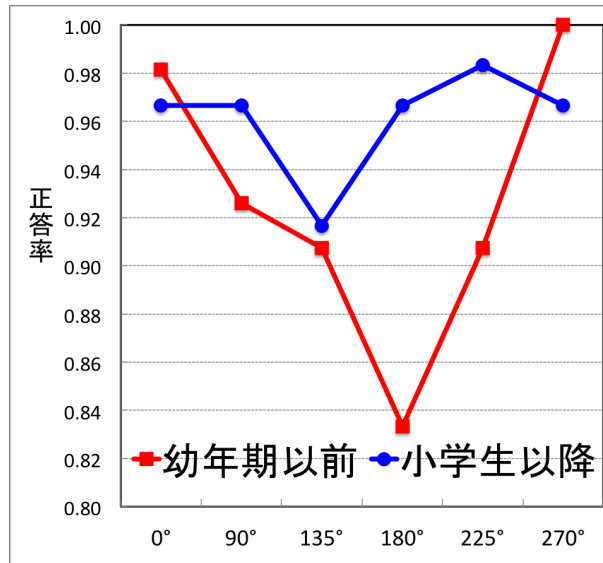


図 A.16: 二次元図形実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（鏡像）

A.3 非手話話者の結果

二次元図形における非手話話者被験者全員、男女別に分けた角度ごとの反応時間及び正答率の結果を以下に示していく。

二次元図形：非手話話者全員の平均反応時間

まず非手話話者被験者全員の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 A.11 に、グラフを図 A.17 に示す。

表 A.11: 二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像 (秒)	1.49	2.50	3.02	3.23	3.09	2.45
鏡像 (秒)	2.12	2.68	3.96	3.74	2.94	2.66

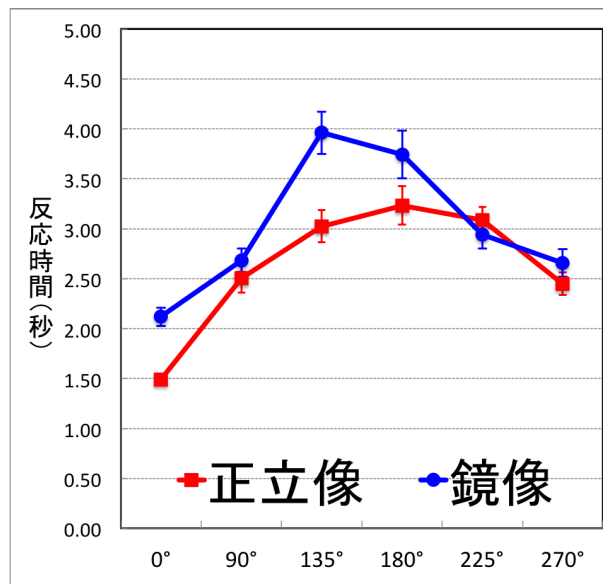


図 A.17: 二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

続いてレベルごとに分けた角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 A.12 に、グラフを図 A.18, 図 A.19 に示す。

表 A.12: 二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
レベル 1 (秒)	1.42	2.16	2.31	3.25	3.21	1.94
レベル 2 (秒)	1.34	2.04	3.85	2.48	3.10	2.59
レベル 3 (秒)	1.72	3.31	2.91	3.97	2.95	2.82
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
レベル 1 (秒)	1.91	2.78	4.04	3.90	2.37	2.19
レベル 2 (秒)	1.87	2.48	3.89	3.34	3.15	2.32
レベル 3 (秒)	2.57	2.81	3.95	4.00	3.34	3.47

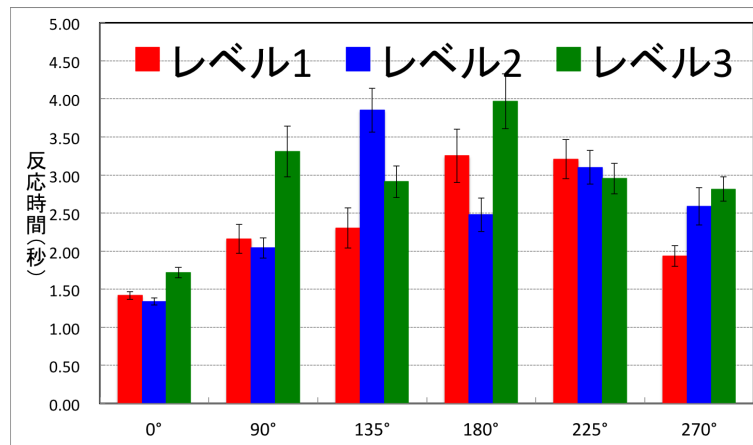


図 A.18: 二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（正立像）

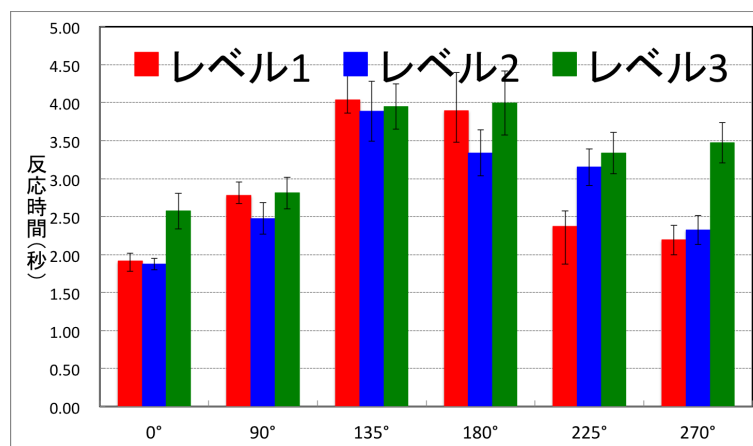


図 A.19: 二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

二次元図形：非手話話者全員の正答率

また非手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 A.13 に、グラフを図 A.20 に示す。

表 A.13: 二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像	0.99	0.94	0.96	0.92	0.96	0.95
鏡像	0.98	0.97	0.94	0.92	0.97	0.99

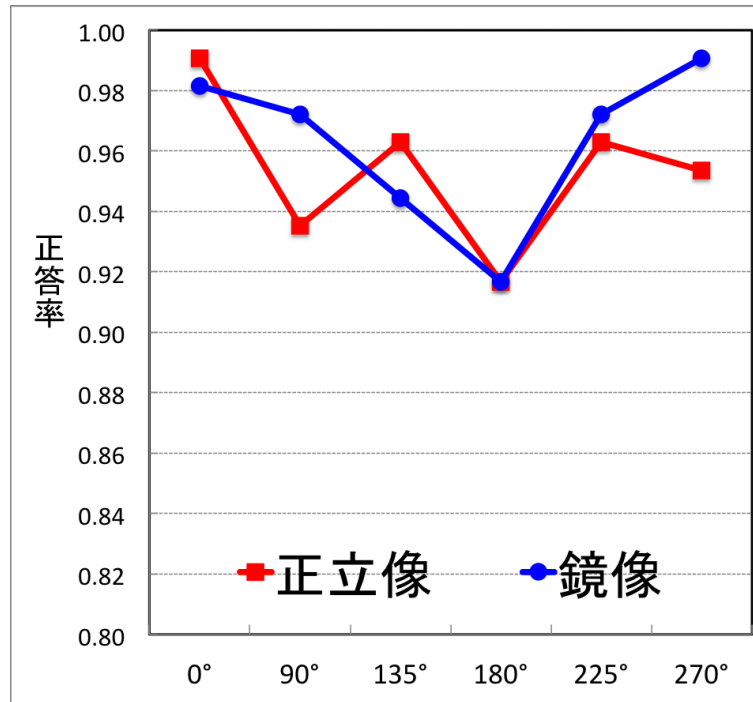


図 A.20: 二次元図形実験：非手話話者全員の角度ごとの正答率

A.4 手話話者と非手話話者の結果

二次元図形における手話話者と非手話話者の反応時間及び正答率の比較結果を以下に示していく。

二次元図形：手話話者と非手話話者の平均反応時間

被験者を手話話者と非手話話者に分けた場合の全図形の角度ごとの正立像、鏡像の平均反応時間を表 A.14 に、グラフを図 A.21, 図 A.22 に示す。

表 A.14: 二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者 (秒)	1.51	2.28	2.49	2.78	2.90	2.22
非手話話者 (秒)	1.49	2.50	3.02	3.23	3.09	2.45
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者 (秒)	2.06	2.75	3.10	3.39	2.63	2.74
非手話話者 (秒)	2.12	2.68	3.96	3.74	2.94	2.66

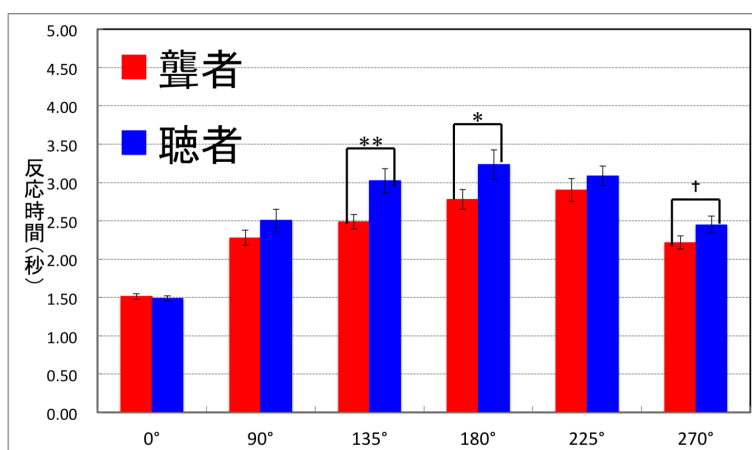


図 A.21: 二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間の比較（正立像）

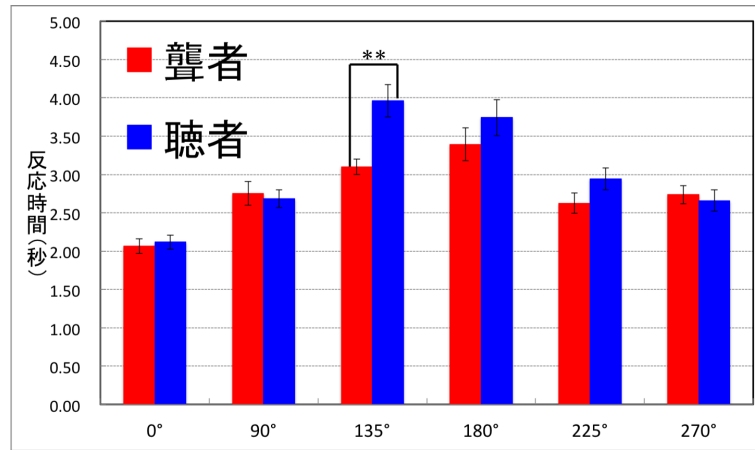


図 A.22: 二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間の比較 (鏡像)

二次元図形：手話話者と非手話話者の正答率

被験者を手話話者と非手話話者に分けた場合の全図形の角度ごとの正立像、鏡像の正答率を表 A.15 に、グラフを図 A.23, 図 A.24 に示す。

表 A.15: 二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者	0.99	0.95	0.98	0.92	0.92	0.98
非手話話者	0.99	0.94	0.96	0.92	0.96	0.95
平均	0.99	0.94	0.97	0.92	0.94	0.97
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者	0.96	0.94	0.90	0.91	0.95	0.98
非手話話者	0.98	0.97	0.94	0.92	0.97	0.99
平均	0.97	0.96	0.92	0.91	0.96	0.98

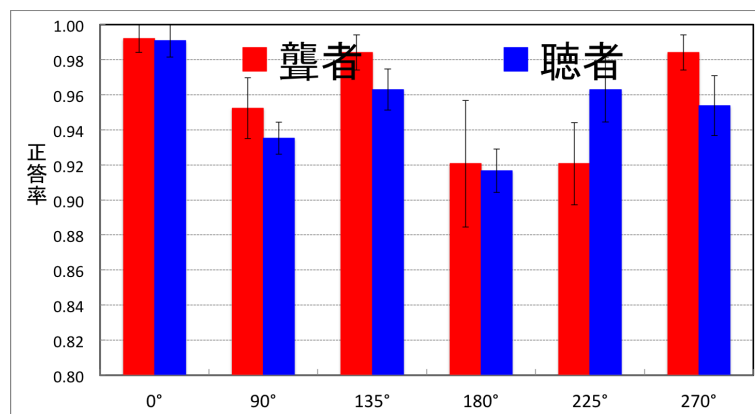


図 A.23: 二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（正立像）

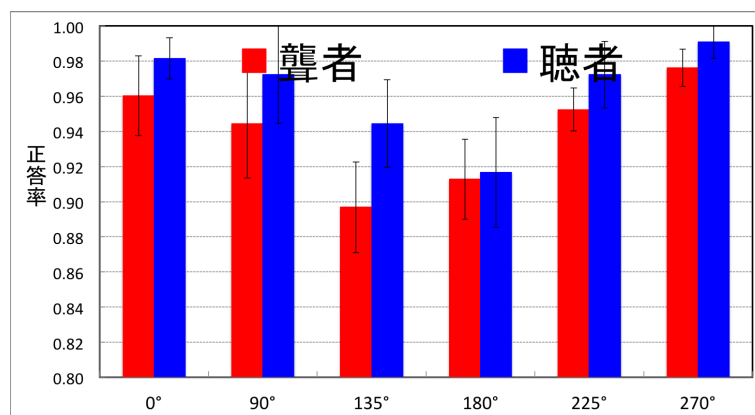


図 A.24: 二次元図形実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（鏡像）

二次元図形：手話話者と非手話話者のレベルごとの平均反応時間

続いて図形をレベルごとに分けた場合の角度ごとの正立像、鏡像の平均反応時間を表 A.16 に、グラフを図 A.25, 図 A.26, 図 A.27, 図 A.28, 図 A.29, 図 A.30 に示す。

表 A.16: 二次元図形実験：手話話者と非手話話者のレベルごとの平均反応時間

		正立像					
角度 (°)		0	90	135	180	225	270
レベル 1	手話話者 (秒)	1.42	1.97	2.00	2.63	3.07	1.85
	非手話話者 (秒)	1.42	2.16	2.31	3.25	3.21	1.94
レベル 2	手話話者 (秒)	1.39	2.14	2.79	2.76	2.94	2.43
	非手話話者 (秒)	1.34	2.04	3.85	2.48	3.10	2.59
レベル 3	手話話者 (秒)	1.73	2.72	2.67	2.97	2.69	2.37
	非手話話者 (秒)	1.72	3.31	2.91	3.97	2.95	2.82
		鏡像					
角度 (°)		0	90	135	180	225	270
レベル 1	手話話者 (秒)	1.79	3.31	2.99	3.25	2.16	2.43
	非手話話者 (秒)	1.91	2.78	4.04	3.90	2.37	2.19
レベル 2	手話話者 (秒)	1.39	2.14	2.79	2.76	2.94	2.43
	非手話話者 (秒)	1.34	2.04	3.85	2.48	3.10	2.59
レベル 3	手話話者 (秒)	2.51	2.47	3.21	3.90	3.02	3.55
	非手話話者 (秒)	2.57	2.81	3.95	4.00	3.34	3.47

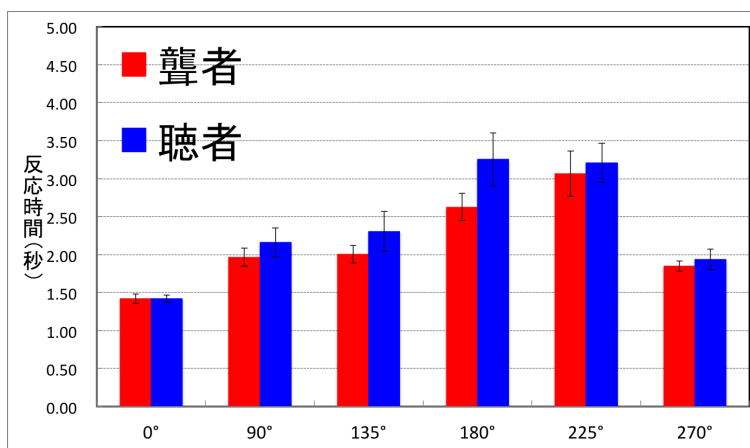


図 A.25: 二次元図形実験：レベル 1 図形の角度ごとの平均反応時間 (正立像)

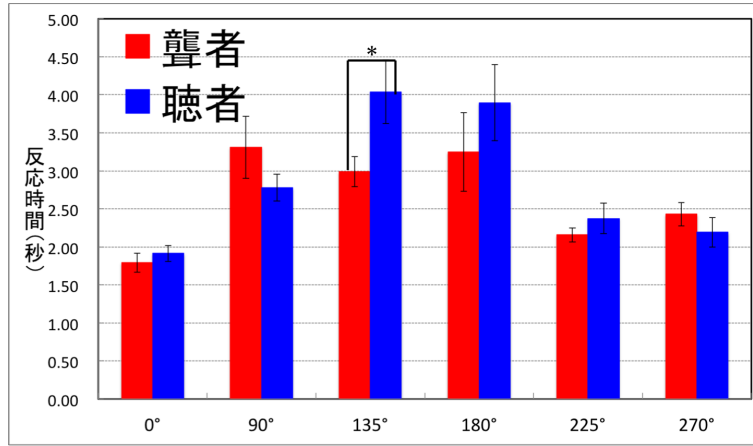


図 A.26: 二次元図形実験：レベル1 図形の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

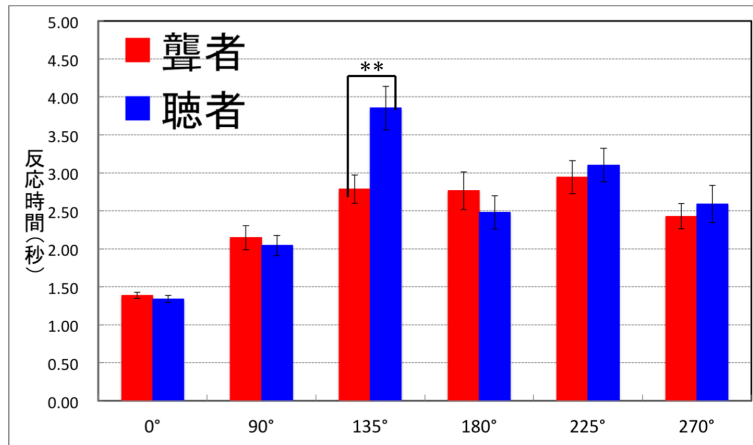


図 A.27: 二次元図形実験：レベル2 図形の角度ごとの平均反応時間（正立像）

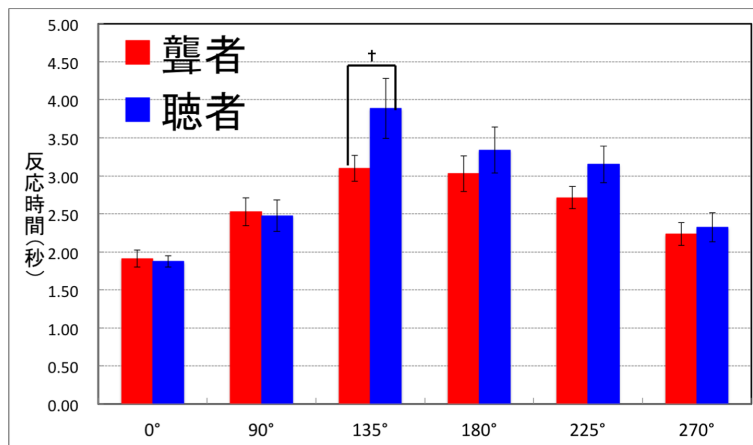


図 A.28: 二次元図形実験：レベル2 図形の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

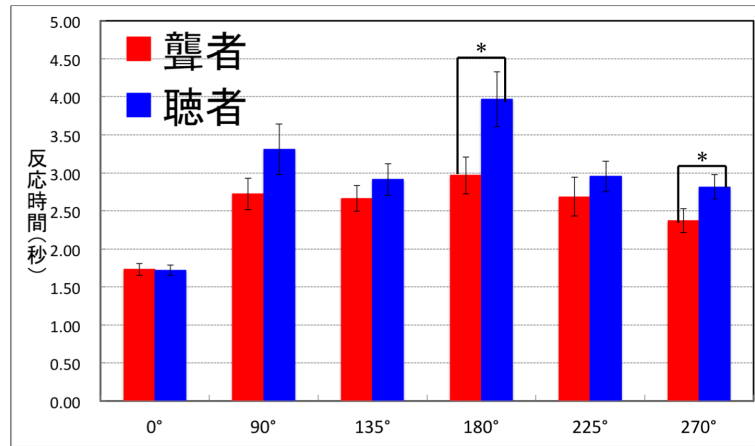


図 A.29: 二次元図形実験：レベル 3 図形の角度ごとの平均反応時間（正立像）

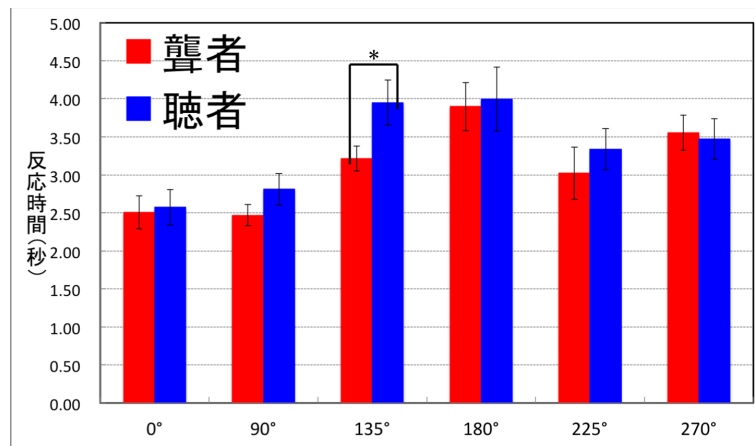


図 A.30: 二次元図形実験：レベル 3 図形の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

B アイコン実験の結果

B.1 被験者全員の結果

アイコンにおける手話話者、非手話話者全員の角度ごとの反応時間及び正答率の結果を以下に示す。

アイコン：被験者全員の平均反応時間

被験者全員の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 B.1 に、グラフを図 B.1 に示す。

表 B.1: アイコン実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間と中央反応時間

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像 (秒)	1.29	1.63	1.96	2.22	1.90	1.65
鏡像 (秒)	1.45	1.93	2.17	2.44	2.12	1.71

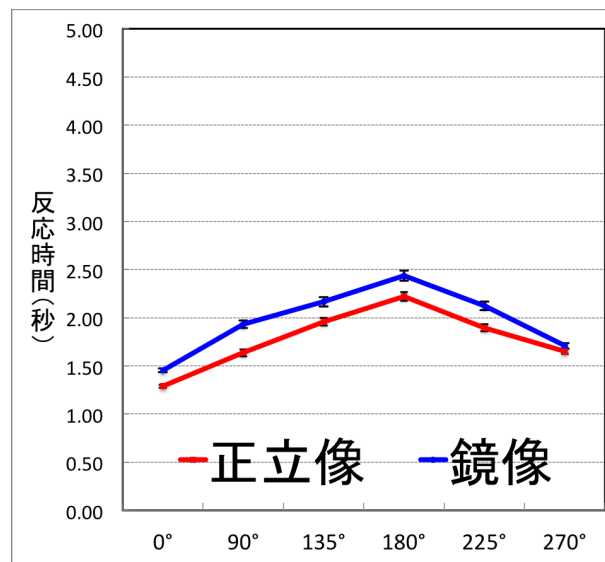


図 B.1: アイコン実験：被験者全員の角度ごとの平均反応時間

アイコン：被験者全員の正答率

また被験者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 B.2 に、グラフを図 B.2 に示す。

表 B.2: アイコン実験：被験者全員の角度ごとの正答率

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像	1.00	1.00	0.97	0.95	0.91	0.96
鏡像	0.97	0.99	0.97	0.93	0.94	0.95

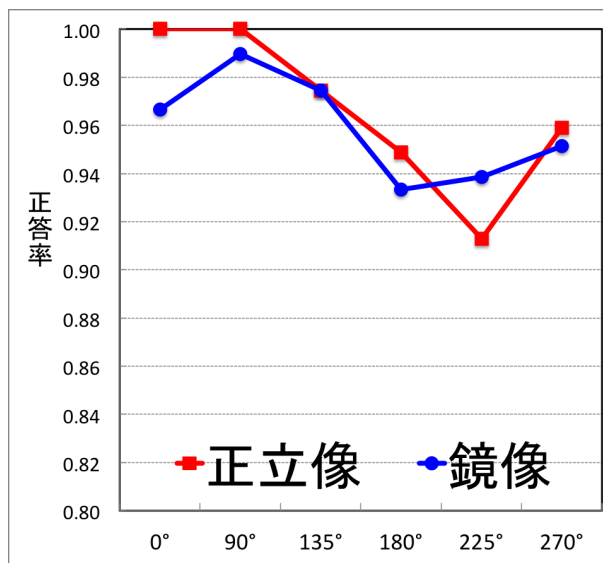


図 B.2: アイコン実験：被験者全員の角度ごとの正答率

アイコン：被験者全員の男女別の平均反応時間

被験者全員を男女に分けた場合の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 B.3 に、グラフを図 B.3、図 B.4 に示す。

表 B.3: アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
男性 (秒)	1.25	1.55	1.80	2.07	1.79	1.60
女性 (秒)	1.34	1.73	2.15	2.40	2.02	1.71
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
男性 (秒)	1.43	1.83	2.06	2.25	2.03	1.68
女性 (秒)	1.48	2.05	2.28	2.65	2.23	1.74

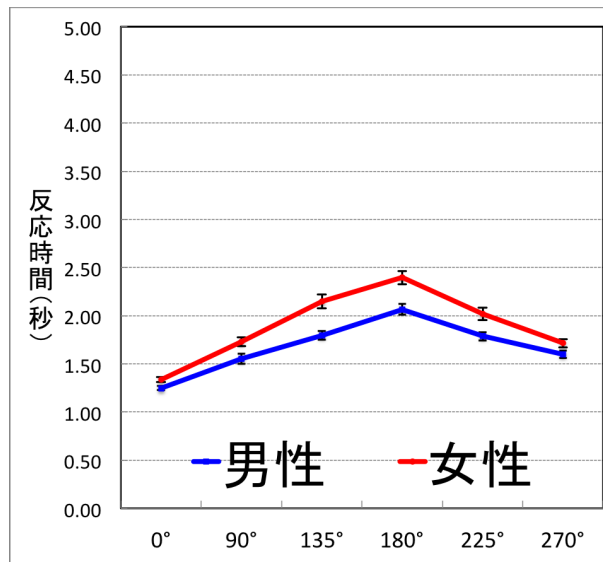


図 B.3: アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間（正立像）

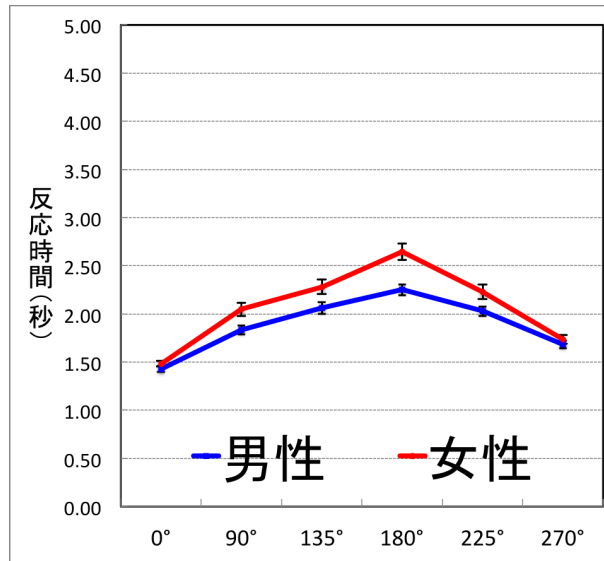


図 B.4: アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

アイコン：被験者全員の男女別の正答率

また被験者全員を男女に分けた場合の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 B.4 に、グラフを図 B.5, 図 B.6 に示す。

表 B.4: アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正立像と鏡像の正答率

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
男性	1.00	0.99	0.98	0.94	0.96	0.99
女性	1.00	0.98	0.95	0.94	0.98	0.97
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
男性	0.99	0.98	0.96	0.96	0.98	0.99
女性	0.99	0.99	0.95	0.95	0.96	0.98

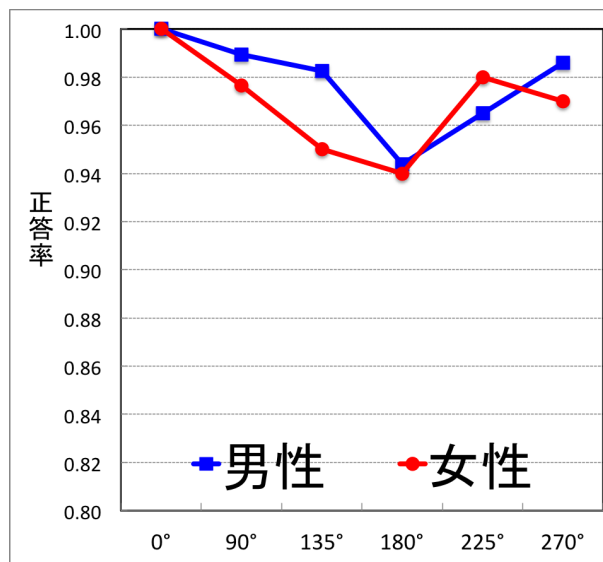


図 B.5: アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率（正立像）

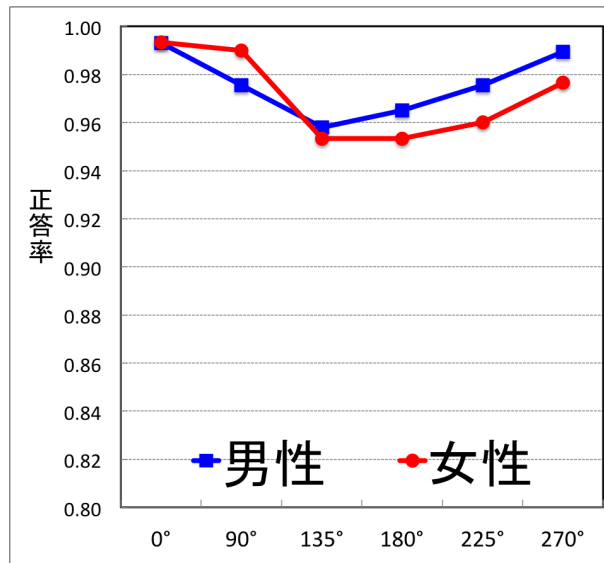


図 B.6: アイコン実験：被験者全員の男女別の角度ごとの正答率（鏡像）

B.2 手話話者の結果

アイコンにおける手話話者被験者全員, 男女別, 手話獲得時期別に分けた角度ごとの反応時間及び正答率の結果を以下に示していく.

アイコン：手話話者全員の平均反応時間

手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 B.5 に, グラフを図 B.7 に示す.

表 B.5: アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像 (秒)	1.27	1.59	1.91	2.02	1.90	1.61
鏡像 (秒)	1.43	1.85	2.11	2.26	2.05	1.70

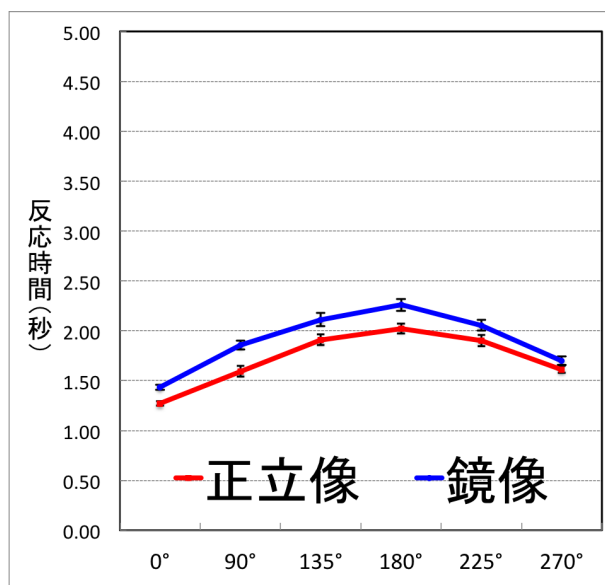


図 B.7: アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

アイコン：手話話者全員の正答率

また手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 B.6 に、グラフを図 B.8 に示す。

表 B.6: アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの正答率

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像	1.00	0.99	0.96	0.94	0.97	0.98
鏡像	0.99	0.99	0.94	0.95	0.96	0.98

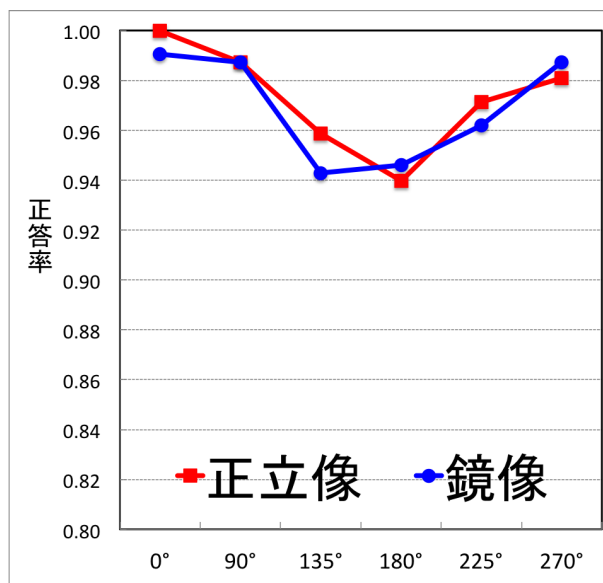


図 B.8: アイコン実験：手話話者全員の角度ごとの正答率

アイコン：手話話者手話獲得時期別の平均反応時間

次に手話話者を手話の獲得時期毎（幼年期以前 10 名と小学生以降 11 名）に分けた場合の角度ごとの正立像、鏡像の平均反応時間を表 B.7 に、グラフを図 B.9、図 B.10 に示す。

表 B.7: アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前 (秒)	1.25	1.56	1.93	2.05	1.89	1.53
小学生以降 (秒)	1.29	1.62	1.88	2.00	1.91	1.69
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前 (秒)	1.44	1.86	2.17	2.43	2.22	1.74
小学生以降 (秒)	1.42	1.85	2.05	2.11	1.90	1.67

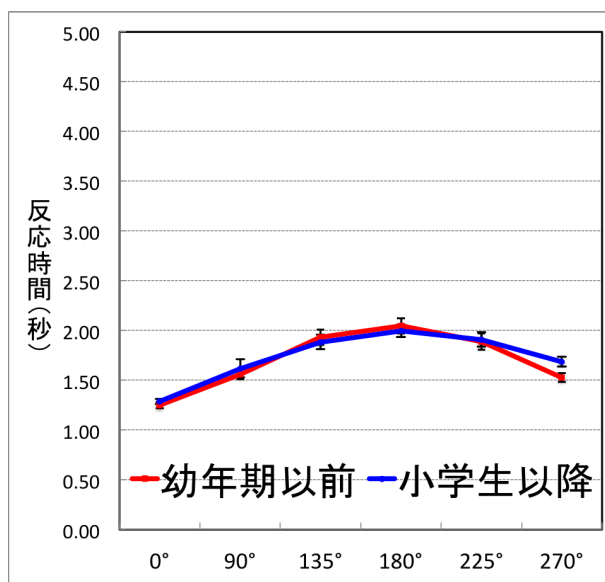


図 B.9: アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（正立像）

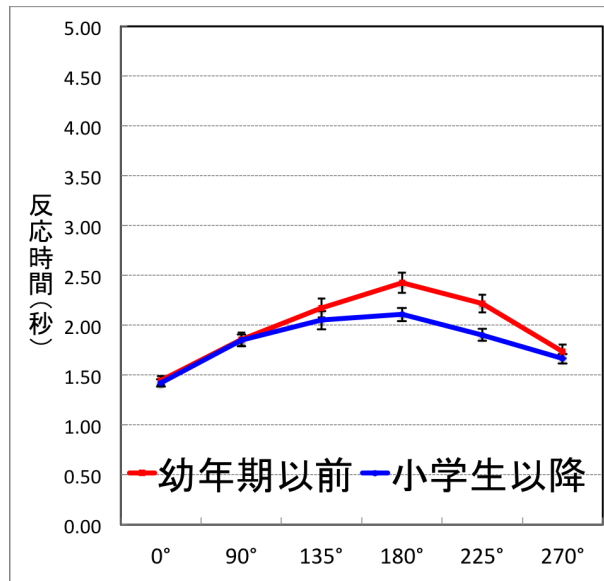


図 B.10: アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

アイコン：手話話者手話獲得時期別の正立像と鏡像の正答率

また手話話者を手話の獲得時期毎（1. 幼年期以前 10 名と 2. 小学生以降 11 名）に分けた場合の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 B.8 に、グラフを図 B.11, 図 B.12 に示す。

表 B.8: アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前	1.00	1.00	0.97	0.92	0.98	0.99
小学生以降	1.00	0.98	0.95	0.96	0.96	0.98
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
幼年期以前	0.99	0.99	0.97	0.95	0.97	1.00
小学生以降	0.99	0.99	0.93	0.98	0.95	0.98

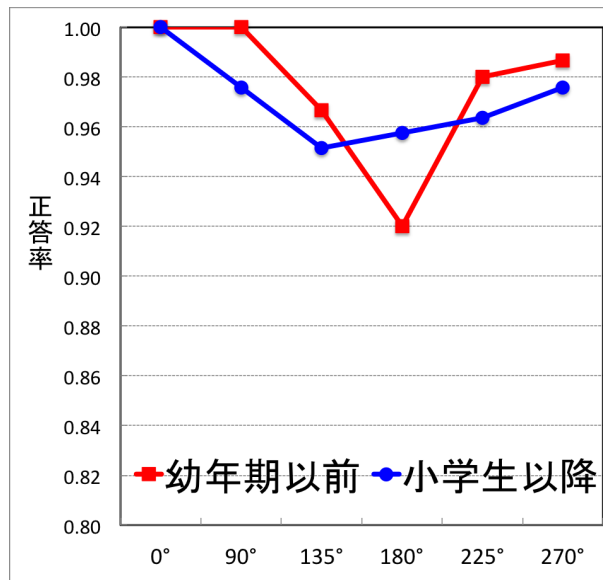


図 B.11: アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（正立像）

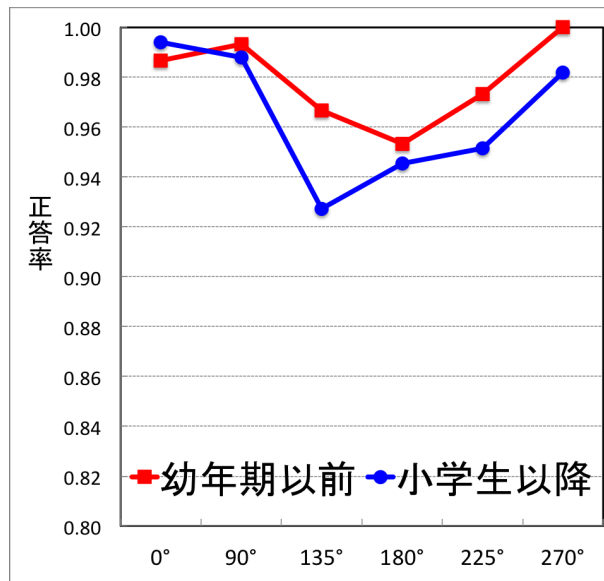


図 B.12: アイコン実験：手話獲得時期別の角度ごとの正答率（鏡像）

B.3 非手話話者の結果

アイコンにおける非手話話者被験者全員、男女別に分けた角度ごとの反応時間及び正答率の結果を以下に示していく。

アイコン：非手話話者全員の平均反応時間

まず非手話話者被験者全員の角度ごとの正立像と鏡像の平均反応時間を表 B.9 に、グラフを図 B.13 に示す。

表 B.9: アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像 (秒)	1.31	1.68	2.02	2.44	1.89	1.70
鏡像 (秒)	1.48	2.02	2.23	2.63	2.20	1.72

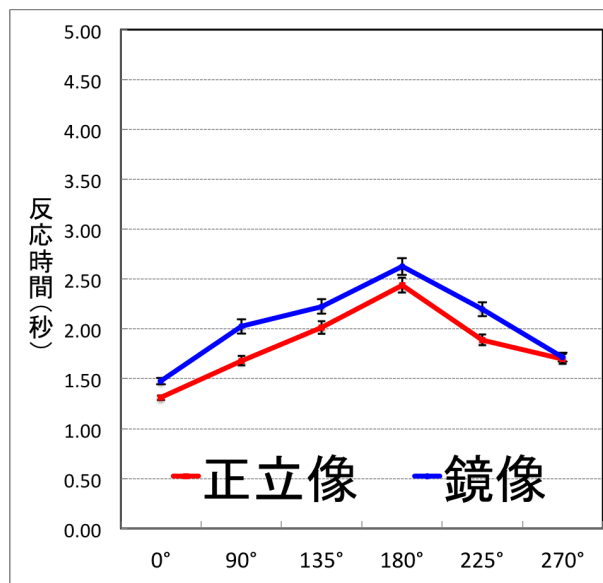


図 B.13: アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの平均反応時間

アイコン：非手話話者全員の正答率

また非手話話者全員の角度ごとの正立像と鏡像の正答率を表 B.10 に、グラフを図 B.14 に示す。

表 B.10: アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの正答率

角度 (°)	0	90	135	180	225	270
正立像	1.00	0.98	0.97	0.94	0.97	0.97
鏡像	1.00	0.98	0.97	0.97	0.97	0.98

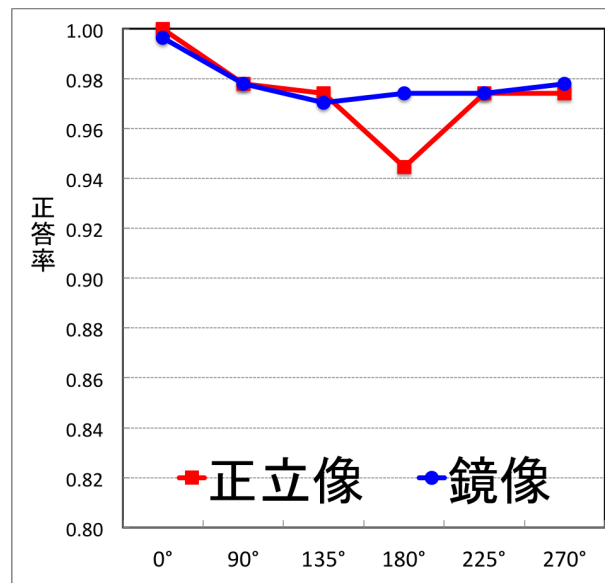


図 B.14: アイコン実験：非手話話者全員の角度ごとの正答率

B.4 手話話者と非手話話者の結果

アイコンにおける手話話者と非手話話者の反応時間及び正答率の結果を以下に示していく。

アイコン：手話話者と非手話話者の平均反応時間

被験者を手話話者と非手話話者に分けた場合の角度ごとの正立像の平均反応時間を表 B.11 に、グラフを図 B.15, 図 B.16 に示す。

表 B.11: アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者 (秒)	1.27	1.59	1.91	2.02	1.90	1.61
非手話話者 (秒)	1.31	1.68	2.02	2.44	1.89	1.70
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者 (秒)	1.43	1.85	2.11	2.26	2.05	1.70
非手話話者 (秒)	1.48	2.02	2.23	2.63	2.20	1.72

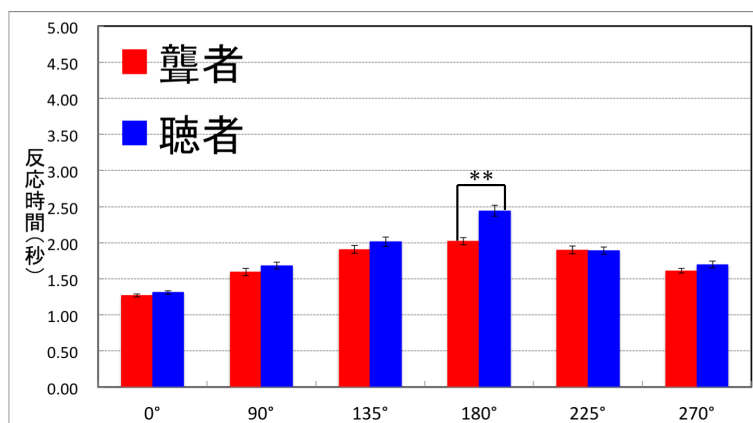


図 B.15: アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間（正立像）

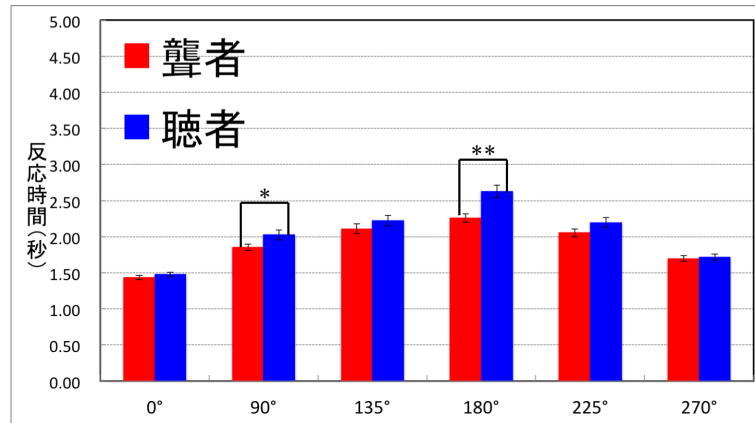


図 B.16: アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの平均反応時間（鏡像）

アイコン：手話話者と非手話話者の正答率

被験者を手話話者と非手話話者に分けた場合の角度ごとの正立像、鏡像の正答率を表 B.12 に、グラフを図 B.17、図 B.18 に示す。

表 B.12: アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率

正立像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者	1.00	0.99	0.96	0.94	0.97	0.98
非手話話者	1.00	0.98	0.97	0.90	0.97	0.98
平均	1.00	0.98	0.96	0.92	0.97	0.98
鏡像						
角度 (°)	0	90	135	180	225	270
手話話者	0.99	0.99	0.94	0.95	0.96	0.99
非手話話者	1.00	0.98	0.97	0.92	0.97	0.98
平均	0.99	0.98	0.96	0.93	0.97	0.98

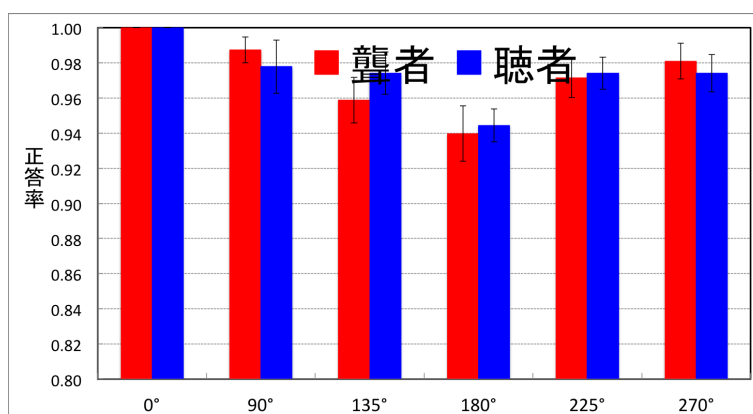


図 B.17: アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（正立像）

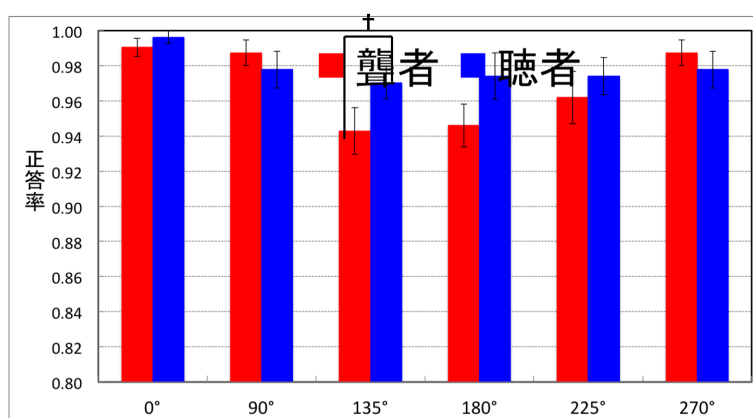


図 B.18: アイコン実験：手話話者と非手話話者の角度ごとの正答率（鏡像）

アイコン：図形ごとの手話話者と非手話話者の平均反応時間

続いて手話話者と非手話話者のアイコンごとの平均反応時間を表 B.13 に、グラフを図 B.19 に示す。

表 B.13: アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の平均反応時間

	家族	医者	犬	頭痛	読む	勉強する	パン
手話話者 (秒)	1.87	2.10	1.68	1.84	1.79	1.80	2.09
非手話話者 (秒)	2.22	2.02	1.83	1.92	1.96	1.98	2.11
ビール	手洗い	電話	財布	自転車	救急車	薬局	野球
1.66	2.12	1.70	2.24	1.84	1.58	1.84	1.98
1.86	2.35	1.81	2.58	2.09	1.75	2.02	2.16

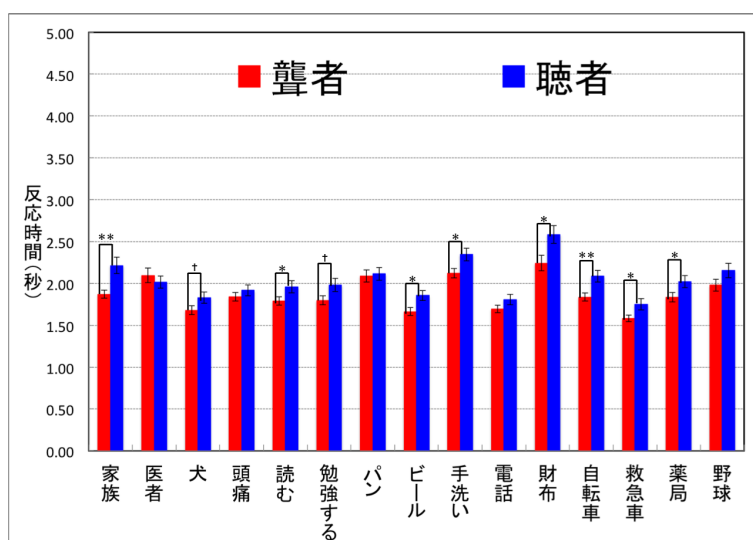


図 B.19: アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の平均反応時間

アイコン：図形ごとの手話話者と非手話話者の正答率

続いて手話話者と非手話話者のアイコンごとの正答率を表 B.14 に、グラフを図 B.20 に示す。

表 B.14: アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の正答率

	家族	医者	犬	頭痛	読む	勉強する	パン
手話話者 (秒)	0.97	0.98	0.99	0.99	0.95	0.99	0.97
非手話話者 (秒)	0.96	0.96	0.98	0.98	0.96	0.97	0.96
ビール	手洗い	電話	財布	自転車	救急車	薬局	野球
0.96	0.98	0.97	0.93	0.97	0.98	0.97	0.97
0.97	0.98	0.97	0.95	0.94	0.99	0.95	0.97

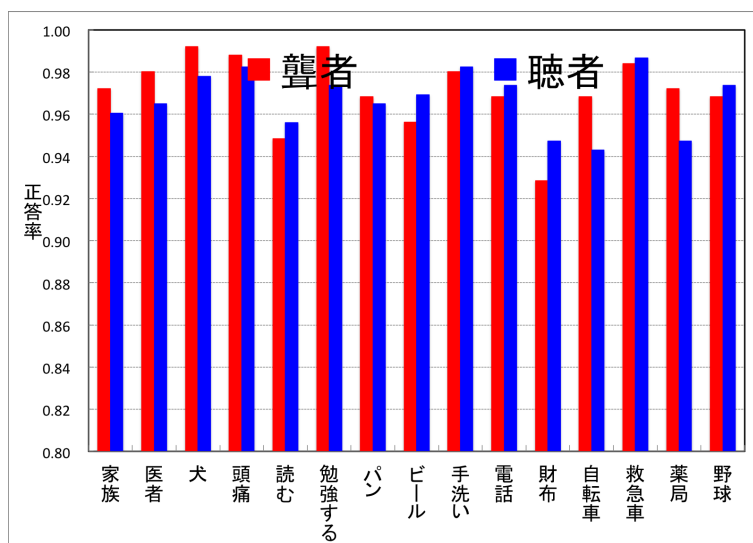


図 B.20: アイコン実験：図形ごとの手話話者と非手話話者の正答率