

聴覚障害者を対象とした
3パート曲のリズム認知に関する研究

筑波大学
図書館情報メディア研究科
2020年3月
河合 優理子

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	論文の構成	1
第2章	関連研究と研究の目的	2
2.1	聴覚障害	2
2.1.1	概要	2
2.1.2	平均聴力レベル	2
2.1.3	程度の区分	3
2.1.4	コミュニケーション手段	3
2.2	聴覚障害者と音楽	4
2.2.1	音楽の三要素	4
2.2.2	リズムの研究	4
2.2.3	リズム認知能力	4
2.3	タッピング実験	5
2.3.1	リズム認知能力を計測する方法	5
2.3.2	先行研究	6
2.3.3	評価方法-F値	7
2.4	本研究の目的	7
第3章	曲刺激の作成	8
3.1	リズム難易度の指標の検討	8
3.2	リズム難易度の指標の決定	8
3.3	曲の制作	10
第4章	予備実験	12
4.1	予備実験Ⅰ	12
4.1.1	実験参加者	12
4.1.2	曲刺激の選定	13
4.1.3	実験環境	13
4.1.4	実験手続き	14
4.1.5	分析方法	14
4.1.6	実験結果	14
4.1.7	考察	16
4.2	予備実験Ⅱ	17
4.2.1	実験参加者	17
4.2.2	曲刺激の選定	17
4.2.3	実験環境	17
4.2.4	実験手続き	17

4.2.5	分析方法	17
4.2.6	実験結果	18
4.2.7	考察	19
第5章	本実験	20
5.1	実験概要	20
5.2	曲刺激の選定	20
5.3	実験条件	21
5.3.1	実験参加者	21
5.3.2	実験環境	22
5.4	実験手続き	23
5.5	分析方法	23
5.5.1	F値分析	23
5.5.2	主観難易度の評価	23
第6章	実験結果	24
6.1	分散分析	24
6.2	要因ごとのF値分析	26
6.2.1	曲の難易度	26
6.2.2	曲の種類	27
6.2.3	曲のパート条件	28
6.2.4	音楽経験	30
6.2.5	実験参加者ごとのデータ	31
6.2.6	考察	32
6.3	聴覚障害者群における要因ごとの主観難易度分析	33
6.3.1	曲の難易度	33
6.3.2	曲の種類	34
6.3.3	曲のパート条件	35
6.3.4	考察	35
6.4	聴覚障害者におけるF値と主観難易度の関係	37
第7章	まとめと今後の展望	40
7.1	まとめ	40
7.2	今後の展望	40
	参考文献	43

付録 A 楽曲 A に基づく刺激の楽譜	46
A.1 A の楽譜	46
A.2 A-1 の楽譜	47
A.3 A-2 の楽譜	48
A.4 A-3 の楽譜	49
付録 B 楽曲 B に基づく刺激の楽譜	50
B.1 B の楽譜	50
B.2 B-1 の楽譜	51
B.3 B-2 の楽譜	52
B.4 B-3 の楽譜	53
付録 C 楽曲 C に基づく刺激の楽譜	54
C.1 C の楽譜	54
C.2 C-1 の楽譜	55
C.3 C-2 の楽譜	56
C.4 C-3 の楽譜	57
付録 D 実験概要書	58
付録 E 実験参加同意書	59
付録 F 事後アンケート	60
付録 G 全実験参加者のタップのプロット	61
G.1 聴覚障害者 S1～S14	62
G.2 健聴者 N1～N11	76

目 次

3.1	小学1年生のリズムパターン例	9
3.2	小学2年生のリズムパターン例	9
3.3	小学3年生のリズムパターン例	9
3.4	小学4年生のリズムパターン例	9
3.5	小学5年生のリズムパターン例	9
3.6	小学6年生のリズムパターン例	9
3.7	Aの冒頭4小節	10
3.8	Bの冒頭4小節	10
3.9	Cの冒頭4小節	10
3.10	A-1の冒頭4小節（難易度：初級）	11
3.11	A-2の冒頭4小節（難易度：中級）	11
3.12	A-3の冒頭4小節（難易度：上級）	11
4.1	予備実験環境図	13
4.2	予備実験Iにおける実験参加者S1の曲のパート条件ごとのF値平均	14
4.3	予備実験Iにおける実験参加者S2の曲のパート条件ごとのF値平均	15
4.4	予備実験Iにおける実験参加者S3の曲のパート条件ごとのF値平均	15
4.5	予備実験Iにおける全実験参加者の曲のパート条件ごとのF値平均	16
4.6	予備実験IIにおける実験参加者S1の曲の難易度ごとのF値平均	18
4.7	予備実験IIにおける実験参加者S1の曲の種類ごとのF値平均	18
4.8	予備実験IIにおける実験参加者S1の曲のパート条件ごとのF値平均	19
5.1	本実験環境図	22
5.2	本実験の流れ	23
5.3	タッピング課題（n試行目）	23
6.1	聴覚障害者群における曲の難易度ごとのF値平均	26
6.2	健聴者群における曲の難易度ごとのF値平均	26
6.3	聴覚障害者群における曲の種類ごとのF値平均	27
6.4	健聴者群における曲の種類ごとのF値平均	27
6.5	聴覚障害者群における曲のパート条件ごとのF値平均	28
6.6	健聴者群における曲のパート条件ごとのF値平均	28
6.7	聴覚障害者群における曲のパート条件×曲の難易度に関するF値平均	29
6.8	健聴者群における曲のパート条件×曲の難易度に関するF値平均	29
6.9	聴覚障害者群における音楽経験の有無のF値平均	30
6.10	健聴者群における音楽経験の有無のF値平均	30
6.11	聴覚障害者群における曲のパート条件が変化した場合のタッピング精度	31
6.12	健聴者群における曲のパート条件が変化した場合のタッピング精度	31
6.13	聴覚障害者群における曲の難易度が変化した場合の主観難易度	33

6.14 聴覚障害者群における曲の種類が変化した場合の主観難易度	34
6.15 聴覚障害者群における曲のパート条件が変化した場合の主観難易度	35
6.16 S1におけるF値と主観難易度の関係	37
6.17 S2におけるF値と主観難易度の関係	37
6.18 S3におけるF値と主観難易度の関係	37
6.19 S4におけるF値と主観難易度の関係	37
6.20 S5におけるF値と主観難易度の関係	37
6.21 S6におけるF値と主観難易度の関係	37
6.22 S7におけるF値と主観難易度の関係	38
6.23 S8におけるF値と主観難易度の関係	38
6.24 S9におけるF値と主観難易度の関係	38
6.25 S10におけるF値と主観難易度の関係	38
6.26 S11におけるF値と主観難易度の関係	38
6.27 S12におけるF値と主観難易度の関係	38
6.28 S13におけるF値と主観難易度の関係	39
6.29 S14におけるF値と主観難易度の関係	39
G.1 S1のタッピング	62
G.2 S2のタッピング	63
G.3 S3のタッピング	64
G.4 S4のタッピング	65
G.5 S5のタッピング	66
G.6 S6のタッピング	67
G.7 S7のタッピング	68
G.8 S8のタッピング	69
G.9 S9のタッピング	70
G.10 S10のタッピング	71
G.11 S11のタッピング	72
G.12 S12のタッピング	73
G.13 S13のタッピング	74
G.14 S14のタッピング	75
G.15 N1のタッピング	76
G.16 N2のタッピング	77
G.17 N3のタッピング	78
G.18 N4のタッピング	79
G.19 N5のタッピング	80
G.20 N6のタッピング	81
G.21 N7のタッピング	82
G.22 N8のタッピング	83
G.23 N9のタッピング	84
G.24 N10のタッピング	85
G.25 N11のタッピング	86

表 目 次

2.1	聴覚障害の程度に関する分類	3
2.2	65 歳未満の聴覚障害者のコミュニケーション手段	3
2.3	先行研究の実験で使用したリズムパターンの例	6
3.1	小学校の音楽の教科書に使用されている学年ごとの特徴	8
4.1	予備実験参加者 (聴覚障害者) の情報	12
4.2	予備実験 I における 5 つのパート条件	13
4.3	予備実験 I における実験参加者 S2 の曲のパート条件ごとの F 値平均	15
4.4	予備実験 I における実験参加者 S3 の曲のパート条件ごとの F 値平均	15
4.5	予備実験 I における全実験参加者の曲のパート条件ごとの F 値平均	16
4.6	予備実験 II における 5 つのパート条件	17
4.7	予備実験 II における実験参加者 S1 の曲の難易度ごとの F 値平均	18
4.8	予備実験 II における実験参加者 S1 の曲の種類ごとの F 値平均	18
4.9	予備実験 II における実験参加者 S1 の曲のパート条件ごとの F 値平均	19
5.1	本実験における 3 つのパート条件	20
5.2	本実験参加者 (聴覚障害者) の情報	21
5.3	本実験参加者 (健聴者) の情報	21
6.1	聴覚障害者群におけるタッピング精度 (F 値) に関する分散分析	24
6.2	健聴者群におけるタッピング精度 (F 値) に関する分散分析	25
6.3	聴覚障害者群における曲の難易度ごとの F 値平均	26
6.4	健聴者群における曲の難易度ごとの F 値平均	26
6.5	聴覚障害者群における曲の種類ごとの F 値平均	27
6.6	健聴者群における曲の種類ごとの F 値平均	27
6.7	聴覚障害者群における曲のパート条件ごとの F 値平均	28
6.8	健聴者群における曲のパート条件ごとの F 値平均	28
6.9	聴覚障害者群における音楽経験の有無の F 値平均	30
6.10	健聴者群における音楽経験の有無の F 値平均	30
6.11	聴覚障害者における図 6.11 と図 6.15 の比較まとめ	36

第1章 はじめに

1.1 研究背景

聴覚障害をもっている人も音楽を楽しむ人は数多くいる。彼らは、音楽を聴取する以外にも、ダンスやカラオケ、音楽ゲーム、楽器演奏などさまざまな形で音楽と関わっている [1]。しかし、カラオケで「歌い始めがわからない」「テンポ通りにうまく歌えているかわからない」など、の音楽聴取に対して不安に感じている部分もある。また、聴覚障害者自身がどのような音の聞こえ方で楽しんでいるのかもわかっていない。

音楽の楽しみ方の1つとして、音楽の聴取がある。音楽聴取には、メロディーやハーモニー、リズム、楽器の音色といった音楽の要素を捉えることが必要である。聴覚障害者はその中でも、特にリズムを頼りに曲を同定する傾向があり [2]、聴覚障害者を対象としたリズムに着目した研究は多くある。先行研究では等しい聴力レベルを持つ聴覚障害者でも、リズムの聴取の方法が異なることが示されている [3]。また、タッピングゲームを開発し、聴覚障害者のリズム認知のトレーニングを行った研究もある [4]。このようにリズムに着目し音楽認知と聴覚障害の関連を研究することで、聴覚障害者の音楽体験とはなにかという疑問の解明に近づいていこう。

本研究では、音楽のリズムに着目し、聴覚障害者を対象としたリズム認知実験を行った。音楽の3要素を含んだメロディーパート、ハーモニーパート、リズムパートの3パート曲を制作し、ビートタッピング実験を行った。

1.2 論文の構成

本論文は7章で構成される。第1章では研究の背景やねらいについて述べ、第2章では関連研究について述べる。第3章では、刺激として制作した3パート曲について述べる。第4章では予備実験について、そして本実験にむけた曲刺激の選定について述べる。第5章では聴覚障害者14名、健聴者11名を対象として実施した本実験について述べる。第6章では本実験の結果と考察を記述し、第7章にまとめと今後の展望を記述する。

第2章 関連研究と研究の目的

2.1 聴覚障害

2.1.1 概要

全国の身体障害者手帳を所持する聴覚障害者の数は、厚生労働省が平成28年度に実施した生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）の結果によれば29万7000人である[5]。これは、平成23年度の調査の結果の24万2200人[6]から、増えていることわかる。

聴覚障害の有無や程度を判定するのに最も一般的な検査に純音聴力検査がある。オーディオメーターを使い、純音の周波数（ヘルツ, Hz）と強さ（デシベル, dB）を調節して被験者に聞かせ、被験者の応答や反応によって聞こえの最小可聴閾値を測定する。得られた結果は、聴力レベルとして、聴覚障害の程度を表す際に用いられる[7, 8]。

2.1.2 平均聴力レベル

聴力障害の程度を測るため、純音聴力検査によって得られた聴力レベルを元に、聴力は一定の方式に従って定量化される。これを平均聴力レベル L_{mean} といい、その算出方法は以下のようなものが用いられる[9]。式中で使われている L_{500} , L_{1000} , L_{2000} , L_{4000} はそれぞれオーディオメーターで計測した500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hzの純音の聴力レベルを指す。

- 2分法 $L_{mean} = (L_{1000} + L_{2000}) / 2$
- 3分法 A $L_{mean} = (L_{500} + L_{1000} + L_{2000}) / 3$
- 3分法 B $L_{mean} = (L_{500} + L_{2000} + L_{4000}) / 3$
- 4分法 A $L_{mean} = (L_{500} + L_{1000} * 2 + L_{4000}) / 4$
- 4分法 B $L_{mean} = (L_{500} + L_{1000} + L_{2000} + L_{4000}) / 4$
- 6分法 $L_{mean} = (L_{500} + L_{1000} * 2 + L_{2000} * 2 + L_{4000}) / 6$

難聴対策委員会によると、このうち3分法と4分法の有用性が高く評価されている。そして、国際的には広く用いられている4分法Bを聴覚障害の程度分類で用いる平均聴力レベル算出に使用することを提案している。

2.1.3 程度の区分

平均聴力レベルを元にして、聴覚障害の程度を区分することができる。区分の一例として、WHO による分類を表 2.1 に示す [10].

表 2.1: 聴覚障害の程度に関する分類

分類	聴力レベル	聞こえ
障害なし	0-25dB	ささやき声を聴き取ることができる
軽度難聴	26-40dB	1メートルの距離で普通の聞き取りが可能
中度難聴	41-60dB	1メートルの距離で大きな声での聞き取りが可能
高度難聴	61-80dB	良い方の耳へ叫ばれた言葉が聞き取りが可能
重度難聴	81dB-	音声言語の受容が困難

2.1.4 コミュニケーション手段

聴覚障害者のコミュニケーション手段について、厚生労働省が平成 28 年度に実施した生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）の結果を表 2.2 に示す [5]. 65 歳未満では、補聴器や人工内耳などの補聴機器の使用が多いものの、スマートフォンやタブレット端末の使用も多くなっている。

表 2.2: 65 歳未満の聴覚障害者のコミュニケーション手段

種類	使用率
補聴器	25.0%
人工内耳	4.2%
筆談・要約筆記	22.9%
読話	10.4%
手話・手話通訳	25.0%
スマートフォン・タブレット端末	20.8%
その他	29.3%

補聴器とは、マイクロフォンに入力された音を増幅してイヤホンから外耳道、中耳へと音を送る機器である。主に、電源部、マイクロフォン、アンプ（増幅部）、イヤホン（増幅した音を送り出すスピーカー）から構成されている。現在では、雑音やハウリング機能を押さえる機能をもった補聴器もある。

人工内耳は、音を増幅する補聴器とは違い、内耳の蝸牛の中に聴神経を刺激する電極を入れて脳に音の信号を送る装置である。

聴覚障害者はこのような機器や手段を使用し、日々の生活のコミュニケーションにおいて役立っている。本研究では、補聴器もしくは人工内耳を利用している聴覚障害者に対して実験を行った。

2.2 聴覚障害者と音楽

2.2.1 音楽の三要素

我々は、どのように音楽を認知しているのだろうか。音楽に関する音響的信号はまず感覚器官に到達し、音の連続として捉えられている。この音は何らかのまとまりとして体制化され、処理が行われる必要がある [11]。阿部によれば、この体制化の結果、「リズム」、「メロディー」、「ハーモニー」の3つが知覚されるということである [12]。この3要素は「音楽の三要素」といわれる。

2.2.2 リズムの研究

リズムは音楽の3要素の1つである。リズムを認知することは、音楽を楽しむために重要であり、楽器演奏や歌唱などの音楽活動にも大切である。また、聴覚障害者にとっても音楽は好まれるものであることがわかっている [13]。彼らにとってリズムは音楽を同定する上で重要なものである [14, 15]。しかし、リズムを認知することは聴覚障害者にとって難しく、多くのろう学校でも音楽の授業で教えるのは困難である [16]。

聴覚障害者を対象とした、リズムを認知する方法はいままでも多くの研究がなされてきた [17, 18, 19]。その研究の多くは、「単旋律のリズムパターンに対しての弁別・同定・再生」などの実験のために作成された音の判別や同じように再生するものが多い。

2.2.3 リズム認知能力

我々の研究では、リズムを認知するには「拍」が重要であると考えられる。拍とは音楽の「タイミングのよりどころとなる時間の単位」であり [20]、音楽に合わせた手拍子や指揮者の手の動きにみられる、音楽の強拍などにあらわれる等間隔のリズム構造のことである。この拍を、音楽を聴きながら認知できるかどうかを、本研究でのリズム能力の指標とし、「リズム認知能力」と呼ぶ。

2.3 タッピング実験

2.3.1 リズム認知能力を計測する方法

Iversen らが開発した Beat Alignment Test[21] は4つのサブテストからなるリズム認知能力の計測である。4つのサブテストとは以下によって構成される。

1. 等間隔タッピング

何も聞かずに、自分の叩きやすいテンポで、等間隔のタッピングを行う

2. メトロノームタッピング

等間隔で短い音が鳴る刺激（メトロノーム）を聴きながら、それに合わせたタッピングを行う

3. ビートタッピング

音楽を聴きながら、その拍に合わせてタッピングを行う

4. ビートパーセプション

音楽とメトロノームが同時に鳴るのを聞いて、メトロノームが音楽の拍に合っているかどうかを2択で判断する

狩野らは、リズム認知能力を計測する方法として「ビートタッピング」を用いた実験を行った [22] タッピングとは、「一定のリズムにしたがって継続的に入力デバイスをタップする」という行為を指す。

本研究では、Beat Alignment Test 中のビートタッピングを用いてリズム認知能力の計測を行う。

2.3.2 先行研究

狩野は、聴覚障害者を対象として、音楽のどのような要素が、リズム認知に影響を与えているかをビートタッピングにより調べた [22]. そのパラメータは、「リズムパターンの複雑さ」、「アクセントの有無」、「重畳する音の有無と強さ」の3要素である. 重畳する音として、ホワイトノイズや矩形波の和音を用いた. 刺激として、Povel & Essens によるリズム難易度の指標 [23] をもとに、簡単・普通・複雑の3段階のリズムパターンをそれぞれ3種類作成した. また、それぞれのリズムパターンを、6小節繰り返した音源を刺激とし、テンポは110bpm~130bpmの中からランダムに決定される.

使用したリズムパターン9種類を表2.3に示す. リズムパターンは4/4小節で16分音符を単位とした. リズムパターンはバイナリ列によって表され、1のタイミングで音が鳴り、0のタイミングでは音が鳴らないことを意味する. Category列は、Povel & Essens によるカテゴリ分けを示しており、数値が高いほど複雑であることを意味する.

表 2.3: 先行研究の実験で使用したリズムパターンの例

リズムパターン	複雑さ	Category
1000100010101000	簡単 (easy)	1
10001011100011000	簡単 (easy)	1
1110100011101000	簡単 (easy)	1
1011011110101000	普通 (medium)	5
1110100101011000	普通 (medium)	5
1010100100101000	普通 (medium)	5
1001101000110100	難しい (difficult)	9
1101001110101100	難しい (difficult)	7
1111001001001000	難しい (difficult)	9

リズムが複雑になるとタッピング精度は落ち、アクセントのついたリズムであると精度は高いという結果になった. また、「重畳する音の有無と強さ」においては個人差が大きいことが明らかとなった.

また、松原らは、聴覚障害者を対象として、4曲のJ-POPに合わせてビートタッピングをし、音楽経験の有無がリズム認知に影響があるかどうかを調べた [24]. 4曲のJ-POPそれぞれについて歌唱と伴奏・歌唱のみ・伴奏のみの3つの条件をあてはめ、全12曲の刺激を用いた.

音楽経験が有る聴覚障害者は無いものに比べてタッピング精度が高い結果となった.

これらの先行研究のように、聴覚障害者を対象としたビートタッピングを利用しているリズム認知の研究はいくつかある. しかしそれらは、リズムパターンにホワイトノイズなどの持続する音が付与されただけの、音楽とは言い難い刺激や、難易度がコントロールできない商用音楽 (J-POP) の刺激を使っていた. そこで本研究では、難易度が制御できる音楽作品を用いた検討を行う. そこで、「メロディーパート」、「ハーモニーパート」、「リズムパート」の3つで構成された3パート曲を独自に作成し、それぞれのパートの「リズム難易度」を変化させることができる刺激を作成することとした.

2.3.3 評価方法-F 値

ビートタッピングでは, 各試行のリズム認知能力の指標として F 値を用いている. F 値が 1 に近ければリズムを認知できているとみなす.

適合率 P と再現率 R は以下の式で定義する. また, ここでの「正確なタップ」とは, タップが拍に対して前後 16 分音符以内であった場合を示す.

- 適合率 P : 正確なタップ数 / タップ総数
- 再現率 R : 正確なタップ数 / 拍総数

F 値は, 適合率と再現率の調和平均であり, 以下の式で定義される.

$$F \text{ 値} = \frac{2}{\frac{1}{P} + \frac{1}{R}}$$

2.4 本研究の目的

本研究の目的は, 聴覚障害者においてメロディーパート, ハーモニーパート, リズムパートの 3 パート曲を聴取した場合の, リズム難易度とリズム認知の関連性をビートタッピングにより明らかにすることである. 3 パート曲に「曲の難易度」, 「曲の種類」, 「曲のパート条件」の 3 つの要因を加え, どの要因がリズム認知に影響を与えているのかを検証する.

また, 音楽経験の有無がタッピング精度に影響するかを検討する. さらに健聴者においても同様の実験を行い, 聴覚障害者の結果と比較検討する.

第3章 曲刺激の作成

3.1 リズム難易度の指標の検討

本研究では実験に使用する刺激曲の制作を、東京藝術大学音楽学部作曲科在學生に依頼した。作曲依頼をするにあたって、メロディーパート、ハーモニーパート、リズムパートの3パート曲を制作することにした。各パートのリズム難易度を制御するため、リズム難易度の指標を検討した。本研究では、「リズム難易度」をリズムパターンの難しさの度合いと定義する。

しかし、それらのパートをどのリズム難易度の指標を利用して作曲するかという問題があった。狩野が使用したリズムパターン [22] は、16分音符を単位としたリズムであり、これを曲に応用してもメロディーやハーモニーには対応できない。また、このリズムパターンを用いて作曲しても、16分音符の曲ばかりで難易度の変化がつけにくく、不適切であると考えた。

そこで、独自のリズム難易度を作成することにした。聴覚障害者にとって十分に難しいレベルである、小学校の音楽の教科書を参考にした。文部科学省の検定を得た2社の音楽の教科書を参考にし、独自のリズム難易度の指標を作成した。使用した音楽の教科書は、教育出版 [25, 26, 27, 28, 29, 30] と教育芸術社 [31, 32, 33, 34, 35, 36] の各小学校1年生から小学6年生の教科書である。教科書にはメロディーやリズムしか載っていないため、それぞれの教科書の伴奏編 [37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49] も検討し、ハーモニーの複雑さも把握した。

3.2 リズム難易度の指標の決定

音楽の全教科書から各学年の使われている音符の種類、休符の種類、テンポ、音楽記号/技法を調査した。以下の表 3.1 に示す。また、小学校の各学年で使われている主なメロディーのリズムパターンを抽出した。以下の図 3.1～図 3.6 に示す。

表 3.1: 小学校の音楽の教科書に使用されている学年ごとの特徴

	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生
音符の種類	4分, 8分音符	+付点4分音符	+付点8分, 16分音符		+2分音符	
休符の種類	4分休符		+8分休符			+16分休符
テンポ	88~132bpm	89~152bpm	88~138bpm	56~138bpm	54~138bpm	52~132bpm
音楽記号/技法				シンコペーション	タイ	強拍に音がない

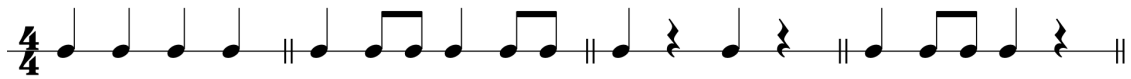


図 3.1: 小学 1 年生のリズムパターン例

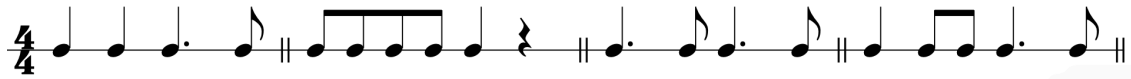


図 3.2: 小学 2 年生のリズムパターン例



図 3.3: 小学 3 年生のリズムパターン例



図 3.4: 小学 4 年生のリズムパターン例



図 3.5: 小学 5 年生のリズムパターン例



図 3.6: 小学 6 年生のリズムパターン例

これらの表と図より、小学 1 年生と小学 2 年生では 4 分音符と 8 分音符を使った単純なリズムパターンが多いことがわかった。また、小学 3 年生と小学 4 年生については付点 8 分音符や 16 分音符のようなより音価の小さい音符が使われており、リズムパターンがより複雑となるものが多数あった。小学 5 年生と小学 6 年生では 2 分音符のような音価の長い音符を利用したり、強拍に音がないといった技法が多く使われていた。つまり、学年が上になるにつれ、複雑なリズムパターンや技法が多く使われていることが明らかとなった。

小学 1 年生と小学 2 年生レベル、小学 3 年生と小学 4 年生レベル、小学 5 年生と小学 6 年生レベル、の大きく 3 つのグループにわけることにした。本研究では、この 3 つのレベルをリズム難易度の指標とする。

3.3 曲の制作

前の節で述べたリズム難易度指標を元にし、東京藝術大学音楽学部作曲科の学生に曲の制作を依頼した。

まず、メロディーパート、ハーモニーパートの2パートで構成される、異なる3つのタイプの曲（以下A, B, Cとする）を作成した。Aはハ長調で構成され、Bはハ長調であるが、途中に転調を含むもの、Cはイ短調である。3曲とも4/4拍子、全16小節、テンポ100bpmである。このA, B, Cを本研究では「曲の種類」と呼ぶ。この3種類の曲のはじめの4小節を図3.7～図3.9に示す。

Figure 3.7 shows the first four measures of piece A. The tempo is 100 bpm. The melody is in C major and consists of quarter notes: C4, D4, E4, F4, G4, A4, B4, C5. The bass line consists of chords: C4, F4, G4, A4, B4, C5, D5, E5.

図 3.7: A の冒頭 4 小節

Figure 3.8 shows the first four measures of piece B. The tempo is 100 bpm. The melody is in C major and consists of quarter notes: C4, D4, E4, F4, G4, A4, B4, C5. The bass line consists of chords: C4, F4, G4, A4, B4, C5, D5, E5, F#5, G#5.

図 3.8: B の冒頭 4 小節

Figure 3.9 shows the first four measures of piece C. The tempo is 100 bpm. The melody is in C major and consists of quarter notes: C4, D4, E4, F4, G4, A4, B4, C5. The bass line consists of chords: C4, F4, G4, A4, B4, C5, D5, E5, F#5, G#5.

図 3.9: C の冒頭 4 小節

これら3種類の曲にリズムパートを加え、3パートで構成された曲をそれぞれ3曲ずつ作成した。その際、節3.2で定義したリズム難易度の指標をもとにして、各レベルで使用されているリズムパターンや音楽技法を使って作曲した。Aの初級（以下A-1）、Aの中級（以下A-2）、Aの上級（以下A-3）、Bの初級（以下B-1）、Bの中級（以下B-2）、Bの上級（以下B-3）、Cの初級（以下C-1）、Cの中級（以下C-2）、Aの上級（以下C-3）の全9曲である。この「初級」、「中級」、「上級」を本研究では「曲の難易度」と呼ぶ。例としてA-1, A-2, A-3のはじめの4小節を図3.10～図3.12に示す。楽譜の全体は付録A, B, Cに記す。

♩ = 100

図 3.10: A-1 の冒頭 4 小節 (難易度: 初級)

♩ = 100

図 3.11: A-2 の冒頭 4 小節 (難易度: 中級)

♩ = 100

図 3.12: A-3 の冒頭 4 小節 (難易度: 上級)

第4章 予備実験

4.1 予備実験I

この予備実験では、本実験に向けて作成した曲刺激が実験に適しているのかを検証した。

4.1.1 実験参加者

実験参加者は聴覚障害者3名（20歳～22歳，男性3名）であった。実験参加者それぞれに関する情報をまとめたものを表4.1に記載する。表の項目は、実験後にアンケートにより調査したものである。平均聴力レベルは実験参加者の記憶による自己申告であるため、必ずしも正確な値ではない可能性がある。また、「音楽を聴く頻度」は「1:まったく聴かない～5:とてもよく聴く」の5段階である。

表 4.1: 予備実験参加者 (聴覚障害者) の情報

実験参加者 番号	障害発症 年齢	平均聴力 レベル	平均聴力 レベルの計測時期	補聴器の使用	人工内耳	音楽を聴く 頻度	音楽経験
S1	1歳	105dB	2019年	使用多	無し	5	ダンス4年
S2	1歳	105dB	2019年	使用しない	有り	5	ダンス6年
S3	0歳	70dB	2018年	使用多	無し	4	無し

4.1.2 曲刺激の選定

曲は作成した A の初級 (A-1) を用いた。また楽器音として Sibelius sound からメロディパートとハーモニーパートにはピアノ、リズムパートにはスネアドラムを使用した。テンポは 100bpm で一定である。この曲に対して、以下の 5 つのパート条件 (表 4.2) を当てはめたものを刺激とし 5 曲を使用した。それぞれの曲については 16 小節を用いた。この条件を以降の本節では「曲のパート条件」と呼ぶ。それぞれの条件の略称は、以下での図表中で用いる。

表 4.2: 予備実験 I における 5 つのパート条件

略称	構成	パート数
mhr	すべてのパート	3
m	メロディーパートのみ	1
mh	メロディーパートとハーモニーパート	2
mr	メロディーパートとリズムパート	2
hr	ハーモニーパートとリズムパート	2

4.1.3 実験環境

実験参加者はタブレット型パーソナルコンピュータ (Surface Pro 3; Windows 10) に床から高さ 1.05m の位置に置かれた、0.95m 離れた 2 台のスピーカー (GENELEC 社製, 8020D) を接続してタッピング実験を実施した。実験参加者は、2 台のスピーカーの間の正面に座り、スピーカーの中心と実験参加者の耳までの距離は 1.4m であった (図 4.1)。

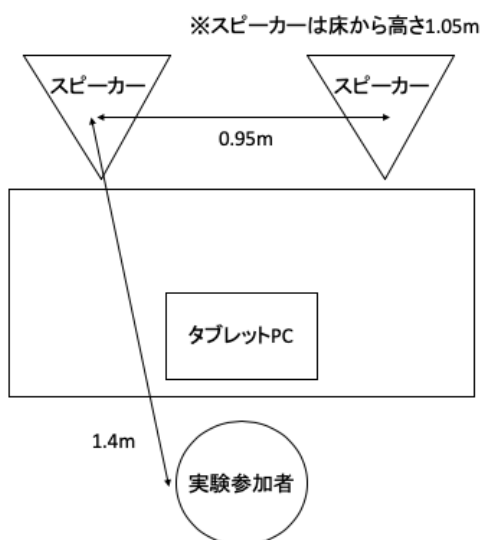


図 4.1: 予備実験環境図

4.1.4 実験手続き

実験は個別に行った。まず、全体の流れについて説明を行った後、それぞれ音量を調節してもらった。調整後の音量は人によって異なり、概ね 58dBA~63dBA であった。また、実験実施時の部屋の暗騒音は 37.8dBA~45.5dBA 程度であった。その後、練習として実際の予備実験では使用しない曲刺激を用いて 3 試行ほど拍に合わせてタッピング課題をした。各試行へのタッピングの直後には、今の刺激がどのくらい難しかったかを 5 段階評価（1:とても難しい~5:とても簡単）でキーボード入力してもらった。練習の後は、本番として全 5 試行のタッピング課題を実施し、アンケートにも回答してもらった。

使用したソフトウェアは Presentation (Neurobehavioral Systems 社, <https://www.neurobs.com/>) であり、これを用いて実験システムを作成した。実験システムは実験参加者がタップしたタッピング時間を記録し、保存する。

4.1.5 分析方法

実験参加者は各曲刺激を 1 度だけ聴取し、その刺激を聴きながらタッピング課題を行った。記録されたタッピング時間を利用して、正しい拍の時間と実際にタップされた記録時間を比較し、どの程度正確に叩いていたかを F 値（2.3.3 項参照）を用いて表した。

4.1.6 実験結果

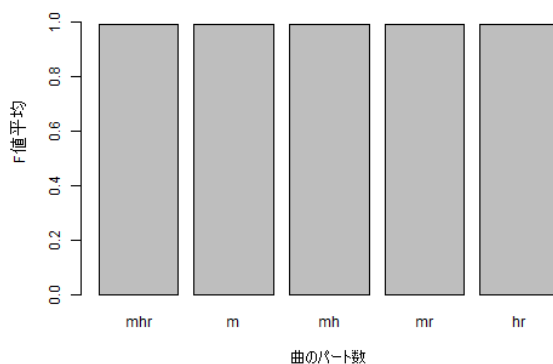
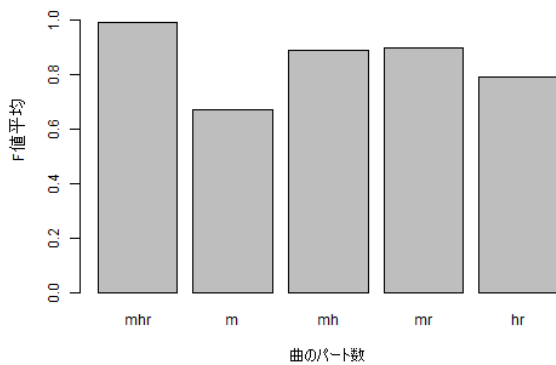


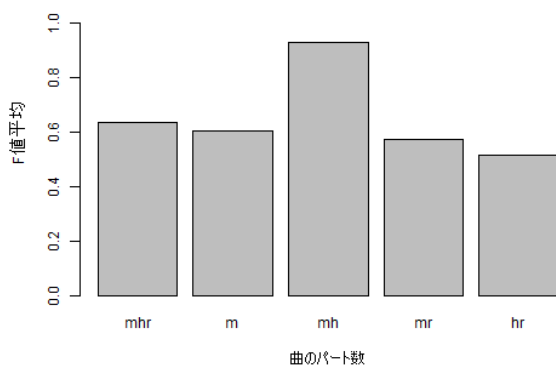
図 4.2: 予備実験 I における実験参加者 S1 の曲の部分条件ごとの F 値平均



曲のパート条件	F 値平均
mhr	0.991
m	0.672
mh	0.891
mr	0.898
hr	0.790

表 4.3: 予備実験 I における実験参加者 S2 の曲のパート条件ごとの F 値平均

図 4.3: 予備実験 I における実験参加者 S2 の曲のパート条件ごとの F 値平均



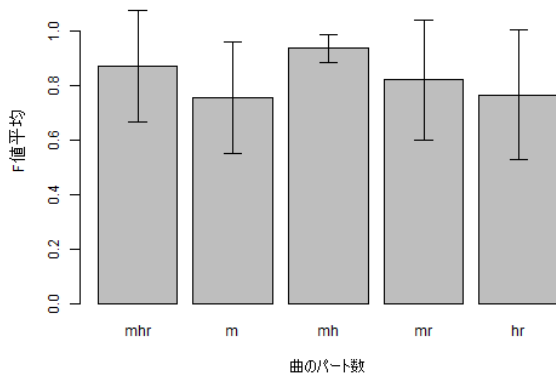
曲のパート条件	F 値平均
mhr	0.636
m	0.607
mh	0.929
mr	0.575
hr	0.517

表 4.4: 予備実験 I における実験参加者 S3 の曲のパート条件ごとの F 値平均

図 4.4: 予備実験 I における実験参加者 S3 の曲のパート条件ごとの F 値平均

予備実験 I の結果を以下に示す。図 4.2, 図 4.3, 図 4.4 は各実験参加者の曲のパート条件ごとが変化した場合の F 値平均を表したものである。全てのグラフも横軸が mhr, m, mh, mr, hr と曲のパート条件を表し、縦軸は F 値でタッピング精度を表している。表 4.3, 表 4.4 は S2, S3 の F 値平均の数値を示す。

S1 は音楽経験があったためすべての条件でタッピング精度が高かった。S2 の F 値平均は、m 条件と hr 条件が低く表れた。また、S3 の F 値平均は、S1 と S2 に比べて全体的に低く、hr 条件が一番低い値となった。



曲のパート条件	F 値平均
mhr	0.873
m	0.757
mh	0.937
mr	0.832
hr	0.766

表 4.5: 予備実験 I における全実験参加者の曲のパート条件ごとの F 値平均

図 4.5: 予備実験 I における全実験参加者の曲のパート条件ごとの F 値平均

図 4.5 は全実験参加者の曲のパート条件が変化した場合の F 値平均を表したものである。横軸が mhr, m, mh, mr, hr と曲のパート条件を表し、縦軸は F 値でタッピング精度を表している。表 4.5 は F 値平均の数値を示す。

F 値平均は、m 条件と hr 条件が一番低い結果となった。

4.1.7 考察

実験結果から S1 の F 値平均の結果に天井効果がでてしまったことがわかる。原因として S1 に音楽経験があったこと、また曲刺激として A の初級のみを用いたことの 2 点が考えられる。さらに、今回の予備実験では、テンポを一定にしていたため、実験参加者が実験をするに従い、学習効果があった可能性も考えられる。

また、S3 が全体的に F 値の値が低かったことから音楽経験がないとタッピング精度は落ちる可能性も示された。

したがって本実験の前に、A の上級と C の上級のレベルを追加した、より複雑な曲刺激と雰囲気の違いを曲刺激を用いた実験をする必要があると考えた。また、テンポをいくつか設定し、ランダムに呈示したものを次の予備実験 II で行う。

4.2 予備実験 II

この予備実験では、複雑な刺激になった場合の天井効果の有無を確認した。

4.2.1 実験参加者

天井効果を確認しなかったため、予備実験 I で参加した S1 を実験参加者とした。

4.2.2 曲刺激の選定

曲は A の上級 (A-3) と C の上級 (C-3) , また予備実験で使用した A-1 を含めた 3 種類の曲を使用した。また、楽器音や曲のパート条件も予備実験 I と同様のものを当てはめて使用した。テンポはそれぞれの条件で異なったテンポに設定した。すべてのパート (mhr) では 100bpm, メロディーパートのみ (m) で 90bpm, メロディーパートとハーモニーパート (mh) で 110bpm, メロディーパートとリズムパート (mr) で 105bpm, ハーモニーパートとリズムパート (hr) で 95bpm とした。したがって実験では 15 曲の刺激を用いてタッピング実験をした (表 4.6) 。この条件を以降の本節では「曲のパート条件」と呼ぶ。

表 4.6: 予備実験 II における 5 つのパート条件

略称	構成	テンポ	パート数
mhr	すべてのパート	100bpm	3
m	メロディーパートのみ	90bpm	1
mh	メロディーパートとハーモニーパート	110bpm	2
mr	メロディーパートとリズムパート	105bpm	2
hr	ハーモニーパートとリズムパート	95bpm	2

4.2.3 実験環境

実験環境は予備実験 I と同じである。

4.2.4 実験手続き

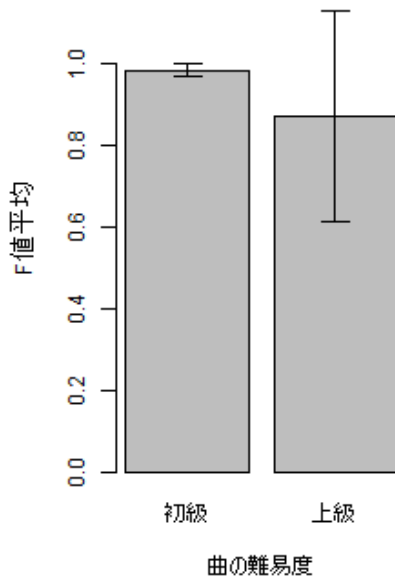
実験手続きは予備実験 I と同様に行い、全 15 試行のタッピング課題を行った。実験参加者は実験が始まる前に音量を調節してもらった。調整後の音量は、57dBA~61dBA であった。また、実験実施時の部屋の暗騒音は 39.2dBA~43.5dBA 程度であった。

使用したソフトウェアは予備実験 I と同様、Presentation を用いて実験システムを作成した。実験システムは実験参加者がタップしたタッピング時間を記録し、保存する。

4.2.5 分析方法

分析方法は予備実験 I と同じである。

4.2.6 実験結果



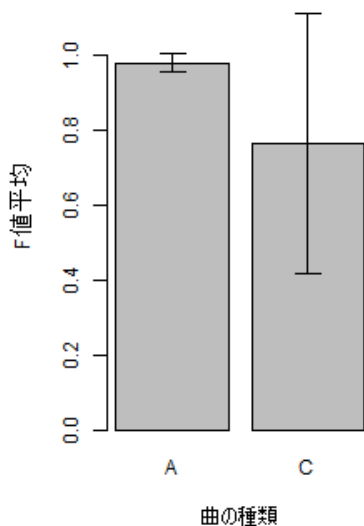
曲の難易度	F 値平均
初級	0.985
上級	0.872

表 4.7: 予備実験 II における実験参加者 S1 の曲の難易度ごとの F 値平均

図 4.6: 予備実験 II における実験参加者 S1 の曲の難易度ごとの F 値平均

図 4.6 は実験参加者 S1 における曲の難易度が変化した場合の F 値平均を示している。グラフは横軸が初級, 上級と曲の難易度を表し, 縦軸は F 値でタッピング精度を表している。表 4.7 は F 値平均の数値を示す。

上級のほうがタッピング精度は低い結果がでたが, 有意差はみられなかった。



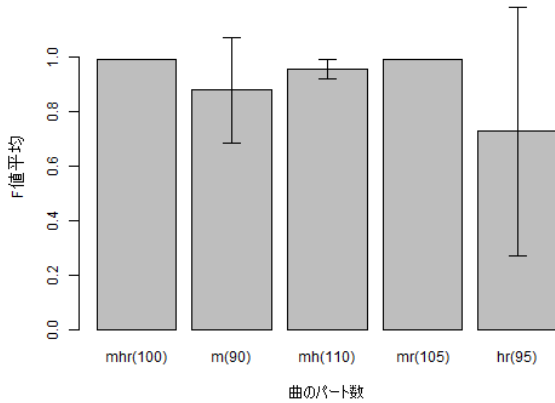
曲の種類	F 値平均
A	0.981
C	0.767

表 4.8: 予備実験 II における実験参加者 S1 の曲の種類ごとの F 値平均

図 4.7: 予備実験 II における実験参加者 S1 の曲の種類ごとの F 値平均

図 4.7 は実験参加者 S1 における曲の種類が変化した場合の F 値平均を示している。グラフは横軸が A, C と曲の種類を表し、縦軸は F 値でタッピング精度を表している。表 4.8 は F 値平均の数値を示す。

C のほうがタッピング精度は低い結果がでたが、有意差はみられなかった。



曲のパート条件	F 値平均
mhr	0.992
m	0.880
mh	0.957
mr	0.992
hr	0.728

表 4.9: 予備実験 II における実験参加者 S1 の曲のパート条件ごとの F 値平均

図 4.8: 予備実験 II における実験参加者 S1 の曲のパート条件ごとの F 値平均

図 4.8 は実験参加者 S1 における曲のパート条件が変化した場合の F 値平均を示している。グラフは横軸が mhr, m, mh, mr, hr と曲のパート条件、括弧内の数字はテンポを表し、縦軸は F 値でタッピング精度を表している。表 4.9 は F 値平均の数値を示す。

m 条件と hr 条件でのタッピング精度が低いという結果がでたが、有意差はみられなかった。

4.2.7 考察

実験結果から、音楽経験がある S1 でも曲の難易度、曲の種類、曲のパート条件の違いによって、タッピング精度に差がでることが示された。特に曲のパート条件において、m 条件と hr 条件で特に大きな差がでていることも示唆された。また、実験後の口頭アンケートからテンポが変化するとタッピング課題に影響されることも得られた。

曲の難易度と曲の種類において、天井効果はみられなかった。難易度や種類が変化するとタッピング精度に影響し、リズム認知できない可能性がある。

曲のパート条件において、予備実験 I, II ともに m 条件は F 値が低く、mh 条件は F 値が高かった。しかし、ハーモニーパートは曲の中で拍を刻んでおり、それを頼りにして実験参加者がタッピングしている可能性が高く、mh 条件はタッピング精度が高くなったと考えた。また、曲依頼の際にピアノ譜のような曲を作成してほしいと依頼したため、本実験では、メロディーパートとハーモニーパートをひとくくりにした、mh 条件をテストすることにした。また、図 4.5 と表 4.5 から mhr 条件は mh 条件の次に F 値が高いので、5つの条件の中で一番タッピング精度がいい条件であることがいえるため、mhr 条件を本実験に使用することにした。そして、一番タッピング精度が悪かった hr 条件も本実験に使用することにした。

したがって、初級、上級の 2つの難易度、A, C の 2種類、mhr 条件、mh 条件、hr 条件の 3つの条件を使用し本実験を行うことにした。

第5章 本実験

5.1 実験概要

聴覚障害者において、3パート曲を聴取する場合のリズム難易度とリズム認知の関連性を明らかにするため、ビートタッピング実験を行った。また、比較対象として健聴者にも実験を行った。

実験に先立ち、書面を用いて本研究の目的および方法について説明した。また、個人情報とデータの取り扱い、実験参加に伴う身体的負荷、自由参加の自由意志について十分な説明を受け、実験同意書に署名した上で実験を開始した。付録D, Eに実験概要書、実験参加同意書を記す。

なお、本実験は筑波大学図書館情報メディア系の研究倫理審査研究会の承認を得た。また、実験参加者には謝金は支払われなかった。

5.2 曲刺激の選定

前章の考察に基づき、本実験では、Aの初級（A-1）、Aの上級（A-3）、Cの初級（C-1）、Cの上級（C-3）の4曲を使用した。曲は全部で16小節あるが、実験参加者の集中力や実験の長さ等を考慮し、曲の前半部分である、1～8小節を実験に使用した。

楽器音は予備実験と同様、Sibelius sound からメロディパートとハーモニーパートにはピアノ、リズムパートにはスネアドラムを用いた。また、音の強弱に関しては、メロディーパートはフォルテ、ハーモニーパートとリズムパートはメゾフォルテとした。これは、メロディーパートと他2つのパートの区別しやすくするためである。

曲のパート条件は以下の表5.1の通りである。この条件を以降の本稿では「曲のパート条件」と呼ぶ。各条件を2回ずつ計測した。

表 5.1: 本実験における3つのパート条件

略称	構成	パート数
mhr	すべてのパート	3
mh	メロディーパートとハーモニーパート	2
hr	ハーモニーパートとリズムパート	2

刺激について要約すると、A-1, A-3, C-1, C-3の4曲に対して、この3条件を当てはめ、各2回実施した、計24個の刺激を用いた。テンポは90bpm, 95bpm, 100bpm, 105bpm, 110bpm, 115bpmの6つをランダムに決定した。

5.3 実験条件

5.3.1 実験参加者

実験参加者は聴覚障害者 14 名（20 歳～22 歳，男性 12 名，女性 2 名），健聴者 11 名（21 歳～26 歳，男性 9 名，女性 2 名）であった。以後実験実施順に，聴覚障害を有する参加者を聴覚障害者群（S1～S14），健聴の実験参加者を健聴者群（N1～N11）とする。

実験参加者それぞれに関する情報をまとめたものを表に記載する。表の項目は，実験後にアンケートにより調査したものである。付録 F にアンケートを記す。平均聴力レベルは実験参加者の記憶による自己申告であるため，必ずしも正確な値ではない可能性がある。また，「音楽を聴く頻度」は「全く聴かない・月に 2, 3 回程度・週に 1 回程度・週に 2, 3 回聴く・週に 4, 5 回聴く・毎日聴く」の 6 つである。

表 5.2: 本実験参加者 (聴覚障害者) の情報

実験参加者 番号	障害診断 年齢	平均聴力 レベル (左)	使用機器 (左)	平均聴力 レベル (右)	使用機器 (右)	平均聴力 レベルの計測時期	音楽を聴く 頻度	音楽経験
S1	1 歳	110dB	人工内耳	110dB	無し	2019 年 9 月	毎日	ダンス 6 年
S2	3 歳	110dB	補聴器	110dB	補聴器	2019 年 9 月	毎日	ピアノ 5 年, ダンス 1 年
S3	0 歳	100dB	補聴器	100dB	補聴器	2019 年 5 月	毎日	ダンス 1 年
S4	3 歳	91dB	補聴器	88dB	補聴器	2018 年 9 月	週に 2,3 回	無し
S5	1 歳	60dB	補聴器	75dB	補聴器	2018 年 5 月	週に 4,5 回	無し
S6	0 歳	130dB	人工内耳	100dB	無し	2018 年 3 月	毎日	太鼓 3 年
S7	5 歳	105dB	補聴器	110dB	補聴器	2019 年 8 月	毎日	ダンス 4 年
S8	2 歳	95dB	補聴器	105dB	補聴器	2019 年 4 月	毎日	ダンス 3 年
S9	1 歳	100dB	補聴器	100dB	補聴器	2019 年 9 月	週に 2,3 回	太鼓 3 年
S10	2 歳	100dB	補聴器	120dB	無し	1999 年 7 月	週に 4,5 回	バレエ 5 年, ダンス 4 年
S11	0 歳	110dB	補聴器	95dB	補聴器	2019 年 8 月	全く聴かない	ピアノ 2, 3 年
S12	0 歳	90dB	補聴器	90dB	補聴器	2018 年	毎日	無し
S13	5 歳	75dB	補聴器	115dB	無し	2019 年 8 月	毎日	歌 1 年
S14	1 歳	115dB	補聴器	115dB	補聴器	2016 年 4 月	週に 1 回	無し

表 5.3: 本実験参加者 (健聴者) の情報

番号	音楽を聴く頻度	音楽経験
N1	毎日	ピアノ 13 年, チェロ 7 年
N2	週に 2,3 回	ピアノ 10 年, チェロ 3 年
N3	毎日	無し
N4	毎日	無し
N5	毎日	無し
N6	週に 4,5 回	無し
N7	毎日	ピアノ 1,2 年
N8	週に 4,5 回	無し
N9	毎日	ピアノ 10 年, チェロ 5 年
N10	週に 2,3 回	チェロ 5 年
N11	週に 4,5 回	ピアノ 20 年

5.3.2 実験環境

聴覚障害者群と健聴者群はそれぞれ別の場所にて実施した。室内の暗騒音は聴覚障害者が使用した部屋で 38.7dBA~40.1dBA 程度、健聴者が使用した部屋で 43.2dBA~47.9dBA であった。

実験参加者はタブレット型パーソナルコンピュータ (Surface Pro 3; Windows 10) に床から高さ 1.0m の位置に置かれた、0.9m 離れた 2 台のスピーカーを接続してタッピング実験を実施した。使用したスピーカーは、聴覚障害者で GENELEC 社製の 8020D を、健聴者で GENELEC 社製の 8030B を使用した。実験参加者は、2 台のスピーカーの間の正面に座り、スピーカーの中心と実験参加者の耳までの距離は 1.4m であった (図 5.1)。

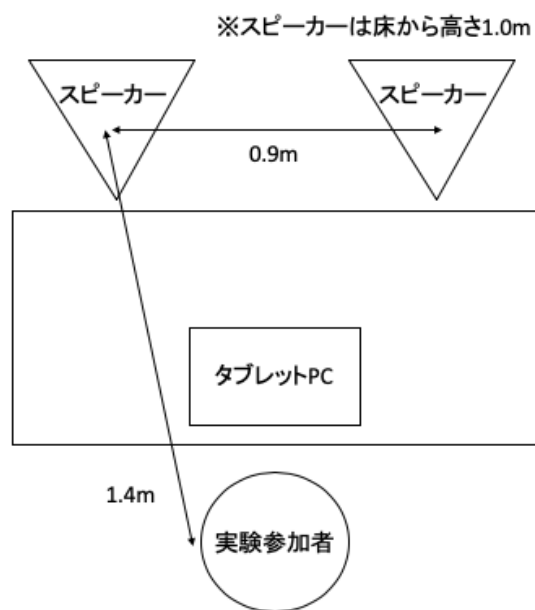


図 5.1: 本実験環境図

5.4 実験手続き

実験は個別に行った。実験全体の流れを図 5.2 に示す。まず、全体の流れについて説明を行った後、聴覚障害者群 (S1~S14) のみ音量の調節を行った。聴覚障害者群は実験が始まる前にそれぞれ自分の聴きやすい音量に調節してもらった。調整後の音量は人によって異なり、概ね 62.3dBA~73.6dBA であった。健聴者の場合は音量レベルを固定して提示した。途中で音量は自然に変動し、その範囲は 69.7dBA~72.5dBA であった。また、実験実施時の部屋の暗騒音は聴覚障害者群で 31.2dBA~39.7dBA 程度で、健聴者群で 44.4dBA~47.9dBA 程度であった。練習では実際の本番では使用しない刺激を用いて 3 試行ほど拍に合わせてタッピング課題を行い、1 試行の流れを確認してもらった。1 試行の流れを図 5.3 に示す。練習が終わった後、本番の全 24 試行のタッピング課題を実施し、事後アンケートにも答えてもらった。

使用したソフトウェアは予備実験と同様、Presentation 用いて実験システムを作成した。実験システムは実験参加者がタップしたタッピング時間を記録し、保存する。

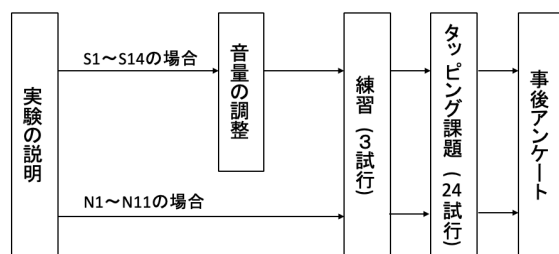


図 5.2: 本実験の流れ

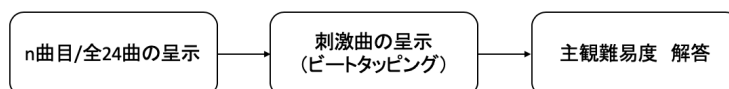


図 5.3: タッピング課題 (n 試行目)

5.5 分析方法

5.5.1 F 値分析

予備実験と変わらず、実験参加者は各曲刺激を 1 度だけ聴取し、その刺激を聴きながらタッピング課題を行った。記録されたタッピング時間を利用して、正しい拍の時間と実際にタップされた記録時間を比較し、どの程度正確に叩けていたかを F 値を用いて表した。実験結果では、この F 値を比べることにより、「曲の難易度」、「曲の種類」、「曲のパート条件」などの要素がリズム認知に影響を及ぼすかを述べる。

5.5.2 主観難易度の評価

各試行のタッピングの直後には、今の刺激がどのくらい難しかったかを 5 段階評価 (1:とても難しい 2:まあ難しい 3:普通 4:まあ簡単 5:とても簡単) でキーボード入力してもらった。この評価のことを本稿では「主観難易度」と呼ぶ。

第6章 実験結果

6.1 分散分析

まず、聴覚障害者群と健聴者群の「実験参加者」, 「曲の難易度」, 「曲の種類」, 「曲のパート条件」の4つの要因のF値への効果を分散分析によって検定する。

表 6.1: 聴覚障害者群におけるタッピング精度 (F 値) に関する分散分析

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)	
実験参加者	13	10.116	0.7782	42.880	$< 2e - 16$	***
難易度	1	1.010	1.0103	55.671	$4.47e - 12$	***
種類	1	0.323	0.3235	17.825	$3.97e - 05$	***
パート条件	2	0.060	0.0298	1.643	0.196593	
実験参加者 : 難易度	13	1.285	0.0988	5.446	$3.64e - 08$	***
実験参加者 : 種類	13	0.958	0.0737	4.062	$8.43e - 06$	***
難易度 : 種類	1	0.389	0.3889	21.428	$7.35e - 06$	***
実験参加者 : パート条件	26	0.951	0.0366	2.015	0.004438	**
難易度 : パート条件	2	0.110	0.0552	3.042	0.050402	.
種類 : パート条件	2	0.047	0.0237	1.308	0.273020	
実験参加者 : 難易度 : 種類	13	0.674	0.0519	2.858	0.000965	***
実験参加者 : 難易度 : パート条件	26	0.813	0.0313	1.723	0.022116	*
実験参加者 : 種類 : パート条件	26	0.634	0.0244	1.344	0.136278	
難易度 : 種類 : パート条件	2	0.055	0.0273	1.503	0.225419	
実験参加者 : 難易度 : 種類 : パート条件	26	0.465	0.0179	0.986	0.489059	
Residuals	167	3.031	0.0181			

*** : $p < 0.001$, ** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, . : $p < 0.1$

聴覚障害者群の分散分析の結果を表 6.1 に示す。実験参加者と曲の難易度, 曲の種類にはそれぞれ有意な効果がみられた。また, 実験参加者と曲の難易度, 実験参加者と曲の種類, 曲の難易度と曲の種類, 実験参加者と曲のパート条件のそれぞれの交互作用の効果に有意であった。さらに, 実験参加者と曲の難易度と曲の種類の交互作用の効果も有意であった。

表 6.2: 健聴者群におけるタッピング精度 (F 値) に関する分散分析

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr(>F)	
実験参加者	10	1.1405	0.11405	13.895	$< 2e - 16$	***
難易度	1	0.0334	0.03342	4.072	0.0456	*
種類	1	0.0012	0.00119	0.145	0.7043	
パート条件	2	0.0182	0.00910	1.109	0.3329	
実験参加者：難易度	10	0.4503	0.04503	5.487	$8.61e - 07$	***
実験参加者：種類	10	0.0323	0.00323	0.393	0.9477	
難易度：種類	1	0.0072	0.00721	0.879	0.3502	
実験参加者：パート条件	20	0.1609	0.00805	0.980	0.4898	
難易度：パート条件	2	0.0341	0.01706	2.078	0.1292	
種類：パート条件	2	0.0200	0.00998	1.216	0.2996	
実験参加者：難易度：種類	10	0.0363	0.00363	0.442	0.9234	
実験参加者：難易度：パート条件	20	0.1149	0.00574	0.700	0.8207	
実験参加者：種類：パート条件	20	0.1169	0.00584	0.712	0.8082	
難易度：種類：パート条件	2	0.0617	0.03084	3.757	0.0259	*
実験参加者：難易度：種類：パート条件	20	0.6662	0.03331	4.059	$4.90e - 07$	***
Residuals	132	1.0834	0.00821			

****: $p < 0.001$, ***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$

健聴者群の分散分析の結果を表 6.2 に示す。実験参加者と曲の難易度の効果が有意であった。また、実験参加者と曲の難易度の交互作用、曲の難易度と曲の種類と曲パート条件の交互作用の効果も有意であった。

以降の節で曲の難易度、曲の種類、曲のパート条件のそれぞれの要因について聴覚障害者と健聴者を比較し、詳しく検定する。また音楽経験の有無や実験参加者別によってタッピング精度に影響を及ぼすのかも合わせて検証する。

6.2 要因ごとの F 値分析

6.2.1 曲の難易度

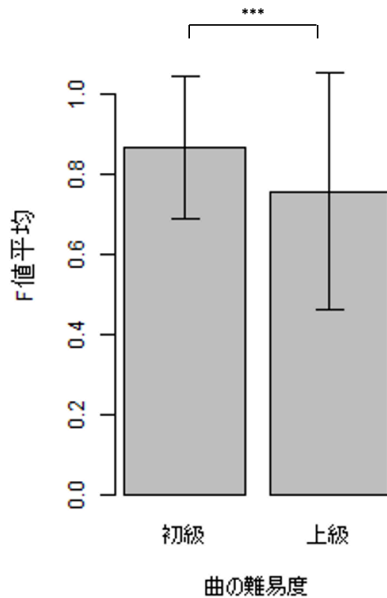


図 6.1: 聴覚障害者群における曲の難易度ごとの F 値平均

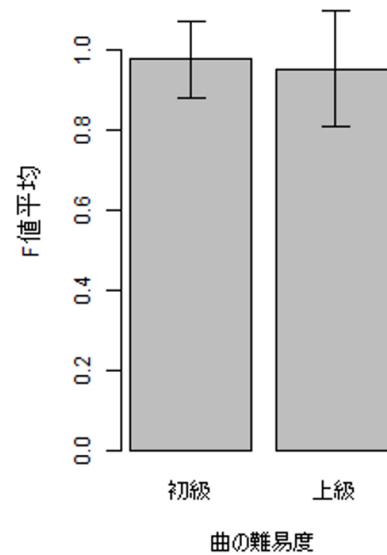


図 6.2: 健聴者群における曲の難易度ごとの F 値平均

曲の難易度	F 値平均
初級	0.867
上級	0.758

表 6.3: 聴覚障害者群における曲の難易度ごとの F 値平均

曲の難易度	F 値平均
初級	0.977
上級	0.954

表 6.4: 健聴者群における曲の難易度ごとの F 値平均

図 6.1, 図 6.2 は曲の難易度が変化した場合, 聴覚障害者群ならびに健聴者群の F 値平均を表した。表 6.3, 表 6.4 はそれぞれの F 値平均の数値を示す。

図 6.1 が聴覚障害者群 14 名を対象とした結果, 図 6.2 が健聴者群 11 名を対象とした結果である。どちらのグラフも横軸が左から初級, 上級と曲の難易度を表し, 縦軸が F 値でタッピング精度を表している。

t 検定を行ったところ, 聴覚障害者群では初級と上級に有意差がみられ ($p < 0.001$), 健聴者群では有意差はみられなかった。聴覚障害者群のほうが健聴者群よりも低い評価となった。

6.2.2 曲の種類

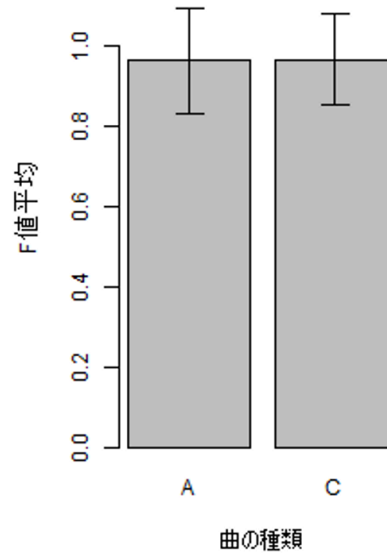
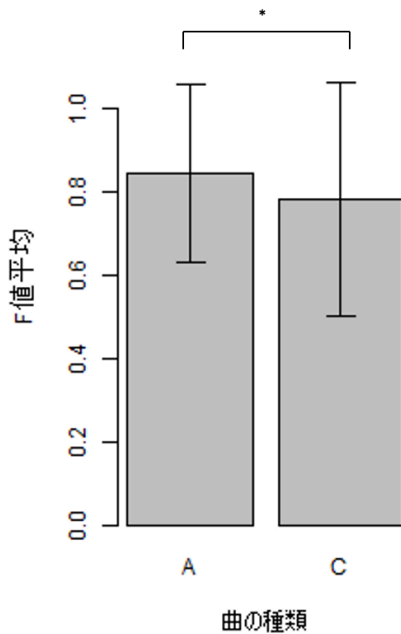


図 6.3: 聴覚障害者群における曲の種類ごとの F 値 図 6.4: 健聴者群における曲の種類ごとの F 値平均

曲の種類	F 値平均
A	0.843
C	0.782

表 6.5: 聴覚障害者群における曲の種類ごとの F 値平均

曲の種類	F 値平均
A	0.963
C	0.968

表 6.6: 健聴者群における曲の種類ごとの F 値平均

図 6.3, 図 6.4 は曲の種類が変化した場合, 聴覚障害者群ならびに健聴者群の F 値平均を表した. 表 6.5, 表 6.6 はそれぞれの F 値平均の数値を示す.

図 6.3 が聴覚障害者群 14 名を対象とした結果, 図 6.4 が健聴者群 11 名を対象とした結果である. どちらのグラフも横軸が左から A, C と曲の種類を表し, 縦軸が F 値でタッピング精度を表している.

t 検定を行ったところ, 聴覚障害者群では A と C に有意差がみられ ($p < 0.05$), 健聴者群では有意差はみられなかった.

6.2.3 曲のパート条件

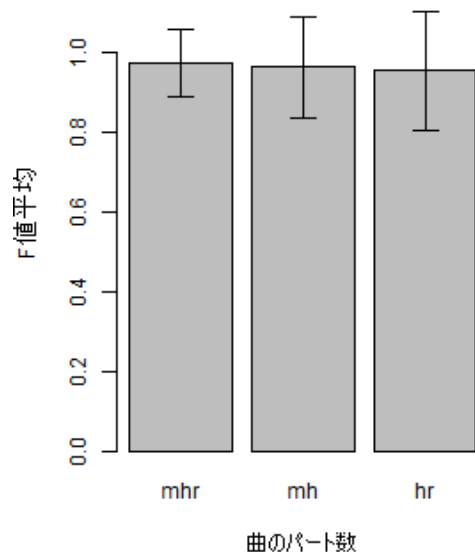
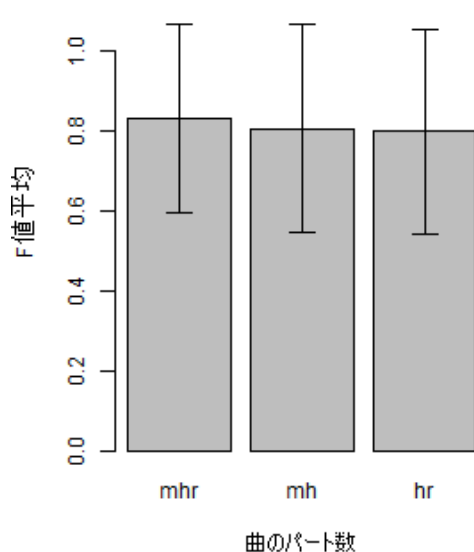


図 6.5: 聴覚障害者群における曲のパート条件ごと 図 6.6: 健聴者群における曲のパート条件ごとの F 値平均
の F 値平均 値平均

曲のパート条件	F 値平均
mhr	0.832
mh	0.808
hr	0.799

表 6.7: 聴覚障害者群における曲のパート条件ごとの F 値平均

曲のパート条件	F 値平均
mhr	0.977
mh	0.964
hr	0.956

表 6.8: 健聴者群における曲のパート条件ごとの F 値平均

図 6.5, 図 6.6 は曲のパート条件が変化した場合, 聴覚障害者群および健聴者群の F 値平均を表した. 表 6.7, 表 6.8 はそれぞれの F 値平均の数値を示す.

図 6.5 が聴覚障害者群 14 名を対象とした結果, 図 6.6 が健聴者群 11 名を対象とした結果である. どちらのグラフも横軸が左から mhr 条件, mh 条件, hr 条件と曲のパート条件を表し, 縦軸が F 値でタッピング精度を表している.

t 検定を行ったところ, 聴覚障害者群, 健聴者群共に mhr 条件, mh 条件, hr 条件に有意差はみられなかった. しかし, いずれの群においても hr 条件が一番低い値となった.

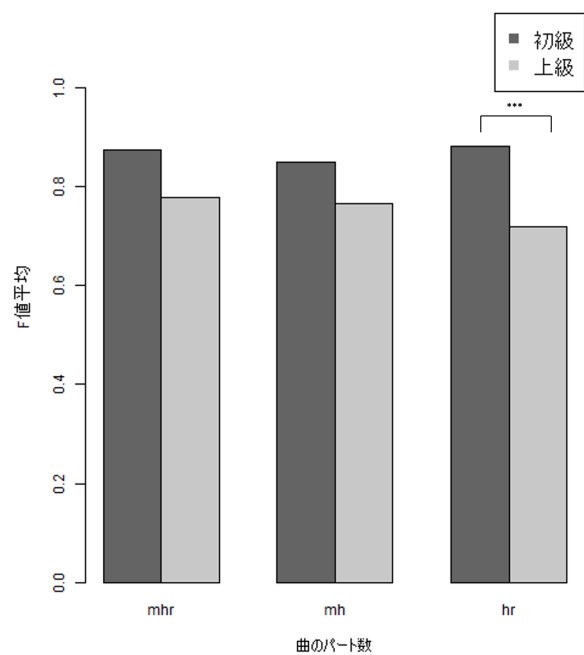


図 6.7: 聴覚障害者群における曲のパート条件×曲の難易度に関する F 値平均

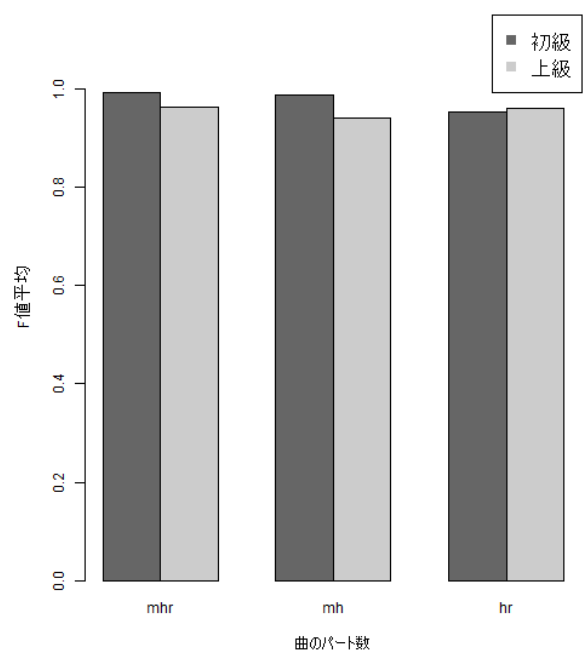


図 6.8: 健聴者群における曲のパート条件×曲の難易度に関する F 値平均

図 6.7, 図 6.8 は曲のパート条件と曲の難易度の全組み合わせが変化した場合における, 聴覚障害者群ならびに健聴者群の F 値平均を表した.

図 6.7 が聴覚障害者群 14 名を対象とした結果, 図 6.8 が健聴者群 11 名を対象とした結果である. どちらのグラフも横軸が左から mhr 条件, mh 条件, hr 条件と曲のパート条件を表し, 色の濃さが曲の難易度を示す. 縦軸が F 値でタッピング精度を表している.

聴覚障害者群のどのパート条件においても曲の難易度があがると F 値は低くなった. 特に, hr 条件においての初級と上級に有意差がみられた ($p < 0.001$, t 検定).

6.2.4 音楽経験

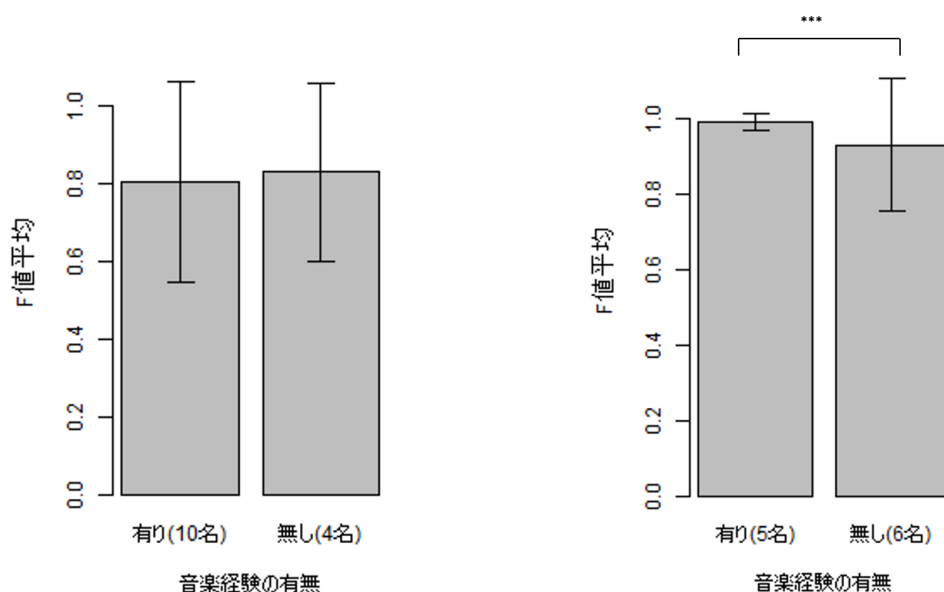


図 6.9: 聴覚障害者群における音楽経験の有無の F 値平均

音楽経験	F 値平均
有り	0.806
無し	0.830

表 6.9: 聴覚障害者群における音楽経験の有無の F 値平均

図 6.10: 健聴者群における音楽経験の有無の F 値平均

音楽経験	F 値平均
有り	0.994
無し	0.931

表 6.10: 健聴者群における音楽経験の有無の F 値平均

図 6.9, 図 6.10 は音楽経験があるかどうかでの, 聴覚障害者群ならびに健聴者群の F 値平均を表した. 表 6.9, 表 6.10 はそれぞれの F 値平均の数値を示す.

図 6.9 が聴覚障害者群 14 名 (有り: 10 名, 無し: 4 名) を対象とした結果, 図 6.10 が健聴者群 11 名 (有り: 6 名, 無し: 5 名) を対象とした結果である. 横軸が左から音楽経験有り, 音楽経験無しを示し, 縦軸が F 値でタッピング精度を表している.

t 検定を行ったところ, 聴覚障害者群では, 有意差はみられなかったが, 健聴者群に音楽経験有りと音楽経験無しに有意差がみられた ($p < 0.001$).

6.2.5 実験参加者ごとのデータ

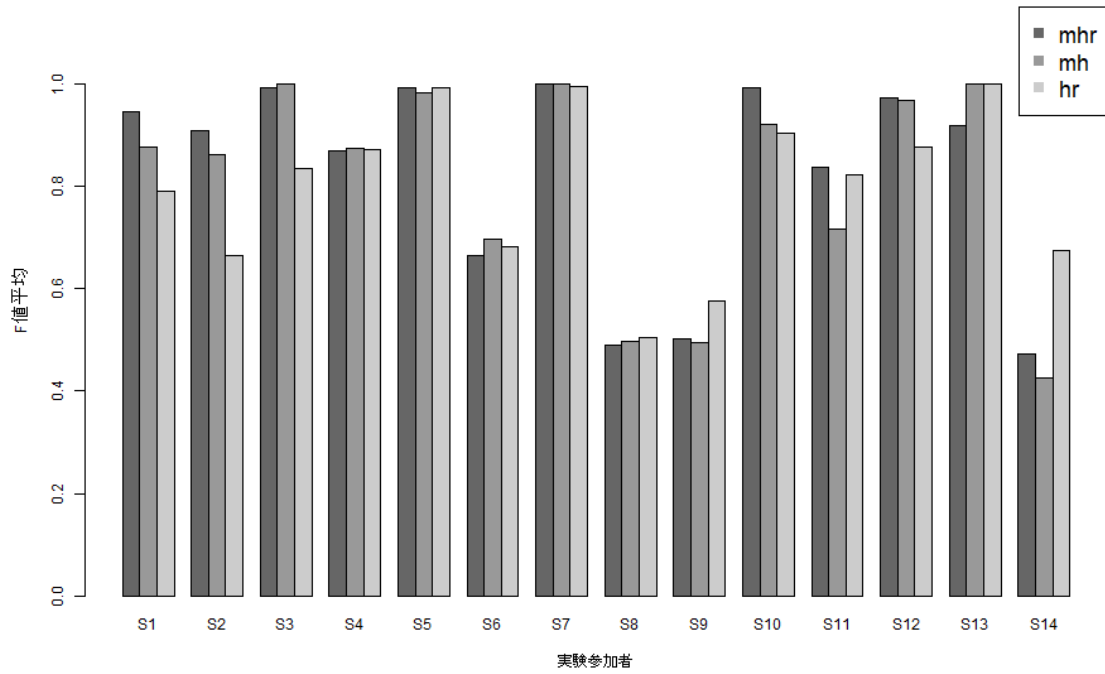


図 6.11: 聴覚障害者群における曲のパート条件が変化した場合のタッピング精度

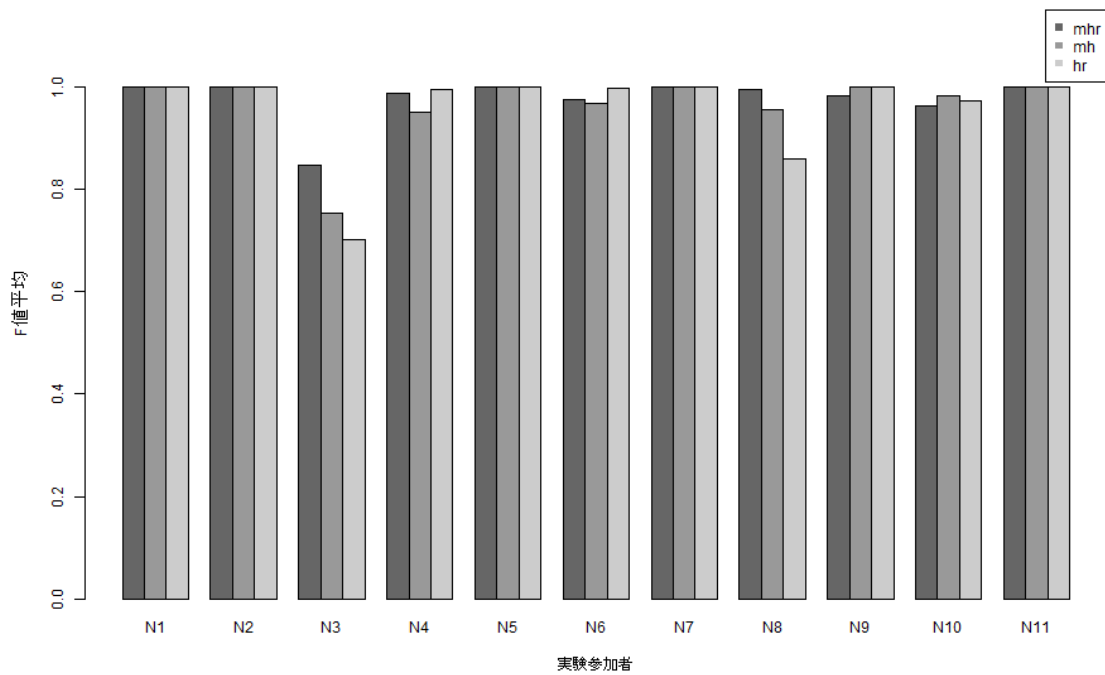


図 6.12: 健聴者群における曲のパート条件が変化した場合のタッピング精度

上の2つの図6.11と図6.12は各実験参加者と曲のパート条件の全組み合わせが変化した場合、聴覚障害者群ならびに健聴者群のF値平均を表した。

図6.11が聴覚障害者群14名を対象とした結果、図6.12が健聴者群11名を対象とした結果である。どちらのグラフも横軸が実験参加者番号、色の濃さがパート条件を示している。縦軸がF値でタッピング精度を表している。

聴覚障害者群の中でもS1, S2, S3, S6, S7, S10, S12においてはhr条件のF値が一番低い値となった。また、健聴者においては、N3とN8においてhr条件のタッピング評価は低いものとなった。

6.2.6 考察

聴覚障害者にとって、曲の難易度が上がるとF値は低くなり、タッピング精度は落ちた。またその要因は有意差としても表れた。よって、聴覚障害者にとって「曲の難易度」がリズム認知に影響を及ぼしていることがわかる。対して、健聴者にとっては、「曲の難易度」が変化してもリズム認知はできていることがわかった。

「曲の種類」の場合、聴覚障害者にとって曲種が変わるとリズム認知しにくい結果となった。Aの曲は長調であるため明るく、Cの曲は短調であるため暗く、聴こえる。そのため、聴覚障害者は暗い曲調のリズム認知が苦手な可能性があることが読み取れる。しかしながら、今回の実験では、AとCの2種類の曲しか使っていないため、断定はできない。

一方で、「曲のパート条件」では、聴覚障害者、健聴者ともにF値平均はmhr条件、mh条件、hr条件の順に値は低くなったが、有意な要因ではなかった。しかし、聴覚障害者において、どのパート条件についても曲の難易度があがるとF値は低くなり、hr条件では有意差がみられる結果となった。曲が難しくなると、聴覚障害者はメロディーを頼りにリズム認知している可能性を示唆している。実際、図6.11のように、曲の難易度に関係なく、S1, S2, S3, S6, S10, S12についてのhr条件の評価は低く、約半数の実験参加者はメロディーパートを頼りにリズムを認知していたことが分かった。また、図6.12のように健聴者N3とN8についても同様のことがいえる。すなわち、全体的傾向としては曲のパート条件は有意な要因ではなかったが、聴覚障害者と健聴者、両方の実験参加者によっては曲のパート条件によってリズム認知が困難であったということである。

音楽経験の有無においては聴覚障害者については特に有意差はでなかった。しかし、健聴者については有意差がある結果となり、ほぼ毎日音楽を聴いていても、音楽経験が無い人は有る人に比べて全体としてリズムを認知できていないことがわかった。

6.3 聴覚障害者群における要因ごとの主観難易度分析

聴覚障害者群のうち約半数の実験参加者が、曲のパート条件である hr 条件のタッピング精度が一番低い結果であったため、聴覚障害者群での実験者ごとの主観難易度を要因別に調査した。主観難易度は5段階評価であり、(1: とても難しい~5: とても簡単)で表される。

6.3.1 曲の難易度

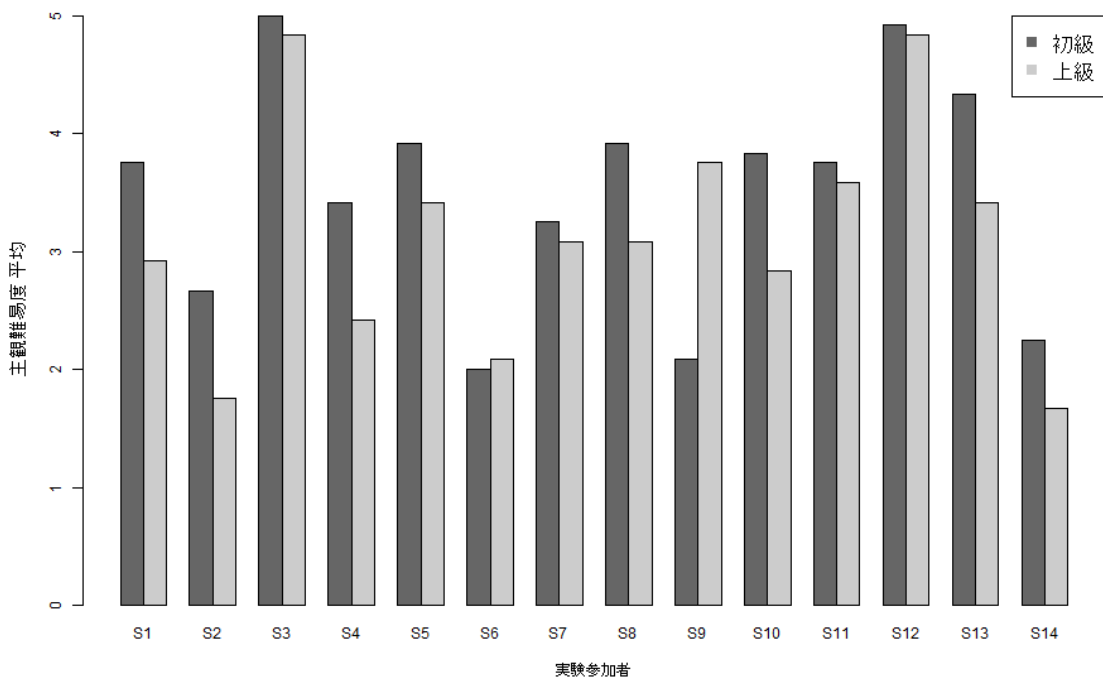


図 6.13: 聴覚障害者群における曲の難易度が変化した場合の主観難易度

図 6.13 は各実験参加者について、曲の難易度が変化した場合における、主観難易度平均を表した。

S6, S9 以外の全実験参加者について簡単な曲より難しい曲のほうが難しいと感じる結果となった。

6.3.2 曲の種類

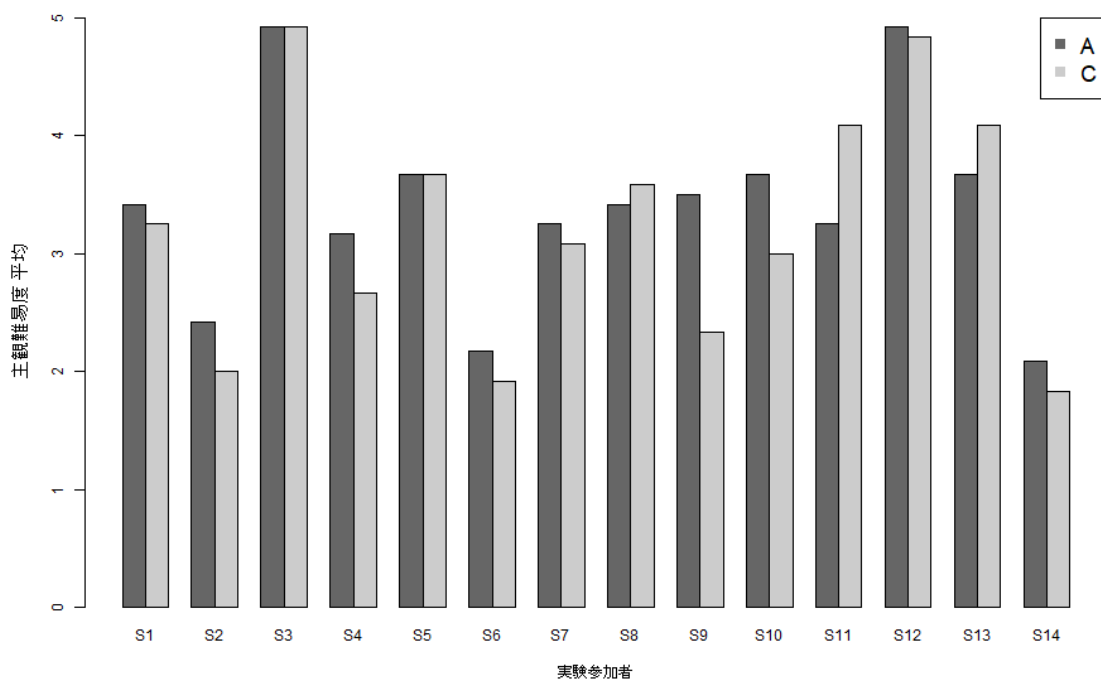


図 6.14: 聴覚障害者群における曲の種類が変化した場合の主観難易度

図 6.14 は各実験参加者について、曲の種類が変化した場合における、主観難易度平均を表した。

S8, S11, S13 以外の全実験参加者について曲の種類が A より C のほうが難しいと感じる結果となった。

6.3.3 曲のパート条件

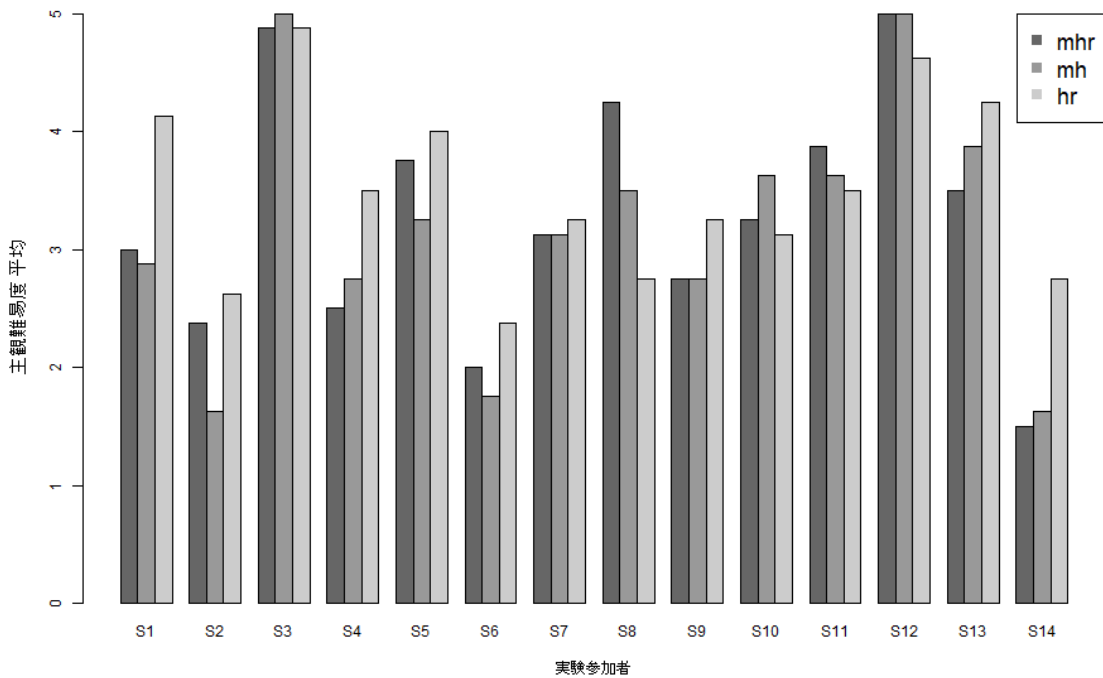


図 6.15: 聴覚障害者群における曲のパート条件が変化した場合の主観難易度

図 6.15 は各実験参加者について、曲のパート条件が変化した場合における、主観難易度平均を表した。

S3, S8, S10, S11, S12 以外の 9 名の実験参加者については他の 2 条件に比べて hr 条件であると簡単と感じる結果となった。

6.3.4 考察

曲の難易度において、S6 と S9 以外の 12 名の実験参加者については曲が難しくなるとリズム認知に対して難しいと感じていることがわかる。また、曲の種類において、曲種が変わるとリズム認知は難しいと感じていた。特に、S8, S11, S13 以外の 11 名の実験参加者については C の曲がリズム認知が難しいと回答しており、実験参加者の多くが短調で暗いムードの曲であるとタッピングが難しくなる可能性があることが読み取れる。

ここで曲のパート条件において、F 値 (図 6.11) と主観難易度 (図 6.15) を比較し、まとめたものを以下の表 6.11 に示す。

表 6.11: 聴覚障害者における図 6.11 と図 6.15 の比較まとめ

実験参加者 番号	hr 条件の		mhr 条件の	
	F 値が一番低い	主観難易度が一番高い	F 値が一番高い	主観難易度が一番高い
S1	○	○	○	
S2	○	○	○	
S3	○			
S4		○		
S5		○		
S6	○	○	○	
S7		○	○	
S8				○
S9		○		
S10	○		○	
S11			○	○
S12	○		○	○
S13		○		
S14		○		

hr 条件の列を比較すると, S1, S2, S6 の 3 名において, hr 条件でのタッピング精度が他の 2 つの条件より悪いのにもかかわらず, そのリズム認知に対して簡単であると回答していることがわかる. このことから, 聴覚障害者はメロディーパートがない曲を聴取する際, 実際にはリズムを認知できていないにもかかわらず, 認知できていると感じることが多いと推察される.

また, mhr 条件の列に着目すると, S11 と S12 の 2 名において, mhr 条件の F 値が他の 2 つの条件より一番高く, かつそのリズム認知に対してのタッピングが簡単であると回答していることがわかる. 曲の全てのパートを聴取していたとしても, タッピングが簡単であると感じる実験参加者は少ない結果となった.

6.4 聴覚障害者における F 値と主観難易度の関係

曲の全てのパートを聴取していたとしても、タッピングが簡単であると感じる実験参加者が少ない結果をうけ、聴覚障害者における全実験参加者を対象とし、各試行の F 値と主観難易度の関係について詳しく調査した。

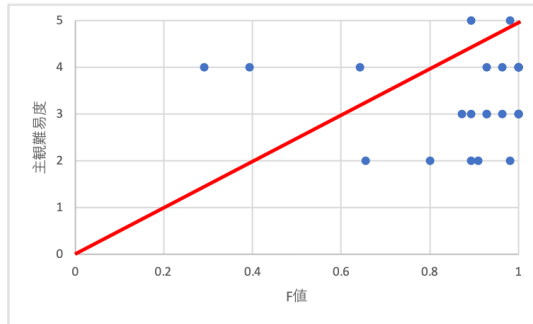


図 6.16: S1 における F 値と主観難易度の関係

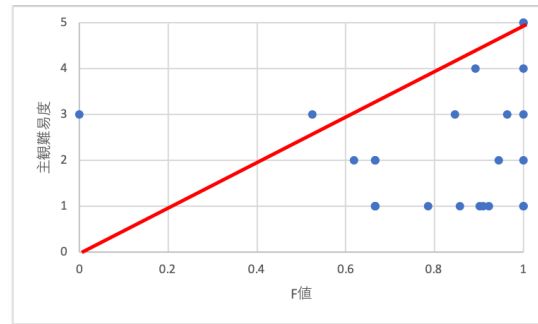


図 6.17: S2 における F 値と主観難易度の関係

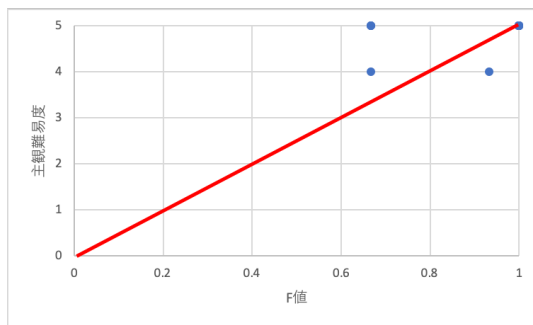


図 6.18: S3 における F 値と主観難易度の関係

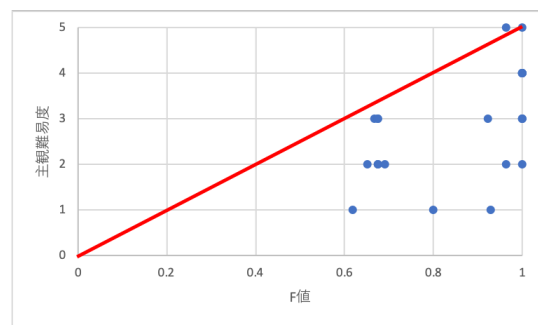


図 6.19: S4 における F 値と主観難易度の関係

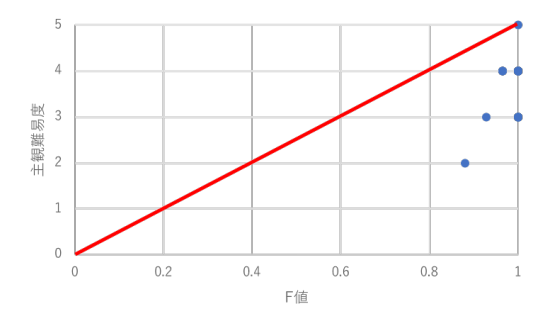


図 6.20: S5 における F 値と主観難易度の関係

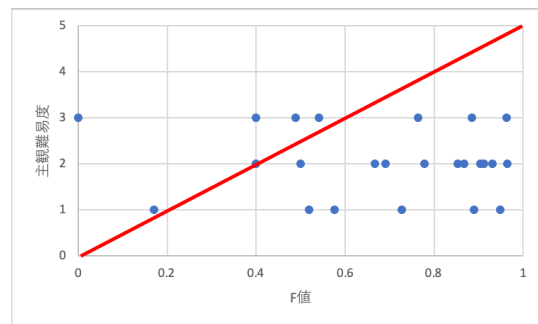


図 6.21: S6 における F 値と主観難易度の関係

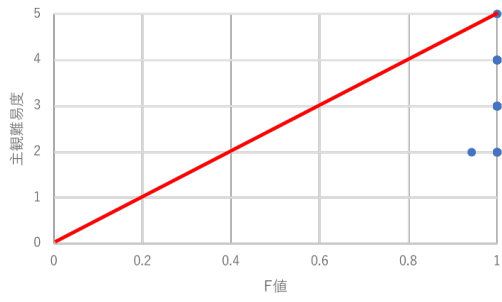


図 6.22: S7 における F 値と主観難易度の関係

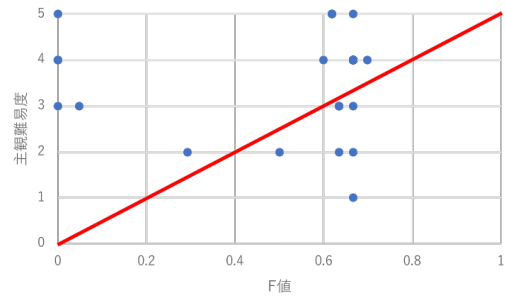


図 6.23: S8 における F 値と主観難易度の関係

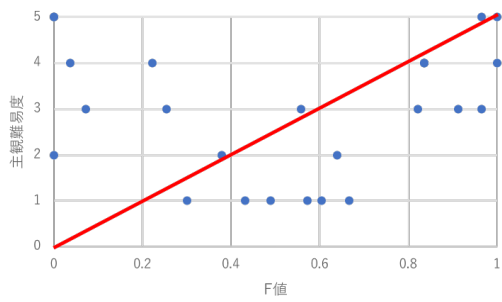


図 6.24: S9 における F 値と主観難易度の関係

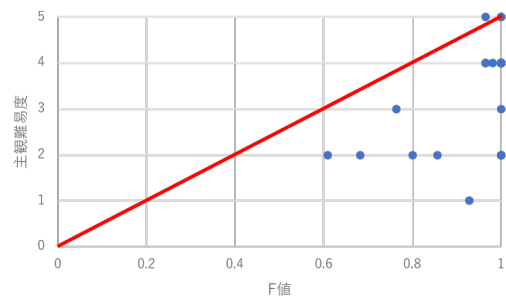


図 6.25: S10 における F 値と主観難易度の関係

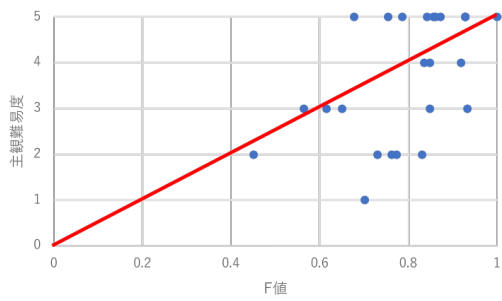


図 6.26: S11 における F 値と主観難易度の関係

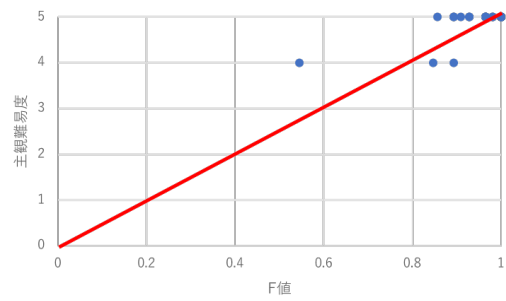


図 6.27: S12 における F 値と主観難易度の関係

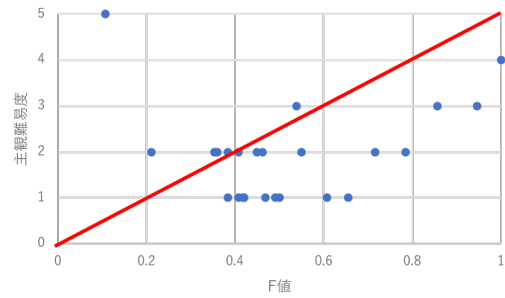
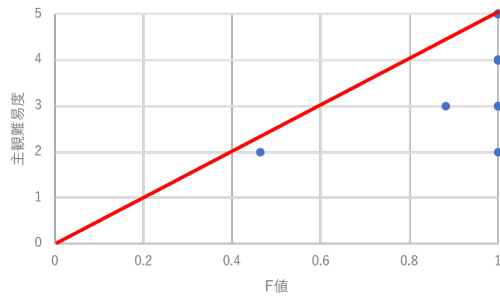


図 6.28: S13 における F 値と主観難易度の関係 図 6.29: S14 における F 値と主観難易度の関係

図 6.16～図 6.29 は各実験参加者の全タッピング結果を示した散布図である。すべてのグラフは横軸が F 値を表し、縦軸が主観難易度を表している。横軸に関しては、1 に近づくとつれて各試行が高いタッピング結果であったことを示す。また、縦軸に関しては、5 に近づくとつれて実験参加者がリズム認知が簡単と評価したことを示している。

分析に先立ち、赤色の直線の左上と右下の 2 つに注目した。赤色の直線より左上にある試行はリズム認知が簡単であると感じているにも関わらず、タッピング精度の成績は悪いことを表し、赤色の直線より右下にある試行はリズム認知が難しいと感じているが、実際にはタッピング精度が高いことを表している。赤色の直線の右下をみると、S1, S2, S4, S5, S6, S7, S10, S11, S14 といった多くの実験参加者は各試行のタッピング成績が良いのにも関わらず、タスクが難しかったと回答している。S3, S12 の参加者はタッピング成績がよく、かつタスクが簡単だと回答している。

今回の実験では、上記の参加者においてはタッピング成績が非常に良かった。これらの実験参加者のほぼすべて（S11 を除き）が日常から音楽を聴く頻度が高かった。今回、参加者に日常から音楽を聞かない人が少なかったため、これ以上の検討はできないが、音楽経験の有無に関わらず、日常から音楽を聴くことでリズム認知がしやすくなるといった効果があるかもしれないと感じた。

この実験から、聴覚障害者であっても多くの人たちが正確にリズム認知ができていることがわかった。実験実施時には、タスクをしながら難しげな表情を見せているときであっても、実際にはタッピングが上手にできていることが見て取れた。彼らには是非リズム認知、ひいては音楽認知に対してより大きな自信をもってもらいたい。そして、日常的に音楽を聴くことが、彼らが音楽をより楽しむ一歩になると考える。

第7章 まとめと今後の展望

7.1 まとめ

本研究では、メロディーパート、ハーモニーパート、リズムパートの3パート曲を聴覚障害者が聴取したときのリズム難易度とリズム認知能力の関連性について調査した。また、音楽経験の有無がタッピング精度に影響するかどうかについてもあわせて調査した。そして、各試行における主観難易度調査をし、タッピング精度とそのリズム認知の難しさとの関係について探った。さらに、健聴者にも同様の実験を行い、聴覚障害者の結果と比較検討した。分析手法としてF値を用い、「曲の難易度」、「曲の種類」、「曲のパート条件」の3つの要因がリズム認知にどう影響するかを検討した。

分散分析とF値分析の結果として、聴覚障害者においては、曲の難易度と曲の種類が有意な要因として表れた。このことから、聴覚障害者にとってリズム難易度はリズム認知に影響を与えているといえる。また、聴覚障害者の実験参加者によっては、hr条件のF値が一番低い結果となった。メロディーパートを頼りにリズムを認知している人がいることもわかった。健聴者においては、音楽の経験の有無が有意な要因として表れた。健聴者は音楽経験が無いことがリズムを認知しにくくしていることが示唆された。

主観難易度分析の結果として、聴覚障害者の実験参加者ごとにリズム認知に影響を及ぼしている要因が違ふことが表れた。特に曲のパート条件において、9名の実験参加者は他の2条件と比べてhr条件（メロディーパートがない場合）であると簡単であると評価した。また、hr条件においてF値が低い、つまり、タッピング精度が悪いのにも関わらず、その刺激に対して簡単であると評価する回答がみられた。メロディーパートがない曲を聴取し、実際にはタッピング精度が低い場合でも、リズムを認知できていると認識しているケースがあることがわかった。

さらに、聴覚障害者においてF値と主観難易度の関係について調べた。結果として、多くの聴覚障害者はタッピング精度が良いのにも関わらず、難しいと感じていることがわかった。彼らの多くは日常から頻繁に音楽を聴く人であった。音楽経験の有無に関わらず、普段から音楽を聴くことがリズム認知に良い影響を及ぼす可能性が高いことが示唆された。

7.2 今後の展望

今後の課題として、大きく2つの点を挙げる。1つは、曲刺激についてである。今回の刺激のハーモニーパートでは曲の中で拍を刻んでいた。それを頼りにタッピングしていた可能性が高い。実験後のアンケートでは、ハーモニーパートがあったほうが、タッピングしやすいという意見があった。拍を刻んでいないハーモニーパートであれば、また違った結果になっただろう。また、アンケートにより、聴覚障害者は普段音楽を聴取する際、歌詞が付いたメロディーに着目しているという回答があった。メロディーパートに歌詞がついたものでタッピング課題を行うとまた違った見解が見出せるかもしれない。

2つ目は楽器の音色についてである。今回は作曲家にピアノ譜（メロディーパートとハーモニーパート）にドラムのようなパーカッション（リズムパート）をつけた3パート曲で依

頼をした。そのため、音色にピアノとスネアを利用した。リズムパートにスネアドラムとは違った打楽器を使用して、聴覚障害者にとって聴き取りやすい刺激とする必要もあると考えられる。

謝辞

修士論文を執筆するにあたって、とても多くのご指導をいただいた寺澤洋子先生、ゼミの時間に様々な助言をくださった平賀譲先生、松原正樹先生、ミーティングを通して大変お世話になった筑波技術大学の平賀瑠美先生、実験に関して尽力いただいた安啓一先生、曲を制作していただいた東京藝術大学の廣澤芙々美さん、研究室の仲間である、小池栄美さん、社本和磨さん、中川稜介さん、若狭健太さん、池田周平くん、川島涼太くん、宮澤響くん、森山治紀くん、大中悠生くん、小島直くん、相馬翔太くん、初見佳那子さん、松本悠路くん、山本雄也くん、都築陵佑くん、中岡想太郎くん、三井颯人くん、水野真由美さん、森山大地くんから感謝致します。修士での研究ができたのもみなさまのおかげです。友人、実験に参加していただいた方々にも、重ねてお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 松原正樹, Hansen, K. F., 寺澤洋子, 平賀瑠美. 聴覚障害学生を対象とした聴能向上のための音楽トレーニングプロジェクト. 情報処理学会音楽情報科学研究会, Vol. 2014-MUS-103, No. 24, pp. 1-5, 2014.
- [2] Kong, Y. Y., Cruz, R., Jones, J. A. and Zeng, F. G.. Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear and hearing*, Vol. 25, No. 2, pp. 173-185, 2004.
- [3] Gfeller, K., Woodworth, G., Witt, S., Robin, D. A. and Knutson, J. F., Perception of rhythmic and sequential pitch patterns by normally hearing adults and adult cochlear implant users. *Ear and Hearing*, Vol. 18, pp. 252-260, 1997.
- [4] 松原正樹, 狩野直哉, 寺澤洋子, 平賀瑠美. 聴覚障害者向けタッピングゲームにおける視覚手がかりによるリズム認知の短期的学習効果. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 5, pp. 1331-1340, 2016.
- [5] 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部. 平成 28 年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）結果, 2019.
- [6] 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部. 平成 23 年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）結果, 2013.
- [7] 鳥山由子, 竹田一則. 障害学生支援入門 誰もが輝くキャンパスを. ジアース教育新社, 2011.
- [8] 日本聴覚医学会. 聴覚検査の実際 改訂 4 版. 南山堂, 2017.
- [9] 難聴対策委員会. 難聴対策委員会報告-難聴（聴覚障害）の程度分類について-, 2014.
- [10] World Health Organization, WHO. Grades of hearing impairment. (最終閲覧日: 2020 年 2 月 5 日) https://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/
- [11] 後藤靖宏. リズム認知課程の認知科学的研究. 北海道大学博士論文, 1998.
- [12] 阿部純一. 旋律はいかに処理されるか. 波多野誼余夫編. 音楽の認知, pp. 41-68, 東京大学出版会, 1987
- [13] 太田康子, 加藤靖佳. 聴覚障害生徒の音楽活動に関する実態調査. *ろう教育科学*, Vol. 44, No. 24, pp. 129-139, 2002
- [14] Gfeller, K., Turner, C., Mehr, M., Woodworth, G., Fearn, R., Knutson, J. F., Witt, S. and Stordahl, J. Recognition of familiar melodies by adult cochlear implant recipients and normal hearing adults. *Cochlear implants international*, Vol. 3, No. 1, pp. 29-53, 2002.

- [15] Kong, Y. Y., Cruz, R., Jones, J. A., and Zeng, F. G. Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear and hearing*, Vol. 25, No. 2, pp. 173-185, 2004.
- [16] 太田康子, 加藤靖佳. 聾学校小学部における音楽教育について. *ろう教育科学*, Vol. 44, No. 3, pp. 129-139, 2001.
- [17] Darrow, A. A.. The beat reproduction response of subjects with normal and impaired hearing: An empirical comparison. *Journal of Music Therapy*, Vol. 16, No. 2, pp. 91-98, 1979.
- [18] 林田真志, 加藤靖佳. 聴覚障害児・者のリズム知覚・表出に及ぼす刺激呈示条件の効果: タッピング反応を指標として. *特殊教育学研究*, Vol. 41, No. 3, pp. 287-296, 2003.
- [19] 林田真志. 聴覚障害者のリズム再生能力に関する調査 —リズムの時間構造と強度アクセント、日常での音楽鑑賞時間を要因として—. *音声言語医学*, Vol. 56, No. 3, pp. 226-235, 2015.
- [20] 日本音響学会. 新版音響用語辞典. コロナ社, 2003.
- [21] Iversen, J. R., and Patel, A. D.. The Beat Alignment Test (BAT). *Proc. ICMPC2008*, pp. 465-468, 2008.
- [22] 狩野直哉. タッピングゲームと Beat Alignment Test を用いた聴覚障害者の音楽リズム認知に関する研究. 筑波大学修士論文, 2017.
- [23] Povel, D. J. and Essens, P. Perception of temporal patterns. *Music Perception: An Inter-disciplinary Journal*, Vol. 2, No. 4, pp. 411-440, 1985.
- [24] Matsubara, M., Terasawa, H. and Hiraga, R.. The effect of musical experience on rhythm perception in hearing-impaired undergraduates. *IEEE Conference on System, Man and Cybernetics*, pp. 3487-3490, 2014.
- [25] 新実徳英: 小学音楽——おんがくのおくりもの1, 教育出版 (2015).
- [26] 新実徳英: 小学音楽——音楽のおくりもの2, 教育出版 (2015).
- [27] 新実徳英: 小学音楽——音楽のおくりもの3, 教育出版 (2015).
- [28] 新実徳英: 小学音楽——音楽のおくりもの4, 教育出版 (2015).
- [29] 新実徳英: 小学音楽——音楽のおくりもの5, 教育出版 (2015).
- [30] 新実徳英: 小学音楽——音楽のおくりもの6, 教育出版 (2015).
- [31] 小原光一, 飯沼信義, 浦田健次郎: 小学生のおんがく1, 教育芸術社 (2015).
- [32] 小原光一, 飯沼信義, 浦田健次郎: 小学生の音楽2, 教育芸術社 (2015).
- [33] 小原光一, 飯沼信義, 浦田健次郎: 小学生の音楽3, 教育芸術社 (2015).
- [34] 小原光一, 飯沼信義, 浦田健次郎: 小学生の音楽4, 教育芸術社 (2015).
- [35] 小原光一, 飯沼信義, 浦田健次郎: 小学生の音楽5, 教育芸術社 (2015).

- [36] 小原光一，飯沼信義，浦田健次郎：小学生の音楽6，教育芸術社 (2015).
- [37] 教育出版株式会社出版局：小学音楽——おんがくのおくりもの1——教師用指導書——伴奏編，教育出版 (2015).
- [38] 教育出版株式会社出版局：小学音楽——音楽のおくりもの2——教師用指導書——伴奏編，教育出版 (2015).
- [39] 教育出版株式会社出版局：小学音楽——音楽のおくりもの3——教師用指導書——伴奏編，教育出版 (2015).
- [40] 教育出版株式会社出版局：小学音楽——音楽のおくりもの4——教師用指導書——伴奏編，教育出版 (2015).
- [41] 教育出版株式会社出版局：小学音楽——音楽のおくりもの5——教師用指導書——伴奏編，教育出版 (2015).
- [42] 教育出版株式会社出版局：小学音楽——音楽のおくりもの6——教師用指導書——伴奏編，教育出版 (2015).
- [43] 教育出版株式会社出版局：小学音楽——音楽のおくりもの2——教師用指導書——伴奏編，教育出版 (2015).
- [44] 小学生のおんがく1——指導書——伴奏編，教育芸術社 (2015).
- [45] 小学生の音楽2——指導書——伴奏編，教育芸術社 (2015).
- [46] 小学生の音楽3——指導書——伴奏編，教育芸術社 (2015).
- [47] 小学生の音楽4——指導書——伴奏編，教育芸術社 (2015).
- [48] 小学生の音楽5——指導書——伴奏編，教育芸術社 (2015).
- [49] 小学生の音楽6——指導書——伴奏編，教育芸術社 (2015).

付録A 楽曲Aに基づく刺激の楽譜

A.1 Aの楽譜

A

廣澤 美々美

♩ = 100

5

9

13

A.2 A-1 の楽譜

A-①

廣澤英々美

♩ = 100

5

9

13

A.3 A-2の楽譜

A-②

廣澤芙々美

♩ = 100

5

9

13

The musical score is presented in four systems, each containing a grand staff (treble and bass clefs) and a separate drum staff below. The tempo is marked as ♩ = 100. The first system (measures 1-4) features a melody in the treble clef and a bass line in the bass clef. The second system (measures 5-8) continues the melody and bass line. The third system (measures 9-12) shows a more complex melody with sixteenth notes. The fourth system (measures 13-16) concludes the piece with a final cadence. The drum staff consists of a single line with vertical strokes representing beats.

A.4 A-3の楽譜

A-③

廣澤英々美

$\text{♩} = 100$

5

9

13

付録B 楽曲Bに基づく刺激の楽譜

B.1 Bの楽譜

B

廣澤英々美

♩ = 100

The musical score is presented in four systems, each with a grand staff (treble and bass clefs).
System 1 (Measures 1-4): Treble clef has a sequence of four quarter notes: G4, A4, B4, C5. Bass clef has a sequence of four chords: G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3.
System 2 (Measures 5-8): Treble clef has a sequence of four quarter notes: C5, B4, A4, G4. Bass clef has a sequence of four chords: G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3.
System 3 (Measures 9-12): Treble clef has a sequence of four quarter notes: G4, F4, E4, D4. Bass clef has a sequence of four chords: G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3.
System 4 (Measures 13-16): Treble clef has a sequence of four quarter notes: C4, B3, A3, G3. Bass clef has a sequence of four chords: G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3, G2-B2-E3.

B.2 B-1の楽譜

B-①

廣澤英々美

♩ = 100

5

9

13

The musical score is presented in four systems, each containing a piano part and a drum part. The piano part is written in 4/4 time with a tempo of 100. The drum part is written in 4/4 time with a tempo of 100. The score is divided into four systems, with measures 5, 9, and 13 marked at the beginning of each system. The piano part features a mix of eighth and quarter notes, while the drum part consists of a simple rhythmic pattern of quarter notes and rests.

B.3 B-2の楽譜

B-②

Adagio ♩ = 100

The first system of music (measures 1-4) is in 4/4 time. The right hand features a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the left hand provides a harmonic accompaniment of chords. The tempo is marked Adagio with a quarter note equal to 100 beats per minute.

Adagio ♩ = 100

The percussion part for the first system (measures 1-4) consists of a simple rhythmic pattern of quarter notes and rests on a single line.

The second system of music (measures 5-8) continues the melodic and harmonic development. The right hand has a more active line with some sixteenth-note passages, and the left hand maintains the chordal accompaniment.

The percussion part for the second system (measures 5-8) continues with a steady quarter-note rhythm.

The third system of music (measures 9-12) shows a change in the right-hand melody, featuring more complex rhythmic patterns and chromatic movement. The left hand accompaniment remains consistent.

The percussion part for the third system (measures 9-12) continues with the established quarter-note pattern.

The fourth system of music (measures 13-16) concludes the piece with a final melodic flourish in the right hand and a resolution of the harmonic accompaniment in the left hand.

The percussion part for the fourth system (measures 13-16) ends with a final rhythmic pattern.

B.4 B-3の楽譜

B-③

廣澤英々美

$\text{♩} = 100$

5

9

13

付録C 楽曲Cに基づく刺激の楽譜

C.1 Cの楽譜

C

廣澤英々美

♩ = 100

5

9

13

C.2 C-1の楽譜

C-①

廣澤英々美

♩ = 100

5

9

13

The musical score is presented in four systems. Each system consists of three staves: a grand staff (treble and bass clefs) and a percussion staff (marked with a double bar line and a vertical line). The tempo is marked as ♩ = 100. The time signature is 4/4. The key signature changes from one sharp (F#) to one flat (Bb) between the second and third systems. The score concludes with a double bar line at the end of the fourth system.

C.3 C-2の楽譜

C-②

廣澤芙々美

♩ = 100

5

9

13

C.4 C-3の楽譜

C-③

廣澤英々美

Allegretto ♩ = 100

The first system of music consists of four measures. The upper staff is in treble clef with a 4/4 time signature. The lower staff is in bass clef. The tempo is marked 'Allegretto' with a quarter note equal to 100 beats per minute. The key signature has one sharp (F#). The melody in the upper staff starts with a quarter rest, followed by quarter notes G4, A4, B4, and C5. The bass line consists of eighth notes: G3, A3, B3, C4, D4, E4, F4, G4, A4, B4, C5, D5, E5, F5, G5, A5, B5, C6.

Allegretto ♩ = 100

The percussion part for the first system consists of four measures. It features a steady eighth-note pattern on a snare drum, with occasional accents and rests.

The second system of music consists of four measures, starting at measure 5. The upper staff continues the melody with quarter notes G4, A4, B4, C5, and quarter rests. The lower staff continues the bass line with eighth notes. The key signature changes to one flat (F) in the third measure.

The third system of music consists of four measures, starting at measure 9. The upper staff features a more complex melody with eighth and sixteenth notes. The lower staff continues the bass line with eighth notes. The key signature remains one flat (F).

The fourth system of music consists of four measures, starting at measure 13. The upper staff features a melodic line with various intervals and accidentals. The lower staff continues the bass line with eighth notes. The key signature changes to two flats (Bb, Eb) in the second measure of this system.

付録D 実験概要書

実験概要書

添付資料2

実験概要

1. 趣旨

実験に参加していただきありがとうございます。

聴覚障害者を対象とした3パート曲のリズム認知に関する実験をおこないます。

音楽における「リズムの分かりやすさ」に着目し、音楽のどのような要素が音楽認知に影響しているかを調べます。

この実験によって得られた結果から、リズム難易度とリズム認知の関連性を調査し、音楽教育や、音楽聴取トレーニングへの応用を目指しています。

2. 方法

流れてくる曲に合わせて、**最も自然な等間隔のタイミング**で画面をタップしてください。

言い換えれば、音楽に合わせて手拍子をしたり、足でリズムをとったりするようなタイミングで、画面をタップしてください。（この「最も自然な等間隔のタイミング」は、音楽用語では**拍**と呼びます）

曲はメロディーパート、ハーモニーパート、リズムパートのいくつかが組み合わせられて構成されています。つまり、メロディーとハーモニーの2パートで構成されていたり、メロディー、ハーモニー、リズムの3パートで構成されたりする可能性があります。

実験が長くすぎると疲れてしまうので、音楽刺激は曲の途中で終わります。

3. 留意事項

- ・実験中に気分が悪くなるなど、実験継続が困難となった場合は、いつでも中止して構いません。遠慮せず申し出てください。
- ・実験中、音が出ていない間は自由に休憩して構いません。
- ・スピーカーの音量調整はいつでも可能です。
- ・疑問、質問等あればいつでもお尋ねください。

4. 実験の流れ

実験の説明 → 同意書の記入 → 実験(練習) → 実験(本番) → アンケート(筆記)

付録E 実験参加同意書

同意書（成年者用）

添付資料 3

実験参加同意書

研究の目的・方法

本研究では、聴覚障害者のリズム認知に着目し、音楽のどのような要素が音楽認知に影響しているかを調査することを目的としています。実験では、複数の音楽刺激に合わせて拍をタップしてもらい、リズム認知度を測定します。その際、タップしたデータが記録・保存されます。

個人情報とデータの取り扱いについて

個人情報は厳重に管理し、プライバシー保護には十分配慮いたします。本実験で得られたデータは個人が特定できない形で、分析のみに使用いたします。保管データは研究終了後から10年後に破棄いたします。学会・論文等で発表する場合、実験データは統計的な処理を施し、個人が特定できない形で使用いたします。

危険性・健康に与える影響について

本実験は安全に十分に配慮して行います。実験中、気分が悪くなった場合など、実験継続が困難な場合には、実験をいつでも中止することができます。実験の内容や方法についてご不明な点があれば、遠慮なく実験者にお声がけください。

実験参加者の権利について

本実験への参加は自由意志です。また、一度同意した後も同意を取り消すことが可能であり、それによって不利益を被ることもありません。

研究者、および問い合わせ先について

本研究に関してのご質問や、本研究に関連して何らかの問題が生じた際のお問い合わせは、下記の研究責任者までご連絡ください。

以上について、十分な説明を受け、その内容を十分に理解し納得しましたので、私の自由意志により、本実験の参加者となることに同意します。

令和____年____月____日

所属

連絡先(電話番号またはE-mail)

実験参加者署名

実験担当者：筑波大学大学院図書館メディア研究科博士前期課程2年 河合優理子

実験責任者：筑波大学図書館情報メディア系 助教 寺澤洋子

email: terasawa@slis.tsukuba.ac.jp TEL: 029-859-1302

住所：〒305-8550 茨城県つくば市春日1-2

付 録 G 全実験参加者のタップのプロット

ここでは、全実験参加者の全刺激のタップおよび正解の拍のタイミングを実験参加者ごとに時間軸に沿ってプロットした図を掲載する。以下の図では、横軸が時間を表し、縦軸は曲の難易度と種類を表す。縦軸は上から A の初級 2 パターン、C の初級 2 パターン、A の上級 2 パターン、C の上級 2 パターンである。1 と 2 はテンポの違いを示しており、1の方が2に比べて遅いテンポを表す。図の上部のタイトルが曲のパート条件を示し、表 5.1 と対応する。縦の点線が拍のタイミングを表し、白い縁が実験参加者のタップのタイミングを表す。

G.1 聴覚障害者 S1~S14

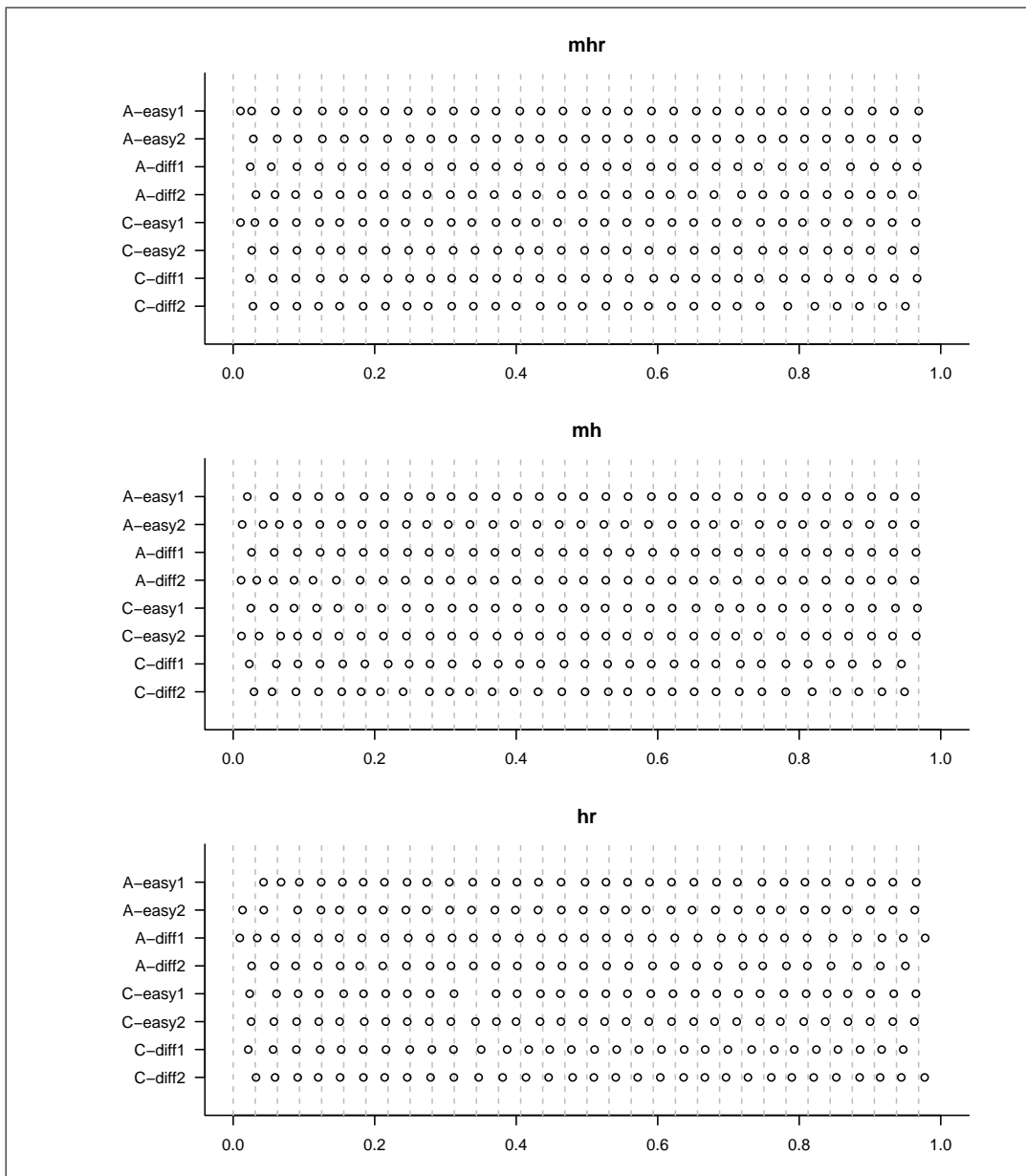


図 G.1: S1 のタッピング

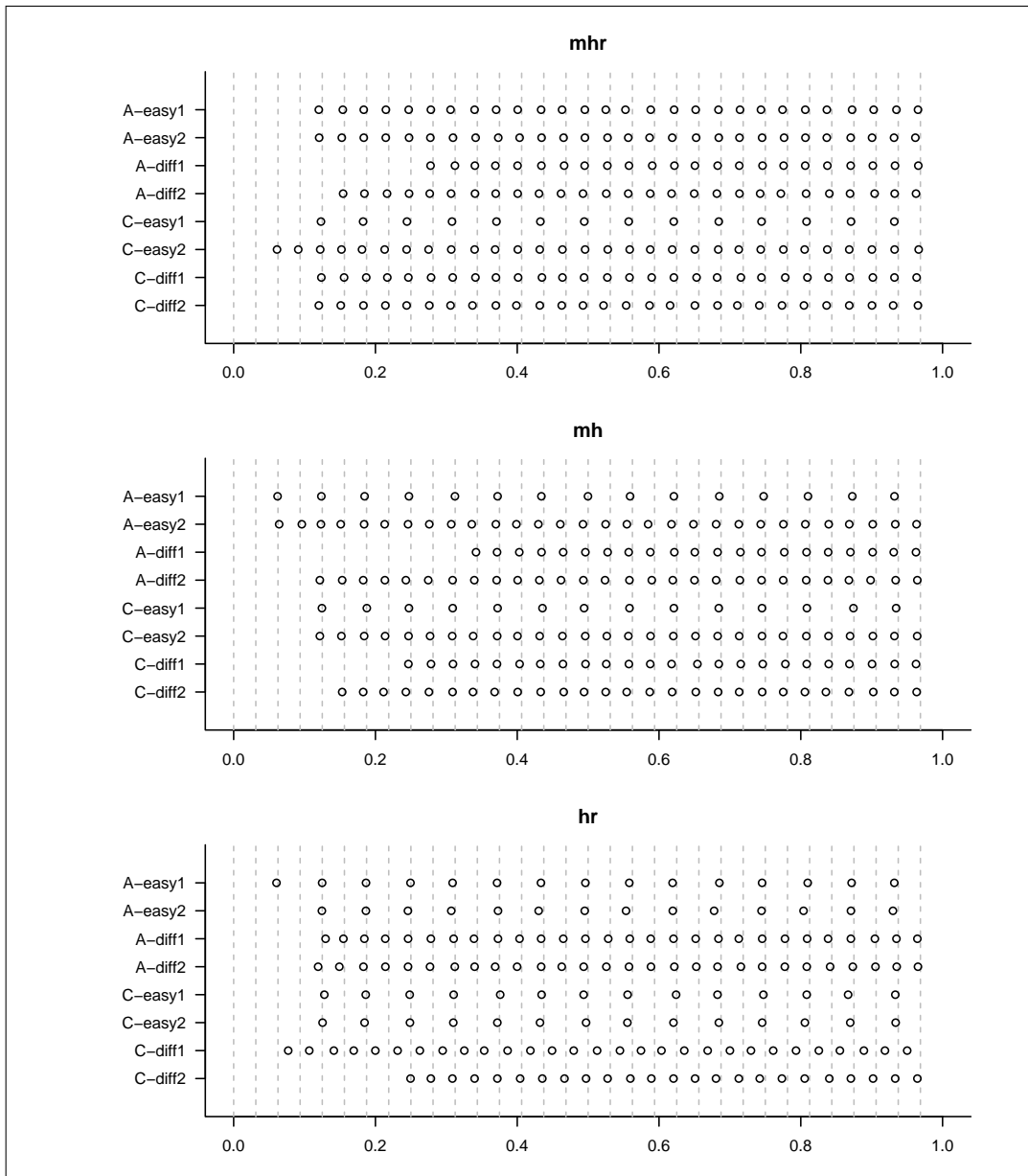


図 G.2: S2 のタッピング

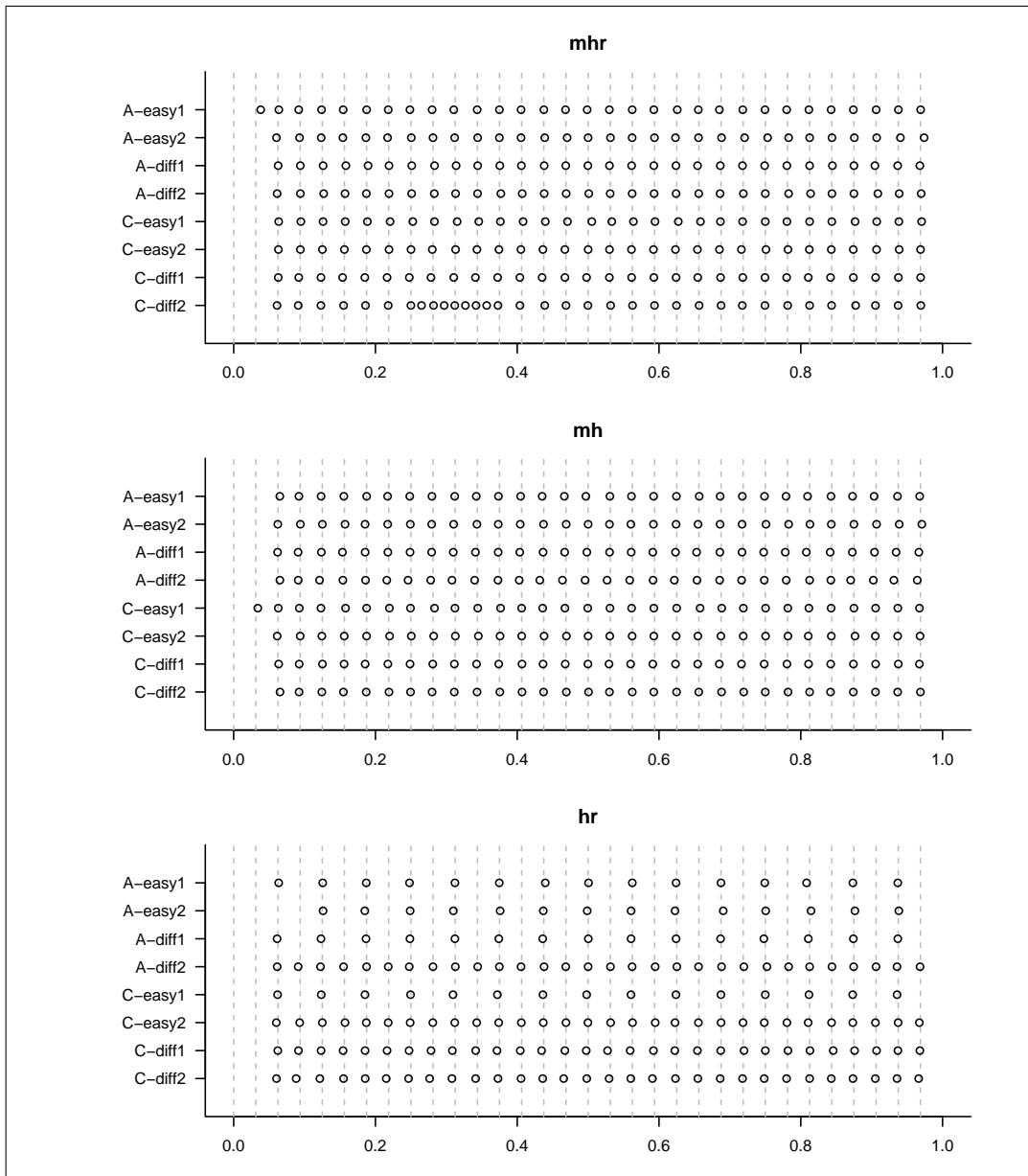


図 G.3: S3 のタッピング

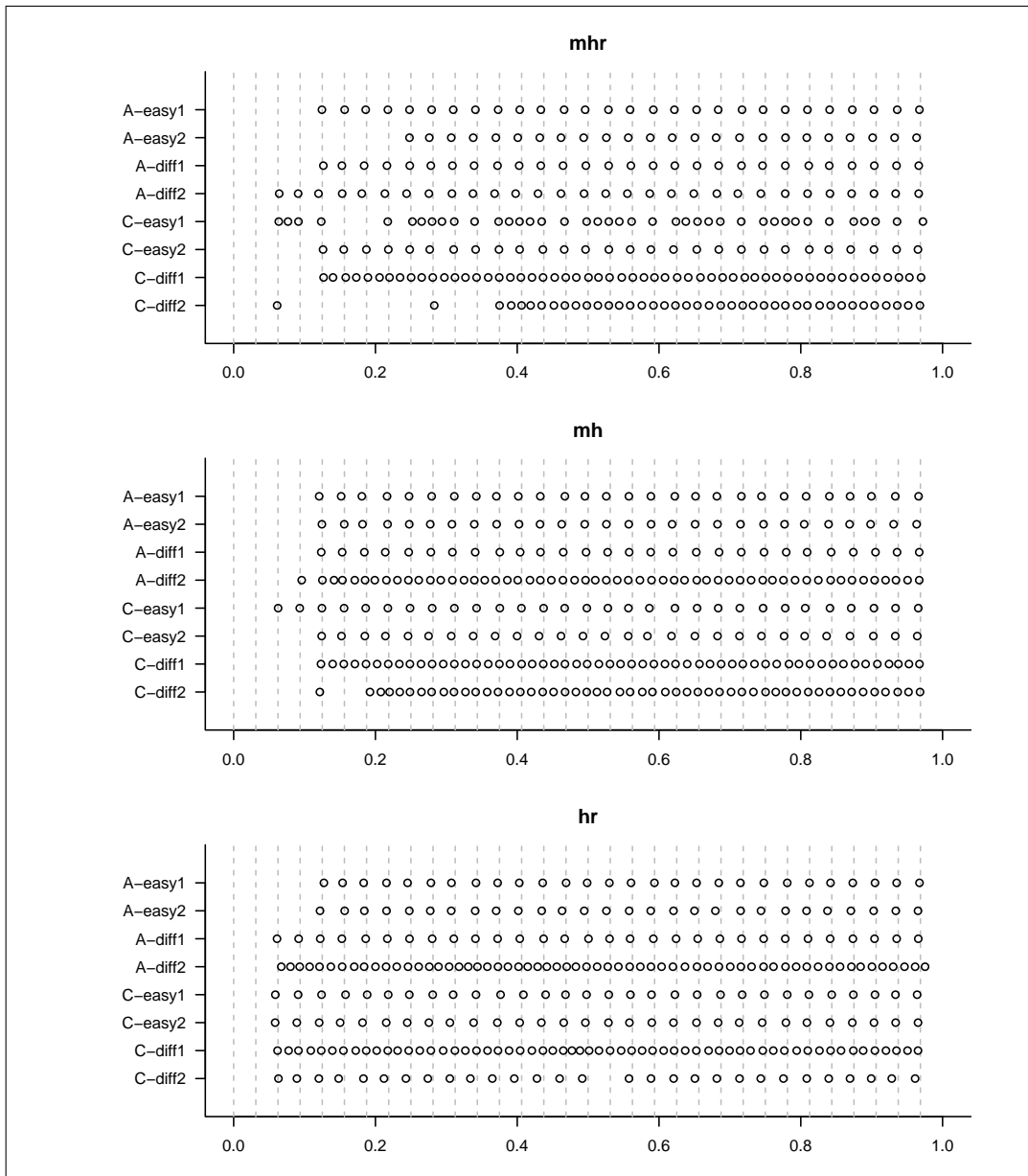


図 G.4: S4 のタッピング

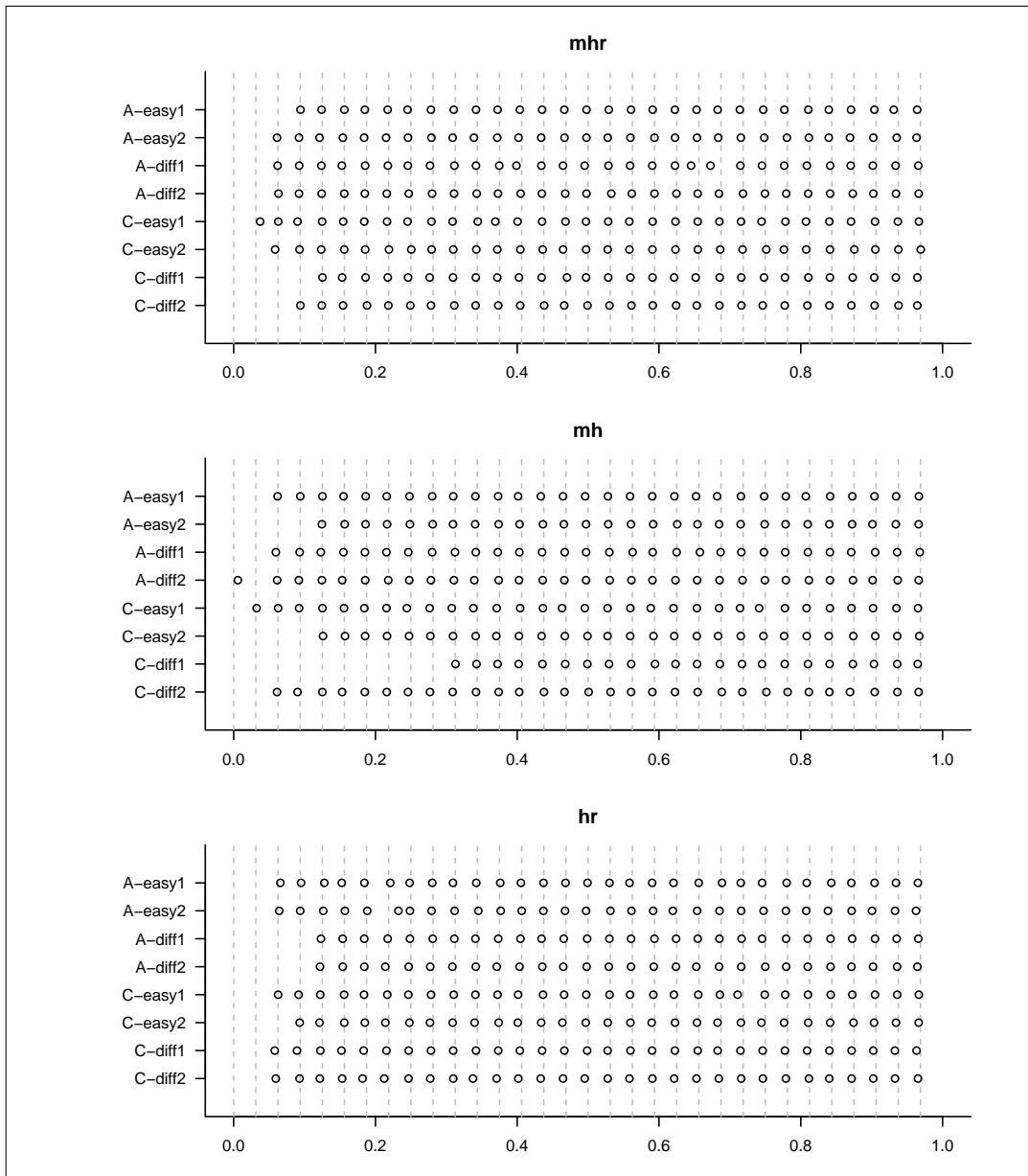


図 G.5: S5 のタッピング

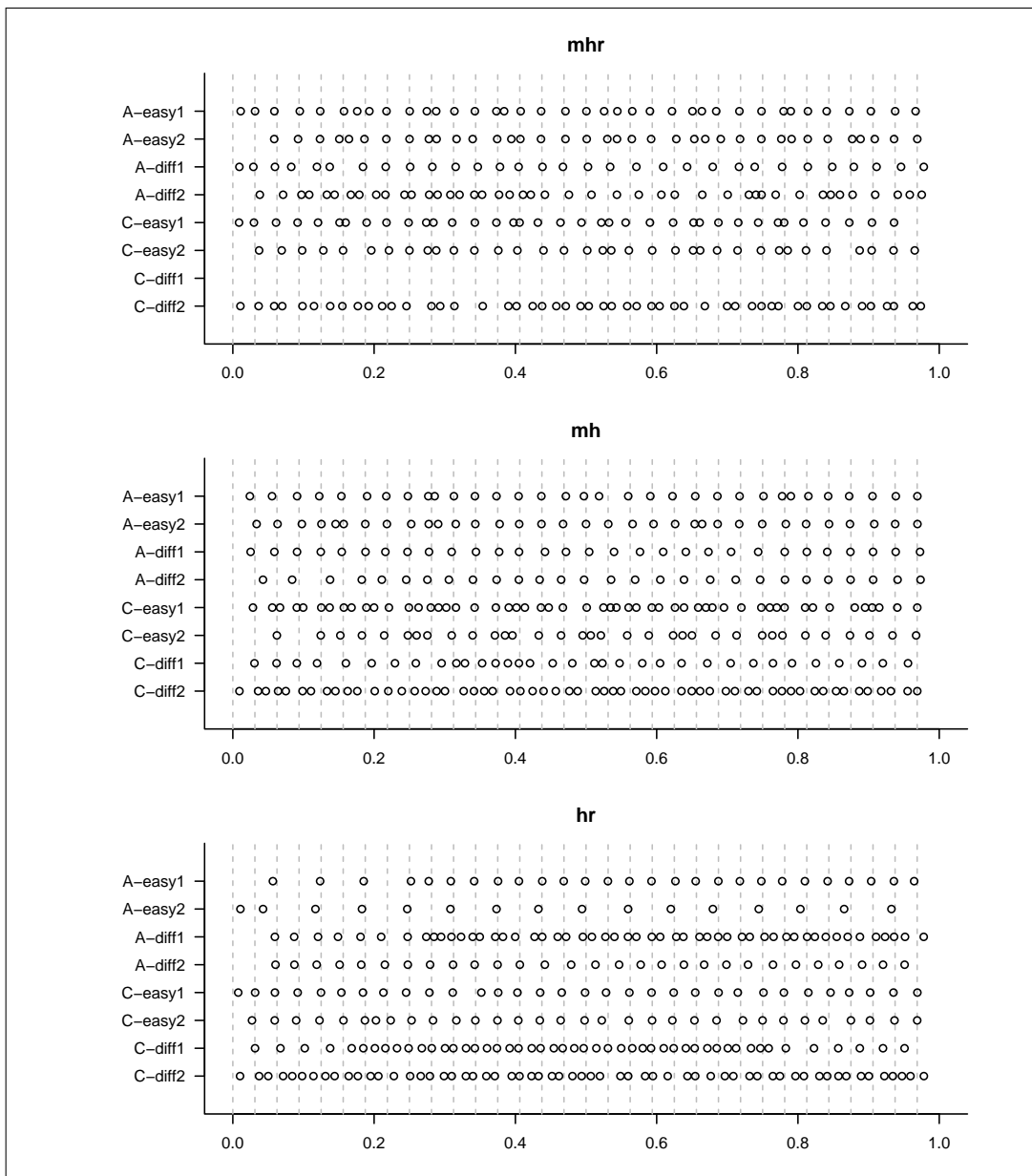


図 G.6: S6 のタッピング

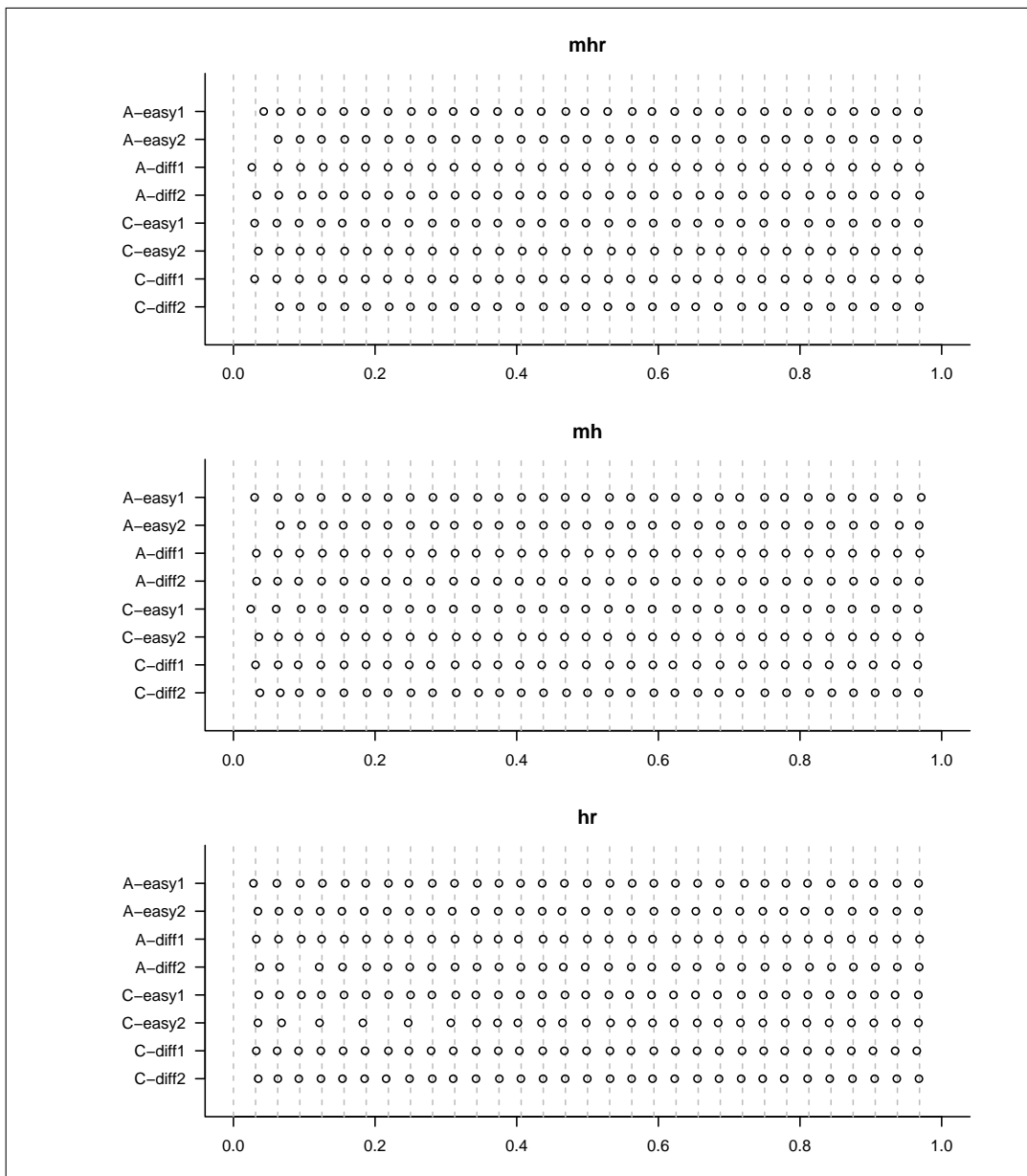


図 G.7: S7 のタッピング

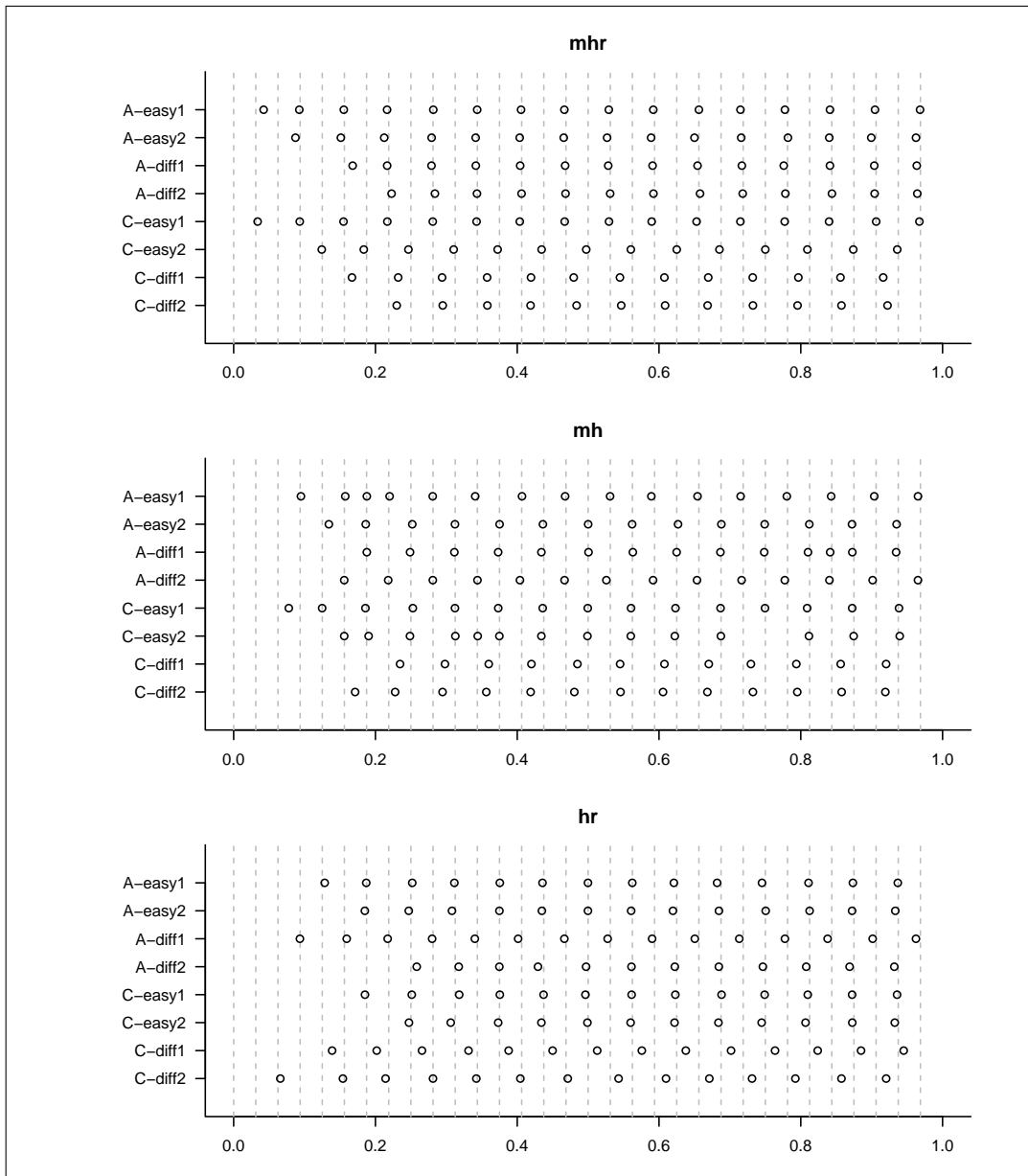


図 G.8: S8 のタッピング

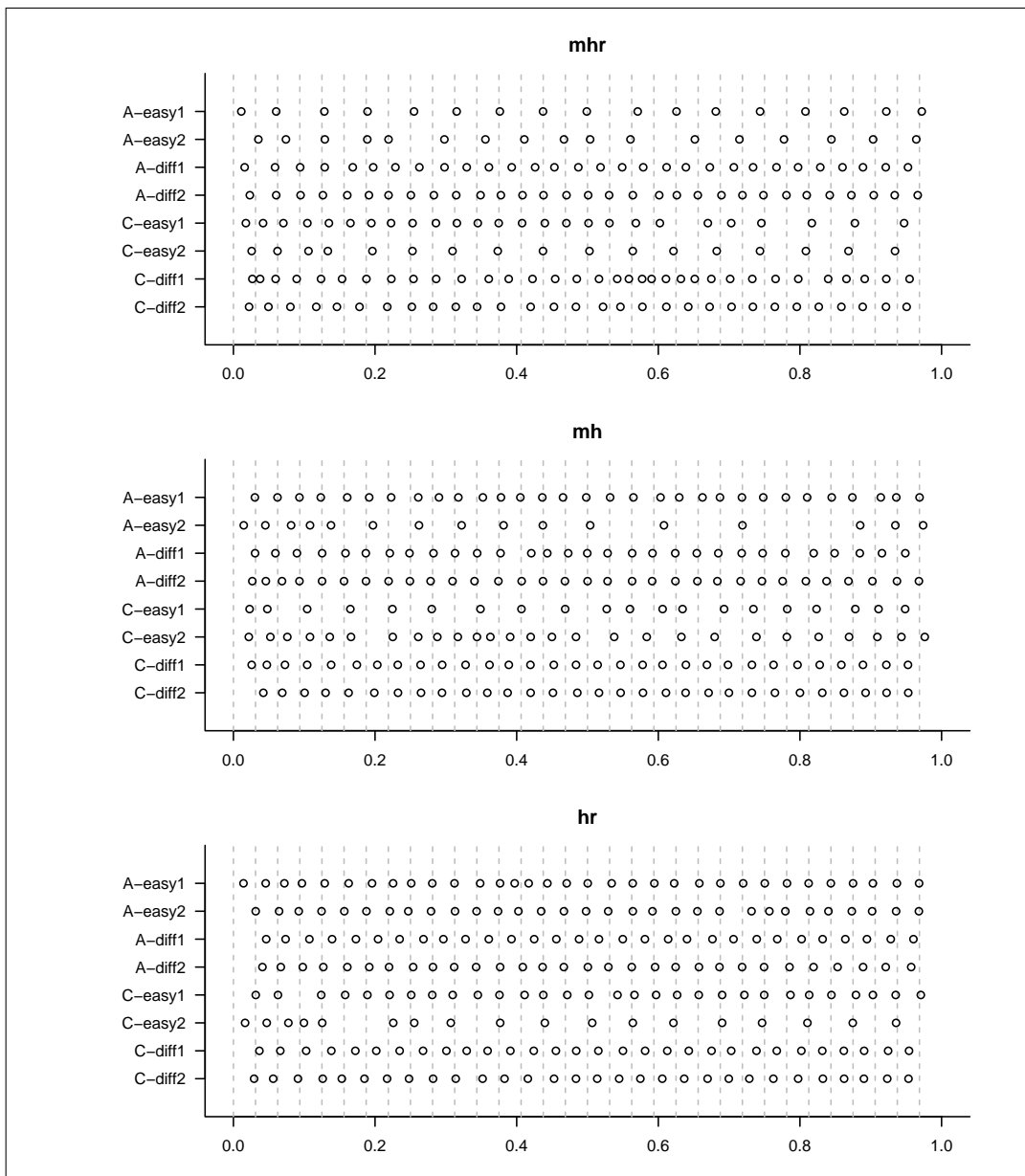


図 G.9: S9 のタッピング

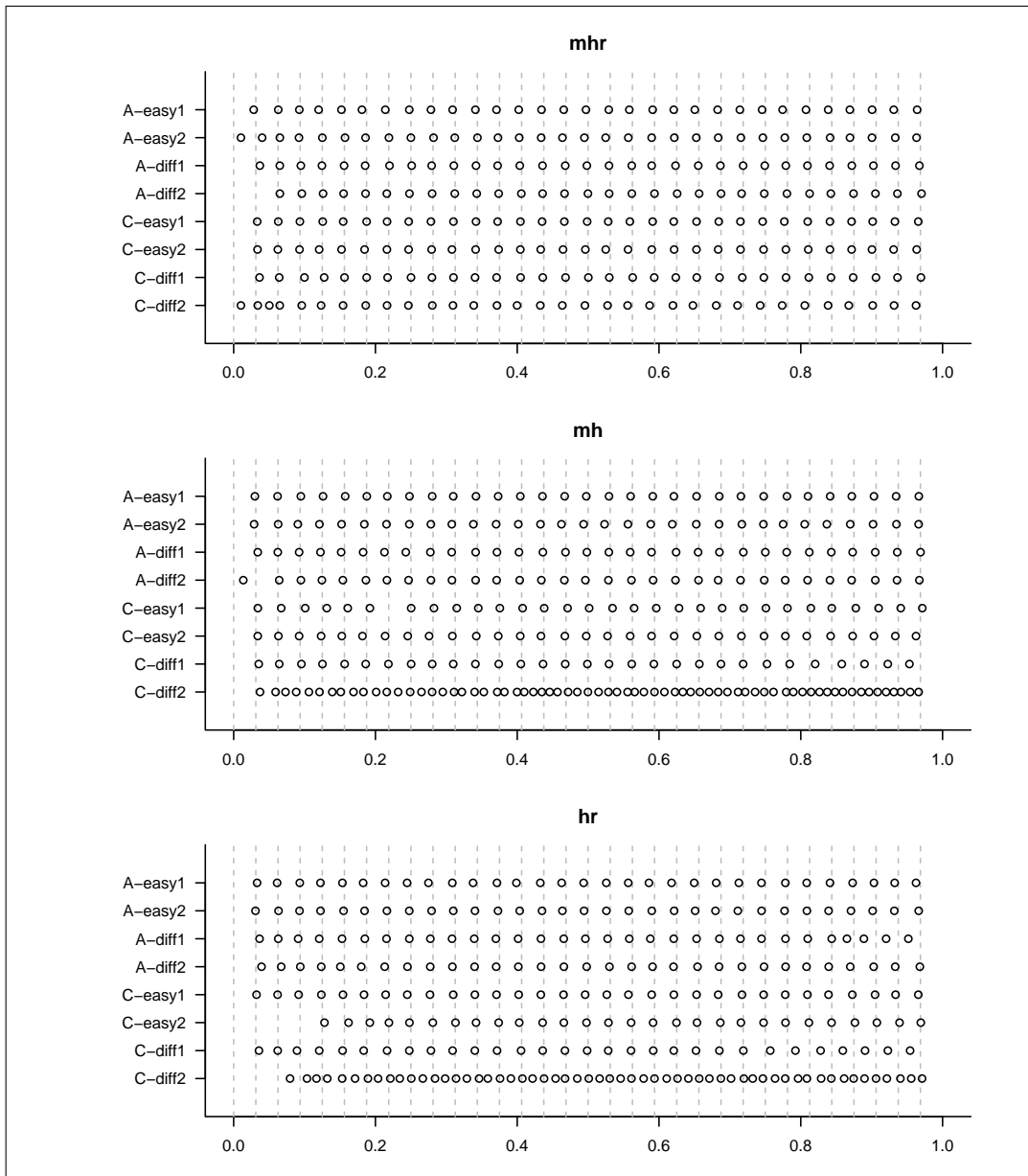


図 G.10: S10 のタッピング

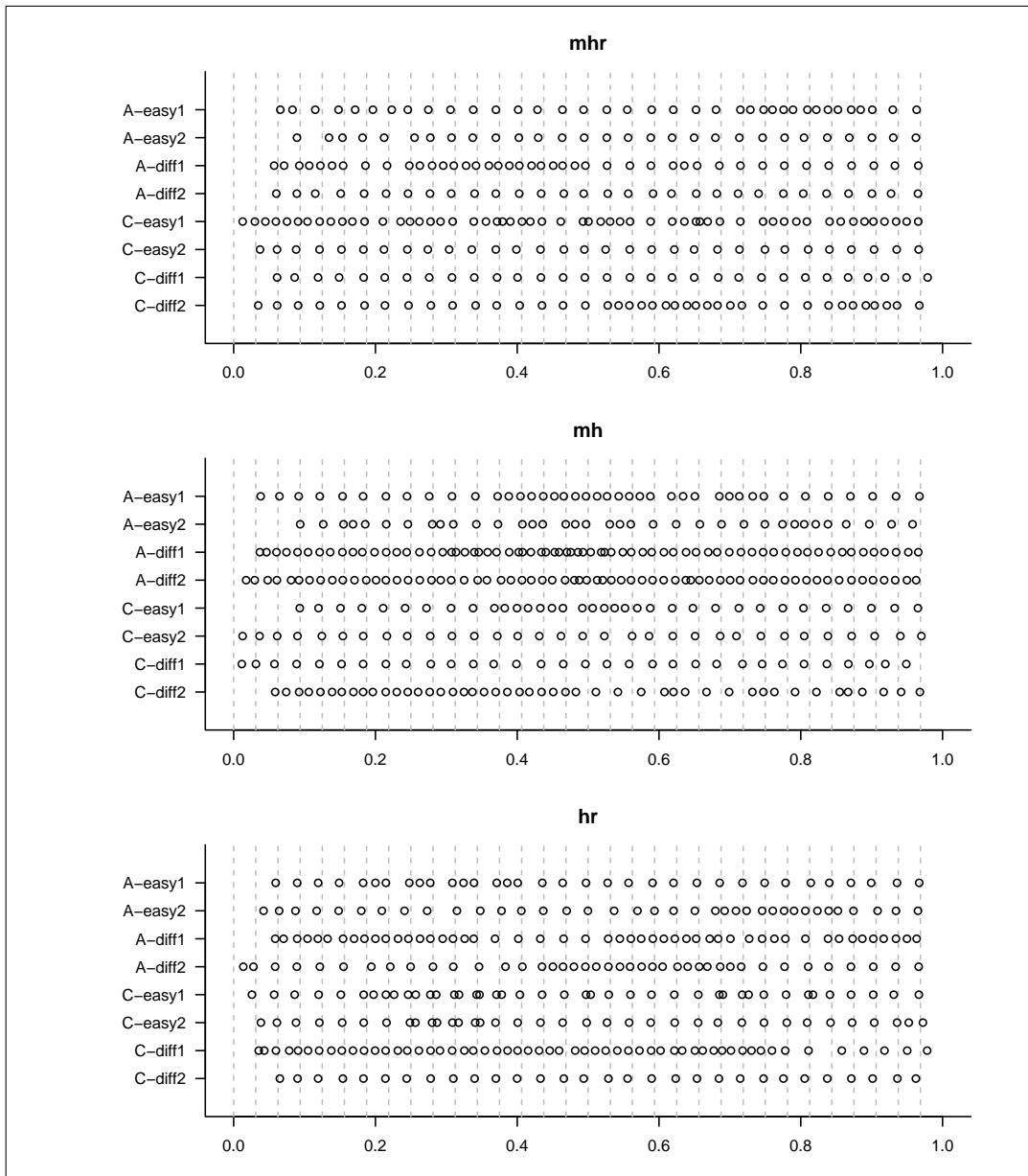


図 G.11: S11 のタッピング

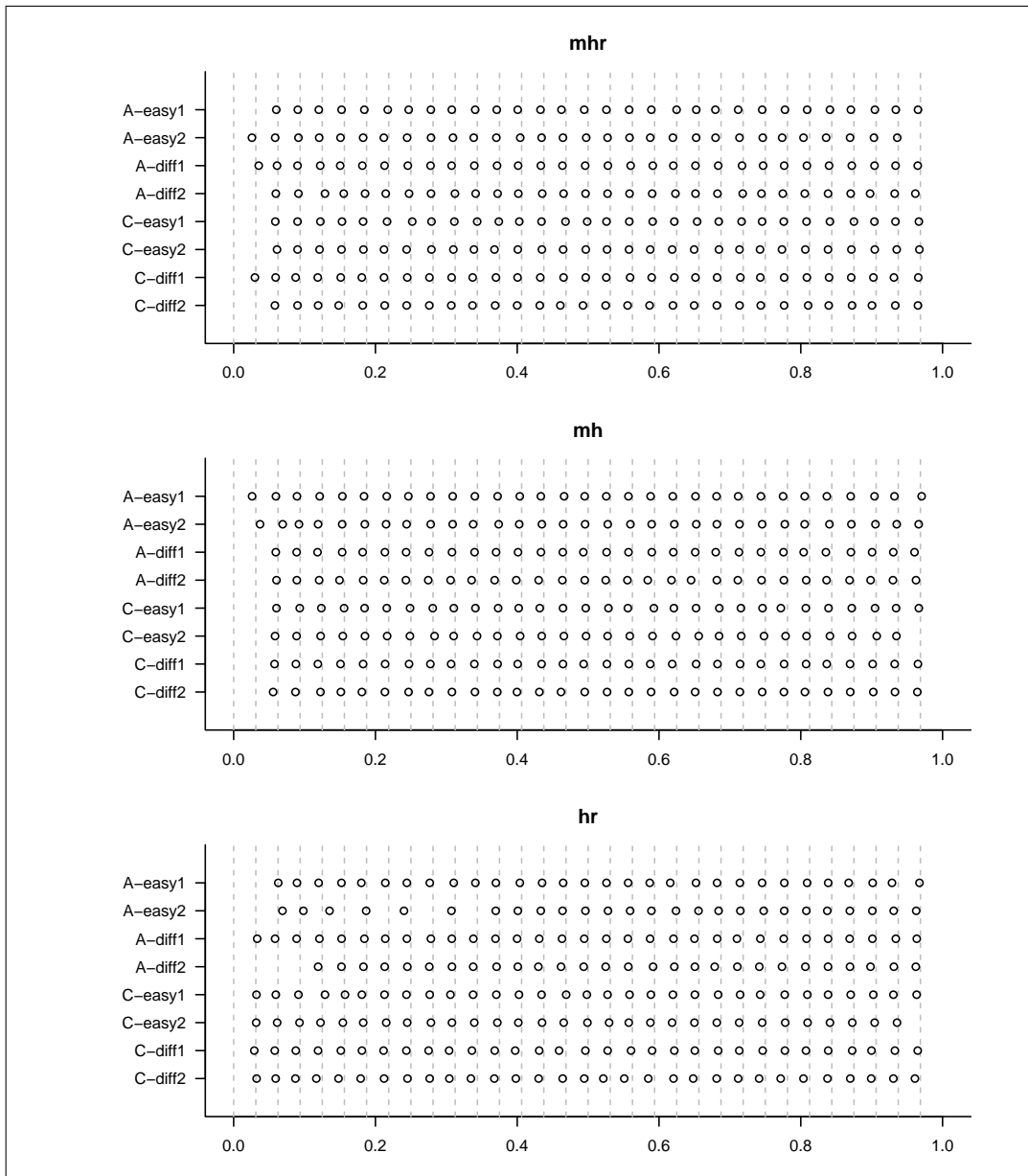


図 G.12: S12 のタッピング

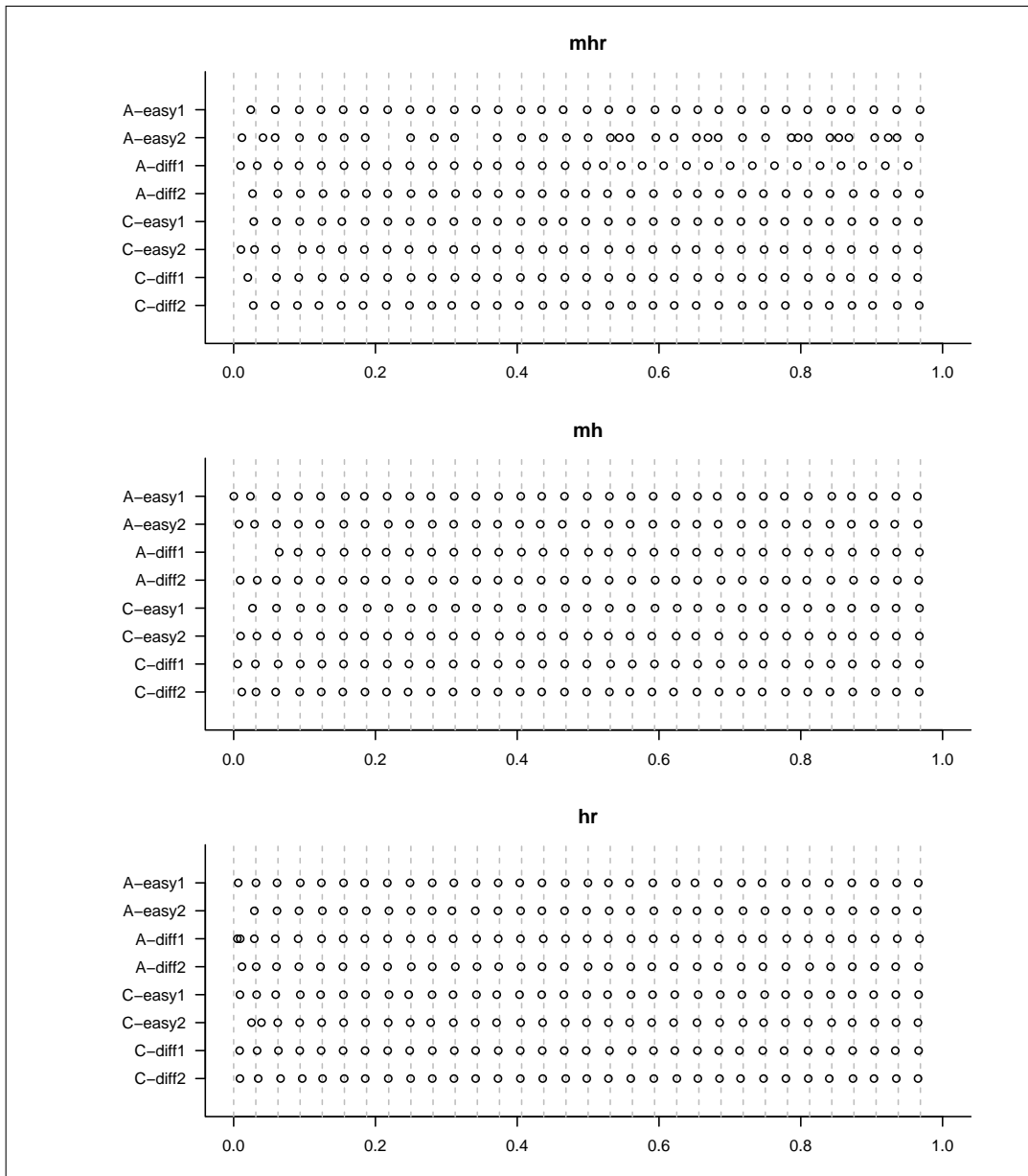


図 G.13: S13 のタッピング

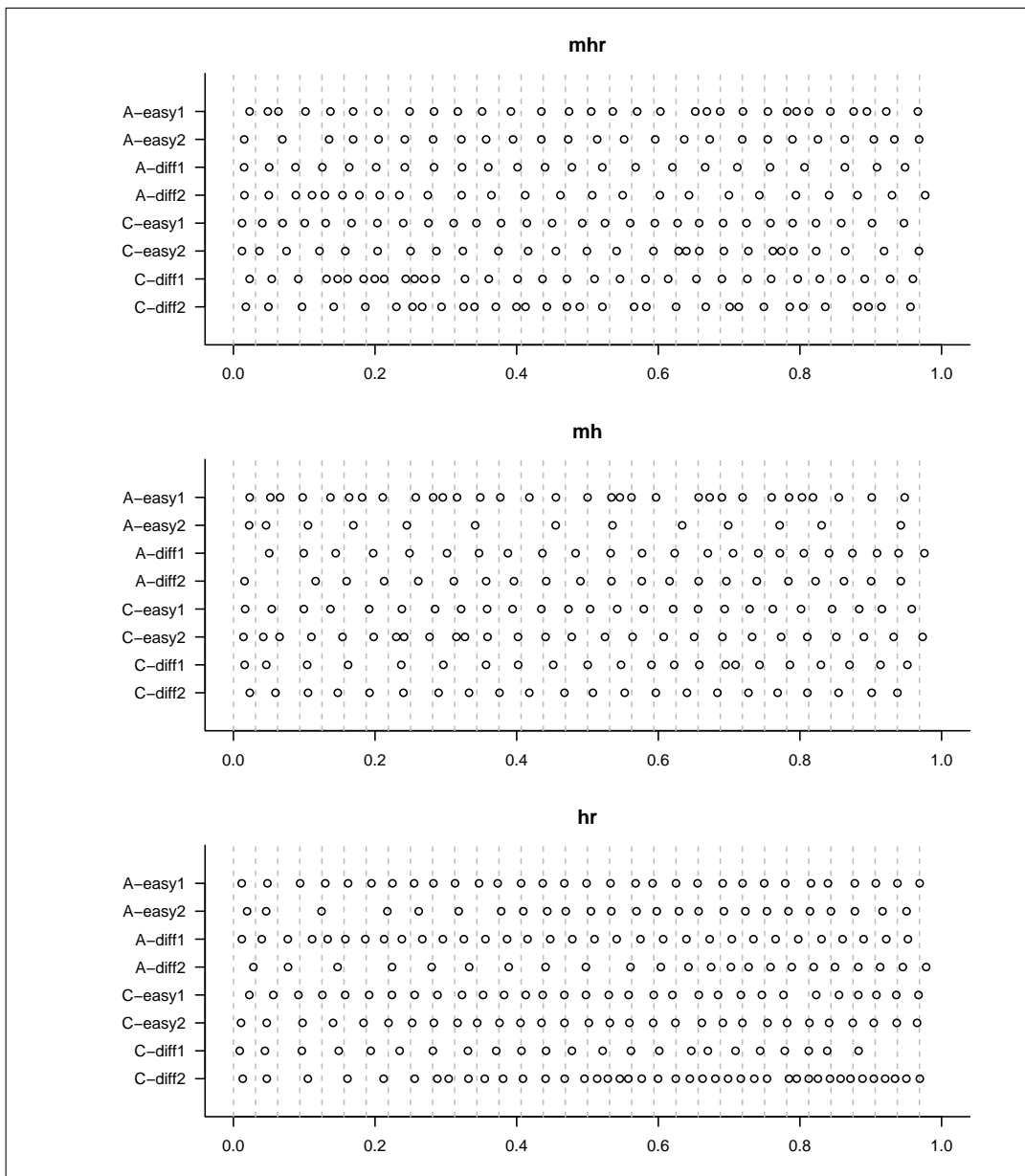


図 G.14: S14 のタッピング

G.2 健聴者 N1~N11



図 G.15: N1 のタッピング

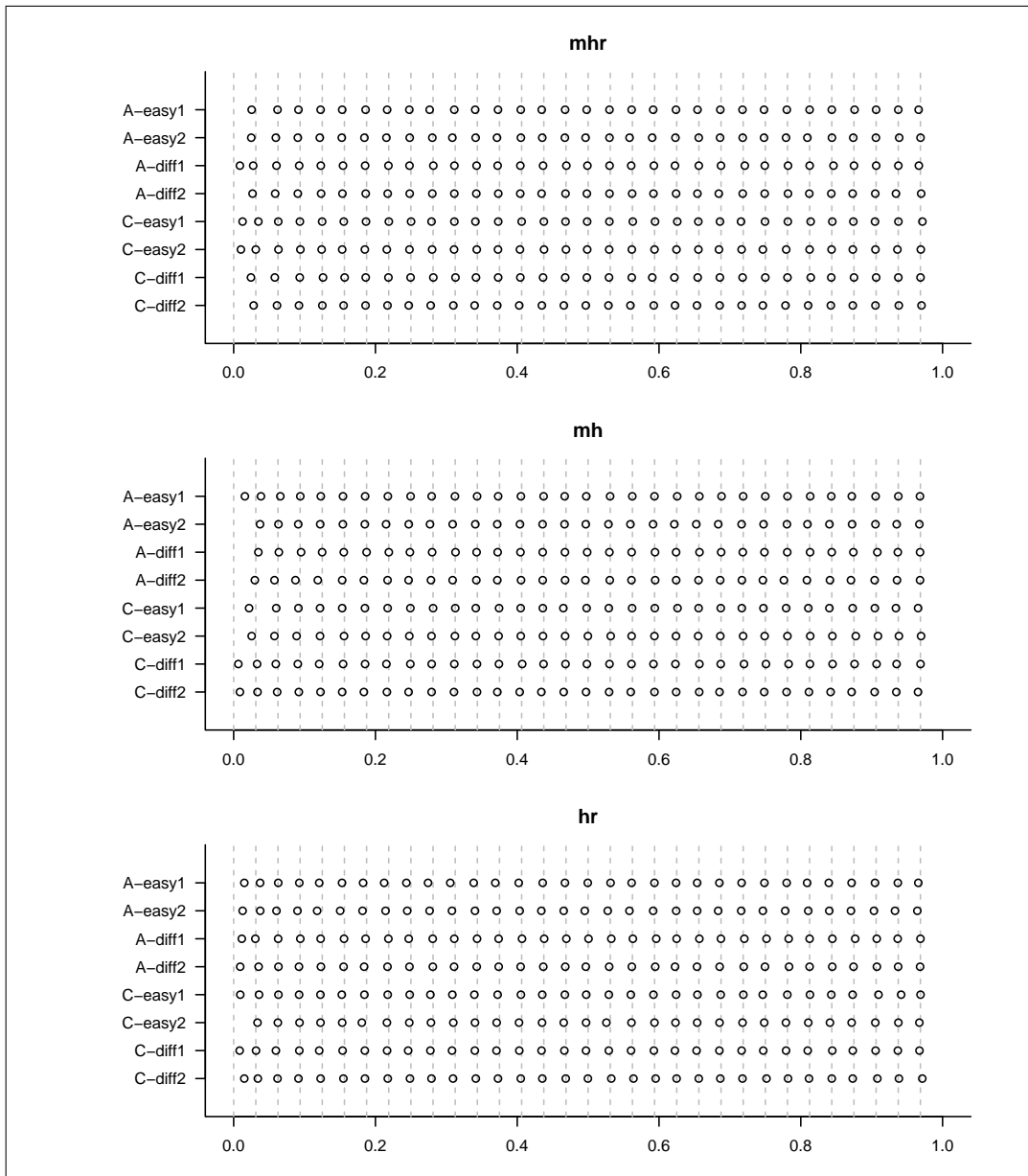


図 G.16: N2 のタッピング

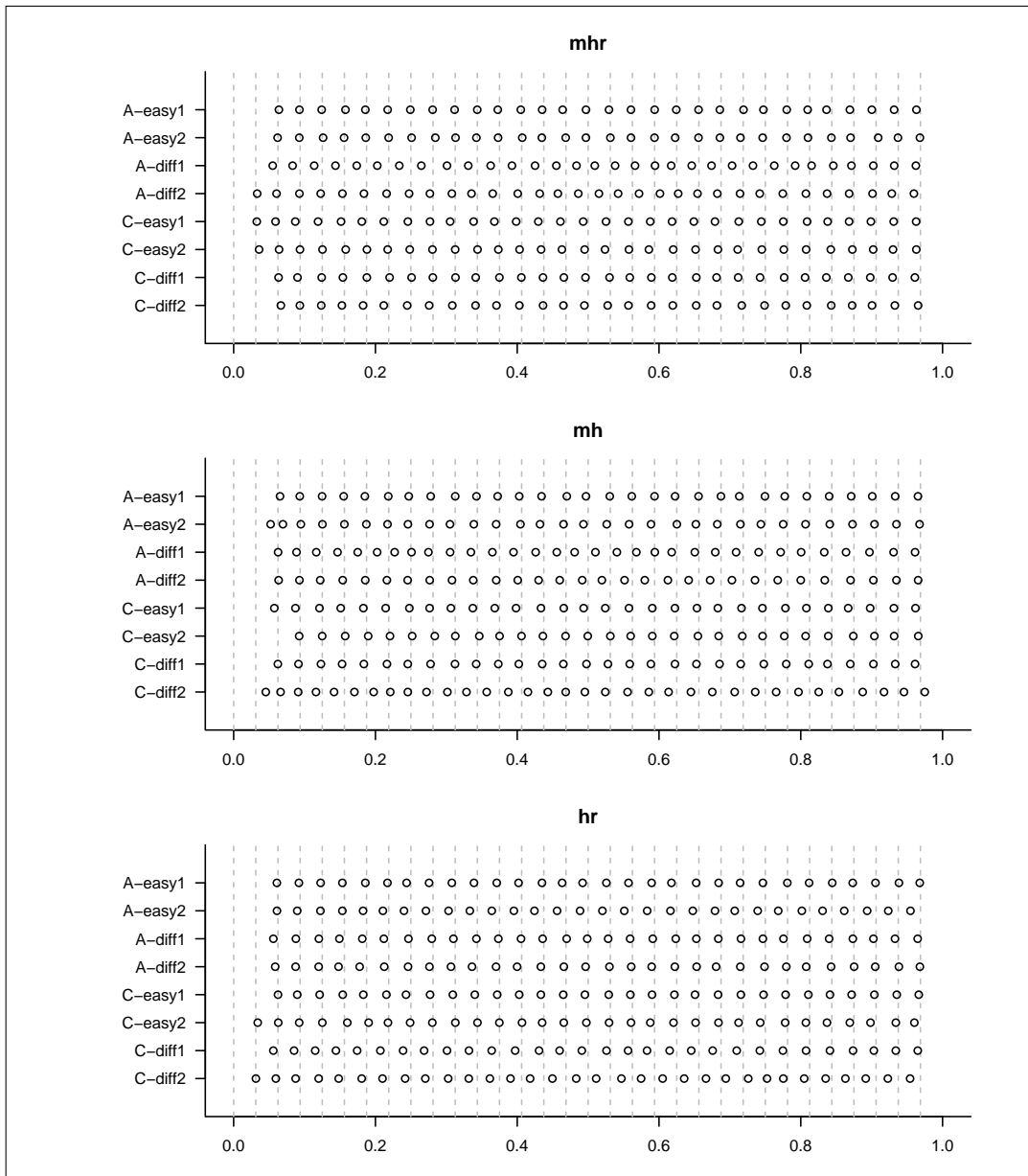


図 G.17: N3 のタッピング

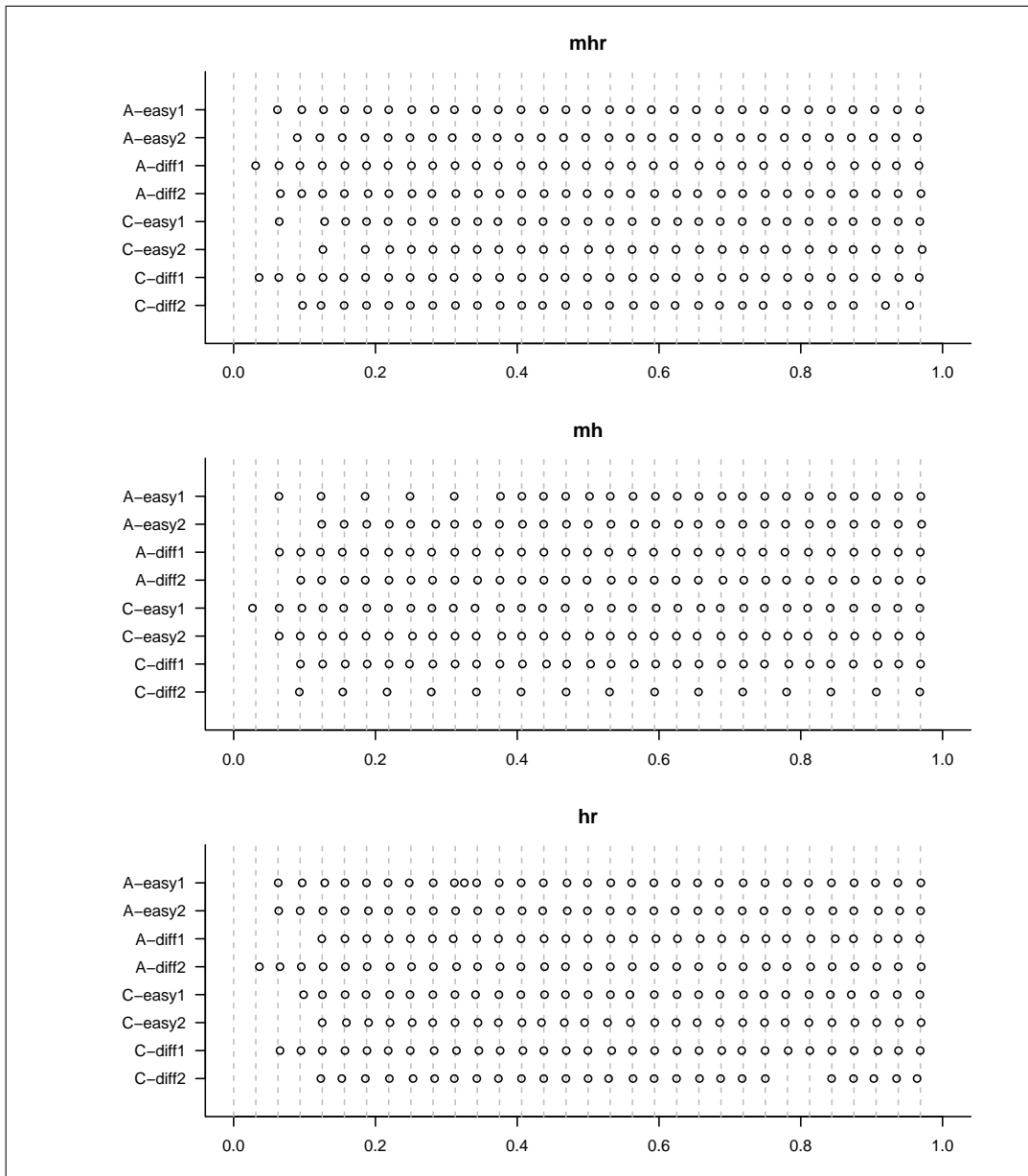


図 G.18: N4 のタッピング

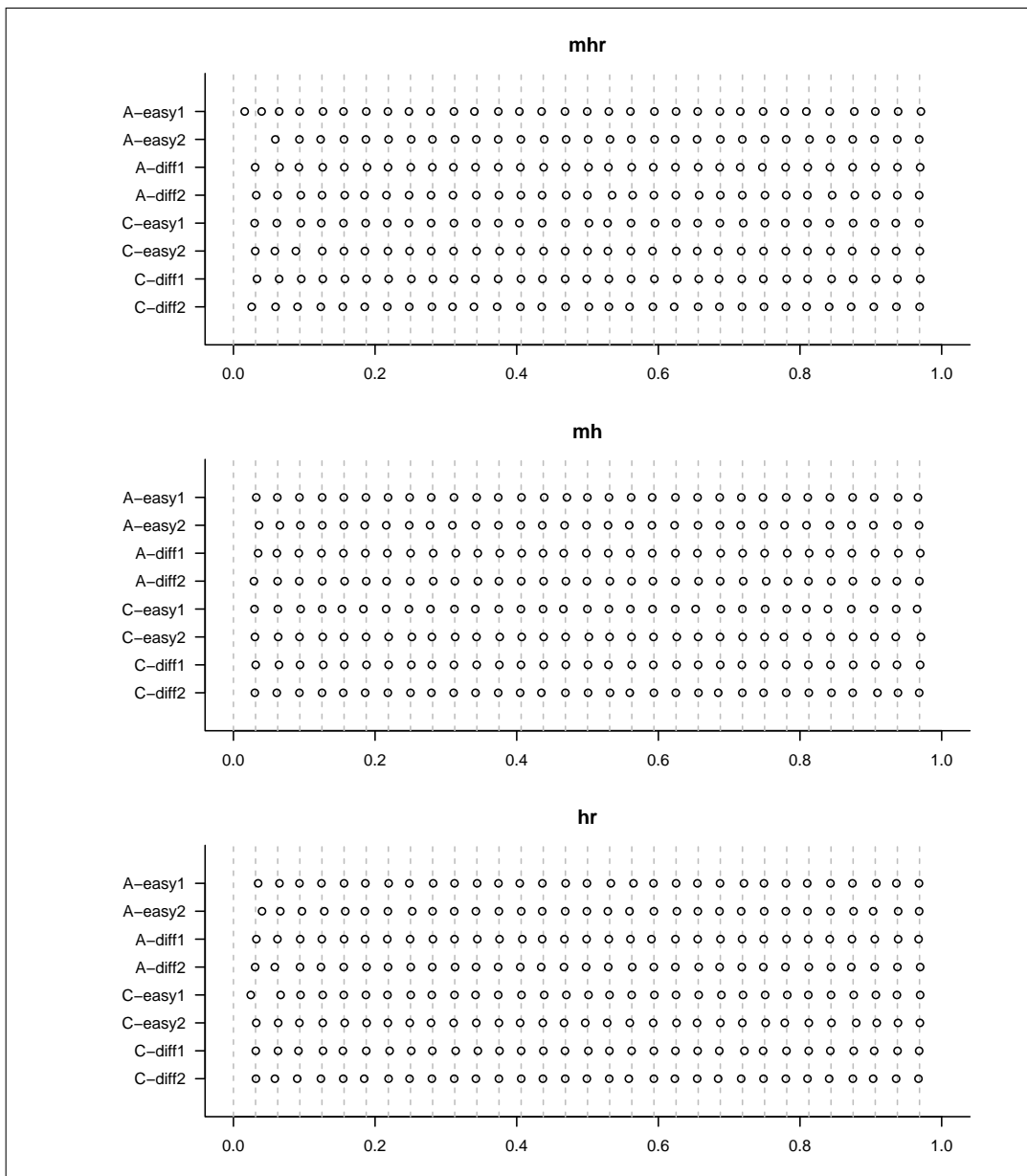


図 G.19: N5 のタッピング

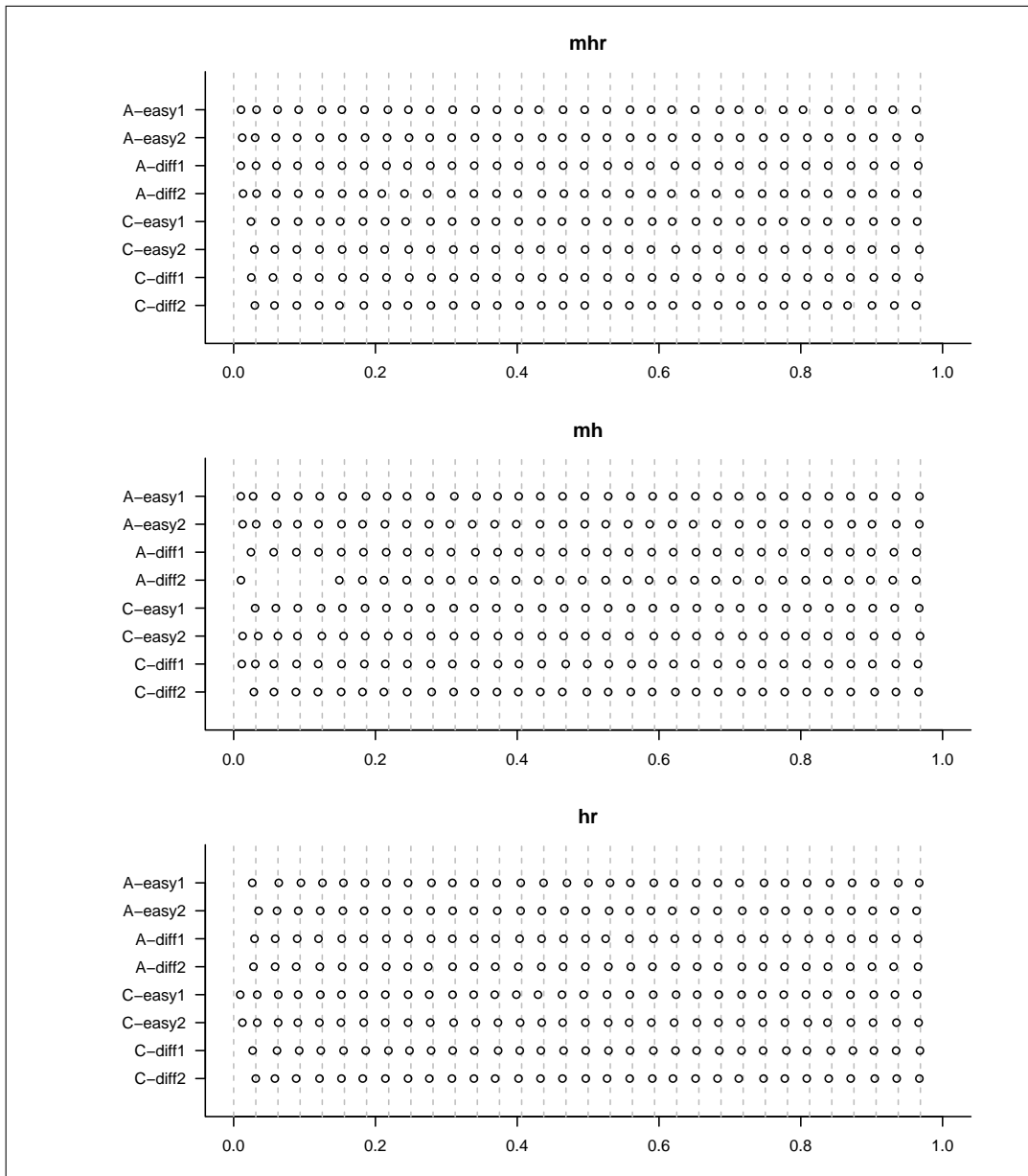


図 G.20: N6 のタッピング

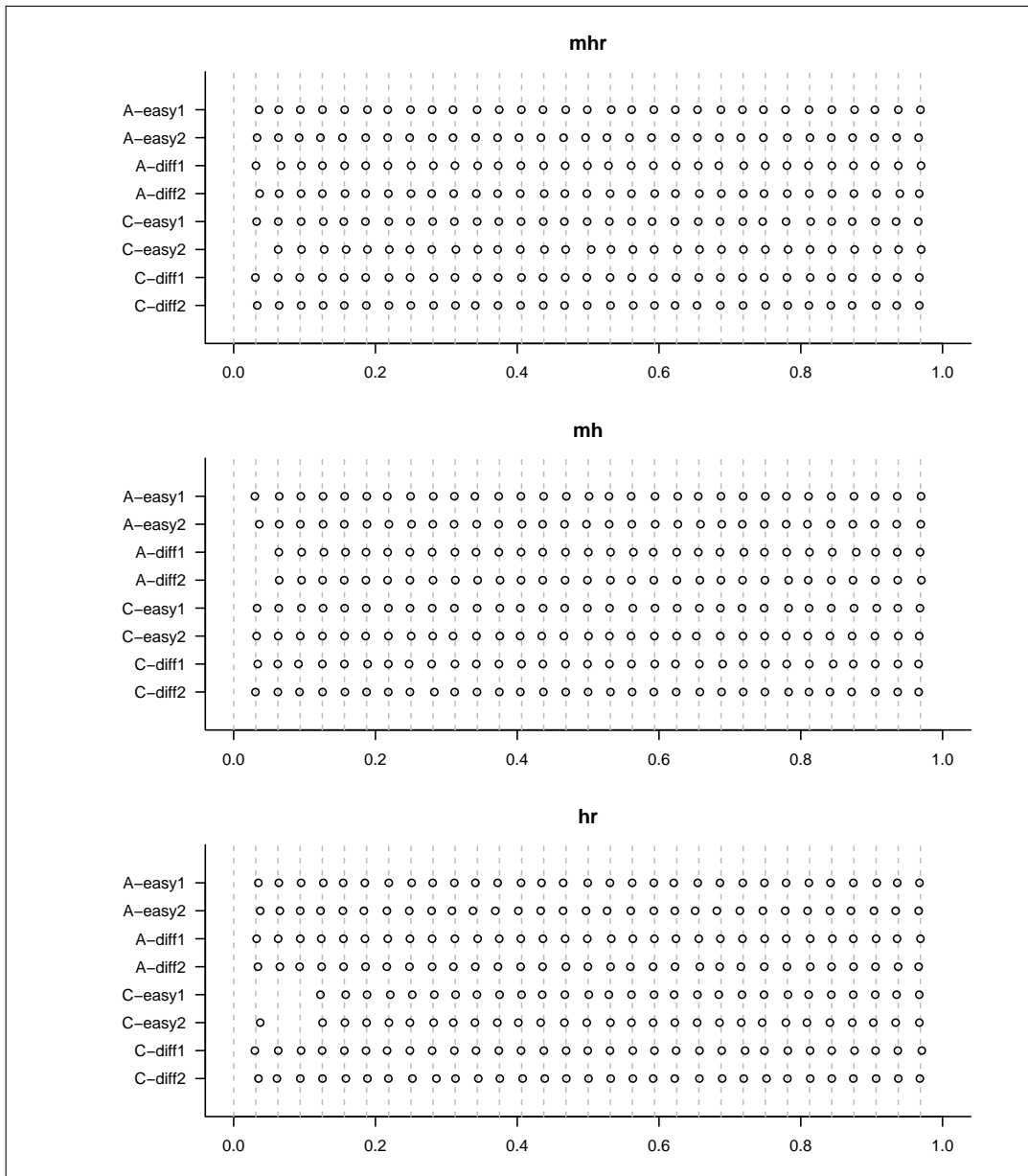


図 G.21: N7 のタッピング

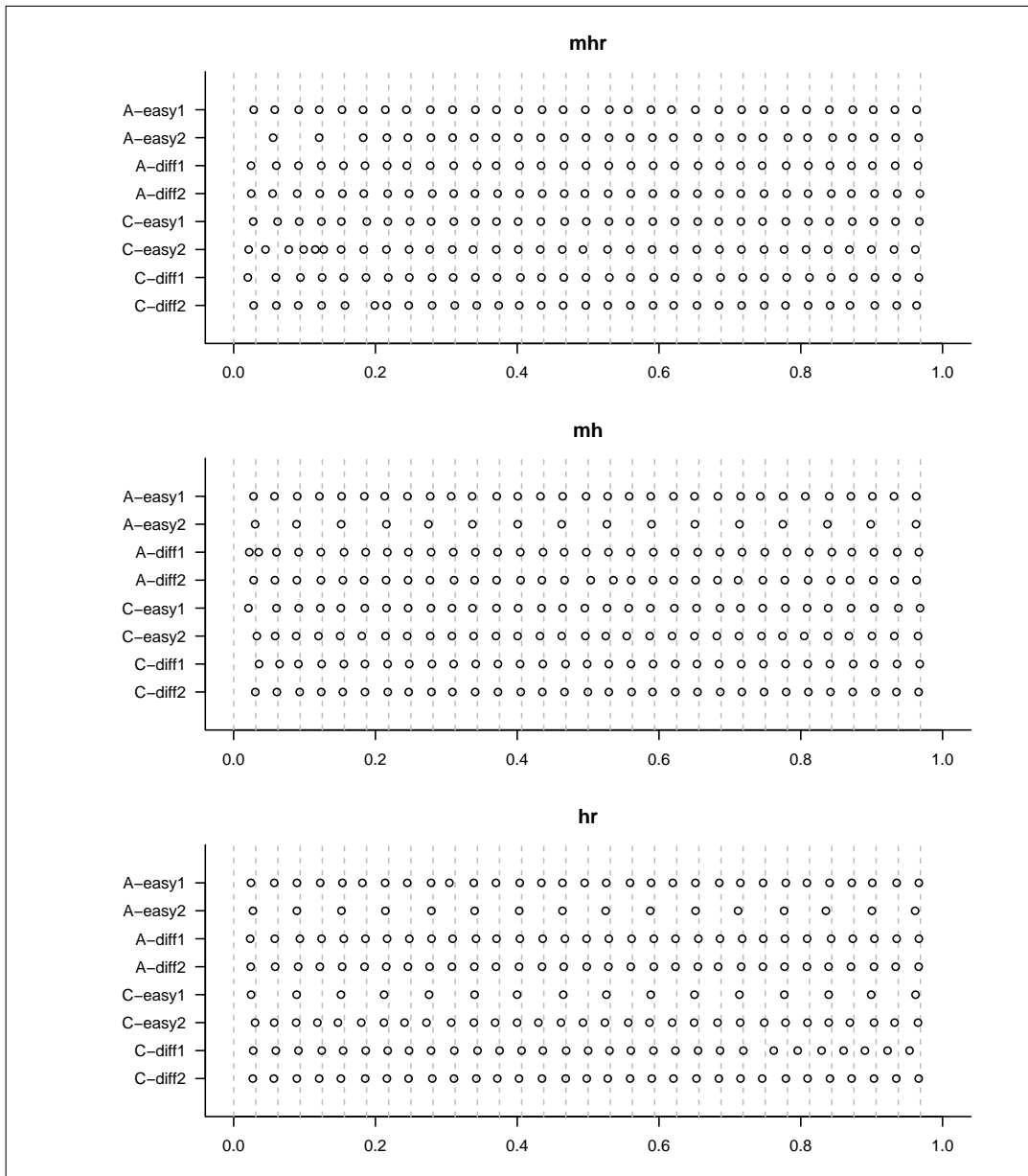


図 G.22: N8 のタッピング

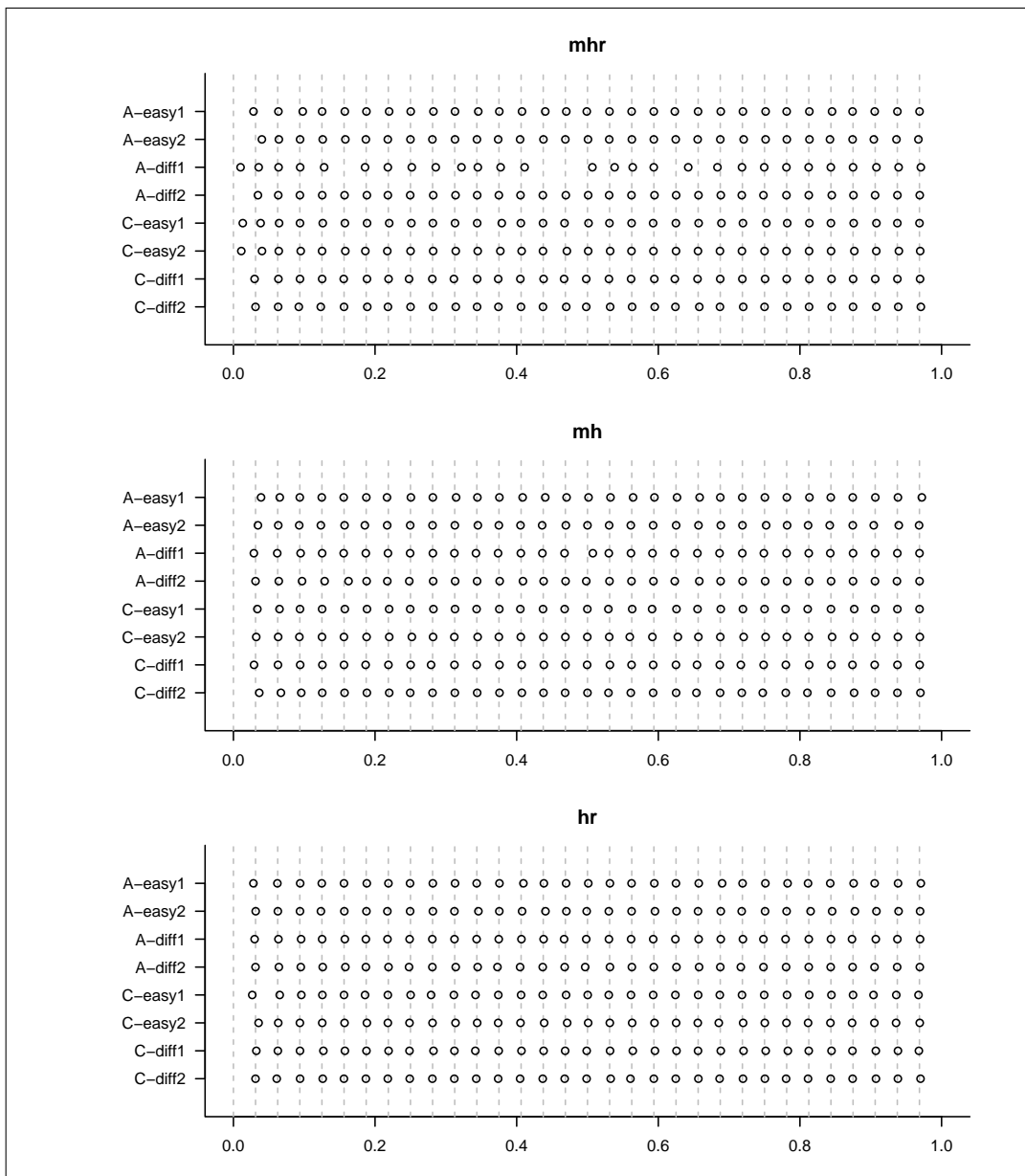


図 G.23: N9 のタッピング

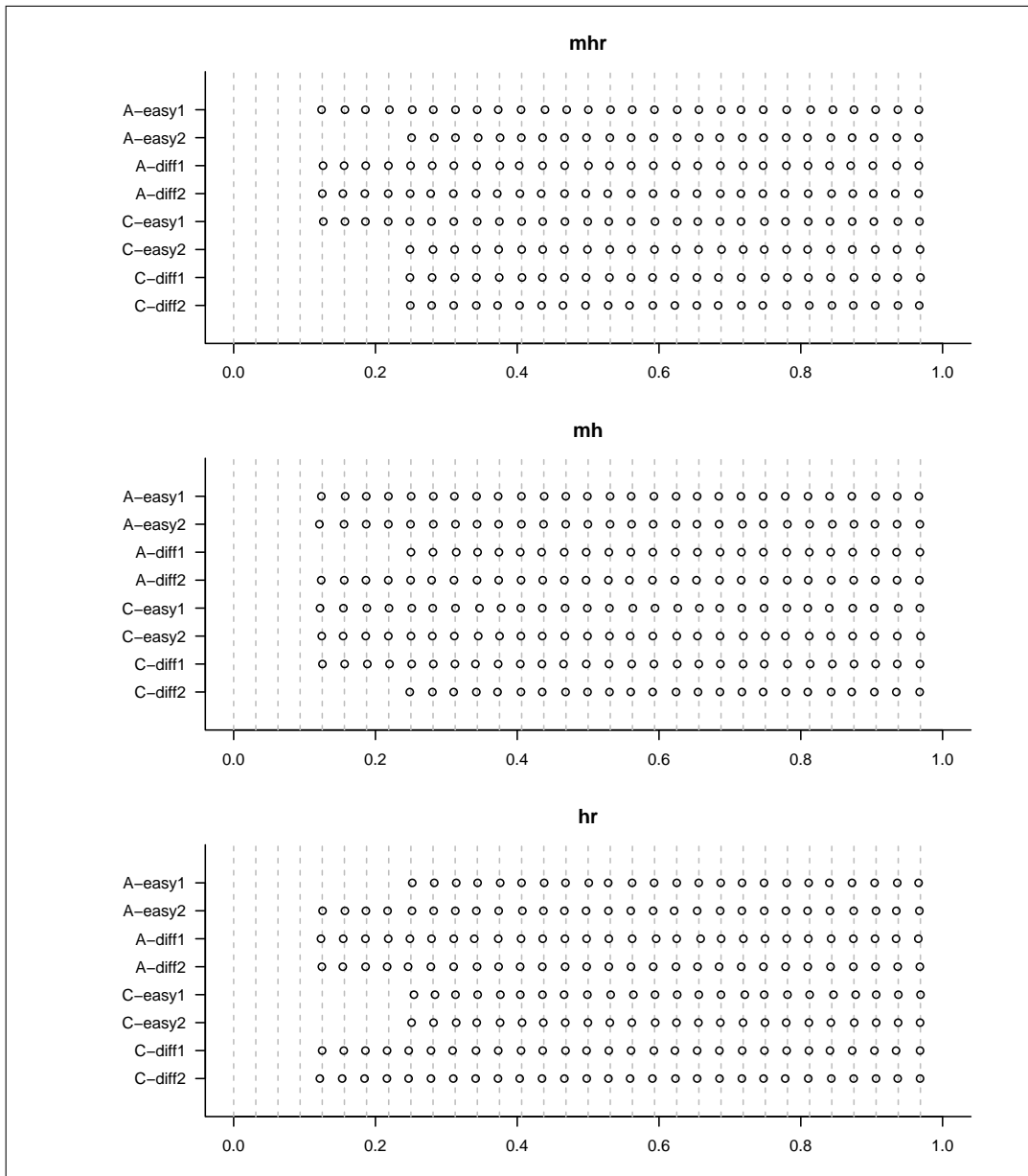


図 G.24: N10 のタッピング*

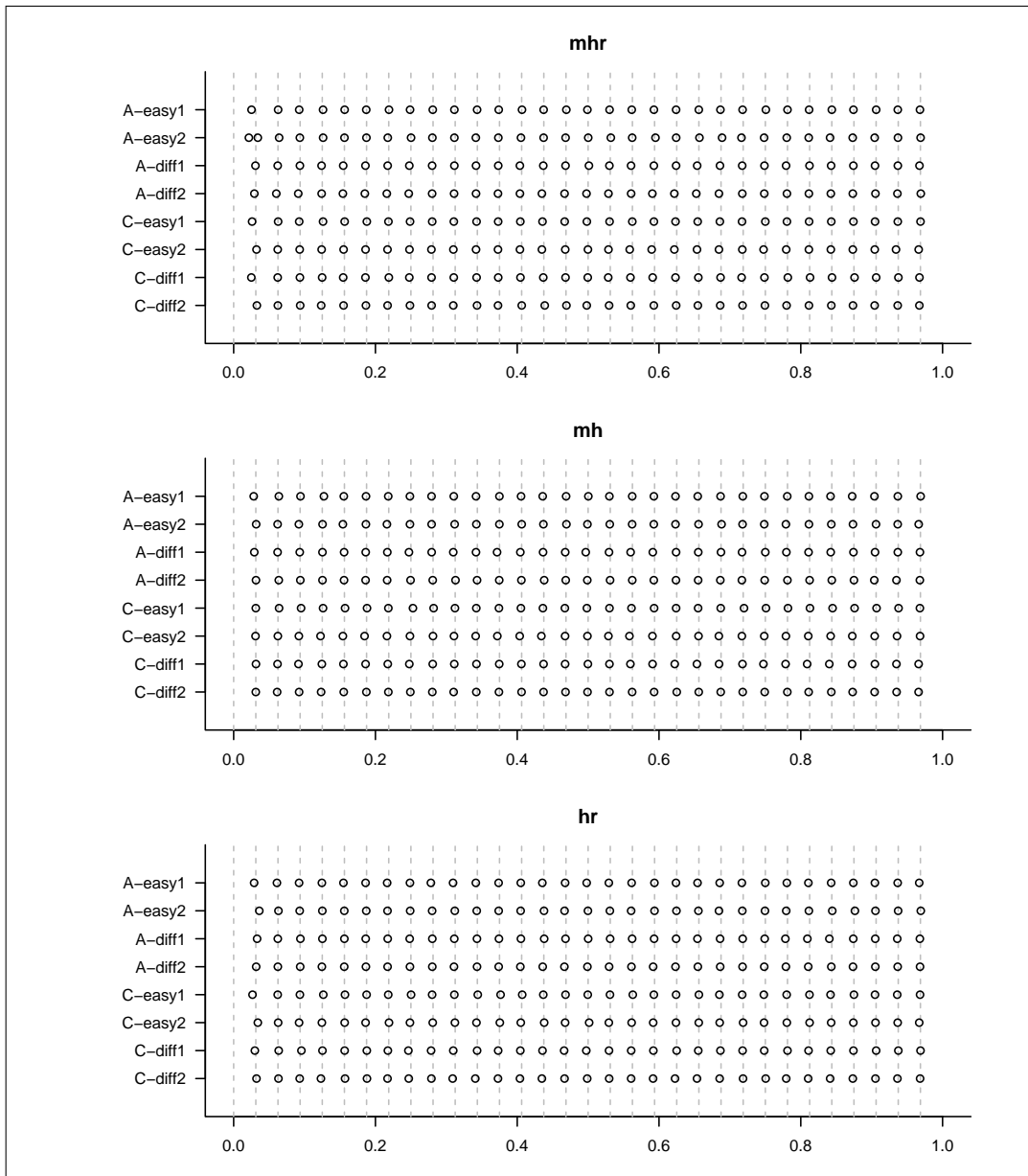


図 G.25: N11 のタッピング*