JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	背景雑音に対する報知音の振幅包絡の動きの違いが報知音検知に与える影響
Author(s)	矢野，雄大
Citation	
Issue Date	2012-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/10404
Rights	
Description	Supervisor:鵜木祐史，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

背景雑音に対する報知音の振幅包絡の動きの違いが報知音検知に与える影響

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報科学専攻

矢野 雄大

2012 年 3 月

修 士 論 文

背景雑音に対する報知音の振幅包絡の動きの違いが報知音検知に与える影響

指導教官　鵜木祐史 准教授

審査委員主査　鵜木祐史 准教授
審査委員　赤木正人 教授
審査委員　党建武 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報科学専攻

0810064 矢野 雄大

提出年月: 2012 年 2 月

Copyright © 2012 by Yano Yuta

概 要

私たちの生活環境において，報知音は，危険回避のための警告や製品の操作，終了といった重要な情報を対象者に伝える役割を担っている．報知音の設計方法は JIS により規格化されているが，私たちの日常生活では，多種多様な報知音が混在するため，場合によっては私たちを混乱させる可能性がある．また，実環境下では，環境雑音によって報知音がマスクされ，検知されない場合がある．これらの結果，報知音の持つ重要な情報が対象者に伝わらず，操作や判断の誤りが生じ，特に身の危険を知らせる警報機などにおいては，報知音が正しく検知されないことにより対象者に危険が及ぶ恐れがある．したがって，報知音が，実環境下でも素早く正確に検知されるために，何らかの対応策を講じなければならない．

本稿では，雑音環境下で報知音を検知することを，複数の背景音の中から目的音を探索する聴覚探索問題と捉え直し，目的音と背景音の振幅包絡の動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響を検討した．まず，振幅包絡の動きを，振幅包絡を一次近似した傾きの平均値と定義し，変調フィルタ処理を利用して，その動きを系統的に制御する手法を提案した．ここでは，白色雑音の振幅包絡成分を帯域通過フィルタに通すことで，ある特定の周波数成分を含む振幅包絡を作成した．この帯域通過フィルタの中心周波数と帯域幅をパラメータとして，動きを系統的に制御した．フィルタの中心周波数が高くなるほど，それに比例して動きも大きくなった．次に，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響を検討するために，動きの異なる目的音と背景音を用いて聴覚探索実験を行った．その結果，目的音と背景音の動きの差が大きいほど目的音が検知されやすいということが示唆された．また，目的音の動き自体が背景音の動き自体よりも大きいほど，その傾向がより強く現れた．これらの結果は，実環境上においても，背景雑音に対し報知音の振幅包絡の動きを制御することで，報知音が検知されやすくなることを示している．このことから，信号の振幅包絡の動きを利用することで，報知音の設計指針を決めることができる．

目 次

第 1 章　序論 **1**
1.1 **はじめに** 1
1.2 **本研究の背景** 2
1.2.1 **方向性マスキング解除に基づく研究** 2
1.2.2 **聴覚探索に基づく研究** 2
1.3 **本研究の目的** 3
1.4 **本論文の構成** 3

第 2 章　信号の振幅包絡の動き **4**
2.1 **動きの定義** 4
2.2 **振幅包絡の動きの制御方法** 6
2.3 **振幅包絡の動きの違いの検討** 9
2.4 **まとめ** 10

第 3 章　振幅包絡の動きが目的音検知に与える影響（聴覚探索実験 I） **11**
3.1 **目的** 11
3.2 **予想される結果** 11
3.3 **手法** 11
3.3.1 **実験環境** 11
3.3.2 **刺激音** 11
3.3.3 **実験方法** 12
3.4 **結果と考察** 14

第 4 章　振幅包絡の動きと中心周波数の違いが目的音検知に与える影響（聴覚探索実験 II） **19**
4.1 **目的** 19
4.2 **予想される結果** 19
4.3 **手法** 19
4.3.1 **実験環境** 19
4.3.2 **刺激音** 19
4.3.3 **実験方法** 20
4.4 **結果と考察** 20

第 5 章　全体考察 **34**

第 6 章　結論 **35**
6.1 **本研究のまとめ** 35
6.2 **明らかにしたこと** 35
6.3 **今後の展望** 36

図 目 次

2.1 振幅包絡の動きの例（動き：176 mV/s） 5
2.2 信号の振幅包絡の作成方法：(a) 白色雑音，(b) 白色雑音の変調周波数成分，(c) 帯域通過フィルタ，(d) フィルタ処理により得られた変調周波数成分，(e) 振幅包絡，(f) 正規化された振幅包絡 8
2.3 フィルタの中心周波数に対する動きの値の分布 9

3.1 聴覚探索実験 I で利用した実験環境 12
3.2 試行の流れ 13
3.3 目的音の動きが 264 mV/s のときの背景音との動きの差に対する目的音の検知されやすさ 15
3.4 目的音の動きが 374 mV/s のときの背景音との動きの差に対する目的音の検知されやすさ 16
3.5 目的音の動きが 484 mV/s のとき背景音との動きの差に対する目的音の検知されやすさ 17

4.1 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：44 mV/s ，目的音の中心周波数：200 Hz） 21
4.2 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：44 mV/s ，目的音の中心周波数：525 Hz） 22
4.3 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：44 mV/s ，目的音の中心周波数：1380 Hz） 23
4.4 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：350 mV/s ，目的音の中心周波数：200 Hz） 24
4.5 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：350 mV/s ，目的音の中心周波数：525 Hz） 25
4.6 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：350 mV/s ，目的音の中心周波数：1380 Hz） 26
4.7 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：656 mV/s ，目的音の中心周波数：200 Hz） 27
4.8 目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：656 mV/s ，目的音の中心周波数：525 Hz） 28

4.9 **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**656 mV/s **，目的音の中心周波数：**1380 Hz**）** 29
4.10 **目的音と背景音の中心周波数が同じ場合における動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**44 mV/s **）** 31
4.11 **目的音と背景音の中心周波数が同じ場合における動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**656 mV/s **）** 32
4.12 **目的音と背景音の動きの差による目的音の検知されやすさの影響** 33

第1章　序論

1.1　はじめに

私たちの暮らしの中には様々な音が存在しており，私たちは，それらの音を聞いて，行動を開始したり制限したりすることが多々ある．そのようなことから，音は私たちの生活に複雑に作用しており，私たちは音と共存していると言っても過言ではない．とりわけ，私たちの生活環境において，製品の操作や終了，また，危険回避のための警告音などといった，重要な情報を対象者に伝える役割を担っている音は報知音と呼ばれている．報知音の設計方法は JIS により規格化されている [1] が，私たちの日常生活では，多種多様な報知音が混在するため，場合によっては私たちを混乱させる可能性がある．このような報知音の知覚誤りを防ぐため，ユニバーサルデザインの考え方が取り入れられ [2]，現在までに，報知音の問題を解決するための研究が盛んに行われている [2, 3, 4, 5, 6]．水浪らは，報知音の印象評価実験を行い，報知音の ON/OFF の時間パターンに指針を示した [3]．山内らは，報知音の機能イメージに関して擬音語表現と音響的特徴との対応関係を検討し，分かりやすく覚えやすい報知音の設計に指針を示した [4]．倉片らは，高齢者の可聴域に配慮した報知音設計指針を示した [5]．

しかしながら，これらは雑音のないクリーンな環境を想定した報知音の研究である．実環境下では，環境雑音によって報知音がマスクされ，知覚されない場合がある [7, 8]．これらの結果，報知音の持つ重要な情報が対象者に伝わらず，操作や判断の誤りが生じ，特に身の危険を知らせる警報機などにおいては，報知音が正しく検知されないことにより対象者に危険が及ぶ恐れがある．したがって，報知音が，実環境下でも素早く正確に知覚されるために，何らかの対応策を講じなければならない．

雑音環境下で報知音を知覚する問題を解決するため，報知音の到来方向を手掛かりにしたアプローチと，報知音の音響的性質を手掛かりにした聴覚探索問題を考えるアプローチの，二つのアプローチによる研究が取り行われている．本研究の背景として，方向性マスキング解除に基づく知見と聴覚探索に基づく知見を次に述べる．

1.2 本研究の背景

1.2.1 方向性マスキング解除に基づく研究

雑音環境下での報知音知覚の研究の一つに，音の到来方向を手掛かりとしたアプローチが取られている．雑音環境下での信号検出について，Ebata らは，目的音の方向性の手掛かりを利用することで，目的音の検知能力が向上することを報告している [9]．また，Saberi らは，自由音場において，目的音と雑音が異なる方向から呈示されるときに目的音の検知能力が向上することを報告している [10]．このように，目的音と雑音を異なる方向から到来させることにより，マスキング量が削減し，目的音の知覚しやすさが向上する方向性マスキング解除（Spatial Release from Masking, SRM）[9, 10] を報知音知覚に応用した研究がある．SRM の知見を利用して，雑音に対して目的音を異なる方向から呈示することで目的音がマスクされ難い状況を作り出すための方法が，中西ら [11]，内山ら [12]，ならびに黒田ら [13] によって検討されている．更に，それを説明可能な聴覚モデルも水川らによって検討されている [14]．しかし，これは目的音と雑音の音源がともに固定された場合のものであり，この知見だけでは，様々な方向から音が到来する実環境下での報知音知覚においての検討が十分であるとは言えない．そこで，音の到来方向に因らない，報知音そのものの音響的性質を考える．

1.2.2 聴覚探索に基づく研究

雑音環境下で報知音を知覚するもう一つのアプローチとして，聴覚探索問題を考える研究がある．本研究では，雑音環境下で報知音を知覚することを，複数の背景音の中から目的音を探索する聴覚探索問題と捉え，議論する．聴覚探索に関係する先行研究として，杉田らの研究がある．彼らは，目的音と背景音を 1 チャネルに混合し，ヘッドホン呈示条件下で聴覚探索実験を行い，純音と狭帯域雑音とで時間変動によるポップアウトが生じていることを主張している [17]．また，阿瀬見らは，実験刺激として，時間的に動きのある狭帯域雑音と時間的に動きの無い純音を用い，聴覚の探索非対称性の研究を行った．その結果，複数の背景音から目的音を探索する際に，時間的に動きがある背景音（狭帯域雑音）から動きの無い目的音（純音）を探索するよりも，動きの無い背景音から動きのある目的音を探索する方が容易であることを明らかにした（探索非対称性）[18, 19]．しかしながら，実環境下では，目的音も背景音もともに時間変動音である場合が多く，雑音環境下での報知音知覚を議論するにあたり，動きのある音同士での聴覚探索の検討が必要となる．

これに対し，草場らは，時間変動音同士での聴覚探索実験を行い，目的音と背景音との振幅包絡の時間変動の類似性が低いほど，目的音検知が容易になることを示した [20]．しかし，この実験では，白色雑音を通す帯域通過フィルタの帯域幅を変えることで，音の振幅包絡の時間変動を変化させ，作成した刺激音の振幅包絡間の相関をパラメータとしている．これは，刺激音の振幅包絡の動き方がランダムに作成される白色雑音の性質にのみ左右されていることを示している．この方法では，振幅包絡の形状そのものを直接表現でき

ず，系統的に制御できないため，振幅包絡のどのような動きが目的音の検知されやすさに影響を与えていたのかまでは踏み込んで議論できなかった．

1.3　本研究の目的

先行研究より，目的音と背景音の振幅包絡の類似性が目的音の検知されやすさに影響を与えていることは明らかとなっているが，振幅包絡の動きが目的音の検知されやすさにどのような影響を与えていたかまでは明らかにされていない．本研究では，まず，信号の振幅包絡の変動を物理量として一元的に表現するために，動きという尺度を定義する．次に，動きを系統的に制御する手法を提案する．最後に，動きを系統的に変化させた刺激音を作成し，このような音を，それぞれ目的音，背景音として用いて聴覚探索実験を行う．目的音と背景音，それぞれの動きに着目し，これらの違いが目的音の検知されやすさにどのような影響を与えているのかを明らかにする．これにより，検知されやすい目的音の音響的性質を明らかにし，実環境下での報知音検知の研究に指針を示す．

1.4　本論文の構成

本研究の目的の達成のため，本文は以下のように構成する．

1 章では，報知音についての説明と，報知音検知に関する近年の研究の知見を述べる．これらを踏まえて，本研究の目的を述べる．2 章では，信号の振幅包絡の動きについて説明し，その系統的な制御方法について述べる．また，動きの制御に用いる変調周波数上での帯域通過フィルタの中心周波数と帯域幅と，定義した動きの値との関係を調査し，作成した複数の動きの違いについて検討する．3 章では，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響を検討するための実験内容の説明と，その結果を述べる．4 章では，実環境下を想定して，異なる周波数帯域を含めた条件で聴覚探索実験を行い，動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響を述べる．5 章では，本実験を行った結果を踏まえて，全体考察を述べる．6 章では，本研究によって明らかにされたことと，今後の報知音検知の展望について述べる．

第2章　信号の振幅包絡の動き

2.1　動きの定義

これまでの研究で，信号の振幅の時間変動が，目的音の検知されやすさに影響を及ぼすことが示唆されている．しかしながら，時間変動している信号の振幅包絡の形状そのものは表現できておらず，どのような振幅包絡の変動が影響していたのか明らかでない．信号の振幅包絡の時間変動そのものを物理量として表現するため，本研究では動きという尺度をもって表す．本研究では，(2.1) 式に示すように，振幅包絡の頂点間の傾きを一次近似したときの平均値（振幅の時間変動の速さの平均値）をその振幅包絡の動きと定義する．

$$v = \frac{A_0}{N-1} \times \sum_{n=2}^{N} \frac{|P_n - P_{n-1}|}{T_n - T_{n-1}} \tag{2.1}$$

ただし，P_n は振幅包絡における変動の頂点（ピークあるいはディップ）の値を示し，T_n はそのときの時刻，N は頂点の個数である．A_0 は，計算機上で振幅値 1.0 となる音を実験で使用する機器から出力した際の出力基準電圧（TDT SystemIII とアンプ（SANSUI AU-α 907MR Integrated Amplifier）を通した出力）である．実測した結果，この基準電圧は，$A_0 = 88$ mV であった．そのため，本研究で取り扱う動きの単位は，mV/s とした．なお，アンプからの出力は実験前に毎回校正し，常にこの値を示すように設定した．

信号の振幅包絡の動きの計算方法の例を図 2.1 に示す．図中の赤線は信号の振幅包絡を示す．まず，変動の各頂点を左から順に $P_1, P_2, \ldots, P_n$ として，各頂点での時刻を $T_1, T_2, \ldots, T_n$ とする．次に，隣り合う頂点を直線（図中の緑線）で結び，その直線の傾きの絶対値を計算する（例では，全ての直線の傾きの絶対値が 2 となる）．各絶対値の平均値を求め，これに A_0 を乗じたものを動きとする（例に示した振幅包絡の動きは，88 × 12 / (7 - 1) = 176 mV/s となる）．

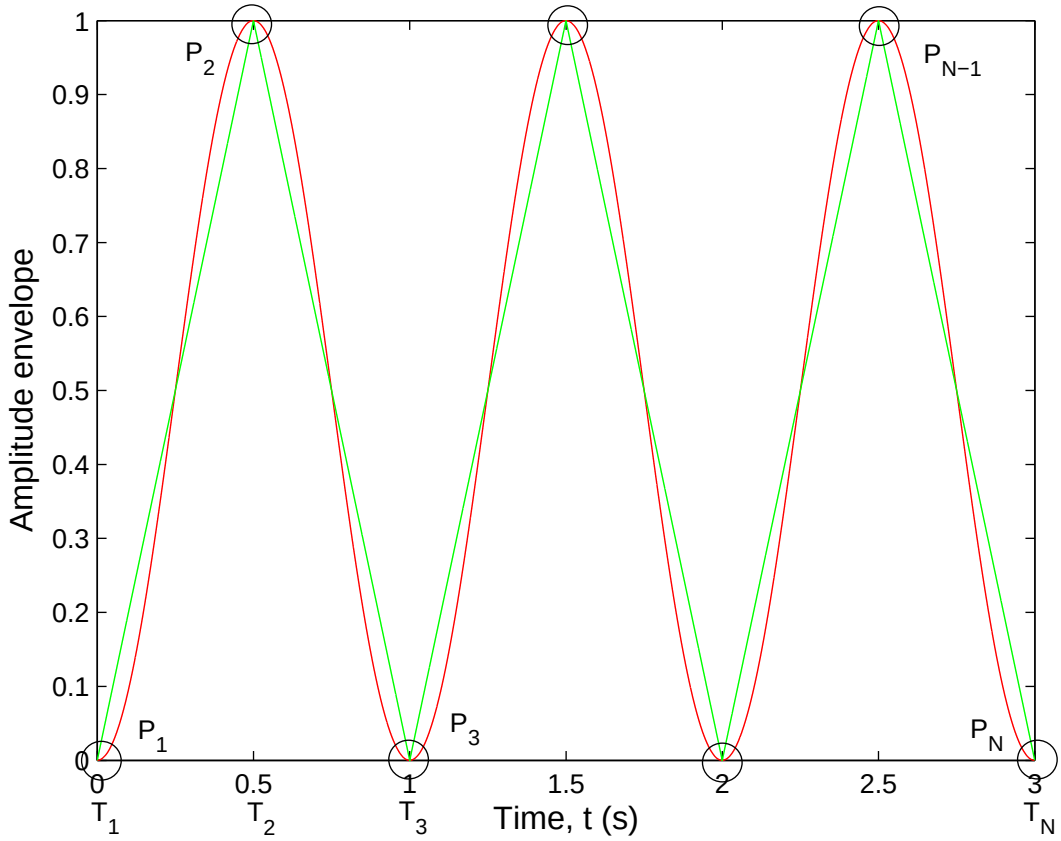

図 2.1: **振幅包絡の動きの例（動き：**176 mV/s**）**

2.2　振幅包絡の動きの制御方法

本研究では，上記に定義された信号の振幅包絡の動きを制御して，系統的に変化させるために，変調フィルタリングの技法を利用する．まず，信号そのものを振幅包絡成分と搬送波成分に分解して表現できるものとする．次に，振幅包絡成分を FIR 型の帯域通過フィルタに通すことで，ある特定の周波数成分を含む振幅包絡を得る．その際に，帯域通過フィルタの中心周波数と帯域幅を任意に変化させることで，変調周波数成分（振幅包絡の周波数成分）を系統的に制御することが可能となる．変調処理を施した振幅包絡をもとの搬送波成分に掛け合わせることで，特定の周波数成分のみを含む信号を得る．実際は，入力がどのような音でも上記処理が可能であるが，本研究ではこの変調フィルタ処理が，実際の信号検出に有効であるかどうかの基礎検討を行うために，搬送波成分として狭帯域雑音を，振幅包絡成分には，全周波数帯域にわたって均等なパワーを持つ白色雑音を用いた．

実験で利用する信号の振幅包絡の作成例を図 2.2 に示す．まず，白色雑音（図 2.2(a)）にダウンサンプリング処理を施し，変調周波数成分が高い成分をカットする．これは，ヒトが動きとして認識できるのは 20 Hz 程度までの変調周波数成分 [21, 22] であり，その周辺の変調周波数成分のみを制御するためである．ダウンサンプリング処理を施した白色雑音の振幅スペクトル（図 2.2(b)）に対して，変調フィルタ処理を施す（図 2.2(c) は中心周波数 2.5 Hz，通過帯域幅 2 Hz のフィルタ形状を示す）．この結果，図 2.2(e) に示す振幅包絡を得る．なお，図 2.2(e) は，0 s から 3 s までの振幅包絡を抜き出して示している（図 2.2(d) はその振幅スペクトル）．これに対し，振幅包絡の平均値を 0 に固定したあと，その振幅の変動幅を ± 0.5 に正規化し，0.5 のバイアス値を足し合わせる（図 2.2(f)）．この一連の処理により，振幅変調が過変調とならないように調整され，かつ変動幅が図 2.1 に対応して 0.0〜1.0 に調整される．最後に，信号音と同じサンプリング周波数をもつ振幅包絡成分になるようにアップサンプリング処理を施し，これに搬送波を掛け合わせて信号を作成する．信号には，信号の動き以上の急激な変動を取り去るため，信号の立ち上がりと立ち下がり部分にそれぞれ 30 ms のテーパー処理（cosine 関数を用いた荷重処理）を施す．

以上のような変調フィルタ処理を用いて，信号に含まれる変調周波数成分を制御した．この処理に用いる帯域通過フィルタの中心周波数と帯域幅を操作することで，異なる振幅包絡の動きをもつ信号を作成した．

注意すべき点として，振幅包絡の種類が少ないことにより実験参加者が振幅包絡の動きのパターンを記憶してしまえば，動きを手掛かりとして探索するのではなく，学習した刺激パターンの動き以外の特徴を手掛かりに信号を探索してしまう可能性が生じてしまう．この可能性を排除するため，振幅包絡の形を実験刺激中で常に固定せず，同じ動きをもつ異なる振幅包絡パターンをランダムに利用する．そのため，本研究では，実験条件ごとにあらかじめ長時間（20 s）の刺激を作成し，その中から本実験で用いる刺激呈示時間長（3 s）の信号をランダムに抽出して利用した．

本研究では，振幅包絡の動きを系統的に制御するため，図 2.2(f) に示す振幅包絡を図 2.1 ならびに式（2.1）を利用し，フィルタの中心周波数と帯域幅をパラメータとして系統

的に制御する．

以上のように，本実験に用いる刺激音の動きは，変調フィルタリングにより含まれる変調周波数成分を系統的に変化させることで作成する．この変調周波数を系統的に変化させると，その変調周波数に応じた音色を知覚することができる [21]．特に，変調周波数が 5 Hz 以下では，実際の物理的な変動に追従して聞くことが可能である．また，7 Hz 付近になると，変動を知覚しながらも，一定の音色としても捕らえることが出来るようになる．しかし，変調周波数が 20 Hz を超えると，時々刻々とした変動に追従出来なくなる [22]．

本研究では，動きに基づく音の検知しやすさを調査するため，ヒトが変動を知覚的に追従出来る変調周波数の上限を 20 Hz とし，動きの変化幅を均等に取った刺激音を複数作成し，聴覚探索実験を行う．

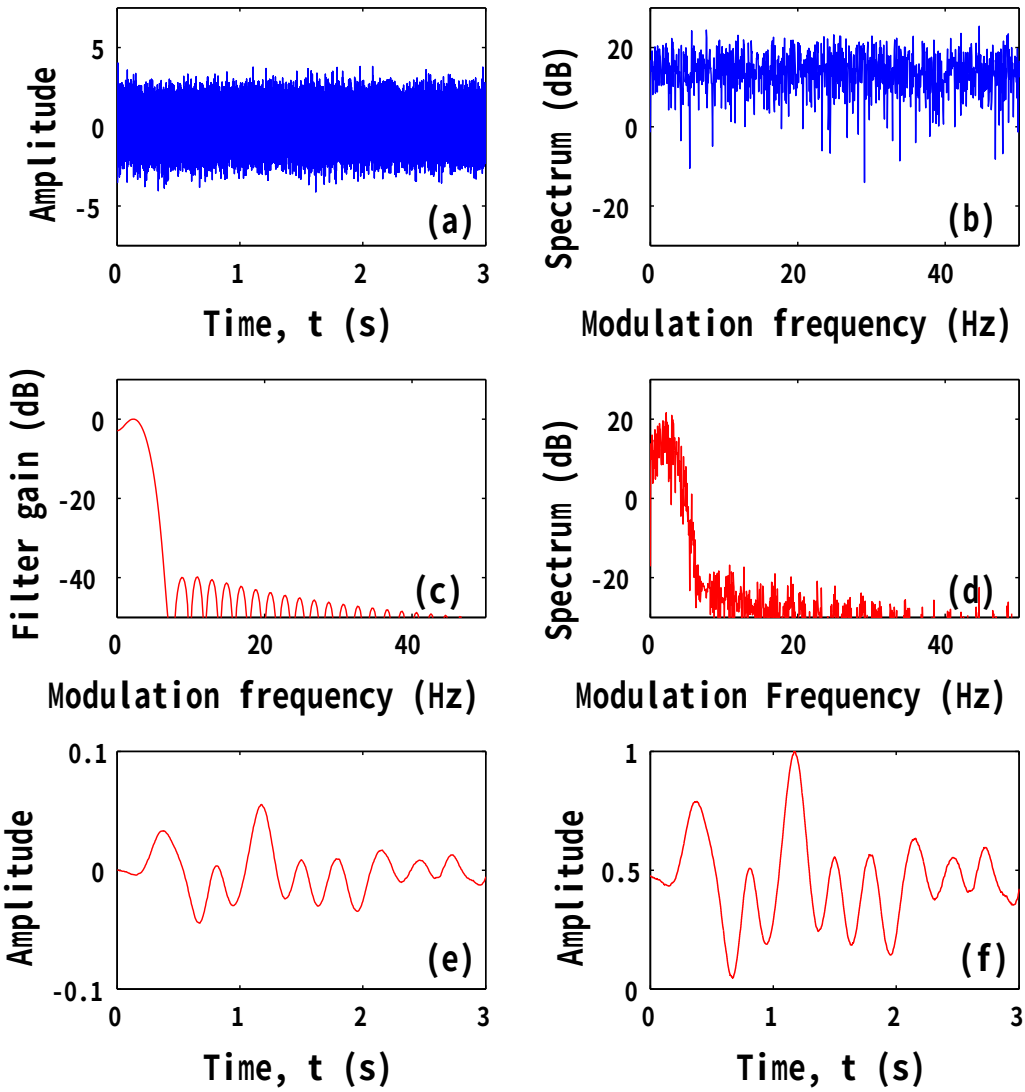

図 2.2: 信号の振幅包絡の作成方法：(a) 白色雑音，(b) 白色雑音の変調周波数成分，(c) 帯域通過フィルタ，(d) フィルタ処理により得られた変調周波数成分，(e) 振幅包絡，(f) 正規化された振幅包絡

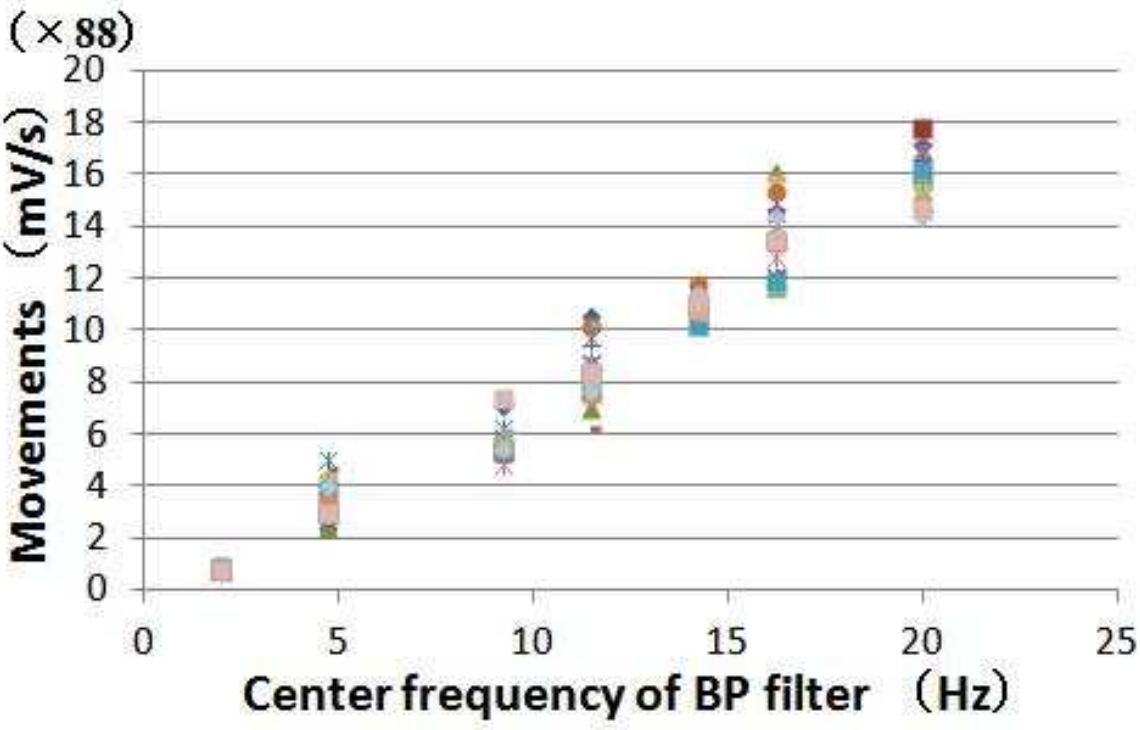

図 2.3: **フィルタの中心周波数に対する動きの値の分布**

2.3　振幅包絡の動きの違いの検討

後の聴覚探索実験では，動きを系統的に変化させた目的音と背景音を用いて，目的音と背景音の動きの違いと目的音の検知されやすさとの関係を検討する．そのためには，2.1**節で定義した動きが，**2.2**節で説明した変調フィルタ処理で用いるフィルタの中心周波数と帯域幅によってどのように変化するかを，検討する必要がある．そこで，**2.2**節で説明した変調フィルタ処理を，様々な中心周波数と帯域幅の帯域通過フィルタを用いて施し，振幅包絡の動きを計算した．一つの同じ中心周波数と帯域幅のフィルタにつき，**20**個の刺激を用い動きを計算した．**

その結果を，図2.3**と表**2.1**に示す．**

図2.3**より，同じ中心周波数と帯域幅をもつ帯域通過フィルタを用いたとしても，異なる振幅包絡をもつ信号に変調フィルタ処理を行うと，処理後に得られる振幅包絡の動きには，元の信号の振幅変調成分によってばらつきが生じる．しかし，フィルタの中心周波数を高くするにしたがって，動きもそれにほぼ比例して大きくなることが確認される．よって，帯域通過フィルタの中心周波数を変化させることで，振幅包絡の動きを系統的に制御することができるといえる．また，前述した通り，同じ中心周波数と帯域幅のフィルタを用いた処理であっても，得られる動きには多少のばらつきが生じるため，異なる複数の信号を同じ帯域通過フィルタにより制御して得られた動きの平均値を，そのフィルタから得られる振幅包絡の動きとする．その結果が表**2.1**となる．**

表 2.1: 帯域通過フィルタと動きの関係

中心周波数（Hz）	帯域幅（Hz）	動き（mV/s）
2.00	1.0	88
4.75	1.5	308
9.25	1.5	528
11.50	1.0	748
14.25	1.5	968
16.25	1.5	1188
20.00	1.0	1408

2.4 まとめ

本章では，信号の振幅包絡の動きについて定義した．また，信号に含まれる変調周波数成分に変調フィルタ処理を施し，帯域通過フィルタの中心周波数と帯域幅を任意に変化させることで，振幅包絡の動きを系統的に制御する手法を提案した．さらに，作成したそれぞれの動きの違いについて検討した．これらの動きを用いて，目的音と背景音の動きが目的音の検知されやすさにどのような影響を与えるか検討するために，聴覚探索実験を行う．

第3章　振幅包絡の動きが目的音検知に与える影響（聴覚探索実験I）

3.1　目的

動きが異なる目的音と背景音を同時に呈示した場合に，動きの違いが，目的音の検知されやすさにどのような影響を与えるかを聴覚探索実験によって確かめる．

3.2　予想される結果

目的音と背景音の動きの違いが，目的音の検知されやすさに影響を与えるのであれば，動きの差が大きいときに目的音検知がより容易になると予想される．

3.3　手法

3.3.1　実験環境

図 3.1 に示す実験系を利用して聴覚探索実験を行った．実験は TDT SystemIII を利用して行い，実験刺激はヘッドホン（Sennheiser HDA200）を通して実験参加者に呈示した．

3.3.2　刺激音

2.3 節で作成した動きのうち，動きの差が等間隔になるような，528 mV/s, 748 mV/s, 968 mV/s の 3 種類の動きを振幅包絡とした信号を目的音として用いた．ただし，この動きは，2.1 節の動きの定義で述べたように，プログラム上での振幅値の上限 1.0 で作成した音を再生した際の出力値を基準にしている．今回の実験では，二つの音を同時に呈示するため，単純にこれらの音を足し合わせて刺激音を作成するとオーバーフローをおこしてしまう．そのため，一つの音の振幅値をそれぞれ半分に変換した．これにより，実際に用いた目的音の動きは，264 mV/s, 374 mV/s, 484 mV/s であった．

背景音の動きは，目的音の動きを中心に，± 110，± 220 mV/s となる 4 種類の動きを，目的音の動きごとに設定した．そのため，目的音の動き 264 mV/s に対する背景音の動きは，44 mV/s, 154 mV/s, 374 mV/s, 484 mV/s，目的音の動き 374 mV/s に対する背景音

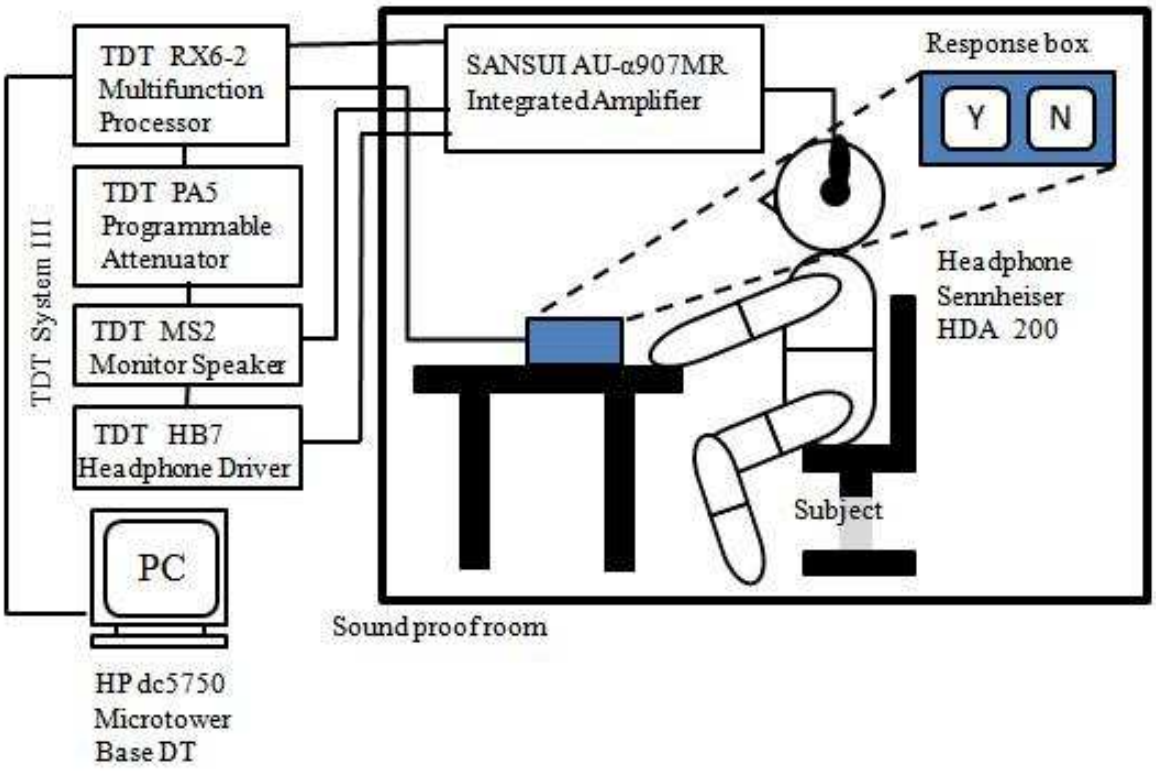

図 3.1: **聴覚探索実験** I **で利用した実験環境**

の動きは，154 mV/s, 264 mV/s, 484 mV/s, 594 mV/s**，目的音の動き** 484 mV/s **に対する背景音の動きは，**264 mV/s, 374 mV/s, 594 mV/s, 704 mV/s **とした．**

このようにして作成した振幅包絡を，搬送波とした中心周波数 1380 Hz**，帯域幅** 1/2-oct. **の狭帯域雑音に乗じることで，目的音と背景音を作成した．なお，目的音や背景音の特徴的な部分のみを手掛かりとした探索が行われないように，刺激音を作成するための振幅包絡は試行ごとに異なるものを用いた．**

3.3.3 実験方法

実験では，実験参加者にランダムに刺激を呈示し，目的音の有無を強制判断させた．実験における一試行の流れ（PAD[23]**）を図** 3.2 **に示す．**

まず，実験参加者に探索すべき目的音を覚えてもらうために，一つの目的音を連続して呈示した．次に，その目的音に対する 4 **種類の背景音のうちのいずれかを，目的音と同時に（目的音有り条件），もしくは目的音を含まずに（目的音無し条件）呈示した．目的音を含まない場合，構成音数を各条件で一致させるため，背景音とは別に振幅制御していない狭帯域雑音を同時に呈示した．また，途中で目的音そのものが何であるか忘れられることを防ぐために，背景音を呈示する前に一度だけ目的音を呈示した．実験参加者には，**

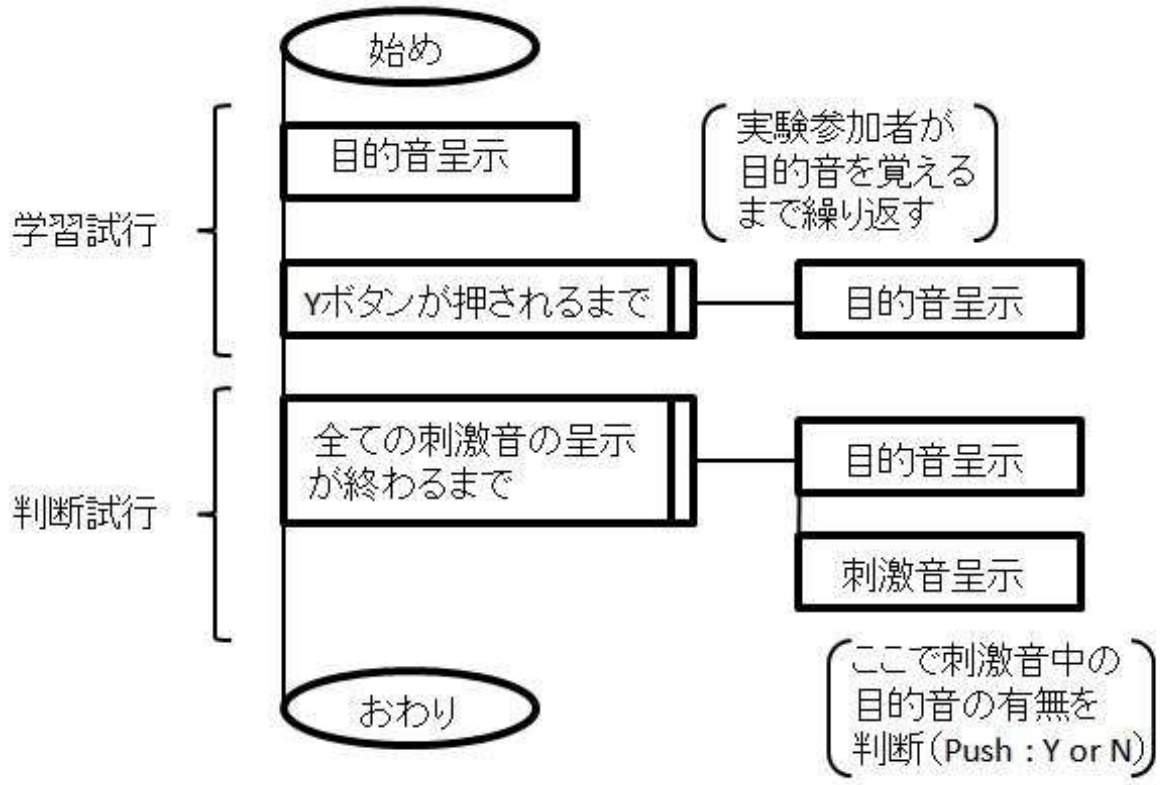

図 3.2: **試行の流れ**

背景音が呈示されている間に，目的音が同時に呈示されているかどうかを判断させ，応答ボックスのY（Yes，**目的音有り）と**N（No，**目的音無し）のどちらかのボタンを押すように教示した．これを一試行とし，**3 **種類の目的音それぞれに対して行った．順序効果を排除するために，試行で用いる目的音の順番はランダムとした．全刺激条件は，**24 **条件とした（**3**（目的音）×** 4**（背景音）×** 2**（目的音の有無））．試行回数は各刺激条件で** 10 **回ずつとした．実験参加者は，正常な聴力を有する** 23 **歳から** 26 **歳の大学院生** 6 **名であった．**

3.4　結果と考察

信号の検出されやすさは，判断結果から算出される弁別インデックス d' を利用して得られる [25, 26]．実験参加者の判断は Hit（信号があるときに正しくあると応えた場合），Miss（信号があるにも関わらず無いと応えた場合），Correct Rejection（信号が無いときに正しく無いと応えた場合），False Alarm（信号が無いのにも関わらずあると応えた場合）の 4 つの判断に分けられる．これらの 4 つに分類した判断の出現頻度から，信号の検出されやすさの指標である d' を算出した（信号検出理論 [24, 27]）．

d' の算出法は，次の（3.1）式のようになる．

$$d' = \frac{M_{S+N} - M_N}{\sigma_N} \tag{3.1}$$

M_{S+N} はシグナル (S 分布) の確率分布とノイズ (N 分布) の確率分布の平均値を表し，M_N はノイズの確率分布の平均値，σ_N は、N 分布の標準偏差を表している．

d' が大きいほど目的音が検知されやすいといえる．

目的音の動きが 264 mV/s のときの結果を図 3.3 に，目的音の動きが 374 mV/s のときの結果を図 3.4 に，目的音の動きが 484 mV/s のときの結果を図 3.5 に示す．図の縦軸は目的音の検知されやすさで，横軸は目的音の動きから背景音の動きを引いた値である．

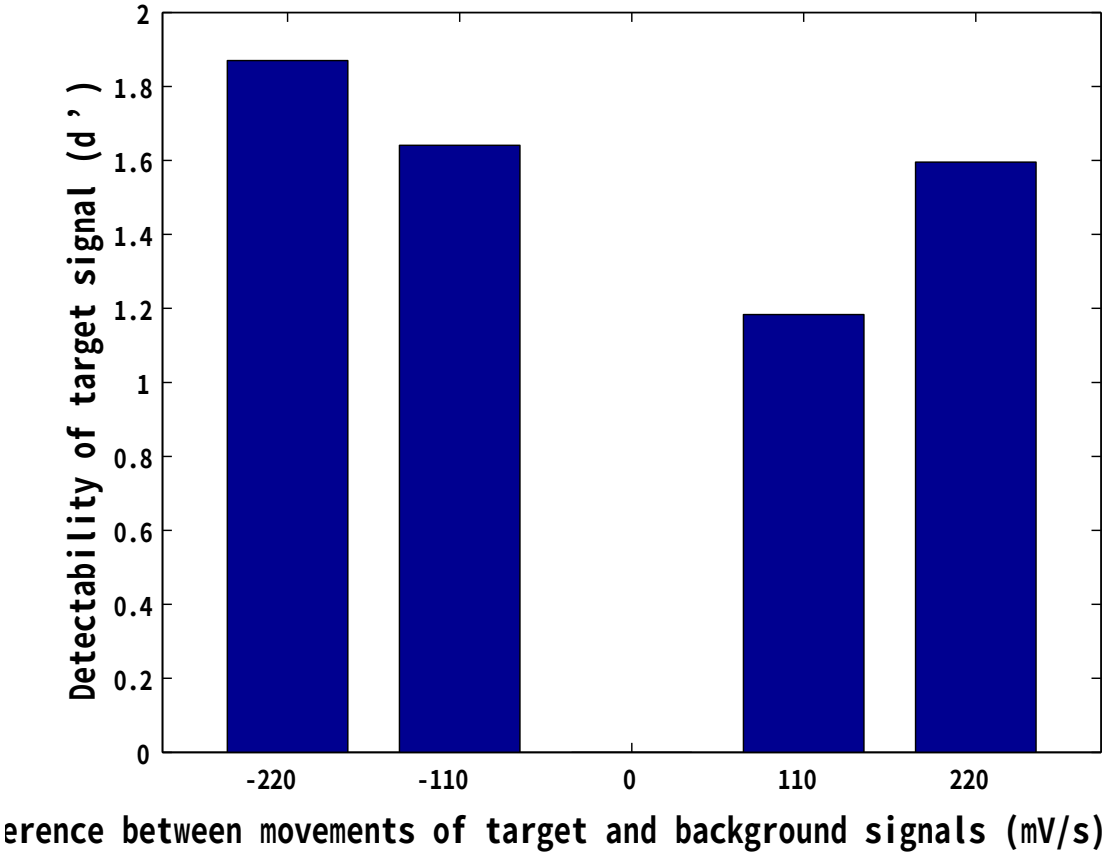

図 3.3: 目的音の動きが 264 mV/s のときの背景音との動きの差に対する目的音の検知されやすさ

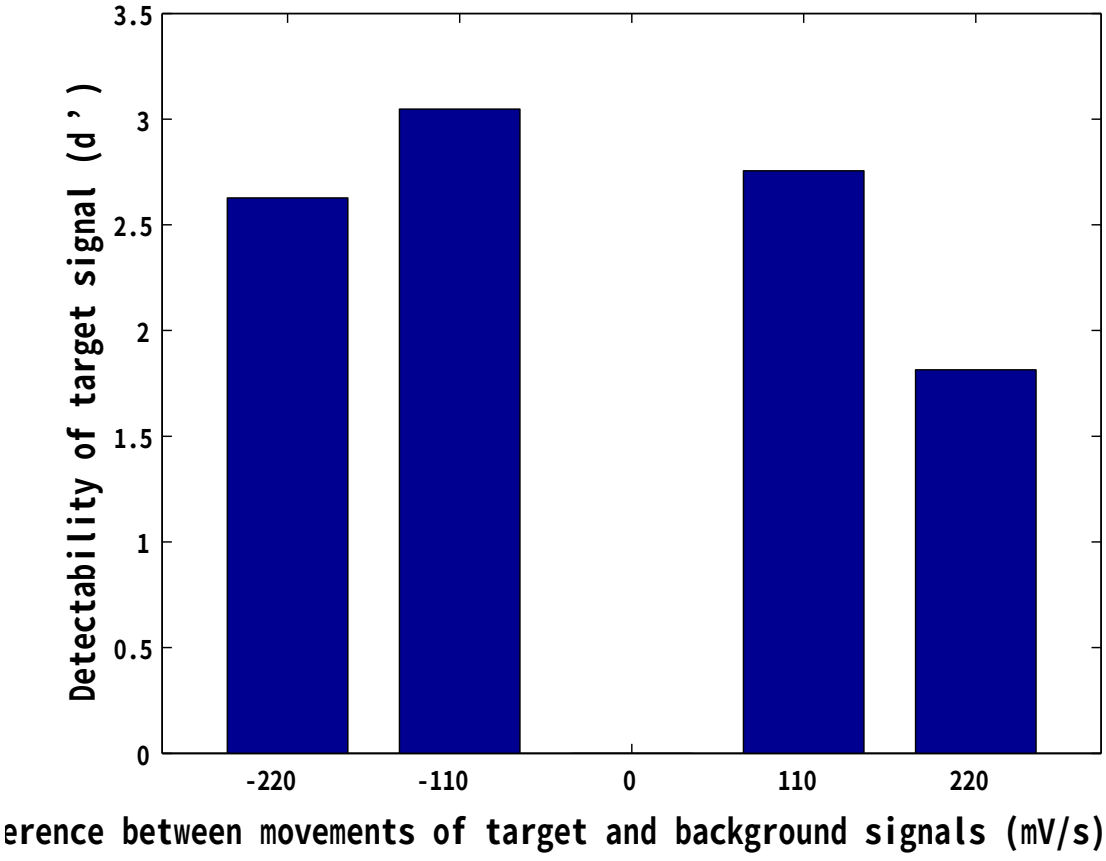

図 3.4: **目的音の動きが** 374 mV/s **のときの背景音との動きの差に対する目的音の検知されやすさ**

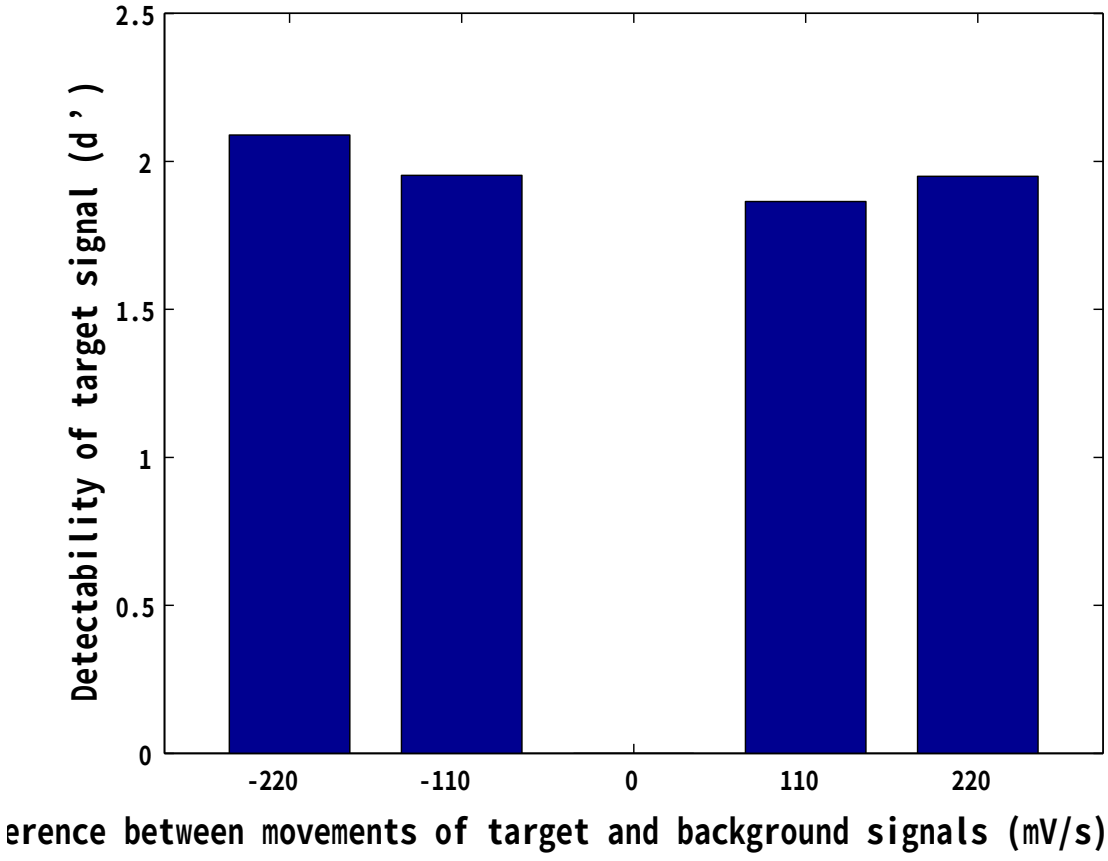

図 3.5: **目的音の動きが** 484 mV/s **のとき背景音との動きの差に対する目的音の検知されやすさ**

結果より，目的音が 3 種類のどの動きにおいても，目的音と背景音の動きに差があると d' が大きくなることがわかる．このことから，目的音と背景音に異なる動きを付与することで，目的音の検出が容易になるといえる．ただし，今回の実験結果においては，動きの差が大きいほど検知されやすくなるという予想と異なり，動きの差が $110\ \mathrm{mV/s}$ のときと $220\ \mathrm{mV/s}$ のときとで，目的音の検知されやすさには，殆ど違いは現れなかった．この原因は，目的音と背景音の動きを $110\ \mathrm{mV/s}$ 離すだけで完全に二つの音を分離できてしまい，それ以上の差を用いても目的音の検知されやすさが変化しないためだと考えられる．このことから，信号の検知されやすさは，動きによって大きく影響を受けることがわかる．この結果を，今回は雑音を用いて確かめたが，実環境音でも同様に検討することで，実環境下においても，背景雑音と異なる動きを報知音に付与することにより，検知されやすい報知音を設計できる可能性を示唆している．

次章では，より実環境に近づけた場合に，動きの違いが目的音検知に与える影響を検討するため，動きのみではなく，搬送波の中心周波数も異なる条件を含めた聴覚探索実験について述べる．

第4章　振幅包絡の動きと中心周波数の違いが目的音検知に与える影響（聴覚探索実験II）

4.1　目的

聴覚探索実験IIでは，動きの違いと，搬送波の中心周波数の違いの，二つの要因がある条件において，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響を検討する．これによって，中心周波数の異なる信号が混在している中での，信号の振幅包絡の動きの違いが目的音検知に与える影響を確認できる．

4.2　予想される結果

これまでの研究の知見から，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさに影響を与えるのであれば，今回の実験条件においても，動きの差が大きいときに目的音検知が容易になると予想される．また，動きだけでなく，目的音と背景音の中心周波数も異なる場合は，動きだけが異なる場合よりも，目的音の検知されやすさはより容易になると予想する．

4.3　手法

4.3.1　実験環境

実験はTDT SystemIIIを利用して行い，実験刺激はヘッドホン（Sennheiser HDA200）を通して実験参加者に呈示した．実験環境は聴覚探索実験Iと同様である．

4.3.2　刺激音

聴覚探索実験IIで用いた振幅包絡の動きは，44 mV/s, 350 mV/s, 656 mV/sの3種類とした．搬送波には狭帯域雑音を用い，その中心周波数を，200 Hz, 525 Hz, 1380 Hz，帯域幅をそれぞれ1/2-oct.とした．よって，刺激音は，これら3種類の動きと，3種類の狭

帯域雑音の中心周波数を組み合わせた合計9種類であった．これらを，それぞれ目的音と背景音として用いた．実験では，これらの目的音と背景音を組み合わせたものを刺激音として呈示した．ただし，全く同じパラメータを持つ目的音と背景音の組み合わせについては除外した．よって，一つの目的音につき8種類の組み合わせがある．また，聴覚探索実験Iと同様に，目的音を呈示する試行と呈示しない試行を設けたため，一つの目的音につき16種類の刺激条件が設定された．

4.3.3 実験方法

実験方法については，聴覚探索実験Iと同様である．

実験では，実験参加者にランダムに刺激を呈示し，目的音の有無を強制判断させた．まず，実験参加者が目的音を覚えるまで，一つの目的音を連続して呈示した．次に，目的音がある場合とない場合の全16個の刺激音をランダムに呈示した．また，刺激音を呈示していくうちに目的音そのものが何であるか忘れられることを防ぐために，各刺激音を呈示する前にも一度だけ目的音を呈示した

実験参加者には，刺激音が呈示されている間に，目的音があるかどうかを判断させ，応答ボックスのY（Yes，目的音有り）とN（No，目的音無し）のどちらかのボタンを押すように教示した．これを一試行とし，9種類の目的音それぞれに対して行った．順序効果を排除するために，試行で用いる目的音の順番はランダムとした．全刺激条件は，144条件であった（9（目的音）× 8（背景音）× 2（目的音の有無））．試行回数は各刺激条件で5回ずつとした．したがって，実験参加者一人につき，720回の刺激の呈示を行った．実験参加者は，正常な聴力を有する23歳から25歳の大学院生6名であった．

4.4 結果と考察

それぞれの実験条件における目的音の検知されやすさの結果を，次からの図に示す．

目的音の動きが44 mV/s，中心周波数が200 Hzのときの結果を図4.1に示す．目的音の動きが44 mV/s，中心周波数が525 Hzのときの結果を図4.2に示す．目的音の動きが44 mV/s，中心周波数が1380 Hzのときの結果を図4.3に示す．

目的音の動きが350 mV/s，中心周波数が200 Hzのときの結果を図4.4に示す．目的音の動きが350 mV/s，中心周波数が525 Hzのときの結果を図4.5に示す．目的音の動きが350 mV/s，中心周波数が1380 Hzのときの結果を図4.6に示す．

目的音の動きが656 mV/s，中心周波数が200 Hzのときの結果を図4.7に示す．目的音の動きが656 mV/s，中心周波数が525 Hzのときの結果を図4.8に示す．目的音の動きが656 mV/s，中心周波数が1380 Hzのときの結果を図4.9に示す．

図の横軸は，その目的音に対する背景音の動きで，縦軸はそれらを組合わせた時の目的音の検出されやすさを示す．青，赤，緑で示したグラフは，背景音の中心周波数で，それぞれ200 Hz，525 Hz，1380 Hzに対応している．

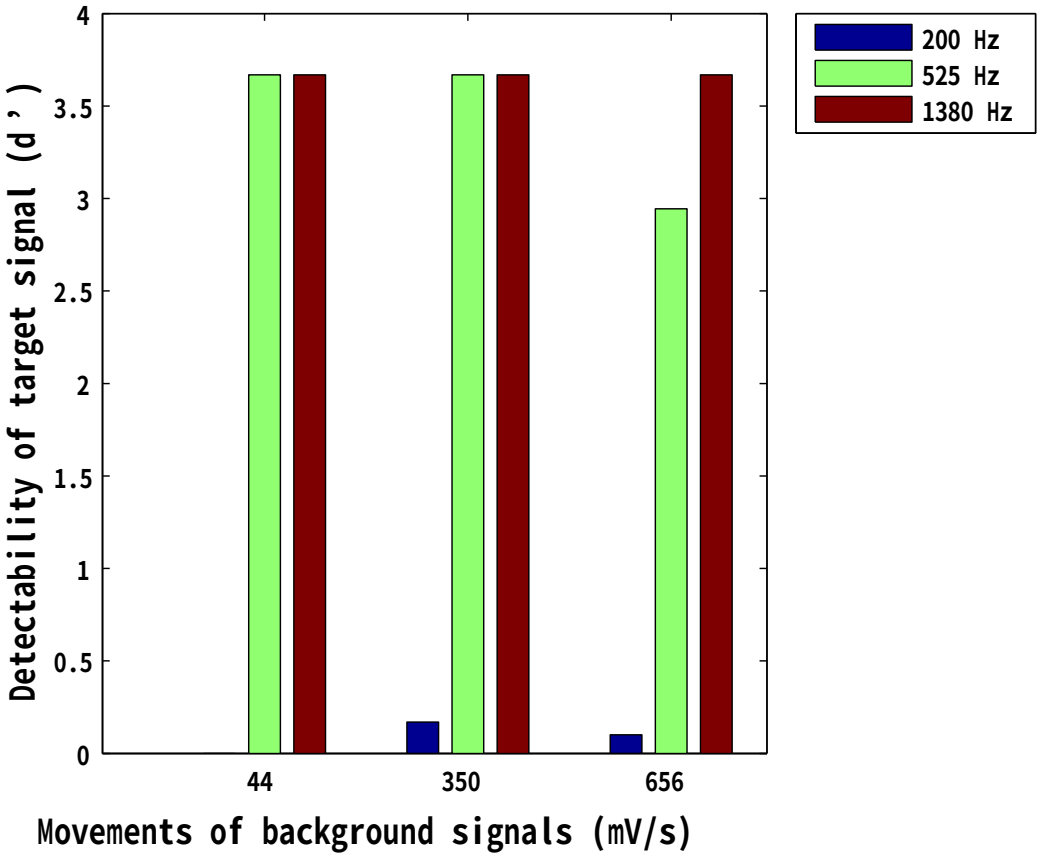

図 4.1: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**44 mV/s **，目的音の中心周波数：**200 Hz**）**

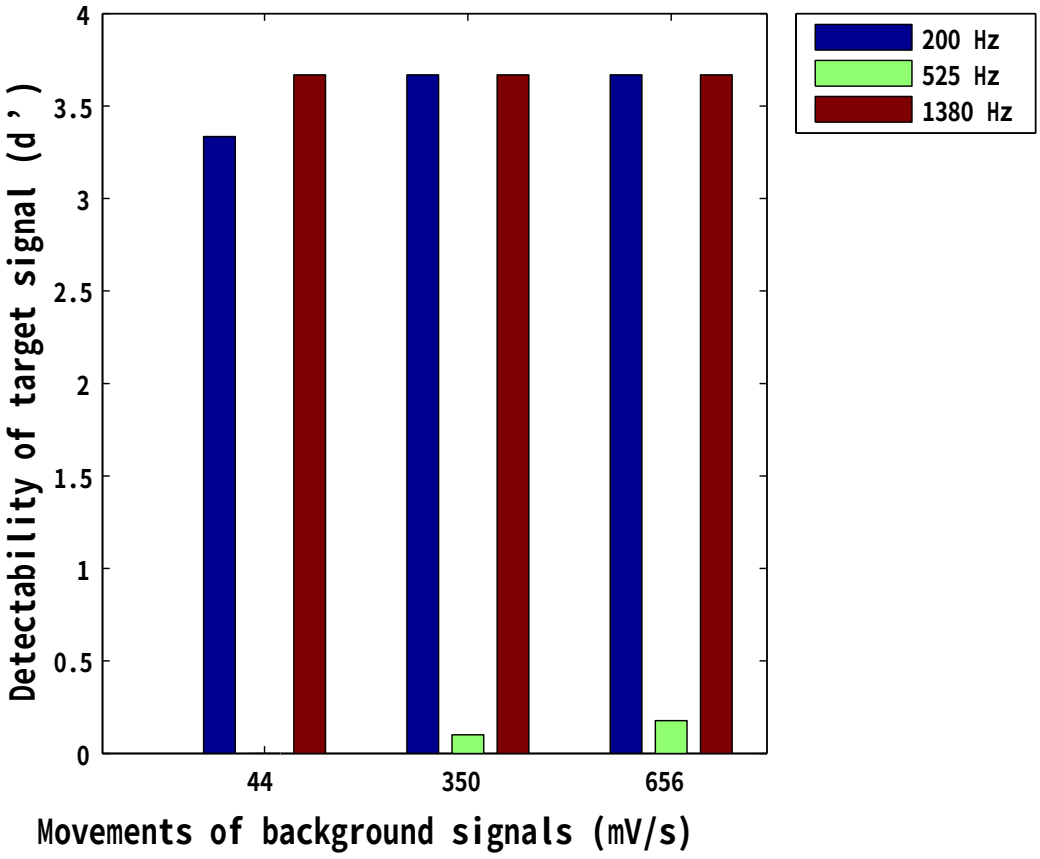

図 4.2: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**44 mV/s **，目的音の中心周波数：**525 Hz**）**

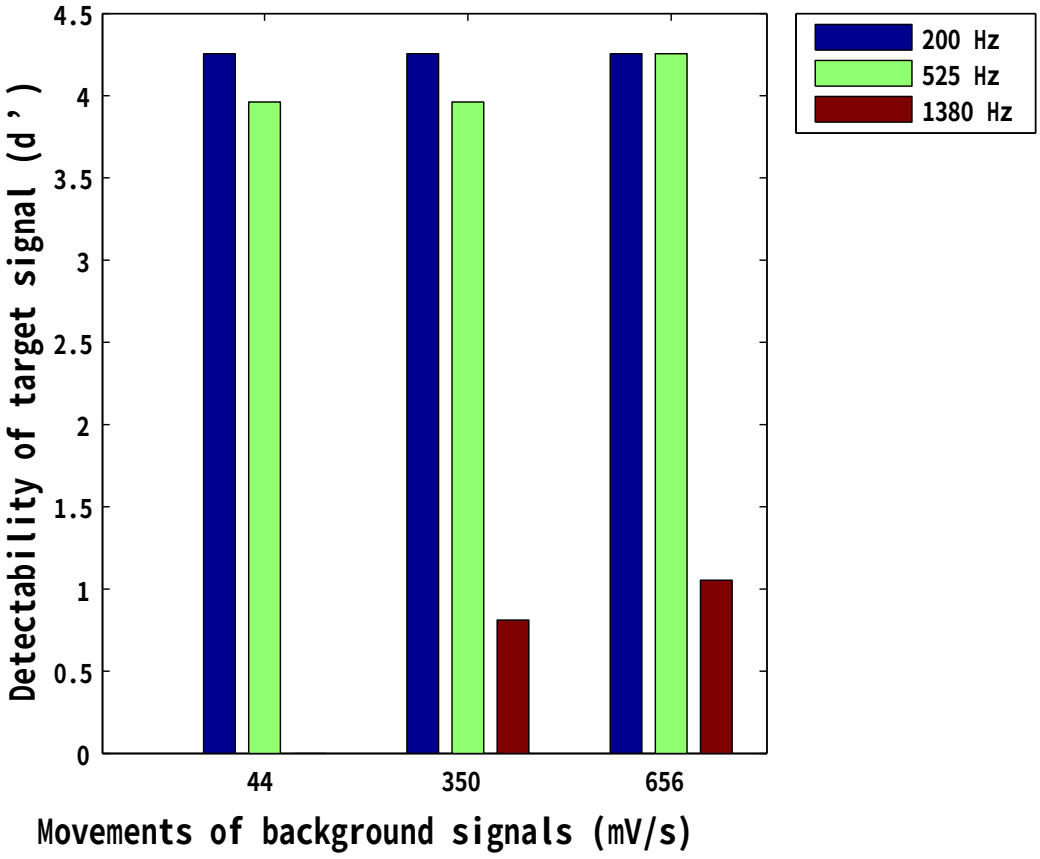

図 4.3: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**44 mV/s **，目的音の中心周波数：**1380 Hz**）**

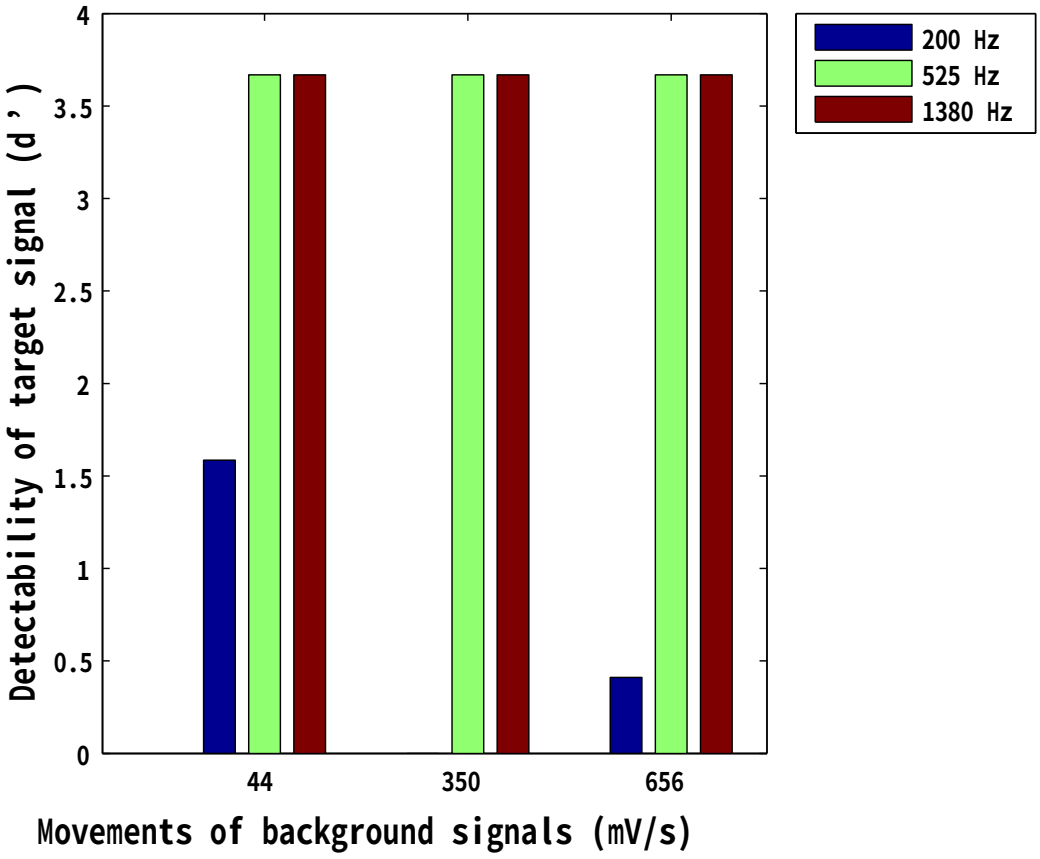

図 4.4: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**350 mV/s **，目的音の中心周波数：**200 Hz**）**

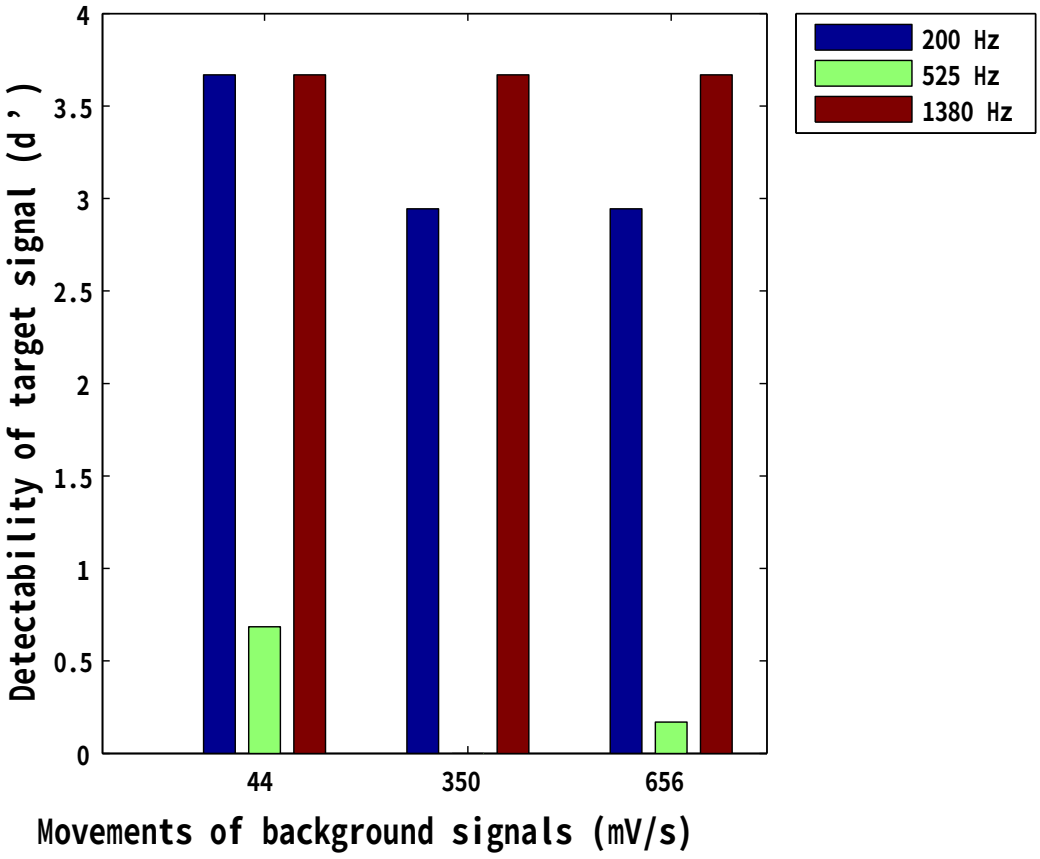

図 4.5: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**350 mV/s **，目的音の中心周波数：**525 Hz**）**

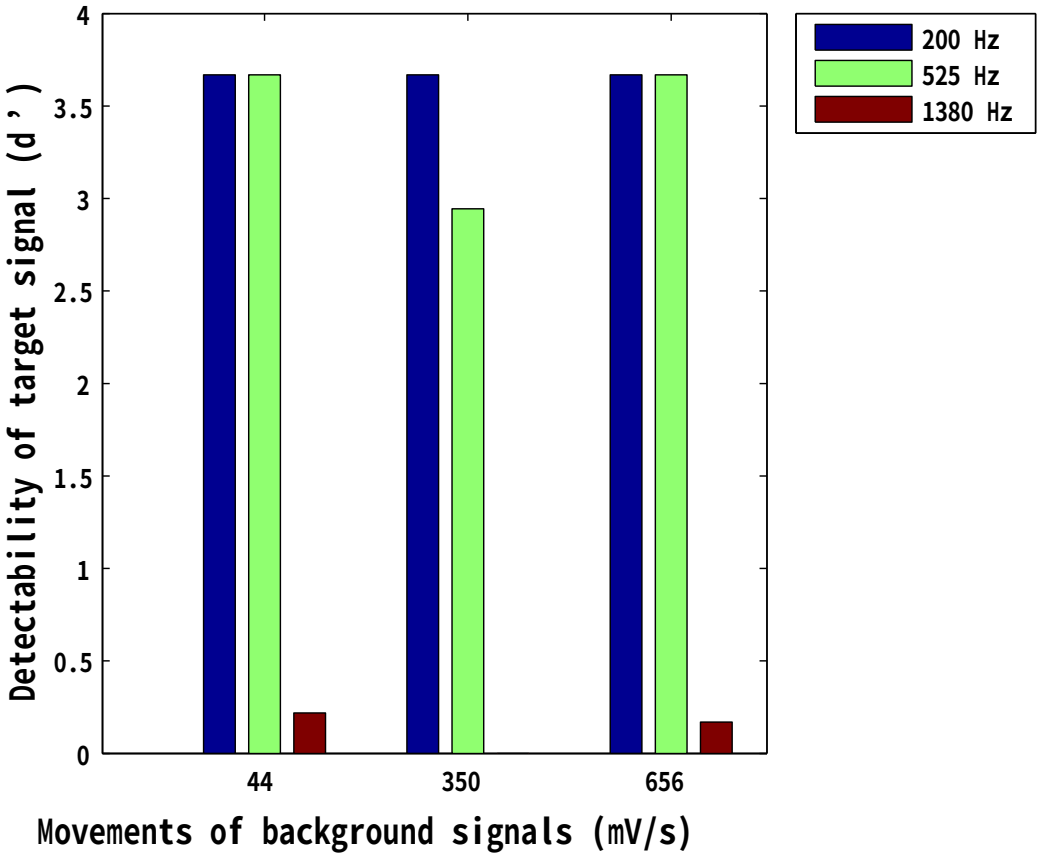

図 4.6: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**350 mV/s **，目的音の中心周波数：**1380 Hz**）**

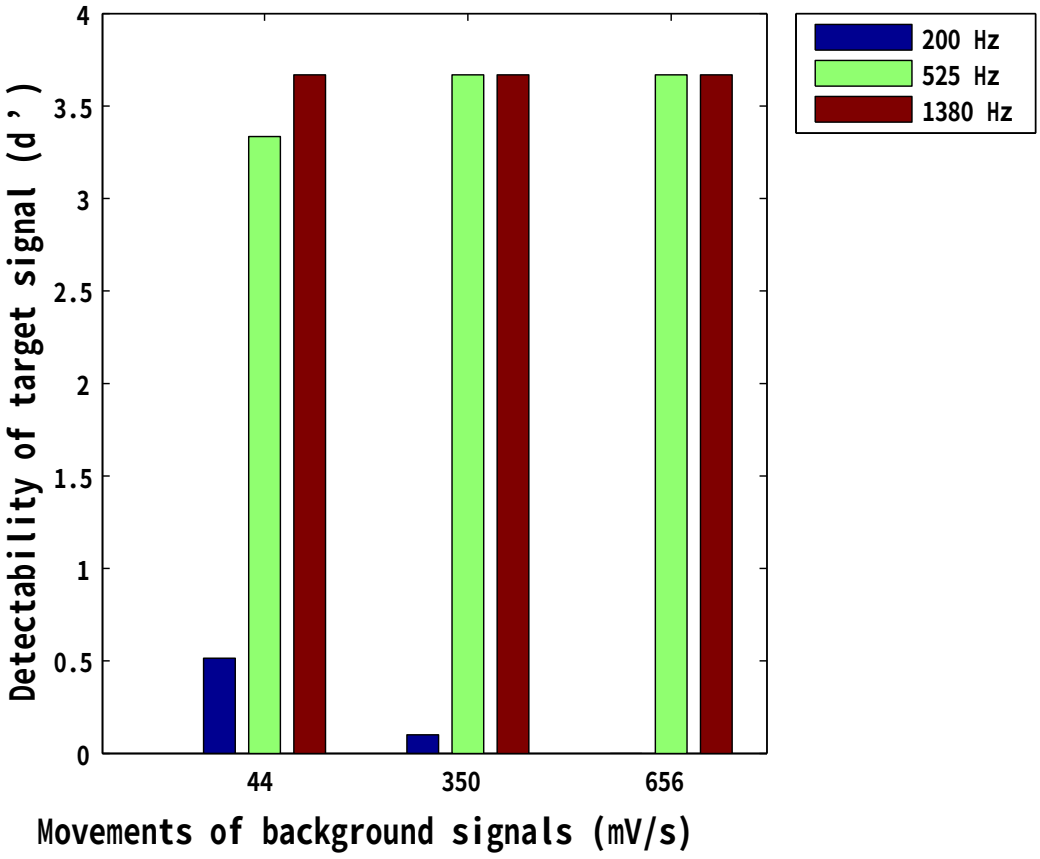

図 4.7: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**656 mV/s **，目的音の中心周波数：**200 Hz**）**

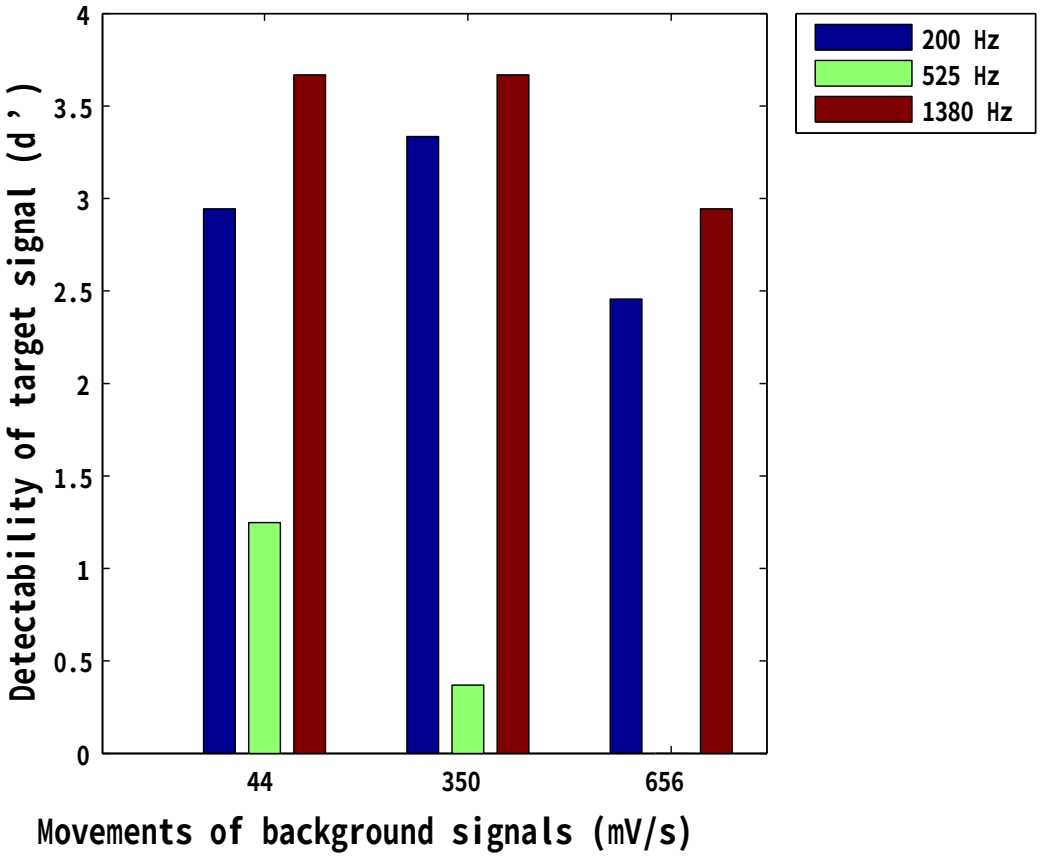

図 4.8: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**656 mV/s **，目的音の中心周波数：**525 Hz**）**

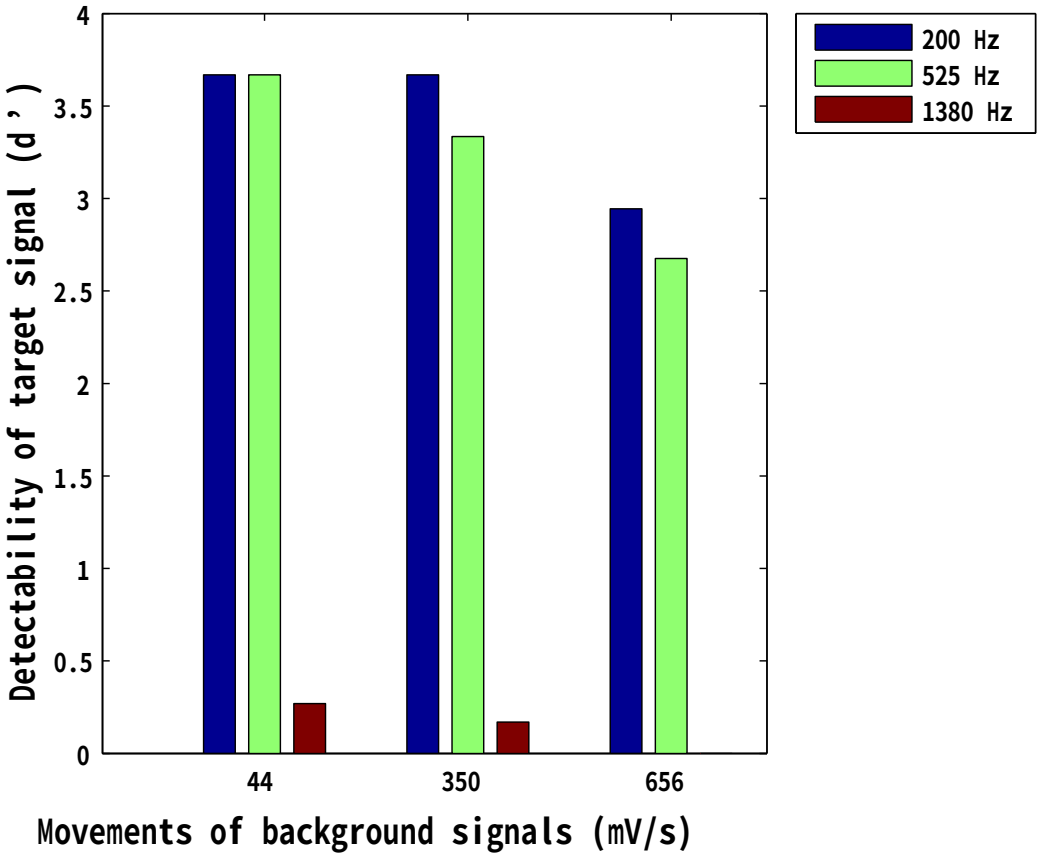

図 4.9: **目的音と背景音の動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**656 mV/s **，目的音の中心周波数：**1380 Hz**）**

これらの結果のうち，目的音の中心周波数は 1380 Hz で，動きは 44 mV/s であるときの実験結果図 4.3 について説明する．図 4.3 の青と赤で示されたグラフより，目的音と背景音の中心周波数が異なる場合は，中心周波数が近い場合に若干 d' の低下が見られるものの，高い値でほぼ一定であり，目的音が非常に検知されやすいことがわかる．今回の実験では，狭帯域雑音の中心周波数として，200, 525, 1380 Hz の 3 種類を設定した．中心周波数 200 Hz のときの ERB_N[28, 29] は 46，525 Hz のときの ERB_N は 81 と，十分な間隔をおいて設定しており，異なる中心周波数の音は，異なる聴覚フィルタ [24, 30] を通過している．このような条件下では，目的音と背景音との弁別が非常に容易である．この中心周波数の影響が強く出たことによって，動きによる目的音の検知されやすさの影響は小さくなったといえる．

一方，図 4.3 の緑で示されたグラフより，目的音と背景音の中心周波数が同じ条件では，d' の値が非常に小さな値となっており，目的音の検出がされにくくなっていることがわかる．基本的に，同じ聴覚フィルタを通過する音は一つの音として知覚されるため，このように中心周波数が同じ音を同時に呈示した場合に二つの音を分離することは困難である．しかし，このように困難な状況下においても，二つの音の振幅包絡の動きを制御することで二つの音の分離を可能とし，目的音を検出できるかが本研究の目的である．また，動きのみを要因とした聴覚探索実験 I の結果より，動きの違いが目的音の検知されやすさに影響を与えている事実もある．ここで，緑で示されたグラフをみると，小さい値ながらも動きの違いによって d' が変化しており，目的音の検知されやすさに差が生じていることがわかる．そこで，今回の聴覚探索実験 II において，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさにどのように影響しているのかを，目的音と背景音の中心周波数が同じ条件における結果を詳細に分析することで示す．

図 4.10 に，目的音の動きの速さを 44 mV/s としたとき，図 4.11 に，目的音の動きの速さを 656 mV/s としたときの，背景音との動きの差による目的音の検知されやすさを示す．横軸は，背景音の動きを表している．

これらの結果，目的音の中心周波数が 3 種類のいずれの場合においても，目的音の動きが背景音の動きと離れているほど，d' は高い値を示した．したがって，目的音と背景音の中心周波数が同じ場合，目的音と背景音との動きの違いが大きいほど目的音が検知されやすいということを示唆できた．

さらに，この傾向は，目的音の動き自体が背景音の動き自体よりも大きいほど顕著に現れた（図 4.12）．

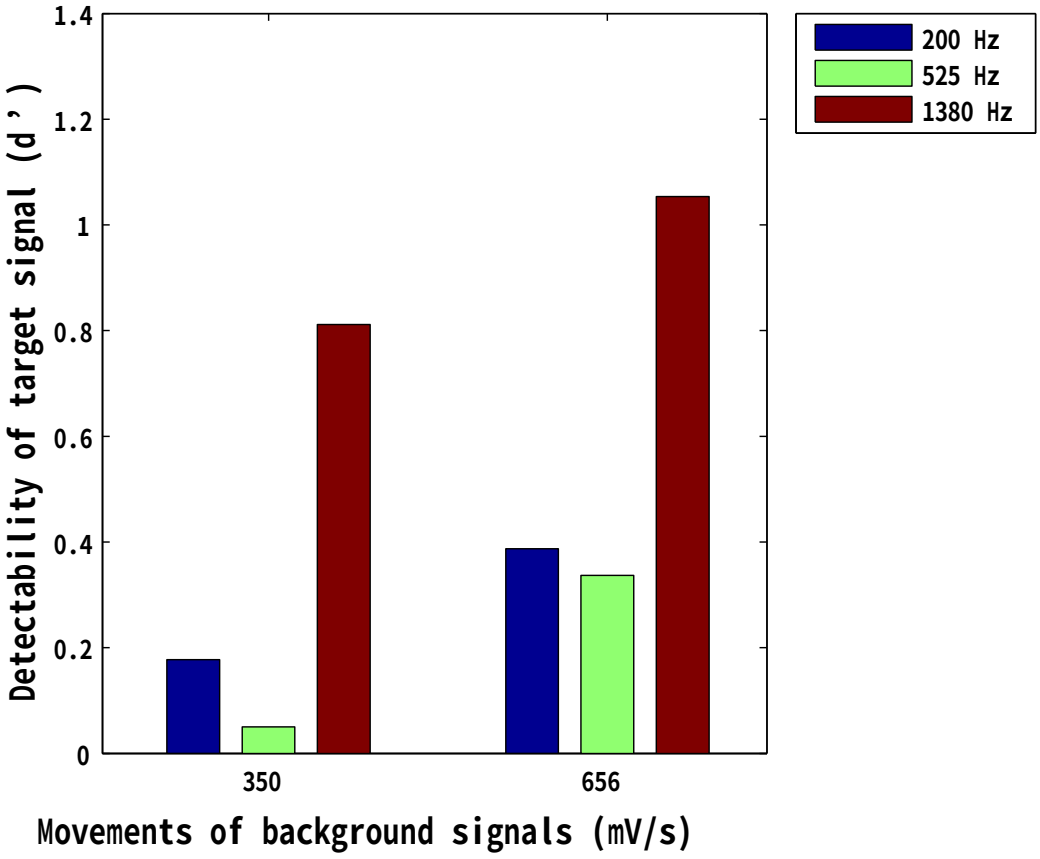

図 4.10: **目的音と背景音の中心周波数が同じ場合における動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：**44 mV/s **）**

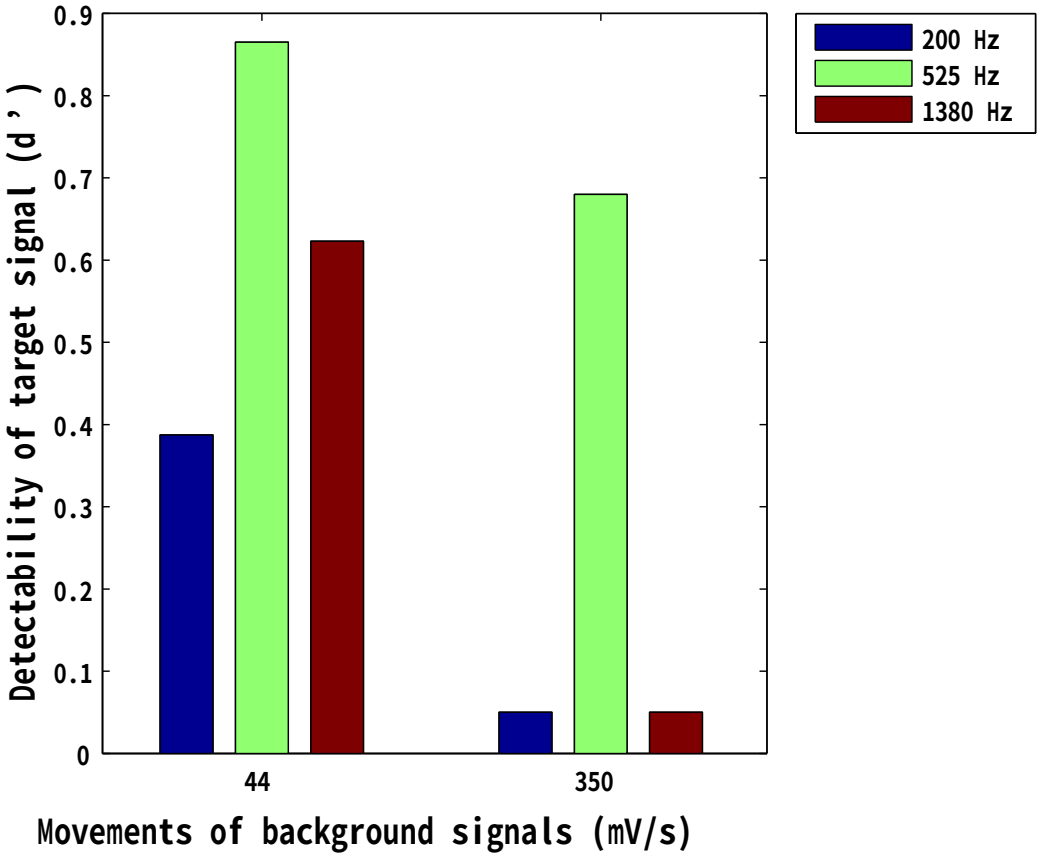

図 4.11: 目的音と背景音の中心周波数が同じ場合における動きの違いによる目的音の検知されやすさの影響（目的音の動き：656 mV/s ）

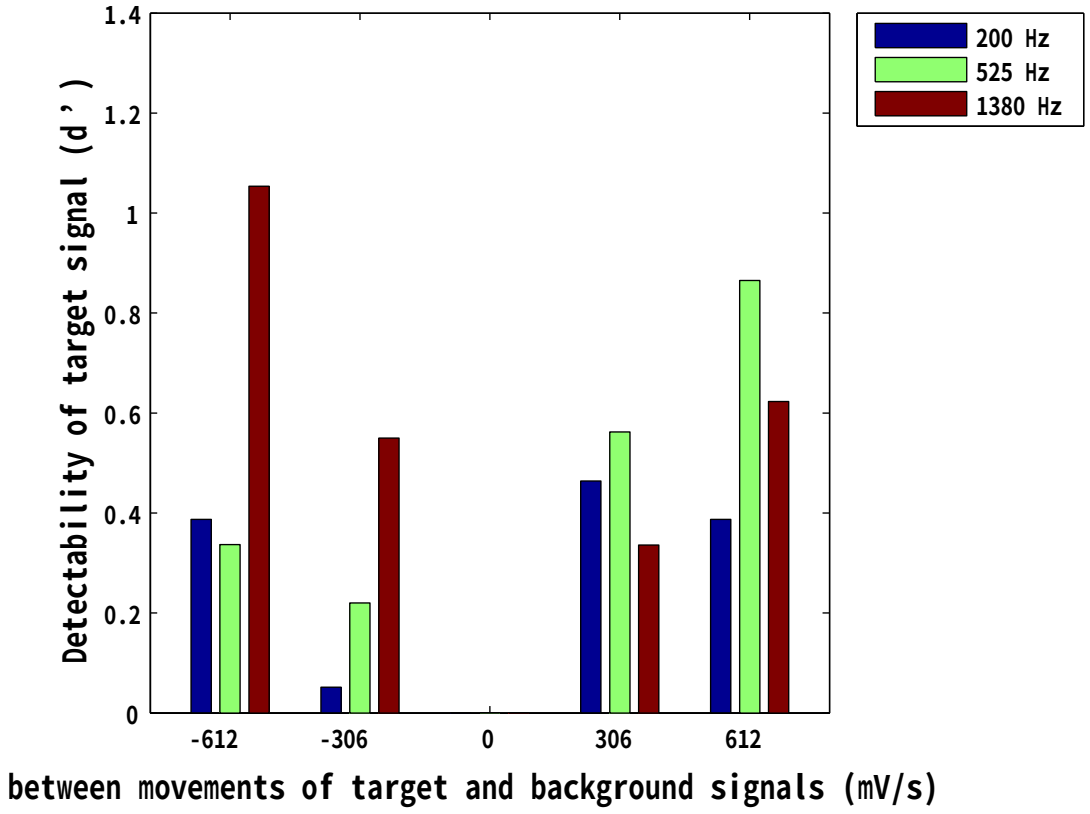

図 4.12: 目的音と背景音の動きの差による目的音の検知されやすさの影響

第5章　全体考察

聴覚探索実験Iにおいて，目的音と背景音には，同じ中心周波数と帯域幅を持つ狭帯域雑音を用いており，これらが同時に呈示されたとき，音に含まれる周波数成分を手掛かりにその二つの音を知覚的に分離することは基本的に困難である．しかし，個々の音に含まれる周波数成分の振幅を同じように変調することで，Bregmanが聴覚情景分析[31]で示している共通運命の原理が働き，それらの周波数成分は，一つの音源からの音として知覚的に体制化されると考えられる．これまでは，周波数が十分に離れた，つまり，異なる聴覚フィルタを通過した音の振幅変調を操作して共通運命の原理が働く条件について検討した研究はいくつか見られるが，今回のように，同じ聴覚フィルタを通過したと思われる周波数成分を，振幅包絡の動きの共通性によって二つに分離できるという知見は得られていない．この結果は，同じ聴覚フィルタを通過する音であっても，ヒトはその合成された音の振幅変調を知覚して，その振幅変調成分の中に，目的とする音の動きがあるかどうかを検知できるような機構が存在することを示唆している．さらに，聴覚探索実験IIより，目的音の中心周波数によって，動きの変化による目的音の検知されやすさの影響が異なる可能性がある．目的音と背景音の動きの差が大きいほど目的音が検知されやすくなるという傾向は変わらないが，目的音の中心周波数によって，その絶対量が変化する傾向が見てとれる．この傾向を詳細に検討することで，動きと中心周波数との相乗効果についても期待できると考える．

本研究で行われた聴覚探索実験全体を通して，信号の振幅包絡の動きが，目的音の検知されやすさに影響を与えていることが確認された．目的音と背景音との動きの違いが大きいほど目的音は検知されやすくなる傾向にあり，さらに，目的音の動き自体が背景音の動き自体よりも大きいほどこの傾向は顕著であった．また，目的音と背景音の中心周波数が同じ場合には，異なる場合よりも，より顕著に動きの違いが知覚的に有意に働き，目的音の検知能力が向上していた．これらの結果は，雑音環境下においても，背景雑音に対して報知音の振幅包絡の動きを制御することで，報知音を検知されやすくすることができる可能性を示唆している．このことから，検知されやすい報知音を設計する上での指針の一つとして，信号の振幅包絡の動きを挙げることができる．

第6章　結論

6.1　本研究のまとめ

本研究では，雑音環境下で報知音を知覚することを，複数の背景音の中から目的音を探索する聴覚探索問題と捉え直し，目的音と背景音の振幅包絡の動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響を検討した．まず，振幅包絡の動きを，振幅包絡を一次近似した傾きの平均値と定義し，変調フィルタ処理を利用して，その動きを系統的に制御する手法を提案した．ここでは，白色雑音の振幅包絡成分を帯域通過フィルタに通すことで，ある特定の周波数成分を含む振幅包絡を作成した．この帯域通過フィルタの中心周波数と帯域幅をパラメータとして，動きを系統的に制御した．フィルタの中心周波数が高くなるほど，それに比例して動きも大きくなった．次に，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響を検討するために，動きの異なる目的音と背景音を用いて聴覚探索実験を行った．その結果，目的音と背景音の動きの差が大きいほど目的音が検知されやすいということが示唆された．また，目的音の動き自体が背景音の動き自体よりも大きいほど，その傾向がより強く現れた．さらに，目的音と背景音の中心周波数が同じ場合，異なる場合よりもより顕著に動きの違いが探索しやすさに影響を与えるということがわかった．このことから，雑音環境下においても，背景雑音に対し報知音の振幅包絡の動きを制御することで，報知音が検知されやすくなることを明らかにし，報知音の設計指針の一つとして示すことができた．

6.2　明らかにしたこと

本研究では，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさに影響を与えていることを明らかにした．本研究の結果は，雑音環境下においても，背景雑音に対して報知音の振幅包絡の動きを制御することで，報知音を検知されやすくすることができる可能性を示唆している．このことから，信号の振幅包絡の動きを利用することで，報知音の設計指針を決めることができる．

6.3　今後の展望

本研究では，目的音と背景音の動きの違いが目的音の検知されやすさに影響を与えていることを示すことができた．しかしながら，雑音環境下における報知音の検知されやすさをより容易にするために，さらなる検討が必要である．報知音検知について残された課題として，以下のような課題が挙げられる．

一つは，聴覚探索実験について検討すべき課題である．本研究で行った聴覚探索実験Iの結果で示された，動きの差についての再検討が挙げられる．今回，目的音と背景音の動きを 110 mV/s 離すだけで完全に二つの音が分離されてしまい，それ以上の差を用いても目的音の検知されやすさが変化しなかった．そのため，目的音の検知されやすさの傾向が現れるように，より小さく動きの差を再度設定し，聴覚探索実験において検討しなければならない．また，動きの値の差を均等にとった刺激音で確認したが，知覚的距離を均等にとった刺激でも確認することで，動きを要因とした目的音の検知されやすさがより明らかになる．さらに，聴覚探索実験IIの結果で示されたように，中心周波数の違いによって，動きが目的音検知に与える影響も異なってくる可能性がある．今回は動きのみによる要因でもって目的音の検知されやすさを検討したので，中心周波数による影響は議論できないが，今後検討を重ねることで，ある特定の周波数に，より効果的に作用する動きというものも明らかにできる可能性もある．これによって，動きと中心周波数が目的音検知に及ぼすであろう相乗効果が期待できる．

本研究と先行研究との比較を行う，つまり類似性と動きとの関係を検討することも，残された課題として挙げられる．今回の実験で用いた目的音と背景音の振幅包絡の相関を計算し，先行研究の類似性と本研究の動きとの関係を調査する．相関が高くても動きが違う条件や，その逆といった条件について検討し，目的音の検知されやすさに重要な要因を考察する．また，検知されやすさだけではなく，反応速度も重要である．特に危険を回避するための警告音として用いる場合，どんなに検知されやすい音であっても，事故が起きた後に検知されるようなものでは意味がない．したがって，目的音を検知したときの反応時間も測定し確認することは重要な課題である．

もう一つ，実際に報知音設計を考えるにあたって検討すべき課題がある．実環境下では，背景雑音は複数の妨害音で構成されていることが多々ある．今回の実験では，背景雑音を，一つの大きな背景音として狭帯域雑音を用い，目的音の検知されやすさを検討した．つまり，目的音と背景音の刺激音数は一対一の関係であった．ここで，背景音の構成音数を増やし，動きが目的音検知に影響を与えていることを確認することは，実環境を想定した検知されやすい報知音を設計する上で重要な課題である．また，今回実験に用いた信号は狭帯域雑音であったが，実環境音にも同様の処理を施し，傾向がみられるか検討する．

これらの検討を行うことで，より実環境に適した報知音の設計が可能となるのではないかと考える．

謝辞

本研究を行うにあたり，北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 鵜木祐史 准教授には，指導教員として本研究を行う機会を賜り，終始ご指導いただいた．研究に限らず多くの激励のお言葉をいただき，多岐に渡って，様々なことを学ばせていただいた．鵜木准教授の辛抱強く熱心なご指導があってこそ，この研究を遂行することができた．また，研究成果を発表する機会も数多く賜り，非常に貴重な経験を積むことができた．ここに深く感謝申し上げると共に厚くお礼申し上げる．北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 赤木正人 教授，宮内良太 助教には，日頃から熱心な議論と，数多くの有益かつ適切なご助言をいただき，多くの時間を割いてご協力いただいた．ここに深く感謝申し上げる．北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 党建武 教授，末光厚夫 助教，川本真一 助教には，研究に関する数多くの有益なご助言をいただいた．ここに深く感謝申し上げる．

研究を遂行するにあたり，実験参加者として，多忙な中，快くご協力いただいた鵜木研究室ならびに赤木研究室の皆様に深く感謝申し上げる．

その他，日頃の研究生活において，貴重なご助言をいただいた北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 音情報処理分野の皆様，および諸先輩方に厚くお礼申し上げる．皆様と交わした議論や他愛ない話が心の支えとなり，本研究を遂行することができた．

そして，大学院内外に関わらずここ石川で出会った友人たち，また，遠く離れた地から何度も遊びに来てくれた多くの友人たちにも，心から感謝する．研究やその他多くの相談に乗ってくれ，様々な話題について語り合えたことは，大学院生活を非常に有意義なものにしてくれた．

最後に，本研究を行う機会を与えてくれ，研究生活を暖かく見守り，応援し続けてくれた家族皆に，心から感謝する．

この研究生活に関わってくださった全ての皆様方．ここに心から感謝の意を表する．

ありがとう．

参考文献

[1] JIS S 0013, **Guidelines for the elderly and people with disabilities - Auditory signals on consumer products**, 2002.

[2] **倉片 憲治**, “**音のユニバーサルデザイン**,” **日本音響学会誌**, **58**, 6, 360–365, 2002.

[3] T. Mizunami, K. Kurakata, H. Shimosako, and K. Matsushita, “Further examination of ON/OFF temporal patterns of auditory signals (completion signals and attention signal) recommended in JIS S 0013,” Japanese *Journal of Ergonomics*, **40** (5), 264–271, 2005.

[4] **山内 勝也**, **高田 正幸**, **岩宮 眞一郎**, “**サイン音の機能イメージと擬音語表現**,” **日本音響学会誌**, **59** (4), 192–202, 2003.

[5] **倉片 憲治**, **久場 康良**, **口ノ町 康夫**, “**高齢社会における家電製品の報知音-高齢者にも聞き取りやすい音とは？-**,” **人間工学関連技術シンポジウム資料集**, **11** (3), 1996.

[6] **土田 義郎**, **松岡 政治**, **小村 二郎**, **大成 直子**, “**家庭内背景音下での報知音の聴取閾値**,” **日本音響学会講演論文集**, 377–378, Sep–Oct, 1999.

[7] **倉片 憲治**, **水浪 田鶴**, **松下 一馬**, “**生活環境音中に呈示された純音信号の聞き取りやすさ評価**,” **日本音響学会講演論文集**, 459–460, Sep, 2002.

[8] “ **馬場 紘彦**, **江端 正直**, “**救急車の警告音の検知に関する研究**,” **日本音響学会誌**, **52** (4), 244–252, 1996.

[9] M. Ebata, T. Sone, and T. Nimura, “Improvement of hearing ability by directional information,” *J. Acoust. Soc. Am.*, **43**, 289–297, 1968.

[10] K. Saberi, L. Dostal, T. Sadralodabei, V. Bull, and D. R. Perrot, “Free field release from masking,” *J. Acoust. Soc. Am.*, **90** (3), 1355–1370, 1991.

[11] J. Nakanishi, M. Unoki, and M. Akagi, “Effect of ITD and Component Frequencies on Perception of Alarm Signals in Noisy Environments,” *J. Signal Processing*, **10** (4), 231–234, 2006.

[12] H. Uchiyama, M. Unoki, and M. Akagi, “Improvement in detectability of alarm signal in noisy environments by utilizing spatial cues,” *Proc. WASPAA2007*, New Paltz, NY, 74–77, Oct. 2007.

[13] N. Kuroda, L. Junfeng, Y. Iwaya, M. Unoki, and M. Akagi, “Effects from spatial cues on detectability of alarm signals in noisy environments,” *Proc. IWPASH*, Nov.11-13, 2009, ZAO, MIYAGI, JAPAN.

[14] S. Mizukawa and M. Akagi, “A binaural model accounting for spatial masking release,” *Proc. NCSP11*, Tianjin, China, Mar. 2011.

[15] E. G. Cherry, “Some experiments on the recognition of speech with one and with two ears,” *J. Acoust. Soc. Am.*, **25**(5), 975–979, 1953.

[16] **赤木 正人**, “**カクテルパーティ効果とそのモデル化**,” **電子情報通信学会誌**, **78**, 5, 450–453, 13, 1994.

[17] Yoichi Sugita, Yoiti Suzuki, and Toshio Sone. “Auditory search asymmetry. Proceedings of 20th Annual International Conference,” IEEE/EMBS, 3126–3128, 1998.

[18] N. Asemi, Y. Sugita, and Y. Suzuki, “Auditory search asymmetry between normal Japanese speech sounds and time-reversed speech sounds distributed on the frontal-horizontal plane,” *Acoust. Sci. &Tech.* **24** , 145–147, 3 (2003).

[19] **阿瀬見 典昭**, **杉田 陽一**, **鈴木 陽一**, **曽根 敏夫**, **中村 慶久**, “**純音と狭帯域雑音による聴覚の探索非対称性について**,” **日本音響学会聴覚研究会資料**, H–99–2.

[20] M. Kusaba, M. Unoki, and M. Akagi, “A study on detectability of target signal in background noise by utilizing similarity of temporal envelopes in auditory search,” *Proc. NCSP08*, pp.13–16, Gold Coast, Australia, Mar.2008.

[21] H. Fastl and E. Zwicker, “Psychoacoustics Facts and Models,” , 247–256, Springer-Verlag, Berlin, 1990.

[22] H. Fastl, “Fluctuation Strength and temporal masking patterns of amplitude-modulated broadband noise,” *Hearing Research*, **8**, 56–69, 1982.

[23] **二村 良彦**, **プログラム技法** –PAD **による構造化プログラミング**, **オーム社**, 1984.

[24] B. C. J. Moore, **（大串健吾監訳）**, “**聴覚心理学概論**,” **誠信書房**, 1994.

[25] **佐藤 信**, “**統計的官能検査法**,” **日科技連**, 1985.

[26] **永田 靖**, **吉田 道弘**, “**統計的多重比較法の基礎**,” **サイエンティスト社**, 1997.

[27] N. A. Macmillan, and C. D. Creelman, Detection Theory: A User's Guide, Cambridge University Press, 1991.

[28] B. C. J. Moore, and B. R. Glasberg, "Suggested formulae for calculating auditory-filter band-widths and excitation patterns," *J. Acoust. Soc. Am.*, **74**(3), 750–753, 1983.

[29] B. R. Glasberg, and B. C. J. Moore, "Derivation of auditory filter shapes from notched-noise data," *Hearing Research*, **47**, 103–138, 1990.

[30] J. O. Pickles, **（谷口郁雄監訳）**,"**聴覚生理学**: An introduction to the Physiology of Hearing," **二瓶社**, 1995.

[31] A. S. Bregman, "Auditory Scene Analysis: The perceptual Organization of sound," MIT Press, Cambridge, Mass, 1990.

発表リスト

業績

- Yuta Yano, Ryota Miyauchi, Masashi Unoki, and Masato Akagi, "Study on detectability of target signal by utilizing differences between movements in temporal envelopes of target and background signals," *Proc. 2011 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing*, Tianjin, China, pp.231–234, Mar. 2011.

- **矢野 雄大**, **宮内 良太**, **鵜木 祐史**, **赤木 正人**, "**背景音に対する目的音の振幅包絡の動きの違いが目的音検知に与える影響**," **日本音響学会** 2011 **年春期研究発表会講演論文集**, pp.561–564, **東京**, Mar. 2011.

- **矢野 雄大**, **宮内 良太**, **鵜木 祐史**, **赤木 正人**, "**目的音と背景音の振幅包絡の動きの違いが目的音の検知されやすさに与える影響**," **平成** 23 **年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集**, G-5, **福井**, Sep. 2011.

- **矢野 雄大**, **宮内 良太**, **鵜木 祐史**, **赤木 正人**, "**振幅変調成分の動きの知覚と検出に関する研究**," **日本音響学会聴覚研究会資料**, **沖縄**, Feb. 2012. (to be appear)

- Yuta Yano, Ryota Miyauchi, Masashi Unoki, and Masato Akagi, "Study on detectability of signals by utilizing differences in their amplitude modulation," *Proc. 2012 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing*, Hawaii, Mar. 2012. (to be appear)

- **矢野 雄大**, **宮内 良太**, **鵜木 祐史**, **赤木 正人**, "**音信号の振幅変調成分の違いが音の聴き取りやすさに与える影響**," **日本音響学会** 2012 **年春期研究発表会講演論文集**, **神奈川**, Mar. 2012. (to be appear)

受賞

- **平成** 23 **年度電気関係学会北陸支部連合大会学生優秀論文発表賞**, **福井**, Dec. 2011.