

自動車内の各種サイン音にとって望ましい音響特性

崔, 鍾大

<https://doi.org/10.15017/458889>

出版情報 : Kyushu University, 2004, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第4章 ウィンカー報知音にとって望ましい 音響特性

4.1 はじめに

ウインカー報知音は、自動車に必ずなくてはいけない機能の一つであり、最も頻繁に使われているサイン音である。

本章では、実際の自動車にはすべて搭載されている「ウインカー報知音」を対象とし、その機能イメージに相応しい音であるかどうかなどを検討するために、印象評定実験を行っている。第2章では、実際の自動車で使われている音を収録し、それらの音の物理的特徴を分析し、主観量との対応関係を調べた。その結果、ウインカー報知音には、パルス状の「カチカチ」といった感じの2音が繰り返されるパターンが一般的であり、ウインカー報知音の相応しさに影響を及ぼしている要因として、リバース報知音の実験結果と同様、「スペクトルの影響」と「断続パターンの影響」の二つの要因があげられた。

まず、周波数スペクトルで相応しいと判断されている音は、350Hz～8.4kHzの間にエネルギーが分布していることである。逆に相応しくないと判断されている音では、高周波数成分まで音が分布していることが分かった。

また、もう一つの要因として、断続時間の場合、相応しいと判断されている音では、第1音と第2音の間隔が360ms～400msで、第2音と第1音の間隔は330ms～400msであった。また、相応しくないと判断されている音では、第1音と第2音の間隔が310ms～340msで、第2音と第1音の間隔は310ms～380msであった。しかし、第2章の実験では、市販車で実際に使用されているサイン音を録音し、実験刺激としたため、様々な物理量の影響が交錯しており、各物理量と機能イメージの印象との対応が系統的でなおかつ明確なものではなかった。

本章では、第2章の実験結果に基づき、各物理量の影響を独立に検討できるように刺激音を合成し、それらによる影響を検討する。

まず、4.2 断続パターンの影響の実験では、スペクトルの条件を統一した状況下で、断続パターンの吹鳴時間（音が鳴っている時間）、休止時間（音が鳴っていない時間）による影響を調べる。

4.3 スペクトルの影響の実験では、断続パターンの影響の実験結果から最も相応しいと判断された音を設定し、断続パターンの条件を統一した状況下で、周波数スペクトルの影響を検討する。

4.2 断続パターンの影響

ウインカー報知音は、通常、パルス状の「カチカチ」といった感じの2音が繰り返される周期的な断続音である。

本実験では、断続パターンの吹鳴（音が鳴っている）時間、休止（音が鳴っていない）時間がウインカー報知音の機能イメージや心理的印象にどのように影響しているのかを検討した。2.2.2.4での実験結果で、断続パターンとして相応しいと判断された音は、第1音と第2音の間隔が360ms～400msの断続パターンの音がウインカー報知音として相応しいとの傾向を得ているが、スペクトル構造の影響を排除した状況で得たものではない。

本実験では、刺激音のスペクトル構造を一定とし、断続パターンの影響のみを観測できるように配慮した。

4.2.1 実験方法

4.2.1.1 実験刺激

刺激音は、第2章の市販車で実際に使用されているサイン音を録音して行った実験(2.2.2.4)結果から、最も相応しいと判断されたウインカー報知音(図2.11参照)を用いて、断続パターンのみを変化させたものである。刺激音の断続パターンとしては、第1音と第2音の間隔、第2音と第1音の間隔が等しい100ms～800msの8種類である。図4.1に刺激音の断続周期を示す。刺激の長さは、8秒を目安とし、7.5～8.5秒の範囲に含まれるように繰り返し回数を調節した。ただし、二通り以上の繰り返し回数と考えられる場合、8秒以内で8秒に最も近くなる繰り返し回数を採用した。8秒という長さは、「定常的に鳴っている」と認識するには十分な長さであると判断した。各音には、クリック音の発生を防ぐために5msの直線的な立ち上がり、および減衰特性をつけた。

4.2.1.2 実験手続き

印象評定実験は、第2章の実験と同様、5段階の形容詞尺度を用いたSD法によって実施した。評定尺度は、ウインカー報知音としての相応しさ、音としての快さ等、各種の聴覚的印象を表す8つの尺度である（表4.1に示す）。

すべての刺激は、コンピュータに記憶し、ヘッドフォン（SONY/MDR-CD780）を通して呈示した。刺激のサンプリング周波数は44.1kHz、量子化ビット数は16ビットである。被験者にはドライバーとして走行している状況をイメージしてもらうように教示を行った。刺激の呈示音圧レベルは、第2章の実験結果から最も相応しいと判断されたウインカー報知音を基に、人工耳（B&K/Type 4153）、騒音計（RION/NA-29）を用いて約43dB(A)に設定した。被験者は、自動車の運転経験がある21歳から30歳の学生15名（男性11名、女性4名）である。全ての被験者は、健康診断などで異常が見られず、日常生活に不自由しない聴力を有する。

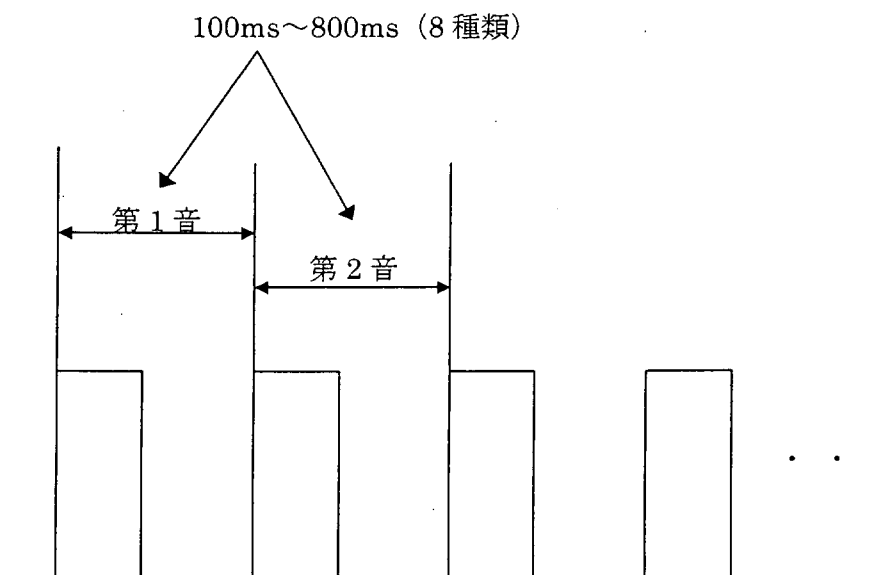


図 4.1 ウインカー報知音の断続周期

4.2.2 結果

断続パターンがウインカー報知音の機能イメージに及ぼす影響を調べるため、各印象評定尺度に対する各被験者の評定値をもとに、評定尺度を変量として主成分分析を行った。その結果、2主成分解表を得た。表 4.1 に、主成分係数行列の結果を示す。

表 4.1 「断続パターンの影響」の主成分係数行列

評定尺度	第 1 主成分	第 2 主成分
ゆったりした — せかせかした	0.960	0.269
落ち着いた — 慌しい	0.950	0.305
静かな — やかましい	0.931	0.345
やわらかい — かたい	0.931	0.331
相応しい — 相応しくない	0.220	0.974
好ましい — 好ましくない	0.280	0.959
快い — 不快な	0.451	0.889
高級な — 安っぽい	0.672	0.722
寄与率 (%)	54.3	44.7

第 1 主成分は「ゆったりした—せかせかした」「落ち着いた—慌しい」などの尺度に負荷が高く「落ち着き主成分」、第 2 主成分は「相応しい—相応しくない」「好ましい—好ましくない」などの尺度に負荷が高く、サイン音の適性を総合的に表す「評価主成分」と解釈した。

また、断続周期と機能イメージの関係を検討するために、各刺激音の主成分得点を求め、断続周期と各主成分得点との間の相関関係を検討した結果、各刺激の断続周期と落ち着き主成分得点の間には、有意水準 1%未満で有意な相関 ($r = -0.972$) がみられた。

図 4.2 に落ち着き主成分得点と断続周期の対応関係を示す。第 1 音と第 2 音の長さが

長い刺激ほど落ち着いた、ゆったりした印象を持たれる。

評価主成分得点と断続周期との対応関係では、このような単調なものではなかった。図 4.3 に評価主成分と断続周期の対応関係を示す。評価主成分得点が低いほど「相応しい」「好ましい」印象が強いことを表している。

図 4.3 によると、ウインカー報知音として相応しく、好ましいと判断された刺激音の範囲は、断続周期が 400ms~700ms である。この範囲は、第 3 章リバーズ報知音の「断続パターンの影響」の実験結果とほぼ一致している。700ms よりも吹鳴時間が長くなると、相応しさは低下するという結果とも一致している。つまり、ウインカー報知音としても相応しいと判断される断続周期は、おおよそ、400ms~700ms のあたりの範囲であることがこの実験で分かった。

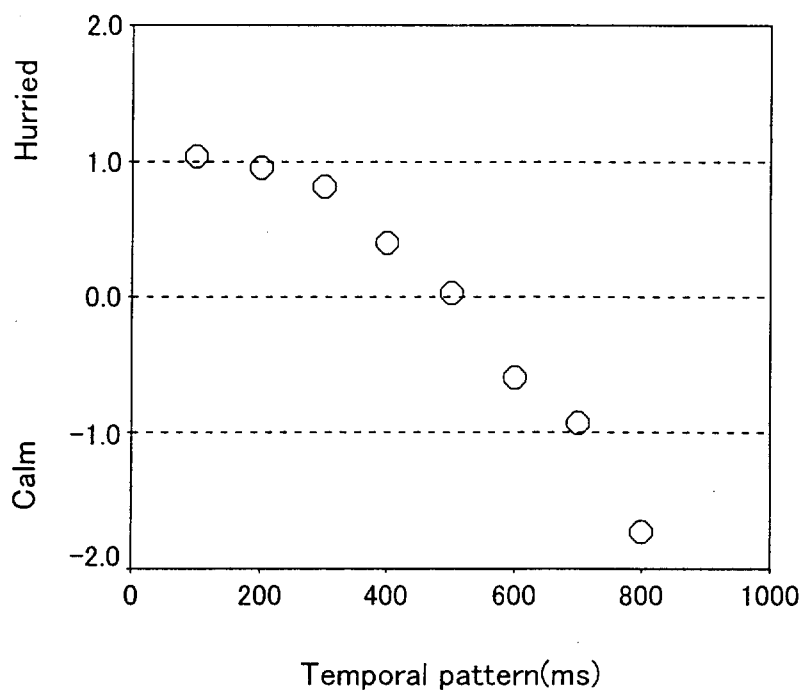


図 4.2 落ち着き主成分得点と断続周期の対応関係

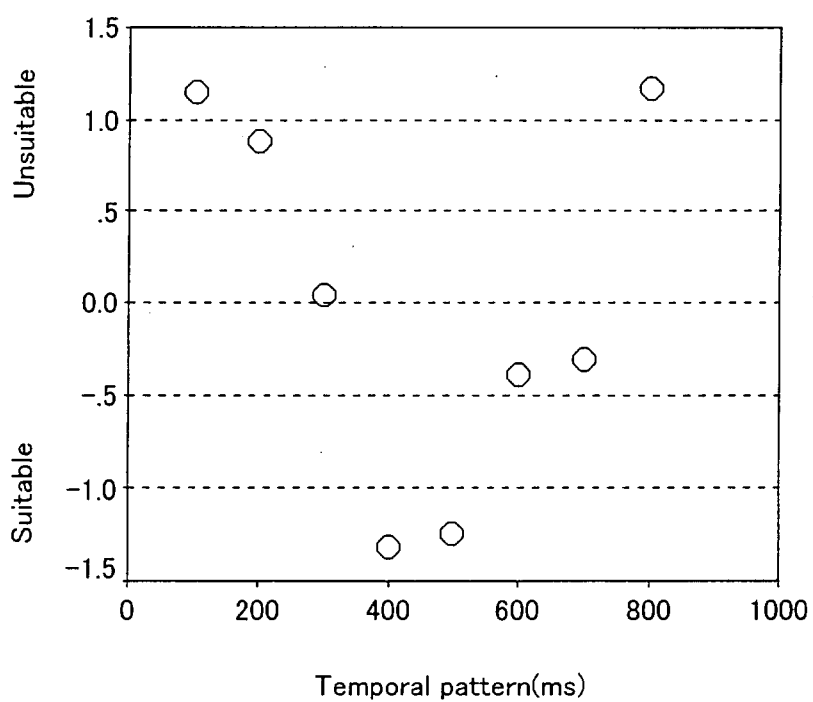


図 4.3 評価主成分得点と断続周期の対応関係

4.3 スペクトルの影響

4.2 断続パターンの影響の実験では、ウインカー報知音の断続パターンが機能イメージや心理的印象にどのように影響しているのかを検討した。本節では、断続パターンの条件を統一した状況下で、周波数スペクトルの影響を検討する。

第2章のウインカー報知音の実験結果では、4kHz以上の成分が優勢であるとウインカー報知音として相応しくない音であるとの傾向を得ていたが、断続パターンの条件を統一した条件で得られたものではないため、スペクトル構造のみを変化させた実験を実施した。

4.3.1 実験方法

4.3.1.1 実験刺激

刺激音は、断続パターンの影響の実験(4.2)結果から、相応しいと判断された500msを用いて、スペクトル構造のみを変化させたものである。刺激音は、スペクトル重心との対応関係を調べるために基準音(図4.4, 刺激名[#5])を中心とし、すべての刺激音にスペクトル重心がばらつくように考慮して8種類の刺激音を作成した。各刺激音のスペクトル重心値は、2268Hz[#1], 3443Hz[#2], 4678Hz[#3], 5400Hz[#4], 6544Hz[#5], 7535Hz[#6], 8552Hz[#7], 9308Hz[#8]の8種類である。図4.4に各刺激音のスペクトル形状を示す。これらの刺激音は、デジタルフィルタ(DigiOnSound2)を用いて、中心周波数が63Hz~16kHzのオクターブバンドの音圧レベルを変化させた刺激音である。各刺激音の長さは8秒である。8秒という長さは、「定常的に鳴っている」と認識するには十分な長さであると判断した。

4.3.1.2 実験手続き

実験手続きは、4.2.1.2と同様である。ただし、評定尺度には、音色評価に相応しいと判断される尺度を加えた12尺度を用いた。被験者は、自動車の運転経験がある21歳から30歳の学生9名（男性8名，女性1名）である。全ての被験者は、健康診断などで異常が見られず、日常生活に不自由しない聴力を有する。

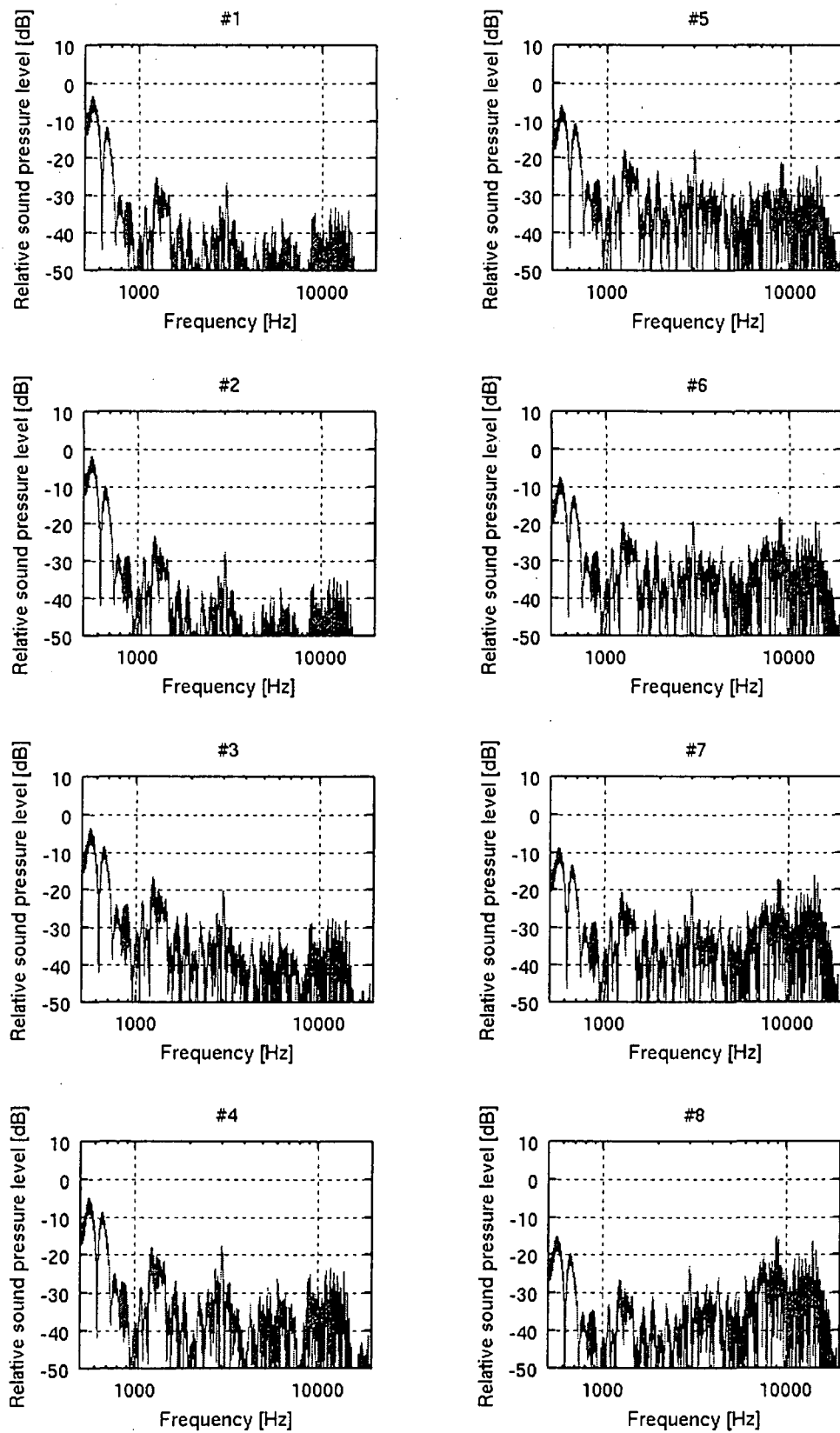


図 4.4 各刺激音のスペクトル形状

4.3.2 結果

周波数スペクトルがウインカー報知音の機能イメージに及ぼす影響を調べるため、各印象評定尺度（12 尺度）に対する各被験者の評定値をもとに、評定尺度を変量として主成分分析を行い、3 主成分を得た。表 4.2 に主成分係数行列を示す。

第 1 主成分は「相応しい－相応しくない」「好ましい－好ましくない」などの尺度に負荷が大きい「評価主成分」、また、第 2 主成分は「鋭い－鈍い」「はっきりした－ぼんやりした」などの尺度に負荷が大きい「金属性主成分」、第 3 主成分は「力強い－弱々しい」「重い－軽い」の尺度に負荷が大きい「迫力主成分」と解釈した。

また、スペクトル重心と機能イメージの関係を検討するために、各刺激音の主成分得点を求め、スペクトル重心と各主成分得点との間の相関関係を検討した結果、各主成分得点とスペクトル重心の間には統計的な有意差は見られなかった。しかし、各主成分得点とスペクトル重心の関係を表している図 4.5～図 4.7 を見ると、それなりの理由が解釈できた。図 4.5～図 4.7 に各主成分得点とスペクトル重心の対応関係を示す。

図 4.5 の評価主成分得点とスペクトル重心の対応関係では、相応しく好ましいと判断される刺激音に関しては、およそその傾向として特定のスペクトル重心の範囲によって相応しさが強調されることが分かる。そのスペクトル重心の範囲は、およそ 3kHz～8kHz である。この結果と、第 2 章で相応しいと判断された 5 つのウインカー報知音のスペクトル重心を求めた値を比べて見ると、およそ 4kHz～8kHz とほぼ一致した結果を示していた。また、第 2 章で相応しくないと判断された 5 つの刺激音のスペクトル重心値は、およそ 6kHz～9kHz であった。この結果も、図 4.5 を見ると分かるように、スペクトル重心の値が約 8kHz を超えた場合は、ウインカー報知音として相応しくないと結果とほぼ似ている傾向を示している。

図 4.6 の金属性主成分得点とスペクトル重心の対応関係では、統計的な有意差は見られなかったが、ほぼ直線的な関係を示している。

図 4.7 の迫力主成分得点とスペクトル重心の対応関係では、表 4.2 の「高級な－安っぽい」という評価尺度が迫力主成分にも大きい負荷量を示しており、スペクトル重心の値がおよそ 5kHz～8kHz 範囲の刺激音がより高級なイメージを与えるウインカー報知音であることが分かった。

表 4.2 「スペクトルの影響」の主成分係数行列

評定尺度		第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
相応しい	－ 相応しくない	0.904	0.076	-0.015
好ましい	－ 好ましくない	0.886	0.154	0.072
快い	－ 不快な	0.851	0.169	-0.081
静かな	－ やかましい	0.638	-0.329	-0.319
高級な	－ 安っぽい	0.637	0.011	0.615
鋭い	－ 鈍い	0.076	0.863	-0.102
はっきりした	－ ぼんやりした	0.137	0.793	0.004
明るい	－ 暗い	0.017	0.717	-0.326
やわらかい	－ かたい	0.351	-0.667	-0.083
澄んだ	－ 濁った	0.346	0.632	-0.204
力強い	－ 弱々しい	-0.044	-0.102	0.895
重い	－ 軽い	-0.216	-0.529	0.712
寄与率 (%)		32.9	25.4	13.4

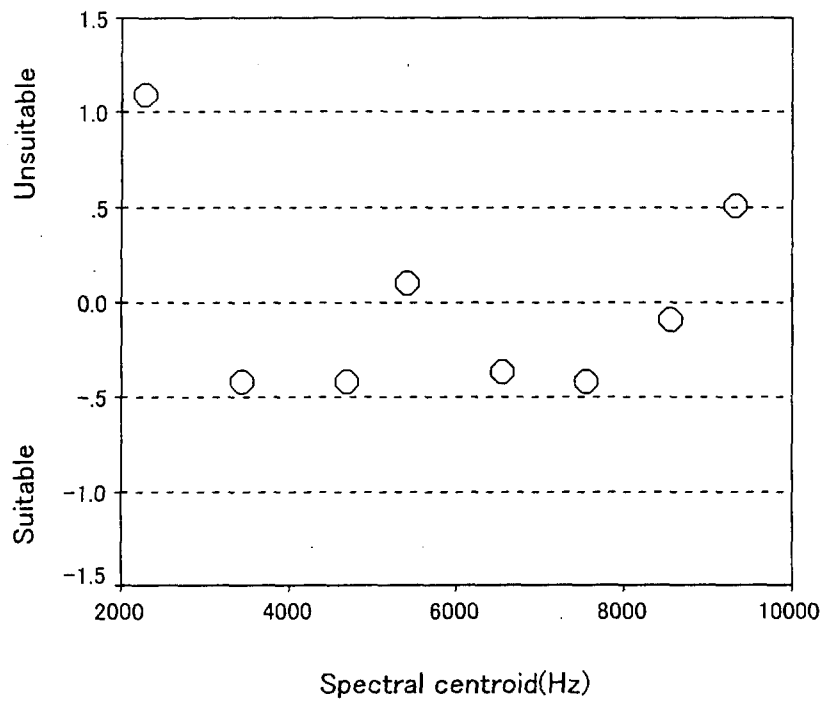


図 4.5 評価主成分得点とスペクトル重心の対応関係

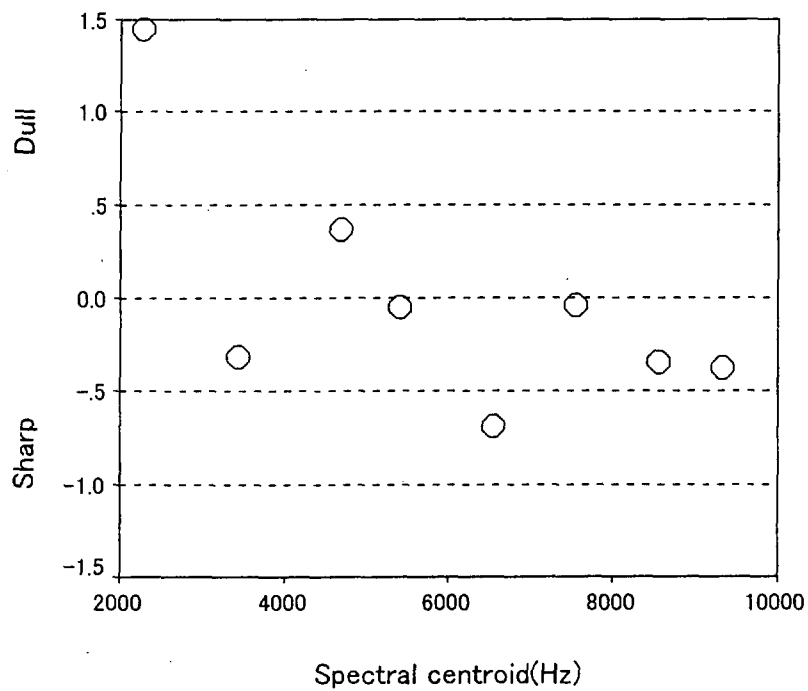


図 4.6 金属性主成分得点とスペクトル重心の対応関係

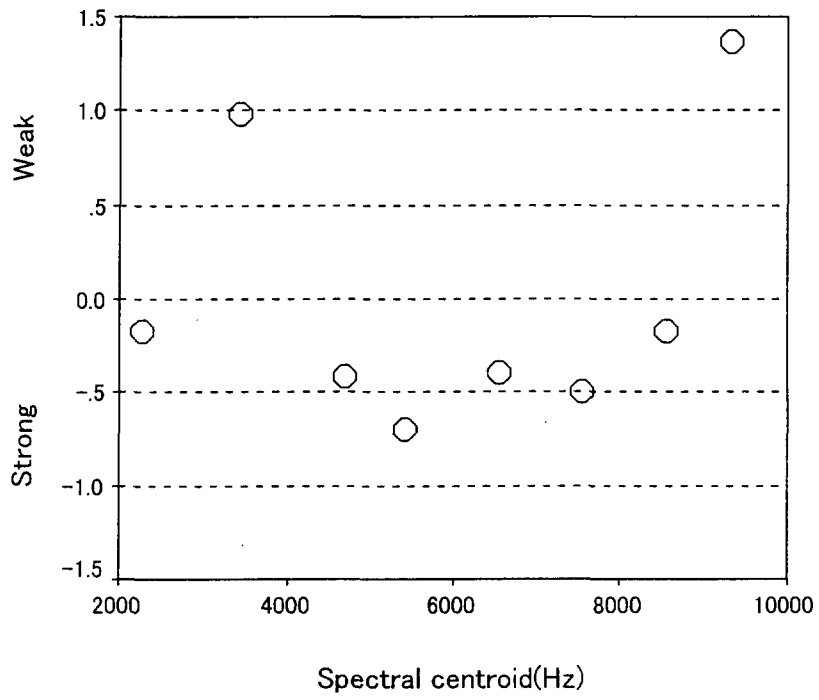


図 4.7 迫力主成分得点とスペクトル重心の対応関係

4.4 本章のまとめ

ウインカー報知音は、通常、パルス状の「カチカチ」といった感じの2音が繰り返される周期的な断続音であり、第2章の実験結果から、断続パターンとスペクトル構造がウインカー報知音の相応しさに影響を与えていることが示された。断続パターンとしては、第1音と第2音の間隔が360ms~400msの音がウインカー報知音として相応しいとの傾向を得ているが、スペクトル構造の影響を排除した状況で得たものではなかった。また、スペクトル構造としては、4kHz以上の成分が優勢であるとウインカー報知音として相応しくない音である傾向を得ているが、断続パターンの条件を統一した条件で得られたものではなかった。

本章では、第2章の実験結果に基づき、ウインカー報知音の各物理量の影響を独立に検討できるように刺激音を合成し、それらによる影響を検討した。

まず、刺激音のスペクトル構造を一定とし、断続パターンの影響のみを観測できるように配慮し、断続パターンがウインカー報知音の機能イメージや心理的印象にどのように影響しているのかを検討した。その結果、400ms~700msの断続パターンがウインカー報知音として相応しく、好ましい範囲であることが分かった。この範囲は、第3章リバーブ報知音の「断続パターンの影響」の実験とほぼ一致した結果であった。700msよりも吹鳴時間が長くなると、相応しさは低下するという結果とも一致している。つまり、ウインカー報知音としても相応しいと判断される断続パターンは、おおよそ、400ms~700msのあたりの範囲であることが本実験で示された。

また、断続パターンの条件を統一した状況下で、周波数スペクトルがウインカー報知音の機能イメージや心理的印象にどのように影響しているのかを検討した結果、相応しく好ましいと判断された刺激音に関しては微細なものではあるが、特定のスペクトル重心の範囲によって相応しさが強調されていることが分かった。そのスペクトル重心の範囲は、おおよそ3kHz~8kHzである。この結果と、第2章で相応しいと判断された5つのウインカー報知音のスペクトル重心を求めた値を比べて見ると、おおよそ4kHz~8kHzとほぼ一致した結果を示していた。また、第2章で相応しくないと判断された5つの刺激音のスペクトル重心値は、おおよそ6kHz~9kHzであった。この結果も、図4.5を見ると分かるように、スペクトル重心の値がおおよそ8kHzを超えた場合は、ウインカー報

知音として相応しくないという結果とほぼ似ている傾向を示していた。また、スペクトル重心の値がおよそ 5kHz~8kHz 範囲の刺激音がより高級なイメージを与えているウインカー報知音であることが分かった。