

周波数変調音を用いたサイン音の機能イメージと擬音語表現*

山内 勝也, 岩宮 眞一郎 (九州芸術工科大学)

1. はじめに

我々はサイン音から想起される「警告」「呼出」などの機能イメージとサイン音の物理特性との対応の検討に取り組んでいる [1]。この研究により、実際に利用されているサイン音には多くの変動音が使われており、変動パタンの違いによって各種の機能イメージをもたらしていることが示唆された。このことから、変動パターンを系統的に変化させれば、機能イメージを組織的にコントロールできるものと考えられる。さらに、我々は憶えやすいサイン音づくりのために擬音語表現を利用することを提唱しているが、この研究は変動音の変動パタンの違いは擬音語表現で分類可能であることも示している。変動音の変動パタンの系統的変化により、憶えやすく（異なる擬音語で区別できる）分かりやすい（機能イメージを想起しやすい）サイン音を作り出せることが期待できる。

著者らの前報は変動音を用いたサイン音づくりの可能性を示唆する知見を提供するものであったが、既に利用されているサイン音を分析対象としていたため、音を規定する各種の物理的特性が交錯した状況下のものであった。本研究では、合成音を用いて周波数変調音 (FM 音) の各種物理特性を系統的に変化させた状況下での、物理特性と機能イメージ、擬音語表現の関係を検討する。

2. 実験方法

実験刺激は、正弦波を搬送波として、矩形波および正弦波によって変調された FM 音で、変調周波数、変調波の種類、周波数偏移、搬送周波数を変化させた、計 120 個の刺激である。表-1 に刺激の属性を示す。刺激音の

表-1 刺激音の属性

搬送波	正弦波
搬送周波数 (f_c)	1k, 2k [Hz]
変調波	正弦波, 矩形波
周波数偏移 (df)	200, 400 [Hz]
変調周波数	1.25, 1.7, 2.5, 5, 10, 15, 17, 20, 25, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200 [Hz]

表-2 機能イメージカテゴリ

操作	開始	終了	要請	状態提示
許可	呼出	警報	報知	警告告知

(※詳細な説明は文献 [1] にあり。)

持続時間は、変調周波数 5Hz 以上では 2s、変調周波数 5Hz 未満では変調波周期の 8 倍 (3.2~6.4s) とした。

被験者への刺激音の提示はヘッドホン (STAX Lambda Nova Basic S230) を使い、提示音圧レベルは人工耳 (B&K Type 4153) と騒音計 (RION 普通騒音計 NA-29) を用いて、75dB(A) に設定した。被験者への刺激音の提示、応答はパーソナルコンピュータによって制御した。被験者による簡単なマウス操作で、各刺激音が 3.3 秒おきに 5 回提示される。被験者は、提示された刺激音から想起される機能イメージを表-2 の 10 カテゴリより選択し (複数選択可)、さらに自由記述によって刺激音を擬音語表現することを求められた。被験者は九州芸術工科大学の学生 (21 歳から 28 歳)、男性 14 名、女性 7 名の計 21 名である。

3. 結果・考察

3.1 擬音語表現について

各擬音語表現回答の繰り返しパターンを、表-3 の特徴のいずれかに分類し、各刺激の該当数をカウントし、全有効回答数 2688 回答のうち 1859 回答 (69%) が分類された。これに繰り返し認められず長音で終る表現 (「ピュー」など) を加えると 2628 回答で、全有効回答数の 98% にあたる。擬音語によって表現された刺激の時間的側面を、これら 10 パターンで集約できたとと言える。表-3 の繰り返しパタンのうち、各刺激の該当数の最大値が全被験者の過半数 (11) 以上にのぼるパターンは、(b)(d)(f)(h)(i) の 5 パターンである。この 5 パターンに繰り返しなしで最後が長音で終る表現を合わせると、2240 回

表-3 繰り返しパタンの分類に用いた擬音語表現の特徴

(a) 同一音節を繰り返す 例) ビビビビ
(b) 長音を伴って繰り返す 例) ビーポービーポー
(c) 促音を伴って繰り返す 例) ビッビッビッ
(d) 2 音節の組合せを繰り返す 例) ピロピロピロ
(e) 3 音節以上の組合せを繰り返す 例) ピュワピュワ
(f) 第 2 音節以降でラ行の同一音節を繰り返す 例) ビリリリ
(g) 第 2 音節以降で母音の同一音節を繰り返す 例) ビイイイ
(h) 第 2 音節以降で同一音節を繰り返す (ラ行, 母音以外) 例) プワワワ
(i) 第 2 音節以降で複数音節の組合せを繰り返す 例) ビウイウイウイ

* Functional imagery and onomatopoeic representation of auditory signals using frequency-modulated tones, by Katsuya Yamauchi and Shin-ichiro Iwamiya (Kyushu Institute of Design)

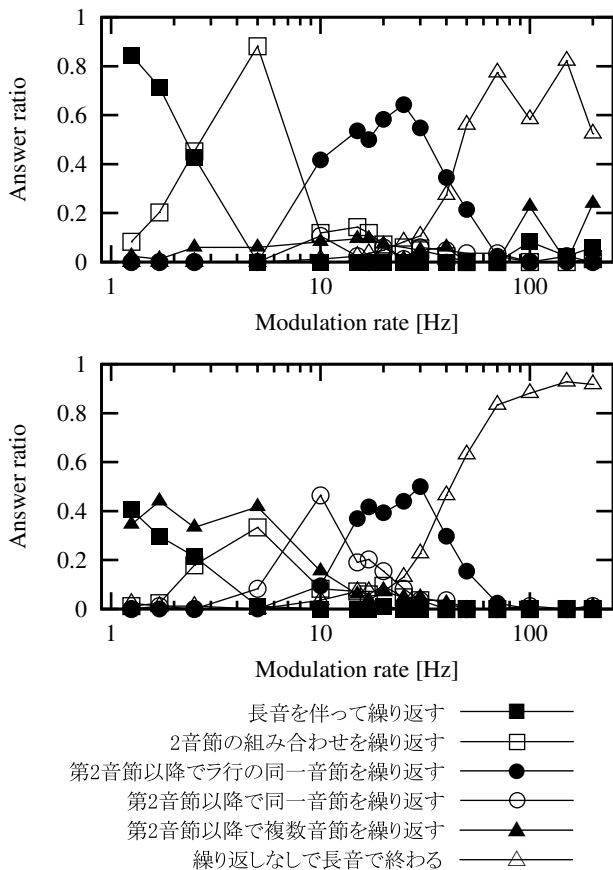


図-1 変調周波数による擬音語表現の特徴変化 (上: 矩形波によって変調された刺激, 下: 正弦波によって変調された刺激)

答で全有効回答数の 83%となる。時間パターンに関すると考えられる擬音語表現の特徴は、本実験の刺激についてはこれら 6 種類で代表されると考えられる。

各擬音語表現と変調周波数の関係を図-1 に示す。どの擬音語表現についても、搬送周波数、周波数偏移による傾向の違いは小さかったため、変調波の種類ごと平均回答率を示す。

変調波の種類によらず、変調周波数 10~50Hz 程度では、第 2 音節以降でラ行の同一音節を繰り返す擬音語表現が多く見られ、変調周波数 40Hz 程度以上では、繰り返しなしで長音で終る擬音語表現が多く見られる。振幅変調音 (AM 音) を刺激とした実験 [2] でも、同様の変調周波数帯域でこれらの擬音語表現が観察された。

変調周波数 10Hz 程度以下では、変調波の種類によって擬音語表現の特徴が異なる。矩形波によって変調された刺激の場合、変調周波数 2.5Hz 未満では「ピーポーピーポー」などのように長音を伴って繰り返す表現が多く見られ、変調周波数 5Hz 程度では「ピポピポ」などのように 2 音節の組合せを繰り返す表現が多く見られる。AM 音を刺激とした実験 [2] において、変調周波数 2.5Hz 以下では長音を伴って同一音節を繰り返す表現、変調周波数 5~15Hz 程度では同一音節を繰り返す表現が見られた。矩形波によって変調された FM 音は、高さの異なる 2 音が繰り返されることになるので、その音高の変化が母音の違いによって表現されたためと考えられる。

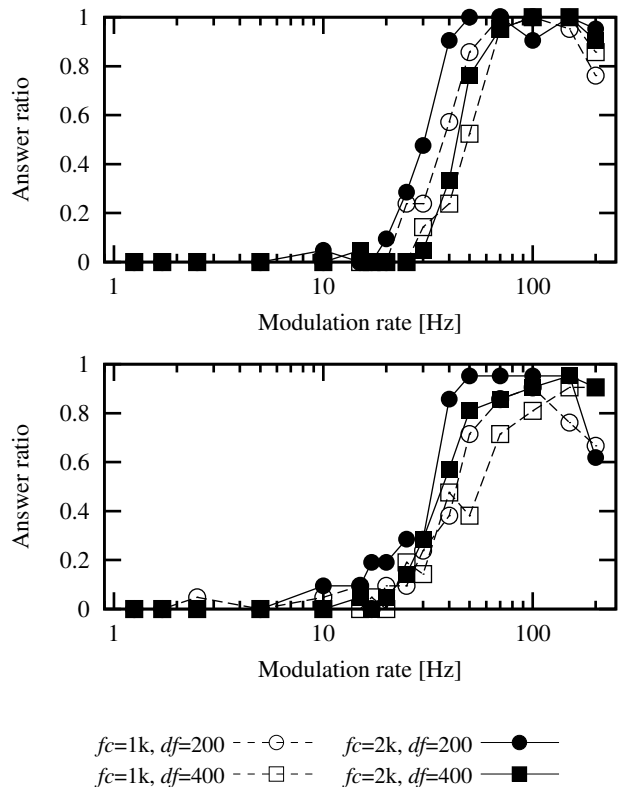


図-2 第 1 音節に有声子音が用いられる表現と変調周波数の関係 (上: 矩形波によって変調された刺激, 下: 正弦波によって変調された刺激)

正弦波によって変調された刺激の場合、長音を伴って繰り返す表現と 2 音節の組合せを繰り返す表現は、矩形波の場合と同様の変調周波数に対する傾向を示しているが、回答率は高くない。正弦波の場合のみに観察される特徴として、変調周波数 5Hz 未満で第 2 音節以降で複数音節を繰り返す表現が見られる。第 2 音節以降の繰り返す部分の回答を見ると、変調周波数 2.5Hz 以下では長音を伴って繰り返す表現、変調周波数 5Hz 程度では 2 音節の組合せを繰り返す表現が多く見られる。変調周波数 10Hz 程度では、第 2 音節以降でラ行、母音以外の同一音節を繰り返す表現が見られ、特に「ピヨヨヨ」などのようにヤ行の同一音節の繰り返しが多かった。このような表現は AM 音では見られず、FM 音特有のものである。

また、各擬音語表現回答の最初の音節の子音を抜きだし、このうち有声子音が用いられている回答を集計した。この表現の回答率と変調周波数の関係を図-2 に示す。AM 音の場合、有声子音が用いられる条件としては、roughness を生じさせる変調周波数以上であることが第 1 であり、周波数成分が広い範囲に分布することで有声子音が用いられることが多くなるという傾向が示唆された。本実験の結果では、第 1 音節に有声子音が用いられる表現は変調周波数 40Hz 程度以上で多く回答されている。これは上記の第 1 条件に該当している。また、図-3 に示すように、周波数偏移が大きい刺激の方が周波数ス

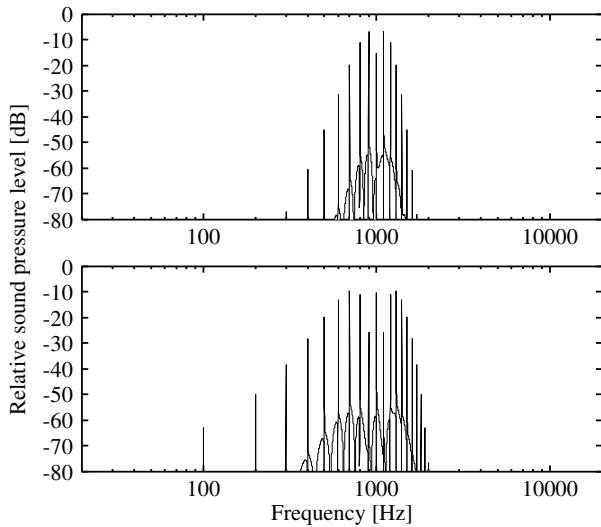


図-3 搬送周波数1kHz, 変調周波数100Hzで正弦波によって変調された刺激の周波数スペクトル(上: 周波数偏移200Hz, 下: 周波数偏移400Hz)

ペクトルが広範囲に分布している。変調波の種類ごとに周波数偏移の違いによる回答数の差のt検定を行うと、正弦波、矩形波どちらの場合でも周波数偏移400Hzの刺激が200Hzの刺激より第1子音に有声子音を用いる回答が有意に多いことが確認された。第1音節に有声子音が用いられる表現はAM音とFM音で、同様の傾向を示している。

3.1 機能イメージについて

機能イメージを整理、集約するため、各カテゴリーの選択された回答数からカテゴリー間の分散共分散行列を求め、これをもとに主成分分析を行った。固有値や寄与率から、2主成分解を採用した。2主成分の累積寄与率は50.0%であった。バリマックス回転を行なった後の主成分負荷行列を表-4に示す。

第1主成分は、「警報」「警告告知」に対して正の高い負荷を有し、「呼出」「開始」において負の高い負荷を有するので、「警報・警告告知-呼出・開始」主成分と解釈できる。今回の実験刺激の範囲において、「警報」と「警告告知」、「呼出」と「開始」がそれぞれ類似した機能イ

表-4 主成分負荷行列

	第1主成分	第2主成分
呼出	-.919	-.355
警報	.858	.019
開始	-.786	.230
警告告知	.759	.218
許可	-.574	.256
要請	.538	-.406
状態提示	.416	-.015
終了	.015	.772
報知	.087	-.456
操作	-.048	.409

表-5 「警告・警告告知」感, 「呼出・開始」感が強い音30個の擬音語表現特徴の該当数の平均と標準偏差(*印はt検定によって有意水準0.1%未満で有意差が認められたことを示す。)

	警告・警告告知	呼出・開始
長音繰り返し*	7.667 ± 6.310	0.033 ± 0.183
2音繰り返し	3.567 ± 4.360	1.500 ± 1.333
第2音節ラ行*	0.033 ± 0.183	10.500 ± 3.071
第2音節その他	0.300 ± 0.702	1.100 ± 1.125
第2音節複数*	4.233 ± 4.014	1.200 ± 1.031
長音で終る	2.200 ± 5.013	2.467 ± 3.137
有声子音	3.367 ± 7.577	2.100 ± 3.033

表-6 「終了」感, 「報知」感が強い音30個の擬音語表現特徴の該当数の平均と標準偏差(*印はt検定によって有意水準0.1%未満で有意差が認められたことを示す。)

	終了	報知
長音繰り返し	0.633 ± 1.326	4.867 ± 6.485
2音繰り返し	0.633 ± 2.251	4.200 ± 5.294
第2音節ラ行	0.967 ± 2.566	4.567 ± 5.853
第2音節その他	0.467 ± 1.167	0.933 ± 2.625
第2音節複数	1.200 ± 2.469	2.267 ± 2.852
長音で終る*	14.567 ± 6.279	1.200 ± 2.235
有声子音*	16.667 ± 5.996	1.333 ± 2.893

メージで、「警報」「警告告知」と「呼出」「開始」は相反する機能イメージと評価された。第2主成分は、「終了」に対して正の高い負荷を有し、「報知」に対して中程度の負の負荷を有するので、「終了-報知」主成分と解釈できる。

各機能イメージ主成分に対する刺激の主成分得点を求め、刺激の物理特性との対応を検討する。

図-4に各刺激の第1主成分得点を、変調波の種類ごとに示す。縦軸は主成分得点、横軸は変調周波数である。図は正方向が「警報・警告告知」のイメージを表し、負方向が「呼出・開始」のイメージを表す。第1主成分得点は、変調周波数5Hz以下及び70Hz以上において正方向に高く、10Hz~50Hzにおいて負方向に高い。これより「警報・警告告知」感は変調周波数1.25Hz~5Hz及び70Hz~200Hzにおいて強く、「呼出・開始」感は変調周波数10Hz~50Hzにおいて強いことが分かる。

図-5に各刺激の第2主成分得点を、変調波の種類ごとに示す。縦軸は主成分得点、横軸は変調周波数である。図は正方向が「終了」のイメージを負方向が「報知」のイメージを表す。第2主成分得点は、全体的に右上がりの傾向があり、変調周波数50Hz付近で負から正へ移る。これより変調周波数50Hz程度より高いと「終了」感が、低いと「報知」感が強まることが分かる。

3.2 機能イメージと擬音語表現の関係

各機能イメージに対応する擬音語表現を特定するため、まず各主成分において主成分得点の正方向、負方向の上位30個の音刺激をその主成分に対応する機能イメージの強い(弱い)刺激音のグループと定義し、その代表と定義する。そして両グループ間で用いられた擬音語表現の回答数に差を統計的に確認するため、t検定を行なった。有意水準は0.1%とした。

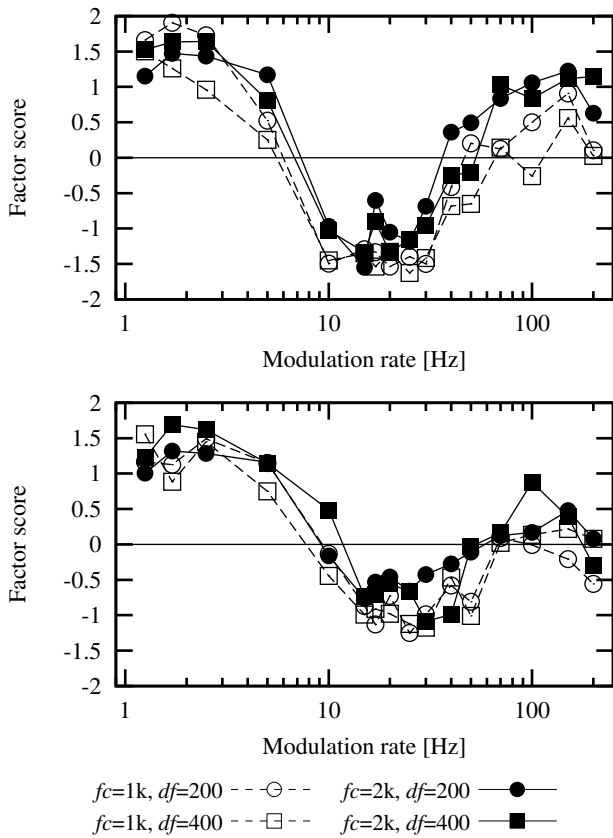


図-4 「警告・警告告知-呼出・開始」主成分得点と変調周波数の関係（上：矩形波によって変調された刺激，下：正弦波によって変調された刺激）

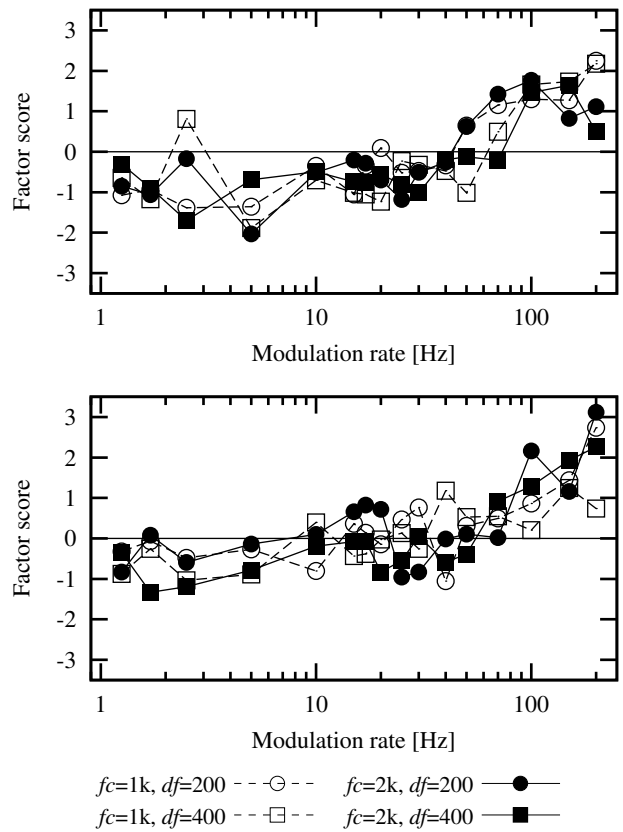


図-5 「終了-報知」主成分得点と変調周波数の関係（上：矩形波によって変調された刺激，下：正弦波によって変調された刺激）

「警報・警告告知」「呼出・開始」それぞれのイメージが強い音 30 個の擬音語表現回答数の平均値と標準偏差を表-5 に示す。「警報・警告告知」感が強い音のグループでは、長音を伴って繰り返す表現の回答数が有意 ($t = 6.6, p < .001$) に多い。また、第 2 音節以降で複数音節の組合せを繰り返す表現の回答数も有意 ($t = 4.0, p < .001$) に多い。「呼出・開始」感が強い音のグループでは、第 2 音節以降でラ行の同一音節で繰り返す表現の回答数 ($t = -18.6, p < .001$) が有意に多い。これらより、「警報・警告告知」感には、長音を伴って繰り返したり、第 2 音節以降で複数音節の組合せを繰り返すような変調周波数 5Hz 程度以下の音が適しており、「呼出・開始」感には第 2 音節以降でラ行の同一音節を繰り返すような変調周波数 10~50Hz 程度の音が適していることが分かる。「警報」感が長音を伴って繰り返す表現と対応しているのは、AM 音においては見られなかった傾向である。長音を伴って繰り返す表現は、AM 音の場合は「ピーピーピー」のように同一音節を繰り返す表現であるのに対して、FM 音は「ピーポーピーポー」というように同一でない音節を繰り返す表現である。これは救急車などのサイレン音の典型であり、これが「警報」のイメージにつながったと考えられる。

「終了」「報知」それぞれのイメージが強い音 30 個の擬音語表現回答数の平均値と標準偏差を表-6 に示す。「終了」感が強い音では、第 1 音節に有声子音が用いら

れる表現 ($t = 12.6, p < .001$)、繰り返しなしで長音で終る表現 ($t = 11.0, p < .001$) の回答数が有意に多い。純音の周波数変調によるサイン音では、「終了」感には第 1 音節に有声子音が用いられるような変調周波数 40Hz 程度以上の音が適していることが示された。AM 音の場合、「終了」のイメージは長音を伴って同一音節が繰り返される表現に対応し、第 1 音節に有声子音が用いられる表現とは対応していなかった。

4. まとめ

正弦波を搬送波とした FM 音を実験刺激として、変調周波数等の違いによる擬音語表現と機能イメージの変化を検討した。AM 音を用いた実験の場合と同様に、変調周波数によって擬音語表現が変化し、さらにそれに伴ったサイン音としての機能イメージの変化が観察された。また、変調周波数が十分に低い場合には、周波数が変化に伴う母音の変化が見られ、AM 音の場合と異なる機能イメージとの対応も観察された。

文 献

- [1] 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. 音響学会誌, **59**, 192-202 (2003).
- [2] 山内勝也, 金丸めぐみ, 岩宮眞一郎: 変動音を用いたサイン音の擬音語表現と機能イメージ. 音講論集, pp.529-530 (2002.3).