

# An analysis of functional imagery and onomatopoeic representation of auditory signals

山内，勝也

---

<https://doi.org/10.15017/458558>

---

出版情報：Kyushu Institute of Design, 2003, 博士（芸術工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：

# 第1章 序論

## 1.1 はじめに

最近では、電子レンジはもとより、電気炊飯器、電気ポット、電気洗濯機など、ほとんどの家電製品が、作業の終了や異常を知らせるための音を発する。このような、さまざまな情報を伝達するために製品や機器類から吹鳴される音は、視覚のサインになぞらえて「サイン音」と呼ばれている。パーソナルコンピュータの普及により、コンピュータのエラー音や操作音も身近な存在となっている。街に出ても、電車の発着を告げる音、盲人用音響信号、緊急自動車のサイレン、踏切の遮断機、公衆電話でテレホンカードを返却する時に出る音など、公共空間においても様々なサイン音を耳にする。家庭内の火災報知器やガス漏れ警報器、また航空機や列車の操縦席や制御室、プラントなどの警報・警告音は非常に重要なものである。

サイン音の役割は、事故や災害など危険な状況を伝える、機器の異常を知らせる、操作の間違いを警告する、安全な状態や行動の許可を示す、処理の開始や終了の合図など多岐に渡る。電話の着信音やドアチャイムなど、呼出の意味を持つサイン音や、音声アナウンスに先立って鳴らされるサイン音もある。また、液晶タッチパネルを利用した銀行の ATM や駅の自動券売機でみられるように、触覚に代わる操作受け付けのフィードバックとして吹鳴するサイン音もある。このような、サイン音によって伝達される意味内容のことを、本論文では「機能イメージ」と称することにする。

視覚的なサインに対して、サイン音はどのように使われており、また、どのように使い分けられるべきであろうか。視覚は自分の前方にある対象の情報しか受け取ることができないが、聴覚は全方位からの情報を受け取ることができる。聴覚は視覚に比べると方向感覚では劣るが、注意喚起には優れていると言え、何かをしているときに注意を喚起する場合に音によるメッセージは有効である。ただし、視覚に対して聴覚には受容者の選択性が低く、その情報を必要としない人に対しても一様に提示されるという短所も

ある。Deathridge は表 1.1 のように視覚表示と聴覚表示の選択基準を示し、視覚表示が利用できない場合の代替表示としてのみでなく、表示される情報がランダムに発生する場合や、使用者の注意を喚起する場合にサイン音（聴覚表示）が有効であることを示している<sup>1)</sup>。この分類には、どのような場面で視覚表示を代替するべきかという観点が強く見られ、また、警報、警告の情報を与えることを念頭としたものであるため、サイン音全般に適用することには疑問があるが、視覚および聴覚を利用した情報の伝達の特徴を示す参考資料として有用である。また、信号に対する反応時間は、視覚より聴覚の方

表 1.1: いつ視覚あるいは聴覚の提示形式を使用するか（出典: Deathridge, 1972<sup>1)</sup>）

---

聴覚提示を使用する場合:

1. メッセージが単純
2. メッセージが短い
3. メッセージが後で参照されない
4. メッセージが時間的なイベントを扱っている
5. メッセージが直後の行動を要求している
6. 人間の視覚システムに過度の負荷がかかっている
7. メッセージを受け取る場所が非常に明るい、あるいは完全な暗順応が必要
8. 常時移動が必要な仕事をしている

視覚提示を使用する場合:

1. メッセージが複雑
  2. メッセージが長い
  3. メッセージが後で参照される
  4. メッセージが空間的な場所を扱っている
  5. メッセージが直後の行動を要求していない
  6. 人間の聴覚システムに過度の負荷がかかっている
  7. メッセージを受け取る場所が非常にうるさい
  8. 一箇所に留まることが許される仕事をしている
-

が短い<sup>2)</sup>。さらに、音の回折、透過などの性質により、視覚的な情報が直接得られない場所にも情報を伝達することが可能である。このような特性を利用して音は様々なメッセージを伝えるメディアとして利用されている。

しかし、サイン音の現状に目を（耳を）向けると、それらが適切に利用されているとは言いたい。サイン音を聞いたときに、それが何を意味するのか分らない、違う意味にとってしまうなどの状況に出会うことがある。利便性を求めて付加しているはずのサイン音が、かえって混乱を招いているのである。また、音によるサインが必要と言えないような場面で不用意にサイン音が用いられている場合もある。例えば、飲料の自動販売機で、商品がガタンと音を立てて出てきた後に鳴る電子音にどれほどの意味があるのだろうか。必要以上に危険な印象を与えるサイン音、不快な印象の音色を持つサイン音に対する苦情もメーカーには寄せられると聞く。サイン音の利用方法や、音そのもののデザイン段階での問題が散見され、改善のための調査や研究の必要性がある。

ところで、サイン音は、研究者や業界によっては「音サイン」「音記号」「報知音」「信号音」などと呼ばれる場合もある（例えば、文献9), 12)など）。また、携帯電話の”着信音”，列車の”発車ベル”，火災報知機の”警報音”など、特定のサイン音について、別の呼称が用いられている場合もある。さらに、サイン音は、広義には自然音や、人や機械の動作に伴って発生する音も含まれる。ドアのノックや人の足音、自動車内で聞く走行音やエンジンの異音なども、それぞれ、人の到来、路面状況やエンジンの異常を知らせるため、一種のサイン音と捉えることもできる。ただし、現状の問題として指摘されるサイン音の多くは、自然音ではなく人工音である。しかも、機器の動作に伴って発生する付随音ではなく、意図的に付加された音であることが多い。日本サインデザイン協会では、狭義のサイン音を「製品や機器類の製造者によって意図的に付加された電気（子）的な音」<sup>3)</sup>と定義しており、本論文においてもこれに従い、これを本論文で対象とするサイン音の定義とする。

これまでに、様々な側面からサイン音に関する研究がなされている。本章ではそれらを概観し、サイン音の現状の問題点を整理し、さらに本論文の目的について述べる。

## 1.2 関連研究

### 1.2.1 サイン音のイメージと音響的特徴の対応に関する研究

サイン音に関する従来の研究として、もっとも多いのは警報・警告に関するものである。また、日本では家電製品に付加されるサイン音に関する研究も盛んである。

#### 1.2.1.1 警報サイン音に関する研究

警報サイン音に関する研究としては、桑野ら<sup>4)-7)</sup>による警告音の音響特性とその印象の関係を検討したものが挙げられる。警告サイン音に適した音は、2つの周波数が交互に繰り返される音や間欠音であり、周波数が高いほど、繰り返し頻度が高いほどより危険と受け止められることが示されている。また、水谷ら<sup>8)</sup>は、長期休止時間を含む短音の吹鳴と断続が繰り返される音列バタンと、心理的印象評価の関係を検討している。その結果、長期休止時間が短くなるほど、また連続吹鳴の繰り返し数が増すほど、切迫感が強まるという傾向を報告している。

海外でも、人間工学の分野で警告サイン音 (“auditory warning”, “auditory alarm”, “audible warning signal”など、多くの表現が見られる。)に関する多くの研究報告がある。例えば、Edworthyら<sup>9)-11)</sup>は、周波数スペクトル、時間構造を広く取り扱い、警告感と音の特性との対応を検討している。Lazarus and Hoge<sup>12)</sup>は、ドイツで実際に使用されている警告音と、合成した警告音について、SD法による印象評価を行っている。

警報サイン音については、いくつか規格、法令などが存在する。ISOでは、音響非常時避難信号<sup>13)</sup>と労働空間における危険信号<sup>14)</sup>に関する運用方法についての取り決め、屋外用定置式音響警報器の音響出力測定に関する規格<sup>15)16)</sup>などがある。JISでは、自動車警音器<sup>17)</sup>、自動車用接点式警告ブザー<sup>18)</sup>、船用電子ホーン<sup>19)</sup>について、その性能と試験方法などについて定めている。日本の法令では、例えば、道路運送車両法<sup>20)-22)</sup>に、警音器に関する記述が見られる。また、海上衝突予防法<sup>23)</sup>では、船舶の音響信号設備やその運用方法について定めた法令があり、汽笛の吹鳴時間や吹鳴回数を定めている。

Sorkin<sup>1)</sup>は著書の中で、アメリカの国家火災防止協会の事例<sup>24)</sup>から、火災報知を含む警報サイン音は、様々なスペクトル特性を有する異なる音環境下で用いられるため、特有のスペクトル構造を持つ音を規格化することは実用的でなく、短音の繰り返しのよう

な時間的な特性をもって設計されることが有効であると述べている。ただし、これは規格化を考えた場合の事例であり、周波数的な特徴によるサイン音デザインを否定するものではない。

航空機のコックピットや原子力発電所など、そこでのエラーが深刻な被害を引き起こす環境などでは、警告サイン音と併せて音声による警告内容の伝達が用いられることが多い。このようなサイン音と音声警報との相互関係を検討した報告<sup>25)26)</sup>も見られる。Petterson<sup>27)</sup>は、航空機のコックピット内の警告サイン音について、時間パタンを規格化したシステムを提案している。さらに、音声警報を含める場合の、音声信号を含めた警報システムの時間パタンを示している。

### 1.2.1.2 家電製品のサイン音に関する研究

家電製品のサイン音については、家電製品メーカーによる報告<sup>28)</sup>や、倉片らによる一連の研究<sup>29)~32)</sup>が挙げられる。JISでは、高齢者・障害者配慮設計指針として、家電製品報知音に関するガイドラインを示している<sup>33)</sup>。このガイドラインでは、一定の周波数による音を対象とし、時間パタンのみが規定されている。

メーカーも含めて多くの研究がなされているにもかかわらず、現状として問題が指摘されることを考えると、一般消費者にとっての製品価格と製品性能のバランスの上で、サイン音の改善が製品性能の向上としては小さな影響と見られることがあるのかもしれない。

以前は、家電製品に付加されるサイン音の発音体は、電磁式ブザーやベルが主流であったが、近年は圧電素子を用いて鳴らされるものが多い。電子機器の高性能化、低価格化によって、サンプリング音源（PCM音源）やFM音源によってサイン音を鳴らす製品も多くなってきている。

### 1.2.1.3 サイン音に関するその他の研究

警報音や家電製品の報知音という分野に限らず、サイン音は様々な場面で利用されており、また、それぞれの分野での研究も行われている。

ユーザーインターフェースとしてのサイン音の利用に関しては、和氣ら<sup>35)</sup>による、視

覚障害者のためのパーソナルコンピュータの GUI(Graphical User Interface) に代わる音響表示としてのサイン音設計およびその設計手法について報告, Ronkainen and Marila<sup>36)</sup>による, 携帯電話のキーパッドからの入力に対するフィードバック音について報告などが見られる。

公共空間における警報以外のサイン音として, よく耳にするのが, 列車の発車サイン音(発車ベル)である。井出ら<sup>37)</sup>は, 発車ベルの音色を快適なものにするため考え方を説明している。また, 小川<sup>38)</sup>は, 作り手の視点や実験研究の視点などからの発車サイン音についての諸研究をまとめている。また, 公共空間におけるサイン音の利用に関しては, 前田<sup>39)</sup>による公共空間におけるサウンドデザインに関する解説があげられる。

音による情報の収集・伝達は, 視覚障害者にとってではなくてはならないものであるが, 現状のサイン音が, この面で十分な機能を果たしているとは言えない。永幡<sup>40)</sup>は現状のバリアフリーデザインとしての音による案内には, 十分な調査, 検討が行われておらず, 結果的に騒音源を増やしている事例が散見されることを示している。また, 柳原ら<sup>41)</sup>は, 視覚障害者と清眼者での, サイン音から受けるイメージの違いについて調査し, 多くのサイン音では, 視覚障害者と清眼者で同様の機能イメージが想起されているが, 盲導鈴などの清眼者に馴染みが薄いサイン音では違いが見られることを示している。これは, サイン音のデザインに際して, 清眼者と視覚障害者で評価が異なる可能性があることを考慮する必要性を示している。

サイン音は, その機能が正確に伝わればよいというほど単純なものではない例もある。例えば, 携帯電話の呼出音(着信音)などはその典型で, 着信を知らせる呼出の機能のみが求められているわけではない。江崎ら<sup>42)</sup>は, 携帯電話の着信メロディーの氾濫を肯定した論旨ではないが, このような携帯電話の着信音の音源ハードウエアの変遷に伴う着信音の状況について解説し, 「携帯電話の着信メロディは, 携帯オーディオ, カラオケを生んだ日本の文化ならでは」のもので, 本来の着信を知らせる機能に留まらず「現代の生活に新しい要素」となっていると述べている。繁華街などの騒音の大きな場所では, 触覚を利用する方が有利であろうと考えられ, 単にサインとしての機能だけが求められているわけではないサイン音の一例として挙げられる。

もちろん, 公共空間における音環境という側面から考えれば, あらゆる場所で突然流れる音楽(着メロ)は, 他者にとっては騒音以外の何者でもないと言える。しかし, 若

い世代では他人の着信音をうるさいとは感じておらず、同時に自らの着信音が周りへ及ぼす影響に留意していないという報告<sup>43)</sup>もある。最近では、着信音の音源の種類や音質が商品価値としてアピールされ、通話音質よりも声高に宣伝されており、携帯電話の着信音は、「着信を知らせるサイン音」ではなく「ファッションとしての着メロ」という新しいアイテムになっているといえるかもしれない。

1.2.1.1 および 1.2.1.2 で概観したように、重大な危険を伝える警告音や、聴取される状況がある程度限定される家電製品などでは、それらに限定した状況下でのサイン音と音響特性との関係の検討は多く見られる。しかし、サイン音による様々な情報伝達が行われている現状において、効果的な情報伝達手法を確立するためには、適用範囲を限定せずに、種々のサイン音とその意味内容との関係を明らかにすることが必要であると考えられる。

適用範囲を限定せずに、サイン音を総合的に捉え、その問題点や在り方を考察した報告も見られる。土田ら<sup>44)</sup>は、「音情報を社会的なシステムとして総合的に」捉え、さらにサイン音の特徴と問題点を述べ、その作用を整理している。水浪ら<sup>45)</sup>は、分かりやすいサイン音の設計のためには「音とその意味との対応関係に関する学習の容易性」が重要であるとし、聴感上の印象や識別のしやすさなどについて論じている。しかし、いずれも実証的な検討ではない。

また、携帯電話の着信音を例として示したように、サイン音が本来の目的から外れ、異なる目的を達成するアイテムに変化していることもある。吹鳴するタイミングの選択や、音の選定に十分な考慮がなされていない例も散見される。

サイン音が持ち得る意味内容を明らかにし、その意味内容を表現するために必要な音響特性を明らかにすることで、サイン音の現状の改善への手掛かりを示していくことが重要であろう。

## 1.2.2 サインを伝達するために聴覚を利用するという特徴について

ところで、サインの伝達に利用されるモダリティとしては、視覚と聴覚が多くを占める。携帯電話のバイブレーション機能を念頭においたサインとしての振動の研究<sup>46)47)</sup>などがあるが、触覚を用いたサインの伝達はごく限られた範囲のものである。

Deathridge は表 1.1 のように視覚表示と聴覚表示の選択基準を示している。前述のように、この基準は、サイン音全般に適用することには疑問があるが、表示される情報がランダムに発生する場合や、使用者の注意をすぐに喚起しなければならない場合にサイン音（聴覚表示）が有効であることを示している<sup>1)</sup>。1.1 でも触れたように、音の回折、透過などの性質は、視覚的な情報が得られない場所への情報の伝達を可能とする。

また、Caelli and Porter<sup>48)</sup> は、自動車内で聞く緊急自動車のサイレンによって緊急自動車の位置を判断することの難しさを示し、回転灯を用いて視覚的サインと聴覚的サインとを併用することの重要性を示しており、各モダリティの特徴を活かしたサインのデザインが重要であることが伺い知れる。

### 1.3 サイン音の擬音語表現

サイン音には意味内容が理解しやすいことと同時に、憶えやすいことも重要である。擬音語表現というものは、人間が音を記憶し識別する際の一つの側面を反映したものと考えられる。擬音語化しやすいサイン音は、憶えやすく、識別が容易であろう。また、様々なサイン音が存在する現状においては、擬音語表現を想定したサイン音を用いることで混乱を避けることも可能となろう。

擬音語表現を想定することで、より憶えやすく識別が容易なサイン音がデザインされることが期待され、混乱を避けることも可能になると考えられる。例えば、家電製品のマニュアルでも、サイン音を表現するとき、「1000Hz の純音」などという表現では利用者に理解されない。「ピーと鳴ったら」というように擬音語で表現された方が分かりやすい。1.2.1.2 節で触れた JIS S0013:2002<sup>33)</sup> でも、サイン音の吹鳴パタンの例として擬音語表現が併記されている。また、家電製品のサポートセンターなどで電話対応する場合にも、一意にサイン音を伝達できるという効果が期待される。

擬音語表現は、元の音の特徴を他者へ伝えるのに容易な手段であり、日常的によく用いられるものである。擬音語表現とは、「外界の音を写した言葉」<sup>49)</sup> であり、日本語の中では副詞的な使われ方で多く存在する。

### 1.3.1 擬音語表現と音の特性に関する既往の研究

擬音語表現と音の特性についての従来の研究として、擬音語によって表現された元の音の音響的特徴と擬音語表現の対応関係を調べ、音源の推定や評価に利用した研究が報告されている。例えば、田中ら<sup>51)</sup>は、機械から発生する異常音の音響的特徴と擬音語表現の関係を調べ、擬音語表現から音源の物理現象を推定している。また、高田らは、コピー機やプリンタなどのオフィス機器が発する音の音質評価に擬音語を利用することの可能性<sup>52)</sup>や、擬音語表現と環境音の主観評価との関係を示している<sup>53)</sup>。また、中川ら<sup>54)55)</sup>は、擬音語表現によってサイン音を分類し、その音響特性を伺い知ることが可能であることを示している。

上記の研究はいずれも、擬音語表現と音の特性の関係のうち、音を擬音語によって表現するという側面に関するものであるが、逆に、擬音語から音を再構築してイメージする側面についても、最近取り組まれはじめた。藤沢ら<sup>56)</sup>は、擬音語表記からイメージされる音の類似性判断実験と MDS によって検証している。また、擬音語表記からイメージされる音の SD 法による主観評価実験<sup>57)</sup>や、擬音語表記からイメージされる音と実際に聴取する純音の周波数との対応を検討した報告<sup>57)</sup>もみられる。しかし、擬音語から音を再構築してイメージする側面については、まだ未解明な点が多く残されている。

本論文では、サイン音の擬音語表現が、サイン音の機能イメージに影響を及ぼす音響特性を反映するものであると捉え、分析を行う。

## 1.4 本論文の目的

これまでに述べたように、サイン音はその伝えるべき機能イメージが適切に、かつ容易に理解できるようなサイン音デザインが必要であり、現在のサイン音には改善の余地がある。

サイン音は、何らかの意味・情報を人に伝えるために付加された音であるのだが、サイン音を聴取した人が、サイン音の伝達しようとしている情報を解釈できない、別の情報に取り違えて解釈してしまったなどの場合は、そのサイン音は本来の役割を果たしていないと言える。サイン音は誰にでも容易に理解される必要がある。

さらに、実際の生活の中でサイン音を耳にする場合、サイン音を吹鳴する機器と、吹鳴されるサイン音が唯一である場面はほとんどなく、複雑な状況の中で、様々なサイン音が存在している。サイン音は、意図する情報が異なるものと区別される必要がある。

これまでに、警報など意味内容を限定した場合や、家電製品の報知音などと場面を限定した形で、サイン音に関する研究は行われている。しかし、多種多様なサイン音が存在している現状において、効果的な情報伝達手法を確立するためには、適用範囲を限定せずに、種々のサイン音とその意味内容との関係を明らかにすることが必要である。そのため、検討対象とするサイン音を「警報音」「終了音」などに限定せず、機能イメージの相互関係、および機能イメージと音響特性との対応関係を明らかにすることを試みる。

また同時に、サイン音の憶えやすさや、区別の容易さも十分に考えられたデザインが必要である。なぜなら、単独では分かりやすいサイン音であっても、他の多くのサイン音が混在する中で聴かれた場合の混乱を避ける必要がある。本論文では、サイン音の擬音語表現が、サイン音の機能イメージに影響を及ぼす音響特性を反映するものであると捉え、サイン音の機能イメージと擬音語表現および音響特性との対応を総合的に考察することを試みる。

本論文では、サイン音の音響特性と機能イメージおよび擬音語表現の対応を検討し、吹鳴の時間パタンや、音高変化、周波数成分の特徴など、個々の音響特性の変化に対する機能イメージの変化を整理することを主題とする。

よりよいサイン音デザイン、つまり憶えやすく（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）サイン音デザインを目標とし、総合的なサイン音設計指針を考えるための知見を示すことを本論文の目的とする。

## 1.5 本論文の構成

第1章では、本論文の背景となるサイン音の現状と問題点について、これまでに行われてきた研究を踏まえて論じた。サイン音は、その伝えるべき機能イメージが適切に、かつ容易に理解できるようにデザインすることが必要であり、現在のサイン音には改善の余地がある。これまでに機能や利用場面を限定した形での研究は行われているが、多種多様なサイン音が存在している現状において、効果的な情報伝達手法を確立するために

は、適用範囲を限定しないで、種々のサイン音とその意味内容との関係を明らかにすることが必要であることを指摘した。また、サイン音の音響特性と機能イメージとの対応を整理する上で擬音語表現を取り入れる意義について論じた。

第2章では、実際に用いられているサイン音を用いて、機能イメージに関するカテゴリ判断実験と、擬音語表現を用いた自由記述表現実験を行い、機能イメージおよび擬音語表現と音響特性の対応を検討する。さらに、機能イメージ相互の関係の検討を行う。

第2章で得られる結果は、現状のサイン音の総合的な傾向を示すものであるが、それゆえ様々な音響特性が交錯した状況下の結果となる。そこで、個々の音響特性の変化に対する機能イメージおよび擬音語表現の変化を系統的に検討するため、合成音を用いて検証実験を行う。第3章では、第2章で得られた結果を元に、音の特性の変化、特に短音の繰り返しパタンや振幅の時間的変化の影響を検証する。一定の音高を持つ短音の吹鳴時間と断続時間のコントロールによるサイン音は、家電製品に付加されるサイン音で多くみられる。第3章では、振幅変調音の音響特性の変化に対する機能イメージおよび擬音語表現の変化の対応を検討する。振幅変調音を用いることで、短音の吹鳴と断続の繰り返しを含む、振幅の変化の影響を一般的に考察することが可能になる。第4章では、周波数変調音を用いて、音の高さの時間的変化に着目する。

JIS<sup>33)</sup>でも指摘されているように、サイン音の音色の違いは機器の判別に用いられることが望まれ、これらのような、単純な音の属性の変化によるサイン音の機能イメージの違いは、サイン音デザインの参考資料として重要なものとなる。また、第2章で対象とするサイン音は、実際に様々な場面で使われているものであるため、被験者の知識によって各機能イメージがもたらされる可能性もある。合成音を用い、音響特性を系統的に変化させることで、音響特性と機能イメージの対応をより一般的に考察することが可能となる。

最後に第5章で、各章で得られた結果を総合し、音の特性の変化に対する機能イメージおよび擬音語表現の対応をまとめ、総合的なサイン音設計指針を考える上での基礎的知見を示す。