

言語イメージと音の物理指標との対応に関する研究

Study on the Correspondence between Language Images and Physical Indexes of Sound

精密工学専攻 20号 黒瀬 和希
Kazuki Kurose

1. はじめに

近年、科学技術の発達により、製品の機能性は確立され、現代では人の感性を考慮した製品作りへと発展している^[1]。その際、五感の感性のうち、単刺激、または視覚刺激や聴覚刺激などの複合刺激に着目し、その感性を向上させる研究などが多数行われている^[2]。聴覚に着目すると、音色を形容詞などで表現し、音の特徴を形容詞や、関連する形容詞群をまとめた因子により把握することが行われている^[3]。ある形容詞など、語句に基づく感覚形成を音により強調することが行われるが、その感覚と音の特徴との対応が不明確であることが多い。また、ある製品の音色変更により、形容詞の変化を把握することは行われているが、一つの製品にとらわれない、概括的な語句の把握は行われていない。

そこで本研究では、まずテキストマイニングやコーディングを用いて、ある語句に対して人が思い浮かべる言語イメージの具現化を行う。人がある語句に対してどのような感覚でどのように捉えているのかを把握する。次に、聴覚に着目し、ある語句より連想される音を用いた音質評価を行うことで、その語句の印象を音の観点から特徴づける。さらに、音質変更による音質評価を行うことで、言語イメージと音の物理指標との対応を図る。最後に、音の物理指標の変更により言語イメージを高めることを検討し、言語イメージをより高めた音質設計を行う。

なお、本研究のすべての評価は、被験者に対し十分なインフォームド・コンセントを得て実施している。

2. 言語イメージの具現化

本章では、言語イメージの具現化を行うにあたり、ある語句から連想される言葉の把握を行う。まず、テキストマイニングを用いてある語句をどのように捉えているかを把握する。次に五感によるコーディングを行い、言語イメージをどのような感覚で捉えているかを把握する。

2.1 テキストマイニングによる分類

本節では、ある語句から連想される言葉を用いてテキストマイニングによる分類を行う。どのようにその語句を捉えているかを把握し、言語イメージの具現化を行う。

2.1.1 評価概要

様々な語句において、その語句を聞いて思いつく言葉を回答する自由回答式アンケートを実施する。回答時間は15分間とし、被験者は20代15名である。解析手法としてテキストマイニングによる分類を行う。言語イメージの具現化を行う語句として、製品開発する際に特徴づけたいと思われる語句を選択した。具体的には、「爽快」、「深み」、「潤い」、「楽しい」などである。以下に「爽快」における結果を記載する。

2.1.2 評価結果

Table 1に「爽快」における抽出語の上位20単語を示す。全回答数は347語、一人当たりの回答平均は23語、標準偏差は10語である。Table 1より、音を連想させるものや、オノマトペが入っており、爽快は聴覚で想起される可能性が高いことが示唆される。また、炭酸や水系、自然や冷感、広さ

Table 1 Top 20 most frequent words from Refreshing

Extracted words	Freq.	Extracted words	Freq.
Soda(炭酸)	12	Sunny(快晴)	5
Wind(風)	9	Light blue(水色)	5
Blue(青)	8	Cold(冷たい)	5
Ice(氷)	8	Refreshing(さわやか)	4
Sea(海)	7	Clang(カラン)	4
Beer(ビール)	6	Fizzy(シュワシュワ)	4
Mint(ミント)	6	Drive(ドライブ)	4
Water(水)	6	Pool(プール)	4
Cool(涼しい)	6	Summer(夏)	4
Shower(シャワー)	5	Sweat(汗)	4

Table 2 Simple tabulation by coding

Codename	Freq.	Ratio %
The sense of sight	126	36
The sense of hearing	67	19
The sense of touch	48	14
The sense of taste	24	7
The sense of smell	7	2

や夏を感じるものに爽快と感じる可能性が見られることが分かる。また、被験者から自由回答式アンケートを行ったのち、コメントを求めた。「夏っぽいものが連想されやすいと感じた。」や、「イメージはたくさん膨らんだが、言語化することが難しい。」などのコメントがあった。上記のことからも、テキストマイニングを用いて言語イメージを具現化することが有意義と考えられる。

2.2 コーディングによる分類

テキストマイニングでは、語句同士の分析だが、コーディングにより、語句の集まりによるコードを作成し、コード同士の分析を行うことができる。本研究ではどのように「爽快」を捉えているのか把握するため、五感によるコーディングを実施する。客観性向上のため3名でのコーディングを行う。

まず、コーディングによる単純集計を行った。その結果をTable 2に示す。Table 2より、視覚と聴覚の割合が高いことが分かる。また、コーディングによる類似度行列を算出し、五感の類似度を把握した。割合が高い順に、視覚 — 聴覚 (27%)、聴覚 — 嗅覚 (10%)、聴覚 — 触覚 (9%)、視覚 — 味覚 (8%) となった。よって、視覚と聴覚のマルチモーダルによる認知の寄与が大きいことが分かる。

他の語句においても同様の分析を行ったが、聴覚による寄与が大きい「爽快」に着目し、次章において音の物理指標との対応を探る。

3. 言語イメージと音の物理指標との対応

本章では、「爽快」による言語イメージと音の物理指標との対応を図り、「爽快」をより高める音質条件の把握を行う。

3.1 言語イメージによる音質の印象把握

本章では、2章にて行ったアンケートによる語句の音源を用いて爽快と感じる音質の印象把握を行う。

3.1.1 評価概要

本評価では、爽快と感じる音質の印象把握を目的とした主観評価を行う。評価手法は7段階尺度を使用したSD法絶対評価を用いる。評価形容詞対は14組用いる。評価音は、2章のアンケートより抽出された語句の音源を用いる。音源の詳細をTable 3に示す。音源のA特性音圧ピークレベルはすべて50 dBに統一する。評価は無響室で行い、評価音はヘッドホンで提示する。実験セットアップをFig. 1に示す。被験者は20代9名である。

各音源に対し、時間経過による音圧変化に着目する。音源1~3は音圧変化にあまり違いが見られず、定常的とみなせるため定常音とする。音源4~8は音圧変化があり、定常的ではなく、過渡的な応答とみなせるため非定常音(過渡音)とする。音源9, 10は過渡的な応答であり、かつ衝撃音とみなせるため非定常音(衝撃音)とする。以上のように本実験音源を定常音、非定常音(過渡音)、非定常音(衝撃音)の3種類に大別することができ、さまざまな音に対しても上記の3種類に大別することができる。

3.1.2 評価結果

因子分析を行い、美的因子、鋭利因子、静的因子の3因子を抽出した。Table 4に因子分析による因子負荷量を示す。美的因子は「好ましい」、「綺麗な」、「明るい」、「艶のある」などの形容詞が含まれており、寄与率が41.2%と高い。そのため、各因子の向上、特に美的因子を向上させる音質変更を行うことで爽快が高まる可能性が高いことが示唆される。

Fig. 2に美的因子と静的因子の因子得点の散布図を示す。大別した音源の詳細を見ると、定常音は美的因子がそれほど高くなく、ばらつきが小さいことが分かる。非定常音(過渡音)は音源によってばらつきが生じることが分かる。非定常音(衝撃音)は美的因子が高い傾向が見られる。美的因子に着目すると、定常音としては炭酸や波音の因子得点が高く、非定常音(過渡音)としてはグラスに注ぐ音、風鈴の音の因子得点が高い。非定常音(衝撃音)としては瓶開栓音の因子得点が高い。次に静的因子に着目すると、定常音は炭酸やシャワーの因子得点が高く、非定常音(過渡音)は風鈴や鳥と虫の因子得点が高い。非定常音(衝撃音)はししおどしの因子得点が高い。

次に、各音源の心理音響評価尺度を算出し、各因子得点との相関関係に着目する。Table 5, Table 6に各音源における因子得点と心理音響評価尺度を示す。美的因子は音の純音成分トナリティと正の相関(0.66)、音の衝撃性インパルスビネスと正の相関(0.44)があり、鋭利因子は音の粗さラフネスと負の相関(-0.34)がある。静的因子は音の大きさラウドネスと負の相関(-0.67)がある。よって、爽快と感じる音は周波数ピークを有し、衝撃性が高く、ラウドネスが小さい特徴を有する。

3.2 爽快と感じる音と物理指標との対応

本節では、爽快と感じる音と物理指標との対応を図り、爽快をより高めるための音質条件の把握を行う。

3.2.1 評価概要

評価手法はSD法絶対評価を用いる。評価音は、3.1節で大別した音において、代表音源として因子得点の良い音源を各1音用いる。定常音は炭酸音、非定常音(過渡音)はグラスに注ぐ音、非定常音(衝撃音)は瓶開栓音を用いる。3種類に大別した評価音に共通して因子得点の高い音質変更であれば、さまざまな音源に対し用いることができる。その他の実験条件は3.1節同様である。被験者は20代5名である。

Table 3 Sound information

Sound No.	Sound detail
1	Soda (炭酸)
2	Shower (シャワー)
3	Wave sound (波音)
4	Pour into a glass (グラスに注ぐ)
5	Wind chime (風鈴)
6	Stream (沢)
7	Birds and insects (鳥と虫)
8	Stir the ice (氷をかき混ぜる)
9	Bottle opening (瓶開栓)
10	Shishi-odoshi (ししおどし)



Fig. 1 Experiment setup

Table 4 Factor loading by Factor analysis

Evaluation Adjective Pair (+) (-)	Factor Name		
	Aesthetic	Sharp	Static
Preferable - Unpreferable	0.88	-0.34	0.11
Beautiful - Dirty	0.87	-0.22	0.05
Bright - Dark	0.83	0.00	0.03
Glossy - Mat	0.82	-0.11	0.21
Sharp - Dull	0.07	0.77	0.02
Hard - Soft	-0.32	0.55	-0.18
Fast - Slow	-0.23	0.54	-0.42
Calm - Violent	0.57	-0.25	0.70
Sober - Flashy	-0.34	0.02	0.59
Weak - Strong	0.46	-0.39	0.59
Contribution Ratio %	41.2	14.3	13.2
Cumulative Contribution Ratio %	41.2	55.5	68.8

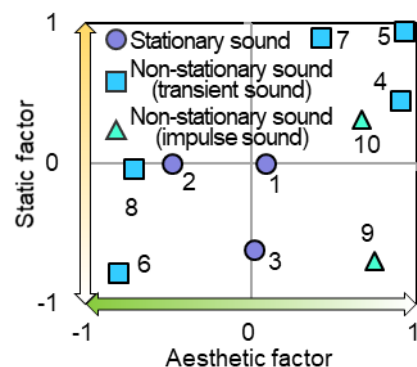


Fig. 2 Each factor score calculated by factor analysis

評価音の音質変更は、容易に音質変更できることを考慮し、周波数に着目する。広範囲における周波数の影響を調べるため、1/3オクターブバンドで定義された10種類の周波数帯を目立たせる。10種類の周波数帯をTable 7に示す。

3.2.2 評価結果

因子分析を行い、各評価音における美的因子の因子得点を算出し、正規化を行った。Fig. 3に美的因子の因子得点を示す。Fig. 3より、1000 Hz以下の周波数帯は得点が低く、2000 Hz付近の周波数帯は得点が高いことが分かる。よって爽快と感じる感性を音により高める際には、1000 Hz以下の低周波の音圧を下げる、または、2000 Hz付近の音圧を上げる音質

Table 5 Score for each factor of each sound source

Sound No.	Aesthetic factor	Sharp factor	Static factor
1	0.09	0.31	0.00
2	-0.48	0.24	0.01
3	0.02	-1.06	0.61
4	0.90	-0.08	-0.45
5	0.92	-0.34	-0.94
6	-0.80	0.08	0.78
7	0.43	-0.41	-0.89
8	-0.72	-0.36	0.04
9	0.75	0.94	0.70
10	0.67	-0.01	-0.31

Table 6 Rating scales based on psychoacoustics of each sound source

Sound No.	Loudness sone	Sharpness acum	Roughness asper	Fluctuation strength vacil	Tonality dB	Impulsiveness iu
1	8.40	4.55	0.009	0.007	0	0.39
2	9.75	3.79	0.014	0.008	1	0.34
3	12.80	1.89	0.022	0.014	0	0.30
4	11.30	1.60	0.031	0.059	1	1.33
5	5.99	4.11	0.018	0.016	6	0.59
6	11.50	2.76	0.017	0.013	0	0.32
7	9.98	3.49	0.009	0.017	1	0.34
8	12.80	2.52	0.050	0.055	2	1.65
9	12.30	0.48	0.017	0.080	6	2.11
10	7.05	2.36	0.020	0.110	4	1.35

変更を行うことが効果的と推察される。また、本実験に用いた各評価形容詞の最高得点を周波数に対応して布置したグラフを Fig. 4 に示す。布置をすることで、高めたい感性の形容詞と周波数に対応させることができ、爽快のみならず、異なる語句に対応した周波数フィルタを設計することも可能^[4]となる。

4. 言語イメージを強調した音質設計

本章では、2 章、3 章において着目してきた「爽快」の言語イメージを強調した音質設計を行う。音源として、非定常音（衝撃音）の瓶開栓音に着目し、音質設計を行う。まず、瓶開栓の発音メカニズムを把握し、次に爽快に着目した音質変更を3章の結果を参考にし行う。

4.1 瓶開栓の発音メカニズム

本節では、ビール瓶における瓶開栓時の発音メカニズム把握をハンマリングによる振動モード解析、瓶開栓時の音測定を行い、把握する。

4.1.1 ハンマリングによる振動モード解析

ビール瓶の振動特性を把握するため、ハンマリングによる振動モード解析を行う。使用するビール瓶を Fig. 5 に示す。瓶開栓時を想定して、栓抜きが当たる瓶上部を加振点とする。加振点は1点である。応答点は高さ方向に5点等間隔で設定し、円周方向に6点等間隔で設定する。よって応答点は30点である。

以下に振動モード解析の結果を示す。振動モード1は35 Hzに高さ方向の一次曲げが現れ、振動モード2は1230 Hzに瓶上部において円周方向の曲げが発生する。Fig. 6 に示す2035 Hzにおける瓶の振動モード3は瓶下部において円周方向の曲げが発生する。同様に2045 Hz、2880 Hz、3300 Hz、6423 Hzにおいても振動モード4、5、6、7が存在する。

4.1.2 瓶開栓音の特性把握

本節では、瓶開栓時の音を測定し、考察を行う。また、瓶

Table 7 Filtering pattern

Center frequency Hz	Filtering frequency Hz
100	90 - 112
250	224 - 280
500	450 - 560
1000	900 - 1120
2000	1800 - 2240
3150	2800 - 3550
4000	3550 - 4500
5000	4500 - 5600
6300	5600 - 7100
8000	7100 - 9000

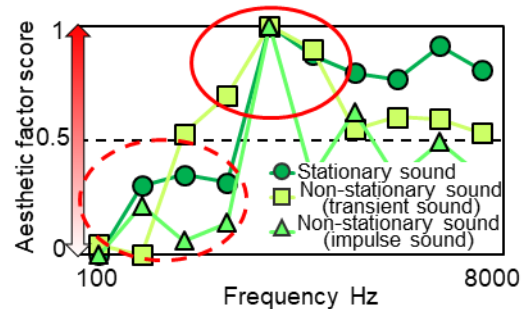


Fig. 3 Aesthetic factor score

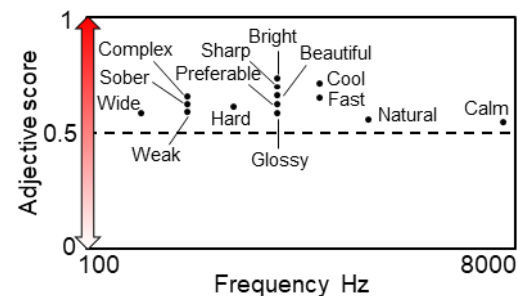


Fig. 4 Correspondence between adjectives and frequency of each sound

開栓時の手による拘束の違いにより開栓音に変化があるか確認する。拘束点は、瓶上部と瓶下部の計2か所である。

Fig. 7 に上拘束による瓶開栓音のスペクトログラムを示す。Fig. 7 より、音が瞬時に立ち上がり、すぐに収束することから衝撃音であることが分かる。また、2000 Hz 付近において残響するピークが存在することが分かる。このピークは振動モードを参照すると、Fig. 6 の振動モード4や振動モード4と一致し、瓶の下部による円周方向の曲げによるものであることが分かる。

次に、Fig. 8 に下拘束による瓶開栓音のスペクトログラムを示す。Fig. 7 に比べ、残響する2000 Hz 付近のピークが確認できない。これは、2000 Hz 付近に存在していた振動モードが、振動モード3、4、6のように瓶下部が振動する振動モードであり、手によって励起されなかったためと考えられる。また、Fig. 7 と比べ、音が放射される瞬間が一つにまとまっていないことが分かる。初めに4000 Hz 以上に存在する音が放射され、次に低周波が含まれた音が放射される。瓶開栓時の栓抜き部分と拘束点が上拘束に比べ距離が遠くなり、開けづらくなったことに起因すると考えられる。初めに放射される4000 Hz 以上の音を聴取するとガスの抜ける音であることが分かる。低周波においては、大きな違いは見られない。

4.2 音質変更による印象把握

本節では、3章によって爽快が高まると感じる1000 Hz 以下の低周波の音圧を下げ、2000 Hz 付近の音圧を上げる音質



Fig. 5 Beer bottle to use

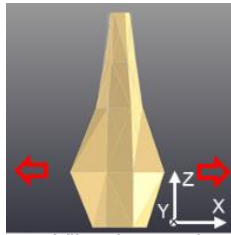


Fig. 6 Vibration mode of the bottle(2035 Hz)

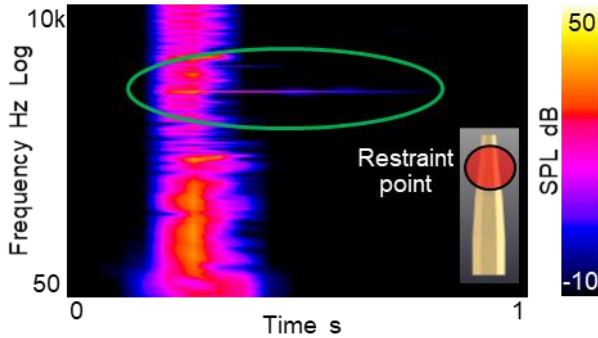


Fig. 7 Spectrogram of bottle opening sound in upper restraint

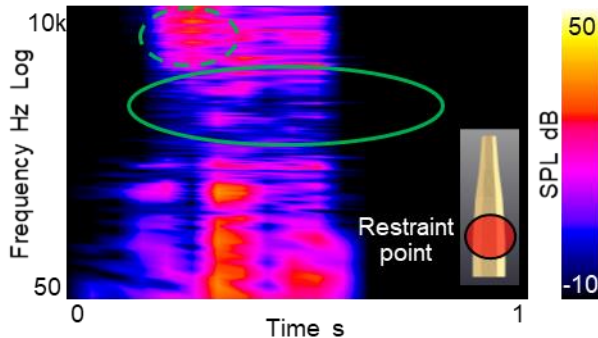


Fig. 8 Spectrogram of bottle opening sound in lower restraint

変更の検証し、より詳細な検討を行う。

4.2.1 評価概要

本評価で用いる音は上拘束による瓶開栓音とし、4章において爽快を高める可能性がある周波数変更を用いて音質変更を行う。着目する周波数は1000 Hz以下と2000 Hz付近である。1000 Hz以下の周波数は音圧を低下させ、2000 Hz付近の周波数は音圧を上昇させるフィルタを作成する。また、フィルタの強さを変えることにより、1000 Hz以下と2000 Hz付近がどれほど爽快に寄与しているのかを把握する。

音源の詳細をTable 8に示す。使用するフィルタは1000 Hz以下を低下させるフィルタ、さらに低下させるフィルタの2種類、2000 Hz付近を上昇させるフィルタ、さらに上昇させるフィルタの2種類、計4種類である。評価方法はシェッフェの対比較法(中屋の変法)^[5]とし、「爽快」について7段階評価とする。その他の実験条件は3.1節同様である。

4.2.2 評価結果

各音源における平均嗜好度をFig. 9に示す。Fig. 9より、Aに対し、B、Dにおける平均嗜好度が高いことが分かる。この結果より、1000 Hz以下の低周波の音圧を下げる、または、2000 Hz付近の音圧を上げる音質変更を行うことが効果的であることが分かる。また、1000 Hz以下における音源変更における嗜好度の変化が大きい。よって、爽快においては低周波の影響が大きいことが分かる。C、Eにおいては、Aに対し平均嗜好度が低い。これにより、フィルタを強くかけすぎ

Table 8 Sound information

Sound No.	Sound detail
A	Original
B	Under 1000 Hz down
C	Under 1000 Hz more down
D	Around 2000 Hz up
E	Around 2000 Hz more up

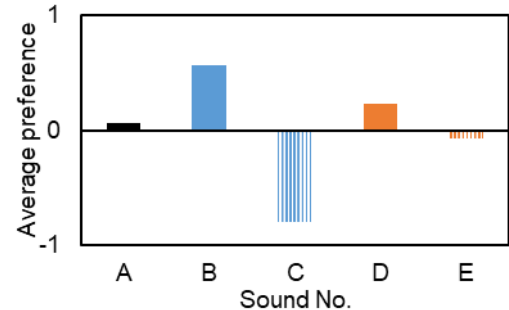


Fig. 9 Average preference for each sound source

ると爽快における平均嗜好度が下がることが分かる。よって、瓶開栓音において、爽快は低周波の影響が大きく、適度なフィルタをかけることによって爽快を高めることができる。また、4.1節を加味すると、2000 Hz付近におけるピークを有する上拘束における瓶開栓が適切であると考えられる。

5. 研究成果

- (1) 爽快から想起される言葉には音を連想させるものが多く、聴覚による想起が多い。また、炭酸や水系、自然や冷感、広さや夏を感じるものに爽快と感ずる可能性が見られ、視覚と聴覚のマルチモーダルにより認知することを把握した。
- (2) 主観評価による音質評価より、爽快と関連のある形容詞を把握し、心理音響評価尺度と各因子の相関より、聴きどころとなる周波数ピークを有し、ラウドネスが小さい特徴を有することを把握した。
- (3) 周波数による音のフィルタリングより、周波数と各語句の関係性を把握した。爽快に着目すると、1000 Hz以下の音圧を下げ、2000 Hz付近の音圧を上げることで爽快を高めることができる。
- (4) 応用例として、ビール瓶開栓音に着目した。ビール瓶の発音メカニズムを把握し、音質評価を行うことで爽快を高める効果の確認を行い、1000 Hz以下を変更することがより効果的であることが示唆された。

参考文献

- (1) 戸井武司, 感性価値を高める快音設計, 日本設計工学会誌, 53(9), (2021)pp.653-658.
- (2) 黒瀬和希, 戸井武司, 食欲に対する聴覚と視覚に基づくモデル構築, 日本音響学会講演論文集(春), (2021)pp.1187-1188.
- (3) 上田和夫, 音色の表現語に階層構造は存在するか, 日本音響学会誌, 44(2), (1988)pp.102-107.
- (4) 黒瀬和希, 戸井武司, 言語イメージの具現化と音の物理指標との対応, 日本音響学会講演論文集(春), (2022)1-11-17.
- (5) 高木栄行, 使える!統計検定・機械学習—III—主観評価実験のための有意差検定, システム/制御/情報, 58(12), (2014)pp.514-520.