2009－SLP－75（10）
2009／2／7

受信感性情報量の計測とその解釈条件による違い

佐藤 真梨†　　相川 清明‡

†東京工科大学メディア学部 〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1

E-mail: † m0105216d8@mss.teu.ac.jp,　‡ aik@media.teu.ac.jp

あらまし　これまで、音を感性伝達媒体とみなした場合の、効果音楽から受け取る感性情報の解釈のあいまいさを、回答によって得られた感性ベクトル空間の確率分布から分散によって求め、報告をしてきた。本報告では、その分散から感性伝達媒体の解釈のあいまいさにあたる、情報損失量を得る方法を述べる。そして情報の送信者と受信者の間で共有される環境条件を、送信情報を解釈するキーとして組み合わせた場合の伝達効率を、感性情報の損失量の変化から調査した。これまでの報告から求めた情報損失量は、環境条件を組み合わせた場合減少していることがわかった。今回行った実験では逆に増加してしまった。これは組み合わせた環境条件そのものの情報損失量が多かったことから、環境条件の解釈が個人間で共有されなかったためと考えられる。

キーワード　感性情報, 情報量, 解釈条件, 効果音, 伝達

On Measuring Emotional Information Amount

Mari SATO †　and　Kiyoaki AIKAWA ‡

† School of Media Science, Tokyo University of Technology

1404-1 Katakura-cho, Hachiouji-shi, Tokyo, 192-0982 Japan

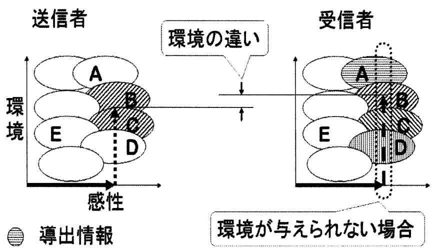
E-mail: † m0105216d8@mss.teu.ac.jp　‡ aik@media.teu.ac.jp

Abstract　This report describes a method for measuring emotional information amount transferred by music. Previous report described about the variance of the distribution of received emotional vectors. This report derives the information loss from the variance of the received emotional vectors. The lost information corresponds to the equivocation. The amount of information loss was measured for the emotional information transferred by music. The effects of seasonal information given for understanding the music were analyzed. The information loss was increased for the combination of seasonal conditions and music in this experiment

Keyword　Information amount,　Mutual information, Emotion, Multimodal communication

1. はじめに

前回の報告では、音や絵を感性伝達媒体とみなし、情報の送信者と受信者の間で共有される環境条件を、送信情報を解釈するキーとして組み合わせた、効率の良いコミュニケーションモデルを提案した。（図 1）そして被験者実験により、受信する感性情報に個人間でばらつきがある効果音楽に対し季節条件を与えると、解釈のばらつきが減少するという結果を得た[1]。本報告では、効果音楽を用いた感性伝達における感性情報量を計測する方法を提案し、効果音楽と環境条件を組み合わせた場合、受信される感性情報量はどの程度失われるのか、実験データの感性情報量を計測する。



環境条件が欠けた場合、送信者が B,C という情報を送信しても、受信者は A,B,C,D というあらゆる状況を連想する。従って、連想する項目は増加する

図 1　環境条件を組み合わせた感性伝達モデル

2. ベクトル空間法による感性表現

本報告では、効果音楽を聴いた時に感じた感性を 8 感性項目（表 1 8感性項目表 1）5 段階（表 2）で表現している。

表 1 8感性項目

感性項目	選択肢数
楽しさ	5
悲しさ	5
恐怖	5
落ち着き	5
怒り	5
不気味さ	5
明るさ	5
爽やかさ	5

表 2 5段階評価

度合	意味
1	非常に遠い
2	やや遠い
3	どちらとも言えない
4	やや近い
5	非常に近い

3. 評価軸上での情報の密度

以前の報告では、受信情報の解釈のばらつきを、回答によって得られた 40 ベクトル空間の確率分布から分散によって求め、比較した。本報告では、環境条件による情報の伝達効率の変化を調査するために、情報量で解釈のばらつきを表現したい。解釈にばらつきが出るということは各項目での生起確率が減少し、情報量が多くなるということである。

送信情報は 8 感性項目のそれぞれを 5 段階で表した 40 次元のベクトルである。そこで、単位評価値範囲あたりの情報量という考え方を導入する。すなわち、連続的な評価値軸における評価値幅 1 を、離散的な 1 事象に相当させる。

$$H = \sum_{i=1}^{N} p_i \log \frac{1}{p_i}$$
$$= \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{L}\frac{L}{N}\log(L)$$
$$= \log(L) \tag{1}$$

$$H = \sum_{i=1}^{N} p_i \log \frac{1}{p_i}$$
$$= \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{L}\frac{L}{N}\log(L)$$
$$\lim_{N\to\infty} \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{L}\frac{L}{N}\log(L)$$
$$= \lim_{\Delta x\to 0} \sum_{i=1}^{a/\Delta x} \frac{1}{L}\Delta x \log(L)$$
$$= \int_0^a \frac{1}{L}\log(L)dx$$
$$= \log(L) \tag{2}$$

確率密度関数を $p(x)$ としたときに一般式は以下のように導ける。

$$H = \lim_{\Delta x\to 0} \sum_{i=-\infty}^{\infty} p(i\Delta x)\Delta x \log \frac{1}{p(i\Delta x)}$$
$$= -\lim_{\Delta x\to 0} \sum_{i=-\infty}^{\infty} p(i\Delta x)\Delta x(\log p(i\Delta x))$$
$$= -\int_{-\infty}^{\infty} p(x)\log p(x)dx$$
$$= \int_{-\infty}^{\infty} p(x)\log \frac{1}{p(x)}dx \tag{3}$$

これは、いわゆる連続系でのエントロピーに一致する。

確率密度関数が平均μ、分散σ^2の正規分布

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \tag{4}$$

で与えられる場合には以下のようになる。

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$
$$\log p(x) = \log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)$$
$$\log\left(\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)\right)$$

$$\log\left(\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)\right)$$
$$=\log\left(\left(2^{\log e}\right)^{\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}\right)$$
$$=(\log e)\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

(5)

$$p(x)=$$
$$\log p(x)=\log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)$$
$$+\log\left(\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)\right)$$
$$=\log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)+(\log e)\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

(6)

エントロピーは

$$H=-\int_{-\infty}^{\infty}p(x)\log p(x)dx$$
$$=-\int_{-\infty}^{\infty}p(x)\left(\log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)dx$$
$$=-\int_{-\infty}^{\infty}p(x)\left(\log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)\right)dx$$
$$-\int_{-\infty}^{\infty}p(x)(\log e)\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)dx$$

(7)

で与えられる。
ここで、

$$y=\frac{x-\mu}{\sigma}$$

(8)

と変数変換すると、

$$\frac{dy}{dx}=\frac{1}{\sigma}$$
$$dx=\sigma dy$$

(9)

となるから、エントロピーは。

$$H=-\log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)\int_{-\infty}^{\infty}p(x)dx$$
$$+\frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty}y^2\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left(-\frac{1}{2}y^2\right)\sigma dy$$

(10)

となる。また、ここで

$$\int_{-\infty}^{\infty}p(x)dx=1$$

(11)

であることを第1項に適用し、第2項に部分積分を適用すると、

$$H=-\log\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\right)$$
$$+\frac{1}{2}(\log e)\left[\frac{y}{-1}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{1}{2}y^2\right)\right]_{-\infty}^{\infty}$$
$$-\frac{1}{2}(\log e)\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{-1}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{1}{2}y^2\right)dy$$

(12)

となる。右辺第2項は無限大で0となるから、第1項と第3項だけが残る。第2項は正規分布の積分に係数がかかったものとなるので、

$$H=\log\left(\sqrt{2\pi}\sigma\right)$$
$$+\frac{1}{2}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{1}{2}y^2\right)dy$$
$$=\log\left(\sqrt{2\pi}\sigma\right)+\frac{1}{2}\log e$$
$$=\log\left(\sqrt{2\pi}\sigma\right)+\log\left(e^{\frac{1}{2}}\right)$$
$$=\log\left(\sqrt{2\pi}\sigma e^{\frac{1}{2}}\right)$$
$$=\log\left(\sqrt{2\pi e}\sigma\right)$$

(13)

となる。
すなわち、ある1つの送信情報に対する回答の分布のエントロピーは分散の定数倍の対数となっている。

$$\sqrt{2\pi e}=4.1327$$

(14)

であるから、標準偏差σが1のとき

$$H = \log\left(\sqrt{2\pi e}\sigma\right)$$
$$= \log(4.1327)$$
$$= 2.0471$$

(15)

となる。このエントロピーは、一様分布においては 4.1327 段階評価に相当する。

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\pi e}}$$
$$= 0.3422$$

(16)

のときには

$$H = \log\left(\sqrt{2\pi e}\frac{1}{\sqrt{\pi e}}\right)$$
$$= \log\left(2^{\frac{1}{2}}\right)$$
$$= \frac{1}{2}$$

(17)

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2\pi e}}$$
$$= 0.2420$$

(18)

のときには

$$H = \log\left(\sqrt{2\pi e}\frac{1}{\sqrt{2\pi e}}\right)$$
$$= \log(1)$$
$$= 0$$

(19)

エントロピーが 0 ということは、離散分布の場合にはある評価値に結果が集中している状態にあたる。

エントロピーが 1 となる条件すなわち 2 択相当は

$$\sigma = \frac{2}{\sqrt{2\pi e}}$$
$$= 0.4839$$

(20)

のときに得られる。

4. 感性伝送における相互情報量

情報の送信側でのシンボル a_i の生起確率を $p(a_i)$ とする。あるシンボル b_j を受信したとき、送信シンボルが a_i である確率を $p(a_i \mid b_j)$ と書く。

シンボル b_j を受信することにより情報がどのくらいあいまいで無くなったかは送信側での情報量と受信側での情報量の期待値の差すなわち相互情報量で表わされる

ここで、送信情報が等確率で発生する場合、すなわち、$p(a_i)$ が等確率の場合を考える。送信側エントロピーは

$$H(A) = \sum_{i=1}^{N} p(a_i)\log\frac{1}{p(a_i)}$$
$$= \sum_{i=1}^{N}\frac{1}{N}\log\frac{1}{\frac{1}{N}}$$
$$= \log N$$

(21)

である。また、あいまい度は

$$H(A|B) = \sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{N} p(a_i|b_j)\log\frac{1}{p(a_i|b_j)}p(b_j)$$
$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} p(a_i,b_j)\log\frac{1}{p(a_i|b_j)}$$

(22)

であるが、Bayes の定理から

$$p(a_i|b_j)p(b_j) = p(b_j|a_i)p(a_i)$$
$$p(a_i|b_j) = \frac{p(b_j|a_i)p(a_i)}{p(b_j)}$$

(23)

であるから、

$$H(A|B) = \sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{N} p(a_i|b_j)\log\frac{1}{p(a_i|b_j)}p(b_j)$$
$$\sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{N} p(b_j|a_i)p(a_i)\log\frac{p(b_j)}{p(b_j|a_i)p(a_i)}$$

(24)

と書くことができる。均等確率の場合には伝送特性が送信符号に依存しないとすると、送信情報の分布が一様であれば、受信情報の分布も一様で、

$$p(a_i)=\frac{1}{N}$$
$$p(b_j)=\frac{1}{N}$$

(25)

であることを代入すると、

$$H(A|B)=$$
$$\sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}p(b_j|a_i)p(a_i)\log\frac{p(b_j)}{p(b_j|a_i)p(a_i)}$$
$$=\sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}p(b_j|a_i)\frac{1}{N}\log\frac{1}{p(b_j|a_i)}$$
$$=\sum_{j=1}^{M}p(b_j|a_i)\log\frac{1}{p(b_j|a_i)}$$

(26)

となる。
したがって、相互情報量は

$$I(A;B)=H(A)-H(A|B)$$
$$=\log N-\sum_{j=1}^{M}p(b_j|a_i)\log\frac{1}{p(b_j|a_i)}$$

(27)

となる。$p(b_j|a_i)$は、ある感性ベクトルを曲として送信したときに受信側での感性ベクトルの確率分布に相当する。間違いなく送信側の情報が受信者に伝われば、$logN$の情報が伝わることになるが、実際は曲に符号化し、曲から感性に復号化するときに情報が失われる。その情報損失量は、あいまい度に相当する。
１つの曲を送った時の標準偏差をσとするとあいまい度は

$$H(A|B)=\log\left(\sqrt{2\pi e}\sigma\right)$$

(28)

となる。

5. 効果音を用いた環境条件付加による解釈情報変化の測定

環境条件付加による解釈情報の変化を計測するために、被験者実験を行った。

5.1. 実験方法

被験者 21 人に、Windows Media Player の再生リストを用いて1つ10秒ほどの効果音楽122曲をランダムに聴いてもらい、それぞれの曲に対して感じた感性を 8 感性項目 5 段階で評価してもらうことにより、感性ベクトル値を得た。回答は感性項目ごとに該当する段階のマスを塗りつぶしてもらった。被験者を付加する条件の種類、条件の有無で 3 つのグループに分けた。(図 2 における A,B,C) それぞれの曲で付加条件が、「なし」「夏」「冬」の場合の効果音楽に対する感性ベクトル値が各グループ 7 人ずつ得られる。同じ被験者で同じ効果音楽を利用しての実験を数回行うと先入観のため、あとに行う実験の結果に影響が出る恐れがあり、このような形をとった。被験者全員が日本人であるため、おおよそ共通する認識を持っていると考えられる四季の「夏」と「冬」を付加条件に利用した。

同時に、被験者に条件そのものに対する感性を 8 感性項目につき 5 段階で答えてもらい、条件そのものに対する感性ベクトル値を調べた。

利用した効果音楽は、効果音検索システム Sound Advisor のデータベース[2]のものであり、すべて 10 秒前後に編集した。

	A	B	C
音1	夏	冬	なし
音2	冬	なし	夏
音3	なし	夏	冬
⋮	⋮	⋮	⋮

図 2　付加条件と被験者グループの組み合わせ

5.2. 結果分析

効果音ごとに被験者全員の感性ベクトルの 8 感性項目別に分散を求め、効果音楽に対する被験者全員の回答のばらつきである分散を得る。そして感性項目ごとに分散の平均値をとる。分散から標準偏差を計算し、式(28)により情報損失量をもとめる。全曲の平均をとった条件ごとの情報損失量は、条件なしが 13.40、「夏」の条件が、「冬」の条件が 14.01 であった。また、季節による条件を付加していない場合の分散が中央値より大きいもの、つまり個人間で感性のばらつきが大きかったものでみると条件なしが 15.03、「夏」の条件が 15.21、「冬」の条件が 15.09 であった。(表 3) その中で、季節条件付加により付加以前に比べ感性ベクトル値の情報損失量が減少したものは 30 曲、増加したものは 32 曲であり、大きな差は見られなかった。

被験者の季節条件そのものに対する感性のばらつきである分散は、「夏」 0.74、「冬」 1.13 であり、情報損失量は「夏」 13.43 「冬」 16.76 であった。(表 4)

表 3 個人間の解釈に差があった効果音楽に対する感性ベクトル値の情報損失量

季節条件「夏」	15.21
季節条件「冬」	15.09
季節なし	15.03

表 4 季節条件そのものに対する感性ベクトル値の情報損失量

夏	冬
13.43	16.76

5.3. 前回報告における情報損失量

以前報告した実験における分散から式(28)で情報損失量を求めると、条件なしが 14.70、条件ありが 14.70 であった。季節による条件を付加していない場合の個人間で感性のばらつきが大きかったもので見ると条件なしが 16.48、条件ありが 15.73 であった。

また、季節条件そのものに対する感性ベクトル値の情報損失量は「春」12.21「夏」15.15「秋」14.68「冬」17.69 であった。

表 5 個人間の解釈に差があった効果音楽に対する感性ベクトル値の情報損失量（SP2008）

季節条件あり	15.73
季節条件なし	16.48

表 6 季節条件そのものに対する感性ベクトル値の情報損失量(SP2008)

春	夏	秋	冬
12.21	15.15	14.68	17.69

6. まとめと考察

受信する感性情報に個人間でばらつきがある効果音楽に対し季節条件を与えると、解釈のばらつきが減少するという前回の結果は、情報損失量でみても減少しているということがわかった。

今回の実験の結果では、環境条件付加により情報損失量が増加するという結果になった。考えられる原因として、付加した季節条件そのものに対する情報損失量が「夏」13.43、「冬」16.76 と大きく、個人間の解釈があいまいだったことがあげられる。以前の報告でも「夏」と「冬」は感性ベクトル値の情報損失が大きく、「春」と「秋」は比較的分散が小さかった。（表 6）このことは付加した季節条件「夏」と「冬」が情報の送信者と受信者の間で共有されていなかったと考えられ、あいまいな環境設定があいまいな解釈につながってしまったといえる。

また、今回の実験では、効果音楽ごとの感性ベクトル値と、付加した条件に対する感性ベクトル値との相違度が大きかった。相違度は以下の式で与えられる[1]

$$A = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8}\left|X_i - Y_i\right| \tag{29}$$

前回の実験では効果音楽に対しての感性ベクトル値と付加した季節条件に対する感性ベクトル値との相違度が「春」1.04「夏」1.25「秋」0.98「冬」1.05 であったことに対し、今回は「夏」1.38「冬」1.23 と高くなっていた。効果音楽に対して不自然な条件を提示してしまっていたことも情報の損失を大きくした原因であると考えられる。

7. おわりに

本報告では、感性伝達媒体として効果音楽を用い、それから受け取る感性ベクトルの分布から情報量を得て、感性の伝達効率を情報論的に測定する方法を提案した。

音を感性伝達媒体とみなし、情報の送信者と受信者の間で共有される環境条件を、送信情報を解釈するキーとして組み合わせた場合の伝達は、個人間での解釈に大きなばらつきのある環境条件の付加や、効果音楽ごとの感性ベクトル値と、付加した条件に対する感性ベクトル値との相違度が大きい環境条件の付加は、かえって情報損失量を増加させることがわかった。

謝辞

実験に協力して頂いた方々に心より感謝致します。本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号 18500141）の援助を受けた。

参考文献

[1] 佐藤 真梨、相川 清明," 効果音を用いた感性伝達における受信感性情報の変化",SP2008-102, pp. 137-142, (2008-12).

[2] 相川清明、谷島加奈子, "ベクトル空間法を用いた相対的感性表現による音検索", 情報処理学会研究報告, 2006-SLP-65, pp.5-10, (2007-02)