

オノマトペが属する五感の推定

Which sense does an onomatopoeia belong to?

仲村哲明^{1*} 宮部真衣¹ 荒牧英治^{1,2}
Tetsuaki Nakamura¹ Mai Miyabe¹ Eiji Aramaki^{1,2}

¹ 京都大学 学際融合教育研究推進センター デザイン学ユニット

¹ Unit of Design, Center for the Promotion of Interdisciplinary Education and Research,
Kyoto University

² 科学技術振興機構 さきがけ

² JST PRESTO

Abstract: This study aims to develop a system which visualizes subjective information. Focusing on onomatopoeias as such information, we estimate which senses an onomatopoeia belongs to among “touch”, “taste”, “smell”, “hearing”, “sight”, “pleasure (positive)” and “unpleasure (negative)”. For this purpose, we use a machine learning method (Support Vector Machine) which utilizes phonetic symbols and the number of occurrences of them in the onomatopoeia. Then, the experimental result for evaluation demonstrates that (1) the best performance is achieved for “hearing” and “sight”, and (2) the performance of the classifier is similar to that of human. Finally, we propose the system which creates city maps displaying distribution of subjective information for senses.

1 はじめに

世の中には膨大かつ多様な情報が存在し、それらを可視化するシステムが必要とされている。例えば、気候変動による被害状況の可視化システム [Houghton 12]、大気汚染の予測結果を可視化するシステム [菅田 11]、サイバー攻撃の状況を把握するシステム [Suzuki 11]、全国の地中および地表の揺れをリアルタイムで把握するシステム¹ などがある。このように、客観的な情報の可視化技術は、環境がどのような状況であるかを直感的に把握できるようにすることで、我々の生活を支えている。

一方、我々を取り巻く環境には、客観的な情報だけでなく、気温、湿度、食感、環境音など、五感とその快不快に関する主観的な情報も豊富である。このような情報は、一般的に言語によって表現される。特に、日本語においては、オノマトペ（擬音語や擬態語）によって、客観的な情報とその情報に対する主観を効率よく伝えることができる。例えば、気温や湿度に関しては「ポカポカ（暖かくて心地良い）」や「ジメジメ（湿度

が高く不快）」などの表現を使うことができ、「サクサク（歯ごたえが適度で心地良い）」や「モチモチ（粘り気があって心地良い）」などの表現によって食感を表すことができる。環境音に関しては、「ガヤガヤ（音が大きくて不快）」や「ワイワイ（音が大きくて楽しげ）」などの表現がある。

このように、我々の周囲には主観的な評価情報（感性情報）と一体となった情報が満ち溢れている。そのため、これらの情報を可視化できれば、特定の感性情報（例えば、「聴覚に関する不快な情報」）がどの地域に密集しているかなどを捉えることが可能になる。

本研究では、このような技術の確立を目指し、様々なオノマトペに関して、それらが五感（触覚、味覚、嗅覚、聴覚、視覚）のどの感覚カテゴリに属するのか、また、その表現が快・不快のどちらに属するのかを判定する。

まず、本研究では、オノマトペがどの感覚カテゴリに属するかを機械学習によって判定する。学習手法としては、Support Vector Machine (SVM) [Cortes 95] を用いる。これにより、慣習的に使用されるオノマトペや新奇なオノマトペが属する感覚（五感および快・不快）の判定を試みる。次に、開発したシステムの評価を行い、オノマトペが属する感覚カテゴリの判断に関する、人間と機械の違いなどを考察する。

*連絡先：京都大学 学際融合教育研究推進センター
京都市下京区中堂寺粟田町 91
京都リサーチパーク 9 号館 5 階
E-mail: tetsuakinakamura8@gmail.com

¹ 強震モニタ（独立行政法人 防災科学技術研究所）
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/kyoshinmonitor.html>

2 関連研究

オノマトペの印象形成には、そのオノマトペを構成する音が影響すると言われている [田守 99]。また、オノマトペに限らず、プーバ・キキ効果 [Ramachandran 01] に見られるように、特定の音が特定の印象と結びついている現象は音象徴 (sound symbolism) [Hinton 95] として知られている。藤澤ら [藤沢 06] や Ueda et al. [Ueda 12] では、オノマトペの印象を表す複数の感性尺度を想定し、各尺度の値を数量化理論 I 類によって推定している。また、オノマトペではないが、言葉の持つ印象をその音韻的特徴を手がかり情報として解析している研究もある。例えば、ファジィ積分を用いて与えられた言葉の印象を推定する研究 [長町 93] や、キャラクタの名前の音韻的特徴とそのキャラクタの強さの印象の組み合わせを SVM によって学習し、強そうな印象の名前や弱そうな印象の名前を自動生成する研究 [三浦 12, Aramaki 12] がある。

本研究においても、与えられたオノマトペをあらかじめ想定した音韻記号で表現し、SVM の素性として用いる。ただし、印象を表す感性尺度の値を推定するのではなく、オノマトペの属するカテゴリを推定する点が先行研究とは異なる。

3 材料：対象とするオノマトペ

本研究では、ミニブログサイト Twitter²における、2011 年 7 月 15 日から 2012 年 7 月 31 日までの日本語の投稿 (以降、ツイートと表記) を収集し、これらのツイート (24,817,903 ツイート) から抽出されたオノマトペを学習に用いた。

抽出されるオノマトペは、抽出のしやすさを考慮し、片仮名表記で繰り返し構造を持つ表現 (“ドキドキ”, “チャリンチャリン” など) で出現回数が 10 回以上のものとした。ただし、機械による抽出の後、3 名の判定による多数決を行い、オノマトペではないと判断されたもの (“ジョジョ”, “ヤバイヤバイ”, “トイレトイレ” など) を除外した。結果的として、本研究で使用するオノマトペの数は 845 (異なり数) となった。その一部 (延べ出現回数が上位 20 までのもの) を表 1 に示す。

4 手法

4.1 素性

オノマトペを表現するための音韻記号としては、先行研究 [藤沢 06, Ueda 12] を参考に、表 2 に示す 22 種類の記号を用いる。なお、「アイウエオ」(以降では、小

表 1: 本研究で使用するオノマトペの一部 (出現回数が上位 20 までのもの)

オノマトペ	出現回数	オノマトペ	出現回数
イライラ	10968	ガリガリ	3450
ギリギリ	9625	ニヤニヤ	2898
ドキドキ	8353	ガンガン	2697
ジメジメ	7966	ダラダラ	2638
ワクワク	7721	キラキラ	2570
ガラガラ	5241	パンパン	2482
ニコニコ	5174	ポロポロ	2456
ジリジリ	4448	フラフラ	2253
バタバタ	3933	ウロウロ	2230
ゴロゴロ	3463	ハアハア	2217

(注) 出現回数は延べ出現回数を意味する。

表 2: 本研究で使用する音韻記号

記号	意味	記号	意味
a	ア段の母音	y	ヤ行の子音
i	イ段の母音	r	ラ行の子音
u	ウ段の母音	w	ワ行の子音
e	エ段の母音	N	撥音 (ン)
o	オ段の母音	Q	促音 (ッ)
k	カ行の子音	R	長音
s	サ行の子音	D	濁音
t	タ行の子音	P	半濁音
n	ナ行の子音	Y	後続母音が拗音
h	ハ行の子音	W	後続母音が合拗音
m	マ行の子音	v	有声唇歯摩擦音 (ヴ)

書き文字と呼ぶ) に関しては、その小書き文字の使用が発音可能な使い方であれば、その小書き文字を長音、拗音の一部、合拗音の一部のいずれかとして扱う。一方、発音不可能な使い方であれば、その小書き文字は単独の母音として扱う。

例えば、「ドキドキ」は「toDkitoDki」となり、「キュンキュン」は「kYuNkYuN」となる。また、「きいきい」は「kiRkiR」となり、「ぼあぼあ」は「hoPahoPa」となる。

オノマトペの音韻的特徴に関しては、先頭や末尾の音韻の影響を考慮し [田守 99]、便宜的に先頭記号 (^) と末尾記号 (\$) を用いて、音韻記号の組み合わせ (bigram と trigram) も特徴として用いる。

与えられたオノマトペは、片仮名表記にされた後で濁点と半濁点を分離され、文字記号変換表 (表 3) を参照しながら、表 2 に示す記号による素性ベクトルを作成する。

²<https://twitter.com/>

表 3: 文字記号変換表

文字	記号								
ワ	Wa								
ヴァ	va	ヴィ	vi	ヴ	vu	ヴェ	ve	ヴォ	vo
ア	a	イ	i	ウ	u	エ	e	オ	o
カ	ka	キ	ki	ク	ku	ケ	ke	コ	ko
サ	sa	シ	si	ス	su	セ	se	ソ	so
タ	ta	チ	ti	ツ	tu	テ	te	ト	to
ナ	na	ニ	ni	ヌ	nu	ネ	ne	ノ	no
ハ	ha	ヒ	hi	フ	fu	ヘ	he	ホ	ho
マ	ma	ミ	mi	ム	mu	メ	me	モ	mo
ヤ	ya			ユ	yu			ヨ	yo
ラ	ra	リ	ri	ル	ru	レ	re	ロ	ro
ワ	wa	ヲ	wo	ン	N	ツ	Q	ー	R
ア	A	イ	I	ウ	U	エ	E	オ	O
ヤ	Ya			ユ	Yu			ヨ	Yo
・	D	・	P						

(注) A, I, U, E, O は小書き文字であることを示す。

4.2 SVM による学習

対象とするカテゴリ

本研究では, TinySVM³ を用いて, 与えられた未知のオノマトペが属するカテゴリの学習を行う。オノマトペが属するカテゴリとしては, 五感(触覚, 味覚, 嗅覚, 聴覚, 視覚)と快不快(快, 不快)の7つのカテゴリを対象とする。

訓練データの作成

SVM に用いる訓練データを作成するために, 3章で述べた 845 のオノマトペを用いて実験を行った。実験参加者は, 3名(男性2名, 女性1名, 平均年齢 31.7歳)である。参加者には, 提示された各オノマトペについて, 本節冒頭の7カテゴリに関して, 2値判定(属する/属さない)を求めた。各オノマトペが属するカテゴリは, 3名の参加者のうち2名以上が属すると回答したものとした。なお, 各オノマトペが属するカテゴリに関しては, 複数回答を許可した。そのため, オノマトペが属するカテゴリ数は, 各オノマトペによって異なる。

この実験によって得られた参加者の回答の一致率を表4にまとめる。表4における各数値は, 3名の実験参加者の各組み合わせ(A-B, B-C, C-A)の一致率と κ 統計量に関する平均値である。この表より, 触覚, 聴覚, 不快では良好な κ 統計量となっているのに対して, それ以外の感覚では κ 統計量が低い値となっているのが分かる。このことは, 触覚, 聴覚, 不快以外の感覚

表 4: オノマトペの属性評価実験の結果の平均一致率

	一致率	κ 統計量
触覚	0.75	0.39
味覚	0.96	0.02
嗅覚	0.98	0.27
聴覚	0.78	0.55
視覚	0.48	0.10
快	0.77	0.29
不快	0.69	0.34

(注)0.4以上の κ 統計量は太字で表示。

では, それらの感覚に属するオノマトペが極めて少ない, あるいは, オノマトペが属する感覚を明確に判断することが難しいことを示唆している。

訓練データには, この実験で得られた回答を用いた。オノマトペ w の感覚 s に関する正例あるいは負例のラベル $l(w, s)$ は, 実験参加者3名の回答を用いて, 式(1)に従って分類した。

$$l(w, s) = \begin{cases} +1 & (x(w, s) \geq 2) \\ -1 & (x(w, s) = 0) \end{cases} \quad (1)$$

ただし, 式(1)において, $x(w, s)$ は w が s に属すると回答した実験参加者の人数である。なお, $x(w, s) = 1$ の場合は, 判断が曖昧なデータであるとして, そのデータは使用しないものとした。したがって, 各感覚毎に使用するデータ数は異なる。各感覚において使用されたデータ数を表5に示す。

³<http://chasen.org/taku/software/TinySVM/>

表 5: 実験に使用したデータ数

感覚	正例数	負例数	合計
触覚	238	444	682
味覚	2	792	794
嗅覚	1	821	822
聴覚	399	322	721
視覚	285	112	397
快	125	515	640
不快	269	342	611

表 6: SVM による学習の 10 分割交差検定の結果

	適合率	再現率	F 値	κ	正例数 / 負例数
触覚	58.04	53.80	54.76	0.39	238/444
聴覚	76.83	79.30	77.57	0.55	399/322
視覚	81.01	80.11	80.01	0.10	285/112
快	48.32	40.49	40.16	0.29	125/515
不快	66.31	65.15	64.87	0.34	269/342

(注 1) 表中の「 κ 」は表 4 の κ 統計量を示し、それ以外の数値は平均値を示す。

(注 2) 味覚と嗅覚に関しては、正例の極端な少なさによる不適切な学習により省略。

5 結果

5.1 学習結果

4.2 節の手順で作成された訓練データを用いて SVM による学習を行い、その分類精度を評価した (10 分割交差検定法)。学習には、2 次の多項式カーネルを用いた。その結果を表 6 に示す。

表 6 から、聴覚と視覚に関する SVM の精度が良いことが分かる。これらに比べると劣るものの、触覚、快、不快に関しても、人間の κ 統計量 (表 4) を考慮すれば、良好な結果であると言える。全体傾向としては、正例数の多さと精度に何らかの関係が存在する可能性が読み取れる。

5.2 判定誤りの音韻的特徴

5.1 節の評価において、正しく判定できたオノマトペとそうでないオノマトペのうち、出現回数が上位 5 位までのものを表 7 に示す。表 7 より、各感覚について、以下のことが言える。

触覚：正例を負例と判断したもの (以降、正例誤り) には「オ段+オ段」の繰り返しが多く、負例を正例

と判断したもの (以降、負例誤り) には「オ段+イ段」の繰り返しが多い傾向が見られる。

聴覚：正例誤りには「ア段+イ段」の繰り返しが多く、負例誤りには傾向らしきものは見られない。

視覚：正例誤りに関しては濁音や半濁音の影響が見られるが、負例誤りに関しては傾向らしきものは見られない。

快：正例誤りと負例誤りに傾向らしきものは見られない。

不快：快と同様に誤り判定のものには傾向が見られない。

以上から、誤り判定での特徴が見られる感覚とそうでない感覚があると言える。また、誤り判定になったオノマトペの特徴が、その判定カテゴリ (例えば、正例を負例と語判定した場合は負例) に特徴的であるとは言えない。これらを考慮すれば、音韻要素以外にも、感覚の属性を規定する要因 (例えば、音韻を発音する際の口腔の形状や動きなどの物理的特徴、文字から受ける印象、など) の影響を受けている可能性が考えられる。

5.3 正例数と精度の関係

5.1 節では、正例数と精度の間に何らかの関係が存在する可能性を述べた。そこで、表 6 に示した結果に関して、正例数と精度 (F 値) に関する Pearson の積率相関係数を求めた。すなわち、各感覚において、ある交差検定時の正例数を x 、そのときの精度 (F 値) を y として、 x と y に関する相関係数を求めた。その結果を表 8 に示す。

表 8 より、聴覚と快に関しては有意な相関が見られたが、触覚と視覚と不快に関しては有意な相関は見られなかった。ただし、視覚と不快に関しては、相関係数としてはある程度の数値が得られている。そのため、正例数と精度の間には相関関係が存在する可能性があり、正例数を充実させることで精度を向上できると考えられる。

6 考察

6.1 感覚間の類似度

表 6 に示す精度が十分に高くない理由として、ある感覚と別の感覚が類似していることで、感覚の弁別が人間にとって難しいことが考えられる。そこで、4.2 節の回答に関して、各感覚カテゴリ間にどの程度の一致があるのかを分析した。これは、ある 2 つの感覚を s_1 ,

表 7: オノマトペの属性に関する人間の判定と SVM の判定の結果例

	人間の判定/SVM の判定			
	正/正	正/負	負/負	負/正
触覚	ジリジリ (4448)	ジメジメ (7966)	ワクワク (7721)	ニコニコ (5174)
	ゴロゴロ (3463)	トロトロ (740)	バタバタ (3933)	ポチポチ (1303)
	ガリガリ (3450)	ヒリヒリ (711)	ニヤニヤ (2898)	ノリノリ (1248)
	バリバリ (1986)	ポコポコ (700)	ガンガン (2697)	モリモリ (989)
	ポカポカ (1890)	ドロドロ (655)	ダラダラ (2638)	コミコミ (748)
聴覚	ガラガラ (5241)	サクサク (1806)	ワクワク (7721)	ジリジリ (4448)
	バタバタ (3933)	ワイワイ (1528)	ニコニコ (5174)	ポカポカ (1890)
	ゴロゴロ (3463)	パリパリ (704)	ニヤニヤ (2898)	ポチポチ (1303)
	ガンガン (2697)	パチパチ (599)	フラフラ (2253)	キュンキュン (900)
	パンパン (2482)	トントン (498)	ウロウロ (2230)	プンプン (816)
視覚	ニヤニヤ (2898)	ニコニコ (5174)	ジメジメ (7966)	ガラガラ (5241)
	ガンガン (2697)	ジリジリ (4448)	タンタン (1100)	ツルツル (1044)
	キラキラ (2570)	ガリガリ (3450)	コツコツ (775)	へろへろ (1038)
	ポロポロ (2456)	パンパン (2482)	コミコミ (748)	モグモグ (918)
	フラフラ (2253)	バンバン (1086)	ウトウト (717)	ウマウマ (649)
快	サクサク (1806)	ドキドキ (8353)	イライラ (10968)	フラフラ (2253)
	ツルツル (1044)	ワクワク (7721)	ギリギリ (9625)	モクモク (540)
	フワフワ (719)	ニコニコ (5174)	ジメジメ (7966)	スカスカ (469)
	スイスイ (542)	キラキラ (2570)	ジリジリ (4448)	ピキピキ (420)
	サラサラ (528)	ポカポカ (1890)	ガリガリ (3450)	トコトコ (397)
不快	イライラ (10968)	ニヤニヤ (2898)	ワクワク (7721)	キラキラ (2570)
	ギリギリ (9625)	ガンガン (2697)	ニコニコ (5174)	ペロペロ (1665)
	ジメジメ (7966)	フラフラ (2253)	パンパン (2482)	ポチポチ (1303)
	ガラガラ (5241)	バンバン (1086)	ハァハァ (2217)	ピカピカ (1181)
	バタバタ (3933)	ドンドン (1077)	ポカポカ (1890)	モテモテ (668)

(注1) 表上部の「正/負」は「属する/属さない」と判定したことを表す。

(注2) 味覚と嗅覚に関しては、正例の極端な少なさによる不適切な学習により省略。

(注3) 括弧の数字は Twitter での出現回数を示す。

表 8: 正例数と精度に関する Pearson の積率相関係数

感覚カテゴリ	相関係数	p 値
触覚	0.14	0.71
聴覚	0.75	0.01
視覚	0.41	0.24
快	0.71	0.02
不快	0.32	0.37

(注) 味覚と嗅覚に関しては、正例数が極端に少ないために相関係数を算出できないので省略。

s_2 として、各オノマトペに対する属性の有無(属する/属さない)について、 s_1 と s_2 の κ 統計量を求めることで行った。その結果を表 9 に示す。

表 9 を見ると、全体的に大きい κ 統計量は得られていないことが分かる。この中で比較的大きな値になっている感覚の組み合わせは、以下の A~D であった。

- A. 触覚と視覚
- B. 触覚と快
- C. 触覚と不快
- D. 視覚と不快

我々は、物体に触れる際にその物体を見ている経験から、表面を見れば触り心地が分かる。これにより、触覚と視覚を同じような意味合いとして我々が認識して

表 9: オノマトペが属する感覚の κ 統計量 (人間)

	触覚	味覚	嗅覚	聴覚	視覚	快	不快
触覚		0.03	0.00	0.01	0.17	0.15	0.16
味覚			0.04	0.01	0.01	0.01	0.02
嗅覚				0	0.00	0.00	0.00
聴覚					0.01	0.00	0
視覚						0.06	0.15
快							0.02
不快							

(注) 表の数値は実験参加者の平均値を示す。

表 10: オノマトペが属する感覚の κ 統計量 (SVM)

	触覚	味覚	嗅覚	聴覚	視覚	快	不快
触覚		-	-	0	0.15	0.11	0.14
味覚			-	-	-	-	-
嗅覚				-	-	-	-
聴覚					0	0	0
視覚						0.12	0.23
快							0
不快							

(注) 味覚と嗅覚は学習不能のため、 κ 統計量は算出してない。

いると考えれば、A の結果は予想できる。また、こうした経験で得られる心的印象 (i.e., 快・不快) が触覚や視覚の感覚的意味と結びつきやすくなった (B, C, D) とするのは自然である。

オノマトペは音韻によって様々な感覚を伝える言語表現であり、この多感覚知覚という特徴において、共感覚比喩 (synesthetic metaphor / synaesthetic metaphor) [Ullmann 51, Williams 76, Yu 03, Werning 06, 楠見 94] と呼ばれる現象に近いと言える。近年、このような言語表現の解釈には、我々が経験によって蓄積した具体的な場面の知識が仲介している可能性が示唆されている [仲村 12]。そのため、今後の更なる言語認知の研究成果から、オノマトペに関する様々な計算処理に必要な手がかりを得られることが期待できる。

次に、表 9 と同様の分析を、システムの判定結果に対しても行った。その結果を表 10 に示す。表 10 を見ると、上述の A~D の組み合わせにおいて比較的大きな κ 統計量が得られていることが分かる。

以上から、人間の判定と機械の判定の両方で同じ感覚間の類似性が見られる。この結果は、表 6 の精度が低い原因の 1 つとして、感覚間類似度による弁別の難しさが挙げられることを示唆している。

6.2 本研究の応用可能性

1 章で述べたように、我々の生活環境における感性が関与する情報を可視化できれば、我々の主観的な環境の情報を直感的に捉えられる。その 1 つとして、著者が現在開発中である、五感に関する市街地の快・不快マップの画面例を図 1 に示す。この図は、Twitter の投稿から抽出されたオノマトペを投稿位置と属する感覚に基づいて集計し、新宿駅周辺における聴覚と視覚の快・不快マップとして表示したものであり、赤に近いほど投稿が多いことを示す。図 1 から、新宿駅周辺では、聴覚に関して不快な印象が多い一方、視覚に関して快な印象が多いことが読み取れる。このシステムを使えば、どの場所でもどのような感覚が得られるかを把握することができる。このようなマップをリアルタイムあるいは一定の期間で生成することは、街歩きでの経路設定や、都市開発計画の支援など、様々な分野に応用できる。ただし、このマッピングを精度良く行うには、本章で述べた様々な課題を解決しなければならず、本研究のさらなる発展が必要である。

7 むすび

本研究では、我々の環境を取り巻く主観的な情報の可視化のためにオノマトペに着目し、様々なオノマトペに関して、それらが属する感覚カテゴリ (触覚, 味覚, 嗅覚, 聴覚, 視覚, 快, 不快) を SVM によって判定するシステムを実装した。SVM に用いる素性としては、あらかじめ想定した音韻記号とそれらの記号の出現順序を用いた。

実装したシステムの分類精度の評価および考察の結果は以下の通りである。

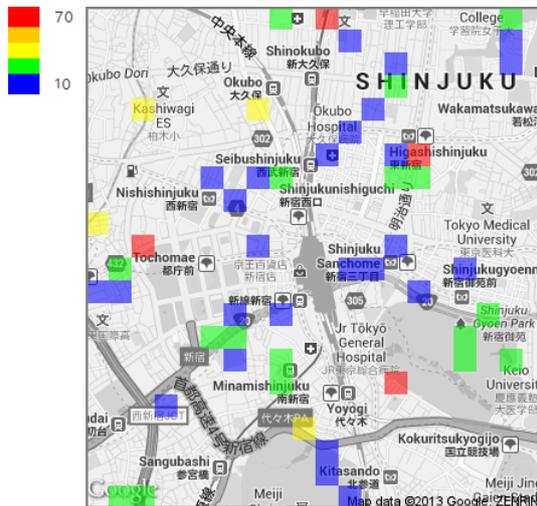
1. 分類精度の評価では、聴覚と視覚で良好な結果が得られた。その他の感覚に関しては、人間の回答に関する一致率が十分ではなかった。
2. 実験参加者の回答の感覚間類似度、および、SVM の判定結果の感覚間類似度の分析から、幾つかの感覚の弁別は困難であり、このことが分類精度の低下を招いている可能性が示された。

今後の課題としては、解析誤りの特徴を適切に捉える手法の検討による精度向上や本研究の具体的な応用が挙げられる。

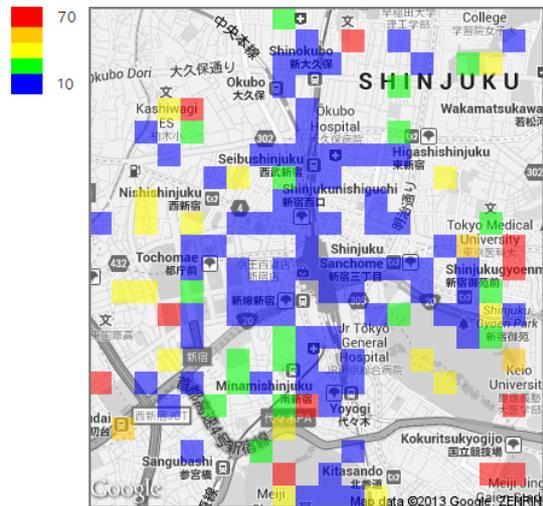
謝辞

本研究は JST さきがけ「自然言語処理による診断支援技術の開発」プロジェクトの助成を受けた。

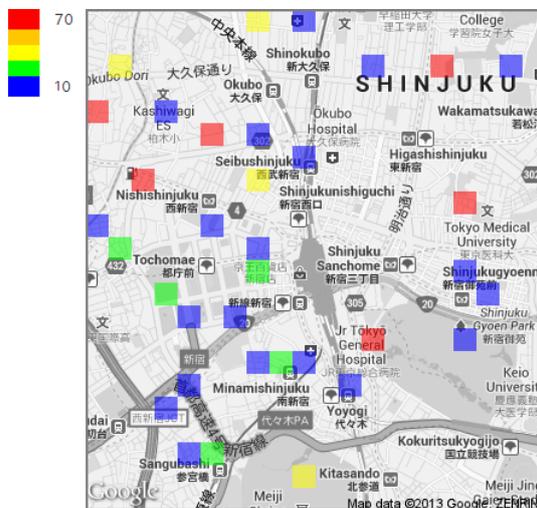
(a) 聴覚 + 快



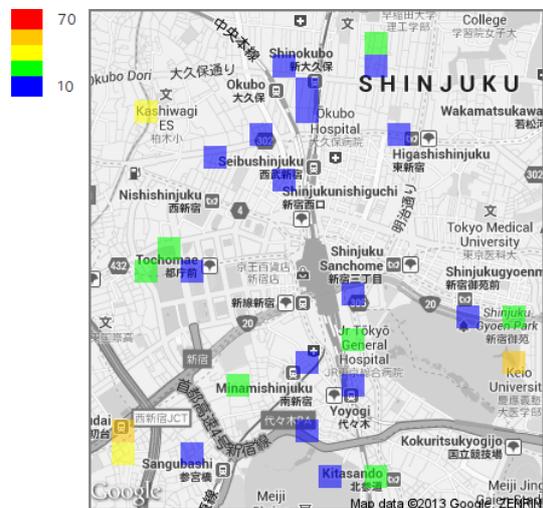
(b) 聴覚 + 不快



(c) 視覚 + 快



(d) 視覚 + 不快



(注) マップ上の色彩ブロックは、そのブロックの範囲内で Twitter に投稿されたオノマトペのうち、指定した感覚に属するものの占める割合 (%) を示す。この図では、青 (下限) が 10% であり、赤が 70% 以上を示す。

図 1: 五感に関する市街地 (新宿駅周辺) の快・不快マップ

参考文献

- [Aramaki 12] Aramaki, E., Yasuda, S., Miyabe, M., Miura, S., and Murata, M.: Which is Stronger? : Discriminative Learning of Sound Symbolism, in *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2012)*, p. 2627 (2012)
- [Cortes 95] Cortes, C. and Vapnik, V.: Support-Vector Networks, *Machine Learning*, Vol. 20, No. 3, pp. 273–297 (1995)
- [藤沢 06] 藤沢 望, 尾畑 文野, 高田 正幸, 岩宮 眞一郎 : 2 モーラの擬音語からイメージされる音の印象, *日本音響学会誌*, Vol. 62, No. 11, pp. 774–783 (2006)
- [Hinton 95] Hinton, L., Nichols, J., and Ohala, J. J. eds.: *Sound Symbolism*, Cambridge University Press, Cambridge (1995)
- [Houghton 12] Houghton, A., Prudent, N., Scott III, J. E., Wade, R., and Lubner, G.: Climate Change-Related Vulnerabilities and Local Environmental Public Health Tracking through GEMSS: A Web-Based Visualization Tool, *Applied Geography*, Vol. 33, pp. 36–44 (2012)
- [楠見 94] 楠見 孝 : 比喩の処理過程と意味構造, *風間書房*, 東京 (1994)
- [三浦 12] 三浦 智, 村田 真樹, 保田 祥, 宮部 真衣, 荒牧 英治 : 音象徴の機械学習による再現 : 最強のポケモンの生成, *言語処理学会第 18 回年次大会 発表論文集*, pp. 65–68 (2012)
- [長町 93] 長町 三生 : 言葉の響きに関する感性工学, *日本音響学会誌*, Vol. 49, No. 9, pp. 638–644 (1993)
- [仲村 12] 仲村 哲明, 坂本 真樹, 内海 彰 : 具体的な場面想起の仲介に基づく異感覚間形容詞比喩の解釈, *認知科学*, Vol. 19, No. 3, pp. 314–336 (2012)
- [Ramachandran 01] Ramachandran, V. S. and Hubbard, E. M.: Synaesthesia: A window into perception, thought and language, *Journal of Consciousness Studies*, Vol. 8, No. 12, pp. 3–34 (2001)
- [菅田 11] 菅田 誠治, 大原 利眞, 黒川 純一, 早崎 将光 : 大気汚染予測システム (VENUS) の構築と検証, *大気環境学会誌*, Vol. 46, No. 1, pp. 49–59 (2011)
- [Suzuki 11] Suzuki, M. and Inoue, D.: DAEDALUS: Practical Alert System Based on Large-scale Darknet Monitoring for Protecting Live Networks, *Journal of the National Institute of Information and Communications Technology*, Vol. 58, No. 3, pp. 51–60 (2011)
- [田守 99] 田守 育啓, ローレンス・スコウラップ : オノマトペ –形態と意味–, *くろしお出版*, 東京 (1999)
- [Ueda 12] Ueda, Y., Shimizu, Y., and Sakamoto, M.: System Construction Supporting Communication with Foreign Doctors Using Onomatopoeia Expressing Pains, in *Proceedings of the 6th International Conference of Soft Computing and Intelligent System*, pp. 508–512 (2012)
- [Ullmann 51] Ullmann, S.: *The principles of semantics*, Blackwell, Oxford (1951)
- [Werning 06] Werning, M., Fleischhauer, J., and Beeseoglu, H.: The cognitive accessibility of synaesthetic metaphors, in *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 2365–2370 (2006)
- [Williams 76] Williams, J. M.: Synaesthetic adjectives: A possible law of semantic change, *Language*, Vol. 52, No. 2, pp. 461–478 (1976)
- [Yu 03] Yu, N.: Synesthetic metaphor: a cognitive perspective, *Journal of literary semantics*, Vol. 32, No. 1, pp. 19–34 (2003)