

外来語の意味変化に対する数理的分析

高村大也* 永田亮 川崎義史
東京工業大学 甲南大学 上智大学

1 序論

「この画像はイメージです」

広告や商品パッケージ上の画像の隅に、我々はこのような文を日常的に目にする。「イメージ」の元である英単語“image”に画像の意味があることを考えると、「この画像は画像です」という恒真文が書かれているようで、違和感を感じる人も多いだろう。もちろんこれは画像が与える印象と実際の商品は異なることを意味しており、この文で“イメージ”は“印象”のような意味で用いられている。つまり、このような違和感を感じさせる文が容認されているのは、“イメージ”の意味が“image”の意味と異なっているからである。

英語由来の外来語は、日本語の語彙の約8%を占めているとの報告もあり [2]、軽視できない存在である。また、日本語における外来語は、元の単語と意味的に乖離している傾向がある [6, 10]。それゆえ、単語の意味変化の研究において、日本語の外来語は興味深い研究対象となっている。また、日本語の外来語は、語学教育においても重要である [2]。例えば日本人の英語学習者は、英語由来の外来語の日本語での意味に影響され、元の英単語を誤用してしまうことがあるだろう。

このような背景の下、本稿では英語由来の日本語外来語の意味変化を研究対象とする。近年注目を浴びている単語の分散表現は単語の意味を扱う手段として優れており、我々は単語の分散表現を用いる。具体的には、まず英語および日本語のそれぞれで分散表現を計算し、日本語の分散表現を英語の分散表現空間に写像することで、日本語の単語と英単語の意味的類似度を近似的に測ることができるようにする。その意味的類似度に基づき、意味変化を起こしている外来語を発見する、意味変化の方向を捉える、語学教育への応用可能性を調査する、などの試みを行う¹。

2 関連研究

日本語外来語は、従来より研究対象となってきた [8]。計算言語学分野においても、多くの研究がある [3, 4, 14]。また、外来語に限らず、単語の通時的意味変化を

*takamura@pi.titech.ac.jp

¹本稿では、日本語外来語の意味が元の英単語の意味と乖離していると考えられる場合に、外来語に意味変化が起こったとみなす。実際は、英単語の意味が変化した可能性もあるが、その違いは考慮しない。また、一部の外来語は他の言語を通して日本語に取り入れられた可能性もあるが、現代英語で当該単語が使用されている限り、そのような歴史的背景は捨象する。

扱った研究や [7, 9, 12]、地理的な違いによる語彙の差異を使った研究 [1, 13] などがあるが、外来語の意味変化を扱ったものはない。この中でも、Hamilton ら [7] は、同一の単語の各時代での分散表現を比較することで単語の通時的意味変化を捉え、さらに統計的な法則の発見を試みた。我々は、彼らの手法を言語横断的な形で適用することで、外来語の意味変化を捉える。

3 外来語の意味変化を扱う手法

本節では、分散表現を用いて英語由来の日本語外来語の意味変化を扱う手法を説明する。まず、英語および日本語それぞれの単語分散表現を計算する。Hamilton ら [7] の結果に従い、負例サンプリングを用いて学習した skip-gram モデルにより分散表現を学習する。次に、日本語単語と英単語の類似度を計算するため、日本語の分散表現を英語の分散表現空間に写像する。そのための手法はいくつか存在するが、最も単純で計算コストの低い Mikolov らの手法 [15] を用いる。この手法では、分散表現の写像として行列 W で表される線形写像を仮定している。それぞれの言語での分散表現、および互いに意味的に対応すると考えられる日本語単語の分散表現 x_i と英単語の分散表現 z_i の対の集合 $\{(x_i, z_i) | 1 \leq i \leq n\}$ が所与とし、次の目的関数を最小化するような行列 W を求める：

$$\min_W \sum_{i=1}^n \|Wx_i - z_i\|^2. \quad (1)$$

Hamilton ら [7] は、同一言語の異なる時代の分散表現空間を写像でつなぐ際に直交制約 (I を単位行列として $W^T W = I$) を課した。しかし、異なる言語間の写像を考えているので、言語による差異を吸収できるようにするため、また定義域での余弦値を保存する必要性がないため、直交制約は課さない。

得られた行列 W により、 $\{(x_i, z_i) | 1 \leq i \leq n\}$ に含まれる単語だけでなく、分散表現を持つすべての日本語単語を英語の分散表現空間に写像できる。これにより、英単語 (例えば“image”) と日本語単語 (例えば“イメージ”) の間の余弦類似度が計算可能になる。

4 評価

意味変化の解析は評価が難しいため、我々は異なる観点からいくつかの定量的および定性的な評価を行う。

次元		相関係数	
dim _{jpn}	dim _{eng}	Pearson	Spearman
100	100	0.363	0.443
200	100	0.386	0.471
200	200	0.402	0.474
400	200	0.404	0.487
300	300	0.422	0.492
600	300	0.432	0.506

表 1: 余弦類似度とダイス係数の間の相関係数 (すべて有意水準 0.01 で有意). dim_{jpn} と dim_{eng} はそれぞれ日本語および英語の分散表現空間の次元である.

4.1 データおよび実験設定

英語および日本語の分散表現は word2vec²により求めた. データとしては, 2016 年 6 月時点での Wikipedia dumps³から wp2txt⁴により抽出したテキストを用いた. 記号の除去や, infobox に対応する行の削除も行った. 日本語データに対しては, NEologd⁵を辞書として追加した MeCab⁶により単語分割を行った. また, Wiktionary⁷において一単語で表現されているものに前処理を施し, 1,347 語の日本語外来語を収集した⁸. さらに, 式 (1) の最小化問題で利用する日本語単語と英単語の対の集合を, 英和辞書 edict[5]⁹より収集した. 日本語も英語も一単語で表されているものから, 上記の 1,347 語の外来語を取り除いた結果, 41,366 対を得た.

4.2 対訳データとの相関による評価

分散表現空間での幾何的な差異が意味変化に関連していることを示すため, 全体的な傾向を分析した. まず, 日英新聞記事対応付けデータ (JENAAD)[18] 内の一文同士の対訳文を収集し, そこで出現する日本語外来語と対応する英単語の対のダイス係数を計算した. ダイス係数は, 翻訳対の発見に用いられる指標であり, その対が互いに翻訳である度合いを表す [17]. ダイス係数が小さい場合は, その対が互いに翻訳ではないと考えられる. よって, もし外来語の意味が元の単語の意味と異なる場合, そのダイス係数は小さくなると予想される. 逆も同様である. すなわち, 分散表現空間で計算した余弦類似度が意味変化の適切な指標である

²<https://code.google.com/archive/p/word2vec/>. オプション: -window 5 -sample 1e-4 -negative 5 -hs 0 -cbow 0 -iter 3.

³<https://dumps.wikimedia.org/enwiki/>
<https://dumps.wikimedia.org/jawiki/>

⁴<https://github.com/yohasebe/wp2txt>

⁵<https://github.com/neologd/mecab-ipadic-neologd>

⁶<http://taku910.github.io/mecab/>

⁷https://ja.wiktionary.org/wiki/カテゴリ:日本語_外来語

⁸英語以外の言語を経由して日本語へ入ってきた外来語についても, 対応する語が現代英語で使用されている場合は収集対象とした.

⁹<http://www.edrdg.org/jmdict/edict.html>

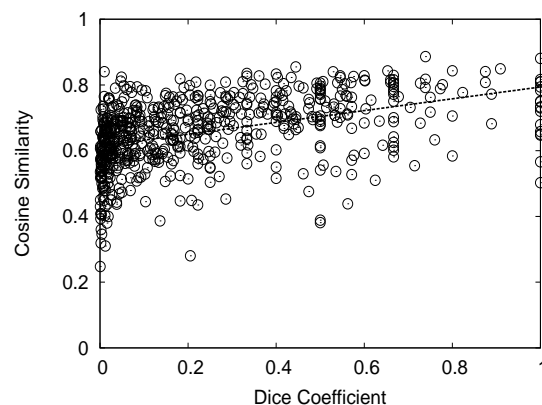


図 1: ダイス係数と余弦類似度の関係 (dim_{jpn}=600, dim_{eng}=300). 直線は線形回帰による.

w_{jpn}	w_a	w_b
イメージ	photo (0.097)	impression (0.274)
コーナー	crossroad (0.099)	section (0.115)
ダイジェスト	dissolve (0.047)	summary (0.291)
バグ	insect (0.092)	glitch (0.200)
アイドル	deity (0.127)	popstar (0.086)
アイコン	deity (-0.035)	illustration (0.145)
カンニング	shrewd (0.259)	cheating (0.273)
ペンション	annuity (0.368)	hotel (0.445)
ネイチャー	characteristics (0.106)	magazine (0.202)

表 2: 余弦類似度の差. w_a , w_b の列の括弧内の数値はそれぞれ, $\cos(w_{eng}, w_a) - \cos(w_{jpn}, w_a)$, $\cos(w_{jpn}, w_b) - \cos(w_{eng}, w_b)$ である.

ならば, 余弦類似度はダイス係数と相関しているはずである. そこで, 両者に対して, ピアソンの相関係数およびスピアマンの順位相関係数を計算する. ただし, 評価に対訳データを用いたが, 提案手法は対訳データに出現しない多くの外来語に対しても適用可能である.

日本語および英語の分散表現空間の次元 (dim_{jpn}, dim_{eng}) を変えた時の相関係数を表 1 に示す. また, ダイス係数と余弦類似度の関係をさらに詳しく見るために, dim_{jpn}=600, dim_{eng}=300 の場合の値を図 1 にプロットした. 表 1 より, 余弦類似度とダイス係数は多くの場合にやや相関があるといえる. 結果は分散表現空間の次元に依存する. 基本的には次元が大きいほど相関が強くなる. さらに, 例えば dim_{jpn}=600 から dim_{eng}=300 のように, 写像の際に次元が減少した場合の方が相関が強くなる傾向がある. これは, 空間を写像する際には元の空間が数倍大きい方が良いという Mikolov ら [15] の報告を支持するものである.

4.3 意味変化の方向の調査

次に意味変化の方向を調査する. 意味変化が起こっていると思われる日本語外来語 9 語を選択した (表 2). これらは小島による文献 [11]などを参考に, 著者らが選んだものである. さらに, 9 語のそれぞれに

w_{eng}	w_{eng} の最近傍の単語	w_{jpn} の最近傍の単語
image	file (0.774), jpeg (0.748), jpg (0.724), closeup (0.694), close-up (0.658)	idealizing (0.671), stylization (0.665), inescapably (0.665), evoking (0.664), englishness (0.664)
corner	corners (0.727), tiltans (0.646), goerkes (0.643), uphams (0.629), intersection's (0.627)	recapped (0.666), cliff-hanger (0.644), "blank" (0.642), announcer's (0.641), sports-themed (0.632)
digest	digests (0.609), digest's (0.594), reader's (0.591), wallace-reader's (0.573), wallace/reader's (0.556)	recaps (0.717), wrap-up (0.697), recapped (0.695), preview (0.693), recap (0.690)
bug	bugs (0.672), leaf-footed (0.605), motherhead (0.590), harpactorinae (0.582), thread-legged (0.579)	heartbleed (0.714), workaround (0.695), workarounds (0.686), glitches (0.684), copy-on-write (0.684)
icon	icons (0.750), iverskaya (0.580), nicopeia (0.579), eleusa (0.570), derzhavnaya (0.569)	swoosh (0.701), viewport (0.694), crosshair (0.691), upper-left (0.684), wireframe (0.680)
nature	teiči (0.649), søraust-svalbard (0.643), naturans (0.627), naturata (0.623), naturing (0.623)	phytogeography (0.684), ethological (0.679), life-history (0.676), paleoclimatology (0.671), archaeoastronomy (0.670)
driver	drivers (0.837), driver's (0.703), car (0.685), co-drivers (0.655), owner-driver (0.653)	driver (0.762), race-car (0.689), mechanic (0.649), harvick's (0.645), andretti's (0.642)

表 3: 英単語 w_{eng} および日本語外来語 w_{jpn} の英語分散表現空間における近傍の単語. Wikipedia コーパスでの出現頻度が 100 以上である単語のみを考慮している. 括弧内の数値は余弦類似度である.

ついてピボットとなる単語 w_a および w_b を選んだ. w_a は日本語外来語 w_{jpn} より英単語 w_{eng} に近く, 逆に w_b は日本語単語 w_{jpn} に近いと思われるものである. よって, $\cos(w_{\text{eng}}, w_a) - \cos(w_{\text{jpn}}, w_a) > 0$ および $\cos(w_{\text{jpn}}, w_b) - \cos(w_{\text{eng}}, w_b) > 0$ が成り立つと期待される. 表 2 に示すように, 余弦類似度の差はほとんどの場合において正であった. つまり, 分散表現の差異は, 外来語の意味変化の方向を捉えているということである. 唯一の例外は, “アイコン”に対する“deity”の -0.035 という値であった. もう少し詳しく見てみると, 英単語の “icon” と “deity” の間の余弦類似度は 0.266 と, やや小さい値であった. 英語 Wikipedia のテキストから無作為に 100 行を選択して使われ方を調査した. その結果, Wikipedia においては “icon” は “宗教画や宗教彫刻”の意味よりも “代表的な人物や物”の意味 (例えば “Beckham became known as a fashion icon”) で使われることが多く, これが “icon” と “deity” の余弦類似度の差が期待と異なった理由であろう.

4.4 分散表現空間での近傍の単語

次に, 300 次元の英語分散表現空間において, 英単語 w_{eng} および日本語外来語 w_{jpn} の最近傍の英単語 5 語を調べた (表 3). 日本語単語は 600 次元の日本語分散表現を写像したものである. 本稿の冒頭で挙げた例である英単語 “image” は, “jpeg” や “close-up” が近傍にあることからわかるように, “画像”の意味に近いことが示唆されている. 一方, 対応する外来語である “イメージ” は, “idealizing” のようなより抽象的な意味を持っていることがわかる. 英単語 “digest” の近傍は, Wallace 社出版の雑誌 *Reader's Digest* に影響を受けているが, “要約”に関連する単語は見当たらない. 一方, 外来語の “ダイジェスト” は, “wrap-up” などからわかるように “要約”に近い意味を持っているといえる. 表のその他の部分も, 我々の直感と矛盾しないものが多い.

対応する日本語外来語との類似度が低い w_{eng}
lac (0.225), refer (0.245), police (0.247), spread (0.251), mof (0.261), pond (0.270), inn (0.274), ism (0.279), lighter (0.280), root (0.281), tabu (0.284), gnu (0.293), thyme (0.296), clause (0.310), board (0.315), present (0.319), coordinate (0.337), expanded (0.341), irregular (0.342), measure (0.346)
対応する日本語外来語との類似度が高い w_{eng}
piano (0.886), violin (0.881), cello (0.881), hexadecane (0.864), propylene (0.857), keyboard (0.855), clarinet (0.851), cheese (0.849), mayonnaise (0.848), software (0.847), methanol (0.843), hotel (0.843), chocolate (0.841), computer (0.840), engine (0.840), globalization (0.835), tomato (0.833), trombone (0.832), recipe (0.831), antimony (0.829)

表 4: 日本語外来語との類似度が最も低い・高い 20 語

4.5 類似度による単語対のランキング

次に, 分散表現空間における類似度が, 意味変化がある外来語, あるいは意味変化が無い外来語を検出できるかについて考える. 表 4 に, 対応する日本語外来語との類似度が最も低い英単語 20 語, 最も高い英単語 20 語を記す.

類似度が高い単語の集合には, “hexadecane” や “propylene” などの専門用語や, “piano”, “violin”, “computer”, “software” などの楽器名や技術用語を含む特定の領域の単語が多く見られる. これは, 専門用語の意味は変化しにくいという Nishiyama の主張 [16] を支持するものとなっている. 一方, 類似度が低い単語の集合を見てみると, 日本語の音韻体系により曖昧になっている単語が多く見られる. 例えば, “ライター” は “lighter” と “writer” の両方の意味で使われるため, 分散表現も両者の混合となり, その結果 “ライ

ター”と“lighter”の類似度が低くなっていると考えられる。“clause”も同様の現象の典型例であると考えられ、“close”や“clothe”と混合されている結果であると思われる。また、“irregular”は *Irregular Hunter* というゲームタイトルの一部として使われることが多く、このように固有名詞の影響を受けて類似度が低くなっていると考えられる事例も多い。しかし、意味変化を起こしていると判断できる単語も検出できている。例えば、“プレゼント”は“贈り物(をする)”の意味で使われることが多く、英単語の“present”と比較して特殊な意味になっている。また、“coordinate”もそのような例として挙げられる。よって、分散表現空間での類似度は、外来語の意味変化を捉える能力があるといえるが、音韻的な理由で曖昧な単語や固有名詞に影響を受けている単語を取り除く必要がある。

さらに、外来語との類似度が最も低い100語を人手で評価した。このうち、21語は音韻的な曖昧性により類似度が低くなっており、19語は固有名詞に影響を受けていると判断された。残りの60語のうち57語は意味変化が起こっていると判断された。残りの3語は、頻度が低いことなどにより分散表現が正確でないことが原因となっていると思われる。

4.6 教育応用による評価

外来語の日本語での意味に影響され、日本人の英語学習者が元の英単語を誤用してしまうことがある。獲得された分散表現の差異が、そのような誤りやすさと関連しているかを調査する。そのために、語学学習者の作文とその訂正文の対から成る大規模データである Lang-8 コーパス¹⁰から、日本人英語学習者が書いた文とその訂正文の対を抽出した。各日本語外来語に対応する英単語 w について、元の文での w と訂正文での w の間のダイス係数を計算する。その単語が正しく使用される傾向が高い場合は、両文に同時に出現しやすくなり、ダイス係数は大きくなる。逆に誤って使用される傾向が高い場合は、ダイス係数は小さくなる。つまり、外来語と英単語間の余弦類似度とダイス係数は相関関係にあると期待される。

ピアソンの相関係数は0.302であり、やや相関があるといえる。余弦類似度およびダイス係数が共に高かった単語には“piano”、“violin”、“computer”、“software”などがあり、4.5節の結果と共通している。ただし、“book”が“books”に修正されているからといって“book”の意味が変化しているとはいえないように、単語選択でなく他の文法誤りによりダイス係数が低くなっていると考えられる事例もあり、意味変化による単語選択誤りをさらに高精度に捉えるためには誤りの種類の分類が必要になる。

¹⁰<http://cl.naist.jp/nldata/lang-8/>

5 結論

本稿では、日本語外来語の意味変化を数理的な手法で分析した。特に、日本語外来語の分散表現を英語の分散表現空間に写像することで、外来語と元の英単語の意味の差を余弦類似度により近似的に測った。定量的および定性的な評価により、我々の手法は外来語の意味変化を捉えていることを示した。ただし、精度よく意味変化を検知するためには、日本語の音韻体系で曖昧になってしまう英単語や固有名詞の影響を受けている単語を除去する必要がある。今後の課題としては、まず実際に上記のような外乱を排除して、より高精度に意味変化を捉えることが考えられる。また、同様の手法を同源語の意味変化などにも適用したい。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP26750091 および JSPS 科研費 15J04335 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Bamman et al. Distributed representations of geographically situated language. *ACL*, pp. 828–834, 2014.
- [2] Barrs. Assimilation of English vocabulary into the Japanese language. *Studies in Linguistics and Language Teaching*, Vol. 24, pp. 1–12, 2013.
- [3] Blair and Ingram. Loanword formation: a neural network approach. *SIGPHON Workshop on the Computation of Phonological Constraints*, pp. 45–54, 1998.
- [4] Breen et al. Segmentation and translation of Japanese multi-word loanwords. *Australasian Language Technology Association Workshop*, pp. 61–69, 2012.
- [5] Breen. A WWW Japanese dictionary. *Japanese Studies*, pp. 313–317, 2000.
- [6] Daulton. A sociolinguist explanation of Japan’s prolific borrowing of English. *The Ryukoku Journal of Humanities and Sciences*, pp. 29–36, 2009.
- [7] Hamilton et al. Diachronic word embeddings reveal statistical laws of semantic change. *ACL*, pp. 1489–1501, 2016.
- [8] Irwin. *Loanwords in Japanese*. John Benjamins Publishing Company, 2011.
- [9] Jatowt and Duh. A framework for analyzing semantic change of words across time. *JCDL*, pp. 229–238, 2014.
- [10] Kay. English loanwords in Japanese. *World Englishes*, pp. 67–76, 1995.
- [11] 小島義郎. 日本語の意味 英語の意味. 南雲堂, 1988.
- [12] Kulkarni et al. Statistically significant detection of linguistic change. *WWW*, pp. 625–635, 2014.
- [13] Kulkarni et al. Freshman or fresher? Quantifying the geographic variation of language in online social media. *ICWSM*, pp. 615–618, 2016.
- [14] Mao and Hulden. How regular is Japanese loanword adaptation? A computational study. *COLING*, pp. 847–856, 2016.
- [15] Mikolov et al. Exploiting similarities among languages for machine translation. *CoRR*, abs/1309.4168, 2013.
- [16] Nishiyama. Speaking English with a Japanese mind. *World Englishes*, pp. 1–6, 1995.
- [17] Smadja et al. Translating collocations for bilingual lexicons: A statistical approach. *Computational Linguistics*, pp. 1–38, 1996.
- [18] Utiyama and Isahara. Reliable measures for aligning Japanese-English news articles and sentences. *ACL*, pp. 72–79, 2003.