

# 概念語に関する順序付け知識の オンデマンド獲得 On-Demand Acquisition of Knowledge on Concept Ordering

仁科 俊晴<sup>▼</sup>  
鍛冶 伸裕<sup>▲</sup>

Toshiharu NISHINA  
Nobuhiro KAJI

吉永 直樹<sup>◆</sup>  
豊田 正史<sup>◆</sup>

Naoki YOSHINAGA  
Masashi TOYODA

本稿では、オンデマンドな順序付け知識獲得の支援を目的として、ユーザが与えた複数の概念語をもとに、順序付けする際の観点となる形容詞をオンデマンドで自動収集する手法を提案する。得られた形容詞の妥当性を人手で検証するとともに、先行研究で提案した順序付け手法を用いて概念語の順序付けを行い、得られた順序付けを人手で付けた順序付けと比較し評価する。

This paper presents a method of collecting adjectives that represent viewpoints in ordering given concepts, to help on-demand acquisition of knowledge on concept ordering. We manually assess the validity of adjectives obtained by our method. We also utilize the adjectives for ordering the concepts using our existing method of ordering concepts, and compare the obtained orders with manual orders.

## 1. はじめに

我々は日常生活の中で、複数の物事に対して順序関係を与えることによって情報を整理し、意思決定に利用している。例えば、外出中に食事を安く済ませようと思ったとき、日頃食べている料理の「安さ」や提供される「早さ」を考慮して食べる料理を決めることがあるだろう。このように、関心のある性質の程度で物事を順序付けし、情報を整理することは、適切な行動を判断する上でしばしば必要であり、特に、大量の情報が存在する現代において重要であると考えられる。

以上のことから、計算機により自動的に物事の順序付けを行うことは有用であると考えられるが、その実現のためには2つの課

題が存在する。1つ目は概念語集合を順序付けするための適した観点を列挙するという点であり、2つ目は実際にどのように順序付けを行うかという点である。我々は、後者の課題に関して既に先行研究 [8] で取り組んでおり、本研究では1つ目の課題に焦点を当てて研究を進める。

本研究では、与えられた複数の概念語を順序付けする際に適した観点（形容詞）を獲得し、その観点に基づいてオンデマンドで順序付けを行うことを提案する。提案手法により、人々が物事の選択をする際に考慮すべき観点を提示することができるため、人々はより良い意思決定を行うことが可能になると期待できる。

提案手法では、比較文を用いることで観点となる形容詞の候補を絞り込み、さらに与えられた概念語集合とこれら観点の候補との共起頻度に基づき、順序付けをする際の観点としての適性をスコア付けし、適切な観点を獲得する。次に、先行研究 [8] の手法を用いて、獲得した観点、及びその反義語との相互情報量をそれぞれ計算することで概念語の順序付けを行う。以後、観点となる形容詞とその反義語を合わせて対義形容詞対と呼ぶ。

比較文を用いて観点の絞り込みを行う理由は、順序付けに適した観点は比較文で出現すると考えられるためであり、従って比較文で概念語と共起する観点のみをスコア付けの対象とする。また、与えられた概念語集合と観点との共起頻度を適性を測るスコアに用いる理由は、概念語と多く共起する観点は概念語の性質を記述している可能性が高く、順序付けをする際の観点として適切であると考えたためである。

実験では、与えられた概念語集合に対し、提案手法によってスコア付けされた観点をスコアの降順で10語出力し、その妥当性を評価する。評価方法は4人の評価者による出力の妥当性の判定から計算した  $\text{precision}@n$  ( $n = 1, 5, 10$ ) を利用する。比較手法としては比較文による観点の絞り込みを行わない手法を用い、同様の評価を行うことで、提案手法の有用性を確認する。その後、得られた観点を利用して先行研究 [8] の手法によって概念語集合を順序付けし、評価する。

本稿の流れは以下の通りである。まず2章で本研究で取り組むタスクについて説明する。次に、3章で提案手法について述べ、4章ではその評価を行う。5章で先行研究 [8] を利用して概念語集合を本研究で得られた観点に基づいて順序付けする。そして、6章で関連研究について述べる。最後に、7章でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. タスク設定

本章では、本研究で取り組むオンデマンドな知識獲得のタスクについて具体例を用いて説明する。

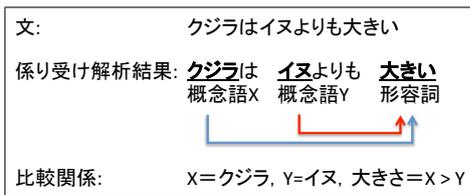
本研究では、例えば、入力として「ウマ」、「サル」、「ネコ」のようなある意味カテゴリを想起することのできる複数の概念語を入力として与え、それらを順序付けする際に適した観点（「可愛い」や「大きい」など）を出力するタスクを考える。なお、観点は与えられた概念語に共通する性質の程度を表す形容詞とし、概念語は与えられた観点において相互に順序付け可能な名詞とする。

▼ 非会員 楽天株式会社 [toshiharu.nishina@mail.rakuten.com](mailto:toshiharu.nishina@mail.rakuten.com)

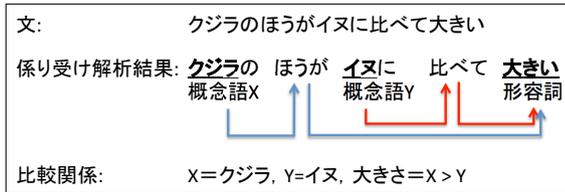
◆ 正会員 東京大学生産技術研究所, 情報通信研究機構  
[ynaga@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:ynaga@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

▲ 正会員 東京大学生産技術研究所, 情報通信研究機構  
[kaji@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:kaji@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)

◆ 正会員 東京大学生産技術研究所  
[toyoda@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:toyoda@tkl.iis.u-tokyo.ac.jp)



(a) 形容詞と直接的に係り受け関係がある場合



(b) 形容詞と間接的に係り受け関係がある場合

図1 比較文の獲得例

Fig. 1 Example of comparative-sentence acquisition

### 3. 提案手法

本章では、(1) 比較文を用いた順序付け観点の絞り込みと、(2) 概念語集合に存在する各概念語との共起頻度に基づくスコア付け、という二つの処理を行うことによって与えられた概念語集合を順序付けする際に適した観点をウェブテキストから獲得する手法を提案する。以下で、各手順についてその詳細を説明する。

#### 3.1 比較文を用いた観点の絞り込み

まず、順序付けに適した観点は比較文で出現している可能性が高いという直感のもと、比較文を用いた観点の絞り込みを行う。具体的には、与えられた概念語を含む比較文で出現している観点のみを出力の対象とする。これにより、順序付けの観点として適していない形容詞（「ない」や「そっくりだ」など）を候補から除外する。

本研究での比較文の定義は、以下の3つの条件を全て満たす場合のものとする。

- (1) 1文中で、ある形容詞に対して2つの概念語がそれぞれ係り受け関係にある。
- (2) 片方の概念語が形容詞と主格係り受け関係、もしくは「方(ほう)が」を挟んで形容詞と係り受け関係にある。
- (3) もう片方の概念語の同一文節内に助詞「より」を含んでいる、もしくは「比較」、「比べる」を挟んで形容詞と係り受け関係にある。

具体的な例を図1(a)と図1(b)に示す。

以上のようにして概念語を順序付けする際の観点となりうる形容詞の候補を獲得する。図1を例にとると、入力に「クジラ」もしくは「イヌ」が含まれている場合、形容詞「大きい」は出力される観点の候補として挙がることになる。

#### 3.2 共起頻度に基づく観点のスコア付け

絞り込まれた観点について、与えられた概念語集合を順序付けする際の観点としての適性をスコア付けする。スコア付けには

概念語との共起頻度を用いるが、これは(1)複数の概念語間で共通している性質は各概念語と多く共起し易い、(2)類似する概念語同士はそれぞれ似たような形容詞と多く共起し易い、という二つの直感に基づくものである。しかしながら、単純に概念語と観点との共起頻度だけを求めると「すごい」のような高頻度な観点が上位にくることになり、入力で与えた概念語集合に特徴的な観点を獲得することは難しい。

そこで、スコア付けには単語同士の結びつきの強さを示す相互情報量を用いることで、観点の出現頻度を考慮したスコア付けを行う。具体的には、観点のスコアを以下のように計算する。

$$\text{Score}(\text{観点}) = \frac{1}{|N|} \sum_{n \in N} \text{PMI}(\text{概念語}_n, \text{観点}) \quad (1)$$

$$\text{PMI}(\text{概念語}, \text{観点}) = \log_2 \frac{P(\text{概念語}, \text{観点})}{P(\text{観点})P(\text{概念語})} \quad (2)$$

ここで、 $N$ は概念語集合を表しており、 $|N|$ はその要素数、 $P(\cdot)$ は単語の出現確率を示す。なお、共起頻度をカウントする際の共起関係としては、同一文内共起を用いる。共起頻度を文の数で割ることで $P(\text{概念語}, \text{観点})$ を求める。

このようにして得られたスコアをもとに、観点をスコア降順で出力することにより、与えられた概念語集合を順序付けする際の観点として適切なものを獲得する。

### 4. 順序付け観点獲得の評価実験

本章では、前章で述べた提案手法を用いて概念語集合からそれらを順序付けする際に適切な観点の獲得を行い、得られた観点の妥当性を評価する。具体的には、3.2節のスコアの上位10語の適合率を、3.1節で述べた観点の絞り込みを行わないベースラインと比較することで提案手法の有用性を検証する。概念語と形容詞の共起頻度の計算に用いるウェブテキストは、我々の研究室で継続的に収集している2006年2月から2012年7月までに書かれたブログ記事(約2億記事, 19億文)を利用した。また、形態素解析にはKajiらの手法[2]、係り受け解析にはYoshinagaらが開発したJ.DepP[6, 7]を利用した。

#### 4.1 評価用データの作成

入力として与える複数の概念語については、それらに共通する比較のための観点が存在しなければ提案手法を正しく評価することができない。そこで、共通の観点を持つ類似した概念語の集合を評価用データとして用意した。具体的には、ウェブテキストから単語(名詞)クラスタを獲得し、同一クラスタ内に存在する名詞から入力となる概念語集合を作成した。なお、ウェブテキストとしては前述のブログ記事の一部(2009年分の1/10)を、単語クラスターリング手法にはBrownクラスターリング[1]をそれぞれ利用した。

以上の手順で獲得した単語クラスタから、以下のような手順で概念語集合を作成した。まず、概念語を出現頻度順に並べ、類義語が存在しそうな概念語を選択する。次に、選択した各概念語の属するクラスタに着目し、クラスタ内に存在する概念語を頻度順に並べ、入力として与えた概念語と類似する概念語を選択し、最

表1 評価用データ: 概念語集合

Table 1 Evaluation dataset: sets of concepts

意味カテゴリ	概念語集合
動物	ネコ, ライオン, クマ, ウシ, ネズミ, クジラ, キリン, イヌ, ソウ, サル
乗り物	飛行機, 電車, バス, 船, 新幹線, タクシー, 自転車, ヘリコプター, 自動車
酒	ビール, ワイン, 焼酎, カクテル, シャンパン, ウイスキー, ハイボール, チューハイ, マッコリ
食べ物	カレー, 焼きそば, ハンバーガー, チャーハン, パン, 寿司, ピザ, ステーキ, パスタ, ラーメン
スポーツ	野球, ゴルフ, サッカー, テニス, プロレス, 相撲, バレー, 水泳, ラグビー, ボクシング
果物	ナシ, マンゴー, リンゴ, ミカン, モモ, レモン, カキ, イチゴ, グレープフルーツ, パイナップル
家具	ストーブ, エアコン, ミシン, 扇風機, ドライヤー, ヒーター
職業	パティシエ, アーティスト, ミュージシャン, 力士, パイロット, ピアニスト, エンジンニア, ボクサー, セラピスト, ジョッキー, レーサー
国	アメリカ, ロシア, 中国, イギリス, フランス, ブラジル, インド, カナダ, イタリア, ドイツ
都市	大阪, 京都, 横浜, 名古屋, 沖縄, 福岡, 札幌, 神戸, 仙台
貴金属	ネックレス, 指輪, イヤリング, ピアス, プレスレット
コンピュータ	パソコン, カメラ, プリンター, スマートフォン, カーナビ, ビデオカメラ
ゲーム機	DS, Wii, PSP, ファミコン
服	スーツ, 着物, 浴衣, シャツ, ジャージ, パーカー, セーター, カットソー
企業	アマゾン, ヤフー, グーグル
楽器	ギター, ピアノ, バイオリン, フルート, チェロ, トランペット, オルガン, ウクレレ
花	サクラ, ウメ, モミジ, チューリップ, アジサイ, コスモス, イチヨウ, ヒマワリ, ダンボロ
消耗品	シャampoo, トイレtpーパー, ティッシュ, ストロー
運動	ダイエット, 筋トレ, ジョギング, ウォーキング, エクササイズ
賭博	パチンコ, 競馬, 競艇, パチスロ
嗜好品	タバコ, コーヒー, 茶, チョコレート, コーラ, ビール, ガム
お菓子	チョコレート, アイスクリム, ホットケーキ, ポップコーン, ポテトチップス, アップルパイ
記念日	バレンタインデー, ホワイトデー, クリスマス, ハロウィン, パースデー, イースター
建物	学校, ホテル, スーパー, マンション, コンビニ, カフェ, 幼稚園, レストラン, ジム
科目	数学, 歴史, 古典, 地理, 音楽, 政治
野球チーム	ソフトバンク, カープ, ライオンズ, ベイスターズ

終的な概念語集合を作成する。例えば、入力として「クジラ」を与えた場合、動物という意味カテゴリが想起できるので、動物名を同一クラスから選択する。以上の手続きにより、26セットの概念語集合を作成した。作成した概念語集合を表1に示す。

本研究のタスクでは観点は形容詞と定義しているが、表記の違い（「おおきい」と「大きい」など）により出力が複数となるのは実験の評価上好ましくない。また、表記の違いにより共起頻度が分散することもスコア付けの観点からして好ましくない。そこで、表記を漢字に統一した。また、形容詞と反義形容詞のペア（「大きい」と「小さい」）も観点としては同意であると考え、出現頻度の高いほうに頻度情報を統合し、出力の対象を削減した。上記の処理によって頻度情報を統合した後、出現頻度上位1,000語の形容詞を出力の対象となる観点とした。

### 4.2 評価方法

獲得された観点が与えられた概念語を順序付けする際の観点として適切であるかを precision@n で評価した。各概念語集合に対してスコアの上位10語の観点に関して4人の評価者によって観点としての妥当性の判定を行い、最上位の適合率 (precision@1), 上位5語までの適合率 (precision@5), 全ての出力に対する適合率 (precision@10) について評価者の平均を計算した。

### 4.3 実験結果

比較文による観定の絞込みを行わずに、全ての観点についてスコア付けした手法をベースライン、比較文を利用した手法を提案手法として、適合率の比較をした。表2に提案手法とベースラインによって獲得された観定の適合率を示す。表中、「全員」は4

表2 獲得した観定の precision@n

Table 2 Precision@n of acquired viewpoints

正解 全員 1人以上	precision@1		precision@5		precision@10	
	ベースライン	提案手法	ベースライン	提案手法	ベースライン	提案手法
	35.6	41.3	40.2	49.4	39.3	44.2
	50.0	57.7	60.0	69.2	61.5	61.5

表3 提案手法により獲得された観定

Table 3 Viewpoints acquired by the proposed method

意味カテゴリ	観定 (形容詞)
食べ物	美味しい, 美しい, 美味だ, 満腹だ, 旨い, ヘルシーだ, ジューシーだ, たっぷりだ, リーズナブルだ, 高級だ
都市	蒸し暑い, 肌寒い, 寒い, 暖かい, 恋しい, 有名な, 近い, 暖かだ, 世話だ, 行方不明だ
乗り物	快適だ, 高速だ, 間近だ, 大形だ, うるさい, 便利だ, 危ない, 速い, 近い, 騒がしい
ゲーム機	ソフトだ, 夢中だ, 欲しい, 手軽だ, しょぼい, おもしろい, めんどい, 面白い, 格段だ, 新しい
果物	甘酸っぱい, ジューシーだ, みずみずしい, 酸っぱい, フレッシュだ, さわやかだ, 美味しい, 爽やかだ, 小振りだ, 辛い
野球チーム	好調だ, 強い, 有利だ, 苦しい, 熱い, 予想外だ, 厳しい, 楽しみだ, 明らかだ, 酷い
スポーツ	夢中だ, メジャーだ, 盛んだ, 好きだ, 熱い, 面白い, おもしろい, 熱心だ, 大好きだ, 大嫌いだ
記念日	特別な, 待ち遠しい, 盛大だ, スペシャルだ, 素敵だ, 寂しい, 可愛い, 近い, めでたい, いいだ
科目	無知だ, 偉大だ, 苦手だ, 興味深い, 難解だ, 身近だ, 緻密だ, 重要だ, 顕著だ, 深い
賭博	詳しい, 健全だ, 熱い, 堅実だ, 有利だ, 好きだ, 面白い, 簡単だ, 忙しい, おもしろい
企業	便利だ, 詳しい, 可能だ, 正確だ, 格安だ, 詳細だ, 高い, 簡単だ, 巨大だ, 見易い
お菓子	香ばしい, 美味しい, 美味だ, 買い込んだ, 美味しい, ヘルシーだ, 辛い, 大好きだ, たっぷりだ, 控え目だ
酒	美味しい, 美しい, 旨い, 美味だ, 苦い, リーズナブルだ, ひつたりだ, リッチだ, 豊富だ, 辛い
動物	愛らしい, 賢い, でっかい, 可哀相だ, 可愛い, 大喜びだ, 巨大だ, 大形だ, そっくりだ, 器用だ
貴金属	可愛い, 欲しい, 高価だ, 細い, いいだ, クールだ, 地味だ, 大切だ, 美しい, 大事だ
花	黄色い, 鮮やかだ, 可憐だ, 綺麗だ, 淡い, 見事だ, 青い, 真っ赤だ, 眩しい, 華やかだ
コンピュータ	便利だ, 大形だ, 高価だ, 手軽だ, 新しい, 好調だ, 欲しい, ソフトだ, 高速だ, 見易い
服	薄手だ, タイトだ, 洒落だ, 寒い, 赤い, シンプルだ, 色っぽい, 地味だ, 欲しいびつたりだ
運動	健康だ, ハードだ, 手軽だ, 最適だ, きつい, 軽い, しんどい, 気持ち良い, 有効だ, 楽だ
国	盛んだ, 優位だ, 根強い, 厳格だ, 有名な, 強固だ, 深刻だ, 貧乏だ, 著しい, 興味深い
楽器	多彩だ, 重厚だ, 力強い, 素晴らしい, 上手だ, 美しい, 巧い, 素敵だ, シンプルだ, ステキだ
嗜好品	苦い, ほのかだ, 買い込んだ, 美味しい, 格別だ, 旨い, 美味しい, マイルドだ, 辛い, 冷たい
家具	寒い, 暖かい, 快適だ, うるさい, 冷たい, 苦手だ, 邪魔だ, 臭い, 気持ち良い, 欲しい
職業	優秀だ, 若い, 素晴らしい, 最高だ, 未熟だ, 孤独だ, 好きだ, 過酷だ, 真剣だ, 抜群だ
建物	高級だ, 買い込んだ, おしゃれだ, 便利だ, 普通だ, 格安だ, 騒がしい, 近い, 一緒だ, 親切だ
消耗品	細い, 上手だ, 柔らかい, 痒い, 軽い, 便利だ, 優しい, 楽だ, 大人しい, 薄い

人全ての評価者が順序付け可能な観定と判定した場合を正解としたときの適合率, 「1人以上」は少なくとも1人の評価者が順序付け可能な観定であると判定した場合を正解としたときの適合率である。適合率の平均をみると precision@n は全ての場合において提案手法のほうがベースラインより優っているという結果になった。このことから、比較文によって観定を絞り込むことが、順序付け観定の獲得において有用であることが確認できた。

表3に、各概念語集合ごとに獲得された観定の具体例を示す。なお、表3は提案手法の precision@10 での評価の値を降順に並べている。適合率の高い概念語集合に着目すると、食べ物や都市や乗り物など日常生活において比較する機会の多いものが上位に来ていることがわかる。また、実際に獲得された観定をみてみると、概念語集合によって特徴的な観定が獲得できていることがわかる。しかしながら、食べ物に関しては「美味しい」「美味し

い」、都市に関しては「暖かい」「暖かだ」といった同義語も多く含まれているということもわかった。

4.4 誤り分析

前節の実験において、全ての評価者によって順序付けの観点として適していないと判定されたものについてその原因を分析した。本節ではその原因について報告する。

不適格な概念語集合

今回は同種の意味カテゴリーの概念語を獲得するために Brown クラスタリングを利用して概念語集合を作成した。その中で適合率の低い結果となった意味カテゴリーは表3より消耗品や建物や家具などが挙げられる。これらは適合率が上位の乗り物や食べ物とは違い、概念語同士を比較、順序付けする機会がそもそも少ない。その結果、単純に意味カテゴリーと特徴的に共起する形容詞を選ぶだけでは、順序付けをする際の観点として適切なものにならなかったと考えられる。

比較文と同じ構文を持つ文

比較文による観点の絞り込みを行っているにもかかわらず、比較文で出現しにくいと考えられる観点が獲得された。例えば表3では、ゲーム機における「ソフトだ」、都市における「行方不明だ」がそれにあたる。これらについては「少年は東京より行方不明だ」のような文で共起していた。この文は比較文と同じ係り受け構造を持っているため、観点の絞り込みの際にも除外されなかったと考えられる。加えて、共起頻度をもとにした計算の結果、高スコアになったため出力されたと考えられる。単語については意味カテゴリーにおける特徴的な単語であるため、スコア付け方法を改善するだけでは除去が難しいと考えられる。そのため、新たな観点の絞り込み手法を検討する必要がある。

観点の不明瞭さ

表3における、科目の「顕著だ」や国の「深刻だ」などがそれにあたる。これらについては形容詞単体で順序付けの観点として利用することは難しいと考えられる。この解決としては単語ではなく句（「デフレが深刻だ」など）を観点として獲得することが有効だと考えられる。

5. 概念語の順序付けの評価実験

本章では、先行研究 [8] で提案した順序付け手法を用いて概念語の順序付けを行う。さらに、人手で順序付けされた概念語との順位相関係数を求めることにより、その妥当性を評価する。

先行研究 [8] では与えられた概念語と形容詞に対し、以下の式

$$s(\text{概念語}, \text{形容詞}) = \text{PMI}(\text{概念語}, \text{形容詞}) - \text{PMI}(\text{概念語}, \text{反義形容詞}) \quad (3)$$

を用いてスコア付けを行い、このスコアに従って順序付けを行う。PMI の算出にあたっては概念語と形容詞（または反義形容詞）との間の共起頻度を計算する必要があるが、我々は先行研究 [8] の結果に従い、概念語と形容詞の係り受け関係を共起として考え、その頻度を前述のブログ記事を用いて算出した。手法の詳細につ

表4 順序付けを行う意味カテゴリーと観点

Table 4 Semantic categories and viewpoints for ordering

意味カテゴリー	観点 (反義形容詞)
動物	可愛い
乗り物	快適だ, 速い (遅い)
酒	美味しい
食べ物	美味しい, リーズナブルだ
スポーツ	メジャーだ (マイナーだ), 面白い (つまらない)
果物	酸っぱい, 美味しい
国	有名だ (無名だ), 貧乏だ (裕福だ)
都市	寒い (暑い)
貴金属	高価だ (安価だ)
コンピュータ	高価だ (安価だ)
ゲーム機	しょぼい, 面白い (つまらない), 新しい (古い)
企業	便利だ (不便だ), 簡単だ (複雑だ), 巨大だ
花	綺麗な
賭博	好きだ (嫌い), 面白い (つまらない), 簡単だ (複雑だ)
お菓子	美味しい, 好きだ
記念日	素敵だ
科目	苦手だ (得意だ), 重要だ
野球チーム	好調だ (不調だ), 強い (弱い), 酷い

いては [8] を参照されたい。なお、反義形容詞が存在しない場合には、単純に PMI(概念語, 形容詞) に基づき順序付けを行った。

5.1 評価用データ

実験に先立ち、評価用のデータを作成した。実際に順序付けする対象となる概念語集合は表1に掲載している概念語集合を使用する。順序付けをする観点となる形容詞は観点的獲得実験で少なくとも1人の評価者が順序付け可能な観点と評価した観点を利用する。このようにして作成した概念語集合と観点的ペアを表4に示す。表中で、括弧内に記入されている形容詞は反義形容詞である。これらのペアを評価用データとし、順序付けを行った。

さらに、4人の被験者に正解として参照する順序付けの作成を依頼した。なお、概念語の間に与えられた観点において明らかな優劣がない場合には、同順位とするよう指示した。

5.2 評価尺度

提案手法によって得られた順序付けと被験者が与えた順序付けの相関は、スピアマンの順位相関係数  $\rho$  [4] を用いて評価する。なお、スピアマンの順位相関係数は2つの順序付けの相関を求めるものであるため、被験者の順序付けとの相関は、各被験者による順序付けとの順位相関係数の平均を算出することで評価した。

5.3 各順序付け対象における被験者間の一致度

与えられた各概念語集合の順序付けにおいて、人々の間でどれだけ順序付けが一致するかを測るために、各被験者の順序付けの間の相関を評価した。表5に、各被験者の順序付けの間の順位相関係数の平均を示す。なお、相関係数の上位5位と下位5位については太字でその値を示す。

相関係数の高い順序付け結果となった組み合わせに見られる傾向は二つあると考えられる。まず、一つ目は順序付け対象となる概念語の数が少ない意味カテゴリーが上位に来やすいということである。例えば、企業の便利さの順序付け結果は全ての被験者で結果が同じ (相関係数 1) で、また野球チームの強さも相関係数が高い結果となっている。これは、企業には3語、また野球チームには4語しか順序付け対象が存在していないため、順序付けが一致する可能性が高くなると言える。二つ目は定量的に評価できる観点であるということである。例えば、都市や乗り物の概念語の数は多いが、定量的に評価できる気温や速度に基づく順序付けで

表5 被験者の付けた順序付けの間の平均順位相関係数

Table 5 Averaged Spearman's  $\rho$  among raters' orderings

意味カテゴリ	観点 (形容詞)	$\rho$ (平均)
動物	可愛い	0.484
乗り物	快適だ	0.528
	速い	<b>0.885</b>
酒	美味しい	0.119
食べ物	美味しい	0.451
	リーズナブルだ	0.592
スポーツ	メジャーだ	0.802
	面白い	0.506
果物	酸っぱい	0.700
	美味しい	0.460
国	有名だ	0.693
	貧乏だ	0.209
都市	寒い	<b>0.952</b>
貴金属	高価だ	0.327
コンピュータ	高価だ	0.713
ゲーム機	しょぼい	<b>-0.083</b>
	面白い	<b>-0.233</b>
	新しい	<b>0.938</b>
企業	便利だ	<b>1.000</b>
	簡単だ	<b>0.000</b>
	巨大だ	0.667
花	綺麗だ	0.554
賭博	好きだ	<b>0.100</b>
	面白い	<b>0.100</b>
	簡単だ	<b>0.030</b>
お菓子	美味しい	0.576
	大好きだ	0.615
記念日	素敵だ	0.419
科目	苦手だ	0.632
	重要だ	0.442
野球チーム	好調だ	0.827
	強い	<b>0.855</b>
	酷い	0.479

表6 手法 [8] に基づく順序付けの順位相関係数

Table 6 Spearman's  $\rho$  of ordering based on the method [8]

意味カテゴリ	観点 (形容詞)	上限値	手法[8]
動物	可愛い	0.704	0.096
乗り物	快適だ	0.772	0.377
	速い	0.940	0.118
酒	美味しい	0.533	-0.098
食べ物	美味しい	0.758	-0.035
	リーズナブルだ	0.805	-0.631
スポーツ	メジャーだ	0.912	0.104
	面白い	0.786	0.160
果物	酸っぱい	0.854	0.782
	美味しい	0.762	0.298
国	有名だ	0.860	0.514
	貧乏だ	0.621	-0.120
都市	寒い	0.951	0.329
貴金属	高価だ	0.668	0.557
コンピュータ	高価だ	0.840	0.371
ゲーム機	しょぼい	0.421	0.421
	面白い	0.250	0.050
	新しい	0.974	0.795
企業	便利だ	1.000	0.500
	簡単だ	0.500	0.500
	巨大だ	0.750	0.750
花	綺麗だ	0.794	0.508
賭博	好きだ	0.550	0.450
	面白い	0.550	0.350
	簡単だ	0.522	0.422
お菓子	美味しい	0.789	-0.157
	大好きだ	0.803	0.079
記念日	素敵だ	0.725	0.314
科目	苦手だ	0.846	0.439
	重要だ	0.739	-0.155
野球チーム	好調だ	0.924	0.458
	強い	0.937	0.737
	酷い	0.737	0.584
$\rho$ (平均)		0.745	0.299

あるため、相関係数が高くなっている。

一方、相関係数が低い順序付けの結果となった組み合わせに見られる傾向としては、相関係数が高い順序付けとは逆に主観に基づく順序付けであるということである。簡単さや面白さといった人によって基準が異なる観点をもとに順序付けした結果、相関係数が低くなったと考えられる。

### 5.4 順序付け結果

表6に手法 [8] によって得られた順序付けと各被験者によって付けられた順序付けとの間の順位相関係数の平均値を示す。また全てのありうる順序付けを考慮することで計算した各被験者の順序付けとの順位相関係数の平均値の上限値も併せて示す。

表7(a)と表7(b)に具体的な順序付け結果を載せる。表からわかるように、得られる順序付けは概念語集合が同じでも観点によって大きく異なっており、提案手法により獲得した順序付け観念の有用性を確認できたと言えよう。

## 6. 関連研究

著者の知る限り、本研究のように複数の概念語を入力として与え、概念語間に共通する性質を表す形容詞を獲得し、順序付けタスクに応用した研究はこれまで存在していないが、入力概念語に類似する概念語や入力概念語間に存在する関係を獲得する手法についてはいくつか研究が行われている。以下ではそれらの研究について簡単に紹介する。

Wangら [5] はウェブページ上の構造に着目し、入力の固有名詞と出現する文脈パターン (wrapper) の共通する語を獲得することで同じ意味カテゴリに属する固有名詞 (ディズニーの映画名

表7 概念語の順序付け結果

Table 7 Results of ordering concepts

(a) 乗り物に関する順序付け

	快適さ		速さ	
	オラクル	概念語	オラクル	概念語
1	飛行機	新幹線	飛行機	新幹線
2	新幹線	バス	新幹線	自転車
3	タクシー	電車	ヘリコプター	船
4	電車	飛行機	電車	ヘリコプター
5	バス	船	タクシー	飛行機
6	船	自転車	自動車	タクシー
7	ヘリコプター	タクシー	船	自動車
8	自動車	自動車	バス	電車
9	自転車	ヘリコプター	自転車	バス
$\rho$	0.772	0.377	0.940	0.118

(b) 果物に関する順序付け

	酸っぱさ		美味しさ	
	オラクル	概念語	オラクル	概念語
1	レモン	グレープフルーツ	ナシ	マンゴー
2	グレープフルーツ	レモン	モモ	ナシ
3	パイナップル	イチゴ	パイナップル	パイナップル
4	ミカン	パイナップル	イチゴ	リンゴ
5	イチゴ	ミカン	リンゴ	カキ
6	マンゴー	マンゴー	マンゴー	ミカン
7	ナシ	リンゴ	ミカン	イチゴ
8	リンゴ	ナシ	グレープフルーツ	グレープフルーツ
9	カキ	モモ	カキ	モモ
10	モモ	カキ	レモン	レモン
$\rho$	0.854	0.782	0.762	0.298

など) を獲得する手法を提案している。本研究では共通するパターン (形容詞) 自体を獲得の対象としてスコア付けをしており、この点において彼らの研究とは異なっていると言える。

Pantelら [3] は入力としてある二項関係 (IS-A など) を持つ単語対 ((cat, animal) など) を与え、共起する文脈パターン (A such as B など) をもとに同じ関係を有する単語対を獲得する手

法を提案している。この研究では本研究と同様に入力からパターンを獲得する際に PMI を用いたスコアリングを行っているが、本研究は比較文を利用したフィルタリングを行っていることから、より順序付けタスクに特化した手法であると言える。

## 7. おわりに

本研究では、複数の概念語を順序付けする際に適した観点（形容詞）を、概念語との共起に基づきオンデマンドで獲得する手法を提案した。実験では、比較文を利用して観定の絞り込みを行うことで得られた観定の適合率が向上することを確認した。また、獲得された具体的な観定に着目すると概念語集合によって特徴的な観定が獲得できていることも確認した。さらに先行研究 [8] を用いて各観定に対して概念語の順序付けを行い、観定ごとに異なる順序が得られていることを確認した。

今後の課題としては以下の4点が挙げられる。

1つ目は観定のスコアの計算方法の再考である。表2をみると、全体の傾向として適合率の高さは precision@5, precision@10, precision@1 の順であった。順序付けの観定として適切なものほど高スコアになる設計を行ったため、本来であれば precision@1 の適合率が最も高くならなければならない。これについては、出現頻度の低い特徴的な観定ほど各概念語との相互情報量は高くなりやすいことが原因として考えられる。よって観定の出現頻度が低い場合はスコアも低くなるようにするなどの設定をする必要がある。

2つ目は観定の再考である。今回は順序付けの観定として形容詞を利用したが、形容詞一語のみでは「深刻だ」のように観定としては抽象的過ぎる場合もある。そこで、例えば形容詞を含む句（「給料が高い」や「尾が長い」）に拡張し、観定を詳細化することで順序付けの観定を獲得する際の適合率が向上すると考えられる。

3つ目は新たな観定の絞り込み操作の検討である。今回は比較文を利用して観定の絞り込みを行ったが、比較文以外にも同位表現（～と～は同じくらい～だ）や、最上表現（～は～の中で最も～だ）などの文章では順序付けの観定が出現しやすいと考えられる。今後はこのような新たな手がかりを組み合わせることで観定の絞り込みをすることを検討する。

最後に、今回は適合率のみで評価を行ったが、被験者に意味カテゴリから想起される形容詞を挙げてもらうことで再現率についても検証する必要があると考えられる。

### 【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費 25280111 の助成を受けたものです。

### 【文献】

[1] Peter F. Brown, Peter V. deSouza, Robert L. Mercer, Vincent J. Della Pietra, and Jenifer C. Lai. Class-based  $n$ -gram models of natural language. *Computational Lin-*

*guistics*, Vol. 18, No. 4, pp. 467–479, December 1992.

- [2] Nobuhiro Kaji and Masaru Kitsuregawa. Efficient word lattice generation for joint word segmentation and POS tagging in Japanese. In *Proc. IJCNLP*, pp. 153–161, 2013.
- [3] Patrick Pantel and Marco Pennacchiotti. Espresso: Leveraging generic patterns for automatically harvesting semantic relations. In *Proc. COLING-ACL*, pp. 113–120, 2006.
- [4] Charles Spearman. The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, Vol. 15, No. 1, pp. 72–101, January 1904.
- [5] Richard C. Wang and William W. Cohen. Language-independent set expansion of named entities using the web. In *Proc. ICDM*, pp. 342–350, 2007.
- [6] Naoki Yoshinaga and Masaru Kitsuregawa. Polynomial to linear: Efficient classification with conjunctive features. In *Proc. EMNLP*, pp. 1542–1551, 2009.
- [7] Naoki Yoshinaga and Masaru Kitsuregawa. Kernel slicing: Scalable online training with conjunctive features. In *Proc. COLING*, pp. 1245–1253, 2010.
- [8] 仁科俊晴, 吉永直樹, 鍛冶伸裕, 豊田正史. 対義形容詞対との相互情報量を利用した概念語の順序付け. In *Proc. WebDB Forum*, 2013.

### 仁科 俊晴 Toshiharu NISHINA

2012 明治大・理工・電気電子生命卒。2014 東大大学院情報理工学系研究科修士課程了。同年より楽天株式会社勤務。

### 吉永 直樹 Naoki YOSHINAGA

2000 東大・理・情報科学卒。2002 同大大学院理学系研究科修士課程了。2005 同大大学院情報理工学系研究科博士課程了。博士（情報理工学）。2002 より 2008 まで日本学術振興会特別研究員（DC1, PD）。2008 東京大学生産技術研究所特任研究員、特任助教を経て現在、同大学生産技術研究所特任准教授、独立行政法人情報通信研究機構主任研究員。計算言語学・機械学習の研究に従事。

### 鍛冶 伸裕 Nobuhiro KAJI

2005 東京大学大学院情報理工学系研究科博士後期課程了。情報理工学博士。2007 東京大学生産技術研究所特任助教を経て現在、同大学生産技術研究所特任准教授、独立行政法人情報通信研究機構主任研究員。自然言語処理の研究に従事。

### 豊田 正史 Masashi TOYODA

東京大学生産技術研究所准教授。1994 東工大・理・情報科学卒。1996 同大大学院情報理工学研究科修士課程了。1999 同大学院情報理工学研究科博士後期課程了。博士（理学）。同年、科学技術振興事業団計算科学技術研究員。ウェブマイニング、ユーザインタフェース、ビジュアルプログラミングに興味をもつ。ACM, IEEE CS, 情報処理学会, 日本ソフトウェア科学会各会員。