

## 常識的量的判断システムの構築 - 量に関する相対的評価の拡張 -

## Construction of Commonsense Quantitative Judgment Mechanism

## - Extension of Relative Evaluation about Quantity -

佐藤 祐介†  
Yusuke Sato渡部 広一†  
Hirokazu Watabe河岡 司†  
Tsukasa Kawaoka

## 1 はじめに

情報技術の発展に伴い、コンピュータが広く普及しているが、誰もが気軽に扱えるとは言い難い。誰もが気軽に使えるコンピュータとは、利用者の意図を適切に汲み取り日常会話のできるコンピュータのことである。ここで問題なのは人間の会話が曖昧性を持つということである。人間は曖昧な表現に対しても正しく会話を理解することができる。それは人間が長年の経験から「常識」というものを構築しているからである。しかし、コンピュータには「常識」は存在しないため、コンピュータはスムーズに人間の意図を解釈することができない。そこで、コンピュータにおける「常識」を持たせることを目指す。本稿では人間の持つ常識の中でも物体の大きさや重さ、金銭的価値といった数量に関する常識を判定するシステムを提案している。そこで、これまでに開発した量判断システム<sup>[1]</sup>の性能評価を行い、精度向上を行うと共に、本稿では特に物の種類を考慮した上で「価値」に関する常識的な判断を行う相対的価値評価方式を提案している。この評価方式を構築することで、より柔軟な思考をコンピュータに持たせることを将来的な目標としている。

## 2 量判断システム

量判断システムとは、入力された比較対象語と比較観点(表 1)に対して量語知識ベースから得られた値を用いて返答するシステムである。

表 1 量判断システムで扱う比較観点

大きさ	重さ	長さ	深さ	太さ
高さ	厚さ	広さ	速さ	価値

## 2.1 量判断システムの流れ

- (1) 質問文を入力する。質問文は「入力( (比較対象語列), 比較観点) )」の形で入力される。  
例: 質問文「西瓜と蜜柑はどちらが高価ですか」 入力( (西瓜, 蜜柑), 高価)
- (2) 比較対象語が量語知識ベース内に存在する場合、その比較観点に対応した値を抽出する。量語知識ベースについては2.2節で詳しく説明する。  
例: 西瓜 1200円, 蜜柑 100円
- (3) 比較対象語が量語知識ベース内に存在しない場合、概念ベース<sup>[2]</sup>とシソーラス<sup>[3]</sup>から関連度計算<sup>[4]</sup>を行い、最も近い語に置き換える。この処理を未知語処理と呼ぶ。未知語処理については3.3節で詳しく説明する。

†同志社大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering Doshisha University

- (4) 比較対象語の値を比較する。  
例: 西瓜(1200円) > 蜜柑(100円)
- (5) 結果を出力する。  
例: 「西瓜のほうが高価です。」

## 2.2 量語知識ベース

主に日常的に使われる全 1400 語(代表語)から構成されるデータベースである。表 1 に示した全 10 項目に関する実際の値が格納されている。ただし、該当する項目の概念がない場合、「-1」を格納している。その実際の値とは現実に存在するものの一般的な値を指す。ただし、「大きさ」に関しては 64 段階のレベルで格納されている。その理由は、「大きさ」という概念は実際の値で定義することができないためである。量語知識ベースの一部を表 2 に示す。

表 2 量語知識ベースの一部

ID	表記部	大きさ	...	深さ	価値
5	蟻	4	...	-1	-1
42	乾電池	9	...	-1	400
69	林檎	12	...	-1	300

## 2.3 量判断システムの精度評価

既知語(量語知識ベースに存在する語)50 語の評価セット(表 3)を用意し、「 の値段はいくらですか」という形で量判断システムに入力し返答された値段を評価した。評価は 3 人が感覚的に判断し、その中で 2 人以上が常識的であると判断したときに正答とする。結果を図 1 に示す。

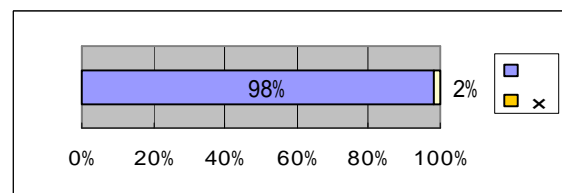


図 1 精度(既知語 50 語)

表 3 評価セットの一部

表記部	価値	結果
指輪	30000	
イヤリング	30000	
桜ん坊	800	
カブトムシ	10000	x

一語(カブトムシ)以外の語に関してはすべて正答となり、

全体でのシステムの精度は 98% となった。誤答の原因を考察する。普通のカブトムシは安価であるが、めずらしいカブトムシは高価である。このようにカブトムシは価格に大きな幅を持っているので、誤答になったものと思われる。しかし、このような特殊なケースを除く一般的な既知語に関しては、正しい判断がなされることがわかった。

### 3 未知語処理

量判断システムは既知語に対しては正しく判断することができると 2 節で証明された。本節では未知語に対する処理の方法とその精度評価を行う。未知語とは量語知識ベースに存在せず且つ、概念ベースに定義されている語のことである。未知語が量判断システムに入力された場合、シソーラスと概念ベースを用いて関連度計算を行い、関連度の最も高いものに置き換えて返答する。この処理を未知語処理という。

#### 3.1 シソーラス

シソーラスとは、一般名詞の意味的用法を表す約 2700 語の意味属性の上位下位関係、全体部分の関係を木構造で示したものであり、約 13 万語が登録されている。例を示すと、“ビール”の上位は“酒”である。

#### 3.2 概念ベース

概念ベースとは、複数の国語辞書や新聞等から機械的に構築した、語（概念）とその意味特徴を表す単語（属性）の集合からなる知識ベースである（図 2）。概念  $A$  に付与される属性  $a_n$  には、その重要性を表す重み  $w_n$  が付与されている。概念ベースには、約 9 万語の概念が収録されており、1 つの概念あたり平均 30 個の属性が付与されている。しかしながら、概念ベースにも登録されていない概念も存在しており、その概念を本稿では未定義語と定義する。

$$A = \{(a_1, w_1), (a_2, w_2), \dots, (a_n, w_n)\} \quad (2.1)$$

各概念に付与されている属性は、概念ベースに概念として登録されている語であるため、各属性を一つの概念表記としてみなした場合、さらにそれを表す属性を導くことができる。このように、概念は概念ベースにより  $n$  次の属性連鎖集合として定義する。また、 $n$  次の属性集合を  $n$  次属性と呼ぶ。

概念	属性, 重み
雪	(雪, 0.61), (白い, 0.30), ...
白い	(雪, 0.16), (白地, 0.14), ...
下る	(低い, 0.23), (雪, 0.21), ...
...	...

図2 概念ベース

#### 3.3 関連度

概念関連度  $MR$  は、対象となる二つの概念において、一次属性の組み合わせについて一致度を求め、これを基に概念を構成する属性集合全体としての一致量を計算することで算出される。

具体的には、見出し語として一致する属性同士 ( $a_i = b_j$ ) について、まず優先的に対応を決定する。他の属性については、全ての一次属性の組み合わせにおいて属性一致

度を算出し、属性一致度の和が最大となるように組み合わせを決定する。一致度を考慮することにより、属性同士の見出し語としての一致だけではなく、一致度合いの近い属性を有効に対応づけることが可能となる。また、概念  $A, B$  間の見出し語として一致する属性 ( $a_i = b_j$ ) については、以下の処理により別扱いとする。 $a_i = b_j$  なる属性があった場合、それらの属性の重みを参照し、 $u_i > v_j$  となる場合は、 $a_i$  の重み  $u_i$  を  $u_i - v_j$  とし、属性  $b_j$  を概念  $B$  から除外する。逆の場合は、同様に  $b_j$  の重み  $v_j$  を  $v_j - u_i$  とし、属性  $b_j$  を概念  $B$  から除外する。見出し語として一致する属性が  $T$  組あった場合、概念  $A, B$  はそれぞれ  $A', B'$  として以下のように定義し直され、これらの属性間には見出し語として一致する属性は存在しなくなる。

$$A' = \{(a'_1, u'_1), (a'_2, u'_2), \dots, (a'_{L-T}, u'_{L-T})\} \quad (2.2)$$

$$B' = \{(b'_1, v'_1), (b'_2, v'_2), \dots, (b'_{M-T}, v'_{M-T})\} \quad (2.3)$$

見出し語として一致した属性の関連度を  $MR\_com(A, B)$  とし、以下の式で定義する。

$$MR\_com(A, B) = \sum_{a_i=b_j} \min(u_i, v_j) \quad (2.4)$$

$$\min(\alpha, \beta) = \begin{cases} \alpha & (\alpha \leq \beta) \\ \beta & (\alpha > \beta) \end{cases}$$

次に、見出し語として一致する属性を除外した  $A', B'$  の関連度を  $MR\_def(A', B')$  とする。 $MR\_def(A', B')$  を算出するために、属性数の少ない方の概念  $A'$  の並びを固定し、属性間の属性一致度の和が最大になるように概念  $B'$  の属性を並べ替える。このとき、対応にあふれた属性は無視する。概念  $A'$  の属性  $a'_s$  と概念  $B'$  の属性  $b'_s$  が対応したとすると、概念  $B'$  は以下のように並び換えられる。

$$B' = \{(b'_{x'}, v'_{x'}), (b'_{x+1}, v'_{x+1}), \dots, (b'_{x+L-T}, v'_{x+L-T})\} \quad (2.5)$$

そして、見出し語として一致する属性を除去した属性間の関連度  $MR\_def(A', B')$  を以下の式で定義する。

$$MR\_def(A', B') = \sum_{s=1}^{x+L-T} Match(a'_s, b'_s) \times \frac{\min(u'_s, v'_s)}{\max(u'_s, v'_s)} \times \frac{u'_s + v'_s}{2}$$

$$\min(\alpha, \beta) = \begin{cases} \alpha & (\alpha \leq \beta) \\ \beta & (\alpha > \beta) \end{cases}, \max(\alpha, \beta) = \begin{cases} \alpha & (\alpha \geq \beta) \\ \beta & (\alpha < \beta) \end{cases} \quad (2.6)$$

このように、見出し語として一致する属性間の関連度  $MR\_com(A, B)$  と、それら以外の属性間の概念関連度  $MR\_def(A', B')$  をそれぞれ算出し、合計を概念  $A, B$  の関連度  $MR(A, B)$  とする。

$$MR(A, B) = MR\_com(A, B) + MR\_def(A', B') \quad (2.7)$$

関連度も、一致度と同様 0.0~1.0 の値をとる。また、実験より属性数が 30 個使用すればよいとの報告がなされているため属性数は 30 個まで使用する。

#### 3.4 未知語の精度評価

未知語 50 語からなる評価セット(表 4)を用意し、2.3 節と同様に精度評価を行った。結果を図 3 に示す。

表4 評価セットの一部

表記部	変換された語	価値	結果
鰯	魚	500	
油紙	和紙	100	
コーラ	シャンパン	3000	×
緑茶	シャンパン	3000	×

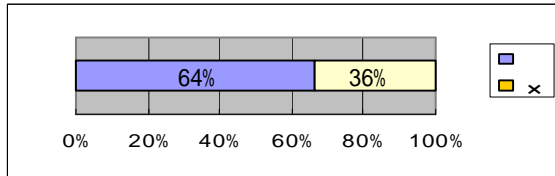


図3 精度(未知語50語)

表のように「緑茶」,「コーラ」といった飲み物を入力するとすべて「シャンパン」に変換されてしまう。これは量語知識ベースに登録されている飲み物が「シャンパン」しか存在しないためである。全体の未知語に対するシステムの正答率は64%となった。よって、この点を考慮した上で未知語処理の改良が必要である。

#### 4 未知語処理の精度向上

##### 4.1 量語知識ベースの追加

シソーラスと量語知識ベースを分析して、シソーラスの分類ごとに代表語(量語知識ベースに含まれる語)の割合を調べた(表5)。そこで10%未満のノードに対して量語の追加を行い、3.4節と同様の評価方法で未知語処理を評価したところ、図4のようになった。正答率は追加前の64%から72%と8%上昇した。具体例を挙げると表5から末端ノード「穀物」「茶」における量語が少ないので、量語「黒豆」「コーンフレーク」「タピオカ」「麦茶」などを追加した(表6)。

表5 シソーラスの語数に占める代表語数の割合

末端ノード	割合(%)
穀物	3.2
野菜	12.6
魚介類	10.0
茶	0.0

表6 追加した量語の一部

分類	表記部	価値(円)
穀物	黒豆	500
	タピオカ	300
茶	麦茶	150

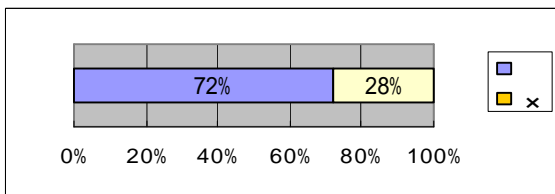


図4 追加後の精度

#### 4.2 関連度による重み付け手法

##### 4.2.1 手順

価格の偏りを防ぐために上位5語を用いる。さらに、意味的な結びつきの強さも考慮に入れるために関連度で重み付けを行う。関連度*i*位の関連度を*d<sub>i</sub>*、価格を*p<sub>i</sub>*とすると求められる価格*P*は

$$P = \sum_{i=1}^5 d_i p_i / \sum_{j=1}^5 d_j \quad (4.1)$$

で表される。この方法で新たな価格を決定する。

##### 4.2.2 評価

関連度による重み付け手法による未知語処理の評価を3.4節と同様の方法で行ったところ図5に示す精度が得られた。未知語処理の精度は4.1節の量語知識ベースの追加後の精度72%(図4からさらに6%上昇した)。

上位5語の関連度を重みとして計算することによって、関連度を考慮しつつ入力語の相場に近づけることができた。失敗の原因は、従来の方法で求めた際たまたま関連度1位語が、意味的にも価格的にも入力語に近い語であったためと考えられる。例えば入力語「鰻重」の場合、従来の方法では関連度1位語「寿司」の1000円(正答)という妥当な価格に置き換えられていたが、関連度上位5語を用いたことによって、3位「赤飯(200円)」,4位「海苔巻き(200円)」など「鰻重」の常識的な価格とは離れたものまで反映されてしまい、最終的な価格は542円(誤答)となった。

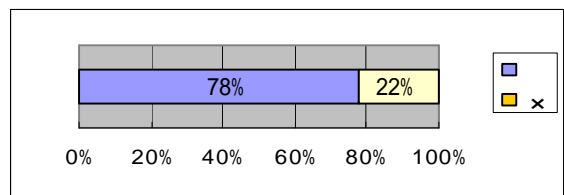


図5 重み付け手法の精度

#### 5 相対的価値評価方式の構築

##### 5.1 人間の物に対する価値観

入力された単語が「高価」なのか「安価」なのか、あるいは「普通」なのかを判断するために、人間が日常的な物に対してどのような感覚を抱いているのかを調べた。表7は一般的な感覚によってシソーラスの分類ごとに価値の判断をしたものである。

表7 シソーラス分類ごとの価値判断

<果物>		<車>	
単語	価格	単語	価格
メロン	2500円	オープンカー	500万円
西瓜	1200円	自動車	300万円
葡萄	400円	軽自動車	100万円
蜜柑	100円		

「メロン」が2500円で「高価」と判断されたのに対し、「軽自動車」は100万円であるにも関わらず「安価」と判断された。そこから人間は価値判断をする際に、単純に価格だけを見ているわけではなく「果物の中のメロ

ン」「車の中の軽自動車」というように物の分類も考慮しているということがわかる。

### 5.2 境界線データベースの構築

人間が物に対して、どのように価値評価を行っているかを調べるために、シソーラスの分類ごとに調査を行った。調査方法は物を価格順に並べて、「高価」と判断できる物の中で最も安い物と、「安価」と判断できる物の中で最も高い物を選んでもらった。調査はシソーラスにおいて、価値の概念がある全 50 分類を対象に、1 分類当たり 3 人に対して行った。最終的に 3 人が選んだ物の価格を平均化したものを基準とした。これをデータベース化し「境界線データベース」と定義した。表 8 に境界線データベースの一部を示す。

表 8 境界線データベースの一部

分類	安価	高価
果物	77	1200
魚介類	167	1000
衣服	5000	9333

### 5.3 相対的価値評価方式の流れ

既存の量判断システムに 5.2 節で作成した境界線データベースを用いて、相対的価値評価システムを構築した。

<相対的価値評価システムの流れ> (図 6)

- 単語を入力する。
- 入力語が量語知識ベース内に存在するかどうか調べる。
- 量語知識ベースに存在しない場合、シソーラスと概念ベースを用いて未知語処理を行う。
- 量語知識ベースから価格を抽出する。
- シソーラスから入力語の分類を抽出する。
- 抽出されたシソーラス分類から価値評価の際の境界線を抽出する。
- 求めた価格と 求めた境界線から結果を出力する。

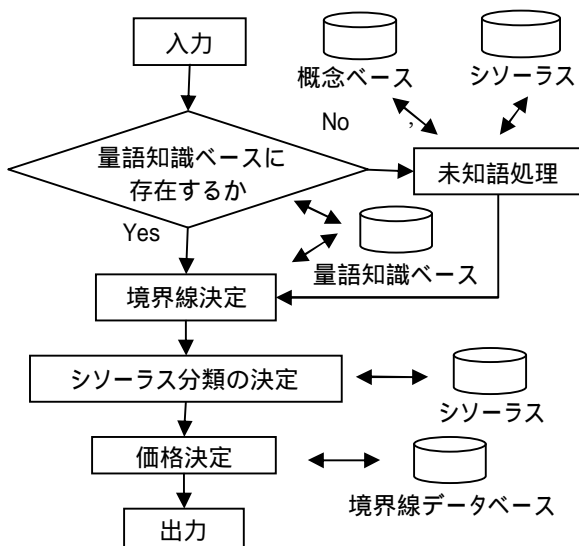


図 6 相対的価値評価システムの流れ

### 5.4 相対的価値評価システムの精度

3.4 節で用いた未知語 50 語の評価セットを相対的価値評価システムに入力し、評価をとった。評価方法も 3.4 節と同様とする。成功例と失敗例を表 9 に、精度を図 7 に示す。

表 9 成功例と失敗例

表記部	返答	正誤
油紙	安価です	
鰯	普通です	
サラダ	高価です	×

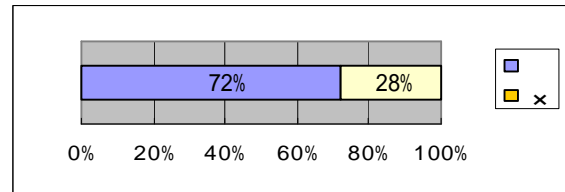


図 7 相対的価値評価システムの精度

正答率は 72% となり、このシステムの有効性が示された。残りの 28% が誤答となった原因は、未知語処理の段階で妥当な語に変換されなかったためであると考えられる。今後、相対的価値評価システムを改良するためには未知語処理の更なる改良が必要であると思われる。

### 6 おわりに

量語の追加と、関連度を重みとした価格算出方法により未知語処理の精度を向上させた。またシソーラスの分類における相対的価値評価方式を提案した。今後の課題はこの方式を感覚判断システムに統合することである。そうすることによって、今までの感覚判断システムでは不可能だった量に関する返答も可能となる。

### 7 謝辞

本研究は文部科学省からの補助を受けた同志社大学の学術フロンティア研究プロジェクト「人間と生物の賢さの解明とその応用」における研究の一環として行った。

### 参考文献

- [1] S. Tsuchiya, H. Watabe and T. Kawaoka: "A Quantitative Judgement System Based on an Association Mechanism for Natural Conversation with Computer", Proc. of the 25th IASTED International Multi-Conference, AIA2007, pp.508-513, 2007.
- [2] NTT コミュニケーション科学研究所監修, 「日本語語彙体系」, 岩波書店, 東京, 1997.
- [3] 小島一秀, 渡部 広一, 河岡 司, "連想システムのための概念ベース構成法 - 属性信頼度の考え方に基づく属性重みの決定", 自然言語処理, Vol. 8, No. 5, pp. 93-110, 2002.
- [4] 渡部 広一, 河岡 司, "常識的判断のための概念間の関連度評価モデル", 自然言語処理, Vol. 8, No. 2, pp. 39-54, 2001.