

## 曖昧さを含んだ時空間指示による コンピュータとの知的インタラクション

竹内 伸吾<sup>†</sup> 目黒 光彦<sup>†</sup> 金子 正秀<sup>†</sup>

本論文では、人間同士のコミュニケーションと同等の形でユーザとコンピュータとの間のインタラクションを実現するために、対象の空間的な位置関係や時間的な順序関係を表す言葉によって注目対象を指示する方法を検討する。「右」「その隣」「もっと上」といった空間的な位置を表す言葉や、「昨日」「少し前の」「その前」等の時間を表す言葉には、いずれも曖昧さが含まれている。そこで、各言葉によって表される空間的あるいは時間的な範囲を、ファジィ集合とインタラクションの履歴から推測し処理を行う。また、ユーザごとに言葉の表している範囲の基準に特徴が現れ、これを学習することによって対象をより効率良く選択できることを示す。

### Intelligent Interaction with Computer Using Ambiguous Words Indicating Spatial Positions and Temporal Relations

SHINGO TAKEUCHI,<sup>†</sup> MITSUHIKO MEGURO<sup>†</sup> and MASAHIDE KANEKO<sup>†</sup>

This paper discusses a human-computer interaction method which is based on the words indicating spatial positions such as “next to that” and “right” and temporal relations such as “recently” and “two or three weeks ago”. Most of these words contain ambiguity. In order to handle such ambiguity, this paper utilizes the Fuzzy set to decide the actual spatial area corresponding to each word. Since the variation implied by each of the words such as “more”, “a little” and so on depends on each individual person, the membership function for each word is modified by referring the history of interaction between a user and a computer.

#### 1. はじめに

コンピュータや知能ロボットに対して、人間を相手にするのと同じような感覚でインタラクションを行うことが可能となれば、ユーザとの親和性の高い柔軟なヒューマンインタフェースを構築することができる。このようなインタラクションにおいては、ディスプレイ上に表示された、あるいは現実世界の中に配置された様々な対象の空間的配置と、それらへのアクセスに関する時間的な履歴の扱いが重要である。日常生活ではたとえば、近くにいる相手に「机の上にある昨日読んだ本をとって」というような指示を行う。本論文では、これと同等のことをコンピュータ相手に行うことを目的として、対象の時空間的配置を表す言葉によるインタラクション手法を提案する<sup>1)</sup>。自然言語による対象物の同定に関しては文献<sup>2)</sup>で報告されているが、

位置関係を示す言葉に対する意味付けに主眼が置かれている。また、地図を対象とした2次元空間の取扱いに限定されている。これに対し本論文では、3次元空間、時間軸までも含めた、より一般的なインタラクションを取り扱う。特に、時空間指示のための言葉に含まれる曖昧さに対する処理について検討する。

#### 2. 対象を特定するための指示語

様々な対象の空間的配置とそれらに対するアクセスの時間的な履歴に着目して目的とする対象を特定するためには、大きく次の5通りの指示語が用いられる。

- (a) 「上、もっと右」等の空間的位置関係を表す指示語(2次元平面内/3次元空間内)、および「これ、あれ」等の指示代名詞
- (b) 「昨日、いつもの」等の時間的な関係を表す指示語
- (c) 「四角、丸、赤、緑、大きい」等の形、色等を形容する補足的な指示語
- (d) 「いいえ」等の意思表示や制御に関わる指示語
- (e) 「本、カップ、紙」等の物の種類を表す指示語

<sup>†</sup> 電気通信大学大学院電気通信学研究科

The University of Electro-Communications

ここでは、これらの中で、空間的な指示と時間的な指示に関連した指示語の取扱いについて検討する。

### 3. 指示語の曖昧さに対する処理

#### 3.1 曖昧さに対する取扱い方法

空間的な指示を言葉によって行う場合、座標値を指定するのではなく、「上、もっと右」等の指示語が使われる。この場合、たとえば「上」という言葉が実際に空間内のどこからどこまでを指しているかは明確ではない。また、時間的な指示を言葉によって行う場合、「昨日、1週間前の」等の言葉が用いられる。この場合「1週間前」といっても正確に“7日前”を示していないことも多い。すなわち、曖昧さが含まれるため、時間指示に関わる言葉と実際の空間内での位置や使用日時との関係付けが必要である。これらの言葉の曖昧さを表現するために、ファジィ集合の考え方を利用する<sup>3)</sup>。各個人によって言葉の表す幅や意味にずれがあることに対処するため、メンバシップ関数(MF)の形状を動的に更新する。すなわち、ユーザの指示とコンピュータの応答、その応答に対する訂正等のインタラクションを通して、個々のユーザによる違いを調べる。個々のインタラクションのばらつきや平均を用いてMFを変化させ、個々のユーザへの適合を図る。

#### 3.2 アクセス履歴の管理

ユーザが目的の対象に効率良くアクセスできるようにするために、ユーザとコンピュータとのインタラクションの履歴を記録し、利用する。まず、ファイルや対象へのアクセス時に、管理情報を図1に示すような使用履歴ファイルに記録する。「3日前」「1週間前」といった時間を特定したユーザからの指示に対して、過去のアクセス履歴から対象を検索するために用いる。一方、図2に示すようにユーザがコンピュータに対して行った指示と、それに対するコンピュータの応答結果をインタラクション履歴ファイルに記録する。この履歴ファイルをコンピュータ側が参照することによって、ユーザの指示語の使い方の癖を学習し、個々のユーザに適した応答を行うことを可能とする。

#### 3.3 空間的配置を考慮した指示に対する処理

実際の処理方法を「右」という指示を例にとって説明する。「右」が指し示す範囲は、式(1)に示すように「右」を表すファジィ集合( $R\_grade$ )と高さの真ん中さを示すファジィ集合( $Hei\_grade$ )の論理積を求め、さらに、注目対象からの距離( $D_{is}$ )と注目対象の幅( $W_{id}$ )の比率を考慮して決定する。式(1)で $D_{is}$ と $W_{id}$ の比率の値は、たとえば、注目対象からの距離が同じでも、注目対象の幅によって「右」と解釈する度

使用対象: 34	使用日時:2001/09/09	時間:4:27:42
使用対象: 41	使用日時:2001/09/09	時間:4:30:17
使用対象: 22	使用日時:2001/09/10	時間:20:02:40
使用対象: 47	使用日時:2001/09/12	時間:19:26:31
使用対象: 13	使用日時:2001/09/13	時間:18:40:32
使用対象: 19	使用日時:2001/09/13	時間:18:41:02
使用対象: 25	使用日時:2001/09/14	時間:15:26:58

図1 使用履歴ファイル

Fig. 1 History file containing access date and time for each of used objects.

ユーザからの指示	X方向の移動量	Y方向の移動量	X方向の移動率	Y方向の移動率
上	X=-56	Y=1630	x=0.019	y=0.351
左	X=-357	Y=381	x=0.124	y=0.454
右	X=357	Y=-381	x=0.044	y=0.045
もっと右	X=4676	Y=15	x=0.578	y=0.018
違う	X=-639	Y=26	x=0.032	y=0.017

図2 インタラクション履歴ファイル

Fig. 2 History file containing interaction processes.

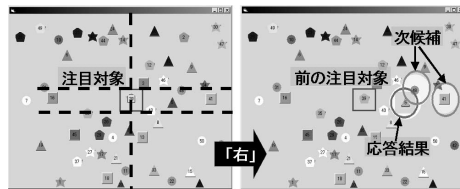


図3 ユーザの注目対象がある時の例 — 「右」

Fig. 3 Example of response by the system when a user gazes a specific object. Command is “right”.

合いを変化させる作用をする。たとえば、 $D_{is} = 3$  のとき、 $W_{id} = 1, 3, 5$  に応じて「右」と解釈する場合は、0.33, 1.0, 0.6 という値をとる。

$$Right = R\_grade \times Hei\_grade \times \begin{cases} (D_{is}/W_{id}) & (W_{id} \geq D_{is}) \\ (W_{id}/D_{is}) & (D_{is} > W_{id}) \end{cases} \quad (1)$$

実際の例を図3に示す。初期状態での注目対象との位置関係を考慮に入れ、式(1)による計算結果の数値が最も大きくなる対象を応答結果とする。第1候補だけでなく、次候補も示すようにしている。ユーザが特定の対象を注目していないときは、式(1)ではなく、画面全体を基準にして取り扱う。たとえば、ユーザの注目対象がない状態で「右」という指示を行ったとき、システムの応答としては対象全体の最も右に位置するものを選ぶことになる。以上の例は2次元空間の場合であるが、3次元空間でも同様の考え方で扱うことができる。

空間を考慮した言葉による指示だけでなく、空間 +  $\alpha$  (付帯情報)の指示をすることによって、ユーザの求めている対象を確実に選択させることが可能となる。

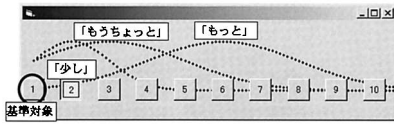


図 4 曖昧な言葉に対応した MF の例

Fig. 4 Examples of membership functions for ambiguous words.

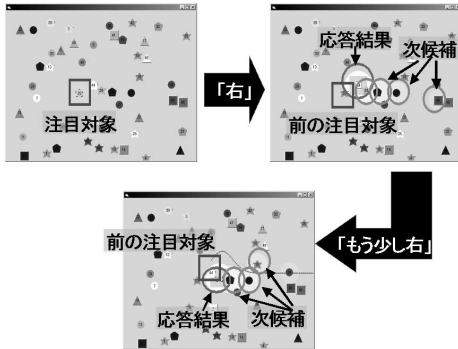


図 5 「もう少し右」に対する応答結果の例

Fig. 5 Example of response by the system for the command “a little right”.

たとえば、ある注目対象から見て「右の星」と指示したとする。これにより、システム側は右にある対象のうち星型の対象を応答として提示することが可能となり、単に「右」と指示された場合の曖昧さを解消することができる。また、「もう少し右」等の、より曖昧な指示に対しては、式 (2) に示すように「右」と「高さ」の度合いを表すファジィ集合「もう少し～」を表す履歴から算出された MF、直前のユーザの指示に対するコンピュータの応答結果を考慮して決定する。

$$a \text{ little more\_Right} = R\_grade \times Hei\_grade \times a \text{ little more} \quad (2)$$

「もっと」「少し」等の、ユーザ個々や対象の配置状況等に応じて具体的な程度が異なる指示に対しては、初期状態での MF を正規分布の形で与えておく。そのうえで、過去のインタラクション履歴から得られる情報に基づいて、指示に応じた応答結果の平均や分散を求め、MF の形状を動的に変化させ、以後の処理に反映させる。図 4 では、左から順に「少し」「もう少し」という指示に対応した MF の例を示している。図 5 は、現在の注目対象に対して「右」という指示をした後、さらに「もう少し右」という指示を行ったときの応答結果の例を示したものである。

### 3.4 時間的配置を考慮した指示に対する処理

時間を表す指示語に対しても、空間と同様にインタラクション履歴から得た情報から決定される MF を用いたファジィ処理により取り扱う。まず、時間を表

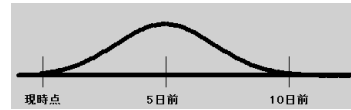


図 6 ユーザの指示「数日前」に対する MF の例

Fig. 6 Example of membership function for the command “several days ago”.

す指示語が指し示す範囲を式 (3) に示すような正規分布タイプの MF で表現する。このとき、平均 ( $\mu$ ) は時間を示す言葉によって表される標準的な値である。たとえば「1 日前」なら “1”、「1 週間前」なら “7” とする。分散 ( $\sigma^2$ ) はその言葉が含む時間的な曖昧さの振幅を示し、言葉に応じて適当な初期値を設定しておく。図 6 に「数日前」の指示に対する初期状態 ( $\mu = 5, \sigma = 2$ ) の MF を示す。

$$Fuzzy\_Time = \exp\{- (x - \mu)^2 / 2\sigma^2\} \quad (3)$$

時間を考慮した指示に対する実際の処理方法は次のようになる。たとえば、ユーザが「3 日前に使用した三角形の対象」という指示をしたとする。このとき、記憶が曖昧で「3 日前」ではなく、2 日前あるいは 4 日前である可能性もあるので、図 1 に示すような使用履歴ファイルに基づき、式 (3) を計算し、また“三角形”という条件も付け加え、値の最も大きくなるものを応答結果としてユーザに返す。

インタラクションを通して個人性を考慮する場合、使用履歴ファイルを参照して、時間を示す言葉と実際に選択された対象の日時との差の分散  $\sigma^2$  を求めて式 (3) の MF の形を変化させる。

### 3.5 MF の更新方法

各々のユーザに適合した処理をシステムに行わせるため、適宜 MF を更新する。具体的な更新方法を、「もう少し～」という指示を例にとって説明する。最初に、インタラクション履歴ファイルから「もう少し右」「もう少し上」といった「もう少し～」という言葉の含まれる指示を行ったときの情報を取得する。また「もう少し～」という指示の直後にユーザが行った指示に着目し「違う」「それじゃない」等の否定的な指示があるかどうかを確認する。もし、直後に否定的な指示があるときは、その前の結果をユーザが納得していない、あるいは、ユーザの意図に反していたと判断し、MF を決めるうえでのデータとして扱わない。否定語の後に異なる指示をした場合「それです」という意思表示があるときは、否定の前の指示でそのときの応答結果を望んでいたと判断し、MF 更新のためのデータとして用いる。たとえば、正規分布で与えられる MF に対しては、ユーザとシステムとの応答が

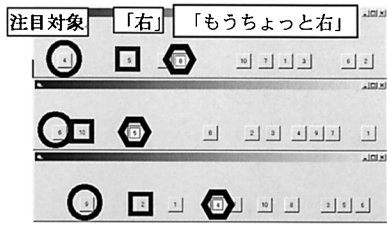


図7 MFの違いによる「もうちょっと右」への応答の変化  
Fig. 7 Variations of response for the command “a little right” depending on the difference of MFs.

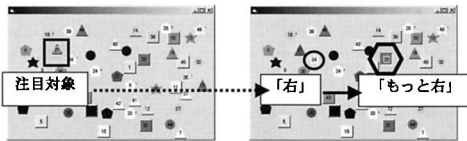


図8 「もっと右」に対する応答結果  
Fig. 8 Response by the system for the command “more right”.

繰り返されるにつれて、ユーザの指示に適した応答を推測し、平均値と分散の値を更新していく。

#### 4. 実験

図7は、1次元空間上で10個の対象をランダムに配置し、初めの基準を左端の対象として「右」と「もうちょっと右」という指示を続けて発したときのコンピュータの応答結果を示したものである。「もうちょっと」に対するMFとしては、図4に示したものをを用いている。図7より「もうちょっと」に対するMFの形状をふまえて、距離と対象の配置関係を考慮した応答をコンピュータが行っていることを確認できる。次に、図8は対象の複雑な配置状況に対する動作例である。「もっと」に対して、現在位置からある程度離れた位置にピークを持つMFを対応させることにより「右」で選択された対象の単なる右隣でなく、さらに右に離れた対象が選ばれている。実際のMFの形状決定に関しては今後さらに検討が必要であるが、ここで示した考え方により「もっと」等の主観的な程度表現まで含めた取扱いが可能となる。

次に、図9に示すように「ずっと右」という言葉に対応するMFにおいて、平坦部の長さが、個人性の違いにより、上段と下段のように異なるとする。対象の配置を同一にし、同じ注目対象から「ずっと右」という指示をした場合、図9の右側に示すようにMFの違いに応じて異なる応答結果が得られる。

最後に、空間的な位置関係を表現するために用いられるファジィ集合のMFについて、距離重視型と方

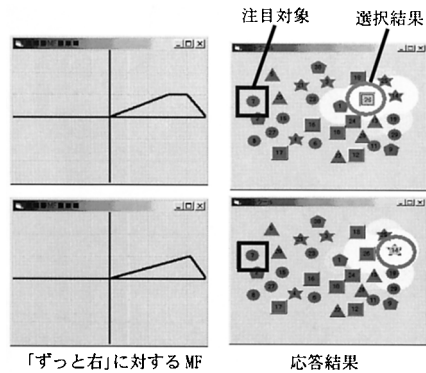


図9 「ずっと右」に対するMFの差によるシステムの応答結果の違い  
Fig. 9 Difference of response corresponding to different membership functions for “far more right”.

向重視型の2種類の初期条件を用いて、対象が適切に選択されるか否かに関する主観評価実験を行った。この結果、ユーザごとに距離だけを重視したり、方向のみを重視したり、また距離と方向の両方を考慮に入れたりといった特徴があることが分かった。インタラクションの履歴によってMFの形状を制御すれば、このようなユーザごとの特徴を反映することができ、より人間に近い形のインタラクションを行えることになる。

#### 5. むすび

本論文では、対象の時空間的配置に関わる曖昧さを含んだ指示語に対して、ファジィ集合とインタラクションの履歴を利用して取り扱う方法について述べた。今後の課題としては、ユーザとコンピュータ(ロボット)と対象の3者の位置関係をふまえて、本論文で提案した方法に基づくインタラクションを実世界で行わせる際の問題点に対する検討等があげられる。

#### 参考文献

- 1) 竹内伸吾, 目黒光彦, 金子正秀: 対象の時空間配置を表す言葉を用いたコンピュータとの知的インタラクション, 2001年電子情報通信学会基礎・境界サイエティ大会講演論文集, A-15-10, p.201 (2001).
- 2) 伯田 晃, 高橋友一, 小林幸雄: 自然言語で指示された対象物の同定方法, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.12, pp.1735-1742 (1990).
- 3) 吉川 歩: ファジィ評定とメンバーシップ関数同定法, 日本ファジィ学会誌, Vol.10, No.2, pp.201-209 (1998).

(平成14年4月23日受付)

(平成14年9月5日採録)