

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500195

研究課題名(和文) 時空間に関する人間の直観的知識の表現と計算に関する研究

研究課題名(英文) Study on Representation and Computation of Human Intuition of Space and Time

研究代表者

横田 将生 (YOKOTA, Masao)

福岡工業大学・情報工学部・教授

研究者番号：50112313

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：イメージ現象との関連において人間の直感の機能的モデルを提案した。そのモデルは、人間の認知機構は知覚、直感、論理の大きく3つの層よりなると仮定している。第1層の知覚では外界刺激から漠然として分節されていないイメージが生成される。第2層の直感では知覚されたイメージを論理的な間接的過程を経ずにハードウェア的に直接分節する。最後に、第3層の論理がその直感イメージの分節に対して知識を用いたソフトウェア的推論により修正を加える。今回提案した機能は一般的に実現しようとすると非常に困難であるが本研究者の知識表現言語Lm dでのイメージ記述に基づけば従来の方法よりも容易に実現できると考えている。

研究成果の概要(英文)：The author considered human intuition in association with mental images and proposed a functional model of human intuition where it was defined as a set of procedural functions specialized for facilitating cognition of significant matters in perception of external stimuli, for example, instinctive detection of dangerously keen objects. There was proposed a multilayered model of human cognition of the external world. The model consists of three main processing components, namely, (1) Perception, (2) Intuition and (3) Reason. At the first layer, Perception produces vague and unarticulated images (i.e., perceptible images) from external stimuli. At the second layer, Intuition translates perceptible images into articulated ones (i.e., intuitive images) with direct knowledge but any mediate knowledge yielded by reasoning. Finally, Reason with Knowledge calibrates intuitive images into rational images, so called, by inference employing various kinds of knowledge.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：知能情報学

キーワード：直感 ロボット 知能 時空間 自然言語

1. 研究開始当初の背景

自然言語の中でも時空間に関する部分言語は特に時空間言語 (Spatiotemporal Language) と呼ばれ、人間の認知にかかわる基本的な問題(曖昧性、漠然性、同一性、時間性など)を含んでいることからオントロジーの研究などにおいて大きな注目を浴びている[1]。その一方、従来、時空間言語理解に関する多くの研究は英語の前置詞に相当する比較的少数の語句を中心とする S1 のような事物間の静的位置関係に関する表現にその対象を限定している[2]。しかしながら、時空間における事物間の関係表現、特に、動的なものは S2 に示すように大部分動詞を中心とするものであり、さらに S3 のように複雑な関係は前置詞(あるいは相当語句)中心では不可能である。ところで、時空間に関して一般人が頻繁に発話しかつ容易に理解する自然言語表現のなかには S4~S8 に示すように一見非科学的ともとれるものが多く存在する。本申請者は、このような表現には時空間における人間の主観(外界知覚過程の性向、すなわち、時空間に対する心の働き方)が投影されていると考え、心像意味論(Mental Image Directed Semantic Theory)と呼ぶ独自の自然言語意味論を展開し人間の主観的知識の獲得モデルおよび体系的表現と計算に関する研究を行ってきている[3-7]。

(S1) The book is between the cup and the bottle.

(S2) The robot carries the box, avoiding the obstacles.

(S3) The road runs 10km straight east from A to B, and, after a while, at C it meets the street with the sidewalk.

(S4) The Andes Mountains run north and south.

(S5) The road sinks to the river.

(S6) The road rises from the river.

(S7) The roads meet there.

(S8) The roads separate there.

[1] Geo-ontology Concepts and Issues. Report of a workshop on Geo-ontology (Compiled and edited by Jenny Harding), Ilkley UK, September 2002.

[2] Coventry, K. R., Prat-Sala, M. & Richards, L. V.: The interplay between geometry and function in the comprehension of 'over', 'under', 'above' and 'below'. Journal of Memory and Language, 4, pp.376-398, 2001.

[3] Shiraishi, M., Capi, G., Yokota, M.: "Human-robot communication based on a mind model," Journal of Artificial Life and Robotics, 10-2, pp.136-140, Springer-Verlag Tokyo, 2006.

[4] Yokota, M.: "Towards Intuitive Spatiotemporal Communication between Human and Ubiquitous Intelligence Based on Mental Image Directed Semantic Theory - A General Theory of Tempo-logical Connectives -", Proc. of the 4th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC-07)(LNCS), pp.1066-1078, Hong Kong, China, July, 2007.

[5] Yokota, M., Capi, G.: "Cross-media Operations between Text and Picture Based on Mental Image Directed Semantic theory," WSEAS Trans. on INFORMATION SCIENCE and APPLICATIONS, Issue 10, 2, pp.1541-1550, Oct. 2005.

[6] Yokota, M.: "Towards a Universal Language for Distributed Intelligent Robot Networking," Proc. of IEEE International Conference on Systems,

Man and Cybernetics (SMC06)(Invited paper), pp. 2784-2789, Taipei, Oct. 2006.

[7]Yokota,M.: "A Theoretical Consideration on Artificial Imitation of Human Action Based on Mental Image Directed Semantic Theory," Proc. of IEEE workshop on Network-based Virtual Reality and Tele-existence (INVITE07), pp.987-992, Niagara, Canada, May, 2007.

2. 研究の目的

近未来においてロボットが人間の日常生活における真のパートナーとして存在するためには、少なくとも自然言語による一般人との意思疎通のために適切で十分な能力が必要である。なかでも時空間に関する言語理解および表出能力はロボットが一般人と協調的に作業を行う際に最も重要である。しかしながら、一般人が直観に基づき頻繁に発話しかつ容易に理解する自然言語時空間表現には人間の主観（外界知覚過程の性向、すなわち、時空間に対する心の働き方）が投影されており、客観的時空間への直接的な接地（Grounding）が困難な場合が多く存在している。本研究では時空間にかかわる人間の主観的知識を体系的に表現および計算するメカニズムを一つの演繹システムとしてモデル化し時空間言語理解システムとしての応用を試みる。

3. 研究の方法

時空間言語の特徴は他の部分言語（Sublanguage）と異なり、その表現の意味が視覚的に外界事象と対応づけられる点にある。本研究では、申請者が提案している心のモデルを構成する4つのエージェント（St,Kn,Em,Re）のうち、刺激受容系（St）の能動的外界知覚機能（Active Perception）に基づき主観的時空間関係知識が知識処理系

（Kn）において形成され主観的ではあるが人間においては一般的な法則が抽出される過程をシミュレートすることになる。方法論的には、まず、与えられた時空間表現（刺激表現）が想起させる外界事象（指示対象）を属性空間の軌跡として抽象化し軌跡式として表現する。続いて、内容的に導出関係にある表現に対応する軌跡式の集合から主観的な法則を抽出し公準として演繹システムに組み込むことになる。具体的には、まず、与えられた時空間表現（刺激表現）が想起させる外界事象（指示対象）を属性空間の軌跡として抽象化し軌跡式として表現する。続いて、内容的に導出関係にある表現に対応する軌跡式の集合から主観的な法則を抽出する。

主観的法則に関して、現在までに、発見されている重要なものの一つが、「空間的事象の可逆性」である。この法則は、たとえば、S5とS6およびS7とS8はそれぞれ同一時間帯において同一の事象を指示するという事実から導かれた。すなわち、それぞれの表現対において、内容的には相互が導出される関係、言語的にはパラフレーズ（言い換え）関係にあることになる。このことは、心のモデルでは視線が指示対象を能動的に走査する時の方向の違いとしてとらえることになる。

4. 研究成果

（1）2011年度は、関連する単語とそれを含む文章の収集を行った。具体的には、まず、英語シソーラスから時空間関係（Spatiotemporal relation）に関する単語（before, after, avoid, touch, in front of, in advance など）を全品詞にわたって約500語を抽出した。続いて、地理・地図案内から時空間関係単語を含む表現と対応する画像を収集し約2000件をデータベースとして蓄積した。このデータ収集蓄積

は主にインターネットを利用して行った。

(2) 2012年度は、単語の意味分析・記述を行った。具体的には、前年度に抽出された単語の意味分析および記述を関連する属性空間(“色立体”や“味覚立体”に相当)との対応において行った。現時点で関連することが予想される属性空間は“位置”, “形”, “方向”などに関するものである。軌跡式は属性空間における軌跡を論理式で表現したものであり、例えば、“fetch”という動詞概念の軌跡は図1のように表現され、その軌跡式表現は式(1)のようになる。この式は、“xが自力でp1からp2に行き、xの作用でyと一緒に移動しp1に戻る”ことを意味し“A12”は“物理的位置”に関する属性空間である。この式において、L(・)は原子軌跡式と呼ばれ属性空間における最も単純な軌跡(図2)を表し、式(2)の場合は「xの作用によりyの属性aの値が時間的あるいは空間的に(基準値kに対する相対)値pからqに変化する」と解釈する。変項gはその変化(事象)が時間的か空間的かを示すパラメータであり、それぞれ、時間的事象および空間的事象と呼ぶ。S9およびS10はそれらの例であり、その内容は、式(3)および(4)のように定式化され図3のように視覚化可能である。また、•およびΠはそれぞれ同時的連言および継時的連言であり、時間関係と論理的关系を同時に表現するための時間論理結合子と呼ばれるものに属している。

$$(\exists x, y, p1, p2, k) L(x, x, p1, p2, A12, Gt, k) \bullet ((L(x, x, p2, p1, A12, Gt, k) \Pi L(x, y, p2, p1, A12, Gt, k)) \wedge x \neq y \wedge p1 \neq p2) \quad (1)$$

$$L(x, y, p, q, a, g, k) \quad (2)$$

$$(S9) \text{ The bus runs from Tokyo to Osaka.} \\ \Leftrightarrow (\exists x, y, k) L(x, y, \text{Tokyo}, \text{Osaka}, A12, Gt, k) \wedge \text{bus}(y) \quad (3)$$

$$(S10) \text{ The road runs from Tokyo to Osaka.} \\ \Leftrightarrow (\exists x, y, k) L(x, y, \text{Tokyo}, \text{Osaka}, A12, Gs, k)$$

$$\wedge \text{road}(y) \quad (4)$$

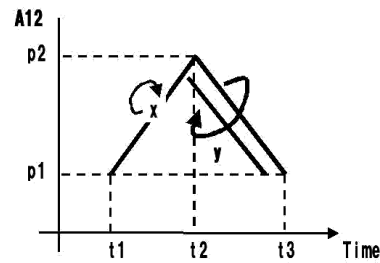


図1 軌跡の例

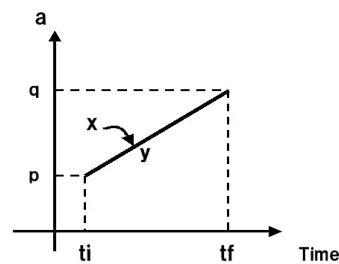


図2 原子軌跡

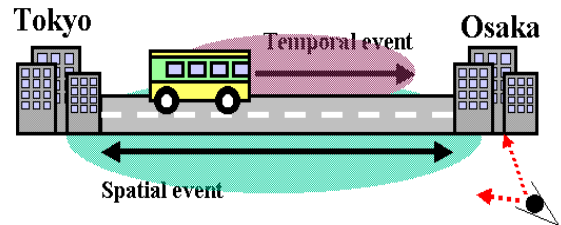


図3 時間的事象および空間的事象の例

(3) 2013年度は、イメージ現象との関連において図4に示すような人間の直感の機能的モデルを提案した。そのモデルは、人間の認知機構は知覚、直感、論理の大きく3つの層よりなると仮定している。第1層の知覚では外界刺激から漠然として分節されていないイメージが生成される。第2層の直感では知覚されたイメージを論理的な間接的過程を経ずにハードウェア的に直接分節する。最後に、第3層の論理がその直感イメージの分節に対して知識を用いたソフトウェア的推論により修正を加える。今回提案した機能は一般的に実現しようとする非常に困難であるが本研究者の知識表現言語 Lmd でのイメ

ージ記述に基づけば従来の方法よりも容易に実現できると考えている。

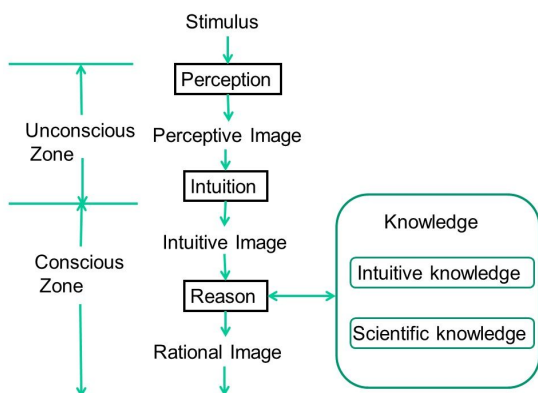


図4 人間の直感の機能的モデル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

YOKOTA, Masao, Aware Computing in Spatial Language Understanding Guided by Cognitively Inspired Knowledge Representation, Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 査読有, vol, 2012 Article ID 184103, 2012, 10 pages, doi:10.1155/2012/184103,

HUANG, Tizen, SUGITA, K, YOKOTA, Masao, Toward artificial Kansei based on Mental Image Directed Semantic Theory, Journal of Artificial Life and Robotics, 査読有, 2012, DOI:10.1007/s10015-012-0036-2

INENAGA, Shinji, SUGITA, Kaoru, OKA, Tetsushi, YOKOTA, Masao, Some Considerations on User Interface Switching Functions for those Weaker at IT, Journal of Artificial Life and Robotics, 査読有, 2012. Vol.16 No.4, 462-464

[学会発表](計10件)

NAKAMURA, Kenji, SUGITA, Kaoru, YOKOTA, Masao, Retrieval method for augmented reality objects based on color impression, Proc. of 18th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB), Daejeon, Korea, Feb. 2013

HUANG, Tizen, SUGITA, Kaoru, YOKOTA, Masao, Preparatory data analysis for customer servicing interface of Buddhism statue ordering system, Proc. of 18th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB), Daejeon, Korea, Feb. 2013

INENAGA, Shinji, SUGITA, Kaoru, YOKOTA, Masao, Evaluation of Some User Interfaces for Elderly Persons, Proc. of the 17th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2012

YOKOTA, Masao, Spatiotemporal Reasoning Aware of Human Cognitive Processes for Language-Centered Intuitive Human-Robot Interaction, Proc. of IEEE iCAST2012, Seoul, Korea, 2012 (Best Paper Award)

YOKOTA, Masao, General Theory of Tempo-logical Connectives and Its Application to Spatiotemporal reasoning in Natural Language Understanding, Proc. of NLPCS2012, Wroclaw, Poland, 2012

OKA, Tetsushi, ABE, Toru, SUGITA, Kaoru, YOKOTA, Masao, User study of a life-supporting humanoid directed in a multimodal language", Proc. of 16th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB), Beppu, Japan, Feb., 2011

INENAGA, Shinji, SUGITA, Kaoru,

OKA, Tetsushi, YOKOTA, Masao, A Preliminary Evaluation for User Interface According to User Computer Skill and Computer Specifications, Proc. of the Second International Workshop on Multimedia, Web and Virtual Reality Technologies and Applications (MWVRTA 2011), Italy, 2011

INENAGA, Shinji, SUGITA, Kaoru, OKA, Tetsushi, YOKOTA, Masao, An Evaluation System for Different Types of User Interfaces According to User Computer Skill and Computer Specifications, Proc. of the 14th International Workshop on Network-Based Information System (NBIS ' 2011), Italy, 2011

YOKOTA, Masao, Aware Computing Guided by Lmd Expression and Direct Knowledge in Spatial Language Understanding, Proc. of IEEE iCAST2011, Dalian, China, 2011

YOKOTA, Masao, Systematic Representation and Computation of Human Subjective Knowledge for Intuitive Human-Robot Interaction, Proc. of IEEE SMC2011, Anchorage, Alaska, 2011

[図書] (計 3 件)

YOKOTA, Masao. Subjective Knowledge Representation for Intuitive Human-Robot Interaction Based on Mental Image Directed Semantic Theory ” . Horizons in Computer Science Research. Volume 7 (Edited by Thomas S. Clary,), Nova Science Publishing Co., : ISBN: 978-1-61942-777-8, 2012, 356-381

YOKOTA, Masao. Integrated Multimedia Understanding for Ubiquitous Intelligence Based on Mental Image Directed Semantic Theory, in (Ed. T. Yang, Evi Syukur, and Seng W. Loke) Handbook on Mobile and Ubiquitous Computing, CRC Press, 2012, 279-312

YOKOTA, Masao, Language-Centered Intuitive Human-Robot Interaction Based on Mental Image Directed Semantic Theory. Introduction to Modern Robotics (Edited by: D. Chugo & S. Yokota) iConcept, : ISBN: 978-1463789428, 2012, 324-351

[その他]

<http://www.fit.ac.jp/~yokota/home.html>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

横田 将生 (YOKOTA, Masao)

福岡工業大学・情報工学部・教授

研究者番号 : 5 0 1 1 2 3 1 3