

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2005～2008

課題番号：17300050

研究課題名（和文） 三次元仮想空間上での Web 情報統合に関する研究

研究課題名（英文） Web information integration on 3D virtual space

研究代表者

北村 泰彦 (KITAMURA YASUHIKO)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号：00204917

研究成果の概要：

三次元仮想空間に関連する WWW 情報を反映させ、擬人化エージェントを用いて案内する Web 情報統合システムの構築に必要な技術として、三次元仮想空間上のオブジェクトとエージェントのふるまいを記述するスクリプト言語 AVSML、人間同士の対話を学習する会話エージェント、話速可変チャットや複数のエージェントを利用した非言語インタフェース、Semantic Web 情報生成と利用インタフェース、などを開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	3,500,000	0	3,500,000
2006年度	2,000,000	0	2,000,000
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
総計	9,400,000	1,170,000	10,570,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：三次元仮想空間, Web 情報統合, 擬人化エージェント, Semantic Web

1. 研究開始当初の背景

World Wide Web (以下, Web) はインターネット上の情報発信・共有の手段として広く社会に浸透している。一方 Web の問題点は、関連する情報が複数の情報源に分散しており、その検索や統合を行うことが困難であるという点である。Web 情報統合の必要性は高く、商用 Web サイトなどでも複数の情報源を統合するようなサービスは多々見られる。しかしながらその多くはハードコーディングによる実現であり、汎用性はなかった。一方、Web サービスという形式で、汎用的な情報統合インタフェースの整備も行われているが、Web 情報の切り貼りに終始するものであった。そ

れに対して本研究では、三次元仮想空間というより高度なインタフェース上で Web 情報統合を実現しようとする試みである。これにより統合できる情報の範囲は対象となる三次元仮想空間に関連するものに制限されるが、人にやさしく、より体験的でインタラクティブな情報統合を実現することができる。

2. 研究の目的

本研究では三次元仮想空間をプラットフォームと見なして、その上での Web 情報統合を行う基盤技術とプロトタイプシステムの開発を行う。三次元仮想空間にはオブジェクトと擬人化エージェントが存在する。オブジ

ェクトはインターネット上の Web 情報に応じて動的に変化し、エージェントは利用者のガイドとして三次元仮想空間内を案内する。特に基盤技術として以下の開発を行う。

(1) Web 情報を反映した三次元仮想空間構築技術。変化する Web 情報にあわせて、動的かつ一貫性のある三次元仮想空間を構築する技術を開発する。

(2) 三次元仮想空間内で動作する擬人化エージェント技術。三次元仮想空間内でエージェントは情報ガイドとして重要な役割を果たす。利用者と自然言語によりインタラクションしながら、効果的に情報ガイドする技術を開発する。

(3) Semantic Web 情報の生成と利用。三次元仮想空間内での Web 情報統合を行うためには Web が意味情報を表現可能であることが望ましい。Semantic Web は機械処理可能な次世代 Web であり、その情報生成と利用に関する技術を開発する。

3. 研究の方法

(1) Web 情報を反映した三次元仮想空間構築技術。本研究を遂行するための具体的なプラットフォームとして VKSC (Virtual Kobe Sanda Campus) システムを実現する。VKSC は関西学院大学神戸三田キャンパスを三次元仮想空間上に構築し、その上で擬人化エージェントを用いてキャンパス案内をするシステムである。VKSC では、インターネット上に公開されている関西学院大学に関する Web 情報とリンクさせることで、VKSC を構成するオブジェクトやエージェントのふるまいを動的に変化させる。この実現のために、Web 情報の変化とオブジェクトの状態や擬人化エージェントのふるまいを関連付けるプログラミング言語を開発する。

(2) 変化する三次元仮想空間内で動作する擬人化エージェント技術。VKSC システムには仮想キャンパス内をガイドする擬人化エージェントが必要になる。そこで自然言語により利用者とインタラクションするための会話エージェント技術を開発する。また利用者とのより高度な感性コミュニケーションを目指した非言語インタフェース技術を開発する。

(3) Semantic Web 情報の生成と利用。VKSC 内のオブジェクトやエージェントは Web 情報の変化に応じてその状態やふるまいを変化させる。これを実現するためには Web 情報自体をコンピュータによって処理可能にする必要がある。Semantic Web は機械処理可能な Web 記述言語として RDF が提案されている。通常の Web ページ情報と

RDF 情報を容易に生成する手段として Semantic Wiki を開発する。また RDF 情報を擬人化エージェントに説明させる自然言語質問応答技術の開発を行う。

4. 研究成果

(1) Web 情報を反映した三次元仮想空間構築技術。

①VKSC の開発

Web 情報を統合するプラットフォームとして VKSC システムを開発した。そのシステム構成を図 1 に示す。三次元仮想空間を実装するプラットフォームとしてはソリッドレイ社のオメガスペースを採用した。その上に実装されたオブジェクトやエージェントを Web 情報に応じて変化させる統合モジュールを開発した。統合モジュールは、HTML で記述される Web ページから必要な情報を抽出するためのラップ、AVSML の記述を解釈するインタープリタ、その記述に応じてエージェントを動作させるエージェントプランナ、音声認識と音声合成でユーザとのインタラクションを行うユーザインタフェースから構成されている。音声認識にはオープンソフトウェアの Julius、音声合成にはアニメ社の FineSpeech をそれぞれ採用した。

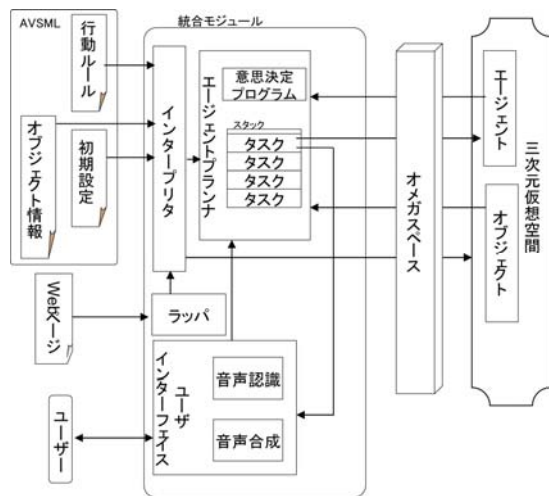


図 1. VKSC システム構成

関西学院大学神戸三田キャンパスはキャンパス設計に用いられた CAD データを VRML 化することにより利用可能にした。VKSC の様子を図 2 に示す。

②AVSML の開発

三次元仮想空間内のオブジェクトの状態やエージェントの行動を記述する言語として AVSML (Agent and Virtual Space Markup Language) を開発した。これは XML に基づく言語であり、通常の Web ページに記述を付加

することも容易である。AVSML ではオブジェクトやエージェントの初期状態, Web 情報の変化に応じたオブジェクトの変化, エージェントの行動を記述することができる。例えば, 天気情報サイトから得られる天気情報に応じて VKSC の天候を変化させることができる。また, 平日の昼間以外エージェントは正面玄関ではなく, 通用門から建物に入るように記述できる。



図 2. VKSC

(2) 変化する三次元仮想空間内で動作する擬人化エージェント技術。

① Wizard of Oz 法に基づく対話モデル生成システム

擬人化エージェントが利用者と自然なインタラクションを行うためには自然言語による会話が行えることが望ましい。一方, 自然な対話を行うためには大量の対話例を蓄積した対話モデルを構築する必要がある。このような対話モデルを手作業で蓄積することは困難であり, エージェントと人間が協調することで対話モデルを構築する手法を開発した。本手法の概念を図 3 に示す。

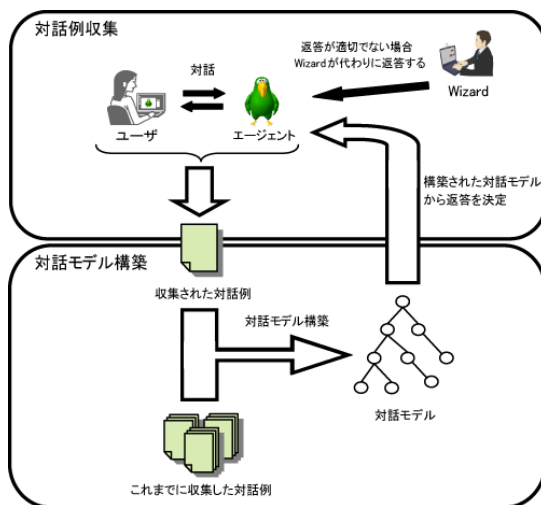


図 3. Wizard of Oz 法

エージェントは対話モデルに基づき利用者と対話を行うが, Wizard と呼ばれる人間がエージェントの背後で監視をしている。エージェントが適切な返答ができない場合は Wizard が代わりに返答を行う。その返答結果は対話例として蓄積され, 対話モデルに組み込まれる。当初, 対話モデルは小さいのでエージェントはほとんど対話できず, Wizard の負荷は大きい。対話例の蓄積に応じて Wizard の負荷は減少する。本研究では, チャットをベースにした Wizard of Oz 法に基づく対話モデル生成システムを開発した。

② 話速可変チャットシステム

ネットワークを介して擬人化エージェントとインタラクションを行う場合には自然言語よりも, キーボードを介したチャットが一般的である。しかしながら従来のチャットは音声に比べて感性的な非言語情報を伝えることが難しい。そこで本研究ではチャットにおけるタイプ速度を反映する話速可変チャットシステムを開発した。被験者実験では, エージェントの文字表示速度を変化させたところ, 図 4 に示すように, 被験者のタイプ速度がそれにつられて変化するという引き込み現象が生じた。今後はこのような表示速度の変化がエージェントの印象形成にどのような効果があるかを調べてゆく必要がある。

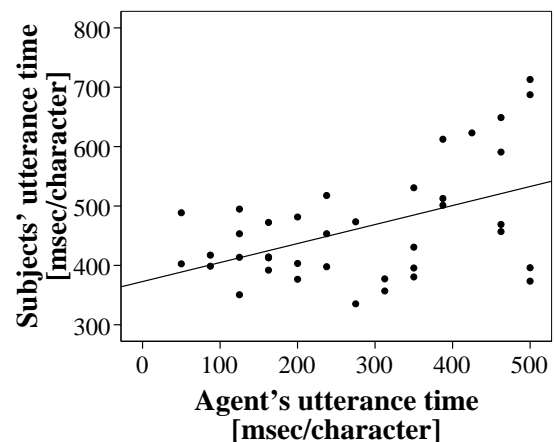


図 4. 話速可変チャットにおける引き込み

③ マルチエージェント対話システム

三次元仮想空間では複数の擬人化エージェントとインタラクションすることが可能であり, 複数エージェントの効果を利用者との社会的均衡関係の観点からを調査した。図 5 に示すように人間とエージェントの三者関係の中でエージェント対エージェント行動 (A-A 行動) とエージェント対人間行動 (A-H 行動) で友好関係 (+) と敵対関係 (-) を構築する。その後, その関係がエージェントの説得効果にどのような影響を与えるかを評価した。

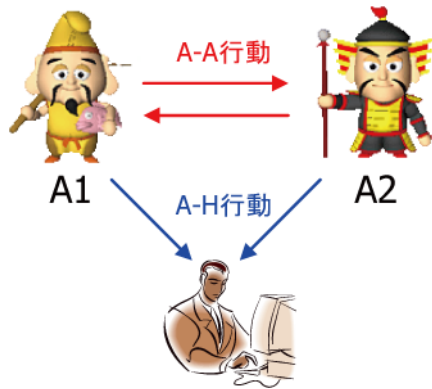


図5. 人間とエージェントの三者関係

人間同士の社会的均衡関係を議論する枠組みの一つにバランス理論がある。三者間の関係の積が+であれば均衡がとれていると解釈される。図6に示されるように、エージェントの説得能力は均衡状態の方が不均衡状態よりも説得能力があることが示された。

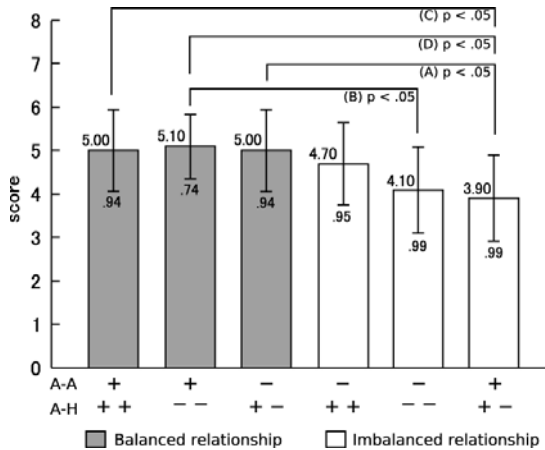


図6. バランス理論に基づく説得効果

④擬人化エージェントのメイクと印象

擬人化エージェントのCG表現において、顔のメイク表現がエージェントの印象にどのような影響を与えるかを解析した。代表的な5種類のメイクスタイルを生成し、観察者の印象評価実験を実施する。これにポジショニング分析を適用し、印象評価構造を明らかにした。図7に示すように、メイクスタイルと印象についての詳細な対応関係が明らかとなり、エージェントの印象をメイクスタイルによって制御する上で有用な知見が得られた。

⑤顔モーションと視線方向

エージェントが対面コミュニケーションにおいて自然なインタラクションを実現するために、顔モーションと視線方向の同期的計測と解析を行った。被験者には、自由な会話と規定したやり取り、の2通りの対面コミュ

ニケーションを行ってもらい、その際の顔モーションと視線方向の計測を行った。肯定・否定・疑問・思考といった対面コミュニケーションにおける微妙な表情に関して、顔モーションと視線方向の同期的特徴を抽出し、顔表情の分類と表現が可能であることを示した。

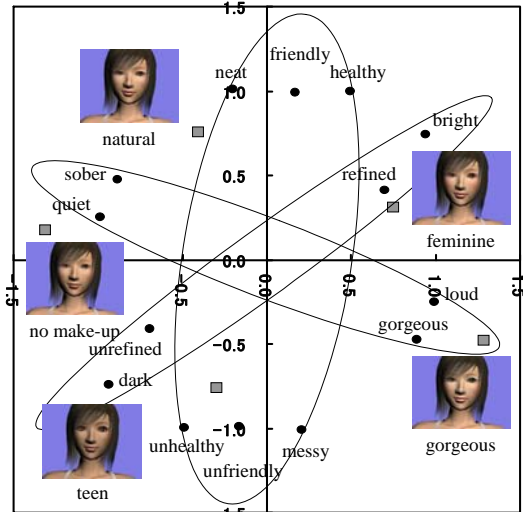


図7. メイクスタイルと印象の構造と関係

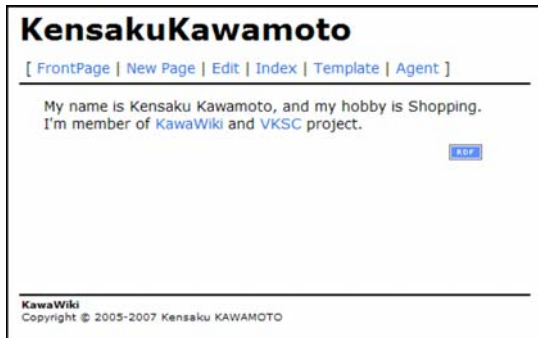
(3) Semantic Web 情報の生成と利用.

①Semantic Wiki による RDF 生成

Wiki の枠組みを利用して、Wiki 上に書かれた情報を RDF 化する Semantic Wiki を開発した。図8(上)に示すように Wiki ページの編集において、その内容の意味を表すタグを挿入することが可能である。編集が終わると図8(中)に示される通常の Wiki ページと図8(下)に示される RDF 情報が同時に生成される。

②Semantic Web に基づく対話エージェント

RDF 情報に基づき利用者との質問応答を行う対話エージェントを開発した。従来の対話エージェントでは Web ページの内容が変化すると対話例を更新する必要があった。そこで本研究では RDF 情報を利用することで、Web ページの変化に合わせて対話の内容を動的に変更できる対話エージェントを開発した。本研究では対話例に変数を挿入することができ、その変数に RDF 問い合わせ言語 SPARQL の結果を挿入することができる。図9の例では、\$x に問い合わせの対象となる人名が挿入され、SPARQL クエリによりその人のプロジェクト名を問い合わせる。その結果が?ans に挿入され、対話エージェントが返答する。



```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:wiki="http://kawamoto/kawawiki_agent/kawawiki.rdf#"
>
  <wiki:Person >
    <wiki:Name rdf:parseType="Literal">Kensaku Kawamoto</wiki:Name>
    <wiki:Hobby rdf:parseType="Literal">Shopping</wiki:Hobby>
    <wiki:Project rdf:resource="http://kawamoto/.../rdf/KawaWiki"/>
    <wiki:Project rdf:resource="http://kawamoto/.../rdf/VKSC"/>
  </wiki:Person>
</rdf:RDF>
```

図 8. Semantic Wiki による RDF 生成

```
<aiml>
....
<category>
  <pattern>What is $x's current project?</pattern>
  <template>$x's current project is ?ans.</template>
  <sparql>
    PREFIX rdf: &lt;http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#&gt;
    PREFIX foaf: &lt;http://xmlns.com/foaf/0.1/&gt;
    PREFIX dc: &lt;http://purl.org/dc/elements/1.1/&gt;
    SELECT ?ans
    FROM NAMED <member.rdf>
    WHERE {
      ?a foaf:family_name $x .
      ?a foaf:currentProject ?y .
      ?y dc:title ?ans .
    }
  </sparql>
  <URL>http://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~kitamura/lab/projects-j.htm
  </URL>
</category>
....
</aiml>
```

図 9. 対話エージェントの対話例

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 12 件)

- ① 門脇克典, 小林一樹, 北村泰彦, マルチエージェント説得における社会的均衡関係の影響, コンピュータソフトウェア, 2009, 査読有 (掲載決定)
- ② 高野敦子, 池奥渉太, 北村泰彦, 因果関係に着目した口コミ Web サイトからの評

価表現抽出, 人工知能学会論文誌, 24(3), 322-332, 2009, 査読有

- ③ 北村泰彦, Webサービスの過去・現在・未来, 電気学会論文誌C, 128(4), 526-531, 2008, 査読無
- ④ Maiko Kawasoe, Tatsuya Narita, Yasuhiko Kitamura: Using the Wizard of Oz Method to Train Persuasive Agents, Cooperative Information Agents XII, Lecture Notes in Artificial Intelligence 5180, 177-190, 2008, 査読有
- ⑤ Kazuki Kobayashi, Seiji Yamada, and Yasuhiko Kitamura. Action Sloping for Increasing Awareness of Robot's Function, Human Interface, 10(1), 37-46, 2008, 査読有
- ⑥ Kazuki Kobayashi, Seiji Yamada, Motion Overlap for a Mobile Robot to Express its Mind, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 11(8), 964-971, 2007, 査読有
- ⑦ Yasuhiko Kitamura, Yatsuhiko Shibata, Keisuke Tokuda, Kazuki Kobayashi, and Noriko Nagata, AVSML: An XML-Based Markup Language for Web Information Integration in 3D Virtual Space, Intelligent Virtual Agents, Lecture Notes in Artificial Intelligence 4722, 385-386, 2007, 査読有
- ⑧ 原田甫, 藤澤隆史, 長田典子, モーション計測と視線追跡による顔表情解析, 日本顔学会論文誌, 7(1), 129-135, 2007, 査読有
- ⑨ 藤澤隆史, 土屋晋, 高島杏菜, 原田甫, 長田典子, テクスチャ合成によるキャラクターのメイク表現—印象評価のポジショニング分析—, 電気学会論文誌C, 127(4), 667-673, 2007, 査読有
- ⑩ 小林一樹, 山田誠二. 擬人化したモーションによるロボットのマインド表出, 人工知能学会論文誌, 21(4), 380-387, 2006, 査読有
- ⑪ Mikako Kimura and Yasuhiko Kitamura. Embodied Conversational Agent Based on Semantic Web, Agent Computing and Multi-Agent Systems, Lecture Notes in Artificial Intelligence 4088, 734-741, 2006, 査読有
- ⑫ Yasuhiko Kitamura, Noriko Nagata, Masataka Ueno, and Makoto Nagamune. Toward Web Information Integration on 3D Virtual Space, ICEC2005, Lecture Notes in Computer Science 3711, 445-455, 2005, 査読有

〔学会発表〕(計 11 件)

- ① Yasuhiko Kitamura, Semantic Wiki Where Human and Agents Collaborate, International Workshop on Intelligent Web Interaction, 2008 年 12 月 9 日, シドニー, オーストラリア.
- ② Kazuki Kobayashi, Smoothing Human-Robot Speech Interactions by Using a Blinking-Light as Subtle Expression, International Conference on Multimodal Interfaces, 2008 年 10 月 22 日, クレタ, ギリシャ.
- ③ Kazuki Kobayashi, Smoothing Human-Robot Speech Interaction with Blinking-Light Expressions, IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2008 年 8 月 1 日, ミュンヘン, ドイツ.
- ④ Yasuhiko Kitamura, Influence of Social Relationships on Multiagent Persuasion, 7th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2008 年 5 月 14 日, エストリル, ポルトガル.
- ⑤ Noriko Nagata, Color change of objects in virtual environments: Using IBR under a light source with arbitrary spectral distribution, ACM SIGGRAPH 2008 Symposium on Interactive 3D Graphics and Games, 2008 年 2 月 15 日, レッドウッドシティ, アメリカ.
- ⑥ Yasuhiko Kitamura, Entrainment in Human-Agent Text Communication, 10th Pacific Rim International Workshop on Multi-agents, 2007 年 11 月 21 日, バンコク, タイ.
- ⑦ Yasuhiko Kitamura, XML-based Markup Language for Web Information Integration in 3D Virtual Space, International Workshop on Intelligent Web Interaction, 2007 年 11 月 2 日, シリコンバレー, アメリカ.
- ⑧ Kazuki Kobayashi, Action Sloping as a Way for Users to Notice a Robot's Function, IEEE International Symposium on Robot & Human Interactive Communication, 2007 年 8 月 26 日, 濟州島, 韓国.
- ⑨ Yasuhiko Kitamura, KawaWiki: A Semantic Wiki Based on RDF Templates, International Workshop on Intelligent Web Interaction, 2006 年 12 月 18 日, 香港, 中国.
- ⑩ Yasuhiko Kitamura, KawaWiki: A Template-Based Semantic Wiki Where End and Expert Users Collaborate, 5th International Semantic Web Conference, 2006 年 11 月 5 日, アセン, アメリカ.

- ⑪ Kazuki Kobayashi, Action Sloping for Manual Free Robot, Joint 3rd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 7th International Symposium on advanced Intelligent Systems, 2006 年 9 月 20 日, 東京.

〔図書〕(計 1 件)

- ① 北村泰彦, 小舘亮之, 小牧省三, 三瓶政一, 新熊亮一, 塚本勝俊, 長谷川幹雄, 丸善, ワイヤレスエージェント技術, 2008, 181-208

〔その他〕

本研究で開発した Semantic Wiki は <http://www.kitamura-lab.jp/kawawiki/> よりアクセス可能である.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北村 泰彦 (KITAMURA YASUHIKO)
関西学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 00204917

(2) 研究分担者

長田 典子 (NAGATA NORIKO)
関西学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 50368453

(3) 連携研究者

小林 一樹 (KOBAYASHI KAZUKI)
信州大学・工学部・助教
研究者番号: 00434895
間瀬 心博 (MASE MOTOHIRO)
関西学院大学・理工学研究科・博士研究員
研究者番号: 10509681