

## 感情を伴った後天的知識学習によるエージェントの擬人化

松田 博志<sup>†a)</sup> 淀川 英司<sup>†</sup>

Personification of Software Agents Using Acquired Knowledge Learning  
with Emotion

Hiroshi MATSUDA<sup>†a)</sup> and Eiji YODOGAWA<sup>†</sup>

**Abstract.** 自律的に行動するエージェントにとって、知識量是对応限界を意味する。自律性を保持しつつ知識を増加させ、対応能力を高めるためには、エージェント自らが知識を獲得する必要がある。そこで、未知のオブジェクトに対して試行錯誤的に既知である行動の知識の適用を試みることで、オブジェクトの知識を後天的に学習し、同時にエージェントを個性化するために、試行錯誤時に受けた感情の変化を学習するモデルを作成した。これによって、各エージェントのオブジェクトに対する印象の違いを利用した、個性を実現できると考える。本稿では、作成した刺激と反応による後天的学習情動モデルの概要を述べ、グリッドワールドでシミュレーションした結果についても述べる。

**Keywords.** 感情モデル、自律エージェント、ニューラルネットワーク、後天的知識学習

### 1. ま え が き

近年、人型やペット型などのロボット開発が盛んに行われている。これらのロボットは生産効率を向上させるための道具としての機械とは異なり、パートナーとしての機械と捉えることが出来る。ここで、パートナーとして関係を構築するには何が重要であるか考えてみる。それには逐次人間の指示によって動くのではなく、機械自らの価値判断に基づいて行動を選択する自律性や、人間が相対する上で親しみ易さを実現するための個性や性格といった内面的な観点の考慮が必要であると考えられる。

以上の観点から作られたペットロボットの内部モデルの例を挙げてみる。まず、牛田らの自律的行動生成のためのモデルである Mac モデル [1] は、外界からの入力に応じて反射的な行動を生成することに加えて、状況に応じて生成する感情を目標設定や行動選択に用いることにより自律的に行動を決定する。このように Mac モデルは、価値判断に感情を用いる心のメカニズムと、熟考と反射のプロセスからなる意識のメカニズムを統合したモデルである。また、鈴木らの感情要因

学習モデルを用いたペットロボット [2] “コモコモ”は、顔認識、音声認識、ジェスチャ認識などを用いて、利用者と感情や欲求レベルで対話する。ここで用いられた感情要因学習モデルは、利用者の働きかけに応じて感情を生成し、感情と利用者の顔パターンが関連付けられて記憶される。これによって、人物識別能力と対人関係能力を自動的に学習・発展させられる。

これらのモデルにも見られるように、自律性を実現する上の問題点は適切に状況を判断するための自己の持つ知識の利用方法と、持ちうる知識量にあると考えられる。例に挙げたモデルでは未知の人物・物（以下、物をオブジェクトと呼ぶ）に対して学習することによって、オブジェクトに対しての知識を増やしている。以上のように元々知っている知識、つまり予めプログラムされている知識（以下、先天的知識と呼ぶ）を実際に動作している段階で、未知のオブジェクトに対して試行錯誤的に適用することによってオブジェクトの知識を増やしていくことが重要であると考えられる。なぜなら、先天的知識のみでは未知のオブジェクトに対処できず、人間が新たに知識を与えなければならなくなり、逐一人間が知識を与えては自律性が損なわれるからである。試行錯誤的に得られた知識（以下、この知識を後天的知識と呼ぶ）を増やして行くことで、自律的に未知のオブジェクトに対して適切であると考え

<sup>†</sup> 工学院大学工学研究科情報学専攻、

〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1 丁目 24 番 2 号

a) E-mail: em03015@ccs.kogakuin.ac.jp

えられる行動をエージェント（以下、自律的に判断し行動する主体をエージェントと呼ぶ）の意志で学習し、行動を決定できるようになると考えられる。

このようにして後天的知識を獲得することを踏まえ、個性や性格について考えてみる。知識や経験を重視する学習心理学的見地からすれば、個性や性格といったいわゆる人格というものは、長い間実際に見られる行動の総和であると捉えることが出来る。また、ある感情状態で取った行動は強化される。例えば、ある状況で怒っている場合に殴るという行動を取れば、怒る殴るという行動が強化されることになる。以上のことから感情状態で経験すること、つまり、後天的知識を増やしていくことで、各エージェントがオブジェクトに対する特有の行動が発生する。つまり、個性を持たせることが出来ると考えられる。

以上を踏まえ、自律性や個性を実現するために「刺激と反応による後天的学習情動モデル」を作成し、後述のグリッドワールド内でこのモデルを持ったエージェントを配置し、シミュレーションを行った。このモデルでは、先天的知識を食べる・蹴る等の行動に関するのみとし、未知のオブジェクトに対する知識・行動結果によって受けた感情や身体への変化といった後天的知識を学習し、オブジェクトに対する印象の違いを利用して、個性を持ったエージェントを作成することを目的としている。

## 2. 感情モデル

エージェントが感情状態で学習を行うためには、エージェントの感情を実現する必要がある（身体反応と感情体験を情動としているが、以下では感情と情動については特に区別しない）。そこで感情という概念を扱うために、感情モデルを用いる。感情モデルは、それ以上還元不可能な感情の最小単位である基本感情で構成されている。本研究では、プルチック（R.Plutchik）によって提唱されている立体情動モデルを用いた [3]。

### 2.1 プルチックの立体情動モデル

プルチックは「人の行動には8種類の行動原型があり、それに対応する純粋感情（基本感情）がある。これらの基本的行動原型は2つずつの対になって両極を形成し、純粋感情は色相が円環に配置されるように円構造を持ち、類似した感情は隣接した位置に配置される」と考え、図1のような立体情動モデルを提唱した。また、青色と黄色が混じると緑色になる混色現象のよ

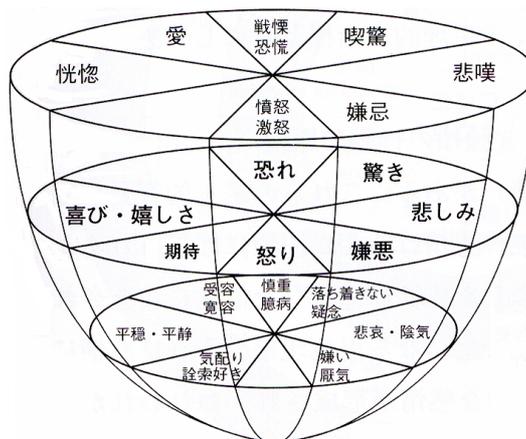


図1 プルチックの立体情動モデル

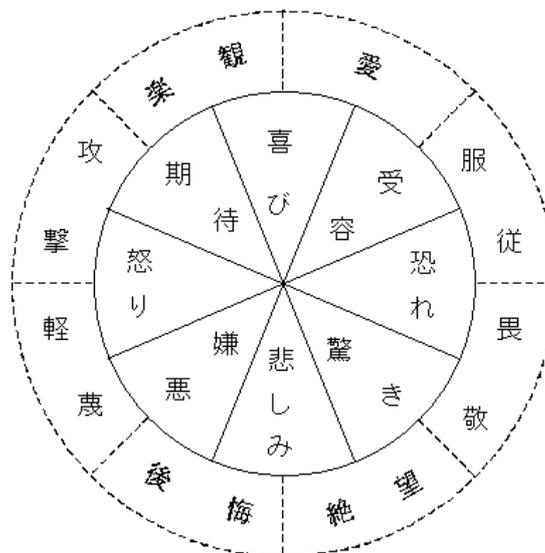


図2 プルチックの混合感情

うに感情にも混合感情があり、図2のような両者の中間的な感情が形成され、我々が日常よく見るものは混合感情であるとした。

本研究では、プルチックの立体情動モデルより〈喜び・受容・恐れ・驚き・悲しみ・嫌悪・怒り・期待〉の8つを基本感情としたパラメータを持っており、基本感情を元に作られる〈愛・服従・畏敬・絶望・後悔・軽蔑・攻撃・楽観〉を、混合感情としてエージェントが表出する感情としている。

### 3. 刺激と反応による後天的学習情動モデル

本節では、今回提案した「刺激と反応による後天的学習情動モデル」について、モジュール構成と稼働プロセスについて説明する。

#### 3.1 モジュール構成

「刺激と反応による後天的学習情動モデル」のモジュール構成を図3にし、各モジュールの概要を以下に示す。

- 外部状態認識部

エージェントの感覚器にあたり、視覚・触覚・味覚を持たせている。視覚では、外部環境に配置されたオブジェクトの色・形や、オブジェクトまでの距離を認識する。また、触覚では、オブジェクトに対して取った行動によって受けた痛覚を認識する。味覚ではオブジェクトが食べ物であるか食べ物ではないかの認識を行う。

これらの感覚と後述の内部状態認識部のパラメータを用いることによって、エージェントがオブジェクトに対して行動した結果、受けた状態の変化・感情の変化を評価する。

- 内部状態認識部

前述のプルチックの立体情動モデルに基づく〈喜び・受容・恐れ・驚き・悲しみ・嫌悪・怒り・期待〉の基本感情や、エージェントの空腹・疲労度といった、エージェントの自己状態をパラメータとして持つ。基本感情は心的な意味合いを持っているため、外部からは見ることは出来ない。

- 短期記憶部

オブジェクトの情報(外見・距離)・自己状態・オブジェクトに対する想起結果を一時的に保持する。

- 長期記憶部

オブジェクトの外見・オブジェクトに対して取った行動・行動した結果受けた自己状態・感情の変化・行動の結果オブジェクトから発生したオブジェクトの外見を知識として、ニューラルネットワークの一つである追加学習可能なKFM(Kohonen Feature Map) 連想メモリ[4]で記憶している。このニューラルネットワークでは、マップサイズを拡大することで容易に記憶容量を増やすことが可能である。また、オブジェクトから発生したオブジェクトとは、実世界でリンゴの木にリンゴがなっている状態を考えてみる。現状では

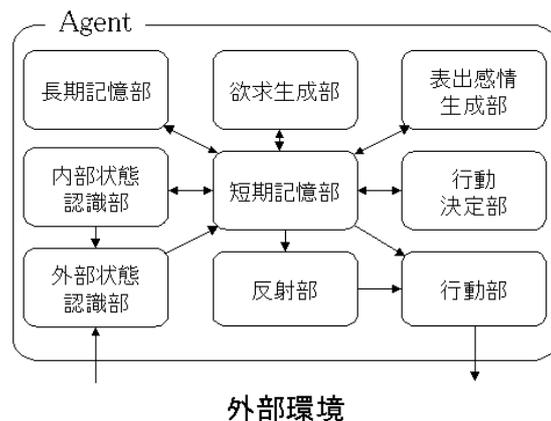


図3 刺激と反応による後天的学習情動モデルのモジュール構成

一つのオブジェクトであるが、叩いたりゆすったりすることでリンゴの木からリンゴが落ちる、つまりリンゴの木というオブジェクトからリンゴというオブジェクトが発生したことを表している。この記憶を用いて再帰的に想起を行うことで、関連性のある記憶を想起する。つまり、後述の行動決定部で行動を決定する時、オブジェクトに対する推測が現在のオブジェクトだけでなく未来の状態についても推測できる。

- 欲求生成部

内部状態認識部のパラメータを利用して食欲及び睡眠欲を、また、先天的知識である行動パターン数と、実際に行動したことで長期記憶部に蓄えられた、現在視認しているオブジェクトの既知である行動の知識数によって、オブジェクトに対する好奇心を評価している。

- 表出感情生成部

内部状態認識部の基本感情パラメータを利用して、プルチックの立体情動モデルでの混合感情を計算する。混合感情は外部から見る事が出来るエージェントの感情状態であり、後述のグリッドワールド内では色として表現している。

- 行動決定部

自己の状態・欲求・過去の記憶・オブジェクトが発生する場合は発生するオブジェクトについても考慮し、次にどのような行動を取るかを決定する。

ここでは、食欲が高ければエージェントは空腹を満たすための行動を、睡眠欲が高ければ寝る行動を優先的に選択する。欲求が低い場合、好奇心の高さによ

て、オブジェクトに対して新しい行動を学習するために近づくか、それとも興味を示さないかを選択する。近づいた後は、後述の感情に基づいた行動選択をする。好奇心・欲求共に低い場合は、自己の感情に基づいて行動を決定する。例えば、混合感情の攻撃状態であれば、オブジェクトに対して近づき攻撃を仕掛けるような行動を選択する。

- 反射部

オブジェクトに対して行動を取った結果、強烈な痛みを伴った場合、オブジェクトから離れるように行動を決定する。

- 行動部

行動決定部・回避部によって選択された行動を、実際の行動として外界に働きかける。このモデルでは、オブジェクトに対しての行動は先天的知識として持っている。今回、先天的知識として持たせた行動は「食べる・蹴る・叩く・触る・投げる」の5つとしている。

これらのモジュールは、外界に起こった変化（オブジェクトを発見する）という刺激に対して、行動を決定するプロセスと、オブジェクトの外見・オブジェクトに対して取った行動・自己状態の変化・感情の変化・オブジェクトから発生したオブジェクトの外見といった知識を学習するプロセスに分かれている。これら刺激と反応のプロセスを繰り返すことによって、後天的に知識を学習する。

### 3.2 刺激プロセス

エージェントがオブジェクトを発見した時の刺激プロセスの様子を図4に示し、そのプロセスについて説明する。

エージェントを取り巻く外部環境からオブジェクトを発見した時、エージェントはオブジェクトの色・形、オブジェクトまでの距離を外部情報として受け取る。オブジェクトの外見から過去にこのオブジェクトに対して取った行動と、その結果受けた自己状態・感情の変化・行動によって発生したオブジェクトの外見を想起する。オブジェクトが発生する記憶が存在する場合は、そのオブジェクトについても想起する。次に自己状態から各欲求を生成し、これら想起結果・自己状態・欲求から、オブジェクトに対して取る行動を行動決定部で決定する。この時、オブジェクトが発生する場合は、オブジェクトを発生させ、そのオブジェクトに対して行動を行ったほうが、現在視認しているオブジェ

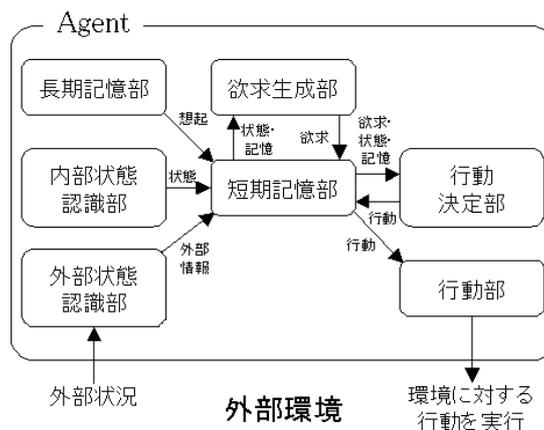


図4 刺激プロセス

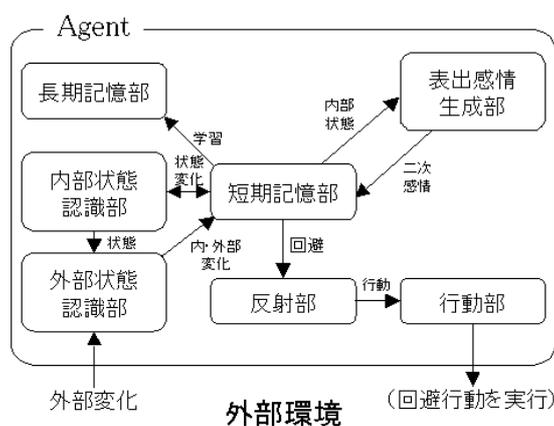


図5 反応プロセス

クトに対して行動を行うよりも評価が高いか否かという判断を行うことで、未来の推測を行っている。その行動を行動部で実際に外部環境に対し実行する。

### 3.3 反応プロセス

反応プロセスでは、オブジェクトの外見・オブジェクトに対して取った行動・エージェントが受けた感情・自己状態の変化・オブジェクトから新たなオブジェクトが発生した場合その発生したオブジェクトの外見を知識として学習する。(図5)

行動の結果、オブジェクトの変化（動いた・壊れた・オブジェクトが発生した等）を外部変化として認識し、現在の自己状態を参考にしながら、行動結果（感情の変化・空腹・疲労度の変化）を評価する。長期記

憶部にオブジェクトの外見と、今回経験したオブジェクトに対して取った行動が記憶として存在しなかった場合、オブジェクトの外見・取った行動・感情の変化・自己状態の変化・オブジェクトから発生したオブジェクトの外見を知識として学習する。内部状態認識部では、感情・空腹・疲労度の変化量を加えることによって、反応後の感情・自己状態を更新し、表出感情生成部によって基本感情パラメータを利用して混合感情を作成する。通常での反応行動は以上の通りであるが、選択した行動が強烈な痛みを伴うような場合、エージェントは反射行動をとる。この場合、学習や表出感情を計算するよりも先に反射部にプロセスが働き、オブジェクトから離れる行動を選択し、行動部で実際に回避行動を取った後、学習・表出感情を生成する。

#### 4. シミュレーション方法

提案した「刺激と反応による後天的学習情動モデル」を持ったエージェントを図6に示すようなグリッドワールドに配置し、そのシミュレーションを行った。

グリッドワールドに配置されるオブジェクトは実世界になるべく近いものとするため、<色・形・硬さ・重さ・エネルギー>さらに、オブジェクトが保有しているオブジェクトの<色・形>の情報とした。保有しているオブジェクトとは、実世界でリンゴの木にリンゴになっている状態をあらわしている。エージェントの感情状態は、エージェントの色で知ることが出来る。表出される混合感情の対応色は<愛・服従・畏敬・絶望・後悔・軽蔑・攻撃・楽観>状態に対して<ピンク・銅・青紫・青・濃緑・灰・赤・黄>の色としている。

グリッドワールド上で、エージェントに<リンゴ・リンゴの木・(赤・青・緑)のボール・硬くて重い岩>の各オブジェクトをランダムに与えて学習させた。これを別個のエージェントについて5回行った。この際、各エージェントの初期値等は一切変化を加えず、同一の感情状態から始めている。

#### 5. シミュレーション結果及び考察

このモデルでは、強い感情状態(例として愛状態)でボールを投げた場合、喜び・受容およびその補色関係の嫌悪・悲しみに強い影響を受ける。強い愛情状態とは、基本感情の喜び・受容の強度が強い状態を表している。この場合、感情は記憶に影響を及ぼし、喜び・受容といった感情は強度が強くと記憶され、補色関係である嫌悪・悲しきは強度が弱くと

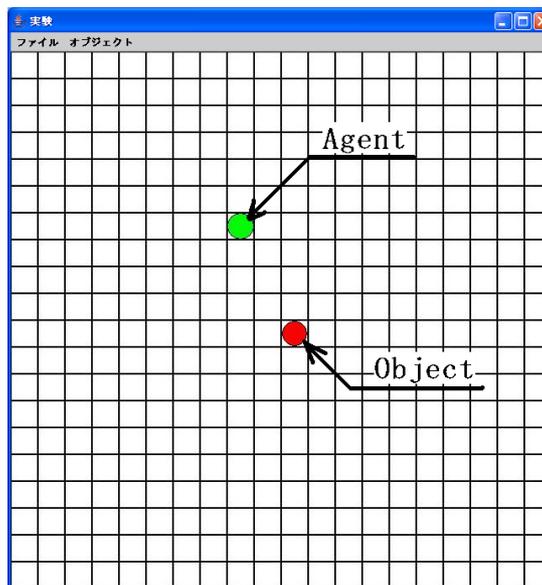


図6 n × n のグリッドワールド (n=20)

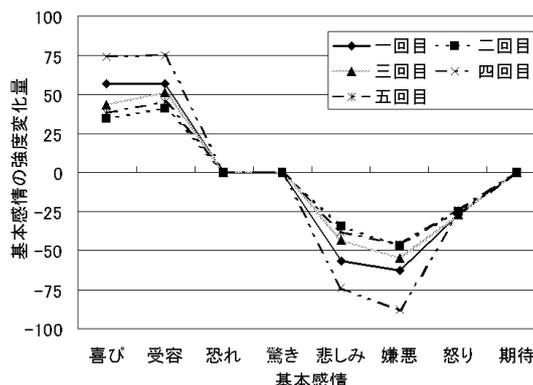


図7 各エージェントが記憶している赤いボールを投げた時の印象の違い

記憶される。客観的に捉えると、このオブジェクトに対して投げるといふ行動は、快感情を促し不快な感情を減らしてくれると強く記憶されることになる。以上を踏まえ、赤いボールを投げた時に各エージェントが受けた印象の違いをしてみる(図7)。

四回目と五回目のエージェントでは、赤いボールを投げた時の各基本感情の強度変化量が大きく異なっていることがわかる。これは各々のエージェントが赤いボールを投げるという行動を行った時、エージェントの感情状態によって評価が変わっているためである。

四回目のエージェントは、比較的喜び・受容といった感情が強い状態で赤いボールを投げるという行動を学習し、五回目のエージェントは逆に弱い状態で学習したと推測できる。つまり、赤いボールを投げるという行動を学習した時、学習時の感情状態によって同一オブジェクト・同一行動でも印象がそれぞれ変化していることがわかる。このことは、各エージェントによって行動に差異が生まれること、つまり個性の発現に繋がると考えられる。実際に四回目と五回目のエージェントの行動の差異について表1に示す。行動決定時点での基本感情パラメータの値によって行動が変わるため全てを示すことは出来ないが、同じ攻撃状態という感情状態・同じ基本感情パラメータの値であってもエージェントの取る行動が異なっていることが見て取れる。

最後に、図8は図7の五回目のエージェントが、各色のボールを投げた時の記憶されている印象の違いを示している。形・重さ・硬さが同じであるが色が違うというボールの場合、このエージェントは赤・青のボールよりも、緑のボールの方がより快感情を促すと学習している。つまり、色によって印象が異なっていることがわかる。このことは、エージェントによって好みの違いを生み出すことになると考えられる。例えば、3つのボールが同時に提示された場合、このエージェントでは緑のボールに近づくことが推測できる。しかし、他のエージェントでは違う色のボールに近づいていくかもしれない。このように、感情を伴った記憶が存在するため色によっての優先度、つまり好き嫌いの判断が出来ると考えられる。また、表1に示したように、投げるのが好きな色のボールや蹴るのが好きな色のボールというように、色が違うだけで同質のオブジェクトに対して異なった行動が発現される。このような好みの違いによって、個性を持たせることが出来る。

## 6. おわりに

本稿では、未知のオブジェクトに対して既知である行動の知識の適用を試みることによって、オブジェクトに対しての知識・経験を後天的に学習し、エージェントそれぞれのオブジェクトに対する印象の違いを利用した個性を発現する後天的学習情動モデルを提案した。そのモデルのシミュレーションにより、感情状態で学習することによってオブジェクトに対する印象の違いを利用し、個性を持ったエージェントを作成出来

表1 混合感情が攻撃状態でのエージェントの行動  
基本感情値 (15,23,0,1,0,0,100,6) の場合

	四回目	五回目
リンゴ	投げる	食べる
リンゴの木	叩く	叩く
赤いボール	投げる	蹴る
青いボール	投げる	投げる
緑のボール	投げる	投げる
重くて硬い岩	投げる	投げる

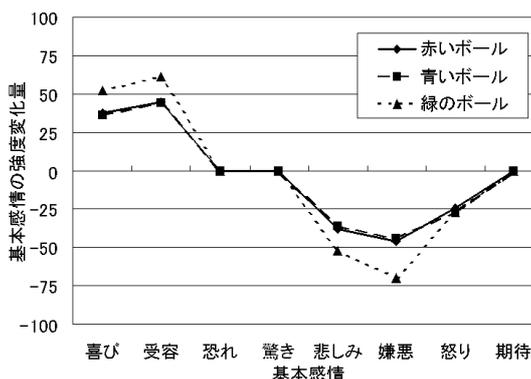


図8 同一エージェントが同質で色の異なるボールを投げた時の印象の違い

ることを示した。エージェントの自律性・個性と言った擬人化を行うためには、新しい物に対して自律的に自己の判断で知識を増やしていくことが必要である。感情と言った判断基準によって学習することは、このような擬人化を行う一手法として有効ではないかと考える。

## 文 献

- [1] 牛田博英, 中嶋宏, “心を持ったデジタルペット,” 情報処理学会, Vol.41, Num.2, pp.127-136, Feb.2002.
- [2] 鈴木薫, 金澤博史, “感情動因学習モデルを用いたペットロボット,” 東芝レビュー, Vol.56, No.9, 2001.
- [3] 濱治世, 鈴木直人, 濱保久, “感情心理学への招待,” (株)サイエンス社, 2001.
- [4] 山田剛生, 服部元信, 森澤正之, 伊藤洋, “自己組織化特徴マップを用いた追加学習可能な連想メモリ,” 信学技報, Vol.98, Num.577, pp.93-100, Feb.1999.