

# 環境情報を反映させた コンテクストアウェアなゲーム

白鳥 和人, 長谷 将生, 星野 准一

筑波大学 システム情報工学研究科

概要: 近年, ネットワーク接続センサの普及を受けた環境情報利用のエンタテインメントが提案されつつある. 本稿では, 実世界コンテクストアウェアなインタラクティブ物語世界を作るための一手法として環境反映型エピソード制御法を提案する. 本手法では, 登場人物の行動を, スケジュール行動, エピソード行動, リアクション行動で階層的に表現する. 環境知覚システムによって取得された温度, 湿度, 明るさなどの環境情報を, エピソード制御機構のトリガーとして利用することで, 異なるエピソードが発生したり, ユーザが働きかけたりしたときのリアクションを変化させることができる. 評価用ゲームコンテンツとして環境反映型育成ゲームを制作して効果を検証した.

## Building Contextual Game System Using Environment Sensitive Story Control Technique

Kazuhiro Shiratori, Masao Hase, Junichi Hoshino

Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

Abstract: In this paper, describing about techniques of context-aware game platform. The system is composed with integrating of environment information and dynamic episode control. The sensory information such as temperature, humidity and illuminance are used at the trigger of scenario control. Scenario Controller makes lots of variation of rearrangement to reactions, narratives, and schedules of episode trees. This paper also shows an example game application of a type of breeding simulations to conform system function.

キーワード: 育成ゲーム, 状況反映, 環境情報知覚, NPC 制御

Keywords: breeding simulation, situation adaptive, perception of environment information, automatic NPC

## 1. はじめに

近年のネットワークの普及やセンサのオンライン化に伴い, 環境情報を利用したエンタテインメントが広まりつつある. リアルタイムに変化する天気, 温度, 湿度, 風速・風向などの環境情報を眺める web サイトは多く存在する. 環境情報をランプの明るさなどの物理量に変換して提示するアンビエントディスプレイも提案されている[1]. また, 市販のゲーム機では, 明るさセンサを取り付けて, 実世界でのプレイヤーの振る舞いによってゲームの進行を制御することが行われている. センサネットワークの環境情報を参照して, キャラクタの振る舞いを制御するゲームをつくる試みも行われている[2].

ところが, 従来の環境情報を反映させたシステムでは, 明るさによってキャラクターの体力が変わるなどの単純な振

る舞いを変化させる程度であり, 複数キャラクタとプレイヤーが密に相互作用を行うようなダイナミックな物語世界の制御を行う仕組みは用意されていない.

本稿では, 実世界の環境情報を反映させたインタラクティブな物語世界を作るための環境反映型エピソード制御法を提案する. 本手法では, 登場人物の行動を, スケジュール行動, エピソード行動, リアクション行動で階層的に表現する. 環境知覚システムによって取得された温度, 湿度, 明るさなどの環境情報を, エピソード制御機構のトリガーとして利用することで, 異なるエピソードが発生したり, ユーザが働きかけたりしたときのリアクションを変化させることができる. 例えば, 実環境が暑いときには物語世界の登場人物も暑そうに見えたり, プールに遊びに行くなどしたりなどの実世界とシンクロした振る舞いを見ることが

できる. また, 環境情報と連動したインタラクティブな物語世界を基盤とすることで, コンテンツ制作者が独自のゲームコ

ンテンツを制作することが容易になる。本稿では、物語的な世界観を活かすことができ、プレイヤーが長期間の相互作用を行うゲームコンテンツの具体例として環境反映型育成ゲームを実現した。実環境で寒い日には暖めてあげたり、蒸し暑い日は涼くさせたりするような行動を選ぶように促すなどの新しい面白さをつくることが可能となる。

本稿ではまず、2章で全体のシステム構成について説明した後、3章で人間の感覚に近い環境情報の取得を可能にするセンサの構成法を述べる。また、4章でセンサ情報をトリガーとしてエピソード制御を行う手法を述べる。最後に5章で評価用ゲームコンテンツとして育成シミュレーションゲームを制作した事例を説明する。

## 2. システム概要

### 2.1. 全体構成

図1にシステムの全体構成を示す。システムは大まかに環境知覚システムと創発的ストーリー生成システムおよびゲーム駆動システムに分かれる。

環境知覚システムは実環境から物理量を計測するとともに、ストーリー生成システムが利用しやすい形式に変換する。まず物理センサ層ではセンサデバイスで計測した温度などの物理量の不安定性を取り除く。特徴抽出層ではセンサによって計測された物理量からストーリー生成システムで必要となる特徴量を抽出する。物語適応層では物語が必要とする条件の組み合わせに応じた指示情報を生成する。

創発的ストーリー生成システムは物語シナリオを制御する部分で、キャラクターの行動や反応、3次元アニメーション画像の表示までを行いユーザと物語世界のインタラクションを実現する。システムは物語コンテンツ保持した記述部、物語を動かすシナリオ制御部、必要に応じて舞台となる空間やキャラクターの動きを生成する情景生成部、シナリオの変化を扱うシナリオ条件生成部から構成される。

ゲーム駆動システムは個々のゲームコンテンツに依存する機能を実装したものである。本稿では、環境反映型育成ゲームコンテンツにおいて、キャラクターの育成の方法の記

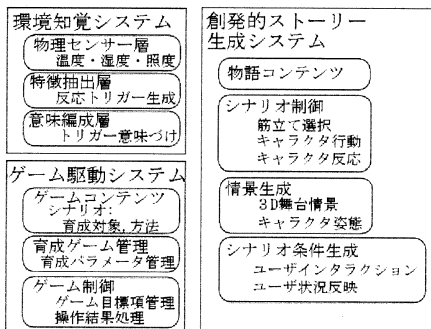


図1 システム構成

述や、ゲームに固有なパラメータの管理を行う。

### 2.2. 環境情報の選定

本稿では日常生活環境での利用に適しているものとして、ユーザ周囲の温度、湿度、照度を採用した。

物語世界のキャラクターの感情に影響があると思われる環境値は、温度、湿度、風速、照度、騒音等である。温度・湿度は不快指数の算出に利用されるなど心理的な効果に寄与すると考えられている。風速は体感的に分かりやすい環境情報であるが、3次元的な物語空間に適用するためには複数箇所の計測点が必要である。またユーザが主に存在する室内環境では風はほとんど吹かない。本稿では、これらの特徴に加えて、物語的な体験をつくる上で効果的であること、また設置が簡単で計測条件が厳密でなくとも良いことを考慮に入れて、簡易的な照度と室温程度の温度および湿度を利用する。表1に大まかな環境情報の評価を示す。

表1 環境情報選定表

計測値	温度	湿度	風速	照度	騒音
心理効果	◎	◎	◎	△	○
必要測定点	1~	1~			
携帯性	数点	数点	1	1	1
ユーザ扱い性	◎	△	×	◎	○
製作容易度	◎	◎	△	○	△
物語効果	◎	◎	○	△	○
場面効果	△	△	◎	○	○

## 3. 環境知覚システムの構成

### 3.1. 環境情報の特性

環境情報は一般的にダイナミックレンジが広いため、環境知覚システムを設計するためには測定範囲を絞ることが必要となる。本稿ではまず、物語世界と連動させることを考慮に入れて、2.2で選定した環境情報（気温、湿度、明度）について妥当な値域を定める。これにより適正なセンサデバイスの選定とセンサシステムの方式を決定することができる。

#### 1) 温度と湿度の特性

温度は登場人物の行動や物語の進行に作用するが、特殊な背景設定で無い限り一般的な生活温度範囲でよい。また体感的な利用なので確度や精度もそれほど必要ない。これらの要件に多少の幅を持たせて、氷点下数度から50℃程度の温度範囲を扱うことにする。温度を快適かどうかという尺度に利用する場合、湿度を併用し不快指数のような形で用いるのが手軽である。

#### 2) 照度の特性

環境的明るさについては、放射の強さ、太陽の輻射など様々な尺度があるが、本稿では一般的に利用されている照度を利用する。照度は表2に示すように大変ダイナミックレンジが広い値である。生活環境光についてはJIS等で照明設備や外光導入の指針とするための値が定められており、対象とするユーザはこれに基づき作られた建築物で生活するものと仮定すると1luxから2000lux程度と制限することができる。

左側は温度湿度センサユニット、右側は室内照度ユニットである。

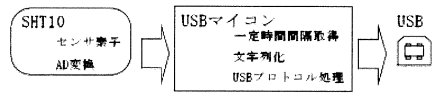


図2 温度湿度センサユニット

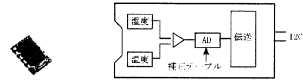


図3 温度湿度センサデバイス

状況	照度[lux]	印象表現
昼間日照下	25,000～100,000 以上	まぶしい
曇り日	2,000～10,000	明るい
店舗	500～1,000	明るい室内
オフィス	400～500	作業性良
居間	200～300	生活に十分
街灯、商店街	50～200	たそがれ
街灯の薄明かり	50～100	寂寥
月下	10～15 0.5～1	薄暗い 薄闇

### 3.2. 環境センサシステム

3.1で考察した計測条件を満たす環境センサシステムを実現する。図2に温度湿度センサユニットの構成を示す。温度の計測については、入手容易なデバイスとしてマイナス10℃～プラス100℃程度のものであるため、バンドギャップリファレンス型の半導体センサで良い。本稿ではsensirion社のインテリジェンス温湿度モジュールSHT10を使用した。図3に外観と内部ブロック図を示す。このモジュールでは、温度はバンドギャップ方式、湿度は高分子薄膜の静電容量変化で計測する。モジュール内部でデジタル変換までを集積してあり数ミリワットで動作する。センサデバイスのデジタル信号を付属のUSBマイコンに取り込み仮想シリアルポート経由で文字列としてPCに転送する。

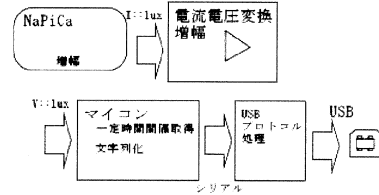


図4 照度センサユニット



図5 照度センサデバイス

図4に照度センサユニットの構成を示す。センサには人の視感度特性に近い松下電工のNaPiCaという光センサを用いた。図5に外観を示す。フォトセンサは一般的にセンサ材料に依存した分光特性があり、光の強度に対する出力値やダイナミックレンジも様々であるが、NaPiCaは素子構造や内部処理により人が感ずる光の特性に調整して出力する。可視光センサのアナログ電流値を約100,000倍のIV変換を行いマイコンで10ビットAD変換させる。温度と同様に文字列としてUSB経由でPCに転送する。意味づけの処理は後から行うことにして、センサ情報の取り込みから伝送は単純な物理情報の即値とする。これを創発的ストーリー生成システムのPCに伝送し予備処理プロセスに引き渡す。

以上の要件から製作したセンサユニットを図5に示す。

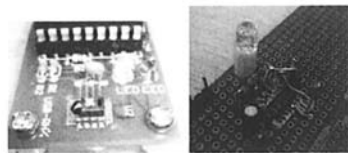


図6 製作したセンサユニット外観

### 3.3. センサ情報処理

本稿では、図7のように3層の処理構造によって、センサからの測定値に段階的に物語的な意味を付加する。

図8に物理センサ層の構成を示す。各センサからの値を内部自己周期でサンプリングした後、数百ミリ秒程度で移動平均をもとめノイズや微小な変動要素を除外する。不快指数のように、複数のセンサから得られる情報で物語的に使用するのが明確な値はこの段階で求めている。

図9に特徴抽出層の構成を示す。予備処理された物理計

測値を物語的に必要と思われる特徴量に変換する。もっとも単純な変換は閾値に到達したことを検知する閾値処理で

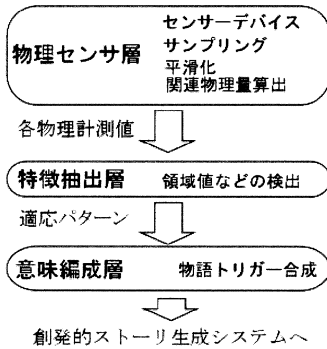


図7 センサ情報処理構成

あるが、安定性を向上させるため図10aのように一定値になっている時間や、図10bのように変化の上下によって閾値を変えるヒステリシス処理を加える。それぞれの閾値や判定条件はコンテンツによって異なるため、データテーブルセットとしてストーリー生成システムより与えられる。

図11に意味編成層の構成を示す。この層では今までに得られたトリガー値を物語から要求される組み合わせにしたがって環境情報トリガーに出力する。また時刻情報などを含めて創発的ストーリー生成システムにおけるスケジュール動作の変化要件にして出力する。

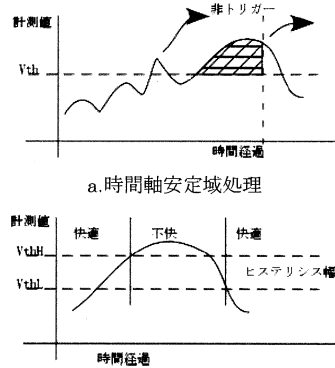


図10 安定化処理

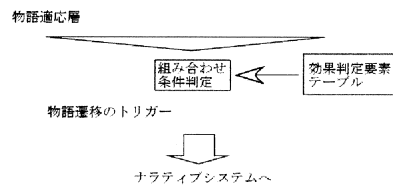


図11 意味編成層

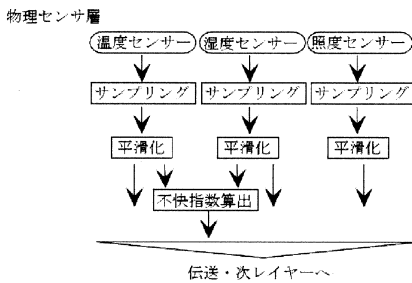


図8 物理センサ層

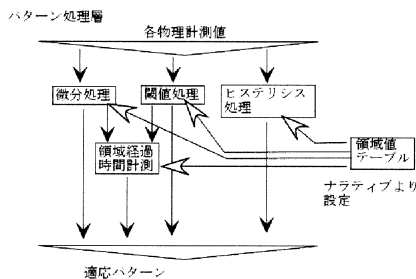


図9 特徴抽出層

## 4. 環境反映型エピソード制御法

本章ではエピソードツリーによるストーリー制御法[3]の仕組みと環境情報トリガーの付加について述べる。

### 4.1. エピソード制御法

図12にエピソードツリーによるストーリー制御法の概要を示す。Spilant World システムでは、ユーザは仮想世界のオブジェクトに干渉することでストーリーが展開していく。例えばキャラクターに触ったり、家具に触ったり、呼応してキャラクターが反応を返すことで様々なイベントが発生する。このコンテンツでは「キャラクターの近くのドアを開けてみるとどうなるか」「電話を鳴らしてみると何がおきるか」などと想像しながら、画面内オブジェクトに触ることで、キャラクターの反応を楽しむことができる。

キャラクターの能動的な行動によって長期的なアニメーションを生成するためには、キャラクターアニメーションの生成方法を踏まえたイベント構造の定義と、それらを用いて話の展開を促したり、キャラクターの行動を制御したりする方法が必要になる。このシステムでは「挨拶される」「挨拶を返す」などで代表される一連の行動イベントをツリー

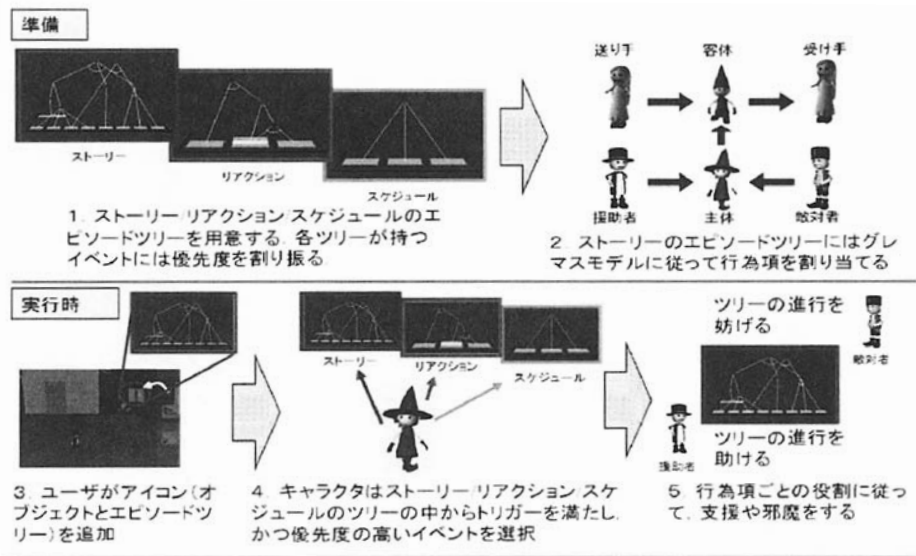


図1.2 創発的物語生成システム Spilant World

状の制御構造(エピソードツリー)としてモジュール化した。次にそれらのツリー群のイベントをキャラクタが選択していくことで多様な連鎖反応を生じさせる手法を採用している。また、物語を構成する舞台とストーリーの展開の要素をXML形式のツリー表現データで保持している。

#### 4.2. 環境情報トリガー

エピソード行動、スケジュール行動、リアクション行動の選択は全てストーリートリガーという情報でコントロールされる。トリガーはトリガーの属性をまとめた情報テーブルと実際の要因をプレイヤーインタラクションや物語の進行状況、およびキャラクタがもつ認知機能などのプログラム要素からなる。

本稿では環境情報を新たなトリガー要素に加えることで、環境情報の変動を条件として、リアクション、エピソード、スケジュール行動を制御できるようにした。環境情報トリガーは環境知覚システムからの情報を受動的に受け取るだけでなく、ストーリー生成システム側から環境知覚システムにどのような環境の特徴の組み合わせでトリガーを検出するか一覧を渡して監視させることができる。

環境情報トリガーを利用することで、例えば、ユーザの体感温度が高い場合にキャラクタの行動が遅くなる、会話内容に「暑い」「暑いね」などの単語が多くなるなどの表現を生成することができる。また、実環境の室内照明が極端に暗くなった場合、物語世界のキャラクタも睡眠をとったり、暗くなった場合にのみ活動するキャラクタが出現するなどして、実世界と環境が連動していることを表現することが可能となる。

#### 4.3. 適用例

4.2で述べた環境情報トリガーを利用して、キャラクタの行動を変化させた例を示す。図1.3に暑い状況と寒い状況および夜の情景を対比して示す。昼/夜の変化は照度情報と時刻を複合させた判定を用いている。図1.4は不快指数を反映させたところである。標準で元気に活動している状態から寒いと両手を組むようにして歩く、暑いと全体にだらりとした感じで歩く様子を見ることができる。図1.5は明るさと時間をトリガーにした場合の発話の例と気温に応じて発話が変わる例を示している。

### 5. 評価用ゲームコンテンツの制作事例

環境情報と連動したインタラクティブな物語世界を基盤とすることで、コンテンツ制作者が独自のゲームコンテンツを制作することが容易になる。本稿では、物語的な世界観を活かすことができ、プレイヤーが長期間の相互作用を行うゲームコンテンツの具体例として環境反映型育成ゲームを実現した。

#### 5.1. 環境反映型育成ゲームの概要

育成ゲームとは主役キャラクタのステータスを高く維持し、目的スキルを獲得していく能力、つまりスキル値を高めるように誘導するゲームであると定める。

ステータスとはHP,MPなど、ゲームの中でプレイ中に刻々と変化するキャラクタの活動能力値である。プレイヤーは何らかの行動力増強要素を得てこの値を高く維持し、目的スキルを獲得させる。

目的スキルとはゲームのゴール課題を解決する能力である。またゴール課題とは育成の結果得られる名誉やプレイヤーとの親交度合いなどである。これはゲームの背景設定

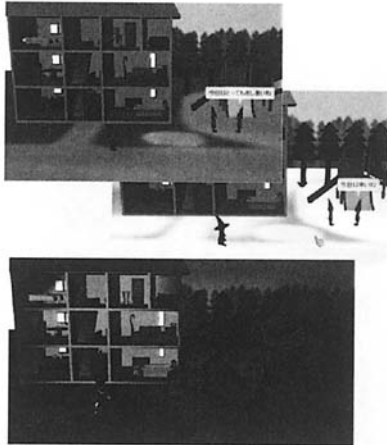


図13 暑い情景と寒い情景および夜



図14 不快指数を使ったリアクション

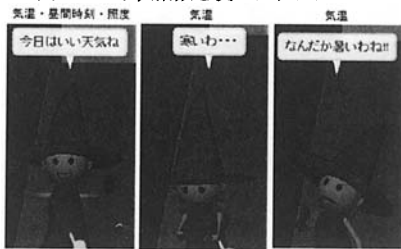


図15 複合的トリガー条件

上の物語の中に設定された結末をさすとは限らない。育成の成功率合いに応じた内容になり、場合により不達成となるがそれ自身が失敗としない。

その他の特徴として以下の設定をもたせる場合がある。まず、育成対象とアバターは別であっても良い。すなわち第一人称型のゲームばかりでは無い。また育成対象は都市など非キャラクタでもよく、プレイヤーがアバターを直接操作するかアバターが取り扱う NPC へ間接関与するかなど様々な方法をとっても良い。ステータスから達成能力への変換は一意で反映されるとは限らず、いくつかのステータスを程よく良い組み合わせることでゲームの難易度や面白さ

を調整する。

育成ゲームではユーザが育成ゲーム世界内の状況をよく理解し育成対象を正しく誘導することがゲーム目的達成に良い結果をもたらす。このためには育成ゲームシステムが適宜ヒントに相当するものを提示しユーザの良識や推理力をうまく受け入れゲームバランスをとる方法が用いられる。ここでゲームバランスとは持続的に遊び続けるモチベーションを維持できる状態を指す。

## 5.2. ゲーム制作例

本稿では Spilant World の物語世界をベースに環境反映型育成ゲームを実現した。Spilant World の世界では、魔法を中心に文化が進んだ並行世界の修行中の少女が、人々に魔法を使い便を図ることで技を磨いていく。このゲームでは一般的な RPG のようにプレイヤーがアバターを操作して全ての物事を進めるのではなく、NPC が自立的に内部要因と協調しながら目的を達成していくことを特徴としている。ユーザは観劇者としてストーリーの展開を楽しむこともできるし、間接的に NPC の行動や物語世界の事象を操作することで達成目標への進展を促すこともできるなど、自由度のある遊び方が可能である。

ゲームの画面を図16に示す。このゲームでは、主人公(Lily)に適切な環境状態にあった魔法を使うように促すと、主人公以外の NPC のリアクションが変化する。プレイヤーは Lily を直接動かすことは出来ないが、どのような行動をとったら良いのかを間接的に示唆することは出来る。この画面では魔法使い Lily が行動を起こすことを期待されているが、成長途上であるとも何もしない。プレイヤーはこの場面でしたほうがよいと思われる行動を、プレイヤーの実環境の状態も参考にして推定して選択する。

例えば、図17のシーンは冬の屋外で、他の NPC は寒がっているはずである。そこでプレイヤーの正しい選択は暖かい効果のある魔法を使うよう Lily に教えれば正解となる。選択した行動が正しいと Lily の以降の行動に反映されるとともに、成長によって次に選択できる行動のバリエーションも増える。ユーザがどんな環境であるかを分かりやすくするためのゲージを表示した例を図18に示す。通常はこれを表示せずにユーザが実環境から感じ取った体感的な気温や明度を利用してゲームをプレイして貰う。

## 6. まとめ

本稿では、実世界の環境情報を反映させた物語的ファンタクションを作るための環境反映型エピソード制御法を提案した。評価用コンテンツの制作によって、気温などの室内気象や照度などはユーザの生活に密接でありそれと同期したゲーム世界があれば身近さを感じながら参加できる可能性があることが分かった。

今後はコンテンツを拡充し、センサ情報反映の質を高め、ゲームとして完結したコンテンツによってユーザ評価を行

うことが必要である.

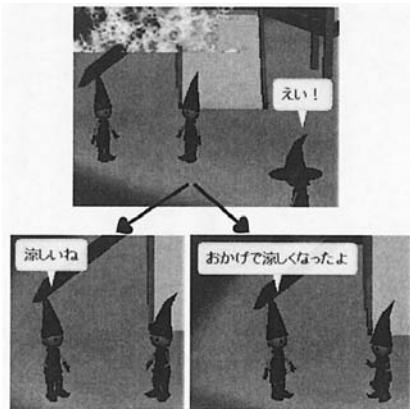


図 1 6 暑いときに涼しい魔法  
魔法使用を促すボタン

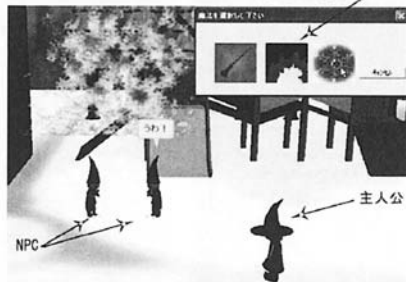


図 1 7 環境に合わない行動を誘導する例



図 1 8 参考図 ユーザ側の環境を表示

## 参考文献

- [1] 磯村英俊, 多田嘉宏, 羽座健二, 近藤大祐, 田川和義, 木島竜吾, 小鹿丈夫, “アンビエントディスプレイの構成方式に関する一検討”, 日本バーチャルリアリティ学会誌 5 回大会論文集, pp. 2000/9
- [2] 川西直, 木田信雄, 森川博之, 青山友紀: “環境情報適応型コンピュータエンタテインメントへのセンサネットワークの適用”, エンターテインメントコンピューティング 2006, 2006
- [3] 中野敦, 河村仁, 長谷将生, 三浦枝里子, 星野准一: “エピソードツリーによるインタラクティブなフリーシナリオ型コンテンツの提案”, NICOGRAPH, 2006.
- [4] Kuzuoka, H., Greenberg, S., Mediating Awareness and Communication through Digital but Physical Surrogates, in

Proc.CHI'99 Extended Abstracts, pp.11-12,1999

- [5] Finn, A. Sellen, A. and Wilber, S. (Eds.). Video Mediated Communication. Hillsdale, N.J.: Erlbaum
- [6] Mark O. Riedl, R. Michael Young, “From Linear Story Generation to Branching Story Graphs”, IEEE Computer Graphics and Applications, vol.26, No.3, pp.23-31, May/June 2006.
- [7] Mark J.Nelson, Michael Mateas, David L.Roberts, Charles L. Isbell Jr., “Declarative Optimization-Based Drama Management in Interactive Fiction”, IEEE Computer Graphics and Applications, vol.26, No.3, pp.32-41, May/June 2006.
- [8] W. Swartout et. Al, “Toward the Holodeck: Integrating Graphics, Sound, Character and Story.”, Proceeding of the Fifth International Conference on Autonomous Agents 2001, ACM Press, pp.409-416.
- [9] Ruth Aylett, Sandy Louchart, Joao Dias, Ana Paiva, Marco Vala, Sarah Woods, Lynne Hall, “Unscripted Narrative for Affectively Driven Characters”, IEEE Computer Graphics and Applications, vol.26, No.3, pp.45-52, May/June 2006.
- [10] Greimas, A.J.”Structural Semantics: An Attempt at a Method”, Lincoln, University of Nebraska Press, 1983.
- [11] Propp, V: “Morphology of the Folktale”, University of Texas Press, 1968.
- [12] 佐久間友子, 小方孝, 「行程規則を用いた複数のストーリーの合成」, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI06(2006), pp.147-150, 2006
- [13] 佐久間友子, 小方孝, 「プロップの物語内容論を利用したストーリー生成支援システムとその考察」, 人工知能学会全国大会論文集, Vol.JSAI06(2006), pp.250-253, 2005
- [14] P.W.Thorndyke, “Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse.”, Cognitive Psychology, Vol 9, pp.77-110. 1977