

## ロボットとの状況依存インタラクションに関する研究

今井 倫太                      永嶋 美雄

NTT ヒューマンインタフェース研究所

### 概要

本稿では、自律移動ロボットとのインタラクション(音声対話, 状況獲得, 行動生成)について取り上げる。物理的作業を伴う自律移動ロボットの場合には、システムの回りの状況を汲み取りユーザの働きかけに反応し動作するシステムが必要となる。このため、自律移動ロボットとの対話システムでは、外界の情報の獲得法、及び、ユーザの発話や状況を考慮したロボットの行動生成法が重要な課題となる。そこで、本稿では、発話機構 Linta-II 及び、行動生成機構 Posit を提案する。Linta-II では、センサ情報の一部に注意を構成する注意機構を用いて、不完全な発話限定制約のもとでの、意図的発話、及び反射的発話の生成を実現する。Posit では、状況に依存した行動をポテンシャルで表現し、複数の行動記述を持たずに多様な行動生成を試みる。

## Situated Interaction with Autonomous Robot

Michita IMAI

Yoshio NAGASHIMA

NTT Human Interface Lab.

### abstract

In the interaction with autonomous robot, we need dialogue system reflecting external world information (situation). To develop this type of system, it is important to consider how to get external world information and how to generate robot's action according to user's utterance, robot's action and situation. In this paper we describe utterance mechanism Linta-II and action mechanism Posit. Using attention mechanism that focuses on a part of external world Linta-II can generate not only voluntary utterance but also involuntary utterance without complete description of utterance constraint. Using potential representation of situated behavior Posit can generate variety of action without variety of action description.

## 1 はじめに

本稿では、自律移動ロボットとのインタラクション（音声対話、状況獲得、行動生成）について取り上げる。物理的作業を伴う自律移動ロボットの場合には、据え置き型の計算機に比べ、システムの回りの状況を汲み取りユーザの働きかけに反応し動作するシステム [9] が必要となる。特に、外界のセンサ情報は、発話理解や生成において重要な役割をこなす。例えば、自律移動ロボットが壁に向かって進んでいく時、ユーザが、「止まれ」を意図して「ダメ！」と発話したとする。この例は、発話からユーザの意図を推論する際に、ロボットの行動や、壁の位置が発話処理に影響することを示唆している。そこで本稿では、動的な物理世界からの状況の獲得法、及び、ユーザの発話と状況を反映した発話や行動の生成法を提案する。

状況を考慮したマルチモーダルな対話システムの研究は、いくつかの研究 [2, 3, 4, 5, 6] でも取り上げられている。これらは、CGの場面やWWWにおけるホームページを利用し、発話の理解、生成をおこなう。状況獲得の方法は、計算機が作り出す仮想の世界が対象であるため、獲得の手続きを予め記述しておくことが可能である。動的な状況に対処する手法の代表としてはサブサンブションアーキテクチャ (SA) [1] がある。SAでも、状況と行動の関係の記述が予め用意され、状況に対してロボットの行動を反射的に選択する手法 (創発計算) がとられている。また、Sonja[2] では、ユーザとの対話を含めた創発的行動システムが提案されている。

計算機の外の現実世界では、対話システム以外の物理的要因により状況が動的に変化するため、全ての状況を定義し、記述しつくすことが不可能である。また、行動と状況の関係の記述は、関係の定義毎に行動自体を離散的にしてしまう。

そこで、本稿では、ロボットの行動と状況との関係の記述に焦点をあて、発話機構 Linta-II[8]、及び、行動生成機構 Posit を提案する。ここで、扱うロボットは、ペット型ロボットとし、扱う発話や行動は簡単なものとする。

Linta-II では、センサ情報から獲得される状況を元に発話生成を行なう。状況の獲得には、センサ情報の一部に注意する注意機構をもちいる。センサ情報がロボットの行動や外界の変化の影響により限定されるため、どのセンサ情報を発話時に参照すべきかという制約を完全に記述しきれなくても、発話は、状況に応じて生成される。

Posit では、ユーザからの発話に応じ、外界の状況を反映した行動生成を行なう。行動は、ユーザの発話か

らの制約、及び、センサ情報からの制約 (状況) からポテンシャル場として生成される。Posit では、ポテンシャル場を動的に生成することにより、行動と状況の対応関係を記述として持つことなしに、多様な行動を産み (創発) だす。

本稿では、2. で、Linta-II の基本構成、及び、注意機構、発話機構について述べ、発話例を基に、不完全な行動記述の元での発話生成について述べる。3. では、Linta-II の構築を踏まえ、ポテンシャルによる行動生成のモデルを考案し、創発計算によるインタラクションについて提案する。4. では、今後の課題とまとめを述べる。

## 2 注意機構による発話生成

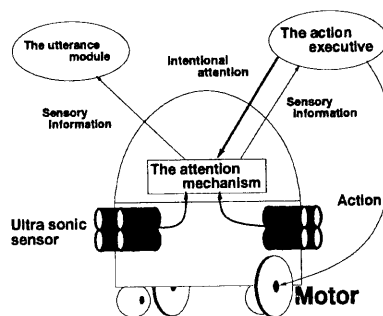


図 1: Architecture of Linta-II

Linta-II は、注意機構を通して外界を参照し、意図的発話と反射的発話を生成する。意図的発話は、ロボット自身の要請にしたがう発話であり、反射的発話は、外界で起きたイベントに対する発話である。また、Linta-II は、発話生成の能力しか持たないが、対話システム [9] を載せることによって、状況を考慮した対話システムが構築できる。

注意機構は、反射的注意と意図的注意の 2 種類の注意を実現している。ここで、反射的注意とは、外界のイベントに即座に注目するための機能であり、意図的注意とは、ロボットの制御モジュールが必要とする外界の情報を意図的に獲得する機能である。Linta-II では、制御モジュールからの意図的注意により外界の情報が絞りこまれており、状況に則した意図的発話の生成が可能になっている。また、反射的注意は、反射的発話を実現する。

Linta-II の概略図を図 1 に示す。Linta-II は、自律移動ロボット ASPIRE[10] 上に実装されており、注意機構 (the attention mechanism) と発話生成モジュール (the utterance module)、行動制御モジュール (the

action executive) により構成される。センサ情報は、注意機構での処理を通して各アプリケーションモジュール（発話生成モジュール, 行動制御モジュール）に利用される。

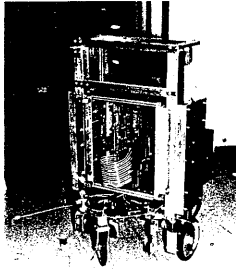


図 2: Autonomous Mobile Robot ASPIRE

図 2 に自律移動ロボット ASPIRE を示す。ASPIRE は、四方に超音波距離センサと前後にタッチセンサを持つ。

## 2.1 注意機構

図 3 に注意機構の概略を示す。注意機構は、アプリケーションモジュールが必要とするセンサ情報（属性と値の対）を提供する。注意機構自体は、センサの属性情報を表現する注意クラスタ (attention cluster) の集まりである。アプリケーションモジュールは、注意クラスタを活性化することにより必要な属性のセンサ情報を獲得できる。この活性化が意図的注意を実現する。

注意クラスタは、並行に動作する複数の注意エンティティ (attention entity) によって構成される。注意機構では、センサデータと属性値のマッチ度を注意エンティティが並行に計算し、同時に、各エンティティの出力を競合させセンサデータに最もマッチした属性値を見つけ出す。

例として、図 3 に、属性 *front\_safety* (図 3 中の網かけの領域) と各注意エンティティ (網かけの領域内の楕円) を示す。図 3 では、行動制御モジュールが属性 *front\_safety* (前の安全性) の情報を意図的に参照している (活性化している)。このとき、*front\_safety* に属する注意エンティティ間で競合が起こる。図 3 では、距離センサの値が 50cm なのでエンティティ *warning* が競合に勝ち、*front\_safety* (*warning*) が獲得されている。この例のように、注意機構では、アプリケーションモジュールからのトップ

ダウンな活性化を用いて意図的参照が可能になっている。また、注意機構では、競合解消を用いて属性値を決定しているため、センサデータの急激な変化をすぐに反映することが可能である。例えば、上記の例でセンサ値が急に 9cm に変化した場合、*danger* に対応する注意エンティティがすぐに競合に勝ち、属性値が変わることになる。

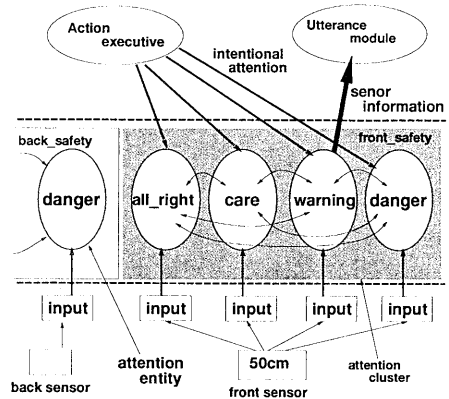


図 3: Outline of Linta-II's attention mechanism

### 2.1.1 注意エンティティ

注意エンティティは、注意度計算部 (attention energy calculator) と、値登録部 (sensory data register)、イベント処理部 (event processor) で構成される。

注意度計算部は、エンティティの注意度を計算する。注意度は、エンティティの優先度であり、値が高いほどエンティティを競合に勝てるようにする。

値登録部は、注意度が閾値 (定数) を越えると実行され、属性値を共有変数に登録する。この共有変数は、全てのアプリケーションモジュールから参照可能である。共有変数に登録されたセンサ情報は一定時間たつと消される。この削除によってトップダウンに注意されていない情報は消えることになる。

イベント処理部では、外界の急激な変化に対処する。処理は、以下の手順でおこなう。1) 外界の変化を認識 (属性 *safety* の場合、距離センサの微分を使用)。2) イベント処理部を実行。3) 割り込みをもちいてアプリケーションモジュールへ外界の変化を告知。反射的注意は、この処理によって実現される。

## 2.1.2 注意度

注意度は、次の三つの要素で決定される。1) 意図的注意度 ( $IE$ )。2) センサデータとの適合度 ( $AR$ )。3) 他のエンティティからの抑制 ( $RR$ )。

1. の意図的注意度は、ある注意クラスタに対する、アプリケーションモジュールからの意図的注意の強さを表す。2. のセンサデータとの適合度は、エンティティとセンサデータとの適合に応じた活性度を表す。この値が高いほど他のエンティティとの競合に勝てるようになる。属性  $safety$  の適合の判定は、以下に示す不等式条件をもとに計算される。

- $0 \leq x \leq 15 \rightarrow danger$
- $12 \leq x \leq 100 \rightarrow warning$
- $80 \leq x \leq 200 \rightarrow care$
- $190 \leq x \rightarrow all\_right$

3. の他のエンティティからの抑制は、エンティティ間の競合を解消するのに使われる。互いに抑制し合うことにより、一番強い注意度を持つエンティティが競合に勝つことになる。

各エンティティの注意度は、以下の関数(1) (注意度関数) を計算することにより決定される。

$$Af(t) = AR e^{-t/(IE - \sum_j RR_j)} + (IE - \sum_j RR_j) \quad (1)$$

( $RR_j$  は、注意 エンティティ  $j$  からの抑制。) 注意度関数は、センサとの適合度で最大値が決まり、意図的注意により高い値が持続するようになる。また、注意度は、解消されない競合を無効にするために、時間が経つにつれ値が減少する。

## 2.2 アプリケーションモジュール

### 2.2.1 発話生成モジュール

発話生成モジュールでは、外界の情報に依存した発話内容の決定をおこなう。Lint-a-II での発話内容の決定とは、発話生成に利用する外界の情報(叙述)を決めることである。叙述の候補は、注意機構により獲得されている全ての外界の情報である。以下では、意図的発話と反射的発話に分けて Lint-a-II での発話文生成を説明する。

意図的発話文は、発話文生成ルールを用いて生成される。具体的には、[主題],[叙述 1],[叙述 2]→ [発話文] の形をとり、叙述は一つまたは二つある。発話文生成ルールの一例を示す。

1.  $[moving] [front\_safety[warning]]$   
→ [MOUSUGU MAE NI SUSUMENAKU NARIMASU.]
2.  $[moving] [front\_safety[care]]$   
→ [MADA MAE NI SUSUME MASU.]
3.  $[moving] [left\_safety[all\_right]]$   
→ [HIDARI NI MAGARE MASU.]
4.  $[moving] [left\_safety[all\_right]],$   
 $[front\_safety[danger]]$   
→ [SUSUMENAI KEDO HIDARINI MAGARE MASU.]

主題には、移動動作 ( $moving$ ) と動作方向 ( $direction$ )、安全性 ( $safety - state$ ) の三種類がある。主題は、Lint-a-II に対話システムを載せることによって、対話プランナから与えることが可能である。

反射的発話は、注意機構が起こす割り込みによって起動される。割り込みによって起動された発話生成モジュールは、すぐに、センサ情報に対応する発話を生成する。反射的発話における発話文生成ルールの一例を以下に示す。

$[safety\_state], [left\_safety(danger)] \rightarrow$   
[BIKKURI SITA.]

このルールは、ASPIRE の左に物が落ちてくるなどして左の安全性が急に危険になった場合に使われ、「びっくりした」という発話文を生成する。

### 2.2.2 行動制御モジュール

行動制御モジュールは、ASPIRE を移動させるための行動命令を実行する。行動制御命令は、ASPIRE の行動、及び、行動とセンサ情報の関係を示す。例えば、 $move\_forward \rightarrow front\_safety$  がある。これを実行すると、行動制御モジュールは前の安全性を意図的に注意しながら ASPIRE を前進させることになる。

また、行動制御モジュールは、センサ情報を意図的に参照し ASPIRE が進める方向を探す機構 (バグサーチ) を持つ。

## 2.3 発話例

本節では、対話例をあげ、注意が発話に影響する過程を示す。以下の例では、人間(ユーザ)と ASPIRE が対話によって進む方向を決定している。ここで、ユーザからの音声入力の処理、及び、対話プランナが Lint-a-II に実装されていることを仮定している。

### 例 1.a

User: 「どうしようか?」

ASPIRE: 「もうすぐ前に進めなくなります。」

例 1.b

User: 「どうしようか？」

ASPIRE: 「左に曲がれます。」

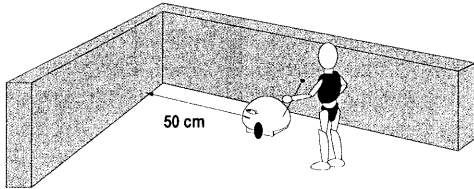


図 4: An Example of Human-Robot Interaction

これらの例は、図 4 でユーザと ASPIRE が交わした対話である。例 1.a では、ASPIRE が前進しているので前の安全性が注意されており、競合に勝ち残ったセンサ情報 *front\_safety(warning)* にたいして、発話文生成ルール 1 に基づき、前に関する発話「もうすぐ、前に進めなくなります。」が生成されている。

例 1.b では、ASPIRE は停止しており、進める方向を探している (バスサーチ)。例では、バスサーチにより左のセンサ情報が注意され、獲得されたセンサ情報 *left\_safety(all\_right)* にたいして、発話文生成ルール 3. に基づき発話「左に曲がれます」が生成されている。

上記の例では、ユーザからの同じ質問に対し異なる発話 a,b が生成されている。この発話の選択は、あらかじめ記述された発話限定制約によるものではなく、注意機構を介した外界と行動のインタラクションにより生じている。

例 2

ASPIRE: 「びっくりした」

この例は、ASPIRE の左横に物が落ちてきた時の発話である。ものが落ちたことを距離センサで察知すると同時にボトムアップに注意が構成され、反射的に発話が生成されている。この機能により、外界のイベントをすぐに反映した発話が可能になっている。

### 2.3.1 注意機構無しが発話生成

注意機構が無い発話機構が例 1.a を処理する場合には、センサ情報が絞り込まれないため、複数の発話文が生成されてしまう。そこで、Lint-II では、発話文を一つに決定するために、制約 (発話限定制約)

を用いて重要な叙述を選び出す。ここでは、行動からの制約 *Action\_Constraint* を用いて叙述を限定する。例えば、*Action\_Constraint* は、ASPIRE が前進しているとき前の安全性が重要になることを表す。ここで、*Action\_Constraint* の設定が不完全な場合には、適切な状況が構成できないこととなる。これに対し、注意機構がある場合には、行動制御モジュールと注意機構により発話の状況が構成されるため、*Action\_Constraint* が欠けていても不都合が生じない。例えば、注意機構が無い場合、図 4 において得られるセンサ情報は、*safety* だけでも、*front\_safety(warning)*, *right\_safety(danger)*, *left\_safety(all\_right)*, *back\_safety(all\_right)* の 4 つが獲得される。発話文生成ルールには一つまたは二つ叙述があるため、センサ情報の組合せで、10 個の発話がこの情報から生成される。ここで、発話内容を決定するために発話限定制約が用いられる。例 1.a では、ASPIRE が前進しているため、*Action\_Constraint: move\_forward* → *front\_safety* を用いて、センサ情報 *front\_safety(warning)* が選択される。これによって、発話「もうすぐ前に進めなくなります。」が生成される。しかし、*Action\_Constraint: move\_forward* → *front\_safety* が用意されていない場合には、この選択はされない。注意機構がある場合には、この *Action\_Constraint* が用意されていなくても、例 1.a の処理をすることが可能である。

## 3 状況依存のインタラクション

Posit は、行動を制御するポテンシャル場として、理想ポテンシャル、制約ポテンシャル、行動ポテンシャルの三種類を生成する。理想ポテンシャルは、ユーザの発話から作られ、前進や回転といった移動ロボットの行動の基本形態を表す。制約ポテンシャルは、センサ情報から作られ、障害物を避けるといった外界の状況により発生する制約を表す。行動ポテンシャルは、理想ポテンシャルと制約ポテンシャルを合成したものであり、ロボットの行動を表す。行動ポテンシャルは、各ポテンシャルを合成したものであるため、発話やセンサ情報によりポテンシャルの組合せが変化し、多様な行動を表現することができる。

Posit の概略図を図 5 に示す。Posit は、発話解釈部 (Utterance Interpreter)、及び、ユーザ追従部 (User Detector)、注意機構 (Attention Mechanism)、ポテンシャル生成部 (Potential Generator)、モータパラメタ生成部 (Motor Parameter Generator) より構成される。

現在、Posit は、小型移動ロボット Khepera 上に構築中である。Khepera は、赤外線距離センサと照度セン

サを周囲に8個つづ持つ。本稿では、ユーザの位置は、光源で表すこととする。

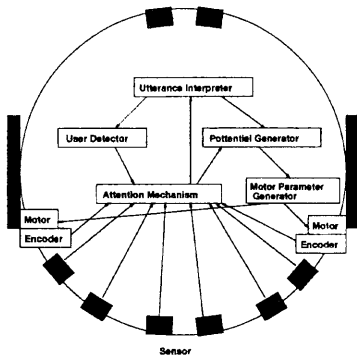


図 5: Architecture of Posit

### 3.1 ポテンシャルによる行動生成

行動ポテンシャルは、移動ロボットをナビゲートするために、空間的行動表現をとっている。座標系は、Khepera を中心とした極座標系  $(d, \theta)$  を用いる。Khepera は、行動ポテンシャルにおいて、ポテンシャルの低い方へ移動する。行動ポテンシャルが、センサ値に反応し、時間的に変化することにより、動的な変化に対処し、リズムカルな入力に反応した行動をとることができ。

#### 3.1.1 発話からのポテンシャル

Posit で扱う発話は、「おいで」、及び、「タロー (Khepera の名前とする)」、「おまわり」の三種類である。生成される理想ポテンシャルと発話の対応関係は、行動の生成に主眼を置いたため、簡単なものを予め用意する。実際のシステムでは、プランや推論により導かれるものである。以下で、各々の発話とポテンシャル (式) の対応を示す。

「おいで」、「タロー」に対応するものは、

$$V = (d - position_r)^2 - \cos(\theta - position_\theta) \quad (2)$$

で、表される。ここで、 $(position_r, position_\theta)$  は、注意機構から得られるユーザの位置座標である。Khepera は、このポテンシャルにより、ユーザの方向へ近づく。「おまわり」は、以下の式で表す。

$$V = -A \times d + \cos\{(Moved_\theta)/2\} \quad (3)$$

ここで、 $A$  は、正定数である。 $Moved_\theta$  は、Khepera が回転した角度を表し、注意機構がエンコーダから得る。Khepera は、このポテンシャルにより、360 度回転する。

#### 3.1.2 センサからのポテンシャル

Posit では、注意機構で獲得されるセンサ情報と制約ポテンシャルとの対応関係も予め用意している。本稿では、「ユーザの存在 (光源)」、及び、「障害物」について扱う。「ユーザの存在」により生じるポテンシャルは、以下の式となる。

$$V = A \times \exp\{-(d - position_l)^2/Q\} \quad (4)$$

( $A, Q$  は、正定数) Khepera は、この式によって、一定の距離だけ離れながらユーザとコミュニケーションすることになる。「障害物」により生じるポテンシャルは、以下の式となる。

$$v = a/(d - position_l) \quad (5)$$

$position_l$  は、距離センサから得られる障害物との距離である。Khepera は、この式によって、障害物を避けることになる。

#### 3.1.3 ポテンシャル生成部

ポテンシャル生成部では、各ポテンシャルを生成、行動ポテンシャルを合成する。各ポテンシャルは、それぞれ、以下の式で表される活性値を持ち、活性の度合によって選択されることになる。

$$A_i(t) = M_i e^{-t/\tau} \quad (6)$$

ここで、 $i$  は、ポテンシャルの式の種類を表す。活性値  $A_i(t)$  は、始めは高い値を持つが、時間がたつと消える。 $M_i$  は、発話内容や、センサ情報に対応して変化するパラメタ ( $0.0 \leq M_i \leq 1.0$ ) である。

#### 3.1.4 発話解釈部、注意機構

発話解釈部、及び、注意機構は、入力 (発話、センサ情報) に対応するポテンシャルにパラメタ  $M_i$  (正定数) を与える。現段階の発話入力は、キーボードによる入力を考えている。注意機構は、獲得されたセンサ情報に対応するポテンシャルに活性値  $M_i$  を与える。

#### 3.1.5 モータ制御

モータパラメタ生成部は、行動ポテンシャルからモータ制御パラメタを作り出す。行動ポテンシャルの坂を下る方向に Khepera を動かすため、Khepera の位置標の変化は、ポテンシャルの傾きの負の方向、 $\Delta d = -\frac{dV}{dA}$ 、 $\Delta \theta = -\frac{dV}{d\theta}$  となる。この移動の結果、Khepera は、ポテンシャルの安定点へ到達する。

モータパラメタには、前後方向の速度  $\beta$ 、左右の車輪の位相差  $\phi$ 、回転時の回転軸  $a$  がある。各モータパラメタは、式  $\beta = \Delta d$ 、 $\phi = \Delta \theta$ 、 $a = 0.5$  (Khepera の中心を回転軸とした) によって決められる。

### 3.1.6 ユーザ追跡部

ユーザ追跡部は、発話解釈部により起動され、注意機構のユーザクラスタを活性化し、発話者を追従する。注意機構では、ユーザ追跡部からの活性化に従い、照度センサと距離センサから、ユーザの位置座標 ( $position_1$ ,  $position_\theta$ ) を獲得する。具体的には、 $position_\theta$  は、照度センサから、 $position_1$  は、距離センサから得る。

ユーザが、見つからない時には、注意機構の特性上、ランダムな方向の ( $position_1$ ,  $position_\theta$ ) が獲得されることになる。

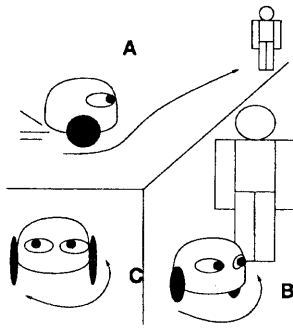


図 6: User is calling khepera.

### 3.2 Posit によるインタラクション例

インタラクション例として、ユーザが Khepera に「おいで」と発話した時について取り上げる。図 6 は、呼ばれた後の Khepera の行動を示す。図の A では、呼んだユーザの所へ Khepera が近付いている所である。B では、呼んだユーザの方を Khepera が向いた所である。C は、呼んだユーザを Khepera が捜している所である。

これらの行動は、生成される行動ポテンシャルが、状況に応じて変化することによる。図 7 に、理想ポテンシャル、及び、制約ポテンシャル、行動ポテンシャルを示す。A の行動ポテンシャルは、ユーザが遠くにいるので、ポテンシャルの安定点まで、Khepera は、前進することとなる。B の行動ポテンシャルは、ユーザが近くにいるので、Khepera は、ほとんど前進せず、ユーザの方に向いたように見える。C の行動ポテンシャルは、注意機構によるユーザの位置 ( $position_1$ ,  $position_\theta$ ) の変動により、常に変化する。この結果、ユーザを捜す行動となる。

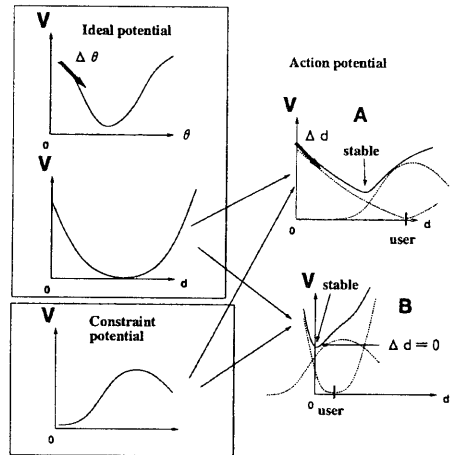


図 7: Action Potential

### 3.3 創発計算によるインタラクション

例題で Khepera は、発話「おいで」に対して、近付く、向く、捜すという行動を生成した。Posit が生成する行動は、状況とユーザの発話から作り出されるのであり、予め記述された状況と命令 (近付く、向く、捜す) の関係から作り出されるのではない。Posit は、状況と行動の関係の完璧な記述をなしに、状況に対処し行動生成を行なう。これに対し、ユーザは、Khepera が命令を選択し、実行したと認識し [7]、多様な行動生成と見ることになる。

本稿では、発話が行動に関係するものとして、ユーザの発話からトップダウン的に理想ポテンシャルを与えた。しかし、「タロー」に代表される、状況に関係する発話から行動を直接指定することは恣意的である。今後 Posit では、行動の直接指定の代わりに、発話が注意を変化させ、この結果として行動に影響を与える形のボトムアップな行動生成を扱う予定である。例えば、Khepera が、「タロー」と呼ばれた時には、ユーザへ注意を構成し、獲得されたセンサ情報を元に行動を生成するやり方である。

Posit では、発話と状況からのトップダウンな行動生成、ボトムアップな行動生成の実装を通して、創発によるコミュニケーションを作り上げていく予定である。最終的には、「ユーザの働きかけが行動の創発を引き起こし、創発された行動の発見を通して、ユーザが、次のインタラクションを行なう。」といった形式のインタラクション、つまり、ユーザとシステム間のインタラクションが創発によって持続する形式を目指している。

## 4 おわりに

本稿では、ユーザとロボットとの状況依存インタラクションを目指し、センサを持つロボット上に発話機構 Linta-II を構築した。また、柔軟なインタラクションの実現を目指し、行動生成機構 Posit を提案した。

Linta-II では、注意機構により状況を獲得し、発話内容の変化を扱った。注意機構は、ASPIRE の行動制御モジュールから独立した発話生成を可能とするため、行動と状況の関係の記述を発話生成時に要求しない。このため、Linta-II は、Posit と組み合わせることが可能である。将来的には、Linta-II のアプローチを Posit に採り入れ、状況を考慮した対話システムを構築する予定である。

今後は、創発計算による状況依存インタラクションを目指し、センサ情報の獲得法、及び、ポテンシャルの表現法、ポテンシャルの生成法を構築する予定である。

## 謝辞

Linta-II は、PRIME Project の一環として行なわれた。慶應義塾大学安西研究室諸氏の御助言は研究を進めるうえで大変参考になりました深く感謝致します。また、NTT Human Interface lab. の諸氏には、Posit の立案にあたって有益な議論を頂いたことを感謝致します。

## 参考文献

- [1] R. A. Brooks. Intelligence without reason. In *IJCAI-91*, pages 561-595, 1991.
- [2] D. Chapman. *Vision, Instruction, and Action*. Mit press, 1991.
- [3] C. T. Hemphill and P. R. Thrift. Surfing the web by voice. In *Proc. ACM Multimedia '95*, 1995.
- [4] J. G. Neal, Z. Dobes, K. E. Bettinger, and J. S. Byoun. Multi-modal references in human-computer dialogue. In *AAAI-88*, pages 819-823, 1988.
- [5] Minh Tue Vo and Alex Waibel. Multimodal human-computer interaction. In *Proc. ISSD-93*, pages 95-101, 1993.
- [6] T. Winograd. A procedural model of language understanding. *Readings in Natural Language Processing*, pages 249-266, 1986.
- [7] 郡司. 生命と時間,そして原生-計算と存在論的観測. 現代思想, May, 1995.
- [8] 今井, 開, and 安西. 注意機構を利用したヒューマンロボットインタフェース. 信学論 (*D-II*), J77-D-II:1447-1456, 1994.
- [9] 佐藤, 開, and 安西. ロボットとの対話: センサ情報を利用した音声対話システム linta の設計と実装. In 人工知能学会研究会資料 *SIG-SLUD-9202-3*, pages 19-26, 1992.
- [10] 山崎 and 安西. パーソナルロボットのためのアーキテクチャの提案. In *ロボティクス・メカトロニクス '92 講演会講演論文集 (A)*, pages 57-62, 1992.