

I/O Plant: 植物とのインタラクション設計支援環境の構築

I/O Plant: A Creative Environment for Designing Human-Plant Interactions.

栗林 賢 坂本 雄祐 田中 浩也*

Summary. This paper introduces a creative environment called "I/O Plant" which produces botanical interface and new-style interactions among humans, plants and computers. It enables designers to utilize plants' bio-computational systems in interaction design. We report typical design patterns, an I/O device, monitoring software and several applications. We arrange the design patterns for human-plant-computer interactions. The device is designed to manipulate plants as modules by attaching actuators and sensors to plants. It aims to create original hybrid circuits for interactive systems, gardening, and environmental design. The software allows users to analyze and observe various aspects of plants' reactions. The pattern and the environment support designers to construct interfaces with plants creatively and easily. In conclusion, our research cultivates new creativity toward the interaction design through the development of several applications.

1 はじめに

自然界に目を向けると、植物と環境の間で豊かなインタラクションが行われている。植物は長期間に渡って外部からのエネルギーを蓄積し、かたちや動きや生体反応に変換している。ゆっくりと時間を積み重ねて行われる、スローな入出力やライフタイムスケールのインタラクションには、人工的に作られたリアルタイムのインタラクションにはない重みと魅力がある。

次世代のユビキタス・コンピューティングの範囲は、人工空間やコンピュータだけでなく、動植物など自然物に広がっていくことが予想される。自然界的システムを利用することができれば、表現のダイナミックレンジが広がり、有機性・生命性・一回性を持ったインタラクションを生むことができる。生物がインタラクティブシステムの対象となる時代を見越したプラットフォーム整備が必要である。

本研究では、植物のシステムを利用したインタラクティブシステムの設計支援環境を構築する。これにより、植物とのインタラクション支援や植物を介在したコミュニケーションインターフェース構築を可能にする。本論文では、まず植物を介在したインタラクションのデザインパターンを紹介し、その実現を支援するツールキットとソフトウェアについて述べる。続いて、ツールを用いて作成したアプリケーションを通して、スローI/Oやライフタイムスケールのインタラクションの実践例を示す。



図 1. I/O Plant キット



図 2. I/O Plant デバイス

2 Human-Plant interaction

植物の生体システムと情報技術を利用して実現可能なインタラクションを分析し、図3に示すデザインパターンにまとめた。

1. Input 植物が人間とコンピュータを結ぶインターフェースになる。ユーザが植物に接触や光などの意図的な刺激を与えることで、コンピュータを動かす。

Copyright is held by the author(s).

* Satoshi Kurabayashi, 慶應義塾大学 政策・メディア研究科, Yusuke Sakamoto and Hiroya Tanaka, 慶應義塾大学 環境情報学部

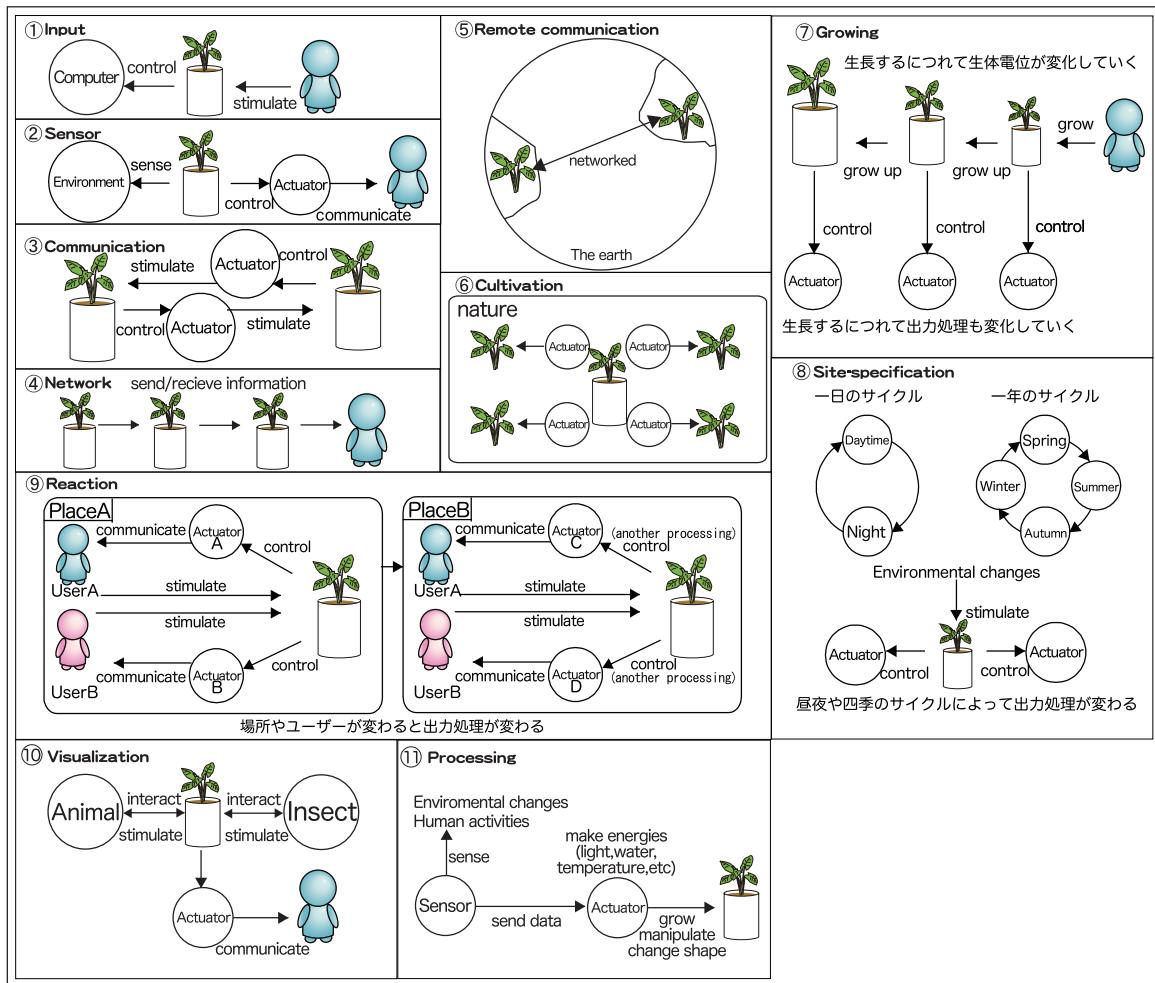


図 3. デザインパターン

2.Sensor 植物が環境変化を伝えるセンサになる。植物の電位変化によって、照明等のアクチュエータを制御することで、環境変化を表現する。

3.Communication 植物が装備したアクチュエータによって、植物同士のインタラクションやコラボレーションを生む。例えば、植物の電気信号を光や熱を発するアクチュエータの動作へと変換することで、植物同士が刺激し合う。

4.Network 植物がセンサネットワークを形成して、情報をリレーのように伝達する。

5.Remote communication 植物がインターネットを通して遠隔地にある植物とコミュニケーションする。例えば、環境情報を取得して送り、そのデータを元に環境を再現することで、あたかも別の国にあるように植物を育てる。

6.Cultivation 植物が装備したアクチュエータで周囲の植物に刺激を与える。例えば、ある植物が他の植物を照明で照らして育てる。

7.Growing 植物が成長するにつれて、アクチュエータによる表現が変化する。これによってライフタイムスケールのインタラクションが可能になる。

8.Site-specification 植物が一日のソーラーサイクルや一年の四季のサイクルに反応することによって、アクチュエータの表現が変化する。気候の違いによって、異なるふるまいが生まれる。

9.Reaction 植物がユーザーや場所の違いによって電位を変化させることで、アクチュエータの表現も変化させる。

10.Visualization 植物が他の生物とのインタラクションに反応することによって、アクチュエータを制御する。

11.Processing 植物栽培のためのアクチュエータを、環境変化や人の行動に基づいて動かすことで、植物の生長や形態や動きを制御する。

I/O Plant: A Creative Environment for Designing Human-Plant Interactions.

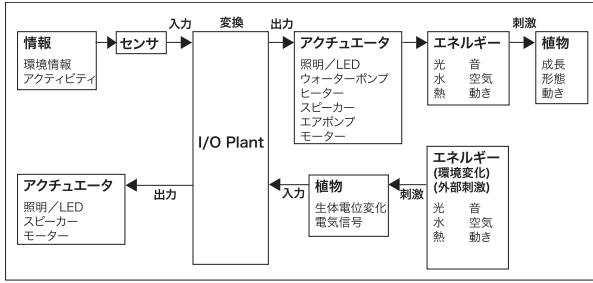


図 4. ソフトウェアの変換機能

3 I/O Plant

3.1 設計

I/O Plant は、植物の生体システムを利用できるようにするためのハードウェアキットと専用ソフトウェアで構成された開発環境である。

ハードウェアは、図1に示すように計測キットと育成キットからなる。計測キットは、脳波用針電極、生け花用剣山、オペアンプ、各種センサ、無線モジュールで構成される。育成キットはLEDライト、水ポンプ、ヒーター等で構成される。図2にこれらを組み合わせて利用するためのデバイスキットを示す。植物の電位変化を変換して最高10個のアクチュエータに出力することができる。加えて、センサを3個まで実装することができ、温度／湿度／光などの環境データの計測が可能である。

ソフトウェアはPsoc[1]上で利用するマイクロコントローラ版とMAX/MSP[2]で開発したPC版の二種類用意している。これらは図4に示すように2つの変換機能を持つ。第一に、光や水や気温等環境エネルギーによる電位変化を数値へと変換し、種々のアクチュエータを制御する機能である。第二に、環境変化や人のアクティビティをセンシングし、光や水など栽培のためのアクチュエータを動かして、植物の成長や形態や動きを制御する機能である。

3.2 実装

3.2.1 電位変化の変換機能

計測用電極から入力した微小な電気信号をオペアンプを通して増幅し、電位変化を判別できるようになる。計測した信号を無線モジュールまたはケーブルによって伝達し、マイクロコントローラのアナログポートに入力するか、PCのマイクジャックに音声信号として入力する。前者の場合は、電位変化に対応して、出力ポートに実装したアクチュエータを制御する。後者の場合は、PC用ソフトウェア上で利用するか、シリアルデバイスに数値を渡すことでもアクチュエータを制御する。

続いて、マイクロコントローラ版ソフトウェアの処理の流れを述べる。まず検出した電気信号を増幅し、利用可能な数値へとA/D変換する。次に、自発

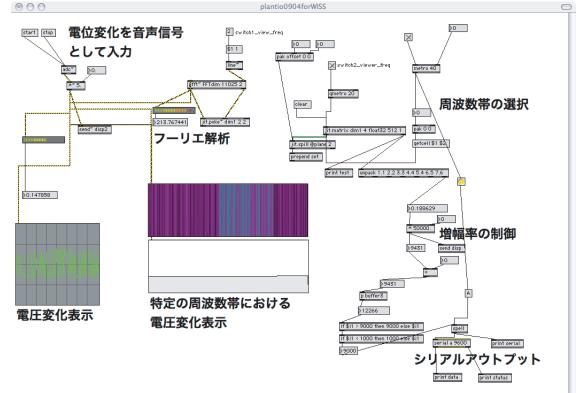


図 5. 信号処理ソフトウェアのスクリーンショット

的電位変化挙動パターンを基準電位として自動登録する。続いて、その時点で計測した電位が基準電位かどうかを判別する。基準電位以外のパターンが検出された場合、ある期間中の電位変化の最小値と平均値と最高値とその変化幅の比較を複数回行い、登録しているパターンかを判別する。未登録であれば新しい刺激として登録する。計測した電気信号と基準電位の差によって、出力処理を決定し、アクチュエータを制御する。

図5にPC版ソフトウェアのスクリーンショットを示す。電位変化を音声信号として入力し、周波数解析によって、高周波ノイズを除去する。入力した信号は電圧変化表示、フーリエ解析、ウェーブレットという3つのアルゴリズムによってフィルタリングし、複数のウィンドウでモニタリングする。また、対象とする周波数帯をユーザが設定する機能によって、植物の反応が見られる数十ヘルツまでの低周波数帯を解析・観察することができる。また、計測している植物や環境条件に合わせて増幅率を調整する機能を持つ。

本ソフトウェアは、電位変化と環境データをデータベースに記録する機能とそのモニタリング機能も持つ。これにより、植物の反応を長期的に観察することができ、環境条件ごとにどのような反応が起こるか分析することも可能である。

3.2.2 生長等の制御機能

環境情報や人のアクティビティの情報をセンサや入力ソフトウェアで集めてデータベースにアップロードする。コンピュータはデータベースサーバをチェックし、集められた情報を取得する。取得したデータを元に、出力時間を計算し、LED照明装置と水ポンプを制御する。入力される情報の量と種類によって、植物へ与える生長刺激を変化させる。

3.3 利用

まずPC版ソフトウェアの電位変化変換機能を利用する手順について説明する。計測用電極を植物の任意の場所につけ、マイク端子をPCのマイクジャックに差し込む。図5のソフトウェアに信号が入力され、各種ウィンドウで電圧変化を見る。信号の大小に合わせて増幅率を調整し、信号変化を認識しやすくする。音の出力、写真の色の変化、波形描画のオブジェクトが用意されており、機能をONにするだけで利用することができる。また、MAX/MSPの様々なオブジェクトを利用して、オーディオ処理や映像処理と連携する。また、各ユーザが作成したデバイスにシリアル通信で数値を渡すことで、LEDやモータなどのアクチュエータを制御する。

続いて生長等の制御機能を利用する手順について説明する。connectボタンを押して指定したデータベースのテーブルからデータを入力する。自動的に、数値の大小(例:メールの文章量)または列の数(例:ブログへの書き込み数)を、出力時間へと置き換えて、その数値をシリアル出力で栽培装置へ渡す。数値の大小と列の数に対して出力する時間はユーザが選択または入力することができる。このルールに沿ったかたちであれば、ユーザが作成したさまざまな入力システムと、連携可能である。

マイクロコントローラ版ソフトを利用する場合は、デフォルトでLEDの光強度変化と点灯時間変化、フルカラーLEDの色変化、モータの早さ変化、スピーカに出力する周波数変化、水ポンプ等各種出力機器の稼働時間制御等の出力処理をポートごとに用意した。そのため、使いたい出力ポートに使用するアクチュエータと抵抗等の必要な電子部品を実装すれば、計測用電極から入力した植物電位変化やデータベースから受け取ったデータを表現に変換することができる。また、出力処理の追加や細かい設定を行いたい場合は、マイコンにプログラムを書き込む。

図6は本ソフトウェアを用いて植物の電位変化をモニタリングした実験結果である。動き/接触/接近/振動/音/水などの異なる刺激によって電位が変化している(図6-1,2)。場所や時刻などの環境変化を判別して波形を変わっている(図6-3,4,5,6)。植物種や個体の違いによっても異なる波形が現れている(図6-7)。このように、植物の生体電位は温度、湿度、振動や動きなどの環境変化に対して敏感に反応することがわかる。

4 アプリケーション

本ツールを使用した結果として以下に示すアプリケーションを作成した。名前の横の括弧内に利用しているデザインパターン番号を示す。

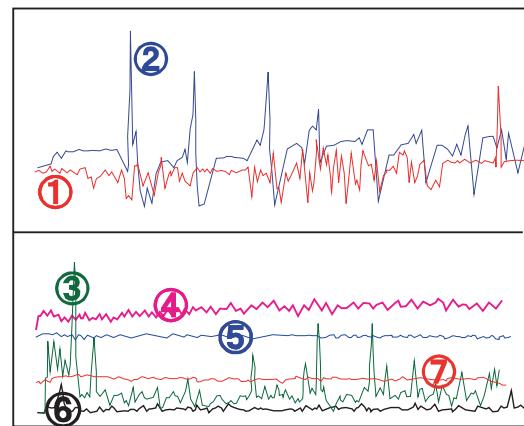


図6. 植物の電位変化: (1) 周囲の動きによる変化. (2) 接触による変化. (3) 場所 A, 屋外, 夜 (4) 場所 B, 明るい屋内, 夜. (5) 場所 B, 明るい屋内, 昼. (6) 場所 C, 薄暗い屋内, 夜. (7) 別の植物: 場所 B, 明るい屋内, 昼.



図7. 植物インターフェース構築のためのプラットフォーム

4.1 プロトタイピングのためのプラットフォーム

植物を家電製品などを操作するインターフェースとするためのプラットフォームを構築した。図7では、植物に電極を付け、制御したい機器をプラグに差し込むことで、機器を制御する。例えば、植物への接触や接近によって、照明の点灯やスピーカーの出力を制御する。また、植物を情報を表示するアンビエントディスプレイとするためのプラットフォームを構築した。これは、入力された情報の種類や量によって植物に与える光や水を制御するものである。これらは、自然物を前面に出したインターフェースを用いた空間デザインやインテリアデザインに活用できる。



図 8. 左:Plantio and Pocket Plantio, 中央:Interactive Flower Arrangement, 右:PlantIDisplay

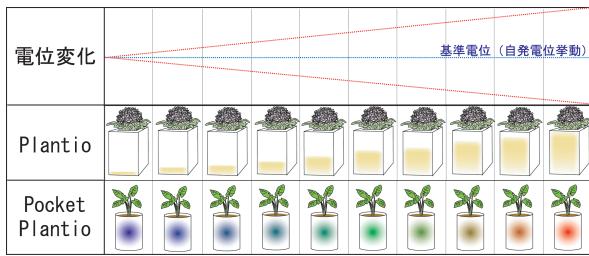


図 9. 光表現

4.2 プロダクトへの利用例

4.2.1 Plantio (pattern 7, 8, and 9)

Plantio は環境変化や人とのインタラクションに対する植物の反応をアクチュエータの動きを通して表現するインタラクティブな植木鉢である(図8左)。図9に光の表現について示す。環境変化や接触・声・振動・息・光などの刺激による電位変化によって、光を変化させることで、植物の反応を伝えている。環境変化、植物の生長、場所の移動、水やり、人の接近／接触、周囲での人の動き等による電位変化に基づいて LED の色と光幅が変化する。光幅は、10段階に変化するように設定されており、植物電位が高くなると光幅も大きくなる。例えば、ユーザが植物に触れると電位が大きくあがるため、瞬間にすべての LED が点灯し光り幅が最高に達する。水をあげた場合は、数分の間に自発電位挙動自体が変わり、光り幅が継続的に変化する。

4.3 Pocket Plantio (pattern 7, 8, and 9)

Pocket Plantio は、植物と出かけてその反応を楽しめるようにした Plantio の携帯版である。図8左に外観、図9に光表現を示す。植物は温度や湿度や振動といった周囲の変化に敏感である。そのため、移動に伴う環境変化によって光の色が変化していく。植物の生態学的な視点を通してその場所特有の光表現を生み出す。また、電位が大きく変化すると生き物のように振動する。ユーザが Pocket Plantio と散歩した時、ユーザはそれぞれの植物の反応を見せ

合うことを通して、他のユーザとコミュニケーションをとることができる。

4.3.1 Interactive Flower Arrangement (pattern 1, 2 and 9)

Interactive Flower Arrangement は、アレンジした花の電位反応を照明として出力する装置である(図8中央)。電極化した剣山に生けた花全体をセンサーとして扱うことができる。生体電位変化によって、花器に組み込んだフルカラー LED の色を変化させる。この光の表現は、環境変化や人とのインタラクションによって、ダイナミックに変化していく。これにより、アレンジメントに新しい表現を生み出し、インタラクティブな空間演出を可能にする。

4.3.2 PlantDisplay (pattern 11)

PlantDisplay は、植物の生長や動きを通して情報を伝達するアンビエントディスプレイである(図8右)。データベースに集まったデータによって LED とポンプの稼働時間を制御し、植物へ与える成長刺激を変化させる。情報の量の違いによって、植物の成長に差が生まれる。入力する情報の種類が変われば、植物が表す意味が変わる。例えば、会っていた時間やメール量を入力とした場合、植物はよくコミュニケーションするほどよく育ち、人間関係の濃度を表す。ブログに書き込まれた良い出来事に関する記事を入力とした場合、植物は書き込みが多いほど元気になり、人々の幸せ度を表す。

4.4 テモ映像

<http://mountain.sfc.keio.ac.jp/~cultivativemedia/plantio.html>

5 Related works

植物をアクチュエータとして使用した事例に Infotropism[3] と Spore[4] がある。Infotropism は、茎が伸びる方向を光の当て方によって制御することで、情報を伝達するメディアである。Spore は、与える水を制御することで、植物の成長で株価の流れを伝える装置である。これらは、環境エネルギーを植物の形態に変換する機能に限定されていた。加えて、広い範囲を扱うことができる我々のツールと比較して、これらは情報ディスプレイとして扱う情報やそれを伝える表現が限定されていた。

植物をセンサとして扱った事例に plantron[5] と PLANTS DEMO[6] がある。plantron は、植物の生体電位の変化を音に変換する装置である。PLANTS DEMO は植物がそれ自身の環境を制御できるようにしたシステムである。これらは、植物の生体電位を利用する機能に限定されていた。また、PLANT DEMO は、出力処理が限定されており、計測を主な目的としていた。

Telegarden [7] と萌え木 [8] は植物栽培のためのシステムである。Telegarden は、WEB を通してロボットアームを操作することで、植物の種を蒔き手入れをする装置である。萌え木は、拡張現実によつて植物育成を支援するシステムである。これらは植物をインターラクションの主体として扱った点において、本研究と方向性が同じである。しかしながら、これらは主に植物の栽培を目的としており、植物の性質を利用したシステムではなかった。

関連研究との決定的な違いとして、本研究が支援環境である点が挙げられる。PLANT SYSTEM [9] は、同じように支援環境ではあるのだが、ソフトウェアとネットワークアーキテクチャーに限定されていた。また、そのアプリケーションはインターラクティブシステムとはかけ離れていた。これに対して、本研究は、ハードウェアキットやインターラクティブシステム開発を対象として含んでいる。

6 考察

本章では植物を介在したインターラクティブシステムの可能性について議論したい。第一に、自立的に動く情報システムをつくる。第二に、植物と人間とコンピュータのインターラクションを変化させる。第三に、植物の心理的効果を利用したインターフェースによって、インターラクティブシステムに愛着や娛樂性や癒し効果などを与える。第四に、本研究を樹木や森や地球環境などへとスケールを広げていくことで、ユビキタス・コンピューティング技術を用いた「情報化」と植物栽培を通じた「緑化・自然化」の融合による新しい都市環境デザインツールへと応用する。第五に、どの植物がどのような環境条件でどのように反応するかを記録／観察することで、観測ツールとしてサイエンス分野へ貢献する。

開発環境の構築を通して発見した本研究の問題点とツールのリミテーションについて以下に示す。第一に、植物のシステムを利用しているため、期待した結果を得たい場合や同じ結果を得たい場合には適していない。第二に、この予想もない結果が帰ってくるという面白さの有効な利用法を示せていない。第三に、植物の微弱が電気信号を利用しているため、電源や電磁波の影響を受けやすい。

7 おわりに

本論文では、I/O Plant とその実施例について示した。今後の課題として、解析ソフトウェアと植物データベースシステムを用いて、観測ツールとしての機能を強化することで、パターンマッチングによる、特定の状況や刺激に対する反応の把握に取り組む。これにより、刺激または状況によって変化する長期的な電位変化パターンをトリガーとしたインターラクションを生むことを可能にする。今後はデザイ

ンパターンを利用した様々なアプリケーションを開発し、本環境が新しい表現を生み出す可能性を検証する。特に環境デザインへの応用とロボティクス技術の導入を行い、本支援環境によって可能となる新しいアプリケーション開発に取り組む。また、植物の健康状態や水の必要性や成熟度を電位パターンから判別し、栽培や農業に利用する課題にも取り組む。加えて、デザイナーやデバイス開発者を対象としたワークショップを行い、創造性支援効果の評価を行う予定である。さらには、アンケートやヒアリングを通して、I/O Plant が生み出したプロダクトが持つ心理的効果を検証する予定である。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業（CREST）の支援によって行われた。

参考文献

- [1] R. Ashby. *Designer's Guide To The Cypress Psoc.* Newnes, 2005.
- [2] MAX/MSP. <http://www.cycling74.com/products/-maxmsp>
- [3] D. Holstius, J. Kembel, A. Hurst, P. Wan, and J. Forlizzi. Infotropism: Living and Robotic-Plants as Interactive Display. In *the proceedings of DIS2004*, pp215-221, 2004.
- [4] D. Easterly. Bio-Fi: Inverse Biotelemetry Projects. In *the Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*. pp182-183, 2004.
- [5] Y. Dogane, plantron. <http://www.uni-weimar.de/projekte/greenspace/kuenstler/-Dogane.html>
- [6] J. Barton, K. O'Flynn, B. Aherne, A. Morrissey, J. O'Sullivan, A. Cassells, N. Drossos, C. Goumopoulos, F. Tooke, F. Whitbread-Abrutat. PLANTS DEMO - Enabling Mixed Societies of Communicating Plants and Artefacts. *Adjunct Proceedings of Pervasive 2006*, pp139-142, 2006
- [7] P.H. Kahn, Jr., B. Friedman, I.S. Alexander, N.G. Freier, S.L. Collett. The distant gardener: What conversation in the Telegarden reveal about the user experience of telepresence. in *Proceedings of IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication2005*, pp13-18, 2005.
- [8] 西田健志, 大和田茂. 萌え木:拡張現実による植物育成支援, 第14回インターラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp23-26, 日本ソフトウェア学会, 2006.
- [9] G. Christos, C. Eleni, D. Nikos and K. Achilles. The PLANTS System: Enabling Mixed Societies of Communicating Plants and Artefacts, in *Ambient Intelligence, EUSAII 2004*, LNCS3295, pp.184-195, 2004.