

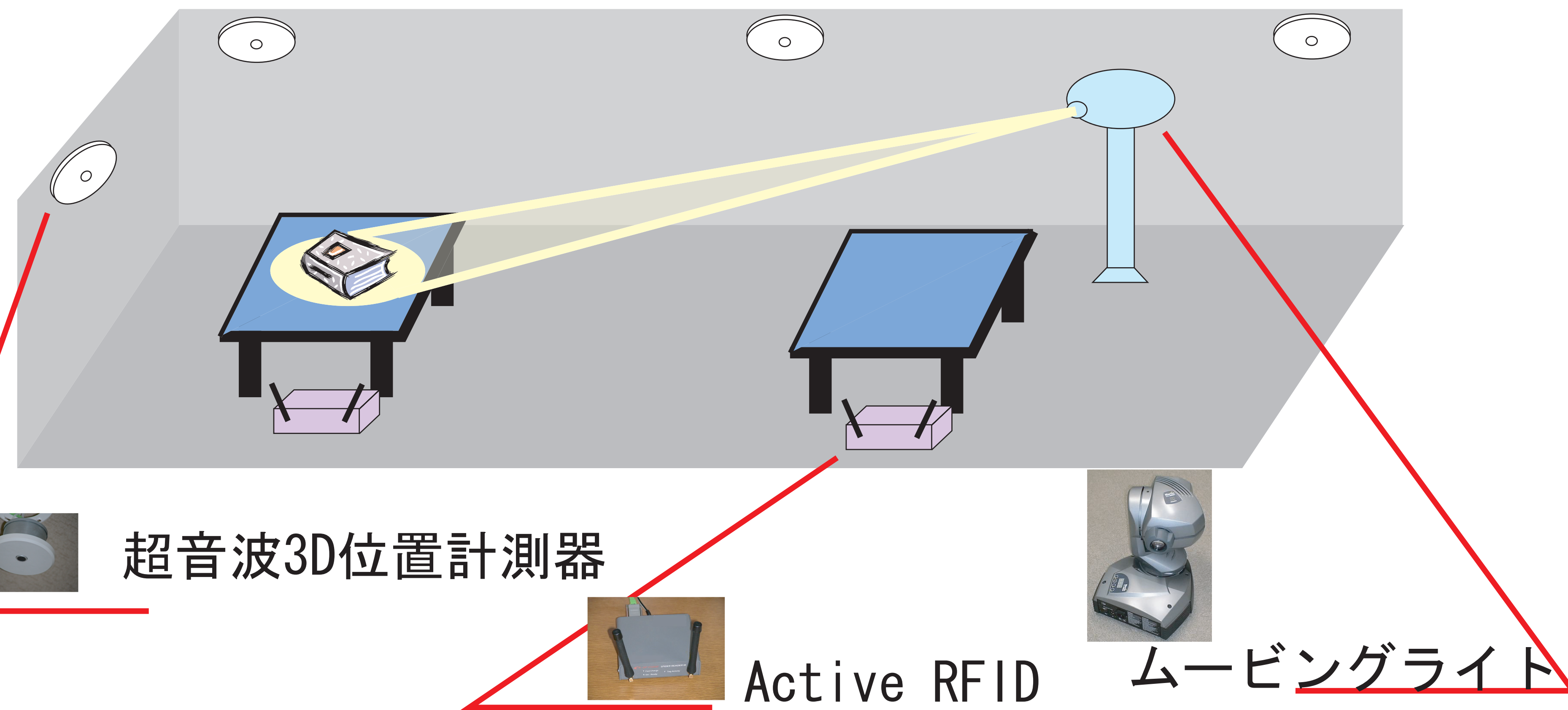
スポットライトによる物探し支援システム

A Supporting System for Finding Objects Using Spotlight

視覚情報（スポットライト）による隠れた物でも頻繁に移動する物でも探し出すことを支援するシステム

中田豊久, 金井秀明, 國藤進 (北陸先端科学技術大学院大学)

システム構成



部屋の中で紛失物探し



探したい物の絵の上に、PDAに装着させたPassive RFIDリーダーを当てる。(探し物リストはPassive型RFIDを裏に貼り付けた紙で出来ている。)



見える所にある探し物は、数cmの誤差でスポットライトがあたる。この写真では、机の上に探し物がある。

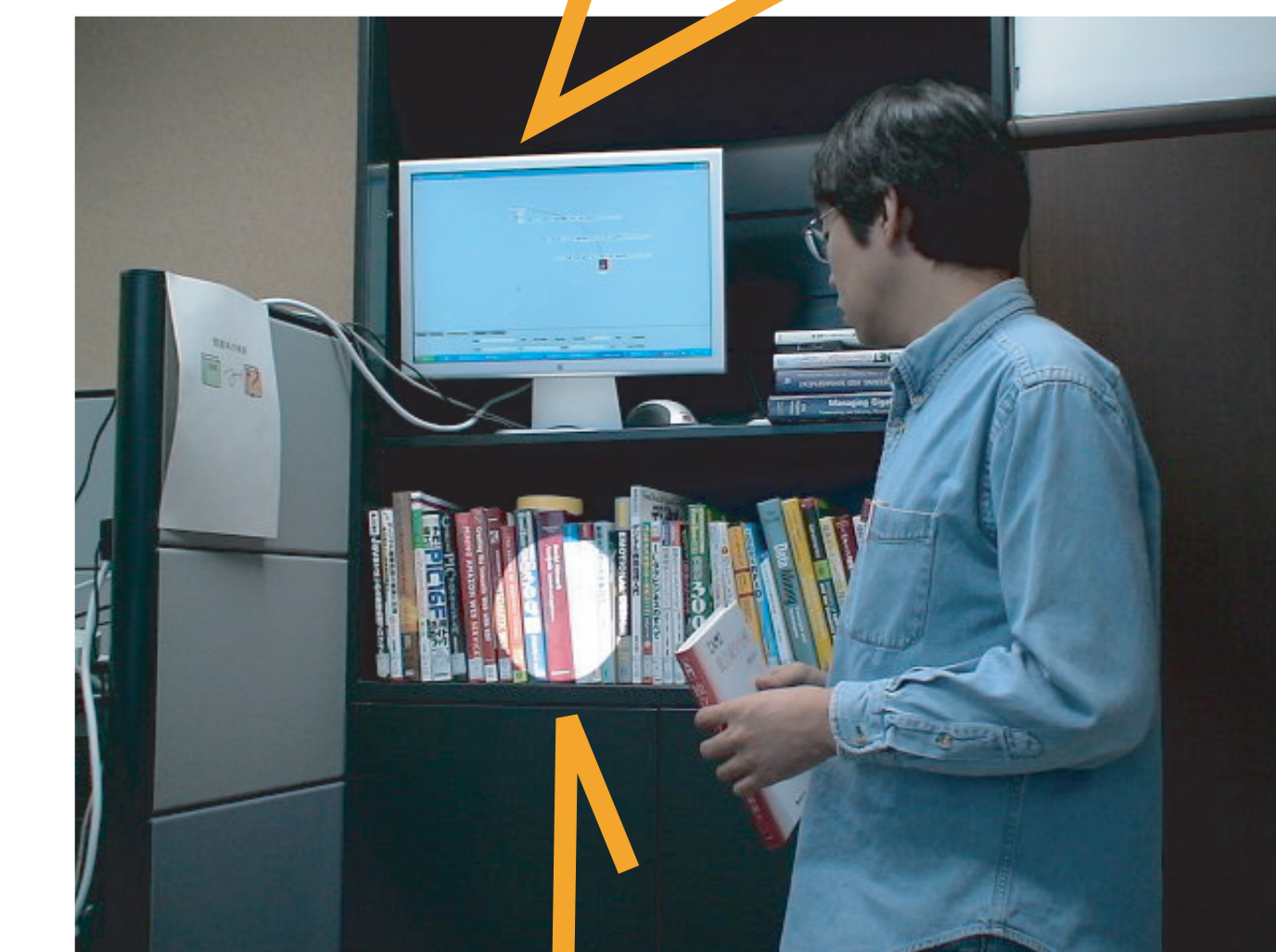


隠れた場所にある探し物は、数10cmの誤差でスポットライトがあたる。この写真では、本の中に探し物が入り込んでしまっている。

本棚で関連本探し



指定位置に本をかざすことがシステムへの入力方法



本に関する付加情報はディスプレイに表示される

本の位置をスポットライトで知らせる

関連本検索

Amazon.comから提供されているWeb Service (<http://www.amazon.com/gp/aws/sdk/>) を使用して、「この本を買った人はこんな本も買っています」と紹介されているを関連本元データとして取得する。本棚にあるすべての本について2つ先まで関連本元データを取得し、ノードが「本」でエッジが「本の関係」を表す有向グラフを作成する(この有向グラフは以降のアルゴリズムでも使用する)。

入力データとして1つの本をシステムに与えると、それに関連する本を1つ出力する。ここでは関連本の事を、予め作られた関連本元データの有向グラフ上で最も少ないリンク数で結ばれる2つの本である、と定義する。ディスプレイに関連本とそこまでのリンク情報が表示され、実物の関連本にはスポットライトがあたる。

学習による関連本検索

学習による関連本検索は、2冊の本から関係を学習し、その関係を使って関連本を検索することである。この学習は次のようにして行われる。

- STEP1 関連本元データの有向グラフを表す隣接行列を固有値分解し、最大と第二最大固有値を持つ固有ベクトルを使い、全ての本を平面配置する。
- STEP2 2つの本の位置を示すベクトルの減算で得るベクトルをその2冊の関係とする。
- STEP3 与えられた本にSTEP2のベクトルを足し、仮想的な関連本を作る。
- STEP4 仮想的な関連本に最も近い本を推薦する。

出力は、ディスプレイに仮想的な関連本に類似する順番で本が表示される。その中の1冊を選択すると、実物にスポットライトがあたる。

部分ネットワークによるランキング表示

指定された本の中での重要度は、関連本元データの有向グラフを表現する隣接行列の最大固有値を持つ固有ベクトルの値の大きさで決定する。この方法は、Googleでの検索結果をランキングするアルゴリズム (PageRank) として知られている。

指定された本から2リンク先までの関係ネットワークにPageRankを適用することで、特定領域内でのランキングを推定することができる。例えば、Amazon.comには売り上げランキングが表示されているのであるが、これはすべての本とすべてのユーザによる指標で、それがそのまま自分にとって重要な本であることを示しているわけではない。一方、自分で本を指定してPageRankを適用することは、それらの本とその周辺ではどの本が重要であるかが分かり、前者の方法よりは自分に適した重要度を教えてくれると思われる。

システムへの入力、指定位置にランキングしたい本を1つづつかざし、最後にディスプレイ上のランキングボタンをクリックする。ランキングがディスプレイ上に現れ、その中の1冊を選択すると実物にスポットライトがあたる。

パーティクルフィルタによる物の位置推定

パーティクルフィルタとは、それぞれが状態と重みを持つ多数の粒子(パーティクル)によって状態空間内全体の確率分布を近似する手法である。その特徴は、例えば位置推定に使用する場合、ある物がそこに存在する確率を検索領域のすべての箇所を計算せずに、局所的な箇所でのみ計算で全体を近似できることである。Jeffrey Hightowerらは、このパーティクルフィルタを物の位置推定に使用し、そのツールを公開している[1, 2]。本システムでは我々の使用する位置計測器についての部分をそのツールに付加し、使用している。パーティクルフィルタを位置推定に利用すると、精度の異なる位置情報の統合と隣接情報から位置情報への変換を統一的に処理することが可能となる。また、システムへ新たな位置計測機器を容易に導入することが出来るようになる。

- [1] Jeffrey Hightower, Barry Brumitt, Gaetano Borriello, "The Location Stack: A Layered Model for Location in Ubiquitous Computing", 4th IEEE Workshop on Mobile Computing Systems & Applications (WMCSA 2002), pp. 22-28, 2002
- [2] The Location Stack, <http://portolano.cs.washington.edu/projects/location/>

ムービングライトによる光の照射

物の3次元位置情報が分かたら、そこに光が当たるようにムービングライトのパンとチルトを計算する。この計算は、パンとチルトを回転するアームと見ることにより、ロボットアームの手から腕の角度や伸縮を求める逆運動学問題[3]と等価になる。ムービングライトから見た座標系をTmとし、その座標系での物の位置をPmとする。一方、位置計測器から見た座標系をTpとし、その座標系での物の位置をPpとすると、物の位置の両者の関係は式1となる。

$$Pp = AtArzArpArtPm$$

各変換行列の意味は次のようである。座標系Tpを平行移動At、y軸周りに回転Ary、z軸周りに回転Arzするとムービングライトのパン、チルトが0の初期位置の座標系となる。その座標系からムービングライトのパンArp、チルトArtの変換をした座標系がムービングライト座標系Tmとなる。

パーティクルフィルタから得られた対象物の座標からムービングライトのパンとチルトを求めるには、機器の設置後のキャリブレーションとして求められたAt, Ary, Arzと計測値から得られるPm, PpからArpとArtを求めればよい。

照射される光は、パーティクルフィルタによって計算される確率の分散に比例した大きさで照射する。色(無色)と形(円形)は変化しない。また、ムービングライトを制御するために、ムービングライトと計算機とのインターフェースにはUSITT DMX512 (<http://www.usitt.org/standards/DMX512.html>) という標準のプロトコルを使用する。

- [3] 吉川恒夫, "ロボット制御基礎論", 2.4 逆運動学問題, コロナ社, ISBN4-339-04130-1, 1988