

SAPT研究発表会

Cognizant Autonomousの重要性： 大地下街のナビゲーション

一色 浩

(有)数理解析研究所

SAPT研究発表会、2019.08.19

現在、ロケーション認識と言うと、GPSのような衛星測位が想起されることが多い。しかし、自動運転の原動力の一つは深層学習NNによる画像認識である。

別の観点から言えば、地下街を含むような場所では、衛星測位だけでは十分でない。

一方、動物のロケーション認識は、最先端テクノロジーとは多いに趣を異にする。

これらのことを念頭に於いて、日本各地にある迷路のような大地下街での人間のナビゲーションについて提案をする。

目次:

1. 緒言
2. 認知自律の重要性
3. 大規模な地下街
4. 結言

1. 緒言

現在、ロケーション認識と言うと、GPSのような衛星測位が想起されることが多い。しかし、自動運転の原動力の一つは深層学習NNによる画像認識である。別の観点から言えば、地下街を含むような所では、衛星測位だけでは十分でない。

さらに、人間を始めとする動物のロケーションは衛星測位や画像による測位と多いに趣を異にする。高精度で絶対的な測位ではない。

測位のためのセンサーも、人間や哺乳類などは視覚、鯨やイルカやコウモリなどは聴覚、昆虫などは触覚、あるいはこれらの組み合わせである。

複数の目印を探して、自分との相対的な関係から位置を把握する。何かを認知して自律的に行動する(Cognitizant Autonomous)。

渡り鳥や鯨などは地球規模の移動を集団でするものや、蟻などのように見事な隊列を作って移動するものなど、測位や航法の観点から実に興味深い。しかも彼らは毎年同じ移動を繰り返すのであるから、地図的な移動の記録を作っているはずである。

これらのことを念頭に於いて、日本各地にある迷路のような大地下街での人間のナビゲーションについて提案をする。三つのアイデアについて考察する。

(1) **AIポスト**

一番頼りになるのは、周辺の地理に詳しい人に聞く。
これの機械化。

(2) **案内板・看板の活用**

案内板が完備していて、分かり易いととても便利。

(3) **ロボット道案内**

団体、子供、視覚障害者、外国人…。

2. 認知自律の重要性

機械が人間に遠く及ばないものの一つは、人間の持つ驚くべき柔軟性である。

深層NNにより、人間にかなり近づいた画像認識や機械翻訳が可能となり、その差は若干埋められたようだが、まだまだ大きい。

AUVのような自律無人潜水機は、水中という外部から隔絶された世界では、否応もなく自律化せざるを得ず、AUVは環境を認知しながら自律航行する。しかし、これはむしろ例外的である。

大規模な地下街でのナビゲーション支援の話は、AUVと同様に情報閉鎖空間でのことである。開放空間と閉鎖空間をナビゲーションの点からシームレスにする技術開発は今後の話である。

人間が最大限の柔軟性を発揮するのは、予期せぬ機会に遭遇した時である。機械が人間と同じような柔軟性を身につけることを可能にするのは、人間と同じレベルの環境認知能力と自律行動能力であろう。今後、移動体の自律ナビゲーションを究極的に可能にするには、この二つを欠かせない。

そもそも認知とは

認知とは、心理学などで、人間などが外界にある対象を知覚した上で、それが何であるかを判断したり解釈したりする過程のこと(<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%AA%8D%E7%9F%A5>)。要するに外界を認識すること。

赤ちゃんの発育

ハード的に十分に完成したまっさらな赤ちゃんロボットを、人間の赤ちゃんと同じように発育させるためには、どうすればよいか？

身近な例：パソコン

BIOSのみ...赤ちゃん

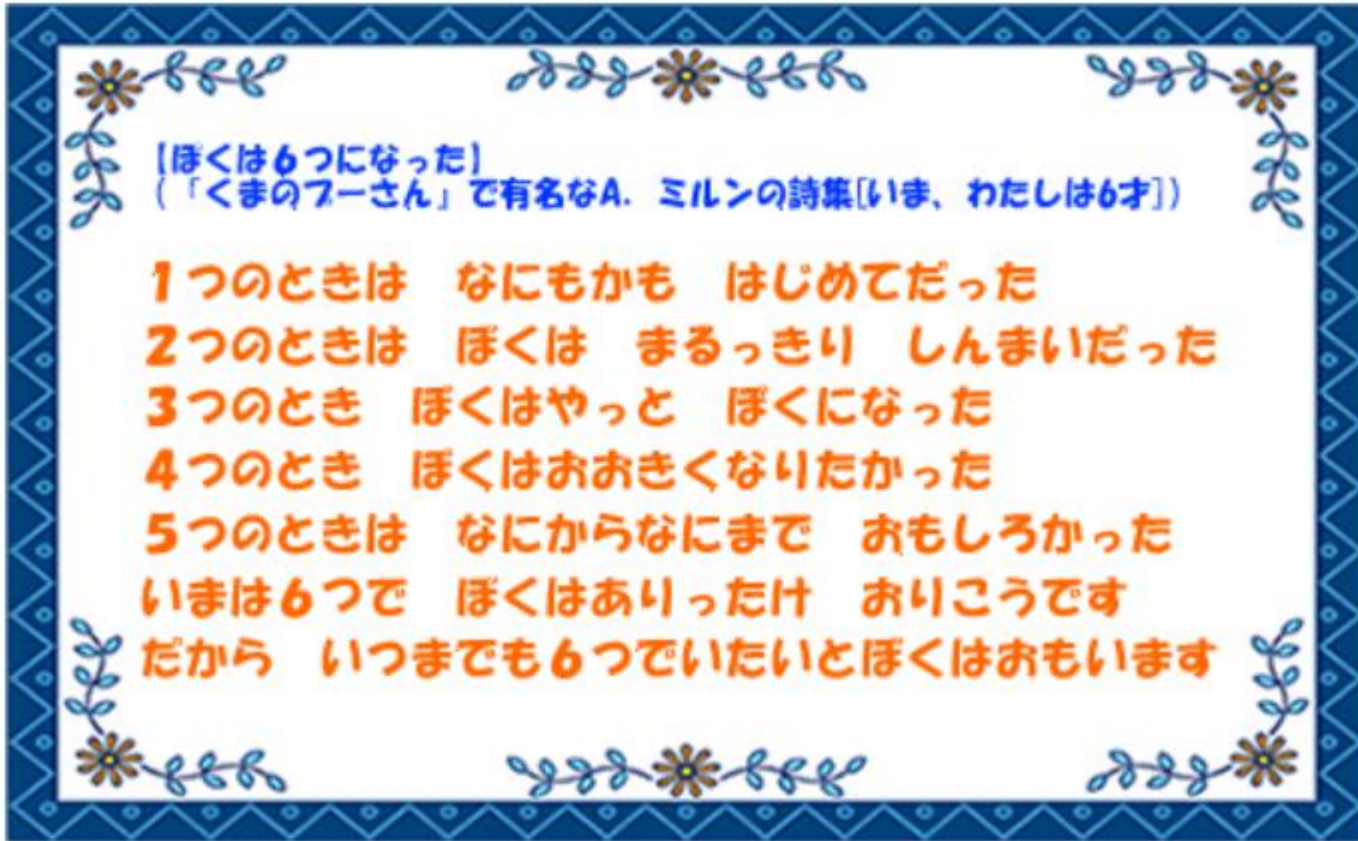
WindowsなどのOperating Soft ...乳幼児

Wordその他の基本ソフト...小学生

各種のアプリ

電卓→汎用計算機

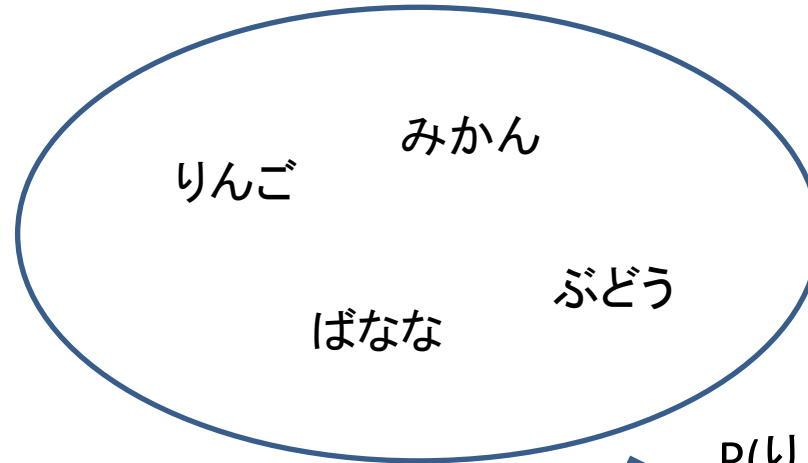
工作機械→ロボット



<http://www.pref.toyama.jp/sections/3009/hp/isurugi-Frame.htm>

ものを覚えるとは(道を覚えるとは)

ことば

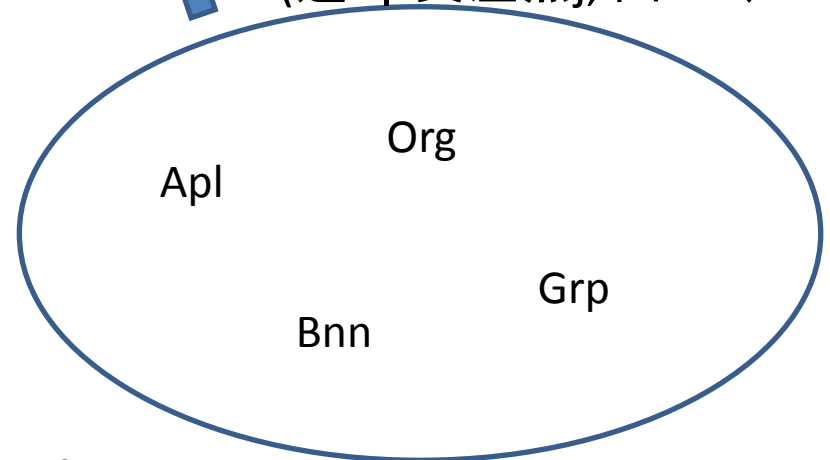


初期確率

	りんご	みかん	バナナ	ぶどう
Apl	0.25	0.25	0.25	0.25
Org	0.25	0.25	0.25	0.25
Bnn	0.25	0.25	0.25	0.25
Grp	0.25	0.25	0.25	0.25

$P(\text{りんご} \mid \text{Apl})$

$P(\text{道}i \mid \text{交差点}j, \text{出口}k)$



Thing

確率

	りんご	みかん	バナナ	ぶどう
Apl	0.5	0.17	0.17	0.17
Org	0.017	0.5	0.17	0.17
Bnn	0.17	0.17	0.5	0.17
Grp	0.17	0.17	0.17	0.5

確率

	りんご	みかん	バナナ	ぶどう
Apl	0.75	0.083	0.083	0.083
Org	0.083	0.75	0.083	0.083
Bnn	0.083	0.083	0.75	0.083
Grp	0.083	0.083	0.083	0.75

確率

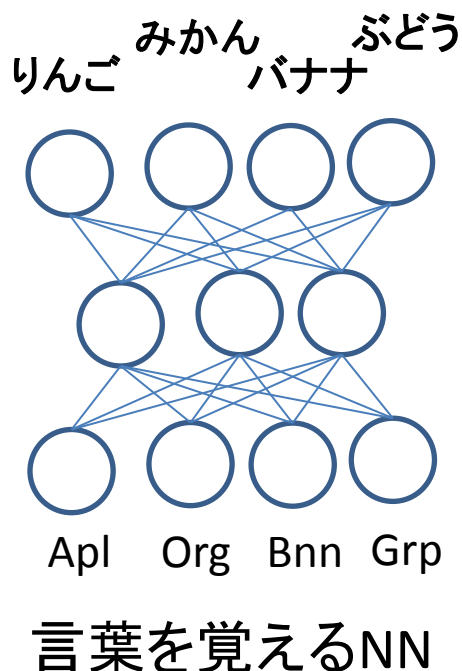
	りんご	みかん	バナナ	ぶどう
Apl	0.95	0.017	0.017	0.017
Org	0.017	0.95	0.017	0.017
Bnn	0.017	0.017	0.95	0.017
Grp	0.017	0.017	0.017	0.95

最終確率

	りんご	みかん	バナナ	ぶどう
Apl	1.0	0.0	0.0	0.0
Org	0.0	1.0	0.0	0.0
Bnn	0.0	0.0	1.0	0.0
Grp	0.0	0.0	0.0	1.0

このような表を通して、子供の言語能力の発育、知的障害児の問題点など分かる可能性がある。

外国語習得能力の判定にも使えよう。



実物のApple、Orange、Banana, Grapeでなくて、これらの画像を見せると考えてもよい。

しかも、毎回、毎回異なる画像を異なる順序で見せるとすると、統計学との関連の重要さが理解されよう

図のようなNNを考えると、上に述べた事が自然に実現できる事が分かる。

すなわち、人間が脳で行っていることが人工的なNNで実現できる事がよく分かる。

この図を見ていると子供が言葉を覚えるのは自己符号化に他ならない事がよく分かる。

この見方は本当に正しい？

多層のNNの学習にはスパコンでも数ヶ月掛かる。

人間の脳は計算が不得手。

人間は脳内で計算しない。

やっているのは、記憶の分類と検索でないのか？

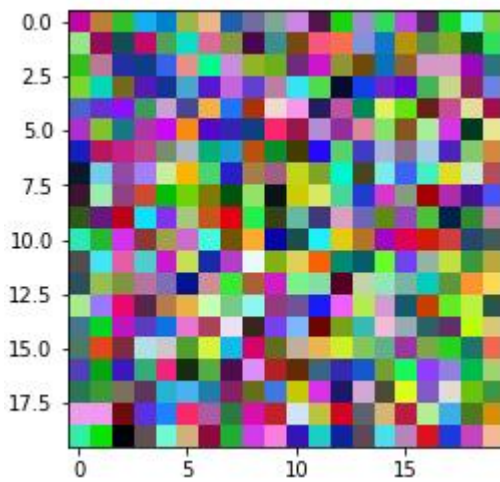
コホーネンのSelf Organizing Map (SOM)

教師なし学習でも分類が可能であることを示している。

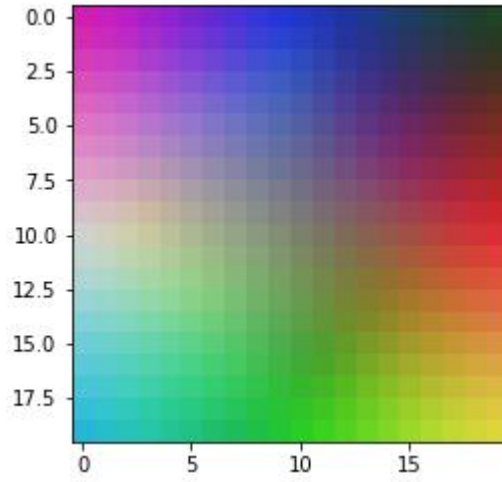
入力があるたびに、最も近い出力をするニューロンの出力を大きくし、その近傍のニューロンの出力も若干大きくするようにすると、次第に自己組織的に分類が行われる。

Teuvo Kohonen, Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps ,
Biol. Cybern. 43, 59-69 (1982)

SOMとは？, <http://technocrat.hatenablog.com/entry/2015/02/12/014557>



初期値



1万回学習後

Pythonで自己組織化マップ
NumPy版,
https://qiita.com/T_Shinai/items/609fe9aab99c287b389

3. 大規模な地下街

日本各地にはいくつかな大規模な地下街がある。その一例として、大阪の梅田地下街の地図を示す。規模の大きさもさることながら実に複雑である。地図で見ると一見簡単そうに見えるが、そうではない。

地上ならば立体的な3次元空間であるから、眼前の風景だけでなく遠景も目に入る。しかし、地下街は平面的な2次元空間で、たかだか数10mの見通ししか得られない。

大阪梅田の地下街

<http://www.intelix.jp/download/pdf/%E5%9C%B0%E4%B8%8B%E3%83%9E%E3%83%83%E3%83%97.pdf>



正しく迷路と言って過言でない。さまざまな標識の文字情報と記憶にある地上の情報を組み合わせながら移動することになり、要所要所での判断が決定的に重要である。

あたかも、いろいろなものが置いてある台所を動き回るゴキブリのようなものである。

地下街は電波が届かないので、衛星測位は使えない。したがって、地下街のナビゲーションには、地下街独自の航法支援装置が必要となる。

実際に地下街を歩いてみた経験から考えると、一番頼りになるのは、地図、看板などの標識、店員などから得られる助言である。ただし、日本語の分らない外国人の場合には、これらのものから得られる情報は更に限られてしまう。

ジオラマ模型による実験的研究が必要？

合板とダンボールで地下街の模型を作り、人が移動で遭遇する問題点を探る。

あとで述べる。

そこで、本論では緒言で述べた四つの支援方法：

(1) 経路案内

(2) AIポスト

(3) 案内板、看板の活用

(4) ロボット道案内

について考察する。

(1) 経路案内

旅行を計画するときを使う路線案内に相当する。交差点を路線案内の場合の駅と考える。

次ページに路線図の例を示す。

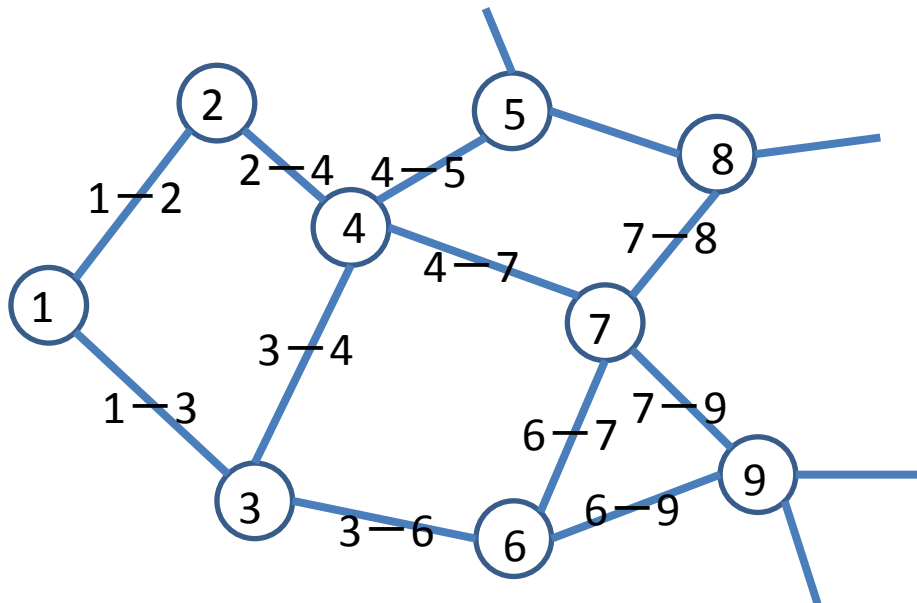
出発点の交差点から到着点の交差点に至る経路案内のソフトを開発する。

経路案内には、通過交差点、通過時間、近くの店などの付加情報を載せる。

すべての交差点(ノード)に案内板を立てる(→次ページ)。

すべての路線(ライン)に案内板を立てる(→次ページ)。

- ・地下街の経路はノードとラインからなる。
- ・すべてのノードに通し番号を付ける。
- ・すべてのラインに名前を付ける。ノード1、2を結ぶラインは“1-2”とする。
- ・ライン名をラインの床あるいは天井にかなり密に記す。
- ・ラインの右側は若い番号のノードに向かって右側、左側は向かって左側とする。

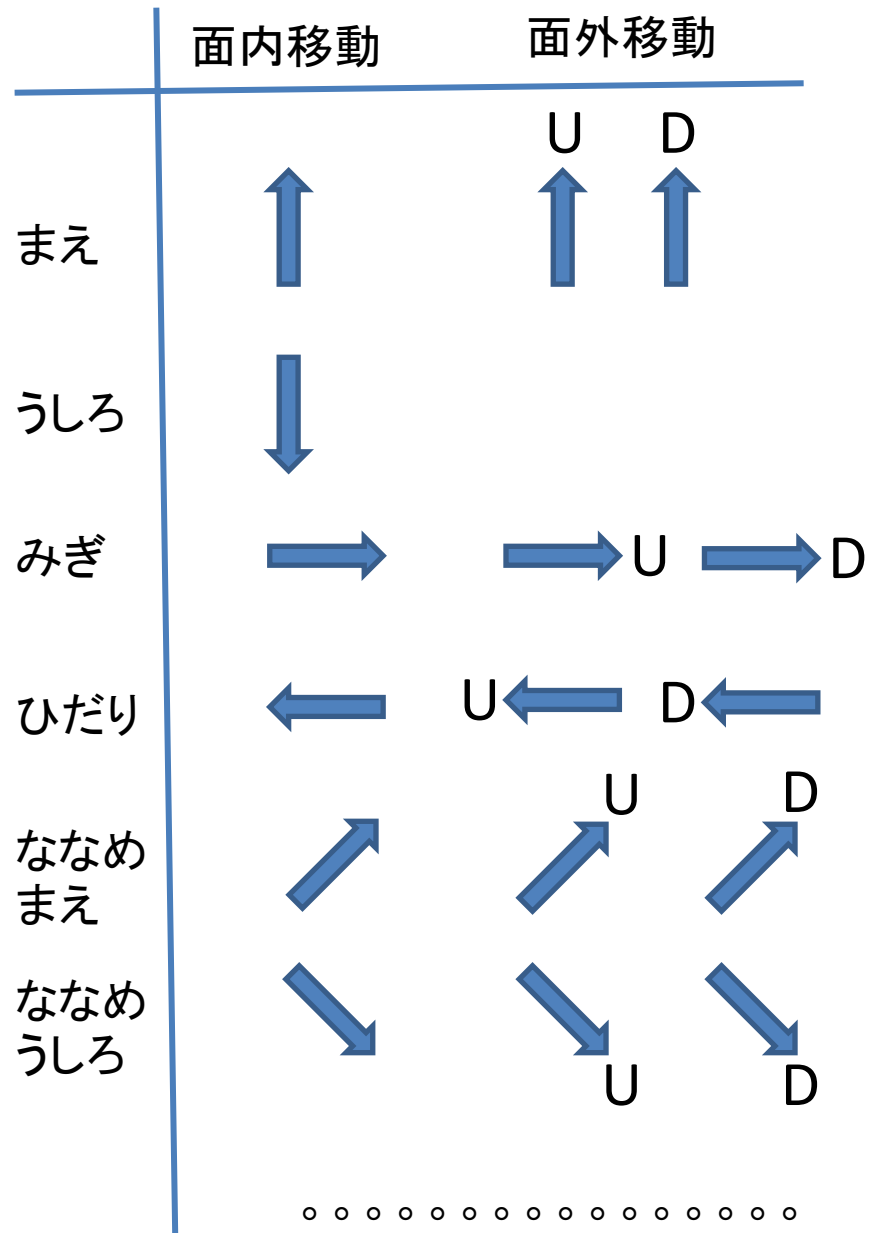


地下街の経路図

ノードの案内板には
 通し番号
 名前
 案内事項
 矢印
 を書く。

右図に示すように、
 矢印は移動が面内
 か面外を明示する。

文字は
 日本語
 アルファベット
 数字
 に限定する。

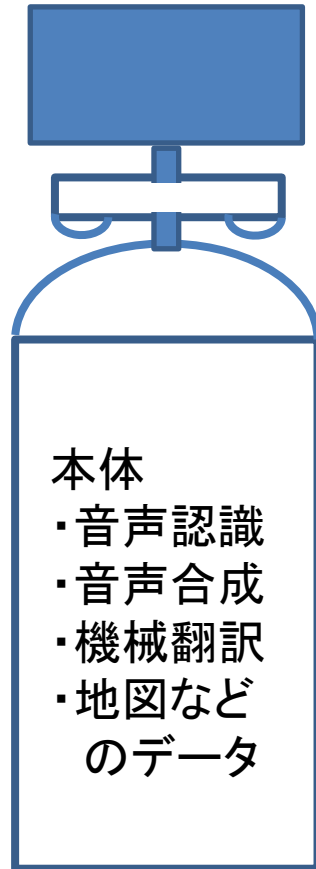


10

阪神電車→
地下鉄 U←

JR大阪駅

(2) AIポスト



AIポスト

ディスプレイ

受話器

本体の機能はメンテナンスを考えると、クラウドに置くなどの集中管理が望ましい。

受話器を使って、AIポストに質問すると必要な情報を応えてくれる。

言語は外国語でよい。

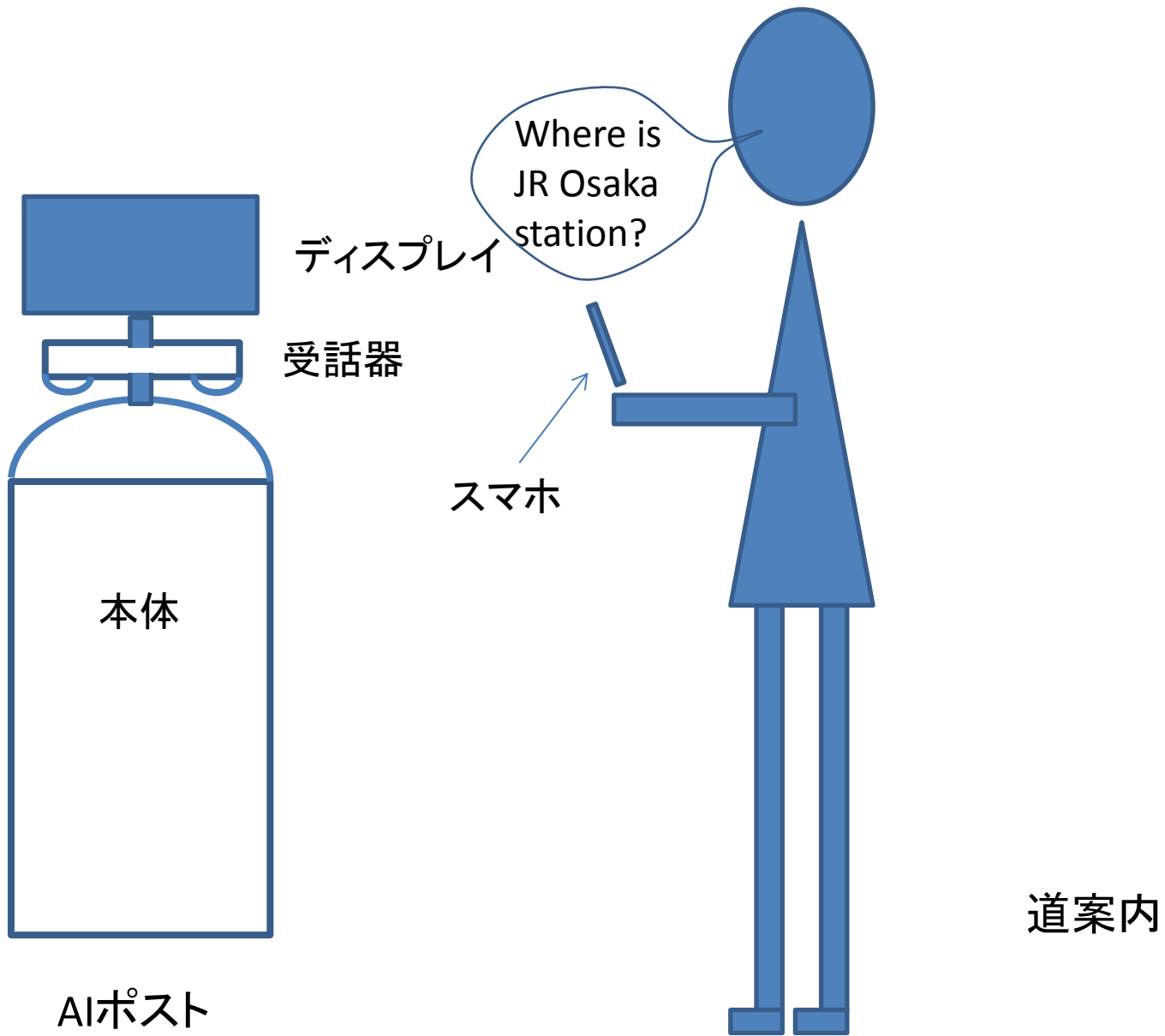
例えば英語で質問すると英語で答えてくれる。

ディスプレイに地図など示してくれる。

聴覚障害者には、音声の他に文字情報をディスプレイに示してくれる。

スマホの使用を前提とすれば、受話器やディスプレイは不要。

要所ごとに多数設置する。



(3) 案内板・看板の活用

新たな設備を必要とせず、人間のやり方に近い低コストの方法を考える。

人間は検索が不得意だが、機械は得意。これを利用。

スマホにキーワード(例えば“阪神電車”)を設定する。

看板のありそうな方向にスマホをかざし、看板の画像情報を取り込む。

画像情報を画像処理し、看板を探す。

看板内に探索中のキーワードがあると、そのキーワードをハイライトする。

ハイライトがない場合には別の方向にスマホをかざす。

視覚障害者のために音声で結果を説明する。

2次元バーコードなどの活用も有効。

<https://we-love-osaka.jp/>



梅田地下街の画像1

https://www.google.co.jp/search?q=%E6%A2%85%E7%94%B0%E5%9C%B0%E4%B8%8B%E8%A1%97%E3%81%AE%E7%94%BB%E5%83%8F&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=O9S0iT5rRoj2vM%253A%252C8TBkiTt73kFxm%252C_&vet=1&usg=AI4_-kTdbJEgAN1ACiHoXhxwlyJyef_Eng&sa=X&ved=2ahUKEwJQ28KUgoXiAhVCTrwKHaSJCpcQ9QEwAHoECAkQBA#imgsrc=O9S0iT5rRoj2vM:



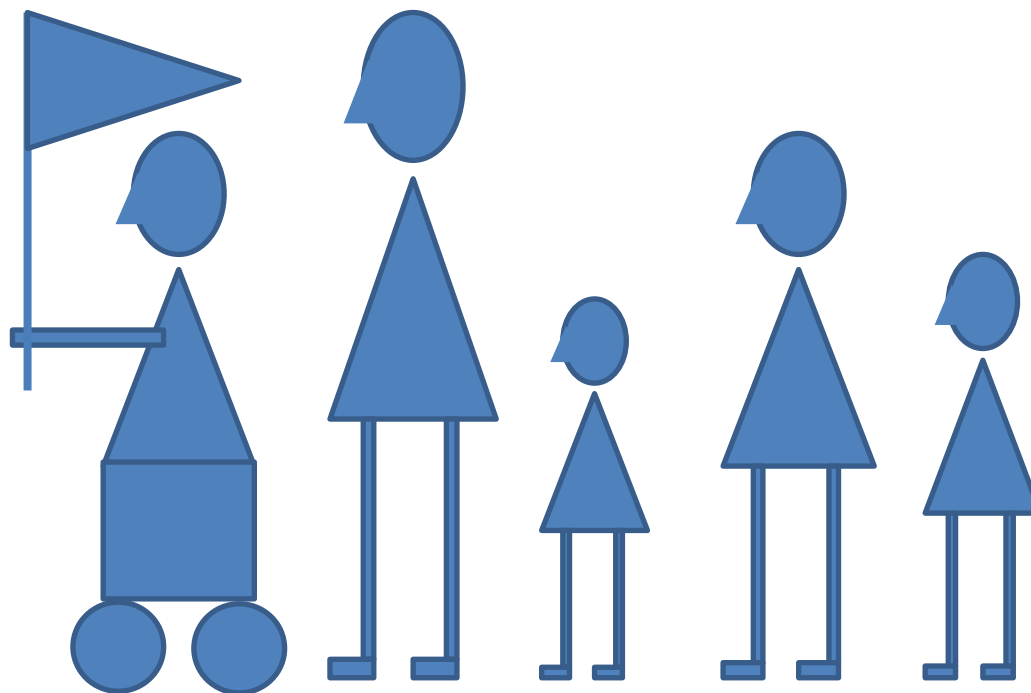
梅田地下街の画像2

https://www.google.co.jp/search?q=%E6%A2%85%E7%94%B0%E5%9C%B0%E4%B8%8B%E8%A1%97%E3%81%AE%E7%94%BB%E5%83%8F&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=O9S0iT5rRoj2vM%253A%252C8TBkiTt73kFxm%252C_&vet=1&usg=AI4_-kTdbJEgAN1ACiHoXhxwlyJyef_Eng&sa=X&ved=2ahUKewjQ28KUgoXiAhVCTrwKHaSJcpcQ9QEwAHoECAkQBA#imgsrc=O9S0iT5rRoj2vM:

(4) ロボット道案内

地下街で道案内が必要な人を引率する。

画像、地図、音声、翻訳、自動運転などの総合的な技術が必要になる。



ロボット道案内

実験システム

徹底的にお金の掛からない実験システムにする。

地下街の立体模型、数台のリモコンカーと車載PC、全体を統括するPCを用意する。車載が無理ならばWIFIで接続。4Gでもかなり可能なはず。5Gならばまったく問題なし。

リモコンカーは交差点から交差点に移動する。

地下街を模したジオラマの中を人に見立てたラジコンカーが衝突しないように走り回り、交差点から交差点に移動する。

全体の動きは統括PCでコントロールされる。

個々のリモコンカー (AUC)の衝突防止などの運動は主として画像認知情報を用いる。

AUCの開発には、Raspberry Piを活用する。
(<https://www.raspberrypi.org/>)

4. 結言

位置の計測には様々な方法があり、状況に応じて使い分けることが重要である。

海上やハイウェイのようなところでは、衛星測位が最適であるが、車の車庫入れなどでは、視覚による対象物間の相対位置の把握が重要になる。

自動運転による衝突防止も画像認識による対象物間の相対位置の把握が最重要である。

大規模地下街のような所では、そもそも衛星測位が使えない環境である。

このような所では、人間は認知的な位置把握を行う。

このような所で歩行者が迷わないためには、様々な支援が必要である。いくつかの支援方法について考察を行った。2025年の大阪万博をターゲットに本格的に研究したらどうか？