

「センサの開放」による人工物の知的性向上に関する一検討

横田 山都

1 はじめに

我々の身の周りには様々な電子機器やシステムが存在しており、これらは日々絶えず進化し続けることで我々に便利で豊かな生活を提供している。この様な私たちの日常生活を支えている電子機器やシステムなどの知的人工物^{*1}が見せる高度で知的な振る舞いは、高速な演算器と周辺環境情報を取得するセンサによって実現されている。

しかし、人工物の持つ計算資源（演算器の能力）に比べて環境検知資源（センサの数、種類）は少ない。私は各知的人工物の持つセンサを第三者が自由に利用できる環境を提供する（これをセンサの開放と呼ぶ）ことでセンサに新たな利用価値が生まれ、ひいては人工物の更なる知的性向上へ繋がると考える。本稿ではセンサの開放が知的性の向上に与える効果をウイルス感染シミュレーションを用いて検証する。

2 知的性向上に求められるもの

知的人工物が何らかの行動を起こすまでに必要とされている機能は「判断機能」と「環境検知機能」の二つだと言われている¹⁾。人工物は自身の持つ環境検知資源によって周辺の状況を把握し、その情報を元に計算資源を用いて判断を行なっている。つまり Fig.1 に示すように知的な行動を実現している計算資源を支えているものが環境検知資源であり、これらすべてを合わせたものが人工物の持つ知的性となる。

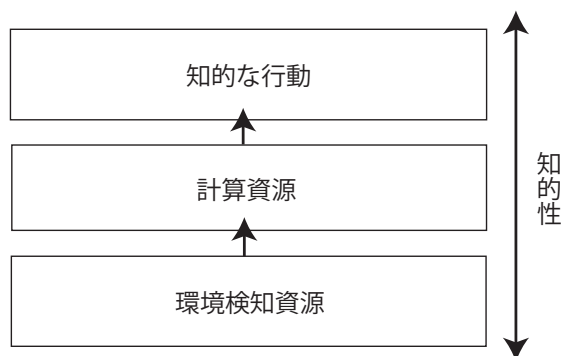


Fig.1 知的な行動を支えるもの

しかし、近年の知的人工物は判断要素を提供する環境検知資源が乏しいにも関わらず計算資源ばかりが強化される傾向にある。現在、演算器がムーアの法則^{*2}に従うよ

^{*1} 知的人工物とは、自身の持つパラメータを環境にあわせて変化させ、人間にとってより高い効用をもたらすことができる人工物を指す。¹⁾

うに飛躍的な進歩を見せ、ゲーム機でさえテラ FLOPS 級の演算性能を持つようになってきている^{*3}。一方で、センサの利用に関しては人工物内部の限られた数、種類のセンサを使用しているに留まっている。人工物の持つ知的性の更なる向上には豊富な環境検知資源が利用できる環境が求められているのである。

3 センサの開放と知的性の向上

3.1 センサのハードウェアとソフトウェア

本稿では Fig.2 に示すようにセンサを「温度・圧力・流量・光・磁気などの物理量やそれらの変化量を検出する素子や装置」と「検出量を適切な信号に変換して計測系に入力する装置」の二つに分けて扱う。便宜上、前者をセンサハードウェア部、後者をセンサソフトウェア部と呼称する。

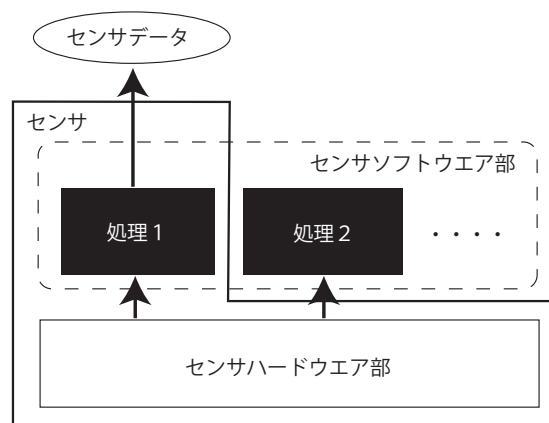


Fig.2 センサのハードウェア部とソフトウェア部

センサハードウェア部はフォトトランジスタやサーミスタなど物理現象を捉える装置であり、その種類は限られている。しかし、センサはセンサハードウェア部が同一であってもセンサソフトウェア部が異なれば、それは新たな現象を検知するセンサとなる。例えば赤外線センサは赤外線の量を検知するハードウェアセンサであるが、センサソフトウェア部次第でリモコンで使われる受信機や、脈拍を計測するセンサ、人感センサとなる。

^{*2} Gordon Moore 博士が 1965 年に経験則として提唱した「半導体の集積密度は 18~24 ヶ月で倍増する」という法則。

^{*3} ソニーコンピュータエンタテインメントが販売する「プレイステーション 3」はシステム全体で 2 テラ FLOPS の演算性能を持つ。FLOPS (Floating point number Operations Per Second) とは、一秒間に浮動小数点数演算が何回できるかというコンピュータの性能指標である。

3.2 センサの開放

センサの開放とは、「知的人工物に組み込まれたセンサを第三者が自由に利用できるような状態にすることで新たなセンサを生む」ことである。センサの開放は、大量かつ多種多様なセンサへのアクセスを可能にし、それらを自由に組み合わせたり新たなセンサソフトウェア部を作ること、新たな現象を取得することが出来るセンサの創造を実現する (Fig.3)。

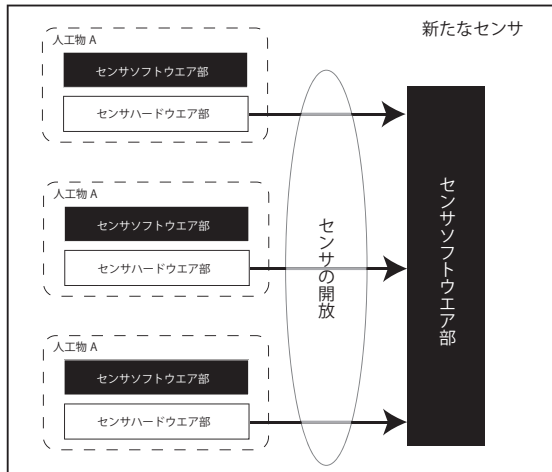


Fig.3 センサの開放

センサハードウェア部は目的を持って人工物に組み込まれることからデータは、その人工物内部のみ使用されている。また、物理的な制約などで一つの人工物に内包できるセンサハードウェア部の数や種類に限界があることも多い。このような現状においてセンサの開放は人工物が持てるセンサの量と種類を飛躍的に向上させ、環境検知機能を強化できることから更なる知的化の向上に有効な手段であるといえる。

3.3 センサの開放によるウイルス感染の予防

インフルエンザ^{*4}は新型のウイルスが登場したことで人々から大きな注目を集めている。季節性インフルエンザは国内だけで毎年 1500 万人が感染し、多い時には 1 万 5000 人以上の死者が発生している。

インフルエンザに対抗する手段として「ワクチン」や「マスク」などの予防措置がとられているが、これらの数には限りがある。2009 年の 4 月頃に新型インフルエンザが蔓延した際には店舗からマスクが無くなり、ワクチンも国民の約半数分しか確保できていない。このような現状においてインフルエンザの被害を最小にするためには、予防措置の効果的な使用が重要となる。しかし、現在の予防措置は個人の感覚的な判断によって行われている。これは総合的な効果という点において効果的とは言えない。

^{*4} 強い全身症状から始まり、主に気道を侵し、強い感染力により短期間に速やかに流行が拡大するインフルエンザウイルスによる急性の伝染性感染症

私はセンサを用いることでこの問題を解決できると考える。例えば、体温を計測するセンサを身につけることで、体温から効果的なマスクの着用タイミングを知ることが出来る^{*5}。また、体温センサを周辺にいる人たちに開放することで、感染者との接触を検知し、感染の可能性が高い人に対してワクチンを使用することが可能となる。これにより二次的な感染を防ぎ感染者数を低く抑えることが可能になると考えられる。この様にセンサの導入とその開放は、行動の知的性向上を可能とする。本稿では、この仮説を第四章に示すシミュレーションにより検証する。

4 ウイルス感染シミュレーション

4.1 システム概要

本稿ではセンサの開放が知的性の向上に与える影響を Fig.4 に示すセル・オートマトンを利用したウイルス感染のシミュレータを作成し検証した。本シミュレータは、インフルエンザなどの飛沫感染（物理的に人が近接した場合に起きる感染）による感染の様子をシミュレーションするものである。シミュレーションでは、二次元平面上に設けたグリッド状のマスを生活空間と仮定して、その中を自由に動く出来る人を模したエージェントを配置する。ウイルスはエージェントを媒介にしてエージェント同士の接触により感染者を増加させていく。

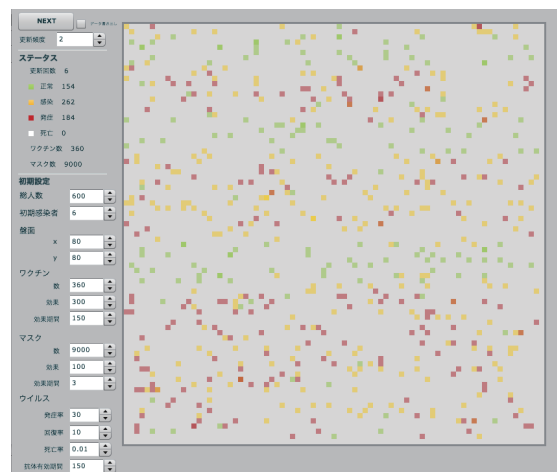


Fig.4 シミュレータ

4.2 エージェント

エージェントは「位置」「体温」「健康状態」のパラメータを持っており、更新を行うごとに値を変化させる。位置は更新ごとに前回いた場所が周囲一マスのいずれかへランダムに移動する。ただし、病気を発症した人が活発な行動をすることは考えにくいことから、発症状態にあるエージェントは移動を停止する。体温は更新ごとに個々のエージェントが持つ異なる基本体温を中心に $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の

^{*5} 既に一部の空港や施設では、入り口で赤外線サーモグラフィなどを使用し、来場者の体温を検知することでマスクの着用などを促すシステムが導入されている。⁽²⁾

間で変動する。健康状態の変化に関しては次節で述べる。

4.3 感染と症状の遷移

各エージェントの健康状態はウイルス感染により Fig.5 に示すように遷移する。ウイルスはエージェント同士の接触により伝染するため、各エージェントの健康状態が「正常」から「感染」へ移行する確率は、周囲一マスに存在するエージェントの健康状態により決定する。つまり、感染者・発症者が周囲に多く存在するほど感染確率は上昇するのである。また、感染、発症状態にあるエージェントの体温は正常状態の場合に比べて高い値となる。

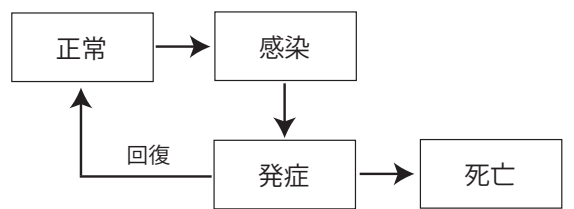


Fig.5 症状の遷移

4.4 予防処置

本シミュレーションでは感染予防措置として「ワクチン」と「マスク」が用意されている。ワクチンを使用した場合、ウイルスに対する抗体が出来るため使用者自身の感染確率が一定期間に減少する。マスクを使用した場合は感染、及び発症したエージェントが周囲のエージェントに与える感染確率が一定期間減少する。また、エージェントの健康状態が「発症」から「回復」に遷移した場合も抗体が出来たとみなしワクチン使用時と同じ効果を適用する。

4.5 体温センサ

各エージェントは自身の体温を計測するセンサを持っておりセンサに問い合わせることで現在の体温を知ることが出来る。また、センサの開放を行った場合、周囲1マスに存在する他のエージェントの体温を知ることが出来る。

5 センサの開放による効果的予防措置の検証

5.1 シミュレーションによる実験

本シミュレーションは人口密集地域において予防措置であるワクチン及びマスクが十分に無い状態を想定している。そのため、Table.1 に示すように生活空間の60%に人が存在し、一年(360更新)あたりのワクチンは人口の60%、マスクは一人あたり6枚というパラメータを設定した*6。

本シミュレーションでは、一回の更新を一日と想定している。ワクチンの効果持続期間は厚生労働省のワクチン予防に関するデータを元に5ヶ月間(150更新)としている。また、新たなウイルスの発生を想定し、半年(183

Table.1 シミュレーションパラメータ

設定項目	値
人口	600 人
生活空間	100 マス × 100 マス
ワクチン数	360 個/年
抗体効果	感染確率が 1/300 に低下
抗体有効期間	150 更新
マスク数	3600 枚/年
マスク効果	感染確率が 1/100 に低下
マスク有効期間	3 更新
初期感染者	人口の 1 %
新規感染者発生時期	183 更新
新規感染者発生人数	人口の 1 %
感染状態から発症状態への平均移行期間	1.5 更新
発症状態から正常状態への平均移行期間	5 更新
発症時の死亡確率	0.00001 %
感染者一人あたりの周囲に与える感染確率	2 %
発症者一人あたりの周囲に与える感染確率	30 %

更新) ごとに人口の 1 % の人を新たな感染者として感染状態にさせる。

5.2 実験結果

実験は下記に示す予防措置使用条件が異なる四つの状況で行った。各々の実験結果は Fig.6～Fig.9 に示す。また、どの場合も基本パラメータは Table.1 に示したものを使用し、3650 回の更新を行った。

- 予防措置を行わない場合
ワクチン、マスクを一切使用せずエージェントの回復力によって感染拡大を沈静化させる。
- 各エージェントがランダムに予防措置を行う場合
各エージェントが更新ごとにワクチンは 20 %、マスクは 40 % の確率で使用する。
- 体温センサのデータを使い各エージェントが予防措置の使用を判断した場合
各エージェントがワクチンはランダムの場合と同様に使用し、マスクは自身の体温が高熱を示す場合は 100 %、その他は 20 % の確率で使用する。
- センサを開放し、周囲のエージェントの持つ体温センサデータも併せて予防措置の使用タイミングを考えた場合
各エージェントは周囲のエージェントが高熱を示している場合、その人数が多ければ(三人以上) ワクチンを使用し、少ないければ(二人以下) マスクを使用する。また、自身が高熱を出している場合もマスク

*6 360 更新ごとに初期設定数にリセットされる。

を使用する。

Table.2 感染被害の規模

	被害者平均*7	最終死者数
予防措置なし	53.2 人	11 人
ランダム使用時	36.2 人	10 人
体温センサ使用時	35.8 人	7 人
センサ開放時	4.8 人	0 人

5.3 考察

Fig.7 に示した各エージェントがランダムに予防措置をとった場合は、一年間（365 更新）のスパンで見ると一度目の感染流行に対しては感染拡大を抑制できているが、二度目の感染流行に対しては予防措置をとらなかった場合と同様の大きな感染拡大が起きている。これは、与えられた予防措置を一度目の感染流行の際に使い切ってしまったためである。Fig.8 に示した体温センサを使用した場合はランダムに使用した場合と同様の結果となった。これは自身の状況だけで周囲の状況を知ることが出来なかったため、予防措置が後手に回り感染の拡大に対応できなかったためである。それに対して Fig.9 に示したセンサを開放した際には Table.2 に示した被害平均が 5 人未満であることから分かるようにワクチンを有効に使い、かつマスクも周囲の高熱のエージェントの数からより効率的に使用できている。これはセンサが開放されたことで周囲の環境を検知するセンサを構築できたためである。

これらの実験結果から、同じセンサが同じ数だけ存在していたとしても、そのセンサを開放することにより検知できる現象が増加し、エージェントの知的性が向上したことが分かる。

6 まとめ

世の中には多くのセンサを内蔵した知的人工物が存在している。しかし、これらのセンサは分断された状態にあるため、その人工物内部でしか使用できない。これらのセンサが外部へ開放されたとき、多種多様なセンサが大量に創り出され、それにより充実した環境検知資源は人工物の更なる知的性向上を実現する。

センサの開放が新たなセンサを創り、知的な行動を実現することを示した本シミュレーションは一例に過ぎない。社会の中には複雑な事象が無数に存在している。私は、これらの捉えることが困難とされてきた事象をセンサの開放によりつかむことが可能だと考える。

参考文献

- 1) 三木 光範, 進化する人工物, オーム社, 1999
- 2) NEC「赤外線サーモグラフィシステム」による新型インフルエンザ対策の実証実験
<http://www.zaikei.co.jp/article/biznews/081225/30202.html>

*7 更新一回あたりの感染者・発症者・死亡者合計値の平均

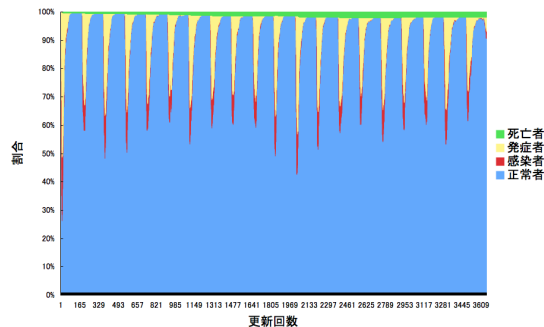


Fig.6 予防措置なし

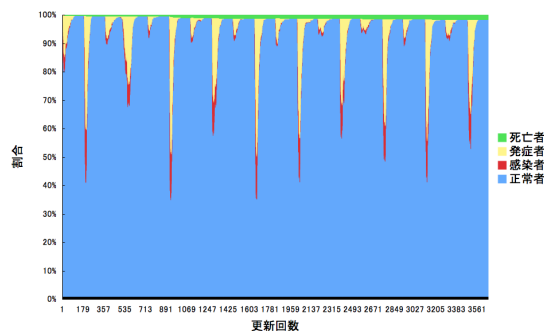


Fig.7 ランダム使用時

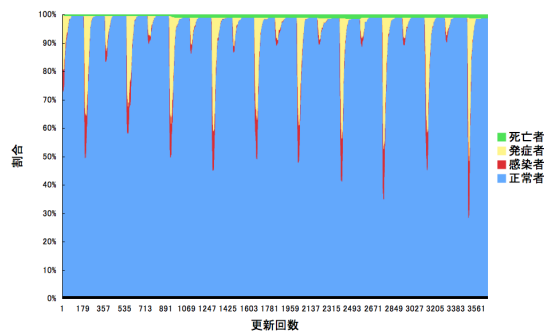


Fig.8 体温センサ使用時

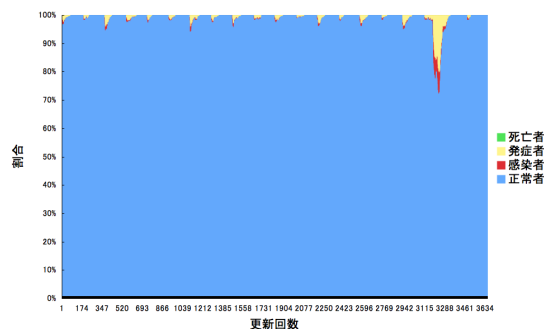


Fig.9 センサ解放時