

知的人工物のネットワーク化による自律最適システム -知的照明システムの構築による基礎的検討-

Autonomous Optimization Systems of Networking of Intelligent Artifacts -Fundamental Discussion by Simulation of Intelligent Lighting Systems-

富田 浩司 (知的システムデザイン研究室)

Koji TOMITA (Intelligent System Design Laboratory)

Abstract Intelligent artifacts is artificial systems and equipments have gained intelligence or smartness, and always have had a sense-judge-act behaviors. In this paper, we propose the system can behave more intellectually as a whole by networking intelligent artifacts. Intelligent artifacts act autonomous heading the purpose that have given the network, and as the result cooperates each other. In case of the addition, deletion and trouble of Intelligent Artifacts, other intelligent artifacts behave to make up in this system. Lastly, we do the fundamental discussion by the simulation of intelligent lighting systems.

1 はじめに

最近のシステムは「感性化」「インテリジェント化」、そして「共同化」の度合いを強めつつある(1)。中でもインテリジェント化の流れは電子デバイス技術と情報処理技術の驚異的な発展に伴って最も進んでいると思われる。このような人工物の知的化に関し、著者らは人工物に必要な知的性質の基本的考察を行った(2)(3)。その中で、知的人工物に関する定義を行った。

本論文では、個々の知的人工物をネットワークに接続することにより、それぞれが自律的に動作し、ネットワーク全体として与えられた目的に対して結果的に協調しあうというより知的な振る舞いを行うことができるシステムを提案する。

2 知的人工物の定義と知的性質(4)

筆者の一人は、工学的人工物を対象し、次のように知的人工物に関する定義を行った。「人工物が、使われる環境や利用の仕方に依存する多くのパラメータを持ち、これらの組合せにより、多様な利用者要望や使用環境に柔軟に対応できるように設計されているとき、センスした情報と与えられた知識や学習で得た知識を基に、適切な組合せを人工物自身が選択し、利用者の要望や環境に応じた最高の機能と性能を提供してくれるとき、その人工物は知的であると定義し、その人工物は知能を持つと考え」と定義した。

この定義に従うと、知的人工物は利用者を含む広義の環境条件の変化に対応して人工物自身のパラメータを自律的に変化させるために、その環境条件の変化をセンス

するための各種のセンサ(認知)が必要である。次に、センサで得た情報を基に人工物の機能や性能を最適化する計画を立て(判断)、それに沿って人工物のパラメータを変化させること(動作)ができなくてはならない。すなわち、全ての知的人工物は知的性質としてこの3つの要素を持ち、Fig.1で表すことができると考えられる。具体的には、外の明かりによって明るさを制御する光感

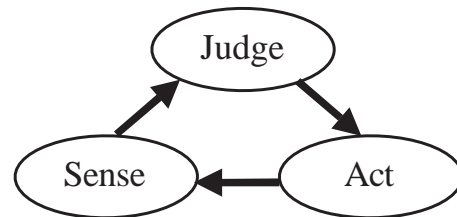


図 1: Behavioral dissolution of intelligent characteristics in artifacts.

知照明システムでは、外の明かりをセンスし、あらかじめ組み込まれている明るさの判断基準から、光束を調節する。現在では知的とは言えない自動ドアなども人をセンスし、人の有無の判断基準から、ドアの開閉を制御すると考えられ、単純ではあるが知能を持つと考えことができ、知的人工物の一つであるといえる。

3 知的人工物のネットワークシステム

3.1 知的人工物ネットワークシステムの概要

我々が提案する知的人工物ネットワークシステムは、あらゆる物事に対して柔軟に対応できるようにネット

ワークに接続する個々の機器を知的人工物にし、それにより全体としてより知的な作業を行うことのできるシステムである。

本システム設計手法の概念図を Fig.2 に示す。

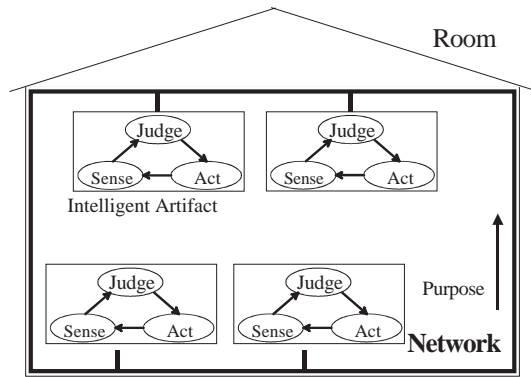


図 2: Conceptual diagram of autonomous optimization network.

主制御器の作業は唯一、ユーザから与えられた情報(目的)をネットワークに流すのみである。主制御器にユーザが要求する「目的」を与えると、常にその「目的」がある空間(部屋や建物全体)に対してネットワークに介して流れる。そこに接続されている個々の知的人工物が「目的」を得て、その「目的」を満たすようにそれぞれが自律的に動作し、結果的にネットワーク全体として知的に協調しあう。ここでいう「目的」とは、例えば、「部屋の温度を 28 度に維持し、人がいる所だけを明るくする」などである。この「目的」が与えられたとき、その空間に接続されている知的人工物は部屋の温度が 28 度になるように、また人がいる所だけが明るくなるように働く。

3.2 知的人工物の適応問題

一般のシステムでは個々の機器に対してどのようなことができるかの情報が主制御器にあり、ユーザから与えられた目的に対してどの機器を動かし、どのように制御するかは主制御器により管理されていた。しかしながら、本システムでは、主制御器は「目的」をネットワークに流すのみであるため、ネットワークに接続された知的人工物の持つ個々の能力で主制御器の行っていた動作を賄わなければならないのがこのシステムの最大の特徴である。知的人工物といっても、2 章で記述したように、人工知能と呼ばれる人間のような知能ではなく、ただセンサとそこから得た情報に対しての最適な判断・動作をするだけである。誰も他の知的人工物がどのように動いているかわからないし、自分が目的を満たすように動いているのかもわからない。すなわち、部屋に与えられる「目的」および個々の知的人工物が持つセンサ(温度セ

ンサ、人センサ、光センサなど)を共有しなければならない。しかしながら、各知的人工物の判断部分は各知的人工物既存のセンサに対応したものであるため、Fig.3 のように新しい共通の判断基準を与える必要がある。すなわち、この共通の判断基準が「目的」である。

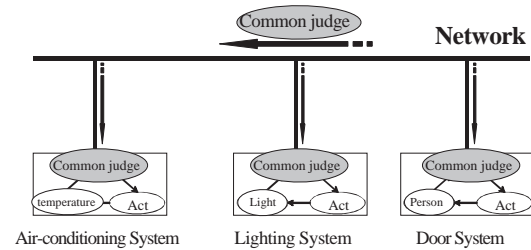


図 3: Conceptual diagram of autonomous optimization network.

部屋に与えられた目的が 1 つ「部屋の温度を 28 度にしてほしい」であるならば、「温度」に関する共通判断基準が送られる。目的が 2 つ「部屋の温度を 28 度にし、部屋の明るさを 700lx にしてほしい」であるならば、「温度」と「明るさ」に関する共通判断基準が送られる。この判断基準を用い、各知的人工物は判断し目的を満たすように働くこととなる。

3.3 知的人工物の自律動作アルゴリズム

本システムにおける知的人工物の動作の原理は単純で、各知的人工物がある程度ランダムに動き、その都度センサした情報とその前状態を比較することにより、「目的」を満たすように解に近づけていくというものである。以下にそのアルゴリズムを示す。

- 1) 各知的人工物は OFF の状態からそれぞれ 1 ステップだけランダムに動く。動作部が ON/OFF だけの知的人工物ならば OFF のままか ON の状態になり、動作部が段階型の知的人工物ならば OFF のままか一つ上の段階の動作を行う。
- 2) 各知的人工物が現在の状態と一つ前の状態の比較を行う。ここで現在の状態がより「目的」を満たしているならば、3) の動作を行い、悪くなっていたら 4) の動作を行う。
- 3) 各知的人工物はもう 1 ステップ同じように動く。
- 4) 各知的人工物は現在の状態からそれぞれ再度 1 ステップだけランダムに動く。
- 5) 手順 2) から 4) を繰り返すことによって部屋に接続された知的人工物全体で目的を満たすような最適解を得ることができる。

3.4 知的人工物ネットワークシステムの有効性

本システムでは、主制御器の負荷が極めて少なく、個々の機器に知的人工物を用いているため主制御器が破損した場合でもある程度の動作をすることができる。また、ネットワークに「目的」が耐えず流れているため、新しい機器を接続・切断が簡単で、常に今接続されている知的人工物のみで「目的」を満たせるように動作する。すなわち、機器が故障した場合でも、残りの知的人工物のみ動作により「目的」を満たすように働ける。

4 知的照明システムの構築

4.1 問題設定

複数の知的照明機器をネットワークに接続し、主制御器に与えられた照度に関する「目的」に応じて、それぞれが自律的に動作し、結果的にシステム全体としてより知的に振る舞うことができるかを考える。Fig.4 にその照明設計モデルを示す。ここで用いられる知的照明機器は人を感知するセンサおよび明るさを感知するセンサの両方が備わっており、知的照明機器自身の真下の人の有無および明るさを認知し、人の有無に合わせて調光することができる分散制御方式明るさ、熱センサ付連続調光タイプ(5)を用いた。光度 I の調光パターンは 0~1, 000[cd] である。

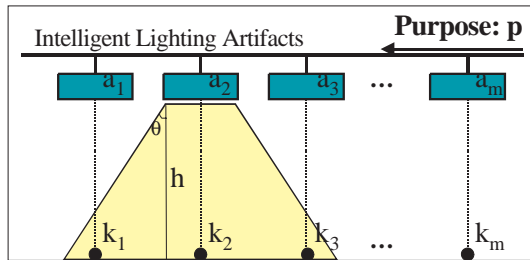


図 4: Lighting Design model.

主制御器に与える「目的 p」は、「人がいる所 (k1~km) を X [lx] の明るさにせよ」となる。要求照度地点 k1~km における各知的照明 a1~am の照度 Em は照度計算において最も一般的な逐点法を用い、各要求照度地点と照射との角度によって次式のように求める。

$$I_{\theta} = \cos \theta \quad [cd] \quad (1)$$

$$E_m = \frac{I_{\theta}}{h^2} \cos^3 \theta \quad [lx] \quad (2)$$

式(1)の I は各知的照明の光源から要求照度地点方向への光度 [cd] を表している。式(2)の照度 Em は

水平面照度のことを指し、ここでは放線照度および鉛直面照度は考慮しないものとする。要求された照度地点の合計照度は用いた知的照明の数 m 個の照度 E1~Em の合計照度 E となる。

4.2 シミュレーション

照明システムを用いたシミュレーションは、Java 言語を使用したグラフィカルシミュレーションプログラムを用い、個々の知的照明が自律的に動作し、全体としてより知的に振る舞う様子をビジュアル的に確認することを目的とした。シミュレーションは3種類である。シミュレーション 1 は与える目的の一つのみにしたものであり、シミュレーション 2 は与える目的を二つにものである。シミュレーション 3 はある知的照明が故障した場合でも残りの知的照明により「目的」を満たすことの確認である。

パラメータ設定として、シミュレーション 1 ではネットワークに接続する知的照明の数を 3 個 (a1, a2 および a3) とし、与える目的を人が一人部屋にいるし「人がいる場所を 150[lx] (誤差 ± 1[lx]) にせよ」とした。シミュレーション 2 ではネットワークに接続する知的照明の数を 5 個 (a1, a2, a3, a4 および a5) とし、与える目的を二人部屋にいるとし「人間 A の場所を 100[lx] (誤差 ± 10[lx]) にし、且つ人間 B の場所を 50[lx] (誤差 ± 10[lx]) にせよ」とした。被照面から知的照明までの高さは共に 3[m] とし、各知的照明機器自身の真下の要求照度地点への角度は 0 度、一つ隣の要求照度地点への角度は 30 度および二つ隣の要求照度地点への角度は 60 度とした。

4.3 シミュレーション結果

4.3.1 シミュレーション 1 の結果

シミュレーション 1 における結果の一例を Fig.5 にグラフィカルな様子を、Fig.6 に数値的な動作を示す。

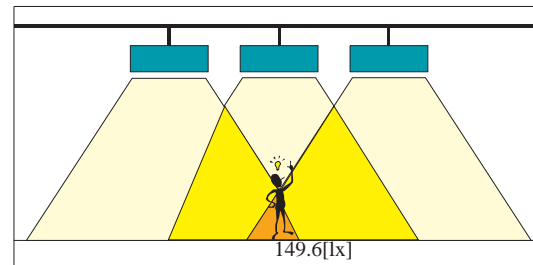


図 5: Situation of Intelligent lighting system of simulation 1.

10 ステップまでは知的照明 a2 だけが点灯し「目的」を満たす方向へ調光しているが、知的照明 a3, a4 は消灯している。25 ステップで知的照明 a2 は最大の 1000[cd]

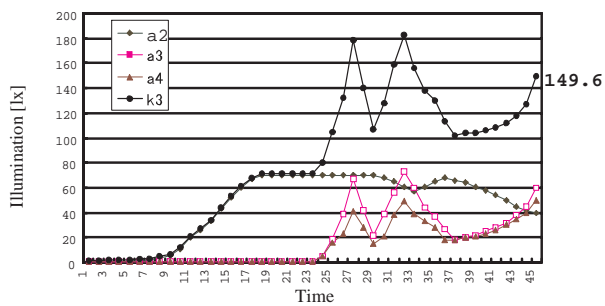


図 6: Relation between the time and the illumination of simulation 1.

になり、これ以上「目的」に近くならないため、知的照明 a3, a4 が点灯しはじめ、150[lx] を上回ったり下回ったりしながら、45 ステップで目的を満たした。個々の知的照明は他の知的照明とは関係なく自律的に動作しているが、全体として「目的」を満たそうと協調しあい、より知的な振り舞いをしていることがわかる。

4.3.2 シミュレーション 2 の結果

次に シミュレーション 2 における結果の一例を Fig.7 にグラフィカルな様子を、Fig.8 に数値的な動作を示す。ここでも知的照明 a2, a3 および a4 が調光し、100[lx]

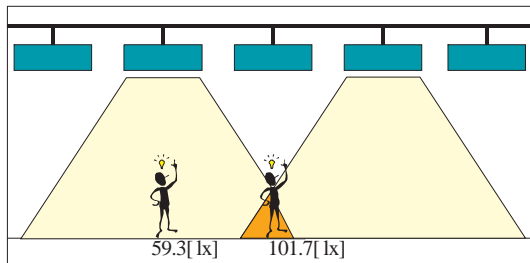


図 7: Situation of Intelligent lighting system of simulation 2.

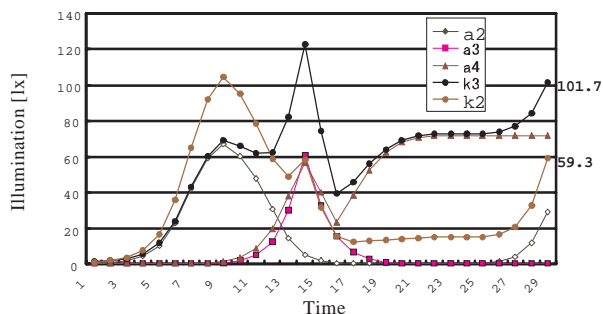


図 8: Relation between the time and the illumination of simulation 2.

および 50[lx] を上回ったり下回ったりしながら、全体として「地点 k3 を 100[lx] にし、且つ地点 k2 を 50[lx] にせよ。」という目的を満たそうと協調しあい、より知的な振り舞いをしていることがわかる。しかしながら、シミュレーション 1 とは異なり、与える目的が二つであるため、稀に「目的」を満たすことができない場合がある。その例を Fig.9 に示す。これは、一つの目的を満たし二つ目の目的を満たしていないパターンである。二つ目の目的を満たしていないため、個々の知的照明は動作しようとするが、一方の目的を満たしているため、動作できず震動している。

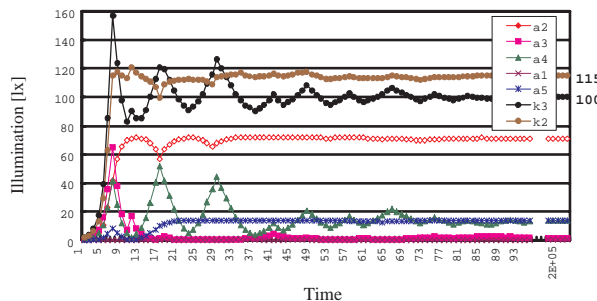


図 9: Relation between the time and the illumination in case of the failed simulation 2.

この問題においては、目的の与え方が重要となってくる。すなわち、矛盾を含むであろう目的を二つ以上与えることは知的人工物が「目的」にたどり着けないのである。「目的」の与え方は本システムにおいて非常に重要となってくるため、今後の課題とする。現在ではこのパターンは稀であるため、100 ステップしても「目的」を満たさない場合は、再度リスタートさせることにより、必ず目的を満たすようにしている。

4.3.3 シミュレーション 3 の結果

シミュレーション 1 の Fig.5 の状態において、人の真上の知的照明が破損した場合の様子後の動作を Fig.10 に示す。

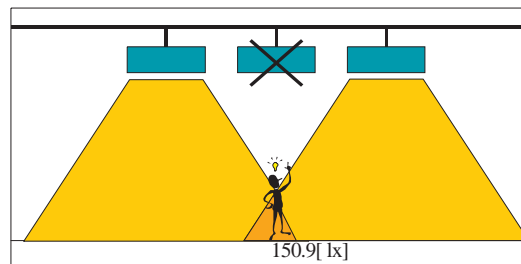


図 10: Situation of Intelligent lighting system in case of the damaging of Intelligent Artifacts.

このような状況において、残りの知的照明により「目的」を満たすように動作したことがわかる。

5 結論

我々が提案したシステム設計手法は、次世代ネットワーク技術を利用して構築するものであり、ネットワークに接続する個々の機器に知的人工物を用いることにより、全体としてより知的な作業を行うことのできるシステム構築を目指した。具体的には、個々の知的人工物をネットワークに接続するだけで、その空間に与えられた目的に対してそれぞれが自律的に動作し、結果的にネットワーク全体としてより知的に協調しあうというシステム設計手法である。本システム設計手法の特徴を以下に示す。

1. ネットワークに接続する個々の機器として認知・判断・動作の3要素を必ず知的性質として持つ知的人工物を用いていること。

2. 上記1のため、主制御器の作業は唯一、ユーザから与えられた情報(目的)をネットワークに流すのみであり、負荷が極めて少ないこと。

3. 次世代ネットワーク技術により機器の追加・削除が極めて容易であること。

4. 個々の機器が故障した場合でも、残りの知的人工物のみで柔軟に対応できること。

ここでは、知的照明システムにおけるシミュレーションのみを行ったが、今後はビル管理システム、交通システムなどの大規模なシステムにおいて本システム設計手法の有効性を検証していく。また「目的」の与え方についても検討していく。

参考文献

- [1] 西田, システムのフロンティア, 機誌, 98-921(1995), p.74
- [2] M.Miki and T.Kawaoka, Design of Intelligent Artifacts: A Fundamental Aspects, Proc.JSME International Symposium on Optimization and Innovative Design(OPID97), pp1701-1707, 1997-9
- [3] 三木, 知的な人工物の設計, 機誌, 99-928(1996), p.173-176
- [4] 廣安, 三木, 香西, 知的人工物におけるシステム知能の水準について, 日本機械学会誌, 98-32(1998), p.253-256
- [5] 最近の照明設計手法, 松下公嗣, 電設工業, 8-537(1997), pp.78-89