

# 自動化広域分散ネットワークシステムの提案

株式会社 演算工房 杉田直紀

## 1. はじめに ( コンビナートの現状 とロボット技術の進歩 )

### < 演算工房の紹介 >

はじめに当社の紹介を簡単に行う。当社は 2001 年に設立されたいわゆる IT ベンチャー企業である。しかしながら、世の中に数多くある IT ベンチャー企業と異なる点は、当社のシステムの多くが建設、特に土木工事の現場向けであるという点である。建設だけではなく、農業や養殖漁業など労務集約的な現場に焦点をあて、IT で現場の作業を「楽にできる」システムを日夜検討している。

### < ロボット技術の進歩 >

当社がこれまでに開発してきた IT システムは、広義にはロボットの一種である。一方、2000 年に人型ロボット「ASIMO」が本田技研工業株式会社から発表(1)されて以来、様々なメーカーから工場以外の場所で、複雑な作業あるいは人とのコミュニケーションをすることのできるロボットが提案されるようになった(2)。

これを機にロボットビジネスの可能性と地域活性化を狙い全国各地にロボット創出プロジェクト、企業間ネットワークが形成され始めた(3)。その中でも大阪市の外郭団体大阪産業創造館のロボットラボラトリーを中核とした「次世代ロボット開発ネットワーク RooBO<sup>ロボ</sup>」は、大阪を中心に全国各地にネットワークを伸ばしており、2008 年 12 月現在、300 社以上の企業が参加している。当社もこのネットワークに加盟し、メンバー企業と日夜議論を重ねている。本稿で提案する自動化広域分散ネットワークシステム ALADIN (Automata Large Area DIstributed Network system)はいくつもの先端技術を組み合わせたネットワークシステムであり、このようなロボット関連企業同士の連携が重要になるものとする。

### < ロボットビジネスの創出 >

全国各地でロボットビジネスを創出するための取り組みが行われている背景には、次に挙げる 3 つの現象が隠れている

と考えられる。

「技術の水準」が「我々のロボットに対するニーズ」に追いついてきて、ロボットを活用した様々なビジネスを創出する準備が整ってきた。

大手メーカーを中心にこれまで「夢」と思われていた人型・二足歩行ロボットを現実の物として製作し、公開および限定的ではあるもののビジネス展開し始めた。

日本人独特の「ロボット」に対する過剰なまでの期待感が、およびと共に刺激された。

一口に「ロボット」といっても、故手塚治虫氏の代表作「鉄腕アトム」(4)の主人公「アトム」に代表されるような人の形をした自律運転する機械を示すだけではなく、植物工場(5)やエコハウスのように従来の制御技術を組み合わせ、あるエリアの環境の変化を計測・制御するようなものもロボットといわれることがある。

### < 生産工場以外の現場へのロボット導入 >

前節で述べたように広い意味でロボットを捉えると、2008 年 12 月現在、多種多様なロボットが生産工場以外で使用されている。ロボットが稼動するのに不向きな環境の土木建設現場でも、例えばトンネル掘削のためのシールドマシンや自動測量器<sup>1</sup>などが使われている(6)~(7)。

自動化あるいは半自動化するためのロボットが使われている現場は着実に増えている。しかし、実際にはシステムが断片化されており、

- ・ロボットが作業するのを現場で確認するために立ちあう
- ・収集したデータを技術者が決まりきった方法で処理するなどのために技術者の労力が使われることが往々にして起こりうる。最前線で用いられる機材は最先端のものであるにも関わらず、通信インフラが整っていないために情報のやり取りができない。あるいは、機材を遠隔制御したり、機材周辺の状況を確認したりできないために人間が現場に行かなければ

<sup>1</sup> トンネル工事では、施工の特殊性から同様の測量を繰り返し行わなければならない。自動測量器を使った測量システムはこれを自動的にを行い、定期的に測量結果を技術者にフィードバックする。

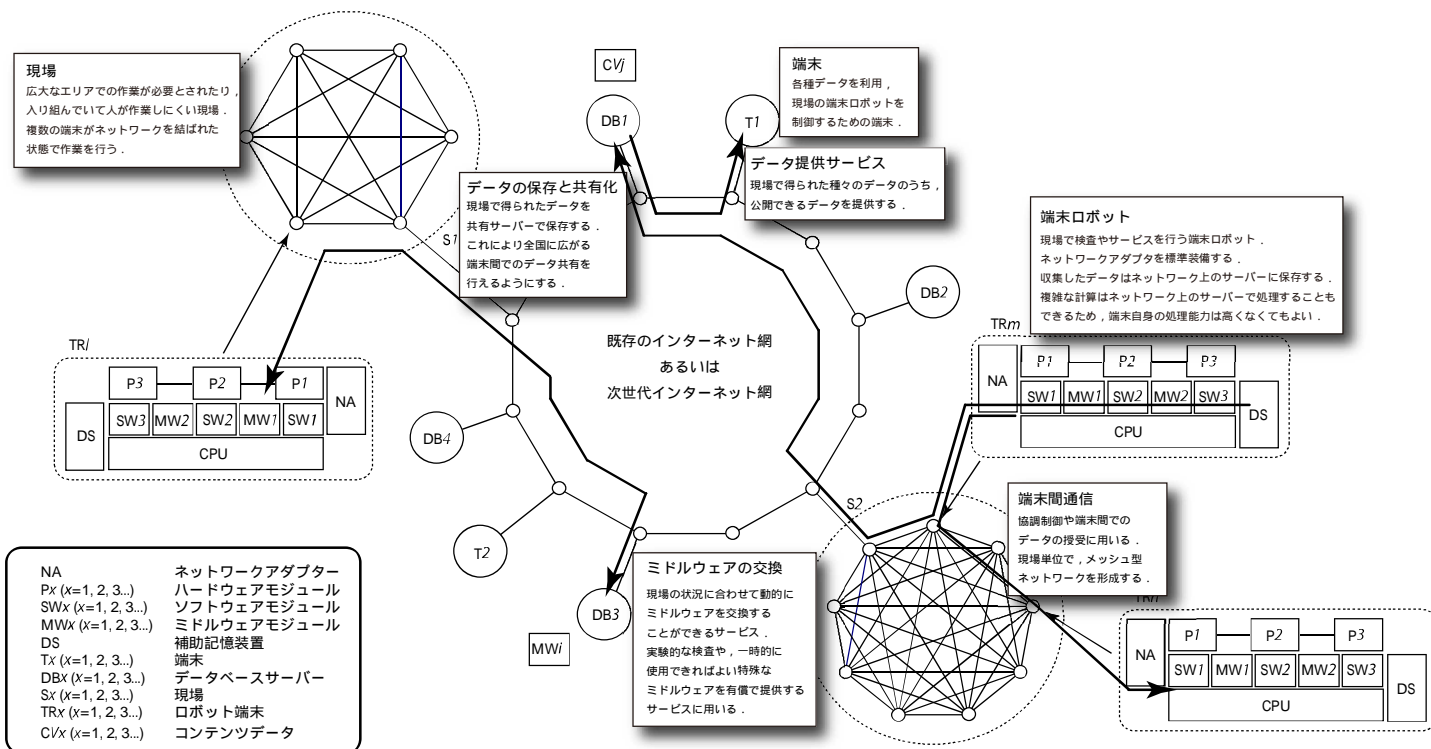


図 1 ALADIN のイメージ図

ればならないのである。このような状況が発生しやすいのは屋外や生産のバックヤードで作業することの多い検査現場である。当社の中でもコンビナートに注目した。日本のコンビナートは世界規模のコンビナートに比べてスケールメリットが出にくい。生産効率を高め国際競争力を高めるため「石油コンビナート高度統合運営技術研究組合（RING）」という組織が設立され検討がなされている(8)。

コンビナートの検査現場を大規模にネットワーク化することで維持・メンテナンスという観点から合理化を果たせるものと考えられ、白坂らのような提案もなされている(9)。本稿ではこれを実現する枠組みの一つとしてALADINを紹介する。

ALADINをベースにアプリケーションを開発することで、コンビナートの現場をはじめトンネルや橋梁などの老朽化した土木構造物の検査も一元的に管理できる。

## 2. 自動化広域分散ネットワークシステム (ALADIN) とは

ALADINの概要を模式的に示した図を図1に示す。

ALADINという名前は、前述のとおり Automata Large Area Distributed Network systemの頭文字をから名づけた。文字通り端末となるロボット (Automata) を広いエリアに分散させて、それらをネットワークで結んだシステムのことである。次に示す3つの技術から構成される。

高速無線通信技術

自動化・半自動化ロボット技術

大容量記録媒体およびデータベース技術

近年の技術革新により、それぞれの技術が進歩し、ALADINを構成することが現実的になってきた。以下では、それぞれの技術について概要を述べる。

### < 高速無線通信技術 >

IEEE 802.11は1990年代後半に登場した無線LANの規格で、表1の中でも示したようにその後改良されたものはいくつか策定されている。

IEEE 802.11の公称の通信速度は、2Mbpsであった。しかし、無線LANの特性上、実効的にはその半分以下の速度でしか通信ができない(10)。更に、例えば2台の装置がアクセスポイントと通信を使用とすると、1台の装置が利用できる

通信速度は2分の1になる。つまり IEEE 802.11 を使うと、2台の装置が1台のアクセスポイントに対して通信する場合、実効的には500kbpsあるいはそれ以下の速度となる。なお、近年普及しているDVDのビットレートは規格の上では、最大10.08Mbpsであり(11)、同規格ではDVD程度の動画転送が難しいことがわかる。

2000年に入り、様々な無線通信規格が登場した。その通信速度も向上した。2009年9月に策定見込みのIEEE 802.11nでは、公称速度を100Mbps以上として検討されている。

表1 近年の無線通信企画の一覧((12)~(17))

規格	公称速度	通信距離	策定期期
IEEE 802.11	2Mbps	50~100m	1997年
IEEE 802.11g	54Mbps	50~100m	2003年6月
IEEE 802.16-2004	~約37Mbps	2~10km	2004年6月
IEEE 802.11n	100Mbps~	50~200m	2009年9月 (見込み)

普及への検討が進められている国際標準規格 IEEE 802.16-2004(いわゆるWiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access))は、IEEE 802.11gよりも高速で数km範囲での通信ができるという特徴を持っている。

ALADINで高速無線通信を大きな要素の一つとしている理由は次の通りである。

無線通信ができるようになることで、あるエリア内にある端末がシームレスにネットワークへ参加できるようになる。

高速通信できることで、テキスト情報だけではなく、映像情報を交えた通信も可能になる。

無線が届く範囲内であれば、検査によって得られた膨大な量のデータを検出した直後にネットワークのどこかに接続されているサーバーへ送信することができる。そのため、端末自身には膨大な量の記憶媒体は必要なくなる。人の持つ端末だけではなく、例えば検査ロボットもネットワークに参加することができ、ネットワーク上のリソースを利用することができるようになる。

また、検出したデータを、人間が何らかの知見を得ることができるようなデータへと変換する必要がある場合でも、検査端末自身で計算を行う必要がなくなる。計算はネットワーク上のサーバーで行えばよい。大量のデータをもとに複雑な

計算が必要なため現場で行うのが難しかった計算も、検査をしながら結果を確かめることができるようになる。

次節で述べるように検査装置を遠隔操作・自律運転できるようにすると、事務所から検査結果を確認・検討することが可能になる。このような作業は、工場では以前から行われていた(2)。無線通信を組み合わせることで、このような作業方法も実現の見通しがつくものと考えられる。

#### <自動化・半自動化ロボット技術>

センサーやソフトウェアなどのロボット関連産業の進歩により、

安価なロボットの普及

ロボットの機能的水準の向上

ロボット技術を習熟した関連技術者の増加

などが実現し、様々な現場にロボット技術を駆使した検査端末を導入することが可能になる。これにより次にあげる3つのことができるようになると考えられる。

機械で自動的・半自動的に計測することができるようになる。

予めプログラムしておいた内容に則して自動的に検査することができるようになる。

大量の検査対象を、少ないマンパワーで物理的(空間的・時間的)に連続検査することができるようになる。

自動的に検査ができる装置があれば、人力ではできないような連続的なデータを取得することが容易になる。

検査箇所ごとに条件を変えて複雑な検査をすることができるようになる。

同じ材料でできている配管でも場所によって浸蝕のされ方が異なる場合がある。自動で検査できるシステムであれば、浸蝕のされ方を考慮にいれ、検査箇所ごとに異なる条件で最適な検査を行うことができる。

コンビナートで行われている検査では、既に多くの検査ロボットが使われている(18)。しかし本格的な遠隔操作・自律運転による検査を行うには更なる検討が必要になるものと考えられる。例えば、1) 現場の状況やロボット自身の位置を把握するためのセンサー、2) 電池(太陽電池や軽量で大容量の二次電池)などの性能向上・低価格化である。

#### <大容量記録媒体およびデータベース技術>

近年の半導体技術の発展と共に、種々の記憶媒体(主記憶、補助記憶の区別なく)は高容量化と低価格化の一途を辿っている。とりわけハードディスクのそれは著しい(19)~(21)。この結果、大量のテキスト情報はもちろん、映像情報の保存も可能になった。ネットワークに検査端末をつなげ、数値データだけではなく撮影した映像もネットワーク上のサーバーに保存することは現実的になってきたのである。コンビナートの検査現場で導入することで、次に挙げる4つのことができるようになる。

全国15ヵ所にあるコンビナートの全検査データを1ヵ所に集めることが容易にできる。

保存できるデータ容量が増えたため、膨大なデータも1ヵ所に集めそれらを一元的に分析し保全計画を立てることに活用できるようになる。

全検査データのデータベースの複製を複数ヵ所に作ることが容易にできる。

記憶媒体の低価格化・高容量化に伴い、ネットワークにつながる別のコンピューターに全検査データの複製を作ることが現実的にできる。分散ファイルシステムを活用すれば、まさにリアルタイムに更新されるようなファイルサーバーを複数持つことができるようになる。

検査データだけではなく、施設の使用状況・施設内に取り付けられた温度や湿度などの副次的な情報も一元管理することができるようになる。

検査結果のみならず、検査場所近くの気象情報や検査中の映像なども保存できるようになる。

データから同様の使用条件で使っている検査対象の、同様の検査ヵ所を選び出し、精度の高い保全計画へのフィードバックをすることができるようになる。

大量の情報はただ集めるだけではなく、データベースの検索機能・コンピューターの高速な演算能力とあわせることで、有用な情報を引き出すことができる。複数のコンビナートの情報を集めることができるため、非常に特殊な検査対象であっても同様の事例を集めることが可能となる。

### 3. 期待できる効果

ALADINをベースに開発した検査システムを導入するこ

とで期待できる効果は大きく4つある。

検査の効率向上・省力化、高度化

保全計画の最適化

リソースの共有と最適化

事業継続マネジメント

以下ではそれぞれの効果について述べる。

<検査の効率向上・省力化、高度化>

人が行っていた作業を、補助あるいは自律運転する検査装置を使い行うことができるようになる。これにより、作業人数を減らしたり、実効的な作業時間を減らしたりすることができるようになる。

例えば、従来、5分ごとにパラメータを変えて検査を行っていた作業でも、予めパラメータを全て入力しておけば、5分ごとに技術者が時間を割かれずにすむ。また、検査状況を遠隔で確認することができれば、朝、パラメータを入力しておき、夕方まで事務所でデスクワークをすることができる。撮影された映像は1時間に一度確認するなどすればよい。人が介在する場面が少なくなるため人為的なミス減らすことにも効果がある。

ロボットで実行できる検査プログラムを増やすことで、現場作業に対する経験への依存度を低くすることができる。作業が自動化しても、検査結果の解釈や新しい検査手法の検討などは技術者の知識・経験・技術力が必要である。そのような方面に運営リソースを重点投入できるようになる。

検査結果を事務所に持ち帰り、高速な計算機で特別なソフトでしかできなかった解析を、オンラインで検査しながら行うことができるようになる。最先端の解析手法や実験解析なども安価に行うことができる。

以上から、現場での検査水準の向上・高度化が期待できるものと考えられる。

<保全計画の最適化>

検査結果を全てネットワーク上にあるサーバーで一元管理することができるようになる。次のメンテナンスをいつ行うべきか、どのようなメンテナンスを行えばよいかといった情報を全ての検査結果から解析することができるようになる。

例えば、次のようにすれば検査箇所ごとのメンテナンス期間を最適化することができるようになる。

検査箇所をブロック（直線部やエルボ部など）ごとに座標および ID で管理する。

全国にあるコンビナートの情報から、所望のブロックの情報だけを抽出する。

抽出されたデータを、材質や使用条件などでグループ化する。

グループ化に用いた条件に基づいて、これまでの検査履歴と劣化状況を照らし合わせてメンテナンスまでの期間を客観的に決定する。

ここで以下に挙げる 3 つの重要なことがある。

すべてのデータにタグをつけること

映像や音声に対しタグを自動挿入する技術

データを効率よく抽出する検索技術

映像や音声の情報もパターンマッチングや音声解析を行う事で前例の少ない現象の調査も従来のテキスト情報検索と同じように行うことができる。また、検査結果に付記されたコメントから、先行研究が少ない、一般化が困難な現象の定性分析を行うこともできる。これにはマーケティングなどでも使われているテキストマイニングなどの手法が効果的であると考えられる(22)。

<リソースの共有と最適化>

全国のコンビナートで使われる検査端末および技術者が共通して使用する高速な計算機、ファイルサーバー、検査結果を評価するための標準データおよびその他の副次的なデータが保存されているサーバーなどはネットワークで結ばれている。そのため、個々のコンビナートでこれらの施設を別途用意する必要はなく、膨大なリソースを共有することができるようになる。

特定の検査端末だけが使用するような特別な計算プログラムや、万が一ネットワークが使用できなくなったときでも使いたいデータ（例えば、非常事態が発生したときの災害回避のためのシークエンスプログラムなど）は、各コンビナート内にある二次的な計算機や個々の検査端末内部の補助記憶に記録しておけばよい。また、量産が困難な特殊な検査端末をコンビナート間で共有したとしても、検査端末がネットワーク認証を行えばデータの保存および活用はこのコンビナートでも同様に行うことができる。

共有できるものと共有できないものが明確になることで、

現場・各コンビナート事務所・全国のコンビナート管理事務所それぞれで必要となるリソースの最適化が進むものと考えられる。

<事業継続マネジメント>

検査データや副次的な情報はネットワーク上のサーバーに保存される。保存されたデータは他のサーバーと同期をとることができるため、複数カ所にデータの複製を持つことができる。サーバーを物理的に分散して設置することで自然災害や事業所で起きたトラブルの影響を最小限に抑えることができる。データの損失を防ぎ、継続的な稼働を支える仕組みとなりうる。つまり、事業継続マネジメントの一環として活用することができる。

## 4. 今後の課題

---

ALADIN を現実の検査システムとして利用するには、ALADIN の 3 つの構成要素それぞれに対して次のような課題があるものと考えられる。

【高速無線通信技術】

高速無線通信の普及（低価格化）

【自動化・半自動化ロボット技術】

ロボット開発用標準ソフトウェア・ミドルウェアの充実  
ロボットの開発プラットフォームは、2000 年ごろから様々な提案されてきている(23)。しかし「事実上の標準」となっているようなものは未だに登場していない。様々なロボットが共通に持つ機能を誰もが容易に実装できるようなプラットフォームの登場が期待される。

ネットワーク上のリソースを十分に活用できるロボットのソフトウェアの登場

ロボットの制御や検査・解析以外で、ネットワークへのアクセス・他のロボットとのデータ共有・協調行動<sup>2</sup>など上位のソフトウェアが必要になる。

標準ハードウェア規格の登場によるロボット自体の低価格化

---

<sup>2</sup> ここでいう協調とは必ずしもリアルタイム性を伴う厳密な意味での協調ではない。

## 【大容量記録媒体およびデータベース技術】

### データの索引自動生成

技術者が入力した文書情報だけではなく、検査結果のデータ（数値データ）や、映像データなど多種多様な情報から所望の情報を取り出すための索引生成技術と検索技術が必要になる(24)。特に検査結果や撮影した映像から客観的な情報を抽出し、索引を生成できるシステムが必要になってくる。

## 5. おわりに

コンビナートの検査システムの枠組みとして ALADIN を提案した。ALADIN はアプリケーションではなく、アプリケーションを構築するための土台となるものである。現在の情報技術（IT）およびロボット関連技術（RT）は、本稿で紹介したシステムを実際に運用できる水準にまで進化していると考えられる。しかしながら、運用を通じて課題の顕在化を図り、一つ一つ解決していくことが重要である。

### <参考文献>

- (1) 本田技研工業株式会社 公式 Web サイト [www.honda.co.jp](http://www.honda.co.jp)
- (2) ジョージ・A・ベーカー：自律ロボット概論，毎日コミュニケーションズ，2007年1月
- (3) 例えば、「次世代中核産業形成プロジェクト」，「関西フロントランナープロジェクト」，「東海ものづくり創生プロジェクト」，「地域産業活性化プロジェクト」など。
- (4) 漫画家 手塚治虫（故人）のSF漫画。日本国内で初めてテレビ放送されたロボットアニメーションでもある。
- (5) 高辻正基：完全制御型植物工場，平成19年11月
- (6) 林，白坂，名村：“山岳トンネルにおける情報化施工技術の現状と今後の展望”，土木施工，no.3, p.91-93, (2005)
- (7) 長谷川幸雄：建設作業のロボット化，工業調査会，(1999)
- (8) コンビナート高度統合研究会 議事要旨，石油コンビナート高度統合運営技術研究組合，(2005)
- (9) 足立・岸本・白坂：“システムインテグレーターとしてのプラントメンテナンスロボットの開発”，“保守検査特

別研究委員会 ミニシンポジウム”，平成20年9月

- (10) 日経 NETWORK, no.31, p.59, 日経 BP, (2002)
- (11) DVD フォーラム Web サイト [www.dvdforum.gr.jp](http://www.dvdforum.gr.jp)
- (12) NETWORK magazine, アスキー・メディアワークス, no.7, p.34, (2008)
- (13) 日経 NETWORK, 日経 BP, no.36, p.70, (2003)
- (14) NETWORK WORLD, アイ・ディ・ジー・ジャパン, no.2, p.30-45, (2008)
- (15) マシュー・S. ガスト：802.11 無線ネットワーク管理, オライリー・ジャパン, 2003年9月
- (16) 守倉正博：そこが知りたい最新技術 高速無線 LAN 802.11n 入門, 株式会社インプレス R&D, 2007年8月24日
- (17) 庄納崇：インプレス標準教科書シリーズ WiMAX 教科書, 株式会社インプレス R&D, 2007年8月24日
- (18) メンテナンスに関する自動化技術調査報告書, 日本メンテナンス工業会, (2007)
- (19) 技術戦略マップ 2008, NEDO
- (20) 電子・情報技術ロードマップ 2007, NEDO
- (21) 立本博文：“PC のバス・アーキテクチャの変遷とプラットフォームリーダの変化について”，赤門マネジメント・レビュー, グローバルマネジメントセンター, vol.6, no.7(2007)
- (22) 上田隆穂：テキストマイニングによるマーケティング調査, 理工学専門書, 2005年11月
- (23) 長瀬雅之, 中本啓之, 池添明宏：はじめてのコンポーネント指向ロボットアプリケーション開発 RT ミドルウェア超入門, 毎日コミュニケーションズ, 2008年7月
- (24) 映像を効率よく検索するための標準規格として MPEG-7 が策定されている。例えば，八木伸行：映像メディア技術，オーム社を参照。

### 【謝辞】

本稿で紹介したシステム ALADIN のコンビナート施設への応用は、本文でも紹介した企業間ネットワーク RooBO の事務局長を務められている足立尚樹氏との議論の結果生まれたものである。この場をお借りして感謝を申し上げる。

### 【筆者紹介】

杉田直紀

株式会社 演算工房

商品開発部 マーケティング担当

〒604-0847

京都府京都市中京区秋野々町 5 3 5 番地

日土地京都ビル 4 階

TEL : 075-213-7200

FAX : 075-213-7201

E-mail : [sugita@enzan-k.com](mailto:sugita@enzan-k.com)