

オートメーションと企業

Automation and Corporations

荒井 義則

ARAI Yoshinori

オートメーションと企業

Automation and Corporations

荒井 義則

ARAI Yoshinori

要旨：企業におけるオートメーションの発展を考察する。

キーワード：オートメーション、オフィス・オートメーション、RPA

1. はじめに

本稿では企業における（主として非製造部門の）オートメーションを考察する。

人見氏は

「オートメーション (automation)」は“自動化”であり、基本的には物を作ること、つまり生産に関する自動化を意味する。これへの途はまさに生産効率化の変遷である¹。

と定義し、生産効率化の変遷を3段階で説明している。その概要は以下のとおりである²。

第1段階：人類は誕生後、ほかの動物と異なり、本格的な道具を作り、生産行為を営んできた。生産効率化の歴史の第一歩は、この道具の誕生・利用にある。

第2段階：人間の肉体的労働の機械への代替化の段階である。特に機械の中でも重要な工作機械については産業革命時に全金属性の工作機械が現れ、大量生産様式が19世紀中葉までに確立された。この工作機械は手工業から機械性工業への移行に寄与した。これが第2段階の機械化である。

第3段階：人間の頭脳的（精神的）労働の機械化への代替化を試み、機械の操作や制御をも機

械化する段階である。このような高度な自動化機械への可能性は1920～30年代より探求され、電子工学と自動制御技術の進歩並びに機械工学との結びつき（メカトロニクス）により、自動的な操作と制御が可能となった。これが「自動化」であり、その後「オートメーション」と改名された。

上記のオートメーションは生産部門のオートメーションである。オートメーションはまず生産部門で進行し、それに続き非生産部門でもオートメーション化が進行した。本稿の対象とするオートメーションは非生産部門のオートメーションであるが、自動化という点では一致している。

次節以降では、事務部門のオートメーションを機械化事務、オフィス・オートメーション、RPA(ロボティック・プロセス・オートメーション)の順で考察する。

2. 機械化事務

事務作業は手作業が中心であった時代（第一段階）から事務機械を利用する段階（第二段階）へと進化した。ここでは会計事務を例にとって事務作業の機械化（機械化会計・機械簿記）を考える³。

(1) 簿記会計機

簿記会計機は記録・計算・分類の3つの機能を有するが、記録と計算の機械化を中心とする機械と分類と計算を中心とする機械がある。前者の代表的な機械は例えば記帳式会計機であり、後者の代表的な機械は例えば金銭登録機である。

記帳式会計機は元帳記帳のための機械であったが、領収書作成・統計表作成などの機能も備えるようになった。さらに記帳式会計機は自動制御機構を備えている。記帳事務の順序・方法に従ってあらかじめ機械の動作に対する命令をセットしておくことによって、機械の操作の一部を省略できるようにすることが可能となった。機械化に加えてある程度の自動化が加わったことになる。

(2) 穿孔カード式会計機

カードを用いて記録・計算・分類を行う機械である。各種のデータをコード化してカードに穿孔し、このカードを分類・再編することにより多方面の計算・分類が機械的に行えるようになった。穿孔カード式会計機により機械化、自動化は進展した。

(3) 電子式会計機（電子計算機）

電子計算機を用いた会計処理である。初期の電子計算機はカードまたはテープ（磁気テープまたは紙テープ）によりデータは入力され、指令テープにより指示される処理手順にしたがって計算が行われ、計算結果はカードまたはテープに取り出し自動印刷機にかけられるか、あるいはただちに印刷される。分類・再編・計算・記録は高速で自動的に行われる。従来の会計用機械に比べて高速で、オートメーション化が徹底されている。なお、初期の電子式会計機（電子計算機）は簿記の一巡の自動化を目指し、実際簿記の一巡を行う機能を備えるようになった。

3. オフィス・オートメーション

1980年代になると、オフィス・オートメーションが進行し、80年代はオフィス・オートメーションの時代であるといわれるようになった。

浦田氏はオフィス・オートメーションについてまずオフィスとオートメーションを分けて考察した。その結果オフィス像を以下のように要約した⁴。

オフィスの機能は、マネジメントが最も効果的に遂行されるようにサポートすることであり、また組織行動が円滑に行われるために組織の構成要素に必要な情報を提供する任務を負っている。そこで、オフィスの機能には、いろいろな組織行動の展開にそなえて機動性、即応性、継続性、適合性、適時性、相互性、結合性などの働きを用意することが必要である。そのためにある面では可能な限り装置化され、またある面ではより人間化された機能空間も思索される。そしてこのような工夫の過程から、機能的立場より見れば、複数の空間を自在に結合してオフィスの場を考え、同時に組織の分権化と分割性に応じて、オフィス機能を統合的に、ある時は分散的に扱うことができるよう設計することになる。一方、物理的な見地では、地域環境

に対する構造物の均衡性、安定性も考慮され、オフィスの調和には、ますます各種の工夫が払われるようになる。かくして、オフィスは組織体の対社会に対する考え方を代表するものとなり、組織行動力の源泉としてこれを活用することになる。

この要約を見ると、オフィスは単に人と機械がある部屋というわけではなく、各種の機能を有し、可能な限りの装置化と人間化された機能空間があり、オフィスの場を考え、機能を統合的あるいは分散的に扱い、また社会に対する考え方を代表し、組織行動力の源泉となるものであることがわかる。

この概念が提出された当時（1990年）と現在ではICT環境はかなり異なっている。電子計算機や周辺機器の能力は非常に高くなり、またインターネットを中心とするネットワークの大幅な進展は仮想空間上のオフィスも存在しうる状況となっている。さらにクラウドの発展は「所有することから借りることへ」との概念の転換をもたらした。ただし、本質的には当時提出されたオフィス像は現在のオフィス像に通じるものがある。

オートメーションについては以下のような10段階の発展を提示している⁴。

第一段階：人間の動作を機械へ代置する（シュレッダー、タイプライター、複写機など）。

第二段階：人間の調整作業を機械へ委譲する（瞬間自動湯沸器、自動調整付各種機械など）。

第三段階：人間の論理思考をプログラム化し、メカニズムを管理する（自動旋盤、自動ミシン、PSCなど）。

第四段階：物的段階から知能的段階へ機械委譲の範囲が拡大する（アセンブリーライン、プロセス・オートメーション、EDPの適用など）。

第五段階：知能的段階における働きが、機能別・階層別に分化して機械化が進み調整・修正機能の装置化が進行する（無人工場化の部分的出現、分散処理システム、ホストコンピュータ化など）。

第六段階：組織の部分から全体的にオートメ化が展開し、統合と分化に応じるシステムが発達する（行動主体のオートメ化が促進し、この行動主体を統合する運用主体にもオートメ化的な考え方が導入されるが、現時点では明確な組織システムとなっていない）。

[注意] 論文は1981年に発表されているので、現時点とは1980年代初頭を表す。

第七段階：一つの組織体から複数の組織にまたがり、共用可能なオートメ化システムへと拡大

する。銀行相互間の預金引き出しシステムなどにその発展の方向を見ることができる（今後の問題）。

第八段階：一つの組織体という視点ではなく、社会的次元から構想され、組織相互のシステム関連をふまえてのオートメ化へと前進する（1980年代後半の問題）。

第九段階：機械主体の部分と人間主体の部分が判然とし、その相互均衡と組み合わせが整然となってくる。二者の特性に適合したオートメ化が工夫され、オートメ化ベースの社会システムの開発が意図されるようになる（1990年代の問題）。

第十段階：機械的なシステムと流動的自由度の高いシステムとの運用が発達し、仕事と個人生活の調和に応じたオートメーション社会となる。（未来社会の理想的段階とでもいうことができ、社会の発展は限りなくこの段階へ接近してゆくと考えられる）。

上記のオートメーションの発展段階は1981年に発表されたが、その後の予想が適切であったことがわかる。現時点ですでに現実化されているものがかなりある。機械化事務は事務機械の導入が中心であり一企業の問題であるが、オフィス・オートメーションは単に一企業にとどまらず、社会全体を巻きこみオートメーション社会の建設を目標とする壮大な概念である。現在は第十段階にかかっていると思われる。インダストリー 4.0やソサエティ 5.0はまさにこの段階のオートメーション社会を実現しようとしている。

4. オフィス・オートメーションのシステム論的考察

オフィス・オートメーションが提唱された1980年代はそのシステム論的基礎として「サイバネティクス」が用いられていたが、ここではジョン・ホルランドの複雑適応系⁵を用いて考察し、オフィス・オートメーションが複雑適応系であることを示す。ただし、オフィス・オートメーションに関連する人も含むものとする。

ジョン・ホルランドは複雑適応系を「4つの属性①集合的特性②非線形性③流れ④多様性と3つのメカニズム⑤標識化⑥内部モデル⑦積み木」を有するシステムであると規定している。「①集合的特性」とはそのシステム全体として示す特性である。「②非線形性」とはシステムが非線形であることである。「③流れ」とは情報の流れである。「④多様性」とはシステムを構成している要素の多様性である。「⑤標識」とは集合体の形成を促進する一種の標識である。「⑥内部モ

デル」とは環境や環境との相互作用の情報の中から規則性を見出し、それらの規則性を一種のスキーマとして圧縮したものであり、このスキーマ（内部モデル）をもとに現実世界で行動する。

「⑦積み木」とはエージェントがさまざまな行動を起こす際によく使われるような行動を構成要素としてとっておき、それを積み木のように組み立てて使うことができることを意味する。

以下では、オフィス・オートメーション・システムがジョン・ホランドの複雑適応系であることを示す。①集合的特性は経営目標を達成するために効率的に経営戦略を実行すること（あるいはその仕組みを有していること）である。システムに属する各部門が連携して経営戦略に沿った活動を行い、経営目標を合理的に達成することである。②非線形性については、数式化されていないシステムであるから、数学的に厳密な証明はできない。ただし、インターネットの出現にともない情報の取得コストが格段に安価になってきており、2倍の情報を得ても必ずしも情報取得のためのコストは2倍になるとは限らないので、情報と取得コストの関係は線形でない、すなわち非線形とみなすことができる。情報の取得は経営においては必須であるので、情報取得に関する非線形性を持ってオフィス・オートメーション・システムは非線形であると考えてよい。③流れは情報の流れであるが、システム内に情報の流れは明らかに存在する。なぜならば情報は経営にとって不可欠な要素であるからである。④多様性についても明らかに存在する。企業の部署は複数存在しており、一つの部署に所属している人間もさまざまであるからである。⑤標識は経営目標あるいは経営目標を達成するためのオートメーション化の方針と考えればよい。⑥内部モデルはシステムの中の各部門における関連法規、各種の基準、社内規定、成功した先例などである。⑦積み木は現実の業務でよく使われる方法などで、これらを組み合わせて対応できる現実に素早く対処する。以上でオフィス・オートメーション・システムがジョン・ホランドの複雑適応系であることが示された。現実の業務でスキーマ（内部モデル）が試され、対応出来なくなったスキーマは廃棄され新たなスキーマが形成される。このようにしてシステムは適応度を高めていく。すなわち、より適応力の高い新たなシステムへと発展していく。

5. RPA(ロボティック・プロセス・オートメーション)

RPA(ロボティック・プロセス・オートメーション)とは今まで人間が処理していた定型業務をソフトウェアを用いて処理できるようにすることである。ソフトウェアもロボットと考えてこのような名称となった。「デジタルレイバー(Digital Labor)」と呼ばれることもある。RPAが処

理する作業は今までは人間しかできないと思われていた業務やそれ以上の業務も含まれる。以下ではRPAを概観する⁶。

RPAの特徴は以下のとおりである。

- ①人間がマウスやキーボードで操作していることの自動化。
- ②疲れや体調不良などが無いので、同じ条件下であれば同じ品質・精度で動作する。
- ③通常のソフトウェアとは異なり、単独のインストールでは効果がない。他のソフトウェアの存在が必要となる。
- ④プログラミングは不要ない。ただし、何をするかを設定や記録で具体的に細かく定義しないと動かない。
- ⑤複数のロボットを管理できる。

また、導入時の効果も以下のとおりである。

- ①コストの削減が可能
- ②社外情報（インターネット上のWebやデータベースサービス、オープンデータなど）を人間に代わり収集する。
- ③労働問題の解決
- ④業務品質の向上
- ⑤業務スピードの向上
- ⑥業務変更への対応が可能

RPAは3段階の発展が考えられている。

第一段階 業務の自動化：人間が行っていた定型業務の自動化が目的であるが例外的な処理は人間が行う段階。適用業務は構造化情報の取得、入力作業、検証作業などである。

第二段階 例外対応や一部の非定型業務の自動化が目的である段階：ディープラーニングなどの技術が中心となる。自然言語などの情報も扱える。適用業務は非構造化情報の取得、知識ベースを活用した問合せに対する回答、人間の介在によるアナリティクスなどがある。IBM Watsonがこの段階に属する。

第三段階 高度な自動化：高度に発達した人工知能により、作業のみならず、プロセスの分析・改善、意思決定などの自動化を目標とする段階。適用業務は意思決定、複雑な処理、高度なアナリティクスなどがある。

現時点では、導入には大規模な組織改革や大幅な業務変更を伴わないので、コストも比較的安価であるから、多数の企業に取り入れられていくシステムである。

6. オートメーションの進化のシステム論的考察

今までオートメーションの発展過程を見てきたが、ここではその発展過程を超システムを用いて考察する⁷。まずは超システムについて考え、その後オートメーションシステムが超システムであることを示す。

超システムは多田氏が免疫システムをもとに提唱したシステムで、以下のような特性を有している。

①自己生成：免疫細胞は「何でもない単一の細胞」からサイトカインなどにより好中球、好酸球、好塩基球、マクロファージ、B細胞、T細胞、NK細胞などの細胞に変化する。このようにして免疫細胞が形成されるが、多田氏はこのような過程を「自己生成」と名付けた。

②自己多様化：①の生成過程は、自己が多様な細胞を作り出しており、このような過程を「自己多様化」と名付けた。

③自己組織化：幹細胞から生じた多様な免疫細胞はばらばらではなく、異なったサイトカインを用いて交信し、全体として免疫システムを形成していく。このような過程を「自己組織化」と名付けた。

④自己適応：もともとT細胞は分化しておらず、胸腺で教育を受け、ヘルパーT細胞、キラーT細胞、制御性T細胞などに分化する。この中で自分自身に免疫応答を生じる細胞は処理される。この過程を「自己適応」と名付けた。

⑤閉鎖性と開放性：免疫系はすでに述べたような細胞の連携のみで成立しており、その意味では閉じた体系である（閉鎖性）。また、免疫系は常に外界に開かれており、外部からの情報を受け取り、その刺激に応じて自己を変形してゆく（開放性）。このような性質を「閉鎖性と開放性」と名付けた。

⑥自己言及：免疫系は外部からの情報（抗原）をもとに、より親和性の抗体を作り出すようなシステムを、それまでのシステムを破壊することなく作り出している。このように、外部からの情報をもとに自己の内部を自己で改革してゆくには、それまでに存在していた自己に照合しながら

ら、大幅な変更のないように実行するのが原則である。

⑦自己決定：個体がどのような病気にかかるかなどはすべてが決定されているわけではなく、個体自身が状況に応じて自己決定してゆく。これを「自己決定」と名付けた。

超システムは以上のような様式を備えたシステムとして定義されるが、多田氏は単に免疫系だけでなく、生命の存在様式として超システムをとらえている。さらに、言語、都市、国家なども超システムであると主張している。また、人間の文化活動も超システムととらえることもできるとも述べている。

次にオートメーションシステムが超システムであることを示す。

最初のオートメーション（自動化）は記帳会計機の自動制御機構レベルの単純な自動化であったが、穿孔カード式会計機になると自動化は進み、電子式会計機（電子計算機）において自動化がさらに進展した。電子計算機の発展とともに自動化は進展したが、1980年代になって高度な自動化を有するオフィス・オートメーション・システムが登場し、オートメーション化は著しく進んだ。現在のRPAでは定型作業がすべて自動化されるようになる。さらにディープラーニングなどによる人工知能の発展はより高度なオートメーション化（自動化）をRPAにもたらすと予想される。この過程は自己生成であり、自己多様化の過程である。事務機械群やオフィス・オートメーション、RPAは多様な部分から成り立っているが、それらが関連して自動化を達成している。これは自己組織化にあたる。また、旧式化したものは新しいものにとってかわられるので（旧式のものとは廃棄されるので）、これが自己適応にあたる。自動化は事務機械群、オフィス・オートメーション・システム、RPAがそれぞれ実施するので、この意味では閉じている（閉鎖性）。また、データは外部から取り入れられるので、この意味では開いている（開放性）。すなわち、閉鎖性と開放性が存在する。システムが進化するときでも「自動化」という機能は前のシステムから引き継がれていくので、自己言及も有している。人間もシステムの要素と考えているので、様々な状況においてもシステム自らが決定する。すなわち自己決定する。

以上の考察で、オートメーションシステムが超システムであることが証明され、さらに証明の過程でオートメーションシステムの発展も見ることができた（超システムによる発展過程の分析が多少なりとも実施できた）。

7. 終わりに

本稿では機械化事務、オフィス・オートメーション、RPAを考察し、オートメーションという観点からこれらのシステムを解析した。オフィス・オートメーションでは、サイバネティクスを用いたシステム論的考察がすでに行われているが、本稿では複雑適応系、超システムを用いて考察した。事務系をはじめとする非製造部門のオートメーションは今後も進展していくので、さらなる発展形を研究の対象としたい。

注

1. 人見勝人「オートメーションの本質」『オフィス・オートメーション学会論集 (1)』、1990、97～108.
2. この概要は本論文の内容を小生が要約したものである。
3. ここでの説明は以下の書籍を参考にした。
渡邊進、難波治郎、木谷秀雄『機械化会計』株式会社同文館、1956.
4. 涌田宏昭「オフィス・オートメーションの本質」『オフィス・オートメーション』第2巻1号、1981、9～14.
5. ジョン・ホランドの複雑適応系については以下の書籍を参照。
John H. Holland, Hidden Order, Addison-Wwsley, 1995.
ジョン・ホランド (著)、徳永幸彦 (著)、合原一幸 (編)「遺伝的アルゴリズム」『別冊日経サイエンス複雑系がひらく世界』日経サイエンス社、1997.
6. ここでは以下の書籍をもとにして概要を記述した。
大角暢之 (著)、佐々木俊尚 (監修)『RPAの衝撃』東洋経済新報社、2017.
安倍慶喜、金弘潤一郎『RPAの威力』日経BP社、2017.
西村泰洋『RPAがよくわかる本』秀和システム、2018.
7. 超システムについては以下の書籍を参照。
多田富雄『免疫の意味論』青土社、1993.
多田富雄『生命の意味論』青土社、1997.

参考文献

人見勝人「オートメーションの本質」『オフィス・オートメーション学会論集（1）』、1990、97～108.

渡邊進、難波治郎、木谷秀雄『機械化会計』株式会社同文館、1956.

涌田宏昭「オフィス・オートメーションの本質」『オフィス・オートメーション』第2巻1号、1981、9～14.

John H. Holland, *Hidden Order*, Addison-Wwsley, 1995.

ジョン・ホランド（著）、徳永幸彦（著）、合原一幸（編）「遺伝的アルゴリズム」『別冊日経サイエンス複雑系がひらく世界』日経サイエンス社、1997.

大角暢之（著）、佐々木俊尚（監修）『RPAの衝撃』東洋経済新報社、2017.

安倍慶喜、金弘潤一郎『RPAの威力』日経BP社、2017.

西村泰洋『RPAがよくわかる本』秀和システム、2018.

多田富雄『免疫の意味論』青土社、1993.

多田富雄『生命の意味論』青土社、1997.