

## 博士論文要旨

### REA とブロックチェーン技術を駆使した自律分散型のビジネス情報システムの構築

堀内恵

経営情報システムの構築に関する研究と実践は、組織の業務活動における情報処理の効率化や管理活動の有効性が向上すれば結果的に、顧客満足が実現され、顧客価値を創出できるという仮定に立っていたといえる。

しかしながら、2010年代に入ってから DX (Digital Transformation) 環境の進展は、効率化と質的向上による受動的な環境適応性をさらに高めるだけでなく、製品・サービスだけでなく組織構造・組織過程を抜本的に変革し、積極的・能動的に環境適応を実現することを支える情報化実践が今まで以上に期待されている。したがって、現代の DX 環境でのビジネスにおける情報化実践は、これまでとはかなり変容してきている。

第 1 は、ますます動態化したビジネス環境の不確実性の増大を前提に、顧客の経験価値の創出の向上を標榜して業務や管理と情報化のあり方を連動させて試行錯誤的に具体化していくなかで組織の構造やビジネス・プロセスのあるべき方向とともに、その支援をする情報システムの構築・改善を展開していく考え方が支持を得つつある。

第 2 は、顧客にとっての経験価値の創出を向上させるためには、特定の業界に制約されることなく他の業界も含めて、顧客の価値創造、とくに経験価値の創出の支援に関連する限り、企業その他組織体そして顧客や制度的な諸規制までもが一体的なビジネス・プロセスを構成するという認識とともに、それらの全体をエコシステムであるかのように認識して変革をする流れが生まれている。とくに今日の DX 環境においてはクラウド・コンピューティングを基盤にして各種のソーシャルメディアや AI 技術などを駆使して、特定業界を越えて各参加企業が競争と協調という視点から情報的相互作用を見直してビジネス・モデルと情報システムの再構成(ビジネス・プロセスの外延的拡張)が大きくなうねりになりつつある。

このような積極的・能動的な環境適応を支援する論理基盤は、特に Chesbrough(2003)の「オープンイノベーション」、Moore(1993)の「ビジネス・エコシステム」などの考え方が大いなる影響を与えている。これらの考え方は、基本的に単一の市場を前提にして顧客満足の内容を特定した上での戦略的ビジネス展開を支援する伝統的な情報化レベルからの決別を図ろうとする発想である。

動態的な環境であればあるほど、参加した個々の企業や組織体群もまた一つのエコシステム(生態系)あるいは生存システムとして協調的に機能して VN(Value Network)を構成しつつも、各々も生存システムとして VN への主体的な参入と退出が可能でなければならない。つまり、一つの生存システムとして機能することに「魅惑」を感じたときには主体的に参加をし、魅惑を失うときには、随時自由に退出できるという考え方である。

このような情報化実践の認識が多くの支持を得ようとも、現実に情報化実践をいかに具体的に推進すべきかに関する研究は、端緒についたばかりであって伝統的な技術決定論的発想が強く、また必ずしも実際に情報化実践を先導するレベルに達しているとはいえない。

本研究では、REA(Resource Event Agent)モデルと BC(Blockchain)技術の機能を駆使したビジネス情報システムの役割期待を実現するためには、まずは、取引および非取引事象にかかわる属性を多面(元的、微視的な属性認識のもとにデータを捕捉して情報潜在性を高める必要がある。次に、組織サイバネティックスの VSM(Viable System Model)(Beer, 1985)

の視点から、いかに自己制御機能(受動的環境適応)そして自己組織化機能(能動的環境適応)を支援できるのかを明らかにする。すなわち、各種の分析・予測・決定・評価等々の「分析モデル層」に、随時、効率的に入力する「中間データベース層」、およびこの層への「データ源の層」によって構成されるビジネス情報システムの「三階層構造」モデルがフィージビリティある接近方法であることを提示する。

そして、このビジネス情報システムの開発運用管理にかかわる技術環境が、現在どのような状態であるかを分析して、今後どのように技術環境が整備されなければならないかを明らかにする。また、同時に、組織間の VN を構成するビジネス情報システムにおいても、一つの生存システムのように組織サイバネティックス的な機能を実現することが重要になる。そのためには、組織間においても技術環境を支える企業間の「行動のプロトコル」の確立と運用が重要であることを明らかにする。したがって、社会技術的システム、社会構成主義、社会物質性アプローチのような技術と人間の実践における関係性を重視する実践研究が急がれることを明らかにする。

本論文は、7つの章で構成されており、序論では、本研究の背景(問題意識)と目的および本論文の構成を述べた。第2章以降の内容と成果は以下のとおりである。

第2章は、企業の情報化実践の検討においては、これまでの多くの研究に見られるような「はじめに情報技術ありき」であるかのような技術決定論的発想からの接近はとらない。むしろ社会技術システム、社会構成主義、社会物質性の視点から今日の分散の情報技術環境においてどのようにビジネス情報システムの役割期待を実現するかという課題に接近する必要が現実的な接近である。さらに、組織サイバネティックスにおける VSM は、企業その他組織体や利害関係者、制度的諸規制などで構成されるビジネス・エコシステム全体の情報化実践のあり方を検討するための道具あるいは分析枠組みとしても大いに有効であることを明らかにした。そして、REA モデル、現行の BC 技術を駆使する情報システムおよびビジネス情報システムの三階層構造モデルを評価するための枠組みとして、VSM の自己調整

機能と自己組織化機能の効率的、効果的な遂行のための組織化及び管理基準としてアシュビーの法則をベースにした二つの多様性バランスの等式を明らかにした。

第3章と第4章では、ビジネス情報システムの三階層構造の構築基盤としての REA モデルの特徴と限界を明らかにし(第3章)、組織サイバネティックスの VSM の観点から評価した(第4章)。REA モデルは、取引データを多元的に素次元レベルでかつ組織の機能横断的・一元的に捉えてデータの情報潜在性を高めるデータモデルである。拡張された REA モデルでは、取引を認識する範囲の拡大や、新たに組織間で取引データを一元的に捉える「独立の視点」の追加や、一元的に捉えた取引データを売手や買手といった「取引当事者の視点」からの取引データに効率的に変換する仕組み(REA 2.0)、さらには、取引開始から完了に至る過程を随時当事者に伝える仕組み(BTSM: Business Transaction State Machine)の考案によって、データの情報潜在性が一層高まることを明らかにした。しかしながら、取引モデルとしての REA モデルは、顧客による製品やサービスの利用・消費プロセスの特性を適切に捉えることができないので、DX 時代における環境の多様性の増大に対して十分な環境適応を実現することができない(第1の多様性バランス)。他方では、各サブ・システムは、組織全体として整合性を確保されたデータをそれぞれの関連環境における各業務や管理における決定や判断に利用できるのもので、組織全体として調整する第2の多様性バランスが実現する可能性が高い。また、組織間連携のプロセスの設計基盤としての REA モデルは、第1の多様性バランスは組織内向きの REA モデルと同じように多元的な属性認識が制約されるので、第1の多様性のバランスは十分に実現することはできない。第2の多様性バランスは、VN への参加企業が自律性を持ちながらもある場面においては、REA モデルの独立の視点によって、データを一元的に捉えることができる。しかしながら、顧客の経験価値の創出支援という共通の目的のもとに一体的な組織として機能させる人的・組織的な仕組みが必要になり、この仕組みは REA モデル(技術)だけでは必要十分とはいえないからである。

第5章では、O'Leary(2019)の主張を検討しつつ、第2世代の BC 技術である Etheruerm でのアプリケーション構築実験から、現行のコンソーシアム型 BC 技術を用いるビジネス情報システムがデータの独立性や相互運用性が低いという特徴を有しており、第1の多様性バランスは実現が困難であることを明らかにした。すなわち、データの情報潜在性が低いことから、各意思決定者が随時対応できるのはあらかじめ認識されている定型的な業務処理に伴う決定や判断に関するものに限定されるからである。このシステムではデータの独立性が保てないので、第2の多様性バランスも実現しない。つまり、構築実験の組織サイバネティックスによる評価によって、現行のコンソーシアム型技術は、三階層構造モデルのデータ基盤とはなりえないことを明らかにした。

第6章では、BigChainDB や Iroha 等の DB と BC との特性を合わせ持つ新しい BC 技術を利用することによって、データの独立を高めて相互運用性を高めることができることを明らかにした。そして、この新しい BC 技術を用いれば、REA モデルによる一元的に組織間で取引データを捉えて、それをそれぞれの組織内の取引データに変換して利用できること

を明らかにした。そのうえで、この変換した組織内の取引データに、非取引データ(天気、催事、ビックデータ)や組織内の他の DB のデータなどから構成される中間データベースを構築することによって、業務・管理さらには顧客の経験価値の創出の支援につながるデータ解析を高度化させるビジネス情報システムの三階層構造モデルを提案した。現実の流通ビジネスにおけるモデル構築の評価から、これまでの REA モデルの研究成果が核になることも明らかにした。つまり、BC の取引記録を組織間で共有しつつ同時に各取引当事者の視点からの記録も可能にする REA 2.0 の研究成果(Laurier, Kiehn, and Polovina, 2018; Laurier, Horiuchi, and Snoeck, 2021), 取引当事者間において取引開始から完了までの進捗状況を各当事者に伝える第 4 次レベルの BTSM の研究成果(堀内, 2020; Horiuchi, 2020)によってモデルの核は実現可能である。また, Murthy and Geerts(2017)の研究成果を利用することで、取引 5 局面のデータとビック・データとを随時関連づけて三階層構造のモデルの構築が可能になり、データの情報潜在性を高めることができる。さらに、組織サイバネティックスの視点からも第 1 および第 2 の多様性バランスを実現する可能性が高いことを明らかにした。

第 7 章では、各章を総括および結論を示し、今後の課題として以下の 3 点を指摘した。

第 1 に、三階層構造モデルの意義は、関連する取引と非取引データを効率的に結びつけて、多様な利用目的への適合性を高めることにある。本研究では非取引データについては構造化することができるデータ(Web サイトのログやソーシャルメディアの投稿)を想定している。しかしながら、多様な目的への適用可能性を高めるためには、構造化することが難しいデータ(ビデオファイル、音声ファイル、定性的なデータ)についてもいかに構造化して他のデータと関連づける仕組みの構築が必要になる。

第 2 に、三階層構造における分析モデルの効果を高めるためには、システム開発者でなくても、システムの利用者・運用者が経験や勘を駆使しつつ随時関連するデータベースの操作可能性を高めて、分析、予測、決定等を行うことができなければならない。そのためには、必要となる一連の操作(データの検索、抽出、分析、貯蔵、更新等々)を統合的に支援するユーザーフレンドリなパッケージ化されたシステムの構築が必要になる。

第 3 に、本研究では、特に社会構成主義的視点に留意をして、ビジネス・エコシステムとして高度に機能させるためには「行動のプロトコル」の存在が重要になることを強調してきたが、これは VSM における第 2 の多様性バランスを実現するという視点からの情報システムガバナンスの確立である。もちろんこのためには、COBIT5(Control Objectives for Information and Related Technology 5)で展開されているような個別事業体の階層的組織構造を前提にした IT ガバナンスの発想には限界がある。むしろビジネス・エコシステムとして認識する VN 全体に対して、Beer のいう分散と協調システムを支えるメンバー企業の主体的・創発的コミュニケーションと全体との凝集性を可能にする「チームテンセグリティ」(Beer, 1983)の発想での情報システムのガバナンスの確立も一つの有力な接近方法となるであろう。これらの問題は、本研究では十分な検討はできなかったが、三階層構造モデルを機能させるうえで喫緊の課題となる。