

インテグラル型産業における相互依存からの 組織間知識創造

中田, 行彦 / Nakata, Yukihiro

(出版者 / Publisher)

法政大学イノベーション・マネジメント研究センター

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

イノベーション・マネジメント / イノベーション・マネジメント

(巻 / Volume)

8

(開始ページ / Start Page)

37

(終了ページ / End Page)

55

(発行年 / Year)

2011-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010344>

<査読付き投稿論文>

インテグラル型産業における相互依存からの組織間知識創造

中田行彦

1. はじめに
2. 先行研究の調査
 - 2.1 アーキテクチャに関する先行研究
 - 2.2 設計構造マトリックスに関する先行研究
 - 2.3 知識創造に関する先行研究
 - 2.4 液晶産業のアーキテクチャに関する先行研究
3. 本論文の分析方法
4. 組織間知識創造に影響を与える外部環境の分析
 - 4.1 外部環境の分析
 - 4.2 外部環境の組織間相互依存に及ぼす影響
5. 組織間知識創造プロセスの事例研究
 - 5.1 液晶テレビ、液晶パネル、薄膜トランジスタ (TFT) の生産工程
 - 5.2 組織間知識創造のシャープにおける事例研究
6. 組織間相互依存からの知識創造の分析
 - 6.1 組織間相互依存の DSM による分析
 - 6.2 組織間相互依存のダイナミックス
7. インテグラル型産業における組織間知識創造プロセス
 - 7.1 組織間相互依存からの「知識相互創造」
 - 7.2 インテグラル型産業における知識創造の特徴
8. 結論

2010年6月2日提出、2010年10月19日再提出、2010年12月13日再々提出、2010年12月17日審査受理。

1. はじめに

日本の製造業の生産シェアは、液晶、半導体、太陽電池等において低下してきた。液晶では、日本の生産能力シェアは1997年の約80%から2008年の約13%と5分の1以下に低下した（ディスプレイサーチ2008）。半導体では、日本の売上高シェアは1980年代後半の約50%から2005年の20数%に下げた（NEDO 2005）。太陽電池では、日本の生産シェアは2004年に約50%に達した（新エネルギー・産業技術総合開発機構2007）。しかし、2009年には10%と5年間で5分の1に急落した（産業タイムズ社2010）。このように、日本の生産シェアという視点からも、日本の製造業の競争力は低下してきた。

野中・竹内（1996）は、この日本の競争力の源泉は日本型イノベーションにあるとし、個人レベルの暗黙知が4つの知識変換モードを通じて組織的に増幅され、より高い存在レベルのグループや組織で形にされる「組織的知識創造」が鍵であるとした。

一方、増大してきた複雑性を解きほぐす概念として、構成要素間の相互依存関係を分断するモジュール化が提案されている（Baldwin and Clark 2000）。また、ビジネスにも構成要素間の相互依存関係が生じることから、ビジネス・アーキテクチャの概念が出されている（藤本・武石・青島 2001）。藤本（2004）は、モジュール化とは反対の概念である、構成要素間の相互依存関係を維持した「擦り合せ型（インテグラル型）」が日本に適すると指摘した。

現在、知識創造の資源を社内だけでなく、社外の企業や大学、公的研究機関を含めた外部組織にも求めるようになってきたため、これらの組織間の相互依存関係が知識創造において重要になってきた。この組織間の相互依存関係は、ビジネス・アーキテクチャの概念で分析できるはずである。しかし、従来、ビジネス・アーキテクチャと知識創造の研究は別個に行われ、統合した研究は殆ど行われていない。

このため、日本に適していると言われるインテグラル型産業において知識創造がどのように行われているかとの問題意識をもった。これを明らかにするため、ビジネス・アーキテクチャと知識創造の研究を統合する研究フレームワークを用いた。また、ビジネス・アーキテクチャを、企業等の組織間の相互依存関係という新しい視点から、設計構造マトリックス（Design Structure Matrix: DSM）というツールを用いて分析した。

分析対象として、情報化社会のヒューマン・インターフェースとして重要な位置を占め、組織間によるイノベーションが活発に行われている液晶産業、特に世界初の液晶電卓を市場に送り出し液晶テレビで日本市場の約半分のシェアを持つシャープ株式会社と装置・部材メーカー間での知識創造の事例を中心に取り上げた。

本研究の主題を簡潔に述べると、日本が適していると言われるインテグラル型産業における組織間知識創造プロセスを、組織間相互依存に着目して解明することである。

2. 先行研究の調査

2.1 アーキテクチャに関する先行研究

Ulrich（1995）は、製品アーキテクチャとして、「機能体系のなかで機能要素と部材が一对一对応しているもの」をモジュラー・アーキテクチャ、「機能要素と部材が一对一对応でなく複雑な対応をもっているもの」をインテグラル・アーキテクチャと分類し、機能によ

り定義した。この Ulrich の機能による定義に対して、Baldwin and Clark (2000) は、構造の関係性に基いて「モジュール」の概念を次のように定義した。「モジュールとは、その内部では構造的要素が強く結びつき、他のユニットの要素と比較的弱く結びついている、ひとつの単位である。その結びつきには明らかに程度の差があり、したがって、モジュール化には濃淡がある。」このモジュールに分断する可視設計パラメータを、デザイン・ルールと呼んでいる。この構成要素間の相互依存関係はビジネスにも生じることから、藤本・武石・青島 (2001) は、ビジネス・アーキテクチャという概念を用い、ビジネスへ適用範囲を広げた。このビジネス・アーキテクチャは、製品アーキテクチャ、生産 (工程) アーキテクチャ、流通サービス・アーキテクチャとそれらの相互依存関係により規定される (藤本・武石・青島 2001)。本研究では、このビジネス・アーキテクチャにおける構成要素として、従来取り上げられなかった組織を用いて、組織間の相互依存関係に着目して分析した。

また、柴田・玄場・児玉 (2002) は、モジュール化しようとする学習過程を、システム全体に関わる新しい知識を獲得し、よりよいモジュールへの分断方法を見つけ出す「分断による学習」という概念に整理している。本研究は、モジュールへの分断プロセスとは反対に、インテグラル型産業における相互依存関係を維持した状態からの知識創造プロセスを解明することを主題とする。

なお、このモジュール化と反対の概念として、藤本 (2004) は、構成要素間の相互依存関係を維持した「擦り合せ型 (インテグラル型)」のビジネス・アーキテクチャの重要性を主張している。

そして、柴田 (2008) は「モジュラー型」と「インテグラル型」の往還をモジュール・ダイナミックとして分析しているが、本研究ではインテグラル型産業に集中し組織間知識創造プロセスを解明した。

本研究は、藤本が指摘するように日本に適するビジネス・アーキテクチャはインテグラル型であるとの立場に立ち、インテグラル型産業における組織間の相互依存関係を維持した状態からの組織間知識創造プロセスを解明することに意義がある。

2.2 設計構造マトリックスに関する先行研究

Baldwin and Clark (2000) は、先に述べたように、モジュールを内部および外部との構造的要素の結びつきの程度で規定している。つまり、モジュール内では相互依存関係にあり、モジュール間では独立していることから、設計パラメータ間の階層的な関係性と相互依存性を評価することが、モジュール化の程度を評価することになる。この設計パラメータ間の階層的な関係性と相互依存性を定量的にマップ化する方法として、彼らは DSM という分析ツールを用いた。この方法は、Steward (1981) により発明され、Eppinger (2001) が拡張し改良している。Eppinger (2001) は、製品開発で重要なのは情報の流れであり、製品開発に必要な作業を分析し、各作業の情報ニーズを特定して、各作業間の情報の流れを示すことにより、各作業間の階層的な関係性と相互依存性を DSM で分析している。

目代 (2006) は、DSM について基本概念と最近の研究動向を整理し、その適用方向として、部品・サブシステムに分解して開発製品の最適化、組織のグループ間を分析して開発組織の最適化、および開発プロセスにおける活動間の最適化の 3 つの方向があるとした。

このように、DSM は部品・サブシステム間、構成グループ間、活動間の相互依存性の分析に適用されてきた。本研究では、DSM を組織間の分析に適用したことに新規性があり、組織間の相互依存関係からの知識創造という独自の視点からの分析が可能となった。

2.3 知識創造に関する先行研究

Polanyi (1996) は、「我々は述べることができる以上にもっと知ることができる」と述べ、知識の論理段階以前の「暗黙知」の重要性を指摘した。

野中 (1991) および野中・米山 (1992) は、「組織間知識創造」に関して、日本半導体産業の事例等から研究を行った。その後、野中・竹内 (1996) は「暗黙知」から「形式知」への「知識変換モード」により知識創造される SECI モデルを提案した。個人の暗黙知が基盤となり、4 つの知識変換モードをつうじて「組織的に」増幅され、より高い存在レベルである組織や組織間で形にされ、「知識スパイラル」と名付けている。つまり、知識の存在レベルとして、個人から組織間に上昇・拡大するとしている。「組織的知識創造」は、「知識スパイラル」により、個人から組織成員が創り出した知識を組織全体で製品やサービスあるいは業務システムに具現化する。この「組織的知識創造」が、日本型イノベーションの鍵であるとした。

また、野中・徳岡 (2009) は、知識創造とビジネス・アーキテクチャの関係について、次のように言及している。「組み合わせ型」(モジュラー型) の開発では部品間の結合が標準化され、既存部分を組み合わせれば多様な製品ができる場合に効果的である。一方、「すり合わせ」は制約条件が多く、部品の設計を相互調整し、製品ごとに最適な設計をしないと高い性能が出せない場合に効果的だ。すり合わせ型 (インテグラル型) とは、すべての条件を形式知に落とし込んで、確認・合意していくのではなく、暗黙知を共有し、相互に相手の状況を読みながら微調整を繰り返すことで、全体を成立させる仕事の進め方だ。それゆえ、すり合わせにおいては、一緒に仕事をするメンバーの「関係性」が重要になる。参加するメンバーの①暗黙知の質、②その共有度合、および③どのような方向で知をすり合わせるのかの文脈、この三つを総称して「関係性」という (野中・徳岡 2009)。この研究は、知識創造をビジネス・アーキテクチャの視点からアプローチした分析であるが、一緒に仕事をするメンバー間での知識創造を取り上げており、組織間での知識創造を取り上げていないし、また「関係性」を相互依存性という視点では分析してはいない。

本研究は、知識の存在レベルとして、暗黙知の共有・蓄積の「場」である組織間を取り上げ、インテグラル型産業における組織間の「関係性」を、相互依存性とその変化に着目して、組織間知識創造プロセスを解明することに意義がある。

2.4 液晶産業のアーキテクチャに関する先行研究

中田 (2009) は、液晶と半導体を比較し、ビジネス・アーキテクチャの概念で分析した。半導体の場合、Si ウェハの投入から半導体素子が出来上がるまでのプロセス日数は、1~2 ヶ月と非常に長い。このため、1 社で全工程を実施するには、設備投資が過大となり、また多くの人材を雇用する必要がある。このため、中心となる工程は自社で実施しても、周辺工程を外部に委託しようと、つまり分業しようと動機付けられる。そして、デザイン・ルールとして標準 Si ウェハサイズを受け入れて全工程をモジュールに分断し、外部企業が標準 Si ウェハサイズに対応する標準装置を使用することにより、外部企業に周辺工程を委

託する分業が可能となる。また、半導体は情報を処理する機能が価値を持っており、素子サイズは直接的には価値を持っていない。このため、設計ルールの微細化により競争出来るため、標準 Si ウェハサイズと標準装置を受け入れられる。このようにデザイン・ルールにより工程が分断されることから、半導体工程のアーキテクチャはモジュール型工程といえる。

これに対して、液晶の場合には、ディスプレイであるため大きな画像ほど価値を持っており、液晶パネルのサイズ自体が価値を持っている。このため、他社より大きなディスプレイを生産するために、他社より大きなガラス基板を用いようとする。このようにガラス基板サイズが競争戦略の差異化要因であるため、液晶産業は標準化を受け入れられず標準装置は無い。また、液晶パネルを生産するプロセス日数は 4~5 日であるため、工程をモジュールに分断して分業するニーズは低い。このように、デザイン・ルールが無く、各工程間に相互依存関係があることから、液晶工程のアーキテクチャはインテグラル型工程といえる。

このため、インテグラル型工程をもつ液晶産業を、インテグラル型産業の代表事例として取り上げ、液晶産業における組織間知識創造プロセスを分析した。

3. 本論文の分析方法

本論文では、組織を「目的を達成するための人間集団」という組織学会の定義（組織学会ホームページ）をもちい、企業、公的機関、大学等の単位を組織として捉える。そして、インテグラル型産業における組織間知識創造プロセスを、組織間相互依存に着目して解明する。このため、インテグラル型産業における知識創造に影響を与える外部環境の分析と、シャープにおける組織間知識創造プロセスの事例研究および DSM による組織間相互依存の分析により解明する方法を用いた。

まず、インテグラル型産業の組織間知識創造に影響を与える外部環境について、シャープの液晶事業の事例を取り上げ、生産ラインのガラス基板サイズ、月間フル生産面積と投資額の推移から分析した。

また、インテグラル型産業における組織間知識創造として、シャープと装置・部材メーカー間での知識創造の事例を分析した。このインテグラル型産業の組織間知識創造の分析には、従来は別個に研究されていたビジネス・アーキテクチャと知識創造の研究を統合する、図 1 に示すような研究フレームワークを用いた。

このモジュラー型産業における知識創造は、図 1 に示すように、知識創造の視点からは、すべての条件を形式知に落とし込んで確認・合意していく仕事の進め方であり（野中・徳岡 2009）、ビジネス・アーキテクチャの視点からは、「分断による学習」という概念に整理できる（柴田・玄場・見玉 2002）。

一方、インテグラル型産業の知識創造については、野中・徳岡（2009）は、すり合わせ型（インテグラル型）とは、暗黙知を共有し、相互に相手の状況を読みながら微調整を繰り返すことで、全体を成立させる仕事の進め方であり、一緒に仕事をするメンバーの「関係性」が重要であると述べている。しかし、組織間の「関係性」を相互依存性という視点では分析してはいない。

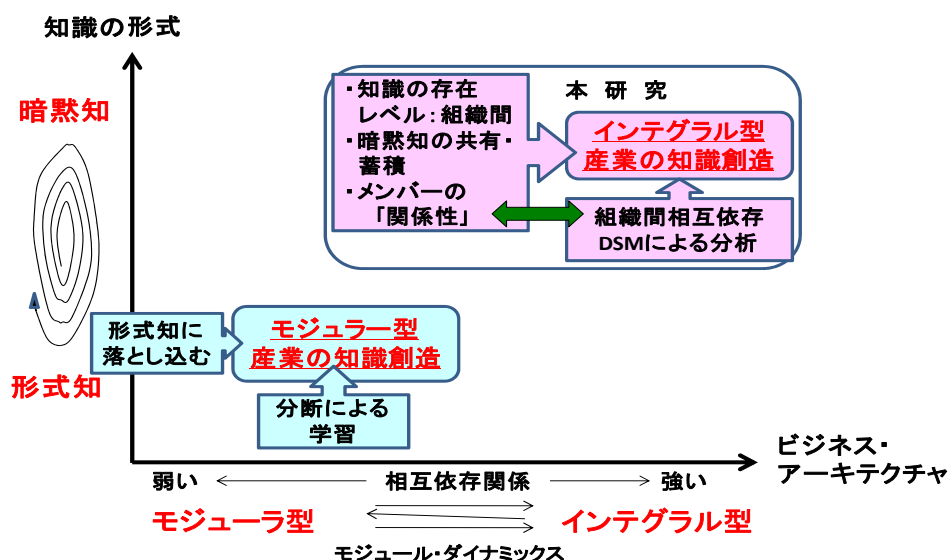
また、暗黙知の共有と微調整の繰り返しが重要であることから、SECI モデルの中でも、

特に共同化と内面化が重要なプロセスとなる。この共同化は、共体験により暗黙知を共有するプロセスであり、共体験する「場」が重要である。また、内面化は、技術的ノウハウ等の形を取り暗黙知ベースで蓄積される。本研究では、知識の存在レベルとして、暗黙知の共有・蓄積の「場」となる組織間を取り上げた。

本研究では、ビジネス・アーキテクチャの視点から、工程間の相互依存関係を示す工程アーキテクチャから産業を分類したが、後で詳述するように、各工程に対応した装置・部材があり、これらを生産する企業がある。つまり、各企業等の組織間で相互依存関係があると言える。

このため、図1に示すように、知識の存在レベルとして暗黙知の共有・蓄積の「場」として組織間を取り上げ、この組織間の「関係性」を、ビジネス・アーキテクチャの視点から組織間の相互依存性に着目してDSMにより分析するという、ビジネス・アーキテクチャと知識創造の研究を統合する研究フレームワークを用いた。この組織間の相互依存性の分析に、DSMを適用したことにも新規性があり、組織間の相互依存関係からの知識創造という独自の視点からの分析が可能となった。

図1 インテグラル型産業における組織間知識創造を分析する研究フレームワーク



(出所) 著者作成。

なお、著者は、シャープにおいて、液晶プロセスの研究開発を行うと共に、技師長として液晶の研究開発について管理・指導する立場にいた。この知識と経験と共に、シャープ液晶事業および亀山工場の経営責任者等へのインタビューにより分析した。

4. 組織間知識創造に影響を与える外部環境の分析

4.1 外部環境の分析

まず、インテグラル型産業における組織間知識創造に影響を与える外部環境を分析した。液晶産業は、既に述べたように、ガラス基板サイズは標準化されず標準装置はなく、工程間の相互依存関係が強く、インテグラル型産業といえる(中田 2009)。このため、インテ

グラル型産業の事例として、液晶産業を取り上げ、シャープの液晶生産ラインの推移を分析した。

シャープの液晶生産ラインの推移について、日経マイクロデバイス（2007）、シャープニュースリリース（2007, 2008, 2009a, 2010）を基に、図2を作成した。アモルファス・シリコン薄膜トランジスタ(a-Si TFT)を用いた最初の液晶生産ラインは、第1世代のガラス基板を用い1991年に天理に建設された。その後、第2世代から第4世代の生産ラインは、天理および三重に建設された。a-Si膜を低温で結晶化させた低温多結晶Si TFTを用いる液晶生産ラインは、天理および三重に建設された。低温多結晶Si TFTは、a-Si TFTより結晶性が良く特性が良いため、電子回路機能を集積できる特長がある。しかし、特性の均一性等の課題があるため、中小型液晶に限られ液晶テレビには用いられない。このため、低温多結晶Si TFT液晶のガラス基板サイズは、第4世代以下に限定されている。亀山工場は、第6世代の生産ラインが2004年1月から稼働し、第8世代の生産ラインが2006年8月から2007年に稼働している。また堺工場は、現在世界一の大きさである第10世代の生産ラインを2009年10月から稼働している(シャープ ニュースリリース 2009a)。

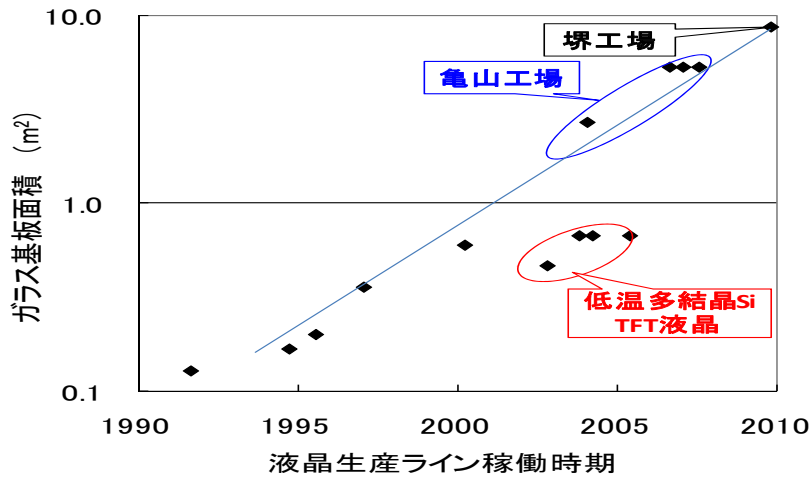
ガラス基板面積の推移を、図2(a)に示す。ガラス基板面積は、1994年の第2世代0.128m²から2009年の第10世代8.693m²まで、15年1カ月で52倍と急激に拡大している。これは、ほぼ2.5年毎に約2倍のガラス基板面積の拡大であり、この早い拡大速度に対応して、液晶生産装置およびガラス、偏光版、位相差板等の部材を開発する必要がある。

また、月間フル生産面積の推移を、図2(b)に示す。月間フル生産面積は、1994年の第2世代0.753万m²/月から2009年の第10世代62.5万m²/月まで、15年1カ月で83倍の急激な拡大を示している。これは、ほぼ2.5年毎に約2.1倍の月間フル生産面積の拡大であり、この早い拡大速度に対応して、ガラス、偏光版、位相差板のほかフォトレジストや半導体ガス、薬品等の部材について、生産量を拡大する必要がある。

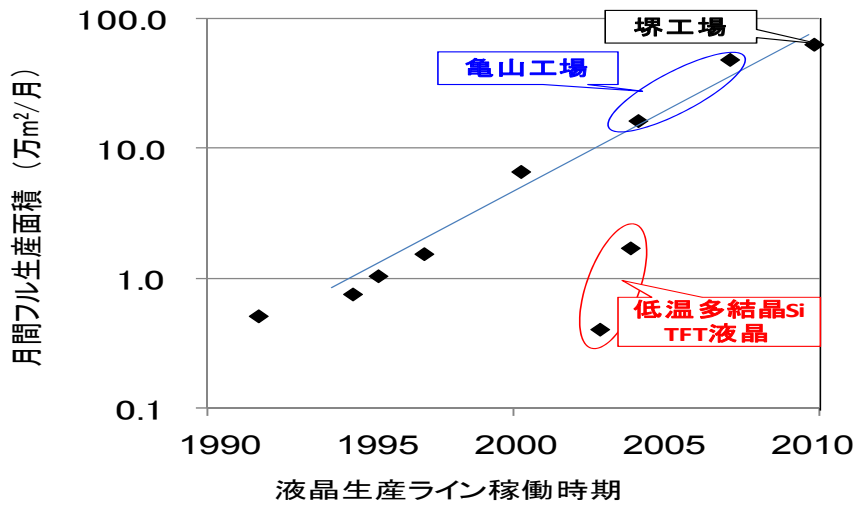
また、ガラス基板面積当たりの投資額の変化を、図2(c)に示す。液晶テレビの急激な価格低下に対応して、生産装置や部材の価格低下の要求は強い。ガラス基板面積当たりの投資額は、1994年の第2世代の2987億円/m²から2009年の第8世代の282億円/m²まで、11年11カ月で約10分の1と急激に減少している。これは、ガラス基板面積当たりの投資額は、ほぼ2.5年毎に約35%低下しており、生産装置の急激な価格低下が必要である。

このように組織間知識創造に影響を与える外部環境として、液晶パネル・メーカーと装置・部材メーカーは、2.5年毎にガラス基板面積を約2倍に拡大した装置・部材の開発、ガラス基板面積当たりの投資額約35%削減に対応できる装置価格低下、部材生産量の約2.1倍の拡大という強いプレッシャがある。

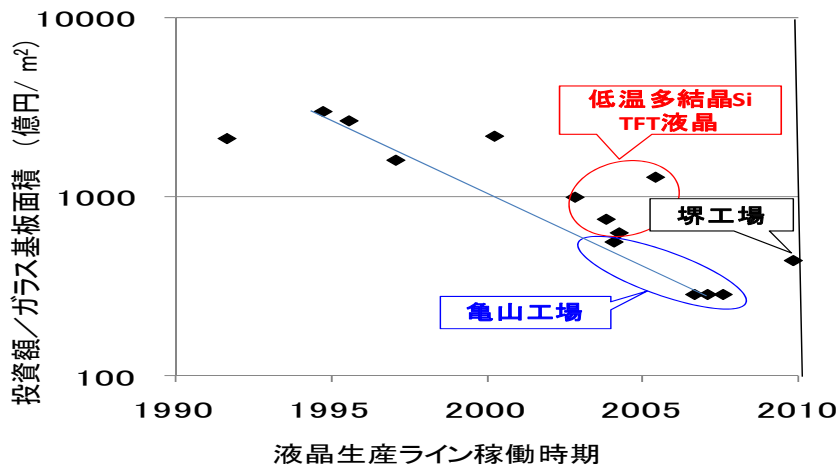
図2 シャープ液晶生産ラインの推移



(a) ガラス基板面積の推移



(b) 月間フル生産面積の推移



(c) ガラス基板面積当たりの投資額の推移

(出所) 日経マイクロデバイス (2007)、シャープ ニュースリリース (2007, 2008, 2009a, 2010) を基に著者作成。

4.2 外部環境の組織間相互依存に及ぼす影響

液晶産業は、インテグラル型産業であり、標準装置が無い場合、液晶パネル・メーカーは、装置・部材メーカーと協力しなければ、工場設計・建設もできず、組織間は強い相互依存関係にある。

更に、上記で述べたように、外部環境からの強いプレッシャがあるため、液晶パネル・メーカーは、新規の提携先との知識創造を行うよりも、既に相互依存関係にある装置・部材メーカーと既に組織間で蓄積された暗黙知を活用して短期に効率よく知識創造しようと、強固また長期に相互依存関係を形成・維持して知識創造しようとする方向に動く。

つまり、インテグラル型産業における組織は、クローズドで強固また長期に相互依存関係を形成・維持しようとすると言える。

5. 組織間知識創造プロセスの事例研究

以上述べた外部環境からの強いプレッシャの基で、クローズドで強固また長期な相互依存関係にある組織間の「場」において、知識創造を行っている。その事例研究として、シャープと装置・部材メーカー間で行われた組織間知識創造を分析した。

5.1 液晶テレビ、液晶パネル、薄膜トランジスタ (TFT) の生産工程

液晶事業における組織間知識創造を分析する前提として、まず液晶テレビ、液晶パネル、薄膜トランジスタ (TFT) の生産工程について述べる。

(1) 液晶テレビの生産工程

液晶テレビおよび液晶パネルとモジュールの生産工程は、(1)TFT、(2)カラー・フィルタおよび(3)液晶の各工程を含んでいる。TFT は、画像のコントラストおよび応答速度を改善するため、ガラス基板上に成膜、露光およびエッチングを繰り返すことにより形成される。TFT 基板とカラー・フィルタの2つの基板は貼り合わされセルを形成する。この TFT-液晶セルは、個別のパネルに分割される。この個々のパネルに液晶材料が注入され、液晶パネルとなる。この液晶パネルに、駆動用の集積回路(IC)、バックライト、光学フィルムおよびカバーが取り付けられ、液晶モジュールが作られる。この液晶モジュールは、液晶テレビへ組み立てられる。

(2) 薄膜トランジスタ (TFT) 基板の生産工程

TFT 工程は液晶パネル生産のコアプロセスで、液晶工場の建設資金の約 70%以上が TFT 工程に投資される。TFT 工程は、最近の主流は 4 枚マスクであり図 3 に示す。TFT 工程は、成膜、露光、エッチングの繰り返しである。成膜には、スパッタ法による金属成膜と、Chemical Vapor Deposition (CVD)装置による半導体膜と絶縁膜の成膜がある。露光工程には、レジスト塗布と現像があり、その他に薄膜を除去するエッチングがある。工程の長さは、繰り返す露光工程に使用するフォトマスク数で表すことができる。まず金属を成膜した後、1 枚目のフォトマスクを用いドライ・エッチングによりゲート配線を成形する。その後、TFT の中心部となる a-Si 系の 3 層を成膜した後、金属を成膜し、2 枚目のフォトマスクで TFT と信号線を成形する。その後、3 および 4 枚目のフォトマスクを用い、おのお

の保護膜と透明画素を形成して出来上がる。

図3 薄膜トランジスタ (TFT) 基板の4枚マスクでの生産工程

	1	2	3	4	
	ゲート配線	アモルファスSi系膜	信号線配線	保護膜	透明画素
洗浄	●	●	●	●	●
スパッタ	●		●		●
CVD		●		●	
レジスト塗布	●		●	●	●
露光	●		●	●	●
現像	●		●	●	●
ドライエッチング	●		●	●	●
レジスト剥離	●		●	●	●
熱処理					●
検査					●
	金属成膜	アモルファス3層成膜 (n+a-Si/a-Si/SiNx)	金属成膜	保護膜成膜	透明膜成膜
	配線成形		トランジスタ・信号線成形 (金属/n+a-Si/a-Si/SiNx)エッチ	保護膜成形	透明画素成形

(出所) 著者作成。

5.2 組織間知識創造のシャープにおける事例研究

シャープと装置・部材メーカー間で行われた組織間知識創造の具体的な事例として、TFT基板の生産工程を取り上げる。

シャープでは、液晶生産ラインの立ち上げを専門に行っているグループがある。そのグループの中でも、担当する装置、システムが専門化されている。薄膜を成膜する CVD 装置は、TFT の鍵となる a-Si や絶縁膜を成膜する重要な装置である。この CVD 装置やスパッタリング装置および洗浄装置、現像装置、露光装置等に担当が専門化されている。これら専門化されたグループ内で、情報交換が頻繁に行われる。この専門化する理由は、技術的に高度な知識・経験を要すること、装置メーカーとの間で研究から生産導入まで長期に知識創造を行う必要があり信頼関係の構築が必要であること、また担当者が専門化された領域の技術しか精通せず全体の技術流出のリスクを低減できることがあげられる。

(1) Chemical Vapor Deposition (CVD) 装置の事例

シャープは、次期液晶生産ラインに導入する CVD 装置を開発するため、装置メーカーとの相互依存関係を基に、組織間知識創造する。具体的には、ガラス基板サイズの拡大以外に、TFT 特性や生産性、良品率の改善のため、どのような装置仕様の改善を採用するかを、装置メーカーとお互いの暗黙知を共有し検討する。例えば、膜への電子等の衝突を低減する、成膜速を上げる、大型基板での膜厚の均一性を保つ等の方法と採用可否を、シャープと装置メーカーで評価・改善していく。つまり、組織間で、書類化されていない暗黙知を共有し、強い相互依存関係のなかで相互に影響を与えながら知識創造する。

そして、場合により、装置メーカーにある装置を使って、テスト試作を行う。また、例えば多数枚のガラス基板をカセットに入れて成膜するインライン式からガラス基板1枚ごとに成膜する枚葉式への変更を検討する場合や、電子・イオンによる膜への損傷を低下させるためプラズマ周波数の変更を検討する場合、および膜厚分布を改善するための新しい

プラズマ方式を検討する場合等の大きな変更を検討する場合がある。このような方式の大きな変更を伴う場合は、シャープと装置メーカーが協力し、量産機の基礎となるアルファ版、ベータ版の装置を作る。この装置をシャープに導入し、他のプロセスは生産用装置を用いて、液晶パネルを制作して、TFT 特性や生産性、良品率を装置メーカーと評価・改善を行う。

実際に生産への導入が決定されると、詳細な仕様の詰め、特性の評価・改善を、シャープと装置メーカーで行う。また最も重要なのは、工場の生産ラインに他の生産装置と共に設置し、実際に全装置を稼働させ、液晶パネルが正常な特性かつ計画した良品率で生産できるようにすることである。つまり、生産ラインの早急な立ち上げが重要であり、この立ち上げ時が、シャープと多数の装置メーカー間の相互依存関係が最も多くなる時期である。

(2) スパッタリング装置の事例

スパッタリング装置は、配線等の金属を成膜する装置である。この場合でも、ガラス基板サイズの拡大以外に、膜特性や生産性、良品率の改善のために、どのような装置仕様の改善を採用するかを、シャープと装置メーカーでお互いの暗黙知を共有し検討する。特に、スパッタ装置の場合、金属ターゲットにプラズマをぶつけて金属を飛ばせて薄膜とするため、良品率に影響するダストをどのように減らすかについて、シャープと装置メーカーで評価・改善を行う。具体的には、ダストが発生してもガラス基板上に落ちないように、成膜時にガラス基板を立てるが、ガラス基板を立てる方法等をシャープと装置メーカーで評価・改善を行う。つまり、組織間で暗黙知を共有し、強い相互依存関係のなかで相互に影響を与えながら知識創造する。

(3) ドライ・エッチング装置の事例

ドライ・エッチング装置は、成膜したアモルファスや絶縁膜を除去する装置である。この場合、重要なことは、全体が均一にエッチングされるか、また温暖化防止のため使用できなくなったガスがあり代替ガスを何にするか、配管に残留物が付着しないように配管等のどの部位にヒーターを付ければよいか等を、シャープと装置メーカーでお互いの暗黙知を共有し評価・改善を行う。

(4) 液晶工程の装置・部材の事例

液晶用部材の場合でも、基礎研究段階から、液晶パネル・メーカーと部材メーカーでサンプル品の試作・製品適用・評価・改善を行い、生産に適用できる特性まで改善していく。そして、大型化、量産化の研究開発段階も、組織間知識創造を繰り返すことにより、生産適用可能な部材を供給できるようにする。

液晶は視野角が狭い課題があり、広視野角技術の開発が必要とされていた。広視野角技術は種々あるが、広視野角と高速応答を実現する方法として、シャープはマルチドメイン方式と光学的補償方式を組み合わせた Advanced Super-V (ASV) 方式を研究開発した。ASV 方式液晶の基本構造は、マルチドメイン構造にした液晶セル、その両側に配置した位相差板と偏光版からなる（水嶋・渡辺 1999）。広視野角特性を得るためには、液晶材料の最適化、光学的補償フィルムの最適化、液晶セルのマルチドメイン構造と紫外線照射によるプレチルト角の制御等が必要になる。このため、液晶材料メーカー、光学的補償フイ

< 査読付き投稿論文 >

ルムメーカー、紫外線照射装置メーカー、およびシャープの TFT 基板の設計部門と工程を開発する部門等が強い相互依存関係にあり、これらでお互いの暗黙知を共有し、液晶パネルの広視野角特性を改善して、生産に導入する。シャープは、この ASV 方式を発展させた UV²A 技術を開発し、亀山第 2 工場と共に堺工場に採用している（シャープ ニュースリリース 2009b）。

このように、液晶工程装置・部材においても、シャープと多くの装置・部材メーカー間の相互依存関係を基に組織間知識創造している。

(5) 事例のまとめ

以上のように、CVD 装置、スパッタリング装置、液晶工程装置・部材等の事例においても、シャープと多くの装置・部材メーカーが、相互依存関係を基に、組織間で書類化されていない暗黙知を共有し、強い相互依存性のなかで相互に影響を与えながら組織間知識創造している。また、共体験により暗黙知を共有する共同化から、表出化、連結化を経て形式知へと変換される過程のみならず、内面化として技術的ノウハウ等の形を取り暗黙知ベースで組織間に蓄積される。この組織間に蓄積された暗黙知が、更に大きなガラス基板を用いた次の液晶工場の建設に活かされる。この組織間に蓄積された暗黙知を有効利用するためにも、組織はクローズドで強固また長期に相互依存関係を形成・維持しようとする。

6. 組織間相互依存からの知識創造の分析

組織間知識創造を、シャープと装置・部材メーカー間で行われた液晶事業の事例について前章で分析した。この組織間知識創造の事例を、組織間の階層的な関係性と相互依存性とその変化に着目して、著者の経験に基づき定性的分析し、DSM の形で図示した。DSM は、Eppinger (2001) と同じく情報の流れに着目し、組織間の情報の流れを示すことにより作成した。

6.1 組織間相互依存の DSM による分析

工場の企画・建設・立上げ段階における組織間の階層的な関係性と相互依存性について、5 枚マスク TFT 基板工程を基に、DSM を用いて既に分析した (Nakata 2009)。本研究では、現在主流となっている 4 枚マスク TFT 基板工程を基に、研究開発から生産までの組織間の情報の流れを示すことにより、組織間相互依存性の変化を、著者の経験に基づき定性的分析し、図 4 のように DSM の形で図示した。

この DSM の作成方法とこれから判る事項を述べる。液晶パネルの中心となる TFT の生産工程を、工程の順番に従って図 3 に示した。この各工程に必要な装置と部材を生産する組織を、工程の順番に従って図 4 の 1 番左の列に縦方向に記し組織番号を付ける。また、この列に縦方向に記された組織番号を、図 4 の 1 番上の行に横方向に同じ順番で記し、マトリックスをつくる。横軸に対応する組織ごとに、縦軸で対応している組織から必要な情報が供給されている欄に×印をつける。こうすると、行を横方向に見れば、この組織が必要とするインプット情報のすべてがわかる。列方向を縦に見ていくと、この組織が他の組織に供給するアウトプット情報がわかる。

また、図 4 の繰り返し回数は、TFT の生産工程において、その工程が繰返される回数を示

す。この繰返し回数を考慮して装置の導入台数が決定されるが、装置選定や保守の簡略化とコストダウンのため、同じ工程では殆どが同じ企業の装置を導入する。このため、組織間相互依存は、繰返し回数に依存せず、工程の繰返し回数を考慮せずに組織間相互依存を分析した。

(1) 研究開発段階

研究開発の段階では、長い研究開発の時間を要し、また高いリスクがある。既に述べたように、液晶パネル・メーカー、装置・部材メーカーは、強固また長期に相互依存関係を形成・維持し、組織間知識創造を促進する。また、液晶パネル・メーカーは、新しい装置や部材を採用する最終決定権をもつため、装置・部材メーカーは液晶パネル・メーカーに新しい装置・部材を提案し売り込む。したがって、液晶パネル・メーカーは、個々の情報の流れのハブとして機能し、装置・部材メーカーとの間において一対一で情報を相互に供給する。つまり、図4(a)に示されるように、液晶パネル・メーカーの行を横方向に見れば、全ての列に×印が示され、全ての装置・部材メーカーから液晶パネル・メーカーへ情報が供給されている。また、液晶パネル・メーカーの列を縦方向に見ると、全ての行に×印が示され、液晶パネル・メーカーから全ての装置・部材メーカーへ情報が供給されている。これらの他には×印が無いことは、装置メーカーや部材メーカーの間では、この段階では情報供給が行われていないことを表している。

言いかえれば、情報供給は、液晶パネル・メーカーと装置・部材メーカー間において一対一で相互に行われる。つまり、液晶パネル・メーカーと装置・部材メーカー間で一対一の相互依存関係が生じる。そして、組織間知識創造により、イノベーションの開発と選択が行われ、生き残ったイノベーションのみが生産に導入される。

(2) 工場の企画・建設・立上げ段階

工場の企画・建設・立上げ段階では、多くの情報を液晶パネル・メーカー、装置・部材メーカーの相互間で交換しなければならない。この液晶パネル・メーカーや、装置・部材メーカー間での情報交換は、図4(b)の×印で示されるように、多くの組織間で行われる。

液晶パネル・メーカーは、既に述べたように、他社より大きな液晶パネルを得ようと、標準ガラス基板サイズおよび標準装置を受け入れることができない。液晶パネル・メーカーは、なるべく大きなガラス基板サイズおよび装置を使用したい。このため、工場の企画段階で、液晶パネル・メーカーは、図4(b)の1番目の行の横方向に×印で示されるように、すべての装置・部材メーカーから生産適用可能な最大のガラス基板サイズの情報を収集する。その後、液晶パネル・メーカーは、工場で採用するガラス基板サイズを決定する。その決定したガラス基板サイズの情報を、図4(b)の1番目の列の縦方向に×印で示されるように、すべての装置・部材メーカーに供給する。また、図4(b)の×印で示されるように、関連する液晶パネル・メーカーや装置・部材メーカーの多くの組織間で情報交換が行われる。また、秘密保持の観点から、液晶パネルメーカーを介して情報交換する場合もある。

ガラス基板サイズの決定後、装置メーカーは、生産適用のため装置の最終設計を行い、工場建設日程に合わせて生産導入する準備を行う。部材メーカーは、生産適用できる品質と部材生産量を確保できるように開発し、工場建設日程に合わせて部材を安定供給できる

図 4 液晶産業における組織間相互依存の DSM による表示

液晶生産装置・材料メーカー		繰返し回数	組織番号	組織番号 (左の列に記された組織番号に対応する組織を表す)																			
生産装置	材 料			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
液晶パネルメーカー	ガラス	1	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
		2	X	●																			
洗 浄 スパッタ	スパッタ	5	3	X	●																		
		3	4	X		●																	
CVD	CVD ガス	5	5	X			●																
		2	6	X				●															
レジスト塗布	フォト・レジスト	7	7	X					●														
		4	8	X						●													
露 光 現 像	現像液	9	9	X							●												
		4	10	X								●											
ドライ・エッチ	エッチング・ガス	4	11	X									●										
		4	12	X											●								
レジスト剥離	レジスト剥離液	4	13	X												●							
		4	14	X														●					
熱処理 検 査		1	15	X															●				
		2	16	X																	●		
		1	17	X																	●		
		2	18	X																		●	

(a) 研究開発段階の組織間相互依存

液晶生産装置・材料メーカー		繰返し回数	組織番号	組織番号 (左の列に記された組織番号に対応する組織を表す)																	
生産装置	材 料			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
液晶パネルメーカー	ガラス	1	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		2	X	●	X	X		X	X	X	X	X				X	X		X	X	
洗 浄 スパッタ	スパッタ	5	3	X	X	●											X	X			
		3	4	X	X	X	●	X													
CVD	CVD ガス	5	5	X			●	X													
		2	6	X	X	X	X		●	X						X	X				
レジスト塗布	フォト・レジスト	7	7	X				X	●												
		4	8	X	X	X	X		X		●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
露 光 現 像	現像液	9	9	X				X			●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		4	10	X	X					X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	
ドライ・エッチ	エッチング・ガス	4	11	X	X					X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	
		4	12	X						X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	
レジスト剥離	レジスト剥離液	4	13	X	X	X	X	X	X	X	X										
		4	14	X	X	X			X	X	X										
熱処理 検 査		1	15	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	●	X			
		2	16	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	●			
		1	17	X	X															●	
		2	18	X	X																●

(b) 工場の企画・建設・立上げ段階の組織間相互依存

液晶生産装置・材料メーカー		繰返し回数	組織番号	組織番号 (左の列に記された組織番号に対応する組織を表す)																	
生産装置	材 料			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
液晶パネルメーカー	ガラス	1	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		2	X	●																	
洗 浄 スパッタ	スパッタ	5	3	X		●															
		3	4	X			●														
CVD	CVD ガス	5	5	X			●														
		2	6	X				●													
レジスト塗布	フォト・レジスト	7	7	X																	
		4	8	X																	
露 光 現 像	現像液	9	9	X																	
		4	10	X																	
ドライ・エッチ	エッチング・ガス	4	11	X																	
		4	12	X																	
レジスト剥離	レジスト剥離液	4	13	X																	
		4	14	X																	
熱処理 検 査		1	15	X																	
		2	16	X																	
		1	17	X																	
		2	18	X																	

(c) 生産段階の組織間相互依存

X : 情報の流れ ■ : 計画された相互作用

(出所) 著者作成。

ようにする。さもなければ、液晶パネル・メーカーは、装置と部材を得ることができず、液晶パネルを生産することができない。

なお、露光工程は、レジストコート、焼成、現像を含んでいる。この露光工程は、エッチング工程と相互依存関係にある。例えば、ドライ・エッチング工程では、フォトリジストと金属が同時にエッチングされ、フォトリジストの断面形状は、金属電極の断面形状に転写される。その後、フォトリジストが剥離される。言い換えれば、レジスト塗布からフォトリジスト剥離の工程において、工程間の相互依存関係があり、図 4 (b) で背景が灰色で示されるように、このフィードバックは計画されている。

また、図 4 (b) の右上半部の×印は、後のタスクからの情報が先のタスクに供給され、作業のやり直しを余儀なくさせるかもしれないフィードバックがあることを意味する。ガラス基板サイズの決定がなされた後は、このフィードバックは削減される。

(3) 生産段階

生産段階では、これらの組織間相互依存が大きいまま操業時まで継続すると適切な操業を阻害するため、相互依存関係は操業時までに削減されると考えられる。本稼働前の生産ライン立ち上げのための試験稼働において、装置と部材の改良および調節が集中的に行われ、図 4 (c) の×印で示されるように、生産段階では組織間の情報供給は減少し、相互依存関係は大きく削減される。しかし、レジスト塗布と現像工程間の情報の流れのフィードバックは残るが、コーター・ディベロッパというレジスト塗布と現像を組み合わせた装置があり、この情報フィードバックは、計画に取り込まれている。

6.2 組織間相互依存のダイナミクス

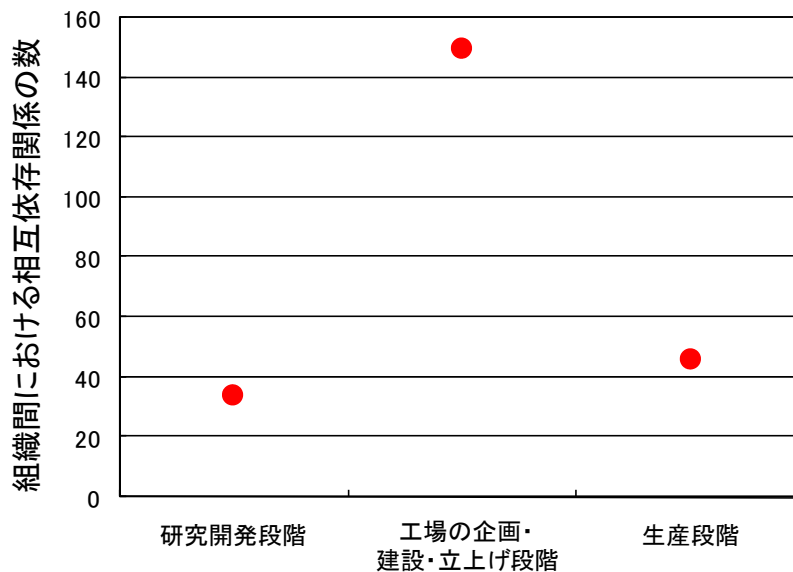
DSM は、組織間の情報の流れを表し、この情報の流れが組織間の相互依存関係を示す。また、図 4 において×印で示される組織間の情報の流れの数は、段階の経過と共に変化している。つまり組織間で相互依存関係にある数が増加していることを示している。このため、DSM における情報の流れの数を図 4 から計算し、組織間で相互依存関係にある数の変化を図 5 に示す。

研究開発段階では、液晶パネル・メーカーと装置・部材メーカー間で一対一の相互依存関係が生じる。工場の企画・建設・立上げ段階では、標準ガラス基板サイズがないため、組織間の相互依存関係の数は多くなる。しかし生産段階では、組織間の相互依存関係の数は、適切な操業のために削減される。

この結果、組織間の相互依存関係の数は、研究開発段階から工場の企画・建設・立上げ段階までに増加する。その後、工場の企画・建設・立上げ段階から生産稼働の段階に工程が進むにつれて、組織間の相互依存関係の数は削減されている。

このように、DSM を組織間の相互依存関係の分析に適用する新しいアプローチにより、インテグラル型産業において、組織間の相互依存関係の数は一定ではなく、段階の経過とともにダイナミックに変化し削減されていくことを見出した。

図5 液晶産業における組織間の相互依存関係の変化



(出所) 著者作成。(組織間相互依存の数は、図4のDSMの情報の流れの数から評価)

7. インテグラル型産業における組織間知識創造プロセス

本研究の事例研究から、インテグラル型産業における組織間知識創造プロセスについて見出した研究成果の要点を整理した。

7.1 組織間相互依存からの「知識相互創造」

先に述べた本研究の事例研究から、インテグラル型産業における組織間知識創造プロセスの要点は、組織間相互依存を基にした知識創造であることを見出した。このため、最も重要なことは、組織間の強い相互依存関係のなかで相互に影響を与えながら知識創造を行うこと、つまり本論文の中心概念を「相互創造 (Interactive Creation)」という言葉に集約できる。

これらの分析から、インテグラル型産業における組織間知識創造を「知識相互創造 (Knowledge Interactive Creation)」と名付けて次のように定義した。「知識相互創造とは、企業内外の組織間の相互依存関係を削減させると共に、組織間で知識を共有・創造・蓄積する行為である。」

また、野中・竹内 (1996) は、SECI モデルでは知識創造のスパイラルにより組織的に増幅されるとしている。液晶産業でも更に大きなガラス基板を用いた液晶工場の建設が繰返されるように、「知識相互創造」も繰返される。この「知識相互創造」の繰返しに対応して、組織間相互依存の数は多くなったり少なくなったりの変動を繰返す。ただ、一つの「知識相互創造」プロセスでは、組織間の相互依存関係は削減されると共に知識創造される。

7.2 インテグラル型産業における知識創造の特徴

インテグラル型産業における知識創造は、モジュラー型産業とは異なっており、この特徴を、以上の分析と議論から抽出・整理した。

- 1) インテグラル型産業における組織は、クローズドで強固また長期に相互依存関係を形成・維持しようとする。
- 2) 組織間で書類化されていない暗黙知を共有し、強い相互依存性のなかで相互に影響を与えながら知識創造すると共に、暗黙知として組織間に蓄積する。
- 3) 組織間の相互依存関係を削減させると共に、組織間で知識を共有・創造・蓄積する。この行為を「知識相互創造」と名付けた。
- 4) 組織間知識創造の繰返しにより、組織間相互依存の数は多くなったり少なくなったりの変動を繰返す。

このように、インテグラル型産業における知識創造は、明らかにモジュラー型産業の知識創造とは異なる特徴を有しており、この中心概念を「知識相互創造」と名付けた。

8. 結論

日本が適していると言われるインテグラル型産業における組織間知識創造プロセスを、ビジネス・アーキテクチャと知識創造の研究を統合する独自の研究フレームワークを用いて分析した。

まず、インテグラル型産業の組織間知識創造に影響を与える外部環境を、シャープ株式会社の液晶事業の事例から分析した。その結果、液晶パネル・メーカーと装置・部材メーカーは2.5年毎に、ガラス基板面積を約2倍に拡大し、かつガラス基板面積当たりの投資額を約35%削減すると共に、部材生産量を約2.1倍に拡大する必要があり、組織間知識創造に強いプレッシャがあることを見出した。

この外部環境からの強いプレッシャにより、液晶パネル・メーカーは、既に相互依存関係にある装置・部材メーカーと既に組織間で蓄積された知識を活用して短期に効率よく知識創造しようと、強固また長期に相互依存関係を形成・維持して知識創造する方向に動く。つまり、インテグラル型産業における組織は、クローズドで強固また長期に相互依存関係を形成・維持しようとする。

また、組織間知識創造の事例研究として、シャープの液晶事業を分析した。この結果、シャープと装置・部材メーカーは、強固また長期の相互依存関係を形成・維持しながら、組織間知識創造により生産装置・部材を研究開発し生産導入してきた。つまり、組織間で暗黙知を共有し、強い相互依存性のなかで相互に影響を与えながら知識創造すると共に、技術的ノウハウ等の形を取り暗黙知ベースで組織間に蓄積されることを見出した。

この組織間知識創造の事例を、組織間の相互依存関係に着目し、組織間の情報の流れから、組織間の相互依存性とその変化をDSMにより分析した。

その結果、組織間相互依存の数は、研究開発段階から工場の企画・建設・立上げ段階までに増加し、工場の企画・建設・立上げ段階から生産の段階に工程が進むにつれて削減されることを見出した。このように、インテグラル型産業において、組織間相互依存の数は一定ではなく、時間の経過とともにダイナミックに変化し、削減されていくことを見出した。また、組織間知識創造の繰返しにより、組織間相互依存の数は多くなったり少なくなったりの変動を繰返す。

これらの結果から、インテグラル型産業では、各組織は強い相互依存関係のなかで相互に影響を与えながら組織間知識創造を行うこと、つまり本論文の中心概念を「相互創造」

< 査読付き投稿論文 >

という言葉に集約できる。そして、インテグラル型産業における組織間知識創造を「知識相互創造」と名付けて次のように定義した。「知識相互創造とは、企業内外の組織間の相互依存関係を削減させると共に、組織間で知識を共有・創造・蓄積する行為である。」

本研究は、日本が適していると言われるインテグラル型産業における組織間知識創造プロセスの解明に貢献できたと考える。

今後の研究課題として、中国への液晶工場の建設や装置移転が始まっており、液晶産業がインテグラル型からモジュラー型へ移行するかを注視したい。また、他のインテグラル型産業を分析して「知識相互創造」を検証していくことも、今後の研究課題である。

謝辞

知財戦略推進事務局の内閣参事官安藤晴彦氏から、ビジネス・アーキテクチャに関するアイデアについての示唆を受けたことに感謝する。また、立命館大学 MOT 大学院テクノロジー・マネジメント研究科研究科長阿部惇教授、玄場公規教授、名取隆教授に指導を受けたことに感謝する。また、本報告の基となる研究に、独立行政法人日本学術振興会から支援を受けたことに感謝する。

参考文献

- 産業タイムズ社 (2010) 『太陽電池産業総覧 2011』 産業タイムズ社。
- 柴田友厚 (2008) 『モジュール・ダイナミックス イノベーションに潜む法則性の探求』 白桃書房。
- 柴田友厚・玄場公規・児玉文雄 (2002) 『製品アーキテクチャの進化論 システム複雑性と断断による学習』 白桃書房。
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2007) 『なぜ、日本が太陽光発電で世界一になれたのか』 新エネルギー・産業技術総合開発機構。
- ディスプレイサーチ (2008) 『Quarterly Supply/Demand and Capital Spending Report Q4'08 版』。
- 中田行彦 (2009) 「なにがビジネス・アーキテクチャの方向を決めるのかー液晶、半導体、太陽電池の比較研究からー」、『マネジメント・ジャーナル』、創刊号、神奈川大学国際経営研究所、2009年3月31日、pp.5-18。
- 日経マイクロデバイス監修 (2007)、TFT 各社の生産ライン、『フラットパネル・ディスプレイ 2008 市場新応用編』、日経 BP 社、pp.240-241。
- 野中郁次郎 (1991) 「戦略提携序説ー組織間知識創造と対話」『ビジネス・レビュー』 Vol. 38, No. 2, pp.1-14。
- 野中郁次郎・竹内弘高 (1996) 『知識創造企業』 東洋経済新報社。
- 野中郁次郎・徳岡晃一郎 (2009) 『世界の知で創る 日産のグローバル共創戦略』 東洋経済新報社。
- 野中郁次郎・米山茂美 (1992) 「組織間知識創造の理論ー日本半導体産業における集合革新のプロセスー」『ビジネス・レビュー』 Vol. 40, No. 2, pp.1-18。
- 藤本隆宏 (2004) 『日本のもの造り哲学』 日本経済新聞社。

- 藤本隆宏・武石彰・青島矢一 (2001) 『ビジネス・アーキテクチャ』 有斐閣。
- 水嶋繁光・渡辺典子 (1999) 「大型液晶テレビに向けて広視野角と高速応答を両立」、『フラットパネル・ディスプレイ 2000』、日経 BP 社、pp.113-115。
- 目代武司 (2006) 「製品開発マネジメントの分析ツールとしての設計構造マトリックスに関する考察」『地域経済研究』第 17 号、pp.25-42。
- Baldwin, Carliss Y., and Kim B. Clark (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, Cambridge, MIT Press, p.63. (安藤晴彦訳『デザイン・ルール』東洋経済新報社、2004 年, p.75)。
- Eppinger, S. D. (2001), “Innovation at the speed of Information”, *Harvard Business Review*, January 2001, pp.149-158.
- Nakata, Yukihiko (2009) “Product Design and Interdependencies Analyzed by Design Structure Matrix: Comparative Research of Liquid Crystal Display and Semiconductor”, *Design Principles & Practices: An International Journal*, Volume 3, Issue 2, pp.1-16.
- Polanyi, Michael, (1996), *The Tacit Dimension*, Routledge & Kegan Paul, London.
- Steward, D. V. (1981), “The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems”, *IEEE Transactions in Engineering Management*, 28 (3): pp.71- 84.
- Ulrich, Karl, (1995) “The role of product architecture in the manufacturing firm”, *Research Policy*, 24, pp.419-440.

参考資料

- シャープ ニュースリリース (2007) 「21世紀型コンビナート」2007年7月31日。
- シャープ ニュースリリース (2008) 「液晶パネル工場の再編に着手」2008年12月12日。
- シャープ ニュースリリース (2009a) 「堺市に建設中の液晶パネル新工場を10月に稼動」2009年4月8日。
- シャープ ニュースリリース (2009b) 「UV²A (ユーブイツーエー) 技術」2009年9月16日。
- シャープ ニュースリリース (2010) 「グリーンフロント 堺」2010年4月16日。
- 組織学会 ホームページ <http://www.soc.nii.ac.jp/aos/pdf/articles2.pdf>
- NEDO (2005) オンライン www.nedo.go.jp/activities/roadmap/denshi/2005/2_2.pdf

中田行彦 (なかた・ゆきひこ)

立命館アジア太平洋大学大学院経営管理研究科、国際経営学部教授