

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：32630

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26285082

研究課題名(和文)サイエンス型産業におけるデジタル・コンバージェンス現象の研究

研究課題名(英文)Research on Digital Convergence Phenomenon in the Science-based Industry

研究代表者

中馬 宏之 (Chuma, Hiroyuki)

成城大学・社会イノベーション学部・教授

研究者番号：00179962

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,500,000円

研究成果の概要(和文)：日本のサイエンス型産業がデジタル・コンバージェンス時代の境界破壊型の流れに喘いでいる様子を、主に半導体設計ツール産業を担うSynopsys社などへの聞き取り調査ならびに同産業に関する文理解両側面からの文献・資料に基づいて、独自の仮説を作成しその検証を行った。仮説の中核は、半導体産業特有の自在な仮想統合を可能とする進化可能性の高い製品・産業の双対モジュール構造の威力である。双対モジュール構造の背後には、川上・川下間での企業・組織間コミュニケーションインターフェースの標準化、それが可能にする企業・組織・産業・国家の境界を越えた知識の互換性・再利用性・拡張性・相互運用性が重要な役割を果たしている。

研究成果の概要(英文)：In the age of digital-convergence when the existing organizational borders are broken, many Japanese firms in the science-based industry have been weakening their competitiveness. To clarify the root cause of these phenomenon, this research paid attention to the EDA tool industries. More concretely, it conducted many interviews for both EDA and semiconductor makers. Moreover, to know the development process of EDA tools, we tried to make a comprehensive survey about social as well as natural/engineering sciences. Main core of the hypothesis is the impact of product-industry dual module structure which have the high evolvability and could induce the agile virtual vertical integration. Behind such a structure, there also exist the following important factors: the standardization of communication interfaces between upstream and downstream firms/organizations and the compatibility, reusability, scalability, and interoperability of their knowledge beyond various organizational boundaries.

研究分野：産業経済・技術経営

キーワード：産業のモジュール構造 EDA産業 デジタル化 製品のモジュール構造 双対モジュール構造

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の背景としては、既存の境界を破壊し想定外の相互補完性をもたらすデジタル・コンバージェンスが本格化する時代、予算・人員制約に苦しむ日本のサイエンス型産業という状況があり、同産業がどのようにして大いなる境界破壊型の波をとらえ世界に受け入れられる製品をいち早く開発していけるかを探る必要性を認識していた。サイエンス型産業として特に注目したのは半導体産業である。そして、その際に、ムーアの法則に従って急激な速度で微細化を進めてきた同産業をワンランク上の視点から眺められる位置取りにある半導体自動設計ツール EDA (Electronic Design Automation) 産業に注目した。半導体産業においては、EDA メーカーが、既存の境界を破壊し相互補完性を発揮する仕組みとして、最後の最後まで意志決定を延ばし一端決定したら速やかに実行に移すというリアルオプション戦略採用により社会的な埋没費用(Sunk Costs)を大幅に低減する仮想垂直統合型の鍵となっている様子を明らかにするためであった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、既存の境界を破壊し想定外の相互補完性をもたらすデジタル・コンバージェンスが本格化する時代、予算・人員制約に苦しむ日本のサイエンス型産業がどのようにして大いなる境界破壊型の波をとらえ世界に受け入れられる製品をいち早く開発していけるかを、当初は、日本勢がほぼ駆逐された iPhone に代表されるスマートフォン (Smart Phone) 用 CPU (Central Processing Unit)・SOC (System-On-Chip) を支える電子システムレベル (ESL: Electronic System Level) 設計ツール産業の事例と日本の電子顕微鏡産業に破壊的インパクトをもたらしたドイツ発の球面収差・色収差補正装置の 2 つの事例を取り上げ考察することであった。ただし、研究 2 年目頃から前者の EDA (Electronic Design Automation) 産業に人工知能関連の R&D (研究開発) が大きな社会的インパクトを与えはじめたため、さらに、一端将来が危ぶまれた電子顕微鏡分野において (未だに日立は喘いでいるが) 日本電子の内外における大躍進・挽回が起きたことも考慮して、電子顕微鏡関連の研究の歩調を落として、ビッグデータ型人工知能や脳型人工知能のインパクトに関連した研究を重点的に加速させた。もちろん、“技術や市場の相変化に気づきながらも世界に劣後しがち”な特徴を持つ日本のサイエンス型産業や科学技術政策の弱点を鮮明にし、その克服策を探るといふ当初の目的はそのままであった。

3. 研究の方法

本研究目的を達成するために、国内外にわたる聞き取り調査と学術論文・特許などの公開データや各種の歴史データを用いた分析、専

門家達との研究会を月に 1 回程度の頻度で行った。より具体的には、聞き取り調査は、Synopsys 社等の国内外の EDA 関連メーカーや半導体関連の世界的な R&D リサーチコンソーシアムであるベルギー IMEC、半導体設計ツール開発で斬新な試みを展開しているフランス LETI 及びパリ大学、欧州 Human Brain Project の脳型 AI プロセッサの拠点であるハイデルベルグ大学、スイス拠点として独自の半導体応用設計に関連した産学官プロジェクトを展開するスイス・ローザンヌ大学、日本の Neuroscience 研究の拠点である理化学研究所 (和光市) や独自の脳型人工知能プロセッサ (Neuromorphic Processor) の研究で知られる北海道大学、ビッグデータ型人工知能の視覚応用研究で存在感を示す豊橋技術科学大学、ビッグデータ型人工知能 Watson や脳型人工知能プロセッサ TrueNorth で有名な日本 IBM の研究開発部門などの研究機関や大学・企業の数多くの専門家達に対して実施した。なお、前述のように、EDA ツール開発と人工知能研究とが緊密に結び付きつつある現状を考慮し、途中からビッグデータ型人工知能関連デバイスと共に脳型プロセッサの研究開発状況、特にこれらのプロセッサ利用のための設計環境に関する先端の半導体メーカーでの試みなどについて、学術論文や各種の歴史データを分析すると共に、前述のような国内外の研究機関・大学・企業への聞き取り調査を少なからず実施した。さらに、EDA 関連では、当初の 3 年間にわたって、EDA メーカー (特に Synopsys) の日本サイドの研究開発者やそのユーザー側の半導体/コンピュータサイエンスの研究開発者及び共同研究者達と不定期のディスカッションや研究会を Face-to-Face ならびに電子媒体を活用してほぼ月に 1 回程度の頻度で実施した。ただし、延長後の 4 年目にはその頻度は少なくなった。電子顕微鏡関連に関しては、当初の 1 年半ほどは電子顕微鏡の電子レンズ設計ならびに同収差補正装置で世界的に有名になったドイツ・CEOS 社との関係の深い電子顕微鏡装置設計の専門家と長年最先端の TEM (透過型電子顕微鏡)・STEM (走査型透過電子顕微鏡) 等の電子顕微鏡を使った材料研究開発で世界的な貢献をしてきた応用サイドの専門家と、前半の 1 年半だけに留まってしまったが、月に 1 回程度の頻度で研究会を実施した。

4. 研究成果

日本のサイエンス型産業がデジタル・コンバージェンス時代の境界破壊型の流れに喘いでいる様子を、これまでの分析・調査に基づいて

『進化可能性の高いモジュール構造: 仮想統合の鍵としてのシノプシス』(Mimeo、近刊)

というタイトルの論文作成に至った。同論文は、現段階でもまだ精査中である。また、半導体設計ツール関連で採用が進みつつある人工知能分野の発展を探るために、特に最近のビッグデータ型及び脳型人工知能プロセッサ(Neuromorphic Processor)の研究開発に関連して、次のようなディスカッションペーパーを執筆した。

- ・ 『人的資本/Human Intelligenceと脳模倣型人工知能/Neuromorphic AI: インテリジェンスという視点から』
- ・ 『第4次産業革命における管理職の役割: 日米比較の観点から』
- ・ 『人工知能等の新しいテクノロジーを活かす能力とは何か 自己変化能と情報提供・働き方の変化に対する態度に関するアンケート分析』
- ・ 『AI/IoT時代における人的資本理論再考: 社会ネットワークとしての人的資本が必須に』

なお、電子顕微鏡の球面収差・色収差補正イノベーション研究に関しては、研究協力者達との調整不足等の要因により共同研究論文作成までには至っていない。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7件)

1. 中馬宏之・中屋雅夫・久保田達也「進化可能性の高いモジュール構造: 仮想統合の鍵としてのシノプシス」(Mimeo, 2018、査読付き専門誌に投稿予定) 1-20 頁(暫定)
2. 中馬宏之・今井正治・黒川利明「人的資本/Human Intelligenceと脳模倣型人工知能/Neuromorphic AI: インテリジェンスという視点から」(経済産業研究所ポリシーディスカッションペーパー、2017) 査読無し、1-79 頁
3. 戸田淳仁・中馬宏之・林晋・久米功「第4次産業革命における管理職の役割: 日米比較の観点から」(経済産業研究所ポリシーディスカッションペーパー、2017) 査読無し、1-15 頁
4. 久米功一・中馬宏之・林晋・戸田淳仁「人工知能等の新しいテクノロジーを活かす能力とは何か 自己変化能と情報提供・働き方の変化に対する態度に関するアンケート分析」(経済産業研究所ポリシーディスカッションペーパー、2017) 査読無し、1-27 頁
5. 中馬宏之「AI/IoT時代における人的資本理論再考: 社会ネットワークとしての人的資本が必須に」(経済産業研究所ポリシーディスカッションペーパー、2017) 査読無し、1-41 頁

6. 中馬宏之「やさしい経済学-デジタル化の衝撃と人的資本」(2017年5月17日~5月30日の下記計10回: 査読無し(頁数に関しては新聞掲載分のため省略))
 - 第1回 経験の相互活用が可能に
 - 第2回 日本企業、多段階競争で劣後
 - 第3回 個人も変化対応力 向上を
 - 第4回 現地・現物主義の威力低下
 - 第5回 必要な戦略は「トヨタ生産方式」
 - 第6回 他者の経験活用、効率アップ
 - 第7回 「集合知便益」の活用容易に
 - 第8回 半導体業界の教訓生かせ
 - 第9回 「保守」「革新」の両方必要
 - 第10回 多段階競争へ構造改革を
7. 中馬宏之「ICT/AI 革命下でのベッカー流人的資本理論の再考 自己変化能という視点から」(日本労働研究雑誌 2015年10月号(No.663)) 査読あり(但し招待論文) 68-78 頁

[学会発表](計 件)

[図書](計 件)

[産業財産権]

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<https://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/17050003.html>
<http://www.jil.go.jp/institute/zassi/ba cknumber/2015/10/pdf/068-078.pdf>
<https://www.rieti.go.jp/jp/publications/nts/17j062.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/17100008.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/17080017.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/publications>

[/summary/17080009.html](#)
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/index.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/01.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/02.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/03.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/04.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/05.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/06.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/07.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/08.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/09.html>
<https://www.rieti.go.jp/jp/papers/contribution/yasashii24/10.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者 中馬 宏之
(Chuma, Hiroyuki)
成城大学・社会イノベーション学部・教授
研究者番号：00179962

(2)研究分担者 なし
()

研究者番号：

(3)連携研究者
()

研究者番号：

(4)研究協力者
()