

Title	ソニーがイメージセンサー市場で競争力を維持する要因について： MPU事業との比較より考察
Sub Title	
Author	武田, 麻央(Takeda, Mao)
Publisher	慶應義塾大学商学会
Publication year	2023
Jtitle	三田商学研究学生論文集 No.2022 ,p.75- 91
JaLC DOI	
Abstract	<p>本論文は、市場成長が著しいイメージセンサー市場において、売上高世界第1位であるソニーグループ株式会社（以下ソニー）を研究対象としたものである。イメージセンサーは現在ソニーの基幹事業と言われている半導体事業の中核製品であり、世界市場の売上高シェアで約10年以上首位を保ち続けている。しかし、ソニーの半導体事業はかつてMPU「セル」で失敗し、問題事業部と認識されていた。本論文では、このように明暗が大きく分かれた二つの半導体事業に関わる経営行動の比較を試みる。特に、自社製品への搭載時期や外販時期に着目して両事業を比較・分析し、イメージセンサー分野においてソニーが長年競争優位を維持できている要因について経営学的視点から考察した。</p> <p>比較の結果、MPU事業では将来を見通した目標を掲げていたものの、それを実現するための手段を十分に講じず、自社製品の躓きによって自社製品への搭載のみに終わり、投資回収ができず失敗に終わっていた。一方、イメージセンサー事業では自社製品への搭載時期と外販時期に大きな差をつけず、用途製品市場が求めるイメージセンサーを開発し、市場の需要変化に合わせてイメージセンサーの販売方法を変化させていた。両事業の比較を通して、イメージセンサー市場でソニーが競争力を維持できている要因は、外部環境に合わせて適切に戦略を変え、自社製品への搭載のみにこだわらず他社からの受注が見込める商品を常に開発・販売してきたからであるということが明らかになった。</p>
Notes	論文
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00113718-00002022-0075

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

ソニーがイメージセンサー市場で 競争力を維持する要因について

—MPU 事業との比較より考察—

武田 麻央

<要 約>

本論文は、市場成長が著しいイメージセンサー市場において、売上高世界第1位であるソニーグループ株式会社（以下ソニー）を研究対象としたものである。イメージセンサーは現在ソニーの基幹事業と言われている半導体事業の中核製品であり、世界市場の売上高シェアで約10年以上首位を保ち続けている。しかし、ソニーの半導体事業はかつてMPU「セル」で失敗し、問題事業部と認識されていた。本論文では、このように明暗が大きく分かれた二つの半導体事業に関わる経営行動の比較を試みる。特に、自社製品への搭載時期や外販時期に着目して両事業を比較・分析し、イメージセンサー分野においてソニーが長年競争優位を維持できている要因について経営学的視点から考察した。

比較の結果、MPU 事業では将来を見通した目標を掲げていたものの、それを実現するための手段が十分に講じず、自社製品の躓きによって自社製品への搭載のみに終わり、投資回収ができず失敗に終わっていた。一方、イメージセンサー事業では自社製品への搭載時期と外販時期に大きな差をつけず、用途製品市場が求めるイメージセンサーを開発し、市場の需要変化に合わせてイメージセンサーの販売方法を変化させていた。両事業の比較を通して、イメージセンサー市場でソニーが競争力を維持できている要因は、外部環境に合わせて適切に戦略を変え、自社製品への搭載のみにこだわらず他社からの受注が見込める商品を常に開発・販売してきたからであるということが明らかになった。

<キーワード>

ソニー、イメージセンサー、CMOS、セル、MPU、半導体、外販

1. はじめに

イメージセンサーは電子の眼とも呼ばれ、デジタルカメラ（以下デジカメ）、スマートフォン（以下スマホ）、自動車などへ搭載される半導体部品であり、市場成長が著しい分野である。この分野では、後述するよ

うに 2000 年代半ばに主流技術の転換が生じ、競合企業や用途製品は時代とともに変化してきた。このように市場環境が変化していく中、ソニーは主流技術の転換時に一度シェアを落としたものの再び売上高ランキングで首位を取り戻し、イメージセンサー市場において長年圧倒的な存在感を示している。

ソニーのイメージセンサーが売上を伸ばし競争優位を保ち続けることができてきている要因について、長年蓄積してきた高い技術力やノウハウなどが書籍や論文などで述べられてきた。しかし、同社が 2007 年に撤退を発表した MPU「セル」との比較によりイメージセンサーの成功要因を分析した研究はこれまで行われていない。明暗を分けた MPU 事業とイメージセンサー事業には経営行動にも違いがあるはずであり、そこに研究の余地があると考えた。そこで本論文では、市場環境が変化する中でもソニーがイメージセンサー市場で競争力を維持している要因について、過去の MPU 事業との比較を通して論じていく。この論文を通して、基幹部品事業で利益を創出し競争優位を保つために必要な経営行動について言及することができるだろう。

次に本論文の構成を示す。2 章では、イメージセンサーに関する概観、ソニーの半導体事業に関する概要、沿革、業績推移を示し、3 章では、ソニーの CMOS イメージセンサーについて述べられた先行研究を示す。4 章では、3 章を受け、「ソニーが同じ技術力を持って注力したにもかかわらず失敗した MPU 事業と今日成功しているイメージセンサー事業との経営行動を比較することで、経営学的観点からソニーのイメージセンサーの成功要因について考察できるのではないか。」という問題提起をし、ソニーのセル開発について確認する。5 章では、セル事業とイメージセンサー事業でのソニー製品との関連性や役割、外販に関わる動きを比較することで検証を行う。6 章では、本論文のテーマであるソニーがイメージセンサー市場で競争力を維持する要因は、ソニーが長年培ってきた技術力とともに、自社製品への搭載のみにこだわらず、用途製品市場の変化に合わせて他社からの受注が見込める商品を開発・販売しているからである、という結論で本論文を締めくくる。

2. イメージセンサーおよびソニーに関する概観

(1) イメージセンサーの概観

イメージセンサーとは、光を電気信号に変換して携帯電話、パソコン類、ゲーム機など様々な機器においてカメラの中核部品として機能する半導体部品である。1980 年にソニーによってイメージセンサーを用いた世界初のカラーカメラ「XC-1」が登場し、現在まで市場規模は年々拡大し続けている。現在最大の用途先はスマホなどモバイル用である¹⁾が、自動車や医療機器などにも用途が拡大し続けている²⁾。

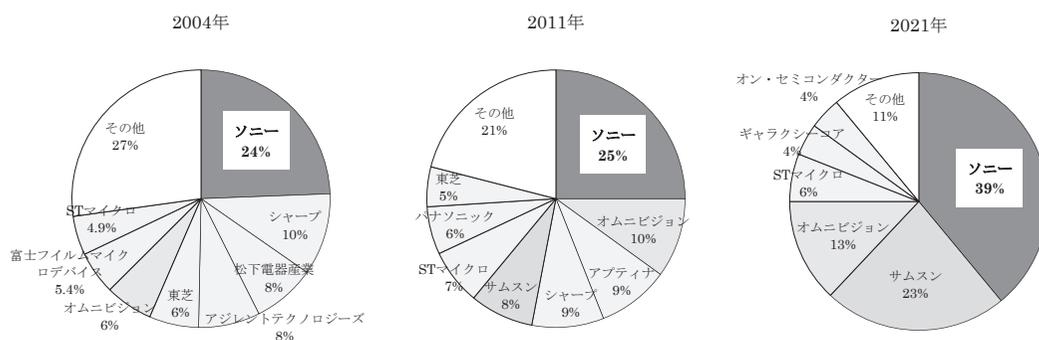
¹⁾ YOLE の“CMOS Image Sensor Market Monitor”を参照。

²⁾ 石川、他 (2014) 参照。

市場発展が続くイメージセンサーであるが、2000年代半ばを境に技術転換が生じた。当初カメラ製品には CCD³⁾ という技術が搭載されていた。一方、2000年代になると携帯電話の小型化・多機能化が進み、携帯電話にもカメラが搭載されるようになった⁴⁾。その際、CCD に比べ感度が低くノイズが多いが低消費電力である CMOS が当初使われ始め、その後の技術向上により CMOS の性能が全て CCD を上回ったことで CMOS が優勢となり、2009 年頃に世界市場規模が逆転した。現在では CMOS が主流技術となっている⁵⁾。

このような主流技術の変化に伴い、イメージセンサー事業を営む企業群と、顧客になる主用途市場の企業群も変化した。かつて CCD が主流でイメージセンサーの主用途がカムコーダやデジカメの時代には、イメージセンサー市場、用途製品市場ともに日本メーカーが世界市場の多くを占めていた。しかし、現在主用途製品である携帯電話市場では、日本企業のプレゼンスは低く、イメージセンサー市場の世界シェアもソニーを除いて様変わりしている⁶⁾。図 1 は CCD が主流である 2004 年、CMOS が主流となった 2014 年、そして直近の 2021 年のイメージセンサー売上高シェアを示したものである。CCD の時代は上位 3 社が日本メーカーであったが、現在は首位のソニーのみであり、韓サムスン、米オムニビジョンが台頭している状況である。

図 1 CCD と CMOS の世界売上高シェア



資料出所：日経産業新聞，電子デバイス産業新聞，Yole Group をもとに筆者作成。

(2) ソニーの半導体事業

1946年に設立されたソニーは、現在までに様々な事業を展開してきた。その中で半導体事業は、1953年にトランジスタに挑戦し、日本初のトランジスタ商品を発売したことが始まりである。現在イメージング&センシング・ソリューションという名称でソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社

³⁾ 以下 CCD イメージセンサーを CCD、CMOS イメージセンサーを CMOS と記す。

⁴⁾ 平山 (2020) 参照。

⁵⁾ 湯之上 (2010) 参照。

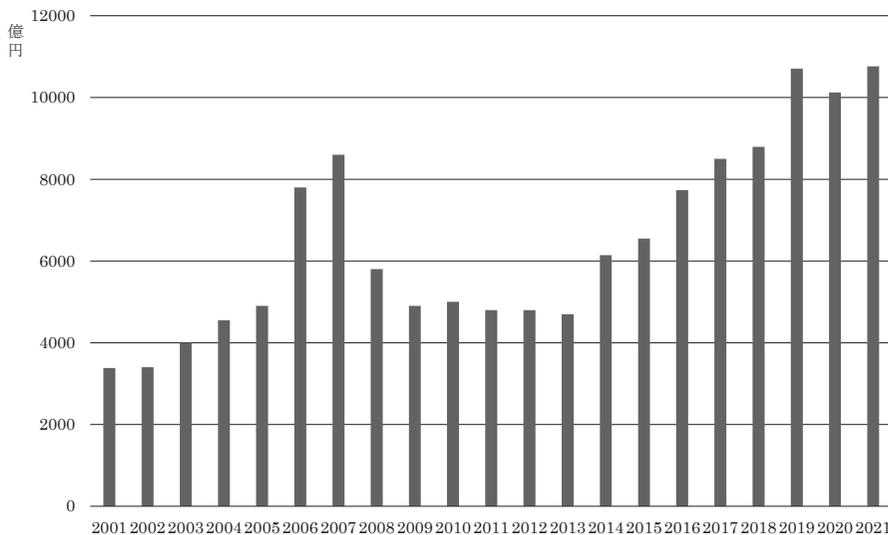
⁶⁾ 福島 (2016) 参照。

社が担っている。

ソニーにとって半導体事業は現在基幹事業である。その半導体事業での 2021 年度の売上高ではイメージセンサーが 88%を占め、中核製品として扱われている。同社はイメージセンサーの商品企画から開発・設計・生産まで一体となって取り組み、最先端の製品を高い品質で提供し続ける世界有数の企業である⁷⁾。

図 2 は半導体事業の売上推移を示したものである。東洋経済の記事⁸⁾によると、2008 年の売上減少はゲーム LSI 分野の縮小によるものであり、イメージセンサー分野の売上は大きく減少することなく年々拡大し続け、半導体事業の売上を牽引している。

図 2 ソニー半導体事業 売上推移



資料出所：ソニーグループ決算短信・業績説明会資料より筆者作成。

(3) ソニーイメージセンサー技術の歴史⁹⁾

ソニーは、CCDの研究開発を1970年に開始した。1979年にはその技術の商品化を実現し、翌年には世界初のCCDカラーカメラに同社の商品を搭載させた。CMOSの開発は、その後1996年に開始され、2000年にはソニーとして初めてこの技術を商品化した。2004年にはCMOSへの変化を見越してCCDへの増産投資を中止し、以降の投資をCMOS開発に注力する決断をした。当時はまだCCDが主流であり、同社のシェアは世界1位であったため、この決断は未来を見据えた大きなものであった。その

⁷⁾ ソニーセミコンダクタソリューションズグループHP参照。

⁸⁾ 「ソニー、稼ぎ頭の半導体事業が迎える転換点」『東洋経済オンライン』2020年7月3日。

⁹⁾ ソニーセミコンダクタソリューションズグループHP参照。

後 2009 年には従来比 2 倍の感度を持つ「裏面照射型 CMOS イメージセンサー」を商品化し、この時期に CMOS の売上高シェアでソニーがトップに躍り出た。以降も 2012 年には高画質、多機能、小型を実現した「積層型 CMOS イメージセンサー」を商品化し、2015 年には小型、高性能、生産性向上を実現した Cu-Cu 接続を世界に先駆けて実用化するなど、同社はイメージセンサー市場の発展においても重要な役割を果たしてきた。

3. ソニーのイメージセンサーに関する先行研究

ソニーのイメージセンサーに関する先行研究は、CCD や CMOS の技術に関する概況や技術発展についてのものが多く、経営学的な観点から同社の経営行動を分析したものは見受けられなかった。以下では、ソニーのイメージセンサーについて述べられた先行研究を紹介する。まず 2012 年頃までについて述べられた齋藤 (2021) を紹介し、次にその後 2016 年頃まで記載された日本経済新聞編集部 (2016) を紹介する。最後に、「VRIO 分析」を用いてソニーが競争優位性を持つ要因をまとめた記事を紹介する。

齋藤 (2021) は、かつてソニー社内で問題事業部とされていた半導体事業がどのように危機を乗り越え会社の基幹事業と言われるまで成長したのか、2008 年から 2012 年頃まで半導体事業本部長であった筆者が経験したことを踏まえて書かれた書籍である。同書によると、2006 年頃、品質トラブルや巨額投資が続く半導体事業は売却するという案も浮上していた。この背景には、2006 年発売の PS3 の主要な半導体チップである MPU「セル」¹⁰⁾を生産するために巨額投資を行い供給の準備をしていたが、PS3 が成功を収められるか疑わしくなったことも大きく影響していた。このような危機を乗り越え半導体事業が成長し、市場シェアを拡大できた理由について同書では以下 2 点を指摘している。

1 点目は、ソニーが 2007 年にセルなど先端プロセス開発¹¹⁾から全て撤退し、CMOS 開発のみに注力する決断をしたことである。先端プロセス開発で世界をリードする IBM から技術力や高いモチベーションを学ぶことができたソニーの技術者を CMOS 開発に投入できたことで、開発を一気に加速させることができ、さらにこれが最後発であったソニーのシェアを首位まで押し上げた要因の一つであったとも同書で述べられている。

2 点目は、裏面照射型 CMOS の特許を獲得し、この技術を搭載した製品の販売を他社に先駆けて実現できたことである。世界で初めて裏面照射型 CMOS を搭載したカムコーダーを販売し、その後もデジタルカメラやスマホなどマーケットを拡大していった。自社製品だけではなく他社製品にも搭載できたことでソニー CMOS の性能の高さが広がり、採用する企業が増え、ソニーはシェアを獲得できたと述べら

¹⁰⁾ 4 章で詳述するように、ソニーが IBM、東芝と 3 社連合で進めていた。

¹¹⁾ 先端ラインで生産する LSI の生産工程のことであり、イメージセンサーではそれほどの最先端プロセスは必要としない。

れている。

以上より、ソニーがイメージセンサーに注力し始めた頃に競争優位を持つことができた要因が明らかになったため、次に日本経済新聞編集部（2016）を紹介する。ここでは、2016年頃までにソニーが行った改革や各事業の施策等が同社への取材をもとにまとめられている。

同書では、ソニーがこの時期も競争優位を維持できた要因について、新技術の量産を世界で初めて成功させる技術を持ち合わせていたこと、そして外部技術を買収することで生産能力の増強や技術者の確保を行っていることであると評価していた。ソニーが世界に先駆けて積層型 CMOS を量産することができたのは、最先端の画像センサーと LSI の技術を兼ね備え、この 2 つの技術を高い次元ですり合わせる総合力があるからだと同書では述べられている。このすり合わせを実現する工場は、以前セルの量産拠点として利用されていた。この生産に携わった技術者が残り、設計・開発までを一貫して手掛ける体制があること、そしてソニーの半導体装置は複雑な工程ひとつひとつに独自のノウハウが隠されているため他社がソニーの技術を再現できないこともソニーが独走状態である要因だと同書は評価している。

以上 2 つの先行研究から、セルなど過去の事業での経験や独自のノウハウが最先端の CMOS 開発につながり、さらに用途市場も開拓し続けていることが、ソニーの成功要因であることが明らかになった。最後に、VRIO 分析¹²⁾を用いてソニーの競争優位性について分析した記事¹³⁾を以下示し、まとめていく。

上で述べたように、ソニーは世界初の裏面照射型 CMOS の量産を成功させた後、差別化された製品をいち早く市場投入することで高いマージンと高いシェアを確保でき、さらにスケールメリットと学習効果につながったことで低コストも実現できたことから、ソニーの CMOS は経済価値がある。これに加え、これら製造方法や設計はソニー独自のノウハウであるため、希少性も高い。また、ソニーは半導体事業に 50 年近くの技術蓄積があり、生産工程における独自のノウハウはブラックボックス化されているため、模倣困難性は高い。すり合わせ型の製品開発のもと、技術者は常に高い目標を掲げ組織全体で成果を粘り強く追求するという組織体制もある。この分析から、ソニー CMOS の成功要因は、長年にわたって蓄積されてきた圧倒的な技術力と組織能力を中心とした経営資源に支えられているということが明らかになった。

以上を整理すると、ソニーはイメージセンサー事業において選択と集中により技術変化に迅速に対応し、同社の高い技術で差別化した製品をいち早く市場に投入した。そして、長年の技術蓄積や組織能力を新たな技術開発につなげ、さらに設計から一体となった製品開発をブラックボックス化することで技術の優位性を保っている。

¹²⁾ 「経済価値」「希少性」「模倣困難性」「組織」の 4 つの要素から組織が持つ内部資源の強みについて分析するもの。

¹³⁾ 「ソニーの「背伸び戦略」画像センサーでライバル圧倒」『日本経済新聞』2019年11月8日。

4. 本論文のテーマ

(1) 問題提起

先行研究より、ソニーがセル開発から撤退して CMOS に注力したこと、そして半導体事業への取り組みが長いソニー独自の製造ノウハウや技術がイメージセンサー市場での競争優位につながっていることがわかった。しかし、2000年代のセル開発という半導体事業こそソニーは力を入れていたはずだが、この事業ではソニーは失敗している。今日のイメージセンサーという半導体事業での成功との差はなぜ生まれたのか疑問を持った。先行研究では過去の MPU 事業とイメージセンサー事業との関係性について主に技術的観点から述べられており、経営学的な観点では具体的に述べられていない。同じ技術力を持って注力したにもかかわらず明暗を分けたこの2つの事業において、それらの経営行動を比較することで、ソニーのイメージセンサーの成功要因について経営学的観点から考察できるのではないだろうか。

以上より本論文では、セル事業とイメージセンサー事業の経営行動を比較することで、経営学的観点からイメージセンサー市場でソニーが競争力を維持する要因を明らかにすることを試みる。

(2) 検証に向けての考察

この問いに答えを出すためにはセル開発について確認しておく必要がある。先行研究で断片的に触れられていたが、その情報では不足しているため、以下セルに関する概要を述べる。

セルは、2001年にソニーが IBM・東芝と開発を開始した高性能 MPU¹⁴⁾ であり、2006年にはソニーが発売した新製品 PS3 に搭載された。ソニーにとってセルは、ゲーム機だけではなく様々な家電やスーパーコンピュータにも搭載するという大構想に向け取り組んだ事業であった。この当時ソニーの業績は停滞しており、この成否は復活をかけるソニーの命運を左右するものであったとされている。このため、2003年にはセルの量産に向けて 2000 億円を投資するなど、セルはソニー全社を巻き込んだ野心的なプロジェクトとして捉えられていた¹⁵⁾。

しかし、セルを搭載した PS3 は高価格への批判から発売直前に値下げを余儀なくされ、さらには部品の生産歩留まりが上がり、一部での発売延期でコストを要し量産の効果も得ることができなくなった。この結果、2006年度の決算では PS3 の立ち上げの失敗によりソニーのゲーム事業は 2300 億円の赤字となってしまった。このような状況により、ソニーは次世代製品向けのセルの大型投資を見送ることを決断した。そして、製造設備の投資を減らすアセットライト戦略の一環という理由から、同社は 2007年には製造技術の基礎研究から離脱を発表した¹⁶⁾。高性能故に消費電力が大きく価格の高いセルは、

¹⁴⁾ 当時シェア 1 位のインテルの 10 倍にも及ぶほどの高性能であった。

¹⁵⁾ 平井 (2021) 参照。

¹⁶⁾ 「ソニー「セル」生産撤退、「半導体設計は強化」——中川裕副社長に聞く。』『日経産業新聞』2007年11月7日、9ページ。

ゲーム以外に使い道が見つからず、巨額投資した開発コストを回収しきれなかった¹⁷⁾。

以上より、セルはのちのイメージセンサーと同じく高い技術力を活かしソニー製品へ搭載されたが、失敗に終わった。両事業の大きな違いは他社製品へ搭載されたか否かである。先行研究よりイメージセンサー事業では他社製品にも搭載されたことで技術力を高めマーケットを拡大できたが、セルではその用途を広げることができず、失敗に終わった。これらの考察を踏まえ、セル事業とイメージセンサー事業での目標や行動を経営学的観点からそれぞれ確認し、最後に両事業を比較・考察して検証を行う。

5. 検証

本章では前述の考察のもと、日本経済新聞の記事情報を中心に両事業の動きを確認していく。まず、セルを開発している 2001 年から 2007 年頃までのソニーの経営状況を踏まえ、ソニー全社でのセルの立ち位置から目的や行動を確認し、取り組みについて考察する。次にイメージセンサー事業についても同様に動向を確認し、ソニー製品との関連性や外販への動きを考察する。なおイメージセンサーでは、裏面照射型 CMOS を開発した 2008～2011 年、積層型 CMOS が商品化された 2012～2014 年、Cu-Cu 接続を実用化した 2015 年以降、と特徴ある新型 CMOS が発売された 3 時期に区分して検証する。最後に、両事業での考察をもとに取り組みを比較・分析する。

(1) セル事業に関わる経営行動

1) 2001 年～2007 年

まずソニー全社の経営状況について述べる。セルの開発に着手した 2001 年から数年間はソニー全体の業績が低迷している時期であった。この理由の一つは、2000 年代に入り PC 市場の成長が失速し、さらに中国メーカーなどの出現に伴いソニーの主力製品であった PC の販売が伸び悩み始めたからである¹⁸⁾。一方 2000 年にソニーが発売した PS2 の販売は好調であり、2000 年における家庭用ゲーム機の国内シェアではソニーが 86.7%と圧倒的な人気を誇るなど¹⁹⁾、ゲームは当時ソニーの主力製品であった。さらに 2004 年には PS で史上初の全世界生産出荷累計 1 億台を達成するなど、販売台数を着実に増やしていた²⁰⁾。以上よりセルを開発している時期はソニーの業績が停滞する中、PS は成長を見込める製品であったため、同社はゲーム事業に力を注いでいた。

このような経営状況の中、以下詳述するようにソニーは半導体を商品の差別化および付加価値の源と

¹⁷⁾ 「ファウンドリーの変貌変わるシステム LSI 地図 (下) 日本勢、先端投資を縮小。『日経産業新聞』2007 年 8 月 9 日、7 ページ。

¹⁸⁾ 「2000 年夏商戦～名実ともに躍進してしまったソニー」『ITmedia エンタープライズ』2000 年 7 月 29 日。

¹⁹⁾ 「Xbox 発売！気になる米国での評価」『日経クロステック』2002 年 2 月 22 日。

²⁰⁾ ソニー・インタラクティブエンタテインメント HP 参照。

なる重要な技術として位置付けた。基幹部品で利益を生み出し、その上で最終製品でも稼ぐという水平型事業と垂直型事業が混ざる独自のビジネスパターンをつくることを目標とした。この切り札が PS2 の次世代機への搭載を狙うセルであった²¹⁾。

上記の経営状況をふまえて、ソニーのセルに関わる取り組みについて、①基幹部品で利益を生み出す水平型事業、②最終製品でも利益を生み出す垂直型事業、の2つに分け、それぞれの視点から以下にまとめる。

まず①については、セルは外販も積極的に進めることでソニーの収益源に育て、ブロードバンドネットワークの制圧、業界標準を目指した製品であった。2001年当時は世界の半導体市場のうち約4割を占めていたPC市場の成長が失速し始めていたため、このブロードバンド向けの半導体についてはインテルなど半導体各社が製品化に向け注力していた²²⁾。2005年にはゲーム機以外へのセルの用途拡大につながるために、ソニーはインターネット上でセルの詳細な技術情報を公開し、ソフト開発を考える技術者向けに情報を提供したことから、セルでの利益創出を目標に取り組んでいたことがわかる²³⁾。

次に②について述べる。ソニーはセルをPSの次世代機への搭載とともにテレビなどにも搭載し、さらにセルをホームサーバーとすることで同社の複数の事業で利益を生み出すことができると考えていた。具体的には、家庭にあるテレビやステレオ一台一台にセルを組み込み、高速回線で接続してブロードバンドのインフラをつくり上げることで、同社が抱える映像や音楽などコンテンツ資産でも利益を生み出すことができると想定していた²⁴⁾。同社はセルを用いて圧倒的な性能を誇るPSを作ることに加え、まず量産が見込めるゲーム機への搭載でコスト削減を進める方針であった²⁵⁾。

ここで、この目標に対しソニーがどれほど注力しようと考えていたのか、投資額等で確認する。2003年度からの3年間でセルやイメージセンサーなどの半導体の設備投資に約5000億円かけ²⁶⁾、さらに2008年12月を償還期限として2500億円をCB²⁷⁾で発行した²⁸⁾。そして、2004年にはソニー向けの専用MPUの生産ラインを確保することで安定調達につなげるため、IBMの最先端半導体工場へ360億円の設備投資も発表した²⁹⁾。このように、ソニーはセルに対して大きな期待を持ち、巨額投資に踏み込んでいた。

²¹⁾ 「半導体世界ベスト10入り宣言、新収益モデル、ソニー流——切り札「セル」外販拡大。」『日経産業新聞』2004年7月7日、5ページ。

²²⁾ 「SCE・東芝・IBM、次世代MPUで提携、ブロードバンド端末向け。」『日経産業新聞』2001年3月13日、3ページ。

²³⁾ 「IBMなど新プロセッサ、「セル」仕様書公開。」『日経産業新聞』2005年8月26日、3ページ。

²⁴⁾ 「逆襲(1)振り返らないソニー——出井会長の確信、爆発は3年後だ。」『日経産業新聞』2003年6月2日、1ページ。

²⁵⁾ 「ソニー・東芝・IBMが次世代MPU——脱・インテル支配へ攻勢。」『日本経済新聞』2005年2月9日、朝刊11ページ。

²⁶⁾ ソニーのプレスリリース「ソニーグループ2003年度経営方針」を参照。

²⁷⁾ 一定の条件で発行体の企業の株式に転換できる権利が付いた新株予約権付社債（転換社債型）。

²⁸⁾ 「ソニー、CBで2500億円調達、株式転換に制限条項——一株利益、希薄化防ぐ。」『日経金融新聞』2003年12月2日、5ページ。

²⁹⁾ 「ソニー、次世代半導体、IBM・東芝でも量産——安定調達へ工場確保。」『日本経済新聞』2004年2月3日、朝刊13ページ。

しかし、2006年発売されたPS3は前章で述べた通り苦戦を強いられ、成功が危惧された。この結果ソニーは2007年にセルへの設備投資額を5000億円から3000億円前後と大幅に縮小し、以後ゲーム用で大掛かりな新規投資はしない方針を明らかにした³⁰⁾。セルの次世代製品向けの大型投資を見送った理由は、巨額投資回収の可能性が不透明なこと、そしてセルに莫大な開発コストがかかってしまったからである³¹⁾。そして、ソニーはセルの生産設備を東芝に売却し、3社で進めていた次世代半導体の製造技術の基礎研究から離脱した³²⁾。これにより、CBは全額が株式に転換されずに残る結果となった。

2) セル開発に関わる取り組みについての考察

セルは、当時ソニーが新たに独自のビジネスモデルを掲げる中での切り札という存在であった。セルのブロードバンドネットワークの制圧という目標は、ソニーが1996年に掲げた「デジタル・ドリーム・キッズ」というAV機器やIT機器などをネットワークで連携させ、それをプラットフォームとして自社のコンテンツ資産も活用した新たなビジネスを創造する挑戦の一つであったと考えられる。そして、売上好調だったゲームの基幹部品としてセルを搭載することで、ゲーム事業の利益獲得だけではなく、他社に性能が高いセルを認識してもらうことで用途拡大につなげ、業界標準の獲得、さらにソニー全社の業績回復にもつなげようと考えていたのではないだろうか。

しかし、当時のソニー本社ではセルという「基幹部品」ではなく「最終製品」の開発や戦略のみに注目が集まっていたことから、セルは「最終製品」であるPSの差別化を図る部品として扱われていたと推測できる。PS3の成功を前提とした展望のみ多く述べられており、PS3が失敗することは想定していなかった。ここから、セルは現在を見据えた画期的な「基幹部品」であったにもかかわらず、ソニーは具体的な投資回収方法や戦略を立てることができなかったため、自社製品への搭載のみに終わりその「最終製品」の躓きによって失敗してしまったと考えられる。

(2) イメージセンサー事業に関わる経営行動

以下3時期に分け、ソニーの経営状況、半導体事業の取り組みや外販状況、の順にまとめていく。

1) 2008年～2011年

1. 経営状況

ソニーがCMOSに注力すると決断した後、リーマンショックなどによりソニー全体の業績は2008年度から4年連続で赤字を計上し、2011年には過去最低の赤字となった。さらに、デジタル家電やゲームも販売が伸び悩み、2012年頃までソニーの業績を押し上げるような主力製品も見られなかった。この状況の中ソニーはスマホ市場の拡大をにらみ、2011年に合弁会社のソニー・エリクソンを完全子会

³⁰⁾ 「ソニー、半導体投資縮小、中期計画、PS3用——次世代の量産見送り。」『日本経済新聞』2007年2月13日、夕刊1ページ。

³¹⁾ 「ファウンドリーの変貌変わるシステムLSI地図(下)日本勢、先端投資を縮小。」『日経産業新聞』2007年8月9日、7ページ。

³²⁾ 「次世代半導体、ソニーが研究離脱、IBMと東芝は継続。」『日本経済新聞』2007年11月7日、朝刊13ページ。

社化することを決め、モバイル事業をコア事業と位置付けようとしていた。

II. イメージセンサー事業の動き

2010年時にはソニーのイメージセンサー事業において外販が売上高の7割を占めており、当初から外販を積極的に行っていたことがわかる。以下で詳細を確認する。

ソニーは2008年に完成発表した裏面照射型CMOSをまず自社のビデオカメラ2機種、次に自社のデジカメに搭載し、その後1年も経たずして外部供給を開始した。同社はこの外販により生産規模の拡大による量産効果の発揮、コスト競争力の強化を目指していた³³⁾。また、同社は携帯電話向けとして世界最高となる1225万画素のCMOSを開発し³⁴⁾、デジカメやビデオカメラ向けだけではなくカメラ付き携帯電話向けにも注力し始めていた。

ここで他社の動向についても確認すると、当時CMOS世界シェア3位のオムニビジョン³⁵⁾は2010年にアップルが発売した新製品「iPhone4」に搭載するCMOSの受注を獲得していた。このような他社の動向を受け、ソニーは技術力の高さで差別化を図るだけではなく、低コスト化を狙って生産面で他社との連携も視野に入れ、技術の最先端を走りながら低コスト生産の両立を追求した³⁶⁾。

ソニーは以上のような目標、そしてCMOSの需要拡大を見越した生産能力増強のため、セルの生産拠点で以前同社が東芝に売却した工場を買収し、イメージセンサーの製造ラインを取得することで生産能力を2倍にする³⁷⁾など、イメージセンサーへの投資を加速させた。

2) 2012年～2014年

I. 経営状況

この時期ソニーでは社長が交代し、赤字脱却のため全社で構造改革が始まった。特に2014年には一時期ソニーの主力製品であったテレビ事業の分社化、パソコン事業の売却を発表し、エレクトロニクス事業の抜本的な改革を実施した。またカメラ事業については、販売数量から利益重視に戦略を変更し、キヤノンなど他社のデジタル一眼レフの独壇場だったフルサイズ市場に本腰を入れることを決断した³⁸⁾。このような改革が進む中、ソニーはモバイル事業をコア事業と位置付け、世界シェア拡大戦略を掲げた。

次に、ソニー全社におけるイメージセンサーの位置付けを示す。同社は最終製品とデバイスの連携を強くする方針を示した。同社のCMOSは社外への販売で半導体事業の成長を牽引してきたが、自社製

³³⁾ 「裏面照射型CMOS、ソニー、外部供給、まずカシオのデジカメ用。」『日経産業新聞』2009年12月10日、4ページ。

³⁴⁾ 「カメラ用センサー、携帯用、1225万画素開発、世界最高——ソニー、来春出荷。」『日本経済新聞』2008年11月14日、朝刊13ページ。

³⁵⁾ 同社はソニーと違って半導体の設計開発に特化し、TSMCに生産委託することで高機能チップを安価に提供している。

³⁶⁾ 「CMOSセンサー増産で攻勢、ソニー、裏面照射型に力、技術と低コスト両立追求。」『日経産業新聞』2010年7月13日、5ページ。

³⁷⁾ 「ソニー、東芝から工場買い戻し、半導体増産、低コストで。」『日本経済新聞』2010年12月23日、朝刊1ページ。

³⁸⁾ 「SONY 転生製販体制を革新せよ (3) カメラ、断トツの品質を——交換レンズ、愛好家困り込みを左右。」『日経産業新聞』2015年8月31日、3ページ。

品力向上を支える役目を担ったと社内で評価されたからである。以後はデジカメ、プロ用撮影機材や監視カメラ、スマホやノートパソコン、医療機器、など4つの最終製品の分野で自社のCMOSを活用して最終製品の競争力を高めようと考え、競争力が落ちたソニー製品の復権にCMOSが鍵を握るようになった³⁹⁾。

II. イメージセンサー事業の動き

ソニーは新技術である積層型CMOSをまず自社スマホへ搭載した。この行動は、従来品がすでにアップルなどスマホ大手の受注を獲得していたことから、この採用実績をもとに他社が採用することも見込んだものであった⁴⁰⁾。

このように、ソニーは自社スマホにCMOSを搭載する一方、外販も軸に置いて行動しており、2014年にはすでに当時スマホ世界首位のサムスン電子、2位のアップル、3位の華為技術にCMOSを供給している状況であった。以下当時の外販状況について示す。

まず、ソニーはイメージセンサーやレンズ、配線板を一体にしたカメラモジュール⁴¹⁾として外販することを発表し、スマホ用カメラの外販に本格的に乗り出した。この理由は、付加価値を高めたモジュールの外販によって生産規模が増えれば部品の製造コストを低減でき、収益力を高められるというメリットがあるからだ。この外販により、同じ部品を搭載する自社スマホの価格競争力も高めることができると考えていた⁴²⁾。

その後、ソニーはアップルのiPhone向けにカメラ部品を大量供給する交渉を始めた。同社は従来iPhoneの裏面に装着するメインカメラをほぼ供給していたが、以後画面側のサブカメラ用センサーも供給することとなったからである。ソニーは供給拡大に向け、350億円を投じて半導体大手ルネサスエレクトロニクスの鶴岡工場を買収し、月産能力を従来より25%増やすことで増産体制を整えた⁴³⁾。

3) 2015年以降

I. 経営状況

ソニーの業績は少しずつ復調し始め、2015年度からは業績的に黒字が定着した。しかし、コア事業であったモバイル事業は2014年に減損を計上し、以後も売上高、販売台数ともに減少した。これは、スマホ市場において当時基幹部品の分業化が進んだことで商品の違いがなくなり、市場が成熟化し始めたことも一つの原因である⁴⁴⁾。中国勢の急速な台頭によりスマホの低価格化が進み、主要スマホメー

³⁹⁾ 「ソニー——画像素子、復活への武器に、最終製品の性能向上（針路解剖）」『日経産業新聞』2012年8月28日、4ページ。

⁴⁰⁾ 「スマホのカメラ部品、ソニー、新型画像センサー、春モデル向け小型化し供給。」『日経産業新聞』2013年1月22日、4ページ。

⁴¹⁾ 従来はイメージセンサー単体の販売が中心だった。

⁴²⁾ 「スマホ用カメラ外販、ソニー、アップルに納入狙う、生産10倍、月1000万個。」『日本経済新聞』2013年7月27日、朝刊10ページ。

⁴³⁾ 「新型iPhone部品、ソニー、アップル向け倍増、画像センサー2億個供給へ。」『日本経済新聞』2014年2月12日、朝刊9ページ。

⁴⁴⁾ 日本経済新聞社（2016）参照。

カーも軒並み苦戦していた⁴⁵⁾。

II. イメージセンサー事業の動き

ソニーは自動運転車の実現などで市場拡大が見込めると考え、車載カメラ専用の CMOS の商品化を発表した。これを機に車載向け事業に本格参入し、以後成長分野に育てることを示した⁴⁶⁾。

また、2015年には新興国の中・低価格機向けに廉価版のイメージセンサーを開発した。これは、中国や韓国など新興国スマホメーカーに供給するためである。高級機中心の戦略を転換し、市場拡大が見込める新興国市場でのシェア拡大を目指し始めた⁴⁷⁾。

このように新たな市場への CMOS 拡大を目指し、ソニーは投資や買収を行った。2015年に26年ぶりの公募増資とCBの発行により最大4400億円を調達することで長期の資金を確保し、イメージセンサーに集中投資して競争力をさらに引き上げようとした⁴⁸⁾。また、3つの工場に新たな生産設備を導入し、月間生産能力を当時よりも約3割増産することも発表した。増産を通じて既に供給しているアップルや台頭する小米のような有力顧客向けの出荷量を増やし、さらにウェアラブル機器など新たな用途拡大にもつなげる計画を立てていた⁴⁹⁾。

4) イメージセンサーに関わる取り組みについての考察

1) の時期、ソニーは CMOS をまず自社製品に搭載したもののその後すぐに外販を開始したことから、CMOS の受注をさらに獲得するため、生産規模を拡大しコスト競争力を強化することを念頭に置いて行動していたと考えられる。その後2) の時期では、CMOS を用いて自社製品の競争力を高めようと考え、積層型 CMOS をまず自社スマホに搭載した。さらに大手企業への供給増加やカメラモジュールの外販の開始など、外販にも注力しており、自社製品の競争力の向上と収益力の確保を同時進行していた。3) の時期では、スマホの違いがなくなり中国勢の台頭など市場変化が起きる中、中・低価格機向けに廉価版を販売したことから、スマホ市場の変化に合わせて商品を販売し、収益力拡大を目指していたのではないだろうか。

以上より、イメージセンサー事業では自社製品への搭載のみに注力せず、ソニーの経営状況や最終製品市場に合わせて商品や戦略も変化させ、外販にも力を入れていた。イメージセンサーの用途拡大とともに CMOS が軸となる事業拡大もソニーは目論んでいたと考えられる。

⁴⁵⁾ 「2015年の世界スマホ市場、伸び率11.3%にとどまる見通し、中国が減速」『日経クロステック』2015年5月27日。

⁴⁶⁾ 「ソニー、車載カメラ用センサー、部品事業に本格参入。」『日経産業新聞』2014年10月17日、6ページ。

⁴⁷⁾ 「スマホ部品、新興国に的、ソニー、廉価版の画像センサー、中韓への供給、各社増強、高級機中心から転換。」『日本経済新聞』2015年4月13日、朝刊11ページ。

⁴⁸⁾ 「ソニー、成長に軸足、公募増資など4400億円調達、画像センサーに集中投資。」『日本経済新聞』2015年7月1日、朝刊3ページ。

⁴⁹⁾ 「ソニー、スマホ向け集中投資、画像センサー増産、1050億円。」『日本経済新聞』2015年2月3日、朝刊3ページ。

(3) 検証結果—セルとイメージセンサー事業の比較分析

以上を踏まえ、ソニー全体の業績回復の鍵として位置付けられたセルとイメージセンサーの経営行動を比較分析する。

セルにはソニー全社の切り札として最終製品の差別化の役割を担うとともに業界標準を獲得する目標があったが、実際はPSのMPUとしてのみ機能した。目標を実現するための戦略を十分に立てずPSの成功を前提としていたことで自社製品以外の用途を見つけることができず、外販は全く進まないまま失敗に終わった。一方イメージセンサーでは自社製品への搭載とともに外販への取り組みが早く、投資回収という部分を重視して行動したと考えられる。また、イメージセンサー市場の用途や環境変化に合わせて商品を開発し、モジュール販売のように販売方法を変更することで他社の受注を獲得できる商品を生み出してきた。これにより外販も成功し、自社製品の差別化部品としての役割だけではなく、ソニーのイメージセンサーが一つの商品として利益を創出し競争力を勝ち取ることができたと考えられる。

6. 結論

本論文では、ソニーがイメージセンサー事業で競争力を維持している要因について、過去のMPU事業との比較により考察してきた。検証の結果、この要因はソニーが長年培ってきた技術力とともに、自社製品への搭載のみにこだわらず、用途製品市場の変化に合わせて他社からの受注が見込める商品を開発・販売しているからであるということが明らかになった。MPU事業では自社製品以外に搭載する手段を考慮せず投資回収や外販に失敗してしまったが、イメージセンサー事業では自社製品以外の用途にも早くから着目し、用途製品市場の需要変化に合わせて販売方法を変更することで外部環境に適した商品を生み出してきた。これにより、ソニー全体の競争力にもイメージセンサー事業が大きな役割を果たすようになった。

以上の事例から、基幹部品事業で利益を創出し競争優位を保つためには、搭載する製品市場の需要変化に合わせた戦略をその都度とることが重要であると言えるのではないだろうか。

近年半導体市場は市場成長とともにそのビジネスモデルや使用製品は変化し続けている。特に、イメージセンサーは様々な用途で人の目を超える役割を果たし始め、重要度は増す一方である。このような変化がある中、ソニーは近年自動車産業にも進出し、今後イメージセンサーは同社にとってより重要なものになると考えられる。本論文では近年の動向について触れることができなかったため、これらを今後の課題とし、引き続きイメージセンサー市場やソニーの動向に注目していきたい。

謝辞

最後に、本論文の執筆にあたり、終始適切な助言と丁寧なご指導を頂きました日高千景教授に心より感謝申し上げます。また、日高千景研究会の同期・後輩の皆様には、日常の議論を通じて多くの刺激と示唆を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

<書籍>

- 齋藤端 (2021) 『ソニー半導体の奇跡』 東洋経済新報社。
日経産業新聞編集部 (2016) 『SONY 平井改革の1500日』 日本経済新聞出版社。
平井一夫 (2021) 『ソニー再生』 日本経済新聞出版。

<論文>

- 石川正俊, 池田誠, 角博文, 太田淳, 有本和民, 清水徹他 (2014) 「光り輝く日本のイメージセンサ技術とその応用の今後の取組み」『映像情報メディア学会誌』 Vol.68, No.1, pp.12-20。
大池祐輔 (2020) 「CMOS イメージセンサの現状と将来展望」『応用物理』 第89巻2号, pp.68-74。
平山照峰 (2020) 「CMOS イメージセンサの進展から考える技術の社会実装」『応用物理』 第89巻8号, pp.441-445。
福島英史 (2016) 「オープン・イノベーション・ワールド探訪—概念の検討と画像半導体産業の揺籃期」『経営志林』 第53巻1号。
湯之上隆 (2010) 「混戦模様のCMOSセンサ市場 破壊的イノベーション創出に期待」『Electronic Journal』 2010年10月号。

<新聞記事>

- 「パッションを胸にビジョンを語れ。夢を共有する多くの仲間を作れ。」『電子デバイス産業新聞』2013年6月7日。
「ソニー、CBで2500億円調達、株式転換に制限条項——一株利益、希薄化防ぐ。」『日経金融新聞』2003年12月2日, 5ページ。
「SCE・東芝・IBM、次世代MPUで提携、ブロードバンド端末向け。」『日経産業新聞』2001年3月13日, 3ページ。
「第5部新市場を拓く(2) プロセッサ再挑戦——広帯域時代で提携 (IT部品立国)」『日経産業新聞』2001年4月26日, 9ページ。
「ソニー、きょう経営方針説明会、「中核部品」内製がカギ、21世紀の主役商品探す。」『日経産業新聞』2003年5月28日, 5ページ。
「逆襲(1) 振り返らないソニー——出井会長の確信、爆発は3年後だ。」『日経産業新聞』2003年6月2日, 1ページ。
「半導体世界ベスト10入り宣言、新収益モデル、ソニー流——切り札「セル」外販拡大。」『日経産業新聞』2004年7月7日, 5ページ。
「IBMなど新プロセッサ、「セル」仕様書公開。」『日経産業新聞』2005年8月26日, 3ページ。

- 「イメージセンサー，CMOS 有力に——海外勢，日本の牙城に挑む。」『日経産業新聞』2005年9月30日，9ページ。
- 「ファウンドリーの変貌変わるシステム LSI 地図（下）日本勢，先端投資を縮小。」『日経産業新聞』2007年8月9日，7ページ。
- 「ソニー「セル」生産撤退，「半導体設計は強化」——中川裕副社長に聞く。」『日経産業新聞』2007年11月7日，9ページ。
- 「裏面照射型 CMOS，ソニー，外部供給，まずカシオのデジカメ用。」『日経産業新聞』2009年12月10日，4ページ。
- 「CMOS センサー増産で攻勢，ソニー，裏面照射型に力，技術と低コスト両立追求。」『日経産業新聞』2010年7月13日，5ページ。
- 「ソニー——画像素子，復活への武器に，最終製品の性能向上（針路解剖）」『日経産業新聞』2012年8月28日，4ページ。
- 「スマホのカメラ部品，ソニー，新型画像センサー，春モデル向け小型化し供給。」『日経産業新聞』2013年1月22日，4ページ。
- 「ソニー，車載カメラ用センサー，部品事業に本格参入。」『日経産業新聞』2014年10月17日，6ページ。
- 「SONY 転生製販体制を革新せよ（3）カメラ，断トツの品質を——交換レンズ，愛好家囲い込みを左右。」『日経産業新聞』2015年8月31日，3ページ。
- 「ソニー，次世代半導体，IBM・東芝でも量産——安定調達へ工場確保。」『日本経済新聞』2004年2月3日，朝刊13ページ。
- 「ソニー・東芝・IBMが次世代MPU——脱・インテル支配へ攻勢。」『日本経済新聞』2005年2月9日，朝刊11ページ。
- 「ソニー，半導体投資縮小，中期計画，PS3用——次世代の量産見送り。」『日本経済新聞』2007年2月13日，夕刊1ページ。
- 「ソニー，画像センサー拡充，携帯向け CMOS，最先端品を量産へ。」『日本経済新聞』2007年9月16日，朝刊7ページ。
- 「次世代半導体，ソニーが研究離脱，IBMと東芝は継続。」『日本経済新聞』2007年11月7日，朝刊13ページ。
- 「カメラ用センサー，携帯用，1225万画素開発，世界最高——ソニー，来春出荷。」『日本経済新聞』2008年11月14日，朝刊13ページ。
- 「ソニー，東芝から工場買い戻し，半導体増産，低コストで。」『日本経済新聞』2010年12月23日，朝刊1ページ。
- 「ソニー，スマホへの投資加速，成長事業に注力。」『日本経済新聞』2011年10月31日，朝刊9ページ。
- 「スマホ用カメラ外販，ソニー，アップルに納入狙う，生産10倍，月1000万個。」『日本経済新聞』2013年7月27日，朝刊10ページ。
- 「新型 iPhone 部品，ソニー，アップル向け倍増，画像センサー2億個供給へ。」『日本経済新聞』2014年2月12日，朝刊9ページ。
- 「スマホ部品，新興国に的，ソニー，廉価版の画像センサー，中韓への供給，各社増強，高級機中心から転換。」『日本経済新聞』2015年4月13日，朝刊11ページ。
- 「ソニー，成長に軸足，公募増資など4400億円調達，画像センサーに集中投資。」『日本経済新聞』2015年7月1日，朝刊3ページ。
- 「ソニー，画像センサーのベルギー社買収。」『日本経済新聞』2015年10月9日，朝刊15ページ。
- 「ソニーの「背伸び戦略」画像センサーでライバル圧倒」『日本経済新聞』2019年11月8日。

<記事>

「ソニー 試作 EV 公開で示した車載用半導体への本気度」『エコノミストオンライン』2020年1月27日。

「崖っ縁のソニー、立ちすくむエレクトロニクスの巨人」『東洋経済オンライン』2009年2月4日。

「ソニー、稼ぎ頭の半導体事業が迎える転換点」『東洋経済オンライン』2020年7月3日。

「Xbox 発売！気になる米国での評価」『日経クロステック』2002年2月22日。

「CCDのソニーも裏面照射型でCMOSへ（前）」『日経クロステック』2012年9月20日。

「2015年の世界スマホ市場、伸び率11.3%にとどまる見通し、中国が減速」『日経クロステック』2015年5月27日。

「ソニーが4800万画素イメージセンサをTSMCに製造委託の可能性、台湾メディア報道」『マイナビニュース』2022年1月25日。

「CMOSイメージセンサー市場、力強い成長を継続へ」『EE TIMES JAPAN』2016年5月10日。

「2000年夏商戦～名実ともに躍進してしまったソニー」『ITmedia エンタープライズ』2000年7月29日。

<ウェブサイト>

ソニー・インタラクティブエンタテインメント ホームページ，沿革。<https://www.sie.com/jp/corporate/history.html>（最終閲覧日2022年11月1日）

ソニーグループ株式会社 プレスリリース「ソニーグループ2003年度経営方針」2003年5月28日。https://www.sony.com/ja/SonyInfo/News/Press_Archive/200305/03-023/（最終閲覧日2022年11月1日）

ソニーグループ株式会社 ホームページ，決算短信・業績説明会資料。<https://www.sony.com/ja/SonyInfo/IR/library/presen/er/archive.html>（最終閲覧日2022年11月1日）

ソニーグループ株式会社 ホームページ，個人投資家向け会社説明会。https://www.sony.com/ja/SonyInfo/IR/individual/seminar/presen_20220922.pdf（最終閲覧日2022年11月1日）

ソニーセミコンダクタソリューションズグループ ホームページ。<https://www.sony-semicon.com/ja/index.html>（最終閲覧日2022年11月1日）

“CMOS Image Sensor Market Monitor” <https://s3.i-micronews.com/uploads/2021/12/YINTM22236Q1-CMOS-Image-Sensor-Quarterly-Market-Monitor-Q1-2022-Product-Brochure.pdf>（最終閲覧日2022年11月1日）

“Status of the CMOS Image Sensor Industry 2021” <https://s3.i-micronews.com/uploads/2021/08/YINTR21167-Status-of-the-CMOS-Image-Sensor-Industry-2021-Sample.pdf>（最終閲覧日2022年11月1日）