

# ビデオゲーム・表示技術の進化とそのビジネス —TTL ビデオゲームから GPU グラフィック スマホゲームへ—

三部 幸治†

†株式会社タイトー 〒160-8447 東京都新宿区新宿 6-27-30 新宿イーストサイドスクエア 2F

E-mail: † sambe\_yukiharu@taito.co.jp

**あらまし** 1970年代に始まったビデオゲーム産業は、今日では大きな産業として広く社会に定着している。ここでは、独自に進化してきたビデオゲームの表示技術にフォーカスしながら、その技術が生み出したビジネスについて述べる。激しい競争の中で生み出されたこれらの技術と、その技術が作り出したビジネスに学ぶところは多い。(なお、ゲームにおいてはそのコンセプトが重要であることは明らかであるが、これらは別稿に譲りここでは論じない)

**キーワード** ビデオゲーム、アーケードゲーム、家庭用ゲーム、モバイルゲーム、GPU、スプライト表示、ポリゴン表示、通信カラオケ、ビデオゲームビジネス

## Evolution of Videogame display technologies and its business -From TTL videogame to GPUgraphics, smartphone game-

Yukiharu Sambe

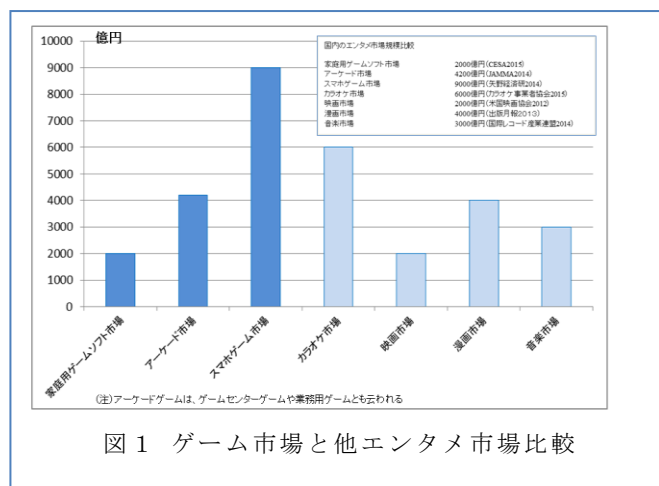
TAITO Corporation 6-27-30 Shinjyuku eastside square 2F,160-8447 Tokyo,

**Abstract** The video game industry that began in the 1970s is widely established in society today as a big industry. This article, while focusing on the video game display technology evolution, describe the business that the technology created. We can study from these technologies created in intense competition and the business that the technology produced. (It is obvious that the concept is important in games, but will not discuss in this article here)

**Keywords** Videogame, arcade game, home game, console game, mobile game, GPU, sprite display, polygon display, telecommunication Karaoke, videogame business

### はじめに

世界のゲーム産業規模は6兆円である。日本はその20%を占め、家庭用コンソールゲーム、モバイル/スマホゲーム、アーケードゲームの3つがその市場を構成しており、ほかのエンタメ産業市場と比較してもその規模は大きい(図1)。筆者は1970年代から30年以上に渡り、アーケードゲーム、家庭用ゲーム、モ

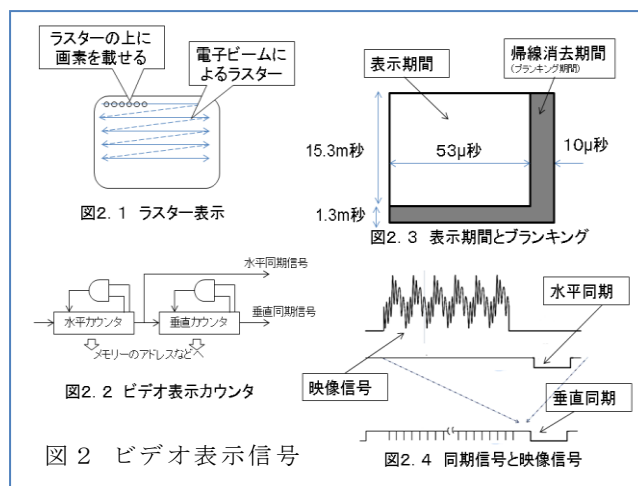


バイルゲームの研究開発とそのマネジメントに従事してきた。ここでは、独自の発展をしてきたビデオゲーム表示技術の進化とその概要を述べ、その技術が生んだビジネスを見てゆく。

### 1. ビデオゲームの技術

#### 1.1. ビデオゲーム表示技術の基本

周知の様に、テレビ受像機における描画は図2.1に示す様にブラウン管上の電子ビームを順次左右上下に振って画面上ラスタースタで明暗を描くもので、映像信号と同期信号が重要である。今日の液晶テレビにおいてもその信号形式は同じで、70年代に始まるビデオゲー



ムではデジタル回路でこれら信号を作り出すところから始まっている(図2.2)。図2.3はビデオゲーム表示における表示期間の考え方を示し、図2.4は表示のための同期信号と映像信号である。この例ではNTSC方式に近い表示周期を示しているが、飛び越し走査を

しないなど多くのビデオゲームにおいては独自の信号形式が使われている。

### 1.2 初期のビデオゲーム

1972年に発表された米国アタリ社の「PONG」に刺激を受けた国内のアーケードゲーム技術者は、独自の発想でビデオゲームを研究開発している。当時、電子回路の中心はTTLロジックによるもので、図3は当時のレーシングカーゲーム（スピードレース：1974年タイトー）の機能ブロックである。「デジタルカウンタのプリセット機能」などを活用して目的とする表示位

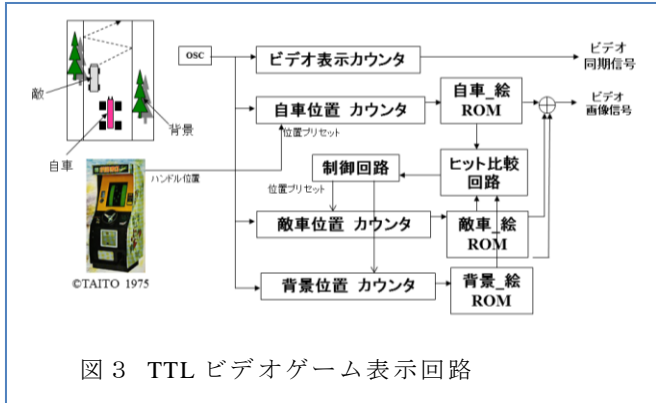


図3 TTLビデオゲーム表示回路

置に絵を描き、ゲームに必須のヒット検出（この場合は自車と敵車・道路縁石）は、表示された絵同士の画素の重なりを検出してその回路動作を切り変えている。この時期CPUはまだ搭載されておらず、制御の中心は数百個のTTLロジックICである。この時期、ゲームコンセプトとTTLロジック電子回路の両方を理解する人材は少なく、さらに表示物体が多い複雑なゲームでは必要なTTLの数が増えて間もなくそのコストも限界に達する。

### 1.3 CPUビットマップ表示技術とスペースインベーダー

70年代中期になって、米国企業がCPUを使ったビデオゲームを投入した。(Gunfight:1975年Midway:)当時の非力なCPUと少ないメモリーを組み合わせたビットマップ方式による表示であるが、柔軟なゲーム開発を可能とした。(図4ビットマップビデオ回路)

1978年、この仕組みに学んだ(株)タイトーは独自の工夫を経てスペースインベーダーを開発している。当時貴重であった少ないメモリー容量でいかにビデオゲームを実現するかが技術者の腕の見せ所でもあり、スペースインベーダーはビデオメモリーとワークメモリーを合わせてわずか8Kバイト、プログラムもわずか6Kバイトで構成されている。単純な比較はできないが、今日のゲームの1万分の1以下である。

### 1.4 ゲーム開発ツールの誕生

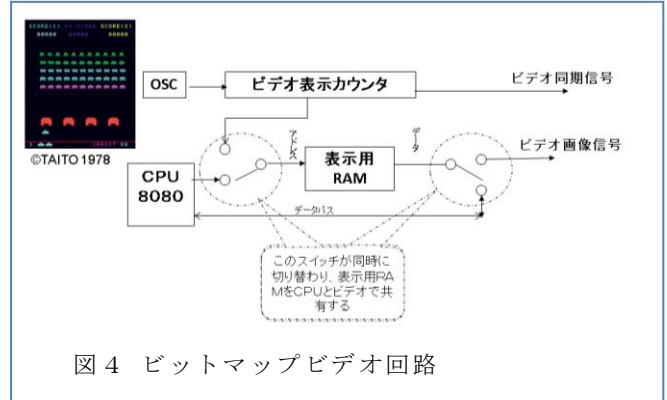


図4 ビットマップビデオ回路

この時代の国内ゲーム開発者は、ハードウェア、ソフトウェア、グラフィック作成を自ら行うマルチ技術者で、作業効率向上のために様々なツールを自ら開発活用している。初期には紙とエンピツでデジタル化していたグラフィック作成作業を、専用のグラフィック作成ツールを作り上げ、絵柄形状の修正や色の変更そしてアニメーションの確認なども行えるツールに仕上げ活用している。また、多くのサブルーチンプログラムが協調しながら並行して動作するゲームソフトにおいて、これらを統合して動かすために初期のリアルタイムOSも自ら作成し組み込んでいる。

### 1.5 CPUビットマップ表示の限界とスプライト表示方式

スペースインベーダーゲームで使われた「ビットマップ表示」では、表示に関わる全ての操作をCPUプログラムが行うため、動きの激しいゲームでは必要な処理がすぐにその限界に達してしまう。これらに対処するために、米国アタリ社は1978年「スプライト表示方式」[4]を米国で特許登録している。表示物の位置座標と絵柄の番号を所定のメモリーにCPUが書き込むだ

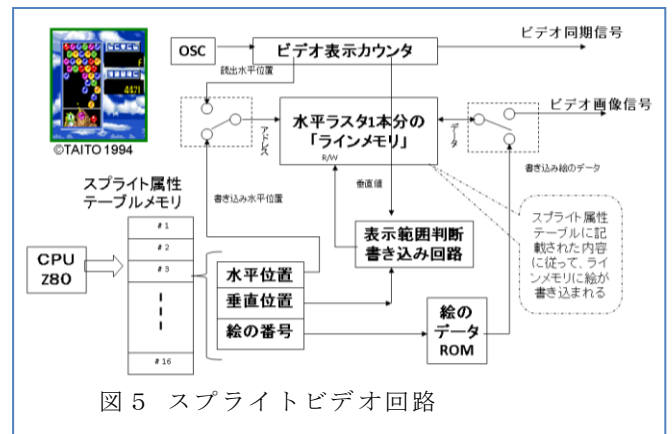


図5 スプライトビデオ回路

けで所望の絵柄をハードウェアがCPUとは独立して表示動作を行うビデオゲーム独自の方式である。図5はこの方式の機能ブロックである。当時高価であった高速なメモリーを用い、テレビの水平ブランキング期間に「ラインバッファメモリー」に書き込むこの方式は、

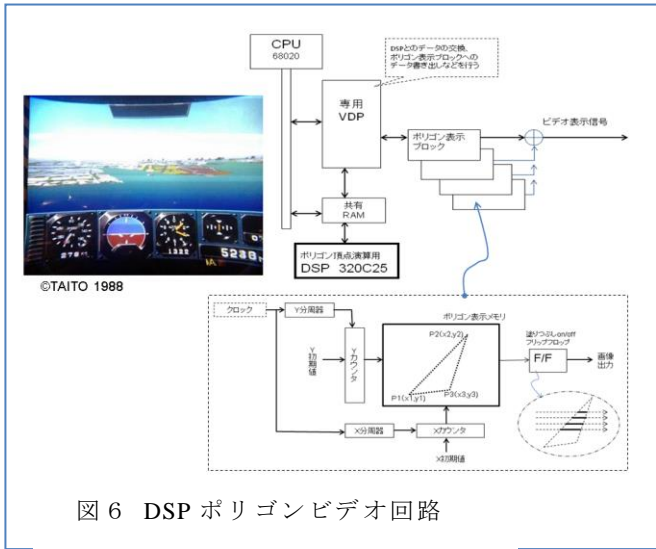
ハードウェア処理とソフトウェア処理がバランス良く分離され、ゲーム表示能力が飛躍的にアップした。80年代のほぼ10年間、ビデオゲームはこの手法を基本として、多くのビデオゲームコンセプトが試され、今日に至る殆どのビデオゲームジャンルが開拓されている。また、この表示方式は1983年に任天堂から発売された家庭用ゲーム機・ファミリーコンピュータの表示方式にもなっている。

### 1.6 役割の分化

この時期、プログラマー、ハードウェア技術者、ゲームコンセプター、サウンド、グラフィッカーそしてその取りまとめ役を行うプロデューサー（多くは中間管理職）など役割が徐々に専門分化され、特にプロデューサーは直接外部の競争にさらされながら次の時代のゲームコンセプトの実現と、次の技術開発につながる重要な役割を担う様になっている。

### 1.7 スプライト表示の限界と DSP ポリゴン表示

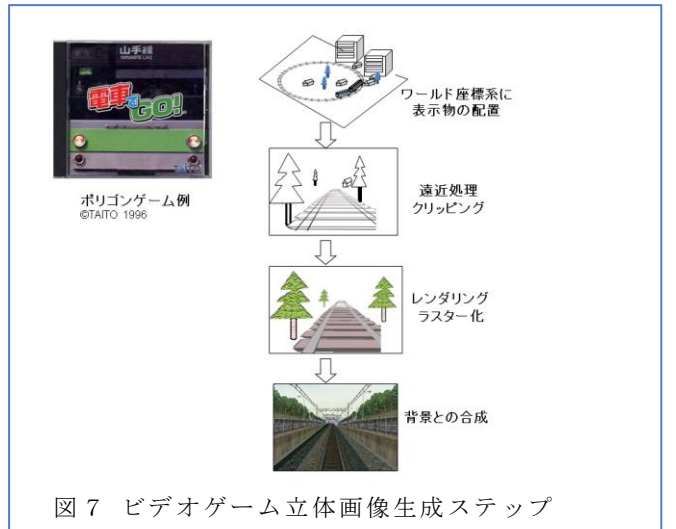
スプライト表示方式では例えば表示物を拡大・縮小・回転させるためには、あらかじめそれら多くの絵柄を準備する必要があり、グラフィック作業とその絵柄を格納するメモリーが爆発的に増えてコストが上昇してしまう。



1988年、(株)タイトーではフライトシミュレーターゲームを実現するために多くの技術検討を繰り返して最も初期のポリゴン表示ハードウェアを構想した。図6に、当時の回路ブロックを示す。ここでは多数の三角形ポリゴンの頂点座標を計算するためにDSP (Digital Signal Processor) を用いた。図では、ポリゴン表示メモリの上にX及びY分周器で設定された傾きの直線をX及びYカウンタのカウントアップに従って描き、この直線3本からなる三角形ポリゴンを描画

し[6]、ポリゴンへの着色は別途設けた表示直前のON-OFFで色信号を立てる仕組みである。図6のスクリーン画像は、国内で最初にポリゴン表示を実装したフライトシミュレーターゲーム（トップランディング：1988年タイトル）である。なお、この時期にはメモリーの単価が下がり、ビデオ表示用メモリーを2セット持つ「フレームバッファ方式」が使われ、一方のフレームが画面への表示動作をしている間に他方は次のフレーム画像準備のためにCPUなどが書き込みを行う方式となっている。

1994年に発売されたソニーのプレイステーションは、数値計算能力を高めてポリゴン表示を可能にした最初の家庭用ゲーム装置である。



### 1.8 DSPポリゴン表示の限界と GPU レンダリング

上記フライトシミュレーターゲームは、上空から見た比較的単調な地上平面と少数の高層建築物をポリゴン表示するものであったが、例えば電車運転ゲーム（電車でGO!：1996年タイトル）では、これとは比較にならない数のポリゴンが必要になる。また、それぞれのポリゴンに単色を付加して表示した画像は、一種塗り絵の様に不自然で、照射される光線の向きや反射など微妙な色の変化などを表現することに開発目標が向かった。

ビデオゲームの立体的な画像は主には次の3つのステップで作られる。[図7]最初に箱庭的空間である「ワールド座標」に多数のポリゴンで構成された全ての物体（人物、建物、背景など）を所望の場所に相当するメモリーに配置し、次にその場所を視点方向から2次元平面に切り取る「クリッピング」処理を行い、最後に光線の向きなどを加味した色の付加などの「レンダリング処理」を行い表示する。このほとんどの過程で膨大な量のリアルタイム数値演算が必要で、

初期には多数の DSP を用いアーケードゲーム製造企業が自ら設計開発した。しかしその設計作業が膨大になるにつれ 2000 年以降はパソコンにその需要を広げた専門の GPU (Graphic Processor Unit) メーカーと協業する様になった。現在は米国の NVIDIA 社などがその市場を拡大している。図 8 に最近のポリゴン表示 LSI (GPU) の内部構成例を示す[7]。積和演算を得意とするプロセッサが多数配置され (この図では SP)、マイクロプログラムが実行される。それらは、頂点計算、クリッピング処理、テクスチャーの貼り付けなど多様な役割を担う。メイン CPU は、ある定まった形式 (マイクロソフトの DirectX など) でデータを GPU に与えるだけである。GPU は処理を切り替えながら実行し、結果をビデオメモリーに書き出す。メイン CPU が

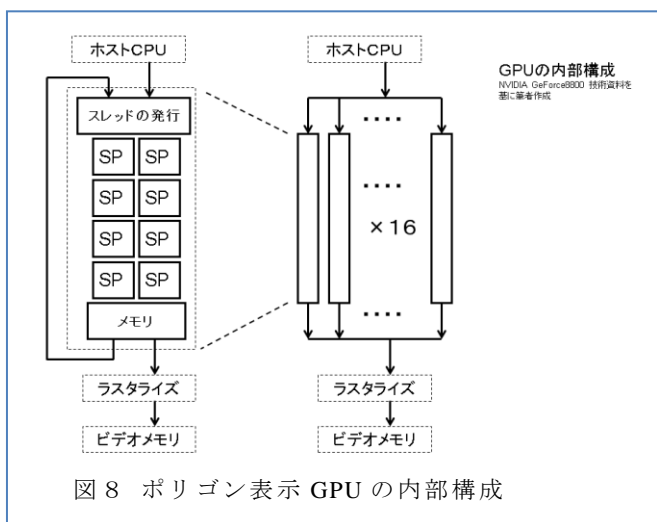


図 8 ポリゴン表示 GPU の内部構成

ら見るとブラックボックスとして処理が行われていることになる。最新のものでは千個を超える SP プロセッサが搭載され、同 GPU は一部のスーパーコンピュータでも活用されている。

最新家庭用ゲームのほぼ全てはこの考え方を元にした GPU を備え、スマートフォンの多くもメインプロセッサと独立した同様の GPU で構成されている。

## 2. ビデオゲームのビジネス


### 2.1 アーケードゲームの品質維持の仕組み

アーケードゲームはその試作品の「インカムテスト」が行われる。試作したゲーム機をアミューズメント施設 (ゲームセンターなど) に置き、そのプレイ頻度や状況を見るテストである。お客は 1 度ゲームをし、そのゲームが面白ければ続けてプレイするが、面白くなければ、二度とプレイしない。そしてインカムの少ないゲームは開発が中断され、継続して開発されるのは 20% ほどとなる。さらにヒットにつながるのはその数パーセントであり、この仕組みが働いて、アーケードゲームのゲーム性品質が維持されてきた。

### 2.2 家庭用ゲームのビジネス変遷


国内では 1983 年に任天堂がファミコンを発売し、1994 年ソニーがプレイステーションを発売している。米国ではこれより以前の 1977 年、アタリ社が「アタリ 2600」を発売し、米国で大成功を収めている。しかし、自由ソフトを作り販売できる当時のビジネス環境は粗悪ゲームの乱造を生んで、お客はビデオゲームに失望し、5 年後の 1982 年には米国から家庭用ゲーム市場がなくなってしまった。(図 9) 後に「アタリショック」

**1977年、アタリ社は米国家庭用ゲームで大成功を収めたが、当時のビジネス環境が多量の粗悪ゲームを生み、1982年米国から家庭用ゲーム市場はなくなった。「アタリショック」と呼ばれる。**



アタリ2600  
1977年  
[http://avgm.wikia.com/wiki/Atari\\_2600](http://avgm.wikia.com/wiki/Atari_2600)

→



アタリショック  
1982年

任天堂は「アタリショック」から大いに学び、次の制限を設けて市場を拡大した。

1. ゲームソフトの販売には任天堂の承認が必要
2. ゲームタイトル数に制限を設けた
3. ゲームカートリッジの製造は全て任天堂が行った

図 9 アタリショックと任天堂

と呼ばれる。任天堂は「アタリショック」から大いに学び、ゲームメーカーがファミリーコンピュータ向けゲームを販売するに当たり、次の制限を設けてゲーム品質の維持に注力した。①ゲームソフトの販売には任天堂の承認が必要。②承認を受けたゲームソフトメーカーであっても、年間に販売できるゲームタイトル数に制限を設ける。③ゲームカートリッジの製造は全て任天堂が行う。その結果、良質なゲームが厳選されて市場に出回る様になったことに加え、それまでのアーケードゲームの様メカや電子回路などを手掛けなくても、ゲームソフトビジネスができる様になり多くの家庭用ゲームメーカーが登場した。また、ゲーム雑誌が登場して、良質なゲームが紹介される仕組みが出来一方、宣伝広告にかかる経費がソフトの売れ方に大きな影響を与える様にもなった。

### 2.3 モバイルゲーム

2000 年、主要な携帯電話キャリアは携帯電話の画面表示能力を拡張し、プログラム言語である Java を搭載してモバイルコンテンツの可能性を広げた。その結果 80 年代初期の良質なアーケードビデオゲームが移植されモバイルゲームビジネスが急拡大した。また、①コンテンツ利用料をキャリアが代わりに回収する代行回収の仕組み、②通信でコンテンツを配信するため不

要となった流通コスト、③ダウンロードビジネスでは不要になる在庫、などそれまでゲームビジネスに必要であった参入障壁が一気に低下し、多くの企業がゲーム産業に加わっている。そして、ユーザーの細切れの時間にもプレイできるゲーム環境は、それまでのビジネスを大きく変え、スマートフォンの普及と相まって巨大な産業になりつつある。また、ゲーム性維持のためにゲームを無料で試す環境を整備するなどの工夫がなされ、加えてネット上のダウンロードランキング情報などがゲーム性とその品質維持に一役買っている。

### 3. ここまでのまとめ

#### 3.1 技術・人材と役割

ビデオゲームの表示技術は①TTL表示 ②ビットマップ表示 ③スプライト表示 ④DSP ポリゴン表示 ⑤GPU ポリゴン表示 (図10) へと進化し、その展開プラットフォームは ①アーケード用 ②家庭用 ③モバイル用へと、デジタル技術の進化を受けて発展してきた。また、それぞれにおいて「質の高いゲームが生き残る」仕組みが働く一方、ビジネスにおいては①流通の変化、②代金回収手法の変化、③在庫リスクの低減、など技術の進化に伴ってビジネス参入障壁が低くなり市場が活性発展してきた。

一方、これらを支えた人材は、黎明期・発展期・拡大期それぞれにおいて異なる人材が活躍した。

##### 3.1.1 黎明期：(0を1にした人達)

スペースインベーダーの開発に見られる様に、黎明期においてはアイデアを生み出す力に加え、何でも自分でやり切る人材が重要である。例えば、プログラム開

発ツールを自分で作って自分でプログラムを書き、グラフィックツールを作ってゲーム画面と素材の絵を作り、高度な電子回路を自分で設計試作する人材である。黎明期であるため資金は少なく、ツールや機材を揃えるお金はないが時間だけはある環境だ。

##### 3.1.2 発展期：(1を10にした人達)

80年代アーケードや家庭用ゲーム発展の時期には、ゲーム企画者に加え、専門のグラフィッカー、専門のプログラマー、専門のサウンド技術者、専門のマネジメント人材など役割が分化し、ゲームを作り上げるプロデューサーが注目された時期である。他の産業同様、発展期におけるプロデューサーの役割は大きく、将来を見据えた活動を行って産業として社会に定着する役割も果たす。

##### 3.1.3 拡大期：(10を100にした人達)

90年代後半以降、プログラムやグラフィック、サウンドなどのゲーム開発環境が劇的に安価になった。モバイルやスマホにおいてはその技術情報がオープンとなり多くの個人企業もゲームに参入して市場が急激に拡大した。80年代にパソコン技術のオープン化が産業を発展させたと同じことがゲームでも起こっているのがある。一方、大手のゲーム企業ではそれまでの開発人材に加え、広告宣伝の手法、知名度とブランド力を生かす工夫、継続した運営など広くはマーケティングを担う人材がさらに重要な役割を果たしている。開発ツールを進化させ、技術情報をオープンにし、綿密なマーケティングを行う人材など、様々な活動を担う人材が拡大期の役割を果たしている。

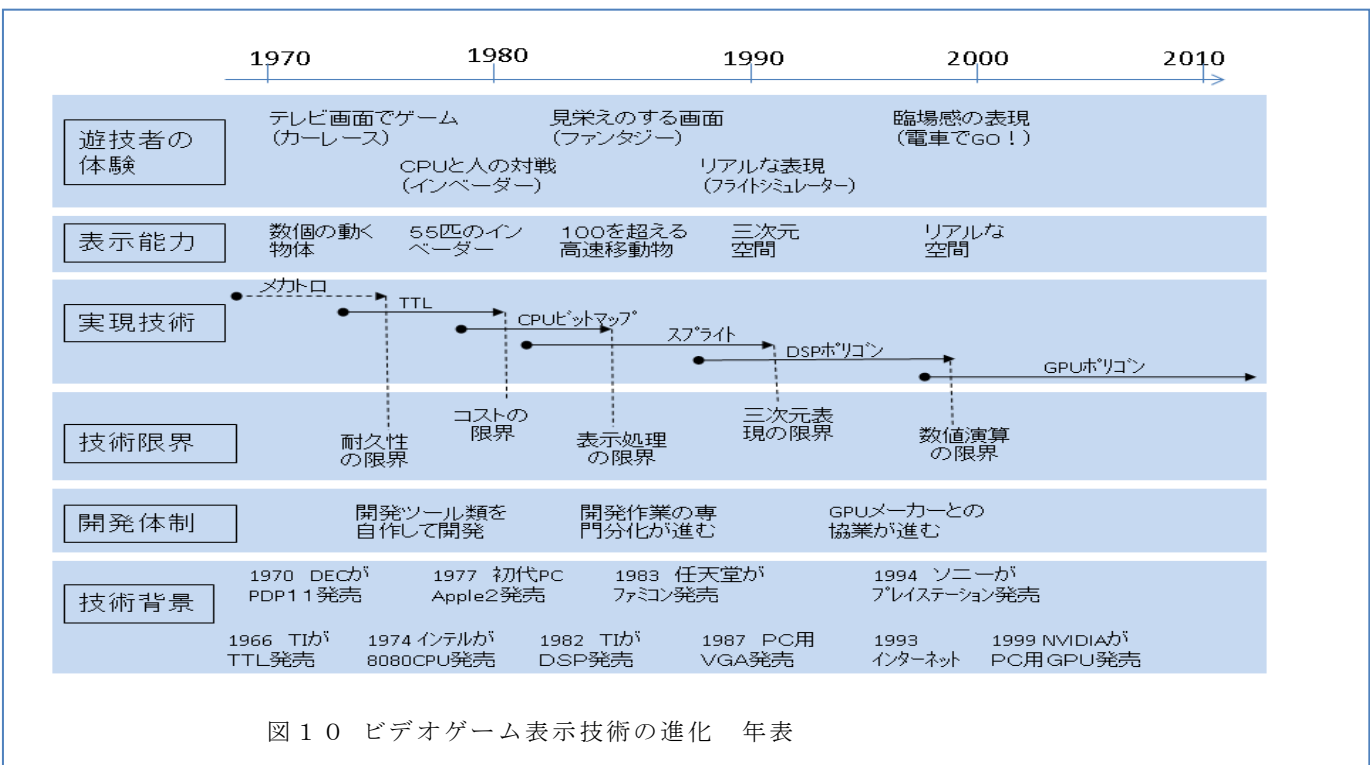


図10 ビデオゲーム表示技術の進化 年表

## 3.2 変化への対応

アーケードビデオゲームが登場した当時、それまでのメカやリレー制御に慣れた技術者は「ビデオゲームは一時的なもの」と信じていた。家庭用ゲームが始まった当初、一部の技術者は非力な CPU と非力な表示機能しかない家庭用ゲームは、強力な CPU と表示機能をもつアーケードゲームこそがいつまでも主流であり続けると信じていた。モバイルゲームの当初、画面のサイズが小さく見栄えのしない携帯画面に向けたゲーム開発に前向きではないクリエイターも多く存在していた。

ダーウィンは「強いもの、賢いものが生き残るのではなく、変化に対応できるものが生き残る」と語った。他のビジネスにおいても同様で、かつてレーザーディスクカラオケが全盛だった 1990 年初頭、筆者は通信カラオケを考案し事業化する機会があった。[11,12]その後「通信カラオケ」は 5 年で市場を塗り替えレーザーディスクカラオケはなくなった。通信カラオケに必要な画像表示技術、高品質な音楽再生技術などは全てゲーム産業が以前から持ち合わせていたものでカラオケ産業の変化は異業種（この場合、ゲーム産業）から起こった。

## 3.3 これからのゲーム・エンタテインメント産業

まだ CPU があまり知られていない時代、アーケードゲームでは率先して CPU が使われ、国内のマイコン産業発展に貢献している。また、最近話題の人工知能は 60 年代の AI 会話マシン「イライザ」を原型にその後機械との会話を楽しむゲームが登場している ([16]little computer people)。80 年代に軍事用として研究が始まったヘッドマウントディスプレイ [17]はその後エンタテインメント展開を念頭に活動が行われ今日の VR に発展している。アーケードゲーム産業は実現したいアイデアを追及し、そのために必要なハードウェア・ソフトウェアなどを自ら作り、他の産業よりも一足早く新技術を導入しビジネスにしてきた産業である。そしてここで生まれたエンタテインメント技術やビジネスが発展して家庭用ゲームやモバイルゲームなど次の産業を作り出し、さらに大きな市場を作り出してきた。先に述べた 3 つのゲーム産業は、お互いの競争の中でこれからのエンタテインメントの発展に欠かせない活動を現在も続けている。

## 文 献

- [1] ファミ通ゲーム白書 2016 ; カドカワ(株)
- [2] アミューズメントジャーナル平成 28 年 12 月号アミューズメント業界資料集 ; (株)アミューズメントジャーナル
- [3] 赤木真澄著 : それは「ポン」から始まった ; アミ

ューズメント通信社

- [4] Method for generating a plurality of moving objects on a video display screen:U.S.Patent 4,11,444 Sept.26,1978 (スプライト表示に関する US 特許広報)
- [5] MIDWAY'S Galaxian Trouble shooting logic board part2;1980 Midway FORM 00214-8008
- [6] 図形塗りつぶし方法とその装置 : 公開特許公報昭 55-10656 (ポリゴン生成技術に関する広報)
- [7] NVIDIA GeForce 8800 GPU Architecture Overview November 2006
- [8] Vector generator ;U.S.Patent 4027,148 May 31,1977 (ベクタスキャンによる表示方法)
- [9] 三部幸治 : RX62N でよみがえる ! ベクタスキャンゲームの製作 ; インターフェース 5 月号 (2012) p129-139 : CQ 出版
- [10] 標体の画像表示装置 : 公開特許公報 昭 59-040687 (スプライトの拡大縮小)
- [11] 三部幸治 : 通信カラオケについて ; 技術士の視点、日刊工業新聞 2007 年 4 月 4 日
- [12] その通信カラオケ、私が作りました ; 日本科学未来館 ; 科学コミュニケーターブログ ; <http://blog.miraikan.jst.go.jp/other/20130201post-292.html>
- [13] 三部幸治 : 携帯電話を使ったコンテンツビジネスの展望 : 赤門マネジメントレビュー1 巻 8 号 pp.607-624 <http://www.gbrj.jp/journal/amr/AMR1-8.html>
- [14] 三部幸治 : アミューズメントにおけるデジタル処理の進化 : 九州大学学術情報リポジトリ 2008 年 9 月 16 日 <http://jairo.nii.ac.jp/0001/00010100/en>
- [15] 三部幸治 : 業務用ビデオゲーム表示技術の変遷 ; 産業技術総合研究所・学術誌 (シンセシオロジー) [https://www.aist.go.jp/pdf/aist\\_j/synthesiology/vol06\\_02/vol06\\_02\\_p93\\_p102.pdf](https://www.aist.go.jp/pdf/aist_j/synthesiology/vol06_02/vol06_02_p93_p102.pdf)
- [16] Little computer people; [https://en.wikipedia.org/wiki/Little\\_Computer\\_People](https://en.wikipedia.org/wiki/Little_Computer_People)
- [17] Head mount display; <http://vrtifacts.com/hmds/page/5/>

## 執筆者略歴

三部 幸治 (さんべ ゆきはる)



1979 年(株)タイトー入社、2000 年 CTO 常務取締役、現在 技術顧問。技術士 (電気・電子)。長年アーケードゲーム、家庭用ゲーム、モバイルゲームなどの R&D とマネージメントに従事。1992 年世界で最初の通信カラオケを考案し事業化した。