慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	ベトナム戦争における"軍需"と米国半導体産業の発展
Sub Title	Defense expenditures and the development of US semiconductor industry under the Vietnam War
Author	井上, 弘基
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	1992
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.85, No.2 (1992. 7) ,p.271(151)- 288(168)
JaLC DOI	10.14991/001.19920701-0151
Abstract	
Notes	論説
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19920701-0151

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.

「三田学会雑誌」85巻2号（1992年7月）

ベトナム戦争における“軍需”と米国半導体産業の発展

井　上　弘　基

はじめに
第Ⅰ節　ベトナム戦争における電子機器・IC生産
第Ⅱ節　“軍需”によるMOS型IC, LSI開発促進
おわりに

はじめに

半導体集積回路（IC）を軸とする日米半導体摩擦とその行方は，重要な政治経済問題となっている。この摩擦の基礎には，米国で半導体技術，製品，半導体産業が，“軍需”と結びついて発展し，日本とは異なった特色，構造をもってきた事実がある。

だが半導体技術あるいは米国半導体産業の発展と“軍需”との結びつきは，従来内容的に明らかにされることが少なかった。トランジスタは，第2次大戦後における巨額“軍需”の下，米国で実用化され，さらにシリコン・トランジスタやICも，“軍需”をねらった企業によって開発された。とくにICは，大陸間弾道ミサイルやアポロ計画に採用され，'60年代中葉には量産可能とされるに至った。これらについては，ある程度明らかになってきている[(1)]が，しかし60年代後半において“軍需”の果たした役割は，殆ど分析されていない。

その背景には，ベトナム戦争で米軍が，砲弾薬，建設資材，石油等を大量に消費した事実や，'60年代後半，IC生産に占める“軍需”向けの“比率”が下がった事実がある。

しかしながらこの時期，“軍需”は米国半導体産業の発展に大きな役割を果たしたのである。第1に，ベトナム戦争で米軍は，それまでに量産可能とされたICによる電子（IC）機器を大量に購入した。第2に，戦争による刺激もあり，国防省・NASAはさらに新型IC，LSI，それらの利用機器の研究開発を進めた。IC生産全般に占める“軍需”向けの“比率”が下がったといっても，

注（1）多くの文献の中で2点挙げれば，T. J. Misa, “Military Needs, Commercial Realities, and the Development of the Transistor, 1948-1958,” *Military Enterprise and Technological Change*, ed. M. R. Smith (Massachusetts/MIT Press, 1985), pp. 254-287; N. J. Asher, L. D. Strom（後掲1表文献）．邦文文献では田村真治「アメリカ半導体産業の成立と国際的展開」『政経研究』36号，1982年11月などもあるが，'60年代後半には詳しくない（英文文献も同様）。

これら2点で“軍需”は米国半導体産業の発展に寄与したのである。

本稿は第Ⅰ節で第1の点を分析し，ICへの“軍需”が一層伸び，ますますICのコスト・価格が低下したこと（それによってICの非“軍需”向け出荷も伸びたこと）を，明らかにする。

第Ⅱ節で第2の点を分析し，“軍需”がMOS型IC, LSI, それらによるメモリやマイクロプロセッサの開発を促進したことを，明らかにする。

本稿の分析は，“軍需”の本格減少とマイクロプロセッサ発表のある71年までとする。

本稿の主題は上のとおりであるが，Ⅰ～Ⅱ節での分析を通じて，巨大電子企業が，膨大な“軍需”を享受しつつ，MOSなどの基礎的技術を開発したこと，しかしMOS型ICやLSI自体の商品化開発には慎重で，生産としては「軍事・産業・業務用電子機器」に力を入れたこと，それら技術や供給態勢の前提の上で半導体専業メーカーが，“軍需”を利用しつつ，IC自体の商品化開発およびIC生産で成功していくことを，併せて指摘，考察する。

なお，以上のMOS型IC, LSI, それらによるメモリとマイクロプロセッサの実現があって初めて，マイクロエレクトロニクス（ME）革命とも言われる事態が，'70年代後半以降，展開することになる。その意味で本稿で分析する“軍需”の貢献は，ME革命の技術的基礎への貢献でもある。

第Ⅰ節　ベトナム戦争における電子機器・IC生産

本節では，米軍がベトナム戦争の下でIC利用の電子機器（以下，電子（IC）機器）を大量に購入し，“軍需”向けIC出荷が伸び，その結果ICのコスト・価格が一層低下した（それによってICの非“軍需”向け出荷も伸びた）ことを，明らかにする。

①本稿で“軍需”は，国防省・NASA・原子力委員会によって，直接または製品組込の形で間接に，調達またはR＆D支出された分を言う。(2)

②“軍需”向け出荷には，予算上R＆D支出に含まれる原型機（プロトタイプ）までの，開発段階の納入品が含まれている（その内容検討はⅡ節でおこなう）。

③“軍需”に対応するための“設備投資需要”向けに出荷された電子製品は，産業・業務用に含み，“軍需”向けに含まない。

ベトナム戦争のため，あるいはその刺激の下に，米軍は大量の電子（IC）機器を購入した。本期購入された電子（IC）機器やそれらで装備された航空機等は，ベトナムとその周辺に展開する部隊に「優先配備」されたのである。(3)

ベトナム戦争に投入された電子（IC）機器は，まず，通信情報能力（指揮・統制・通信・諜報，C^3I

注（2）国防省・NASAが購入した機器の内，納入事業所とは別の事業所から部品が使われた分は，部品と機器のそれぞれで“軍需”向出荷として計上され，国防費＋NASAの電子製品購入額より大きくなる。出荷統計自体，“軍需”向けに限らず，部品・機器の双方に計上されている。ここでは最終市場の規模把握が目的でなく，出荷中の“軍需”額・割合，を把握するのが目的である。

（3）US Joint Logistic Review Board, *Logistic Support in the Vietnam Era* (Washington, DC/1970?), Vol. Ⅱ, pp. 286, etc.

=command, control, communication, and intelligence）や輸送力の向上に用いられた。米軍は，C5A巨大ジェット輸送機，軍事通信衛星などのシステム化機器の他，端末小型のトランシーバや暗号装置などまで，広汎な開発・調達を進めた。(4)

他方米軍は電子（IC）機器を戦闘と直接結びつけても用いた。北爆においては，敵レーダー波を自動追尾するミサイル（テキサス・インスツルメンツ）やスマート爆弾のような，非核小型精密誘導兵器，あるいは電子戦（electronic warfare）装置などが，開発，投入された。戦闘機（小型機）に載せ得る電子戦装置や，小型精密誘導兵器は，「マイクロエレクトロニクスの利用」によって初めて実現し，米軍はそれらを「数多く」調達した。(5) 南ベトナム内や「国境」周辺部で米軍は，小規模・高機動攻撃力も追求し，電子（IC）機器を用いてヘリコプタや攻撃機と陸上兵力の連繋を向上させたり，夜間暗視装置，センサといった索敵電子（IC）機器などの開発・調達を行い，「電子戦場計画（electronic battlefield program)」などを進めた。(6)

ベトナム戦争で上のような内容の電子（IC）機器購入が進んだ結果，国防省分を中心に同省・NASA・AECによる「電子機器」購入（直接購入）は，'68年まで大幅に増えた（'65—68年：37→52億ドル，15億ドル増)。(7)「航空機・ヘリコプタ・それらの部品」（同：86→111億ドル，25億ドル増）や，「誘導ミサイル」(8)（同：27→37億ドル，10億ドル増）に組込まれた分まで考えれば，ベトナム戦争における電子機器購入は一層伸びたと言える。これらの購入増は，連邦政府による米国内物財購入全体の増加額のなかでも，3品目だけで寄与率45%（同期間）に達した。連邦政府国内購入で大きく増えたのは，砲弾薬等だけではなかったのである。

次に，国防省・NASA・AECによる電子機器への需要が，電子機器のなかでも1品目に絶対額・増加とも集中し，米国の電子機器出荷が，その品目中心に'68年まで増えたことを検討する。ICなど電子部品への“軍需”は，電子機器への“軍需”を通じて生まれていく。

米国の電子製品出荷は，(9)“軍需”向けが，'65年64.3億ドルから68年ピーク90.4億ドルまで26.1億ドルの大幅増となり，同年まで全体として年率10.6%のテンポで急成長した（65年約190億ドルから68年約257億ドル；約67億ドル増)。“軍需”は，国内非“軍需”および輸出向けの増大ペースを上回っ

注（4） *ibid.*, Vol. I, p. 15; T. M. Rienzi, *Communications-Electronics, 1962-1970* (Washington, DC/Department of the Army, 1985), pp. 76-84 : 94; 96; 129-130.

（5） J. R. Dickson, *Electronic Warfare in Vietnam* (Alabama/US Air Force, Air University, 1987), pp. 26, etc.

（6） 同計画は，ベトナム戦争関連の国防省R＆D計画中，最大のもの（II節「LSIテクノロジー計画」は本計画の一環でもあった)。US Senate, Committee on Armed Services, *Hearings: Investigation into Electronic Battlefield Program* [91 Cong., 2 sess.] (Washington, DC/GPO, 1971), pp. 1, 4.

（7） ①電子機器の範囲は後掲1図に同じ。②政府電子機器購入は国防省が中心で，NASAが次ぐが，NASA電子機器購入は66年10億ドルがピーク。③出典：後掲1図“軍需”向け出荷文献より算出。

（8） ミニットマンII納入は'66年ピークを迎えた。ミサイル納入がその後も増えたのは非戦略ミサイルが多数調達されたからである（69年後半以降は，ポセイドンC3-SLBM，ミニットマンIII-ICBM生産も始った)。

（9） 出典，後掲1図に同じ。以下，製品組込による間接納入分を含む。

て増え，電子製品出荷に占める“軍需”向け構成比は65年33.8%から68年35.2%まで上がった。電子製品出荷は，“軍需”が減り始めた69年も1年間だけは約7%増えるが，早くも70年には1%も増えないこととなり，“軍需”本格減少の始った71年には絶対的減少に陥る。“軍需”の動向は，米国の電子製品生産の動向を全体として規定したと言えよう。

'68年までの電子製品出荷増の内容は，増加分でみて主役は，1図のとおり「(家庭用を除く)無線通信・電子応用機器 (Radio & TV Transmitting, Signaling, and Detection Equipment and Apparatus, 以下単に無線通信・電子応用機器)」である。その出荷増+25.4億ドルの7割以上は，“軍需”(黒線部分) 増加によるものだった。

次いでいわゆるコンピュータ(コンピュータとして出荷されたコンピュータ)が，産業・業務用に伸びた。ただし，そこには“軍需”関連設備投資向け出荷が含まれている(図の黒線には含まれない)。残る家庭用電子機器へも需要は増えたが，需要増のかなりは日本からの輸入で賄われた(1図)。(10)

出荷絶対額でも，'65年すでに，無線通信・電子応用機器は他の電子製品を圧していたが，68年には約83億ドルに達し，コンピュータ・同周辺機器43億ドル，電々機器24億ドル［以上「軍・産・業務用電子機器」］，家庭用電子機器38億ドル，および電子部品(後述)を，はるかに超える規模となった。(11) 一目瞭然，無線通信・電子応用機器の8割以上=67.7億ドルは“軍需”向けである。国際的にも，68年日本の，輸出向けを含んだ“全”電子製品生産50億ドル弱を，無線通信・電子応用機器の“軍需”向けだけで，17億ドル以上越える空前の規模に達した。

ベトナム戦争において増えた電子機器の“軍需”購入は，無線通信・電子応用機器に集中するかたちで'68年まで伸び，米国の電子機器生産は，それに対応して無線通信・電子応用機器中心に，同年まで急成長した。“軍需”向け無線通信・電子応用機器中心の成長は，以下のとおり，電子部品のなかでもICに対する集中的な“軍需”増加となって現れる。

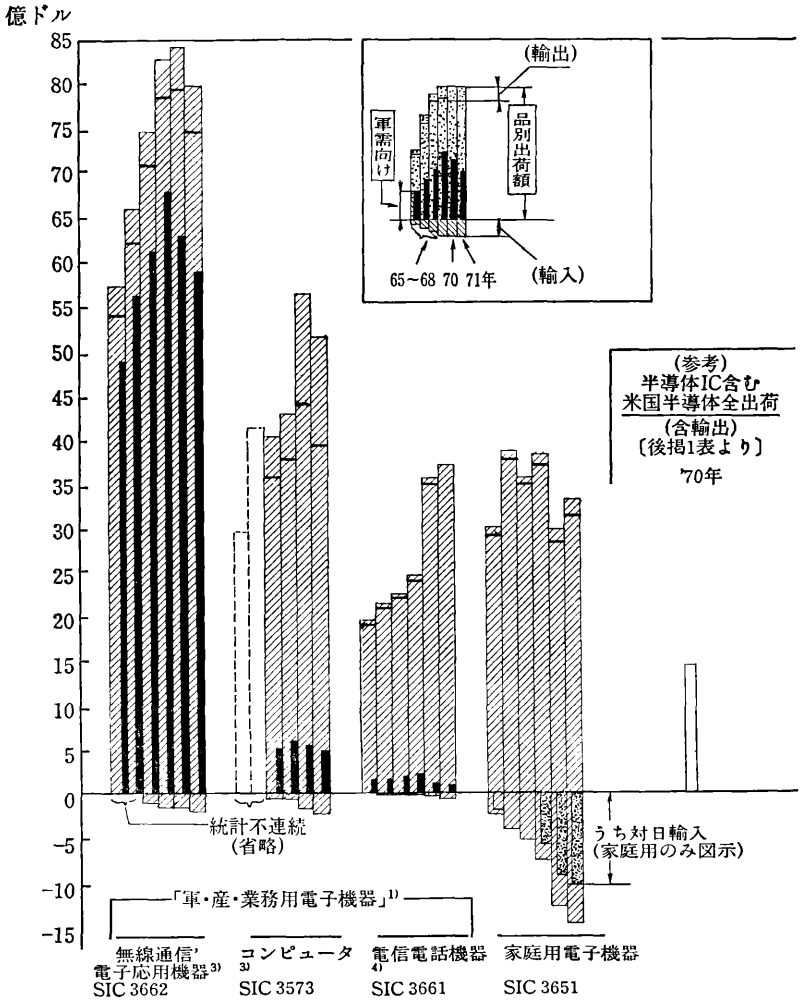
電子部品のなかでも，電子機器にとって重要とされる能動電子部品［電子管+半導体(含半導体IC)+混成IC］は，出荷が'65年21.5億ドルから，68年27.5億ドルまで伸びた。(12) うち“軍需”購入は，4.3億ドル(出荷中，20%)から5.8億ドル(同21%)へ増えた。その中身は，半導体IC(1表付図：

注(10) 日本の対米輸出急増電子製品は，ラジカセやカラーテレビであった。それらはIC組込がまだ進んでおらず，ICとの直接の関連は薄かったが，日本企業は家庭用を中心として電子機器の開発・生産力を向上させ，米国での販売・サービス網も整備した。電卓も60年代末，それらに次ぐほどの対米輸出品になり，日本のMOS-IC生産に刺激を与えたが，MOS-LSIなどは，まだ米国からの輸入だった。日本については改めて分析したい。

(11) 無線通信・電子応用機器は大別して，無線通信機関係('68年出荷24億ドル)と電子応用機器関係(57億ドル)に分けられ，前者はテレビ・ラジオ放送機器，その他無線機器，後者はレーダーなど「電子探知器類」(21億ドル)，「航法支援・誘導制御電子機器」(navigation aid/guidance & control)(20億ドル)，その他(16億ドル)からなる。多種多様の機器からなり，それぞれが巨大な出荷額をもっていた。US Bureau of the Census, *Census of Manufactures, 1972*, より。無線通信機関係=SIC36621～3, 36627, 36629。電子応用機器=3662のうち前記および36620除いた全て。この区分は，筆者による大略のものである。

(12) 出典後掲1表に同じ。“軍需”向けには若干の把握漏れがあると考えられるが，大差はないと思われる。

第1図　米国電子機器出荷[1]と"軍需"[2]，65-68/70-71年



1）「電子機器」の範囲は，米国電子工業会（EIA）の分類を参考にした。EIA 等による「軍・産・業務用電子機器」概念は，主な需要を表しているが，同時に軍用と産業・業務用との技術的連関の強い品目群を示す概念である（当時）。EIA はそこに一部の電気計測器等を含めているが，今回省略。EIA, *Electronic Market Data Book,* each year.

2）"軍需"向け出荷として，政府向け直接＋間接組込出荷を用いた（政府向けの9割以上は国防省・NASA・AEC 向け）。

3）コンピュータは周辺機器含み，電卓等除く。無線通信・電子応用機器はコンピュータと一体の機器多い。1事業所内でコンピュータが内製され，無線通信・電子応用機器にシステム化されて出荷された分は，コンピュータ出荷に含まず，無線通信・電子応用機器に計上されている。コンピュータ生産・同"軍需"向けは，その分，図より大きい。

4）'68年以降の電信電話機器出荷増は，政府政策の影響によるところが大きい（詳細略）。

［出典］ 出荷：US Bureau of the Census, *Census of Manufactures 1967, ibid. 1972.* "軍需"向け出荷：*Current Industrial Reports, MA 175: Shipments of Defense-Oriented Industries, 1966-72.* 家庭用電子機器対日輸入：*US Imports (FT 210)*, each year（やや過小）．その他貿易：*US Industrial Outlook,* each year.

'65→68年0.6億ドル増）ならびに大電力・特殊電子管（同，1億ドル増）であり，受信管や個別半導体の“軍需”購入は一時的にはともかく，68年には65年水準より減少した。無線通信・電子応用機器の“軍需”購入増加は，半導体 IC と特殊管の“軍需”購入増加を引き起したのであり，それが中心となって能動電子部品の生産は，一層“軍需”向けが多くなるかたちで増えたのである。

“軍需”による半導体 IC 購入増加は，その分 IC の出荷増になっただけでなく，それによる追加的な習熟，量産効果をつうじて，コスト・価格低下を容易にし，ひいては非“軍需”向けの出荷増にも寄与した。1表のとおり65—68年に半導体 IC への“軍需”は金額では倍増したが，数量では約600万から4000万チップへ，6倍を軽く突破した。本期 IC 産業発展への“軍需”の貢献を，“軍需”増，コスト低下，非“軍需”への販路拡張……という点だけで捉えるのは誤りだが，その貢献も無視し得なかった。代表例は“軍需”によって大量かつ継続購入された，小規模集積，中規模集積の（中小集積と略記）バイポーラ IC である。60年代後半，IC 生産で大きく伸びたのは，この中小集積バイポーラ IC だった（1表付図参考部）。それは価格低下をテコとして非“軍需”向けの産業・業務用電子機器にも採用され[13]，“軍需”向けと併せ，全体として出荷を急速に伸ばした（1表付図）。本期，IC 生産全般に占める“軍需”向け比率が低下したのは，“軍需”による貢献の結果であり，その逆ではない。

さらに，国防省・NASA は，MOS 型 IC や，MOS/バイポーラの型を問わず LSI など，さまざまな新 IC を，直接，または電子（IC）機器のかたちで間接に購入した。“軍需”IC 購入には新型 IC 購入も含まれ，それらは特に高価格であり，“軍需”IC が高単価なのは，部分的にせよその反映である（非“軍需”向けの1.5～2倍近く：1表[14]）。その内容解明は R & D 支出と併せII節で行うが，この点からしても IC 生産“全般”に占める“軍需”向けの比率低下を，“軍需”の貢献低下と捉えるのは妥当でない[15]。

以上，ベトナム戦争において無線通信・電子応用機器の“軍需”購入が増え，それを中心に米国の電子機器生産が'68年まで急成長し，その下で IC の“軍需”購入も増えた。そのため IC のコスト・価格は一層下がり，非“軍需”向けにも IC 出荷が伸びていったのである。

注（13） いわゆるコンピュータ（コンピュータとして出荷されたコンピュータ）など，産業・業務用機器向けが中心だった。US Department of Commerce, *A Report on the US Semiconductor Industry* (GPO, 1979), p. 46 より。

（14） “軍需”向 IC が相対的に高単価なのは，本文に述べた理由の他，テスト費用がかさんだり，非“軍需”応用のないものを購入したり，などの面からもきている。しかしそれらだけの強調は誤りである。

（15） 田村真治氏は米国半導体産業への“軍需”の貢献として，「研究開発資金の面」での「一定の役割」も認めつつ「むしろ……需要面での市場の大きさという点」を強調された。同時に指標としても，IC 出荷全般に占める“軍需”の「比率」を重視し，「60年代後半」からは“軍需”より「コンピュータや産業用」などの需要が増大していく時期，と位置付けられた（前掲田村，4—9頁）。問題はその事実の解釈である。本稿はそれを，“軍需”の貢献低下でなく，“軍需”の貢献の現れ，実りと捉える。“軍需”が一層増えるもとで IC 価格が一層下がり，IC は“軍需”だけに依存する状態から脱することができたのである。第2に IC“全般”に対して“軍需”比率が落ちても，MOS, LSI, などでは“軍需”の貢献ははるかに高かった（「需要面」でも「研究開発」の面でも）。

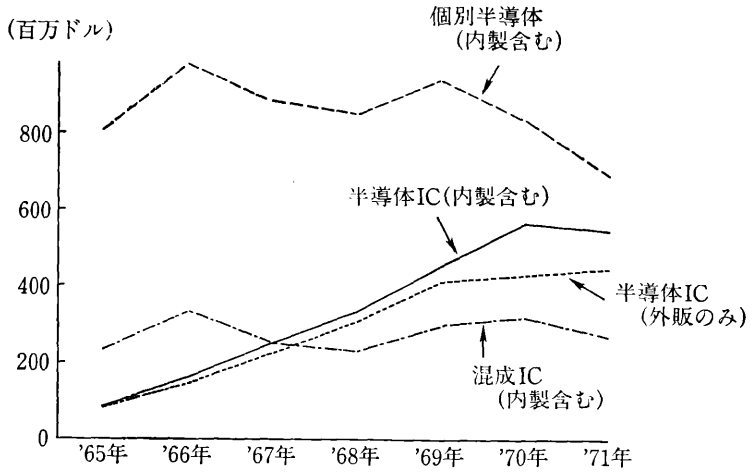
第1表　半導体へのいわゆる“軍需”

暦年	半導体IC					混成IC					個別半導体		
	“軍需”		金額ベース	平均単価		“軍需”		金額ベース	平均単価		“軍需”		金額ベース
	数量（百万点）	金額（百万ドル）	“軍需”依存度	“軍需”（ドル/個）	非“軍需”（ドル/個）	数量（百万点）	金額（百万ドル）	“軍需”依存度	“軍需”（ドル/個）	非“軍需”（ドル/個）	数量（百万点）	金額（百万ドル）	“軍需”依存度
1965	5.8	61.1	72.2(%)	10.5	5.5	1.9	8.5	3.7(%)	4.6	2.7	202	190	23.6(%)
66	13.3	83.7	52.9	6.3	4.1	3.5	13.9	4.2	3.9	2.5	263	220	22.6
67	23.9	108.3	43.0	4.5	2.6	4.9	17.6	7.0	3.6	2.5	247	205	23.3
68	40.6	125.5	37.5	3.1	1.9	3.5	17.1	7.3	4.9	2.4	242	177	20.9
69	41.3	108.5	24.0	2.6	1.4	5.6	18.6	6.2	3.3	2.4	240	167	17.8
70	NA	120	21.2	NA	NA	NA	27	8.4	NA	NA	187	134	16.1

＊“軍需”は，国防省・NASA・原子力委員会・CIA・連邦航空局（FAA）による直接購入分と，それらの購入機器中に含まれる電子部品。すなわち，“軍需”・非“軍需”ともに，IC 等電子部品を内製し，自社製品に組込んだ分含む。

資料：US Department of Commerce, Bureau of Domestic Commerce, *Consolidated Tabulation-Shipments of Selected Electronic Components for calendar years, 1960-1969* (Washington, DC/GPO, 1970), pp. 16-31, より作成。ただし'70年の分の上記統計が得られず，それを引用したものとして，IC は，Norman J. Asher and Leland D. Strom, *The Role of the Department of Defense in the Development of Integrated Circuits* (Arlington, VA/Institute for Defense Analyses, May, 1977), p. 73, table Cl より；個別半導体は，Jerome Kraus, *An Economic Study of the U. S. Semiconductor Industry* [Ph. D. dissertation] (US/New School for Social Research, 1973), p. 90, table 4-4 より；それぞれ一部筆者算出のうえ利用。

1表付図　米国 IC 等出荷



(出典) "外販" のみの半導体 IC は, Electronic Industries Association, *Electronic Market Data Book, 1972* (Washington, DC/EIA, 1972), pp. 81-82, table 73・74, より。その他は1表に同じ。IC への "軍需" においても, 軍需との関連で "設備投資として" 購入された電子 (IC) 機器, その中の IC 分, は含まれていない。その分は非 "軍需" 向けに含まれている。

(参考) **外販半導体 IC の種別売上**

(百万ドル) [　] は対前年増額

暦　年	デジタル		アナログ	合　計
	バイポーラ	MOS		
1967	179[NA]	—[　—]	42[NA]	221[NA]
1968	242[+63]	6[+ 6]	55[+13]	303[+ 82]
1969	328[+86]	14[+ 8]	72[+17]	413[+110]
1970	293[▲35]	61[+47]	79[+ 7]	433[+ 20]

(出典) Coleman Co. 調べ。ただし,『アメリカの半導体産業—日本市場に対するマーケッティング戦略と米 IC 産業に及ぼすスピンオフの影響』[海外産業調査47-K-1] 機械振興協会経済研究所1972年12月, 5頁, 1表より (一部筆者算出)。

[補] 次に, 電子関連の巨大 (独占) 企業中, IC など電子部品の外販も行っていた巨大通信機・総合電機メーカー[(16)]が, 電子製品生産上の力点を一層「軍・産・業務用電子機器」に置き, IC 生産では半導体専業メーカーが成長したことを考察する。

上のように米国の電子機器生産は, 巨額 "軍需" 購入が集中した無線通信・電子応用機器中心に伸びた

注 (16) 本稿ではとりあえず, RCA, GE (通信機・総合電機メーカー), ATT=ウェスタンエレクトリック=ベル研 (電々企業), IBM (コンピュータメーカー) などを, 電子関連の巨大 (独占) 企業と呼ぶ。独占 (寡占) については, 本来分野別に検討すべきだが, 今回は随時触れるほか, 分析しない。ベル・システムが独禁法訴訟によって, ①特許の無料・廉価公開を行い, ②電々機器は別として部品や機器の外販を行わない (政府向けは別) などの審決に同意した点は, J. E. Tilton, *International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors* (Washington, DC/Brookings Institution, 1971) などを参照されたい (後掲注(39) も参照されたい)。IBM も IC など電子部品の外販をせず, 部品の外販を行っていたのは電子関連巨大企業中, 通信機・総合電機メーカーであった。

(第2にコンピュータ)。無線通信・電子応用機器における筆頭メーカーこそ，RCA, GE など巨大通信機・総合電機メーカーであった。[17] それらは家庭用電子機器や電子部品よりも，無線通信・電子応用機器やコンピュータに，生産上の力点を置いたのであった。[18]

GE は自らが追求すべき事業として，高い「市場シェア」，大きな「売上高」，「コスト・リーダーシップ」（技術資源）掌握などを挙げ，中長期的に成功する見込があれば，危険な巨大投資（ベンチャー事業）を行うとした。その下でコンピュータ等へ本格参入し，また撤退決定したのであった。[19] RCA, GE などは，市場規模，技術的連関などからして，“軍需”中心の無線通信・電子応用機器を軸としつつ，その他の「軍・産・業務用電子機器」へも事業展開したのである。

IC 出荷は伸びたとはいえ，その規模はまだ限られていた。'69年に初めて，半導体全体［個別半導体と IC］が，電子管［特殊管，受信管，ブラウン管］の出荷額を追抜いた（13.9対12.3億ドル，内製含む，出典1表に同じ)。IC は，同年に半導体全体の3分の1弱（4.5億ドル）に達したばかりだった。さらに，IC 生産では「狂気」とも言われた競争が多数企業によってなされ，技術変化は激しく，利潤は安定しなかった。その下で RCA, GE など巨大通信機・総合電機メーカーは，高い IC 技術と一定の内製設備を持ちつつも，本期 IC 生産の中心だった中小集積バイポーラ・デジタル IC を，ほとんど量産，外販しなかったのである。[20]

注 (17) 事業所からの出荷を企業別に集計した集中度では，同機器が多機種からなるわりに上位シェアは大きかった（'67年上位4社22%，同8社37%)。また出荷額が巨大だったので，シェア（%）のわりに上位企業の出荷額は巨額だった。*Census of Manufactures, 1967*, Vol. I, pp. 9-35 より。*Census* で企業名を特定できないが，上位企業に RCA, GE など，巨大通信機・総合電機メーカーが入ってはいたのは確実である。すなわち GE の電子製品売上（於世界）は，'68年度22億ドル前後（米国企業中第2位）と推計されている（1位 IBM)。内，コンピュータ（同年約3億ドル）を除く，約19億ドルのかなりは，国内の無線通信・電子応用機器売上とみられる。RCA の電子製品売上は，同年度20億ドル（3位。内，コンピュータは1.5億ドル程度)。『電子工業海外情報』，ただし九州経済調査協会『わが国電子工業の展開方向と地方分散の実態』同会，1970年，143頁より。GE, RCA のコンピュータは，後掲日本電子計算機編書，32；272頁より。

また，同機器の“軍需”向け納入に限っても，巨大通信機・総合電機メーカー中心であることは明らかであった。GE の国防省・NASA 向け「航空宇宙機器・サービス売上」（主に電子製品＋ジェットエンジン）は，'65—68年（ピーク)，約11→17億ドル［売上総額中17→20%］。RCA はあまりに軍需依存が高かったため，本期受注を選別し，減額傾向にあったが，それでも67年約5.4億ドル［売上総額中17%］を占めていた（GE と異なりエンジンが無く電子比重高い)。(GE, *Annual Report, 1969*; RCA, *10-K Report, 1970*, より。)

(18) IBM, ベルシステムも，それぞれの本業の他，無線通信・電子応用機器を“軍需”向けに販売していた。1図脚注3)を参照されたい。

(19) GE 社 Ventures Task Force グループ（上級副社長3名）による GE 会長への答申より。GE はこれに基づいてコンピュータから撤退したが，その際 GE の事業方針等を明らかにしている。日本電子計算機編，『GE と RCA の撤退と IBM—米司法省/IBM 裁判公開文書分析シリーズ（第2分冊)』同社1976年，140；151頁より。

GEは，以前から，電子製品ではコンピュータ，その他では原子力発電やジェットエンジンを，「爆発的なものを期待できるがリスクも高い」巨大事業（ベンチャー・ビジネス）と位置づけ，電気機器（旧来的重電～家庭用）など「安定した利益の伸長」がある「確立された」事業（コア・ビジネス）から利益・人材を振向けていたが，本期その傾向は一層顕著になり，また人工衛星も重点品とされた（RCA もほぼ同様)。同上書，120；141-142；150-151；285-286頁。GE, *Annual Report*, each year.

(20) “The Semiconductor Industry: Madness? Or Method?,” *Forbes*, Feb. 15, 1971, pp. 25-26. RCA, GE は電子部品の生産では，個別半導体や特殊電子管など「古い製品分野に」力点を置きつつ（同上)，機器では巨大な市場が見込まれた「軍・産・業務用電子機器」に巨額投資をした。そこへの集中のためにも，またコンピュータなどで競合しない半導体専業メーカーから IC が安く購入できる限り，IC 生産での出費を避けるのが「合理的」（同上）だった（主にバイポーラ IC について。MOS

こうして巨大通信機・総合電機メーカーが，“軍需”の集中した無線通信・電子応用機器を中心として，「軍・産・業務用電子機器」に生産上の力点を置いた下で，フェアチャイルド，テキサス・インスツルメント等のいわゆる半導体専業・準専業メーカーや，IC 専業メーカー（一括して半導体専業メーカーと記す）が，“軍需”向け IC 生産，ひいては非“軍需”向け IC 生産を伸ばしたのであった。(21) “軍需”は米国半導体産業の企業構造にもインパクトを与えたのである。

先述のとおり，ベトナム戦争において IC を利用した無線通信・電子応用機器の“軍需”購入が増え，非“軍需”向けにも IC 出荷が伸びたのであるが，量産された IC の中心は中小集積バイポーラ IC だった。国防省・NASA はそれだけに満足せず，さらに，MOS 型 IC や LSI などの開発を，“軍需” R & D 支出，調達支出を通じ，促進していった（次節）。（69～71年については「おわりに」で触れる）

第II節 “軍需”による MOS 型 IC, LSI 開発促進

本節では国防省・NASA が，前節で論じた既存バイポーラ型 IC の大量利用にとどまらず，電子製品関連の“軍需” R & D 支出(22)や調達支出を通じて，MOS 型 IC, LSI，それらによるメモリやマ

-IC については，別に検討せねばならない＝本文II節末）。

なお RCA, GE が IC 量産に不熱心であった原因を，コンピュータで IBM にシェアを押えられたことだけに求める見解がある（R. T. デラマーター『ビッグブルー』日本経済新聞社，1987年，395頁）。だが当時の集積度では，デジタル IC でさえ，無線通信・電子応用機器同士や，それらとコンピュータの間で共用され，RCA, GE などは自社機器向けにかなりの IC 需要を抱えていた。にもかかわらずバイポーラ・デジタル IC 量産に本格参入しなかったのであった。コンピュータ向け IC 需要しか考えない議論は不適切である。

(21) '67年，米国での IC 外販シェアは，フェアチャイルド24%，テキサス・インスツルメント18%，モトローラ14%，シグネティックス10%……と推定されている（A. M. Golding, *The Semiconductor Industry in Britain and the United States* [Ph. D. dissertation] (UK/University of Sussex, 1971), p. 152）。これらは73年でも上位だった。同年 RCA の IC 売上＝0.6億ドル弱は，1位テキサス・インスツルメント＝3.3億ドル，2～5位＝1.5～1億ドルの，⅙～½だった（*Business Week*, Apr. 20, 1974, p. 64. GE はヨリ少ない）。

半導体専業・準専業メーカーとは，半導体は個別半導体から IC まで広く生産しつつも，それ専業か主力があるメーカーを指す。「テキサス・インスツルメント」と「フェアチャイルド」は'50年代個別半導体に参入し，IC 基本特許をもち，半導体全般を生産する（基本特許は IC 全般に適用されるが，具体的にはバイポーラ・デジタル IC から出発し，特にそれに強かった）。「モトローラ」は，相当規模の無線通信機メーカーだが，当時半導体事業部の独立性は高く，売上に占める比率もかなりと推定され，半導体準専業メーカーとする。その他，半導体への参入（含新設）には波があり，60年代初，プレーナー技術直後の参入企業には IC 専業メーカーが多い（IC はバイポーラから MOS まで生産。個別半導体に参入困難）。68年前後，MOS-IC 安定化の頃から参入した小企業は，MOS 専業メーカーが多い（個別半導体，バイポーラ IC に参入困難）。J. E. Tilton, *op. cit.*, pp. 52-53, 65-70, 78-81; Golding, *op. cit.*, pp. 154-171, 242-244; R. W. Wilson, P. K. Ashton, T. P. Egan, *Innovation, Competition, and Government Policy in the Semiconductor Industry* (Massachusetts/Lexington Books, 1980), pp. 13-18.

(22) 国防省および NASA による R & D 支出を言うものとする，直接電子製品に関係する R & D 支出では，原子力委員会による分は少なく，その分を除く。R & D 自体の下請や，R & D 活動用製品納入のかたちで，“軍需” R & D 支出も影響が若干拡がる。出荷（I 節）では原則としてそれらも含めた事態を分析したが，R & D 支出の拡散分は把握できない。

イクロプロセッサの開発を促進したことを示す。

「電気機械（大分類）および通信企業」（コンピュータ主体メーカー除く電気電子機器・部品メーカーと通信企業＝GE, RCA, ATT, 半導体専業メーカー等）向けの，“軍需” R & D 支出は，'65—68—70年に16→20→18億ドル，うち国防省11→15→15億ドルと巨額だった。[23] そのかなりは電子関係である。[24] 全産業向け“軍需” R & D 支出のなかでみても上記は23→25→27％を占め，「航空機・ミサイル企業」（68年，57％）に次いで突出していた。ベトナム戦争下，「電気機械および通信企業」向け政府 R & D 支出は，国防省分の増加によって，金額では68年まで，構成比ではそれ以降も，増えたのである。

「電気機械および通信企業」の自社資金による R & D も多く，'65—70年に12→21億ドルに達した。[25] 企業は，しばしば“軍需” R & D 受注に重ねて自社資金 R & D を行い，先端技術を自己のものとしつつ各種製品に応用しようとした。また企業は自社 R & D 費自体，軍需専用品たるとそれ以外たるとを問わず，新製品，新部品の“軍需”向け販売をつうじて，大なり小なり政府から回収し得た。この点，“軍需” R & D 支出だけでなく，調達購入も注目すべきである（調達は量産のテコとしてばかりでなく，新製品実現を促進）。

その，「電気機械および通信企業」向け政府 R & D 支出額の92％は，従業員1万人以上の企業向けであり，自社資金 R & D でも'68年それら企業が81％の額を占め，[26] いずれも圧倒的に巨大企業中心だった。「電気機械および通信企業」では，RCA, GE, ATT, そこに含まれないコンピュータ主体の IBM など，電子関連の巨大（独占）企業が，個別半導体，IC 関連を含め，膨大な R & D 活動を政府 R & D 契約と自社資金とで実施していた。

巨額の“軍需” R & D，調達支出を享受していた電子関連の巨大（独占）企業が，膨大な R & D

注 (23) National Science Foundation, *Research and Development in Industry*, each year. ① IC, 半導体関連の政府 R & D 支出含む（下記）。②電子（IC）機器関連の政府 R & D 支出には，他にコンピュータ主体企業引受分があるが，本期中，それらへの政府 R & D 支出は多くなく，自社資金 R & D が巨額だった。ただしその一部は“軍需”による新製品購入によって回収された。③会社単位。主業による産業分類。

半導体（含 IC）への政府 R & D 支出の推計を試みた。あまり信頼できる値は得られないが：'65-69年の5年間に約2億8,900万ドル。過大気味。（推計にはよく引用される文献を使った。それらに問題があることも示している）。① *A Report on the US Semiconductor Industry, op. cit.*, p. 8；② US Dept. of Commerce, *Semiconductors* (Washington, DC/GPO, 1961), p. 13；③ H. S. Kleiman, *The Integrated Circuit* [Ph. D. dissertation] (The George Washington Univ., 1966), p. 201；から逆算。

(24) GE のジェットエンジン R & D 以外は，大方電子製品関係である。しかし逆に，電子製品（含製造）に応用され得る技術成果が，上記 R & D のみから得られるとは限らない。その意味では，“軍需” R & D 支出の全体水準が重要である。原子力委員会による「電気機械・通信企業」向け R & D 支出を除いたのは，GE，ウェスチングハウスの原子力 R & D 受注が大きいためだが，上記の意味ではそれらも重要である。

(25) *Research and Development in Industry, op. cit.* 企業資金 R & D 費には設備購入は計上せず，減価償却費を算入（政府 R & D 受取は受取額を一括計上）。

(26) *ibid.*

活動を実施し，基礎的技術成果を挙げた上で，国防省・NASA はさらに R & D，調達支出を半導体専業メーカーに対しても行い，MOS-IC や，IC の LSI 化などの開発を推進していく。

まず MOS について，やはり巨大（独占）企業による基礎的技術成果が前提にあった（MOS 基礎技術等＝ベル研，RCA)[27]。その上で“軍需” R & D や調達をねらって，専業小メーカーなどが MOS-IC 生産を試みたが，特性が安定せず，量産はうまくいかなかった。それに対し国防省・NASA は，第 1 に R & D 支出を通じて MOS 性能安定化の方策開発を支援した[28]。第 2 に性能安定化と並行して，R & D 支出や調達によって，MOS-IC の製品化支援を行った（機器実現に適した MOS-IC 自体と MOS 利用機器の，製品化開発，それらの調達購入)。具体例は後掲付表 1 のとおりであり，その過程で「軍（含 NASA）こそ」が，MOS 専業メーカーを「専ら支え」ることになったのである[29]。

また LSI 実現に対しても，国防省・NASA は支援した（大規模集積：一般にチップあたり 1000 素子以上)。国防省は，中小集積バイポーラ IC の量産が成立し始めた '60年代半ば，「LSI の持つ可能性」に「早くから気付き」R & D 契約を結んだ[30]。代表例は空軍「LSI テクノロジー・プログラム」（後掲付表 2)。他に MOS 利用機器の開発・購入（付表 1）のなかでも MOS-LSI が追求されるなど，“軍需” 契約の各所で LSI 化が推進された。

「LSI テクノロジー・プログラム」による貢献としては第 1 に，早い段階で軍がまとまった R & D 契約を公募したことで，業界関心が LSI へ集中し（ターゲッティング)，受注大手 3 社が前から始めていた模索方向が，契約内容によって明らかになった。第 2 に，同プログラムで軍は，バイポーラ，MOS, C-MOS いずれの型にもこだわらず，そのため比較可能なかたちで問題点や成果が公表

注 (27) MOS（金属酸化膜半導体）は，'60年ベル研での MOS によるトランジスタ（MOS-FET 電界効果型トランジスタ）発明が，発展の直接の基礎となり，続いて62年，RCA は一挙に MOS-IC 試作，特性解析などに成功した (D. Kahng, “A Historical Perspective on the Development of MOS Transistors and Related Devices,” *IEEE Transactions on Electron Devices,* Jul. 1976, pp. 655-657)。

(28) General Micro-Electronics＝GME 社などが，64—5 年には米国電卓メーカー向けに MOS-IC 出荷を試みたが，機器メーカー＝IC 需要家にとって，MOS の「信頼性懸念が重大な足枷」で，成功しなかった (Barney（後掲付表 1)，pp. 173-174)。NASA の R & D 契約による性能安定化への貢献：M. D. Robbins, *et. al., Mission-oriented R & D and the Advancement of Technology: The Impact of NASA Contributions* (Denver Research Institute, 1972), vol. II, p. 154.

(29) Barney, *loc. cit.* (　) 内筆者。“軍需” R & D 契約は巨大～大企業に集中したが，MOS-IC など新製品の“軍需”購入は（主に間接購入によって)，小企業に対しても相当なされた。IC 初期にも，大企業への集中が，R & D 支出でヨリ極端で，購入では小企業からも相当行われたことが指摘された (Tilton, *op. cit.,* p. 95)。MOS-IC でも同様だった。

これら国防省・NASA による「MOS 支援」の「中心は年余に渡り」，「国家安全保障局 (National Security Agency, **NSA**)」だった (Barney, *loc. cit.*)。**NSA** はベトナム戦争で，米軍通信の傍受防止のため付表 1 のように MOS-IC/LSI を要するなど，MOS 製品化，使用を支援し，その下で，'68 年テキサスインスツルメントによる MOS-LSI などが開発されていった。[**NSA** は組織上，国防省所属の諜報機関。戦略レベルの信号諜報，通信保安（傍受防止）を行う。]

(30) G. B. Mitchell (NSA), *Procurement oj Military Systems Using Large Scale Integration: The Promise and Challenge* (Washington, DC/Industrial College of the Armed Forces, 1976), pp. 44; 96.

された。第1，第2いずれにしても，同プログラムのため LSI 技術について「電子産業界はかなりオープンとなり」，共同開発のかたちを採らないまま情報がかなり共有された。(31)

「LSI テクノロジー・プログラム」を受注するか否かにかかわらず，“軍需” R & D，調達購入契約が，LSI 開発の支え，ないし目標となった。LSI 製造技術がある程度安定してくるまで，当然 LSI の商業生産（非“軍需”向け生産）は無く，企業は LSI 実現を“軍需”獲得と絡めた。企業は自社 R & D 資金を「LSI テクノロジー・プログラム」以上に投入したと言われるが，それ自体，国防省・NASA の意向・コミットを見つつ，受注 R & D 契約に重ね，あるいは後に“軍需”調達されるのをねらってのことだった。(32)

以上のように，“軍需” R & D 支出はそれ自体で MOS-IC や LSI 開発に貢献したのみならず，技術情報の普及にも貢献し，R & D 受注をしなかった企業にも影響した。また“軍需”調達支出は，企業が自社資金 R & D 費を大なり小なり回収する方途ともなり，逆にそれが目標となって企業による R & D 活動を刺激した。これらによって'68年頃までに，MOS-IC や LSI の技術的メドが立つようになったのである。

それをみてインテル社など MOS 専業小メーカーの新設ラッシュが起きたが，国防省・NASA は，それら MOS 専業メーカーにとっては，かなりの量の MOS-LSI を高価格で購入し，生産習熟によるコスト低下，品質管理などにも寄与したのである。68—9年，MOS-LSI の約半分は“軍需”向けだったと言われている。(33)

次の問題として，MOS-IC や LSI を「作れるかどうか」でなく，「うまく使われるかどうか」，すなわち量産のための販路確保が必要となり，またそれに適した MOS-IC 自体およびそれを利用した機器の製品化開発が必要となった。(34) '69年から“軍需”調達は全般的に減少し始め，“軍需”はそれ自体で MOS-IC や LSI の量産態勢確立をもたらすことが困難になっていったが，製品化開発に対しては，次のとおりメモリやマイクロプロセッサの実現推進を通じて貢献した。

MOS 専業メーカーを中心に半導体専業メーカーは，非“軍需”市場を開拓せねばならなくなり，そのためコスト・価格低下が容易な標準品（量産品）LSI の製品化開発が必要となり，コンピュータ用メモリが有望案の1つとなった（基礎には巨大企業による半導体メモリについての技術成果があった

注 (31) R. L. Petritz (Texas Instruments), “Current Status of Large Scale Integration Technology”, *IEEE Journal of Solid-State Circuits,* Dec. 1967, p. 130.「LSI テクノロジープログラム」では画期的発明というより，多様な製造技術上の成果があったとされる。テキサス・インスツルメントなどは，多種の LSI ロジックをカスタム，セミカスタムのまま低コスト生産できる製造法開発に力点を置いた（LSI 用 CAD＝コンピュータ支援設計技術などが進歩）。これらは当時営業的成功に至らなかったが，マイクロプロセッサや，後の ASIC (Application-Specific IC, 特定用途カスタム，セミカスタム IC) 設計における米国 IC 産業の強味に貢献していく。

(32) 企業資金 R & D も大きかった点は，Rhea, Strasser, Burnham（後掲付表2）p. 26；企業資金 R & D が“軍需”と重ねられたり，それをねらってのものが多い点は，Golding, *op. cit.*, p. 337.

(33) Barney（後掲付表1），p. 173.

(34) 引用部は Robert Noyce の言。J. Rhea, “LSI Stress Swings from Technology to Cost,” *Aerospace Technology,* Feb. 26, 1968, p. 38.

=IBM)[35]。問題は，コンピュータ用メモリとして既存フェライト・コアに価格で対抗できず，製品化・利用実証の機会がなかった点だった。ところが航空宇宙用コンピュータは，「消費電力・体積・重さが死活的でMOSはうってつけ」とされ，国防省・NASAは，価格にとらわれず，「LSIとりわけMOS-LSI利用」の小型コンピュータに対し，盛んにR＆D支出したり，調達購入したのである（後掲付表3）[36]。

それによってコンピュータメーカー（含総合電機，電々企業）は，LSI利用コンピュータの開発費用を国防省・NASAとのR＆D契約でカバーするか，あるいは自己費用で開発後，国防省・NASAに販売し，大なり小なり費用を回収できた。コンピュータメーカーとICメーカーが異なるばあいも，LSI開発費用をどちらが持つにせよ，国防省・NASA支出によって一定補塡された。さらに国防省・NASAによる利用実証によって，コンピュータメーカーは商用コンピュータへのLSI採用が容易となり，ICメーカーはLSI販路が拡がった。

他方LSIロジック（論理回路）については見通しが混沌としていたが，'71年インテルがマイクロプロセッサを商品発表，テキサス・インスツルメントがマイクロコントローラ（1チップ-マイクロコンピュータ）を特許出願し（一括してマイクロプロセッサと記す）[37]，それらは70年代以降，爆発的成長を遂げることになった。ここでも“軍需”関連で近似の発表が，前後して行れていた（後掲付表4）。“軍需”はそれらのR＆Dに貢献したと同時に，71年以前から技術情報の流布にも貢献していたのである。

以上のように，電子関連の巨大（独占）企業が，巨額の“軍需”R＆D，調達支出を享受し，膨大なR＆D活動を行って基礎的技術成果を挙げたうえで，国防省・NASAが，さらにその成果を実際の製品に結びつけるべく，MOS-IC, LSI, それらによるメモリやマイクロプロセッサの開発を促進したのである。

そこではMOS専業メーカーなど半導体専業メーカーが，“軍需”R＆D，調達支出を利用して

注（35） 半導体DRAM（ダイナミック・ランダムアクセス・メモリ）＝'68年，IBMのDennardによる（城坂俊吉『エレクトロニクスを中心とした年代別科学技術史』日刊工業新聞社，1990年，240頁）。しかしIBM自身の商用コンピュータへのMOSメモリ採用は，70-71年。

（36） Rhea, Strasser, Burnham（後掲付表2），pp. 30, 34；Baechler（後掲付表3），pp. 46, 49；Frost（同），p. 87；Barney（後掲付表1），p. 186.

（37） マイクロプロセッサは，コンピュータの中央処理ユニット（CPU）を1つまたは少数のLSIチップ上に実現したもの（マイクロコントローラは，CPUより広くコンピュータ本体をLSIチップ上に実現。本稿では詳細区分しない）。これらの意味のマイクロプロセッサは，集積度からみてLSIでなければ1チップ化できなかった。またMOS-LSI-メモリが先行開発されていたことが，マイクロプロセッサ実現を早めた（Noyce, Hoff（後掲付表4），p. 10；嶋正利『マイクロコンピュータの誕生』岩波書店，1987年，47；54頁）。そのMOS-LSI-メモリなどへの“軍需”の貢献は本文のとおりである。

マイクロプロセッサのコンセプトの革新性については，RCAの開発着手が早く（後掲付表4），その他でも“軍需”関連で発表が続いていた。一般にマイクロプロセッサは，69年8月＝インテル社ホフ氏コンセプト提案（嶋，2；41；87；91頁）とされるが，インテルのノイス社長は69年初にマイクロプロセッサのコンセプト，ねらいを公言していたように（G. F. Watson, “LSI and Systems,” *Electronics*, Mar. 31, 1969, pp. 78；80），“軍需”関連での発表等により大方の発想は知られていた。問題は製品化と普及であった。

成果を挙げた。巨大（独占）企業は，MOS や半導体メモリで基礎的技術成果を挙げながら，それ自体を商品として生産ないし製品化開発することに，熱心でなかった。巨大企業の行動は，本稿の分析主題でないが，“軍需”が IC 産業の発展や企業構造に与えた影響に介在しており，若干考察する。

［補］ 電子関連巨大（独占）企業中，IC 外販も行う RCA, GE 等の巨大通信機・総合電機メーカーが，本期，IC “生産”の中心であった中小集積バイポーラ IC で主たるメーカーにならなかったことは，I 節でみた（その基本的技術は本期以前に，半導体専業メーカーが，ベル研等の技術に立脚し“軍需”をねらって開発した）。本期中の問題はむしろ MOS-IC/-LSI である。

先述のとおり RCA はいち早く MOS-IC 試作に成功，特性解析などでも貢献したが，外販しなかった。MOS の安定再生産が未確立だったからとされるが，68年以降も本格的量産に乗り出さなかった。その間 MOS（単極型 MOS）より一層製造困難な CMOS（超低消費電力：付表2）や，ガリウム・砒素半導体（超高速），CCD（超大容量）などに，“軍需” R & D 支出を利用しつつかかわっていた。[38] マイクロプロセッサ開発でも（付表4），NASA 契約の下，いち早く開発に乗り出し，同様のものを CMOS で試作成功していたが，それを製造容易な MOS に適用して素早く商品化したりは，しなかった（後になって CMOS で商品化）。RCA, GE など巨大通信機・総合電機メーカーは，IC を外販したとはいえ，生産上の力点は，膨大な市場をもち成長の見込も巨大な「軍・産・業務用電子機器」にあった（I 節）。ベル研の MOS トランジスタ特許や IBM の半導体 DRAM 特許などが公開され，ベル研等で育った技術者による MOS 専業メーカーも新設される中で，RCA, GE といえども MOS 諸技術のまとまった開発・独占化は困難であった。基礎的技術が一般に利用可能で，小メーカー参入が相次ぎ，市場も小さいところでは，RCA 等は MOS-IC 等の製品化「開発と初期の生産を中小企業にまかせ」，[39] 様子を見つつ，自らは生産では「軍・産・業務用電子機器」に集中した，と考えられる。独占間競争（と競争制限）の下，ATT, IBM, GE, RCA などの巨大（独占）企業は“軍需”も利用しつつ，圧倒的 R & D 活動を行い，どの1社も技術の独占化，秘密保持は困難だった。その下で GE, RCA も特許取得（技術発表）・使用許可によって料金を取り，半導体専業メーカーに市場・細部技術を開拓させ，自らは生産では「軍・産・業務用電子機器」に集中した，と考えられる。[40]

注 (38) R. K. Field, “To Market, To Market Is RCA Lab's New Motto,” *Electronics*, Mar. 2, 1970, pp. 95-100.

(39) 北原勇『独占資本主義の理論』有斐閣，1977年，276頁，その他全般を参照した（独占企業の行動原則が，個別の企業行動に，そのまま妥当するとは限らない。ここでは蓋然性からみた解釈を提示するにとどまる）。——なお，ATT の製造部門であるウェスタンエレクトリックは政府とベルシステム以外に部品・機器販売をしないという独占間競争制限の下で，半導体の独占どころでなかった（1926年 ATT, GE, RCA, ウェスチングハウスの独占間協定による。56年の独禁法同意審決は政府がこれを追認したともみれる。W. R. マクローリン『電子工業史』白揚社，1962年，144-5頁）。その条件下，半導体製造の中小メーカーが多数でき，一方で特許使用料（またはクロスライセンス）を取り，他方で能動電子部品市場における総合電機・通信機メーカーの独占が崩壊することは，ATT にとって好ましかった（ベル研が技術公開したのは同意審決のためだけでない）と考えられる。

(40) 山田誠治氏は，①「ベルシステムを中心とした大手電子企業からの……技術移転」と「軍事市場」が「新規参入の企業の台頭を可能に」したと同時に，②GE など大手電子企業が「安定独占利潤を獲得することに慣れ」，「価格低下を伴う激しい技術革新競争」のある IC 製造で中心的存在になろうとしなかった（なれなかった）ことを，「独占」を軸に指摘された。①はともかく，②の内容吟味が問題である。氏は，GE, RCA 等が，無線通信・電子応用機器の主たる生産者であることによって「大手電子」企業だったこと（“軍需”との結びつき），その市場と対比すれば IC 生産は圧倒的に小さいことに触れなかった。また氏は，GE, RCA 等が IC 製造の中心にならなかった「第一」要因に，大手がバイポーラ IC 開発に「遅れ」をとったことを挙げたが，MOS などの基本技術で大手は成果を

以上，国防省・NASA は，膨大な電子製品関連の“軍需”R & D 支出を行い，その大部分を電子関連の巨大（独占）企業が受注し，それら企業は自社資金 R & D も重ねつつ，MOS や半導体メモリなどの基礎的技術成果を挙げた（自社資金 R & D は，“軍需”調達向け販売を通じて，部分的にせよ回収し得た)。国防省・NASA はその成果を実際に享受すべく，MOS 型 IC, IC の LSI 化，それらによるメモリやマイクロプロセッサ実現に対し，さらなる R & D 支出や調達を通じて貢献し，半導体専業メーカーが成功を遂げていった。

おわりに

以上の分析によって明らかなとおり，ベトナム戦争において IC 利用の無線通信・電子応用機器の“軍需”購入が大きく伸び，その下で米国の電子機器生産も，同機器中心に '68年まで急成長し，IC への“軍需”も伸びた。それによって IC のコスト・価格は一層下がり，非“軍需”向け IC 出荷も伸びた。さらに国防省・NASA は，R & D 支出や調達によって，MOS 型 IC, LSI, それらによるメモリやマイクロプロセッサの開発を促進した。

'68年までの“軍需”購入の増加によって，無線通信・電子応用機器の市場規模は一層巨額となり，他方 IC 生産は伸びたとはいえ小さく，その下で巨大通信機・総合電機メーカーは，「軍・産・業務用電子機器」に生産上の力点を置いた。同時に電子関係の巨大（独占）企業は“軍需”R & D の大部分を受注し，自社資金 R & D も重ねつつ，基礎的技術を開発した。その成果に立脚し，かつ“軍需”を利用しながら，半導体専業メーカーがメモリやマイクロプロセッサの製品化に成功した。

“軍需”は '69年から減り始めたがなお巨額で，一方では同年以降も“軍需”R & D，調達による貢献が続いた。だが他方では，“軍需”が伸びない中で米国の電子製品生産は 1 年しか伸びが続かず，71年には，IC も含め生産は絶対的に減少した。60年代後半，IC 出荷が“軍需”向けに加え，産業・業務用電子機器向けにも伸びたとはいえ，産業・業務用機器への需要≒設備投資需要が“軍需”と強く相関していたのである。米国の IC 産業，電子（IC）機器産業は，設備投資需要の面でも“軍需”の動向に制約されていたことになろう。技術との絡みで言えば，IC 量産の中心だった中小集積規模のバイポーラ IC，それを利用した電子（IC）機器では，非“軍需”向けに出荷を伸ばすにしても限界が大きかったのだった。

それらの事態を変えたのは，MOS-LSI によるマイクロプロセッサとメモリであり，本文のとおり，“軍需”はその実現にも貢献したのである。'70年代後半には，マイクロプロセッサとメモリを基礎にいわゆる ME 革命が展開する。

米国の半導体専業メーカーは，本稿で分析した，“軍需”を媒介とするこれら企業行動や成功のうえで，米国半導体産業の中心を占めることになった。対するに日本の通信機・総合電機メーカーは，米国から基本的技術を導入し，加えて「超 LSI 技術研究組合」等を踏み台に，70年代後半以降

挙げたが，商品化は不熱心だった。技術的「遅れ」，「安定独占利潤を獲得することに慣れ」といったことで，巨大通信機・総合電機メーカーの行動は解釈しきれない。同氏，「アメリカ半導体産業の確立と企業の角逐」『(東北大学研究年報）経済学』50巻 3 号，1989年，66，71頁。

メモリで米国半導体専業メーカーを脅かしていく。米国の“軍需”は，米国半導体産業ばかりでなく日本の半導体技術向上にも貢献し，また日本に比して米国半導体産業を企業構造の面で脆弱にした，とも言えようか。

だが日本が米国から技術を導入しつつ，「超 LSI 組合」などを契機に飛躍していく点の分析は，残された課題である。

（慶應義塾大学大学院経済学研究科博士課程）

付表1　国防省契約・MOS-IC / LSI 開発・購入（代表例）

① NSA（国家安全保障局）関連

ア）暗号通信機（R-13）開発契約：'68年実施中。テキサス・インスツルメント，ハネウェル。

イ）国防通信局ないし NSA：'66年～ハネウェルは軍事デジタル通信機の開発契約に伴い，MOS-IC を IC メーカー（第1期＝3社，第2期＝9社）に，68年までに 300 万ドルで開発・製造させた。[軍事支出→機器メーカー→IC メーカー]

②一般軍部関連

ロッキードC-5Aギャラクシー巨大ジェット輸送機（機能失調検知分析部に MOS-IC-マルチプレクサ）

テキサス・インスツルメント　シュライク　空対地ミサイル

ヒューズエアクラフト AWG-9　機上火気管制システム（レーダー信号処理部の欺瞞信号無効化装置に MOS-IC）

F-111 戦術核搭載可能戦闘爆撃機，SAM（地対空）-D ミサイル（信管に），フェニックスミサイル，スタンダードミサイル

――以上，殆どベトナム戦争に投入――

<出典>　①ア）と②：W. Barney, "MOS Bandwagon Starts Rolling," *Electronics*, Mar. 18, '68, pp. 173-176. ①イ）：Robert O. Berg, *et. al., Approaches to Custom LSI* (Minnesota/Honeywell Inc., 1973), p. 211.

付表2　空軍航空電子研究所（Avionics Laboratory）"LSI テクノロジー・プログラム"

	テキサス・インスツルメント	RCA　161万ドル	フィルコ（フォード）75万ドル弱
	213万ドル弱		
[開発 LSI]	バイポーラ LSI	C-MOS-LSI-メモリなど	p-MOS-LSI-メモリ／ロジック
[部分機器]	LSI を用いた機上・小型コンピュータ	同左	同左
[納入機器]	地形追随レーダー	汎用コンピュータとして	航法誘導装置

'66年初頭発足の開発契約（のち調達に移行）。利用実証は，主にベトナム戦争の“電子戦場計画”で果たされた。（陸海軍・NASA も契約を結んだ。省略）

<出典>　J. Rhea, J. Strasser, F. Burnham, "Special Report: Large Scale Integration," *Aerospace Technology*, Jan. 29, '68, pp. 25-27.

付表3　MOS-LSI-メモリ開発と軍・NASA 用小型コンピュータ*

インテルは，'69年256ビット-MOS-LSI-SRAM, 70年 1k ビット-MOS-LSI-DRAM を開発・商品化。MOS-LSI-メモリ開発は，ハネウェルとの共同作業。同メモリはハネウェル軍用小型コンピュータ（下記）にいちはやく採用。

<軍・NASA 用小型コンピュータ：MOS-LSI-メモリの早期導入例>

オートネティクス（ノースアメリカン・ロックウェル）D200-1（'69年中葉）／ハネウェル HDC-201（'69年末）／リア・ジーグラー LS-50（'69年末）／…（途中略）…／ハネウェル HDC-301（'71年）

＊ コンピュータは，さらに複合的な電子（IC）機器として，納入されることが多い。
<出典> G. Sideris, "The Intel 1103: The MOS Memory that Defied Cores," *Electronics*, Apr. 26, '73, pp. 110-111; G. Bylinsky, "How Intel Won Its Bet on Memory Chips," *Fortune*, Nov. '73, p. 147; Berg, *et. al.*（付表1），p. 209; D. O. Baechler, "Aerospace Computer Characteristics and Design Trends," *Computer*, Jan/Feb. '71, pp. 54-55; C. R. Frost, "Military CPU's," *Datamation*, Jul. 15, '70, pp. 88-91.

付表4　LSIによる1ないし数チップ—マイクロセッサ発表例. '69-71年（インテル以外）

①マサチューセッツ工科大学リンカーン研究所 LX-1 マイクロプロセッサ（'69年9月～70年央：近い将来利用可能なLSIを，数チップ用いたマイクロプロセッサ提唱：試作品は中規模ICで実証）
マイクロプロセッサは，メモリの制御プログラムを変えるだけで「様々な用途に応用可能」で，安価となると提唱。軍事通信衛星開発と，LSIの応用可能性調査を兼合せる。

②RCA TA-5716（'70年初：C-MOS-ほぼLSI-プロセッサ（ビットスライス＝一種のマイクロプロセッサ）試作成功）
68年夏からのNASAゴダード宇宙飛行センタとの宇宙用コンピュータR＆D契約による。

③テキサス・インスツルメント（'71年初～中頃：MOS-LSI-1チップ—マイクロコンピュータをコンピュータ・ターミナル社向けに近く出荷と発表）
契約取消により仕様変更して74年出荷。LSI-1チップ—マイクロコンピュータ特許'71年出願。'78年取得。

<出典> ① G. D. Hornbuckle, E. I. Ancona, "The LX-1 Microprocessor and Its Application to Real-Time Signal Processing," *IEEE Transactions on Computers*, Aug. '70, pp. 710, 714（69年9月初稿提出）. ② A. A. Alaspa, A. G. F. Dingwall, "COS/MOS Parallel Processor Array," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Oct. '70, pp. 221-227. ③ "CPU Chip Turns Terminal into Stand-alone Machine," *Electronics* June 7, '71, pp. 36-37; R. N. Noyce, M. E. Hoff, Jr., "A History of Microprocessor Development at Intel," *IEEE Micro*, Feb. '81, pp. 13, 16.