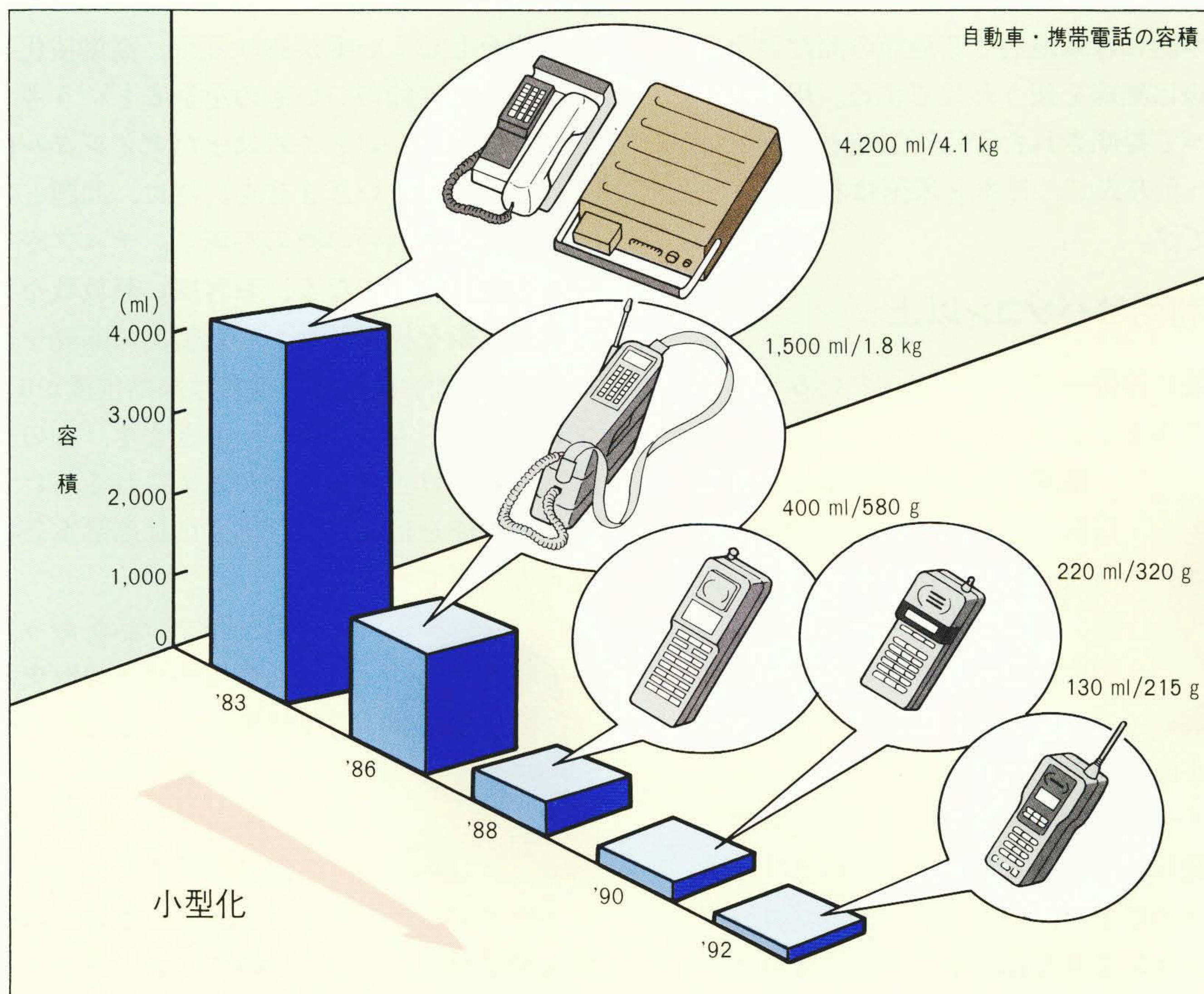


移動通信の動向と半導体技術

Technology Trends in Mobile Communications and Their Semiconductors

菱田吉彦* Yoshihiko Hishida

風間 仁** Masashi Kazama



自動車・携帯電話の小型化 LSI化とその低消費電力化によって急速に小型・軽量化が可能となった。

今日、社会活動が活発になるに伴い、いっそう迅速で質の高い情報交換が必要になってきた。この要請に基づき、「いつでも、どこでも、だれとでも」通信できることをねらって、自動車電話や携帯電話が急速に普及し始めている。

この携帯電話は単純な通話機能ながら、1 G (10⁹) Hzの準マイクロ波の送受信から音声の処理まで幅広い周波数帯域を受け持つ。また、待ち受け時間や通話時間を長くするため、他の機器に比べて特に低消費電力が望まれている。ここではこれらの移動通信

の動向と、この発展を支えてきた半導体技術についてまとめた。

一方、今日の通信分野ではISDN (Integrated Services Digital Network) などさまざまな機器がデジタル化されつつある。これらの信号をやり取りするためや通話のチャンネルを増すために、従来のアナログ方式に加えてデジタル方式の移動通信が導入され始めた。今後、日立製作所は従来のアナログ方式だけでなく、デジタル向け半導体製品にも積極的に取り組んでいく考えである。

* 日立製作所 無線事業推進本部 ** 日立製作所 半導体事業部

1 はじめに

自動車・携帯電話、コードレス電話などで一般になじみ深い移動通信は、その名が示すように移動しながらでも通話できる便利さから、急速に普及しつつある。現在、主として実用されているのはアナログ方式のシステムであるが、第二世代のシステムであるデジタル方式が導入され始めている。デジタル化することにより、通話品質の向上が期待でき、また、新たに配分されたデジタル向けの周波数帯を使用するので、加入者数の増加による周波数不足も当分の間心配がなく、デジタル方式は今後大きく飛躍すると考えられている。この発展はユーザーに魅力的な端末を提供することによって支えられるが、小型・軽量であることが重要な要素であり、この実現には低消費電力半導体が不可欠である。ここでは、移動通信の動向と移動通信向け半導体技術について述べる。

2 移動通信の動向

移動通信システムの動向を表1に示す。第一世代では、他の機器の動向と同様にアナログ方式が導入された。また、従来の固定通信との整合性がよいことも副次的な理由であろう。しかし、近年、固定通信ではISDN (Integrated Services Digital Network)をはじめとするデジタルネットワークが形成されつつあること、周波数の有効利用技術が開発されアナログと同等またはそれを上回るレベルに達していること、および回路技術、半導体技術の進展によって小型・軽量にまとめられる見通しもできつつあることにより、これから本格的にスタートする第二世代はデジタル世代として位置づけられる。しかし、

システムとしてはアナログ方式と共存していくと予想される。デジタル方式がアナログを凌駕(りょうが)するのは'90年代後半と推測されている。

デジタル化によって、通話品質の向上と応用面の拡大が期待される。基地局から離れた地点または建物の陰などの電波条件のよくない地点でも、デジタルは符号誤りの発生しない限り品質の低下がないのでアナログ方式に比べて優れている。通話品質の劣化を招くことなく秘話機能を比較的容易に付加することもできる。パーソナルコンピュータ(以下、パソコンと略す。)、ワードプロセッサ(以下、ワープロと略す。)、ファクシミリなどのパーソナルOA機器を移動通信端末に接続する場合、デジタルインタフェースを介して直接接続が可能となり、整合性がよい。

移動体衛星通信は、現在主として船舶や航空機向けのシステムが運用されており、自動車など陸上移動体向けのシステムも各国で計画され実行に移されようとしている。どれも静止衛星を対象としたシステムであるが、最近になって米国から低軌道(静止衛星よりも低い軌道)衛星通信システムが提案され、これが実現すると携帯端末で通信が可能となる。'90年代の実現が期待されている。移動体衛星通信システムは、全地球規模でサービスができることに最大の特長を持っている。

第三世代ではFPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication Systems)として自動車・携帯電話、コードレス電話および移動体衛星通信を統合することが検討されており、移動通信は21世紀に向けて大きく発展することが期待されている。

各国の自動車・携帯電話の普及状況を図1に示す。わが国は人口比1.2%(140万台：'92年6月)であり、最も普及の進んでいるスウェーデンでも人口比7～8%である。

表1 移動通信システムの動向 現在、第2世代に入ろうとしており、今後大幅な伸びが期待できる。さらに、2000年代にはFPLMTSとして世界的に統一されたシステムが構築されると予想する。

1980年 第一世代	1990年 第二世代	2000年 第三世代
アナログ 自動車・携帯電話	デジタル自動車・携帯電話	FPLMTS として統合
アナログ コードレス電話	デジタルコードレス電話 (パーソナルハンディホン)	
—	移動体衛星通信 (静止軌道、低軌道)	

注：略語説明 FPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication Systems)

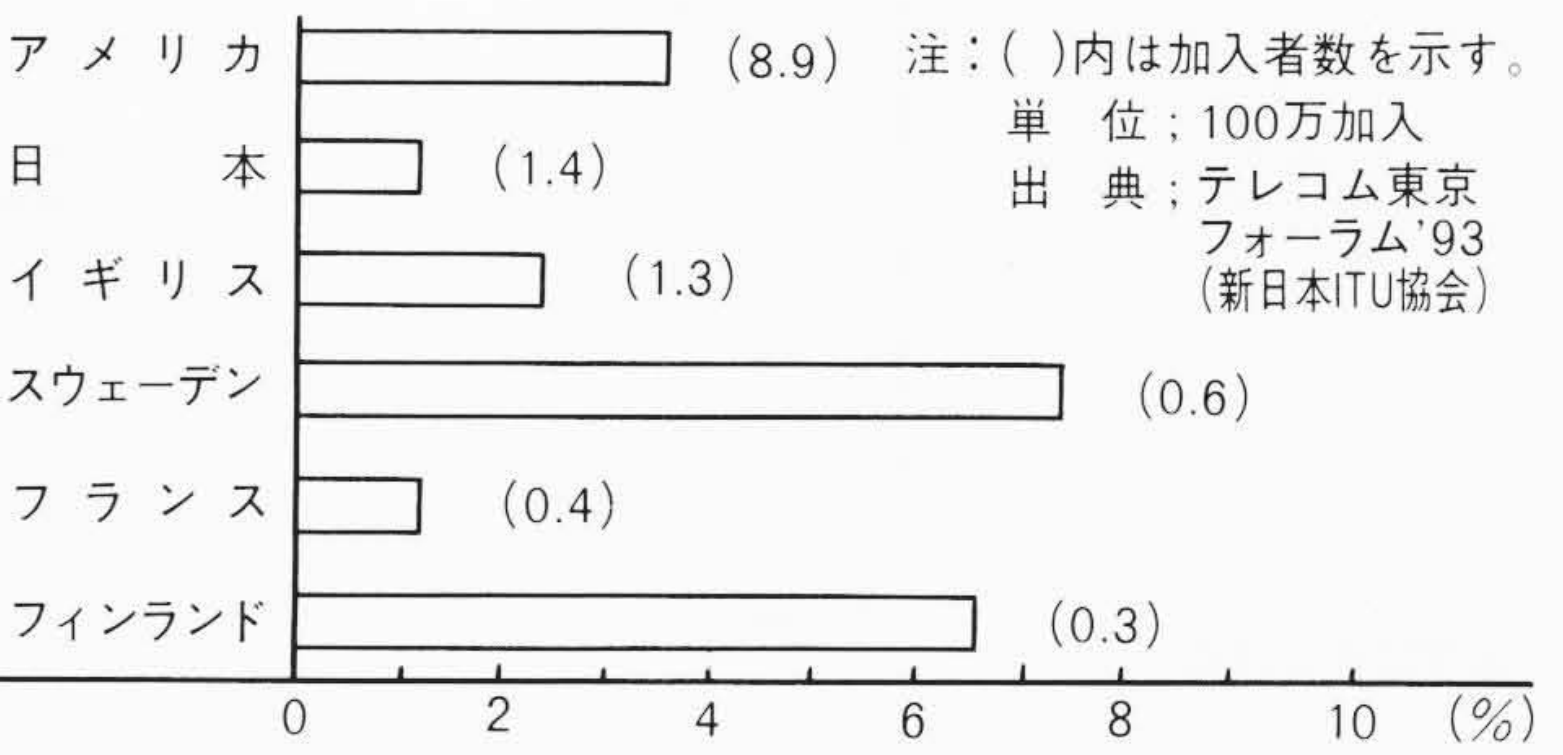


図1 自動車・携帯電話加入率(人口比) 自動車・携帯電話加入率はわが国の有線電話の加入率(地域によって異なるが、人口比40～60%)と対比すると少ない率なので、今後の成長が期待できる。

今後、自動車・携帯電話の加入率は大きく伸びることが期待され、2000年には自動車・携帯電話が1,100万台、コードレス電話が2,500万台に達すると見込まれている。

現在、世界で使われている自動車・携帯電話は1,500万台、コードレス電話は5,000万台と言われており、本格的普及期である21世紀初めには両方を合わせて3億台の規模に達すると予測されている。

3 移動通信端末

移動通信端末は個人が使用する機器であるが、音響機器などと異なり単独で使われることはなく、通信ネットワークに接続されて使用される。ネットワーク側ではきわめて複雑な接続制御を行うので、端末はこの要求条件を満足するものでなくてはならない。ここでは、ネットワークインタフェースの検討は省略して、一般ユーザーから見た端末の必要条件について述べる。

(1) 使い勝手(だれでも、すぐに使えること。)

通信のあるべき姿は「いつでも、どこでも、だれとでも」、「どんな情報でも—音声、画像、データなど—」通信できることであろう。「いつでも、どこでも」は移動通信基地局とネットワークの整備によって実現していく。「だれとでも」通信するには、「だれにでも」容易に操作できる使い勝手のよい端末が提供されなければならない。

第二世代の移動通信端末は(無線)電話としての利用だけでなく、情報ネットワークの端末としてのウエートが高まり、各種のOA機器が接続され多くの業務に活用されると考えられる。一方、デジタルコードレス電話は

親機を経由しない子機間通話が可能となり、レジャー用トランシーバのような使われ方も行われると予測される。

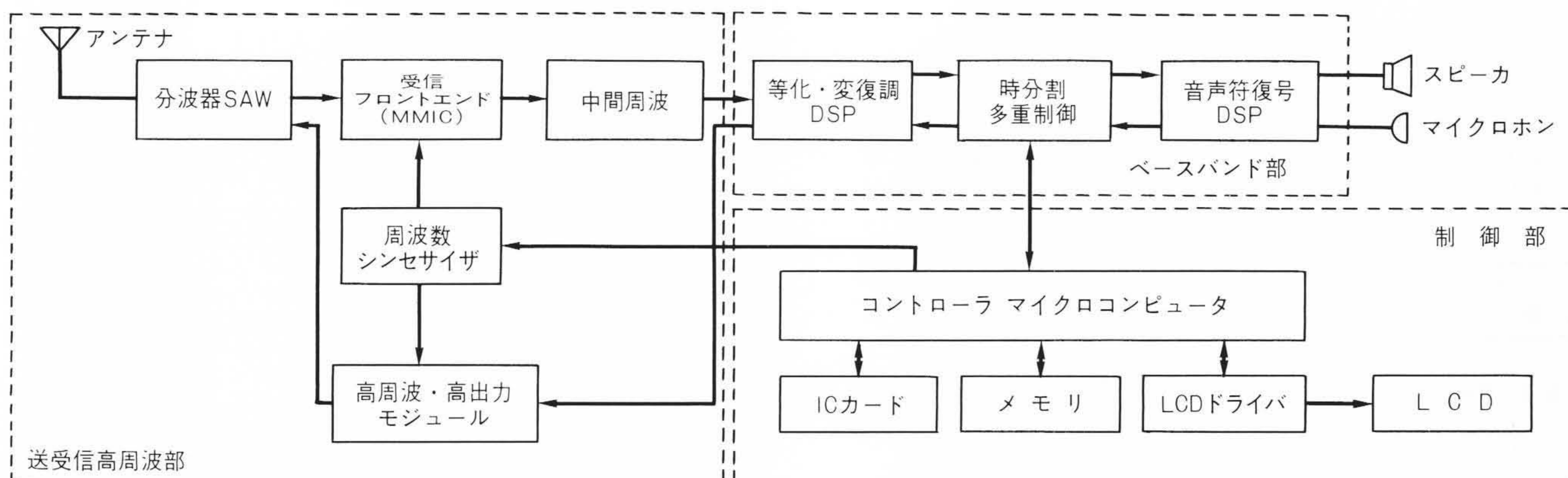
さまざまなユーザーが多くのアプリケーションに参加することになり、真に使い勝手のよい端末が求められる。

(2) 小型・軽量(携帯に便利なこと。)

携帯機器であることから小型・軽量化が要求される。4ページの図に示すように、自動車・携帯電話は急速に小型化が図られて、それとともに需要が加速した。現在では150 ml程度が標準となっている。人間の耳と口の距離は約15 cmであることや、電話番号プッシュボタンなどはあまり小さくすると操作性が悪くなることなどから大きさに関してはすでに限度に達しているが、質量に関しては軽減に向けていっそうの努力が続けられている。質量軽減のためには、電池の軽量化が必要であり、電池の高性能化とともに消費電力が課題となる。また、1回の充電で使用できる時間は、現在、通話時間30分～1時間、待ち受け時間5～10時間であり、24時間携帯電話を使用するビジネスマンには、「電池切れ」を心配せずにビジネスに打ち込めるだけの能力が求められている。

(3) セキュリティ(盗聴・不正使用の防止)

コードレス電話が各家庭に導入されるに及んで盗聴が問題になり、それに対する対策が施されている。現在市販されているアナログのコードレス電話でも大部分が盗聴防止対策がとられているが、デジタル化されると、盗聴の防止はより完璧(べき)を期すことができる。一方、不正使用については諸外国でさまざまな問題が生じている。特に、他人の電話番号あるいは架空の電話番号を盗



注：略語説明 SAW (Surface Acoustic Wave), MMIC (Microwave Monolithic Integrated Circuit), DSP (Digital Signal Processor)
LCD (Liquid Crystal Display)

図2 デジタル移動通信端末の基本ブロック構成(ベースバンド部以外はほぼアナログ方式と同じ) 送受信高周波部は大部分がアナログ回路である。ベースバンド部はアナログ回路とデジタル回路の混在であり、制御部はほとんどすべてデジタル回路で構成する。

用して通話し、通話料をそこに課金するなどの問題が発生している。この種の犯罪は通話料として電話会社から請求を受けて初めてわかるので対策が立てにくい。通話開始時に不正な端末であるか否か確認してから接続するなどの対策がとられてはいるが、不正使用は後を断たないようである。これを防止するためには端末にICカードを搭載して、これに課金することが検討されている。各種のセキュリティ情報を、ICカードに収容することが広がっていくと考えられる。

4 移動通信端末の構成

デジタル移動通信端末の基本ブロック構成を図2に示す。機能別には送受信高周波部(中間周波を含む)、ベースバンド部および制御部に分けられる。送受信高周波部は高周波アナログ回路が中心である。ベースバンド部はDSP(Digital Signal Processor)、ランダム論理、A-D変換・D-A変換などで構成し、アナログ方式の端末とデジタル方式とでは構成がまったく異なる部分である。制御部は端末の通話、待ち受けの制御、ディスプレイなどを行い、マイコン、メモリなどデジタルLSIで構成する。また、ICカードを用いる場合は、そこでインタフェースする。

上記3部分の消費電力の比較を図3に示す。通話時には送信高周波高出力部が消費電力の60%を占めており、この低消費電力化が電池の小型化に大きく寄与する。アンテナから所定の電力を放射するには、分波器の損失分を見込んだ出力電力を得る必要があり、分波器の低損失化も等価的に低消費電力化に寄与する。待ち受け時の消費電力は通話時の10%程度であるが、待ち受け時間を通話時間の10倍とすれば(例えば1日の使用時間が通話で1時間、待ち受けで10時間)、電力消費量(消費電力×時間)としては通話時とほぼ等しくなる。したがって、制御部、受信高周波部の低消費電力化も電池の小型化に大きく寄与する。

5 半導体への要求条件

前述した端末の必要条件「使い勝手、小型・軽量、セキュリティ」を達成するために、半導体に課せられる条件について考えてみる。「だれにでも」操作できる使い勝手のよい端末を実現するのはマイコンソフトに依存する点が大きく、ハードは必要十分な処理能力とメモリ容量を用意することで済む。最近の電子機器の一般的傾向としてあまりにも多くの機能を搭載し、かえって使い勝手

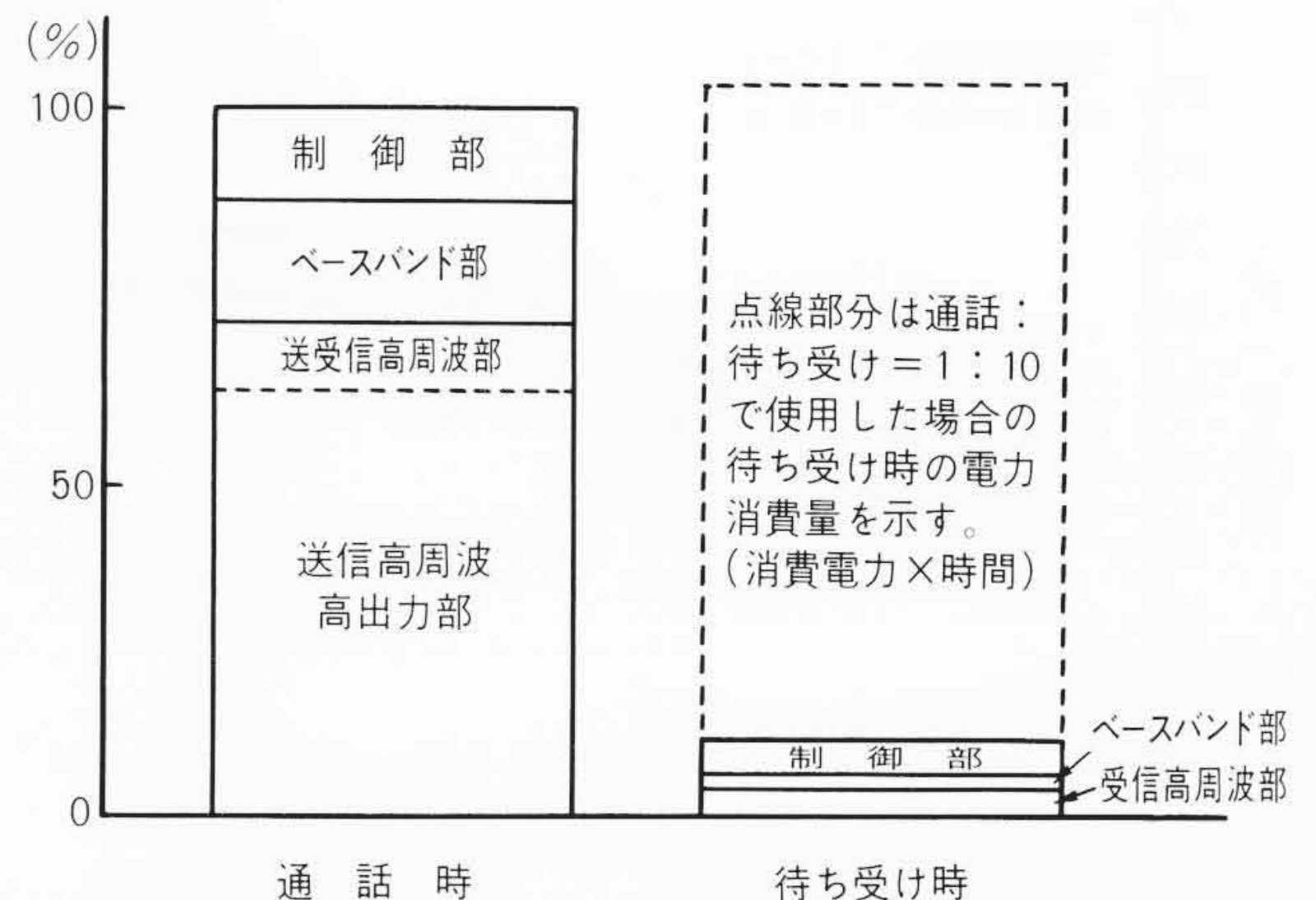


図3 携帯端末の各部消費電力の例 端末が通話状態にあるときの消費電力を100とし、各部分の消費電力の割合を示している。待ち受け時の消費電力絶対値は小さいが、通常の使用状態では通話時間よりも待ち受け時間のほうがはるかに長いので、受信高周波部、制御部の電力消費量は大きなウェイトを占める。

を悪くしている例が見受けられるが、マイコン制御によって簡単操作を実現しなくてはならない。

小型・軽量を達成するには一般的にはLSIのチップ統合を図り、チップ数を減らすことが有効である。しかし、高周波回路部では各要素回路の間にフィルタなどの半導体化されていない素子が入るため、集積化しにくい要因を持っている。したがって、現時点ではIC化のメリットが十分には生かせず、単体の素子を使用している例が多い。

送信高周波高出力モジュールは、端末に占める消費電力の割合が大きいためその低減は重要である。送信高周波高出力モジュールは2～4段の増幅回路で構成しているが、大部分の電力は最終段の電力増幅トランジスタで消費する。

電力増幅用トランジスタの遮断周波数と電力付加効率の関係を図4に示す。同一遮断周波数のトランジスタを用いても、増幅器の許容ひずみなどによって効率が変わるが、遮断周波数が高いほど効率がよくなっていることがわかる。すなわち、効率の向上にはトランジスタの遮断周波数を高くとることが必要である。高周波出力電力を大きくすることと遮断周波数を高くすることは、トランジスタの設計上相反する要求である。遮断周波数を高くするには、トランジスタの設計上の問題だけでなく材料の選択にも考慮しなくてはならない。一般にガリウムヒ素を用いたほうがシリコンよりも遮断周波数を高くとることができる。同一周波数で性能比較をするとガリ

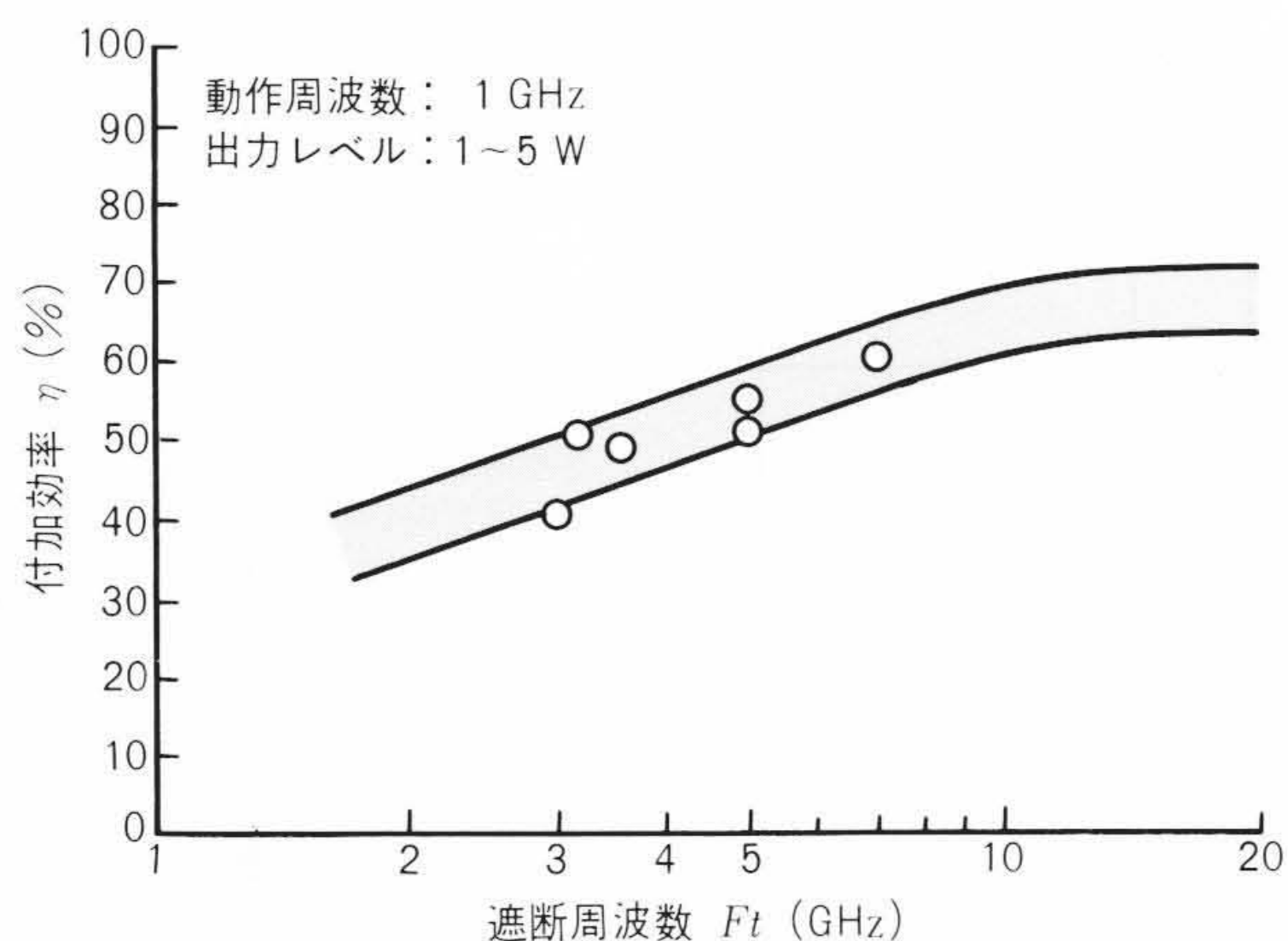


図4 MOS-FET(電界効果トランジスタ)の遮断周波数対付加効率 遮断周波数の向上によって効率がよくなる。

表2 ガリウムヒ素とシリコンの比較 ガリウムヒ素は高周波特性がよいが、コストがやや高い。シリコンの高周波特性も改善されており、素子の選択は性能とコストの面を勘案して決定しなくてはならない。

項 目	高周波特性 遮断周波数 f_t	高周波 高出力 付加効率	小信号 特 性 雑音指数	コスト	適 用 周波数 (GHz)
ガリウムヒ素	◎	◎	◎	△	0.8~
シリコン	○	◎	○	◎	~3

注：◎(優れている。), ○(普通), △(やや劣る。)

ウムヒ素が優れており、周波数が高いほどガリウムヒ素の優位性が顕著に表れる。そのため12 GHz帯を用いる衛星通信では、もっぱらガリウムヒ素が使われている。一方、移動通信は1~3 GHz帯が使われるのでシリコンでも対応可能な周波数領域にある。800 MHz帯ではシリコンMOS-FET(電界効果トランジスタ)で高効率を達成しており実用に供されている。さらに、1.5 GHz帯への適用も検討されており良好なデータが得られている。また、シリコンのほうがコストが安いことも見逃してはならない。

受信フロントエンドではガリウムヒ素のほうが低電流領域でシリコンより特性がよく、低消費電力化には好つごうである。ガリウムヒ素とシリコンの得失を表2に示す。双方とも性能向上が期待できるので、装置に使用するにあたっては性能、コストなどを勘案して決定していく必要がある。

ベースバンド部、制御部は大部分ディジタル回路であり、A-D変換・D-A変換、増幅器などのアナログ回路も一部使われている。したがって、LSIチップの統合を図

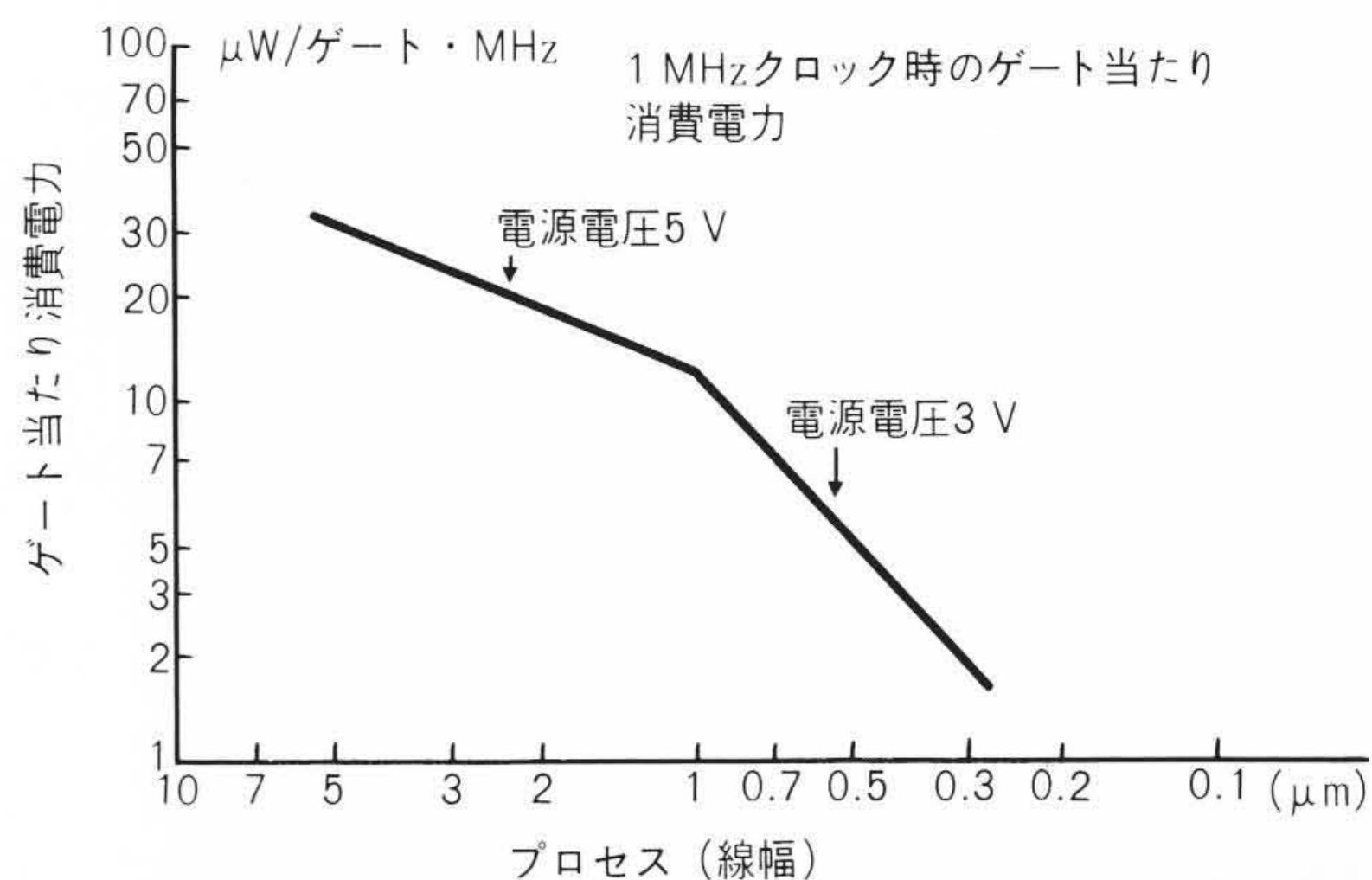


図5 プロセスの微細化による消費電力の低減 微細化と電源電圧の3 V化によって、大幅な低消費電力化を図っている。

りチップ数を減らすことが小型・軽量化に有効である。回路機能としてマイコン、メモリ、DSP、ランダム論理があり、それぞれを一つのチップに収容している。これらの素子の低消費電力化も小型・軽量化の面から重要である。

プロセスの微細化と消費電力の関係を図5に示す。プロセスの微細化に伴って消費電力が低減していることがわかる。1 μm までは電源電圧5 Vを使用していたが、0.8 μm では3 Vを使用するため消費電力の大幅な低減が可能となった。また3 Vとすることによって、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池などの端子電圧が1.2 Vの電池では3本で、リチウムイオン電池のように端子電圧が3.6 Vの電池では1本で動作させることができる。したがって、移動通信端末に使用するディジタルLSIは、低消費電力化とチップ統合の双方の面から有効な微細化に向けて努力が傾注されている。

6 おわりに

ここでは、移動通信の動向と移動通信向け半導体技術について述べた。

移動通信は、今後21世紀に向けて大きく成長が期待できる分野である。その中心は自動車・携帯電話、コードレス電話であり、将来に向けてはFPLMTSであると考えられる。この成長はユーザーに魅力的な端末を提供することができて初めて達成されるので、ユーザーにとって魅力的な端末とは何かを分析し、その結果を装置設計に反映していく。今後、送受信高周波部、ベースバンド部および制御部を含めてチップセットとして最適設計された半導体の開発に邁(まい)進していきたい。