

Science and Technology English I
Exercise 105 Meiji University 2021
(NAE B-1 14~22)
EX_105_21.pptx 30 Slides May 14th, 2021

<http://mikami.a.la9.jp/mdc/mdc1.htm>

Renji Mikami

Renji_Mikami(at_mark)nifty.com [mikami(at_mark)meiji.ac.jp]

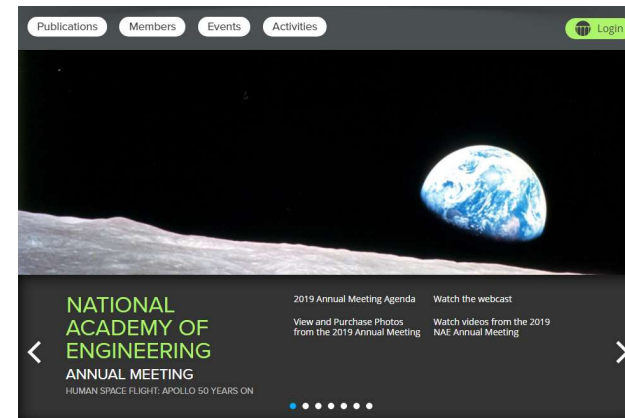
00

Day 104 資料写真 NASA 提供

1968年12月22日 月周回軌道から見た地球

21st. Century Innovations
<https://www.nae.edu/>

1. [Electrification](#)
2. [Automobile](#)
3. [Airplane](#)
4. [Water Supply and Distribution](#)
5. [Electronics](#)
6. [Radio and Television](#)
7. [Agricultural Mechanization](#)
8. [Computers](#)
9. [Telephone](#)
10. [Air Conditioning and Refrigeration](#)
11. [Highways](#)
12. [Spacecraft](#)
13. [Internet](#)
14. [Imaging](#)
15. [Household Appliances](#)
16. [Health Technologies](#)
17. [Petroleum and Petrochemical Technologies](#)
18. [Laser and Fiber Optics](#)
19. [Nuclear Technologies](#)
20. [High-performance Materials](#)



National Academy of Engineering の
記事から 20世紀後半の技術進歩について
トランジスタの登場からマイクロプロセッサ、
そして半導体技術の進化について読み進めます

EX_104 ~ 106 の資料

- EX_104 ~ EX_106 まではNational Academy of Engineeringを3回に分けて読み進めます。3回ぶんをまとめたものがHPの [Sci-Tch-Intro_trans1.pdf](#) [37]にあります。この内容を通読してみてください。
- EX_107~EX_113 では、いよいよDICS (Digital Integrated Circuits, A Design Perspective)の原本3,4,5章を読み進めていきます。
- 各EX_資料には、翻訳サイトなどで使えるようにコピペできる文字タイプ pdf を掲載していますが、英語脳を鍛えるためには、原文 pdfの各章を先に通読してみてください。内容の理解度は60%くらいでかまいません。(原本pdfは画像なのでコピペできません。)
- DICS Chapter [1](#) [13], [2](#) [20/44] and [3](#) [16/23]

Day 105 / 106 / 107 ~ Structure

- Day 105 では半導体の歴史を解説します。
- Day 106 ではマイクロプロセッサの歴史を解説します。
- これらの技術解説は、DICS 原本で Day 107以降で行います。

Day 5 Keywords

- 半導体の技術進化の鍵 1
- Moore の法則 : 18(12~24)Months 2X
 - 3年で4倍、6年で16倍、9年で64倍
 - 小学校間に16倍、小中間で64倍、小中高間で256倍、(1979年~2019年40年間では? 10^9 倍 10^4 Tr > 10^{13} Tr
 - さらに10年前 1969/7/20 月着陸、Apollo 11誘導コンピュータ
2MHz 4KB メモリ(ファミコン並)

<https://koyamachuya.com/column/voyage/33611/>

Day 5 Keywords

- **半導体の技術進化の鍵2**
- **高集積化 > 低コスト 大容量**
 - 微細加工技術、プロセスルール
- **CMOS化 > 低消費電力 (周波数依存)**
 - トランジスタからFETへさらにCMOS回路へ
- **現在の課題：冷却 微細化の限界**

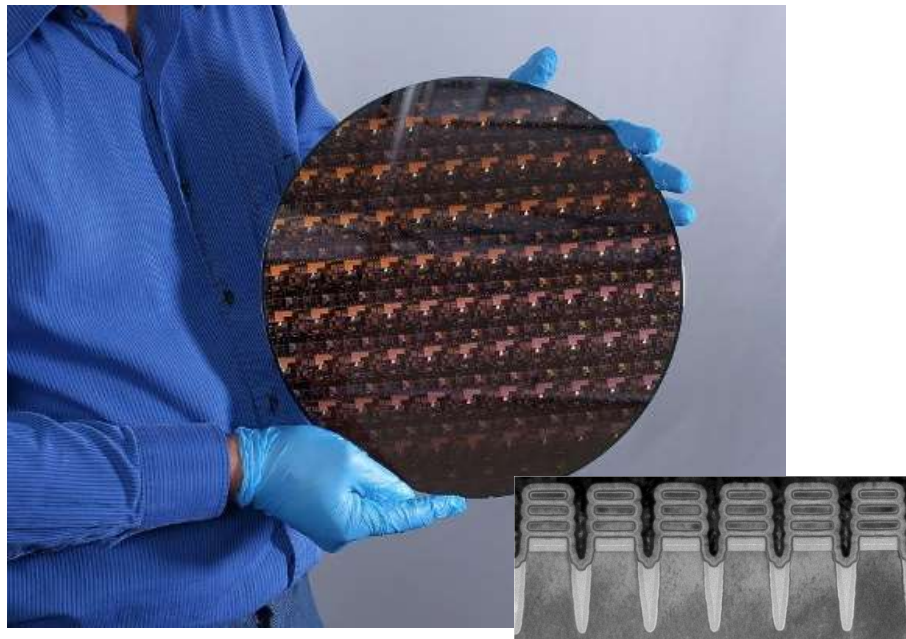
Ryzen3 最新は 7nm プロセス

水素原子の直径 0.1nm Si⁴⁺:0.4nm O²⁻:1.3nm : SiO₂だと....3nm?

ドブロイ波、物質の状態と波の状態、絶縁層が分子何個?

https://www.chart.co.jp/subject/rika/scnet/25/Sc25_3.pdf

IBM announced 2nm process 5/6/2021



- IBM will announce a *new breakthrough* in semiconductor scaling, the world's first chip with 2nm technology.

- This new technology combines:
 - An industry-first *Bottom Dielectric Isolation* to enable 12nm gate length
 - A 2nd generation *Inner Spacer dry process* for precise gate control
 - *EUV patterning* to produce variable Nanosheet widths from 15nm to 70nm
 - A novel *Multi-Vt scheme* for both SoC and HPC applications
- Expected to offer 45% performance improvement or 75% power reduction compared to 7nm

IBM Research / M.Khanal © 2021 IBM Corporation IBM NDA/Embargo

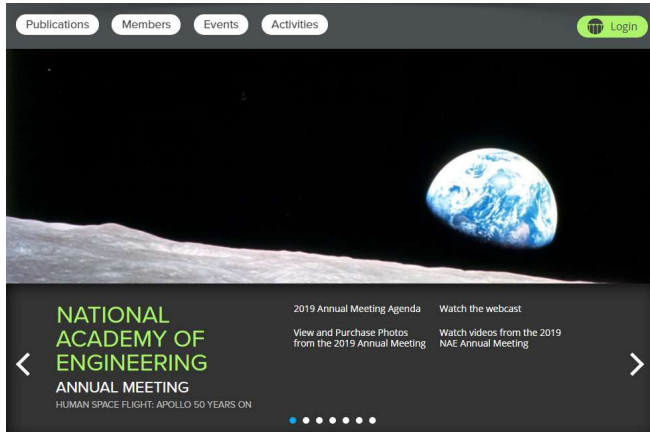
2020年代プロセス”長さ”の呼び名は、シンボリックになってきている。

本来は、そのプロセスで実現できる物理的最小幅でであった。

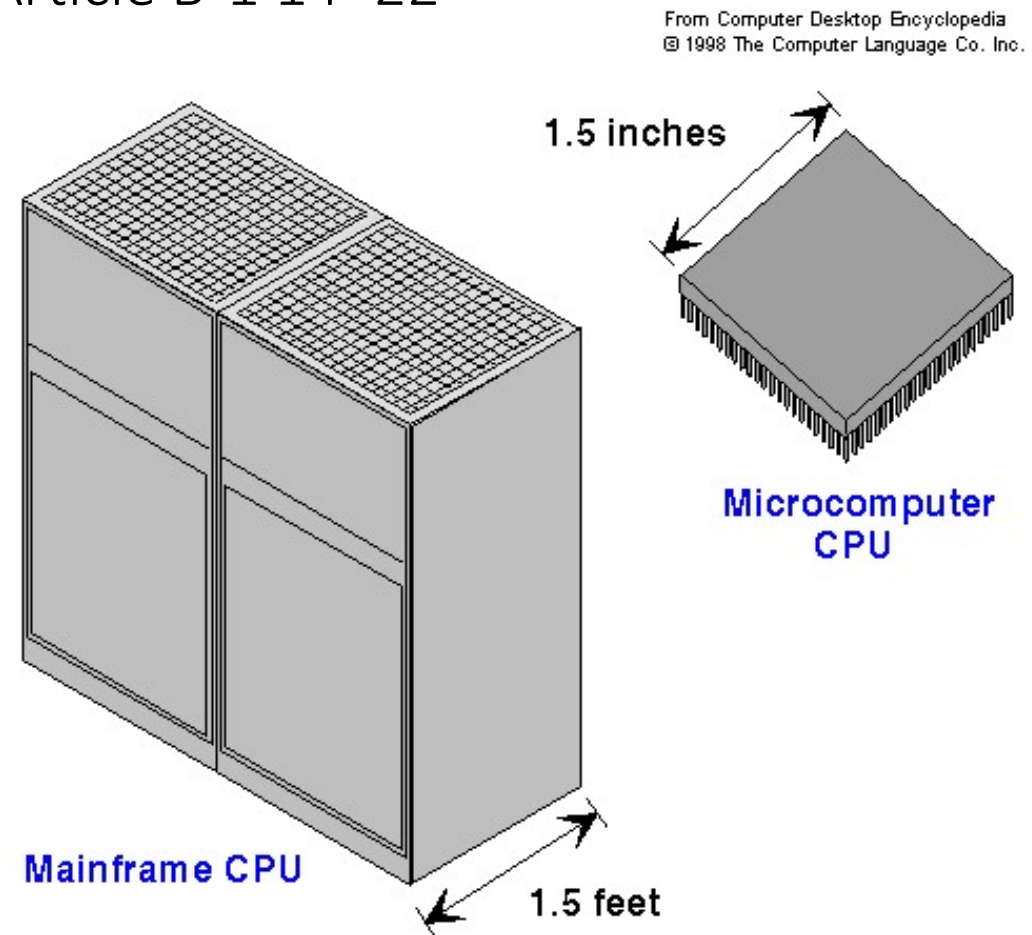
TSMCの 7nm プロセスの場合を含めおよそゲート長 12nm,トランジスタピッチ44nmとプロセス名についている数字よりかなり大きい。(それでも途方もなく小さいが)

引用:日経XTECH <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00001/05567/>

National Academy of Engineering Article B-1 14~22



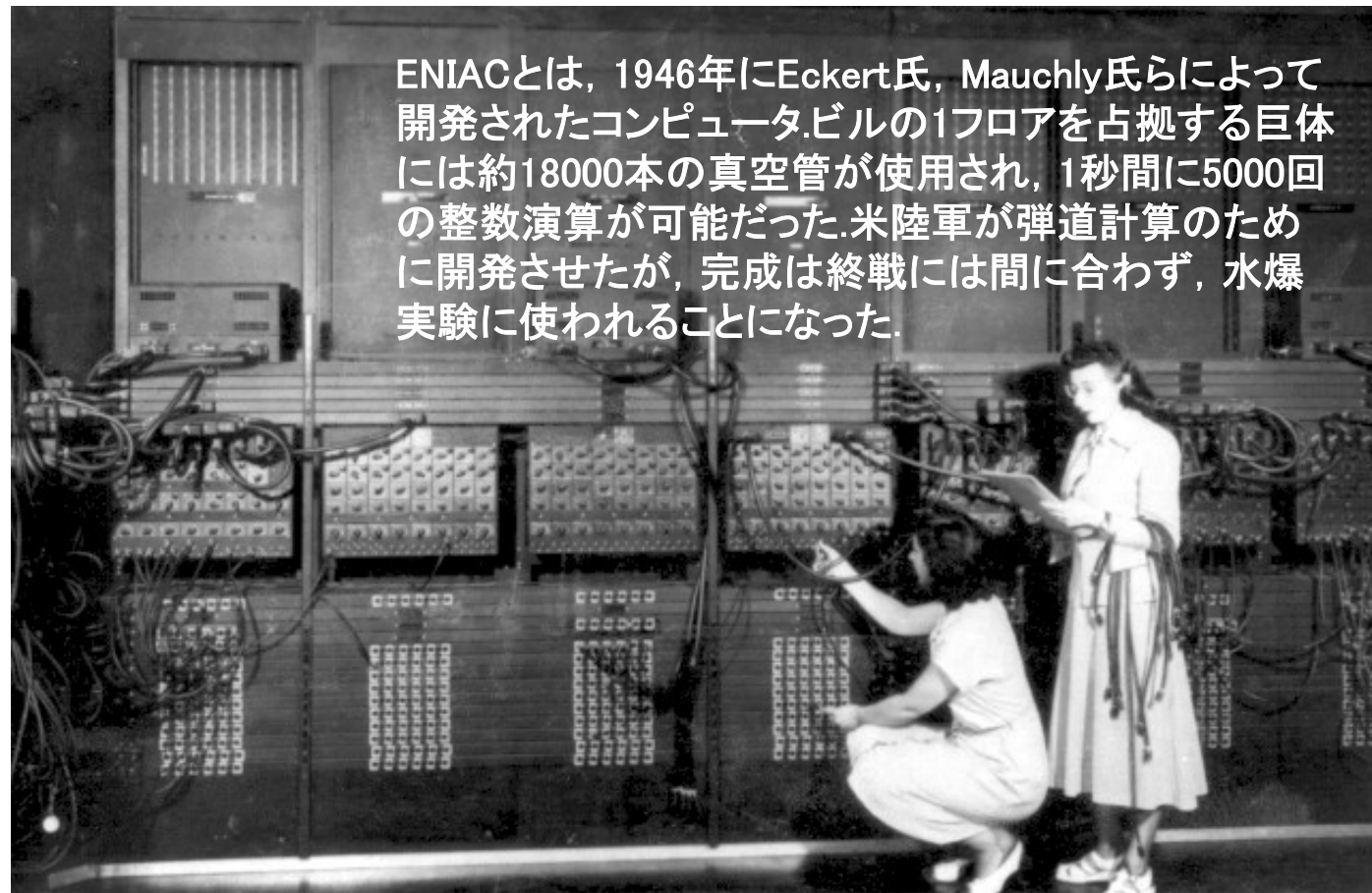
半導体とコンピュータの進化
 機械式 -> 真空管式 -> 半導体式
 半導体は”ムーアの法則”に従い
 高集積度化を続けマイクロプロセッサの
 時代を開いた。








EVOLUTION OF COMPUTER

ENIAC(1946年)→ PC(2000年)

真空管



コンピュータの進化の歴史

開発時期	1946年	1966年	2000年
コンピュータ名	ENIAC	N2200 M500(NEC)	PC98NX(NEC) MA73T/C
デバイス	真空管 18000本	トランジスタ 	LSI トランジスタ1000万個
性能MIPS	0.005	0.2 	1500
大きさ(m ³)	900(30トン)	3 	0.0087
消費電力(W)	140000	17000 	57
価格	49万\$ = 17640万円 (360円/\$)	7700万円 	40万円

500倍

300,000倍

1/10,000

1/2,500

1/400

半導体の進化によりコンピュータの性能が飛躍的に向上した

TK-80

1976年8月、日本電気は、マイクロコンピュータ(マイコン)の普及を図るために実際に操作できる安価なトレーニング用組立キットTK-80を発売した。TK-80は、CPUにインテル社の8ビットマイクロプロセッサ8080と互換性のある μ PD8080A、表示装置にLED(発光ダイオード)、16進キーボードを備え、機械語でのプログラミングおよびその実行が可能であった。

翌年の11月にはTK-80キットの機能拡張ボードTK-80BSを発売し、BASICが使用でき、出力用のCRTディスプレイとして家庭用のテレビ受像機が使用できるようになった。



PC-9801

- PC-9801は、1982年10月に日本電気が発表した16ビットパソコン、PC-9800シリーズの初代機である。同機は、ビジネス向けに開発され、主記憶容量最大640キロバイト、日本語処理とカラーグラフィクス表示機能を備えていた。
- CPUには、日本電気製**16ビットマイクロプロセッサ** μ PD8086(8086コンパチブル)-5MHz、日本電気開発の画像処理用LSIであるグラフィック・ディスプレイ・コントローラ μ PD7220を搭載していた。



コンピュータと半導体

- 真空管→トランジスタ→IC→LSI→VLSI(第四世代)

- 1946年ENIAC 30トン 5000回/秒

- 1971年4bit MPU"i4004"(intel)

日本の電卓メーカービジコン社嶋正利の開発

- 1972年8bitMPU"i8008"(intel)

- 1972年ダイナブック構想GUI機能(Xerox社パロアルト研究所)

- 1974年8bitMPU"i8080"(intel)

- 1978年16bitCPU"i8086" x86アーキテクチャ

- 1981年16bit Personal Computer 5150(IBM)

IBM-PC第一号 CPUはi8088(4. 77MHz)

- 1983年Lisa発売(Apple社)GUI

- 1984年Macintosh128k発売

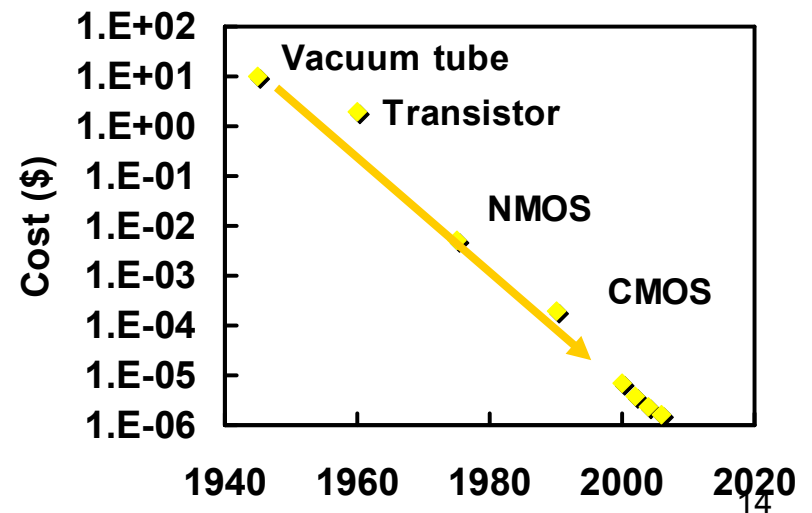
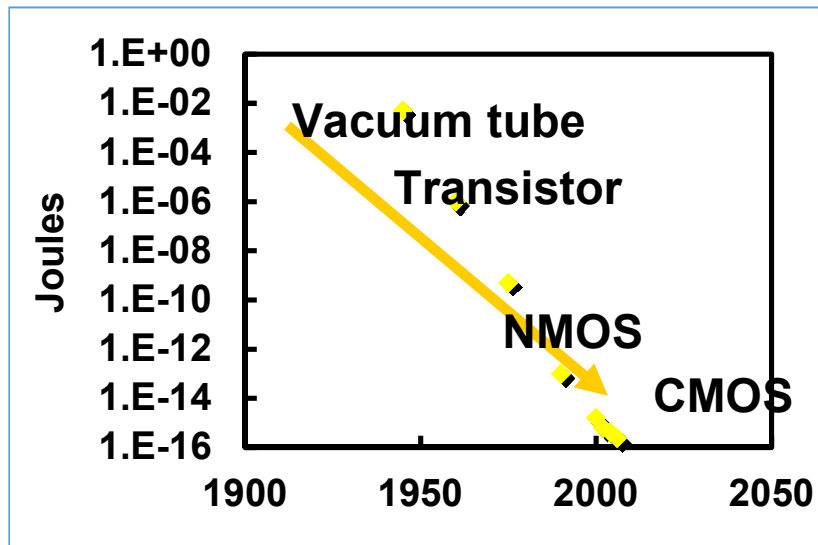
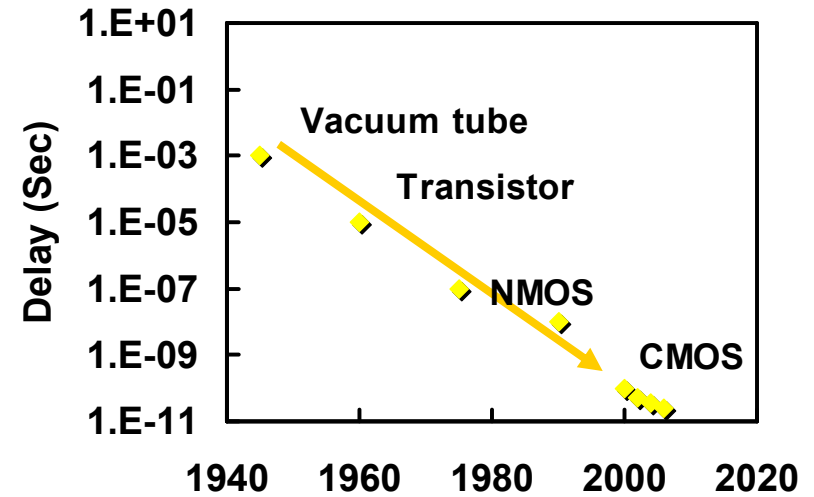
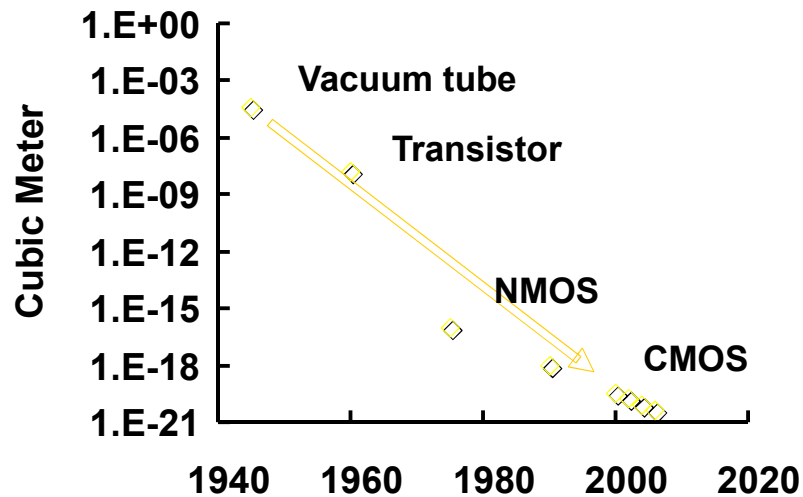
- 2006年BlueGene(IBM)280兆FLOPS

- MPUの進化がコンピュータを高性能化

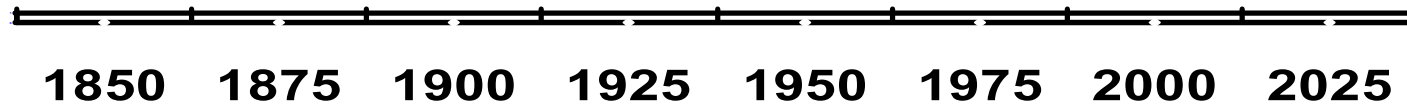
- 集積回路技術によりコンピュータは小型化, 高性能化, 低価格化

Benefits of Scaling

EX_105_21



Evolution of Electronics



Mechanical



Electro-Mechanical

Electronic-VT

Bipolar

NMOS

CMOS.....⇒ ?

All cross-road technologies show

1. Gain
2. Signal/Noise
3. Scalability

Performance
Energy
Price/Performance

14E Vacuum Switches

Vacuum tubes, being much faster than any mechanical switch, were soon enlisted for the new computing machines. But because a computer, by its nature, requires switches in very large numbers, certain *shortcomings* of the tubes were glaringly obvious.

They were bulky and *power hungry*; they produced a lot of waste heat; and they were prone to *failure*. The first big, all-electronic computer, a calculating engine known as ENIAC that went to work in 1945, had 17,468 vacuum tubes, weighed 30 tons, consumed enough power to light 10 homes, and required constant maintenance to keep it running

真空管

欠点

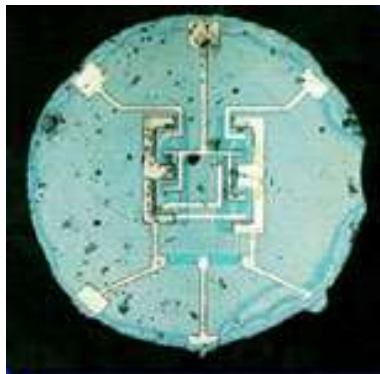
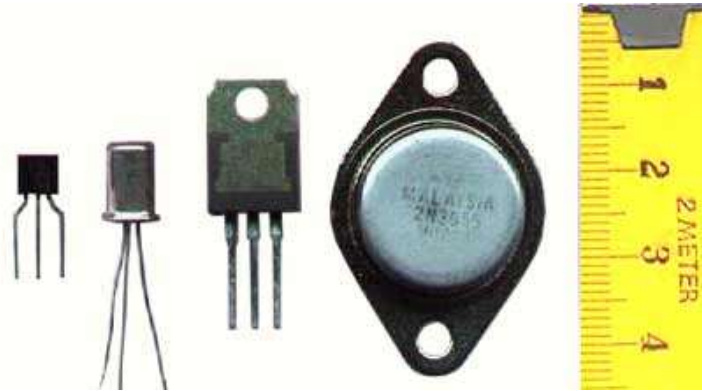
消費電力大
故障する



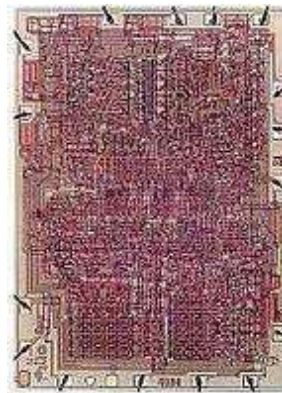
Semiconductors



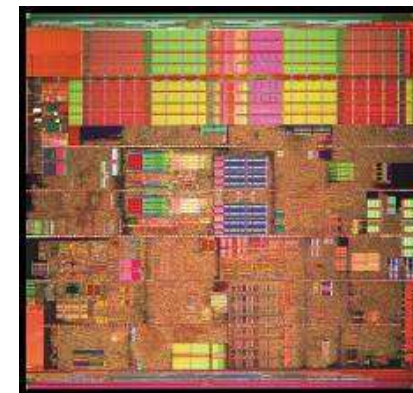
The first transistor(1948)



The first integrated circuit(1958)



4004(1971)



Pentium® 4

Transistors

Some *investigators* were *convinced* that *semiconductors* could be given the powers of a *triode* as well.

In late 1947 that goal was met by John Bardeen and Walter Brattain at Bell Labs. Their invention (the little cylinder that *provoked a shrug* from the New York Times) essentially consisted of two "cat's whiskers" placed very close together on the surface of an electrically grounded *chunk* of germanium. A month later a *colleague*, William Shockley, came up with a more practical design—a three-layer semiconductor sandwich. The outer layers were *doped* with an *impurity* to supply extra electrons, and the very thin inner *layer* received a different impurity to create *holes*. By means of complex *interactions* at the junctions where the layers met, the middle portion of the sandwich functioned like the grid in a triode, with a very small voltage controlling a sizable current flow between the outer layers. Bardeen, Brattain, and Shockley would share a Nobel Prize in physics as inventors of the transistor. Although Shockley's version was incorporated into a few products where small size and low *power consumption* were critical—hearing aids, for example—the transistor didn't win widespread acceptance by manufacturers until the mid-1950s, because Germanium transistors suffered *performance limitations*.

調査者
確信した
半導体
三極管
肩をすくめる
塊
同僚
添加する
不純物
層
正孔
相互作用

消費電力
性能限界

Silicon Transistors

A turning point came in early 1954, when Morris Tanenbaum at Bell Labs and Gordon Teal at Texas Instruments (TI), working independently, showed that a transistor could be made from silicon—a component of ordinary sand. These transistors were made by selective *inclusion* of *impurities* during silicon *single crystal* growth and TI manufactured Teal's version primarily for *military applications*. In early 1955, Tanenbaum and Calvin Fuller at Bell Labs produced high performance silicon transistors by the high temperature diffusion of impurities into silicon wafers sliced from a highly purified single crystal.

拡散
不純物
単結晶
軍事的応用

17EJ *integrated circuits* - chips

EX_105_21

The following year, Robert Noyce, then at Fairchild Semiconductor, independently arrived at the idea of an integrated circuit and added a major *improvement*. His approach involved *overlying* the slice of silicon with a thin coating of silicon *oxide*, the semiconductor's version of *rust*. From seminal work done a few years earlier by John Moll and Carl Frosch at Bell Labs, as well as by Fairchild colleague Jean Hoerni, Noyce knew the oxide would protect transistor junctions because of its excellent *insulating properties*. Delicate lines of metal could simply be printed on the coating; they would reach down to the underlying components via small holes etched in the oxide.

集積回路

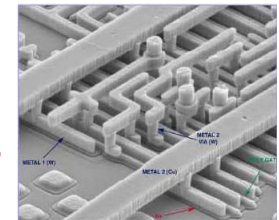
改善

重ねる

酸化物

錆び

絶縁
特性

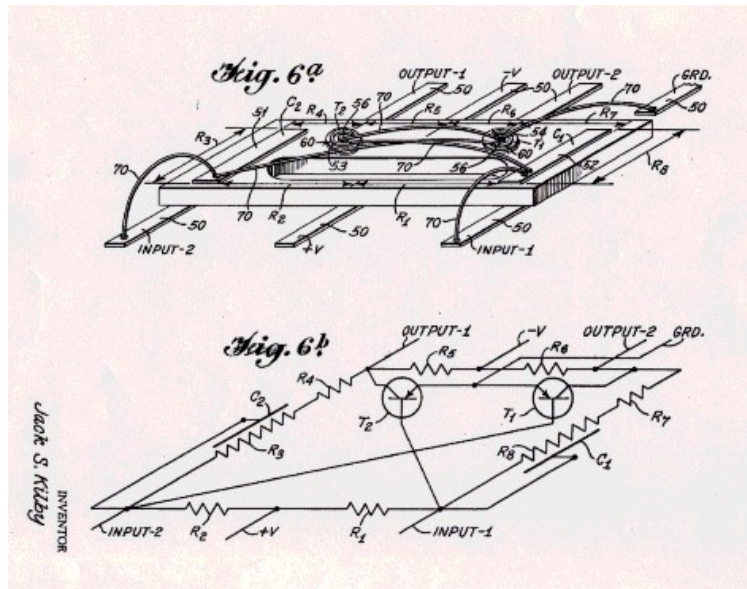


翌年、ロバート・ノイス、当時フェアチャイルド・セミコンダクタ社、は個別に集積回路というアイデアに辿り着き大きな改善を加えた。彼のアプローチ(方法)はシリコンの剥片に薄い被覆用のシリコン酸化膜を重ねることを含んでいた、それは錆の半導体版である。

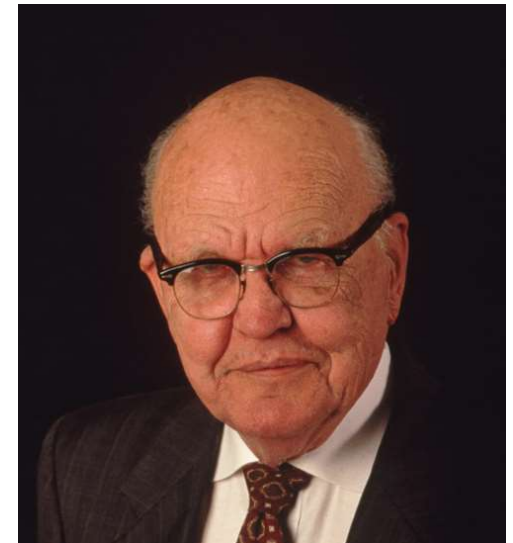
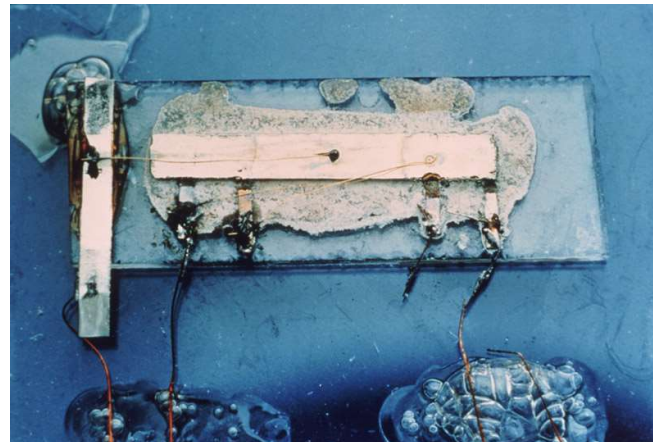
ベル研究所のジョン・モルとカール・フロシュまたフェアチャイルド社の同僚ジーン・ヘンリらによる2~3年前の 세미나での仕事から、ノイスは酸化膜がその優れた絶縁特性のためトランジスタの接合を保護するであろうことを知っていた。微細な金属配線はその被覆膜の上に単純に印刷され、その配線は酸化膜にエッチング(食刻)された小さな穴を通して下層の部品に接続される。

IC集積回路の発明

US Patent : ICの特許(1958年)



Jack S. Kilby(TI社)



2000年ノーベル
物理学賞受賞

18E Jack Kilby

EX_105_21

Any electronic circuit is an *assemblage* of several types of *components* that work together as a unit. Previously, the various circuit elements had always been made separately and then laboriously *connected* with *wires*. But in 1958, Jack Kilby, an electrical engineer at Texas Instruments who had been asked to design a transistorized adding machine, came up with a bold unifying *strategy*. By *selective* placement of impurities, he realized, a *crystalline* wafer of silicon could be *endowed* with all the elements necessary to function as a circuit. As he saw it, the elements would still have to be wired together, but they would take up much less space. In his *laboratory* notebook, he wrote: "Extreme miniaturization of many electrical circuits could be achieved by making resistors, capacitors and transistors & diodes on a single slice of silicon."

組み合わせ 部品

接続する 配線

戦略
選択的な 結晶の

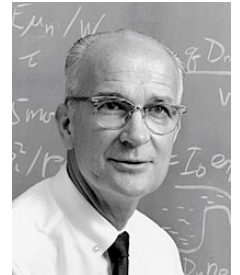
賦与する

研究所



トランジスタ発明秘話

もうひとつの出来事は、同じく1957年秋の米Fairchild Semiconductor社の誕生である。Shockleyは、実は経営者としての素質に欠けていただけではなく、人格的にも問題があった。部下の研究テーマを思いつきでころころと変えたり、人前で部下を侮辱し罵倒する事件が日常茶飯事に起きた。これに嫌気をさしたShockley Semiconductor研究所の8名の部下が集団離脱した。"8人の裏切り者"(Shockleyは彼らを生涯このように呼んで恨んだ)は、米Fairchild Camera and Instrument社オーナーの出資で、小さな半導体メーカーを設立する。1957年は、彼らにとって生涯で最も面白いワクワクする年で、翌年、業界を出し抜くプレーナ技術を開発する。"選択拡散に用いた酸化膜をPN接合の保護膜として最後まで残す"のがミソだ(Froschらは酸化膜を最後まで残さなかったので、残念ながらプレーナ特許の発明者になれなかった)。



その後、Fairchildを飛び出した“フェアチルドレン”たちは総計65もの半導体企業を創設してシリコンバレー興亡史を形成してゆく。Fairchildの創業に関わった“8人の裏切り者”のうちの2人、Robert NoyceとGordon E. Mooreは、10年余り後に再び離脱して、新会社を設立した。それが、いまや世界的半導体メーカーに成長した米Intel社である。

19E Gordon E. Moore(1) *Chairman Emeritu* ^{名誉会長} Intel Corporation

EX_105_21

The *discovery* of the electron in 1897 set the stage for electronics to develop over the *ensuing* century. Most of the first half of the 20th century was devoted to controlling electrons in a vacuum with *electric and magnetic fields* to make *amplifiers, oscillators*, and switches. These gave us, among other things, radio, television, radar, and the first computers.

発見 あとに続く

電磁界
増幅器
発振器

The last half of the century saw the rise of *solid-state* electronics, beginning with the invention of the transistor in 1947. I arrived on the scene in 1956 to join William Shockley, one of the inventors of the transistor, who was establishing the Shockley Semiconductor Laboratory to develop a commercial silicon transistor. By then the *advantages* of transistors over vacuum tubes were apparent for many *applications*; it was only necessary to make transistors *reliable* and cheap.

固体

利点
応用
信頼性

EX_105

But Shockley changed his original goal, turning his focus to another semiconductor device he had invented while at Bell Labs—a four-layer diode possibly useful in telephone switches but not much else. A group of us (the Fairchild 8) went off to found a new company, Fairchild Semiconductor, to continue to pursue the silicon transistor.

Fortunately we at Fairchild were on the right track technologically when Jack Kilby of Texas Instruments demonstrated a complete circuit made of semiconductor materials. My colleague Bob Noyce saw how the Fairchild technology could be extended to make it practical to manufacture a complete circuit, rather than just individual transistors. Shortly after Bob's inventions he was promoted to general manager and I was left to oversee development of the technology extensions that ultimately led to the computer chips we are all familiar with today.

しかし、ショックレーは彼の最初の目標を変えました、彼がベル研究所で発明していた別の半導体デバイス—電話用のスイッチに役に立つ可能性のある4層のダイオード—に彼の焦点を変更した。私たちのグループ(フェアチャイルド8)は、シリコン・トランジスタを追求し続け、新しい会社(フェアチャイルド半導体)を設立するために会社を去りました。幸運にも、テキサス・インスツルメンツ社のジャック・キルビーが半導体の材料で作られた完全な回路のデモをしたとき、フェアチャイルドの私たちは技術的に正しい道筋の上にいました。

私の同僚ボブ・ノイスは個々のトランジスタよりむしろ完全な回路を製造するのを実用化するには、どのようにフェアチャイルド技術を広げるかを探究した。ボブの発明のすぐ後に、彼は部長に昇進しました。私は、今日の私たちが皆、よく知っているコンピュータ・チップに通じる技術的拡大の開発を監督するために残留した。

The new integrated devices did not find a ready market. Users were concerned because the individual transistors, resistors, and other electronic circuit components could not be tested individually to ensure their reliability. Also, early integrated circuits were expensive, and they *impinged on* the turf that traditionally belonged to the circuit designers at the customer's company.

衝突する

Again, Bob Noyce made a seminal contribution. He offered to sell the complete circuits for less than the customer could purchase individual components to build them. (It was also significantly less than it was costing us to build them!) This step opened the market and helped develop the manufacturing volumes necessary to reduce *manufacturing costs* to competitive levels.

製造原価

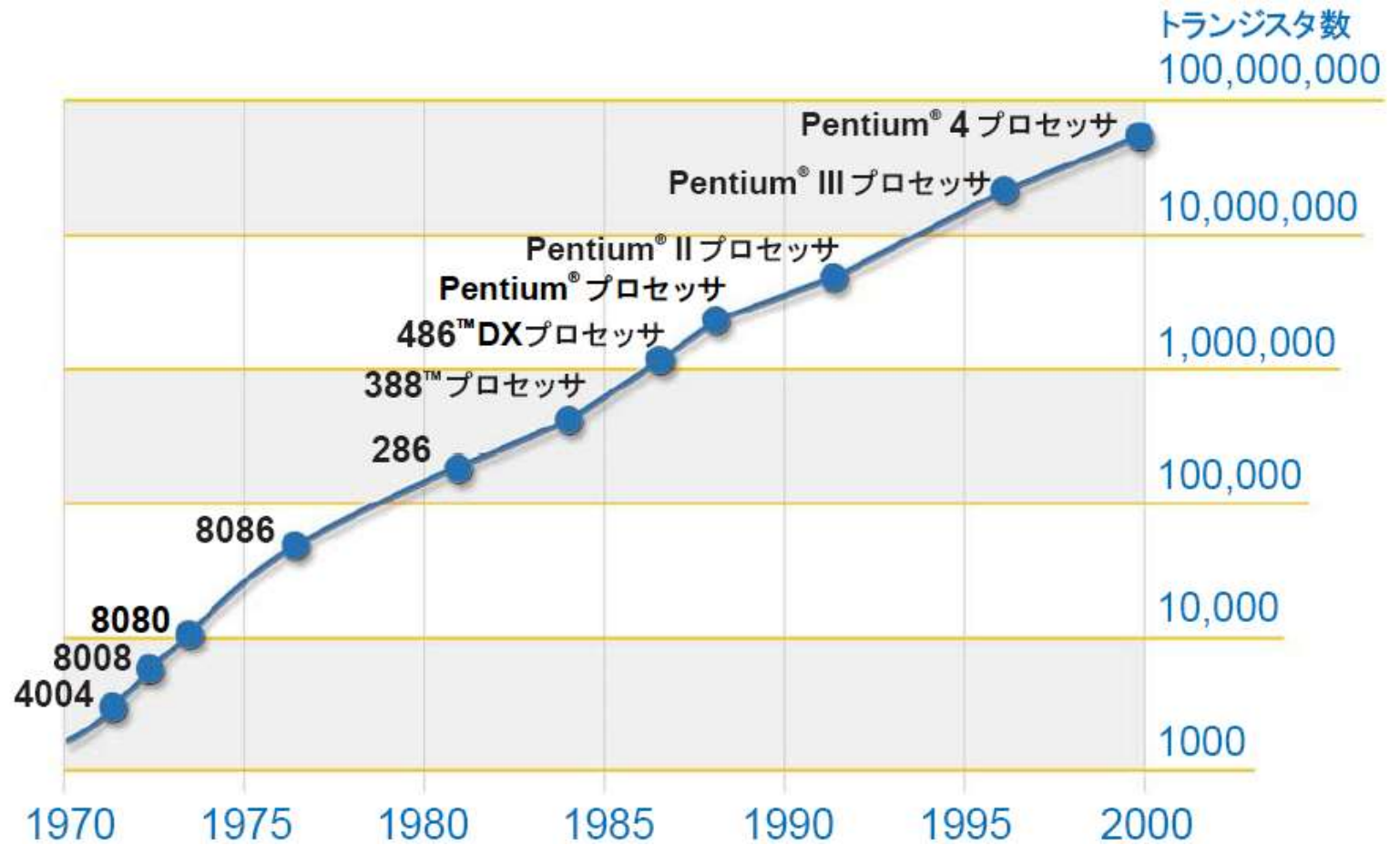
To this day the *cost reductions* resulting from *economies of scale* and newer high-density technology are passed on to the user—often before they are actually realized by the circuit manufacturer.

原価低減
規模の経済

As a result, we all know that the high-performance electronic gadget of today will be replaced with one of higher performance and lower cost tomorrow.

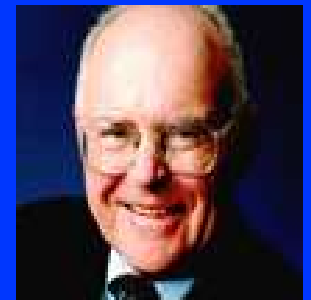
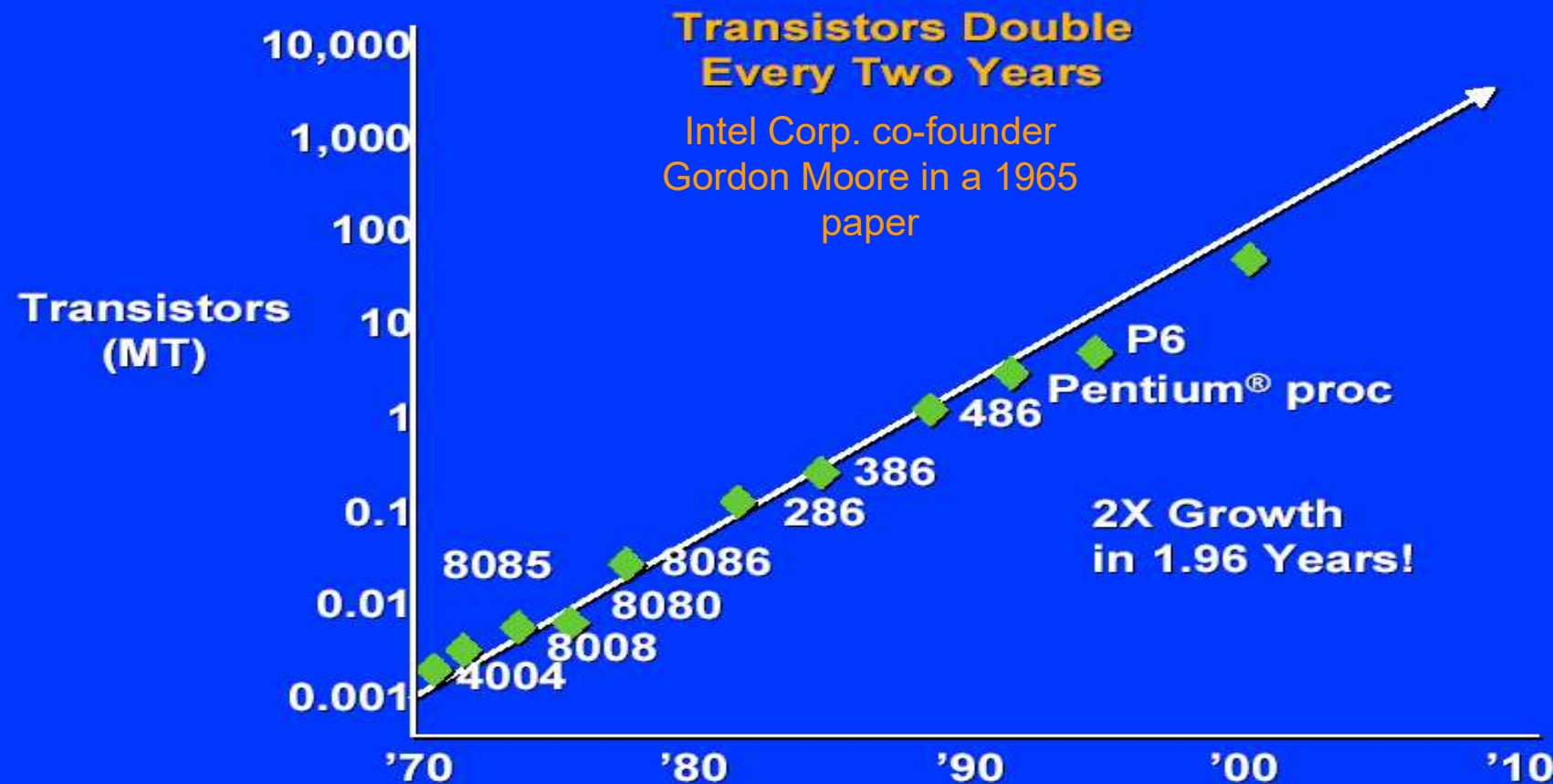
新しい集積回路デバイスはすぐには市場が見つかりませんでした。ユーザは、個別にトランジスタ、低抗、および他の電子回路の部品を、それらの信頼性を確実にするために検査することが出来ないのを心配した。また、初期の集積回路は高価でした、そして、それらは伝統的に顧客の会社の回路設計者の領域とぶつかりました。また、ボブ・ノイスは生産的な貢献をしました。彼は、顧客が回路を作るために個々のコンポーネントを購入するより安く、完全な回路を販売すると申し出ました。(また、それらを作るコストより相当安い!) このステップは、市場を開いて、競争力があるレベルに製造費を引き下げるのに必要な製造ボリュームを生み出すのを助けました。この日まで、規模の経済と高密度なより新しい技術から生じるコスト削減はユーザのものになりませんでした。しばしば以前、それらは実際に回路メーカーによって実現されていました。その結果、私たちは皆、今日の高性能電子機器がより高い性能と低い費用の製品に置き換えられるのを知っています。

インテルプロセッサの集積度推移



EX_105

Moore's Law



Source: Intel Corporation

Moore's Law(ムーアの法則)

By 1965 integrated circuits—chips as they were called—*embraced* as many as 50 elements. That year a physical chemist named Gordon Moore, *cofounder* of the Intel Corporation with Robert Noyce, wrote in a magazine article: "The future of integrated electronics is the future of electronics itself." He *predicted* that the number of components on a chip would continue to double every year, an *estimate* that, in the *amended* form of a doubling every year and a half or so, would become known in the industry as Moore's Law. While the *forecast* was regarded as wild-eyed in some quarters, it proved remarkably *accurate*. The *densest* chips of 1970 held about 1,000 components. Chips of the mid-1980s contained as many as several hundred thousand. By the mid-1990s some chips the size of a baby's fingernail embraced 20 million components.

包含する
共同創業者

予想した
推定する 修正の

予想
正確な 高密度な

Exercise: EX_105

EX_105 : 19E~22Eを読んでGordon E. Mooreについて概要をまとめてください

- A.和文コースまたはB.英文コースが選べます。(A/B 両方のコースをやってもかまいません。)
- 和文(和文1とします)の場合は400字程度、英文(英文1とします)の場合は 150 words 程度とします。
- 提出はClass Web “レポート” にて木曜まで
- 毎回のレポートは、最低A4 1ページ以上は書いてください。余白には、今回の授業の内容、資料についての感想や要望を記入してください。

EX_105 –A 和文コース

- 和文(和文1)で書いた人は、自動英訳を試し、自動英訳文(英文2)も記載してください。
- 自動英訳文が不自然と思う場合は、修正したもの(英文1)を書いてください。(オプション)

EX_105 –B 英文コース

- 英文(英文1とします)で書いた人は、自動翻訳サイトやWordなどのツールを使って、自動チェックを完了したものを書いてください。(自動チェック能力の制約上、場合によりエラーは無視してください)
- チェック後は自動和文翻訳を実施して、その自動和訳文(和文2)も記載してください。
- 自動和訳文が不自然と思う場合は、修正したもの(和文1)を書いてください。(オプション)

Memo

予習: 次回の資料に必ず目を通しておいてください。

フォローアップURL (Revised)

<http://mikami.a.la9.jp/meiji/MEIJI.htm>

担当講師

三上廉司(みかみれんじ)

Renji_Mikami(at_mark)nifty.com

mikami(at_mark)meiji.ac.jp (Alternative)

http://mikami.a.la9.jp/_edu.htm

