

III. 情報技術とその進歩

A. 情報と情報処理の概要 (コンピュータの仕事は何か)

- 情報内容 媒体から独立
- 情報の表現手段 媒体に依存

1. アナログ情報とデジタル情報 媒体による情報の表現形式の種別

a. アナログ情報: 連続的に変化する物理量で表現される情報

水量、圧力、温度、速度、
音波、色彩、明暗、
電流、電圧、磁力、
図形、文字 (紙上に描かれた図形としての)、映像
日常生活、ビジネスに直接必要な情報の形式
媒体に依存し、媒体のアナログ的性質を活かしている。

b. デジタル情報:

数字、2進法数字 (0と1)、10進法数字 (0~9)、BitとByte、
アルファベット、カタカナ、ひらがな、漢字、
光の有無、電流のプラスとマイナス、電圧の有無、
磁力のNとSなど
何らかの「約束」により、符号によって継続的に表現される情報
「情報」を有効に使うために人間が作りだした形式
媒体から独立 (エラー発生を防止)、媒体の性質をデジタル的に活かす。

媒体使用量

AP

- アナログ: 大
- デジタル: 小

最近の技術進歩により、デジタル方式によって媒体使用量を大幅に節約できるようになった。

c. アナログ情報のデジタル化:

すべての情報はビット列の並びで表現できる。

- 数字・文字のデジタル表現 短いビット列
- 画像・映像のデジタル表現 大量のビット列

注意点：

- (i) アナログ情報のデジタル表現 (AD変換) およびその逆 (DA変換) には必ず誤差をとらなう。しかしビット列を増大させることにより、誤差をいくらでも小さくすることができる。
- (ii) デジタル情報は、誤差ゼロで変換・伝達できる (ダビング)。アナログ情報はダビングにより誤差・歪みが累積する。
- (iii) デジタル情報には、コンピュータによる複雑な処理を加えることができる。アナログ情報のままでは、コンピュータ処理は不可能である。

2 . 情報のデジタル表現

情報 (人間にとって意味がわかる)	情報のデジタル表現 (一見意味は無い)
数値 (数、量、金額)	数字 (0 ~ 9) による数値の表現
文字、記号	文字、記号のビット列 (0 と 1 の並び) による表現 (例 : モールス信号、ASCIIコード)
単語、文章、新聞記事、書物など	文字の並び
音声、音波	音 (空気の振動) の強弱を示すビット列の並び
黒白画像	明暗の度合を示すビット列の 2 次元の並び
カラー画像	色の 3 要素 (色調、明度、彩度) を示すビット列の 2 次元の並び
黒白映像、動画	各時点の映像 (すなわちモノクロ画像) を示すビット列の並びの時間的系列
カラー映像 (画像)	各時点のカラー映像 (すなわちカラー画像) を示すビット列の並びの時間系列

アナログ情報とデジタル情報の比較

アナログ情報	デジタル情報
人間の視覚・聴覚で理解しやすい (図形的だから)	人間には分かりにくい (0 と 1 の連続だから)
コンピュータで扱うのは困難。	コンピュータによる処理ができる。
コピーをとると誤差が生ずる (ゼロックスコピー、遠隔地へのコピーすなわち通信、アナログテープによるダビング)。一旦生じた誤差は回復できない (ノイズ、雑音)。	コピー作成時に誤りを生ずる (0 1 あるいは 1 0) ことがある。しかし誤りのチェック、修正ができる。

3 . 情報「処理」の形式

a . 一般の情報処理

(人間、動物、機械)

自動車の運転

書物を読む、テレビを見る

電話をかける

機械を操作する

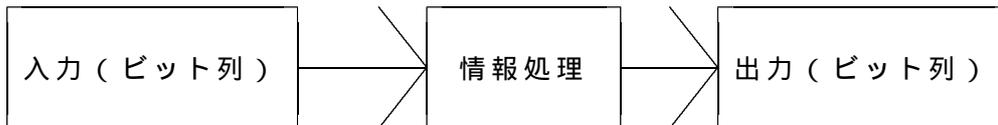
会計計算

(入力と出力、途中で処理) (生物における刺激と反応)

個人の情報活動は社会システムの中の情報活動の一部 (社会経済の神経網)

b . デジタル情報処理の基本形式

与えられたデジタル情報 (入力) から新しいデジタル情報 (出力) を作り出すこと、すなわちデジタル情報の変形・変換。



情報処理の例： (必ず入力と出力がある)

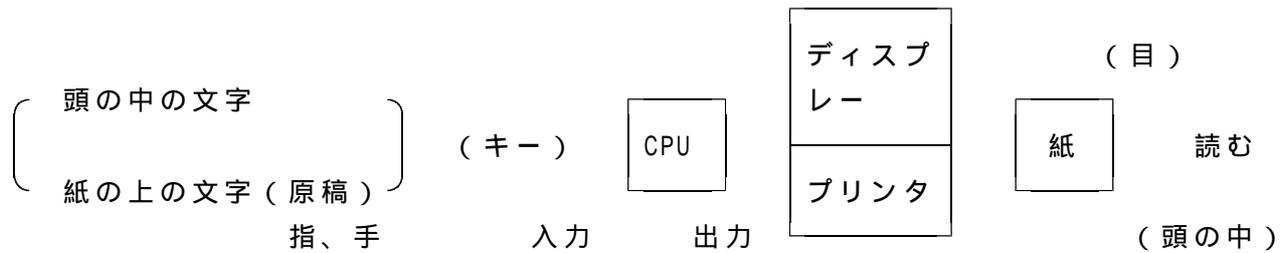
項目	入力	処理主体	出力
数値計算 (かけ算)	2 × 3	CPU	6
タイプライター	キー入力	タイプライター機	タイプ印字
ワードプロセッサ	キー入力 (変換キーを含む)	PC	タイプ印字 (漢字を含む)
ゲーム機	キー入力	ゲーム	画像・音声出力
自動車	ハンドル・アクセル・ブレーキ操作	自動車	エンジンと車輪の動き (方向と速度)
ピアノ演奏	楽譜	人間	鍵盤入力
ピアノ	鍵盤入力	ピアノ	ピアノ音の出力

例) ファクシミリ (コピー)

(人間) (アナログ紙面) (アナログ紙面) (人間)

デジタル デジタル

例) ワープロ



B. 大規模集積回路 (LSI) による情報処理

1. 演算処理装置 (中央処理装置、情報処理装置、ビット処理装置) (CPU、MPU)

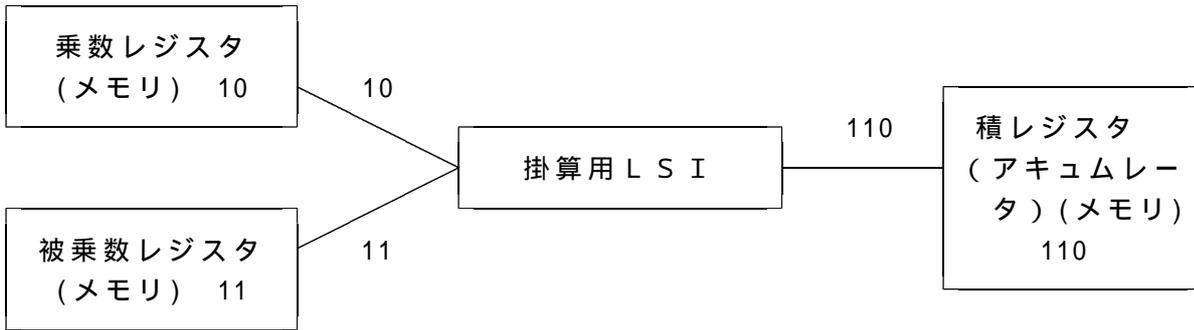
電圧の有無 (0と1) で電流を制御するスイッチ (そろばんの玉の位置を電氣的に表現する)。複数個のスイッチから「素子」を作り、多数の素子 (数百個ないし数百万個) を集めて接続し、ビット列の処理・変換をおこなう。すなわち、CPUは電圧の有無 (0と1) で作用するスイッチの集合体である。

単純なCPU (たとえば加算だけができる電卓、炊飯器用マイクロコンピュータ、専用CPU) は数千個あるいは数万個の素子で構成され、複雑な作業を行うCPU (たとえばパソコン用、汎用CPU) は数百万個の素子によって構成されるCPUを持つ。

a . ビット列処理の例

2 × 3 = 6 の掛算

十進法	ビット表現
2	10
3	11
6	110



b . 実際に使われる演算処理装置

大規模集積回路 (L S I)

多種類のビット列変換をおこなうことができる。

例：ワープロの「かな漢字変換」、多量の数値計算

ソフトウェアの使用により、さらに能率を上げている。

(階層構造、モジュール化)

・ 動物の情報処理との比較：

多階層の情報処理	昆 虫 (生まれのまま 遺伝情報のみ)
	ほ 乳 類 (3 階層 遺伝情報、運動・感覚情報、 後天的学習)
	人 間 (4 階層 遺伝情報、運動・感覚情報、 後天的学習、社会的知能・ ネットワーク)

・ 電卓

機械語：ビット処理
算数語：キーを押す

2．主記憶装置

大量のビット列を記憶し、処理装置（CPU、MPU）の要求に応じて内容を転送する。

多量のメモリーの任意の部分を高速で取り出すことができる（RAM）。多数のスイッチ素子を総合して作る。

素子の「発熱」問題（人間の「頭と顔は冬期はだかでも風邪をひかない」）

a．主記憶装置の種類

コアメモリ（磁気記憶）（～1970ごろまで）

IC、LSI（1970 - ）

b．DRAM（Dynamic Ram、ダイナミック・ラム）：記憶維持に電力を必要とする。

Static RAM（Static Ram、スタティック・ラム）：電力を必要としない。

ROM（Read-only Memory、ロム）：一度記憶したら消えない。書き換えできない。

EPROM（イープロム）：書き換えできるROM。

3．半導体、集積回路IC（大規模集積回路LSI）の発展

最初の素子（電源開閉スイッチ）は真空管であった。

1950年代にゲルマニウム、シリコンを主体とする電気の半導体（電気の導体と不導体の中間の物質）を使用して、高速スイッチを安価にかつ小型に実現できることが発見された。トランジスタの発明

トランジスタの利点

ゲルマニウム・ダイオード

消費電力が低い（省エネルギー）

故障率が低い（高信頼性）

素子1個の体積が小さい（小型化、コンパクト化）

1970年代初頭に多数のトランジスタ（当初は10～50個程度）を1枚の半導体（シリコンチップ）上に作り、それらをチップ上で回路結合した集積回路（IC）が作られた。

1975年中葉以降、写真焼付技術を応用して集積回路は小型化・高密度化され、現在においてもなお技術進歩が続いている。1997年の段階では、64メガビット（百万個の素子）を持つ指先程度の大きさの大規模集積回路（LSI）が広く使用されており、250メガビットのLSIも生産されはじめている。コンピュータの発展は半導体の進歩によるところが大きい。過去10年の間に同一の情報処理の仕事を行うための速度は数千倍になり、価格は数百分の一になった。

処理装置と素子

	1 単位の装置の サイズ (mm)	1 単位の装置に 入る素子数
真空管 (1945 - 1950)	30 x 30 x 50	1
半導体トランジスタ (1950 - 1960)	5 x 5 x 10	1
集積回路 (IC) (1960 - 1970)	10 x 10 x 50	1000 (=1K)
大規模集積回路 (LSI) (1970 - 1980)	3 x 5 x 10	16K
(1980 - 1985)	3 x 5 x 10	256K
(1985 - 1989)	3 x 5 x 10	1000K (=1M)
(1989 - 1992)	3 x 5 x 10	4M
(1992 - 1995)	3 x 5 x 10	16M
(1996 -)	3 x 5 x 10	64M

C . コンピュータ・システムの概要

1 . コンピュータの機能

計算のためのコンピュータ (高速電子そろばん) 当初の役割

「情報処理」のための機械 現在の役割 (中国語の「電腦」)

すべての情報はデジタル化してビット列で表せるから

2 . コンピュータの種類

専用コンピュータ (CPUのみ)

汎用コンピュータ (CPUと付属装置・プログラム)

(大きい順から)

スーパー・コンピュータ (天気予報、数学計算)

汎用コンピュータ (一般事務、銀行、科学技術計算)

オフィス・コンピュータ（同上、中小企業）
ワークステーション（WS、設計、技術計算）
パーソナルコンピュータ（PC、個人用の小型モデル）
両端分離の傾向（ダウンサイジング）

3．コンピュータの主要構成要素

CPU（中央演算処理装置）　　ビット列の変換を行う
記憶媒体（ビット列のデータ及びプログラムを蓄積する）
　　内部記憶（DRAM、CPUと同程度のスピードで動く高速記憶）
　　外部記憶（磁気ディスク、磁気テープ、光ディスク、磁気カード、
　　他）
入力装置（入力情報をビット列に変換してCPUに伝える）
出力装置（CPUからのビット列を出力情報に変換し、印刷物・映像などの
　　形で出力する）

4．CPU

CPUの素子　　電圧の有無（0と1）で作用する一種のスイッチ。多数の
　　スイッチ（数百個ないし数百万個）を接続し、必要なビット列の変換
　　を行う。

5．記憶媒体

ビット列の変換に必要なデータあるいは作業手順（プログラム・ソフトウ
　　ェア）を記憶し、必要に応じてCPUに情報を与える。またCPUからの情
　　報を蓄積する。

6．入出力装置

キーボード、ディスプレイ

D . コンピュータの歴史

1 . 過去の「コンピュータ」

そろばん

手回し計算機

電動計算機

電磁リレー計算機

2 . 世界最初のコンピュータ

a . 1945年にジョン・フォン・ノイマン（アメリカ）が提唱した方式に基づく。

b . 1945年ペンシルベニア大学（アメリカ）においてJ.W.モークリー及びJ.P.エッカート両教授によって作られたENIAC（エニアック）が世界最初のコンピュータ

真空管約2万本を使用

総重量約30トン、長さ約30メートル

ENIACはアメリカ陸軍の弾道計算用に開発された 人間が7時間を

要する計算を約3秒で実行

（ただしENIACはプログラム呼出し能力を欠き、異なる計算問題に対してはすべて配線の変更が必要であった。）

（専用コンピュータ）

3 . 第1世代コンピュータ

a . ノイマンの提唱（ノイマン型コンピュータ） 記憶装置を使用し、プログラム（計算手順）と計算用のデータを記憶させ、それをCPUが順次に内部記憶装置に呼び出して計算をおこなう（プログラム内臓型コンピュータ）。

b . 2進法すなわちビット列の採用

c . 1959年レミントン・ランド社が世界最初の商用コンピュータ、UNIVAC-1を作成

機械言語、アSEMBラー言語

4 . 第2世代コンピュータ（1960年代）

真空管に代わってトランジスタを使用

トランジスタ シリコンを素材とする半導体の性質を利用して電流の開
閉をおこなうスイッチ操作を実現

CPUの小型化・軽量化を実現

真空管と比べて大幅に寿命を延した（故障素子のとりかえ作業の節約）

IBM社によるIBM 708、IBM 7090 などの汎用計算機の作成

科学技術計算用のプログラム言語FORTRAN、および事務計算用言語COBOLの
開発と使用（高級言語）

第2世代コンピュータは今日の汎用コンピュータの原型となった。

5．第3世代および第3.5世代コンピュータ（1970年代）

a．CPUの素子が多数集積され、小型化・軽量化が進んだ（ICの発明）

b．IBM 360コンピュータ（第3世代）

TSSの使用、最初の汎用大型コンピュータ

端末による遠隔操作（最初はタイプライタ・プリント型）

c．ICの集積度をさらに高めた大規模集積回路（LSI）の出現 第3.5世代コンピ
ュータ

d．1970年IBM 370シリーズコンピュータ

以降、LSIの集積度が逐次増大し、現在においては数百万個の素子を集積
したCPUが作られている。コンピュータの能力が向上し、小型化が
進んでいる。（しかし基本様式は変わらず。）（研究計算、銀行コン
ピュータ、汎用）

e．1997年のパーソナルコンピュータ（30万円）の性能は、1980年代の汎用コンピ
ュータ（数億円）を大幅に超える性能を持っている。

6．汎用コンピュータ（第4世代コンピュータ）

大型の集積回路（LSI）を複数個使用

a．主メモリとして8MB（100万バイト＝800万ビット）以上のLSI多数個を使用

b．TSS（時分割）により数人ないし数百人の同時使用が可能

端末・パソコンおよび通信回線を利用して遠隔地からの使用が可能

インテリジェント端末化

- c . プリンター、磁気テープ、磁気ディスクなどの多数の入出力機器を同時に使用
 - d . 第4世代の汎用計算機（メインフレーム）は大企業の経営管理、大規模工場の作業管理、銀行のテラー業務、航空機や列車の予約・運行管理、大都市の交通制御、大学・研究所等における研究開発用としてひろく使われていた。小売価格は小型のものでも1億円以上である。
- e . しかし、最近において小型機が優勢となり、大型汎用機の生産は停滞している。

7 . スーパーコンピュータ

- a . 数十個以上のCPUを同時並行稼働させ、メインフレームの100～1000倍以上のデータ処理能力を実現する特別の計算機
- b . アメリカのクレイ社が初めてスーパーコンピュータを開発し、世界をリードした（1976年）
- c . 1982年以降アメリカのコントロール・データ社（CDC、最近スーパーコンピュータ市場から撤退）および日本の富士通、日本電気、日立製作所が開発に成功した。
- d . 大規模計算に使用、天気予報、大規模シミュレーション、大規模科学技術計算（スーパーコンピュータは日米間の貿易交渉の1項目）

8 . ミニコンピュータ、オフィスコンピュータ、ワークステーション

小規模、低価格の汎用計算機

中小企業、商店、小研究所、小規模実験室等のため

価格は150万円以上、1億円程度まで

9 . パーソナルコンピュータ

ごく小規模・低価格の個人用コンピュータ

- a . 小型CPU（マイクロプロセッサ）1個、磁気ディスク、ディスプレイ、プリンターにより構成
- b . オフィスにおける個人レベルの業務用、事務処理用および家庭における使用を目的とする、大学生にも普及中。

c . 文書作成（ワードプロセッサの代用）、資料整理、小規模計算、会計計算、通信（パソコン通信、インターネット）、ゲーム用などに使用

d . デスクトップ、ラップトップ、ブック型

e . 価格は10万円以上、80万円程度まで

パソコンは現在すでにコンピュータの主力となっている（低コスト、大衆性、大量生産の利益）

10 . コンピュータの多様化

a . スーパー、汎用、オフィス、WS、PC（DB、AIなどの応用）

両端分離（スーパー・コンピュータとPC）の傾向

b . 分散化、ネットワーク化（LAN、WAN）

柔軟かつ安価に作業ができる。

通信技術との融合。

c . ソフト比重の増大

汎用コンピュータについては総コストの80%以上、PCについては約半分。

11 . ソフトウェア（アプリケーション・プログラム、AP）

ソフトウェアは特定の目的のためにコンピュータを動作させるための手順（命令）の集り

a . 初期の計算機は物理的な配線によって計算の手順を実現する回路をつくった。

計算機が発達するにともない、CPUのスイッチ機能を制御する手順（プログラム）を別につくり、それをビット列データとして計算機に読み込ませて目的とする計算をおこなうようになった。

b . この方法により、同じCPU（ハードウェア）を繰り返して使うことが可能になり、また複数の目的のために使うことが可能になった。このため、情報処理能力が飛躍的に増大した（二段構えの情報処理）。

c . 現段階においては複数個のレベルのソフトウェアが存在する（CPUを直接動かすための機械語から人間に近い高級言語まで）。

PC { アセンブリ言語

プログラム言語（C）

人間が直接に使う使用法（ワープロ）

標準化の問題

- d . 高級言語で書かれたプログラムは、別の計算機（翻訳機）によって機械語にまで順次翻訳され、計算機に読み込まれて実行される。
- e . ハードウェアは、大量生産が可能であるが、ソフトウェアは、目的によって内容が異なるので、人間の手で少しずつ手作りしなければならない。したがって、ソフトウェアの費用が高くなる傾向がある。ただし、一旦完成されたソフトウェアは、コピーによって大量生産できる（ゲームソフト、PC用のソフト）。

ソフトウェアの総費用、平均費用、限界費用

- f . 現時点で汎用大型コンピュータについては、ソフトウェアとハードウェアのコストの比は8対2であり、パーソナルコンピュータについては6対4程度である。

12 . オペレーティング・システム（OS）

- a . コンピュータ（とくにPC）使用のための基本ソフト（不可欠要素）
- b . 現在はMicrosoft社（米）が90%以上のシェアを保有（事実上の独占）
- c . OSの役割

(i)ハードウェア（周辺機器）の制御

(ii)ハードウェアとAPの仲介（APIの提供）

(iii)ユーザ・インターフェース、デスクトップの提供、AP開始用アイコンの提供

(iv)AP間連携サービス

(v)諸ユーティリティ

ユーザ管理（パスワード）

ファイル管理

インターネット・アクセス（メール、外部ファイルの管理・ブラウザ）

対ウィルス防御

基本的役割（(i)と(ii)）と応用・周辺の役割が混在

13 . コンピュータネットワーク

通信回線（多くの場合有線、しかし無線回線も使用される）によってコンピュータと端末、あるいはコンピュータ間でデータ（ビット列）を送受信し、互いに協力して仕事を行うためのシステム

- a . 当初は汎用大型機を多数の人間で共用するためのTSS（時分割）システム、すなわち端末と汎用機との結合として発達した。
- b . 最近においてはコンピュータ同士の結合を含む、より広汎なネットワークが成立している。ネットワーク用回線としては、当初は既設の電話回線が、最近では同軸ケーブル・光ファイバを使うLAN、WANが多く用いられた。コンピュータネットワークは急速に発達した。
- c . 多量のデータを送信するためには、同軸ケーブル、光ファイバー、高周波無線などが使用される。

最近においては、音声・データをすべてビット列に変えて送るネットワーク（デジタル・ネットワーク）が普及しつつある。

d . パソコン通信

LAN、MAN、WAN（インターネット）
コンピュータ・ウィルスの問題

14 . インターネット

ネットワークの「ネットワーク」

標準手法（TCP/IP）により世界各国のネットワークを結合した巨大ネットワーク

パケツリレー方式による情報伝達（パケット通信）

a . Eメール（安価な通信費）

b . WWWによる情報入手

（ブラウザ・閲覧用ソフト使用）0

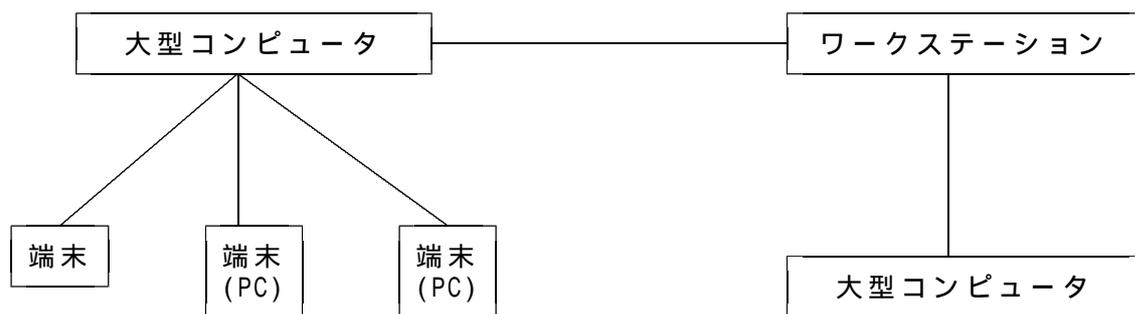
情報入手が容易になった（世界のどこからでも瞬時に入手）

ビジネス・生活様式を一変させる可能性がある。

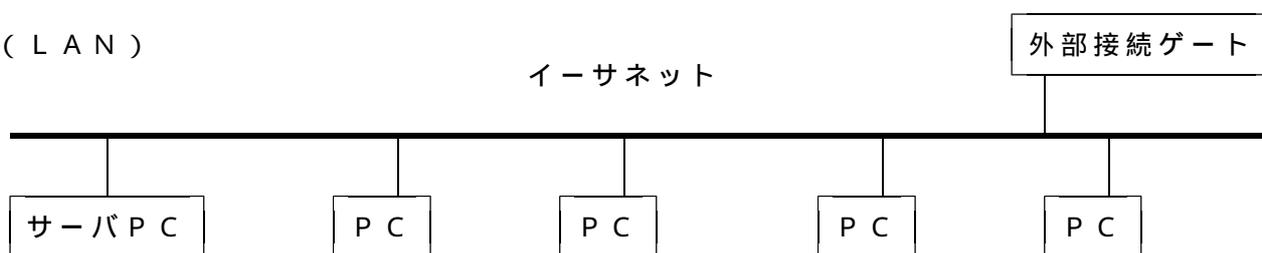
c . 米国が世界の「インターネット・ハブ」になった

「創業者」特権

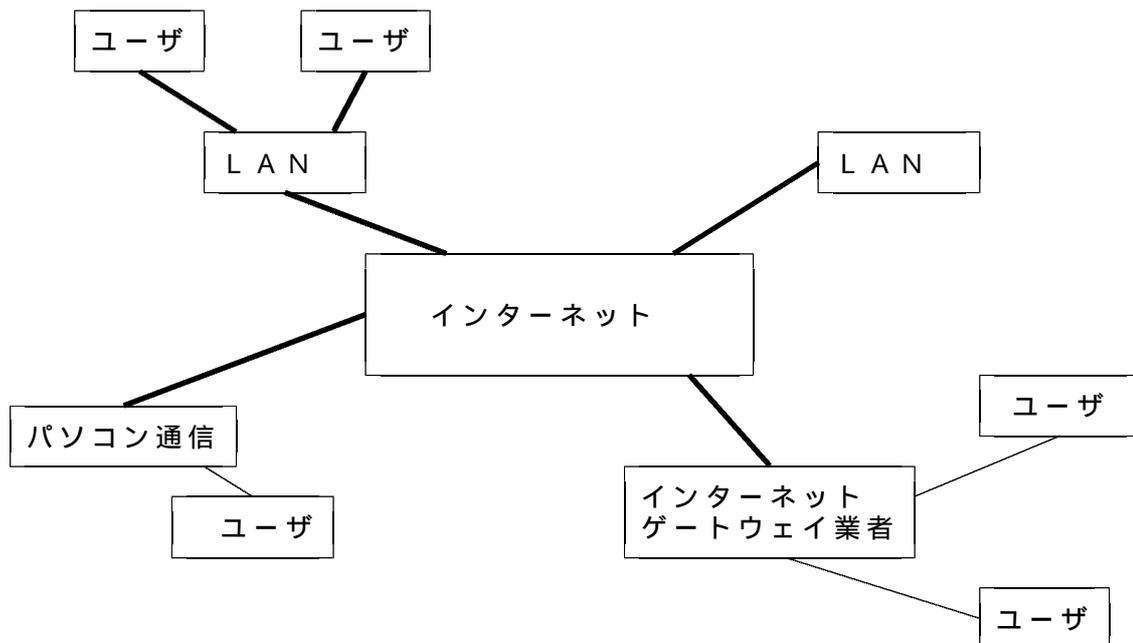
(コンピュータ・ネットワーク)



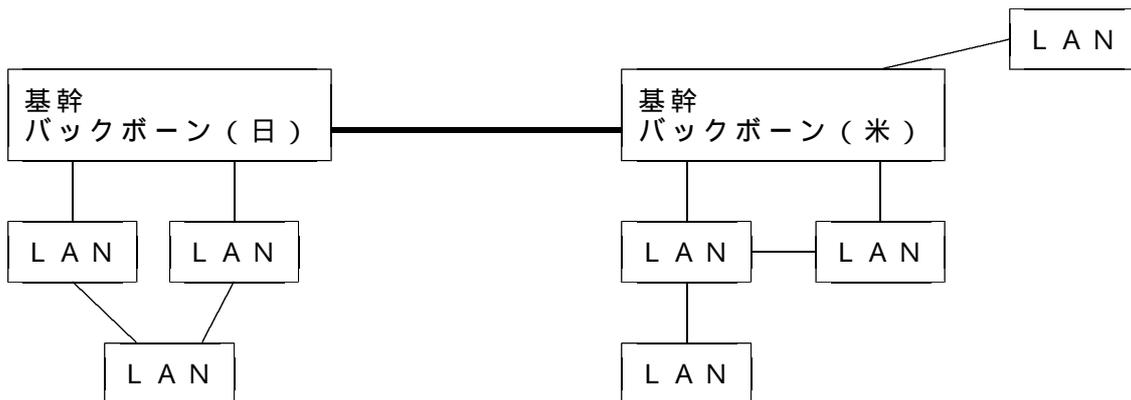
(LAN)



(インターネットとそのユーザ)

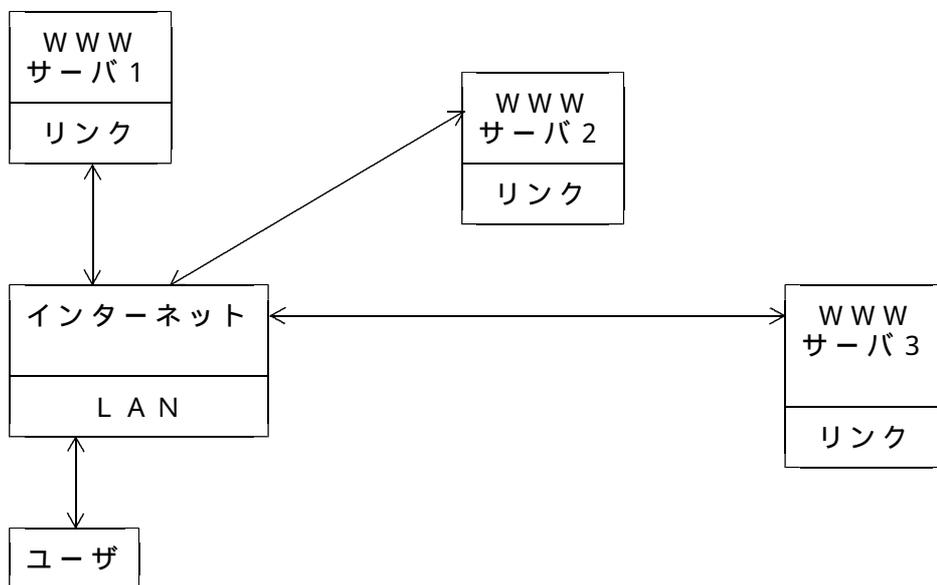


(インターネットの「内部」)



インターネットは、基幹バックボーンとユーザのLAN（企業・学校など）が一体となって諸データ（メール、ファイルなど）を宛先に届ける（パケットリレー方式）。

(WWWの仕組み)



リンク：関連情報の所在（サーバID）を持っている。