

コンピュータとネットワーク

第3回 コンピュータ小史～情報の表現

石井 健太郎

1308研究室・kenta@isc.senshu-u.ac.jp

スケジュール

- 4月11日 第1回「イントロダクション」
- 4月18日 第2回「コンピュータとその利用～ビジネスと情報システム」
- 4月25日 第3回「コンピュータ小史～情報の表現」
- 5月9日 第4回「コンピュータ小史～情報の表現」
- 5月16日 第5回「文字コードと日本語処理」
- 5月23日 第6回「ソフトウェアの分類～OSとプログラム言語」
- 5月30日 第7回「中央処理装置」
- 6月6日 第8回「記憶装置と入出力装置」

スケジュール

- 6月13日 第9回「**中間テスト**」
- 6月20日 第10回「論理回路、テストのフィードバック」
- 6月27日 第11回「グラフによる表現」
- 7月4日 第12回「通信ネットワーク」
- 7月11日 第13回「インターネットとTCP/IP」
- 7月18日 第14回「セキュリティ」
- 7月25日 第15回「まとめと**授業内テスト**」

質問受け付け中！

- 予習時・授業中にわからなかったこと・質問したいことを、
随時responで入力してください
 - なるべく拾って答えるようにします
- もちろん、手を挙げて質問してもOK！

コンピュータ小史

p.50~

コンピュータ前史

- **手動式計算機: 算盤(ソロバン)・計算尺(対数計算法)**
- **機械式計算機: 歯車による計算・パスカルの加算器**
 - **バベッジの階差計算機**
- **電気機械式計算機: リレー(継電器)の利用**

チューリング・マシン (1936)

- **計算機のモデル化(仮想の計算機を考案)**
 - テープに情報を記録して, それを読みだして動作する機能を持つ
- **プログラム記憶方式(ノイマン型コンピュータ)**
 - プログラム(命令の集合)とデータを記憶装置(メモリ)に記憶する
 - 命令を1つずつ読みだして処理する
- **計算可能性では現在のコンピュータと同等**
 - ただし, 効率は著しく異なる

チューリング・マシン (1936)

- 実用的な意味はないが、人間の計算という思考をもとに着想

- 無限に長いテープ
- 読み書きできるヘッド
- 読んだ情報と内部状態により次の動作を決定する機構

- 右図は足し算の例

- $2+3=5$

チューリングマシンによる $2+3=5$ の計算



アラン・チューリング



図 3.4 アラン・チューリング

アラン・チューリング

- Alan Mathison Turing (英: 1912-1954)
- ゲーデルの不完全性定理の証明 (1931)
- チューリング・マシン (1936)
- プリンストン高等研究所留学 (1936-38)
- ドイツ軍のENIGMA暗号の解読 - Colossusの開発に参加
- 国立物理研究所 - 生物への関心
- チューリングテスト (1950)

ABC (Atanasoff-Berry Computer) (1939)

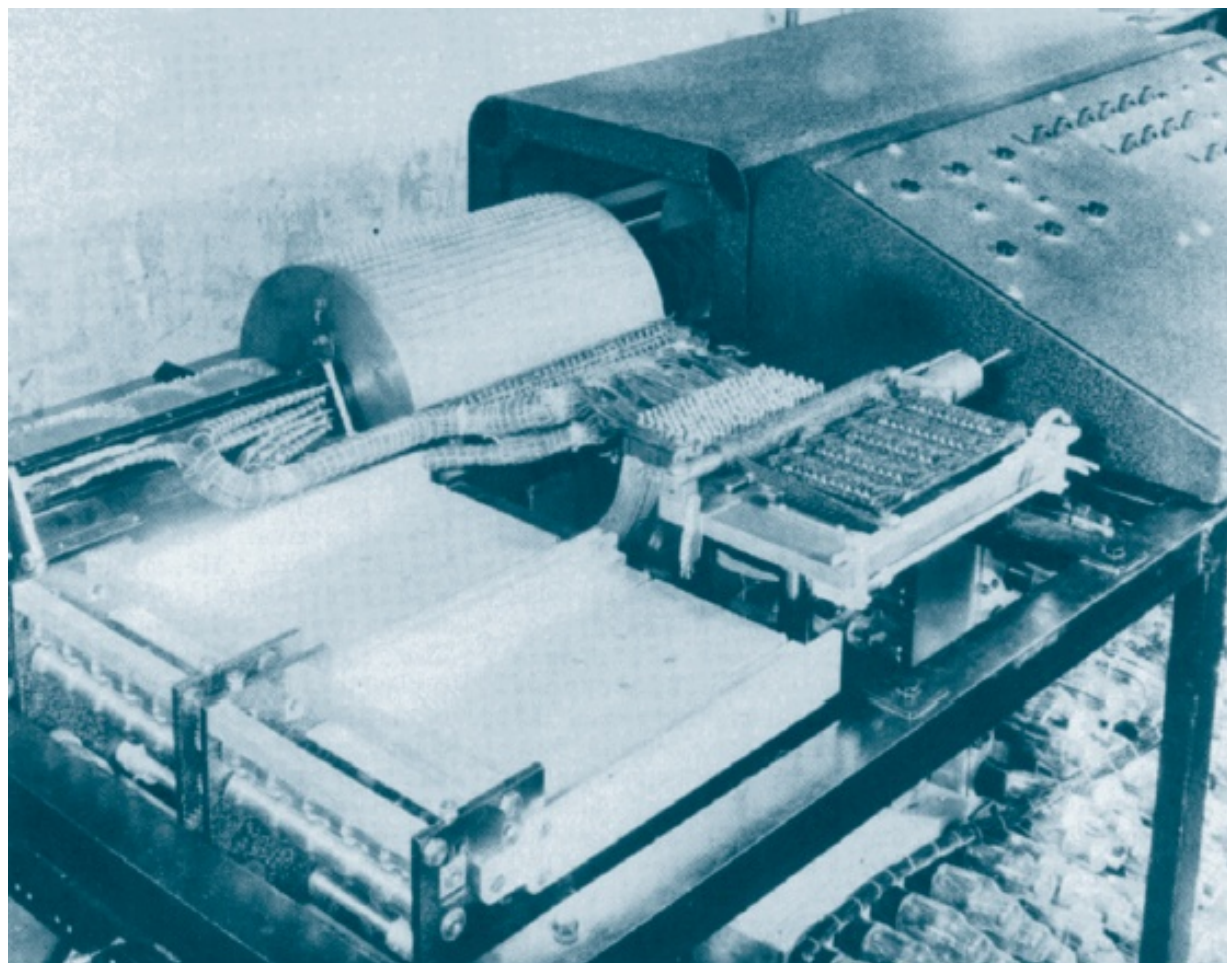


図 3.7 ABC (アタナソフ・ベリー・コンピュータ)

ABC (Atanasoff-Berry Computer) (1939)

- 基本的原理の確立(1937年頃)
- 記憶部分と演算部分の分離
- デジタル演算方式
- 10進法以外の表現→2進法
(リレー⇒電子スイッチに置換える)
- 記憶にキャパシタ(蓄電器)を使用する
再生記憶回路→今日のDRAMと同じ原理
(jogging) →(refresh)
- 1939年プロトタイプ・1942年2号機

ABC2号機 (1942)

- 29元1次連立方程式を解く**専用計算機**
 - ガウスの消去法(変数を一つずつ消去して解を求める)
- 推定計算時間:
マシンタイム30時間+マニュアル操作25時間=計55時間
- 真空管300本使用

ジョン・V・アタナソフ

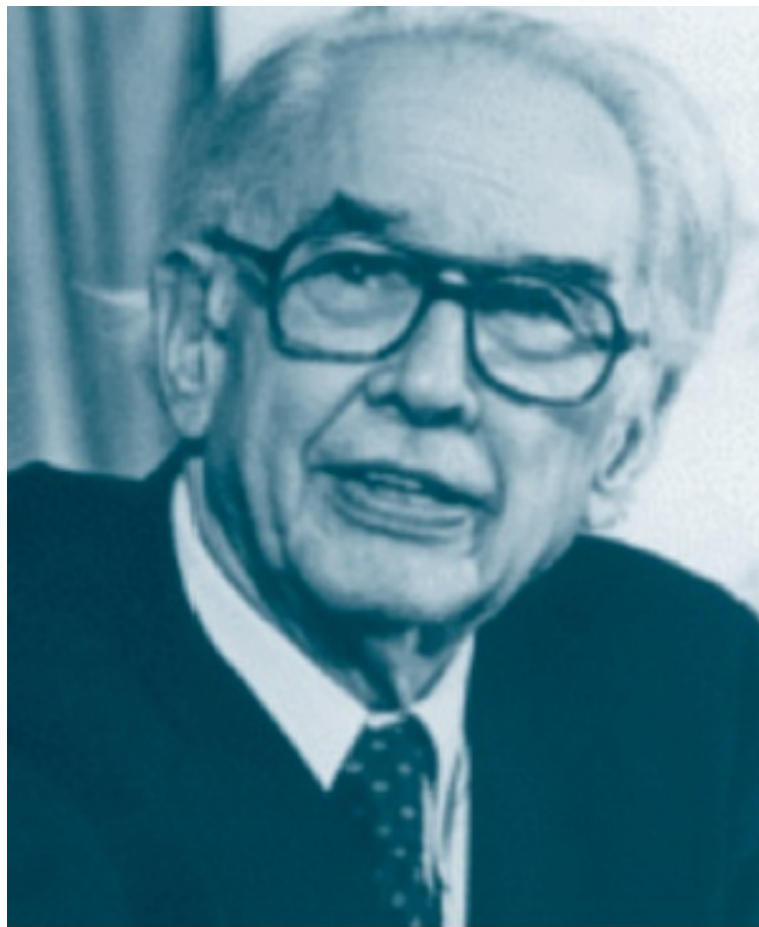


図 3.6 ジョン・V・アタナソフ

ジョン・V・アタナソフ

- John Vincent Atanasoff(米:1903 - 1995)
- 1925年フロリダ大学電気工学科卒業
- アイオワ州立大学数学修士(1926)・博士号(1930)
- 博士過程ウィスコンシン大学理論物理研究
 - 学位論文ーヘリウムの電子軌道構造
 - 手回し式計算機では数週間要する
⇒高速計算機の必要性
- アイオワ州立大学(Iowa State University)
 - 助手としてクリフォード・ベリー(Cliford Berry)を雇う
- アタナソフ・ベリー・コンピュータ(ABC:1937-1942)

ジョン・V・アタナソフ

• 本人の論述

- デジタル方式を採用することに決めていたが、10進数がよいか2進数がよいか迷っていた。
- 冬のある寒い夜、研究室を出て車に乗った。大学のあるアイオワ州エームスの町から東に向けてひたすら走った。数時間後300Kmも離れたイリノイ州までやってきた。
- 道端の酒場で止まり、重いオーバーを壁にかけて、酒を注文した。2杯も酒を飲んだ頃、ものごと全てが冷静に客観的に良く見えるようになった。
- 明晰な思考作用のもと、リレーを電子的スイッチング回路に置換えることにした。2進数を採用。

Colossus (1943)

- 英国政府がドイツ軍のENIGMA暗号解読のために作った暗号解読**専用計算機**
- 暗号解読のための特定の論理計算に専用化
- 真空管1500本・5000パルス/秒・2進データ, ビット並列演算
- 1975年に一部の情報が開示されたが, 詳細は依然として秘密

ENIAC (1946)

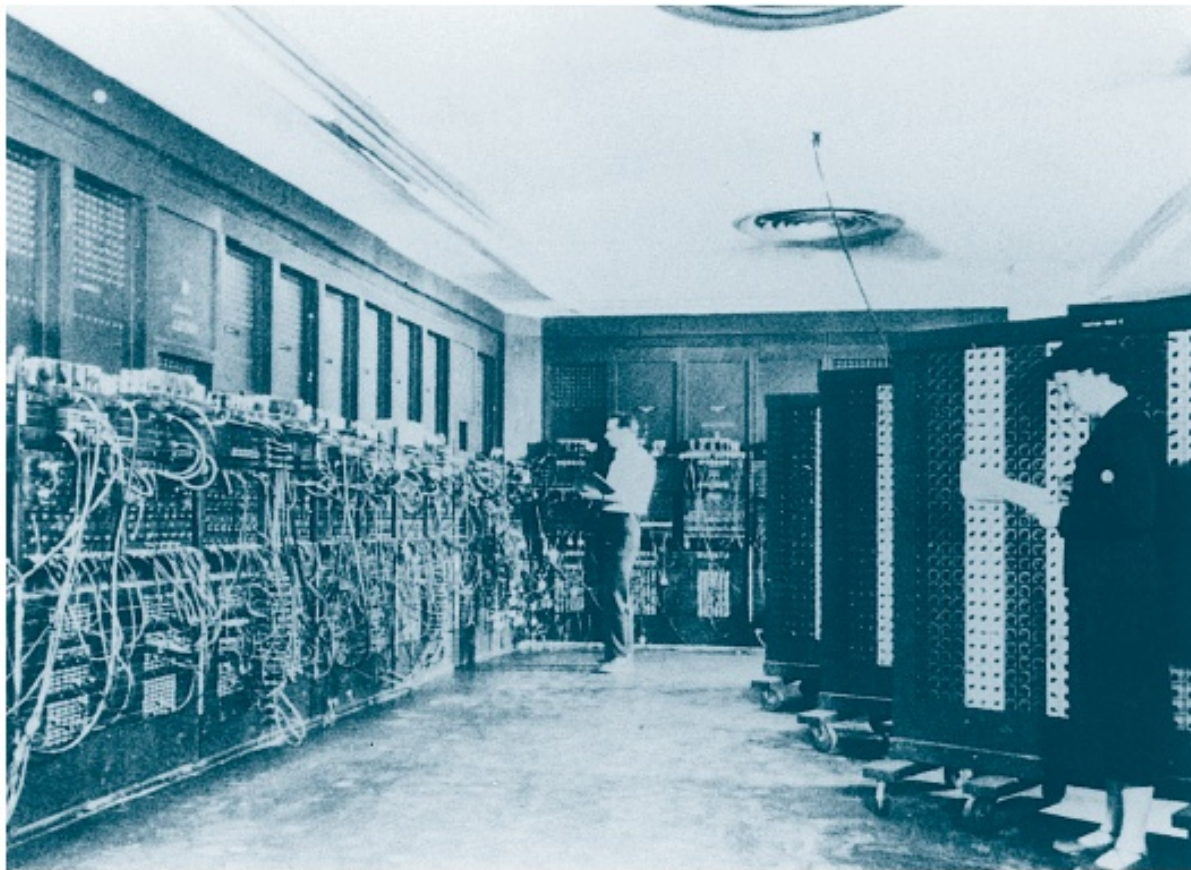


图 3.8 ENIAC (写真提供：日本 IBM 株)

ENIAC (1946)

- ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Automatic Computer)
1946年2月15日公開
- 世界初の汎用計算機
- モークリー(John William Mauchly)・エツカート(John Presper Eckert)
- 大学(University of Pennsylvania,
Moore School of Electrical Engineering)
- 演算能力
20個の加算器、乗算器、除算器(兼開平器)
+、- : 0.2ms
* : 3ms (掛け算の表をROMで持つ)
/ : 30ms

ENIAC (1946)

- **真空管:18000本**
信頼性を高めるため、エツカートの設計では
プレート電圧:定格の50%
ヒータ電流:定格の20%
- **抵抗:70000個**
- **キャパシタ:10000個**
- **重量:30トン**
- **消費電力:140KW**
- **クロック:100KHz**
- **メモリ:20語(フリップフロップ)**

ENIAC (1946)

- 符号 + 10進10桁(符号: +は0、-は9)
フリップフロップが算盤の玉の役割をしていた
- 10進の最大数 = $10^{10} - 1 = 9,999,999,999$ (9が10個)
 - ただし, 9,***,***,***という数は、補数として用いていた。

• 例 -1843
 $10^{10} - 1843 = 9,999,998,157$

• 8429-1843 は実際には下記のように計算される

0,000,008,429
+) 9,999,998,157

0,000,006,586 (11桁目の桁上げは捨てる)

ENIAC (1946)

- 1946年2月15日(バレンタインデー)
 - 1秒間に5000回の加算
 - 1秒間に500回の乗算
 - 2乗及び3乗の計算
 - 正弦及び余弦の計算
 - 長くて複雑な計算(ロスアラモス*問題)
*原爆開発を行った研究所
- π の計算:
 - ENIAC(1949年、2037桁、70時間)
 - HITACS-820(1989年11月、10億桁、74時間30分)
 - HITACHI SR8000/MPP
(2002年11月、1兆2411億桁、601 時間 56 分—含検証200時間)

ENIAC (1946)

- **問題点:**
 - **真空管が多過ぎる(18000本)**
信頼性、発熱
⇒**真空管を減らす⇒水銀遅延線メモリ**
 - **記憶容量小さ過ぎる(20語)**
⇒**水銀遅延線メモリ**
 - **分散制御(加算器20個)**
⇒**一度に一つの演算を行う⇒扱いにくい**
 - **配線論理方式**
⇒**プログラム記憶方式(ノイマン型)**

ジョン・フォン・ノイマン



図 3.5 ジョン・フォン・ノイマン

ジョン・フォン・ノイマン

- John von Neumann(1903-1957)
- 1944年からENIACプロジェクトへ参加
- 1930年プリンストン大学へ招聘され渡米
- 天才的数学者、頭脳明晰・抜群の記憶力
原子物理学、経済学へも数学を応用した
- ゲームの理論、モンテカルロ法、“ノイマン型”コンピュータの父
- 他人の新しい考えをすぐに理解して追い越し、先に進んでしまう。

EDSAC (1949)

- Electronic Delay Storage And Computer
- モーリス・V・ウィルクス(1913-1999)
1934年ケンブリッジ大学卒
- キャベンディッシュ研究所無線グループ
- 1946年7・8月 ペンシルベニア大学
ムーアスクール電子計算機講座に参加
- EDSAC 1949年6月完成
“**世界最初のプログラム記憶方式**”
高速自動計算機に関する会議でデモ
- (積分)サブルーチンの発明
- マイクロプログラム方式の発明

EDSAC (1949)

- 1ワード=17ビット
- 加算、単純命令: 1.5ms
- 乗算: 4.5ms
- 除算(ソフトウェア): 200ms
- 記憶: 水銀遅延管メモリ(5フィート×32本)
基本クロック: 500KHz
 $17\text{ビット} \times 32\text{ワード} \times 32\text{本} = 17\text{Kビット}$
 $= 1024\text{ワード}$

チューリング・テスト (1950)

- コンピュータが人間と同程度の知能がある(ように見える)かをテストする方法
- 姿が見えないように仕切で区切られた別の部屋のコンピュータまたは人間とキーボードとディスプレイのみで対話する
- 数名の色々な専門分野や職業の審査員が対話をして相手がコンピュータか人間かを判定する

- 他人の意識は対話によって判定している
- 見ために引きずられやすい
 - 人間のような容姿なら自分と同じように意識があると推定している
- 現代の課題との関連性
 - インターネットを通じてコミュニケーションをとる遠隔地の相手は、男性か女性か、良い人が悪い人か、あるいは機械か、判断できるか？

FUJIC (1956)

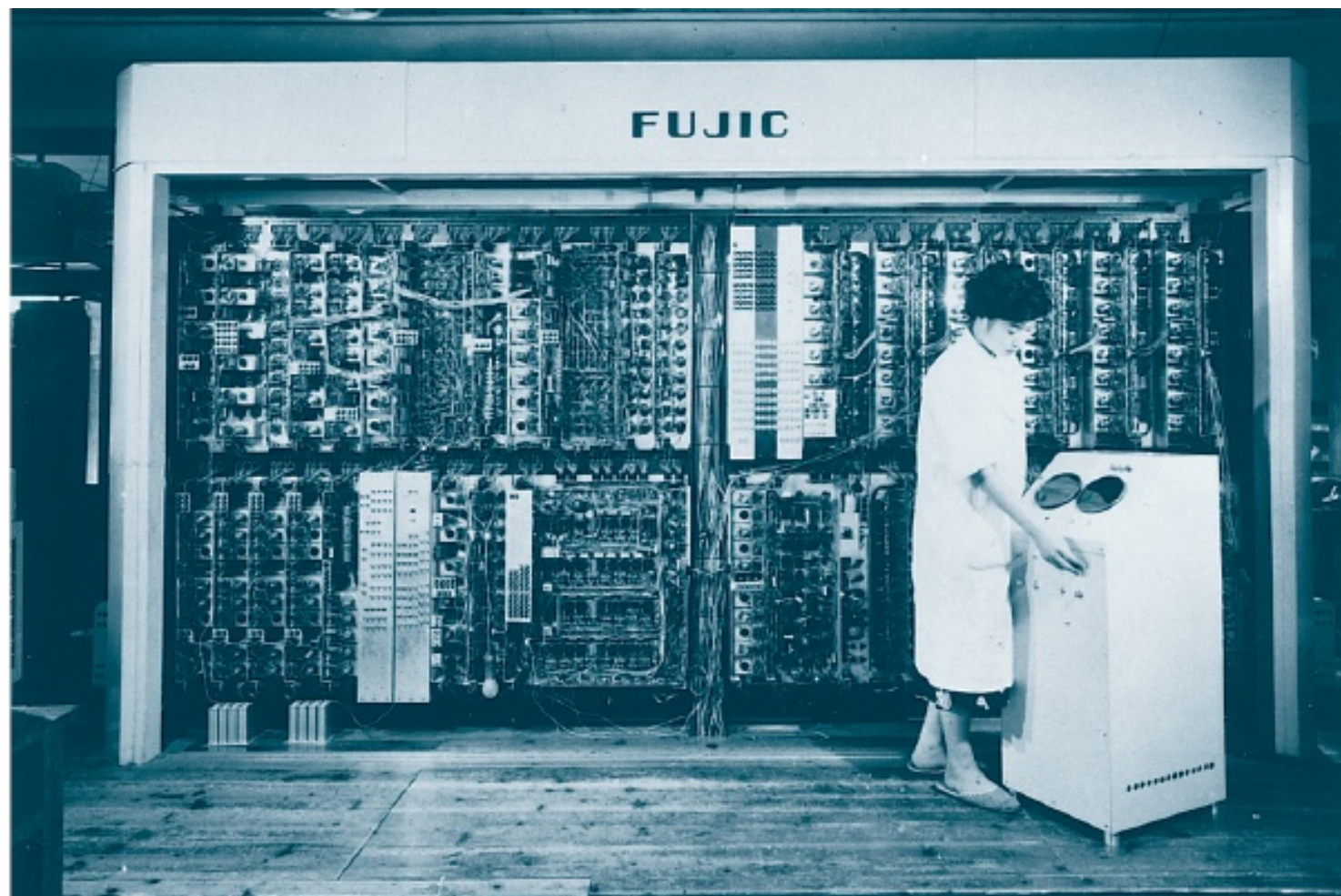


図 3.11 FUJIC (写真提供：富士写真フィルム株)

FUJIC (1956)

- **日本最初のコンピュータ**
- **岡崎文次が富士写真フィルムで開発**
- **レンズの設計に高速計算機が必要だった**
 - **光軸の計算: 2次元の場合1日に10本、
3次元の場合1日に5本程度**
 - **写真レンズの場合、1000~2000本の光軸計算が必要
(数ヶ月単位の仕事になる)**

FUJIC (1956)

- 2進4桁の加減乗除算器のモデル
- 4段のフリップフロップの状態をランプで表示
- プラグイン式のモジュール(信頼性)
- クロック3種類
手動、25Hz、30KHz
- 社内重役、社外見学者のPR用デモ
- 乗算を手動で1ステップずつ動かし説明する
25Hz(0.6秒)でランプの表示、同じ演算を
30KHz(1/2000秒)で行い感銘を与える

FUJIC (1956)

- 昭和27年12月(1952)開始
- 対数計算の1000人分以上の処理を目標
- 入力はカード、出力はタイプライタ
- 記憶容量、データ+プログラム+余裕
= 255語(1語33ビット)
- 数値は固定小数点、符号に1ビット、絶対値に32ビット、小数点以上に3ビット
- 3アドレス命令の機械語
 $Z \leftarrow X + Y$
- 17種類の命令(加減乗除、データの移動、分岐、入力、出力、停止)

FUJIC (1956)

- 昭和31年(1956)3月完成
- 加減算 0.1ms
 - 乗算 1.6ms
 - 除算 2.1ms
 - リレー式(Harvard Mark-1)では乗算が6sec、除算が12sec
- 入力:カードリーダ(2枚/秒):データ、プログラム
- 出力:レミントン製タイプライタ(10文字/秒)

岡崎文次 (1914-1998)

- 東京帝国大学物理学科卒業(1939)
- 富士写真フィルムでレンズの設計担当
- 日本で最初の電子式計算機
FUJICを開発(1956)
- 日本電気(株)(1959-1972)を経て、
専修大学教授(1972-1985)



図 3.10 岡崎文次 (写真提供：専修大学)

情報の表現

10進数と2進数

- 通常用いられている数は10進数だが
現代のコンピュータは2進数が用いられている
 - 55は2進数ではいくつ？

n進数

- 10になると繰り上がるのが10進数
2になると繰り上がるのが2進数
では5進数は？