

基礎電子情報理工学 I

電子工学と情報数理工学の融合(4)

デジタル信号処理チップ(DSP)の基礎

小林春夫

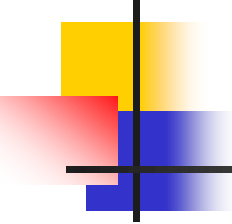
群馬大学大学院理工学府 電子情報部門

koba@gunma-u.ac.jp

下記から講義使用 pdfファイルをダウンロードしてください。

出席・講義感想、レポートもここから入力してください。

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/lecture/lecture.html>



レポート提出

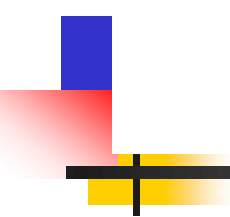
この講義の内容に関係したことを調べ
その内容について A4用紙2枚程度にまとめよ。
できるだけ手書きでなくコンピュータを用いよ。

レポートファイル名は 学籍番号(名前)DSP.pdf にしてください。
たとえば 学籍番号 T201D222 名前 群馬太郎 の場合
T201D222(群馬太郎)DSP.pdf

提出先(電子提出)、締め切りは下記参照

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/lecture/lecture.html>

2012年1月30日
2014年3月19日rev
2017年8月17日rev2
2020年8月4日rev3



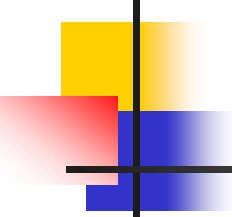
就職戦線にのぞむに際して

就職ガイダンスでの「お説教」

群馬大学大学院 工学研究科

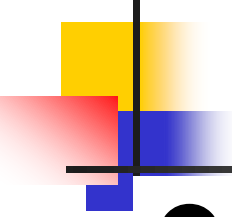
電気電子工学専攻

小林春夫



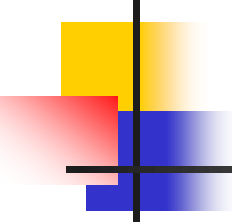
「大企業では歯車の一つになってしまう」の表現は正しいか

- 「歯車の一つ」になる
(与えられた仕事を正確に行える)のは大変。
- コンピュータ保守の管理職
「客先にアポイントをとり、保守の仕事をして、結果を上司に報告できれば一人前。」
- どんな仕事も一生懸命やる。
自分 「自分はもっと難しい仕事ができる」
相手 「こんな簡単な仕事もできないのか」



仕事は一人でやるのではない コミュニケーション能力が必要

- 同僚、上司、後輩、客先、協力会社
さまざまな人と連携して行う。
- 「人に聞ける」のは重要な能力
- 「聞ける人を持っている・知っている」
のは財産
Know How だけでなく
Know Who が重要
- 日本企業有能力査定の一つ
「挨拶ができるかどうか」

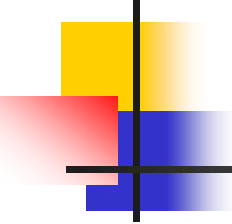


コミュニケーション能力とは

「コミュニケーションで最も大切なことは、
相手が語らない部分を聞くことである。」

「多くの人が、話上手だから
人との関係は得意だと思っている。
対人関係のポイントが
聞く力にあることを知らない。」

(経営学者 ピーター・ドラッカー)



自分の仕事を理解する

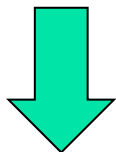
レンガを積んでいる人に

「何をしているのか」を問う。

最初の人「レンガを積んでいる」

2番目の人「壁を作っている」

3番目の人「寺院を作っている」



3番目の人のレベルになる

家族等を含めた

自分のための働く

自分のために働くとき 最も力を発揮する。

「従業員は 家族、自分のために働け。

それを会社の利益に導くのは経営者の仕事」

（本田宗一郎氏）

「将と卒の利害が一致している軍は強い。」

人の為(ため)と書いて偽(いつわり)と読む

相田みつを 氏

（ただし、これは心の中で思っているも
面接では言わない方がよいかも）



将来的に「リーダー」を目指そう

- 「与えられた仕事を正確にできる」だけでよいのか
- 「中世の海賊船」のハリウッド映画(20年前)
海賊達が船を分捕り、食料等の積み荷を準備。
世界の海へ打って出ようとする。
- 海賊達 「キャプテン(船長)を見つけよう」
海賊達はキャプテンの指示に従うのみで、
自分達だけでは世界の海へ出られない。

キャプテンは 航海術、天文学等の知識・経験を持つ
高いレベルの人。

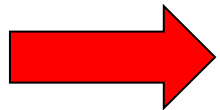
エリート意識をもて エスキモーのエリート

エスキモー： シベリア極東部、アラスカ、
カナダ北部、グリーンランドに住む先住民族

天候難等で食料が得られないとき

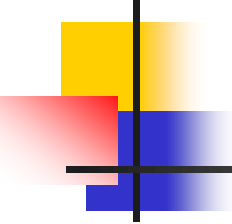
残り少ない食料を

「智力」「体力」の最もすぐれた若者に集める。



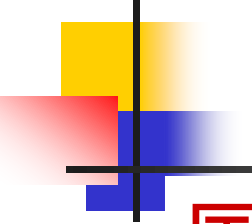
責任をもって部族の食料を確保する。

エリート = 選ばれし者



分野でトップになることが重要

- トップの人に仕事が集まってくる。
情報が集まる、ますます力をつける。
- General Electric 社の
元会長 ウェルチ氏
「世界で1位または2位でない事業は
撤退する。」
- 個人でも組織でもその分野のトップに
なることが重要



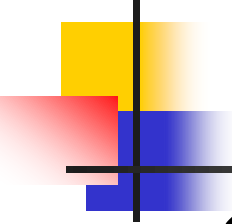
国際人を目指す

国際人 = 立派な日本人

明治維新前後に欧米に渡った日本人
英語ができなくとも、先端技術がなくても
「立派な日本人」であるため尊敬を集めた。

現在 コミュニケーション英語能力は
立派な日本人であるための一つの要素。

現在は 比較的容易に英語を学べる環境。
英語を修得しない = 努力しない



職業を考える

- 「職業に貴賤はない」
- 「職業への夢を持つ」
- 職業 → ドイツ語で **Beruf**

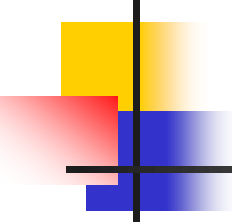
「神からの使命」の意味。

マルチン・ルターが、聖職者だけでなく
一般の職業に対しても最初にBerufと表現。

「プロテスタンティズムの倫理と資本主義の精神」

↑
カルバン派

(Max Weber)



就社と就職

—異論はあるかもしれないが—

● 就社（日本社会の傾向）

一つの会社に長年務める。

その会社の中では、技術開発、マーケティング
営業等 様々な仕事を経験する。

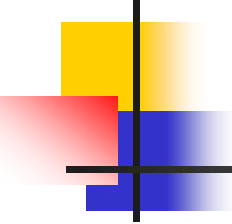
会社はかわらない、仕事はかわる

● 就職（米国社会の傾向）

一仕事すると会社は数年でかわることあり。

しかし、自分の仕事・専門領域はかわらない。

会社はかわる、仕事（専門領域）はかわらない



応募する企業の 経営理念、歴史を調べる

● 理念

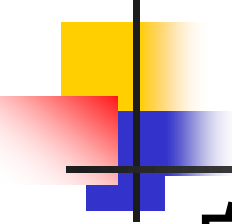
“理”とは「整える、筋道をつける」

“念”とは「心から願う、心中深く考える」

● 「企業活動の目的は利益追求ではない。」

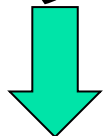
(Peter F. Drucker)

もちろん、適正な利益をあげなければ、
企業の継続的存続、理念の実現、雇用の確保
社会貢献はできない。

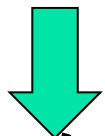


自分が何をやりたいかを考える

自分が仕事で何をやりたいか。
将来どのようなになりたいか。

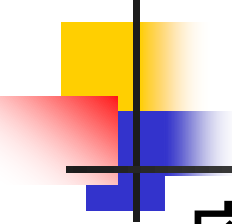


応募する会社で
それをどのように実現していきたいか。



面接でそれを言ってみよう。

(技術系経営者 談)



応募する会社の特許調査を行う

応募する会社

自分のやりたい仕事の分野



その会社の最近の特許出願を
インターネットで検索し、情報を得る。



自信をもって面接にのぞめる。

特許だけでなく、ときには学会・論文発表の調査も有用

就職活動途中で内定が得られなくとも

自分への自信を失わない

- 面接等を振り返り、反省し改善する。
- 時期にも依存。

「バブル期 →

高校には 企業から採用関係者が多数訪れる。

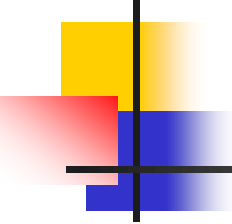
バブルがはじける →

ほとんど来なくなる。

教員は生徒の就職のお願いの企業まわり。

まさに手のひらを返したようであった。」

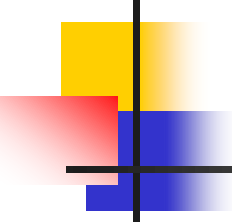
(高校の先生 談)



採用試験が応募者の全人格を 評価できているわけではない

- 就職は**本人と企業の相性、縁**
- 応募者がどれだけ会社に貢献するか
会社にとって、人を雇うのは大変
適切な人を採用できるかは死活問題
- ➡ **採用する側の立場に立って考える。**
- ➡ **面接で何を言えば良いかが分かってくる。**
- 自分に合った1社の内定をもらえばよい。

なかなか内定をもらえなくても 心を強く持つ。



内定をもらったら

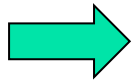
謙虚な気持ちを持つ

「名を成すはつねに窮苦の日にある。
事敗れること多くは得意の時による。」
(井上準之助/渋沢栄一)

「どの会社、どの大学も
君らを一流にしてくれない。
自分が努力して一流になる。」
(社会人教育担当者 談)

仕事の報酬は仕事

良い仕事をすれば



良い仕事ができる。

良い人が集まってくる。

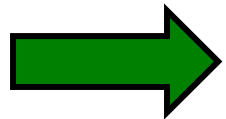


藤原銀次郎

(製紙王 藤原銀次郎)

「自主」「独立」の重要性、「個」の確立

- 組織によりかからない個人のほうが仕事ができる。



組織にとってありがたい存在

肩書き、組織名ではなく

どのような仕事をしているかを

答えられるようにする。(ドラッカー)

- 国を支えて国に頼らず(福沢諭吉)

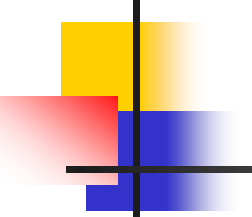
- 国が諸君に何をしてくれるかではなく、

諸君が国に何ができるかを問え。(J. F. Kennedy)



福沢諭吉

餌付けされた動物は野生では生きていけない。



人は最終的に「何をなしたか」で 評価される

イスラエル地区： キリスト教、イスラム教、ユダヤ教

死海：湖面が海より低い。 湖水が流れ出さない。

塩分が高く、植物・魚はほとんど生きられない。

ガリラヤ湖： 湖水が河となり流れ出す。

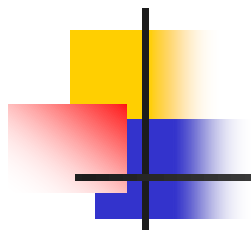
まわりは豊かな緑で花が咲き乱れている。

繁栄するためには

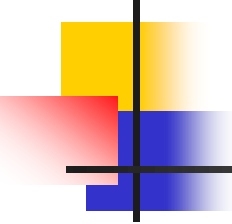
「得る」だけではだめ。「与え」なければならない。

Input だけではだめ。Output をださなければならない。

Output をだすための訓練が卒業研究。



デジタル信号処理チップ(DSP)の基礎



DSPとは何か

Digital Signal Processor

デジタル信号処理チップ

Digital Signal Processing

デジタル信号処理

自然界の信号は全てアナログ

ex. 音声、電波、電圧、電流、

デジタル信号処理システム



AD変換器： アナログ・デジタル変換器

(Analog-to-Digital Converter: ADC)

DA変換器： デジタル・アナログ変換器

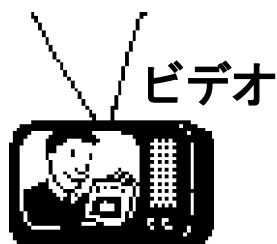
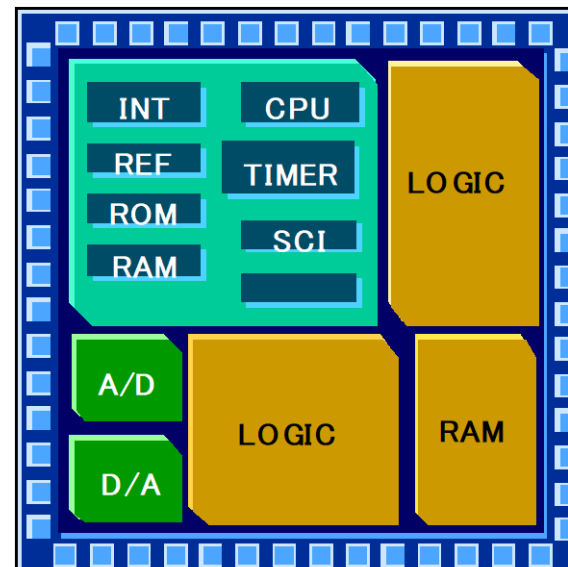
(Digital-to-Analog Converter: DAC)

自然界の信号はアナログ

自然界の信号は
アナログ



LSIでの信号処理は
デジタル



例： 音声信号をなぜデジタル処理するのか

デジタル処理の長所

田中紘資先生
作成資料

高機能の実現

- 多様性 → 任意の計算処理が可能で複雑な処理が容易。
- 融通性 → 適応処理や時間処理など、処理形態が豊富。
- 発展性 → 誤り訂正付加や暗号化など、処理形態が豊富。

高性能の実現

- 高精度 → 高S／Nが容易で、高品質な記録・再生が容易。
- 安定性 → 温度・経時変化による劣化が無く、保守が容易。
- 小型化 → 高集積LSI化容易で、システムの小型化が可能。

高生産性の実現

- 設計容易性 → CAD設計自動化による開発効率向上が容易。
- 製造容易性 → ばらつきが少なく、無調整化が可能。

音声録音再生LSI応用商品

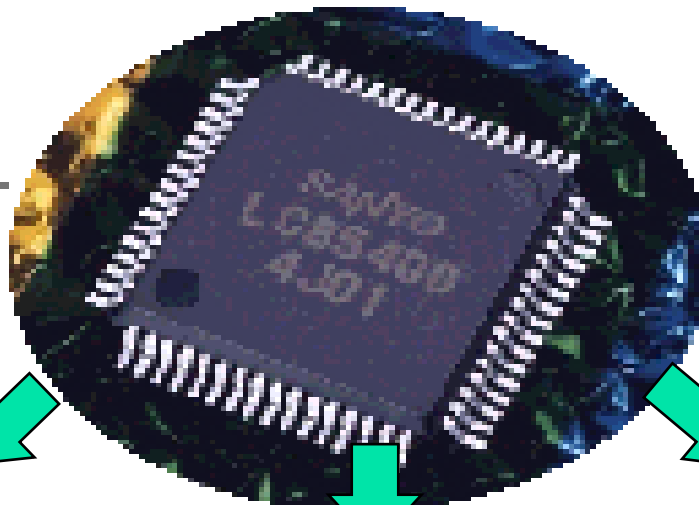
コードレス留守番電話



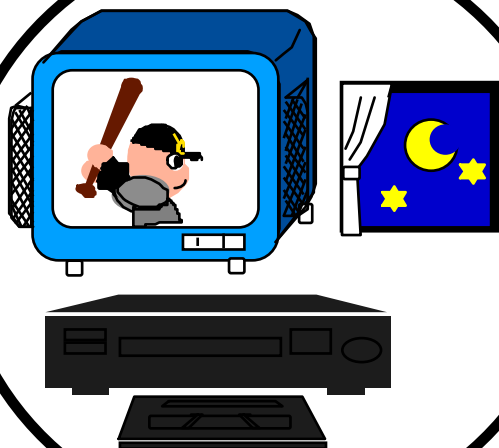
―― 特長 ――

- ・ DSP デジタル録音方式
（用件応答メッセージ録音）
- ・ 遅聞き・早聞き再生機能
- ・ 通話録音機能
- ・ ひとこと伝言機能
- ・ 固定応答メッセージ
- ・ 操作ガイダンス

話速変換LSIの事例



「短時間」で見れる



短時間で聞ける



「ゆっくり」聞ける

早口
ペラペラ



Hello Do you understand ?

デジタル信号処理

Digital Signal Processing

DSPとは

デジタル表現された信号とその処理方法に関する研究分野。

音響信号処理、画像処理、音声処理の三つの領域。

目標は実世界の連続的なアナログ信号を計測し、選別すること。

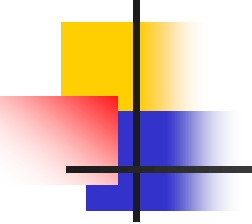
第一段階でアナログ-デジタル変換回路を使って信号を
アナログからデジタルに変換。

最終的な出力は別のアナログ信号であることが多く、
そこではデジタル-アナログ変換回路が使用。

DSPで実行するアルゴリズムは専用のコンピュータを使うことが多い。

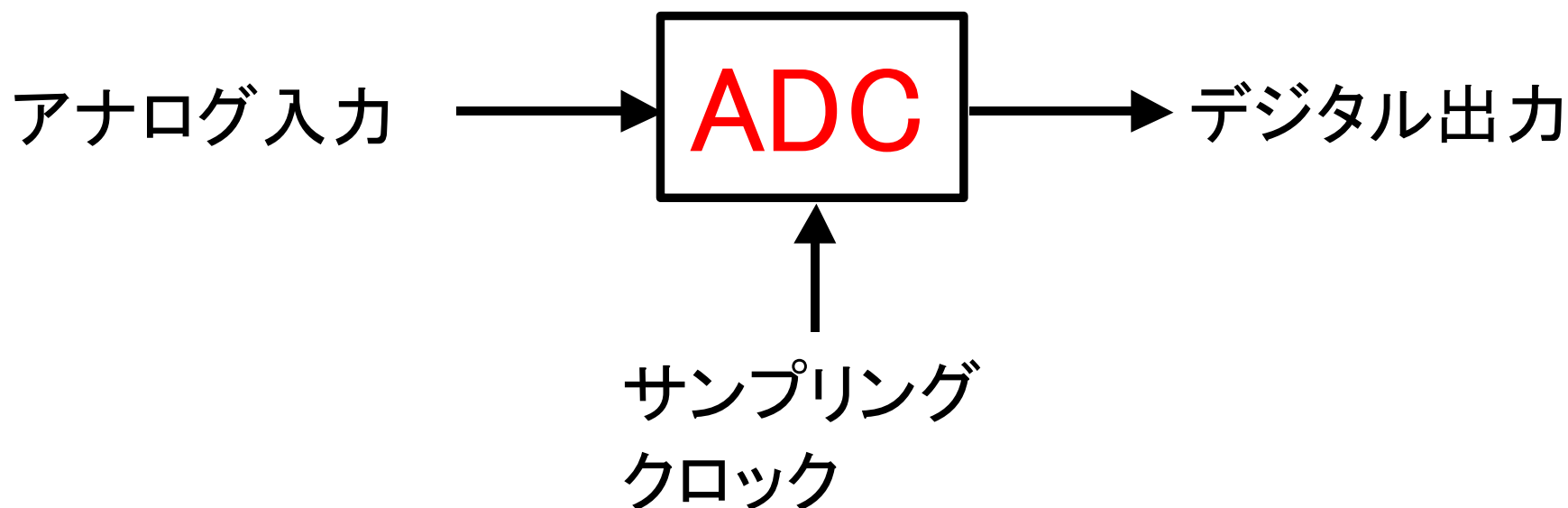
デジタルシグナルプロセッサという特殊なマイクロプロセッサが
使われ、こちらも**DSP**と略記される。

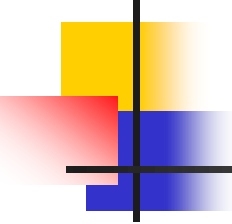
DSP向けに最適化されており、リアルタイムで信号を処理する。



AD変換器の動作

アナログ信号（電波、音声、電圧、電流等を
デジタル信号（0, 1, 1, 0, ...）に変換する。





アナログ信号とデジタル信号

アナログ信号

連続的な信号

例： 自然界の信号（音声、電波）、
アナログ時計（直観的にすぐ時間がわかる）

「坂道」

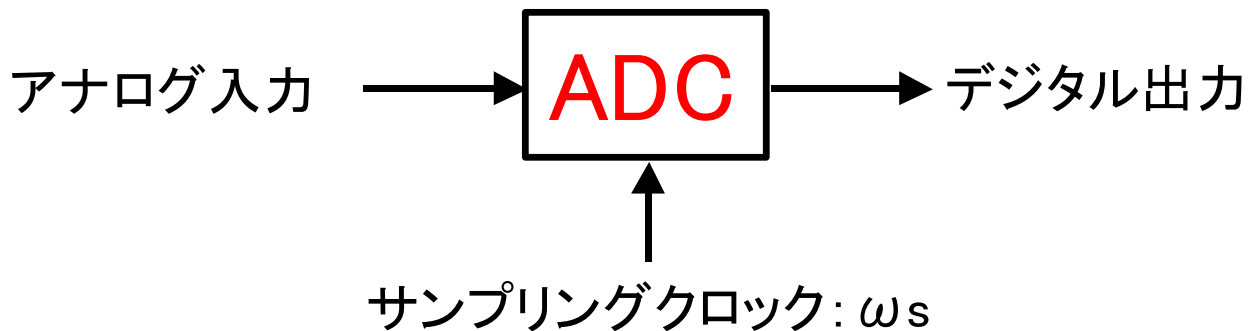
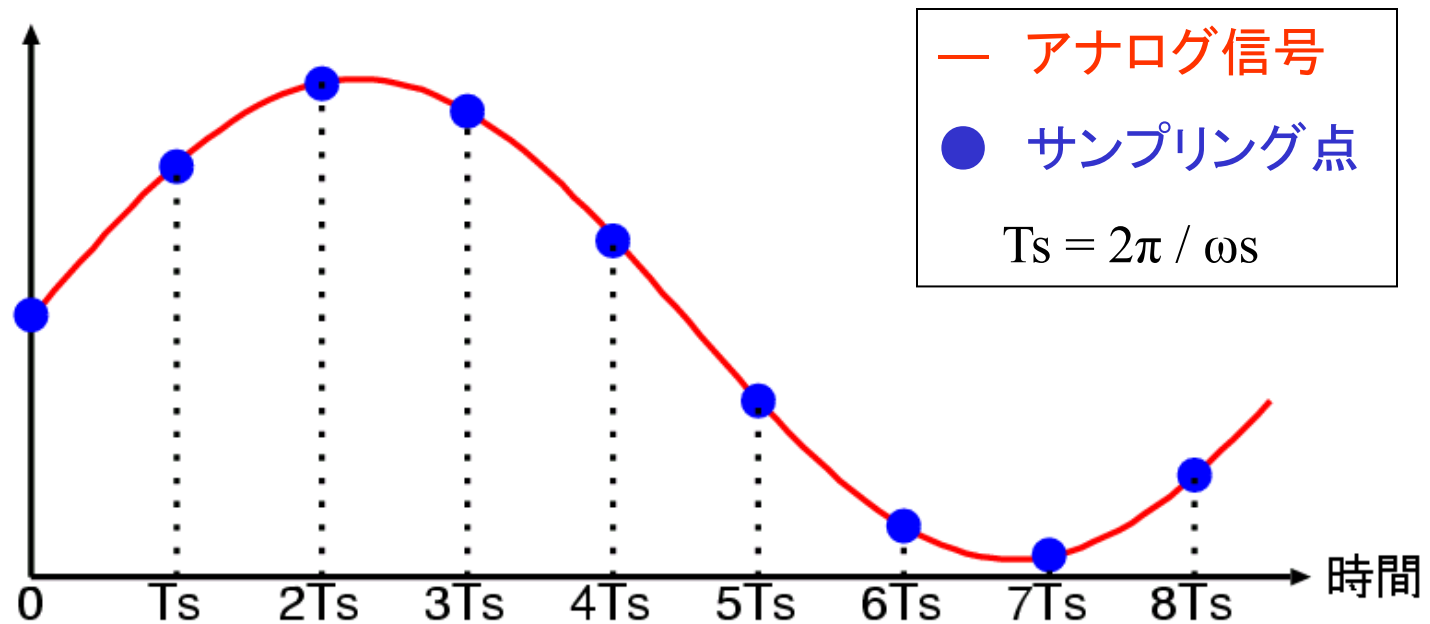
デジタル信号

離散的・数値で表現された信号

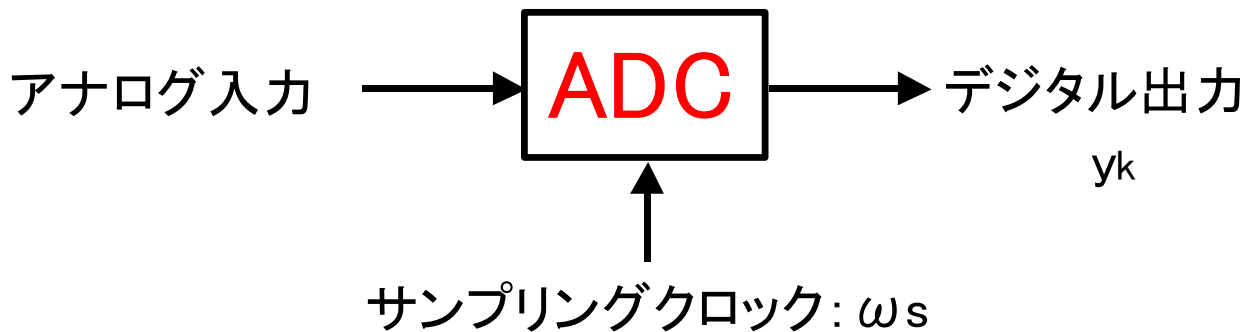
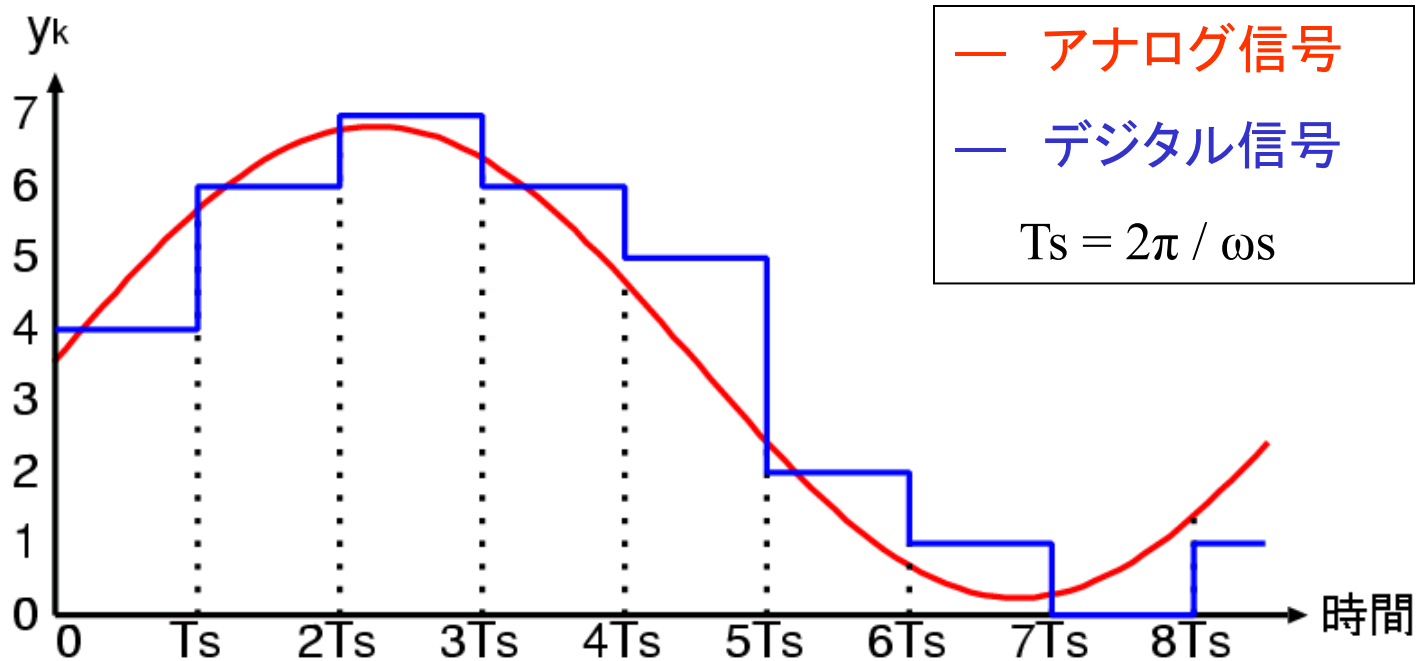
例：コンピュータ内での2進数で表現された信号
デジタル時計（精度がよい）

「階段」

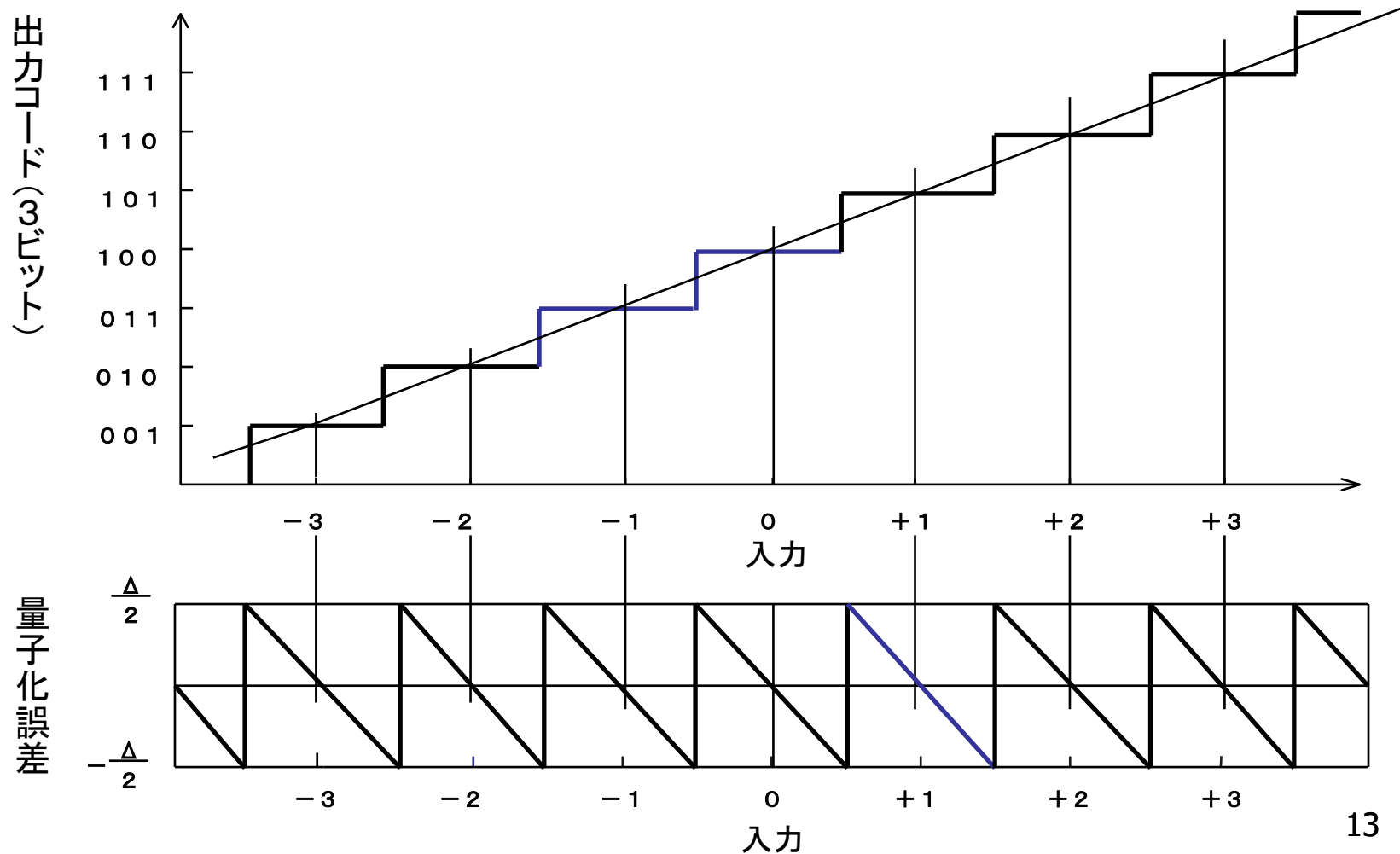
時間の量子化 (サンプリング)



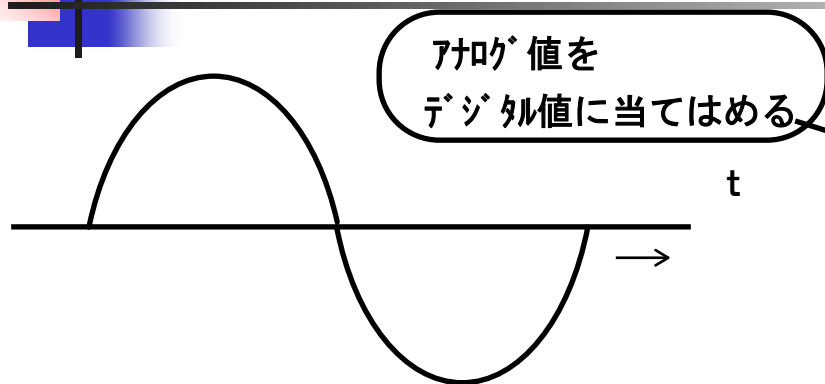
空間の量子化 (信号レベルの数値化)



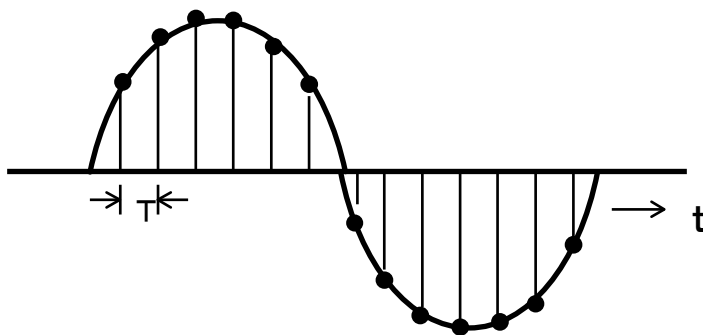
理想 A/D 変換器の量子化誤差



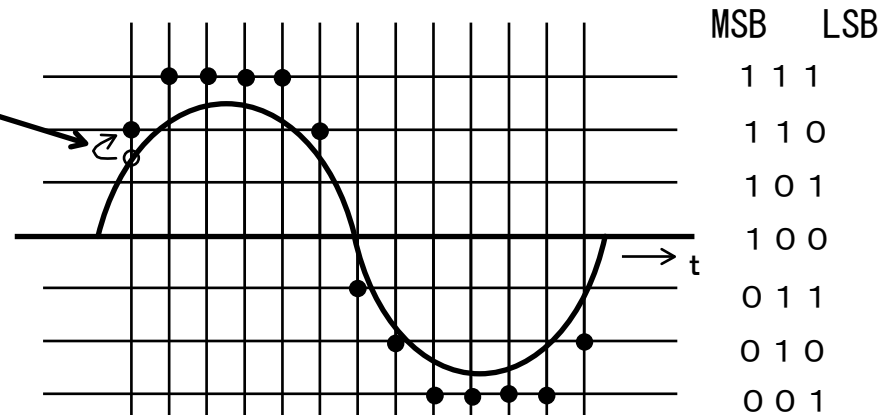
アナログ -> デジタル 変換波形



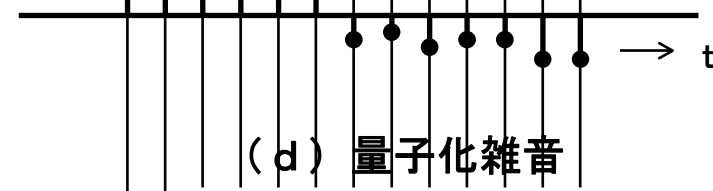
(a) アナログ入力



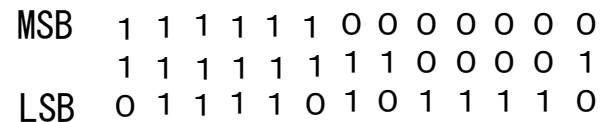
(b) 標本化



(c) 量子化



(d) 量子化雑音

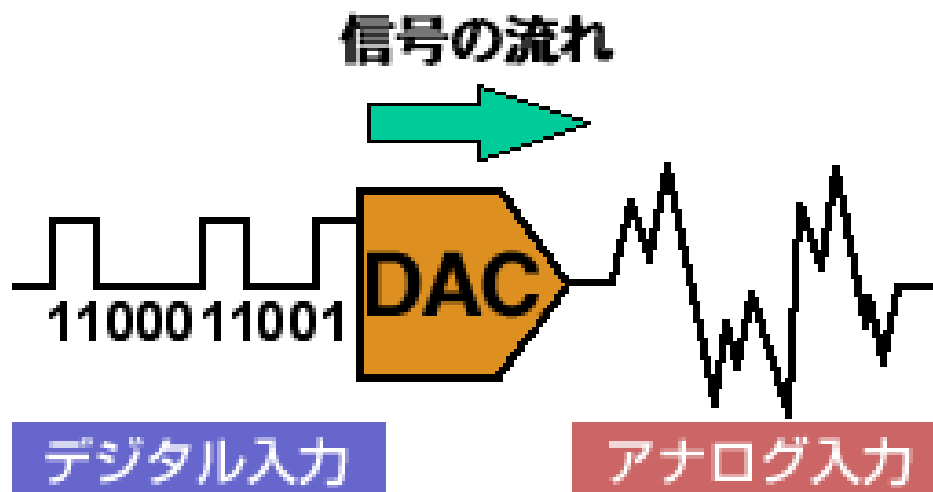


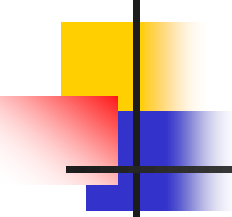
(e) 符号化

DA変換器

(Digital to Analog Converter)

離散的なデジタル値を連続的なアナログ信号に変換する回路



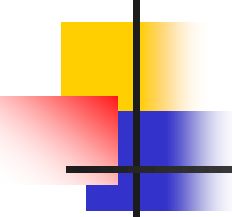


アナログ信号処理と デジタル信号処理

「アナログ信号処理は 無限の精度がでる」
というのは大きな誤り。

アナログ信号処理は
素子のノイズ、非線形性等のため精度はでない。
アナログ信号処理がデジタル信号処理と競合して
負けるのは精度がでないことが大きな理由。
実務経験を積みめばすぐわかる。

アナログ信号処理は(デジタルではまだできない)
高速・高周波信号処理の部分等に用いられる。



DSPチップの特徴(1)

デジタル信号処理アルゴリズム

例: FFT, デジタル・フィルタ

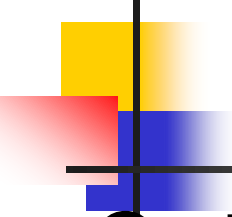
積和演算 $x_0 \cdot h_0 + x_1 \cdot h_1 + x_2 \cdot h_2 + \dots + x_n \cdot h_n$

DSPチップ: 積和演算が得意

(はさみ) (紙をきる)

マイクロ・プロセッサ: 汎用的なデジタル処理

(包丁)



DSPチップの特徴(2)

- デジタル乗算器(掛け算器)内蔵

積和演算 $x_0 \cdot h_0 + x_1 \cdot h_1 + x_2 \cdot h_2 + \dots + x_n \cdot h_n$

の積を高速に実行。

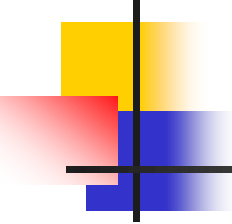
High-end のDSP チップは複数の掛け算器をもつ

- ハーバード・アーキテクチャ

フォン・ノイマンのボトルネックを解消。

- 並列処理 (Parallel Processing)

➡ 皆で一緒(同時)に仕事をすれば 早く済む。



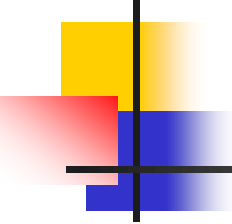
デジタル乗算

2進数の乗算

$$\begin{array}{r} 0101 \quad (5) \\ \times 1011 \quad (11) \\ \hline 0101 \\ 0101 \\ 0000 \\ 0101 \\ \hline 0110111 \quad (55) \end{array}$$

加算器だけで
乗算を行うと
何サイクルも要する。

乗算器なら
1サイクルでできる。



四則演算の英語での表現

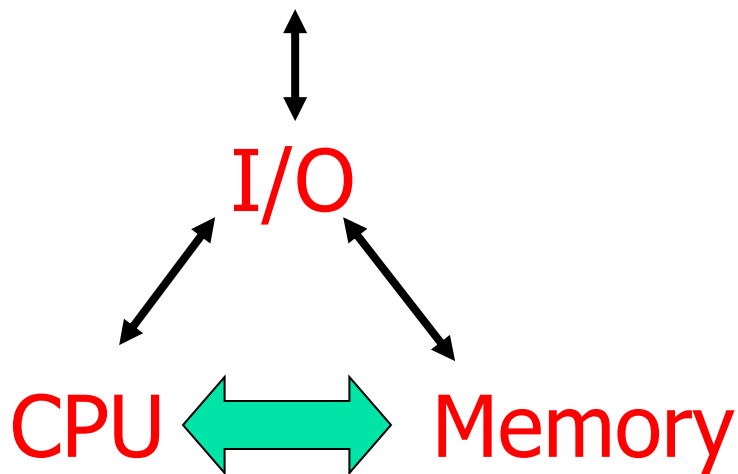
+ add

— subtract

X multiply

÷ divide

デジタル・コンピュータ ノイマン型アーキテクチャ



ノイマンのボトルネック

I/O: Input/Output

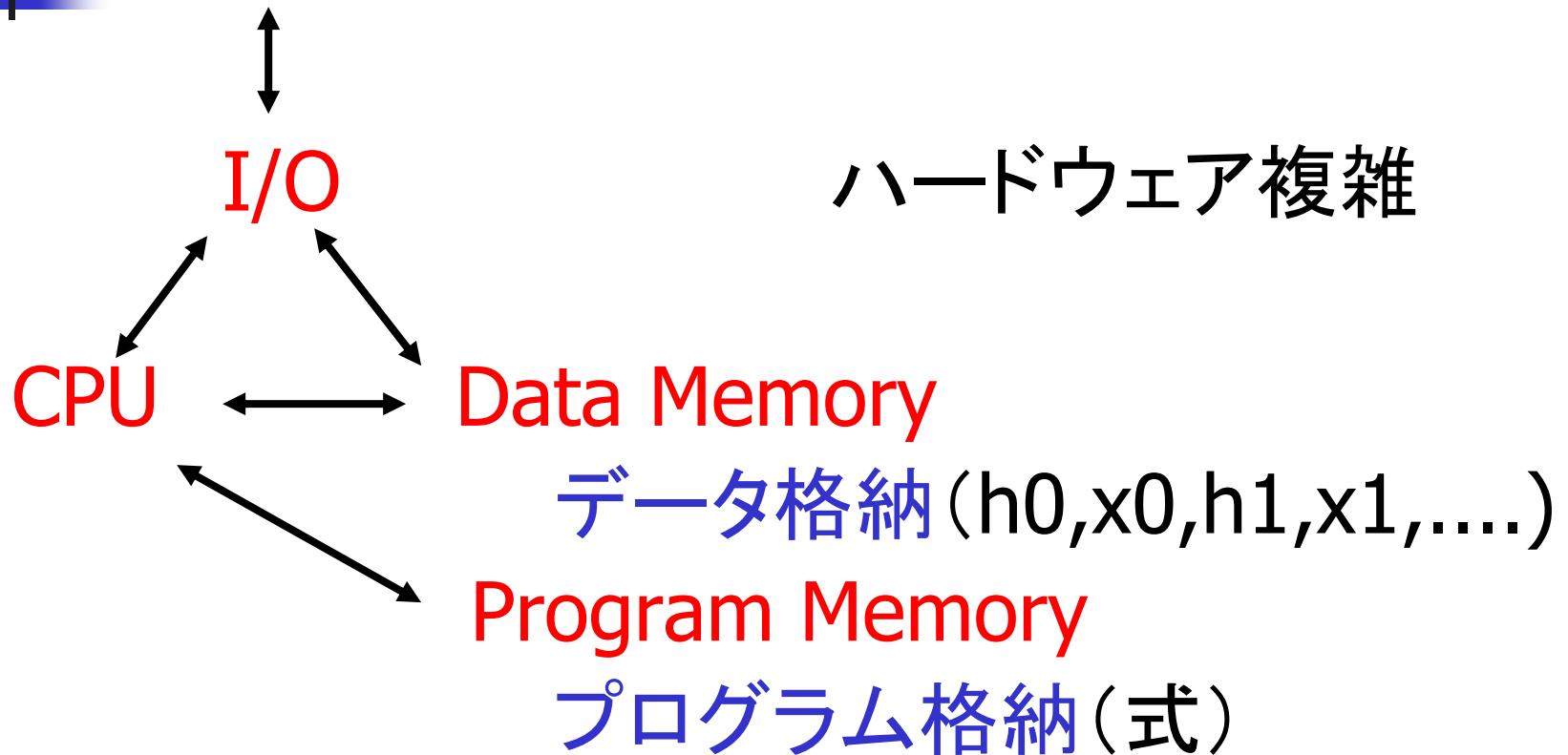
外部とのデータの入出力

CPU: 演算

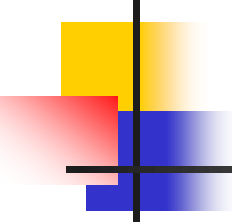
Memory: データ、
プログラムの格納

- 大部分のデジタル・コンピュータの構成

デジタル・コンピュータ ハーバード型アーキテクチャ



- ノイマンのボトルネック解消



ハーバード・アーキテクチャ

- 命令(プログラム)用とデータ用に物理的に分割されたメモリ(記憶装置)と信号通路を用いる。
- DSPに加えて、汎用マイクロコントローラの多くもハーバード・アーキテクチャをベース。
- 最新のマイクロプロセッサも
ハーバードとフォンノイマン両方のアーキテクチャを取り入れている。

Data Memory

16 bit

アドレス

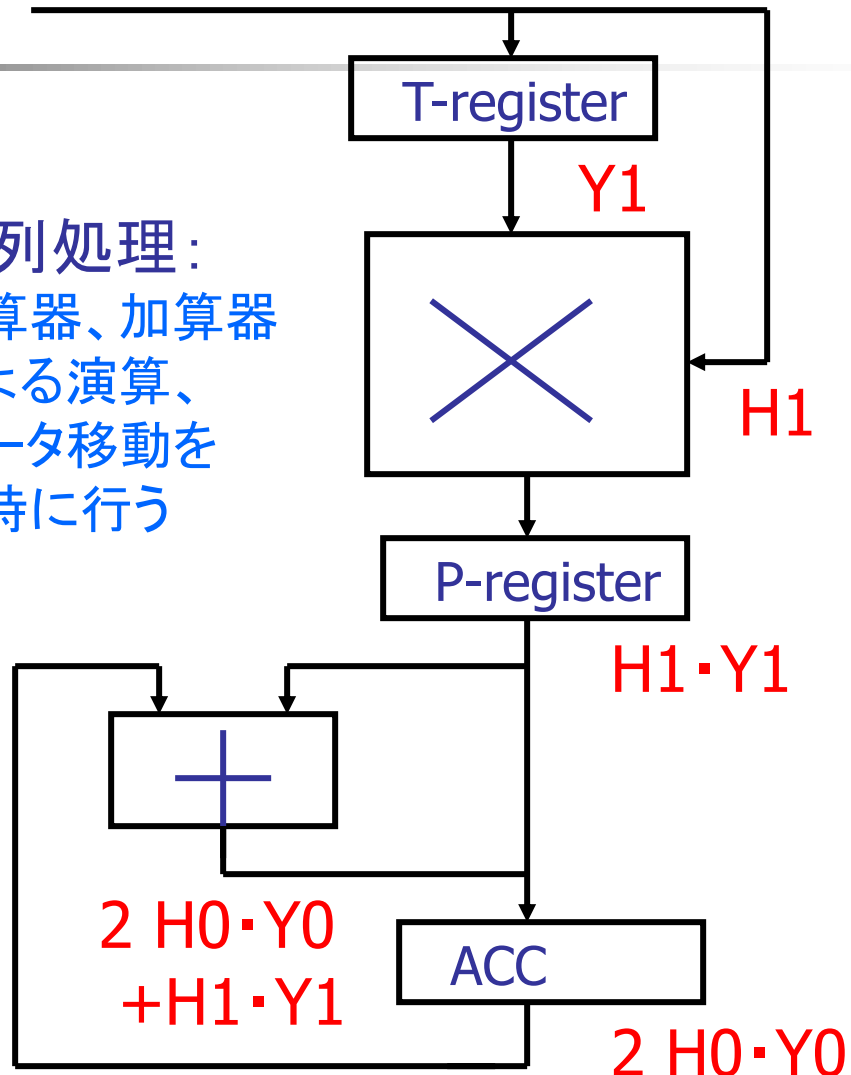
0000

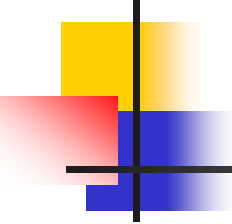
0F00	Y0	0.000
0F01	Y1	0.140
0F02	H0	0.9875
0F03	H1	-1.000
output		0.000

FFFE
FFFF

$$Y = H0 \cdot Y0 + H0 \cdot Y0 + H1 \cdot Y1$$

並列処理:
乗算器、加算器
による演算、
データ移動を
同時に行う





2進数とデジタル

デジタルコンピュータは

なぜ2進数を用いるのか ？

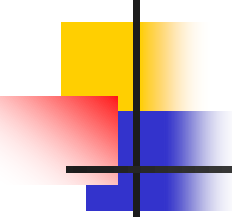
2つの状態は電子回路で実現しやすい。

例： 電圧の“高い”と“低い”

電流の“流れている”と“流れていない”

パルスの“ある”と“なし”

一方を“1” 他方を“0”と割り当てる



16進数、8進数とデジタル

10進	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
8進	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24
16進	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14

- 人間はなぜ10進数を使うか？



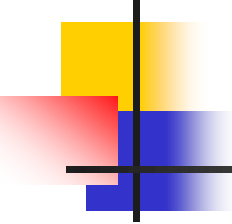
手の指が10本あるから。

- デジタルコンピュータは2進数が基本。

ではなぜ16進数、8進数を使うか？



2進数と16進数、8進数は相性がよいから。



8進数と2進数の変換

8進 2進

4 2 1

0 0 0 0

1 0 0 1

2 0 1 0

3 0 1 1

4 1 0 0

5 1 0 1

6 1 1 0

7 1 1 1

例 8進4桁 3724

● 10進に変換

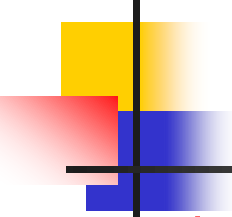
$$3 \times 8 \times 8 \times 8 + 7 \times 8 \times 8 + 2 \times 8 + 4$$

計算が必要。

● 2進に変換

011 111 010 100

右表から機械的に得られる。



16進数と2進数の変換

16進	2進	16進	2進
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

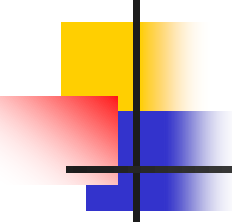
例 16進で3桁

A46

2進数に変換

1010 1000 0110

左表から機械的に得られる。



2進、8進、16進、10進の明確化

例： 1001

2進、8進、16進、10進の区別がつかない

2進 最後に **b** をつける 1001**b** binary

8進 **o** 1001**o** octal

16進 **h** 1001**h** hex

(h の代わりに x を用いることもある)

10進 **d** 1001**d** decimal

なぜ10月がOctober 12月がDecember ?

Oct は8の意味

Dec は10の意味

July (7月) ローマの英雄 ジュリアス・シーザ

August (8月) ローマ初代皇帝 アウグスチヌス
が割り込んだため

デジタル・コンピュータと プログラミング

デジタル・コンピュータで仕事をさせるには
全てを指示してやらなければならない(プログラミング)

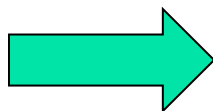
- 理工系大学院生の問題を解くのは得意

例： 連立3次元偏微分方程式を

境界条件のもとに数値計算で解く

- 人間の赤ちゃんの問題を解くのは苦手

例： お母さんの顔を認識する

 プログラミングが大変

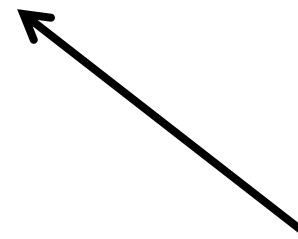
高級言語、アセンブラ言語、 機械語

DSPチップ

機械語(0,1)

東京標準語

コンパイラ
(通訳)

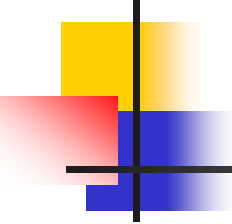


アセンブラ
(通訳?)

プログラマ
(人間)

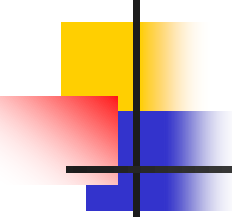
高級言語
(C言語等)
英語

アセンブラ言語
大阪弁



高級言語、アセンブラ言語、 機械語 (2)

- アセンブラ言語のほうが高級言語よりよいプログラム(高速、小容量)がかける。
- 大阪弁を東京標準語に通訳(?)する方が英語を ” より容易。
- 現実のプログラム開発
大部分は高級言語で記述。
どうしても高速化・小容量化したい部分はアセンブラ言語で記述。



C言語とアセンブラ言語

- **C言語**は一種類(“方言”少ない)。

どのコンピュータでも動作する。

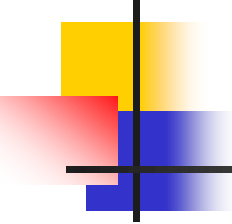
コンピュータ内部の構成と動作を知らなくてもプログラミングできる。

- **アセンブラ言語**はプロセッサ毎に異なる。

コンピュータ内部の構成と動作を知らないとプログラミングできない。

アセンブラ言語によるプログラミングは

「**組み込みソフトウェア**」に関連しても重要な技術

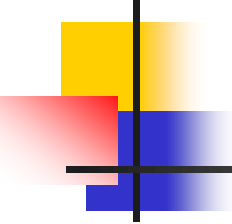


プログラミングと水泳

「プログラミング」はやってみないとわからない。
本を読み講義を聴いただけではわからない。

本を読み 話をきいただけでは
泳げるようにならないと同じ。

プログラミングは特にその色彩がつよい。



まとめ

- DSPは今後ますます重要な技術。
- DSPシステムは **DSPチップ**と **アナログとのインターフェースの回路**から構成される。
- 幅広いエレクトロニクス技術開発には **デジタル、アナログ 両方の知識・技術が必要**。

2乗則を用いたデジタル乗算器 アルゴリズム

群馬大学大学院 理工学府 電子情報部門
佐々木秀、小林春夫

koba@gunma-u.ac.jp

10進数と2進数

10進	2進
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111

10進	2進
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

例 2進数 1011 を

10進数に変換

$$1 \times 2 \times 2 \times 2 + 0 \times 2 \times 2 + 1 \times 2 + 1 = 11$$

2進数 (2のべき乗)

$$2^0 = 1$$

$$2^1 = 2$$

$$2^2 = 4$$

$$2^3 = 8$$

$$2^4 = 16$$

$$2^5 = 32$$

$$2^6 = 64$$

$$2^7 = 128$$

$$2^8 = 256$$

$$2^9 = 512$$

$$2^{10} = 1,024 = 1K$$

(参考 1,000=1k)

デジタル回路と2進数

- 人間はなぜ10進数を使うか？

→ 手の指が10本あるから。

- デジタルではなぜ2進数を使うか？

→ 2つの状態は技術的に容易かつ安定して実現可能。

例： 電圧の高いと低い

電流の流れる状態と流れない状態

パルスのあるとなし。

今から330年前、1692年のパリ

哲学者、数学者、科学者 **ライプニッツ**

(**Gottfried Wilhelm Leibniz**)

「全ての数を1と0によって表す驚くべき表記法」

を提案。

王立科学アカデミーに理解されず

学会誌にも掲載されなかった。

「誰も予想しなかった卓越した用途がありはずだ」

と語る。(慶応義塾大学 青山先生資料)

ゴットフリート・ヴィルヘルム・ライプニッツ

(Gottfried Wilhelm Leibniz,
1646年 - 1716年)

ライプニッツは哲学者、数学者、科学者など幅広い分野で活躍した学者・思想家として知られているが、また政治家であり、外交官でもあった。17世紀の様々な学問(法学、政治学、歴史学、神学、哲学、数学、経済学、自然哲学(物理学)、論理学等)を統一し、体系化しようとした。その業績は法典改革、モナド論、微積分法、微積分記号の考案、論理計算の創始、ベルリン科学アカデミーの創設等、多岐にわたる。ライプニッツは稀代の知的巨人といえる。



微分 積分は逆演算

微分積分学の創始者： ニュートン、ライプニッツ

微分積分学の基本定理

「微分と積分が互いに逆の操作・演算である」

関数を積分し微分するともとの関数になる

この定理が発見されるまでは、微分法と積分法は
なんの関連性も無い全く別の計算だと考えられていた。

微分積分学： 曲線の下での面積を求める問題（積分）と
動きを瞬間的に捉えるという問題（微分）を
考えてきた先人の成果の上に成立。

デジタル加算

2進数の加算

$$\begin{array}{r} 0011 \quad (3) \\ +) 1011 \quad (11) \\ \hline 1110 \quad (14) \end{array}$$

10進数の加算

$$\begin{array}{r} 437 \\ +) 258 \\ \hline 695 \end{array}$$

2入力2進加算

$$0+0=00$$

$$0+1=01$$

$$1+0=01$$

$$1+1=10$$

3入力2進加算

$$0+0+0=00$$

$$0+0+1=01$$

$$0+1+1=10$$

$$1+1+1=11$$

デジタル加算器の実現(2)

(全加算器; Full Adder)

3入力2進加算

真理値表

A 入力1
 B 入力2
+) Cin 下からの繰り上がり
Co S
 $S = A \oplus B \oplus Cin$
 $Co = B \cdot Cin + A \cdot Cin + A \cdot B$
(Co は A, B, Cin の
多数決)

A	B	Cin	Co	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

全加算器 (Full Adder) の補足説明

Cin: Carry in (下位の桁からの繰り上げ)

S: Sum (加算結果)

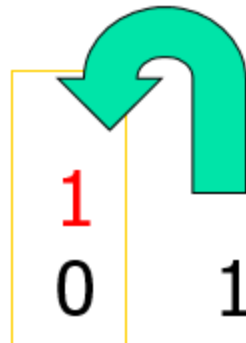
Cout: Carry out (上位の桁への繰り上げ)

$$\begin{array}{r} 0 \quad 1 \\ +) \quad 1 \quad 1 \\ \hline 1 \quad 0 \quad 0 \end{array}$$

を考える。



全加算器
の演算


$$\begin{array}{r} 1 \quad 0 \quad 1 \\ +) \quad 1 \quad 1 \\ \hline 1 \quad 0 \quad 0 \end{array}$$

全加算器の補足説明(続き)

$$\begin{array}{r} 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad (5) \\ +) \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad (7) \\ \hline 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad (12) \end{array}$$

を考える。

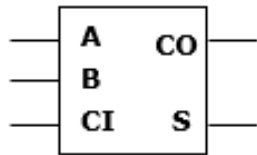

$$\begin{array}{r} \boxed{1} \quad \boxed{1} \quad \boxed{1} \\ 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \\ +) \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \\ \hline 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \end{array}$$

Carry (桁上げ)

Sum (加算結果)

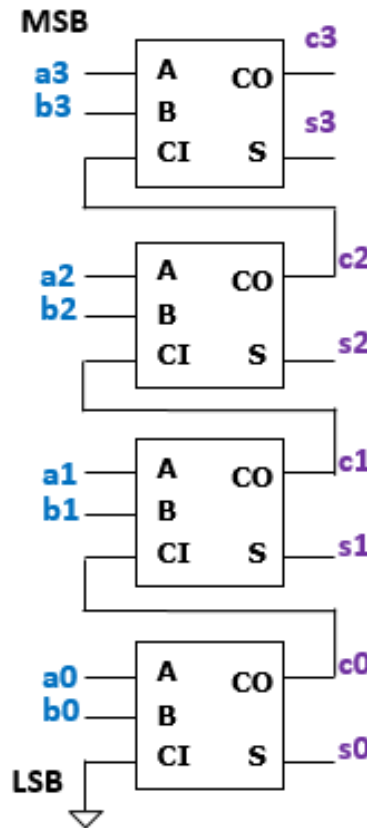
全加算器と桁上げ伝播

Full Adder



A	B	CI	S	CO
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
0	1	1	0	1
1	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

Adder & Carry Propagation



Example :

$$\begin{array}{r} 0111 \\ + 0101 \\ \hline 1100 \end{array}$$



(a3 a2 a1 a0) = (0 1 1 1)

(b3 b2 b1 b0) = (0 1 0 1)

(s3 s2 s1 s0) = (1 1 0 0)

(c3 c2 c1 c0) = (0 1 1 1)

ビットシフトと乗算

10進数で $\times 10$, $\times 100$, $\div 1000$ 等は簡単
同様に2進数で $\times 2$, $\times 4$, $\div 8$ 等は簡単

● 1 bit left shift $\longleftrightarrow$ $\times 2$		b4	b3	b2	b1	b0	十進数
		0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	1	1
		0	0	0	1	0	2
		0	0	0	1	1	3
		0	0	1	0	0	4
		0	0	1	0	1	5
		0	0	1	1	0	6
		0	0	1	1	1	7
		0	1	0	0	0	8
		0	1	0	0	1	9
		0	1	0	1	0	10
		0	1	0	1	1	11
		0	1	1	0	0	12
		0	1	1	0	1	13
		0	1	1	1	0	14
		0	1	1	1	1	15
		1	0	0	0	0	-16
		1	0	0	0	1	-15
		1	0	0	1	0	-14
		1	0	0	1	1	-13
		1	0	1	0	0	-12
		1	0	1	0	1	-11
		1	0	1	1	0	-10
		1	0	1	1	1	-9
		1	1	0	0	0	-8
		1	1	0	0	1	-7
		1	1	0	1	0	-6
		1	1	0	1	1	-5
		1	1	1	0	0	-4
		1	1	1	0	1	-3
		1	1	1	1	0	-2
		1	1	1	1	1	-1

● 1 bit right shift $\longleftrightarrow$ $\div 2$		b4	b3	b2	b1	b0	
		0	1	0	0	0	8
		↓ ↓	↓	↓	↓	↓	
		0	0	1	0	0	8 / 2 = 4
		↓ ↓	↓	↓	↓	↓	
		0	0	0	1	0	4 / 2 = 2
		1	1	0	0	0	
		↓ ↓	↓	↓	↓	↓	
		1	1	1	0	0	-8
		↓ ↓	↓	↓	↓	↓	
		1	1	1	1	0	-8 / 2 = -4
		↓ ↓	↓	↓	↓	↓	
		1	1	1	1	0	-4 / 2 = -2

デジタル乗算

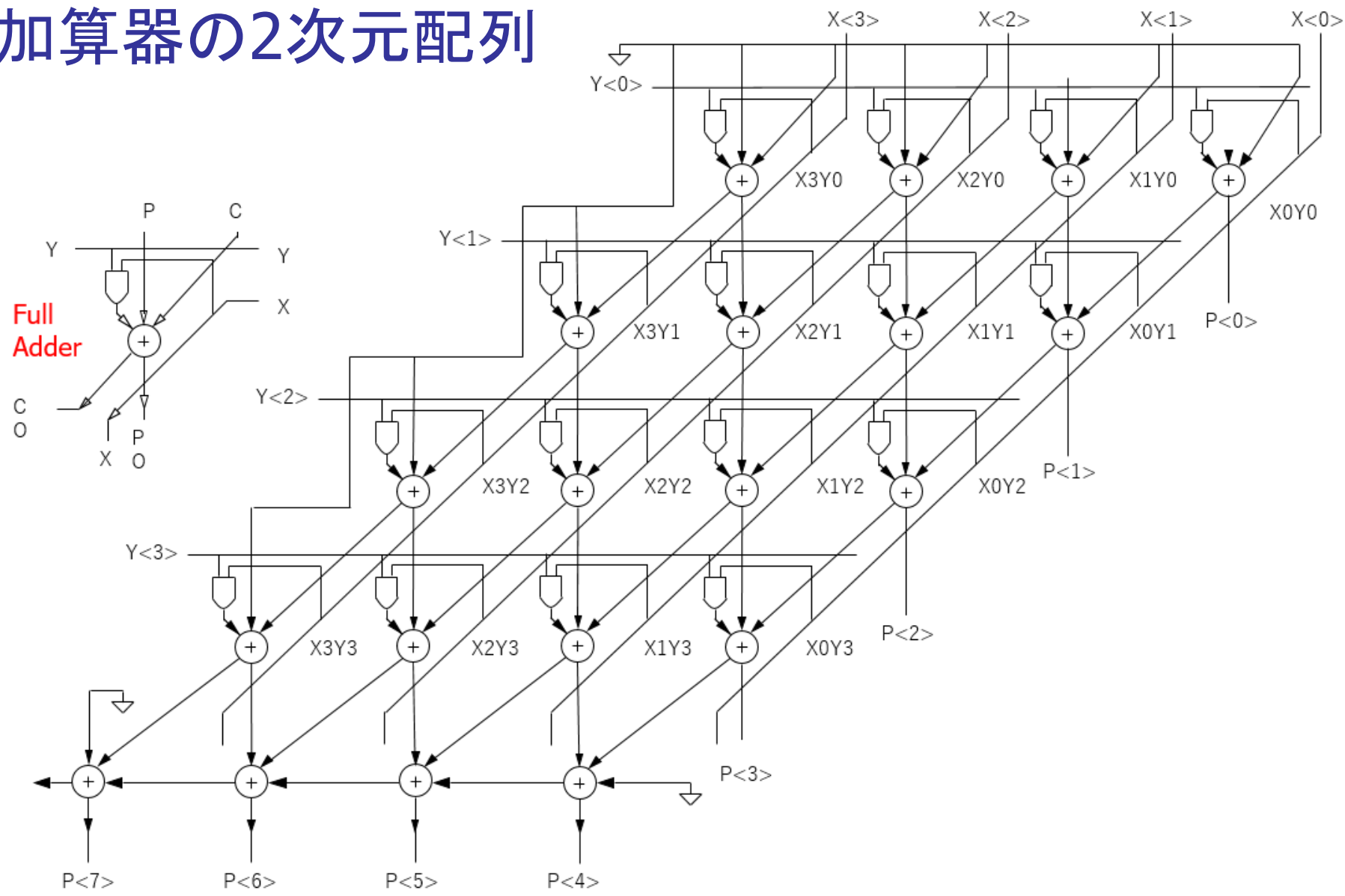
2進数の乗算

$$\begin{array}{r} 0101 \quad (5) \\ X) 1011 \quad (11) \\ \hline 0101 \\ 0101 \\ 0000 \\ 0101 \\ \hline 0110111 \quad (55) \end{array}$$

10進数の乗算

$$\begin{array}{r} 437 \\ X) 258 \\ \hline 3496 \\ 2185 \\ 874 \\ \hline 112746 \end{array}$$

乗算器は 全加算器の2次元配列



研究の動機

対数 (logarithm)の発明と対数表の作成



John Napier (スコットランド 1550-1617)

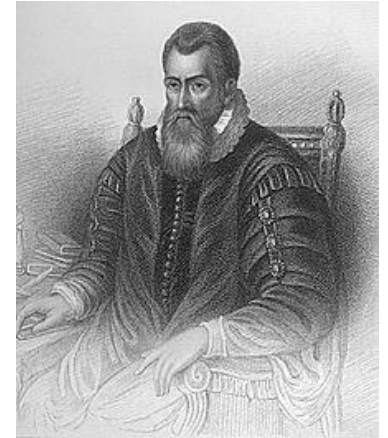
安全な航海のため

天文学の計算(文字通り 天文学的数の掛け算)を
容易に行うため

$$\log (AB) = \log A + \log B$$

ジョン・ネイピア

John Napier 1550 - 1617



スコットランド

数学者、物理学者、天文学者、占星術師。

対数の発明者、対数表の作成。

かけ算を足し算に、割り算を引き算に。

天文学の膨大な計算を簡単に行える。

研究の動機（続き）

が、数学の啓蒙書を読んでいて

2乗則

$$AB = \frac{1}{2}[(A + B)^2 - A^2 - B^2]$$

$$AB = \frac{1}{4}\{(A + B)^2 - (A - B)^2\}$$



にNaipier が気が付いていたら 対数は必要なかった
の記述に出会う。

これに基づいて デジタル乗算器を設計してみよう

研究背景

演算器

- ・加算器
- ・減算器
- ・乗算器
- ・除算器

デジタル計算機、DSPチップ、通信用SoCに広く使用
乗算器は加算器、減算器よりも頻繁に使う



複雑な計算を要するチップ内に複数乗算器が必要

乗算器は回路規模が大きいため低減が必要
小規模回路、低消費電力、高速化
のため様々な提案・実現されてきた

デジタル加算の仕組み

小学校で習った方式(筆算)を2進数に変換する

10進数での演算

25	被加数
+ 39	加数
64	結果



2進数での演算

011001	: 25 ₁₀	被加数
+ 100111	: 39 ₁₀	加数
1000000	: 64 ₁₀	結果

デジタル乗算の仕組み

小学校で習った方式



乗数に応じた部分積を求め、
それらを足し合わせて積を得る

10進数での演算

25	被乗数
× 39	乗数
—	
45	} 部分積
18	
15	
+ 6	
—	
975	積

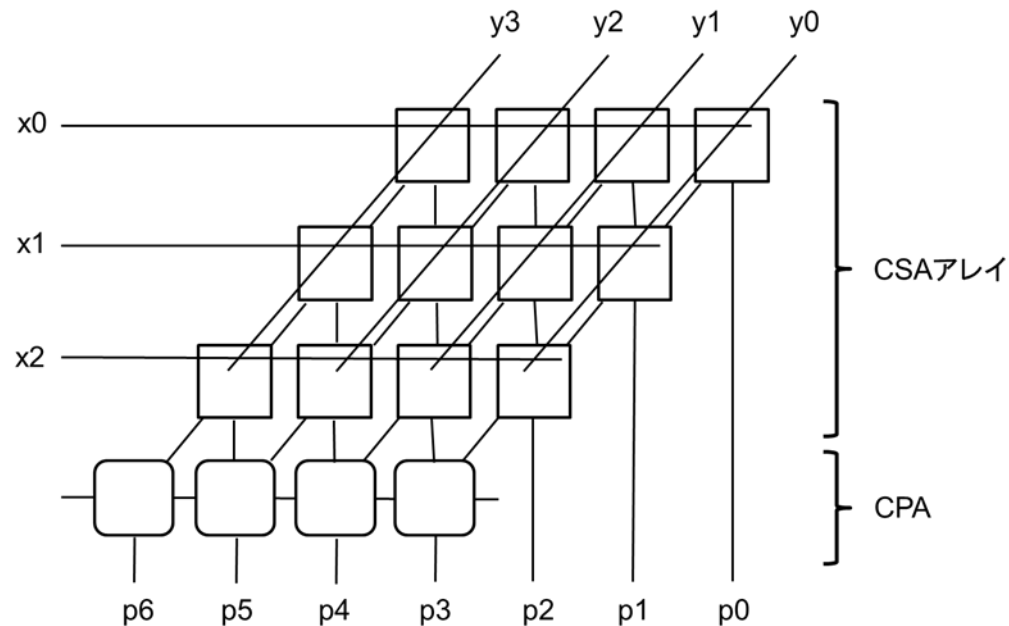
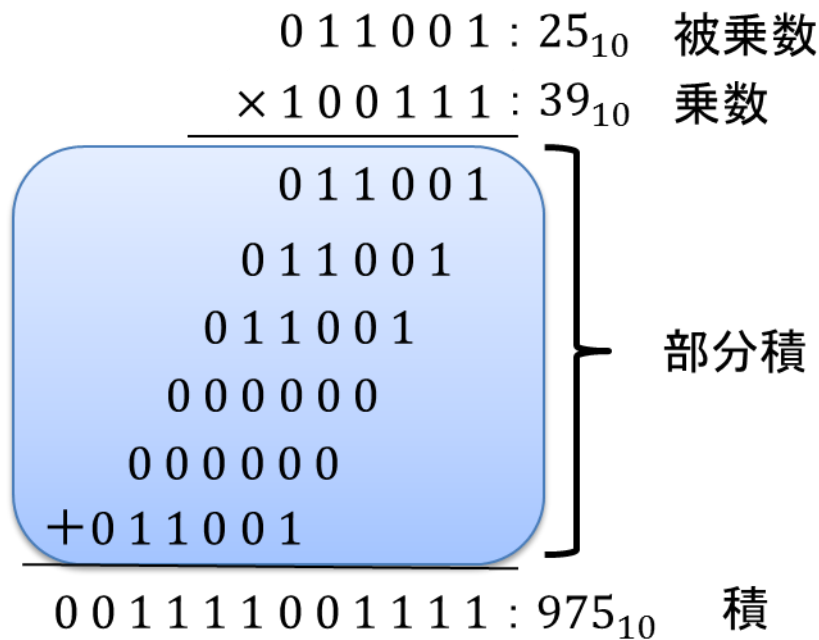


2進数での演算をベース

011001 : 25 ₁₀	被乗数
× 100111 : 39 ₁₀	乗数
—	
011001	} 部分積
011001	
011001	
000000	
000000	
+ 011001	
—	
001111001111 : 975 ₁₀	積

部分積の和の
計算回数が多くなる

全加算器の二次元配列を用いた乗算器



部分積 & 加算のため全加算器の2次元配列

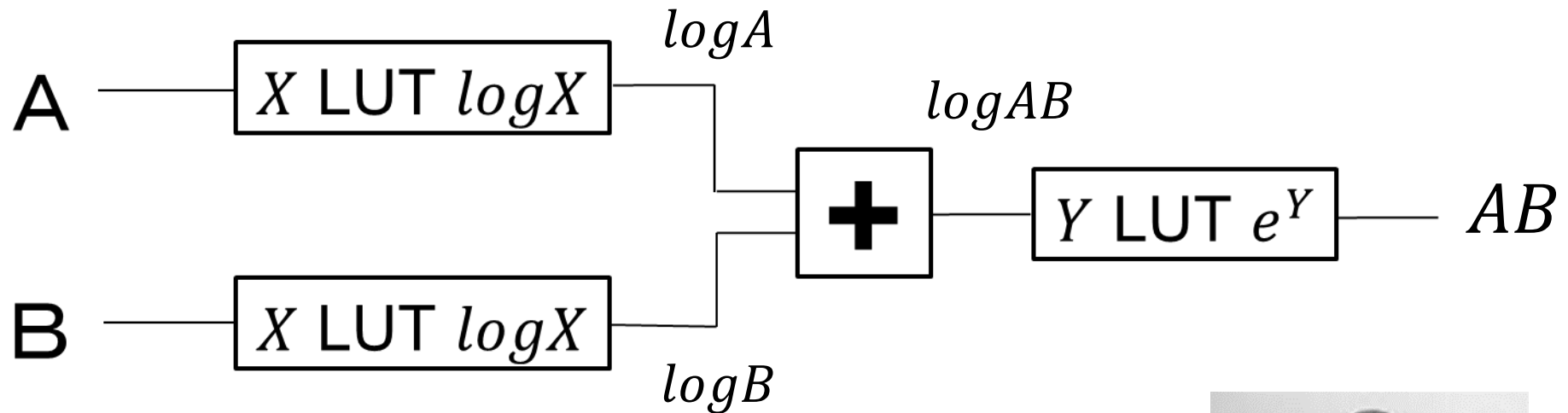
例: 8bit × 8bit の場合

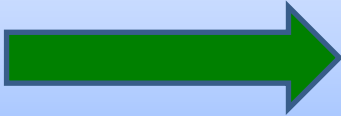
直接的構成では $8 \times 8 = 64$ 個の全加算器が必要

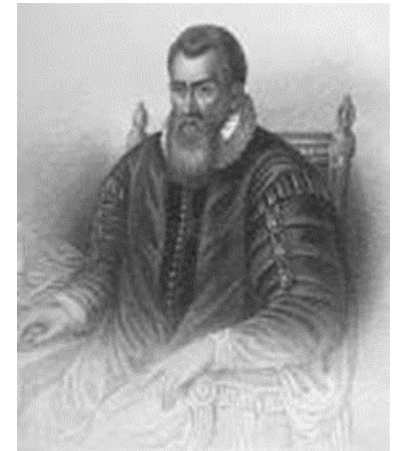
回路規模・消費電力・演算時間が大

対数を用いた乗算器

乗算を、対数を用いて計算する方式



高精度で対数、指数を得るためには
ビット数
LUTサイズ  大



対数の生みの親
ジョン・ネイピア

研究の目的

従来方式（加算器の二次元配列）

- ・ 回路規模
- ・ 消費電力
- ・ 演算時間



大

従来方式（対数）

- ・ ビット数
- ・ LUTサイズ

大

加算器の二次元配列、対数を使わない
デジタル乗算回路の設計を行う



回路規模・消費電力・演算時間の縮小

検討する乗算アルゴリズム

2乗則に基づく乗算アルゴリズム

$$AB = \frac{1}{2} [(A + B)^2 - A^2 - B^2]$$

乗算を加算、減算、2乗、ビットシフトで実現

- 加算1回、減算2回
- 2乗はルックアップテーブル(LUT)で実現
- 1/2倍はシフト演算(実際は配線変更のみ)

直接的構成

乗算器 1 つ(24bit)
加算回数 : 23回



検討する構成

加算回数 : 1回
減算回数 : 2回
LUT参照 : 3回

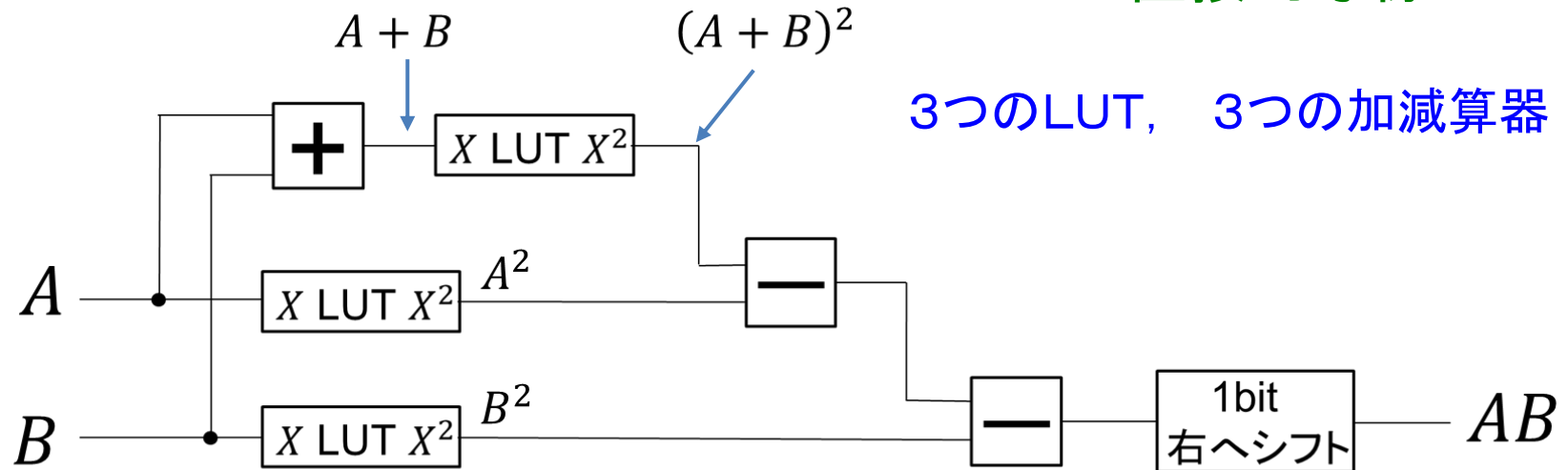
検討アルゴリズムの実現回路

$$AB = \frac{1}{2} [(A + B)^2 - A^2 - B^2]$$



アルゴリズムの回路への
直接的写像

3つのLUT, 3つの加減算器



ルックアップテーブル (LUT) とは

複雑な信号処理  計算時間がかかる

LUTを使うと……



$F(X)$
計算せずに出力

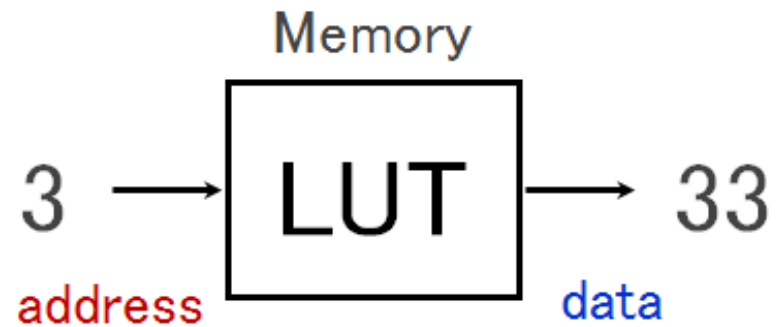
アドレス	メモリ	データ
1	1	1
2	4	4
3	9	9
⋮	⋮	⋮
100	10000	10000

Look Up Table (LUT)

Example



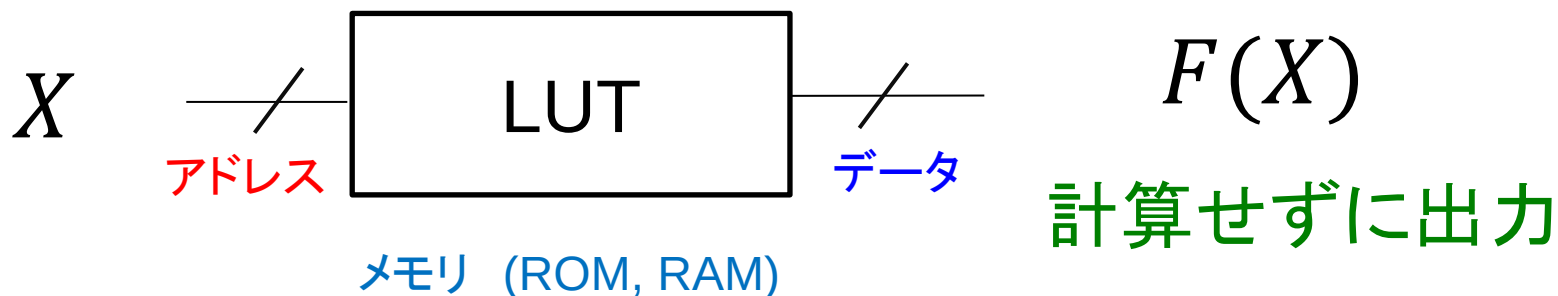
Cat Age	Human Age
1	20
2	27
3	33
4	39
5	45
6	50
7	55
8	60



ルックアップテーブル (LUT) とは

複雑な信号処理  計算時間がかかる

LUTを使うと……



メモリの参照処理になり、効率化

※ Sin, Cos, 2乗等任意演算がLUTで計算可能

LUTの利点、欠点

利点

- ・ 簡単に 2 乗演算計算
- ・ メモリの参照処理のみ
- ・ 回路設計が容易
- ・ 計算速度の向上

欠点

- ・ 演算ビット数が多い



回路規模が大



LUTを上位ビット、下位ビットに分割し
計算量・回路量を低減する方式
(Divide & Conquer)
を検討

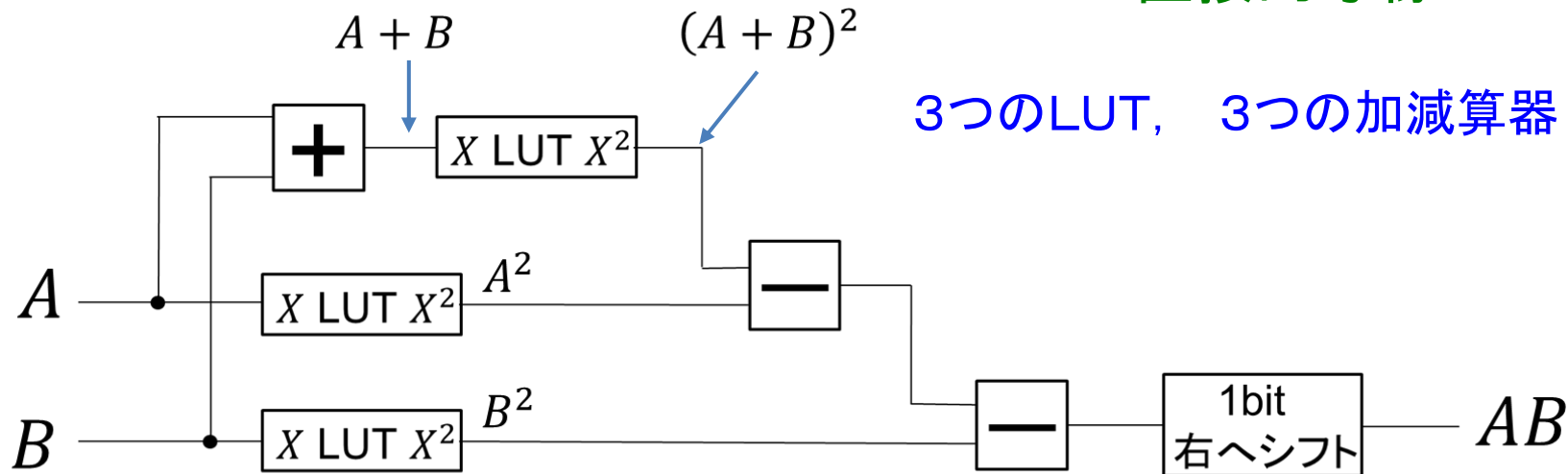
実現回路の改良案

$$AB = \frac{1}{2} [(A + B)^2 - A^2 - B^2]$$



アルゴリズムの回路への
直接的写像

3つのLUT, 3つの加減算器



※演算するbit数によってLUTのサイズが大きくなってしまう

計算量・回路量を低減する方式(**Divide & Conquer**)を用いる

Divide & Conquer によるLUT規模削減

$$AB = \frac{1}{2}[(A+B)^2 - A^2 - B^2]$$

2乗演算:LUTで計算

LUTサイズ低減のため

A, B, A+B のそれぞれの上位ビット、下位ビットに分割し
計算量低減する方式

古代ローマ帝国:

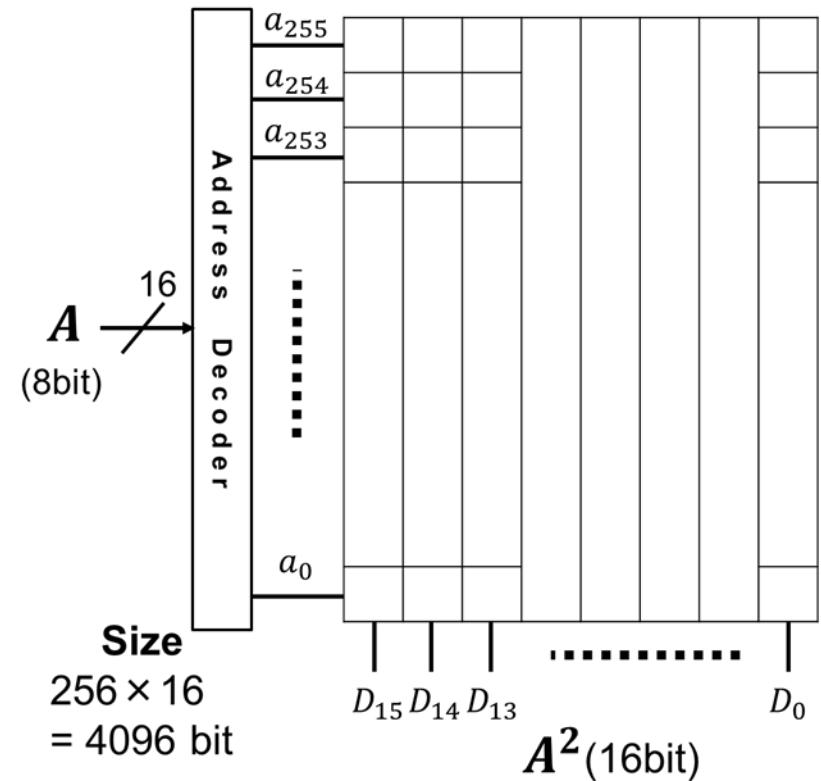
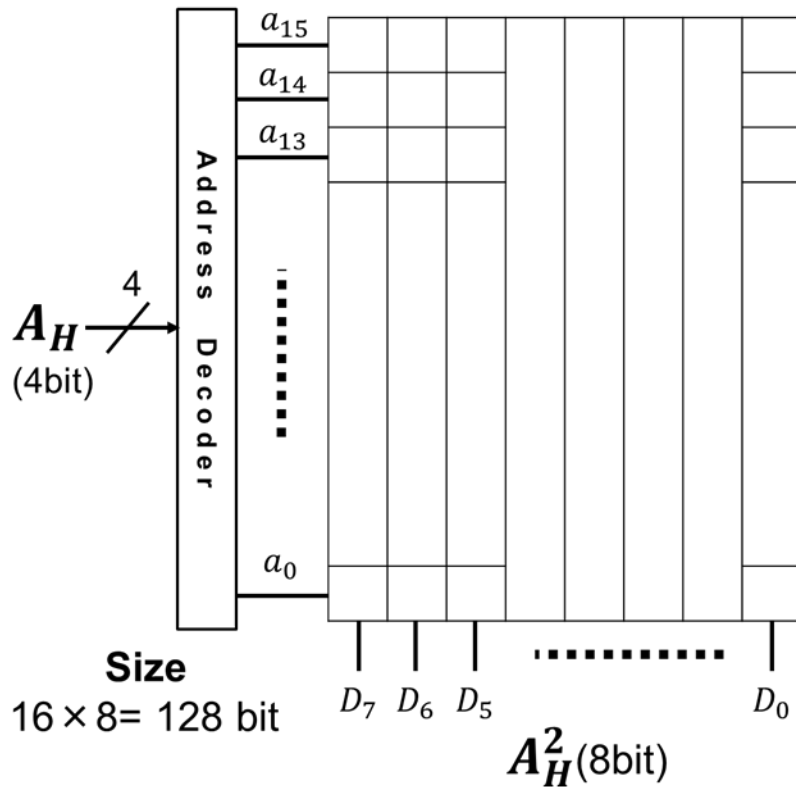
支配下の都市相互の連帯を禁じ、
都市毎に処遇に格差をつける

分割統治(divide & conquer)で
征服した都市の反乱を抑える。



LUTで扱うビット数

LUTは扱うbit数が大きいほど、必要なbit数が多くなる。



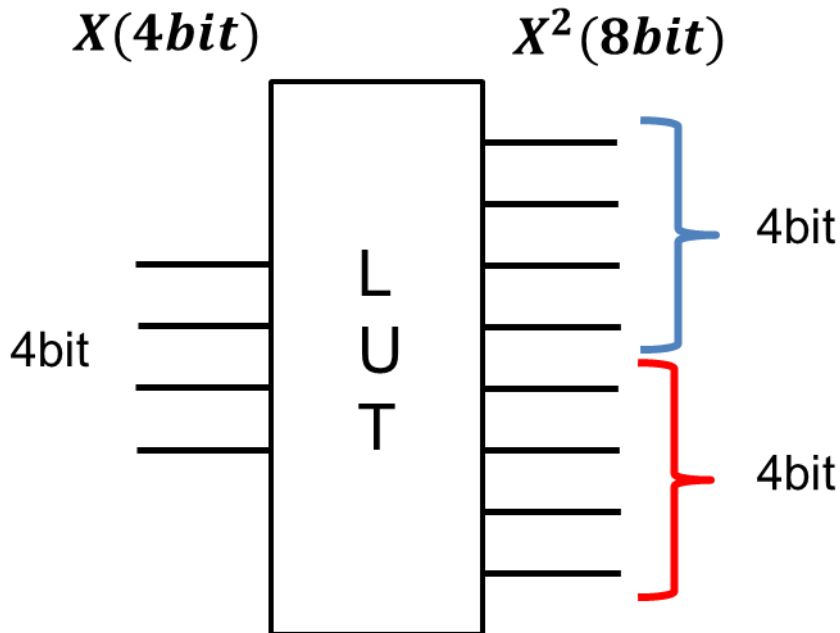
4bitでは**128bit**

8bitでは**4096bit**

Divide&Conquer法を用いることで必要なbit数を削減

検討するDivide & Conquer法

出力8bitの場合: 上下4bitずつ分割



bit数を減らして計算

シフト演算で桁を揃える



演算で用意する
メモリを小さくできる



「方法序説」

難問は、それを解くのに適切かつ必要なところまで分割せよ

ルネ・デカルト

René Descartes 1596 - 1650

フランス生まれの哲学者、数学者。合理主義哲学の祖

ルネ・デカルト



René Descartes 1596 - 1650

- フランス生まれの哲学者、数学者。合理主義哲学の祖「方法序説」
- もっとも単純な要素から始め演繹していけば最も複雑なものに達しうる。
 - 1) 明証的に真であると認めたもの以外、決して受け入れないこと。(明証)
 - 2) 考える問題を出来るだけ小さい部分に分けること。(分析)
 - 3) 最も単純なものから始めて複雑なものに達すること。(総合)
 - 4) 何も見落とさなかったか、全てを見直すこと。(枚举 / 吟味)
- 2つの実数によって平面上の点の位置を表すという方法(座標)を考案
→ デカルト座標、デカルト平面
- 我思う、ゆえに我あり I think, therefore I am.
- 難問は、それを解くのに適切かつ必要なところまで分割せよ
Divide each difficulty into as many parts as is feasible and necessary to resolve it.

フランシス・ベーコン

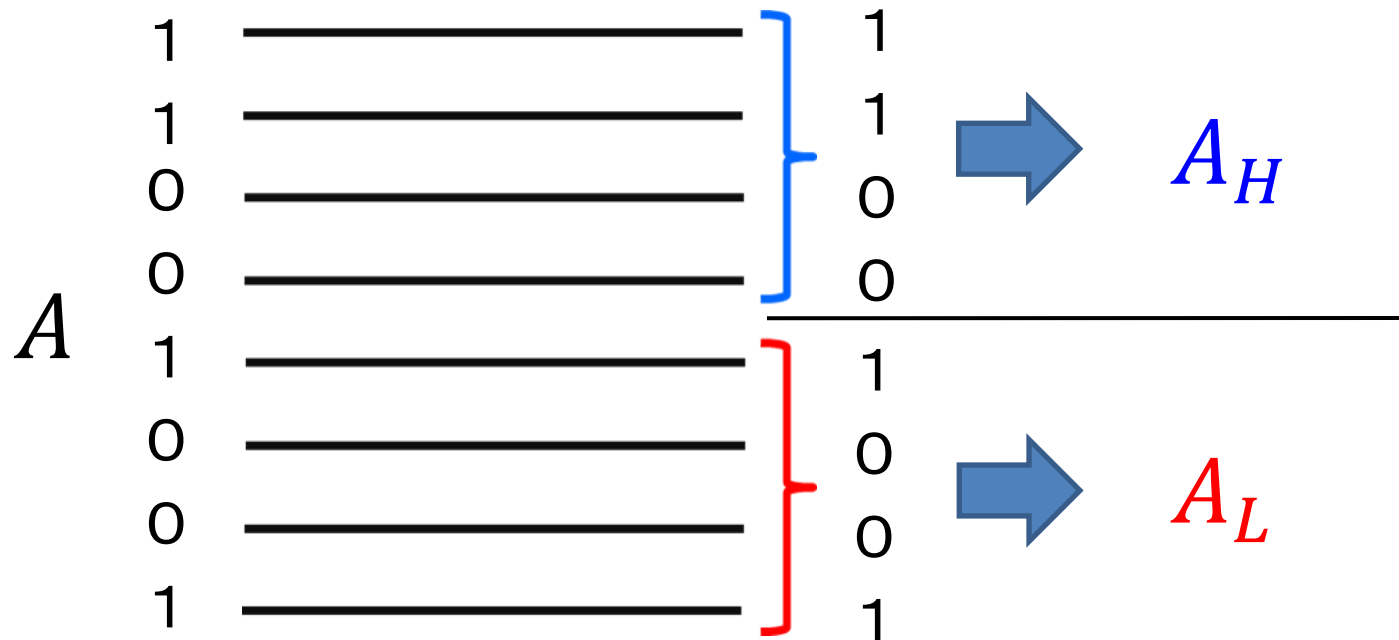
Francis Bacon 1561 - 1626



- イギリスの哲学者、神学者、法学者
- 近代的な帰納法の創始者
- 学問を確固たる実証の手続きで基礎付けようとした。
- 近代科学の精神を体現した最初の思想家
- イギリスではベーコン以後経験を重視する学問が栄える。
- 「知識は力なり」 Knowledge is power.
- 「最上の証明とは経験である」 The best proof is experience.

提案するDivide & Conquer法

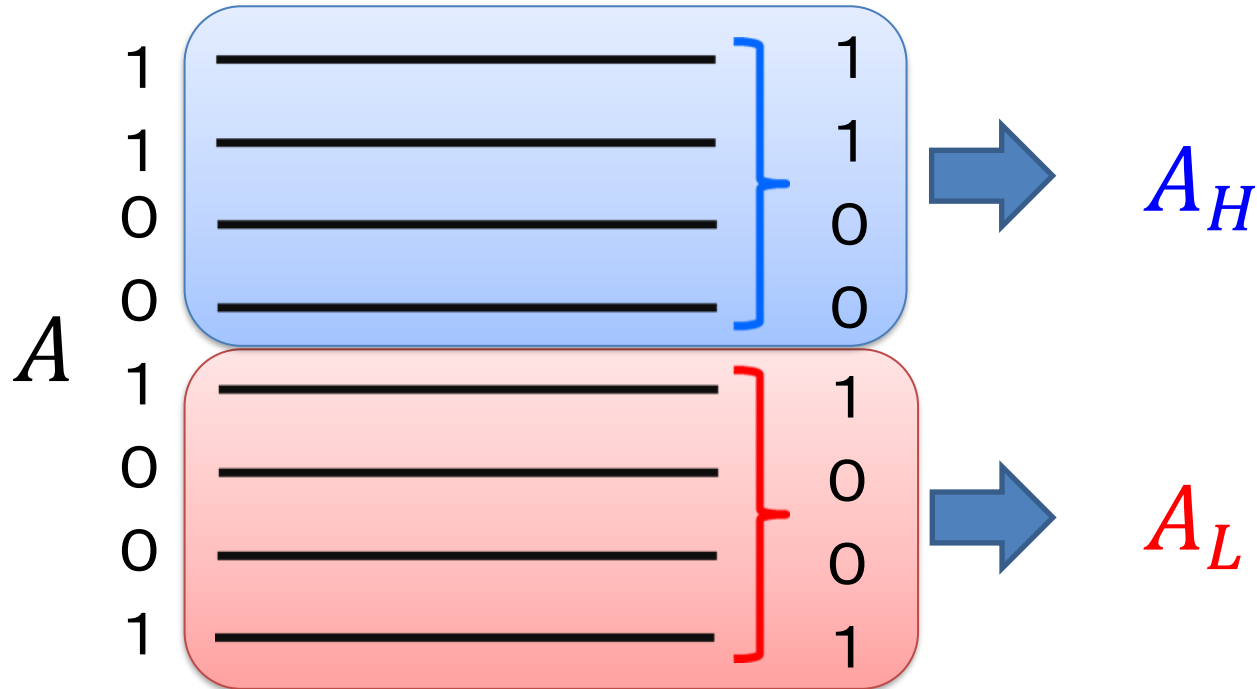
例: 8bit ($A=1\ 1001001$)について考える。



$$A^2 = A_H^2 (8\text{bit左シフト}) + 2A_H A_L (4\text{bit左シフト}) + A_L^2$$

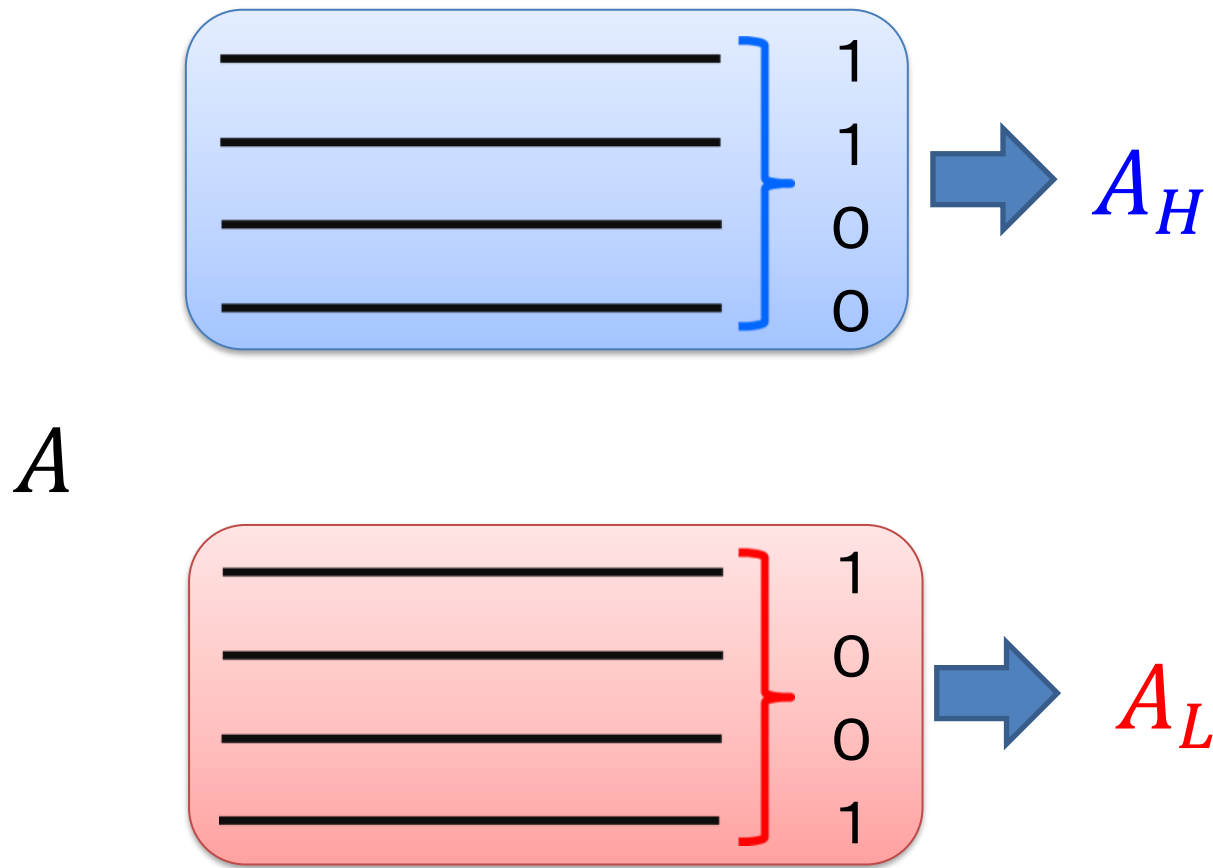
8bit x 8bit 乗算 $[A^2]$ を
4bit $[A_H]$, $[A_L]$ 毎の計算で求める。

提案するDivide & Conquer法



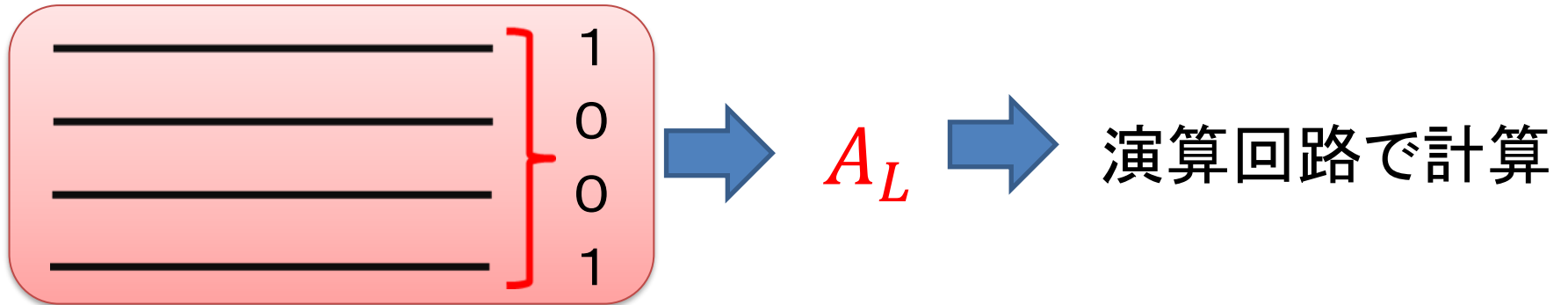
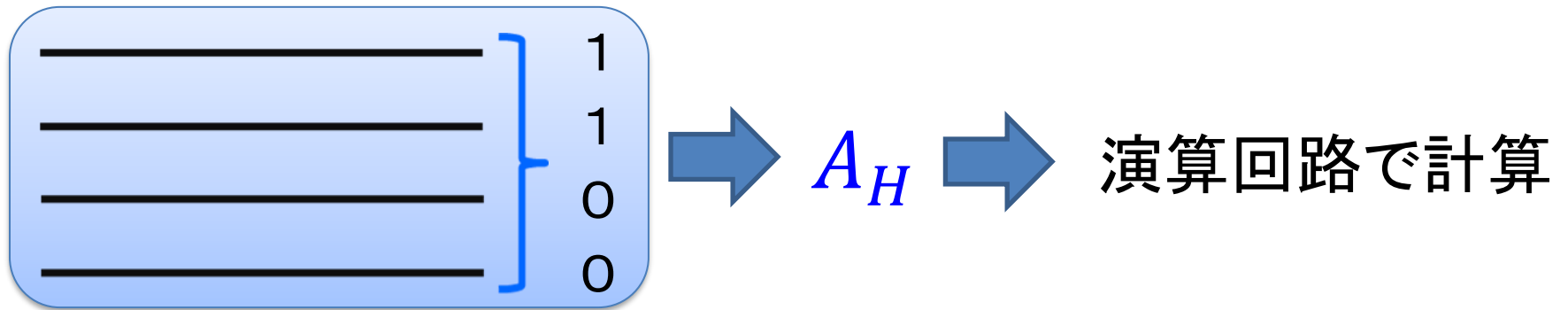
入力、出力された値を上下に分割 (Divide)

提案するDivide & Conquer法



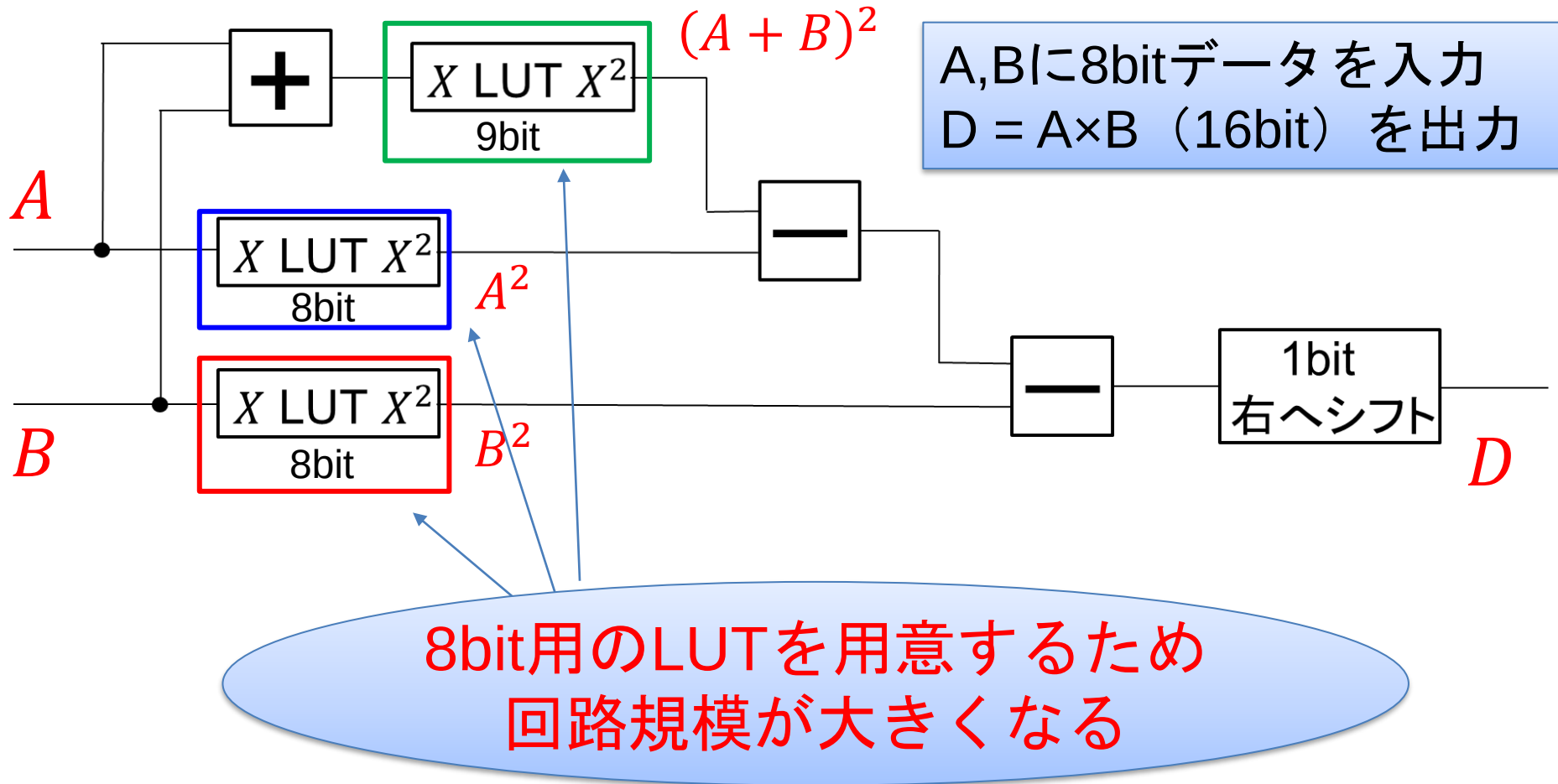
入力、出力された値を上下に分割 (Divide)

提案するDivide & Conquer法



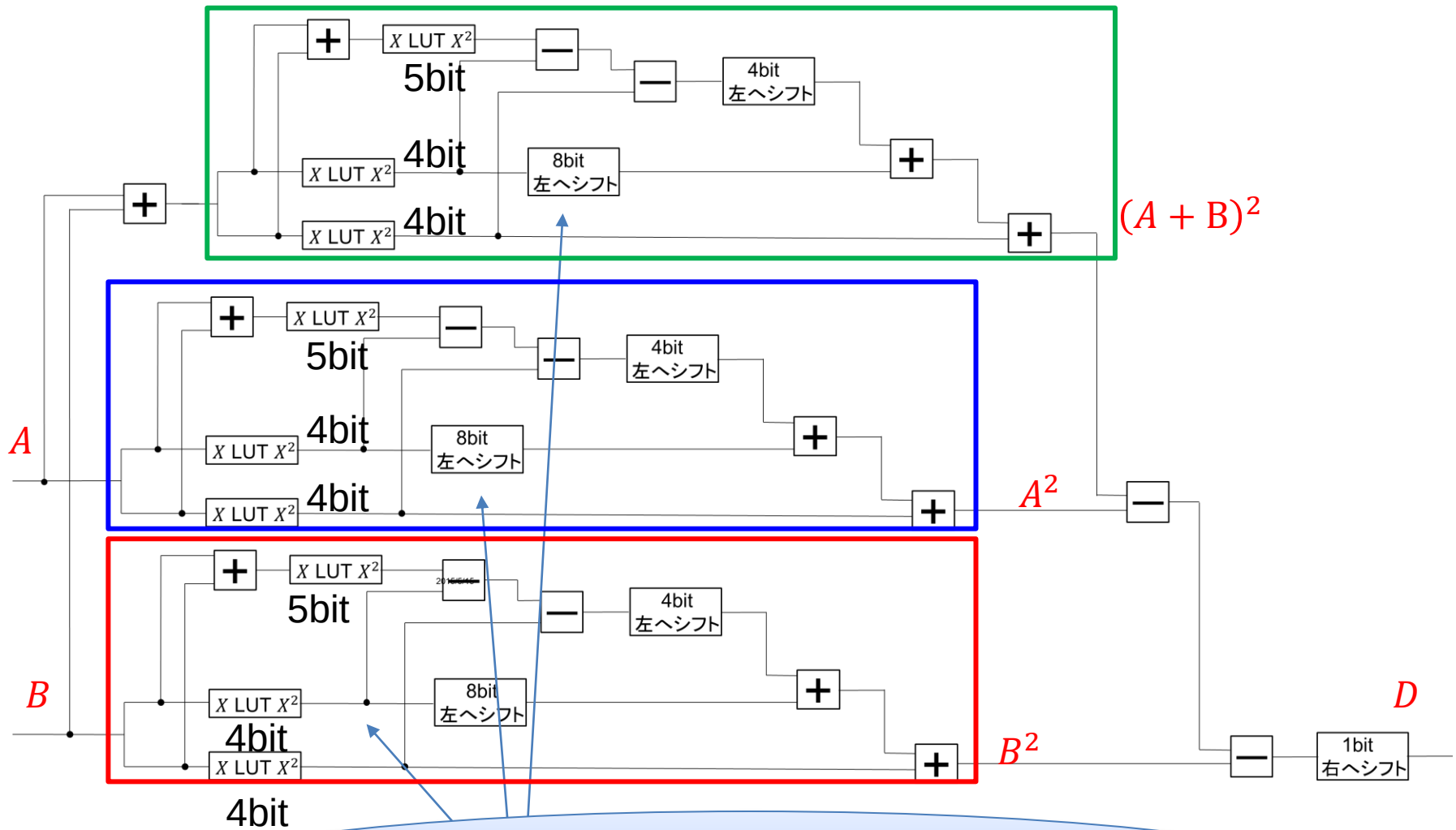
分割した値をそれぞれ計算: 征服 (Conquer)

検討乗算回路(8bit) (Divide&Conquer 無)



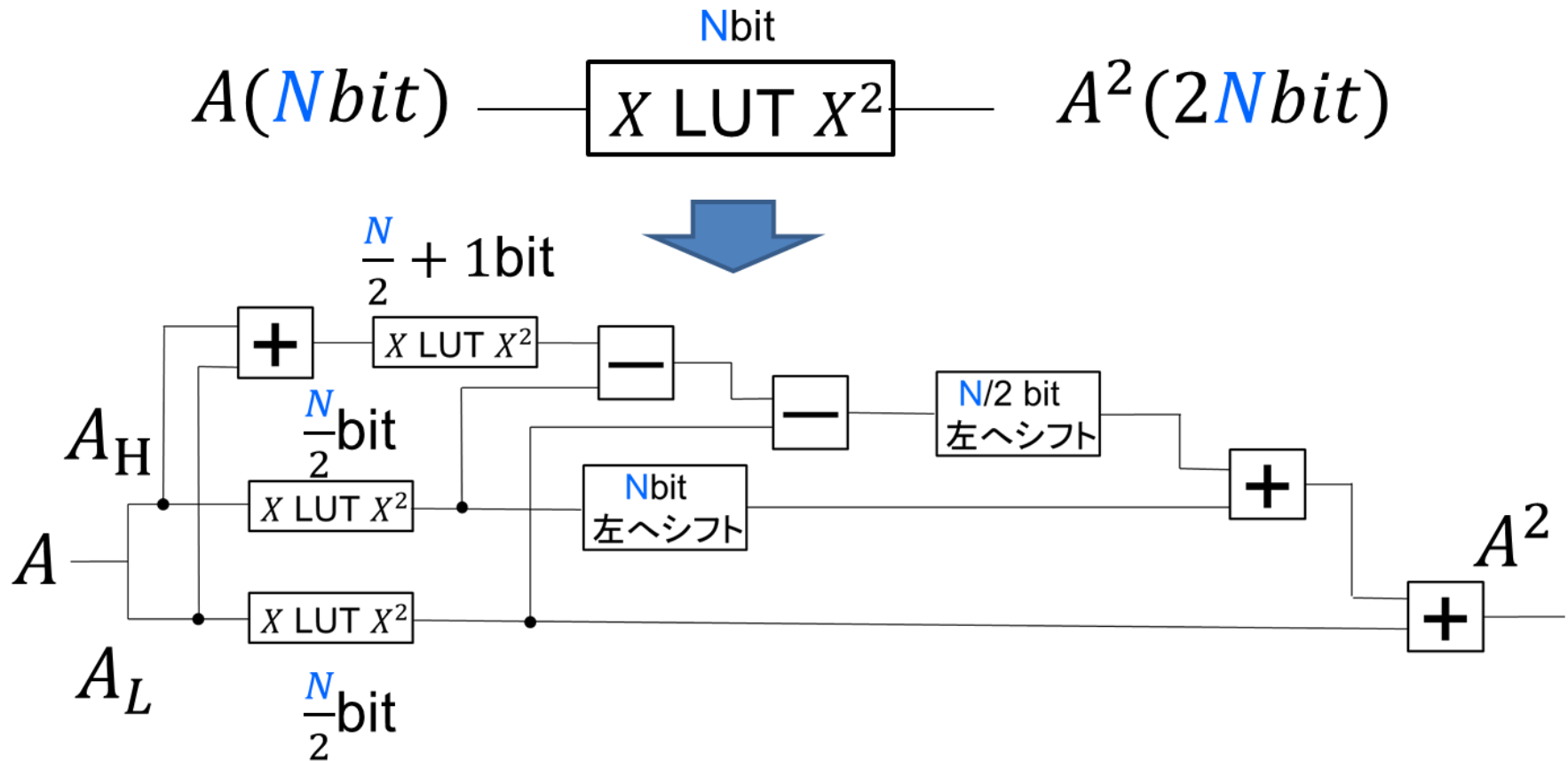
この回路をさらに変換する

検討乗算回路(8bit) (Divide&Conquer有)



分割でLUTのbit数が小さくなる

検討アルゴリズム乗算回路(Nbit)

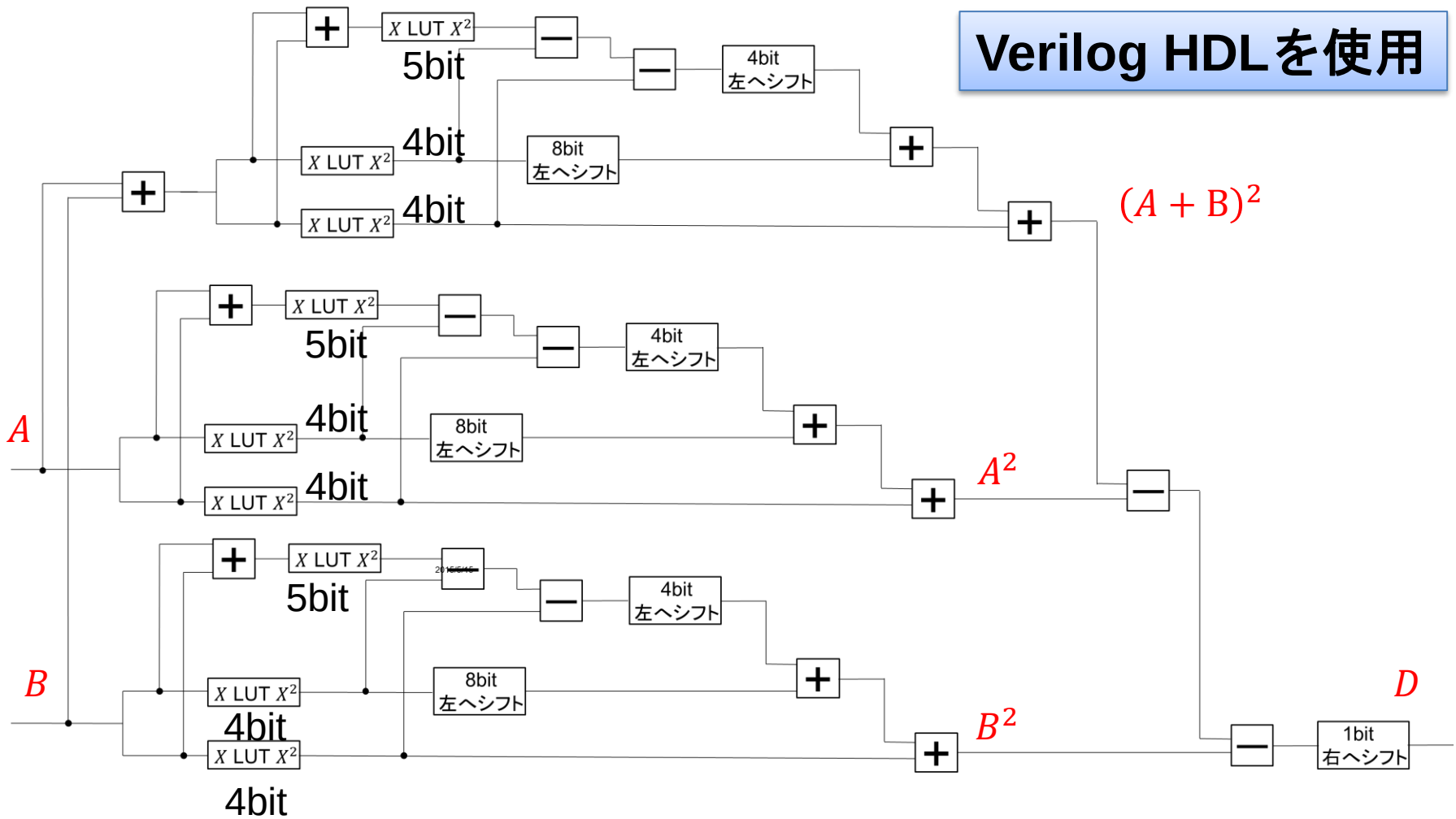


Divide & Conquer 方式

X 回使用し、LUTサイズを $\left(\frac{1}{2}\right)^X$ にできる

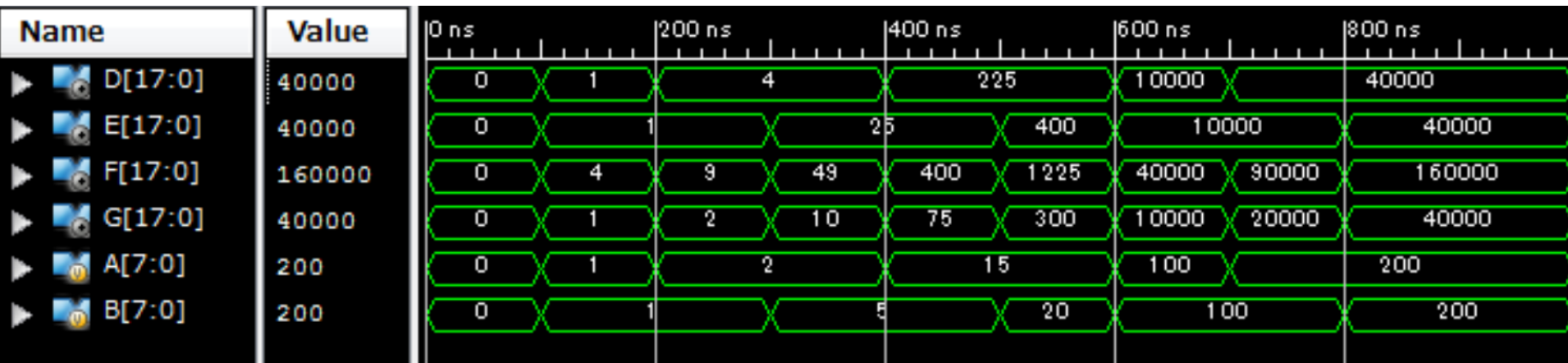
HDLシミュレーションによる検証

Verilog HDLを使用



8bit × 8bit回路構成で正しい乗算結果が得られることを検証

RTLシミュレーション (8bit × 8bit)



入力値A, Bの値を100ns、200ns毎に変化させ、その区間における演算結果を波形上に表示

$$D(18\text{bit}) = A^2$$

$$E(18\text{bit}) = B^2$$

$$F(18\text{bit}) = (A + B)^2,$$

$$G(18\text{bit}) = \frac{1}{2} \{ (A + B)^2 - A^2 - B^2 \}$$

RTLシミュレーション

- 同様に8bit × 8bitのRTLシミュレーションを行い、
256 × 256通りの結果を確認した
- 16bit × 16bitのRTLシミュレーションを行い、
65536 × 65536通りの結果を確認した

まとめ

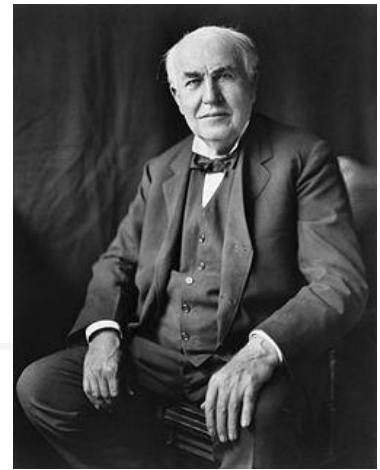
- 2乗則による乗算アルゴリズム・回路を検討
- Divide & Conquer 法により回路量削減を検討
- 検討アルゴリズムで乗算器をRTLレベル設計
シミュレーションによる検証
- 従来方式と提案方式の比較をおこなった。

今後の課題

- 回路規模低減、計算スピード向上のための回路改良
- 従来法との回路量、計算スピードの比較・評価
- 他方式での乗算器検討
- Divide & Conquer方式を用いた回路との比較

トーマス・アルバ・エジソン

Thomas Alva Edison 1847-1931

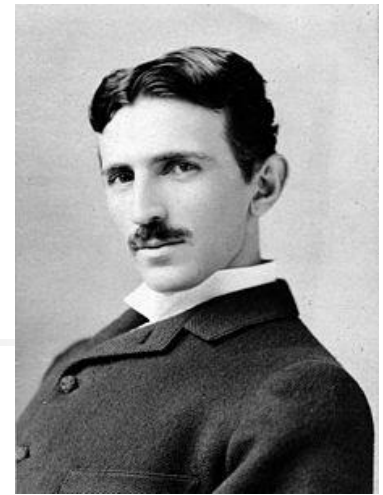


- アメリカ合衆国の発明家、起業家
- 約1,300もの発明
- 人々の生活を一変させる重要な発明を多数
蓄音器、白熱電球、活動写真等
- 発電から送電までを含む電力システムの事業化に成功
- Edison General Electric Company（現在のGE社）の
設立者

Genius is one percent inspiration, 99 percent perspiration.
(天才は1%のひらめきと99%の汗)

ニコラ・テスラ

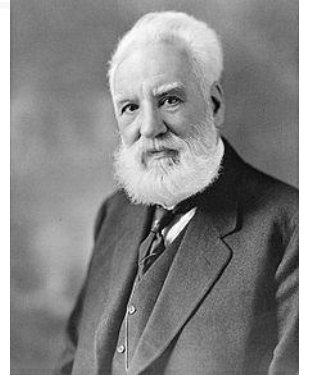
Nikola Tesla 1856-1943



- オーストリア帝国(現 クロアチア)の電気技師、発明家。
- 交流電流、ラジオ、無線トランスミッター、蛍光灯
空中放電実験で有名なテスラコイルなど多数の発明
- 世界無線送電システムを提唱
- エジソンと直流送電、交流送電で確執
- 磁束密度の単位「テスラ」にその名を残す
- スイッチング電源回路、電気自動車関係でも
その名にちなんで命名されているものもある

アレクサンダー・グラハム・ベル

Alexander Graham Bell 1847-1922



- スコットランド(エジンバラ) 生まれ
- 科学者、発明家、工学者
- 実用的電話の発明
- 光無線通信、水中翼船、航空工学等の分野で業績
- 1877年 ベル電話会社を設立

「ベルが電話を発明したとき、市場調査などしたか。」

(Steve Jobs, Apple社)

グリエルモ・マルコーニ

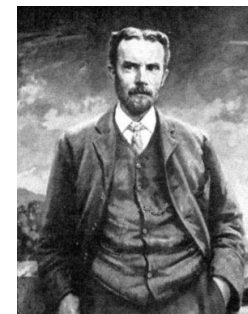
Guglielmo Marconi 1874-1937



- 伊の無線研究家、無線電信の開発で知られる。
- マルコーニ無線電信会社を創立。
- ノーベル物理学受賞（無線通信発展に貢献）
- 無線電信システム開発で革新的原理を発見したわけではなく、個々の部品を改良・組み合わせてシステムを構築・長距離無線中心を成功 との評価
- 太平洋横断無線通信への寄与
- タイタニック号遭難時に同社社員が救難信号送信

オリヴァー・ヘヴィサイド

Oliver Heaviside 1850 - 1925



- イギリスの電気技師、物理学者、数学者
- 電気回路での複素数の導入
インピーダンスの概念の導入、
「ヘヴィサイドの演算子法」の開発
- インダクタンスやコンダクタンスなど、
回路理論用語のいくつかを提唱
- ベクトル解析とベクトル演算を発明
- マクスウェル方程式： 当時は20の式から構成
現在の4つのベクトル形式の式に直す

ジェームズ・クラーク・ マクスウェル

James Clerk Maxwell 1831 -1879



- イギリスの理論物理学者
- マイケル・ファラデーの電磁場理論をもとに
1864年 マクスウェルの方程式を導出
→ 古典電磁気学を確立。
- 電磁波の存在を理論的に予想。
伝播速度が光速と同じ、横波であることを示す。
- 土星の環、気体分子運動論、熱力学、統計力学
などの研究

「マクスウェルの悪魔」

→ 熱力学、統計力学、情報科学の根本問題

ヨハネス・ケプラー

Johannes Kepler 1571 - 1630

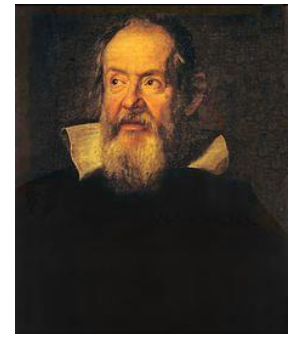


- ドイツの天文学者。天体の運行法則に関する「ケプラーの法則」理論的に天体の運動を解明
- 大観測家ティコ・ブラーエ (1546-1601) の助手・共同研究者。ティコは、1576年から1597年の21年間、デンマークのヴェン島にウニボリ天文台を建設・天空の観測。プラハでも観測を続けた。
- 正確で膨大な観測データはケプラーの手に入り、ケプラーの法則発見の基礎。
- 「新天文学 (Astronomia Nova)」を執筆。「ケプラーの法則」の第1と第2法則もこの論文に記される楕円運動を基本とする天体論を唱えた。

「悦びは人生の要素であり、人生の欲求であり、
人生の力であり、人生の価値である」

ガリレオ・ガリレイ

Galileo Galilei 1564 - 1642



- イタリアの物理学者、天文学者、哲学者。パドヴァ大学教授
- 望遠鏡を最も早くから取り入れる。
- 観察結果から地動説 『天文対話』を著す。
- 振り子の等時性
- 落体の法則を発見。

物体の自由落下の時間は、落下物体の質量に依存しない。

物体落下での落ちる距離は、落下時間の2乗に比例

- 論文・著書読者に同一の実験を促し検証させ、
自説の正しさを証明するという手段をとる。

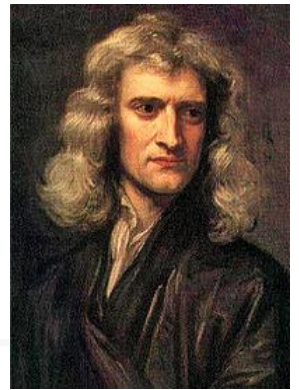
あらゆる真実は一度発見されれば理解するのは容易だ。

肝心なのは真実を発見することだ。

人にものを教えることはできない。みずから気づく手助けができるだけだ。

アイザック・ニュートン

Isaac Newton 1642- 1727



- 「創造的休暇」

1665年から1666年にかけて2度、故郷のウールスソープでケンブリッジ大学での着想を自由に思考する時間を得た

- 「自然哲学の数学的諸原理(プリンキピア)」

幾何学的証明

万有引力の法則、運動方程式

古典力学(ニュートン力学)を創始。天体の運動を解明。

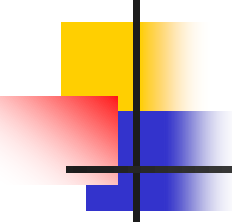
- 微積分法を発明。

- 光のスペクトル分析の業績、 ニュートン式反射望遠鏡の製作

- 「われ仮説を作らず」

観測できる物事の因果関係を示すという哲学・解釈を展開

- 「私が遠くを見ることができたのは、
巨人たちの肩に乗っていたからである。」



微分 積分は逆演算

微分積分学の創始者： ニュートン、ライプニッツ

微分積分学の基本定理

「微分と積分が互いに逆の操作・演算である」

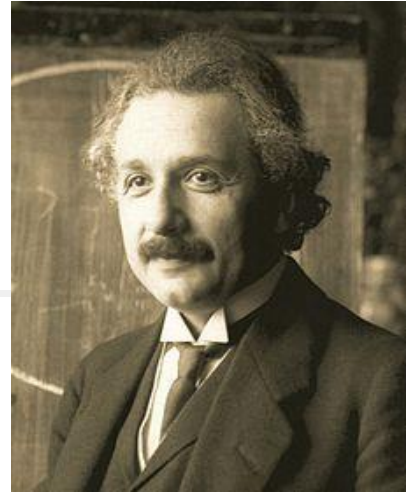
関数を積分し微分するともとの関数になる

この定理が発見されるまでは、微分法と積分法は
なんの関連性も無い全く別の計算だと考えられていた。

微分積分学： 曲線の下での面積を求める問題（積分）と
動きを瞬間的に捉えるという問題（微分）を
考えてきた先人の成果の上に成立。

アルベルト・アインシュタイン

Albert Einstein 1879 - 1955

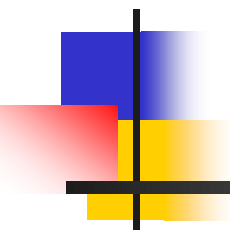


ドイツ生まれの理論物理学者

- 天才とは努力する凡才のことである。
- 挫折を経験した事がない者は、
何も新しい事に挑戦したことが無いということだ。
- 6歳の子供に説明できなければ、理解したとは言えない。
- 人の価値とは、その人が得たものではなく、
その人が与えたもので測られる。
- 一見して馬鹿げていないアイデアは、見込みがない。

2011年10月31日

2011年9月大学院生5名の UCLA短期留学 報告会



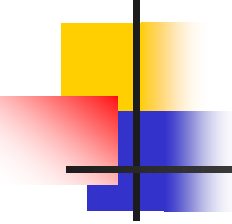
群馬大学 工学研究科 電気電子工学専攻

UCLA

University of California, Los Angeles

かつて、米国では
西海岸は東海岸に比べて「田舎」。
現在、大学も急速に発展している。
多様性を受け入れ、活力に溢れている。





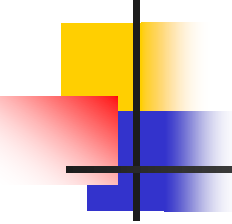
アカデミックな側面

UCLAは 2011年発表の
世界大学ランキング 13位
(上位はほとんどが米国の大学)

アナログ集積回路設計分野では
何人もの著名な教授をそろえている。

Prof. A. A. Abidi

Prof. B. Razavi 他



新しいものを創造する

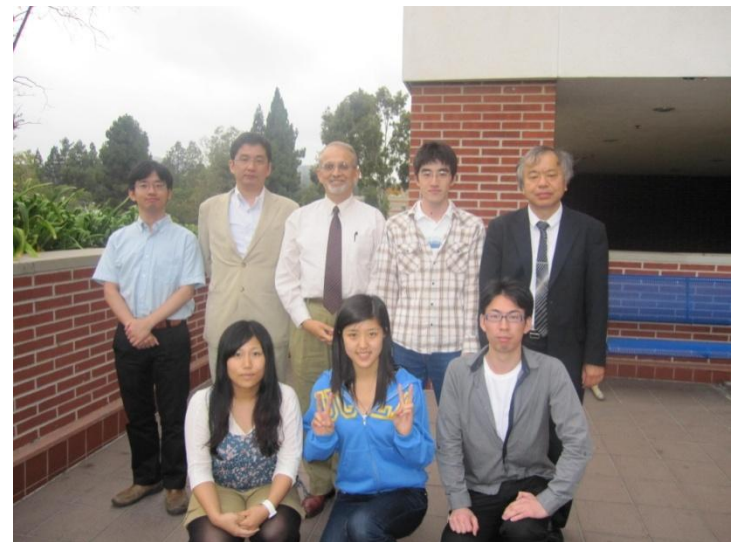
UCLA is not just a school of engineering.

- It is a place where
real world solutions are created.

We do more than pass out knowledge
around here. **We create it.**

研究に対する哲学

「アナログ集積回路設計において、
根本的・本質的(Fundamental)なことを明確にし、
新概念を創出し
集積回路として実証
(Silicon Proof)するのが
大学の研究者である。」
(UCLA Asad Abidi 教授)



世界に目を向ける

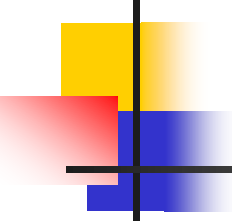
UCLA is truly international

「短期ではなく長期留学で来なさい。

かつては台湾、今は中国、そして韓国、イランからの留学生が多い。日本からは少ない。」

(UCLA 伊藤龍男 教授)





今の仕事が注目される

No body at UCLA keeps score on who you are.
They just want to see what you do.

UCLA 伊藤龍男 先生:

マイクロ波工学の権威。

最近は左手系材料のパイオニア、先端研究を牽引。

スポーツも強い

A life is not important
except in the impact it has on other lives.

- Jackie Robinson

(黒人初のメジャーリーガー, UCLA卒業生)



短期留学報告

留学期間: 9/11-25

加藤啓介

群馬大学 工学部 電気電子工学科
情報通信システム第2研究室

短期留学の目的

- カリフォルニア大学ロサンゼルス校
(University of California , Los Angeles : UCLA)
で共同研究内容を進めると共に先端技術に触れる
- アナログテストの国際学会ITC(International Test Conference)でポスター発表

UCLA概要

- 広大な面積を有する(1.7km²)
- 5つの学部と7つの大学院で構成
- 学部だけでも100以上の学科がある
- スポーツにも力を入れ、多くのプロ選手を輩出



UCLAで行ったこと

- UCLAの校内を見学
- Abidi 先生との共同研究
- Abidi 先生による位相ノイズとジッタについての講義
- UCLAの教授と会談
- 企業見学



Abidi先生との共同研究

Abidi先生と新井さん、小林先生の共同研究

進捗報告・今後の方針決定
手分けしてシミュレーションを実行



Abidi先生の講義

位相ノイズとジッタについて
教えてもらった



UCLAの教授と会談

A.Abidi先生



伊藤龍男先生



F.Chang先生



B.Razavi先生



企業見学

- ・通信技術開発企業

熱意をもって仕事に取り組んでいた



- ・ソフトウェア開発会社

楽しく自由な空間で仕事していた



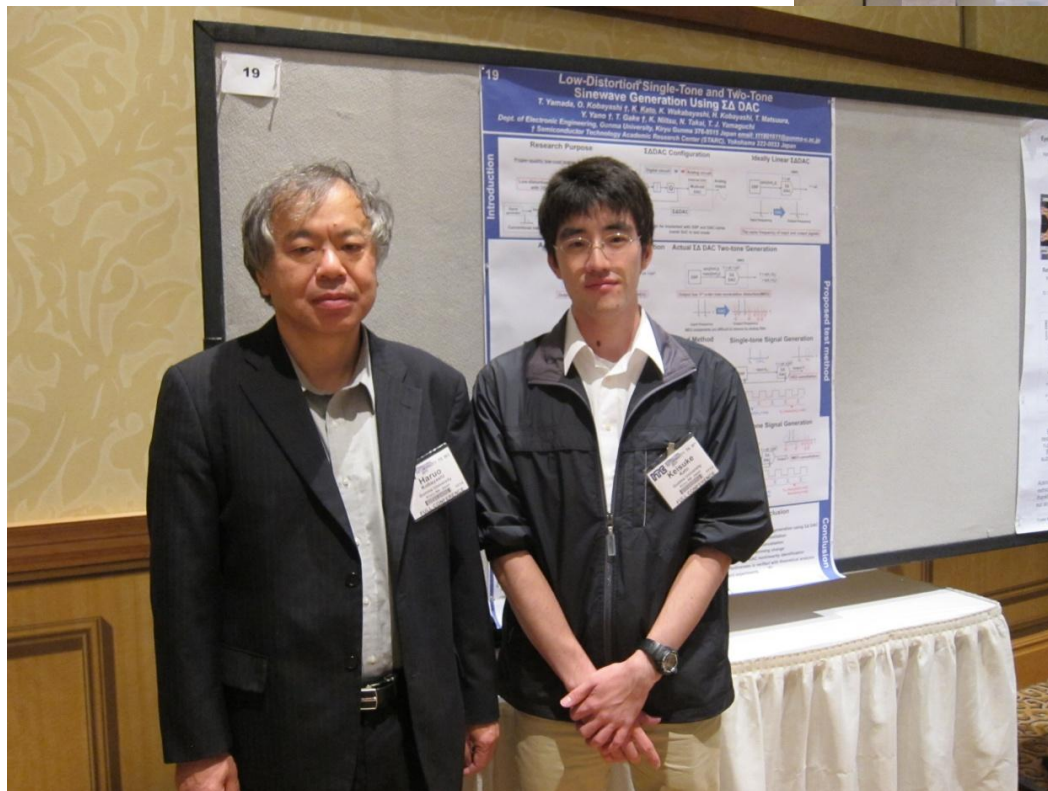
ITC 9/18-23

会場 ディズニーランドホテル
カリフォルニア州 アナハイム

チュートリアル 12
テクニカルセッション 17 (採択率30%)
ポスターセッション 37 (採択率50%)
ワークショップ 3



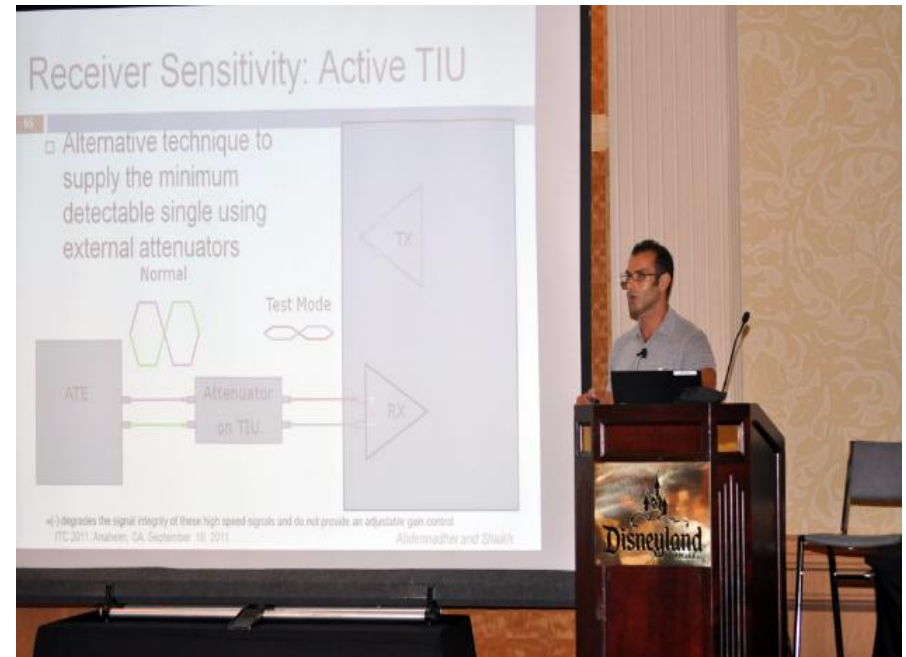
ポスター発表



チュートリアル

Mixed Signal のテストに関する内容

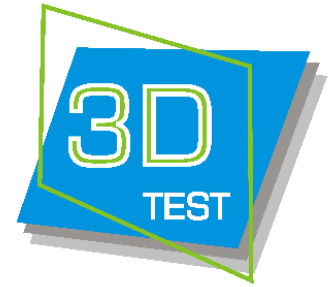
テストの基本的なことから、最近の技術動向について



ワークショップ

3DLSIテストに関する内容

3DLSIテストとはどのようなものか
基本的な用語
テストの問題点



注目度が高く多くの人に参加した

短期留学の感想

- 英語を学ぼうと思った
- 外国人に対する考えが変わった
- 研究への熱の入れ方に感動した
- なかなかできない経験ができて良かった

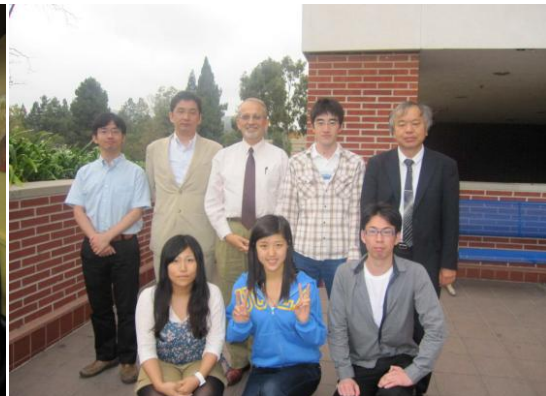
海外短期留学報告書

群馬大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 修士 1 年

氏名： 高 虹

私は 2011 年 9 月 11 日から 23 日の間、アメリカに短期留学しました。今回の留学の目的は二つあります。一つはアナログ集積回路分野を誇る U C L A (University of California Los Angeles) でアナログ回路についての勉強です。もう一つは国際学会 CICC(Custom Integrated Circuits Conference)への出席です。

まず、UCLA を見学しました。キャンパスの広さと整備の完璧さに驚きました。その後、Asad A. Abidi 教授の研究室を訪問し、共同研究の打ち合わせや内容に関する論文調査をしました。その間に、Asad A. Abidi 教授から色々な研究に関する話を伺う事ができました。特に私たちは回路を設計する時にシミュレーションの結果を過信する傾向があります。シミュレーションの結果より理論に関する分析や自分の考えることのほうがもっと重要だと教えられました。滞在最終日に Abidi 教授にジッタと位相ノイズに関する講義をしていただきました。難解な内容を分かりやすく説明して頂いて、とても勉強になりました。



また、UCLA では Prof Itoh、Prof Razavi, Prof. Chang など世界的に有名な先生と面会し話を伺うことができました。これからの電気自動車時代に、今後は電源技術が重要になるとの話が印象に残りました。



また、カリフォルニア州南部の有名なチップを作る企業と世界トップクラスのソフトウェア会社を訪問しました。従業員にインド系や中国系の人が多いと感じました。

9月18日から22日の5日間は、シリコンバレー（San Jose）で開催された CICC に参加しました。CICC は集積回路分野ではとても権威のある学会です。世界中アナログ技術の最新動向を知ることができました。特に最近はアナログ技術を人体に応用する論文が注目されておりました。電源技術に関する発表では私が今やっている研究内容と近いものもありました。これはとても参考になりました。この事に触発され、自身の回路を改善し、このような立派な会議で発表できたらと思います。

今回の短期留学を通して専門分野の知識だけでなく、研究を進める方法や沢山の有益なインフォメーションを集める事ができました。とても勉強になりました。今回の経験で研究に対する意欲も数段高まりました。短期留学でアメリカの文化とアジア文化の違いを体験できました。将来に海外との交流する機会に役に立つ事と思います。

UCLA短期留学報告

群馬大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻
情報通信システム第2研究室 小林研究室

2011/10/31

修士1年 新井 美保

短期留学内容

留学先 : University of California, Los Angeles (UCLA)

期間 : 2011年9月11日～9月17日

内容 : 学校見学・研究室見学

教授との対談

研究の打ち合わせ etc...



校内の様子

広い

1.7km^2 = 東京ドーム131個分



設備



カフェテリア

ハンバーガー・タコス・ピザ・中華 etc...

UCLAショップ

洋服・文房具・日用雑貨 etc...

本屋

スーパー

ゲームセンター etc...

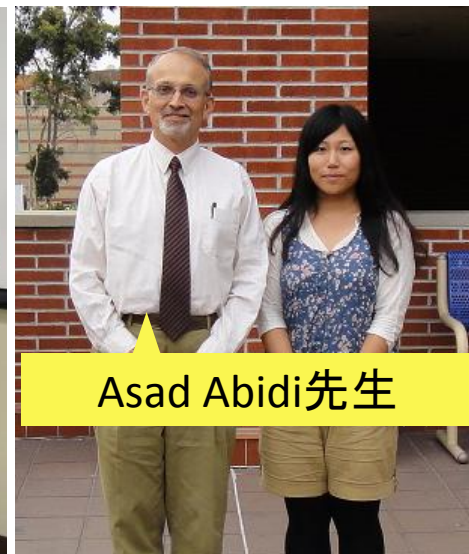


優れた施設・充実した環境



勉強だけに縛られず有意義な学生生活を送れる

教授方との対面



研究打ち合わせ

進捗報告

指摘

問題点・改善点



検証

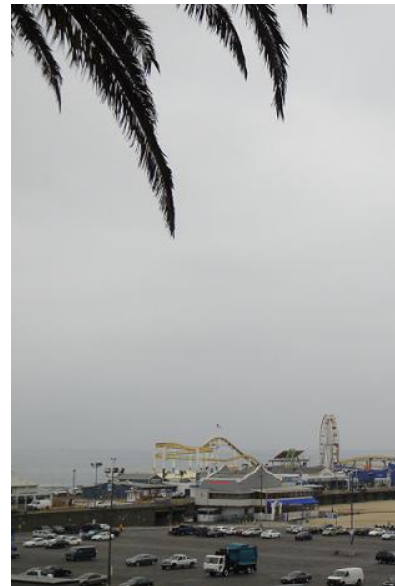


新たに進捗報告

今後の指針

企業訪問

某有名企業を訪問



食事



感想

Abidi先生と直接議論したこと
著名な先生方と対面したこと
UCLAで研究生生活を送ったこと
異文化の中で生活を送ったこと

海外でしか経験できないこと

||

貴重な体験

■ 気づいたこと

語学力の低さ ⇒ コミュニケーションが上手く取れない



語学力向上 ⇒ 世界に通じる人になる

短期留学報告書

群馬大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻
修士 1 年

新井 美保

私は 2011 年 9 月 11 日から 23 日まで、アメリカへ短期留学に行きました。前半一週間では UCLA(University of California, Los Angeles)に行き、私の共同研究者である Asad.A.Abidi 先生のもとで研究をさせて頂きました。Abidi 先生と間近で議論し、直接意見をもらうことは日本ではできない経験であり、とても刺激的でした。また、学科長を始め、著名な先生方との対談、研究室や校内見学等、我々に対して多くの配慮をして頂き多くの経験をする事ができました。研究室や校内見学では、優れた設備や充実した環境を目の当たりにし、日本の大学との差を感じました。特に、校内にゲームセンターがあることには大変驚きました。UCLA のように開放的な環境で自分を自由に表現し、勉強だけに縛られるのではなく、のびのびとした研究生活を送ることも、研究者として大切なことなのかなと思いました。

UCLA 滞在期間中には大手企業へ見学をすることができ、そこでは徹底した秘密保持対策をとっていることを知りました。つまり、世界を代表するほどの企業は情報漏えいに対して大変シビアであり、必要以上に自分の手の内を見せないということも、経営戦略の一つとして重要なことなのだと学びました。

短期留学後半の一週間は CICC(Custom Integrated Circuits Conference)に参加しました。CICC では様々な国籍の人々が回路というたった一つのキーワードをもとに、どんどん交流を広めていく姿を見ました。その姿を見ていると、国籍や文化などは関係なく何か一つの共通点さえあれば、人はこんなにも広く、そして深く関わり合うことができるのだと感銘しました。

二週間の短期留学は、多くの経験をする事ができ、とても価値のある時間となりました。二週間を通して、私自身の語学力の無さを痛感しました。とっさに話しかけられると戸惑ってしまい、スピーディーなやり取りは聞き取ることが難しく、発音が悪くて理解してもらえない。とにかく自分の語学力の低さが、今回の短期留学でもっとも障害になった点だと思います。そのため英語を勉強する機会をもっと増やそうと思いました。そして他の人に頼らず、自ら外国の人と交流できればと思います。

Abidi 先生のもとで過ごした一週間はとても刺激的で、大変貴重な時間を過ごすことができました。もし英語を完璧に理解することができ、もし一週間だけでなく長期的に滞在することができたなら、私は更に前進することができたのではないかと思います。今回の短期留学で経験した悔しさを今後の課題とし、精進していきたいと思います。そしていつか、Abidi 先生のような凄い先生の下へ長期留学し、先生とともに研究を行えたらどれだけ素敵だろうと思います。

今回の短期留学を通して、語学力の必要さ、多国籍の人々が関わる素晴らしさ、そして留学への興味関心がより一層深くなりました。

短期留学報告書

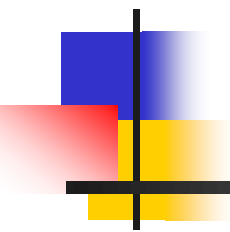
Behzad Razavi 先生との対談



Asad.A.Abidi 先生

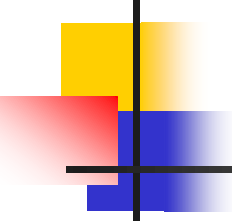


2014年5月9日



日米の大学 私感

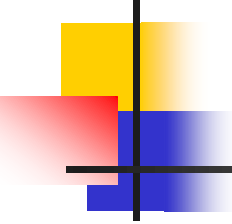
群馬大学大学院 工学研究科
小林春夫



アインシュタインの言葉

「大学の教育の価値は、
事実を数多く学ぶことではない。
教科書からは学べないことを考えるよう、
頭を鍛えることである。」

「学校で学んだことを
一切忘れてしまった時に、
なお残っているもの、それこそ教育だ。」

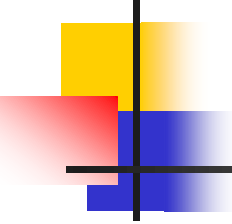


「学び」と「教え」の姿勢

「稽古とは、一より習い十を知り、
十より返る、もとのその一。」

(千利休)

「知って覚えたことを
直ぐに言葉には出すことをせず、
不断に学び続けて、
これを人に教える。」 (論語)

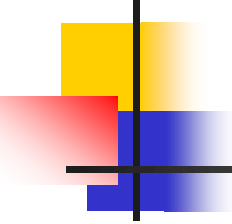


大学での教育研究

「大学は専門的な知識を成果に結びつける、
そのやり方を教えるところである。」

「大学はさまざまな専門分野の知識を集めて
成果に結びつけるところである。」

(ドラッカー)



知識、情報の活用

「知識の奴隷になるのではなく、
知識を縦横無尽に使いこなす。」

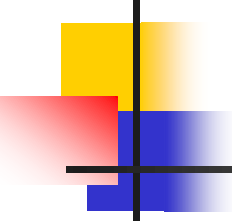
(松下幸之助)

「知識」は本の中にはない。

本の中にはあるのは「情報」である。

「知識」とはそれらの「情報」を仕事や成果に
結び付ける能力である。

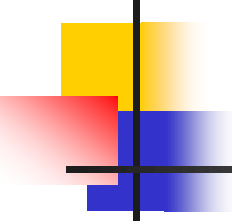
(ドラッカー)



研究室での教授の役割

「一つの発想をし、目標を皆に示す。
その最初の発想は、指導者みずからが
やらなければならない。」(松下幸之助)

「将たる者、方向を指示し、兵站す。」



教師像を考える

The mediocre teacher tells.

凡庸な教師は指示をする。

The good teacher explains.

良い教師は説明をする。

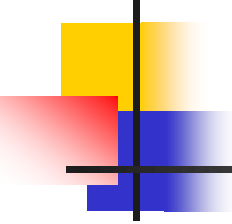
The superior teacher demonstrates.

優れた教師は範となる。

The great teacher inspires.

偉大な教師は内なる心を揺り動かす。

(教育学者 William Arthur Ward)



良い研究のためには 素人発想、玄人実行

「発想は、単純、素直、自由、簡単でなければならない。

発想を実行に移すには知識がいる。

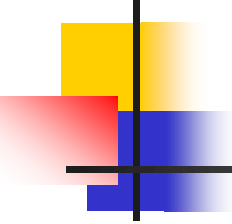
習熟された技がいる。

考えがよくても、

下手に作ったものはうまくは動かない。」

(カーネギーメロン大学 金出武雄 教授)

Naysayer: ノーという人。
Nay = No



「悪しき専門家」になるな

新しいことをやろうとする。

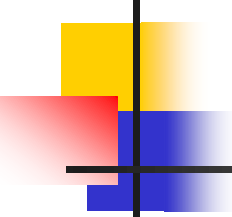
トラブルに対処する提案をする。



できないという理由をすぐ5つあげる。

A winner finds solutions, a loser finds excuses.

解決策を見つける人は勝者となり、
言い訳を見つける人は敗者となる。

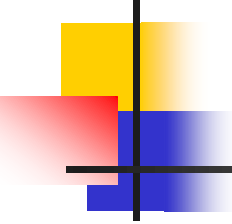


「研究成果を公表する」 アカデミズムの世界では重要

新しい知見・研究結果



公開・発表してはじめて意味をもち
成果として認められる。



米国一流大学は厳しい

● 教員

任期制。 Tenure をとるまで大変。

研究成果をあげ論文を書かねば生き残れない

Publish or Perish

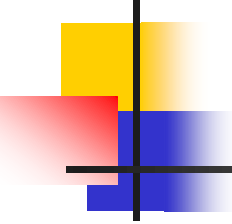
学生の授業評価も 教員の重要な評価項目

休講したら必ず補講を行う(契約社会)

● 学生

卒業が大変

教員、学生はハードに仕事・勉強する。



米国一流大学の工学部

中国の
精華大学
復旦大学等の
一部でも

- 教授は産業界との共同研究



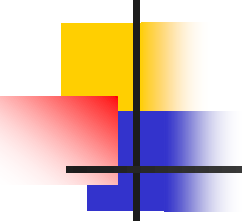
- 最先端の研究テーマ

産業界によい研究テーマ・先端技術情報あり

- 共同研究費の一部をテーマ担当の
大学院生の奨学金(生活費、授業料程度)に

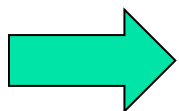


- 大学院生は産業界の先端技術を身につけ
ハイテク企業に就職



産学連携で 大学 工学部のレベル向上

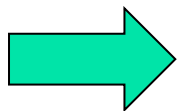
- “Who is your academic advisor ?”



“I am working for Prof. YYY.”

(YYY教授から奨学金を得て依頼研究をしている)

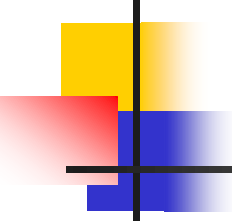
- 大学院の指導教員



academic advisor (supervisor ではない)

大学院生が主体的に研究を行う

- 教授は企業研究者・技術者との交流の中から研究テーマを見つけている。



産学連携の歴史

米国では

かつては 大学は「象牙の塔」

第2次大戦中： 大学、研究所は

軍と共同で軍事研究

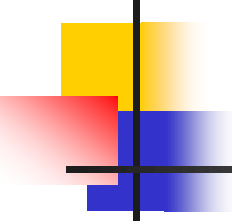
終戦後： 産業界と一緒にやる

→ うまくいった。

日本：

1999年頃、産業界の要請で

文部科学省が大学を指導



地域と大学

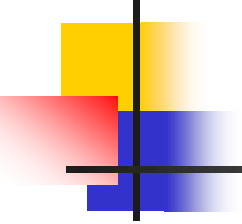
「シリコンバレーのみならず、元気の有る企業や地域には必ずその核となる大学が御座います。企業は社会のニーズを捉えるには長けていますがその実現には、原理原則からのアプローチが壁を破る為に必要な場合があります、大学の先生方からのご支援が良い結果を生み出して居ります。勿論、優秀な卒業生に活躍頂く場を提供して、好循環を作り出しています。」

（シリコンバレー在住者より）

米国の一流大学での 博士課程修了学生

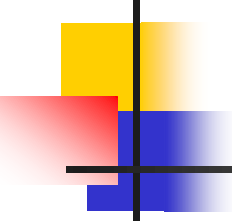
- 学界だけでなく産業界もリード。
- 博士号取得者は産業界でも高く評価され、給与、地位がよい。
- 博士号の有無は歴然とした社会的立場の差あり
- 幅広い知識
Major (専攻) と Minor (副専攻)2つ
- レベルも高い。Doctor of Philosophy ↔ Ph.D.
- 日米競争力の差との指摘もある。

↓
日本でも求められつつある。



博士号取得者には 幅の広さが期待される

「ハードウェア技術者にとって
最も重要なものはソフトウェア技術。
ハードウェアとソフトウェアの接点部分に
大きなビジネスチャンスがある。」
(プレスコット、(元)三洋電機 小山博氏)



博士課程で長所を伸ばす

台湾、米国トップの設計会社のIC

チップ面積が小さい 低コスト化

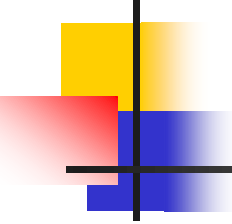
クロック周波数が低い 低消費電力

プロが設計 競争力のあるICの戦略

↔ とりあえず動く IC

100人のgeneralist より1人のspecialist

Specialist 育成・教育と受け入れるシステム



なぜ米国から新しいものが生まれるか

「米国では different であることを好む。

日本では uniform であることを好む。」

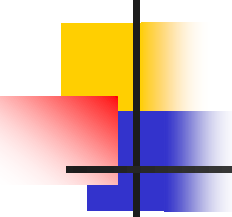
(ソニー 盛田昭夫氏)

米国は多民族国家。

多様性が特徴。

公平性(Fairness), オープン性を重要視。

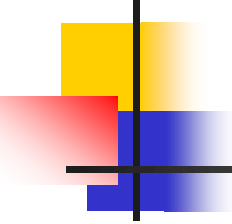
米国で一番 = 世界で一番



新しいアイデアを生み出す

「創造力とは、いろいろなものをつなぐ力だ」
(Apple社, Steve Jobs)

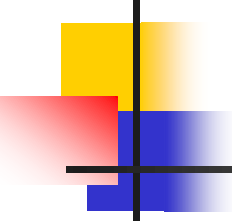
「イノベータは関連づける力のある人。
経験・知識が豊富になるほどその能力が高くなる。
新しいものを見たとき、新しい関係に気がつき、
その一部が斬新なアイデアになる。」
(Harvard University の調査研究結果)



米国の大学（ふところ）の深さ

世界中から 国、民族を問わず
優秀で意欲のある人を受け入れ、
高いレベルの教育を与え、
卒業後は能力を発揮できる職を得る
機会を与える。

教員も結果として様々な国籍、民族・人種

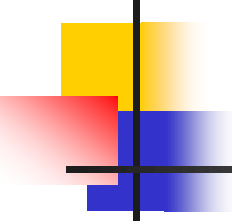


留学生の受け入れ

米国は移民の国。

意欲があり能力が高い留学生を
積極的に受け入れる。

受け入れは(米国に)費用がかかるが、
自国に利益をもたらすことを
経験的に知っている。



日本社会と米国社会

日本： 均一な試験の最低点で比較する

（大学入学試験の偏差値）

最低点、平均値の引き上げ

均一なものを大量生産するのに適す

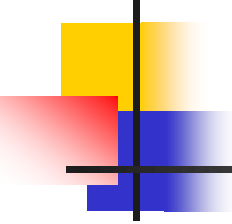
米国： 最高点を伸ばす

新しいものを生み出すのに適す



両方重要。日本はもっと「最高点で競う」

「最高点を伸ばす」という発想も必要



「企業での即戦力」の大学教育とは

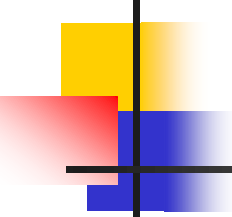
米国企業 → 「大学新卒を一括採用・新人教育」
ということはない。

一つの職のポジション得るために 大学新卒者と
その分野で何年か経験ある人が競う。

大学での即戦力教育

→ 新卒者がその分野の経験者と競争できる教育

「今の大学教育を少し企業にベクトルを向ける」
という発想ではない。



世界に目を向ける

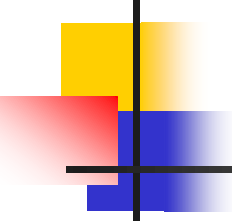
世界(海外)と協力、交流できる力をつける。

世界と競争できる力をつける。



結果として、「日本」「地域」への
大きな貢献にもなる。

「日本の。。。」「地域の。。。」の発想だけでは
できる仕事・貢献は限られてしまう。



研究とその発表は強力な武器

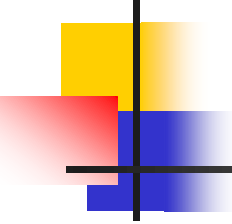
よい研究をしてよい発表を行う。



- 研究者、研究機関、産業界と容易に交流できるようになる。 (よい情報が集まる)
- 大学の、研究者・高校生・産業界に対する対外的なアピール (よい人が集まる)
- 研究予算が獲得しやすくなる。

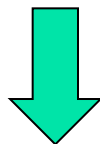


ポジティブ・フィードバック



志を高く持つ

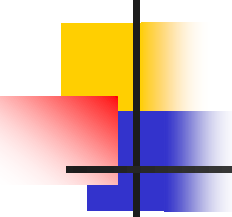
研究成果の学会・論文発表



「この分野の技術・産業を
振興するために行う」という気持ちで。

功名心を捨てる。

「智名なく勇功なし」(孫子)



「即戦力教育」、「実利」だけでは 大学に人は集まらない

「この地上で大学ほど美しいものは、そう多くはない。
なぜなら、そこには無知でありたくない人たちが
真理探究のために集まり、
真理を知った人たちが、
それを広めようとしているからである。」
(英国 教育者、ジョン・メイスフィールド)

「私が数学の研究をするのは人間の名誉のためだ」
(フランス 数学者 アンドレ・ヴェイユ)

ケーススタディ:

UCLA に2011年9月に学生と訪問 University of California, Los Angeles

かつて、米国では
西海岸は東海岸に比べて「田舎」。
現在、大学も急速に発展している。
多様性を受け入れ、活力に溢れている。



UCLA

(University of California, Los Angeles)

米国カリフォルニア州ロサンゼルス市に本部を置く
アメリカ合衆国の州立大学

5つの学部と7つの専門大学院から構成



校内の様子

1.7km² = 東京ドーム131個分

広い



設備



カフェテリア
ハンバーガー・タコス・ピザ・中華
etc...

UCLAショップ
洋服・文房具・日用雑貨etc...

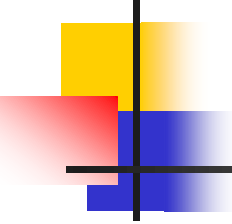
本屋
スーパー
ゲームセンター etc...



優れた施設・充実した環境



勉強だけに縛られず有意義な学生生活を送れる



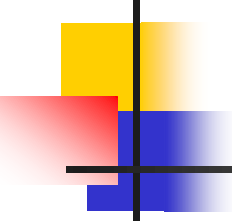
アカデミックな側面

UCLAは 2011年発表の
世界大学ランキング 13位
(上位はほとんどが米国の大学)

アナログ集積回路設計分野では
何人もの著名な教授をそろえている。

Prof. A. A. Abidi

Prof. B. Razavi 他



新しいものを創造する

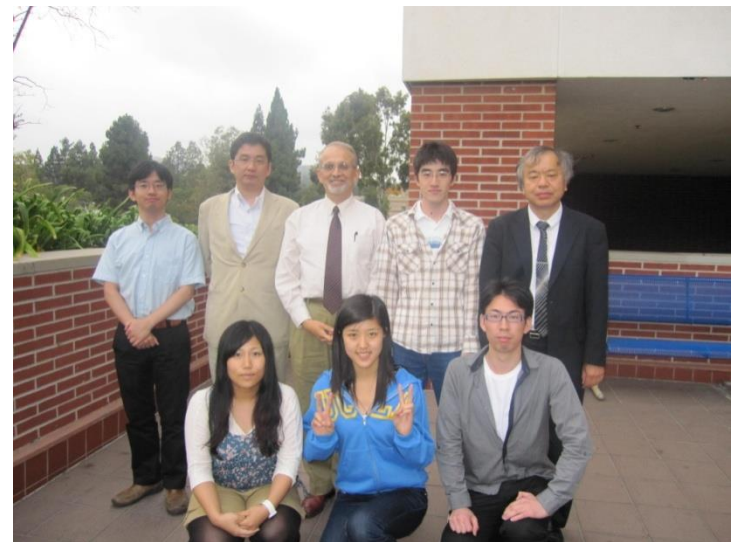
UCLA is not just a school of engineering.

- It is a place where
real world solutions are created.

We do more than pass out knowledge
around here. **We create it.**

研究に対する哲学

「アナログ集積回路設計において、
根本的・本質的(Fundamental)なことを明確にし、
新概念を創出し
集積回路として実証
(Silicon Proof)するのが
大学の研究者である。」
(UCLA Asad Abidi 教授)



世界に目を向ける

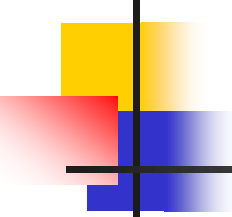
UCLA is truly international

「短期ではなく長期留学で来なさい。

かつては台湾、今は中国、そして韓国、イランからの留学生が多い。日本からは少ない。」

(UCLA 伊藤龍男 教授)





今の仕事が目される

No body at UCLA keeps score on who you are.
They just want to see what you do.

UCLA 伊藤龍男 先生:

マイクロ波工学の権威。

最近は左手系材料のパイオニア、先端研究を牽引。

UCLAからの起業

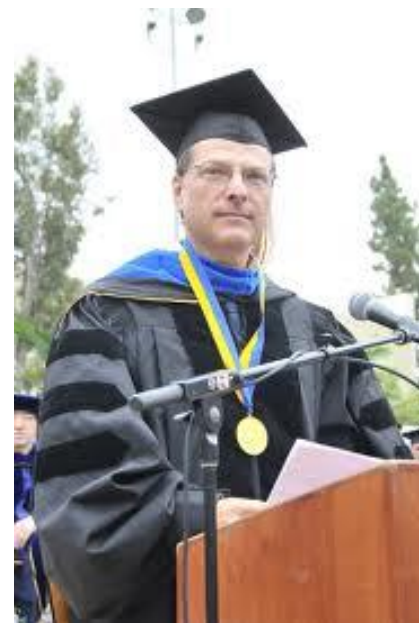
Prof. Henry Samueli

1987-89 UCLA留学当時のDSP分野

- MIT Prof. A. Oppenheim
DSPの神様
- Georgia Institute of Tech.
多数のDSP 研究者
- UCLA Prof. Samueli グループ
DSPアルゴリズムだけでなく それを
フルカスタムLSIで実現できる技術をもつ



Broadcom社が創設される。

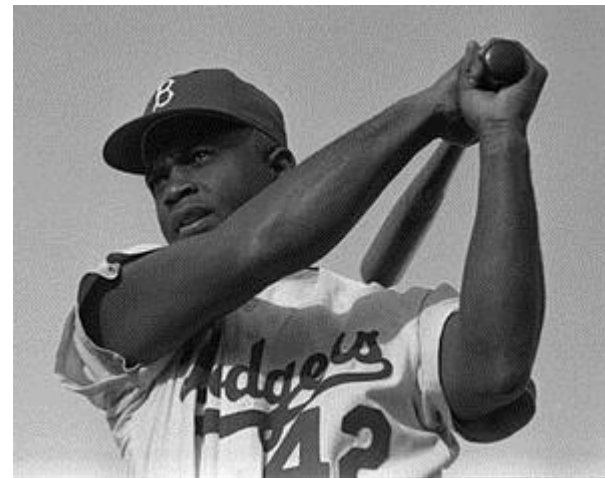


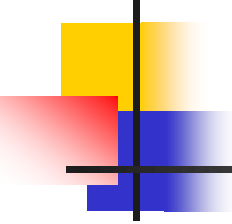
スポーツも強い

A life is not important
except in the impact it has on other lives.

- Jackie Robinson

(黒人初のメジャーリーガー, UCLA卒業生)





まとめ

- 工学部のレベル向上には
産学連携は必須。
- 大学院では 専門性の深さとともに
幅の広さをもつ人材育成が重要。
- 実践的研究教育は時代の要請。
- 「すぐに役に立つ学問は
すぐに役に立たなくなる」の側面もある。
が、結果として米国流はうまくいっている。