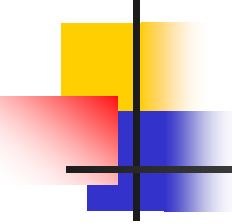


エレクトロニクス、半導体の技術産業

ー 今、なぜアナログか ー

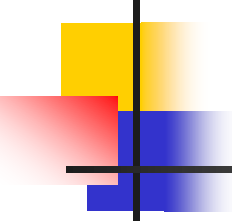
群馬大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻
小林春夫

連絡先: 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1丁目5番1号
群馬大学工学部電気電子工学科
電話 0277 (30) 1788 FAX: 0277 (30)1707
e-mail: k_haruo@el.gunma-u.ac.jp
<http://www.el.gunma-u.ac.jp/~kobaweb/>



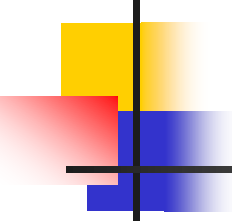
内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ



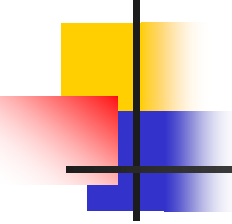
内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ



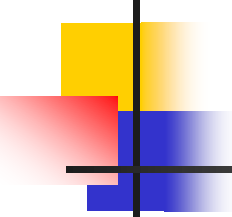
エレクトロニクスの歴史

- 電子の発見から110年
- トランジスタの発明から60年
ベル研究所 ウィリアム・ショックレイ氏 ら
- 集積回路の発明から50年
インテル社 ロバート・ノイス氏
テキサス・インスツルメンツ社 ジャック・キルビー氏
- 物理学の一分野にすぎなかったエレクトロニクスは
学問的・技術的および産業的に急速に発展してきた。



エレクトロニクスと産業

- 多くのものは 価格は年々上昇
- 値段が変わらないのは卵
- 半導体、エレクトロニクス製品は
年々性能が急速に向上し、
かつ値段が下がっている。
- 半導体、エレクトロニクス製品の良悪は、
子供、主婦等でも判定できる。



半導体産業の状況

- **米国：** 90年代になり復権
マイクロ・プロセッサ技術、アナログ回路技術
- **欧州：** 携帯電話関係で生き返る。
- **アジア諸国：**
韓国、台湾、シンガポール等の急成長
- **日本：** 90年代になり競争力低下。
復権・生き残りをかけて様々な施策。

アナログとは？ デジタルとは？



速度



音



色、光

風

気温



自然界の事象は
アナログ

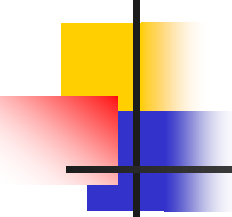
ATN 麻殖生健二氏
作成資料

自然界 — 連続量
アナログの世界

例) 音、光、温度、圧力

計算、メモリの世界 — 離散量
デジタルの世界

例) パソコン、CD、DVD、デジカメ



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

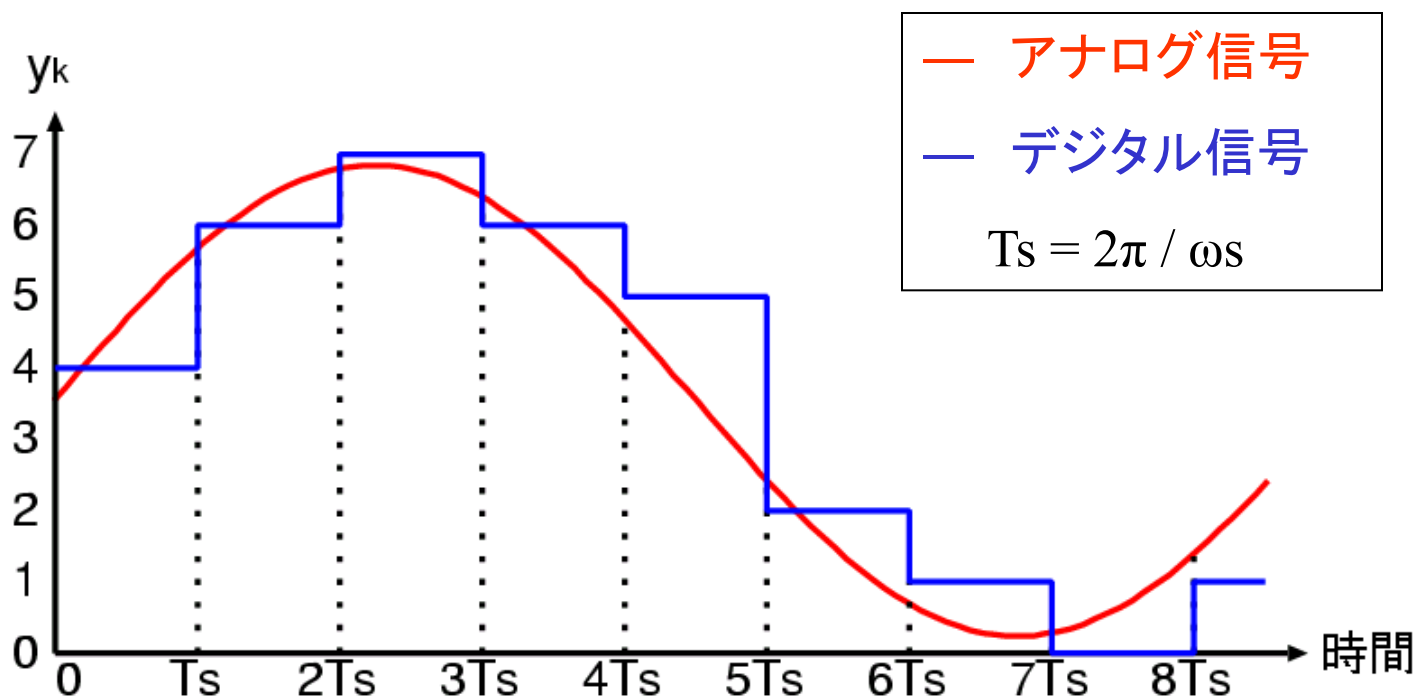
例：自然界の信号（音声、電波）、アナログ時計
「坂道」

デジタル信号

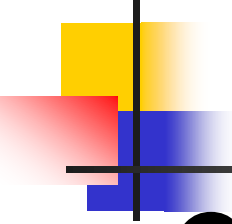
離散的・数値で表現された信号

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
「階段」

アナログ信号とデジタル信号

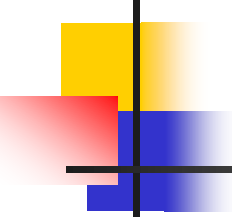


デジタル信号はアナログ信号レベルを
四捨五入（または切り捨て）



デジタル回路 (1)

- 0, 1の世界
- 多くの計算・信号処理はアナログからデジタルへ移行。**デジタル計算機**全盛。
- **長所**:
 - ソフトウェアによるプログラマビリティ
 - 高精度**、ノイズに強い。
 - 大容量メモリをもてる。
 - LSIの微細化の恩恵を受ける。
 - 回路設計が比較的容易。



デジタル回路(2)

- 短所:

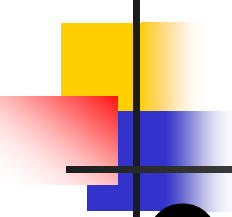
回路規模が大きくなりやすい。

消費電力が比較的大きい。

➡ 半導体微細化により問題軽減されつつある

- ほとんど全てのデジタルLSIは
CMOSで作られている。

ex. マイクロコンピュータ、
スーパーコンピュータ

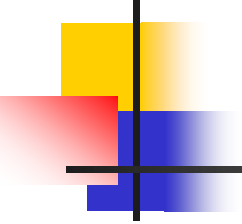


アナログ回路

- **長所**： 高速処理が可能
- **短所**： 低精度
- 自然界の物理的信号はアナログであるので、デジタルとのインターフェースのアナログ回路がなくなることはない。むしろより高性能なアナログ回路が要求されている。

例： 携帯電話の送受信回路

- 米国ではアナログ回路技術者の給料はデジタル回路技術者の1.2－1.5倍



デジタルは「回路」より 「ソフトウェア」に近い

誤)

ソフト ソフトウェア

ハード

デジタル
アナログ

正)

ソフトウェア
デジタル

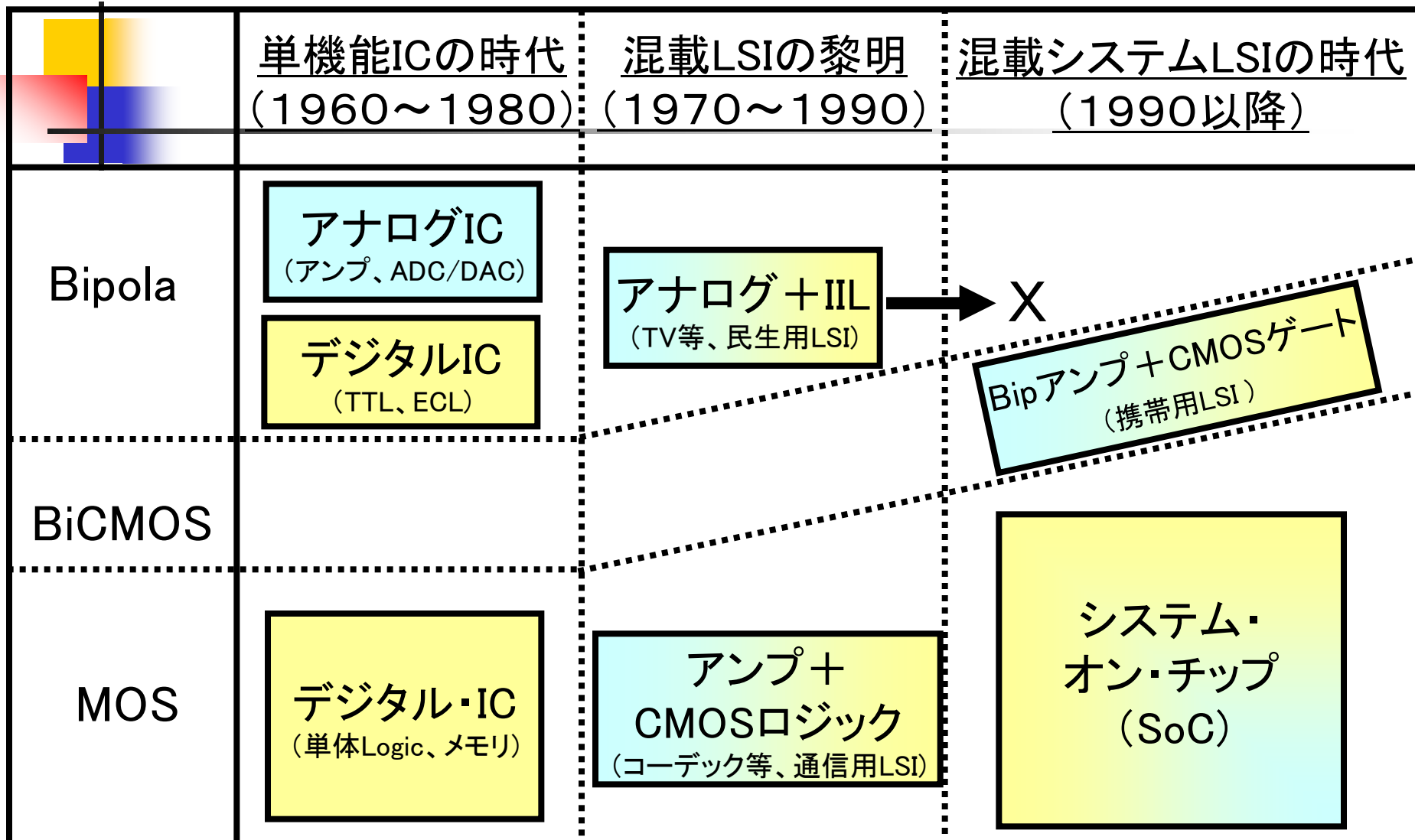
アナログ

情報工学

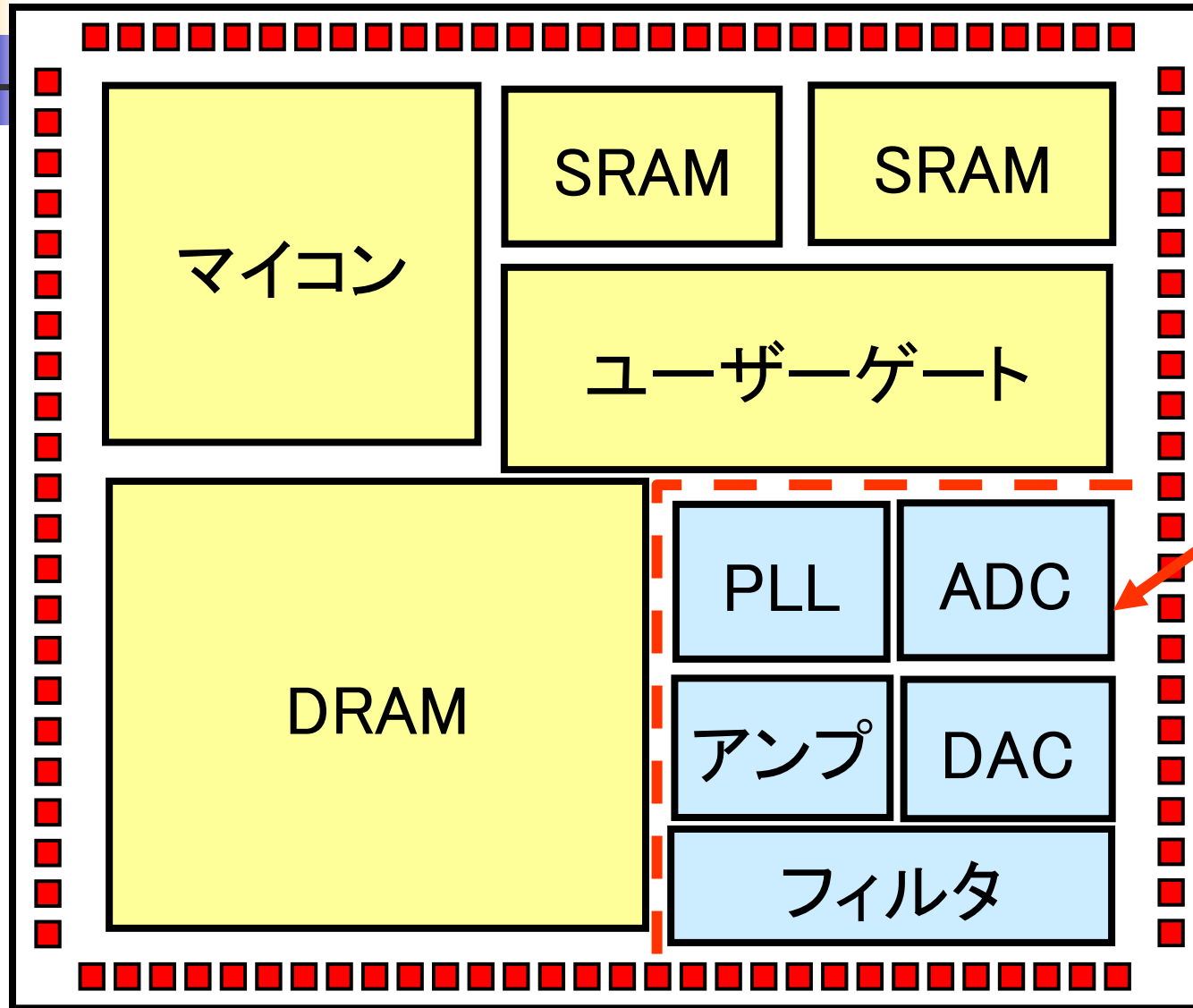
電子工学

デジタルはソフトウェアの如く設計する。
デジタルは回路の工夫の余地は少ない。

アナログ・デジタル混載LSIの歴史



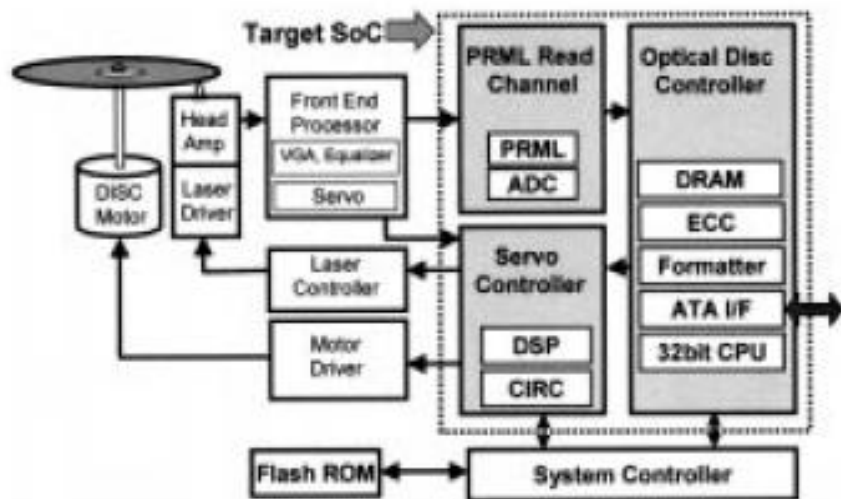
アナログ・デジタル混載システムLSI (SoC: System on Chip)



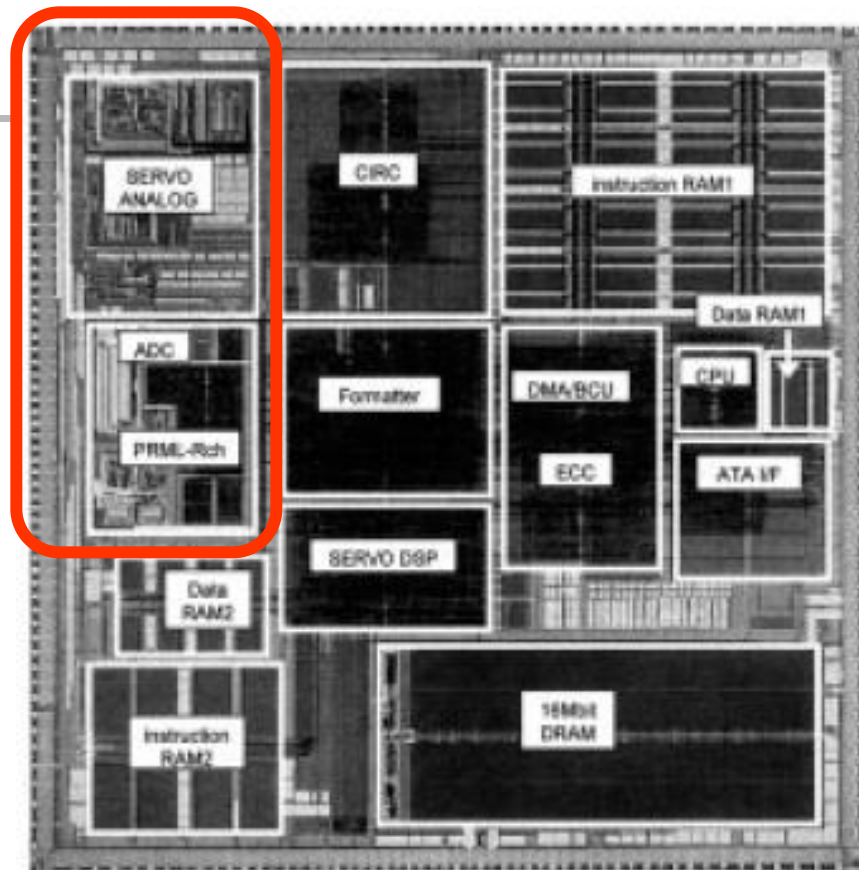
アナログ
領域

ATN 麻殖生健二氏
作成資料

アナログ・デジタル混載システムLSI例 (DVDシステム)



アナログ領域



Read Channel Maximum Operating speed	432Mbps (DVD 16x playback)
Package	208 pin LQFP
Process technology	0.18um triple-metal CMOS
Power supply	5.0V $\pm$ 0.5V (ATA I/F) 3.3V $\pm$ 0.3V (Analog) 1.8V $\pm$ 0.15V (Digital)
Built-in DRAM (read/write buffer)	16Mbit
Die size	144mm ² (12.0mm x 12.0mm)
Number of transistors	24M
Power Dissipation	1.2 W@432Mbps (DVD 16x playback)

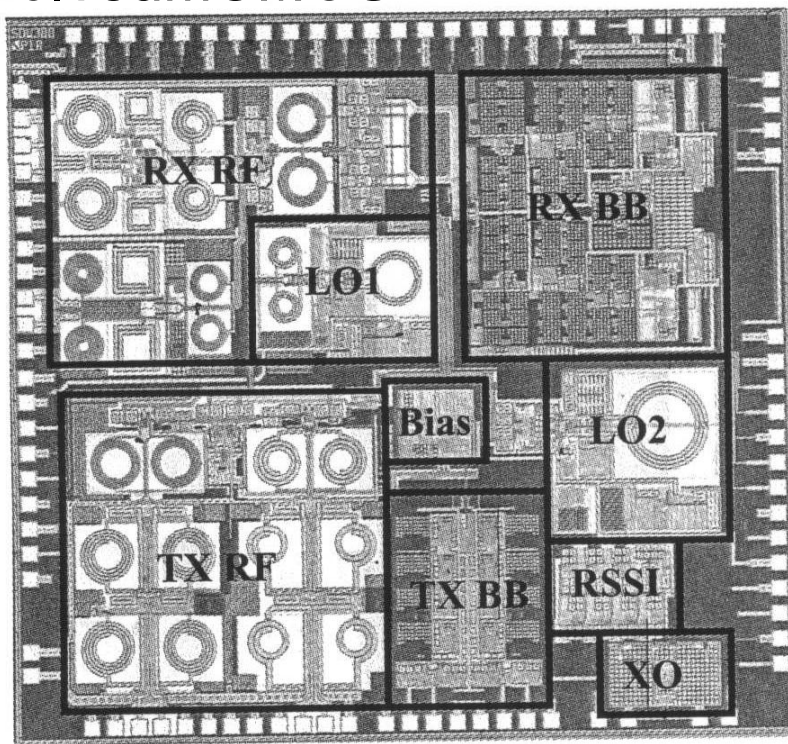
出典: T.Yamamoto, et al (松下電産)

“A Mixed-Signal 0.18um CMOS SoC for DVD Systems with 432Mbps PRML Read-channel and 16Mb Embedded DRAM”
IEEE, JSSC Vol.36, No11, 2001, pp1785-1794

アナログ・システムLSI例 (WLAN トランシーバ)

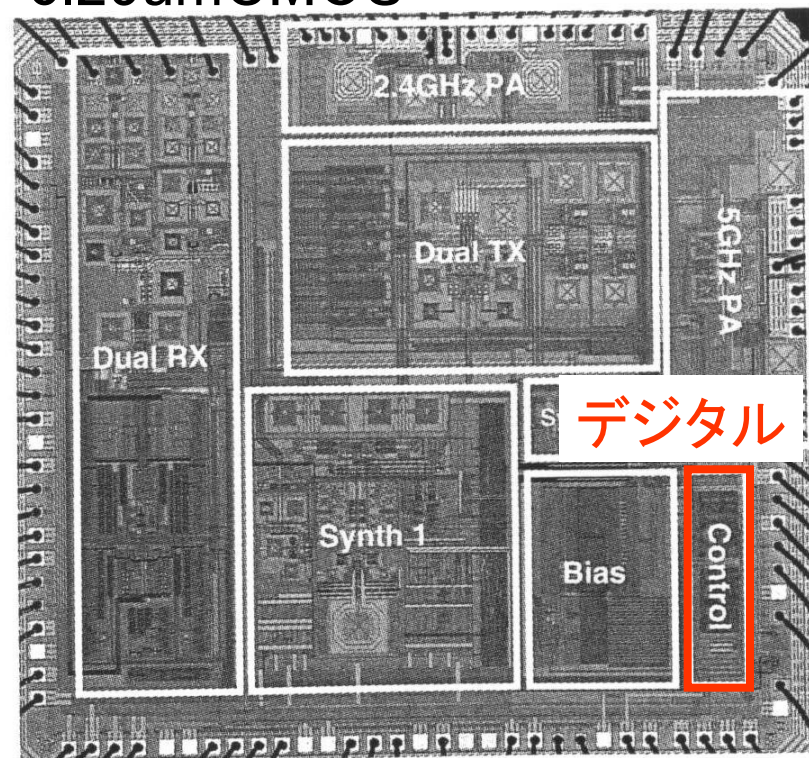
GHz帯の超高周波用アナログLSIもCMOSで実現

0.18 μ m CMOS



出典: R.Ahola, et al (Spirea, Finland)
“A Single-Chip CMOS Transceiver for 802.11a/b/g WLANs”
ISSCC2004, 5-2, pp92-93 (2004.2)

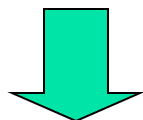
0.25 μ m CMOS



出典: M.Zargan, et al (Atheros, USA)
“A Single-Chip Dual Band Tri-Mode CMOS Transceiver for IEEE
802.11a/b/g WLAN” ISSCC2004, 5-4, pp96-97 (2004.2)

現在のエレクトロニクスでの アナログ技術の位置づけ

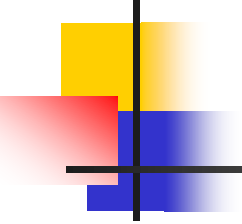
- デジタルは偉大な技術。
- アナログ技術の理解はデジタル技術への Appreciation（敬意）からはじまる。
- 現在要求されているアナログ技術はデジタル技術を生かすためのもの。



デジタル時代のアナログ技術

デジタルの基礎 2進数

デジタルも面白い



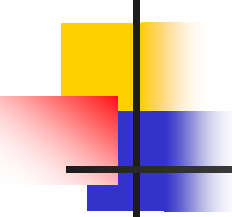
今から310年前、1692年のパリ
哲学者、数学者、科学者 **ライプニッツ**
(**Gottfried Wilhelm Leibniz**)

「**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。

(慶應義塾大学 青山友紀先生資料より)



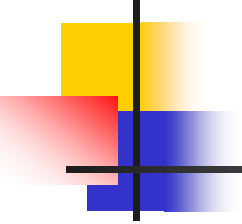
なぜアナログ技術か

- デジタルはメインの技術、
アナログはキーの技術
 - 製品を差別化するのはアナログ技術
 - 携帯電話の電波の送信・受信部
 - デジタルのマイクロ・プロセッサの
クロック周波数がGHz オーダー
-  動作させるためにはアナログ技術が必須
- 高効率電源回路

アナログがなぜ重要か

差別化技術としてのアナログ

- 高速でデジタル回路を動作させる
- アナログとデジタルとのインターフェース
高速・高精度AD/DA変換器
- 高周波回路技術
(CMOS1チップトランシーバー)
- 高効率電源回路
- EMIの問題への対処 等で
きわめて重要



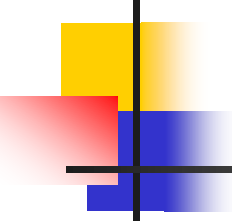
アナログがなぜ重要か

高付加価値と設計困難さ

- アナログICはシリコン単位面積当たりの価格が高い。→ 設計で高付加価値
- システムLSI → アナログがキー

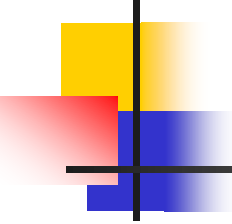
一例

	アナログ	デジタル
回路量	20%	80%
設計工数	80%	20%



アナログ回路技術の分類(1)

- ① ベースバンド・アナログ回路：
オペアンプ、AD/DA変換器、フィルタ回路等
- ② 高周波アナログ回路：
RF回路、高周波アンプ、ミキサ、
発振回路 等
- ③ パワー系アナログ回路：
電源回路、パワーアンプ等



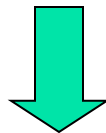
アナログ回路技術の分類(2)

① LSI微細化の流れ:

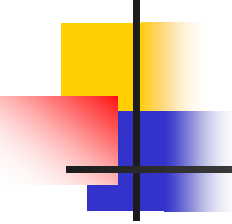
低電源電圧、低消費電力、
高速・高周波アナログ回路

② LSI微細化とは正反対の流れ:

高電圧、大電流、
センサ内臓、機械的可動部(MEMS)

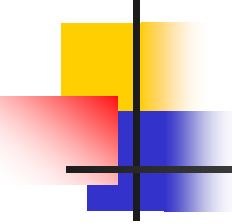


両方のアナログ技術が必要。



アナログ回路技術の分類(3)

- 一般的なアナログ技術とアナログ集積回路技術
両者には大きな差
- システム機器メーカー：
一般的なアナログ技術が得意。
- 半導体メーカー：
アナログ集積回路技術が得意。
(両方得意)。
- アナログ集積回路技術は
相応の設備投資と独自の技術が要求される。



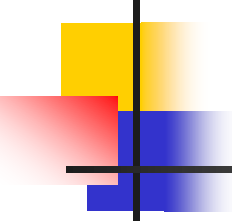
アナログは アンプに始まりアンプに終わる

- オペアンプはアナログの基本
- オペアンプは一見脇役のような回路でも
「最後に回路全体の性能を決めるのは
オペアンプの性能」

ということをしばしば経験。

- アンプの回路に注意を払う

 アナログのプロ



オペアンプはアナログの μ P

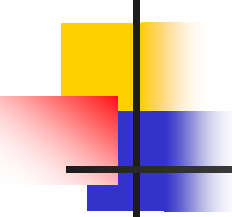
マイクロプロセッサ： プログラムの変更で
様々なデジタル処理が可能

オペアンプ： 周辺回路の変更で
様々なアナログ処理が可能

半導体メーカー：

マイクロプロセッサ、オペアンプを大量生産

「多品種少量生産」を避けられる



「見た目が全く新しい方式」が 次々と生まれる分野ではない

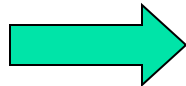
ドラスチックな新しい回路方式は
なかなか生まれない。

世の中のニーズに応じて、
従来ある回路の改良、組み合わせ。

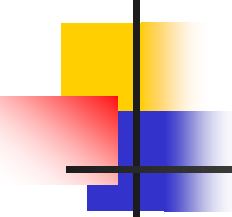
新規性はわずかかもしれない。

「その回路のどこが新しいのか？」

「しかし性能は従来に比べ大幅に向上している。」



玄人受けする回路の研究開発

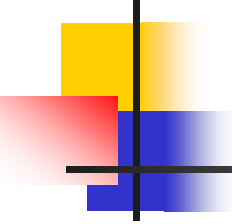


アナログ技術での産業の 経営資源

- 人材
- 技術、技術情報、知的財産
- 設備
- 資金 等

アナログ技術での産業振興のためには
「人材」と「技術」が最も重要。

「設備があればよい、設備がなければできない」
という設備産業ではない。



人材の重要性(1)

国際学会

世界トップのアナログ集積回路国際学会での
発表の多くは特定のグループから。

1つのグループから幅広い分野で新しいアイデアが
次々にでてきている。

例えば、大学では

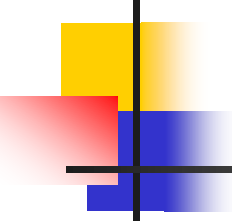
UCB : P. Gray, R. Broderson

UCLA: A. Abidi, B. Razavi

Stanford: B. Wooley, T. Lee

KUL: W. Sansen, M. Stayeart

ETH: Q. Huang

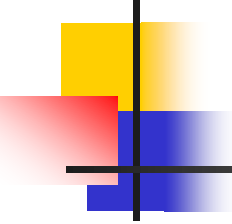


人材の重要性(2) 企業

大企業、ベンチャー企業においても

アナログ集積回路分野では、オリジナルなアイデアを出している技術者・研究者は各グループで(数人程度に)限られている。

アナログ分野では経営資源として「人材」が最も重要。



アナログは先進国の技術・産業

半導体メモリ(DRAM)の産業の歴史

米国から日本へ、現在韓国へ

米国

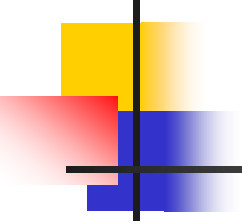
マイクロプロセッサ、アナログに注力

欧州

携帯機器用アナログ

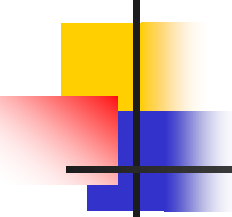
日本

デジタル家電、マイクロコントローラ、そしてアナログ



デバイス・プロセス技術から 回路技術へ

- 最近の国際学会ISSCC の発表では
無線関係のアナログ回路の割合が増加。
- 半導体メーカーの技術者構成の変化
→ 回路技術者を増加。
- DRAM 全盛時代：
「プロセス・デバイス技術者でなければ人にあらず」



なぜ回路・システム設計技術か

- プロセス、デバイス技術

技術者・研究者の能力のみならず、
莫大な設備投資が必要。

コスト競争、装置産業の側面あり。

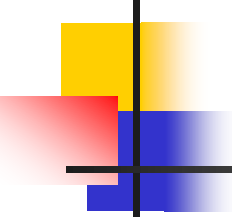
台湾、韓国、中国に移りつつある。

- 回路・システム設計技術

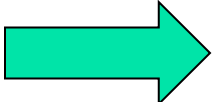
技術者・研究者の能力のみで勝負できる。

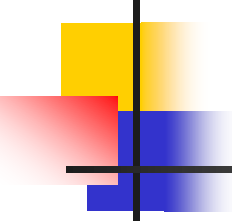
現在の日本のエレクトロニクス産業界の要請が強い。

「高い教育レベルが日本の発展の原動力」



半導体デバイス

- **バイポーラ・トランジスタ**: **現在は一部でのみ使用**
高速・高精度回路設計に適している。
高コスト、消費電力大
- **CMOS トランジスタ**: **現在の主流のデバイス**
低コスト、低消費電力、
最近はバイポーラに迫る高速化
デジタルはほとんど全てCMOS化されている。
すべてのデバイスはCMOSに収束する。
 **CMOS は究極のデバイス**



半導体デバイスとアナログ

CMOSプロセスの微細化

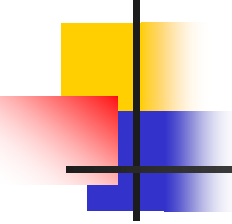
→ デジタルの高速・低消費電力・高集積化・低コスト化のために行う。

アナログのことは(原則)考えていない。

微細化 → 低電圧化・特性ばらつき

→ 従来のアナログ回路では動作するとは限らない。

微細CMOSでもデジタル回路は必ず動作する。

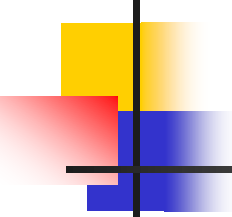


なぜ大学でCMOSアナログか

87－89年 UCLA留学： CMOSアナログの研究
産業界の要請があるから。

バイポーラアナログ回路をCMOSで
置き換えるのは産業的に価値がある。

大学は「真理追究」が使命？
カルチャーショックを受ける。
「工学とは何か」を考える。



内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ― なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ

その人の考え方は「どこから給料をもらっているか」に規定される。

— 経済は社会の下部構造 —

桐生市役所：「桐生市」のことを考える。

群馬県庁：「群馬県」のことを考える。

日本政府：「日本」のことを考える。

日本企業：「会社」「業界」「日本」を考える。

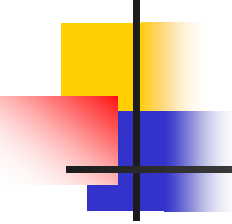
外資系企業：「日本」「国」の概念は希薄。

国立大学教員：「日本」「自分の大学」のことを比較的考える。

法人化され「全国区」から「地方区」の思考体系へなってしまった(?)

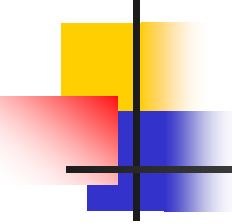
大学での集積回路設計の研究・教育の 世界の状況

- **米国：** 世界をリード
- **欧州：** オランダ、ベルギー、スイス、
北イタリア、フィンランド、デンマーク等
携帯電話関係の回路技術
- **アジア諸国：** 韓国、台湾、香港、
シンガポール、タイ等 急速な伸び
- **日本：** 世界の中で取り残される危機感
→ 産官学で様々な施策。



米国は世界でトップ

- アメリカで一番 = 世界で一番
- ニューヨークのマンハッタン 世界の中心
- 地方分権で、連邦政府の関与少なし
- アメリカ(USA)は州が違えば国が違うのと同じ
消費税(sales tax)も異なる
- 西海岸と東海岸
- 北部と南部



米国の製造業・科学技術の復活

1980年代 日本に逆転される。

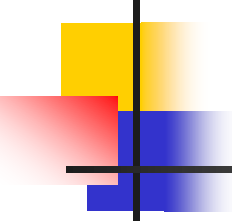
ICチップで米国で最もよいメーカーの信頼性は
日本の最もよくないメーカーのものより劣る。

→ 衝撃的レポート

日米半導体協定

→ 日本は一定割合で米国製半導体製品を
輸入する

1990年代 日米再逆転。



環境問題でも 世界をリードしていくという自負

パワーエレクトロクス

いかに効率よく(無駄なく)電力を
供給するかの技術

経済効率から環境問題への力点の移動

米国は世界をリードすべくその研究開発を
推進している。

地球温暖化問題と パワーエレクトロニクス



島根大学
山本真義先生
ご講演資料

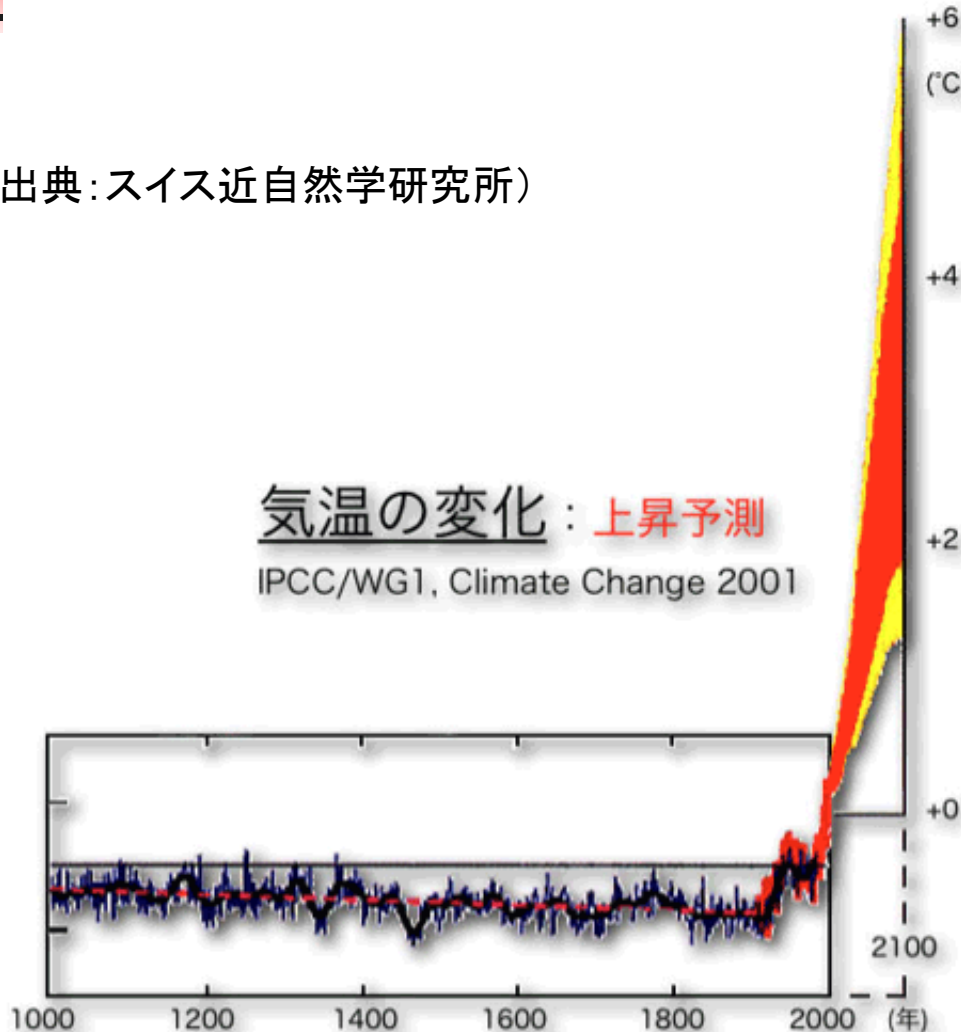
スイス・アレッチュ氷河の後退
(写真:WWFスイス)

地球温暖化問題と パワーエレクトロニクス

島根大学
山本真義先生
ご講演資料

(出典: スイス近自然学研究所)

気温の変化: 上昇予測
IPCC/WG1, Climate Change 2001

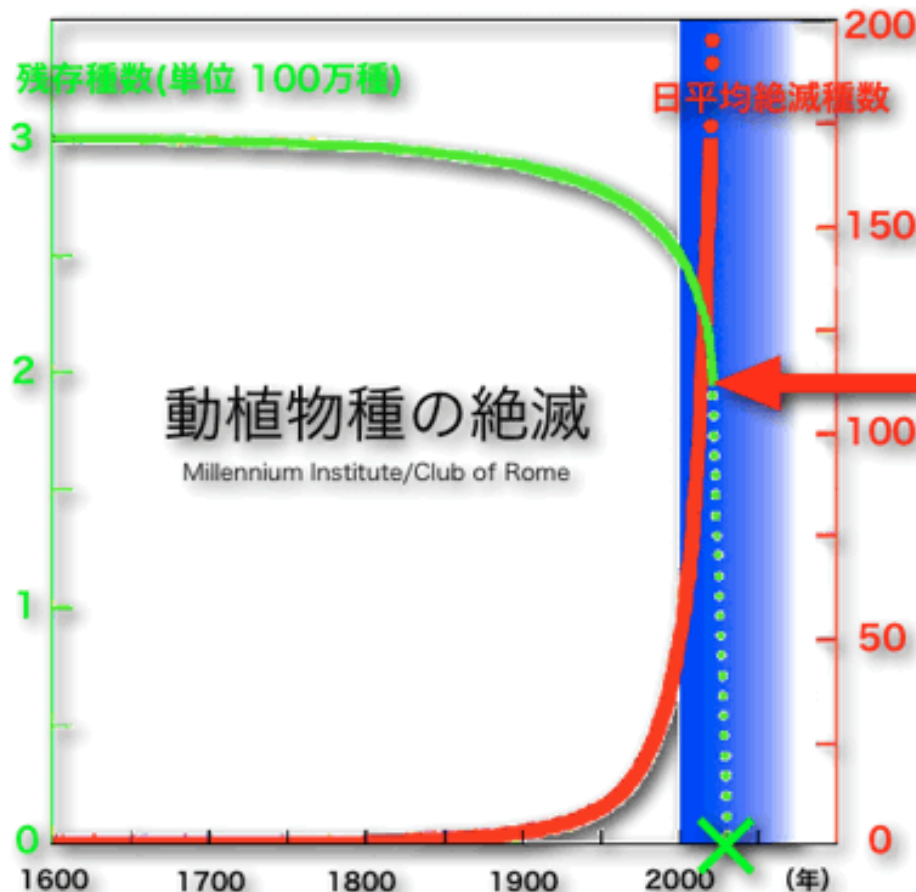


パワーエレクトロニクス
↓
地球温暖化問題を
軽減するための
研究開発

2000年を基準として、
1.5～6度上昇する可能性！
(平均)

地球温暖化問題と パワーエレクトロニクス

島根大学
山本真義先生
ご講演資料

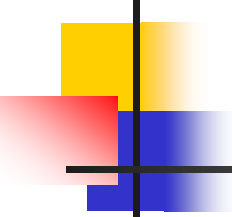


現在！

環境技術でも
米国は世界を
リードしようとしている。

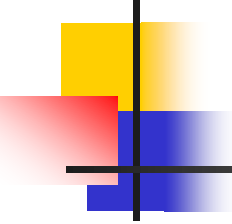
(出典: スイス近自然学研究所)

約13分に1種！ 1日に約110種！ 1年間に約4万種！



カルフォルニア大学バークレー

- アナログのメッカ
- Prof. Gray, Prof. Meyer;
アナログ集積回路の大御所、人材多数輩出
著書「Analysis and Design of Analog Integrated Circuit」は世界標準教科書
- LSI設計CAD も強い。SPICE, UNIX
Cadence社はバークレーベンチャー
- Prof. Chemming Fu (MOS Modeling)
CTO として台湾TSMC 社へ



西海岸の活力

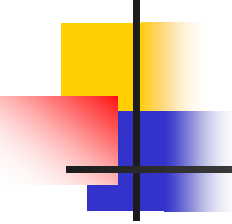
Stanford大学

Prof. Wooley, Prof. Lee

ベンチャー企業 Atheros

UCLA

Prof. Abidi, Prof. Razavi



Broadcom社

- UCLAのベンチャー企業

Prof. H. Samueli (DSP分野)

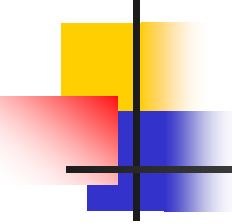
博士課程学生 H. Nicholas

後からUCLAアナログ関係卒業生も加わる

- Prof. Samueli: UCLA と UC Irvine に

数十億円を寄附

UCLA 工学部 「Henry Samueli School of
Engineering and Applied Science」



米国東海岸 西海岸に押されている

- マサチューセツ工科大学(MIT)

Prof. Sodini, Prof. Lee

- コロンビア大学 ニューヨーク マンハッタン島

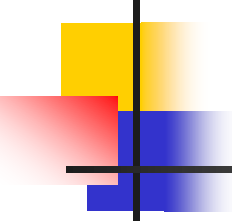
Prof. Tividis, Prof. Kignet

アナログフィルタ、アナログMOSのパイオニア

Dr. Ken Suyama (陶山研 先生)

アナログIC設計ベンチャー Epoch Technologies

- ベル研究所、IBM研究所、GE中央研究所



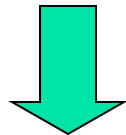
アナログ設計ベンチャー

世界でのプレイヤーが増える

シリコン・ファウンドリの出現

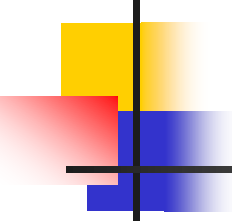
台湾TSMC, UMC

設計だけのファブレス・カンパニー



設計ベンチャーの出現

日本大手メーカー苦戦の一因



中東(イラン等)からの米国留学

米国大学院に留学、優秀な技術者・研究者多数

米国は国交が良好でないときでも

彼らを奨学金をだして受け入れている

UCLA Prof. Razavi (アナログで著名)

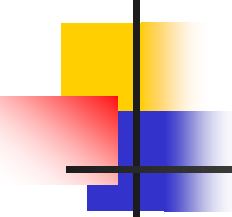
Urmia 大学(イラン) Prof. Hadidi

UCLA時代の友人、自分の能力だけで
アナログ設計ベンチャーを立ち上げ、

日本のカスタマーも獲得しようとしている。

日本人： 引退後もその企業OBネットワーク

米国マインド
をもった
技術者の典型



電子計測技術とアナログ

電子計測： 高度なアナログ技術が必要
市場は限られている

テクトロニクス社： 高いアナログ技術

Maxim 社等のスピンアウト

神様 B. Gilbert氏もテクトロニクス社出身

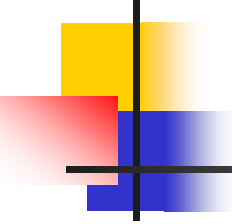
米国オレゴン州Beaverton に優れた技術者

NISTからのスピンアウト

Pico-Second Lab社（米国の真ん中 Boulder市）

Beavertonにオフィスを持つ。

HP社、アジレント・テクノロジー社： 高いアナログ技術

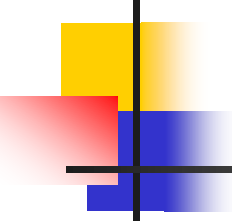


高周波回路技術

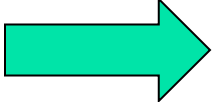
高周波回路技術の方法論・CAD・電子計測器は
アジレント社（ヒューレット・パッカード社）により
基礎が造られている

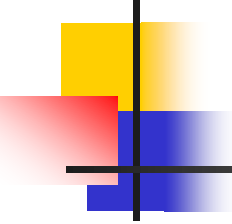
ある研究者談： 高周波回路研究者は
所詮 お釈迦様の手のひらの上を
飛びまわっているだけだ。

お釈迦様 = アジレント



日本のベテラン・アナログ技術者

- かつてのヒューレット・パッカード社、
テクトロニクス社の電子計測器のマニュアルには
回路図まで記載。それで回路を学ぶ。
- 論文よりも特許明細書から回路を学ぶ。
- 学校で先生から教わるよりも
酒場で先輩から技術を学ぶ・盗む(?)
 徒弟制度的



契約社会の米国

明確な契約社会。

ルールに従った競争社会。

「米国の技術者・研究者の仕事はtoughだ。」

世界一流の大学からレベルも幅広い。

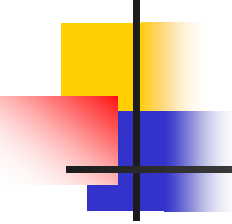
教員は研究業績を上げなければ

雇用契約を更新できず。Publish or Perish

大学教員は学生に授業評価、厳しいフィードバック。

学生は勉強していなければ退学。

高い大学教育レベルがアナログ技術・産業を下支え



米国からなぜ新しい技術が生まれるか

- ソニー 盛田昭夫氏

米国では different であることを好む

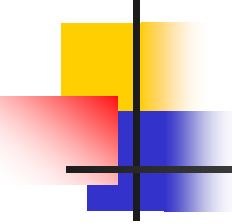
日本では uniform であることを好む

米国は多民族国家

- なぜ生物にオスとメス、男と女

個体が全て同じならウィルスに侵される。

異なる個体はウィルスに強い。

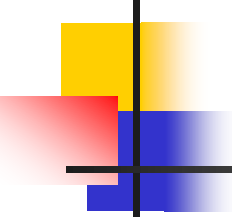


米国企業の企業倫理

ある米国半導体メーカー

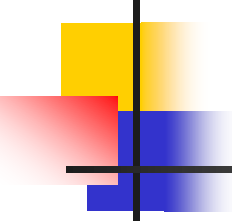
「いくら会社に利益をもたらしても、
反社会的行為を行えば
(それが表にでなくても)
会社内で厳しい処置をとる。」

- 高い倫理観
- 長期的に企業が生き残る戦略



内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ

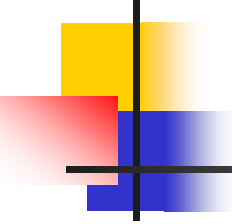


米国と欧州は異なる

- 技術、産業に対する考え方、システムは異なる。
- 「欧米」という表現には注意が必要
- 欧州内でも、国によってエレクトロニクスの技術、産業、大学教育は全く異なる。
- 欧州のエレクトロニクス(半導体)メーカー
Philips、STマイクロ、Infineonの3社

欧州での2000年以上もの 西洋科学の伝統の底力

- 欧州のエレクトロニクス技術者への形容詞
「こつこつやる」、「マイペース」、「しつこい」
- ある日本の大手半導体メーカー技術者：
80年代にパワーエレクトロニクス（のある分野）
で欧州を技術的・産業的に完全に負かした
と思っていた。
2－3年後に欧州から先端研究発表があちこち
からでてくる。 ➡ 底力を実感した。



オランダ

3つの工科大学: Philips社と連携

Delft: 町の半分が大学. Prof. Huijing

Eindhoven: Philips社の都. Prof. Roermund

Twente: Prof. Nauta

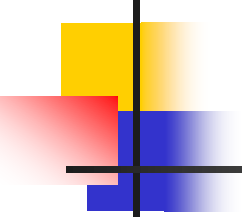
産学ともエレクトロニクスのレベル高し。

アナログ回路、半導体プロセス・デバイスで強み。

オペアンプ、センサ、ADC/DAC等。

Dutch と呼ばれる謹厳な民族。

町中のほとんどの人が英語を話せる。



ベルギー（大学）

2つの民族（オランダ系、フランス系）

駅名： 英語、オランダ語、フランス語の3つで表示

Katholieke Universiteit Leuven（オランダ系）

戦後、貴族が土地を提供して充実

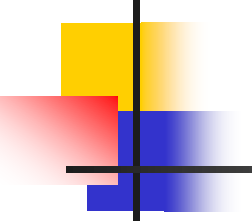
アナログで世界トップレベル

Prof. Sansen, Prof. Steyaert 幅広い分野

Catholic University Leuven（フランス系）

高温エレクトロニクス回路

ただし、ベルギー国内にはエレクトロニクス産業はそれほど盛んではない。

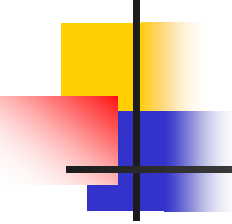


ベルギー（研究所）

IMEC（独立系研究機関）

エレクトロニクスで世界最高の研究機関の一つ
日本企業（ソニー、松下、日立等）からもアクセス多し。
半導体製造装置技術等、注目すべき技術多し
もともとは米国留学組、KULの卒業生の受け皿で、
フランダース系政府がサポート。
現在は世界中から研究者が集まってきている。

日本でもIMECをモデルにすべきとの考えの人多し。



イタリア

Pavia 大学（電池の発明者ボルタが教鞭）

ミラノ市の南 電車で1時間程度

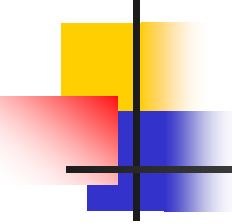
STマイクロ社と連携

Prof. Castello, Maloberti, Malcovati

アナログで世界トップレベル

シシリア島のカターニア大学

STマイクロ社が支援



イギリス、アイルランド

イギリス:

NPL (National Physical Lab)

広帯域オシロスコープ校正技術

スコットランドのアルバ・プロジェクト

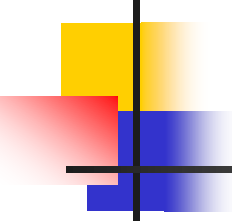
アイルランド: ケルトの奇跡

法人税を安くした。

アナログデバイスズ、インテル、デルコンピュータ等のハイテク企業が進出。

「何十年もアナログ関係に従事」という技術者

Limerick 大学: 周りにハイテク企業



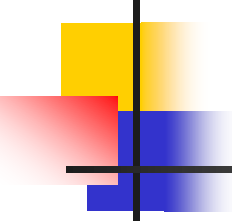
ドイツ

Ruhr 大学 (ボッヘム市)

デュッセルドルフ市から電車で1時間
高速バイポーラトランジスタ回路、SiGe HBT
 f_T 近辺では SPICEは不十分

→ 独自のトランジスタモデルを開発
職人芸的高速高周波技術

Infenion, HP, IBM等と連携



スイス

- スイス連邦工科大学 (ETH Zurich)

ドイツ語圏、 3つの公用語(独、仏、伊)

Prof. Q. Huang: RF CMOS, ADC

東芝と共同研究

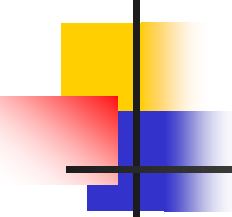
Technology CAD Group ISE社

半導体デバイスシミュレータでベンチャー企業

- 時計用エレクトロニクス

 低消費電力CMOS アナログ技術

Prof. Vittoz



北欧

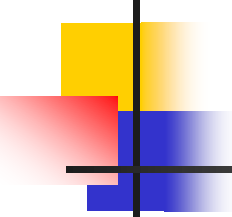
- デンマーク工科大学

オーディオ用D級アンプ 日本メーカーと連携

- ヘルシンキ工科大学

Nokia 社等との連携

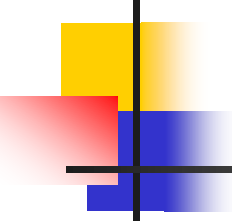
ADC, RF回路分野等で活発な研究



ロシア

ある半導体メーカー技術者より

- モスクワ近郊にLSIデザイン・ハウス多数。
能力の高い技術者がいる。
- 少し前の世代の設備でIC製造も行っている。
- 時計用IC等で中国市場にロシア製出回る。
- モスクワ・メインストリートに
サムソンの看板多数、日本メーカーの看板なし
→ サムソンの営業力を感じる。
- 「台湾、韓国、中国、インドの次はロシアが出てくる」
(談)



ポルトガル、イスラエル

- ポルトガル

リスボン工科大学

アナログで高いレベル

エレクトロニクス産業は自国には少ない

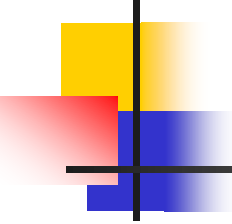
エンリケ航海王子の時代に

船舶・航海の技術、貿易の技術で世界を制する。
その後オランダへ覇権が移る。

- イスラエル

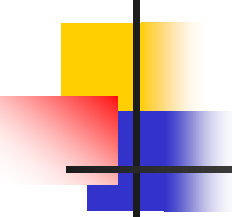
半導体設計分野の産業は強い。

英語が最もよく通じる国の一つ。



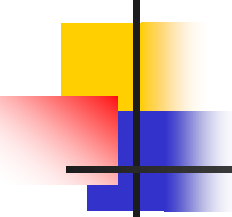
日本企業への売り込み

- 欧州は大使館がビジネスを積極的に援助
東京のベルギー大使館がIMEC紹介主催、
懇親会には大使がでてくる。
- 米国は州知事が日本に来て
企業誘致を行うこともあり。



内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ



アジア諸国の急迫

台湾： 大学卒業後、国立半導体研究所で
数年研究すれば兵役免除

韓国： 大学で半導体を専攻すれば兵役免除

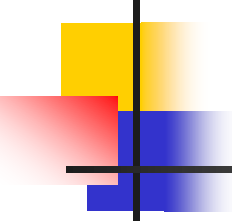
タイ： 大学卒はその収入で一族を養う。

アジア諸国は「生きるため」に大学で学ぶ。

「知的な興味・関心」は2番目のモチベーション。

日本はもっと危機感を持つ必要がある。

急進アジア諸国から謙虚に学ぶべき時代が到来。



敵を知り 己を知れば 百戦危うからず

- 中国： 井戸を掘った人を忘れるな

上海 復旦大学 Prof. Hong

マインドは米国の大学と同じ

香港科学技術大学

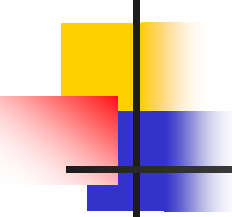
米国帰りの教員 Prof. Wang, Ko, Ki

地元には半導体企業はないが、高いレベル

「中国の技術は米国の技術を用いている。」

「環境」では日本が遙かに優れている。

- 大学卒は理科系が7割前後



韓 国

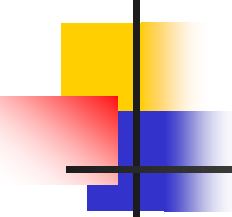
儒教の文化 年長者、先生を敬う

三星電子、LG電子

ソウル大学

KAIST (Korea Advanced Institute of
Science and Technology)

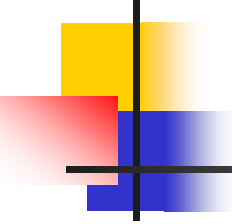
世界で半導体技術、産業をリード



台湾

なぜあの小さな国でLSIが強いのか

- 九州より小さな面積、人口2千万程度
- TSMC社, UMC社等のファンダリで世界標準
Prof. Fu (UCバークレー) TSMC のCTO
Dr. Sze (ベル研究所) UMC のCTO
Si Soft 計画で設計力も国策で強化。給与も高い。
- 1980年代後半の米国大学の工学部大学院
台湾からの留学生で溢れていた、かつ優秀。
当時、国立台湾大学の電気電子工学科から8割以上
が米国大学院に留学。卒業後米国で働く。
現在その一部が自国に戻りつつある。



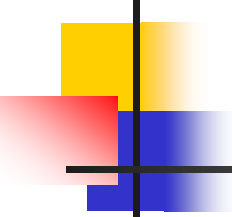
インド、オーストラリア

● インド

英語、バンガロー地区、ゼロの発見
優れた技術者、IC (Indian & Chinese)
19x19まで記憶、IIT (Indian Institute of Technology)
ソフトウェアだけでなくハードウェア設計も急成長
アナログ関係でも優れた論文を出し始めている。

● オーストラリア

いくつかLSI設計関係で著名な大学あり。
アジア諸国の教授にはオーストラリアで
教育を受けた人も多い。



イラン (2006年にUrmia 大学訪問)

Tehran 大学(総合大学) Prof. Shoei ($\Delta\Sigma$ ADC)

Sharif 工科大学(理工系でトップ, Sharif はイラン革命の英雄)
Prof. Fatovat (RF)

Urmia 大学 Prof. Hadidi (ADC)

IBMのDr. Shadidi, UCLA のProf. Razavi,

Caltech のProf. Hajimiri 等優れた科学技術者が米国で活躍。

ただし9.11事件より米国で留学生受け入れが厳しく制限。

サムソンがテヘラン市場進出、敵影(日米欧メーカー)見えず。

日本人観光客も多し

「イスラムの歴史・文化遺産はすばらしい」(談)

エレクトロニクス、半導体の国際競争で 生き延びていくためには

— 東洋からも学ぶ —

● 兵法を学ぶ

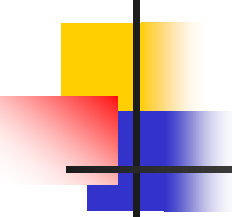
孫子の兵法：「兵は奇道なり」

囲碁将棋、太平記等の歴史

● 日本人は紳士ばかり、正攻法のみで攻めている。

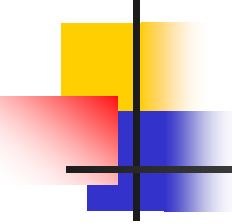
● 「正」と「奇」の両方が必要。

源義経、楠正成、舞の海のような奇襲戦略・戦法
が必要。



内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- **日本のアナログ技術の現状**
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ



日本のアナログの現状

「アナログは Dead Technology、切り捨て・縮小」
の時期あり。

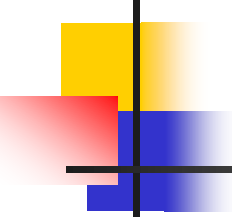
現在見直されている。

一時期に比べ、日本企業もアナログ関係の
国際学会発表が減る。

大手一流日本企業のエース級技術者

「米国、アジアの設計力にかなわない」

産学をあげて必死の巻き返しを行っている。



半導体分野での産学連携

ISSCC(国際会議)での日本の大学からの
アナログの発表が少ない

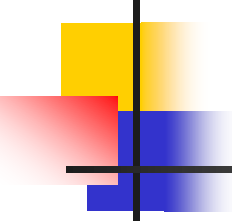
→ 日本の大学は何をやっている！！

これは全く誤った分析

欧米、台湾、韓国等では半導体企業が
大学を大幅にサポートしている。

先端アナログICを開発するのは半導体企業でも大変

日本の大学での回路系研究室は少ない



日本企業と米国大学

日本の大手エレクトロニクスメーカー

米国の大学に大きな共同研究費

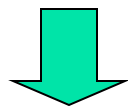
日本の大学にはわずかな投資

米国大学には様々な国の留学生

共同研究費は彼らの奨学金

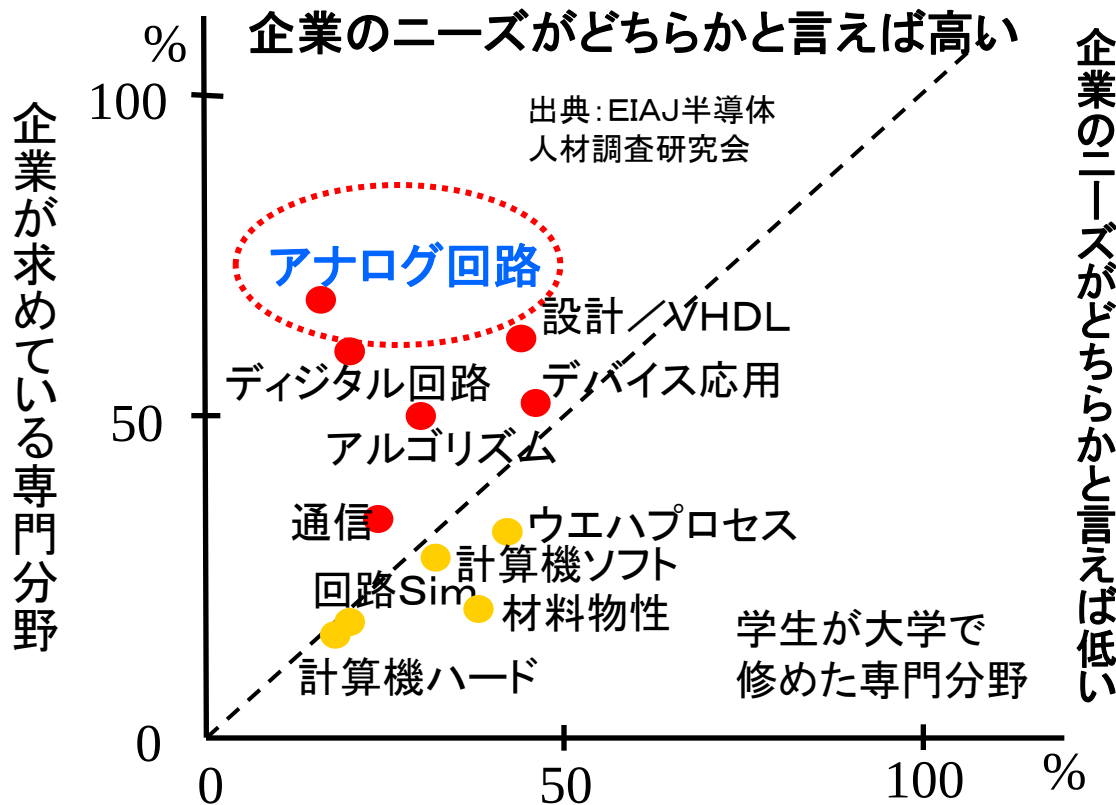
日本企業への就職はわずか

韓国、台湾、中国では自国の大学を育てている。



日本社会はもっと自国の大学を育てよ！！

産業界が求める人材と 大学が排出する人材の乖離



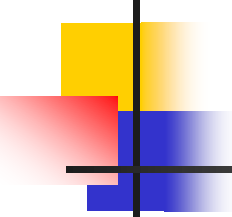
アナログ分野は
人材供給不足

企業が求める人材

乖離

大学が輩出する人材

アナログ技術者育成には10年近い
年月が必要。(デジタル技術者に
比べて数倍の時間を要する)



日米の技術者の能力の差

米国技術者： 一人でプロセス、デバイス、回路、システム、アプリケーションの全て精通

日本の技術者： それぞれの分野の専門家

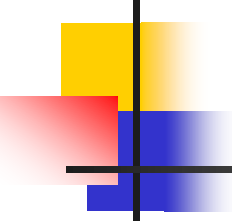
ミーティングの際：

米国技術者一人 vs 日本人技術者多数

日本の製造業の相対的競争力低下の理由

➡ 技術者に歴然とした能力差

このことは複数の日本メーカーから指摘されている。

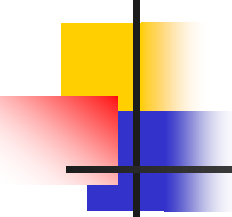


日本がアナログで勝つためには — アナログサイエンスの提唱 —

アナログを「**匠の技**」から「**サイエンス**」へ

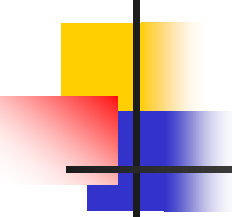
「匠の技」「センス」「経験」を主張していると、
アナログ人口は増えず、産業は伸びない。

技術でうまくいく、いかないというのは
「**理屈**」がある。それを**科学的に**解明し
体系的な設計論、教育システムを確立するべき。



内容

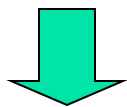
- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- **アナログ技術者教育**
- 群馬大学での取り組み
- まとめ



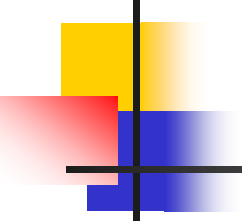
アナログ回路技術者は 幅広い知識が必要

アナログ回路技術者教育 $\neq$ アナログ回路教育
回路教育だけでは不充分
エレクトロニクスの総合的教育が必要

デバイス、回路、システム、信号処理、
計測・制御、パワー、電磁波工学。。。



アナログ技術者育成に時間がかかる。
総合力、経験が生きる分野。



むだな授業はない

麻殖生健二氏（日立製作所OB, ATN理事）

アナログをやる上で特に必要と感じたもの

- 数学・物理学の基礎学力

電磁気学、電気回路理論、電子回路。。

微分、積分、行列、三角関数

ラプラス/フーリエ/Z変換、

- 英語力

- 発表力

無線システム構築に不可欠な技術分野

東原恒夫先生(元 NTT, 現 会津大学教授)

ワイヤレスシステム工学

(ネットワーク技術, アンテナ・電波伝搬, デジタル伝送理論,
変調・復調理論, ソフトウェア無線)

シリコン無線工学

(Silicon RF Engineering)

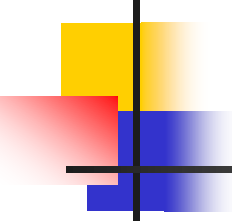
⇒ RF System On a Chip / In a Package

RF / アナログ / デジタル回路技術

シリコンデバイス物理
(Bip, SiGe, CMOS)

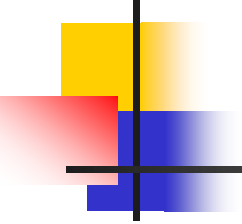
電磁気学

- ・無線システムスタンダードの回路スペックへのブレークダウン
- ・トランシーバアーキテクチャ
- ・Siのくせを考慮した回路設計技術
- ・実装技術



アナログ回路技術を核として 幅広い問題解決能力

- 問題に応じ **最適な解決法**を見つけることができる幅広い能力が必要。
 - **デバイス**で解決
 - **回路**で解決
 - **システム**で解決
- アナログとデジタル、ハードとソフトの**インターフェース**を決められる
- **デバイス**に要求を出せる
- **アーキテクチャ**を理解し要求を出せる能力



デバイス・プロセス技術者と (従来の)回路技術者

デバイス・プロセス技術者

学者肌

論文・学会発表

博士号取得割合高し

アプリケーションにやや遠い

回路技術者

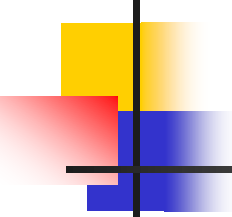
職人肌

特許出願

関心薄い

近い

これからの回路技術者は「幅の広さ」が必要



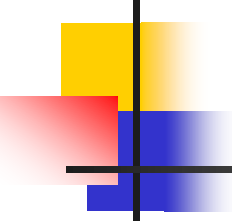
多くの人から学ぶ

- 技術はそれを経験してわかる。
- 同じ回路でも、技術者が違えば
理解の過程・説明の仕方・解釈が異なる。



異なった技術経験を持つ多くの人から学ぶ

先輩から後輩への技術の伝承



増幅回路と発振回路、恒星と惑星

- **増幅回路(アンプ):**

小さな入力信号を増幅した信号を出力。

発振回路:

入力信号なしで、自ら信号を生成・出力。

「**増幅回路タイプ**」の技術者は

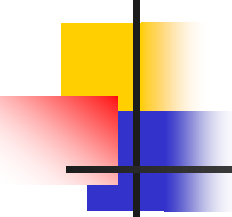
よりゲインを大きくするよう育成する。

「**発振回路タイプ**」の技術者は**現状少ない**。

- **惑星:** 恒星からの光を受けて輝く。

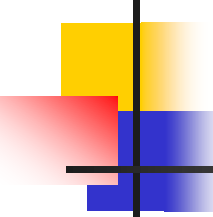
自らは光を発しない。

恒星: 自ら光を発して輝く。



内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ



インターンシップの実施

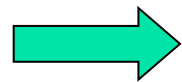
- 現在、大学院進学予定4年生、修士1年生は全員
3週間前後のインターンシップ
- これまでお世話になった会社：
三洋電機、シャープ、住友電工、セイコーインスツル
ルネサステクノロジ、東芝、ソニー、東光、ヤマハ
アドバンテスト、ザインエレクトロニクス、NECエレ
富士電機システムズ、フリースケール、日本TI
アナログデバイスズ、ナショナルセミコンダクタ
ニチコン、ギガテック、計測技術研究所、
Cirque社(アルプス電気)
- STARC教育推進室からも様々な教育支援

海外インターンシップ

米国ユタ州ソルトレーク市に修士1年2名が4週間

Cirque社（アルプス電気） 経済面を含めた全面支援

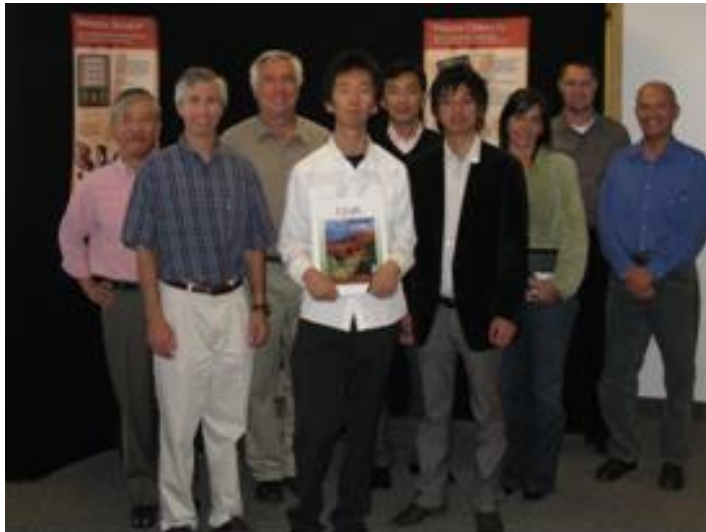
タッチパネル センサ インターフェース

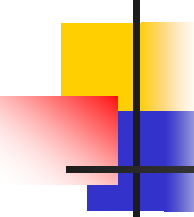


アナログ回路が重要

CMOSオペアンプ設計のインターン

2008年10月6日-10月31日

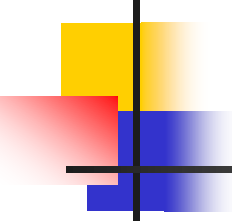




産業界との共同研究で 研究室のレベル向上

これまでの共同研究先

STARC, 三洋電機・三洋半導体、ルネサステクノロジ
シャープ、住友電工、アジレント・テクノロジー
旭化成東光、東芝マイクロエレクトロニクス
東京測器研究所、ヤマハ、ニチコン、ギガテック
日本ナショナルセミコンダクタ



ルネサステクノロジ社からの アナログ回路分野の寄附講座

2008年3月までの4年間

同社からの1億数千万円の寄附により
群馬大学に

2名の一流客員教授を招聘

石原昇先生(高周波)

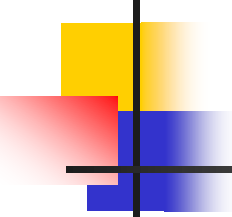
小堀康功先生(パワエレ)

ルネサステクノロジ社との 連携大学院

恩田謙一 客員教授 パワエレ、電源回路
堀口真志 客員教授 マイコン内アナログ回路
群馬大学にて大学院の講義担当してもらう。



恩田謙一客員教授
(ルネサス、日立製作所)と
電源回路研究のメッカ
バージニア工科大学
Prof. F. Lee 研究室訪問



三洋電機・三洋半導体との 連携大学院

マイクロエレクトロニクス講座

山田節 客員教授

システムLSI

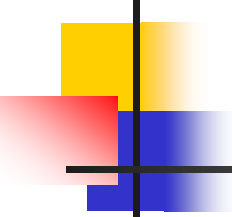
太田豊 客員教授

半導体デバイス

黒川敦 客員准教授

SOC物理設計

群馬大学にて大学院の講義担当してもらう。



産業界からの客員教授招聘

ソニー（萩原良昭氏 ISSCC2008 Program chair）

日本ビクター（近藤光氏）

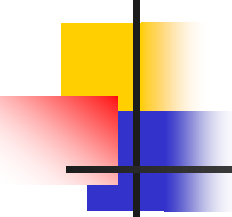
アジレント・テクノロジー（小室貴紀氏）

シャープ（飯塚邦彦氏）

旭化成東光（松田順一氏）

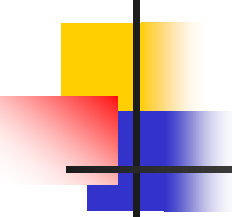
アナログ技術ネットワーク（マイオ健二氏）

等から一流の研究者を招聘



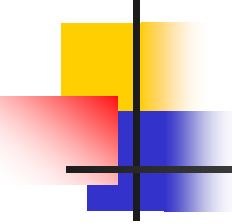
内容

- アナログ技術は差別化技術
- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
 - ー なぜ米国でアナログが強いのか
- 海外アナログ研究開発見聞録(欧州)
- 海外アナログ研究開発見聞録(アジア)
- 日本のアナログ技術の現状
- アナログ技術者教育
- 群馬大学での取り組み
- まとめ



まとめ

- 日本の半導体産業の競争力強化にはアナログは注力すべき分野の一つ。
- 短期的、中長期的な戦略を立て産官学一体で産業育成に取り組む必要あり。
- 最も重要なのは「人材」。



レポート課題 (小林担当分1回目)

- この講義を聴いて、
学んだこと
疑問に思ったこと
感想
を書いてください。
- 生産システム工学科事務室に
11月末までに提出してください。