

欧州訪問記

エレクトロニクス、半導体の技術産業

— 今、なぜアナログか —

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
群馬大学大学院 理工学府電子情報部門
電話 0277 (30) 1788 FAX: 0277 (30)1707
e-mail: koba@el.gunma-u.ac.jp
http://gunma-u.ac.jp/~kobaweb

Disclaimer:
20年前の欧州訪問の情報等も
含まれているので、
内容が古いところもあります

内容

- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
- 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)

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、中国
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、連邦政府の関与が少な
- 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

パワーエレクトロニクス

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・アレツチュ氷河の後退
(写真:WWFスイス)

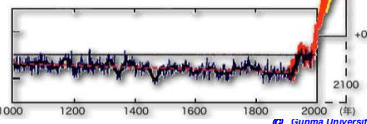
7

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



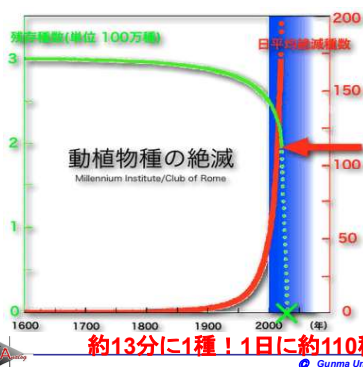
パワーエレクトロニクス
↓
地球温暖化問題を
軽減するための
研究開発

2000年を基準として、
1.5~6度上昇する可能性！
(平均)

8

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



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！

9

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

Gunma University

10

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」

エレクトロニクス専攻、コンピュータ・サイエンス専攻の学生はスペイン語を学べ

米国西海岸, California 州

Silicon Valley 地区

一> 地名はほとんど**スペイン語**

San Francisco, San Jose, Los Angeles

人名: **Jorge** (**ジョージ**、**ホルヘ**)

J は **h** で発音

Silicon Valley 近辺の大学

- **Stanford University,**
University of California, Berkeley
- **El Camino 通り (神の道)**
現在 Silicon Valley のメイン・ストリート名。
もともとは San Francisco から Mexico までスペイン人が**Mission** (教会) を建てていった道。
- **Santa Clara University**
現在の El Camino 通りの始点, かつての Mission。
Silicon Valley の中心に位置する。
小さいながらも高いレベル、産学連携の拠点の一つ。

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

世界でのプレーヤーが増える

シリコン・ファンダリの出現

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、
日本のカスター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

日本は学歴社会か？

現実的に(理想論ではない！)

日本はほとんど学歴社会ではない。

➡ ある意味で「悪平等」

米国の方が学歴社会。

新入社員の初任給が、大学でどのようなことを学んできたか、どのような能力を身につけたかによって異なる。

近未来に日本社会も米国社会のようになる
(現在なりつつある。)

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

研究開発のありかた

● トランジスタの発明(ベル研究所)

中央研究所 → 製品開発部 → 営業
大学

リニア・モデル、手渡しモデル 時代に合わない?

● マイクロ・プロセッサの発明

(Visicon社が電卓用にIntel社に依頼)

世の中のニーズに応じたものを

Concurrent (並列)、Network 型で研究開発

Intel社は中央研究所を持たない。

内容

- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
- 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)

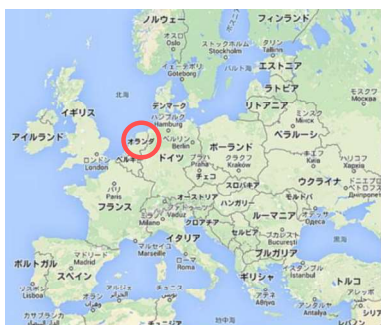
米国と欧州は異なる

- 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 (NXP)、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



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



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。

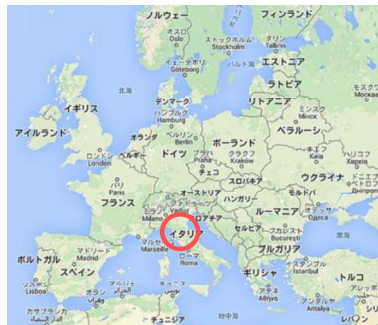
ベルギー (研究所)

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、
フランダーズ系政府がサポート。
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



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

シシリア島のカタニア大学

STマイクロ社が支援

イタリア

- ミラノ工科大学、トリノ工科大学
工学分野でレベル高し

- ナポリ大学

(University of Napoli, Federico II, 南イタリア)
神聖ローマ帝国フェデリコ2世が15世紀に設立した
ヨーロッパ最古の大学の一つ

ベスビオス火山

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

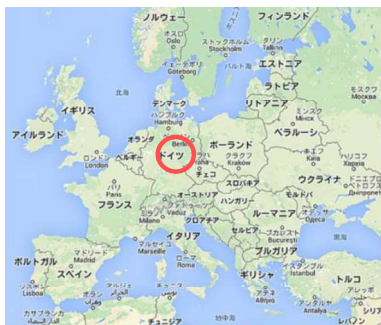
法人税を安くした。

アナログデバイス、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 (ボツヘム市)

デュッセルドルフ市から電車で1時間

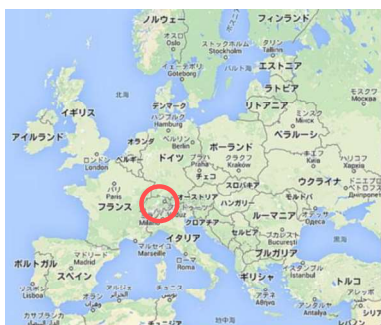
高速バイポーラトランジスタ回路、SiGe HBT
fr 近辺では SPICEは不十分

→ 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

Infinion, HP, IBM等と連携

スイス



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

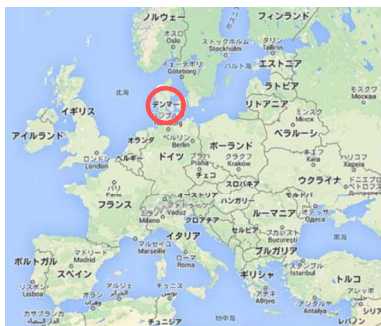
半導体デバイスシミュレータでベンチャー企業

● 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

デンマーク



● 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

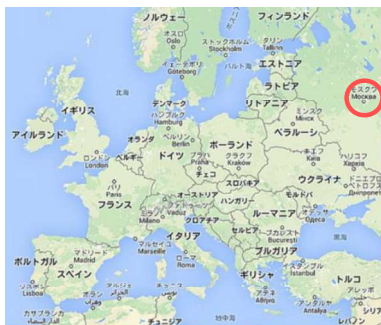
● ヘルシンキ工科大学

Nokia 社等との連携

ADC, RF回路分野等で活発な研究



ロシア



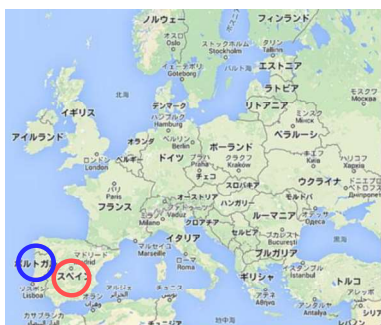
ロシア

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)



スペイン、ポルトガル



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

設計ベンチャー Chip Idea 社

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。

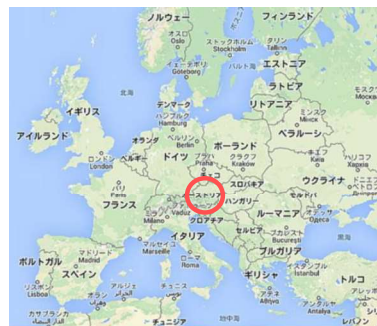
英語が最もよく通じる国の一つ。



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。

オーストリア



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: ユダヤ教、キリスト教、イスラム教

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。

高いレベルの仕事をするために勉強する。



内容

- 海外アナログ研究開発見聞録(米国)
- 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)

アジア諸国の急追

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
地元で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、Hynix
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 ($\Delta\SADC$)
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。
- 「勝ち易きに勝つ」
エレクトロニクスメーカーは過当競争