

2017年10月4日

第1回 International Test Conference in Asia (ITC Asia) 観戦記

明鏡止水：現在の半導体産業界・技術を観る

群馬大学 小林春夫

2017年9月13日(水)－15日(金)に台湾 台北市(台北南港展覽館)で開催された ITC Asia 2017 に研究室大学院生の柳田朋則君と参加した。

ITC Asia 2017 は初回の開催であり、LSI テスト技術分野の研究者・技術者なら関心は高い、また同じ場所・日にセミコン台湾と共催なのでその見学もしたいという2つが動機である。

<http://windy.ee.nthu.edu.tw/ITC-Asia-2017/HOME.html>

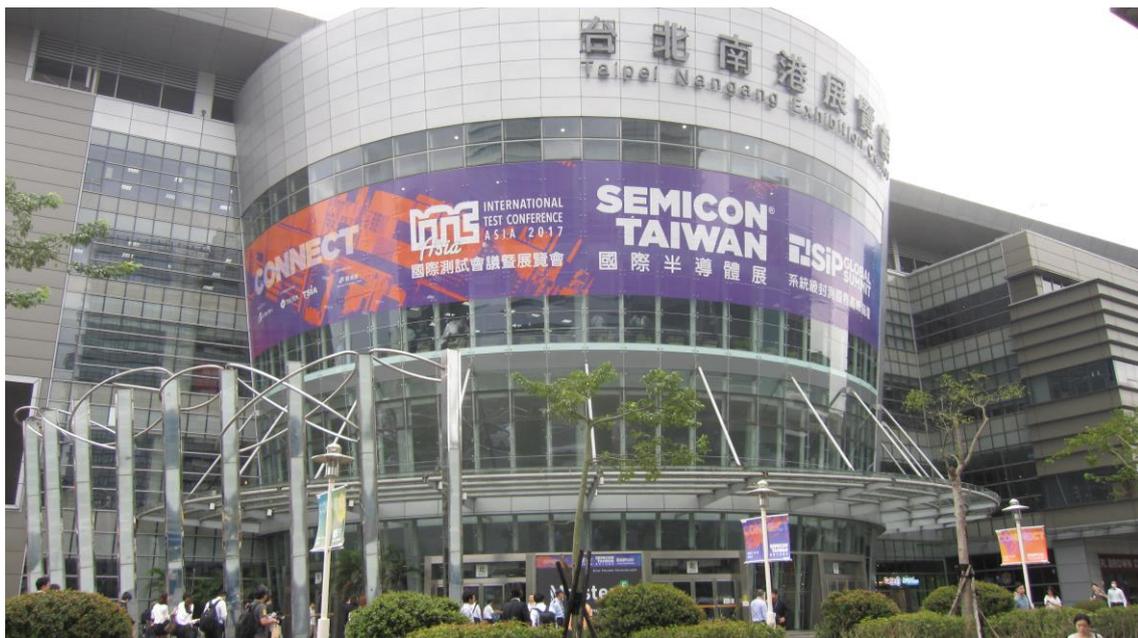
<http://www.semicontaiwan.org/en/>

<http://www.semicontaiwan.org/en/itc-asia>

ITC Asia には3件論文を投稿して1件採択された。

アドバンテスト社の主体の論文で柳田君が発表した。

筆者は「観戦武官」(坂の上の雲)くらいのつもりで参加した





セミコン台湾は 台湾で最大の半導体関係の展示会で毎年 4 万人程度の参加者があるが、ITC Asia は 200 人程度の参加者である、ITC Asia は参加者がセミコン台湾の 200 分の1に過ぎないが、セミコン台湾と同じように (併記されて)案内されており、ITC Asia が大事に扱われていることが感じられる。

● **International Test Conference in Asia 2017**

General Chair : Prof. Li. – C. Wang (カルフォルニア大学サンタバーバラ校)

3 件のチュートリアル

4 件の基調講演

1 件の基調パネル討論

20 件の招待論文(併設展示の出展企業からのプレゼンテーションを含む)

50 件のレギュラー論文投稿, その内 27 件の論文採択

事前登録者 193 名

チュートリアルのみ参加者 107 名

台湾から 121 名, 日本 15 名, USA 15 名, 韓国 4 名

台湾からの論文発表が圧倒的に多いが、日本, USA, オランダ, ドイツ, フランス, 韓国, インド等からも発表もされていた。

● **チュートリアル、基調講演、パネル**

チュートリアル 1: Y. Zorian 氏 (Synopsys 社)

Automotive Test Strategies

チュートリアル 2: E. J. Marinissen 氏 (IMEC)

Testing of 2.5D and 3D Stacked Integrated Circuits

チュートリアル 3: Y. Huang 氏, W. Yang 氏, W.-T. Cheng 氏 (Mentor, Siemens 社)

Industrial Advancements in Diagnosis Driven Yield Analysis

基調講演 1: Tim Cheng 先生 (香港科学技術大学)

Hardware Security – Verification, Test and Defense Mechanisms

基調講演 2: Ishi Tseng 氏 (Chroma ATE Inc.)

Convergence of Electronic and Semiconductor Systems, and its Impact on Testing Technology

基調講演 3: Phil Nigh 氏 (GlobalFoundries 社)

Seven Major Trends are Changing how we Test ICs

基調講演 4: R. Aitken 氏 (ARM 社) Test Emerging Memories

基調パネル討論: 異種デバイス集積化 (Heterogeneous Integration)の 設計とテストの挑戦

● セキュリティ関係の基調講演（香港科学技術大学 Tim Cheng 先生）

安全, 安心, 高信頼性の IC は日本メーカーの特徴になるのではないかと。モラルの高さだけでなく技術・経営でもそれを示す。外部からチップ内のフラッシュメモリ等のデータをリークさせない, メモリに書き込ませない, ハードウェア・ウィルス(トロイの木馬)を入れない等はますます重要になってくる。トロイの木馬については下記の駄文を書いた。

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/EVENT/20141022/384262/?rt=nocnt>

トロイの木馬の検出の研究は, 日本では早稲田大学 戸川望先生がとりくまれている。ソフトウェア・ウィルスは愉快犯の場合もあるが, トロイの木馬は悪意をもって意図的に IC チップ内に入れていると思う。

かつて生物は均一であるためウィルスでその種が絶滅した。生物に「オス」と「メス」があるのは異なる個体を作り 種を残すためとのことだ。この話から, コンピュータでもウィルスが問題なのはソフトウェア, ハードウェアがすべてのコンピュータで「同質」であるためかと思う。

● Tim Cheng 先生の影響力

台湾での LSI テスト関係の大学・産業界に Tim Cheng 先生の影響力は大きいように感じる。同先生はカルフォルニア大学サンタバーバラ校の教授として長年 LSI テスト関係の研究教育をされてきたが, 現在台湾の大学でこの分野で活躍されている研究者には Tim Cheng 先生の卒業生が多い。現在は同先生は中国での香港科学技術大学の工学部長をされている。

<http://www.ece.ust.hk/ece.php/profile/facultydetail/timcheng>

Tim Cheng 先生は東京大学 VDEC でのアドバンテスト社の寄附講座(D2T: Design To Test) の招聘教授もされたことがある。このとき下記の私の講演をきいていただいた。

[1] (Invited) H. Kobayashi, "[Issues and Challenges of Analog Circuit Testing in Mixed-Signal SOC](#),"

[東京大学 VDEC 「アドバンテスト D2T 寄附研究部門」 D2T シンポジウム](#)(2009 年 12 月)

また, 同先生が主催された関係ワークショップにも声をかけていただき, 下記を発表した。

[2] Kazuyuki Wakabayashi, Haruo Kobayashi, 他 "[Low-Distortion Single-Tone and Two-Tone Sinewave Generation Algorithms Using an](#)

[Arbitrary Waveform Generator](#)", IEEE International Mixed-Signals, Sensors, and Systems Test Workshop, Santa Barbara, CA (May 2011) [IEEE Xplore](#)

新概念 「[Distortion-Shaping](#)」 の提案

[3] [Koji Asami](#), Haruo Kobayashi 他 "[Digitally-Assisted Compensation Technique for Timing Skew in ATE Systems](#)",

IEEE International Mixed-Signals, Sensors, and Systems Test Workshop, Santa Barbara, CA (May 2011) [IEEE Xplore](#)

今回の ITC Asia でもそうであるが, Tim Cheng 先生とは関係学会で良くお会いする。

カルフォルニア大学サンタバーバラ校は, あの中村修二先生がおられるところで, スペイン風の街並みが続き, ビーチが美しいところである。米国西海岸地区で近くには電子技術関係の多くのハイテク企業があるようだ。

● テスト技術の7つの挑戦 (Seven Major Trends that are Changing how we Test ICs)

Global Foundries 社 Phil Nigh 氏

- ① 車載用 IC
- ② マルチチップシステム (2.5 次元, MCMs 等)
- ③ 適応テスト等のためのデータ解析技術
- ④ 5G/mmWave/RF/シリコンフォトニクス
- ⑤ 微細 VLSI のテスト
- ⑥ 短時間での量産化
- ⑦ システムレベルテスト

チュートリアル、他の基調講演、基調パネル討論もこの範疇に入ると思う。

Phil Nigh 氏は 長年の適応テスト (Adaptive Test) 技術関係の学会活動で著名である。

● 車載用 IC のテスト技術のいくつかの発表

次のようなキーワードがでてきた。

車載用 IC は設計から異なる:

ECC (Error Correction Code), 冗長性, 故障耐性, 余分な動作マージン, オンチップセンサ

ESD: Electrostatic Discharge 静電気放電

EMI: Electromagnetic Interference 電波障害

EMC: Electromagnetic Compatibility 電磁両立性

品質 (Quality), コスト (Cost) に加えて 信頼性 (Reliability) が重要

車載用 IC テストの挑戦:

SCAN IDDQ テスト

2セルアウェアテスト (Dual Cell Aware Test),

アナログ故障テストが重要

車載用 IC への要求:

フィールドテスト, 診断試験, 広い動作温度範囲, 広い湿度範囲

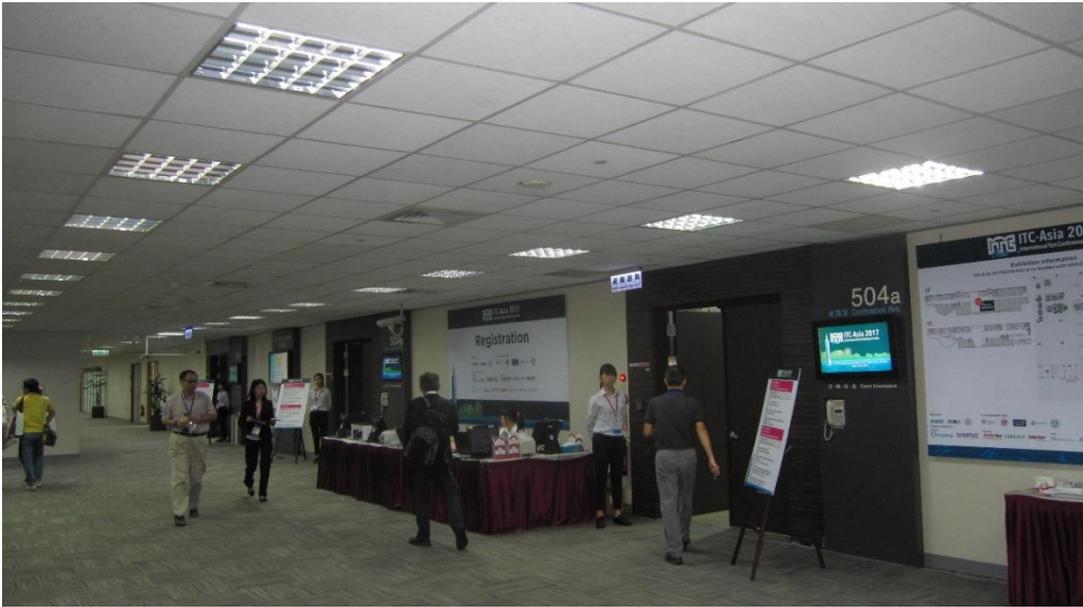
長い使用年数 (15年), 低い不良率 (10ppm), 砂・塵の環境, 振動の環境

Quality IATF16949, Qualification AECQ1100

「マーケティングの目的とは、顧客を理解し、製品とサービスを顧客に合わせ、

おのずから売れるようにすることである。」

(ドラッカー)



● **アナログ/ミクストシグナル IC テスト容易化技術**

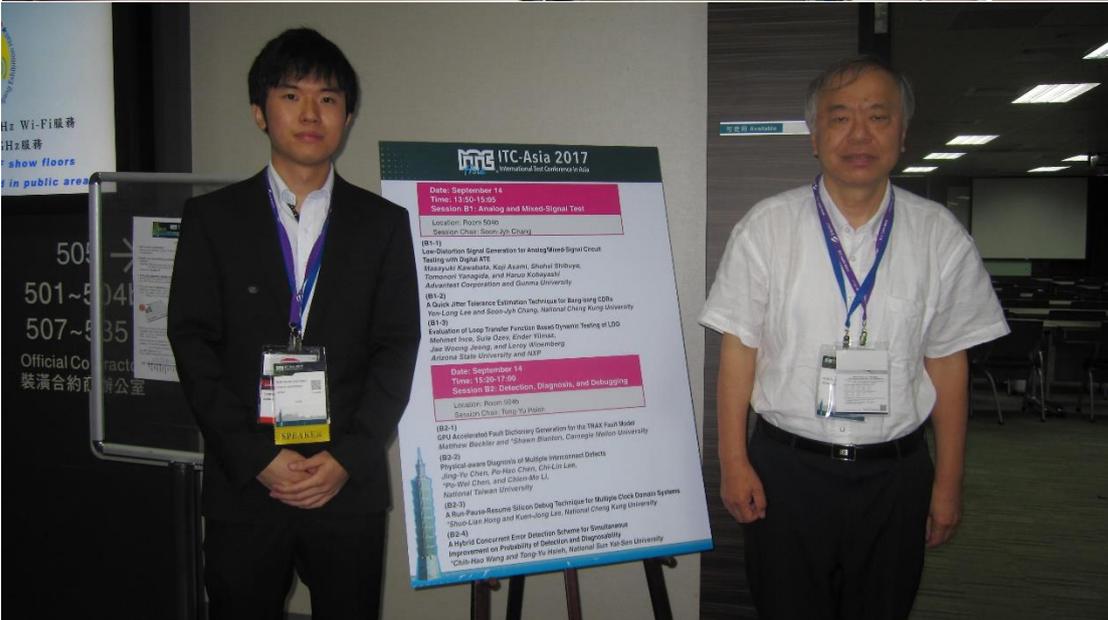
アナログ/ミクストシグナル IC テスト容易化技術のセッションで、国立成功大学(台南市)の張順志先生から高速入出力インターフェース回路のジッタ耐性テスト容易化技術の発表があった。同先生は逐次比較近似 ADC 研究でも著名で、ISSCC 等にも論文発表している。

http://www.ee.ncku.edu.tw/subpage_div/teacher_new_2/index2.php?teacher_id=71

台湾でアナログ IC のテスト容易化技術を研究しているのは同先生と国立交通大学 洪浩喬先生である(台湾でも研究者が非常に限られてきている)。また、今回の ITC Asia では RF 回路のテスト容易化、アナログ故障テストの発表は見られなかった。

● 研究室大学院生(柳田朋則君)の発表

柳田君は昨年の中国での国際会議で2件発表, 今回は海外での国際会議は2回で, 合計3件目の国際学会発表である. 座長は 前述の国立成功大学 張順志先生である.



論文内容は, アドバンテスト社の川端雅之氏(群馬大学 OB)のアイデアを同社の浅見幸司先生が群馬大学連携大学院客員教授の立場から私の研究室に紹介していただき, お二人の研究室学生へのご指導で得られた研究成果である.

これまでその都度新しい内容を付け加えて何回か発表してきている.

今回は大学院博士前期課程(修士課程)2年の柳田朋則君が発表した.発表後・セッション後の質問等では非常に好意的なものが多く, 内容・プレゼンテーションとも「好評」であった.

Day 1 September 13 (Wednesday)

Venue	Room 504a	Room 504b	Room 504c
13:30-16:50	Tutorial I Automotive Test	Tutorial II 3D-IC Test	Tutorial III Yield Learning
	Coffee Break		
	Tutorial I Automotive Test	Tutorial II 3D-IC Test	Tutorial III Yield Learning

Day 2 September 14 (Thursday)

Venue	Room 504abc		
	Opening Remarks		
09:00-10:50	Keynote Session I K1: Hardware Security - Verification, Test, and Defense Mechanisms - Tim Cheng K2: Convergence of Electronic and Semiconductor Systems, and Its Impact on Testing Technology - I-Shih Tseng		
	Coffee Break		
	Room 504abc		
11:10-12:30	Plenary Panel Heterogeneous Integration - Design and Test Challenges		
12:30-13:50	Lunch Break		
	Room 504a	Room 504b	Room 504c
13:50-15:05	Session A1: Corporate Session I (Invited)	Session B1: Analog / Mixed-Signal Test	Session C1: Cell-Aware Testing
14:45-15:00	Coffee Break		
	Room 504a	Room 504b	Room 504c
15:20-17:00	Session A2: Corporate Session II (Invited)	Session B2: Detection, Diagnosis, and Debug	Session C2: Test for IoTs and Automotives
	Supernova Ballroom, Courtyard Taipei		
18:30-21:00	Banquet		

Day 3 September 15 (Friday)

Venue	Room 504abc		
09:00-10:30	Keynote Session II K3: Seven Major Trends that are Changing how we Test Ics - Phil Nigh K4: Test Emerging Memories - Rob Altken		
10:30-10:50	Coffee Break		
	Room 504a	Room 504b	Room 504c
11:00-12:15	Session A3: EDA Session (Invited)	Session B3: Test for InFO and SoC	Session C3: Memory Testing
12:15-13:50	Lunch Break		
	Room 504a	Room 504b	Room 504c
13:50-15:05	Session A4: Fabless and IDM Session (Invited)	Session B4: On-Chip Test Infrastructure	Session C4: Advanced Test Practices
15:05-15:20	Coffee Break		
	Room 504a	Room 504b	Room 504c
15:20-17:00	Session A5: OSAT Session (Invited)	Session B5: Verification and Fault Tolerant	Session C5: Embedded Tutorials (Invited)

- Half-Day Tutorials
- Embedded Tutorial
- Keynote Session
- Plenary Panel
- Corporate Session
- Technical Session
- Industrial Session
- Event

SESSION B1

Date: September 14
Time: 13:50-15:05
Session B1: Analog and Mixed-Signal Test

Location: Room 504b
 Session Chair: Soon-Jyh Chang

(B1-1)
Low-Distortion Signal Generation for Analog/Mixed-Signal Circuit Testing with Digital ATE
Masayuki Kawabata, Koji Asami, Shohei Shibuya, Tomonori Yanagida, and Haruo Kobayashi
Advantest Corporation and Gunma University

(B1-2)
A Quick Jitter Tolerance Estimation Technique for Bang-bang CDRs
**Yen-Long Lee and Soon-Jyh Chang*
National Cheng Kung University

(B1-3)
Evaluation of Loop Transfer Function Based Dynamic Testing of LDO
Mehmet Ince, Sule Ozev, Ender Yilmaz, Jae Woong Jeong, and Leroy Winenberg
Arizona State University and NXP

September 14,
Day 2





INTERNATIONAL
TEST CONFERENCE
ASIA 2017



Sept. 14, 2017
Session B1-1
Analog/Mixed Signal Test

Low-Distortion Signal Generation for Analog/Mixed-Signal Circuit Testing with Digital ATE

Masayuki Kawabata, Koji Asami
Shohei Shibuya, Tomonori Yanagida, Haruo Kobayashi

Advantest Corporation
Gunma University





OUTLINE

- Research Background
- Single-tone Signal Algorithm
- Experimental Results
- Two-tone Signal Algorithm 今回の
新規内容
- Application to High-Speed DAC
- Conclusion

Low-Distortion Signal Generation for Analog/Mixed-Signal Circuit Testing with Digital ATE

Masayuki Kawabata, Koji Asami
Advantest Corporation
Gunma R&D Center 370-0718
Japan

Shohei Shibuya, Tomonori Yanagida,
Haruo Kobayashi*
Gunma University
1-5-1 Tenjin-cho Kiryu, 376-8515
Japan
*email: koba@gunma-u.ac.jp

Abstract— This paper proposes low-distortion sinusoidal/two-tone signal generation techniques for analog/mixed-signal IC testing with a digital Automatic Test Equipment (ATE) using only single digital output pin. They provide a rectangular waveform approximated to a single-tone or two-tone with specified harmonics suppression; we can specify multiple harmonics to suppress using digital control, and it is followed by an analog LPF for smoothing. The proposed method is simple for implementation with modest performance, compared to a wide dynamic range delta-sigma DAC. Its configuration, principle, simulation as well as experimental results at the laboratory level are presented. Also its application, combined with a high-speed DAC for analog circuit testing is described.

Keywords- Low-distortion signal generation, Harmonics suppression, Analog/mixed-signal IC testing, ATE

$$f(t) = \frac{1}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{k\pi} \sin\left\{\frac{2k\pi}{N} kt\right\} \quad (1)$$

Where $k = 2m - 1, m = 1, 2, \dots$

We also have the followings:

$$f(t - \tau_1) = \frac{1}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{k\pi} \sin\left\{\frac{2k\pi}{N} (t - \tau_1)\right\} \quad (2)$$

$$f(t + \tau_1) = \frac{1}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2}{k\pi} \sin\left\{\frac{2k\pi}{N} (t + \tau_1)\right\} \quad (3)$$

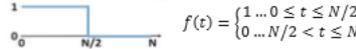


Figure 2. Rectangular wave (duty 50%)

● 日本からは合計3件の論文発表

日本からは、他に次の2件発表があった。

九州工業大学から：リング発振回路を用いたデジタル温度、電圧センサ回路

広島市立大学から：エラー耐性がある確率的計算(Stochastic Computing)

● 学会発表でのユーモラス、格調高い言葉、気の利いた表現の引用

① Adaptive Test (適応テスト) カメレオンの写真でユーモラスに「適応」を表現している。

カメレオンが周囲の色に適応して自分の体の色を変化させるという写真で「適応」の概念を説明しようとしている。

適応テストとは、途中のテスト結果に応じ(適応し)、テスト項目を変えていき、効率的にLSI テストを実現しようとする技術である。

[https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2011/ITC20111001HP\(part1\)..pdf](https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2011/ITC20111001HP(part1)..pdf)



最近、日本語で適用 を適応と(誤って)書いているのが良く目につく.例えば下記.

(誤) ...の技術を適応する

(正) ...の技術を適用する

言葉では間違った使用法が正しい使い方として認められるようになることがあるようだが、やがてそれが正しくなるのかもしれない(そのくらい多い).

学生諸君へ：「適用する」は英語の **apply** に対応、「適応する」は **adapt** に対応します。
ダーウインの進化論での、「生き残るのは適応する者である」で使われている言葉です。

② 格調高い英単語

Polymath: 博学者, たくさん知っている人

Dilettante: 文学・芸術の愛好家, 表面的な興味を持っている人

③ 欧米の作家の言葉の引用

From where we stand the rain seems random. If we could stand somewhere else,
we could see the order in it. (Tony Hillerman)

- **ギガスケール SOC での DFT (Design for Testability):**
階層的 DFT/ATPG/診断, 分割統治(Divide & Conquer)
タイミング例外処理(Timing exception handling)

- **ITC Asia の併設企業展示**

セミコン台湾と同じ会場の一角に, ITC Asia の企業展示(8 か国から22社)あり.



● 来年の ITCAsia は中国 パルピンで開催

学会主催のバンケットで、来年(2018年)の ITC Asia は 中国 哈爾濱(ハルビン)市開催で中国科学院 (Chinese Academy of Sciences) がホスト役ということがアナウンスされる。

<http://windy.ee.nthu.edu.tw/ITC-Asia-2017/file/ITC-Asia.2018.Call.for.Papers.pdf>



● なぜ ITC Asia が創設されたか

ITC (International Test Conference) は毎年米国で開催される、LSI テスト技術分野で最大の国際会議である。この会議とともに、アジア地区で開催される ITC Asia とくにインド地区で開催される ITC India が創設された。

<http://www.itctestweek.org/>

とくに ITC Asia が創設された理由は、学会関係者からの話では次のようである。

ITC(米国)の参加者数が頭打ち・減少の傾向にある。一方 半導体の設計・製造・試験の産業がアジア地区へシフトしている。しかしながらアジア地区から技術者・研究者・経営者が ITC(米国)に出かけていくには費用・時間の関係から大変である。そこで ITC をアジア地区でも開催して比較的容易に参加できるようにして、ITC 関係学会のトータルとして参加者を増やし学会を拡大していきたい。

また、今回はセミコン台湾と共催であるが、セミコン台湾側から見れば利点は次になろう。技術展示会(セミコン台湾)では出展者は技術の結果(こんなにすごいことができるということ)をアピールしたいが、それをどうやって実現したかという技術の中身の詳細は(ライバルには)隠したい。一方、学会(ITC Asia)は技術の中身・アイデアを競うので技術的に深みのある内容を提供できる。したがって、学会は展示会を補完することができる。

また国際学会では、大学関係者・公的研究所のネットワークがありそれも活用でき、様々な分野から展示会に人を集められる。筆者もセミコン台湾だけだったら参加は難しかった。

● IEEE Asian Test Symposium との棲み分け

一方、アジア地区のテストの学会には IEEE Asian Test Symposium がすでにあり、アジア地区で順番に開催されてきている。今年は台北で11月下旬に開催される。

<http://www.ieee-ats.org/>

<http://ares.ce.ncu.edu.tw/ats17/index.php>

この学会はアカデミック寄りなのに対し、ITC は産業界寄りで、棲み分けるのかもしれない。しかし、ATS と ITC Asia の委員、プログラム内容がかなり重複しているのも事実である。

なお、この学会 (ATS207) にも研究室から論文が採択され、研究室の大学院博士前期課程 (修士課程) 1年の小澤祐喜君が参加・発表予定である。

Yuki Ozawa (小澤祐喜) Takashi Ida, Richen Jiang, Shotaro Sakurai, Seiya Takigami, Nobukazu Tsukiji, Ryoji Shiota, Haruo Kobayashi, "SAR TDC architecture with self-calibration employing trigger circuit," The 26th IEEE Asian Test Symposium, Taipei, Taiwan (Nov. 28, 2017)

● なぜ LSI テスト関係の学会か

問題意識は次のようなところにある。

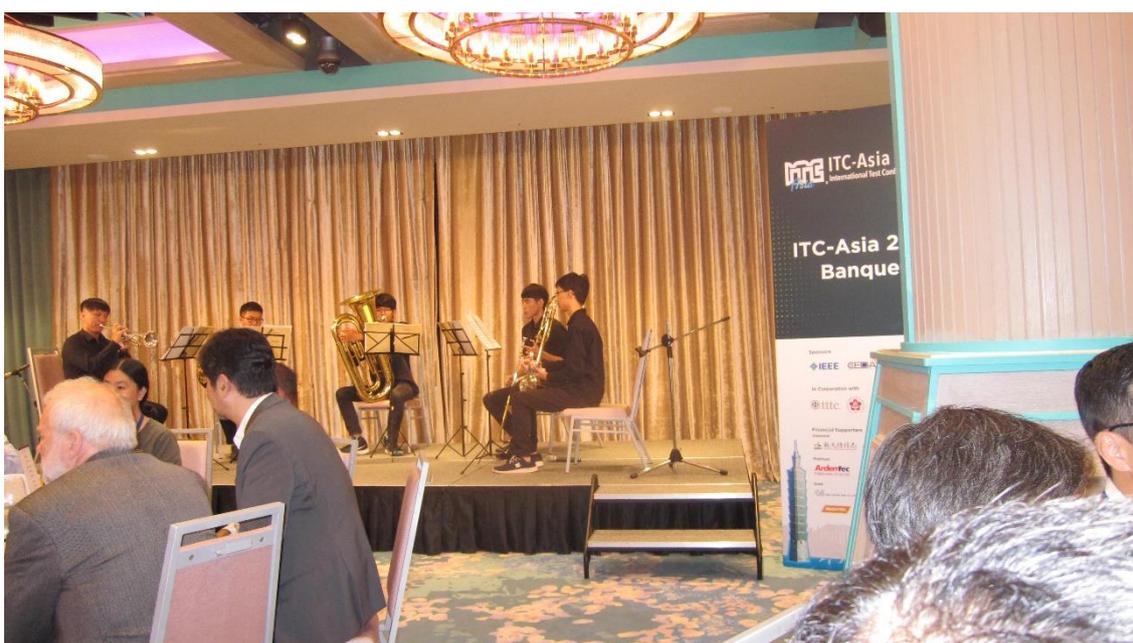
- 産業界の友人から、欧米の大学の回路設計の大先生でも 信頼性、歩留まりについて議論できないのは問題であろうとの指摘。
- 自動販売機を作っているメーカー技術者から、自動販売機に要求される動作温度範囲は非常に広いが、回路の学术论文では温度特性について述べているのはほとんどない (のであまり信用できない) の指摘。
- 車載用 IC では品質は極めて重要との指摘

回路設計者は回路の Figure of Merit (FOM: 数値性能) だけでなくこれらを考慮することが重要とおもっている。

日本の大学の電気電子工学分野の著名な先生が「低コスト化技術は産業界が研究し、大学は高性能化技術を研究する」と言われていたが、LSI テスト技術では低コスト化は重要なファクターである。

気が付いてみると、自分の研究室ではずいぶん産業界寄りの研究をしている。

● 音楽・楽器好きの研究者多し



「礼樂を節することを楽しみ、人の善を道うことを楽しみ、賢友多きを楽しむは、益なり。」
(論語)

礼儀にかなった行動をし、音楽を適度に楽しみ、...

● 「海賊になれるのに、なぜ海軍になど入るのか？」(Steve Jobs)

国立交通大学(新竹市)の洪浩喬先生によれば、

<http://www.eed.nctu.edu.tw/people/bio.php?PID=33>

「自分の大学やすぐ隣の国立精華大学にはには LSI 関係(半導体デバイス、プロセス、デジタル、メモリ、アナログ、ミクストシグナル、RF、EDA、LSI 試験技術、センサ、MEMS 等)のたくさんの教授がいる。台湾は電子産業に選択と集中している。ギャンブルのようであるが…」と話している。

電源関係の日本の技術者・経営者の集まりでも「日本の電源関係の産業の多くは台湾に移ってしまった」との話をきいている。電源関係の国際会議でも台湾の大学からは多くの発表がある。

台湾の大学の研究者達が組織化・訓練された正規軍であるなら、日本の地方大学のこちらは一介の賊に過ぎないくらいの差がある。が、短期的にはやり方によっては競争できると思う。「孫子」と並ぶ兵法書「呉子」に次のような記述がある。

「今 一死賊 を広野に伏せしめて、千人之を追うも、梟視狼顧ならざるはなし。

何れの者も、其の暴起ちて己を害するを恐ればなり。」(呉子・勵士第六)

必死の者が広野に一人潜んでいれば、千人でこれを追っても皆が恐れおののく。

「死中に活を求める」くらいか。

なぜ、台湾、韓国、中国で電子産業・半導体産業に選択と集中しているのか、調査し考えてみる必要がある。米国はある産業が新興国から追い上げられると比較的簡単に手放し次の新しい分野に移っていく傾向があるが、半導体分野では巻き返した。この分野が長期的に重要と見ているからであろう。

● 台湾の電子技術分野での産官学連携

台湾では産官学一体になって電子産業に取り組んでいるようにも見える。

例えば 新竹市ではサイエンスパークにハイテク企業が集まり、近くの国立精華大学、国立交通大学には電気電子関係の研究者・研究室が非常に多くある。また充実した国立の研究所(工業技術研究院 Industrial Technology Research Institute : ITRI)も有している。

官が主導してこのような施策をとっていると思われる。

しかしながら、話を聞いてみるとかならずしも産業界と大学とは連携は密ではないようだ。

産学連携はむしろ例外的であるようだ。やや意外な印象をもっている。

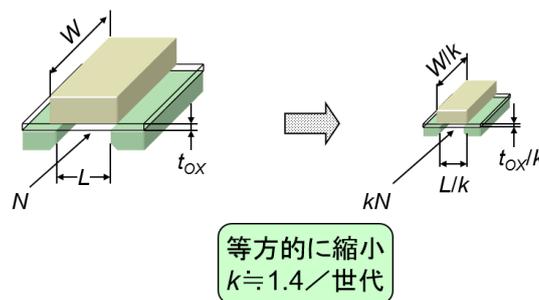
台湾の大学から、国際会議に積極的に多くの質のよい論文が発表されているが、これが産業界にどれほどフィードバックされているかはわからない。もちろんその分野の人材(卒業生)を出して産業界に貢献していることは間違いないであろうが。また TSMC 社が台湾の大学のチップ試作を支援していることは良く知られている(台湾の大学は同社でのチップ試作に手慣れている)が。

● 半導体の微細化

「ムーアの法則」が終焉か、まだまだ続くかの記事がエレクトロニクス誌でよく見る。微細化はもう少し続くかもしれないが、すでに「微細化による恩恵」は終焉していると思う。微細化により 漏れ電流, 耐圧, 信頼性, 経年変化, ソフトエラー等の問題が顕在化し, そして何よりもプロセス開発・マスク等のコストが極端に増大するという問題が生じている。

群馬大学客員教授 堀口真志先生の Dennard スケーリング則(MOS トランジスタ微細化による恩恵)に関する群馬大学での 2011 年の講義資料を下記に示す.Dennard のスケーリング則による MOS トランジスタの微細化による恩恵はもう終焉しているのではないか。

MOSTランジスタの比例縮小(スケーリング)



MOSTランジスタの比例縮小(スケーリング)則

		電界一定
寸法	L, W, t_{ox}	$1/k$
不純物濃度	N	k
電圧	V	$1/k$
電界	$E \propto V/L, V/t_{ox}$	1
電流	$I \propto (WV^2)/(Lt_{ox})$	$1/k$
オン抵抗	$R_{ON} \propto V/I$	1
ゲート容量	$C_G \propto LW/t_{ox}$	$1/k$
遅延時間	$t_D \propto R_{ON}C_G$	$1/k$
消費電力	$P \propto IV$	$1/k^2$
面積	$A \propto LW$	$1/k^2$

Mooreの法則
の原動力

⇨ 高速
 ⇨ 低電力
 ⇨ 低コスト・高機能

R. H. Dennard, IEEE J. SSC, p.256, Oct. 1974

しかしムーアの法則の終焉は、半導体の技術・産業の終焉なのであろうか.筆者は「ムーアの法則が終焉したら、アナログ回路設計にとって良い方向になるのではないかと妙なことを考えている。

以前アルプス電気の関連会社の Cirque 社に、研究室の大学院生2名に対して米国ユタ州ソルトレークシティでインターンシップをしてもらった。

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/internship.pdf>

当時のその日本人の社長さんが次のことを言われたのが記憶に残っている。
「センサインターフェース用アナログICを開発してもプロセスの世代が進むとそのICをもう提供してもらえない、次のICを開発すると1-2年はかかってしまう、電源電圧が下がるのでかなり回路も変更しなければならない。アナログIC開発は妙な世界だ。どういう分野かよく知りたいのでこの分野の研究室の学生をインターンで受け入れて、この分野をよく知りたい」

ムーアの法則が終焉したらプロセスがほぼ固定して このようなことはなくなるかもしれない。回路設計者にとって、ムーアの法則終焉で強制的に(?)プロセス微細化はなくなるのは良い方向に働くのではないだろうか。

囲碁で「岡目八目」の言葉があるが、分野が近いがそこにはどっぷりとは浸かっていない方の見方は参考になることがしばしばある

イノベーションとは単なる方法ではなく、新しい世の中の認識が「コップに水が半分入っている」から「半分空である」に変わるとき、イノベーションの機会が生まれる。 (ドラッカー)

● アナログ分野でのプロセス・デバイスと回路の組み合わせは無限

枯れたプロセスをアナログ向けに工夫する、そこでデバイス構造を工夫(低ノイズデバイスを実現する、温度特性のよいデバイスを実現する、EMSに強い回路を実現する等)して低コストでアナログ特性を良くするようにプロセス・デバイスでも差別化するのがアナログICメーカーのプロセスかと思う。プロセス・デバイスは自社なので回路をコピーされないこともメリットであろう。

先端微細プロセスで高性能アナログ回路をという考え方もある。

アナログ・ファブレスもありえるし、アナログ IDM (Integrated Device Manufacturing) もありえる。製造で低コスト化して利益を生み出している会社もある。

プロセス・デバイスと回路のやり方の組み合わせはいろいろとある。

「設計と製造の分離」のやり方だけではない。

孫子の「正と奇の組み合わせは無限」の言葉を思い出す。「プロセス」と「回路システム設計」等の組み合わせは無限にあると思う。

● セミコン台湾 展示会

セミコン台湾は台湾で半導体関係の最大の展示会で、参加者は毎年4万人程度とのこと。半導体産業は短期間での浮き沈みが激しい。「山高ければ谷深し」の表現がある。現在は好調で半導体製造装置メーカーは作るのが間に合わないほど忙しい。しかし、半年後はどうなるかがわからないので短納期を要求されるとのこと。メモリも非常に好調のようである。





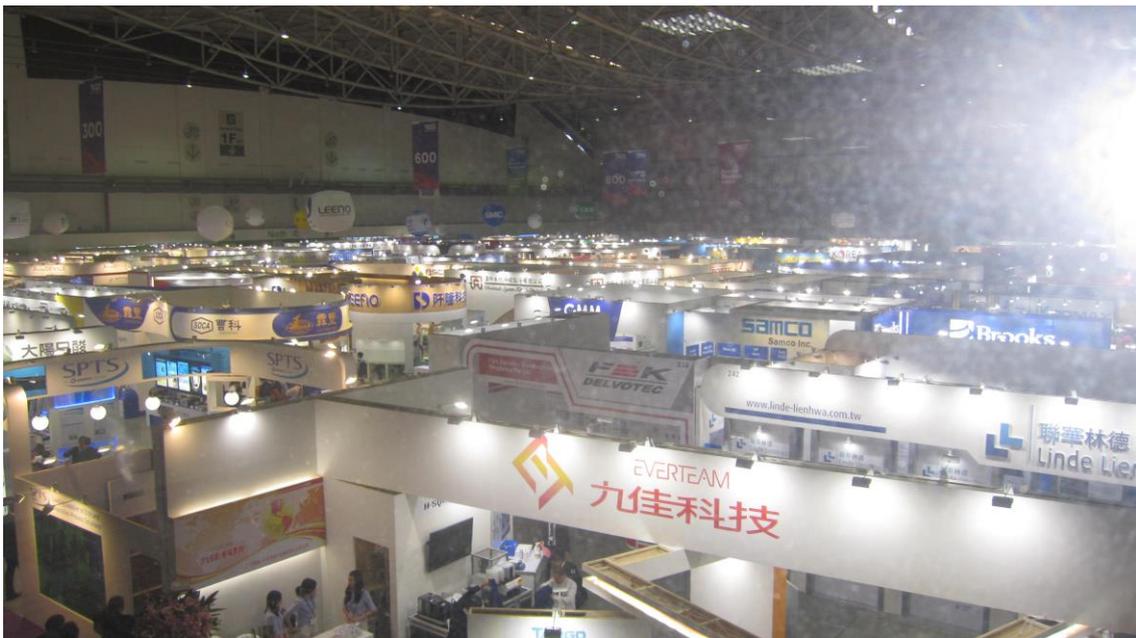
非常に難しい産業・技術と思うが、世界的・長期的に見れば半導体産業・技術はますます重要になっていくと思う。

また、日本はパワー半導体系で非常に競争力があるとの声をきく。



日本語もあちこちで聞きこえ、日系メーカーからの展示も目についた。
日本の半導体製造装置メーカーに就職した、群馬大学卒業生とも出会った。

掲示で「日本的品質」の文字が見られ、やはり日本の品質は世界的に信用があるのか
と思った。









欧米の方もよく見かけた。

● 新しい技術と新しい時代をどう生きるかを考える

ロボット, AI, IoT 等の新しい技術は 我々の生活を豊かにし利便性が向上する。
一方, 個人的として今の自分の職業・仕事がどのようになるのか,
社会的にはどのような産業構造が変化をもたらすのかという不安感を生じさせる。

「今の日本には何でもある. ないのは希望だけだ. 」(村上龍)

これからの生き方を考えるのにドラッカーの言葉は示唆に富んでいる。

将来に対する認識

「将来についてわかっている唯一のことは, 今とは違うということだ. 」

「変化はコントロールできない. できることはその先頭にたつことだけである.」

大学教育で何を教えるかを考える

「21 世紀に重要視される唯一のスキルは, 新しいものを学ぶスキルである.

それ以外はすべて時間と共にすたれてゆく.」

人間の IT 機器に対する能力の優位性

「企業は何よりも「アイデア」であり, それを生むことができるのは個々の人間だけである.」

新しいツールが次々に現れてくることに対して

「正しい結果を与えてくれる最も簡単な分析は何か. 最も簡単な道具は何か」

を問わなければならない. アインシュタインは, 黒板よりも複雑なものは何も使わなかった.」

ビックデータに対して

「知識は**本**の中にはない.**本**の中にあるのは情報のみである.知識とはそれらの情報を
仕事や成果に結びつける能力である.知識は, 人間すなわちその頭脳と技能のうちのみ存在する」

「**本**」を「インターネット, ビッグデータ」に置き換えるとビックデータがわかる

ドラッカーの言葉を参考にする等をして, 重要なことは自分の頭で考えることであろう。

「耳学問」も重要ではあるが、それで終わってはならない。

● 台北は先進都市・国際都市

展示会に参加して、台湾で英語は良い職を得るために必須であるように思った。

台北市内のビルの名前、駅名に英語が併記されていることが多い。

タクシー料金は安く、メトロが便利で、慣れるとバスも非常に便利とのこと。

新竹市の技術者の人件費は日本と変わらない(もしくはそれ以上)。

日本と同じように、高付加価値のものを台湾に残し、コスト競争のものは海外に出すことをやっている。



● 台湾は親日

親〇〇、反△△という言葉は注意が必要であろう。「平均として」、「その国での教育が」、「その国でのそのときのオピニオンが」、くらいであり個人差があろう。同じ国・民族間でも人の好き嫌いはあり、人の心はそんなに簡単なものではない(一枚板にはならない)と思う。

本を読んでいて 次の言葉に出会う。

「10人の人がいれば、1人はどんなことがあってもあなたを批判する。

あなたを嫌ってくるし、こちらもその人を好きになれない。

2人は互いにすべてを受け入れ合える親友になれる。

残りの7人はどちらでもない人々だ。」

「いい人をやめよう」「嫌われる勇氣」等の題名の本も目にする。人間関係においても、

「100%を求めない」という工学的な発想をすと ずいぶん精神的に楽になる。

「全ての人に好かれる」ことはないし、「全ての人に嫌われる」ことはない。





- 陣地を増やしていく「囲碁の経営」

台湾の日本統治時代を調べてみると、後藤新平、児玉源太郎、新渡戸稲造、八田与一、杉浦茂峰、森川清治郎等、台湾に貢献し感謝されている人たちが多くに気が付く。これは陣地をどんどん増やしていく「囲碁の経営」をしたからではないかという印象をもった。

台湾ではオフィシャルに「日本植民地時代」ではなく「日本統治時代」とよぼうとしているとの説明を(台湾で)受けたことがある。

最近偶然、群馬県前橋市 赤城青少年交流の家を訪問する機会があったが、ここで群馬県前橋市出身の羽鳥重郎(台湾総督府の医務官)、羽鳥又男(台南市市長)のことが展示されていた。昨年、研究室の築地伸和君が台湾に出張したが、その報告書にあるように台湾に貢献し、感謝されているようだ。

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/TJCAS2016report-tsukiji.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/20160805tsukiji-taiwan.pdf>

国立台湾大学の LSI テスト技術分野の黄俊郎先生からも、台湾は親日であることの話聞いたことがある。国立台湾大学の前身の台北帝国大学は日本統治時代の「帝大」の一つであるようだ。

また、東日本大震災の際も台湾から日本への多くの義援金が集まったことはよく知られている。













● 半導体技術・産業は新しい時代へ

時代の偉大な先駆者や功労者は、しばしば次なる世代の進歩や発展の阻害者なる（ように見える）ことがよくある。世代交代はそれほど簡単ではない。

論語には

「後生畏るべし、焉んぞ来者の今に如かざるを知らんや」

とあるが、そのあとに実に厳しい言葉が続いている。

「四十五十にして聞こゆることなきは、これ亦畏るるに足らざるのみ」

かつてバイポーラアナログ回路の権威のため、CMOS化が進まなかった。

アルバート・アインシュタインは、光電効果・光量子説でノーベル賞を得たにもかかわらず、ニールス・ボーアの量子力学を「神はサイコロ遊びをされない」と厳しく批判した。

「紙上に兵を談ず」中国戦国時代の趙の名将 趙奢は、息子の趙括を決して認めなかった。「あれの兵法は口先だけだ。戦争とは生死のかかったものであるのに無造作に論じている。任用されずに済めばよいが、もし趙括を将軍にすれば必ず負ける。」

敵の秦はそれを見抜き、間者を用いて「秦が恐れているのは趙括」の噂を流布。

趙括は将軍に任用され秦の名将 白起にあえなく敗れ戦死。趙は大敗し国力を失う。

が、半導体技術・産業は間違いなく新しい時代を迎えている。

「新しき葡萄酒は新しき皮袋に入れよ」（新約聖書）

● 謝 辞

学生の論文・発表のご指導をいただきました，アドバンテスト社 川端雅之様，浅見幸司様に感謝いたします。今回の柳田朋則君の旅費の一部は群馬大学大学院生海外派遣助成を受けています。

● 関係リンク

学会 HP

<http://windy.ee.nthu.edu.tw/ITC-Asia-2017/HOME.html>

<http://www.semicontaiwan.org/en/>

<http://www.semicontaiwan.org/en/itc-asia>

<http://www.itctestweek.org/>

<http://www.ieee-ats.org/>

<http://ares.ee.ncu.edu.tw/ats17/index.php>

<http://www.itctestweek.org/itc-asia-coming-sept-13-15/>

LSI テスト技術関係学会の出張レポート

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2017/VTSReport20170427am8.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/ATS2016report-shibuya.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/Report20161128pm4.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/20160722am9IMSTW.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/FTC75th2016-7-14rev2.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/IMSTW20150703.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/2011-09-UCLAkatho.pdf>

台湾での学会の出張レポート

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/ATS2013report5.pdf>

https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/ATS13-Wu_Minghui.pdf

https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/ATS13-Li_ensi.pdf

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/2012-12-1taiwan-jin.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/2012-12-1arakawa.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/TJCAS2016report-tsukiji.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/20160805tsukiji-taiwan.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/20160503am8.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/20160509am10.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2016/taiwan-report-higashino1.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/APCCAS2012rev.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/2012-05taiwan.pdf>

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/warehouse/IMS3TW2012.pdf>

https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/news/pdf/2017/ITC-Asia_rev2-1.pdf

数学者 ガロアは、一人の女性をめぐる決闘で 20 歳前に命を落とす。
が、決闘の前に自分の理論をノートに書き残し、後にその偉大な業績が認められる。
マルコポーロの東方見聞録は後世に大きな影響を与える。
書き残すことは重要であると思う。

