

2017年4月27日

IEEE VLSI Test Symposium 2017 外伝

Feel the technology progress in our heart.

Throw a tiny stone in a pond there.

群馬大学大学院 電子情報部門 小林春夫

2017年4月9日(日)-12日(水) 米国ネバダ州ラスベガス市で開催された VLSI Test Symposium (VTS) 2017 に参加した。現在 LSI テスト分野で International Test Conference (ITC) に次ぐ規模の国際会議になっている。産業界、大学両方からの論文発表がある。本会議では論文(regular paper) 採択率が約 40% (73 件投稿, 31 件採択)である。Industrial Practice (IP)セッションでの産業界からの招待講演が多く、非常に産業界寄りの学会である。企業からの参加者では IP セッションの話が聞けるから参加したという方もおられる。先端技術情報が得られ、多くの人と知り合え、研究成果の効果的アピールをすることができる。初日の基調講演ではざっくり 200 人前後の参加者があった。産業界からの参加者は直接の製品開発・テスト評価現場の方が多く印象である。参加者の多くは、セッションの発表・聴講に加えて、同じ分野の技術者・研究者と情報交換をすることを重視している印象である。企業からではインテル社からの発表・参加者が多い印象であった(同社の日本人の方もおられた)。

VTS2017 の「本伝」は、VTS プログラム委員の群馬大学 客員教授 畠山一実先生により下記に報告される。

<http://analog.el.gunma-u.ac.jp/main/showworkshop?id=413>

● 車載 IC のテスト技術のチュートリアルに参加

初日の午後の下記のチュートリアルに参加した。聴講者は20名程度で、最初に自己紹介があり、ほとんどの方が製品開発・評価関係の実務を行っている産業界からで大学関係者は筆者のみであった。娑婆の空気が吸えて良かったと思っている。

Sunday, April 9, 2017

Afternoon Tutorial (1:00p.m.–4:30p.m.)

Title: Automotive Reliability & Test Strategies

Presenter: Yervant Zorian (Synopsys)

Given today's fast growing automotive semiconductor industry, this tutorial will discuss the implications of automotive test, reliability and functional safety requirements on all aspects of the SOC lifecycle: design, silicon bring-up, volume production, and particularly in-system functional safety. Today's automotive safety critical chips need multiple in-system self-test modes, such as power-on self-test and repair, periodic in-field self-test, advanced error correction, etc. This tutorial will cover these specific in-system modes and the benefits of selecting ISO 26262 certified solutions to ensure standardized functional safety requirements, while accelerating time to market for automotive SOCs.



「VTS2017 での発表は いかにしてテストを簡略化するかという内容と、
車載 IC 用にいかにして丁寧にテストを行うかの内容に 2 極化している。」
(VTS2017 参加 アドバンテスト 小寺悟司氏)

車載用 IC は 6 シグマではなく 7 シグマを考える。
すなわち不良率 dppm を超えて dppb の高品質が要求される。

車載 IC でも微細 FinFET が用いられているのには少し驚いた。
帰国後、自動運転システムのところに使われているのではないかとの指摘を受ける。
FinFET メモリには Dynamic Faults の新しい故障モードがでてくる。

「FinFET はソフトエラー耐性がある構造になっている」
(VTS2017 参加 日立製作所 上菌巧氏)

車載用 IC の伸びは著しい。枯れた技術を好む。信頼性、寿命、安全、セキュリティ等が重要で LSI テスト技術がカバーする領域が広がる。技術開発に勢いが出てくるような印象をもつ。この分野で自分の研究バックグラウンドにマッチしたテーマを発掘して貢献していくとインパクトのある研究成果になると思った。

一方 民生用 IC では設計保証等でそのテストを簡略化する傾向にある。
(適応テスト(Adaptive test), テストの順番を最適化してテスト項目を削減する等)

● 工学では産業界・現場に面白い研究テーマがある。

以下はその対極であろう。

貴族主義 (snobbish) ・ 権威主義

「立派な大学、国際会議、権威ある学会誌、
欧米の著名な大学の著名な学者が言った。」

武家の商法

「自分の研究はこんなにすごいのに使わないのは産業界が勉強不足だ。
マスコミが取材に来ないのはおかしい」

私の好きなのは小さなことを大切にすることである。

- 着眼大局、着手小局
- 大河の流れも小さな湧水から
- 種を蒔き育てる (Hamming 博士、ベル研究所)

大きなプロジェクトより研究者同士の語りから大きなものが生まれる。

● 研究のマーケティングを考える

工学研究のマーケティングを考えると次のようになろう。

- ① 他ではやってないこと
Do what people don' t do
Go where people don' t go
 - ② 社会のニーズが高いこと
 - ③ 自分の強みを生かせること
- の研究テーマをやるのが良いと考えている。

LSI テスト技術分野では アナログ/ミクストシグナル IC テストに関して 10 年以上前から アジレント・テクノロジー、半導体理工学研究センター、ソシオネクスト、アドバンテスト社等と共同研究、技術交流を行ってきている。今回はソシオネクスト社、アドバンテスト社との共同研究の内容 2 件を IP セッションにて発表した。

● レギュラー投稿論文の共著発表

また、オーストリアの amsAG 社の Peter SARSON 氏(イングランド出身)が私のところで論文博士取得を目指しており、次のようにその研究内容の同氏発表(regular paper)の共著になっている。学会で知り合ったが、同氏にはこの分野の学会活動に勢いを感じる。

Monday, April, 10th 2017

1A – Analog, Mixed-Signal and RF Test (I)

Room: Pompeian I

Moderator: Stephen Sunter (Mentor Graphics)

- A Technique for Dynamic Range Improvement of Intermodulation Distortion Products for an Interpolating DAC-based Arbitrary Waveform Generator Using a Phase Switching Algorithm
Peter Sarson (ams AG), Shohei Shibuya, Tomonori Yanagida, Haruo Kobayashi (Gunma University)



● Industrial Practice(IP)セッションでの2件の発表

IP セッションではその場でスライドにて説明。原稿なし、スライド配布なし、アブストラクトのみ公開である。産業界からできるだけ情報を出してもらえらるためのようだ。が、それでも内部の深いところまでの紹介はできない(会社から許可されていない)印象の発表もある。

Tuesday April, 11th 2017

ソシオネクスト社 (担当 塩田良治氏) との共同研究成果の IP セッションの発表.
amsAG 社 Peter SARSON 氏から声をかけてもらう.

5C – IP Session: Automotive Test Solutions

Room: Pompeian III

Organizer: Peter Sarson (ams AG)

Moderator: Wim Dobbelaere (ON Semiconductor)

- **Automotive IC Testing with BOST Approach**

Ryoji Shiota (Socionext), Haruo Kobayashi (Gunma University)

Abstract: This talk will introduce testing technologies of automotive application ICs for information and entertainment produced by Socionext Inc. Especially testing technologies using BOST developed with Gunma University will be explained.

BOST は日本的なすり合わせ技術のようで、欧米等では多くは BIST を使っており、聴衆はこのストーリーが少し意外だったようである。

Wednesday April, 12th 2017

アドバンテスト社との共同研究成果の IP セッションの発表. 畠山先生から声をかけてもらう. 川端雅之さん(アドバンテスト社, 群馬大学 OB)のアイデアを浅見幸司先生(アドバンテスト社, 群馬大学客員教授)が仲介されて, お二人のご指導で私のところで研究を行った成果である.

10B – IP Session: Innovative Practices in Asia (II): From Cost Perspective

Room: Pompeian II

Organizers: Kazumi Hatayama (Gunma University), Masahiro Ishida (Advantest)

Moderator: Kazumi Hatayama (Gunma University)

• Signal Generation with Specified Harmonics Suppression Using Only Single Digital Output Pin

Masayuki Kawabata, Koji Asami (Advantest Corporation), Shohei Shibuya, Tomonori Yanagida, Haruo Kobayashi (Gunma University)

Abstract: This talk will describe single-tone and two-tone signal generation techniques with suppression of specified HDs and IMDs, using only single digital output pin of ATE. Their algorithms, simulation and experimental results as well as possible applications will be explained.



● 彼を知り己を知れば百戦危うからず（孫子）

半導体産業は日本ではかつてに比べて厳しい状況であるが世界的には活況であるようだ。米国、欧州、韓国、台湾、中国で関心が高い。
必然的に外に打って出るしかない。

国益を考えれば

- 国産技術の育成だけでなく、海外技術の調査、それをベースにした研究開発
- 海外から研究者・学生を受け入れる
- 海外研修を行う
- 海外企業・機関とも積極的につきあっていく
が必要であろう。

歴史を振り返れば、太平洋戦争以前・最中、および1980年代から1990年代前半に日本に製造業で急追されたとき 米国は日本を徹底的に研究した。

● 外部発表について

「ダビンチの思想のいくつかは、後世の研究者に発見されるまで眠っていた。発見時にはすでにガリレオ・ガリレイ等により発表済であった。どんなに優れた研究も発表されなければ科学に寄与しない。」

「人は必ずアウトプットしながら考え、それを自分にフィードバックしながらインプットされた知識や情報を自分の力として蓄積していくようにできているのではないか。」
(将棋プロ棋士 羽生善治氏)

「脳には 見る, 聞く, 感じるなどの情報入力を司る感覚系領域と手, 足, 口などを使って出力する運動系領域がある. その両方を同時に使っていないと「分かっているけどできない」という状態になってしまう。」
(脳科学者 茂木健一氏)

「注目されていることがモチベーションを高める。
電気を徐々に暗くしていく, 明るくしていく。
どちらでも仕事の生産性が向上する。」

「舌で話すな, 心で話せ。」 (山岡鉄舟)

「英語は話すより聞くほうが難しい。」 (群馬大学客員教授 三木隆博氏)

「処女作にはその作家のすべてが表れる」は理系の研究者にも当てはまる含蓄がある重い言葉である。長年の他の研究者の学会発表を聴いていても、さらに何よりも自分自身を振り返っていても かなり当たっているからである。

対外発表すれば 外部に影響を与え 発表者・発表グループ自身への影響も必ずある。

● LSI テスト学会のカバーする領域

安全, 安心, セキュリティ, 信頼性, 故障検出, 診断の重要性
特に車載 IC では 低コスト/低品質ではなく, Best-In-Class を追及
テストをして品質保証し価値を生み出す。
製造も含めたチップのトレーサビリティ
安全, 安心のチップのインテグレーションのグランドデザイン
ラベルのないワインは売れない

集積回路が低コスト化技術で広く普及



集積回路テスト技術で付加価値を

「水道からはいくらでもただの水が出るのに
みんなお金を出して
ミネラルウォーターを買っているじゃないか」



Steve Jobs



● 品質工学と LSI テスト技術

品質工学の考え方は LSI テスト技術を理解するのに役立つ。

品質管理: 保守的・守り, 変化を好まない

設計: 革新的・攻め, 変化を好む

品質工学の啓蒙書より:

「品質はコストより重要でない。

品質とはコストを達成するための手段にすぎない。」

「品質/コスト＝一定ではない。品質/コスト＝技術力である。

技術力により品質, コストの両方を飛躍的に改善できる」

「信頼性とは出荷試験後の故障の問題である」

● 失敗学と LSI テスト技術

自動車メーカーからの招待講演で、市場にだすまで想定外の動作、環境を考え出し、テストを行う、その時間・工数は膨大 という話を聞き「失敗学」の考え方を思い出す。

● 計測工学と LSI テスト技術

LSI テストは逆問題

順問題：入力（原因）から出力（結果，観測）を求める問題

逆問題：出力から入力を推定する問題や入出力の関係性を推定する問題

「計測なくして制御なし，管理なし，科学なし」

“You cannot control what you cannot measure.” (Tom DeMarco)

「不良は宝の山.

テスト・測定してそのデータで歩留まり向上へのアクションを起こせる」

「性能はアナログで，機能はデジタルで」

観測行為はその対象に影響を与える。量子力学の不確定性原理を解釈すれば、計測手法には能動計測と受動計測があるが、厳密につきつめていけば受動計測はありえず 全て能動計測になるということであろう。

● 工学設計では完璧を求めない

ジョージア工科大学から近似計算コンピュータ (**Approximate** computing : 100% 正しい答えを計算するのではなく近似値を計算出力すればよい) の招待講演があった。

Approximate Computing: Beyond the Tyranny of Digital Abstractions

Speaker: Hadi Ismaelzadeh (Georgia Institute of Technology)

http://tttc-vts.org/public_html/new/2017/3b-hot-topic-intelligent-physical-systems-test-diagnosis-reconfiguration-and-correction/

AD 変換器回路で冗長 (**Redundancy**) システムでは設計が楽になるのを思い出す。工学システムで 100%の効率のものを設計するのは大変である。

逆に言えば両者のように完璧 (100%) を求めないシステムは設計が楽になる。

● アインシュタインの言葉と LSI

「自然はゆらぎを好むが無駄を嫌う」 (アインシュタイン)

これは電子回路の本質も表している。

無駄を嫌う：

キリヒホッフの法則は回路ポテンシャルを最小にすることから導出可能

揺らぎ：

デバイスからの雑音 (熱雑音, $1/f$ 雑音等), クロックの揺らぎ (ジッタ)

「私は理詰めで考え新しいことを発見したことはない」 (アインシュタイン)

新しい発見・発明には左脳だけでなく右脳も使う必要がある

● ゲーデル不完全性定理と LSI テスト技術

(1) 「この文章は偽である。」 自己矛盾

(2) 「この文章は真実である」 証明できない

LSI テスト用の回路, 冗長回路, 符号化による誤り訂正, 自己校正もある種 (2) と同じ構造を持っているのではないかと思う。

すなわちどんなに余分な回路を用いても完全には (100%で) 故障検出・誤り訂正はできない。

しかし「これは絶対に正しい」という基準があれば 100%が実現できる。

回路システムやテストでは「絶対に正しい」という基準を外部から与えてやる必要がある場合が多い。もしくは何を基準にしているのかを見るとその回路システムが理解できることが多い。

基準電圧, 基準電流, 基準時間 (周波数)

エンジニアリング的標準

科学上の標準

校正のための基準

線形性の参照基準 (ADC 内の DAC 線形性等)

AD/DA 変換器での参照電圧

● 量子力学とテスト技術

ソフトウェアのテストのチュートリアルにて下記の用語がでてくる。

Bohr**bug**, Heisen**bug**, Mandel**bug**, Schrödin**bug**

これらは Bohr, Heisenberg, Mandel, Schrödinger 等の著名な量子力学の研究者名をもじったものであり、量子力学的現象のように神出鬼没に現れたり消えたりするバグを言っているようだ。

ハイゼンバグ： 調べようとする消えてしまう、もしくは別の動作へ移ってしまうように見えるソフトウェアバグ

「大規模なソフトでバグのないものはない」の言葉を思い出す。

このチュートリアルで下記のように解釈しているのはなるほどと思った。

機能テスト (functional) → Black Box

構造テスト (structure) → White Box

Software test challenges: techniques and emerging trends

Speaker: Indradeep Ghosh (Fujitsu Labs)

Embedded Software Testing: Challenges and Approaches

Speaker: Yashwant Malaiya (Colorado State University)

http://tttc-vts.org/public_html/new/2017/12c-embedded-tutorial-ii-software-testing-challenges-and-emerging-solutions/

一月三舟 (いちがつさんしゅう)

仏道は一つであるのに、衆生の受け止め方で、種々の意味に解釈される。止まっている舟から見る月は動かず、南へ行く舟から見る月は南に動き、北へ行く舟から見る月は北へ動くように見える

量子力学はこのような東洋哲学的な話と共通性をもっているようだ。

量子力学は科学としてだけでなく文学として学ぼうとすると理解できるところがある。
たとえば下記で「量子力学」を「人生」と置き換えると受け入れられる。

「量子力学を理解したと思っている人は、量子力学を理解していない」
(著名物理学者)

自然界・技術の究極は アナログではなく デジタルであるかと最近思う。

電子の流れの平均値が電流，そこでの個々の電子のランダムな挙動が雑音
通信はデジタルから始まった (狼煙) (ベル研究所)
自然数 (クロネッカー)

● ラスベガスと LSI テスト技術

筆者の発表内容で、たまたまモンテカルロ法を用いて回路素子値を測定する技術を用いていた。これをラスベガスと結び付けてプレゼンしようかとも思ったが、無理することもないとやめておいた。

モンテカルロ法

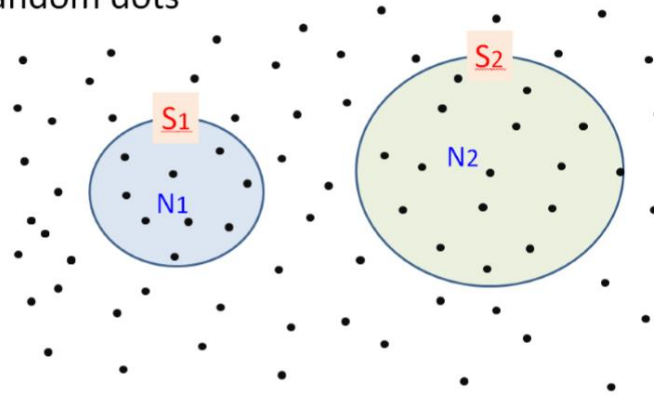
数値解析の分野においてモンテカルロ法はよく確率を近似的に求める手法として使われる。 n 回シミュレーションを行い、ある事象が m 回起これば、その事象の起こる確率は当然ながら m/n で近似される。試行回数が少なければ近似は荒く、試行回数が多ければよい近似となる。この確率を利用すれば、積分(面積)の近似解を求めることが可能となる。(Wikipedia より)

「神はサイコロを振らない」(アルバートアインシュタイン)

神ではないのでサイコロを振って(等価的に乱数を発生させ)回路素子値を測定する。

Measurement with Histogram Method.

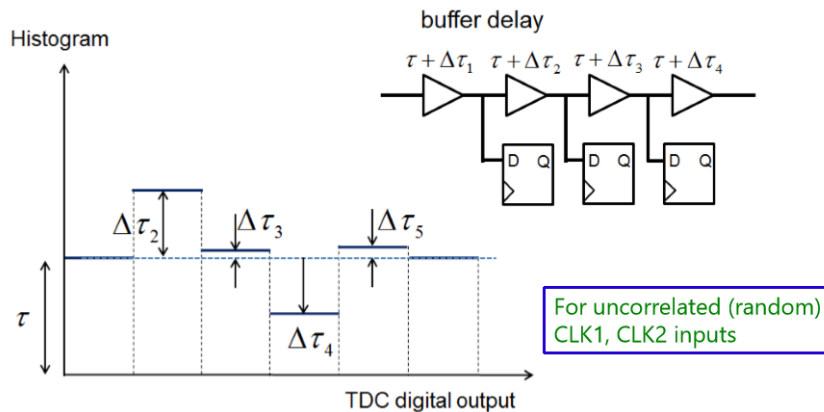
Random dots



of dots ratio $\frac{N1}{N2}$ \rightarrow Area ratio $\frac{S1}{S2}$

TDC Nonlinearity Due to Delay Variation.

TDC is non-linear



マルチンゲール法 (カジノ必勝法の一つ, 自分の資金が十分ある場合)

確率 2分の1 のゲームにおいて, 負けたら, 負けた分の倍額を賭ける.

これを勝つまで賭け続ける.

この考え方を工学システムに応用できないかと思う.

確率論はもともとはサイコロのギャンブルに対して, パスカルとフェルマが手紙で数学的議論をしたのが発端とのこと. そこから順列組み合わせの研究が進みパスカルの三角形が生まれている.

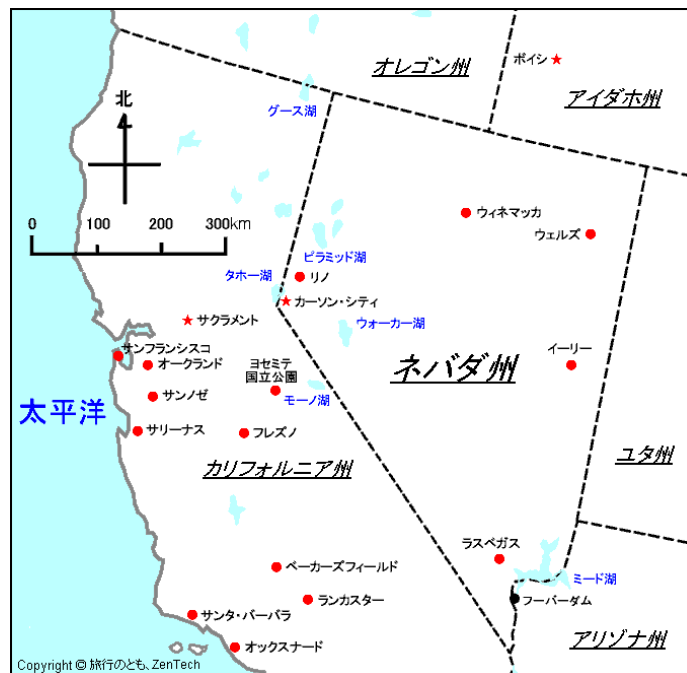
● 学会での情報収集

学会でちょっと話をしたことが重要な情報になることが多い. 例えば 石田雅裕先生 (アドバンテスト社, VTS プログラム委員, 群馬大学客員教授)には LSI テスト関係国際学会情報を教えてもらった.

● 米国ネバダ州ラスベガス市



ネバダ(Nevada スペイン語): 雪が降る の意味



ラスベガス (Las Vegas スペイン語):

ラスベガスは1820年代後半、ソルトレイクシティからカリフォルニアを目指すモルモン教徒によって発見された。ネバダ砂漠の中であってこの付近は窪んだ地形となっており、オアシスとなっていた。「ベガ」とはスペイン語で「肥沃な草原」の意で、「ベガス」はその複数形。これに女性定冠詞（複数形）を付けて「ラスベガス」となり、それが固有名詞となった。(インターネットより)

● ラスベガス訪問の印象

若い人、リタイアされたと思われる年代の方に加えて家族連れ・子供連れの観光客も多い。皆ニコニコしており、総合エンターテイメントの地であるという印象である。住む人には物価が安いとのことである。ホテル代等も他の都市に比べて少し割安。

タクシーは24時間 ホテルの前で列をなして待っている。

(すなわち 24 時間活動している町である)。

全米一(世界一)の展示会場があり、参加者数十万人の展示会も開催できる。

空港は街の中心と比較的近い。全米から飛行機でアクセスしやすい。

様々な分野の学会・展示会がラスベガスにて開催されている。

人工的・物質主義的である。日本人の「情緒」「もったいない」とは対極にあるように思うが「郷に入っては郷に従え」である。Las Vegas から Los Angeles への飛行機で窓側の席に座ったが、窓からは緑のない不毛の山地・砂漠が続いていたのが見えた。ここに多くの人を集める都市を築いたのかと思う。ネバダ州には Death Valley, Nuclear Weapon Center 等もある。かつてそばを車で旅行したことがある。

また、ネバダ州の北の方(サンフランシスコ寄り)にリノ(Reno)市がある。ラスベガスに比べて小さいが同じようなところである。ずいぶん前に車で旅行をしたことがある。

「シンガポールは国というよりホテルなのだ」(大前研一氏)との評を思い出した。資源がない、国土が小さい、人口が少ないシンガポールは世界中から人材を集めて発展している。両者はある面で共通しているところをもっているかと思う。

● 米国での見るべきもの: 「人によって造られた物」と「大自然」の2つがある。

米国の大自然では 例えばラスベガスの(米国感覚では)比較的近くにグランドキャニオンがある。

● 米国では州が異なると国が異なるくらい違う。

ネバダ州: ギャンブル合法, 砂漠の地

カリフォルニア州: ギャンブル違法 温暖な気候

州が異なれば、法律も異なる、自然・気候・文化も異なる。

消費税率も州により異なる。連邦政府は緩く全体をまとめる。

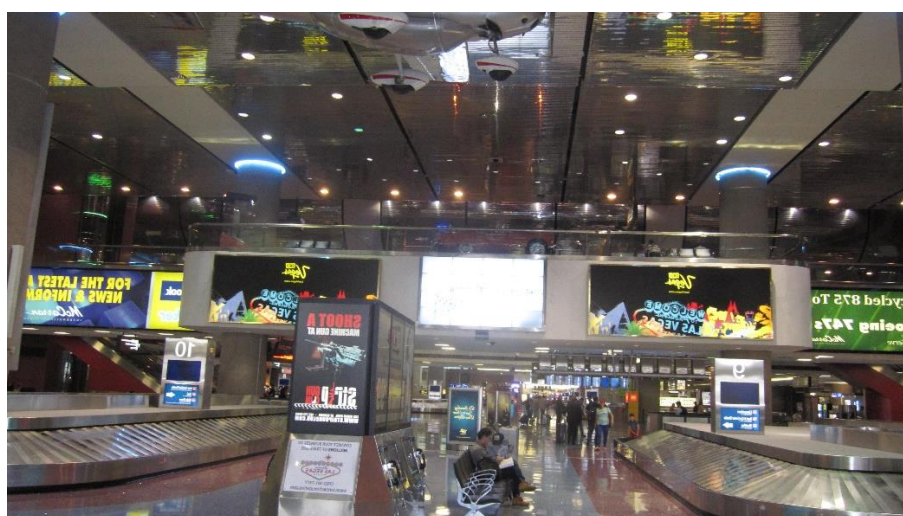
米国は懐が深い。筆者が30年くらい前に米国に留学したとき、当時の米国の戦争相手国からも奨学金を与えて留学生を受け入れていたのには驚いた。

米国の良い側面は自由と民主主義を標榜した移民の国であり、公平性(fairness)を重視するところであろう。

● 乗り継ぎのロサンゼルス国際空港 (LAX)



● ラスベガス空港 (マラッカ国際空港)



● 滞在ホテル近辺から学会会場へ





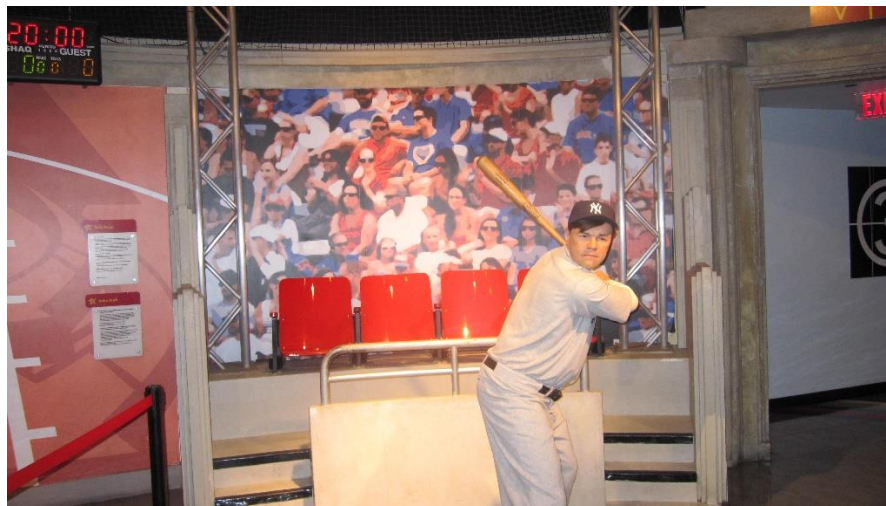






- 学会のソーシャルイベントでスターの蠟人形を見に行く







● ラスベガスのダウンタウン





● ジャーナリズム： 日々記録をつけること

4月8日(土)ラスベガスに出発前に成田空港にてエレクトロニクス誌の記者の取材に協力した。このような場合は記者の意図を汲み取り、自分が提供できる情報を丁寧に淡々と伝えるのがよいと思っている。社会に伝えたら有用であろう情報を提供するという気持ちで、それを記者が記事に反映するかどうかは気にしないようにする。

以前別件で自分の研究を紹介してもらえる記事の取材を受けたときに、技術的に細かいことで間違っていないかを事前に記事をチェックさせてくれと伝えたと、
「会社の規則でそれはできない」と言われたのが印象に強い。また、記事を書く際に裏を取っている(複数の関係者から意見を聞いている)ということを感じる。

● 忙中閑あり

出張の際には、飛行機・電車の中やその待ち時間で文庫本を読んでいることが多い。今回の出張では下記等 4冊を斜め読みした。

唐木田健一 「アインシュタインの相対性理論」

本を読むと、精神的に渴いた喉が潤されるように感じる。

● 機械翻訳の著しい進歩を認識する

今回はそれに加えて学生達が投稿する国際学会英文原稿を機中でチェックしていた。その英文品質の予想以上の高さに驚いた。とても学生が自分で書いたものには思えない。最初に学生から受け取った際には英語圏出身の友達がいて助けてもらったのかと思ったくらいである。が、後から何人もの学生も同様な品質の原稿をもって来た。聞けば機械翻訳の助けを借りたとのこと。もちろんそのままでは提出はできなく、手を入れなければならないが、その仕事はずいぶん楽になる。機械翻訳に関して一昔前は ほとんど実用レベルではないと思っていたが、いまは十分役に立つ(英文原稿作成の仕事量を軽減してくれる)レベルになっている。

「人と機械翻訳との協調」で英文原稿作成の生産性が高まると思う。

同時通訳システムもかなり品質が高く、実用化のレベルにあるとの指摘を受ける。これらが「高品質」になっていくのは時間の問題か。

● 謝 辞

VLSI Test Symposium はLSIテスト分野で非常に良い国際学会であると認識している。今回この国際学会にかかわることができめぐり合わせが幸運であると実感している。関係の皆様へ感謝申し上げます。

筆者(左)と Peter Sarson 氏(右)

