質問の回答を下記に示します。

少し長くなりますが、長くなった説明は、注n)で追加説明をしています。

加えての質疑応答は歓迎しますので、メールいただければと思います。

質問事項に併せて→以降にコメントしています。

①仮想テストの「仮想の定義」は何か。仮想通貨の「仮想」と同じ意味か(中山)

→仮想の定義は、仮想現実の仮想の意味です。実際のもをコンピュータ上にあたかも存在しているように見せかける技術です。

ただ、コンピュータの処理速度やメモリ容量の問題もあるので、表現方法を改善して行います。

(例えば、人間は11度しか現実を見ていなく、その周辺は、人間自身が世界を想起させて認識していると言われていています。これは認識論の原理ですが、それを使い11度だけクリアにコンピュータで表現して、その他は、精度を落として表現して仮想現実を実現しています。1990年代に仮想現実の研究は盛んでした。最近はVRとして注目を浴びているのですが、行う原理は同じだと推測します)

仮想テストは、機能記述と言う設計手法を使い、コンピュータ上にテストを表現させて、仮想テストでデバックを支援する技術です。その機能記述をテスト言語から構築した例が今回のメモリ仮想テストの話です。

さて、仮想通貨ですが、現実の通貨をコンピュータ上に表現して、運用することは同じですが、仮想通貨の場合は、ブロック・チェーンを使った分散管理システムを構築して、ビットコインなどの通貨を発明したことにあります。詳細は注記(注1)しました。

要は、仮想はコンピュータを使うことには変わりはありませんが、各々の特徴を生かし、それを現実世界に利用可能にした技術だと言ってよいかと考えます。

②仮想テスト技術でやると、本体のメモリ能力を超えて行かないのか(中山)

仮想テストをやると、ご指摘のようにメモリ容量を超えてしまいます。そこが、仮想テスト技術の苦労したところでしたし、新しい知見が得られた点です。

特に、テストを回路としてアナログシミュレーションしていたときは、シミュレーション時間が膨大なこともあり、シミュレーションは結果が出てからでないと表示できない問題もありました。そして、コンピュータのメモリ容量を超えることも多々ありました。このことから、回路として表現した仮想テストは失敗しています(公聴会のテラダインの仮想テストの例がそれです。p.9)。

その経験を踏まえて、機能動作だけシミュレーションする手法に切り替えることによって、現実的な応用を見出しました(公聴会資料の横河電機の仮想テストの例 p.10)。

ロジックの場合は、数百万ステップをシミュレーションすれば良いので、通常のシミュレータで良いですが、メモリの場合、そのパターン数が何十億パターンとなります。その問題を対策するために、講演でも述べましたが、10万倍高速で動作するエミュレータを使いしました。

エミュレータは、FPGAを大規模に実装してシミュレーションを電氣的に実動作させるものです。

そして、今回も述べましたが、テスト言語からテストをFPGAに構築するとその論理規模は1/100化することが見いだせた背景です。

テスト・プログラムには、測定するデバイスに必要なテスト機能しか、記述されません（大体1/10）。また、1項目に限れば、全てのテスト機能が動作していないので（1/10）、テスト・プログラムからテストを構築するとテストの論理規模が1/100化されるのは当然だと考えられました。

③仮想テストは売っているのか（坂本）

現在は良く分かりませんが、仮想テストは、1950年代で、販売しているメーカーが数社ありました。

ただ、残念なことに、最近のテストはテスト言語でプログラミングするのではなく、テストをGUI（グラフィック ユーザー インタフェイス）で、お絵描きソフト的にプログラミングする手法を提供しているので、今回発表した技術は使う機会が無くなったと思われます（テスト言語を公開すると、テスト言語からテストが構築できてしまうので、テスト・メーカーも意識的に言語を秘匿しています）。注記 注2）

その意味では、仮想テストは出来ますが、仮想テストは実現できないと思います。

また、テスト言語が無くなったことから、テスト・エンジニア間でコミュニケーションがとれていず、孤独なデバック作業になっているのではないかと危惧します。

④仮想テストと仮想テストのの違い（岡本）

仮想テストはその技術のことを言っているつもりでした。その仮想テストを使って設計データと併せてシミュレーションによるデバックをすることを仮想テストと言っています。

⑤汎用テストと専用テストの違い（里中）

汎用テストと専用テストの違いは明確な線引きはないです。テスト・メーカーが決めた製品分野に全て使えるとすれば、それは汎用テストになります。大手テスト・メーカーは製品分野を広くとるために、いろいろなテスト・リソースを取り込みために、大変高価になります。

それに対して、専用テストは、小規模のテスト・メーカーが、顧客の要望を踏まえてテストを開発するものであり、汎用テストの半値以下で開発していると思います。

その開発には、FPGAも多く利用されていますが、テスト仕様から開発するので、高価なFPGAを数十個使いざるを得なく、それなりの値段になります。

因みに、講演で紹介したテストは、FPGA 1個で構成しているので、専用テストより安価にできました。それが、東芝様に選択されたと聞いてます。

⑥人間の脳をコンピュータが超えているとは。「世界を認識している」の意味（福山）

シンギュラリティ（技術的特異点）として、米国のレイ・カーツワイル博士が提唱しています。単にコンピュータの発展によって、2045年には人間がすることはコンピュータに出来てしまい、人間がコンピュータを進化させると同じく、コンピュータ自身が自分自身進化してしまうと言う予測です。異論はいろいろありますが、コンピュータの処理速度などから予測しているのです。

私は、現在の人工知能では、コンピュータの性能が上がっても、人間と同じことはできないと思う立場にたっています。

ただ、コンピュータがソーシャル言語学的言語の獲得をすることによっては、シンギュラリティも起こりえるかと思います。

人間は、言語を理解して、その組み合わせや発想から新たな概念や言語を生み出して、新しい文明を作ってきたので、コンピュータが真の意味で言語を獲得すれば、2045年問題は現実の問題になると思います。その点は、東京大学の松尾先生が指摘している点でもあります。

言語を獲得して、行動ができることで、人間を凌駕する可能性があると考えます。 注記 注3)

⑦東芝のフラッシュメモリや太陽誘電での仮想テスト特許は（中山）

東芝に使っていただいた技術は、日立で特許を出し、日立からイノテックに使用ライセンスをいただいた技術ですが、日立からルネサスになる段階で、権利化されず公知技術となっています。残念ですが、装置技術のために、その重要性がルネサスには認識できなかったようです。

太陽誘電では、半導体ビジネスをしませんので、仮想テストは関係ない技術と判断されました。

⑧仮想テストの出現でJDなどの企業は業績が悪化したのか（岡本）

仮想テストだけの問題だけではないとは思いますが、テスト業界は寡占化が進み、現在は、アドバンテストとテラダインが大手で運用されているようです。

⑨二つの人工知能とは（伊藤高明）

人工知能の専門家ではないですので、誤解を招くかもしれませんが、汎用人工知能と特定応用人工知能に大きく区分されています。

汎用人工知能は、そのコンピュータ規模やエネルギー効率は無視しても、人間に比する人工知能を

開発しようと言う動きがあります。ドアングの山川様などが研究を進めていますし、問題のあったエキサー・コンピュータの齋藤様などが、意欲的に開発を進めていたと聞いています。完成目標は2030年としています。

それに対して、人間の機能を部分的に実現しようとするのが、特定応用人工知能で、深層学習や、言語処理に特化した研究応用があります。自動運転や、ロボット制御に応用しようとする開発です。講演でも述べたように人工知能が低ビット化でできる知見から、一昨年からチップ(AIチップ)開発が活発になり、そろそろ社会実装の時代になるようです。

⑩パーセプトロンとは (里中)

パーセプトロンとは、人間のニューロン構造を模して、プログラミングや論理回路(FPGAも含む)で、人工知能を構成する手法です(専門家でないので、参考にディープインサイト社の資料を添付しました)。パーセプトロンは、松尾先生の資料にあると思いますが、第一次人工知能ブーム1960年代に論理回路が構成できるとされ人工知能が出来るとされましたが、その当時のコンピュータ技術の壁や学習するためにデータが少ないことから実現されませんでした。

その後、1980年代の第二次人工知能ブームを過ぎ、2012年に、グーグルが猫を認識できるとしてネットワークを提案して、現在の第三次人工知能ブームになったものです。基本的にはパーセプトロンですが、それを深くしたディープ・ニューラルネットワークを提案しました。いまでの全ての接続を考えるのではなく、必要に応じて枝切りと称して接続を切り取ると、認識率が維持できるとされています。コンボリュショナル・ニューラルネットワークなどの多くの提案となっています。

⑪子供の人工知能とは。子供の人工知能への投資は何処にするのか (伊藤高明)

子供が、よちよち歩きから歩行を学習して、行動から動作を獲得して、その後、人間のように言語を獲得する人工知能の構成する手法だそうです。プリファードネットワーク社が自動車の安全走行で研究している手法です。

言語がまずありきの大人の人工知能は、英語圏で開発されているので、日本語で大人の人工知能を開発しても、市場性がないので、言語は後から獲得する子供人工知能が日本では向いているのではないかというのが松尾先生の意見です。すり合わせ技術が得意な日本では、向いている技術ではないかと思います。私も、この子供の人工知能の方が、アトム型ロボットの可能性が高いので、大人の人工知能のゾンビ・ロボットに対して、人間を助けてくれるものとして期待したいです。

⑫大人の人工知能と子供の人工知能双方へ投資してもいいのか (坂本)

大人の人工知能は、第二次人工知能ブームから継続的に米国は研究開発をしてきたもので、昔から行っているビックデータなどの広い意味での人工知能です。それには、米国と中国が1000兆もの投資を行って苛烈な競争をしています。これに比する投資をしても言語の問題で日本の優位性は確保できないので、上記したすり合わせ技術を基本とした子供の人工知能にチャンスを求めるべきだとしています。

⑫設計テストの「困難な三つの罫？」は仮想テストで解決されたのか（吉田）

私の研究では、ボードが正しいかわからない以外、解決されたものと考えています。ボードのシミュレーションには、回路シミュレーションや3次元電磁解析シミュレーションなどを使わなければならない、私の研究していた時期では解決していませんでした。そのために、ボードの問題は論文からは省きました。

⑬メモリ仮想テストへの構成は変わったのか（吉田）

メモリ仮想テストの構成は変わったかは、最近、メモリテストに携わっていないので、分かりませんが、講演でも述べたように、メモリ・テストのシェア No1 はアドバンテストであり、その構造は、昔から変わらないので（変えなかったからアドバンテストはメモリのシェアを独占できた）、変わっていないと思います。ただ、FPGAを使えば、テストが作れるので、専用テストなどでは、活用されているかも知れません。

⑭仮想テストはどのテストにも使えるのか（佐土原）

仮想テストの技術は、どのテストでも使えます。ただ、最近のテストはテスト言語を公開しないので、自分では作れないので、テスト・メーカーがサポートしなければ、実機テストでデバックするしかないと思います。

⑮仮想テストはデバックの効率を上げるためと言う発想か（佐土原）

仮想テストはデバックの効率を上げるのが発想の原点です。仮想テストからの知見で構造可変テストの発想に至りました。

⑯仮想テストで実装するためにはプログラミングが必要か（佐土原）

仮想テストが整備されていれば、一般的に操作だけでプログラミングは不要だと思います。

⑰TOB と TOC との関係は（佐土原）

TOB はボード上の FPGA が再構成可能デバイスです。TOC でも FPGA がチップ内装されていれば、同じ概念でできますが、講演でも述べたように、FPGA はザイリンクス社の知財があるので、FPGA が内装された SoC はありません。そのため、ザイリンクスの知財を避けるために、メモリだけでロジックを構成する再構成デバイスの研究を進めた背景です。

注1) 仮想通貨では、ブロックチェーンと言う分散管理手法が使われています。一般的に通貨と言うと、中央銀行が集中管理して行うものと考えがちですが、仮想通貨では、中央主権的管理をせず、管理台帳をユーザー同士で管理する民主的な方法が取られています。この方式は、ナカモトサトシ（仮名）が提案した手法で、その管理システム・ソフトウェアは公開されています。

仮想通貨の専門家でないので、間違いがあるかもしれませんが、管理台帳をブロックとして、ユーザー間で共有して管理する方法です。その管理には暗号みみたいなナンズ数と言う数列を探すことで管理台帳の整合性

を取る手法です。管理台帳はユーザー間で共有しますが、ナンズ数を見つけたユーザーが管理している台帳を正式台帳として、ユーザー間で共有するそうです。それをチェーン化して通貨を保証しているとのこと。ナンズ数を見つけた人は、それなりの報酬として仮想通貨を持てる仕組みだと聞いています。

単に、コンピュータ上で通貨を表現しただけでなく、その仕組みまで変えてしまう技術だと思ってください。

注2) テスタは電子機器ですから、本来は回路図がありました。そのテスタ装置のメンテナンスで、テスタ・メーカーから回路図が支給された時代がありました(1980年代)。ただ、回路図が利用されてユーザーでテスタを作り始めたので、回路図支給は1990年代にはなくなりました。そして、テスト・プログラム作成のためにテスタ言語マニュアルは支給され続けましたが、講演のようにテスタ言語からテスタが構築できることから、テスタ・メーカーは意識的に、テスタ言語レス・テスタに移行しています。

このようにテスタ・メーカーは、その存続をかけて現在に至っていますが、寡占化と半導体の低迷で、昔ほどの活況は呈していません。

注3) その人工知能に手足を付ければ、人間の脅威になると考えますが、それは人間の知見で、人工知能を大型サーバー内に閉じ込める必要があると思います。

子供の人工知能から、動作も含めて電池駆動できるロボット開発が必要だと思っています。そこにメモリコンピューティングがあれば幸いだと思っています。

サーバーにインターネットで接続されたロボット(サーバー型ロボット)は、ゾンビ的で大変怖いと思います。まるでターミネータのような世界を想起させます。それに対して、個として存在しえる人工知能はアトム的であり、人間と共存できるのではないかと思います。

さて、皆様は、サーバー型ロボットに介護されたいですか。アトム型ロボットで介護されたいですか。

以上

2019.08.09

佐藤正幸