

——5G（第5世代移動通信システム）はどうでしょうか。今春時点の国内のキャリアの対応基地局の少なさには驚きました。

5Gは中国以外のスピード感は期待したほどではありません。特に日本や韓国のミリ波対応基地局やミリ波対応端末の展開は当初の計画より相当遅れています。ミリ波は基地局のカバー範囲が狭いので数を打たないといけないのですが、それには何か（市場を一気に盛り上げる）トリガーが必要です。

これまでは東京五輪がその役割を果たしてくれるはずでしたが、延期になりました。これもさらなる遅れにつながりそうです。

——スマートフォン向けRF事業ではコロナ禍前からの急激な市場の縮小で、事業売却が一時噂されるほど苦境に陥っている米国の競合他社もあったようですが、村田製作所は決算報告会などで強気の姿勢を維持しているように見えます。

5GのRF事業については、我々はポジティブに市場を見えています。5Gでも「サブ6GHz」と言われるLTEに近い周波数帯では技術的な変更点がそれほど多くありません。求められる雑音除去技術もそれほど難しくありません。そこで必要になるのはSAW（表面弾性波）フィルターとLC回路から成るセラミックフィルター（LCフィルター）です。SAWフィルターだけではまだ力不足な周波数帯域があり、そこで最も適しているのがLCフィルターなのです。ところが、両方の技術を持っているメーカーは我々以外にはあまりいません。

——御社の事業が伸びている分野の例、あるいは今後、伸ばしたい事業はあるでしょうか。

短期的には、サーバー機、タブレット端末やパソコン向けの部品需要が伸びています。ただ、これはあくまで短期でしょう。中長期的には、やはり5Gと自動車の自律走行が必ず伸びていくと確信しています。



中島規巨（なかじまのりお）
1985年4月 村田製作所入社。1991年7月～1992年12月、積層コンデンサーや多層モジュール商品を開発するため共同開発先のフランス LCC-Thomson（当時）に出向。2006年7月にモジュール事業本部 通信モジュール商品事業部 事業部長、2010年7月に執行役員、2012年6月にモジュール事業本部 本部長、2013年6月に取締役 常務執行役員、2017年6月に代表取締役 専務執行役員。2020年6月末に代表取締役社長就任予定

——先日、米Google（グーグル）と推論処理IC「Edge TPU」を共同開発したと発表されました。これまでの受動部品中心からアクティブなIC事業へ製品分野を拡大したように思えますが、もしかしてさらに今後は、台湾TSMCのような半導体の受託製造にもビジネスを広げていくのですか。

ムラタとしては確かに初のASIC（特定用途向けIC）となります。ただ、これはGoogleが我々の「素子をより軽くよりコンパクトに作る技術」に注目して持ってきた案件で、ムラタにとって特段新しいことをしているわけではないです。先に触れたソリューションビジネス事業の立ち上げのほうはずっとチャレンジングです。

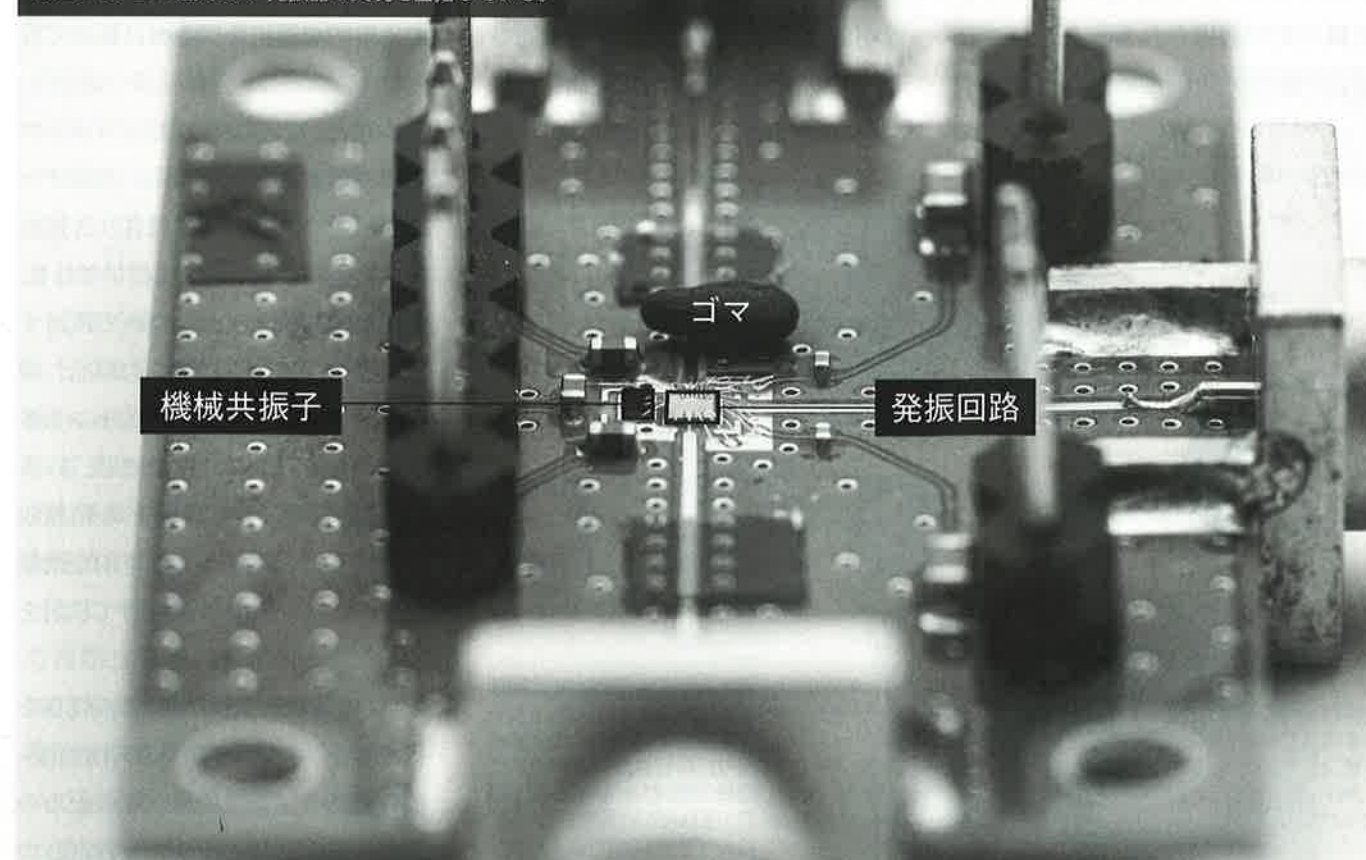
我々としては今後ASIC事業を広げていくというよりは、今回のASICの用途が広がる中でそれと組み合わせて使うセンサー、あるいは5GやWi-Fiなど周辺回路のモジュール事業が伸びていくことに興味があります。TSMCのようなEMS（Electronics Manufacturing Service）事業は投資競争になりやすく、我々がやりたい方向ではありません。何か技術で優位性を示し続けられる形でないとならないと。長期的にはもたないでしょう。



原子時計のチップ化が導く 超高精度デジタルツイン

原子の発光スペクトルを活用した超高精度なチップレベルのクロック安定化技術を開発している。これは多数の通信端末から供給される様々なセンシングデータに、シームレスに正確な時刻・位置情報タグ付けすることを可能にし、極めて高精度なデジタルツインを実用的なタイムラグで生成できる。また、ミリ波帯やサブTHz帯を活用した通信の利用効率を高め、デジタルツインからの通信端末への円滑なフィードバックを可能にする。

NICTが開発を進めている原子時計向け発振器
MEMS技術を駆使して作成される圧電振動子を活用することで、ゴマ粒大のRF発振器の実現を目指している。



（撮影：スタジオキャスパー）

現在、情報通信研究機構 (NICT) は、原子時計をベースとしたクロックチップを、スマートフォンの基板に搭載できるレベルにまで小型化する研究開発を進めている (図1)。原子時計は、外部のマイクロ波発振器を原子が共鳴する固有の周波数にチューニングし、その周波数を維持することで高安定な周波数源を得る。原子の共鳴現象は、原子の持つ電子の固有なエネルギー準位に準拠するもので、本質的な物理量であることから、極めて正確な周波数源を得られる。

原子時計では、主にルビジウム (Rb) やセシウム (Cs) などのアルカリ金属元素が利用される。これらの元素は、融点が高いため、常温で原子

状態 (気化状態) を保持しやすく、また、マイクロ波帯に共鳴線を有することから、電子回路への組み込みも容易である。このマイクロ波帯にあるアルカリ金属元素の共鳴線は時計遷移と呼ばれ、特にCsの時計遷移は、1960年代より、SI単位系の秒の定義として正式に採用されている。

現在、電子機器で広く利用されているクロックチップは水晶発振器である。水晶は圧電性を有し、機械的な共振に伴い、その電気的特性も大きく変化する。この急峻な電気特性の変化を発振に利用したのが水晶発振器である。水晶の共振周波数はその寸法で決まる。精密研磨で製造される水晶は、発振周波数を高精度に

設計することができる。

ただし、水晶発振器は外部振動や温湿度、表面吸着物などの外乱によって振動周波数がランダムに変動するため、システム内部の標準クロックとして有効活用されるが、外部と同期動作させるのは難しい。一方で、原子時計は、発振周波数の初期値からの経時変化 (ドリフト) を大幅に抑制でき、またドリフトしたとしても一定のなだらかなドリフトレートが維持される (図2)。ドリフトがない、もしくはドリフトを起こしても線形補完で容易に補正できるクロックは、外部の複数のシステムと時間を共有して効率的な連携を図るのに極めて有効である。

本稿では、高安定クロックチップ実現の技術詳細に先立ち、当該チップが、スマホなどに代表される通信端末に搭載された場合に提供される、新たな通信システムについて検討する。通信システムは多くの場合、複雑であり、また、技術セクションも多岐にわたる。そこで以下では、(1) 多数の通信端末からの効率的な情報収集と、(2) 通信端末への効率的な情報提供の2つのベクトルに分けて検討を試みる。

(1) の多数の端末から情報収集を行う場合、インフラ間での同期動作・連携動作が重要となり、そのための時刻配布が必要となる。一方、(2) の

端末がインフラから効率的に情報提供を受け、それを活用するには、高速大容量通信のさらなる拡充も必要とされる。高安定のクロックチップはここで求められる広帯域化に有効である。

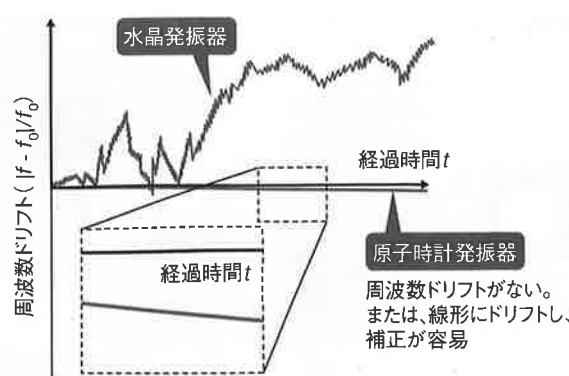
(1) 通信端末からの効率的な情報収集

20世紀後半、レーザー冷却[†]や光コム[‡]など、量子力学をエンジニアリングへとつなぐ多くの発明がなされた。近年、これらを活用した量子コンピューターや光格子時計の社会実装が急速に進展している。量子コンピューターは米Google (グーグル) からの量子超越の確認報告と、それに対する米IBMの反論が記憶に新しいが、量子光学を活用した周波数標準の研究もまた、静かながら刮目すべきトピックとなっている。

光格子時計などの最新の技術を使った周波数標準では、 10^{-16} から 10^{-18} 乗位の精度が実現されており、現行のCs原子時計 ($10^{-11} \sim 10^{-13}$) より5桁以上も優れる。また、光格子時計の社会実装に向けて、時系の生成・運用とともに、当該時系の衛星通信を用いた国際比較試験も進捗しており³⁾、2018年の質量の再定義に続いて、国際的な枠組みの下、秒の再定義についても正式な議論が開始されている。

光格子時計の登場は、従来のCsを

図2 正確なクロックを妨害するランダムな周波数ドリフト
水晶振動子は物理的な振動や温度によって周波数がドリフトする。時間間隔はクロックを数えて得るため、ドリフトがあると時間はずれていってしまう。原子時計のような周波数がずれない、あるいは線形的にドリフトする発振器は簡単に補正ができ、ずれない時計の実現に貢献する。(図：筆者が作成)



用いたマイクロ波 (GHz) 帯の周波数標準から、光領域 (数十 THz 超) の周波数標準へと移行を促し、同期のための周波数情報を低損失な光ファイバーで転送することが可能となる。これによって⁴⁾、端末がつながる直近のサーバー (基地局やエッジサーバー) まで 10^{-18} 秒に達する確度の同期信号を劣化なく供給できるようになる。残るラストワンマイル・ラストワンインチはマイクロ波伝送による無線同期で実施する環境が実現されようとしている (図3)^{注1)}。

従来、ユーザー直近のシステムは、遅延が不確定なインターネットを介してNTP (Network Time Protocol) やPTP (Precision Time Protocol)

†レーザー冷却=原子にレーザー (電磁波) を照射することで、原子の動きを小さくし、冷却する方法。

‡光コム=超短パルスレーザーが持つ等間隔に並ぶ多数の光周波数モード列のこと。これを使うことで時間・空間・周波数の精密な計測ができる。

注1) マイクロ波伝送による無線同期技術として、現在NICTで研究を進めている無線双方向時刻比較技術 [WiWi] がある。2台の機器が時刻を送り合うことで、時計のずれを調整する。 10^{-12} s 程度の時刻同期誤差を目指している。

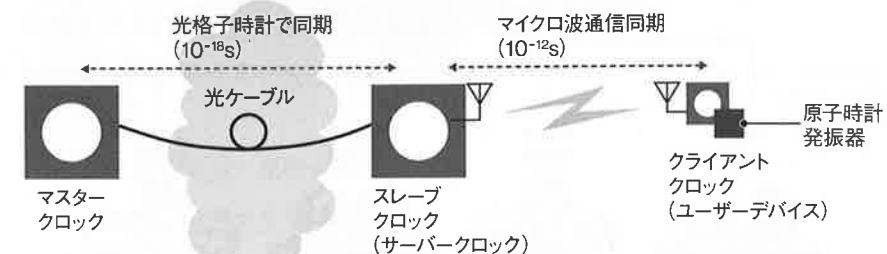
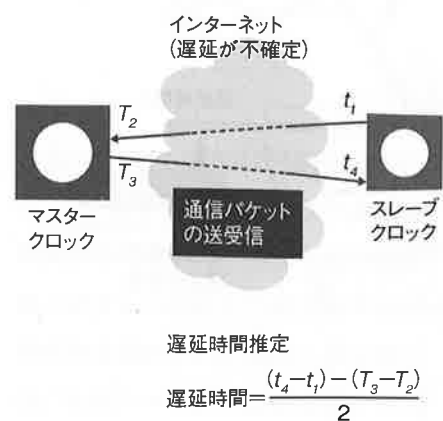
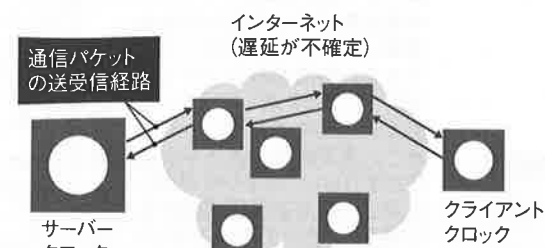


図3 光周波数標準と安定化クロックチップが提供する新たな同期環境
近い将来、光ファイバーで接続されたサーバーには、光格子時計を使った超高精度の時刻同期が進む。さらに、エッジのサーバーと端末の間では、マイクロ波を使った同期技術を利用することで、ps (ピコ秒、 10^{-12} 秒) のオーダーの同期が可能になる。また、ユーザーデバイスに原子時計が装備されていると、一度の同期で同期状態がオフラインでも長時間維持できる。NICTでは光格子時計のみならず、無線同期技術および超小型原子時計の開発を一貫して進めている。(図：筆者が作成)

NTP



PTP: NTPを補完



遅延時間の計算手法はNTPと同じ。次の技術で精度を向上

- 中継器での遅延補償
- <Boundary clock> PTPクロックをリセットして、クロック精度を高精度化して中継
 - <Transparent clock> PTPパケットに中継器での遅延時間をロギングして中継
- 装置内部での遅延低減
- 通信レイヤーの物理層終端で時刻情報を書き込む

図4 現状の時間同期プロトコル

インターネットを介しての時間同期にはNTP (Network Time Protocol) が利用されるがms (ミリ秒) オーダーの精度しかない。近年はNTPをベースとして精度を向上させたPTP (Precision Time Protocol) も利用される。

といったプロトコルを用いて時刻同期がなされてきた(図4)。しかし、端末の直近まで 10^{-18} 秒精度の光周波数標準が供給される環境が整うと、中央のサーバーから端末まで、絶対時刻を使ったシームレスで堅牢な同期ネットワークが構築できるようになる。ここで、最後のピースとなるのがドリフトフリーなクロックチップをい

かにユーザー端末に提供するかである。

マイクロ波による同期とドリフトフリーな時計の集積化は、通信の物理レイヤーのみでの時刻同期を可能とするため、端末上で固有に駆動されるソフトウェアに起因する遅延から同期処理が解放されることとなり、NTP (<1ミリ秒(ms) ~10ms) や

PTP (<1 ms) を超える、より精度の高い同期(<1ナノ秒(ns)、1ピコ秒(ps))を個々のデバイスに対して提供し得る。

高精細なデジタルツインが可能に

この絶対時刻によるシームレスで堅牢な高精度同期によって、生み出されるのは「高精細な現実世界の転写」である。ここでは、多数の端末が極めて高い同期性を持ってデータを取得し、これらを分散されたエッジサーバーで1次処理、さらにクラウドサーバーで統合処理し、クラウド上に現実世界を転写した空間であるデジタルツインが生成される(図5)。

このデジタルツインの生成において、各処理レイヤーのどこかに少しでも時間の揺らぎがあれば、バタフライエフェクトによって演算処理の結果が大きく変動してしまうことが懸念される。そのため、デジタルツインから現実世界へ正確で安全なフィードバックを得るためには、絶対時間による統一された同期が極めて重要となる。

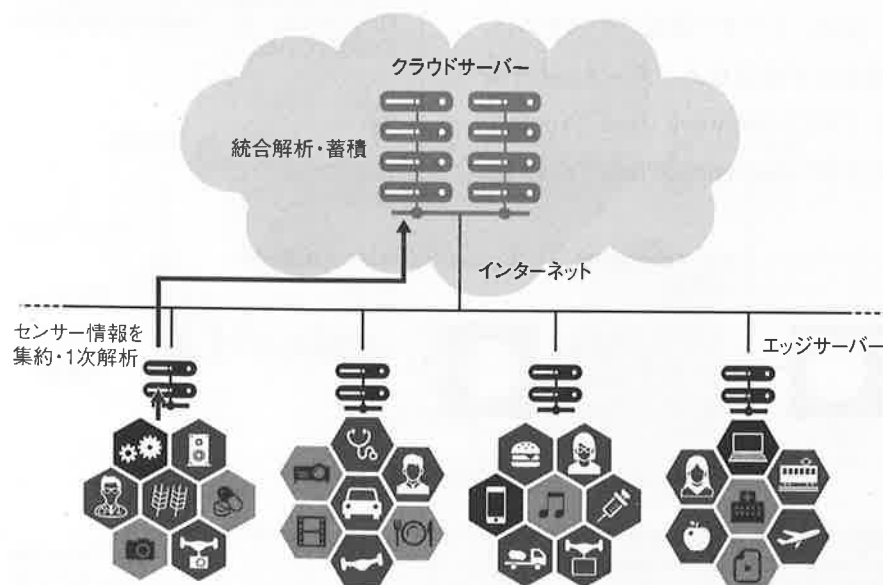
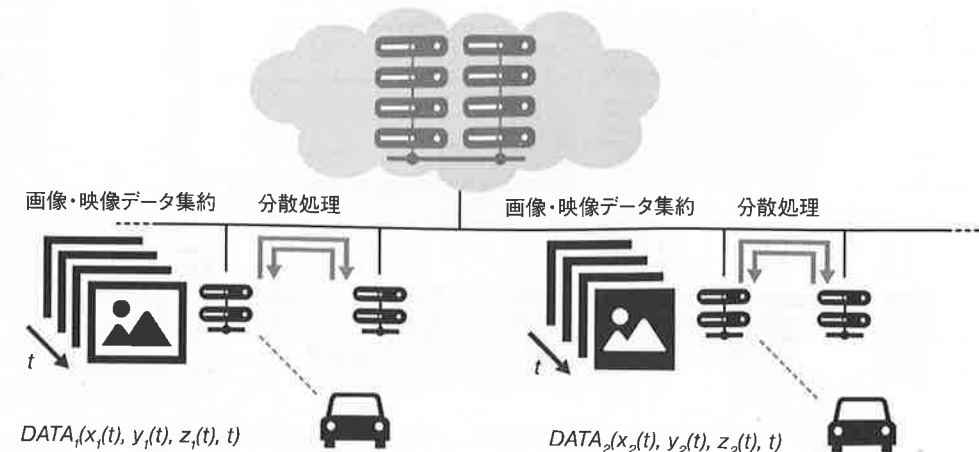


図5 高精細な現実世界の転写 (デジタルツインの生成)

今後、エッジサーバーでセンサー情報を1次解析し、さらにこれをクラウドサーバーで統合解析するシステムが普及する。結果として、高精度なデジタルツインがクラウド上に生まれることになる。(図: 筆者が作成)

図6 画像のリアルタイム処理が現実

今後の5Gそして、エッジコンピューティングの進展によってアレイ状のイメージセンサーから取得される画像・映像データを解析・集積するシステムが普及する。輪郭抽出によるマッピングや障害物回避ではリアルタイム性が求められる。また、個々のデータを多地点的に集約し、AI処理で有意な情報の抽出を行うこともできる。(図: 筆者が作成)



時間同期は、分散処理におけるレイテンシーマネージメントにも威力を発揮する。レイテンシーマネージメントとは、通信や演算の遅延を計測しながら処理することで、演算の排他時間の短縮・効率化と、不良通信経路の検知・回避などを行うことを指す。レイテンシーマネージメントの概念は、Googleを中心に、金融取引のニーズに後押しされる形で、上位のクラウドサーバーで活用が先行しており、ラックマウント式の計測器大の原子時計とGPSレシーバーがクラウドサーバーには標準配備されつつある⁵⁾。一方で、下位のエッジサーバーに巨大で高価な原子時計を配備することは難しかった。光格子時計の活用や、チップ大の原子時計によってエッジ側までこの処理を拡大することができる。

無数の“眼”をリアルタイムで処理

今後の5Gそして、エッジコンピューティングの進展によってさらなる利活用が確実視される分野が、アレイ状のイメージングセンサーから取

得される画像・映像データを解析・集積するシステムである(図6)。並列処理を用いたGPUの進化に伴い、画像・映像・音声処理の技術レベルはここ数年で急速に高まっており、データ同化や機械学習を組み合わせることで画像、映像または音声から必要な情報を抽出することが現実的なタイムラグで可能となってきている。

カメラを搭載した観測車を、測定対象となる道路上で走行させるだけで、路面やトンネルの亀裂、走行時の異音を抽出できる。さらに、この取得データに時間および位置情報をタグとして付与して、複数のエッジサーバー上で分散的に解析を行えば、メンテナンスの必要性和緊急性とをその場で診断することも可能となるだろう。

この技術体系は、複数台のドローンからの撮像データを基に、穀類の生育情報を取得したり、水害や震災などの被害状況を数値化したりする様々なスキームに拡張され得る。さらに、近年、発展が著しいロボティクスとも融合させ、輪郭抽出・障害物検

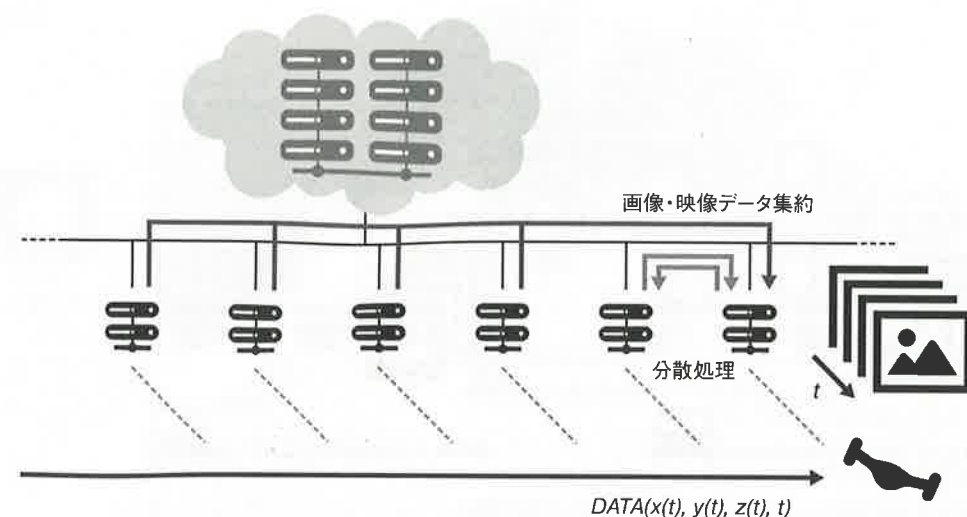


図7 エッジコンピューティングとロボティクスとの融合
ハイモビリティなドローンからの情報を複数のエッジサーバーで連動的に捕捉、かつ、分散処理でリアルタイムに衝突回避やSLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 処理を行う。人間に近い領域で無人ロボットがサービスを行うには必須の技術になる。(図：筆者が作成)

出といった処理を、演算時間を正確にモニターしながらエッジで高速に分散処理できるようになれば、自動車やドローンなどをより安全に、人間の生活圏の近傍で自動航行させることも可能になる(図7)。

(2) 通信端末への効率的な情報提供

小型基板搭載できる高精度なクロックチップは、サーバーへの情報集約を効率化する一方で、通信の大容量化・高速化にも寄与する。

現在、通信の高速大容量化はOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing、直交周波数分割多重) による多重化と、キャリアアグリゲーション[†]を用いた多チャンネル化によって進められているが、これらの技術は、いずれもフロントエンド回路の送受信電力を増大させ、素子の線形特性やアイソレーション特性を低下させる。エネルギー密度の観点から考えれば、線形特性やアイソレーション特性の低下は、端末が小

さくなるほど顕著となるため、ユーザー端末では理論値ほどまでに高速大容量化ができていない現状がある。

ここで、高速大容量化を時間軸で捉え直すと、いかに短いバーストで必要な情報を送り切るかという議論となる。そして、高効率な、つまりハイコントラストなバースト信号を生成できれば、通信帯域の高周波側への拡張は極めて有効である。高速大容量化の議論の中心は今後、ミリ波帯やサブTHz帯などの超高周波帯をいかに活用するかに移らなければならない。

高周波帯の直進性や空気中での減衰量を勘案すると、実用化への壁は厚い。しかし、これらの課題は、エッジサーバーの密な配置とともに次第に緩和されるであろう。ここでは、伝搬損失やシャドウイングの話を隅に置いて、デバイスレベルに特化した議論を進める。

通信チップが大規模に集積化される中で、水晶発振器のサイズは相対的に目を引き易く、耐衝撃性の課題も

存在しており、既にシリコンMEMS振動子への置き換え事例も報告されている。しかし、優れた温度特性と優れたQ値[‡]を材料レベルから実現できる水晶は、依然として強い存在感を示し続けている。ただ、水晶振動子は通信の低消費電力化と高周波化という分野では厚い壁に直面している。

低消費電力化の壁は水晶の強みである高いQ値に由来する。高いQ値は低位相雑音を実現する一方で、定常発振までの長いスタートアップ時間の原因となる(図8)。通信デバイスでは、バッテリーの制限から、システムの断続動作への要望が強く、長いスタートアップ時間は低消費電力化の大きな障害となっている。

また、高周波化においては、水晶の共振周波数はその厚みで決定され、結晶からの削り出しで形成される水晶振動子では数10MHz帯以上の発振は難しい。水晶発振器をGHz帯以上の局部発振器として利用するためには、PLL (位相同期回路) を用いた

周波数通倍が必須となる。しかし、通倍処理を行うと、位相雑音特性はその通倍比に応じて単純劣化する(図9)。ミリ波帯・サブTHz帯では、従来の通信帯域のように弾性波素子(SAW)を用いて、急峻なフィルタリングを行うことが困難となるため^⑥、アップ/ダウンコンバージョンを最前段に配置するアーキテクチャーが検討されている^⑦。この場合、ミキシングに利用する基準周波数は数10GHzから数100GHzにまで上昇し、通倍による位相雑音の劣化はより深刻なものとなる。

この問題に対処するため、米Texas Instrumentsや米Broadcomは、圧電薄膜共振子(BAW共振子)を用いたBLE (Bluetooth Low Energy) 向けの水晶レスな発振器を開発している。BAW共振子は水晶と同様に厚み振動で動作する薄膜の弾性波素子である。薄膜のため、共振周波数を高く設計でき、周波数通倍を用いないPLLフリーな回路構成も実現可能である。BAW共振子のQ値は、水晶ほどではないが、1000程度と高く、スタートアップ時間の短縮と低位相雑音の両立を可能にする。ただし、機械加工にて結晶方位が最適化される水晶に対して、薄膜のBAW共振子は温度特性や周波数安定度の面にデメリットがあり、温度センサーの集積といった周波数安定化技術の追加が必須となる。

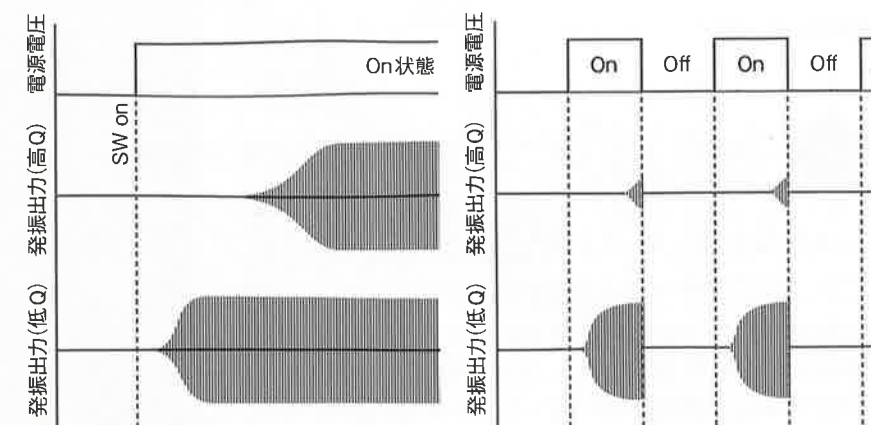


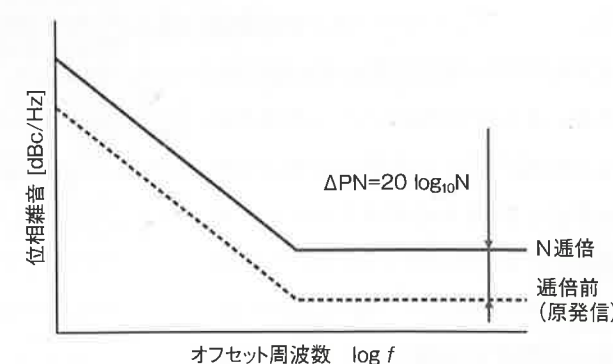
図8 水晶発振器のスタートアップ時間とQ値はトレードオフ
高いQ値を得ようとする、電源投入から安定するまでに時間がかかる。このため、消費電力を抑制するためにスリープモードを活用するには壁があった。(図：筆者が作成)

BAWと原子時計で低雑音に

そこで我々が考えているのが、開発中のチップ大の原子時計システムとBAW共振子の組み合わせである。開発を進めているオンボードの原子時計システムは原子の吸収スペクトルに発振器をロックさせて安定化させる。一般的な原子時計で利用されるアルカリ金属原子は¹³³Csや⁸⁷Rbであり、これらの時計周波数をレーザーとの干渉だけで取得する場合、それぞれ4.9GHzと3.4GHzになる^{⑧⑨}。いずれの時計周波数もBAW共振子に好適な周波数範囲に位置する。

BLEの様に扱う情報量が少な

図9 通倍によって位相雑音が増大
水晶発振器は10MHz程度の発振しか得られない。それより高い周波数を得るためには、PLLを用いた周波数通倍を行う必要があるが、通倍比に応じて位相雑音は増加してしまう。

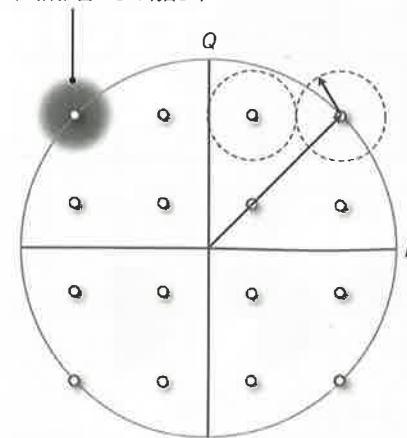


[†]キャリアアグリゲーション=複数の通信チャンネルを束ねて、高速・大容量化する技術。

[‡]Q値=1周期の間に系に蓄えられるエネルギーを、系から散逸するエネルギーで割った値。この値が大きいほど振動が安定であることを意味する。

注2) 詳細は次回に述べる。

位相雑音により、揺らぐ



16QAM

64QAM

く、断続動作が必須な用途にて、高度な量子クロックの技術は議論の対象とはならないが、通倍による位相雑音の劣化が一層顕著となるミリ波・サブTHz帯通信において、GHz帯での安定したクロックへの需要は高い。特に、このような周波数帯で64QAMや256QAMといった高品質な多値通信を実現しようとした場合、位相雑音への要求はさらに厳格なものとなる(図10)。仮に、BAW発振器をボードレベルで強力に安定化できるならば、ミリ波・サブTHz通信の実用化を強力に推進できる。

おわりに

我々は、原子の発光スペクトルを活用してチップレベルでクロックを安定化する技術の開発を進めている*。これは、人工衛星などにのみ搭載されていた原子時計を携帯通信端末のボード上に集積する試みといえる。電池やマイクロ波通信など、かつて科学技術の粋を集めた人工衛星の技術は、我々の携帯電話機に次々と移植され

ていき、ついに最後のピースとなる原子時計が搭載されようとしている。GPS衛星をポケットに入れて歩けると考えると、技術者でなくても童心のような胸の高鳴りを感じると思う。

チップ大の原子時計が、我々の所有する無線端末に搭載されれば、同期信号の精度向上や同期手法の変化にとどまらず、5Gを超えた大容量・低遅延が求められる6G、自動車やドローンなどのロボティクス技術に活用されて発展していくことになる。そのなかで、ユニバーサルな時刻・空間情報があらゆる機器で共有化され、

効率的にかつ半自律的に同期動作する意義は極めて大きい。

本編では、高安定なクロックチップが与えるインパクトについて、通信端末からのデータアップロードと通信端末へのデータダウンロードの側面とから解説した。また高安定なクロックチップの必要性と可能性について、立ち上がりつつある周辺技術と合わせて解説を試みた。今回は、時空間情報の共有・保持の要となる原子時計の実際のチップ化技術に関して、我々が開発した技術を中心に紹介する。

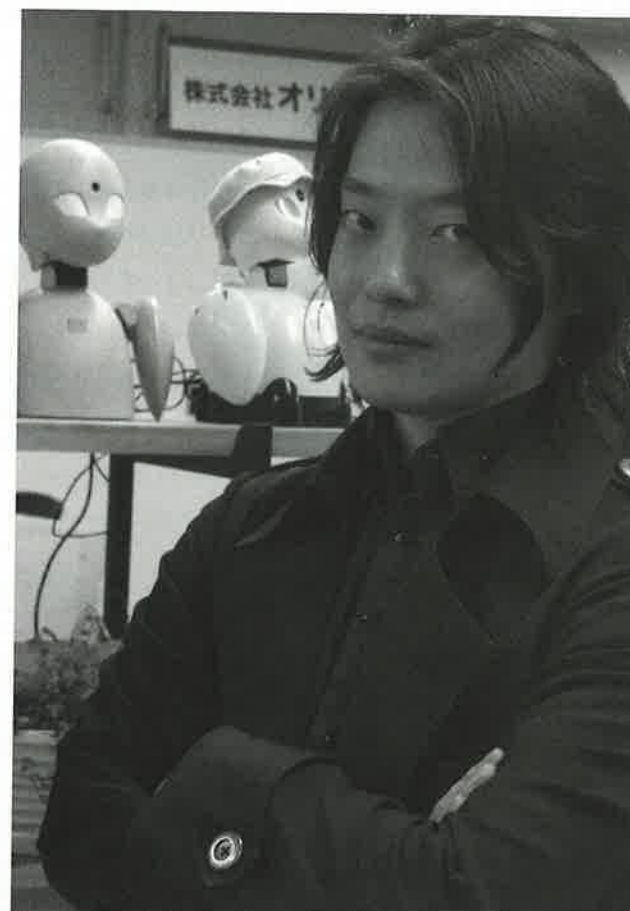
図10 位相雑音が多値化を阻む
16QAM、64QAM、256QAMと多値化が進むほど、揺らぎに対する許容が狭くなっていく。位相雑音が増えると揺らぎが大きくなり、近接する値との見分けがつかなくなる。(図：筆者が作成)

参考文献

- 1) Cyr, N. et al, "All-optical microwave frequency standard: a proposal," IEEE Trans. Instrumentation and Measurement, vol. 42, pp. 640-649, 1993.
- 2) Lutwak, R., "Principles of atomic clocks," in Tutorial Material of the IEEE Frequency Control Symp. 2011 (FCS2011), San Francisco, USA, May 2011.
- 3) Hachisu, H. et al, "Month-long real-time generation of a time scale based on an optical clock," Sci. Rep., Vol. 8, p.4243, 2018.
- 4) Akatsuka, T. et al, "Optical frequency distribution using laser repeater

- stations with planar lightwave circuits," Optics Express, 28 (7), pp.9186-9197, 2020.
- 5) Bacon, D. F. et al, "Spanner: Becoming a SQL system," in Proc. 2017 ACM Int. Conf. on Management of Data (SIGMOD 2017), Chicago, USA, pp. 331-343, May 2017.
- 6) Hara, M. et al, "Super-high-frequency band filters configured with air-gap-type thin-film bulk acoustic resonators," Jpn. J. Appl. Phys., vol.49, no.7s, pp.07HD13, 2010.
- 7) Lee, S. et al, "An 80-Gb/s 300-GHz-Band Single-Chip CMOS Transceiver," J. Solid-State Circuits, vol.54, no.12, pp.3577-3587, 2019.

*本研究の一部は、総務省 戦略情報通信研究推進事業(SCOPE)(195003003)の支援を受け、実施された。



(写真：日経エレクトロニクス)

アバターロボで「孤独を解消」 技術は課題解決のために

遠隔から“憑依(ひょうい)”して自分の分身としてコミュニケーションや何らかの作業をするアバターロボット。開発企業の中でも異色の存在がオリイ研究所だ。他の企業のようにビジネス向けではなく、社会課題である「孤独の解消」を目標に掲げる。“黒い白衣”をまとう、CEOの吉藤健太郎氏に聞いた。(聞き手：内田 泰、松元則雄＝日本経済新聞社)

オリイ研究所
共同創設者 代表取締役 CEO

吉藤 健太郎氏

よしふじ・けんたろう

高校時代に電動車椅子の新機構の発明に関わり、2004年の高校生科学技術チャレンジ(JSEC)で文部科学大臣賞を受賞。高専でAIを学んだ後、早稲田大学創造理工学部へ進学。自身の不登校の体験をもとに、対孤独用分身コミュニケーションロボット「OriHime」を開発。その後、オリイ研究所を設立。趣味は折り紙。

新型コロナウイルスの感染拡大でビデオ会議サービス「Zoom」などが一気に普及しました。しかし、私が開発した分身(アバター)ロボット「OriHime」は、同様に遠隔でのコミュニケーションができるとはいえ、異質なものです。

人はわざわざコストをかけて外出します。人生で自分が使える時間の1/5を移動のために費やしているという試算もあります。なぜ、そこまでする必要があるのか。人と出会ったり、人の営みに参加したりするためです。「運命的な出会い」という言葉がよく使われますが、そもそも外に行かなければその運命にすらたどり着けません。

私は趣味でシェアハウスの運営もしているのですが、入居者の人たちはそれぞれ自室はあるけれど、いつも皆が集まるリビングにいてただだらしてしています。そこに「いる」ことに価値があるからです。

しかし、世の中には自分が望んでいなくても病気や障がいを抱えていたり、精神的な問題で外出ができなかったりする人たちがたくさんいます。超高齢化社会を迎えた日本では、

健康寿命は約75歳で、それ以降の人生を寝たきりで過ごす方も多くいます。その結果、社会参加ができず、孤独に陥ってしまう。我々もいつかは寝たきりになるかもしれませんし、そうした中で豊かな暮らしをいかに維持するかという生存戦略がこの国には不足しています。

そこで、外出したくてもできない人たちを、分身ロボットを使って外へ連れ出してあげるのです。例えば、病気などで自分の体を別の場所に運ぶことに抵抗があっても、OriHimeを使ってお墓参りに行き、いったんその場所を見ると、次は実際に自分で行きたくなる。そうした事例を、これまでたくさん見てきました。

私が分身ロボットの開発を通じて目指しているのは、人々の「孤独を解消する」ことです。そのために電話やビデオ会議にはない、“用のないコミュニケーション”や偶発的な出会いを生み出します。ここに注力しているのは、そこに切実なニーズがあることと、私自身が3年半、不登校という辛く孤独な経験をしているためです。