



雑音を切り口に コミュニケーションしましょう

株式会社アドバンテスト研究所 主席研究員 山口 隆弘

奇跡の年（1905年）、アインシュタインはブラウン運動についての熱力学理論を発表し、原子の存在をめぐる長い論争を決着させた。液体にうかんだ花粉の不規則な運動は、多くの分子が花粉に絶えずぶつかることにより生じることを明らかにした。分子の平均自由行程（ゆらぎ）は巨視的 Avogadro 数と温度 T をもちいてあたえられた。このゆらぎは雑音という概念の誕生となった。43年後にシャノンは、信号と白色雑音の電力比に着目し、通信路容量をあたえる式を導く。

「雑音を測る」を切り口に、転換点を予測し、理論を応用し、基礎回路を準備したかを説明する。

電気信号のタイミングゆらぎは位相雑音やジッタと呼ばれる。このジッタを測定・試験するための最先端技術を開発してきている。

理論：2000年までは、位相雑音スペクトル（スペクトラム・アナライザをもちいて測定）と周期ジッタ（オシロスコープをもちいて測定する）は別の量であるというのが、世の中の認識であった。

解析信号理論をタイミングゆらぎ測定に適用することにより、位相雑音とタイミングジッタと周期ジッタ間の関係を定式化できることを示した [1]。

アルゴリズムが先行：解析信号処理を簡単なデジタル信号処理（高速 Fourier 変換）で実現し、オシロスコープで離散化した波形からそのタイミング揺らぎを測定できるようにした。米国の測定器メーカーと直接ベンチマーキングし、われわれの解析信号法が高速・高精度であることを認めさせた。

Intel や IBM Watson 研究所や Bell 研を訪問し、

ジッタやジッタ耐力測定法について講演した。

ハードウェアがつづく：解析信号処理をハードウェアにマッピングした。被測定対象回路の部品である位相同期ループ（PLL）をもちいることを技術課題とした。2年かけて、自己遅延方式の測定回路を発見した。従来のオンチップの測定回路ができなかつたりアルタイムの測定を可能とした [2]。

理論の応用：入出力インタフェースは、1ビット伝送により高速化がはかられている。3 Gbps 以上のレートでは、送信器から出力されるビット列のエッジは不規則にゆらぐだけでなく、確定ジッタによってもゆらぐ。アイの閉じている時間幅（入出力のビット誤り率をあたえる）を高精度に推定するには、不規則ジッタと確定ジッタを分離する必要がある。特性関数（確率密度関数の Fourier 変換）をもちいるジッタ分離技術を実用化した。確率過程論のユニークな応用であり、高速・高精度試験を実現した。

「雑音」を切り口として、1年間、みなさまとコミュニケーションしたいとおもいます。

[1] T. J. Yamaguchi, et. al., "Extraction of instantaneous and RMS sinusoidal jitter using an analytic signal method," IEEE Trans. Circuits Syst. II, vol. 50, pp. 288-298, June 2003.

[2] M. Ishida, et. al., "A programmable on-chip picosecond jitter-measurement circuit without a reference-clock input," ISSCC Dig. Tech. Papers, San Francisco, CA, February 6-10, 2005, pp. 512-513.