

2 プロダクト戦略プロジェクト

高度なシミュレーションモデルを構築し、 小型化が進む光モジュールの開発を効率化

NTT デバイスイノベーションセンタ（以下、DIC）のプロダクト戦略プロジェクト（以下、D 戦 P）には、大きく 2 つのグループがある。1 つは研究開発計画の策定や、開発した技術の市場導入を目的とするプロデュース活動等を行うグループ。もう 1 つは主に実装技術の戦略的活動を行うグループだ。本稿では後者の取り組み例を紹介する。

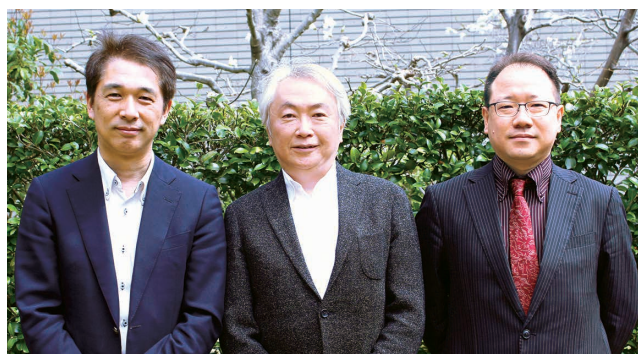
高い技術力を活かしデバイスの 設計・実装技術を評価

DIC は ROSA (Receiver Optical SubAssembly)、TOSA (Transmitter Optical SubAssembly)、ICR (Integrated Coherent Receiver)、CDM (Coherent Driver Modulator) など、モバイル向けネットワーク（以下、NW）のフロントホール/バックホールからコア NW、FTTH のアクセス NW、データセンタ NW まで、様々な NW を支える各種光モジュールの研究開発を行っている（図 1）。

そして D 戦 P ではそれら光モジュールを含むデバイスに将来求められるであろうスペックを想定し、

その設計や実装に向けた課題の洗い出しと解決に取り組んでいる。この役割を担う「実装技術戦略グループ」には、NTT 研究所でも特に高度な専門知識を持ち、DIC にただ 1 人の“上席ラボスペシャリスト”に認定された田野辺氏が在籍し

ている。ここでは同氏をはじめとする実装技術戦略グループが、TOSA の開発で直面していた技術的な課題を解決に導いた取り組みを中心に紹介する。



NTT デバイスイノベーションセンタ プロダクト戦略プロジェクト

〔左から〕プロジェクトマネージャ 森村 浩季氏
上席ラボスペシャリスト 田野辺 博正氏
グループリーダー 荒武 淳氏

小型化が求められ光モジュール 内での部品実装はより困難に

光モジュールには信頼性や性能だけでなく、経済化を推し進めるため小型化、高集積化の要求が絶えず求められ、設計や光モジュール内部での部品実装が困難になりつつある。問題の 1 つについて、田野辺氏は次のように述べている。

「電気信号の波長の 1/4 長さと光モジュール内部に実装される高周波部品のサイズ寸法が同等になると、電磁干渉が物理的に発生しやすくなります。例えば 100 MHz では波長の 1/4 長さはメートルの単位であり、ミリメートルサイズの高周波部品との間で生じる上記の課題は問題になりません。ですが近年はより高い周

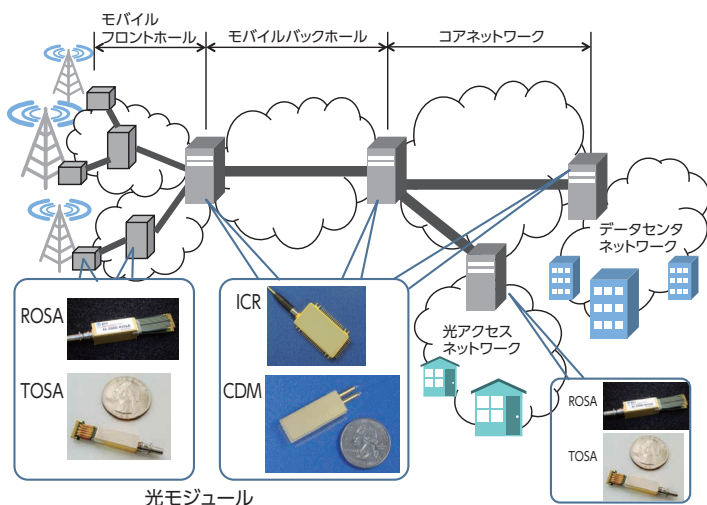


図 1 5G モバイルネットワーク、光アクセスネットワーク、そしてデータセンタネットワークを支える様々な光モジュール

波数が使われるようになってきました。10 GHz を超えるとセラミック内における電気信号の波長の 1/4 長さは数 mm まで短くなってしまい、光モジュールを構成する部品の寸法サイズに近づきます。このとき、光モジュール内部で電磁干渉が起きやすい条件での動作となるため、これを十分想定した上で光モジュールを設計しなければなりません。」

TOSA を小型化する過程で確認された問題

4 つの信号レーンを備え、それぞれのレーンに入力された異なる電気信号を 25 Gbit/s の光信号に変換する小型の TOSA を開発する過程で実測した光出力の様子を図 2 に示す。左側は 1 つのレーンのみ電気信号を入力した際に得られる光出力波形。右側は 4 つのレーン全てに電気信号を入力した際の波形だ。どちらも中央に「アイマスク」と呼ばれているグレーの部分がある。

左側のアイマスクでは中央が薄いグレー、周辺部が濃いグレーになっている。濃いグレーは光出力波形品質を現すマージンのようなものと考えれば良い。右側の図では濃いグレーと薄いグレーが反転しており、光波形の品質が劣化していることを示している。このほか、1 レーンのみ電気信号を流した際に他のレーンでわずかに光出力波形が検出されるクロストークも実測で確認された。

小型化が進むと従来の試行錯誤による手法では解決困難

図 2 の左右の光出力波形の上部水平ラインとして観察されるハイレ

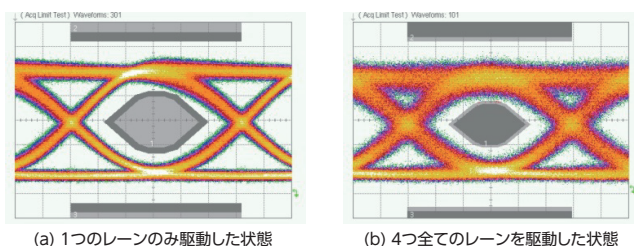


図 2 実測で得られた TOSA の光出力波形 (アイダイアグラム) とマスクマージン

ベルの幅に注目すると、右側の光波形の方が幅が広く、かつ滲んでいる。ハイレベルとなる光の強度が一定していない、すなわち光強度の安定性に問題があることを意味しており、問題の主要因はここにあると田野辺氏は推定した。

「光信号を出力するために光モジュール内に備えられた半導体レーザへの電源供給が安定していないことが原因と推測し、モジュール内に電気信号の波長の 1/4 長さに相当するサイズの部品がないか、探しました。するとモジュールの一番下に配置されていた、電源のグランドを取るための部品のサイズが、電気信号の波長の 1/4 長さと近いことがわかりました。ここでグランドレベルが不安定になる『グランドバウンス』が発生していると推測したのですが『グランドをワイヤ接続で取っているのでグランド電圧が揺れるはずがない』と考えるのが一般とされていたの

で、この推測を受け入れてもらうのは容易ではありませんでした。」

従来アプローチでは特性劣化要因として疑われる部品だけを

置き換え、改めて動作検証を実施する手続きが一般的であった。しかし小型化が進んだ光モジュールを構成する部品もそれ自体が小型化されている。よって、これら部品を後から修整加工することは必要とする時間、および経済性の観点で事実上困難である。一方、最初に戻り、設計し直し、試作を再度行う事も、時間と費用の観点で困難である。

光モジュール全体のシミュレーションモデルを構築

この問題の解決に貢献したのは、田野辺氏が構築した光モジュールのシミュレーション技術であった。光モジュールを構成する電源回路、電気信号を伝搬する高周波線路、そして電気信号を光に変換する半導体レーザの各要素のみをシミュレートするのではなく、光モジュール全体の挙動をシミュレート可能にした技術である。これを実現するためには、考

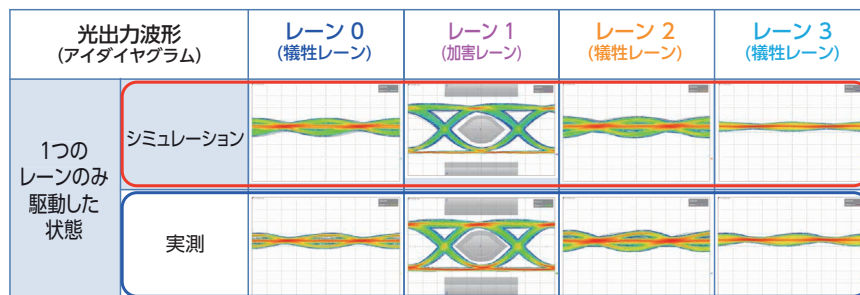


図 3 光出力波形 (アイダイアグラム) の実測結果とシミュレーション結果比較

慮しなければならない要素が多く、難易度は高かった。自動車に例えれば、F1カーを一台丸ごとシミュレーションするようなものである。エンジンやタイヤ、ブレーキ、ボディまで含めた車輛の挙動をトータルに再現するモデルを構築し、テスト走行しなくても様々な路面状態や加速減速条件での車輛の走行をシミュレート可能にするようなイメージに近い。

構築したシミュレーション技術で得られた光モジュールの光出力波形と、実験で観測された光出力波形を比較すると、図3に示すようにほぼ合致しており、シミュレーションモデルの確からしさが確認されている。

バーチャルな設計手法を他の光モジュールにも適用

シミュレーションによってグラウンドバウンシングの要因と推定された部品上部に、グラウンド電位が物理的に安定する金属板を挿入した仮想光モジュール（図4）のシミュレーション結果を図5に示す。元の光モジュールでは波形品質を現すアイマスクのマージンが負の値「-26%」、つまりマージンは全く無い状態であったのに対し、部品を置き換えた仮想モジュールでは47%ものマージンを得られることが期待される。グラウンドバウンシング起因による光出力波形

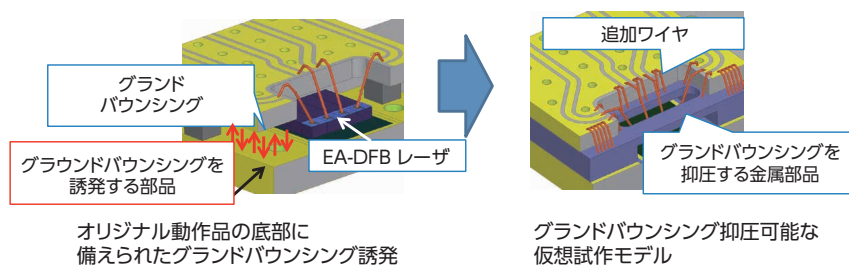


図4 グラウンドバウンシング誘発部品の特定とそれを抑圧可能な仮想光モジュール用の金属部品

の波形品質劣化であるとした推定がなされ、要求されたスペックを満たす光モジュールの製造に向けての具体的なアプローチが明らかにされた。

このように光通信モジュールのような小型、高密度化が進むデバイスの設計において、仮想光モジュールを計算機上で構築し、その挙動全てを表現可能としたシミュレーション技術は新奇である。

「少なくとも発表ベースでは世界でもDICだけが実践している技術と言えるかもしれません。本技術をROSA、ICR、CDMの開発にも適用し、開発の効率化を実現しました。」（田野辺氏）

「匠の技」で終わらせないための取り組みを推進

田野辺氏は将来必要になるであろうデバイスのスペックを予測し、その実現にあたり問題になりそうな技術的課題を洗い出すという営みを続けてきた。その営みの延長で、光モジュール全体の挙動をシミュレーションするだけでなく、未だ存在しない仮想光モジュールの挙動を計算機上で示す技術も開発している。まさに匠の技と言えるような技術力やノウハウによるものだが、同氏はこの優れたノウハウを

共有することにも力を入れている。

「光モジュールの設計技術、シミュレーション技術の取得に必要となる専門知識を、学びたいと願う人に対しては、直感的に理解して頂けるよう常に工夫が必要です。例えば、高密度に配置された高周波線路に広帯域信号を通すことを説明する際には『狭い4車線の道路を大型トラックが密集して高速で走行している』といったように、専門用語を一切除去し、聞いた人が心理的にイメージしやすい表現を心がけることが特に必要です。若い研究者に技術的なことを説明する際にも同様に、なるべく伝わりやすくなるよう心がけています。」（田野辺氏）

組織としてもこのノウハウを活かす努力をしているとして、D戦Pのプロジェクトマネージャである森村氏は次のように述べている。

「諸条件を入力すれば光モジュールの挙動がシミュレーション出来る、というような単純なものではなく、光モジュールを構成する様々な部品への知見、これらを統合する高度な技術です。これを1人の研究者だけに可能な『匠の技』で終わらせないことが重要です。他の技術者が同様のシミュレーションに取り組むのを容易にする基盤を用意し、グループ外にも提供することを目指して取り組みを進めています。」

	光出力波形 (アイダイヤグラム)	f3dB 帯域	マスク マージン
オリジナル 動作品		17 GHz	-26%
仮想試作後		23 GHz	47%

図5 オリジナル動作品と仮想試作後の動作比較

同氏はこの優れたノウハウを