



# AUTOMOTIVE JOURNAL



# コラボレーションでつながる

新年は、約束と希望に満ち、現実世界の実用性とはまだ無縁の新たな始まりとしばしば象徴されます。ここで興味をそそるのは「新鮮さ」であって「スタート」ではありません。NIのモビリティビジネスをリードする新しい章を始め、Vision Zeroに向けたお客様の取り組みを支援するというNIのミッションを推進していますが、この「新鮮さ」に胸を躍らせています。

ゼロエミッション車からの新鮮な空気。高度なイノベーションと真剣な問題解決の文化から生まれる新鮮なアイデア。非常に複雑な技術的課題に対応する新鮮なアプローチ。私たちが住む惑星の持続可能性についての新鮮な考え。

NIでは、テストを必要悪からパフォーマンスと差別化の主要な実現要因に変換します。そのため私たちは、イノベータが製品開発と製造をデジタルに変換する環境を整え、これにより市場投入までの時間、品質、運用効率を大幅に向上させます。その実現に向けて私たちは、すべての製品データ（テストを含む）を解析して製品ライフサイクル全体にわたる洞察を提供し、また自動テストをエンジニアリングと製造ワークフローにシームレスに統合します。

Vision Zeroへの道のりに近道はありませんが、もっと良い方法があるのです。その方法をご紹介いたします。



DRITA ROGGENBUCK

NIモビリティ部門 シニアバイスプレジデント兼ゼネラルマネージャ



05 EVをご検討中ですか?始めるなら今です。  
特集記事

10 ヴァージンハイパーループ (Virgin Hyperloop): 交通  
システムの未来  
イノベータスポットライト

14 Vision Zeroの 実現に向けて私たちすべてが共同し  
て取り組む方法  
コネクターズスポットライト

16 連結されたADASとADのワークフロー:  
もう夢ではない  
アプリケーションスポットライト

20 5G V2Xマップベースハイブリッドチャンネル  
モデルの実装  
ホワイトペーパー



# EVをご検討中ですか? 始めるなら今です。

電気自動車(EV)は日常の道具というより贅沢品であり、リスクでもあると感じてきました。走行距離の不安とEV経験の浅さから、EVテクノロジを利用するのはずっと後になるだろうと考えていました。これは、EVに切り替えるのにまだ時間があるということですね?それは多分間違っています。

自動車メーカーのおかげで待つのが非常に難しくなっています。そしてそれは良いことでもあるのです。たとえば、キャデラックのラインナップは2030年までにすべて電動になるとゼネラルモーターズは発表しました。さらにホンダは、2022年以降ヨーロッパではEVとハイブリッド車のみを販売し、2040年までにすべてのガソリン車を段階的に廃止すると発表しました。<sup>[1]</sup>またCES 2022では、まもなく発売される新しいEVに関する大きな発表が6件もありました。EVには燃焼車のような1世紀にわたる反復的なイノベーションがなく、また規制や技術が絶えず進化していることを考慮すると、以上のような動きは強い覚悟を表したものです。

この不確実な環境の中で、自動車メーカーは、程度こそ異なれこのような確固たる公約とそれに見合った投資することで、加速するEV化のスピードに対応しようとしています。ただし、新しいEVテクノロジの強化、製品開発サイクルの短縮、最高品質の達成には、覚悟と投資以上のものが必要です。

EVの生産目標を競う短距離走には、安全性とパフォーマンスの両面で最高のバッテリを生産する競争が含まれています。最長距離と最速充電を主張するバッテリメーカーは、そのような目標を達成するための広範囲なテストを実施する必要があります。

## バッテリのテストはどれくらい厳しいですか?極めて厳しいものです。

検証中のバッテリを収容する大規模なウォークインチャンバを備えたEVメーカーを考えてみましょう。エンジニアたちは、容量、ピーク電力、熱暴走、過充電、温度サイクル、保護システム、ヒポ(高電位)、圧力減衰、不均衡充電、短絡、その他数十の変数をテストします。そのテストも複数の温度範囲に対して行うのです。同時にIEC 62660やSAE J2464規格に加えその他の規格への準拠をテストします。実行するテストのリストを管理すること自体がすでに大きな課題になっています。

このメーカーは、複合テストセル(Complex Test Cell)とマルチセルラボ(Multicell Lab)(図01)カテゴリの中間に位置しています。その主な関心事の1つは、メガワットに及ぶ電力、さまざまなテストを実行中の複数のバッテリ、高チャンネル数、テストセル制御、結果と施設からのデータ、すべてのパックとモジュールに対するテスト実行の調整を管理しながら(6か月間の連続テストもあり)、スケーリングすることです。エンジニアたちはたとえば以下のような問い合わせに直面します。

- 単一のテストセルから大規模、マルチサイトの複雑なテスラボに拡張するにはどうしたらいいだろうか?
- テスト結果について、解析と意思決定に必要とされる適切なレベルのトレーサビリティを確保できているだろうか?
- 私たちのテストは、後でも数年後でも再実行が可能なレベルで繰り返しが可能だろうか?
- 新しいバッテリや数量が増えたときにテストセルを効率的に再構成できるだろうか?
- 可能な限り効率的に仕事しているだろうか?既存のテクノロジやプロセスにとらわれていないだろうか?



図01

拡張性は多次元で相互に依存する問題であり、種類が異なる未接続のテクノロジでは解決できません。



図02

一般的なバッテリテストラボのセットアップには、サイクラ、チャンバ、計測器、冷却装置、およびソフトウェアが含まれます。



現在の市場投入までの時間とEVの精査条件を考慮すると、企業とそのエンジニアによるテストの取り組み方によって勝者と敗者が分かれます。残念ながら、多くの企業では、控えめに言っても面倒で管理に時間がかかる多種類の未接続ツールを使用したテストを余儀なくされています。

## 実はもっと簡単にできるのです

NIではこのようなほぼ不可能な状況を理解しており、自動車メーカーが対応できるよう私たちは独自の取り組みを行っています。そのような取り組みの1つにテストを多次元で接続する方法があります。

図02に示す一般的なバッテリラボのセットアップでは、動作が調整された複数のコンポーネントを使用しています。サイクラでバッテリを充放電するだけの簡単なタスクは、環境チャンバ内の条件、テスト手順、データキャプチャ、計測、およびバッテリ管理システム (BMS) との通信と完全に同期する必要があります。

たとえばNIのBattery Test System (BTS) は、計測ラックとして、またソフトウェアに接続されたテストオーディオタとして機能し、これによりカスタマイズと自動化が可能になります。NI SystemLink™、BTSソフトウェア、データ解析ツールの連携により、テスト結果のトレーサビリティ、テストの再現性、およびテストセル操作全体の適切な管理が保証されます。バッテリサイクラからパック/モジュールの計測まで、NIのソフトウェアを使用してテストを実行すると、致命的な問題になる前に欠陥を検出し、製品設計を改善し、安全性と品質を確保することができます。

より完全なソリューションを市場に提供するため、お客様による重要な電力レベルテストの実行を支援するEV電力レベルテストソリューションのポートフォリオを拡張しました。拡張はさまざまな方法で行われ、そのうちの1つがNI Research Inc. (NHR) の買収です。

NIは、NHRの技術でバッテリテスト、バッテリエミュレーション、グリッドシミュレータ、AC/DCの負荷とソースの機能を追加しました。NHRの電力テスト機器が持つパフォーマンス、モジュール性、安全性、柔軟性、拡張性により上述した課題のほとんどが対処可能になり、NIの既存のバッテリテストソリューションを補完するものになっています。

NIではテストとデータ解析の自動化とカスタマイズを行う計測機能とソフトウェアをすでに提供しているため、NHRの統合によりNIは、完全にソフトウェア接続されたツールチェーンを使用してバッテリまたはバッテリ関連システムをテストするパワーエレクトロニクスを完成させました。対象となるアプリケーションは以下のとおりです。

- **ハイパワーバッテリモジュールとパックのテスト**—バッテリとの電力のやり取りを正確に処理することで(サイクリング)、エンジニアはバッテリが動作中であるかのようにテストできます。加速、ブレーキ、充電、環境条件などのプロファイルに従って、ラストワンマイルまでのバッテリ範囲とパフォーマンスを検証します。また、EV駆動トレーン全体の安全性とパフォーマンスを改善するアルゴリズムをテストします。
- **バッテリエミュレーション**—パワーエレクトロニクスデバイスを使用して、バッテリ、インバータ、モータ、車載充電器、さらにはフルドライブユニットが制御、安全性、耐久性の要件をどの程度満たしているかをテストし、テストの実行に必要な動作をするようバッテリをエミュレートできます。

NIの柔軟なソフトウェア接続EVテストプラットフォームとNHRの電力変換および電化テストシステムの専門知識を組み合わせることで、NIは品質を維持し、エンジニアによるテスト課題の克服を支援しながら、変化するテストニーズへの迅速な対応を促進します。私たちの目標は、EV自動車メーカーが製品開発を加速し、製品をより早く市場に投入して、その目標と約束を達成できるよう支援することです。

私たちはEVが提供する長期的なメリットを信じており、自動車会社と同様、長期的なメリットの実現に向けて相応の投資をしていきます。つまり、私たちは自動車メーカーによる市場参入のハードルを下げ、私のような人々がEVへのシフトを待ちわびるようにしたいのです。

## 作成者

ARTURO VARGAS MERCADO

NIモビリティ部門 EVバッテリテストチーフソリューションマーケター

# 絶えず変化する車作りのテクノロジーで複雑化する一方のテストにどう対処しますか?

30,000のパーツをカバーするデータライフサイクルの管理はとてつもなく大きな課題です。データとそれを解析するインフラストラクチャなしでは、パフォーマンス、品質、収益性に影響する死角ができてしまいます。



1  
台の車

30,000  
個の部品

40M  
行のコード

20  
の異なるパート生産国

何1,000  
もの機械が車1台を作るのに必要

車を組み立てる  
スマートファクトリは  
1日あたり  
1M GB  
のデータをも生成

主要な自動車会社  
によれば

7,000  
個の半導体につき

約1  
個/百万の不良率

4,000  
毎日の生産台数

28  
生産ラインでの不良台数

Vision Zeroへの道に近道はありません。

NIIはすでに自動車イノベータが成果を上げる支援しています。

一次自動車部品サプライヤ

50%

新ADASでTTM<sup>[1]</sup>を削減、製品同質性の向上

一次自動車部品サプライヤ

6ヶ月

開発期間の短縮、1年間で80万ドルの節約

自動車OEM

96%

欠陥部品の事前検出率

アジアOEM

90%

テスト時間短縮、1年間で1億円以上節約

<sup>[1]</sup>市場投入までの時間



# Virgin Hyperloop: 交通システムの未来

都市が地下鉄の停留所と同じくらい簡単に接続されている世界を想像してみてください。ラスベガスからロサンゼルスまで、町を車で移動するのと同じ時間で移動できる世界。空気を汚したり環境に害を与えることなく、時速670マイルで移動できる世界。

それがVirgin Hyperloopが構想した未来であり、NIの支援を得て彼らはそれを実現しようとしています。Virgin Hyperloopは現在、ハイパーループテクノロジを通じて、輸送業界に根本的な変革をもたらしています。このプロジェクトは、人と貨物の両方で距離と時間の障壁を取り除こうとする新しい輸送モードです。

私たちは先日、Virgin Hyperloopのテスト自動化チームのメンバーであるTrevor Hankenと、テストソフトウェアグループを管理するAlexander Wolpeと話し合う機会がありました。そこで、Virgin Hyperloopのこれまでの道のり、彼らの目標の実現にNIがどのような貢献をしたか、NIとのパートナーシップがイノベーションに与えた影響、そしてモビリティの未来はどのようなものになるかお話を伺いました。

## モビリティの未来

Virgin Hyperloopは、可能性を広げる、高速で手間のかからない旅を実現するミッションを推進しています。計画はどのように進めようとしているのでしょうか?ハイパーループの導入により、Virgin Hyperloopチームは、私たちのモビリティの考え方を変革し、現代の交通機関に代わる実行可能で持続可能な代替手段を生み出しています。

現在、大都市圏で働く専門家の多くは、長時間におよぶ通勤時の交通渋滞から都市の外に住むことで愛する人から離れて過ごす時間の増加まで、さまざまな課題に直面しています。このような問題は当事者とその家族に悪影響を与えるだけでなく、交通渋滞やエネルギー消費という形でより大きな環境問題を引き起こしています。

かつて経験したことのない速さで運行される交通機関は、通勤にうんざりしている人にも、旅行や探索に情熱を燃やす人にも、誰にとってもエキサイティングなものです。ハイパーループの導入はまた、アクセシビリティの新しい可能性への扉を開くでしょう。新しい経済を刺激し、他の方法では到達できない地域に人々が生活し働く機会が誕生するのです。運輸業界におけるこの画期的イノベーションのメリットは広範囲に及びます。

## ハイパーループとは?

ハイパーループシステムは、直接かつオンデマンドの輸送を実現すべく、約670 mph (1,080 km/h) の速度でほぼ真空のチューブの中を移動する「ポッド」と呼ばれる車両で構成されています。この新しい交通手段から生まれる斬新な体験は、人を第一に考え、安全性、快適性、利便性に重点を置いています。

Virgin Hyperloopがこのような高速を実現できる理由の1つは、ほぼ真空のチューブと連携した磁気浮上を利用していることです。ご想像のとおり、個々のコンポーネントの構築から、チューブ内を移動するポッド自体を浮揚させて誘導する制御システムの管理まで、このプロジェクトの成功は多くのチーム協力があってこそ実現したものです。

HankenとWolpeはどちらもテストソフトウェアグループのコアメンバーであり、特にHankenはテストの自動化に取り組んでいます。彼と彼のチームは、ハイパーループシステムを構成するハードウェアコンポーネントの動作、およびコントローラと関連ハードウェアの両方で構成されたサブシステムの動作をテストする責任があります。基本的にこのチームの仕事は、テスト対象デバイス (DUT) への刺激を制御し、

DUTとそれに接続されたセンサからのフィードバックをログに記録するソフトウェアの作成です。

すべてのハードウェアコンポーネントとテストシステムに加え、それらをサポートするソフトウェアを統合して、私たちが慣れ親しんだ大量輸送を再発明するシステムを作ります。このような革新的なシステムの開発により無限の機会が生まれますが、その一方でVirgin Hyperloopチームには真摯に受け止めるべき責任も発生します。

このプロジェクトの推進にはいくつかの重要な柱があります。

- **速度**—ハイパーループは、高速鉄道の3倍、従来の鉄道の10倍以上の速度で人や製品を輸送する
- **持続可能性**—この輸送システムは、より効率的で良心的な旅行システムを提供することにより、気候変動との戦いに参加する
- **安全性**—すべての乗客、すべての旅行体験にとって安心で信頼性の高い輸送を保証するため広範囲のテストを実施する
- **体験**—この新しい最先端の交通システムにより、現代の交通に革命をもたらすユニークな旅行体験が得られるよう保証する

運輸業界の先駆者であるハイパーループは、最終的には混雑を最小限に抑え、移動速度を加速し、エネルギー消費を削減し、より持続可能な旅行経済を生み出します。

## Vision Zeroを達成

モビリティの未来について語る対話の中心には、NIの理念とも重なりますが、健やかな地球をつくるという人間としての責任があります。幸いなことに、NIとVirgin Hyperloopは、ゼロエミッション、ゼロ衝突、ゼロ渋滞を目指したVision Zeroへの道を加速するという共通の目標を共有しています。交通渋滞、アクセシビリティの制限、汚染がある中で、私たちには次の100年間人類を維持できる交通機関の新時代を迎える準備と希望があります。

私たちちは汚染と混雑の影響に取り組む中で、ハイパーループを使用した21世紀の旅がどのようなものになるか、新しい標準を作成できます。つまり、飛行機の速度と直接排出量ゼロで望む場所に到達できるような旅です。



「NIと緊密に連携することでこのような短期間に適切な対象分野のエキスパートやパートナーを見つけることができ、多くのテストシステムを構築するのに役立ちました。」

Alex Wolpe  
Virgin Hyperloop、ソフトウェアテストチームマネージャ

効率的で環境に優しいモビリティの未来を実現すること、それは一連の特有の課題の克服を必要としますが、Vision Zeroの推進には絶対欠かせないものです。ハイパーループは、他の輸送モードよりも環境への影響を軽減する計画と、100%電気という特長を生かし直接排出ゼロを重視することで、この課題に正面から取り組んでいます。

完全に自律的な能力で長距離を飛行機の速度で移動でき、人為的ミスがなく、天候の危険を回避できるモビリティの未来は明るく見えます。長い通勤で発生する二酸化炭素排出量の削減を切望する専門家から、より速く、より効率的な移動を優先する旅心に富んだ人々まで、誰もが再生可能エネルギーを動力源とする未来への移行を歓迎することでしょう。

## NIはエキスパートを 互いに結び付けます

NIはVirgin Hyperloopにハードウェアとソフトウェアのサポートを提供していただけではありません。NIのパートナーネットワークは、チームのビジョン達成を支援する上で極めて重要な役割を果たしてきました。NIの最も価値があり重要な基盤の1つは、企業をエキスパートやテクノロジと結び付けて輸送を変革し、イノベーションを刺激し、パフォーマンスを向上させる能力であることは確かです。

Virgin Hyperloopは特に、Genuenの協力を得ることで大きな恩恵を受けています。Genuenはテストシステムやシミュレートされた実世界環境の構築では歴史的に

有名で、そのシステムは信頼性の高い製品の製造や必須規制への準拠に必要とされるデータを生成します。

Virgin Hyperloopは、飛行制御ハードウェアインザループ(HIL)システム構築の支援を得るため、Genuenを選択しました。これによりVirgin Hyperloopチームは、組込ハードウェア設計に実装されている組込ソフトウェアの確認と検証ができるようになりました。飛行制御チームとそのシミュレーション環境からは厳しい要件が出されたわけですが、Wolpeによると、GenuenはVirgin Hyperloopチームがそれらの要件を満たすHILシステムシステムを設計する際に支援を提供して非常に重要な役割を演じました。

## NIテストと方法論の使用

ハイパーループのポッドコンポーネントと組込制御システムのテストは、シミュレーション環境がないと時間がかかる場合があります。そこでHILの出番となります。Virgin HyperloopのHILチームは、モデルをHILシステムに統合してコントローラの動作をテストします。これによりチームは、完全に組み立てた製品を用意しなくても、コントローラの「実際の」動作をテストできます。従来の方法論では、法外な費用と時間的な制約が発生します。

検証と妥当性確認プロセスの一部には、シミュレートされた環境を通じて可能な限り多くの信頼性と堅牢性を取得する目的があります。実際、ハイパーループポッドのすべてのコントローラをエミュレートできるHILシステムシステムを作成する上でNIとのコラボレーションは非常に重要でした。

このシステムではすべてのコントローラが同じプラットフォームのNI VeriStand上に構築されています。

Virgin HyperloopがNIとともに支えてきた複数年にわたる旅の価値は、当社のプラットフォームがチームに提供したオープン性と拡張性、特にタイムラインの順守によって強調されています。チームは次のように述べています。「これらのシステムのすべてのコンポーネントを相互にシームレスに統合することで、システム構築の所要時間が大幅に短縮されました。さらに、新しい要件やテストケースの維持と適応がはるかに簡単になります。」

HILシステムは、このチームが達成可能なことの限界を押し広げた一例にすぎません。Virgin Hyperloopは、CompactRIOシステムやLabVIEWソフトウェアテクノロジなど、NIのハードウェアとソフトウェアアプリケーションも利用して、タイムラインを加速し、最適なパフォーマンスを実現しています。

## 可能性の拡大

テストソフトウェアの面からは1つのことが確かです。Virgin Hyperloopでは、輸送業界を先導し21世紀の旅の再定義を継続する上で、すべてのテストニーズについてNIチームとの協力関係を続けることを計画しています。

これまでのところ、Virgin Hyperloopが製品を開発し市場への投入を始めるにつれて、当社のテストテクノロジは商品化プロセスをサポートする上で重要な役割を果たしてきました。Hankenが指摘するように、研究開発の取り組みから

プロトタイプのテスト、完全に開発が完了したシステムのテスト、製造、そして品質の完成品最終テストなど、製品ライフサイクルの各ステップで広範囲のテストが必要です。

ハードウェアとソフトウェアからパートナーシップと継続的なサポートに至るまで、私たちはモビリティの未来をもたらすVirgin Hyperloopの旅に参加できることに興奮を禁じ得ません。

では、Virgin Hyperloopチームの次の目標は何でしょうか?2020年11月にチーム初のハイパーループテストが成功した後、乗客はわずか6秒で時速100マイルを移動しました。Virginのチームは、NIの進化するテスト技術とテストソリューションを引き続き活用して、大量輸送の再発明と大胆なビジョンの実現を計画しています。Virgin Hyperloopチームの最新の動向に常に注目して、革新とパフォーマンスの最良の実例を目撃してください。

## 作成者

### TREVOR HANKEN

VIRGIN HYPERLOOP、テスト自動化エンジニアIII

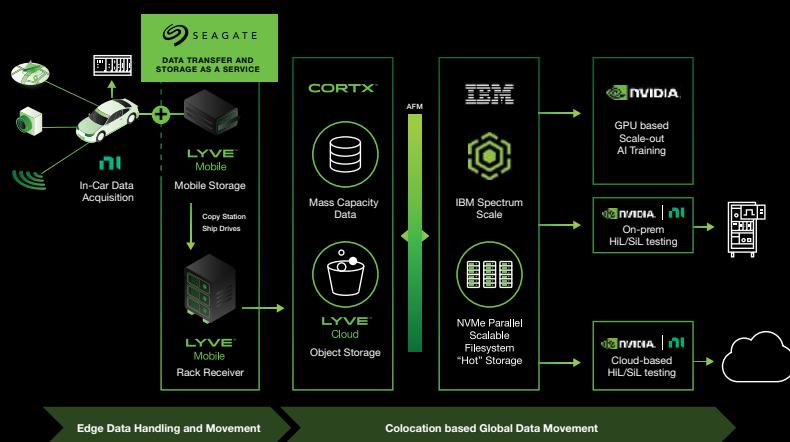
### ALEXANDER WOLPE

VIRGIN HYPERLOOP、開発エンジニアリングマネージャ

### BRENDA VARGAS

NIモビリティ部門 シニアソリューションズマーケティングマネージャ

## Maximize value of 100TB+ per car, per day.



Learn about a cost effective and scalable solution from NI and Seagate to accelerate time to data.

SEAGATE  
LYVE™





NIサービスシリーズ

# Vision Zeroの実現に向けて 私たちすべてが共同して 取り組む方法

NIのパートナーとお客様は、Vision Zeroの達成が単なる目的ではなく、唯一の目的であることを知っています。

新しいNIサービスシリーズでは、お客様が課題に取り組み、適切な意思決定を行い、Vision Zeroの達成に向けた最適なプロセスを実践するのを支援するため、NIとそのパートナーがさまざまなアプローチを検証します。

自動車業界で生き残るのは、変化への最適化と適応を続ける企業だけです。NIのミッションは、このような変化に対してお客様をサポートすることです。

私たちがお客様が改善したいと望む分野を理解することは、要求とニーズを実行可能なプロジェクト計画と実施に変換するのに役立ちます。これが、NIプロフェッショナルサービスが付加価値を提供する方法です。これには、技術的アプローチに関するガイダンスの提供から完全なシステムソリューションの提供まで含まれます。

当社のサービスには開発プロセスの改善、高付加価値の創造、目標達成の加速の3つが含まれ、これらは特にお客様がVision Zeroを達成できるよう支援することを意図したものです。

## 常駐エンジニアリングサービス

当社の常駐エンジニア (RE) は専任の技術専門家であり、お客様の施設内でスタッフと一緒に毎日働いています。パートナー兼アドバイザーとして、組織のプロセス、要件、長所、制限を検討します。高いビジネス価値を有する彼らは、シームレスな移行を保証し開発を加速します。

過去6か月間、Rivianで仕事をしているNIのREであるChristine Brandewieは、電気SUVおよびピックアップトラックメーカーでの彼女のプロジェクトに1つの目標を持っています。Brandewieの主な目的は、目標達成のタイムスケジュールを短縮する効果がある現実の直接フィードバックを組み込むことで、Rivianのエンジニアがニーズに合わせてNIソリューションをカスタマイズするのに要する時間を短縮することです。すぐに使用できる直接フィードバックへのアクセスは、REとして業務に携わることの主要な利点となります。

RivianでのBrandewieのプロジェクトは、**ハードウェアインザループ(HIL)システム**に注力しています。このシステムには、相互に通信し、相乗効果を発揮しながら連携するさまざまな技術コンポーネントが含まれています。彼女によると、「これらは作るのもテストするのも簡単にはできない」ものです。

彼女の職場での仕事の大部分は、開発遅延の原因となっているソフトウェア構成のトラブルシューティングと解決に費やされます。彼女がRivianのエンジニアから受け取る直接のフィードバックは、問題をすばやく見つけて解決するのに役立っています。

## 方法コンサルティングサービス

ビジネスの洞察を促進するためのテスト戦略の開発でクラス最高の企業が支援を必要としている場合、NIは人、アイデア、テクノロジをつなぐ仕事をします。これが**NI方法コンサルティングサービス**のシニアコンサルタントであるStephen Channonの主な仕事となります。自動車分野で25年以上の経験を持つChannonは、業界全体を評価し、お客様のニーズと視点をより深く把握することができます。

Channonによると、お客様とのコラボレーションにおける重要な要素は、私たちが継続的インテグレーションや継続的展開(CI/CD)などを駆使して新しいワークフローの決定と実装を支援することに、お客様がどの程度関心を持っているかという点です。お客様は、ソフトウェアとテスト構成をより適切に管理してテストプロセスを加速する戦略を望んでいます。たとえば、テストベンチソフトウェアをより小さな要素にリファクタリングして将来の認定ワークフロードを減らし、テスト開発時間を短縮するのを手伝ってほしいと、お客様から依頼されたことがあります。それはまさに私たちが行ったことです。これは結局のところデジタルトランスフォーメーションそのものであり、これによりお客様は効率を高めることができます。

Channonは、Vision Zeroへの道で活用できる最も重要な資産は、NIが買収を通じて獲得した新機能と、テストデータ分野でNIがSystemLink™ソフトウェアと**O+プラットフォーム**

を使用して果たしてきた重要な役割であると付け加えました。このような資産に対して業界での同調者が増え、その価値を示しています。

## 統合エンジニアリングサービス

**NI統合エンジニアリングサービス**を通じて私たちは、パートナーの広範なネットワークと協力し、お客様に対して最も複雑なシステムの設計、開発、デプロイを支援できる幅広いオプションを提供しています。

NIプロフェッショナルサービスのシニアプロダクトマネージャであるDavid Prattは、チームおよびNIパートナーと積極的に協力して顧客に目的とする結果をもたらす包括的なソリューションを作成していると述べました。これらのソリューションは、技術的な提供とお客様が直面している課題克服のため特別にパッケージ化した専門的サービス機能を組み合わせることで、独自の価値を提供します。

NIプロフェッショナルサービスチームは、サービスの提供をお客様のワークフローと期待に整合させ、業界横断的に輸送を専門とするパートナーと調整して助け合いを推進できることを嬉しく思います。お客様のニーズに合わせた柔軟性とカスタマイズにより、お客様はさまざまなレベルで目標を達成できます。

最終的に、同僚、パートナー、お客様からのフィードバックにより課題に対する前例のない可視性が得られたため、安全性を損なうことなくVision Zeroの目標の早期達成に向けて互いにどのように協力しあえるか明確に把握できます。

変化が永遠に変わらない原則であるため(2021年第4四半期の**Automotive Journal**を参照)、これらの変化に適応し、柔軟性を強調し、お客様の今後の課題に対する新しくより優れた戦略を開発することが成功の鍵になります。

次四半期のNIサービスシリーズの記事をお見逃しなく! Vision Zeroの達成に向けたさまざまなプロジェクトを取り上げます。

## 作成者

KONRAD STEGEMANN

NIモビリティ部門 フィールドマーケティングマネージャ

NIパートナーは、日本アライアンスプログラムに参加しているシステムインテグレータを中心としたパートナー企業で、代理店の関係は有していません。



JEFFREY PHILLIPS  
NIモビリティ部門 市場開拓戦略担当ディレクター

# 連結されたADASとADのワークフロー：もはや夢ではない

2021年第4四半期のAutomotive Journalでは、先進運転支援システム/自動運転(ADAS/AD)検証ワークフローの習得が、パズルの解決、スポーツの競争、ゴールドラッシュ/オイルラッシュへの参加にどのように関係しているか詳しく説明しました(ADASとADパズルを同時解決する)。以上はNIの見解ですが、一部の戦略的パートナー、つまりAnsys、Foretellix、Konrad Technologies(KT)、Seagate Technologyも、この私たちの見解を共有しています。

**JEFFREY PHILLIPS:** あなたは誰で、対象分野の専門知識は何ですか？

**Eric Bantegnie:** Ansysは、エンジニアリングシミュレーションの世界的リーダーです。私たちのPervasive Engineering Simulationの戦略を通じて、世界で最も革新的な企業が非常に優れた製品をお客様に提供できるよう支援しています。エンジニアリングシミュレーションソフトウェアの最高かつ最も幅広いポートフォリオを提供することにより、私たちはお客様の最も複雑な設計上の課題を解決し、想像力が及ぶ限りの製品の誕生を支援しています。私は副社長として現在、CEOの特別顧問とAnsys EuropeのCTOを務めています。

**Roy Fridman:** Foretellixは、ADAS/ADシステムのテスト管理、検証、妥当性確認プラットフォームを提供しています。当社のプラットフォームは、大規模なスケールでの意味のあるテストとエッジケースの調整、管理、解析を行い、関連するすべてのシナリオでこれらのシステムが正常にテストされたことを保証します。事業開発と販

売の副社長としての私の役割では、私のチームが直接販売および私たちとNIのようなパートナーシップにより会社の成長に貢献できるよう支援します。

**Michael Konrad:** KTは、家庭用電化製品、自動車、医療、航空宇宙/防衛など、複数の市場で使用される自動試験装置のグローバルサプライヤです。私たちは1996年からのNIパートナーです。私は会社の創設者兼最高経営責任者です。

**Melyssa Banda:** Seagate Technologyは、大容量データストレージインフラストラクチャソリューションの世界的リーダーです。Lyveモバイルソリューションの普及を促進する上での私の役割は、企業が膨大なデータセットを動員してデータから得られる価値と洞察を最大化する活動を支援することです。これには、ADAS/AD分野の企業に対して、車載ストレージ容量、データオフロードのためのモジュール式エッジソリューション、アジャイルで手頃な価格の安全なアーキテクチャを提供することも含まれます。

**JP: ADAS/ADに関してどのようなトレンドと課題を予想しますか?**

**EB、Ansys:** 製品とシステムはますます複雑になり、相互に接続され、相互依存するでしょう。プロジェクトはまた、コストとスケジュールの超過や失敗製品のリスクに直面し、優位性と市場投入までの時間をめぐる競争で敗退します。これらの課題に対処するため業界では、製品のライフサイクル全体で共有、継続的な改善、および管理が行われるデジタルスレッドを作成するモデルベースのシステムエンジニアリング(MBSE)アプローチを実装することに重点を置いています。MBSEは、デジタルスレッドを使用したお客様のデジタルトランスフォーメーションへの旅立ちを準備し、また設計と開発から運用までの製品ライフサイクル全体でモデル化、シミュレーション、改良、検証するための継続的なフィードバックと段階的な機会を提供するフレームワークを提供します。

**RF、Foretellix:** 現代の車両は複雑なデジタル製品になっていますが、その開発、テストツール、方法論は、まだ独自のデジタルトランスフォーメーションを経験していません。ほとんどのツールはスケールと自動化が欠けており、これらの複雑なデジタル製品の課題に対応するには適していません。業界は、大規模な仮想テストや自動化、および高度な解析に移行しています。

**MK、KT:** 自動車市場の主なトレンドは、ADAS/AD機能の採用増加、信頼性の高いテスト方法の必要性の高まり、およびこれらの新機能の市場投入までの時間の短縮です。主な課題としては、ADAS/ADパフォーマンスの標準の進化、新しく進化したセンサ機能、古めかしくかつ不十分な複数年の開発プロセスが挙げられます。

**MB、Seagate:** ADAS/ADのお客様は、データ量の急増に伴う課題に直面しています。カメラやLIDARなどの車両のセンサから収集されたデータは、わずか数年で5倍以上に増加し、今後指数関数的に増加し続けるでしょう。知覚システムに関与する人工知能(AI)ベースのアルゴリズムが増加しています。これらのADAS/ADエンジンコントローラユニット(ECU)の検証は、機能の更新ごと、それもソフトウェアコードが数行変更されただけでも必須になります。ますます多くのデータがテストのループに含まれるようになるでしょう。このすべてのデータは、コスト、品質、データまでの時間を制御するワークフローを使用してキャプチャ、移動、解析を行う必要があります。

**JP: データは今後どのようなものになるでしょうかーまたソフトウェアに接続されたワークフローは?**

**EB、Ansys:** MBSEは、デジタルスレッドとデジタルトランスフォーメーションニアシアチブの主要な推進力です。大規模な自動車、航空宇宙、防衛、ハイテクOEM、コントラクタ、ティア1サプライヤなどのお客様は、さまざまなライフサイクルフェーズと機能の中でMBSE手法に切り替えつつあり、最終的には設計と開発から運用まで包含するデジタルスレッドにまで拡大するでしょう。

**RF、Foretellix:** デジタル化するにつれて車は、データに依存するとともにデータを生成し、基本的には車輪付きのデータセンターになります。このデータは、車の収益化、安全性の向上など、新しい目的に向けてさまざまな方法で利用できます。開発チームによるこれらの複雑なデジタルシステムのテストを、高度な自動化で支援するプラットフォームとツールを提供するのが私たちの目標です。私たちは

また、コストの削減、市場投入までの時間の短縮、安全性の確保に役立つ強力な解析ツールも提供しています。

**MK、KT:** 開発プロセスの各ステップで設計を最適化し、これらのステップ全体で主要な属性を共有して全体的な開発時間を短縮するには、接続されたワークフローが必要です。セーフティクリティカルなADAS/AD機能を正常にデプロイするには、データ駆動型で解析ベースの開発努力が必要であり、データとソフトウェアに接続されたワークフローがそのような機能を提供します。

**MB、Seagate:** 近年、私たちは、自動車用ソフトウェアの分野で大きな混乱が発生したのを見てきました。車両の認識と意思決定機能を継続的に進化させる必要に基づいて、車両のソフトウェアアーキテクチャは変化してきました。AUTOSARからリアルタイムオペレーティングシステム(RTOS)まで、このアーキテクチャはLinuxオープンソースソフトウェアに拡張されています。そして車両のコードと機能の成長を後押しするAIとデータは、基本的にこのプロセスに燃料を供給しています。実生活のシナリオでキャプチャされるデータが増えるにつれ、車両のロジックと意思決定機能が向上していくでしょう。

**JP: データおよびソフトウェアに接続されたワークフローは、これらの傾向と課題に対処するにどのように役立ちますか?**

**EB、Ansys:** 自動運転車のAIシステムの設計が複雑になるにつれて、紙ベースの資料やスプレッドシートなど、情報共有のためのサイロ化されたツールは機能しなくなります。そこでMBSEの登場となります。MBSEによりコンセプトから認証までエンドツーエ



MELYSSA BANDA  
SEAGATE、LYVE MOBILE SOLUTIONS  
担当副社長



ERIC BANTEGNIE  
ANSYS、副社長、CEO特別顧問



ROY FRIDMAN  
FORETELLIX、ビジネス開発・販売担当  
副社長



MICHAEL KONRAD  
KT、創設者兼CEO

ンドの作業が可能になる一方、それはまたセーフティクリティカルな基準に従って自動運転車の開発を進めるための唯一の方法になり始めています。

**RF、Foretellix:** 物理的および仮想的なソース(実際の運転やシミュレーションなど)から大規模なデータを収集し共有と解析を行う能力は、ADAS/ADの機能を適切にテストしデプロイする鍵となります。NIや私たちForetellixなどの企業は、データの収集、生成、解析、洞察に力を入れています。

**MK、KT:** 接続されたワークフローを通してさまざまなフェーズでのベストプラクティスとデータの再利用が可能になり、開発サイクルと市場投入までの時間が短縮されるようになります。またそれは、ソフトウェアの設計に段階的な改善を促すでしょう。それにより標準規格の開発とセンサ仕様の変更に対応できるようになり、またプロトタイプの開発でより高品質の設計を実現できます。

**MB、Seagate:** 私たちは、自動車メーカーとサプライヤがストレージとITインフラストラクチャからキャッシュを解放し、それを彼らの最も重要な目標に振り向けられるよう支援を提供しています。つまり、ADAS/ADおよび安全に接続されたサービスを軸にして業界の新しいテクノロジとIPを進化させ加速させるという目標です。NIとSeagateは協力して、OEMとサプライヤがデータストレージ戦略を自己管理からサービスとしてのストレージ(StaaS)にモダナイズするための革新的なADAS記録サービスを提供しています。このサービスを使用すれば、データフロー全体でコストの削減とストレージの効率化が実現し、お客様はデータアクセスとイノベーション能力を加速させることができます。

**JP:** どのように、そしてなぜ、対象分野のエキスパートというエコシステムは違いを生むのでしょうか?

**EB、Ansys:** MBSEが普及するにつれ、シミュレーションを物理ハードウェアに接続できるかどうかが極めて重要になります。この接続がないと、システムの真の検証と妥当性確認を行うことができません。この接続があつてはじめて、AnsysとNIは複雑な製品開発サイクルを短縮し、コンポーネントが設計どおりに動作することを保証できるのです。両社は協力して複雑な課題を解決できるよう支援します。つまり、センサを検証し、テスト対象のソフトウェアとハードウェアにリアルタイムでデータを注入するため、実際のシミュレーションを再作成するという課題です。この両社で共有した取り組みにより、シミュレートされたテストの世界と、より正確な結果が得られる物理テストの世界との橋渡しが可能になり、お客様は製品の市場での性能について重要な洞察が得られます。

**RF、Foretellix:** 自動運転の課題はエコシステムの課題でもあります。単独で解決できる企業はありません。より安全なADAS/AD機能をサポートするクラス最高のツールと方法論を利用できる企業の提携は、これらのシステムを広範囲にデプロイする上で不可欠です。

**MK、KT:** 対象分野のエキスパートやNIなどのプラットフォームプロバイダーと協力することで、課題を一貫して理解でき、またエコシステムの私たちの共通ユーザーとパートナーの経験がより生産的なものになります。小規模な企業の場合、これは自動車エコシステム内でのより大きなプロジェクトに取り組む機会ともなります。

**MB、Seagate:** OEMとサプライヤに最適なソリューションを提供するには、それぞれの専門分野で世界的リーダーが必要になります。NIの自動車

試験における長年の評判と専門知識に加えSeagateの大量データストレージに関する専門知識を基に、私たちはソリューションの包括的なポートフォリオを構築しています。これによりOEMは、エンドポイント、エッジ、クラウド、または任意の場所でより効率的にデータを共有することができます。これは開発時間とコストの削減につながります。

**JP:NIとのコラボレーションエコシステムについて、お客様からのフィードバックはどのようなものでしたか？**

**EB、Ansys:** 共同契約のお客様からは、ベンダーが独自のソリューションに縛られているのと比較して、コラボレーションエコシステムのオープン性を非常に高く評価する、とのお声をいただいています。主要な利点としてご指摘があったのは、再利用のしやすさと柔軟性、そしてソリューションの費用対効果です。

**RF、Foretellix:** NIとForetellixが提案した共同ツールチェーンについて、多くの肯定的なフィードバックが寄せられています。お客様は、ADAS/ADアルゴリズムの効率的な検証に必要な大量のデータの合理化に対して、共同して取り組んでくれる企業との強力な提携関係を求めていました。

**MK、KT:** 自動車エコシステムに対する新しいテスト機能とサービスの提供について、フィードバックは前向きで楽観的なものでした。Konrad Technologiesではこれを、より幅広い自動車関連アプリケーションの分野への当社の参入を促すものと捉えています。

**MB、Seagate:** 今日のレベル3+のキャンペーンでは、各車両から毎日約100 TBのデータが生成されます。お客様は少なくとも3つの大陸で事業を行っており、キャプチャしたデータを数日以内にクラウドで検証して利用可能にする必要があります。私たちは、お客様のコア（クラウド）に毎日流入する必要があるデータ量は1PBに上ると見ています。これはとてもニッチベンダーにできる仕事ではありません。SeagateのLyve Mobile Solutionsは、お客様がデータフロー全体を再考し、データを管理する新しい方法を見つけるお手伝いをするものです。

**JP:ご意見をお聞かせいただき、ありがとうございます。2021年は、これらすべての戦略的パートナーシップを確立する素晴らしいスタートを切りました。2022年以降、私たちはあなたとのコラボレーションの取り組みをさらに拡大することを目指しています。自動運転は単一のエンティティが単独で実現することはできません。しかし、エコシステムならできます！**

登録商標LINUX®は、全世界における商標保持者LINUS TORVALDS氏から排他的ライセンスを受けているLMI (LINUX MARK INSTITUTE)からの許諾により使用しています。

NIパートナーは、日本アライアンスプログラムに参加しているシステムインテグレータを中心としたパートナー企業で、代理店の関係は有していません。

**Ansys**

Ansys simulations give you the superpower to engineer what's ahead for Autonomous vehicles.

[ansys.com](http://ansys.com)

# 5G V2Xマップベースハイブリッドチャンネルモデルの実装

5G V2Xテクノロジの成熟度が高まるにつれ、確率的動作に基づくワイヤレスチャンネルモデルは特定のシーンに対して正確なチャンネルエミュレーションを実行できなくなるため、先進運転支援システム(ADAS)における現在の通信用車載装置(OBU)のパフォーマンス評価が難しくなっています。確定的モデリング手法としてレイトレーシング(RT)は、理論的にはデジタルマップに基づいた正確なシミュレーションを実現できます。ただし、計算負荷が高いため、特にマルチユーザ/リンクのシナリオでは、車両のネットワークチャンネルをシミュレートすることができません。近年、グラフ理論は、効果的かつ正確な半確定的モデルとして、高い計算効率とモデリング精度の特徴を提供しています。本稿では、グラフ理論を使用したデジタル地図に基づく新しいマルチユーザV2Xチャンネルシミュレータをご紹介します。最後に、システム検証のためいくつかのテスト結果を示します。

## 索引用語-V2X、チャンネルエミュレータ、マップベース、5G

ワイヤレスネットワークの進化に伴い、セルラーネットワークにより多くの車両通信機能をサポートするための容量が増加しています。5G Vehicle-to-Everything(V2X)規格の近年の設計目標は、自動運転車が必要とする複数の通信メカニズムを解決することでした。V2Xのパフォーマンス検証に使用できるチャンネルモデルを導入することは非常に重要です。

現在のワイヤレスチャンネルモデルは、確率的モデルか確定的モデルに分類できます。広く使用されている確率的チャンネルモデルは、ジオメトリベースの確率的チャンネルモデル(GSCM)として知られています。クラスタモデリング手法によれば、GSCMはさらにWinnerタイプとCOSTタイプに分けられます。前者には、3GPP空間チャンネルモデル(SCM)、拡張SCM(SCME) [3]、Winner、Winner II [4]、Winner+ (WIM+)、およびQuaDRiGa [5]が含まれます。後者はCOSTタイプのGSCM [7]です。

確率モデルの主な問題は、特定のシナリオに対して正確なチャンネル分析を実行できないことです。この問題を解決するため、マップベースの確定的チャンネルモデルが考案されました。

過去数年間で、レイトレーシング(RT)などの確定的チャンネルモデルがますます使用されるようになりました。

レイトレーシングの主な問題は、レイトレーシングを使用して正確な電力遅延スペクトル(PDP)をモデル化する場合に表面化します[1]、[2]。これは主にRTに基づいて散乱シーンを計算すると、計算時間が大幅に増加するためです。

最近、グラフ理論に基づく新しい幾何確率チャンネルモデリングアプローチが提案されました。これは、非常に効率的な方法でマルチバウンス散乱をいくつかの相互作用にシミュレートできます。グラフ理論のチャンネルモデルでは、伝播するパスは、ノード(頂点、散乱を表す)を接続するブランチ(エッジ)のシーケンスとして表されます[8]。

本稿では、V2Xに対するグラフ理論ベースのチャンネルモデルの実装を提案します。チャンネルエミュレータは複数のユーザに向けた特定のチャンネルのエミュレーションを実現できるため、通信パフォーマンスを検証する車両シーンテストに簡単に統合できます。

## チャンネルモデルの実装

チャンネルモデルの全体的なアーキテクチャ  
一般にエミュレータは、ソフトウェアとハードウェアの2つの部分に分かれています。

ソフトウェアでは、チャンネルエミュレータは主にユーザー設定、チャンネル係数計算、ハードウェアアクセス制御のプロセスを実現します。ハードウェアでは、チャンネルエミュレータは、マルチユーザCIRのリロード、リアルタイムタップ付き遅延線(TDL)チャンネルフィルタリング、および一部のハードウェアアクセラレーションを実行します。

## 主なソフトウェア

チャンネルエミュレータ用ソフトウェアのコアタスクには、パラメータ設定、幾何学的パス計算、伝搬係数計算、CIR取得が含まれます。

シミュレータセットアップモジュールには、マップインポートセクションと一般的なV2XシーンタイプのV2Xシーンセットアップが含まれ、またワイヤレスチャンネルタイプ、周波数、アンテナ属性、ユーザ数、各ユーザと道路沿い施設のパスまたはロケーション計画を含むワイヤレスチャンネル設定が含まれます。

パラメータの設定が完了すると、入力されたデジタルマップに従ってシステムソフトウェアが建物のサーフェスを離散化し、頂点セットとして抽象化します。ソフトウェアが各頂点セットの座標とサーフェスの法線方向を記録します。

頂点セットが完了すると、頂点の位置と通信トランシーバ端末の移動軌跡に基づいて、異なる頂点間の可視性解析が動的に生成されます。2つのノードの各ペアの可視性は、2つのノードを接続するベクトルがその位置とサーフェスの位置に基づいてサーフェスと交差するかどうかを検出することで実現します。可視性解析が終了すると、伝播図が完成します。

幾何学的伝搬経路が決定した後、利用可能な各リンクの伝搬係数が計算され、特定の周波数での行列  $D(f)$   $R(f)$   $T(f)$   $B(f)$  が計算されます。行列  $T(f)$  と  $R(f)$  の計算中に、アンテナ放射パターンも計算に組み込まれます。

$D$ 、 $T$ 、 $R$ 、 $B$ 部分行列の生成時に逆行列の計算が行われ、チャンネル伝達関数が得られます。

最後に、伝達関数へのフーリエ逆変換(IFFT)の後、最終的なCIRが得られます。

複数のユーザのCIRは対応するストレージスペースに格納され、CIRのリロードとハードウェアエミュレーションが実行

されます。これは、スケジュールコントローラがチャンネルエミュレータのハードウェア部分に対応するCIRを、ユーザの対応する送信時間にダウンロードするという事実に基づいています。

## 主なハードウェア

このソリューションでは、NIのソフトウェア無線(SDR) ハードウェアを使用します。

PXIe-8135 PXIコントローラは、Windows OSを搭載した工業グレードの組込コントローラです。PXIe-5646 PXIベクトル信号トランシーバー(VST)は、チャンネルエミュレータのコアコンポーネントとして、AD/DA変換およびRFのアップコンバージョンとダウンコンバージョンを実行します。PXIe-7965R FPGAモジュールは、モジュール内のXilinx Virtex-5 FPGAを使用してベースバンドの入力信号にチャンネルフェーディングを追加するVSTのコプロセッサです。複数のPXIe-7965R FPGAモジュールが計算プールを形成し、PXI ExpressバスでリンクされたすべてのVSTチャンネルからのデータを処理します。これらのコンポーネントはすべて、PXIe-1085 PXIシャーシを介してPXI Expressバスに統合されます。

組込コントローラは、チャンネルエミュレータのソフトウェア部分と、マルチユーザCIR係数のリアルタイムのリロード、RFチャンネルの選択と切り替えなど、さまざまなRFハードウェアリソースの構成を完結します。FPGAモジュールでは、有限インパルス応答(FIR) フィルタをオーバーロード可能なCIR係数とともに使用し、更新済みチャンネルTDLモデルを実現しています。同時に、FPGAにはいくつかの行列演算と逆高速フーリエ変換(IFFT) 演算を実装し、計算の最適化を図っています。

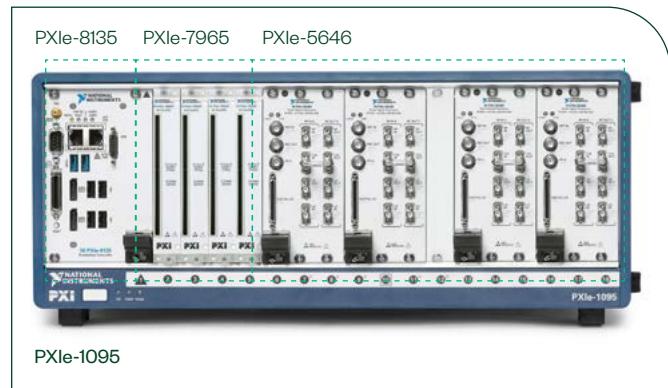


図01

PXIe-5646 PXIベクトル信号トランシーバを使用したハードウェアソリューション

| パラメータ              | 値            | コメント   |
|--------------------|--------------|--|
| マルチチャンネル           | 4x1x1        | 4チャンネルの同期処理。それぞれ1x1です。                             |
| 最大RF帯域幅            | 200 MHz      | 200 MHz  |
| タップ付き遅延線のサンプリングレート | 200 MSPS     | PXIe-5646 ADCとDACの分解能は16ビット                        |
| 遅延分解能              | 5 ns         | これは現在サンプルベースのタップ付き遅延線として実装されています。非整数遅延フィルタは使用しません。 |
| 最大遅延               | 20.6 $\mu$ s | 最大タップ遅延  |
| パワー正規化             |              | すべてのパスのパワー正規化                                      |

表  
01 | ハードウェアシステム仕様

## まとめ

本稿では、グラフ理論に基づく新しいチャンネルシミュレータを提案し、システムの信頼性をいくつかのテスト結果で検証しました。このシステムは、将来的にマルチユーチャンネルV2Xシナリオ向けにさらに最適化されます。

## 謝辞

最後に、助成の中でも一貫して資金を提供していただいた国家科学技術主要プロジェクト（助成金番号2018ZX03001031-003）に心から感謝いたします。

## 作成者

### YUNSONG GUI

英国、ロンドン、  
国立物理研究所、5Gおよび未来通信技術グループ

### HAOWEN WANG

ZOX TECHNOLOGIES CO., LTD. CEO

<sup>1</sup> V. DEGLI-ESPOSTI, D. GUIDUCCI, A. DE'MARSI, P. AZZI, AND F. FUSCHINI, "AN ADVANCED FIELD PREDICTION MODEL INCLUDING DIFFUSE SCATTERING," IEEE TRANS. ANTENNAS PROPAG., VOL. 52, NO. 7, PP. 1717-1728, JUL. 2004.

<sup>2</sup> J. POUTANEN, J. SALMI, K. HANEDA, V. KOLMONEN, F. TUFVESSON, AND P. VAINIKAINEN, "PROPAGATION CHARACTERISTICS OF DENSE MULTIPATH COMPONENTS," IEEE ANTENNAS WIRELESS PROPAG. LETT., VOL. 9, PP. 791-794, AUG. 2010.

<sup>3</sup> C. JANSEN ET AL., "DIFFUSE SCATTERING FROM ROUGH SURFACES IN THZ COMMUNICATION CHANNELS," IEEE TRANS. TERAHERTZ SCI. TECHNOL., VOL. 1, NO. 2, PP. 462-472, NOV. 2011.

<sup>4</sup> V. DEGLI-ESPOSTI ET AL., "RAY-TRACING-BASED MM-WAVE BEAMFORMING ASSESSMENT," IEEE ACCESS, VOL. 2, PP. 1314-1325, NOV. 2014.

<sup>5</sup> A. RICHTER, "ESTIMATION OF RADIO CHANNEL PARAMETERS: MODELS AND ALGORITHMS,"

<sup>6</sup> TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU, ILMENAU, GERMANY, 2005, ISBN 3-938843-02-0.

<sup>7</sup> V. DEGLI-ESPOSTI, "A DIFFUSE SCATTERING MODEL FOR URBAN PROPAGATION PREDICTION," IEEE TRANS. ANTENNAS PROPAG., VOL. 49, NO. 7, PP. 1111-1113, JUL. 2001.

<sup>8</sup> T. PEDERSEN AND B. FLEURY, "RADIO CHANNEL MODELLING USING STOCHASTIC PROPAGATION GRAPHS," IN PROC. IEEE INT. CONF. COMMUN. (ICC'07), JUN. 2007, PP. 2733-2738.

<sup>9</sup> LI TIAN, VITTORIO DEGLI-ESPOSTI, ENRICO M. VITUCCI, AND XUEFENG YIN, "SEMI-DETERMINISTIC RADIO CHANNEL MODELING BASED ON GRAPH THEORY AND RAY-TRACING," IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 64, NO. 6, JUNE 2016.

<sup>10</sup> 3GPP TR 38.901 R15 "STUDY ON CHANNEL MODEL FOR FREQUENCIES FROM 0.5 TO 100 GHZ".



## No CapEx? No Worries!

Rent NI products to get started quickly.



### Rental Benefits

- Immediate availability
- Calibration and repair included
- Rent, upgrade, return, rent again – as needed

To see NI products that can support your projects, go to [goemail.electrorent.com/ni](mailto:goemail.electrorent.com/ni). Call us at 800.553.2255 or email [sales.na@electrorent.com](mailto:sales.na@electrorent.com).





# Engineer Ambitiously.

BRANDON BRICE

NIモビリティ部門

EV電力変換プリンシパルソリューションズマーケター



米国本社

11600 N MOPAC EXPWY, AUSTIN, TX 78759-3504

電話: 512 683 0100

FAX: 512 683 9300

INFO@NI.COM

NI.COM/GLOBAL—海外営業所

NI.COM/AUTOMOTIVE

©2022 NATIONAL INSTRUMENTS. ALL RIGHTS RESERVED. NATIONAL INSTRUMENTS, NI, NI.COM, COMPACTRIO, ENGINEER AMBITIOUSLY, LABVIEW, NI TESTSTAND, NI VERISTAND, およびSYSTEMLINKは、NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATIONの商標です。その他の製品名および企業名は、それぞれの企業の商標または商号です。NIパートナーは、日本アライアンスプログラムに参加しているシステムインテグレータを中心としたパートナー企業で、代理店の関係は有していません。

登録商標LINUX®は、全世界における商標保持者LINUS TORVALDS氏から排他的ライセンスを受けているLMI (LINUX MARK INSTITUTE) からの許諾により使用しています。 87500