



# Efficiency in the Field

最新式のトラクタでは、従来のギアシフト方式はほとんど使用されなくなっています。Valtra 社の農作業トラクタ Direct シリーズは、無段変速トランスミッション (CVT) の採用により、最適の速度レンジを維持し、燃費の改善と作業効率の向上に貢献しています。

Valtra 社では最適な CVT を探すために、フィンランドのタンペレ工科大学に、市場で入手可能なさまざまな CVT の評価を依頼しました。タンペレ工科大学チームは、新たに開発した静的計算モデルを使用して、さまざまな CVT の属性を牽引力/速度図として視覚化しました。また、流体静圧コンバータの圧力レベルと、すべての回転部分のトルクおよび速度を計算し、総合効率に関する流体トルクコンバータの

効率も調査されました。このようにすることで、さまざまなギア構成の属性を簡単に比較することができました。

この調査で Valtra 社の高度な要求を完全に満たす CVT は存在しないことが明らかになったため、Valtra 社では独自に CVT を開発することを決定しました。

#### CVT に求められる要件

Valtra 社では、高性能高効率の CVT に

必要な要件として、次の項目を挙げています。

- 堅牢な設計
- 簡単な操作
- 自動支援機能によるさまざまな調節制御オプション
- Valtra 社の既存のトランスミッション方式をできるだけ変更しないこと
- コストパフォーマンスの高い製造および運用





パワースプリットドライブラインを使用した無段変速  
トランスミッション (CVT) による出力向上およびコスト削減

図 1 : Valtra 社の Direct トラクタシリーズでは、現在の作業に最適な作業領域を選択することができます。それぞれの速度範囲は 0 km/h から始まり、連続的な速度調節が可能で、後退への切り替えもスムーズに行うことができます。

	 <b>作業領域 A :</b> 重量牽引/ 特殊作物	 <b>作業領域 B :</b> 農作業	 <b>作業領域 C :</b> 高速作業	 <b>作業領域 D :</b> 道路輸送
0-9 <b>A</b> 0-18 <b>B</b> 0-30 <b>C</b> 0-50 (40) <b>D</b>	低速での耕うん作業や特殊作物の収穫など最も負荷の高い作業用。非常に大きな牽引力が必要となる場合や、極めて正確な速度調整が必要とされる場合に最適。動力取出装置 (PTO) 駆動トレーラによる極めて高い牽引力。	一般的な農作業領域。種まき、中高速の耕うん作業から各種の飼料作業などに最適。異なる作業 (収穫速度など) を簡単な操作で切り替えられることが重要。また森林地帯での輸送作業などにも適している。	耕作地での輸送に最適。各種の現地活動にも適している。重荷重での効率的な始動。	高速での道路輸送に最適。
0                      km/h                      50				

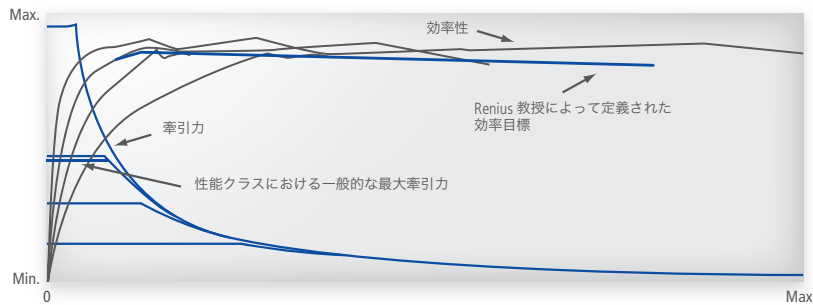


図2：全負荷時のトランスミッションの効率。達成された効率は、Karl Theodor Renius 教授によって定義された目標を満たしています。Renius 教授は、ドイツのミュンヘン工科大学の農業用機械の教授であり、トラクタの調査および技術移転、および農業工学教育に関する業績により国際的に広く知られています。

## 「dSPACE HIL シミュレータを使用することにより、考えられるすべてのバリエーションを検討してみることができました」

Ville Viitasalo 氏、Valtra 社

- 寒冷地の条件に適合すること
- 高耐用性
- 保守性

静的計算モデルを使用して、考えられる数百のバリエーションの中から最適のソリューションが選択されました。

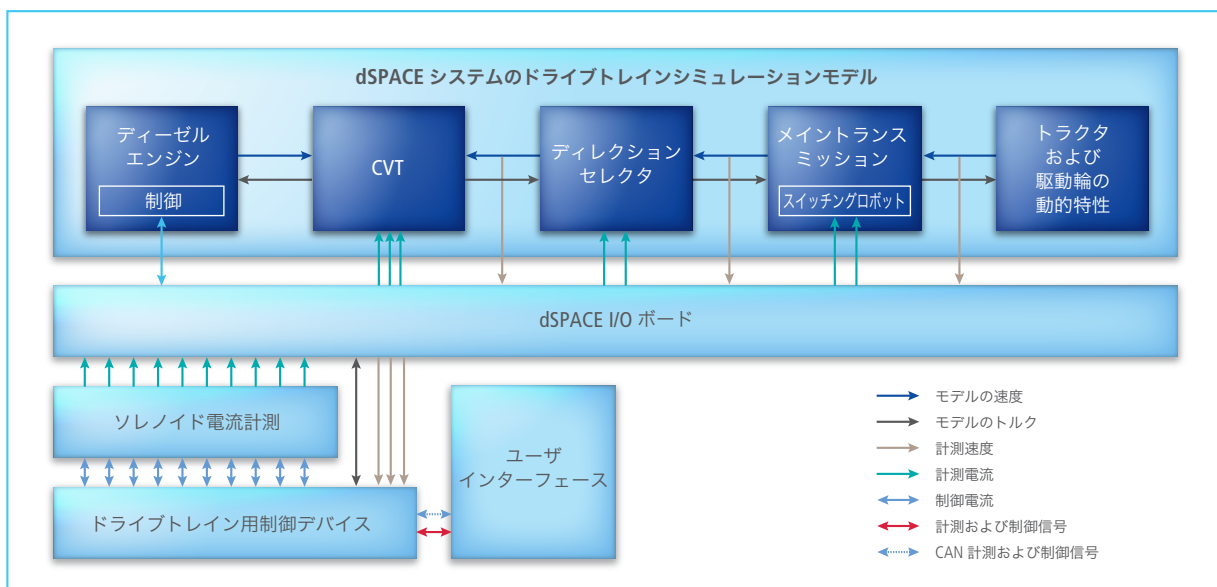
### 作業領域ごとに異なる駆動ストラテジ

Valtra 社では、トラクタのさまざまな操作モードの分析を行い、それぞれの作業

領域ごとに最適の駆動ストラテジを開発しました。すべての駆動ストラテジは 0 km/h から始まり、連続的に加速して最高速度に達します。この CVT は、Linde Hydrostatic Drive に取り付けられたパワースプリットドライブラインで構成されています。作業領域の切り替えは、多板式クラッチによって行われます。パワーシフトディレクションセレクトアによって、発進および、作業領域 A および B で

の 10 km/h 以下の走行速度で可能な前進後退の切り替えを円滑に行うことができます。すべての作業領域用のメインギアを、ボタンに触れるだけで選択することができます。実際のギア変更はロボットによって行われます。選択された駆動設計によって、それぞれの作業領域での最適の効率が達成され、K.T. Renius 教授によって定義された効率目標を満たしています (図 2)。

図 3：dSPACE HIL システムは、Valtra 社での CVT 用制御アルゴリズムの試験に使用されています。





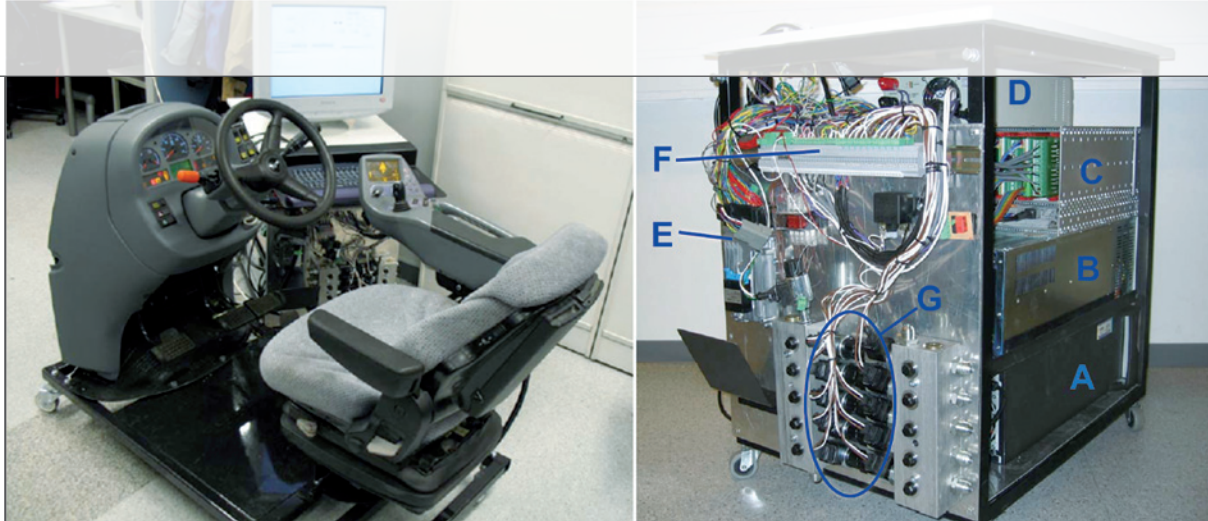


図4：HILのユーザインターフェースおよびシステム（A－PC、B－プロセッサボードおよびI/Oボードを装備したdSPACE AutoBox、C－変圧器、D－電源、E－ドライブトレイン制御システム、F－コネクタ、G－ソレノイド）

「このプロジェクトは、産学協同によって卓越した結果が生み出されることを示しています」

Dr. Mikko Erkkilä、タンペレ工科大学

#### HIL シミュレーションを使用した CVT 制御装置の開発

新しい CVT 用の駆動制御装置を開発するために、ディーゼルエンジンから牽引トラクタホイールまでのすべてが含まれた、動的ドライブトレインモデルが作成されました。Valtra 社は、この動的モデルを基にして HIL (Hardware-in-the-Loop) システムを構築し、このシステムを使用して、制御アルゴリズムの開発とドライブトレ

イン制御システムのプログラミングを行いました。

この HIL システムは、シミュレーションモデルを実行する dSPACE プロセッサボードと複数の dSPACE I/O ボードで構成されています。制御信号を測定し、デジタル値に変換して、シミュレーションモデルの制御を行います。制御および測定信号の一部は、SAE J1939 規格に準拠した CAN バスを通じて送信されます。HIL シ

ミュレータを使用することにより、開発者の机上で、現実的な条件の下での制御デバイスの試験を行うことができます。エラーおよび危険な状態を広範にチェックすることができ、制御システムの安全性の向上を図ることができます。■

Dr. Mikko Erkkilä、  
タンペレ工科大学、フィンランド  
Ville Viitasalo、Valtra 社

#### Dr. Mikko Erkkilä

同博士は、Valtra 社と協同してタンペレ工科大学の論文 "Modeling and Simulation of CVT Drive Lines" (CVT ドライブラインのモデリングおよびシミュレーション) を執筆しました。現在はフィンランドのヴァンター市にある Hydac 社の技術コーディネータを務めています。



#### Ville Viitasalo 氏

同氏は、フィンランドのソアラフティ市にある Valtra 社のトランスミッションチームのチームリーダーを務めています。



## まとめ

静的計算モデルは、新しいトランスミッションおよびドライブトレインコンセプトを開発するための強力なツールです。シミュレーションによって支援された設計ツールと、定常状態モデル、動的モデルおよび HIL シミュレーションモデルのすべてが設計時間の短縮とコストの削減を可能にします。そのため、仮想試験および実地試験、マシンの機能性および信頼性の向上に割り当てる時間と労力を増やすことができます。また、産学協同による大きな成果も得られました。実用的な技術と理論的な知識の出会いによって、卓越した結果が生み出されました。