

ヨーロッパにおける大型貨物車を利用した貨物輸送に関する取組の実態と課題

The Road Freight Transport using Large Goods Vehicle in Europe : Current State of Affairs and Issues

渡部大輔¹

By Daisuke WATANABE

1 はじめに

近年欧州では、増加し続ける貨物輸送需要と深刻なドライバー不足から、高容量貨物車（HCV：High Capacity Vehicle）と呼ばれる全長や総重量が大幅に緩和された大型貨物車を利用した貨物輸送の省人化・効率化に向けた取組が行われている。特に北欧諸国やドイツ、オランダなどでは、HCVの全長・重量の規制緩和に対して各種実証実験が行われ、本格導入が進められている。また、トラックの隊列走行に関しても、主要トラックメーカーにより後続車有人を前提とした技術開発が行われてきた。そして、オランダ主導で主要トラックメーカー6社による大規模な越境輸送での実証実験やマルチブランド（メーカー間の標準仕様の策定）に関する研究開発が実施されるとともに、ドイツやイギリスなどでは物流企業を巻き込んだ大規模な公道実証実験が実施・予定されている。

こうしたなか、我が国においても、トラック輸送の省人化等を目的にして、ダブル連結トラックによる特車通行許可基準（車両長）の緩和について、2016年から実証実験が行われ、2019年1月より25m車両の正式導入が認められた。そして隊列走行に関して、2017年から高速道路での後続車有人の実証実験が続けられる一方、後続車無人の実現に向けたインフラ整備や法規制などの検討が行われている。

本研究では、我が国におけるダブル連結トラックや隊列走行等の導入を念頭において、欧州における先行事例について、現在の検討状況、本格実施に向けた課題などについて調査を行った。特に、政策担当者及び研究機関、トラックメーカーを中心としたヒアリング調査を通じて、実証実験や技術開発動向などの現状の整理を行った。そして、今後の我が国における物流施策に対する示唆をとりまとめた。

2 欧州におけるHCVの現状

（1）導入に至る経緯と影響

欧州においてHCVが導入される契機は、1995年のスウェーデンとフィンランドの欧州連合（EU）への加盟であった。両国ではEU域内の規定である全長18.75m・総重量40～44tよりも大型の車両をすでに利用していたことから、環境や競争力の面から、EUの規制を受け入れることができなかった。そこで、EUにおいて、欧州理事会指令96/53/ECが制定され、標準化されたEuropean Modular System（EMS）を使用することを条件とし、車両の全長と重量を増やすことを認めた。HCVの類似の表現として、Longer and Heavier Vehicle、Mega Truck、Giga Linerなどが見られるが、本論文では近年学術的に多用されているHCVに統一している¹⁾。

HCV導入による影響は、図－1のようにまとめられている²⁾。便益項目については、車両運用コストの低減、なかでも省人化が最も大きな効果が見込まれている。例えば、図－2のように、従来であればドライバー3人が必要であった輸送が、全長の規制緩和により、2人で済むこととなる³⁾。その一方で、相殺要因として、逆モーダルシフト（鉄道や水運からトラックへの移行）や道路インフラへの追加投資（橋梁補強や駐車場整備など）、交通安全が挙げられている。

表－1は近年の主要国における導入実績をまとめている¹⁾。この結果から、全長は25.25mが主流であるものの、総重量は60tを中心に各国で制限値が異なっていることが分かる。このような各国の導入状況について、全長の規制緩和を中心に積極的（スウェーデン）、本格的（オランダ）、制限的（ドイツ）、消極的（イギリス）と導入に至った経緯を見てみる。

¹ 東京海洋大学学術研究院流通情報工学部門 准教授 博士（工学）

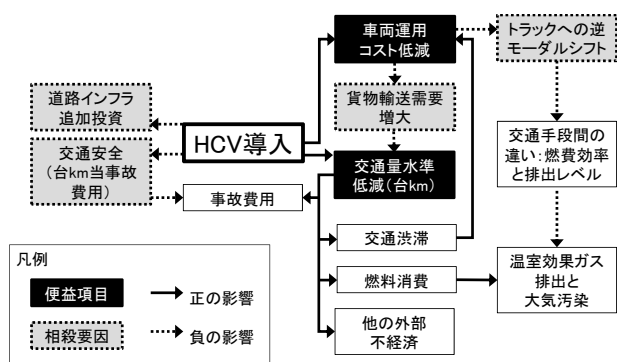


図-1 HCVの導入による費用・便益の関係

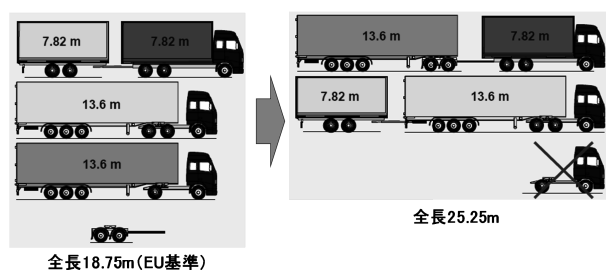


図-2 EMSによるトラックの編成例

表-1 主要国におけるHCV導入実績

国名	総重量	全長	年
オランダ	60 t	25.25 m	2013
フィンランド	76 t	25.25 m	2013
ノルウェー（※1）	60 t	25.25 m	2014
スウェーデン	64 t	25.25 m	2015
スペイン（※2）	60 t	25.25 m	2016
ドイツ	40/44 t	25.25 m	2017
スウェーデン	74 t	25.25 m	2018
フィンランド	76 t	34.5 m	2019

※1：長期実証実験、※2：特別許可

(2) 積極的導入：スウェーデン

広大かつ平坦な国土であるとともに、林業が盛んであることから、重くて嵩張る木材を輸送するために、フィンランドとともに歴史的にHCVを積極的に導入してきた。先述の通り、EU加盟の後、1998年に24mから25.25m・60tへの規制緩和が行われた。2007年に木材輸送を対象として、32m・90tの実証実験が開始された。

更なる重量緩和に向けて、道路網や橋梁の調査が行われ、耐荷重に応じた道路種別として、BK1（国道の95%が対象）とBK2、BK3が指定された。2015年にはBK1を対象として64t、2018年には新たに指定されたBK74を対象として74tの運用が開始された。現在、全長34.5mへの緩和が検討されている。

モーダルシフトの影響については、1985年から

の経年データによる分析により、木材の輸送手段の推移について、大型車の車両規制の緩和（1990年：24m・56t）と1993年（24m・60t）では鉄道の分担率低下が見られたものの、その後は大きな変化が生じていないことが明らかになっている⁴⁾。また、全長や総重量に一律的な基準値を設けるのではなく、PBS（Performance Based Standard）と呼ばれる車両タイプ毎に通過可能な道路を評価する仕組みについてスウェーデン道路・交通研究所（VTI）を中心に研究が進められている⁵⁾。

(3) 本格的導入：オランダ

オランダでは、全長・総重量ともに規制緩和が行われ、本格導入されている。2001年から段階的に導入を進めており、2008年から2011年にかけて、25.25m・60tで調査研究と実証実験が行われた⁶⁾。そして、2013年から、特別許可を受けた上で、道路網の一部で許可されている。その後のHCVの登録台数は、図-3のように、本格導入後の5年間で約2倍となるなど、大幅な増加傾向にある⁷⁾。

隣国のベルギーにおいても、北部フランデレン地域において、2014年からオランダと同一規格での実証実験が行われ、2018年から全高速道路が対象と拡大された。また、オランダとの越境輸送が許可されており、今後更なる利用拡大が見込まれている。

(4) 制限的導入：ドイツ

ドイツでは、全長が25.25mに緩和されたものの、重量緩和は行われず、道路網の制限が大きいことが特徴である。2012から16年にかけて、連邦道路交通研究所（BAST）による調査研究と実証実験が行われた²⁾。

既存の橋梁強化のために多額の費用がかかること

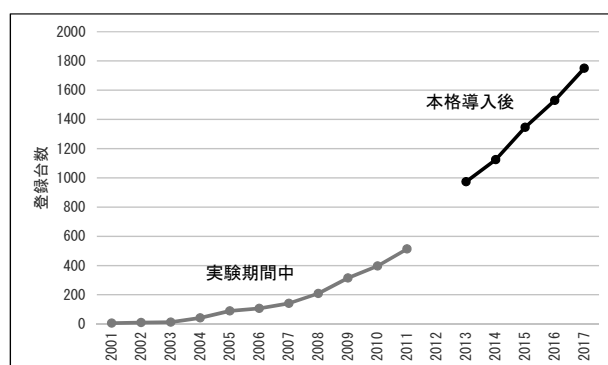


図-3 オランダにおけるHCV登録台数

から、都市部や近郊での導入は見送られるなど、利用可能な道路は制限されることとなった。また、陸運系物流企業を中心に普及促進活動「EMS Forum」が進められる一方、鉄道系フォワーダーを中心に、逆モーダルシフトへの懸念から大規模な反対運動「No Megatrucks」が展開された。その結果、重量は40tに制限されるものの、鉄道や船舶を利用した複合輸送での利用の場合に限り44tへ重量緩和が認められることとなった。

そして、2017年1月から16連邦州のうち13州は、25.25m車両の使用が許可された。2017年12月には、さらに2つの州が追随し、残すはベルリン州のみとなった。

(5) 消極的導入：イギリス

イギリスでは、セミトレーラーの全長18.75mへの緩和へ向けた実証実験が行われている。2008年に交通研究所 (TRL) により、HCVの全長と総重量に基づいた8つのシナリオに対する比較分析が行われた⁹⁾。その結果、18.75m・44tは、他シナリオと比較して、車両キロ、貨物輸送コスト、および二酸化炭素排出量が減少すると試算された。一方、全長25.25mへの緩和は、下記の深刻な悪影響を及ぼす可能性があるとして示された。

- ・駐車施設の新設・更新にかなり投資が必要
- ・道路網の管理（ルート制限、都心内進入禁止など）
- ・モーダルシフト（特に重量緩和により、海上コンテナ輸送の鉄道事業に大きな脅威となる可能性）

その後の政府による検討結果、重量緩和は行わず、更に全長25.25mへの緩和は当面の間検討を行わないことを決定した。そして、全長18.75mセミトレーラーの実証実験が2012年から最大10年間に渡り実施されている。

3 欧州における隊列走行の現況

(1) 隊列走行の概要

トラック隊列走行とは、電子牽引による複数台トラックの隊列の形成を表しており、隊列中の後続車両は、運転手のいる先頭車両の制動、加速、操舵等の挙動を自動的に再現することが可能となる。その際、協調型車間距離制御システム (CACC: Cooperative

Adaptive Cruise Control) を用いることで、車間時間を0.3秒程度まで短くすることが可能となる。これは、人間（通常時）：1.5秒、人間（渋滞時）：1秒、自動運転：2-3秒と比べてもかなり短いことが分かる。隊列走行の主なメリットは、表-2のようにまとめることができる⁹⁾。

欧州自動車工業会 (ACEA) により、隊列走行の商業化実現に関するロードマップが2017年に発表された¹⁰⁾。現状は、表-3のように単一ブランドによる隊列走行の実証実験が行われているが、2022年には複数ブランドによる隊列走行（後続運転手は待機状態、SAEレベル2まで）をEUの高速道路上で実現することを想定している。

隊列走行に関係するシステムを対象に、隊列走行時の車両制御技術、隊列形成・運用システム、複数トラックメーカーのシステム標準化、実輸送への適用に関する先進的事例について、下記の通りヒアリング調査を行った。紹介する節番号は、表-3の名称の後ろにある番号と対応している。

表-2 隊列走行のメリット

分類	項目	内容
商業的価値	燃料消費量	先頭車両8%、後続車両13%削減（車間時間0.3秒の場合）
	労働費	ドライバーの効率性最適化（運転/休憩時間）
	資産活用最適化	トラック待機時間の削減、効率性向上
社会的価値	道路容量最適化	混雑減少 交通流の効率性増大
	交通安全	交通事故の90%が人的ミス
	環境保護	ディーゼル車の走行距離削減による改善（CO ₂ 排出量 2.6kg/L）

表-3 欧州における主な実証実験と対象

年	地域	名称 (紹介する節番号)	台数	車間距離
1996-04	EU	CHAUFFEUR	2, 3	6-12m
2005-09	EU	KONVOI	4	10-15m
2009-12	EU	SARTRE	2	6m
2013-16	EU	COMPANION (2, 3)	2, 3	10m
2015-16	EU	European Truck Platooning Challenge (ETPC) (4)		
2017-19	GE	MAN DB Schenker (5)	2	12-15m
2018-19	SE	Sweden4Platooning (2, 3)	2	20m
2018-21	EU	ENSEMBLE (4)	2	6-18m
2018-	FI	Scania, Ahola	3	
2018-20	UK	Helm-UK (TRL, DAF, DHL)	3	

(2) 隊列走行時の車両制御技術の開発

(トラックメーカー、スウェーデン)

スウェーデンには、スカニアとボルボという世界的

トラックメーカーが存在しており、隊列走行の実験開発は官民挙げて行われてきた。スカニアでの技術開発担当者へのヒアリング（2018年4月）を行い、下記のような意見があった¹¹⁾。

- ・自動運転として、近年は、鉱山用ダンプ（2018年）、高速道路上での隊列走行（2019年）、公共交通・都市内物流（2022年）を目指して行っている。
- ・共同研究として、スウェーデン王立工科大学（KTH）と隊列形成・運用システム、エリクソンと通信規格（5G）、ヒア（ドイツ）と高精度地図について行っている。
- ・現在進行中のSweden 4 Platooningでは、車車間通信、路車間通信、ヒューマンインターフェースの融合を通じて、前後方向の制御（SAEレベル1～2）を目指している。スカニアとボルボの2社（DB シェンカー運行、公道上）による半自動運転（先頭車両のみ運転作業をする運転手、クラウドで情報交換）を行う予定である。
- ・鉱山での輸送と比べて、物流は運用が複雑で、関係する会社も多数ある。そのため、メーカーはトラック関係（IoTによる運行管理やメンテナンス）に集中し、トラックの隊列マッチングサービスは物流企業などが行うべきだと考える。

（3）隊列形成・運用システムの開発

（大学、スウェーデン）

隊列走行を行う際、複数台数のトラックのマッチングや運行のルート、スケジュールを決定する必要がある¹²⁾。前述のスカニアと共同研究を行っているKTHでの研究開発担当者へのヒアリング（2018年4月）を行い、下記のような意見があった¹³⁾。

- ・隊列形成における待機時間の影響分析について、待機する時間を長くすると、隊列走行を組む割合が高くなる。例えば、8,000台のスカニアのトラックプローブデータを使用したシミュレーションでは、30分程度の待機で40～50％程度の割合で隊列を組むことが可能になる。
- ・システム面では、マルチブランド化と国際標準化が重要となる。トラックの走行等に関する情報に関して、欧州でも企業間での秘匿は存在し、データの使い方はビッグデータ分析の会社や自動車メーカーなどで異なる。自動車の基準等、欧州内でも規格が異

なり、今後世界に広げていくことも検討していくことが必要になる。

- ・インフラ面では、隊列走行のルート選択・施設の必要性が高いと言える。HCVだけでなく、隊列走行にもルート選択は必要になり、隊列走行を組むために新たな施設は必要になる。
- ・車両面では、隊列走行専用のトラックの形状最適化、車両間隔とトラックの冷却装置の関係などが重要となると考えている。
- ・今後の方向性として、小型自動車は自動運転、トラックは隊列走行が主流となると考えている。遠隔操作も実験中であり、自動車やバスの自律走行に繋げていくことを考えている。

（4）複数トラックメーカーのシステム標準化

（研究機関、オランダ）

公道でのマルチブランドによるトラック隊列走行の実現を目指して、ENSEMBLE (ENabling Safe Multi-Brand platooning for Europe) プロジェクト（2018-2021年）が進められている¹⁴⁾。EUの研究開発プログラムART 2017とH2020の一環として、オランダ応用科学研究機構（TNO）が主導し、欧州主要トラックメーカー6社、公的機関（ITS：V2I通信）他が参加している。TNOの実験担当者へのヒアリング（2018年9月）を行い、下記のような意見があった¹⁵⁾。

- ・各社の技術開発した隊列システムに加えて、共通の通信システムを構築することで、マルチブランドのトラックによる隊列走行実現に向けて、全メーカー対応可能なWhite Brand Truckの開発を行う。
- ・隊列走行は、表-4のように複数のレイヤーがあると考えている。レベルとしてA/B/Cがあり、現在はAとして、最低限の前後方向の制御、車間距離0.8秒として検討している。
- ・隊列走行の実現までは段階があり、6つのワーキンググループ：1隊列走行実現までの計画、2隊列走行技術の標準化、3安全性の要件の検討、4インフラや交通状況への影響の分析、5実証実験、6ステークホルダーとのやり取り、で構成している。現段階では、2と3に注力している。
- ・普及に向けた戦略として、早期実現に向けて段階的発展を考えている。運転手の労働環境改善を第一とし、完全自動化は急速に追及しない。

・ 隊列サービスプロバイダーとして、ITインフラ、トラック運行ODデータ管理、マッチング・利益折半の仕組みなどが必要である。

そしてオランダ政府が主導したETPCの後続として、Experience Week Connected Transportプロジェクトでは、2018年10月の一週間に、複数の物流企業での実物流を対象に、既存の安全運転支援システムであるACC（車間距離32m）による隊列実証実験を行った¹⁶⁾。隊列マッチングのシステム化を行うとともに、高度交通信号制御（i-TLC: Intelligent-Traffic Light Control）を利用した隊列優先走行が行われた。実験では、隊列54組・トラック119台により合計12,000kmを走行し、隊列走行により燃料削減6～14%（2台隊列、2100km走行）、隊列優先走行によりスループットの10～17%向上という効果が見られた。

(5) 実輸送への適用（物流企業、ドイツ）

電子牽引・デジタルイノベーション（EDDI: Electronic Drawbar - Digital Innovation）と呼ばれる世界初となる物流企業（DBシェンカー）での実証実験が、2017年から2019年1月にかけて行われた。アウトバーン9号線のBMVIによる自動運転の実験区間であるミュンヘン・ニュルンベルク間（約145km）において実施され、バイエルン州政府による隊列走行に関する特例措置が取られた。

実験の概要は図-4の通り、後続車は有人状態の2台の隊列で、最高速度80km/h、車間距離12-15mで行われた。車車間通信では無線LAN（ITS G5）が使用され、後続車の制御（前後・左右）が行われた。

物流企業DBシェンカー並びに親会社のドイツ鉄道（DB）の実験担当者へのヒアリング（2018年9月）を行い、下記のような意見があった¹⁷⁾。

- ・ 実験は2年半前から検討しており、隊列走行技術の実装の証明として実施している。システムの頑健性とともに、法規制（運転免許、休憩時間）の制約が重要である。
- ・ 後続車両の運転手は疲労が少ないことや時間が有効に使えるなど、メリットがある。運転手は、隊列走行のために4週間の訓練を受けている。
- ・ 無人化について、現段階では議論しておらず、無人の自動運転に関する安全性を踏まえ徐々に進めていこうと考えている。また、無人の場合は、運送時の

責任の所在が難しい問題である。

実験は2019年1月に終了し、主な成果が発表された¹⁸⁾。総走行距離35,000km、98%でシステム利用可能とロバスト性が高く、燃料節約効果は後続車3～4%、先頭車1.3%と、他の実証実験に比べてやや少なめの結果であった。

トラック運転手への運転時の影響として、脳波（EEG）や視線計測など一走行当たり115億件のデータを取得した。ストレス計測として、脳波の周波数の割合が分析され、通常走行時と隊列走行時で大きな違いが見られず、また隊列時の先頭と後続運転手の間でも大きな違いが見られなかった。

そして、運転手へのアンケート調査が行われ、隊列走行の安全性評価（実験前・後）については、実験に参加することにより、多数が肯定的な意見へ変化し、車間距離は15m（0.675秒、80km/h）で許容できるという回答が多くみられた。

実験の結果から、物流企業に効率と収益を向上させる可能性が見いだされたとともに、トラック運転手のイメージ向上により深刻な人手不足の解決となりうるということが結論付けられた。

表-4 ENSAMBLEにおけるレイヤー

分類	名称	担当
サービス	情報共有	物流業務と新たな取り組みが機能するプラットフォーム
戦略	経路・スケジュール管理	協調型ITSクラウドを採用した高レベル意思決定 （車両の互換性と隊列レベル、燃料消費量、旅行時間、目的地、高速道路の交通流とインフラへの影響に関する最適化に基づく隊列スケジュール作成）
戦術	隊列形成管理	実際の隊列形成と解散の調整（最後尾からと隊列中への合流の両方）
運用	車両走行制御	車両アクチュエータ制御（加速・制動・操舵など）、その操縦の実行、隊列維持の自動的な実行のための個々の車両制御

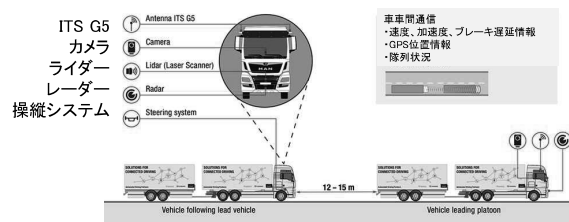


図-4 EDDIでの隊列走行の概要

4 おわりに

本論文では、欧州におけるHCVと隊列走行の現状と

課題について、文献調査とともに関係者へのヒアリング調査を通じて、明らかにした。

ダブル連結トラックについて、駐車施設の整備拡大が急務である。そして、運行区間の拡大とともに、重量規制の緩和に向けて、道路や気象条件を考慮した実証実験の拡大が期待されている。トレーラー車種の拡大のために、PBSのような走行特性とインフラへの負荷を考慮した科学的な分析を用いて、車種と区間の組み合わせを検討することが考えられる。

隊列走行について、欧州において後続無人化の具体的な検討はまだ行われておらず、日本が実証実験実施の面で先行していると言える。一方、ドイツの事例のように、大手物流企業の実証実験への参加や運転手のストレス等の影響の分析が進んでいる。更にオランダの事例のように、既存の運転支援システムを用いた実験を行うことで、物流企業が隊列走行自体のメリットを把握することも有用である。昨今の自動運転の急速の進展を踏まえつつ、隊列形成インフラの整備とともに、労働条件や運送責任、積荷の影響などトラック輸送の特性を考慮した法規制の検討が重要である。

参考文献

- 1) ITF: High Capacity Transport: Towards Efficient, Safe and Sustainable Road Freight, International Transport Forum Policy Papers, 69, OECD Publishing, 2019.
- 2) Rodrigues, V.S. et al.: The longer and heavier vehicle debate: A review of empirical evidence from Germany, Transportation Research Part D, 40, 114-131, 2015.
- 3) Ms. Inge Vierth (VTI, スウェーデン道路・交通研究所) ヒアリング資料 (2018年4月入手)
- 4) Vierth, I. et al.: Impact of higher road vehicle dimensions on modal split, VTI notat 34A-2017, 2017.
- 5) Kharrazi, S. et al.: Performance based standards for high capacity transports in Sweden, FIFFI project 2013-03881 - Final Report, VTI rapport 948A, 2015.
- 6) The Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment: Longer and Heavier Vehicles

in practice-Economic, logistical and social effects, 2011.

- 7) Mr. Jan de Hoop (RDW, オランダ運輸局) 提供資料 (2018年10月入手)
- 8) Knight, I. et al.: Longer and/or Longer and Heavier Goods Vehicles (LHVs) - a Study of the Likely Effects if Permitted in the UK: Final Report, Published Project Report, 285, TRL, 2008.
- 9) Janssen R. et al. "Truck Platooning-Driving the Future of Transportation", TNO 2014 R11893, 2015.
- 10) European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) : EU Roadmap for Truck Platooning, 2017.
- 11) Mr.Gunnar Tornmalm (スカニア) ヒアリング資料 (2018年4月入手)
- 12) Bhoopalam, A.K.et al.: Planning of truck platoons: A literature review and directions for future research, 107, 212-228, 2018.
- 13) Prof.Jonas Mårtensson (KTH, スウェーデン王立工科大学) ヒアリング資料 (2018年4月入手)
- 14) Willemsen, D., et al., Requirements Review from EU projects, D2.1 of H2020 project ENSAMBLE, 2018.
- 15) Mr. Robbert Janssen, Dr. Dehli Willemsen, Mr. Eymert van Rooij, Mr. Henk Goossens (TNO, オランダ応用科学研究機構) ヒアリング資料 (2018年9月入手)
- 16) Jak, M.and Bruijn, D.: Results Experience Week & Next Steps, European Truck Platooning Challenge Network Meeting (2018/11), 2018.
- 17) Dr. Chung Anh Tran (ドイツ国鉄) ヒアリング資料 (2018年9月入手)
- 18) Hochschule Fresenius, DB Schenker and MAN Truck & Bus SE: EDDI: Electronic Drawbar - Digital Innovation, Project report - presentation of the results, 2019.