

製品紹介

1～3.5ton 系エンジン式フォークリフト「LEO NXT-V」製品紹介

Engine Powered Forklift Truck 1- to 3.5-ton Series “LEO NXT-V”

山本 弘幸
Hiroyuki Yamamoto
高原 哲
Satoshi Takahara
斉藤 誠
Makoto Saitou
小泉 征史
Motoshi Koizumi
篠塚 智弘
Tomohiro Shinotsuka

小松フォークリフト㈱の主力製品である 1～3.5ton 系のエンジン式フォークリフトの収益改善と日米欧中での生産・世界市場への導入（海外としては 10 年ぶりのモデルチェンジ）を主要な狙いとし、従来車（LEO NXT）で好評な信頼性、技術革新、意匠デザイン（「2002 年度グッドデザイン賞」、「第 33 回機械工業デザイン賞（最優秀賞）」等を受賞）を継承・発展させて LEO NXT-V（レオネクスト ブイ）シリーズとして開発したので、その概要を紹介する。

The LEO NXT series has enjoyed a good reputation for reliability, technical innovation and good design (winners of 2002 Good Design Award by the Japanese Government and a grand prix of the 33rd Machine Industry Design Award). As a successor series of the LEO NXT for engine powered forklift trucks in the class of 1 to 3.5 tons, LEO NXT-V (Leo Next-V) has been developed by further refining the former series to improve earnings, in order to start production in Japan, the United States, Europe and China and to enter the global market representing the principal products of Komatsu Forklift Co. The model change is the first model change in ten years in the overseas market. An overview of the new series is presented below.

Key Words: エンジン式フォークリフト, LEO NXT-V シリーズ, コンパクト 3.5 トン車, パワーラインフロート, デュアルフロート化, 視界性, ISO369-1 安全規格, OPS 機能, Komatsu Advanced Power SteeringIII, 3D-CAD

1. はじめに

環境、安全の関心と要求はフォークリフトに対しても全世界的に高まっている。

また、日本市場でもフォークリフトの動力はすでに約 50%がエンジンからバッテリーに切り替わっているが、パワー、稼働時間、取り扱い性、価格等の面で依然としてエンジン車への根強い需要があり、当社の収益の柱でもある。これらの状況を踏まえて今回開発の NXT-V シリーズは、①エンジンに起因する振動・騒音・燃費の改善を図るため、このクラス初のエンジン・ミッション部分と運転席部分をそれぞれに保持するデュアルフロート方式を採用、②改定作業中の ISO/DIS 3691-1 の安全機能の先取り、③全社的なサイマル活動等によりその目標を達成している。

シリーズの機種系列は、前のモデルから採用したバッテリー車並のコンパクト車（109 シリーズ：車幅 1090mm）は継承したうえで、2ton 系格上機種としてのコンパクト 3.5ton 系を加えて従来よりも少ない 38 機種のラインアップで、ほぼ同時に国内・海外市場への導入を図った。代表機種は 1～1.75ton, 2～3ton, 2ton 系コンパクト, コンパクト 3.5ton の 4 タイプで、その外観写真を 1～4 に示す。

2. 開発の狙い

- (1) 国内・海外統一コンセプトによる、日米欧に中国を加えたグローバル化に対応できる製品とする。
- (2) 従来車 LEO NXT の市場で評価を得た良さを継承し、更に新技術による他社との差別化を図る。



写真1 1ton系標準車 (AX)



写真2 2ton系コンパクト車 (BX109シリーズ)



写真3 2ton系標準車 (BX)



写真4 コンパクト3.5ton車 (BX)

- ① 「運転席フロート」+「パワーラインフロート」でのデュアルフロート化および「サスペンション付シート」によるエンジン振動・走行振動の低減
- ② 新レール断面採用による前方視界の向上
- ③ 改定作業中の ISO/DIS3691「フォークリフトの安全規格」の先取り対応
- (3) 品質と同時に市場での価格競争力に耐え得るため、20%の原価低減し、収益性の向上を図る。

3. 機種系列

今回の開発では、コンパクト 3.5ton を加える一方、少量生産機種の統廃合により従来車に対して、「NXT-V 38機種」と機種数を抑えつつ、ユーザーニーズに対応できるバリエーションを増やした (表1)。

表1 機種系列と搭載エンジン一覧

LEO NXT-V 機種系列		AXシリーズ (1ton系)					BXシリーズ (2ton系)				最大荷重 (ton)		
		ホイールベース (mm)	0.9	1.0	1.35	1.5	1.75	ホイールベース (mm)	2.0	2.5		3.0	3.5
小特車	ガソリン車	1400	○	○	○	○	1650		×	×			
	ディーゼル車		□	□	□	□							
標準車	ガソリン車		○	○	○	○			●	●	●	●	●
	ディーゼル車		▲	▲	▲	▲			■	■	■	■	■
高出力車	ガソリン車					●	●	●	●	●	●	●	
	ディーゼル車												
コハ外車	ガソリン車						1400	●	●	●	●	●	
	ディーゼル車							■	■	■	■	■	

記号説明

(1) ×: 廃止機種

(2) 搭載エンジン一覧

ガソリン	名称	排気量 (cc)	出力 KW [ps]	ディーゼル	名称	排気量 (cc)	出力 KW [ps]
○	K15	1486	27 [37]	□	4LB1	1499	23.5 [32]
●	K21	2065	34.5 [47]	▲	4D92E	2659	34.5 [47]
◎	K25	2488	42.6 [58]	■	4D94LE	3052	46.3 [63]
				◇	4D98E	3318	53 [72]

4. 外観デザイン

好評であった従来車 (LEO NXT) の外観品質を落とすことなく、グローバル生産対応を狙って、基本デザインを継承した上で、よりシャープで力強いデザインに仕上げた (写真5)。

5. 主な特徴

5.1 低振動化

フォークリフトにおいては、稼働環境面からノーパンクタイヤの装着率が高い。そこで従来車においては、運転席部分をフロートし、主に走行振動を抑えることを小松リフト車の特長としていた。しかしながら、市場の低振動化への要求は増々高まり、エンジン振動、マスト振動等を更に抑えるため、今回の開発は、エンジン+TMもフロートとするこのクラスでは、業界初の本格デュアルフロートを採用することで他社製品との差別化を図った (図1)。

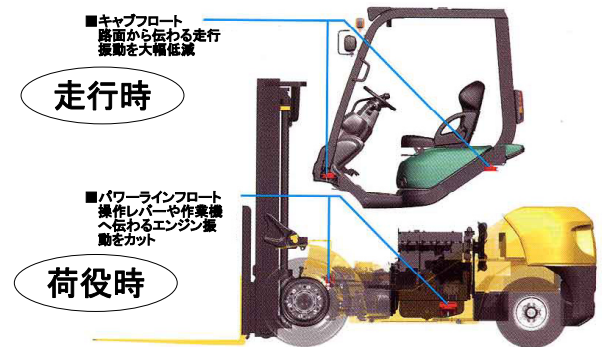


図1 デュアルフロート



写真5 外観デザイン

(1) パワーラインフロート

マウントの設定に当たっては、モーダル解析 (図2) によるシミュレーションと先行研究車による実機での確認を幾度となく実施し、小松リフト独自のユニークな防振と支持剛性を有した3点マウント方式 (PAT 出願中) を実現した (図2)。この方式は、エンジンとミッションのロール中心付近を前側1点のマウントで硬く支持することで、上下・左右 (走行・旋回) 方向のピッチング・ヨーイングを抑えつつ、後マウントは軟らかくしたまま支持することによりロール (エンジン振動) 方向の振動を抑えることができる。また、ミッション近傍のスペースを確保できるというメリットがある (図3)。

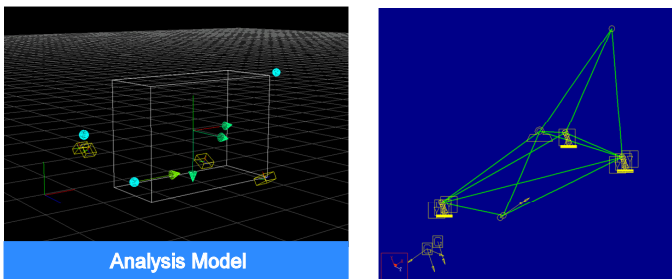


図2 マウントの最適化解折

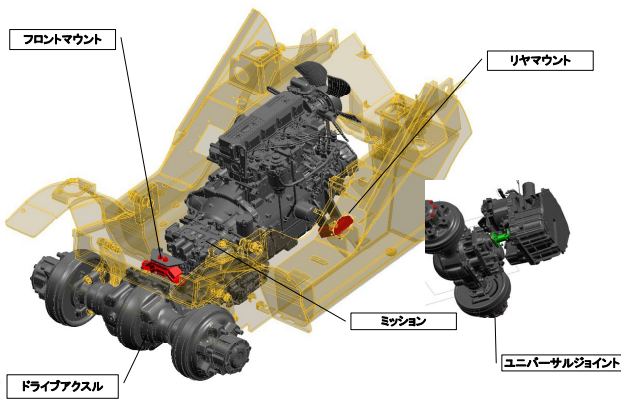


図3 パワーラインフロート

本パワーラインフロートの採用による定置でのハンドル振動、フォーク振動の低減効果をそれぞれ図4、図5に示す。

(2) キャブフロート

LEO NXT で改良を加えたキャブマウントを踏襲し、オペレータシートに更に改良を加えたことにより、従来車に対し走行振動レベルを40%低減することができた (図6)。

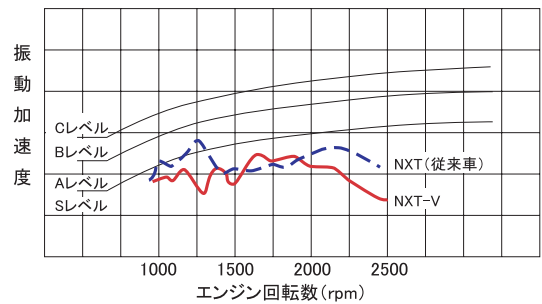


図4 定置ハンドル振動

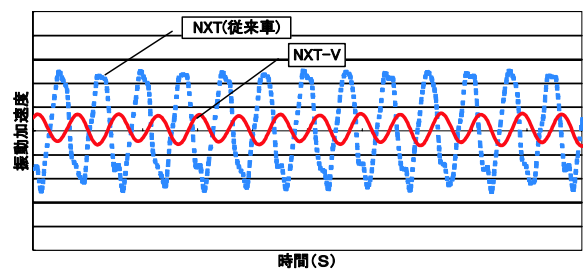


図5 フォーク振動

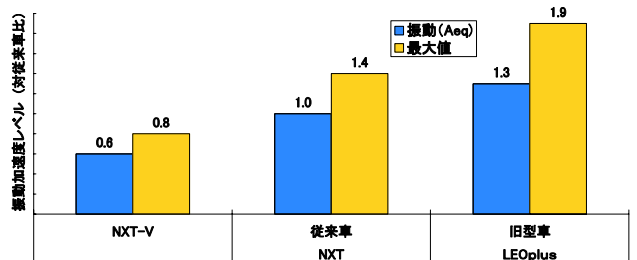


図6 走行振動レベル比較 (EN13059 走行振動テストによる)

5.2 パワートレイン

前述の低振動化達成のため、従来のバックボーンタイプに対し、トランスミッション～ドライブアクスル間にユニバーサルジョイントを設け、エンジン振動の車体伝播を防止する構造を採用した。そのため、ミッション全長を短縮する必要があり、クラッチパックの縦配置等大幅な構造変更を実施した。その構造比較を図7に示す。

一方、コストについてもケースのアルミ化・ハブ/ドラム一体化等の織込みによる改善で、全体の原価改善に大きく寄与している。

5.3 低騒音化

プレス成型ヘッドガードによるオペレータ頭上の覆い、ミッションケースのアルミ化、ヒート改善のためのファン風量アップ等、低騒音化への背反がある中、試作車での寄与量解析結果から、

- ① 冷却風流れの最適化
- ② エンジンルーム密閉強化による遮音
- ③ 吸気音低減
- ④ 油圧振動のカット

を織込むことにより、オペレータ耳元騒音は他社レベル以下を確保した。

従来車より、エンジンへの吸気はヘッドガードの後脚から取り入れているが、この吸気口がオペレータ耳後方に位置し、オペレータ耳元騒音に寄与していることから、

吸気路のサイドブランチを用いた吸気音低減を図った(図8)。

5.4 ISO/DIS3691-1 安全規格(離席時の安全)の先取り

ISO/DIS3691-1(2007年発行予定)では、フォークリフトの機能としてオペレータが正常な運転操作位置にいない時の動力走行・荷役操作停止が要求される。NXT-V車においては、本OPS(Operator Presence Sensing)機能をいち早く取り込み、更なる安全の先取りを実施した。

搭載するコントローラはシステムの複雑化・コストの大幅アップを避けるため、必要最小限の機能織込みとした。図9にその機能および操作のシステム図を示す。

一方、乗降が頻繁なフォークリフトにおいては、乗降性・居住性の向上がオペレータの疲労低減、ひいては安全性の確保に繋がると考え、先のLEO NXT車での改善に加え、足元スペースの拡大・乗降時のアシストグリップの大型化により、更に乗降性の改善を図った。

5.5 前方視界

荷役・走行とフォークリフトの作業には、前方視界が重要であることは言うまでもない。今回は、マスト内幅を広げるためマストのレール断面を新規開発(図10)し、また、低圧側オイルの内部ドレーン式リフトシリンダの採用(図11)により、視界の妨げとなるオイルの戻りホースを廃止し、従来車に対し、2段マストで6%、3段マストで14%の前方視界向上を図った。

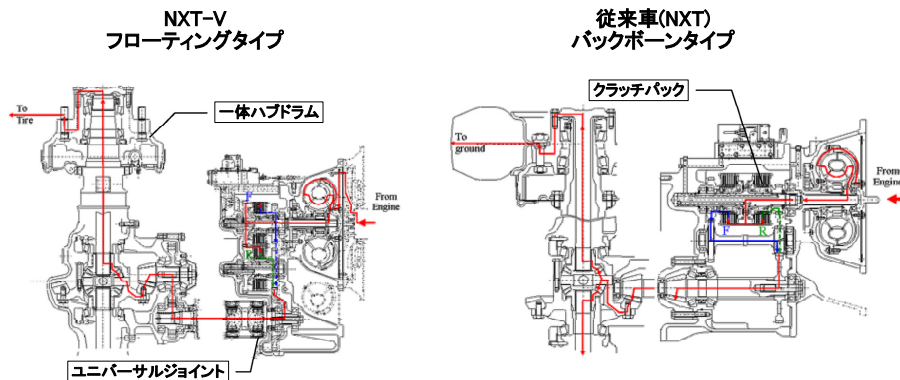


図7 パワーライン構造比較

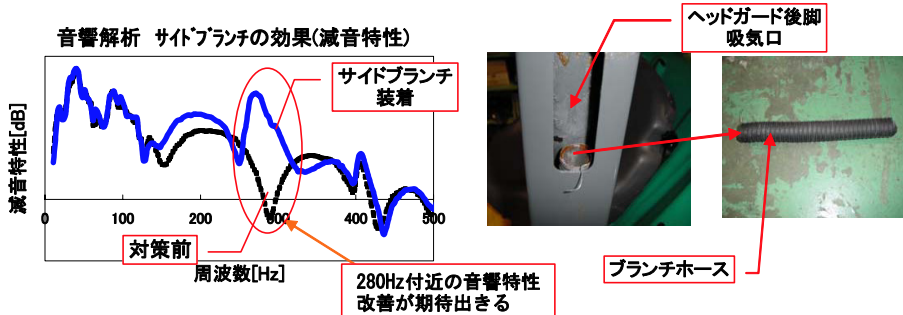


図8 吸気音低減事例

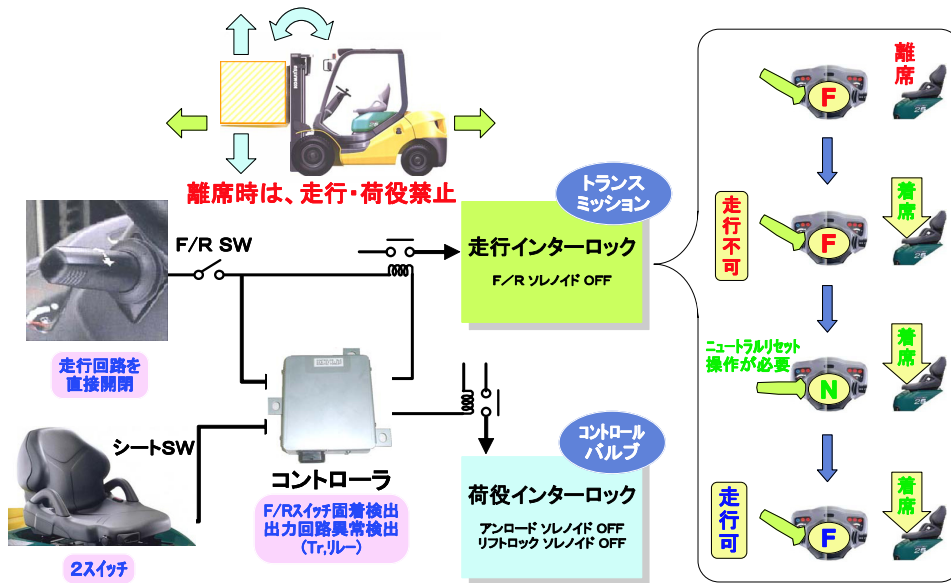


図 9 OPS システム

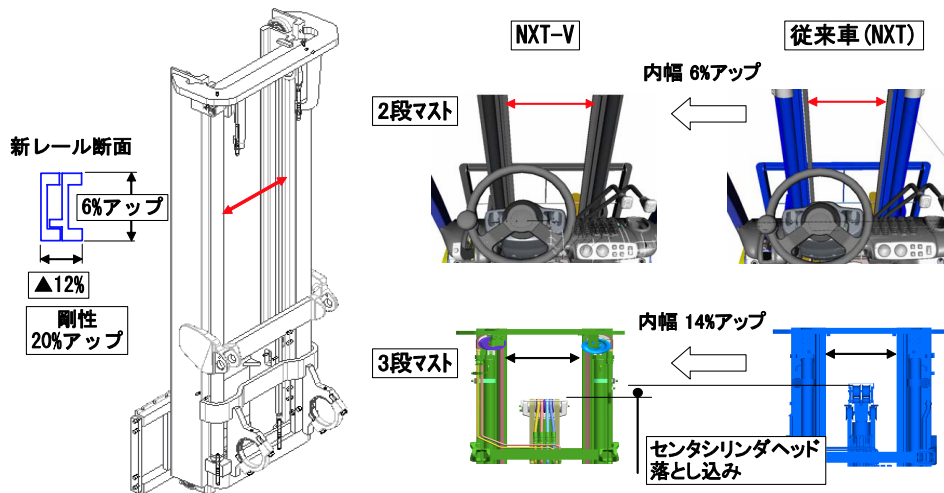
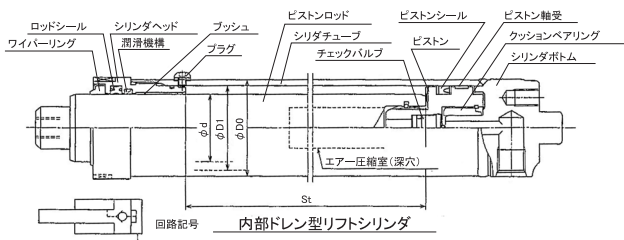


図 10 マスト



カヤバ抜報 第24号 2002-4より抜粋

図 11 リフトシリンダ
(カヤバ抜報 第24号 2002-4より抜粋)

5.6 ステアリング

従来車で採用のクローズドタイプのセミインテグラル

方式に対し、全油圧 (FHPS) 方式を採用、機械系のリンクを廃止することにより、エンジンルームの密閉性を向上するとともに、メンテナンス性の向上および性能向上を図った。

一方、全油圧式での弱点であるオービットロール内部洩れによるステアリングホイールとタイヤの「ずれ」については、専用のコントローラにより「ずれ」を補正する機能を備え、操作上は従来車と同様に、違和感のないものにした。補正方法は、オペレータに補正の違和感を与え難いプラス補正 (流量調整) 方式 (KAPSⅢ) とした。

KAPSⅢ (Komatsu Advanced Power Steering Ⅲ) の構造・機能および性能比較をそれぞれ図 12, 図 13, 図 14 に示す。

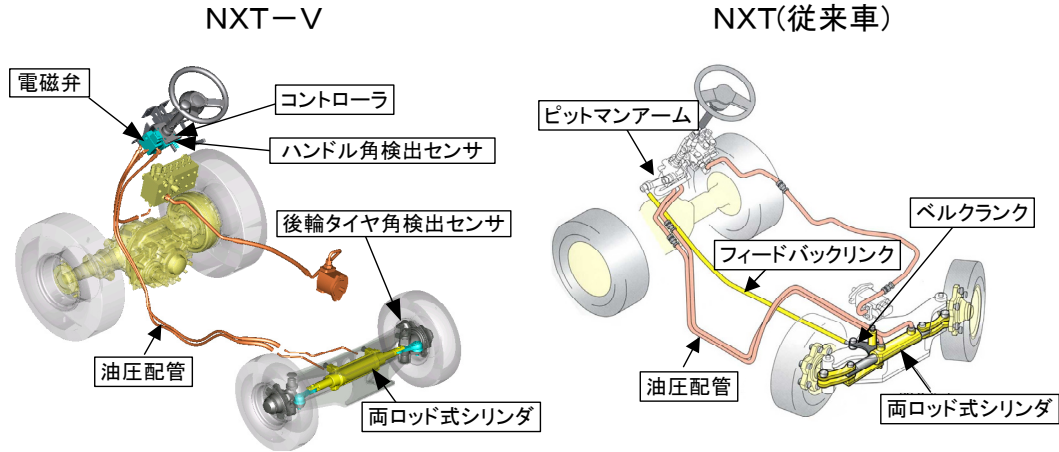


図 12 ステアリング構造

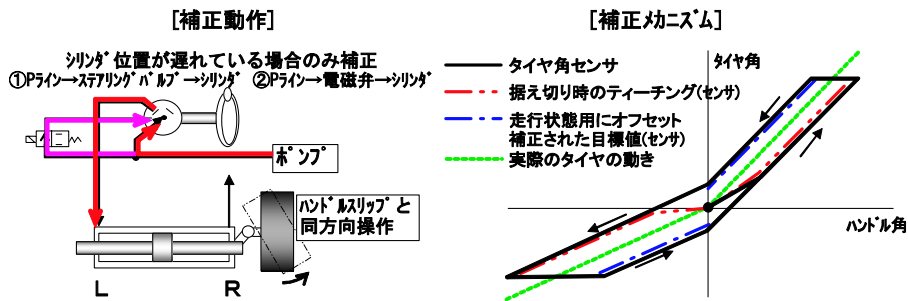


図 13 ステアリング機能

評価項目とレベル比較	NXT-V KAPS III	NXT(従来車) KAPS II
ハンドル修正量 X: 時間(sec) Y: ハンドル回転数(rev)		
車体蛇行量 X: フラツキ回数(回) Y: フラツキ量(mm)	 X=70, Y=70	 X=100, Y=100

図 14 ステアリング性能比較

5.7 信頼性

(1) ヒートバランス

ヒートバランスは、騒音・外観等とのトレードオフの面があり、難しいテーマである。本開発においてはCAE流れ解析により、エンジンルーム内の風の流れをシミュレーション解析し、ウエイト開口部等の改善を早期に織込むことができた。解析のモデル例を図15に示す。

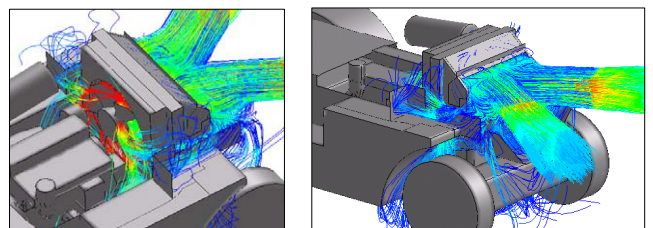


図 15 ルーム内エア流れ解析

6. コンパクト 3.5ton 車

年々、物流の効率アップが図られていく中、1パレット当たりの重量の増加、2パレットの同時運搬作業等が増加傾向にある。また、3ton 車クラスが稼動する狭い現場、あるいは、製紙業界で使用されるロールクランプ等アタッチメント装着車の作業でも、荷物の大型化のため積載能力アップが要求されている。

3.5ton 車は、上位シリーズ (3.5~5ton 車) で設定されているが、これら市場の要求に対応するため、コンパクト 3.5ton 車を新たに、シリーズに追加した。

車両のコンパクト性を生かし、狭い作業現場でも効率良く、かつ安全な仕事がこなせる車両として設定した 3.5ton 車の主要性能を表 2 に示す。

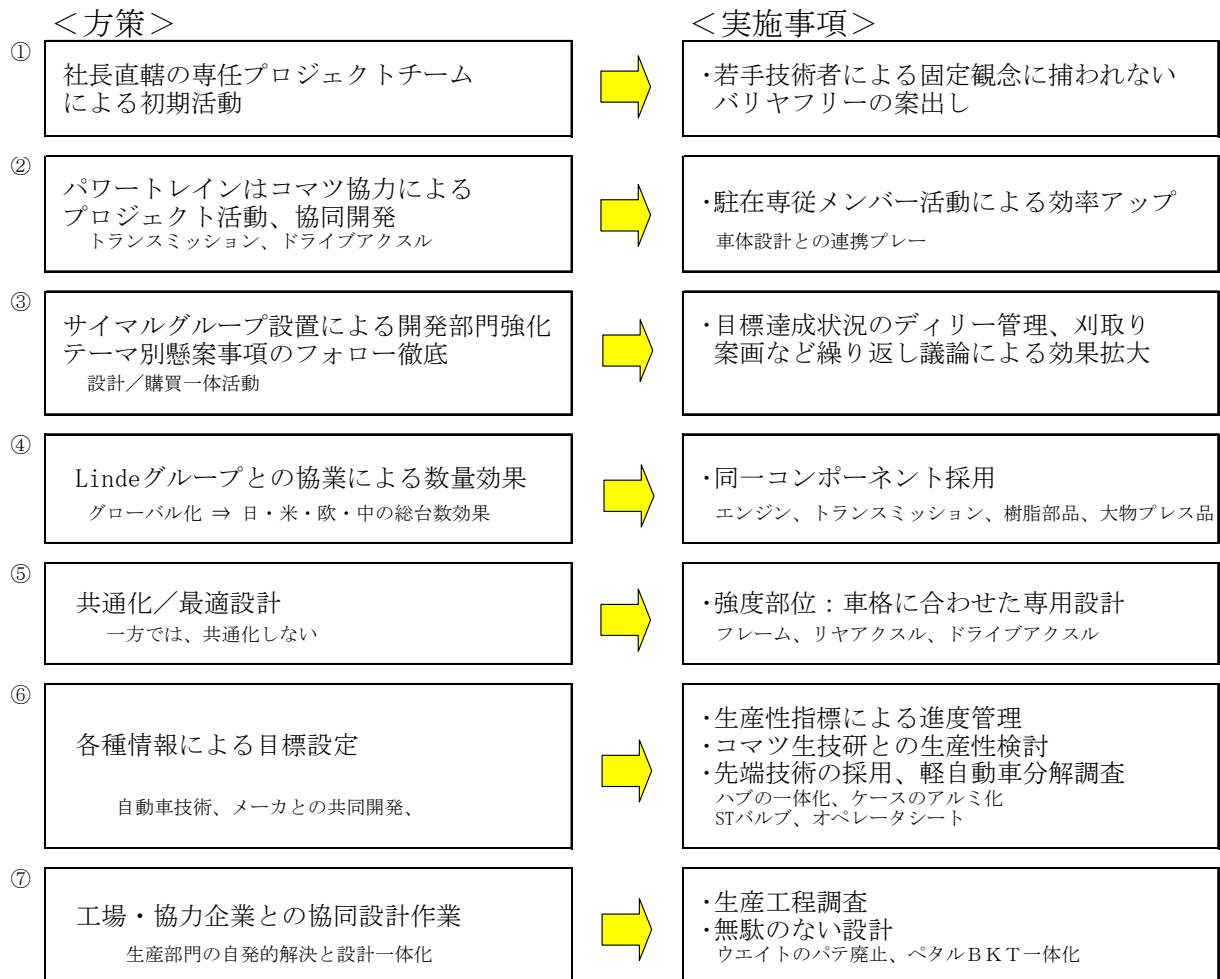
表 2 FD35A 主要スペック

機 種	2ton系ベース		4ton系ベース
	FD30	FD35A	FD33
最大荷重 (Kg)	3,000	3,500	3,250 (3,500)
ロードセンタ	500	500	600 (500)
エンジン	4D98E (3.3L)		4.2L
ホイールベース (mm)	1700	1700	1800
全 幅 (mm)	1255	1290	1350
旋回半径 (mm)	2370	2480	2530
全 高 (mm)	2090	2110	2150
リフトスピード(mm/sec)	540	490	570
車 速 (Km/H)	19.5	19.5	19.5

7. 原価低減活動

開発の狙いのひとつである収益改善のため、本開発においては、表 3 に示すように全社的活動で望んだ。結果として、当初の目標である直接原価 20%低減には及ばなかったものの、鋼材値上げ等の外的要因を除き、ほぼ目標を達成することができた。その改善事例を図 16 に紹介する。

表 3 原価低減活動



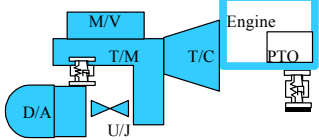
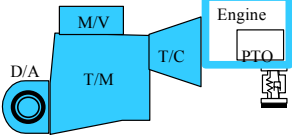
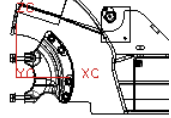
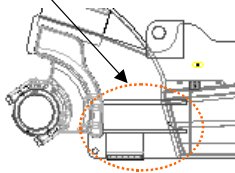
	NXT-V	低減率	NXT(従来車)
パワー トレイン	<ul style="list-style-type: none"> フルフロート構造 U/Jの配置により、Eng-T/Mをフロート T/Mの共通化により、ALケースの採用 	24%	<ul style="list-style-type: none"> バックボーン構造 Eng-T/M-前車軸が一体 
フレーム	<ul style="list-style-type: none"> パワートレインの軸管を強度部材として活用 球面ブッシュの廃止 フレーム前クロスメンバの簡素化  <ul style="list-style-type: none"> 曲げ加工による外板のシンプル化 	24%	<ul style="list-style-type: none"> 前廻り剛性アップの補強部品  <ul style="list-style-type: none"> プレスフォーム外板

図 16 コスト改善事例

8. 3D-CAD の活用

グローバル開発体制の確立，開発期間の厳守を目指して 3D-CAD を核に，各種ツールを導入，開発の効率向上に取り組んだ。主な項目と期待効果は次のとおりである。

① DR (Design Review) ルーム活用

3D 画面を活用し，設計と製造部門のコラボレーションを実現。試作出図前に不具合を摘出し，試作組立時の指摘件数を従来の半分に減らす (写真 6)。



写真 6 3D スクリーンによる DR

② 簡略図と 3D データでのものづくり

ビューソフトを社内および協力企業に導入促進。

3D-CAD 本体未導入の協力企業においてもビューによる事前検討が実施できた。

③ 3D データと 3 次元測定器での検査効率アップ

非接触 3 次元測定器の実測データと 3D-CAD データの照合で，樹脂およびプレス成型品等の検査精度のアップと工数の削減を実現 (写真 7)。

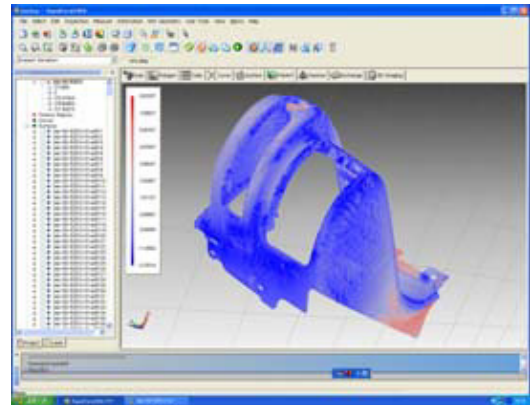


写真 7 非接触 3 次元測定器による検証

9. おわりに

2002 年に国内向けに発売し，好評を得た LEO NXT をベースに更に居住性の向上を狙い，世界同時に市場導入を図った今回の NXT-V 車であるが，まもなく導入 1 年を経過する今，狙いの低振動をはじめ，市場での評価を受けている。環境問題が叫ばれている昨今，エミッションへの規制も年々厳しくなっている。

いかにクリーンで，低騒音・低振動・低燃費を実現するかが，我々エンジン式フォークリフト開発者へ与えられた使命と考え，常に顧客第一主義に徹した活動を展開していきたい。

筆者紹介



Hiroyuki Yamamoto

やまもと ひろゆき

山本 弘幸 1981年、小松フォークリフト(株)入社。現在、開発本部所属。



Satoshi Takahara

たかはら さとし

高原 哲 1991年、小松フォークリフト(株)入社。現在、開発本部所属。



Makoto Saitou

さいとう まこと

斉藤 誠 1991年、小松フォークリフト(株)入社。現在、開発本部所属。



Motoshi Koizumi

こいずみ もとし

小泉 征史 1993年、コマツ入社。現在、小松フォークリフト(株) 開発本部所属。



Tomohiro Shinotsuka

しのつか ともひろ

篠塚 智弘 2002年、小松フォークリフト(株)入社。現在、開発本部所属。

【筆者からのひと言】

世の中は、携帯テレビ電話、歩行ロボットと正に我々が子どもころ、SF マンガで夢見たことが実現化されている。フォークリフトは？ 残念ながら、いまだに直動式のマストがあって、フォークがあって、ウエイトがあって。基本は変わっていない。マストのないフォークリフトなんてものをじっくり、考えてみたいものである。