

コマツIR-Day 2020

**マイニングにおける
施工の安全性と生産性の追求**

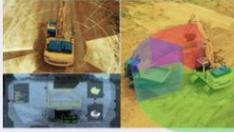
**取締役（兼）専務執行役員 マイニング事業本部長
森山 雅之**

**コマツ 中期経営計画について
(2019～2021年度)**

○改めましてコマツの中期経営計画を簡単に振り返りたいと思います。

コマツを取り巻く外部環境や課題に対し、成長戦略3本柱 ①イノベーションによる価値創造、②事業改革による成長戦略、③成長のための構造改革を推進し、持続的な成長を目指す。

イノベーションによる価値創造



- ◆最適化プラットフォームとソリューションビジネス戦略の進化
 - *スマートコンストラクション/無人ダンプトラック運行システム (AHS) /プラットフォーム (ランドログ、IntelliMine)
- ◆建設・鉱山機械・ユーティリティの自動化・自律化、電動化、遠隔操作化
- ◆農林業のスマート化推進

事業改革による成長戦略



- ◆KMC統合による相乗効果と成長戦略
- ◆バリューチェーン改革/アフターマーケット再定義
 - *IoT/AI予測技術による予知保全、号機管理によるライフサイクルサポート
 - *ロジスティクス改革、*次世代キーコンポーネント
- ◆次世代KOMTRAX
- ◆砕石・セメント、農林業等 分野別強化
- ◆アジアダントツNo1、インド・アフリカ 成長市場への取り組み
- ◆産機事業改革 (建機事業とのシナジー拡大、コア技術による成長)

成長のための構造改革



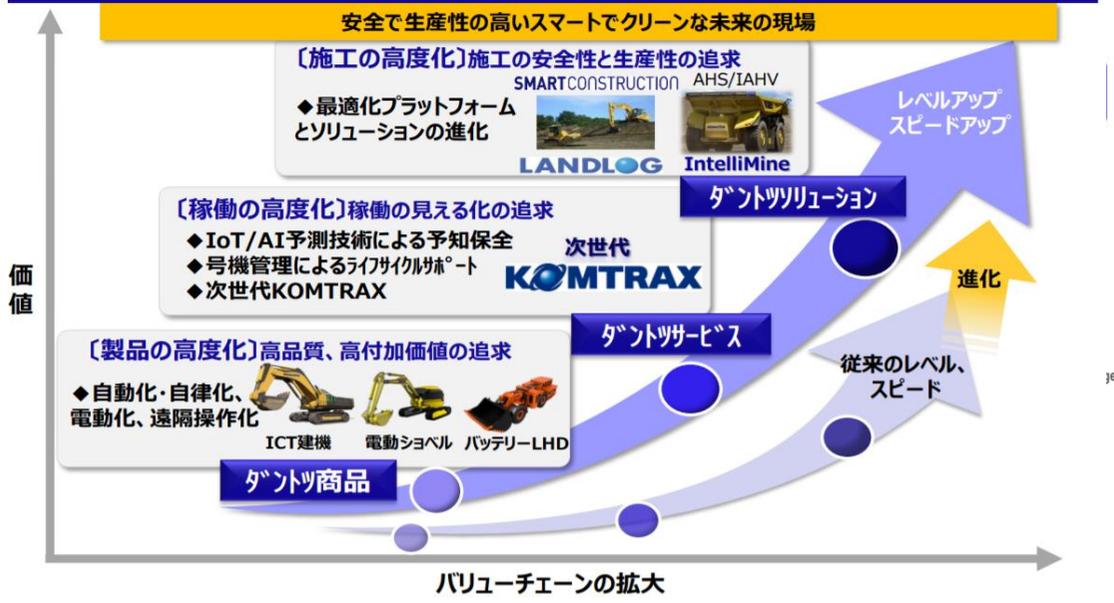
- ◆ICT・IoTによる業務改革
- ◆開発体制の構造改革
 - *モデルベース開発
 - *オープンイノベーション
- ◆つながる工場、地球・作業環境負荷ゼロ工場
- ◆グローバル人材育成

○コマツを取り巻く外部環境や社会の価値観が変化する中で、成長戦略3本柱として、イノベーションによる価値創造、事業改革による成長戦略、成長の為の構造改革を掲げています。

○このイノベーションによる価値創造について、最適化プラットフォームと鉱山機械によるデジタルトランスフォーメーション、鉱山機械の自動化、自立化、電動化に取り組んでいます。

これまで取り組んできた「ダントツ商品・ダントツサービス・ダントツソリューション」を、更に進化・レベルアップし、スピードを上げて、顧客価値創造を通じたESG課題の解決と収益向上＝「ダントツバリュー」を目指す。

ダントツバリュー（顧客価値創造を通じたESG課題の解決と収益向上）



○コマツは、ダントツ商品として、個々の製品の品質と自動化による高度化、そしてダントツサービスとして、KOMTRAXを利用した稼働の見える化による稼働の高度化、

○そして更にそれらを進化させた形で、施工の高度化を図り、これらの顧客価値創造を通じて、ESG課題の解決と収益向上を目指しています。

○本日は“マイニングにおける施工の安全性と生産性の追求”について説明いたします。

大手顧客は共通して、“自動化による安全性と生産性の向上”、
“温室効果ガス削減”を目指している。

<顧客 A>

- ・AHSの展開
- ・Elimination of Live Work
- ・マイニングトラックと積み込み機の電動化
- ・ダンプトラック以外の自動化（積込機, ブルドーザ等）

<顧客 B>

- ・AHSの展開
- ・トローリー駆動 & 電動化
- ・地下坑内掘ダントツ製品

Voice Of Customer

国際マイニング団体 (ICMM)

Innovation for Cleaner Safer Vehicles

- ・2040年までに露天掘り鉱山でのGHG排出量ゼロ
- ・2025年までにUnderground鉱山でのディーゼル排気微粒子 排出削減
- ・2025年までに各鉱山会社にて衝突回避技術の利用可能化

○近年のマイニング市場要望/動向を説明させていただきます。

○我々は、顧客及び業界団体と直接対話し、鉱山業界がどのような課題を持っているのか、またどのような将来ビジョンをもっているか、話し合ってきました。

○ここに示しますように、鉱山顧客はAHSの展開、電動化など、顧客は共通に“自動化による安全性と生産性の向上”と“温室効果ガス削減”を課題として挙げています。

○鉱山顧客にとって、これらの課題の解決は、今後、鉱山の運営を継続するための必須事項(ライセンス)であり、コマツは顧客の課題解決に向けて取り組んでいます。

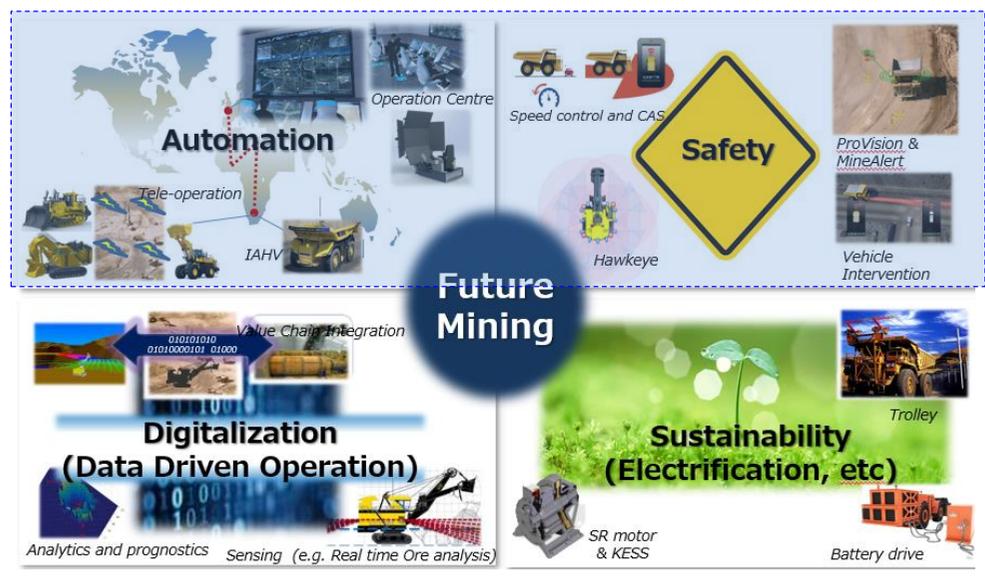
コマツは、これらの技術に投資し、技術力を高め、顧客ニーズに沿った顧客価値を提供する。



○コマツは鉱山顧客の共通課題である“自動化による安全性と生産性の向上”と“温室効果ガス削減”に対応する為、Automation(自動化)、Safety(安全)、Digitalization(デジタル化)、Sustainability(持続可能性)の4分野について、重点投資を行い、継続的に顧客価値を提供することにより、「顧客にとってコマツでなくてはならない」度合いを高めています。

○本日はこの4つのテーマについて、コマツの取り組みを説明します。

無人ダンプトラック運行システム Autonomous Haulage System (AHS)について



○ここからは自動化と安全の追求について、無人ダンプトラック運行システム(AHS)を中心に説明します。

○歴史、概要から説明し、コマツの強み、開発方針について順に説明していきます。

- ・1990年日本で研究開発スタート。はじめはHD325で32トンクラス。
- ・2008年に世界で初めて鉱山にてAHS商用稼働を開始し、今日までAHS市場をけん引。



○まずはAHSの歴史です。

○私がコマツに入社したのは1982年ですが、当時からコマツは無人ダンプトラックの基礎研究を実施していました。

○90年代に入ってから実用化に向けての研究を本格化し、日本国内の鉱山現場で試験運転を開始しました。

○2005年にはチリの鉱山現場で試験稼働を開始、コマツ技術者がチリ鉱山の過酷な環境に2ヶ月交代で張り付き出張しながら、現地で試験稼働を重ねて完成度を高め、2008年に世界で初めてチリ鉱山にてAHS商用稼働を開始しました。

○コマツのAHSはその安全性と生産性を評価され、その後、オーストラリア、カナダ、ブラジルの鉱山に導入を進めてきました。



○ AHSは大きく分けて4つで構成されています。

○ ①のAHS中央管制システムは、自動運転トラックの稼働状況を監視し、運行管理と異常発生の対応を行います。この中央管制は、大型機械が稼働する危険な現場から離れたところに設置することにより、鉱山で働く人を危険から遠ざけることが出来ます。実際にオーストラリアでは鉱山から1500km離れた都市に中央管制を設置しています。

○ ②またこちらに示すAHSダンプトラックは現在3機種を市場導入済みです。車両に搭載するAHS機器は機種間で共通化し、各車両に合わせて取付け、車両特性に合わせてチューニングし、機種ごとに最適化しています。

○ ③AHSの通信インフラはWiFi、LTEに対応していますが、技術の発展に従い、5Gなどの最新技術に対応していきます。

○ ④また鉱山内で稼働する積込機などの有人車両は、自車の位置の発信、AHSトラックへの指示、システム緊急停止などをするための、AHS機器を搭載しています。

10年以上の実績



2008年の商用導入以来、
10年以上の実績

安全指標

システム起因の事故

0

稼働実績

268台

FY2019	FY 2020 (FY20実績)	FY2021
221	268	380

西豪州
鉄鉱石鉱山

- ・2008年稼働開始
- ・6鉱山で約180台が稼働中

カナダ
オイルサンド鉱山

- ・2016年稼働開始、約50台稼働

石炭鉱山

- ・2020年稼働開始

チリ
銅鉱石鉱山

- ・2008年稼働開始
- ・約20台が稼働中



東豪州
石炭鉱山

- ・2020年稼働開始

ブラジル
鉄鉱石鉱山

- ・2019年稼働開始



○次に稼働状況です。

○コマツのAHSは2008年の商用導入以来、既に13年目がたちましたが、これまでシステム起因の人身事故は発生していません。

○コマツのAHSはその高い安全性と生産性を評価され、稼働台数を拡大。現在、4か国、13サイトに導入し、合計268台が稼働しています。2021年末には380台(中期経営計画)の稼働を計画していますが、それ以外にも大きなオポチュニティーがあります。

○鉱山顧客は自動化による生産性と安全性の課題解決にむけ、AHS導入を急速に進めておりますが、現在、大型トラック商談のほぼ全てでAHSの提案を行っています。

○また競合の参入も、市場を急拡大している要因と考えています。

○これまで、トラック販売台数におけるAHSトラックの台数比率は数%でしたが、将来的にはAHSトラックはトラック配車台数の1/4を超えると見込んでいます。

○コマツが30年以上前から研究開発を実施し、大切に育ててきた無人ダンプトラックは、近年やっと花が開いてきました。

AHSは、鉱山の生産性とコスト改善に寄与。

- ・ オペ交代時間、トラック故障などのトラック休車時間低減により稼働率を向上。
- ・ トラック操作の最適化(加減速、急ハンドルの低減)により、タイヤライフ延長と燃料消費量低減に寄与。

Reducing costs

Load and haul unit
cost reduced by up to

15%



Extending tire life

Optimized automatic controls reduce
sudden acceleration and abrupt
steering resulting in up to

40%

Improvement in tire life compared to
manned operations



Minimize footprint

With AHS, your operations will consume
less fuel and emit less CO₂



Productivity increases of up to **15%**



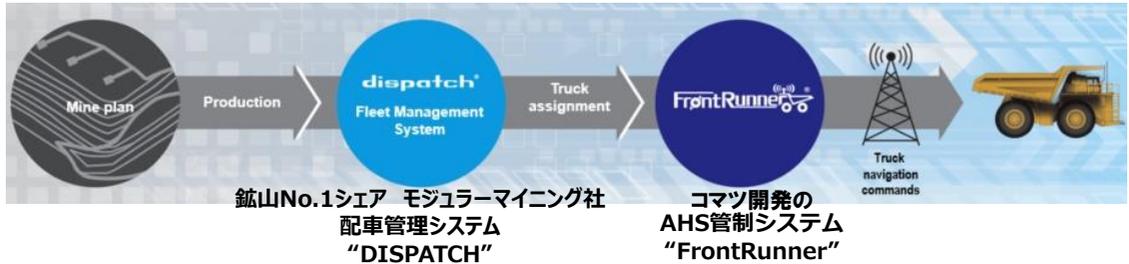
○次にAHSによる顧客ベネフィットを説明します。

○ AHSはオペ交代時間やトラック故障などの休車時間を低減することにより稼働率を向上、更に急減速、急ハンドルの低減など、最適化された車両制御によりタイヤライフの延長、燃料消費量とCO₂の低減などを図ることができます。

○これにより、顧客は、1トンあたりの生産コストが15%低下したと、公表しています。

コマツAHSシステムの強み： 鉱山最適配車管理システムとの組み合わせ

鉱山No.1シェア モジューマイニング社の“DISPATCH”を組み合わせることで、鉱山内の渋滞を削減するなどAHSエリア内における安全で効率的な稼働を実現。



コマツAHSシステムの強み： 安全性

コマツは安全性を最優先。無人ダンプトラックはセーフティバブルで守られている有人車両（サービス車両など）からの走行許可により走行するシステムを採用。2008年の市場導入以来、システム起因の人身事故は発生していない。

<p>Safety Bubble</p>	<p>10年以上の実績</p> <p>13 YEARS</p> <p>2008年の商用導入以来、 10年以上の実績</p>	<p>安全指標</p> <p>システム起因の事故</p> <p>0</p>
----------------------	---	---

○次にコマツの強み、競合との差別化ポイントを説明いたします。

○一つ目は、鉱山最適配車管理システムとの組合せです。

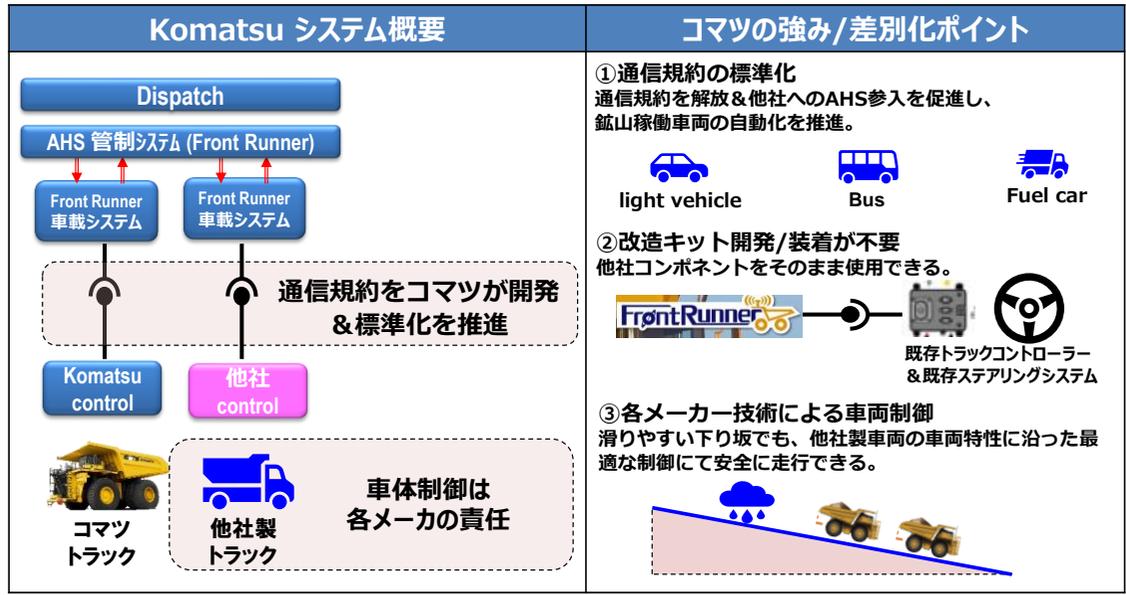
○コマツのAHSは、①業界の先駆者であり、鉱山市場No.1シェアを持つ モジューマイニング社の配車管理システム“DISPATCH”による、AHSトラックへの最適配車指示と、DISPATCHの配車指示に基づき、トラックを自動運転するAHS管制システム“FrontRunner”によって安全で効率的な稼働を実現しています。

○②また、コマツのAHSシステムはAHSエリア内で稼働する有人車両の安全性を最優先しています。AHSトラックは、有人車両がその運行を許可しないと走行できません。

○これにより、これまでシステム起因の人身事故ゼロで稼働を続けています。

＜安全性と柔軟性を優先したインターオペラビリティ方針＞

AHS管制システム“FrontRunner”で他社製の無人トラックも安全に制御する相互運用（インターオペラビリティ）の開発と標準規格化を推進。AHS管制システムからOpen Protocol（仕様を統一した通信規約）で伝達することで他社製トラックの車両特性に沿った安全かつ最適な制御が可能。



○次にコマツのインターオペラビリティ方針について説明します。

○鉱山では、コマツ製のトラックだけではなく、他社製のトラックを含めた様々な車両が稼働していますが、鉱山顧客は鉱山内の全ての車両の自動化を要望しています。

○左図に示しますように、コマツは、AHS管制システムは、FrontRunner車載システムを通じて、各車両に自動運転の指示を行いますが、この上側にある管制システムと、車両間の通信プロトコルを標準化することによる、コマツのAHSシステムで、他社製の車両の自動運転を実現する、相互運用(インターオペラビリティ)を開発しています。

○右に示すように、この通信規約を標準化し、他社へ開放することにより、他社製トラックや鉱山内のサービス車両など、鉱山稼働車両の自動化を進めていきます。

○また、車両制御については、各車両メーカーに車両制御をお願いするので、例えば、滑りやすい下り坂でも、各メーカーの車両特性に応じた最適な制御により、安全性を高める事ができると考えています。

- ・鉱山No.1シェア モジューマイニング社 最適配車管理システム“DISPATCH”との組み合わせ。
- ・コマツは鉱山内の設備や全ての機械をシステムでつなぎ、生産性を高めて差別化を図る。

鉱山No.1シェア モジューマイニング社
配車管理システム“DISPATCH”との組み合わせ

鉱山No.1シェア
配車システム開発の先駆者



コマツ開発のAHS管制システム

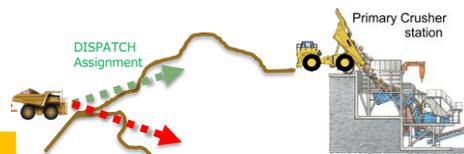


豪州大手顧客から、トラックの待ち時間が少なく、
生産性が非常に良いとフィードバックあり

鉱山内の設備(クラッシャー等)との連携

← 即完了済

クラッシャー待ち時間に応じた最適な先行指示

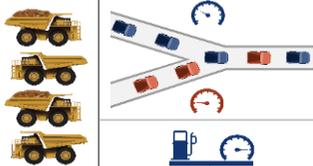


コマツの差別化戦略
システム連携による
ダントツの生産性

トラックのリアルタイム情報活用

＜計画＞

交差点での合流をよりスムーズにする速度コントロールを
Dispatch配車ロジックに反映させることで最適化



積み効効率化(Payload管理)

＜進行＞

ショベルとトラックのペイロードメーターを連携させ、
安定的な最大可能積載量を実現する



○コマツは、モジューマイニングのDISPATCHを中心に、鉱山内の設備や前後工程をシステムでつなぐ事により、鉱山内の最適化を図ります。

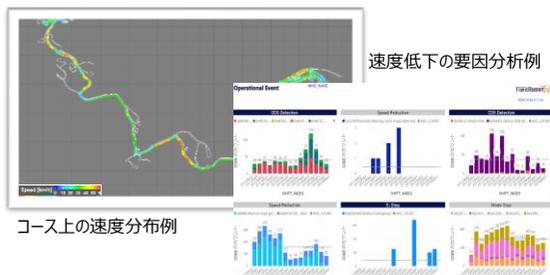
○右上の例では、DISPATCHがクラッシャー生産管理システムとつながることにより、トラックのクラッシャーへの到着時間を正確に予測、トラックが到着した際に待ち時間が予測されるため、自動的にトラックの行先を一時貯留所(ストックパイル)に変更します。

○更に、トラックのリアルタイム情報を活用した、交差点で合流調停や、積込機とトラックをDISPATCHでつなぎ、積込機に積載状況をリアルタイムに伝える事により、積載量の最大化を図っていきます。

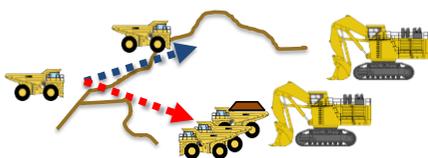
AHSは多くのデータを取得しており、現場状況の見える化が進んでいる。
この情報を解析することで鉱山の生産性の改善活動を進め顧客価値向上に取り組む。

改善活動例

- ① **トラック速度低下要因の見える化**
速度低下の場所と要因を見える化し、現場オペレーション改善を実施。
(走路の改善、路面状況の改善)

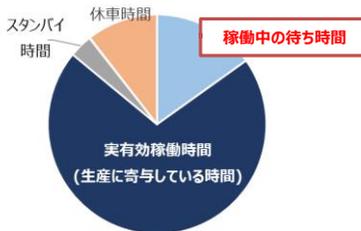


- ② **トラックの最適配車**
DISPATCHによる最適配車

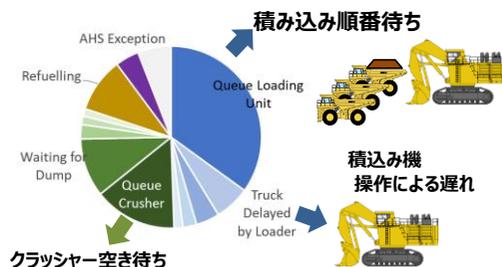


稼働状況の解析例

トラック稼働時間分析例：実有効稼働時間（生産に寄与している時間）の最大化が鍵。



実有効稼働時間の低下要因である 稼働中待ち時間の内訳



○しかし、顧客はAHSシステムを導入しただけでは、生産性は最大化されません。AHSの特性に合わせたオペレーションを実施することにより、生産性を最大化することが出来ます。

○ AHSは多くのデータを取得することが出来るため、稼働状況の見えるかが進んでいます。ここに例を挙げましたが、AHSトラックがどこで減速しているか、その要因を把握し、都度オペレーションを改善することが出来ます。

○右側は、トラックの稼働時間分析例ですが、トラックの生産量拡大には、実有効稼働時間を最大化が必要です。この待ち時間を更に解析すると、トラックの積込待ち時間が大きい事がわかりました。

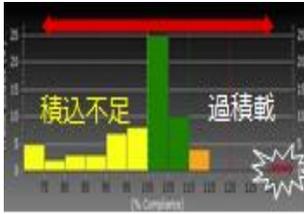
○このようにデータを用いて、定量的に課題と影響度を把握し、優先度をつけて改善活動を進める事ができます。

○次のページでは積込機の実生産性改善について話します。

トラックの生産性向上には、前工程の積込作業との最適化(マッチング)が重要。

積込み効率化(Payload管理)

トラック積載量(Payload)



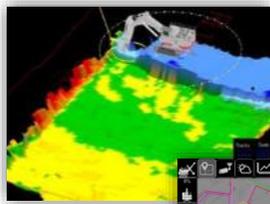
リアルタイム監視によるバラつき低減



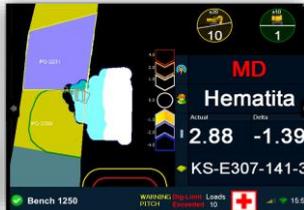
トラック積載量アップ



積込み作業効率化(掘削ガイダンス、積込みオフラインコーチング/オフラインコーチング機能)



地形実績獲得と掘削作業ガイダンス



掘削ガイダンス
マテリアル表示



シミュレータトレーニング

○トラックの生産性は前工程である、積込機の生産性が影響します。

○トラックへの積載量を積込機オペレータにリアルタイムに提供し、積載量のバラつきの低減と積載量増加を図ります。さらに、積込機オペレータへ、掘削ガイダンス、リアルタイムコーチング、またシミュレーターを使用したオフラインコーチングを行う事により 積込作業の効率化と生産性を向上します。

安全の観点からオペレータを現場の危険から排除する遠隔運転(テレオペ)システムを開発中。作業の自動化やAR技術でオペレータを支援し、有人運転以上の生産性向上を目指す。



AHSと超大型油圧ショベル
(テレオペレーションシステム開発中)

Immersive Technologies社、Mineware社、Modular Mining 社の技術を活用した、テレオペレーションコンソール



○ここまでトラックの自動化について説明してきましたが、トラック以外の自動化の取り組みについて説明させていただきます。

○コマツは鉱山の安全性、生産性向上に向けて、鉱山全体の自動化を目指していますが、その取組の一つである、マイニング油圧ショベルの遠隔運転(テレオペ)システムをご紹介します。

○本システムは、オペレータを鉱山現場の危険環境から遠ざけるのみではなく、作業の自動化やAR技術を活用し、有人運転以上の生産性向上を目指しています。

○また、鉱山向け大型ブルドーザーについても、遠隔運転システムの開発を完了、更に自動運転の開発を進めています。

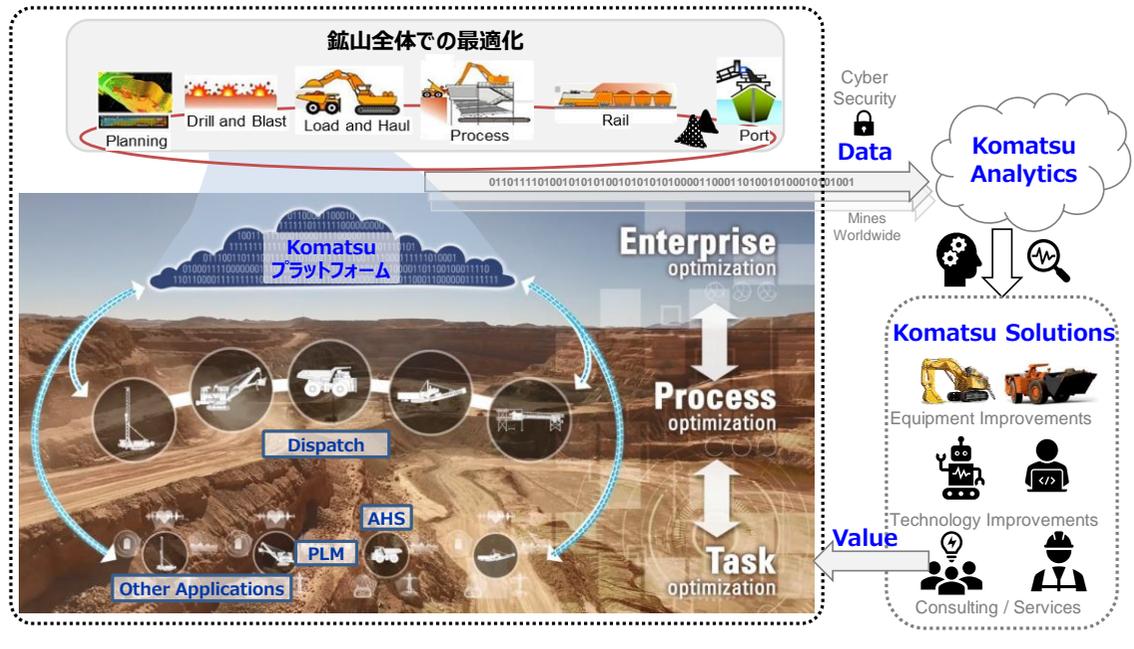
○来年度中に、ショベルとブルドーザーはそれぞれ顧客現場での実証実験の開始を目指しています。

鉱山全体での最適化について



○次にデジタル化による鉱山全体での最適化についてに説明します。

- 大手鉱山会社は鉱山における各工程を繋ぐ時間を限りなく「0」とした“Continuous Process”実現に向け、鉱山全体での最適化を目指している。
- コマツはプラットフォーム構築を推進中。また大手鉱山会社とのシステム連携を協議中。



○鉱山顧客は、各タスク間の待ち時間、ストックをゼロにしたContinuous Processによる、鉱山全体の最適化を目指しています。

○コマツはこれまで説明したように、タスクごとの生産性を向上させると共に、タスク間をつなぎ、その間の待ち時間を低減、更に顧客のビジネスシステムとつなぐ事により、鉱山生産プロセス全体での最適化、スループットの向上を目指しています。

○さらに、コマツはプラットフォームに集積したデータを分析し、個々の製品の強化と改善につなげ、またコンサルティングサービスの提供により、顧客価値の向上を図ります。

持続可能性について



○最後に Sustainability(電動化)について説明します。

- 鉱山大手各社は温室効果ガス排出ゼロ(ないしは大幅削減)にコミット。
- コマツはGHG排出量が多いダンプトラックを優先に、第一にトローリーの展開、更に電動化に取り組む。

Electrification and Greenhouse Gas Reduction Timeline



*Emissions reduction includes; NOx, Hydrocarbons, and Particulate Matter
 *Emissions reductions are a result of improvements made in Fuel Consumption and Engine Design including the addition of SCRs and DEF

○大手顧客は共通して温室効果ガス排出ゼロ(ないしは大幅削減)についてコミットしており、その実現のためにコマツへの協力を求めています。

○現在、自動化とともに、全ての大手顧客から鉱山機械の電動化を求められています。

○コマツは、既にディーゼルエンジンを低エミッション化した商品を市場導入していますが、今後、鉱山での稼働台数が多いダンプトラックを優先に、架線からとった電気を動力とする、トローリーアシストシステムの機種拡大、ハイブリッド化、更にはフル電動化に取り組んでいきます。

○またディーゼル、トローリー、ハイブリッド、バッテリーなど、顧客が最適なソリューションを選択できる車両、すなわちPower Agnosticな車両の開発を進めています。

○コマツは、顧客及び社会全体のニーズに沿った車両を提供できるよう、重点的に自動化と電動化に投資を進めています。

ご清聴ありがとうございました



【写真：キャブレスダンプトラック試作機（米国アリゾナ州）】

○本日の説明は以上となります。