

Game Changer となる生産技術

塩飽 紀之

日産自動車株式会社

1. 自動車を取り巻く環境

2. 日産自動車の取り組み

3. 自動車技術の進化

- 1) 電動化の推進
- 2) PWT商品に求められること
- 3) PWT商品の軽量化

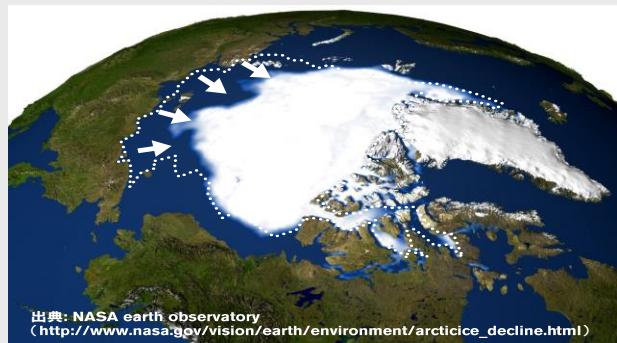
4. Game Changer

1. 自動車を取り巻く環境

エネルギー



地球温暖化



出典: NASA earth observatory
(http://www.nasa.gov/vision/earth/environment/arcticice_decline.html)

渋滞

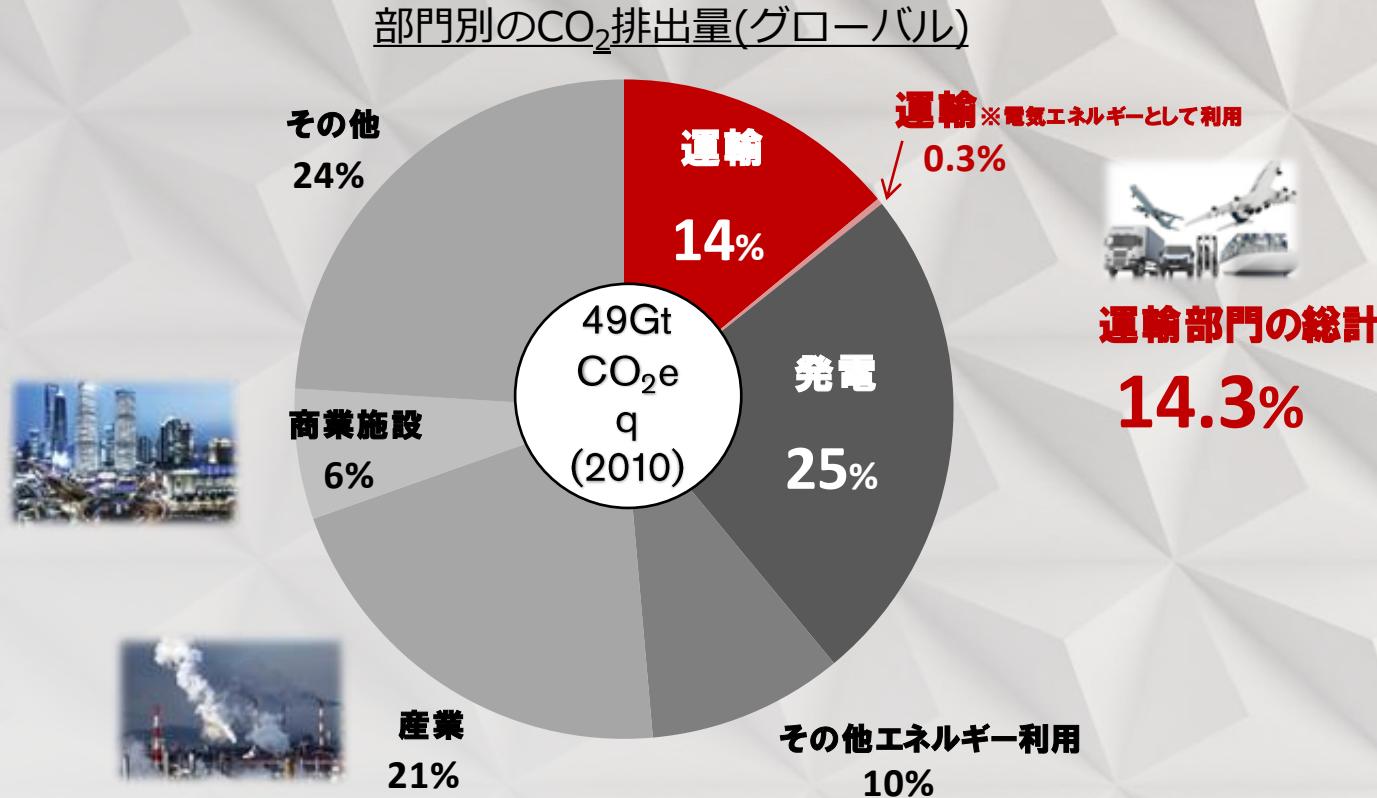


交通事故



1. 自動車を取り巻く環境

◆ 運輸部門が排出するCO₂



1. 自動車を取り巻く環境

New Vehicle external
Noise regulation (R51-03)

RDE regulation
SULEV

regulation
CN Carbon Neutral
LCA
Life Cycle Assessment

ZEV Credit
PM regulation

Fuel Consumption regulation

CO2 Emission Control



Customer's High needs !
Global Environment!

1. 自動車を取り巻く環境

電動化シフトへ



米国(カリフォルニア)
一定比率の電気自動車
(EV)の販売を義務付け



2035
全てのICE(HEV)
の禁止

英國・フランス
2040年までに
ガソリン・ディーゼル車
の販売禁止



中国
ガソリン・ディーゼル車
の
インド 生産・販売禁止を検討
30年までに国内で
販売する車をすべてEV化

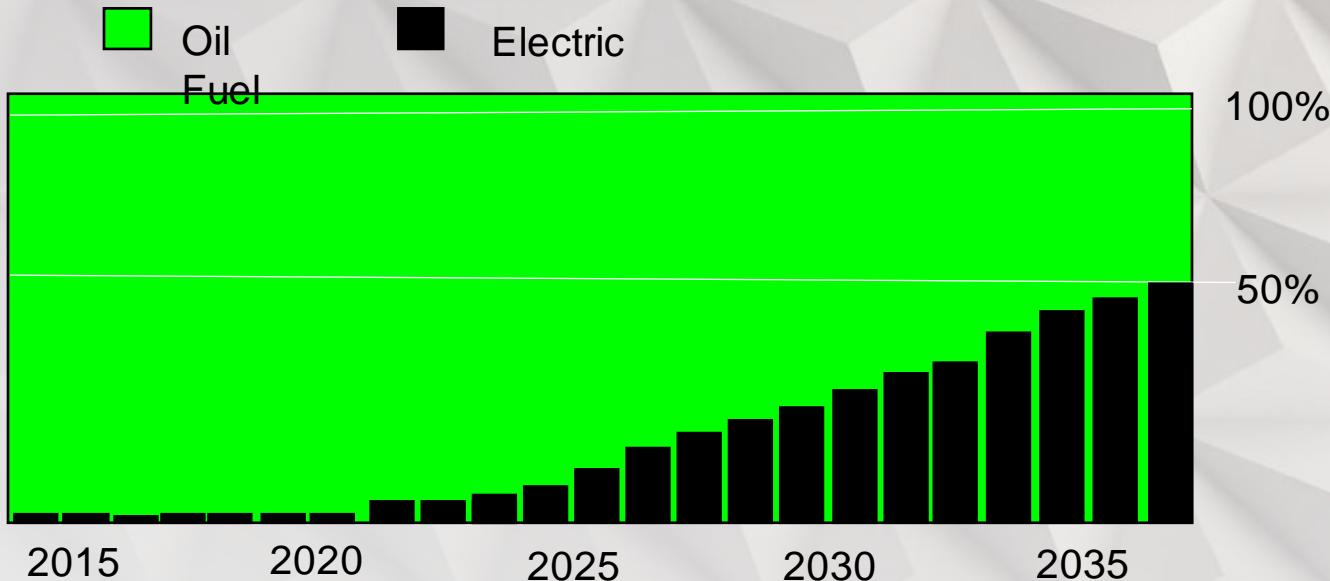
日々続々

日々刻々と………

1. 自動車を取り巻く環境

Oil Fuel Vehicle Electric Vehicle

いやいや、ICEはまだまだ必要！



1. 自動車を取り巻く環境

2. 日産自動車の取り組み

3. 自動車技術の進化

- 1) 電動化の推進
- 2) PWT商品に求められること
- 3) PWT商品の軽量化

4. Game Changer

2. 日産の取り組み



NISSAN
MOTOR CORPORATION

カーボンニュートラルへの 取り組みを推進

より競争力の高い効率的なEVの開発に向けた
バッテリー技術の革新

エネルギー効率をさらに
向上させたe-POWERの開発

再生可能エネルギーによる
分散型発電に貢献する
バッテリーエコシステムの開発

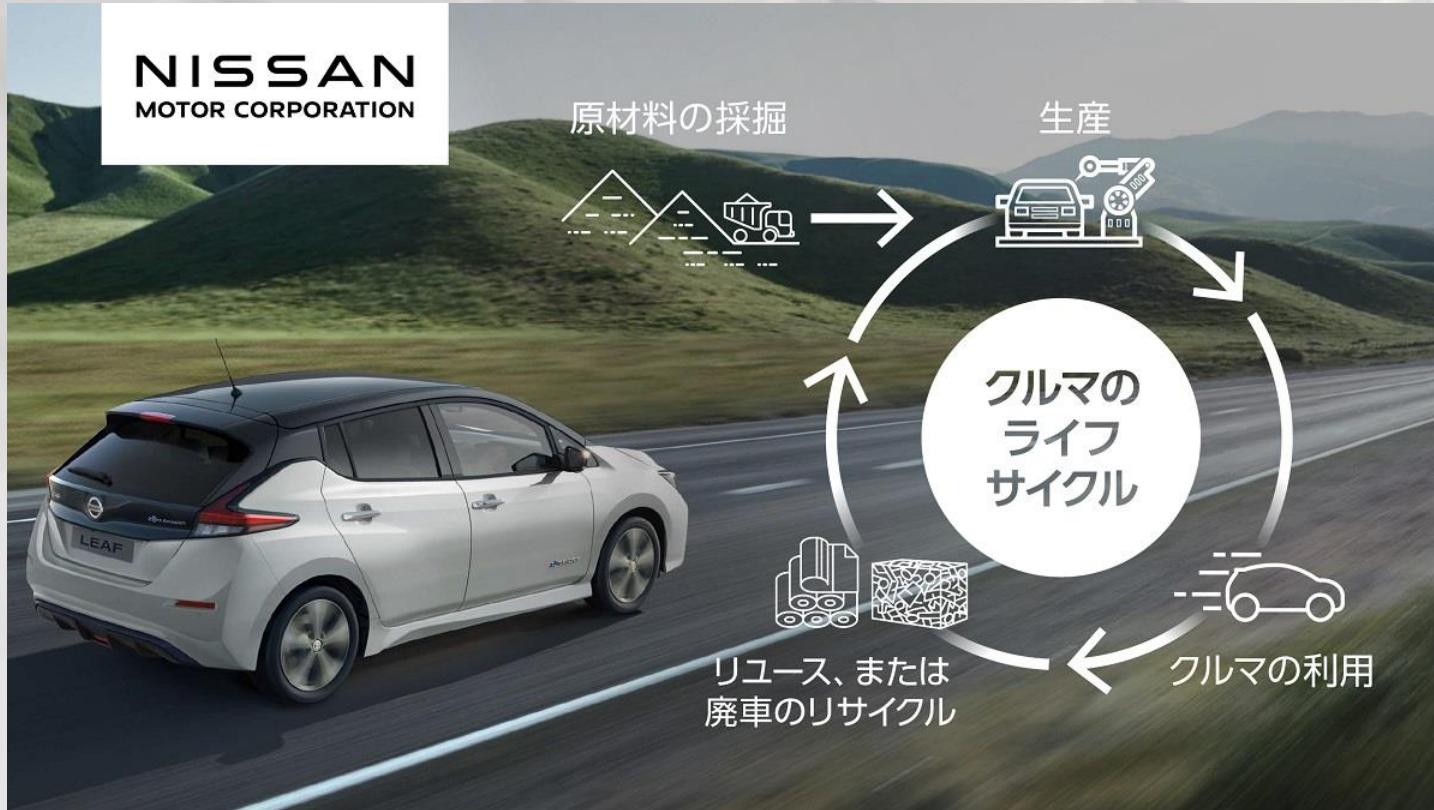
生産技術イノベーションによる
エネルギーと資源の利用効率向上

2050年 クルマのライフサイクルでのカーボンニュートラル実現

2030年代早期より、
主要市場で投入する
新型車すべてを電動車両へ

CO2排出量の削減や電動化技術の実用化など、これまでに環境対応と社会的価値の創出に向けて取り組んできた活動をさらに発展させ、この新たな目標に取り組んでいきます。

2. 日産の取り組み



そして、これらの取り組みにより、パリ協定の気候変動目標の達成や2050年のカーボンニュートラルに向けたグローバルな活動に貢献していきます。

2. 日産の取り組み：CO2削減方策

電動化の推進

- 電気自動車（EV）

- ハイブリッド車（e-POWER）



車両軽量化

- 高強度・軽量材料の採用
- 構造合理化



補機の効率向上

- 電動パワー
- ステアリング
- オルタネータ



エンジンの効率向上

- フリクション低減
- 部品軽量化
- 熱効率向上
- 希薄燃焼化
- 直噴化

駆動系の効率向上

- CVTの採用
- ATの多段化
- トルコンの効率向上
- ロックアップ領域の拡大

走行抵抗の低減

- 空気抵抗低減
- タイヤ転がり抵抗低減

2. 日産の取り組み：CO2削減方策

電動化の推進

- 電気自動車（EV）

- ハイブリッド車（e-POWER）



車両軽量化

- 高強度・軽量材料の採用
- 構造合理化



補機の効率向上

- 電動パワー
- ステアリング
- オルタネータ



エンジンの効率向上

- フリクション低減
- 部品軽量化
- 熱効率向上
- 希薄燃焼化
- 直噴化

駆動系の効率向上

- CVTの採用
- ATの多段化
- トルコンの効率向上
- ロックアップ領域の拡大

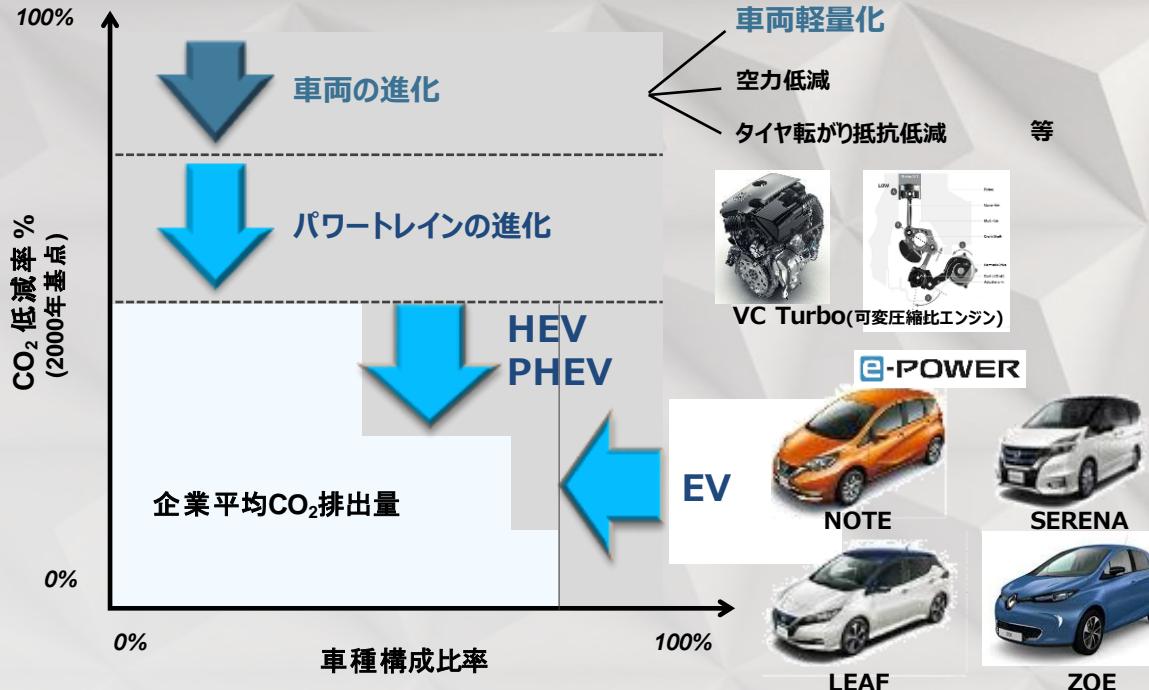
走行抵抗の低減

- 空気抵抗低減
- タイヤ転がり抵抗低減

2. 日産の取り組み

軽量化の必要性

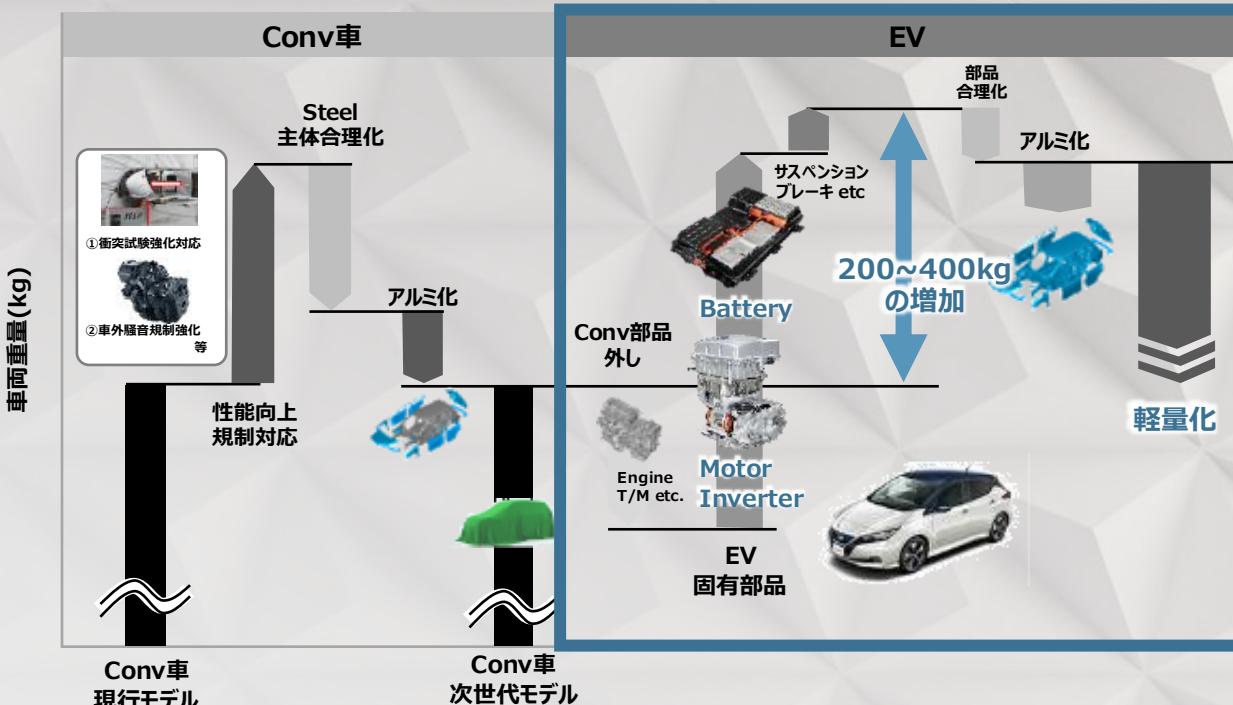
■ 軽量化は内燃機車・電動車含め全てに有効



2. 日産の取り組み

EV化における質量変動要因

- バッテリーやモーターによる質量増加のため軽量化が必要



2. 日産の取り組み

軽量化へのアプローチ



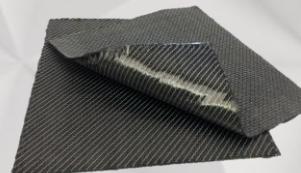
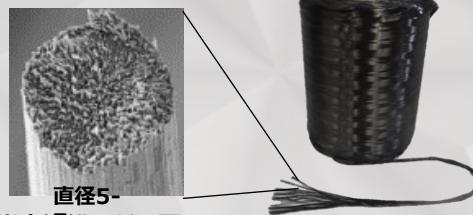
2. 日産の取り組み

軽くて強い炭素繊維強化プラスチック (CFRP[※])

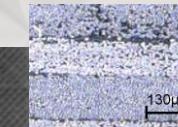
※CFRP : Carbon fiber reinforced plastic

- 強度や剛性に優れ、鉄に比べ約50%の軽量化
- 炭素繊維強化プラスチックCFRPは、炭素繊維を樹脂で固めたもの

<炭素繊維>



樹脂
硬化材



CFRP

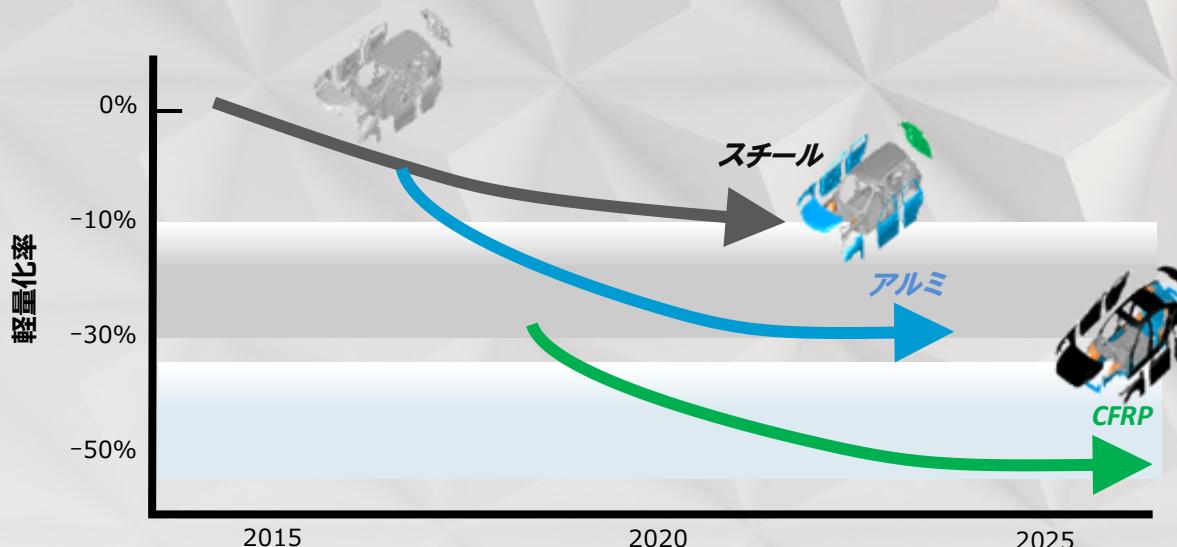
材料	比重	強度 (MPa)	比強度 (10 ⁴ m)	剛性 (GPa)	比剛性 (10 ⁶ m)
スチール	7.8	780	1.0	210	2.7
アルミ	2.7	370	1.4	72	2.7
CFRP	1.5	600-1,600	4.0-10.7	60-120	4.0-8.0

2. 日産の取り組み

軽量化と車体マルチマテリアル化

- 高強度スチールやアルミ、CFRPなど、材料の特性に合わせて、複数の材料を車体に適用することで更なる軽量化が可能

マルチマテリアル化



1. 自動車を取り巻く環境

2. 日産自動車の取り組み

3. 自動車技術の進化

- 1) 電動化の推進
- 2) PWT商品に求められること
- 3) PWT商品の軽量化

4. Game Changer

3-1. 自動車技術の進化 電動化の推進

zero Emission

BATTERY : エネルギー・体積・密度・軽量化

MTR: 小型・軽量・高回転(12000rpm⇒ ???)

Red(減速機): 低フリクション&静粛性

e-POWER



ENGINE: 熱効率向上・小型・軽量・高出力・静粛性

Generator: 小型・軽量・高効率

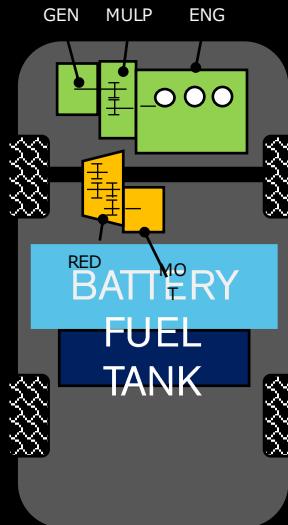
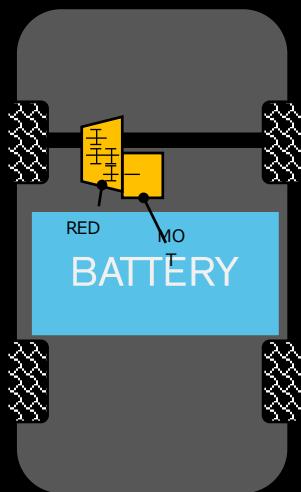
Mulp(增速機): 低フリクション&静粛性

3-1. 自動車技術の進化 電動化の推進

EV、e-POWER の構造

zero Emission

e-POWER



1. 自動車を取り巻く環境

2. 日産自動車の取り組み

3. 自動車技術の進化

- 1) 電動化の推進
- 2) PWT商品に求められること
- 3) PWT商品の軽量化

4. Game Changer

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

zero Emission

BATTERY : エネルギー・体積・密度・**軽量化**

MTR: 小型・**軽量化**・高回転(12000rpm⇒???)

Red(減速機): **軽量化**・低フリクション&静粛性

e-POWER



ENGINE: 熱効率向上・小型・**軽量化**・高出力・静粛性

Generator: 小型**軽量化**高効率

Mulp(增速機): **軽量化**・低フリクション&静粛性

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

zero Emission

BATTERY : エネルギー・体積・密度・軽量化

MTR: 小型・軽量化・高回転(12000rpm⇒???)

Red(減速機): 軽量化・低フリクション&静粛性

e-POWER



ENGINE: 熱効率向上・小型・軽量化・高出力・静粛性

Generator: 小型・軽量化・高効率

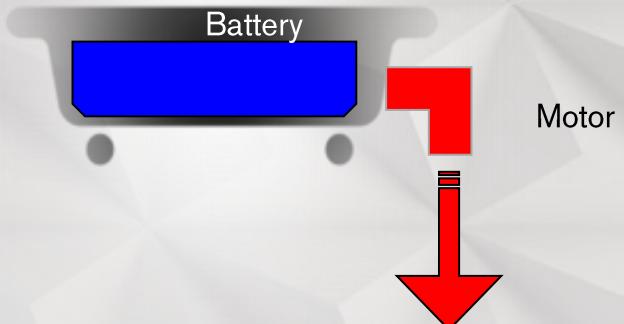
Mulp(增速機): 軽量化・低フリクション&静粛性

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

E-POWER

Engine + Generator

58KW



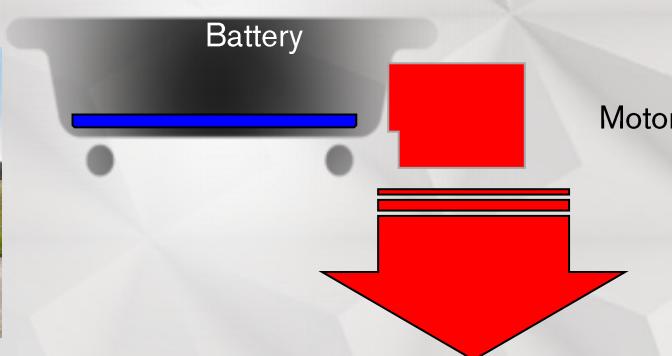
発電と出力がバランスとれている

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

E-POWER

Engine + Generator

58KW



瞬間的な大出力が必要 ⇒ Eur NA ..

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

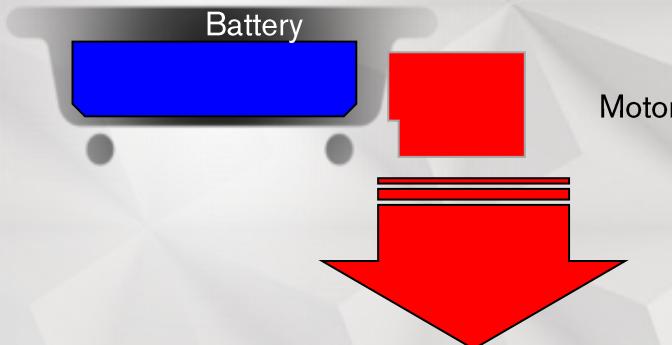
E-POWER

Engine + Generator

More Power!



発電に高出力が必要



瞬間的な大出力が必要⇒Eur NA・・

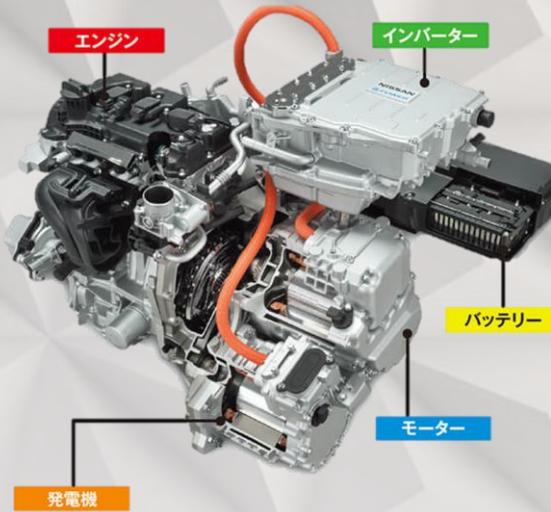
3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

ENGINEは、発電機？
ではなく進化が必要！！

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

静肃性

NVH



Noise=騒音

Vibration=振動

Harshness=乗り心地

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

[NVH] 車外音規制が大幅に強化！（予測）（走行時）

Phase3（2024）では、現行EVでも困難



EUR & JPN 規制

遮音対策として、
樹脂部品が大幅に
増加する。

	新型車	全車
Phase 1 : 72dB(A)	2016年10月1日	2022年9月1日（N2を除く）
Phase 2 : 70dB(A)	2020年9月1日(N2を除く) 2022年9月1日(N2に限る)	2023年9月1日（N2に限る）

N2: 貨物の輸送を目的とする自動車で、 $3.5t < \text{GVWR} \leq 12t$



ENGINE 放射音、駆動系振動 をシャットアウト必須！！

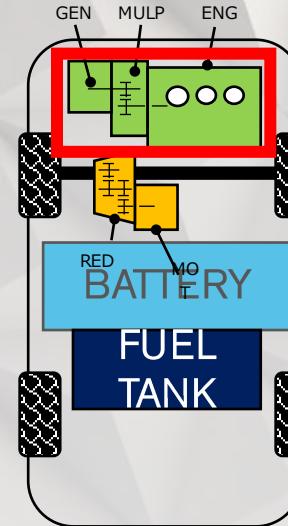
2024には、現行EVレベルより厳しい！！

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

Encapsulation

Weight : キャディーバッグ一個分

Cost : 〇四桁台



限られたエンジンコンパートメント
ダウンジャケット着せるようなモノ

樹脂成型部品のニーズが高い

3- 2. 自動車技術の進化 PWT商品に求められること

ICEの熱効率向上

軽量化

小型化

静粛性



適正なコスト

そして、魅力的な走りの実現

1. 自動車を取り巻く環境

2. 日産自動車の取り組み

3. 自動車技術の進化

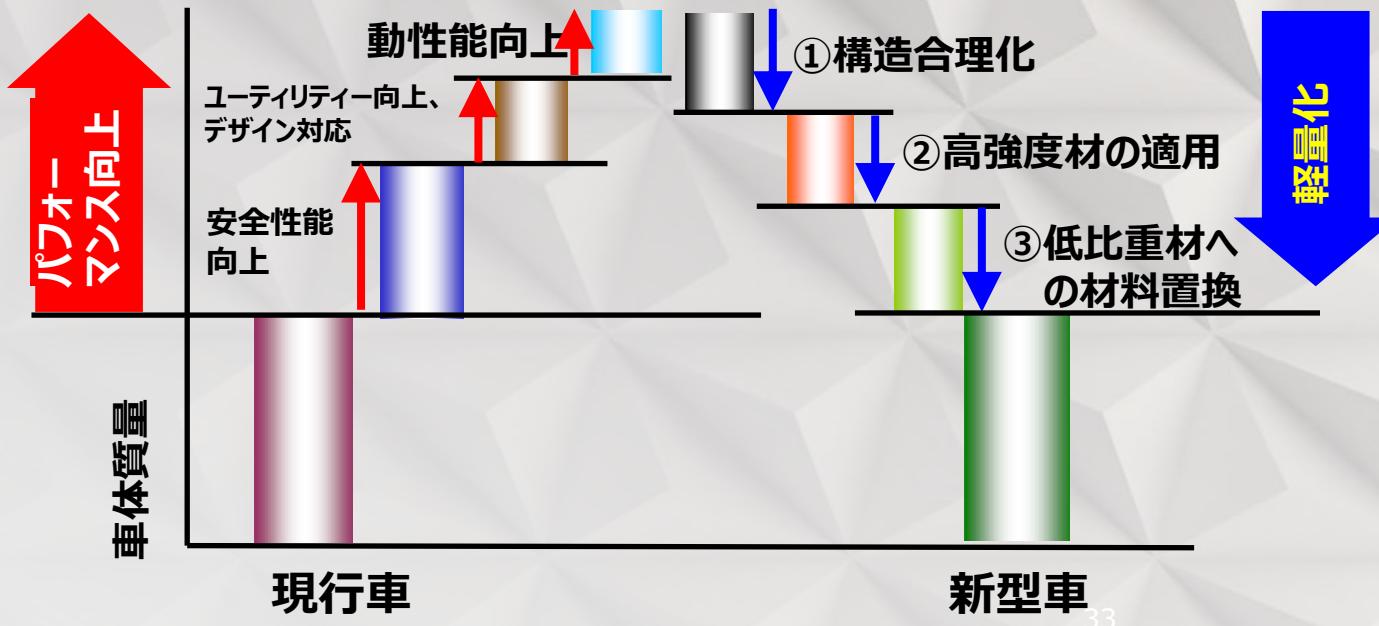
- 1) 電動化の推進
- 2) PWT商品に求められること
- 3) PWT商品の軽量化

4. Game Changer

3-3. 自動車技術の進化 PWT商品の軽量化

軽量化の考え方

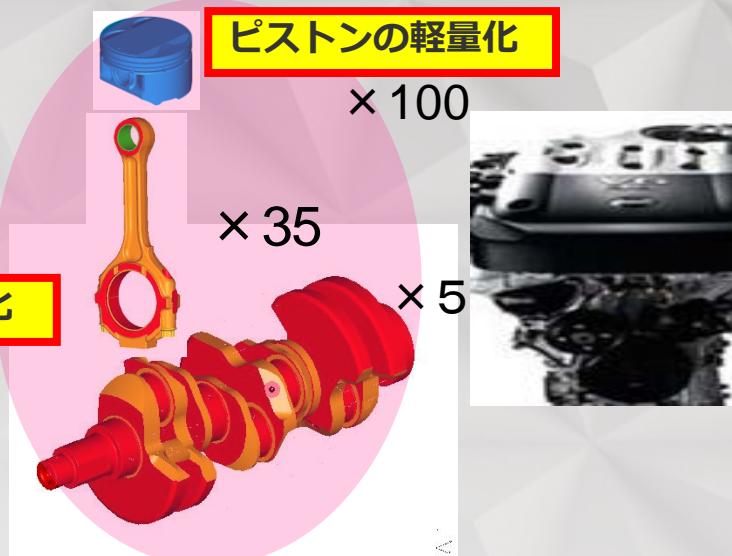
- モデルチェンジで「車両パフォーマンス目標を達成した上で、車体質量を如何に下げるか」が課題



3-3. 自動車技術の進化 PWT商品の軽量化

ユニット部品の軽量化はシステムの軽量化に波及し、
最終的には車両の軽量化に貢献する

主運動系部品



エンジン



車両



車体

エンジンマウント



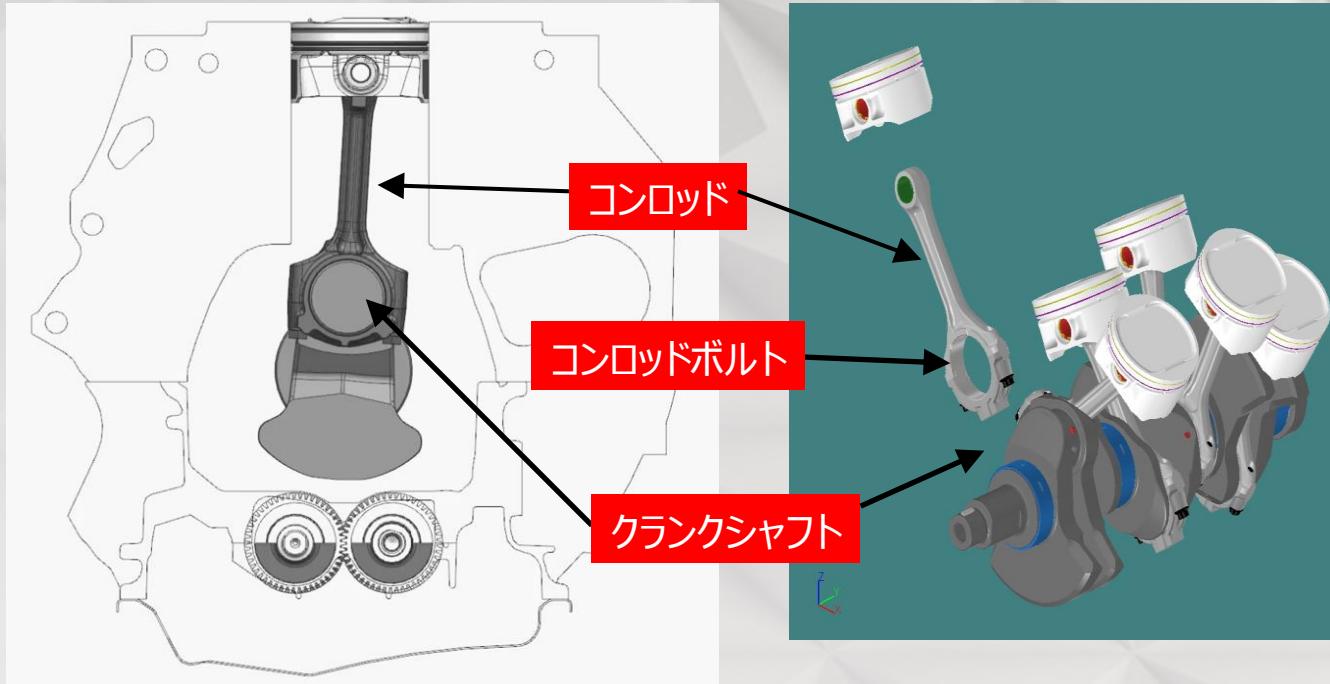
トランスミッショ



シャシー部品

3- 3. 自動車技術の進化 PWT商品の軽量化

エンジン用鋼材部品

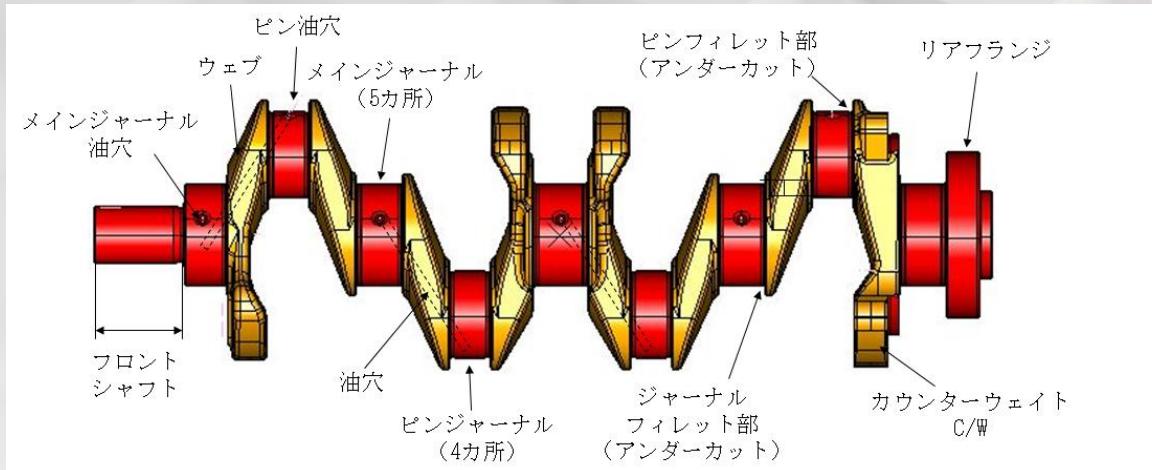


3-3. 自動車技術の進化 PWT商品の軽量化

エンジン用鋼材部品：クランクシャフト

クランクシャフトの設計

- クランクシャフトの主寸はエンジンシリーズの基本骨格を決定するため、最初の主寸検討が重要である
- 低フリクション、軽量化のため、各部の強度、剛性、周辺部品の成立性、設備投資への影響を考慮しながら、できるだけ**細軸・細幅化**することが有効である

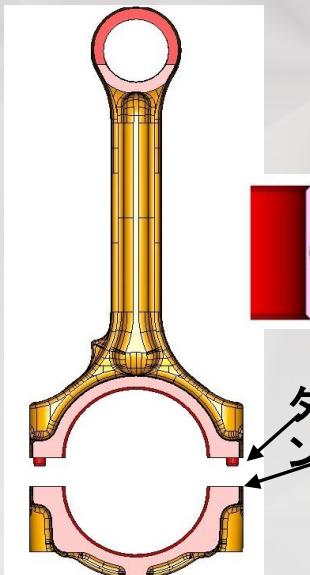


3-3. 自動車技術の進化 PWT商品の軽量化

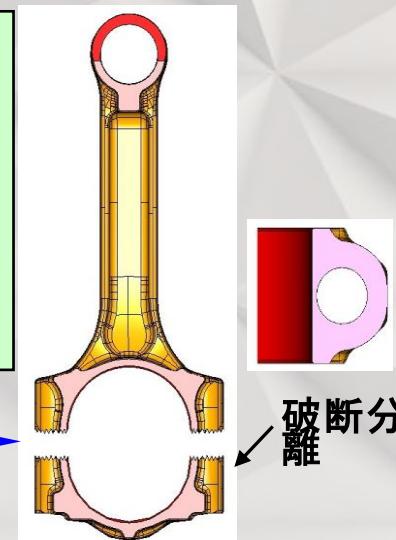
エンジン用鋼材部品：コンロッド

クラッキングコンロッド

【メリット】

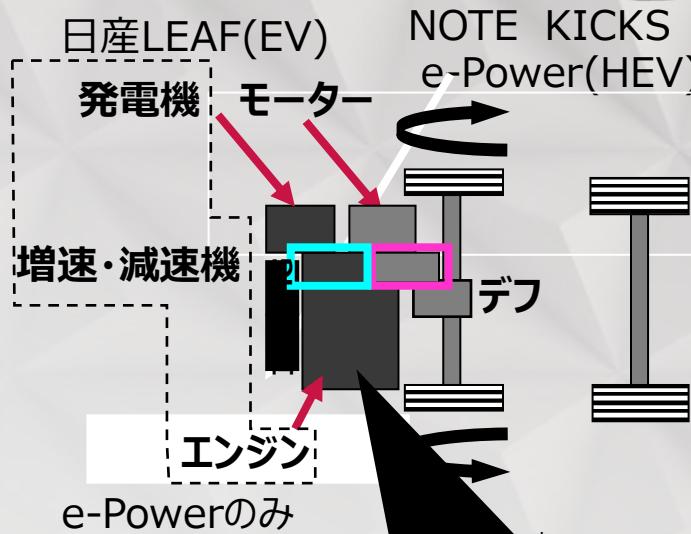


- 原価低減
 - ✓ 一体鍛造
 - ✓ 大端合せ面加工廃止
 - ✓ ダウエルピン廃止
- 燃費、音振性能向上
 - ✓ 大端部軽量化

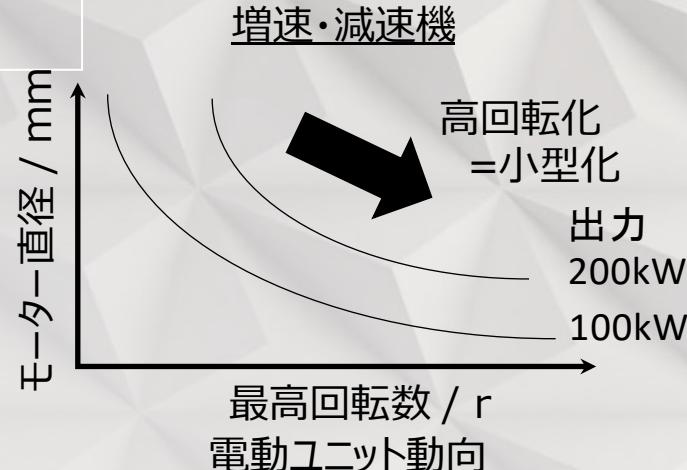


3- 3. 自動車技術の進化 PWT商品の軽量化

電動車では特に小型化=高回転化に対応できる駆動ユニットが必要である



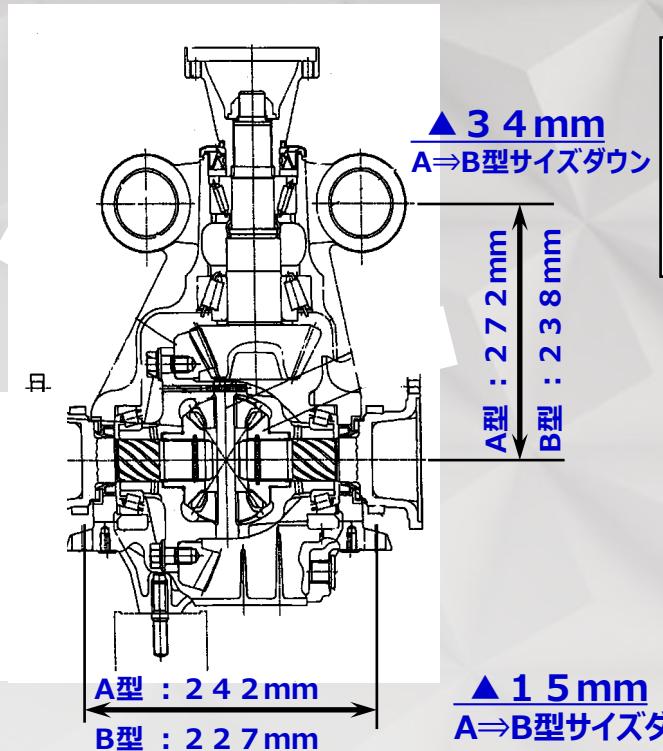
多数のユニットを効率よく
配置する必要あり->小型化・軽量化



3-3. 自動車技術の進化 PWT商品の軽量化

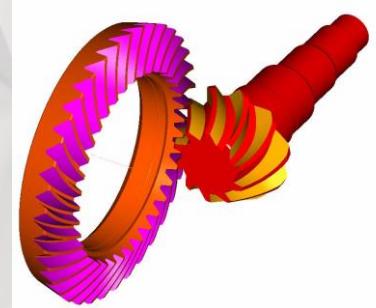
歯元疲労向上事例

■ファイナルドライブの小型軽量化



サイズダウン効果

軽量化……▲10kg/台
コストダウン……▲数千円/台
車両搭載性……▲15~30mm



ハイポイドギヤの高強度化

1. 自動車を取り巻く環境

2. 日産自動車の取り組み

3. 自動車技術の進化

- 1) 電動化の推進
- 2) PWT商品に求められること
- 3) PWT商品の軽量化

4. Game Changer

生産技術にGame Change を起こす

ADDITIVE MANUFACTURING

4. Game Changer

- Game Changeとは？ What's Game Change?
従来からのパラダイムを変換させ、行動様式や社会の制度を変えてしまう、**技術的変革や社会的変革**
Conversion of traditional paradigm, the behavioral style and social institution Change, technological change and social change
- Game Changerとは？ What's Game Changer?
大きく物事を**変えることができる** 人・モノ・コト
Can change things greatly · People · things ·
ひそかに生まれたモノが、数年を経て、突然現れたかに見え、あっという間にそれまでの日常が**別の何かに変化**する……
It seemed that the secretly born thing suddenly appeared after a few years, and in the meantime Everyday life changes to something different ...

商品・生産技術の
Game Changer となる

ADDITIVE MANUFACTURING

4. Game Changer

Chazm

・イノベーター(innovators)

新しい技術が好きで、実用性よりも新技術が好きな人。

・アーリー・アダプター(early adopters)

新しい技術によって、競合相手などを出し抜きたいと思っている人々。



・アーリー・マジョリティー(early majority)

実用主義で役立つなら新しい技術でも取り入れたいと思っている人など。

・レート・マジョリティー(late majority)

新しい技術は苦手だがみんなが使っているなら自分も使わなければと思う人たち。

・ラガード(Laggards)

新しい技術を嫌い、最後まで取り入れない人々。

それぞれの間に溝があり乗り越えなければならないが、特にアーリー・アダプターとアーリー・マジョリティーの間の大きな溝(キャズム)を乗り越えられるかどうかが、その製品が普及するか、一部の新製品マニアに支持されるにとどまるかどうかの一番の鍵である。

4. Game Changer

Standard ISO 17296-2:2015 (E)

1 - VAT Photopolymerization

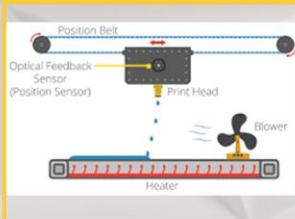


2 - Material Extrusion

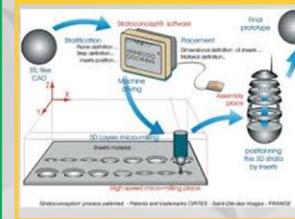


Mainly for Plastics

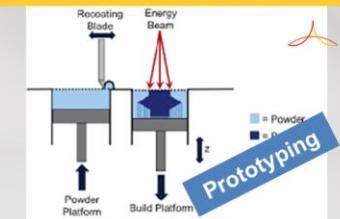
3 - Material Jetting



4 - Sheet Lamination



5 - Powder Bed Fusion



6 - Binder Jetting



7 - Direct Energy Deposition

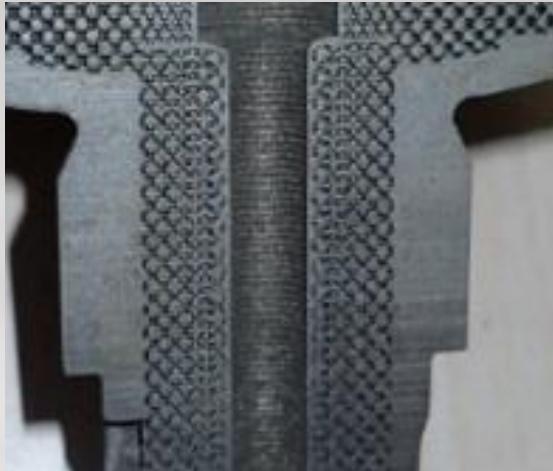


Mainly for Metals

4. Game Changer

例えば

こんなことが本当に出来る時代がくるのか？



軽量化 △63%
表面積 12.4倍

4. Game Changer

例えば 出来るようになってからやり始めても間に合うのか？

Parts integration

部品点数削減 14→1部品
工程数 18→5工程
製造コスト 50%減

Bionic design



Bird Bone
Structure

4. Game Changer

将来生産技術の動向(AM)

Future Production Technology Trends(Additive Manufacturing)

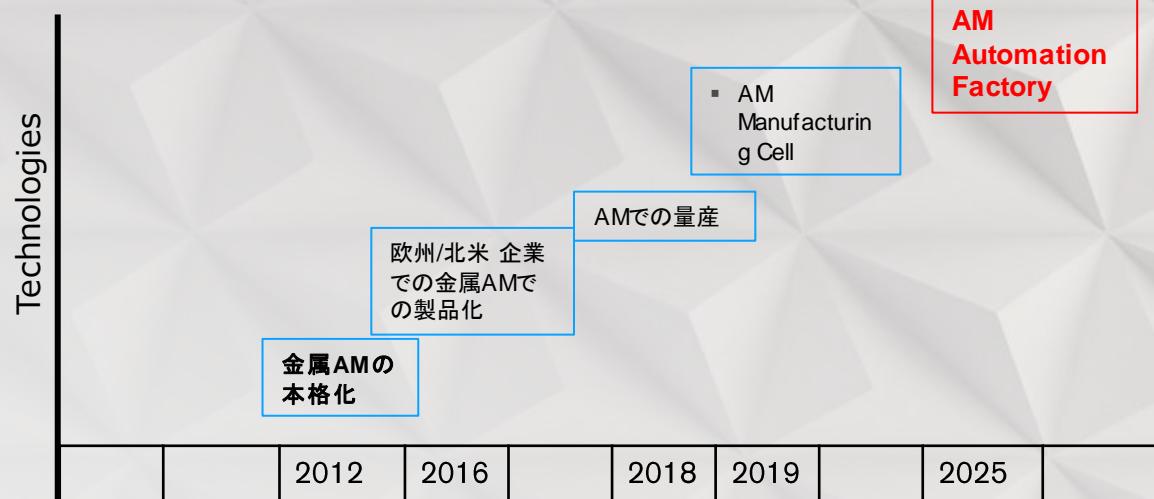
欧洲 北米 中国が
急速に動いている…
Euro NA PRC
moving rapidly · · ·

- ・量産用治具 Mass Production JIG
- ・予備部品 Spare Parts
- ・少量生産車部品 Small production car parts
- ・？？？？？？

4. Game Changer

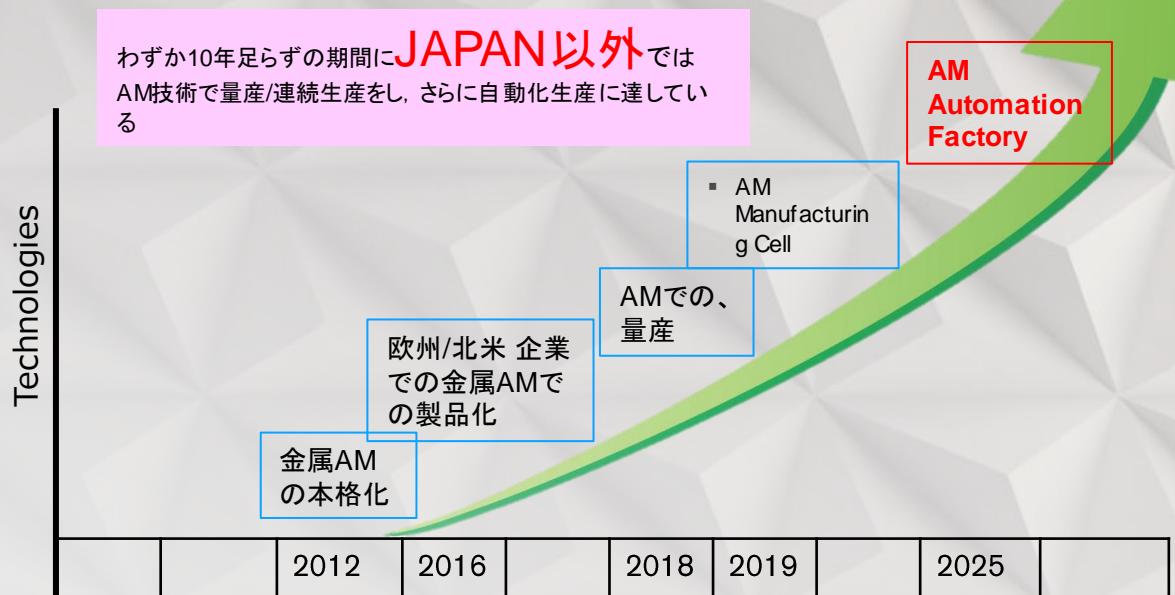
嘗てないほどのスピードで進む
イノベーション

わずか10年足らずの期間に諸外国はAM技術で量産/連続生産をし、さらに自動化生産に達している

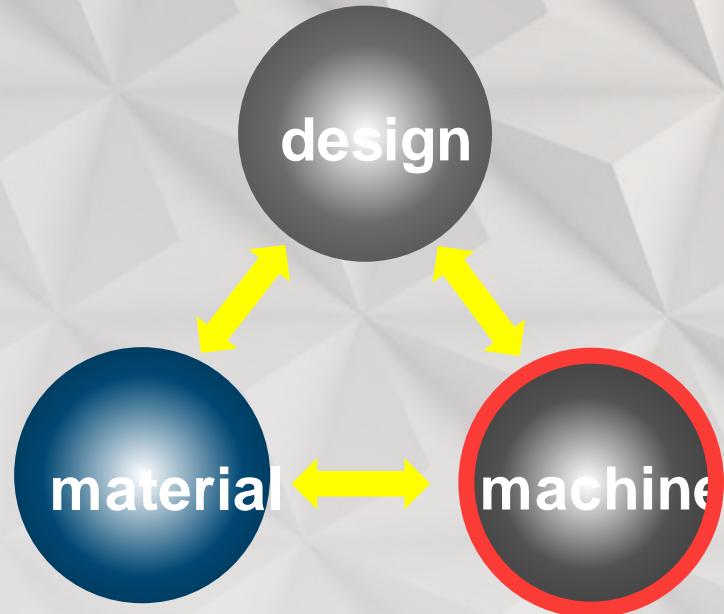


4. Game Changer

嘗てないほどのスピードで進むイノベーション



4. Game Changer



5. Game Changer

レーザーと電子ビーム



DMLS

(Direct Metal Laser Sintering)

EBM

(Electron Beam Melting)



4. Game Changer

その他方式



LMD (Leaser metal deposition)

最大速度 : 359cm³/h

最小造形幅 : 0.3mm

(レーザー出力 : 6 KW)

EB+ワイヤ添加方式

・車両BODYの金型製造

造形速度 : 700cm³/h

造形精度 : +2mm~6mm

ビード高さ : 0.5-5mm

造形速度は早い
精度は粗い

4. Game Changer

FDM(Fused Deposition Modeling)



焼結時の収縮を
専用ソフトで解析

FDM

焼結温度：1500°C (ステンレス)
収縮率： $< 20\%$
密度：99.7%

【材料種】
SUS316L
AL6061/7075
STEEL A-2/D-2
INCONEL625
Ti-6Al-4V

Investment Cost



Parts Cost

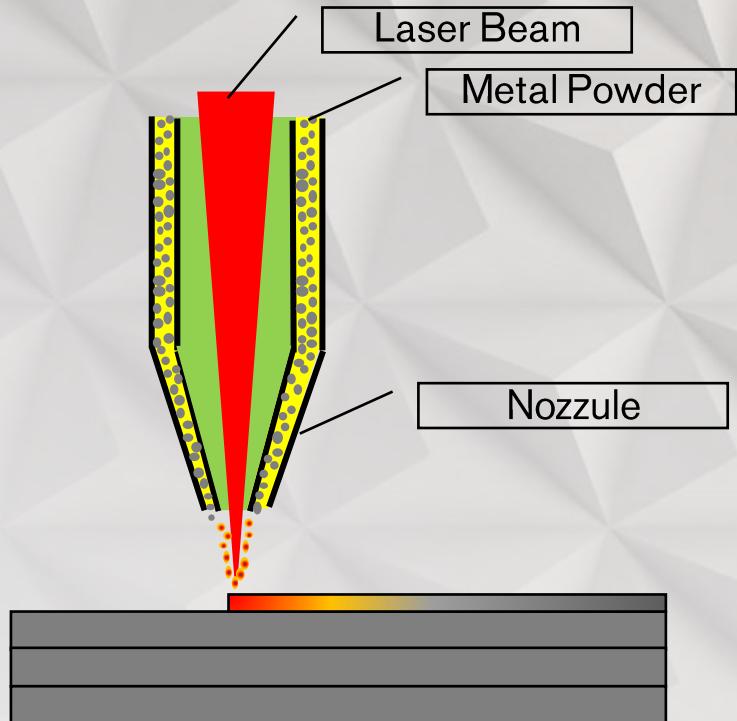


Injection Die Cost



造形速度は遅い
設備費用は安価
コストは安価
材料自由度は難

DED(Direct Energy deposition)



4. Game Changer

Binder-JET powder bed



○プロセス 造形サイズ：H330×W330×D330



2.4min/個 最速値

MIM材料適用 可

- ・安価
- ・新規開発不要

密度/機械強度

- ・Casting比 良
- ・異方性無し

STAINLESS STEEL	ALLOY STEEL	ALUMINIUM	HEAVY ALLOY
316L (Austenitic)	4140 (Chrome Moly)	2024*	Tungsten Heavy Alloy
17-4 PH	4605 (FNO2)	6061*	Veloxint HardMetal
15-5 (PH)			
303 (Austenitic)			
316L Duplex			
410 (Martensitic)	Hastelloy	D2	TITANIUM
420 (Martensitic)	MP35N (Ni Co Cr Mo)	M2	Ti64*
430 (Ferritic)			Commercially Pure Titanium*
440 (Martensitic)			

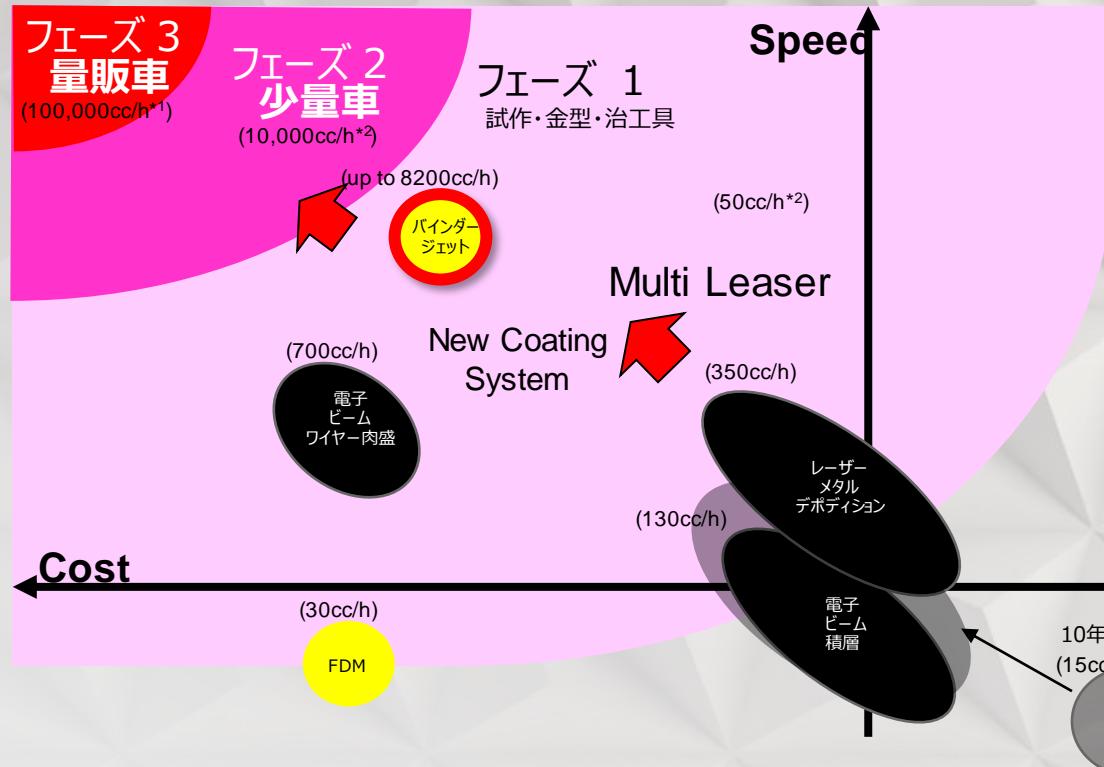
現状30種以上

造形速度は速い
設備費用は安価
コストは安価
材料自由度は高

5. Game Changer

造形速度 vs COST

既存工法: 時間当たり100Lの造形速度

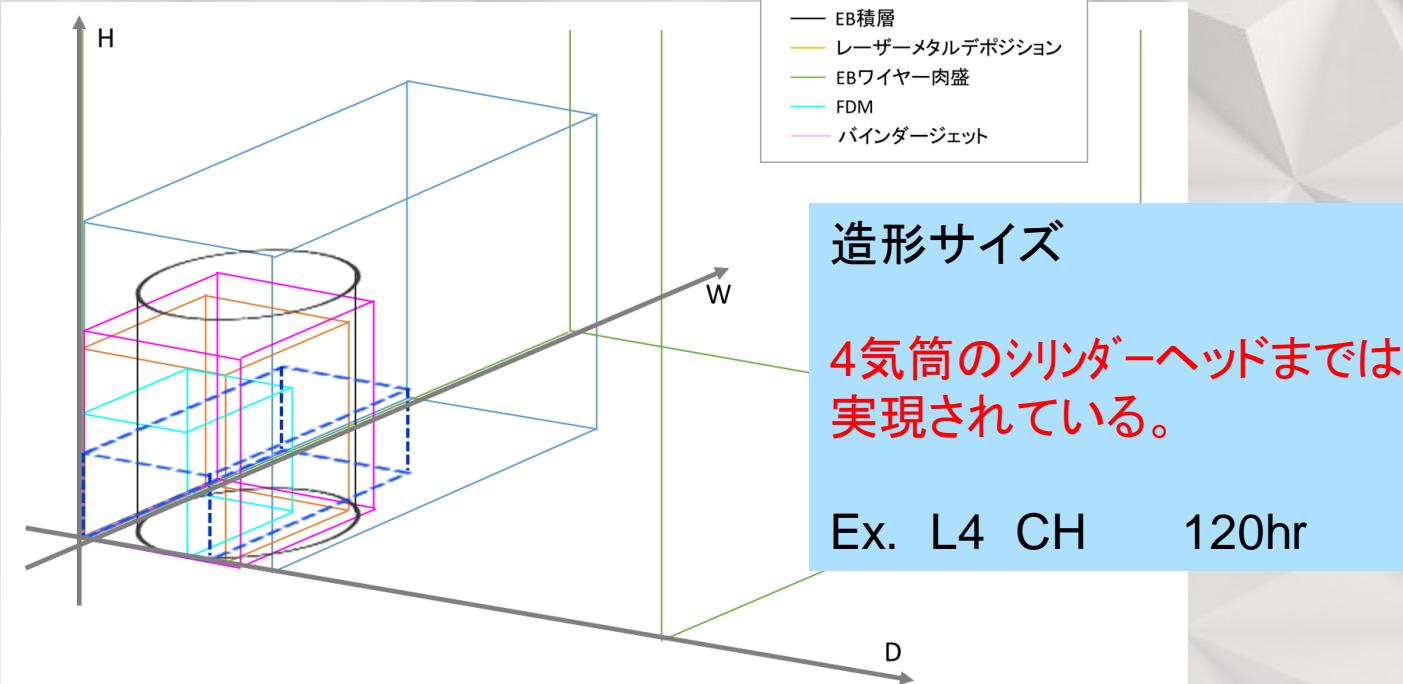


4. Game Changer

造形サイズ

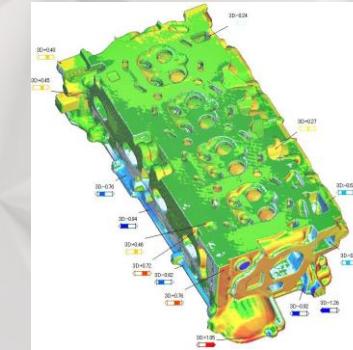
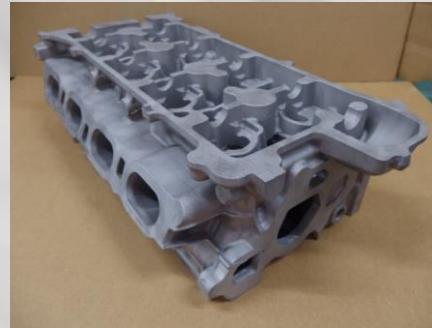
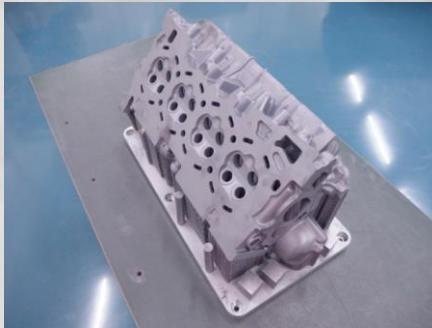
現状、C/HEADサイズが造形可能なのは、レーザー積層とEBワイヤー肉盛のみ。
自動車産業をターゲットとした装置開発はレーザー積層式が主流。

最新 1200mm～の大型装置もリリース



4. Game Changer

Current Work - Examples Prototyping of a Cylinder Head



AIM: Speed up design cycle 3 months to 2 week

CAD
Process Simulation

Print
AISi10Mg @ SLM500

Heat Treatment
T5
240°C x
2hr

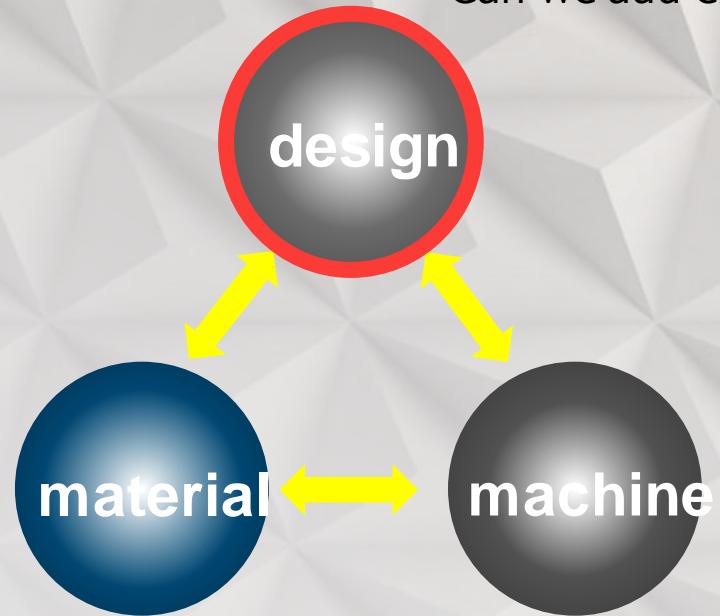
Machine
Incl.
support
removal

Quality Check
Mechanical Properties
Dimensional Accuracy

開発初期の、バリエーション比較が短期にできる！

4. Game Changer

Can we add extra value?

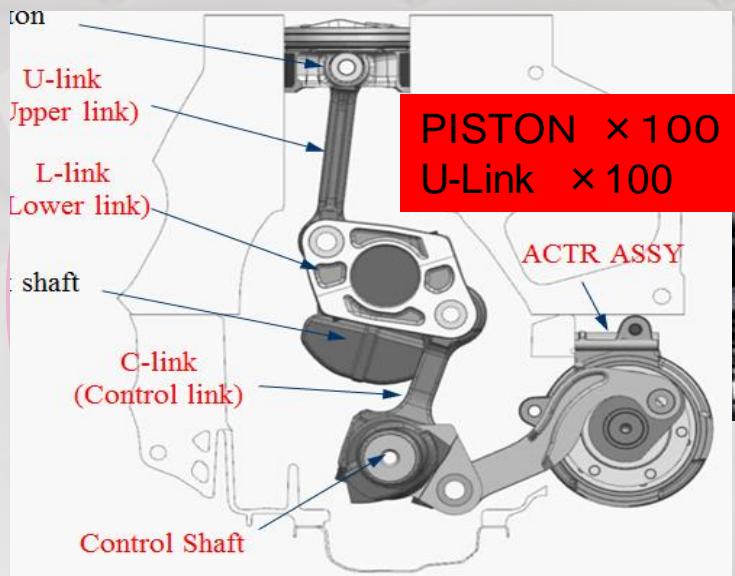


4. Game Changer



- ユニット部品の軽量化はシステムの軽量化に波及し、最終的には**車両の軽量化**効果をもたらす

主運動系部品



エンジン

車両

車体



エンジンマウント



トランスミッション



シャシー部品

エンジンの軽量化

車両の軽量化

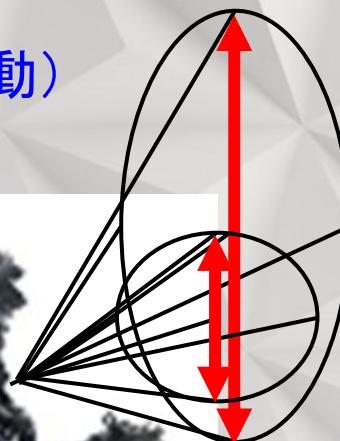
4. Game Changer

主運動系の軽量化

Pitch + Yowの低減⇒V(振動)



Pitch — Moment



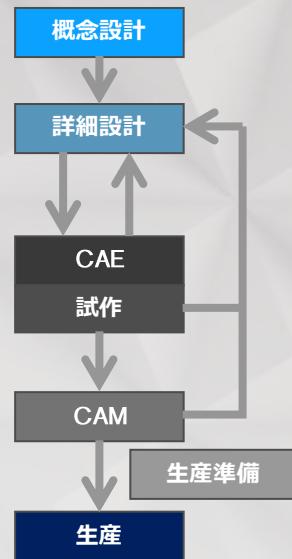
Yow—Moment

振動を抑止することで、静肃性を向上

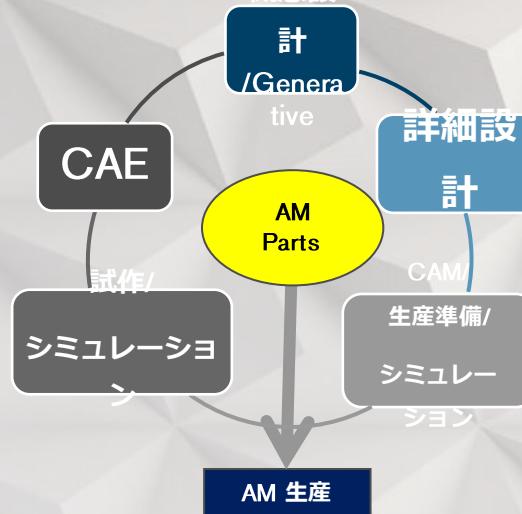
4. Game Changer

Transformation in Design stage

- 従来設計フロー
加工条件に伴った設計



- AM設計フロー
最適な部品選択が重要

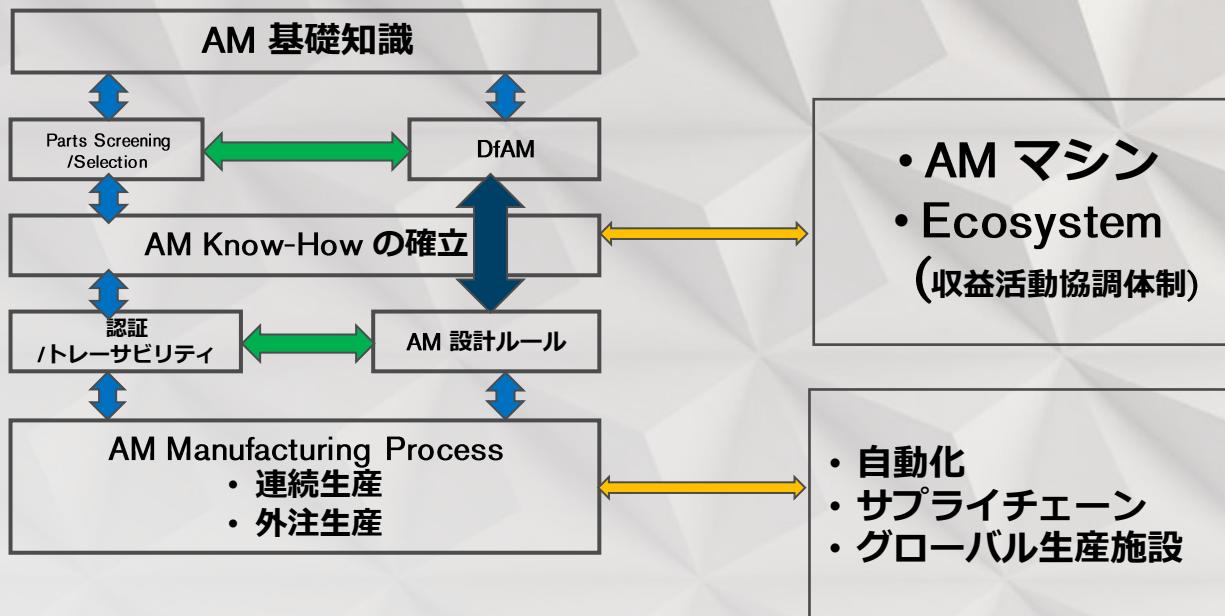


設計限界を生産が極めていた ≒ 生産要件が**設計制約**を造っていた！！

4. Game Changer

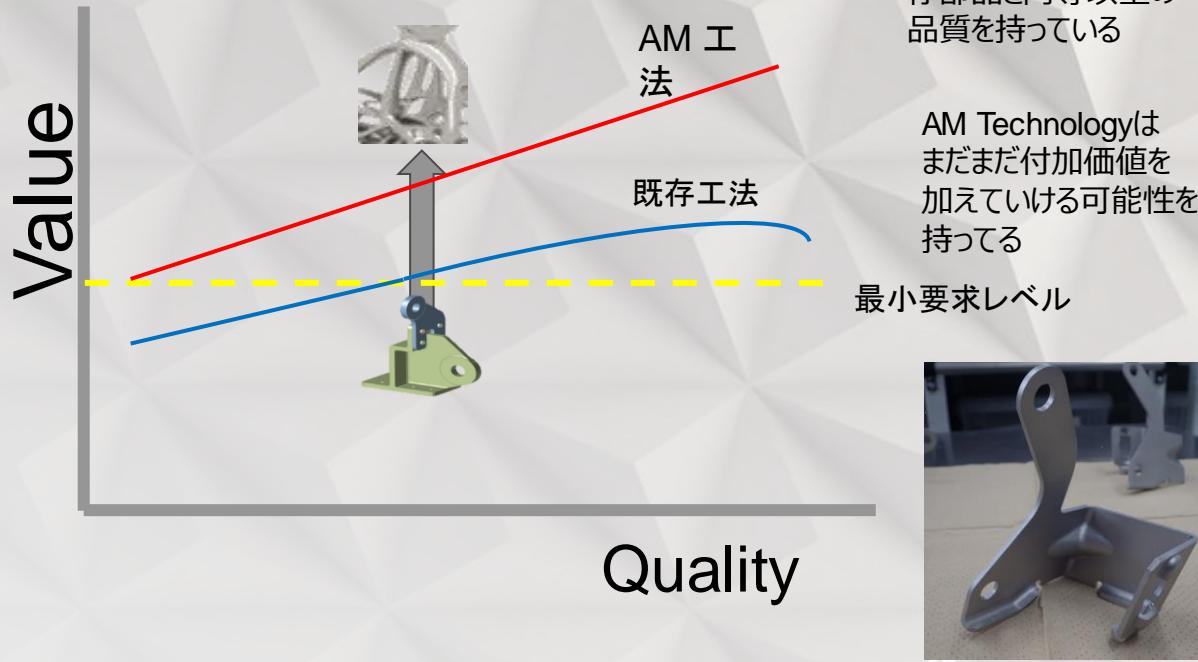
AM推進における成功スキーム

AM設計・製造プロセスの構築に必要な仕組み作り



4 . Game Changer

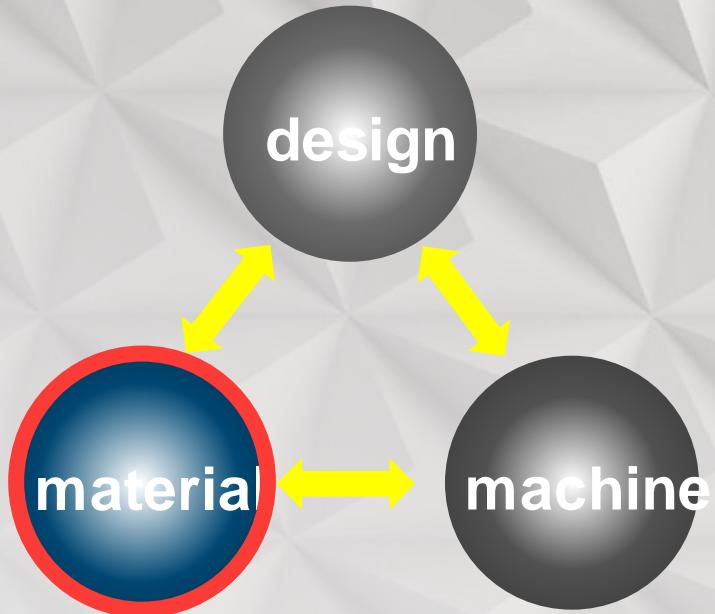
AM parts quality level start from Conventional parts



4. Game Changer

		設計	
		従来形状	最適形状
要求特性	静的強度	<ul style="list-style-type: none">✓ EOP部品(Service Heritage)<ul style="list-style-type: none">-ブレーキホースブラケット-ワインカーブラケット-ストライカー、ヒンジブラケット	<ul style="list-style-type: none">✓ 意匠部品<ul style="list-style-type: none">-操作系部品 (パドルシフト、シフトノブ)-内装部品 (加飾部品)
	動的強度	<ul style="list-style-type: none">✓ 鋳造・鍛造・焼結部品からの置き換え <p>Speed</p>	<ul style="list-style-type: none">✓ 軽量化<ul style="list-style-type: none">-主運動系部品✓ 熱性能向上<ul style="list-style-type: none">-高効率H-Ex

4 . Game Changer



4. Game Changer

剛性 (Rigidity or Stiffness)

剛性は、物体の変形のしにくさ(しやすさ)を表す値

- ・弾性係数 (Young's modulus)

⇒材質による固さ、(堅さ) Rigidity

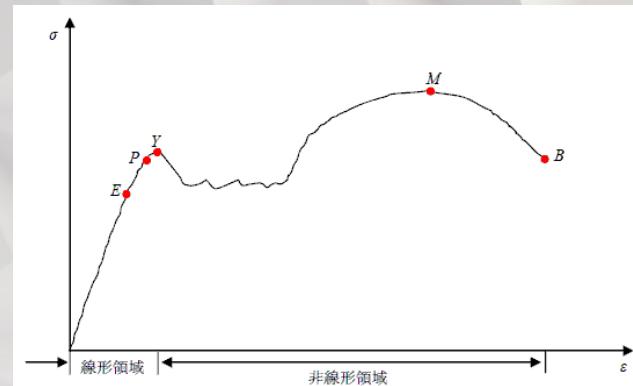
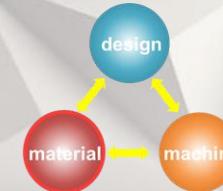
- ・断面二次モーメント

⇒構造による固さ、(堅さ) Stiffness

工学的には硬さといったら表面の局所的なことを指します。

同じ素材の細い棒と太い棒、太いほうが剛性は高いが硬さは同じ。

剛性は曲がりにくいこと、硬さ(硬度)
は傷つきにくい、削れにくいこと。



σは応力度(曲げ応力度又は軸応力度)

Eはヤング係数

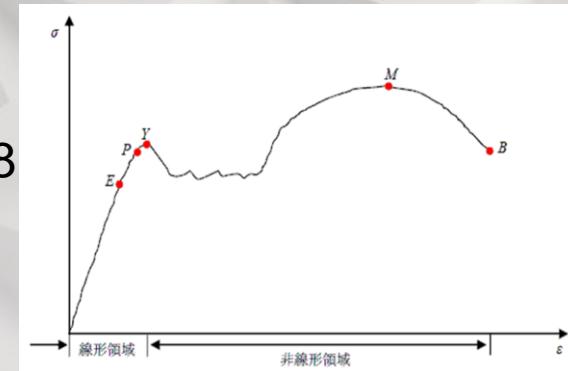
εはひずみ(ひずみ度)

4. Game Changer



E:Young's modulus	specific gravity
Steel : 203~206GPa	7.85
Cast Iron: 100~176GPa	7.2
Al : 69~74GPa	2.7
Ti : 106GPa	4.51
WC: 534.4GPa	13.5~18

σ は応力度(曲げ応力度又は軸応力度)
Eはヤング係数
 ε はひずみ(ひずみ度)



Young's modulus is very important for thinking about lightening!
軽量化を考えるうえで、ヤング率がとても重要！

4 . Game Changer

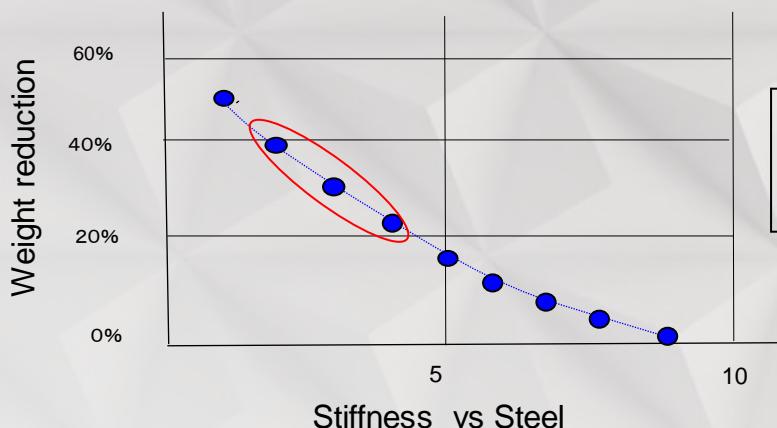
	Steel	Al
E:young's modulus(GPa)	203	71
ρ:density	7.85	2.65

断面二次モーメントは3乗の効果

$$K = E \times I/L$$

$$I = 1/12 \times b \times h^3$$

3倍の剛性
30%の軽量化

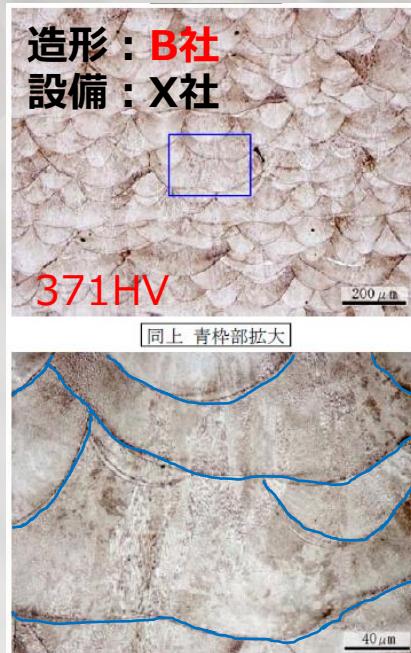
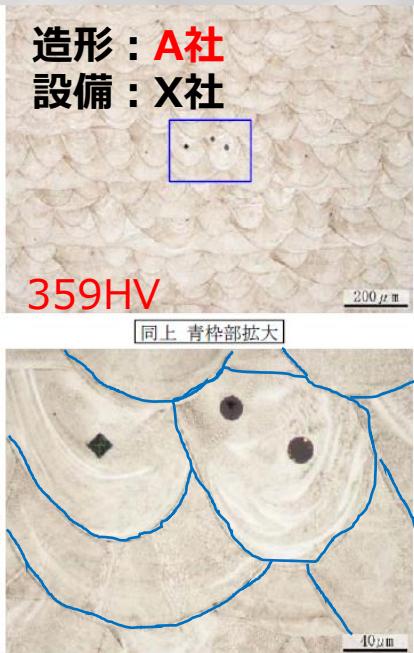


設計自由度により断面二次モーメントを最大化こと！

4. Game Changer

SLM方式による組織の状況

Maraging 鋼



INPUT

レーザー出力
スキャンパターン
スキャン速度 etc

OUTPUT

ミクロ組織
残留応力
欠陥・偏析

造形パラメータにより
組織が異なる

造形条件により強度が決まる

材料毎に最適条件が異なる

4. Game Changer

既存のマテリアルの条件は？

- ⇒安全であること
- ⇒要求機能を満たせること
- ⇒生産が可能であること
- ⇒コストが最適であること
- ⇒調達が可能なこと

.....



AM工法とデザインによる 新材料開発！

4. Game Changer

AMの成功要因

Key Success Factor
Additive Manufacturing

- ・断面二次モーメント最大化の設計手法
- ・加工点が増えるほど、Speed Up !
- ・切削加工を懸念しない材料選定 !
- ・積極的な表面改質 !

総合格闘技

Mixed Martial Arts

全ての基本生産技能・技術の**集大成**

材料技術

鋳造技術

塑性加工技術

接合溶接技術

表面改質技術

機械加工技術

締結技術

塗工技術

型制作技術

保全技術

計測技術

CAE技術

AUTODESK UNIVERSITY

Autodesk およびオートデスクのロゴは、米国およびその他の国々における Autodesk, Inc. およびその子会社または関連会社の登録商標または商標です。その他 のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。