

2015年3月14日(土)  
於:同志社大学室町キャンパス  
主催:日本安全保障貿易学会

## 日本安全保障貿易学会第19回研究大会 「3Dプリンタの現状と将来」

---

# 3Dプリンタの技術動向

---

近畿大学工学部ロボティクス学科・教授  
次世代基盤技術研究所3D造形技術研究センター・所長  
技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構  
(TRAFAM)プロジェクトリーダー  
京極 秀樹

1. はじめに
2. 産業用3Dプリンタの開発動向
  - 2.1 三次元積層造形(AM)技術の変遷
  - 2.2 AM技術開発への海外の取組み状況
  - 2.3 なぜ、産業用3Dプリンタ開発が必要か
  - 2.4 最新の金属3Dプリンタ開発動向
  - 2.5 先進活用事例
3. 3Dプリンタによるものづくり戦略
  - 3.1 国プロの開発状況
  - 3.2 新たな“ものづくり”の在り方
  - 3.3 次世代3Dプリンタ技術によるものづくり
  - 3.4 3Dプリンタの輸出管理等における考慮点
4. おわりに

## 我が国の現状はどうか？

- 情報収集の段階から利用の段階へ
- プラスチック用3Dプリンタは普及してきた
  - ・ 低価格で、リスクも小さい
  - ・ 使用範囲が、明確になってきた
- 金属用3Dプリンタは、導入台数が少ない



3Dプリンターは使い物になるのか？  
導入すべきか？？？  
導入するには、高価すぎる？

## 3Dプリンタで何ができるか？

**これまで作製できなかった製品ができる！**

- ・他の加工法で難しい三次元複雑形状品の製造が可能
- ・表面・内部構造表現
- ・傾斜構造 ...



タービンブレードの例

(SLM Solutions GmbHの好意による)



軽量冷却管

((株)ホワイトインパクトの好意による)



人工股関節用インプラント

(ナカシマメディカル(株)の好意による)

**しかし、何でもできるわけではない！**

許可なく複製・引用することを禁ずる

## 現状はどうなのか？

- プラスチックと金属材料では技術的内容は、大きく異なる
  - ・プラスチックは、ほぼ確立された技術
  - ・金属材料は、まだ技術的課題は多い
- 現状の装置性能では限界
  - ・最終製品を得るには、精度、造形速度などに限界
- ソフトウェアについても、問題あり
  - ・操作性、サポート作製など
- 新たな材料開発についても必要



**新たな装置、ソフトウェア及び材料開発必要**

## どのような視点でとらえるべきか？

■ **デジタルマニファクチャリング**における  
重要な加工ツール

■ **3Dプリンタ**の位置づけ

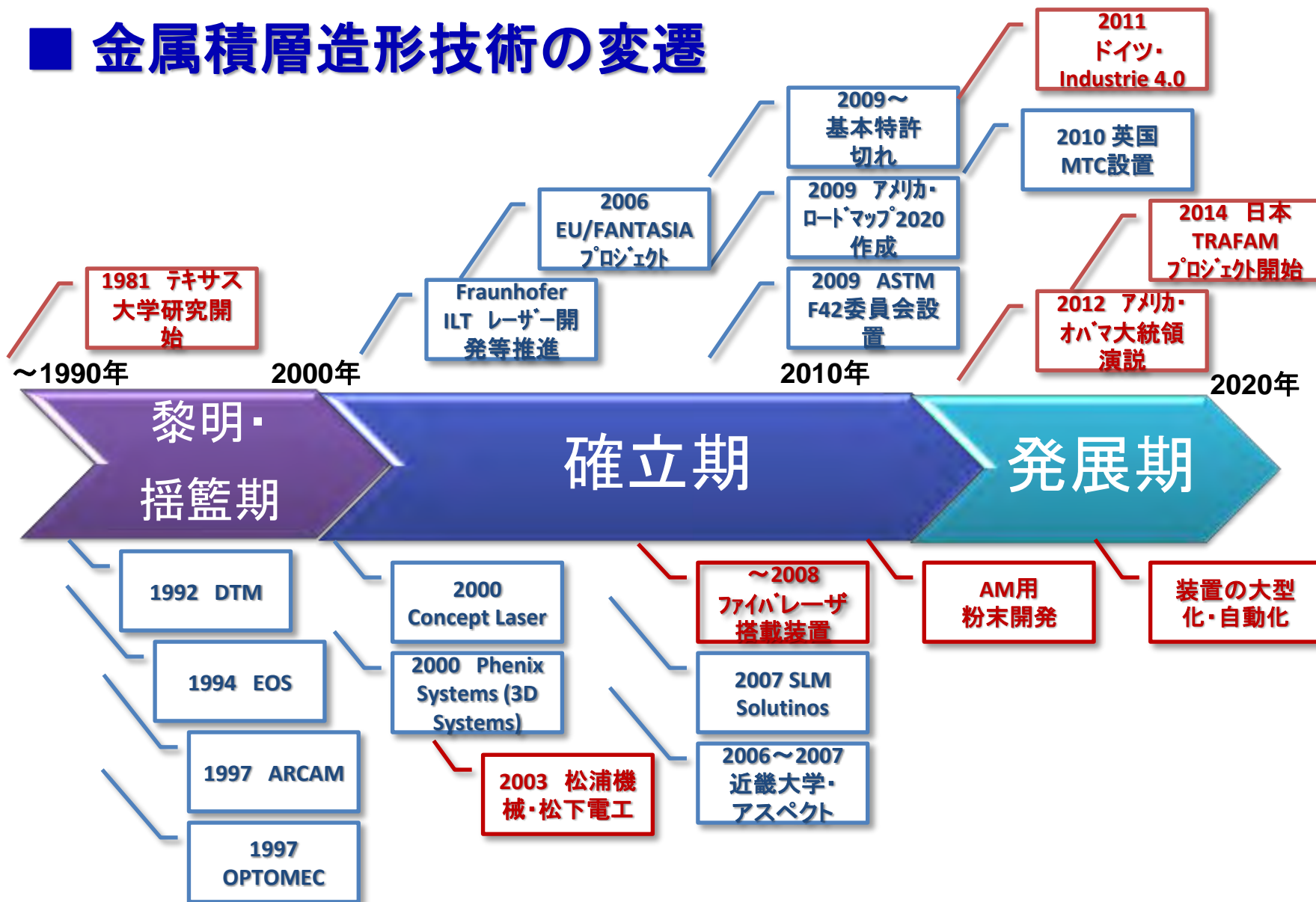
“**第4の産業革命**”、ドイツ “**Industrie 4.0**”

- “**Cyber-Physical Systems**”
- “**Smart Factory**”
- **標準化 & ICT**
- **一つの重要な加工ツール**

## 2. 産業用3Dプリンタの開発動向

# 2.1 三次元積層造形(AM)技術の変遷

## ■ 金属積層造形技術の変遷





### ■ アメリカ

- ・America Makesを中心とした研究開発、人材育成
- ・ASTM F42委員会による規格化への取組み

### ■ ドイツ

- ・ Fraunhofer研究所を中心とした研究体制
- ・ Paderborn大学研究拠点
- ・ ISOへの取り組み

日経産業新聞「ノーベル賞はいらない」  
ドイツ、産業革命4.0の砦 (2014/01/06)

今、日本の政財界がひそかに注目する研究所がドイツにある。フラウンホーファー研究所。ドイツが国を挙げて進める「インダストリー4.0」を支える。

### ■ イギリス

- ・ MTC設置
- ・ Sheffield、Nottingham、Loughborough大学等研究拠点

### ■ 中国

- ・ 精華大学：電子ビーム装置開発

- **3Dプリンタの製造技術の獲得・展開**
  - ・デジタルマニュファクチャリングの重要なツールである**3Dプリンタの製造技術の獲得**
  - ・世界の金属3Dプリンタ生産能力は、まだ低い
  - ・さらなる高機能化が必要
- **設計・製造技術の革新**
  - ・トポロジー最適設計
  - ・軽量化構造の採用による機能化設計
  - ・シミュレーション利用による最適設計
- **3Dプリンタによる製造技術の革新**
  - ・製品の短納期化・低コスト化
  - ・従来の加工法ではできない**製品の高機能化**

### ■ 積層造形技術の分類

- ラピッドプロトタイピング (RP: Rapid Prototyping)
- ラピッドマニファクチャリング (RM: Rapid Manufacturing)
- **アディティブマニファクチャリング (AM: Additive Manufacturing)**

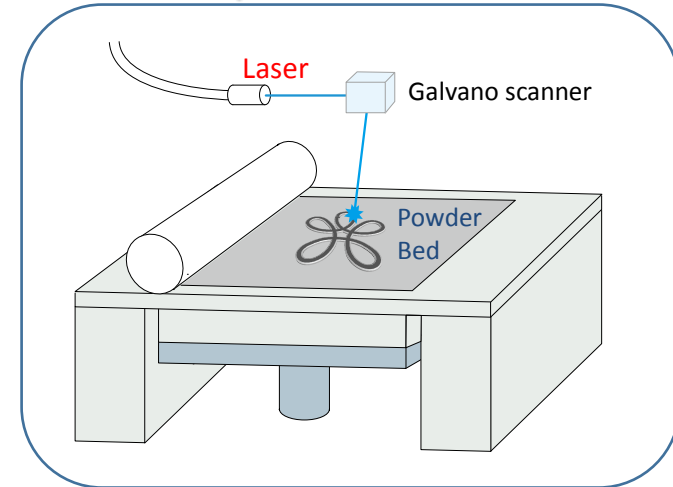
### Additive Manufacturing Categories

As defined by ASTM F42 Committee

Category	Description
Binder Jetting	Liquid bonding agent selectively deposited to join powder
Material Jetting	Droplets of build materials selectively deposited
<b>Powder Bed Fusion</b>	<b>Thermal energy selectively fused regions of powder bed</b>
<b>Directed Energy Deposition</b>	<b>Focused thermal energy melts materials as deposited</b>
Sheet Lamination	Sheet of material bonded together
Vat Photopolymerization	Liquid photopolymer selectively cured by light activation
Material Extrusion	Material selectively dispensed through nozzle or orifice

### ■ 粉末床溶融法 (Powder Bed Fusion)

- SLS (Selective Laser Sintering)
- SLM (Selective Laser Melting)  
EOS (Electro Optical Systems),  
Concept Laser, SLM Solutions,  
3D systems, Renishaw, Realizer



粉末をブレードあるいはローラーなどでならし、できた粉末床をレーザーあるいは電子ビームで焼結・溶融する工程を繰り返しながら積層造形する方法

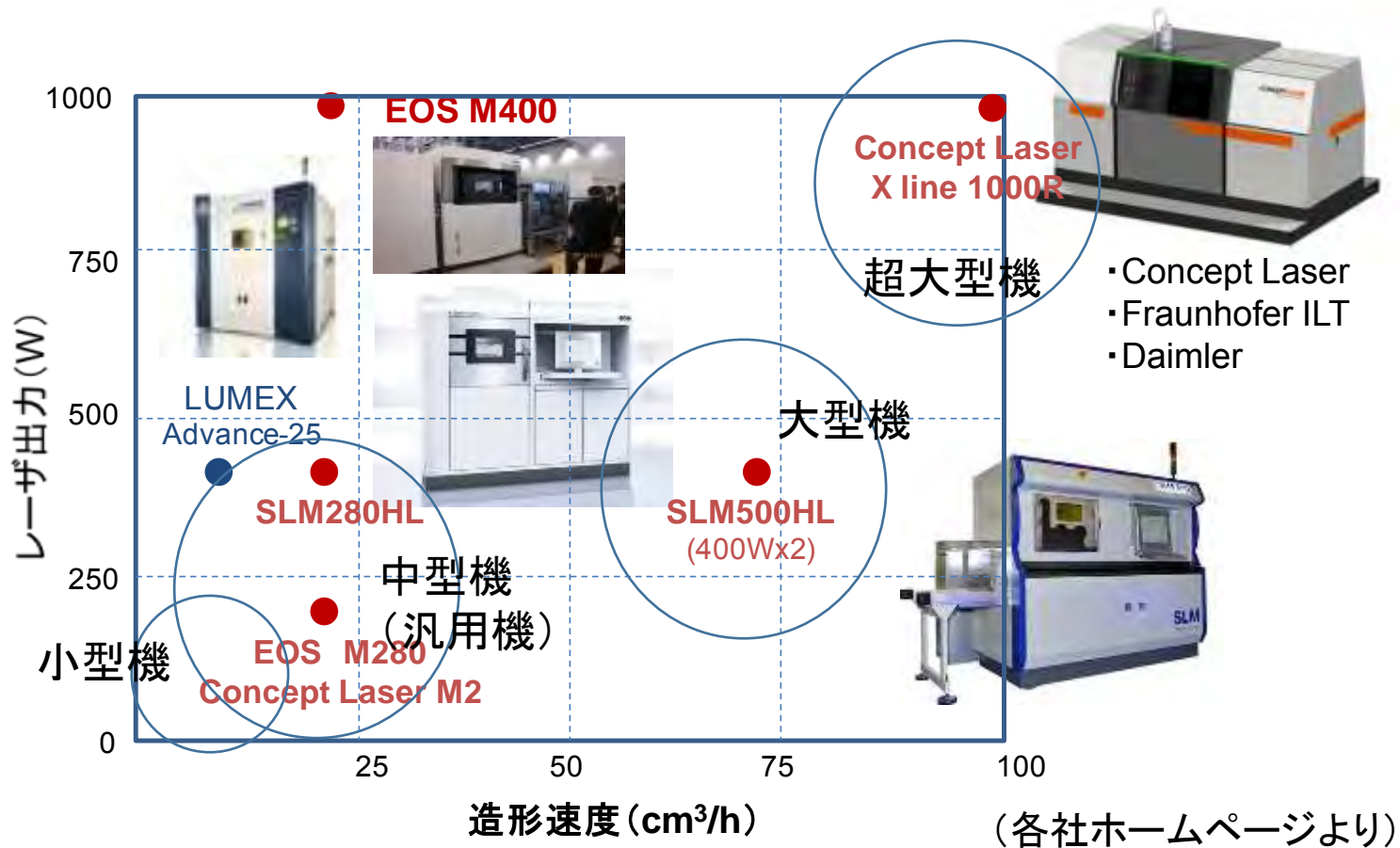
#### 【特徴】

- ・ 高密度・高強度製品の製造が可能  
(ほぼ真密度で、機械的性質は溶製材に匹敵)
- ・ 高精度複雑形状品の製造が可能 (精度: 50~100 $\mu$ m、表面粗さ: ~40 $\mu$ m)

#### 【適用例】

- ・ 航空宇宙部品 (タービンブレード、噴射ノズル等)
- ・ 自動車用試作品
- ・ インプラント等医療用部品

## 2.4 最新の金属3Dプリンタの開発状況



- ・レーザーの高出力化・高速化 ⇒ 造形速度の高速化
- ・製品の形状及び精度 ⇒ 複雑形状化・高精度化
- ・装置の多様化 ⇒ 小型化・大型化、モニタリング機能

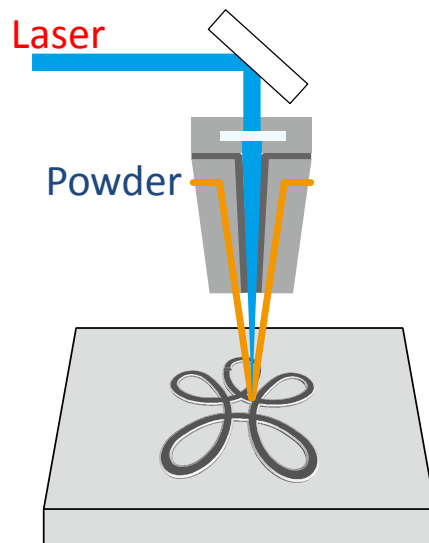
### ■ 指向性エネルギー堆積法

(DMP (Direct Metal Deposition))

- Fraunhofer ILT:LMD (Laser Metal Deposition)
- Sandia National Laboratories  
Laser Engineered Net Shaping™ (LENS®)
- Sciaky: wire EBM



THE BIG M (2014、Detroit)



粉末などを供給しながら、レーザーあるいは電子ビームで溶融し、溶融物を堆積させながら積層造形する方法

【特徴】

- ・ 高速・大型化が可能
- ・ 多色材料・傾斜材料の製造が可能
- ・ レーザクラッディングが可能

【適用例】

- ・ タービンブレード補修用
- ・ 航空宇宙分野
- ・ 産業用機器分野

## ■ 先進活用事例

- 航空宇宙分野(タービンブレード、燃料噴射ノズル等)
- 自動車分野(エンジン回り試作品、レーシングカー部品等)
- 医療分野(インプラント、歯科材料等)
- 高機能金型



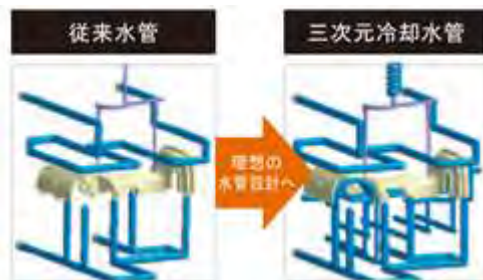
軽量化冷却管

((株)ホワイトインパクトの好意による)



タービンブレード

(SLM Solutions GmbHの好意による)



金型(冷却用水管)((株)松浦機械製作所の好意による)



人工股関節用インプラント

(ナカシマメディカル(株)の好意による)

# 3. 3Dプリンタによるものづくり戦略



## ■ 事業目的

我が国ものづくり産業がグローバル市場において持続的かつ発展的な競争力を維持するために、地域の中小企業等の持つ技術や資源を活用し、少量多品種で高付加価値の製品・部品の製造に適した三次元積層造形技術や金属等の粉体材料の多様化・高機能複合化等の技術開発及びその周辺技術の開発を行い、**次世代のものづくり産業を支える三次元積層造形システムを核とした我が国の新たなものづくり産業の創出**を目指す。

## ■ 事業概要

- 世界最高水準の次世代型産業用三次元積層造形装置開発
- 航空宇宙分野、医療機器分野、産業輸送機器分野等における、自由で複雑形状等の高付加価値製品等の製造技術開発



**装置開発、制御ソフトウェア開発、金属粉末開発**  
を中心に技術開発を行い、オールジャパンの体制  
で目標を実現する。

# 3.1 国プロの開発内容

## 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)

理事長:前川 篤(三菱重工業(株) 取締役 副社長執行役員)

①次世代型産業用3Dプリンタ  
技術開発プロジェクト  
PL 京極秀樹教授(近畿大学)

電子ビーム方式  
PL 千葉晶彦教授(東北大学)

装置開発

東北大学、産総研、多田電機、日本電子、シーメット

レーザービーム方式  
PL 京極秀樹教授(近畿大学)

装置開発

近畿大学、産総研、松浦機械製作所、東芝、東芝機械、三菱重工業、古河電気工業、シーメット

材料開発

大同特殊鋼、山陽特殊製鋼、福田金属箔粉工業

ユーザー

JAXA、IHI、川崎重工業、金属技研、コイワイ、小松製作所、住友精密工業、東芝、ナカシマメディカル、本田技術研究所、三菱重工業、三菱日立パワーシステムズ、矢崎総業、矢崎部品

②超精密三次元造形システム技術開発プロジェクト  
PL 岡根利光(産総研)

装置開発

産総研、シーメット、多田電機、日本電子、松浦機械製作所

バインダ及び  
鋳型砂開発

群栄化学工業  
伊藤忠セラテック

ユーザー

IHI、コイワイ、小松製作所、コマツキャスト、木村鋳造所、日産自動車

連携

CAD→3D変換ソフト・粉体ハンドリング技術等の共同開発及び実用化促進

連携

- ・早稲田大学
- ・兵庫県立工業技術センター
- ・北海道立総合研究機構工業試験場

(平成26年9月16日現在)

## ■ 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構 (TRAFAM)

- A. 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発
- B. 超精密三次元造形システム技術開発

## ■ 国プロ開発テーマ

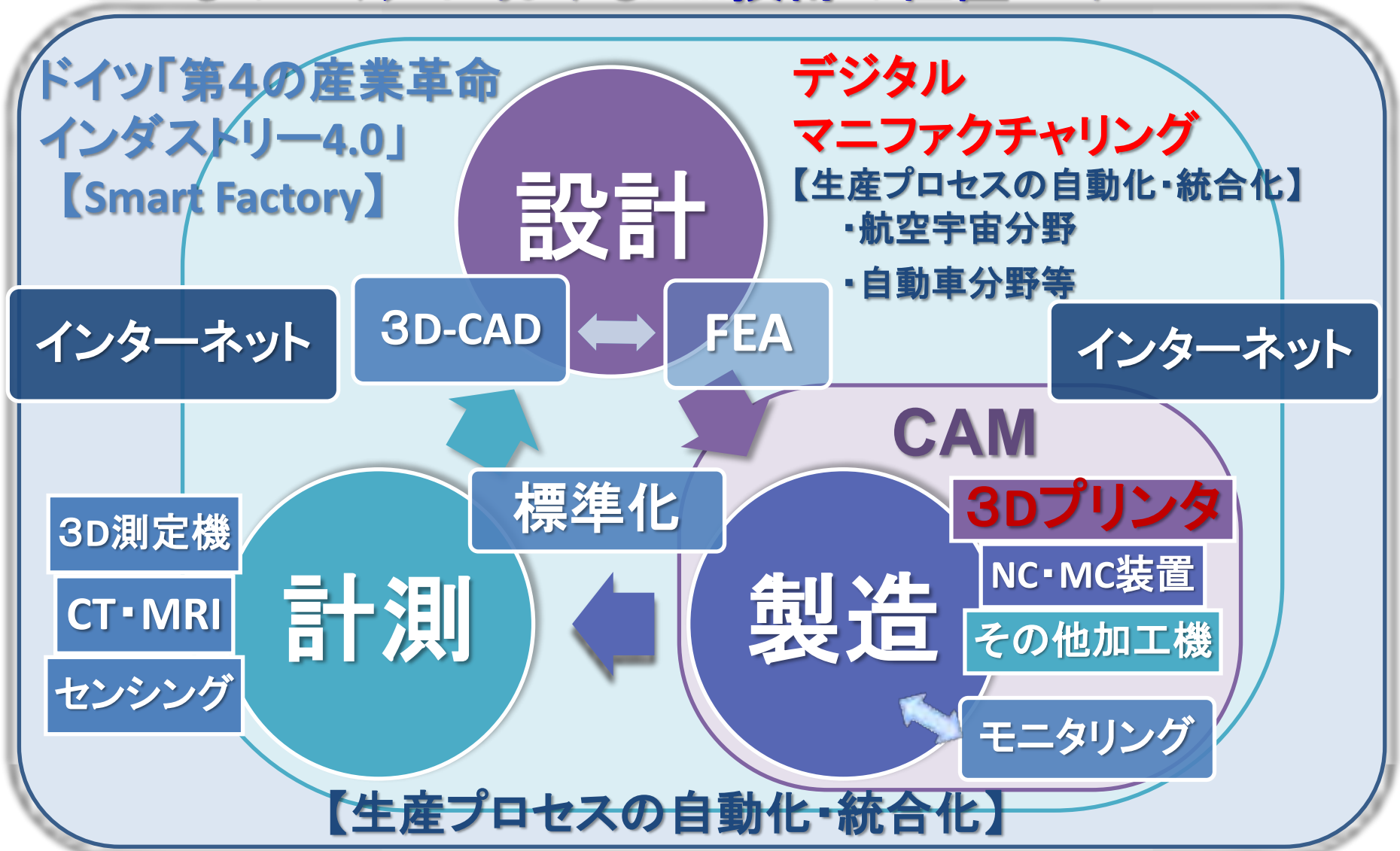
- 高速・高性能の3D積層造形装置(制御ソフトを含む)の技術開発
- 金属粉末開発及び粉末修飾技術開発
- 耐熱積層鋳型による高融点金属鋳造技術の開発
- 周辺技術(高機能複合部材の開発、後加工、未使用粉末の回収等技術)開発

## ■ 世界最高水準の三次元積層造形装置開発

- 高速化 従来速度の約10倍
  - 高精度化 従来精度の約5倍
  - 大型化 造形可能範囲 従来約3倍
  - 複層化 異種金属材料の複層可能
  - 装置価格 5,000万以下
  - 電子ビーム(EB)方式(複層及び大型高速電子ビーム3Dプリンタ)
  - レーザビーム(LB)方式(複層及び大型高速レーザービーム3Dプリンタ)
- ## ■ 開発目標(技術開発終了時点の2019年における目標)

	光源	造形サイズ (mm)	造形速度 (cc/h)	寸法精度 ( $\mu\text{m}$ )
タイプⅠ	EB	大型(1000×1000×600)	500	50
タイプⅡ	EB	小型(300×300×600)	500	20
タイプⅢ	LB	大型(1000×1000×600)	500	20
タイプⅣ (デポジション方式)	LB	小型(300×300×300)	500	20

## ■ “ものづくり”におけるAM技術の位置づけ



### ■ AM技術を活かす設計手法の導入

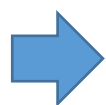
- ・トポロジー最適化法、各種シミュレーションを利用した新たな設計手法の導入

### ■ 製品に最適な製造技術の開発

- ・製品対応した新たな装置開発
- ・新たな設計手法による製品の造形技術の確立
- ・AMに相応しい材料開発

### ■ 統合生産技術の開発

- ・設計から製造・計測までを統合したものづくり技術の確立
- ・品質保証技術の確立
- ・ICT活用による生産システムの確立



**我が国の新たな“ものづくり”における  
設計・製造技術の革新**

## ■ 安全規制・環境規制・技術流出防止・セキュリティへの対応

### ● 安全規制

- ・安全配慮

### ● 環境規制

- ・環境負荷、地域規制

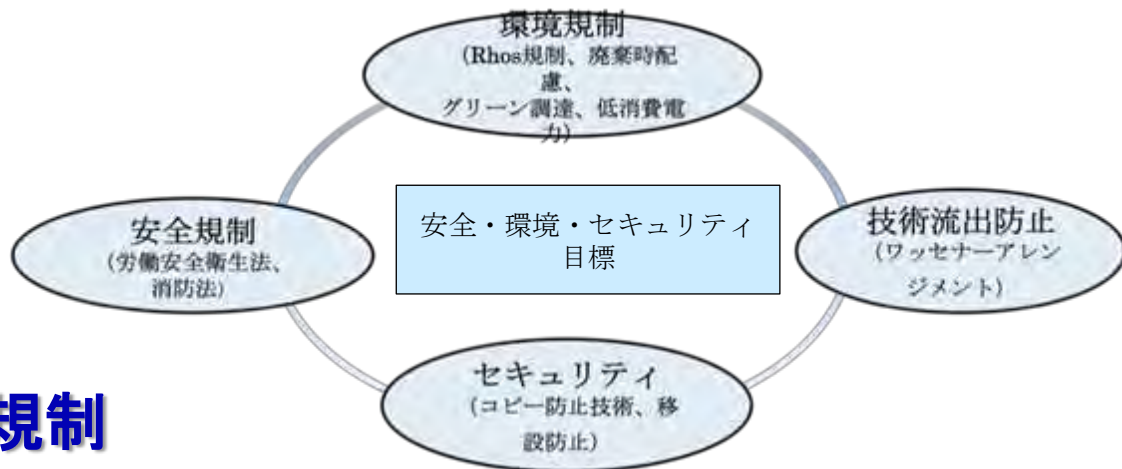
### ● 技術流出防止

- ・セキュリティ対策(データ保護、違法コピー、…)

### ● セキュリティ

- ・国家安全保障

(武器製造防止、不正移動、ワッセナーアレンジメント)



## ■ 3Dプリンタの現状

- 金属3Dプリンタは、まだ技術的課題あり

## ■ 3Dプリンタの今後の課題

- 高精度・高速度・大型装置の開発
- マルチマテリアル製造可能な装置開発
- 各種合金のAM用粉末開発
- シミュレーションを駆使した新たな設計技術の開発

## ■ 3Dプリンタの将来の位置づけ

- “Smart Factory”の重要な加工ツール



- **我が国独自の装置の開発と“ものづくり”における設計・製造技術の革命**
- **研究と人材育成の拠点化**