



ET2014 IPAブース 2014年 11月 20日

# システムズエンジニアリングの最新動向 10～20年後に向けて取り組むべきこと

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科  
教授 西村 秀和 <http://lab.sdm.keio.ac.jp/nismlab/>

# 内容

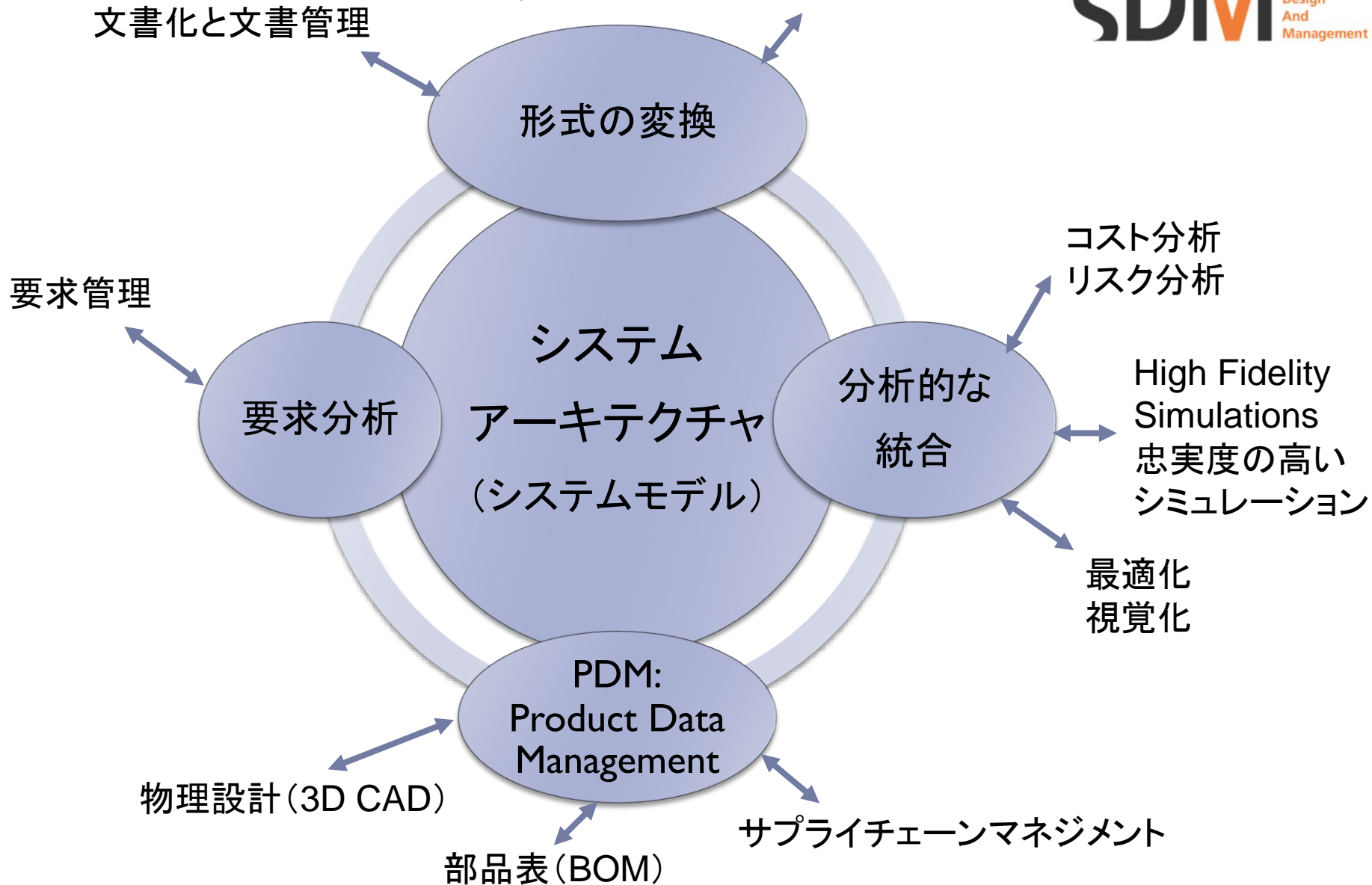
---

- ▶ INCOSE(International Council on Systems Engineering)とOMG(Object Management Group)の最新動向
  - ▶ ～PLM連携とSystem of Systemsへの取り組み～
- ▶ モデルシステムズエンジニアリング
  - ▶ MBSE = SE
  - ▶ システムのモデル表現 = SysML

# モデルベースシステムズエンジニアリング の最新動向

- ▶ MBSE wiki
  - ▶ <http://www.omgwiki.org/MBSE/doku.php?id=start>
  - ▶ 最新のMBSEアクティビティと応用
- ▶ MBSE Workshop at INCOSE IW 2014
  - ▶ [http://www.omgwiki.org/MBSE/doku.php?id=mbse:incose\\_mbse\\_iw\\_2014](http://www.omgwiki.org/MBSE/doku.php?id=mbse:incose_mbse_iw_2014)
- ▶ MBSE Workshop at INCOSE IW 2013
  - ▶ [http://www.omgwiki.org/MBSE/doku.php?id=mbse:incose\\_mbse\\_iw\\_2013](http://www.omgwiki.org/MBSE/doku.php?id=mbse:incose_mbse_iw_2013)
- ▶ Systems Engineering Vision 2025 (June 2014)
  - ▶ [http://www.incose.org/newsevents/announcements/docs/SystemsEngineeringVision\\_2025\\_June2014.pdf](http://www.incose.org/newsevents/announcements/docs/SystemsEngineeringVision_2025_June2014.pdf)
- ▶ MBSE in Healthcare
  - ▶ [http://www.omg.org/news/meetings/tc/ma-14/special-events/MBSE\\_Summit-agenda.htm](http://www.omg.org/news/meetings/tc/ma-14/special-events/MBSE_Summit-agenda.htm)

実行可能なシミュレーションモデル



Christopher Oster, Lockheed Martin Corporationの資料より改変

# シミュレーションモデルの役割

---

- ▶ 「正しい要求」+「正しいインタフェース」  
→ 「正しいコンポーネント」を導く。
- ▶ 正しい要求 ← 整合 → 要求のモデル
- ▶ 正しいインタフェース ← 整合 → インタフェースのモデル
- ▶ 正しいコンポーネント ← 整合 → コンポーネントのモデル
- ▶ シミュレーションモデルは「要求のモデル」をサポートする。

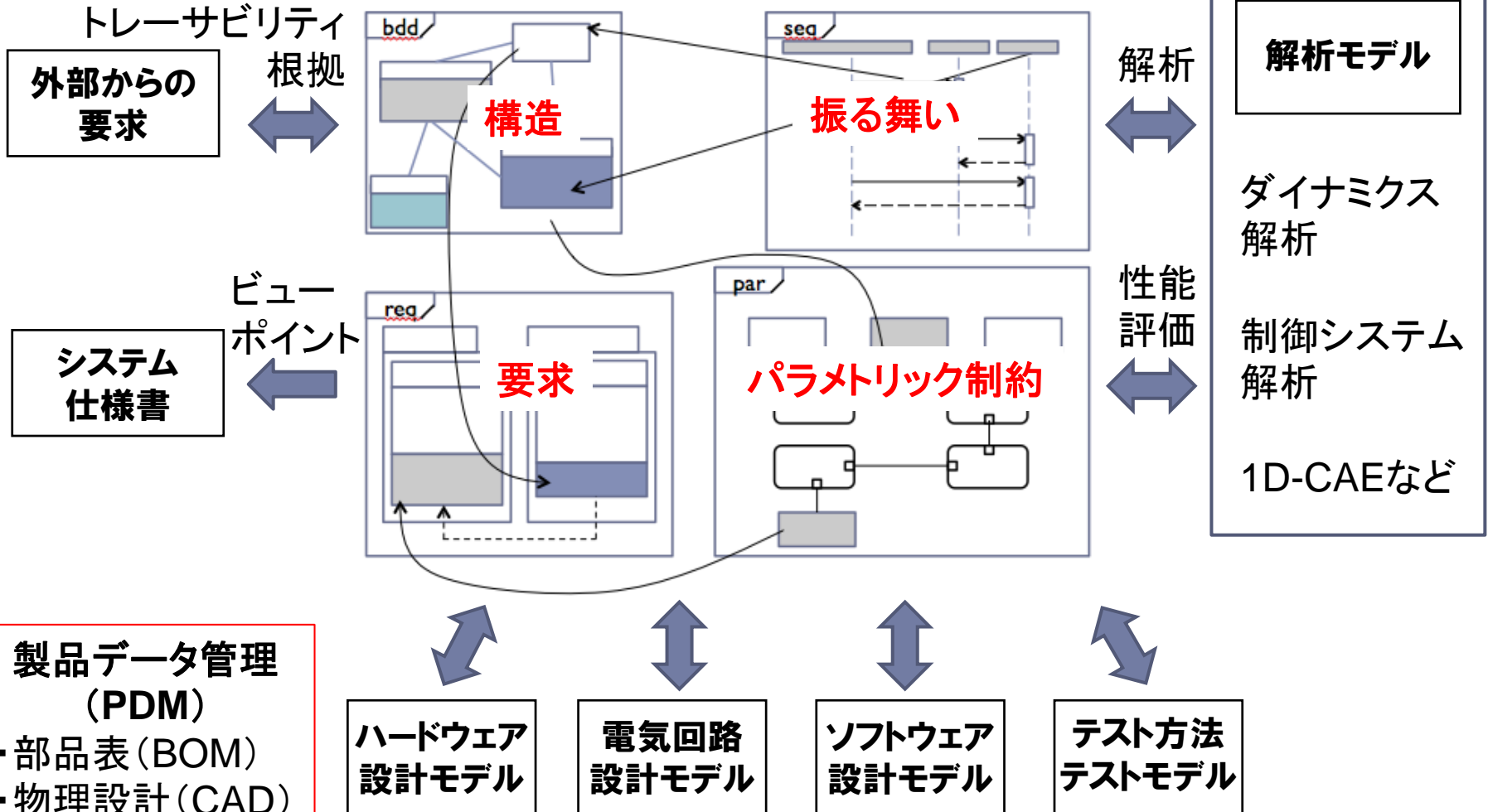


- ▶ 正しいシステム ← 整合 → シミュレーションモデル  
→ 「仕様」を正しく得ることができる。

Ron Carson, MBSE Implementation Across Diverse Domains at The Boeing Company

# コンカレントデザインを促進するフレームワーク

システムモデル=システムアーキテクチャ



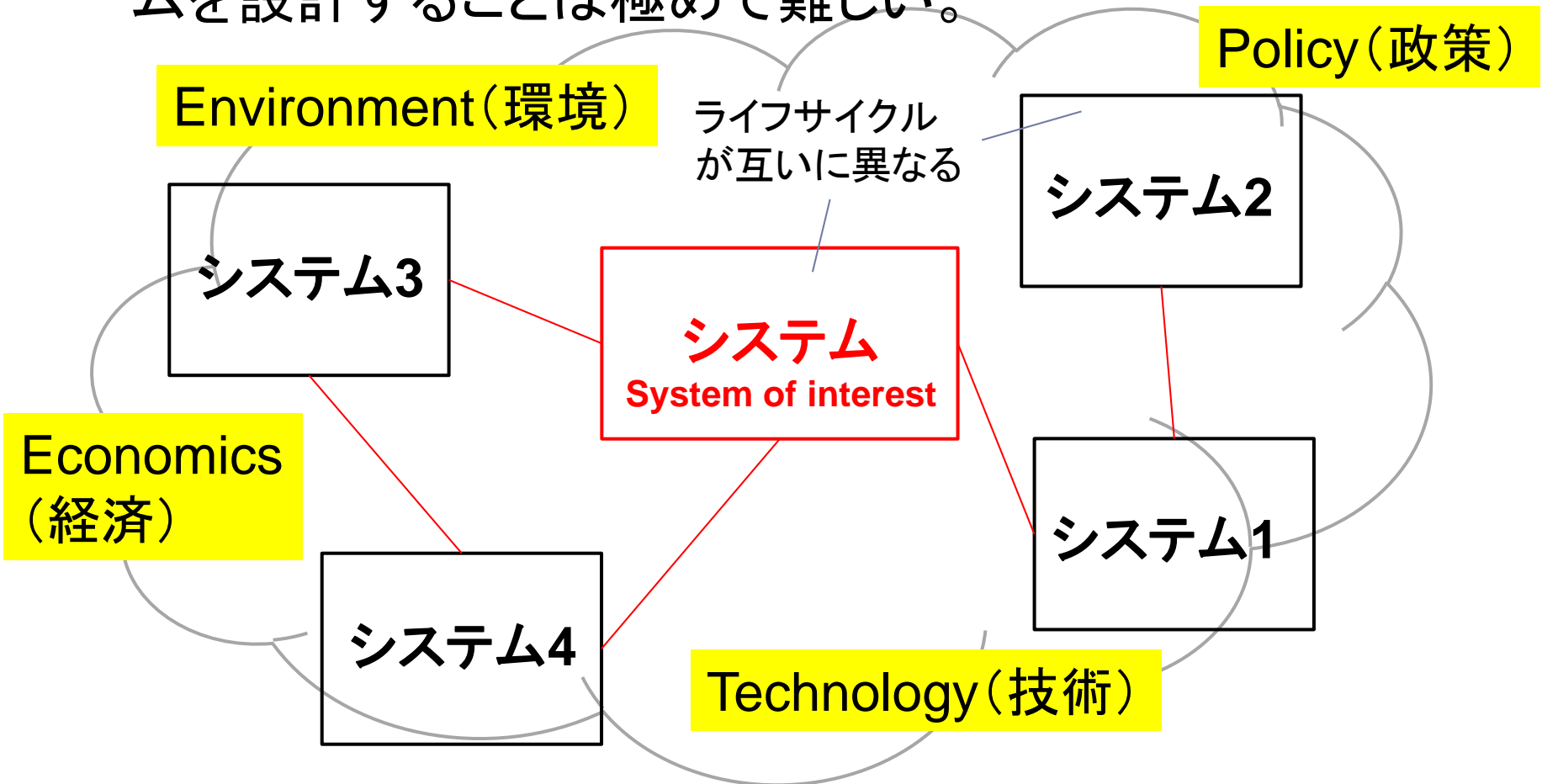
# MBSEの重要ポイント

---

- ▶ **MBSE = SE**
  - ▶ 「モデルベースシステムズエンジニアリング」は、「システムズエンジニアリング」である。
- ▶ 企業体、組織への**MBSE**導入には、時間を要する。**NASA JPL**でも、2009年から7年間程度のロードマップを用意して**MBSE**の導入を図っている。
- ▶ **System of Systems**の中で、技術的な側面で製品、サービスによって価値をもたらすこと。
- ▶ 従来の文書ベースの**SE**活動→デジタル化→**MBSE**主流化
  - ▶ **InterCAX: SLIM** (Systems Lifecycle Management)
  - ▶ <http://www.intercax.com/products/slim/>

# System of Systems

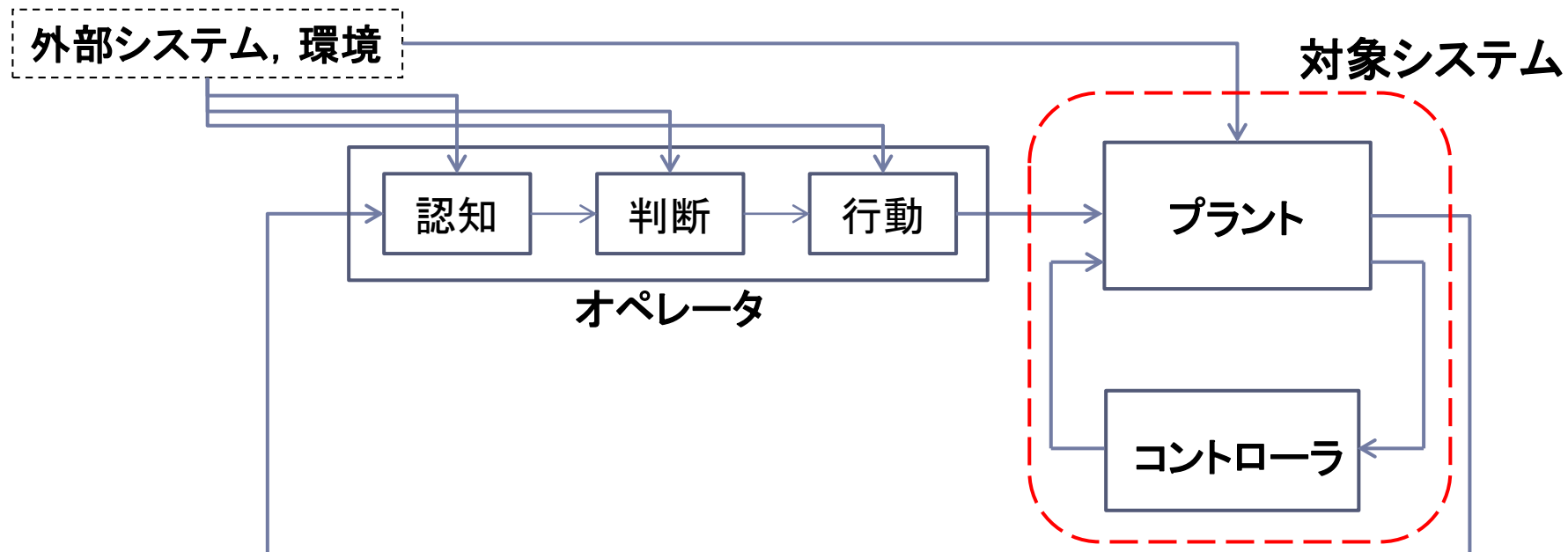
- ▶ 様々なシステムが複雑に関連する中で、対象とするシステムを設計することは極めて難しい。





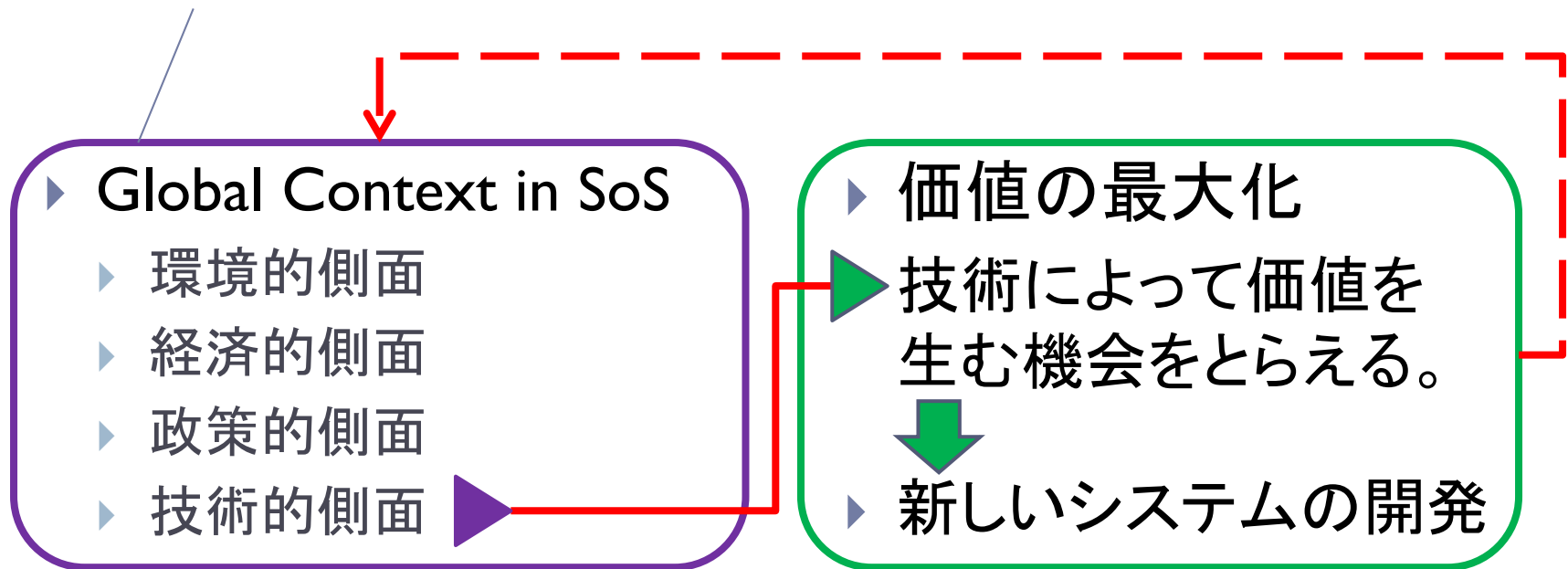
# オペレータが介在するシステムの設計

- ▶ オペレータと対象システムはどのような相互作用を起こすか？
- ▶ オペレータによる操作とコントローラによる制御の間に矛盾が生じないようにシステムを構築する必要がある。
- ▶ **Operator-in-the-loop Designの必要性**



# Value-Driven Systems Engineering 価値駆動型システムズエンジニアリング

System of Systemsの中でグローバルコンテキストを考える。



Benjamin D. Leea, William R. Bindera, Christiaan J.J. Paredisa,  
A Systematic Method for Specifying Effective Value Models,  
Procedia Computer Science 28 (2014) 228 – 236

## グローバルコンテキスト

---

- ▶ 2025年のシステムズエンジニアリングのビジョンは、システムの基礎をなす技術の他、グローバルな環境、人と社会からのニーズ、政策と事業の課題で形作られる。
- ▶ グローバルな傾向に従って発展していく作業環境は、システムズエンジニアリングを実践する状況を制約するとともに、動作可能にもする。
- ▶ ここでは、進化するシステムの本質とシステムズエンジニアリングが対応しなければならないグローバルなコンテキストを明らかにする。
- ▶ [http://www.incose.org/newsevents/announcements/docs/SystemsEngineeringVision\\_2025\\_June2014.pdf](http://www.incose.org/newsevents/announcements/docs/SystemsEngineeringVision_2025_June2014.pdf)

## 人と社会のニーズは技術的な課題を生じさせる

---

- ▶ 人は、エンジニアリングと技術を通して、世界をより良くするための試みをしてきた。常に進化し続ける社会では、新たな、一層大きな課題が発生している。
- ▶ 人の基本的なニーズを満足する方法を探そうとするとき、その解決策は大規模で複雑なエンジニアリングシステムに導かれることが多い。システムは、社会的に受容可能で、かつ、社会に対して価値を提供するときのみ成功し得る。

## グローバルな傾向によってシステムの環境が形作られる

- ▶ 例えば、人口増加と都市化は、移動、健康、最新のインフラなどに、新たな課題を課する。同時に、システム解決策と技術は空気と水の品質に影響を与え得る。これらの相互依存性については、肯定的、否定的な事例が多々ある。グローバルな相互依存性は、これらの変化の影響を増幅することが多い。国際社会は、システムがどのように社会と自然環境に貢献し、生活の質の向上を促すかということに注意を必要としている。
- ▶ グローバルな傾向は、社会経済状態に対する変化と物理的環境における変化を促す。これらのグローバルな変化は、今なお、人のニーズを満足することを意図した技術とシステム開発によってしばしば影響され、そして必要とされるシステムの新たな種類の要求を課する。

# 技術的な課題

---

- ▶ 大規模で、複雑な技術システムは、さまざまな課題に対応し、物理的、心理学的、文化的な人と社会のニーズを満足するために重要である。
- ▶ これらのシステムは、広く行き渡っている社会的、物理的、文化的、経済的環境に組み込まれなければならない、システム解決策に応用される技術は、関連する地域の能力とリソースに応じて調整されなければならない。
- ▶ ライフサイクル全体の分析と、安定した統治環境に沿った安全で、ロバスト、かつ、持続可能な実行は、システム解決策を成功へと導く。

# 技術の開発と投入は 将来のシステムの性質に影響を与える

- ▶ 基本コンポーネント、サブシステム、およびインフラ技術の進展は、高度なサービスと製品へと導く革新を加速させる。例えば、インターネットは、技術として出現してからたった20年の間に、商取引や人々の生活に深い影響を与えた。新しいサービスと製品はいずれも、新しく一層複雑なシステムに依存し、またそのようなシステムをもたらしている。
- ▶ 技術の導入速度が高まるにつれ、製品化までの時間のプレッシャーは増大している。一方、顧客は、より良い製品機能、概観、操作性、そして総合的な価値を求める。

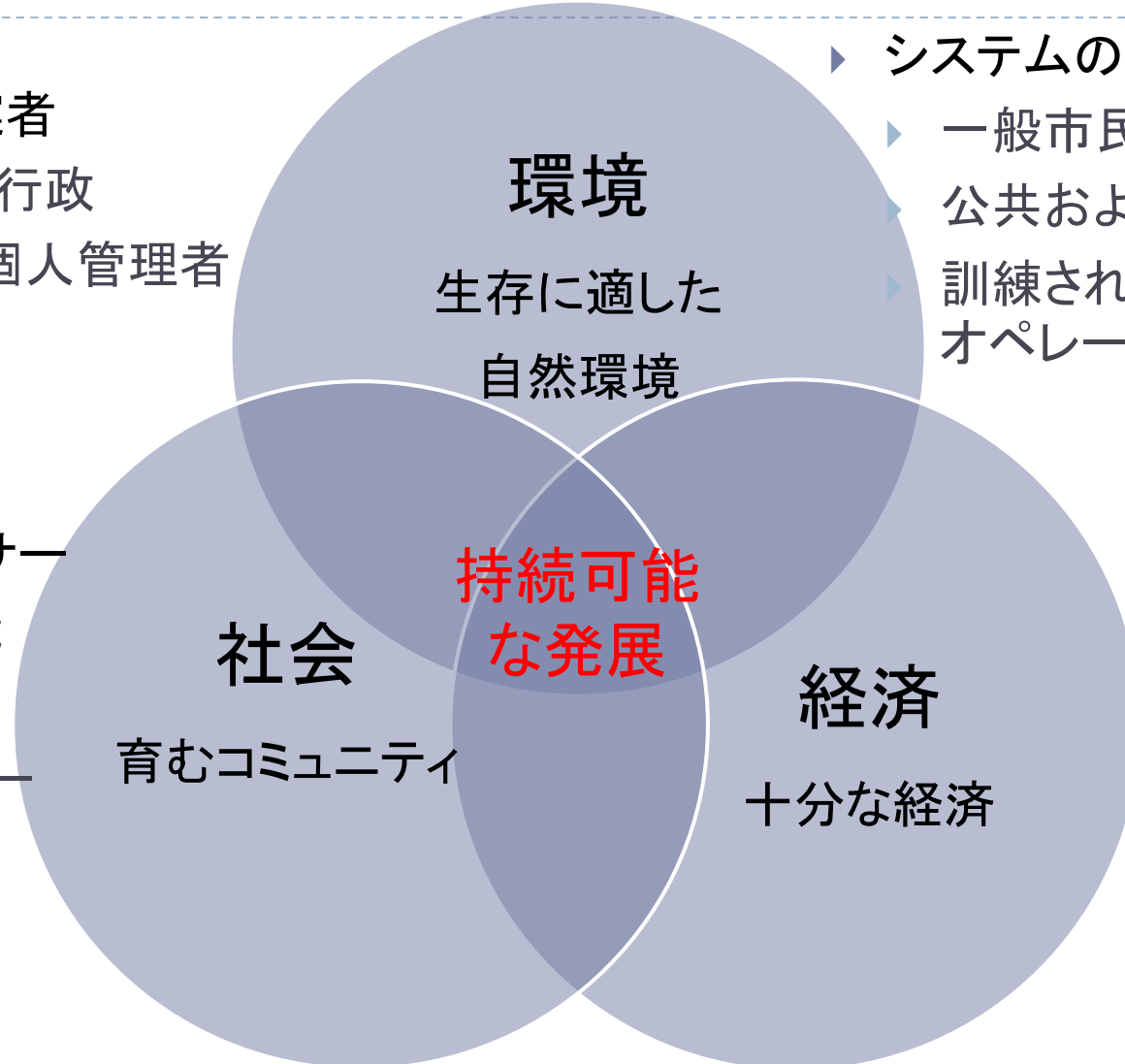
# システムは様々なニーズに合致する必要がある

- ▶ 政策立案者
  - ▶ 政治、行政
  - ▶ 公共/個人管理者

- ▶ システムのユーザ

- ▶ 一般市民
- ▶ 公共および民間企業
- ▶ 訓練されたシステムオペレータ

- ▶ システムスポンサー
  - ▶ 資金提供組織
  - ▶ 投資家
  - ▶ 産業界リーダー





# システムのトレンド

---

- ▶ システム性能への期待とシステムがもつ多くの特徴は、利害関係者の価値を形成する世界、社会、および技術の傾向を反映する。
- ▶ ささまざまな分野において、利害関係者は、システムに関する一層の機能性、信頼性、短いライフサイクル、低コストを望む。利害関係者は、より多くの価値をユーザに提供しながら、環境的、社会的に受け入れられ、安全と個人のセキュリティを保証するソリューションを望む。

# 将来のシステムのために必要なこと

---

- ▶ 価値を創造するために、さらに成長し、かつ、多様な領域の社会的ニーズに応えることが必要。
- ▶ 利害関係者の要求を満足するために、よりスマートで自立性があり、持続可能性、資源効率性、ロバスト性に優れ、安全であることが必要。
- ▶ 進化を続け、多様性のある人(能力を高めることができるツールを利用し、革新し、競争圧力に対応することができる人)によるエンジニアリングが必要。
- ▶ さらなる成長を遂げる技術革新の体系を利用する一方で、想定外の結果を防ぐことが必要。
- ▶ グローバルな産業や経済、社会の傾向に応じて調整することが必要で、これはやがて、システムニーズやシステムへの期待に影響することとなる。

# Cyber Physical System

- ▶ ライフサイクル全般にわたるモデリング
  - ▶ それぞれのステージに応じて適切なデジタルモデルを持つ。
  - ▶ デジタルモデルは実システムと整合し、正しい情報を持つ必要がある。
- ▶ Industry 4.0では、サプライチェーン、生産の効率化にデジタルモデルを活用することの重要性を強調。2030年の実現を目指す。



# まとめ

- ▶ INCOSEおよびOMGの最新動向として、PLM連携とSystem of Systemsへの取り組み、2025年へ向けたビジョンを中心にご紹介した。
- ▶ ライフサイクルの異なるシステムとつながるシステム (System of Systems (SoS))を開発・設計し運用することは難しく、システム開発により価値を生むことは難しい。しかし、これこそが今後取り組むべき課題である。(ドイツの推進するIndustry 4.0や米国のIndustrial Internet Consortiumの動きはまさにこれを課題として産業を先導しようとしている。)
- ▶ システムモデルの記述に際しては、  
構造／振る舞い／要求／パラメトリック制約  
の4つの柱で考えることが重要で、SysMLはこれをサポートしている。