

組込みシステム開発の変化と NCESの取り組み

2018年9月7日

高田 広章

名古屋大学 大学院情報学研究科 教授
附属組込みシステム研究センター長

名古屋大学 未来社会創造機構 教授

APTJ株式会社 代表取締役会長・CTO

Email: hiro@ertl.jp URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>

AGENDA

組込みシステム開発の変化

- ▶ 組込みシステム開発の分化
- ▶ 車載組込みシステム開発の従来からの課題
- ▶ 自動車の変化に伴う車載組込みシステム技術の変化
- ▶ 車載組込みシステム開発の新たな課題

取り組むべきこと

- ▶ 組込みシステム開発技術の革新
- ▶ 技術者不足への対応, 「学び方改革」の必要性

NCESの取り組み

- ▶ NCESの概要, 組織, これまでに実施した主なプロジェクト
- ▶ 実施中の主なプロジェクト

おわりに ～NCESの挑戦～

組込みシステム開発の変化

組込みシステム開発の分化

- ▶ 元々，組込みシステムは多様
- ▶ 組込みシステム開発は，大きく2つに分化しているように思われる(まだ，分析が不十分)

セーフティ(or ミッション)クリティカルシステム こちらにフォーカス

- ▶ 高いディペンダビリティの達成が必須(大前提)
- ▶ システムの例 ⇒ 車載組込みシステムが代表格
 - ▶ 自動車などの乗り物の制御システム
 - ▶ インフラ系のシステム，メディカルシステム

そうでないシステム

- ▶ 高機能，低コスト，短開発期間が重視される
- ▶ システムの例
 - ▶ スマホ，通信機器，(多くの)IoTデバイス
 - ▶ コンシューマエレクトロニクス，ヘルスケアデバイス

車載組込みシステム開発の従来からの課題

ディペンダビリティの確保/向上

- ▶ システムの大規模化により、設計品質、特にディペンダビリティ(信頼性, 安全性, セキュリティ, ...)の確保が困難に
- ▶ ディペンダビリティに対する説明/証明力の向上が重要に
- ▶ 機能安全規格 (ISO 26262) への対応
- ▶ サイバーセキュリティの確保/強化が大きな課題に

設計生産性の向上(開発の効率化)

- ▶ システムの複雑化や品質要求により、設計生産性が低下

ECUの数の増加, ネットワーク構成の複雑化

- ▶ コストの増大や設置スペースの不足
- ▶ 分散システム/ネットワークの最適設計が困難

その背景にある深刻な問題

組込みシステム技術者(人財)不足

従来からの課題に対するアプローチ

ディペンダビリティの確保/向上

- ▶ 機能安全規格 (ISO 26262) への対応は, 安全性に対する説明力/証明力の向上に有効
- ▶ トップダウンな設計コンセプト (安全コンセプト) を持つこと
 - ▶ コスト最適化や説明力/証明力の向上に有効

設計生産性の向上 (開発の効率化)

- ▶ ソフトウェア開発プロセスの地道な改善
- ▶ 設計抽象度を向上させるためのモデルベース開発
- ▶ 設計資産の“良い”再利用を可能にするためのプロダクトライン開発とコンポーネントベース開発
- ▶ アプリケーション開発底上げのためのプラットフォームと, その共通化・標準化 (プラットフォームベース開発)
- ▶ 仮想環境 (シミュレータ) による検証の効率化

ECUの数の増加への対応

- ▶ ECU統合 … 徐々に進行中
 - ▶ プラットフォームの共通化・標準化が前提に
 - ▶ パーティショニング技術が重要に

ネットワーク構成の複雑化への対応

- ▶ CANでは転送レートが不足しており、ネットワーク構造が複雑化する結果に
- ▶ 新しい車載ネットワーク技術の導入を検討すべき時期に
 - ▶ 短期的なソリューションとしてはCAN-FDが有力
 - ▶ 車載Ethernetの導入検討が進行中

サイバーセキュリティの強化

- ▶ セキュリティ要求分析技術の確立
- ▶ 車載組込みシステムに向けたセキュリティ技術の開発

情報通信技術と組込み技術による自動車の進化

先進運転支援(ADAS)

- ▶ コンピュータにより高度な運転支援を行う
 - ▶ 自動ブレーキ, 前車追従 … 急速に普及期へ

つながるクルマ(connected vehicle)

- ▶ ネットワーク等により(情動的に)外部とつながる自動車
 - ▶ インフラ(道路, クラウド)とつながる
 - ▶ 他車とつながる, 人(ドライバ, 歩行者)とつながる

自動運転(automated/autonomous driving)

- ▶ コンピュータにより運転を行う … 急速に注目を集める
- ▶ 技術的には, ADASの延長線上にある(完全な自動運転になると, 必ずしもADASの発展型ではない要素も)
- ▶ つながるクルマの延長線上にあるという考え方が主流
- ▶ 技術の進歩は著しいが, 法的・制度的・社会的な課題

自動車の変化に伴う車載組込みシステム技術の変化

- ! 車載組込みシステム技術に対する要求は、自動運転システムの構成や実現方式によって大きく異なってくる。よって、今後、要求が大きく変わってくる可能性もある

機能の急速な高度化

- ▶ 手足の電子化/コンピュータ化から、頭脳のコンピュータ化へ
- ▶ ソフトウェアのますますの大規模化・複雑化

外部接続の拡大 ⇒ ダイナミックマップ

- ▶ クラウドとの連携
- ▶ 車車間通信, 路車間通信

ソフトウェアの柔軟な更新

- ▶ ソフトウェアの更新による機能アップ
- ▶ (S)OTA (Software update Over-The-Air)

新しい技術の導入

- ▶ AI, 機械学習, Deep Learning

急拡大する性能要件

- ▶ 新しいプロセッサ技術 (GPU, FPGA, メニーコアプロセッサ) の採用

扱うデータ(種類, 量)の増加

- ▶ 新しい車載ネットワーク技術 (車載Ethernet) の採用
- ▶ ソフトウェアプラットフォームの高度化 (AUTOSAR Adaptive Platform 等)

安全性の考え方の変化

- ▶ フェールセーフからフェールオペラブルへ

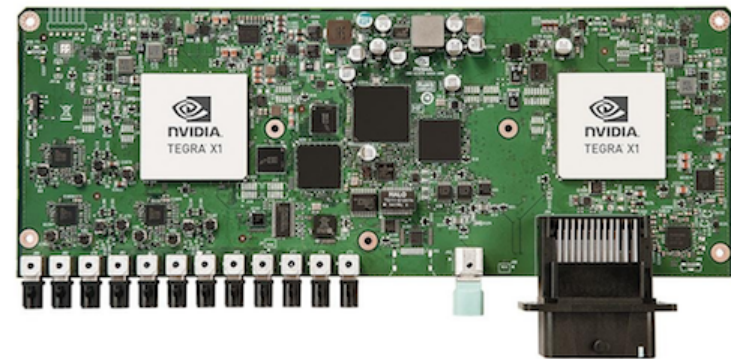
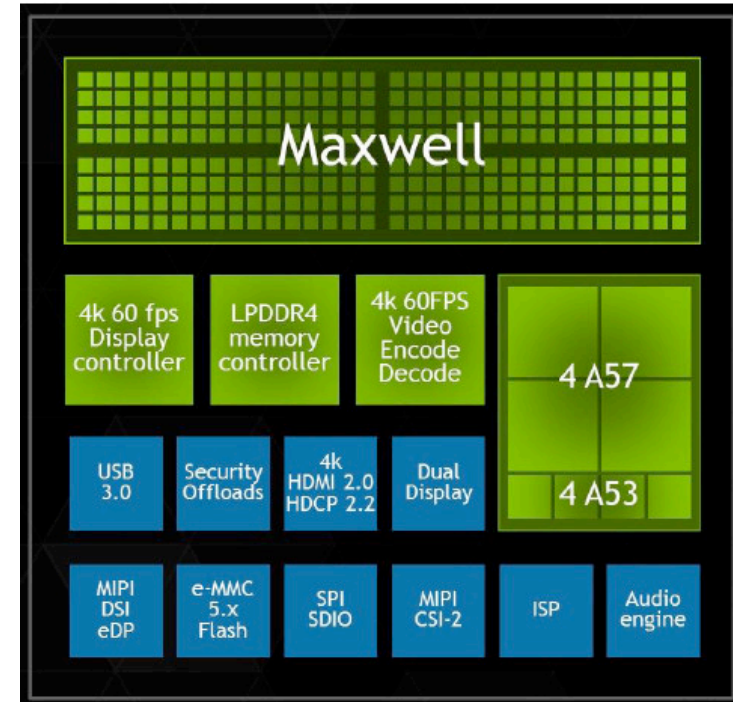
重要性が増すサイバーセキュリティ

- ▶ 外部接続が拡大により, サイバーセキュリティの確保がますます重要に

ハードウェアプラットフォームの例

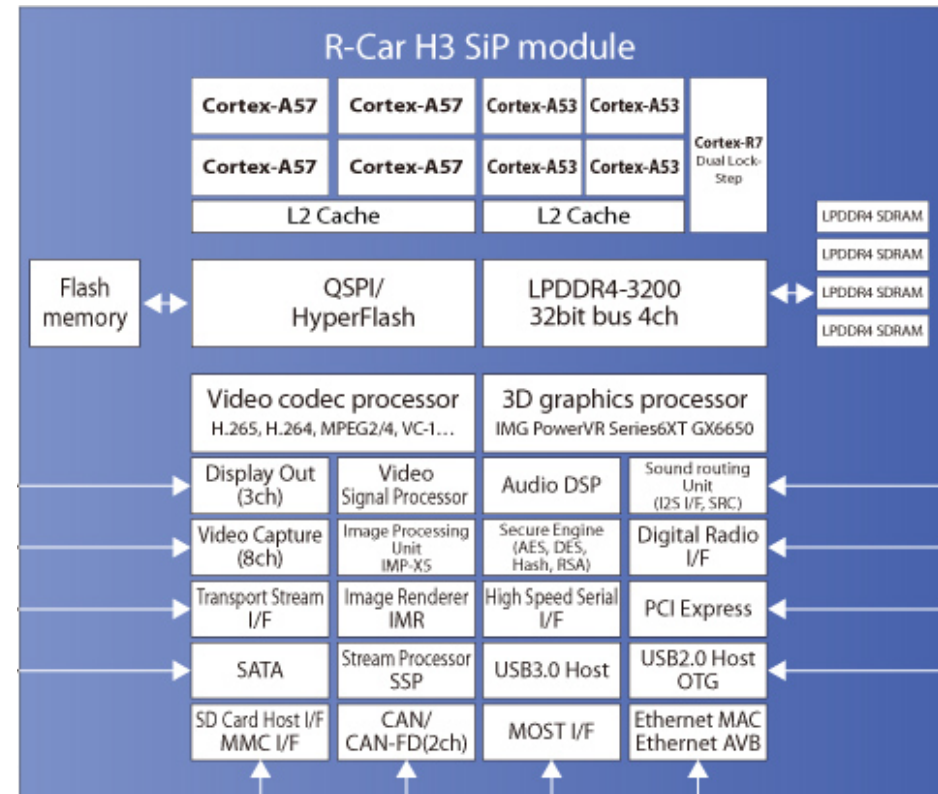
NVIDIA Tegra X1

- ▶ NVIDIAのモバイル向けGPU
 - ▶ 車載もターゲットに (NVIDIA DRIVE PXに2個搭載)
- ▶ Maxwell GPUアーキテクチャ
 - ▶ 256 CUDA Cores
 - ▶ ピーク性能: 512GFLOPS (半精度だとその2倍)
- ▶ ARM Cortex A57×4 + A53×4
- ▶ 最大メモリ帯域: 25.6GB/s



ルネサス R-Car H3

- ▶ ルネサスの自動運転向けSoC
 - ▶ 「自動運転レベル2やレベル3を超えることのできるSoC」
- ▶ ARM Cortex A57×4
+ A53×4
- ▶ ARM Cortex R7 (デュアルコアロックステップ)
- ▶ GPU: PowerVR GX6650
- ▶ 画像認識ハードウェア: IMP-X5
- ▶ 最大メモリ帯域: 50GB/s
- ▶ ASIL B対応



車載ネットワーク／プロトコルに対する要求

従来からの要求

- ▶ 信頼性, リアルタイム性
- ▶ 低コスト, 軽量, 省スペース
- ▶ EMC (EMI, EMS)

大量のデータ転送

- ▶ 広帯域のネットワーク
 - ▶ 100Mbps～1Gbps (システム構成に大きく依存)
 - ▶ LIDAR 1つで数Mbps～数十Mbps (無圧縮)
 - ▶ カメラ画像を無圧縮で流すとさらに帯域が必要
- ▶ オーバヘッドの小さいプロトコル処理

時間同期

- ▶ センサー間の同期
 - ▶ どの程度の同期精度が必要？

サービス指向通信？

- ▶ サービス指向アーキテクチャ(SOA)の考え方を車載システムに導入するための通信機構
 - ▶ メカニズムは, client/serverモデルと差がない
- ▶ それに対応する従来の車載システムの通信パラダイム
 - ▶ sender/receiverモデル(AUTOSARの用語)
 - ▶ publisher/subscriberモデル(動的に接続する意味合い)

複雑なデータ構造

- ▶ 自車周辺の障害物情報や地図情報など, 複雑なデータ構造を扱うことが必要に

セキュリティの確保

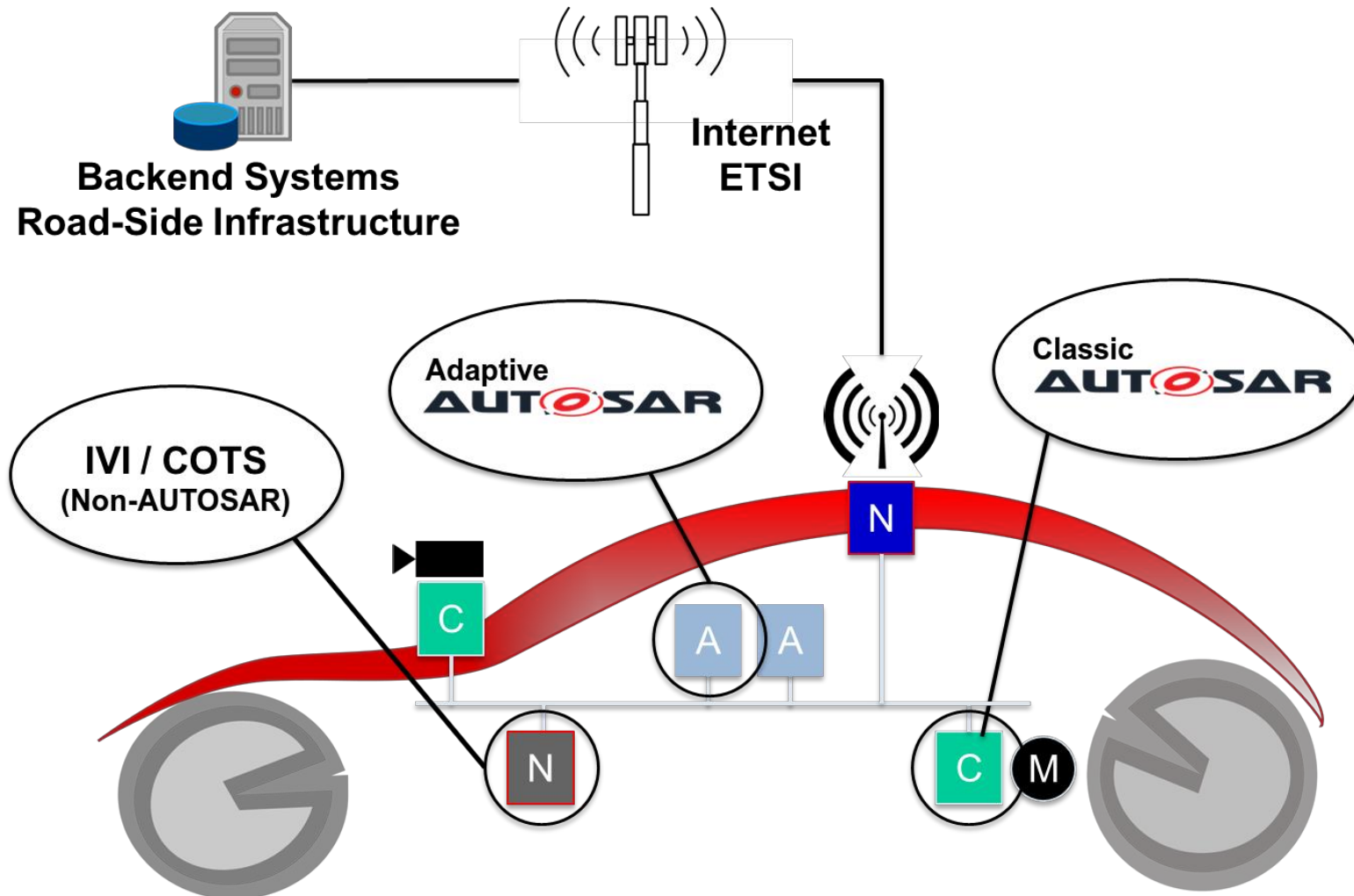
- ▶ まずは, メッセージ認証コード(MAC)の導入から
- ▶ IT分野のセキュリティ技術の導入

AUTOSARの新しい動き

AUTOSAR Adaptive Platform (AP)の策定へ

- ▶ ADAS・自動運転の実現に向けて、ソフトウェアプラットフォームにも新しい要求
- ▶ ADAS・自動運転を狙った新しい仕様として、AUTOSAR Adaptive Platform (AP)の策定を開始
 - ▶ 仕様のみ作成する活動モデルを変更. リファレンスソフトウェア (exemplary software)の開発にも取り組む
 - ▶ 最初の仕様書が2017年3月, 第2版が2017年10月, 第3版が2018年3月にリリースされた
 - ▶ リファレンスソフトウェアは, AUTOSARのメンバ向けにリリースされている
- ▶ 従来の仕様は, AUTOSAR Classic Platform (CP)と改名
 - ▶ Classicと言っても「古い」という意味ではなく, 役割の違いであり, 今後も不要になるわけではない

AUTOSAR APと他のプラットフォームとの使い分け(共存)

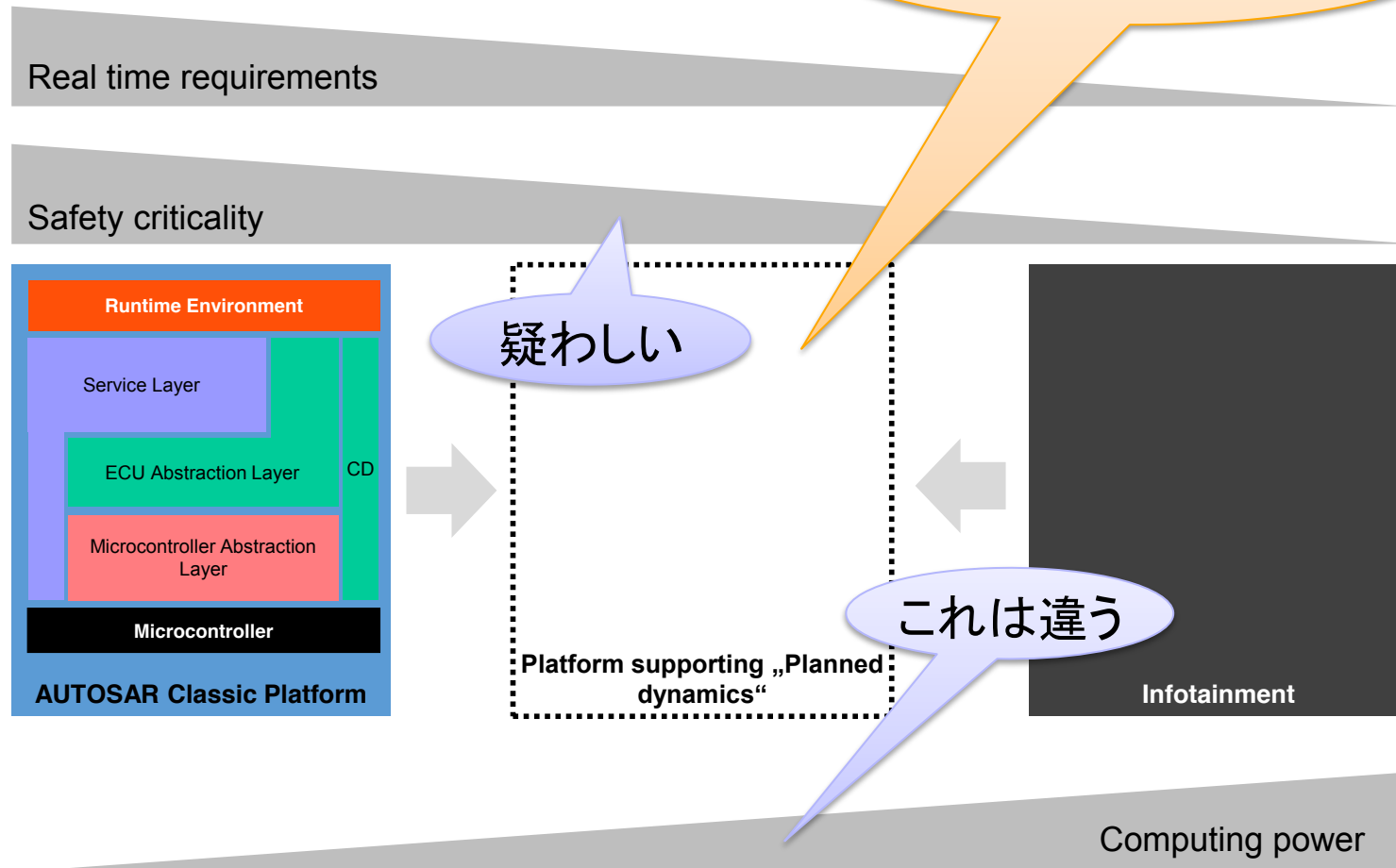


AUTOSAR: “Explanations of Adaptive Platform Design”, R17-10より

AUTOSAR APの位置付け

- ▶ CPとの関係 (早い時期の資料)

AUTOSAR CPとIVI向けプラットフォームの間の領域



M. Bechter: “AUTOSAR Adaptive Platform”, 8th AUTOSAR Open Conference 2015より

AUTOSAR CPとAPの技術的な違い

- ▶ 下の表から、CPとAPでは、適用対象のアプリケーション (ECU) のイメージが違っていることがわかる

AUTOSAR Classic Platform	AUTOSAR Adaptive Platform
OSEKベース	POSIXベース
ROMからコードを直接実行	アプリケーションは不揮発メモリからRAMにロードされる
すべてのアプリケーションが1つのアドレス空間を共有 (安全性のためにMPUを使用)	各アプリケーションが自分の (仮想) アドレス空間を持つ (MMUを使用)
シグナルベースの通信 (CAN, FlexRay) に最適化	サービス指向通信
タスク構成が固定	複数の (動的な) スケジューリング戦略をサポート

M. Bechter: “AUTOSAR Adaptive Platform – Key concepts and development process,” 9th AUTOSAR Open Conference (2016) を独自に日本語訳

車載組込みシステム開発の新たな課題

従来からの課題の深化

- ▶ ディペンダビリティの確保/向上, サイバーセキュリティの強化
- ▶ 設計生産性の向上(開発の効率化)
- ▶ **技術者(人財)の不足**

新しい技術への対応

- ▶ AI, 機械学習, Deep Learning
- ▶ 新しいプロセッサ技術(マルチ/メニーコア, GPU, FPGA)

両立させずらい要求にどう対処するか?

- ▶ 開発効率 vs. ディペンダビリティ
- ▶ 実行性能 vs. リアルタイム性(ディペンダビリティ)
- ▶ 新しい技術(AI) vs. ディペンダビリティ

そもそも, どの程度のディペンダビリティが必要か?

社会受容度が決める – 自動運転車の安全性

自動運転車による死亡事故

- ▶ テスラの自動運転車(レベル2)による最初の死亡事故
 - ▶ 2016年5月に米国で発生
 - ▶ ドライバは「ハンドルに手を添えてください」という警告を無視して、オートパイロットモードで走行
 - ▶ NHTSAは、車には欠陥の証拠が認められなかった(つまり、事故はドライバの責任)と結論
 - ▶ 2018年3月にも類似の事故が発生
- ▶ Uberの自動運転テスト車(レベル4)による死亡事故
 - ▶ 2018年3月に米国で発生
 - ▶ 自動運転システムの責任. ソフトウェアの問題?
 - ▶ 他のメーカーは、公道でのテスト走行を見合わせ

自動運転車の安全性に関する議論が高まる

- ▶ 高レベルの自動運転車の実用化が近付き、安全性や事故時の法的責任に関する議論が高まっている
 - ▶ 自動運転車の型式認定の基準は？
 - ▶ 人工知能(特に、ニューラルネットワーク)を用いた場合の安全性の証明方法は？ … SOTIFの議論
- ▶ 自動運転車の安全性はどのレベルであるべきか？
 - ▶ 絶対安全は実現不可能(のろのろ運転を除く)
 - ▶ 「下手なドライバより安全」であれば、近い将来に実現
 - ▶ エキスパートドライバ並みは、まだ難しい
- ▶ ドイツでは、自動運転のための基準を提供することを目的に、PEGASUSプロジェクトを推進
 - ▶ 自動運転車の評価フレームワークを開発
 - ▶ システム開発・評価のために、データベースを活用

取り組むべきこと

組込みシステム開発技術の革新

! ディペンダビリティが重視されるシステムを対象に議論
新しい情報技術の活用

- ▶ 設計対象が新しい情報技術により変化(進化)する中で、開発効率とディペンダビリティの両立のためには、設計技術も新しい情報技術を活用して進化(革新)させるべき
- ▶ 高い計算性能やAIの技術を活用
 - ▶ 自然言語処理技術の活用
 - ▶ (広い意味での)形式手法の活用(計算性能の向上で、形式的に解ける問題が増えている)
 - ▶ この2つの組み合わせが有望と思われる

IoT開発に求められる技術

- ▶ クラウド(とエッジ)と組込みシステムの役割分担(性能要求, ディペンダビリティ要求も含む)・機能配置の最適化技術
 - ▶ IoTモデリング技術(人や社会を含むIoTシステムのモデリング)とそれを用いた(上流での)検証技術, それを支援するツール
 - ▶ 機能配置を柔軟に変更できるようなプラットフォーム

進んだモデリング技術

- ▶ 非機能要求のモデリング
 - ▶ 非機能要求(ディペンダビリティ, 実行性能, リアルタイム性, 消費エネルギーなど)とその実現方法を(半)形式的な記法で記述

ディペンダビリティの新しい考え方

- ▶ 変化する環境下でのディペンダビリティ
例) オープンシステムディペンダビリティ (by DEOSプロジェクト/協会), IEC 62853 (2018年5月に成立)
- ▶ AIを用いたシステムのディペンダビリティ

技術者不足への対応

IT技術者の圧倒的な不足

- ▶ AI技術者, セキュリティ技術者に対するニーズが高い
→ IT技術者の取り合い(取り負け?)

技術者不足ははじめてではない

- ▶ IT産業は, 過去(例えば1970年代のソフトウェア危機), どうやって技術者不足を乗り越えて来たのか?
- ▶ プラットフォーム化(共通機能をプラットフォーム化し, 個別に作るソフトウェアを減らす)の貢献は大きい

数を増やすことも必要だが, レベルアップがより重要

- ▶ プロジェクトの人員を増やすと, 開発効率は低下
- ▶ 開発の効率化には技術者のレベルアップが必要

「学び方改革」の必要性

「働き方改革」が政治課題に

- ▶ 技術の急激な発展・変化の中で、「働き方改革」が掲げる長時間労働の是正は良いとしても、学ぶ時間が減ってしまうのは問題ではないか？
 - ▶ 企業が、社員の教育に使える時間がますます減る方向
 - ▶ 日本は、社員教育に力を入れていないという報道も(過去はそうではなかったと思うのだが...)

「働き方改革」には「学び方改革」が伴うべき

- ▶ 社員が自ら学ぶことを推奨すべきでは？
- ▶ そのためには、企業のシステムを修正する必要
 - ▶ 自ら学んだ社員を評価する
- ▶ 大学が貢献できる余地が大きい

大学における社会人教育

社会人学生(主に大学院博士課程)

- ▶ 研究がそれなりに進んだ段階で、博士号を取得するために入学するのがお勧め
- ▶ 研究を一から始める場合は、かなりの時間を割くことが必要(会社の仕事との両立は容易ではない)

共同研究への常駐参加

- ▶ 大学との共同研究に従事するために、社員を大学に常駐させる
 - ▶ 共同研究員の制度で実施するのが一般的
 - ▶ 受託研究員や出向の形もある
- ▶ コンソーシアム型共同研究の場合、他社との交流も可能
- ▶ これで研究を進めた後に、大学院博士課程に入学して博士号を取るの現実的

社会人向け公開講座

- ▶ 組込みシステムを対象に、いくつかの大学等が開催
 - ▶ NEP (NCES Educational Program) by 名古屋大学
 - ▶ 組込み適塾 by 組込みシステム産業振興機構
 - ▶ 組込みシステムアーキテクト養成プログラム by 組込みソフトウェア技術コンソーシアム (HEPTコンソーシアム)
- ▶ 2017年度, 文科省が, 社会人向けにIT分野の人材育成を行うenPiT-Pro事業を開始
 - ▶ 名古屋大学が代表になり, 静岡大学, 広島大学, 愛媛大学, 南山大学と連携した提案が採択された

※ 大学側の事情

- ▶ 少子化(それに伴い運営費交付金の削減)の進行の中で, 大学のビジネスモデルを拡大したい

NCESの取り組み

名古屋大学 組込みシステム研究センター (NCES)

設立目的

☞ <http://www.nces.i.nagoya-u.ac.jp/>

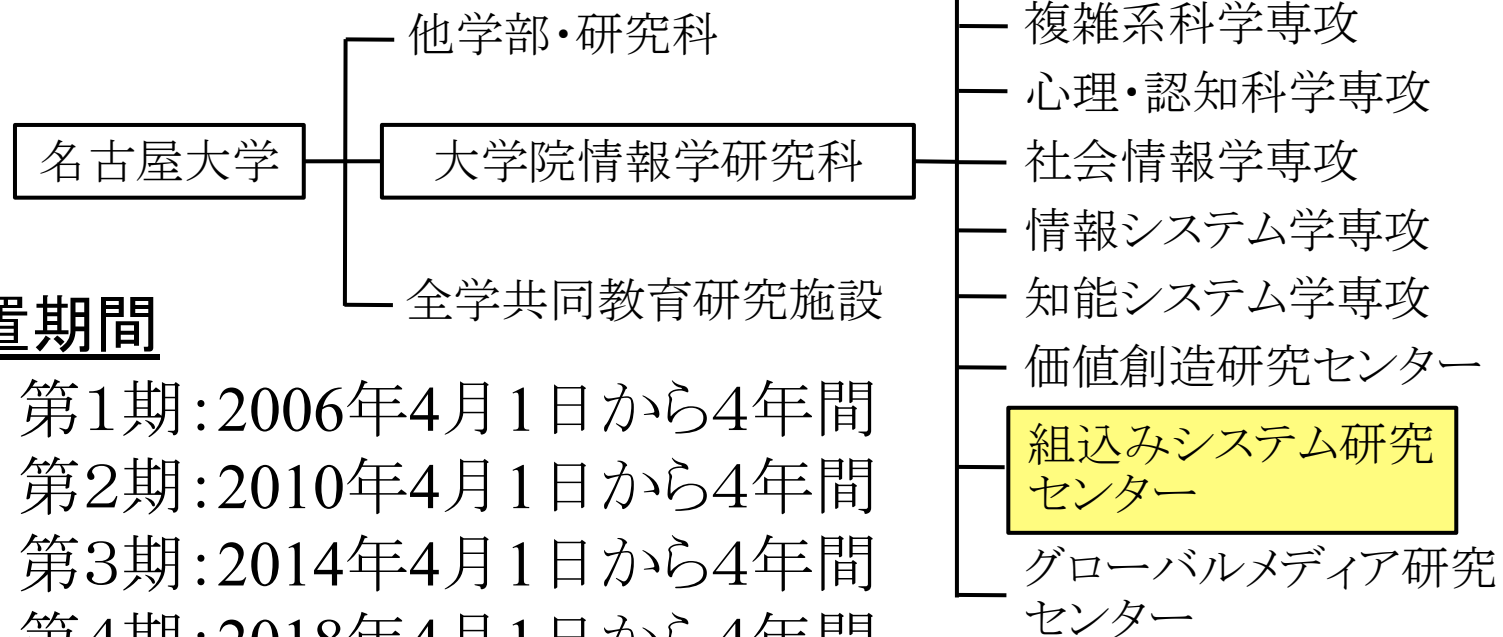
- ▶ 組込みシステム分野の技術と人材に対する産業界からの要求にこたえるために、**組込みシステム技術に関する研究・教育の拠点**を、名古屋大学に形成
- ▶ 産業界が必要とする技術課題を分析・抽出し、大学における基礎研究に反映

活動領域(スコープ)

- ▶ 組込みシステムに関する以下の活動に、**産学連携**の枠組みで取り組む
 - ▶ 大学の持つ技術シーズを実現/実用化することを指向した研究(第二種基礎研究～応用研究)
 - ▶ プロトタイプとなるソフトウェアの開発
 - ▶ 組込みシステム技術者の教育/人材育成

設置形態と名称

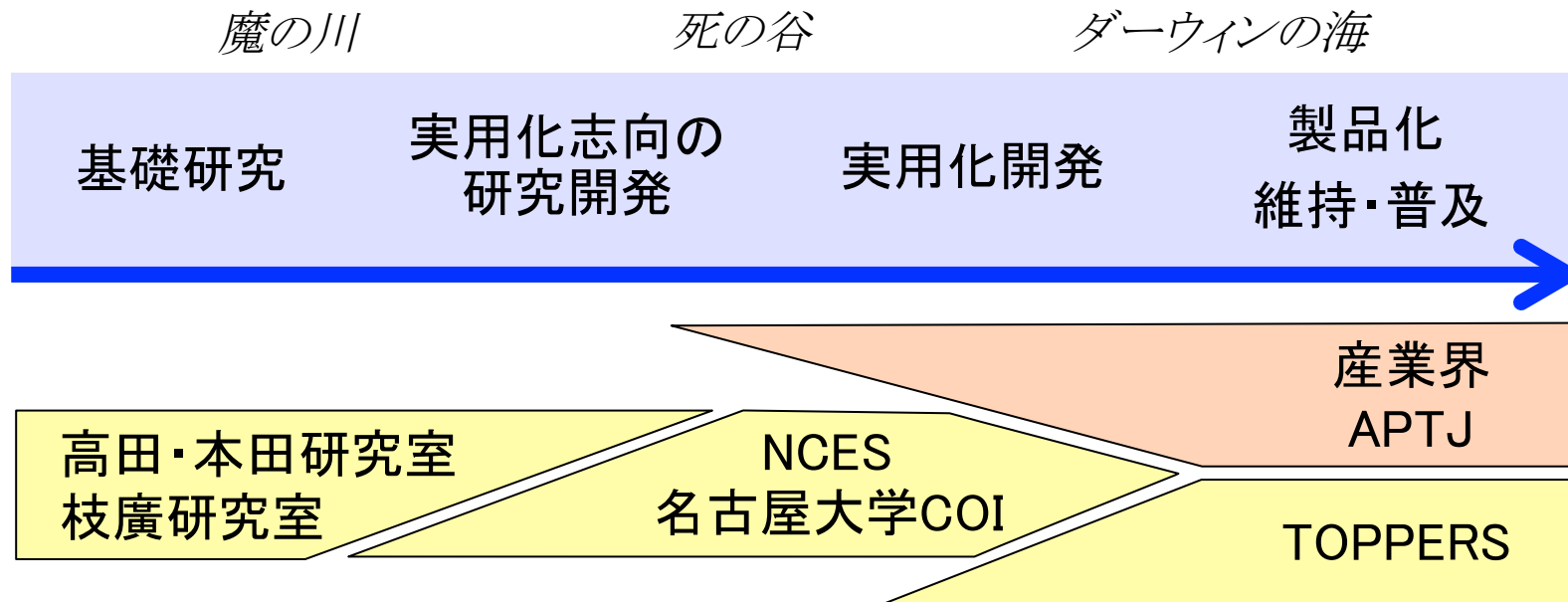
- ▶ 設置形態: 大学院情報学研究科の附属施設
- ▶ 正式名称: 名古屋大学 大学院情報学研究科 附属組込みシステム研究センター
- ▶ 英語名称: Center for Embedded Computing Systems
- ▶ 略称: NCES



設置期間

- ▶ 第1期: 2006年4月1日から4年間
- ▶ 第2期: 2010年4月1日から4年間
- ▶ 第3期: 2014年4月1日から4年間
- ▶ 第4期: 2018年4月1日から4年間

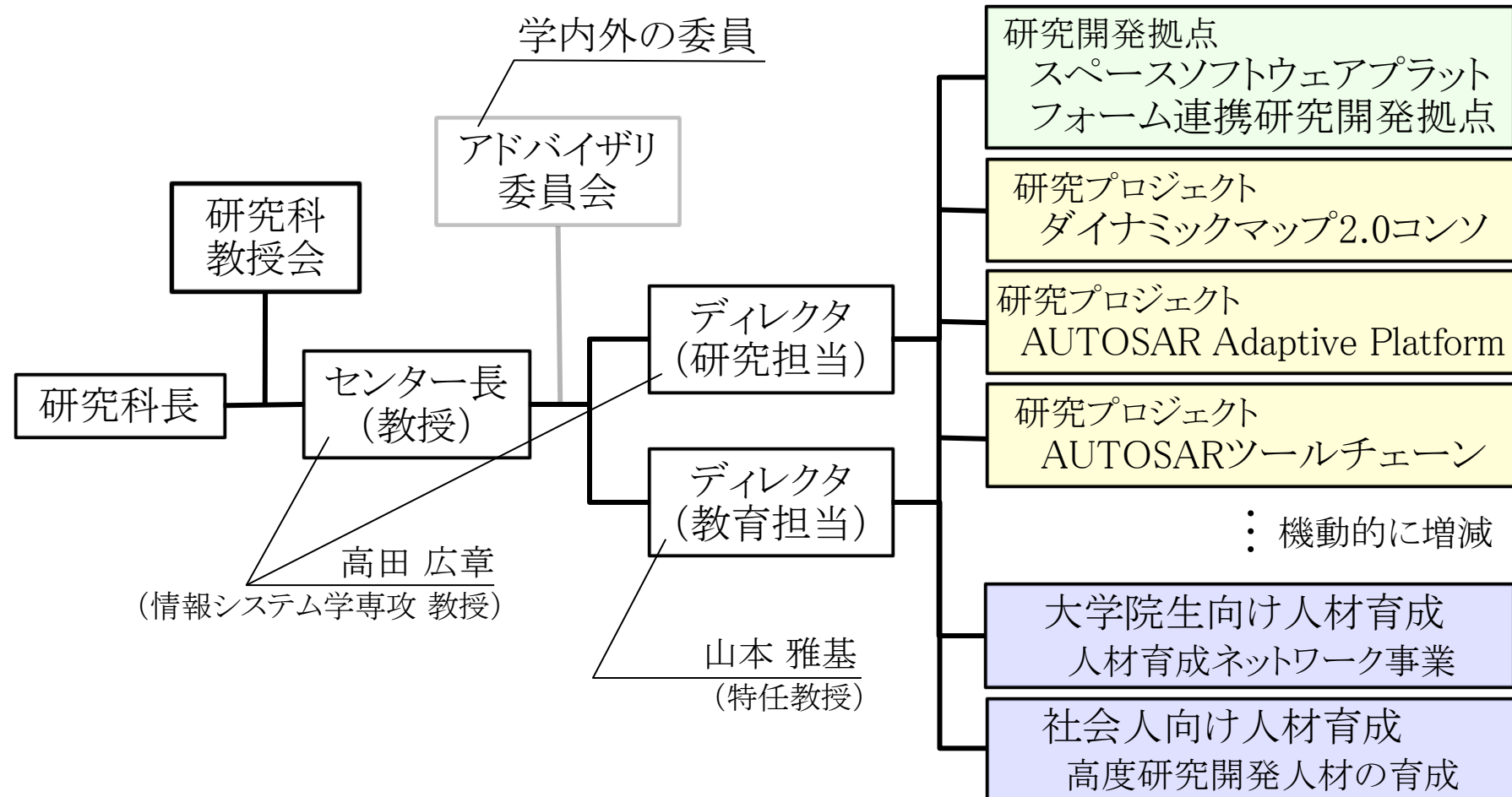
研究開発のフェーズと組織の位置付け



- ▶ NCESは、実用化志向の研究開発から実用化開発までを担当(名古屋大学COIと同等の位置付け)

NCESの組織

外部資金によるテーマ毎のプロジェクトで組織



NCESの人員構成 (2018年9月1日時点)

- ▶ 専任教員:3名(教授(兼務), 准教授, 助教)
- ▶ 特任教員:2名(特任教授, 特任准教授)
- ▶ 常勤研究員:9名(内4名は企業からの出向者)
- ▶ 共同研究員等:7名
- ▶ 事務補佐員:3名
 - ➔ 常駐の教員・研究員・事務補佐員:**24名**
- ▶ 非常勤特任教員(他大学の教員等):4名
- ! その他に, 情報学研究科・名古屋大学の他研究科・他大学所属の教員・学生, 共同研究相手機関の研究者/技術者等が, NCESのプロジェクトに参加
- ! 年度内にさらに増える見込み

これまでに実施した主な研究プロジェクト

民間企業等の資金による共同研究(主なもの)

- ▶ 車載マルチメディアシステム向けOS(トヨタ自動車)
- ▶ 次世代車載ネットワーク, 次世代車載セキュリティ(オートネットワーク技術研究所)
- ▶ 車載アーキテクチャ記述による耐故障設計支援(豊田中央研究所)
- ▶ 車載システム向け機能安全技術(JarPar)
- ▶ スペースワイヤOS(JAXA)

コンソーシアム型共同研究(主なもの)

- ▶ マルチプロセッサ向けRTOS
- ▶ 次世代車載システム向けRTOS(ATK2コンソーシアム)
- ▶ 車載制御システム向けSPF(APコンソーシアム)
- ▶ 車載データ統合アーキテクチャ(Cloudiaコンソーシアム)

公的資金による共同研究(主なもの)

- ▶ 組込みシステムの消費エネルギー最適化(科学技術振興機構 CREST)
- ▶ 機能安全対応自動車制御プラットフォームの開発(経済産業省 戦略的基盤技術高度化事業)
- ▶ 走行環境認識のための車内および周辺状況データの統合化・抽象化技術の開発(科研費 基盤研究(A))
- ▶ 次世代車載連携アプリケーション向け分散処理プラットフォームの開発(総務省 SCOPE)
- ▶ 組込みシステム向けデータ集約型パラダイムの実現と車両走行制御への適用(科研費 基盤研究(A))
- ▶ 車載制御ネットワークに対する集中型セキュリティ監視システムの研究開発(総務省 SCOPE 若手ICT研究者)

その他(主なもの)

- ▶ ツールプラットフォームに関する技術検討(TERAS)

これまでに実施した人材育成プロジェクト

学生向け人材養成

- ▶ OCEAN: OJLによる最先端技術適応能力を持つIT人材育成拠点形成(文部科学省 先導的ITスペシャリスト育成推進プログラム)
- ▶ enPiT 第1期: 分野・地域を越えた実践的情報教育協働ネットワーク(文部科学省 情報技術人材育成のための実践教育ネットワーク形成事業)

社会人向け人材養成

- ▶ NEXCESS: 組込みソフトウェア技術者人材養成プログラム(文部科学省 科学技術振興調整費)
- ▶ NEP: 組込みシステム技術に関する高度な研究開発人材の養成(文部科学省 特別経費 → 自立)

コンソーシアム型共同研究

コンソーシアム型共同研究とは？

- ▶ 複数の企業の参加を得て研究・開発を進める共同研究

NCES型コンソーシアム型共同研究のスキーム

- ▶ 研究開発に必要なリソースは、参加企業が公平に分担
 - ▶ 研究費のみで負担することも可能
 - ▶ 研究者/技術者を出した場合は、研究費を減額
- ▶ 研究開発成果は、参加企業は自由に利用できる
- ▶ 研究開発成果の知財は、研究者/技術者を出した企業が共同所有する。持分は、出した人数の比率で決めている
 - ▶ ライセンス収入が得られたら、その比率で分配
- ▶ コンソーシアム型共同研究契約のスキーム
 - ▶ 共同研究契約は、大学と各企業で1対1に実施
 - ▶ 知財の取り扱い規則を、共同研究契約から分離

実施中の主なプロジェクト

コンソーシアム型共同研究

- ▶ ダイナミックマップ2.0コンソーシアム(DM2.0コンソ)
- ▶ AUTOSAR Adaptive Platformに関するコンソーシアム型共同研究(A2Pコンソ)
- ▶ AUTOSARツールチェーンに関するコンソーシアム型共同研究(APTOOLコンソ)

民間企業等の資金による共同研究(主なもの)

- ▶ 車載システムのサイバーセキュリティ技術
- ▶ 宇宙機向けソフトウェアプラットフォーム(JAXA)
- ▶ オープンシステムディペンダビリティ(IEC62853案)の自動車産業への技術的展開手法の研究
- ▶ 状態遷移表を抽出するリバーズエンジニアリングツール

公的資金による共同研究(主なもの)

- ▶ 自律的自動運転の実現を支える人工知能搭載システムの安全性立証技術の研究開発(戦略的基盤技術高度化支援事業)
- ▶ 車載制御ネットワークに対する集中型セキュリティ監視システムの研究開発(総務省 SCOPE)

人材育成プロジェクト

- ▶ enPiT 第2期:組込みシステム産業の成長を支える人材育成の拠点形成(文部科学省 成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成事業) ... 学部生向け
- ▶ enPiT-Pro-Emb:組込みシステム技術者のための技術展開力育成プログラム(文部科学省 成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成事業 enPiT-Pro) ... 社会人向け

おわりに
～NCESの挑戦～

オープンイノベーションとプラットフォーム

2年前と同じ

! 第5期科学技術基本計画においても、オープンイノベーションとプラットフォームが重視されている

我が国の情報産業の弱み

- ▶ 特にプラットフォームの領域で、国際標準となるものを出せていない
 - プラットフォームを握ることのビジネスインパクトは大きい
- ▶ (そこそこの) 技術を持った企業が乱立. 国の力が分散
… 情報産業に限らずすべての産業分野に言えること

NCESの挑戦

- ▶ プラットフォームを協調領域と捉えて、オープンイノベーションに向けた研究開発と人材育成を実施
- ▶ コンソーシアム型共同研究, コンソーシアム型のベンチャ企業, コンソーシアム(組合)など, テーマ毎に工夫