

組込みシステム技術者の育成 -IoTと車載領域を中心にして-

2019年2月21日

名古屋大学, 静岡大学, 広島大学, 愛媛大学, 南山大学

山本雅基

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

1

車載/IoT組込み分野における新しい潮流

- 開発技術の変化
 - すりあわせ開発から、組合わせ開発への移行（例：MBD開発）
- グローバルな標準化
 - 常に進化する通信プロトコル（例：3G, 4G, LTE, 5G）
 - プラットフォームの共通化（例：Android, iOS, AUTOSAR）
 - 開発方式までもが標準化（例：AUTOSARメソドロジー）
- ネットワーク接続
 - 従来は独立で機能していたセンサやアクチュエータのIoT化
 - セキュリティ対策
 - サーバー側との協調
- 競争相手の増加
 - GoogleやAppleなどのIT企業が、自動運転を切り口に自動車分野に参入
 - 多くの中国企業が、携帯電話やTVなどの複雑な組込みシステムに参入

企業は、急激な技術変化にさらされている

2

最先端の車載/IoTの技術を学び直すことが急務

- 学生時代に学ばなかった技術が、現在の業務遂行に必要
 - 例：AUTOSAR
 - 2003年に団体が設立され、その後に普及が始まる
 - AUTOSAR準拠ソフトウェアコンポーネント開発の案件が出されるようになってきた（特に欧州のOEMから）
 - Tier1の技術者がOEMから仕事を受けるときに、AUTOSAR技術が必要
 - ソフトハウスがTier1から仕事を請け負うときに、AUTOSAR技術が必要
 - AUTOSARを新たに学ばなければ、業務を遂行できない
 - 例：IoT
 - コンセプトは1980年代から議論されてきたが、2010年代以降のインダストリアルインターネット（アメリカ）やインダストリー4.0（ドイツ）から広く知られるようになった。
 - FAシステム開発企業は、生産装置に組込む機器に通信機能を求めるようになってきた
 - FAシステムを統括する企業の技術者は、IoT技術が必要
 - 製造装置に組込む機能部品を開発する企業の技術者も、IoT技術が必要
 - ネットワーク技術を知らない機械系の技術者は、IoTを学び直すことが必要

社内教育の限界

- 業務を通して学ぶ技術は、種類に偏りがある
 - 例：AUTOSARのCOM(通信部)を実装する仕事をするとその部分は詳しくなる。しかし、AUTOSARのRTE(ランタイム環境)の技術・知識は身につかない
- 業務を通して学ぶ技術は、表層的で奥行きがない
 - 例：IoTの通信ライブラリを用いたコーディングはできるが、通信プロトコルの全体像を知らないので、システム提案ができない
- 社内教育を務める講師が用意できない
 - 例：社内にセキュリティの技術者がいないので、IoTのセキュリティを担当する講師がいない
- 技術にキャッチアップした教育カリキュラムを作る余力がない
 - 例：日々の事業推進に追われているので、技術教育まで手が回らない
 - 例：能力の高い技術者は、製品開発に従事して、教育が後回しになる

技術教育のアウトソーシングが必要

社会人教育の実績を背景に，enPiT-Pro Embを始動

静岡大学

名古屋大学



NEP公開講座

2012年～

文科省「制御系組込みシステムアーキテクト養成プログラム」がきっかけ

組込みシステムのアーキテクト育成を目的として，多様な科目で構成（会員ニーズに合わせた幅広い教育）

2004年～

文科省「新興分野人材養成プログラム」がきっかけ

組込みシステム技術者と管理者の育成を目的として，研究成果を積極的に教材化（車載系の研究が多く，車載教育が充実）

enPiT-Pro補助金により，教材開発，教育環境の整備

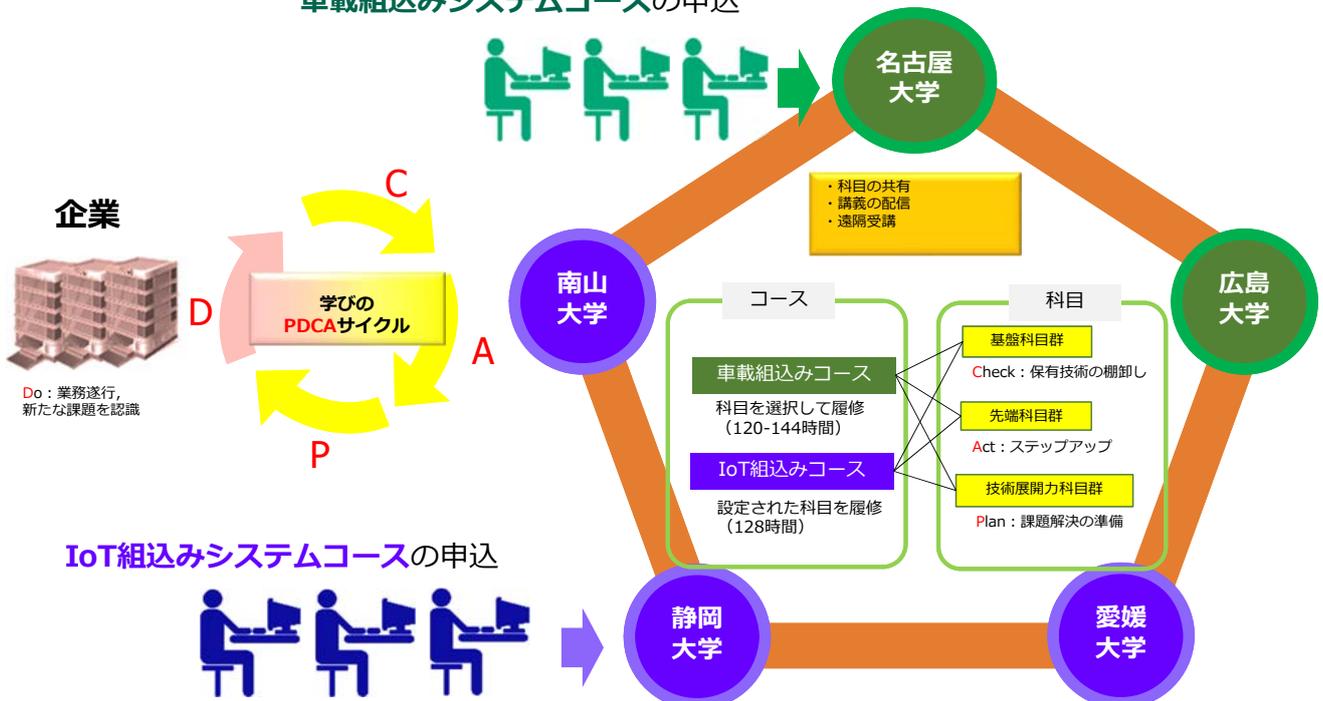
enPiT-Pro Emb

広島大学，愛媛大学，南山大学が加わり組込みシステムの教育を広める

enPiT-Pro Emb

「車載組込みシステム」と「IoT組込みシステム」の分野で社会人の学び（学び続け，PDCAサイクル）を支援する

車載組込みシステムコースの申込



5大学の協調した運営

- 運営会議
 - 1回/毎月実施 WebEXを用いて遠隔会議
 - 運営管理, 進捗状況の情報交換, 課題の確認など
- 評価WG
 - 適宜実施
 - 既存アンケートの分析, 来年度のアンケート設計
- FD WG
 - 適宜実施
 - 授業参観を通じた授業方法の相互学習など

組込みシステム技術者教育のノウハウを
大学間で共有

社会人に配慮したenPiT-Pro Embの特徴

- 組込み技術の多様性に対応
 - 車載とIoTの別に学ぶ ← 企業の事業ドメインに合わせて選択可能
 - 車載は技術の種類が多いので、受講科目を細かく選択できるように配慮
- 体系立てた学びに対応（コース受講）
 - 「車載組込みシステムコース」と「IoT組込みシステムコース」は、時間をかけて（120時間～144時間）体系立てて学ぶことができる
 - 車載は、科目群（基盤, 先端, 技術展開力）別に最低履修時間を設ける
- 体系立てた学びの修了者には特典がある
 - 履修証明書を受け取ることができる（車載組込みシステムコース）
 - 厚労省の助成金が付与される（来年度以降）
- 学びやすさへの配慮がある
 - 一部科目は以下が可能
 - 土曜日開講, 大学間のWeb配信（地元の大学で受講が可能）, 名古屋大学東京オフィスでのWeb受講
 - 一部科目は、コース（120-144時間）ではなく、単体での受講が可能
 - 1科目の最小受講時間は、6時間（1日）

enPiT-Pro Emb 3通りの受講方法

1. 車載組込みシステムコース（名古屋大学）

- 受講場所：主に名古屋大学。一部科目は、東京でも受講可能
- 時間数：合計120時間～144時間になるように、科目を選択する
- 受講料：40万円/人

* 今後、広島大学も実施予定

2. IoT組込みシステムコース（静岡大学）

- 受講場所：静岡大学（浜松）
- 時間数：合計128時間
- 受講料：36万円/人（HEPTコンソーシアム会員には割引あり）

* 今後、愛媛大学も実施予定

3. 科目選択受講（各大学）

- 受講場所：科目によって異なる。東京・静岡・名古屋・広島・愛媛
- 時間数：1科目（最小6時間）からの申込みが可能
- 受講料：科目毎に異なる

9

科目の位置づけ

- 社会人向けの講座
 - 大学の学生向け正規科目ではなく、履修に必要な条件を設定した社会人向けの適切な内容を含む講座として位置づける
 - 履修対象者・条件の例
 - ▶ ソフトウェア開発の業務に従事されている方
 - ▶ C言語およびアセンブリ言語によるプログラミング経験があること
- 履修証明プログラムとの関係(2019.2現在)
 - 車載組込みシステムコース(名古屋大学)は、名古屋大学の履修証明プログラム
- 職業実践力育成プログラム（BP：Brush up Program）との関係(2019.2現在)
 - 車載組込みシステムコース(名古屋大学)は、文部科学省のBPの認定を受けた
 - 大学、大学院、短期大学及び高等専門学校（以下「大学等」という。）における社会人や企業等のニーズに応じた、主に社会人を対象とした実践的・専門的なプログラム
- 第四次産業革命スキル習得講座認定制度との関係(2019.2現在)
 - 「制御システム開発のためのMBD」科目(名古屋大学)は、経済産業省の第四次産業革命スキル習得講座の認定を受けた
 - IT・データを中心とした将来の成長が強く見込まれ、雇用創出に貢献する分野において、社会人が高度な専門性を身に付けてキャリアアップを図る、専門的・実践的な教育訓練講座を経済産業大臣が認定する制度



社会人へのenPiT-Pro Emb訴求ポイント

- 新技術の学びは、喫緊の課題
 - 過去に学んだ知識だけでは、現在の開発に対応困難
 - 仕事を通じた学びは狭く、発展性に乏しい
- enPiTは、IT教育のブランド
 - 全国の多くの情報系学生は知って（一部は受講して）いる
 - 企業が社員を enPiT-Pro Emb で受講させると、
人材育成に熱心な企業であることを、学生に分かりやすく訴求できる
 - リクルートに有利に働く可能性がある
- enPiT-Pro Emb を御社の人材育成に
 - enPiT-Pro に一部の社員を送り込むと、全社員へのメッセージになる
 - 教育熱心だ。何を学んだか聞きたい。自分も受講をアピールしよう。
 - enPiT-Pro Embを社内で様々な形で活用可能する
 - 社内教育の一環にする。社内の資格制度に組込む。奨励金を支給する。

企業の皆様、enPiT-Pro Embを活用して
ホワイト企業であることを見える化しませんか

車載組込みシステムコース（基盤科目群）

- 基盤科目群（下記の科目から24時間以上を選択）
 - リアルタイム性保証技術（6）
 - 組込みシステムのセーフティ/セキュリティ入門（6）
 - 組込みプログラミング初級（18）*
 - リアルタイムOSの内部構造（12）
 - マルチプロセッサ用RTOSを使ったアプリケーション開発（6）
 - マルチプロセッサ用RTOSの内部構造（6）
 - FPGAを用いたハードウェア/ソフトウェア・コデザイン（6）*
 - 技術者のための文書作成（6）
 - メンタル面の管理技術（6）
 - ドキュメントレビュー（6）*
 - 人材育成と仕事の質を重視した管理技術（6）
 - 要求仕様・設計書の作成技術（6）
 - ソフトウェア品質・信頼性評価技術（6）
 - ソフトウェア構成管理演習（6）
 - Cプログラミング入門（ソケットプログラミング）（7）
 - Cプログラミング入門（リファクタリング）（7）
 - IoT環境における知的情報処理技術（12）

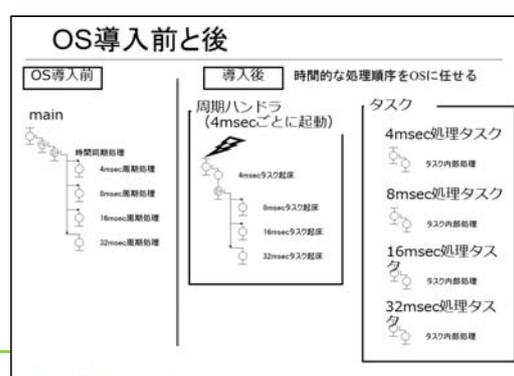
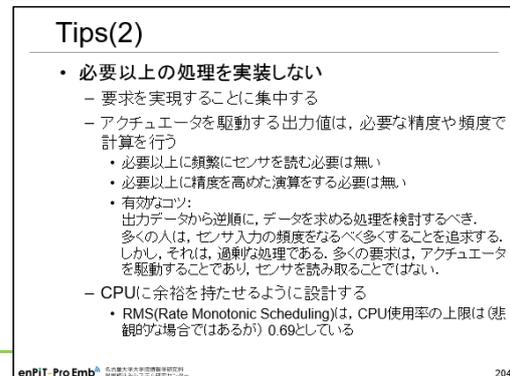
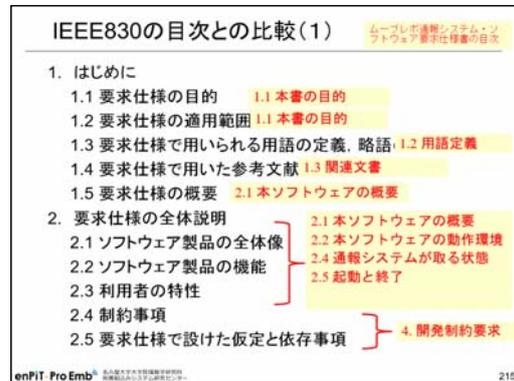
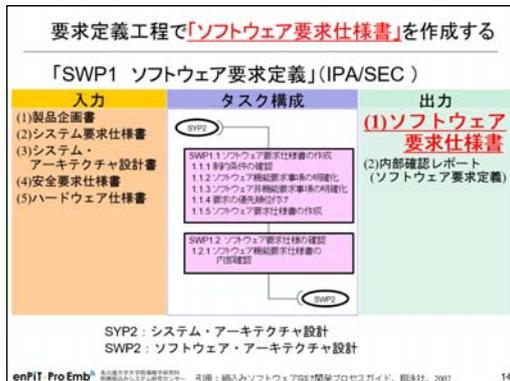
車載組み込みシステムコース（先端科目群ほか）

- 先端科目群（下記の科目から48時間以上を選択）
 - 組み込み/自動車セキュリティ初級（6）
 - 組み込み/自動車セキュリティ中級（12）
 - 組み込み/自動車システムの機能安全規格と安全分析演習（12） *
 - AUTOSAR概論（6） *
 - AUTOSAR OS仕様とTOPPERS/ATK2の使い方（6） *
 - AUTOSARメソッドロジ入門（6） *
 - モデルカーを用いたAUTOSAR開発入門（12） *
 - 制御システム開発のためのMBD（30） *
 - 自動車工学（6） *
 - カーエレクトロニクス（6） *
 - Automotive SPICEプロセス基礎トレーニング（管理・支援系プロセス）（6） *
 - Automotive SPICEプロセス基礎トレーニング（ソフトウェアエンジニアリングプロセス）（6） *
 - IoT環境における画像処理・理解技術（愛媛大学提供科目）（12）
 - 分散システムとクラウド技術（南山大学提供科目）（12）
 - IoTデータ分析基盤（南山大学提供科目）（6）
- 技術力展開科目（必須）
 - 車載組み込みシステムコース技術展開力実践（12）

カッコ内は時間数
*印は、企業の協力（教材や講師）による開講

教材サンプル（1）要求仕様書と設計書の作成技術

車載システムを開発する企業では開発プロセス(Automotive SPICE)に準じて開発するので、要求仕様書や設計書の作成が必須である。そこで、理論（要求工学や設計論）やプロセスだけでなく、文書化を見据えた実践的な講義を行う



教材サンプル (2) AUTOSARメソドロジ

AUTOSARが標準化した開発手順を学ぶ科目。自分の担当業務とメソドロジとの関係を考えさせると共に、ACC (アダプティブクルーズコントロール) の開発を題材にして、実務への適用を意識させる。

アプリケーションのECUへの組込み

1. SW-CをVFB (Virtual Functional Bus) に接続した形で論理的に記述
2. SW-Cをネットワークで接続されたECU群にマッピング
3. 各ECUのAUTOSARプラットフォーム (RTEとBSW) 上に、SW-Cを配置して、実行形式を作る

• 多くの場合は、ツールを用いて、これらの作業を行う
 • 時間制約などの多くのパラメータを設定する必要がある (ARXML形式)

(引用) AUTOSAR仕様書 [AUTOSAR_EXP_VFB.pdf] の「Figure 2.2: Detailed view on the activity "Configure System"」

enPiT-Pro Emb AUTOSARメソドロジ入門 -13-

アプリケーションシステム開発に必要な能力

- AUTOSARメソドロジの理解
 - どのような手順を踏んでアプリケーションシステムを開発するのか
- SW-Cの開発力
 - 設計力
 - どのようなまとまりにするか、どのようなランナブルで構成するか
 - ランナブルの起動は定期的かイベント駆動か
 - コンポーネント間でやり取りするデータ設計ができるか
 - 実装力
 - C言語などでコーディングできるか
- RTE、BSWの理解
 - アプリケーションはどのように動作するか (タイミング、通信)
 - 各種パラメータの設定
- ツールの理解と使用
 - 多くの作業をツールで行うのでツールを駆使できるか
- ECU、MPU、通信プロトコルなどの広範囲な基礎知識
 - 上流工程からデバッグやテストまでの業務に必要
- ステークホルダとのコミュニケーション能力
 - OEM、Tier1、ソフトウェアサプライヤー、プラットフォームサプライヤーとの調整/交渉ができるか

enPiT-Pro Emb AUTOSARメソドロジ入門 -15-

日本の開発者属性とメソドロジの開発者属性の対応

日本の開発において、サプライヤー・ソフトハイスは全工程にかかわっている。AUTOSAR導入にあたり、この分界をどこまでAUTOSARメソドロジに合わせるかということも課題となる。

enPiT-Pro Emb AUTOSARメソドロジ入門 -29-

[VFB-1] 段階的な SW-C 分割 (1)

• SW-C定義の例では下図のように、「センサフュージョン」「速度制御機能」を分割したが、CompositionSwComponentTypeを使用し、段階的に分割することもできる

enPiT-Pro Emb AUTOSARメソドロジ入門 -62-

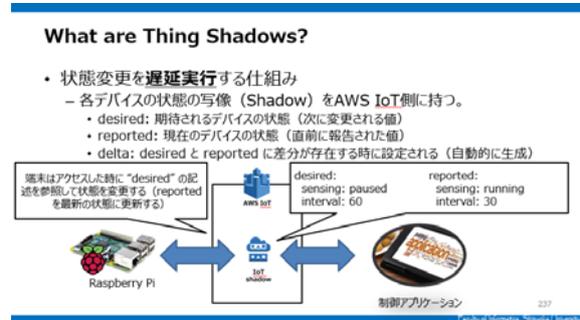
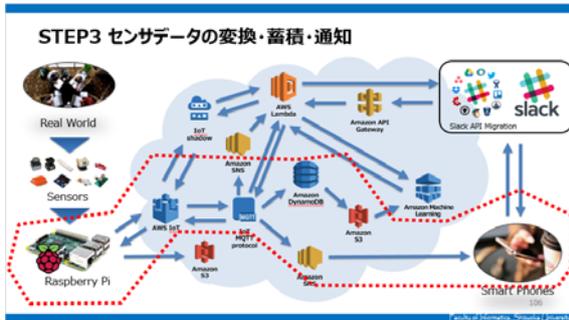
IoT組込みシステムコース

- 基盤科目群 (個別受講可能)
 - ソフトウェア品質と検証技術 (南山大学提供科目) (6)
 - 組込みシステムのモデリング (南山大学提供科目) (6)
 - データベースセキュリティ (南山大学提供科目) (6)
- 先端科目群 (個別受講可能)
 - モデルベース開発基礎 (32) *
- 先端科目群 (コース受講)
 - IoTシステムアーキテクト養成プログラム (128)
 - IoTハンズオン (32)
 - 統計解析入門 (16)
 - IoT環境における知的情報処理技術 (16)
 - IoT環境における画像処理技術・画像理解技術 (16)
 - IoTにおけるテスト技術及びセキュリティ技術 (16)
 - IoT実践演習 (32)

カッコ内は時間数
 *印は、企業の協力 (教材や講師) による開講

教材サンプル (3) IoTハンズオン (in IoTアーキテクト養成プログラム)

IoTシステムは参加者の既存業務経験からしても経験が少ない領域である場合が多い。そのため、コースの最初に計測・送受信・蓄積・分析・表示・予測・制御を含めたシステムを構築することで、IoTシステムの全体像を掴み、各技術の必要性と要件を捉える。



MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

- 疎結合 (クライアント-サーバ型/中間)
 - クラスタはサブスクリプション機能していない/変更しない
 - サブスクリプションが増えた場合の負荷分散もローカルで対応可能
- 双方向通信
 - 両クライアントがプッシュとサブスクリプションを兼ねることが可能
- 1対多、多対多のメッセージ配布 (ワイルドカード利用可能)
- 軽量: 固定長バイトのオーバーヘッド
- 3種類のQoS
 - QoS0 (正確に1回)
 - QoS1 (少なくとも1回 (重複の可能性))
 - QoS2 (厳密に1回 (重複の可能性))
- 不安定な環境に対応する機能
 - Durable Subscriber: 切断が発生し、再接続後に切断中のメッセージを受け取る
 - Last Will and Testament: Publish権が切れた場合に事前に決めておいたメッセージを送す
 - Retain: 後でsubscribeしたときに送れるように、最後のメッセージを保存しておく
- セキュリティ
 - MQTT over SSL
 - MQTT-SN (MQTT for Sensor Networks)

同じデータ・別のアルゴリズムでの性能差を見てみよう

教材サンプル (4) 統計解析入門 (in IoTアーキテクト養成プログラム)

統計理論に基づくデータ解析は、農学・工学・理学等の理系の分野はもとより、心理学・経済学・社会学等の文科系の分野でも予測、評価、管理等の目的で広く利用されている。IoTシステムにおけるビッグデータ・機械学習の活用実践に向かうことを踏まえて、データ解析の場面で利用される基本的な統計的手法、考え方について学習する。

記述統計量

記述統計 vs 推測統計

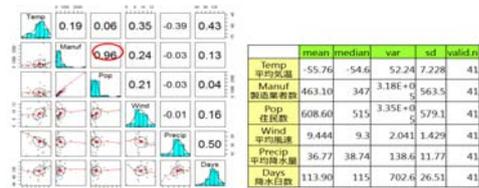
- 得られたデータを集計する
- グラフなどを用いてわかりやすく表示

例) 標本平均: 母集団から偶然選ばれた1組の標本の平均値に過ぎない、という扱い

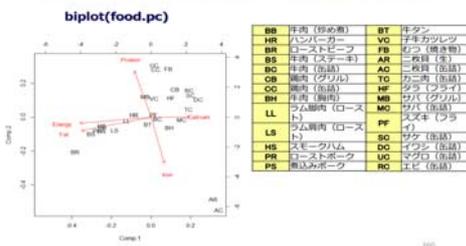
同じ調査や実験を誰がいつどこで行っても同様の結果が得られるという確率の再現性が求められる

Fig.1 Major divisions in the field of Statistics

- 国勢調査のような大規模な調査では、記述統計で情報を十分に引き出す事が可能
- 研究に用いたデータを表にまとめる時にも記述統計を使う
- サンプル数がせいぜい数十、数百の規模の小さい研究において、母集団に対して普遍性のある情報を引き出すには推測統計が必要



各主成分と変数 (栄養素), そして各食品の関係



変数の分類

変数

- 量的変数
 - 量的変数: 数値 (身長、体重、テストの得点、物質の濃度、世帯人数、脳容積、不良品の個数)
 - 質的変数: カテゴリー (内閣支持、所属学部、出身都道府県、世帯主の職業、性別、疾病の有無)

質的変数はどれ?
 A. 好きなスポーツ
 B. 1週間の平均睡眠時間
 C. 最終学歴

2019年度の受講申し込みは、現在準備中

Webで受講申し込みを受け付ける。

科目の一覧やシラバスについても、随時情報を更新し、Webで配信する。



検索

3月上旬から、順次、2019年度版を公開予定

19

組み込みシステム技術者(社会人)教育の残された課題

- 社会人が必要とする新しい技術にキャッチアップした教材を継続して開発する必要がある
 - 車載/IoT産業における技術進歩は継続中なので、適宜、教材を改訂することが必要だが、開発には費用がかかる
- いつでもどこでも学習したいというニーズに対応するためには、たとえばeLearningコンテンツの開発が必要である
- 潜在的な受講者は、車載/IoT組み込みシステム産業にいたので、その産業に携わる企業・社会人への広報が必要であるが…
 - 開講場所（大学が立地する場所）の近くに社員がいることが望ましく、企業立地の影響を受ける
 - 車載/IoT組み込みシステム産業の景気に影響を受ける
 - 企業での社員への人材育成投資が、着実に行われる必要がある