

システム設計演習（前期分）

秋田純一

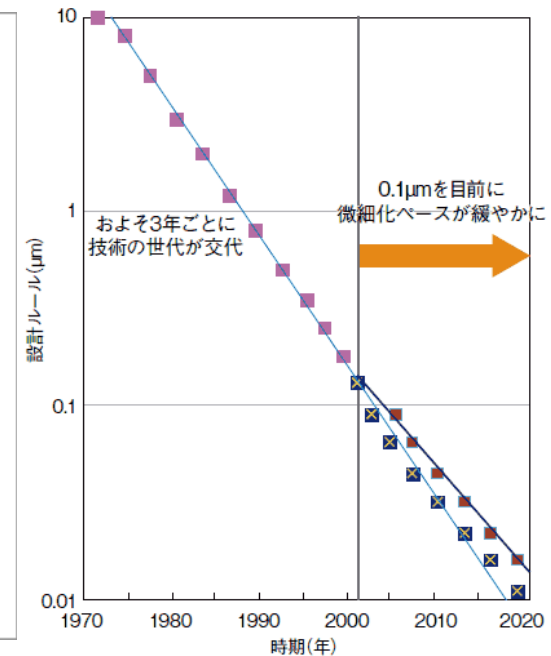
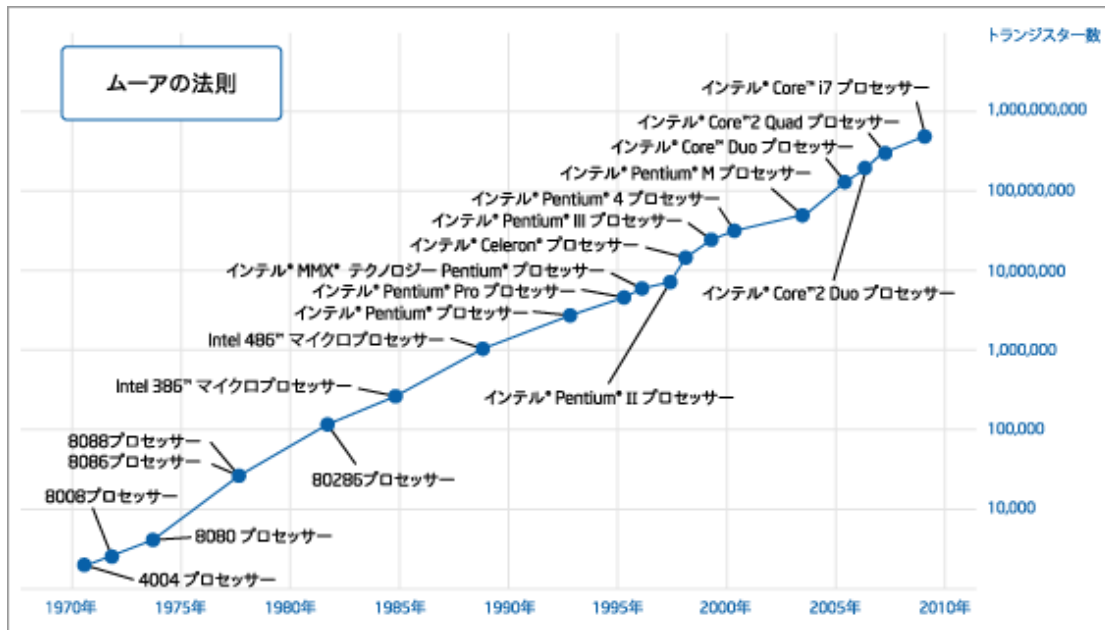
<http://j.mp/akita-class>

akita@ifdl.jp (@akita11)

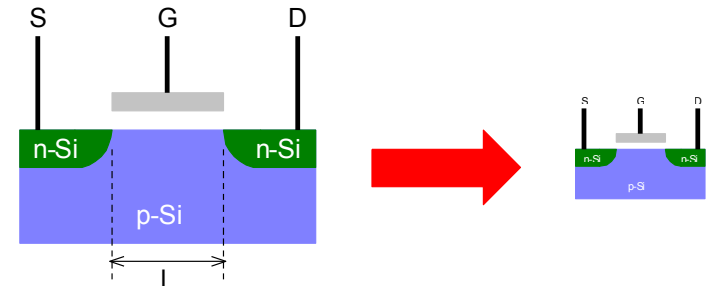
この講義のシラバス

- ✓ コンピュータに代表される情報機器はハードウェアとソフトウェアが連携して機能するシステムが重要な役割を果たしている。前期ではソフトウェアによるデジタル回路の記述，論理合成などのVLSI設計の基礎について知識を身につけ，演習を通して課題の解決方法を具体的に学ぶ。後期では前期で学んだ知識を含め，デジタル回路，電子回路（アナログ回路），コンピュータアーキテクチャなどのハードウェアとプログラミングやアルゴリズムなどのソフトウェアの知識を組み合わせたシステムを設計，製作することにより総合的な創造力を養うとともに問題点を自分で解決できる力を身につける。

VLSIの背景:ムーアの法則



☑加工寸法が3年で1/2になる(べき)



Mooreの法則のカラクリ: スケーリング

☑️ MOSTランジスタを、より小さく作ると・・・？

☑️ 寸法: $1/\alpha$

☑️ 不純物濃度: α

☑️ 電源電圧: $1/\alpha$

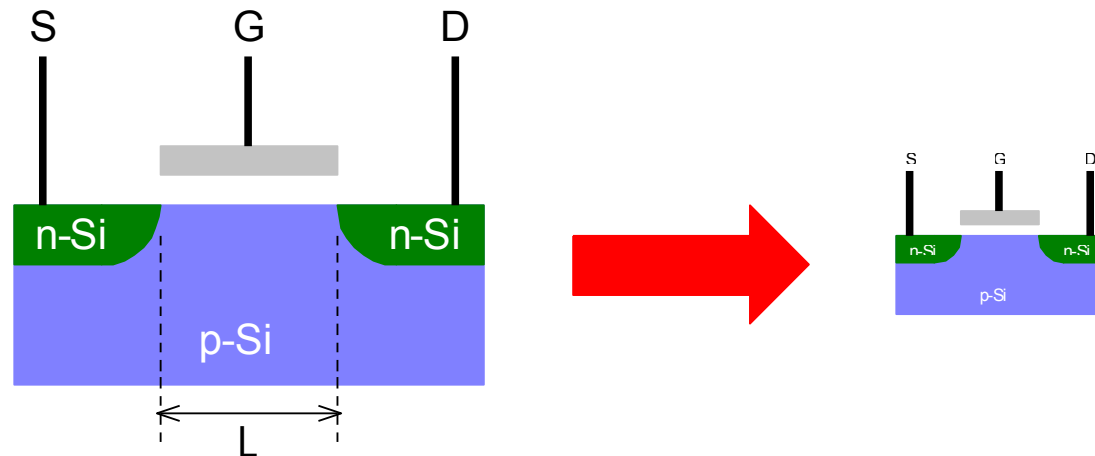
☑️ 結論: いいことばかり

☑️ 速度↑

☑️ 消費電力↓

☑️ 集積度(機能)↑

☑️ 技術が進むべき方向性が極めて明確なまれなケース



スケーリング（微細化）でうれしいこと

✓速度↑

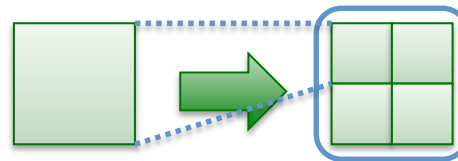
✓パソコンや携帯・スマホがサクサク動く

✓消費電力↓

✓バッテリーが長持ち

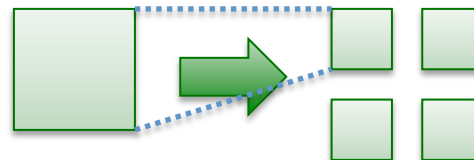
✓集積度↑: 2つの意味

✓機能↑



同一面積チップで4倍のMOS数
=4倍の機能

✓コスト↓



同一MOS数が1/4の面積
=1/4のコスト

微細化によるコスト↓の別の側面



DEC VAX(1976)
1MIPS



Cray-1 (1978)
100MIPS

(世界最初のスーパーコンピュータ)



1000MIPS



100MIPS



300MIPS



20MIPS



10MIPS

※MIPS: Million Instruction Per Second (1秒間に実行できる命令数)

微細化によるコスト↓の意義

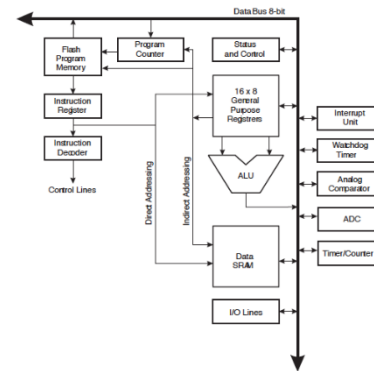
- ☑ コンピュータの低価格化＝普及
 - ☑ 昔は国で1台 → 会社に1台 → 一人1台
- ☑ もう1つの意義：
 - ☑ 「コンピュータ」が特殊なものではなくなった
 - ☑ コンピュータ＝パソコン、にとどまらない
 - ☑ 携帯、ゲーム機、家電、おもちゃ、・・・
 - ☑ → 身の回りのあらゆるものに（ユビキタス化）

「マイコン」という概念

☑技術的には：枯れたコンピュータ技術の固まり

☑RISC, Flashメモリ, ...

☑ハーバード
アーキテクチャ, ...



(Atmel ATtiny10データシートより)

(日立/Renesas H8/3048F)

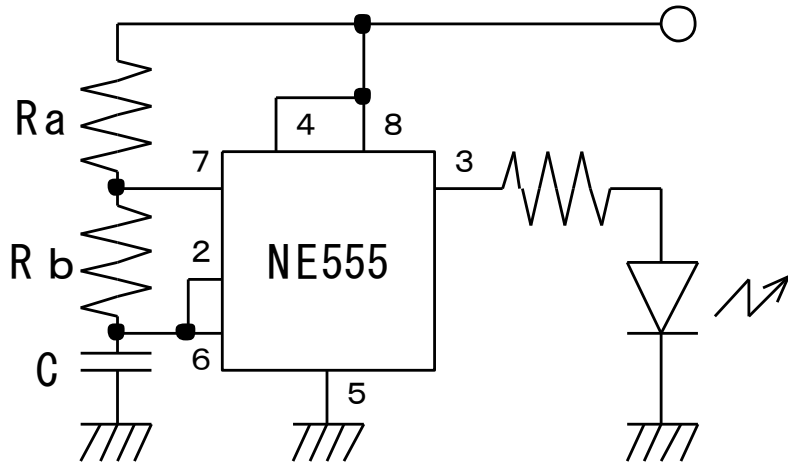
☑使い方的には・・・？

☑「コンピュータ」が安く小さくなることの意義

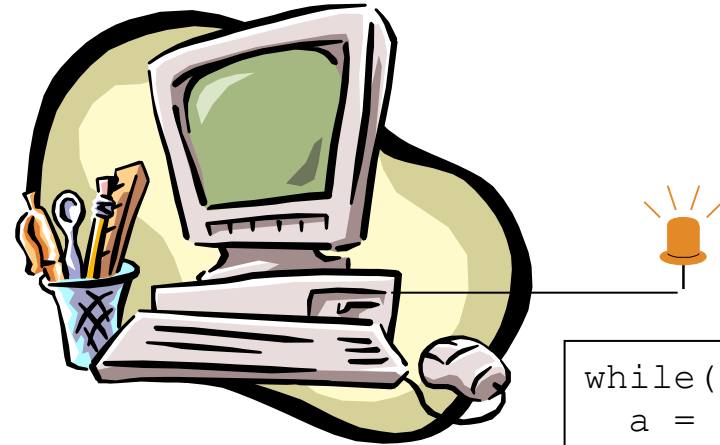
☑単なる「ダウンサイジング」ではない
パラダイムの転換(の可能性)

「マイコン」によるパラダイムシフト

☑例: 「LED点滅回路」



古典的な方法: 発振回路

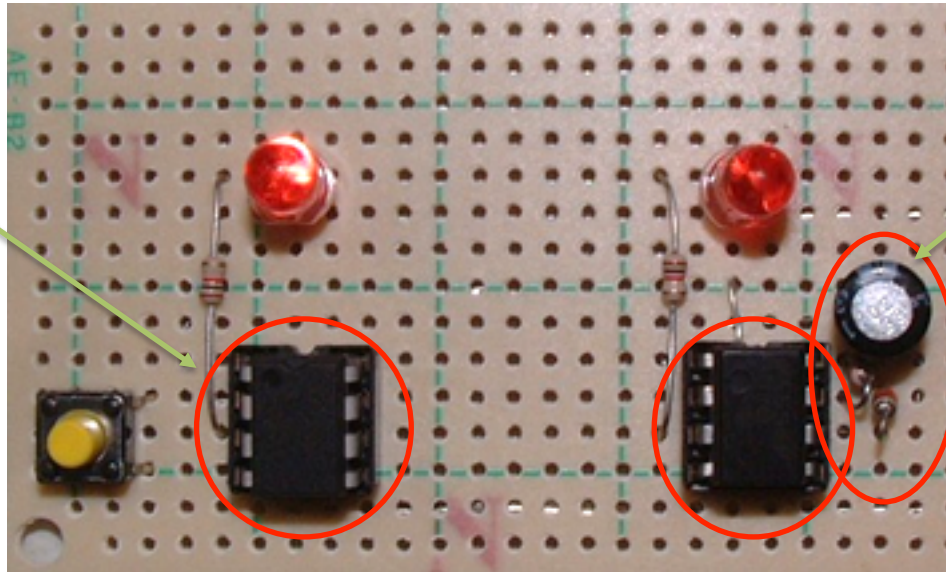


```
while(1){  
  a = 1;  
  sleep(1);  
  a = 0;  
  sleep(1);  
}
```

ソフトウェア的な方法
(可能だが非現実的)

「LED点滅」をマイコンでやると？

マイコン使用
部品点数=1
コスト:100円



発振回路(555)
部品点数=4
コスト:150円

- ✓コスト面:マイコン○(「もったいなくない」)
- ✓機能面:マイコン○(多機能・仕様変更も容易)

「マイコン」のパラダイムシフト

- ✓「コンピュータ」が小さく安くなった「だけ」
- ✓システム構成の概念を変える可能性
（「破壊的イノベーション」）

- ✓ここまでの質的な変化が
実質になるためには？
 - ✓設計者が意図できるか？
 - ✓ユーザが理解できるか？

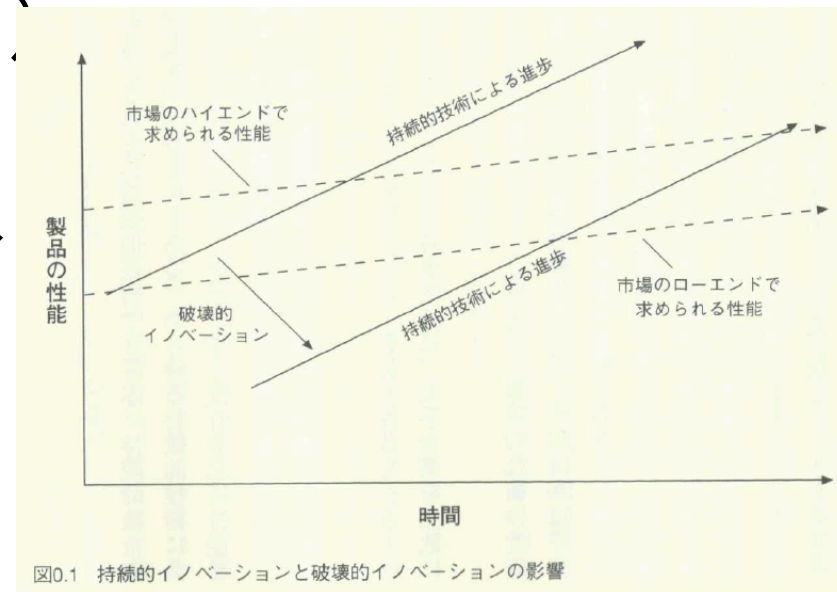
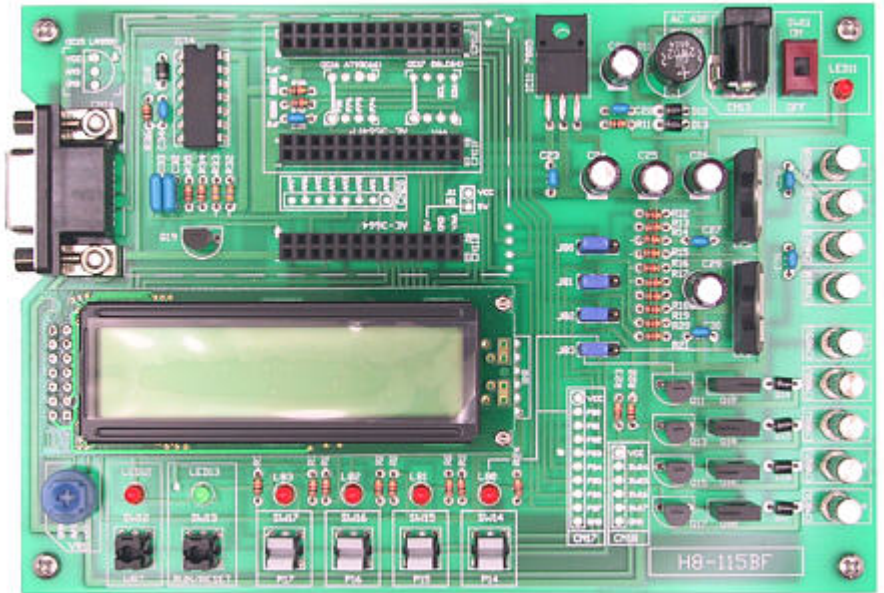
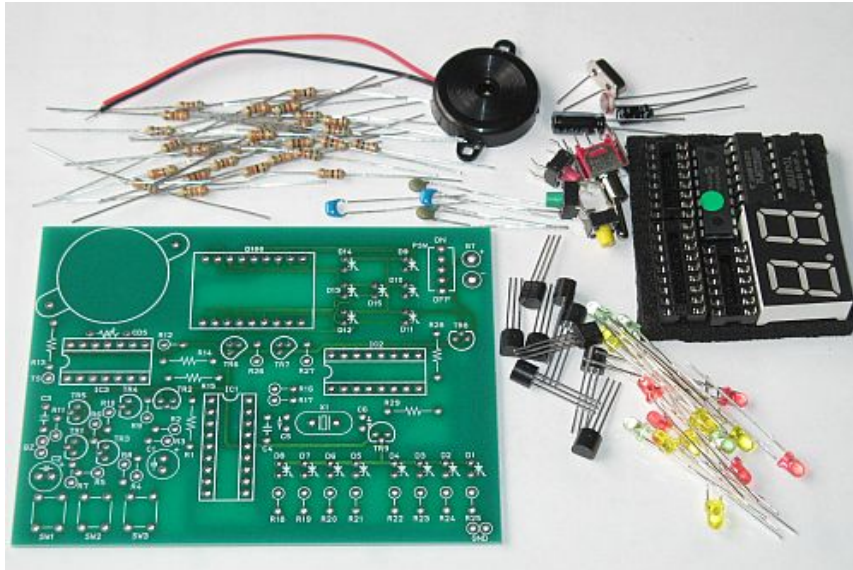


図0.1 持続的イノベーションと破壊的イノベーションの影響

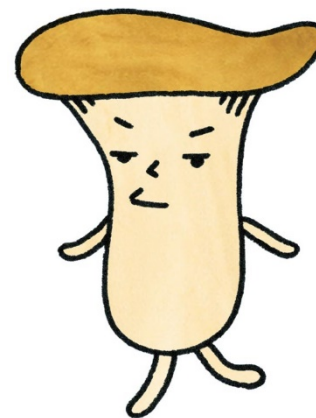
(C.クリステンセン「イノベーションのジレンマ
—技術革新が巨大企業を滅ぼすとき」(翔泳社
(2001))

「マイコン」における料理人



- ☑ 「マイコン」の「調理例」を示す「料理人」
- ☑ 雑誌記事、電子工作キット、...

新しいパラダイムでの「料理人」の重要性



- ✓ 2000年頃から店頭に→食べ方???
- ✓ 料理番組・雑誌等での調理例→定番キノコに

技術の民主化による多様性

☑技術の民主化→ユーザ裾野の広がり=多様性

☑コンピュータ: IBMメインフレーム

→PC/AT互換機・AppleII

☑WWW: 技術文書→eコマース、SNS(社会文化)

☑電子工学: 製品(ブラックボックス)→Arduino

☑動画: 映画・映研→YouTube・ニコ動

☑3Dプリンタ: 製品開発→中小企業・ホビー

製造技術の民主化: FabLab

☑加工機をコアにしたものづくりコミュニティ

☑レーザーカッター、3Dプリンタ等

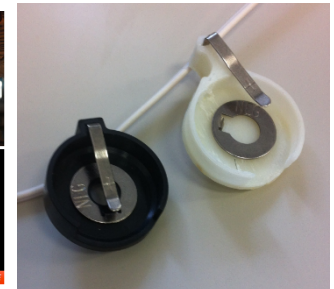
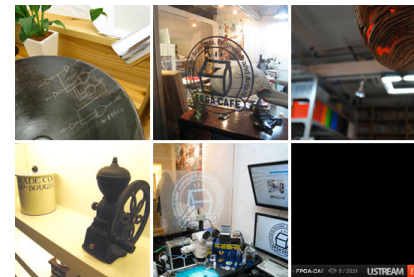
☑DIYからDo It With Others (DIWO)へ

☑現在、日本では鎌倉とつくば他

☑「製造技術の民主化」

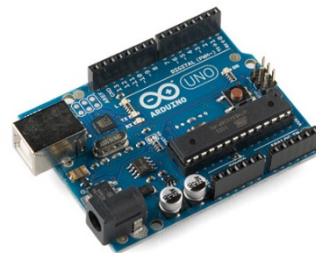
→市民が「製品は買うものではなく作るもの」へ

☑カフェ併設などの派生型も



マイコンの民主化: フィジカルコンピューティング

- ✓ PC内にとどまらず、
物理現象を扱うコンピューティング
- ✓ 使いやすくまとめたマイコンボード + 開発環境
- ✓ センサ・アクチュエータの接続・情報処理が容易
- ✓ マイコンボードの民主化



ArduinoUno

A screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "AnalogReadSerial | Arduino 1.0". The code editor shows the following code:

```
/*  
 * AnalogReadSerial  
 * Reads an analog input on pin 0, prints the result to the serial monitor  
 * This example code is in the public domain.  
 */  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(A0);  
  Serial.println(sensorValue);  
}
```

The status bar at the bottom indicates "1" and "Arduino Uno on /dev/tty.usbmodemfd13411".

産業の民主化の背景：ロングテール

☑ (昔) 少数のヒット商品
→ (今) 多数のニッチ商品

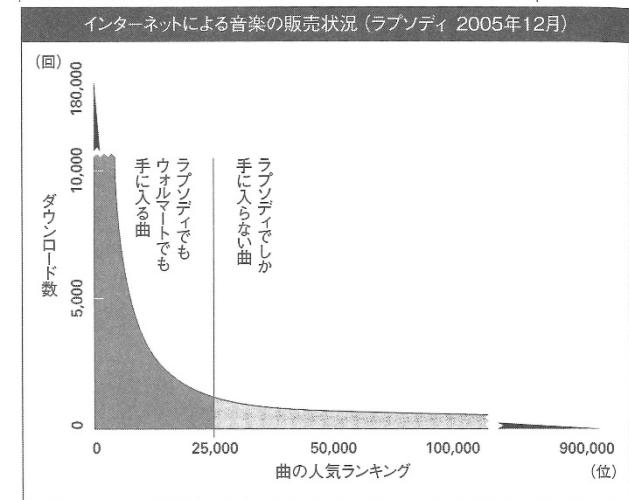
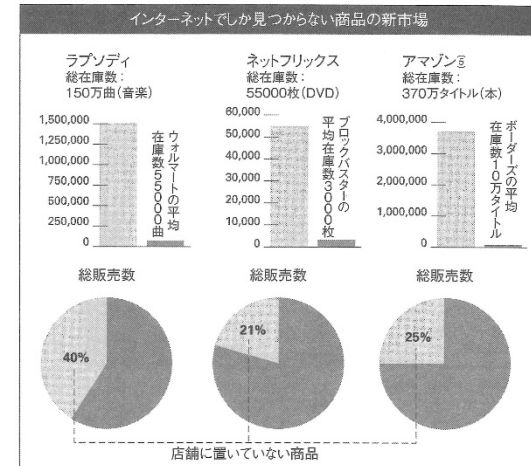
☑ ニッチも多数なので
総和は大きい

☑ 例：音楽販売では、
25,000位以下で売上の40%

☑ 「一部のヒット商品」がなくなる

☑ 音楽業界：△25% ('01～'07)

☑ ヒットアルバム：△60% ('01～'07)



(C.アンダーソン「ロングテール」,早川書房 (2009))

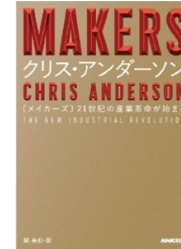
「ロングテール」の背景と意義

- ✓ 嗜好の多様化 ← メディアの多様化
 - ✓ 昔はテレビ(地上波だけ)しかない
 - ✓ 「8時だよ全員集合！」はピーク時平均視聴率50%
 - ✓ 「他に見るものがないから」という要因も大きい
 - ✓ 今: テレビ持ってますか? (学生だと10%程度)
 - ✓ リコメンデーション等の「出会いの手段」の進歩
(マイナーなものを知る機会)
- ✓ 在庫コスト: 大幅↓ (オンライン・ストア)
= 多様な商品が、消費者の選択の対象に
 - ✓ 限られた製品数 = 生産者・流通業の都合
(CDストアの棚の制限)
- ✓ ユーザの嗜好を満たす = 産業の使命の実現へ

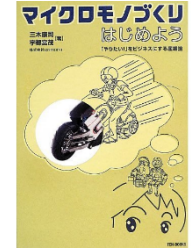
産業の民主化: MAKERSムーブメント

☑ 「21世紀の産業革命」とも呼ばれる

- ☑ 産業全体: 130兆ドル
- ☑ IT産業(bit産業): 20兆ドル(15%)
- ☑ 残り(85%): atom産業(モノが関わる)
- ☑ 「IT産業革命」は限定的→本命はatom産業



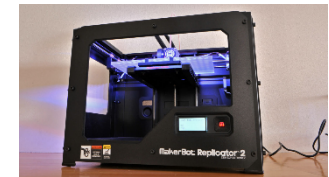
C.アンダーソン
「MAKERS」
(NHK出版, 2012)



三木・宇都宮
「マイクロモノづくり
を始めよう」
(テンブックス, 2013)

☑ ものづくりの「ロングテール」を支える技術革新

- ☑ 3Dプリンタ等によるプロトタイピング
- ☑ クラウド・ファンディング(市場調査・資金調達)
- ☑ サプライチェーン活用による
量産手段の民主化
- ☑ 「モノへの愛着」の重要性
(熱心なファン)



SFの中のMAKERS？

☑例：野尻抱介「南極点のピアピア動画」

日本の次期月探査計画に関わっていた大学院生・蓮見省一の夢は、彗星が月面に衝突した瞬間に潰え、恋人の奈美までが彼のもとを去った。省一はただ、奈美への愛をボーカロイドの小隅レイに歌わせ、ピアピア動画にアップロードするしかなかった。

しかし、月からの放出物が地球に双極ジェットを形成することが判明、ピアピア技術部による“宇宙男プロジェクト”が開始される……

ネットと宇宙開発の未来を描く4篇収録の連作集

■■■■ ? ? ?



野尻「南極点のピアピア動画」
(早川書房，2012)

要約(ネタバレ)と「示唆」

- ☑ ニコニコ技術部でロケットつくって宇宙に行ったり、潜水艦でクジラと会話する、というお話
- ☑ この小説の示唆・・・？(私の解釈)
 - ☑ 個々人の才能は尖っている(レベルが高い)
＝潜在的な生産者・技術の存在
 - ☑ 皆で力をあわせると、すごいことができる
＝潜在的な共同起業の可能性
 - ☑ 現在は、皆が「趣味」の範囲でやっている
 - ☑ もしかしたら産業になる・・・？

技術の民主化の将来：NT金沢

☑ 8/3土・4日 @ 金沢市民芸術村

☑ プロからアマまで

「やってみた」という多様性の可能性の実験



これからの情報技術と集積回路

☑「道具」としての集積回路

- ☑設計技術・製造技術の成熟

- ☑誰でも使えるようになってきた

☑情報技術の実現方法としての集積回路

- ☑パソコンを使ってプログラム:

 - できることは、たかが知れている
(パソコンの枠の中だけの世界)

- ☑面白いもの・作りたいものを実現したいときに、
道具として活用する(実世界とのつながり)

「道具」になった集積回路：後はみなさんで

- ☑「作りたいもの」を設計したい
 - ☑1億個のトランジスタが「使える」(available)
 - ☑・・・どうやって設計するのか？
-
- ☑「作りたいもの」を「言語(HDL)」で記述する
 - ☑「どうやって(How)作るか」はそろった
 - ☑「何(What/Why)を作るか」の重要性