

# 集積回路が広げる 「ものづくり」の世界

秋田純一（金沢大）

akita@ifdl.jp, <http://akita11.jp/>

@akita11



Interface Device Laboratory, Kanazawa University <http://ifdl.jp/>

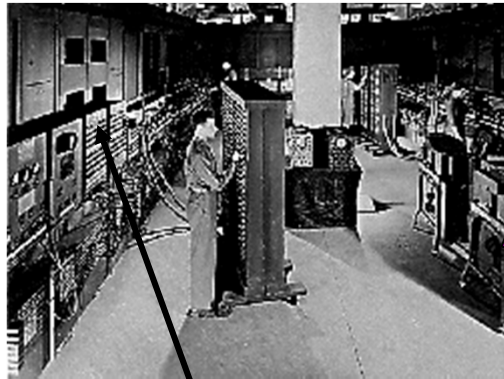
# Contents

- ☑ コンピュータの歴史と技術的カラクリ
- ☑ コンピュータと電子工作
- ☑ マイコンから未来の「ものづくり」へ

# 「コンピュータ」のイメージ？

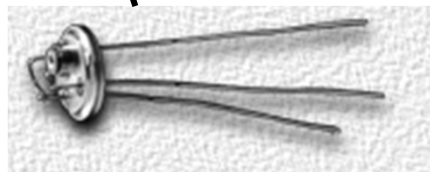


# コンピュータの歴史



(1946)  
真空管: 18,000本  
消費電力: 140kW  
サイズ: 30m × 3m × 1m  
演算性能: 5,000加算/s

(ENIAC: 世界最初のコンピュータ)



(2007)

最小加工寸法:  $0.065 \mu\text{m}$  (65nm)  
素子数:  $\sim 50,000,000$   
消費電力: 100W $\sim$ 数mW  
サイズ: 10mm × 10mm程度  
演算性能: 10,000,000,000演算/s



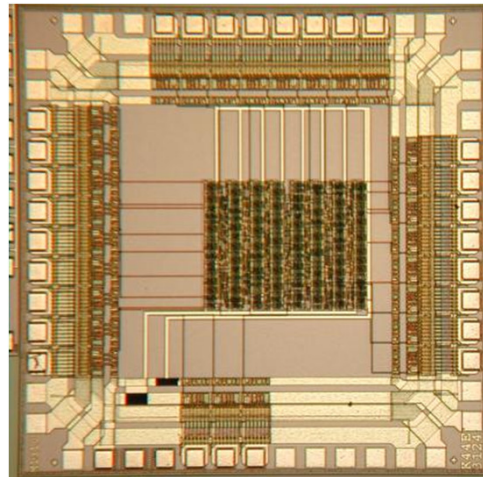
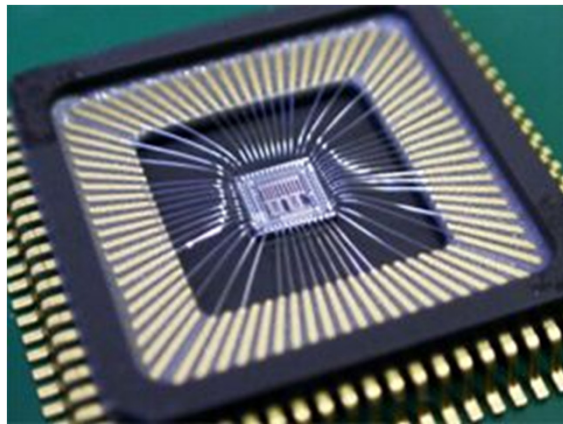
# コンピュータの基本部品：LSI

- ☑ コンピュータの進化 = 部品LSIの進化
- ☑ ほとんどあらゆる電子機器・情報機器の中
  - ☑ 「黒いムカデ」のような形(など)の部品

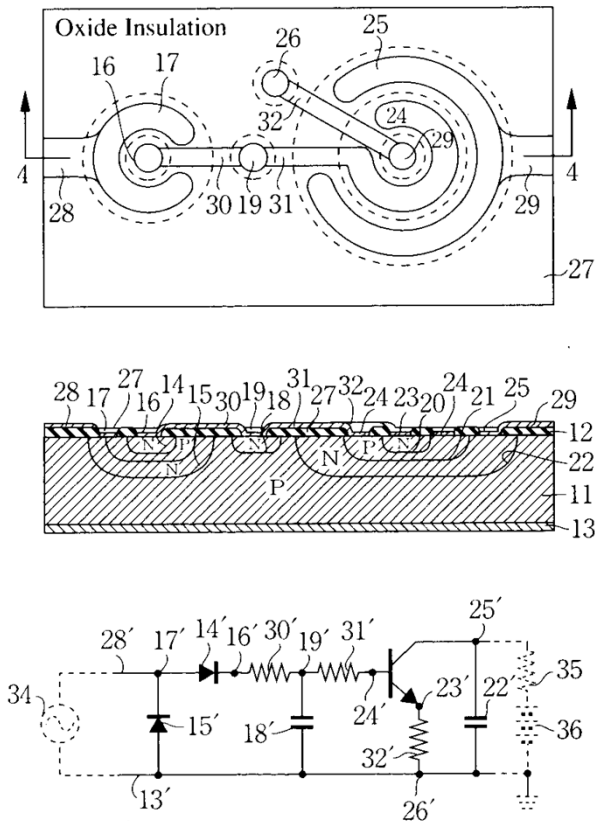


# LSIの実体

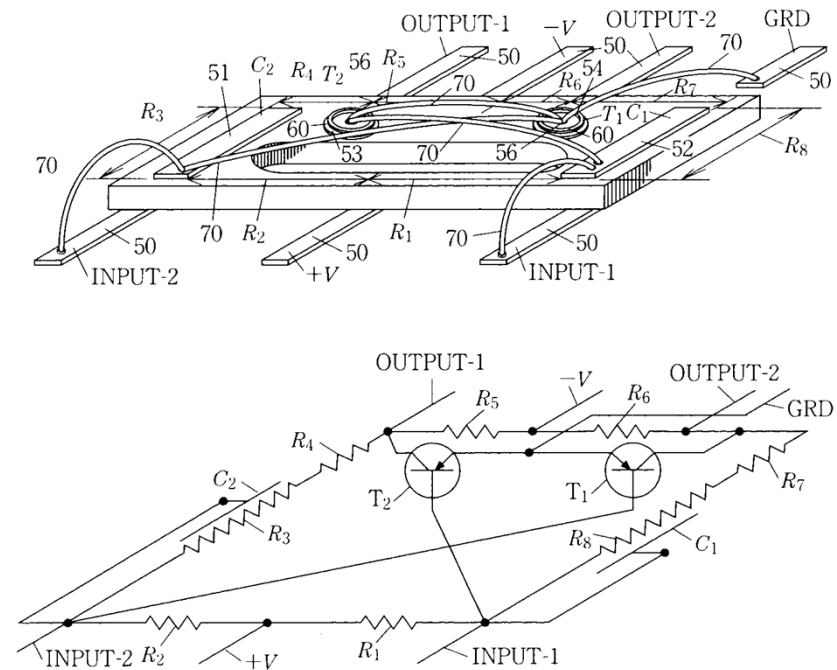
- ✓ 黒いパッケージの中に「シリコンのチップ」が入っている



# LSIの歴史

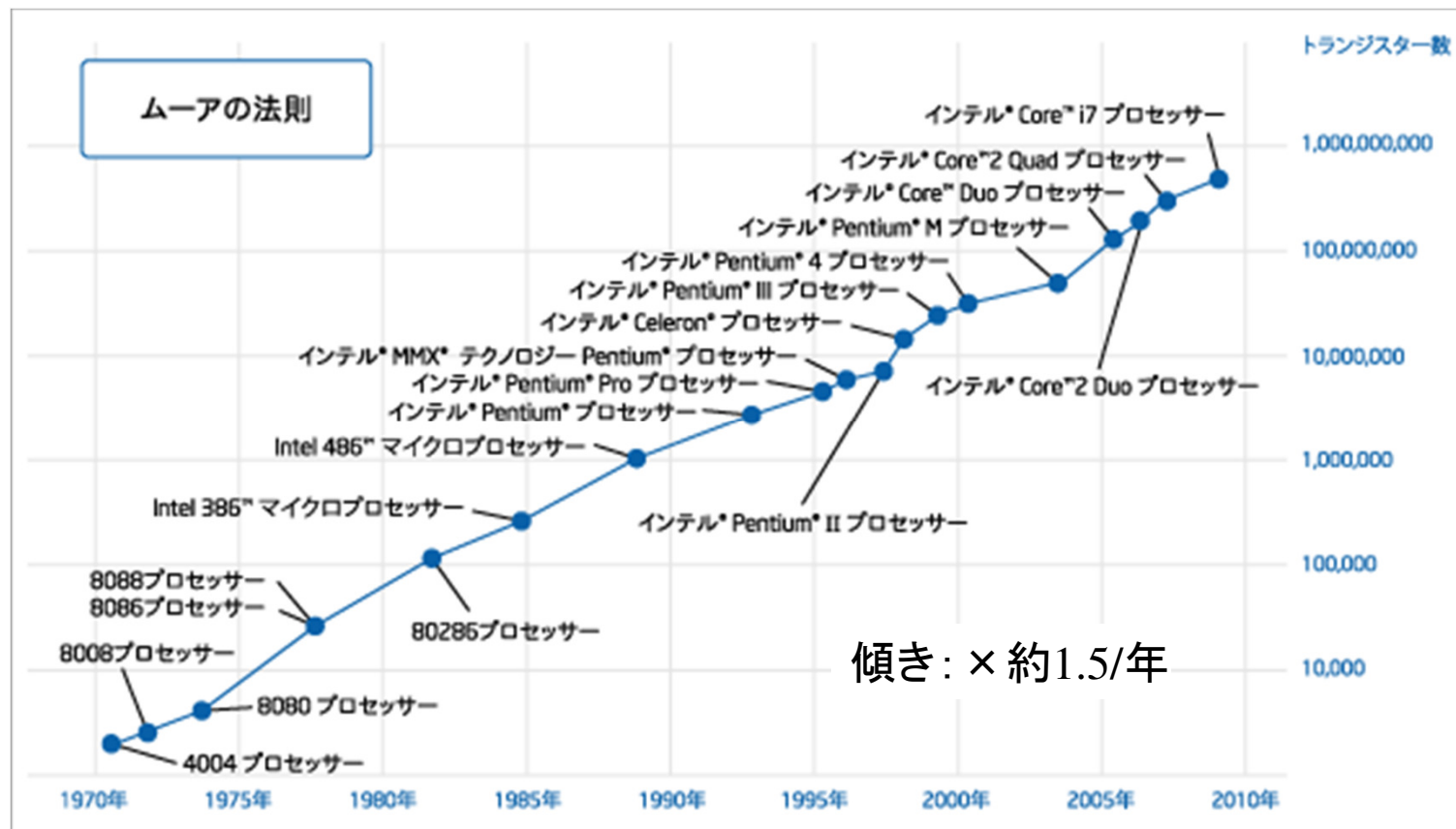


US Patent No. 2 981 877 (R. Noyce)  
(1961)



US Patent No. 2 138 743 (J. Kilby)  
(1959)

# Mooreの法則



ref: <http://www.intel.com/jp/intel/museum/processor/index.htm>



# Mooreの法則のクラクリ: 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:  $\alpha$

☑️ 電源電圧:  $1/\alpha$

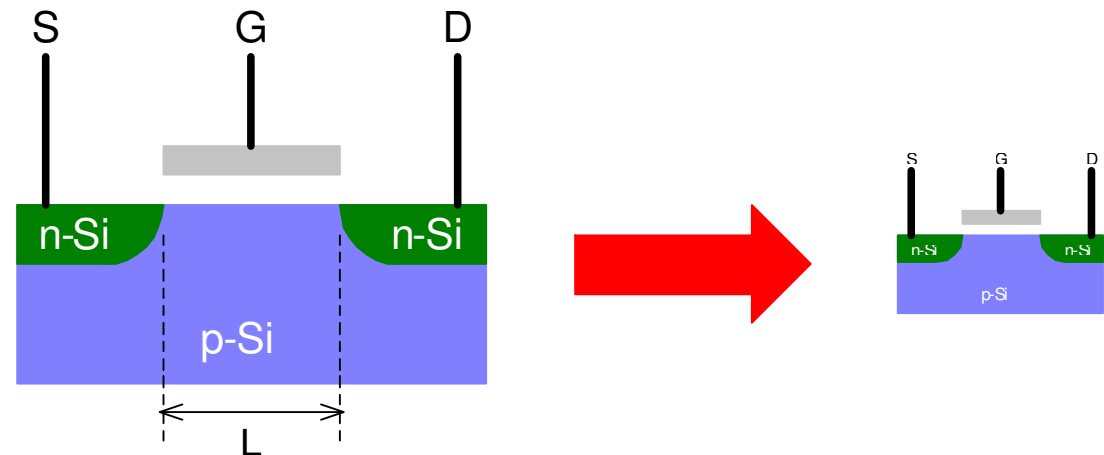
☑️ 結論: いいことばかり

☑️ 速度↑

☑️ 消費電力↓

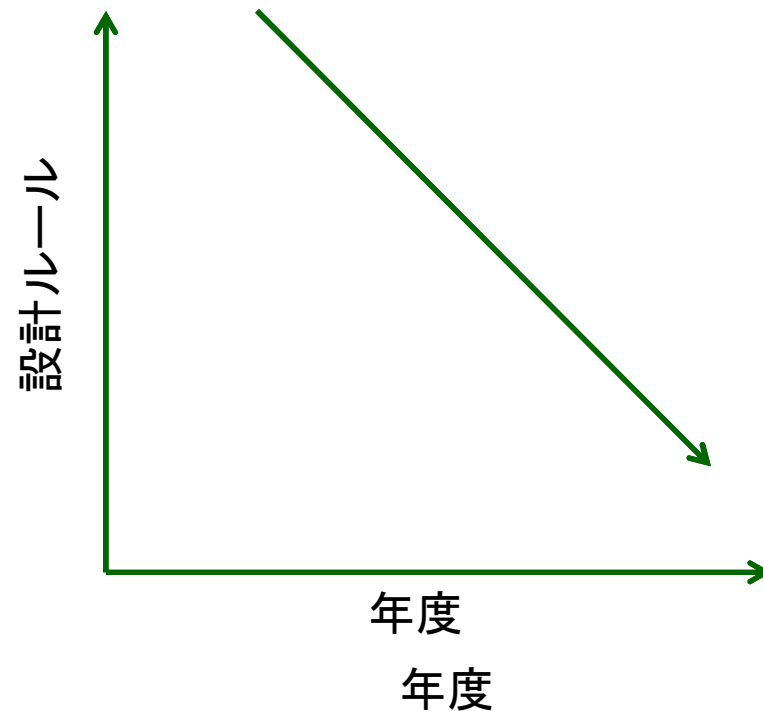
☑️ 集積度(機能)↑

☑️ 技術が進むべき方向性が極めて明確なまれなケース



# MOSTレンジスタの微細化の歴史

- ☑ 微細化するほど  
    メリットがある  
    ＝がんばって微細化



# スケーリング（微細化）でうれしいこと

## ✓速度↑

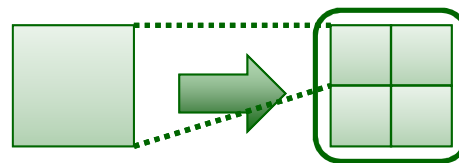
✓パソコンや携帯・スマホがサクサク動く

## ✓消費電力↓

✓バッテリーが長持ち

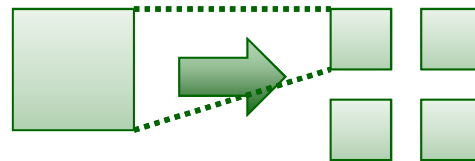
## ✓集積度↑: 2つの意味

### ✓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



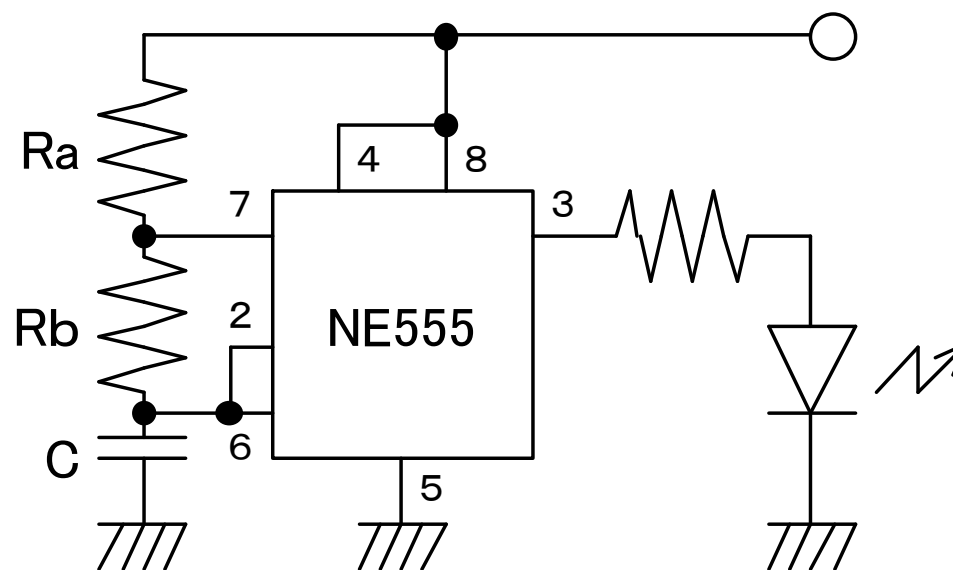
10MIPS

# 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
  - ☑ 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、・・・

# 「LEDを点滅させる回路」(1)

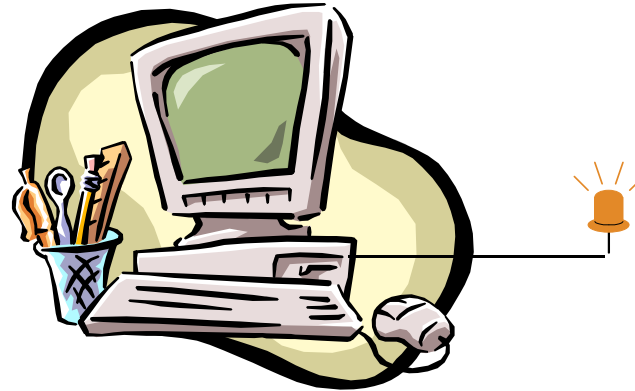
✓ 普通の設計方法：発振回路



# 「LEDを点滅させる回路」(2)

- ☑ PCを使ってもできる…？
- ☑ 可能だが、非現実的…か？

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



# マイクロコントローラ (MCU: マイコン)

## ☑️ マイクロコントローラ (MCU)

☑️ CPU + RAM + ROM + 周辺回路を1つのチップに

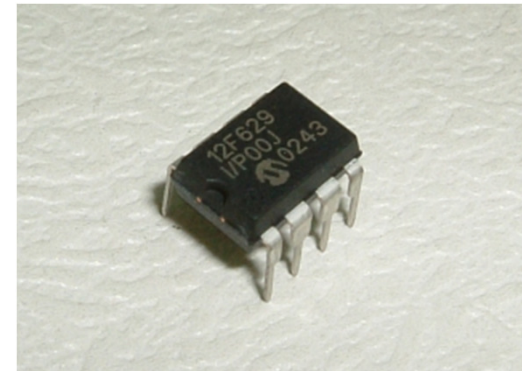
☑️ CPU: 1 ~ 100MIPS

☑️ RAM: 1K ~ 10KB

☑️ ROM: 1K ~ 100KB

☑️ Cost: ~ 100円程度

☑️ 製造技術は、「非常に」枯れた技術



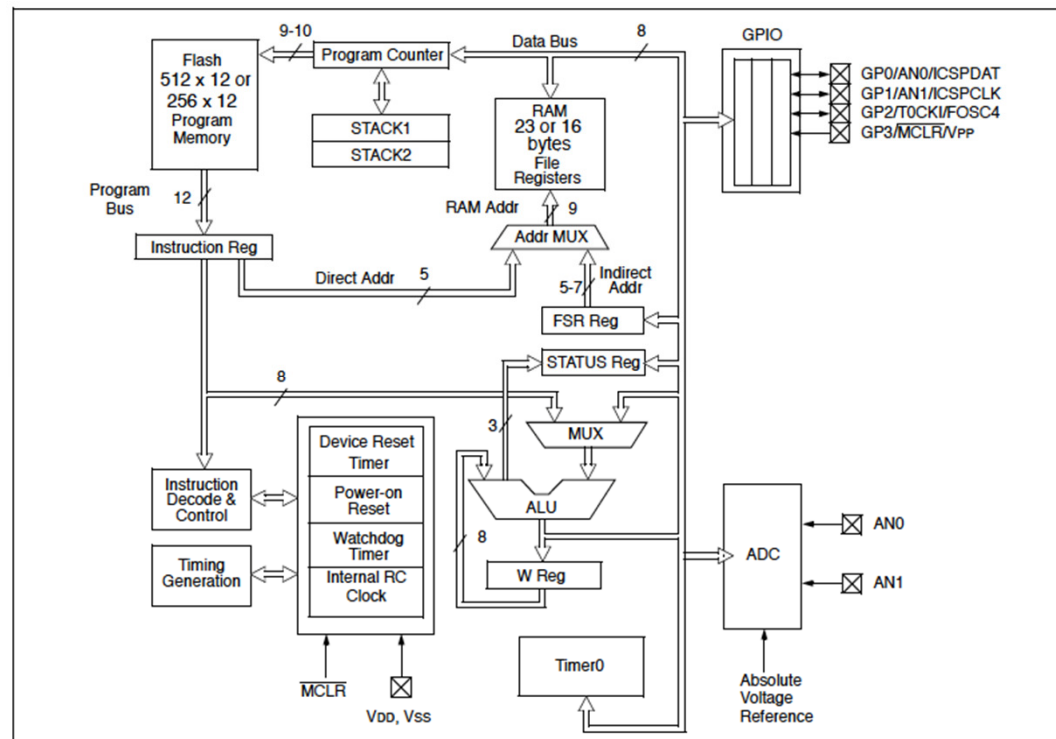
Microchip PIC12F629



# MCUの中身

☑️ 小さいながらも立派なコンピュータ

☑️ 性能は数MIPS = 初期のスーパーコンピュータ並



Microchip PIC10F222

# 「LEDを点滅させる回路」(3)

## ✓発振回路

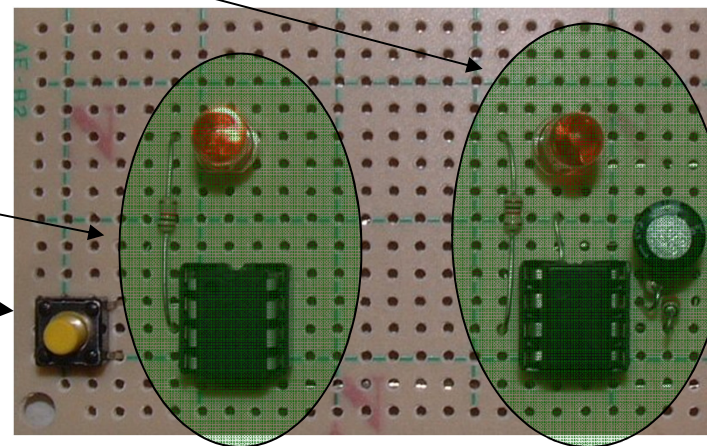
✓IC(8p) + C × 1 + R × 2 = \$2

## ✓MCU

✓IC(8p) = \$1.5

## ✓多機能

✓点滅速度、点滅パターン  
などの変更が容易  
(プログラム動作)



# マイコンを使ったLED点滅回路

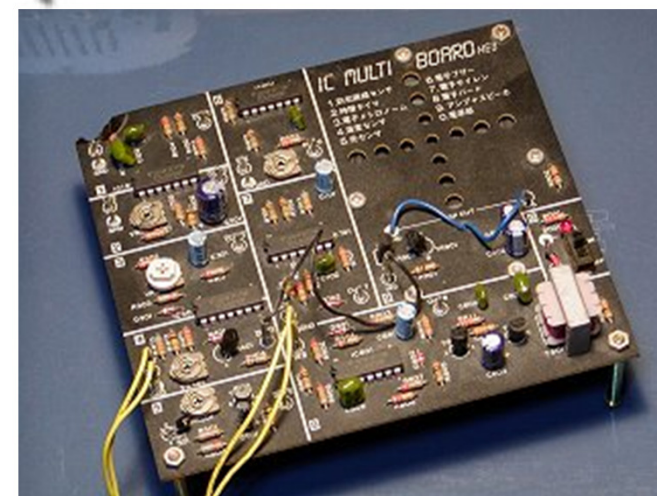
- ✓ 価格・性能の両面で、現実的な選択肢
  - ✓ 「コンピュータなんてもったいない」ことはない
- ✓ 性能面では、実は高機能にもできる
  - ✓ 「コンピュータを使う」積極的な理由

# 電子工作とコンピュータ

- ☑ 「マイコン」で、コンピュータが電子工作で使えるようになった  
＝「集積回路(コンピュータ)の部品化」
- ☑ ……現実はどうか？

# 「電子工作」というと・・・？

☑️こんな感じ？

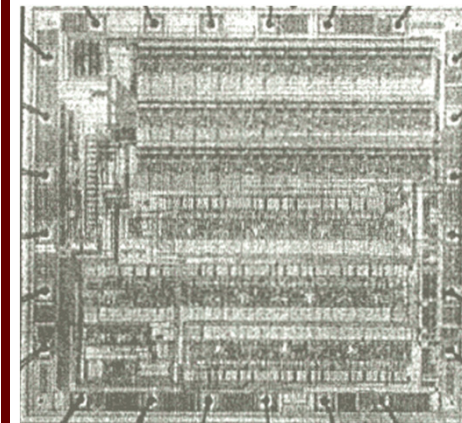
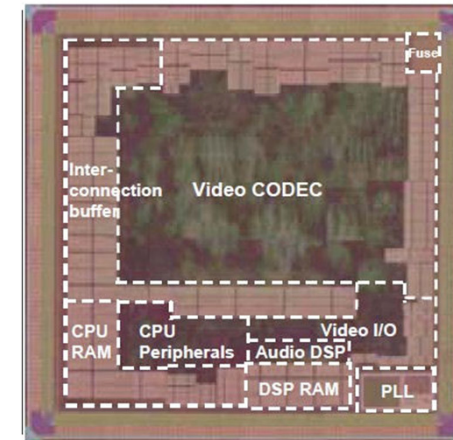
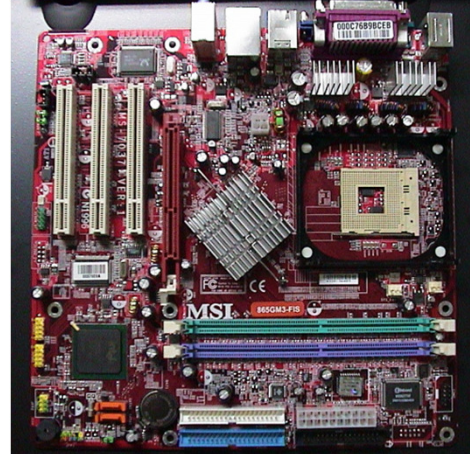
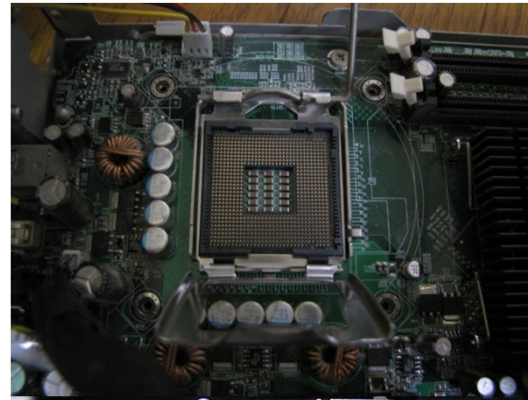
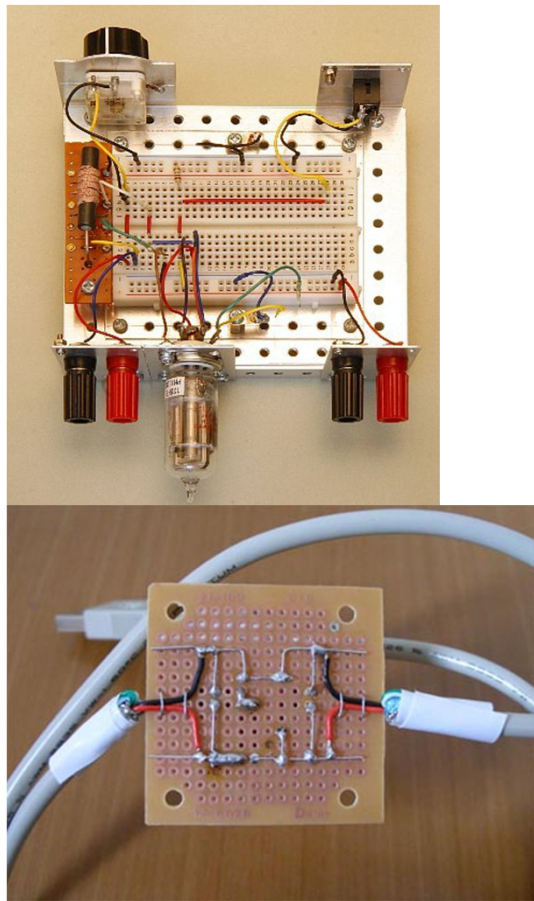




# 一方、「コンピュータ」というと・・・?



# 電子工作とコンピュータの「壁」



超えられない壁？

超えられない壁？



# 黎明期のパソコン

SHARP  
● クリーンコンピューター  
mz-80C



- ✓ 回路図がマニュアルに載っている
- ✓ 「パソコン自作」  
＝「ICを買ってきて  
半田付け」



# Apple II (Macの祖先) の場合

- ✓ 取扱説明書”RedBook”
  - ✓ 回路図
  - ✓ ソースコード



# MZ-80K (SHARP)の場合

- ☑やはり回路図は載っている
- ☑そもそも組み立てキットだった



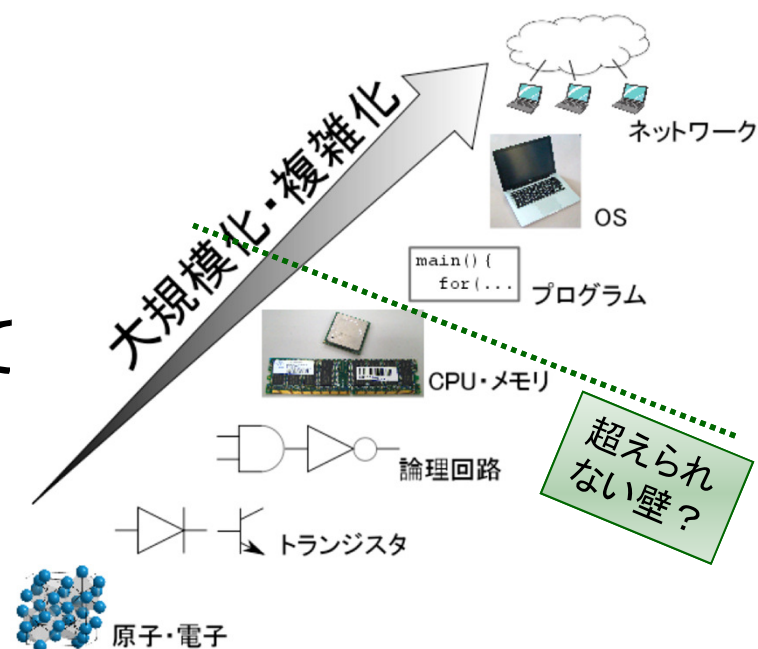
# 電子工作→エレクトロニクス

☑本来はつながっているはず

☑ホビー(アマ)→プロ

☑コンピュータが複雑化しすぎた？

☑本来はつながっているはず  
だが、全体を通して理解している人がいるか？



# 似た問題：化学～生物

## ☑化学～生物学の学問体系

☑脳・知能

☑生物（多細胞生物）

☑細胞

☑タンパク質・DNA

超えられない壁？

☑分子・原子

## ☑化学と生物学をつなごうとする試み：

☑分子生物学、生物物理学、・・・

☑まだ成功はしていない

# 学問体系が断絶した世界で発生する問題

## ☑例：ガン細胞

- ☑分子レベルからの発生メカニズムは完全には未  
説明
- ☑対処療法：外科手術、化学療法など

# 「トランジスタ→コンピュータ」では？

- ☑ トランジスタ→論理回路→コンピュータ
- ☑ そもそもコンピュータは、構成要素のトランジスタが「予定通り働く」ことを前提に構築されている(社会主義的システム)
- ☑ トランジスタが「反乱」するとシステムが成り立たない(「ベルリンの壁の崩壊」)
- ☑ (生物は「民主主義的」?)
  - ☑ 多種多様な構成要素から成り立つシステム
  - ☑ 効率は必ずしもよくないかもしれない

# 学問体系が断絶した世界で発生する問題

## ☑ 例: ガン化したトランジスタ・・・?

- ☑ コンピュータ=決定論的システム=構成要素の完全動作が前提
- ☑ 微細化の進展により、量子効果による動作の不確実性が増加
- ☑ 現状では、製造技術や設計技術で、なんとかおさえこんでいる
- ☑ ……いつまでも可能なのか?
  - ☑ ハード屋の言い分: ソフトウェアでなんとかしてくれ (fault-tolerantなど)
  - ☑ ソフト屋の言い分: ハードウェアがしっかりしてくれ

## ☑ 例: 組込みシステム

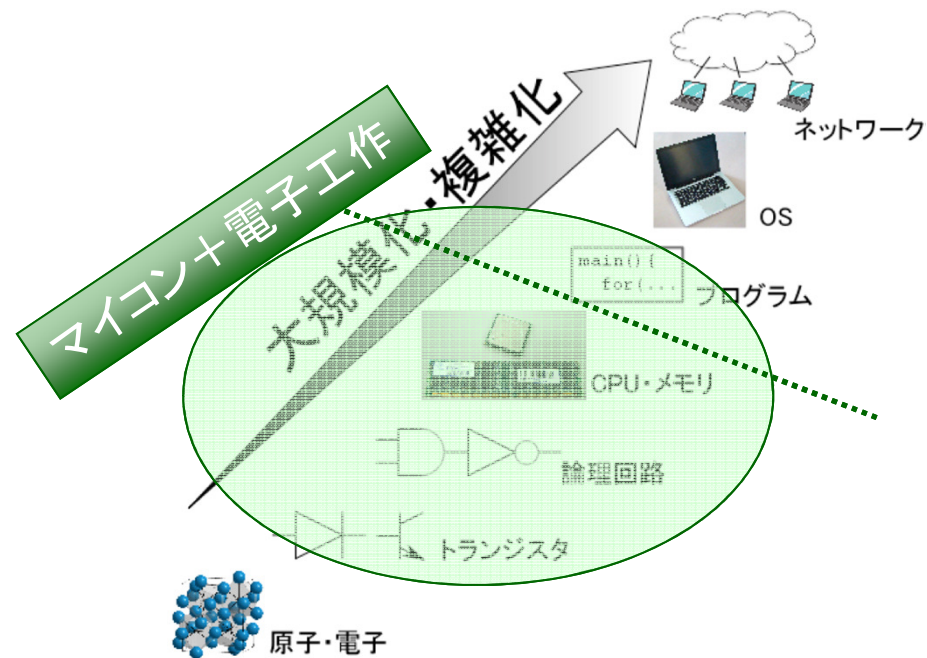
- ☑ トレイ開閉ボタンを押してから45秒後にトレイが開くBDレコーダ (実話)
- ☑ ソフト屋の言い分: CPUがもっと速くなってくれ (ソフトの実行ステップは見えない)
- ☑ ハード屋の言い分: ソフトウェアをもっと効率化してくれ





# マイコン: これらをつなぐ媒体?

- ✓ ぎりぎり、命令実行ステップ～高級言語がつかえる規模
- ✓ 入出力のための電子回路と親和性・関連性が高い



# ボトムアップ式電子工作

## ☑ 金沢大3年生の実習として実施

☑ 作りたいもののアイデアを出す(実現性は考慮しない)

☑ そのアイデアの実現可能性を、指導者と吟味

☑ 用いるセンサ・アクチュエータを選定

☑ 期間内に実現できそうなレベル・複雑度を設定

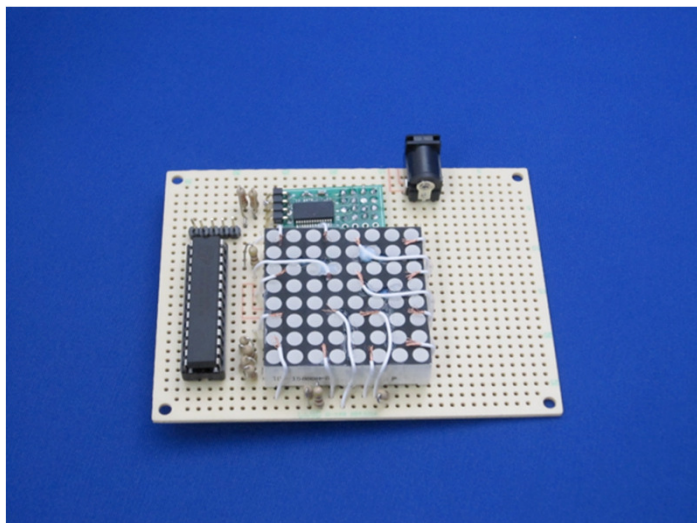
## ☑ 学習方法の効率化

☑ 用いるマイコン(Cypress PSoC)を共通化＝ノウハウ共有・蓄積

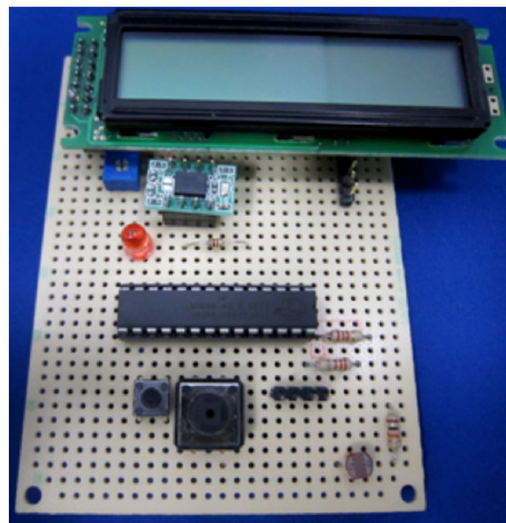
☑ 用いる部品のデータシートの読み方を学習  
＝自ら先へ進めるようにステップアップ

☑ 「自分で考えた作りたいもの」を作るので、  
モチベーションを維持しやすい

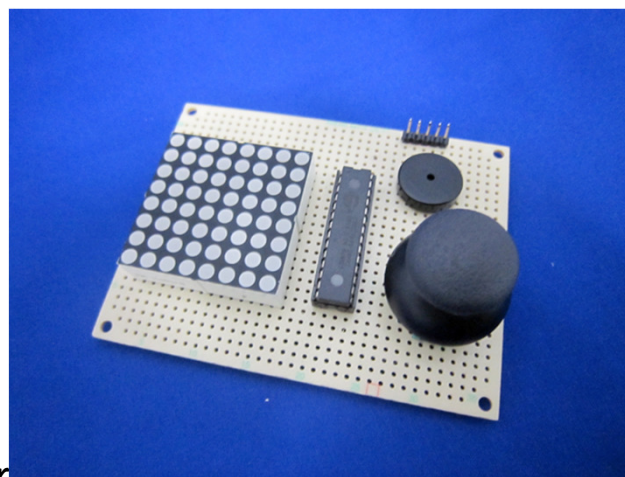
# 結果：作品例



タッチ式記憶ゲーム



学習式目覚まし時計



作曲機能つき  
ミニゲーム機

<http://combu.ifdl.jp/>



Interface Device Laboratory, Kanazawa University <http://ifdl.jp/>

# 大事なことは・・・？

## ☑「生き字引」の活用

☑リアル／ネット経由のアクセス

☑コミュニティ

## ☑「居場所」

☑たぶん個々には「アツい気持ち」がある

☑学校などでは周りに「理解者」がいない？

☑・・・萎える

## ☑「発表」の機会

☑自慢したい、よね。

# 金沢大・秋田研の実践例

- ✓マイコンブ  
(研究室内サークル)
- ✓マイコンペ(コンペ)  
→各種イベントで展示
- ✓ノウハウ共有
- ✓いずれも学生の発案



<http://combu.ifdl.jp/>



Interface Device Laboratory, Kanazawa University <http://ifdl.jp/>

FrontPage - MeRLマイコンブ

[ifdl.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/micon-bu/](http://ifdl.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/micon-bu/)

マイコンブ FrontPage  
MICROCONTROLLER TEAM in MeRL and ifDL  
<http://ifdl.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/micon-bu/index.php?FrontPage>

[ トップ ] [ 編集 ] [ 凍結 ] [ 差分 ] [ バックアップ ] [ 添付 ] [ リロード ] [ 新規 ] [ 一覧 ] [ 単語検索 ] [ 最終更新 ] [ ヘルプ ]

マイコンブとは？

マイコンブへようこそ！  
マイコンブとは、金沢大学集積回路工学研究室 (MeRL) とインタフェースデバイス研究室 (ifDL) の中にあるマイコン部です。  
マイコンブの歴史→MeRLマイコンブ History

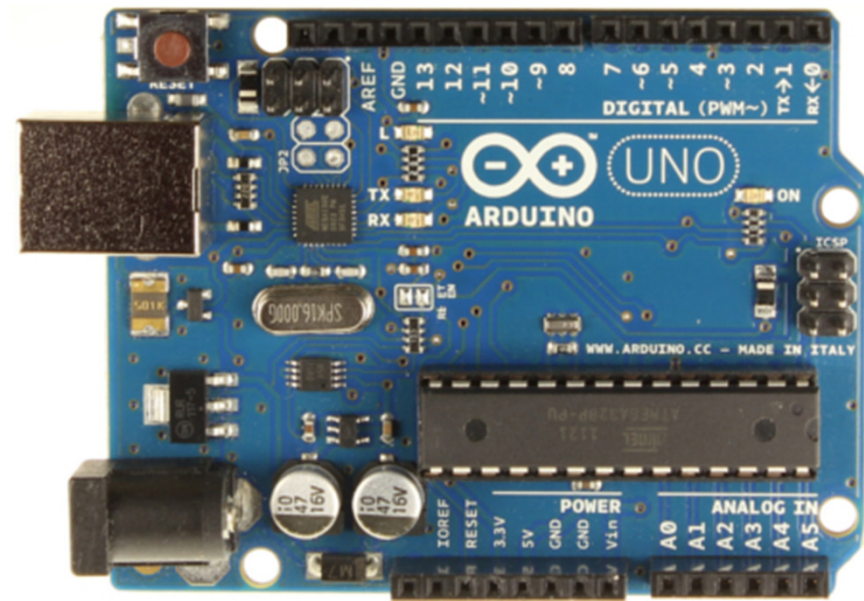
マイコンブのホットなニュース？

- (2012/06/01)第5回マイコンペ開催します！
- (2011/10/14)自主課題11分室開設
- (2011/08/18)これまでの「ものづくり教室」の情報を掲載しました
- (2011/07/19)第4回マイコンペ開催！
- (2010/12/05)電子工作コンテスト2010で、博士前期1年の上坂洋紀君が"面白法人カヤック賞"と"トランジスタ技術賞"を受賞(狙って撃つリモコン)、和田智晃君が"電子キット賞"を受賞(ピカピカ漫画)。
- (2010/11/30)電子工作コンテスト2010の大賞ノミネート5作品に、マイコンブから「LED Tile電子ブロック」(秋田)と「狙って撃つリモコン」(上坂)の2点が選ばれました
- (2010/10/08)自主課題10分室開設
- (2010/09/20)MAKE Ohgaki Meeting01に、秋山純司研究室として出展します。LED Tileワークショップ、第2.5回マイコンペなどを展示します。
- (2010/07/20)第二回マイコンペ開催
- (2010/07/13)Make Ogaki Meeting01に、はこだて未来大の迎山和司先生と合同で秋山純司研究室として出展します。
- (2009/11/05)Make:Tokyo Meeting04に、はこだて未来大の迎山和司先生と合同で秋山純司研究室として出展します。

ifdl.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/micon-bu/index.php?plugin=related&page=FrontPage

# 近年の大きな動き： フィジカルコンピューティング

- ✓ マイコンをお手軽に使えるようにまとめる
  - ✓ Arduinoなど
- ✓ パソコンの「外の世界」へ
- ✓ ハードウェアのオープンソース化
  - ✓ 改造・発展が自由



# 近年の大きな動き:「Make:」

✓DIY (Do It Yourself) 系の雑誌・イベント

✓なんでも作る & 自慢する & 相互に評価しあう



# 近年の大きな動き：CGMとニコ動

☑️CGM(Consumer Generated Media)

☑️プロでない人がつくるコンテンツ

☑️(最近は特に音楽が多い)

☑️(ニコニコ技術部で電子工作も)

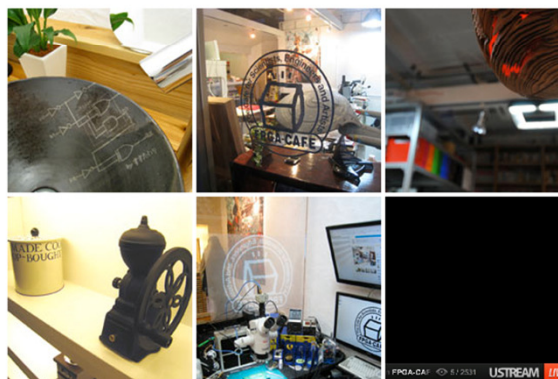
The screenshot shows the Nico Nico Douga website interface. At the top, there are navigation links for 'niconico', '動画', '静画', '生放送', 'チャンネル', and 'その他'. Below this is the 'ニコニコ動画(原宿) NICO NICO DOUGA' logo and a user profile for 'あなた' (You) on a Mac. A statistics bar shows '動画(21,857)', 'マイリスト(1,222)', and '静画(140)'. The main content area is titled 'ニコニコ技術部' (Nico Nico Tech Department) and lists several videos:

- 2012年10月28日 16:40 投稿  
【痛グラス】『よつぱと』をグラスに彫ってみた  
■今回は『よつぱと』8巻の表紙をグラスに彫りました■製作時間は15分  
間程で標準です■ニコ生のタイムシフトを使っているので時刻が写っている場合があ...
- 2012年10月28日 00:43 投稿  
ペンストープ極太で煮込うどん  
ペンストープ極太で煮込うどんを作りました。
- 2012年10月27日 22:02 投稿  
カップヌードルを逆さから攻めたら旨さの工夫がわかっ  
カップヌードルって麺と底にかなり間があるんだね、これで均等に麺が染  
かくなるんだね!! 蛍光ペンを水に溶かしてブラックライト当てるとク  
なく...



# 近年の大きな動き: 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
  - ✓相互交流・評価の精神
  - ✓現在、日本では鎌倉とつくば
  - ✓(経済的な自立は課題か?)



FabLabつくば(FPGA Café)のメニュー

# FabLabが社会を変える？

## ☑いま：製品は「買う物」

☑中身はわからない&いじれない

(コンピュータが複雑すぎるから仕方ない)

☑大量生産品：個人の好みは反映されにくい

☑壊れたら直せない＝廃棄＝モノへの愛着がない

## ☑将来：製品は「作る物」

☑ほしい機能をカスタマイズ

☑壊れたら直せる＝モノへの愛着

# これらの動きが出てきた背景・・・？

## ☑️ 道具の進化

☑️ マイコン、初音ミク、レーザーカッター

## ☑️ 成果発信の手段

☑️ Web、ニコ動、SNS（Facebook/Twitter等）

## ☑️ 相互評価・尊重の文化

☑️ これまでは「自己満足」で終わっていた

# 未来の「ものづくり」・・・？

## ☑例：野尻抱介「南極点のピアピア動画」

(早川書房・ISBN:4150310580)

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

・・・？？？

# 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)
  - ☑ 皆で力をあわせると、すごいことができる
  - ☑ 現在は、皆が「趣味」の範囲でやっている
  - ☑ はたしてこれが産業になるのか・・・？

# 未来の「ものづくり」・・・？

- ☑ 「ニコ技で作る」ことを職業にできる人は、  
(おそらく)ほとんどいない
  - ☑ 今の職業を放りだしてまで取り組む自信が(たぶん)ない
- ☑ しかし「趣味の時間」でならできるところ
  - ☑ (睡眠時間を減らすのは持続的ではない)
  - ☑ TV観たりマンガ読んだりジョギングするの代わりに「ものづくり」
  - ☑ 人を束ねるベース(SNS等)は既にある
  - ☑ Kickstarterのような少額資金調達の素地もある
  - ☑ あとはこれを販売するルートがあれば現代の産業革命になるか・・・？
  - ☑ 経理などの事務仕事が負担になるかもしれないが、  
「事務仕事を手伝う」という形の支援形態もあり得るはず
  - ☑ おそらく少量多品種 & オープンソース。だからこそFabLabでつくれる
  - ☑ (「大量生産」は、現在の嗜好の多様化の時代にはそぐわない: たぶん)