

企業内技術士視点： 半導体産業の現状報告

渡辺 博英
技術士（経営工学）
hiroe-w@ab.auone-net.jp

自己紹介（略歴・キャリア）

渡邊 博英（わたなべ ひろえ） 51才 男 富山県魚津市
富山県の半導体デバイス製造工場で生産能力検討/生産性向上といった生産技術業務に携わる

1970 愛知県出身

1996 名古屋大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻課程修了（修士）

1996 松下電器産業株式会社（現パナソニック）入社

2014 パナソニック・タワージャズ（現タワーパートナーズ）セミコンダクター株式会社へ移籍

2014 国際半導体生産技術学会（ISSM）でベストペーパー（論文賞）を受賞

2015 技術士（経営工学）、エネルギー管理士

2016 パナソニック モノづくり競技大会（Excel部門）で金賞を受賞

2017 技術士の有志グループによる自費出版プロジェクトに寄稿

2020 第3種電気主任技術者



203X 渡辺経営工学技術士事務所設立

2045 シンギュラリティ（AIが人知を超える）

自己紹介（略歴・キャリア）



携帯電話（ガラケー）



NHKのど自慢予選

海王丸展帆ボランティア

本日のアジェンダ

1. 半導体産業の現状

2. 半導体工場の現状

3. 技術士としての今後の取り組み

本日のアジェンダ

5/40

1. 半導体産業の現状

2. 半導体工場の現状

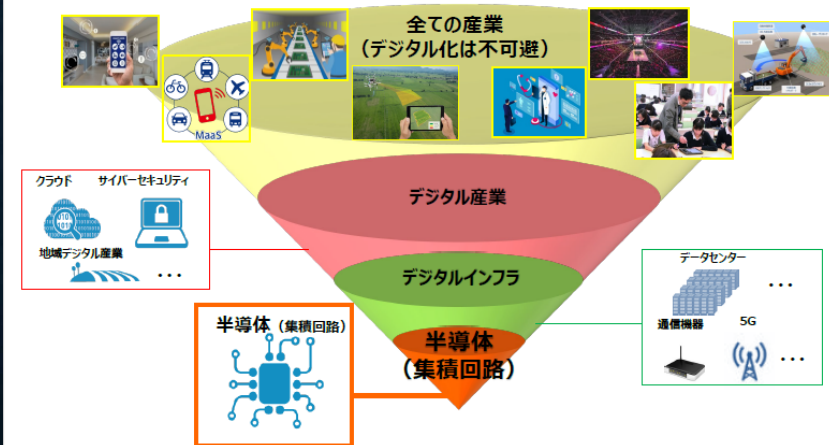
3. 技術士としての今後の取り組み

半導体産業が注目される理由(1)

6/40

半導体の重要性

- 半導体は、5G・ビッグデータ・AI・IoT・自動運転・ロボティクス・スマートシティ・DX等のデジタル社会を支える重要基盤であり、安全保障にも直結する死活的に重要な戦略技術。



<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

半導体産業が注目される理由(2)

7/40



超最先端科学技術の象徴
(ナノメートルの超微細加工)
 $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ (10億分の1)

順位	2021年
1	インテル (米)
2	サムスン電子 (韓)
3	TSMC (台)
4	SKハイニックス (韓)
5	ブロードコム (米)
6	クアルコム (米)
7	マイクロン (米)
8	エヌビディア (米)
9	テザス・インスチテュート (米)
10	キオクシア (日)

クリーンルームでは
防塵服着用が必
須だが、米大統領
は特別扱い。

<https://www.asahi.com/articles/photo/AS20220520003188.html>

半導体産業が注目される理由(3)

8/40

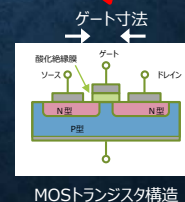


投資金額が数千億円規模と
巨額

日本政府も
4,000億円出資

28ナノプロセス
世界最先端ではない
(10年前のプロセス)

微細化の指標は
この寸法



順位	2021年
1	インテル (米)
2	サムスン電子 (韓)
3	TSMC (台)
4	SKハイニックス (韓)
5	ブロードコム (米)
6	クアルコム (米)
7	マイクロン (米)
8	エヌビディア (米)
9	テザス・インスチテュート (米)
10	キオクシア (日)

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGM083BL0Y1A101C2000000/>

半導体微細化ロードマップ

9/40

微細化の目的は高性能化とコスト削減（取れ数増）

1nm=1×10⁻⁹m
1Å=1×10⁻¹⁰m

Potential roadmap extension



図1 imecの新しいロジックデバイスロードマップ。上から西暦、技術ノード名(NIはnm、AはÅを意味する)、寸法縮小の指標=メタル配線ピッチ(nm)、デバイスと材料革新の指標=メタルトラック数、トランジスタ構造、微細化に適した相互配線の構造（出所:imec、以下すべて）

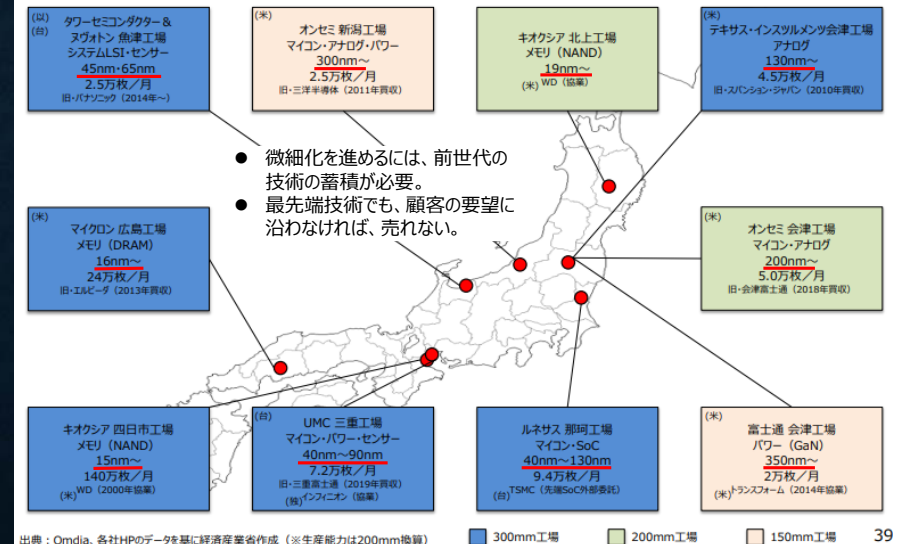
<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220602-2356630/>

日本の主な国内半導体工場

10/40

（参考）国際アライアンスによる主な国内半導体工場

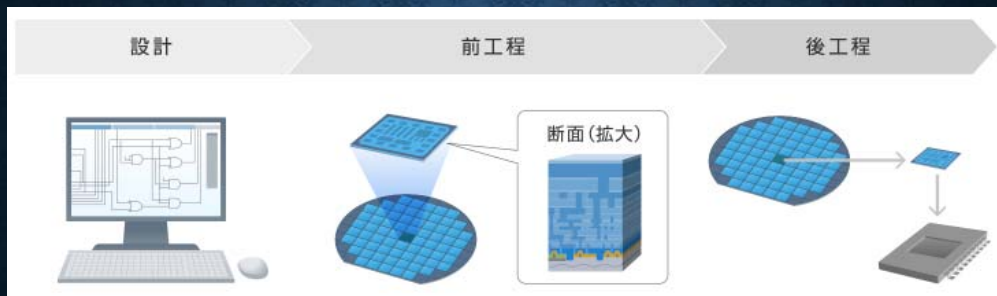
最先端ではない半導体工場はレガシー工場と呼ばれる



<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

半導体ができるまで（設計～完成）

11/40



垂直統合型（IDM）

Fabless（設計）

Foundry（前工程）

OSAT（後工程）

一般的に注目されるのは前工程
最先端科学技術の象徴（ナノメートル）
投資金額が巨額（数千億円）

<https://www.hitachi-hightech.com/jp/products/device/semiconductor/process.html>

半導体不足の要因分析

12/40

半導体需要の増加に対して、供給キャパシティの強化が追いついていない

- 2019年比で、2021年の世界半導体需要は20%増加。他方、供給能力については8%の増加に留まる。
- 半導体不足が顕在化した2020年4Q以降、ファウンドリの稼働率は約95%を継続しており生産能力の限界。

（第5回 半導体・デジタル産業戦略検討会議資料より）

半導体需給ひっ迫におけるデンソールの対応①

取引先さまとの連携、車載半導体最大級の調達量を活かした供給確保への取り組み

[STEP 0]	リスク在庫活用 取引先さま(商社)/デンソー双方で保有 2011年度日本大震災を踏まえ 2012年より活用
[STEP 1]	部品分配の最適化 デンソーグローバルでの配分、パイプライン在庫活用
[STEP 2]	代替品への切替 クリティカル型番の代替検討 日本大震災/半導体工場火災 代替品開発迅速化と稼働率維持
[STEP 3]	優先生産と生産能力増強 工種での優先仕掛け/能力増強（自社/ファウンドリー追加）
[STEP 4]	生産優先順位の最適化 取引先さまのデンソー向け製品の優先順位を優先し、生産を最適化

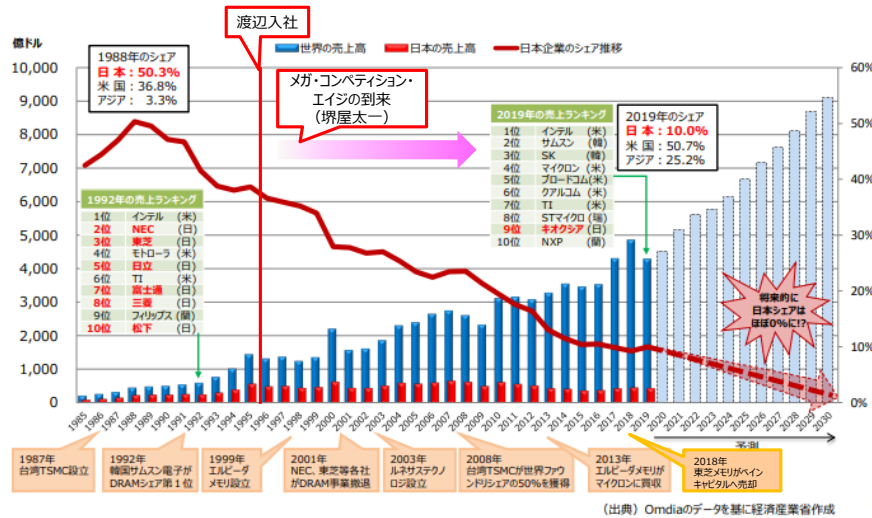
供給確保に向けて取引先さまと共に つなぐ活動を推進

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20220602-2356784/>

日本の半導体産業の現状

日本の凋落 - 日本の半導体産業の現状（国際的なシェアの低下） -

- 日本の半導体産業は、1990年代以降、徐々にその地位を低下。



<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

日本の半導体産業の現状

バックナンバー・ライブラリ

日経BP
記事検索サービス

ホーム ご利用方法 お問い合わせ お知らせ

キーワードで記事を探す

全文検索

タイトル検索

詳しく探す

日経エレクトロニクス 2004/01/19号

Selected Shorts

松下電器, 1300億円投じ システムLSI新工場建設へ

イントロダクション

松下電器産業は、システムLSIの生産能力向上のため富山県魚津市に新工場を建設する。設備投資額は約1300億円。2004年5月に着工し、2005年末の生産開始を予定する。300mmウエハーを用い、生産能力は7500枚/月となる。「デジタル家電製品の付加価値がシステムLSIに収斂しゅうれんしていき中、半導体事業の果たす役割は極めて大きい」(同社)。(38ページ掲載記事から抜粋) *テキスト版記事の文字数: 389文字

https://bizboard.nikkeibp.co.jp/kijiken/summary/20040202/NE0865H_185146a.html

日本の半導体産業の現状

キーワードで検索

日経XTECH

IT | 電機 | 自動車

松下、社名を「パナソニック」に変更、「ナショナル」ブランドは廃止

中村 聡 日経パソコン

2008.01.10

松下電器産業は2008年1月10日、会社名を「パナソニック」に変更すると発表した。同社の大坪文雄社長が2008年度の経営方針を説明する席で明らかにした。同時にブランド名も変更する。国内向けに用いていた「ナショナル」ブランドを廃し、すべてパナソニックで統一する。2008年6月の株主総会での承認を経た後に、2008年10月1日より実施する。

松下電器産業の大坪文雄社長
[画像のクリックで拡大表示]

<https://xtech.nikkei.com/it/article/NEWS/20080110/290888/>

日本の半導体産業の現状

日本経済新聞

朝刊・夕刊

LIVE

Myニュース

日経会社情報 人事

トップ 速報 オピニオン 経済 政治 ビジネス 金融 マーケット マネーのまなび テック 国際

この記事は会員限定です

パナソニック、半導体3工場売却 イスラエル企業に

2013年11月27日 2:00 [有料会員限定]

保存

メール 印刷 ツイット Facebook 共有

パナソニックは国内の半導体主力3工場を分社し、イスラエル企業に株式の過半を売却することで大筋合意した。海外の半導体工場もシンガポール企業に売却する方向で交渉に入った。パナソニックは2013年度中にプラズマテレビの生産終了とスマートフォン（スマホ）事業の縮小を決めている。不振の半導体事業を切り離すことで一連の構造改革にメドを付け、成長戦略の推進にかじを切る。

https://www.nikkei.com/article/DGXNASDC2600M_W3A121C1MM8000/

日本の半導体産業の現状

17/40

日本の半導体産業凋落の主要因

18/40

Bizラボ HOKURIKU

投資や北陸経済に関するニュース・コラムを紹介

魚津の半導体受託TPSCo社、インテルの傘下にノインテルが親会社を54億ドルで買収へ

北陸経済

2022年2月17日 Kuniwake Leave A Comment

順位	2021年
1	インテル (米)
2	サムスン電子 (韓)
3	TSMC (台)
4	SKハイニックス (韓)
5	ブロードコム (米)

半導体を製造するタワーパートナーズ セミコンダクター (TPSCo、魚津市) が、コンピュータの心臓部「CPU (中央演算処理装置)」で世界最大手のIntel (インテル、米国) の傘下に入り、孫会社になる方向になった。

15日 (米国時間)、TPSCoへの出資比率が51%で親会社に当たるTower Semiconductor (タワー セミコンダクター、イスラエル) を、インテルが54億ドル (約6,250億円) で買収すると発表したため。

<https://connect-u.biz/2022/02/%E9%AD%9A%E6%B4%A5%E3%81%AE%E5%8D%8A%E5%B0%8E%E4%BD%93%E5%8F%97%E8%A8%97tpsc%E7%AD%BE%E3%80%81%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%86%E3%83%AB%E3%81%AE%E5%82%98%E4%B8%8B%E3%81%AB%E3%82%A4%E3%83%B3/>

(参考) 日の丸半導体凋落の主要因

● 日米貿易摩擦によるメモリ敗戦

- 1980年代、世界を席巻した日の丸半導体メーカーは、日米半導体協定による貿易規制が強まる中で衰退
- その後、1990年代、半導体の中心が、メモリ(DRAM)から、ロジック(CPU)へと変わる潮流をとらえられず



● 設計と製造の水平分離の失敗

- 1990年代後半以降、ロジックの設計・製造が垂直統合型から、オープンなアーキテクチャ(ARM)を用いたファブレス企業/ファウンダリ企業への水平分離の潮流へ
- しかしながら、日の丸半導体メーカーは電機・情報通信機器の親会社が競争力を失う中で、半導体製造部門の切り出し・統合が難航。



● デジタル産業化の遅れ

- 21世紀に入り、PC、インターネット、スマホ、データセンタの普及など、世界的にデジタル市場が進展する中で、国内のデジタル投資が遅れ、半導体の顧客となる国内デジタル市場が低迷
- 必要な半導体の国内設計体制を整えられず、現状、先端半導体は海外からの輸入に依存



● 日の丸自前主義の陥穽

- 1990年代後半以降、多額の研究開発・技術開発予算を投じてきたものの、日の丸自前主義に陥り、供給側(設計・製造・装置・素材)の担い手はもとより、需要側(デジタル産業)も含め世界とつながるオープンイノベーションのエコシステム(欧州Imec、米国Albany)や国際アライアンスを築けず



● 国内企業の投資縮小と韓台中の国家的企業育成

- バブル経済崩壊後の平成の長期不況により将来に向けた思い切った投資ができず、国内企業のビジネスが縮小。
- 一方で、韓国・台湾・中国は、研究開発のみならず、大規模な補助金・減税等で長期に亘って国内企業の設備投資・支援して育成してきた。



8

<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

「競争」のさまざまな概念

堺屋太一著「大変」な時代 講談社 1995年

19/40

大相撲型 (規制された競争社会)

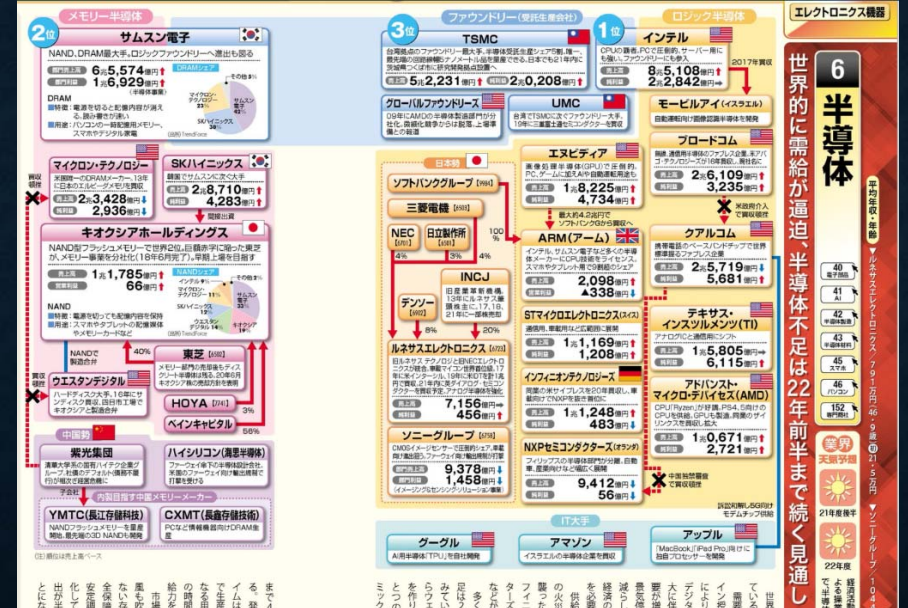
- 日本相撲協会の管理下に全人格的に帰属したと認められた者だけに限られる (新規参入困難)
- 自らの好みや個性の発揮が制限される
- 番付 (ランキング) は日本相撲協会が決める
- 消費者 (観客) をほとんど意識しない
- 高いコストのかかる伝統様式

プロレス型 (何でもありの自由競争)

- 新規参入可 (現在118団体)
- 何でもあり (ただし、観客の合意が必要)
- メインイベント (ランキング) は消費者 (観客) が決める
- ローコスト経営

日本の半導体産業の現状

20/40



半導体世界市場の拡大にもかかわらず、日本の存在感は低下。

会社四季報 業界地図2022年度版 東洋経済新報社

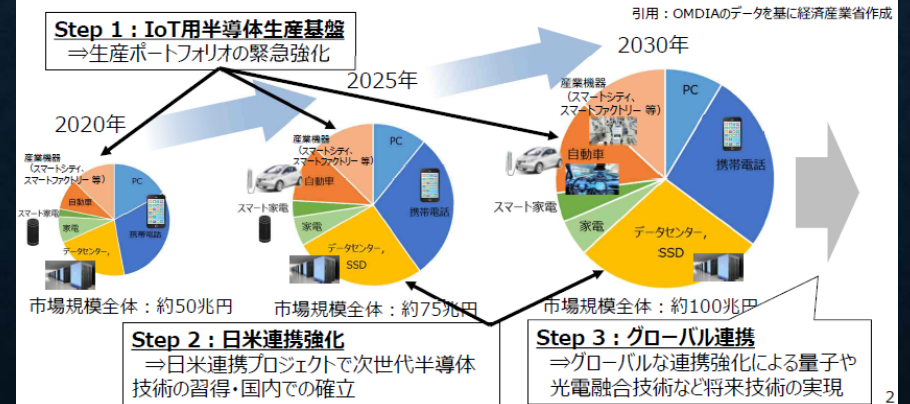


日本は半導体製造装置/半導体材料に強い

会社四季報 業界地図2022年度版 東洋経済新報社

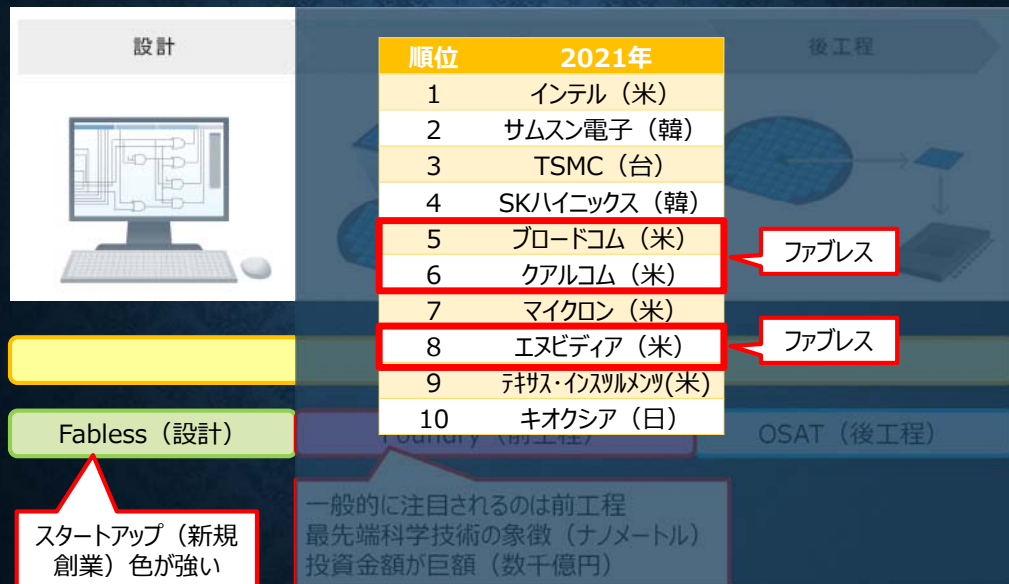
我が国半導体産業復活の基本戦略

- 技術を研究開発に留めず、社会実装していくためには、その前提となる産業基盤が必要。量子や光電融合の社会実装には次世代半導体の産業基盤が必要であり、更に、次世代半導体の社会実装にはIoT用半導体の産業基盤が必要。
- Step1の取組として、JASMが熊本にIoT用半導体の製造拠点を整備予定であり、産業基盤の確立が進んでいる。Step2として次世代半導体の産業基盤の確立に取り組み、将来技術の社会実装に繋げていく。



<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210603008-4.pdf>

半導体産業復活の基本戦略



<https://www.hitachi-hightech.com/jp/products/device/semiconductor/process.html>

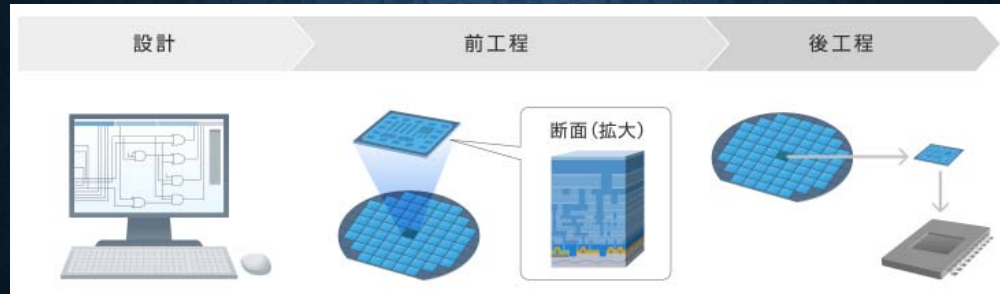
本日のアジェンダ

1. 半導体産業の現状

2. 半導体工場の現状

3. 技術士としての今後の取り組み

半導体ができるまで（設計～完成）



垂直統合型 (IDM)

Fabless (設計)

Foundry (前工程)

OSAT（後工程）

一般的に注目されるのは前工程
最先端科学技術の象徴（ナノメートル）
投資金額が巨額（数千億円）

<https://www.hitachi-hightech.com/jp/products/device/semiconductor/process.html>

半導体ができるまで（前工程）



微細化の目的は高性能化
とコスト削減（取れ数増）

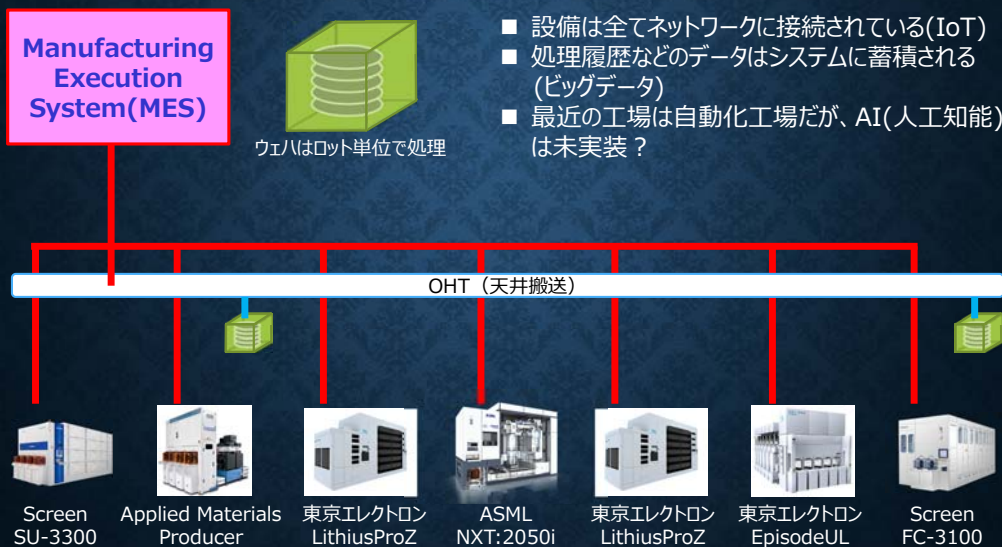
光源波長
i線 : 365nm
KrF : 248nm
ArF : 193nm
EUV : 13.5nm

洗浄 ➡ 成膜 ➡ レジスト塗布 ➡ 露光 ➡ 現像 ➡ エッチング ➡ レジスト剥離

Screen SU-3300	Applied Materials Producer	東京エレクトロン LithiusProZ	ASML NXT:2050i	東京エレクトロン LithiusProZ	東京エレクトロン EpisodeUL	Screen FC-3100
-------------------	-------------------------------	-------------------------	-------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------

半導体は数百~千数百もの工程を経て作製される。製品リードタイムは2~3ヶ月と長い。

半導体デバイス製造工場のシステム



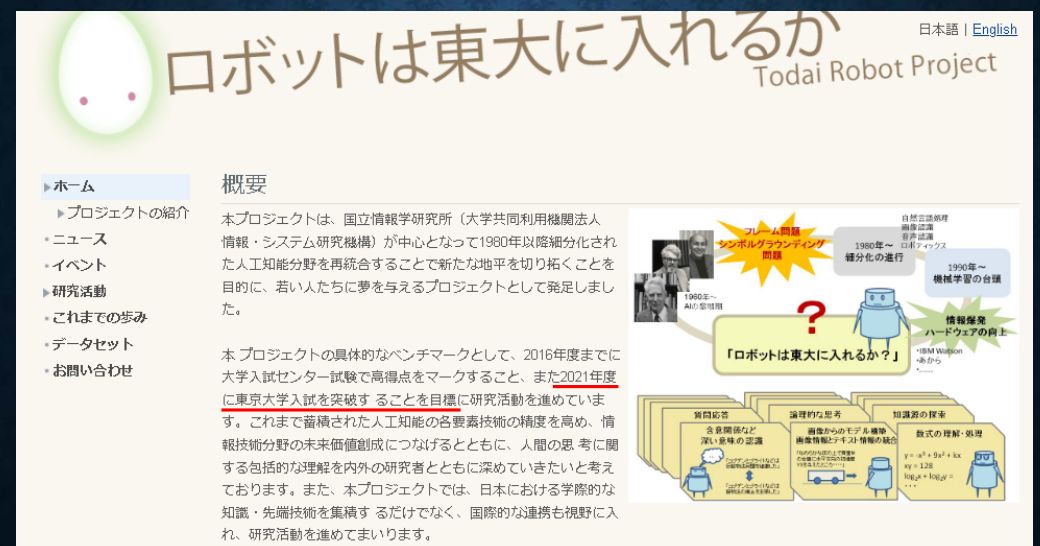
- 設備は全てネットワークに接続されている(IoT)
- 処理履歴などのデータはシステムに蓄積される(ビッグデータ)
- 最近の工場は自動化工場だが、AI(人工知能)は未実装？

OHT (天井搬送)

Screen SU-3300	Applied Materials Producer	東京エレクトロ LithiusProZ	ASML NXT:2050i	東京エレクトロ LithiusProZ	東京エレクトロ EpisodeUL	Screen FC-3100
-------------------	-------------------------------	------------------------	-------------------	------------------------	----------------------	-------------------

半導体工場では1980年代からIoT、ビッグデータを実装済みだが、AIは未実装？

AI (人工知能)



センター試験模試では偏差値57.1と好成績をマークしたが、東大レベルには達せず、プロジェクトは凍結されることに（2016年）。

<https://21robot.org/>

半導体デバイス製造工場のAI（人工知能）

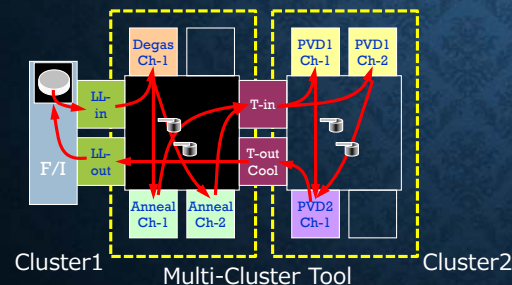
29/40

ウェハ加工設備

目的
スループット最大化

時間あたり
処理枚数

制約条件
ウェハは装置のレシピフローに従う

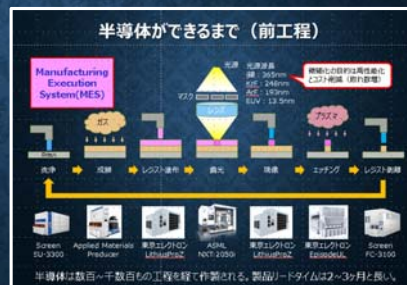


製造システム（MES）

目的
製品リードタイム短縮

ウェハ投入から
完成までの時間

制約条件
ロットは製品のプロセスフローに従う

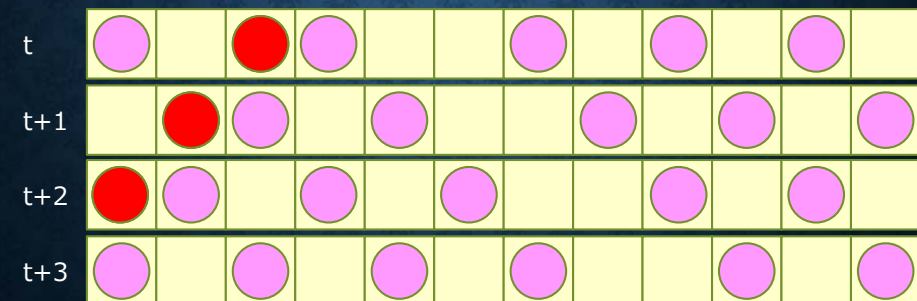


AIの実装/未実装を判定するには、その「偏差値」を測る「モノサシ」が必要。

セル・オートマトン理論

30/40

- ①たくさんの箱を用意し、まっすぐに並べる。
- ②箱には球が一つだけ入るとし、いくつかの箱に球を入れておく
- ③球を一斉に右隣の箱に移す
- ④右隣の箱に既に球が入っていれば動けない。



参考文献：西成活裕著 渋滞学（新潮選書）

セル・オートマトン理論の応用範囲

31/40

セル・オートマトンは非常に単純でわかりやすい理論であり、その応用範囲は多岐に渡る。

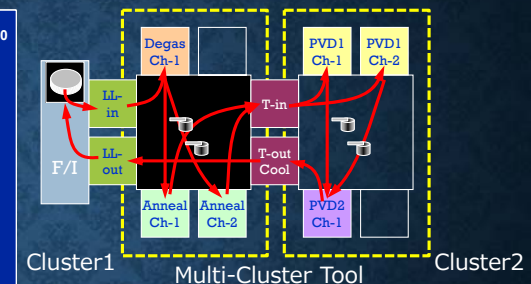
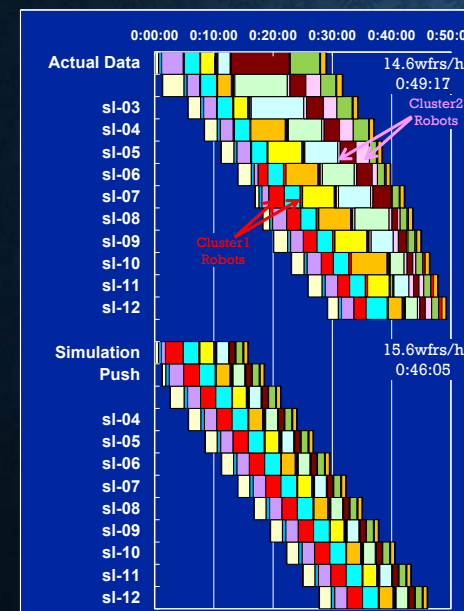
- 高速道路の渋滞
- 人の渋滞（避難時の時間短縮）
- 森林火災
- アリの渋滞
- コンピュータ通信の渋滞
- 分子モーター
-

Excelとの親和性が非常に良い（マクロ機能で実現可能）

私はこの理論を活用して、半導体デバイス製造設備の動作シミュレータ及び半導体プロセスの物流シミュレータをExcelで開発した。

半導体デバイス製造装置シミュレータ

32/40

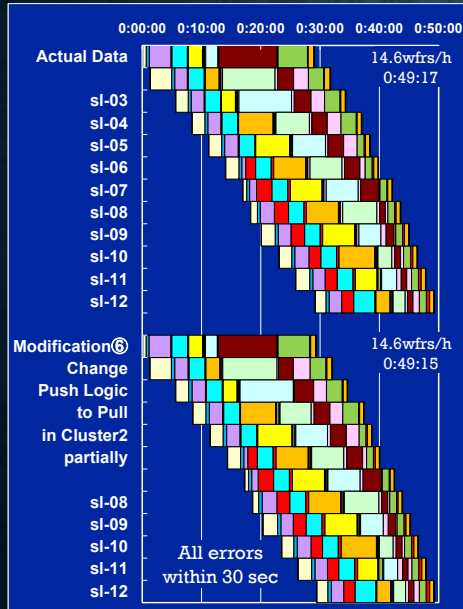


Logic Modifications

- ①Synchronizing Cluster1 & 2
- ②Molding to Anneal in Cluster1
- ③Molding to PVD1 in Cluster2
- ④Further Molding to Cluster2
- ⑤Change Push to Pull partially in Cluster1
- ⑥Change Push to Pull partially in Cluster2

半導体デバイス製造装置シミュレータ

33/40

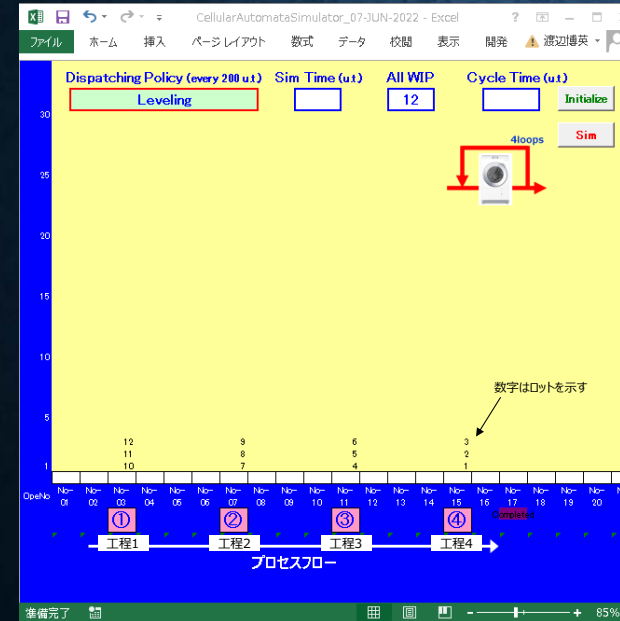


- We developed the Wafer Transfer Simulator based on Cellular Automata by a spreadsheet application.
- In such a complicated multi-cluster tool, all errors were within only 30 seconds by introducing the various logic modifications.
- In other words, the throughput will be improved if all the misunderstanding logics are removed.
- This simulator is a breakthrough and an innovation, we think.

ISSM2014報告資料

半導体プロセスの物流シミュレーション

34/40



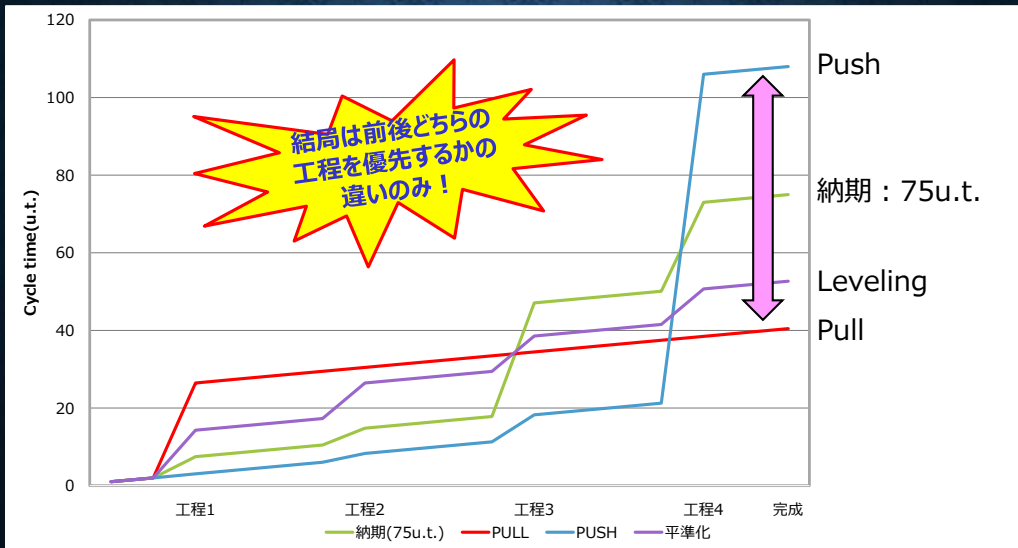
1 設備、4工程の極単純プロセスフロー

投入と生産の能力は等しい

- 処理ルールは以下の4種
1. Leveling (平準化)
 2. Pull (後工程優先)
 3. Push (前工程優先)
 4. 納期 : 75u.t.

半導体プロセスの物流シミュレーション

35/40



サイクルタイムはPullとPushの間で制御される（原理・原則）。

スマートファクトリーロードマップ

36/40

2. スマートファクトリーロードマップ

経済産業省 中部経済産業局（2017）

（3）「生産性の向上」に向けたロードマップ（1/3）

スマート化のレベル（データ活用のレベル）

スマート化の目的	レベル1 データの収集・蓄積	レベル2 データによる分析・予測	レベル3 データによる制御・最適化
①設備・ヒトの稼働率の向上	MES（製造実行システム）などの生産管理システムのデータを利用することで、生産ライン全体の設備の稼働・ヒトの作業の進捗状況を収集・把握できる。	設備の稼働・ヒトの作業の進捗状況を基に、各プロセスの完了予定時間を予測できる。設備とヒトの非稼働時間が発生する要因を分析できる。	PULL生産 （トヨタ生産方式）

https://www.chubu.meti.go.jp/b21jisedai/report/smart_factory_roadmap/roadmap.pdf

トヨタ生産方式

37/40

トヨタ自動車で開発された生産方式の総称、無駄を極力排除することに力点が置かれていることから、リーン生産方式と呼ばれることもある。
(生産管理用語辞典 社団法人日本経営工学会 編)

トヨタ生産方式の極意

「難しいことは簡単に、簡単なことは繰り返し言う。これがトヨタ生産方式だ。」(若松義人 最強トヨタ7つの習慣 大和書房)

本日のアジェンダ

38/40

1. 半導体産業の現状

2. 半導体工場の現状

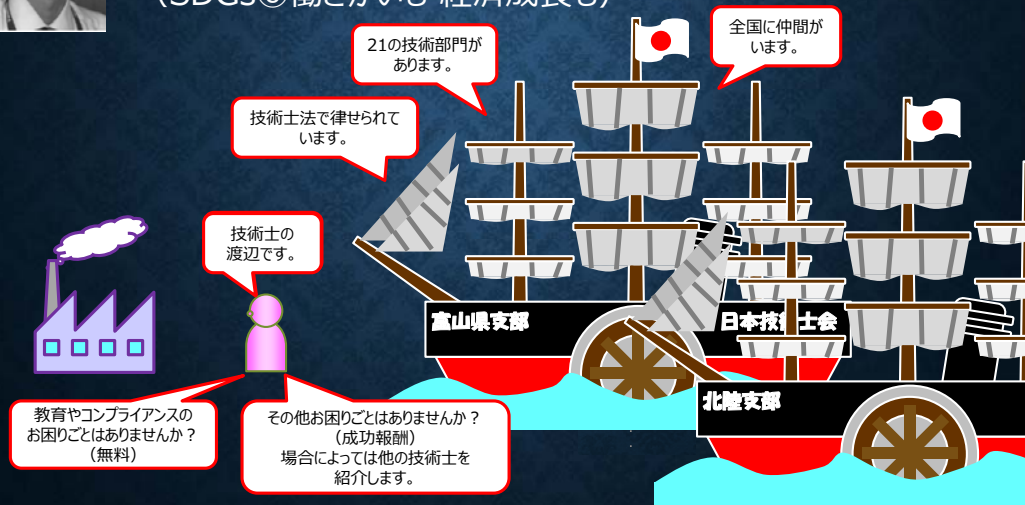
3. 技術士としての今後の取り組み

技術士としての今後の取り組み

39/40



近い将来、私も定年に達し、職場を離れることになります。今後もモノづくりの現場に、技術士として関わっていきたいと思っています。
(SDGs⑧働きがいも 経済成長も)



最後に

40/40

本日の講演機会を与えて下さった日本技術士会 富山県支部のみなさんに厚く御礼申し上げます。

私にとってはよい研修の機会になりました。今回の講演を通し、技術者としてひとまわり成長できたように思います。

ご清聴ありがとうございました。

今後もよろしくお願い申し上げます。