

システム環境情報学特論

Informatics for Systems and Environment

知識とスキルのデジタル化
(ものづくりを中心に)
2009年度版

北海道大学大学院情報科学研究科
システム情報科学専攻

担当 小野里雅彦



1

生産における知識・技能の問題



- すぐれた生産システムは知識, ノウハウ, 技能の固まり!
 - 生産システムの設計法, 運用法, リカバリ, 構成変更, 品質の作り込み,
- 完成した生産システムからその知識や技能の適用の痕跡を見出すのは難しい...
 - 知識・技能の属人性(表面化しない)
 - 図面化, 文書化されない
 - 情報の分散



知識・技能利用の事実: 時間とともに散逸

生産知識継承への取り組み

どう知識を継承し, 再利用, 再生産していくか?

- 知識のドキュメント化, マニュアル化
- エキスパートシステム開発
- ビデオ記録
- マルチメディア利用
- “徒弟制度”(人間→人間の直接伝達)

.....

“知識”に向けた
first attack失敗



何が問題で, どうすれば同じ間違いをしないですむか?

3

生産知識の取り扱いの問題点

- 一般性, 汎用性の追求
そうそう一般性, 汎用性の高い知識がある訳ではない
- 知識適用した状況(文脈)についての情報欠落
目的や制約のもとで具体的な意思決定がされている
- 記号(Symbol)による記述の限界
形状やパターンなどを表現する困難さ
- 知識抽出に要する労力/コストの大きさ
作って元がとれるか? また改善は?

4

生産知識に対する認識原点

- 1: 知識そのものは記述できない
知識適用の証拠のみが記述可能
- 2: 知識は常に変化している
固定化したときに知識の劣化がはじまる
- 3: 知識は相互にからみあっている
単独で意味や価値が決定されない
- 4: 知識は利用する状況で顕在化する
問題に直面しないと意識されない



データ・情報・知識

【データ(Data)】 ← 外在

世界に関して文字や数字などの記号により記述したもの

【情報(Information)】 ← 作用

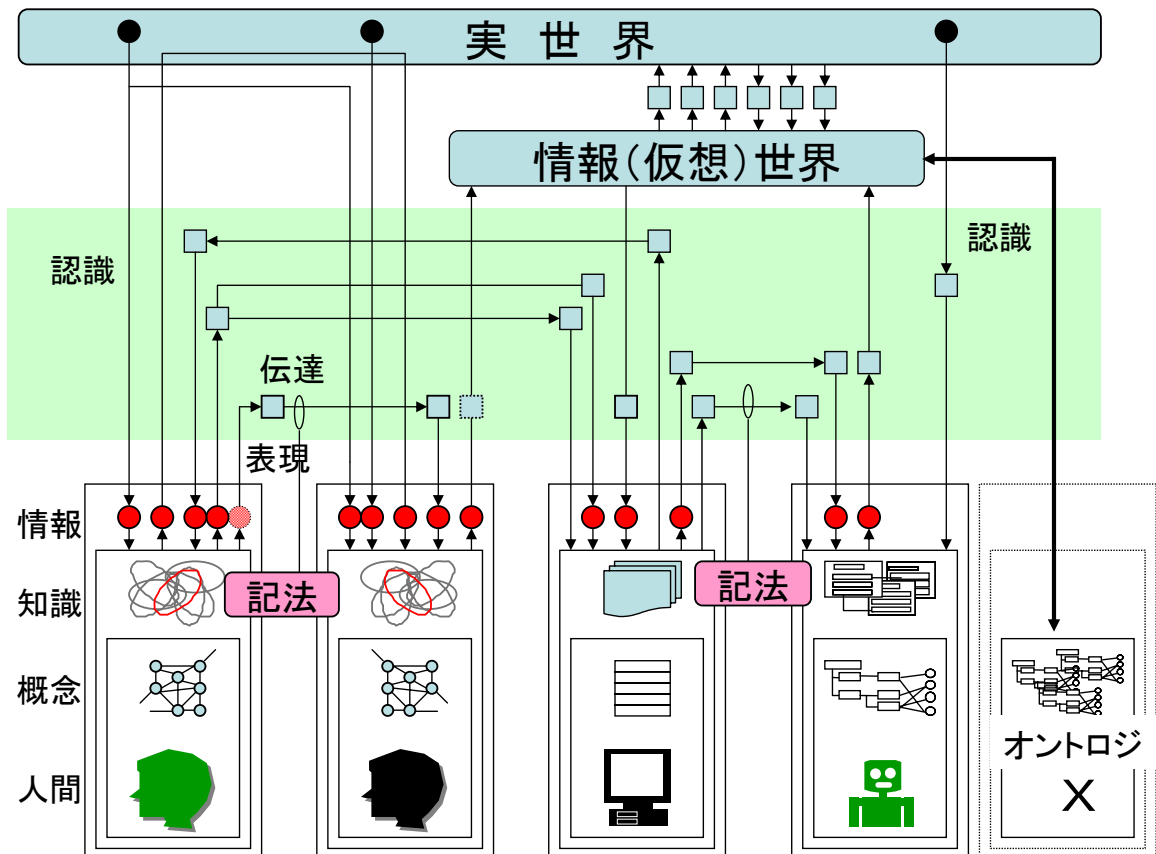
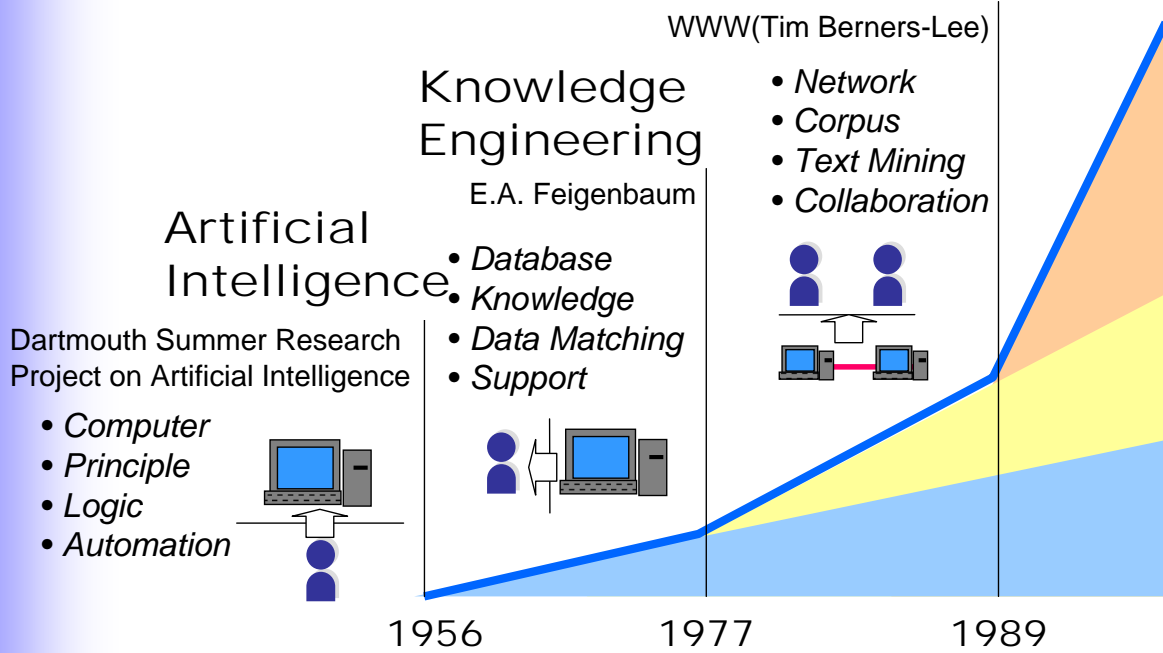
データを受けとった側がそこに見いだす意味, あるいは 意味を与えるデータ

【知識(Knowledge)】 ← 内在

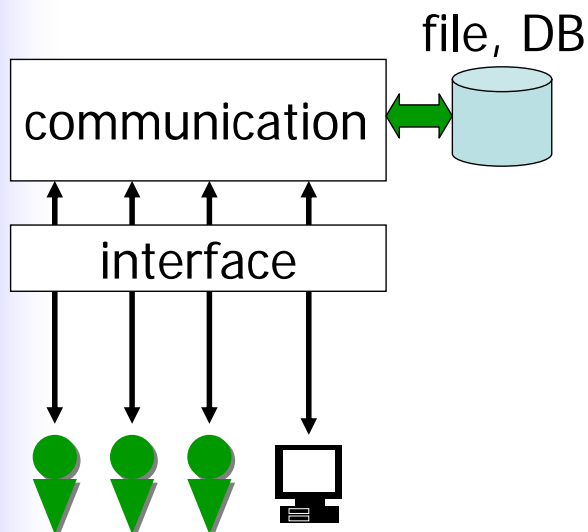
問題解決を行う上での体系的に組み立てられた情報の 全体

知識処理に関する変遷

Web Intelligence



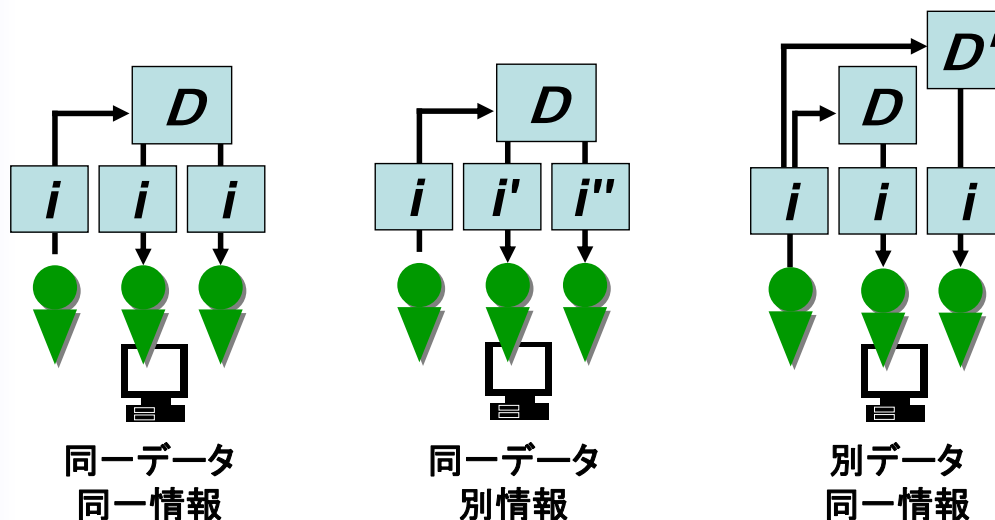
データの共有



- ◆ データの所在(アクセス)
リポジトリ, 分散DB,
URL, URI
- ◆ データの形式(メディア)
Unicode, PDF, MPEG
- ◆ データの信頼性
セマフォ, SSL, RAID
- ◆ データ転送(ネットワーク)
ブロードバンド, HTTP,
データ圧縮

情報の共有

■ データの共有 ≠ 情報の共有

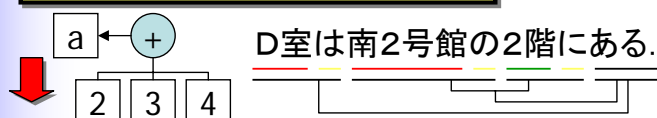


データ入力(音声認識)

↓ (setq a (+ 2 3 4)) “D室は南2号館の2階にある。”

構造解析(構文解析)

← 文法/形式についての知識 ← 文法/形式についての情報



解釈実行(意味理解)

← 処理側の概念体系/操作体系

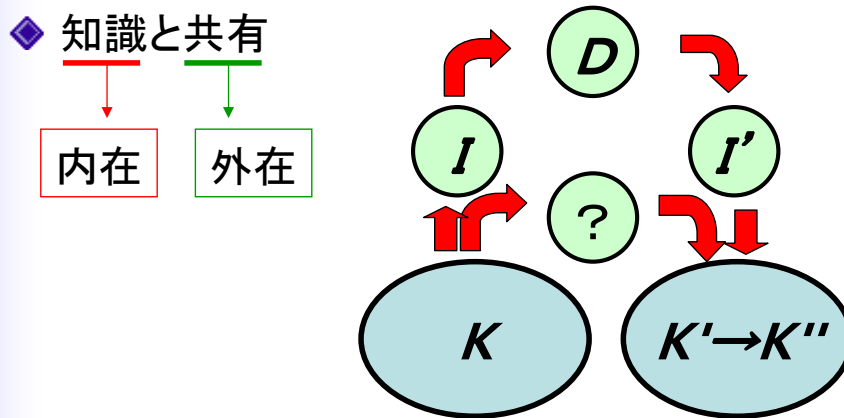


データ(D) → 情報(I)

- データ記述形式の共有/共通化
 - 記述言語による明示的定義
- 概念系(指示対象)の共有/共通化
 - オントロジ, URI(Universal Resource Identifier)
- 処理(行動)の共有/共通化
 - サービス定義, ASP(Application Service Provider)

XML
Java
WWW
...

いかにして“知識”を共有・伝承するか？



- ◆ 共通の機能(問題解決能力)をもつ知識を形成することのできる情報(を与えるデータ)とは？

13

生産知識における問題点の整理

■ 問題意識

- 既存の知識収集・記録手法ではうまく知識を抽出、活用できない
 - ・ 聞き取りによる調査 → 情報が不足、時間、要因が必要
 - ・ 定型的フォームでの記録 → 記述相互の関連性が欠如
 - ・ 言葉を中心にした記述 → 具体的な状況が不明
 - ・ 知識の一般性・抽象性を追求 → 獲得と利用が困難
- 設計・製造現場で進行するデジタル化との連携が欠如している
 - ・ デジタル化された環境では、知識、ノウハウが伝授されにくい？
 図面や試作を前にしたコミュニケーションが減少
 - ・ デジタルデータを知識の収集、利用に積極的に活用していく手法が欠如

14

目前の問題状況に対して

今, 自分は何を	{ やるべきなのか してはならないのか }	【必要】
今, 自分は何を	{ してよいのか しなくてよいのか }	【可能】
今, 自分は何が	{ できるのか できないのか }	【能力】

を知っている.

問題解決能力としての知識

例: ~を~にする, ~には~をする
失敗事例集, ~メソッド
competitive, pre-competitive



事実/定理としての知識

例: ~は~だ, ~のときには~となる
ハンドブック, データブック
post-competitive

15

生産知識の動態保存

- 実際の業務における知識適用の“証拠”を収集 (業務中心)
- 知識適用を行った際の状況 (設計目的, 設計状態, 各種制約, ...) を可能な限り記録 (文脈指向)
- 事例データ群の文脈解析を行い, 傾向や法則性といったより一般性をもった内容を導出 (データマイニング)
- 仮想環境で技能者が問題解決を行う. その状況・行動を追体験し知識の伝承や更新を行う. (仮想OJT)

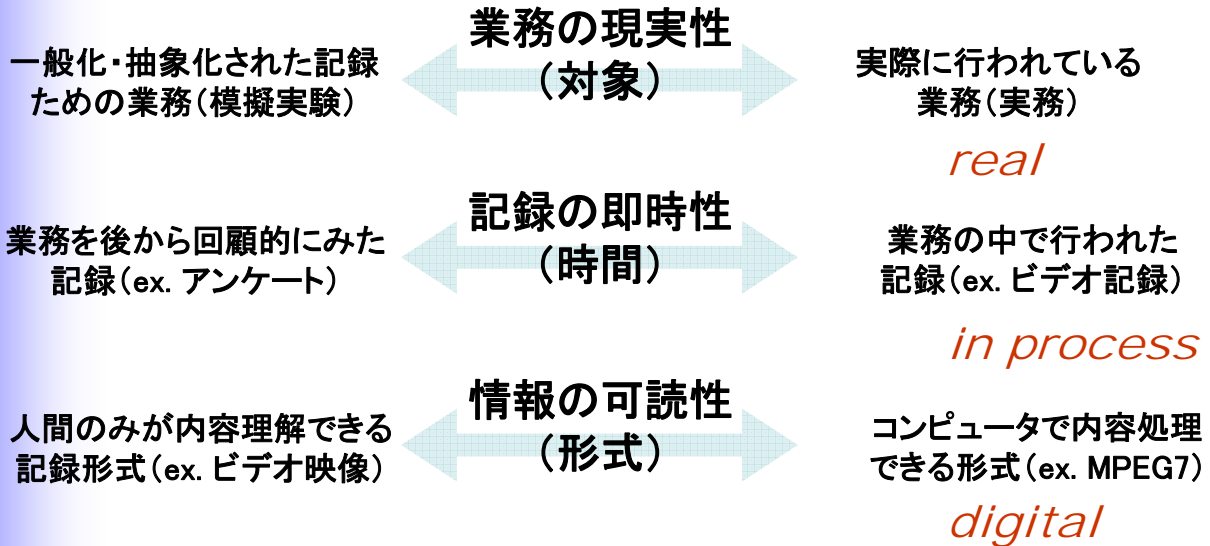
⇒ 生産知識の“動態保存”
Active Knowledge Archive



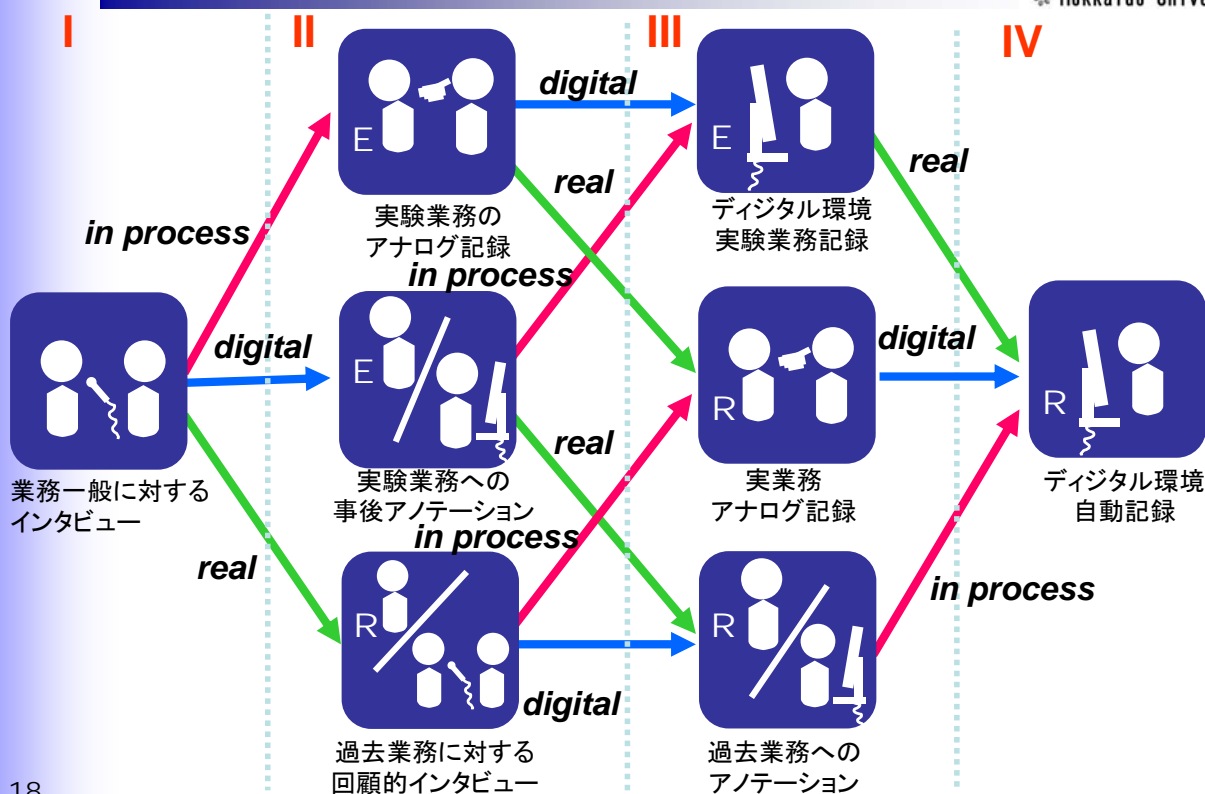
京都・梅小路蒸気機関車館

16

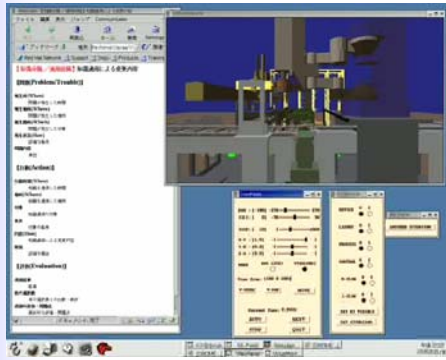
■ 生産業務の記録をいかにして行うか？



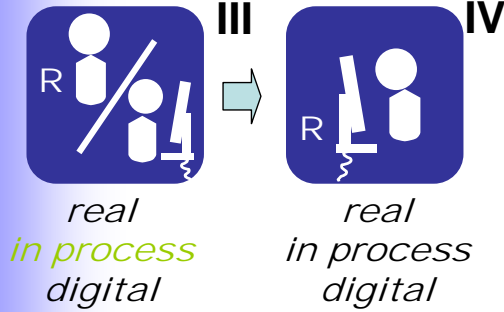
業務記録の実現レベル



デジタル・トレーニング例



生産知識の動態保存(AKA)



19



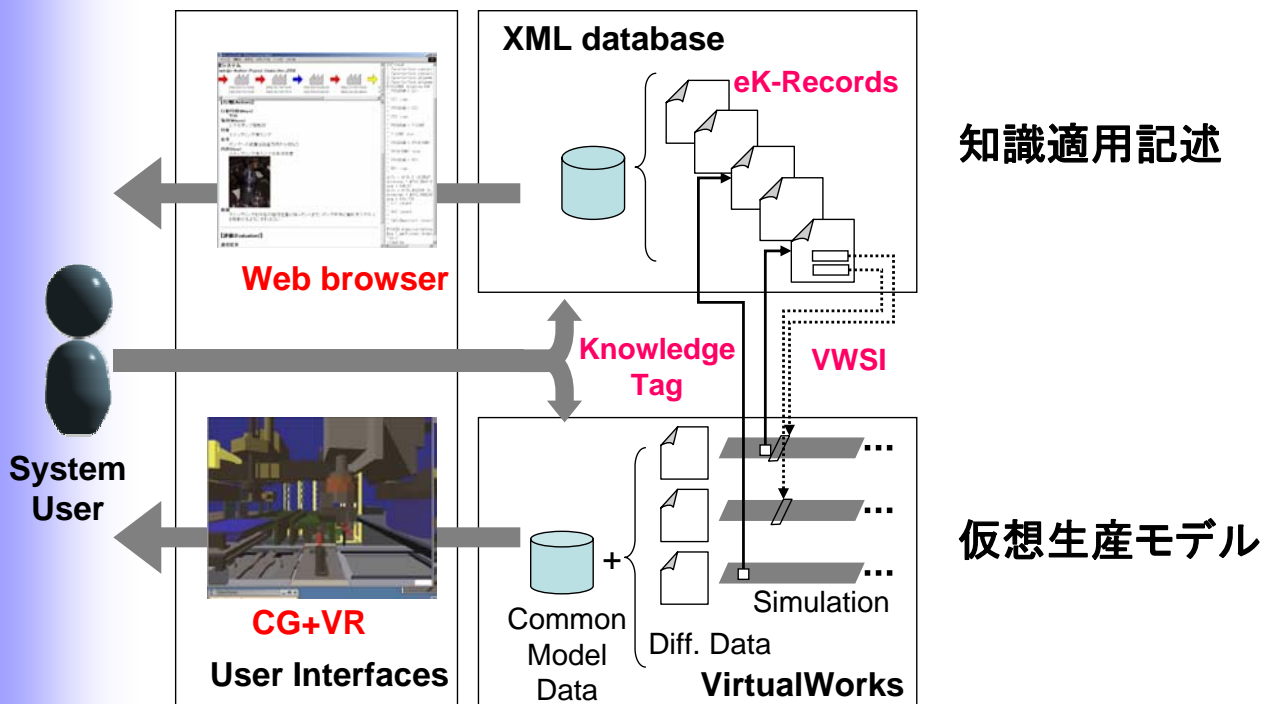
デザインレビュー支援システム



4画面業務記録(DMP)

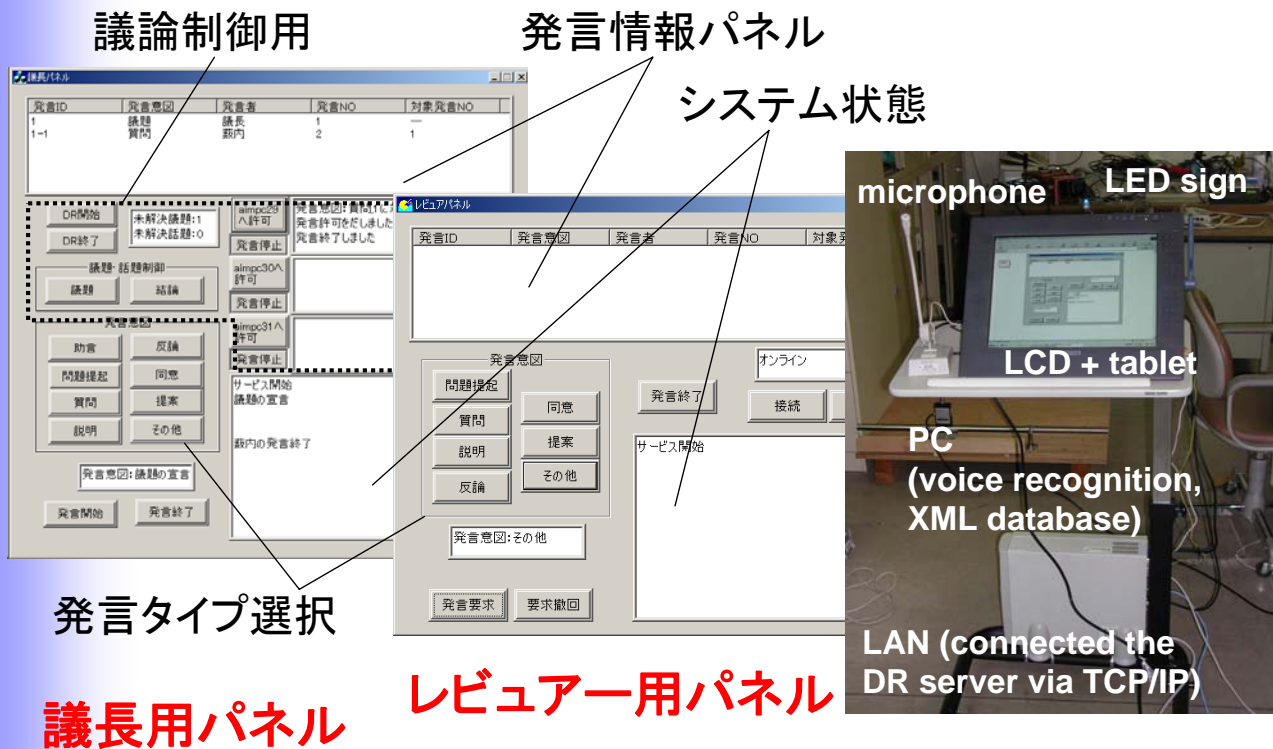


仮想生産による知識の動態保存



20

DR用コンソールシステム



議論制御用

発言情報パネル

システム状態

microphone

LED sign

LCD + tablet

PC (voice recognition, XML database)

LAN (connected the DR server via TCP/IP)

議長用パネル

レビュアー用パネル

発言タイプ選択

収集されたDRの発話の例

```

<?xml version="1.0" encoding="Shift-JIS" ?>
<DesignReview>
<Theme intention="Theme" ID="4" NO="61" speaker="議長" TO="—" sentence="愛護の議題勢いあすは最後の議題センサの配置や数が適当か">
<speech intention="conclusion" ID="4-3" NO="81" TO="61" speaker="議長">ん偉大なセンサの配置や干明人かと遺骨と今話してもらいましたでも。ま前回のFRePから公開力を得て十るためにセンサを数を減らして基盤数のしてってやってきましてその結果の価値と配置なつたともんですけどもその他の実際に六十村本の給与課勤務の効果も出ますのでこれはいい感じに出来上がっての中で何も今後必要のしてまたセンサが増えたりと外こともあると思うんですけどもことがない限り今までいけるんじゃないかというに
</speech>
<Topic intention="topic" ID="4-2" NO="74" TO="61" speaker="hasimoto" sentence="—">
<speech intention="conclusion" ID="4-2-6" NO="80" TO="74" speaker="議長">センサの配置乾漆とはしてもらったん付くもう重量感を得たセンサなるべく減らした方がいい。まして今現在水平方向が一つサーボ一釣っていうセンサの数なってるねすけどもはずでに、センサが一つ差五ではなくていたセンサを配置するのかな打撃には期待の中心部にあるまして～。機体の外が距離でも十分ありますのでうちはいい感じなのだないか香港豪そのセンサーを増やしたいとしない限りはこれでいいじゃないでしょう
</speech>
    
```

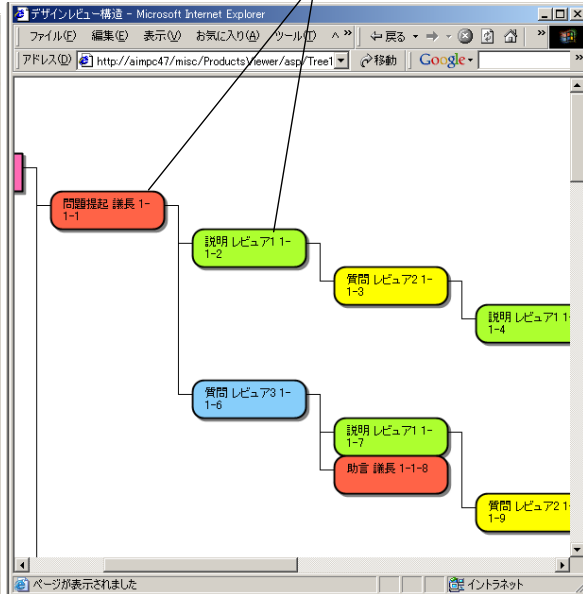
音声認識の精度に課題

収集された発話の構造化

発話記録 (XML+speech recognition)

発言NO	発言者	発言意図	発言内容	発言ID	発言対象NO
1	議長	議題の宣言	議題一。情報の獲得能力は十分かという議題について	1	—
2	レビュー3	質問	情報の獲得能力なんですけども、FRoPを見て、気球の上側って何もついていないじゃないですか。上側の情報は全く獲得されてないと思んですけども、障害物があった場合どうするんですか。	1-1	1
3	レビュー1	説明	はい、センサについては下方向と一方向方向とつづけて、水平方向と下方向の障害物を検知しています。上方向はつけていませんが、将来的にはつけることもありうると思います。現段階では上方向の障害物には対応していないということになります。	1-2	2
4	議長	議題の生成	—	1-3	1
5	議長	問題提起	上方向のセンサついて話を進めていきたいと思えます	1-3-1	4
6	レビュー2	質問	災害時において上方向で、まあ障害物となるものというのは実際どういふものなのでしょうか。	1-3-2	5
7	レビュー1	説明	上方向からの障害物として考えられる物は天井から突き出したものとかですね。ですから天井から何も突き出していないのであれば下方向の制御だけで十分に侵入していくことができます。	1-3-3	6
8	レビュー2	質問	その上から出っ張った物だと、早急にそういうセンサーをつけないと、FRoPの構造上あの気球部の検知しないのが予想できるので早急	1-3-4	7

発話間の依存関係

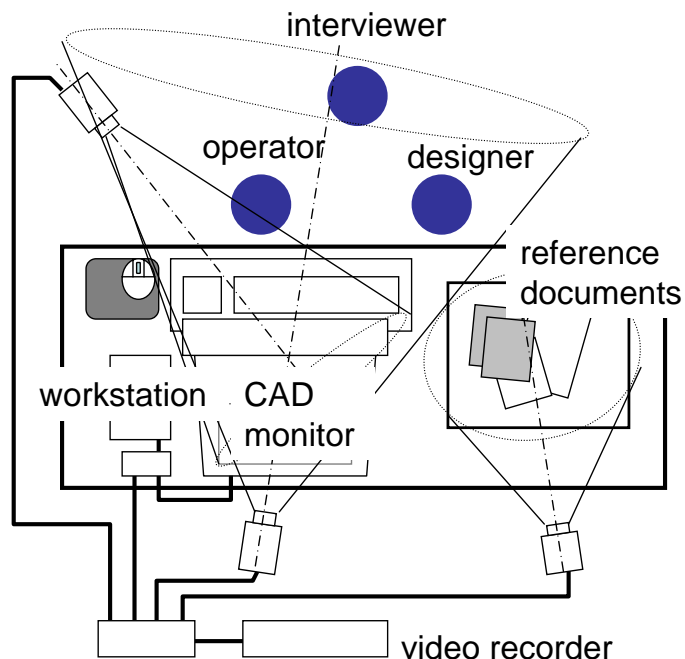


発言タイプ 発言内容

DR議論の構造

23 発言者

4画面記録による設計業務の記録



24

金型設計における発話の例

ブロック番号="52" 時間="26:57" 発話者="伊沢"

13.4。／13.4.....。／うーん、ここの幅いくつですか。

ブロック番号="53" 時間="27:09" 発話者="関口"

0.8です。

ブロック番号="54" 時間="27:10" 発話者="伊沢"

0.8。／勾配ほしいかな。／もうちょっと引いてもらえます？／ここ見せてもらえます？／0-0じゃん。／こういうのは好きくないな。

ブロック番号="55" 時間="28:03" 発話者="岩壁"

好きくないっていうのは型構造的にいやらしくなるとか、そういうことなんですか

ブロック番号="56" 時間="28:09" 発話者="伊沢"

ここがですね.....、ちょっとアップにしてもらえます？／ここがこう、1面じゃないですか。／必ず加工の誤差ってありますから、ちょうどここで今パーティング作ろうかなと思ってたんですけど、加工の誤差でここがずれちゃったりすると、穴の径の大きさが変わってきちゃうんで.....。



問題解決の文脈指向の知識適用記録

問題／業務

(Pre-Process)

- 業務段階
- 工程
- 組織
- 場所
- 発生源
- 条件
- 問題

知識適用

(In-Process)

- 業務段階
- 工程
- 組織
- 場所
- 対象
- 行為
- 条件
- 理由／根拠

評価

(Post-Process)

- 結果
- 代替案
- 評価
- 今後の課題

eK-record

電子的な知識適用
業務記録

ものづくりの匠の技

スーパー技能者

久富千鶴氏(当時52歳)

三菱電機(株)福岡事業所

半導体パッケージ金型仕上げ磨き

「わりばし」を使って金型表面を
キズのない鏡面仕上げを行う。



NHK クローズアップ現代「スーパー技能者を探せ」

27

熟練作業の例:きさげ作業

大阪機工(株)

(猪名川)

工作機械の移動テーブ
ルの摺動面仕上げ

塗料を付けた定盤と
摺り合わせて表面の
凹凸を認識し、きさげ
と呼ばれる工具で削り
落とす。



撮影協力 大阪機工

28

町工場にみる生産現場

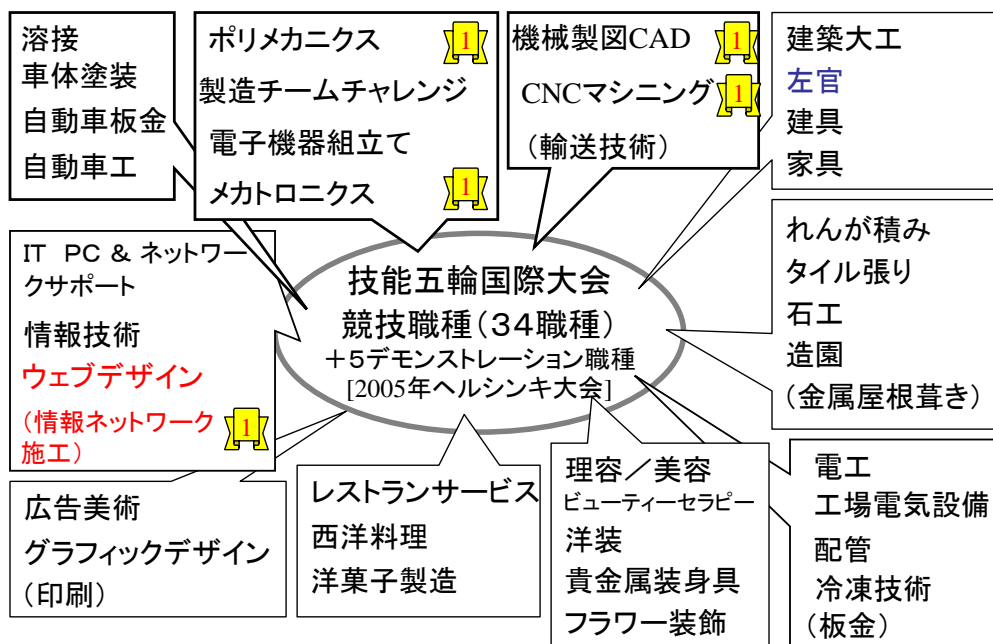
!

東京・大田区
尾形製作所



NHKスペシャル「新・電子立国」より

技能五輪国際大会(2005年)



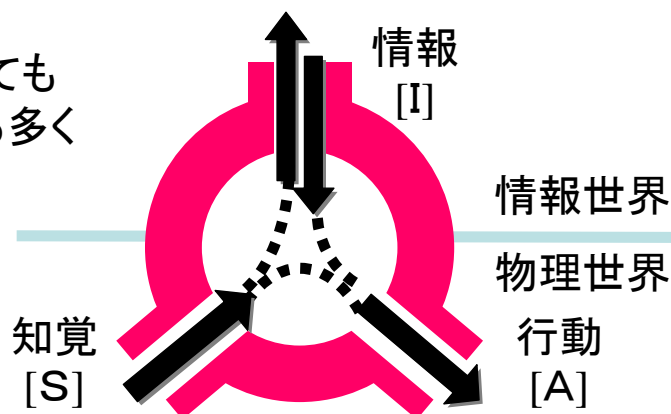
金賞受賞職種 今回から廃止: 構造物鉄工, 木型, 曲げ板金, 左官, 抜き型

技能の形態と知識

■ 様々な形態の技能が存在

- I → I 情報処理型 設計, 計画, ...
- S → I 認識型 鑑定, 検査, ...
- I → A 創成型 彫刻, 速記, タイピング, ...
- S → A 身体作業型 きさげ, みがき, 組立, ...

身体作業型の技能であっても
その背後には, 頭脳による多くの知的活動が存在



31

はじめの生産

- 個人での作業
- 日常生活としてのものづくり
- 自分自身(あるいは身近な人のため)のものづくり
- 身の回りの素材を使用
- 設計と生産が未分離

ものづくりの根源的なスキル

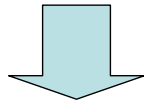


藤江川添遺跡(明石市)出土
旧石器・メノウ製握斧
(約5~12万年前)

32

分業と専門化

- グループでの作業
- 生産の場の形成(製作所)
- 工程の分業
- 職業としてのものづくり



職業としての専門的スキル



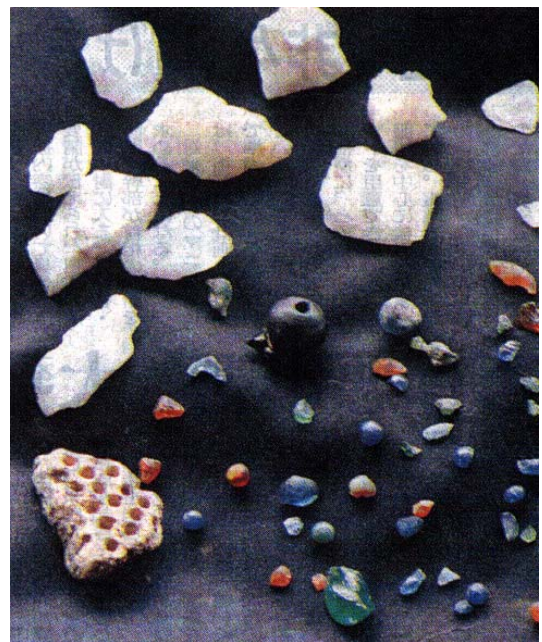
翠鳥園遺跡(羽曳野市)旧石器時代後期(約1万8千年前)の石器製作所跡

33

高度な技の獲得



奈具岡・奈具谷遺跡(京都府)
弥生中期水晶球工房跡地



• 奈良県明日香村 飛鳥池遺跡
• 宝飾品工場跡地から(7世紀後半)

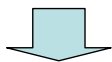
34

分業組織の管理

生産規模の拡大



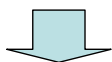
ものづくり組織の形成



人・資源・業務を管理する



生産の間接業務の出現



計画・管理のスキル



春日権現験記絵巻・第一巻

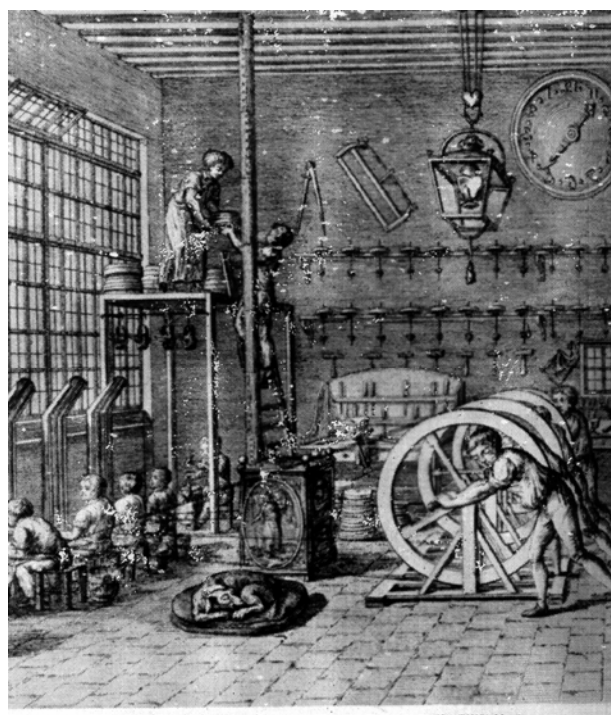
分業による工場の形成

人間

- 動力発生
- 運動制御
- 工程計画・管理

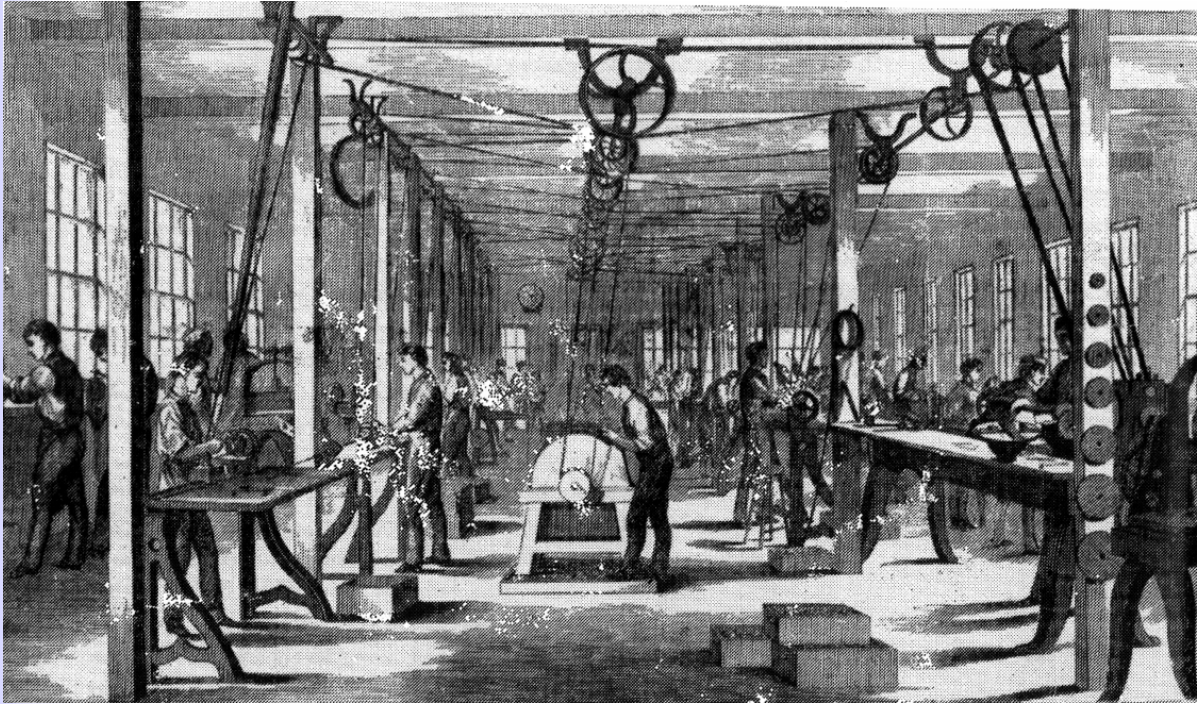
“工業的”なスキル

- ✓ 単純作業の繰り返し
- ✓ 経済性重視



18世紀 フランスの工場

産業革命:動力源からの解放



1856 アメリカ ボタン穴加工機械製造工場

37

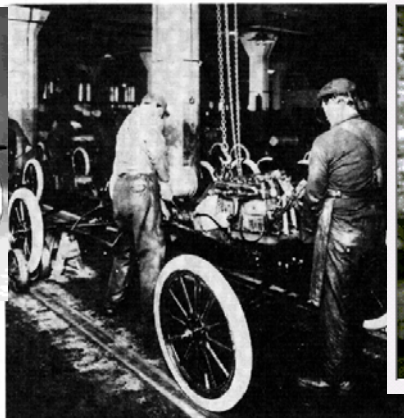
近代的工場による大量生産

工程・作業・部品の標準化・規格化

- 誰でも組み立てられる
- どの部品同士でも組み上がる
- いつでも同じものができあがる



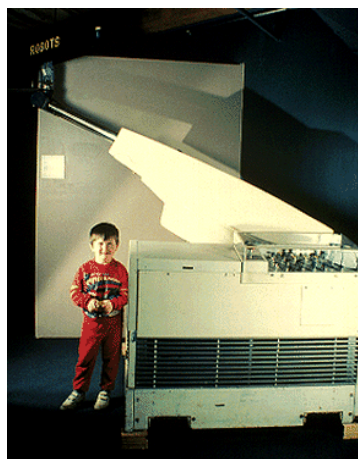
T型フォードと
組立ライン



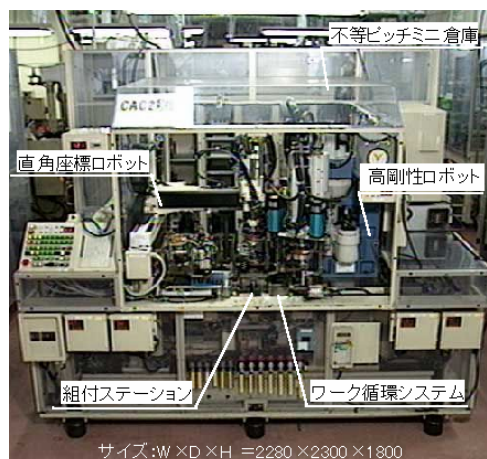
日産自動車(1967)

38

製造ラインの機械化



最初の産業用ロボットUNIMATE



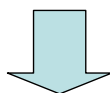
完全自動組立セルCAC(デンソー(株))

製品を製造する工程において人間から機械へと転換
スキルの重点は二次的(製造支援)な工程に

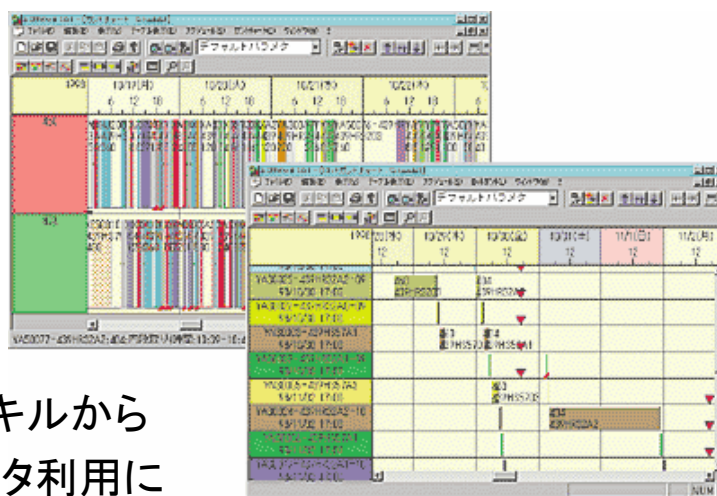
ものづくり“縁の下”のスキル

計画・管理のコンピュータ化

生産進捗管理, 計画立案,
人員計画, 資材発注, 輸送
計画などの計画・管理業務
のコンピュータ化が進行

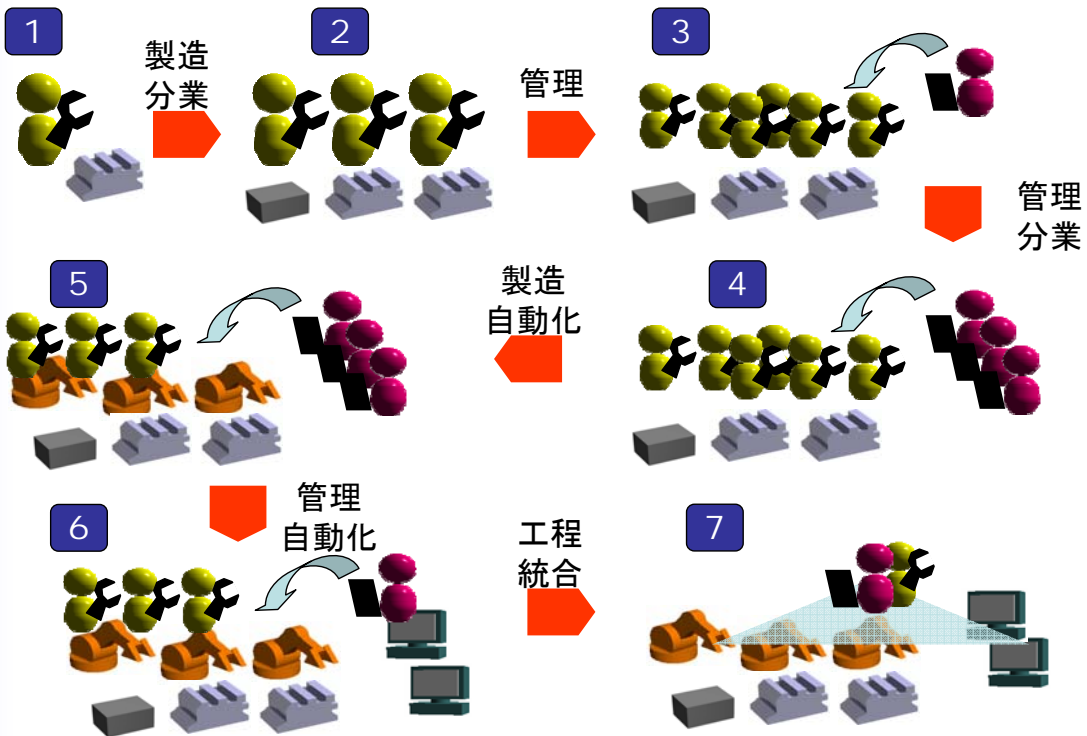


直接の計画・管理業務のスキルから
計画・管理業務のコンピュータ利用に
関するスキルが形成

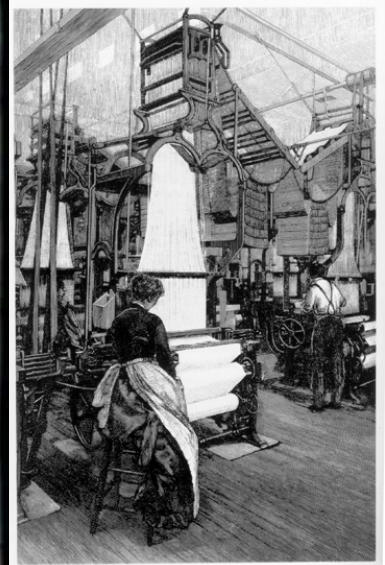


「計画・管理」を計画・管理するスキル

生産形態の歴史的変遷



デジタル化生産



デジタル化生産

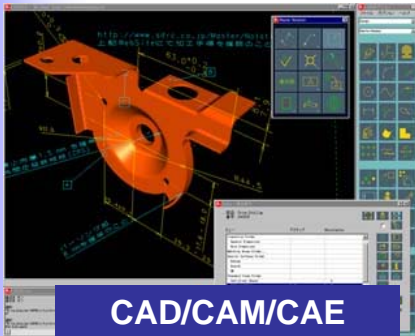
数値制御工作機械



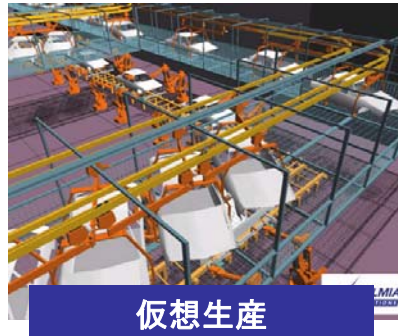
産業用ロボット



自動組立ライン



CAD/CAM/CAE



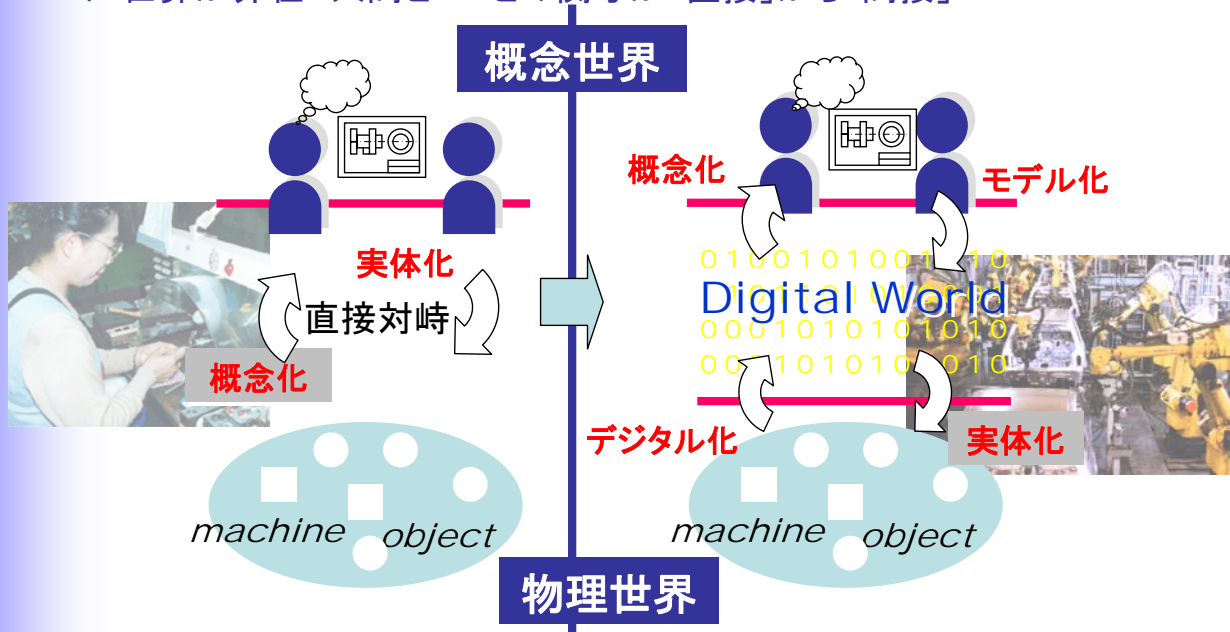
仮想生産



デジタルモックアップ

デジタル化による生産変革

生産のデジタル化の進行により、概念世界と物理世界の中にデジタル世界が介在。人間とモノとの関与が「直接」から「間接」へ



製造業で生き残っているスキル

■ 増幅型業務におけるスキル

- ある1つの作業結果の品質が、数千、数万といった多数のものの品質に影響してくるもの。
- 金型製造、生産設備の組立調整など。

■ 高付加価値少量生産のスキル

- 高付加価値の少量生産品の製造にかかわるスキル。人手をかけても採算がとれるが、自動機を開発するほどの量はないもの。
- 人工衛星の部品加工、義肢・義足の製造など。

■ 実践が理論に先行する分野のスキル

- なぜできるのか理論ではわからないが、熟練者にはできるというもの。
- 新素材の加工、原動機の故障診断など。

45

数値制御(NC)加工機械の匠

幸田則久氏

カナエ精機製作所

工作機械メーカーの想定する精度以上の加工を行う。

工具・治具は自分で工夫。市販品をそのまま使わない。

“NC名人”



NHK 「新・電子立国」より

46

新しい“技能者”のイメージ

例: マイルストーン(株)

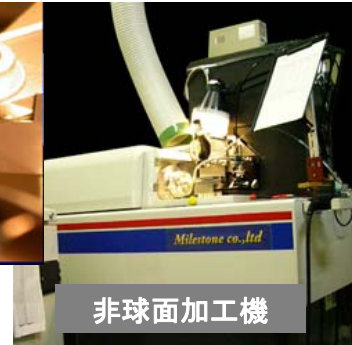
プラスチック製小型非球面レンズの開発



レンズ



非球面加工



非球面加工機



携帯電話用メガピクセルカメラ 撮影例



開発センター

新しい“技能者”のイメージ

山口久美子氏
“世界初女性非球面加工士”

“プログラミングから加工, 仕上げ, 検査までを一人で行うことができる。”

“予備知識がなくても半年で習得”

マイルストーン社
資料より



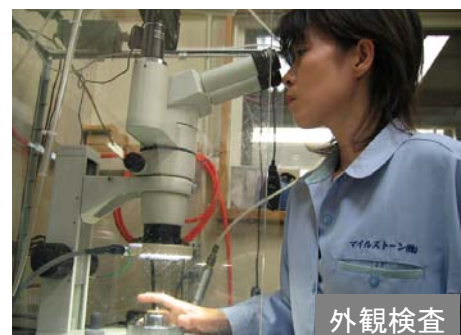
プログラミング



加工状態の確認

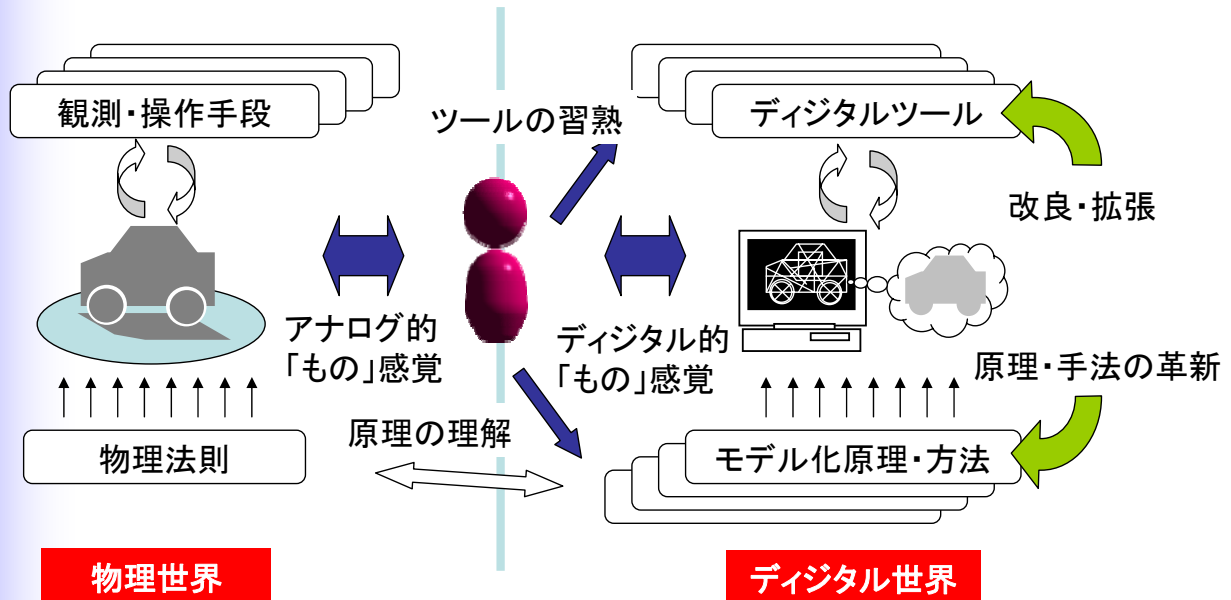


干渉計での精度確認



外観検査

アナログ的な「もの」感覚とデジタル的な「もの」感覚を兼ね備えた人材の育成が急務

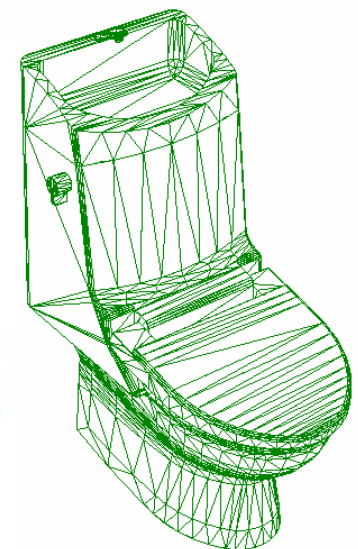
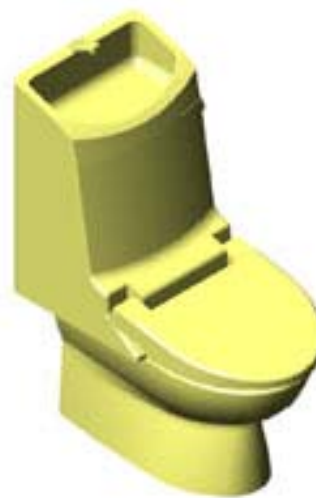


例: 3Dモデリングスキル

所望の製品形状(曲面)を3次元CADシステムを用いて

- 正確に
- 精密に
- 迅速に
- 安全に
- 高データ品質に

モデルを作るスキル



モデル: INAX アメージュM脱臭シャワートイレ

デジタルモデルにも”バリ”, ”欠け”, ”はがれ” などがある!

これからのものづくりのスキル

- デジタル支援による工程統合された「ものづくりのスキル」の可能性・・・原点回帰
- 「コントロールのスキル」から「発見／デザイン／プランニングのスキル」へ
- デジタル的スキル育成に関する出遅れ
- アナログーデジタル, 実一仮想のバランスの難しさ
- スキルの価値の再考

51

スキルに関する素朴な100の疑問

<http://dse.ssi.ist.hokudai.ac.jp/~onosato/Skills100.pdf>

- 【Q-001】「スキル」, 「技能」, 「技」の意味することは同じか？
- 【Q-002】スキルとは何か？ メカニズム, 現象, 状態, 解釈？
- 【Q-003】スキルとスキルでないものを分けるものは何か？
- 【Q-004】人間以外のもののスキルというのは考えられるのか？
- 【Q-005】「無用のスキル」というのはあり得るか？
- 【Q-006】「器用」とは何を意味するか？また, スキルとの関係は？
- 【Q-007】「芸術的才能」はスキルといえるか？(創造性との関連)
- 【Q-008】「スキルを解明する」, とはどういうことか？
- 【Q-009】「スキルの科学」は科学たる要件を備えるか？
- ⋮
- 【Q-095】スキルに関する学説で定説はあるのか？
- 【Q-096】スキル研究を主導している研究者, 研究機関は？
- 【Q-097】スキルについてもっとも主導的な学会は？
- 【Q-098】デジタルマイスタープロジェクトの行く末は？
- 【Q-099】スキル研究は科研の分野ではどこに応募すればよいのか？
- 【Q-100】この研究グループはこれからどうなるのか？

スキル基礎論
スキルの科学
スキル生態論
スキル生理学
スキル心理学
スキル発達学
スキル知覚論
スキル形態論
スキル教育学
スキル表現論
スキル機械工学
スキル史学
スキル倫理学
スキル社会学
スキル経済学
その他

"Naive 100 Questions about Skills" より

52