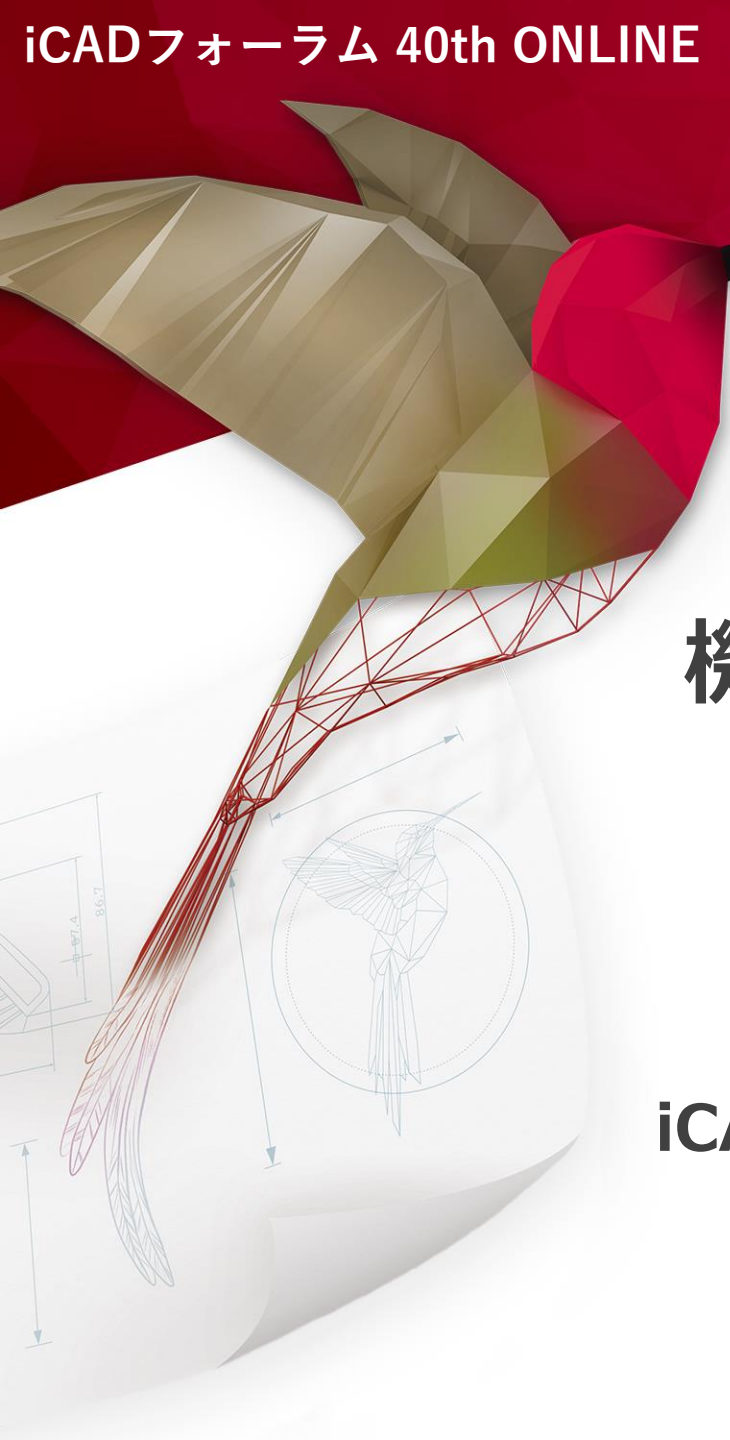




機械装置の開発に求められる 3次元CADとは

2022年6月22日～7月29日

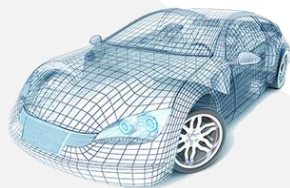
iCAD株式会社 代表取締役社長 富永恭生

— 機械設計に最適な3次元CAD

航空機 / 自動車

生産設備 / 機械装置

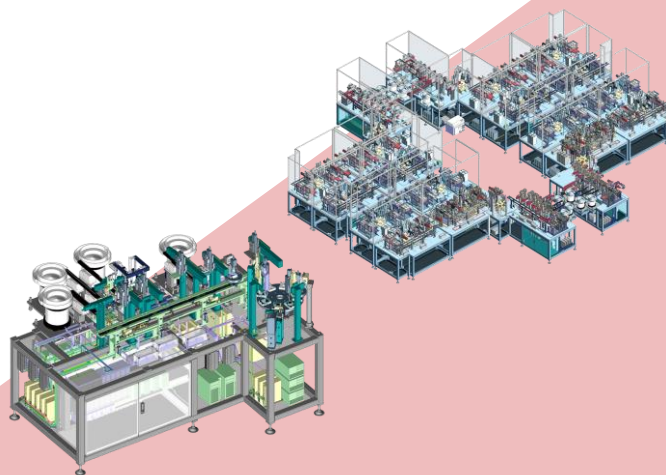
COLMINA 設計製造支援
iCAD SX



ハイエンドCAD



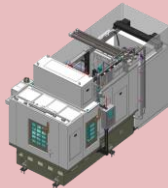
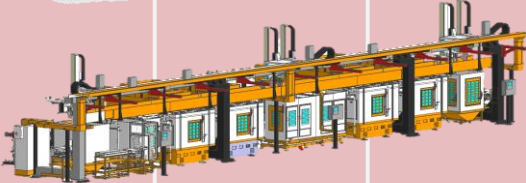
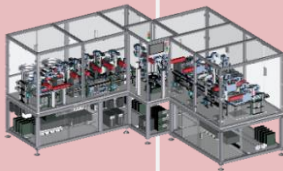
ミッドレンジCAD



自由曲面

解析曲面

— iCAD SXがよく使われている業界

	自動車 航空機	家電	半導体	精密 機器	工作 機械	産業 機械	重工 重電	環境 プラント
製品								
生産設備								

— iCADの考え

CADは設計者の道具である

機械設計の本質は徐々に確定

設計情報があるがままに蓄積・活用

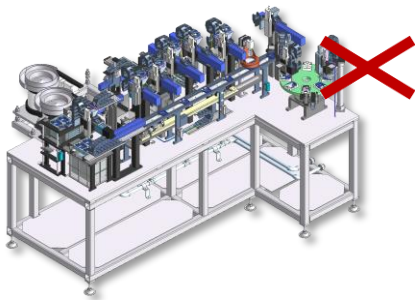
— iCADの考え

CADは設計者の道具である

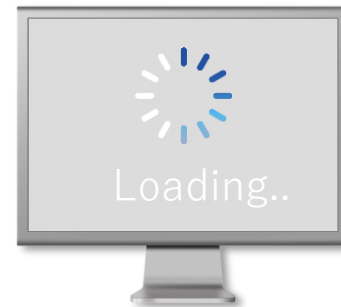
機械設計の本質は徐々に確定

設計情報があるがままに蓄積・活用

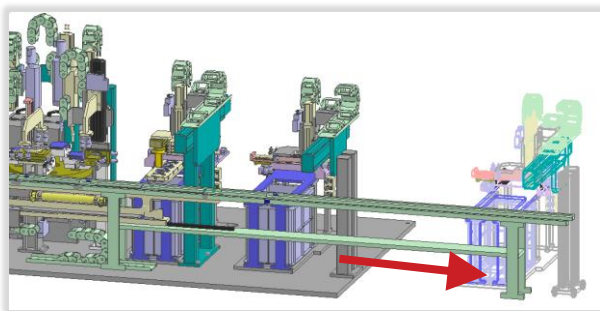
— 道具はサクサク反応してくれ



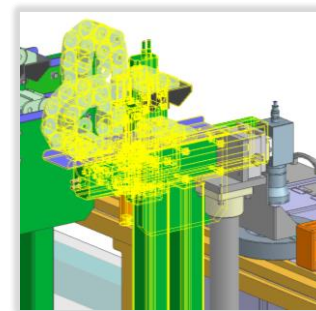
部品数が多いが装置全体を設計したい



ファイルを開くのに10分かかる



少し動かすのに1分もかかる

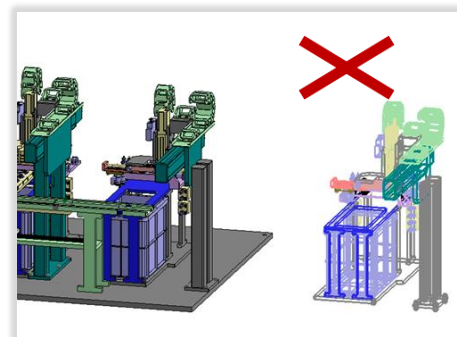


選択が引っかけり手になじまない

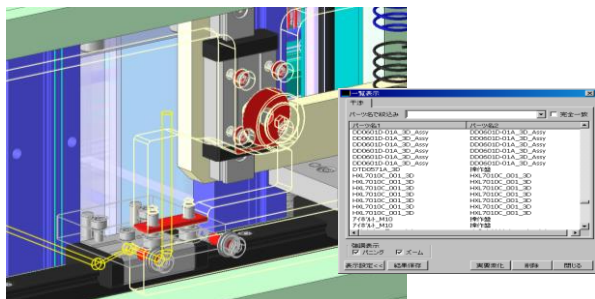
— 速く、速く！今すぐ結果を知りたい



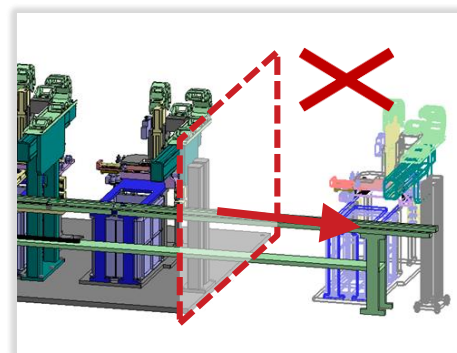
長時間使っていると遅くなる



曖昧な場所に配置できない



干渉してる箇所を知りたいが待てない



意図した形状に伸縮されない

— 道具であるCADは

誰がどう使うか

— CADモデラが使う



設計者

机上で検討

入力 / 修正依頼

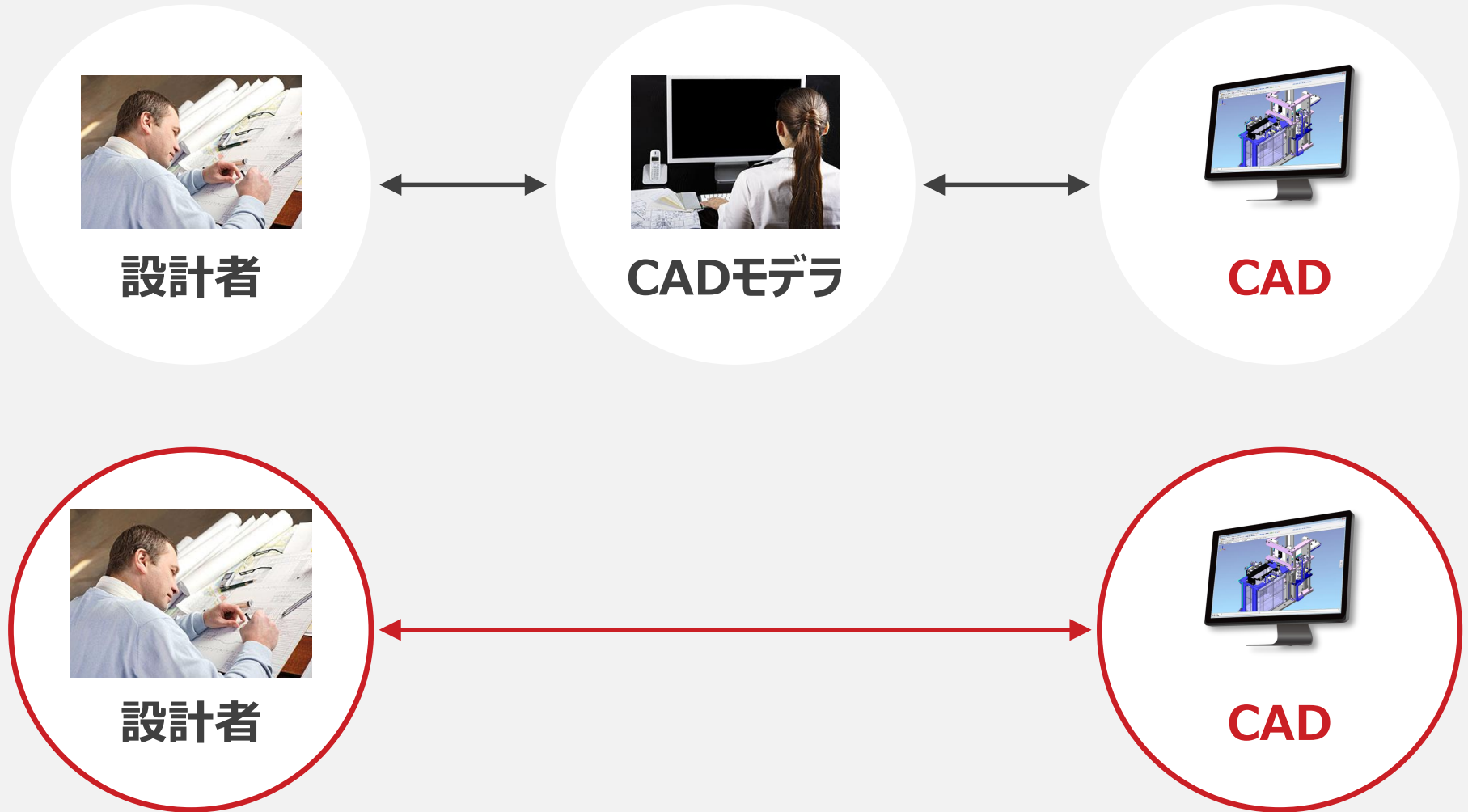


CADモデラ

**CADデータの
作成や修正に専念**

試行錯誤でなく決まったものを入力、定型的な編集

— CADは機械設計者が直接使う



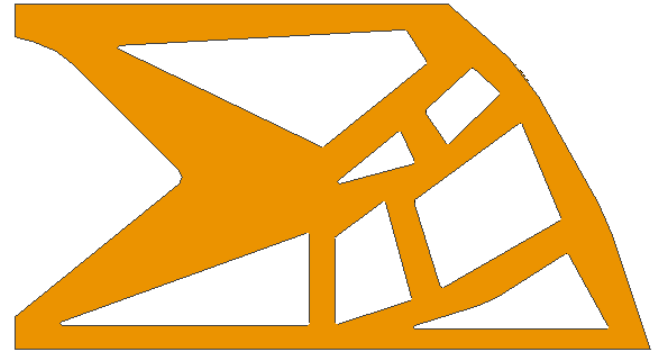
— CADは自動設計か

最近、最適化って流行ってますが...

設計領域



最適形状



体積制約下での剛性最大化

設計者がCADで試行錯誤するためのヒント

— 設計者の検討をCADが支援



— CADは設計者の道具である

サクサク扱えることで

設計者の思考を妨げない

CADモデラではなく

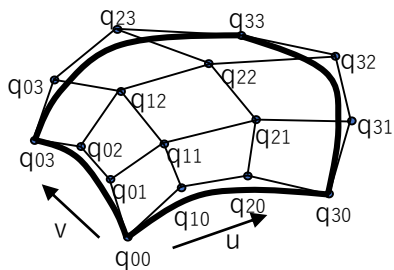
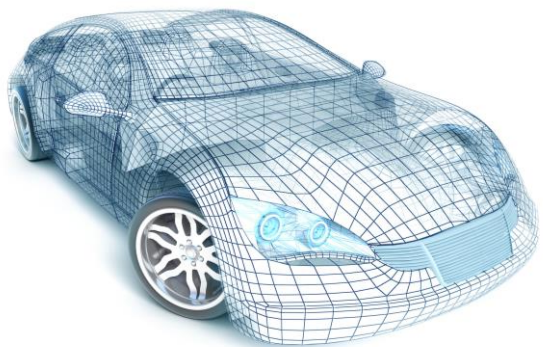
機械設計者が直接使う

定型的な操作、自動設計ではなく

検討・試行錯誤を直感的に

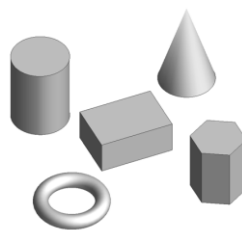
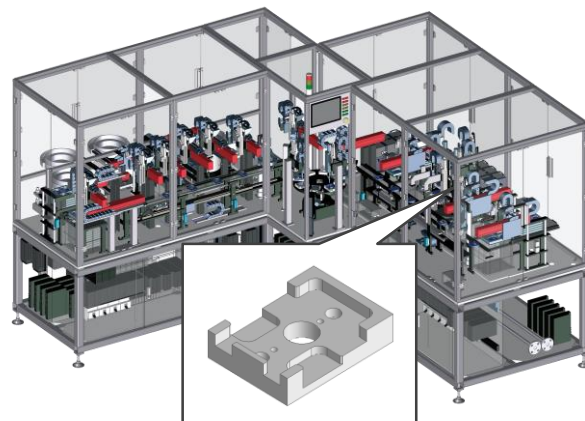
— どんな「かたち」を扱うか

自由曲面

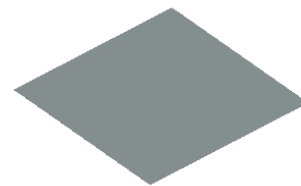


$$\begin{aligned} P(u,v) &= \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 B_i(u) B_j(v) \mathbf{q}_{ij} \\ &= B_0(u) \{ B_0(v) \mathbf{q}_{00} + B_1(v) \mathbf{q}_{01} + B_2(v) \mathbf{q}_{02} + B_3(v) \mathbf{q}_{03} \} \\ &\quad + B_1(u) \{ B_0(v) \mathbf{q}_{10} + B_1(v) \mathbf{q}_{11} + B_2(v) \mathbf{q}_{12} + B_3(v) \mathbf{q}_{13} \} \\ &\quad + B_2(u) \{ B_0(v) \mathbf{q}_{20} + B_1(v) \mathbf{q}_{21} + B_2(v) \mathbf{q}_{22} + B_3(v) \mathbf{q}_{23} \} \\ &\quad + B_3(u) \{ B_0(v) \mathbf{q}_{30} + B_1(v) \mathbf{q}_{31} + B_2(v) \mathbf{q}_{32} + B_3(v) \mathbf{q}_{33} \} \end{aligned}$$

解析曲面



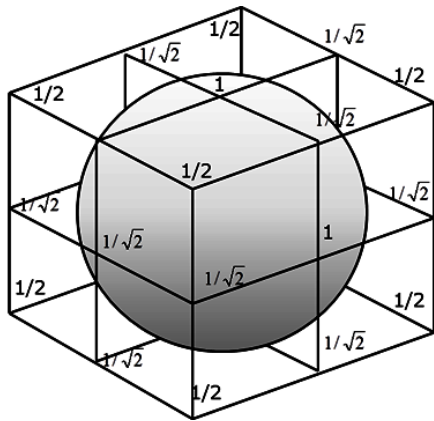
$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 = D$$



$$Ax + By + Cz = D$$

— 自由曲面は重く、解析曲面は軽い

自由曲面

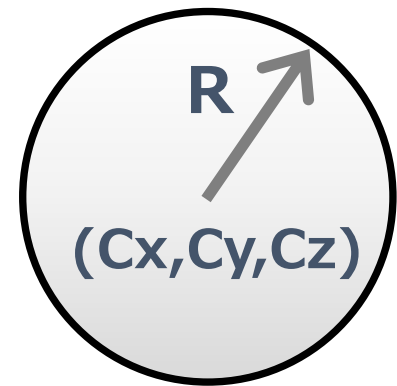


$$S(u,v) = \frac{\sum \sum N_{i,k}(u) N_{j,k}(v) w_{ij} P_{ij}}{\sum \sum N_{i,k}(u) N_{j,k}(v) w_{ij}}$$

$$\begin{pmatrix} w_{00} & w_{01} & w_{02} \\ w_{10} & w_{11} & w_{12} \\ w_{20} & w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1/\sqrt{2} & 1 \\ 1/\sqrt{2} & 1/2 & 1 \\ 1 & 1/\sqrt{2} & 1 \end{pmatrix}$$

50 : 1

解析曲面



中心座標 : (Cx, Cy, Cz)

半径 : R

— 一般機械では大半が解析曲面



生産設備



工作機械



半導体製造装置



クレーン



搬送装置

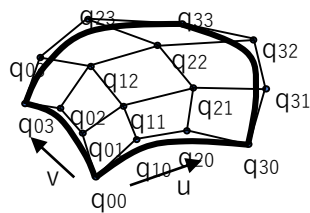
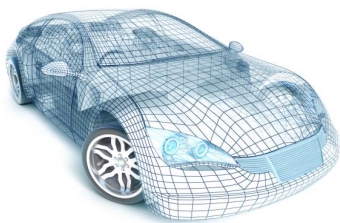
— 解析曲面に限定して徹底的に軽く

大

データ量・処理量

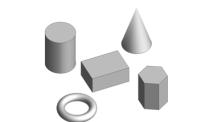
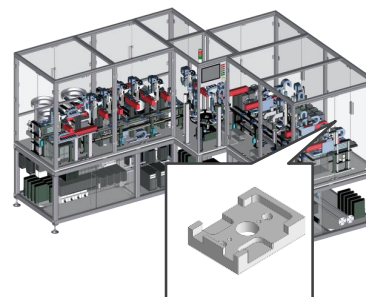
小

自由曲面



$$\begin{aligned} \mathbf{P}(u,v) &= \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 B_i(u) B_j(v) \mathbf{q}_{ij} \\ &= B_0(u) \{B_0(v) \mathbf{q}_{00} + B_1(v) \mathbf{q}_{01} + B_2(v) \mathbf{q}_{02} + B_3(v) \mathbf{q}_{03}\} \\ &\quad + B_1(u) \{B_0(v) \mathbf{q}_{10} + B_1(v) \mathbf{q}_{11} + B_2(v) \mathbf{q}_{12} + B_3(v) \mathbf{q}_{13}\} \\ &\quad + B_2(u) \{B_0(v) \mathbf{q}_{20} + B_1(v) \mathbf{q}_{21} + B_2(v) \mathbf{q}_{22} + B_3(v) \mathbf{q}_{23}\} \\ &\quad + B_3(u) \{B_0(v) \mathbf{q}_{30} + B_1(v) \mathbf{q}_{31} + B_2(v) \mathbf{q}_{32} + B_3(v) \mathbf{q}_{33}\} \end{aligned}$$

解析曲面



$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 = D$$



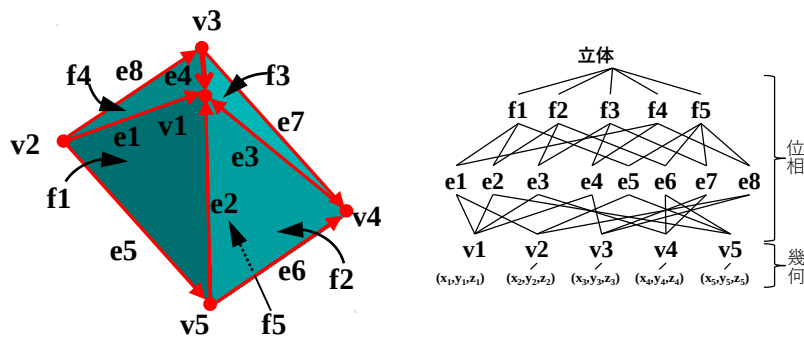
$$Ax + By + Cz = D$$

— コンピューター内での3次元物体の表現方法

B-rep (境界表現)

Cambridge大 I.C.Braid教授

すべての頂点・稜線・面のデータと
接続関係を保持



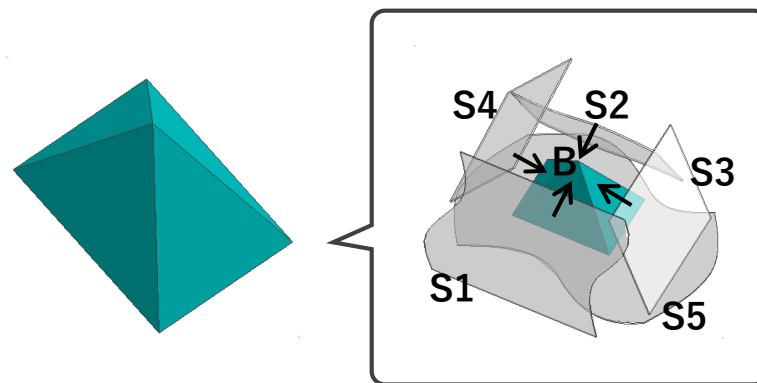
位相操作 : オイラー操作 $v-e+f=2$

データ構造 : Winged-edge構造

CSG (構成表現)

北大 沖野教授

境界面により定義される
半空間の共通部分が物体



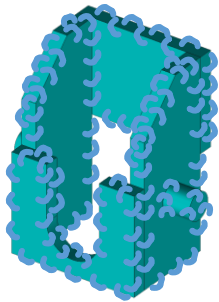
集合論 $B = \bigcap_{i=0}^n S_i$

— 機械部分のモデル表現

見え方

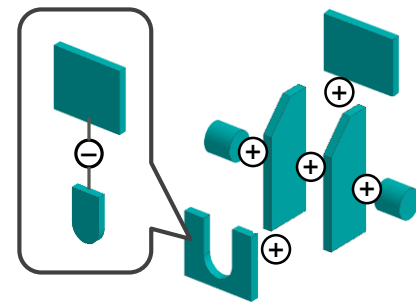


B-rep



パッチワーク

CSG

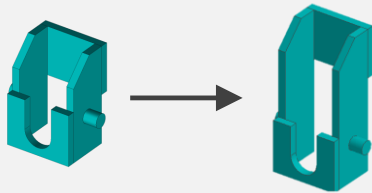


「かたち」は全てを知っている

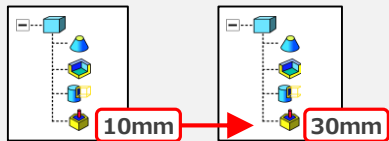
— CSGは編集性が圧倒的に優れる

B-rep

操作



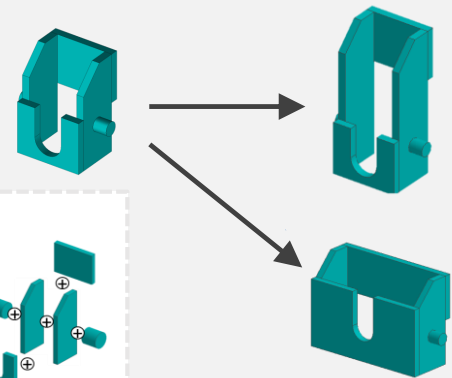
フィーチャベース
(頂点・稜線・面の関係をパラメータ化)



最終形状をフィーチャー・履歴で加工
難しい

CSG

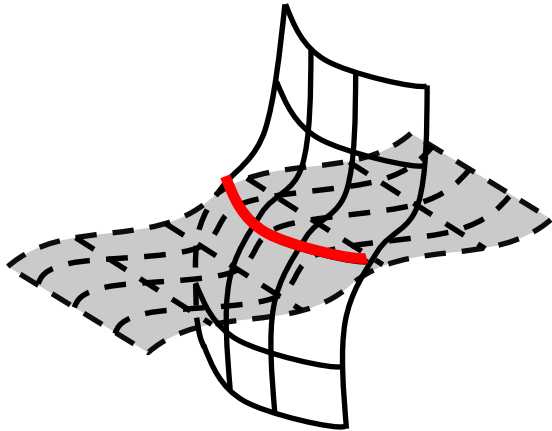
操作



本質的な形状を直接操作
直感的

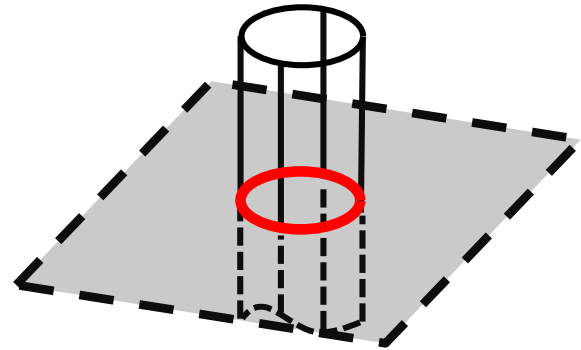
— CSGは遅くて使えない

自由曲面



交線の計算が遅い

解析曲面



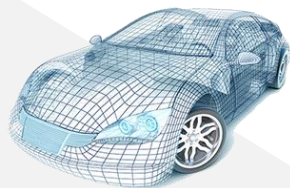
全て解析的に計算可能

解析曲面に限定すれば圧倒的に速い

— 解析曲面に特化したCSG

これがiCAD SXの「軽い」「直感的」の秘密

航空機 / 自動車



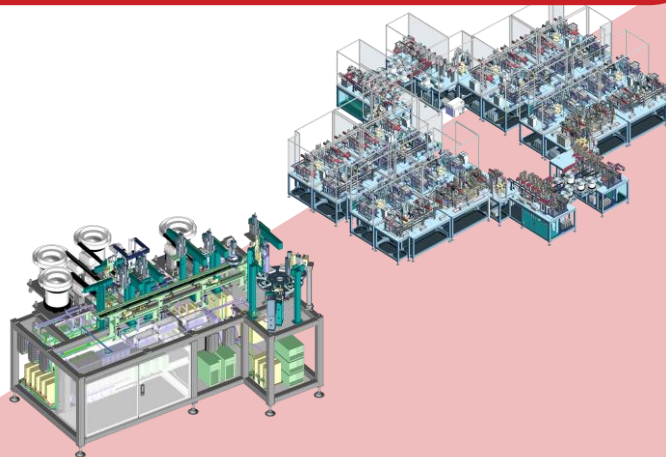
ハイエンドCAD



ミッドレンジCAD

生産設備 / 機械装置

COLMINA 設計製造支援
iCAD SX

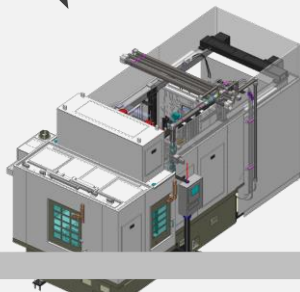


自由曲面 / B-rep

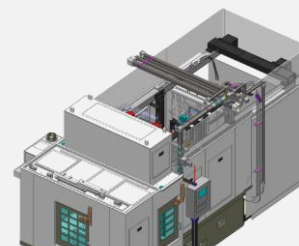
解析曲面 / CSG

— 圧倒的な軽さ

B-rep 自由曲面
3.8GB



CSG 解析曲面
80MB

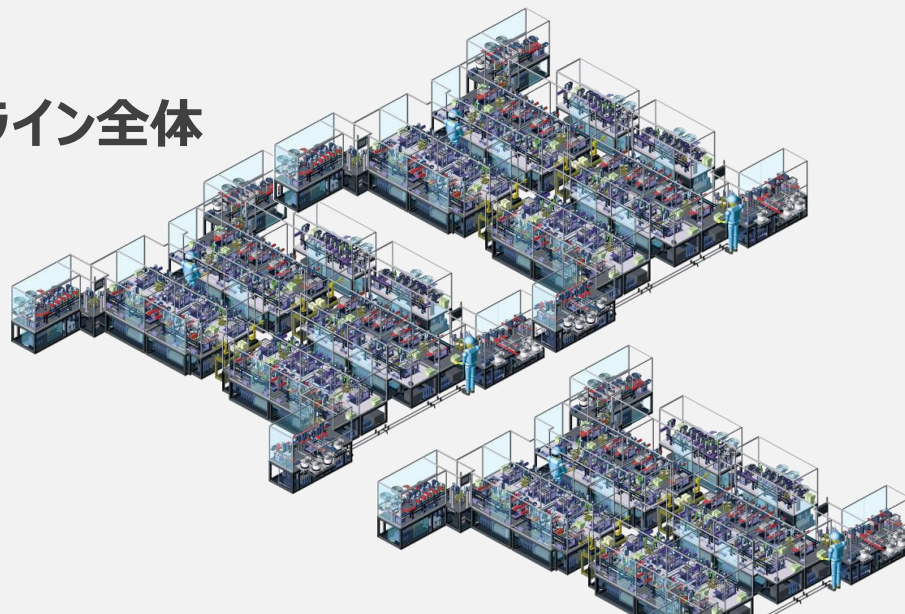


※6,000部品の汎用工作機械

— 大規模で超高速

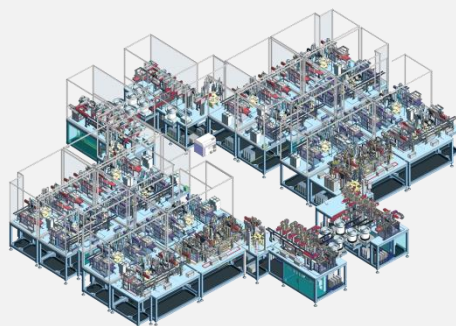
部品点数

大規模装置ライン全体



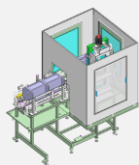
iCAD SX V8
約300万部品

装置・設備
10万部品



iCAD SX V7
約100万部品

ユニット
2万部品

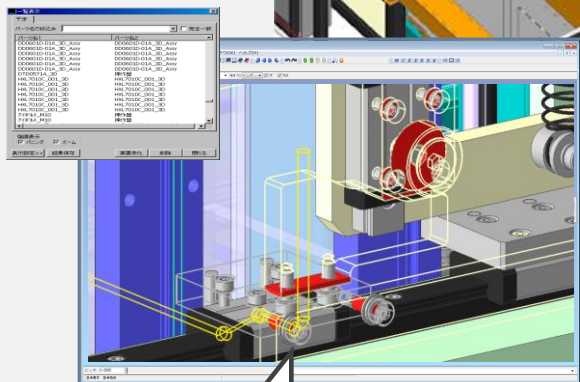
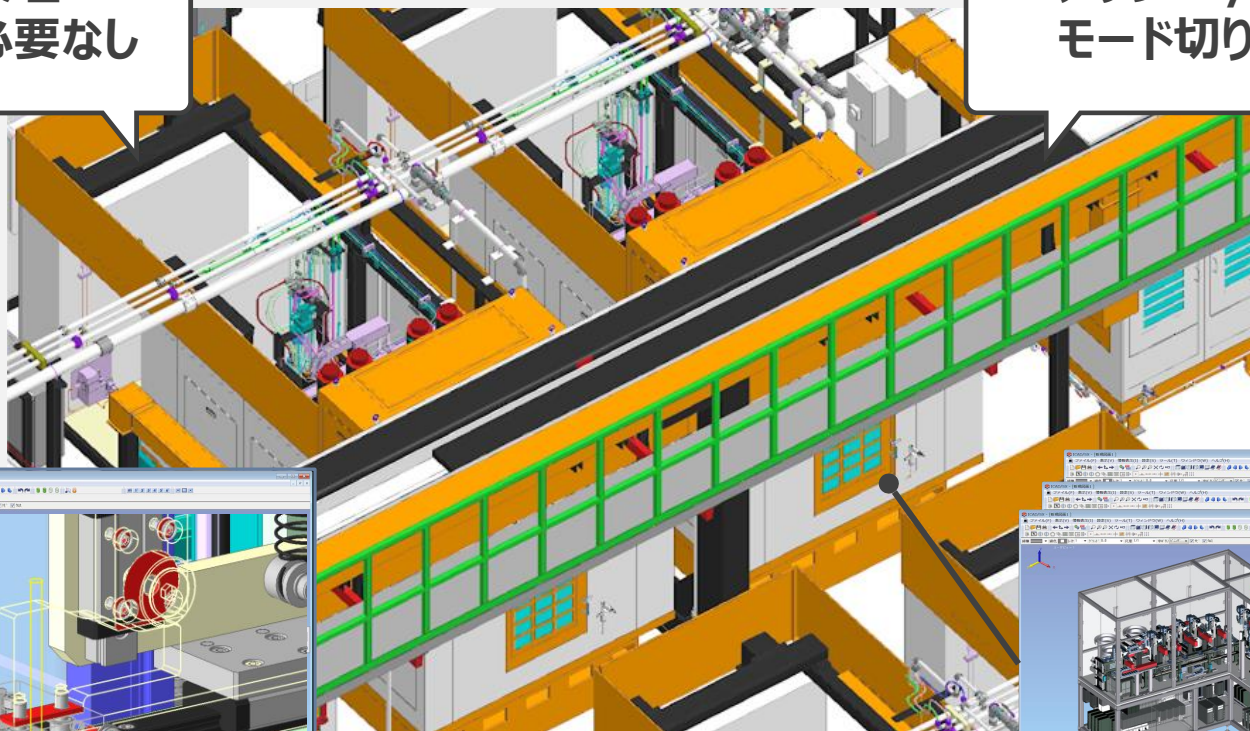


0.2秒

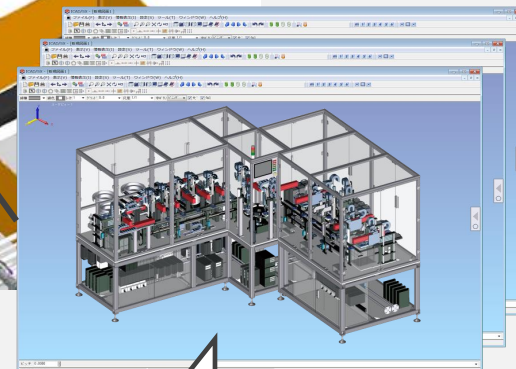
— 大規模でも制約なしに

無理矢理
分解する必要なし

アッシー / パーツの
モード切り替え不要



アセンブリを丸ごと
瞬時に干渉確認



複数モデルを開き
同時に比較検討

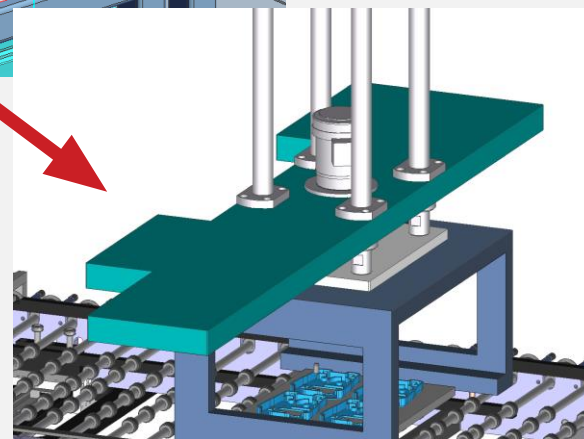
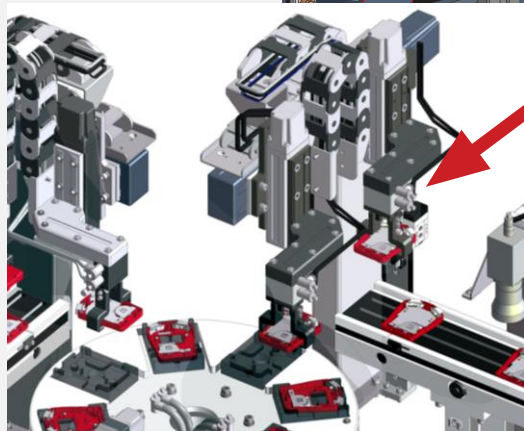
— 試行錯誤を直感的に

拘束による制限なし

設計者の思考を具現化

周囲との取り合いを確認し
ストローク長を修正

既存部品の流用に伴い
修正



— 機械設計における3次元CADはこうあるべき

機械設計を徹底的に追究した道具



性能

機械全体をサクサク扱えるレスポンス

操作性

設計者が試行錯誤に使える道具

— CADは設計者の道具である | まとめ

**iCAD SXは
解析曲面に特化したCSGで
大規模装置が軽く扱えて
機械設計者が直接使える**

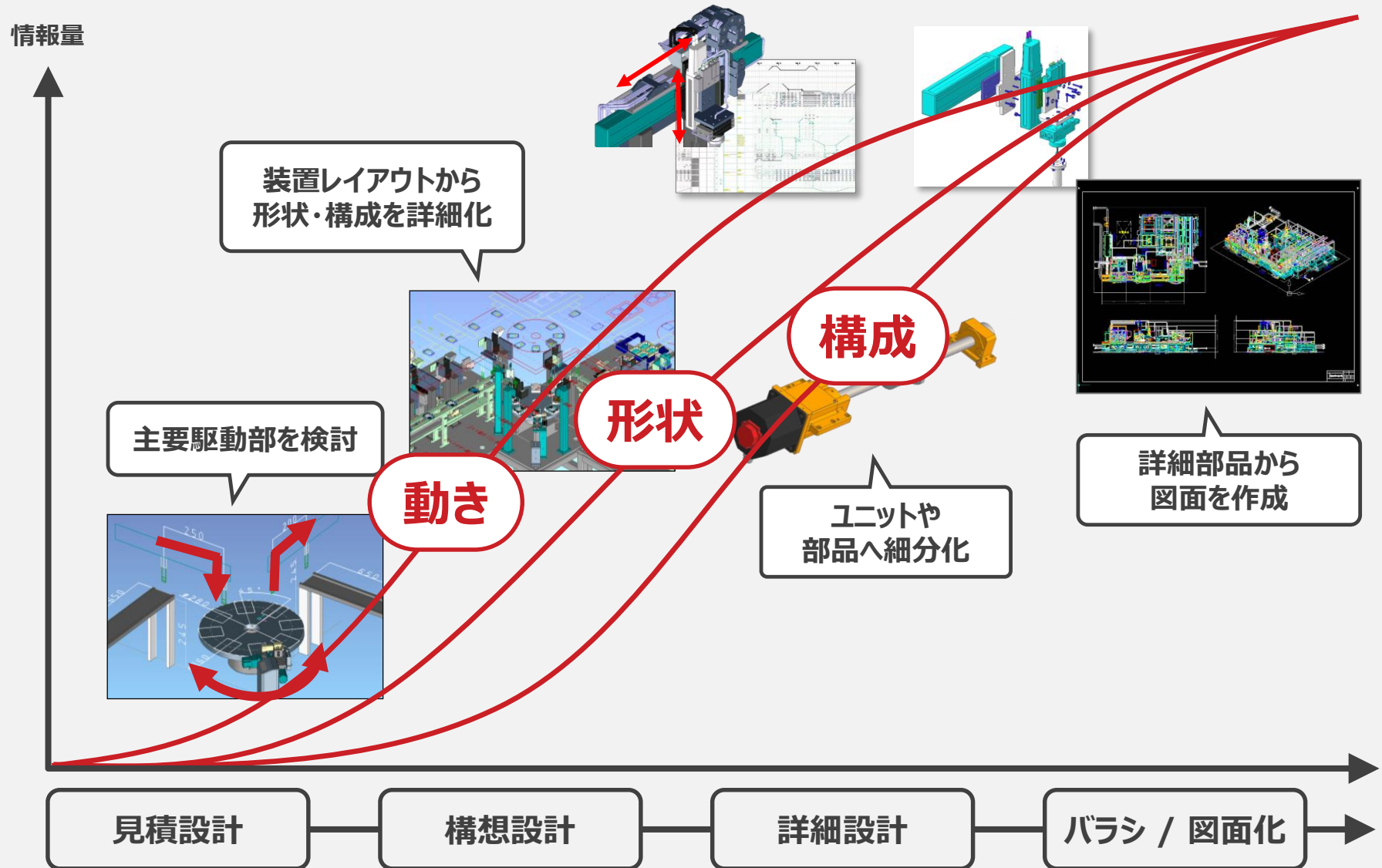
— iCADの考え

CADは設計者の道具である

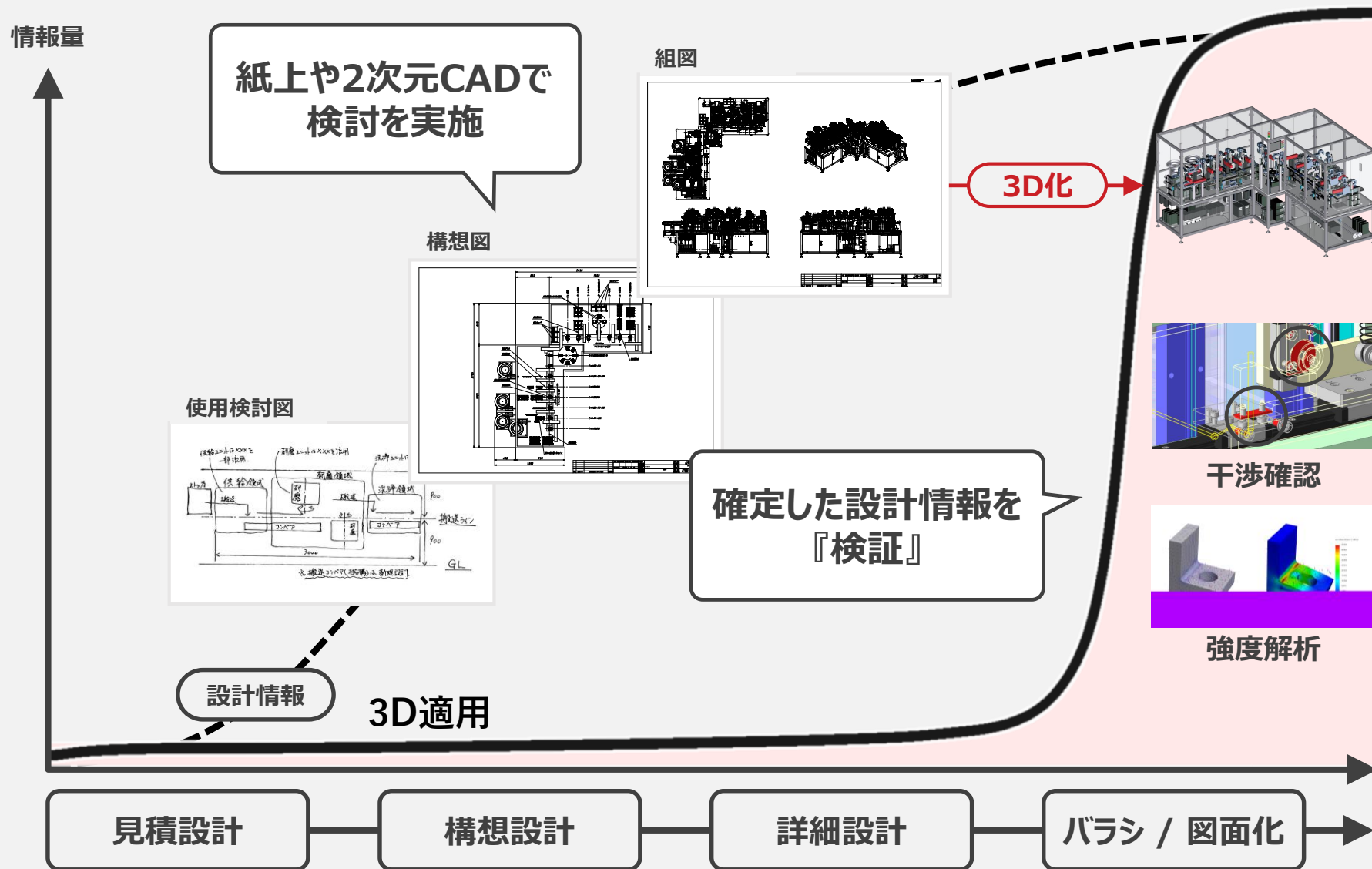
機械設計の本質は徐々に確定

設計情報があるがままに蓄積・活用

— 設計業務の本質は「徐々に確定」

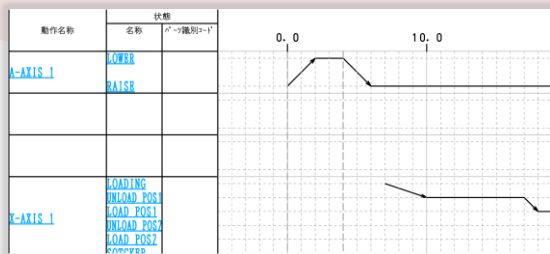
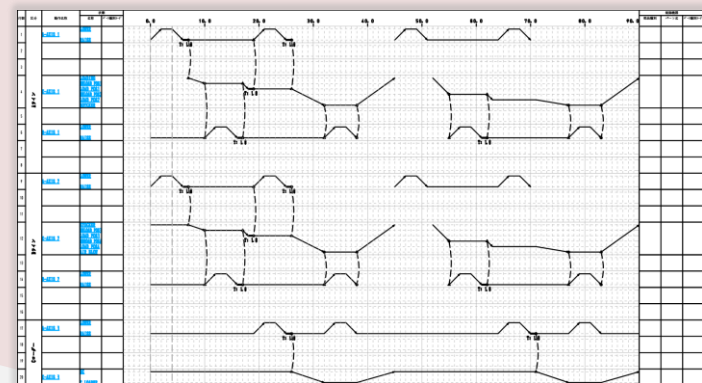
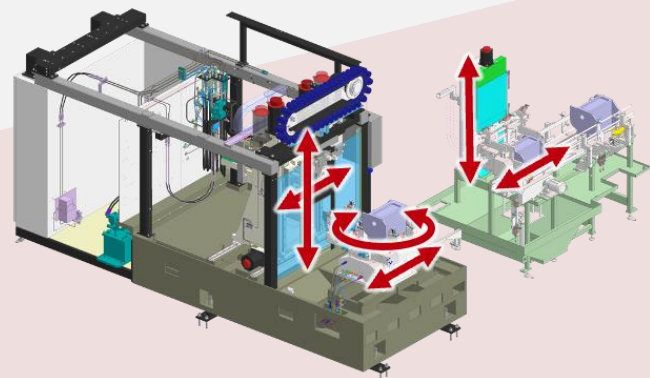


— 設計が終わってから3次元している



— 設計初期から動作が「徐々に確定」

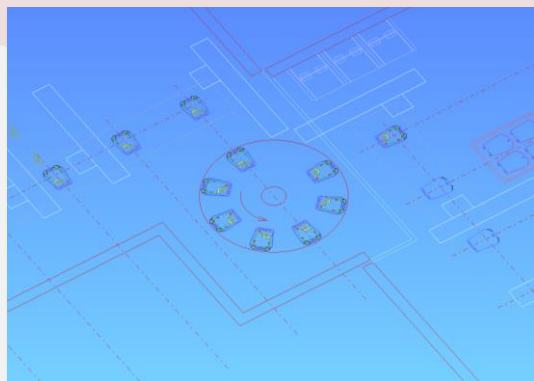
ざっくりとした動作タイミングで
繰り返しながら設計



形状変更と干渉・タクトタイムを確認

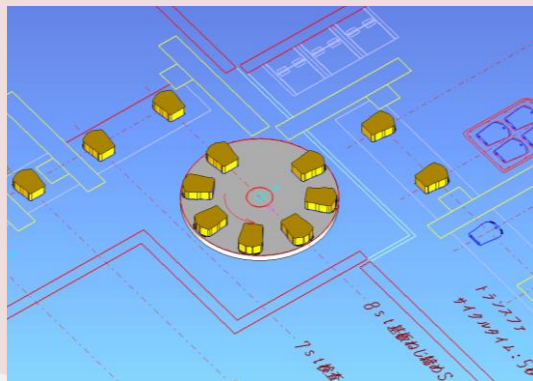
— 形状を「徐々に確定」

最初は2次元のままでも



設計要件・基準を描き出す

粗々の3次元で表現



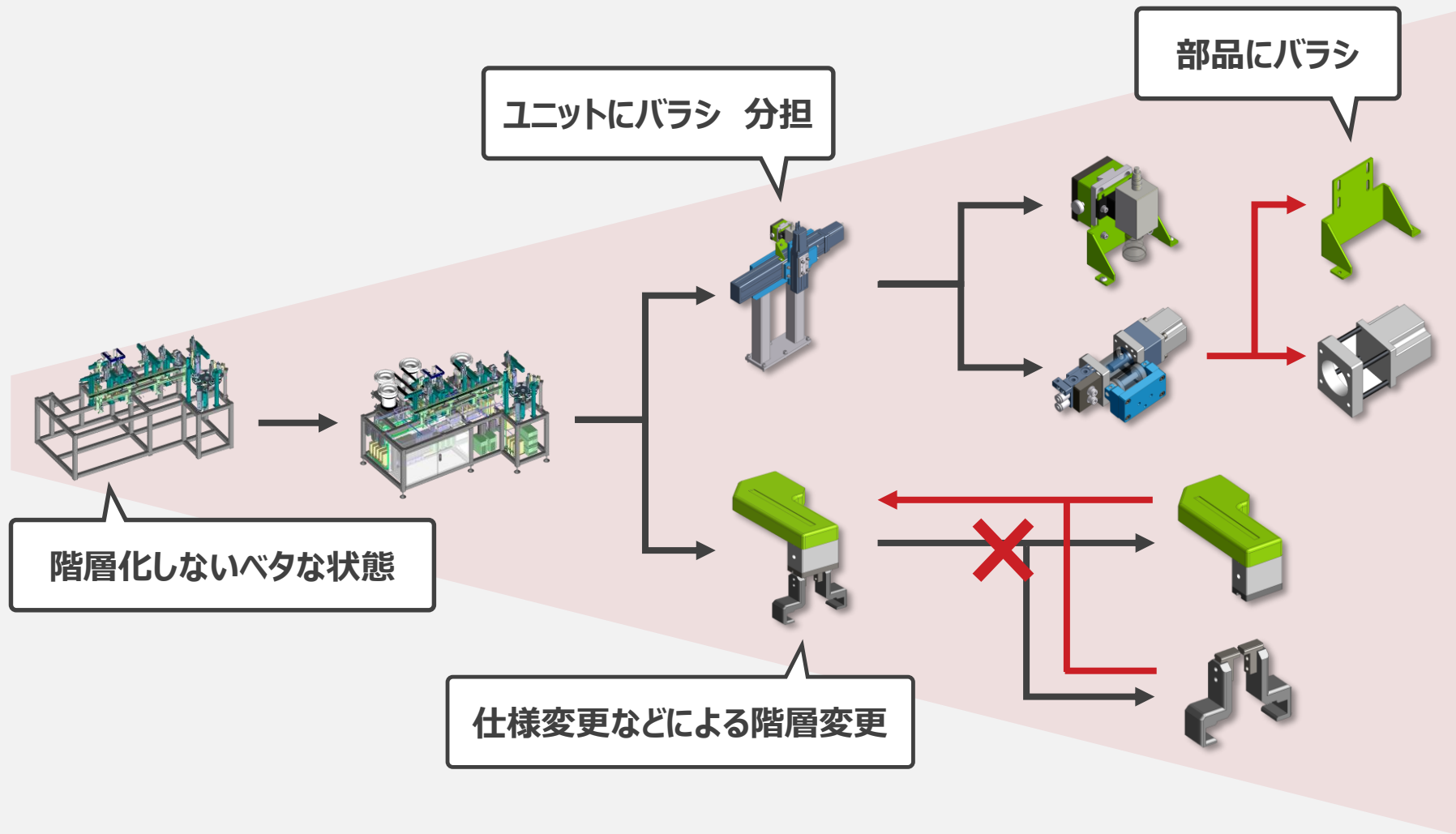
基準から装置レイアウトを具現化

2次元・3次元を混在させて

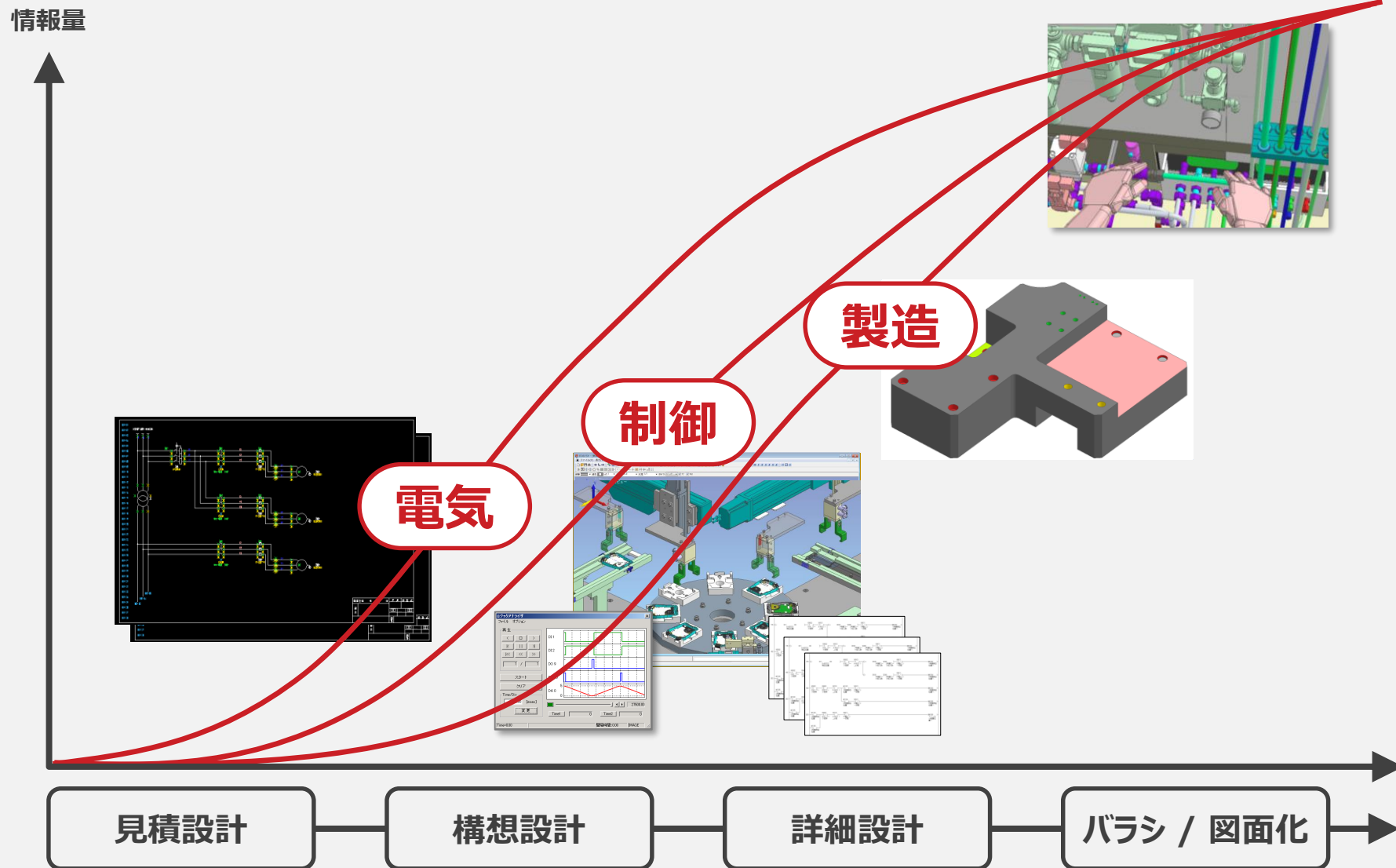


ユニット / 部品形状を詳細化

— 構成を「徐々に確定」

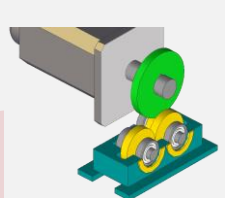


— 電気 / 制御 / 製造の情報も「徐々に確定」

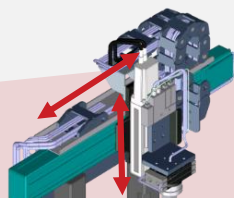


— 電気も「徐々に確定」

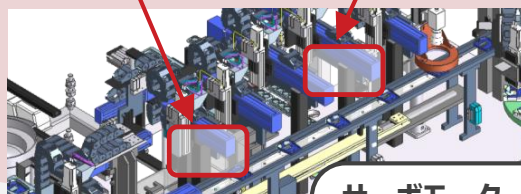
メカ設計



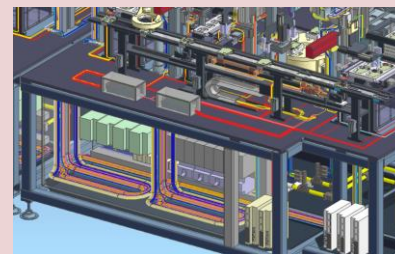
動きを検討



インターロックを検討



サーボモーターリミットSW



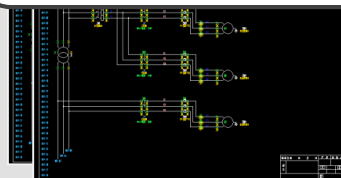
制御盤の大きさから
架台や配線ルートを詳細化



配線長

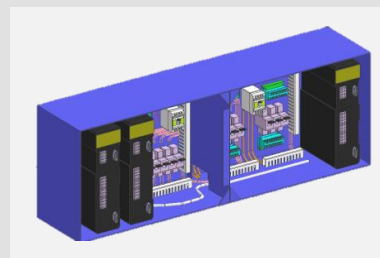
電気設計

サーボアンプメインブレーカー



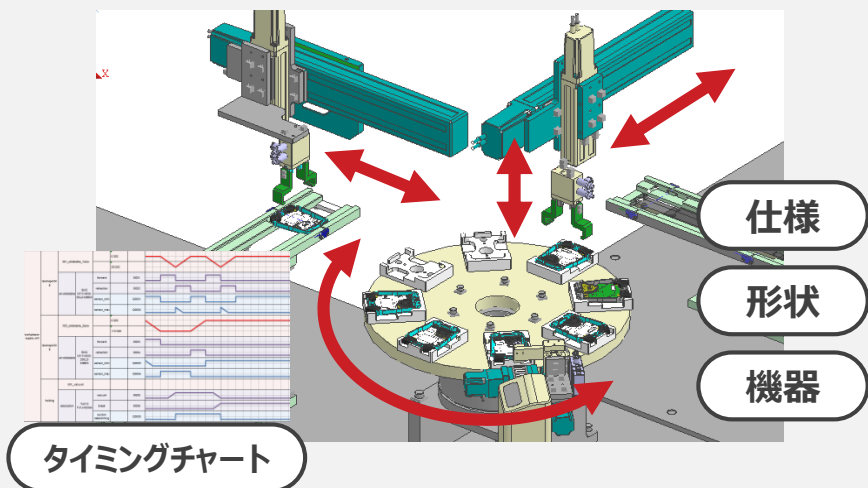
電装部品を確定

コネクタ配線

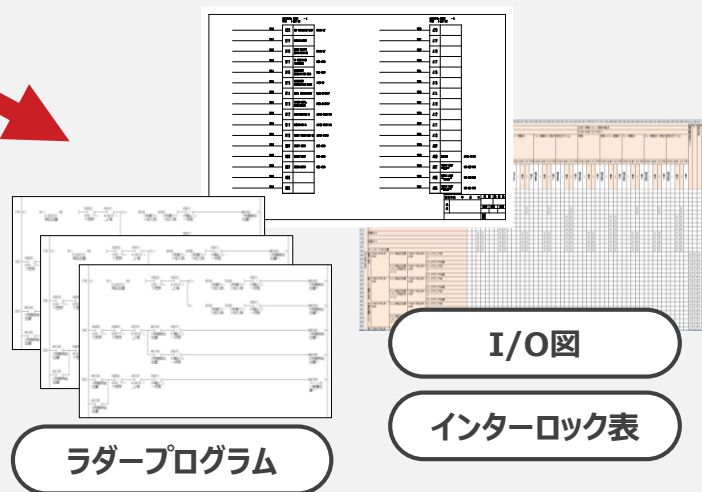


制御盤レイアウト検討

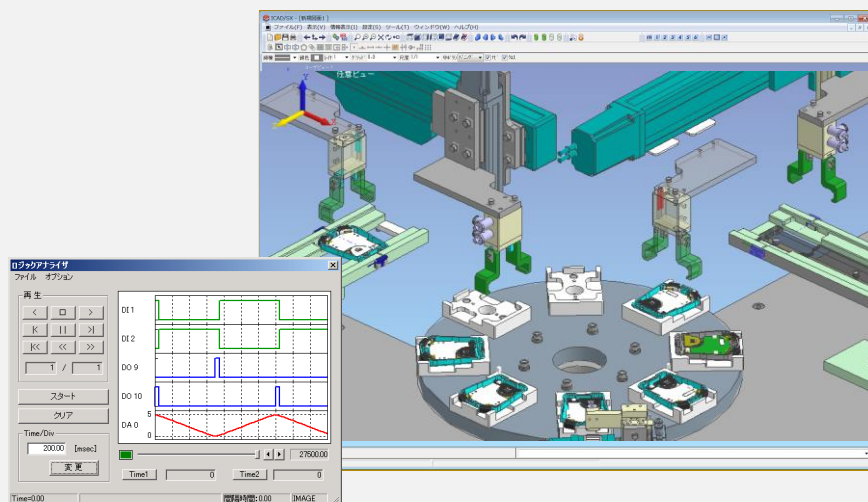
制御も「徐々に確定」



機器番号や
I/O情報を取り込み

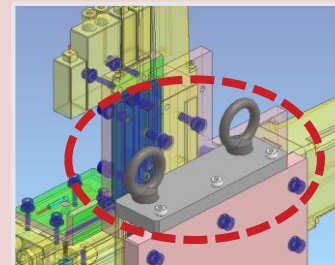
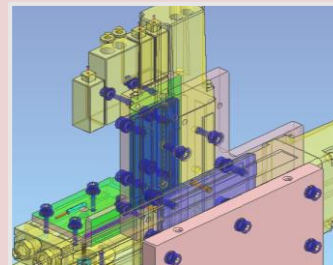
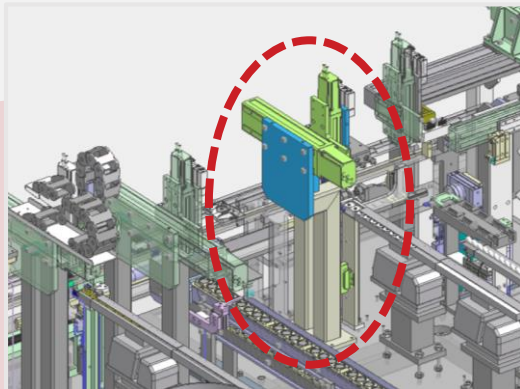


「徐々に確定」した情報を
そのまま活用しすぐに検証



組立要件も「徐々に確定」

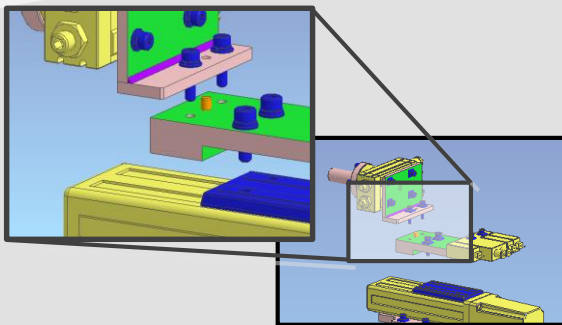
メカ設計



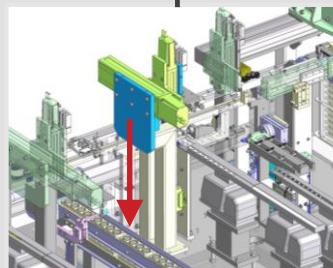
吊りプレート追加

改善要望

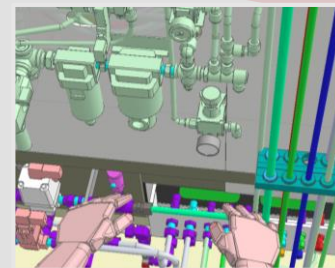
組立



組立手順は
成り立つか



どの方向から
組み付けるのか



作業性や安全性は
確保されてるか

— iCADの考え

CADは設計者の道具である

機械設計の本質は徐々に確定

設計情報があるがままに蓄積・活用

— 特注対応の増加

高品質・短納期・低コストを実現するために

市場で機械装置を
早期投入



標準化・モジュール化



標準化・モジュールかで対応できない

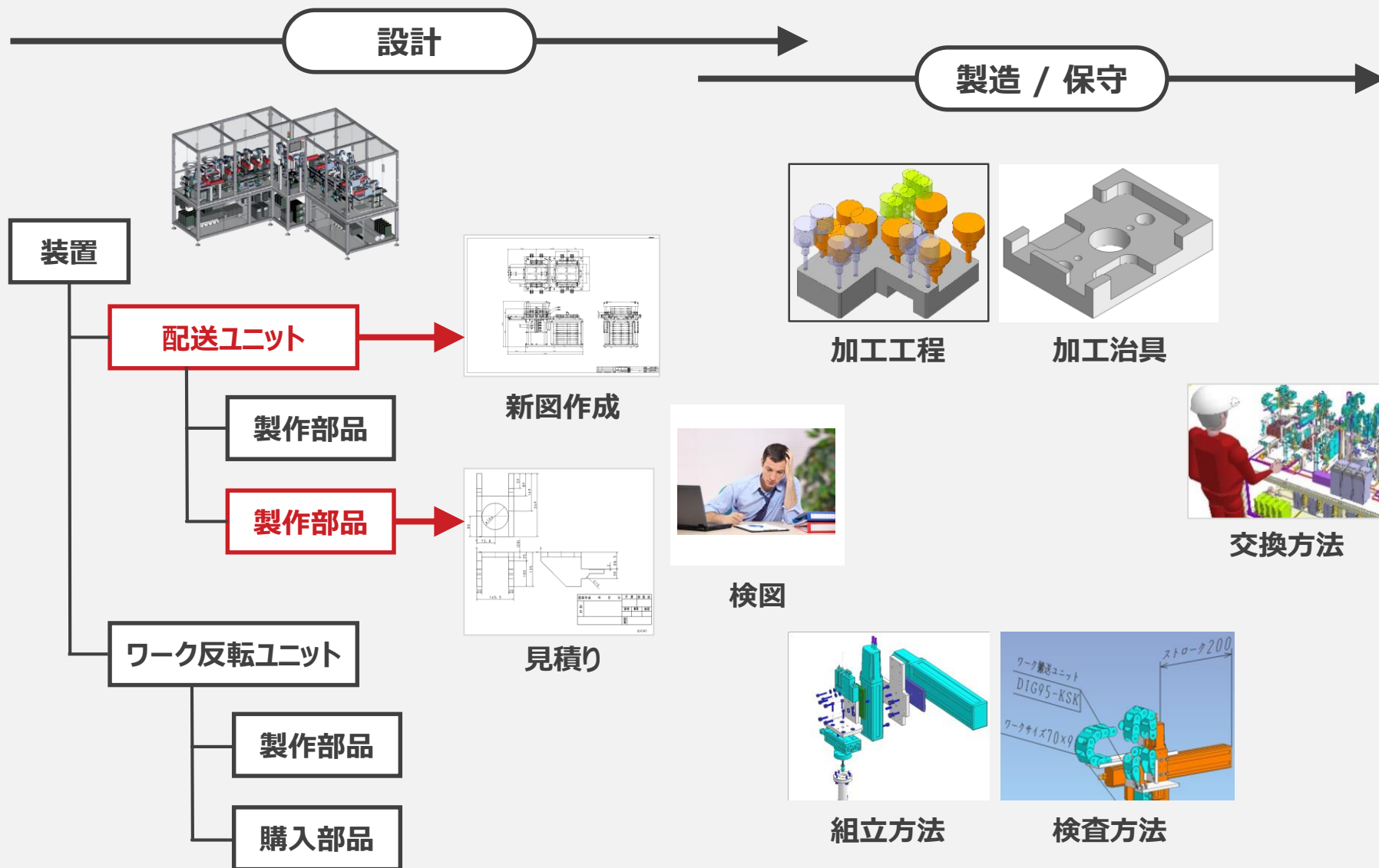
近年増加

拡大する顧客の
多様なニーズへの対応



特注対応のモノづくり

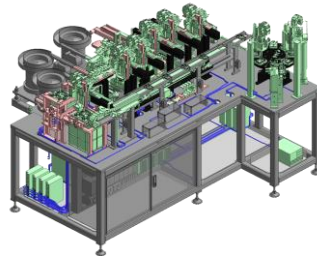
— 特注の新規検討による業務負荷増大



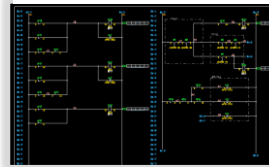
— 根本的な課題は“情報を活用できない”

標準機

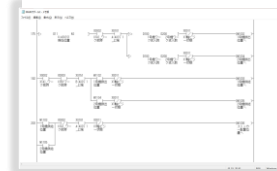
メカ設計



電気設計



制御設計



製造情報



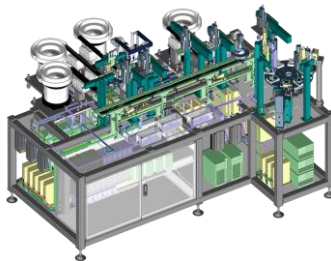
流用設計

何が変わったかわからない

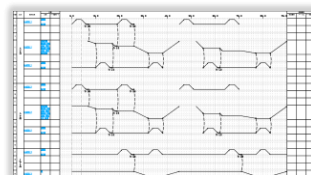
流用できない

課題

受注機



部品番号	型式	個数	メーカー	品名
OLP1,OLP2	AB123-CDEF4	2	○×電機	表示灯 燈
TBLT02	SHKAS01-3	2	○×電機システム	ブロック端子台
MLM2	LMN0010-2	2	△□モータ	ギヤードモータ
CP00,CP10	PQ34RS	2	○×電機	サーキットプロテクタ
CV1	TUV56-78/W	1	△□電気	スイッチング電源
OMP1	XYZA-BCD90-12	1	△□電気	パワーケーブル
SLD1	XYZA-BCD90-12	1	△□電気	エンューターケーブル
CR100,CR102	FG3H	8	○×エレクトロニクス	小型制御リレー
	FG3H	8	○×エレクトロニクス	表面接続ソケット
T1	JKL4567MN89	1	△□電機	半導体装置
CB3	OPQ1QRST	1	○×電機	制御用電源
CB1,CB2	OPQ1QRST	2	○×電機	制御用電源



電気設計 / 制御設計 / 製造情報

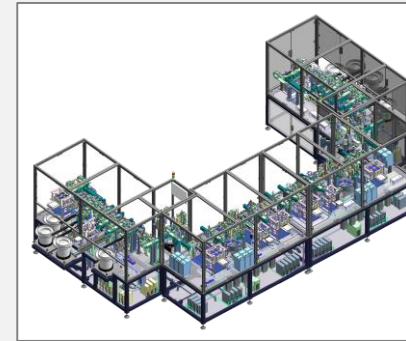
新規検討

— 情報だけでは分からない

PDM / PLM

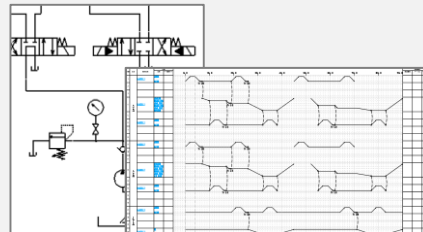


モノづくり現場

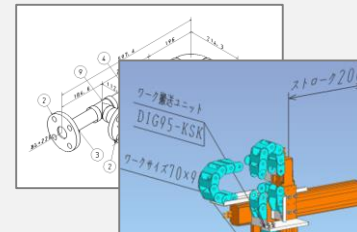


3次元CAD

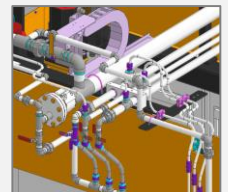
どこに影響するか



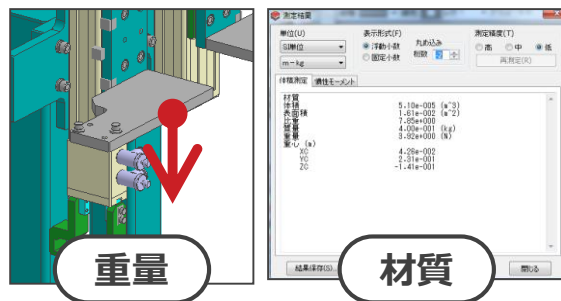
何がどう
変わったのか



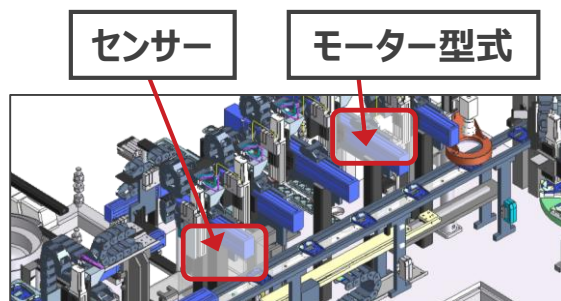
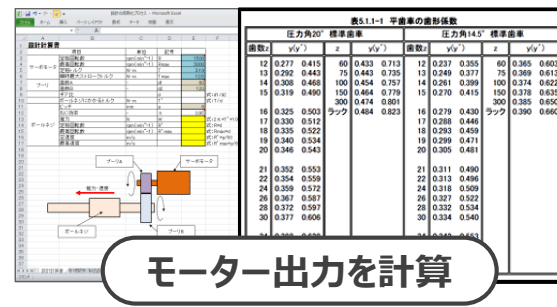
どの用途
位置の部品か



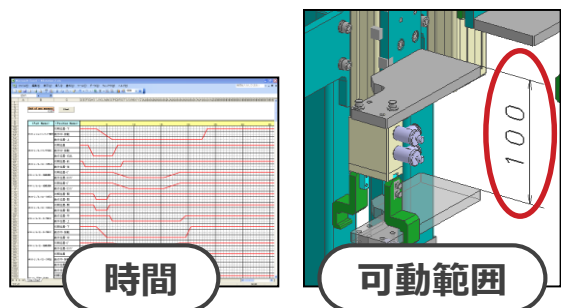
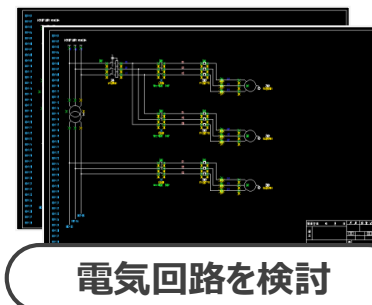
—「さっき」「あっち」の情報を転記



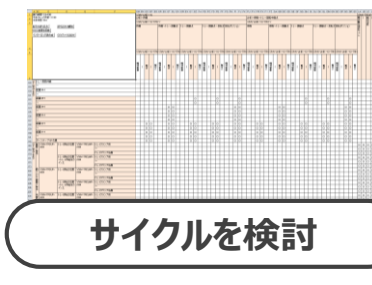
「さっき」の数値を
転記して



「あっち」の文字を
転記して



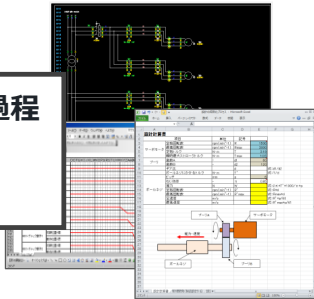
「あっち」の時間を
転記して



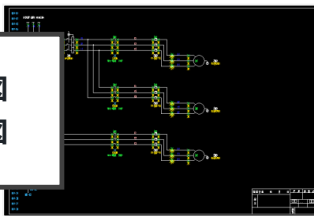
—「さっき」「あっち」は「かたち」に残せない

ナマの設計情報

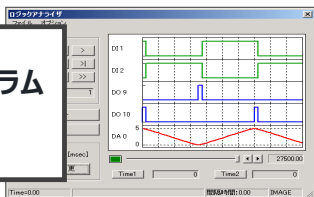
技術計算過程
機械仕様
動き



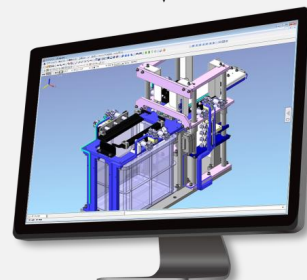
電気回路図
機器接続図



制御プログラム
仕様書



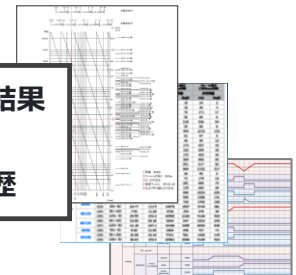
見えない



3D CAD

過去の設計情報

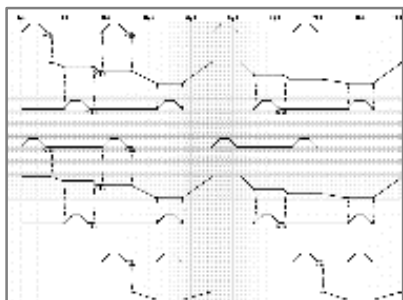
技術計算結果
製造条件
試運転履歴



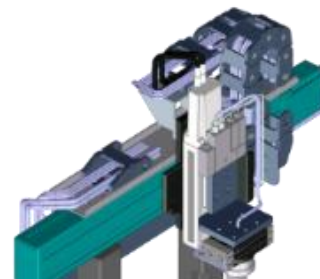
あっても抜き出せない

— 動きの検討情報がCADに入らない

タクト検討

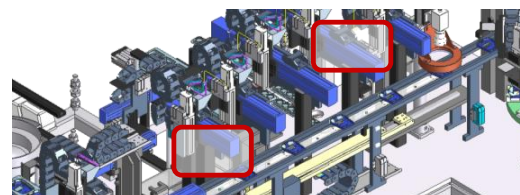


3D CAD



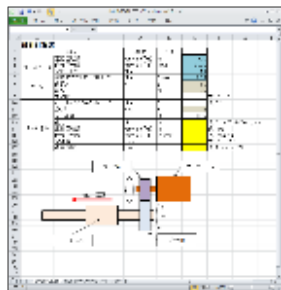
現状

形状と部品名しか残らない



駆動源 / センサ

技術計算



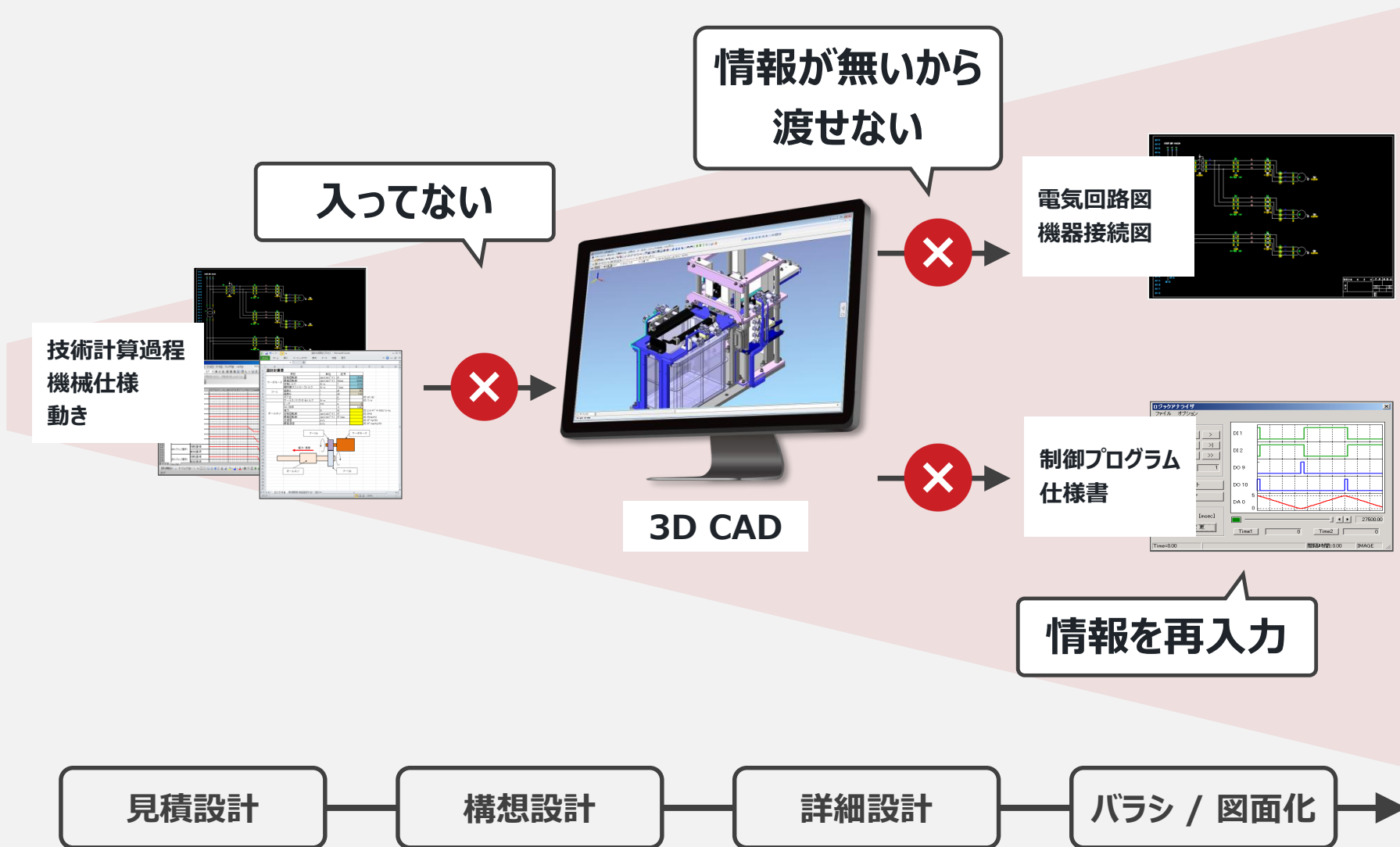
動きの検討過程を残せない

見積設計

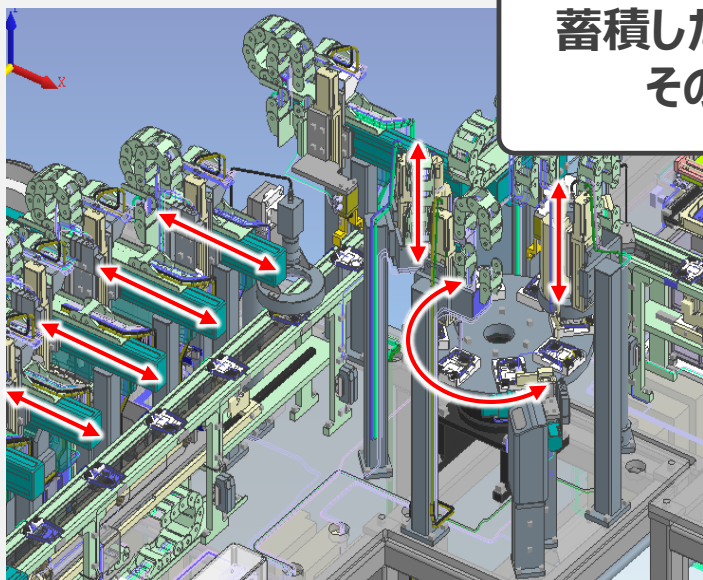
レイアウト設計

構想設計

— 入らないからすぐ使えない

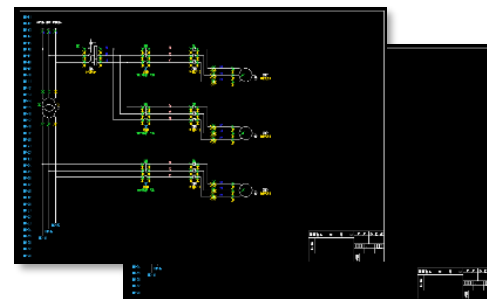


— 動きのある検討情報を「あるがままに」活用

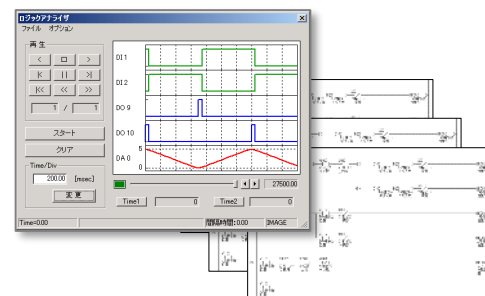


蓄積した動きの情報を
そのまま活用

動作名称
加速度
IO割付表
機器符号



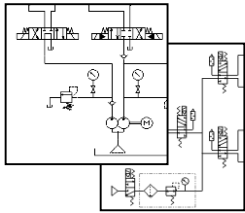
電気回路図



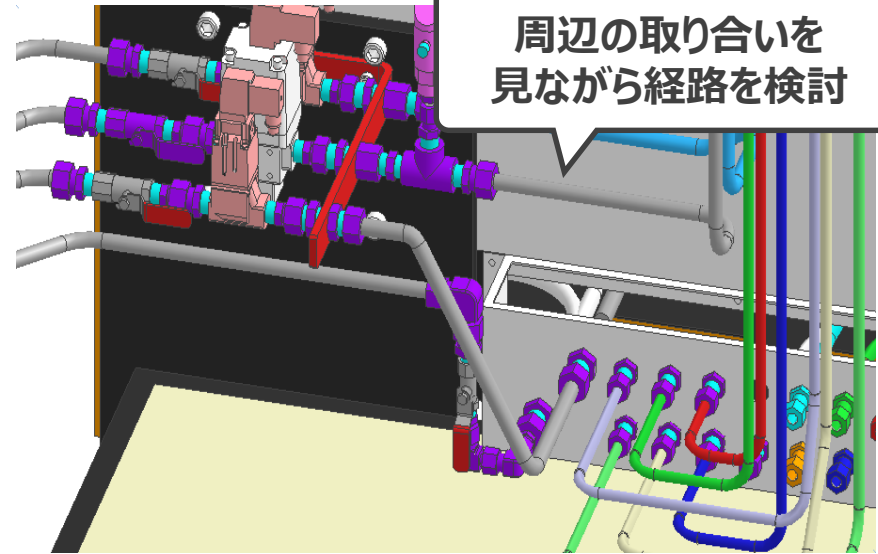
制御プログラム

— 配管設計を「あるがままに」

論理回路図



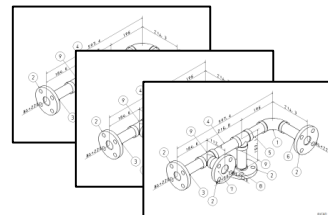
配管仕様
接続先



配管仕様
配管長

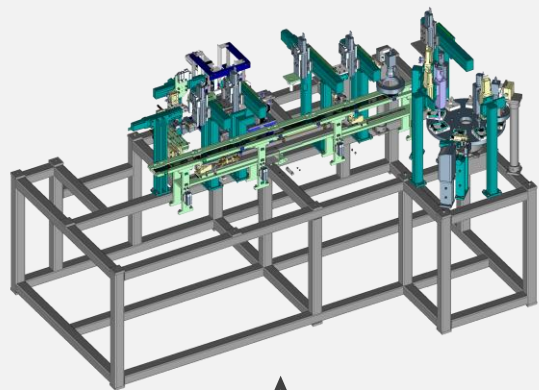
検討結果を出力

図面 / 部品表



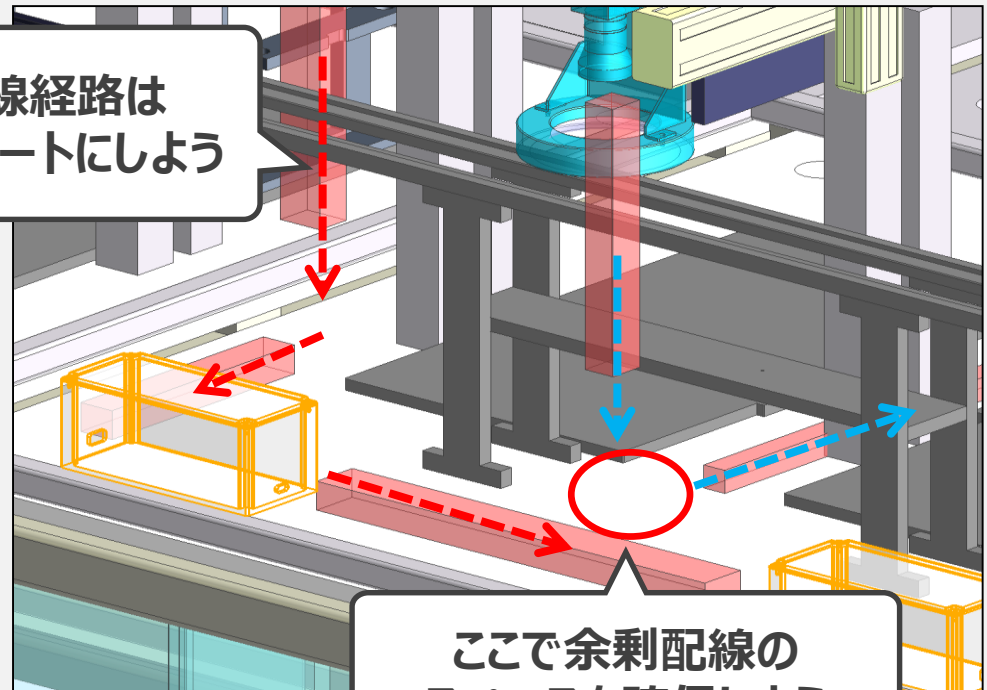
品番	パーツ名	呼び径	スケジュール	パイプ長さ	材質	個数
1	パイプ1	10A	Sch80	689.3	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1
2	パイプ2	10A	Sch80	561.5	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1
3	パイプ3	10A	Sch80	389.9	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1
4	パイプ4	10A	Sch80	61.24	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1
5	パイプ5	10A	Sch80	1062.2	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1
6	パイプ6	10A	Sch80	728.4	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1
7	パイプ7	10A	Sch80	2332.3	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1
8	パイプ8	10A	Sch80	3825.7	高温配管用炭素鋼管(STPT370)	1

— 3D配線を「あるがままに」

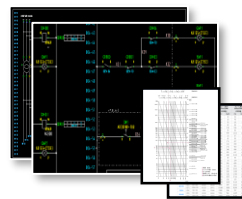


大体これぐらいの
本数の配線が通るだろう

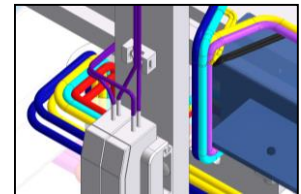
配線経路は
このルートにしよう



ここで余剰配線の
スペースを確保しよう



接続情報などを取り込み



手間なく配線、徐々に詳細化

— 製造情報を「あるがままに」

設計情報

設計の基準

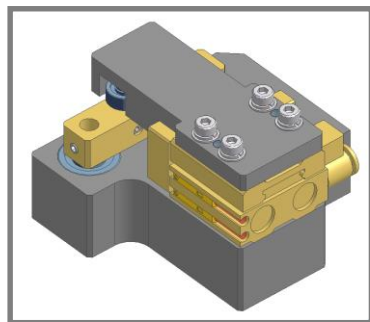
面粗さ

ネジの呼び

締付けトルク

はめあい公差

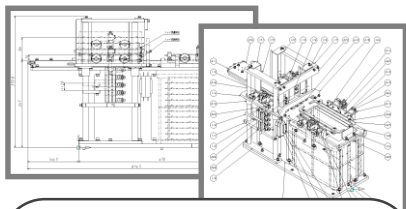
3D モデル



試行錯誤の
過程を蓄積

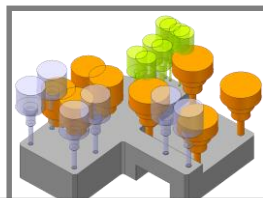
蓄積した情報を
あるがままに

検図



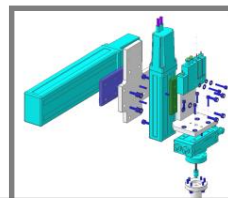
2次元で見たい

加工



CAMに渡したい

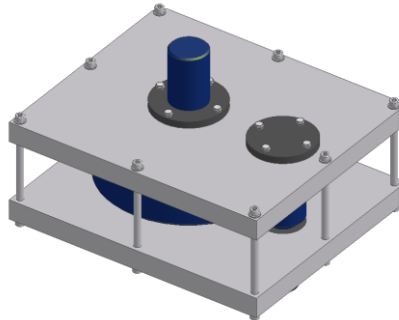
組立



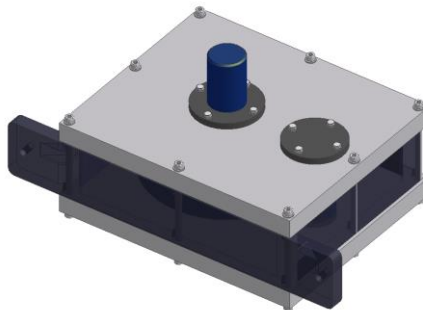
組付方法を検討したい

— CADデータで「あるがままに」組立検討

設計



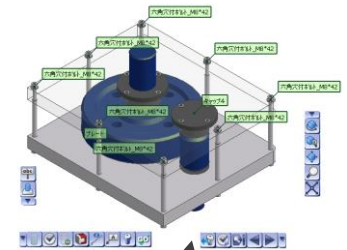
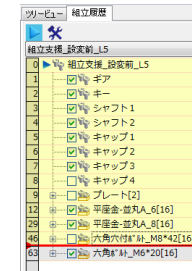
設計変更
(カバーを追加)



iCADデータ

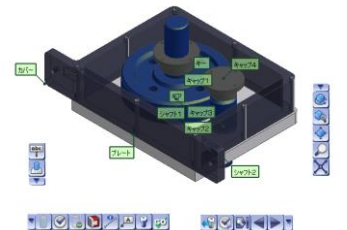
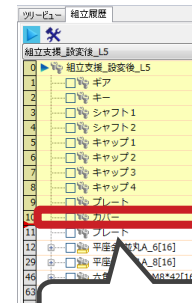
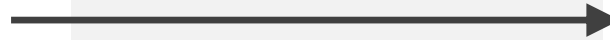


組立



設計データからそのまま
組立手順を検討

CADデータそのものだから
再設定など不要

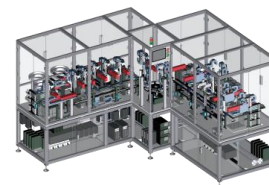


設計変更後もすぐに
組立手順を再検討

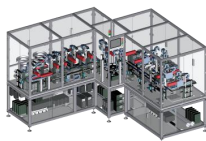
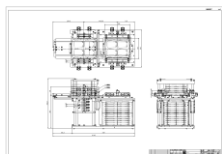
— 3次元データをモノづくり業界全体へ展開

iCAD 3D Browser

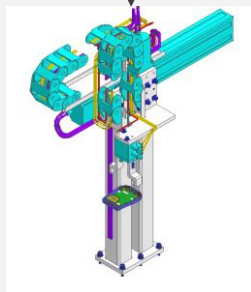
3次元データ



図面

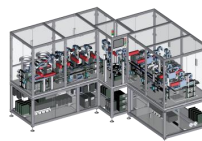


装置の形がわかる！



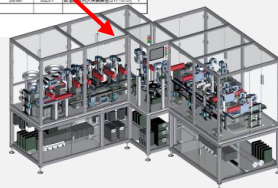
部品リスト

品番	品名	単位	数量	材質	仕様	備考
1	ボルト	個	1000	ステンレス	直径M8 長さ20mm	1
2	ナット	個	1000	ステンレス	直径M8 高さ10mm	1
3	ワッシャー	個	1000	ステンレス	直径M8 厚さ2mm	1
4	ボルト	個	1000	ステンレス	直径M10 長さ30mm	1
5	ナット	個	1000	ステンレス	直径M10 高さ12mm	1
6	ワッシャー	個	1000	ステンレス	直径M10 厚さ3mm	1
7	ボルト	個	1000	ステンレス	直径M12 長さ40mm	1
8	ナット	個	1000	ステンレス	直径M12 高さ15mm	1



部品の情報がわかる！

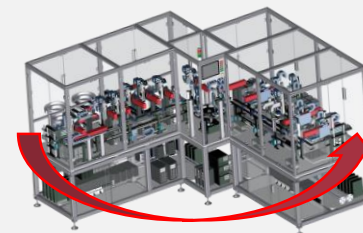
品番	品名	単位	数量	材質	仕様	備考
1	ボルト	個	1000	ステンレス	直径M8 長さ20mm	1
2	ナット	個	1000	ステンレス	直径M8 高さ10mm	1
3	ワッシャー	個	1000	ステンレス	直径M8 厚さ2mm	1
4	ボルト	個	1000	ステンレス	直径M10 長さ30mm	1
5	ナット	個	1000	ステンレス	直径M10 高さ12mm	1
6	ワッシャー	個	1000	ステンレス	直径M10 厚さ3mm	1
7	ボルト	個	1000	ステンレス	直径M12 長さ40mm	1
8	ナット	個	1000	ステンレス	直径M12 高さ15mm	1



説明用画像

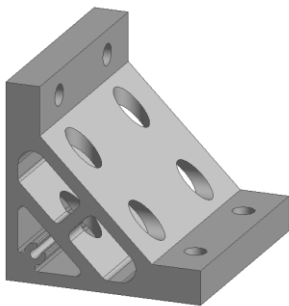
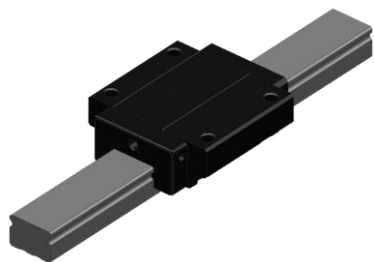


装置の後ろが見える！



— 他からの情報を「あるがままに」

ダウンロードモデル



インポート

カタログ値を転記せずに
すぐに活用

形状属性

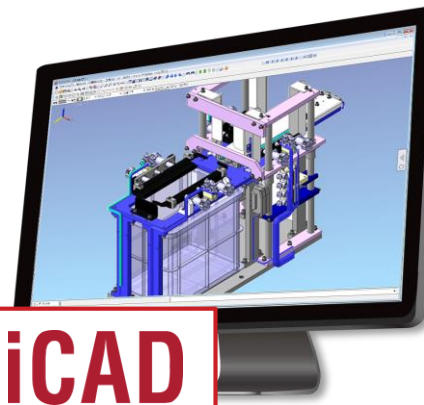
JIS穴 : 材質 / 重量

機器属性

モータ : トルク

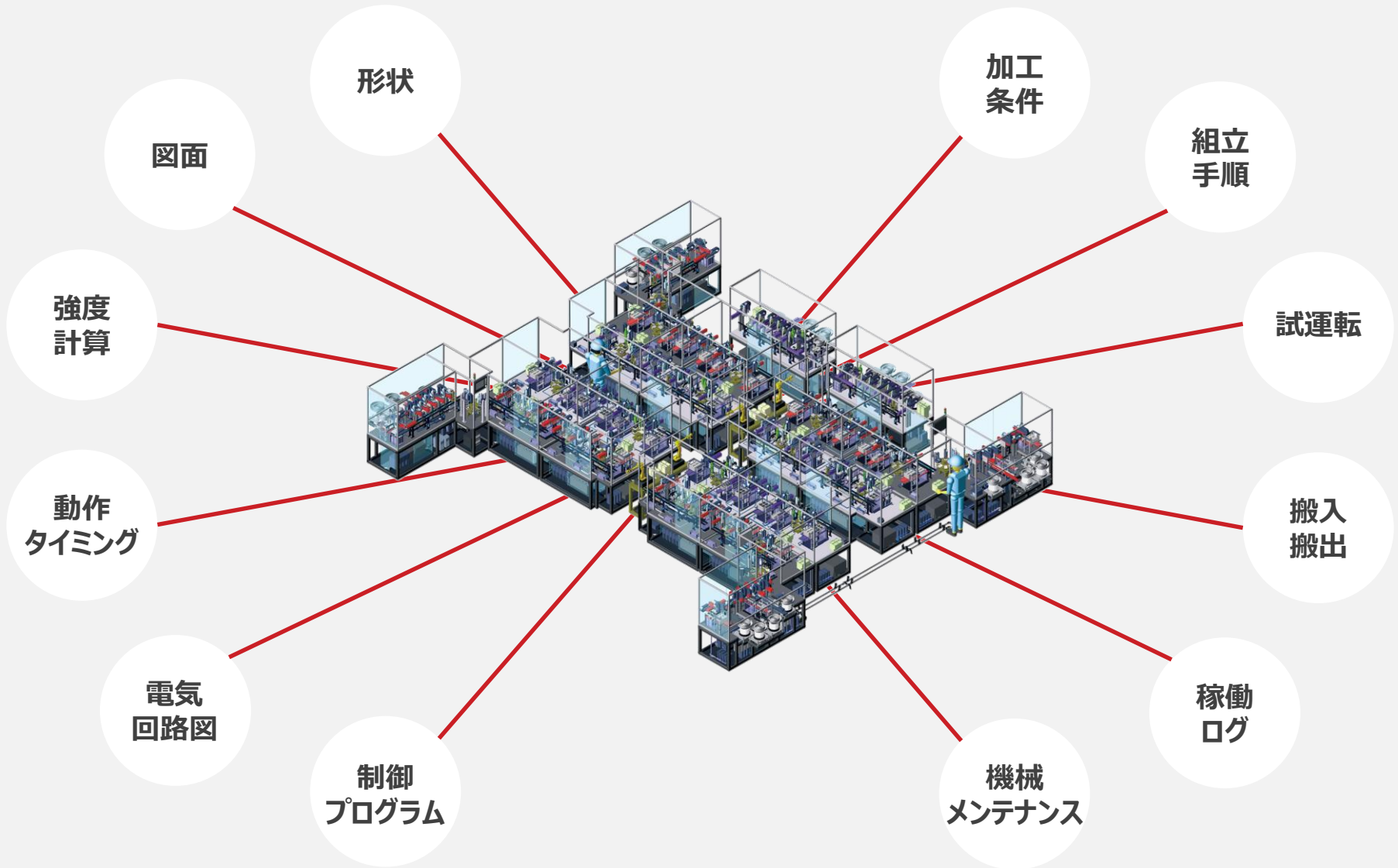
ボールネジ : リード

ガイド : 耐荷重



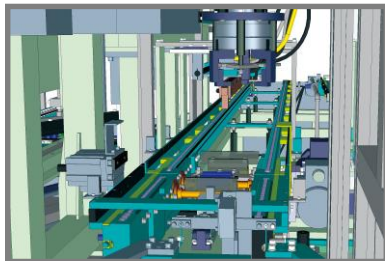
iCAD

—「あるがまま」を追求すると現実になづく



— 見え方や操作を現実近づける

研究中



現実を見る

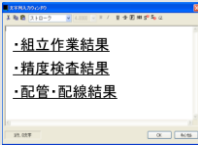
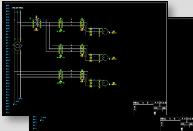
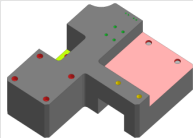
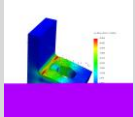
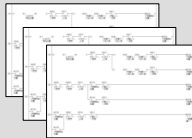
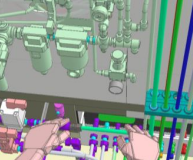


どんなデバイスでも



そのまま操作

—「あるがまま」でデータ量は膨大に

稼働ログ / メンテナンス実績 / エラーコード				サポート
加工基準 / 表面処理 / 組立手順 試運転結果 / 搬出方法 / 搬入手順				製造
図面 / 配管 / 電気回路図 / 機器番号 機器の接続先 / 配線 / 制御プログラム				電気 / 制御
形状 / 部品名称 / 機械構成 動作タイミング / 強度計算の結果				メカ
機械仕様 技術計算	 			

データ量

— 膨大な情報をサクサク扱う

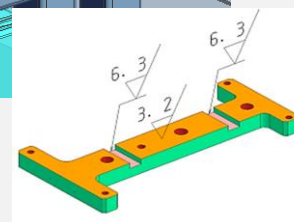
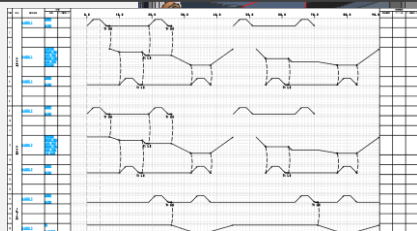
材質 / 体積 / 重心

構成 / パーツ付加

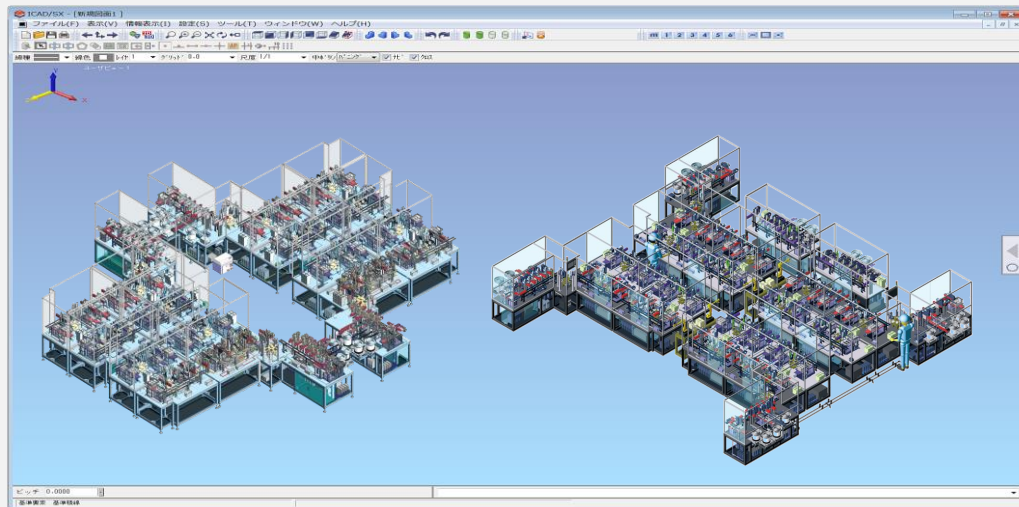
配管 / 配線
接続状況

動き / タイミング
名称 / 機器情報

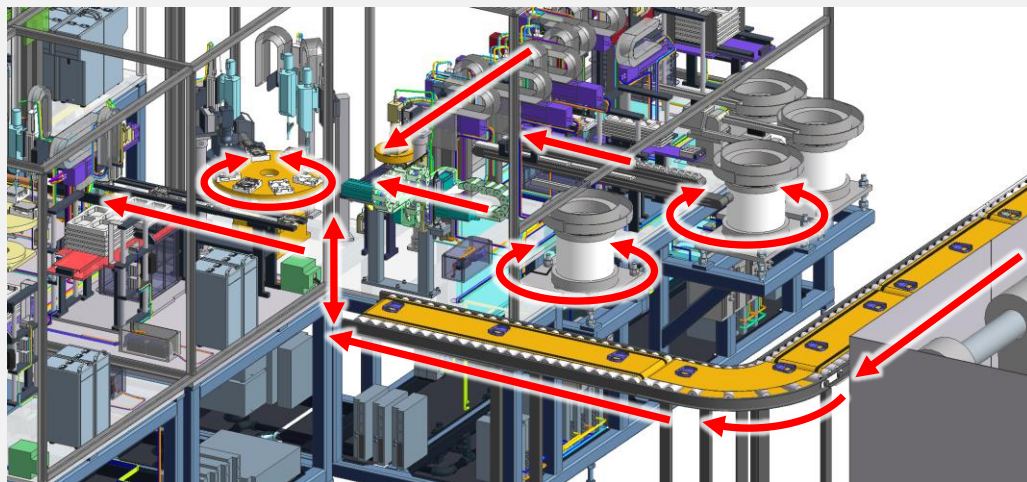
面粗さ / 公差 / 締結



— 今後も大規模性能を追究



300万部品を同時に
見比べながらレイアウト検討



数百万部品の設備モデル
全体で動作検討

— iCADの考え

CADは設計者の道具である

機械設計の本質は徐々に確定

設計情報があるがままに蓄積・活用

ー 設計者の近場で活動しています

年間 5,000社超の設計現場を訪問

設計現場に押し掛け常駐

直接サポート

30分以内に課題解決

月に1,500件超のQA対応

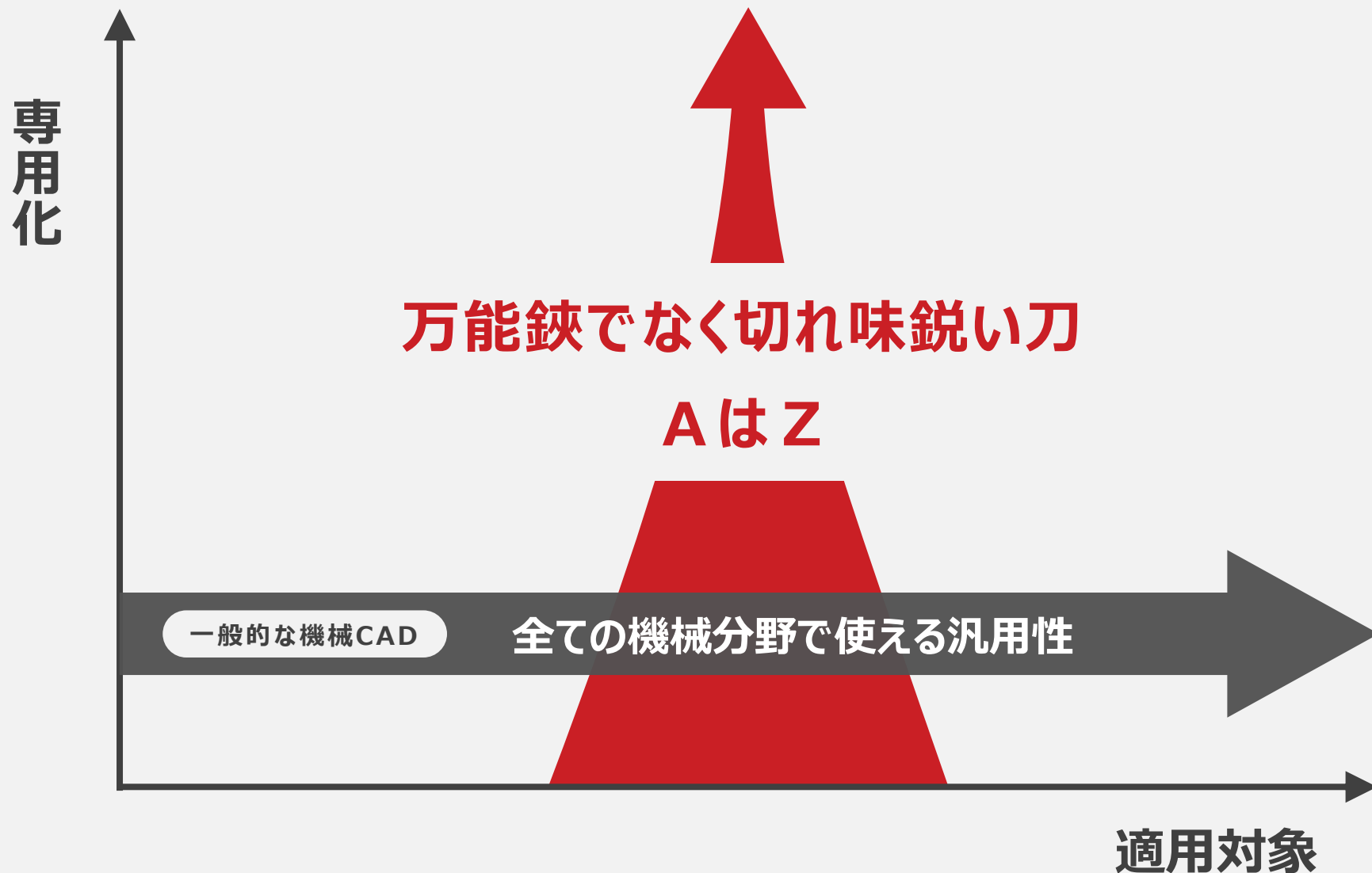


設計現場の目線で機械設計とは何かを理解

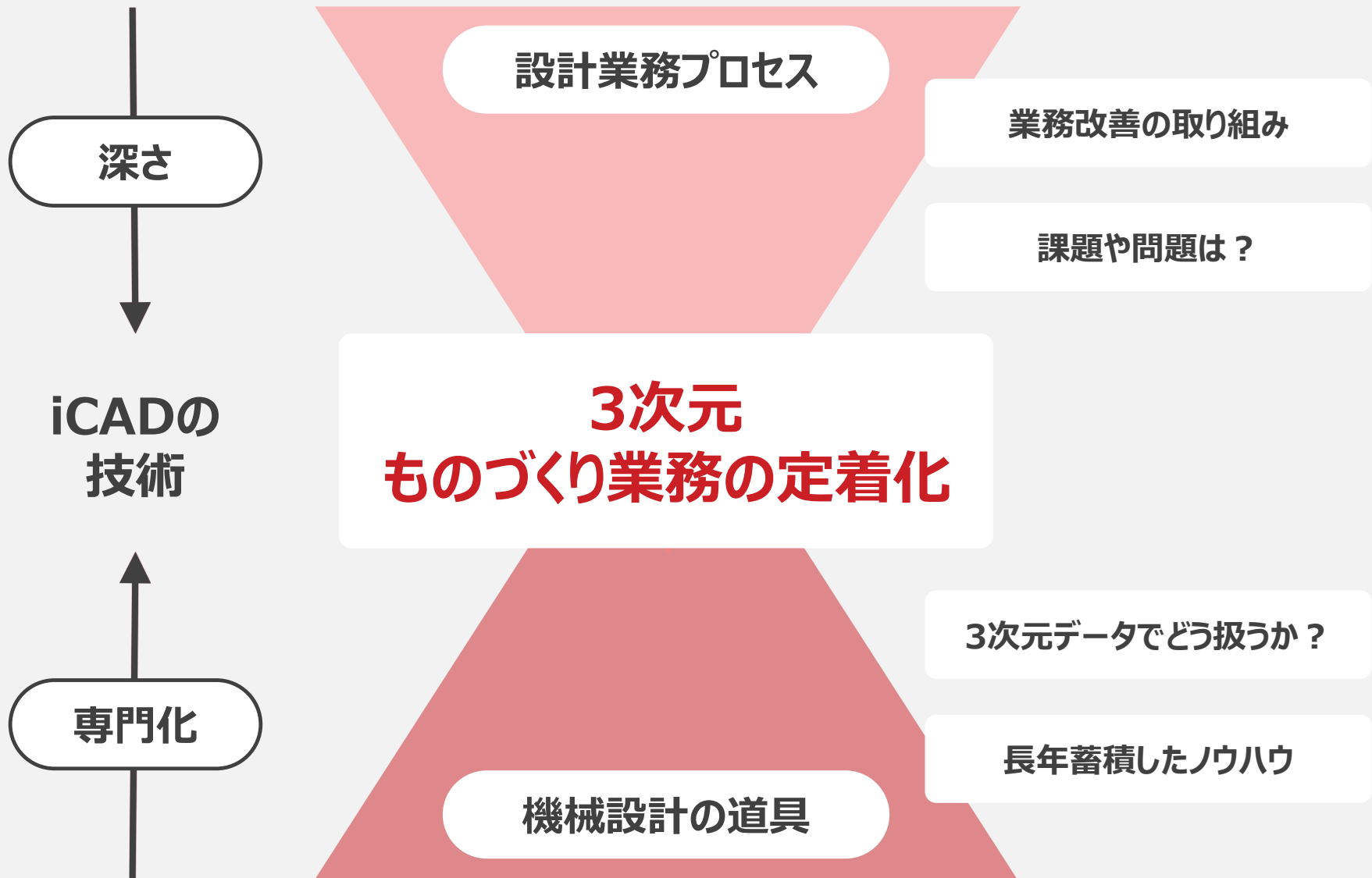
現場の課題を解決する道具かを自ら検証

使って効果が出るまで結果責任

— 機械設計を徹底的に突き詰めた道具



— 定着化技術を追求



— 工業製品として当たり前品質を

3Rの品質追求

Reliability（信頼性）

Robustness（ソフトとしての強さ）

Response（対応時間の速さ）

お客様資産の 継続保証

データ（図面 / 3Dモデル）

カスタマイズプログラム

運用（操作 / マクロ）

ベンダーへの期待 / 信頼

— iCAD社は目指します

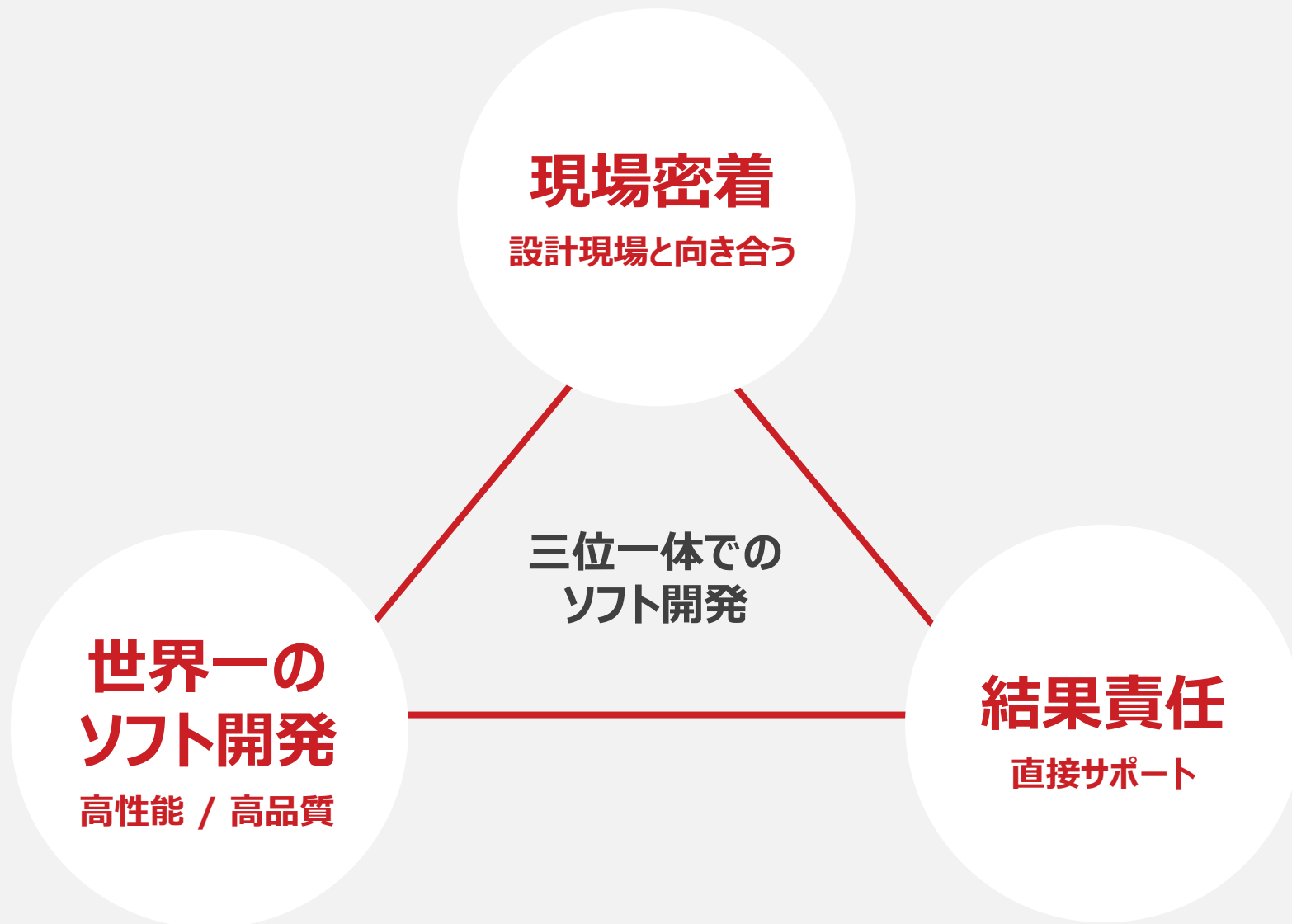
100年以上使い続けられる 道具の開発

設計者の近場で活動

設計を支援する普遍的な道具

工業製品として当たり前品質を追求

— iCAD社員は





機械CADのグローバルな デファクトスタンダード