

FI WG : 「65nm時代に求められるファブ技術」

目次

2001 ファクトリインテグレーションロードマップ

検討範囲

Difficult Challenges

技術要求項目

技術施策

要求されるファブ技術事例

Agile Manufacturing

Equipment Engineering Systems (EES)

Advanced Process Control (APC)

Direct Transportation

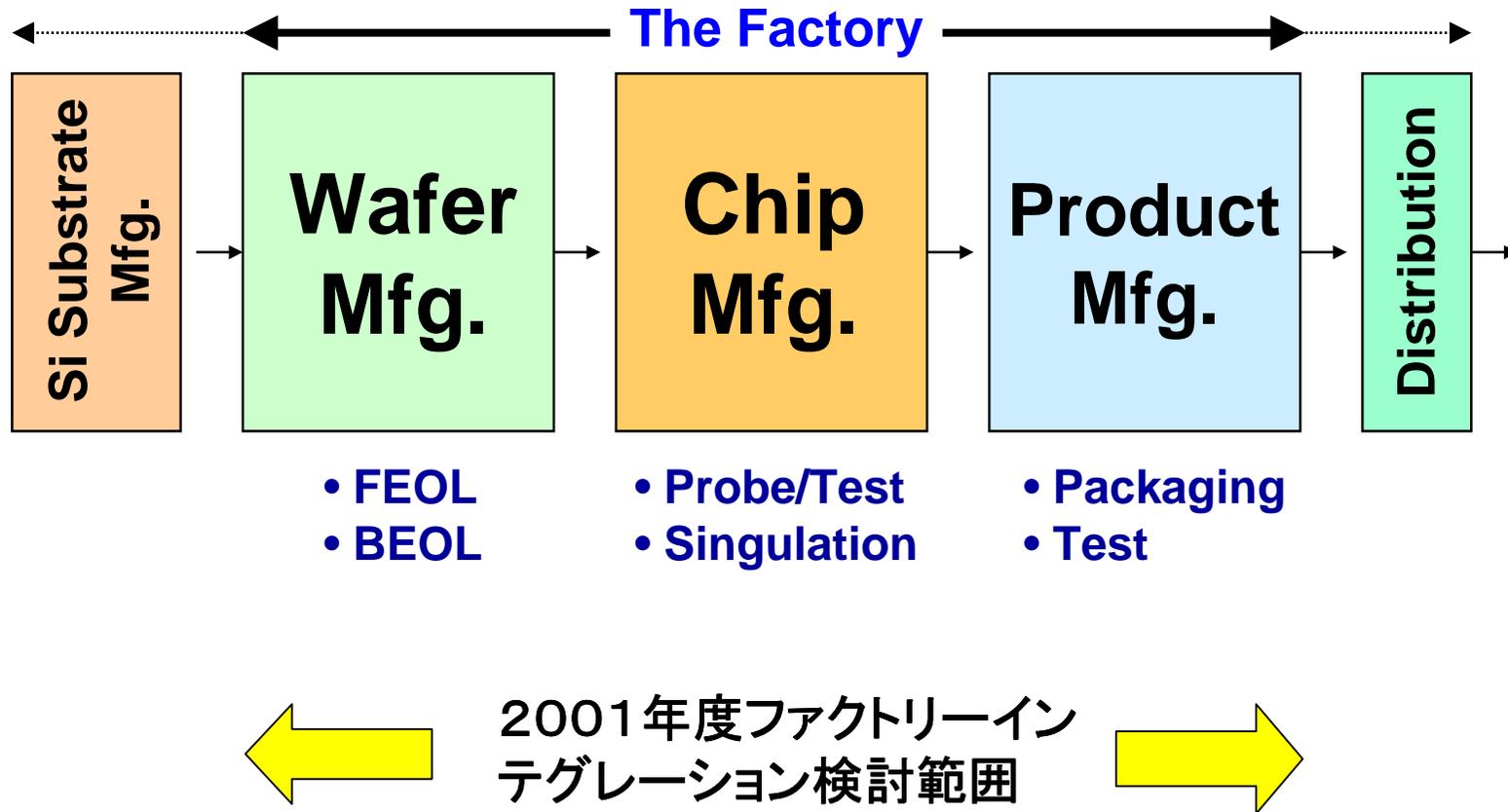
まとめ

2002年1月16日

(株)東芝 児玉 祥一

日本電気(株) 本間 三智夫

2001 ファクトリーインテグレーション 検討範囲



2001 Difficult Challenges

>65nm ~2007

○ 複雑さへのマネージメント

- ◇ 半導体技術と市況の急速な変化に対応する迅速かつ効率的な統合(インテグレーション)

○ 工場の最適化

- ◇ 市場ニーズに合致した生産性の改善

○ 多世代活用性、汎用性、拡張性

- ◇ 工場構成要素(装置、ファシリティ、スキル等)にインパクトを与えない新技術、製品変更、生産規模拡大への対応

< 65nm 2007~

○ ポストCMOS生産

- ◇ ポストCMOS新規デバイスに合致した工場必要条件の洗い出し

○ 450mmウェーハへの移行

- ◇ ウェーハ口径の移行のタイミングと生産パラダイム

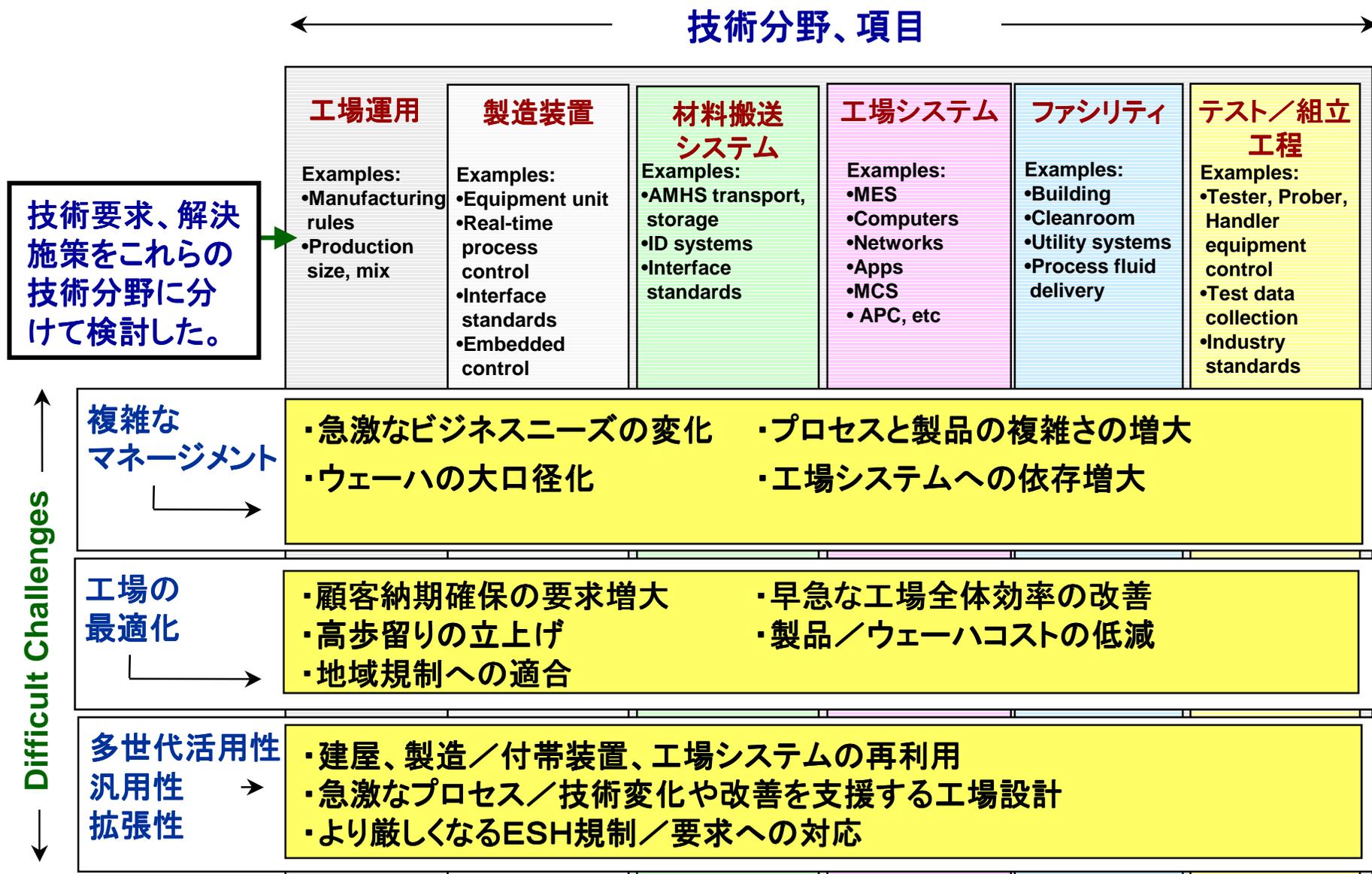
2001 Difficult Challengeのまとめ (1)

困難なチャレンジ ≥ 65nm/2007年	課題のまとめ
複雑さのマネジメント	ビジネスニーズとグローバル化トレンドの急激な変化
	<ul style="list-style-type: none"> ・新製品および新技術導入比率の増大
	<ul style="list-style-type: none"> ・グローバルに展開した工場をあたかも一つとして稼働させる(バーチャル工場)
	<ul style="list-style-type: none"> ・異なる地域の規制への適合の必要
	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑なサプライチェーンへの効果的な管理
	プロセスと製品の複雑さの増大
	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集解析要求の急増
	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送を含むプロセスステップの増大
	<ul style="list-style-type: none"> ・1キャリアへの混載ロット対応やグループ化された装置での枚葉制御や枚葉搬送
	<ul style="list-style-type: none"> ・1ウェーハ複数製品対応
	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチチップパッケージ対応
	大口径ウェーハやキャリア運用への人間工学的対応
	<ul style="list-style-type: none"> ・自動搬送システムへの期待の増大
	工場情報制御システムへの依存増大
	<ul style="list-style-type: none"> ・多数の情報制御システムの相互依存対応
	<ul style="list-style-type: none"> ・工場運用を続けるためのスタンドアロンや統合化システムの信頼性
	<ul style="list-style-type: none"> ・既存システムと新規システムの共存対応
	工場システムの統合化のニーズにマッチしていない標準化の決定スピードや実装スピード
	上記問題を解決する前提としてのコスト維持対応

2001 Difficult Challengeのまとめ (2)

困難なチャレンジ ≥ 65nm/2007年	課題のまとめ
工場の最適化	顧客への納期確保
	・スループットと工期のバランス
	・工場、製品、プロセス立上げ時間短縮
	工場全体効率に対する要求の増大
	・効率測定能力と工場のアウトプットの調整・最適化
	立上げ時における高い歩留り
	・特性のバラツキの低減
	ウェーハと製品コスト低減
多世代活用性、汎用性、拡張性	安全に対する地域と国際規制適合
	建屋、製造・付帯装置および工場システムの再利用
	・多世代の技術ノードやウェーハサイズ移行にまたがる再利用
	急激なプロセスや技術変化や改善を支援する工場設計
	・汎用性、多世代活用性に結びつく先行投資への考え方
	・汎用性、多世代活用性を採用するかの価値判断
	・生産ライン中断時間の最小化
	より厳しくなる ESH への要求
プロセスおよび材料に対する精度要求の拡大	

Difficult Challengesと技術項目構成



ファクトリーインテグレーション分野の主要技術要求事項

YEAR		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2010	2013	2016
TECHNOLOGY NODE		130 NM	115 NM	100 NM	90 NM	80 NM	70 NM	65 NM	45 NM	32 NM	22 NM
WAFER DIAMETER		300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	450 MM	450 MM
Factory Operations	大規模多品種生産に求められる指標 1マスクあたりのサイクルタイム(通常ロット)(日)	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1	0.9	0.95	0.8
	1人1日あたりのウェハ・レイヤー数	55	55	55	61	61	61	67	73	81	89
	1キャリアあたりのロット数	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple
	建物竣工から最初の装置搬入までの期間(ヶ月)	9	9	9	8	8	8	7	6	5.5	5
	最初の装置搬入から最初の一貫処理ウェーハが出てくるまでの期間(ヶ月)	4	3.5	3.5	3	3	2.5	2.5	2	1.5	1
Production Equipment	ボトルネック装置のOEE	75%	78%	80%	82%	84%	87%	88%	90%	91%	92%
	製造装置平均のOEE	55%	58%	60%	63%	65%	67%	70%	72%	74%	75%
	次世代ノードに再利用される製造装置比率	Limited reuse	>90%	>90%	>90%	>90%	>90%	>90%	>90%	>70%	Limited reuse
Facilities	工場全体投資に占める製造装置の立上げと装置性能確認に必要なコスト	10%	8%	8%	6%	6%	6%	6%	6%	8%	6%

ファクトリーインテグレーション分野の主要技術要求事項

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2010	2013	2016
YEAR		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2010	2013	2016
TECHNOLOGY NODE		130 NM	115 NM	100 NM	90 NM	80 NM	70 NM	65 NM	45 NM	32 NM	22 NM
WAFER DIAMETER		300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	300 MM	450 MM	450 MM
Material Handling	工場内の移送システム タイプ数	2	2	2	Some 1 and some 2	1	1	1	1	1	1
	システムスループット ・工程間搬送(回/時間)	1200	1300	1400	1500	1625	1750	1875	2000	2000	2000
	・工程内搬送(回/時間)	170	180	190	200						
Factory Info And Control	必須アプリケーションの MTBF(月)	>6	>7	>8	>8	>9	>9	>10	>12	>12	>24
	インタフェース標準の開発 時間(月)	<12	<12	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	4
	ソフトウェアが標準に準拠 するリードタイム(月)	>18	<9	<9	<6	<6	<6	<6	<4	<4	<4
Test Mfg	初契約時のテスト装置イン テグレーションタイムの前年 からの改善率	0%	0%	30%	20%	20%	10%	10%	10%	10%	10%

評価指標と対応施策(1)

指標	対応施策の概要
マスクレイヤーあたりの特急及び通常ロットのサイクルタイム	<ul style="list-style-type: none"> a) 装置間搬送に適合したスケジューラを統合させたダイレクト搬送システム b) Agile Manufacturing インターネット技術の導入、 c) 革新的なキャリア／枚葉制御
1人1日あたりのウェハ・レイヤー数	<ul style="list-style-type: none"> a) 全自動化された材料搬送及びデータシステム
1キャリア内の多品種生産	<ul style="list-style-type: none"> a) 内蔵コントローラの標準化
建家竣工から最初の装置搬入までの期間	<ul style="list-style-type: none"> a) 標準化装置インタフェースによるインテグレーション時間削減
最初の装置搬入から最初の一貫処理ウェハが出てくるまでの期間	<ul style="list-style-type: none"> a) デザインコンセプトの標準化 b) 装置デザインへのネット技術の導入 c) オフサイト生産の拡大
装置総合利用効率(OEE)	<ul style="list-style-type: none"> a) e-DiagnosticによるMTTRの短縮 b) 先端プロセス制御技術(Advanced Process Control)、 c) Equipment Engineering System、 e) ウェーハ移動の短縮、最適化
ノードから次ノードに再利用可能な投資	<ul style="list-style-type: none"> a) 共通なメインフレームとチャンバインタフェース b) チャンバモジュール／パーツの高度な互換性
投資コストに対する装置立上げ、条件だしコストの比率	<ul style="list-style-type: none"> a) 装置設計に対する新規技術の早期導入 b) 装置立上げに対応した設計 c) 機器連結における標準化／一貫性

評価指標と対応施策(2)

指標	対応施策の概要
工程間／工程内搬送のシステムスループット	a) 特急ロット、先行ウェーハ、手動搬送に対応したAMHSシステム
必須アプリケーションのMTBF／MTTR	a) Equipment Engineering System b) e-Diagnostic、 c) e-Manufacturing
インタフェース標準の開発時間	a) 標準化作成を加速するビジネスプロセスの改善 b) インターネットを利用したバロット／承認システム
ソフトウェアが標準に準拠するリードタイム	a) サプライヤ／ICメーカーの協力による標準化と解決策の並行開発、 b) システムティックなインタフェーステストが可能な自動化テスト装置
初契約時のテスト装置インテグレーションタイムの前年からの改善率	a) 装置制御に対する標準インタフェース b) テストプログラムの標準化 c) テスト結果の標準データフォーマット

技術要求へ対応する統合的な解決施策

技術要求

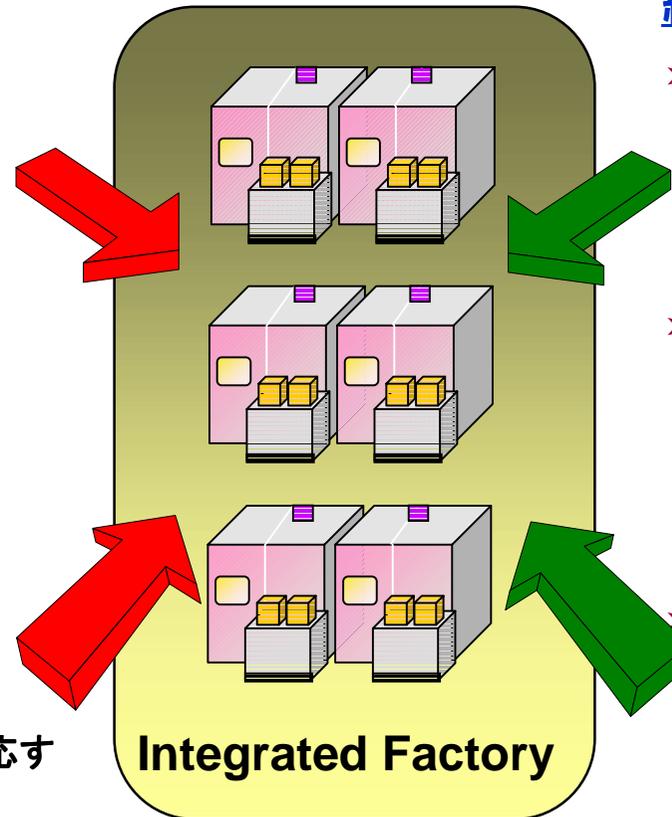
① 最新のプロセス技術

- 👉 157nm litho
- 👉 High K gate stack
- 👉 Low k dielectrics
- 👉 Copper processing

+

② 生産性の改善

- 👉 工場工期短縮 (QTAT)
- 👉 装置効率の改善
- 👉 非生産ウェーハの削減
- 👉 直接労務の効率化
- 👉 テクノロジーノードに対応する早急な工場の転換



**Goal = Meet Factory
Challenges and
Technology Requirements**

統合施策

★ Agile Manufacturing

- EES
- Single Wafer Control
- e-Diagnostics

★ Process Control

- FDCシステム
- Run to Run/Wafer to Wafer 制御
- 検査機器のインテグレーション

★ Material Handling

- ダイレクト搬送システム
- 連続処理装置モデル

主要技術施策

○ Agile-Manufacturing

- ◇ 高フレキシビリティ、高TAT

○ Equipment Engineering System (EES)

- ◇ 装置稼動,保守管理
- ◇ 装置性能維持管理

○ Advance Process Control (APC)

- ◇ FDC (Fault Detection and Classification) システム
- ◇ R2R, W2W 制御
- ◇ 検査機器のインテグレーション

○ ダイレクト搬送

- ◇ 新規工場レイアウト、搬送工期の短縮

○ 標準化、規格化

- ◇ 工場システム、製造装置、テストシステム、搬送機器、ファシリティ

Agile-Manufacturing

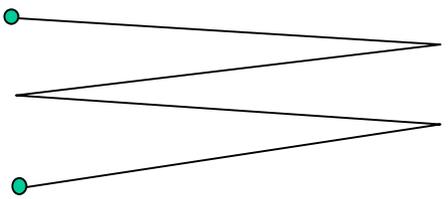
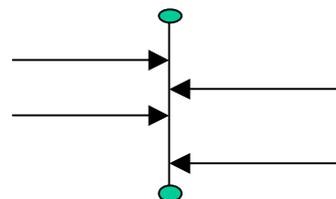
○ 生産変更が早い

- ◇ 設備・製品の立ち上げが早い
- ◇ 小規模生産でも生産性が良い

○ 生産TATが短い

- ◇ 生産性を落とさずにTATを短くする
- ◇ 小枚数ロットが多くても生産性が落ちない

半導体と自動車の製造方式比較

	半導体	自動車
個々の工程	自動装置による加工主体	人による組立主体
工程間搬送	自動搬送車主体	ベルトコンベヤー主体
モジュール・グループ化	一部で実施	全てで実施
工程フローイメージ		

Agile-Manufacturingへの試み

1980年代	1990年代	2000年代
--------	--------	--------

QTATファブ (IBM)

:フル枚葉処理の生産

MMST (TI)

:枚葉搬送, 枚葉処理,
インサイチューモリタリング etc

スケーラブルファブ (TTI)

:枚葉処理装置, 高速搬送 etc

HALCAプロジェクト

:共用化, RPT低減 etc

設備グループ化

設備の枚葉化

インライン化
クラスター化

Multiple Lots

ジョブフロー化の検討



Agile-Manufacturing具現化施策

- プロセス時間を短くする。(枚葉化)
- 段取り時間を短くする。(APC/Integrated Metrology、設備グループ化による枚葉連続処理化)
 - ◇ パイロットレス(先行処理レス)
 - ◇ M/C、QCメンテナンスの省略(測定の省略・簡略化)
 - ◇ インライン／クラスタ／複合処理
- 条件出し時間を短くする。(EES)
 - ◇ データの検知と解析のレベル向上
(装置の加工結果のバラツキ要因解析)
 - 装置の加工精度バラツキ
 - 材料／前工程結果でのバラツキ
 - 測定のバラツキ
- ラインでの待ち時間を短くする。(RTS/SCM)
 - ◇ プランニング、スケジューリング／ディスパッチングの最適化
- 搬送時間を短くする。(ダイレクト搬送)

小枚数ロットで実稼働率を確保するためには

(装置処理時間:t)

= (処理インデックス:a) * (枚数:x) + (段取り時間:b)

$t = a * x + b$

段取り時間を少なくする必要がある。(枚葉連続処理化)

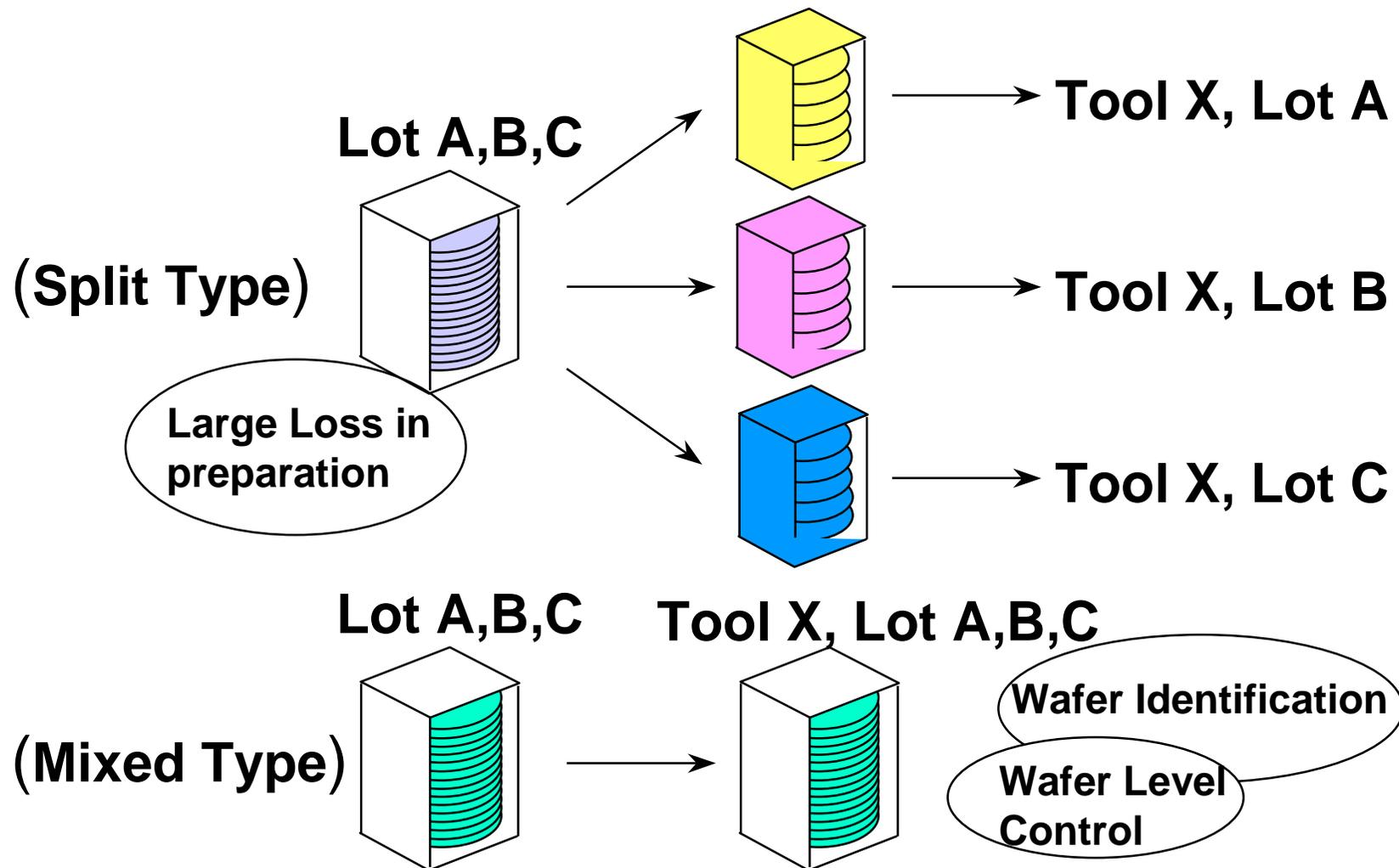
1キャリアのロット毎に条件を変えられるようにする。
(自動実験・混載ロットの一括処理)

モジュール・グループ化により、連続処理を実現

- ・キャリアのロード・アンロード時間の削減
- ・装置レシピ設定の改善
- ・NPW使用のミニマム化

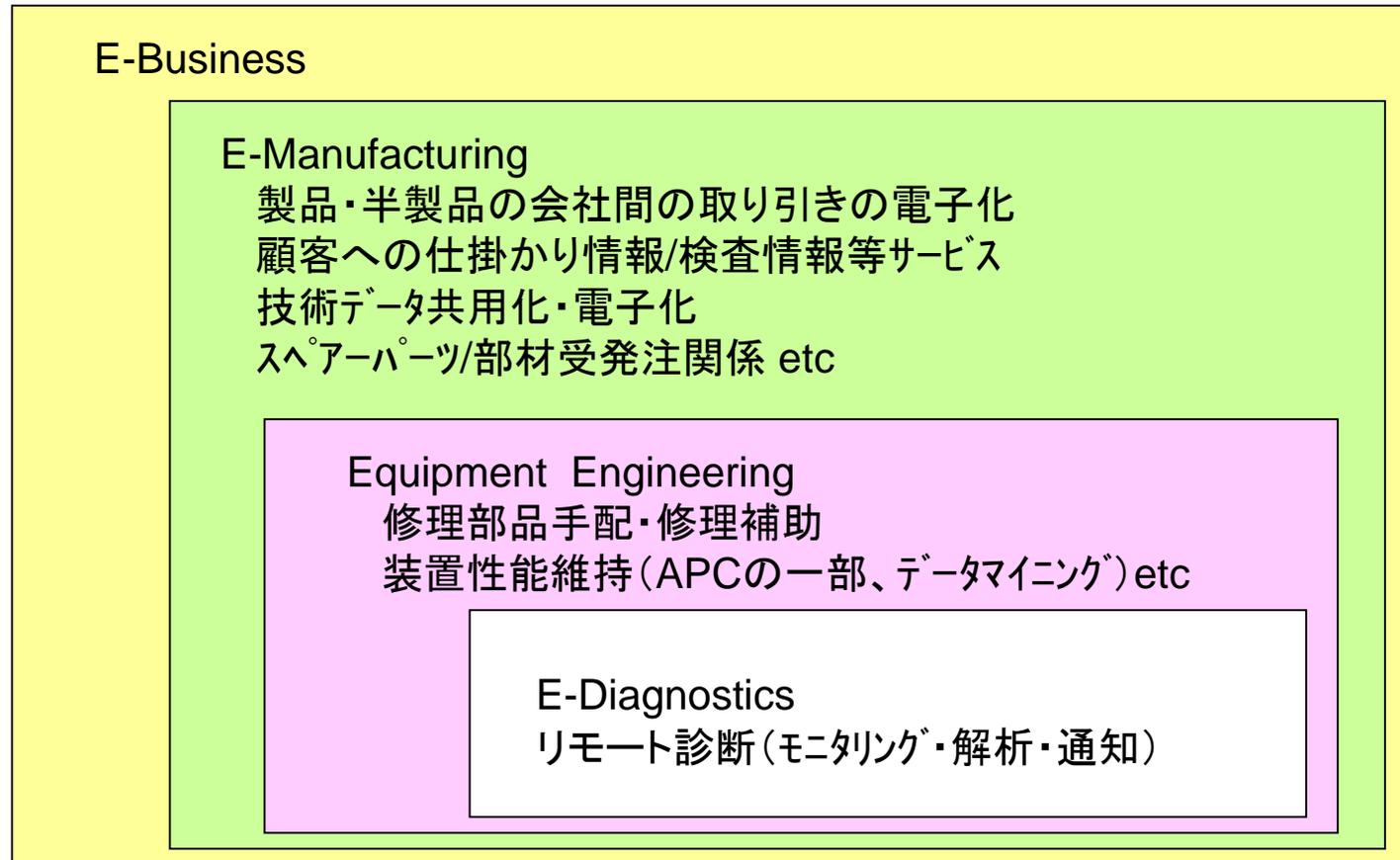
(モジュールとして測定すべき項目を絞り込む)

混載ロット: Multiple Lots in a Carrier (Single Wafer Control)



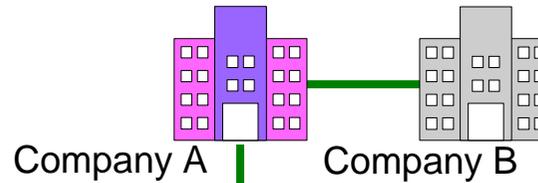
e-Manufacturing

- 生産のあらゆる段階にインターネットを中心としたIT技術を利用した生産方式。

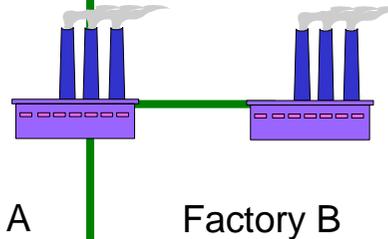


e-Manufacturing 構造

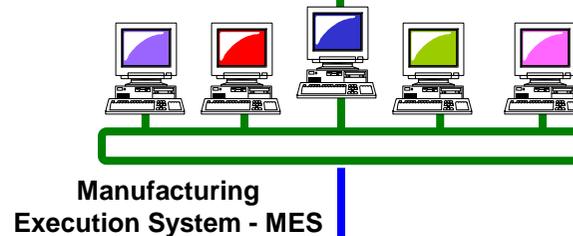
Company to Company
(E-Commerce)



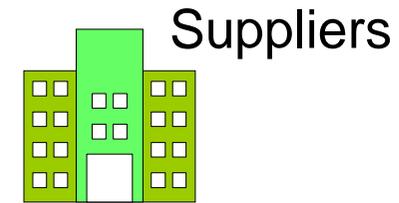
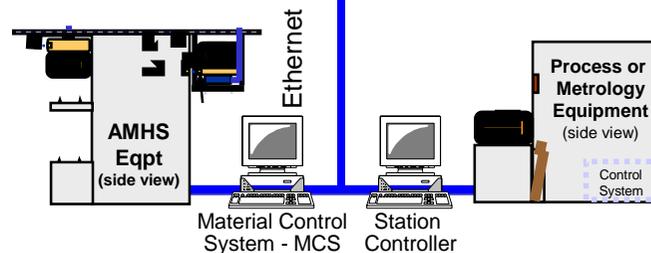
Factory to Factory
(E-Factory)



Within a Factory
(E-Factory)



Equipment/AMHS

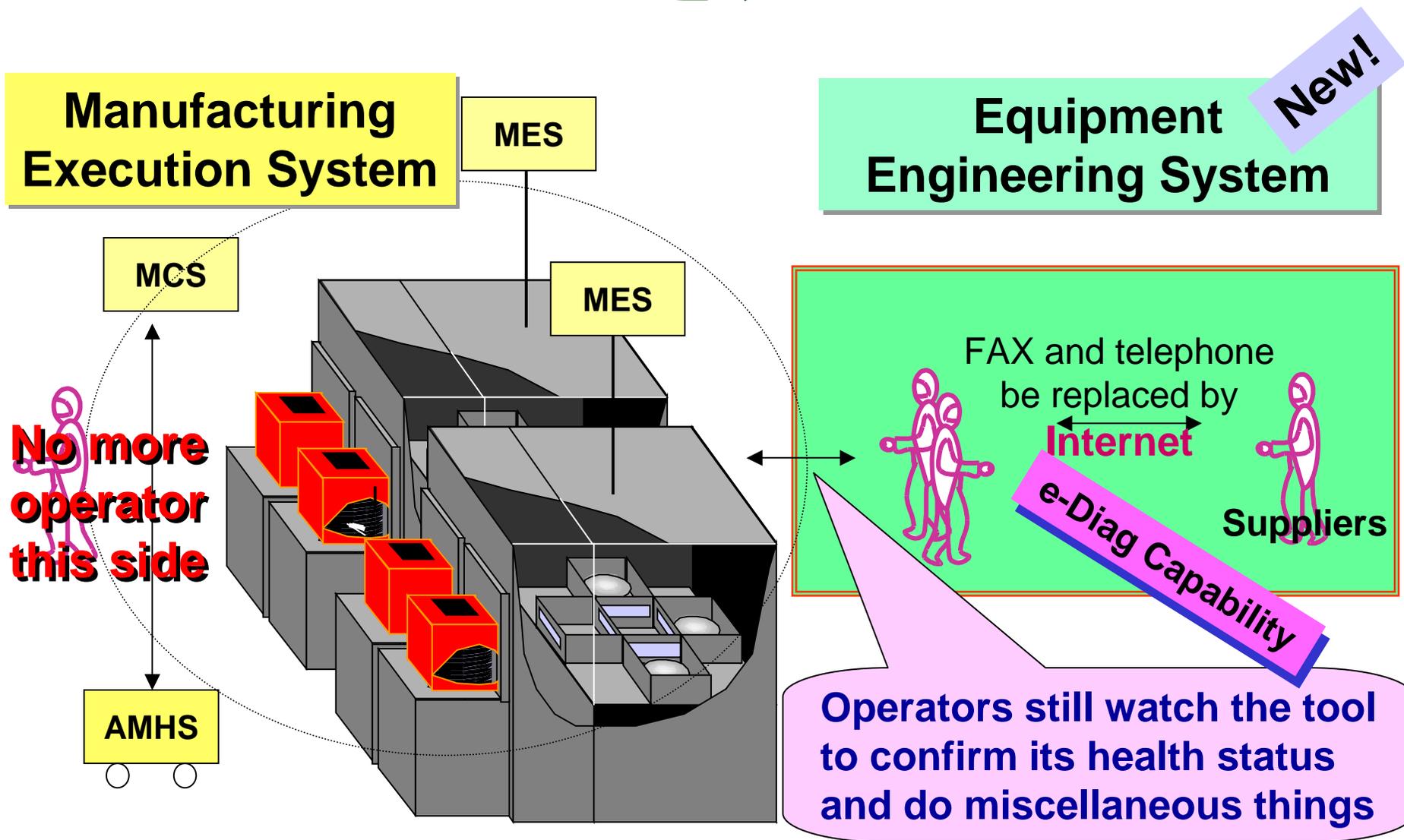


e-diagnostics capability

EES

Equipment Engineering System

EESとはなにをするシステムか

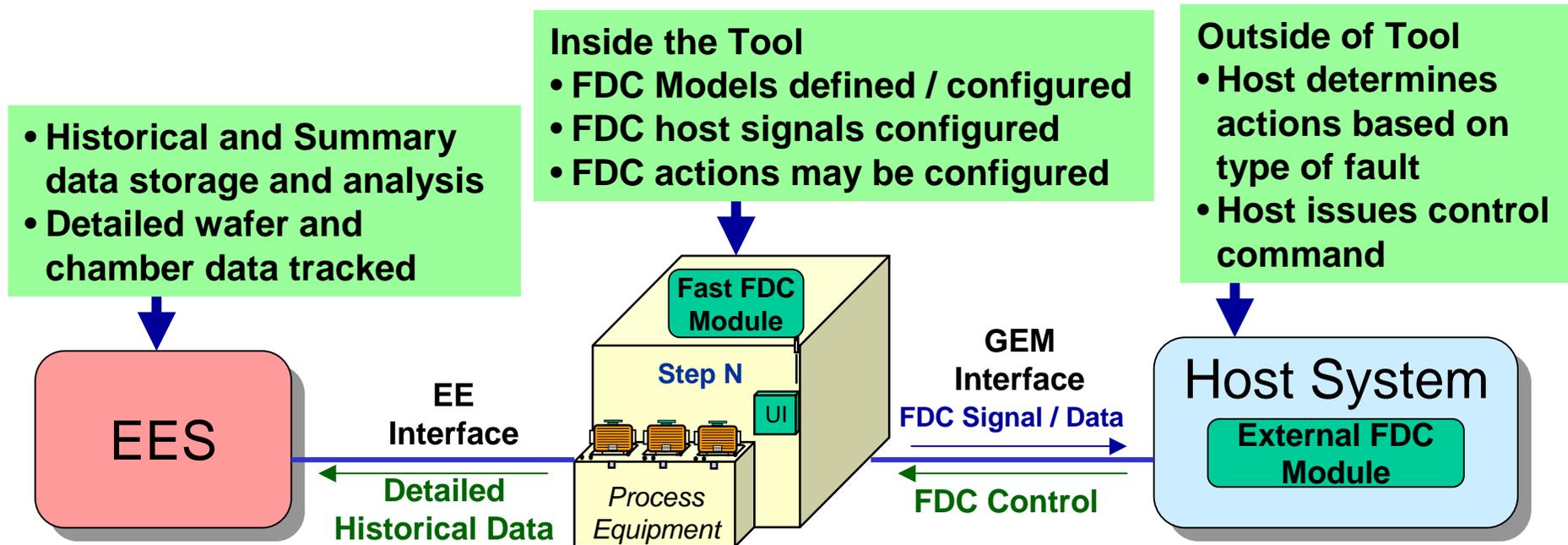


EESの機能

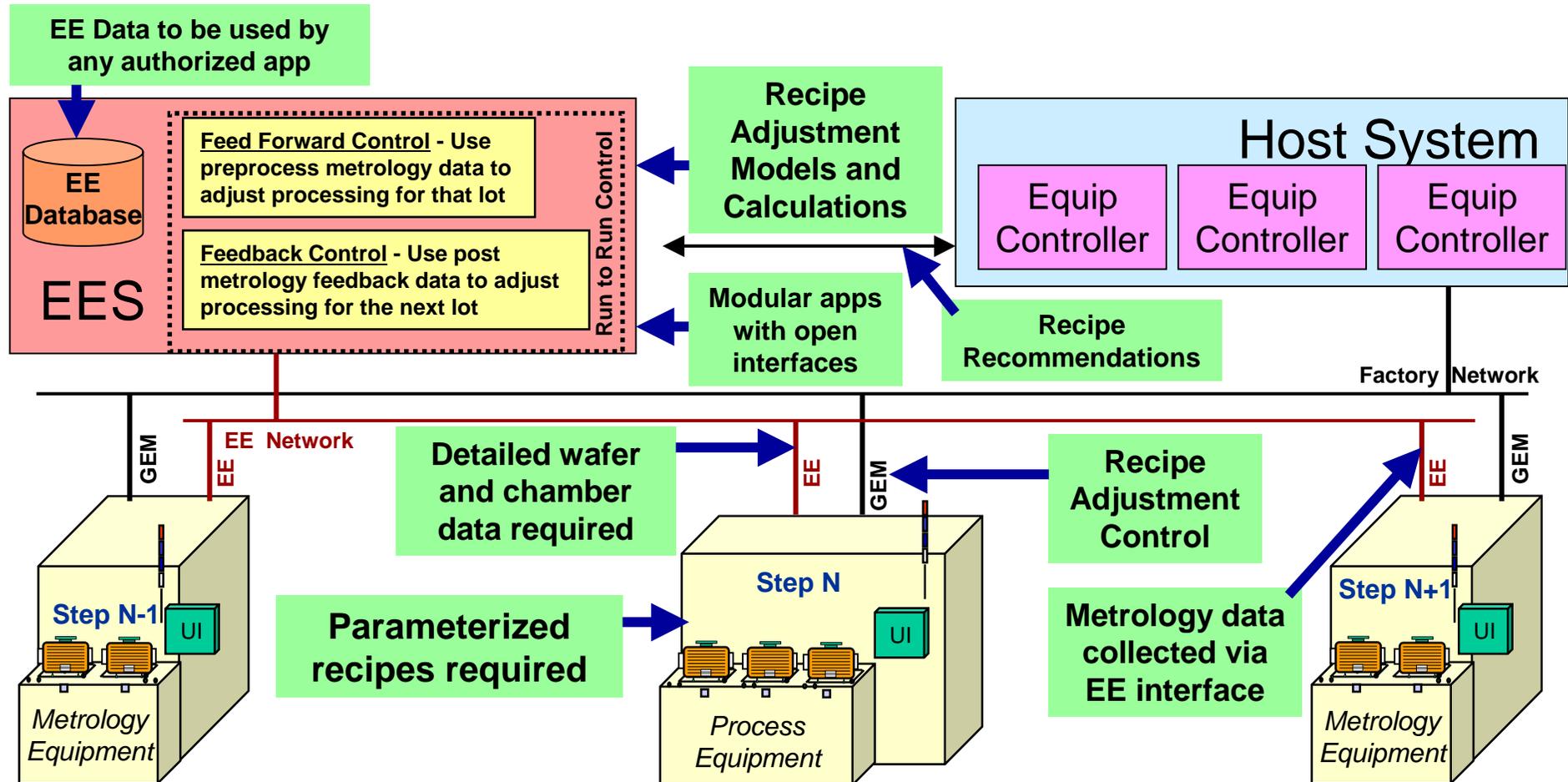
- 稼働状況分析
 - ◇ トレースデータ収集・解析
- 装置状態監視
 - ◇ 装置健康状態監視/装置異常検知
- 故障分析・通知
 - ◇ 故障データベース参照・事例分析→通知
- 保守部品手配
 - ◇ 部品データベース参照/部品在庫参照→発注
- 修理補助
 - ◇ マニュアル電子化/リモートメンテ補助
- 装置性能維持(経時変化・号機差補正)
 - ◇ 生産データ解析・補正計算/プロセス関連データ分析
- 装置責任のNPW作業
 - ◇ 常置タミ、クリーニングウエハ等

APCシステム

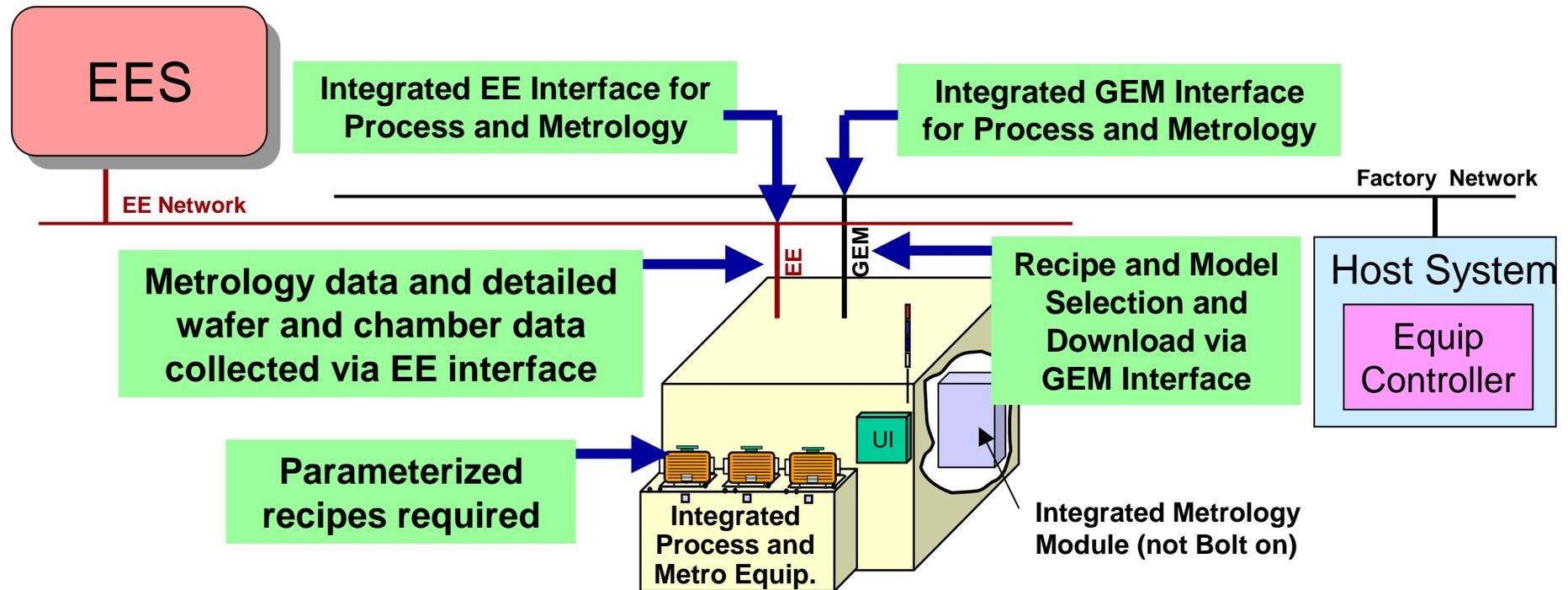
FDC (Fault Detection and Classification)



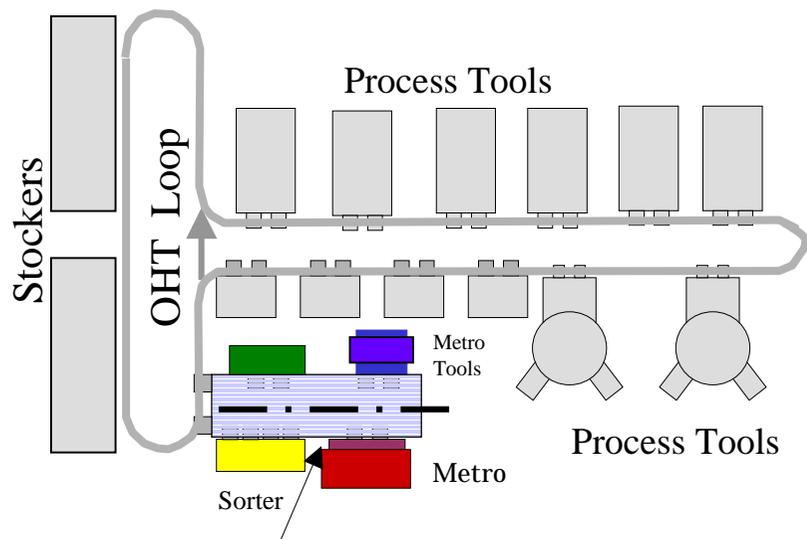
APCシステム Run to Run Control



検査機器のインテグレーション

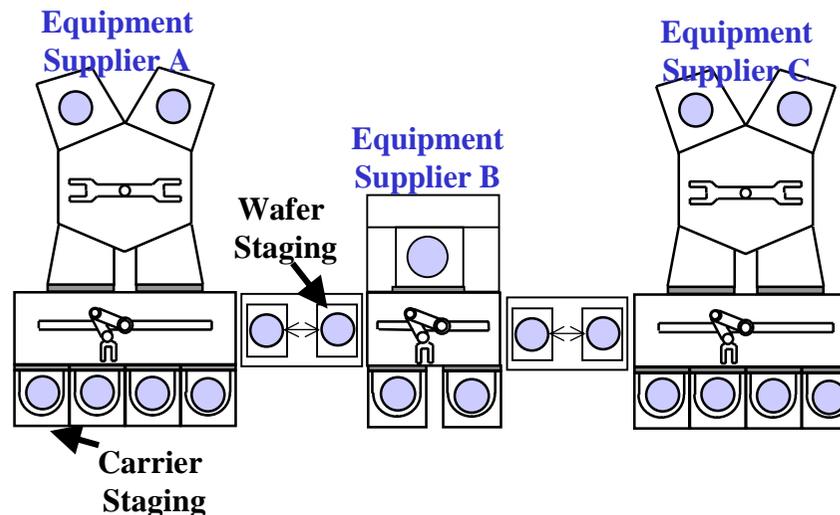


連続処理装置モデル



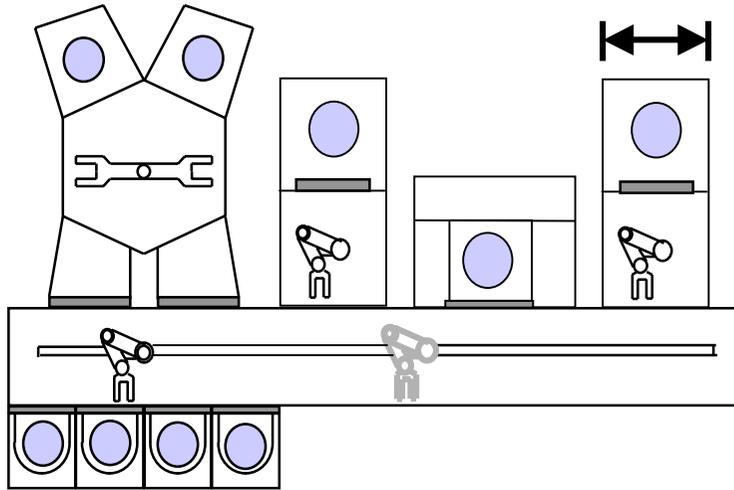
Stocker robot interfaces directly with Sorters and Metro equip

Concept #1: キャリアレベルモデル

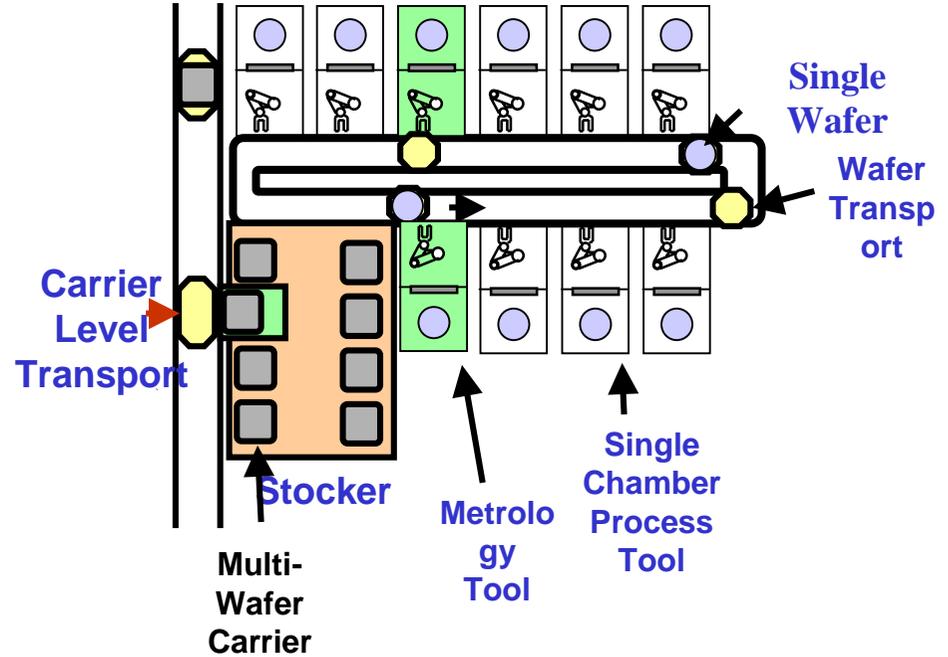


Concept #2: ウェーハレベルモデル

連続処理装置モデル

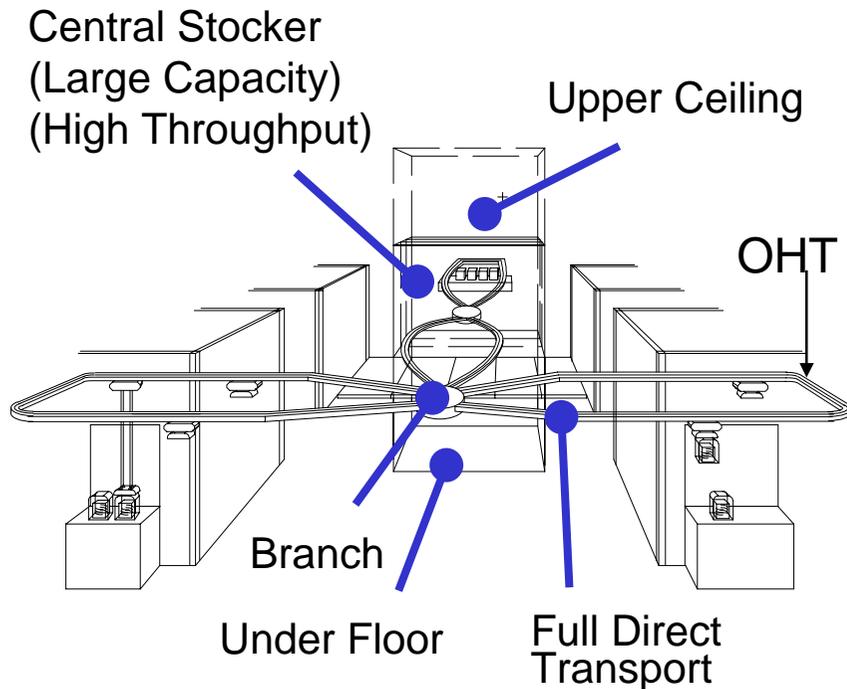


Concept #3: ウェーハレベルモデル

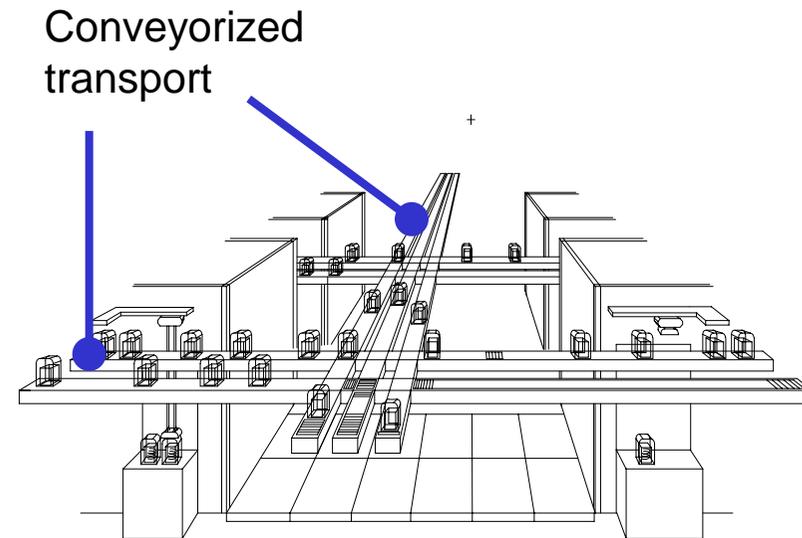


Concept #4: ウェーハレベルモデル

ダイレクト搬送システム



Concept #1: OHT システム方式

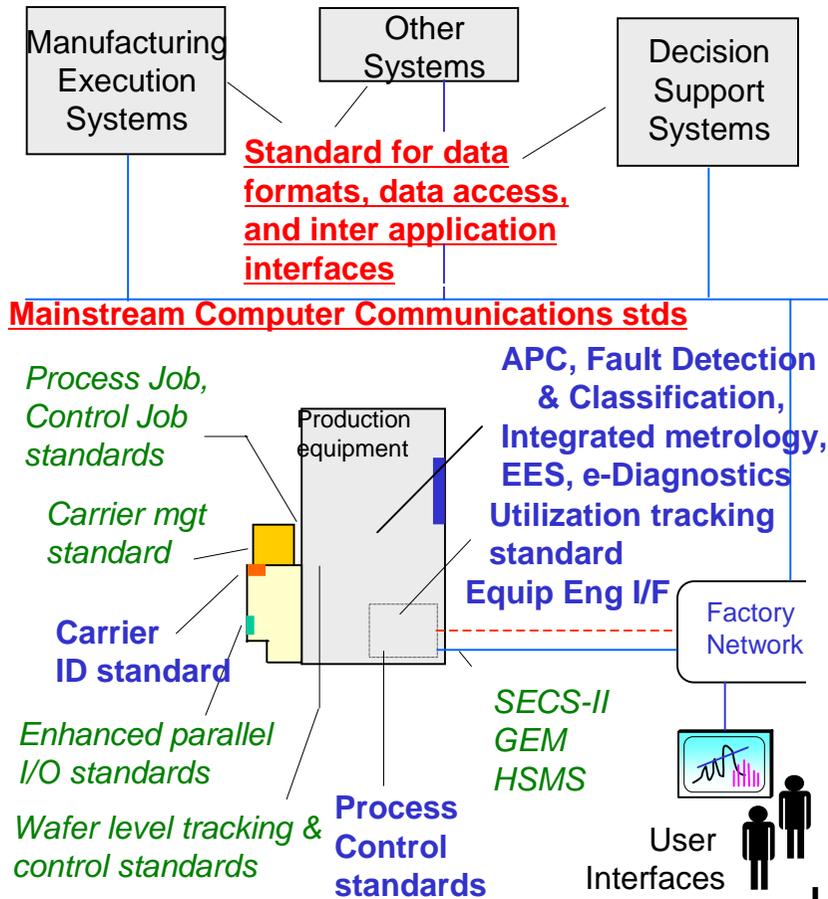


Concept #2:コンベア搬送方式

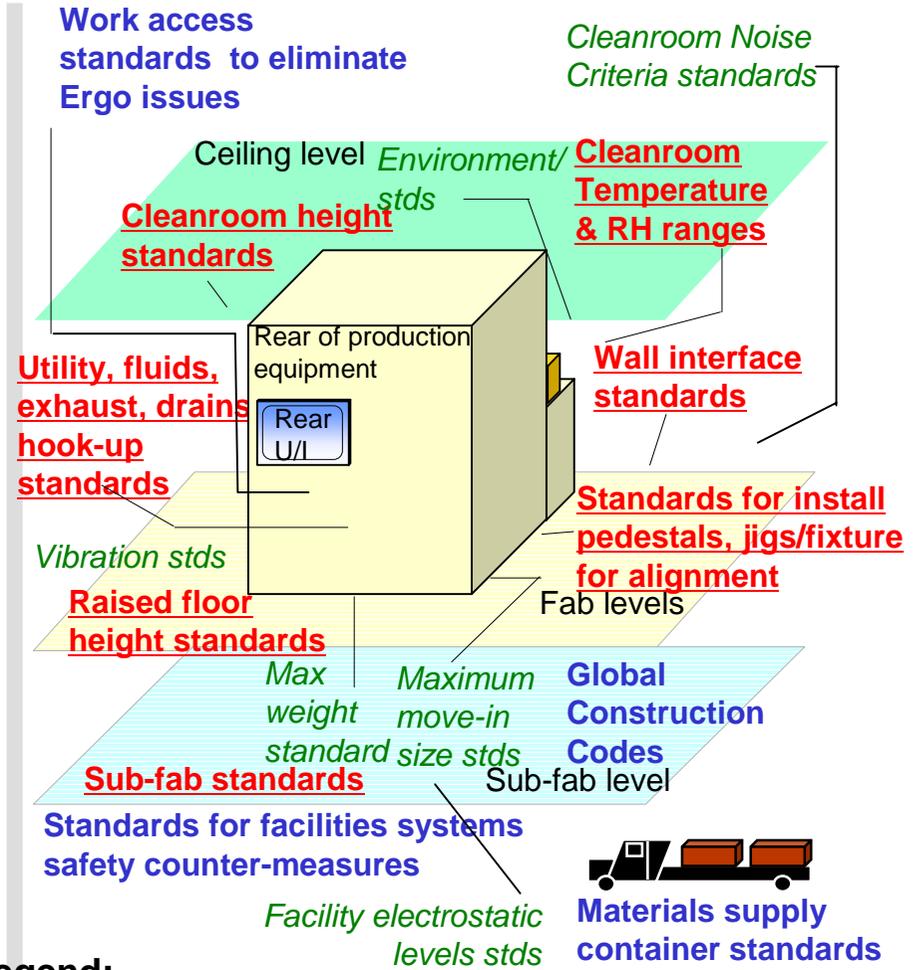
装置間へのダイレクト搬送による搬送工期短縮、仕掛削減

標準化進捗状況

Factory Information and Control Systems



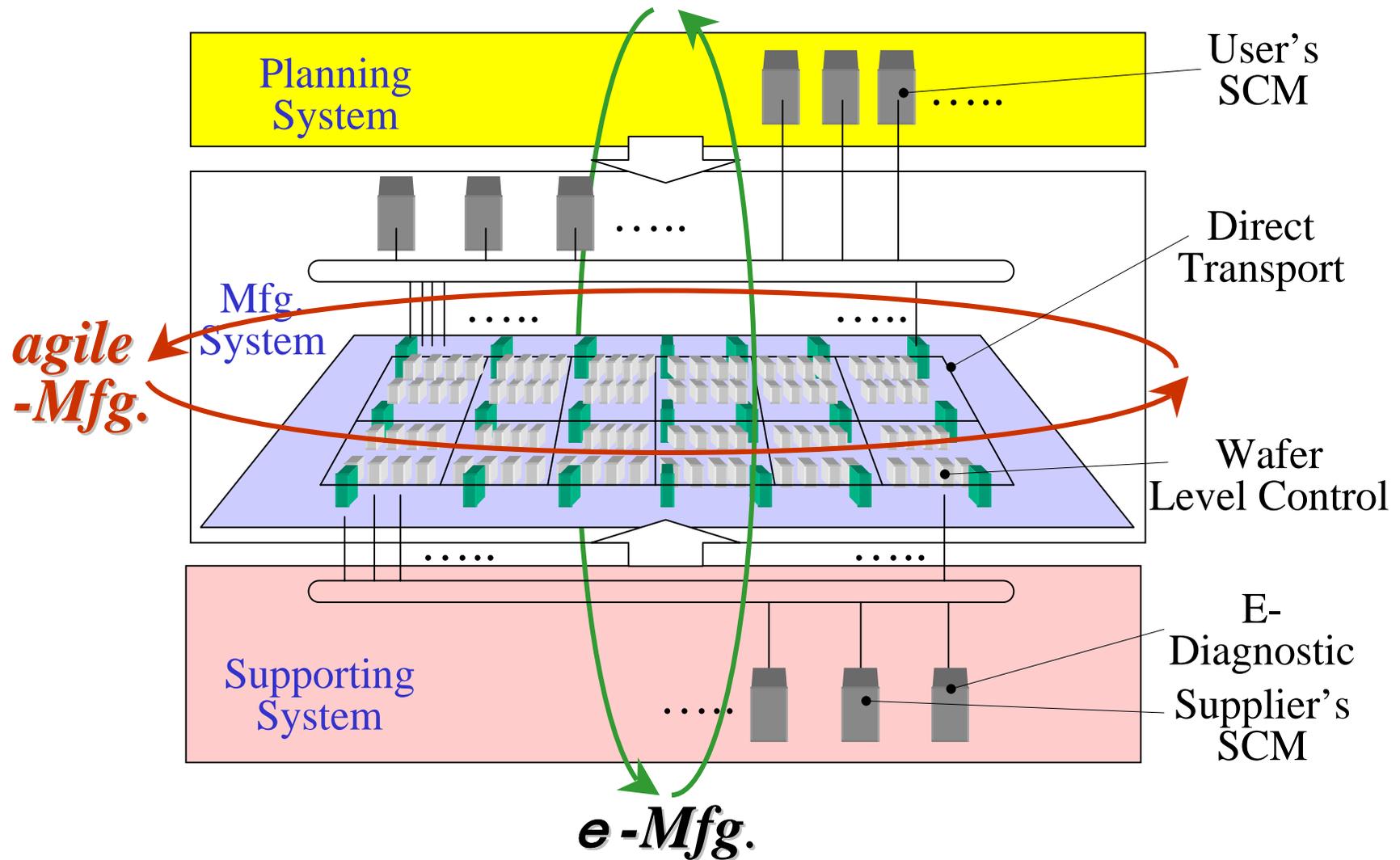
Facilities Systems



Legend:

- > Standards Exist
- > Standards Are Under Development
- > Standards Are Needed

次世代の生産システムコンセプト



まとめ

- 半導体技術、ビジネスニーズ、および市況の急速な変化、急峻立上げ、高い歩留り目標達成などが、ファクトリインテグレーション技術を一層複雑にし、難しいものとしている。
- 今後の工場はウェハの単位面積あたりのコストを維持/改善しながら、半導体技術とビジネスニーズの変化に対応できるよう、工場の立上げ期間を短縮し工場の汎用性を向上させねばならない。
- 装置サプライヤは更に新技術に対応し、更に高い装置総合効率 (Overall Equipment Efficiency) を達成しなければならない。
- 300mm工場の量産効率としては200mm ウェーハに対し2.25倍以上のチップ数、30%以上のチップコストの削減が要求される。
- これを達成するためAgile-Manufacturing、Process Control、Equipment Engineering Systems, AMHS等の施策が上げられている。
- ファクトリインテグレーション技術に関して、これら施策の具現化する為の活動が重要となる。