

システム塾

システム思考を養い、システム科学技術に誘うための
交流型ワークショップ

2019.11.5-6

受講者用 テキスト

氏名	
所属	

アジェンダ&タイムテーブル



1日目

セッション		概要	時間割
1	開催挨拶	齋藤センター長	13:00-13:05
2	オリエンテーション (1)	本講座の目的/進め方、きょうの目標	13:05-13:15
3	SIC からの情報提供 1	システムイノベーションとは?	13:15-13:45
4	事前アンケートのレビュー	受講者の基本資質と受講動機の共有	13:45-14:05
5	グループワーク 1	アイスブレイクとして、自己紹介やチーム名の定義	14:15-14:30
6	SIC からの情報提供 2	システムで解決すべき6つのテーマの提供と概要説明	14:45-15:15
7	グループワーク 2	グループ毎にテーマを1つ選定し、システム思考の青写真を描くための方針決めディスカッション	15:15-16:15
8	グループ別発表会 (前編)	初日のグループ成果の発表	16:15-16:45
9	まとめ	きょう1日の振り返り、あしたの進め方の予告、Q&A	16:45-17:00
10	交流会 (懇親会)	受講者同士や講師陣とのネットワーキング機会、2日目への動機づけ	17:30-19:30

2日目

セッション		概要	時間割
11	オリエンテーション (2)	前日の振り返り、きょうの目標	9:00-9:30
12	SIC からの情報提供 3	システム科学技術の概念体験会。 ギャラリー会場でプレゼンを聴講。 テクノロジーのデモやハンズオンの機会と My システム思考の動機付け	9:30-11:00
13	グループワーク 3	フィールドワーク～現場に GO!～ 概念体感したシステム科学技術と自分たちが仮定したシステムイノベーションとのマッチングと新価値づくり (ユースケース案の構想)	11:00-13:00
14	グループ別発表会 (中編)	2日目の途中経過の発表	13:15-13:45
15	グループワーク 4	自分たちが仮定したシステムイノベーションを実践するための展開ロードマップづくり (青写真の作成)	14:00-15:30
16	グループ別発表会 (後編)	2日間のグループ成果の発表	15:45-16:15
17	総まとめ	2日間の総まとめ、今後の講座予定	16:30-17:00

本講座の目的/進め方

システム化を推進するために必要なシステム思考を学ぶために、ワークショップ形式、かつグループディスカッションで進めるシステム人財育成のための講習会です

4つのねらい

- ① システム思考を体験する
- ② 現代社会におけるシステムの意味を理解する
- ③ システム科学技術の外観を俯瞰する
- ④ システムを共通の関心事とする企業業種を超えた人的ネットワークを獲得する



きょうの目標

与えられたテーマについて、因果関係や課題解決の方針をシステム思考でディスカッションすることを体験する。



システム思考の青写真を描くために、自分たちなりの方針を決める



システムイノベーションとは？ (1/2)

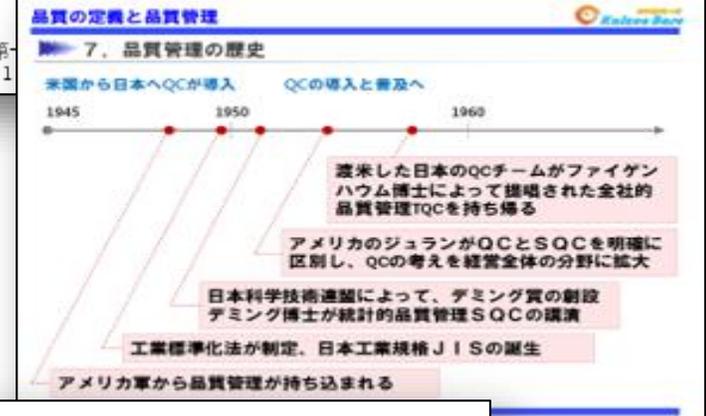
MEMO

別紙1参照

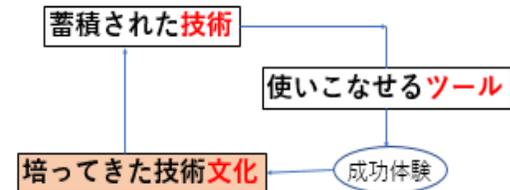
システムイノベーション とは何か

木村 英紀
副センター長

SIC第
201



技術組織の能力を決める三大要素



セッション4 (続き) 事前アンケートのレビュー

13:45~14:05 (20分間)



受講者のシステムイノベーションに関するキーワード

MEMO



※これはイメージです

アイスブレイク
(ウォーミングアップ)

自己紹介、システムイノベーションの仮定義、
オリジナルのチーム名を考えよう



この時間帯の進め方

- グループ毎に集まり、メンバー全員で簡単に自己紹介をしてください。1分間スピーチ
- メンバー同士の顔合わせとして、お互いを知り合う時間帯とします。
- 事前課題ワークシートの集計結果も話題にしながら、おしゃべりを続けてください。
- 徐々に「システムイノベーションとは？」について、グループメンバーの総意として仮定義してください。
- 最後に、この2日間を通じて元気が出るような、自分たちオリジナルのチーム名を考えてください。

システムで解決すべき 6 つのテーマ

事前に受講者の皆様にお尋ねしていた 6 つのテーマについて、概説します。

- ① 医療データの共通化と情報流通
- ② 台風災害に対するレジリエンス(回復力)の強化
- ③ ロスを軽減する食品流通システム
- ④ 住民参加型のスマートシティ
- ⑤ EV化による電力需給の逼迫の可能性
- ⑥ 過剰宅配サービスによる運送効率の劣化

セッション6 (続き)

テーマ① 医療データの共通化と情報流通



- 超高齢社会に突入した我が国は、社会保障費の増大や生産年齢人口の減少等、様々な課題に直面している。
- 現在、全国には約270の地域医療情報連携ネットワークが存在しているが、一方向の情報閲覧であることや運用コストの理由から、施設の理解度や参加率は低い。
- また、病院の初診時に、幾度も個人情報を入力することに、煩わしさを感じる人も少なくない。
- 総務省では、このような課題を解決するために、クラウド活用型の双方向かつ低コストなシステムを整備する事業に対して、補助を実施している。
- 一方、医療サービスを受ける患者や家族の視点で見ると、個人情報の流出やプライバシー侵害への懸念を訴える人も少なくない。デジタル社会による暮らしへの恩恵は大きいですが、医療に関する個人情報の流通に、市民の理解はまだ遠い。
- **では、医療データを共通化し、広く医療情報を流通させるためにはどうしたら良いのだろうか？**

※これはイメージです



<http://www.onkyo-ds.biz/page.php?pld=62>

MEMO



↑↑↑
関連情報へのアクセス

セッション6 (続き)

テーマ② 台風災害に対するレジリエンス (回復力) 強化



- 災害は社会に甚大な被害と経済的な損害をもたらす。
- 近年、我が国を直撃する巨大台風の猛威は我々の想定をはるかに越え、全国各地に大きな被害をもたらしている。
- 災害発生のお機を減らし、レジリエンス (回復力) 強化のための新たな戦略を策定し、そうした損害を減少させる取組みが急務である。
- 例えは、企業の従業員に対する早期帰宅や在宅待機の推奨、鉄道各社の計画運休等、災害へのリスク管理に取り組んでいる。
- ところが、流域河川全体での治水の管理が機能しなかったり、ハザードマップのフォーマットが自治体ごとにまちまちだったり、統合的な対策が取れず、結果として避難誘導システムが機能しなかったという事例も散見される。
- また、交通機関の計画運休を知らながらも、乗客が駅構内に溢れかえり、更なる遅延を引き起こしている。
- **では、台風災害に対するレジリエンス (回復力) を強化するためにはどうしたら良いのだろうか？**

※これはイメージです



<https://www.sponichi.co.jp/society/news/2019/10/12/gazo/20191011s00042000571000p.html>

MEMO



↑↑↑
関連情報へのアクセス

セッション6 (続き)

テーマ③ ロスを軽減する食品流通システム



※これはイメージです

- 食品ロスとは、本来は食べられるにもかかわらず廃棄されているものが相当程度含まれていることを指す。我が国では、食品関連事業経由で約800万トン、一般家庭から約1,100万トン、あわせて年間約1,900万トンの食品が廃棄されている。
- 大量の食料品が食べられずに廃棄され、結果として必要以上の食料が輸入されている。これは、食料自給率を引き下げる要因の一つであろう。
- 生産者においては、大量の野菜や果物が出荷される前に値崩れで廃棄される事態が頻繁に発生している。
- 一方、納品期限が過ぎた食品は小売店から拒否され、販売期限を過ぎたら店頭から撤去される。そして、消費者は、過剰な安全志向によって、1日でも賞味期限が長いものを選ぶような買い方をする。
- このようにマーケット構造の複合的な要因が重なり、生産者の事前廃棄、小売店の納入拒否、消費者の不買による食品廃棄となっている。結果的に、過剰生産で廃棄されるコストは、最終的に商品価格に転嫁される。
- **では、食品ロスを軽減する食品流通システムにするには、どうしたら良いのだろうか？**



<https://this.kiji.is/504463687624328289>

MEMO



↑↑↑
関連情報へのアクセス

セッション6 (続き)

テーマ④ 住民参加型スマートシティー



※これはイメージです

- 従来型都市の諸問題を解決するため、先端ICT技術を活用し、基礎インフラと生活インフラ・サービスを効率的に管理・運営し、環境に配慮しながら、人々の生活の質を高め、継続的な経済発展を目的とした新しい都市、それがスマートシティーである。
- あらゆる市民が快適な公共交通で移動する街で、水や緑と調和した都市空間での暮らしぶりを実現。
- 再生可能エネルギーを活用し、災害にも強く地域コミュニティが育成される安全安心を保証、上下水道処理は高度化され、資源循環型な近代都市を形成する。
- スマートシティーを実現するためには、実際のICTシステム技術の機能検証は欠かせない。しかし、実証実験の期間が短かったり、すべてが継続するものばかりではない。
- そもそも、そこで生活している住民が参加し、住民が主体的となって実証実験をするとは限らず、民間の事業会社やデベロッパー主導の一方的な取り組みとなることも少なくない。すなわち、住民参加の得られない押しつけ型のスマートシティー構想になっていないだろうか。
- では、住民参加型のスマートシティーを創り上げるには、どうしたら良いのだろうか？**



<https://thinkit.co.jp/article/10753>

MEMO



↑↑↑
関連情報へのアクセス

セッション6 (続き)

テーマ⑤ EV化による電力需給逼迫の可能性



※これはイメージです

- 電気自動車 (EV)は、化石燃料依存型からの脱却を牽引する存在として注目されている。
- EVは公害を減らすエコカーとして、住宅街を走行してもCO2、NOx、PM2.5などの排出がない。走行時の騒音も少なく、面倒な給油作業もなく、思いのほか走行性能もクイックレスポンスで、モビリティ性を高めている。EV利用者にとっては今後有望な自家用車であろう。
- しかし、もしEVが圧倒的に世の中で普及してしまったら果たして電力は足りるのだろうか。
- 膨大な数の自動車が同時に電気を使う状況によって、電力設備に大きな負荷と影響が及ぶことになるのは明らかである。もし、大量のCO2がともなう火力発電で電力需要を賄うとすれば、ゼロエミッションの施策に疑問符がつく。
- より多くの電力を送電できる新しい電線を増やせばよいかもしれないが、設備増強にかかるコストはEVを買った人だけでなく、買っていない人も分担することになるだろう。
- **では、今後のEV化による電力需給が逼迫の可能性に対処するには、どうしたら良いのだろうか？**



<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00515355>

MEMO



↑↑↑
関連情報へのアクセス

セッション6 (続き)



テーマ⑥ 過剰宅配サービスによる運送効率の劣化

- 暮らしや産業を支える宅配ビジネス。昨年の宅配便総数は約38億7千万個となり、6年連続で過去最多を更新している。
- スマートフォンを通じたネット通販が拡大し、小口の荷物が頻繁に配達されるようになった。その結果、利用者は、緊急性のない品物でも、躊躇なく翌日配達を指定する。
- しかし、その宅配サービスが、いま曲がり角を迎えている。人手不足で運転手を十分に確保できない中、インターネット通販の拡大で取扱量が急増し、配達現場の疲弊が深刻になっている。
- 昨今、トラックの平均積載効率は40%であり、これは20年前の2/3に落ち込んだ。荷物よりも空気の方を多く運んでいるようなもので、廃棄ガスや燃費以前の問題である。
- 運転手の確保が追いつかず、長時間労働が常態化している。最近、宅配事業者の労組が経営側に対し、取扱総数の抑制を求めたのも無理はない。
- 宅配便業界の苦境は、消費者の利便性と裏表の関係にある。
- **では、過剰宅配サービスによる運送効率の劣化を解決するには、どうしたら良いのだろうか？**



<https://president.jp/articles/-/22084>

MEMO



関連情報へのアクセス

練習問題

与えられたテーマに対し、影響のある変数の因果関係を、システム思考で発想することの考え方を体験をしよう！

グループワークの進め方

- ① 練習用に テーマが1つ与えられます。
- ② そのテーマに影響を与えてる変数(カード)が、サンプルとして提供されます。
- ③ 変数同士の因果関係を考えながら、変数と変数を 線と矢印でつなぎ合わせてください。
- ④ グループメンバーで 試行錯誤しながら、要素がすべて線と矢印でつながった因果関係をつくります。
- ⑤ 変数と変数の 変化が同じ(+) や 変化が逆(-) を書き入れ、変数間の因果関係をはっきりさせます。
- ⑥ ループになっている部分は、自己強化型(R)、バランス型(B)、遅れ(\\)を判断してください。
- ⑦ 出来上がったループ図をメンバー全員で俯瞰し、テーマに対する課題と対策を話し合ってください。



セッション7 (続き) 参考資料 (1)

Example

検討テーマ

「仕事疲れの対処療法」って
どんな因果関係になるのかな？
システム思考で俯瞰してみよう！

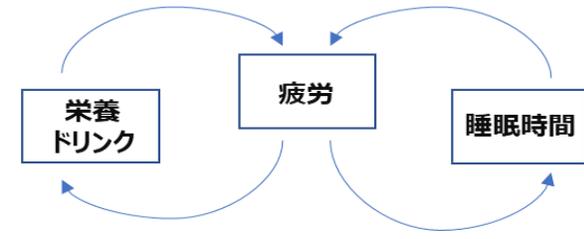


テーマを構成している変数

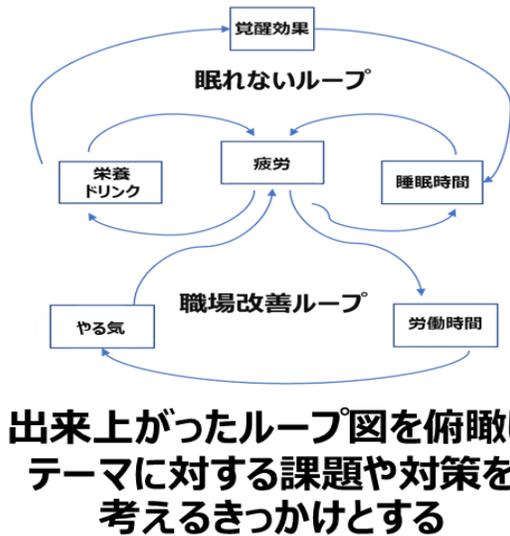
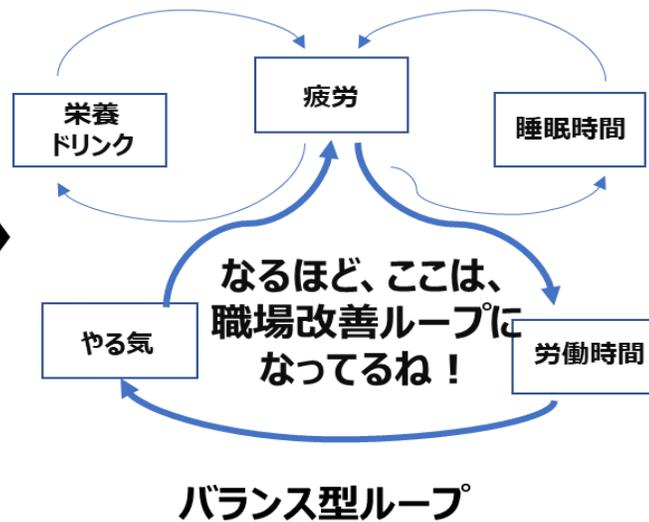
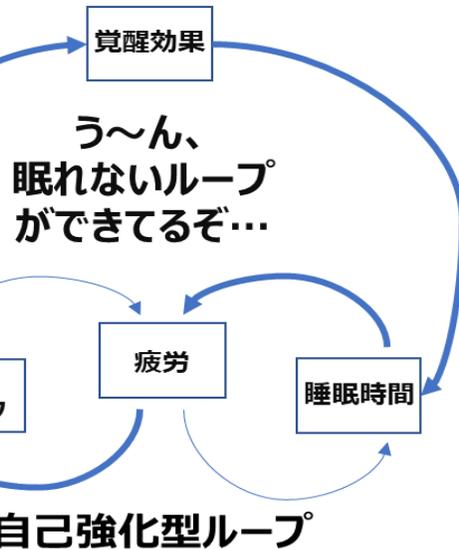


- 増えたり減ったりする変数
- 変えたいと思っている変数
- 相互に影響を受けている変数

変数同士の因果関係



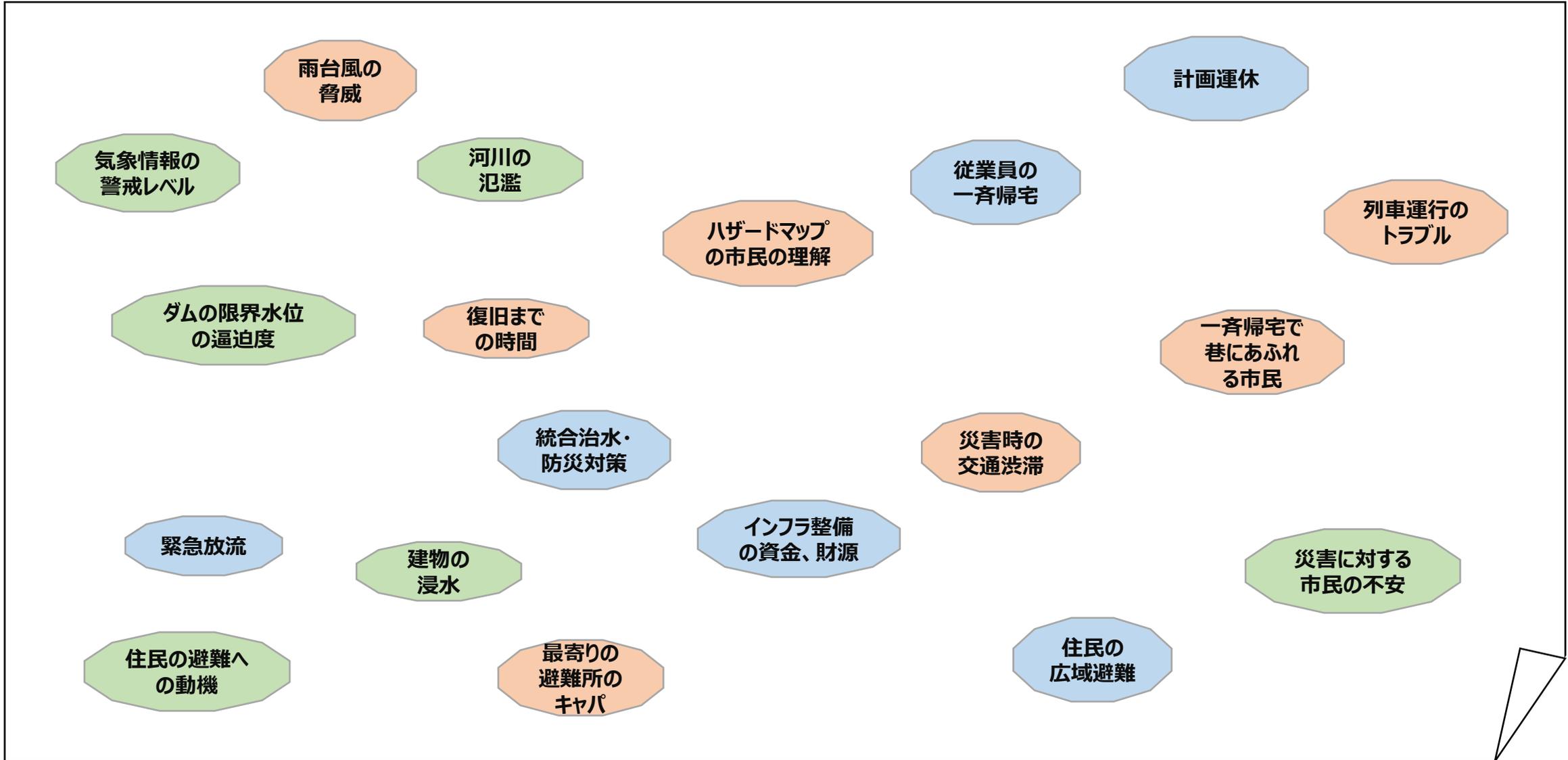
ドリンク飲むと、疲れが取れた！
仕事の能率が上がりそうだ！
でも、本当にそうかな…??



セッション7 (続き) 参考資料 (2)



Example



ねらい

きょうの講習内容、グループワークや通じて体感したこと、特に、自分たちのシステム思考の方針を、皆で共有しあいます

発表の仕方

- ① グループワークを通じて、自分たちはシステム思考をどう解釈したか、その方針を説明してください。
- ② グループで仮定義したシステムイノベーションも、説明に加えても結構です。
- ③ グループで完成させた模造紙(ループ図)は、必ず使用して説明してください。
- ④ 説明の仕方、流れ、論点など、どのように説明しても結構です。
- ⑤ ただし、テーマに対するソリューション(解決策)の説明は不要です。
- ⑥ 発表時間は、1グループ3分間とします。
- ⑦ 発表が終わったら、2分間の質疑応答タイムとします。



きょうの振り返り

与えられたテーマについて、
因果関係や課題解決の方針を
システム思考でディスカッション
することを体験した

システム思考の青写真を
描くために、自分たちなりの
方針を決めた



あしたの目標

システム科学技術の
概観を俯瞰する機会を得ながら
システム化のための
シーズの可能性を体験する

フィールドワークを通じて発見した
課題に対してシステム思考で
解決の糸口をつかむ

ほぼ、1日目の議論がおわりました。皆さま大変お疲れ様でした、この後は交流会です！
あしたも引き続き、システム思考を意識しながら、白熱した議論を期待いたします！

MEMO

アジェンダ&タイムテーブル



1日目

セッション	概要	時間割
1 開催挨拶	齋藤センター長	13:00-13:05
2 オリエンテーション (1)	本講座の目的/進め方、きょうの目標	13:05-13:15
3 SIC からの情報提供 1	システムイノベーションとは?	13:15-13:45
4 事前アンケートのレビュー	受講者の基本資質と受講動機の共有	13:45-14:05
5 グループワーク 1	アイスブレイクとして、自己紹介やチーム名の定義	14:15-14:30
6 SIC からの情報提供 2	システムで解決すべき6つのテーマの提供と概要説明	14:45-15:15
7 グループワーク 2	グループ毎にテーマを1つ選定し、システム思考の青写真を描くための方針決めディスカッション	15:15-16:15
8 グループ別発表会 (前編)	初日のグループ成果の発表	16:15-16:45
9 まとめ	きょう1日の振り返り、あしたの進め方の予告、Q&A	16:45-17:00
10 交流会 (懇親会)	受講者同士や講師陣とのネットワーキング機会、2日目への動機づけ	17:30-19:30

2日目

セッション	概要	時間割
11 オリエンテーション (2)	前日の振り返り、きょうの目標	9:00-9:30
12 SIC からの情報提供 3	システム科学技術の概念体験会。 ギャラリー会場でプレゼンを聴講。 テクノロジーのデモやハンズオンの機会と My システム思考の動機付け	9:30-11:00
13 グループワーク 3	フィールドワーク～現場に GO!～ 概念体感したシステム科学技術と自分たちが仮定したシステムイノベーションとのマッチングと新価値づくり (ユースケース案の構想)	11:00-13:00
14 グループ別発表会 (中編)	2日目の途中経過の発表	13:15-13:45
15 グループワーク 4	自分たちが仮定したシステムイノベーションを実践するための展開ロードマップづくり (青写真の作成)	14:00-15:30
16 グループ別発表会 (後編)	2日間のグループ成果の発表	15:45-16:15
17 総まとめ	2日間の総まとめ、今後の講座予定	16:30-17:00

きのうの振り返り

与えられたテーマについて、因果関係や課題解決の方針をシステム思考でディスカッションすることを体験した



システム思考の青写真を描くために、自分たちなりの方針を決めた



きょうの目標

システム科学技術の概観を俯瞰する機会を得ながらシステム化のためのシーズの可能性を体験する



フィールドワークを通じて発見した課題に対してシステム思考で解決の糸口をつかむ

セッション12

SICからの情報提供3



9:30~11:00 (90分間)

システムイノベーションを支えるシステム科学技術について、その概念を体験します。特に、①定量的モデリング ②定性的モデリング、③制御理論、④最適化、⑤生産情報システム(経営工学)の5つのシステム科学技術の基礎情報を提供します。これらを、今日のフィールドワークで発見した課題に対する解決方法のヒントとします。

システム科学技術 (シーズ)

	人工知能	制御	最適化	モデリング	システム工学	ネットワーク	スケジューリング	品質管理・信頼性	金融工学	経営工学	データ科学	センサー	医療・生物工学	シミュレーション
エネルギー★		★	★	★						★				
インフラ★														
モビリティ★														
生産・製造★														
経営														
ヘルスケア★														
流通★														
金融														

個別ドメイン



フィールドワークへ!

※これはイメージです

★ : 今回のワークショップにて、SIC側から提供しているテーマや情報です

セッション12 (続き)

SICからの情報提供 3



③ 制御理論 に関する概要説明 (10分間)

MEMO

MEMO

MEMO

セッション12 (続き) SICからの情報提供3



④ 最適化 に関する概要説明 (10分間)

MEMO

MEMO

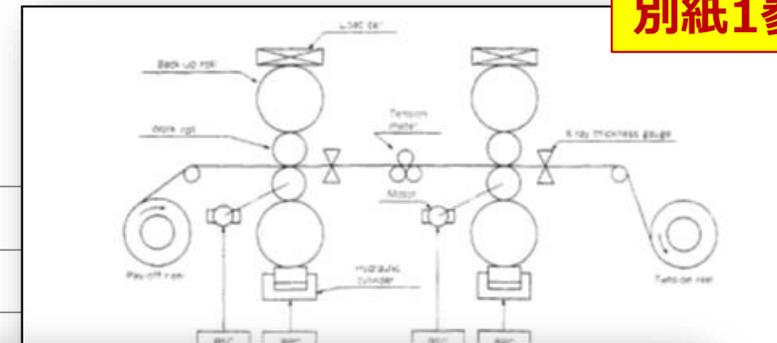
MEMO

セッション12 (続き) 参考資料 (3)

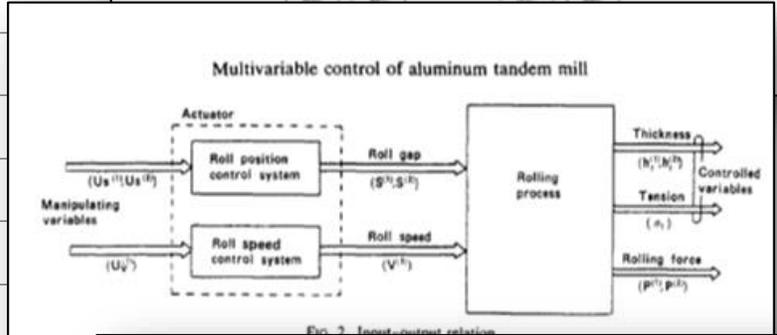


システムイノベーションとは？ (2/2)

MEMO



別紙1参照



もっとも積極的に新方式を採用していた班の班長が突然急性胃潰瘍で入院！

医師診断：原因はストレス、本人：生活上思い当たる節なし

張力を使うために現場の張力計が激しく振れる。これが原因ではないか？との周囲の指摘に本人納得

張力計の表示も改め、制御方式の理念も説明して一件落着

システム構築における「人間」の重要性

フィールドワーク ～ **現場にGO!** ～

昼食時間を兼ねて、グループ単位で行動しながら、東京ミッドタウンの複合施設を視察します！

1. システム科学技術の説明を受けたことで、それらの概念知識が備わっている状態です。
2. 前日にグループメンバーの総意として、システムイノベーションを仮定義しています。
3. システム思考で課題を俯瞰することの基本的な考え方を体験しました。
4. グループメンバー同士、システム化の重要性が芽生えつつあります。
5. この高いポテンシャルをキープしつつ、与えられたテーマに関係する現場の課題を発見してきてください。

ねらい

フィールドワークを通じて発見した課題に対して、システム思考を発揮しながら、解決の糸口をつかむ



セッション13 (続き)

グループワーク3



11:00～13:00 (120分間)



※これはイメージです

フィールドワークの進め方 (基本形)

1. 東京ミッドタウンに、グループ単位で向かいます。
2. 指定したエリアを中心に視察してください。
3. 途中、散策先の好きな場所で昼食をとってください。
4. グループに与えられたテーマを思い出してください。
5. システム思考を意識しながら、皆でおしゃべりしてください。
6. 店員さんへの聞き取り調査にチャレンジしても結構です。
7. 与えられたテーマに関する、現場の課題を探し廻ってください。
8. 探した課題は、皆で協力し合って、付箋にメモします。
9. 出来るだけたくさんの課題を、付箋に残してください。
10. メモした付箋を、教室に持ち帰ってください。

**東京ミッドタウンの施設情報は
別紙2 (ガイドブック) を参照してください**

ねらい

ちょうど今、フィールドワークから戻ってきました。現場の実態はどうでしたか？それぞれに、感じたことを皆で共有しましょう！

発表の仕方

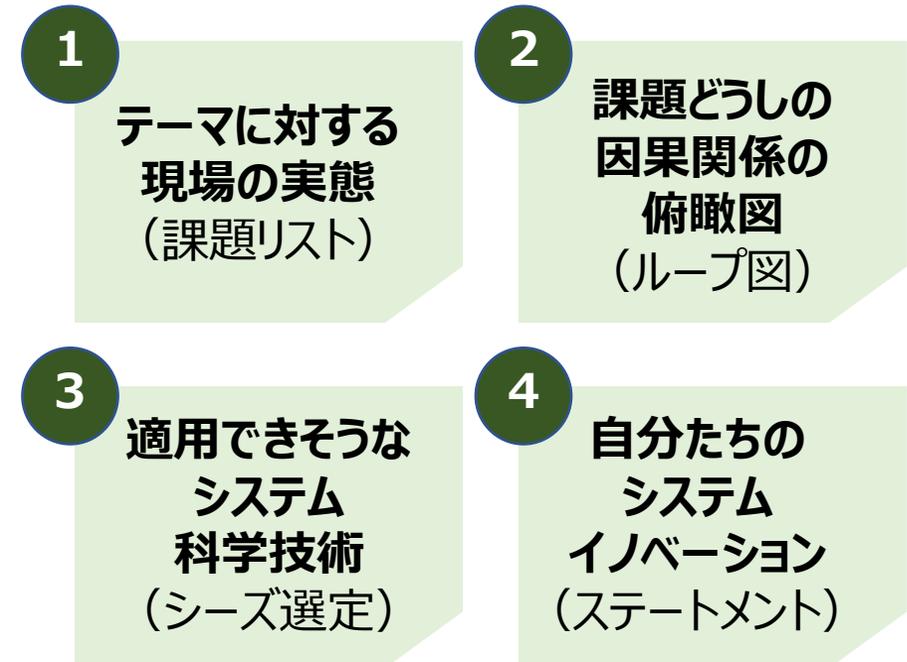
- ① 付箋にメモして集めた現場の課題を、報告してください。
- ② どのような発表の仕方でも結構です。ポイントだけで結構です。
- ③ 特に、整理したり、解法を導き出したりする必要はありません。
- ④ 現在の東京ミッドタウンの現場の実態を皆で共有し合います。
- ⑤ 発表時間は、1グループ3分間とします。
- ⑥ 発表が終わったら、2分間の質疑応答タイムとします。



システム化のやり方について、自分たちなりの青写真づくりに挑戦してみよう！

- この2日間を通じて、グループで議論した内容、学んだシステム科学技術の概要、フィールドワークで知った現場の実態、チームワークの強み等、すべてを総合的に合作します。
- 与えられたテーマの解決の糸口を発見しつつ、システム化のやり方について、自分たちなりの青写真を作ります。
- グループの共通ビジョン、システム化戦略、フィールドワークで知った実態、課題の発見、解決案（ソリューション）の仮説出し、適用するシステム科学技術の組み合わせの検討、システム化のロードマップ等々。
- フィールドワークしたエリア全体の因果関係を俯瞰しつつ、自分たちなりのシステム化の 青写真 in 2030 を描いてみてください。

青写真 in 2030 の4点セット



ねらい

グループメンバー同士で学び合ってきた成果として
自分たちが描いたシステム化の青写真をアピールします

発表の仕方

- ① グループワーク4（セッション15）で議論した結果を、発表してください。
- ② システム化のやり方について、自分たちなりの青写真 in 2030 をアピールしてください。
- ③ かならず、「4点セット（前頁）」を含めてください。
- ④ 説明の仕方、流れ、論点など、どのように説明しても結構です。
- ⑤ 発表時間は、1グループ3分間とします。
- ⑥ 発表が終わったら、3分間の質疑応答タイムとします。



セッション17

総まとめ

16:30～17:00（30分間）



MEMO

**皆さま大変お疲れ様でした。当システム塾を受講いただき誠にありがとうございました！
SICでは、様々な人財育成講座を予定しています。是非、ご検討ください。**

システムイノベーションとは何か

木村 英紀
副センター長

目 次

- システムイノベーションと日本の課題
- システム思考で技術文化を変える
- 業種を超えた協業の成功例
- 人間を主人公とするシステム構築へ
(木村の古い研究結果より)

「システム化運動」を起こしたい

- 日本の直面する問題は少し掘り下げると、ほとんどすべて「システムの問題」に突き当たる。
- 産・官・学におけるシステム構築、運用、進化の課題は国中にあふれている。
- その解決を阻むハードルは、縦割り組織と縦割り志向、将来への危機感欠如、など<文化>に大きく影響されている。

<横ぐしを刺そうとすると横やりが入る>

- <文化>を変えるには大きな「運動」が必要ではないか？

<品質管理運動> 日本の技術文化を根底的に変えた

- 占領軍が、日本の技術の弱点は品質管理の欠如にあり、と認識
 - 積極的にアメリカの品質管理技法を導入、デミング博士を招聘
 - デミング博士は成功した原因として4つの力を挙げている
 - ① 日本科学技術者連盟
 - ② 統計科学研究会（進歩的で優れた統計学者のグループ）
 - ③ デミングの全国品質管理講習会に出席した技術者集団
 - ④ 経団連傘下の石川一郎氏を代表とする先進的な経営者層
- 「生産に科学を」**がメインスローガン
- **普通なら決してむすびつくことのない力が特殊な環境の下で固く結びつき、品質管理を日本技術の個性・体質にまで高めた。**
 - 「システム化運動」は可能か、夢か？ 「システムで動かそう」？

7. 品質管理の歴史

米国から日本へQCが導入

QCの導入と普及へ

1945

1950

1960

アメリカ軍から品質管理が持ち込まれる

工業標準化法が制定、日本工業規格 J I S の誕生

日本科学技術連盟によって、デミング賞の創設
デミング博士が統計的品質管理 S Q C の講演

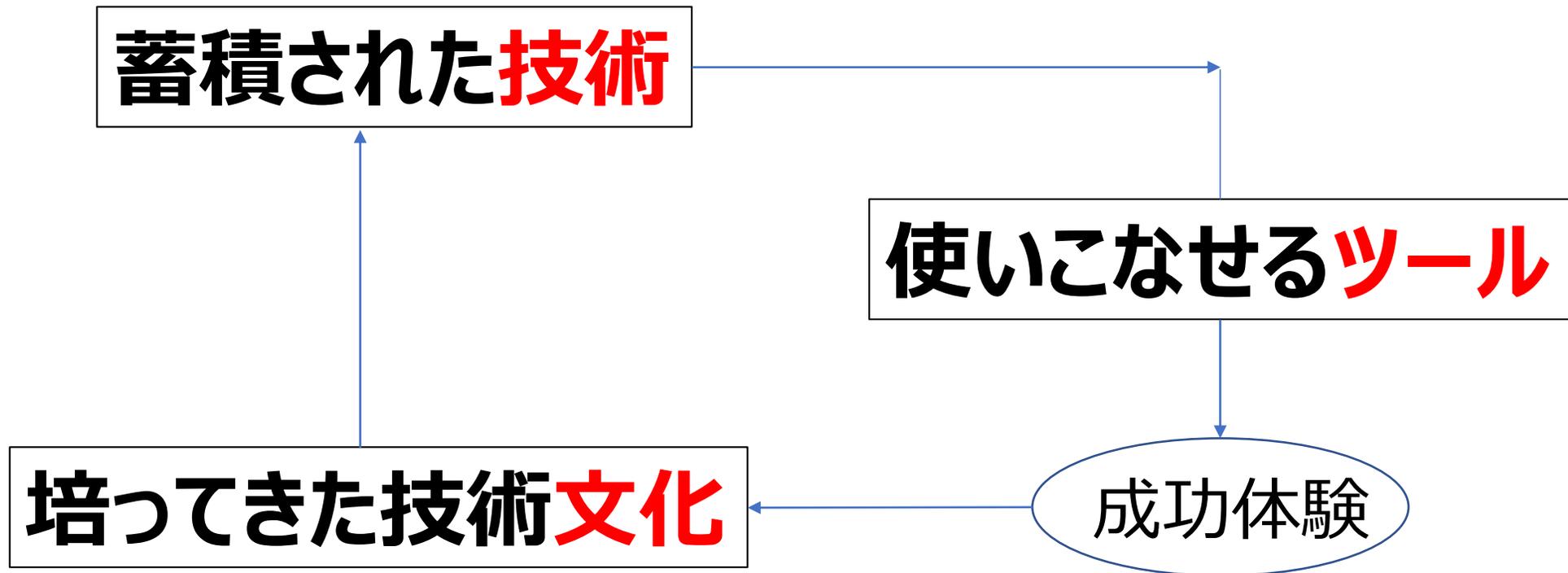
アメリカのジュランが Q C と S Q C を明確に
区別し、Q C の考えを経営全体の分野に拡大

渡米した日本の Q C チームがファイゲン
ハウム博士によって提唱された全社的
品質管理 T Q C を持ち帰る

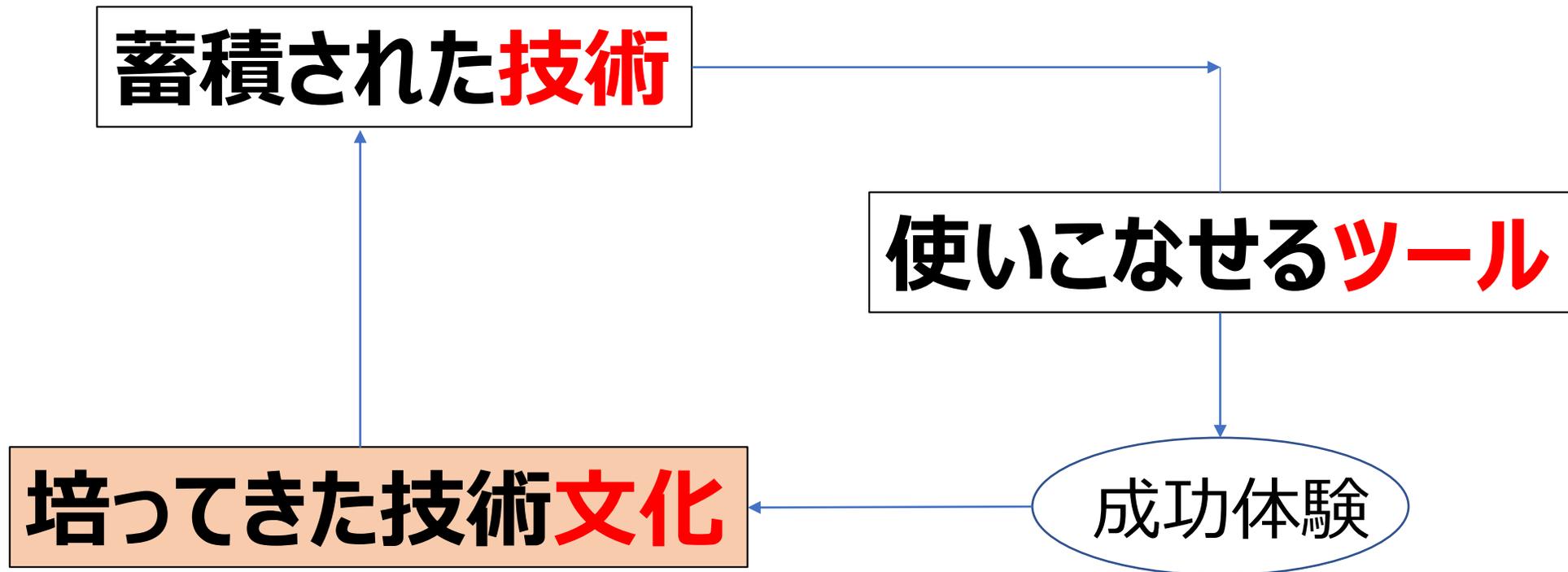
目次

- システムイノベーションと日本の課題
- **システム思考で技術文化を変える**
- 業種を超えた協業の成功例
- 人間を主人公とするシステム構築へ
(木村の古い研究成果より)

技術組織の能力を決める三大要素



技術組織の能力を決める三大要素



技術文化を変える手掛かりになる 「システム思考」の獲得（1）

- マインドセットを転換すること。

（1）成功体験を超える

あの製品投入で利益が出た。
あの製品で競争相手に勝った。
あの技術に世界一の折り紙がついた。
などなど、をいったん組織として忘れる。

（2）技術の評価軸を変える

「わが社は何といても素材産業、やはり冶金、機械が重要」
実は本当にイノベーションを担っていたのは情報・計測・制御であった（鉄鋼）

技術文化を変える手掛かりになる 「システム思考」の獲得（2）

- なるべく広い俯瞰的な視点に立つ

（1）組織の壁を制度的、心理的にもなるべく取り払う。

設計、製造、設備、営業などの各部門で共有する知見の増大を図る。
「売れるか売れないかは営業の仕事、俺たちはよい製品を作ることに注力すべき」は技術者として失格

（2）業種を超えたリソースの現場レベルでの創出・共用。

クラウド利用、中途採用、M&A、ベンチャー—創出は盛んに行われている。しかし何か欠けている。

目次

- システムイノベーションと日本の課題
- システム思考で技術文化を変える
- **業種を超えた協業の成功例**
- 人間を主人公とするシステム構築へ
(木村の古い研究結果より)

戦後間もなくの鋼板プレス加工に関する 自動車業界と鉄鋼業界の協業



背景

- 1950年代半ば自動車のプレス成型の現場では国産鋼板の品質の低さのため加工に様々な障害が発生し、そのため多くは高価な輸入鋼板に頼っていた。
- 製鉄工場では少しずつ近代化が進み、ホットストリップミル、転炉などの導入が始まっていた。
- 自動車産業：進みつつあるモータリゼーションに備えて複雑大規模なプレス加工に耐える安い国産鋼板が大量に欲しい。
- 鉄鋼業：進みつつある装置の高度化を、広大な市場が開けつつある自動車用鋼板の販路確保に結び付けたい。

当時の状況

- 塑性変形の体系的理論がまだ存在しない。
- 大規模なボデー成型のプレスラインが導入されていたが、その生成物に「しわ」「たるみ」「ひけ」などの不良が発生し、ライン最後尾での大量の手直しが必要であった。
- 製鉄所から搬入される鋼板は傷を見つけやすくするためコイルではなく切り板として受領
「30%の不良率はOK」という両業界の間の協定があった。
- Etc. etc.

共同研究の開始 1957年1月

八幡製鉄 松原虎男 + 日産自動車 宮島尚

- 「コニカルカップテスト研究会」発足
代表 福井東大教授 + 日産・トヨタ・富士重工 + 八幡・富士
- 1960年には全鉄鋼メーカー、全自動車メーカーが参加
- 「薄鋼板のプレス成形と試験方法研究会」に改名
- 1964年 「薄鋼板成型技術研究会」と改名、両業界の提携強化
- Coordinator 吉田清太 理化学研究所塑性加工研究室長

成果の一例

- プレス成型の現場で発生する不良は多様で、対応する仕上工の対策も多様であった。典型的な暗黙知でありノウハウのかたまり、自動車メーカーは公開するのを嫌がった。
- しかしそれを粘り強い対話で克服し、不良の構造を分析した吉田氏は、**不良の発生を4つの基本パターンに分類**し、さらにその定量化に成功（1960年パリ「国際深絞り研究会」で発表、高い評価を受ける）
- この成果をもとに自動車メーカーではプレス加工の方式改良が進んだ。
- 鉄鋼メーカーでは不良を発生しにくい鋼種・工法の開発が進む
- **自動車のプレス作業の現場の要求と製鉄の鋼板開発・製造の現場が太い糸でつながった。**

鉄と自動車は その後の日本の経済成長の牽引力となった

- 鉄鋼業：各社が年産 1,000万トンの製鉄所を建設
量・質ともに欧米メーカを圧倒
- 自動車：15年間で生産量が100倍
品質では世界一の折り紙がつく

かつてよく言われていたこと

鉄鋼：「日本の車の品質が良いのは使われている鉄板の品質が良いからだ」

自動車：「日本の鉄鋼業を育てたのは日本の自動車産業だ」

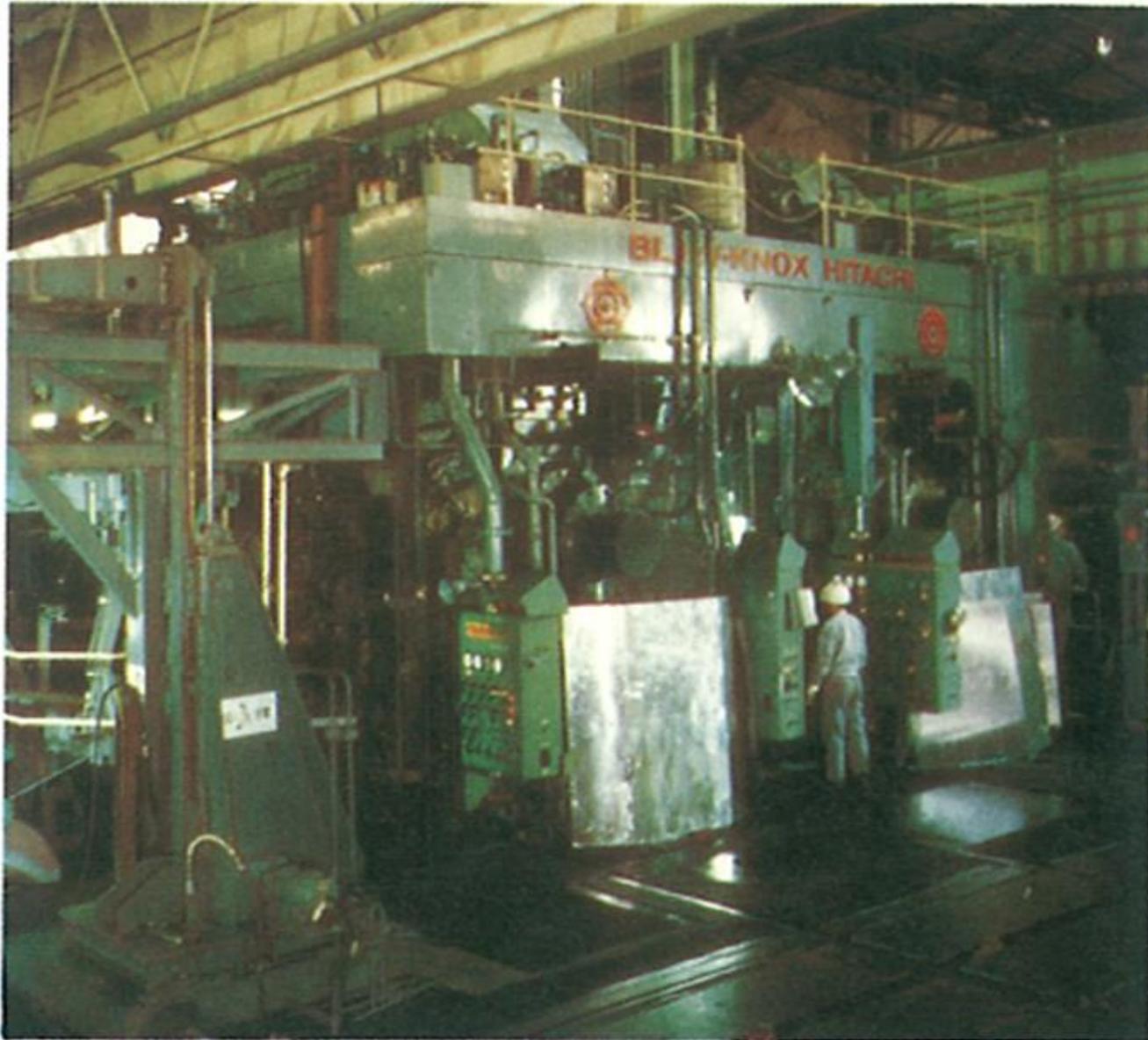
SICの視点から

- 中途採用の促進、M & A、ベンチャーの共同創立などとは異なった企業・業種間の協業の理想的な姿を見る。
- プレス加工を一方では製鋼・圧延までさかのぼり、他方では製造末端の仕上げ加工まで下った一貫した工程を俯瞰的視点で捉えたのは「システム思考」の発現と考えられる。
- 両業種の技術者・作業者の間の「言語」の違いを克服したことが両業種の対話・協業を促進したことが語られている。
- 社会システムの構築にはこのような協業が必要であり可能である。
- 通信・計算・工学理論のリソースが当時に比べて格段の進歩がある現在、「プレス加工」を超える成果を出すことが出来る。
- SICの分科会がこのような協業の母体のひとつになってくれたら有難い。

目次

- システムイノベーションと日本の課題
- システム思考で技術文化を変える
- 業種を超えた協業の成功例
- **人間を主人公とするシステム構築へ**
(木村の古い研究結果より)

住友軽金属
R81



冷間圧延機

1977年の会社パンフレットより

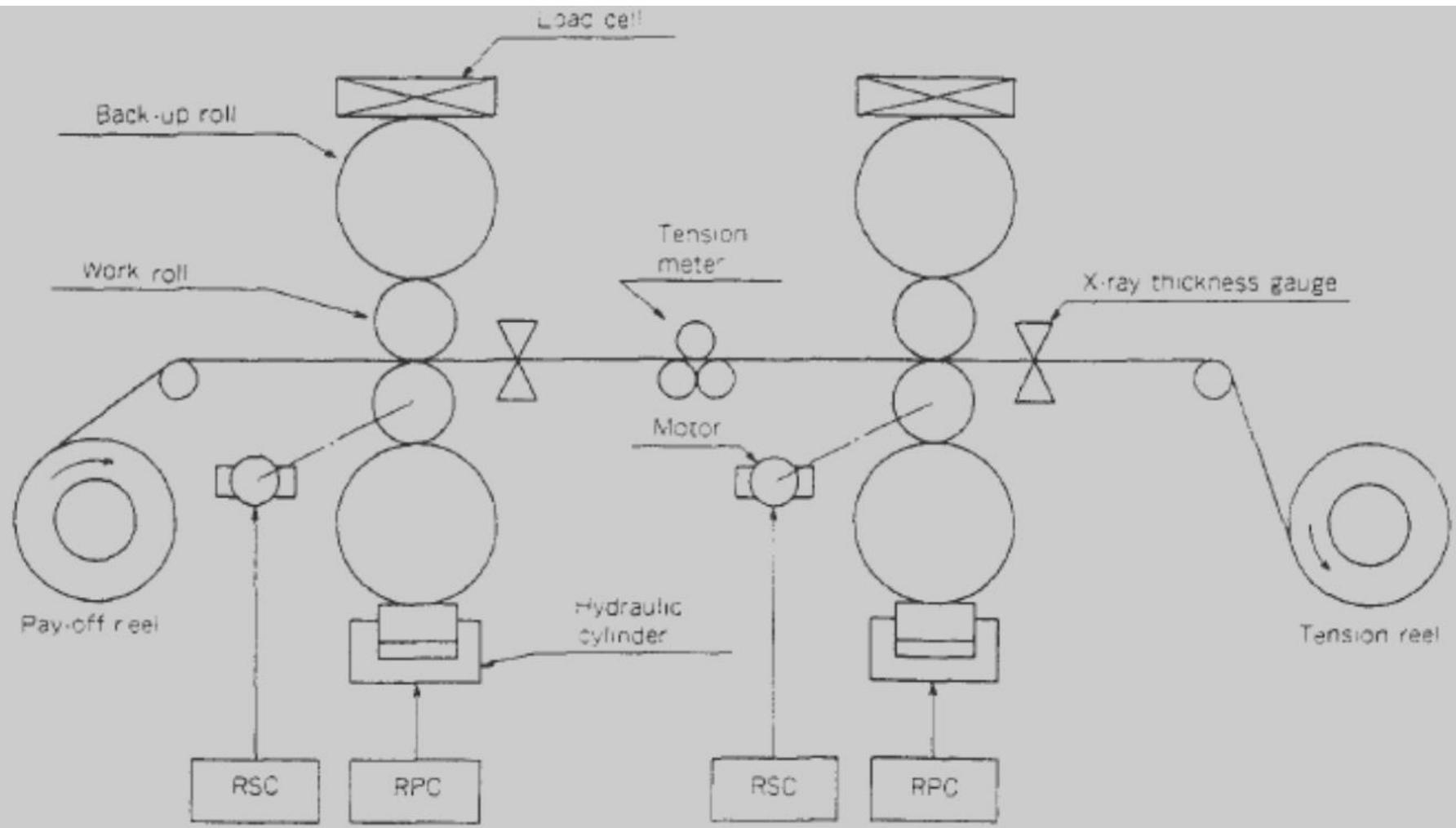
圧延 (Rolling)とは

- 複雑な鉄づくりの最終工程。
- 様々な形状の鉄製品を鋼塊（スラブ）から作る。代表は薄板。
- 熱間と冷間に分かれる。
- 熱間圧延の風景は「ものづくりの華」。
- 多段のタンデムロールを通して連続的に生産。
- 自動車のボディに使う鋼板は厚さ0.8ミリ、これを一分間に約1,500メートルの速度で数ミクロンの精度で生産。
- 製鉄の工程でもっとも自動化が進んでいる。ほとんど無人。

対象はアルミニウム冷間圧延の板厚制御



- タンデムの段数は 2、つまりロールの数は 2 個（鉄は 6）
- ロールが直下にある移動中の板に荷重を加えることにより板が塑性変形を起こし、板厚が減少する。[圧延の原理]
- 板には張力が発生するがロールの速度バランスの不調により変動する。
- **張力が過大になると板が切れる。 → 大事故**
- **アルミは油性の潤滑油を使うので、切れると火災が発生する。**
- 従ってこれまでの板厚制御では**張力一定制御**を採用。
- しかし、張力を大きくすれば板厚を減らすこともできる。
- **張力を板厚制御に使えないか？ → 多変数制御（システム思考）**



RPC : Roll position controller
 RSC : Roll speed controller

FIG. 1. Schematic diagram of the two-stand cold tandem mill.

Multivariable control of aluminum tandem mill

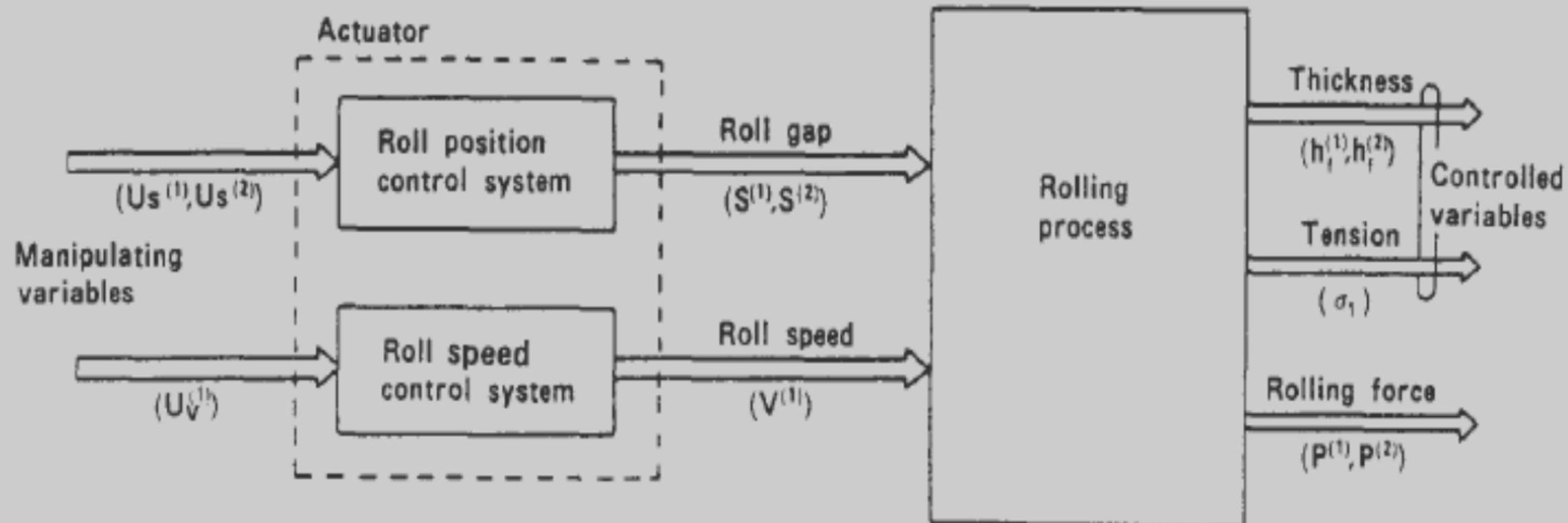


FIG. 2. Input-output relation.

「オブザーバを用いた多変数制御」

- 当時の最先端の制御理論を採用（木村も理論的貢献あり）
- 岡本氏（前住友金属工業オートメーション研究所長）と星野氏をリーダとするチームが実装を担当
- ロール加減速時の「オフゲージ長」を約30%減少させ、定常板厚誤差を約20%減らすことが出来た。
- 実装後、従来の制御方式も使える自由度を残し、その選択は作業班に任せた。
- なかなか新方式を採用する班は現れなかったが、やがてある班が積極的に新方式を採用しはじめ、実装後約半年でほぼ100%新方式に移った。

「しかし・・・」

Observer-based Multivariable Control of the Aluminum Cold Tandem Mill*

IKUYA HOSHINO,[†] YUKIHIRO MAEKAWA,[†] TAKAYUKI FUJIMOTO,[†] HIROSHI KIMURA[†] and HIDENORI KIMURA[‡]

A new thickness control system based on the disturbance estimation observer reduces the thickness variation and increases the productivity of an aluminum rolling mill.

Key Words—Observers; multivariable systems; rolling mills; thickness control; output regulator.

Abstract—Innovation in thickness control of the aluminum cold tandem mill has emerged from an application of modern control theory. Any good control system must deal appropriately with two fundamentals of mill operation: (1) the mutual interaction between strip thickness and interstand tension, and (2) disturbances in the mill environment. In this paper, a synthesis of multivariable control systems for aluminum cold tandem mills is presented based on the theory of output regulation established basically by Wonham and his colleagues (Wonham, 1974, *Linear Multivariable Control—A Geometric Approach*. Springer, New York; Wonham and Pearson, 1974, *SIAM J. Control*, 12, 5–18; Francis and Wonham, 1976, *Automatica*, 12, 457–465). The synthesis procedure is composed of the three major steps. The first one is to improve the response characteristics by state feedback. The second one is to compute the feedforward control input to counterbalance the disturbance. The third one is to implement the feedforward control by feedback control based on the estimation of the disturbance by observer. The obtained system was actually implemented and has been in full commercial operation since 1986, making splendid accomplishments.

1. INTRODUCTION

IMPROVEMENTS in thickness control of cold tandem mills have been motivated by the demand for increasing thickness accuracy, especially for aluminum strip.

Conventional thickness control systems are based on the single input–single output design principle. The rolling process, however, is a typical multivariable system with strong mutual interaction between strip thickness and inter-

stand tension. Consequently, a new design strategy is necessary to overcome the problem of the mutual interaction for the improvement of thickness accuracy. Furthermore, if the material being rolled is relatively soft, the thickness gauge is crucially subject to disturbances such as variation of friction between the roll and strip, etc. Therefore it is required to deal appropriately with the disturbances for the synthesis of the thickness control system in aluminum rolling rather than in steel rolling.

Approaches via the decoupling method (Bryant, 1973; Longmuir, 1974; Edwards, 1978) and optimal regulator theory (Tanuma, 1974; Yamada and Kimura, 1979) have been proposed to solve the problem of interaction. The approach via the decoupling method requires the synthesis of main controllers for thickness and tension control, as well as the synthesis of a precompensator for decoupling. However, there is no systematic method to design the main controllers. In addition, the decoupling method can only be applied for a system which has the same number of inputs and outputs, therefore some outputs of the rolling plant could not be used effectively. The approach via optimal regulator theory results in a complex feedback structure with a great number of feedback loops, which leads to serious difficulty in actual implementation.

With regard to the theoretical treatment of the external signals such as the disturbances, the approach by Wonham and his co-workers possesses a number of attractive features as a design methodology of regulators (Wonham, 1974; Wonham and Pearson, 1974; Francis and Wonham, 1976). The salient features of the design method are as follows.

- (1) The obtained controller has a physically reasonable structure.

* Received 1 December 1986; revised 4 November 1987; revised 10 March 1988; received in final form 21 March 1988. The original version of this paper was presented at the 10th IFAC World Congress which was held in Munich, F. R. G. during July 1987. The Published Proceedings of this IFAC Meeting may be ordered from: Pergamon Press plc, Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BW, England. This paper was recommended for publication in revised form by Associate Editor M. A. Johnson under the direction of Editor H. Austin Spang, III.

[†] Sumitomo Light Metal Ind. Ltd. 3–1–12 Chitose Minato, Nagoya 455, Japan.

[‡] Department of Mechanical Engineering for Computer-Controlled Machinery, Osaka University, 2–1 Yamadaoka Suita 565, Japan.

1990 IFAC (国際自動制御連盟)
優秀論文賞 (年一件) 受賞
中部発明協会より発明賞受賞

**もっとも積極的に新方式を採用していた班の班長が
突然急性胃潰瘍で入院！**

**医師診断： 原因はストレス、
本人：生活上思い当たる節なし**

**張力を使うために現場の張力計が激しく振れる。
これが原因ではないか？との周囲の指摘に本人納得**

張力計の表示を改め、制御方式の理念を説明して一件落着



システム構築における「人間」の重要性

人間重視のシステムを作るべき SICの大きな論題

- 人間が社会の主人公
- しかし人間は実に多様である。性別、年齢、立場、経験、知見、などの差が、「バイアス」となってシステムの要素として人間の取り扱いを困難にする。しかもそれらは外には見えない。
- 人間は基本的にわがままである。協調的ではない。「合意形成」は大変難しい。
- 人間は変わる。社会もそれによって変わる。そのスピードに追いつくシステム構築は容易ではない。アジャイル+進化
- 人間をシステム構築に「参加」させることが必要、スマートシティにおける〈Wikitopia〉の構想（ソニー 竹内雄一郎）

MEMO