

一般財団法人 日本海事協会 海事デジタル化に関するセミナー  
Nov. 30, 2017 Tokyo, Dec. 1, 2017 Kobe

# 造船設計製造のデジタル化と データ活用に関する技術開発

東京大学大学院新領域創成科学研究科

准教授 稗方 和夫

Kazuo Hiekata, Associate Professor,  
Graduate School of Frontier Sciences,  
UTokyo



GLOBAL TEAMWORK LAB

- データ活用のためのシステムズアプローチ
- 製造工程支援のための三次元計測システムとデータ活用事例
  - レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の精度評価システムの開発
  - レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の作業指示システムの開発
  - 展開に向けた取り組み
- システムズアプローチ・デジタル化を推進する人材の育成
  - 東京大学/MIT/海事産業プロジェクト
- まとめ

- ▶ 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
准教授 稗方 和夫

データ活用のためのシステムズアプローチ

- デジタル化技術はその機能や導入箇所が多岐に渡る  
ex.) 船用機器モニタリング、荷役モニタリング、荷役自動化...  
etc

推進器モニタリング構想:

DNV GL Strategic Research & Innovation Position Paper 04-2015.

自動化コンテナターミナル: 名古屋港埠頭株式会社:

<http://www.nptc.co.jp/container/automatedct.html>

- 導入検討にあたって比較評価が難しい
  - 海事産業界のニーズに適した導入検討が必要

- 産業に導入が検討されているデジタル化技術、AI/IoT技術は機能や適用箇所が多種多様
- 導入判断を行うには多くの専門性が必要
- 技術導入によって影響の及ぶサブシステムが多岐に渡ることから過去の経験からの判断は困難
  
- 複雑なオペレーションを含むシステム全体を考慮した意思決定手法が有効  
= システムズアプローチ

# システムズアプローチによるシステム設計

Kazuo Hiekata, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

\*With inspiration from accomplishments by MIT ESD group

## (1) Explore Problem Space and Define Design Space with System Boundary

Focal stakeholders and their value flow are the key output of this phase.

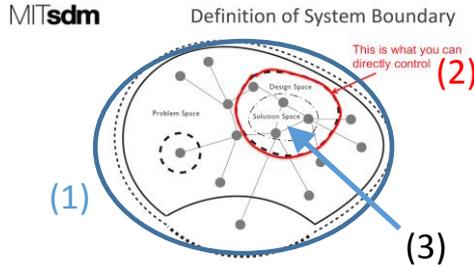
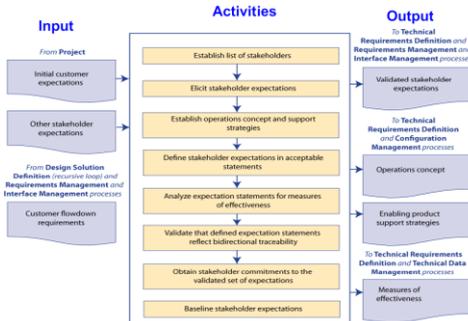
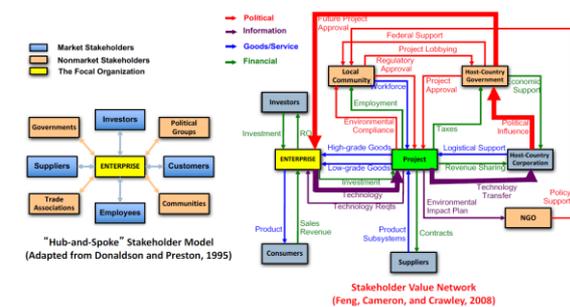


Fig. 5.1, p.99



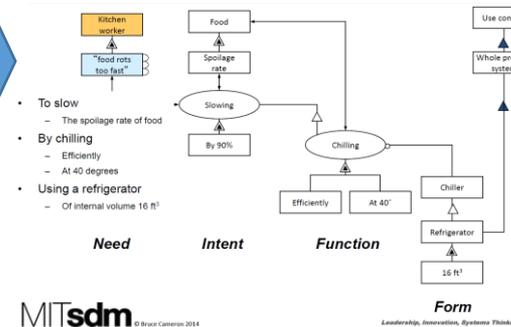
MITsdm

Leadership, Innovation, Systems Thinking



## (2) Comprehensively Search in Design Space

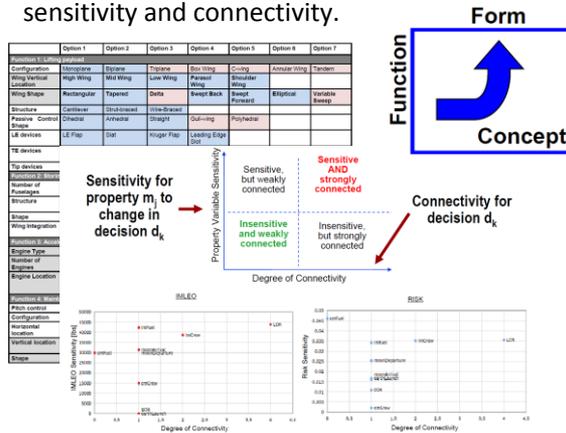
The value of focal stakeholders are clearly stated in OPM or other format, to separate needs, intents, functions and forms.



System Architecture consists of Function Related by Concept to Form.

Identify controllable key architectural decisions from functions and forms, to craft morphological matrix.

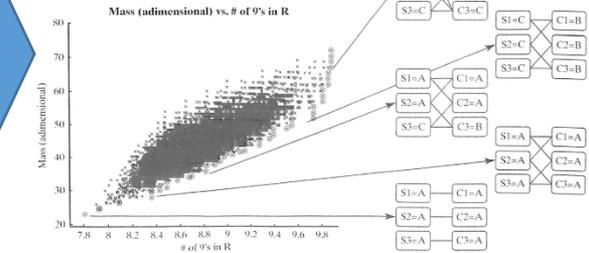
Prioritize architectural decisions based on sensitivity and connectivity.



## (3) Evaluate Solutions in Design Space

Define multiple objective functions based on the needs, intents, functions and forms, and draw pareto front.

Manage Ilities of proposed design



## (4) Generate Innovative Ideas/Frame a Path to Solutions

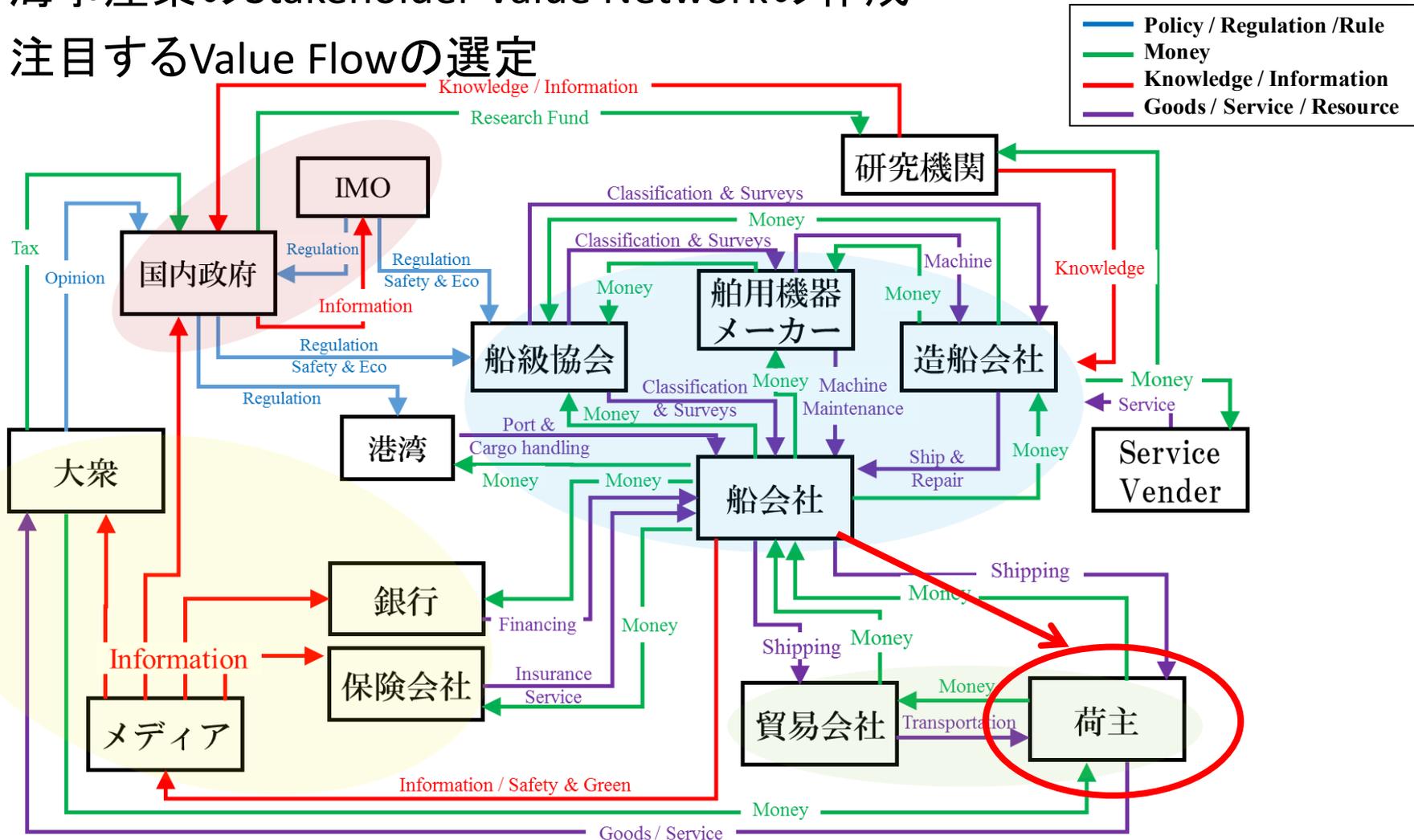
- Identify a better solution satisfying requirements in design space
- Initiate new challenges by identifying architectural decisions increasing the system value with technological enhancement and/or political changes
- Test values of existing practices and on-going actions by applying the framework

# 受益者の選定: Stakeholder Value Network



GLOBAL TEAMWORK LAB

- 海事産業のStakeholder Value Networkの作成
- 注目するValue Flowの選定



# 受益者の期待・サービスシステムの性能とSVN

GLOBAL TEAMWORK LAB



## Expectation for Service

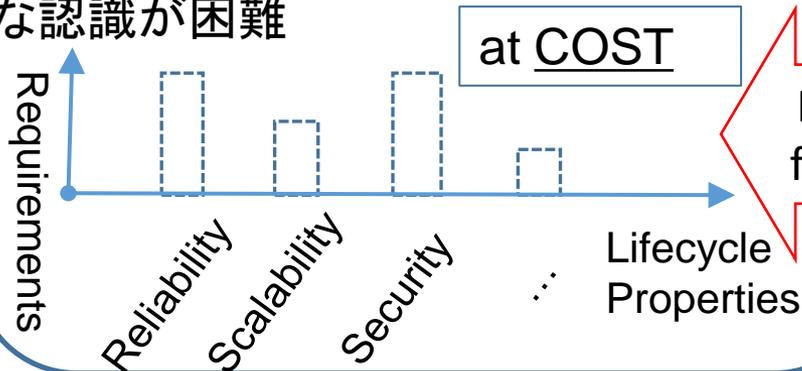
### Goal/機能要件

ユーザーにとっての第一の目的  
例: 貨物を出発地から目的地に移動すること



### Lifecycle Properties/ilities

サービスに付帯する各属性への要求  
主観的・属人的であることもあり明示的な認識が困難



Needs:  
fill gaps

## Service System Performance

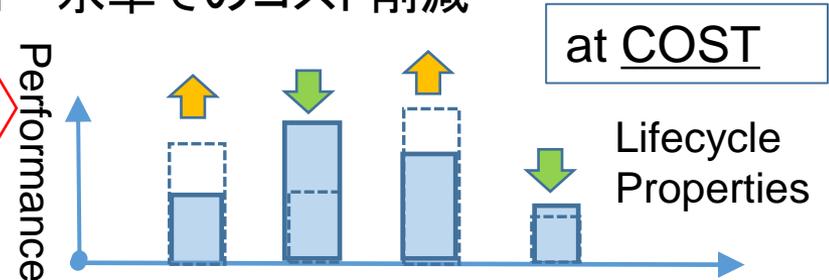
### Architecting

機能(Function)をサブシステム(Form)の組み合わせで実現してGoalを達成



### Engineering

トレードオフ関係にある各属性のパフォーマンスを設計  
同一水準でのコスト削減



# システムアーキテクチャー (Goal)



GLOBAL TEAMWORK LAB

荷主のNeeds/Intent	Lifecycle Properties (ilities)
(Needs)目的地にある貨物があるとビジネス上メリットがある	信頼性
(Intent) 貨物を出発地から目的地に移動したい	定時性
	環境性
	...

エンジニアリング:  
システムの評価軸となるべきLifecycle Propertiesのトレードオフの検討

コンセプト設計:  
FunctionとFormを結ぶ  
Concept決定を含む  
Needsを満たすForm群  
で構成されるシステム

Function	<u>Concept</u>	Form
海上輸送	操船	人間
		人工知能
	浮力	船殻
		水中翼
	推進	主機+プロペラ
	...	

Function		Form
航空輸送	...	

## Morphological Matrix (MM) のイメージ

Concept  
設計項目

Decision	alt A	alt B	alt C	alt D	alt E	alt F	alt G
Number of Crew	3	4	5				
Number of Crew Compartments	1	2					
Number of Propellant Stages	2	3	4				
Prop Type -- Stage 1	LOX/LH2	LOX/LCH4	N2O4/Aerozine-50				
Prop Type -- Stage 2	LOX/LH2	LOX/LCH4	N2O4/Aerozine-50				
Prop Type -- Stage 3	LOX/LH2	LOX/LCH4	N2O4/Aerozine-50	N/A			
Prop Type -- Stage 4	LOX/LH2	LOX/LCH4	N2O4/Aerozine-50	N/A			
Stage / Maneuver Assignments	type A	type B	type C	type D	type E	type F	type G
Moon LV Solution	Ares Iplus / Ares V	Ares Iminus / Ares V	Ares V only				
ISS LV Solution	Ares Iplus	Ares Iminus	Foreign	COTS			

重要な設計  
項目

Willard Lennox Simmons (2008): A Framework for Decision Support in Systems Architecting, Doctoral thesis, Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology.

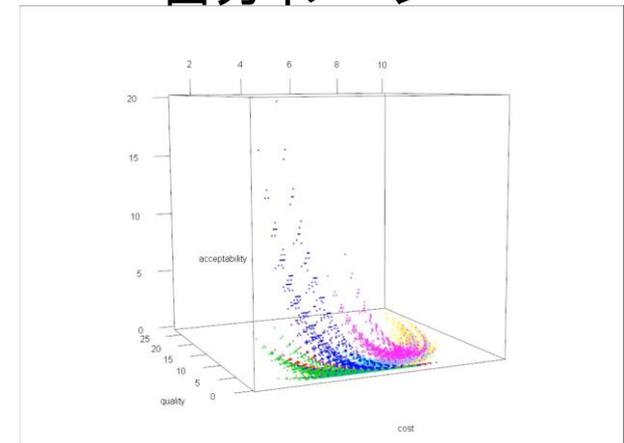


Conceptや不確実性によるLife Cycle Properties (ilities)への影響をモデルにより評価

専門性は全体の意思決定ではなく専門領域内のモデル構築に貢献

Life Cycle Properties (ilities)間のトレードオフの可視化による合意形成

出カイメージ



- 専門性は全体の意思決定ではなく作成されるダイアグラムや専門領域内のモデル構築に貢献
- モデリングには正解がなく、多様な視点が必須
- 受益者のニーズ充足への影響が大きい要素の適切なモデル化が重要
- すべてのチームメンバーによる貢献とチーム作業での合意形成が有効



- ▶ 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
准教授 稗方 和夫
- ▶ 東京大学大学院工学系研究科  
助教 満行 泰河

## 製造工程支援のための三次元計測システム とデータ活用事例

レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の精度評価システムの開発

レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の作業指示システムの開発

展開に向けた取り組み

## 曲がり外板

- 船の外殻を構成する鋼板の総称
- 2つの曲げ工程を経て成形
  - ✓ 機械曲げ: プレス機やローラーベンダー
  - ✓ 加熱曲げ: ガス加熱と冷却を組み合わせた“ぎょう鉄”
- 工作時の意思決定指標には、**木型**が用いられる

- 外板ごとに新しい木型を作成する必要がある
  - 船舶は一品受注生産
- “ぎょう鉄”は作業員の経験と技術に大きく依存する職人技
  - 明確な指標がなく、標準化がされていない
  - 同じ板でも職人によって、加工方法が異なる
- 品質にバラツキがあり、手戻りが発生するケースも存在

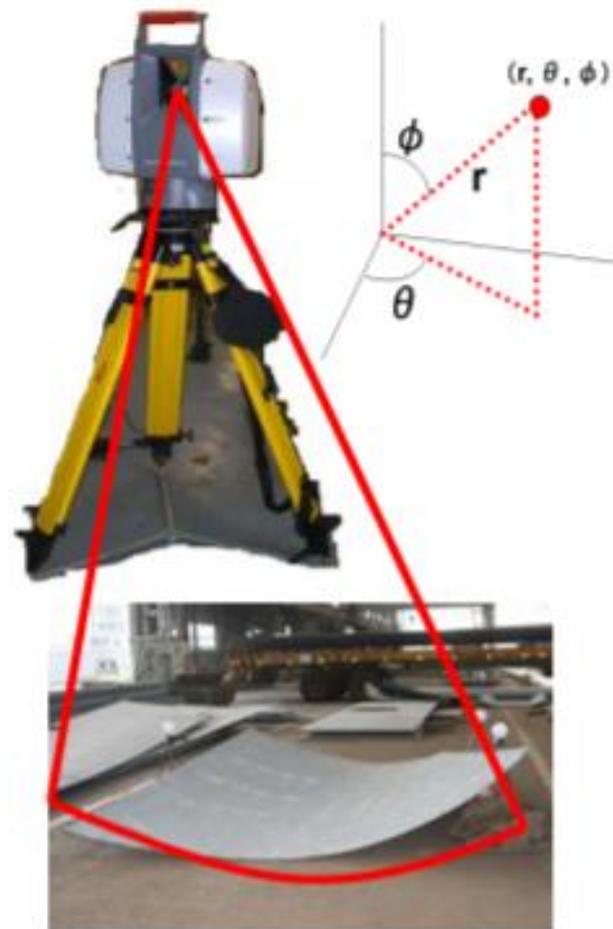
## 全自動化に向けた研究

- FEMを活用し、事前に加熱箇所や加熱量を算出する
- 大型設備によるぎょう鉄作業の代替
- 適用可能種類や完成度に限界があり、実用化まで至っていない

[1] Jungseo Park et al. : Automated thermal forming of curved plates in shipbuilding : system development and validation, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol.29, No.10, pp.1128 - 1145, 2016.

[2] 丹後ら: 船体曲がり外板の全自動曲げ加工システム (IHIMU- $\alpha$ ), 日本機械学会誌, Vol.116, No.1134, pp.299-,2013.

- 一度に大量の点が計測可能
- 測定対象物とセンサ間の距離をレーザーが往復する時間の計測により距離( $r$ )を求め、それに照射方向の情報( $\theta, \phi$ )を加えて位置座標を決定する
  - 位相差方式
  - Time of flight



- レーザスキャナを活用した船体曲がり外板の製造支援システムの開発

## 活動内容の紹介

- 曲がり外板工作精度評価システム
- 曲がり外板工作作業指示システム

- ▶ 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
准教授 稗方 和夫
- ▶ 東京大学大学院工学系研究科  
助教 満行 泰河

## 製造工程支援のための三次元計測システム とデータ活用事例

レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の精度評価シス  
テムの開発

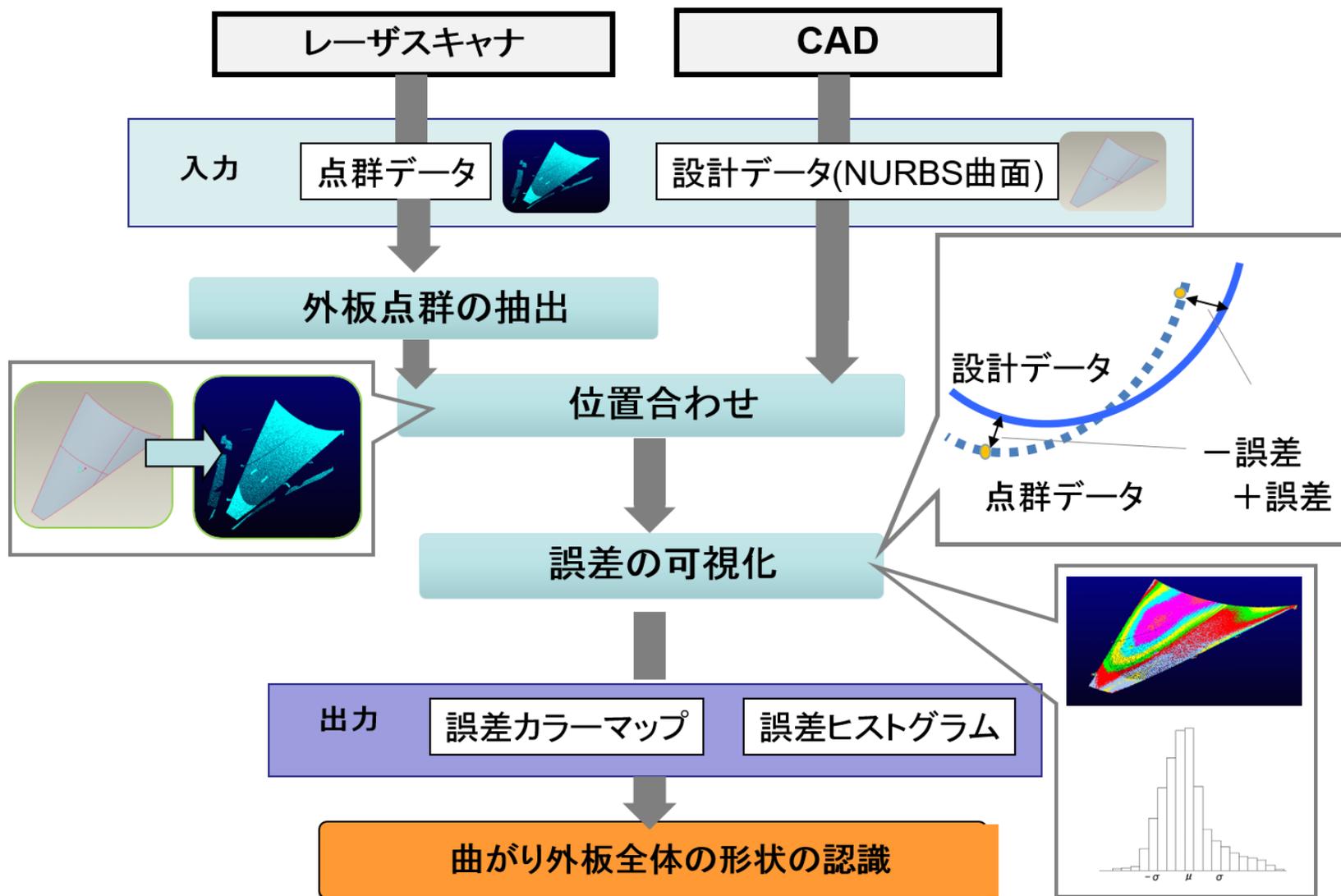
レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の作業指示シス  
テムの開発

展開に向けた取り組み

# システムの概要

ClassNK  
R&D PROJECT

本研究開発は、東京大学、住友重機械マリンエンジニアリング、日本海事協会との共同研究体制により研究を実施すると共に、日本海事協会の研究支援を受けて実施しました。



# 外板点群の抽出



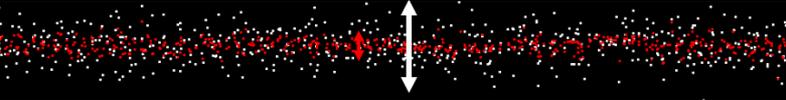
三次元計測して得られるデータ

- 真の値を基準としたバラつき
- 計測ノイズ、データの欠損



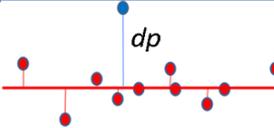
バラつき、ノイズを考慮したうえで  
外板を構成する点群のみを抽出する必要性

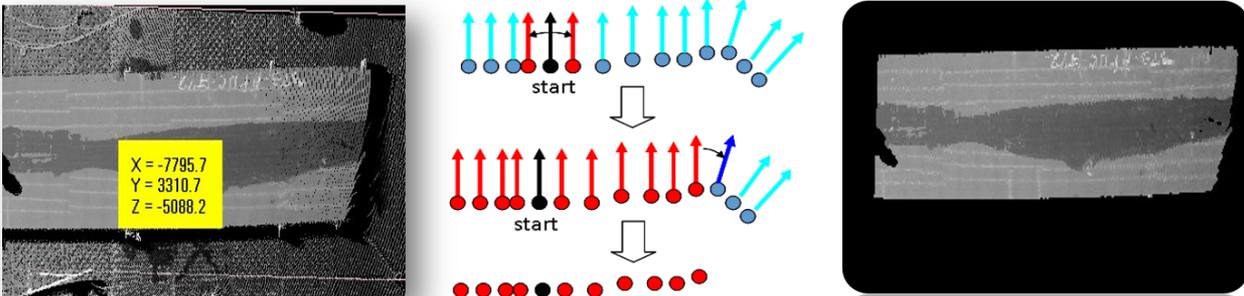
- 平滑化
  - Basic Moving Least Square \*



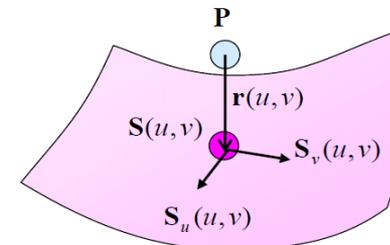
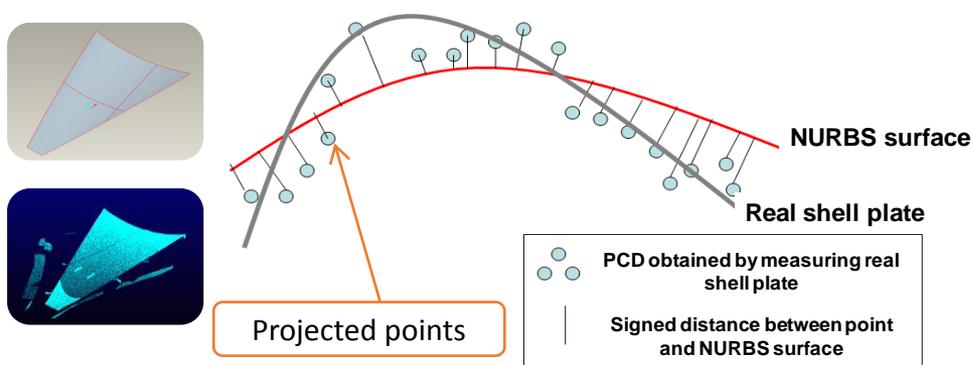
:Smoothed point

- 外れ値の除去\*\*
  - 局所最小二乗平面からの距離を利用





1. 開始点指定      2. 法線の比較      3. 可能な限り領域を拡大



$$r(u, v) = S(u, v) - P \quad (1)$$

$$g(u, v) = r(u, v) \cdot S_v(u, v) = 0 \quad (2)$$

$$f(u, v) = r(u, v) \cdot S_u(u, v) = 0 \quad (3)$$

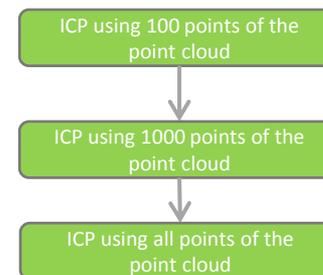
- P: point,
- S: surface function,
- r: projection vector

## ICP アルゴリズム

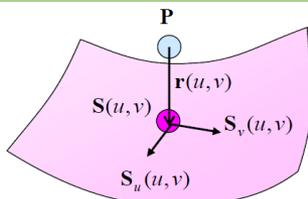
- 設計データに点を投影
- 目標点群を移動させて目標点群とデザイン点群の距離を短縮
- 投影と移動操作を繰り返し、距離を短縮

## 階層化ICP アルゴリズム

位置合わせの精度を減少させずに、計算時間を短くする



## 誤差の計算方法 点とNURBS曲面間の符号付



$$f(u, v) = \mathbf{r}(u, v) \cdot \mathbf{S}_u(u, v) = 0$$

$$g(u, v) = \mathbf{r}(u, v) \cdot \mathbf{S}_v(u, v) = 0$$

$$\mathbf{r}(u, v) = \mathbf{S}(u, v) - \mathbf{P}$$

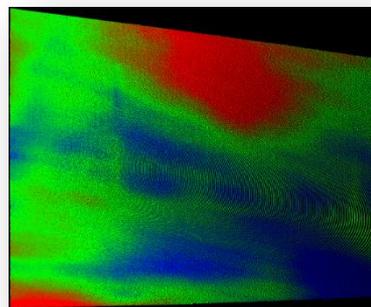
$$\delta_i = \begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{i+1} - u_i \\ v_{i+1} - v_i \end{bmatrix}$$

$$J_i = \begin{bmatrix} f_u & f_v \\ g_u & g_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |\mathbf{S}_u|^2 + \mathbf{r} \cdot \mathbf{S}_{uu} & \mathbf{S}_u \cdot \mathbf{S}_v + \mathbf{r} \cdot \mathbf{S}_{uv} \\ \mathbf{S}_u \cdot \mathbf{S}_v + \mathbf{r} \cdot \mathbf{S}_{uv} & |\mathbf{S}_v|^2 + \mathbf{r} \cdot \mathbf{S}_{vv} \end{bmatrix}$$

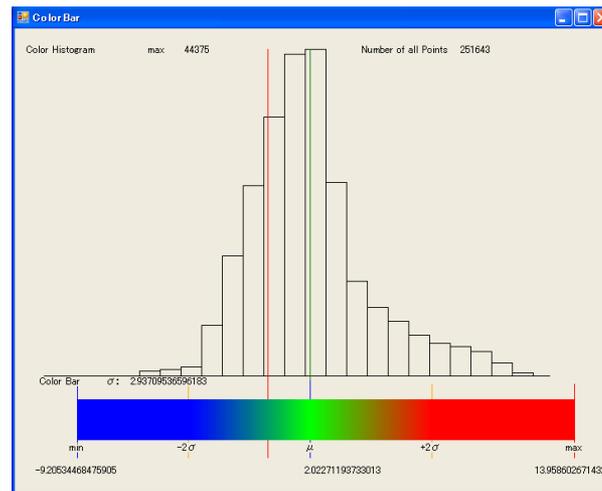
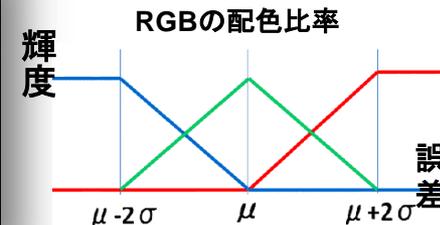
$$\kappa_i = - \begin{bmatrix} f(u_i, v_i) \\ g(u_i, v_i) \end{bmatrix}$$

$$J_i \delta_i = \kappa_i \quad \text{-(1)}$$

- ニュートン法により  $\mathbf{r}$  を求める。
- 式(1)を解き、逐次最適解に近づける。  
[The NURBS book]



誤差カラーマップ



誤差ヒストグラム表示

# 造船所への導入



GLOBAL TEAMWORK LAB

## 駆動システム・データ計測の流れ

計測対象となる板を事前に入力



モータ駆動により、レーザスキャナを移動



曲がり形状を計測



PCにて照合処理



照合結果をモニターへ転送、  
現場へフィードバック

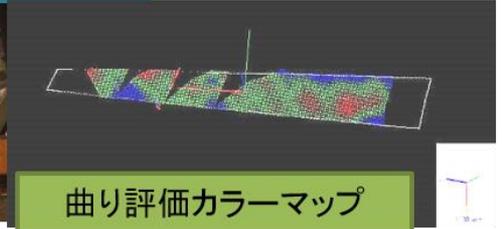


モニターにPC画面を表示

点群により曲がりの過不足位置を確認



ヒストグラムにより目標まであと何mm程度か確認



曲り評価カラーマップ



線状加熱作業前後データ比較により、曲り量と入熱の因果関係を定量的に計測する

⇒リアルタイム作業指示のためのバックデータ蓄積

# システム導入の効果

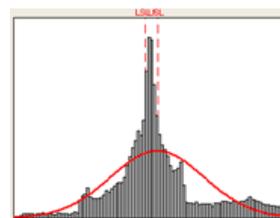
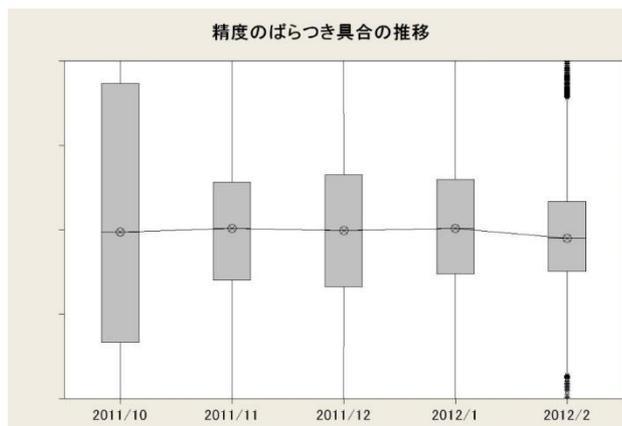


実験内容:

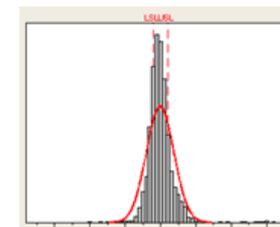
工作後の曲がり外板を計測して評価した結果を、熟練作業員にフィードバックすることで、必要に応じて再度焼き直しを行う工程を四半期間行う。

結果:

導入後、許容値を下回る割合が増えた。  
また、精度のばらつき範囲も小さくなった。



11月中旬



2月末

- ▶ 東京大学大学院工学系研究科  
助教 満行 泰河
- ▶ 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
准教授 稗方 和夫

## 製造工程支援のための三次元計測システム とデータ活用事例

レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の精度評価システムの開発

レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の作業指示システムの開発

展開に向けた取り組み

# 「精度評価」から「作業指示」へ



GLOBAL TEAMWORK LAB

- 曲がり外板工作精度評価システムは品質向上を実現することが可能であるが、熟練者の勘と経験・技能に頼ったぎょう鉄作業の現状を改善することはできない
- レーザスキャナを用いて作業指示（加熱箇所）まで自動で行うことができないか？

本研究開発は、平成29年度 国土交通省「先進船舶・造船技術研究開発費補助事業（革新的造船技術研究開発）」の支援対象事業の採択課題です。

# ぎょう鉄における現状の加熱箇所を検討



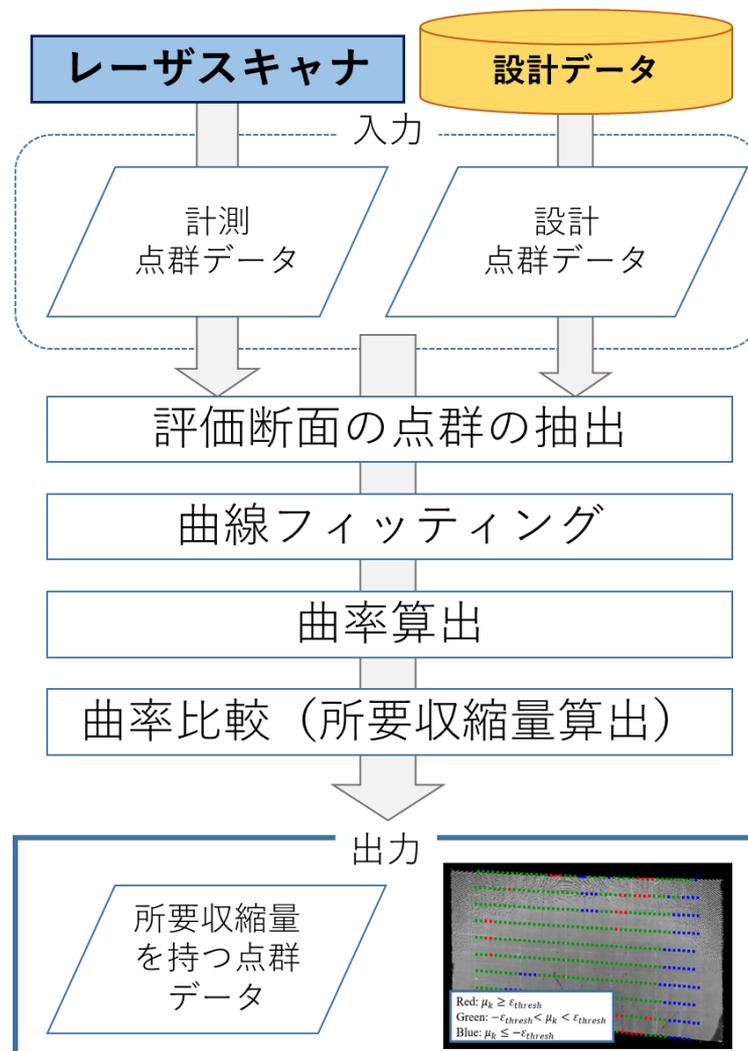
GLOBAL TEAMWORK LAB

- 設計データ上で定義されている外板上の線（フレーム線）が、設計データと現在の曲がり外板で一致しているかを木型で確認している

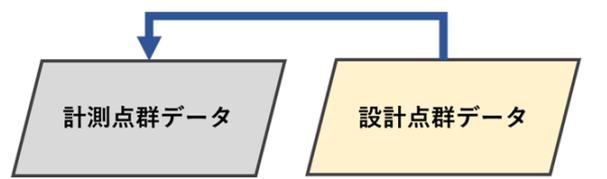
# 曲率誤差算出システム



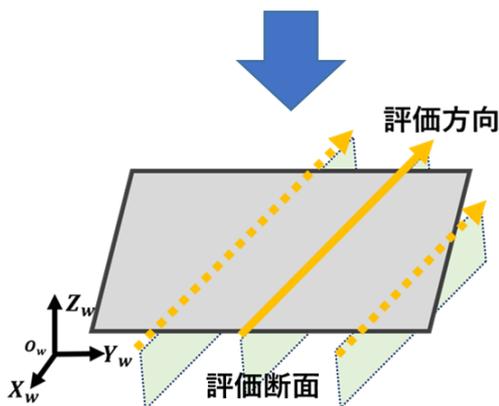
- 入力
  - スキャナで取得した計測点群データ
  - 設計点群データ(曲面から作成)
- 処理
  - 外板の任意方向の曲率を算出し、設計形状のものと比較する。
- 出力
  - 曲率誤差情報を持つ色付き点群



# 評価断面の点群の抽出



① ICPアルゴリズムを用いた重ね合わせ

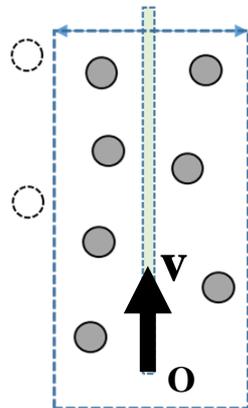


② 評価方向・断面の決定

断面は、一定間隔で板の法線を含む

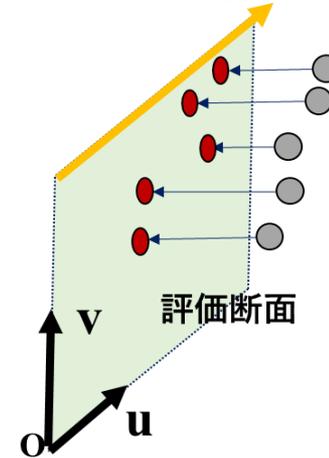
計測点群・設計点群両方に適用し、  
対応する点群をそれぞれ抽出する。

評価断面



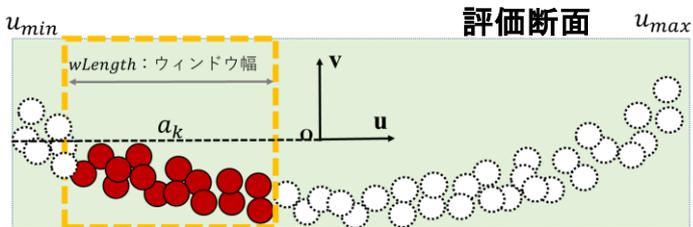
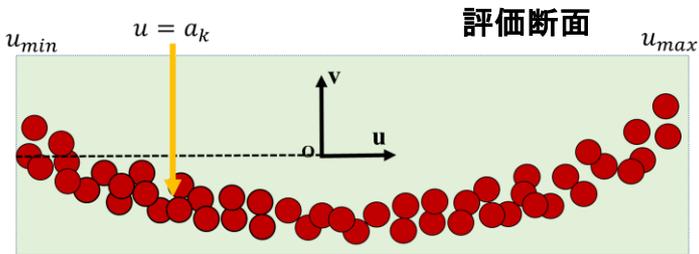
③ 各断面から  
一定距離以下の点を抽出

評価方向



④ 抽出した点を各断面に射影

# 曲線フィッティングと曲率算出



$$Q_k^m = \{q_0, q_1, \dots, q_{m-1}\}$$

フィッティング →  $F_k(u) = A_k u^3 + B_k u^2 + C_k u + D_k$

評価を行う点  $u = a_k$  (評価点) における曲率を算出するために、近傍点群を用いて曲線フィッティングを適用。

- ① 以下に示す区間(ウィンドウ)に含まれる点を抽出

$$a_k - \frac{wLength}{2} \leq u < a_k + \frac{wLength}{2}$$

- ② 最小二乗法を用いて3次曲線をフィッティング

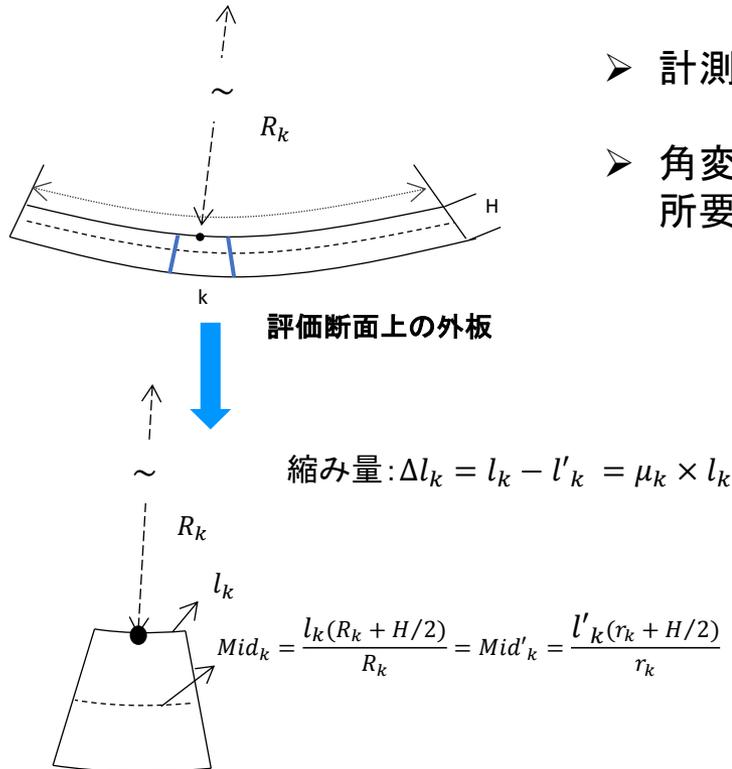
- ③ 曲率半径を以下の式に従って算出する。

$$R_k = \frac{(1 + f'(a)^2)^{3/2}}{|f''(a)|}$$

- ④ 以上を  $k = 1, 2 \dots N$  で繰り返す

$$\begin{cases} a_k = a_{k-1} + interval & k = 1, 2, 3 \dots N \\ a_1 = u_{min} + \frac{wLength}{2}, & a_n \leq u_{max} < a_{n+1} \end{cases}$$

- 計測データの曲率と設計データの曲率を比較し、誤差を算出する
- 角変形を簡単にモデル化することによって算出される  
所要収縮量 $\mu_k$ をベンチマークとして、誤差を指標化する[1]  
(所要収縮量: 単位長さ当たり要求される縮み長さの割合)



$$\mu_k = \frac{(R_k - r_k) \times H/2}{R_k \times (r_k + H/2)}$$

$R_k$ : 計測データから算出したk番目の評価点の曲率半径  
 $r_k$ : 設計データから算出したk番目の評価点の曲率半径  
 $H$ : 板の厚さ



$\mu_k > \varepsilon_{thresh}$  : 曲げ不足 → 赤  
 $\mu_k < -\varepsilon_{thresh}$  : 曲げ超過 → 青  
 それ以外 : 問題なし → 緑

図: 所要収縮量のイメージ  
 (Sunらの図を一部修正して作成)[1]

[1] Sun et al., 2014

## ➤ 目的

開発した曲率誤差算出システムを現場に適用し、その挙動を確認する。

## ➤ 実験方法

作業員による加熱作業を行う前後の外板をレーザスキャナで計測する。  
そしてシステムを用いてフレーム方向の曲率および曲率誤差を算出し、その変化を確認する。

表1: 対象外板の特性

板の種類	椀型(ガウス曲率が正)
縦方向長さ	約 3,000 mm
横方向長さ	約 9,000 mm

表2: システムの設定値

ウィンドウ幅	1000 mm
評価点の間隔	100 mm
曲率の評価方向	フレーム線と同様
曲率の評価位置	フレーム線と同様

# 結果:加熱前後の比較

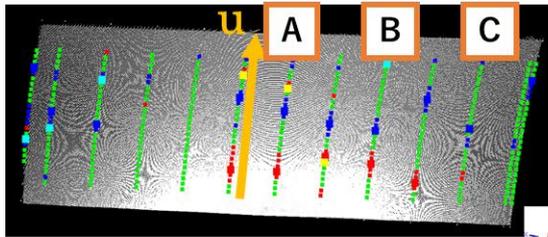


図1:加熱前の所要収縮量カラーマップ

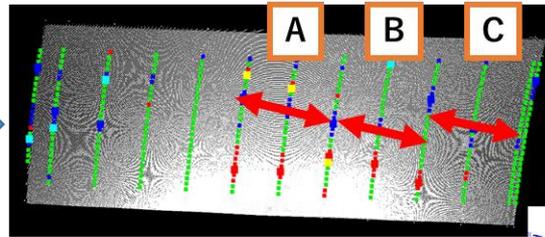


図2:加熱箇所

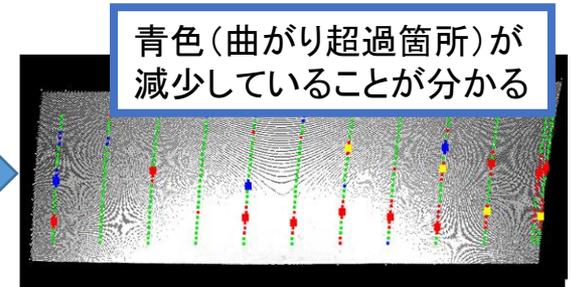
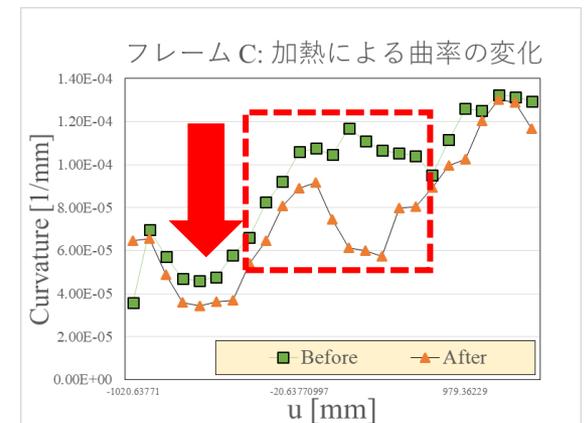
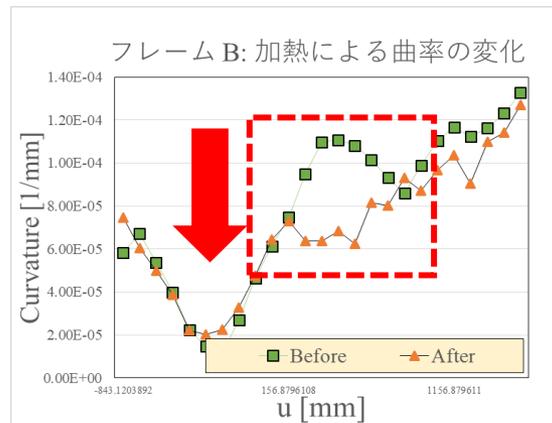
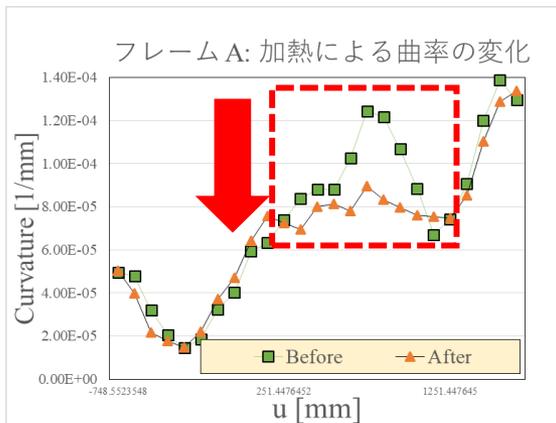


図3:加熱後の所要収縮量カラーマップ



- 加熱箇所の曲率変化をシステムが捉えられることを確認した
- 木型との比較も行い、このシステムの妥当性を確認できた

加熱箇所の指示の出し方については、今後の検討課題である

- どこを優先的に加熱するべきか、同時にいくつの指示を出すべきかなど

- ▶ 東京大学大学院工学系研究科  
助教 満行 泰河
- ▶ 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
准教授 稗方 和夫

## 製造工程支援のための三次元計測システム とデータ活用事例

レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の精度評価システムの開発

レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の作業指示システムの開発

展開に向けた取り組み

# レーザスキャナを用いた曲がり外板工作の 目指すべき姿

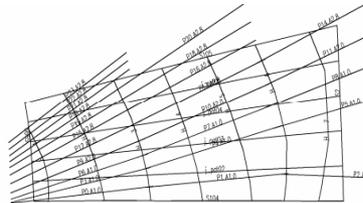


GLOBAL TEAMWORK LAB

- 「精度評価」から「作業指示」へ
- プレス加工作業への展開

## プレス加工作業の高度化

- リアルプレス線の算出
- プレス機器の高度化(可変荷重, etc)
- 3次元計測と精度情報可視化に基づくフィードバック

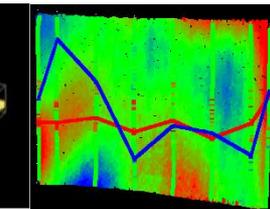
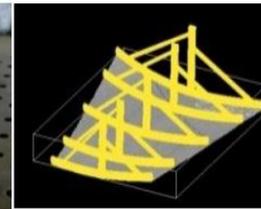
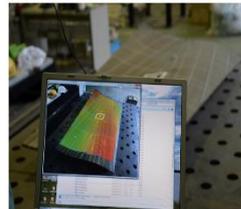


冷間加工で可能な限り最終形状に近づけることで、**工数の大幅削減**を実現する

冷間加工

## 非熟練者による焼き曲げ作業の実現

- 3次元計測による現状把握と作業指示
- 木型計測のバーチャル化
- AR・プロジェクションマッピングによる作業指示提示



後工程で手戻りが発生しないように工作精度を担保し、**外板の品質保証**を実現する

熱間加工

本研究開発は、平成29年度 国土交通省「先進船舶・造船技術研究開発費補助事業(革新的造船技術研究開発)」の支援対象事業の採択課題です。

曲がり外板加工工程の支援のため、インタフェースとしてプロジェクトを用いた加工精度情報のプロジェクトマッピング (Spatial Augmented Reality) のシステムの設計

- 第一の機能: 作業員に工作精度情報を伝えること
- 考慮すべきライフサイクルプロパティ(性能)
  1. Quality : 情報伝達の精度
  2. Usability / Operability : 運用時の負担や手間・時間
  3. Flexibility : 環境依存性や他工程との関係
- 設計項目によるトレードオフが発生する性能評価指標
  - ✓ 投影の精度
  - ✓ 作業員への肉体的・精神的負担
  - ✓ 投影までの時間
  - ✓ 発生する環境的制約

etc...

# プロジェクトマッピングシステムの設計項目表



GLOBAL TEAMWORK LAB

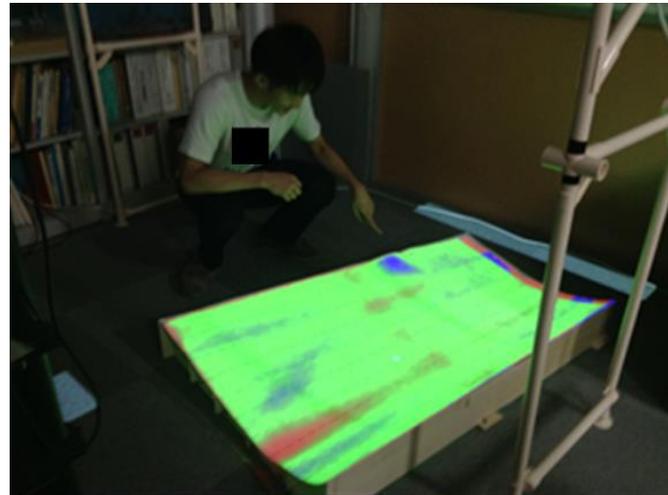
Decision	Alternatives			
入力する3D情報	設計形状	現在形状		
プロジェクタと計測器の相対位置	可変	固定	自動制御	スキャナなし
設備の可動性・可搬性	固定	可動(手動)	可動(自動)	
装置のモジュール性	完全モジュール化	半モジュール化	非モジュール化	
プロジェクタの個数	1つ	2つ以上		
プロジェクタの種類	レーザ光(複数色)	レーザ光(単色)	ランプ光(複数色)	

# 設計案1 投影精度重視



GLOBAL TEAMWORK LAB

Decision	Alternatives			
入力する3D情報	設計形状	現在形状		
プロジェクタとスキャナの 相対位置	可変	固定	自動制御	スキャナなし
設備の可動性・可搬性	固定	可動(手動)	可動(自動)	
装置のモジュール性	完全モジュール化	半モジュール化	非モジュール化	
プロジェクタの個数	1つ	2つ以上		
プロジェクタの種類	レーザ光(複数色)	レーザ光(単色)	ランプ光(複数色)	



画像出典) Kazuo Hiekata, Taiga Mitsuyuki, Masakazu Enomoto, Kota Okada and Yoshiyuki Furukawa. Spatial Augmented Reality for Manufacturing Information of Curved Shell Plates, Proc. of the 18th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, Vol.2, pp.115-120, 2017.

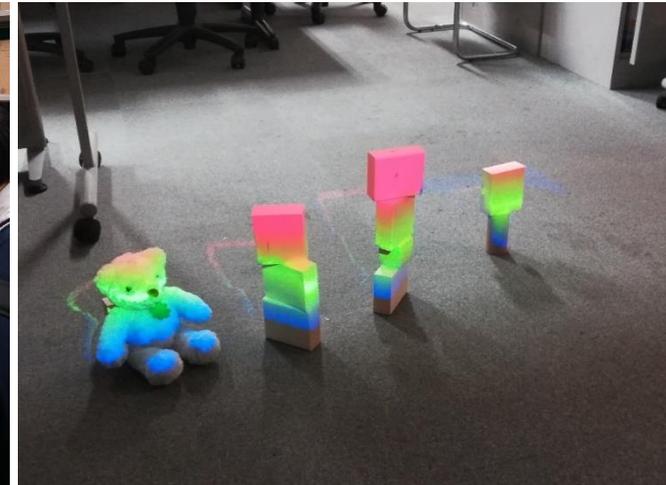
# 設計案2 可搬性重視



GLOBAL TEAMWORK LAB



Decision	Alternatives			
入力する3D情報	設計形状	現在形状		
プロジェクタとスキャナの の相対位置	可変	固定	自動制御	スキャナなし
設備の可動性・可搬性	固定	可動(手動)	可動(自動)	
装置のモジュール性	完全モジュール化	半モジュール化	非モジュール化	
プロジェクタの個数	1つ	2つ以上		
プロジェクタの種類	レーザ光(複数色)	レーザ光(単色)	ランプ光(複数色)	



# 設計案3 投影精度重視



Decision	Alternatives			
入力する3D情報	設計形状	現在形状		
プロジェクタとスキャナの相対位置	可変	固定	自動制御	スキャナなし
設備の可動性・可搬性	固定	可動(手動)	可動(自動)	
装置のモジュール性	完全モジュール化	半モジュール化	非モジュール化	
プロジェクタの個数	1つ	2つ以上		
プロジェクタの種類	レーザ光(複数色)	レーザ光(単色)	ランプ光(複数色)	

出典) Ashish Doshi, Ross T. Smith, Bruce H. Thomas, Con Bouras. Use of projector based augmented reality to improve manual spot-welding precision and accuracy for automotive manufacturing, Int J Adv Manuf Technol, Vol.89, issue 5 – 8, pp.1279-1293, 2017.

# 製造工程支援のための三次元計測システムとデータ活用事例のまとめ



GLOBAL TEAMWORK LAB

- レーザスキャナを活用した船体曲がり外板の製造支援システムの研究開発に関する紹介を行った
  - 曲がり外板工作精度評価システム
  - 曲がり外板工作作業指示システム
- システムズアプローチを活用して、プロジェクションシステムの設計検討を行った

- ▶ 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
准教授 稗方 和夫

システムズアプローチ・デジタル化を推進  
する人材の育成  
東京大学/MIT/海事産業プロジェクト

Global Teamwork Lab (GTL) is a community for researchers, who work on solving complex sociotechnical problems and focus on systems

- Systems Approach
- Systems thinking
- Sociotechnical system
- Large complex system
- Teams of teams working on system of systems
- Teamwork across boundaries

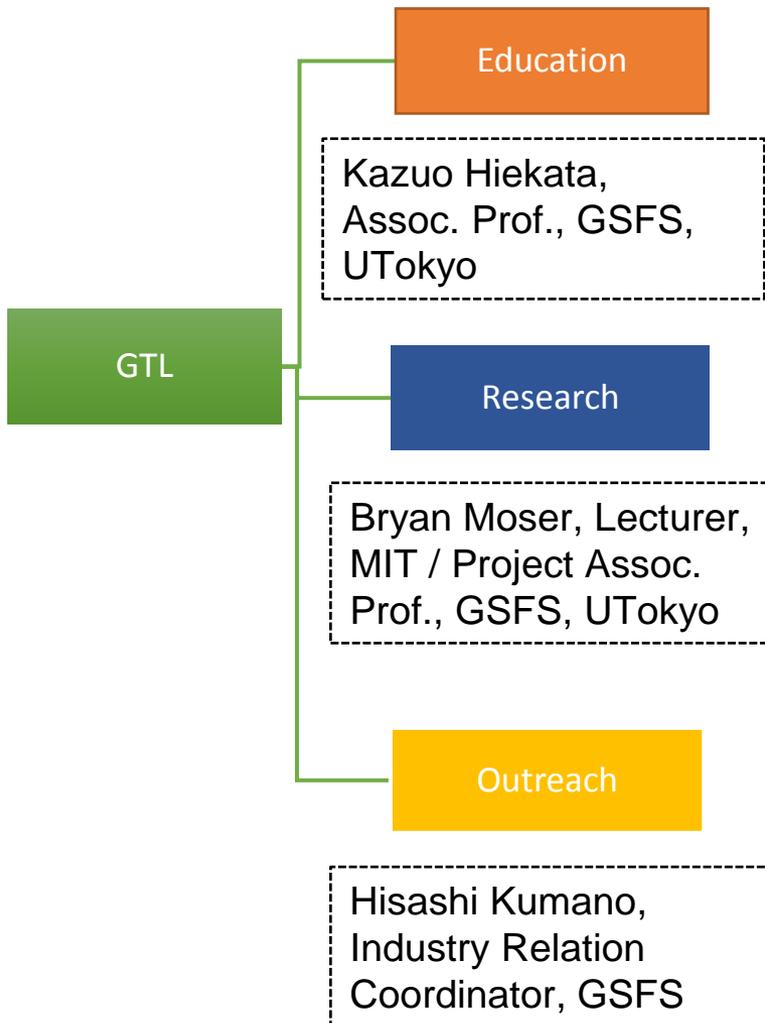
GTLとは、以下のアプローチでの大規模複雑システムの課題解決に興味を持つ、東京大学、MIT、産業界の研究者コミュニティ

- システムズアプローチ
- システムズシンキング
- ソシオテクニカルシステム
- 大規模複雑システム
- システムオブシステムズ
- チームオブチームス
- 領域横断型チームによるチームワーク

- The world is changing rapidly and problems are becoming more and more complex
- Teamwork across boundaries is crucial to solve these problems
- The methodology to realize transdisciplinary research is not matured
- 企業と社会にとって重要な課題の多くは、課題を取り巻く技術・社会システム（ソシオテクニカルシステム）の複雑化と大規模化が急速に進んでいるために、特定分野の専門家の能力だけでは解決が困難
- 領域横断的に解決策を検討するための方法論の未成熟

- “Transformation of companies, industry domains and society,” and “Demonstration of transdisciplinary teamwork with great performance”
  - The transformation enables model-based, scientific and rational decision makings in system of systems by team of expert teams
  - Transdisciplinary teamwork with great performance has potentials to solve critical problems of large complex sociotechnical system of systems
- 「企業、産業ドメイン、社会の**変革**」と「**領域横断型のハイパフォーマンス課題解決チームワークの具現化**」
  - モデルベースの科学的かつ合理的な意思決定を行うことのできる組織への**変革**
  - 大規模かつ複雑なソシオテクニカルシステムオブシステムズの課題を解決できる**領域横断型のハイパフォーマンスチームワークの具現化**

## 3つの戦略的活動と産学連携による組織変革の加速

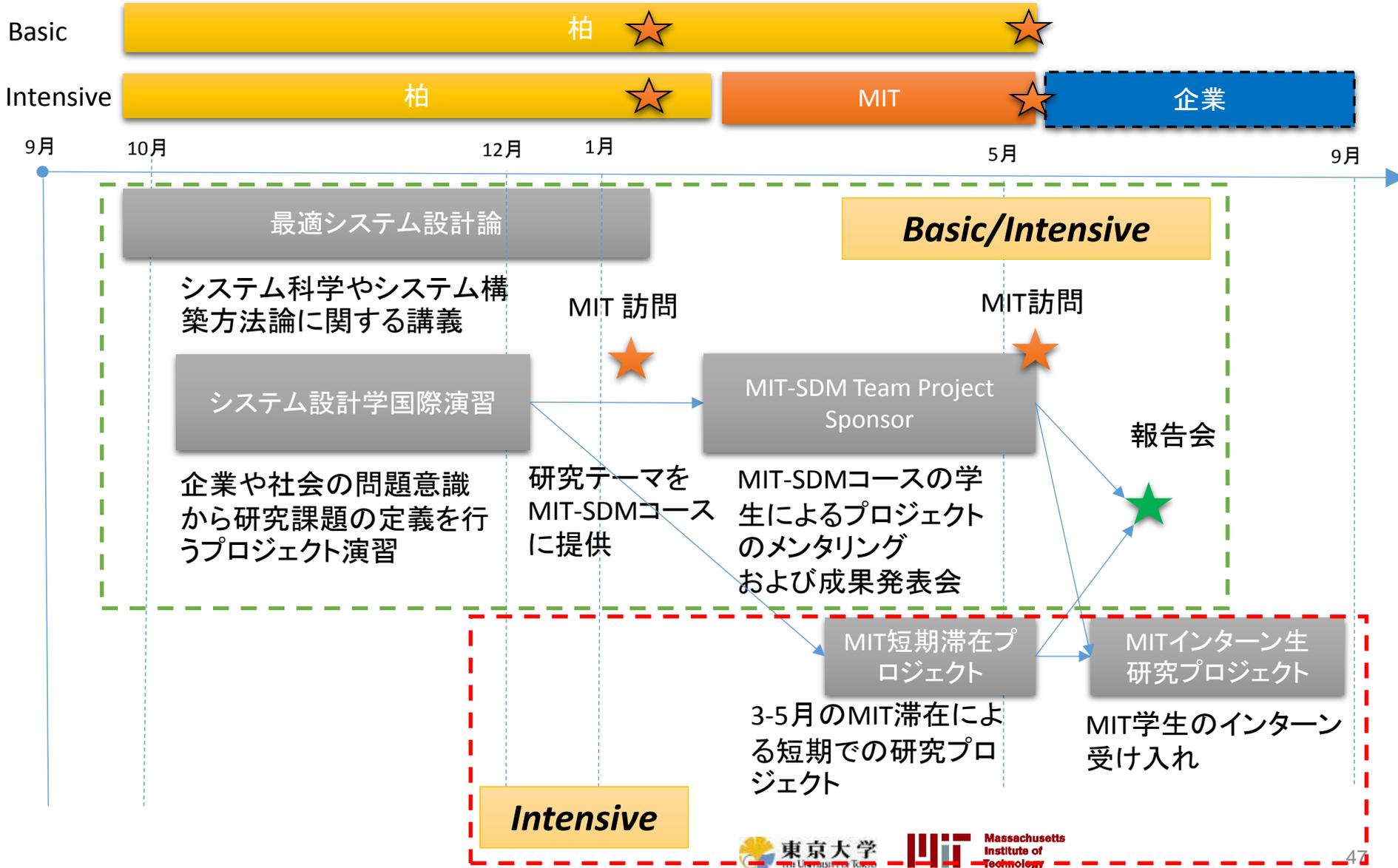


- モデルベースのシステムズアプローチによる意思決定手法を習得することで、経験や標準に基づいた意思決定から、システムとしてのダイナミクスの理解に基づいた意思決定の可能な人材の育成、教育活動に参加した人材をコアとした組織への展開
- 大規模複雑システム・ソシオテクニカルシステムにおける業際・学際的なチームのダイナミクスのより深い理解による組織変革の加速、研究成果の活用による教育内容の先進性の確保
- 先端的な環境での領域横断型チームワーク経験やGTLの研究成果へのアクセス機会を通じた、システムオブシステムズの考え方の個人から組織への展開、GTLのブランド確立を通じた社会へのインパクト創出による組織変革の推進

# 社会人教育プログラム概要



GLOBAL TEAMWORK LAB



- ▶ 東京大学大学院新領域創成科学研究科  
准教授 稗方 和夫

まとめ

- 造船業のデジタル化に向けて、海事産業のどのプロセスに、どのようにAIやIoTといった先端技術を導入すべきか、システムズアプローチはその意思決定に有効である
- 製造工程支援のための三次元計測システムについて、レーザスキャナを用いた船体曲がり外板の製造支援と展開に向けた設計事例について述べた
- 学術と実業の間にあるシステムズアプローチを深め、その適用であるデジタル化やデータ活用の事例を推進するため、産業界からのご支援を賜ることができましたら幸いです