

転載不可

自動車メタリック塗装のイメージング観察

ダイハツ工業株式会社
生産技術部技術企画室
中山 泰

本日のご報告内容

- 1 ダイハツ工業のご紹介
- 2 背景と目的
- 3 現状分析
- 4 目標
- 5 実施事項
- 6 結果・まとめ

1 ダイハツ工業のご紹介

第6回SPRing-8先端利用技術ワークショップ/
AichiSRシンクロトロン光利用者研究会

- ・ 社名 ダイハツ工業株式会社
- ・ 創業 明治40年（1907年）3月1日
- ・ 代表者 代表取締役社長 三井 正則
- ・ 主な業務 自動車製造・販売
- ・ 資本金 284億円
- ・ 従業員数 12,454名（2016年4月1日時点）
- ・ 売上台数 国内：597千台（2015年度）
- ・ 軽シェア 32.3% 1位（2015年度）

2016/1 トヨタ自動車とダイハツ工業、両ブランドで小型車事業強化

2016/1 トヨタ自動車によるダイハツ工業株式交換による完全子会社化発表

2016/7 ダイハツ工業上場廃止

2016/8 トヨタ自動車によるダイハツ工業株式交換により完全子会社化

2016/10 トヨタ自動車とダイハツ工業、新興国小型車カンパニー設置に着手

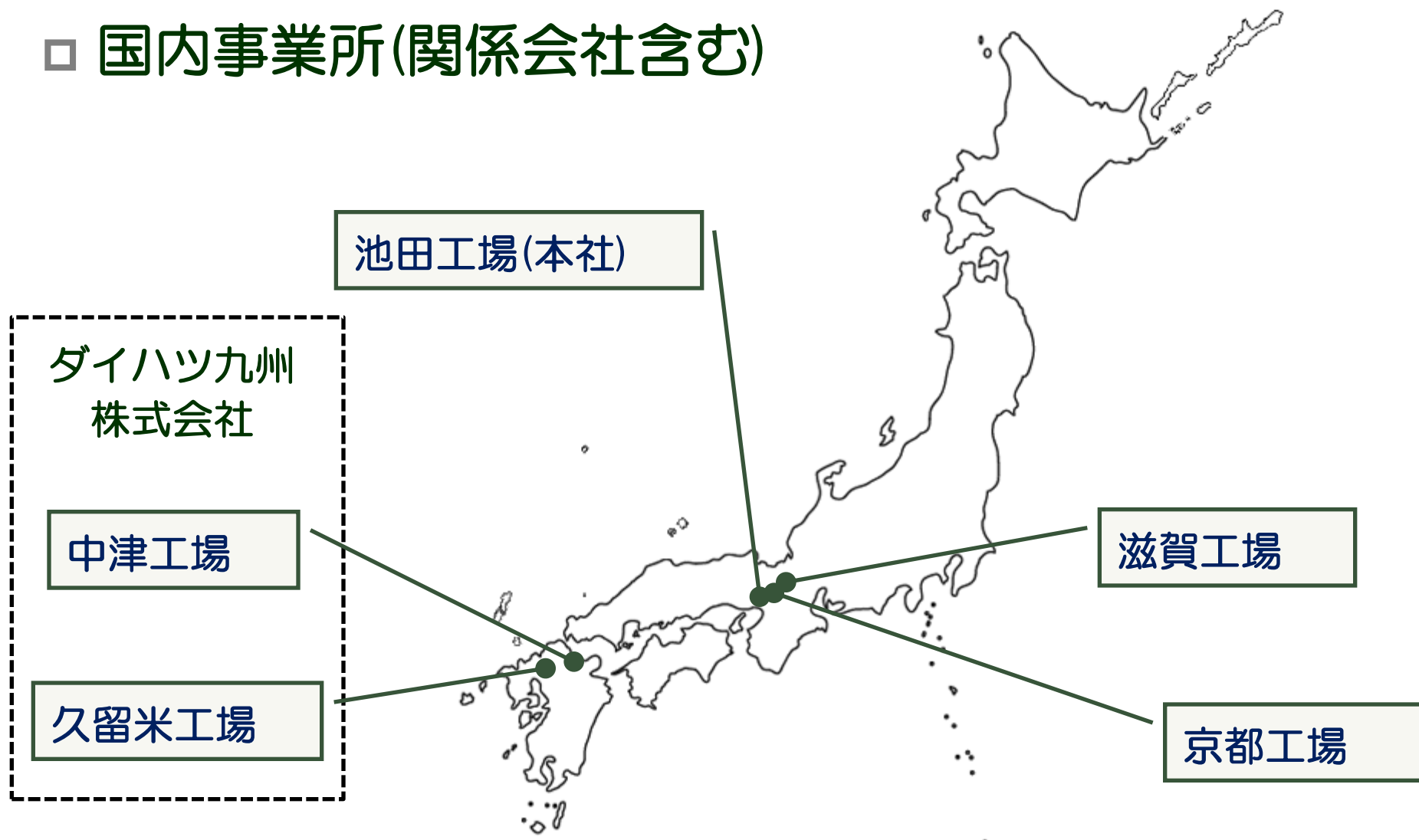


DAIHATSU

1 ダイハツ工業のご紹介

第6回SPring-8先端利用技術ワークショップ/
AichiSRシンクロトロン光利用者研究会

□ 国内事業所(関係会社含む)



DAIHATSU

ラインナップと樹脂外板採用機種

軽乗用車	 コペンシリーズ	 ミライース	 ミラ	 ミラ ココア
	 ムーブ	 ムーブ コンテ	 ムーブ キャンパス	 タント
	 キャストシリーズ	 アトレー ワゴン	 ウェイク	
軽商用車	 ミラ バン	 ハイゼット トラック	 ハイゼット バン	 ハイゼット キャディー
乗用車	 パッソ・ブーン			

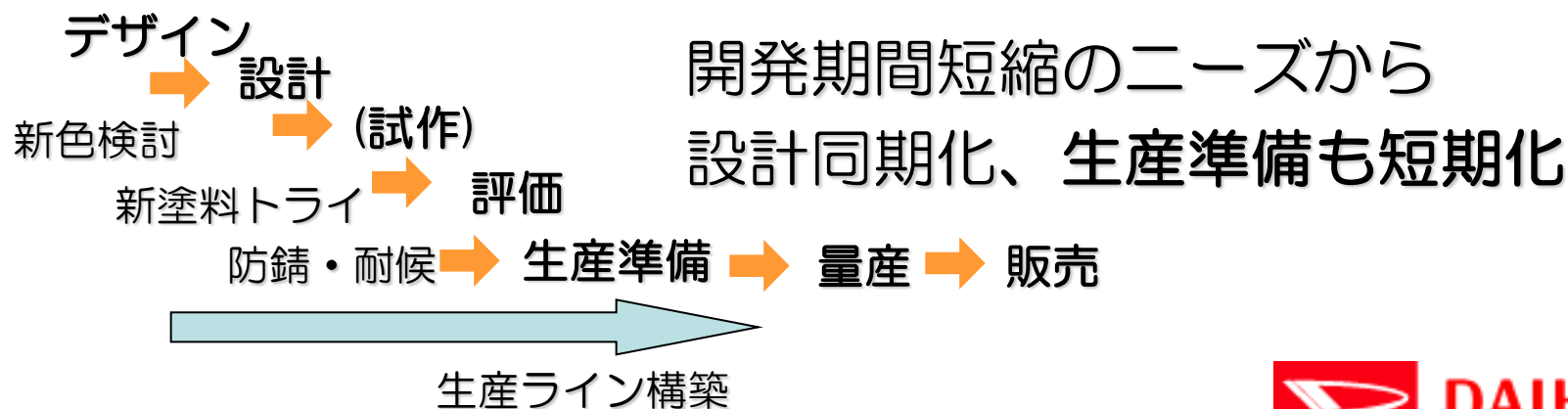
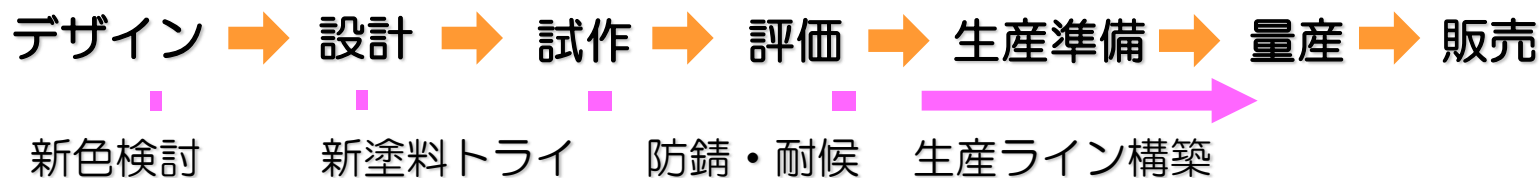
燃費向上を目的に、車体外板の樹脂化に取り組む

DAIHATSU

2 背景と目的

(1) 自動車開発と塗装生産技術

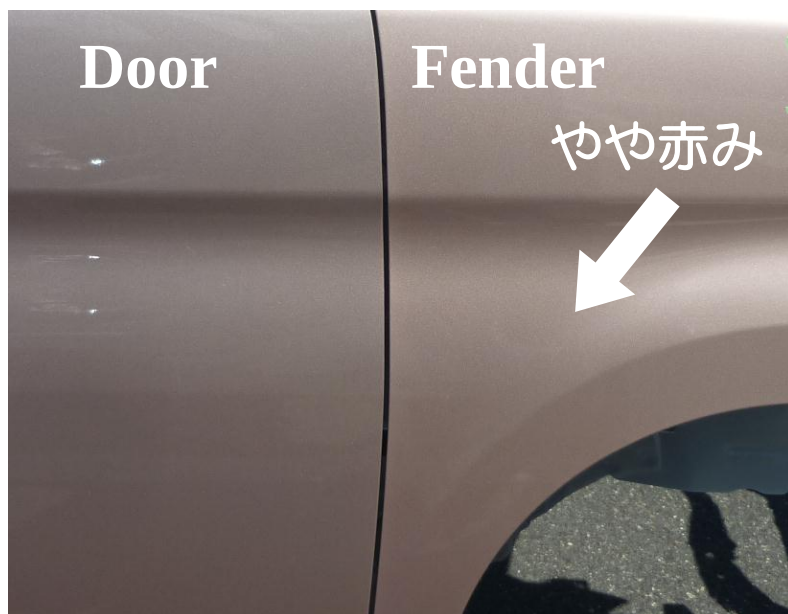
生産技術は、お客様に早く品質の良い商品をお届ける為の「生産ライン」を構築する部署です。
塗装生産技術はお客様が自動車を見たときの
外観(色・仕上がり性)、防錆等に深く関わっています。



2 背景と目的

(2) 自動車開発段階での色合わせ

色合わせ(鋼板×樹脂外板) の事例



生産準備初期 色差：大



生産準備終盤 色差：小

2 背景と目的

第6回SPring-8先端利用技術ワークショップ/
AichiSRシンクロトロン光利用者研究会

(3) 工程と塗膜構成

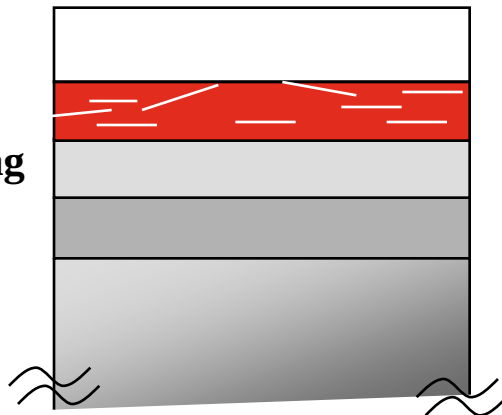


Body paint process



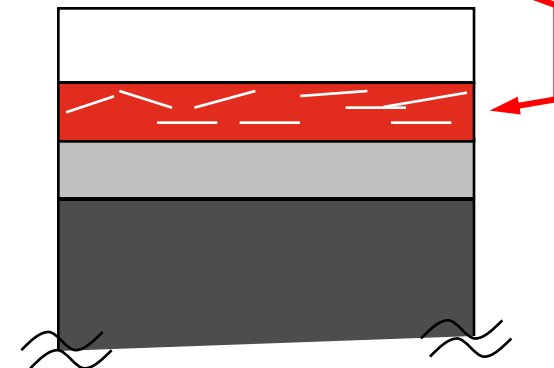
Parts paint process

Top layer
Base layer
Intermediate coating
ED layer
Substrate



Coating layer of body paint

Aluminum flakes
Top layer
Base layer
Primer layer
Substrate

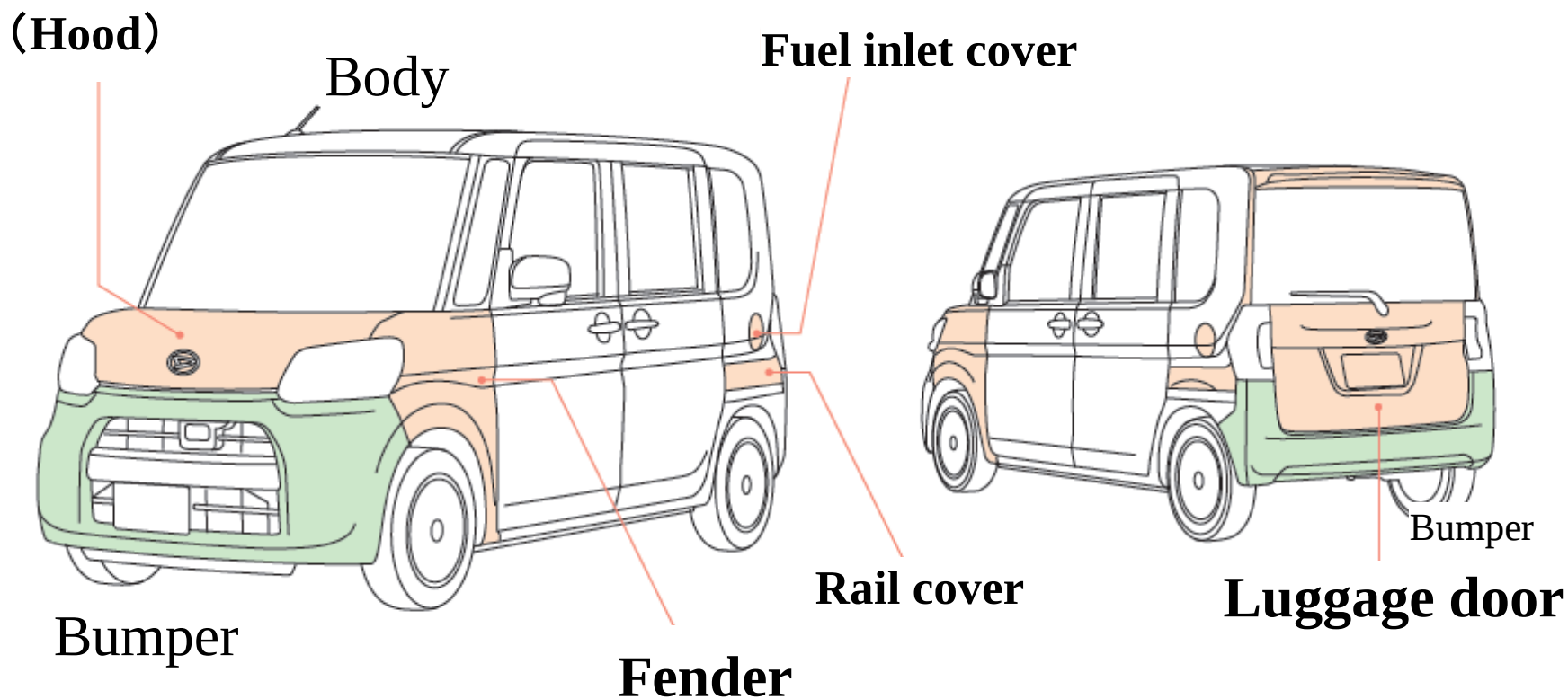


Coating layer of parts paint

2 背景と目的

第6回SPRing-8先端利用技術ワークショップ/
AichiSRシンクロトロン光利用者研究会

(4) 仕入れ先様との色合わせ



弊社はタント以降の新機種にフェンダー、B/D等に
別塗装の樹脂外板を採用 (車体×フェンダー×バンパー)

2 背景と目的

(5) 従来の色合わせ

タントの量産に向け、様々な塗装条件を分析

Item	Coating conditions
Atomizer	Bell or Air spray
Gun distance ,velocity	} Adjust the coating conditions
Shaping air,	
Discharge rate	
Paint :	Lot, circulation time, viscosity,,,

生産準備の膨大な工数によって色合わせを達成

樹脂外板採用は今後も拡大

アルミフレーク挙動のメカニズムを知ること
トライ&エラーでかかる色合わせ工数低減に寄与したい

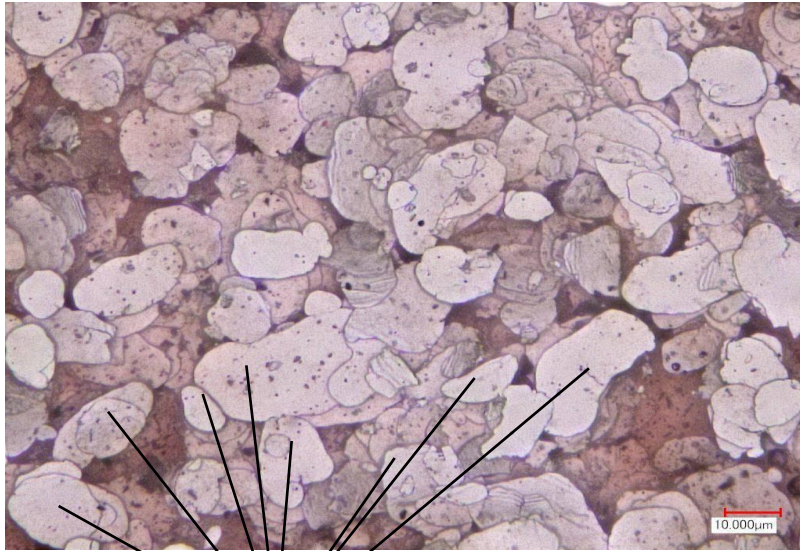
2 背景と目的

(6)実験の目的

- ①お客様に早く品質の良い商品を届ける。
塗装生産準備において、「メタリック塗装
色合わせ」は最大のボトルネック
- ②塗装生産準備の工数低減に寄与
メタリック塗色は含有する光輝材
(主にアルミフレーク配向)による影響が大きい
- ③アルミフレークの状態変化を可視化
①②の目的を達成するべく、経験則だけで
無く、科学的アプローチが必要

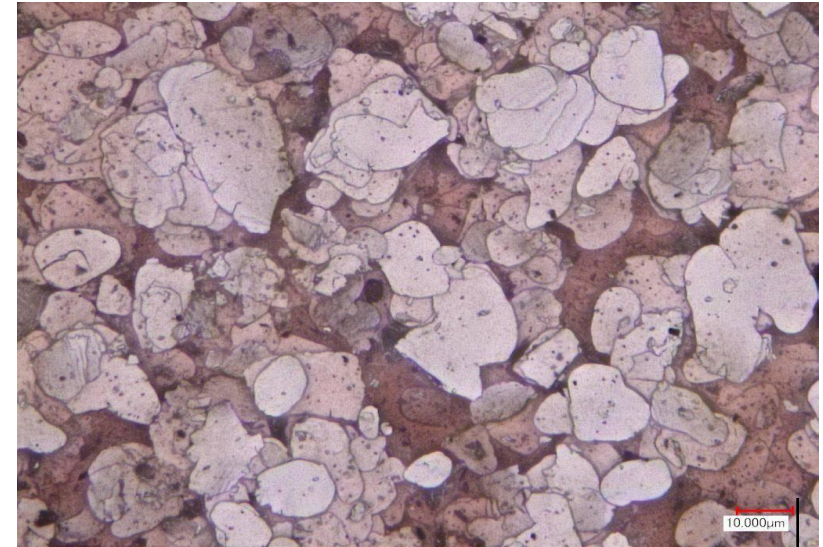
3 現状分析

(1) 塗膜の観察：光学顕微鏡（表面）



Aluminum flakes

Coat A :High lightness



10μm

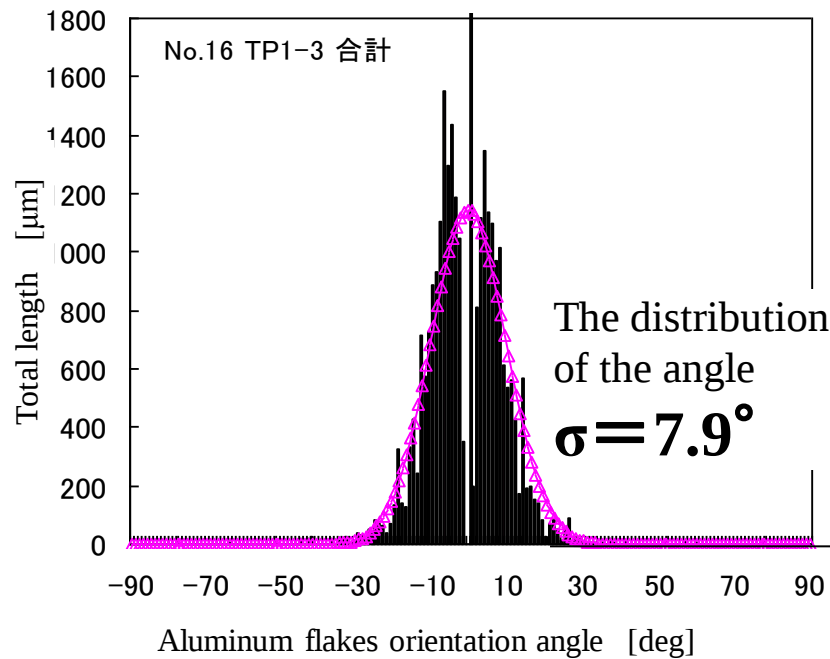
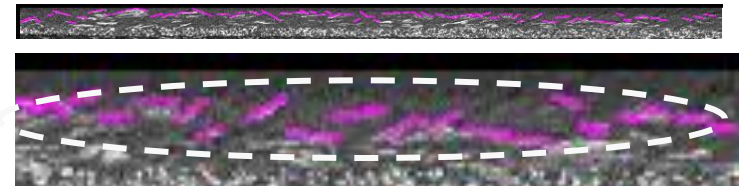
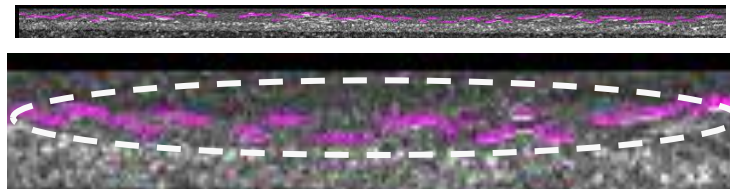
Coat B :Low lightness

鱗片状のアルミフレークが重なり、塗膜表面からの
平面視では明確な違いを判別困難

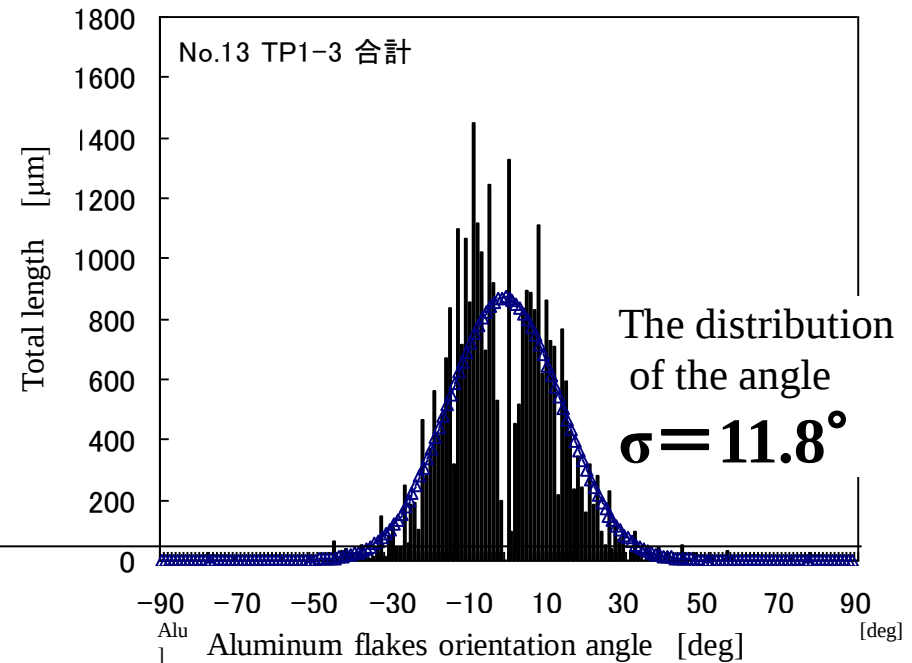
⇒定量的な比較をするための解析を技術部と相談

3 現状分析

(2) 塗膜断面のSEM観察とアルミフレーク配向角度 (アルミフレークの長さ・傾きを測定)



Coat A :High lightness

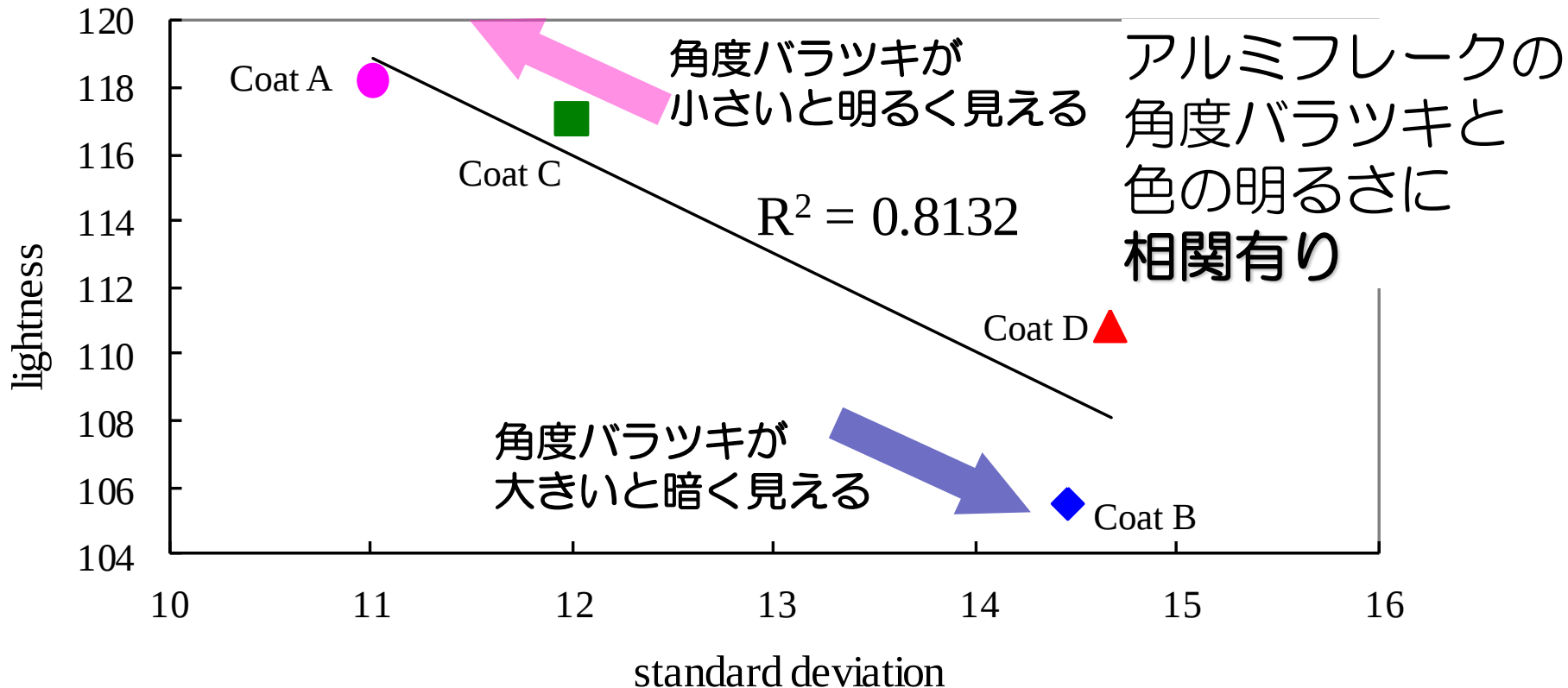


Coat B :Low lightness

アルミフレーク配向角度の分布に差あり

3 現状分析

(3) 塗膜断面と測色値(L*)の関係



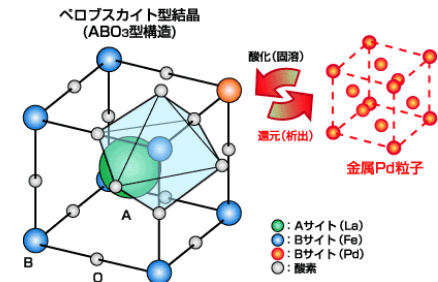
SEMでは配向に差があることはわかるが
何故その差が生じるかは把握できていない
→塗装過程を直接観察することにトライ

3 現状分析

第6回SPring-8先端利用技術ワークショップ/
AichiSRシンクロトロン光利用者研究会

(4) SPring-8でのこれまでのダイハツの取組み

- '00年～ インテリジェント触媒の結晶構造解析
- '04年～ インテリジェント触媒のin-situ結晶構造解析
(ガス変動に応じた構造変化を動的解析)



- '09年～ 燃料電池電極触媒の結晶構造解析
燃料電池電極触媒の反応過程における
結晶構造の動的解析

FCにおいて

- '14/8 第12回 ひょうごSPring-8賞を受賞



関西学院大 田中教授
(元 ダイハツFCプロジェクトリーダー)

- '14/10 第1回 Innovation for Cool Earth Forum
4位入選



Voting result **No. 4**

Development of a prototype vehicle running on a liquid
fuel cell free of noble metals

- '15/10 ナノテクプラットフォーム秀でた
6大成果に選出

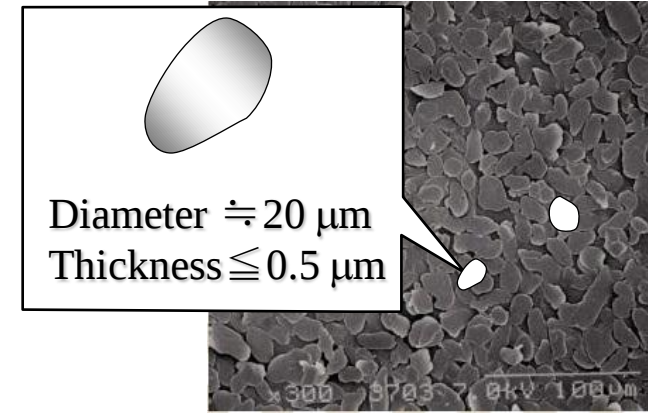


測定法は異なるが色々な動的解析を経験

3 現状分析

(4) 解析法の調査

0.5 μm の板厚のアルミフレーク
挙動を解析する方法を調査



Comparison of the analytical methods

Organization Company	Method	resolution	Time resolution	Shooting propriety
Human Co.,Ltd.	Micro CT	10 μm	A few hours	×
Yamato Scientific	Micro CT	0.75 μm	A few hours	×
AIST	Micro CT	7 μm	A few hours	×
Photon Factory	Synchrotron radiation	Few micrometers	Several hundred microseconds	×
SPring-8	Synchrotron radiation	20~30 nm	Several hundred microseconds	○

SPring-8放射光は観察の可能性あり

4 目標

第1ステップ

メタリック塗膜のアルミフレークの挙動を
可視化する手法の目処付け

第2ステップ

アルミフレーク挙動を定量的に観察し、
メタリック塗膜形成メカニズムの明確化

第3ステップ

やり直しの撲滅に向けた、生産工程に良品条件の標準化
塗料樹脂、アルミフレーク顔料など材料への提案



5 実施事項

(1) 事前検討

実験ハッチ内での塗装試験は初の試み
ビームタイムが6シフトで実塗装を出来るだけ
再現する為の打合せ、実験準備を念入りに実施

【検討事項】

(1) 実験条件の検討

観察条件＋塗装条件(実塗装条件の再現)

(2) 安全性の確保

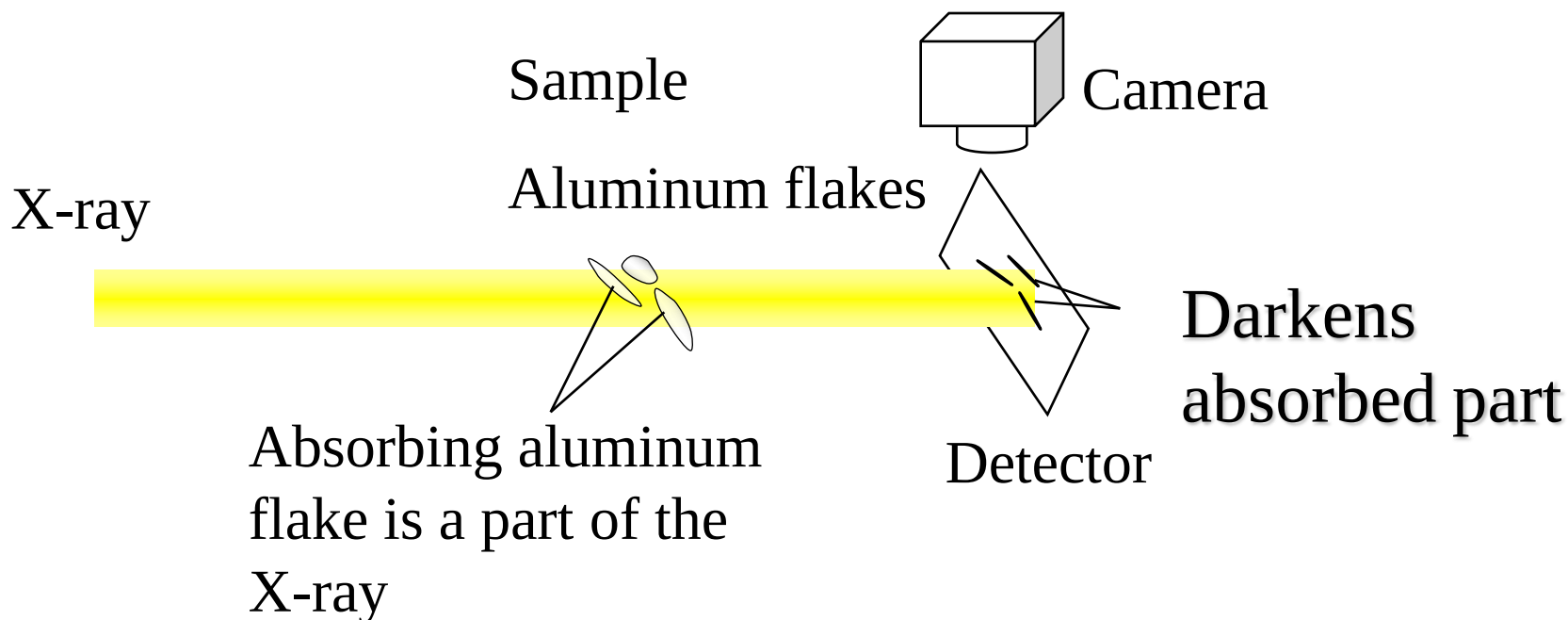
塗料(危険物)と装置持込の制約

SPring-8 安全管理室様と材料・実験内容に
ついて、対策を打合せ

5 実施事項

(2) 実験条件の検討(観察条件)

手法：イメージング測定 ≡ レントゲン

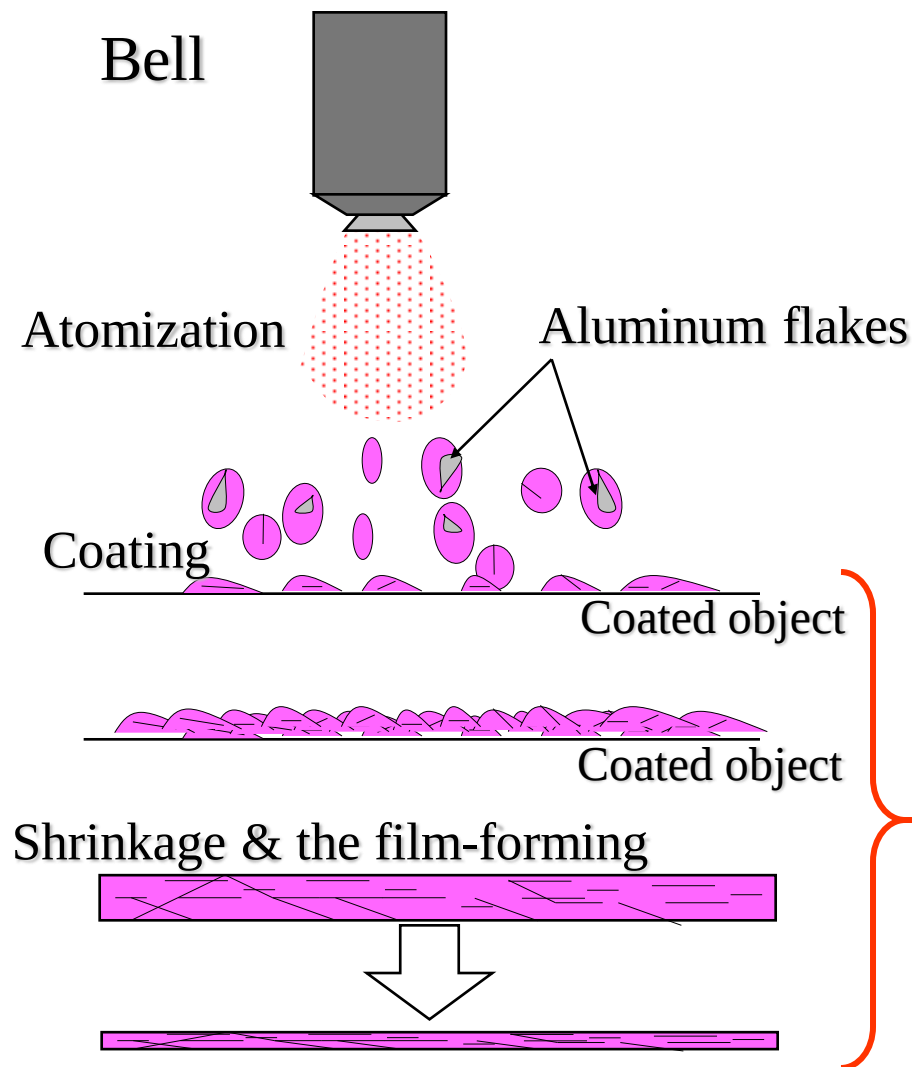


非常に強力なX線を使うため
⇒ 短時間で鮮明な画像が得られる

5 実施事項

(2) 実験条件の検討(観察条件)

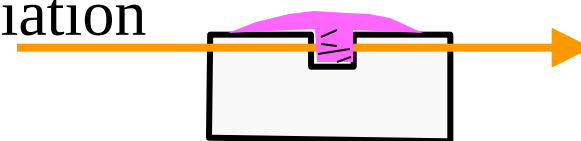
アルミフ레이크挙動をどう捉えるかの条件出し



Test piece type

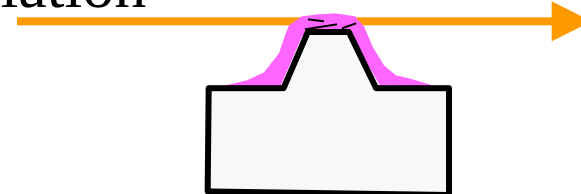
<Former type>

Synchrotron
radiation



<New type>

Synchrotron
radiation

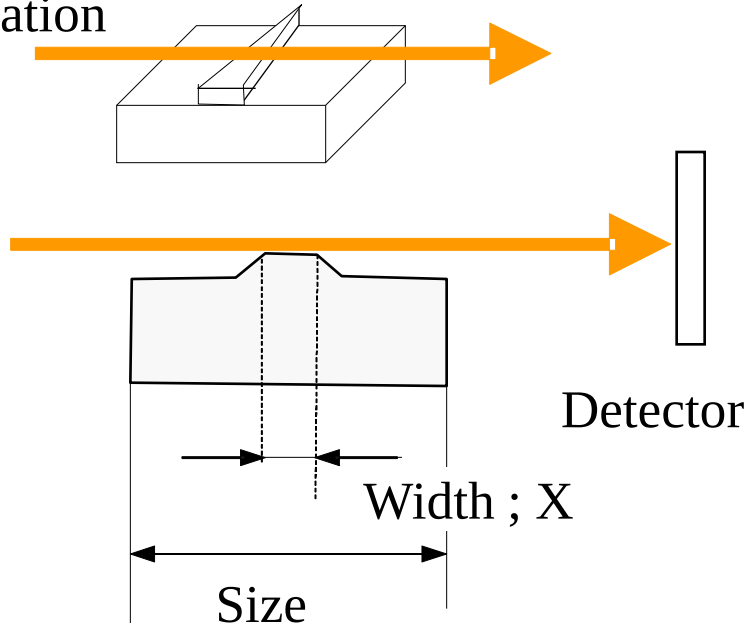


DAIHATSU

5 実施事項

(3) テストピースの形状

Synchrotron
radiation



New type test piece

Test piece	Material	PP
	Size	10.0mm
	Width	0.1～1.0mm
X-ray energy		10keV
Time resolution		0.12sec*

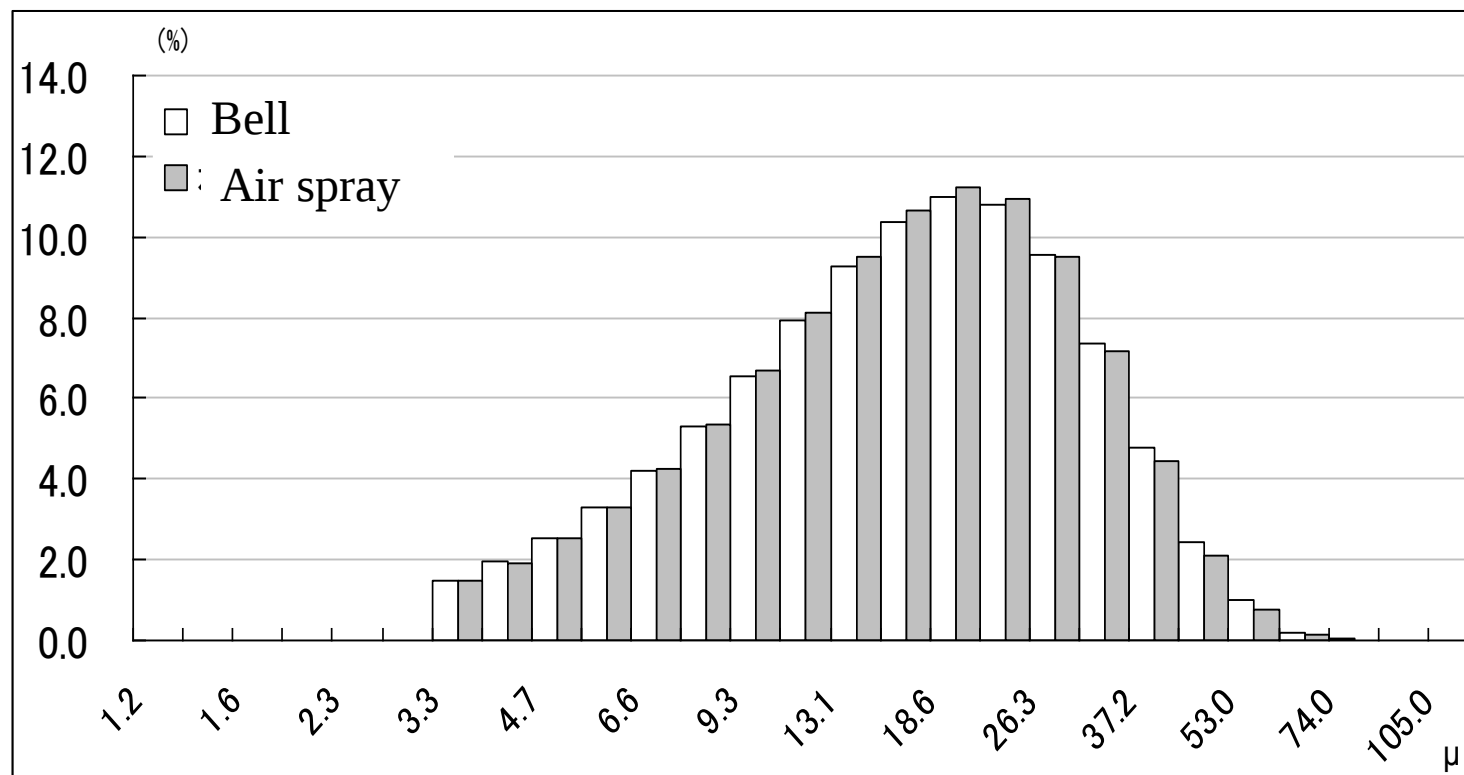
*Time resolution is 0.6 seconds
by the processing computer

観察に最適な塗装巾は現地評価による検討必要
最適塗装巾Xを容易に評価するため
0.1～1.0mmのくさび型のTPを製作

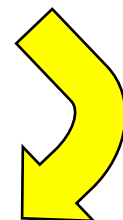
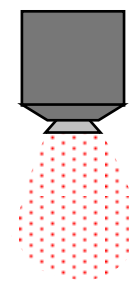
5 実施事項

(4) 実験条件の検討(塗装条件:実塗装条件の再現)

実工程で使用するベル塗装機は大吐出の為、
少量塗装が可能な小型のAir Sprayで噴霧を近似



Bell



Air spray



事前トライで実際の塗装工程に近い噴霧条件
(粒径)を確認



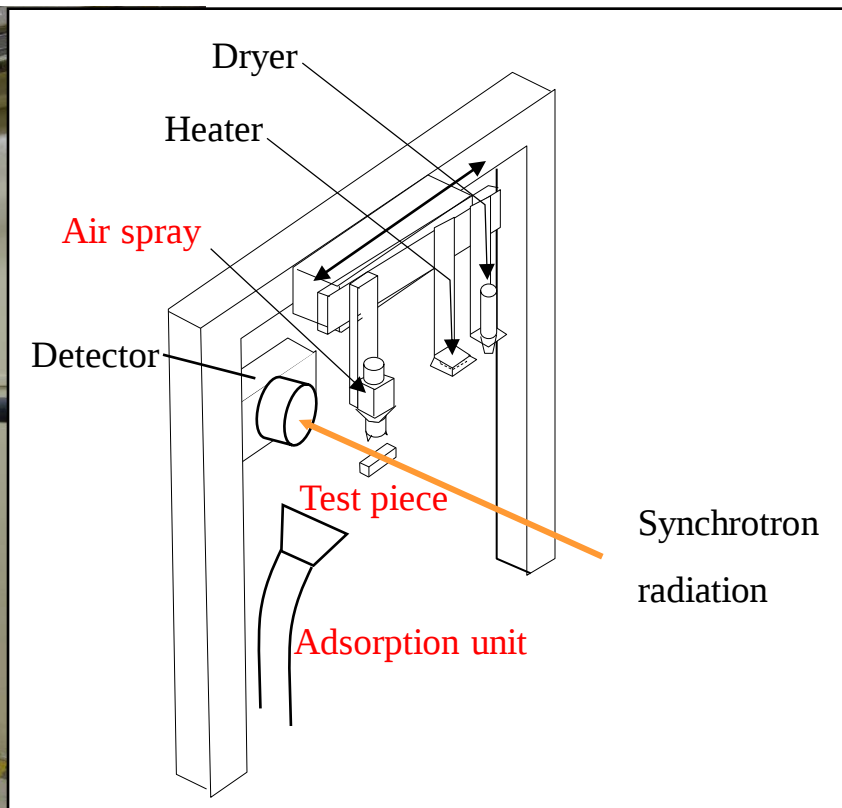
DAIHATSU

5 実施事項

第6回SPring-8先端利用技術ワークショップ/
AichiSRシンクロトロン光利用者研究会

(5) 安全性の確保

ハッチ内に塗料を漏らさない装置を製作



Paint experimental device in the hatch

6 結果とまとめ

(1) 実験塗料

実工程で使用している溶剤系塗料を5水準を準備

Type of Solvent conditions

No.	Solvent condition	Solvent dilution ratio	Solvent volatilization rate
1	Standard	Standard	Standard
2	-20%	-20%	Standard
3	+20%	+20%	Standard
4	Fast	Standard	Fast
5	Slow	Standard	Slow

6 結果とまとめ

第6回SPring-8先端利用技術ワークショップ/
AichiSRシンクロトロン光利用者研究会

(2) 観察結果

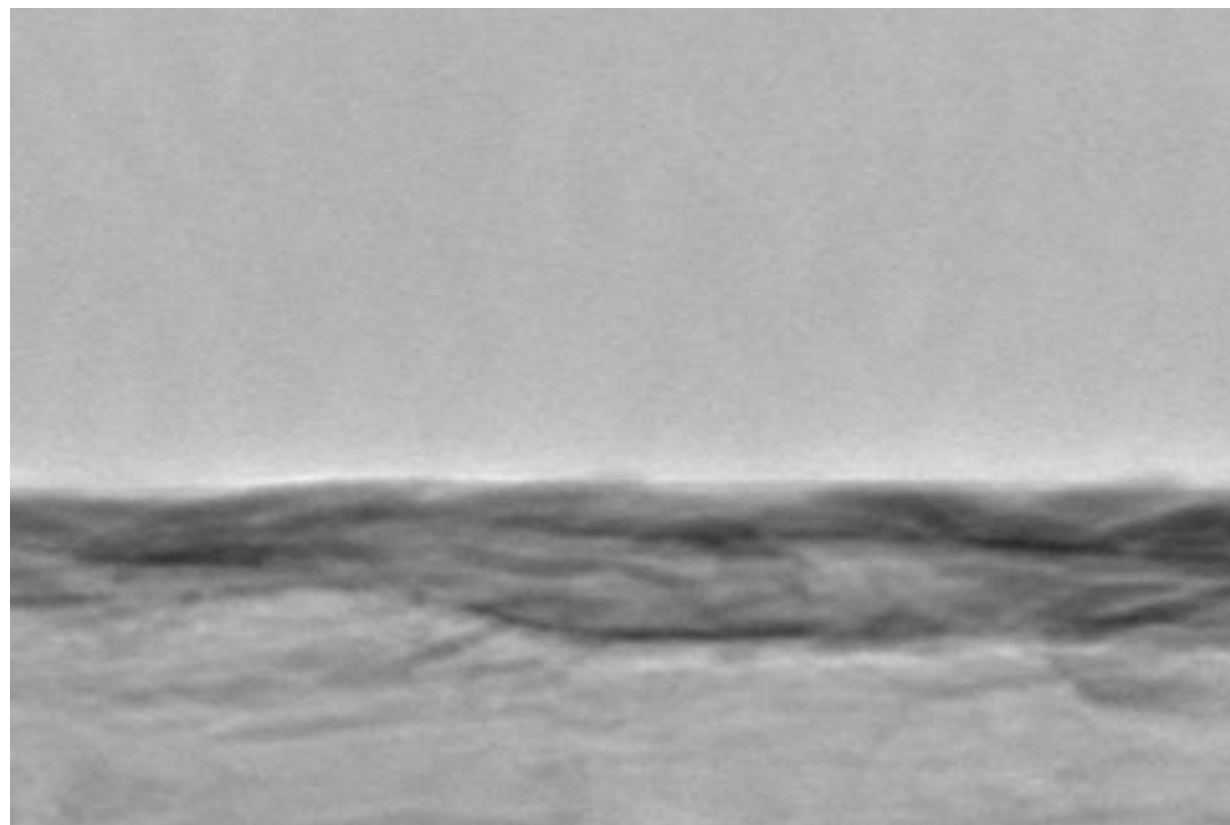
塗膜断面方向の塗膜形成過程を世界で初めて観察

Shrinkage of the
coating layer



Coating layer

Substrate



Film-forming process in the solvent coating of standard dilution rate



DAIHATSU

6 結果とまとめ

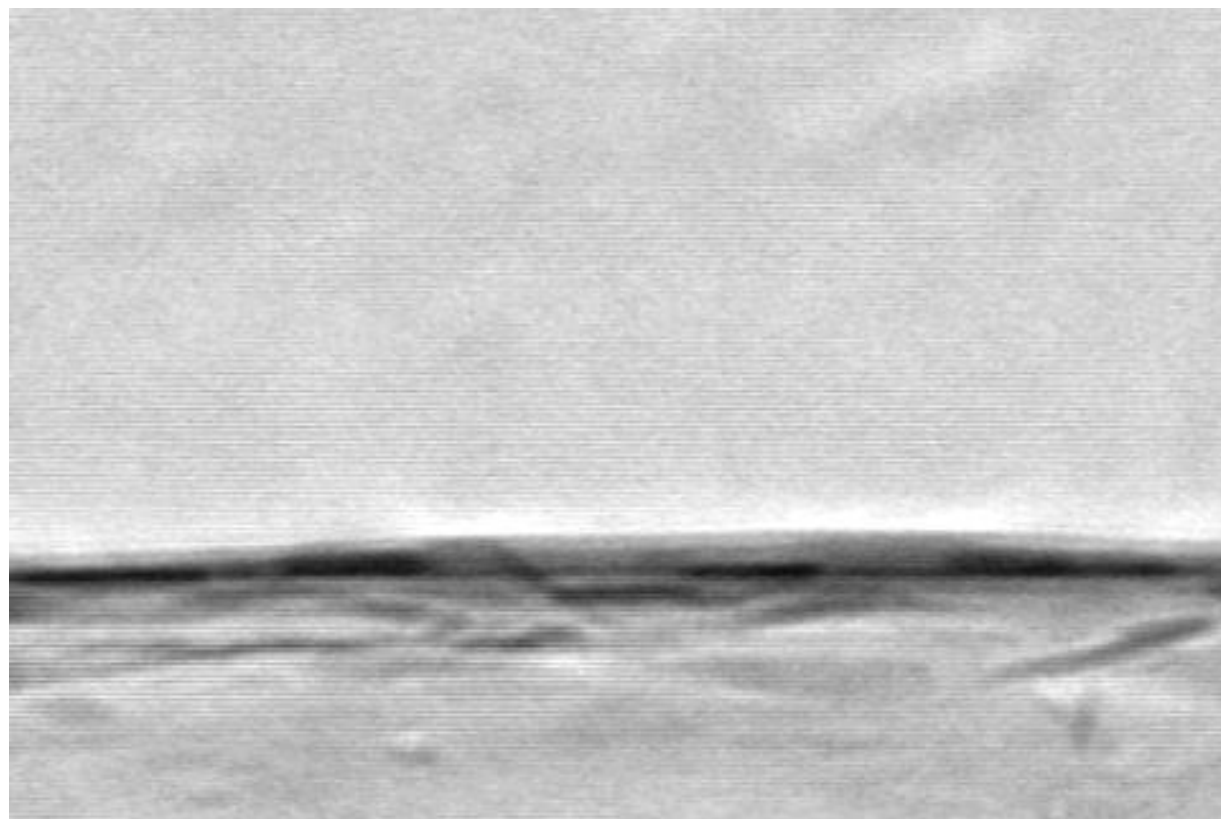
(2) 観察結果

溶剤希釈率の異なる塗料で、塗膜形成過程における
アルミフレーク配向に違いがあることがわかった

Shrinkage of the
coating layer

Coating layer

Substrate

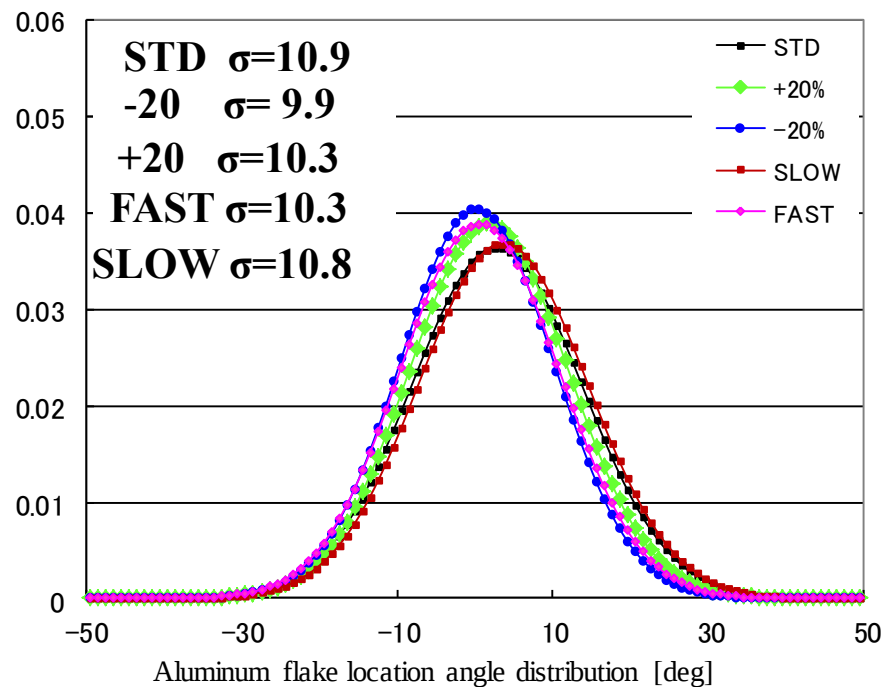


Film-forming process in the solvent coating of high dilution rate

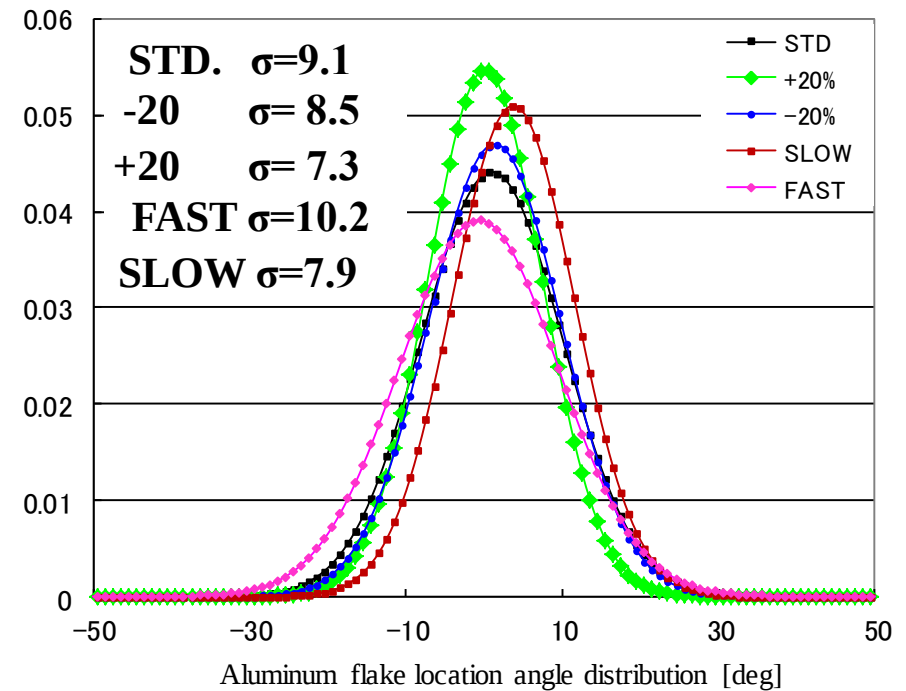
6 結果とまとめ

(3) 各塗料の観察結果

塗装直後(5秒後)と180秒後のアルミフレーク配向角度を比較



4.8 seconds



180 seconds

6 結果とまとめ

(4) まとめ

- ・塗膜形成過程のアルミフレーク動的挙動を可視化した。
 - ・X線イメージング観察により以下の知見が得られた。
- ①塗装直後では塗料の溶剤濃度や溶剤の揮発速度に関わらず、アルミフレークの配向に大きな違いはない。
 - ②溶剤濃度が高い又は揮発速度が遅い塗料は、アルミフレークの配向に対して、溶剤揮発に伴う膜厚収縮の影響を強く受ける。

<今後>

時間分解能を向上し、塗着初期のアルミフレークの動きを明確化し、アルミフレーク配向のメカニズム解明を進め、塗装生産準備のやり直し低減、お客様へ早く品質のよい塗装品質を提供する。

SPRING-8産業新分野支援課題
(2014A1703、2014B1792、2015A1853)
によって、実施しました。

BL46XUにおいてご指導頂きました、
SPRING-8産業利用推進室の梶原様
及び関係者各位に感謝申し上げます。