

## 塗膜診断システム（COMS）の開発と紹介

国土交通省 中部地方整備局中部技術事務所 調査試験課 遠藤正彦  
調査試験課長 松岡英憲  
事務所長 金木 誠

### 1. 調査目的

現在、橋梁塗装は、道路橋塗装便覧のA仕様（鉛系さび止め～フタル酸系上塗り）が多く適用されている。塗替え塗装は、おおよそ10～15年周期で行われているが、塗替えの優先度を実務的に評価する指標がないため、必ずしも塗膜の劣化程度に応じて行われていないのが現状である。このため、塗膜劣化に応じた合理的かつ効率的な塗替え塗装を行うための簡便で精度の高い塗膜劣化診断技術の確立および塗膜の残存寿命を予測する技術の確立が求められている。

本開発は、土木研究所が公益法人と共同で開発した塗膜診断システムをベースに、デジタルカメラ画像の活用などの観点から改良を行い実用化を図るとともに、塗膜診断結果より塗膜の残存寿命を予測し、橋梁塗装の維持管理の合理化・効率化を図ることを目的としている。

### 2. 過去の経緯

土木研究所が塗膜診断技術に関する共同研究として平成2年に塗膜診断システム「COMS（コムス Computer Aided Coating Management System）」を開発した。この開発したシステムは、塗膜劣化程度診断システム（COMS-I）、塗膜寿命予測システム（COMS-II）、塗替え塗装仕様選定システム（COMS-III）より構成されている。

このシステムを近年の技術進歩を踏まえ実務への導入の観点から改良するとともにデジタルカメラによる画像処理ソフトにより診断するシステムとして平成15年に構築した。

### 3. 調査概要

#### 1) デジタルカメラによる新塗膜診断システムの構築

土木研究所が開発した「COMS-I～III」塗膜診断システムを改良し、デジタルカメラを用いた塗膜診断システムを「COMS-IV」として構築した。

主な改善点としては、次の事項が挙げられます。

○システムのWindows対応型への改良

○デジタルカメラ写真画像（400万画素以上）をパーソナルコンピュータに入力し塗膜劣化部分を抽出定量（劣化%）化するためデジタル写真画像の取り込みが可能で塗膜劣化の診断に適切な画像処理ソフトとしてWinRoofを採用

#### (1) システムの動作環境

- ◇ パソコン本体：DOS/V または NEC-PC98 マシン（メモリ32MB以上、HD40MB以上の空き）
- ◇ 動作OS：WINDOWS95/98Me/NT4.0/2000/XP
- ◇ モニター：1024ドット\*768ドット以上の解像度
- ◇ グラフィック：1024\*768ピクセル以上

#### (2) システムの特徴

- ◇ 塗膜診断の個人差が小さく橋梁の塗膜劣化程度が精度良く把握できます。

- ◇ 管内橋梁の塗替えの順位付が容易にできます。
  - ◇ データベース整備により管内橋梁の塗装情報が一目でわかります。
- などにより適切なLCM（ライフサイクルマネジメント）が可能になります。

また、画像処理の個人差をできるだけ少なくするため画像処理マニュアルを作成し、デジタルカメラ写真撮影マニュアルとあわせて、塗膜診断を一体化する橋梁塗膜調査要領（案）を作成した。以下、本要領（案）の項目（目次）のみを記す。

1. 総則
  - 1.1 適用範囲
  - 1.2 用語の定義
2. 写真撮影要領
  - 2.1 デジタルカメラ
  - 2.2 撮影対象の径間
  - 2.3 撮影の対象部位
  - 2.4 撮影対象の箇所
  - 2.5 写真撮影の位置
  - 2.6 撮影上の注意事項
  - 2.7 鈹桁構造橋梁の撮影
  - 2.8 箱桁構造橋梁の撮影
  - 2.9 トラス構造橋梁の撮影
  - 2.10 代表部位が撮影困難な橋梁
3. 画像処理要領
  - 3.1 ハード環境
  - 3.2 画像処理ソフト
  - 3.3 画像処理操作

[付属資料] 画像処理操作マニュアル

[付票] 写真撮影記録票

## 2) 現場適用性調査（管内橋梁の塗膜調査）

管内橋梁118橋（鈹桁橋、箱桁橋、トラス橋の3形式で架設環境も考慮）において、現場適用性を見るための塗膜診断調査を行った。従来の塗装専門家による「COMS」診断（平成2年度土木研究所が開発）とデジタルカメラによる新塗膜診断システムによる塗膜の劣化診断の双方において診断を実施し、診断結果の整合性の検討、塗膜診断システムおよび橋梁塗膜調査要領（案）の現場適用とその修正・検証を行った。劣化診断結果の整合性は良好であった。

## 3) 鋼道路橋塗膜診断データベースの作成

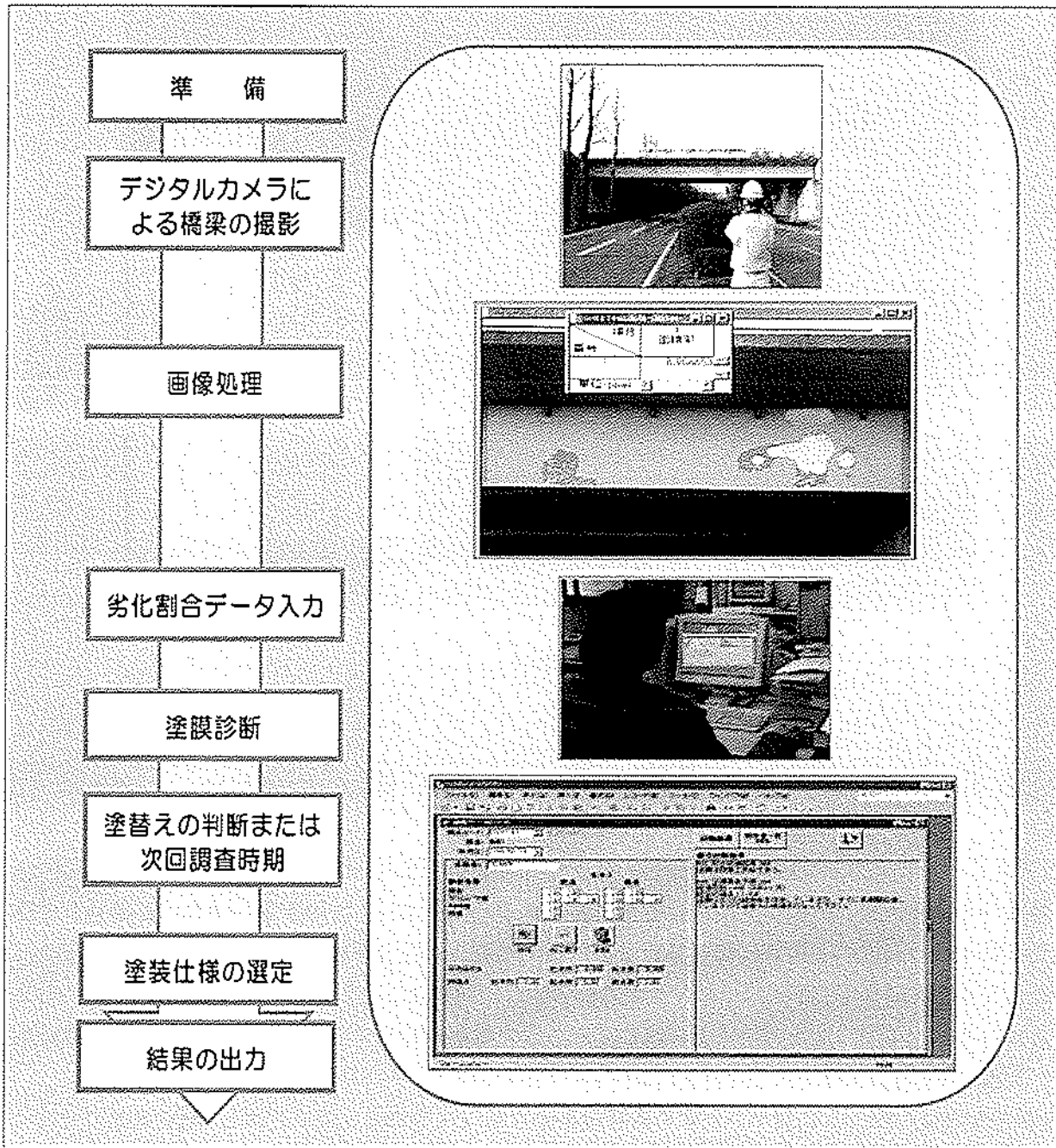
中部地方整備局内の鋼道路橋（橋長15m以上）について、塗膜の寿命予測に必要な項目を整理し、鋼道路橋塗膜診断データベースとして作成した。

これらの調査は、土木研究所・中部地方整備局・（財）土木研究センター・塗装専門家（塗装会社技術者）からなる「塗膜診断技術検討ワーキング会議」を設置してシステムの構築を進めた。

#### 4. システムのながれ

本システムは、デジタルカメラにより橋梁の主要部位の平均的劣化部をマニュアルにしたがって撮影し、専用ソフトで画像処理を行い、塗膜の劣化%を算出し塗替え時期・残存寿命を予測します。さらに、塗替え塗装仕様の選定を行います。図-1にシステムの流れを示す。

図-1 システムの流れ



#### 5. (画像処理) 塗膜診断システムの概要

本システムは、デジタルカメラにより撮影された画像を入力し、鋼材の腐食により劣化している部分

を抽出、塗膜劣化度を定量的に判断し、塗替え時期の判定、塗替え塗装仕様選定をおこなうものである。  
 デジタル写真画像の塗膜劣化部を WinRoof（選定した画像処理ソフト）により指定すると、図-2 のように範囲指定内の劣化抽出部（緑色部分）の面積率が表示される。塗膜の劣化評価は抽出部の面積率を塗膜劣化%として評価する。

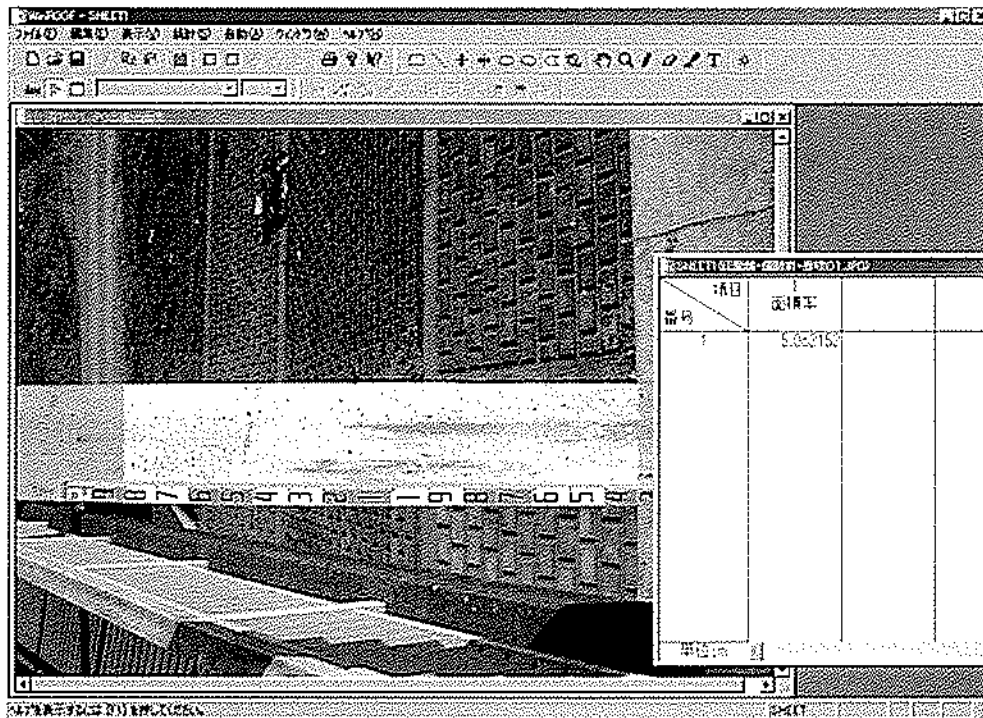


図-2 画像処理画面

このような診断を各画像（橋梁形式による必要部）にて行い、橋梁全体の評価を行った例を図-3 に示す。

橋梁コードから入力したい橋梁を選択し、調査年月日を入力後、劣化%を入力する。劣化%を入力後、診断処理ボタンを押すことにより塗膜診断が実施される。さらには A 塗装系の場合は塗膜寿命予測及び推奨塗膜仕様の選定へと進む。図-3 の画面（例）の場合は総合評価で良好であり、塗替え後の経過年数と総合劣化%により、寿命曲線から予測される残余塗膜寿命と診断コメントが表示される。塗替え塗装仕様の選定も質問に答えていくだけの簡単な方法で推奨塗装系を表示する。塗替え塗装系選定画面（例）を図-4 に示す。

本システムはこのように個々の画像の診断結果から橋梁全体の劣化度を評価し、調査橋梁の塗装の余寿命を推定することが出来る。

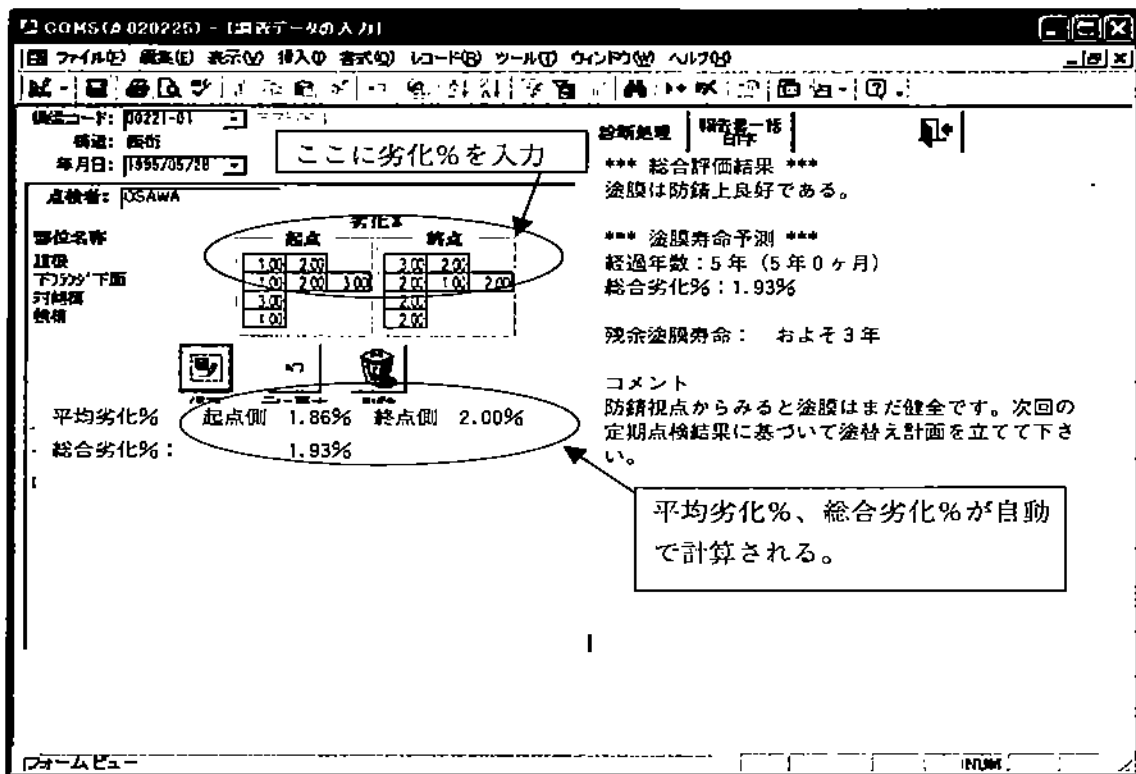


図-3 総合診断画面

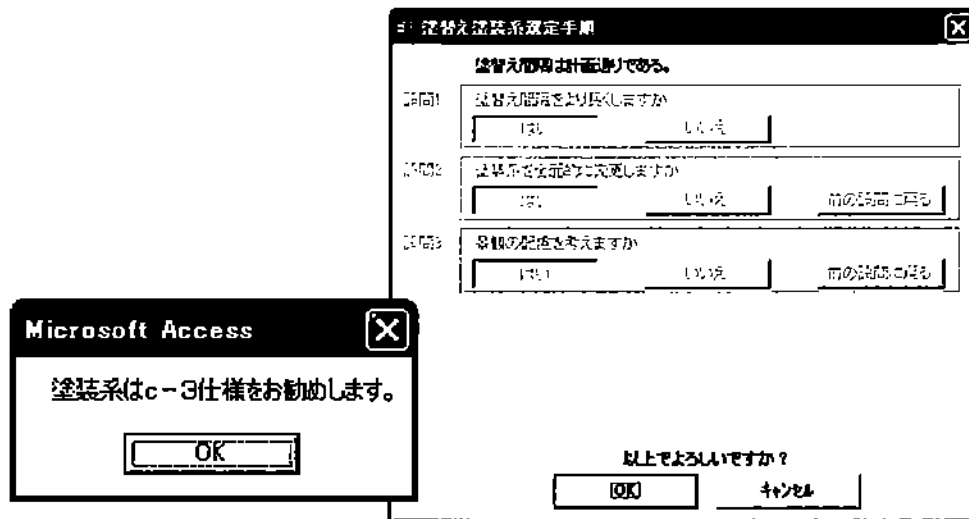


図-4 塗替え塗装系選定画面 (例)

## 6. 橋梁塗膜調査要領 (写真撮影要領および画像処理要領) の作成

### 1) 写真撮影要領

デジタルカメラ撮影のための適切な撮影条件を検討すると共に、現場適用性試験を行いデジタル写真撮影マニュアルとして写真撮影要領を作成した。

デジタルカメラの選定、撮影角度、撮影距離、画像処理を行うモニター差等の検証を行い、以下の内容が定められた。

- ① 撮影に用いるデジタルカメラは解像度が高いほど画像処理を容易に行うことが出来るので、望遠機能 (光学ズーム) 付きの400万画素以上のものが望ましい。

- ②撮影距離は10m以内、撮影角度45°以内が望ましい。
- ③撮影対象の部位は橋梁の構造毎に決められた部位を撮影する。
- ④撮影の箇所は、対象部位において塗膜劣化の平均的な部分とする。
- ⑤画像解析で誤解を生じやすい現場状況（例えば、影や汚れなど）については記録を残す。

## 2) 画像処理要領

画像処理は、デジタルカメラで調査撮影した塗膜写真をコンピューターに取り込み、画像処理ソフトを使用してさび・はがれの発生%を算出するもので、画像処理要領としてマニュアルを作成。

## 7. 現場適用性調査

上記のデジタルカメラを用いた橋梁塗膜調査要領に基づいた調査（主に、塗装後10～15年程度の橋梁60橋を対象として、塗装専門家による目視調査結果のCOMSによる診断、および、写真撮影画像の画像処理ソフトによる診断）を実施し、画像処理劣化%の算出が可能かどうかの検証および従来の調査方法との相関性の検証を行った。

### 1) 従前の目視調査結果のCOMSによる診断

調査橋梁の60橋うち、54橋について調査を行うことができた。調査後に残るのは調査票のみであり、後日疑問が生じた場合現地への再調査が必要となる。また、目視による調査であることから、経験による評価差が出やすいといえる。

### 2) デジタル写真撮影および画像処理による診断

調査橋梁60橋のうち、54橋はデジタルカメラによる塗膜調査が可能であった。なお、調査ができなかった橋梁の理由は「橋梁下環境が線路の場合隣接できなかった」、「橋梁下環境が谷間で降りられない」などの理由であった。

### 3) デジタル画像処理劣化%の解析

54橋の各部位毎の劣化%を算出し、その調査部位に対応する専門家の目視評価結果（1～5の5段階評価）を対比した。その対比データをグラフ化し回帰式の算出および相関係数を算出すると以下の数値を示した。グラフを図-5に示す。

$$y = 0.3039x + 1 \quad y: \text{目視評価点} \quad x: \text{画像処理劣化\%} \quad \text{相関係数} = 0.93$$

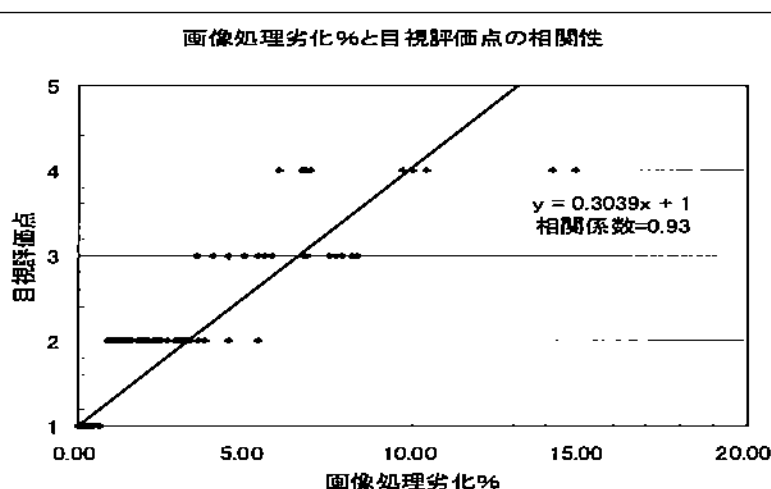
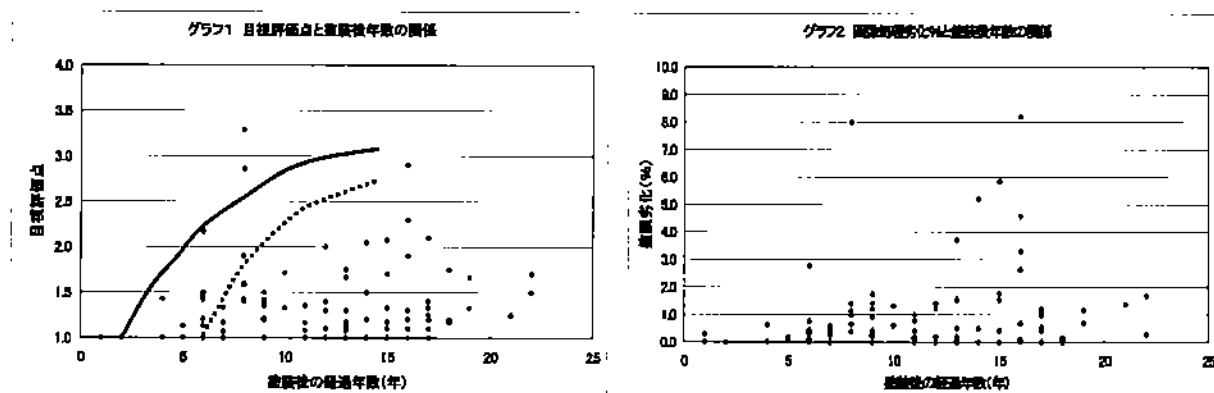


図-5 画像処理劣化%と目視評価点の相関性

画像処理劣化%と目視評価点の解析結果から、相関性が良いことが確認され、従来のCOMSによる塗膜診断のロジック（塗替え判断、寿命予測など）を適用することも可能であると判断した。

## 8. 塗膜寿命（塗替え判定）の考え方

従来のCOMS IおよびIIでは、橋梁各部位毎にさび、はがれ評価を行い、その平均値（劣化度）が、[2.3]以上の橋梁を塗替えと判定していた。この塗り替え判定基準および劣化曲線をCOMS IVに適用できるかどうかを検証するために、中部地方整備局管内の橋梁（75橋）の塗装後年数と塗膜劣化との関係を調査した。



①グラフ1は、各橋梁の塗装後年数を横軸、各橋梁の目視評価点の平均値を縦軸にプロットした。

②グラフ2は、各橋梁の塗装後年数を横軸、各橋梁の画像処理劣化%の平均値を縦軸にプロットした。

グラフ1の実線はCOMS IIで得られた塗膜劣化曲線であり、破線はCOMS IIで得られた塗膜劣化曲線から2σ下限の曲線である。

この検証結果から、中部地整ではCOMS II塗膜劣化曲線よりも下限値側の橋梁が多く、COMS IIの塗膜劣化曲線よりも、劣化速度が遅いといえる。

本システム（COMSIV）の塗膜劣化曲線については、これらも踏まえ検討した結果、当面は土木研究所が平成2年に開発した「COMS」の塗膜劣化曲線を採用することとした。一般環境におけるA系塗料の耐用年数は、塗装専門家の過去の経験から6～7年といわれており、この年数に対応する旧COMSの劣化度「2.3」を劣化%に換算した4.0%を塗替え時期の判断基準とすることが現段階では妥当と判断した。

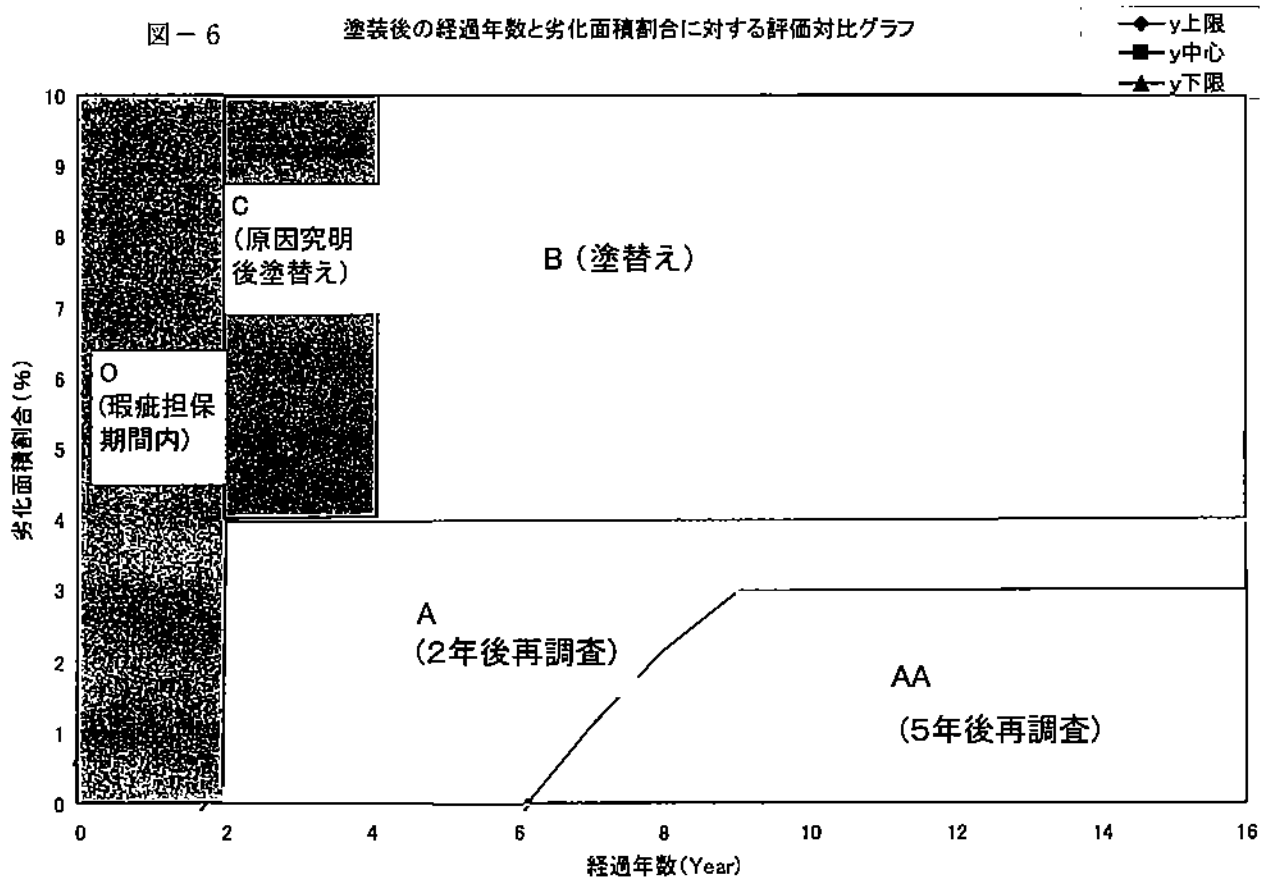
なお、上記の劣化曲線や後に記す塗替え判定基準は暫定的に定めたものであり、今後、本システム（COMSIV）によるデータを蓄積することにより、中部地方整備局管内橋梁の塗膜劣化曲線が得られ、その時点でCOMSIVの劣化曲線と適切な塗替え劣化度（%）の見直しを行うことで、より現業面に合致したシステムとなると考えている。

## 9. 塗替え塗装仕様選定システムの改良

### 1) 塗替えの判定および次期調査時期の判定

塗装後の経過年数と塗膜の劣化面積割合%を入力することにより劣化の程度を判断する。塗装後の経過年数と塗膜の劣化%割合による塗替え判定のグラフを図-6に示す。

- ①ゾーンO：塗装後の経過年数が2年以下の場合。瑕疵担保期間内につき劣化、塗替えの判定はしない。
- ②ゾーンAA：劣化面積割合が3%以下で、劣化曲線の上限值よりも遅い劣化のときは5年後の再調査。
- ③ゾーンA：劣化面積割合が4%以下でゾーンAAを除いたところは2年後の再調査。
- ④ゾーンB：劣化面積割合が4%以上で劣化曲線の下限式で4%に達する時期よりも遅い劣化であるものは塗替えを実施。
- ⑤ゾーンC：劣化面積割合が4%以上のときは塗替え時期に達したとし、劣化曲線の下限式で4%に達する時期よりも早期の劣化であるものは原因究明の上に塗替えを実施。





実橋における経過年数と劣化面積を統計的に解析した例は少ない。統計的処理をするとして、塗装下地状態、塗装仕様、施工条件、架設環境、および使用塗料メーカーなど条件が多岐にわたる。

分布がある一定の法則(例えば正規分布で同じような分布状態であるなど)に従うのであるならば、上限式と下限式の間にデータが密集するものと思われる。ただし、今回の場合は、前もって定めたデータで解析した結果を今回のデータに当てはめているのみなので、上限や下限値から外れているからといって異常であると決めつけることはできない。中部地方整備局管内の塗膜診断データが集まった時点で再度解析・設定し、より確度のたかいものにするのが望ましい。

## 2) 塗替仕様の選定について

塗膜診断の結果、塗替えが必要と診断された場合には塗装仕様を選定する。このシステムは、グリーン購入法、ライフサイクルコストなどを考慮した塗装系を選択するシステムである。また、今回提案する塗替え選定手順は鋼道路橋塗装便覧(平成2年 社団法人日本道路協会)に完全に準拠したものではないが、近年のグリーン購入法、ライフサイクルコストなどを考慮して作成した。なお、旧塗膜A, a 塗装系時の塗り替え塗装仕様の選定手順を図-7に示す。

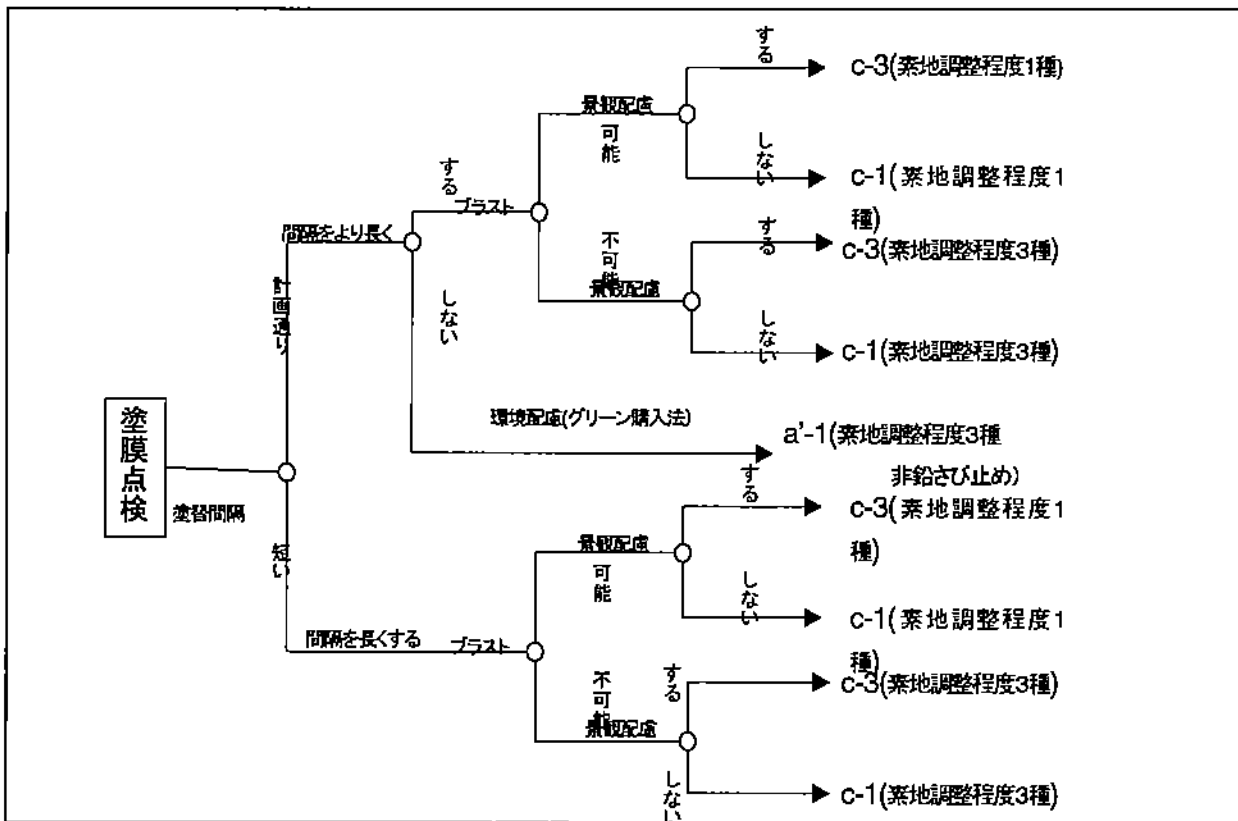


図-7 選定手順

## 10. 鋼道路橋塗膜診断データベースの作成

管内橋梁データと本システム(COMSⅣ)による診断結果(平成13~14年度において現場適用試験として実施した計118橋梁分)を加えた鋼道路橋データベースを作成した。図-8に画面例を示

す。塗装履歴・経過年数・塗膜劣化%などが事務所別・出張所別にソートできエクセル形式で出力できる。なお、定期的にデータを追加・改訂することにより完成されれば、有用なデータベースとなる。

CODE	橋名	フリガナ	工事箇所名	出張所名	塗装年月日	K/D/D	色	新塗装年月	経過年数	調査年月日	劣化%	診断結果	次回調査年月
01820-64	神山橋	キヤマハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	M3-837	1988	16	2002/10/16	1.52	A	2005/01/01
01830-64	伏見橋	ケルキョウハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修		1988	15	2002/10/16	1.021	A	2005/01/01
01840-64	万文橋	マンショウハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	M1 1003	1988	15	2002/10/17	0.212	A	2005/01/01
01850-64	千切橋	センカイハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1969/01/01	補修		1987	18	2002/10/18	0	AA	2008/01/01
01860-64	榎ノ木谷橋	エノキヤニハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	145	1994	9	2002/10/19	2.254	A	2005/01/01
01870-64	葛原谷橋	ツクラヤニハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	M33 837	1988	15	2002/10/20	1.546	A	2005/01/01
01880-64	新中川橋	シンナカガワハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	335	1990	5	2002/10/21	3.0125	A	2005/01/01
01890-64	陣谷橋	イナタニハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1968/01/01	補修	808	1991	12	2002/10/22	0.623	AA	2008/01/01
01900-64	丑ノ谷第1橋	ウシノタニイハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1968/01/01	補修	M31 808	1989	0	2002/10/23	0	A	2005/01/01
01910-64	熊鷹第1橋	クマタカイハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1968/01/01	補修	M33 837	1989	14	2002/10/24	0.2235	A	2005/01/01
01920-64	熊鷹第2橋	クマタカイハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1968/01/01	補修	M33 837	1989	14	2002/10/25	0	AA	2008/01/01
01930-64	黒色橋	ウマコハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	L7-335	1986	18	2002/10/26	1.0254	A	2005/01/01
01940-64	雲色橋	ウシクハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	M33-837	1989	4	2002/10/27	2.8931	A	2005/01/01
01960-64	水神橋	スイジンハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1968/01/01	補修	335	1990	13	2002/10/28	0.782	A	2005/01/01
01970-64	水神橋	スイジンハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1969/01/01	補修	335	1991	12	2002/10/29	0	AA	2008/01/01
01980-64	小山第1橋	オヤマウラダイハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1969/01/01	補修	P10-335	1991	12	2002/10/30	0	AA	2008/01/01
01980-64	小山第2橋	オヤマウラダイハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1969/01/01	補修	P10-335	2001	2	2002/10/31	1.532	A	2005/01/01
01990-64	鏡子川橋	キョウジガワハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1965/01/01	補修	335	1994	9	2002/11/1	3.2268	AA	2008/01/01
02000-64	和賀第2橋	アイガヒイハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1963/01/01	補修	P10 335	1995	8	2002/11/2	1.881	A	2005/01/01
02010-64	原庄第2橋	ハラダニハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1963/01/01	補修		1996	7	2002/11/3	0.3264	A	2005/01/01
02020-64	大洲橋	オウコウハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1964/01/01	補修	E-335	1992	11	2002/11/4	0	AA	2008/01/01
02030-64	阿波橋	アヲコウハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1941/01/01	補修		1993	10	2002/11/5	0.2358	A	2005/01/01
02040-64	大洲橋	オウコウハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	335	1994	9	2002/11/6	0	A	2005/01/01
02050-64	三野第1橋	ミノハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1973/01/01	補修		1995	8	2002/11/7	1.0568	A	2005/01/01
02060-64	大洲橋	オウコウハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1977/01/01	補修		1998	7	2002/11/8	0	AA	2008/01/01
02070-64	真島第1第2橋	マシマダイニハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	335	1991	12	2002/11/9	0	AA	2008/01/01
02080-64	真島第2第3橋	マシマダイニハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1945/01/01	補修	335	2001	2	2002/11/10	1.784	A	2005/01/01
02090-64	真島第4橋	マシマダイニハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1966/01/01	補修	L7-335	1993	10	2002/11/11	0.5578	A	2005/01/01
02100-64	真島橋	マシマハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1966/01/01	補修	M10-335	1996	7	2002/11/12	0.475	A	2005/01/01
02110-64	新島由橋	シンオヨハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	L7 335	1993	10	2002/11/13	0.0257	A	2005/01/01
02121-64	新島橋	シンオヨハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	L7 335	1994	9	2002/11/14	1.555	A	2005/01/01
02122-64	新島橋(旧橋)	シンオヨハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1992/01/01	補修	L7 337	1995	8	2002/11/15	0.2168	A	2005/01/01
02130-64	小津橋	コヅハシ	紀勢国道	尾鷲橋付	1967/01/01	補修	M33-837	2000	3	2001/11/15	0	AA	2008/01/01

図-8 鋼道路橋塗膜診断データベース一覧画面

11. おわりに

3カ年の研究で、橋梁塗膜の劣化診断システム（COMSⅣ）が構築された。今後、管内約1500橋の鋼道路橋の診断を計画的に実施することにより、塗替え計画の立案、橋梁塗装の維持管理の効率化が期待されます。

最後に、本塗膜診断システムの構築にご尽力いただいた独立行政法人土木研究所の守屋 進氏をはじめ「塗膜診断技術検討ワーキング会議」の関係各位、調査に御協力いただいた各国道事務所に厚く謝意を表します。

参考文献：共同研究報告書第45号 塗膜診断技術に関する共同研究報告書（Ⅰ）平成2年7月  
 共同研究報告書第59号 塗膜診断技術に関する共同研究報告書（Ⅱ）平成3年3月