

The maintenance and management strategy of bridges for **local governments** in Japan

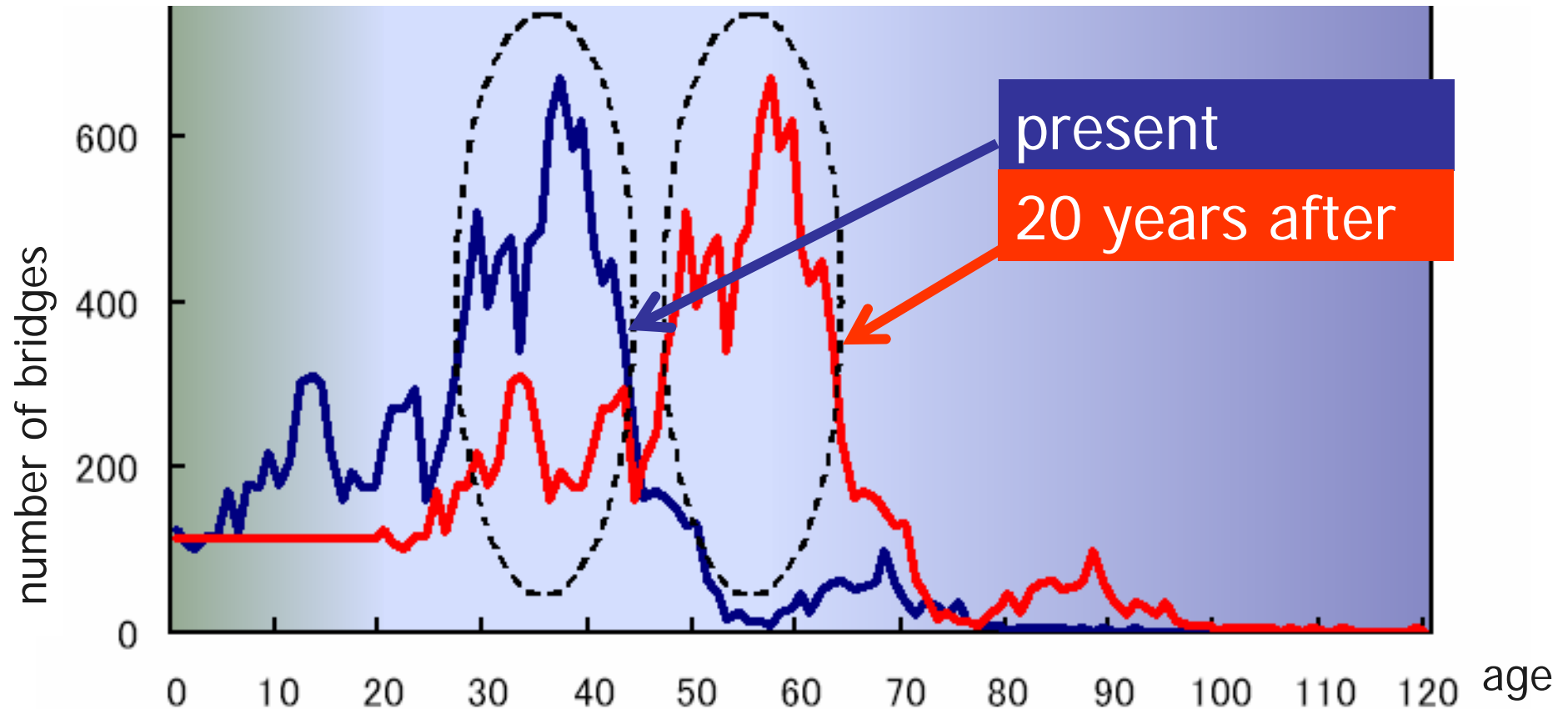


University of Tokyo Hironobu Inagaki

Yozo Fujino , Keisuke Kitagawa , Kei Kawamura

Background 1

The distribution of age of bridges on National roadway in Japan



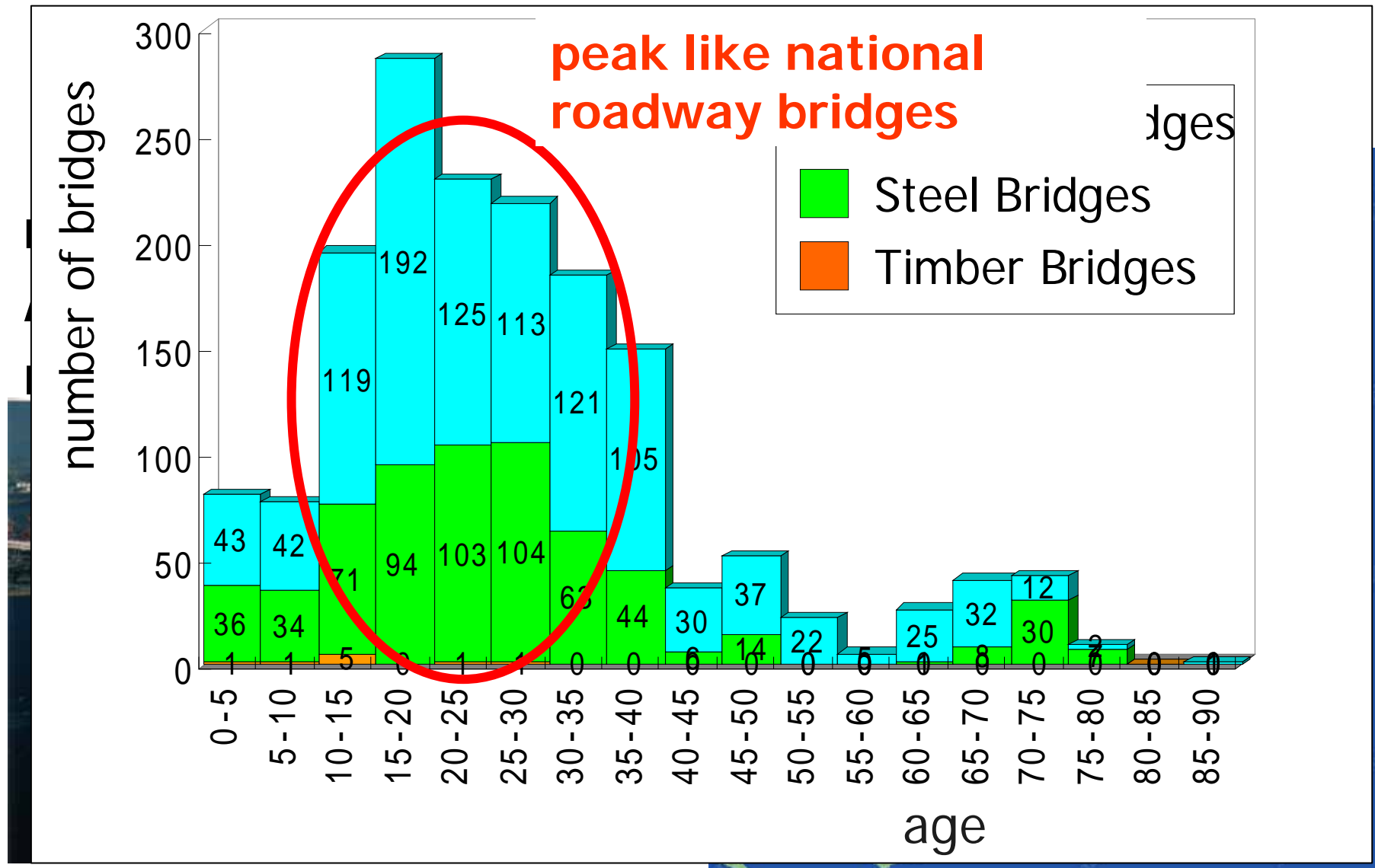
There is peak from 30 to 50 due to rapid economical growth

In the future, they will deteriorate.

The increase of maintenance costs(including renewal) will be a serious problem.

Background 2

The distribution of age of bridges on Yokohama city in Japan



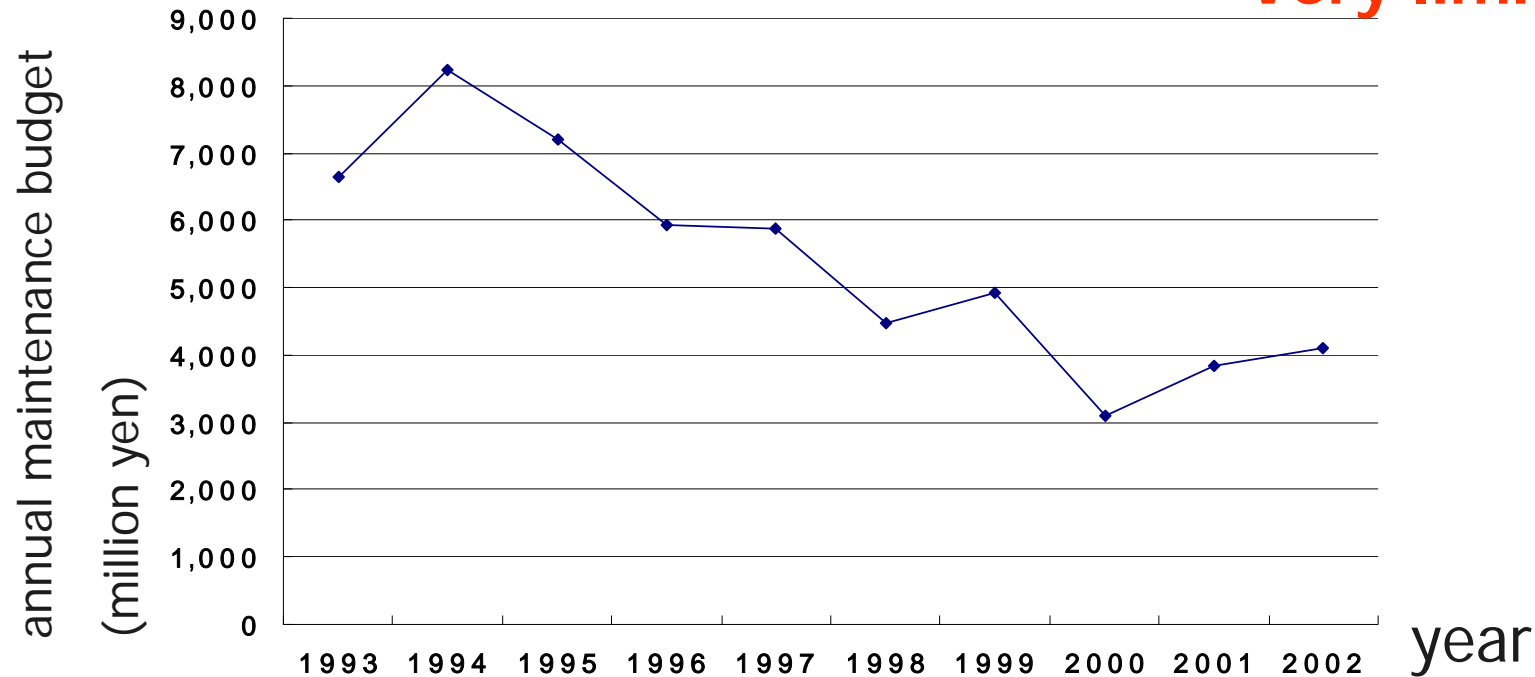
Yokohama Bay Bridge

Objective

Maintenance and rebuilding budget(2003)

4,000(million yen)

Very limited



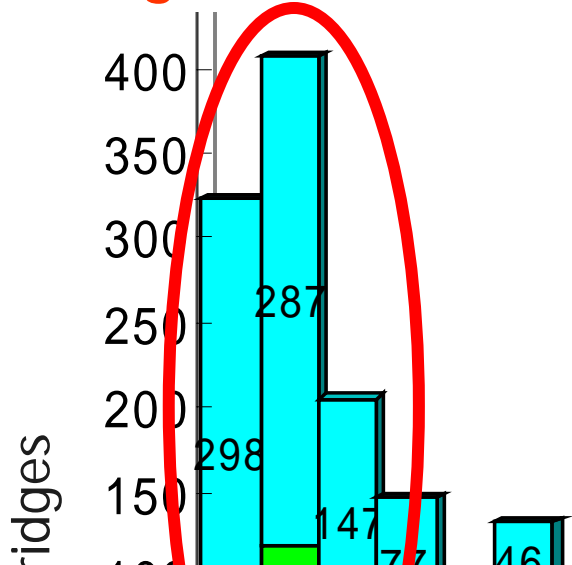
The increase of maintenance costs(including renewal cost) will be more serious problem for local governments.

Proposal for the method which reduces the burden of local governments

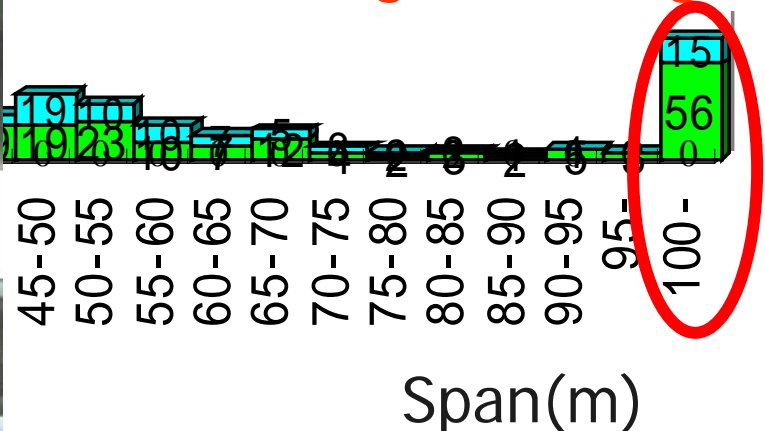
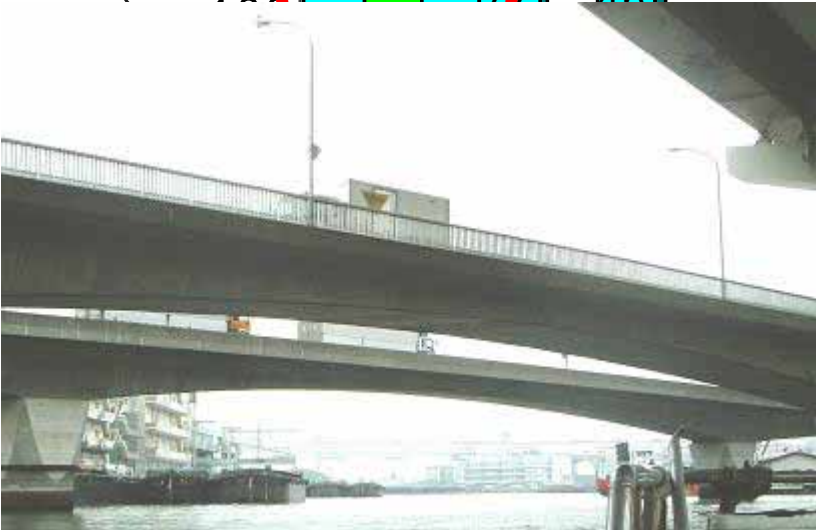
Problem 1

7.7m, single lane, few users

700 bridges are shorter than 10m



70 bridges are longer than 100m



of clear classification

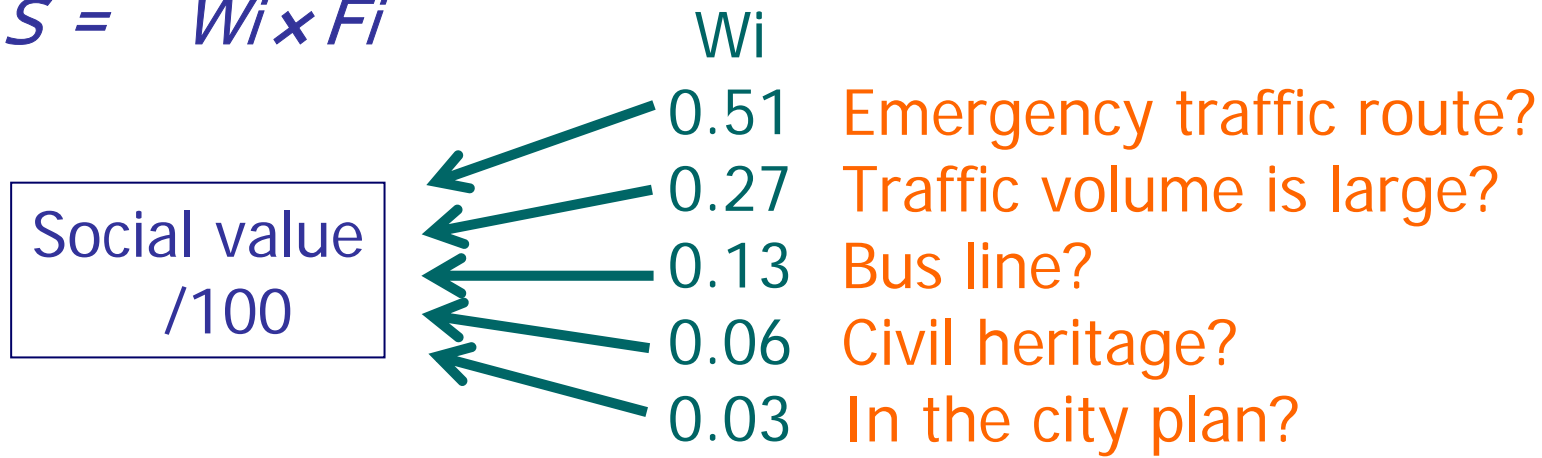
170m, two lanes, a great deal of users

ridges

Social value

Using weighted average method

$$S = \sum W_i \times F_i$$

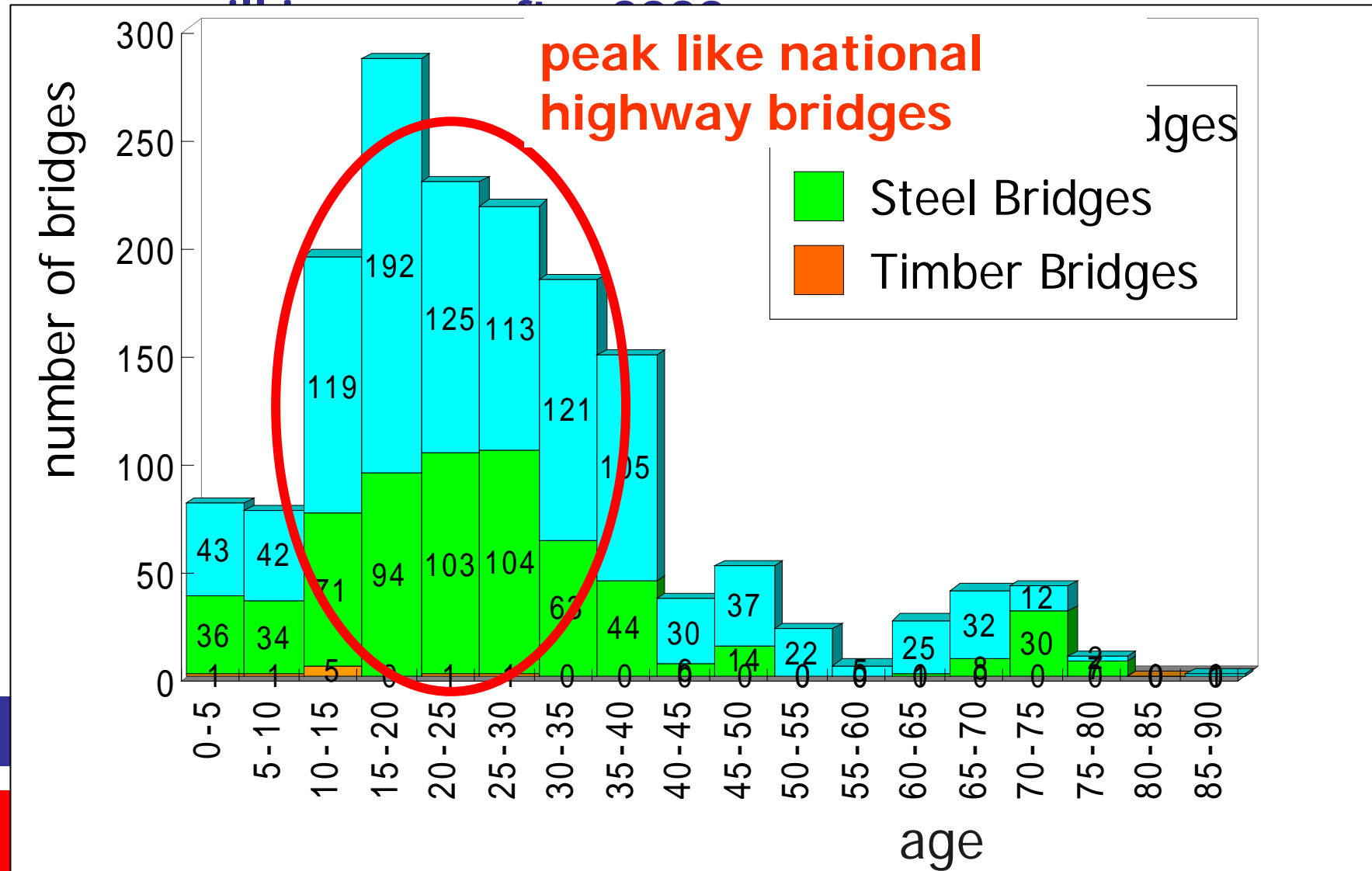


• based on the questionnaire to 42 local governments

• Ratings of it range from 0 to 100
(bridges which have all factors are 100)

Problem 2

The distribution of age of bridges on Yokohama city in Japan



In order to spread the timings of renewal works

Renewal cost 1

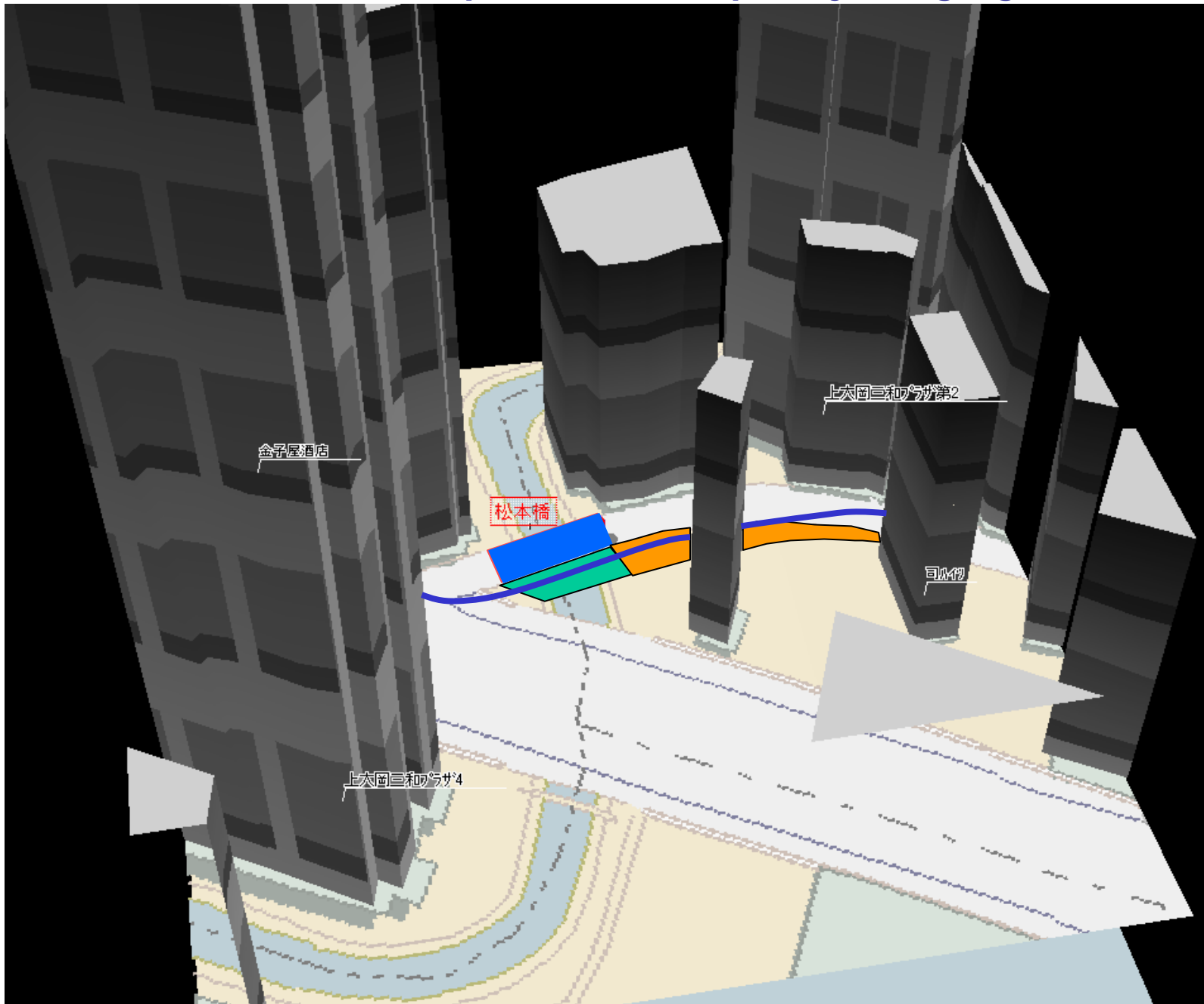
- based on the difficulty of renewal due to land prices, structures under bridges and so on

The renewal patterns

- pattern1 temporary bridge(general)
- pattern2 two-stage renewal(city)
- pattern3 detour(particular)
- pattern4 change the road line(province)

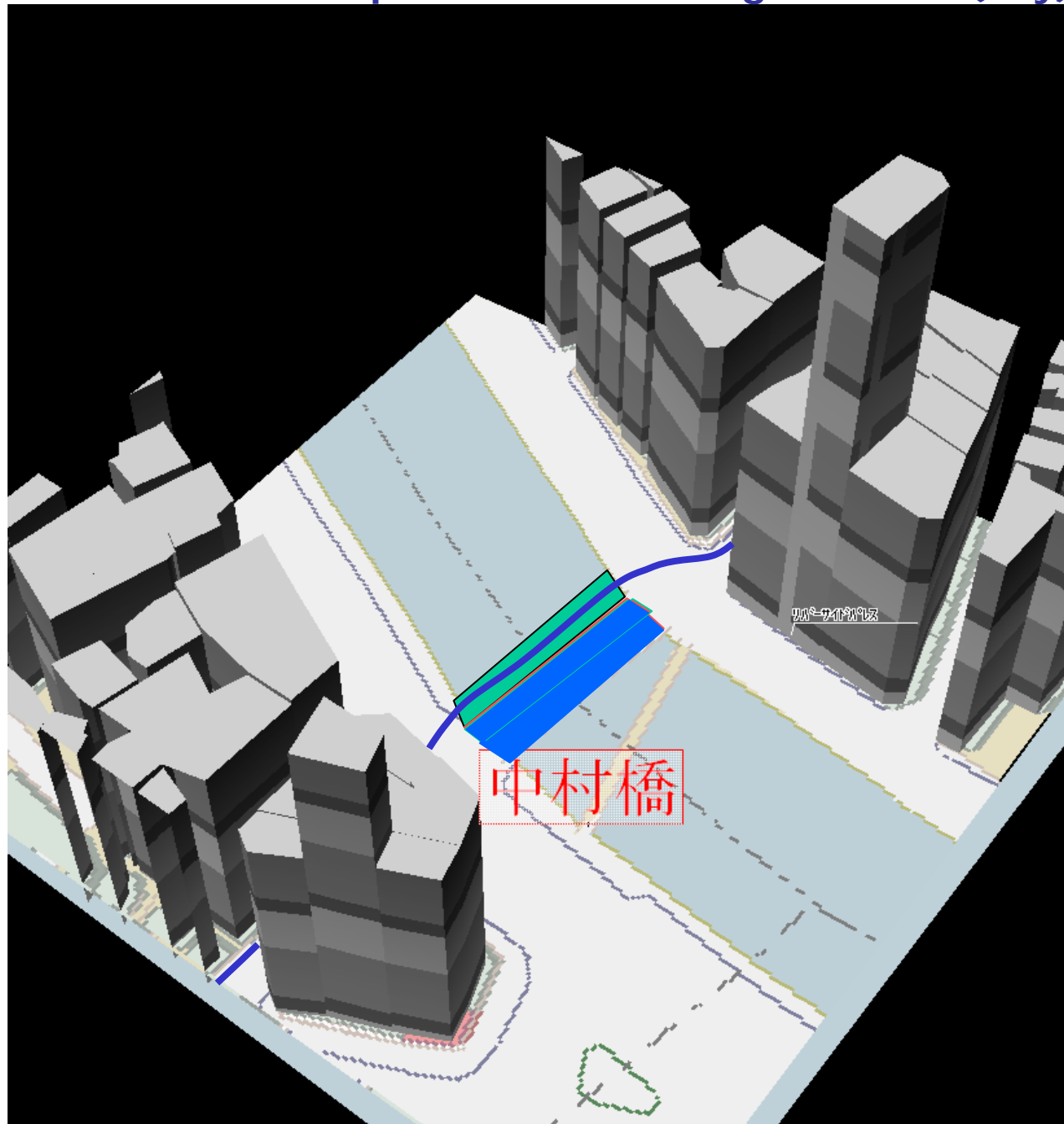
Renewal cost 2

pattern1 temporary bridge(general)



Renewal cost 3

pattern2 two-stage renewal(city)



Renewal cost

· based on the difficulty of renewal due to land prices, structures under bridges and so on

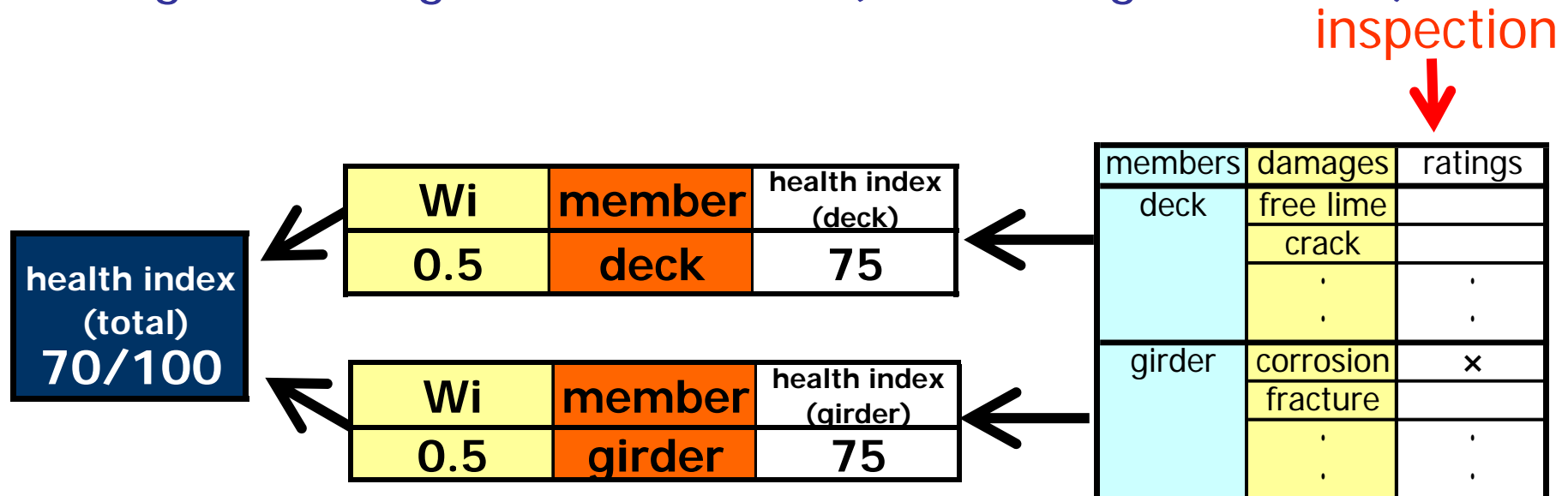
The renewal cost of unit area(m^2)

- | | | |
|------------|--------------------------------|-------------------------------|
| · pattern1 | temporary bridge(general) | 1.5 million yen/ m^2 |
| · pattern2 | two-stage renewal(city) | 2.0 million yen/ m^2 |
| · pattern3 | diversion(particular) | 1.0 million yen/ m^2 |
| · pattern4 | change the road line(province) | 0.7 million yen/ m^2 |

If the bridge crosses over railway or highway,
this renewal cost becomes 1.5 times

Definition of health index in this research

- the degree of health of bridges
- based on inspection data of Yokohama city
- Ratings of it range from 0 to 100 (intact bridges are 100)



The feature of three maintenance groups

Social value

Renewal cost



Clustering
(Dividing into three groups)

Health index

100

85

50

30

0

Three maintenance groups are made by minimum value of health index

Very high

High

Medium

Renewal

Renewal

Renewal

age

The feature of three maintenance groups

social value

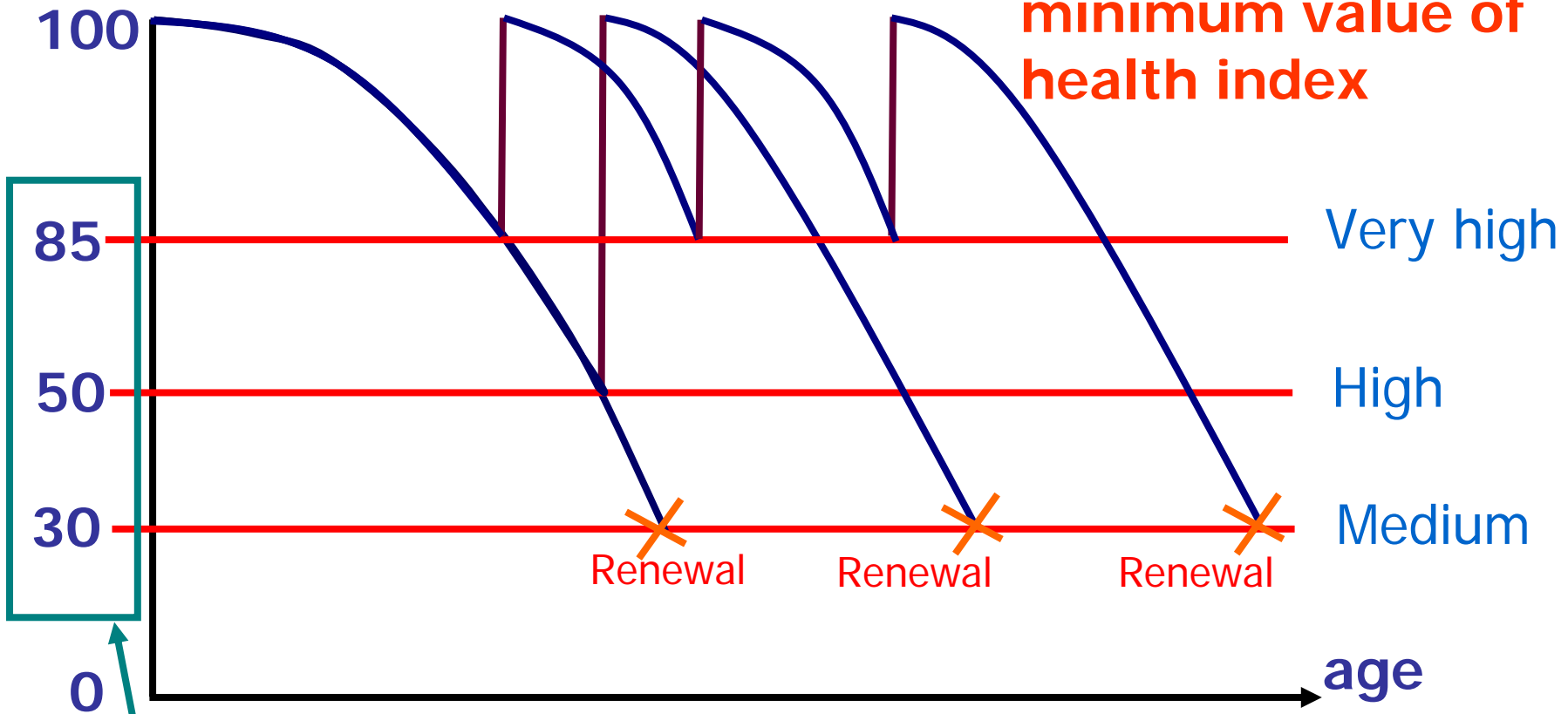
renewal cost



Clustering
(Dividing into 3 groups)

3 maintenance groups
are made by
minimum value of
health index

Health index

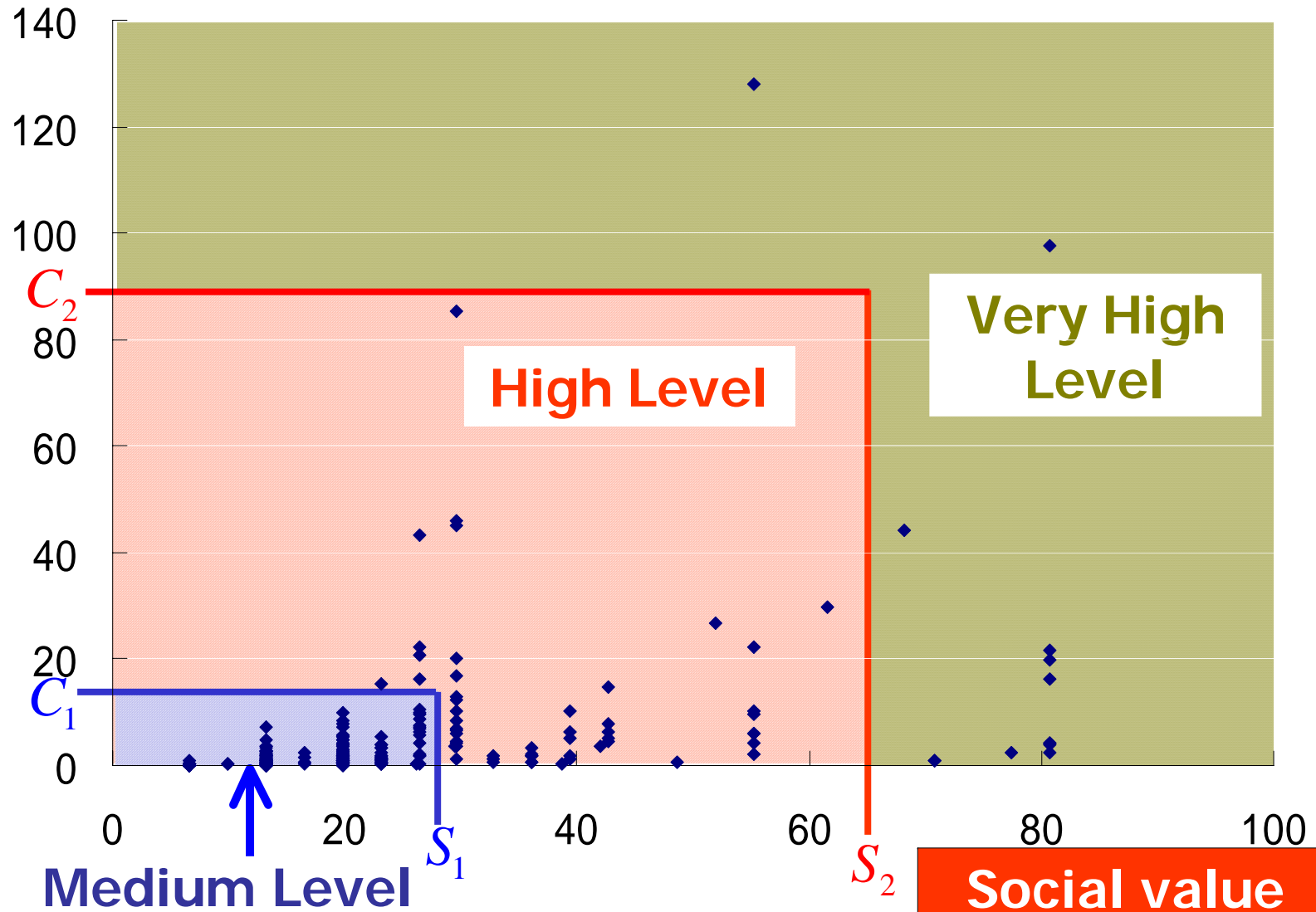


These concrete values are based on criteria of NY city

Clustering

Renewal cost

(100 million yen)

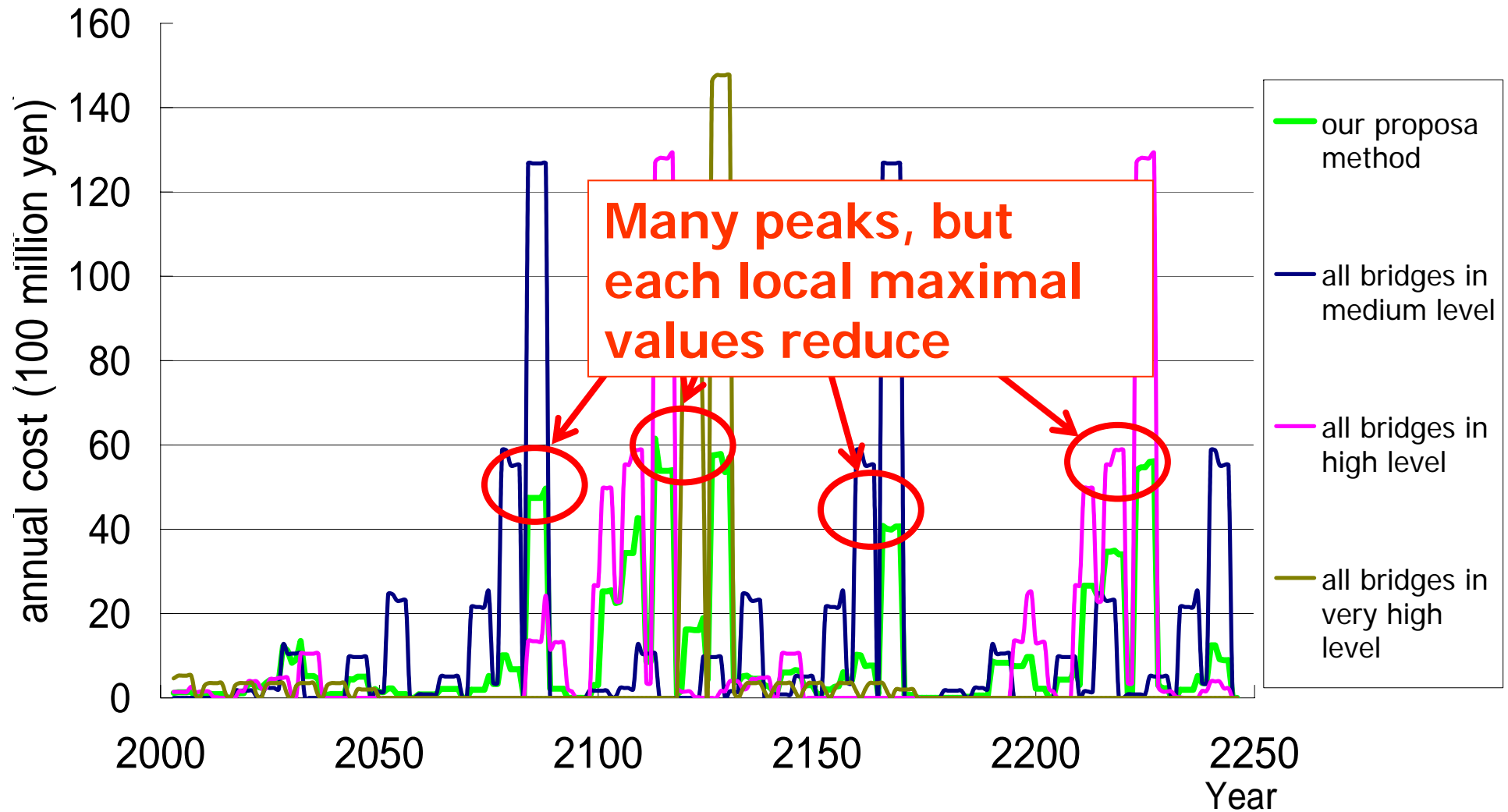


Assumptions in the simulation

- If present health index become **same** as **the minimum value of health index**, repair and reinforcement (including renewal) are performed.
- Future health index is added by a deterioration curve
- Health index is increased to 100 by repairs and reinforcements

The result of simulation

future annual maintenance cost of 300 bridges



Priority

If the bridge budget has **the limitation**,

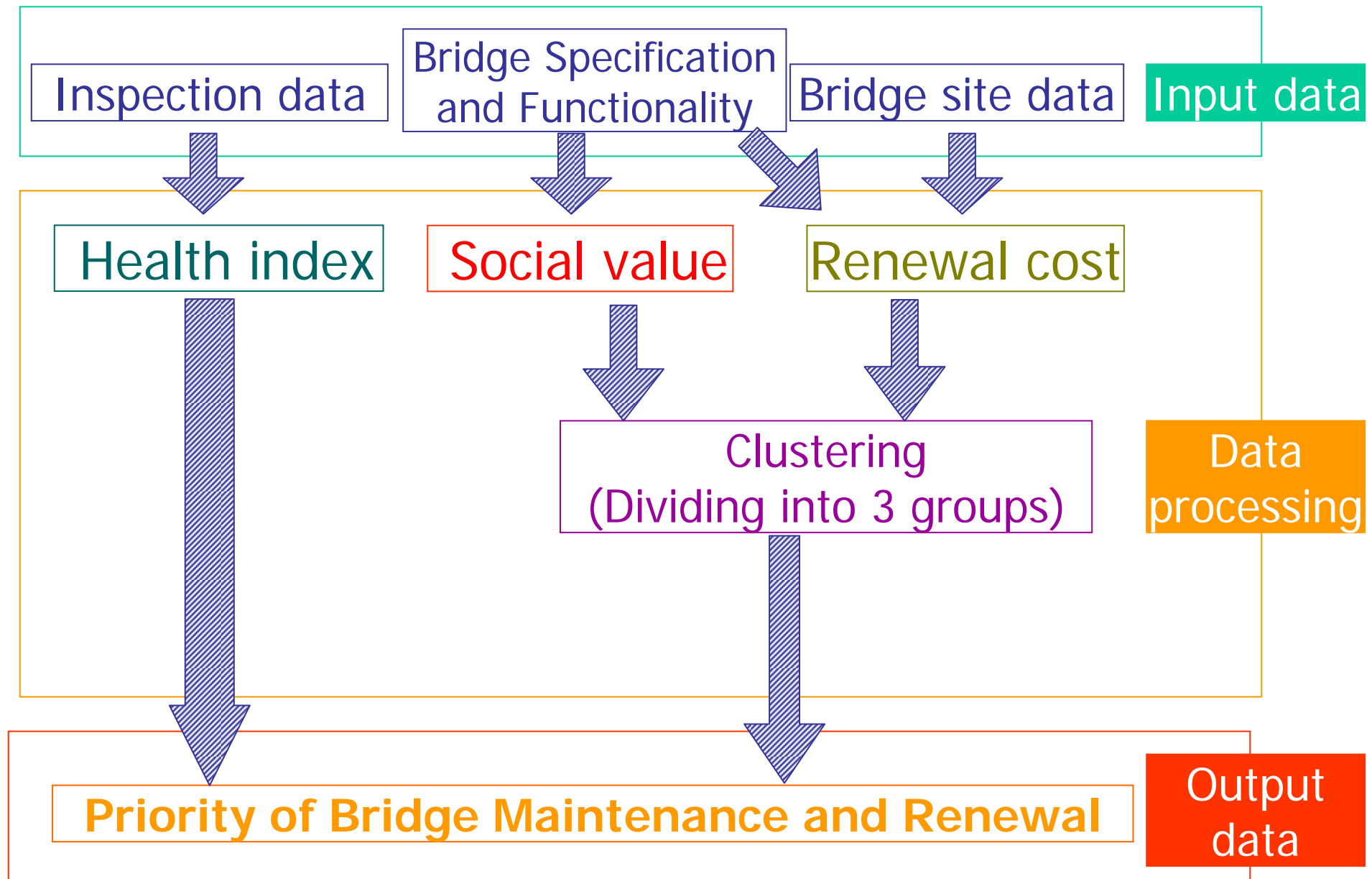
We need to decide the priority of maintenance works.(including renewal)

D = present health index - minimum value

the bridge whose D is lower is repaired and renewed by priority

	bridge name	present health index	maintenance level	minimum value	D
1st	Shin Yamashita	75	Very High	85	-10
2nd	Yato	25	Medium	30	-5
3rd	Imai	40	Medium	30	10
4th	Daini Nakata	65	High	50	15
5th	Matsumoto	50	Medium	30	20
6th	Shiomi	75	Medium	30	45

Flow of this proposal method

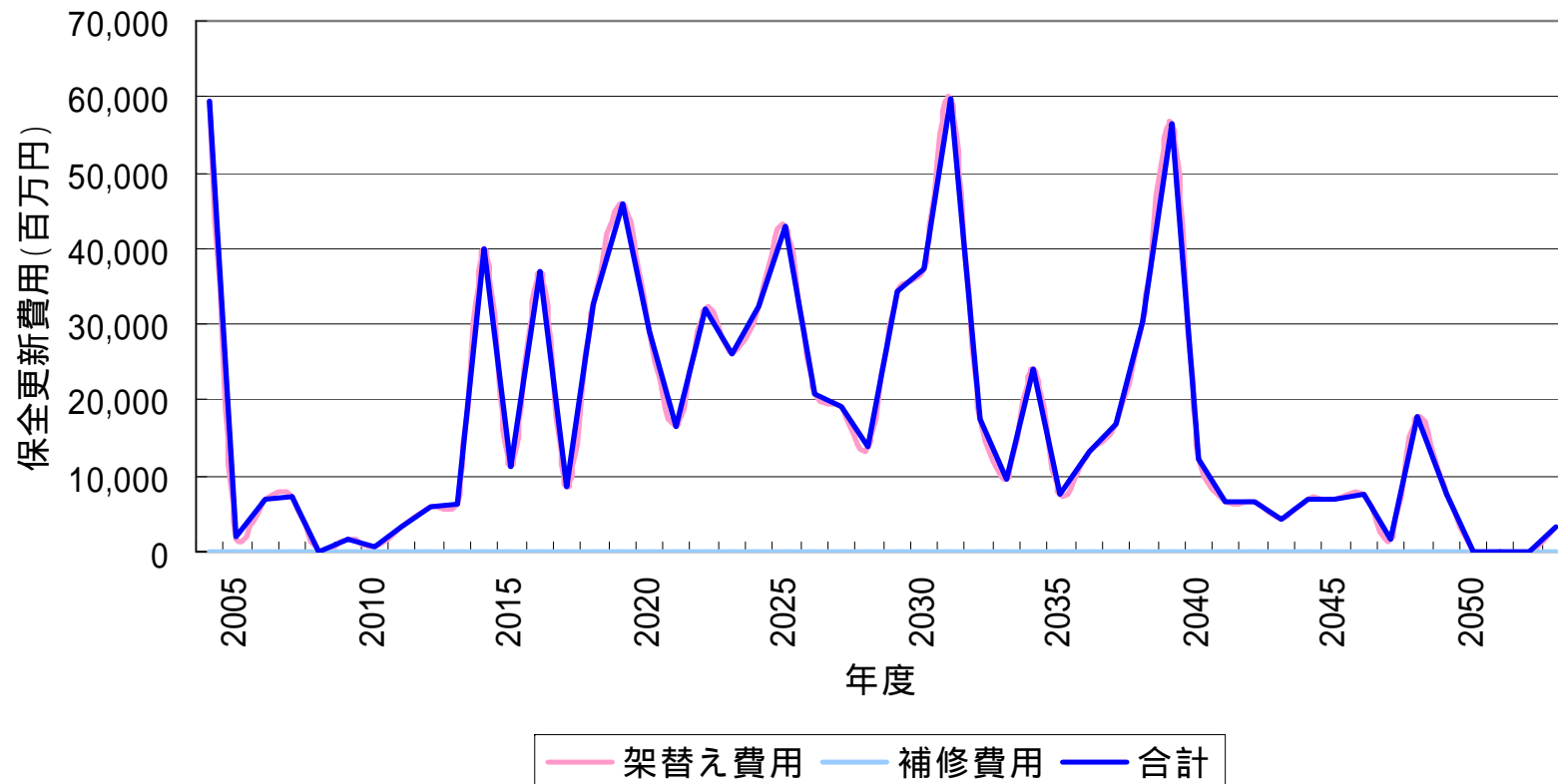


Concluding remarks

- **All bridges are clustered into three maintenance groups based on social value and renewal cost.**
- **Minimum value of health index is set by three maintenance groups**
- **The simulation of this method showed that it can smoothen annual maintenance costs (including renewal).**
- **If the annual budget is limited, the priority of bridge maintenance or renewal are determined.**

End of this presentation

Backgrounds spare



付図 供用年数を50年と設定した上での将来の維持管理費用（横浜市試算）

全橋梁を供用年数50年で架け替えを行うと維持管理費用は年間400億円に達する

Objective (another)

本研究の目的

地方自治体の現状把握

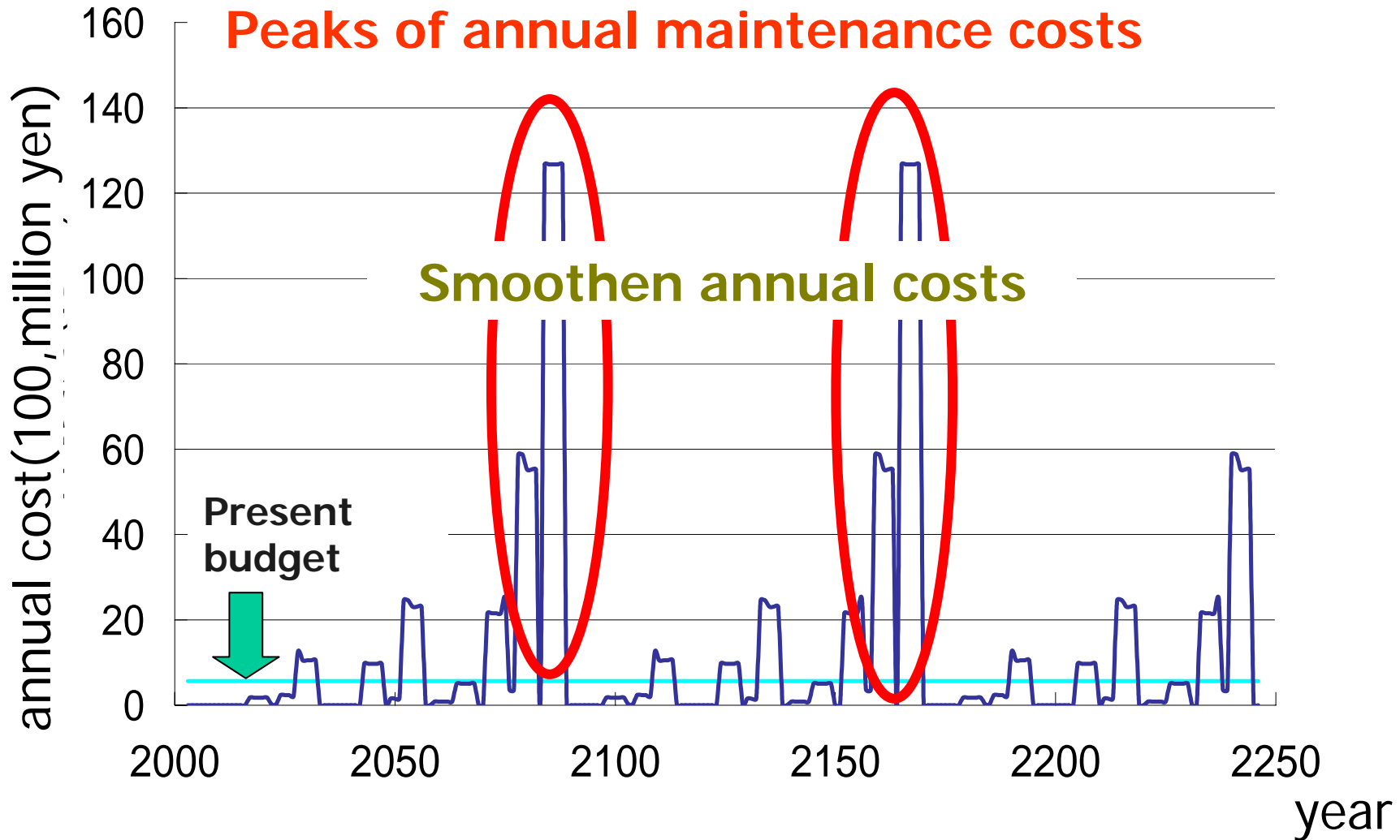
「各自治体における橋梁維持管理の現状調査アンケート」全都道府県、政令指定都市で実施

41の自治体が回答（回収率71%）

地方自治体において負担を軽減するような橋梁補修優先順位決定手法の提案

（本研究の対象：横浜市管理の300橋）

Factors of Problems 2



in case of bridge lifetimes as 80 years

A principal result of this questionnaire

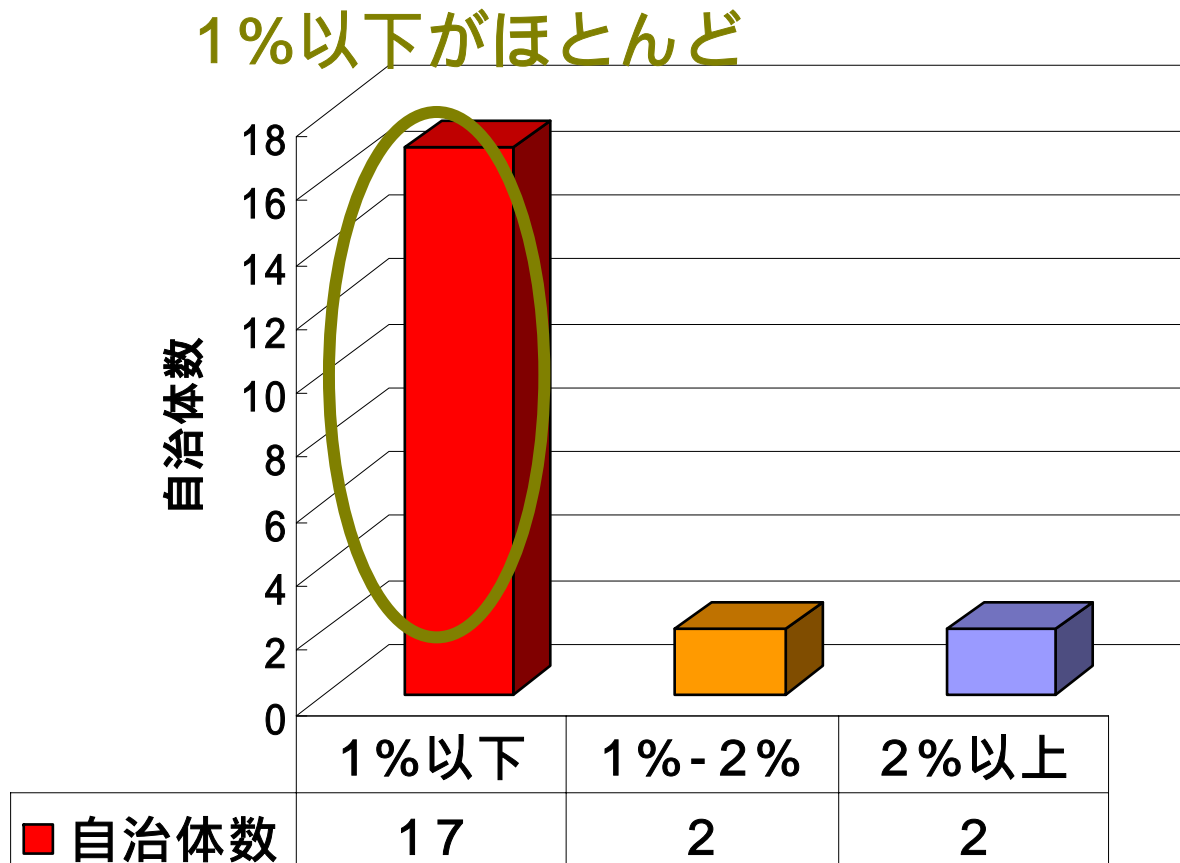


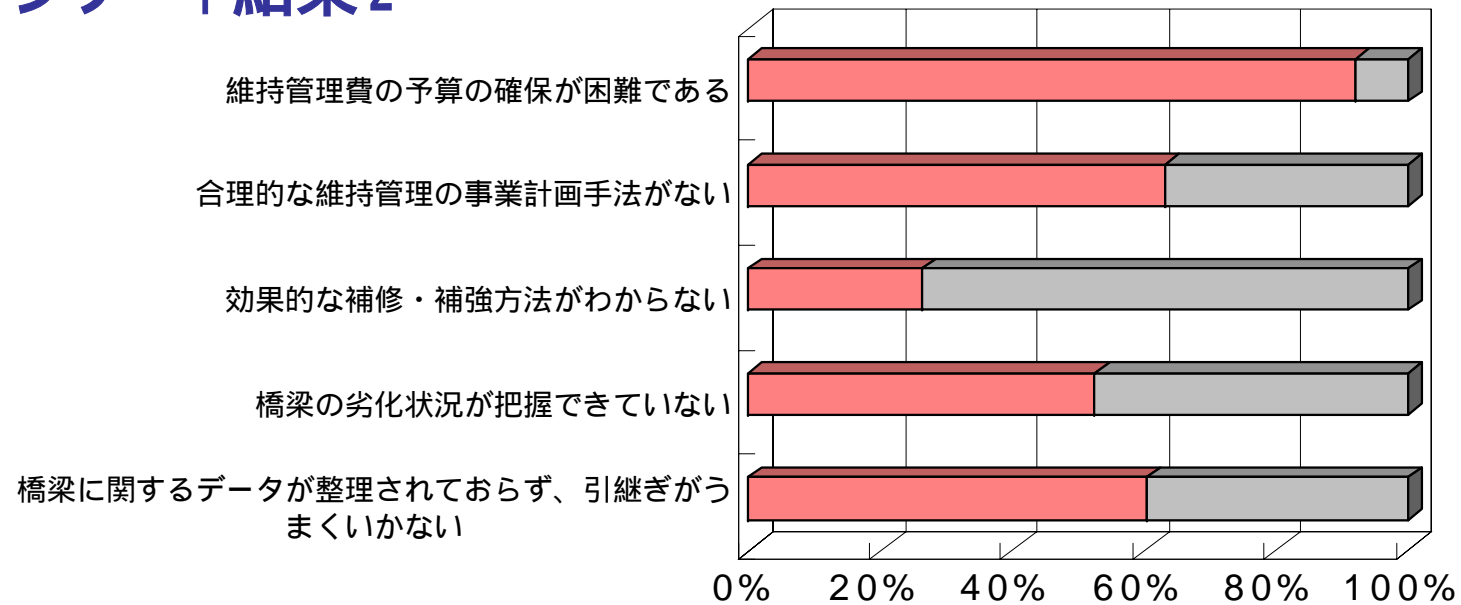
図 今年度維持管理（補修＋更新）予算と橋梁資産との割合分布図

$$\text{割合} = \frac{\text{今年度維持管理予算}}{\text{橋梁資産}}$$

A principal result of this questionnaire

アンケート結果2

■ 困っている
■ 特に困っていない



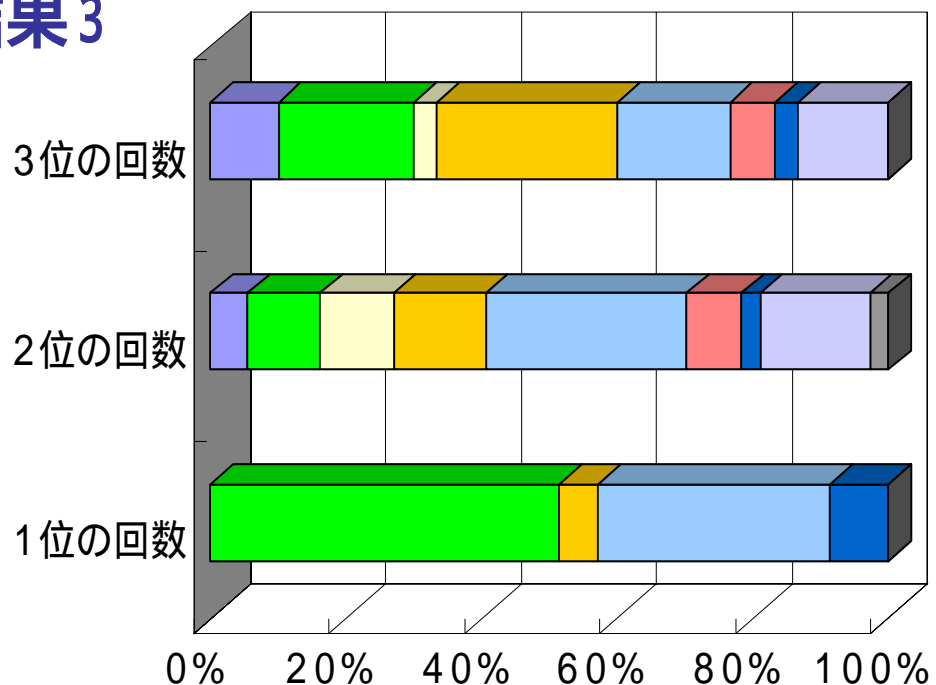
	橋梁に関するデータが整理されておらず、引	橋梁の劣化状況が把握できていない	効果的な補修・補強方法がわからない	合理的な維持管理の事業計画手法がない	維持管理費の予算の確保が困難である
□ 特に困っていない	15	18	28	14	3
■ 困っている	23	20	10	24	35

付図 困っていることの統計

ほとんどの自治体が予算確保や維持管理計画の提案に困惑している

A principal result of this questionnaire

アンケート結果3

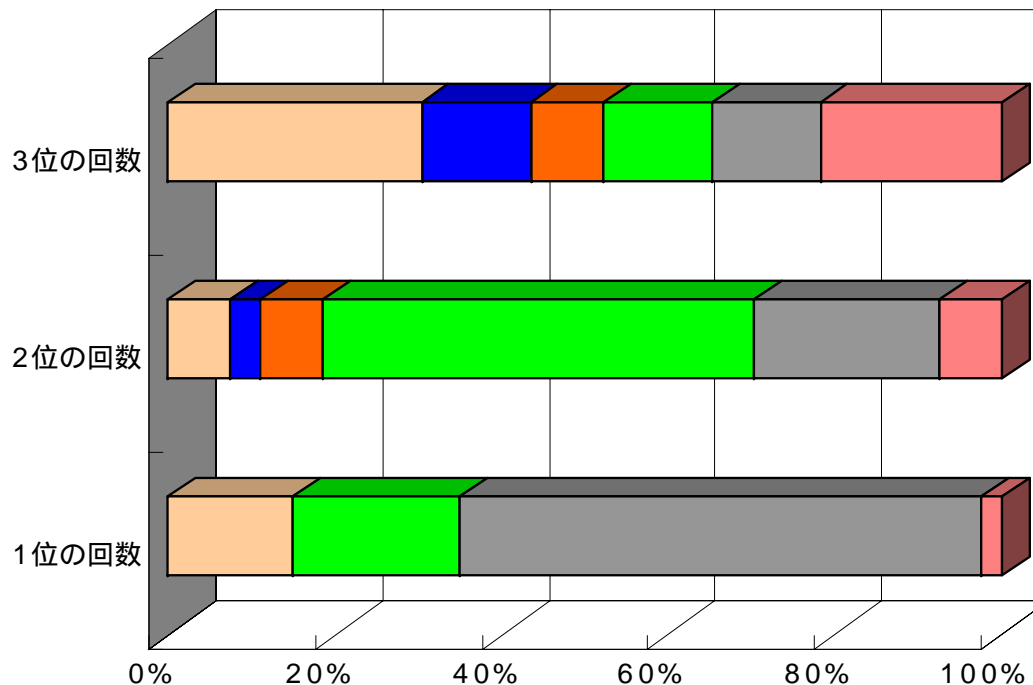


	1位の回数	2位の回数	3位の回数
■ 災害による復旧	0	1	0
□ 第三者被害	0	6	4
■ 改良工事	3	1	1
■ 構造上の問題	0	3	2
■ 耐震対策	12	11	5
■ 供用荷重増に伴う耐荷力不足	2	5	8
□ 劣化対策（予防保全）	0	4	1
■ 劣化対策（劣化が著しい）	18	4	6
■ 住民からの苦情	0	2	3

付図 補修・補強理由の分布

A principal result of this questionnaire

アンケート結果4

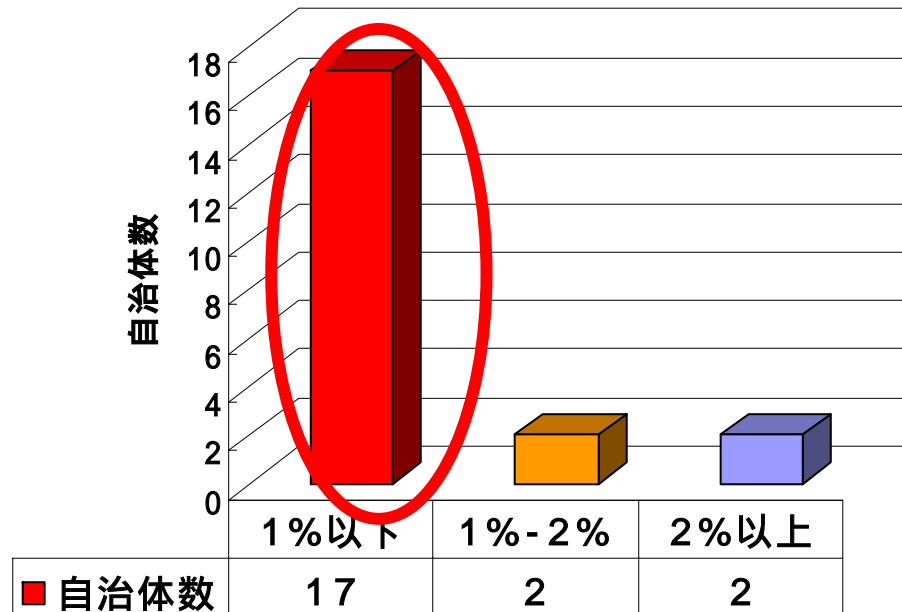


	1位の回数	2位の回数	3位の回数
■ 災害による架け替え	1	2	5
■ 改良工事	25	6	3
■ 構造上の問題	8	14	3
■ 耐震対策	0	2	2
■ 供用荷重増に伴う耐荷力不足	0	1	3
■ 構造物の劣化による欠陥	6	2	7

付図 架け替え理由の分布

A principal result of this questionnaire

1%以下がほとんど



最低更新費用

$$= \text{橋梁総面積} \times \text{最低更新費用単価} \\ (\text{70万円/m}^2)$$

補修・更新予算

$$= \text{補修予算} + \text{更新予算}$$

割合

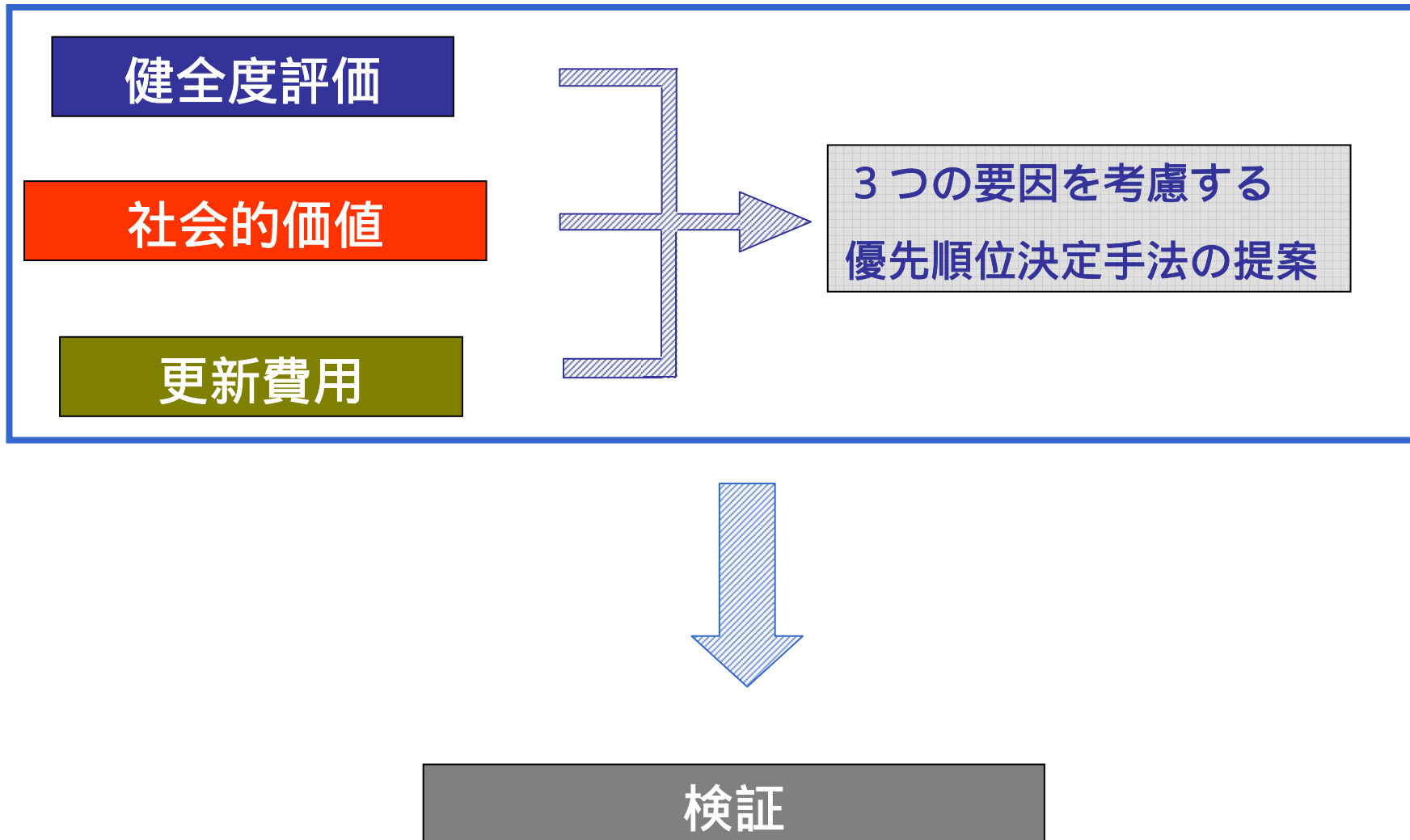
$$= \text{補修・更新予算} / \text{最低更新費用} \\ (\text{全て一般会計の場合})$$

図2 補修・更新予算と最低更新費用との割合分布図

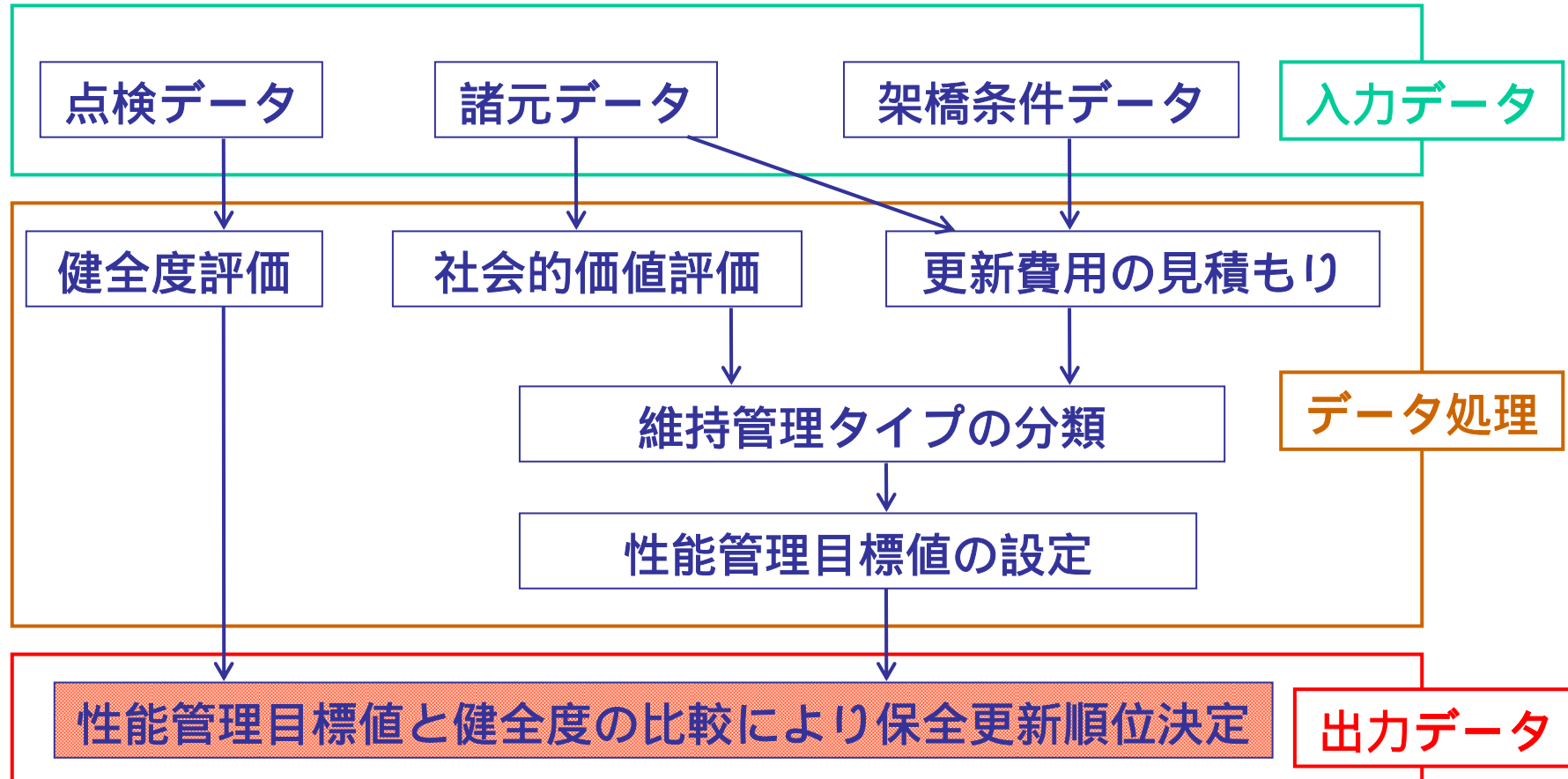
ほとんどの自治体が現予算で全橋梁を更新しようとする最低100年以上かかる

Flow of this research spare

目的 のフロー



Flow of this research



feature of this research

既往研究との違い

従来の研究における優先順位決定手法

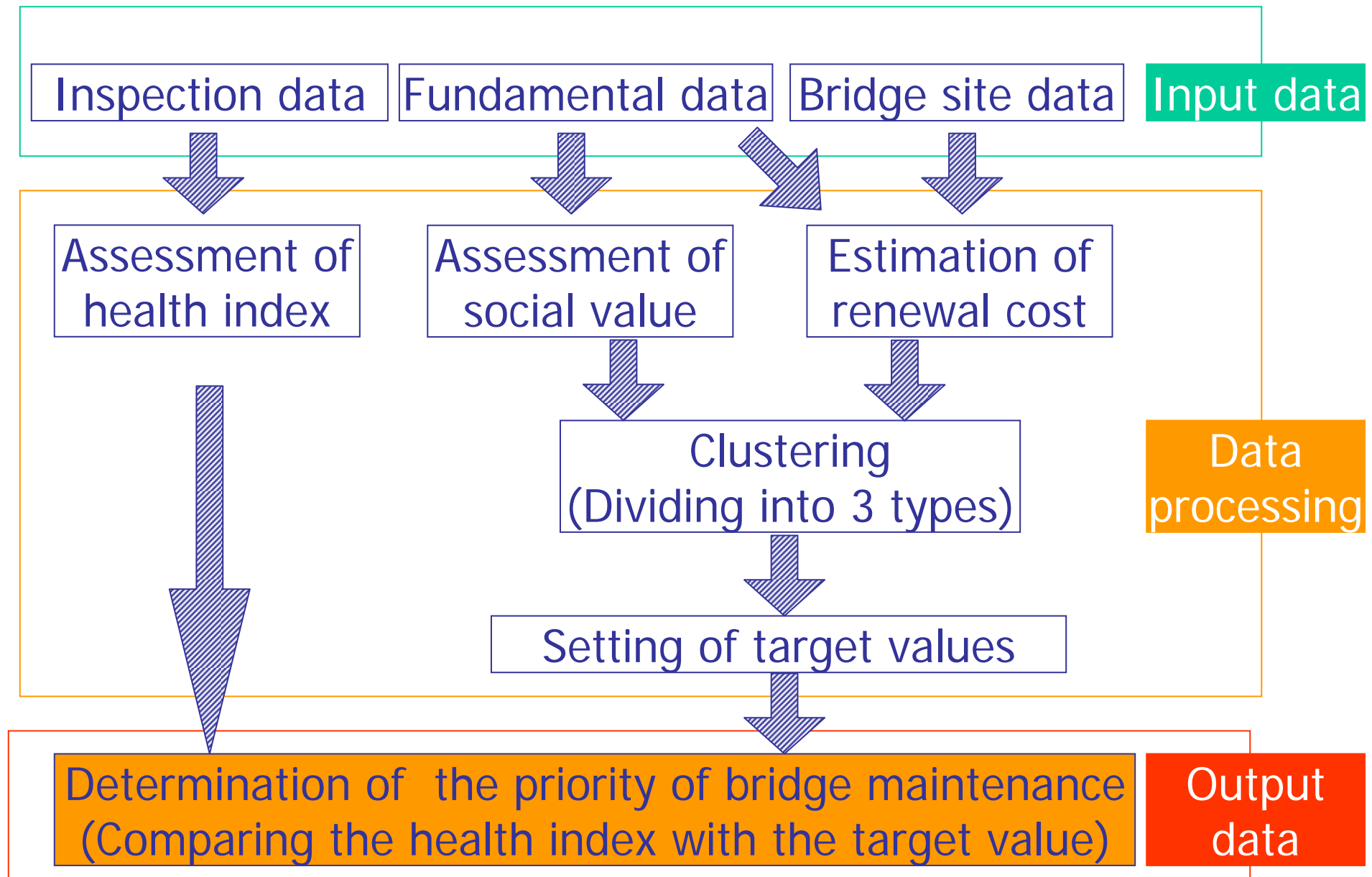


問題点 実際に行われている補修の要因は、劣化だけではない
(参照：自治体における橋梁維持管理の現状把握アンケート)

工事による社会への影響が考慮されていない (ex.渋滞)

数人しか使わない小さい橋でもたくさんの方が使用する大きい橋より少しでも劣化していれば、小さい橋が優先される

Flow of this proposal method



Feature of Bridges in Local governments1

横浜市管理橋梁の特徴

現状の年度予算額
補修費用 約 1.1 億

架け替え費用 約 2.0 億

橋梁総面積 443,474 m²

橋梁最低更新費用 約 3100 億円

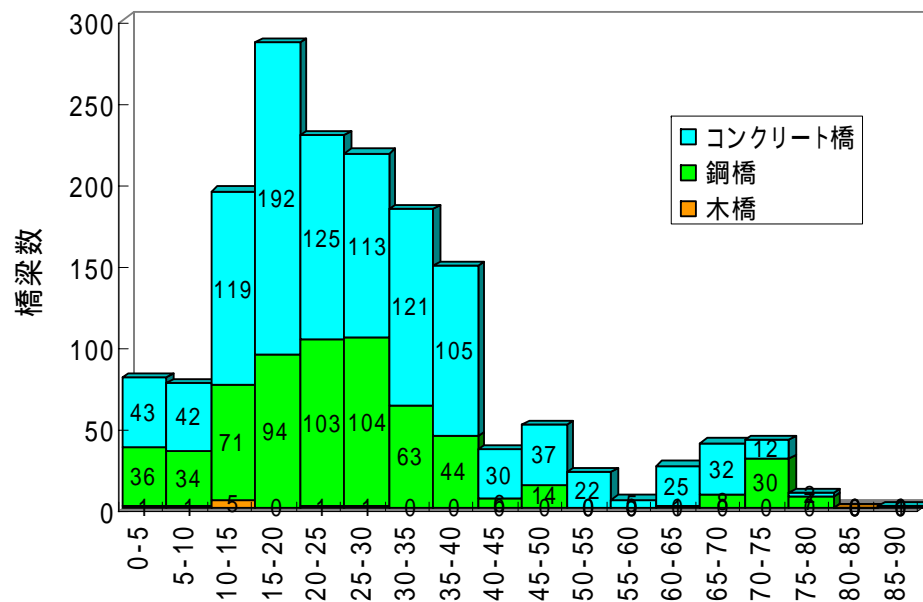


図 橋齢と橋梁数の関係

橋令(年)

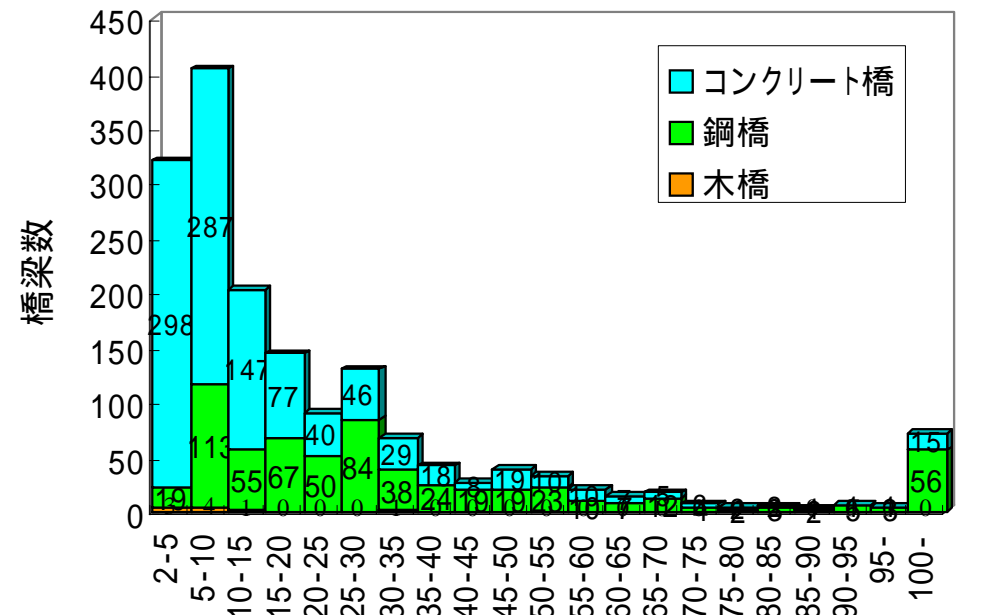


図 橋長と橋梁数の関係

橋長(m)

- ・ 橋齢は全国と同じ様に 10 年後以降になると供用年数 50 年以上の橋梁が増大する
- ・ 橋長は 100 m 以上のものから 2 ~ 5 m の物まで様々な長さの橋梁が存在する

Feature of Bridges in Local governments2

地方自治体での維持管理費用の見積もりの問題構造

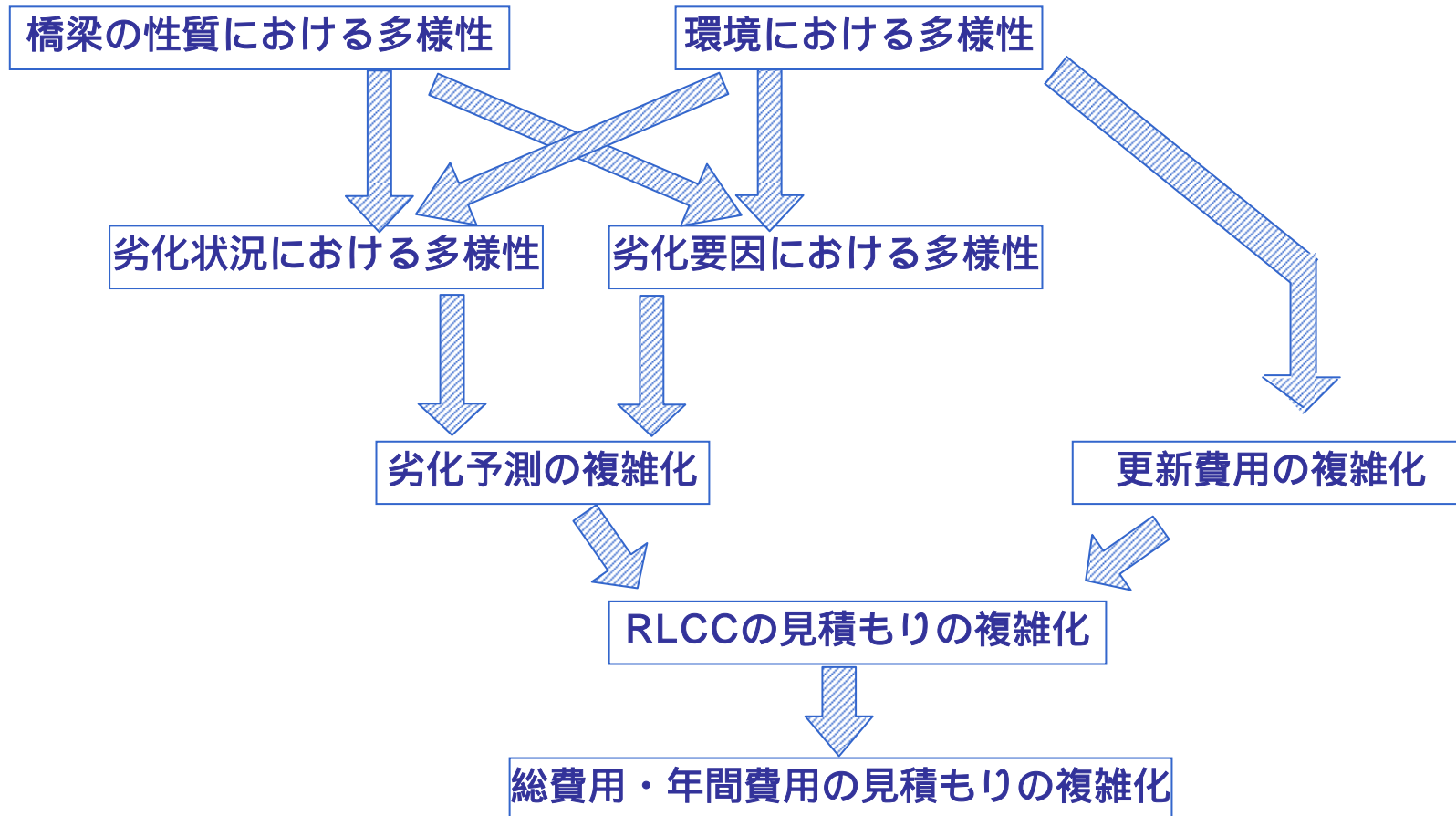
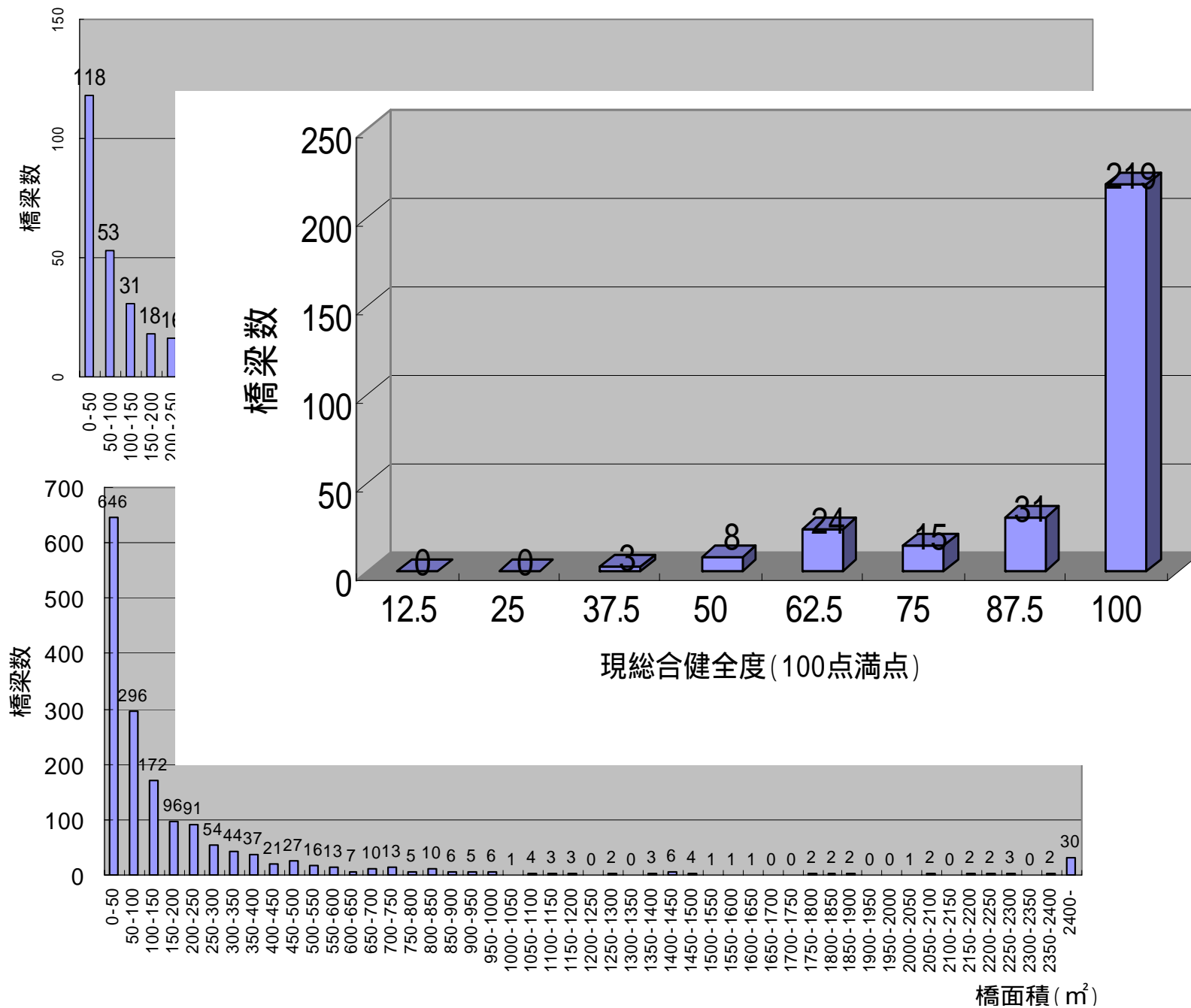


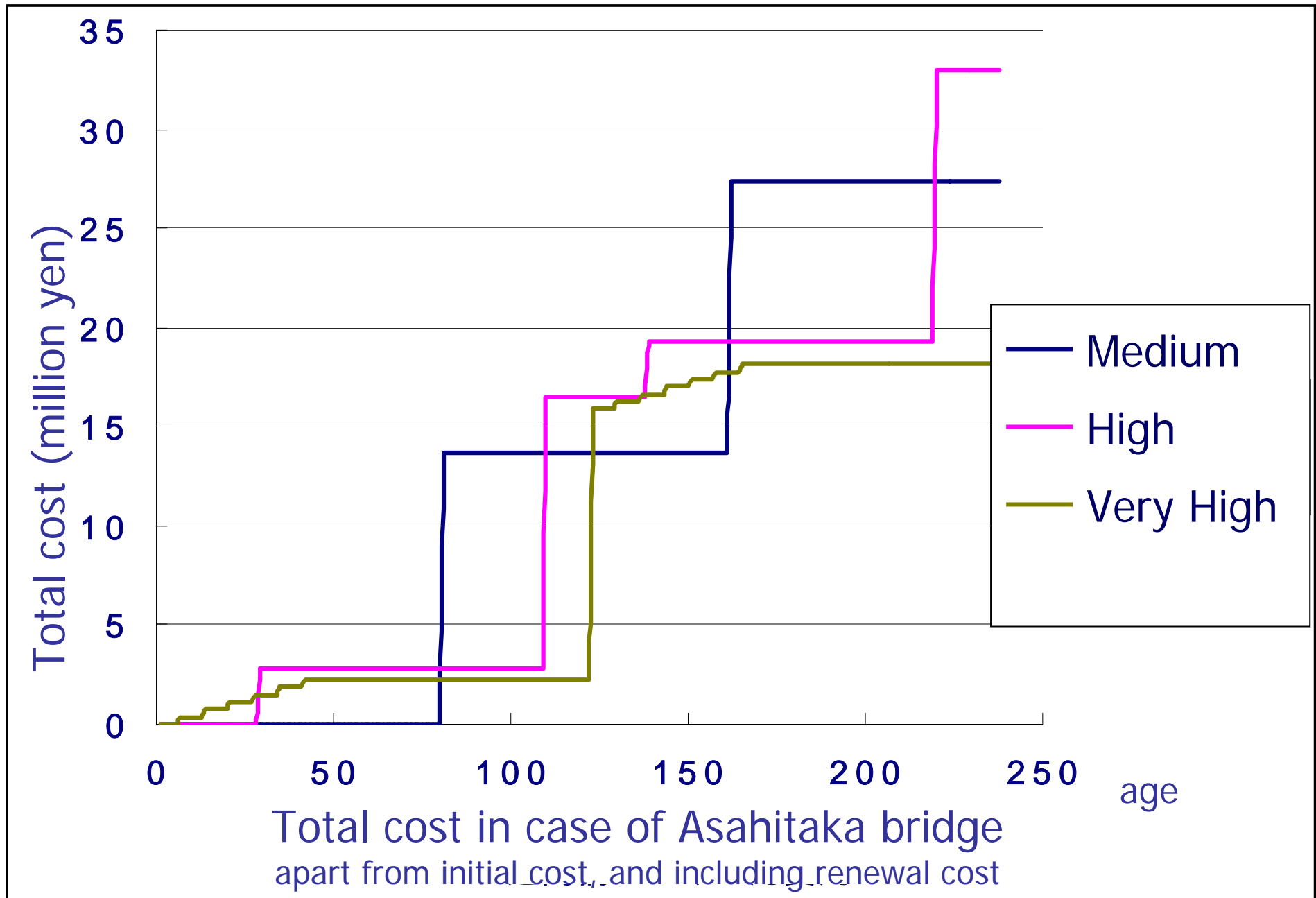
図 複雑化の経緯

「性質」は、橋長、桁・橋脚・床版などの構造形式、作られた年代などその橋梁自体の持つ性質を指し、また「環境」は、「海が近い」「地盤がゆるい」「迂回路が近い」等の地形的環境と「交通量が多い」「緊急輸送路である」等の社会的環境、両方の意味を含む

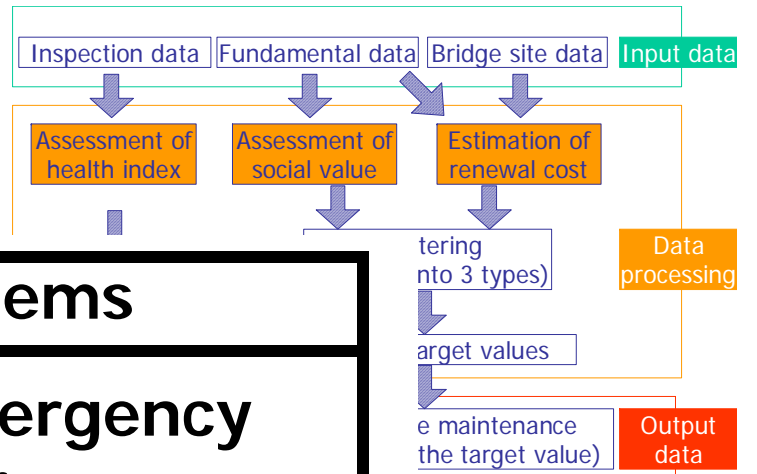
sampling



Example of calculation



Three indices



Health index

W_k	items
51	emergency traffic route
27	a lot of traffic
13	bus line
6	civil engineering heritage
3	city plan

Social value

Renewal cost

based on

ages)

as

agers

important

Health Index

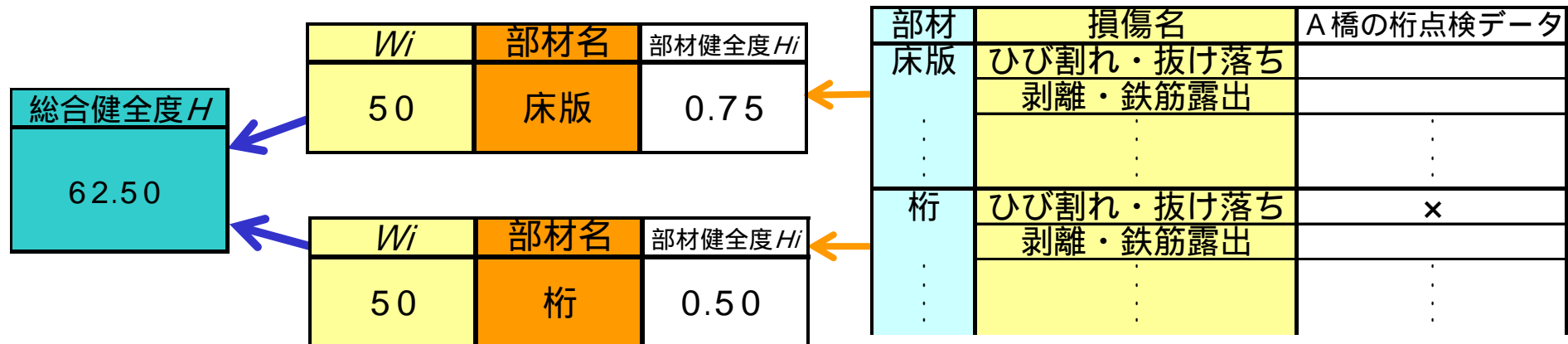
橋梁の健全度評価

橋梁の耐荷力や耐久力などの現性能を点検データをもとに把握すること

本研究では橋梁の点検精度が低いため、健全度と呼ばれる最も一般的な指標による性能評価を行う

前述の通り、既往研究ではこの健全度の低い橋梁から補修を行っていく

コンクリート橋の健全度評価の例



橋梁総合健全度 $H = \sum W_i \times \text{部材健全度 } H_i$ 部材健全度 H_i 点検データ

橋梁が完全に健全なら100点となる

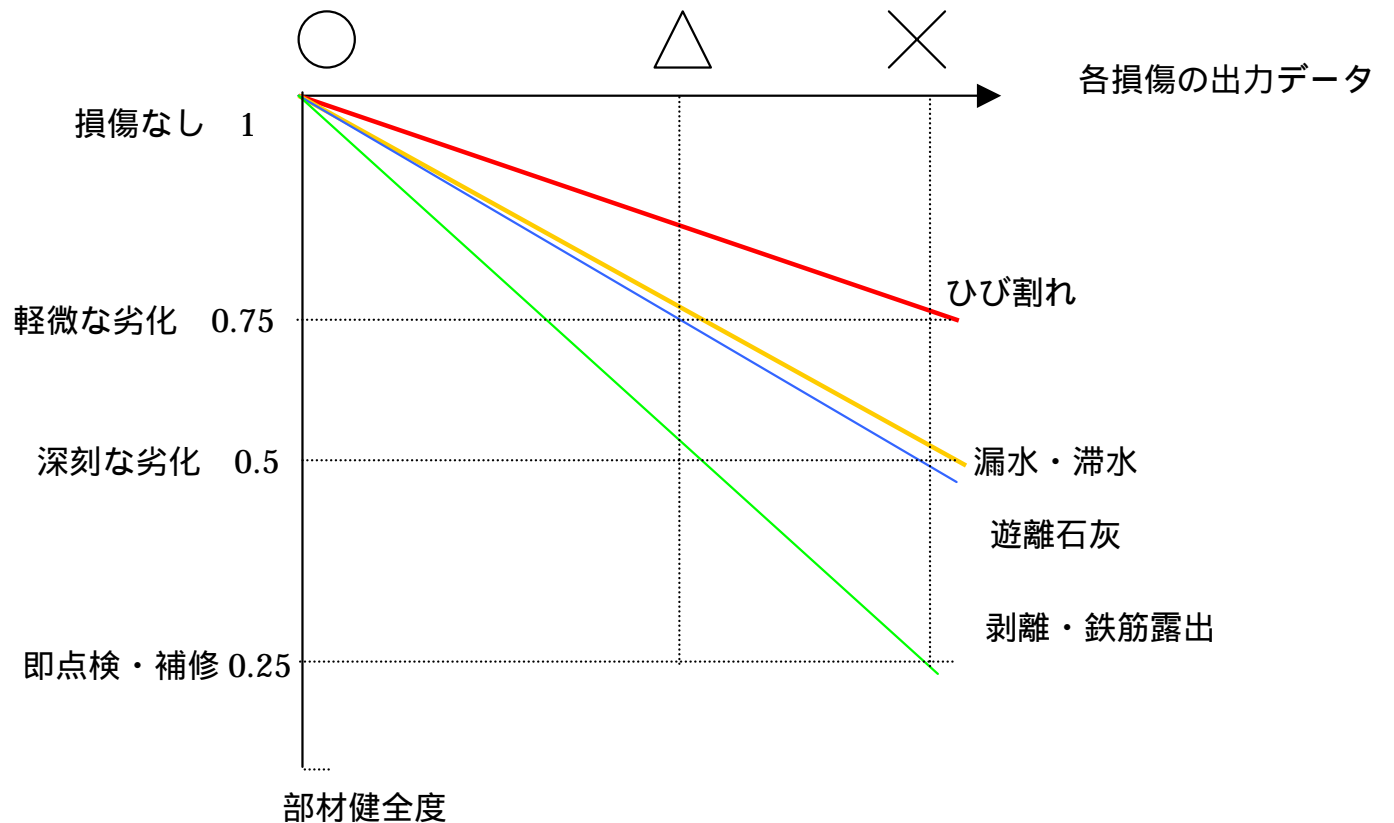
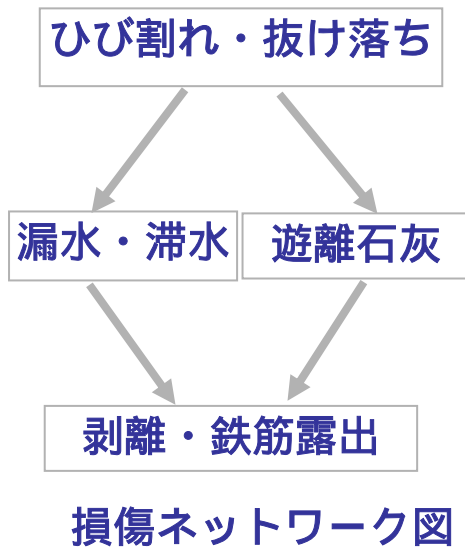
部材が完全に健全なら1点となる

Health Index

コンクリート部材の性能評価の例

W_i	部材名	部材健全度 H_i
50	床版	0.75

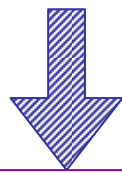
損傷名	A橋の床版点検データ
ひび割れ・抜け落ち	
剥離・鉄筋露出	
遊離石灰・豆板・・・	
漏水・滞水	



The feature of Three maint

social value

renewal co



Clustering
(Dividing into 3 groups)

Type 1. maintenance level:

...Bridges of this type are repaired again and again.

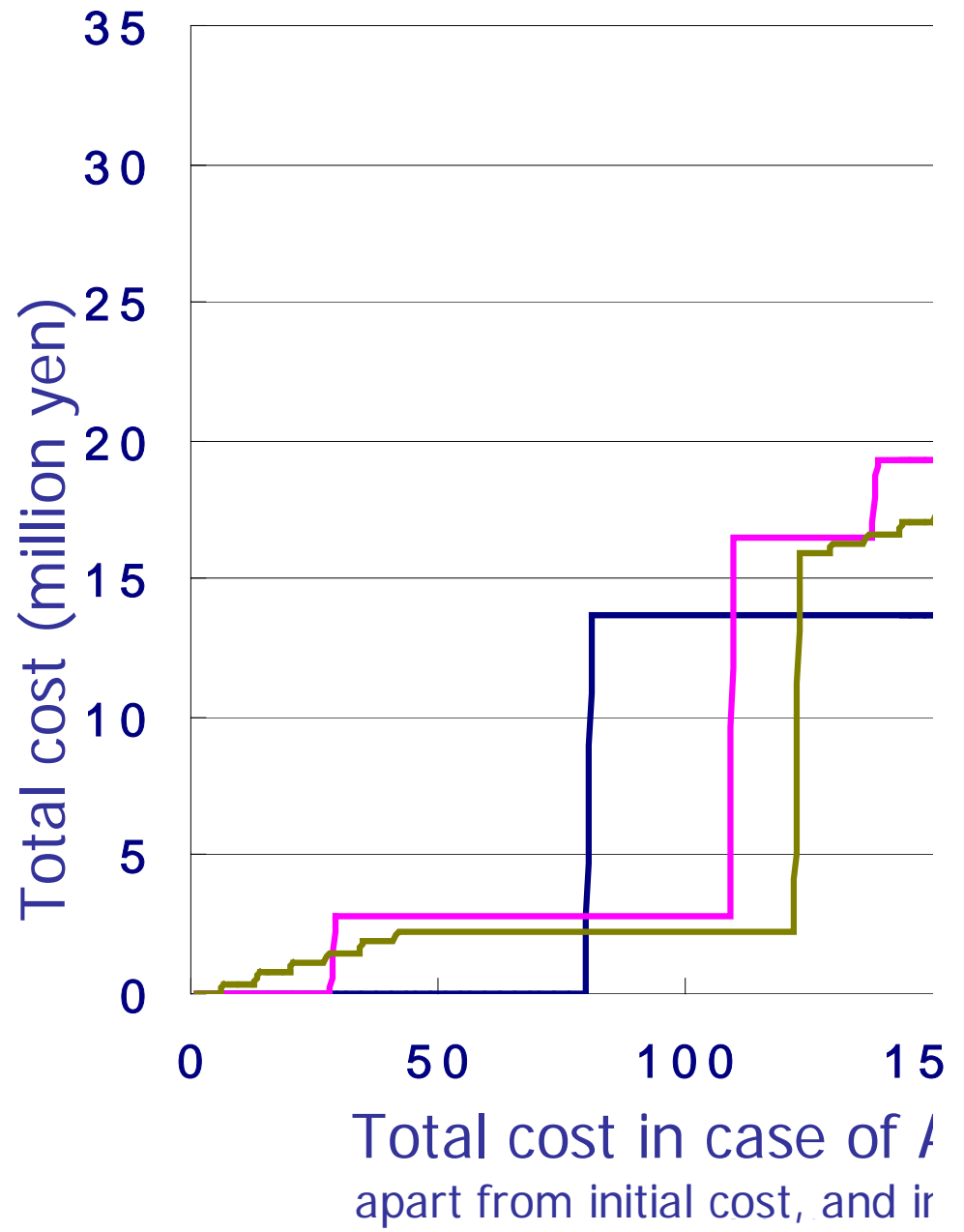
Type 2. maintenance level:

...Bridges of this type are repaired

Type 3. maintenance level: n

...Bridges of this type are not repaired and reinforced .

If they can't maintain their performance ,they are renewed. 41



Renewal price

橋梁の更新費用

更新費用とは、橋梁を架け替える際に必要とする費用を意味する
架け替えの難しい橋梁は非常に費用が高い

供用年数延ばすべき

・費用の見積もり方

買収可能用地の面積や地形条件による更新費用の見積もりを行う

横浜市の経験に基づき単価を設定

・パターン1	仮橋（最も一般的）	1 5 0 0 0 0 0 円/m ²
・パターン2	二段階仮橋・都心	2 0 0 0 0 0 0 円/m ²
・パターン3	迂回路使用	1 0 0 0 0 0 0 円/m ²
・パターン4	道路線形をずらす	7 0 0 0 0 0 0 円/m ²

高速道路や鉄道を超えてる場合は、それぞれを1.5倍した単価となる

Renewal price

このようなパターン毎に横浜市の経験に基づき単価を設定

・パターン1	仮橋（最も一般的）	1 5 0 0 0 0 0 円/m ²
・パターン2	二段階仮橋・都心	2 0 0 0 0 0 0 円/m ²
・パターン3	迂回路使用	1 0 0 0 0 0 0 円/m ²
・パターン4	道路線形をずらす	7 0 0 0 0 0 0 円/m ²

高速道路や鉄道を超えてる場合は、それぞれを1.5倍した単価となる



Social Value

社会的価値の評価

社会的価値のある橋梁ほど補修においては優先されるべきという考えから導入

- ・ 評価方法：「各自治体における橋梁維持管理の現状調査アンケート」による調査を基とした重み付け手法（重みは1対比較法により設定）

社会的価値 S	W_k	項目	各項目における点数 F_k				
			/ 100点満点	0.51	緊急輸送路	NO 0	
0.27	交通量	幅員 < 4m 0.25		4m 0.5	幅員 < 6m 0.75	6m 1	幅員 < 12m 1
0.13	バス路線	NO 0		YES 1			
0.06	土木遺産	NO 0		YES 1			
0.03	都市計画	NO 0		YES 1			

社会的価値 $S = W_k \times F_k$
 1点満点 点数が高いほど社会に重要な橋梁



Social Value

1 対比較法

「各自治体における橋梁維持管理の現状調査アンケート」において次の5つの項目において橋梁を補修する際、考慮している要因として大きいものから順に並べてもらう

- ・ バス路線に含まれているか？
- ・ 交通量の多い橋梁か？
- ・ 土木遺産であるか？
- ・ 緊急輸送路であるか？
- ・ 力の入れている都市計画内の橋梁であるか？



A県の回答

バス	交通量	遺産	緊急	都市計画
3	2	4	1	5

Social Value

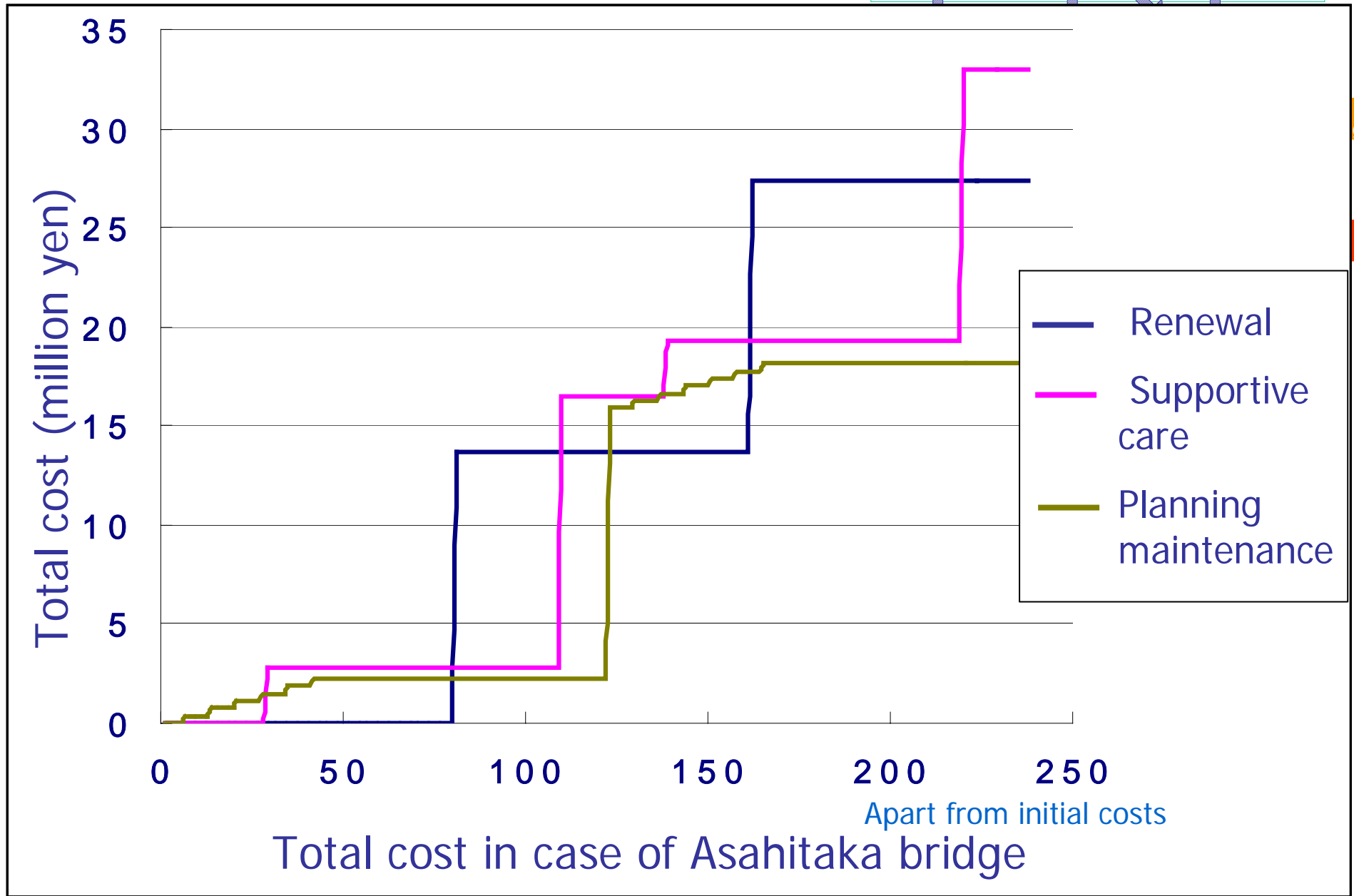
1 対比較法

A	絶対A	かなりA	もう少しA	少しA	同等	少しB	もう少しB	かなりB	絶対B	B	評点
バス3位										交通量2位	0.333333
バス3位										遺産4位	3
バス3位										緊急1位	0.2
バス3位										都市計画5位	5
交通量2位										遺産4位	5
交通量2位										緊急1位	0.333333
交通量2位										都市計画5位	7
遺産4位										緊急1位	0.142857
遺産4位										都市計画5位	3
緊急1位										都市計画5位	9



	バス3位	交通量2位	遺産4位	緊急1位	都市計画5位	幾何平均	ウェイト
バス3位	1	0.33333	3	0.2	5	1	0.129573679
交通量2位	3	1	5	0.33333	7	2.03617	0.263833779
遺産4位	0.3333333	0.2	1	0.14286	3	0.49112	0.063636045
緊急1位	5	3	7	1	9	3.93628	0.510038725
都市計画5位	0.2	0.14286	0.33333	0.11111	1	0.25405	0.032917772
					total	7.71762	1

Three maintenance groups

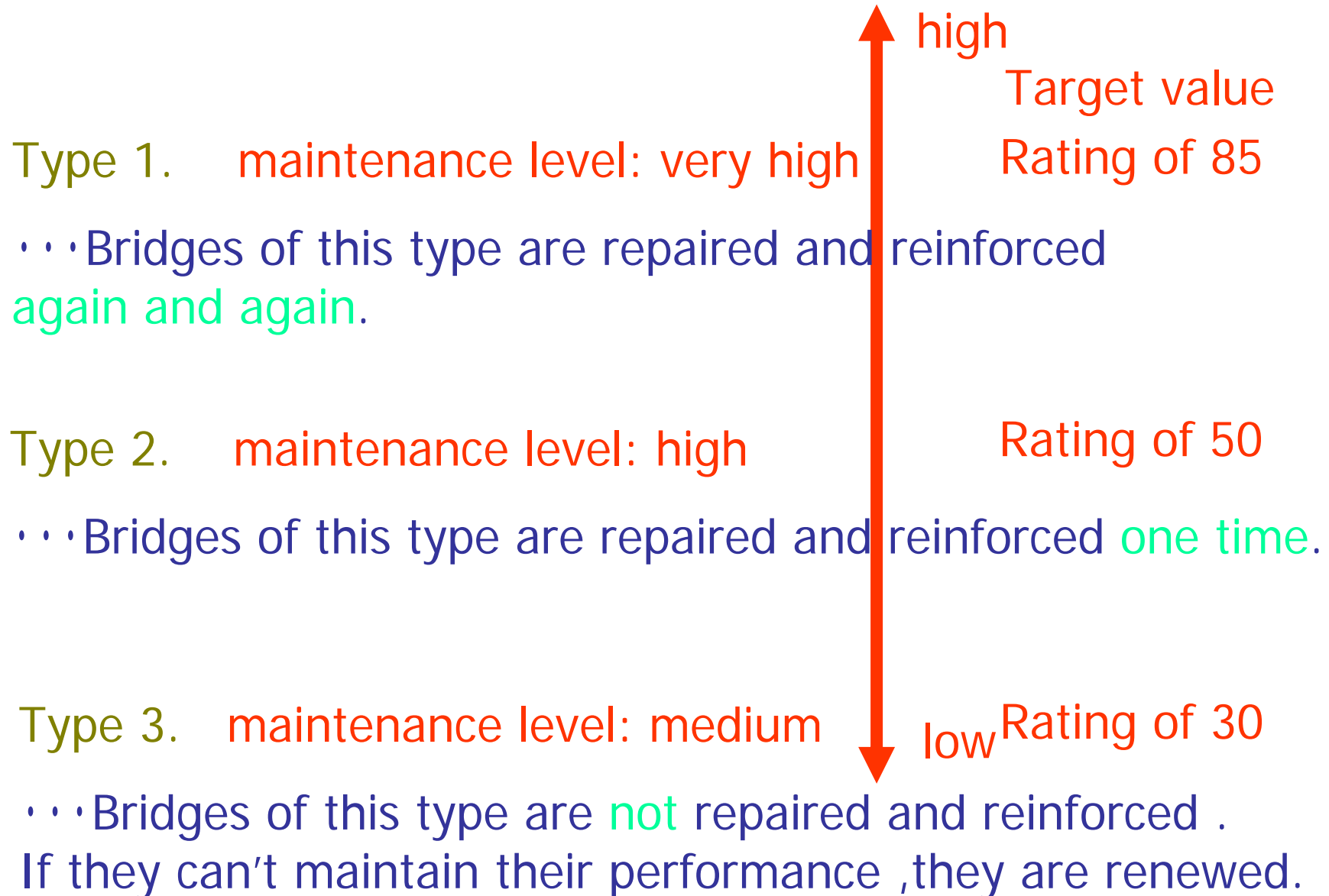


Total cost in case of Asahitaka bridge

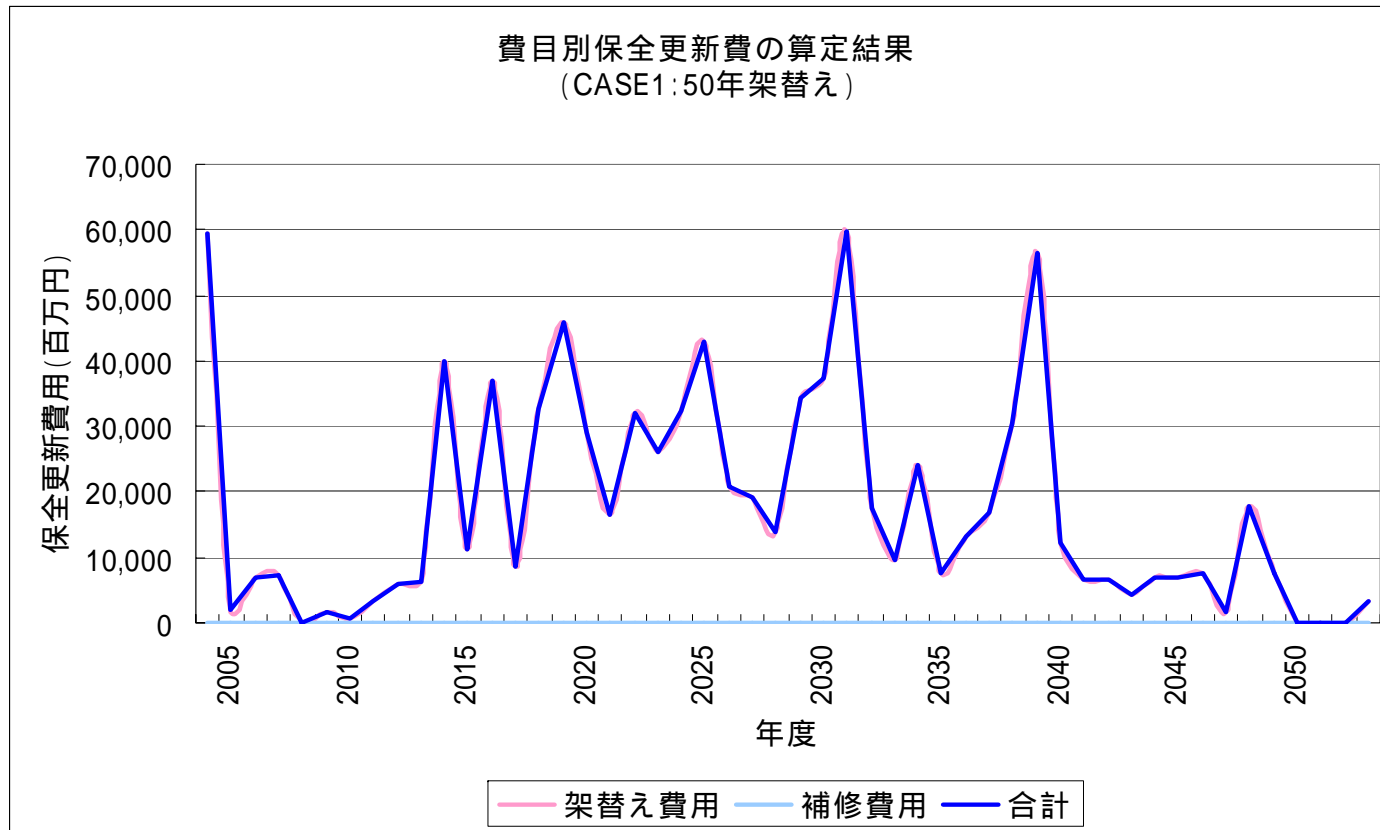
they can't maintain their performance, they are renewed.

Target value 1

Based on criteria of NY city inspection



Proposals spare

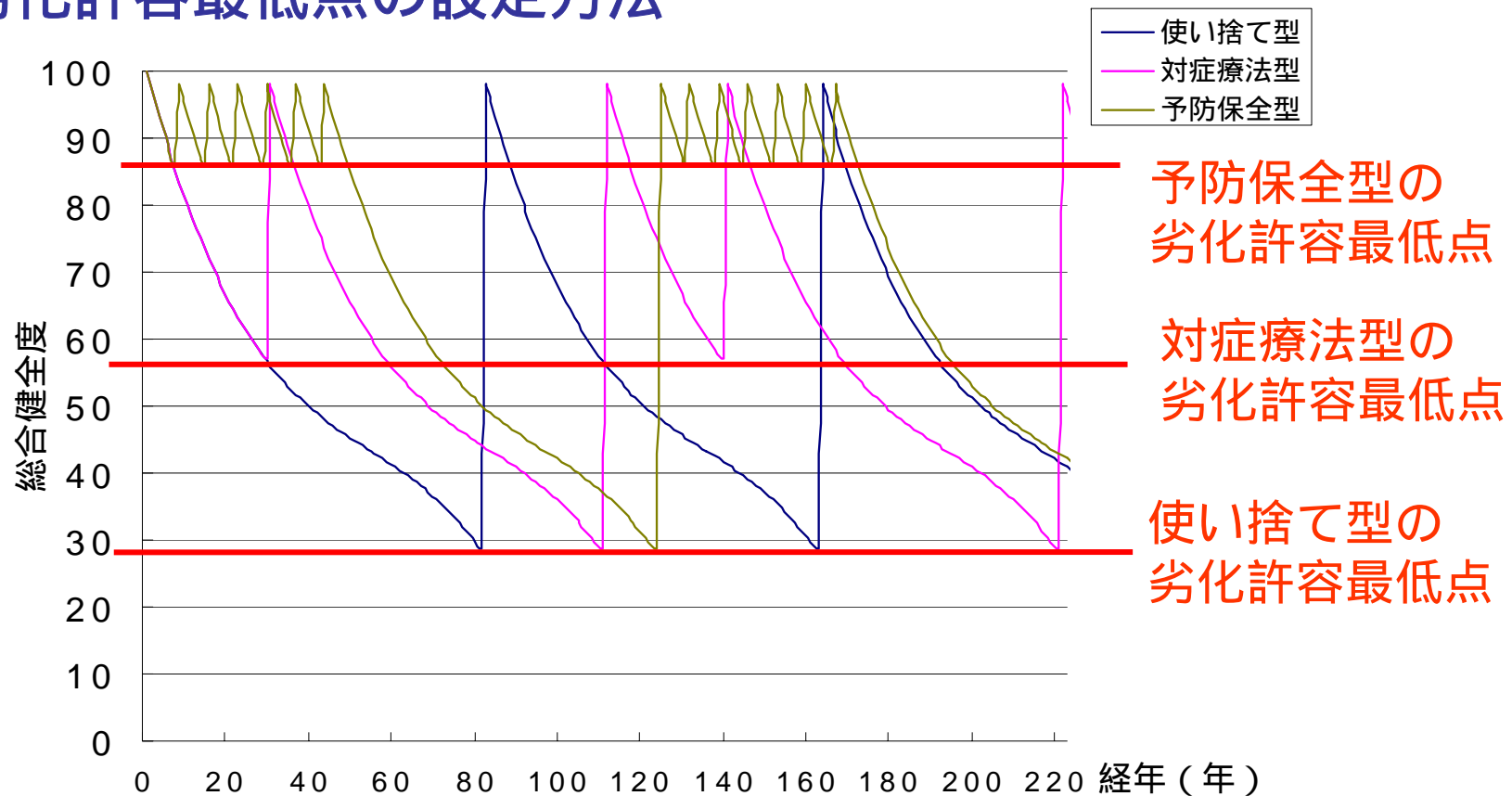


劣化許容最低点の導入の理由

・大量の橋梁の維持管理における問題の最大点は、高度経済成長期における大量製造による更新の時期の重なりである。そのため、RLCCの研究などによる更新時期をずらす手法が近年盛んであるが、劣化予測は現段階では使える状況にはないので本研究においては劣化許容最低点の導入により更新時期のずらしを試みている。

Scenario

劣化許容最低点の設定方法

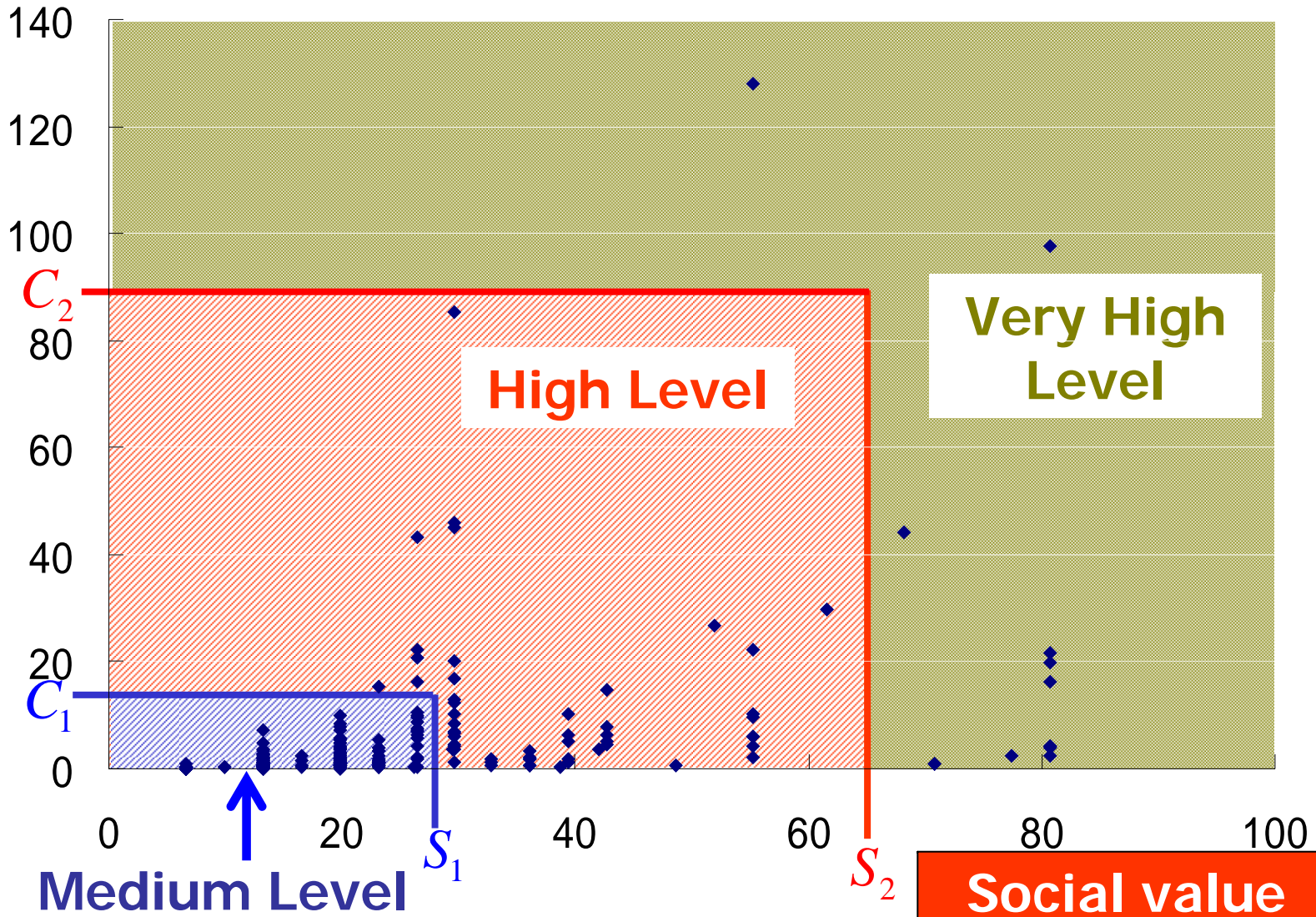


- 1 (使い捨て型) : 補修, 補強を実施せず使用限界まで劣化したら更新する .
- 2 (対症療法型) : 補修・補強を極力少なくし(1回), その後使用限界に至ったら更新する
- 3 (予防保全型) : 補修・補強を繰り返す, その後耐え切れなくなったら更新する

Cluster

Renewal cost

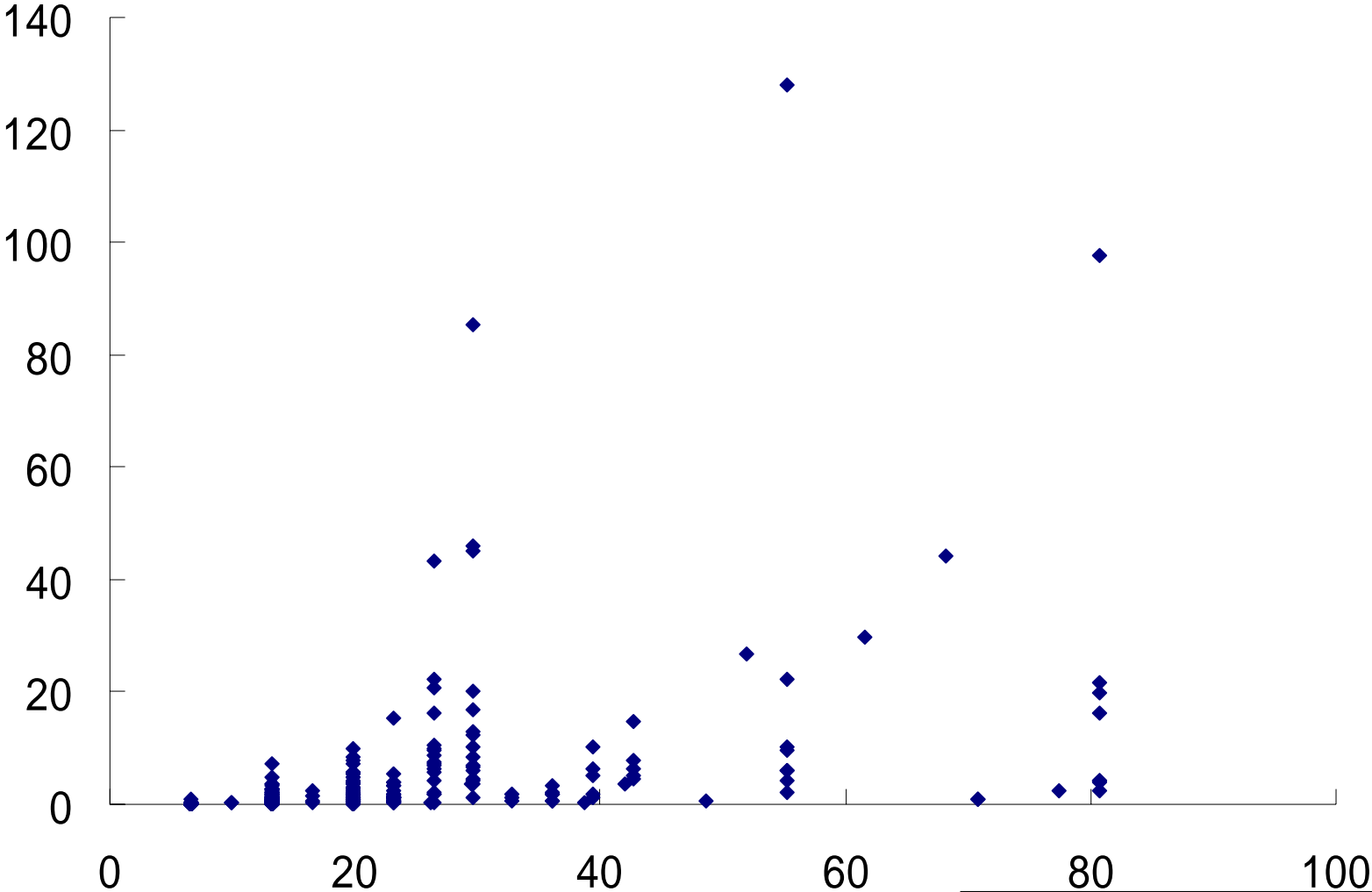
(100 million yen)



Cluster

Renewal cost

(100 million yen)



Social value

Decision of points

健全度	橋梁の状態
7	新設状態
6	5と7の間
5	軽微な劣化ではあるが、要求性能はみたす
4	3と5の間
3	深刻な劣化、または要求性能を満たしていない
2	1と3の間
1	崩壊、または潜在的な危険

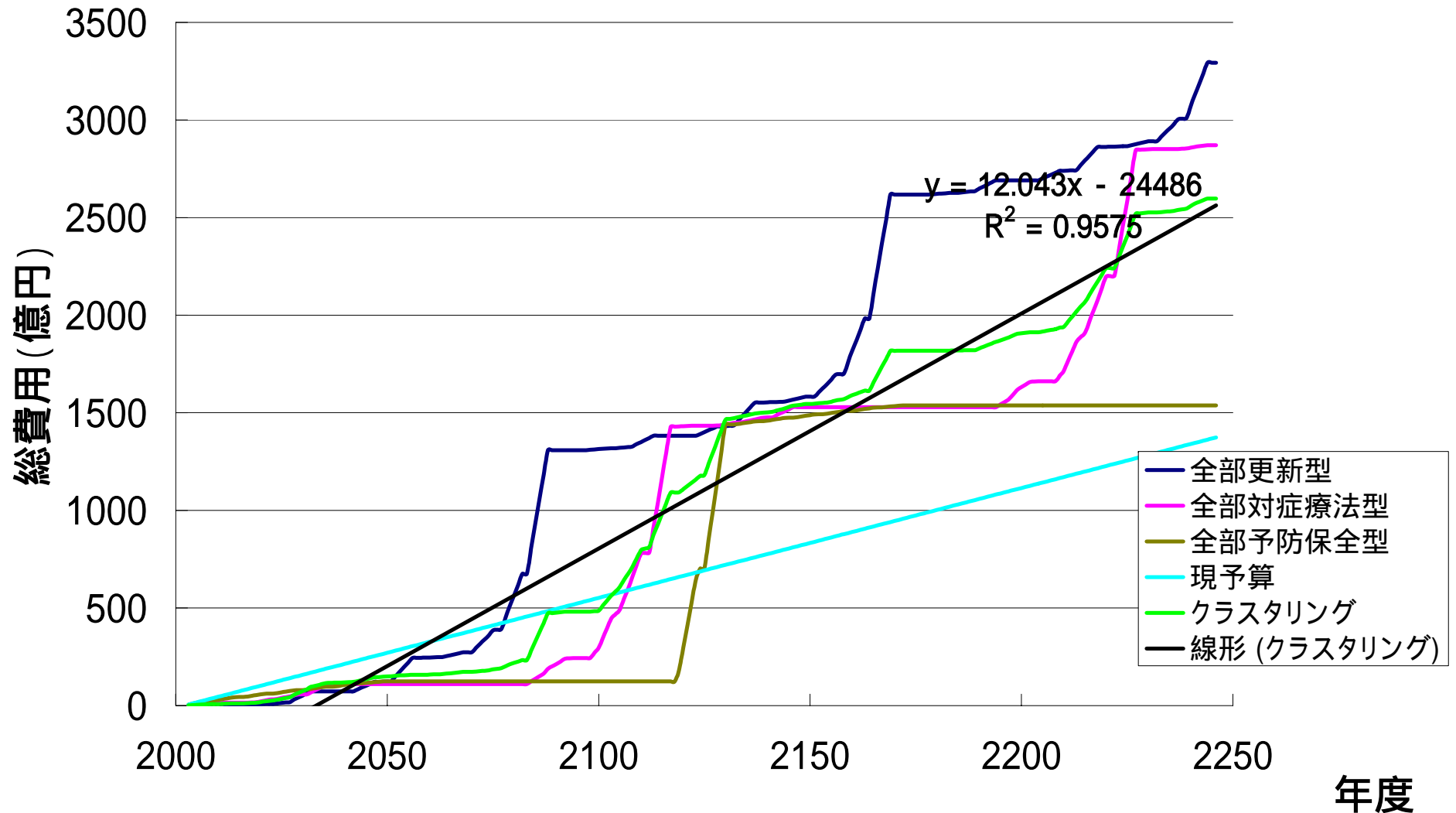
1 (予防保全型) $\frac{100 \times 6}{7}$ 85点

2 (対症療法型) $\frac{100 \times 4}{7}$ 53点

3 (更新型) $\frac{100 \times 2}{7}$ 29点

Inspection Total Price

検証結果(300橋における将来の総費用の変遷)



Future subjects

今後の課題

- ・ クラスタリングの最適化
- ・ さらなる地形データ、地価データの蓄積による更新費用・補修費用の精度向上
- ・ 検証の精度向上