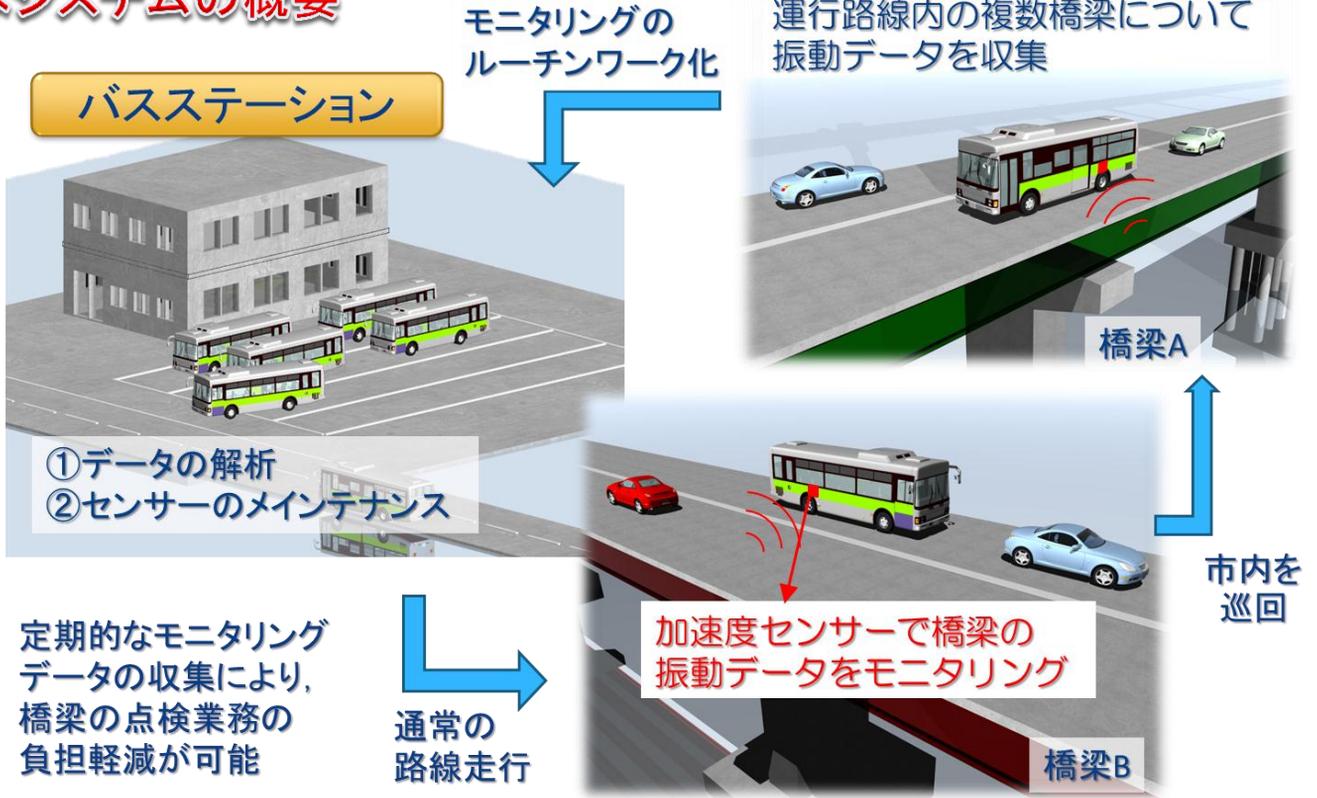


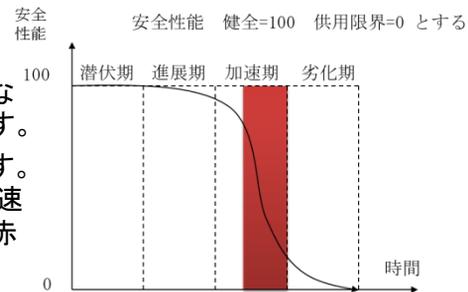
## 本システムの概要



## 本システムの目的

近年では、コンクリートの変状(アルカリ骨材反応、中性化、塩害など)ごとに異なる点検方法を用いることがあります。多くの手間とコストがかかると考えられます。

本システムでは、路線バスに加速度センサを設置し、橋梁のたわみを推定します。このような計測を定期的に行い、老朽化構造物の安全性能が急激に低下する加速期後期から劣化期初期へ移行(右図:老朽化構造物の構造変状急変リスク中の赤色部分)を検知することを目的としています。



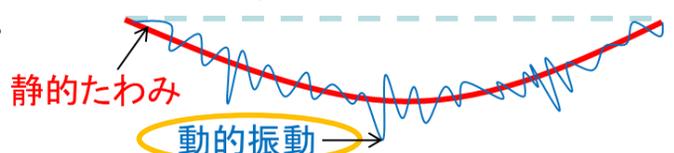
## 振動からたわみを推定する原理(たわみ特性値)

橋梁通過時の加速度から右図のような振動変位が得られます。任意の点の変位は以下の式で表されます。今回の実証実験では、 $\delta_x(t)$ の特性と対策について課題解決することを目論んでいました。

$$\delta_a(t) = \underbrace{\delta_{sa}(t)}_{\text{静的たわみ}} + \underbrace{\delta_{da}(t)}_{\text{動的振動}} + \underbrace{\delta_x(t)}_{\text{運行条件による外乱因子}}$$

さらに、動的振動は「路面凹凸によるもの」と「それ以外の振動分」の和で表すことができます。右下図の特性を活かして振動変位についてN個のデータで平均をとると、その値(動的振動)は0に収束することがわかります。これによって、得られた値を路面凹凸やその他の振動成分の影響を受けない「**たわみ特性値**」として算出することにしました。

橋梁通過時の  
加速度から算出した振動変位(データ数N個)



$$\delta_{da}(t) = S_r(\Omega, t) + \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) \cdot e^{2\pi f t i} df$$

路面凹凸

それ以外の振動分

↑

↑

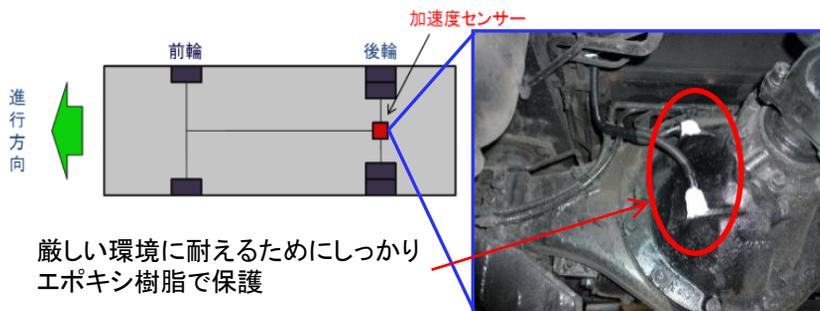
平均値0の定常ランダムガウス過程

エルゴード過程によるフーリエ展開可能

# 実験手順

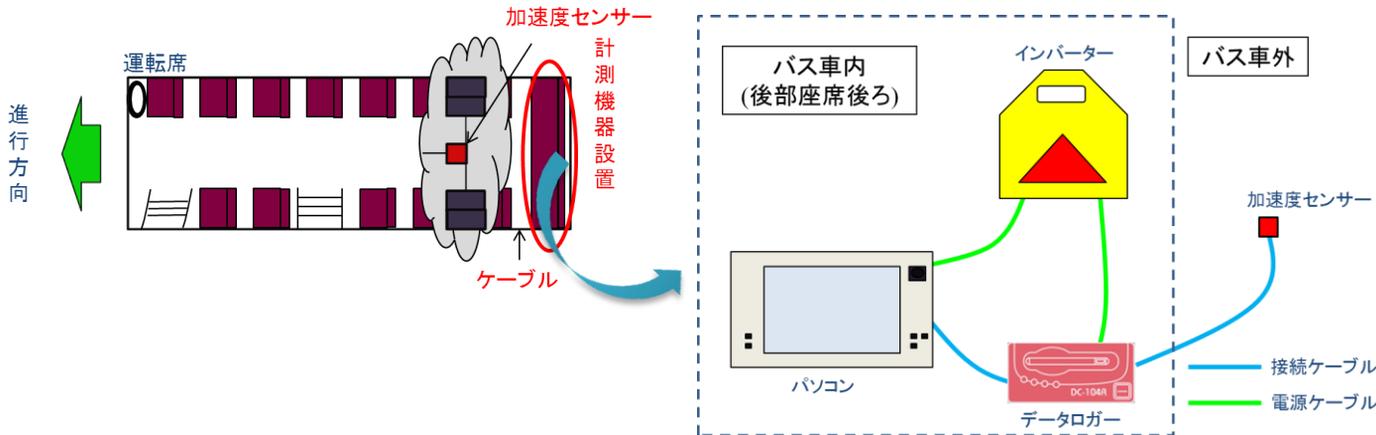
## ① 加速度センサの取付け

後輪部(バネ下)に加速度センサを取り付けます。その際に、センサの表面を樹脂でコーティングして保護します。加速度センサの接続ケーブルは、バスの裏に貼り付け、後部座席から車内へ通します。



## ② データ記録機器の接続

以下のように、計測機器を接続します。路線バス本体に設置してある電源を用いて、各機器へ電源供給します。接続をしている最中は、電源を入れないように注意します。



## ③ 計測開始

バスの運行が開始すると同時に振動計測を開始します。計測中は常に振動を計測したままにしておきます。対象橋梁を通過する際には、通過時刻・天候・路線バス速度・乗客数・対向車数等を記録していきます。右図のように、パソコンから常時振動を確認することができます。



# 実験概要

## <主な対象橋梁>

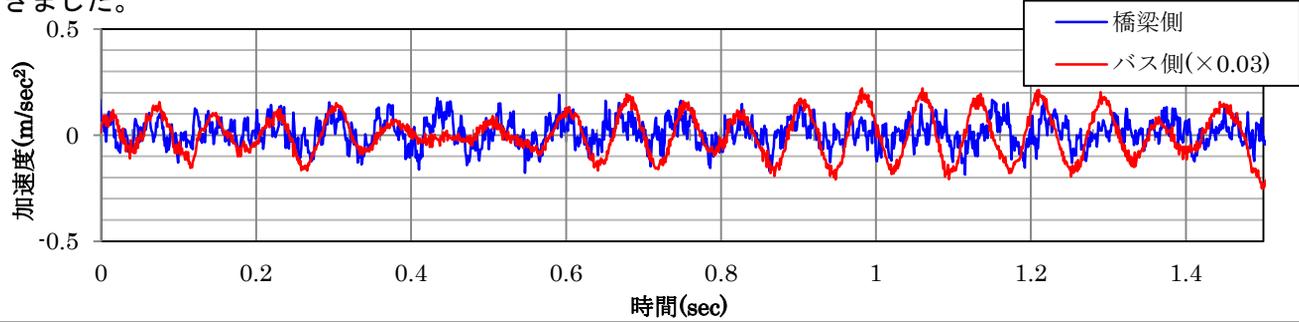
橋梁ID	橋梁名	架設年月(西暦)	上部工形式	支間長 (m)	橋長 (m)	
386490	ジャセレン 蛇瀬橋	1976 年	径間 番号	起点側 1	PC床版橋-プレテン床版	18.0
				2	PC床版橋-プレテン床版	16.0
				3	PC床版橋-プレテン床版	18.0
				4	PC床版橋-プレテン床版	14.0
				終点側 5	PC床版橋-プレテン床版	19.0
386570	シラフチ 白土第二橋	1933 年	径間 番号	起点側 1	RC桁-T桁	7.0
				終点側 2	RC桁-T桁	7.0
388609	シンコンダイバシ 新権代橋	1998 年 6 月		桁橋-その他	22.4	23.6

項目	内容
実施期間	2010年12月1日～2011年11月11日
計測日数	39日
対象路線	西宇部・厚東線 西ヶ丘・日赤線 小羽山線 中央病院線
対象橋梁	12.無名橋 33.明神橋 39.無名橋 52.宮川橋 53.明神橋 6490.蛇瀬橋 6570.白土第二橋 8609.新権代橋

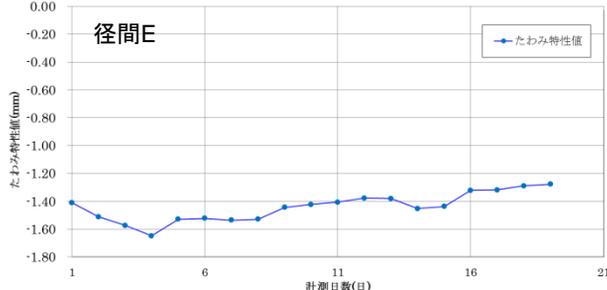
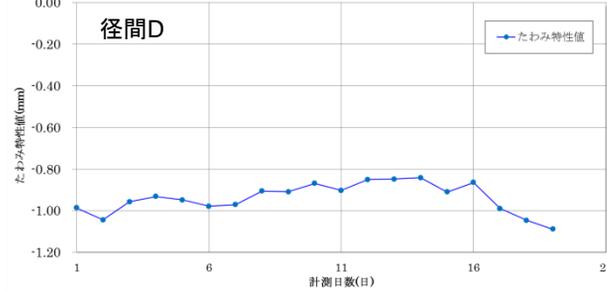
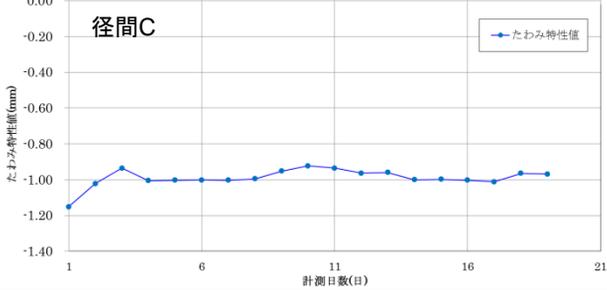
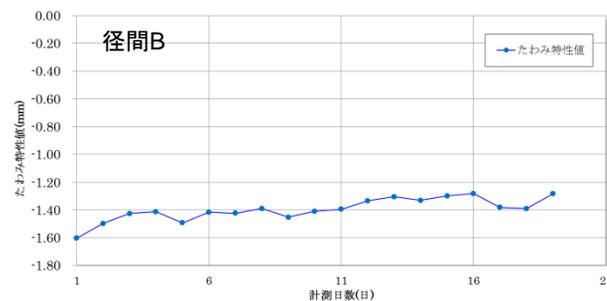
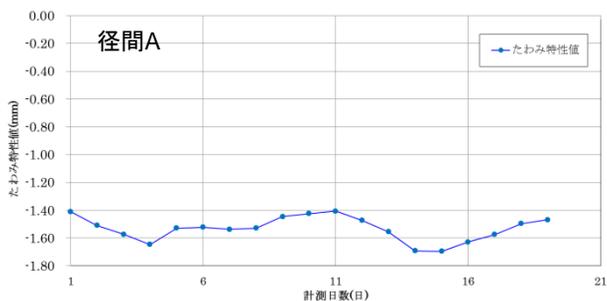


## 計測結果(加速度応答)

「桁中央の振動」と「路線バスのバネ下振動」を比較した結果(新権代橋)を以下に示します。路線バスが桁中央を通過した時のグラフに注目すると、2つの振動がおおよそ相似的な波形を示すことが確認された。これにより、橋梁通過時の路線バスのバネ下振動からその橋梁の動態を推定することができるかと確認できました。



## たわみ特性値の推移



蛇瀬橋(近→小)

# 路線バスを利用した簡易健康診断カルテ

初診日 2010年12月1日

橋梁名	橋長	幅員	構造	竣工日	所在地
新権代橋	23.6m	11.7m	PC	1998年6月	山口県宇部市

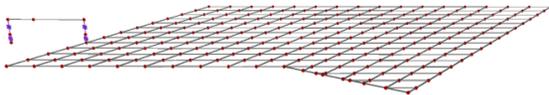
全体図

実験結果と所見



シミュレーション結果

<モデル図>



<劣化再現方法>

橋梁の健全度	プレストレス力低下量	低下量0%時に対する断面二次モーメント比
健全	0%	1
劣化Phase1	50%	0.52
劣化Phase2	90%	0.35

<たわみ特性値の平均値>

[床波→西岐波学校前]

速度 路面凹凸	健全	劣化Phase1 プレストレス力 50%低下	劣化Phase2 プレストレス力 90%低下
30km/h Average	-0.78	-1.50	-2.22
40km/h Average	-0.77	-1.49	-2.22
50km/h Average	-0.78	-1.50	-2.23
平均	-0.78	-1.50	-2.23
構造変状パラメータ		1.93	2.87

[西岐波学校前→床波]

速度 路面凹凸	健全	劣化Phase1 プレストレス力 50%低下	劣化Phase2 プレストレス力 90%低下
30km/h Average	-0.84	-1.62	-2.41
40km/h Average	-0.83	-1.62	-2.41
50km/h Average	-0.84	-1.63	-2.42
平均	-0.84	-1.62	-2.41
構造変状パラメータ		1.93	2.87

PC供試体におけるプレストレス力の低下による断面二次モーメントの変化に着目し、シミュレーション中の劣化を再現した。その結果、プレストレス力が50%、90%低下した場合、たわみ特性値がそれぞれ1.93、2.87倍になるということがわかった。

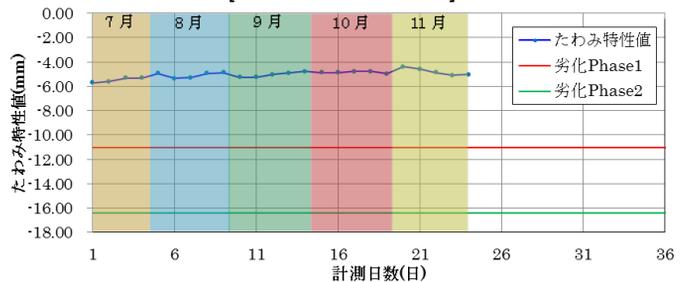
その一方、実測結果については、バラツキを低減させるため、移動平均法を用いて結果をまとめることにした。実測たわみ特性値の初期値及び劣化判定基準は以下のようになった。

<たわみ特性値の初期値及び判定基準>

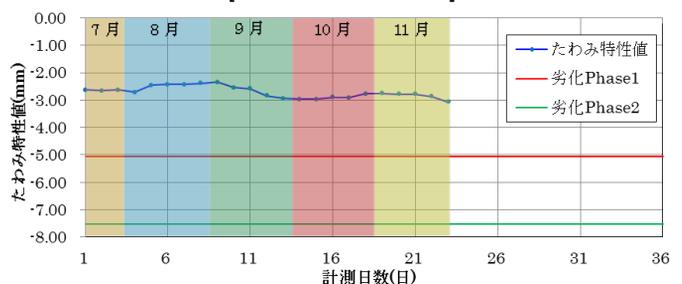
	初期値	劣化Type1	劣化Type2
床→西	-5.72	-11.04	-16.42
西→床	-2.63	-5.07	-7.54

実測たわみ特性値に劣化判定基準を設けたグラフを以下に示す。今後、計測を続けていき、たわみ特性値が劣化Phase 1に達した時にその橋梁に何らかの重大な構造変状が生じていると判断し、点検を実施する。

[床波→西岐波学校前]



[西岐波学校前→床波]



現段階で、対象橋梁がどのくらいで判定ラインに達する恐れがあり、点検が必要となるのかを下記の式により、点検必要度として算出する。

$$\frac{|\text{たわみ特性値の初期値} - \text{過去のたわみ特性値の最低値}|}{|\text{たわみ特性値の初期値} - \text{判定基準}|} \times 100$$

床波から西岐波学校前バス停方向へ通行する時のたわみ特性値は初期値が最低値となっているため、点検必要度は0%である。

西岐波学校前から床波バス停方向へ通行する時のたわみ特性値の最低値は-3.06であり、初期値を下回っている。上式より、点検必要度は18%と求められる。